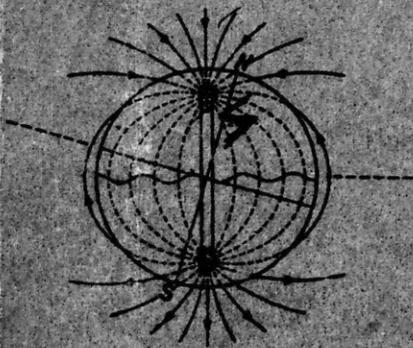


ΣΑΛΤΕΡΗ Γ. ΠΕΡΙΣΤΕΡΑΚΗ

ΦΥΣΙΚΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ

Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

Ξ 45 Ξ 46



ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ
ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ
ΕΝ ΑΘΗΝΑΙΣ 1972

Μουσείο Μαρία
αγ. 73

Oh Oh

Oh Oh

ΦΥΣΙΚΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ

Αρχή

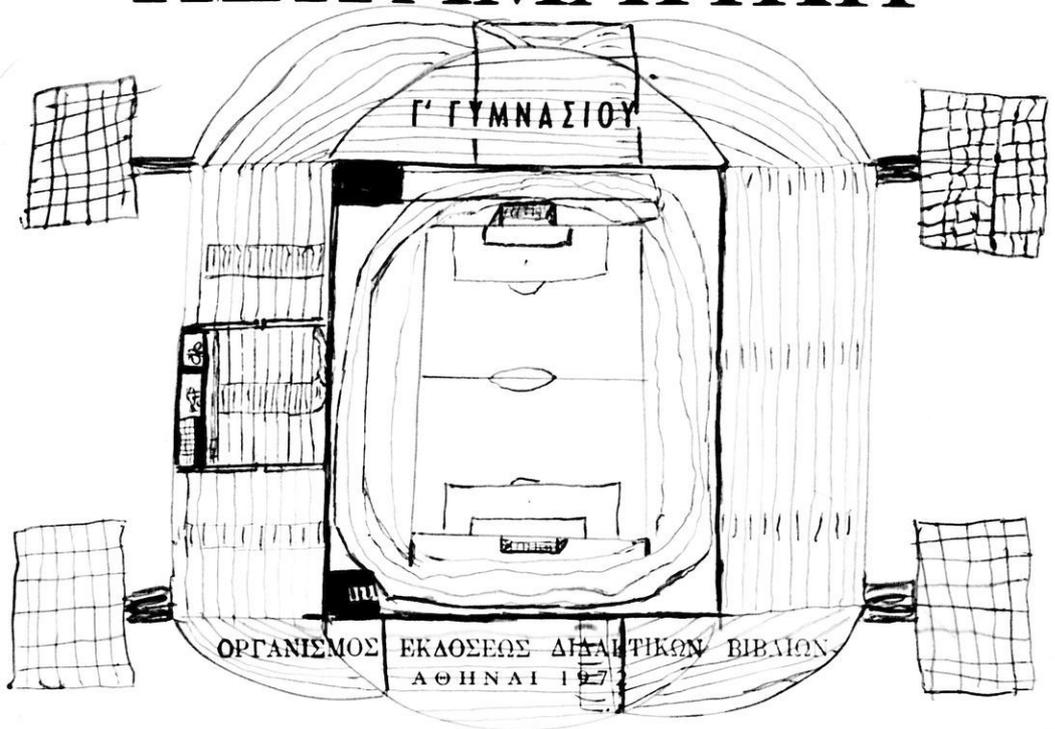
I love two things
the flowers and you
the flowers to day
and you for ever

Ποιή σε ποιήσε
μωρή
ΧΡΗΣΤΟΣ
3

ΔΩΡΕΑ
ΕΘΝΙΚΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ

ΣΑΛΤΕΡΗ Γ. ΠΕΡΙΣΤΕΡΑΚΗ

ΦΥΣΙΚΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ





I. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

A'—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 κινούνται καὶ τὰ ὀνομάζομεν κινητὰ.

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

Κινητὰ εἶναι ἐπίσης ὁ ποδηλάτης, ὁ ὁποῖος τρέχει εἰς τὸν ἀσφαλτο-

στρωμένον δρόμον, τὸ ἀεροπλάνον τὸ ὁποῖον ἵπταται, τὸ πλοῖον τὸ ὁποῖον ποντοπορεῖ, ὁ πύραυλος ὁ ἐκτοξευόμενος δι' ἐπιστημονικούς σκοποὺς κ.λπ.

Δὲν κινοῦνται ὅμως ὅλα τὰ σώματα. Πολλὰ ἀντικείμενα διατηροῦν συνεχῶς τὴν ἴδιαν θέσιν εἰς τὸν χώρον, 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.

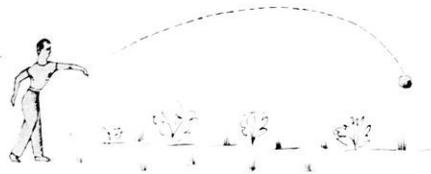
§ 2. Φαινομενικὴ καὶ πραγματικὴ κίνησις. Πολλὰς φορές ἡ ἡρεμία διαφόρων σωμάτων εἶναι φαινομενικὴ, δὲν συμβαίνει δηλαδὴ καὶ εἰς τὴν πραγματικότητά. Οὕτως ἐνῶ τὰ ἀντικείμενα τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς ὅπως τὰ δένδρα, αἱ οἰκίαι, οἱ βράχοι κ.λπ. προκαλοῦν τὴν ἐντύπωσιν ὅτι ἡρεμοῦν καὶ εἶναι ἀκίνητα, εἰς τὴν πραγματικότητα 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 αὐτῆν, ἡ ὁποία δὲν μᾶς γίνεται ἀντιληπτὴ, διότι ἀπλούστατα δὲν ὑπάρχει πλησίον εἰς τὸν πλανῆτην μας ἓν ἀκίνητον σῶμα, διὰ νὰ συγκρίνωμεν τὰς ἀποστάσεις μας ἀπὸ αὐτό. Ὡστε :

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

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

ἕκαστον οὐράνιον σῶμα λαμβάνει συγχρόνως μέρος εἰς πολλές διαφορετικὰς κινήσεις.

Εἰς τὸν μικρόκοσμον ὄλαι 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. Κινηματικά στοιχεῖα. Ὅρισμοί. Ὅταν ἓνα σῶμα κινῆται, ἀλλάζει διαδοχικῶς θέσεις εἰς τὸν χῶρον. Ἐάν ἐνώσωμεν τὰς διαδοχικὰς αὐτὰς θέσεις, θὰ λάβωμεν μίαν συνεχῆ γραμμὴν, ἡ ὁποία ὀνομάζεται τροχιά τοῦ κινητοῦ. Ὅταν ἡ τροχιά εἶναι εὐθεῖα γραμμὴ, ἡ κίνησις ὀνομάζεται εὐθύγραμμος. Ὅταν ἡ τροχιά εἶναι καμπύλη γραμμὴ, ἡ κίνησις ὀνομάζεται καμπυλόγραμμος. Μερικὴ περίπτωσις τῆς καμπυλόγραμμου κινήσεως εἶναι ἡ κυκλικὴ κίνησις, ὅποτε τὸ κινητὸν κινεῖται ἐπὶ περιφερείᾳ κύκλου.

Εὐθύγραμμον κίνησιν ἐκτελοῦν τὰ βαρέα σώματα 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 κινητοῦ, 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 κινητόν, 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 εὐθυγράμμου τροχιάς, δὲν εἶναι ὄλαι 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 της κινήσεως και διά την απλούστευσιν του πράγματος υποθέσωμεν ότι έκαστον από τα 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 κινήτὸν ἐκτελεῖ ευθύγραμμον ὁμαλὴν κίνησιν, ὅταν κινήται ἐπὶ ευθυγράμμου τροχιάς καὶ διανύη εἰς ἴσους χρόνους ἴσα διαστήματα.

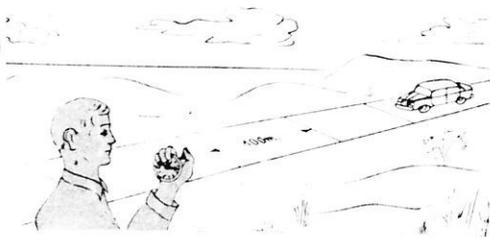
Εἰς τὸ δεξιὸν τῶν μεγάλων αὐτοκινητοδρόμων ὑπάρχουν κατὰ ἴσας ἀποστάσεις, 1000 m συνήθως, μικραὶ ἐκ τσιμέντου ἢ μαρμάρου πυραμίδες, ἐπάνω εἰς τὰς ὁποίας ἀναγράφονται εἰς χιλιόμετρα, αἱ ἀποστάσεις ἀπὸ τὴν ἀφετηρίαν. Ἄν ἓνα αὐτοκίνητον κινήται ἐπάνω εἰς τὸν αὐτοκινητόδρομον καὶ εἰς ἓνα μεγάλον ευθύγραμμον τμήμα τοῦ δρόμου οὕτως, ὥστε ὁ δείκτης τοῦ ταχυμέτρου του νά παραμένῃ εἰς τὴν ἰδίαν πάντοτε θέσιν, τὸ ὄχημα θά χρειάζεται τὸν ἴδιον πάντοτε χρόνον, διὰ νά διανύσῃ τὴν ἀπόστασιν, ἢ 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 μὲ τὸν ὁποῖον ἐκτελεῖται μία κίνησις, ἂν γίνεται δηλαδὴ βραδέως ἢ ταχέως, χαρακτηρίζεται ἀπὸ ἓνα φυσικὸν μέγεθος, τὸ ὁποῖον ὀνομάζεται ταχύτης καὶ παριστάται μὲ τὸ γράμμα v . Ἡ ταχύτης εὐρίσκεται εἰς ἄμεσον συσχετισμὸν μὲ τὸ διάστημα καὶ τὸν χρόνον, ὁ ὁποῖος ἀπητήθη διὰ νά διανυθῇ τὸ διάστημα τοῦτο. Ὡστε :

Εἰς τὴν ευθύγραμμον ὁμαλὴν κίνησιν ὀρίζομεν ὡς ταχύτητα v τὸ πηλίκον τοῦ διαστήματος s πρὸς τὸν χρόνον t , ἐντὸς τοῦ ὁποίου διηλύθη τὸ διάστημα αὐτό.

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

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



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

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 διατρέξη αὐτὸ τὸ μῆκος (σχ. 2). Τὸ πηλίκον τῶν δύο αὐτῶν μετρήσεων μᾶς δίδει τὴν ταχύτητα τοῦ κινητοῦ, ἡ ὁποία — 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 μετρηθῆται 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 Μ.Κ.Σ. καὶ Τεχνικὸν Σύστημα.

Ἄν ὅμως τὸ διάστημα μετρηθῆται 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 :

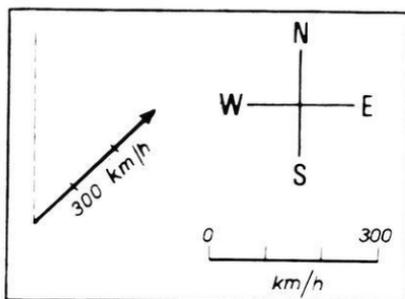
1 χιλιόμετρον ἀνὰ ὥραν (1 km/h)

Ὅπως 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 φορὰν βορειοανατολικήν.

τικὴν τιμὴν τῆς ταχύτητός του—κοινὴν καὶ διὰ τὰ τέσσαρα αὐτοκίνητα—πρέπει νὰ δηλώσωμεν καὶ τὴν φορὰν τῆς οὐτως, ὥστε νὰ καθορίσωμεν μὲ ἀκρίβειαν διὰ ποῖον ἀπὸ τὰ τέσσαρα αὐτοκίνητα ὁμιλοῦμεν.

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

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

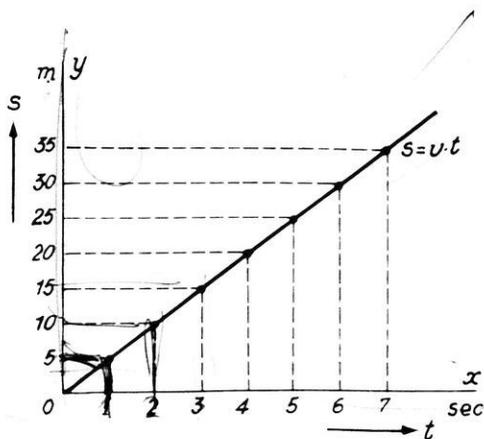
$$s = v \cdot t$$

Ὡστε :

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

§ 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 μετὰ ταχύτητα $υ$, ἴσην ἔστω πρὸς 5 m/sec. Μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ τύπου $s=υ.t$, ὑπολογίζομεν τὰ διαστήματα, τὰ ὁποῖα διανύονται ἀπὸ τὸ κινητὸν εἰς χρόνους 0 sec., 1 sec., 2 sec., 3 sec. κ.λπ. καὶ καταστράνομεν 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

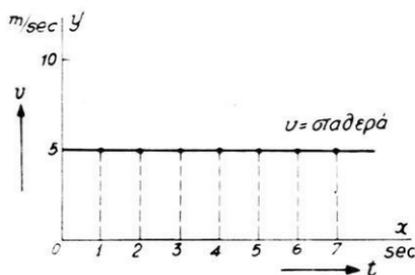


Σχ. 4. Διάγραμμα διαστήματος-χρόνου. Εὐθεῖα γραμμὴ διερχομένη ἀπὸ τὴν ἀρχὴν τῶν ἀξόνων.

Λαμβάνομεν ἤδη δύο ὀρθογωνίους ἄξονας καὶ εἰς τὸν ὀριζώντιον 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 sec, 0 m), (1 sec, 5 m), (2 sec, 10 m), (3 sec, 15 m) κ.λπ. Τέλος ἐνώνομεν μετὰ συνεχῆ γραμμὴν τὰ παραστατικά αὐτὰ σημεῖα. Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ γραμμὴ αὐτὴ εἶναι εὐθεῖα, 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 εὐθεῖα γραμμὴ, ἢ ὁποῖα διέρχεται ἀπὸ τὴν ἀρχὴν τῶν ἀξόνων.

β) Διάγραμμα ταχύτητος - χρόνου. Λαμβάνομεν καὶ πάλιν δύο ὀρθογωνίους ἄξονας, τὸν ὀριζώντιον Ox , ἄξονα τῶν χρόνων, καὶ τὸν κατακόρυφον Oy , ἄξονα τῶν ταχυτήτων, καὶ ὀρίζομεν κατάλληλους 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' ὅσον ἡ ταχύτης παραμένει σταθερά και ἴση πρὸς 5 m/sec, τὰ διάφορα παραστατικά σημεῖα τοῦ ἐπιπέδου (1 sec, 5 m/sec), (2 sec, 5 m/sec), (3 sec, 5 m/sec) κ.λπ. θὰ προβάλλωνται εις τὸν ἄξονα τῶν ταχυτήτων, εις τὸ σημεῖον τὸ ἀντιστοιχοῦν εις τὴν ένδειξιν 5 m/sec. Ἐπομένως θὰ εὐρίσκωνται ἐπάνω εις μίαν εὐθειαν κάθετον πρὸς τὸν ἄξονα τῶν τα-

Τὸ διάγραμμα τῆς ταχύτητος ὡς πρὸς τὸν χρόνον εἶναι, εις τὴν εὐθύγραμμον ὁμαλὴν κίνησιν, εὐθεῖα παράλληλος πρὸς τὸν ἄξονα τῶν χρόνων.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Ὄταν ἓνα σῶμα ἀλλάξῃ θέσιν εις τὸ διάστημα, σχετικῶς πρὸς ἓνα ἄλλο σῶμα, λέγομεν ὅτι τὸ σῶμα αὐτὸ κινεῖται. Τὸ σῶμα ἡρεμεῖ ὅταν διατηρῇ συνεχῶς τὴν ἰδίαν θέσιν. Ἡ ἡρεμία ἐπομένως και ἡ κίνησις εἶναι ἔννοιαι σχετικαὶ και ἀποκοτῶν περιεχόμενον, ὅταν τὰς ἀναφέρωμεν εις σώματα, τὰ ὁποῖα θεωροῦμεν ὡς ἀκίνητα. Προσεκτικαὶ και λεπτομερεῖς παρατηρήσεις δεικνύουν ὅτι εις τὴν Φύσιν ἡ κίνησις εἶναι ὁ κανὼν και ἡ ἡρεμία ἡ ἐξαιρέσις.

2. Εἰς ἓνα κινούμενον σῶμα διακρίνομεν : α) τὴν τροχιάν, τὴν συνεχῆ δηλαδὴ γραμμὴν, τὴν ὁποῖαν λαμβάνομεν, ὅταν ἐνώσωμεν τὰς διαδοχικὰς θέσεις τοῦ κινητοῦ εις τὸ διάστημα, και ἡ ὁποῖα δύναται νὰ εἶναι εὐθύγραμμος, καμπυλόγραμμος κ.λπ., β) τὸ διάστημα s, τὸ μήκος δηλαδὴ τῆς τροχιάς ἀπὸ τὴν ἀφετηρίαν τῆς κινήσεως ὡς τὸ τέρμα αὐτῆς, γ) τὸν χρόνον t, τὸν ὁποῖον ἐχρηάσθη τὸ κινητὸν διὰ νὰ διανύσῃ τὸ διάστημα s.

3. Ὄταν τὸ κινητὸν ἔχῃ εὐθύγραμμον τροχιάν και ἐνῶ κι-

νείται, διανύει εις ίσους χρόνους ίσα διαστήματα, λέγομεν ὅτι ἐκτελεῖ εὐθύγραμμον ὁμαλὴν κίνησιν.

4. Ἡ ταχύτης v , εἰς τὴν εὐθύγραμμον ὁμαλὴν κίνησιν, ὀρίζομεν τὸ πηλίκον τοῦ διαστήματος s , τὸ ὁποῖον διηνύθη ἐντὸς χρόνου t , πρὸς τὸν χρόνον t . Ἐπομένως ἔχωμεν ὅτι :

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

5. Ἡ ταχύτης μετρεῖται εἰς m/sec ἢ εἰς cm/sec . Εἰς τὴν πρακτικὴν ζωὴν μετρεῖται εἰς km/h , ἐνῶ ἡ ταχύτης τῶν πλοίων ἐκφράζεται εἰς κόμβους, εἰς ναυτικά, δηλαδή, μίλια ἀνὰ ὥραν.

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

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

8. Ἡ ταχύτης εἶναι διανυσματικὸν μέγεθος.

9. Εἰς τὴν εὐθύγραμμον ὁμαλὴν κίνησιν ἰσχύουν οἱ ἑξῆς 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 $43,2 km$ εἰς $3 ὥρας$. Ποία εἶναι ἡ ταχύτης αὐτῆς εἰς m/sec . (Ἀπ. $4 m/sec$).

2. Ἐνας ποδηλάτης διανύει εἰς $4 ὥρας$ διάστημα $46 km$. α) Πόση εἶναι ἡ ταχύτης τοῦ ποδηλάτου. β) Πόσον διάστημα διανύει εἰς $(1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ὥρας)$. γ) Νὰ παραστήσετε 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 εἰς τὴν Σελήνην, ἐὰν διετῆρει 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 εἰς τὴν Γῆν, ἂν ἡ ἀπόστασις τῶν δύο ἄστρον 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 ότου έκταθῆ τὸ σχοινίον, ἂν κατὰ τὴν ἐκκίνησιν, ὁ ἕνας εὐρίσκετο πλησίον τοῦ ἄλλου. ('Απ. $1\ h\ 40\ min$).

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

7. Ἀμαξοστοιχία πρόκειται νὰ ἀνατιναχθῆ εἰς σημεῖον εἰς τὸ ὁποῖον ἡ ταχύτης της ἀνέρχεται εἰς $72\ km/h$. Τὸ βραδύκαυστον πυραγωγὸν σχοινίον μὲ τὸ ὁποῖον θὰ 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 συνεργεῖον ἀνατινάξεως τὴν στιγμὴν τῆς πυροδοτήσεως, ὥστε ἡ ἐκρηξις 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 θὰ 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 χρονικάς στιγμάς, τὰς ταχύτητας, τὰς ὁποίας δεικνύει τὸ ταχύμετρον τοῦ αὐτοκινήτου μας. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι ὁ δεικτής 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 ὁποῖον δὲν διατηρεῖ σταθερὰν ταχύτητα (κατὰ τὸ μέτρον, τὴν διεύθυνσιν ἢ τὴν φορὰν) ἐνόσω διαρκεῖ ἡ κίνησις του, ἐκτελεῖ μεταβαλλομένην κίνησιν.

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

500 περίπου χιλιόμετρα και τὸ αὐτοκίνητόν μας, κινούμενον μὲ μεταβαλλομένην κίνησιν, διανύει τὴν ἀπόστασιν αὐτήν, 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 κινήτὸν 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 ἢ ταχύτης του εἶναι πολὺ μικρά· ἀπὸ δευτερολέπτου εἰς δευτερόλεπτον, ὅμως, μεγαλῶνει καὶ τελικῶς σταθεροποιεῖται εἰς μίαν ὀρισμένην τιμὴν. Μέχρις ὅτου ἀποκτήσῃ σταθερὰν ταχύτητα τὸ αὐτοκίνητον, ἐκτελεῖ ἐπιταχυνομένην κίνησιν.

Ἐναντιστρόφως, ὅταν τὸ ὄχημα πρέπει νὰ σταματήσει, ἢ ἀκίνητοποίησις δὲν γίνεται ἀποτόμως. Ὁ ὀδηγὸς χρησιμοποιῶν καταλλήλως τὰς τροχοπέδας, ἐλαττώνει προοδευτικῶς τὴν ταχύτητα καὶ τελικῶς τὴν μηδενίζει. Ἀπὸ τὴν χρονικὴν στιγμήν κατὰ τὴν ὁποίαν ἀρχίζει ἢ ἐλάττωσις τῆς ταχύτητος, μέχρις ὅτου τὸ ὄχημα ἡρεμήσῃ, ἐκτελεῖ ἐπιβραδυνομένην κίνησιν.

Ἡ ἐπιταχυνομένη καὶ ἢ 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 καὶ φορᾶς.

Ἐκ τῶν τριῶν περιπτώσεων μεταβολῆς τοῦ διανύσματος τῆς ταχύτητος θὰ περιορισθῶμεν εἰς ἐκείνην, κατὰ τὴν ὁποίαν μεταβάλλεται μόνον τὸ μέτρον, ἐνῶ ἡ διεύθυνσις καὶ ἡ φορὰ διατηροῦνται σταθεραί. Αὐτὸ συμβαίνει π.χ. εἰς ἓνα αὐτοκίνητον, κινούμενον εἰς ἓνα εὐθύγραμμον δρόμον. Καὶ εἰς αὐτὴν ὁμως τὴν περίπτωσιν ὑπάρχουν πολλαὶ δυνατότητες. Ἡμεῖς θὰ ἀρκεσθῶμεν εἰς τὴν εἰδικὴν ἐκείνην ὑποπίπτωσιν 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 αὕτη ὀνομάζεται τότε εὐθύγραμμος ὁμαλῶς μεταβαλλομένη. Ὡστε :

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

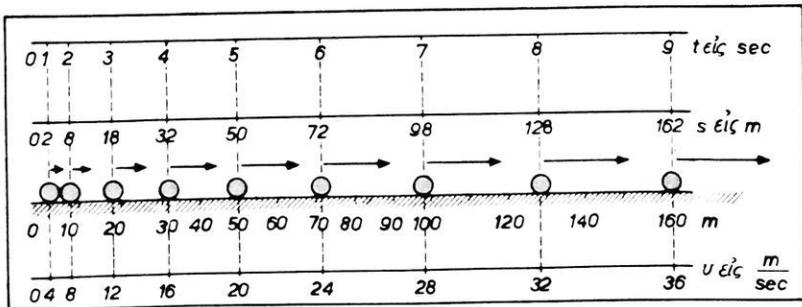
Ἐάν ἡ σταθερὰ μεταβολὴ τῆς ταχύτητος εἶναι θετικὴ, ὅποτε ἡ ταχύτης ὑφίσταται συνεχῆ αὐξήσιν, ἡ κίνησις λέγεται εὐθύγραμμος ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένη κίνησις. Ἐάν ἡ σταθερὰ μεταβολὴ τῆς ταχύτητος εἶναι ἀρνητικὴ, ὅποτε ἡ ταχύτης ἐλαττοῦται ἀδιακόπως, ἡ κίνησις λέγεται εὐθύγραμμος ὁμαλῶς ἐπιβραδυνομένη κίνησις.

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

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

Ἐάν 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 θὰ εἶναι ἴση πρὸς :



Σχ. 6. Ευθύγραμμος ομαλώς επιταχυνόμενη κίνησης σφαιράς με σταθεράν επιτάχυνσιν $\gamma=4$ m/sec. Δεικνύεται ή σχέσις χρόνου, διαστήματος και ταχύτητος.

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

Έχομεν συνεπώς την εξής έκφρασιν τής επιταχύνσεως :

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

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 μέτρον 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 τήν μονάδα :

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

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

Ό άνθρωπινος 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/sec², διὰ πολὺ μικρὰ δὲ χρονικὰ διαστήματα καὶ μέχρις 180 m/sec². Διὰ μεγαλυτέρας τιμὰς 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/sec², διὰ πολλὰ λεπτά, χωρὶς νὰ ὑποστῇ βλάβας τὸ κυκλοφοριακὸν σύστημα ἢ νὰ συμβῇ ἀπώλεια τῶν αἰσθησεων.

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

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

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 διηνύθησαν.

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 ὅποῖον διηνύθη 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. Ἐλευθέρως πτώσις τῶν σωμάτων. Πείραμα 1. Ἀφίνομεν νὰ πέσουν ταυτοχρόνως εἰς τὸ ἔδαφος, ἀπὸ ἓνα ὠρισμένον ὕψος, ἓνας

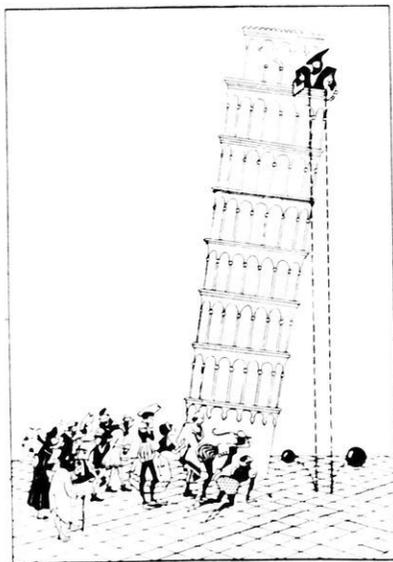
λίθος, ένα πτερὸν καὶ ἓνα φύλλον χάρτου. Παρατηροῦμεν ὅτι τὰ τρία αὐτὰ σώματα φθάνουν εἰς διαφορετικούς χρόνους εἰς τὸ ἔδαφος, μάλιστα δὲ πρῶτος ὁ λίθος καὶ τελευταῖον τὸ φύλλον χάρτου. Οὕτω μᾶς δημιουργεῖται ἡ ἐντύπωση, ὅτι ἡ ἐλευθέρως πτώσις γίνεται μὲ διαφορετικὸν ρυθμὸν διὰ τὰ διάφορα σώματα καὶ 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 ἀπέδειξεν ὁ Γαλιλαῖος, εἰς τὴν περίπτωση ἀυτὴν ἡ ἐλευθέρως πτώσις, ἡ κίνησις δηλαδὴ τῶν διαφόρων σωμάτων πρὸς τὴν Γῆν, ὅταν τὰ σώματα ἀφεθοῦν ἐλεύθερα, ἐμποδίζεται ἀπὸ ἐξωτερικούς παράγοντας.

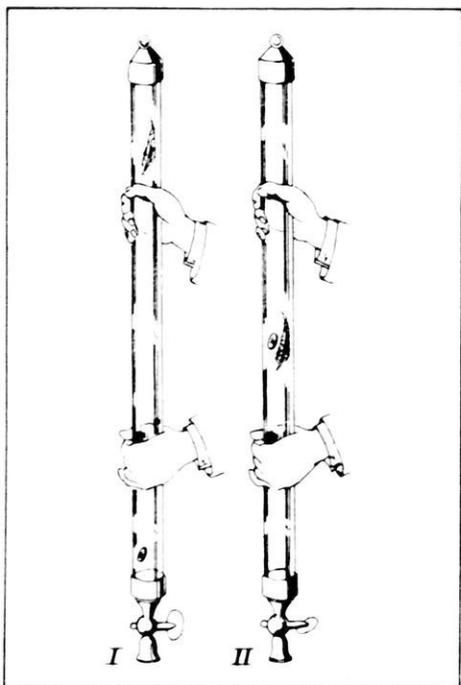
Ὅπως γνωρίζομεν, ἡ πτώσις τῶν σωμάτων εἶναι ἀποτέλεσμα τῆς ἐλκτικῆς δυνάμεως τὴν ὁποῖαν ἀσκεῖ ἐπ' αὐτῶν ὁ πλανήτης μας, ἔλκων αὐτὰ πρὸς τὸ κέντρον του. Ἄν ὅμως θελήσωμεν νὰ μελετήσωμεν τὴν κίνησιν, τὴν ὁποῖαν προκαλεῖ ἡ ἔλξις αὐτή, πρέπει νὰ ἐξουδετερώσωμεν τὰ αἰτία τὰ ὁποῖα τὴν ἀλλοιώνουν, κυριώτερον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

Πείραμα 2. Ὁ μεγάλος Ἕλληνας Μαθηματικὸς καὶ Φυσικὸς Νεύτων (Newton, 1642-1727) ἐξέτελεσε 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. 8,1). Ἐάν ἐντὸς τοῦ σωλῆνος ὑπάρχη 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 ἐλεύθερως βαρεῖαι σφαῖραι ἀπὸ τὸν πύργον τῆς Πίζης.



Σχ. 8. Με τὸν σωλήνα τοῦ Νεύτωνος ἀποδεικνύομεν τὴν σύγχρονον πτώσιν τῶν σωμάτων.

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

$$v = g \cdot t$$

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

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

Ὡστε :

Ἡ ἐλευθέρως πτώσις τῶν σωμάτων εἶναι εὐθύγραμμος καὶ ὁμαλῶς

σωμεν ὅτι τὰ δύο σώματα δὲν πίπτουν ταυτοχρόνως, τελευταῖον δὲ πίπτει τὸ πτερόν. Ἄν ὁμως συνδέσωμεν τὸ στόμιον τοῦ σωλήνος, τὸ ὁποῖον εἶναι ἐφωδιασμένον με στρόφιγγα, με 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). Ὡστε :

Εἰς τὸ κενὸν ὅλα τὰ σώματα πίπτουν συγχρόνως.

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

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

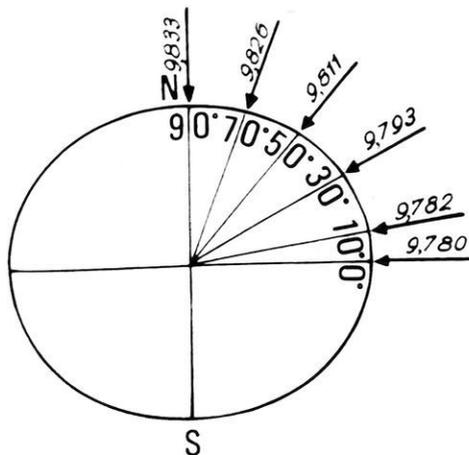
Μὲ διάφορα πειράματα εὑρέθη ὅτι εἶναι :

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

ἐπιταχυνόμενη κίνησης, ή σταθερά ἐπιτάχυνσις τῆς ὁποίας ὀνομάζεται ἐπιτάχυνσις τῆς βαρύτητος καὶ εἶναι ἴση πρὸς $9,81 \text{ m/sec}^2$.

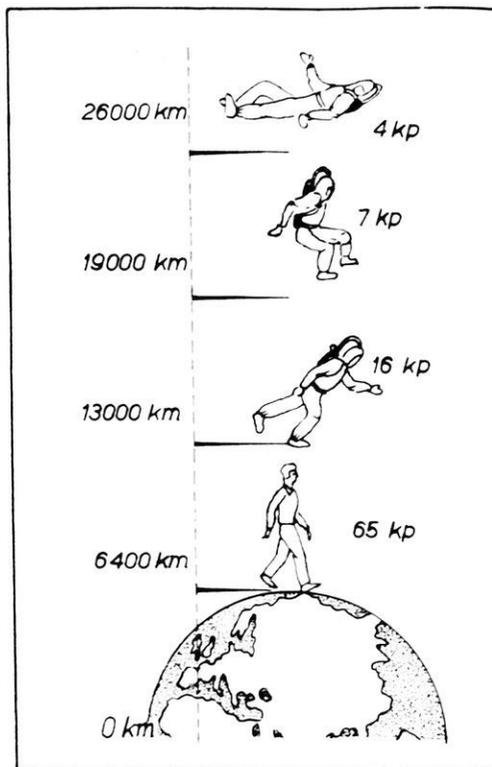
Σημείωσις 1. Ἀκριβεῖς μετρήσεις τῆς ἐπιταχύνσεως τῆς βαρύτητος ἔδωσαν διαφορετικὰς τιμάς, αἱ ὁποῖαι εὐρέθη ὅτι ἐξαρτῶνται ἀπὸ τὸ γεωγραφικὸν πλάτος τοῦ τόπου, εἰς τὸν ὁποῖον γίνεται ἡ μέτρησις. Ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς βαρύτητος ἐλαττοῦται, ὅταν ἀπομακρυνόμεθα ἀπὸ τοῖς Πόλους καὶ κινούμεθα πρὸς τὸν Ἴσημερινὸν (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 βάρος καὶ μικρὸν σχετικῶς ὄγκον.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

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 φοράν, λέγομεν ὅτι ἐκτελεῖ μεταβαλλομένην κίνησιν.

2. Εἰς τὴν μεταβαλλομένην κίνησιν χρήσιμος εἶναι ἡ μέση ταχύτης, ἢ ὁποία 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 ἐπιταχυνομένη, 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 ἀπεκτήθησαν :

$$v = \gamma \cdot t$$

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

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

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 παρουσιάξῃ μεγάλο βῆρος, ἐν σχέσει πρὸς τὸν ὄγκον του, εἶναι περίπου σφαιρικοῦ σχήματος καὶ δὲν πίπτει ἀπὸ πολὺ ὑψηλά, δυνάμεθα νὰ θεωρήσωμεν τὴν πτῶσιν 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 διανύμενα διαστήματα είναι ανάλογα προς τα τετράγωνα των χρόνων της πτώσεως.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

9. Πόσον διάστημα διανύει εις 6 ώρας ένα αυτοκίνητον τὸ ὁποῖον τρέχει με μέσιν ταχύτητα 70 km/h. (Απ. 420 km.)

10. Η ταχύτης ἐνός σώματος ἀυξάνεται ἐντός χρόνον 5 sec ἀπὸ 90 m/sec εἰς 160 m/sec. Πόση εἶναι ἡ ἐπιτάχυνσις τοῦ σώματος. (Απ. 14 m/sec².)

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

12. Ἐνα' αυτοκίνητον ἐκκινεῖ ἀπὸ τὴν ἡρεμίαν καὶ κινούμενον με ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένην κίνησιν ἀποκτὰ ἐντός 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 m/sec². β' 50 m.)

13. Ἐνα σῶμα ἐκκινεῖ ἀπὸ τὴν ἡρεμίαν καὶ κινεῖται με σταθερὰν ἐπιτάχυνσιν 6 cm/sec². Νὰ εἰρηθεῖ πόσον διάστημα διήνεσε τὸ κινητὸν εἰς χρόνον 20 sec. (Απ. 12 m.)

14. Ἐνα σῶμα ἐκκινεῖ ἀπὸ τὴν ἡρεμίαν καὶ κινεῖται με ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένην κίνησιν, ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς ὁποίας εἶναι 5 cm/sec². Μετὰ πόσον χρόνον θὰ ἔχη διανύσει διάστημα 10 m. (Απ. 20 sec.)

15. Πόση εἶναι ἡ ἐπιτάχυνσις ἐνός σπομοῦ, ὁ ὁποῖος ἐκκινεῖ ἐκ τῆς ἡρεμίας καὶ ἐπιταχυνόμενος ὁμαλῶς διανύει εἰς χρόνον 1 min διάστημα 540 m καὶ πῶση εἶναι ἡ ταχύτης τοῦ σπομοῦ τὴν στιγμὴν ἐκείνην. (Απ. 0,3 m/sec², 18 m/sec.)

16. Ἐνας σιδηροδρομικὸς σπομὸς κινεῖται με εὐθύγραμμον ὁμαλῶς μεταβαλλομένην κίνησιν, ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς ὁποίας εἶναι 2/5 m/sec². 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 ἐνός πύργου, μετροῦμεν τὸν χρόνον πτώσεως ἐνός λίθου, ὁ ὁποῖος ἀνέρχεται εἰς 3,6 sec. Μετὰ πόσῃν ταχύτητα συναντᾷ ὁ λίθος τὸ ἔδαφος καὶ πόσον ὕψος ἔχει ὁ πύργος ($g = 9,81 \text{ m/sec}^2$). (Απ. 63,57 m.)

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

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

(Ἀπ. 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 με τὴν ταχύτητα τῶν 7 m/sec, με τὴν ὁποῖαν φθάνει εἰς τὴν Γῆν ἕνας ἀλεξιπτωτιστής.

(Ἀπ. 2,45m.)

Γ—ΑΔΡΑΝΕΙΑ. ΘΕΜΕΛΙΩΔΗΣ ΑΡΧΗ ΤΗΣ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ

§ 17. Γενικότητες. Διὰ νὰ μετακινήσωμεν ἕνα σῶμα, τὸ ὁποῖον ἤρεμεῖ, 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 μετὰ τὰ κινούμενα σώματα. Δὲν ἀκίνητοποιοῦνται, δὲν ἐπιταχύνουσι ἢ ἐπιβραδύνουσι τὴν κίνησίν των, ἂν δὲν ἐνεργήσῃ ἐπάνω εἰς αὐτὰ ἕνα ἐξωτερικὸν αἷτιον, μία δύναμις.

Πραγματικῶς διὰ νὰ κινήσωμεν ἕνα σῶμα τὸ ὁποῖον ἤρεμεῖ 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 κηνητικῆς 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 μετὰ δύναμιν ἴσου μέτρου καὶ ἀντιθέτου φοράς, 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 κηνητήρ, ὠθοῦντες αὐτό, τόσοσν μεγαλυτέραν ἀντίστασιν αἰσθανόμεθα νὰ προβάλλῃ τὸ αὐτοκίνητον. Τὸ αὐτὸ συμβαίνει καὶ μετὰ κινούμενα σώματα, ἐπὶ τῶν ὁποῖων ἀσκῶμεν μίαν δύναμιν, ἐπιδιώκοντες νὰ τὰ ἀκίνητοποιήσωμεν ἢ νὰ τροποποιήσωμεν τὴν κηνητικὴν των κατάστασιν. Τὰ κινούμενα σώματα παρουσιάζουσι καὶ αὐτὰ μίαν ἀντίδρασιν εἰς τὴν

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

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

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

Ἀδράνεια ὀνομάζεται ἡ χαρακτηριστικὴ ιδιότης τῆς ὕλης, συμφῶνως πρὸς τὴν ὁποίαν αὐτῆ ἀντιδρᾷ εἰς πᾶσαν δύναμιν, ἐπιδιώκουσαν νὰ μεταβάλλῃ τὴν κινητικὴν της κατάστασιν.

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

Ἡ μᾶζα ἐκφράζει τὸ μέτρον τῆς ἀδρανείας ἑνὸς 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 ὄθησιν ἡ σφαῖρα διανύει μεγαλυτέρον διάστημα, ἂν τὸ δάπεδον εἶναι περισσότερον λειόν.

Φαινομενικῶς εἰς τὴν κίνησιν τῆς σφαίρας οὐδὲν ἐξωτερικὸν αἷτιον ἀντιδρᾷ. Εἰς τὴν πραγματικότητα ὅμως ἀντιδρῶν δύο κυρίως αἷτια : ἡ τριβὴ, 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 αἷτινες ἀντιδρῶν εἰς τὴν κίνησιν τῆς σφαίρας καὶ ὀλονὲν τὴν ἐπιβραδύνουν. Ἄν δὲν ὑπῆρχον αὐταὶ αἱ δύο δυνάμεις, ἡ σφαῖρα θὰ συνέχιζε ἐπ' ἄπειρον νὰ κινῆται εὐθυγράμμως καὶ ὁμαλῶς.

Ἡ διαπίστωση 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, ἢ ὁποῖα ἐκφράζει ὅτι :

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

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

§ 20. Ἀποτελέσματα τῆς ἀδρανείας.

α) Ἐὰν ἓνα κινούμενον ὄχημα ἀκίνητοποιηθῆ ἀποτόμως, οἱ ἐπιβάται κλίνουν πρὸς τὰ ἔμπρός, 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 ἐκτελεῖ ἄλλα, νὰ κλινή τὸ σῶμα του πρὸς τὰ ὀπίσω, διὰ νὰ μὴ πέσῃ καὶ κτυπήσῃ ἐπὶ τοῦ ἐδάφους.

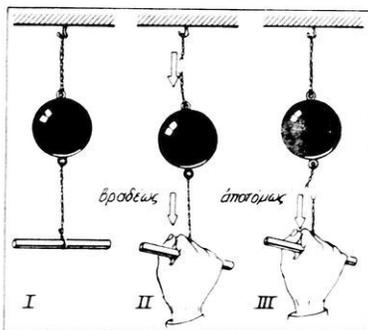
γ) Εἰς τὰ χεῖλη ἐνὸς ποτηρίου ὑπάρχει ἓνα τεμάχιον χαρτονίου καὶ ἐπ' αὐτοῦ ἓνα νόμισμα (σχ. 11). Ἄν σύρωμεν βραδέως τὸ χαρτόνιον, τὸ νόμισμα θὰ παραμείνῃ εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ χαρτονίου. Ἄν ὅμως σύρωμεν ἀποτόμως, τὸ νόμισμα δὲν θὰ παραμείνῃ ἐπὶ τοῦ χαρτονίου ἀλλὰ θὰ πέσῃ ἐντὸς τοῦ ποτηρίου. Εἰς τὴν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

δ) Δένομεν μίαν βαρεῖαν σφαῖραν μὲ λεπτόν 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 περίπτωσην κατὰ τὴν ὁποῖαν ἡ βαρεῖα σφαῖρα εἶναι ἐξηρητημένη μὲ νῆμα ἀπὸ



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



Σχ. 12. "Αν σύρωμεν βραδέως θραύει-
το το επάνω σχοινίον. "Αν έλξωμεν
άποτόμως, το κάτω σχοινίον.

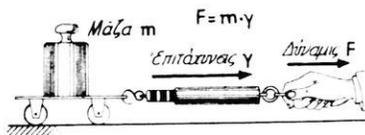
ένα άκλόνητον στήριγμα. "Αν σύρωμεν με σχοινίον την σφαίρα προς
τά κάτω θα συμβούν τα εξής : 1) αν έλξωμεν βραδέως θα θραυσθή το
επάνω σχοινίον, 2) αν έλξωμεν άποτόμως, θραύεται ο κατώτερος κλά-
δος του σχοινίου (σχ. 12).

ε) "Η άδράνεια προκαλεί πολλά άπό τα τροχαία δυστυχήματα.
"Όταν δι' οίανδήποτε αίτιαν ένα μεταφορικόν μέσον, κινούμενον με
μεγάλην ταχύτητα, αναγκασθή νά σταματήσει άποτόμως, οί επιβάται
έκτινάσσονται προς τα εμπρός με άποτέλεσμα τόν τραυματισμόν τους
και την βλάβην ή καταστροφην του όχηματος. "Επίσης όταν διά μίαν
οίανδήποτε αίτιαν σταματήσει άποτόμως ή μηχανή ενός σιδηροδρο-
μικού συρμού, τα βαγόνια προσκρούουν, λόγω άδρανείας, το ένα έπι
του άλλου, συντρίβονται και έκτροχιάζονται.

§ 21. Θεμελιώδης άρχή της δυναμικής. Συμφώνως προς την άρχήν
της άδρανείας, αν έπί ενός σώματος δεν άσκούνται δυνάμεις, το σώμα
ήρεμεί ή κινείται εύθυγράμμως και όμαλώς. "Επομένως, ένόσω ένα
σώμα ύφίσταται την δράσιν μιās δυνάμεως, θα έκτελη μεταβαλλομένη
κίνησιν, το σώμα δηλαδή υπό την επίδρασιν της δυνάμεως θα άπο-
κτήση επιτάχυνσιν. "Ωστε :

"Όταν μία δύναμις ένεργή έπί ενός σώματος, προσδίδει εις το σώμα
επιτάχυνσιν.

"Από τα άνωτέρω συμπεραίνομεν ότι ή δύναμις F, ήτις ένεργεί



Σχ. 13. "Η μάζα m ενός σώματος, ή
δύναμις F ήτις άσκειται εις το σώμα
και ή επιτάχυνσις γ, την όποιαν άπο-
κτά το σώμα, συνδέονται με την
σχέσιν : $F = m \cdot \gamma$

$$\gamma = \frac{F}{m}$$

$$F = m \cdot \gamma$$

$$B = m \cdot g$$

$$m \cdot F \cdot \gamma$$

$$m \cdot 2F \cdot 2 \cdot \gamma$$

$$m \cdot 3F \cdot 3 \cdot \gamma$$

$$S = \frac{1}{2} a t^2$$

ἐπὶ ἐνὸς σώματος, ἡ μᾶζα m τοῦ σώματος καὶ ἡ ἐπιτάχυνσις γ , τὴν ὁποίαν ἀποκτᾷ τὸ σῶμα ἀπὸ τὴν δρᾶσιν τῆς δυνάμεως, πρέπει νὰ συνδέωνται μὲ μιὰν ὀρισμένην σχέσιν (σχ. 13). Ἡ σχέσηις 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 ἐνεργῇ ἡ ἑλκτικὴ δύναμις τῆς Γῆς, 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 ἐνὸς 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 ἀσκηθῇ μία δύναμις F καὶ προκαλέσῃ ἐπιτάχυνσιν γ , μιὰ δύναμις διπλασία τῆς F θὰ προκαλέσῃ διπλασίαν ἐπιτάχυνσιν κ.λπ.

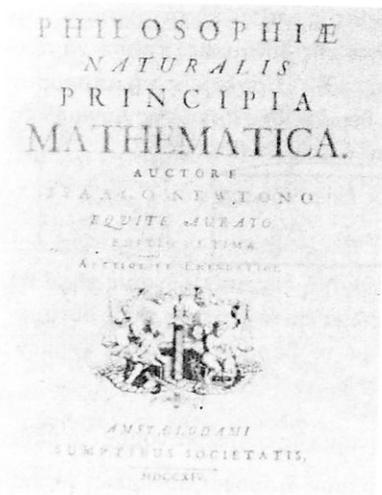
β) Ὅταν μία ὀρισμένη δύναμις ἀσκήται ἐπὶ διαφόρων σωμάτων, τότε αἱ ἐπιτάχυνσεις, τὰς ὁποίας προσδίδει ἡ δύναμις αὕτη, εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογοι πρὸς τὴν μᾶζαν τῶν σωμάτων.

Δηλαδὴ ἂν μία ὀρισμένη δύναμις F ἀσκήται ἐπὶ ἐνὸς 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 ὁποίαν «Κάθε εὐθύγραμμος ὁμαλὴ κίνησις πρέπει νὰ διατηρῆται ἀπὸ μιὰν δύναμιν. Δι' αὐτὸ ὅταν παύσῃ νὰ ἐνεργῇ 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 Έπιστήμης ήτις μελετά την κίνησιν τῶν σωμάτων, τὰ αἷτια ἅτινα τὴν προκαλοῦν, ὡς ἐπίσης καὶ τὰς ἀπαραίτητους καὶ ἀναγκαίως συνθήκας τῆς ἰσορροπίας. Ὁ Νεύτων ὁ θεμελιωτὴς τῆς Δυναμικῆς, τῆς Φυσικῆς δηλαδή ἐπιστήμης ἡ ὁποία ἐξετάζει τὰ κινήσεις, μελετῶσα τὰς σχέσεις αἷτινες ὑφίστανται μεταξύ δυνάμεων καὶ ἐπιταχύνσεων, συνεπλήρωσε καὶ ἀνεμόρφωσε τὴν διδασκαλίαν τοῦ Γαλιλαίου. Τὸ 1686 ἐξέδωκε τὸ περίφημον ἔργον του «Philosophiæ naturalis principia mathematica» (Μαθηματικαὶ ἀρχαὶ τῆς φυσικῆς φιλοσοφίας), εἰς τὸ ὅποιον περιέχονται καὶ αἱ τρεῖς βασικαὶ ἀρχαὶ τῆς Φυσικῆς, αἱ ὁποῖαι εἶναι γνωσταὶ καὶ μετὰ τὴν ὀνομασίαν, «ἀξιώματα τοῦ Νεύτωνος». Αἱ θεμελιώδεις ἀρχαὶ δὲν ἀποδεικνύονται θεωρητικῶς. Συμφωνοῦν ὁμως μετὰ τὴν λογικὴν, ὁδηγοῦν εἰς ὀρθὰ συμπεράσματα καὶ ἐπιδέχονται πειραματικὴν ἐπαλήθευσιν.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Αἱ μεταβολαὶ τῆς κινήτικῆς καταστάσεως τῶν σωμάτων προκαλοῦνται ἀπὸ τὴν δράσιν ἐξωτερικῶν δυνάμεων. Τὰ ὑλικά σώματα ἀντιδρῶν ὁμως καὶ προβάλλουν ἀντίστασιν εἰς πᾶσαν δύναμιν, ἐπιδιώκουσαν νὰ μεταβάλῃ τὴν κινήτικὴν τῶν κατάστασιν.

2. Η χαρακτηριστική ιδιότης τῶν ὑλικῶν σωμάτων νὰ ἀντιδρῶν εἰς πᾶσαν ἐξωτερικὴν δύναμιν, ἐπιδιώκουσαν νὰ μεταβάλλῃ 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 ἠρεμίας ἢ τῆς εὐθυγράμμου καὶ ὁμαλῆς κινήσεως, ἐφ' ὅσον δὲν ἐνεργεῖ οὐδεμίαν δύναμιν ἐπ' αὐτοῦ.

4. Ὅταν 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 ἀκολούθους 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 . (Ἀπ. 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. (Ἀπ. 10 N .)

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

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

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

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

27. Πόσος χρόνος ἀπαιτεῖται διὰ νὰ προσδώσῃ εἰς ἓνα γερανὸν, βάρους 8100 kp , ταχύτητα 75 m/min , ἀσκοῦντες δύναμιν 860 kp . (Ἀπ. $1,2 \text{ sec}$.)

Δ — ΜΗΧΑΝΙΚΑΙ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ

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

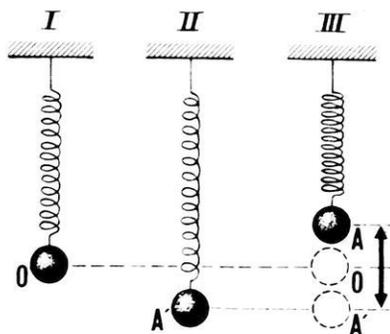
Ἡ κίνησις τῆς Σελήνης περὶ τὴν Γῆν καὶ ἡ περιστροφή τῶν πλανητῶν περὶ τὸν Ἥλιον, εἶναι περιοδικὰ φαινόμενα, διότι χρειάζονται ὀρισμένον χρόνον καὶ πάντοτε τὸν αὐτὸν διὰ νὰ ἐξελιχθοῦν, ἐπαναλαμβάνονται δὲ κατόπιν κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον. Ὡστε :

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

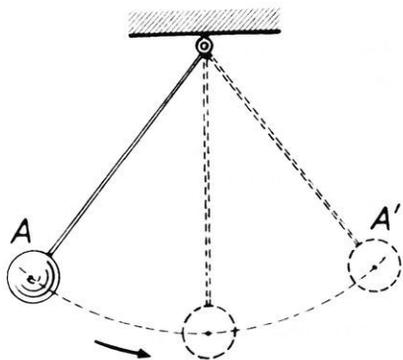
§ 24. Ταλάντωσις. Πείραμα 1. Θεωροῦμεν ἕνα μικρὸν σφαιρίδιον, τὸ ὁποῖον συγκρατεῖται ἀπὸ ἕνα ἐλατήριον, στερεωμένον εἰς τὸ ἄλλον ἄκρον του ἀπὸ ἕνα ἀκλόνητον σημεῖον (σχ. 15). Ὅταν ἡρεμήσῃ τὸ σύστημα, διατεινόμεν τὸ ἐλατήριον, ἀπομακρύνοντες τὸ σφαιρίδιον ἀπὸ τὴν θέσιν ἰσορροπίας, ἔλκοντες αὐτὸ πρὸς τὰ κάτω. Θὰ παρατη-

ρήσωμεν τότε μίαν παλινδρομικὴν κίνησιν τοῦ σφαιριδίου, μεταξύ δύο ἀκραίων θέσεων A καὶ A' , αἱ ὁποῖαι ἀπέχουν τὴν αὐτὴν ἀπόστασιν ἀπὸ τὴν θέσιν ἰσορροπίας O .

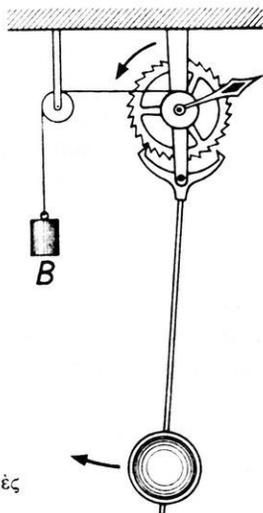
Πείραμα 2. Προσδένομεν ἕνα βαρὺ σφαιρίδιον εἰς τὸ ἄκρον ἑνὸς νήματος καὶ τὸ ἐξαρτῶμεν ἀπὸ ἕνα ἀκλόνητον σημεῖον. Ἀφήνομεν τὸ σφαιρίδιον νὰ ἡρεμήσῃ εἰς τὴν θέσιν τῆς κατακορύφου καὶ ἀκολούθως τὸ ἀπομακρύνομεν ἀπὸ τὴν θέσιν ἰσορροπίας του, μεταφέροντες αὐτὸ εἰς μίαν θέσιν A (σχ. 16), καὶ ἀφήνομεν τοῦτο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



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



Σχ. 16. Κινούμενον άπλ.ών έκκρεμές.



Σχ. 17. Κινούμενον έκκρεμές
ώρολογίου τοίχου.

πρός την θέσιν ίσορροπίας του, με όλονέν αυξανόμενην ταχύτητα διέρχεται από την θέσιν ίσορροπίας και συνεχίζει την κίνησιν του, με όλονέν ελαττωμένην ταχύτητα, μέχρις ότου άνωσθη και φθάση εις μίαν θέσιν A' , συμμετρικήν τής A , ως προς την κατακόρυφον ήτις διέρχεται από την θέσιν ίσορροπίας. Εις την θέσιν αυτήν ήρμει έπιστρέφον προς την θέσιν A και τὸ φαινόμενον συνεχίζεται.

Είναι βέβαιον ότι και εις τās δύο περιπτώσεις πρόκειται διά μεταβαλλομένης κινήσεις, διότι ή ταχύτης μεταβάλλει, κατά την διάρκειαν του φαινομένου, και αριθμητικὴν τιμὴν και διεύθυνσιν. Τὸ ιδιαίτερον ὅμως χαρακτηριστικόν εις τās κινήσεις αὐτās είναι ότι τὰ σώματα εκτελοῦν περιοδικὴν κίνησιν μεταξύ δύο άκρῶν σημείων τής τροχιάς των, εις τὰ ὁποία μηδενίζεται στιγμιαίως ή ταχύτης. Κινήσεις αὐτοῦ τοῦ είδους ὀνομάζονται ταλαντώσεις. Ὡστε :

Ταλαντώσεις ὀνομάζονται περιοδικαί παλινδρομικαί κινήσεις, αἱ ὁποῖα εκτελοῦνται μεταξύ δύο άκρῶν θέσεων τής τροχιάς ἑνός κινητοῦ.

§ 25. Ἀμείωτος και φθίνουσα ταλάντωσης. Τὰ άνωτέρω πειράματα δεικνύουν ότι αἱ ταλαντώσεις εξασθενίζουν κατά την εξέλιξιν τοῦ 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 αὐταὶ δὲν ἐξασθενίζουσιν. Τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὸ γεγονὸς ὅτι αἱ ταλαντώσεις αὐταὶ 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) Ἀπομάκρυνσις ὀνομάζεται ἡ ἀπόστασις μιᾶς τυχαίας θέσεως τοῦ ταλαντουμένου σώματος ἀπὸ τὴν θέσιν ἰσορροπίας του. Ἡ μεγίστη ἀπομάκρυνσις, ἡ ὁποία συμβαίνει ὅταν τὸ σῶμα εὐρίσκεται 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 ἐπιστροφήν εἰς τὸ σημεῖον ἀναχωρήσεως τοῦ ταλαντουμένου σώματος.

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

δ) Συχνότης **v** μιᾶς ταλαντώσεως ὀνομάζεται τὸ πλῆθος τῶν ταλαντώσεων, τὰς ὁποίας ἐκτελεῖ τὸ ταλαντούμενον 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 **v** 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 :

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

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 μετὰ τὴν πάροδον τοῦ χρόνου.

§ 27. Τὸ ἔκκρεμές. Εἰς τὴν Φυσικὴν ὀνομάζομεν ἔκκρεμές τὴν βαρὴ σφαῖρα, τὴν ὅποιαν δύναται νὰ κινηθῇ περὶ ὀριζόντιον ἄξονα, ὁ ὅποιος ὅμως δὲν διέρχεται ἀπὸ τὸ κέντρον βάρους τοῦ (σχ. 18).

Τὸ ἔκκρεμές αὐτὸ ὀνομάζεται ἰδιαιτέρως φυσικὸν ἔκκρεμές.

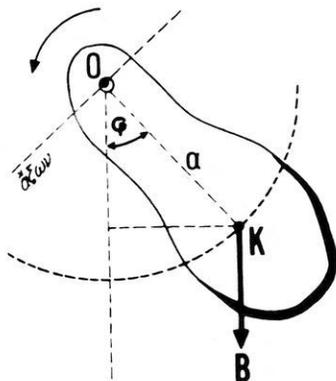
Ἄν θεωρήσωμεν ὅλην τὴν μᾶζαν τοῦ ἔκκρεμοῦς συγκεντρωμένην εἰς ἓνα σημεῖον, ὅπως συμβαίνει περίπου μετὰ μίαν βαρεῖαν σφαῖραν μικρῆς ἀκτίνως, ἢ ὅποια εἶναι ἐξηρητημένη μετὰ ἓνα ἐλαφρὸν καὶ μὴ ἔκατον νῆμα, ἀπὸ ἓνα ἀκλόνητον στηρίγμα, τότε ἔχομεν κατασκευάσει ἓνα ἀπλοῦν ἢ μαθηματικὸν ἔκκρεμές. Ὡστε :

Ἄπλοῦν ἢ μαθηματικὸν ἔκκρεμές ὀνομάζεται μία διάταξις, ἢ ὅποια περιλαμβάνει μίαν μικρὰν βαρεῖαν σφαῖραν, ἐξηρητημένην μετὰ ἐλαφρὸν καὶ μὴ ἔκατον νῆμα ἐξ ἑνὸς ἀκλόνητου στηρίγματος.

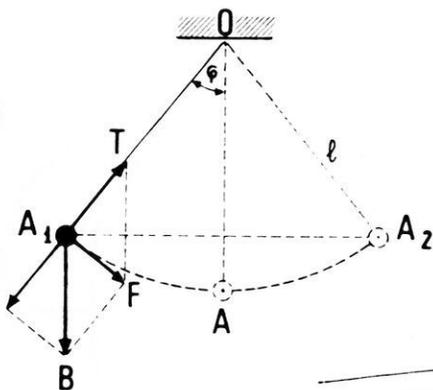
§ 28. Χαρακτηριστικὰ μεγέθη τοῦ ἔκκρεμοῦς. Ἡ ἀπόστασις τοῦ κέντρον τῆς σφαίρας ἀπὸ τὸ ἀκλόνητον σημεῖον ἐξαρτήσεως ὀνομάζεται μῆκος τοῦ ἔκκρεμοῦς καὶ παριστᾶται μετὰ τὸ γράμμα l (σχ. 19).

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

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



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



Ἡ μετάβασις τέλος τοῦ ἐκκρεμοῦς 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 ἐκκρεμοῦς ἀπὸ τὴν μίαν ἀκραίαν θέσιν εἰς τὴν ἄλλην ἀποτελεῖ μίαν ἁπλὴν αἰώρησιν.

Σχ. 19. Τὸ ἐκκρεμὸς ἐκτελεῖ ταλαντώσεις ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς ἐφαπτομενικῆς πρὸς τὴν τροχίαν συνιστάσεως τοῦ βάρους του.

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

Ἐὰν ἀπομακρύνωμεν τὸ ἐκκρεμὸς ἀπὸ τὴν θέσιν ἰσορροπίας του A , μεταφέροντες αὐτὸ εἰς μίαν θέσιν A_1 καὶ ἀκολουθῶς τὸ ἀφήσωμεν ἐλεύθερον, παρατηροῦμεν ὅτι εἰς τὴν θέσιν αὐτὴν δὲν ἰσορροπεῖ, ἀλλὰ κινεῖται διαγράφον τόξον A_1A_2 (βλ. σχ. 19).

Εἰς τὸ σφαιρίδιον τοῦ ἐκκρεμοῦς ἐνεργοῦν δύο δυνάμεις. Τὸ βάρος B τοῦ ἐκκρεμοῦς, μὲ κατακόρυφον διεύθυνσιν καὶ φορὰν πρὸς τὰ κάτω, καὶ ἡ ἀντίδρασις T τοῦ νήματος ἐξαρτήσεως, μὲ 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 ὁμως τοῦ σφαιριδίου, αὐξάνεται ὁλονὲν ἡ γωνία τῶν B καὶ T , μὲ ἀποτέλεσμα νὰ σμικρύνεται ἡ συνισταμένη τῶν. Εἰς τὴν θέσιν ἰσορροπίας αἱ B καὶ T εἶναι ἴσαι καὶ ἀντίθετοι καὶ ἡ συνισταμένη τῶν μηδενίζεται· τὸ σφαιρίδιον ὁμως, λόγῳ ἀδρανεΐας, συνεχίζει τὴν κίνησιν του, ὁπότε αἱ B καὶ T σχηματίζουν καὶ πάλιν γωνίαν, ἡ συνισταμένη

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

των όμως έχει τώρα αντίθετον φοράν από 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 ὀρισμένους νόμους, οἱ ὁποῖοι 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 μῆκος 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.

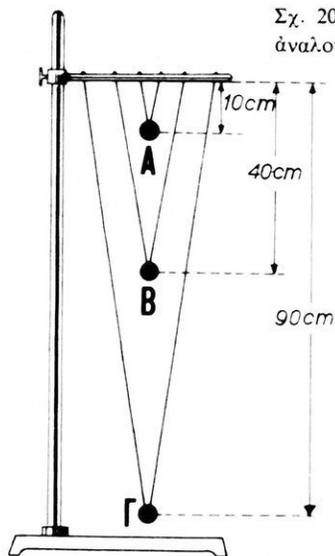
Πειραματικὴ ἀπόδειξις. Θέτομεν εἰς αἰώρησιν τὸ ἐκκρεμές καὶ μὲ μικρὸν πλάτος μετροῦμε μὲ τὸ χρονόμετρον τὸν χρόνον 20, π.χ., πλήρων αἰωρήσεων. Διαιροῦμε τὸν εὑρεθέντα χρόνον μὲ τὸν ἀριθμὸν τῶν πλήρων αἰωρήσεων καὶ ὑπολογίζομεν τὸν χρόνον μιᾶς πλήρους αἰωρήσεως, δηλαδὴ τὴν περίοδον τοῦ ἐκκρεμοῦς. Κατόπιν 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.

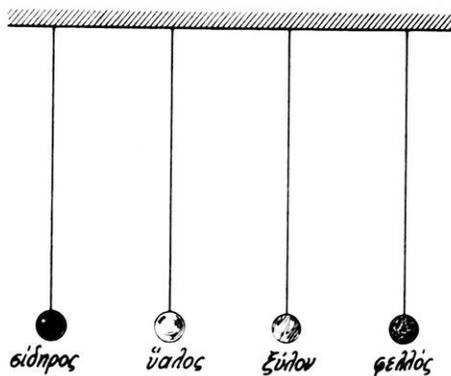
Πειραματικὴ ἀπόδειξις. Θέτομεν ταυτοχρόνως εἰς αἰώρησιν, μὲ τὸ αὐτὸ μικρὸν πλάτος, τρία ὅμοια ἐκκρεμῆ, τῶν ὁποίων τὰ μῆκη εἶναι 10 cm, 40 cm, 90 cm (σχ. 20), δηλαδὴ ὡς οἱ ἀριθμοὶ 1, 4, 9. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι ἡ περίοδος τοῦ δευτέρου ἐκκρεμοῦς εἶναι διπλασία, τοῦ δὲ τρίτου τριπλασία ἀπὸ τὴν περίοδον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

γ) Ἡ περίοδος τοῦ ἐκκρεμοῦς εἶναι ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὴν μᾶζαν καὶ τὸ ὑλικόν, ἀπὸ τὸ ὁποῖον εἶναι κατασκευασμένον τὸ ἐκκρεμές.

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



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



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

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

Πειραματικὴ ἀπόδειξις. Θέτομεν εἰς αἰώρησιν ἓνα ἔκκρεμὸς μετὰ σιδηρῶν σφαιρίδιον καὶ μετὰ τὸ χρονόμετρον προσδιορίζομεν τὴν περίοδόν του. Ἀκολουθῶς χρησιμοποιοῦντες ἓνα μαγνήτην, τὸν ὁποῖον τοποθετοῦμεν κάτω ἀπὸ τὸ σφαιρίδιον, προκαλοῦμεν τεχνητὴν αὐξήσιν 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.

(Handwritten signature)

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

ισόχρονον τῶν αἰωρήσεων μικροῦ πλάτους, τὸ ὅτι δηλαδή αἱ αἰωρήσεις μικρῶν πλατῶν γίνονται εἰς ἴσα χρονικά διαστήματα, εὐρίσκει σπουδαίαν ἐφαρμογὴν εἰς τὴν κατασκευὴν τῶν ὠρολογίων δι' ἐκκρεμοῦς διὰ τὴν ἀκριβῆ μέτρησιν τοῦ χρόνου.

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

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

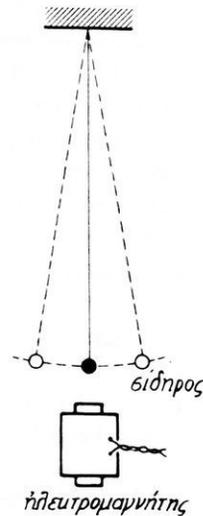
β) Μέτρησις τῆς ἐπιταχύνσεως τῆς βαρύτητος. Λύοντες τὸν τύπον τοῦ ἐκκρεμοῦς ὡς πρὸς g, διαδοχικῶς λαμβάνομεν:

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

Διὰ νὰ ὑπολογίσωμεν λοιπὸν τὴν ἐπιτάχυνσιν g τῆς βαρύτητος εἰς ἕναν τόπον, ἀρκεῖ νὰ γνωρίζωμεν τὸ μήκος ἑνὸς ἐκκρεμοῦς καὶ τὴν περιόδον του.

γ) Ἀπόδειξις τῆς περιστροφῆς τῆς Γῆς. Τὸ ἐπίπεδον, ἐπὶ τοῦ ὁποίου ἐκτελοῦνται αἱ αἰωρήσεις τοῦ ἐκκρεμοῦς, διατηρεῖται σταθερόν.

Λαμβάνομεν ἓνα ἐκκρεμὸς μὲ πολὺν μεγάλον μήκος, τὸ σφαιρίδιον τοῦ ὁποίου ἔχει ἀκίδα, καὶ τὸ θέτομεν εἰς αἰώρησιν. Ὑπὸ τὸ ἐκκρεμὸς



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

υπάρχει μία τράπεζα, ή επιφάνεια τής οποίας είναι κεκαλυμμένη με ψιλὴν ἄμμο· καὶ δύναται νὰ ἀνυψώνεται με εἰδικὴν διάταξιν. Ἀνυψώνομεν τὴν τράπεζαν ὥστε ἡ ἀκίς τοῦ ἐκκρεμοῦς νὰ χαράξῃ ἐπὶ τῆς ἄμμου μίαν λεπτὴν γραμμὴν καὶ ἀκολούθως τὴν καταβιβάζομεν. Μετὰ πάροδον ἀρκετοῦ χρόνου (π.χ. μιᾶς ὥρας) ἀνυψώνομεν ἐκ νέου τὴν τράπεζαν, ὁπότε παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἀκίς χαράζει διαφορετικὴν γραμμὴν ἀπὸ τὴν πρώτην ἐπὶ τῆς ἄμμου, αἱ δὲ δύο γραμμαὶ τέμνονται. Ἐφ' ὅσον ὁμως τὸ ἐπίπεδον τῶν αἰωρήσεων τοῦ ἐκκρεμοῦς δὲν μεταβλήθῃ, πρέπει νὰ συμπεράνωμεν ὅτι ἐστράφη τὸ δάπεδον, δηλαδὴ ὅτι ἐστράφη ἐν τῷ μεταξὺ ἡ Γῆ.

Τὸ πείραμα τοῦτο ἐξετέλεσε διὰ πρώτην φοράν ὁ Γάλλος Φουκῶ (Foucault) τὸ 1851 εἰς τὸ Πάνθεον τῶν Παρισίων, ἀπὸ τὴν ὄροφν τοῦ ὁποίου ἐξήρτησε σύρμα μήκους 67 m καὶ εἰς τὴν ἄκρην του προσήρμοσε χαλκίνην σφαίραν μάζης 28 kg.

Ἀριθμητικὴ ἐφαρμογή. Πόσον εἶναι τὸ μήκος ἐνὸς ἐκκρεμοῦς, τὸ ὁποῖον διὰ μίαν ἀπλὴν αἰώρησιν χρειάζεται χρόνον 1 sec.

Λύσις. Ἐφαρμόζοντες τὸν τύπον

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

ἀφοῦ προηγουμένως ἐπιλύσωμεν αὐτὸν ὡς πρὸς l , θὰ ἔχωμεν:

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

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

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Περιοδικὸν φαινόμενον ὀνομάζεται τὸ φαινόμενον ἐκεῖνο, τὸ ὁποῖον ἐπαναλαμβάνεται κατὰ τὸν ἴδιον ἀκριβῶς τρόπον, ἐντὸς ὀρισμένου χρόνου.

2. Αἱ περιοδικαὶ παλινδρομικαὶ κινήσεις, αἱ ὁποῖαι ἐκτελοῦνται μεταξὺ δύο ἀκραίων θέσεων τῆς τροχιᾶς ἐνὸς κινητοῦ, ὀνομάζονται ταλαντώσεις.

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 ἡ ὁποία περιλαμβάνει μίαν μικρὰν βαρεῖαν σφαῖραν, ἐξηρημένην μὲ ἐλαφρὸν καὶ μὴ ἔκτατὸν νῆμα ἀπὸ ἀκλόνητον στήριγμα. Ὄταν τὸ ἔκκρεμὲς ἔκτραπῇ 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, ἡ μία ἀπὸ τὰς ὁποίας νὰ εἶναι κάθετος πρὸς τὸ νῆμα καὶ ἡ ἄλλη νὰ ἔχῃ τὸ νῆμα ὡς φορέα. Ἡ τελευταία αὐτὴ ἐξουδετεροῦται ἀπὸ τὴν ἀντίδρασιν τοῦ νήματος καὶ παραμένει ἡ ἄλλη δύναμις ἡ κάθετος πρὸς τὸ νῆμα, ἡ ὁποία ἐπιταχύνει τὸ ἔκκρεμὲς ἢ τὸ ἐπιβραδύνει, ἀναλόγως μὲ τὴν φοράν τῆς ἐν σχέσει πρὸς τὴν κίνησιν.

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

τος, ακολουθοῦν ὠρισμένους νόμους οἱ ὅποιοι περιλαμβάνονται εἰς τὸν τύπον :

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

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

12. Οἱ νόμοι τοῦ ἐκκρεμοῦς ἀποδεικνύονται πειραματικῶς καὶ ἐκφράζουν ὅτι ἡ περίοδος τοῦ ἐκκρεμοῦς 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. \curvearrowright

13. Τὸ ἐκκρεμές χρησιμοποιεῖται εἰς τὴν μέτρησιν τοῦ χρόνου, εἰς τὴν μέτρησιν τῆς ἐπιταχύνσεως τῆς βαρύτητος, εἰς τὴν ἀπόδειξιν τῆς περιστροφικῆς κινήσεως τῆς Γ ἤς κ.λπ.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

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

Ε'—ΚΥΚΛΙΚΗ ΚΙΝΗΣΙΣ

§ 32. Γενικότητες και όρισμοί. α) Έως τώρα ήσυχολήθημεν με εὐθυγράμμους κυρίως κινήσεις. Ένα ἄλλο εἶδος κινήσεων εἶναι αἱ κυκλικαὶ καὶ (σχ. 23).

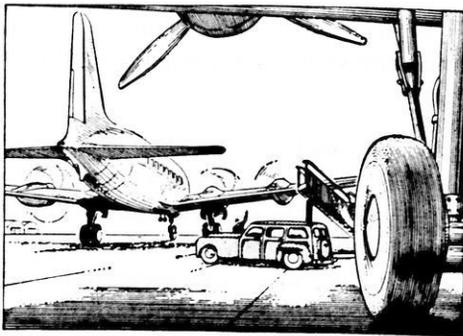
Εἰς ὅλας τὰς μηχανάς, αἱ ὁποῖαι χρησιμοποιοῦν ἰμάντας διὰ τὴν μετάδοσιν τῶν κινήσεων ἢ ὀδοντωτοὺς τροχοὺς, συμβαίνουν κυκλικαὶ κινήσεις. Αἱ κινήσεις αὗται εἶναι περιοδικαὶ εἰς τὰς ὁποίας τὸ κινητὸν διαγράφει κινούμενον, περιφέρειαν κύκλου ἢ τόξον περιφερείας. Ἀπὸ τὸ πλῆθος τῶν κυκλικῶν κινήσεων ἰδιαίτερον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

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

β) Διὰ τὴν διανύσῃ ὀλόκληρον τὴν περιφέρειαν τὸ κινητὸν, χρειάζεται ἓναν ὄρισμένον χρόνον T , ὁ ὁποῖος ἴσουςται μετὰ τὴν περίοδον τῆς κυκλικῆς κινήσεως. Ὡστε :

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

Ἡ κίνησης τῆς Γῆς περὶ τὸν ἄξονά της εἶναι ὀμαλὴ κυκλικὴ κίνησης μετὰ περίοδον 24 ὥρων. Ἡ κίνησης τῆς Γῆς περὶ τὸν Ἡλιον εἶναι περίπου κυκλικὴ μετὰ περίοδον ἐνὸς ἔτους.



Σχ. 23. Εἰς τὰ διάφορα μεταφορικὰ μέσα ἐκμεταλλεῦμεθα τὴν κυκλικὴν κίνησην 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 :

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

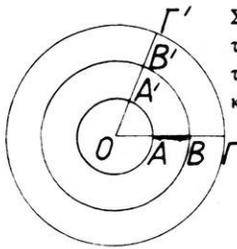
δ) **Γραμμικὴ ταχύτης.** Ἐφ' ὅσον τὸ κινητὸν διανύει εἰς ἴσους χρόνους ἴσα τόξα, συμπεραίνομεν ὅτι τὸ μῆκος τοῦ τόξου, τὸ ὁποῖον διατρέχει ἐντὸς μιᾶς χρονικῆς μονάδος, θά εἶναι σταθερόν. Τὸ μῆκος τοῦ σταθεροῦ αὐτοῦ τόξου ὀνομάζεται γραμμικὴ ταχύτης τοῦ κινητοῦ. Ὡστε :

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.

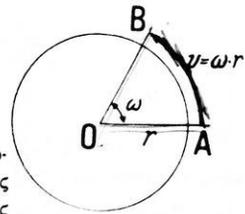
Ὅπως εἰς τὰς εὐθυγράμμους κινήσεις, οὕτω καὶ εἰς τὴν ὁμαλὴν κυκλικὴν κίνησιν, ἡ γραμμικὴ ταχύτης μετρεῖται μὲ τὰς αὐτὰς μονάδας.

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 μεγαλυτέρας, καὶ ὅτι ἐντὸς χρόνου 1 sec, ἀφοῦ ἐκκινήσουν ταυτοχρόνως καὶ τὰ τρία, μεταφέρονται εἰς τὰς



Σχ. 24. Τα σημεία A, B, Γ, τα όποια εύρισκονται επί τῆς αὐτῆς στρεφόμενης ἀκτίνος, ἔχουν ἴσας γωνιακὰς ταχύτητας.



Σχ. 25. Ἡ γωνιακὴ ταχύτης ω , ἡ γραμμικὴ ταχύτης v καὶ ἡ ἀκτίς τῆς κυκλικῆς τροχιάς r , συνδέονται μὲ τὴν σχέσιν : $v = \omega \cdot r$.

θέσεις A', B', Γ', αἱ ὁποῖα εύρισκονται καὶ πάλιν ἐπὶ τῆς αὐτῆς ἀκτίνος τῆς ἐξωτερικῆς περιφερείας.

Ἐντὸς χρόνου 1 sec τὸ κινητὸν A διέγραψε τὸ τόξον AA', τὸ κινητὸν B τὸ τόξον BB' καὶ τὸ κινητὸν Γ τὸ τόξον ΓΓ'. Τὰ ἐν λόγῳ ὁμοῦς τόξα δὲν ἔχουν τὸ αὐτὸ ἀνάπτυγμα, συνεπῶς τὰ τρία κινητὰ δὲν ἔχουν τὴν αὐτὴν γραμμικὴν ταχύτητα. Ἄν θεωρήσωμεν ὁμοῦς τὰς ἀκτίνας, ἐπὶ τῶν ὁποίων κινουῦνται τὰ τρία κινητὰ, αἱ ἀκτίνες αὐταὶ διαγράφουν ἐντὸς μιᾶς χρονικῆς μονάδος τὴν αὐτὴν γωνίαν. Ἡ γωνία αὕτη ὀνομάζεται γωνιακὴ ταχύτης τῶν κινητῶν. Ὡστε :

Γωνιακὴ ταχύτης ω ἑνὸς κινητοῦ, τὸ ὁποῖον ἐκτελεῖ ὁμαλὴν κυκλικὴν κίνησιν, ὀνομάζεται ἡ γωνία τὴν ὁποίαν διαγράφει εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου μίᾳ ἀκτίσιν τοῦ κύκλου, ἡ ὁποία παρακολουθεῖ τὸ κινητὸν εἰς τὴν κίνησίν του.

Ἡ γωνιακὴ ταχύτης μετρεῖται εἰς μοίρας ἀνά δευτερόλεπτον ἢ συνηθέστερον εἰς ἀκτίνια ἀνά δευτερόλεπτον (rad/sec).

§ 33. Σχέσις μεταξὺ γραμμικῆς καὶ γωνιακῆς ταχύτητος. Ἐστω ὅτι ἓνα κινητὸν ἐκτελεῖ ὁμαλὴν κυκλικὴν κίνησιν, κινουμένον ἐπὶ μιᾶς περιφερείας ἀκτίνος r . Ἐὰν τὸ κινητὸν ἐντὸς χρόνου 1 sec διανύσῃ τὸ τόξον AB, ἡ δὲ ἀκτίς ἐπὶ τῆς ὁποίας κινεῖται, διαγράφῃ τὴν γωνίαν AOB, τότε τὸ μήκος v τοῦ τόξου AB ἰσοῦται πρὸς τὴν γραμμικὴν ταχύτητα τοῦ κινητοῦ καὶ ἡ γωνία AOB = ω εἶναι ἴση πρὸς τὴν γωνιακὴν του ταχύτητα (σχ. 25).

Ἐὰν ἡ ω μετρηθῇ εἰς ἀκτίνια, τότε τὸ τόξον ἀναπτύγματος v ἀντιστοιχεῖ εἰς γωνίαν ω καὶ τόξον $2\pi r$, δηλαδὴ ὀλόκληρος ἡ περιφέρεια, εἰς γωνίαν 2π . Εἰς τὴν ἰδίαν ὁμοῦς περιφέρειαν τὰ τόξα καὶ αἱ ἐπίκεντροι γωνίαι εἶναι ποσὰ ἀνάλογα. Ἐπομένως :

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

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 :

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

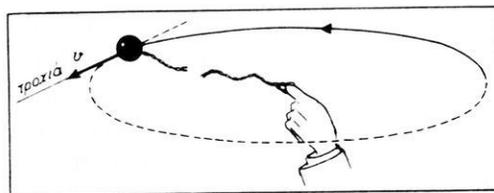
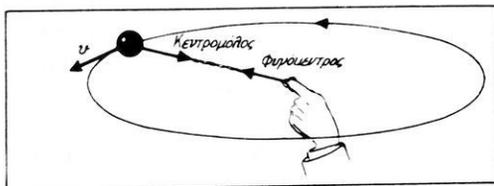
Ώστε :

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

§ 35. Κεντρομόλος δυνάμεις καὶ φυγόκεντρος ἀντίδρασις. Συμφώνως πρὸς τὸ ἀξίωμα τῆς ἀδρανείας ὅταν ἐπὶ ἐνὸς σώματος δὲν ἀσκήται οὐδεμία δύναμις, τὸ σῶμα ἰσορροπεῖ ἢ κινεῖται ἐυθυγράμμως καὶ ὁμαλῶς. Ἐπομένως ὅταν ἓνα σῶμα ἐκτελεῖ κυκλικὴν κίνησιν, πρέπει νὰ ἐνεργῇ ἐπ' αὐτοῦ μία δύναμις, ἡ ὁποία νὰ τὸ ἀναγκάζη νὰ κινῆται κυκλικῶς καὶ νὰ τὸ διευθύνῃ πρὸς τὸ κέντρον τῆς περιφερείας, τὴν ὁποίαν διαγράφει τὸ σῶμα.

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

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



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 ἀκοιλουθῶν τὴν ἐφαπτομένην τῆς τροχιάς.

ναμς, ήτις έξαναγκάζει τόν λίθον εΐς περιςτροφήν, προέρχεται έκ τής χειρός μας, άςκεΐται επί του λίθου διά μέσου του σπάγγου και διευθύνεται πρòς τήν χείρα μας, πρòς τò κέντρον δηλαδή τής κυκλικής τροχιάς τήν όποιαν διαγράφει ό λίθος.

Ή δύναμις αύτη όνομάζεται κεντρομόλος δύναμις. "Ωςτε :

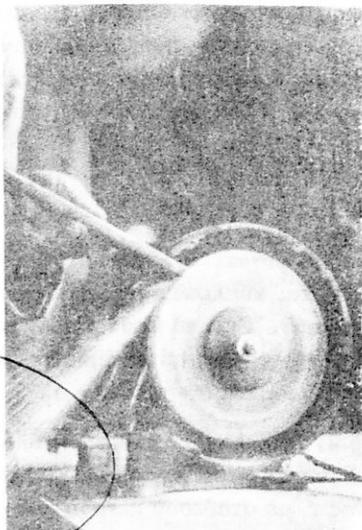
Κεντρομόλος δύναμις όνομάζεται ή δύναμις ή όποία έξαναγκάζει ένα σώμα νά κινηθῆ επί κυκλικής τροχιάς. Ή δύναμις αύτη έχει, εΐς έκάστην χρονικήν στιγμήν, διεύθυνσιν τήν άκτίνα και φοράν πρòς τò κέντρον τής κυκλικής-τροχιάς.

§ 36. Φυγόκεντρος αντίδρασις.

Κατά τήν έκτέλεσιν του άνωτέρω πειράματος χρειάζεται νά καταβάλωμεν άρκετήν προσπάθειαν, διά νά συγκρατήσωμεν τόν λίθον ό όποΐος τείνει όλονέν νά έκτιναχθῆ. Αυτό όφείλεται εΐς τò γεγονός ότι ό λίθος, συμφώνως πρòς τò άξίωμα δράσεως και αντίδράσεως, προβάλλει εΐς τήν κεντρομόλον δύναμιν αντίδρασιν ίσου μέτρου και αντίθετου φοράς, ή όποία τείνει νά απομακρύνη τόν λίθον άπό τò κέντρον τής κυκλικής τροχιάς. Ή δύναμις αύτη όνομάζεται φυγόκεντρος δύναμις.

Ή φυγόκεντρος δύναμις δέν είναι δύναμις ή όποία άσκειται άπό έξωτερικά αίτια εΐς τò σώμα, αλλά δύναμις ή όποία, λόγω άδρανεΐας, άναπτύσσεται επί του σώματος άπό αυτό τò ίδιον τò σώμα. Δι' αυτό άν εΐς μίαν στιγμήν θραυσθῆ ό σπάγγος, ή άν ήμεΐς παύσωμεν νά τόν συγκρατῶμεν, ό λίθος συνεχίζει τήν κίνησίν του, ευθυγράμμως και όμαλῶς, άκολουθῶν τήν έφαπτομένην τής τροχιάς εΐς τò σημείον εΐς τò όποΐον εύρίσκετο όταν έθραύσθη ό σπάγγος (σχ. 26, κάτω).

Τò ίδιον φαινόμενον παρατηροῦμεν όταν παρακολουθοῦμεν τούς



Σχ. 27. Οί σπινθήρες κινούνται, λόγω άδρανεΐας, κατά τήν έφαπτομένην τής τροχιάς του τροχού, εΐς τò σημείον εΐς τò όποΐον παράγονται.

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

Έκ τών άνωτέρω συμπεραίνομεν ότι, άπό τήν στιγμήν κατά τήν όποίαν παύει νά ύφίσταται ή κεντρομόλος, έξαφανίζεται και ή φυγόκεντρος δύναμις. Ή άδράνεια όμως ύποχρεώνει τó σῶμα νά συνεχίση εύθυγράμμως και όμαλώς τήν κίνησίν του, με τήν ταχύτητα τήν όποίαν είχεν άποκτήσει τήν στιγμήν κατά τήν όποίαν έπαυσε νά ένεργή έπ' αυτόύ ή κεντρομόλος δύναμις. "Ωστε :

Ή φυγόκεντρος δύναμις άναπτύσσεται, έπί ένός σώματος τó όποίον κινείται κυκλικώς, ώς αντίδρασις τού σώματος πρós τήν κεντρομόλον δύναμιν. Έχει τó ίδιον μέτρον με τήν κεντρομόλον και αντίθετον πρós εκείνην φοράν, τείνει δηλαδή νά άπομακρύνη τó σῶμα άπό τó κέντρον τής κυκλικής τροχιάς.

§ 37. Μέτρον τής κεντρομόλου και τής φυγοκέντρου δυνάμεως.

Έάν ένα σῶμα, μάζης m , κινηται διαγράφον κυκλικήν τροχιάν, άκτί-νος r , με σταθερού μέτρου γραμμικήν ταχύτητα v , τότε, όπως άποδεικνύεται, τó μέτρον τής κεντρομόλου δυνάμεως $F_{κεν}$ δίδεται άπό τόν τύπον :

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

Έπειδή όμως ή φυγόκεντρος $F_{φυγ}$ και ή κεντρομόλος δύναμις $F_{κεν}$ έχουν ίσα μέτρα, θά έχωμεν :

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

§ 38. Νόμοι τής κεντρομόλου δυνάμεως. Άπό τόν τύπον (1) τής προηγούμενης παραγράφου συμπεραίνομεν τούς έξής νόμους τής κεντρομόλου δυνάμεως :

α) Ή κεντρομόλος δύναμις είναι άνάλογος πρós τήν μάζαν τού κινητού, όταν ή γραμμική ταχύτης αυτού και ή άκτις περιστροφής παραμένουν σταθεραί.

"Όταν δηλαδή ή μάζα τού στρεφομένου σώματος γίνη διπλασία, τριπλασία κ.λπ., ένδ συγχρόνως παραμένουν σταθεραι ή γραμμική ταχύτης και ή άκτις περιστροφής, τότε και ή 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 ἀκτίς περιστροφῆς παραμένουν σταθεραί.

Ὅταν δηλαδὴ διπλασιασθῇ, τριπλασιασθῇ κ.λπ. ἡ γραμμικὴ ταχύτης τοῦ σώματος, ἐνῶ ἡ ἀκτίς περιστροφῆς παραμένει ἡ ἴδια, ἡ κεντρομόλος δύναμις τετραπλασιάζεται, ἔννεαπλασιάζεται κ.λπ.

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

Ὅταν δηλαδὴ ἓνα σῶμα ἐκτελῇ ὁμαλὴν κυκλικὴν κίνησιν καὶ ἐνῶ διατηρῇ σταθερὰν τὴν γραμμικὴν τοῦ ταχύτητα διπλασίωση, τριπλασίωση κ.λπ. τὴν ἀκτίνα περιστροφῆς του, ἡ κεντρομόλος δύναμις γίνεται ἴση μὲ τὸ ἓνα δεύτερον, τὸ ἓνα τρίτον κ.λπ. 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 ἰσοταχὴ κίνησιν, θά ἔχῃ ταχύτητα :

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

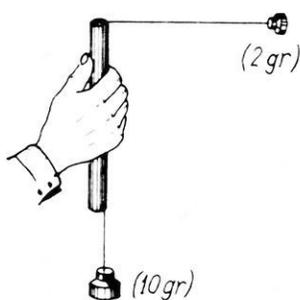
ἐπειδὴ δὲ $v^2 = \frac{4\pi^2 \cdot r^2}{T^2}$ ὁ τύπος (1) τῆς § 37 θά λάβῃ τὴν μορφήν :

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

Ἐπομένως :

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

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



Σχ. 28. Πείραμα διά την επαλήθευσιν τών νόμων τής κεντρομόλου δυνάμεως.

Συμφώνως πρὸς τὸν νόμον αὐτόν, ἓνα σῶμα τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται εἰς τὸν Ἴσημερινὸν τῆς Γῆς, ὑπόκειται εἰς μεγαλυτέραν 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 μετὰ τὴν ἰδίαν περίοδον, ἢ ὅποια ἰσοῦται πρὸς τὴν περίοδον περιστροφῆς τῆς Γῆς περὶ τὸν ἄξονά της, δηλαδὴ ἴσην πρὸς 24 ὥρας, ἢ κυκλικὴ τροχιά ὅμως τοῦ σώματος τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται εἰς τὸν Ἴσημερινὸν ἔχει μεγαλυτέραν 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 μετὰ τὸ ἀκόλουθον πείραμα (σχ. 28).

Εἰς τὰ ἄκρα ἐνὸς νήματος, τὸ ὁποῖον ὀλισθαίνει ἐντὸς ἐνὸς ὑάλινου σωλῆνος, μήκους 25 cm περίπου, προσδένομεν δύο σταθμὰ μετὰ μάζας $m_1=2$ gr καὶ $m_2=10$ gr. Κατόπιν ἐκτινάσσομεν τὴν μάζαν m_1 καὶ τὴν περιστρέφομεν μετὰ τυχοῦσαν, 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 ἰσχύῃ ἡ σχέσηις :

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

§ 40. Φαινόμενα καὶ ἐφαρμογαὶ τῆς κεντρομόλου δυνάμεως. α) Οἱ ἰπέεις, 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, ἢ ὅποια 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 ἐξουδετερωθῆται ἡ φυγόκεντρος δύναμις μὲ τὴν κλίσιν τῆς ἀτμομηχανῆς καὶ τῶν βαγονίων πρὸς τὸ ἐσωτερικὸν τῆς κυκλικῆς τροχιάς. Διὰ τὸν ἴδιον λόγον οἱ ὀδηγοὶ τῶν σιδηροδρομικῶν συρμῶν μετριάξουν εἰς τὰς καμπὰς τὴν ταχύτητα, ἐλαττώνοντες οὕτω καὶ πάλιν τὴν φυγόκεντρον δύναμιν. Μὲ τὰ μέτρα αὐτὰ ἀποσοβεῖται ὁ ἐκτροχιασμός τῆς ἀμαξοστοιχίας.



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

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

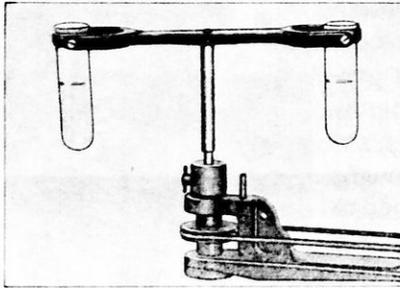
γ) Ἐξ αἰτίας τῆς φυγόκεντρον δυνάμεως οἱ τροχοὶ τῶν διαφόρων μεταφορικῶν μέσων ἐκτινάσσουν τὴν λάσπην, ἢ ὁποία προσκολλᾶται ἐπ' αὐτῶν.

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

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

Τὸ ὑγρὸν μείγμα τοποθετεῖται ἐντὸς τοῦ διαχωριστήρος 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. 30. Φυγοκεντρικός διαχωριστής.

τήν μούργαν από τὸ ἐλαιόλαδον κ.λπ. Φυγοκεντρικαὶ μηχαναὶ χρησιμοποιοῦνται ἐπίσης εἰς τὰ ξηραντήρια τῶν ὑφασμάτων. Τὰ ὑφάσματα τοποθετοῦνται εἰς κατάλληλα δοχεῖα, τὰ ὁποῖα περιστρέφονται κατόπιν μὲ μεγάλην ταχύτητα, ὅποτε τὸ ὕδωρ ἐκτινάσσεται ἀπὸ τὰς ὀπὰς τῶν δοχείων καὶ οὕτω στεγνώνουν καὶ ξηραίνονται τὰ ὑφάσματα.

Ἀριθμητικὴ ἐφαρμογή. Ἐνα σῶμα μάζης 100 gr. προσδένεται εἰς μίαν ἄκρην ἐνὸς 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 μὲ τὴν φυγόκεντρον δύναμιν $F_{\text{φυγ}}$ τῆς περιστροφικῆς κινήσεως. Ἐπομένως θά εἶναι :

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

Ἀντικαθιστώντες εἰς τύπον τὸν αὐτὸν τὰ δεδομένα τοῦ προβλήματος, εἰς 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 μῆς περιστροφῆς ἰσοῦται μὲ τὴν περίοδον), καὶ $\pi^2 = 10$, λαμβάνομεν :

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

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 ὁποίαν τὸ κινητὸν διανύει εἰς ἴσους χρόνους ἴσα τόξα τῆς κυκλικῆς τροχιάς του. Ἡ ὁμαλὴ κυκλικὴ κίνησις εἶναι λοιπὸν περιοδικὸν φαινόμενον, εἰς τὸ ὁποῖον διακρίνομεν περίοδον καὶ συχνότητα.

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

είς την μονάδα του χρόνου. Η γραμμική ταχύτης μετρείται είς m/sec ή cm/sec ή km/h κ.λπ.

3. Γωνιακή ταχύτης ω μιās όμαλης κυκλικής κινήσεως όνομάζεται ή γωνία την όποιαν διαγράφει είς την μονάδα του χρόνου μία άκτις του κύκλου, ή όποία παρακολουθεί τόν κινήτόν είς την κίνησίν του. Η γωνιακή ταχύτης μετρείται είς μοίρας άνά δευτερόλεπτον ή άκτίνια άνά δευτερόλεπτον.

4. Η γραμμική ταχύτης v , ή γωνιακή ταχύτης ω και ή άκτις τής κυκλικής τροχιās συνδέονται με την σχέσιν : $v = \omega \cdot r$.

5. Ένα σώμα κινείται και άκολουθεί κυκλικήν τροχιάν υπό την δρāsιν μιās δυνάμεως ή όποία διευθύνεται σταθερώς πρός τόν κέντρον τής κυκλικής τροχιās και όνομάζεται κεντρομόλος δύναμις.

6. Η κεντρομόλος δύναμις προκαλεί ,ώς αντίδρασιν του σώματος, την φυγόκεντρον δύναμιν, έχει τόν ίδιον μέτρον με την κεντρομόλον και αντίθετον φοράν από εκείνην, τείνουσα να άπομακρύνη τόν σώμα από τόν κέντρον τής κυκλικής τροχιās.

7. Επί ενός σώματος με μάζαν m , τόν όποιον κινείται όμαλώς επί κυκλικής τροχιās με άκτίνα r και έχει γραμμικήν ταχύτητα v , ενεργεί κεντρομόλος δύναμις $F_{κεν}$, τόν δε σώμα αντίδρα με φυγόκεντρον δύναμιν $F_{φυγ}$ ενώ διά τά μέτρα τών δυνάμεων ίσχύει ή σχέσις :

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

8. Από τόν άνωτέρω τύπον εξάγονται οί νόμοι τής κεντρομόλου (φυγόκεντρον) δυνάμεως, οί όποιοί έκφράζουν ότι ή κεντρομόλος (φυγόκεντρος) δύναμις είναι : α) άνάλογος πρός την μάζαν του κινήτου, όταν ή γραμμική ταχύτης και ή άκτις περιφορās παραμένουν σταθεραί, β) άνάλογος πρός τόν τετράγωνον τής γραμμικής ταχύτητος, όταν ή μάζα του σώματος και ή άκτις περιφορās παραμένουν σταθεραί, γ) αντίστρόφος άνάλογος πρός την άκτίνα περιφορās, όταν ή μάζα και ή γραμμική ταχύτης παραμένουν σταθεραί.

9. Ο τύπος τής κεντρομόλου (φυγόκεντρον) δυνάμεως, άν άντικαταστήσωμεν τόν v με τόν ίσον του $2\pi r/T$ γίνεται :

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

10. Ἡ σχέσηις αὕτη ἐκφράζει τὸν τέταρτον νόμον, συμφῶνως πρὸς τὸν ὁποῖον ἡ κεντρομόλος (φυγόκεντρος) δύναμις εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἀκτίνα περιφορᾶς, ὅταν διατηρῆται 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 Ἴσημερινόν, ἡ κλίσις τῶν δρομέων, ἰπέων, ποδηλατιστῶν κ.λπ. πρὸς τὸ κοῖλον τῆς καμπῆς. Διὰ τὰ ἐξουδετερωθῆ ἡ φυγόκεντρος δύναμις εἰς τὰς στροφᾶς τῶν σιδηροδρομικῶν γραμμῶν, κατασκευάζεται ὑψηλότερα ἢ ἐξωτερικὴ γραμμή.

12. Ἡ φυγόκεντρος δύναμις εὐρίσκει καὶ βιομηχανικὰς ἐφαρμογὰς, ὅπως εἶναι αἱ φυγοκεντρικαὶ ἀντλῖαι, οἱ φυγοκεντρικοὶ διαχωριστήρες, οἱ φυγοκεντρικοὶ ξηραντήρες 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. (Ἄπ. 4 459 στο/μιν.)

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. (Ἄπ. 30 km/sec.)

35. Ἐνας τροχὸς ἐκτελεῖ 96 στο/μιν. 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.
(Ἄπ. α' 603,28 cm/μιν. β' 0,0828 m.)

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

37. Οἱ τροχοὶ ἐνὸς αὐτοκινήτου ἔχουν διάμετρον 550 mm. Πόσας στροφᾶς ἀνά λεπτὸν ἐκτελοῦν οἱ τροχοί, ὅταν τὸ αὐτοκίνητον κινῆται μὲ ταχύτητα 80 km/h. (Ἄπ. 773 στο/μιν.)

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

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

(Ἄπ. 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 ἀνὰ λεπτόν. Πόση εἶναι ἡ φηγόκεντρος δύναμις ἡ ὅποια ἀναπτύσσεται εἰς τὸ σῶμα καὶ πόσας φορὰς εἶναι μεγαλυτέρα ἀπὸ τὸ βῆρος τοῦ σώματος.

(Ἄπ. α' 200 kp. β' 4 000 φορὰς.)

ΣΤ' — ΠΑΓΚΟΣΜΙΟΣ ΕΛΞΙΣ

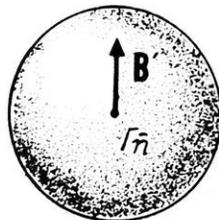
§ 41. Νόμος τῆς παγκοσμίου ἔλξεως. Ἡ γῆνη βαρύτης τὸ φαινόμενον δηλαδὴ κατὰ τὸ ὅποιον ἡ Γῆ ἔλκει πρὸς τὸ κέντρον τῆς τὰ διάφορα σώματα, τὰ ὅποια εὐρίσκονται πλησίον τῆς ἐπιφανείας τῆς, ἀποτελεῖ μιαν μερικὴν περίπτωση ἑνὸς πολὺ γενικωτέρου φαινομένου.

Πράγματι ὅλα τὰ σώματα τοῦ Σύμπαντος ἔλκονται ἀμοιβαίως (σχ. 31). Οὕτως ἡ Γῆ ἔλκει τὴν Σελήνην καὶ ἀντιστρόφως ἡ Σελήνη ἔλκει τὴν Γῆν. Ὁ ἥλιος ἔλκει τὴν Γῆν καὶ ἀντιστρόφως ἡ Γῆ ἔλκει τὸν ἥλιον καὶ γενικῶς ὅλα τὰ οὐράνια σώματα, δηλαδὴ τὰ ἄστρα, ἔλκονται ἀμοιβαίως.

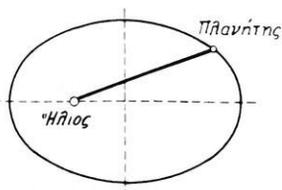
Τὸ γενικὸν φαινόμενον τῆς ἀμοιβαίας ἔλξεως τῶν οὐρανίων σωμάτων ὀνομάζεται παγκόσμιος ἔλξις.

Παρ' ὅλην τὴν ἀμοιβαίαν ἔλξιν των, τὰ οὐράνια σώματα δὲν πίπτουν τὸ ἓνα ἐπὶ τοῦ ἄλλου ἐπειδὴ κινοῦνται, ἀκολουθοῦντα κλειστὰς καμπύλας τροχιάς, περιστρεφόμενα περὶ ἄλλα κεντρικὰ ἄστρα.

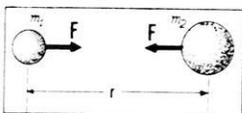
Αἱ τροχιαὶ αὗται ὁμοιάζουν με ὀλιγώτερον ἢ περισσότερον συμπεπιεσμένους κύκλους, οἵτινες ὀνομάζονται ἑλλείψεις (σχ. 32). Ἡ ἔλξις τοῦ κεντρικοῦ ἄστρου, περὶ τὸ ὅποιον περι-



Σχ. 31. Ἡ Γῆ ἔλκει τὰ διάφορα σώματα πρὸς τὸ κέντρον τῆς.



Σχ. 32. Αἱ τροχιαὶ τῶν πλανητῶν περὶ τὸν ἥλιον, εἶναι ἑλλείψεις.



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

φέρεται μία όμάς από μικρότερα, ένεργεί ως κεντρομόλος δύναμις τής κινήσεως. Τήν ιδέα ν τής παγκοσμίου έλξεως συνέλαβε πρώτος ό Νεύτων και διετύπωσε μαθηματικώς τό μέτρον F τής έλκτικής 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 αντίστρόφως 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 ύπολογίζεται εις Νιουτών (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 οί άπλανείς άστέρες, ή συντριπτική πλειονότης των ούρανίων σωμάτων. Είναι άστρα τά όποια εύρίσκονται εις τεραστίας αποστάσεις από τήν Γήν μας, τόσον μεγάλας όστε 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 διατηροϋν σταθεράς, δι' ένα γήινον παρατηρητήν, αποστάσεις έντός του χρονικού διαστήμα-

τος μιάς ἀνθρωπίνης ζωῆς. Ἐπομένως δὲν πλανῶνται, δὲν μετακινου-
ται δηλαδὴ ἐπὶ τοῦ οὐρανοῦ θόλου. Παρακολουθοῦν τὴν φαινομενικὴν
κίνησιν τῆς οὐρανοῦ σφαίρας, ὡς ἂν ἦσαν προσκεκολλημένα εἰς
τὸ ἐσωτερικόν τῆς.

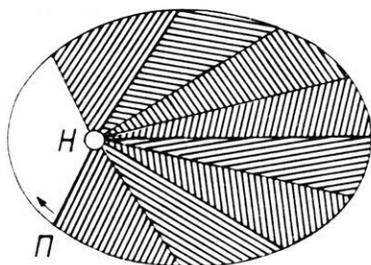
Ἡ ἡμερησία κίνησις τῆς οὐρανοῦ σφαίρας εἶναι φαινομενικὴ,
φαίνεται δηλαδὴ εἰς ἡμᾶς ὅτι ἐκτελεῖται κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον καὶ
ὀφείλεται εἰς τὴν περιστροφὴν τῆς Γῆς περὶ τὸν ἄξονά τῆς. Ἐδῶ
συνεπῶς συμβαίνει ἓνα φαινόμενον, ἀνάλογον μ' ἐκεῖνος τὸ ὅποιον
παρατηροῦμεν, ὅταν τρέχωμεν μὲ ἓνα ταχὺ αὐτοκίνητον 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 σταθερὰς θέσεις, ἀλλὰ κινουῦνται, πλανῶνται, μεταξὺ
τῶν ἁπλανῶν.

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 **Κοπερνίκος** (1473-1543) ἐμελέτησε
τὰ συγγράμματα τῶν ἀρχαίων Ἑλλήνων καὶ κατόπιν πολυχρονίων
παρατηρήσεων κατέληξεν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι ἡ Γῆ δὲν εἶναι κέν-
τρον τοῦ Κόσμου, ἀλλὰ ἓνας πλανήτης, 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.

τῶν πλανητῶν ἀπὸ τὸν Ἥλιον δὲν διατηροῦνται σταθεραί.

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

Ἀπὸ τὸν νόμον αὐτὸν συμπεραίνομεν ὅτι ἡ ταχύτης περιστροφῆς τοῦ πλανήτου 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 μέσσην ἀπόστασιν ἑνὸς πλανήτου ἀπὸ τὸν Ἥλιον, ὅταν γνωρίζωμεν τὴν περίοδον τῆς περιφορᾶς του.

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. Ἡ περίοδος περιφορᾶς τοῦ πλανήτου Ἄρεως εἶναι 687 γῆναι ἡμέραι. Πόση εἶναι ἡ μέση ἀπόστασίς του ἀπὸ τὸν Ἥλιον. Λύσις. 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:

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

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

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

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

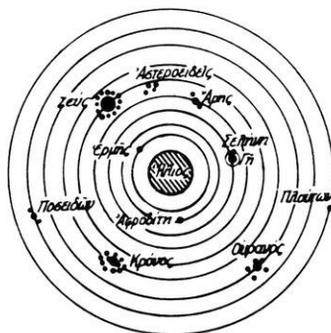
Οἱ ἐσωτερικοὶ πλανῆται κατὰ σειρὰν ἀποστάσεώς των ἀπὸ τὸν ἥλιον εἶναι οἱ ἑξῆς: Ἑρμῆς, Ἀφροδίτη, Γῆ, Ἄρης.

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

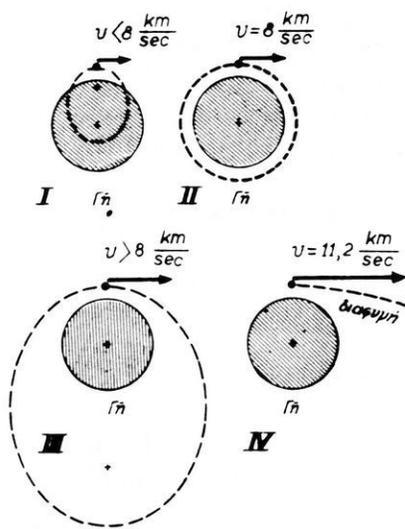
Οἱ ἐξωτερικοὶ πλανῆται εἶναι οἱ: Ζεὺς, Κρόνος, Οὐρανός, Ποσειδῶν καὶ Πλούτων.

Οἱ κομηταὶ καὶ οἱ μετεωρίται ἀνήκουν κατὰ ἓνα μέρος εἰς τὸ ἡλιακὸν μας σύστημα. Αἱ τροχιαὶ τῶν περιοδικῶν κομητῶν, ἐκείνων δηλαδή οἱ ὁποῖοι ἐμφανίζονται κατὰ ὠρισμένα χρονικὰ διαστήματα, εἶναι πολὺ συμπεπιεσμένα 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 περιστροφήν περὶ τὸν ἥλιον.



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



Σχ. 36. Το είδος της τροχιάς ενός σώματος, το όποιον βάλλεται οριζοντίως, εξαρτάται από την αρχική του ταχύτητα.

§ 44. Τεχνητοί δορυφόροι. Όταν εκσφενδονίσωμεν μετά δυνάμεως ένα βαρὺ σῶμα, τότε αὐτὸ διαγράφει μίαν καμπύλην τροχίαν, τὸ κοῖλον μέρος τῆς ὁποίας εἶναι ἐστραμμένον πρὸς τὴν Γῆν. Οὕτω τὸ σῶμα ἐνῶ κινεῖται, πλησιάζει ὅλον ἐν πρὸς τὴν Γῆν καὶ τέλος πίπτει ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας αὐτῆς.

Ἄν κατὰ τὴν ἐκσφενδόνισιν καταβάλωμεν μεγαλυτέραν δύναμιν, τὸ σῶμα θὰ διανύσῃ μεγαλυτέραν ἀπόστασιν καὶ ἂν διαθέτωμεν μίαν βλητικὴν μηχανήν, τῆς ὁποίας εἶναι δυνατόν νὰ αὐξάνωμεν τὴν ἰκανότητα ἐκτοξεύσεως, θὰ ἐπιτυχάνωμεν ὅλον ἐν καὶ μεγαλυτέρας ἀποστάσεις, μεταξύ τοῦ σημείου βολῆς καὶ τοῦ σημείου προσκρούσεως, ἐπὶ τοῦ ἐδάφους.

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

χύτης ἐκτοξεύσεως διὰ τὴν ὁποίαν 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 ὑψηλὸν σημεῖον ἐκσφενδονίσωμεν ὀριζοντίως ἓνα σῶμα μὲ ταχύτητα 8 km/sec τὸ σῶμα αὐτὸ δὲν θὰ ἐπαναπέσῃ ἐπὶ τῆς Γῆς, ἀλλὰ θὰ στρέφεται περὶ τὴν Γῆν εἰς κυκλικὴν τροχίαν. Τὸ σῶμα τότε μεταβάλλεται εἰς τεχνητὸν δορυφόρον. Ἄν ἡ ταχύτης διαφυγῆς εἶναι μεγαλυτέρα ἀπὸ 8 km/sec, ἀλλὰ μικροτέρα ἀπὸ 11,2 km/sec, τὸ σῶμα διαγράφει ἐλλειπτικὴν τροχίαν. Τέλος τὸ σῶμα ἐκφεύγει ἀπὸ τὴν ἔλξιν τῆς Γῆς καὶ χάνεται εἰς τὸ Διάστημα, ὅταν ἡ ταχύτης διαφυγῆς ὑπερβῇ τὰ 11,2 km/sec (σχ. 36, IV).

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

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

Ή πρώτη σοβαρά προσπάθεια κατασκευής πυραύλων έγινε κατά τά τέλη τοῦ Β΄ Παγκοσμίου Πολέμου, όταν οί Γερμανοί κατασκεύασαν τάς λεγομένας ίπταμένας βόμβας τύπου V - 2. Μετά τό τέλος τοῦ πολέμου οί πύραυλοι V - 2 έχρησιμοποιήθησαν διά καθαρώς έπιστημονικούς σκοπούς, δέν ήσαν όμως εις θέσιν νά αναπτύξουν τήν ταχύτητα διαφυγής και νά αποδεσμευθοῦν από τήν γήινην έλξιν. Τό πρόβλημα έλύθη μίαν δεκαετίαν περίπου αργότερον, όταν Ἀμερικανοί και Ρώσσοι έπιστήμονες, εργαζόμενοι κεχωρισμένως, κατασκεύασαν πολυωρόφους πυραύλους, ή άρχή τής λειτουργίας τών όποίων είναι ή ακόλουθος.

Όταν ό πύραυλος, αφού άνέλθη εις ένα ώρισμένον ύψος, καταναλώση τά καύσιμα τοῦ κατωτέρου δρόφου του, αποχωρίζεται τόν δροφον αυτόν, ένώ ταυτοχρόνως πυροδοτείται ό επόμενος δροφος. Ή διαδικασία αύτη συνεχίζεται μέχρις ότου χρησιμοποιηθοῦν όλοι οί δροφοι, όποτε ό πύραυλος έχει άνέλθη εις τό επιθυμητόν ύψος.

Ό πολυώροφος πύραυλος έχει εις τήν κορυφήν του τόν δορυφόρον, τόν όποιον θέτει εις τροχίαν περι τήν Γήν ό τελευταίος δροφος. Κατά τήν πυροδότησιν του ό δροφος αυτός έχει τιοιούτην θέσιν, ώστε νά έκτοξεύση τόν δορυφόρον παραλλήλως πρός τήν επιφάνειαν τής Γής.

Οί τεχνητοί δορυφόροι είναι έφωδιασμένοι μέ έπιστημονικά όργανα και μεταδίδουν, μέ τήν βοήθειαν κωδικοποιημένων σημάτων, τά άποτελέσματα διαφόρων μετρήσεων.

Ό πρώτος τεχνητός δορυφόρος εξαπελύθη από τούς Ρώσσους τήν 4 Ὀκτωβρίου 1957 (Σποδτικ I). Ὁ άμέσως επόμενος τεχνητός δορυφόρος ήτο Ἀμερικανικός και έξετοξεύθη τήν 31 Ίανουαρίου 1958 από τάς Ἡνωμένας Πολιτείας (Explorer I, Έξερευνητής I). Σήμερον πλέον έκτελούνται και επηνδρωμένοι πτήσεις, κατά τήν διάρκειαν τών όποίων πραγματοποιούνται έκπληκτικά πειράματα, όπως τό βάδισμα εις τό Διάστημα, ή προσέγγισις τών διαστημοπλοίων, ή πτήσιων των εις σχηματισμόν κ.λπ.

Οί τεχνητοί δορυφόροι προσφέρουν έξ άλλου μεγάλας ύπηρεσίας εις τήν Μετεωρολογία, διά τήν πρόγνωσιν τοῦ καιροῦ, και εις τάς τηλεπικοινωνίας.

1. Ἡ γήινη βαρύτης εἶναι μερική περίπτωση ἐνὸς γενικότερου 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, αἰτνες ὁμοιάζουν μὲ συμπεπιεσμένους κύκλους καὶ ὀνομάζονται ἑλλείψεις, περὶ ἄλλα κεντρικὰ ἄστρα. Ἡ ἔλξις τοῦ κεντρικοῦ ἄστρου ἐνεργεῖ ὡς κεντρομόλος δύναμις τοῦ περιστρεφόμενου.

2. Συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τῆς παγκοσμίου ἑλξεως, τὸν ὁποῖον ἀνεκάλυψεν ὁ Νεύτων, ἡ ἑλκτική δύναμις F , ἥτις ἀναπτύσσεται μεταξὺ δύο σωμάτων μὲ μάζας m_1 καὶ m_2 , τὰ ὁποῖα εὐρίσκονται εἰς ἀπόστασιν r μεταξὺ των, 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, ἡ ὁποία ὀνομάζεται σταθερὰ τῆς παγκοσμίου ἑλξεως.

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 σφαίρας. 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 ὁποίους ἐκτελεῖται ἡ κίνησις τῶν πλανητῶν περὶ τὸν

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

5. Οἱ μικροὶ πλανῆται, οἵτινες στρέφονται περὶ ἓνα μεγαλύτερον πλανήτην 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 πρακτικῶς τηλεπικοινωνιακῶς σκοποῦς. Οἱ τεχνητοὶ δορυφόροι εἶναι οἱ πρόδρομοι τῶν διαστημοπλοίων.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

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

42. Πόση εἶναι ἡ μᾶζα τῆς Γῆς. (Ἀκτίς τῆς γῆϊνης σφαιράς $R = 6,37 \cdot 10^6 \text{ cm}$, σταθερὰ τῆς παγκοσμίου ἑλξεως $k = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{sec}^{-2}$). (Ἐπ. 5,97 · 10²⁴ kg.)

43. Ἐνα σῶμα ζυγίζει ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς 100 κρ. α) Πόσον εἶναι τὸ βάρος τοῦ σώματος εἰς ὕψος 4 000 m. β) Εἰς πόσον ὕψος τὸ βάρος τοῦ σώματος ἀνέρχεται εἰς 99,8 κρ. (Ἐπ. ἠ. 99,937 κρ. β' 6 300m.)

Ζ'—ΕΡΓΟΝ ΔΥΝΑΜΕΩΣ

Γενικότητες. Ἐννοια τοῦ ἔργου. Ἡ Φυσικὴ εἰς πολλὰς περιπτώσεις δανείζεται, διὰ νὰ ἐκφράσῃ τὰς ἐννοίας της, λέξεις ἀπὸ τὴν καθημερινὴν ζωὴν, τὰς ὁποίας χρησιμοποιεῖ ὁμοίως 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. Ἀπὸ φυσικῆς ὁμως ἀπόψεως εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν δὲν ἐπραγματοποιήθη οὐδὲν ἔργον. Εἰς ἄλλας περιπτώσεις ὁμως ὑπάρχει ταύτις τῶν δύο ἐννοιῶν.

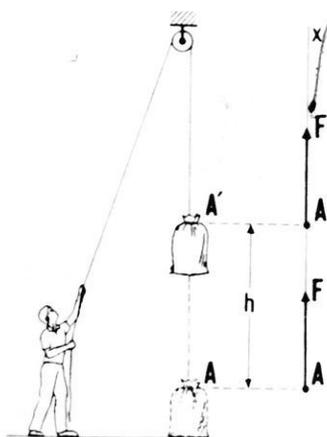
↓ Οὕτως, ὅταν ἀνυψώσωμεν ἓνα σῶμα ἀπὸ τὸ ἔδαφος καὶ τὸ τοποθετοῦμεν ἐπὶ τῆς τραπέζης, ἐκτελοῦμεν ἔργον συμφώνως πρὸς τὴν γλῶσσαν τῆς καθημερινῆς χρήσεως καὶ τῆς Φυσικῆς.

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

Ὁ ἵππος ἀσκεῖ, μέσφ τῆς ζεύξεως, μίαν δύναμιν ἐπὶ τῆς ἀμάξης καὶ ὁ ἐργάτης διὰ νὰ ἀνυψώσῃ τὸ φορτίον ἀσκεῖ μίαν δύναμιν ἐπὶ τοῦ σχοινοῦ, ἡ ὁποία μεταβιβάζεται εἰς τὸ ἀνυψούμενον φορτίον.

Τὸ οὐσιώδες εἰς τὰ φαινόμενα αὐτὰ εἶναι ὅτι καταβάλλεται μία δύναμις, ἡ ὁποία μετακινεῖ ἀδιακόπως τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τῆς. Εἰς τὴν περίπτωσιν π.χ. τοῦ ἐργάτου ὅστις ἀνυψώνει τὸ φορτίον, τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τῆς δυνάμεως μετατοπίσθη ἀπὸ τὸ σημεῖον Α εἰς τὸ Α'.

Τότε λέγομεν ὅτι ἡ δύναμις παράγει ἔργον. Ὡστε :

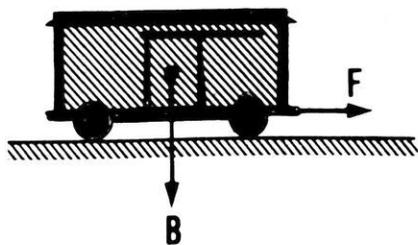


Σχ. 37. Ὁ ἐργάτης ὁ ὁποῖος ἀνυψώνει τὸν σάκκον, χρησιμοποιῶν τὴν τροχαλίαν παράγει ἔργον.

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

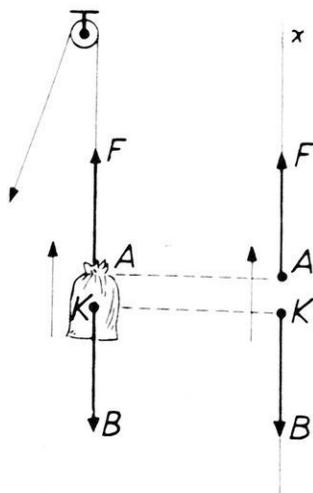
Δὲν πρέπει ἐν τούτοις νὰ νομίζωμεν ὅτι δι' οἰανδήποτε διεύθυνσιν τῆς μετακινήσεως τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς τῆς δυνάμεως παράγεται ἔργον. Πράγματι ἄς θεωρήσωμεν τὸ ἀκόλουθον παράδειγμα.

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



Σχ. 38. Το βάρος B του οχήματος, το όποιο κινείται οριζοντίως, δέν παράγει έργον.

Η κίνησις όφείλεται άποκλειστικώς εις την δύναμιν F , άρα και το έργον το όποιον παράγεται, προέρχεται μόνον άπό την δύναμιν αύτην. Έπομένως το βάρος B του οχήματος, ώς πρός την διεύθυνσιν του όποιου είναι κάθετος ή μετατόπισις του σώματος, δέν παράγει έργον. Ωστε :



Σχ. 39. Ο σάκκος, ό όποιος ανυψώνεται, ύπόκειται εις την δράσιν δύο άντιθέτων δυνάμεων.

Όταν το σημειον εφαρμογής μιās δυνάμεως μετατοπίζεται καθέτως πρός την διεύθυνσίν της, ή δύναμις αύτη δέν παράγει έργον.

Άπό όλα τα άνωτέρω συμπεραίνομεν ότι διά νά ύπάρξη δυνατότης παραγωγής έργου, προαπαιτούνται αί ακόλουθοι συνθήκαι : α) Υπαρξις μιās δυνάμεως, β) μετατόπισις του σημείου εφαρμογής της δυνάμεως, κατά διεύθυνσιν ή όποία νά μη είναι κάθετος πρός την διεύθυνσιν της δυνάμεως.

§46 Κινητήριον και άνθιστάμενον έργον. Όταν ό εργάτης σύρη το σχοινίον της τροχαλίας, ό σάκκος ύπόκειται εις δύο κατακορύφους ίσας και άντιθέτους δυνάμεις : Εις το βάρος του B με διεύθυνσιν πρός τα κάτω και εις την έλκτικήν δύναμιν F , την όποιαν άσκει με το σχοινίον ό εργάτης και ή όποία διευθύνεται πρός τα άνω (σχ. 39).

α) Όταν το φορτίον ανυψώνεται, το σημειον εφαρμογής A της F μετατοπίζεται πρός τα άνω, κατά την φοράν δηλαδή της δυνάμεως.

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 :

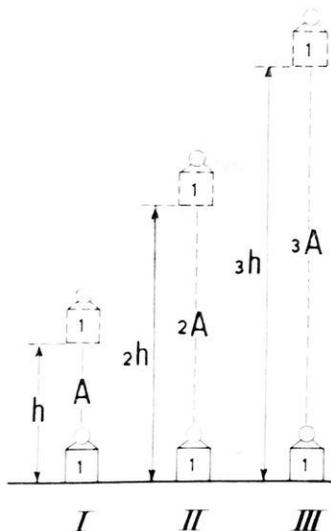
Ὅταν ἡ φορά τῆς μετατοπίσεως καὶ ἡ φορά τῆς δυνάμεως εἶναι ἀντίθετοι, λέγομεν ὅτι παράγεται **ἀνθιστάμενον ἔργον**.

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

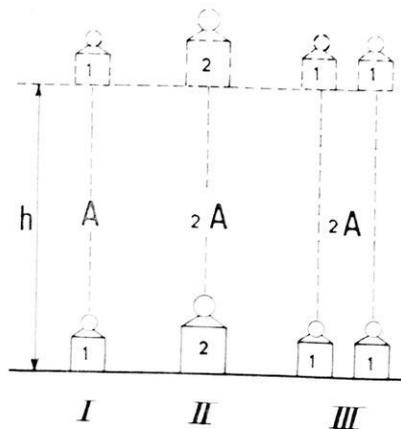
§ 47. Χαρακτῆρες τοῦ ἔργου. Α) Ἡ μετατόπισις συμπίπτει μὲ τὴν διεύθυνσιν τῆς δυνάμεως. 1. Μεταφέρωμεν ἓνα κιβώτιον εἰς τὸν τρίτον ὄροφον μιᾶς πολυκατοικίας. Κατὰ τὴν μεταφορὰν αὐτὴν, ἡ δύναμις τὴν ὁποίαν καταβάλλομεν παράγει ἓνα ὀρισμένον ἔργον, τὸ ὅποσον βεβαίως θὰ εἶναι μεγαλύτερον, ἀπὸ τὸ ἔργον τὸ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

Ἄς παραστήσωμεν μὲ A τὸ ἔργον τὸ ὅποσον 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 ὅποσον παράγει μία σταθερὰ δύναμις, εἶναι ἀνάλογον



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



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

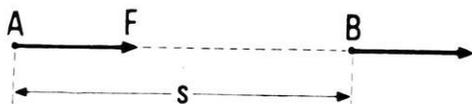
πρὸς τὸ διάστημα, τὸ ὁποῖον διανύει τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τῆς δυνά-
μεως κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς μετατοπίσεως.

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 ὄρισμένη, τὸ ἔργον εἶναι ἀνάλογον
πρὸς τὴν σταθερὰν δύναμιν ἢ ὁποῖα τὸ παράγει.

Τύπος τοῦ ἔργου. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι τὸ ἔργον



Σχ. 42. Ἡ δύναμις F μεταθέτει τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τῆς κατὰ διάστημα s καὶ παράγει ἔργον $A = F \cdot s$.

θυσίν τῆς (σχ. 42), εἶναι ἀνάλογον πρὸς τὴν δύναμιν καὶ πρὸς τὴν μετατόπισιν. Ἐπομένως δυνάμεθα νὰ γράψωμεν ὅτι :

$$A = F \cdot s$$

ἔργον = δύναμις × μετατόπισιν

Ὁ τύπος αὐτὸς ἐκφράζει ὅτι :

Τὸ ἔργον μιᾶς δυνάμεως F , ἡ ὁποία μετατοπίζει τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τῆς, ἐπὶ τῆς εὐθείας ἐπενεργείας τῆς, εἶναι ἴσον πρὸς τὸ γινόμενον τοῦ μέτρου τῆς δυνάμεως ἐπὶ τὸ μήκος τῆς μετατοπίσεως.

Μονάδες ἔργου. Αἱ μονάδες ἔργου ὀρίζονται ἀπὸ τὸν τύπον $A = F \cdot s$, ἐφ' ὅσον ἔχομεν καθορίσει τὰς μονάδας τῆς δυνάμεως καὶ τοῦ μήκους.

α) Σύστημα Μ.Κ.Σ. Εἰς τὸ σύστημα αὐτὸ μονὰς δυνάμεως εἶναι ἡ 1 N καὶ μονὰς μήκους τὸ 1 m , μονὰς δὲ ἔργου τὸ :

1 Τζούλ (1 Joule, 1 J)

Τὸ Τζούλ εἶναι τὸ ἔργον τὸ ὁποῖον παράγεται ὅταν μία δύναμις 1 N μετακινή τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τῆς κατὰ 1 m , ἐπὶ τῆς εὐθείας ἐπενεργείας τῆς. Δηλαδή :

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

Ὡστε ὅταν εἰς τὸν τύπον τοῦ ἔργου ἐκφράζωμεν τὴν δύναμιν εἰς μονάδας Νιούτον καὶ τὴν μετατόπισιν εἰς μέτρα, τὸ ἔργον εὐρίσκεται εἰς Τζούλ.

Πολλαπλάσιον τοῦ Τζούλ εἶναι τὸ κιλοτζούλ (1 kJ), εἶναι δὲ $1 \text{ kJ} = 1000 \text{ J}$.

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

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

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 τὸ : 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 kp=9,81 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 Joule=1 N × 1 m καὶ 1 N=10⁵ dyn, ἐνῶ 1 m=10² cm, τελικῶς εὐρίσκομεν ὅτι :

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

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

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

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

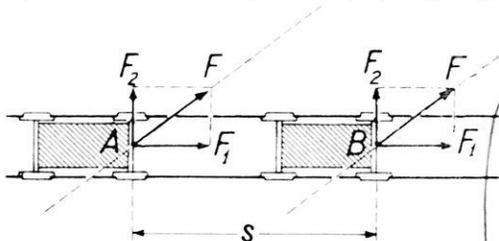
Γνωρίζομεν ὅτι $1 \text{ kp} = 9,81 \text{ N}$, ἐπομένως ἔχομεν ὅτι $1800 \text{ kp} = 1800 \cdot 9,81 \text{ N}$, ὁπότε ὁ τύπος τοῦ ἔργου μᾶς δίδει :

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

Β) Ἡ μετατόπισις καὶ ἡ δύναμις ἔχουν διαφορετικὰς διευθύνσεις. Εἰς τὰ προηγούμενα ὑπέθεσαμεν 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 διεύθυνσις τῆς ὁποίας σχηματίζει γωνίαν διαφορετικὴν ἀπὸ τὴν ὀρθήν, ὡς πρὸς τὴν μετατόπισιν.

Γνωρίζομεν ἐν τούτοις ὅτι ἡ δύναμις F δύναται νὰ ἀναλυθῇ εἰς δύο συνιστώσας F_1 καὶ F_2 , ἀπὸ τὰς ὁποίας ἡ F_1 νὰ ἔχη τὴν φοράν τῆς μετατόπισεως, 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 διεύθυνσίν τῆς, εἶναι ἴσον μὲ τὸ ἔρ-

μετάθεση = Φύσις

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 παράγει 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 ἀνυψωθῆ κατακορύφως κατὰ 12 m μᾶζα βάρους 125 kp. (Ἀπ. 1 500 kp.)

45. Τὸ σχοινίον τὸ ὁποῖον σφίρει μικρὸν ἀμάξιον ἀσκει δυνάμιν μέτρον 100 kp. Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ἔργον τῆς κινητήριον αὐτῆς δυνάμεως, ἐὰν τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τῆς μετατοπισθῇ κατὰ 20 m. (Ἀπ. 2 000 kpm.)

46. Ἐνας ἵππος σφίρει μίαν ἄμαξαν ἐπὶ ὀριζοντίῳ δρόμῳ, ἀσκῶν σταθερὰν δυνάμιν μέτρον 30 kp. Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον παράγει ἡ δυνάμεις αὕτη, ὅταν ἡ ἄμαξα διανύσῃ ἀπόστασιν 1 km. (Ἀπ. 30 000 kpm.)

47. Λιὰ τὴν ἐκποματίσωμεν μίαν φιάλην ἀσκοῦμεν ἐπὶ τοῦ ἐκποματισμοῦ μέσην ἐλκτικὴν δυνάμιν μέτρον 6 kp. Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον θὰ παραχθῇ ἀπὸ τὴν δυνάμιν, ἐὰν τὸ πῶμα μετακινηθῇ κατὰ 3 cm. (Ἀπ. 1,77 J περίπου.)

48. Λιὰ τὴν ἀνασφύρωμεν ἀπὸ τὸ βάθος ἐνὸς φρεάτου κάδον πλήρη χωμάτων, χρησιμοποιοῦμεν μὴχάνημα, τὸ ὁποῖον ἀσκει εἰς τὸ σχοινίον μιᾶς τροχαλίας ἐλκτικὴν δυνάμιν 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). (Ἀπ. 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 ἕως 3 m. Ὁ ἀνελκυστήρ αὐτὸς εἰς μίαν διαδρομὴν μεταφέρει: α) Ἀπὸ τὸ ἰσόγειον εἰς τὸν δεῦτερον ὄροφον 8 ἄτομα. β) Ἀπὸ τὸν δεῦτερον 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 αὐτήν, ἐὰν τὸ μέσον βᾶρος ἐνὸς ἀτόμου εἶναι 60 kp. (Ἀπ. 5 580 kpm.)

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

χρητήν λίμνην, ἢ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τῆς ὁποίας παρουσιάζει ὑδρομετρικὴν διαφορὰν 40 m ἀπὸ τοὺς ὑδροστοροβίλους τοῦ ἐργοστασίου. Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον παράγεται ἀπὸ τὸ ὕδωρ εἰς ἕκαστον δευτερολέπτου, ἐὰν εἰς τὸ χρονικὸν αὐτὸ διάστημα κυκλοφορῇ εἰς τοὺς ὑδροστοροβίλους ὄγκος 100 m³ ὕδατος.

(Ἄπ. 4 000 000 kpm.)

Ἰσχύς

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 ὁμῶς ἑνὸς κινητήρου, μιᾶς διατάξεως δηλαδή ἢ ὁποία παράγει ἕνα 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 ἕνας οἰοσδῆποτε κινητήρ, ὅταν ἐργασθῇ ἀκετόν χρόνον, δύναται νὰ ἀποδώσῃ οἰονδῆποτε ἔργον.

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

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

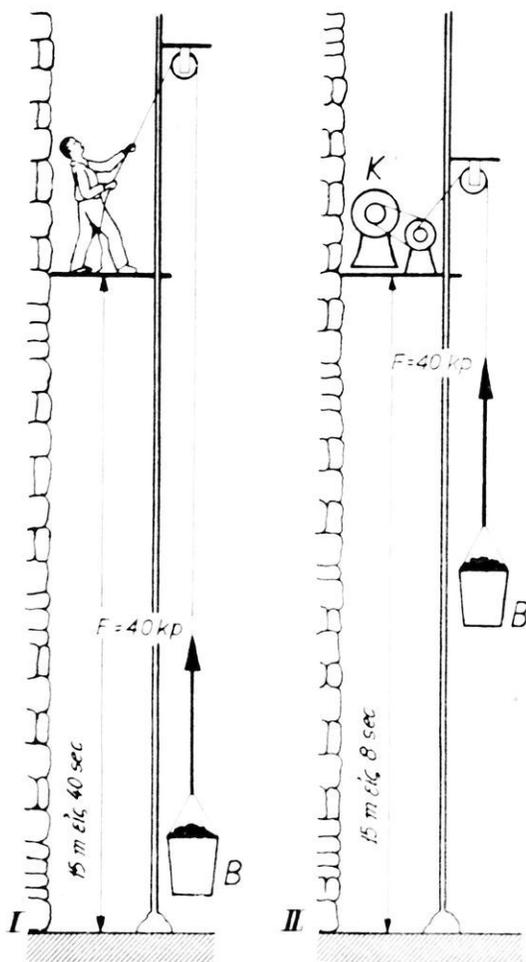
$$A = 40 \text{ kp} \times 15 \text{ m} = 600 \text{ kpm}$$

ὁ κινητήρ ὁμῶς εἰς πέντε φορές μικρότερον χρόνον, ἀπὸ ἐκεῖνον τὸν ὁποῖον ἐχρειάσθη ὁ ἐργάτης.

Δι' αὐτὸ λέγομεν ὅτι ὁ κινητήρ εἶναι πλέον ἰσχυρὸς ἀπὸ τὸν ἐργάτην, ἢ ὅτι ἡ ἰσχύς τοῦ κινητήρου εἶναι μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν ἰσχύν τοῦ ἐργάτου.

Τὰ ἀνωτέρω μᾶς ὡδηγοῦν 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 μετὸ γράμμα N. Ὡστε :

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



Σχ. 44. Ο χρόνος, τον οποίον χρειάζεται ο κινητήρ διά να ανυψώσει τον κάδο, είναι το 1/5 του χρόνου, τον οποίον χρειάζεται ο εργάτης. Η ισχύς του κινητήρος είναι λοιπόν πενταπλάσια της ισχύος του εργάτου.

ή μηχανή εις την μονάδα του χρόνου. Δηλ.

$$\text{Ισχύς} = \frac{\text{Έργον}}{\text{Χρόνος}}$$

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

Σχέσις μεταξύ ισχύος, δυνάμεως και ταχύτητος μετατοπίσεως κατά την παραγωγήν μηχανικού έργου. Από την γνωστήν σχέσιν $N = A/t$, επειδή $A = F \cdot s$ και $s/t = v$, λαμβάνομεν :

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

Όστε :

Κατά την παραγωγήν μηχανικού έργου, ή ισχύς της μηχανής ισούται προς το γινόμενον της δυνάμεως, ή οποία παράγει έργον, επί την ταχύτητα μετατοπίσεως.

Μονάδες ισχύος. Αί μονάδες ισχύος όρίζονται από τον τύπον της

853. 9145.

ισχύος, αφού προηγουμένως καθορισθούν αί μονάδες τοῦ ἔργου καὶ τοῦ χρόνου.

α) Σύστημα M.K.S. Εἰς τὸ σύστημα αὐτὸ μονάς ἔργου εἶναι τὸ 1 Τζούλ καὶ χρόνου τὸ 1 δευτερόλεπτον, ἰσχύος δὲ τὸ : **1 Τζούλ 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 ὁποία παράγει ἔργον 1 Τζούλ ἀνά πᾶν δευτερόλεπτον.

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

$$1 \text{ kW} = 1 \text{ 000 W}$$

β) Τεχνικὸν Σύστημα. Εἰς τὸ σύστημα αὐτὸ μονάς ἔργου εἶναι τὸ κιλοποντόμετρον καὶ χρόνου τὸ δευτερόλεπτον, μονάς 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 ἀκολουθούσας μονάδας :

I.—Τὸν ἵππον ἢ ἀτμόῖππον. Εἶναι δὲ :

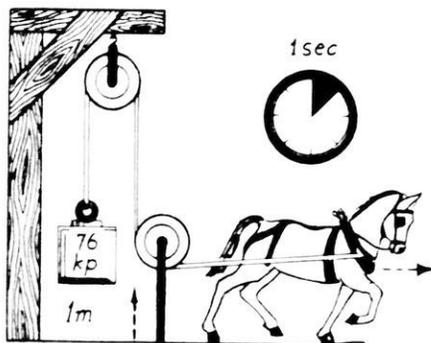
$$1 \text{ ἵππος (1 Ch ἢ 1 PS)} = 75 \text{ kpm/sec}$$

Ὡστε :

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

II.—Εἰς τὰς ἀγγλοσαξονικὰς χώρας χρησιμοποιεῖται ὡς μονάς ἰσχύος ὁ βρεταννικὸς 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 βρεταννικού ίππου (HP).

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

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

Άπο την άνωτέρω σχέσιν εύρισκομεν ότι:

$$1 \text{ Ch} = 75 \text{ κρ}/\text{sec} = 9,81 \text{ W} \cdot 75 = 736 \text{ W}$$

$$1 \text{ HP} = 76 \text{ κρ}/\text{sec} = 9,81 \text{ W} \cdot 76 = 746 \text{ W}$$

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

Άνθρωπος	άπο	1/30	μέχρις	1/10
Ίππος	»	1/2	μέχρις	3/4
Ήλεκτρικόν ψυγειόν	»	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 κρ. Νά υπολογισθή ή μέση ισχύς, την όποιαν αναπτύσσει ό ίππος.

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

$$A = 35 \text{ κρ} \cdot 100 \text{ m} = 3\,500 \text{ κρ} \cdot \text{m}$$

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

$$N = \frac{A}{t} = \frac{3\,500 \text{ κρ} \cdot \text{m}}{60 \text{ sec}}$$

Δηλαδή $N = 58,3 \text{ κρ}/\text{sec}$ 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 υπολογισθή ή ισχύς του καταρράκτου είς κιλοβάτ (kW), εάν γνωρίζωμεν ότι τό ύδωρ πέπει άπό ύψος 25 m.

Λύσις. Είς ένα δευτερόλεπτον ὁ καταρράκτης ἀποδίδει: $9\ 000/3\ 600\ \text{m}^3 = 2,5\text{m}^3$ ὕδατος.

Τὸ βάρος τῶν $2,5\ \text{m}^3$ εἶναι $2\ 500\ \text{kp}$. Τὸ ἔργον A , τὸ ὁποῖον πραγματοποιεῖται ἀπὸ τὸ πίπτον ὕδωρ ἐντὸς ἐνὸς δευτερολέπτου, θὰ εἶναι ἐπομένως:

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

Ἡ ἀντίστοιχος ἰσχύς εἶναι $62\ 500\ \text{kp}\cdot\text{m}/\text{sec}$. Μετατρέπομεν τὴν ἰσχύν εἰς kW . Οὕτως ἔχομεν:

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

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

3) Ἐνα αὐτοκίνητον κινεῖται ἐπὶ ἐνὸς ὀριζοντίου εὐθυγράμμου δρόμου με ταχύτητα $72\ \text{km}/\text{h}$. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ μέση ἰσχύς τὴν ὁποῖαν ἀναπτύσσει ὁ κινητῆρ τοῦ αὐτοκινήτου, ἐὰν γνωρίζομεν ὅτι ἡ δύναμις τὴν ὁποῖαν ἀσκεῖ εἶναι σταθερὰ καὶ ἔχει μέτρον $1\ 840\ \text{Νιούτον}$.

Λύσις. Ἐντὸς ἐνὸς δευτερολέπτου τὸ αὐτοκίνητον διανύει ἀπόστασιν:

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

Ἄρα τὸ ἔργον A τὸ ὁποῖον πραγματοποιεῖται ἐντὸς ἐνὸς δευτερολέπτου ἀπὸ τὴν δύναμιν τοῦ κινητήρος εἶναι:

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

Ἡ ἰσχύς ἐπομένως N τοῦ κινητήρος εἶναι:

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

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

Ἄλλαι μονάδες ἔργου. Ἐὰν τὸν τύπον $N = A/t$ τῆς ἰσχύος λύσωμεν ὡς πρὸς A , λαμβάνομεν:

$$A = N \cdot t$$

Ὡστε:

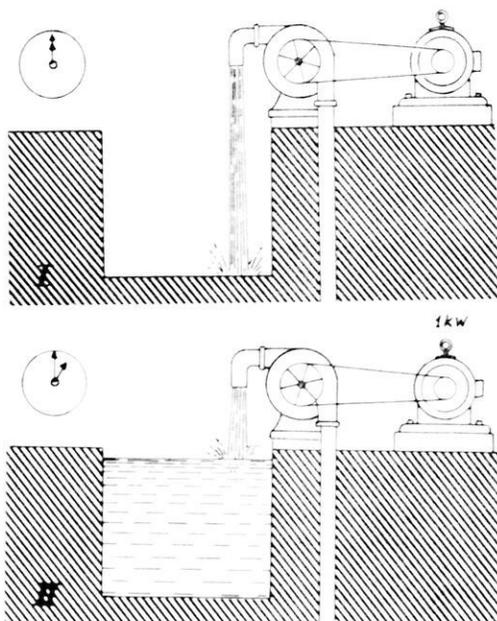
Τὸ ἔργον A τὸ ὁποῖον παράγει μία μηχανὴ ἰσχύος N , ἐργαζομένη ἐπὶ χρόνον t , εἶναι ἴσον πρὸς τὸ γινόμενον τῆς ἰσχύος ἐπὶ τὸν χρόνον λειτουργίας τῆς μηχανῆς.

Ἀπὸ τὸν ἀνωτέρω τύπον τοῦ ἔργου συμπεραίνομεν, ἄλλωστε, ὅτι δυνάμεθα νὰ ὀρίσωμεν νέας μονάδας ἔργου, με τὴν βοήθειαν τῶν μονάδων τῆς ἰσχύος καὶ τοῦ χρόνου.

α) Βατώρα (1 Wh). Ἡ μονὰς αὕτη ὀρίζεται ἀπὸ τὸν ἀνωτέρω τύπον τοῦ ἔργου ὅταν $N=1\ \text{W}$ καὶ $t=1\ \text{h}$. Δηλαδή:

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

Ὡστε: Ἡ βατώρα (1 Wh) εἶναι τὸ ἔργον τὸ ὁποῖον παράγεται



Σχ. 45. Ένας κινητήρ ισχύος 1 kW παράγει, όταν εργασθῆ ἐπὶ μίαν ὥραν, ἔργον μίᾳς κιλοβατώρας.

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

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

β) Σχέσις Τζουὺλ καὶ βατώρας. Ἐφ' ὅσον τὸ 1 W ἀντιστοιχεῖ εἰς παραγωγὴν ἔργου 1 Joule/sec, συμπεραίνομεν ὅτι :

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

Ἔστω :

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

Πρέπει νὰ προσέξωμεν ἰδιαιτέρως εἰς τὸ ὅτι τὰ

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

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Ἡ ἰσχύς ἐνὸς κινητήρος ὀρίζεται ὡς τὸ ἔργον τὸ ὁποῖον πραγματοποιεῖ ὁ κινητήρ εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου (συγκεκριμένως εἰς 1 sec).

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

3. Ὁ ἀτμόϊππος (1 Ch) εἶναι ἡ ἰσχύς ἐνὸς κινητήρος, ὁ ὁποῖος πραγματοποιεῖ ἔργον 75 kpm ἐντὸς χρονικοῦ διαστήματος 1 sec.

4. Ὁ βρετανικὸς ἵππος (1 HP) εἶναι ἡ ἰσχύς ἐνὸς κινητήρος,

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

5. Το Βάτ (1 W) είναι η ισχύς ενός κινητήρος, ό οποίος πραγματοποιεί έργον 1 Τζούλ (1 J) εντός χρονικού διαστήματος 1 sec. Ίσχύει δε ή σχέσις :

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

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

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

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

51. Να ύπολογισθῆ εἰς kpm/sec, εἰς Ch καὶ kW ή ισχύς ήτις ἀναπτύσσεται ἀπό έναν ἵππον, ἐάν γνωρίζωμεν ὅτι κινεῖται με ταχύτητα 4 km/h καὶ ἀσκει ἐλκτικῶν δύναμιν 30 kp. (Απ. 33,3 kpm/sec, 0,44 Ch, 0,324 kW.)

52. Ένας γερανός δύναται νά ἐνύσῃ φορτίον βάρους 2 Mp εἰς ἔψος 12 m, ἐντός χρόνου 24 sec. Να ύπολογισθῆ (εἰς Ch καὶ kW) ή ισχύς ή όποία ἀναπτύσσεται ἀπό τόν κινητήρα του γερανοῦ. (Απ. 13,3 Ch, 9,81 kW.)

53. Ένας ποδηλάτης κινεῖται ἐπὶ ὀριζοντίου δρόμου με ταχύτητα 18 km/h. Με αὐτήν τήν ταχύτητα ή συνισταμένη τῶν δυνάμεων αι όποια ἀντιτίθενται εἰς τήν πορείαν του καὶ τήν όποίαν πρέπει νά ὑπερικήσῃ, ἔχει μέτρον 1,2 kp. Ζητεῖται ή ισχύς τήν όποίαν ἀναπτύσσει ὁ ποδηλάτης. (Απ. 6 kpm/sec.)

54. Ένα αὐτοκίνητον κινεῖται ἐπὶ ὀριζοντίου δρόμου με ταχύτητα 72 km/h. Με αὐτήν τήν ταχύτητα ή συνισταμένη τῆς ἀντιστάσεως του ἀέρος καὶ τῶν δυνάμεων τριβῆς ἔχει μέτρον 30 kp. Να ύπολογισθῆ με τās προσηποθέσεις αὐτάς ή ισχύς τήν όποία ἀναπτύσσει ὁ κινητήρ του αὐτοκινήτου. (Απ. 600 kpm/sec.)

55. Ὁ κινητήρ ενός αὐτοκινήτου παρέχει εἰς ὀριζόντιον δρόμον ισχίν 12 Ch. Τό αὐτοκίνητον κινεῖται με ταχύτητα 90 km/h. Να ύπολογισθῆ ή συνολική δύναμις ή όποία ἀντιτίθεται εἰς τήν κίνησην του αὐτοκινήτου. (Απ. 36 kp.)

56. Μία δεξαμενή περιέχει 1500 λίτρα ὕδατος καὶ τροφοδοτεῖται ἀπό ένα φρέασ με τήν βοήθειαν μιᾶς ἀντλίας. Η ἐλευθέρα ἐπιφάνεια του ὕδατος ἐντός του φρέατος ἐνύσσεται εἰς βάθος 12 m ἀπό τó ἀνοιγμα, ἀπό τó όποιον εἰσέρχεται τó ὕδωρ εἰς τήν δεξαμενήν. Να ύπολογισθῆ : α) Τό έργον τó όποιον πρέπει νά παραχθῆ ἀπό τόν

κινητήρα της αντλίας διά νά γεμίση ή δεξαμενή μέ ύδωρ. β) Ἡ ἰσχὺς τὴν ὁποίαν πρέπει νά ἀναπτύξη ὁ κινητὴρ οὕτως, ὥστε ἡ ἐργασία αὐτὴ νά ἐκτελεσθῇ ἐντὸς ἡμισείας ὥρας. (Τὸ ἔργον νά ἀποδοθῇ εἰς kJ καὶ kWh .)

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

57. Ἐνας ἄνθρωπος βάρους 75 kp ἀνέρχεται τρέχων μίαν κλίμακα κατακορύφου ὕψους 4,50 m ἐντὸς χρονικοῦ διαστήματος 5 sec . Νά ὑπολογισθῇ ἡ ἰσχὺς τὴν ὁποίαν ἀνέπτυξεν ὁ ἄνθρωπος.

(Ἰ.Απ. 67,5 $\text{kp}\cdot\text{m}/\text{sec}$, 0,9 Ch .)

58. Ἐνας καταρράκτης ἀποδίδει 9 000 m^3 ὕδατος τὴν ὥραν. Νά ὑπολογισθῇ ἡ ἰσχὺς του εἰς kW , ἐάν γνωρίζωμεν ὅτι τὸ ὕψος ἀπὸ τὸ ὅποιον πίπτουν τὰ ὕδατα εἶναι 25 m .

(Ἰ.Απ. 613 kW περίπου.)

Θ' — ΕΝΕΡΓΕΙΑ

§ 49. Γενικότητες. Ἐννοία τῆς ἐνεργείας. Τὰ φυσικὰ σώματα ἔχουν, διά διαφόρους λόγους, τὴν ἰκανότητα νά παράγουν ἔργον, ὅταν τοὺς δοθοῦν αἱ κατάλληλοι προϋποθέσεις καὶ εὑρεθοῦν ὑπὸ ἐιδι-κάς 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 μέ τὸ ἔργον τὸ ὅποιον εἶναι εἰς θέσιν νά ἀποδώσῃ· δι' αὐτὸν τὸν λόγον μετρεῖται καὶ ὑπολογίζεται μέ τὰς γνωστάς μονάδας τοῦ ἔργου.

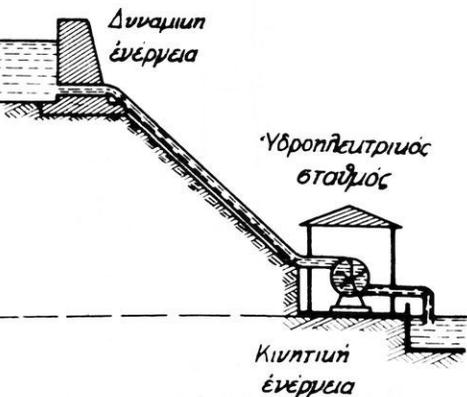
Ἀναλόγως ὁμοῦς μέ τὴν προέλευσίν της ἡ ἐνέργεια ἔχει διαφόρους ὀνομασίας.

§ 50. Διάφοροι μορφαὶ ἐνεργείας. α) Τὸ ὕδωρ ἐνὸς ὑδροφράγματος κατέχει λόγῳ τῆς θέσεώς του ἐνέργειαν. Πράγματι ἂν τὸ ὕδωρ αὐτὸ ἀφεθῇ νά ρέυσῃ ἐντὸς καταλλήλων σωλήνων, δύναται νά κινήσῃ τοὺς ὑδροστροβίλους, οἱ ὅποιοι εὑρίσκονται εἰς τὴν βάσιν τοῦ φράγμα-τος (σχ. 46).

Ἐνα συμπεπιεσμένον ἐλατήριο ἂν ἀφεθῇ ἐλεύθερον νά ἀποσυ-σπειρωθῇ, δύναται νά ἐκτινάξῃ μακρὰν μίαν μικρὰν σφαῖραν. Τὸ συσπειρωμένον ἐλατήριο περικλείει ἐπομένως, λόγῳ τῆς καταστά-σεως του, ἐνέργειαν ἢ ὁποία εἰς τὴν κατάλληλον στιγμὴν 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 εὐρίσκεται. 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 :



Σχ. 46. Τὸ ὕδωρ τοῦ ὑδροφράγματος περικλείει δυναμικὴν ἐνέργειαν, ἡ ὁποία τελικῶς κινεῖ τοὺς ὑδροστροβίλους ἑνὸς ἐργοστασίου.

ἔχει, ὡς πρὸς τὸ δάπεδον, δυναμικὴν ἐνέργειαν ($E_{δυν}$) ἴσην μὲ :

$$E_{δυν} = B \cdot h$$

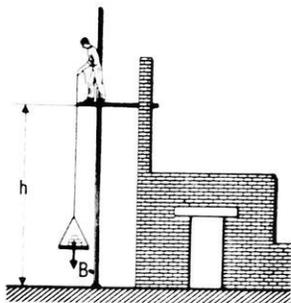
Πράγματι διὰ νὰ ἀνυψωθῇ τὸ σῶμα εἰς ὕψος h , ἡσκήθη ἐπ' αὐτὸ δύναμις ἴση μὲ τὸ βάρος τοῦ B , ἡ ὁποία κατὰ τὴν ἀνύψωσιν παρήγαγεν ἔργον A ἴσον μὲ : $A = B \cdot h$. Τὸ ἔργον ἀκριβῶς αὐτὸ ἀπεθηκεύθη εἰς τὸ σῶμα ὑπὸ μορφήν δυναμικῆς ἐνεργείας.

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 ὑδροστροβίλου. Ὁ ἄνεμος, ἡ κινουμένη δηλαδὴ μᾶζα τοῦ ἀέρος, κινεῖ τὸ ἱστιοφόρον 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 :

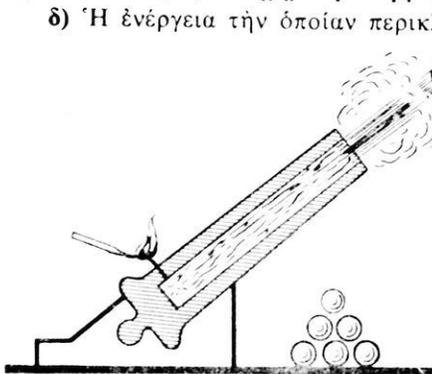


Σχ. 47. Ὁ ἐργάτης διαθέτει μυϊκὴν ἐνέργειαν, χάρις εἰς τὴν ὁποίαν ἀνυψῶνται οἱ δίσκοι μὲ τὰ ὑλικά.

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 ἀνυψῶσιν, μὲ τὴν βοήθειαν μιᾶς καταλλήλου διατάξεως, ὑλικά. Ὁ ἐργάτης διαθέτει **μυϊκὴν ἐνέργειαν** (σχ. 47).

γ) Τὸ ἐκρηκτικὸν γέμισμα ἑνὸς πυροβόλου ὄπλου κατέχει ἐνέργειαν. Πράγματι ὅταν πυροδοτηθῇ 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 αὕτη εἶναι ἀποτέλεσμα διαφόρων χημικῶν ἀντιδράσεων ὀνομάζεται **χημικὴ ἐνέργεια** (σχ. 48).



Σχ. 48. Ὅταν πυροδοτηθῇ 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 ἕνας ποδηλάτης, εἶναι εἰς θέσιν νὰ συνεχίσῃ ἐπ' ὀλίγον τὴν κίνησιν του χωρὶς νὰ ἐνεργῇ ἐπὶ τῶν ποδοπλήκτρων (πετάλια).

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

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

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

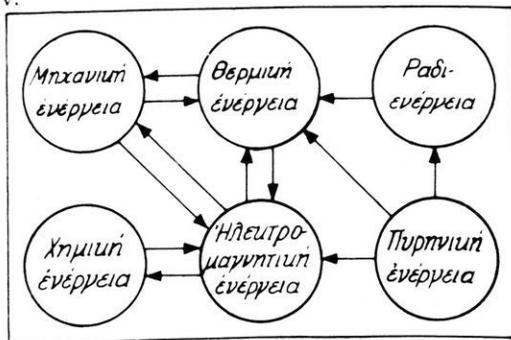
στ) Κατὰ τὰ τελευταῖα ἔτη αἱ «ἀτομικαὶ βόμβαι» μᾶς ἐγνώρισαν τὴν **πυρηνικὴν ἐνέργειαν**. Ἡ ἐνέργεια αὕτη μετατρέπεται εἰς τοὺς ἀτομικοὺς ἀντιδραστῆρας εἰς θερμικὴν ἐνέργειαν, ἡ ὁποία μὲ τὴν σειρὰν τῆς μετατρέπεται εἰς τοὺς ἀτομικοὺς ἠλεκτροπαραγωγικοὺς σταθμοὺς καὶ δίδει ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

§ 51. Μετατροπαὶ τῆς ἐνεργείας. Ὅταν μᾶς δοθῇ ἐνέργεια μιᾶς ὀρισμένης μορφῆς, εἶναι δυνατόν νὰ τὴν μετατρέψωμεν, 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 τοιουτοτρόπως 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 εἰκόνη τῶν σπουδαιότερων μορφῶν ἐνεργείας καὶ αἱ δυνατότητες μετατροπῆς τῶν ἀπὸ τὴν μίαν μορφήν εἰς τὴν ἄλλην, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον παριστάνει ἡ φορά 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 ἐνὸς σώματος. Ἐνα σῶμα ἢ σύστημα σωμάτων δύναται νὰ ἔχη μόνον κινητικὴν ἢ μόνον δυναμικὴν ἐνέργειαν. Δυνατὸν ὅμως νὰ κατέχη ταυτοχρόνως καὶ κινητικὴν καὶ δυναμικὴν ἐνέργειαν.

Πράγματι ἓνα σῶμα τὸ ὁποῖον κινεῖται ἐπὶ ἐνὸς ὀριζοντίου ἐπιπέδου ἔχει, ὡς πρὸς τὸ ἐπίπεδον αὐτὸ μηδενικὴν δυναμικὴν ἐνέργειαν. Τὸ σῶμα ὅμως 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. Ἐν τὸ σῶμα πέση, τότε λόγῳ τῆς κινήσεώς του ἀποκτᾷ κινητικὴν ἐνέργειαν. Κατὰ τὴν πτώσιν του ὅμως πρὸς τὸ δάπεδον, χάνει ὅλον ἐν ὕψος καὶ ἐπομένως ἐλαττοῦται ἡ δυναμικὴ του ἐνέργεια. ἐνὸς παραλλήλως αὐξάνεται ἡ ταχύτης του, πρῶγμα τὸ ὁποῖον ἔχει ὡς συνέπειαν νὰ αὐξάνεται ἡ κινητικὴ του ἐνέργεια.

Ἡ αὐξομείωσις 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 ἐνὸς 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 ἐνὸς 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 κινή τὰ ποδὸπληκτρα, ἐλαττοῦται ὅλον καὶ τέλος μηδενίζεται. Διὰ τὸν ἴδιον λόγον καὶ ἡ μᾶζα τοῦ σφυρίου ἀκίνηται, ὅταν ἐμπῆξῃ 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 ἀκολούθως ἐντὸς τοῦ δοχείου Α ἓνα 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 ἐξαερωθῇ ὁ αἰθέρ. Οἱ ἄτμοι τοῦ αἰθέρος ἤσκησαν πιέζουσαν δύναμιν εἰς τὸ πῶμα καὶ τὸ ἐξετίναξαν.

Ἐφ' ὅσον τὸ πῶμα ἐξεσφενδονίσθη, αἱ πιέζουσαι δυνάμεις παρήγαγον ἔργον (διότι μετεκινήθη τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τῶν). 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.

Ὡστε :

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

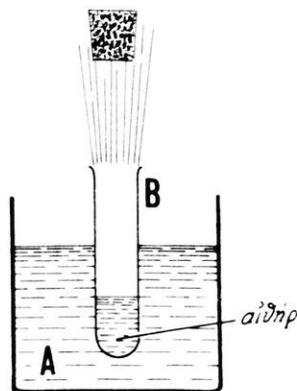
§ 54. Μονάδες ἐνεργείας. Ἀνεφέρθη ὅτι ἡ ἐνέργεια ἑνὸς σώματος ἢ ἑνὸς συστήματος, οἴασδήποτε μορφῆς, εἶναι δυνατόν

νὰ ἐκτιμηθῇ μὲ τὸ ἔργον, εἰς τὸ ὁποῖον δύναται νὰ μετατραπῇ. Ἡ διαπίστωσις αὕτη μᾶς ὀδηγεῖ εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι ἡ ἐνέργεια καὶ τὸ ἔργον εἶναι φυσικὰ μεγέθη τῆς ἰδίας φυσικῆς ὑποστάσεως, πᾶγμα τὸ ὁποῖον ἔχει ὡς συνέπειαν νὰ μετρῶνται μὲ τὰς ἰδίας μονάδας.

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

Μονάδες συνεπῶς τῆς ἐνεργείας εἶναι τὸ 1 Joule, τὸ 1 κилоποντόμετρον, 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 ὁμως κατὰ τὰς μετατροπὰς αὐτὰς ἓνα μέρος ἐνεργείας μετασχηματίζεται εἰς θερμότητα, λέγομεν ὅτι κατὰ τὴν μετατροπὴν τῆς ἐνεργείας συμβαίνει **ὑποβάθμισις**.



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

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

Ἐν ἔχωμεν ἕνα ἀπομονωμένον σύστημα, ἕνα σύστημα δηλαδή τὸ ὁποῖον 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 τῶν), παραμένει σταθερά.

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

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο Σ Ι Σ

1. Ἐνα σῶμα ἢ ἕνα σύστημα σωμάτων κατέχει ἐνέργειαν, ὅταν εἶναι ἰκανὸν νὰ παράγῃ ἔργον.

2. Ἡ ἐνέργεια τὴν ὁποῖαν κατέχει ἕνα σῶμα, ἐκτιμᾶται ἀπὸ τὴν ποσότητα τοῦ ἔργου τὴν ὁποῖαν δύναται νὰ παραγάγῃ.

3. Αἱ μονάδες τῆς ἐνεργείας εἶναι αἱ αὐταὶ μὲ τὰς μονάδας τοῦ ἔργου. Δηλαδή τὸ κιλοποντόμετρον (1 kmp) καὶ τὸ Τζούλ (1 Joule, 1 J).

4. Ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια, τὴν ὁποῖαν κατέχει ἕνα σῶμα ἢ ἕνα 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. Αὐτὴ μετρεῖται ἀπὸ τὸ ἔργον τὸ ὁποῖον ἀποδίδει τὸ κινούμενον σῶμα μέχρις ὅτου ἡρεμήσῃ.

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

7. Ἡ ἐνέργεια ἀναλόγως μὲ τὴν προέλευσίν της ὑποδιαιρεῖται εἰς μηχανικὴν (δυναμικὴν ἢ κινητικὴν), μυσικὴν, 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 άνωψοθῆ κατά 200 m ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς Γῆς. Νὰ εὑρεθῆ ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια τὴν ὁποίαν ἔχει τὸ σῶμα εἰς αὐτὴν τὴν θέσιν. (Ἐ.Α.π. $3\,000 \text{ kpm}$.)

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

61. Ένας λίθος ἔχει μάζαν 20 gr καὶ βάλλεται κατακορῦφως μὲ ἀρχικὴν ταχύτητα 20 m/sec . Νὰ εὑρεθῆ ἡ κινητικὴ ἐνέργεια, τὴν ὁποίαν ἀπέκτησεν ὁ λίθος κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς βολῆς. (Ἐ.Α.π. $40\,000\,000 \text{ erg}$.)

62. Μία ὄβρις πυροβόλου βάρους $1\,250 \text{ kp}$, ἔχει ταχύτητα 800 m/sec ὅταν ἐξέρχεται ἀπὸ τὸ στόμιον τοῦ πυροβόλου. Νὰ ὑπολογισθῆ ἡ κινητικὴ ἐνέργεια τοῦ βλήματος : α) εἰς μονάδας τοῦ Συστήματος $M.K.S.$ καὶ β) εἰς μονάδας τοῦ Τεχνικοῦ Συστήματος. (Ἐ.Α.π. $4\,000\,000 \text{ Joule}$. β' $40\,775\,000 \text{ kpm}$.)

63. Μία σφῆρα βάρους 100 kp ἀνωψοῦται κατὰ $2,8 \text{ m}$ καὶ ἀκολούθως πίπτει ἐλευθέρως ἐπὶ ἐνὸς καοφίου. Νὰ εὑρεθῆ ἡ ἐνέργεια τῆς σφῆρας κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς χρούσεως. (Ἐ.Α.π. 280 kpm .)

II. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ

Γ—ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΕΙΣ ΘΕΡΜΙΚΗΝ

§ 56. Αί τριβαι έλευθερώνουν θερμότητα. Όταν άνοιγουμε όπην εις ένα ξύλον, τó διατρητικόν όργανον (τροπάνι) τó όποιον χρησιμοποιούμεν θερμαίνεται. Όταν τροχίζωμεν ένα έργαλείον με την βοήθειαν του σμυριδοχάρτου, παρατηρούμεν ότι έκτινάσσονται πολυάριθμοι σπινθήρες από τó σημείον έπαφής του έργαλείου με τόν σμυριδοτροχόν, ενώ τροχός και έργαλείον θερμαίνονται. Όταν τόν χειμώνα αί χείρες μας είναι ψυχραί, τās προστρίβομεν την μίαν επί τής άλλης διά νά θερμανθούν. Όταν θέλωμεν νά άνάψωμεν ένα πυρεϊόν, τó τρίβομεν εις την πλευρικήν έπιφάνειαν του κυτίου του. Οί άγριοι χρησιμοποιούν άκόμη διά τó άναμμα τής πυρᾶς δύο ξηρά ξύλα, τά όποία προστρίβουν μέχρις ότου πυρακτωθούν (σχ. 51).

Όστε :

Αί τριβαι παράγουν θερμότητα, ή όποία θερμαίνει τās τριβομένας έπιφανείας.

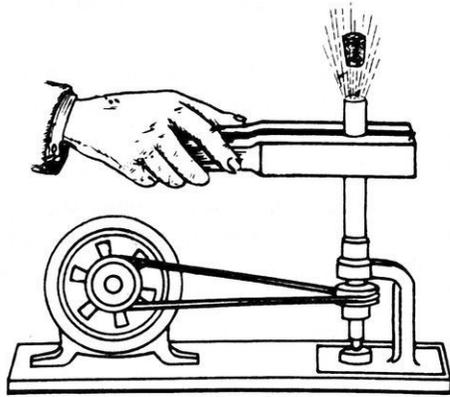


Σχ. 51. Εις τούς πρωτογόνους λαούς, οι όποιοι άγνοούν τά πυρεϊά, τó άναμμα τής πυρᾶς γίνεται με τριβην δύο ξηρών ξύλων.

Πείραμα. Ένα κυλινδρικό όρειχάλκινον δοχείον περιέχει αιθέρα έως τó μέσον, φράσσεται δέ με ένα πώμα από φελλόν. Με την βοήθειαν ενός στροφάλου στρέφομεν τόν κύλινδρον, ενώ συγχρόνως έμποδίζομεν την περιστροφήν του με μίαν ξυλολαβίδα (σχ. 52). Παρατηρούμεν τότε ότι τó πώμα έντός όλίγου έκτινάσσεται.

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

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



Σχ. 52. Ἡ τριβὴ τῆς ξυλολαβίδος ἐπὶ τοῦ μεταλλικοῦ σωλήνος ἀναπτύσσει θερμότητα ἢ ὁποία ἐξαερώνει τὸν αἶθερα τοῦ σωλήνος

Ὡστε :

Ἡ μηχανικὴ ἐνέργεια, ἢ 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 αὐτὰς 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.

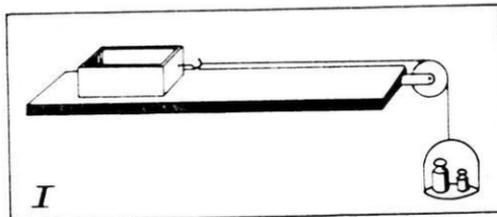
Δι' αὐτὸν τὸν λόγον εἰς τὰ μηχανουργικὰ ἐργαστήρια, ὅταν πρόκειται νὰ κατεργασθοῦν σκληρὰ μέταλλα μετὰ μεταλλικὰ ἐργαλεῖα, διαβρέχουν, κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς ἐργασίας, συνεχῶς τὸ ἐργαλεῖον μετὰ σαπωνοδιάλυμα, ψύχοντες τὸ μέταλλον μετὰ αὐτὸν τὸν τρόπον καὶ ἀποτρέποντες τὴν ἐρυθροπύρωσιν του, ὅποτε ὑπάρχει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

1. Αί τριβαί προκαλοῦν θερμότητα.

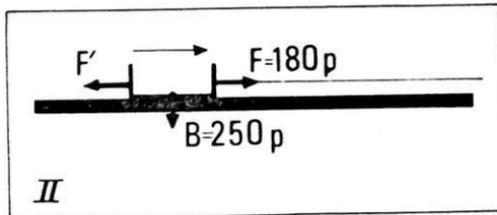
2. Ὄταν ἓνα σῶμα ἢ σύστημα σωμάτων κινῆται, τότε παρατηρεῖται αὔξησης τῆς θερμοκρασίας του, ἢ ὁποία προέρχεται ἀπὸ τὴν μετατροπὴν, ἐξ αἰτίας τῶν τριβῶν, ἑνὸς μέρους τῆς μηχανικῆς κινητικῆς ἐνεργείας εἰς θερμικὴν.

3. Ἡ μετατροπὴ τῆς μηχανικῆς κινητικῆς ἐνεργείας εἰς θερμικὴν ἐνέργειαν, λόγῳ τριβῶν, μᾶς ἐπιτρέπει νὰ ἀνάψωμεν ἓνα πυρεῖον καὶ προκαλεῖ τὴν αὔξησην τῆς θερμοκρασίας τῶν τριβομένων ἐπιφανειῶν καὶ ἐργαλείων, τοῦ τυμπάνου τῶν πεδῶν (φρένων) τοῦ αὐτοκινήτου κ.λπ.

ΙΑ'— ΤΡΙΒΗ. ΜΗΧΑΝΙΚΟΝ ΙΣΟΔΥΝΑΜΟΝ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΔΟΣ



I



II

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

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

α) Όταν δέν ασκῆται ἔλξις εἰς τὸ κιβώτιον, αὐτὸ ὑπόκειται εἰς τὴν δρᾶσιν τοῦ βάρους του καὶ εἰς τὴν ἀντίδρασιν τὴν ὁποῖαν 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 βάρος τοῦ κιβωτίου.

β) Τοποθετοῦμεν εἰς τὸν δίσκον σταθμὰ μὲ συνολικὸν βάρος μικρότερον τῶν 180 p, ὁπότε παρατηροῦμεν ὅτι τὸ σῶμα μένει ἀκίνητον. Καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν ὅμως αὐτὴν ὑπάρχει μία ἑλκτική δύναμις, ἴση μὲ τὸ βάρος τῶν σταθμῶν, ἡ ὁποία ἀσκεῖται εἰς 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 εἰς τὸ κιβώτιον καὶ ἐξουδετερώνει 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 ἀσκῆται εἰς τὸ κιβώτιον μία ὀριζοντία ἑλκτικὴ δύναμις $F < 180 p$, τὸ κιβώτιον ὑπόκειται εἰς 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 εἰς τὸ κιβώτιον. Εὐθύς ὡς ἡ ὀριζόντιος ἑλκτικὴ δύναμις F γίνῃ ἴση πρὸς 180 p, ἄρχεται ἡ ὀλίσθησις τοῦ κιβωτίου. Ἡ δύναμις ἐπομένως F' , ἡ ὁποία ἀναφαίνεται ὅταν ἀσκηθῇ μία ὀριζόντιος δύναμις F εἰς τὸ κιβώτιον, δὲν δύναται μὲ τὰς συνθήκας τοῦ πειράματος, νὰ ἀποκτήσῃ μέτρον μεγαλύτερον τῶν 180 p.

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

Ἐπὶ τὸν ἕνα σῶμα κινῆται, εἰς τρόπον ὥστε νὰ εὐρίσκειται συνεχῶς εἰς ἐπαφὴν μὲ ἕνα ἄλλο σῶμα, ἀναπτύσσεται μία δύναμις, ἡ ὁποία ἀντιτίθεται πρὸς ἐκείνην ἡ ὁποία κινεῖ τὸ σῶμα. Ἡ ἀντιτιθεμένη εἰς 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 ὀλισθησις 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 κιβωτίου B εἰς p	Βάρος σταθμῶν δίσκου	
	Ἀνώμαλος ἐπιφάνεια, F εἰς p	Λεία ἐπιφάνεια, 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 :

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

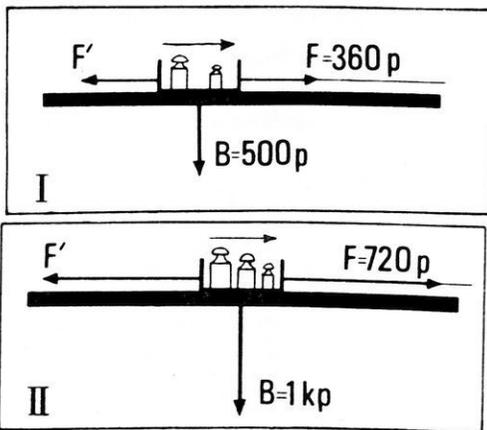
Ἐὰν ἐπαναλάβωμεν τὸ πείραμα, θέτοντες τὸ κιβώτιον διαδοχικῶς εἰς ἐπαφὴν μὲ τὰς διαφόρους ἑδρας του, θὰ λάβωμεν τὰ ἴδια ἀποτελέσματα, δηλαδὴ :

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

Ἡ τριβὴ τὴν ὁποίαν ἐμελετήσαμεν, ἀναφαίνεται ὅταν μία ἐπιφάνεια ὀλισθαίνει ἐπὶ μιᾶς ἄλλης ἐπιφανείας καὶ δι' αὐτὸ ὀνομάζεται ἰδιαιτέρως **τριβὴ ὀλισθησεως**.

Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω καταλήγουμεν 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.



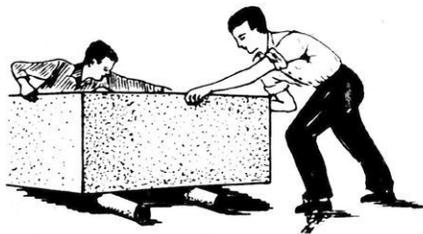
Σχ. 54. Ἡ τριβὴ ὀλισθήσεως εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ βῆρος τοῦ σώματος τὸ ὁποῖον ὀλισθαίνει.

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

Ἡ τριβὴ ἣ 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 μεγαλύτερα εἶναι ἡ διάμετρος τῶν κυλινδρικών ξύλων, τόσο 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 μεγαλύτερας κατακτήσεις τῆς Τεχνικῆς.

§ 60. Συνέπειαι τῆς τριβῆς. Παρατηροῦμεν ὅτι ὅσον περισσότερον ἀνώμαλοι εἶναι αἱ ἐπιφάνειαι, αἱ ὁποῖαι εὐρίσκονται ἐν ἐπαφῇ, τόσον μεγαλύτεραι εἶναι καὶ αἱ δυνάμεις τῆς τριβῆς ὀλισθησεως. Ἡ τριβὴ αὐτὴ ὀφείλεται εἰς τὰς ἀνωμαλίας τῶν δύο ἐπιφανειῶν, αἵτινες εὐρίσκονται εἰς ἐπαφὴν. Αὐταὶ αἱ ἀνωμαλῖαι ἐμπλέκονται μεταξύ των 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 πιέζωνται μεταξύ των. Βεβαίως τὰς περισσότερας φορές αὐταὶ αἱ παραμορφώσεις δὲν γίνονται ἀντιληπταί, δὲν παύουν ὁμως νὰ ὑπάρχουν.

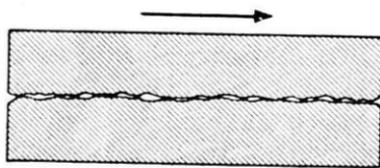
Ἡ τριβὴ δύο ἐπιφανειῶν ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα τὴν ἐξομάλυνσιν τῶν ἀνωμαλιῶν των. Ἐνα μέρος τῆς ἐνεργείας τὴν ὁποῖαν παρέχουμεν εἰς μίαν μηχανήν, καταναλίσκεται καὶ ἀπορροφᾶται ἀπὸ τὰς δυνάμεις τριβῆς καὶ μετατρέπεται εἰς θερμικὴν ἐνέργειαν, ἡ ὁποία μᾶς εἶναι ἄχρηστος.

Παράλληλως 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 ἕνα ἀντικείμενον εἰς τὰς χεῖρας μας, ἀφοῦ τὰ πάντα θὰ ἦσαν ὀλισθηρά.

Ἄν δὲν ὑπῆρχε τριβὴ, θὰ μᾶς ἦτο ἀδύνατον νὰ κατασκευάσωμεν ὀτιδήποτε. Ἐάν δὲν ὑπῆρχε τριβὴ δὲν θὰ ὑπῆρχον καὶ ἀνωμαλῖαι εἰς τὴν ἐπιφάνειαν π.χ. τοῦ καρφίου καὶ εἰς τὴν σανίδα, ὁπότε τὸ καρφίον δὲν θὰ συνεκρατεῖτο εἰς τὴν ὀπὴν τῆς σανίδος. Δηλαδή πᾶσα ἀπόπειρα διὰ νὰ συνδεσωμεν δύο τεμάχια ξύλου μεταξύ των 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 των.



§ 61. Τρόποι ἐλαττώσεως ἢ αὐξήσεως τῶν τριβῶν.

Ἄς ἐπανέλθωμεν εἰς τὸ ἀρχικόν μας πείραμα διὰ τὴν μελέτην ἕνα μέρος εἰς τὰς ἀνωμαλίας τῶν ἐπιφανειῶν τῆς τριβῆς, χρησιμοποιοῦντες μίαν λείαν σανίδα, μετὰ τὴν διαφορὰν ὅτι τὴν ἔχομεν

επιστρέψει με σαπωνοδιάλυμα. Παρατηρούμεν τότε ότι, ἄν και ἐρματίζωμεν τὸ κιβώτιον με 1 000 ρ, ἀρκεῖ μία ὀριζοντία δύναμις 120 ρ διὰ νὰ προκαλέσῃ ὀλίσησιν τοῦ κιβωτίου.

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

Ἐνα ποδήλατον με λειπασμένους τοὺς ἄξονας τῶν τροχῶν του τρέχει καλύτερον καὶ ταχύτερον ἀπὸ ἕνα ἄλλον τοῦ ὁποίου εἶναι ἀλίπαντα καὶ ξηρά τὰ κινούμενα μέρη. Ἐνας κινήτηρ, ὁ ὁποῖος λειτουργεῖ χωρὶς νὰ λιπαίνεται, ἀχρηστεύεται πολὺ συντόμως.

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

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

Ἀντιθέτως διὰ νὰ ἀποφύγωμεν τὴν ὀλίσησιν τῶν τροχῶν μιὰς ἀτμομηχανῆς ἐπάνω εἰς τὰς σιδηροδρομικὰς γραμμάς, τὰς ἐπικαλύπτωμεν 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 (ἄμπραγιαῖς) εἶναι ἐφωδιασμένοι 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.

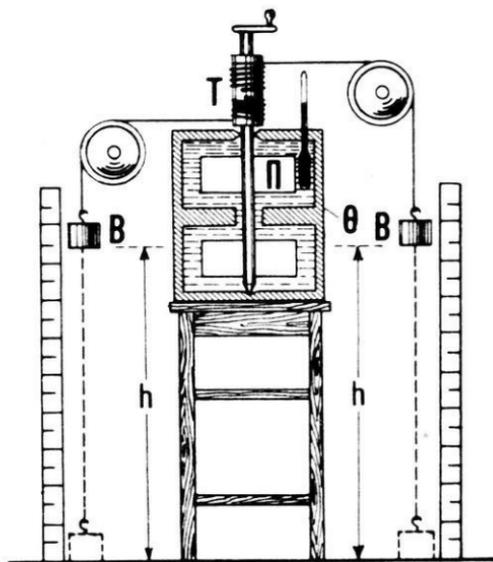


Σχ. 57. Ἐνσφαιροὶ τριβεῖς (ρουλεμάν).

§ 62. Μηχανικόν 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 μεταξὺ τῶν μονάδων τῆς μηχανικῆς καὶ τῆς θερμικῆς ἐνεργείας. Κατὰ τὴν διεξαγωγὴν τῶν πειραμάτων του ἐχρησιμοποίησε τὴν ἀκόλουθον συσκευὴν :

α) Περιγραφή τῆς συσκευῆς. Ἐντὸς ἐνὸς θερμιδομέτρου Θ βυθίζεται ἕνας κατακόρυφος ἄξων, ἐφωδιασμένος με πτερύγια Π (σχ. 58). Ὁ ἄξων αὐτὸς συνδέεται με ἕνα κυλινδρικόν τύμπανον T , τὸ ὁποῖον δύναται νὰ περιστραφῆ περι τὸν γεωμετρικόν του ἄξονα με τὴν βοήθειαν δύο βαρῶν B καὶ B , τὰ ὁποῖα πίπτουν συγχρόνως καὶ ἀπὸ τὸ ἴδιον ὕψος h .

β) Λειτουργία τῆς συσκευῆς. Ὅταν πίπτουν τὰ βάρη, τὸ τύμπανον περιστρέφεται καὶ παρασύρει εἰς τὴν κίνησιν 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.

ἢ ἀνάδευσις γίνεται πλέον ἔντονος με τὴν βοήθειαν δύο ἀκινήτων περυγίων, τὰ ὁποῖα εἶναι στερωμένα εἰς τὸ ἐσωτερικόν 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 σειράν 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 θερμοδόμετρον.

γ) Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. Εἰς μίαν φσιρὰν πειραμάτων μετὰ τὴν διάταξιν τῆς συσκευῆς Τζάουλ, ἐγιναν αἱ ἀκόλουθοι μετρήσεις : 1) Ὀλικὸν ἰσοδύναμον εἰς ὕδωρ τοῦ θερμοδόμετρον = 3 070 cal/grad. 2) Κοινὸν βάρος τῶν δύο κατερχομένων σωμάτων = 12 kp. 3) Ὑψος τῆς πτώσεως = 3 m. 4) Ἀριθμὸς τῶν πτώσεων 20. 5) Ἀνύψωσις τῆς θερμοκρασίας = 1,1 °C. Νὰ εὐρεθῇ τὸ μηχανικὸν ἰσοδύναμον τῆς θερμίδος, ἡ ἀριθμητικὴ σχέσις ἰσότητος, δηλαδή, μεταξύ 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 θερμοδόμετρον κατὰ 1,1 °C καὶ ἡ ὁποία δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν :

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

Δηλαδή :

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

ὅπου K ἡ ὀλικὴ θερμοχωρητικότης τοῦ ὄργάνου.

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, ὁπότε θὰ ἔχωμεν ὅτι : 3 377 cal ἰσοδυναμοῦν μετὰ 14 126,4 Joule καὶ 1 cal ἰσοδυναμεῖ μετὰ 14 126,4/3 377 Joule.

Δηλαδή :

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

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

Συμπέρασμα. Πολυάριθμοι μετρήσεις ἐδειξαν 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 θερμότητος ἴση πρὸς 1 cal μετατρέπεται ἐξ ὀλοκλήρου εἰς μηχανικόν ἔργον. Τὰς διαπιστώσεις αὐτὰς ἐκφράζομεν λέγοντες ὅτι :

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

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

Ἀντιστρόφως ἡ ποσότης τῆς θερμότητος 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 μηχανικὸν ἰσοδύναμον τῆς θερμίδος.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Πᾶν σῶμα τὸ ὁποῖον κινεῖται ἐπὶ ἐνὸς 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 δυνάμιν, 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 ἀπορροφοῦν ἐνέργειαν. Ἡ ἐνέργεια αὕτη μετατρέπεται εἰς θερμότητα.

5. Ἡ χρῆσις λιπαντικῶν οὐσιῶν (ἔλαιον, λίπος κ.λπ.) καὶ ἐνσφαιρῶν τριβῶν, ἐλαττώνει τὰς δυνάμεις τῆς τριβῆς τῶν κινή-

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, ἓνα μηχανικὸν ἔργον ἢ ἡ ἐνέργεια ἐνὸς 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.
(Ἰ.Απ. α' 5 kpm. β' 100 000 kpm. γ' 64 kpm.)

65. Ἡ τελεία καύσις τοῦ ἄνθρακος δίδεται ἀπὸ τὴν ἀκόλουθον χημικὴν ἐξίσωσιν:



Νὰ ὑπολογισθῇ εἰς θερμίδας καὶ ἀκολούθως εἰς Joule ἡ ἐνέργεια τὴν ὁποίαν δύναται νὰ ἀποδώσῃ ἡ καύσις μείγματος 1 kg ἄνθρακος ἐὰν περιέχῃ 90% ἄνθρακα.

(Ἰ.Απ. 7 050 000 cal, 29 469 000 Joule.)

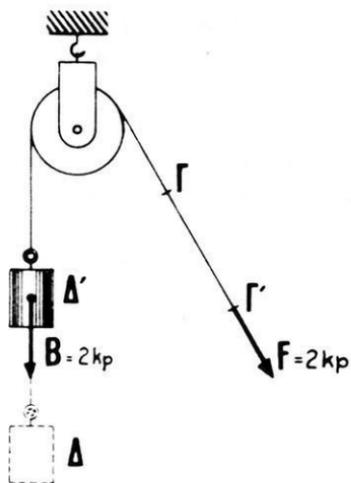
66. Νὰ εὔρεθῇ εἰς Joule ἡ ἐνέργεια ἡ ὁποία ἀπαιτεῖται διὰ νὰ αὐξηθῇ ἡ θερμοκρασία 1 200 gr ὕδατος ἀπὸ τοὺς 15 °C εἰς τοὺς 80 °C

(Ἰ.Απ. $Q = 326\,040$ Joule.)

67. Ἐνα τετραγωνικὸν πρίσμα ἀπὸ σίδηρον ἔχει διαστάσεις 8 cm · 5 cm · 3 cm καὶ εὐρίσκεται ἐπάνω εἰς ἓνα ὀριζόντιον ἐπίπεδον. Τὸ πρίσμα σύρεται ὀριζοντίως ἀπὸ ἓνα σχοινίον, τὸ ὁποῖον, ἀφοῦ διέλθῃ ἀπὸ μίαν τροχαλίαν συγκρατεῖ ἓναν δίσκον. Τὸ πρίσμα εἶναι τοποθετημένον εἰς τὸ ὀριζόντιον ἐπίπεδον μὲ τὴν μεγαλύτεραν 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 κινηθῇ τὸ πρίσμα, ὅταν θὰ εἶναι τοποθετημένον μὲ τὰς ἄλλας δύο ἑδρας του. β) Θέτομεν ἐπὶ τοῦ πρίσματος, ὅταν εἶναι τοποθετημένον μὲ τὴν μεγαλύτεραν ἑδραν του, μᾶζαν βάρους 2 kp. Νὰ εὔρεθῇ τὸ βάρος τοῦ ἐλαχίστου φορτίου διὰ τὸ ὁποῖον θὰ κινηθῇ τὸ πρίσμα.
(Ἰ.Απ. α' 620 p. β' 936 p. γ 1940,6 p.)

ΙΒ'— ΔΙΑΤΗΡΗΣΙΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΕΙΣ ΤΑΣ ΑΠΛΑΣ ΜΗΧΑΝΑΣ

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



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

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

**§ 64. Παράδειγμα διατηρήσεως
 μηχανικής ένεργειας. Τροχαλία. Κι-
 νητήριο και αντίσταμενο έργο.**
 Θεωρούμεν την τροχαλίαν του σχή-
 ματος 59 άπηλλαγμένην άπό τριβάς
 και άκλονήτως τοποθετημένην.

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

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

Ή δύναμις F παράγει, καθὼς γνωρίζομεν, έργον κινητηρίου δυνά-
 μεως A το όποϊον είναι ίσον μέ :

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

Το σημείον έφαρμογής του βάρους B μετατοπίζεται αντίθετως πρὸς
 την φοράν του. Έπομένως το βάρος θά παράγῃ έργον αντίσταμένης
 δυνάμεως A και θά είναι :

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

Ήπειδῆ όμως $B = F$ και προφανῶς $(\Gamma\Gamma') = (\Delta\Delta')$, θά έχωμεν ότι
 και $A_1 = A_2$.

Έπομένως :

κινητήριο έργο = αντίσταμενο έργο

Εις την περίπτωσιν αυτήν λέγομεν ότι συμβαίνει διατήρησις του
 έργου.

Άπό τὰ άνωτέρω συμπεραίνομεν ότι :

Είς μίαν άπλην μηχανήν, ή όποία λειτουργεί χωρίς τριβάς, τό κινητήριον και τό άνθιστάμενον έργον είναι ίσα. Τό συμπέρασμα αυτό εκφράζομεν λέγοντες ότι έχομεν διατήρησιν τής μηχανικής ένεργείας.

Κλασσικόν παράδειγμα διατηρήσεως τής μηχανικής ένεργείας μās δίδει τό λεγόμενον «γιό - γιό», (σχ. 60).

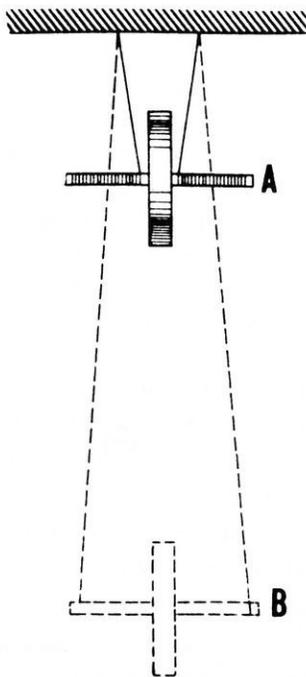
Όταν ό σφόνδυλος Α εύρίσκεται εις τό άνωτερον σημειον τής διαδρομής του, τά νήματα είναι πεπλεγμένα περι τόν άξονά του. Έφ' όσον εύρίσκεται εις ένα ώρισμένον ύψος από τό κατώτερον σημειον, εις τό όποιον μεταφέρεται όταν εκτυλιχθοϋν τά νήματα, κατέχει ώρισμένην δυναμικήν ένεργειαν. Όταν άφεθή νά πέση, όποτε τά νήματα εκτυλίσσονται τού προσδίδουν εκτός από τήν κατακόρυφον κίνησιν, τήν όποιαν έχει έξ αιτίας τής πτώσεως, και μίαν περιστροφικήν κίνησιν. Η περιστροφική αύτη κίνησις γίνεται όλονέν ταχύτερα.

Όταν ό σφόνδυλος φθάση εις τό κάτω άκρον τής διαδρομής του, συνεχίζει νά περιστρέφεται κατά τήν ίδιαν φοράν, με άποτέλεσμα τά νήματα νά άρχίσουν νά περιτυλίγωνται εις τόν άξονά του και οϋτως άρχίζει νά άνέρχεται.

Ένώσω ό σφόνδυλος κατέρχεται, ή δυναμική του ένεργεια έλαττοϋται, ενώ ή κινητική του ένεργεια αυξάνεται. Όταν άρχισή νά άνέρχεται ή ταχύτης περιστροφής του έλαττοϋται, έπομένως και ή κινητική του ένεργεια. Όταν άνέρχεται όμως άρχίζει νά έπανακτά τήν δυναμικήν ένεργειαν.

Άπό τά άνωτέρω συμπεραίνομεν λοιπόν ότι ή μηχανική ένεργεια τού συστήματος παραμένει σταθερά. Παρατηροϋμεν έπίσης ότι ό σφόνδυλος κατά τήν άνοδόν του δέν φθάνει εις τό σημειον εκείνο από τό όποιον έξεκίνησεν, αλλά χαμηλότερον, πράγμα τό όποιον σημαίνει ότι ύπάρχουν άλλαι δυνάμεις, αι όποiai όφείλονται εις τριβάς, και έναντιώνονται εις τήν κίνησιν του. Έπομένως ένα μέρος τής δυναμικής ένεργείας τού σφονδύλου μετατρέπεται, λόγω τών τριβών, εις θερμικήν ένεργειαν, ή όποία διασπείρεται εις τόν περιβάλλοντα άέρα.

§ 65. Απόδοσις άπλης μηχανής. Είς τήν πραγματικότητα κατά τήν λειτουργίαν μιās άπλης μηχανής ύπάρχουν πάντοτε δυνάμεις



Σχ. 60. Κατά τήν κάθοδόν του ό περιστρεφόμενος σφόνδυλος χάνει δυναμικήν ένεργειαν, αυξάνει όμως τήν κινητικήν του ένεργειαν.

τριβής, τὰς ὁποίας δυνάμεθα νὰ περιορίσωμεν, ὄχι ὁμῶς 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 ἐνὸς 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 ἐνὸς 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 μία ἀπλῆ μηχανὴ λειτουργεῖ χωρὶς τριβᾶς, τὸ ἔργον τῆς κινητηρίου 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, τόσοι οικονομικωτέρα εἶναι ἡ μηχανή.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

68. Ἐνα κεκλιμένον ἐπίπεδον AB ἔχει μῆκος 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 κινήτριον καὶ τὸ ἀνθιστάμενον ἔργον, ὅπως ἐπίσης καὶ ἡ ἀπόδοσις τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου. (Ἄπ. 360 kp, 300 kp, $\eta=0,83$.)

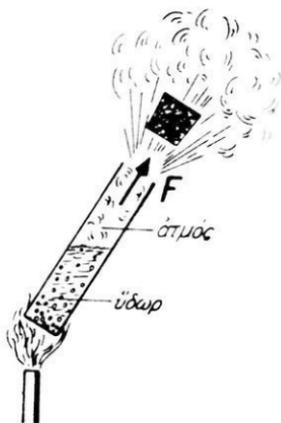
69. Ἐνα πολὺσπαστον (σύστημα τροχαλιῶν ἀπὸ τὰς ὁποίας διέρχεται ἓνα κοινὸν σχοινίον) χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν ἀνύψωσιν σώματος βάρους 180 kp. Εἰς τὸ ἄλλον ἄκρον τοῦ σχοινίου ἀσκούμεν μίαν κινήτριον δύναμιν μέτρον 36 kp. Τὸ σῶμα ἀνῆλθε κατὰ 1,2 m ὅταν ἡμεῖς ἐσύραμε 7,2 m σχοινίου. α) Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ἔργον τῆς ἀνθισταμένης δυνάμεως. β) Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ἔργον τῆς κινήτριοις δυνάμεως. Διὰ τὴν τὰ δύο αὐτὰ ἔργα εἶναι διαφορετικά; γ) Νὰ εὐρεθῇ ἡ ἀπόδοσις τῆς ἀπλῆς μηχανῆς. (Ἄπ. α' 259,2 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. Δηλαδὴ 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 μὲ 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 αὐτῆ ὀφείλεται εἰς τὴν πιέζουσαν δύναμιν F , ἡ ὁποία ἀσκεῖται ἀπὸ τὸν ἀτμὸν ἐπὶ τοῦ πώματος καὶ ἡ ὁποία παρήγαγεν οὕτως ἓνα ὀρισμένον μηχανικὸν ἔργον.

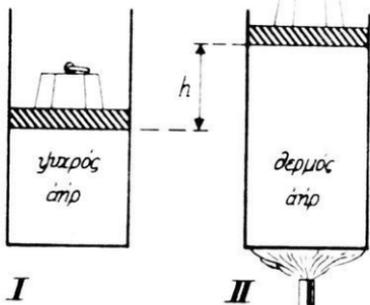


Σχ. 61. Μετατροπή της θερμότητας εις μηχανικόν ἔργον. Οἱ θερμοὶ ἰδρατμοὶ ἄσκοῦν πιεζούσας δυνάμεις εἰς τὸ πῦμα καὶ τὸ ἐκτινάσσουσιν βιαίως.

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 πιεζούσαι δυνάμεις τοῦ θερμοῦ ἀέρος παράγουσιν μηχανικόν ἔργον καὶ ἀνυψώνουσιν τὸ ἐμβόλον μὲ τὸ σῶμα.

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 ἔμβολον 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 ὅποιος συμπιέζεται ἀπὸ ἓνα βάρος, τοποθετημένον ἐπάνω εἰς ἓνα ἔμβολον. Ἐάν θερμάνωμεν τὸν ἀέρα, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι τὸ ἔμβολον καὶ τὸ βάρος, ὑψώνονται κατὰ ἓνα ὕψος h (σχ. 62). Δηλαδή αἱ πιεζούσαι δυνάμεις, αἱ ὅποια ἄσκοῦνται ἀπὸ τὸν ἀέρα ἐπὶ τοῦ ἐμβόλου, παράγουσιν μηχανικόν ἔργον. Αὐτὸ τὸ ἔργον παράγεται ἐξ αἰτίας τῆς

Ἡ ἀτμομηχανὴ καὶ ἡ μηχανὴ ἐκρήξεως (ἢ μηχανὴ ἐσωτερικῆς καύσεως) ὀνομάζονται θερμικαὶ μηχαναὶ ἢ θερμικοὶ 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.

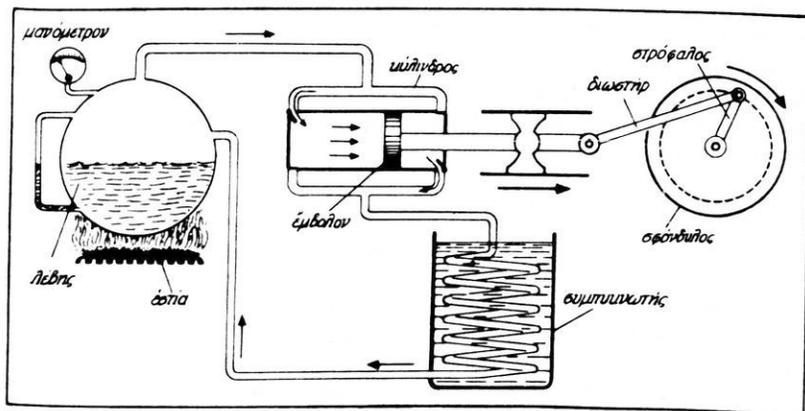
§ 67. Ἀτμομηχανή. Ὅπως εἶδομεν εἰς τὴν προηγουμένην παράγραφον, ἡ ἀτμομηχανή εἶναι μία θερμικὴ μηχανή, ἡ ὁποία μετατρέπει εἰς ἔργον ἓνα μέρος τῆς θερμότητος, τὸ ὁποῖον προσλαμβάνει ἀπὸ τὸ ὕδωρ, τὸ περιεχόμενον ἐντὸς λέβητος (καζάνι).

Ἄρχὴ τῆς λειτουργίας καὶ περιγραφή. Τὸ πείραμα, μὲ τὸ μεταλλικὸν δοχεῖον τὸ περιέχον ὕδωρ, τὸ ὁποῖον ἀφοῦ ἐθερμάνθη ἐξετιναξε 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 ἐμβόλου μετατρέπεται εἰς περιστροφικὴν κίνησιν, μὲ τὴν βοήθειαν μιᾶς μηχανικῆς διατάξεως ἡ ὁποία ὀνομάζεται σύστημα διωστήρος - στροφάλου (σχ. 63).

Ἡ ἀτμομηχανὴ χαρακτηρίζεται ὡς ἀτμομηχανὴ διπλῆς ἐνεργείας, ὅταν ὁ ἀτμὸς ἐπιδρᾷ ἀλληλοδιαδόχως εἰς ἐκάστην ἀπὸ τὰς ὄψεις τοῦ



Σχ. 63. Τομὴ ἀτμομηχανῆς. Φαίνεται ὁ λέβης, ὁ κύλινδρος, ὁ συμπυκνωτὴς καὶ τὸ σύστημα διωστήρος-στροφάλου διὰ τὴν μετατροπὴν μιᾶς παλινδρομικῆς κινήσεως εἰς περιστροφικὴν.

έμβόλου. Ο ατμός αφού χρησιμοποιηθή εις τόν κύλινδρον, διαφεύγει εις τήν ατμόσφαιραν ή οδηγείται εις έναν συμπυκνωτήν, από όπου επαναφέρεται εις τόν λέβητα.

Η ανακάλυψις τής ατμομηχανής υπήρξεν άφετηρία τής κατασκευής τών σιδηροδρόμων, καθώς και τής μηχανοποιήσεως τών διαφόρων εργασιών.

§ 68. Η απόδοσις μιᾶς ατμομηχανής. Η ισχύς μιᾶς ατμομηχανής, τό έργον δηλαδή τό όποιον άποδίδει ανά δευτερόλεπτον, έξαρτάται από τό έργον τό όποιον παράγεται εις μίαν διαδρομήν του έμβόλου και από τό πλήθος τών διαδρομών αυτών εις έκαστον δευτερόλεπτον.

Η ισχύς τών συγχρόνων μηχανών κυμαίνεται μεταξύ 4 000 ίππων και 6 000 ίππων.

Διά νά λειτουργήση μία ατμομηχανή ισχύος έστω 4 000 Ch, πρέπει νά άποδίδη ή έστία τής 7 000 kcal/sec, κατά μέσον όρον.

Όπως μᾶς είναι γνωστόν, τό μηχανικόν ίσοδύναμον τής θερμίδος είναι 4,18 Joule. Τό προσφερόμενον έπομένως από τήν έστίαν υπό μορφήν θερμότητος έργον ανά δευτερόλεπτον είναι :

$$A' = 4,18 \cdot 7\ 000 \cdot 1\ 000 \text{ Joule} = 29\ 260\ 000 \text{ Joule}.$$

Τό άποδιδόμενον από τήν ατμομηχανήν έργον ανά δευτερόλεπτον είναι :

$$A = 75 \cdot 4\ 000 \cdot 9,81 \text{ Joule} = 2\ 943\ 000 \text{ Joule}.$$

Άπό τό άνωτέρω παράδειγμα κατανοοϋμεν ότι σημαντικόν στοιχείον διά τήν άξιολόγησιν μιᾶς ατμομηχανής δέν είναι μόνον ή ισχύς αλλά και ή άπόδοσις τής.

Άπόδοσις η μιᾶς ατμομηχανής ονομάζεται ό λόγος του έργου, τό όποιον παράγει ή μηχανή έντός ώρισμένου χρονικοϋ διαστήματος, πρὸς τό έργον τό ίσοδύναμον πρὸς τήν θερμότητα, ή όποία προσφέρεται υπό τής έστίας κατά τό ίδιον χρονικόν διάστημα.

Η άπόδοσις η τής ατμομηχανής του παραδείγματος μας θα είναι έπομένως:

$$\eta = \frac{2\ 943\ 000 \text{ J}}{29\ 260\ 000 \text{ J}} = 0,1 \text{ περίπου, δηλαδή } 10\%.$$

Όπως παρατηροϋμεν, ή άπόδοσις τής ατμομηχανής τήν όποιαν περιεγράψαμεν είναι πολύ μικρά, συγκεκριμένως τής τάξεως τών 0,10. Αυτό συμβαίνει διότι ένα μικρόν μόνον ποσοστόν τής θερμότητος, ή όποία παράγεται από τήν έστίαν, μετατρέπεται εις μηχανικόν έργον. Τό μεγαλύτερον μέρος αυτής τής θερμότητος χάνεται, είτε δι' άκτινοβολίας, είτε με τά άέρια τής καύσεως, είτε με τόν ατμόν ό όποιος διαφεύγει από τόν κύλινδρον.

Η άπόδοσις μιᾶς ατμομηχανής βελτιώνεται με καταλλήλους τροποποιήσεις και διατάξεις. Οϋτω, διακόπτομεν τήν είσοδον τών ατμών εις τόν 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 τελευταίου τύπου ἀτμομηχανὰς ἐκτονώνομεν τὸν ἀτμὸν ὅσον τὸ δυνατόν περισσότερον. Ἡ ἴδια ποσότης τοῦ ἀτμοῦ ἐκτονοῦται εἰς πολλοὺς διαδοχικοὺς κυλίνδρους 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 συμπυκνωτήν. Ὁ συμπυκνωτὴς εἶναι ἓνα μεταλλικὸν δοχεῖον, χωρὶς ἀέρα, μέσα εἰς τὸ ὁποῖον συμπυκνοῦται καὶ ὑγροποιεῖται ὁ ἀτμὸς, εὐθὺς ὡς ἐξέλθῃ ἀπὸ τοῦς κυλίνδρους. Ἡ θερμοκρασία του διατηρεῖται σταθερὰ εἰς τὴν περιοχὴν τῶν 40 °C. Ἡ πίεσις εἰς τὸν συμπυκνωτὴν θὰ εἶναι βεβαίως ἴση πρὸς τὴν τάσιν τῶν κεκορεσμένων ὑδρατμῶν εἰς αὐτὴν τὴν θερμοκρασίαν (0,1 kp cm²). 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, ἐὰν οἱ ἀτμοὶ διωχετεύοντο εἰς τὸν ἀτμοσφαιρικὸν ἀέρα.

Ὁ συμπυκνωτὴς ὁμως 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 συμπυκνωτῆ.

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 ὕψεις τοῦ ἐμβόλου, ἢ παλινδρομικὴ κίνησις τοῦ ὁποίου μετατρέπεται εἰς περιστροφικὴν κίνησιν, μὲ τὴν βοήθειαν ἑνὸς συστήματος διωστήρος - στροφάλου.

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 ἔμβαδοῦ 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 . (Ἰ.Απ. 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 . Ἀκολούθως διοχετεύεται εἰς ἕνα συμπυκνωτήν, ὅπου ἡ πίεσις εἶναι $0,2 \text{ kp/cm}^2$. Ἡ διαδρομὴ τοῦ ἐμβόλου εἶναι 60 cm . Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ἔργον, τὸ ὅποιον παράγεται κατὰ μίαν πλήρη διαδρομὴν ἀπὸ τὴν δύναμιν μὲ τὴν ὁποίαν ὁ ἀτμὸς ὄθει τὸ ἔμβολον.

(Ἰ.Απ. 4 446 kpm.)

72. Κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς κατασκευῆς τῶν θεμελιῶν μιᾶς γεφύρας ἐνὸς ποταμοῦ, διὰ τὰ ἐμπήξωμεν πασσάλους εἰς τὸν βυθὸν του, χρησιμοποιοῦμεν μίαν ἀτμοκίνητον σφίρα. Αὕτη ἀποτελεῖται ἀπὸ μίαν βαρεῖαν μάζαν βάρους 500 kp , ἡ ὁποία ἀνυψοῦται ἀπὸ ἕνα κατακόρυνον ἔμβολον, τὸ ὅποιον κινεῖται μέσα εἰς ἕνα κύλινδρον, ἔμβαδοῦ 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 σφίρας.

(Ἰ.Απ. 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 ἄνθρακος εἶναι $7 500 \text{ kcal/kg}$

(Ἰ.Απ. $\eta = 11\%$.)

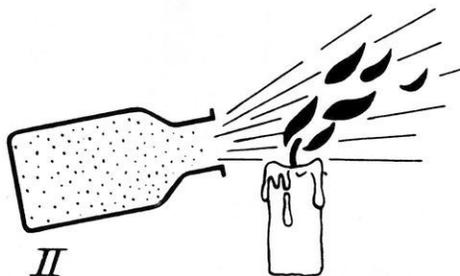
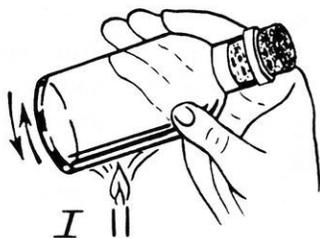
ΙΔ' — ΜΗΧΑΝΑΙ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΕΩΣ

§ 69. Γενικότητες. Οἱ πρῶτοι κινητήρες ἐκρήξεως ἐχρησιμοποήθησαν εἰς τὴν βιομηχανίαν ἀπὸ τὸ 1860. Ἡ συνεχὴς τελειοποίησις των ἐπέτρεψεν εἰς τὸν ἄνθρωπον, ἐκτὸς πολλῶν ἄλλων ἐφαρμογῶν, τὴν κατασκευὴν τοῦ αὐτοκινήτου καὶ τὴν πραγματοποίησιν τῶν ἀεροσυγκοινωνιῶν.

§ 70. Μηχαναὶ ἐκρήξεως. 1) Ἀρχὴ καὶ λειτουργία, α) Πείραμα. Εἰσάγομεν μερικὰς σταγόνας βενζίνης μέσα εἰς ἕνα φιαλίδιον, τὸ

πωματίζομεν καὶ τὸ θερμαίνομεν ἐλαφρῶς ὥστε νὰ παραχθοῦν ἀτμοὶ βενζίνης (σχ. 64, I). Ἐκπωματίζομεν ἀκολούθως ταχέως τὸ φιαλίδιον καὶ 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 καὶ ὅτι ἡ θερμότης ἡ ὁποία παράγεται, ὑψώνει τὴν θερμοκρασίαν τῶν ἀερίων τῆς καύσεως. Ἐὰν ἡ καύσις πραγματοποιηθῆται εἰς τὸ ἐσωτερικὸν ἐνὸς κλειστοῦ δοχείου, τὰ ἀέρια δύνανται νὰ ἀποκτήσουν πολὺ μεγάλην πίεσιν καὶ νὰ κινήσουν ἓνα ἔμβολον. Αὕτη εἶναι ἡ ἀρχὴ τῶν κινητῶν ἐκρήξεως. Δηλαδή :

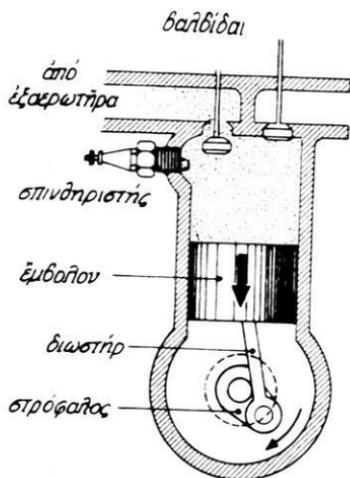


Σχ. 64. Ἡ βενζίνη ἐξαεροῦται (I). Ἡ ταχέα καύσις τοῦ μείγματος τῶν ἀτμῶν τῆς βενζίνης καὶ τοῦ ἀέρος προκαλεῖ ἔκρηξιν (II).

Εἰς ἓνα κινητῆρα ἐκρήξεως, ἓνα μέρος τῆς θερμότητος, τὸ ὁποῖον ἐλευθεροῦται ἀπὸ τὸ καύσιμον, μετατρέπεται εἰς μηχανικὸν ἔργον.

β) Περιγραφή τῆς μηχανῆς. Εἰς ἓνα κινητῆρα ἐκρήξεως, τὸ μείγμα τῶν ἀτμῶν τοῦ καυσίμου καὶ τοῦ ἀέρος εἰσάγεται εἰς τὸν θάλαμον ἐκρήξεως, ὁ ὁποῖος εὑρίσκεται εἰς τὸ ἀνώτερον τμήμα τοῦ κυλίνδρου (σχ. 65).

Ἡ ἀνάφλεξις τοῦ μείγματος αὐτοῦ γίνεται μὲ ἓνα ἠλεκτρικὸν σπινθηριστήν (μπουζί). Ἡ πίεσις τῶν ἀερίων, τὰ ὁποῖα παράγονται ἀπὸ τὴν καύσιν, ὠθεῖ τὸ ἔμβολον. Ἐνας διωστήρ συνδέει τὸν κύλινδρον μὲ ἓνα στρόφαλον, ὁ ὁποῖος εἶναι στερεὰ συνδεδεμένος εἰς τὸν ἄξονα τοῦ κινητῆρος καὶ οὕτως ἡ παλινδρομικὴ κίνησις τοῦ ἔμβολου μετατρέπεται εἰς κυκλικὴν κίνησιν. Ἡ εἴσοδος καὶ 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 συμπιέσεως, ὁ ὄγκος του ἐλαττοῦται καὶ τέλος γίνεται ἴσος μὲ τὸν ὄγκον τοῦ θαλάμου τῆς καύσεως.

3ος χρόνος : Ἐκρηξὶς καὶ ἐκτόνωσις. Ὁ σπινθηριστὴς λειτουργεῖ καὶ τὸ ἀέριον μίγμα ἀναφλέγεται καὶ ἐκρήγνυται. Τὰ ἀέρια τῆς καύσεως ἀποκτοῦν ὑψηλὴν θερμοκρασίαν, ἐπειδὴ ὁμως αἱ δύο βαλβίδες παραμένουν κλεισταί, δὲν ἔχουν χῶρον 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 αὕτῃ 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 ἀνάμιξίν του μὲ ἀέρα, ὑπὸ καταλλήλους ἀναλογίας, διὰ νὰ ἔχωμεν πλήρη καύσιν.

2) Λειτουργία. Περιγραφή τοῦ τετραχρόνου κύκλου. Ἡ λειτουργία ἑνὸς κινητήρος ἐκρήξεως ὀλοκληροῦται εἰς τέσσαρας διαφορετικὰς φάσεις. Αὐτὸ ἀκριβῶς ἐκφράζομεν ὅταν λέγωμεν ὅτι ὁ κινητήρ εἶναι τετράχρονος.

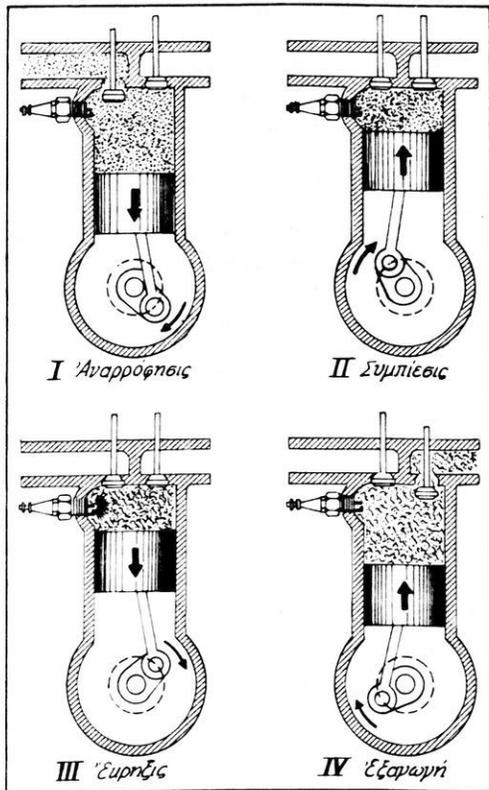
1ος χρόνος : Ἀναρρόφησης. Ὑποθέτομεν ὅτι ὁ κινητήρ λειτουργεῖ καὶ θεωροῦμεν ὅτι τὸ ἔμβολον εὐρίσκεται εἰς τὸ ἀνώτερον σημεῖον τῆς διαδρο-

4ος χρόνος : 'Εξαγωγή.

Ἡ βαλβὶς ἐξαγωγῆς ἀνοίγει. Ἐξ αἰτίας τῆς ταχύτητος τὴν ὁποίαν ἀπέκτησαν εἰς τὴν προηγούμενην φάσιν, τὸ ἔμβολον συνεχίζει τὴν κίνησίν του πρὸς τὰ ἄνω, με ἀποτέλεσμα νὰ ἐκδιώκη 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 με τὴν ἴδιαν 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 την λειτουργίαν ενός κινητήρος, υποθέτοντες ότι εύσκεται εις κίνησιν. Διά να άρχισή να λειτουργή μία μηχανή ή όποία ήρμεϊ, είναι άπαραίτητον να είσασθῆ μία «δόσις» αερίου μίγματος, ή όποία να συμπιεσθῆ, ώστε να δημιουργηθῆ ή πρώτη έκρηξις. Αυτό γίνεται συνήθως με την βοήθειαν μιάς ηλεκτρικῆς διατάξεως, ή όποία ονομάζεται έκκινήτης.

Οί κινητήρες τών αυτοκινήτων αποτελοῦνται συνήθως από τέσσαρας κυλίνδρους. Όταν ό πρώτος κύλινδρος διαγράφη τόν 1ον χρόνον του κύκλου, ό δεύτερος κύλινδρος διαγράφει τόν 2ον χρόνον, ό τρίτος τόν 3ον χρόνον και ό τέταρτος τόν 4ον χρόνον. Με αυτόν τόν τρόπον ύπάρχει πάντοτε ένας κινητήριος χρόνος διά τό σύστημα τών τεσσάρων κυλίνδρων, οί όποιοί εργάζονται συγχρόνως. Τά διάφορα έμβολα συνδέονται εις τόν ίδιον άξονα, ό όποιος τοιουτοτρόπως κινείται κανονικώτερον. Εις τās περιπτώσεις τών κινητήρων αυτών μειοῦται ή σημασία τών σφονδύλων.

Άπό όλα τά άνωτέρω συμπεραίνομεν ότι :

Ό κινητήρ έκρήξεως μετατρέπει εις μηχανικήν ένεργειαν ένα μέρος τῆς θερμικῆς ένεργείας, ή όποία προέρχεται από την καυσιν ενός μίγματος αερίου καυσίμου και αέρος. Ό κινητήρ έκρήξεως είναι συνεπώς ένας θερμικός κινητήρ έσωτερικῆς καύσεως.

§ 71. Άπόδοσις τών κινητήρων έκρήξεως. Η άπόδοσις τών κινητήρων έκρήξεως ορίζεται όπως και εις τās άτμομηχανάς. Είναι δηλαδή ό λόγος του έργου τό όποϊον πραγματοποιείται από τόν κινητήρα εις ένα ώρισμένον χρονικόν διάστημα, πρὸς τό ίσοδύναμον μηχανικόν έργον τῆς θερμότητος, την όποιαν άποδίδει τό καύσιμον κατά τό ίδιον χρονικόν διάστημα.

Η άπόδοσις ενός κινητήρος έκρήξεως κυμαίνεται γενικῶς μεταξύ τών τιμών 0,25 και 0,30, και είναι έπομένως σημαντικῶς μεγαλυτέρα από την άπόδοσιν τών άτμομηχανών.

§ 72. Κινητήρες καύσεως. Κινητήρες Ντῆζελ. Οί κινητήρες καύσεως χρησιμοποιοῦν ως καύσιμα, ύγρά ολιγώτερον πτητικά από την βενζίνη (δηλαδή ύγρά τά όποία δέν εξαεροῦνται τόσον εύκόλως ως εκείνη), όπως είναι τά βαρέα έλαια (δηλαδή μεγάλης πυκνότητος έν σχέσει πρὸς την βενζίνη), προερχόμενα από την άπόστασιν του άκαθάρτου πετρελαίου. Η λειτουργία τών κινητήρων καύσεως ή κινητήρων Ντῆζελ, διαφέρει αισθητῶς από την λειτουργίαν τών κοινών κινητήρων έκρήξεως.

Μέσα εις τόν κύλινδρον εισάγεται καθαρός άήρ. Τό έμβολον συμπιέζει ισχυρῶς τόν άέρα αυτόν, μέχρις ότου άποκτήσῃ θερμοκρασίαν 550° C περίπου. Τότε άκριβῶς εισάγεται τό καύσιμον ύπό μορφῆν νέφους λεπτότατα καταμερισμένων σταγονιδίων και ύπό πίεσιν. Τά σταγονίδια του καυσίμου αναφλέγονται άφ' έαυτῶν (λόγω τῆς μεγάλης θερμοκρασίας του αέρος, ό όποιος ύπάρχει εις τόν κύλινδρον) και ή πίεσις τών αερίων τά όποία προκύπτουν από την καυσιν ώθει τό έμβολον βιαίως πρὸς τά κάτω.

Παρατηροῦμεν ότι εις τούς κινητήρας Ντῆζελ δέν συμβαίνει εξαέρωσις και

μίξις τοῦ καυσίμου μὲ τὸν ἀέρα, ὅπως εἰς τὰς μηχανὰς ἐκρήξεως. Συνεπῶς ἕνας κινητήρ Ντῆζελ δὲν περιλαμβάνει οὔτε ἐξαερωτήρα (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 μηχανάς. Ἐξ ἄλλου ἐπειδὴ ὁ κινητήρ αὐτὸς καταναλίσκει καύσιμα πολὺ εὐθιυότερα ἀπὸ τὰ καύσιμα τὰ ὁποῖα καταναλίσκουν ἄλλοι κινητήρες (ἀτμομηχαναί, βενζινοκινητήρες), ἡ χρῆσις του εἶναι πολὺ οἰκονομικὴ.

Εἰς τὰς νεωτέρας ναυπηγικὰς κατασκευάς, ἀντικαθιστοῦν ὅλον ἐν 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 κινουνταὶ μὲ κινητήρας Ντῆζελ. Σήμερον πλέον καὶ οἱ σιδηροδρομικοὶ συρμοὶ κινουνταὶ μὲ κινητήρας Ντῆζελ, ἡ χρῆσις τῶν ὁποίων συμπληρῶνει 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 ἔκρηξιν, 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 ἑνὸς μείγματος ἀέρος καὶ ἀερίου καυσίμου. Τὸ ἀέριον καύσιμον εἰσάγεται εἰς τὸν κύλινδρον τοῦ κινητήρος, ὅπου μὲ τὴν βοήθειαν ἑνὸς σπινθηριστοῦ ἀρχίζει ἡ καύσις τοῦ μείγματος.

3. Ὁ κινητήρ ἐκρήξεως τίθεται εἰς λειτουργίαν εἴτε μὲ τὴν χεῖρα (μανιβέλα), εἴτε μὲ τὴν βοήθειαν ἑνὸς ἠλεκτρικοῦ ἐκκινήτοῦ.

4. Ἡ μηχανὴ Ντῆζελ εἶναι ἕνας κινητήρ ἐσωτερικῆς καύσεως, ὁ ὁποῖος χρησιμοποιοεῖ ὑγρὰ καύσιμα ὀλιγώτερον πτητικὰ ἀπὸ τὴν βενζίνη. Τὸ καύσιμον εἰσάγεται εἰς τὸν κύλινδρον ὑπὸ μορφήν 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 μὲ τὸν ἀτμοσφαιρικὸν ἀέρα, εἰς δὲ τοὺς κινητήρας Ντῆζελ τὸ ὑγρὸν καύσιμον εἰσάγεται εἰς τὸν κύλινδρον εἰς ὑγρὰν κατάστασιν, ὑπὸ μορφήν 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 (ἐστία) εἰς τὸν λέβητα.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

74. Ἐνας κινητῆρ ἐκρήξεως, ἰσχύος 1 Ch, καταναλίσκει κατὰ μέσον ὄρον, 220 gr. βενζίνης εἰς μίαν ὥραν. Νὰ εὐρεθῇ ἡ ἀπόδοσις τῆς μηχανῆς. Δίδεται ἡ θερμομαντική ἰσχύς τῆς βενζίνης ὅτι εἶναι ἴση πρὸς 11 000 kcal/kg.

(Ἀπ. $\eta = 0,26$.)

75. Μία μηχανὴ ἐσωτερικῆς καύσεως λειτουργεῖ μὲ βενζίνην καὶ καταναλίσκει 8 λίτρα βενζίνης ἀνὰ ὥραν. Ἐὰν ἡ βενζινομηχανὴ ἔχει ἰσχύν 14 Ch, νὰ εὐρεθῇ ἡ ἀπόδοσις τῆς μηχανῆς. Δίδεται ἡ θερμότης καύσεως τῆς βενζίνης : 8 000 kcal/l.

(Ἀπ. 14% περίπου.)

76. Ἐνας βενζινοκινητῆρ ἔχει ἰσχύν 300 Ch καὶ καταναλίσκει 70 kg βενζίνης ἀνὰ ὥραν. Ἐὰν ἡ θερμότης καύσεως τῆς βενζίνης εἶναι 11 000 kcal/kg, νὰ εὐρεθῇ ὁ συντελεστὴς ἀποδόσεως τῆς μηχανῆς.

(Ἀπ. 0,24.)

77. Ἐνας κινητῆρ ἐκρήξεως, ἰσχύος 1 000 Ch, χρησιμοποιεῖ ὡς καύσιμον βενζίνην, τῆς ὁποίας ἡ θερμότης καύσεως εἶναι 10 000 kcal/kg. Ἐὰν ὁ κινητῆρ ἔχῃ ἀπόδοσιν 30%, νὰ εὐρεθῇ ἡ ὡριαία κατανάλωσις εἰς βενζίνην.

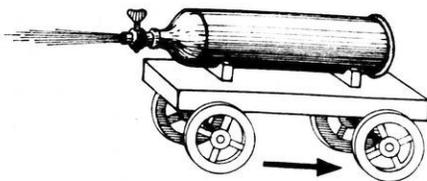
(Ἀπ. 210 kg/h.)

ΙΕ' — ΠΥΡΑΥΛΟΙ

§ 73. Ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τῶν κινητῆρων ἀντιδράσεως. Οἱ πύραυλοι ἀποτελοῦν ἐφαρμογὴν τῶν κινητῆρων ἀντιδράσεως. Θὰ ἐξετάσωμεν πρῶτον τὴν ἀρχὴν τῆς λειτουργίας αὐτῶν τῶν κινητῆρων.

Πείραμα. Ἐπὶ ἐνὸς ἀμαξίου ὑπάρχει ἓνα χαλύβδινον δοχεῖον πλήρες 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 ἢ ὁποία ἐνήργει εἰς τὸ ἀνοικτὸν πλεόν σημεῖον τοῦ δοχείου παύει νὰ ὑπάρχη. Κατὰ συνέπειαν δὲν ἰσορροπεῖται πλέον, ἢ κατὰ μέτρον ἴση ἀλλὰ ἀντιθέτου φορᾶς δύναμις, ἢ 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.

Αὕτῃ ἡ δύναμις, ἢ ὁποία ἔπαυσε νὰ ἰσορροπῆται, παρασύρει τὸ σύστημα ἀμαξίου - δοχείου εἰς κίνησιν ἀντιθέτου φορᾶς πρὸς τὴν φορὰν ἐκροῆς τοῦ ἀερίου.

Αὕτῃ εἶναι ἡ ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τῶν κινητῶν ἀντιδράσεως.

§ 74. Πύραυλοι. Ὁ κινητὴρ ἀντιδράσεως εἶναι ὁ πλεόν ἀπλοῦς καὶ ὁ παλαιότερος πύραυλος. Ὅλοι γνωρίζομεν τὰ πυροτεχνήματα. Ἡ κόνις τὴν ὁποίαν περιέχουν ἀποτελεῖ ἓνα μείγμα ἀπὸ καύσιμα καὶ μίαν ἄλλην ὕλην, ἢ ὁποία ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς θερμότητος, τῆς ἀναπτυσσομένης κατὰ τὴν καῦσιν, ἀποσυντίθεται καὶ ἀποδίδει ὀξυγόνον ἢ εὐφλεκτον ὑλικόν. Τὸ καύσιμον καὶ τὸ εὐφλεκτον ὑλικόν ἀντιδροῦν εἰς τὸν θάλαμον τῆς καύσεως καὶ παράγουν μίαν ὠρισμένην 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 πρόωθησις των δύναται νὰ συνεχισθῇ καὶ ἐκτὸς τῆς γῆινης ἀτμοσφαιράς, γεγονός τὸ ὁποῖον δίδει τὴν δυνατότητα εἰς τὸν πύραυλον νὰ ἀποκτήσῃ μεγάλην ταχύτητα.

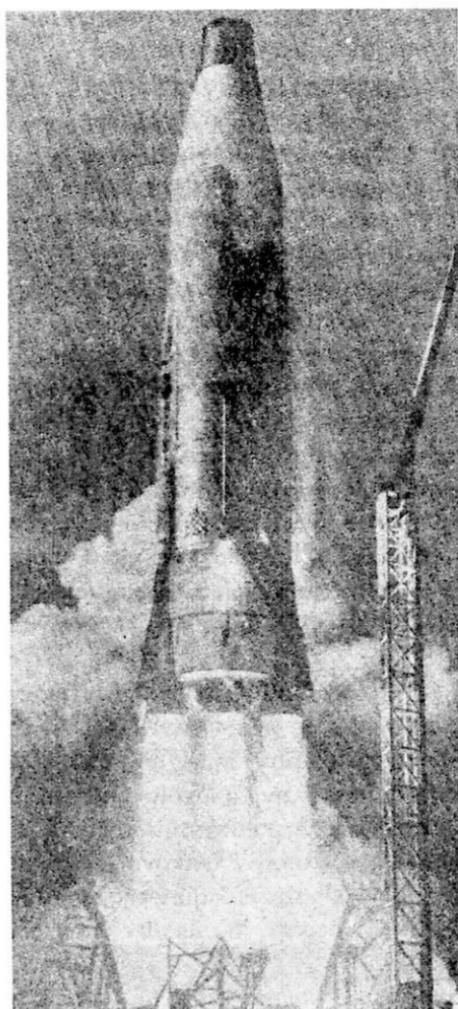
Όταν τὰ καύσιμα καὶ ἡ εὐφλεκτός ὕλη ἐξαντληθοῦν, ὁ πύραυλος ἐξακολουθεῖ νὰ κινῆται καὶ δύναται νὰ διανύσῃ μεγάλας ἀποστάσεις, ἐξ αἰτίας τῆς κινητικῆς ἐνεργείας, τὴν ὁποίαν ἔχει ἤδη ἀποκτήσει. Βλήματα, τὰ ὁποῖα προωθοῦνται ἀπὸ πυραύλους, δύναται νὰ πέσουν ἐπὶ τοῦ ἐδάφους εἰς ἀπόστασιν πολλῶν χιλιάδων χιλιομέτρων ἀπὸ τὴν θέσιν βολῆς.

Ὁ πύραυλος χρησιμοποιεῖται σήμερον εὐρύτατα εἰς τὰς διαστημικὰς ἐρεῦνας. Διὰ νὰ τεθῆ ἓνας τεχνητὸς δορυφόρος ἢ ἓνα διαστημόπλοιο εἰς τροχίαν, χρησιμοποιοῦνται πύραυλοι, διότι μόνον αὐτοὶ ἔχουν τὴν δυνατότητα νὰ ἀποκτήσουν ταχύτητα μεγαλυτέραν τῆς ταχύτητος διαφυγῆς. Πολλὰ σύγχρονα ἀεροπλάνα φέρουν πυραύλους, τοὺς ὁποίους χρησιμοποιοῦν διὰ περιορισμένον χρονικὸν διάστημα, εἰδικῶς κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς ἀπογειώσεως.

§ 75. Στροβιλοκινητῆρες ἀντιδράσεως.

Ἄλλοι κινητῆρες ἀντιδράσεως εἰναι οἱ διαφόρων τύπων προωστικοὶ κινητῆρες τῶν ἀεριοθευμένων ἀεροπλάνων.

Θὰ περιγράψωμεν ἀπὸ αὐτοὺς



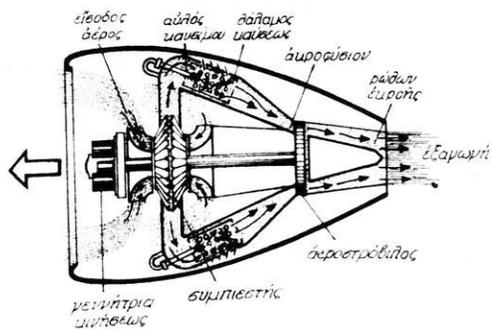
Σχ. 68. Κατακόρυφος ἐκτόξευσις πυραύλου. Τὸ μήκος του εἶναι 24 m, ἡ ὅλική του μᾶζα 110 000 kg ἐκ τῶν ὁποίων 100 000 kg καυσίμων. Τὰ ἀέρια προϊόντα τῆς καύσεως ἐκτινάσσονται μὲ ταχύτητα τῆς τάξεως τῶν 2 500 m/sec. Ἡ προωστικὴ του δύναμις εἶναι 170 000 kp περίπου.

Ένα ειρύτερα χρησιμοποιούμενο εις την πολιτικήν αεροπορίαν κινητήρα, ο οποίος ονομάζεται έξ αιτίας της κατασκευής του **στροβιλοκινητήρ αντιδράσεως** (σχ. 69).

Εις τούς στροβιλοκινητήρας τὸ καύσιμον εισέρχεται εις τὸν θάλαμον τῆς καύσεως ἀπὸ μίαν βαλβίδα καὶ ἔρχεται εἰς ἔπαφὴν μὲ τὸν ἀτμοσφαιρικὸν ἄερα, ὁ ὁποῖος ἔχει εἰσαχθῆ ἐκεῖ. Μετὰ τὴν καύσιν, τὰ καυσαέρια λόγῳ τῆς μεγάλης θερμοκρασίας τῶν ἀποκτοῦν μεγάλην πίεσιν, ἐκτονοῦνται μὲ μεγάλην ταχύτητα καὶ διαφεύγουν ἀπὸ τὸ ὀπίσθιον μέρος τοῦ κινητήρος, μὲ ἀποτελεσμα νὰ προκαλοῦν κίνησιν τοῦ ἀεροπλάνου πρὸς τὴν ἀντίθετον κατεύθυνσιν.

Διὰ νὰ εἶναι ἡ καύσις πλέον ἔντονος πρέπει ὁ ἀτμοσφαιρικὸς ἀήρ, ὁ ἐρχόμενος εἰς ἔπαφὴν μὲ τὸ καύσιμον, νὰ ἔχη συμπεισθῆ. Δι' αὐτὸ καὶ τὰ ἀέρια τῆς καύσεως κατὰ τὴν ἐκτόνωσιν τῶν διεγείρουν ἓνα ἀεροστρόβιλον, ὁ ὁποῖος θέτει εἰς κίνησιν ἓνα συμπειστήν. Ὁ συμπειστῆς ἀπορροφεῖ ἀπὸ τὸ ἐμπρόσθιον μέρος τοῦ κινητήρος μάζας ἀτμοσφαιρικῶν ἀέρος καὶ τὰς συμπιέζει, προτοῦ τὰς φέροι εἰς ἔπαφὴν μὲ τὸ καύσιμον.

Ἡ μεγάλη ὑπεροχὴ τῶν στροβιλοκινητήρων ἀντιδράσεως ἐναντι τῶν συνηθισμένων κινητήρων, ὀφείλεται εἰς τὸ γεγονὸς ὅτι εἰς τούς στροβιλοκινητήρας ἀντιδράσεως τὰ κινούμενα μεταξὺ τῶν μέρη εἶναι πολὺ ὀλιγώτερα ἀπὸ ὅτι εἰς τούς κοι-



Σχ. 69. Κινητήρ ἀεριωθούμενου ἀεροπλάνου.



Σχ. 70. Ἀεριωθούμενον ἀεροπλάνον Μπόϊγκ 707 - 320 C μεταφορικής ἰκανότητος 150 ἐπιβατῶν. Ἔχει 4 μηχανάς. Προωστική δύναμις ἐκάστου κινητήρος 8 150 κρ. Μεγίστη ταχύτης ἄνω τῶν 1 000 km/h. Ἀκτῆς δράσεως 9 600 km. Ὑψος πτήσεως 7 500 m ἕως 12 500 m.

νους κινητήρας. Δι' αυτό και αι απώλειαι ενεργείας εξ αιτίας τών τριβών περιορίζονται σημαντικῶς με αποτέλεσμα να ἔχωμεν αύξησιν τῆς ἀποδόσεως.

Με στροβιλοκινητήρας ἀντιδράσεως εἶναι ἐφοδιασμένην τὰ γνωστὰ ἀεροσκάφη τύπου Μπόϊγκ (σχ. 70), Καραβέλας (Caravelle), καὶ ἄλλα.

Ἡ πιέζουσα δύναμις τών ἀερίων ἐνός ἀεροσκάφους τύπου Μπόϊγκ φθάνει μέχρις 7 000 κρ.

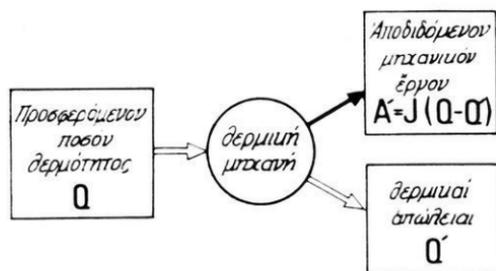
§ 76. Ἀπόδοσις θερμομηχανῆς. Ἡ ἀπόδοσις τών θερμικῶν μηχανῶν εἶναι μικρά. Εἶδομεν εἰς τὰ προηγούμενα κεφάλαια ὅτι ἡ ἀπόδοσις μιᾶς ἀτμομηχανῆς εἶναι 10%, περίπου, ἡ δὲ ἀπόδοσις ἐνός κινητήρος ἐκρήξεως 30%, περίπου.

Ἐκ πρώτης ὄψεως θὰ ἐκπλάγωμεν ἀπὸ τὴν μικρὰν τιμὴν τῆς ἀποδόσεως, ἡ ὁποία ὁμῶς ἐξηγεῖται ἀρκετὰ εὐκόλως.

Πράγματι εἰς μίαν ἀτμομηχανὴν ὁ ἀτμός, ὁ ὁποῖος ἀποχωρεῖ ἀπὸ τὸν κύλινδρον, ἔχει ὑψηλὴν θερμοκρασίαν καὶ τοιουτοτρόπως μία μεγάλη ποσότης θερμότητος χάνεται εἰς τὸ ἐξωτερικὸν περιβάλλον. Τὸ ἴδιον συμβαίνει καὶ με τὰς μηχανὰς ἐκρήξεως. Πολλαὶ θερμίδες χάνονται με τὰ ἀέρια τῆς καύσεως, τὰ ὁποῖα ἐξέρχονται ἀπὸ τοὺς κυλίνδρους εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν, ἐνῶ ἓνα ἄλλο μέρος τῆς θερμότητος ἀποδίδεται εἰς τὸ ψυγεῖον τοῦ κινητήρος καὶ κατόπιν διασπείρεται εἰς τὸν περιβάλλοντα ἀέρα.

Εἰς ὅλους ἀνεξαιρέτως τοὺς θερμικοὺς κινητήρας ἡ θερμότης παρέχεται ἀπὸ μίαν θερμὴν δεξαμενὴν (λέβης, θάλαμος ἐκρήξεως). Ἐστω Q ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, ἡ ὁποία προσφέρεται εἰς ἓνα ὄρισμένον χρονικὸν διάστημα. Μέρος αὐτῆς τῆς θερμότητος, ἔστω Q' , ἀποδίδεται εἰς τὸ ἐξωτερικὸν περιβάλλον (ἢ εἰς τὸν συμπτικτωτὴν προκειμένου περὶ ἀτμομηχανῶν), τὸ ὁποῖον ὀνομάζομεν ψυχρὰν δεξαμενὴν.

Ἡ διαφορὰ $Q - Q'$ εἶναι ἐκείνη ἡ ὁποία μετατρέπεται εἰς μηχανικὸν ἔργον (σχ. 71). Τὸ ἔργον αὐτὸ A' θὰ εἶναι :



Σχ. 71. Ἐνα μέρος τοῦ προσφερομένου ποσοῦ θερμότητος χάνεται κατὰ τὴν μετατροπὴν τῆς θερμότητος εἰς μηχανικὸν ἔργον.

$$A' = J \cdot (Q - Q')$$

Ἐπειδὴ τὸ μηχανικὸν ἰσοδύναμον τῆς θερμότητος, τὴν ὁποῖαν προσφέρει ἡ θερμικὴ δεξαμενὴ, εἶναι $A = J \cdot Q$, ἡ ἀπόδοσις $\eta = A'/A$ θὰ εἶναι ἴση πρὸς :

$$\eta = \frac{J \cdot (Q - Q')}{J \cdot Q} = \frac{Q - Q'}{Q}$$

Μεγίστη ἀπόδοσις. Ὅσαι τελειοποιήσεις καὶ ἂν γίνουσι εἰς τὴν κατασκευὴν τών θερμικῶν μηχανῶν, εἶναι ἀδύ-

να υπερβῆ ἢ ἀπόδοσις ἓνα ὀρισμένον ὄριον, τὸ ὁποῖον ὀνομάζεται μεγίστη ἀπόδοσις.

Ἐάν θ_1 °C εἶναι ἡ θερμοκρασία τῆς θερμῆς δεξαμενῆς (τῆς πηγῆς δηλαδή ἢ ὁποῖα τροφοδοτεῖ με θερμότητα τὴν μηχανὴν) καὶ θ_2 °C ἡ θερμοκρασία τῆς ψυχρᾶς δεξαμενῆς, ὅπως ἀποδεικνύεται, ἡ μεγίστη ἀπόδοσις $\eta_{\text{μεγ}}$ μιᾶς θερμικῆς μηχανῆς εἶναι ἴση πρὸς :

$$\eta_{\text{μεγ}} = \frac{\theta_1 - \theta_2}{\theta_1 + 273}$$

Δηλαδή :

Ὅσον ὑψηλότερα εἶναι ἡ θερμοκρασία τῆς θερμῆς δεξαμενῆς, ὅσον μεγαλύτερα εἶναι ἡ μεγίστη ἀπόδοσις τῆς θερμικῆς μηχανῆς.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Ἐνα ρευστόν, περιορισμένον ἐντὸς ἑνὸς δοχείου, ἀσκεῖ εἰς τὰ τοιχώματα τοῦ δοχείου πιεζούσας δυνάμεις, αἱ ὁποῖαι ἰσορροποῦνται μεταξύ των. Ἐάν ὅμως ἀφαιρεθῆ ἓνα τμήμα τοῦ δοχείου, τότε ἡ πιεζούσα δύναμις, ἡ ἀντίθετος πρὸς αὐτὸ τὸ τμήμα, δὲν ἰσορροπεῖται πλέον καὶ τὸ δοχεῖον τείνει νὰ κινηθῆ μὲ φοράν ἀντίθετον ἀπὸ ἐκείνην τῆς ἐκροῆς τοῦ ὑγροῦ.

2. Ὀνομάζομεν κινητήρα ἀντιδράσεως, ἓνα κινητήρα ὁ ὁποῖος δημιουργεῖ τὴν κίνησιν χωρὶς μηχανικὴν παρεμβολήν, χρησιμοποιῶν τὴν δύναμιν ἢ ὁποῖα ἀναπτύσσεται ἐξ αἰτίας τῆς ἀντιδράσεως. Ἡ δύναμις αὐτὴ δημιουργεῖται ἀπὸ τὴν ἐκτόνωσιν τῶν ἀερίων τῆς καύσεως, τὰ ὁποῖα ἐκτοξεύονται μὲ μεγάλην ταχύτητα. Ὁ κινητὴρ ἀντιδράσεως δὲν περιλαμβάνει οὔτε διωστήρας, οὔτε στροφάλους. Ἡ ἐνέργεια ἢ ὁποῖα παράγεται ἀπὸ τὴν καύσιν χρησιμοποιεῖται ἀμέσως διὰ τὴν προώθησιν τοῦ ὀχήματος, τὸ ὁποῖον εἶναι συνδεδεμένον μὲ τὸν κινητήρα.

3. Ὁ πύραυλος περιέχει καύσιμον καὶ εὐφλεκτα ὑλικά, δύνата δὲ νὰ κινηθῆ καὶ ἐκτὸς τῆς ἀτμοσφαιράς.

4. Ἡ ἀπόδοσις η μιᾶς θερμομηχανῆς δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν :

$$\eta = \frac{Q - Q'}{Q}$$

όπου Q ή ποσότης θερμότητος, ή όποία προσφέρεται έντός ένός ώρισμένου χρονικού διαστήματος είς τήν μηχανήν και Q' ή ποσότης θερμότητος ή όποία άπορροφείται έντός του αύτου χρονικού διαστήματος άπό τό 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 ψυχρᾶς δεξαμενής.

III. ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ

ΙΣΤ'—Ο ΗΧΟΣ

§ 77. Εἶδη ἤχων. Ὁ ἄνθρωπος ἐπικοινωνεῖ μετὰ τὴν Φύσιν χρησιμοποιοῦν τὰς αἰσθήσεις του, μεταξύ τῶν ὁποίων περιλαμβάνεται καὶ ἡ ἀκοή. Αἰσθητήριον ὄργανον τῆς ἀκοῆς εἶναι τὸ οὖς (αὐτί), μετὰ τὸ ὁποῖον ἀκούομεν τοὺς κωδωνισμοὺς, τὰ σαλπίσματα, τὰ μελωδικὰ ἄσματα, τοὺς κελαηδισμοὺς τῶν πτηνῶν, τὴν συναυλίαν μιᾶς ὀρχήστρας, τὰς φωνὰς τῶν συμμαθητῶν μας, τοὺς θορύβους ἐνὸς ἐργοστασίου κ.λπ. Ὅλα τὰ ἀνωτέρω εἶναι **ἤχοι**. Ὡστε :

Ἦχος εἶναι πᾶν ὅ,τι γίνεται ἀντιληπτὸν μετὰ 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 ὄρισμένα 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 ἐνὸς δένδρου, κατὰ τὸ σχίσιμον ἐνὸς τεμαχίου χάρτου κ.λπ.

Ὁ κρότος εἶναι δυνατὸς ἤχος, μικρᾶς χρονικῆς διαρκείας καὶ προκαλεῖ δυσάρεστον συναίσθημα.

§ 78. Παραγωγή τοῦ ἤχου. Πείραμα. Στερεώνομεν τὸ ἓνα ἄκρον μιᾶς χαλυβδίνης ράβδου εἰς ἓνα μηχανικὸν συσφιγκτήρα (μέγγενη) (σχ. 72). Κατόπιν ἀπομακρύνομεν μετὰ 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 ὁμως δὲν δυνάμεθα νὰ παρακολουθήσωμεν μετὰ τὸν ὀφθαλμόν, ἐπειδὴ ἐκτελοῦν-



Σχ. 72. Ἡ χαλυβδίνη ράβδος πάλλεται καὶ παράγει ἦχον.

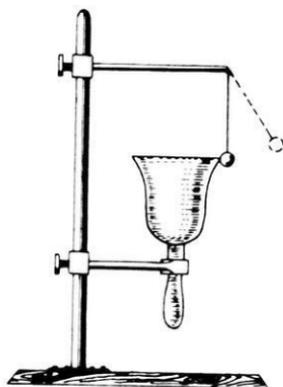
ται με μεγάλην ταχύτητα. Ἡ χαλυβδίνη ράβδος πάλλεται (δονεῖται), ἐνῶ συγχρόνως παράγει ἦχον.

Τὸ ἴδιον φαινόμενον εἶναι δυνατόν νὰ παρατηρήσωμεν καὶ εἰς μίαν καλῶς τεταμένην χορδὴν, ὅταν ἀπομακρύνωμεν με τὸ δάκτυλον τὸ μέσον της καὶ κατόπιν τὸ ἀφήσωμεν ἐλεύθερον.

Ἄν ἐγγίσωμεν με τὴν χεῖρα τὴν παλλομένην χαλυβδίνην ράβδον ἢ τὴν παλλομένην χορδὴν, παύει ἡ παλμικὴ κίνησις καὶ σταματᾷ ὁ ἦχος. Ὡστε :

Οἱ ἦχοι προκαλοῦνται ἀπὸ σώματα τὰ ὁποῖα πάλλονται ἀπὸ κάποιαν αἰτίαν.

Αἱ δονήσεις τῶν σωμάτων, τὰ ὁποῖα παράγουν ἦχους, δὲν εἶναι πάντοτε ὁραταί. Τὸ σχῆμα 73 ἐξηγεῖ τὸν τρόπον, με τὸν ὁποῖον δυνάμεθα νὰ ἀντιληφθῶμεν τὰς παλμικὰς κινήσεις ἐνὸς σώματος, τὸ ὁποῖον παράγει ἦχον. Ὅταν κτυπήσωμεν τὸν κώδωνα με μίαν σφύραν, τὸ σφαιρίδιον τοῦ ἐκκρεμοῦς, τὸ ὁποῖον ἐγγίζει εἰς τὸν κώδωνα, ἀρχίζει νὰ ἀναπηδᾷ εὐθὺς ὡς ἐγγίσωμεν ὁμῶς τὴν χεῖρα εἰς τὸν κώδωνα, τὸ σφαιρίδιον ἀκίνητεϊ, ἐπειδὴ παύουν αἱ δονήσεις.



Σχ. 73. Αἱ παλμικαὶ κινήσεις τοῦ κώδωνα, ὁ ὁποῖος ἤχει, προκαλοῦν ἀναπήδησιν τοῦ σφαιριδίου τοῦ ἐκκρεμοῦς.

§ 79. Διάδοσις τοῦ ἤχου. Ἥχητικά κύματα.

Διὰ νὰ προκαλέσωμεν ἐντύπωσιν εἰς τὸ οὖς αἱ ἡχητικαὶ δονήσεις ἐνὸς σώματος πρέπει νὰ μεταφερθοῦν μέχρις αὐτοῦ. Ἡ μεταφορὰ δύναται νὰ γίνῃ ἀπὸ ἓνα 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 μόριον.

Ἄς θεωρήσωμεν τὴν χαλυβδίνην ράβδον

τοῦ προηγουμένου πειράματος. Αὕτη, καθὼς πάλ-
 λεται, ὠθεῖ τὰ μόρια τοῦ
 ἀέρος τὰ ὁποῖα εἶναι πλη-
 σίον τῆς, προκαλοῦσα μὲ
 αὐτὸν τὸν τρόπον ἄλλοτε
 πύκνωσιν καὶ ἄλλοτε ἄ-
 ραιώσιν τῶν μορίων τοῦ
 ἀέρος. Καθὼς ὅμως τὰ γει-
 τονικά πρὸς τὴν ράβδον
 μόρια τοῦ ἀέρος πυκνών-
 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).

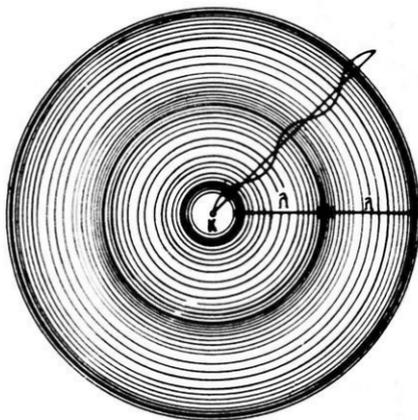
Μὲ τὸν ἴδιον τρόπον
 γίνεται ἡ μετάδοσις τοῦ
 ἤχου εἰς οἰονδήποτε στε-
 ρεόν, ὑγρὸν ἢ ἀέριον σῶμα.

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 ἤχητικά κύματα. Ὡστε :

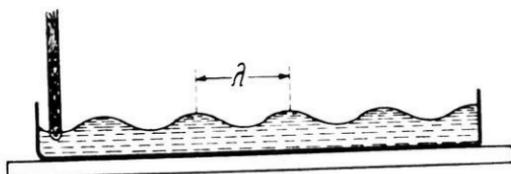
**Τὰ ἤχητικά κύματα ἀποτελοῦνται ἀπὸ πυκνώματα καὶ ἀραιώματα
 μορίων τοῦ ἀέρος, ὅπως τὰ κύματα τοῦ ὕδατος ἀποτελοῦνται ἀπὸ ὑψώ-
 ματα καὶ κοιλώματα.**



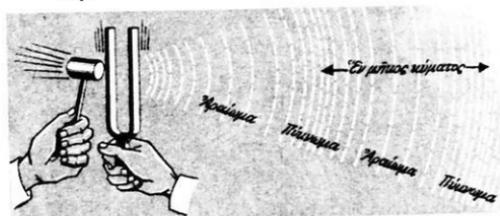
Σχ. 74. Ἡ πτώσις τοῦ λίθου, εἰς τὰ
 ἤρεμα ὕδατα μίας λίμνης, προκαλεῖ ὕδα-
 τικά κύματα, τὰ ὁποῖα διαδίδονται εἰς
 ὄλην τὴν ἐπιφάνειαν τῆς λίμνης.



Σχ. 75. Ἦχητικά σφαιρικά κύματα, τὰ
 ὁποῖα διαδίδονται εἰς τὸν χῶρον ἀπὸ μίαν
 μικρὰν ἤχητικὴν πηγὴν Κ. Διακρίνονται
 τὰ πυκνώματα καὶ τὰ ἀραιώματα τῶν μο-
 ρίων τοῦ ἀέρος. Ἡ ἀπόστασις δύο γει-
 τονικῶν πυκνωμάτων (ἢ ἀραιωμάτων)
 κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς ἀκτίνος ἰσοῦ-
 ται πρὸς τὸ μήκος κύματος.



Σχ. 76. Τα υδάτινα κύματα αποτελούνται από ύψωματα και κοιλωμάτα. Ἡ απόστασις δύο γειτονικῶν ὑψωμάτων ἢ κοιλωμάτων εἶναι ἴση πρὸς τὸ μήκος κύματος.



Σχ. 77. Τὸ μήκος κύματος ἑνὸς ἡχητικοῦ σώματος εἶναι ἴσον πρὸς τὴν απόστασιν δύο γειτονικῶν πυκνωμάτων (ἢ ἀραιωμάτων) τῶν μορίων τοῦ ἀέρος.

ποῖα παράγει ἢ ἡχογόνος πηγή, δηλαδή τὸ παλλόμενον σῶμα, εἰς μίαν χρονικὴν μονάδα.

Ἡ συχνότης τοῦ ἤχου εἶναι ἡ αὐτὴ μετὰ τὴν συχνότητα τῆς ἡχογόνου πηγῆς καὶ μετρεῖται εἰς Χέρτς (Hz) ἢ κύκλους ἀνὰ 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 ἤχον εἶναι ἡ συχνότης τοῦ.

Συχνότης τοῦ ἤχου ὀνομάζεται ὁ ἀριθμὸς τῶν ἡχητικῶν κυμάτων, τὰ ὁποῖα

είναι μεγαλύτερα παρά εις τὰ ἀέρια και 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 και 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 μεταφερθῆ ἀπὸ τὸ σῶμα τὸ ὁποῖον δονεῖται ἕως τὸ αἰσθητήριον τῆς ἀκοῆς χρειάζεται κάποιο ἄλλο σῶμα, διὰ νὰ μεταφέρῃ τὰς κυμάνσεις (σχ. 78). Ὡστε :

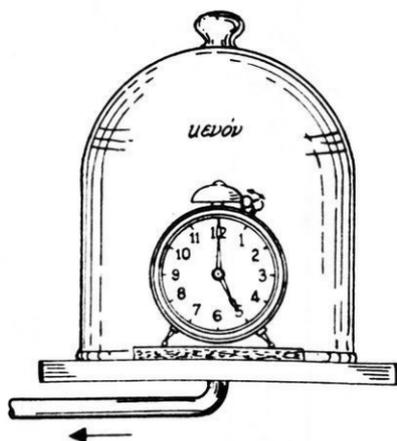
Ὁ ἤχος δὲν διαδίδεται εις τὸ κενόν. Ὁ ἤχος διαδίδεται με μεγαλύτεραν ταχύτητα εις τὰ στερεά, με μικρότεραν εις τὰ υγρά και με ἀκόμη πλέον μικρὰν ταχύτητα εις τὰ ἀέρια.

Ἀποδεικνύεται ὅτι ἡ ταχύτης v διαδόσεως τῶν ἠχητικῶν κυμάτων, τὸ μήκος κύματος λ και ἡ συχνότης ν τοῦ ἤχου συνδέονται με τὴν σχέσιν :

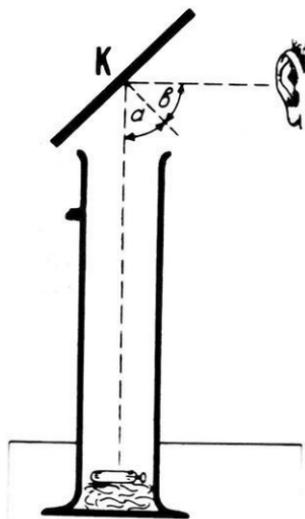
$$v = \lambda \cdot \nu$$

Ὅταν ἡ συχνότης ν ἐκφράζεται εις Χέρτς και τὸ μήκος κύματος λ εις μέτρα, ἡ ταχύτης v εὑρίσκεται εις μέτρα ἀνὰ δευτερόλεπτον.

§ 81. Ἀνάκλασις τοῦ ἤχου. Ἥχώ. Ἄν σταθῶμεν εις μίαν ὀρισμένην ἀπόστασιν ἀπὸ ἓνα τοῖχον και φωνάξωμεν, ἀκούομεν και πάλιν μετ' ὀλίγον τὴν φωνὴν μας, ἢ ὁποία ἔρχεται ἀπὸ τὸν τοῖχον. Τὸ φαινόμενον τοῦτο λέγεται ἠχώ και ὀφείλεται εις τὸ γεγονός ὅτι τὰ ἠχητικὰ κύματα, ὅταν συναντοῦν κάποιο ἐμπόδιον εις τὴν διάδοσίν των, ὑφίστανται ἀνάκλασιν, ἀλλάζουν δηλαδὴ διεύθυνσιν διαδόσεως (σχ. 79).



Σχ. 78. Ὁ ἤχος δὲν διαδίδεται εις τὸ κενόν. Ὅταν ἀφαιρεθῆ ὁ ἀήρ τοῦ κώδωνος τῆς ἀεραντλίας ὁ κώδων τοῦ ὀρολογίου παύει νὰ ἀκούγεται.



Σχ. 79. Ἀνακλασις τοῦ ἤχου. Ὄταν τοποθετήσωμεν εἰς τὸ στόμιον τοῦ κυλινδρικοῦ σωλῆνος τὸ διάφραγμα K, ἀκούομεν μὲ εὐκρίνειαν τὸν ἤχον τοῦ ὠρολογίου.

χρειάζεται διὰ νὰ παύσῃ ὑφισταμένη ἢ ἐντύπωσις, τὴν ὁποίαν προκαλεῖ ἕνας ἤχος μετὰ τὴν παῦσιν του. Εἰς χρονικὸν διάστημα ὁμοῦ 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. Ὄστε :

Διὰ νὰ προκληθῆ ἤχῳ πρέπει τὸ ἐμπόδιον νὰ ἀπέχῃ 17 μέτρα τοῦλάχιστον ἀπὸ τὸν παρατηρητὴν.

Ἄν εὐρισκώμεθα 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. Ὄστε :

Ἄντηχησις ὀνομάζεται τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ ὅποιον, ὅταν εὐρισκώμεθα 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 ἕναν καθρέπτην. Ὄστε :

Τὰ ἠχητικὰ κύματα ἀνακλῶνται, ὅταν συναντήσουν ἕνα ἐμπόδιον κατὰ τὴν διάδοσίν των.

§ 82. Ἀντήχησις. Διὰ νὰ διακρίνωμεν τὴν ἠχῶ πρέπει νὰ ἰστάμεθα εἰς ἀρκετὴν ἀπόστασιν ἀπὸ τὸ ἐμπόδιον, ἐπὶ τοῦ ὁποῦ ἀνακλῶνται τὰ ἠχητικὰ κύματα. Ἡ ἀπόστασις αὕτη πρέπει νὰ εἶναι τοιαύτη, ὥστε ὁ ἀνακλῶμενος ἤχος νὰ φθάσῃ εἰς τὸ αἰσθητήριον τῆς ἀκοῆς μετὰ πάροδον χρονικοῦ διαστήματος ὄχι μικροτέρου ἀπὸ τὸ 0,1 τοῦ δευτερολέπτου, ἀφ' ὅτου παρήχθη ὁ κυρίως ἤχος (σχ. 80). Καὶ τοῦτο διότι τόσος χρόνος

Ἐντήχησιν παρατηροῦμεν εἰς μερικές ἐκκλησίας, εἰς τὰ ὁποίας ψάλλει ἕνας μόνον ψάλτης, ἡ δὲ φωνὴ του ἀντηχεῖ καὶ δημιουργεῖ τὴν ἀντύπωσιν ὅτι «βουίξει» ὁλόκληρος ἡ ἐκκλησία. Ἡ ἀντήχησις εἶναι εὐχάριστος ὅταν ἀκούωμεν μουσικὴν καὶ δυσάρεστος ὅταν ἀκούωμεν ὁμιλίαν, ἐπειδὴ συγχέονται αἱ συλλαβαὶ καὶ δὲν δυνάμεθα νὰ ἐννοήσωμεν τί λέγει ὁ ὁμιλητής.

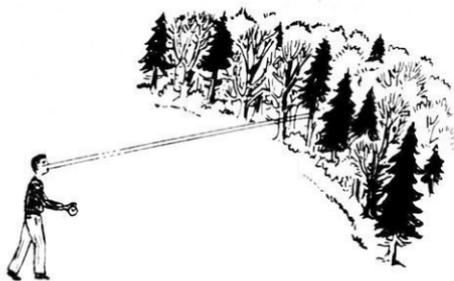
Τὴν ἡχὴ καὶ τὴν ἀντήχησιν προσέχουν ἰδιαίτερος οἱ μηχανικοὶ, οἱ ὅποιοι κατασκευάζουσι αἰθούσας θεάτρων, κινηματογράφων, διαλέξεων κ.λπ., ὥστε νὰ δύνανται κανεὶς νὰ ἀκούῃ αἰσθητῶς καὶ μὲ εὐκρίνειαν ἀπὸ οἰονδήποτε σημείου τῆς αἰθούσης.

Τὸ ἀρχαῖον θέατρον τῆς Ἐπιδαύρου θεωρεῖται θαῦμα ἀκουστικῆς τέχνης, ἀφοῦ δύναται κανεὶς νὰ ἀκούῃ καὶ τοὺς ψιθύρους τῶν ἡθοποιῶν, ἀπὸ τὰς πλεον ἀπομακρυσμένας ὑψηλὰς θέσεις.

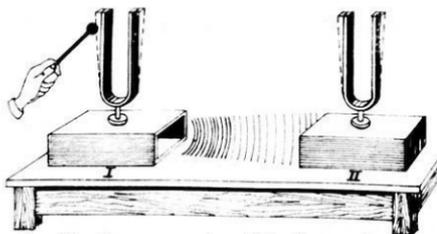
§ 83. Συντονισμός. Τὸ διαπασῶν ἀποτελεῖται ἀπὸ μίαν χαλυβδίνην πρισματικὴν ράβδον, τὸ ἄνω μέρος τῆς ὁποίας ἔχει διαμορφωθῆ εἰς σχῆμα U (σχ. 81). Διεγείρεται συνήθως μὲ ἐλαφρὰν κρούσιν τῶν σκελῶν του, ὅποτε αὐτὰ πάλλονται. Ἐπειδὴ ὁ παραγόμενος ἡχος εἶναι ἀδύνατος, τὸ ὄργανον τοποθετεῖται ἐπὶ καταλλήλου ξυλίνου κιβωτίου (ἀντηχεῖον), ἀνοικτοῦ εἰς τὴν μίαν πλευρὰν του, ὅποτε ὁ ἡχος ἐνισχύεται.

Τὰ διαπασῶν παράγουσι ὠρισμένους τόνους.

Πείραμα. Ἄς θεωρήσω-



Σχ. 80. Διὰ νὰ προκληθῇ ἡχὴ πρέπει νὰ ἔχωμεν ἀπόστασιν τουλάχιστον 17m ἀπὸ τὸ ἐμπόδιον, ἢ ὁ ἡχος νὰ διανύῃ τὴν ἀπόστασιν μας ἀπὸ τὸ ἐμπόδιον καὶ νὰ ἐπιστρέφῃ ἐντὸς χρόνου μεγαλύτερου τῶν 0,1 sec.



Σχ. 81. Συντονισμός. Τὸ διαπασῶν (II) διεγείρεται ἐξ αἰτίας τῆς διεγέρσεως τοῦ ὁμοίου πρὸς αὐτὸ διαπασῶν (I).

μεν δύο διαπασών (σχ. 81), τὰ ὁποῖα εἶναι ἐντελῶς ὁμοία καὶ ἐπομένως παράγουν, ὅταν διεγερθοῦν, ἤχον τῆς ἰδίας συχνότητος. Ἐν διεγείρωμεν τὸ ἓνα ἀπὸ τὰ δύο διαπασών, ὥστε νὰ παράγη ἤχον, ἀφοῦ τὸ κτυπήσωμεν ἐλαφρῶς, παρατηροῦμεν ὅτι καὶ τὸ δεύτερον διαπασών διεγείρεται. Διὰ νὰ ἐπιτύχη καλλίτερον τὸ πείραμα, τοποθετοῦμεν τὰ διαπασών ἐπὶ ἀντιχειῶν. Τὸ φαινόμενον αὐτὸ ὀνομάζεται συντονισμός. Ὡστε :

Συντονισμός ὀνομάζεται τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ ὁποῖον ἓνα σῶμα, τὸ ὁποῖον δύναται νὰ παράγη ἤχον, διεγείρεται ὅταν δονῆται πλησίον αὐτοῦ ἓνα ἄλλο σῶμα, τὸ ὁποῖον παράγει ἤχον τῆς ἰδίας συχνότητος.

§ 84. Χαρακτηριστικὰ γνωρίσματα τῶν ἤχων. Οἱ ἤχοι ἔχουν τρεῖς ιδιότητες μὲ τὰς ὁποίας δυνάμεθα νὰ τοὺς διακρίνωμεν ἀπὸ τοὺς ἄλλους. Αἱ ιδιότητες αὐταὶ ὀνομάζονται χαρακτηριστῆρες τοῦ ἤχου καὶ εἶναι ἡ ἀκουστότης, τὸ ὕψος καὶ ἡ χροιά.

α) Ἀκουστότης. Γνωρίζομεν ὅτι ἓνας ἤχος δύναται νὰ εἶναι δυνατός ἢ ἀσθενής, νὰ ἔχη δηλαδή, ὅπως λέγωμεν συνήθως, μεγάλην ἢ μικρὰν ἔντασιν. Ὡστε :

Ἀκουστότης 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 μόνον ἀκουστός, νὰ ἔχη ἀκουστότητα μηδὲν Phon καὶ ἓνας ἤχος ὁ ὁποῖος προκαλεῖ πόνον 130 Phon.

β) Ὑψος τοῦ ἤχου. Λέγομεν συνήθως ὅτι αἱ γυναῖκες ἔχουν «ὕψηλὴν» 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 τεχνικὴν καὶ εἰς τὴν ἰατρικὴν.

γ) **Χροιά τοῦ ἤχου.** Ἐὰν 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 των, κυρίως ὁμῶς ἀπὸ τὴν διαφορετικὴν των χροιάν.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Ὅ,τι γίνεται ἀντιληπτὸν 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 :



3. Τα ήχητικά κύματα, όταν συναντήσουν εμπόδιον εις τὴν διάδοσίν των, ἀνακλῶνται μεταβάλλοντα πορείαν διαδόσεως. Ἐὰν ἓνα εμπόδιον εὐρίσκεται εἰς ἀπόστασιν μεγαλύτεραν ἀπὸ 17 μέτρα, ὁ παρατηρητὴς διακρίνει τὸν ἀνακλῶμενον ἤχον ἀπὸ τὸν ἀρχικὸν καὶ τὸ φαινόμενον λέγεται ἠχώ. Ἐὰν ὅμως ἡ ἀπόστασις εἶναι μικροτέρα ἀπὸ 17 μέτρα, οἱ δύο ἤχοι δὲν διαχωρίζονται καὶ τὸ φαινόμενον λέγεται ἀντήχησις.

4. Ἡ ἠχώ 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. ('Απ. 0,00227 sec.)

79. Πόσων Χέρτζ (Hz) συχνότητα ἔχει ἓνας τόνος, ὁ ὁποῖος εἰς 7 sec ἐκτελεῖ 499 ταλαντώσεις. ('Απ. 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 ἀκαριαίως. ('Απ. 1 360 m.)

81. Πόσον εἶναι τὸ βάθος τῆς θαλάσσης ὅταν, κατὰ μίαν ἠχοβόλησιν, ἐμετρήθη χρόνος 0,68 sec. Δίδεται ὅτι ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ ἤχου εἰς τὸ θαλάσσιον ὕδωρ εἶναι 1 425 m/sec. ('Απ. 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.) ('Απ. 2 233 m.)

83. Ἐνας ἄνθρωπος εὐρίσκεται εἰς μίαν ἀπόστασιν ἀπὸ ἓνα εμπόδιον καὶ κραυγάζει. Ἀφοῦ περάσῃν 2,4 sec, ἀκούει τὸν ἤχον τῆς φωνῆς του, ἡ ὁποία ἀνεκλάσθη εἰς τὸ εμπόδιον. Πόση εἶναι ἡ ἀπόστασις τοῦ ἀνθρώπου ἀπὸ τὸ εμπόδιον, ἂν ἡ ταχύτης τοῦ ἤχου εἰς τὸν ἀέρα ἀνέρχεται εἰς 340 m/sec. ('Απ. 408 m.)

84. Ένας ήχος έχει συχνότητα 100 Hz και διαδίδεται εις τὸν ἀέρα με ταχύτητα 340 m/sec. Πόσον εἶναι τὸ μῆκος κύματος τοῦ ἤχου αὐτοῦ. ('Απ. 3,4 m.)

85. Τὸ μῆκος κύματος ἐνὸς ἤχου με συχνότητα 100 Hz, ὁ ὁποῖος διαδίδεται εἰς τὸ ὕδωρ, εἶναι 10 m. Πόση εἶναι ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ ἤχου αὐτοῦ εἰς τὸ ὕδωρ. ('Απ. 1 000 m/sec.)

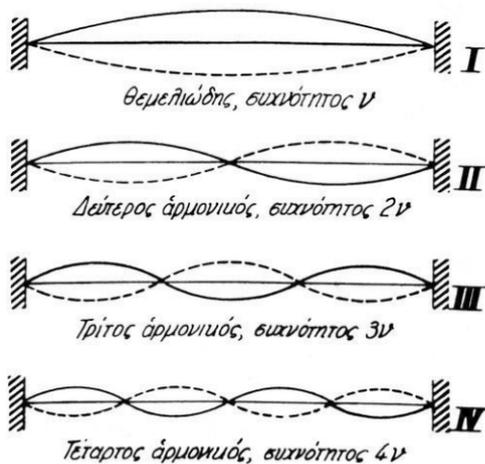
86. Πόσον εἶναι τὸ μῆκος κύματος τοῦ τόνου ὁ ὁποῖος ἔχει συχνότητα 440 Hz εἰς τὸν ἀέρα. Ταχύτης ἤχου εἰς τὸν ἀέρα 340 m/sec. ('Απ. 0,775 m.)

87. Εἰς πόσην ἀπόστασιν εὐρίσκεται ἓνα ἐμπόδιον, ὅταν ἀκούωμεν τρισύλλαβον ἤχῳ. ('Απ. 51 m.)

ΙΖ' — ΗΧΗΤΙΚΑΙ ΠΗΓΑΙ

§ 85. Χορδαί. Ἄρμονικοὶ ἤχοι. Ἄν διεγείρωμεν μίαν χορδὴν εἰς παλμικὴν κίνησιν, κτυπώντας αὐτὴν ἐλαφρῶς εἰς τὸ μέσον, παρατηροῦμεν ὅτι ὅλα τὰ σημεῖα τῆς ταλαντεύονται περὶ τὴν ἀρχικὴν τῶν θέσιν, ἢ δὲ χορδὴ παρουσιάζει τὴν μορφήν τὴν ὁποῖαν δεικνύει τὸ σχῆμα 82, I.

Ἄν σταθεροποιήσωμεν τὸ μέσον τῆς χορδῆς μετὰ τὸν δάκτυλόν μας, ἢ θέσωμεν εἰς τὸ σημεῖον αὐτὸ ἓνα ξύλινον ὑποστήριγμα καὶ διεγείρωμεν πάλιν τὴν χορδὴν, παρατηροῦμεν τότε ὅτι ὁλόκληρος ἡ χορδὴ ταλαντεύεται (σχ. 82, II). Εἰς τὴν περίπτωσιν ὁμοῦς 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 ὁποῖον ἀποδίδει ἡ χορδὴ, ὅταν πάλλεται



Σχ. 82. Ταλάντωσις μιᾶς χορδῆς μετὰ τὴν θεμελιώδη συχνότητα (I) καὶ τοὺς τρεῖς πρώτους ἀνωτέρους ἄρμονικούς.

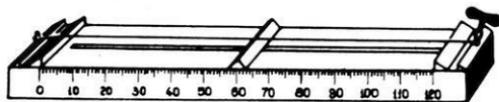
ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 82, I, ὀνομάζεται θεμελιώδης ἤχος ἢ πρῶτος ἄρμονικός, ἐνῶ ὅταν πάλλεται ὅπως εἰς τὰς περιπτώσεις II, III, IV τοῦ ἰδίου σχήματος, ὁ παραγόμενος ἤχος λέγεται ἀνώτερος ἄρμονικός καὶ ἰδιαίτερος δεύτερος ἄρμονικός, τρίτος ἄρμονικός, κ.λπ. Ὡστε :

Ὅταν ἐλαττώσωμεν τὸ μήκος μιᾶς χορδῆς εἰς τὸ $1/2$, $1/3$, $1/4$, 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 μονοχορδου (σχ. 83). Αὐτὸ ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓνα ξύλινον κιβώτιον (ἀντηχεῖον) τὸ ὁποῖον προορίζεται νὰ ἐνισχύη τοὺς ἤχους. Ἡ χορδὴ περιτυλίσσεται εἰς ἓνα ἄξονα καὶ σταθεροποιεῖται εἰς τὸ ἓνα ἄκρον τοῦ μονοχορδου, 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 ἑνὸς τόνου ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ μήκος, τὸ πάχος καὶ τὸ ὑλικὸν τῆς χορδῆς, ὡς ἐπίσης καὶ ἀπὸ τὴν τάσιν τὴν ὁποίαν ἀσκοῦμεν εἰς τὴν χορδῆν.

§ 87. Ἡχητικοὶ σωλήνες. Νόμος τῶν ἠχητικῶν σωλήνων. Εἰς τὴν Φυσικὴν ὀνομάζομεν ἠχητικούς σωλήνας, κυλινδρικούς ἢ πρισματικούς σωλήνας 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 σωλήν.

Οί ήχητικοί σωλήνες είναι είτε άνοικτοί (σχ. 84), είτε κλειστοί.

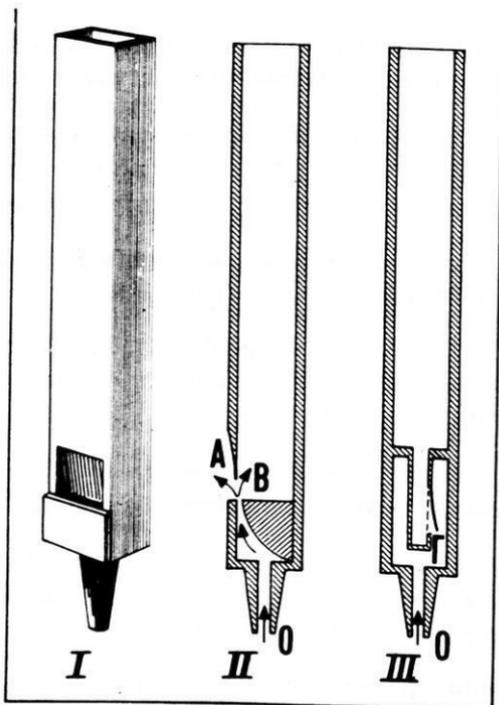
Είς τόν άνοικτόν σωλήνα του σχήματος 84, II, ό άήρ εισέρχεται από τό έπιστόμιον O και έξέρχεται από τό στόμιον B. Είς τό χείλος A δημιουργείται διατάραξις τής στήλης του άέρος, όπως άκριβώς συμβαίνει και είς τήν σφυρίκτραν, και τοιούτοτρόπως προκαλείται δόνησις του άέρος, ό όποιος εύρίσκεται είς τήν 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 άνοικτους ήχητικούς σωλήνας με έπιστόμιον και στόμιον και τους άνοικτους ήχητικούς σωλήνας με έπιστόμιον και γλωσσίδα, συμβαίνει και με τά δύο αντίστοιχα είδη των κλειστών ήχητικών σωλήνων. Οί σωλήνες αυτοί διαφέρουν από τους άνοικτους ήχητικούς σωλήνας κατά τό ότι είναι κλειστοί είς τό άνώτερον άκροντων.

Άπό τά άνωτέρω συμπεραίνομεν ότι :

Είς τους ήχητικούς σωλήνας με έπιστόμιον και στόμιον ό τόνος προκαλείται από τας 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 τὰς παλμικὰς κινήσεις τῆς γλωσσίδος, αἱ ὁποῖαι διεγείρουν εἰς παλμικὴν κίνησιν τὸν ἄερα, τὸν εὐρισκόμενον εἰς τὸν σωλῆνα.

Ἔργαζόμενοι πειραματικῶς μὲ ἀνοικτοὺς καὶ κλειστοὺς ἤχητικούς σωλῆνας καταλήγομεν εἰς τὰ ἀκόλουθα συμπεράσματα, τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦν τοὺς νόμους τῶν ἤχητικῶν σωλῆνων.

α) Οἱ ἀνοικτοὶ ἤχητικοὶ σωλῆνες παράγουν ἓνα θεμελιώδη τόνον καὶ ὄλους τοὺς ἀνωτέρους ἁρμονικούς.

Ἐάν δηλαδὴ ἓνας ἀνοικτὸς ἤχητικὸς σωλῆν παράγῃ θεμελιώδη τόνον, συχνότητος ν , θὰ παράγῃ καὶ τοὺς τόνους τοὺς ἔχοντας συχνότητας 2ν , 3ν , 4ν , κ.λπ.

β) Οἱ κλειστοὶ ἤχητικοὶ σωλῆνες παράγουν ἓνα θεμελιώδη τόνον καὶ τοὺς ἀνωτέρους ἁρμονικούς περιττῆς τάξεως.

Δηλαδὴ ἐάν ἓνας κλειστὸς ἤχητικὸς σωλῆν παράγῃ θεμελιώδη τόνον μὲ συχνότητα ν , θὰ παράγῃ καὶ τοὺς τόνους οἱ ὁποῖοι ἔχουν συχνότητας 3ν , 5ν , 7ν , κ.λπ.

§ 88. Μουσικοὶ ἤχοι. Μουσικὰ διαστήματα. Ὄταν αἱ συχνότητες δύο ἤχων, τοὺς ὁποίους ἀκούομεν ταυτοχρόνως, εὐρίσκωνται μεταξύ των εἰς ἀπλῆν ἀριθμητικὴν σχέσιν, μᾶς προκαλοῦν γενικῶς εὐχάριστον συναίσθημα. Ἡ Μουσικὴ χρησιμοποιεῖ ὠρισμένας ἀπλᾶς ἀριθμητικὰς σχέσεις, μεταξύ τῶν συχνότητων τῶν ἤχων, αἱ ὁποῖαι ὀνομάζονται μουσικὰ διαστήματα. Οἱ μουσικοὶ ἤχοι εἶναι φθόγγοι καὶ παράγονται ἀπὸ τὰ μουσικὰ ὄργανα. Τὸ ὑποκειμενικὸν συναίσθημα, τὸ ὁποῖον μᾶς δημιουργεῖται, ὅταν ἀκούωμεν δύο τόνους, ἐξαρτᾶται μόνον ἀπὸ τὸ μουσικὸν διάστημά των καὶ ὄχι ἀπὸ τὴν ἀπόλυτον τιμὴν τῆς συχνότητός των.

Ὄταν δύο φθόγγοι ἀκούωνται συγχρόνως ἢ διαδοχικῶς καὶ προκαλοῦν εὐχάριστον συναίσθημα, λέγομεν ὅτι ἀποτελοῦν συμφωνίαν, ἐνῶ ἂν τὸ συναίσθημα εἶναι δυσάρεστον ἀποτελοῦν παραφωνίαν. Ὄταν τὸ διάστημα εἶναι $1 : 1$, ὅταν δηλαδὴ ἀκούωμεν δύο φθόγγους τῆς ἰδίας συχνότητος, ἔχομεν τὴν καλυτέραν συμφωνίαν καὶ τὸ μουσικὸν διάστημα λέγεται πρώτη. Ἐάν τὸ διάστημα εἶναι $2 : 1$, ὁπότε ὁ δεῦτερος φθόγγος ἔχει διπλασίαν συχνότητα, τὸ διάστημα λέγεται ὀγδόη. Εἰς τὴν Μουσικὴν χρησιμοποιοῦμεν ἐπίσης διαστήματα δευτέρας, τρίτης, τετάρτης κ.λπ. καὶ ἤχους μὲ συχνότητας ἀπὸ 40 Hz μέχρι 4 000 Hz.

§ 89. Μουσικὴ κλίμαξ. Οὕτως ὀνομάζεται μία σειρά φθόγγων, οἱ ὁποῖοι χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν Μουσικὴν καὶ χωρίζονται μεταξύ των μὲ ὠρισμένα μουσικὰ διαστήματα.

Οί φθόγγοι τής βασικής κλίμακος είναι όκτώ, ή κλίμαξ όμως έπεκτείνεται εις ύψηλότερους και χαμηλότερους φθόγγους με όγδοας. Ό φθόγγος από τόν όποιον αρχίζει ή μουσική κλίμαξ ονομάζεται βάσις τής κλίμακος.

Αί συχνότητες τών φθόγγων μιās μουσικής κλίμακος καθορίζονται με ακρίβειαν, όταν όρισθή ή συχνότης ενός οίουδήποτε φθόγγου και τά μουσικά διαστήματα.

Τά όνόματα τών φθόγγων τής μουσικής κλίμακος είναι τά εξής επτά :

do, re, mi, fa, sol, la, si

Τά διαστήματα δευτέρας, τρίτης, τετάρτης, πέμπτης, έκτης, έβδόμης, λογιζόμενα από τού do και άνωθεν αυτού είναι τά ακόλουθα :

9/8, 5/4, 4/3, 3/2, 5/3, 15/8

Υπάρχουν διάφοροι κατηγορίαί μουσικών κλιμάκων :

α) Διατονική ή φυσική κλίμαξ. Ή κλίμαξ αυτή περιλαμβάνει τρία διαφορετικά διαστήματα, σχετικώς ως προς δύο διαδοχικούς φθόγγους : τά διαστήματα 9/8 και 10/9, τά όποια ονομάζονται τόνοι και τό διάστημα 16/15 τό όποιον ονομάζεται ήμιτόνιον. Εις τήν βασικήν κλίμακα, ό φθόγγος έχει συχνότητα 440 Hz.

β) Χρωματική κλίμαξ. Ή βασική διατονική κλίμαξ έπαναλαμβανομένη με όγδοας, ύψηλότερον ή χαμηλότερον, δεν είναι δυνατόν νά έπαρκεση διά τās ανάγκας τής συγχρόνου Μουσικής. Δι' αυτόν τόν λόγον κατεσκεύασαν μιάν κλίμακα, ή όποια περιλαμβάνει 12 ήμιτόνια ίσα προς 1,059. Ή κλίμαξ αυτή ονομάζεται χρωματική.

Ήν προσέξωμεν τά πληκτρα τού κλειδοκυμβάλου (πιάνου), θά παρατηρήσωμεν ότι είναι λευκά και μαύρα. Τά μαύρα πληκτρα άντιστοιχούν εις τούς φθόγγους εκείνους τών όποιων ή προσθήκη έδημιούργησε τήν χρωματικήν κλίμακα. Διά νά επιτύχουν οί μουσικοί τήν κατασκευήν τής κλίμακος αυτής διετήρησαν τόν φθόγγον la τής βασικής κλίμακος εις τήν συχνότητα τών 440 Hz, παρήλλαξαν όμως όλίγον τās συχνότητας τών άλλων φθόγγων.

§ 90. Μουσικά όργανα. Τά μουσικά όργανα παράγουν ευχαρίστους ήχους, χωρίζονται δε εις τρεις κυρίως κατηγορίας.

α) Τά έγχορδα. Αυτά είναι όργανα τά όποια έχουν χορδās, όπως τό βιολίον, ή βιόλα, τό βιολοντσέλον και τό κοντραμπάσον. Εις τά όργανα αυτά ό ήχος παράγεται καθώς σύρομεν τό δοξάριον επάνω εις τās χορδās. Ήλλα έγχορδα είναι ή κιθάρα και τό μαντολίον. Οί ήχοι εις τά όργανα αυτά παράγονται καθώς έλκομεν τās χορδās με τό δάκτυλον ή τās πλήττομεν με ένα μικρόν τρίγωνον.

Τό ύψος τού ήχου εις όλα τά άνωτέρω έγχορδα ρυθμίζεται από τό σημειον εις τό όποιον πιέζομεν τήν χορδήν με τά δάκτυλα τής άριστεράς χειρός.

Ή άρπα είναι ένα άλλο έγχορδον όργανον, με πολλās χορδās, αί όποια ήχούν, όταν τās έλκομεν με τά δάκτυλα και εκάστη από τās όποιās παράγει άρισμένον

ήχον. Χορδὰς αἱ ὁποῖαι παράγουν ὠρισμένον ἦχον ἔχει καὶ τὸ κλειδοκύμβαλον. Ἐνας μηχανισμὸς μοχλῶν συνδέει τὰ πλῆκτρα τὰ ὁποῖα πιέζομεν μὲ τὰ δάκτυλα, μὲ εἰδικὰ κατακόρυφα πλῆκτρα, 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 ἐκείνου ὁ ὁποῖος παίξει τὸ ὄργανον, ἐνῶ εἰς ἄλλα, ὅπως εἰς τὸ κλαρίνον, ἀπὸ μίαν γλωσσίδα, ἡ ὁποία πάλ्लεται καθὼς φυσῶμεν. Εἰς τὰ χάλκινα πνευστά, ὅπως λέγονται αἱ τρόμποι, 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 σωλῆνας, 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 ὄρχηστραι ἀποτελοῦνται ἀπὸ πολλὰ ὄργανα καὶ τῶν τριῶν κατηγοριῶν καὶ τοιοῦτοτρόπως 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 ὁποίαν ἀσκούμεν 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 ὁποίαν ἀσκούμεν ἐπὶ τῆς χορδῆς.

3. Οἱ ἡχητικοὶ σωλῆνες εἶναι κλειστοὶ καὶ ἀνοικτοί. Καὶ τὰ δύο εἶδη περιλαμβάνουν σωλῆνας μὲ ἐπιστόμιον καὶ στόμιον καὶ σωλῆνας μὲ ἐπιστόμιον καὶ γλωσσίδα. Εἰς τοὺς ἡχητικούς σωλῆνας μὲ ἐπιστόμιον καὶ στόμιον ὁ τόνος προκαλεῖται ἀπὸ τὰς ἀπ' εὐθείας παλμικὰς κινήσεις τοῦ ἀέρος, ἐνῶ εἰς τοὺς

ήχητικούς σωλήνας με επιστόμιον 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 συχνότητων των.

6. Η μουσική κλίμαξ αποτελείται από σειράν ώρισμένων μουσικῶν φθόγγων, οί όποιοί χωρίζονται μεταξύ των με ώρισμένα μουσικά διαστήματα.

7. Η διατονική ή φυσική κλίμαξ περιλαμβάνει 5 τόνους δύο ειδῶν και 2 ήμιτόνια. Η χρωματική κλίμαξ περιλαμβάνει 12 ήμιτόνια. Βασικός φθόγγος εις τās δύο κλίμακας είναι τὸ Ια με συχνότητα 440 Hz.

8. Τά μουσικά όργανα είναι έγχορδα, πνευστά και κρουστά.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

88. Πόση είναι ή συχνότης τοῦ βασικοῦ τόνου, τοῦ όποίου ο άρμονικός έκτης τάξεως έχει συχνότητα 1 200 Hz. (Απ. 171,4 Hz.)

89. Ένας τόνος έχει συχνότητα 264 Hz. Ποία είναι αί συχνότητες της άμέσως έπομένης όγδόης, 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. Ἄν παρατηρήσωμεν ἓνα τεμάχιον ψαμίτου, θὰ ἴδωμεν ὅτι ἀποτελεῖται ἀπὸ μίαν πλειάδα μικρῶν κόκκων, συγκεκολλημένων μεταξύ των καὶ ὄρατῶν μὲ γυμνὸν ὄφθαλμόν.

Θρυμματίζομεν τὸ τεμάχιον τοῦ ψαμίτου κτυπῶντες αὐτὸ μὲ μίαν σφύραν. Οἱ μικροὶ κόκκοι διαχωρίζονται μεταξύ των καὶ δημιουργοῦν ἓνα σωρὸν ἄμμου (σχ. 85).

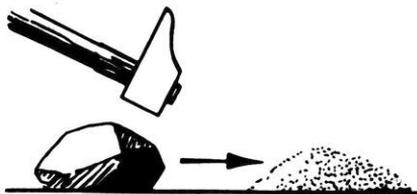
Ἄν ἐξετάσωμεν ἕκαστον κόκκον μὲ φακόν, θὰ διαπιστώσωμεν ὅτι ὅλοι ἔχουν τὴν ἰδίαν ἐμφάνισιν Ἐντονον δηλαδὴ λάμπιν καὶ ἔδρας αἱ ὁποῖαι σχηματίζουν μεταξύ των γωνίας, περισσότερο ἢ ὀλιγώτερον ὀξείας.

Πείραμα. Λαμβάνομεν ἓνα φιάλιδιον μὲ πυκνὸν θειικόν ὀξύ καὶ ρίπτομεν μίαν σταγόνα ἀπὸ τὸ ὀξύ αὐτὸ μέσα εἰς ἓνα δοκιμαστικὸν σωλῆνα μὲ ὕδωρ. Τὸ διάλυμα τὸ ὁποῖον πρόκύπτει, μολονότι 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 ἐρυθραίνῃ τὸ βάμμα τοῦ ἡλιοτροπίου.

Ὅπως ὁ ψαμίτης, οὕτω καὶ τὸ θειικόν ὀξύ διηρέθη εἰς μικρότατα σωματίδια, τὰ ὁποῖα ὅμως διετήρησαν τὰς χαρακτηριστικὰς ἰδιότητας τοῦ ὀξέος. Ἐρυθραίνουν δηλαδὴ τὸ βάμμα τοῦ ἡλιοτροπίου.

Τίθεται ὅμως 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 ψαμίτης σχηματίζει σωρὸν ἄμμου.

ρω ἐρώτημα είναι ἀρνητική. Ἡ διαίρεσις αὐτὴ ἔχει ἓνα ὄριον καὶ τὸ ὄριον αὐτὸ καθορίζει τὸ **μόριον** τῆς οὐσίας. Ὡστε :

Τὸ **μόριον** εἶναι ἡ μικροτέρα ποσότης ἐνὸς χημικῶς καθαροῦ σώματος, ἡ ὁποία δύναται νὰ ὑπάρχη καὶ νὰ διατηρῆ τὰς χαρακτηριστικὰς ιδιότητάς αὐτοῦ τοῦ σώματος.

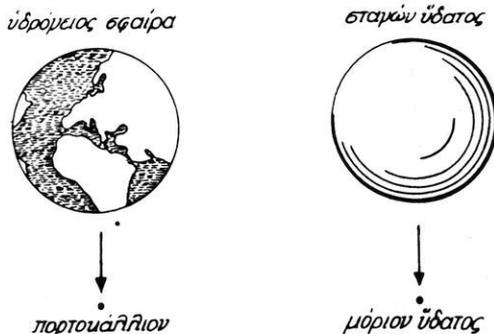
§ 92. Τὰ μόρια. Τὰ μόρια εἶναι ὑλικά σωματίδια μὲ πολὺ μικρὸν μέγεθος. Διὰ νὰ ἀντιληφθῶμεν τὴν μικρότητα τῶν μορίων, ἄς ἐπιχειρήσωμεν τὸν ἐπόμενον παραλληλισμὸν.

Θεωροῦμεν μίαν σταγόνα ὕδατος καὶ τὴν ὑδρόγειον σφαῖραν. Ὅτι εἶναι ἓνα πορτοκάλιον διὰ τὴν Γῆν, εἶναι καὶ ἓνα μόριον ὕδατος διὰ τὴν σταγόνα τοῦ ὕδατος (σχ. 86).

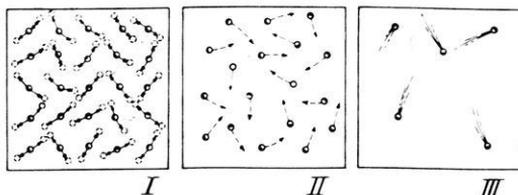
Τὰ μόρια ἐνὸς χημικῶς καθαροῦ σώματος, ὅπως π.χ. τὸ ὀξυγόνον, ὁ χαλκός, τὸ ὕδωρ, ἡ σάκχαρις κ.λπ., εἶναι ὅμοια μεταξύ των, ἐνῶ τὰ μόρια τῶν μειγμάτων, ὅπως ὁ ἀήρ, τὸ γάλα κ.λπ., εἶναι διαφορετικά.

Ὅπως γνωρίζομεν ἀπὸ τὰ μαθήματα τῆς προηγούμενης τάξεως, τὰ μόρια οἰοῦδήποτε σώματος δὲν ἠρεμοῦν, ἀλλὰ κινουῦνται ἀκαταπαύστως. Εἰς τὰ στερεὰ ἡ κίνησις αὐτὴ εἶναι ταλάντωσις μὲ πολὺ μικρὸν πλάτος, διότι τὰ μόρια τῶν σωμάτων αὐτῶν εἶναι 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 ὑδρόγειου σφαίρας.



Σχ. 87. Διὰ τὴν ἐξήγησιν τῆς δομῆς στερεῶν (I), ὑγρῶν (II) καὶ ἀερίων (III).

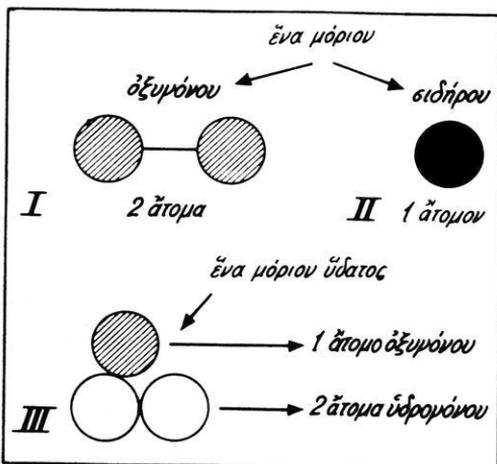
εύρισκονται εις μεγαλυτέρας μεταξύ των αποστάσεις (έν σχέσει με τας αποστάσεις των μορίων των στερεών) και κινούνται πλέον ζωηρώς τὸ ἓνα ὡς πρὸς τὸ ἄλλον, διατηρῶντα σταθεράς τὰς αποστάσεις των. Ἐνα μόριον ὑγροῦ, δηλαδή, κινεῖται ἐν σχέσει πρὸς τὰ ἄλλα μόρια, μέσα εις τὴν μάζαν τοῦ ὑγροῦ, διατηρεῖ ὅμως σταθερὰν ἀπόστασιν ἀπὸ τὰ γειτονικά του μόρια (σχ. 87, II).

Τὰ μόρια τέλος των ἀερίων κινοῦνται ὡς ἐλαστικαὶ σφαῖραι, ταχύτατα καὶ ἀτάκτως πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις (σχ. 87, III). Ἀποτέλεσμα τῆς κινήσεως αὐτῆς εἶναι ἡ ἐκτόνωσις των ἀερίων καὶ ἡ πίεσις των.

Αἱ ταχύτητες μετὰς ὁποίας κινοῦνται τὰ μόρια των ἀερίων εἶναι ἀρκετὰ μεγάλα. Εἰς τὸ διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος ἡ μέση ταχύτης των μορίων εἶναι ἴση μετὰ 1 440 km/h, ἴση δηλαδή πρὸς τὴν ταχύτητα των ἀεριωθουμένων ἀεροπλάνων ἐνῶ των μορίων τοῦ ὑδρογόνου εἶναι ἀκόμη μεγαλυτέρα καὶ φθάνει τὰ 7 200 km/h. Ὡστε :

Τὰ μόρια των ὑλικῶν σωμάτων εἶναι ἀπείρως μικρά. Δὲν ἤρεμοῦν ἀλλὰ κινοῦνται ἀκαταπαύστως. Τὸ εἶδος τῆς κινήσεως των μορίων ἐνὸς σώματος καθορίζει τὴν φυσικὴν κατάστασιν τοῦ σώματος.

§ 93. Τὰ ἄτομα. Κατόπιν των ὅσων εἶπομεν ἀνωτέρω, δὲν πρέπει νὰ νομισθῇ ὅτι τὰ μόρια ἀποτελοῦν τὸ ἀδιαίρετον πλέον τμήμα τῆς ὕλης. Πράγματι τὰ σωματίδια αὐτὰ σχηματίζονται ἀπὸ μικρότερα ἀκόμη ὑλικά συστατικά, τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται **ἄτομα**.



Σχ. 88. Μόρια καὶ ἄτομα. (I) Μόριον ὀξυγόνου, (II) μόριον σιδήρου, (III) μόριον ὕδατος.

Προκειμένου περὶ ἀπλῶν σωμάτων, τὰ μόρια αὐτῶν ἀποτελοῦνται ἀπὸ ὁμοειδῆ ἄτομα. Τὰ μόρια των συνθέτων σωμάτων ὅμως ἀποτελοῦνται ἀπὸ διαφορετικὰ μεταξύ των ἄτομα. Οὕτως, ἐνῶ τὸ μόριον τοῦ ὀξυγόνου, τὸ ὁποῖον εἶναι ἀπλοῦν σῶμα,

αποτελείται από δύο ὅμοια μεταξύ των ἄτομα ὀξυγόνου, τὸ μόριον τοῦ ὕδατος, τὸ ὁποῖον εἶναι σύνθετον σώμα, 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 ἑνὸς στοιχείου ἀποτελείται 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 2/10 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 εἰδικὰς συνθήκας καὶ τὰ ὁποῖα δύνανται νὰ παρακολουθήσουν.

§ 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 δυνατόν νὰ θεωρηθῇ 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 ἑνὸς ἑκατοστομέτρου, τὸ ἠλεκτρόνιον του θὰ περιεστρέφετο περὶ τὸν πυρῆνα εἰς ἀπόστασιν 410 μέτρων.



Σχ. 89. Άτομον υδρογόνου.

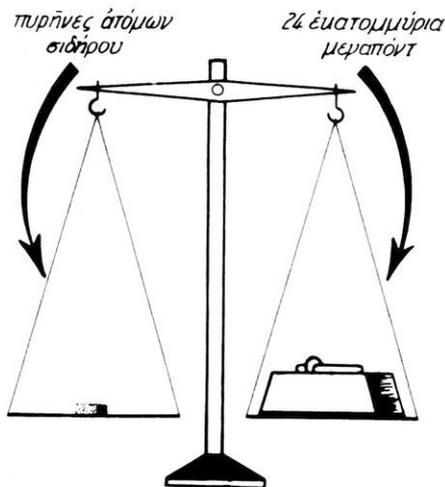
Τὸ ἄτομον τοῦ στοιχείου οὐρανίου, περιλαμβάνει 92 ἠλεκτρόνια. Ἐὰν παραστήσωμεν τὸν πυρήνα τοῦ οὐρανίου μὲ ἓνα πορτοκάλλιον, τὰ πλησιέστερα ἠλεκτρόνια θὰ περιστρέφονται εἰς ἀπόστασιν 100 m ἀπὸ τὸν πυρήνα, ἐνῶ τὰ πλέον ἀπομακρυσμένα εἰς ἀπόστασιν 1500 m. Ἡ ἀτομικὴ Φυσικὴ διδάσκει ἀκόμη ὅτι ἡ μᾶζα τοῦ ἠλεκτρονίου εἶναι μόλις ἴση μὲ τὸ 1/2 000 περίπου τῆς μάζης τοῦ πυρήνος τοῦ ἀτόμου τοῦ υδρογόνου.

Ἐπὶ τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι :

α) Ἡ μᾶζα τῶν ἀτόμων τῶν διαφόρων στοιχείων εἶναι, ὅλη σχεδόν, συγκεντρωμένη εἰς τὸν πυρήνα.

β) Εἰς τὸν συνολικὸν χῶρον τοῦ ἀτόμου, μικρὸν ποσοστὸν καταλαμβάνει ἡ ὕλη. Τὸ μεγαλύτερον τμήμα τοῦ ἀτομικοῦ χῶρου εἶναι κενόν, τὰ δὲ ἠλεκτρόνια κινουῦνται εἰς ἑλλειπτικὰς ἢ κυκλικὰς τροχιάς

περὶ τὸν πυρήνα καὶ εἰς τεραστίας, συγκριτικῶς ἀποστάσεις.



Σχ. 90. Ὁ ἀτομικὸς χῶρος περιλαμβάνει ἓνα πολὺ μεγάλο κενὸ μέρος.

Ἄν ἠδυνάμεθα νὰ κατασκευάσωμεν ἓνα μικρὸν πλακίδιον μὲ μέγεθος ἴσον πρὸς ἐκεῖνο τῶν πλακιδίων τῆς σακχάρως, χρησιμοποιοῦντες ὡς ὕλικὸν συμπαγεῖς πυρήνας ἀτόμων σιδήρου, χωρὶς κενὸν χῶρον, τὸ βᾶρος τοῦ μικροῦ αὐτοῦ πλακιδίου θὰ ἦτο ἴσον μὲ 24 ἑκατομμύρια μεγαπόντ. Τὸ παράδειγμα αὐτὸ δίδει μίαν εἰκόνα τοῦ κενοῦ τὸ ὁποῖον 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 διατηρῆ τὰς ιδιότητας 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.

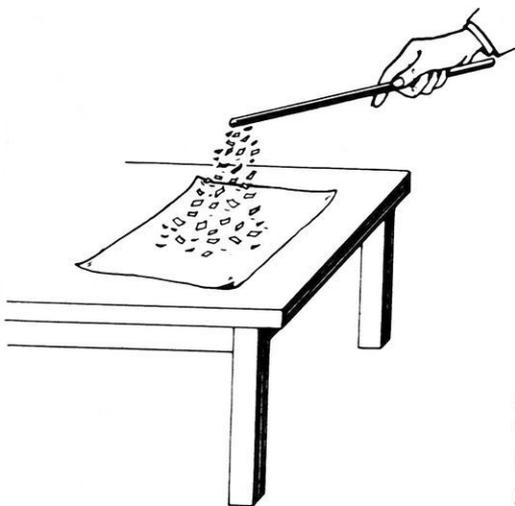
6. Τὰ ἄτομα ἀποτελοῦνται ἀπὸ τὸν κεντρικὸν πυρῆνα καὶ ἓνα ἢ περισσότερα περιστρεφόμενα ἠλεκτρόνια.

7. Ἡ μᾶζα τοῦ ἠλεκτρονίου εἶναι περίπου ἴση μὲ τὸ $1/2000$ τῆς μάζης τοῦ πυρῆνος τοῦ ἀτόμου τοῦ ὕδρογόνου. Ἡ μᾶζα ἐπομένως τοῦ ἀτόμου εὐρίσκεται συγκεντρωμένη εἰς τὸν πυρῆνα του.

10' — 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 δέρμα 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.

Αὕτῃ ἡ περίεργος 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 αὕτῃ τῶν σωμάτων ὠνομάσθη ἠλεκτρισμός.



Σχ. 91. Μετά την τριβήν της με ξηρόν μάλλινον ύφασμα, ή ράβδος του έβονίτου έλκει μικρά τεμάχια χάρτου.

Τὰ σώματα τὰ όποία άποκτοϋν τήν ιδιότητα του ήλεκτρισμου λέγομεν ότι είναι ήλεκτρισμένα ή ότι είναι φορτισμένα ήλεκτρικώς. Η διαδικασία δέ, με τήν όποίαν άποκτοϋν τήν ιδιότητα του ήλεκτρισμου τὰ σώματα, όνομάζεται ή-λέκτρισις.

Ένα ήλεκτρισμένον σώμα λέγομεν ότι έχει ήλεκτρικά φορτία. Το ήλεκτρικόν φορτίον δέν είναι όρατόν, ή δέ παρουσία του διαπιστοϋται μόνον άπό τὰ άποτελέσματα τὰ όποία προκαλεΐ.

Τὰ σώματα τὰ 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 τής ράβδου του έβονίτου και προεκάλεσαν τήν έλξιν του χάρτου είναι πολύ μικραί.

Είναι εύκολώτερον νά μελετήσωμεν τὰ ήλεκτρικά φαινόμενα χρησιμοποιοϋντες τό ήλεκτρικόν έκκρεμές, μίαν συσκευήν δηλαδή ή όποία άποτελεΐται άπό ένα έλαφρόν σφαιρίδιον φελλου ή άντεριώνης τής άκταΐας (ψύχαν κουφοξυλιΐς), τό όποΐον κρέματαΐ άπό ένα λεπτόν μετάξινον νήμα, προσδεδεμένον εις ένα λεπτόν κατάλληλον ύποστήριγμα (σχ. 92).

Πείραμα. Πλησιάζομεν εις τό ήλεκτρικόν έκκρεμές μίαν ράβδον άπό έβονίτην, ή όποία προηγουμένως έχει τριφθή με μάλλινον ύφασμα. Παρατηροϋμεν τότε ότι τό σφαιρίδιον του έκκρεμους έλκεται άπό τήν ράβδον, εύθϋς δέ ώς έλθη εις έπαφήν μετ' αυτής άπωθεΐται και απομακρύνεται άπό αυτήν, παραμένον εις μίαν ώρισμένην άπόστασιν (σχ. 92 I, II).

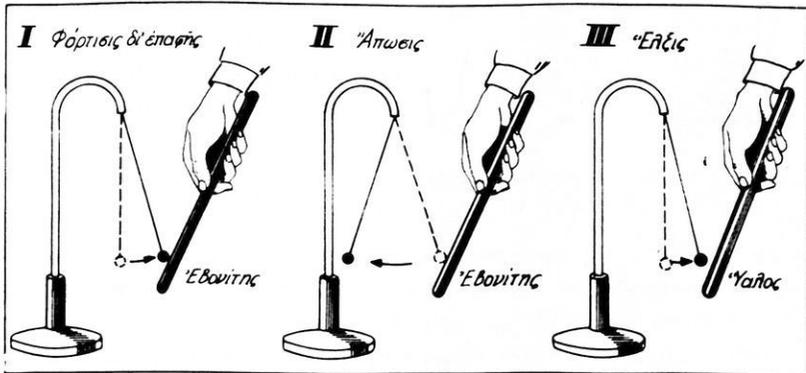
Όταν τὸ σφαιρίδιον ἤλθεν εἰς ἐπαφὴν μὲ τὴν ράβδον τοῦ ἐβονίτου, παρέλαβεν ἓνα μέρος ἀπὸ τὰ ἠλεκτρικὰ φορτία τῆς ράβδου καὶ ἠλεκτρίσθη. Ἐπομένως ὁ ἠλεκτρισμένος ἐβονίτης ἀπωθεῖ τὸ ἠλεκτρικὸν ἔκκρεμές, τὸ ὁποῖον ἠλεκτρίσθη κατὰ τὴν ἐπαφὴν του μὲ αὐτόν.

Τὰ ἴδια ἀκριβῶς φαινόμενα θὰ παρατηρήσωμεν, ἂν ἐκτελέσωμεν τὸ ἴδιον πείραμα, χρησιμοποιοῦντες ἠλεκτρισμένην ράβδον ἀπὸ ὑαλον ἢ ἄλλο κατάλληλον ὑλικόν. Ὡστε :

Ἐνα ἠλεκτρισμένον σῶμα A, ἀσκεῖ ἀπωστικὴν δύναμιν ἐπὶ ἐνὸς ἄλλου σώματος B, τὸ ὁποῖον ἠλεκτρίσθη ἐξ αἰτίας τῆς ἐπαφῆς του μὲ τὸ A.

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 ὑαλον, θὰ παρατηρήσωμεν ἔλξιν τοῦ ἔκκρεμοῦς ἀπὸ τὴν ὑαλίνην ἠλεκτρισμένην ράβδον (σχ. 92, III). Δηλαδή ἐνῶ ὁ ἠλεκτρισμένος ἐβονίτης ἀπωθεῖ τὸ φορτισμένον ἔκκρεμές, ἡ ἠλεκτρισμένη ὑαλος 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 ὑάλου.



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 νὰ εἴπωμεν ὅτι :

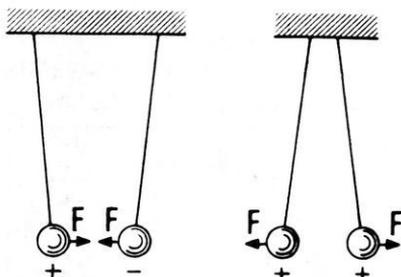
Πάν ἠλεκτρισμένον σῶμα συμπεριφέρεται εἴτε ὡς ἠλεκτρισμένη ὑαλος, εἴτε ὡς ἠλεκτρισμένος ἐβονίτης.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω καταλήγομεν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι ὑπάρχουν δύο διαφορετικὰ 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 ἐβονίτου καὶ ὁ ὁποῖος χαρακτηρίζεται ὡς ἀρνητικὸς ἠλεκτρισμὸς (σύμβολον $-$).

§ 97. Νόμος τῆς ἔλξεως καὶ ἀπώσεως τῶν ἠλεκτρικῶν φορτίων.

Δύο σώματα τὰ ὁποῖα εἶναι ἀμφοτέρω φορτισμένα με θετικὸν ἠλεκτρισμὸν ἢ ἀμφοτέρω με ἀρνητικὸν ἠλεκτρισμὸν, λέγομεν ὅτι φέρουν ὁμώνυμα ἠλεκτρικὰ φορτία.

Ἐάν τὸ ἓνα ἔχῃ θετικὸν καὶ τὸ ἄλλο ἀρνητικὸν ἠλεκτρισμὸν, τότε λέγομεν ὅτι φέρουν ἐτερόνυμα φορτία.



Σχ. 93. Τὰ ἐτερόνυμα φορτία ἔλκονται (I), τὰ ὁμώνυμα ἀπωθοῦνται (II).

Τὰ προηγούμενα πειράματα μᾶς ἐπιτρέπουν νὰ διατυπώσωμεν τὸν ἀκόλουθον νόμον :

Δύο σώματα φορτισμένα με ὁμώνυμα ἠλεκτρικὰ φορτία ἀπωθοῦνται. Δύο σώματα φορτισμένα με ἐτερόνυμα φορτία ἔλκονται.

Ὁ νόμος αὐτὸς εἶναι γνωστὸς ὡς νόμος τοῦ Κουλόμπ (Coulomb).

§ 98. Πυρῆν καὶ ἠλεκτρόνια. Κατόπιν μελετῶν καὶ πειραμάτων οἱ Φυσικοὶ ὠδηγήθησαν εἰς τὴν διαπίστωσιν ὅτι ἡ ιδιότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ εἶναι συνέπεια τῆς κατασκευῆς τοῦ ἀτόμου.

Ἄλλα τὰ ἄτομα κατέχουν ἓναν κεντρικὸν πυρῆνα ὕλης, ἢ κατασκευὴ τοῦ ὁποῖου εἶναι γενικῶς περίπλοκος.

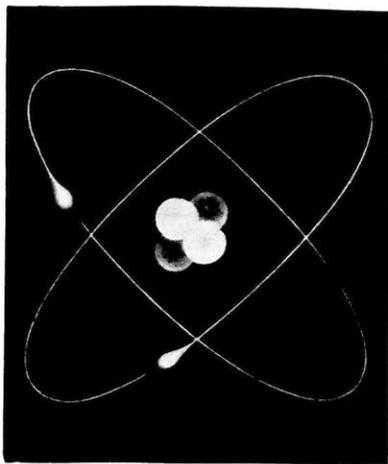
Ὁ πυρῆν τῶν ἀτόμων ἀποτελεῖται ἀπὸ σωματίδια φορτισμένα με θετικὸν ἠλεκτρισμὸν, τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται πρωτόνια καὶ ἀπὸ ἀφόρ-

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).

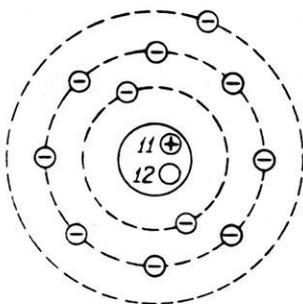
Τὰ ηλεκτρόνια διατάσσονται κατὰ ὁμάδας καὶ περιστρέφονται περὶ τὸν πυρῆνα εἰς διαφορετικὰς τροχιὰς. Ὅσα ηλεκτρόνια κινοῦνται εἰς τροχιὰς τῆς ἰδίας ἀκτίνας, λέγομεν ὅτι ἀνήκουν εἰς τὸν ἴδιον φλοιόν. Τὰ ηλεκτρόνια εἶναι ἀρνητικῶς φορτισμένα σωματίδια. Τὸ ἀρνητικὸν φορτίον ἐνὸς ηλεκτρονίου εἶναι ἴσον ἀριθμητικῶς μὲ τὸ θετικὸν φορτίον ἐνὸς πρωτονίου. Ἐπειδὴ δὲ τὸ ἄτομον εἶναι ηλεκτρικῶς ουδέτερον, ὁ ἀριθμὸς τῶν πρωτονίων εἶναι ἴσος μὲ τὸν ἀριθμὸν τῶν ηλεκτρονίων του. Τοιοῦτοτρόπως τὸ ἄτομον τοῦ ἡλίου ἔχει πυρῆνα μὲ δύο πρωτόνια, περὶ τὸν ὁποῖον περιστρέφονται δύο ηλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα σχηματίζουν ἓνα φλοιόν. Τὸ ἄτομον τοῦ νατρίου ἔχει πυρῆνα μὲ 11 πρωτόνια, περὶ τὸν ὁποῖον περιστρέφονται 11 ηλεκτρόνια, κατανεμημένα εἰς τρεῖς φλοιοὺς (σχ. 95). Τὸ ἄτομον τοῦ οὐρανίου ἔχει πυρῆνα μὲ 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 ηλεκτρισμός, 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.

συμπεριφορὰν τοῦ ἀτόμου καὶ ἐξηγεῖ ὀρισμένα φαινόμενα.

χειῖου ἀποτελεῖται ἀπὸ τὸν κεντρικὸν πυρῆνα καὶ τὰ περιστρεφόμενα ἠλεκτρόνια. Ὁ πυρῆν ἀπαρτίζεται ἀπὸ πρωτόνια, τὰ ὁποῖα εἶναι θετικῶς φορτισμένα σωματίδια καὶ ἀπὸ νετρόνια, τὰ ὁποῖα εἶναι ἠλεκτρικῶς οὐδέτερα. Τὰ ἠλεκτρόνια εἶναι ἀρνητικῶς φορτισμένα καὶ τόσα ὅσα καὶ τὰ πρωτόνια τοῦ πυρῆνος. Περιστρέφονται περὶ τὸν πυρῆνα κατὰ ὁμάδας εἰς ὀρισμένας τροχιάς, σχηματίζοντα φλοιούς. Ὁ ἐξώτατος φλοιὸς τῶν ἠλεκτρονίων καθορίζει τὴν χημικὴν

Σημείωσις. Οἱ περισσότεροι ἀπὸ τοὺς πυρῆνας τῶν διαφόρων στοιχείων εἶναι σταθεροί. Ὀρισμένοι ὅμως πυρῆνες, ὅπως οἱ πυρῆνες τοῦ στοιχείου ραδίου καὶ τοῦ οὐρανίου, παρουσιάζουν ἀστάθειαν ἢ ὁποῖα ὀφείλεται εἰς τὴν πολὺπλοκον κατασκευὴν τῶν καὶ δι' αὐτὸν τὸν λόγον διασπῶνται.

Εἶναι δυνατόν νὰ συμβῇ φυσικῶς καὶ ἀβιάτως ἐκπομπὴ 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 ὕλης ἢ ὁποῖα πραγματοποιεῖται πολὺ βραδέως.

Διὰ τὴν διάσπασθῆ π.χ. μία ὀρισμένη ποσότης ραδίου καὶ νὰ ἀπομείνῃ ἡ ἡμίσεια τῆς ἀρχικῆς ἀπαιτοῦνται 1 600 ἔτη ἐνῶ διὰ τὴν ἀπομείνῃ ἡ ἡμίσεια ποσότης ἀπὸ ὀρισμένην μάζαν οὐρανίου ἀπαιτοῦνται 4,5 δισεκατομμύρια ἔτη.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Ὀρισμένοι οὐσίαι ὅπως ἡ ὕαλος, τὰ πλαστικά ὕλικά, κ.λπ., δύνανται ἐξ αἰτίας τῆς τριβῆς νὰ ἠλεκτρισθοῦν.

2. Ὑπάρχουν δύο εἶδη ἠλεκτρισμοῦ. Ὁ θετικὸς ἠλεκτρισμὸς, ὁ ὁποῖος ἀναφάνεται εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς ὕαλου, καὶ ὁ ἀρνητικὸς, ὁ ὁποῖος παρουσιάζεται εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἔβονιτου, 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 τὸν πυρήνα καὶ τὰ περιστρεφόμενα περὶ αὐτὸν ἠλεκτρόνια.

5. Ὁ πυρὴν περιέχει πρωτόνια, τὰ ὁποῖα εἶναι σωματίδια φορτισμένα μὲ 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 περὶ τὸν πυρὴνα.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

90. Τὸ μικρόμετρον ($1 \mu m$) εἶναι μιὰ πολὺ μικρὰ μονὰς μετρήσεως μήκους καὶ εἶναι $1 \mu m = 10^{-3} mm$. Νὰ ἀποδοθῆ ἡ τιμὴ αὐτῆς τῆς μονάδος εἰς ἑκατοστόμετρα καὶ μέτρα. (Ἄπ. $10^{-4} cm, 10^{-6} m$.)

91. Τὸ Ἄγγστρεμ ($1 \text{ \AA}ngstr\ddot{o}m, 1 \text{ \AA}$) εἶναι μονὰς μήκους μικροτέρα ἀπὸ τὸ μικρόμετρον. Εἶναι δὲ $1 \text{ \AA} = 10^{-4} \mu m$. Νὰ ἀποδοθῆ ἡ τιμὴ αὐτῆς τῆς μονάδος εἰς ἑκατοστόμετρα καὶ μέτρα. Τὰ ἀποτελέσματα νὰ ἐκφρασθοῦν μὲ τὴν χρησιμοποίησιν δυνάμεων τοῦ δέκα. (Ἄπ. $1 \text{ \AA} = 10^{-8} cm = 10^{-10} m$.)

92. Εἰς τὸ αἷμα ἑνὸς ὑγειοῦς ἀτόμου περιέχονται $25 \cdot 10^{12}$ ἐρυθρὰ αἰμοσφαίρια, τὰ ὁποῖα ἔχουν διάμετρον $7 \mu m$. Ποῖον θὰ ἦτο τὸ μήκος εἰς χιλιόμετρα τῶν ἐρυθρῶν αἰμοσφαιρίων τοῦ αἵματος ἑνὸς ἀνθρώπου, ἐὰν ἐτοποθετοῦντο εἰς σειρὰν τὸ ἓνα κατόπιν τοῦ ἄλλου. (Ἄπ. $175\,000 km$.)

93. Τὸ σῶμα τοῦ ἀνθρώπου περιέχει 5 λίτρα αἵματος, μέσα εἰς τὸ ὁποῖον ὑπάρχουν $25 \cdot 10^{12}$ ἐρυθρὰ αἰμοσφαίρια. α) Νὰ ὑπολογισθῆ ὁ ἀριθμὸς τῶν αἰμοσφαιρίων, τὰ ὁποῖα ὑπάρχουν εἰς $1 cm^3$ αἵματος. (Τὸ ἐρυθρὸν αἰμοσφαίριον δύναται νὰ θεωρηθῆ ὡς κύβος ἀκμῆς $2 \mu m$). β) Νὰ εὐρεθῆ τὸ ὕψος τοῦ κυλίνδρου, ὁ ὁποῖος θὰ κατεσκευάζετο ἐὰν συνεσφαιρέοντο τὸ ἓνα ἐπὶ τοῦ ἄλλου ὅλα τὰ ἐρυθρὰ αἰμοσφαίρια, τὰ ὁποῖα περιέχονται εἰς ἓνα κυβικὸν ἑκατοστὸν αἵματος. (Ἄπ. α' $5 \cdot 10^9$. β' $10 km$.)

94. Διὰ νὰ πραγματοποιήσωμεν τὸ μήκος ἑνὸς ἑκατοστομέτρου, πρέπει νὰ τοποθετήσωμεν εἰς εὐθεῖαν γραμμὴν 40 ἑκατομμύρια μόρια ὕδρογόνου, τὰ ὁποῖα θεωροῦμεν σφαιρικά. Νὰ ὑπολογισθῆ εἰς ἑκατοστόμετρα ἡ διάμετρος ἑνὸς μορίου ὕδρογόνου. Ἡ τιμὴ τῆς διαμέτρου νὰ ἐκφρασθῆ μὲ τὴν χρησιμοποίησιν δυνάμεως τοῦ δέκα μὲ ἀρνητικούς ἐκθέτας. (Ἄπ. $25 \cdot 10^{-8} cm$.)

95. Εἰς τὸ άτομον ὕδρογόνου, τὸ ἠλεκτρόνιον κινεῖται περὶ τὸν πυρὴνα ἀκολουθῶν κυκλικὴν τροχίαν ἀκτίνος 55 ἑκατομμυριοστών τοῦ μικρομέτρου (γράφομεν $55 \mu m$). Ἐὰν παραστήσωμεν μήκος $1 cm$ μὲ μήκος $500 km$, πόση θὰ ἦτο ἡ διάμετρος τῆς περιφέρειας, ἡ ὁποῖα θὰ παρίστανε τὴν τροχίαν τοῦ ἠλεκτρονίου. (Ἄπ. $5,5 mm$.)

Η' — ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΡΕΥΜΑ. ΦΟΡΑ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

§ 99. Γενικότητες. Όταν εξητάσαμεν 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.

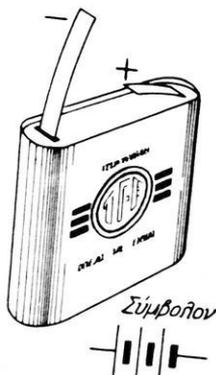
Μὲ καταλλήλους συνθήκας καὶ προϋποθέσεις τὰ ἠλεκτρικὰ φορτία εἶναι δυνατόν νὰ μετακινηθοῦν.

Ἡ ἀπὸ οἰανδήποτε αἰτίαν μετακίνησις ἠλεκτρικῶν φορτίων παράγει ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. Ὡστε :

Ἡλεκτρικὸν ρεῦμα παράγεται, ὅταν ἀπὸ οἰανδήποτε αἰτίαν προκληθῇ μετακίνησις ἠλεκτρικῶν φορτίων.

§ 100. Πηγαὶ 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 τροφοδότησιν μικρῶν φορητῶν ἠλεκτρικῶν συσκευῶν (φανάρια τσέπης, συσκευαὶ βαρηκῶν, φορητὰ ραδιόφωνα, κ.λπ.). Πολλὰ ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα, καταλλήλως συνδεδεμένα, σχηματίζουν ἠλεκτρικὴν στήλην (σχ. 96).

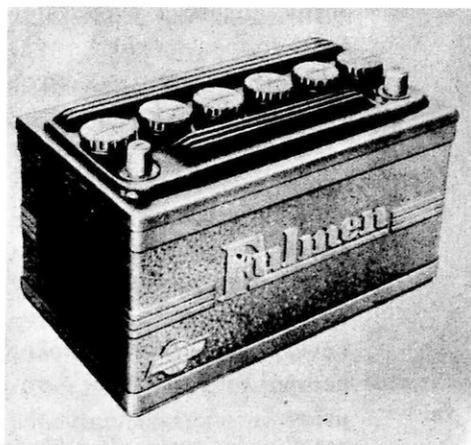


β) **Οἱ ἠλεκτρικοὶ συσσωρευταὶ** οἱ ὁποῖοι χρησιμοποιοῦνται εἰς τὰ αὐτοκίνητα, εἰς τὰ ὑποβρύχια διὰ νὰ τὰ κινοῦν ὅταν ἔχουν καταδυθῇ, εἰς τὰ ραδιόφωνα, κ.λπ. Πολλοὶ ἠλεκτρικοὶ συσσωρευταὶ, καταλλήλως συνδεδεμένοι σχηματίζουν συστοιχίαν συσσωρευτῶν (σχ. 97).

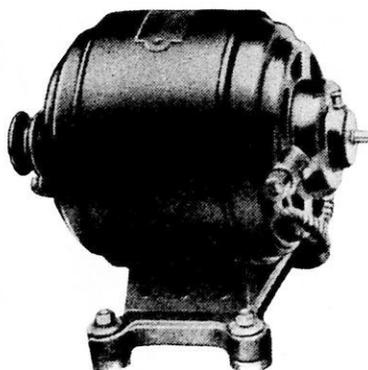
γ) **Αἱ ἠλεκτρικαὶ δυναμογεννήτριαι**, αἱ ὁποῖαι ἀποτελοῦν τὰς σπουδαιότερας πηγὰς τροφοδοσίας ἠλεκτρικοῦ ρεύματος (σχ. 98).

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 συσσωρευτής.



Σχ. 98. Ἐξωτερικὴ ἐμφάνισις δυναμογεννητρίας.

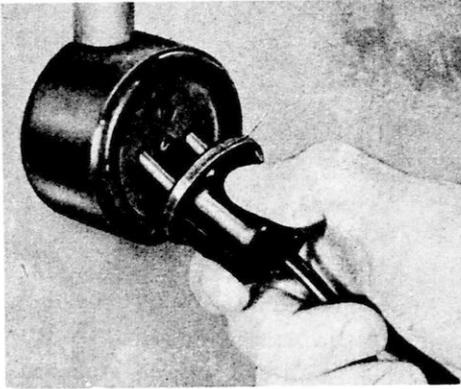
ζονται **πόλοι** τῆς πηγῆς. Ὁ ἓνας ἀπὸ τοὺς πόλους ὀνομάζεται **θετικὸς πόλος** καὶ σημειώνεται μὲ τὸ σύμβολον (+), ἐνῶ ὁ ἄλλος **ἀρνητικὸς πόλος** καὶ σημειώνεται μὲ τὸ σύμβολον (-).

§ 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 ἀρνητικὸς ὁ ἀρνητικὸς πόλος, ὅσον χρονικὸν διάστημα ἐργάζεται καὶ τροφοδοτεῖ μὲ ρεῦμα ἢ πηγῇ), τότε ἡ φορὰ τοῦ ρεύματος μέσα εἰς ἓνα ἀγωγόν, ὁ ὁποῖος συνδέει τοὺς πόλους τῆς πηγῆς, διατηρεῖται σταθερά. Αὐτὸ τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ὀνομάζεται συνεχὲς καὶ ἡ πηγὴ ἢ ὁποῖα τὸ παράγει πηγὴ συνεχοῦς ρεύματος.

Τὰ ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα, οἱ συσσωρευταὶ καὶ αἱ γεννήτριαι ὠρισμένου τύπου παράγουν συνεχὲς ρεῦμα.

Ὅταν ὅμως οἱ πόλοι τῆς πηγῆς ἐναλλάσσουν τὸ σημεῖον των, (γίνονται δηλαδὴ διαδοχικῶς καὶ διαρκῶς θετικοὶ καὶ ἀρνητικοί), 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 **ὕψηλης συχνότητος**.

Τὰ χαμηλῆς συχνότητος βιομηχανικὰ ἐναλλασσόμενα ρεύματα τῆς Εὐρώπης ὅπως εἶναι τὸ ρεύμα 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 ρεύμα.

§ 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 ρεύμα εἰς τὸ κύκλωμα. Τὸ ρεύμα κυκλοφορεῖ χάρις εἰς τὰ χάλκινα σύρματα, τὰ ὁποῖα ἄγουν, δηλαδή μεταφέρουν τὸ ἠλεκτρικὸν ρεύμα καὶ δι' αὐτὸ ὀνομάζονται ἄγωγοι συνδέσεως. Τὸ ρεύμα θερμαίνει τὸ νῆμα τοῦ λαμπτήρος, τὸ ὁποῖον οὕτω φωτοβολεῖ. Τὸ ἠλεκτρικὸν κύκλωμα εἶναι τώρα κλειστὸν (σχ. 100, I).

Ἐνοίγομεν τὸν διακόπτην, ὁπότε ὁ λαμπτήρ σβέννυται. Αὐτὸ συμ-

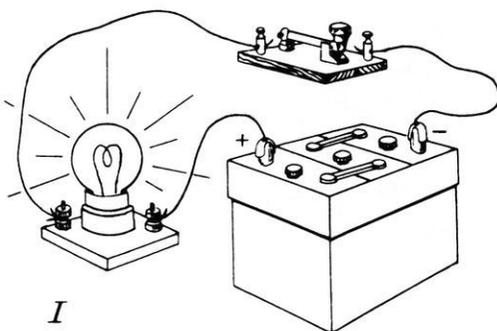
βαίνει διότι με τὸ ἄνοιγμα τοῦ διακόπτου ἔπαυσε νὰ κυκλοφορῇ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς τὸ κύκλωμα. Ὡστε ὅταν ὁ λαμπτήρ φωτοβολῇ, χρησιμοποιεῖ καὶ ἐπομένως καταναλίσκει ἠλεκτρικὸν ρεῦμα.

Αἱ πολυποίκιλοι συσκευαί, αἱ ὁποῖαι λειτουργοῦν διὰ καταναλώσεως ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ὀνομάζονται ἠλεκτρικοὶ καταναλωταί.

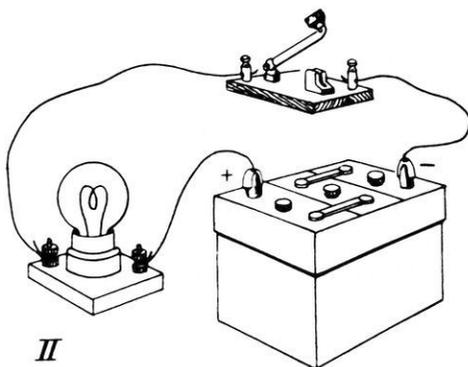
Ὅταν εἰς ἓνα ἠλεκτρικὸν κύκλωμα δὲν κυκλοφορῇ ρεῦμα, λέγομεν ὅτι τὸ ἠλεκτρικὸν κύκλωμα εἶναι ἀνοικτὸν (σχ. 100, II.)

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 του παρουσιάζει διακοπήν.



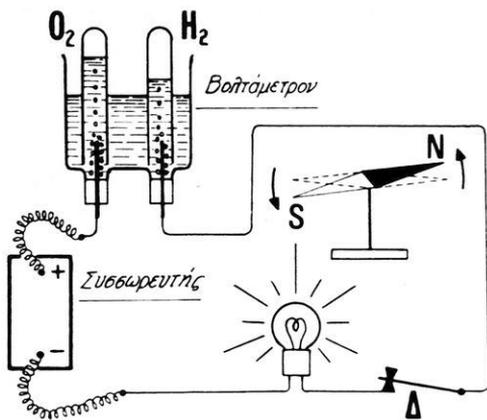
I



II

Σχ. 100. Ἐλεκτρικὸν κύκλωμα. (I) Κλειστόν καὶ (II) ἀνοικτὸν.

§ 103. Ἀποτελέσματα τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Πείραμα. Χρησιμοποιοῦντες χάλκινα σύρματα (καλώδια) συνδεδεμένον 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 τῶν ἀποτελεσμάτων τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

καὶ ἠλεκτρόδια ἀπὸ σίδηρον. Τὸ χάλκινον σύρμα τοῦ ἀγωγοῦ συνδέσεως τοποθετεῖται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε ἓνα τμήμα του νὰ εἶναι παράλληλον πρὸς μίαν μαγνητικὴν βελόνην (σχ. 101).

Ὅταν εἶναι ἀνοικτὸν τὸ κύκλωμα, οὐδὲν φαινόμενον παρατηρεῖται, οὔτε εἰς τὸ βολτάμετρον, οὔτε εἰς τὸν λαμπτήρα, ἐνῶ ἡ μαγνητικὴ βελόνη παραμένει παράλληλος πρὸς τὸ χάλκινον σύρμα.

Κλείομεν ἀκολουθῶς τὸν διακόπτην, ὁπότε παρατηροῦμεν τὰ ἑξῆς φαινόμενα :

α) Ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἀποκλίνει καὶ δὲν εἶναι πλέον παράλληλος πρὸς τὸν χάλκινον ἀγωγὸν συνδέσεως.

β) Ὁ λαμπτήρ ἀνάπτει. Τὸ μετάλλινον νῆμα τοῦ λαμπτήρος πυρακτοῦται καὶ φωτοβολεῖ.

γ) Εἰς τὰ ἠλεκτρόδια τοῦ βολταμέτρον ἐλευθεροῦνται ἀέρια.

Ὅταν συμβαίνουν τὰ ἀνωτέρω φαινόμενα, εἰς τὸ κύκλωμα κυκλοφορεῖ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα.

Ἄνοιγομεν τὸν διακόπτην. Αὐτομάτως τὰ φαινόμενα τὰ ὁποῖα παρατηρήσαμεν διακόπτονται, ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἀναλαμβάνει παράλληλον θέσιν πρὸς τὸ χάλκινον σύρμα, ὁ λαμπτήρ σβέννυται καὶ ἡ παραγωγή ἀερίων εἰς τὰ ἠλεκτρόδια παύει. Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα δὲν κυκλοφορεῖ πλέον εἰς τὸ κύκλωμα.

Ἄπὸ τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι :

Ἡ κυκλοφορία ἠλεκτρικοῦ ρεύματος εἰς ἓνα κλειστὸν κύκλωμα προκαλεῖ :

α) **Θερμικὰ ἀποτελέσματα.** Θερμαίνει δηλαδὴ τοὺς ἀγωγούς, τοὺς ὁποίους διαρρέει. Οὕτω θερμαίνει καὶ πυρακτώνει τὸ σύρμα τοῦ λαμπτήρος, τὸ ὁποῖον φωτοβολεῖ.

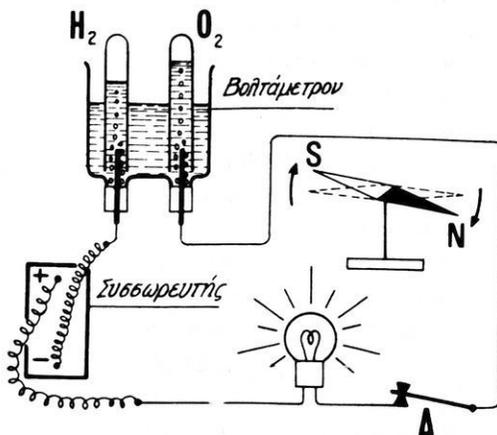
β) Μαγνητικά αποτελέσματα. Ἐκτρέπει μίαν μαγνητικὴν βελόνην ἀπὸ τὴν ἀρχικὴν τῆς θέσιν.

γ) Χημικὰ αποτελέσματα. Ἐλευθερῶνει ἀέρια εἰς τὰ ἠλεκτρόδια ἐνὸς βολτάμετρον, 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 ἀέρια τὰ ἀναγκάζει νὰ φωτοβολήσῃ (σωληνες φωτεινῶν διαφημῆσεων, λαμπτήρες φθορισμοῦ).

§ 104. Φορὰ τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Εἰς τὸ προηγούμενον πείραμα σημειοῦμεν τὸ ἠλεκτρόδιον εἰς τὸ ὁποῖον παράγεται ἡ μικροτέρα ποσότης αἰρίου. Τὸ ἠλεκτρόδιον 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 σωληνας τῶν ἠλεκτροδίων μὲ ὕδατικὸν διάλυμα σόδας καὶ ἀφοῦ ἐναλλάζομεν τοὺς ἀκροδέκτας τῶν ἀγωγῶν συνδέσεως μὲ τοὺς πόλους τοῦ συσσωρευτοῦ, ἐπαναλαμβάνομεν τὸ πείραμα (σχ. 102), ὅποτε 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 ἠλεκτρό-



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 πόλο ν.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι :

Τὰ χημικὰ καὶ μαγνητικὰ ἀποτελέσματα τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ἀλλάζουν φορὰν, ὅταν ἐναλλάζωμεν 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 συσσωρευτήν.

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. Οἱ ἀδήποτε μετακίνησις ἠλεκτρικῶν φορτίων ἀποτελεῖ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα.

2. Αἱ πηγαὶ τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος δύνανται νὰ τροφοδοτήσουν μὲ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα μίαν ἐγκατάστασιν.

3. Αἱ ἠλεκτρικαὶ πηγαὶ ἔχουν 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

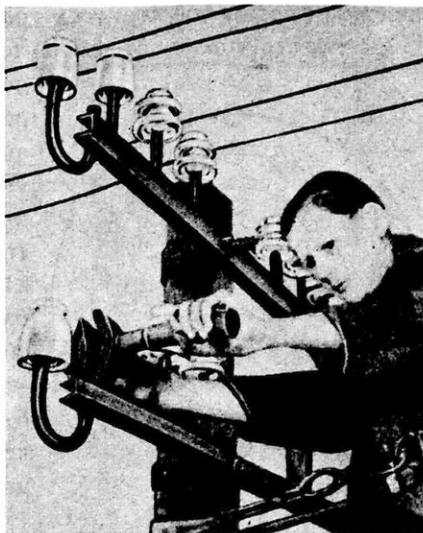
§ 105. Ἄγωγοι καὶ μονωταί. Πείραμα. Ἀντικαθιστῶμεν τὰ χάλκινα σύρματα τοῦ κυκλώματος, μετὸ ὁποῖον διαπιστώσαμεν τὰ θερμικά, μαγνητικά καὶ χημικά ἀποτελέσματα τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος (βλ. σχ. 101) μετὸ σύρματα ἀπὸ ἐλαστικὸν κόμι (καουτσούκ) ἢ ἀπὸ ἕνα πλαστικὸν ὕλικόν καὶ κλείομεν τὸν διακόπτην, ὅποτε διαπιστοῦμεν ὅτι : α) ὁ λαμπτήρ δὲν ἀνάπτει, β) ἡ μαγνητικὴ βελὸνὴ 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 ὁποῖον ὀφείλεται εἰς τὴν φύσιν τῶν ἀγωγῶν συνδέσεως, τῶν ἐλαστικῶν δηλαδὴ ἢ πλαστικῶν συρμάτων.

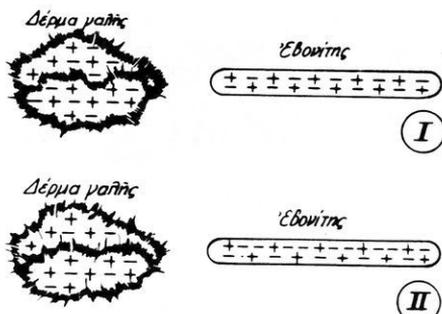
Τὰ χάλκινα σύρματα, ἐπομένως, ἐπιτρέπουν εἰς τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα νὰ διέλθῃ μέσα ἀπὸ τὴν μᾶζαν των, ἐνῶ τὰ ἐλαστικά ἢ πλαστικά σύρματα ὄχι. Δι' αὐτὸ λέγομεν ὅτι ὁ χαλκὸς εἶναι καλὸς ἀγωγὸς ἢ ἀπλῶς ἀγωγὸς τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ἐνῶ τὸ ἐλαστικὸν κόμι κακὸς ἀγωγὸς τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἢ μονωτής.

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 μᾶζαν των. Ὑπάρχουν ἀγωγά σώματα, ὅπως τὰ μέταλλα, καὶ μονωτικά σώματα, ὅπως τὸ καουτσούκ.



Σχ. 103. Μονωταὶ ἀπὸ πορσελάνην εἰς τὸ τηλεφωνικὸν δίκτυον.

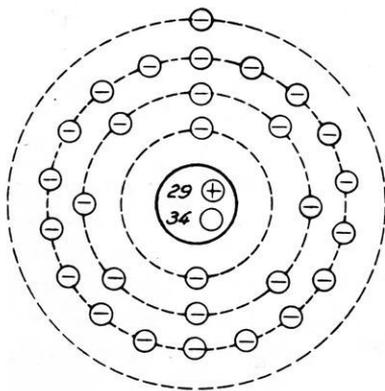


Σχ. 104. Διά την εξήγησιν τῆς ἠλεκτρίσεως τοῦ ἔβονιτου. (I) Πρὶν ἀπὸ τὴν τριβὴν τὰ θετικὰ καὶ ἀρνητικὰ φορτία τοῦ δέρματος καὶ τῆς ράβδου εἶναι ἴσα. (II) Μετὰ τὴν τριβὴν εἰς τὸ δῆμα πλεονάζουν θετικὰ καὶ εἰς τὸν ἔβονίτην ἀρνητικὰ φορτία.

φορτίον τῶν περιστρεφομένων ἠλεκτρονίων.

Ἐὰν μὲ τὴν τριβὴν ἀποσπᾶσμεν 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 ἔβονιτου ἔχομεν νὰ παρατηρήσωμεν τὰ ἑξῆς: Πρὶν τρίψωμεν τὴν ράβδον μὲ τὸ δῆμα τῆς γαλῆς, αὐτὴ εἶχεν ἰσάριθμα θετικὰ καὶ ἀρνητικὰ φορτία, πρᾶγμα τὸ ὅποιον συνέβαινε καὶ μὲ τὸ δῆμα. Κατὰ τὴν τριβὴν ὅμως, τὸ δῆμα τῆς γαλῆς ἀπώλεσε μερικὰ ἠλεκτρόνια, τὰ ὅποια παρέλαβεν ὁ ἔβονίτης (σχ. 104). Τοιοῦτοτρόπως τὸ δῆμα 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 δῆμα γαλῆς, θὰ ἀναφανοῦν, ὅπως γνωρίζομεν, εἰς τὸ τριβόμενον μέρος τῆς ράβδου, ἀρνητικὰ ἠλεκτρικὰ φορτία, τὰ ὅποια ἔλκουν μικρὰ τεμάχια χάρτου (βλ. σχ. 91).

Ἡ ἐξήγησις τοῦ φαινομένου εἶναι ἀπλῆ εἰς τὸν γνώστην τῆς κατασκευῆς τοῦ ἀτόμου.

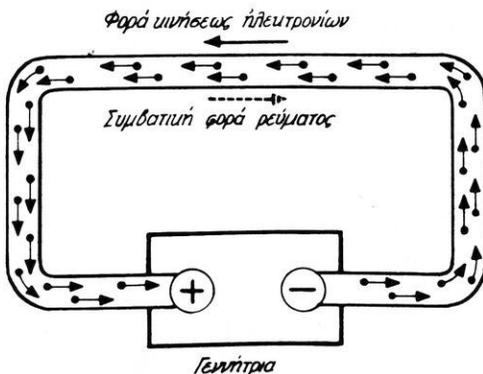
Τὸ ἄτομον εἶναι ἠλεκτρικῶς οὐδέτερον, ἐφ' ὅσον τὸ θετικὸν φορτίον τοῦ πυρήνος εἶναι ἀριθμητικῶς ἴσον μὲ τὸ ἀρνητικὸν

φορτίον τῶν περιστρεφομένων ἠλεκτρονίων.

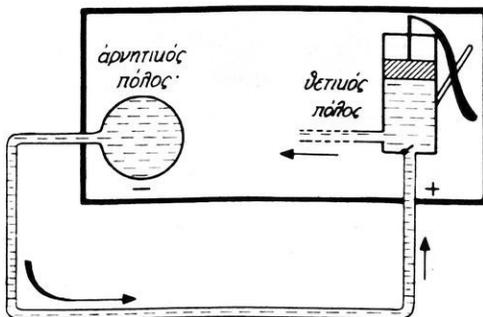
Τὰ σώματα τὰ ὅποια εἶναι φορτισμένα μὲ θετικὸν ἠλεκτρισμὸν

παρουσιάζουν έλλειμμα ήλεκτρονίων, ενώ αντίθετως τὰ σώματα τὰ έχοντα άρνητικόν ήλεκτρισμόν παρουσιάζουν πλεόνασμα ήλεκτρονίων.

§ 107. Τò ήλεκτρικόν ρεῦμα εἰς τοὺς μεταλλικούς άγωγούς. Τὰ μέταλλα εἶναι άγωγοί τοῦ ήλεκτρισμοῦ. Ἐάν μελετήσωμεν τήν κατασκευήν των άτόμων των μετάλλων, θά παρατηρήσωμεν ὅτι εἰς τόν έξωτατον φλοιόν κινεῖται ένας άριθμός ήλεκτρονίων (συνήθως 1, 2 ή 3 ήλεκτρόνια). Οὕτως τὸ άτομον τοῦ χαλκοῦ π.χ. τὸ ὁποῖον περιλαμβάνει 29 ήλεκτρόνια (σχ. 105) έχει ένα μόνον περιφερόμενον ήλεκτρόνιον εἰς τήν έξωτάτην τροχίαν. Τὸ άπομονωμένον αὐτὸ ήλεκτρόνιον εἶναι



Σχ. 106. Ὁ θετικός πόλος τῆς πηγῆς έλκει τὰ ήλεκτρόνια τοῦ μετάλλου, ενώ ὁ άρνητικός τὰ άπωθεῖ.

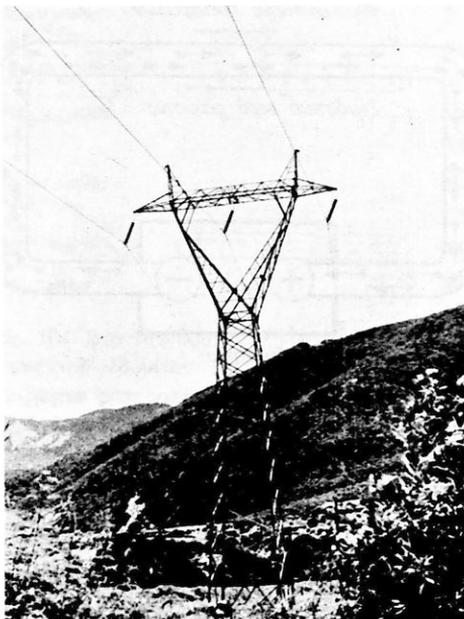


Σχ. 107. Ἡ ήλεκτρική πηγή λειτουργεῖ ὡς άντλία ήλεκτρονίων.

σχετικῶς άπομακρυσμένον άπό τόν πυρήνα, ὁ ὁποῖος δέν δύναται νά τὸ συγκρατήσῃ ἰσχυρῶς. Δι' αὐτὸν τὸν λόγον άποσπάται με εὐκολίαν άπό τὸ άτομον τοῦ χαλκοῦ καί μεταβάλλεται εἰς έλευθέρον ήλεκτρόνιον.

Ἐνα τεμάχιον χαλκοῦ ή ένα τεμάχιον ενός άλλου μετάλλου περικλείει, έπομένως, μίαν ποσότητα έλευθέρων ήλεκτρονίων, τὰ ὁποῖα μετακινούνται μέσα εἰς τήν μάζαν τοῦ μετάλλου, κατά έντελῶς άκανόνιστον τρόπον.

Ἐάν συνδέσωμεν τοὺς πόλους μιᾶς ήλεκτρικῆς γεννητριᾶς (π.χ. ενός συσσωρευτοῦ) με ένα μεταλλικόν σύρμα, τότε έχομεν ένα άπλοῦν



Σχ. 107, α. Γραμμάι μεταφοράς ηλεκτρικού ρεύματος, από τὸ ἐργοστάσιον παραγωγῆς εἰς τοὺς τόπους καταναλώσεως, ἐκ τῶν χρησιμοποιοιμένων εἰς τὸν Ἑλληνικὸν Ἐθνικὸν Δίκτυον (ΔΕΗ). Τὰ ἀγωγὰ σύρματα εἶναι κατεσκευασμένα ἀπὸ ἀργίλιον μὲ χαλύβδινον ὄμως πυρήνα καὶ ἐξαρτῶνται ἀπὸ τὰ ὑποστηρίγματα τῶν μεταλλικῶν στύλων μὲ καταλλήλους μονωτάς.

πραγματικὴ φορὰ ἐπομένως τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος, ἔξω ἀπὸ τὴν ηλεκτρικὴν πηγὴν, εἶναι ἀπὸ τὸν ἀρνητικὸν πρὸς τὸν θετικὸν πόλον. Ἡ φορὰ αὐτὴ λέγεται ηλεκτρονικὴ φορὰ καὶ εἶναι ἀντίθετος πρὸς τὴν συμβατικὴν φορὰν. Ὡστε :

Ἡ πραγματικὴ φορὰ τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος μέσα εἰς τοὺς ρευματοφόρους μεταλλικοὺς ἀγωγοὺς εἶναι ἀπὸ τὸν ἀρνητικὸν πρὸς τὸν θετικὸν πόλον καὶ ὀνομάζεται ηλεκτρονικὴ φορὰ. Ἡ ηλεκτρονικὴ φορὰ εἶναι ἀντίθετος πρὸς τὴν συμβατικὴν φορὰν.

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 φορὰ τοῦ ρεύματος. Ὄταν ἐνώσωμεν τὸν θετικὸν καὶ τὸν ἀρνητικὸν πόλον μιᾶς γεννητρίας, προκαλεῖται μετακινήσεις ἠλεκτρονίων μέσα εἰς τὸν μεταλλικὸν ἀγωγόν, ἀπὸ τὸν ἀρνητικὸν πρὸς τὸν θετικὸν πόλον (βλ. σχ. 106). Ἡ πραγματικὴ φορὰ ἐπομένως τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος, ἔξω ἀπὸ τὴν ηλεκτρικὴν πηγὴν, εἶναι ἀπὸ τὸν ἀρνητικὸν πρὸς τὸν θετικὸν πόλον. Ἡ φορὰ αὐτὴ λέγεται ηλεκτρονικὴ φορὰ καὶ εἶναι ἀντίθετος πρὸς τὴν συμβατικὴν φορὰν. Ὡστε :

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 μάζαν των.

2. Τὰ σώματα τὰ ὁποῖα ἀφήνουν τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα νὰ διέλθῃ μέσα ἀπὸ τὴν μάζαν τους, ὅπως τὰ μέταλλα, λέγονται ἀγωγοί, 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 ἀγωγοὺς 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 μάζαν των.

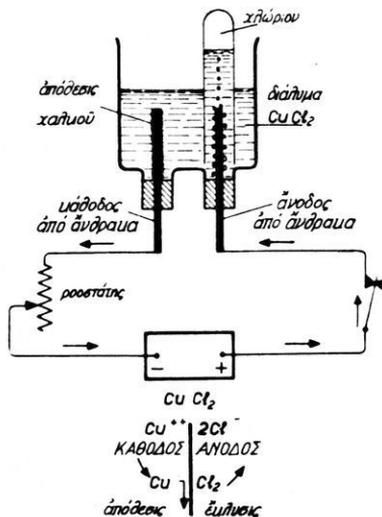
Ἡ ἠλεκτρόλυσις ἐργαστηριακῶς γίνεται μέσα εἰς ἀπλᾶς συσκευάς, αἱ ὁποῖαι ὀνομάζονται **βολτάμετρα**.

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 δοκιμαστικούς σωλήνας, 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.

Ἐπὶ τὰς ἠλεκτρολύσεις εἰσέρχονται καὶ βολτάμετρα τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦνται ἀπὸ ὑοειδῆ σωλήνα, ἐκ τῶν ἀνοικτῶν σκελῶν τοῦ ὁποίου εἰσέρχονται τὰ ἠλεκτρόδια.

Εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ βολταμέτρου τοποθετεῖται ἓνας διακόπτης, μὲ τὸν ὁποῖον ἀνοίγομεν καὶ κλείομεν τὸ κύκλωμα, καὶ ἓνας ροοστάτης διὰ νὰ ρυθμίζωμεν τὸ ρεῦμα τοῦ κυκλώματος.



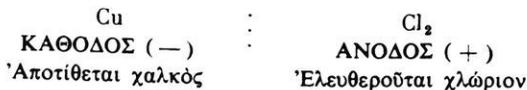
Σχ. 108. Ἐλεκτρολύσις διαλύματος χλωριούχου χαλκοῦ.

§ 110. Ποιοτικοὶ νόμοι τῆς ἠλεκτρολύσεως. Πείραμα. α) Κλείομεν τὸν διακόπτην τοῦ κυκλώματος ἑνὸς βολταμέτρου μὲ ἠλεκτρόδια ἀπὸ ἀνθρακᾶ καὶ ἠλεκτρολυτικὸν ὑγρὸν διάλυμα χλωριούχου χαλκοῦ (CuCl_2), ὁπότε παρατηροῦμεν ὅτι εἰς τὴν ἄνοδον ἐμφανίζονται φυσαλλίδες 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 έρυθρον στρώμα χαλκού.

Χαρακτηριστικόν τής ήλεκτρολύσεως είναι ότι ούδέν άπολύτως φαινόμενον παρατηρείται εις τήν μάζαν του ήλεκτρολυτικού ύγρου, τó όποιον ύπάρχει μεταξύ τών ήλεκτροδίων.

Διά να έμφανισθούν εις τήν άνοδον και εις τήν κάθοδον τά άνωτέρω προϊόντα, σημαίνει ότι ó χλωριούχος χαλκός, ό όποιος ύπάρχει εις τó διάλυμα, διεσπάσθη κατά τó σχήμα :



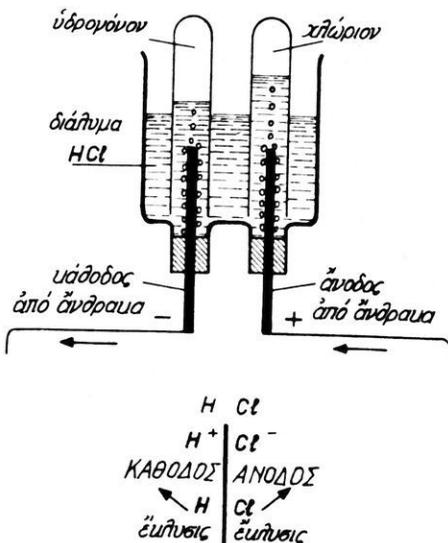
β) 'Εάν άντικαταστήσωμεν διαδοχικώς εις τó προηγούμενον πείραμα τó διάλυμα του χλωριούχου χαλκού (CuCl₂) με διαλύματα διαφορετικών άλάτων (νιτρικού άργύρου,θειϊκού νικελίου, χλωριούχου χρυσοϋ κλπ.), θά παρατηρήσωμεν ότι πάντοτε εις τήν κάθοδον δημιουργείται μία μεταλλική άπόθεσις (άργύρου, νικελίου, χρυσοϋ κλπ.).

Τó υπόλοιπον του μορίου διευθύνεται προς τήν άνοδον.

Δηλαδή εις τήν περίπτωση τής ήλεκτρολύσεως του νιτρικού άργύρου (AgNO₃) ό άργυρος άποτίθεται εις τήν κάθοδον, ενώ ή ρίζα NO₃ όδεύει προς τήν άνοδον.

γ) Εις τήν βιομηχανίαν γίνεται ήλεκτρόλυσις τής βάσεως του νατρίου (NaOH) εις ύγρην κατάστασιν. Κατά τήν ήλεκτρόλυσιν τó νάτριον άποτίθεται εις τήν κάθοδον. "Ολοι αί άλλαι βάσεις άποσυντίθενται κατά όμοιον τρόπον.

δ) 'Εάν ήλεκτρολύσωμεν ένα διάλυμα ύδροχλωρικού όξέος (HCl), θά παρατηρή-

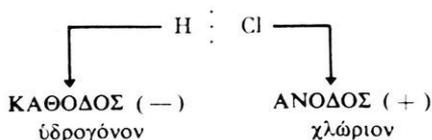


Σχ. 109. 'Ηλεκτρόλυσις διαλύματος ύδροχλωρίου.

σωμεν ὅτι εἰς τὰ δύο ἠλεκτρόδια ἐμφανίζονται φυσαλλίδες, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον σημαίνει ὅτι ἐλευθεροῦνται ἀέρια (σχ. 109).

Πράγματι εἰς τὴν ἄνοδον ἐλευθεροῦται χλώριον, ἐνῶ εἰς τὴν κάθοδον ἐλευθεροῦται ἓνα εὐφλεκτον ἀέριον, τὸ ὑδρογόνον.

Τὸ ὑδροχλωρικὸν ὀξύ (HCl) δυνάμεθα νὰ εἰπώμεν λοιπὸν ὅτι ἀποσυντίθεται κατὰ τὸ σχῆμα :



Γενικῶς ὅλα τὰ ὀξέα ἀποσυντίθενται κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον καὶ τὸ ὑδρογόνον τῶν ἐλευθεροῦται εἰς τὴν κάθοδον.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω πειράματα καὶ διαπιστώσεις, δυνάμεθα νὰ διατυπώσωμεν τοὺς ἀκολουθοῦσας ποιοτικὸς νόμους τῆς ἠλεκτρολύσεως.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω πειράματα καὶ διαπιστώσεις, δυνάμεθα νὰ διατυπώσωμεν τοὺς ἀκολουθοῦσας ποιοτικὸς νόμους τῆς ἠλεκτρολύσεως.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω πειράματα καὶ διαπιστώσεις, δυνάμεθα νὰ διατυπώσωμεν τοὺς ἀκολουθοῦσας ποιοτικὸς νόμους τῆς ἠλεκτρολύσεως.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω πειράματα καὶ διαπιστώσεις, δυνάμεθα νὰ διατυπώσωμεν τοὺς ἀκολουθοῦσας ποιοτικὸς νόμους τῆς ἠλεκτρολύσεως.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω πειράματα καὶ διαπιστώσεις, δυνάμεθα νὰ διατυπώσωμεν τοὺς ἀκολουθοῦσας ποιοτικὸς νόμους τῆς ἠλεκτρολύσεως.

§ 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».

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω πειράματα καὶ διαπιστώσεις, δυνάμεθα νὰ διατυπώσωμεν τοὺς ἀκολουθοῦσας ποιοτικὸς νόμους τῆς ἠλεκτρολύσεως.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω πειράματα καὶ διαπιστώσεις, δυνάμεθα νὰ διατυπώσωμεν τοὺς ἀκολουθοῦσας ποιοτικὸς νόμους τῆς ἠλεκτρολύσεως.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω πειράματα καὶ διαπιστώσεις, δυνάμεθα νὰ διατυπώσωμεν τοὺς ἀκολουθοῦσας ποιοτικὸς νόμους τῆς ἠλεκτρολύσεως.

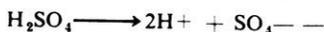


Ἐκ τῶν ἀνωτέρω πειράματα καὶ διαπιστώσεις, δυνάμεθα νὰ διατυπώσωμεν τοὺς ἀκολουθοῦσας ποιοτικὸς νόμους τῆς ἠλεκτρολύσεως.

προέκυψε 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 υπενθυμίη 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 θετικὰ ἰόντα ὑδρογόνου καὶ ἓνα ἀρνητικὸν δισθενὲς ἰὸν SO_4^{--} .

β) Αἱ βάσεις κατὰ τὴν ἠλεκτρολυτικὴν τῶν διάστασιν σχηματίζουν μονοσθενῆ ἀρνητικὰ ἰόντα OH^- , τὸ ὁποῖον ὀνομάζεται ἰὸν ὑδροξυλίου καὶ θετικὰ 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 :



δηλαδὴ εἰς δύο ἀρνητικὰ 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 θετικὰ 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 θετικὰ 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^{--} .

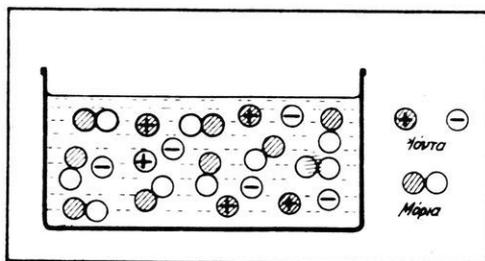
Ἐντὸς οἰουδήποτε ἠλεκτρολυτικοῦ διαλύματος ὑπάρχουν, ταυτοχρόνως, οὐδέτερα μόρια καὶ θετικὰ καὶ ἀρνητικὰ ἰόντα εἰς ἴσον ἀριθμὸν (σχ. 110), τὰ ὁποῖα κινουμένη ἀτάκτως μέσα εἰς τὴν μᾶζαν τοῦ ἠλεκτρολυτικοῦ ὑγροῦ.

Μερικὰ ἀπὸ τὰ ἰόντα ἀντιδρῶν μεταξύ των 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 δεξιὰ πρὸς τὰ ἀριστερά, ἀλλὰ καὶ ἀπὸ τὰ ἀριστερά πρὸς τὰ δεξιὰ.

Ὅταν ὁμως διαλυθῇ ἐντελῶς ὁ ἠλεκτρολύτης, ἀπὸ μίαν χρονικὴν στιγμήν καὶ



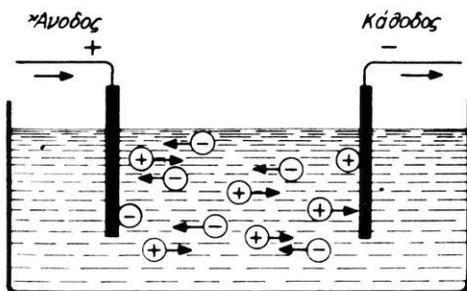
Σχ. 110. Είς ένα ηλεκτρολυτικόν διάλυμα υπάρχουν ουδέτερα μόρια του ηλεκτρολύτου και ισάριθμα θετικά και αρνητικά ιόντα.

των διίσταται (άποσυντίθεται) εις δύο φορτισμένα σωματίδια με αντίθετα ηλεκτρικά φορτία, τὰ ὁποία ὀνομάζονται ιόντα.

δ) Ὃταν βυθίσωμεν εις ηλεκτρολυτικόν διάλυμα δύο ηλεκτρόδια και 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 ιόντα, τὰ ὁποία κινούνται ἀτάκτως μέσα εις τὴν μάζαν τοῦ ηλεκτρολυτικοῦ διαλύματος, προσανατολίζονται πλέον, διακόπτοντα τὴν ἀτακτὸν κίνησίν των.

Αὐτομάτως τὰ θετικά ιόντα ἔλκονται ἀπὸ τὸ ἀρνητικὸν ηλεκτρόδιον και διευθύνονται πρὸς αὐτό. Ἐπειδὴ δὲ τὸ ἀρνητικὸν ηλεκτρόδιον λέγεται και κάθοδος, τὰ θετικά ιόντα ὀνομάζονται και κατιόντα.



Σχ. 111. Ἐξήγησις τῆς διελεύσεως τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος μέσα ἀπὸ ἕνα ηλεκτρολύτην.

κατόπιν, ὅσα μόρια ὑφίστανται διάστασιν εις τὴν μονάδα τοῦ χρόνου, ἄλλα τόσα μόρια σχηματίζονται ἀπὸ ιόντα τὰ ὁποία ἐνώνονται ἐκ νέου ἢ, ὅπως λέγωμεν, ἐπανασυνδέονται, εις τρόπον ὥστε ὁ ἀριθμὸς τῶν μορίων τὰ ὁποία εὐρίσκονται εις διάστασιν νὰ παραμένῃ σταθερός. Ὡστε :

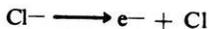
Ὃταν ἕνα ὀξύ, μία βάση ἢ ἕνα ἄλας διαλύωνται εις τὸ ὕδωρ, ἕνα μέρος τῶν μορίων

τὰ θετικά ιόντα ὀνομάζονται και κατιόντα.

Ἐναντιῶς τὰ ἀρνητικά ιόντα ἔλκονται ἀπὸ τὸ θετικὸν ηλεκτρόδιον, δηλαδή ἀπὸ τὴν ἄνοδον και δι' αὐτὸν τὸν λόγον λέγονται και ἀνιόντα (σχ. 111).

Τὰ ιόντα, εἴτε ἀνιόντα εἶναι αὐτὰ εἴτε κατιόντα, φθάνουν τέλος εις τὰ ηλεκτρόδια και ἐκφορτίζονται. Οὕτως τὸ ἀνιὸν τοῦ χλωρίου (Cl^-) φθάνον εις τὴν ἄνοδον (+) ἀποδίδει τὸ ηλεκτρόνιον τὸ ὁποῖον τοῦ

περισσεύει και μεταπίπτει εις ουδέτεραν άτομικην κατάστασιν :



δπου με e^- συμβολίζομεν τὸ ἠλεκτρόνιον.

Ἄκολούθως δύο ἄτομα χλωρίου συνδέονται μεταξύ των και δίδουν ἕνα μόριον ἁερίου χλωρίου (Cl_2), τὸ ὁποῖον τοιουτοτρόπως ἐλευθερώνεται εις τὴν ἄνοδον.

Τὰ κατιόντα πάλιν φθάνουν εις τὴν κάθοδον (—) και ἀποσποῦν ἀπὸ αὐτὴν τὰ ἠλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα ἔχουν ἀπολέσει, διὰ νὰ περιπέσουν και αὐτὰ εις τὴν ουδέτεραν κατάστασιν. Τὸ κατιὸν ὕδρογόνου, π.χ., H^+ , προσλαμβάνει ἕνα ἠλεκτρόνιον (e^-) και γίνεται ουδέτερον ἄτομον ὕδρογόνου :



Ἄκολούθως συνδέονται δύο ἄτομα ὕδρογόνου και σχηματίζουν ἕνα μόριον ἁερίου ὕδρογόνου, τὸ ὁποῖον κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ἐλευθερώνεται εις τὴν κάθοδον.

Πρέπει νὰ τονισθῇ ὅτι τὰ ἰόντα χλωρίου Cl^- και ὕδρογόνου H^+ ἔχουν τελειῶς διαφορετικὰς ἰδιότητας ἀπὸ τὰ στοιχεῖα χλωρίου και ὕδρογόνου. Δι' αὐτὸν τὸν λόγον δὲν γίνονται ἀντιληπτὰ ὡς ἄερια μέσα εις τὸ διάλυμα.

Ὅπως παρατηροῦμεν, μέσα εις τὴν μᾶζαν τοῦ ἠλεκτρολυτικοῦ ὕγρου και εις τὸν χῶρον ὁ ὁποῖος περιορίζεται ἀπὸ τὰ ἠλεκτρόδια, ἔχομεν κίνησιν θετικῶν και ἀρνητικῶν φορτίων, δηλαδὴ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. Τὸ ρεῦμα αὐτὸ εἶναι σύνθετον και σχηματίζεται ἀπὸ τὰ θετικὰ κατιόντα, τὰ ὁποῖα ὀδεύουν πρὸς τὴν κάθοδον, και ἀπὸ τὰ ἀρνητικὰ ἀνιόντα, τὰ ὁποῖα κινοῦνται πρὸς τὴν ἄνοδον. Ὡστε :

Εἰς ἕνα ἠλεκτρολυτικὸν διάλυμα, τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἔχει διπλὴν ὑπόστασιν και σχηματίζεται ἀπὸ τὴν ἀντίθετον κίνησιν τῶν ἀνιόντων και 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 εις τὴν μᾶζαν των.

2. Τὰ σώματα τὰ ὁποῖα εἶναι δυνατόν νὰ ὑποστοῦν ἠλεκτρολύσιν, ὀνομάζονται ἠλεκτρολύται. Τὰ ὀξέα, αἱ βάσεις και τὰ ἄλατα, εις ὕγρην μορφήν ἢ εις ὕδατικά διαλύματα, ἀποτελοῦν ἠλεκτρολύτας.

3. Ἡ συσκευή μέσα εις τὴν ὁποίαν πραγματοποιεῖται ἡ ἠλεκτρόλυσις, ὀνομάζεται βολτάμετρον και ἀποτελεῖται, συνήθως, ἀπὸ ἕνα δοχεῖον, μέσα εις τὸ ὁποῖον εὑρίσκεται ὁ ἠλεκτρολύτης. Εἰς τὴν βάσιν τοῦ δοχείου ὑπάρχουν δύο μεταλλικὰ στελεχη, τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται ἠλεκτρόδια, συνδέονται με τὴν ἠλεκτρικὴν

πηγήν και καλύπτονται με άνεστραμμένους ύαλίινους σωλήνας. Άλλοτε πάλιν τὰ ήλεκτρόδια βυθίζονται από τὸ άνω μέρος τοῦ δοχείου μέσα εἰς τὸν ήλεκτρολύτην.

4. Τὸ θετικὸν ήλεκτρόδιον λέγεται άνοδος και τὸ άρνητικὸν κάθοδος.

5. Οἱ ήλεκτρολύται διίστανται εἰς ἰόντα, δηλαδή εἰς φορτισμένα ήλεκτρικῶς σωματίδια. Τὰ θετικὰ ἰόντα λέγονται κατιόντα και τοιαῦτα εἶναι τὸ ύδρογόνον και τὰ μέταλλα. Τὰ άρνητικὰ ἰόντα ὀνομάζονται άνιόντα.

6. Τὰ ἰόντα, τὰ ὁποῖα ὑπάρχουν εἰς τὸν ήλεκτρολύτην και κινουῦνται άτάκτως μέσα εἰς τήν μάζαν του, προσανατολίζονται, εὐθὺς ὡς συνδεθῶν τὰ ήλεκτρόδια με τοὺς πόλους τῆς ήλεκτρικῆς πηγῆς συνεχοῦς ρεύματος, και τὰ μὲν άνιόντα (άρνητικὰ ἰόντα) ὀδεύουν πρὸς τήν άνοδον (θετικὸς πόλος), τὰ δὲ κατιόντα (θετικὰ ἰόντα) πρὸς τήν κάθοδον (άρνητικὸς πόλος). Οὕτως άρχίζει ἡ ήλεκτρόλυσις.

7. Οἱ ποιοτικοὶ νόμοι τῆς ήλεκτρολύσεως εἶναι οἱ ἑξῆς :
α) Τὰ προϊόντα τῆς ήλεκτρολυτικῆς άποσυνθέσεως ἔμφανίζονται εἰς τήν ἐπιφάνειαν τῶν ήλεκτροδίων. β) Ὁ ήλεκτρολύτης άποσυντίθεται εἰς δύο μέρη, εἰς τὸ μέταλλον ἢ τὸ ύδρογόνον, τὰ ὁποῖα ἔλευθερώνονται εἰς τήν κάθοδον, και εἰς τὸ ὑπόλοιπον τοῦ μορίου, τὸ ὁποῖον διευθύνεται πρὸς τήν άνοδον.

8. Ἡ διέλευσις τοῦ ήλεκτρολυτικοῦ ρεύματος μέσα από τὸν ήλεκτρολύτην πραγματοποιεῖται χάρις εἰς τὰ ἰόντα. Ἐπομένως τὸ ρεῦμα τὸ ὁποῖον δημιουργεῖται εἰς τὸν χῶρον, μεταξύ τῶν ήλεκτροδίων, ἔχει διπλῆν ὑπόστασιν και σχηματίζεται από άνιόντα και κατιόντα, τὰ ὁποῖα κινουῦνται ἀντιθέτως.

ΚΓ' — ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΙΣ. ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΥΣΑΙ ΧΗΜΙΚΑΙ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ

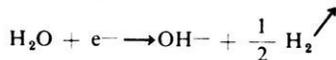
§ 112. Γενικότῆτες. Κατὰ τήν ήλεκτρόλυσιν ἑνὸς ήλεκτρολύτου συμβαίνουν συνήθως και δευτερεύουσαι χημικαὶ ἀντιδράσεις. Εἰς τήν πραγματικότητα τὰ προϊόντα τῆς άποσυνθέσεως δύνανται, ὑπὸ ὠρισμένας συνθήκας, νὰ ἀντιδράσουν χημικῶς, εἴτε με τὸ ὕδωρ τοῦ διαλύματος, εἴτε με τὰ ήλεκτρόδια τοῦ βολταμέτρου.

Διὰ τὰ ἀντιληφθῶμεν τὸν μηχανισμόν τῶν δευτερευουσῶν ἀντιδράσεων, θὰ θεωρήσωμεν τὰ κατωτέρω χαρακτηριστικὰ παραδείγματα ἠλεκτρολύσεως.

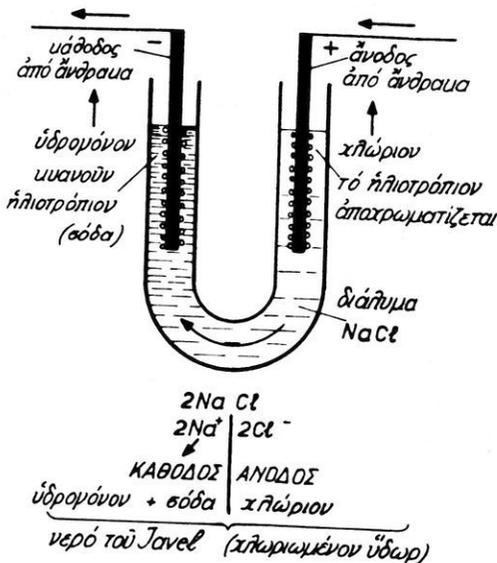
§ 113. I) Ἡλεκτρόλυσις διαλύματος χλωριούχου νατρίου. Πείραμα. Θετομεν διάλυμα χλωριούχου νατρίου μέσα εἰς ἓνα βολτάμετρον μὲ ἠλεκτρόδια ἀπὸ ἄνθρακα καὶ προσθέτομεν ὀλίγον ἐρυθρὸν βάμμα τοῦ ἠλιοτροπίου. Συνδέομεν τὸ βολτάμετρον μὲ μίαν ἠλεκτρικὴν πηγὴν συνεχοῦς ρεύματος καὶ παρατηροῦμεν ὅτι ἐλευθερώνονται ἀέρια εἰς τὰ δύο ἠλεκτρόδια (σχ. 112).

Εἰς τὴν ἄνοδον ἐλευθερώνεται ἀέριον χλώριον, τὸ ὁποῖον ἔχει ἀποπνικτικὴν ὄσμήν καὶ ἀποχρωματίζει τὸ ἐρυθρὸν βάμμα τοῦ ἠλιοτροπίου. Εἰς τὴν κάθοδον εἰς τὴν ὁποίαν ἐκλύεται ὑδρογόνον, τὸ βάμμα τοῦ ἠλιοτροπίου ἐπανακτᾷ τὸ κυανοῦν τοῦ χρωμα.

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 ὅποια κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον, διίστανται, συμφώνως πρὸς τὴν ἀκόλουθον χημικὴν ἐξίσωσιν :

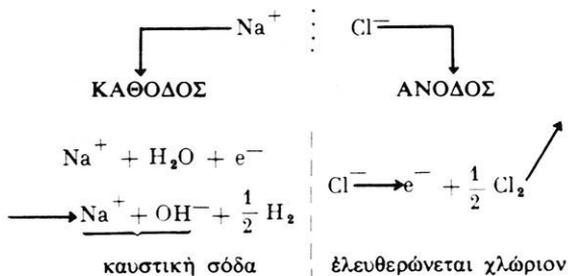


Δηλαδή ἔχομεν ἀπελευθέρωσιν ὑδρογόνου. Τὰ ἰόντα OH^- ὁμοῦ μετὰ τῶν ἰόντων Na^+ δημιουργοῦν περὶ τὴν κάθοδον διάλυμα καυστικῆς σόδας. Χάρις εἰς τὴν καυστικὴν σόδαν ἐπαναχρωματίζεται κυανοῦν τὸ βάμμα τοῦ ἠλιοτροπίου.

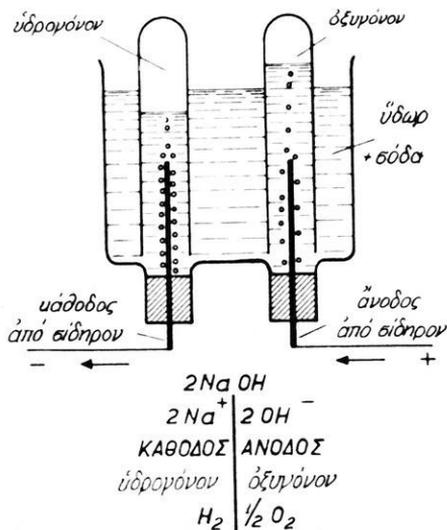


Σχ. 112. Ἡλεκτρόλυσις διαλύματος χλωριούχου νατρίου.

Ἡ ἠλεκτρόλυσις αὐτὴ δύναται νὰ παρασταθῆ σχηματικῶς ὡς ἑξῆς :



II) Ἡλεκτρόλυσις διαλύματος καυστικῆς σόδας (NaOH). Πείραμα. Θέτομεν ὕδωρ, εἰς τὸ ὁποῖον ἔχομεν προσθέσει ὀλίγην καυστικὴν σόδα (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 σωληήνας.



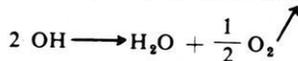
Σχ. 113. Ἡλεκτρόλυσις διαλύματος καυστικῆς σόδας.

Κλείομεν τὸν διακόπτην καὶ παρατηροῦμεν ὅτι εἰς τὴν ἄνοδον συλλέγεται ὄξυγονον, ἐνῶ εἰς τὴν κάθοδον ὕδρογονον. Ἐπίσης διαπιστώνομεν ὅτι ὁ ὄγκος τοῦ ὕδρογονοῦ εἶναι διπλάσιος ἀπὸ τὸν ὄγκον τοῦ ὄξυγονοῦ.

Ἐξήγησις τοῦ φαινομένου.

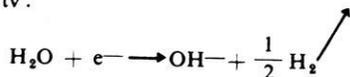
Ἡ καυστικὴ σόδα (NaOH) εὐρίσκεται εἰς διάστασιν. Εἰς τὸ διάλυμα δηλαδὴ ὑπάρχουν ἰόντα Na^+ καὶ ἰόντα OH^- . Τὰ ἰόντα OH^- διευθύνονται πρὸς τὴν ἄνοδον, ὅπου καὶ ἀποδίδουν τὸ πλεονάζον ἠλεκτρόνιον τῶν καὶ μεταπίπτουν εἰς τὴν ἀσταθῆ ρίζαν ὕδροξύλιον, ἢ ὁποῖα δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ ὑπάρξῃ εἰς ἐλευθερὰν κατάστασιν. Δι' αὐτὸ τὰ ὕδροξύλια

άντιδρον κατόπιν μεταξύ των, συμφώνως πρὸς τὴν χημικὴν ἐξίσωσιν :



χηματίζοντα ὕδωρ καὶ ὀξυγόνον, τὸ ὁποῖον ἐκλύεται εἰς τὴν ἄνοδον.

Τὰ ἰόντα τοῦ Na^+ , ὅπως καὶ εἰς τὴν ἠλεκτρόλυσιν τοῦ NaCl , δέονται 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 :



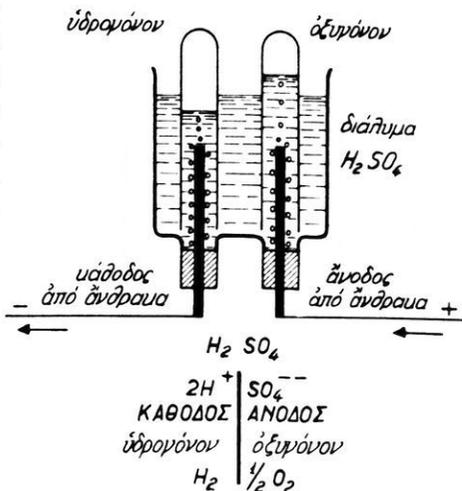
Τὰ ἰόντα τοῦ Na^+ καὶ τοῦ OH^- ἐνάονται καὶ ἐπαναχηματίζουν τὴν βάση τοῦ νατρίου. Ἀντιθέτως τὸ ὕδωρ ἀποσυντίθεται καὶ ἀποδίδει ὑδρογόνον καὶ ὀξυγονον.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι :

Τὸ φαινόμενον ἐξελίσσεται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε νὰ δημιουργηθῆι ἡ ἐντύπωσις ὅτι ἀποσυντίθεται μόνον τὸ ὕδωρ.

III) Ἡλεκτρόλυσις διαλύματος θειικοῦ ὀξέος. Πείραμα. Ἀντικαθιστῶμεν εἰς τὸ βολτάμετρον τοῦ προηγουμένου πειράματος τὸ διάλυμα τῆς καυστικῆς σόδας μὲ ἀραιὸν διάλυμα θειικοῦ ὀξέος (H_2SO_4). Τὰ ἠλεκτρόδια τοῦ βολταμέτρου πρέπει νὰ εἶναι κατασκευασμένα ἐξ ὑλικοῦ τὸ ὁποῖον νὰ εἶναι ἀπρόσβλητον ἀπὸ τὸ ὄξύ, π.χ. ἀπὸ ράβδον ἄνθρακος ἢ λευκοχρῦσου.

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).

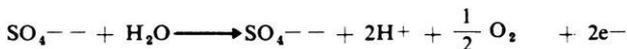


Σχ. 114. Ἡλεκτρόλυσις διαλύματος θειικοῦ ὀξέος.

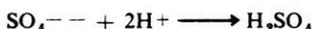
Ἐξήγησις τοῦ φαινομένου. Τὸ θεικὸν ὄξύ (H_2SO_4) διίσταται εἰς δύο ἰόντα H^+ καὶ εἰς ἓνα ἰὸν SO_4^{--} — κατὰ τὴν ἐξίσωσιν:



Τὸ ὑδρογόνον (H_2) ἐλευθερώνεται εἰς τὴν κάθοδον. Τὸ ἰὸν SO_4^{--} ὀδεύει πρὸς τὴν ἀνοδὸν καὶ δημιουργεῖ ἰονισμόν τοῦ ὕδατος (προκαλεῖ δηλαδὴ ἰόντα), συμφώνως πρὸς τὴν ἀκόλουθον χημικὴν ἐξίσωσιν:



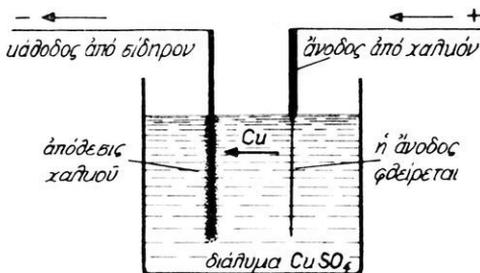
ὁπότε τὰ ἰόντα SO_4^{--} καὶ H^+ ἀντιδρῶν καὶ σχηματίζουν θεικὸν ὄξύ:



Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον τὸ θεικὸν ὄξύ ἀναπαράγεται εἰς τὴν ἀνοδὸν καὶ ἐλευθερώνεται δευγόνον, ἐνῶ καταναλίσκεται ὕδωρ. Ὅπως καὶ εἰς τὸ προηγούμενον παράδειγμα:

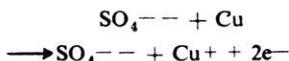
Τὸ φαινόμενον ἐξελίσσεται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε νὰ δημιουργηθῆι ἡ ἐντύπωσις ὅτι ἀποσυντίθεται μόνον τὸ ὕδωρ.

IV) Ἡλεκτρόλυσις θειικοῦ χαλκοῦ με ἀνοδὸν ἀπὸ χαλκὸν.
Πείραμα. Ἡλεκτρολύομεν διάλυμα θειικοῦ χαλκοῦ (CuSO_4) χρησιμοποιῶντες ὡς ἀνοδὸν ἓνα ἔλασμα ἀπὸ χαλκὸν καὶ ὡς κάθοδον ἓνα οἰονδήποτε ἀγωγόν, π.χ. μίαν ράβδον ἀπὸ ἄνθρακα.



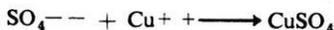
Ὅταν κλείσωμεν τὸν διακόπτην δὲν παρατηρεῖται πλέον ἐκκλισις ἀερίου, ἡ χαλκίνη ὁμως ἀνοδος ἀρχίζει νὰ φθείρεται (σχ. 115).

Ἐξήγησις τοῦ φαινομένου.
 Ὁ θεικὸς χαλκὸς διίσταται εἰς ἰόντα (Cu^{++} καὶ εἰς ἰὸν SO_4^{--}). Τὸ μέταλλον Cu ἀποτίθεται εἰς τὴν κάθοδον. Τὸ ἰὸν SO_4^{--} ἰονίζει τὸν χαλκὸν τῆς ἀνόδου συμφώνως πρὸς τὴν χημικὴν ἀντίδρασιν:



Σχ. 115. Ἡλεκτρόλυσις θειικοῦ χαλκοῦ με ἀνοδὸν ἀπὸ χαλκὸν.

όποτε τα ιόντα SO — και Cu^{+} + αντιδρούν και σχηματίζουν θειϊκόν χαλκόν :



Όπως παρατηρούμεν :

Τò φαινόμενον εξελίσσεται κατά τοιοῦτον τρόπον, ὥστε τελικῶς νά πραγματοποιηῖται μεταφορά χαλκοῦ ἀπό τήν ἄνοδον εἰς τήν κάθοδον.

Ἡ ἄνοδος φθειρεται βραδέως ὡς εἴν διελύετο. Δι' αὐτὸ ὀνομάζεται συνήθως *διαλυνομένη ἄνοδος*.

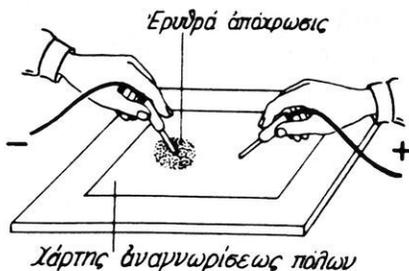
Ἀντιθέτως ἡ κάθοδος ἐπικαλύπτεται ἀπὸ ἓνα στρώμα χαλκοῦ, τὸ πάχος τοῦ ὁποίου αὐξάνεται προοδευτικῶς μετὰ τὴν πάροδον τοῦ χρόνου.

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 καὶ ὀλισθαίνομεν ἐπ' αὐτοῦ δύο καλῶδια ἀπὸ χαλκὸν μετὰ ἀπογεγυμνωμένα ἄκρα, συνδεδεμένα εἰς τοὺς ἀκροδέκτας τῆς πηγῆς (σχ. 116). Ρυθμιζομεν δὲ ὥστε ἡ ἀπόστασις μεταξὺ τῶν δύο ἄκρων τοῦ καλωδίου νά εἶναι 2 cm ἕως 3 cm.

Τὸ ἓνα ἀπὸ τὰ δύο ἄκρα χαράσσει, 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 καὶ ἐρυθραίνει τὴν φαινολοφθαλεΐνην. Τὸ πείραμα ἐπιτυγχάνει ἐπίσης καὶ διὰ χρησιμο-



σχ. 116. Ἀναγνώρισις τῶν πόλων. Ὁ ἀρνητικὸς πόλος ἐρυθραίνει τὴν φαινολοφθαλεΐνην.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Ὅταν τὰ ιόντα φθάσουν εἰς τὰ ἠλεκτρόδια, προκαλοῦνται, ἀναλόγως πρὸς τὴν φύσιν τῶν ἠλεκτροδίων, δευτερεύουσαι ἀντιδράσεις.

2. Τὸ χλωριούχον νάτριον, διίσταται εἰς ὕδατικὸν διάλυμα, εἰς ἀνιόντα χλωρίου καὶ κατιόντα νατρίου. Τὰ ἀνιόντα Cl^{-}

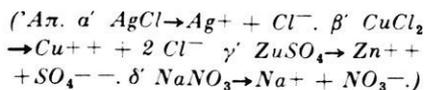
οδεύουν προς την άνοδον, όταν δὲ αὐτὴ εἶναι ἀπρόσβλητος ἀπὸ τὸ χλώριον, ἐκφορτίζονται, μεταβάλλονται εἰς ἄτομα χλωρίου καὶ αὐτὰ ἐνώνονται ματαξὺ των ἀνὰ δύο, σχηματίζοντα μόρια χλωρίου. Οὕτω τελικῶς εἰς τὴν ἄνοδον ἐκλύεται χλώριον. Εἰς τὴν κάθοδον σχηματίζονται καυστικὴ σόδα καὶ ὕδρογονόν.

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 δημιουργηθῆται 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 ἀκολούθων 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 λευκόχρυσον. α) Νὰ σχεδιασθῆ τὸ κύκλωμα. β) Νὰ διατυπωθοῦν δι' αὐτὸ τὸ κύκλωμα οἱ ποιοτικοὶ νόμοι τῆς ἠλεκτρολύσεως.

98. Ἡ παγκόσμιος βιομηχανικὴ παραγωγή τοῦ ἄλουμινίου κατὰ τὸν 20ὸν αἰῶνα μετεβλήθη ὡς ἐξῆς : Κατὰ τὰ ἔτη 1900, 1910, 1920, 1930, 1939, 1950, 1956 ἢ ποσότης παραγωγῆς εἰς τόνους ἦτο ἀντιστοίχως : 7 000, 43 000, 125 000, 269 000, 688 000, 1 500 000, 3 374 000. Νὰ παρασταθῆ γραφικῶς ἡ μεταβολὴ τῆς παραγωγῆς. Εἰς τὸν ὀριζόντιον ἄξονα 1 cm νὰ ἀντιστοιχεῖ πρὸς 10 ἔτη, ἐνῶ εἰς τὸν κατακόρυφον ἄξονα 1 cm νὰ ἀντιστοιχῆ εἰς 500 000 τόνους. Νὰ στρωγγυλευθοῦν τὰ ποσὰ τὰ πλησιέστερα πρὸς τὰ πολλαπλάσια τοῦ 50 000 τόννοι.

99. Ἡ παγκόσμιος παραγωγή χαλκοῦ κατὰ τὸν 20ὸν αἰῶνα μεταβλήθη ὡς ἐξῆς : Κατὰ τὰ ἀκόλουθα ἔτη : 1900, 1910, 1920, 1930, 1940, 1950, 1957 ἢ ποσότης παραγωγῆς εἰς τόνους ἦτο ἀντιστοίχως : 499 000, 888 000, 949 000, 1 577 000,

2 413 000, 2 522 000, 3 462 000. Νά παρασταθῆ γραφικῶς ἡ μεταβολὴ τῆς παραγωγῆς. Εἰς τὸν ὀριζόντιον ἄξονα 1 cm νά ἀντιστοιχῇ 10 ἔτη, ἐνῶ εἰς τὸν κατακόρυφον 1 cm νά ἀντιστοιχῇ 500 000 τόννοις. Νά στρογγυλευθοῦν τὰ ποσὰ τὰ γειτονικὰ πρὸς τὰ πολλαπλάσια τοῦ 50 000 τόννοι.

100. Ἡ ἔτησίαι παραγωγὴ ἐνὸς ἐργοστασίου παραγωγῆς ἀλουμινίου εἶναι 65 000 τόννοι. α) Νά ὑπολογισθῇ ἡ θεωρητικὴ ποσότης τῆς ἀλουμίνας (Al_2O_3) ἡ ὁποία καταναλίσκεται ἀπὸ αὐτὸ τὸ ἐργοστάσιον. Δίδονται : Ἀτομικὸν βᾶρος τοῦ ἀργιλίου 27 καὶ τοῦ ὀξυγόνου 16. (Ἐ.π. α' 122.777 τόννοι).

ΚΔ' — ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΙΣ. ΝΟΜΟΙ ΤΟΥ ΦΑΡΑΝΤΑΪΟΥ, ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ

§ 115. Γενικότητες. Εἰς τὰ προηγούμενα ἐξητάσαμεν ποιοτικῶς τὸ φαινόμενον τῆς ἠλεκτρολύσεως. Θὰ μελετήσωμεν τὸ ἴδιον φαινόμενον καὶ ποσοτικῶς μὲ τὴν βοήθειαν τῶν δύο νόμων τῆς ἠλεκτρολύσεως, οἱ ὅποιοι εἶναι γνωστοὶ μὲ τὸ ὄνομα τοῦ διασήμου Ἰαγγλοῦ Φυσικοῦ Φάρανταιῦ (Michael Faraday).

§ 116. Πρῶτος νόμος τοῦ Φάρανταιῦ. Πείραμα. Τοποθετοῦμεν ἐν σειρᾷ μίαν πηγὴν συνεχοῦς ρεύματος, ἓνα συσσωρευτήν, ἓνα διακόπτην καὶ τρία βολτάμετρα μὲ 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 ὥρισμένον διάστημα, ἔστω 15 min, σημειοῦντες ἀνά τρία λεπτὰ τὰς ποσότητας τοῦ ὕδρογόνου, αἱ ὁποῖαι ἀπελευθερώνονται. Καταστρώνομεν τοιοῦτοτρόπως τὸν ἀκόλουθον πίνακα.



MICHAEL FARADAY (1791 - 1867)
Διάσημος Ἰαγγλὸς Φυσικὸς καὶ Χημικὸς, ὀνομαστὸς διὰ τὴν μεγάλην πειραματικὴν του ἰκανότητα.

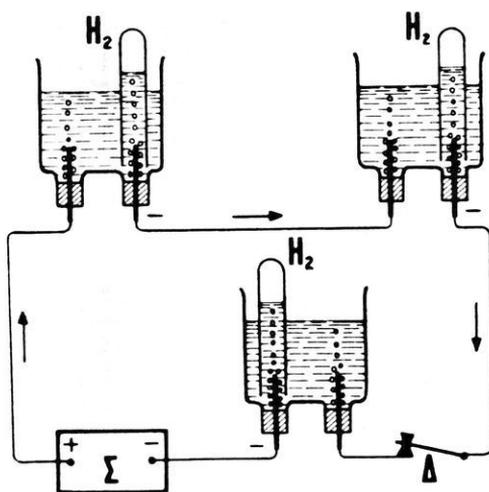
Χρόνος διελεύσεως ρεύματος εις min	Όγκος υδρογόνου εις cm ³		
	1ον βολτάμε- τρον	2ον βολτάμε- τρον	3ον βολτάμε- τρον
0	0	0	0
3	0,5	0,5	0,5
6	1	1	1
9	1,5	1,5	1,5
12	2	2	2
15	2,5	2,5	2,5

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 ένός 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 του Φάρανταιύ. Γραμμοϊσοδύναμον ιόντος. 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 ἑνὸς στοιχείου, τὸ σθένος ἑνὸς ἰόντος, τὸ γραμμοάτομον ἑνὸς στοιχείου καὶ τὸ γραμμοϊσοδύναμον ἑνὸς ἰόντος.

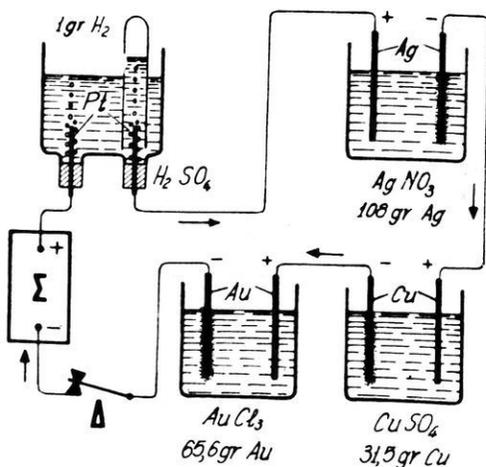
Θὰ περιορισθῶμεν εἰς τὸν ὄρισμὸν μόνον τοῦ γραμμοϊσοδυναμοῦ ἐγὸς ἰόντος.

Γραμμοϊσοδύναμον ἑνὸς ἰόντος ὀνομάζεται ποσότης μάζης τοῦ ἰόντος, ἐκπεφρασμένη εἰς γραμμάρια καὶ ἰση ἀριθμητικῶς πρὸς τὸ πηλίκον τοῦ γραμμοατόμου τοῦ στοιχείου πρὸς τὸ σθένος τοῦ ἰόντος.

Πείραμα. Συνδέομεν ἐν σειρᾷ τέσσαρα βολτάμετρα, τὰ ὁποῖα περιέχουν διάλυμα θειικοῦ ὀξέος (H_2SO_4), νιτρικοῦ ἀργύρου ($AgNO_3$), θειικοῦ χαλκοῦ ($CuSO_4$) καὶ τρισθενοῦς χλωριούχου χρυσοῦ ($AuCl_3$). Τὰ ἠλεκτρόδια τοῦ πρώτου βολταμέτρου εἶναι ἀπὸ λευκόχρυσον, τοῦ δευτέρου ἀπὸ ἄργυρον, τοῦ τρίτου ἀπὸ χαλκὸν καὶ τοῦ τετάρτου ἀπὸ χρυσόν (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 δεύτερον ποσοτικὸν νόμον τῆς ἠλεκτρολύσεως.

τρου στρώμα χαλκού και εις την κάθοδον του τετάρτου βολταμέτρου στρώμα χρυσοῦ.

Ἐάν συνεπῶς ζυγίσωμεν τὰ τρία τελευταῖα ἠλεκτρόδια, ἀφοῦ ἔχει περατωθῆ πλέον ἢ ἠλεκτρόλυσις, θὰ τὰ εὐρωμεν βαρύτερα. Οὕτω θὰ διαπιστώσωμεν, π.χ., ὅτι διὰ 1 mgr ὑδρογόνου, τὸ ὁποῖον ἠλεuthρώθη εις τὴν κάθοδον τοῦ πρώτου βολταμέτρου, ἐναπετέθησαν :

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 ὁμοῦ ὁ ἀργυρὸς εἶναι μονοσθενὴς καὶ ἔχει ἀτομικὸν βάρους 108, ὁ χαλκὸς δισθενὴς καὶ ἔχει ἀτομικὸν βάρους 63 καὶ ὁ χρυσοῦς τρισθενὴς μὲ ἀτομικὸν βάρους 197, συμπεραίνομεν ὅτι τὰ πηλίκια :

$$\frac{108}{1} \text{ gr Ag}, \quad \frac{63}{2} \text{ gr Cu}, \quad \frac{197}{3} \text{ gr Au}$$

ἐκφράζουν τὰ γραμμοῖσοδύναμα τῶν μετάλλων ἀργύρου, χαλκοῦ καὶ χρυσοῦ. Πολλαπλασιάζοντες λοιπὸν ἐπὶ 1 000 τὰ ἀριθμητικὰ ἀποτελέσματα τοῦ πειράματος, καταλήγομεν εις τὸ ἀκόλουθον συμπέρασμα, τὸ ὁποῖον ἐκφράζει τὸν δεύτερον νόμον τοῦ Φάρανταιου. :

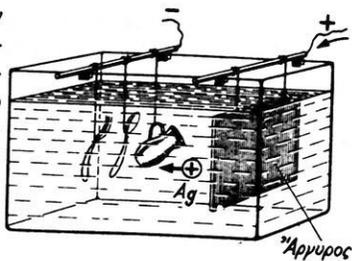
Ἡ ποσότης ἠλεκτρισμοῦ, ἢ ὁποία ἀπελευθερώνει ἓνα γραμμάριον ὑδρογόνου, ἀπελευθερώνει ἐπίσης ἓνα γραμμοῖσοδύναμον ἰόντος οἴου δῆποτε μετάλλου.

§ 117. Ἐφαρμογαὶ τῆς ἠλεκτρολύσεως. Ἡ ἠλεκτρόλυσις εὐρίσκει πολλὰ καὶ διαφόρους ἐφαρμογὰς εις 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 ὁποίαν περικαλύπτομεν ἠλεκτρολυτικῶς μεταλλικὰς ἐπιφανείας μὲ ἄλλα μέταλλα, ὅπως π.χ. μὲ χαλκόν, ἀργυρον, χρυσοῦν, κλπ.

Ἐάν πρόκειται δι' ἐπιχάλκωσιν, ὡς ἠλεκτρολυτικὸν ὑγρὸν χρησιμοποιοῦμεν ὕδατικὸν διάλυμα θειικοῦ χαλκοῦ, ὡς κάθοδος τὸ ἀντικείμενον, τὸ ὁποῖον θὰ ἐπιχαλκώσωμεν, καὶ ὡς ἄνοδος μίαν χαλκίνην πλάκα. Ὅπως γνωρίζομεν, εις τὴν περίπτωσιν αὐτὴν μεταφέρεται χαλκὸς ἀπὸ τὴν ἄνοδος εις τὴν κάθοδον καὶ ἐπικάθηται κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον εις τὸ ἀντικείμενον, τὸ ὁποῖον θέλομεν νὰ ἐπιχαλκώσωμεν.

Εἰς τὴν ἐπαργύρωσιν ὡς ἠλεκτρολυτικὸν ὑγρὸν χρῆσιμοποιοῦμεν διάλυμα νιτρικοῦ ἀργύρου, ὡς κάθοδον τὸ ἀντικείμενον τὸ ὁποῖον πρόκειται νὰ ἐπαργυρωθῆ καὶ ὡς ἄνοδον πλάκα ἀπὸ ἀργυρον. Ὅταν κλείσωμεν τὸ κύκλωμα, δημιουργεῖται μεταφορὰ ἀργύρου ἀπὸ τὴν ἄνοδον εἰς τὴν κάθοδον καὶ τοιοῦτοτρόπως ἐπαργυρώνεται τὸ ἀντικείμενον (σχ. 119).



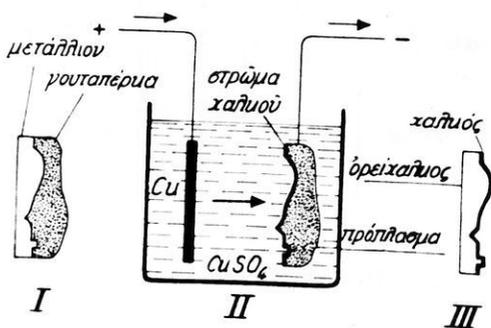
Σχ.119. Διάταξις ἐπιμεταλλώσεως. Τὴν κάθοδον ἀποτελοῦν τὰ πρὸς ἐπιμεταλλώσιν ἀντικείμενα.

Γενικῶς εἰς τὴν ἐπιμεταλλώσιν, χρῆσιμοποιοῦμεν ὡς ἠλεκτρολυτικὸν ὑγρὸν διάλυμα καταλλήλου ἄλατος τοῦ μετάλλου μὲ τὸ ὁποῖον θέλωμεν νὰ ἐπικαλύψωμεν τυχὸν ἀντικείμενον, ἔστω μὲ ἄλας χρωμίου ἂν πρόκειται νὰ ἐκτελέσωμεν ἐπιχρωμίωσιν, ὡς κάθοδον τὸ ἀντικείμενον καὶ ὡς ἄνοδον 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 ὠρισμένων μεταλλικῶν ἀντικειμένων ἀπὸ τὴν ὀξειδωσιν ἢ διὰ νὰ προσδώσωμεν εἰς αὐτὰ μίαν μόνιμον στιλπνότητα.

β) Γαλβανοπλαστική. Χρῆσιμοθεύει κυρίως εἰς τὴν παραγωγὴν χαλκῶν ἐκμαγείων καὶ ἐπιτρέπει τὴν ἀναπαραγωγὴν μικρῶν ἀγαμάτων, μεταλλίων, τυπογραφικῶν κλισέ, φωνογραφικῶν δίσκων, κλπ. καὶ γενικώτερον ἀντικειμένων, τῶν ὁποίων ἡ ἐπιφάνεια παρουσιάζει μίαν ἀνάγλυφον μορφήν, ἢ ὁποία πρέπει νὰ ἀποδοθῆ μὲ πιστότητα.

Εἰς τὴν γαλβανοπλαστικὴν ἐργαζόμεθα ὡς ἑξῆς. Θερμαίνομεν γουταπέρκαν, ἢ ὁποία γίνεται τότε εὐπλαστος καὶ λαμβάνομεν τὸ ἀρνητικὸν ἀποτύπωμα τῆς ὄψεως τοῦ ἀντικειμένου, ἔστω ἐνὸς μεταλλίου (σχ. 120, I). Ἀφήνομεν κατόπιν τὴν γουταπέρκαν νὰ ψυχθῆ καὶ νὰ ἐπαναποκτήσῃ τὴν σκληρότητά της, τὴν περικαλύπτομεν μὲ λεπτὸν στρώμα γραφίτου, διὰ νὰ τὴν καταστήσωμεν ἀγώγιμον εἰς τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, καὶ τὴν χρῆσιμοποιοῦμεν ὡς κάθοδον εἰς διάλυμα θεικοῦ χαλκοῦ, εἰς τὸ

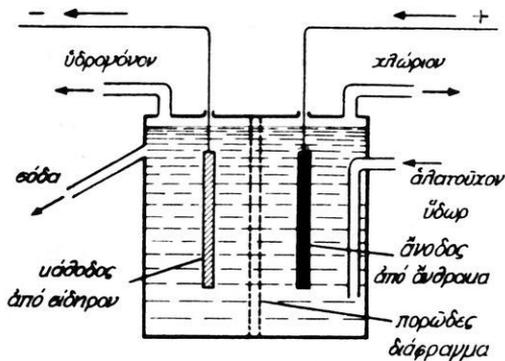


Σχ. 120. Γαλβανοπλαστική. (I) Ἐκμαγεῖον τοῦ ἀντικειμένου. (II) Ἐπιχάλκωσις. (III) Ἀντίγραφον.

όποιον ως άνοδον τοποθετούμεν πλάκα από καθαρόν χαλκόν. Κατόπιν αφήνομεν νά διέλθῃ ἠλεκτρικόν ρεύμα δι' ἓνα ἄρκετόν χρονικόν διάστημα, ὁπότε ἐναποτίθεται ἓνα στρώμα χαλκοῦ, ἄρκετοῦ πάχους, εἰς τὸ ἀρνητικόν ἀποτύπωμα τοῦ μεταλλίου (σχ. 120 II). Ἀκολουθῶς διακόπτομεν τὸ ρεύμα καὶ βυθίζομεν τὸ ἐπιχαλκωμένον ἀποτύπωμα εἰς θερμὸν ὕδωρ, ὁπότε τήκεται ἡ γουταπέρκα καὶ ἀποχωρίζεται ἀπὸ αὐτὴν τὸ στρώμα τοῦ χαλκοῦ, ἐπὶ τοῦ ὁποίου εἶναι ἀποτυπωμένη ἡ θετικὴ ὄψις τοῦ μεταλλίου, ἡ ὁποία ἀποτελεῖ τοιοῦτοτρόπως πιστὸν ἐκείνου ἀντίγραφον (σχ. 120, III).

γ) Ἡλεκτρομεταλλουργία. Διάφορα μέταλλα παρασκευάζονται ἠλεκτρολυτικῶς ἀπὸ τὰ ἄλατά των, τὰ ὀξειδιά των, ἢ τὰ ὑδροξειδιά των. Μὲ τὴν μέθοδον αὐτὴν κατορθώνομεν νά παρασκευάσωμεν μέταλλα εἰς μεγάλον βαθμὸν καθαρότητος. Οὕτως παρασκευάζομεν ἀργίλιον (ἀλουμίμιον) μὲ βαθμὸν καθαρότητος 99 μέρους 99,8% ἀπὸ ἀλουμίναν (ὀξειδοῖν τοῦ ἀργιλίου Al_2O_3), νάτριον ἀπὸ καυστικὴν σόδαν (ὕδροξειδιον τοῦ νατρίου $NaOH$), μαγνήσιον ἀπὸ χλωριούχον μαγνήσιον ($MgCl_2$), ψευδάργυρον ἀπὸ θεϊκὸν ψευδάργυρον ($ZnSO_4$), κλπ.

δ) Ἡλεκτροχημεία. Πολυάριθμα σώματα παρασκευάζονται βιομηχανικῶς μὲ ἠλεκτρολυτικὴν μέθοδον. Οὕτως ἠλεκτρολύοντες διάλυμα καυστικῆς σόδας καὶ χρησιμοποιοῦντες ἠλεκτρόδια ἀπὸ σίδηρον, παρασκευάζομεν ὑδρογόνον καὶ ὀξυγόνον.



Σχ. 121. Βιομηχανικὴ παρασκευὴ τῆς σόδας.

Ἡλεκτρολύοντες ὑδατικὸν διάλυμα μαγειρικοῦ ἁλτος ($NaCl$), λαμβάνομεν χλώριον εἰς τὴν ἄνοδον καὶ καυστικὴν σόδαν εἰς τὴν κάθodon. Διὰ νά ἀποτρέσωμεν τὴν ἐπαφὴν τοῦ χλωρίου μὲ τὴν σόδαν, χρησιμοποιοῦμεν εἰδικὰ βολτάμετρα (σχ. 121), τὰ ὁποία χωρίζονται εἰς δύο μέρη ἀπὸ ἓνα πορώδες διάφραγμα. Τὸ διάλυμα τῆς σόδας συλλέγεται καὶ κατόπιν συμπυκνώνεται μὲ ἐξάτμισιν.

Ἐάν ἀφαιρέσωμεν τὸ διάφραγμα καὶ ἀφήσωμεν εἰς ἐπαφὴν τὸ διαλελυμένον χλώριον καὶ τὴν σόδαν, λαμβάνομεν τὸ λεγόμενον ὕδωρ τοῦ Ζαβέλ (eau de Javel).

1. Οί ποσοτικοί νόμοι τῆς ἠλεκτρολύσεως εἶναι γνωστοὶ συνήθως ὡς νόμοι τοῦ Φάρανταιῦ.

2. Ὁ πρῶτος νόμος τῆς ἠλεκτρολύσεως ἐκφράζει ὅτι : Ἡ ἠλεκτρολυτικὴ δρᾶσις ἑνὸς ἠλεκτρικοῦ ρεύματος εἶναι ἡ ἰδίᾳ εἰς ὅλα τὰ σημεῖα τοῦ κυκλώματος καὶ ἀνάλογος πρὸς τὴν ποσότητα τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἢ ὁποῖα διαρρέει τὸ βολτάμετρον.

3. Ὁ δεῦτερος νόμος τῆς ἠλεκτρολύσεως ἐκφράζει ὅτι : Ὅταν ἓνα ὠρισμένον ἠλεκτρικὸν ρεῦμα διαρρέει διαφορετικοῦς ἠλεκτρολύτας, ἢ μᾶζα τοῦ μετάλλου ἢ τοῦ ὕδρογόνου, τὰ ὁποῖα 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 με στρώμα χρυσοῦ (ἐπιχρύσωσις) ἢ ἀργύρου (ἐπαργύρωσις) καὶ εἰς τὴν Τεχνικὴν διὰ τὴν προφύλαξιν ὠρισμένων μετάλλων ἀπὸ τὴν ὀξειδῶσιν. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἐκτελοῦμεν ἐπιμετάλλωσιν με ἄνοξειδῶτα μέταλλα, ὅπως εἶναι τὸ νικέλιον καὶ τὸ χρώμιον. Εἰς τὴν ἐπιμετάλλωσιν ἠλεκτρολύομεν ἓνα ἄλας τοῦ μετάλλου, με τὸ ὁποῖον πρόκειται νὰ ἐπικαλύψωμεν ἓνα ἀντικείμενον, χρησιμοποιοῦντες τὸ ἀντικείμενον ὡς κάθοδον, ἐνῶ ὡς ἄνοδον τοποθετοῦμεν καθαρὰν πλάκαν ἐκ τοῦ μετάλλου.

6. Ἡ γαλβανοπλαστικὴ εἶναι εἶδος ἐπιχαλκώσεως καὶ ἐπιτρέπει τὴν ἀναπαραγωγὴν, με μεγάλην πιστότητα, ἀναγλύφων ἐπιφανειῶν.

7. Εἰς τὴν ἠλεκτρομεταλλουργίαν παρασκευάζομεν μέταλλα, με πολὺν μεγάλον βαθμὸν καθαρότητος, ἠλεκτρολύοντες ἄλατα, ὀξειδία ἢ ὕδροξειδία τῶν μετάλλων.

8. Εἰς τὴν ἠλεκτροχημείαν παρασκευάζομεν πολυάριθμα σώματα βιομηχανικῶς με ἠλεκτρολυτικὴν μέθοδον, ὅπως ὕδρογονον, ὀξυγονον, χλώριον, καυστικὴν σόδα κλπ.

**ΚΕ — ΠΟΣΟΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ. ΜΟΝΑΣ ΚΟΥΛΟΜΠ.
ΕΝΤΑΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ.
ΜΟΝΑΣ ΑΜΠΕΡ.**

§ 118. Ποσότης ηλεκτρισμού. Πείραμα. Συνδέομεν ἐν σειρᾷ τρία διαφορετικὰ βολτάμετρα, τὰ ὅποια περιέχουν ἀραιὸν ὕδατικὸν διάλυμα θειικοῦ ὀξέος (H_2SO_4) καὶ ἔχουν ἠλεκτροδία ἀπρόσβλητα ἀπὸ τὸ ὄξυ (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 ὀξυγενισμένου ὕδατος δὲν εἶναι ἢ ἴδια καὶ εἰς τὰ τρία βολτάμετρα.

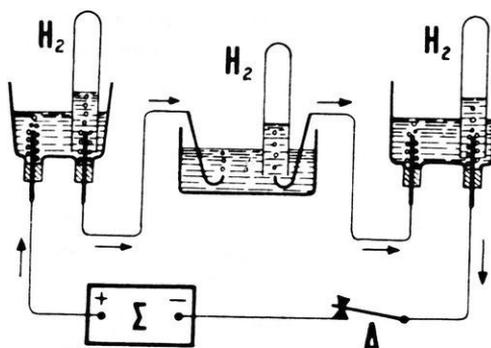
Καλύπτομεν τὰς καθόδους τῶν βολταμέτρων μὲ ὀγκομετρικοὺς σωλῆνας καὶ κλείομεν τὸ κύκλωμα. Καθὼς γνωρίζομεν ἀπελευθερῶνεται ὕδρογόνον, τὸ ὅποιον συλλέγεται εἰς τοὺς ἀνεστραμμένους ὀγκομετρικοὺς σωλῆνας.

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 θειικὸν χαλκὸν ($CuSO_4$), θὰ διαπιστώσωμεν ὅτι αἱ μᾶζαι 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 μεταξύ των.

§ 119. Ἐξήγησις τοῦ φαινομένου. Ἐννοία τῆς ποσότητος τοῦ ἠλεκτρισμοῦ. Εἰς τὰ τρία βολτάμετρα τοῦ προηγουμένου πειράματος ἡ ἀπελευθέρωσις τοῦ ὑδρογόνου ὀφείλεται εἰς τὴν διέλευσιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

Ἐφ' ὅσον οἱ ὄγκοι τοῦ ὑδρογόνου, τὸ ὁποῖον συλλέγεται εἰς τοὺς ὀγκομετρικοὺς 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 ἐκείνη ἢ ὁποία καθορίζει τὸν ὄγκον τοῦ ὑδρογόνου, ὁ ὁποῖος ἀπελευθερώνεται, ἢ τὴν μᾶζαν τοῦ μετάλλου ἧτις 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 ἄργύρου.

Ἀριθμητικὴ ἐφαρμογή. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ἢ ὁποία ἀποθέτει 0,274 gr ἄργύρου εἰς τὴν κάθοδον ἐνός βολταμέτρου μὲ νιτρικὸν ἄργυρον.

Λύσις. Ἐφ' ὅσον τὰ 1,118 mgr ἄργύρου 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 κυβικὰ μέτρα ὕδατος ἢ αερίου 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 **ἐντασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος** καὶ τὴν συμβολίζομεν μὲ *i*.

Ἡ ἐντασις *i* τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει ἓνα ἀγωγόν, εἶναι ἢ ἰδίᾳ εἰς ὅλα τὰ σημεῖα ἐνὸς ἀπλοῦ κλειστοῦ κυκλώματος.

Μονὰς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἡ μονὰς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος εἶναι τὸ **1 Ἄμπερ (Ampère)** καὶ συμβολίζεται μὲ **1 A ἢ 1 Amp.**

Τὸ **1 Ἄμπερ (1 A, 1 Amp)** εἶναι ἴσον μὲ τὴν ἐντασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον ἐντὸς ἐνὸς δευτερολέπτου ἀποθέτει εἰς τὴν κάθοδον ἐνὸς βολταμέτρου μὲ νιτρικὸν ἄργυρον, μᾶζαν **1,118 mgr ἄργυρου.**

Ἀπὸ τὸν ἀριθμὸ τῆς μονάδος Ἄμπερ παρατηροῦμεν ὅτι τὸ **1 Ἄμπερ** δύναται νὰ θεωρηθῆ ὡς ἡ ἐντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον μεταφέρει ἐντὸς ἐνὸς δευτερολέπτου ποσότητα ἠλεκτρισμοῦ ἴσην πρὸς **1 Κουλόμπ.**

Ἐποπλαπλάσιον τῆς μονάδος Ἄμπερ εἶναι τὸ **1 μιλιαμπέρ (1 milliampère)**, τὸ ὁποῖον συμβολίζεται μὲ **1 mA** καὶ τὸ **1 μικρομπέρ (1 microampère)**, τὸ ὁποῖον συμβολίζεται μὲ **1 μA**. Εἶναι δέ :

$$1 \text{ mA} = \frac{1}{1.000} \text{ A} = 10^{-3} \text{ A}$$

$$1 \text{ } \mu\text{A} = \frac{1}{1\ 000\ 000} \text{ A} = 10^{-6} \text{ A}$$

§ 121. Σχέσις μεταξὺ ποσότητος ἠλεκτρισμοῦ καὶ ἐντάσεως ρεύματος. Ἐφ' ὅσον ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως **1 Ἄμπερ** μεταφέρει ἐντὸς ἐνὸς δευτερολέπτου ποσότητα ἠλεκτρισμοῦ ἴσην πρὸς **1 Κουλόμπ**, ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως *i* Ἄμπερ θὰ μεταφέρῃ ἐντὸς χρόνου *t* δευτερολέπτων ποσότητα ἠλεκτρισμοῦ *q* Κουλόμπ, ἢ ὅποια θὰ εἶναι ἴση πρὸς :

$$q = i \cdot t$$

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. Πόσον ἠλεκτρικὸν φορτίον μεταφέρει ἐντὸς χρόνου 2 min ἠλεκτρικὸν ρεύμα ἐντάσεως 5 A.

Λύσις. Ἀπὸ τὴν σχέσιν $q = i \cdot t$, ἀντικαθιστώντες τὰ σύμβολα μὲ τὰς τιμὰς των, 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. Ἐὰν εἰς τὰς θεμελιώδεις μονάδας τοῦ συστήματος M.K.S. προσθέσωμεν ὡς θεμελιώδη μονάδα καὶ τὸ Ἄμπερ, 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 Ἄμπερ.

§ 123. Ποσότης ἠλεκτρισμοῦ ἀπαραίτητος διὰ τὴν ἀπελευθέρωσιν ἑνὸς γραμμοῖσοδύναμου οἰουδήποτε μετάλλου. Ἀπὸ τὸν ὀρισμὸν 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 :

$$q = \frac{108}{0,001\ 118} \text{ Cb} = 96\ 500 \text{ Cb}$$

Αὐτὴ ἡ ἴδια ποσότης ἠλεκτρισμοῦ ἀπελευθερώνει ἐπίσης $64/2 \text{ gr} = 32 \text{ gr}$ χαλκοῦ, $197/3 \text{ gr} = 65,6 \text{ gr}$ χρυσοῦ ἢ 1 gr ὕδρογόνου, δηλαδὴ ποσότητας ἴσας πρὸς ἓνα γραμμοῖσοδύναμον τῶν ἀντιστοίχων μετάλλων ἢ ἓνα γραμμάριον ὕδρογόνου. 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 ὕδρογόνου.

§ 124. Γενίκευσις. Τύπος τοῦ Φάρανταιῦ. Ὑποθέτομεν ὅτι ἠλεκτρι-

κόν ρεύμα έντάσεως i Άμπέρ διαρρέει, έπί χρονικόν διάστημα t sec, ένα βολτάμετρον. Θα ύπολογίσωμεν τήν μάζαν m , εις γραμμάρια, του μετάλλου τò όποιον άποτίθεται εις τήν κάθοδον, γνωρίζοντες τò άτομικόν βάρος A του μετάλλου και τò σθένος n του ίόντος του.

Γνωρίζομεν ότι ποσότης ήλεκτρισμοϋ ίση προς 96 500 Cb άπελευθερώνει εις τήν κάθοδον ένòς βολταμέτρον ένα γραμοίσοδύναμον 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 συνεπòς ποσότης ήλεκτρισμοϋ q Cb θα άποθήση 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 ήλεκτρισμοϋ. Τò Κουλόμπ είναι μία πολύ μικρά μονάς και δ' αυτòν τòn λόγον εις τας πρακτικάς έφαρμογάς προτιμòμεν νά χρησιμοποιώμεν ως μονάδα ποσότητος ήλεκτρισμοϋ τήν **1 άμπερόμετρον (1 Ab)**.

Η άμπερώρα (1 Ah) είναι ίση με τήν ποσότητα του ήλεκτρισμοϋ, ή όποία μεταφέρεται έντòς μιås ώρας ύπό ήλεκτρικòυ ρεύματος έντάσεως ένòς 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 τò τροφοδοτῆ με ρεύμα 9 A επί 10 h, κλπ.

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. Συσσωρευτὴς παράγει ρεύμα ἐντάσεως 2,4 A ἐπὶ 15 συνεχεῖς ὥρας. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ χωρητικότης τοῦ συσσωρευτοῦ εἰς ἀμπερῶρας (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 ρεύματός του καὶ t ὁ χρόνος εἰς ὥρας, ἐντὸς τοῦ ὁποίου ἀποδίδεται τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον) τὰ σύμβολα μὲ τὰς ἀριθμητικὰς τῶν τιμᾶς, λαμβάνομεν:

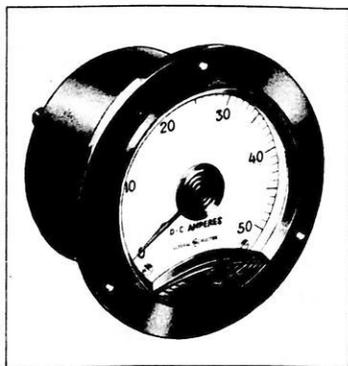
$$q = i \cdot t = 2,4A \cdot 15 h = 36 Ah$$

§ 126. Μέτρησις τῆς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἀμπερόμετρα. Ἡ ἐνταση τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος δύναται νὰ μετρηθῇ βεβαίως μὲ ἓνα βολτάμετρο νιτρικοῦ ἀργύρου.

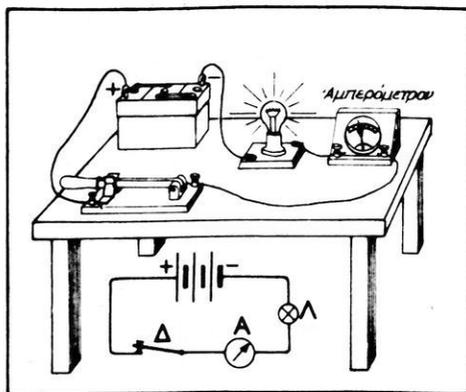
Ἡ ἐργασία αὐτὴ ὅμως δὲν εἶναι οὔτε σύντομος, οὔτε εὐκόλος. Πρέπει νὰ ζυγίσωμεν τὴν κάθοδον πρὶν καὶ μετὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν, νὰ γνωρίζωμεν τὴν διάρκειαν τῆς ἠλεκτρολύσεως καὶ νὰ ἐκτελέσωμεν ὑπολογισμούς.

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 ἰδίαν ἐνδείξιν.

ρᾶ ὁμοῦ μὲ τὰς διαφόρους συσκευὰς (βολτάμετρα, διακόπτας, κινητήρας, κλπ.), ὅπως δεικνύεται εἰς τὸ σχ. 124.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

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 ἀνά 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 ὕδρογόνου ἢ 1 γραμμοῖσοδύναμον οἰουδήποτε 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 ἀμπερόρα εἶναι μονὰς ποσότητος ἠλεκτρισμοῦ καὶ ἰσοῦται πρὸς 3 600 Cb.

9. Ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος μετρεῖται μὲ ἓνα ἀμπερόμετρον, τὸ ὁποῖον συνδέεται πάντοτε ἐν σειρᾷ μὲ τὰς ἄλλας συσκευὰς τοῦ κυκλώματος.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

101. Ένα βολτάμετρον περιέχει νιτρικόν ἄργυρον. Ἐὰν κατὰ τὴν ἠλεκτρολύσιν ἀποτίθενται εἰς τὴν κάθοδον 3,6 gr ἄργυρου, νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ἡ ὁποία διαρρέει τὸ βολτάμετρον (ἀτομικὸν βάρους ἄργυρου 108).

(Ἄπ. 3216,6 Gb.)

102. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον ἐντὸς μιᾶς ὥρας ἀποθέτει 19 gr ἄργυρου εἰς τὴν κάθοδον ἐνὸς βολταμέτρον, περιέχοντος νιτρικὸν ἄργυρον.

(Ἄπ. 4,7 περίπου.)

103. Νὰ ὑπολογισθῇ ὁ χρόνος ὁ ὁποῖος ἀπαιτεῖται διὰ νὰ ἀποτεθοῦν 9 gr ἄργυρου, 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 εὐρεθῇ ἐπὶ πόσον χρόνον ἡ συστοιχία θὰ δύναται νὰ παρέχῃ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 4,5 A.

(Ἄπ. 12 h.)

105. Ένα βολτάμετρον περιέχει ὀξυγενισμένον 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 ὑδρογόνου, τὸ ὁποῖον ἐλευθερώνεται εἰς τὸ βολτάμετρον ἐντὸς 45 min (ὑπὸ κανονικᾶς 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 εὐρεθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον ἐντὸς 23 min ἀπέθεσεν 7,2 gr χαλκοῦ κατὰ τὴν ἠλεκτρολύσιν διαλύματος θειικοῦ χαλκοῦ. Τὸ ἰὸν τοῦ χαλκοῦ νὰ θεωρηθῇ δισθενές καὶ τὸ ἀτομικὸν βάρους τοῦ χαλκοῦ νὰ ληφθῇ ἴσον πρὸς 63.

(Ἄπ. 16 A περίπου.)

108. Ἡλεκτρικὸν ρεῦμα διέρχεται ἀπὸ ἓνα βολτάμετρον, τὸ ὁποῖον περιέχει νιτρικὸν ἄργυρον, καὶ ἀποθέτει εἰς τὴν κάθοδον ἐντὸς χρόνου 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. Ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 5 A διέρχεται ἐπὶ 1 h καὶ 20 min ἀπὸ ἓνα βολτάμετρον, τὸ ὁποῖον περιέχει διάλυμα θειικοῦ 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. (Ἀτομικὸν βάρους 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 ρεῦμα ἐντάσεως 2 A διαρρέει ἐπὶ 10 h δύο βολτάμετρα, συνδεδεμένα ἐν σειρᾷ. Τὸ ἓνα περιέχει διάλυμα θεικικοῦ χαλκοῦ καὶ τὸ ἄλλο νιτρικοῦ ἀργύρου (ἀτομικὸν βάρους χαλκοῦ 64 , σθένος ἰόντος 2 . Ἀτομικὸν βάρους ἀργύρου 108 , σθένος ἰόντος 1). α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ μᾶζα τοῦ χαλκοῦ, ὁ ὁποῖος ἀπετέθη εἰς τὴν κάθοδον τοῦ πρώτου βολταμέτρου. β) Ἐκ τοῦ προηγουμένου ἀποτελέσματος καὶ χρησιμοποιοῦντες μόνον τὸ ἀτομικὸν βάρους 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 $0,1\text{ mm}$ ἓνα μεταλλικὸν ἀντικείμενον, τὸ ὁποῖον ἔχει ἐπιφάνειαν 116 cm^2 . Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τὸ ὁποῖον χρησιμοποιοῦμεν εἶναι $2,5\text{ A}$. Νὰ ὑπολογισθῇ ὁ χρόνος, ὅστις ἀπαιτεῖται δι' αὐτὴν τὴν ἐργασίαν. Πυκνότης νικελίου: $8,8\text{ gr/cm}^3$, ἀτομικὸν βάρους 59 καὶ σθένος ἰόντος του 2 .
(Ἄπ. $13\ 357\text{ sec}$ περίπου.)

112. Πρόκειται νὰ ἐπιχαλκώσωμεν καὶ τὰς δύο ὄψεις μιᾶς τραπεζοειδοῦς πλακός, αἱ βάσεις τῆς ὁποίας ἔχουν μήκη 3 dm καὶ 20 cm , καὶ ὕψος 150 mm . Τὸ πάχος τοῦ ἐπιθυμητοῦ χαλκίνου στρώματος θὰ εἶναι $0,1\text{ mm}$. α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ μᾶζα τοῦ χαλκοῦ, ὁ ὁποῖος θὰ πρέπει νὰ ἀποτεθῇ εἰς τὴν πλάκα. β) Νὰ καθορισθῇ ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ἡ ἀναγκαία διὰ τὴν ἐπιχάλκωσιν. γ) Νὰ εὔρεθῇ ἡ ἔντασις τοῦ παρεχομένου ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ἐὰν εἶναι γνωστὸν ὅτι ἡ ἐπιχάλκωσις θὰ διαρκέσῃ 5 h . Δίδονται: ἡ πυκνότης τοῦ χαλκοῦ $8,8\text{ gr/cm}^3$, τὸ ἀτομικὸν του βάρους $63,6$. Τὸ ἰὼν τοῦ χαλκοῦ νὰ ληφθῇ δισθενές.
(Ἄπ. α' 66 gr β' $200\ 283\text{ Gb}$, περίπου. γ' $11,1\text{ A}$, περίπου.)

ΚΕΤ — ΘΕΡΜΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

ΑΝΤΙΣΤΑΣΙΣ ΑΓΩΓΟΥ. ΜΟΝΑΣ ΟΗΜ. ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΤΖΑΟΥΛΑ

§ 127. Γενικότητες. Ἡ θέρμανσις ἐνὸς ἠλεκτρικοῦ σιδήρου ὀφείλεται εἰς τὴν διέλευσιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῖμα προκαλεῖ ἐπίσης τὴν πυράκτωσιν τοῦ νήματος ἐνὸς λαμπτήρος. Αὐτὸ τὸ φαινόμενον εἶναι γενικώτερον:

Πᾶς ἀγωγὸς ὁ ὁποῖος διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα θερμαίνεται.

Τὰ χάλκινα σύρματα τῶν ἠλεκτρικῶν ἐγκαταστάσεων θερμαίνονται κατὰ τὴν διέλευσιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος· εἰς τὴν περίπτωσιν

ὅμως αὐτὴν ἢ αὐξήσις τῆς θερμοκρασίας εἶναι ἀσήμαντος καὶ δὲν γίνεται εὐκόλως αἰσθητή.

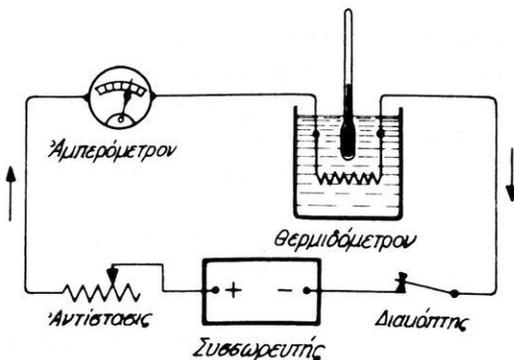
§ 128. Πειραματικὴ σπουδὴ τῶν θερμικῶν ἀποτελεσμάτων τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Τὰ θερμικὰ ἀποτελέσματα τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ἐμελέτησεν πρῶτος ὁ Ἕλληνας Φυσικὸς Τζάουλ (Joule), δι' αὐτὸν ἀκριβῶς τὸν λόγον πολλὰς φορὰς ἠέθρμανσις ἐνὸς ἀγωγοῦ κατὰ τὴν διέλευσιν ἠλεκτρικοῦ ρεύματος συνηθίζεται νὰ χαρακτηρίζεται ὡς *φαινόμενον Τζάουλ*.

Ἡ ποσότης τῆς θερμότητος ἢ ὁποῖα ἀναπτύσσεται εἰς ἓνα 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 ὅμως ἀπὸ τὴν μίαν συσκευὴν εἰς τὴν ἄλλην. Οὕτως ἐνῶ εἶναι πολὺ σημαντικὴ εἰς μίαν ἠλεκτρικὴν θερμάστραν, εἶναι ἐντελῶς ἀσήμαντος εἰς ἓνα χάλκινον σύρμα.

1) Ἐπίδρασις τοῦ χρόνου. Πείραμα. Πραγματοποιούμεν τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 125 καὶ βυθίζομεν ἐντὸς ἐνὸς θερμιδομέτρου, τὸ ὁποῖον περιέχει 200 gr πετρελαίου, ἓνα πολὺ λεπτὸν ἀγωγὸν σύρμα ἀπὸ σιδηρονικέλιον.

Τὸ ἀμπερόμετρον, τὸ ὁποῖον ἔχομεν συνδέσει ἐν σειρᾷ εἰς τὸ κύκλωμα, ἐπιτρέπει μὲ τὴν βοήθειαν ἐνὸς ροοστάτου νὰ ρυθμίζομεν 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, σημειώσωμεν ἀνά λεπτὸν τὴν θερμο-



Σχ. 125. Διὰ τὴν πειραματικὴν σπουδὴν τῶν θερμικῶν ἀποτελεσμάτων τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

κρασίαν του πετρελαίου, σχηματίζοντας 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
Αὔξεις θερμοκρ. εἰς °C	0,9	1	0,9	1	1	

Ἀπὸ τὴν μελέτην τοῦ πίνακος συμπεραίνομεν ὅτι ἡ θερμοκρασία τοῦ πετρελαίου ἀνυψώνεται 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 ἐνὸς ἀγωγοῦ, ἐξ αἰτίας τῆς διελεύσεως ἠλεκτρικοῦ ρεύματος σταθερᾶς ἐντάσεως, εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν χρονικὴν διάρκειαν τῆς διελεύσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

2) Ἐπίδρασις τῆς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Πείραμα.
Ἐπαναλαμβάνομεν τὸ προηγούμενον πείραμα, ἀφοῦ ρυθμίσωμεν, μετὴν βοήθειαν τοῦ ροοστάτου, τὴν ἔντασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ 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 μετ' ἠλεκτρικὸν 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 $t=0$ min $t=5$ min	23 24,2	23 27,8	23 38,8
Αὔξησις τῆς θερμοκρασίας εἰς $^{\circ}\text{C}$	1,2	4,8	10,8

Ἀπὸ τὸν πίνακα συμπεραίνομεν ὅτι : α) Ἡ ἀνύψωσις τῆς θερμοκρασίας εἶναι $1,2^{\circ}\text{C}$, ὅταν ἡ ἐντάσις τοῦ ρεύματος εἶναι 1A. β) Ἡ ἀνύψωσις τῆς θερμοκρασίας εἶναι $4,8^{\circ}\text{C}$, ὅταν ἡ ἐντάσις τοῦ ρεύματος εἶναι 2A. γ) Ἡ ἀνύψωσις τῆς θερμοκρασίας εἶναι $10,8^{\circ}\text{C}$, ὅταν ἡ ἐντάσις τοῦ ρεύματος εἶναι 3A. Ἐπειδὴ ὁμοῦ 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 ὁμοῦ δι' ἓνα ὀρισμένον 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 ὀρισμένου χρονικοῦ διαστήματος μέσα εἰς ἓνα ἀγωγὸν ἐξ αἰτίας τῆς διελεύσεως ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸν ἀγωγόν.

3) Ἐπίδρασις τῆς φύσεως τοῦ ἀγωγοῦ. Ἀντίστασις. Πείραμα. Τὰ ἀνωτέρω πειράματα ἐξετελέσθησαν μὲ τὸν ἴδιον ἀγωγὸν βυθισμένον μέσα εἰς τὸ θερμοδόμετρον.

Ἀντικαθιστῶμεν τὸν ἀγωγὸν αὐτὸν μὲ ἓνα 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 δεύτερον ἀγωγόν, ὅποτε εὐρίσκομεν ἔστω $14,4^{\circ}\text{C}$ ἀνύψωσιν τῆς θερμο-

κρασίας, ενώ εις τὸν πρῶτον ἄγωγὸν εἶχομεν παρατηρήσει, μὲ τὰς ἰδίας συνθήκας, ἀνύψωσιν $4,8^{\circ}\text{C}$.

Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι ἡ ἀνύψωσις τῆς θερμοκρασίας εἰς τὸν δευτερόν ἄγωγὸν εἶναι τρεῖς φορές μεγαλυτέρα ἀπὸ ὅτι εἰς τὸν πρῶτον ἄγωγόν, πᾶν τὸ ὅποιον σημαίνει, ὅτι ἡ θερμότης ἢ ὅποια ἐκλύεται εἰς τὸν δευτερόν ἄγωγὸν 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 ἑνὸς ἄγωγου εἶναι ἓνα φυσικὸν μέγεθος, τὸ ὅποιον χαρακτηρίζει τὸν ἄγωγὸν εἰς τὸ φαινόμενον τοῦ Τζάουλ.

Ἀπὸ τὸ ἀνωτέρω πείραμα συμπεραίνομεν συνεπῶς ὅτι ἡ ἀντίστασις τοῦ ἄγωγου εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ποσότητα τῆς θερμότητος ἢ ὅποια ἐκλύεται ἐντὸς τοῦ ἄγωγου.

Ἀντιστρέφοντες ἐπομένως τὸν συλλογισμὸν δυνάμεθα νὰ εἴπωμεν ὅτι :

Ἡ ποσότης τῆς θερμότητος ἢ ὅποια ἐκλύεται ἐντὸς ἑνὸς 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 :

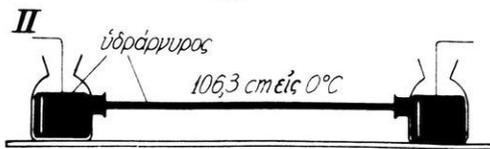
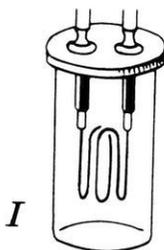
Τὰ ἠλεκτρόνια τὰ ὅποια μετακινοῦνται μέσα εἰς τὰ ἀγωγὰ σύρματα, συναντοῦν μίαν ὀρισμένην δυσκολίαν κατὰ τὴν κίνησιν των μεταξύ τῶν ἀτόμων τοῦ μετάλλου. Αἱ κρούσεις καὶ αἱ «τριβαὶ» αἱ ὅποια ἀναπτύσσονται, ἔχουν ὡς ἀποτέλεσμα τὴν ἐκλυσιν τῆς θερμότητος.

Ἡ θερμότης συνεπῶς, ἢ ὅποια παράγεται ἐντὸς ἑνὸς ἄγωγου κατὰ τὴν διέλευσιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ὀφείλεται εἰς τὴν ἀντίστασιν τὴν ὅποιαν προβάλλει ὁ ἄγωγὸς κατὰ τὴν κίνησιν τῶν ἐλευθέρων ἠλεκτρονίων.

Μονὰς ἀντιστάσεως. Ἡ ἀντίστασις ἑνὸς ἄγωγου μετρεῖται εἰς μονάδας Ὠμ (1 Ohm , 1Ω), ὀνομασία ἢ ὅποια ἐδόθη πρὸς τιμὴν τοῦ Γερμανοῦ Φυσικοῦ καὶ Μαθηματικοῦ Georg Simon Ohm (1787-1850).

Τὸ Ὠμ (1Ω) εἶναι ἴσον μὲ τὴν ἀντίστασιν ἑνὸς ἄγωγου, ἐντὸς τοῦ

όποιου εκλύεται ανά δευτερόλεπτον ποσότης θερμότητος ισοδύναμος προς 1 Joule, όταν ο άγωγός διαρρέεται από ηλεκτρικόν ρεύμα έντάσεως 1 Ampere.



Σχ. 126. Πραγματοποιήσις προτύπου ἀντιστάσεως 1 Ωμ.

Αἱ μετρήσεις ηλεκτρικῶν ἀντιστάσεων δύνανται νά γίνωνται μέ σύγκρισιν πρὸς ἕνα πρότυπον Ωμ. Δι' αὐτὸν τὸν λόγον κατασκευάσαν μίαν πρότυπον ἀντίστασιν ἴσην μέ ἕνα Ωμ (σχ. 126). Οὕτω τὸ Ωμ παριστᾶται ἀπὸ τὴν ἀντίστασιν μιᾶς κυλινδρικῆς στήλης ὑδραργύρου, μήκους 106,3 cm καὶ πάχους 1 mm² εἰς θερμοκρασίαν 0 °C.

Τὸ Μεγκῶμ (1 ΜΩ) εἶναι πολλαπλασία μονὰς τοῦ 1 Ωμ, ἔχομεν δὲ ὅτι :

$$1 \text{ ΜΩ} = 10^6 \text{ Ω}$$

§ 129. Νόμος τοῦ Τζάουλ. Τὰ συμπεράσματα τῶν πειραμάτων τὰ ὁποῖα ἐξετελέσαμεν εἰς τὴν προηγουμένην παράγραφον συγκεντρώνονται εἰς τὴν ἀκόλουθον γενικὴν διατύπωσιν, ἡ ὁποία φέρει τὴν ὀνομασίαν νόμος τοῦ Τζάουλ.

Ἡ ποσότης τῆς θερμότητος ἡ ὁποία ἐκλύεται ἐντὸς ἐνὸς ἀγωγοῦ, ὁ ὁποῖος διαρρέεται ἀπὸ ηλεκτρικόν ρεύμα, εἶναι ἀνάλογος : α) πρὸς τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀγωγοῦ, β) πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς έντάσεως τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος, καὶ γ) πρὸς τὸν χρόνον διελεύσεως τοῦ ρεύματος αὐτοῦ

Τύπος τοῦ Τζάουλ. Συμφώνως πρὸς τὸν ὀρισμὸν τῆς ἀντιστάσεως, ἡ θερμότης ἡ ὁποία ἐκλύεται ἐντὸς ἐνὸς ἀγωγοῦ ἀντιστάσεως 1 Ω, κατὰ τὴν διέλευσιν ρεύματος έντάσεως 1 A καὶ διὰ χρονικὸν διάστημα 1 sec, εἶναι ἰσοδύναμος μέ 1 Joule.

Ἐπομένως, ἡ ποσότης Q τῆς θερμότητος, ἡ ὁποία 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 $R \cdot i^2 \cdot t$ Joule. Δηλαδή :

$$Q = R \cdot i^2 \cdot t \text{ Joule}$$

Έπειδή όμως ή ποσότης τής θερμότητος εκφράζεται συνηθέστερον εις θερμίδας (cal) και $1 \text{ Joule} = \frac{1}{4,18} \text{ cal} = 0,24 \text{ cal}$, 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 εφαρμογιά. 1. Μία ήλεκτρική αντίστασις 100Ω διαρρέεται από ρεύμα έντάσεως 5 A επί χρόνον 10 min . Νά εύρεθ ή τή ποσόν τής θερμότητος εις Joule και εις cal., τή όποιον εκλύεται έντός τού χρονικου αυτού διαστήματος.

Λύσις. Έκ τού τύπου :

$$Q = R \cdot i^2 \cdot t \text{ Joule}$$

δι' άντικαταστάσεως τών δεδομένων, ήτοι :

$R = 100 \Omega$, $i = 5 \text{ A}$ 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 $1 \text{ Joule} = 0,24 \text{ cal}$, 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 ήλεκτρικός λαμπτήρ διαρρέεται από ήλεκτρικόν ρεύμα έντάσεως $0,4 \text{ A}$ και είναι βυθισμένος μέσα εις ένα θερμιδόμετρον, τή όποιον περιέχει 450 gr. ύδατος. Μετά από χρονικόν διάστημα 3 min και 20 sec , ή αύξησις τής θερμοκρασίας τού ύδατος είναι $4,8 \text{ }^\circ\text{C}$. Νά εύρεθ ή αντίστασις τού ήλεκτρικου 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 τού 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 τοὺς ἀγωγούς, μέσα ἀπὸ τοὺς ὁποίους διέρχεται (Θερμότης Τζάουλ).

2. Ἡ πειραματικὴ σπουδὴ τῶν θερμικῶν ἀποτελεσμάτων τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος γίνεται μὲ ἓνα τμήμα ἀγωγοῦ σύρματος, βυθισμένου ἐντὸς ἐνὸς θερμιδομέτρου μὲ πετρέλαιον. Μετροῦμε τότε τὴν ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας, ἡ ὁποία προκαλεῖται ἀπὸ τὴν διέλευσιν τοῦ ρεύματος.

3. Ἡ ἀντίστασις ἐνὸς ἀγωγοῦ εἶναι μέγεθος τὸ ὁποῖον χαρακτηρίζει τὸν ἀγωγὸν ἀναφορικῶς πρὸς τὸ φαινόμενον Τζάουλ. Ἡ ἀντίστασις μετρεῖται εἰς μονάδας Ὠμ. Τὸ Ὠμ (1 Ω, 1 Ohm) εἶναι ἴσον μὲ τὴν ἀντίστασιν ἐνὸς ἀγωγοῦ, εἰς τὸν ὁποῖον ἐκλύεται ἀνά δευτερόλεπτον ποσότης θερμότητος ἰσοδύναμος μὲ 1 Joule, ὅταν ὁ ἀγωγὸς διαρρέεται ἀπὸ ηλεκτρικὸν ρεύμα ἐντάσεως 1 A.

4. Ὁ νόμος τοῦ Τζάουλ ἐκφράζει ὅτι : Ἡ ποσότης θερμότητος, ἡ ὁποία ἐκλύεται μέσα εἰς ἓνα ἀγωγόν, ὁ ὁποῖος διαρρέεται ἀπὸ ηλεκτρικὸν ρεύμα, εἶναι ἀνάλογος α) πρὸς τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀγωγοῦ, β) πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, καὶ γ) πρὸς τὸν χρόνον διελύσεως τοῦ ρεύματος.

5. Ἡ μαθηματικὴ ἔκφρασις τοῦ νόμου τοῦ Τζάουλ εἶναι ἡ ἀκόλουθος :

$$Q = 0,24 \cdot R \cdot i^2 \cdot t$$

Ὅταν ἡ ἀντίστασις R ἐκφράζεται εἰς μονάδας Ὠμ, ἡ ἔντασις i εἰς μονάδας Ἀμπέρ καὶ ὁ χρόνος t εἰς δευτερόλεπτα, ἡ ποσότης θερμότητος Q εὑρίσκεται εἰς θερμίδας.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

113. Ἐνας ηλεκτρικὸς θερμαντὴρ ἔχει ἀντίστασιν 30 Ω, διαρρέεται δὲ ἀπὸ ηλεκτρικὸν ρεύμα ἐντάσεως 4 A. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, ἡ ὁποία ἐλευθερώνεται ἐντὸς 5 min. (Ἀπ. 34,56 kcal.)

114. Ἐνας ἀγωγὸς εἶναι βυθισμένος μέσα εἰς ἓνα θερμιδόμετρον μὲ ὕδωρ. Τὸ

ισοδύναμον εις ὕδωρ τοῦ θερμοδομέτρον 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 °G. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀγωγοῦ. (Ἰ.Απ. 19,44 Ω.)

115. Ἐντὸς θερμοδομέτρον, θερμοχωρητικότητος 20 cal/grad, τὸ ὁποῖον περιέχει 480 gr ὕδατος, βυθίζομεν ἓνα σύρμα, τὸ ὁποῖον ἔχει ἀντίστασιν 8 Ω καὶ τροφοδοτοῦμεν ἐπὶ 3 min καὶ 29 sec μὲ ἠλεκτρικὸν ρεῖμα. Ἡ θερμοκρασία τοῦ ὕδατος ἀνέρχεται κατὰ 20 °G. Νὰ ὑπολογισθοῦν : α) Ἡ ποσότης τῆς θερμότητος ἡ ὁποία ἠλευθερώθη κατὰ τὴν διέλευσιν τοῦ ρεύματος καὶ ἡ ἀντίστοιχος ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια. β) Ἡ ἐντάσις τοῦ ρεύματος. (Ἰ.Απ. α' Q = 10 000 cal, A = 41 800 Joule. β' 5 A.)

116. Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῖμα, τὸ ὁποῖον παράγει μίαν ἠλεκτρικὴν γεννήτρια, διαρρέει ἓνα κύκλωμα. Τὸ κύκλωμα αὐτὸ ἀποτελεῖται ἀπὸ μίαν ἀντίστασιν 20 Ω, εἰς τὴν ὁποίαν ἐλευθερώνονται 460 cal ἀνὰ λεπτόν, καὶ ἓνα βολταμέτρον μὲ θεϊκὸν χαλκόν. Ζητοῦνται : α) Ἡ ἐντάσις τοῦ ρεύματος, καὶ β) ἡ μᾶζα τοῦ χαλκοῦ, ὁ ὁποῖος ἀποτίθεται εἰς τὴν κάθοδον ἐντὸς 10 πρῶτων λεπτῶν. Ἀτομικὸν βάρος χαλκοῦ 64. Ὁ χαλκὸς νὰ θεωρηθῇ δισθενής. (Ἰ.Απ. 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 7 λίτρον ὕδατος ἀρχικῆς θερμοκρασίας 20 °G. α) Νὰ ὑπολογισθῇ εἰς Joule ἡ θερμότης ἡ ὁποία ἀποδίδεται εἰς τὸ ὕδωρ. β) Νὰ εὑρεθῇ ἡ τελικὴ θερμοκρασία τοῦ ὕδατος. (Ἰ.Υποθέτομεν ὅτι τὸ ἰσοδύναμον εἰς ὕδωρ τοῦ δοχείου εἶναι μηδέν). (Ἰ.Απ. α' Q = 15 120 J. β' 23,6 °G.)

KZ'— ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ. ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΙΣΧΥΣ

§ 130. Ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια. α) Ἡ θερμότης, ἡ ὁποία ἐκλύεται ἐντὸς ἑνὸς ἀγωγοῦ κατὰ τὴν διέλευσιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, εἶναι μίαν μορφή ἐνεργείας.

Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῖμα, τὸ ὁποῖον προκαλεῖ τὴν ἐμφάνισιν τῆς θερμότητος αὐτῆς, εἶναι μίαν ἄλλην 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 :

$$A = R \cdot i^2 \cdot t \text{ Joule}$$

Ἀριθμητική ἔφαρμογή. Ἐνας λαμπτήρ πυρακτώσεως με ἀντίστασιν 410 Ω, διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ἐντάσεως 0,3 A. Πόσῃν ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν καταναλίσκει ὁ λαμπτήρ ἐντὸς χρόνου 10 min.

Λύσις. Ἀπὸ τὸν τύπον $A = R \cdot i^2 \cdot t$, ἀντικαθιστώντες τὰ σύμβολα με τὰς τιμὰς των, δηλαδὴ $R = 410 \text{ } \Omega$, $i = 0,3 \text{ A}$, $t = 10 \text{ min} = 10 \cdot 60 \text{ sec} = 600 \text{ sec}$, λαμβάνομεν:

$$A = 410 \cdot (0,3)^2 \cdot 600 \text{ Joule} = 22 \text{ } 140 \text{ Joule}.$$

β) Περίπτωσης ἐνὸς βολταμέτρου ἢ ἐνὸς ἠλεκτρικοῦ κινητήρος. Ὅπως οἱ ἀγωγοί, οὕτω καὶ τὸ βολτάμετρον ἢ ὁ ἠλεκτρικὸς κινητήρ (μία μηχανὴ δηλαδὴ ἣτις λειτουργεῖ με παροχὴν ἠλεκτρικοῦ ρεύματος), θερμαίνονται κατὰ τὴν διέλευσιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια ἢ ὁποία μετατρέπεται εἰς θερμικὴν ἐνέργειαν εἶναι ἴση πρὸς $R \cdot i^2 \cdot t$ Joule.

Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ὅμως, διασπῶν τὸν ἠλεκτρολύτην ἐνὸς βολταμέτρου, παράγει καὶ χημικὴν ἐνέργειαν, ἐνῶ ὅταν στρέφῃ ἓνα κινητήρα, παράγει καὶ μηχανικὴν ἐνέργειαν.

Ἡ ἔκφρασις συνεπῶς $R \cdot i^2 \cdot t$ δὲν ἀντιπροσωπεύει παρὰ ἓνα μέρος A' τῆς συνολικῆς ἠλεκτρικῆς 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 ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια A , ἢ ὁποία καταναλίσκεται εἰς τὰς περιπτώσεις αὐτάς, εἶναι συνεπῶς ἴση με τὸ ἄθροισμα τῆς A' καὶ τῆς A'' . Δηλαδὴ :

$$A = A' + A'' \quad \text{ἢ} \quad A = R \cdot i^2 \cdot t + A''$$

§ 131 Ἐλεκτρικὴ ἰσχύς. Ἡ ἠλεκτρικὴ ἰσχύς μιᾶς συσκευῆς εἶναι ἴση με τὴν ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν, τὴν ὁποίαν καταναλίσκει ἢ συσκευὴ ἐντὸς ἐνὸς δευτερολέπτου καὶ ἐκφράζεται εἰς :

Τζάουλ ἀνά δευτερόλεπτον (Joule/sec), δηλαδὴ εἰς **Bát (W)**.

Χρησιμοποιοῦμεν ἀκόμη καὶ τὸ πολλαπλάσιον τοῦ **Bát** τὸ **κιλοβάτ (1kW)** καί, ὅπως γνωρίζομεν ἰσχύει ἢ σχέσις :

$$1 \text{ kW} = 1.000 \text{ W}$$

Ἐπειδὴ ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια A , ἢ ὁποία καταναλίσκεται ὑπὸ μορφήν θερμότητος ἐντὸς χρόνου t , εἶναι ἴση πρὸς : $A = R \cdot i^2 \cdot t$, ἢ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια ἢ ὁποία καταναλίσκεται ἐντὸς ἐνὸς δευτερο-

λέπτου, δηλαδή η ηλεκτρική ισχύς N , θα δίδεται από τον τύπον :

$$N = \frac{A}{t} = \frac{R \cdot i^2 \cdot t}{t} = R \cdot i^2. \text{ Δηλαδή :}$$

$$\mathbf{N = R \cdot i^2}$$

Όταν η R εκφράζεται εις Ώμ και η i εις Άμπέρ, τότε η ισχύς εύρσκεται εις Βάτ.

Η ηλεκτρική ισχύς ενός καταναλωτοῦ αναγράφεται συνήθως ἐπι τῆς συσκευῆς, μαζί με άλλας χρησίμους ἐνδείξεις διὰ τὴν λειτουργίαν του.

Άριθμητικὰ παραδείγματα. 1. Νὰ ὑπολογισθῆ ἡ ηλεκτρική ισχύς ἐνός λαμπτήρος, ἀντίστασεως 500 Ω, ὁ ὁποῖος διαρρέεται ἀπὸ ρεύμα ἐντάσεως 0,8 Α.

Λύσις. Ἀντικαθιστώντες εις τὸν τύπον $N=R \cdot i^2$ τὰ δεδομένα τοῦ προβλήματος λαμβάνομεν :

$$N = 500 \cdot 0,8^2 \text{ W} = 320 \text{ W}.$$

2. Μία ηλεκτρική συσκευή τῆς ὁποίας ἡ ισχύς εἶναι ἴση με 1.440 W, ἔχει ἀντίστασιν 10 Ω. Πόση εἶναι ἡ ἐντάσις τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὴν συσκευὴν.

Λύσις. Ἀπὸ τὸν τύπον $N = R \cdot i^2$, λύοντες ὡς πρὸς i λαμβάνομεν :

$$i = \sqrt{\frac{N}{R}}$$

Ἀντικαθιστώντες τὰ δεδομένα εύρσκομεν :

$$i = \sqrt{\frac{1440}{10}} = \sqrt{144} = 12 \text{ A}.$$

Πρακτικὴ μονὰς ηλεκτρικῆς ἐνεργείας. Τὸ Τζάουλ (1 Joule) εἶναι πολὺ μικρὰ μονὰς ἐνεργείας. Δι' αὐτὸν τὸν λόγον εις τὰς τρεχούσας ἀνάγκας χρησιμοποιοῦμεν μίαν μεγαλυτέραν μονάδα, τὴν :

1 βατώραν (1 Wh)

καὶ τὸ πολλαπλάσιόν τῆς :

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-
τόριον, 1 Wh) εἶναι ἴση μὲ
τὴν ἐνέργειαν ἢ ὁποῖα κατα-
ναλίσκεται ἐντὸς μιᾶς ὥρας
ἐντὸς ἐνὸς ἀγωγοῦ ἢ μιᾶς
συσκευῆς, ὅταν ἡ ἰσχὺς τοῦ
ἠλεκτρικοῦ ρεύματος εἶναι ἐ-
νὸς Βάτ (1 W).

Ἐάν λύσωμεν τὸν τύπον
τῆς ἰσχύος ὡς πρὸς A , λαμ-
βάνομεν: $A = N \cdot t$.

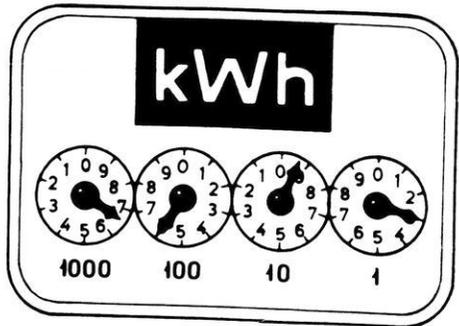
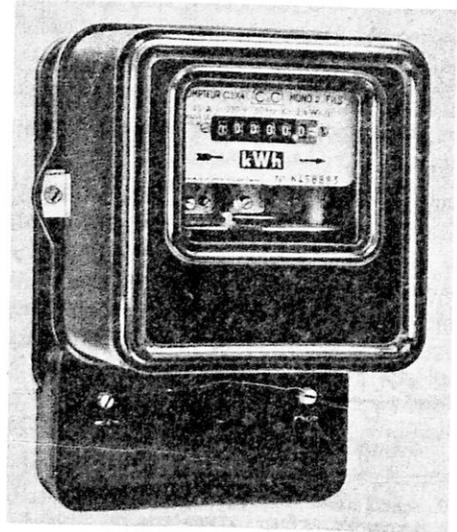
Ὅταν ἡ ἰσχὺς N ἐκφρά-
ζεται εἰς Βάτ καὶ ὁ χρόνος
 t εἰς ὥρας, ἡ ἠλεκτρικὴ ἰ-
σχὺς N εὐρίσκεται εἰς βατώ-
ρας (Wh). Βατώρας εὐρίσκο-
μεν ἐπίσης ἂν ἐκφράσωμεν
εἰς ὥρας τὸν χρόνον εἰς τὸν
τύπον :

$$A = R \cdot i^2 \cdot t.$$

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 βάσιν τὰς ἐνδείξεις
τοῦ μετρητοῦ, γίνεται ἡ πληρωμὴ τῆς ἀξίας τοῦ καταναλωθέντος
ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

Ἀριθμητικὴ ἐφαρμογή. Μία ἠλεκτρικὴ συσκευή, ἰσχύος 1.200 W , χρησι-



Σχ. 127. Μετρητὴς ἠλεκτρικῆς ἐνέργειας
(κοινῶς ρολοὶ ἠλεκτρικοῦ). Ἐνδείξεις :
 $6\,593 \text{ kWh}$.

μποιείται ,κατά μέσον όρον, 2 ώρας και 30 λεπτά ανά ημέραν. Να υπολογίσετε τó κόστος τής ηλεκτρικής ενέργειας, τήν όποιαν καταναλίσκει έντός ένός 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 ειναί :

$$\Delta = 90 \cdot 1,5\ \delta\rho\chi. = 135\ \delta\rho\chi.$$

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Τó ηλεκτρικόν ρεύμα είναι μία μορφή ενέργειας, ή όποια όνομάζεται ήλεκτρική ενέργεια.

2. Ή ποσότης θερμότητος A , ή όποια εκλύεται από τó ήλεκτρικόν ρεύμα, είναι ισοδύναμος πρòς $R \cdot i^2 \cdot t$ Joule. Ή ήλεκτρική ενέργεια συνεπώς εκφράζεται εις μονάδας Τζουλ από τόν τύπον :

$$A = R \cdot i^2 \cdot t$$

3. Ή ήλεκτρική ισχύς μιās συσκευής όνομάζεται ή ήλεκτρική ενέργεια τήν όποιαν καταναλίσκει ή συσκευή αύτη ανά δευτερόλεπτον.

4. Ή ήλεκτρική ισχύς N εκφράζεται εις Βάτ (W) και κιλοβάτ (kW), δίδεται δέ από τήν σχέσιν :

$$N = R \cdot i^2$$

Όταν ή αντίσταση 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 ήλεκτρικής ενέργειας και ισοϋται με τήν ενέργειαν τήν όποιαν καταναλίσκει έντός μιās ώρας ένας άγωγός, ό όποιος 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 και 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 καύσιν του, ποσότητα θερμότητος ἴσην πρὸς 7 000 kcal, ἀπὸ τὴν ὁποίαν ὅμως μόνον τὰ 40% χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν θέρμανσιν. α) Νὰ ζητεῖται νὰ εὑρεθῇ 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 εὑρεθῇ τὸ κόστος τῆς θερμάνσεως, ἐὰν διὰ τὴν θέρμανσιν χρησιμοποιεῖται ηλεκτρικὸν ρεῦμα καὶ ἡ μία 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 θερμαντὴρ 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 θερμαντὴρα χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν θέρμανσιν τοῦ ὕδατος, νὰ ὑπολογισθῇ ἡ τελικὴ θερμοκρασία ὕδατος μάζης 2 800 gr, ἀρχικῆς θερμοκρασίας 10 °C ἐὰν θερμαίνωνται 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 θερμοσίφων 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 τοὺς 10 °C εἰς τοὺς 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 ἀπερροφηθῇ κατὰ τὴν θέρμανσιν. β) Ἡ ἰσχύς τοῦ βραστήρος καὶ γ) ἡ ἀντίστασις τοῦ βραστήρος.

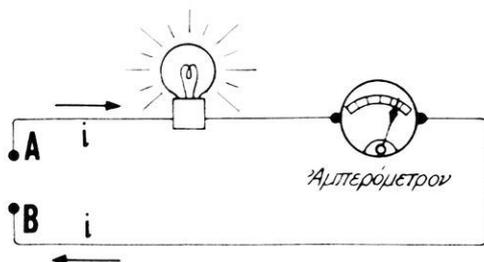
(Ἄπ. α' 80 780 cal. β' 565,5 W. γ' 22,6 Ω.)

ΚΗ' — ΔΙΑΦΟΡΑ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ . ΜΟΝΑΣ ΒΟΛΤ

§ 152. Έννοια τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ. α) Πείραμα. Συνδέομεν ἓνα ἠλεκτρικὸν λαμπτήρα εἰς τοὺς δύο ἄκροδεκτὰς Α καὶ Β ἑνὸς ρευματοδότη (πρίζα). Ἐνα ἄμπερόμετρον παρεμβάλλεται εἰς τὸ κύκλωμα διὰ νὰ δεικνύῃ τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος (σχ. 128).

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 ὁποῖον διαρρέει τὸ κύκλωμα, εἶναι τώρα 1,36 A.



Σχ. 128. Διὰ τὴν ἔννοιαν τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ

Εἰς ἐκάστην ἀπὸ τὰς τρεῖς ἀνωτέρω περιπτώσεις ἔχομεν διαφορετικὴν ἰσχὺν

τοῦ ἠλεκτρικοῦ καταναλωτοῦ καὶ διαφορετικὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον τὸν διαρρέει· ὁ λόγος ὅμως τῆς ἠλεκτρικῆς ἰσχύος, ἣτις καταναλίσκεται μεταξὺ τῶν σημείων Α καὶ Β τοῦ κυκλώματος καὶ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ τμήμα αὐτὸ τοῦ κυκλώματος, εἶναι σταθερὸς ⁽¹⁾.

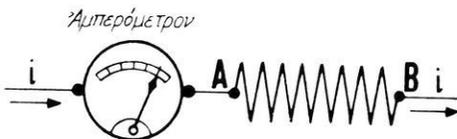
Πράγματι ἔχομεν ὅτι :

$$\frac{75}{0,34} = 220, \quad \frac{40}{0,18} = 220, \quad \frac{300}{1,36} = 220.$$

Ὁ σταθερὸς αὐτὸς λόγος χαρακτηρίζει αὐτὸ τὸ ὁποῖον ὀνομάζομεν **διαφορὰν δυναμικοῦ ἢ ἠλεκτρικὴν τάσιν** μεταξὺ τῶν δύο ἄκροδεκτῶν τοῦ ρευματολήπτου.

(1) Ἡ ἰσχὺς ἢ ὁποία καταναλίσκεται μεταξὺ τῶν σημείων Α καὶ Β, εἶναι πρακτικῶς ἴση μὲ τὴν ἰσχὺν τῶν λαμπτήρων ἢ τοῦ ἠλεκτρικοῦ σιδερίου, διότι ἡ ἰσχὺς ἢ ὁποία καταναλίσκεται ἀπὸ τὸ ἄμπερόμετρον καὶ τὰ ἀγωγὰ σύρματα εἶναι ἀσημαντος.

β) Ἐὰς θεωρήσωμεν γενικότερον τὸν ἀγωγὸν AB, ὁ ὁποῖος ἀποτελεῖ μέρος ἑνὸς κυκλώματος, τὸ ὁποῖον διαρρέεται μὲ ρεῦμα ἐντάσεως i Ἄμπέρ, ἔστω δὲ ὅτι ἡ ἰσχύς ἣτις καταναλίσκεται μεταξύ τῶν σημείων A καὶ B εἶναι N Βατ (σχ. 129). Μὲ τὰς ἀνωτέρω προϋποθέσεις λέγομεν ὅτι :



Σχ. 129. Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ U μεταξύ τῶν σημείων A καὶ B εἶναι ἴση πρὸς $N.i$.

Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξύ τῶν σημείων A καὶ B ἑνὸς κυκλώματος ἔχει ὡς μέτρον τὸ πηλίκον τῆς ἰσχύος, ἣτις 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 :

$$U = \frac{N}{i}$$

$$\text{διαφορὰ δυναμικοῦ (τάσις)} = \frac{\text{ἰσχύς}}{\text{ἐντάσις ρεύματος}}$$

§ 133. Ἐξήγησις διαφορᾶς δυναμικοῦ. Ἐὰς ἐπανέλθωμεν εἰς τὸ πείραμα τῆς ἀρχῆς τοῦ κεφαλαίου τῆς § 132.

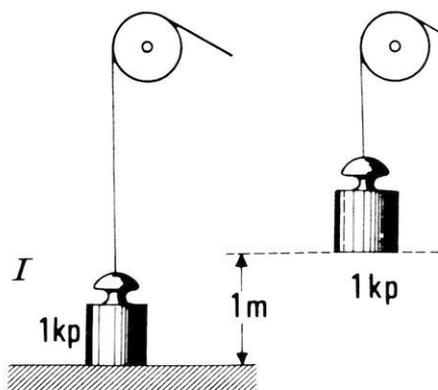
Ὅταν συνδέσωμεν τὸν λαμπτήρα ἰσχύος 75 W εἰς τὸ κύκλωμα, τότε ἐντὸς χρονικοῦ διαστήματος ἑνὸς δευτερολέπτου δαπανᾶται μεταξύ τῶν σημείων A καὶ B (βλ. σχ. 128) ἐνέργεια 75 Joule, ἐνῶ εἰς τὸ ἴδιον χρονικὸν διάστημα τὸ ρεῦμα τῶν 0,34 A μεταφέρει ποσότητα ἠλεκτρισμοῦ 0,34 Cb.

Μὲ ἄλλους λόγους διὰ τὴν ἀναμετρήσασθαι ποσότητος ἠλεκτρισμοῦ 0,34 Cb ἀπὸ τὸν ἀκροδέκτην A εἰς τὸν ἀκροδέκτην B, καταναλίσκεται ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια 75 Joule.

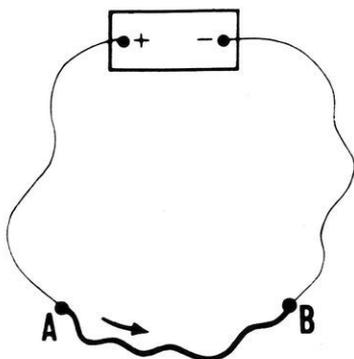
Διὰ ποῖον ὅμως λόγον δαπανᾶται ἡ ἐνέργεια αὕτη ;

Διὰ τὴν ἀναμετρήσασθαι καλλίτερον τὸ θέμα θὰ θεωρήσωμεν τὸ ἀκόλουθον μηχανικὸν ἀνάλογον.

Ὅταν θέλωμεν νὰ ἀνυψώσωμεν ἕνα σῶμα, ἀπὸ τὸ ἕδαφος μέχρις



II



Σχ. 130. Μηχανικόν ανάλογον διά τήν κατανόησιν τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ 1 Volt.

δυναμικοῦ καθορίζεται καί ἡ σχετικῆ 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 ἑνὸς ἀγωγοῦ, ὁ ὁποῖος διαρρέεται ἀπὸ σταθερὸν ρεῦμα ἐντάσεως 1 Ἀμπέρ (1 A) καὶ καταναλίσκει ἰσχὺν 1 Βάτ (1 W) μεταξὺ τῶν δύο αὐτῶν σημείων.

Μερικαὶ τιμαὶ διαφορᾶς δυναμικοῦ. Παραθέτομεν μερικὰς τιμὰς

ἐνὸς ὠρισμένου ὕψους, πρέπει νὰ δαπανήσωμεν μηχανικὴν ἐνέργειαν. Κατ' ἀναλογίαν, ὅταν μεταφέρωμεν ἠλεκτρικὰ φορτία μέσα εἰς ἕνα ἀγωγόν, πρέπει νὰ δαπανήσωμεν ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

Τὸ ἀνάλογον τῆς διαφορᾶς στάθμης εἰς τὴν Μηχανικὴν εἶναι ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τὸν Ἠλεκτρισμόν. Οὕτως, ὅταν ἀνυψώσωμεν ἕνα σῶμα βάρους 1 kp μέχρις ὕψους 1 m, δαπανῶμεν ἔργον 1 kpm. Ὄταν μεταφέρωμεν ἠλεκτρικὸν φορτίον 1 Cb, ἀπὸ ἕνα σημεῖο A εἰς ἕνα σημεῖον B ἑνὸς ἀγωγοῦ, ὥστε νὰ δαπανηθῆ 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

ήλεκτρικῆς τάσεως μεταξύ τῶν ἀκροδετῶν τῶν πόλων ὀρισμένον ἠλεκτρικῶν πηγῶν :

Ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον	1 - 2 V
Ἡλεκτρικὴ στήλη (φανάρι τσέπης)	4,5 V
Συστοιχία συσσωρευτῶν	6 - 12 V

Μεταξὺ τῶν δύο συρμάτων ἐνὸς ρευματοδότου ἐπικρατεῖ τάσις 110 V ἢ 220 V, ἀναλόγως πρὸς τὴν τάσιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ δικτύου. Αἱ τιμαὶ αὗται συνήθως μεταβάλλονται κατὰ μερικὰ Βόλτ. Δι' αὐτὸν τὸν λόγον ἡ τάσις ἐνὸς δικτύου παροχῆς ἠλεκτρικοῦ ρεύματος 110 V, π.χ. μειώνεται εἰς ὀρισμένας περιπτώσεις καὶ φθάνει τὰ 105 V ἢ καὶ τὰ 100 V ἀκόμη.

Ἡ τάσις συνήθως εἰς τὰ σύρματα μιᾶς γραμμῆς μεταφορᾶς εἶναι ἀρκετὰ ἑκατοντάδες χιλιάδων Βόλτ (220 000 V ἢ 380 000 V).

Ἐννοοῦμεν τώρα τὴν σημασίαν τῆς ἀναγραφῆς ὀρισμένων ἐνδείξεων ἐπὶ τῶν λαμπτήρων φωτισμοῦ ἢ ἐπὶ τῶν διαφόρων συσκευῶν. Οὕτως αἱ ἐνδείξεις 100 W, 220 V τὰς ὁποίας εἶναι δυνατόν νὰ διαβάσωμεν εἰς ἓνα λαμπτήρα, ἔχουν τὴν ἔννοιαν ὅτι ὁ λαμπτήρ αὐτὸς λειτουργεῖ κανονικῶς, ὅταν συνδεθῇ εἰς δίκτυον τάσεως 220 V. Ἡ ἰσχὺς τὴν ὁποίαν καταναλίσκει τότε ὁ λαμπτήρ εἶναι 100 W.

Ἄν συνδέσωμεν τὸν ἀνωτέρω λαμπτήρα εἰς σημεῖα ἐνὸς κυκλώματος, τὰ ὁποῖα παρουσιάζουν διαφορὰν δυναμικοῦ 12 V, τὸ σπείραμα δὲν θὰ πυρακτωθῇ καὶ ὁ λαμπτήρ θὰ παραμείνῃ σβυστός. Ἡ ἐνέργεια τὴν ὁποίαν ἀπορροφεῖ τὸ σύρμα πυρακτώσεως εἶναι ἐλαχίστη.

Ἄν ὅμως συνδέσωμεν εἰς δίκτυον 220 V ἓνα λαμπτήρα, κατεσκευασμένον διὰ νὰ λειτουργῇ εἰς δίκτυον 12 V, αὐτὸς καίεται ἀμέσως καὶ καταστρέφεται. Ἡ ἐνέργεια, ἡ ὁποία ἀπελευθερώνεται εἰς τὸ σύρμα πυρακτώσεως, εἶναι πολὺ μεγάλη καὶ προκαλεῖ τῆξιν τοῦ σύρματος.

§ 135. Ἐκφράσεις τῆς ἰσχύος καὶ τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας, αἱ ὁποῖαι καταναλίσκονται μέσα εἰς ἓνα ἀγωγόν. Γνωρίζομεν ὅτι ἡ ἠλεκτρικὴ ἰσχὺς, ἡ ὁποία καταναλίσκεται ἀπὸ τὴν θερμότητα Τζάουλ, μέσα εἰς ἓνα ἀγωγόν, ἀντιστάσεως R, δίδεται ἀπὸ τὸν τύπον: $N=R \cdot i^2$ (βλ. § 131, σελ. 136).

Ἄπὸ τὴν σχέσιν $U=N/i$, (ἡ ὁποία εὐρίσκεται ἀπὸ τὴν $N=R \cdot i^2$,

όταν θέσωμεν $R=U/i$), λύοντες ως πρὸς N λαμβάνομεν μίαν ἄλλην ἔκφρασιν τῆς ἰσχύος :

$$N = U \cdot i$$

Όταν ἡ τάσις U ἐκφράζεται εἰς Βόλτ καὶ ἡ ἔντασις i εἰς Ἄμπέρ, ἡ ἰσχύς N εὐρίσκεται εἰς Βάτ.

Ἀριθμητικαὶ ἐφαρμογαί. 1. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἰσχύς ἐνὸς ἠλεκτρικοῦ λαμπτήρος, ὁ ὁποῖος διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα ἐντάσεως 0,45 A, ὅταν ἡ τάσις εἰς τὰ ἄκρα τῶν συρμάτων, τὰ ὁποῖα καταλήγουν 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, ἰσχύος 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 ἄγωγόν, δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν : $A=R \cdot i^2 \cdot t$. Ἐπειδὴ ὁμως τὸ γινόμενον $R \cdot i^2$ εἶναι ἴσον μὲ τὴν ἰσχύν N καὶ αὕτη 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. Ἐὰν ὁμως ὁ χρόνος ἐκφράζεται εἰς ὥρας, ἡ ἐνέργεια A εὐρίσκεται εἰς βατώρας (Wh).

§ 137. Ἄλλη ἔκφρασις τοῦ νόμου τοῦ Τζάουλ. Ἡ ἐνέργεια $A=U \cdot i \cdot t$ Joule εἶναι ἰσοδύναμος πρὸς τὴν ἀκόλουθον ποσότητα θερμότητος εἰς θερμίδας :

$$Q = 0,24 \cdot U \cdot i \cdot t$$

Ἀριθμητική ἐφαρμογή. Νὰ ὑπολογισθῆ εἰς κίλοβατώρας ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια, ἡ ὁποία καταναλίσκεται ἐντὸς 5 ὥρῶν ἀπὸ μίαν ἠλεκτρικὴν θερμάστραν, ἡ ὁποία λειτουργεῖ μὲ τάσιν 110 V καὶ διαρέεται ἀπὸ ρεῦμα ἐντάσεως 4 Ἀμπέρ.

Λύσις. Ἀντικαθιστώντες εἰς τὸν τύπον $A = U \cdot i \cdot t$ τὰς τιμὰς τῶν δεδομένων τοῦ προβλήματος, δηλαδὴ :

$$U = 110 \text{ V}, i = 4 \text{ A}, t = 5 \text{ h, λαμβάνομεν :}$$

$$A = 110 \cdot 4 \cdot 5 \text{ Wh} = 2\,200 \text{ Wh} = \mathbf{2,2 \text{ kWh.}}$$

§ 138. Πρόσθεσις τάσεων. Μία ἠλεκτρικὴ θερμάστρα, ἓνας λαμπτήρ καὶ ἓνας ροοστάτης (μία μεταβλητὴ δηλαδὴ ἀντίσταση) εἶναι συνδεδεμένα ἐν σειρᾷ εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ παραστατικοῦ σχήματος 131 καὶ διαρρέονται ἀπὸ τὸ ἴδιον ρεῦμα, τὸ ὁποῖον ἔχει ἔναντι i .

Ἐστω U_1 ἡ τάσις εἰς τοὺς ἀκροδέκτας A καὶ B τῆς θερμάστρας U_2 ἡ τάσις εἰς τοὺς ἀκροδέκτας B καὶ Γ τοῦ λαμπτήρος καὶ U_3 ἡ τάσις εἰς τὰ σημεῖα Γ καὶ Δ τοῦ ροοστάτου.

Ἐκάστη ἀπὸ τὰς τρεῖς αὐτὰς συσκευὰς καταναλίσκει ἠλεκτρικὴν ἰσχὺν : $N_1 = U_1 \cdot i$ ἡ θερμάστρα, $N_2 = U_2 \cdot i$ ὁ λαμπτήρ καὶ $N_3 = U_3 \cdot i$ ὁ ροοστάτης.

Ἐάν ἐκφράσωμεν μὲ U τὴν τάσιν εἰς τὰ ἀκροῦτα σημεῖα A καὶ Δ, τότε ἡ ὀλικὴ ἰσχὺς N , ἡ ὁποία καταναλίσκεται μεταξὺ αὐτῶν, εἶναι ἴση πρὸς :

$$N = U \cdot i$$

Ἡ ἰσχὺς ὅμως N εἶναι ἴση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἰσχύων, αἱ ὁποῖαι καταναλίσκονται ἀπὸ τὰς τρεῖς συσκευὰς :

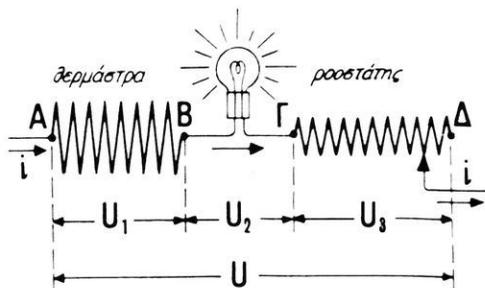
$$N = N_1 + N_2 + N_3$$

Ἡ σχέσηις αὐτὴ γράφεται καὶ ὡς ἐξῆς :

$$U \cdot i = U_1 \cdot i + U_2 \cdot i + U_3 \cdot i$$

ὁπότε, ἀπλοποιούντες μὲ τὸ i , τελικῶς λαμβάνομεν ὅτι :

$$\mathbf{U = U_1 + U_2 + U_3}$$



Σχ. 131. Αἱ ἠλεκτρικαὶ τάσεις προστίθενται ὅταν 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 διαφορά δυναμικοῦ ἢ ἠλεκτρικὴ τάσις U μεταξὺ 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 μεταξὺ 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 μεταξὺ δύο σημείων ἐνὸς ἀγωγοῦ, ὁ ὁποῖος διαρρέεται ἀπὸ σταθερὸν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ἐντάσεως ἐνὸς Ἀμπέρ, ὅταν μεταξὺ 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 περισσότερες από μίαν αντίστασεις είναι συνδεδεμένες εν σειρά, τότε αί διαφοραί του ηλεκτρικού δυναμικού εις τὰ ἄκρα ἐκάστης ἀντίστασεως προστίθενται.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

124. Ἀγωγός ἀντίστασεως $20,9 \Omega$ διαρρέεται ἀπό ηλεκτρικόν ρεύμα ἐντάσεως $2,5 A$. α) Νά ὑπολογισθῇ ἡ ηλεκτρική ἰσχύς, ἣτις καταναλίσκεται ἀπό τὸ σύρμα. β) Πόση εἶναι ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εις τὰ ἄκρα τῆς ἀντίστασεως.
(Ἰ.Απ. α' $130,6 W$. β' $52,2 V$.)

125. Ἐντὸς ἐνὸς θερμοδόμετρον βυθίζομεν ἓνα ἀγωγὸν ηλεκτρικοῦ ρεύματος. Εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ ἐπιβάλλεται διαφορὰ δυναμικοῦ $10 Volt$. Ἡ ἔντασις τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸν ἀγωγὸν εἶναι $5 A$. α) Νά ὑπολογισθῇ ἡ ἰσχύς, ἣτις καταναλίσκεται ἀπὸ τὴν ἀντίστασιν. β) Νά ὑπολογισθῇ ἡ ἀντίστασις καὶ γ) νά ὑπολογισθῇ ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, ἡ ὁποία ἀποδίδεται εις τὸ θερμοδόμετρον ἐντὸς 6 πρώτων λεπτῶν. ($1 Joule = 0,24 cal$.)
(Ἰ.Απ. α' $50 W$. β' 2Ω . γ' $4320 cal$.)

126. Ἡ θέρμανσις ἐνὸς διαμερίσματος ἀπαιτεῖ $1\,000\,000 cal$ ἀνά ὥραν. Αὐτὸ τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος παρέρχεται ἀπὸ μίαν ηλεκτρικὴν θερμάστραν, ἡ ὁποία λειτουργεῖ ὑπὸ διαφορᾶν δυναμικοῦ $220 Volt$. α) Νά ὑπολογισθῇ ἡ ἰσχύς ἡ ὁποία ἀπορροφεῖται ἀπὸ τὴν θερμάστραν. β) Νά εὐρεθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὴν ἀντίστασιν τῆς θερμάστρας.
(Ἰ.Απ. α' $1166,6 W$. β' $5,3 A$, περίπου.)

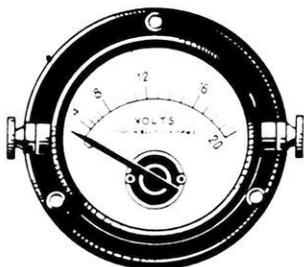
127. Ἐνας ηλεκτρικὸς λαμπτήρ ἰσχύος $60 Watt$ βυθίζεται εις ἓνα θερμοδόμετρον μὲ ὕδωρ, τὸ ὁποῖον ἔχει θερμοχωρητικότητα $500 cal/grad$ καὶ θερμοκρασίαν $17^\circ C$. α) Νά ὑπολογισθῇ ἡ τελικὴ θερμοκρασία τοῦ ὕδατος, ἐὰν ὁ λαμπτήρ λειτουργῇ ἐπὶ 15 πρώτα λεπτά. β) Ἐὰν ὁ λαμπτήρ τροφοδοτῆται ἀπὸ ηλεκτρικὸν δίκτυον $110 Volt$, νά ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον τὸν διαρρέει.
(Ἰ.Απ. α' $43^\circ C$, περίπου. β' $0,5 A$, περίπου.)

128. Ἐνα ηλεκτρικὸ σίδερο ἰσχύος $500 Watt$ λειτουργεῖ ἐπὶ $1 h$ καὶ $30 min$. α) Νά ὑπολογισθῇ ἡ δαπάνη λειτουργίας, ἐὰν ἡ κιλοβατώρα κοστίζῃ $1,5 drz$. β) Ἐὰν ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εις τὰ ἄκρα τῆς λήψεως εἶναι $125 Volt$, νά ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος. γ) Νά ὑπολογισθῇ ἡ ποσότης τοῦ ηλεκτρισμοῦ ἡ ὁποία διέρχεται ἀπὸ τὸ σίδερο, καθὼς καὶ ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, ἣτις ἐλευθερῶνται κατὰ τὴν διάρκειαν τοῦ σιδερώματος.
(Ἰ.Απ. α' $1,125 drz$. β' $4 A$. γ' $21\,600 Cb$, $648 kcal$.)

ΚΘ' — ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΙΣ ΔΙΑΦΟΡΑΣ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ

ΒΟΛΤΟΜΕΤΡΟΝ. ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΟΗΜ

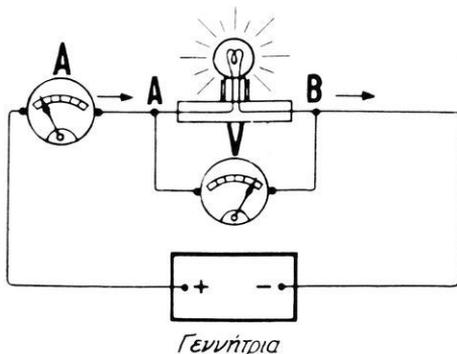
§ 139. Βολτόμετρον. Αί διαφοραί δυναμικοῦ δύο σημείων ἐνὸς ἠλεκτρικοῦ κυκλώματος, μετροῦνται μὲ εἰδικὰ ὄργανα, τὰ ὅποια ὀνομάζονται βολτόμετρα (σχ. 132) καὶ τὰ ὅποια εἶναι βαθμολογημένα εἰς μονάδας Βόλτ.



Σχ. 132. Ἐξωτερικὴ ἐμφάνισις βολτομέτρου.

Ὅταν θέλωμεν νὰ μετρήσωμεν τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ μεταξύ δύο σημείων Α καὶ Β ἐνὸς κυκλώματος, δὲν διακόπτομεν τὸ κύκλωμα, διὰ νὰ παρεμβάλωμεν τὸ ὄργανον, ὅπως γίνεται εἰς τὴν περίπτωσιν ἐνὸς ἀμπερομέτρου, ἀλλὰ συνδέομεν τοὺς ἀκροδέκτας τοῦ βολτομέτρου μὲ τὰ σημεῖα Α καὶ Β τοῦ κυκλώματος προκαλοῦντες, ὅπως λέγομεν, μίαν *διακλάδωσιν* (σχ. 133).

Ἄν τὸ κύκλωμα διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ὁ δείκτης τοῦ ὄργανου θὰ κινηθῇ καὶ θὰ σταματήσῃ ἐμπρὸς ἀπὸ μίαν ἐνδειξιν, ἣ ὁποίαν παρέχει εἰς μονάδας Βόλτ τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ, ἣτις ἐπικρατεῖ μεταξύ τῶν δύο αὐτῶν σημείων. Ὡστε :

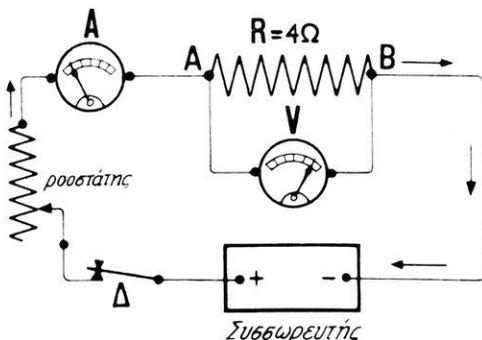


Σχ. 133. Σύνδεσις βολτομέτρου διὰ τὴν μέτρησιν τῆς τάσεως εἰς τὰ ἄκρα ἐνὸς λαμπτήρος.

Τὸ βολτόμετρον εἶναι ὄργανον τὸ ὁποῖον μετρεῖ τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ δύο σημείων Α καὶ Β ἐνὸς κυκλώματος, τὸ ὁποῖον διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα. Τὸ ὄργανον αὐτὸ τοποθετεῖται κατὰ *διακλάδωσιν* συνδέομεν δηλαδή 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, μεταξύ τῶν σημείων A καὶ B τοῦ κυκλώματος αὐτοῦ, παρεμβάλλομεν ἓνα σύρμα, π.χ. ἀπὸ σιδηρονικέλιον, γνωστῆς ἀντίστασως, 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 καὶ B, τὴν διαφορὰν τοῦ δυναμικοῦ, ἢ ὁποία ἐπικρατεῖ εἰς τὰ δύο αὐτὰ σημεῖα.

Πείραμα. Κλείομεν τὸν διακόπτην τοῦ κυκλώματος καί, ρυθμίζοντες καταλλήλως τὸν ροοστάτην, πειραματιζόμεθα μὲ τάσεις 1 V, 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 Ἄμπερ	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 παρενεβάλλομεν εἰς τὸ κύκλωμα.

Αί δύο αὐταί παρατηρήσεις ὀδηγοῦν εἰς τὴν διατύπωσιν τοῦ ἀκολουθοῦ νόμου, ὁ ὁποῖος φέρει τὴν ὀνομασίαν νόμος τοῦ Ὠμ (Ohm).

Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ $U_A - U_B$ (εἰς Βόλτ), ἡ ὁποία ἐπικρατεῖ μεταξὺ δύο σημείων Α καὶ Β ἐνὸς ἀγωγοῦ, καὶ ἡ ἔντασις i (εἰς Ἄμπέρ) τοῦ ρεύματος τὸ ὁποῖον τὸν διαρρέει, ἔχουν σταθερὸν λόγον, ἴσον μὲ τὴν ἀριθμητικὴν τιμὴν τῆς ἀντιστάσεως R τοῦ ἀγωγοῦ (εἰς Ὠμ).

Δηλαδὴ θὰ ἔχωμεν ὅτι :

$$\frac{U_A - U_B}{i} = R \quad \text{ἢ} \quad U_A - U_B = R \cdot i$$

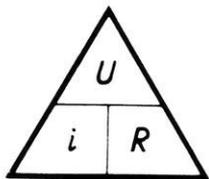
Εἰς τοὺς ἀνωτέρω τύπους τὰ $(U_A - U_B)$, R , i ἐκφράζονται ἀντιστοίχως εἰς Βόλτ, Ὠμ καὶ Ἄμπέρ.

Πολλὰς φορές ἀντὶ $U_A - U_B$ γράφομεν ἀπλῶς U , ὅποτε ὁ τύπος γίνεται :

$$\frac{U}{i} = R$$

Διὰ τὴν ἀπομνημόνευσιν τοῦ νόμου τοῦ Ὠμ 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 μέγεθι μὲ τὰ ἄλλα δύο, καλύπτομεν τὸ μέγεθος αὐτὸ μὲ τὸν δάκτυλον, 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 Ὠμ. Ἡ μονὰς τῆς ἠλεκτρικῆς ἀντιστάσεως 1Ω δύναται νὰ ὀρισθῇ καὶ ὡς ἐξῆς, ἂν κάμωμεν χρῆσιν τοῦ νόμου τοῦ Ὠμ :

Τὸ 1Ω εἶναι ἴσον μὲ τὴν ἀντίστασιν τὴν ὁποίαν παρουσιάζει ἓνας ἀγωγὸς, διαρρέομενος ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως $1 A$,

ὅταν ἡ διαφορά 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 ἢ U δίδεται εἰς Βόλτ καὶ ἢ i εἰς Ἄμπέρ, παρέχει τὴν τιμὴν τῆς ἀντιστάσεως εἰς $\Omega\mu$.

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 Ἄμπέρ, δίδει τὴν τιμὴν τῆς ἀντιστάσεως εἰς $\Omega\mu$.

Ἄν ὁμοῦ 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. Ὄταν 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 $\Omega\mu$, Ἄμπέρ καὶ δευτερόλεπτα ἀντιστοίχως.

Τὸ γινόμενον ὁμοῦ $R \cdot i^2 \cdot t$ 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 :

$$A = U \cdot q \text{ Joule ἢ } Q = 0,24 \cdot U \cdot q \text{ cal}$$

Εἰς τοὺς δύο τελευταίους τύπους τὸ q ἐκφράζεται εἰς μονάδας Κουλόμπ (Cb).

Τέλος ἡ ἠλεκτρικὴ ἰσχύς ἡ ὁποία καταναλίσκεται ἀπὸ τὸ φαινόμενον Τζάουλ δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν :

$$N = U \cdot i$$

τὴν ὁποίαν ἔχομεν εὔρει καὶ εἰς προηγούμενον κεφάλαιον (βλ. § 135).

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ ἥτις ὑφίσταται μεταξύ δύο σημείων Α καὶ Β ἑνὸς ἀγωγοῦ, ὁ ὁποῖος διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, δύναται νὰ μετρηθῆ με ἓνα βολτόμετρον, τὸ ὁποῖον συνδέεται κατὰ διακλάδωσιν με τὰ σημεία Α καὶ Β.

2. Ὁ νόμος τοῦ Ὠμ (Ohm) ἐκφράζει ὅτι : Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ U (εἰς Βόλτ) μεταξύ δύο σημείων Α καὶ Β 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 Ὠμ). Δηλαδή ἰσχύει ἡ σχέσις :

$$\frac{U}{i} = R$$

ἢ

$$U = R \cdot i$$

3. Τὸ ἓνα Ὠμ εἶναι ἴσον πρὸς τὴν ἀντίστασιν ἑνὸς ἀγωγοῦ, ὁ ὁποῖος διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα ἑνὸς Ἀμπέρ, ὅταν εἰς τὰ ἄκρα του ἐπικρατεῖ διαφορὰ δυναμικοῦ ἑνὸς βόλτ.

4. Διὰ νὰ μετρήσωμεν τὴν ἀντίστασιν ἑνὸς ἀγωγοῦ ΑΒ, ἀρκεῖ νὰ μετρήσωμεν τὴν διαφορὰν 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 ὑπολογίσωμεν τὸ πηλίκον τῶν μετρήσεων τῆς τάσεως πρὸς τὴν ἔντασιν.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

129. Ἐνα ἀγωγὸν σύρμα ἀντιστάσεως 5Ω , διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως $1,2 \text{ A}$. Νὰ υπολογισθῆ ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξύ τῶν δύο ἄκρων τοῦ σύρματος.
(Ἀπ. 6 V .)

130. Ἐνας ἀγωγὸς διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως $1,5 \text{ A}$. Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ εἶναι $5,4 \text{ Volt}$. Νὰ υπολογισθῆ ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀγωγοῦ.
(Ἀπ. $3,6 \Omega$.)

131. Τὸ θερμοαντικὸν σῶμα ἑνὸς ἠλεκτρικοῦ βραστήρος ἔχει ἀντίστασιν 60Ω .

Ὁ βραστήρ λειτουργεῖ μὲ διαφορὰν δυναμικοῦ 120 Volt. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος τὸ ὅποιον διαρρέει τὸν βραστήρα. (Ἐ.Α.π. 2 Α.)

132. Ἐνα μεταλλικὸν σῶμα διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 0,5 Α, ὅταν τοποθετηθῇ μεταξὺ τῶν ἀκροδεκτῶν μιᾶς γεννητοῖας, εἰς τοὺς ὁποίους ἐπικρατεῖ διαφορὰ δυναμικοῦ 12 Volt. α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀντίστασις τοῦ σώματος. β) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἠλεκτρικὴ ἰσχύς ἢ ὁποῖα καταναλίσκεται ἀπὸ τὸ σῶμα καὶ γίνεται ἀντιληπτὴ ἐπὶ μορφῆν θερμότητος. (Ἐ.Α.π. α' 24 Ω. β' 6 W.)

133. Ἐνα ἠλεκτρικὸ σίδερο ἔχει μᾶζαν 1 kg καὶ καταναλίσκει ἰσχύν 300 Watt, ὅταν λειτουργῇ μὲ διαφορὰν δυναμικοῦ 110 Volt. Ζητοῦνται : α) Ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον διαρρέει τὸ σίδερο. β) Ἡ τιμὴ τῆς ἀντιστάσεως τῆν ὁποῖαν περιέχει. γ) Ὁ χρόνος ὅστις ἀπαιτεῖται διὰ νὰ ἀνορῶσωμεν τὴν θερμοκρασίαν τῆς συσκευῆς ἀπὸ τοὺς 15 °C εἰς τοὺς 65 °C. Εἰδικὴ θερμότης σιδήρου 0,11 cal/gr · grad. (Ἐ.Α.π. α' 2,7 Α, περίπου. β' 41 Ω, περίπου. γ' 77 sec.)

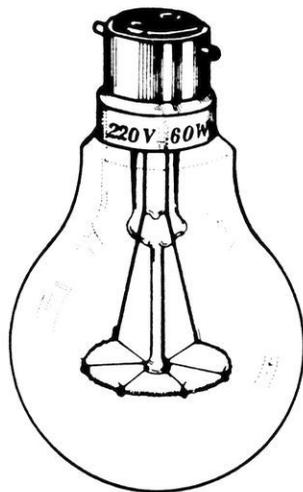
134. Εἰς ἓνα ἠλεκτρικὸν λαμπτήρα ἀναγράφονται τὰ ἀκόλουθα : 120 Volt, 60 Watt : α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον διαρρέει τὸν λαμπτήρα. β) Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἀντίστασις τοῦ μεταλλικοῦ νήματος τοῦ λαμπτήρος. (Ἐ.Α.π. α' 0,5 Α. β' 240 Ω.)

Λ'—ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΤΟΥ ΤΖΑΟΥΛ. ΦΩΤΙΣΜΟΣ. ΘΕΡΜΑΝΣΙΣ

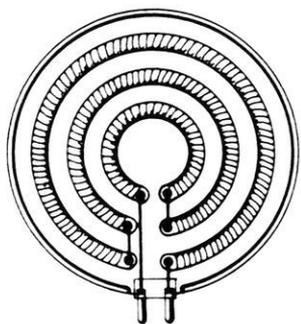
§ 143. Ἡλεκτροφωτισμός. Σπουδαία ἐφαρμογὴ τοῦ θερμικοῦ ἀποτελέσματος τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος εἶναι ἡ χρησιμοποίησις του εἰς τὸν φωτισμόν.

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.

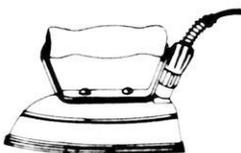
Τὸ σύρμα πυρακτώνεται, ἐπειδὴ ὅμως εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ λαμπτήρος ὑπάρχει ἀδρανὲς ἀέριον, συνήθως ἄζωτον ἢ ἀργόν, ὑπὸ πολὺ μικρὰν πίεσιν, δὲν καίεται ἀλλὰ φωτοβολεῖ (σχ. 135).



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.

§ 144. Ήλεκτρική θέρμανσις. α) Οίκιακαί συσκευαί. Μία ήλεκτρική θερμάστρα, ένα σίδερο σιδερώματος, ένας ήλεκτρικός βραστήρ, κλπ. περιλαμβάνουν ένα σύρμα, μεγάλης αντίστάσεως, άνοξειδωτον τό όποιον ονομάζομεν γενικώς *θερμαντικὴν αντίστασιν*. Όταν διαρρέη τό ήλεκτρικόν ρεύμα τό σύρμα, αυτό έρυθροπυρώνεται και άκτινοβολεί θερμότητα.

Είς τὰς ήλεκτρικὰς θερμίστρας, είς τούς ήλεκτρικούς θερμαντήρας και είς τὰς ήλεκτρικὰς κουζίνας, τό σύρμα είναι συνήθως περιελιγμένον έλικοειδώς και τοποθετημένον είς τὰς αΐλακας ενός μονωτικού ύποβάθρου (σχ. 136).

Είς τό ήλεκτρικόν σίδερο (σχ. 137, I) ή θερμαντική αντίστασις έχει τό σχήμα μίης στενής ταινίας και είναι στερεωμένη έπάνω είς ένα φύλλον από μαρμαρυγίαν (κοινώς μίκα), ό όποιος είναι ένας πολύ καλός μονωτής (σχ. 137, II).

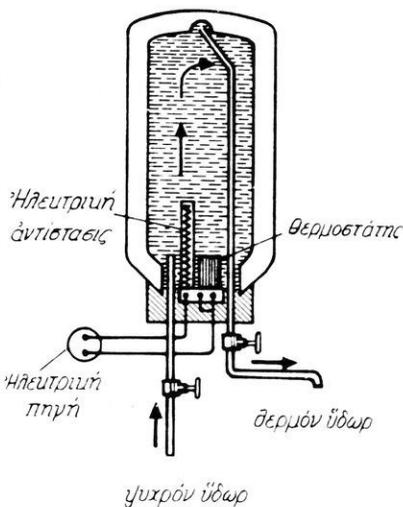
Είς τούς ήλεκτρικούς βραστήρας τό σύρμα είναι περιελιγμένον συνήθως με ύαλοβάμβακα ή άμίαντον.

Ή ήλεκτρική θέρμανσις είναι πολύ εύχρηστος και ρυθμίζεται εύκόλως, είναι καθαρά και ύγιεινή, συγχρόνως όμως και δαπανηρά.

β) Ήλεκτρικοί κλίβανοι. Οί ήλεκτρικοί κλίβανοι τούς όποίους χρησιμοποιούμεν είς τὰ διάφορα εργαστήρια, περιλαμβάνουν ένα σύρμα περιελιγμένον περί ένα μονωτικόν και λείον κύλινδρον. Ο κύλινδρος είναι λείος είς τρόπον ώστε ή θερμότης, ή όποία προσπίπτει επ' αυτό, νά ανακλάται είς τόν περιβάλλοντα χώρον και νά μην άπορροφείται από τόν κύλινδρον και χάνεται. Ένα μονωτικόν περίβλημα προστατεύει τόν κλίβανον από τὰς άπωλείας τής θερμότητος είς τό περιβάλλον.

γ) Ήλεκτρικοί θερμοσίφωνες. Αὐτοὶ εἶναι συσκευαὶ αἱ ὁποῖαι παρέχουν θερμὸν ὕδωρ διὰ τὰς διαφόρους οἰκιακὰς ἀνάγκας.

Τὸ ψυχρὸν ὕδωρ εἰσχωρεῖ εἰς τὸ δοχεῖον τοῦ θερμοσίφωνος ἀπὸ τὸ κάτω μέρος καὶ θερμαίνεται μὲ μίαν ἡλεκτρικὴν ἀντίστασιν. Τὸ θερμαίνόμενον ὕδωρ κινεῖται πρὸς τὸ ἐπάνω μέρος τοῦ δοχείου. Ὅταν ἀνοίξη μία στρόφιγξ κρουνοῦ θερμοῦ ὕδατος εἰς ἓνα διαμέρισμα τῆς οἰκίας, τότε ἀπὸ τὸν κρουνὸν αὐτὸν ἔκρει θερμὸν ὕδωρ. Τὸ θερμὸν αὐτὸ ὕδωρ κυκλοφορεῖ χάρις εἰς τὸν ἀγωγὸν θερμοῦ ὕδατος ὁ ὁποῖος εὐρίσκεται εἰς τὴν κορυφὴν τοῦ δοχείου (σχ. 137, α).

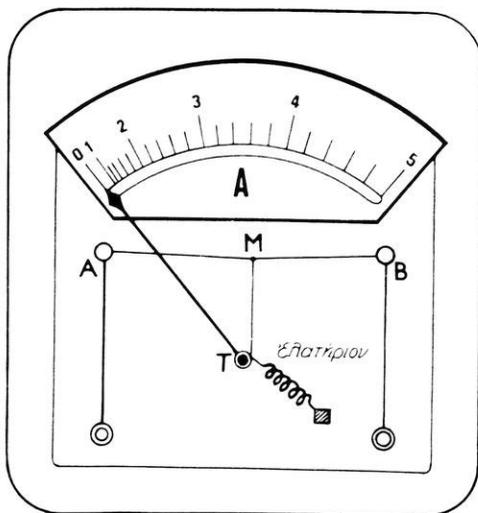


Σχ. 137 α. Ήλεκτρικὸς θερμοσίφων.

§ 145. Θερμικὸν ἀμπερόμετρον.

Τὸ ὄργανον αὐτὸ (σχ. 138) ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓνα λεπτὸν μεταλλικὸν σύρμα AMB ἐκ λευκοχρύσου ἢ ἀργύρου, διαρρεόμενον ἀπὸ τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα τοῦ ὁποῖου θέλομεν νὰ μετρήσωμεν τὴν ἔντασιν. Τὸ σύρμα διατηρεῖται τεταμένον μὲ τὴν βοήθειαν ἑνὸς ἐλατηρίου, συνδεδεμένου εἰς τὸ σημεῖον Μ μὲ ἓνα εὐλύγιστον μεταλλικὸν νῆμα, τὸ ὁποῖον διέρχεται ἀπὸ μίαν μικρὰν τροχαλίαν Τ.

Ἡ θέρμανσις τοῦ σύρματος AMB, ἐξ αἰτίας τῆς διελεύσεως τοῦ ρεύματος, προκαλεῖ διαστολὴν. Ἡ ἐπιμήκυνσις τοῦ σύρμα-



Σχ. 138. Θερμικὸν ἀμπερόμετρον.

τος ΑΜΒέξ αιτίας τῆς διαστολῆς, προκαλεῖ στροφήν τῆς τροχαλίας καὶ τῆς βελόνης, ἣτις εἶναι στερεῶς συνδεδεμένη με αὐτήν.

Ἡ διαστολή τοῦ σύρματος καὶ συνεπῶς ἡ ἀπόκλισις τῆς βελόνης εἶναι τόσον μεγαλυτέρα, ὅσον ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι ὑψηλότερα.

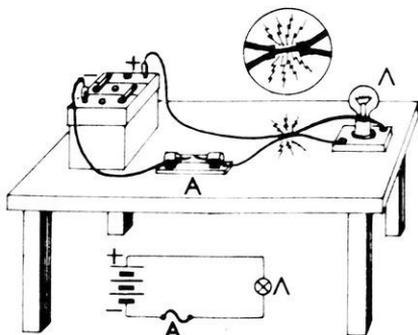
Τὸ ὄργανον βαθμολογεῖται ἐν συγκρίσει με ἓνα συνηθισμένου τύπου ἀμπερόμετρον.

§ 146. Βραχυκύκλωμα. Ὅταν ἓνα ἄγωγόν σύρμα διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, καθὼς γνωρίζομεν, θερμαίνεται καὶ ὑψώνεται ἡ θερμοκρασία του, ἐνῶ συγχρόνως ἓνα μέρος τῆς παραγομένης θερμότητος διασπείρεται εἰς τὸ περιβάλλον. Τελικῶς ὁ ἄγωγός ἀποκτᾷ μίαν ὀρισμένην σταθεράν θερμοκρασίαν.

Μία ἀπότομος αὔξησις τῆς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος προκαλεῖ ἀπότομον αὔξησιν τῆς θερμοκρασίας τοῦ ἄγωγου σύρματος καὶ δημιουργεῖ κίνδυνον καταστροφῆς τοῦ μονωτικοῦ ὑλικοῦ, τὸ ὁποῖον περιβάλλει τὸν ἄγωγόν, ὡς καὶ τῶν διαφόρων συσκευῶν, αἱ ὁποῖαι εἶναι συνδεδεμένοι εἰς τὸ κύκλωμα.

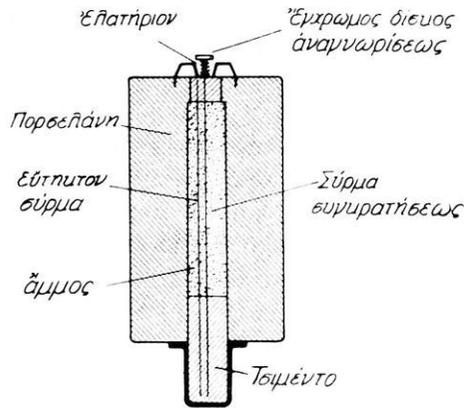
Δι' αὐτὸ πρέπει νὰ ἐλέγχωμεν συχνάκις τὴν κατάστασιν τῶν μονωτικῶν περιβλημάτων τῶν ἄγωγῶν. Διότι ἐὰν δύο ἀπογυμνωμένα σύρματα ἔλθουν εἰς ἐπαφήν μεταξύ των (σχ. 139), προκαλεῖται ἀπότομος αὔξησις τῆς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος με ἀποτέλεσμα τὴν πρόκλησιν διαφόρων καταστροφῶν. Αὐτὸ τὸ φαινόμενον ὀνομάζεται **βραχυκύκλωμα**. Ὡστε :

Βραχυκύκλωμα ὀνομάζεται ἡ ἀπότομος αὔξησις τῆς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει ἓνα κύκλωμα, ἡ προκαλουμένη ἀπὸ διαφόρους αιτίας καὶ δυναμένη νὰ ἔχη καταστρεπτικὰ ἀποτελέσματα διὰ τὰς διαφόρους ἠλεκτρικὰς συσκευὰς τοῦ κυκλώματος.



Σχ. 139. Ὅταν ἐνωθοῦν δύο γυμνά καλώδια προκαλεῖται βραχυκύκλωμα. Εἰς τὸ κάτω μέρος συμβολικὴ παράστασις τοῦ κυκλώματος.

§ 147. Ἀσφάλεια. Διὰ νὰ προλάβωμεν τὴν καταστροφὴν ἑνὸς κυκλώματος, ἀπὸ ρεῦμα μεγάλης ἐντάσεως, τὸ ὁποῖον εἶναι δυνατόν νὰ προκληθῆ ἀπὸ διαφόρους αἰτίαι, ἢ πλέον συνηθισμένη ἀπὸ τὰς ὁποίας εἶναι τὸ βραχυκύκλωμα, τοποθετοῦμεν ἐν σειρᾷ πρὸς τοὺς ἀγωγούς, λεπτὰ εὐθηκτα σύρματα μικροῦ μήκους, τὰ ὁποία εἶναι κλεισμένα εἰς καταλλήλους θήκας καὶ ὀνομάζονται **ἤλεκτρικαὶ ἀσφάλεια**.



Σχ. 140. Τομή φύσιγγος μιᾶς τηκομένης ἀσφαλείας.

Ἡ λειτουργία τῶν ἀσφαλειῶν στηρίζεται εἰς τὴν μεγάλην θερμότητα Τζάουλ, ἥτις παράγεται ὅταν διέλθῃ ἀπὸ αὐτὰς 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 ὁποία τὸ ἀποτελοῦν.

Εἰς ἐκάστην ἀσφάλειαν ἀναγράφεται ἡ μεγίστη ἔντασις εἰς Ἀμπέρ, 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 πλέον. Παρουσιάζει ὅμως τὸ πλεονέκτημα ὅτι καταστρέφεται εὐθύς ὡς ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ὑπερβῆ τὴν κανονικὴν τιμὴν καὶ συνεπῶς προστατεῦει ὁπωσδήποτε 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 μεγαλυτέραν 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 ἢ 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 ὀρισμένα ὄργανα, ὅπως τὸ θερμικὸν ἄμετρόμετρον.

2. Τὸ φαινόμενον Τζάουλ παρουσιάζει καὶ κινδύνους. Διὰ τὴν ἀποφεύγωμεν τὰς πυρκαϊὰς καὶ γενικώτερον τὰς καταστροφὰς αἱ ὁποῖαι δύνανται νὰ προκύψουν ἀπὸ μίαν ἀπρόοπτον υπερθέρμανσιν 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 ἢ παροχὴ καὶ ἀποτρέπεται ὁ κίνδυνος καταστροφῆς τῆς ἐγκαταστάσεως.

3. Ἡ ἀπότομος αὐξήσις τῆς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος εἰς ἓνα κύκλωμα, ὀνομάζεται βραχυκύκλωμα καὶ ἔχει καταστρεπτικὰς συνεπείας.

4. Εἶναι πολὺ ἐπικίνδυνον νὰ ἐπισκευάζωμεν μίαν κατεστραμμένην ἀσφάλειαν μὲ τοποθέτησιν ἐξωτερικοῦ σύρματος δι' ἐπαναχρησιμοποίησίν της.

ΛΑ'— ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΣΠΟΥΔΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΣ ΕΝΟΣ ΑΓΩΓΟΥ

§ 148. Γενιcότητες. Οί ηλεκτρικοί άγωγοί είναι συνήθως σύρματα μεταλλικά, κυλινδρικά και όμογενή, κατασκευασμένα από καθαρά μέταλλα ή κράματα.

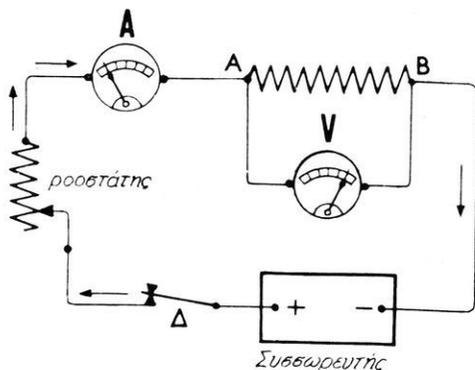
Είς προηγούμενον κεφάλαιον εξηγήσαμεν ότι ή αντίστασις, την όποιαν προβάλλει είς τό ήλεκτρικόν ρεύμα ό άγωγός, όφείλεται είς την τριβήν τών ήλεκτρονίων κατά την κίνησίν των μέσα είς την μάζαν του μεταλλικού άγωγού. Ή τριβή όμως αυτή δέν είναι είς όλους τούς άγωγούς ή ίδια και έξαρτάται από την φύσιν του μετάλλου ή του κράματος. Έξαρτάται όμως, όπως θά ίδωμεν, και από τό μήκος του άγωγού και από τό πάχος του. Ώστε :

Ή αντίστασις ενός άγωγού έξαρτάται από την φύσιν του άγωγού και τάς γεωμετρικάς διαστάσεις του.

§ 149. Μεταβολή τής αντίστάσεως ενός άγωγού λόγω του μήκους του. Θά συγκρίνωμεν τάς αντίστάσεις άγωγών κατεσκευασμένων από τό ίδιο υλικόν, οί όποίοι έχουν την ίδίαν διατομήν (πάχος), διαφορετικά όμως μήκη.

Πείραμα. Πραγματοποιούμεν τό κύκλωμα του σχήματος 141 και αντικαθιστώμεν διαδοχικά μεταξύ τών σημείων Α και Β τάς αντίστάσεις τάς όποιás πρόκειται νά συγκρίνωμεν.

Χρησιμοποιούμεν, π.χ., τρία σύρματα σιδηρονικελίου, (δηλαδή άγωγούς τής ίδιας φύσεως), με διάμετρον 0,5 mm, (δηλαδή με την ίδίαν διατομήν), τά μήκη τών όποίων είναι 1 m, 2 m και 3m.



Σχ. 141. Κύκλωμα διά την μελέτην τής μεταβολής τής αντίστάσεως ενός άγωγού συναρτήσει του μήκους.

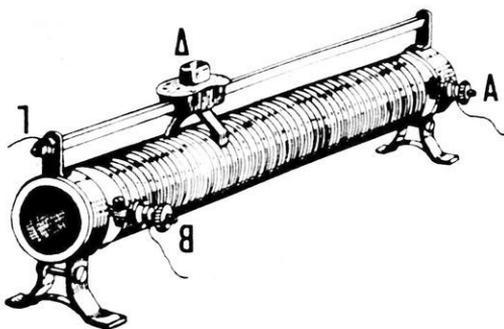
Με την βοήθειαν ενός ροοστάτου, ρυθμίζομεν τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος οὕτως, ὥστε νὰ εἶναι ἡ ἴδια εἰς ἑκάστην περίπτωσιν, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον διευκολύνει τὴν σύγκρισιν. Τὰ ἀποτελέσματα τῶν μετρήσεών μας ἀναγράφονται εἰς τὸν ἀκόλουθον πίνακα.

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 του. Ὡστε :

Ἡ ἀντίστασις ἑνὸς ἀγωγοῦ σύρματος, κατεσκευασμένου ἀπὸ ἓνα ὄρισμένον ὑλικόν, τὸ ὁποῖον ἔχει σταθερὰν διατομὴν, εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ μῆκος τοῦ σύρματος.

§ 150. Ἐφαρμογὴ. Ροοστάτης. Οἱ ροοστάται εἶναι ρυθμιστικαὶ ἀντιστάσεις, ἀντιστάσεις δηλαδὴ τῶν ὁποίων ἡ τιμὴ ρυθμίζεται, ἀναλόγως πρὸς τὰς περιστάσεις, εἰς μίαν ἐπιθυμητὴν τιμὴν. Ἀποτελοῦνται συνήθως ἀπὸ ἀγωγὸν σύρμα, τὸ ὁποῖον περιελίσσεται περὶ ἓνα μονωτικὸν σωλῆνα, ὅλη δὲ ἡ



Σχ. 142. Ροοστάτης (ρυθμιστικὴ ἀντίστασις) με δρομέα Δ.

διατάξις 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 νὰ μεταβάλληθῆσιν, ὅταν μετακινήσωμεν τὸν δρομέα Δ. Πράγματι τὸ σημεῖον Γ καὶ ὁ δρομεὺς Δ συνδέονται μετὸ μεταλλικὸν ἀγωγὸν

στέλεχος (σχ. 143), το όποιο παρουσιάζει άσήμαντον αντίστασιν.

Ο ροοστάτης συνδέεται έν σειρᾷ με τὸ κύκλωμα από τὸ άκρον του Α καί τήν ένδιάμεσον λήψιν Γ. Όταν μετακινήσω-

μεν τὸν δρομέα, Δ, μεταβάλλομεν τήν αντίστασιν καί ρυθμίζομεν τοιουτοτρόπως τήν έντασιν τοῦ ρεύματος, τὸ όποιο διαρρέει τὸ κύκλωμα μεταξύ μιᾶς έλαχίστης τιμῆς, (δταν ὁ δρομεὺς εὔρισκεται εἰς τὸ Β, ὁπότε τὸ ρεύμα διαρρέει ὄλην τήν αντίστασιν), καί μιᾶς μεγίστης, (δταν ὁ δρομεὺς εὔρισκεται εἰς τὸ Α, ὁπότε ὄλη ἡ αντίστασις εἶναι έξω από τὸ κύκλωμα)

Άλλος τύπος ρυθμιζόμενης αντίστάσεως εἶναι τὸ κιβώτιον αντίστάσεων ἡ, ὅπως άλλῶς λέγεται, ἡ ρυθμιστικὴ αντίστασις μετὰ γόμφων (σχ. 144).

Εἰς τήν αντίστασιν τοῦ τύπου αὐτοῦ, ἡ ρύθμισις ἐπιτυγχάνεται μετὰ τήν χρῆσιν μεταλλικῶν γόμφων, οἱ ὅποιοι εἰσάγονται εἰς καταλλήλους ὑποδοχὰς καί θέτουν οὕτως ἔκτός κυκλώματος τὰς αντίστάσεις, αἱ ὅποια εὔρισκονται κάτω από τὰς ὑποδοχὰς.

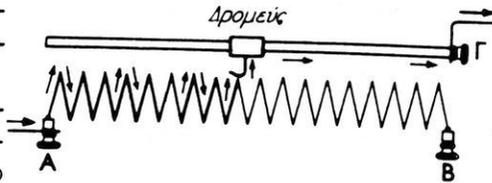
Εἰς τὸ σχῆμα 144 εἶναι ἔκτός κυκλώματος αἱ αντίστάσεις 10 Ω καί 2 Ω καί ἀπομένουν πρὸς χρῆσιν αἱ ἄλλαι αντίστάσεις 5 Ω, 2 Ω καί 1 Ω.

Αν εἶχον έξαχθῆ ὄλοι οἱ γόμφοι, θὰ ἐχρησιμοποιούντο ὄλοι αἱ αντίστάσεις δηλαδή :

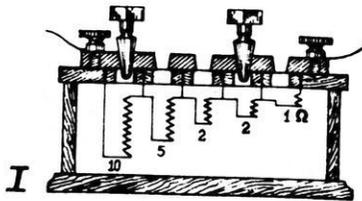
$$10 \Omega + 5 \Omega + 2 \Omega + 2 \Omega + 1 \Omega = 20 \Omega$$

§ 151. Μεταβολὴ τῆς αντίστάσεως ἀγωγοῦ συναρτῆσει τῆς διατομῆς του. Θὰ συγκρίνωμεν τώρα τὰς ἀντίστασεις ἀγωγῶν οἱ ὅποιοι διαφέρουν μόνον εἰς τήν διατομήν των.

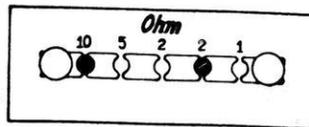
Πείραμα. Εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 141 ἀντικαθιστῶμεν διαδοχικῶς μεταξύ τῶν σημείων Α καί Β, τρία ἰσομήκη ἀγωγὰ σύρματα, π.χ. ἀπὸ σιδηρονικέλιον, με κοινὸν μήκος 1 m, τὰ ὅποια ἔχουν διαμέτρους 0,5 mm, 1 mm καί 2 mm.



Σχ. 143. Πορεία τοῦ ρεύματος ἐντὸς τοῦ ροοστάτου.



I



II

Σχ. 144. Κιβώτιον ἀντίστάσεων ρυθμισμένον διὰ 8 Ω.

Διατηρούντες μίαν σταθεράν έντασιν ρεύματος, ίσην έστω πρὸς 0,5 A, μετροῦμεν εἰς ἐκάστην περίπτωσιν 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

Όπως 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 τέσσερας φορές μικροτέρα ($1=4:4$, καὶ $0,25=1:4$). Ὡστε :

Ἡ ἀντίστασις ἑνὸς ἀγωγοῦ, κατεσκευασμένου ἀπὸ ὠρισμένον ὄλικόν καὶ ὁ ὅποιος ἔχει σταθερὸν μήκος, εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὴν διατομὴν του.

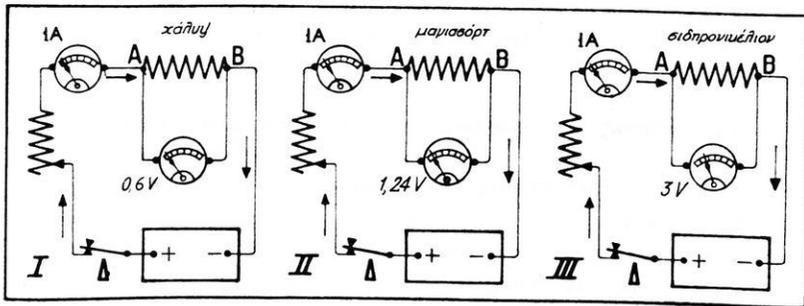
§ 152. Σχέσις μεταξὺ ἀντιστάσεως, μήκους καὶ διατομῆς ἑνὸς ἀγωγοῦ. Γνωρίζομεν ὅτι, ὅταν ἓνα μέγεθος εἶναι ἀνάλογον πρὸς δύο ἀλλὰ ἀνεξάρτητα μεγέθη, τὸ μέγεθος αὐτὸ εἶναι ἀνάλογον καὶ πρὸς τὸ γινόμενον των.

Συνεπῶς ἡ ἀντίστασις R ἑνὸς 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 ἐπικρατήσει ἡ συνήθεια διεθνῶς νὰ παριστάνωμεν μὲ τὸ ἑλληνικὸν 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 αντίστασις ἑνὸς ἀγωγοῦ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ ὕλικόν κατασκευῆς του.

§ 153. Μεταβολὴ τῆς ἀντιστάσεως ἑνὸς ἀγωγοῦ λόγω 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, μαγισσόρτ (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	χάλυψ	μαγισσόρτ	σιδηρο- νικέλιον
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 ὕλικού του.

§ 154. Εἰδικὴ ἀντίστασις. Ἀνεφέρομεν ὅτι ὁ λόγος ρ διατηρεῖ σταθερὰν τιμὴν, ὅταν μεταβάλλωνται αἱ διαστάσεις ἐνὸς ἀγωγοῦ, κατεσκευασμένου ἀπὸ ἕνα ὠρισμένον ὕλικόν.

Ἀντιστρόφως ἂν συγκρίνωμεν τὰς ἀντιστάσεις δύο ἀγωγῶν, κατεσκευασμένων ἀπὸ διαφορετικὰ ὕλικά, οἱ ὅποιοι ὁμῶς 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 ἀγωγοὺς ἀπὸ σιδηρονικέλιον καὶ σίδηρον, μὲ τὰς ἰδίας γεωμετρικὰς διαστάσεις, θὰ διαπιστώσωμεν ὅτι ὁ ἀγωγὸς ἀπὸ τὸ σῦρμα τοῦ σιδηρονικελίου παρουσιάζει ὀκταπλασίαν ἀντίστασιν ἀπὸ τὸν σίδηρον ἀγωγόν.

Ὁ συντελεστὴς ρ , ὁ ὁποῖος ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ ὕλικού κατασκευῆς τοῦ ἀγωγοῦ, ὀνομάζεται εἰδικὴ ἀντίστασις τοῦ ἀγωγοῦ.

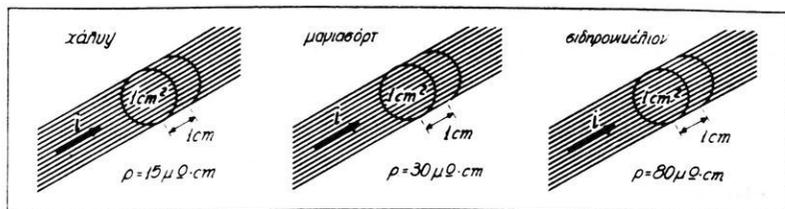
Ἐπολογισμὸς τῆς εἰδικῆς ἀντιστάσεως. Εἰς τὸν τύπον $R = \rho \cdot l/S$ ἐκφράζομεν τὸ μῆκος τοῦ ἀγωγοῦ εἰς ἑκατοστόμετρα, τὴν διατομὴν του εἰς τετραγωνικὰ ἑκατοστόμετρα καὶ τὴν ἀντίστασιν του εἰς μονάδας Ὠμ.

Ἐὰν εἰς τὸν ἀνωτέρω τύπον θέσωμεν $l=1 \text{ cm}$, $S=1 \text{ cm}^2$, εὐρίσκομεν ὅτι :



Ὡστε :

Ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις ἐνὸς ἀγωγοῦ εἶναι ἀριθμητικῶς ἴση πρὸς τὴν ἀντίστασιν ἐνὸς κυλίνδρου, κατεσκευασμένου ἀπὸ τὸν ἀγωγὸν αὐτόν, ὁ ὁποῖος ἔχει μῆκος 1 cm καὶ διατομὴν 1 cm^2 (εἰς θερμοκρασίαν 15°C) (σχ. 146).



Σχ. 146. Ειδική αντίστασις διαφόρων υλικών.

Μονάς ειδικής αντίστασεως. 'Ο τύπος $R = \rho \cdot l / S$ όταν λυθῆ ὡς πρὸς ρ δίδει :

$$\rho = R \cdot \frac{S}{l}$$

'Εάν θέσωμεν $R = 1 \Omega$, $S = 1 \text{ cm}^2$ καὶ $l = 1 \text{ cm}$, εὐρίσκομεν τὴν μονάδα τῆς ειδικῆς ἀντιστάσεως. Ὡστε :

'Η μονὰς ειδικῆς ἀντιστάσεως εἶναι ἴση μὲ τὴν ειδικὴν ἀντίστασιν ἐνὸς υλικοῦ, τὸ ὁποῖον εἰς κυλινδρικοῦν ἀγωγόν, μήκους 1 cm καὶ διατομῆς 1 cm^2 , παρουσιάζει ἀντίστασιν 1Ω .

'Η μονὰς αὐτὴ ὀνομάζεται ὀμ-ἑκατοστόμετρον ($\Omega \cdot \text{cm}$).

Συνήθως χρησιμοποιοῦμεν τὸ ὑποπολλαπλάσιον τῆς μονάδος αὐτῆς, τὸ μικρο-ὀμ-ἑκατοστόμετρον ($\mu\Omega \cdot \text{cm}$), ἴσον μὲ τὸ ἕνα ἑκατομμυριοστὸν τῆς βασικῆς μονάδος.

Δηλαδή εἶναι :

$$1 \Omega \cdot \text{cm} = 10^6 \mu\Omega \cdot \text{cm}$$

Παρατήρησις. Οἱ καλοὶ ἀγωγοὶ εἶναι σώματα τὰ ὁποῖα ἔχουν πολὺ μικρὰν τιμὴν ειδικῆς ἀντιστάσεως (ἄργυρος, χαλκός, ἀργίλιον). Ἐντι-

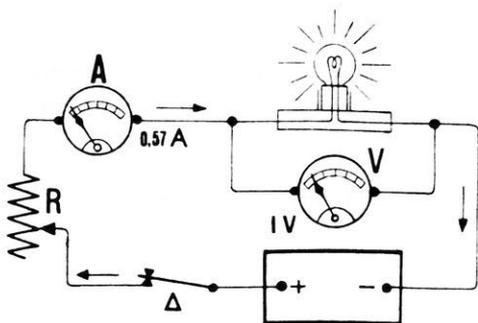
Παράδειγμα ειδικῶν ἀντιστάσεων διαφόρων υλικῶν καὶ κραμάτων εἰς $\mu\Omega \cdot \text{cm}$			
Ἄργυρος	1,5	Μαγνήσιορτ	30
Χαλκός	1,6	Κοιισταντάνη	50
Σιδηρος	10	Σιδηροκικέλιον	80
Νικέλιον	12	Ἐδράργυρος	94
Μόλυβδος	20	Χρωμονικελίνη	137

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 ἑνὸς 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 θὰ εἶναι 0,05 cm), θὰ 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, ἢ ἀντίστασις τοῦ ὁποίου ἀποτελεῖται ἀπὸ τὸ νῆμα πυρακτώσεως τοῦ λαμπτήρος.

Ρυθμίζομεν 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 ἀντιστοιχοῦσας 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 έντονώτερον, όταν ύψώνεται ή θερμοκρασία του. Ὡστε :

Ἡ αντίστασις ένός άγωγοῦ αυξάνεται όταν ύψώνεται ή θερμοκρασία του.

Τὸν άνωτέρω νόμον δέν άκολουθοῦν ὁ άνθραξ και οἱ ήλεκτρολύται. Ὅταν 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 ένός άγωγοῦ έξαρτάται άπό την φύσιν τοῦ άγωγοῦ και τὰς διαστάσεις του.

2. Ἡ αντίστασις ένός άγωγοῦ σύρματος είναι : α) άνάλογος πρὸς τὸ μήκος του, β) άντιστρόφως άνάλογος πρὸς την διατομήν του, και γ) έξαρτάται άπό τὸ ύλικὸν κατασκευῆς τοῦ άγωγοῦ.

3. Ἡ ειδική αντίστασις ρ ένός άγωγοῦ σύρματος είναι άριθμητικῶς ίση πρὸς την αντίστασιν ένός ύλικοῦ, τὸ όποῖον εις κυλινδρικὸν άγωγόν, μήκους 1 cm και διατομῆς 1 cm², παρουσιάζει αντίστασιν 1 Ω.

4. Μεταξὺ τῆς αντιστάσεως R, τῆς ειδικῆς αντιστάσεως ρ , τοῦ μήκους l και τῆς διατομῆς S ένός άγωγοῦ, ύφίσταται ή σχέσις:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S}$$

5. Μονὰς ειδικῆς αντιστάσεως είναι τὸ 1 Ω · cm.

6. Ἡ αντίστασις ένός 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 έμβαδὸν διατομῆς 0,2 mm². Ἡ ειδική αντίστασις τοῦ σιδηρονικελίου είναι 30 μΩ·cm. Νά ύπολογισθῆ ή αντίστασις τοῦ σύρματος. (Ἐπ. $R=0,15 \Omega$.)

136. Ἡ αντίστασις με την όποίαν θερμαίνεται ένα ήλεκτρικὸ σίδηρο είναι 40 Ω. Διά νά την άντικαταστήσωμεν χρησιμοποιοῦμεν σύρμα έμβαδοῦ διατομῆς 0,005

cm^2 και ειδικής αντίστασης $50 \mu\Omega \cdot cm$. Να υπολογισθή το μήκος του σύρματος, το όποιον πρέπει να χρησιμοποιήσωμεν. ('Απ. 10 m.)

137. Να υπολογισθή εις τετραγωνικά χιλιοστά το έμβαδόν τής διατομής ενός άγωγού, ό όποιος έχει αντίστασιν $0,1 \Omega$. και μήκος $12,56 m$. 'Η ειδική αντίστασις του μετάλλου από το όποιον είναι κατεσκευασμένος ό άγωγός είναι $40 \mu\Omega \cdot cm$. ('Απ. $50,24 mm^2$.)

138. "Ενα 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 την αντίστασιν του. β) Να υπολογίσετε την ποσότητα τής θερμότητος, ή όποία έλευθερώνεται, εάν επί 1ω ραν το καλώδιον διαρρέεται από ηλεκτρικόν ρεύμα έντάσεως $0,5 A$.

('Απ. α' 1Ω , περίπου. β' $214,2 cal$, περίπου).

139. Να εύρεθῆ το μήκος σύρματος, τά άκρα του όποιον όταν συνδεθούν με πηγὴν 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 κυκλικῆς διατομῆς του καλωδίου $d = 0,1 mm$. ('Απ. $1,5 m$, περίπου.)

140. "Ενα καλώδιον ηλεκτρικοῦ ρεύματος έχει μήκος $5 m$, έμβαδόν διατομῆς $1 mm^2$, ή δὲ αντίστασίς του είναι 4Ω . α) Να υπολογίσετε την αντίστασιν ενός καλωδίου από το ίδιο υλικόν, τής ίδιας διατομῆς, αλλά μήκους $12 m$. β) Να υπολογίσετε την αντίστασιν ενός καλωδίου, από το ίδιο πάλιν υλικόν, μήκους $5 m$ αλλά έμβαδου διατομῆς $3 mm^2$. γ) Να υπολογίσετε την ειδικήν αντίστασιν του κράματος, το όποιον χρησιμοποιουμέν διά τήν κατασκευήν αυτών τῶν καλωδίων.

('Απ. α' $9,6 \Omega$. β' $1,33 \Omega$. γ' $80 \mu\Omega \cdot cm$.)

141. "Ενα κύκλωμα περιλαμβάνει συνδεδεμένας έν σειρᾷ τὰς ἀκολουθους συσκευάς : Μίαν γεννήτριαν, ένα άμπερόμετρον και μίαν αντίστασιν. α) Να υπολογίσετε την τιμήν τής αντίστάσεως R , γνωρίζοντες ότι αποτελείται από σύρμα με διάμετρον $0,4 mm$, μήκος $78,5 cm$ και ειδικήν αντίστασιν $80 \mu\Omega \cdot cm$. β) "Ενα βολτόμετρον συνδεδεμένον εις τὰ άκρα τής αντίστάσεως R δεικνύει διαφορὰν δυναμικοῦ $20 Volt$. Ποία θά είναι ή ένδειξις του άμπερομέτρον. ('Απ. α' 5Ω . β' $4 A$)

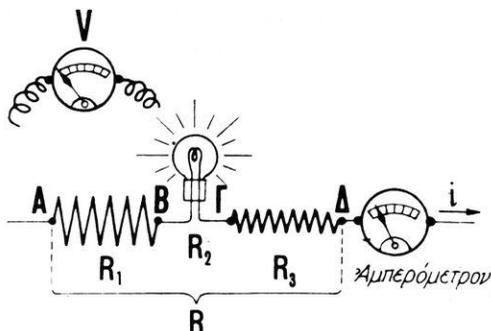
ΑΒ' — ΣΥΝΔΕΞΙΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ

§ 156. Γενικότητες. "Όταν περισσότεραι τής μιᾶς ἀντιστάσεις παρατίθενται εις ένα κύκλωμα, εις τρόπον ὥστε νὰ διαρρέωνται από το ίδιο ηλεκτρικόν ρεύμα, λέγομεν ότι αἱ ἀντιστάσεις αὐταὶ εἶναι συνδεδεμέναι έν σειρᾷ.

'Υπάρχει ὁμοῦς και ένας ἄλλος τρόπος συνδέσεως ἀντιστάσεως, κατὰ τὸν ὅποιον αἱ ἀντιστάσεις σχηματίζουν διακλαδώσεις και δὲν

διαρρέονται από τὸ ἴδιον ρεῦμα. Ἡ σύνδεσις αὐτὴ λέγεται σύνδεσις κατὰ διακλάδωσιν ἢ ἐν παραλλήλῳ.

§ 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 ρεῦμα, τὴν ἔντασιν τοῦ ὁποίου, ἔστω $i = 0,5 \text{ A}$, μετρεῖ ἓνα ἀμπερόμετρον. Διὰ νὰ ὑπολογίσωμεν τὴν ἀντίστασιν ἐκάστης συσκευῆς κεχωρισμένως, μετροῦμεν μὲ ἓνα βολτόμετρον τὴν τάσιν, ἢ ὁποία ἐπικρατεῖ εἰς τὰ ἄκρα τῆς καὶ ἀκολουθῶς ἐφαρμοζόμεν τὸν τύπον $R = U/i$.



Σχ. 148. Αἱ ἀντιστάσεις ἐν σειρᾷ προστίθενται.

Μετροῦντες τὰς τάσεις αἵτινες 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, δταν θεωρηθοῦν ὡς μία διὰταξις, ἢ ἀντίστασις δηλαδὴ ἡ ὁποία 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, αἱ τάσεις, ὅταν εἶναι διαδοχικαί, προστίθενται. Ἐπομένως θὰ ἔχωμεν ὅτι :

$$U = U_1 + U_2 + U_3 = 20 + 65 + 30 = 115V$$

καὶ συνεπῶς θὰ εἶναι :

$$R = \frac{U}{i} = \frac{115}{0,5} = 230 \Omega.$$

Ἄν προσθέσωμεν ὁμως τὰς τρεῖς ἀντιστάσεις R_1 , R_2 καὶ R_3 , εὐρίσκομεν :

$$R_1 + R_2 + R_3 = 40 + 130 + 60 = 230 \Omega.$$

Ὡστε θὰ ἀληθεύῃ ἡ σχέσηις :

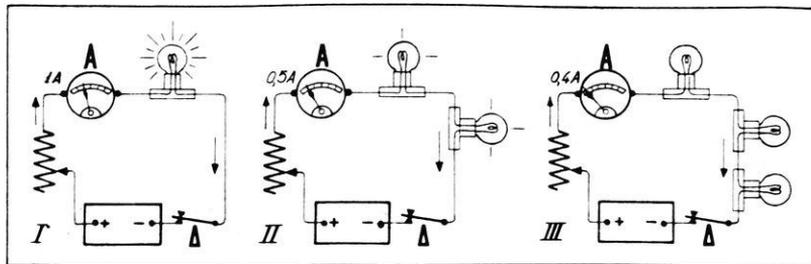
$$R_{ολ} = R_1 + R_2 + R_3$$

Ἡ ἰσότης εἰς τὴν ὁποίαν κατελήξαμεν ἐκφράζει ὅτι:

Ἡ ὅλική ἀντίστασις ($R_{ολ}$) μιᾶς ὁμάδος ἀντιστάσεων, αἱ ὁποῖαι εἶναι συνδεδεμένοι ἐν σειρᾷ, εἶναι ἴση μὲ τὸ ἄθροισμα αὐτῶν τῶν ἀντιστάσεων.

§ 158. Μεταβολὴ τῆς ἐντάσεως. Πείραμα. Εἰς ἓνα ἠλεκτρικὸν κύκλωμα συνδέομεν ἐν σειρᾷ ἓναν ροοστάτην, ἓνα ἀμπερόμετρον καὶ ἓνα λαμπτήρα. Ρυθμιζομεν τὸν ροοστάτην, ὥστε νὰ ἔχωμεν ἔντασιν ρεύματος 1 A καὶ κατόπιν συνδέομεν εἰς τὸ κύκλωμα δεῦτερον καὶ τρίτον λαμπτήρα ἐν σειρᾷ (σχ. 149). Παρατηροῦμεν τὰ ἐξῆς: α) Ἡ φωτεινὴ ἰσχὺς τῶν λαπτῆρων ἐξασθενίζει, β) ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ἐλαττώνεται.

Ἐφ' ὅσον αἱ συσκευαὶ συνδέονται ἐν σειρᾷ, αὐξάνεται ἡ ὅλική ἀντίστασις τοῦ



Σχ. 149. Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ἐλαττώνεται, ὅταν προσθέσωμεν εἰς τὸ κύκλωμα ἀντιστάσεις ἐν σειρᾷ.

κυκλώματος, αλλά όταν ο παρονομαστής ενός κλάσματος μεγαλώνη, μικραίνει ή τιμή του κλάσματος. Έπομένως συμπεραίνομεν 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, το όποιον διαρρέει το κύκλωμα.

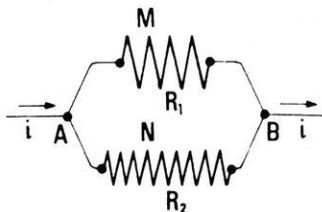
§ 159. Σύνδεσις αντίστασεων παραλλήλως. Τα σημεία A και B ενός κυκλώματος συνδέονται με δύο άγωγους AMB και ANB , των οποίων αι αντίστασις είναι R_1 και R_2 αντίστοιχως (σχ. 150). Λέγομεν ότι αι δύο αὐται αντίστασις είναι συνδεδεμένοι κατά διακλάδωσιν ή παραλλήλως. Γενικώτερον :

Δύο ή περισσότεραι αντίστασις είναι συνδεδεμένοι κατά διακλάδωσιν ή παραλλήλως, όταν τὰ ἄκρα των καταλήγουν εις δύο κοινὰ σημεία του κυκλώματος.

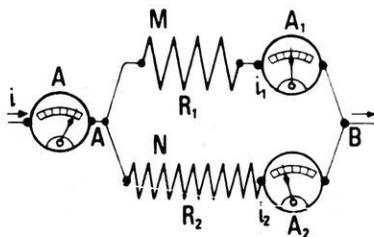
§ 160. Έντασις τῶν διακλαδιζομένων ρευμάτων. α) Το κύριον ρεύμα, έντάσεως i , το όποιον κυκλοφορεί εις το κύκλωμα, διακλαδίζεται εις το σημειον A και σχηματίζει δύο ρεύματα, με έντασις i_1 και i_2 , τὰ όποια διαρρέουν τὰς δύο διακλαδιζομένας αντίστασις. Τα ρεύματα αὐτὰ ένώνονται και πάλιν εις το σημειον B (σχ. 151).

Αν μετρήσωμεν την έντασιν i του κυρίου ρεύματος με το ἄμπερόμετρον A και τὰ έντασις i_1 και i_2 με τὰ ἄμπερόμετρα A_1 και A_2 θὰ διαπιστώσωμεν ότι :

Ἡ έντασις i του κυρίου ρεύματος είναι ἴση με το ἄθροισμα τῶν έντάσεων i_1 και i_2 τῶν διακλαδιζομένων ρευμάτων.



Σχ. 150. Ἀντίστασις συνδεδεμένοι παραλλήλως.



Σχ. 151. Το ἄθροισμα τῶν έντάσεων τῶν διακλαδιζομένων ρευμάτων ἴσουςται πρὸς την έντασιν του κυρίου ρεύματος.

Δηλαδή έχουμε ότι : $i = i_1 + i_2$

β) Κατανομή του κυρίου ρεύματος εις τὰς παραλλήλους ἀντιστάσεις. Έστω ότι αἱ παράλληλοι ἀντιστάσεις τοῦ προηγουμένου σχήματος ἔχουν τιμὰς $R_1 = 30 \Omega$ καὶ $R_2 = 90 \Omega$, δηλαδή :

$$R_1 = \frac{1}{3} R_2 \quad \text{ἢ} \quad \frac{R_1}{R_2} = \frac{1}{3}$$

Μὲ τὰ ἀμπερόμετρα A_1 καὶ A_2 μετροῦμε τὰς ἐντάσεις τῶν ἀντιστοιχῶν ρευμάτων i_1 καὶ i_2 καὶ εὐρίσκουμεν 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 . Δηλαδή :

$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{3}{1}$$

Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι ὁ λόγος τῶν ἐντάσεων τῶν δύο ρευμάτων εἶναι ἴσος μὲ τὸ ἀντίστροφον τοῦ λόγου τῶν ἀντιστάσεων τὰς ὁποίας διαρρέουν.

$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{R_2}{R_1}, \quad \text{ἢ} \quad i_1 \cdot R_1 = i_2 \cdot R_2$$

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 Ὠμ. Πράγματι ἀν εἶναι U ἡ τάσις μεταξὺ τῶν σημείων A καὶ B καὶ ἐφαρμώσωμεν τὸν νόμον τοῦ Ὠμ 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 ὅποιον διαρρέει τὴν πρώτην ἀντίστασιν εἶναι 3 A . Νὰ ὑπολογισθοῦν : α) Ἡ ἐντασις τοῦ ρεύματος τὸ ὅποιον διαρρέει τὴν ἀντίστασιν R_2 καὶ β) ἡ ἐντασις τοῦ κυρίου ρεύματος.

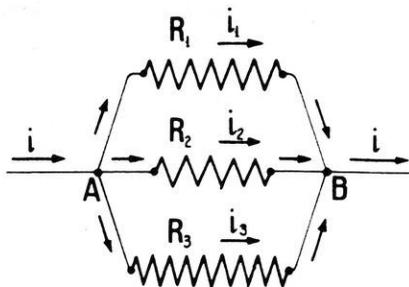
Λύσις. α) Ἐφ' ὅσον ἡ R_2 εἶναι τριπλασία τῆς R_1 θὰ ἔχωμεν ὅτι : $R_2 = 3 \cdot 50 \Omega = 150 \Omega$.

Ἐφαρμόζοντας τὸν τύπον $i_1 \cdot R_1 = i_2 \cdot R_2$, εὐρίσκουμεν: $3 \cdot 50 = i_2 \cdot 150$.
Ἄρα :

$$i_2 = 1 \text{ A.}$$

β) Ἐπειδὴ $i = i_1 + i_2$, θὰ ἔχωμεν ὅτι :

$$i = 3 + 1 = 4 \text{ A.}$$



§ 161. Ὑπολογισμὸς τῆς ὀλικῆς ἀντιστάσεως μιᾶς ὁμάδος ἀντιστάσεων, συνδεδεμένων παραλλήλως.

Ἡ ὀλικὴ ἀντίστασις ($R_{ολ}$) μιᾶς ὁμάδος ἀντιστάσεων R_1, R_2, R_3 , κλπ., συνδεδεμένων παραλλήλως μεταξύ τῶν σημείων A καὶ B, ὀνομάζεται ἡ ἀντίστασις, ἡ ὅποια ὅταν τοποθετηθῇ εἰς τὴν θέσιν αὐτῶν τῶν ἀντιστάσεων, δὲν μεταβάλλει οὔτε τὴν ἔντασιν i τοῦ κυρίου ρεύματος, οὔτε τὴν τάσιν ἡ ὅποια ἐπικρατεῖ εἰς τὰ σημεῖα A καὶ B.

Ἐστω $R_{ολ}$ ἡ ὀλικὴ ἀντίστασις μιᾶς ὁμάδος τριῶν ἀντιστάσεων R_1, R_2, R_3 , συνδεδεμένων παραλλήλως (σχ. 152). Ἡ $R_{ολ}$ πρέπει νὰ ἔχη τοιαύτην τιμὴν ὥστε, συμφῶνως πρὸς τὸν νόμον τοῦ Ὠμ, νὰ ἔχωμεν :

$$U = R_{ολ} \cdot i \quad \text{ἢ} \quad i = \frac{U}{R_{ολ}}$$

Ἄν ἐφαρμόσωμεν ἄλλωστε τὸν νόμον τοῦ Ὠμ, εἰς ἐκάστην ἀπὸ τὰς παραλλήλους ἀντιστάσεις, θὰ ἔχωμεν ὅτι :

$$U = R_1 \cdot i_1 \quad \text{ἢ} \quad i_1 = \frac{U}{R_1}, \quad U = R_2 \cdot i_2 \quad \text{ἢ} \quad i_2 = \frac{U}{R_2}, \quad U = R_3 \cdot i_3 \quad \text{ἢ} \quad i_3 = \frac{U}{R_3}.$$

Ἐπειδὴ ὁμοῦς $i = i_1 + i_2 + i_3$ θὰ ἰσχύη ἡ σχέσις :

$$\frac{U}{R_{ολ}} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3}$$

ἡ ὅποια ἀπλοποιεῖται μὲ τὸ U καὶ γίνεται :

$$\frac{1}{R_{ολ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Ὅταν μία ὁμάς ἀντιστάσεων R_1, R_2, R_3 , κλπ., εἶναι συνδεδεμένα παραλλήλως, τὸ ἀντίστροφον $1/R_{ολ}$ τῆς ὀλικῆς τῶν ἀντιστάσεων $R_{ολ}$ εἶναι ἴσον μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἀντιστρόφων $1/R_1, 1/R_2, 1/R_3$, κλπ. τῶν παραλλήλων ἀντιστάσεων.

Ἀριθμητικὴ ἐφαρμογὴ : Τρεῖς ἀντιστάσεις $R_1 = 2 \Omega, R_2 = 3 \Omega, R_3 = 5 \Omega$

είναι συνδεδεμένα *παραλλήλως*. Νά εύρεθῆ ἡ ὅλική ἀντίσταση $R_{ολ}$ τῶν τριῶν *παραλλήλων ἀντιστάσεων*.

Λύσις. Ἔχομεν ὅτι:
$$\frac{1}{R_{ολ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

ἢ
$$\frac{1}{R_{ολ}} = \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{5}, \quad \frac{1}{R_{ολ}} = \frac{31}{30}$$

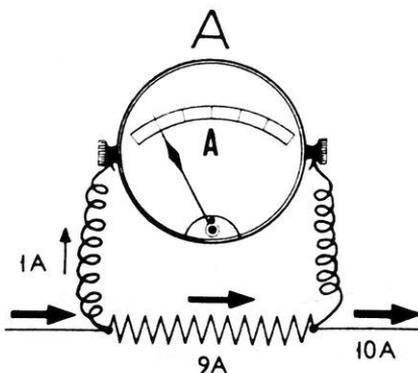
Δηλαδή :

$$R_{ολ} = \frac{30}{31} \Omega = 0,97 \Omega.$$

§ 162. Διακλάδωσις ἀμπερομέτρου. Τὰ ἀμπερόμετρα κατασκευάζονται συνήθως εἰς τρόπον ὥστε νά δύνανται νά χρησιμοποιηθοῦν μέχρι μιᾶς ὀρισμένης ἐντάσεως ρεύματος.

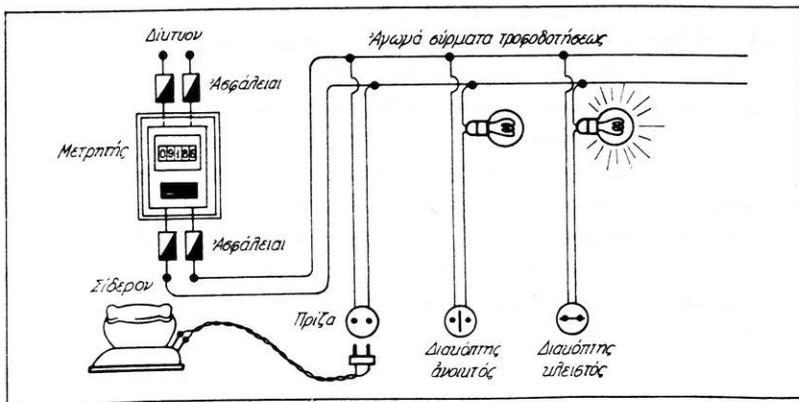
Δυνάμεθα ὁμως μέ ἓνα ἀμπερόμετρον νά μετρήσωμεν καί ρεύματα μεγαλύτερας ἐντάσεως, ἀπό ἐκείνην διὰ τήν ὁποίαν κατασκευάσθη τὸ ὄργανον, ἔαν συνδέσωμεν μίαν κατάλληλον ἀντίστασιν *παραλλήλως* (κατά *διακλάδωσιν*) πρὸς αὐτό.

Εἰς τήν περίπτωσιν αὐτήν ἓνα μέρος τοῦ ὅλικου ρεύματος διαρρέει τὸ ἀμπερόμετρον, τὸ δὲ ὑπόλοιπον τήν *πάρλληλον ἀντίστασιν*, ἡ ὁποία ὀνομάζεται *διακλάδωσις τοῦ ἀμπερομέτρου* (σχ. 153). Ἐνα ἀμπερόμετρον *διακλαδισμένον*, π.χ., εἰς τὸ δέκατον εἶναι ἓνα ὄργανον ἀπὸ τὸ ὁποῖον 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 ἐντασις 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 ἀσφαλείας*, πρὶν καὶ μετὰ ἀπὸ τὸν *μετρητήν*, καί, ἀφοῦ διέλθῃ ἀπὸ τὸν γενικὸν *διακόπτην*, *διοχετεύεται* μέ *παχέα σύρματα* εἰς τοὺς *διαφόρους χώρους* τῆς ἐγκαταστάσεως.



Σχ. 154. Κύκλωμα ηλεκτρικής οικιακής εγκαταστάσεως.

Αί διάφοροι συσκευαί και οί λαμπτήρες συνδέονται παραλλήλως με τὰ σύρματα τροφοδοτήσεως, εις ἕκαστον δὲ λαμπτήρα συνδυάζεται και ἕνας διακόπτης. Ἡ παράλληλος σύνδεσις παρουσιάζει τὸ πλεονέκτημα ὅτι δυνάμεθα νὰ χρησιμοποιῶμεν τοὺς λαμπτήρας ἢ τὰς συσκευὰς ἀνεξαρτήτως τὴν μίαν ἀπὸ τὴν 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 ὁμάδος ἀντιστάσεων R_1 , R_2 , R_3 , κλπ. συνδεδεμένων ἐν σειρᾷ, εἶναι ἴση μετὸ ἄθροισμα τῶν ἀντιστάσεων τῆς ὁμάδος. 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 των καταλήγουν εἰς δύο κοινὰ σημεῖα

τοῦ κυκλώματος. Αἱ ἀντιστάσεις αὐταὶ δὲν διαρρέονται ἀπὸ τὸ ἴδιον ρεῦμα, εἰς τὰ ἄκρα των ὁμῶς ἐπικρατεῖ ἡ ἴδια τάσις.

5. Ὄταν εἰς ἓνα σημεῖον ἐνὸς κυκλώματος σχηματίζεται διακλάδωσις, ἡ ἔντασις τοῦ κυρίου ρεύματος εἶναι ἴση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἐντάσεων τῶν διακλαδιζομένων ρευμάτων.

6. Αἱ ἐντάσεις τῶν διακλαδιζομένων ρευμάτων εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογοι πρὸς τὰς ἀντιστάσεις τὰς ὁποίας διαρρέουν.

7. Τὸ ἀντίστροφον $1/R_{ολ}$ τῆς ὀλικῆς ἀντιστάσεως $R_{ολ}$, μιᾶς ὁμάδος ἀντιστάσεων R_1, R_2, R_3 , κλπ. συνδεδεμένων παραλλήλως, εἶναι ἴσον μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἀντιστρόφων τῶν παραλλήλων ἀντιστάσεων. Δηλαδή :

$$\frac{1}{R_{ολ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

142. Ἐνας θερμοσίφων περιέχει τρεῖς ἀντιστάσεις $R_1 = 20 \Omega$, $R_2 = 30 \Omega$ καὶ $R_3 = 60 \Omega$. Ὁ θερμοσίφων λειτουργεῖ μὲ διαφορὰν δυναμικοῦ 110 Volt . Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ὀλική του ἀντίστασις εἰς τὰς ἀκολουθοῦσας περιπτώσεις : α) Καὶ αἱ τρεῖς ἀντιστάσεις συνδέονται ἐν σειρᾷ. β) Ἡ ἀντίστασις R_1 εἶναι συνδεδεμένη ἐν σειρᾷ μὲ τὸ σύστημα τῶν ἀντιστάσεων R_2 καὶ R_3 , αἱ ὁποῖαι εἶναι συνδεδεμένα μεταξύ των παραλλήλως. γ) Αἱ τρεῖς ἀντιστάσεις εἶναι συνδεδεμένα παραλλήλως. Νὰ σχεδιασθῶν 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 ἄμπερόμετρον 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 διακλαδώσεως τὴν ὁποίαν πρέπει νὰ χρησιμοποιήσωμεν. β) Νὰ εὑρεθῇ ἡ συνολικὴ ἀντίστασις ἄμπερομέτρου-διακλαδώσεως. (Ἄπ. α' $0,006 \Omega$, περίπου. β' $0,005 \Omega$, περίπου)

145. Ἐνα βολτόμετρον εἶναι κατασκευασμένον 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 . Ποῖαν διάταξιν πρέπει νὰ νόθετήσωμεν καὶ ποῖαν ἀντίστασιν πρέπει νὰ χρησιμοποιήσωμεν. (Ἄπ. Σύνδεσιν ἀντιστάσεως R ἐν σειρᾷ, $R = 17500 \Omega$.)

§ 164. Γενικότητες. Αί ηλεκτρικαί πηγαί ἢ γεννήτριαι ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, εἶναι συσκευαί αἱ ὁποῖαι ἀποδίδουν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα.

Διὰ τὴν παραγωγὴν καὶ τὴν παροχὴν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος χρησιμοποιοῦμεν σήμερον εἰς τὴν πρᾶξιν, ἀναλόγως τῶν ἀναγκῶν ὡς πηγᾶς: 1) Τὰ ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα· 2) τοὺς συσσωρευτάς· 3) τὰς δυναμοηλεκτρικὰς γεννητριάς καὶ τοὺς ἐναλλακτῆρας.

Τὰ ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα καὶ οἱ συσσωρευταὶ εἶναι διατάξεις αἱ ὁποῖαι μετατρέπουν χημικὴν ἐνέργειαν εἰς ἠλεκτρικὴν 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 ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν τὴν μηχανικὴν ἐνέργειαν, τὴν ὁποῖαν τοὺς προσφέρει ὁ κινητήρ.

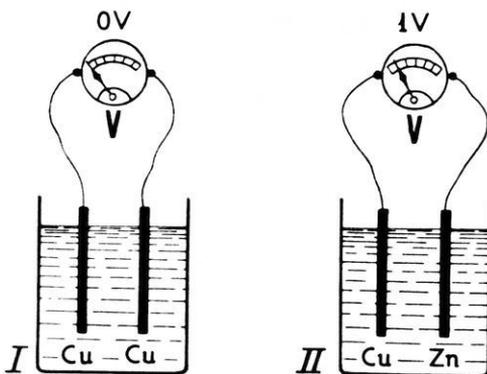
Ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια, ἡ ὁποία χρησιμοποιεῖται εἰς τὰς οἰκιακὰς καὶ τὰς βιομηχανικὰς ἐγκαταστάσεις καὶ ἡ ὁποία διανέμεται χάρις εἰς τὸ ἠλεκτρικὸν δίκτυον, παράγεται εἰς τοὺς ἠλεκτροπαραγωγικοὺς σταθμούς, ὅπου εἶναι ἐγκατεστημένοι αἱ γεννήτριαι παραγωγῆς ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ὅπως ἐπίσης οἱ στρόβιλοι ἢ οἱ κινητῆρες οἴτινες τὰς θέτουν εἰς λειτουργίαν.

Γενικῶς ἡ ἠλεκτρογεννήτρια πραγματοποιεῖ μετατροπὴν μιᾶς μορφῆς ἐνεργείας εἰς ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

Ἐκάστη γεννήτρια συνεχοῦς ρεύματος περιλαμβάνει δύο ἀκροδέκτας ἢ πόλους, τὸν θετικὸν πόλον (+) καὶ τὸν ἀρνητικὸν πόλον (—), μεταξὺ τῶν ὁποίων ὑφίσταται μία ὀρισμένη διαφορά δυναμικοῦ.

Ὅταν οἱ δύο πόλοι ἐνωθοῦν μὲ ἓνα ἀγωγὸν σύρμα, ὁ ἀρνητικὸς πόλος, ὁ ὁποῖος ἔχει πλεόνασμα ἠλεκτρονίων, ἀπωθεῖ ταῦτα καὶ τὰ ἀποδίδει εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα. Ὁ θετικὸς πόλος ἔλκει τὰ ἠλεκτρόνια. Εἰς αὐτὸ ἀκριβῶς τὸ φαινόμενον τῆς ἑλξεως καὶ τῆς ἀπώσεως τῶν ἠλεκτρονίων ἀπὸ τοὺς δύο πόλους ὀφείλεται τὸ συνεχές ἠλεκτρικὸν ρεῦμα.

§ 165. Ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον τοῦ Βόλτα (Volta). Πείραμα 1. Βυθίζομεν δύο λεπτὰ χάλκινα ἐλάσματα χωρὶς αὐτὰ νὰ ἐφάπτονται



Σχ. 155. Δύο ηλεκτρόδια διαφορετικής φύσεως παρουσιάζουν διαφοράν δυναμικοῦ.

Πείραμα 2. Ἀντικαθιστῶμεν τὸ ἓνα χάλκινον ἔλασμα μὲ ἓνα ἔλασμα ἀμαλγαμωμένου ψευδαργύρου (1), τὸ ὁποῖον τοιουτοτρόπως δὲν προσβάλλεται χημικῶς ἀπὸ τὸ θεικὸν ὀξύ (σχ. 155, II).

Παρατηροῦμεν τότε ὅτι δὲν συμβαίνει οὐδεμία χημικὴ ἀντίδρασις καὶ δι' αὐτὸν τὸν λόγον τὸ θεικὸν ὀξύ δὲν προσβάλλει τὸν ἀμαλγαμωμένον ψευδάργυρον, ὅπως ἐπίσης ὅτι ὁ δείκτης τοῦ βολτομέτρου ἀποκλίνει καὶ δεικνύει περίπου 1 Volt.

Ἐὰν ἀκολουθῶς πλησιάσωμεν ἢ ἀπομακρύνωμεν μεταξύ των τὰ δύο ηλεκτρόδια, ἡ θέσις τοῦ δείκτου δὲν μεταβάλλεται, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον σημαίνει ὅτι :

Ἐπάρχει μία διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξύ τῶν δύο διαφορετικῶν μεταλλικῶν ἐλασμάτων, δηλαδὴ μεταξύ δύο ηλεκτροδίων διαφορετικῆς φύσεως, ἡ ὁποία εἶναι ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὴν ἀπόστασιν ἧτις τὰ χωρίζει.

Ἡ ὅλη διάταξις, ἡ ὁποία ἀποτελεῖται ἀπὸ τὰ δύο διαφορετικὰ ηλεκτρόδια, βυθισμένα μέσα εἰς τὸ ὀξυνοσιμένον ὕδωρ ὁμοῦ μὲ τὸ δοχεῖον, ὀνομάζεται **ἠλεκτρικὸν στοιχεῖον**.

Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ ἧτις ἐπικρατεῖ μεταξύ τῶν ηλεκτροδίων

(1) Ὁ ἀμαλγαμωμένος ψευδάργυρος παρασκευάζεται ἂν τρίψωμεν μὲ στουπὶ ἓνα τεμάχιον καθαροῦ ψευδαργύρου μέσα εἰς διάλυμα, τὸ ὁποῖον περιέχει ὑδράργυρον καὶ ὀξυνοσιμένον ὕδωρ (H_2SO_4).

μεταξύ των, εἰς ἀραιὸν διάλυμα θεικοῦ ὀξέος (ὀξυνοσιμένον ὕδωρ) καὶ τὰ συνδέομεν μὲ τοὺς ἀκροδέκτας ἑνὸς βολτομέτρου, ὁπότε παρατηροῦμεν ὅτι ὁ δείκτης τοῦ ὄργανου δὲν ἀποκλίνει καὶ ὅτι οὐδεμία χημικὴ ἀντίδρασις παρατηρεῖται.

Τὸ θεικὸν ὀξύ ἡραιωμένον καὶ ἓν «ψυχρῶ» δὲν προσβάλλει τὸν χάλκον (σχ. 155, I).

του στοιχείου, όταν δέν τροφοδοτή-
ται τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα μὲ ρεῦμα,
δύναται νὰ μετρηθῆ μὲ ἓνα βολτό-
μετρον. Αὐτὴ ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ
ὀνομάζεται **ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις**
τοῦ στοιχείου.

Πείραμα 3. Κλείομεν τὸ κύκλωμα
τῆς στήλης μὲ 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.

Ἀπὸ τὴν διεύθυνσιν τῆς ἀποκλίσεως τοῦ δείκτου τοῦ ἀμπερομέ-
τρου συμπεραίνομεν ὅτι τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα διαρρέει τὸ ἐξωτερικὸν
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 ὑδρο-
γόνου.

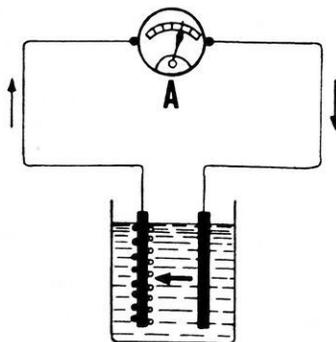
Ἄλλωστε καὶ ὁ ψευδάργυρος προσβάλλεται καί, ἐάν τὸ πείραμα
παραταθῆ, τὸ ἔλασμα τοῦ ψευδαργύρου ἀρχίζει νὰ διαλύεται βραδέως.

γ) Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ἐλαττώ-
νεται ταχύτατα.

Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω πειράματα συμπεραίνομεν ὅτι :

Μεταξὺ δύο ἠλεκτροδίων διαφορετικῆς φύσεως, τὰ ὁποῖα εἶναι
βυθισμένα εἰς ἀραιὸν διάλυμα θεϊκοῦ ὀξέος, ἐμφανίζεται μία διαφορὰ
δυναμικοῦ. Ἡ διάταξις αὕτη ἀποτελεῖ ἓνα ἠλεκτρικὸν στοιχεῖον. Ἡ
διαφορὰ τοῦ δυναμικοῦ ἧτις ἐπικρατεῖ μεταξὺ τῶν δύο ἠλεκτροδίων,
ὅταν δέν τροφοδοτήται μὲ ρεῦμα τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα, ὀνομάζεται
ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ στοιχείου.

Ὅταν συνδέωμεν τὰ δύο ἠλεκτρόδια μὲ ἓνα ἀγωγὸν σύρμα, τότε
κυκλοφορεῖ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα.



Σχ. 156. Ἡλεκτρικὸν ρεῦμα μὲ
ἐλαττωμένην ἔντασιν διαρρέει τὸ
ἐξωτερικὸν κύκλωμα.

§ 166. Ἐξήγησις τῶν φαινομένων. Ἡλεκτρόλυσις. Ἐφ' ὅσον ἔχομεν δύο ἠλεκτρόδια βυθισμένα εἰς ἀραιὸν διάλυμα θεικοῦ ὀξέος, τὸ στοιχεῖον τοῦ Βόλτα δὲν εἶναι εἰς τὴν οὐσίαν τίποτε ἄλλο παρά ἓνα βολτάμετρον.

Ἡ ἐμφάνισις τῶν φυσαλλίδων τοῦ ὑδρογόνου καὶ ἡ βραδεῖα διάλυσις τοῦ ἠλεκτροδίου τοῦ ψευδαργύρου δηλώνουν ὅτι συμβαίνουν χημικαὶ ἀντιδράσεις ἐντὸς τοῦ στοιχείου.

Τὸ ἀγωγὸν σύρμα ἄλλωστε τὸ ὁποῖον συνδέει τὰ δύο ἠλεκτρόδια, διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ ὁποῖον ἀποδίδει ἔργον (ἀπόκλισις τοῦ δεικτοῦ τοῦ ἀμπερομέτρου). Δηλαδή τὸ ἠλεκτρικὸν στοιχεῖον ἀποδίδει ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν. Ὡστε:

Τὸ ἠλεκτρικὸν στοιχεῖον εἶναι μίᾳ ἀπλῇ γεννήτρια ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ἣ 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,

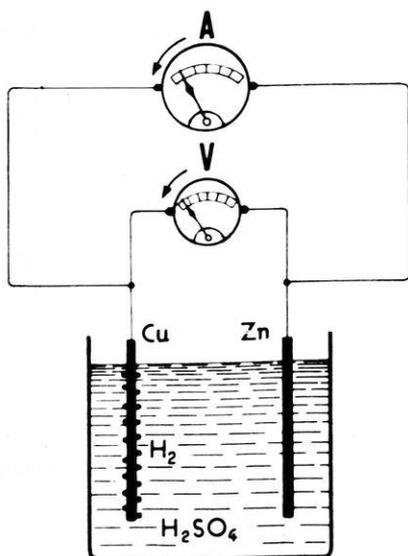
ὅταν ἓνα ἠλεκτρικὸν στοιχεῖον τροφοδοτεῖ ἓνα ἐξωτερικὸν κύκλωμα, τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐλαττώνεται ταχύτατα καὶ ἐντὸς μικροῦ χρονικοῦ διαστήματος μηδανίζεται (σχ. 157).

Ἄναστρομεν τὸ χάλκινον ἠλεκτρόδιον, τὸ σπογγίζομεν προσεκτικῶς καὶ τὸ ἐπαναβυθίζομεν εἰς τὸ διάλυμα, συνεχίζοντες τὸ πείραμα.

Ἐὰν καθαρίσωμεν τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ χαλκίνου ἠλεκτροδίου, τρίβοντες αὐτὴν μέσα εἰς ὕδωρ μὲ ἓνα πτερόν, διὰ νὰ ἀπομακρύνωμεν τὰς φυσαλλίδας τοῦ ὑδρογόνου, καὶ τὸ ἐπανατοποθετήσωμεν εἰς τὴν θέσιν του, παρατηροῦμεν πάλιν ὅτι ἡ ἔντασις 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 χαλκίνου ἠλεκτροδίου.

Αἱ φυσαλλίδες τοῦ ὑδρογόνου τροποποιοῦν τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ χαλκίνου ἐλάσματος, μεταβάλλουσαι



Σχ. 157. Πόλωσις τῶν ἠλεκτροδίων ἀπὸ τὸν σχηματισμὸν φυσαλλίδων ὑδρογόνου εἰς τὸ ἠλεκτρόδιον τοῦ χαλκοῦ.

τοιουτοτρόπως την κατασκευήν του ηλεκτρικού στοιχείου. Αυτό το τροποποιημένον ηλεκτρικόν στοιχείον παρουσιάζει μικροτέραν ηλεκτρεγερτικήν δύναμιν από δ,τι το άρχικόν.

Αί φυσαλλίδες του υδρογόνου άλλωστε προβάλλουν μίαν επί πλέον αντίστασιν εις την 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 πολώσεως εξουδετερώνεται είτε με μηχανικά μέσα (καθαρισμός με ένα πτερόν των φυσαλλίδων του υδρογόνου) είτε με χημικά μέσα. Ωστε :

Ο σχηματισμός φυσαλλίδων υδρογόνου εις το χάλκινον ηλεκτρόδιον ενός ηλεκτρικού στοιχείου, προκαλεί πόλωσιν, με αποτέλεσμα την διακοπήν τής παροχής ηλεκτρικού ρεύματος.

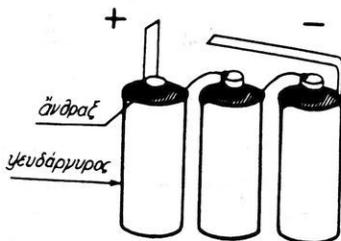
§ 168. Στήλη φανού. Η ηλεκτρική στήλη (σχ. 158), την οποίαν χρησιμοποιούμεν εις τους φανούς τής τσέπης, είναι συνδυασμός τριών στοιχείων συνδεδεμένων εν σειρά. Δύο χάλκινα έλάσματα, τα όποια αποτελούν τους πόλους, εξέρχονται από το άνω μέρος τής στήλης.

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).

Εάν ανοίξωμεν ένα στοιχείον, θα παρατηρήσωμεν τα εξής : α) Το άρνητικόν ηλεκτρόδιον, το όποιον είναι το μεταλλικόν περίβλημα από ψευδάργυρον. β) Το θετικόν ηλεκτρόδιον, το όποιον αποτελείται από την κεντρικήν ράβδον εξ άνθρακος. γ) Τόν ηλεκτρολύτην, ο όποιος είναι πολτός χλωριούχου άμμωνίου (NH_4Cl). δ) Το αντιπλωτικόν υλικόν, το όποιον είναι ύπεροξειδιον του μαγγανίου (MnO_2) και περιβάλλει την ράβδον του άνθρακος.

Αυτό το είδος του ηλεκτρικού στοιχείου ονομάζεται **ξηρόν στοιχείον**.

Η χημική αντίδρασις μεταξύ του ψευδαργύρου και του χλωριούχου άμμωνίου προκαλεί την εκλυσιν χημικής ένεργείας, ή όποια μετατρέπεται ακολούθως εις ηλεκτρικήν ένεργειαν. Σχ.158. Ξηρά στήλη διά φανόν τσέπης



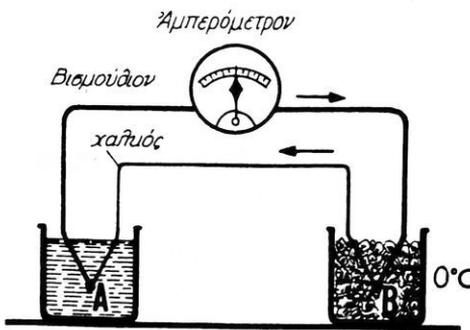
Τὸ ὕδρογόνον τὸ ὁποῖον παράγεται κατὰ τὴν διάρκειαν αὐτῆς τῆς ἀντιδράσεως, ἐνώνεται μὲ τὸ δξυγόνον τοῦ ἀντιπολωτικοῦ ὕλικου (MnO_2) καὶ ἐξαφανίζεται. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ἀποφεύγεται ἡ πόλωσις τῆς στήλης.

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 τσέπης, θὰ ἔχη ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν 4,5 Volt.

§ 169. Θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον. Πείραμα. Λαμβάνομεν δύο μεταλλικὰ σύρματα διαφορετικῆς φύσεως, π.χ. ἀπὸ βισμούθιου καὶ χαλκόν, καὶ συγκολλῶμεν τὰ ἄκρα των, παρεμβάλλοντες ἓνα πολὺ εὐαῖσθητον 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, ἢ ἔντασις τοῦ ὁποίου εἶναι τόσοσιν μεγαλυτέρα, ὅσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ διαφορὰ τῆς θερμοκρασίας τῶν δύο συγκολλήσεων (σχ. 159).

Εἰς αὐτὸ τὸ εἶδος τοῦ στοιχείου, ἡ θερμικὴ ἐνέργεια (ποσότης τῆς θερμότητος ἢ ὁποία ἀποδίδεται εἰς τὴν συγκόλλησιν, ἥτις εὐρίσκεται 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 εὐρίσκει ἐφαρμογὴν εἰς τὴν κατασκευὴν εὐαῖσθητων θερμομέτρων, ὅποτε τὸ ἀμπερόμετρον εἶναι βαθμολογημένον εἰς βαθμοὺς Κελσίου. Ὡστε :

Αἱ ἠλεκτρικαὶ γεννήτριαι δὲν παράγουν ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν ἀλλὰ μετατρέπουν εἰς ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν :

α) Τὴν μηχανικὴν ἐνέργειαν (π.χ. δυναμοηλεκτρικαὶ γεννήτριαι, ἐναλλακτῆρες).

β) Τὴν χημικὴν ἐνέργειαν (π.χ. ἠλεκτρικαὶ στήλαι, συσσωρευταί).

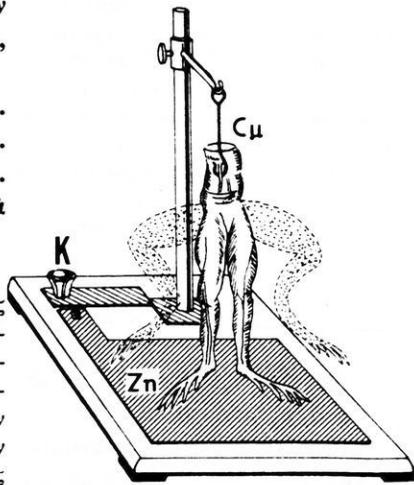
γ) Τὴν θερμικὴν ἐνέργειαν (π.χ. ἐναλλακτῆρες, θερμοηλεκτρικὰ στοιχεῖα).

§ 170. Ἱστορικόν. Ἡ ἀνακάλυψις τῶν ἠλεκτρικῶν στοιχείων, τὰ ὁποῖα εἶναι ἓνας σπουδαῖος σταθμὸς εἰς τὴν χρησιμοποίησιν τοῦ ἠλεκτρισμοῦ διὰ πρακτικὰς ἐφαρμογὰς, στηρίζεται εἰς μίαν σειρὰν πειραμάτων, τὰ ὁποῖα ἐξετέλεσεν τὸ 1789 ὁ καθηγητὴς τῆς Ἀνατομίας εἰς τὸ Πανεπιστήμιον τῆς Βολωνίας Γαλβάνης (Luigi Galvani, 1737-1798). Ἀπὸ τὰ πειράματα αὐτὰ θὰ περιγράψωμεν τὸ ἀκόλουθον, ἐξ αἰτίας τῆς μεγάλης καὶ ἱστορικῆς του σημασίας.

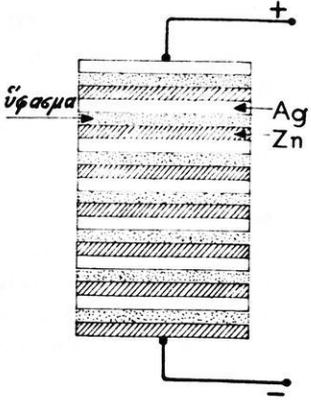
Ὁ Γαλβάνης ἀνέταμε ἓνα βάτραχον, τοῦ ἀφαίρεσε τὸ δῆμα, ἐκράτησε τὰ ὀπίσθια σκέλη καὶ τὸ παρασκευάσμα ἐξήρτησε ἀπὸ τὰ ἰσχυρὰ νῦρα μὲ ἓνα χάλκινον ἔλασμα (σχ. 160). Εἰς τὸ ἔλασμα αὐτὸ εἶχε προσαρμόσει καταλλήλως εἰς τὸ ἓνα τοῦ ἄκρον ἓνα ἔλασμα ἀπὸ ψευδάργυρον, ὁπότε παρετήρησε μὲ ἐκπληξιν ὅτι, ὅταν ἤγγιζε μὲ τὸ ἔλασμα τοῦ ψευδαργύρου τὸ ἓνα σκέλος τοῦ νωποῦ παρασκευάσματος τοῦ βατράχου, συνέβαινε σύσπασις τῶν μῶνων τῶν σκελῶν τοῦ βατράχου.

Διὰ τὴν ἐξηγήσιν τὸ φαινόμενον αὐτὸ ὁ Γαλβάνης ὑπέθεσεν ὅτι ἡ σύσπασις τῶν μῶνων ὀφείλεται εἰς τὸν ζωικὸν ἠλεκτρισμὸν, ὁ ὁποῖος συμμετέχει εἰς τὰ φαινόμενα τῆς ζωῆς καὶ διατηρεῖται ἐπ' ὀλίγον μετὰ τὸν θάνατον.

Τὰ ἀνωτέρω ἔγιναν ταχέως γνωστὰ εἰς πλατύτερον κύκλον ἐπιστημόνων, μετὰξὺ τῶν ὁποίων ἦτο καὶ ὁ ἐπίσης Ἰταλὸς διάσημος Φυσικὸς Βόλτας (Alessandro Volta, 1745 - 1827), καθηγητὴς τῆς Φυσικῆς εἰς τὸ Πανεπιστήμιον τῆς Παβίας, ὁ ὁποῖος καὶ ἔδωσε τὴν ὀρθὴν ἐρμηνείαν εἰς τὸ



Σχ. 160. Ὅταν πιέσωμεν τὸ κομβίον Κ, ἐπέρχεται ἐπαφὴ τῶν ἐλασμάτων ἀπὸ χαλκὸν καὶ ψευδάργυρον καὶ οἱ μῶνες τοῦ βατράχου συσπῶνται.



Σχ. 161. Βολταϊκὴ στήλη.

πείραμα του Γαλβάνη, με βάσιν τὴν θεωρίαν τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἐξ ἐπαφῆς μεταξὺ δύο διαφορετικῶν μετάλλων, τὴν ὁποίαν αὐτὸς ὁ ἴδιος ὁ Βόλτας διεμόρφωσε.

Μὲ τὰ πειράματα τοῦ Γαλβάνη εἰς παρασκευάσματα βατράχων, ἐπλουτίσθησαν αἱ γνώσεις μας διὰ τὸν ἠλεκτρισμὸν καὶ με βάσιν τὰς ἐρεῦνας ἐκεῖνας κατῴρθωσεν ὁ Βόλτας νὰ κατασκευάσῃ τὴν **βολταϊκὴν στήλην**. Ἡ στήλη αὕτη (σχ. 161) ἀποτελεῖται ἀπὸ ζεύγη δίσκων χαλκοῦ καὶ ἀργύρου, οἱ ὅποιοι τοποθετοῦνται διαδοχικῶς ὁ ἓνας ἐπὶ τοῦ ἄλλου, μεταξὺ δὲ δύο δίσκων παρεμβάλλεται ἓνα στρῶμα ὑφάσματος, ποτισμένον με ἀραιὸν θεικόν ὄξυ ἢ διάλυμα ἄλατος. Ὅλα σχεδὸν τὰ μέταλλα δύνανται ἀνά δύο νὰ ἀποτελέσουν στήλην τοῦ Βόλτα.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Μεταξὺ δύο μεταλλικῶν ἠλεκτροδίων διαφορετικῆς φύσεως, τὰ ὁποῖα εἶναι βυθισμένα εἰς ἀραιὸν διάλυμα θεικοῦ ὄξεος, ἀναφαίνεται διαφορὰ δυναμικοῦ. Ἡ διάταξις ἀποτελεῖ ἠλεκτρικὸν στοιχεῖον. Ἡ διαφορὰ τοῦ δυναμικοῦ ἥτις ἐπικρατεῖ μεταξὺ δύο ἠλεκτροδίων, ὅταν δὲν τροφοδοτῆται με ρεῦμα τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα, ὀνομάζεται ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ στοιχείου.

Ἐὰν συνδέσωμεν τὰ δύο ἠλεκτρόδια με ἓνα ἀγωγὸν σύρμα, πραγματοποιοῦμεν ἓνα ἀπλοῦν κύκλωμα, τὸ ὁποῖον διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα.

2. Ἡ ἠλεκτρικὴ στήλη περιλαμβάνει περισσότερα ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα καταλλήλως συνδεδεμένα καὶ ἀποτελεῖ μίαν διάταξιν ἢ ὁποῖα μετατρέπει τὴν χημικὴν ἐνέργειαν εἰς ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν, λέγομεν δὲ ὅτι ἡ ἠλεκτρικὴ στήλη εἶναι μία ἠλεκτρικὴ γεννήτρια.

3. Ἡ ἠλεκτρικὴ στήλη πολώνεται ἐξ αἰτίας τῶν φουσαλλίδων τοῦ ὕδρογόνου, αἱ ὁποῖαι ἐπικάθηνται εἰς τὸ θετικὸν ἠλεκτρόδιον. Ἀποτέλεσμα τῆς πολώσεως εἶναι ἡ ἐλάττωσις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Τὸ φαινόμενον τῆς πολώσεως ἀποτρέπεται με τὴν χρησιμοποίησιν ἑνὸς ἀντιπολωτικοῦ ὑλικοῦ (ὄξειδωτικόν).

4. Ἡ ἠλεκτρικὴ γεννήτρια δὲν δημιουργεῖ ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν. Ἀπλῶς μετατρέπει ἄλλας μορφὰς ἐνεργείας εἰς ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

ΛΔ' — ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΜΙΑΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

ΗΛΕΚΤΡΕΓΕΡΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΙΣ

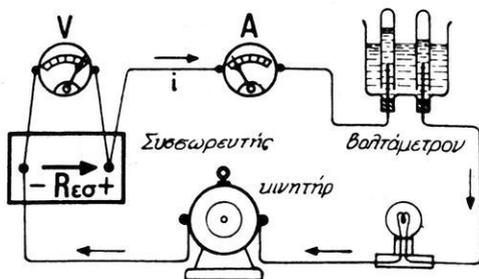
§ 171. Έννοια τής ηλεκτρικής ισχύος μιᾶς γεννητριάς. Θεωρούμεν ἓνα κύκλωμα περιλαμβάνον μίαν συστοιχίαν συσσωρευτῶν, ἓνα λαμπτήρα φωτισμοῦ, ἓνα βολτόμετρον μὲ ὄξυνησμένον ὕδωρ καὶ ἓνα μικρὸν κινητήρα (σχ. 162).

Ἐστω U ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ, τὴν ὁποίαν δεικνύει τὸ βολτόμετρον, συνδεδεμένον εἰς τοὺς ἀκροδέκτας τῆς συστοιχίας καὶ i ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ κύκλωμα. Εἰς τὴν περιπτῶσιν αὐτὴν ἡ τάσις U εἶναι ἴση μὲ τὴν τάσιν εἰς τὰ ἄκρα τοῦ κυκλώματος.

Ἡ ηλεκτρικὴ 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 κινητήρα.

Ὁνομάζομεν Ne_x τὴν ἐνέργειαν ἢ ὁποία καταναλίσκεται ἀνά δευτερόλεπτον ἀπὸ τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα, δηλαδὴ ἀπὸ τὸν λαμπτήρα, τὸ βολτάμετρον καὶ τὸν κινητήρα, ὅποτε ἡ Ne_x εἶναι ἴση μὲ τὴν ἰσχύον, ἥτις δαπανᾶται ἀπὸ τὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα. Θὰ ἔχωμεν συνεπῶς ὅτι: $Ne_x = U \cdot i$.

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 ὁ-



Σχ. 162. Διὰ τὴν σπουδὴν τῆς ὀλικῆς ἰσχύος μιᾶς γεννητριάς.

ποιας εκλύεται θερμότης. Ἡ ἀντίστασις αὐτὴ $R_{εσ}$, τὴν ὁποίαν συναντᾷ τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα κατὰ τὴν κίνησιν 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 ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις E εἶναι συνεπῶς μέγεθος τῆς ἰδίας φύσεως μὲ τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ. Δι' αὐτὸν τὸν λόγον ἀκριβῶς μετρεῖται εἰς Βόλτ. Ἡ ἔνδειξις ἥτις εἶναι ἀναγεγραμμένη ἐπάνω εἰς μίαν ἠλεκτρικὴν στήλην, π.χ. 4,5 V, ἀναφέρεται εἰς τὴν ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν τῆς στήλης.

Ἀριθμητικὴ ἐφαρμογὴ. Ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις μιᾶς συστοιχίας συσσωρευτῶν αὐτοκινήτου εἶναι 6 Βόλτ. Ὄταν ἡ συστοιχία λειτουργῇ κατὰ τὴν ἐκκίνησιν τοῦ ὀχήματος, ἀποδίδει ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 200 A. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἰσχὺς τῆς γεννητρίας.

Λύσις. Ἐφαρμόζομεν τὴν σχέσιν: $N = E \cdot i$.

Ἀντικαθιστῶντες τὰ σύμβολα μὲ τὰς τιμὰς τῶν εὐρίσκομεν:

$$N = 6 \text{ V} \cdot 200 \text{ A} = 1200 \text{ Watt.}$$

§ 173. Ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια μιᾶς γεννητρίας. Ἐὰν μία γεννήτρια, ἠλεκτρικῆς ἰσχύος N Watt, ἀποδίδῃ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα σταθερᾶς ἐντάσεως i ἐπὶ χρόνον t sec, ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια A ἡ ὁποία ἀπεδόθη εἰς αὐτὸν τὸν χρόνον εἶναι ἴση πρὸς: $A = N \cdot t$.

Ἐπειδὴ ὁμως $N = E \cdot i$, ἡ ἀνωτέρω σχέσις γράφεται:

$$A = E \cdot i \cdot t$$

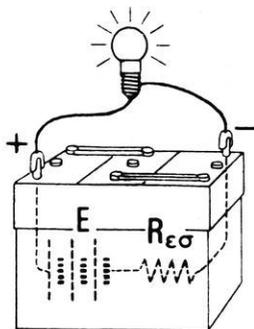
ἡ δὲ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια A ἐκφράζεται εἰς μονάδας Τζοῦλ (Joule).

§ 174. Νόμος τοῦ Ὠμ εἰς πλῆρες κύκλωμα.

Ἄς θεωρήσωμεν ἓνα ἠλεκτρικὸν κύκλωμα εἰς τὸ ὁποῖον οἱ καταναλωταὶ (ἀντιστάσεις) μετατρέπουσιν ὅλην τὴν ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν, τὴν ὁποίαν προσλαμβάνουν εἰς θερμότητα. Αὐτὸ τὸ κύκλωμα ἐπομένως δὲν θά περιλαμβάνῃ οὔτε βολτᾶμετρον, οὔτε κινητήρα (σχ. 163).

Ἐστώσαν R ἡ συνολικὴ ἀντίστασις τῶν καταναλωτῶν, $R_{εσ}$ ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις καὶ E ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς γεννητρίας, i δὲ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τὸ ὁποῖον ἀποδίδει ἡ γεννήτρια.

Ἡ ἰσχὺς ἥτις καταναλίσκεται εἰς τὸ ἐξω-



Σχ. 163. Ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις $R_{εσ}$ τῆς πηγῆς θεωρεῖται συνδεδεμένη ἐν σειρά πρὸς τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἐξωτερικοῦ κυκλώματος.

τερικόν κύκλωμα, εξ αιτίας του φαινομένου Τζάουλ, είναι ίση προς $R \cdot i^2$. Έξ άλλου ή ισχύς ή οποία καταναλίσκεται από την ίδιαν την γεννήτριαν, εξ αιτίας πάλιν του φαινομένου Τζάουλ, είναι ίση προς $R_{εσ} \cdot i^2$ (με την προϋπόθεσιν βεβαίως ότι ή έσωτερική αντίστασις της γεννητριάς μετατρέπει δλην την ήλεκτρικην ένεργειαν, την όποιαν λαμβάνει εις θερμότητα Τζάουλ).

Έπομένως ή όλική ισχύς $N_{ολ} = E \cdot i$, ήτις αποδίδεται από την γεννήτριαν, θα είναι :

$$N_{ολ} = E \cdot i = R \cdot i^2 + R_{εσ} \cdot i^2$$

Δηλαδή :

$$E = R \cdot i + R_{εσ} \cdot i$$

ή

$$E = (R + R_{εσ}) \cdot i$$

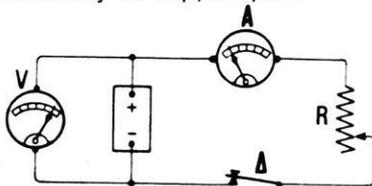
Ή άνωτέρω σχέσις εκφράζει ποσοστικώς τον νόμον του Ώμ εις πλήρησ κύκλωμα.

Ώστε :

Τό γινόμενον του άθροίσματος της έξωτερικής και της έσωτερικής αντίστασεως ένόσ πλήρουσ ήλεκτρικου κυκλώματος επί την έντασιν του ήλεκτρικου ρεύματος, τό όποιον τό διαρρέει, ίσοῦται με την ήλεκτρεγερτικην δύναμιν της γεννητριάς, ήτις υπάρχει εις τό κύκλωμα.

§ 175. Διαφορά δυναμικου εις τά άκρα μιās γεννητριάς. Ονομάζομεν $U_{γεν}$ την διαφοράν δυναμικου, ή όποία επικρατεί εις τους πόλους A και B της γεννητριάς (σχ. 164), όταν διαρρέεται από ρεύμα, δηλαδή εις τά άκρα του έξωτερικου κυκλώματος.

Έφαρμόζοντες τον νόμον του Ώμ εις τό έξωτερικόν κύκλωμα, αντίστασεως R, λαμβάνομεν :



Σχ. 164. Δια την σπουδην της τάσεως εις τους πόλους μιās γεννητριάς.

$$U_{γεν} = R \cdot i$$

Έπομένως ή σχέσις

$$E = R \cdot i + R_{εσ} \cdot i$$

γράφεται :

$$E = U_{γεν} + R_{εσ} \cdot i, \text{ ή :}$$

$$U_{γεν} = E - R_{εσ} \cdot i$$

Το γινόμενο $R_{εσ} \cdot i$ ονομάζεται *ὠμική* πτώσις τάσεως ἐντὸς τῆς γεννητριάς.

§ 176. Μέτρησις τῆς ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως μιᾶς γεννητριάς. Διὰ νὰ μετρήσωμεν τὴν ἠλεκτρεγερτικὴν δυνάμιν μιᾶς γεννητριάς συνδέομεν τοὺς δύο πόλους τῆς γεννητριάς με τοὺς ἀκροδέκτας ἑνὸς 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 ὁμοῦς ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις $R_{εσ}$ τῆς γεννητριάς 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 :

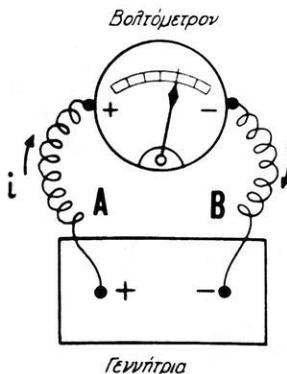
$$U_{γεν} = R \cdot i \quad (2)$$

Ἀπὸ τὰς σχέσεις (1) καὶ (2) συμπεραίνομεν συνεπῶς ὅτι :

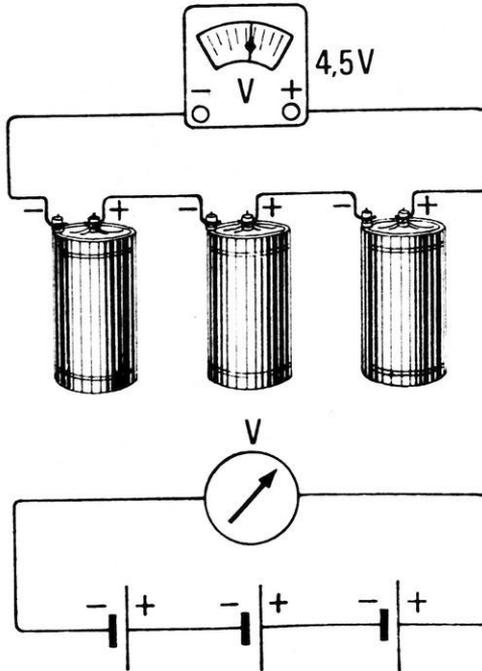
$$E = U_{γεν}, \text{ περίπου.}$$

Ὡστε :

Τὸ βολτόμετρον δεικνύει τὴν ἠλεκτρεγερτικὴν δυνάμιν τῆς γεννητριάς, ὅταν οἱ ἀκροδέκται του συνδέωνται με τοὺς πόλους τῆς πηγῆς, χωρὶς νὰ τροφοδοτῆται καὶ τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα.



Σχ. 165. Μέτρησις τῆς ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως μιᾶς γεννητριάς.



Σχ. 166. Συνδεσμολογία τριών ηλεκτρικών πηγών εν σειρά. Είς τὸ κάτω μέρος συμβολικὴ παράστασις.

§ 177. Σύνδεσις ηλεκτρικῶν πηγῶν. Οἱ συσσωρευταί, τὰ ηλεκτρικὰ στοιχεῖα καὶ αἱ ηλεκτρικαὶ στήλαι συχνάκις συνδέονται μεταξύ των, ὅποτε σχηματίζονται συστοιχίαι.

Διὰ νὰ κατασκευάσωμεν μίαν συστοιχίαν ηλεκτρικῶν πηγῶν, συνδέομεν μὲ ἀγωγὸν 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 ὁποῖοι ἀποτελοῦν τοὺς πόλους τῆς συστοιχίας. Ὁ τρόπος αὐτὸς συνδέσεως ηλεκτρικῶν πηγῶν λέγεται σύνδεσις ἐν σειρᾷ.

Ὅπως δυνάμεθα μὲ ἓνα βολτόμετρον νὰ ἐξακριβώσωμεν :

Ὅταν συνδέσωμεν ἐν σειρᾷ πολλὰς ηλεκτρικὰς πηγὰς, ἡ ηλεκτρεγερτικὴ δυνάμις τῆς συστοιχίας εἶναι ἴση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ηλεκτρεγερτικῶν δυνάμεων τῶν πηγῶν.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Ἡ ὅλικη ἰσχύς N μιᾶς γεννητρίας δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν :

$$N = E \cdot i$$

ὅπου E ἡ ηλεκτρεγερτικὴ δυνάμις 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 ὁποίαν παρέχει μία 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 ἔσωτερικὴ ἀντιστάσεως τῆς, R ἡ ἀντίστασις τοῦ ἔξωτερικοῦ 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 πλῆρες κώλωμα.

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 ψευδάργυρον. (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 ἀμπερίπους 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 ἰσχὴν 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 αὐτή.

(Ἀπ. 40 A .)

150. Μία ηλεκτρική στήλη έχει ηλεκτρεγερτική δύναμη 10 Volt , εσωτερική αντίσταση 3Ω και χορηγεί το ρεύμα της εις ένα καταναλωτήν αντίστασως 5Ω . Να υπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ κύκλωμα.
(Ἄπ. $1,25 \text{ A}$.)

151. Μία ηλεκτρική στήλη έχει ηλεκτρεγερτική δύναμη $4,5 \text{ Βόλτ}$. Ὄταν ἐνώσωμεν τοὺς δύο πόλους τῆς στήλης με ἕνα ἀγωγὸν σύρμα, ἀντίστασως $2,5 \Omega$, κυκλοφορεῖ ρεύμα ἐντάσως $1,25 \text{ A}$. Να υπολογισθῇ ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τῆς στήλης.
(Ἄπ. $1,1 \Omega$.)

152. Οἱ δύο πόλοι μιᾶς ηλεκτρικῆς στήλης, ἐσωτερικῆς ἀντίστασως 1Ω , εἶναι ἠνωμένοι με ἕνα μεταλλικὸν καλώδιον ἀντίστασως 5Ω . Ἐνα ἀμπερόμετρον, συνδεδεμένον ἐν σειρᾷ, δεικνύει 2 A . Να υπολογισθῇ ἡ ηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς στήλης.
(Ἄπ. 12 V .)

153. Οἱ δύο πόλοι μιᾶς ηλεκτρικῆς στήλης εἶναι συνδεδεμένοι με ἕνα ἀγωγὸν ἀντίστασως 3Ω καὶ ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξύ των εἶναι $1,5 \text{ Volt}$. Ὄταν τὸ κύκλωμα εἶναι ἀνοικτόν, ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἶναι 2 Volt . Να υπολογισθῇ ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τῆς στήλης.
(Ἄπ. 9Ω .)

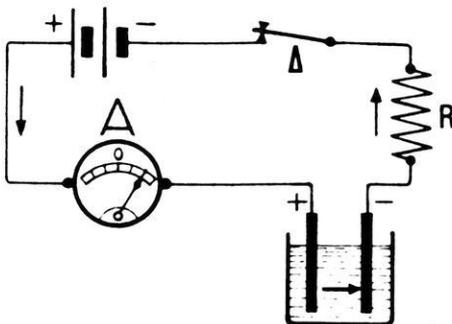
ΔΕ' — ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΑΙ

§ 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.

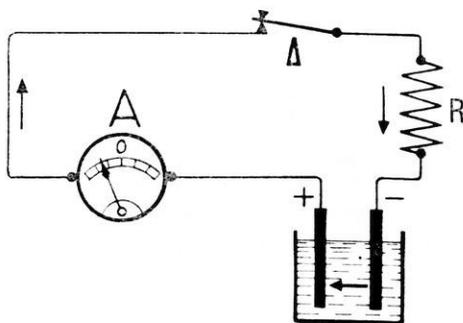
Ἐὰν κλείσωμεν τὸν διακόπτην, τότε ἡ ηλεκτρικὴ πηγὴ τροφοδοτεῖ τὸ κύκλωμα με ηλεκτρικὸν ρεύμα, ὃ δὲ δείκτης τοῦ ἀμπερομέτρου ἀποκλείνει πρὸς τὰ δεξιὰ.

Ἀφήνομεν ἐπ' ὀλίγον κλειστὸν τὸ κύκλωμα καὶ ἀκολούθως ἀνοίγομεν τὸν διακόπτην Δ , ὅποτε διακόπτεται ἡ παροχὴ τοῦ ρεύματος καὶ 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 ἄριστερά, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον ἀποδεικνύει ὅτι ἕνα ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, μὲ ἀντίθετον φοράν ἀπὸ τὸ προηγουμένον, 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 μὲ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα.

Ἐξήγησις τοῦ φαινομένου. α) Εἰς τὸ πρῶτον πείραμα συμβαίνει ἠλεκτρόλυσις τοῦ διαλύματος τοῦ θειικοῦ ὀξέος μὲ πολυπλόκουσ δευτερευούσας ἀντιδράσεις εἰς τὰ ἠλεκτρόδια. Δυνάμεθα ὁμῶς νὰ παρατηρήσωμεν τὸ φαιὸν χρῶμα, τὸ ὁποῖον ἀποκτᾷ ἡ ἀνόδος. Τὸ χρῶμα αὐτὸ ὀφείλεται εἰς τὸ ὀξειδίου 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 ἐξαφανίζεται βραδέως. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ χημικὴ ἐνέργεια ἢ ὁποῖα ἐκλύεται ὅσον διαρκούν αἱ χημικαὶ ἀντιδράσεις, μετατρέπεται εἰς ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

Τὸ φαινόμενον συνεπῶς ἐξελίσσεται ὡς εἰν εἶχε *συσσωρευθῆ* (ἀποθηκευθῆ) εἰς τὸ βολτάμετρον ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια, ἢ ὁποῖα ἀποδίδεται κατόπιν. Αὐτὸς εἶναι ὁ λόγος διὰ τὸν ὁποῖον αἱ γεννήτρια αὐτοῦ τοῦ εἴδους ὀνομάζονται **συσσωρευταί**.

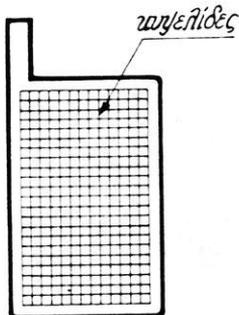
Τὰ δύο πειράματα, τὰ ὁποῖα περιεγράψαμεν, ἀντιστοιχοῦν εἰς τὴν *φότισιν* καὶ τὴν *ἐκφότισιν* τοῦ συσσωρευτοῦ.

§ 179. Περιγραφή ἐνὸς συνηθισμένου συσσωρευτοῦ. Τὸ βολτάμετρον μὲ 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».

Διὰ νά αὐξήσωμεν τήν χωρητικότητα τοῦ συσσωρευτοῦ, τήν ποσότητα δηλαδή τοῦ ἠλεκτρισμοῦ τήν ὁποίαν δύναται νά ἀποδώσῃ, χρησιμοποιοῦμεν ἠλεκτροδία 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 φαιόν (σταχτυ) πρὸς τὸ κυανοῦν.

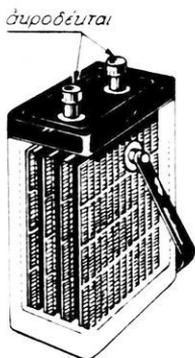
Πολλαί θετικαί πλάκες εἶναι συνδεδεμέναι μεταξύ τῶν καὶ τὸ αὐτὸ συμβαίνει μέ τὰς ἀρνητικὰς πλάκας (σχ. 169). Τὸ σύστημα αὐτὸ τῶν θετικῶν καὶ ἀρνητικῶν πλακῶν τοποθετεῖται μέσα εἰς ἓνα δοχεῖον ἀπὸ μονωτικὸν ὑλικὸν (ὑάλος, ἐβονίτης, πλαστικαί ὑλαί, κλπ.) τὸ ὁποῖον περιέχει διάλυμα θειικοῦ ὀξεῖος (σχ. 170).



Διὰ νά ἀποφύγωμεν τὰ βραχυκυκλώματα τοποθετοῦμε μεταξύ τῶν θετικῶν καὶ ἀρνητικῶν πλακῶν, φύλλα ἀπὸ πορώδες μονωτικὸν ὑλικὸν (ὑαλοβάμβαξ, πορώδες ἐλαστικόν).

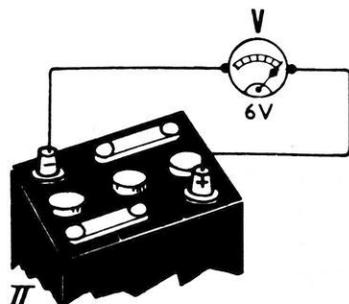
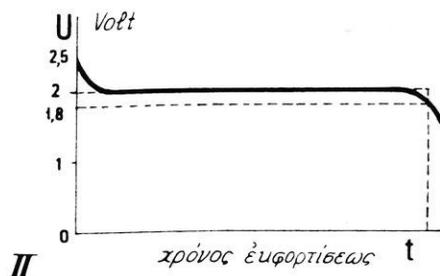
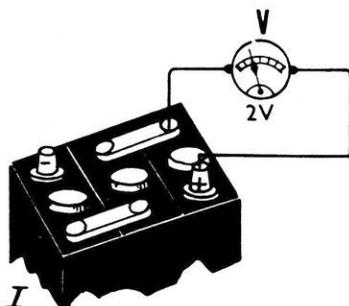
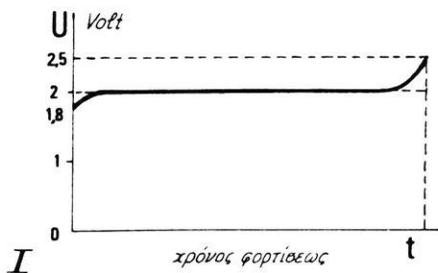
Σχ. 169. Πλάξ συσσωρευτοῦ

§ 180. Χαρακτηριστικὰ μεγέθη ἐνὸς συσσωρευτοῦ. α) Ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις. Χρησιμοποιοῦντες ἓνα βολτόμετρον μετροῦμε τήν ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν E ἐνὸς συσσωρευτοῦ μολύβδου καὶ τήν εὐρίσκομεν περίπου ἴσην πρὸς 2 V. Ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ αὕτη δύναμις εἶναι ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὰς διαστάσεις καὶ τὸ σχῆμα τοῦ συσσωρευτοῦ.



Σχ. 170. Συσσωρευτής μολύβδου.

Ὅταν φορτίζεται ὁ συσσωρευτής, ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ του δύναμις αὐξάνεται προοδευτικῶς καὶ φθάνει τὰ 2,5 V περίπου (σχ. 171, I). Εὐθὺς ὡς ἀρχίση ἡ ἐκφόρτισις, ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις ὑφίσταται ἀπότομον πῶσιν καὶ κατέρχεται εἰς τὰ 2 V. Εἰς τήν τιμὴν αὐτὴν παραμένει σταθερὰ κατὰ τὸ μεγαλύτερον χρονικὸν διάστημα τῆς ἐκφορτίσεως.



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 μίς συστοιχίας τριών συσσωρευτών.

Εις τὸ τέλος τῆς εκφορτίσεως 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, ὁπότε 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) Χωρητικότης. Ὡς χωρητικότης ἐνὸς συσσωρευτοῦ ὀρίζομεν τὴν ποσότητα τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, τὴν ὁποῖαν δύναται νὰ ἀποδώσῃ ὁ συσσωρευτὴς κατὰ τὴν εκφόρτισιν.

Ἡ χωρητικότης ἐνὸς συσσωρευτοῦ εκφράζεται συνήθως εἰς ἀμπερώρας (Ah).

Αἱ συστοιχεῖαι τῶν συσσωρευτῶν, οἱ ὁποῖοι χρησιμοποιοῦνται

εις τὰ αυτοκίνητα, ἔχουν χωρητικότητα αἵτινες κυμαίνονται ἀπὸ 45 Ah μέχρις 90 Ah.

γ) Ἐσωτερικὴ ἀντίστασις. Ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τοῦ συσσωρευτοῦ ὀφείλεται εἰς τὸ διάλυμα τοῦ θειικοῦ ὀξέος, μέσα εἰς τὸ ὁποῖον εἶναι βυθισμένοι αἱ πλάκες, καὶ εἶναι τῆς τάξεως τοῦ ἑκατοστοῦ τοῦ Ὡμ

δ) Ἀπόδοσις. Κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς ἐκφορτίσεως τοῦ ὀ συσσωρευτῆς ἀποδίδει τὰ 90% περίπου τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, τὸν ὁποῖον ἀπεθίκευσε κατὰ τὴν φόρτισιν. Λέγομεν τότε ὅτι ὁ συσσωρευτῆς 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 αυτοκίνητα, εἰς τὰ ὑποβρύχια, εἰς τὰ ἀεροπλάνα κλπ.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Οἱ συσσωρευταὶ εἶναι πηγαὶ συνεχοῦς ρεύματος, αἱ ὁποῖαι μετατρέπουν χημικὴν ἐνέργειαν εἰς ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

2. Διὰ τὴν λειτουργίησιν ὁ συσσωρευτῆς πρέπει προηγουμένως νὰ φορτισθῇ. Ἡ φόρτισις συνίσταται εἰς τὴν μετατροπὴν τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας, τὴν ὁποίαν προσλαμβάνει ὁ συσσωρευτῆς, εἰς χημικὴν ἐνέργειαν. Κατὰ τὴν ἐκφόρτισιν συμβαίνει τὸ ἀντίθετον.

3. Ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἑνὸς συσσωρευτοῦ μολύβδου εἶναι περίπου 2 V. Εἰς τὴν πρακτικὴν συνδέομεν ἐν σειρᾷ 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 ἠλεκτροισμοῦ δυνάμεθα νὰ λάβωμεν. β) Ἐὰν ἡ διάφορα τῆς ἐκφορτίσεως εἶναι 5 h νὰ εὐρεθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον ἀποδίδεται.

(Ἀ. α' 432 000 Cb. β' 24 A)

155. Θέλομεν νὰ ἐπιναφορτίσωμεν μίαν συστοιχίαν συσσωρευτῶν χωρητικότητος 90 Ah, χρησιμοποιοῦντες ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 9 A. α) Ἐπὶ πόσας ὥρας θὰ πρέπει νὰ φορτίζεται ἡ συστοιχία. β) Νὰ εὐρεθῇ εἰς βατώρας (Wh) ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια, ἥτις παρέχεται ἀπὸ τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ἐὰν ἡ διαφορά τοῦ δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα τοῦ συσσωρευτοῦ εἶναι 6,6 Volt. (Ἀ. α' 10 h. β' 594 Wh.)

156. Αἱ μολύβδινα πλάκες μιᾶς συστοιχίας συσσωρευτῶν ἔχουν βάρους 100 kp. Φορτίζομεν τὸν συσσωρευτὴν χρησιμοποιοῦντες ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 0,5 A ἀνὰ kp μολύβδου. α) Ἐὰν ἡ φόρτισις διαρκῆ 12 h, νὰ εὐρεθῇ ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτροισμοῦ ἡ ὁποία ἀπτήθη δι' αὐτὴν τὴν φόρτισιν. β) Κατ'ὅταν ἐκφορτίζομεν αὐτὴν τὴν συστοιχίαν ἐντὸς χρόνον 10 h, ἀποδίδοντες ρεῦμα ἠλεκτρικὸν ἐντάσεως 50 A. Νὰ εὐρεθῇ ἡ χωρητικότης τῆς συστοιχίας. γ) Νὰ εὐρεθῇ ἡ ἀπόδοσις τῆς συστοιχίας αὐτῆς, δηλαδή ἡ τιμὴ τοῦ λόγου τῆς χωρητικότητος πρὸς τὴν ποσότητα τοῦ ἠλεκτροισμοῦ ὁ ὁποῖος ἀπεδόθη. (Ἀ. α' 600 Ah. β' 500 Ah. γ' 83%.)

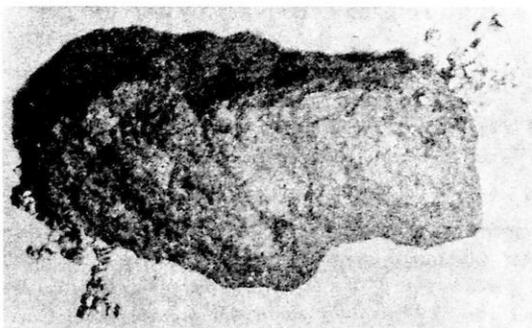
157. Ἡ συστοιχία τῶν συσσωρευτῶν (μπαταρία) ἐνὸς αὐτοκινήτου φέρει μίαν μικρὰν πλάκα ἐπάνω εἰς τὴν ὁποίαν ἀναγράφονται τὰ ἑξῆς: Χωρητικότης: 75 Ah. Κανονικὴ ἔντασις φορτίσεως: 7,5 A. Μεγίστη ἐπιτρεπομένη ἔντασις κατὰ τὴν φόρτισιν 12,5 A. Νὰ ἐπολογίσαιτε: α) Τὸν κανονικὸν χρόνον καθὼς καὶ τὸν ἐλάχιστον 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.

(Ἀ. α' 10 h, 6 h. β' 50 h. γ' 270 000 Cb.)

ΛΣΤ'— ΜΑΓΝΗΤΑΙ, ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΠΥΞΙΣ

§ 182. Φυσικοὶ μαγνήται. Ἀπὸ τὴν ἀρχαιότητα, πρὸ 2 500 περὶ τοῦ ἐτῶν, ἦτο γνωστὸν ὅτι ἓνα ὄρισμένον ὄρυκτον 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.

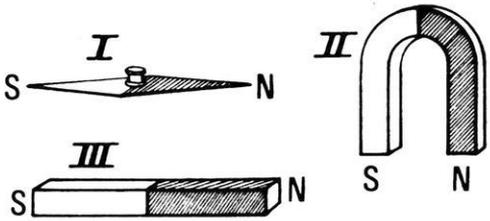
Αὐτὴ ἡ ιδιότης τοῦ μαγνητίτου, νὰ ἔλκη τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου, ὀνομάζεται **μαγνητισμός**. Λέγομεν δὲ ὅτι ὁ μαγνητίτης εἶναι μαγνητισμένος καὶ ὅτι ἀποτελεῖ ἓνα φυσικὸν μαγνήτην.

Ἔτσι τὰ σώματα τὰ ὁποῖα ἔλκονται ἀπὸ τὸν μαγνήτην ὀνομάζονται **μαγνητικὰ σώματα**. Ὡστε :



Σχ. 174. Εἰς τοὺς τεχνητοὺς μαγνήτας ἡ ἐλκτικὴ δύναμις ἐντοπίζεται κυρίως εἰς τὰ ἄκρα.

Ὁ μαγνητίτης εἶναι ἓνα ὄρυκτόν, τὸ ὁποῖον ἔχει τὴν ἰκανότητα νὰ ἔλκη τὰ διάφορα σιδηρᾶ ἀντικείμενα.



Σχ. 175. Μορφαὶ τεχνητῶν μαγνητῶν.

§ 183. Τεχνητοὶ μαγνήται. Ἐὰν λάβωμεν μίαν ράβδον ἀπὸ χάλυβα καὶ τὴν προστρίψωμεν μὲ ἓνα φυσικὸν μαγνήτην, παρατηροῦμεν ὅτι μαγνητίζεται καὶ αὐτὴ καὶ γίνεται **τεχνητὸς μαγνήτης**.

Εἰς τοὺς τεχνητοὺς μαγνήτας ἡ ἐλκτικὴ ἰκανότης ἐντοπίζεται εἰς τὰ ἄκρα, τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται *πόλοι* τοῦ μαγνήτου. Οὕτω ἓνας τεχνητὸς 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).

Οί τεχνητοί μαγνήται είναι *μόνιμοι μαγνήται*, δυνάμεθα όμως να πραγματοποιήσωμεν και *παροδικούς* μαγνήτας, μαγνήτας δηλαδή, οΐτινες, αφού μαγνητισθούν, αποβάλλουν μετ' ὀλίγον τὸν μαγνητισμὸν τῶν. Οὕτως, ἂν λάβωμεν μίαν ράβδον ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον (ὄχι χάλυβα) καὶ τὴν προστρίψωμεν μετ' ἓνα φυσικὸν μαγνήτην, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι, ἐνῶ μαγνητίζεται, μετ' ὀλίγον αποβάλλει πάλιν τὸν μαγνητισμὸν τῆς.

Σήμερον ἐκτὸς ἀπὸ τὸν χάλυβα, διὰ νὰ κατασκευάσουν ἰσχυροὺς μονίμους μαγνήτας μετ' μικρὰν μᾶζαν, χρησιμοποιοῦν εἰδικὰ κράματα μετάλλων, ὅπως εἶναι τὸ κράμα Ἄλνικο (Alnico), ἀποτελούμενον ἀπὸ ἀλουμίνιον (Al, νικέλιον (Ni), κοβάλτιον (Co), καθὼς ἐπίσης καὶ ἀπὸ χαλκὸν καὶ σίδηρον.

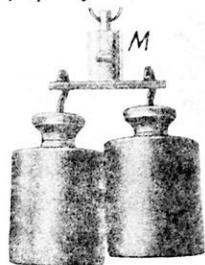
Τὸ σχῆμα 176 δεικνύει ἓνα τοιοῦτον μαγνήτην, ὁ ὁποῖος δύναται νὰ συγκρατήσῃ βάρους τεσσαρακονταπλάσιον τοῦ βάρους του.

Πείραμα. Κόπτομεν εἰς δύο τεμάχια μίαν μαγνητισμένην ράβδον ἀπὸ χάλυβα. Παρατηροῦμεν ὅτι τὰ δύο αὐτὰ τεμάχια, τὰ ὁποῖα προέκυψαν, ἐξακολουθοῦν νὰ εἶναι ἕκαστον μαγνήτης μετ' ἓνα πῶλον. Ἐὰν ἐξακολουθήσωμεν τὸν τεμαχισμόν, εἰς ἕκαστον ἀπὸ τὰ τεμάχια, τὰ ὁποῖα θὰ προκύπτουν, θὰ ἔχωμεν πάλιν δύο μαγνητικοὺς πῶλους (σχ. 177).

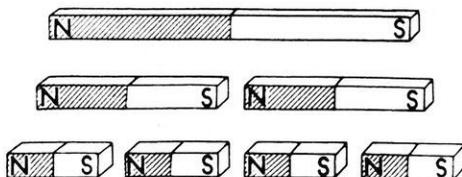
Δηλαδή :

Εἶναι ἀδύνατον νὰ ἀπομονώσωμεν ἓνα μαγνητικὸν πῶλον. Οἷσοσδήποτε μαγνήτης, ὅσον μικρὸς καὶ ἂν εἶναι, περιλαμβάνει πάντοτε δύο πῶλους.

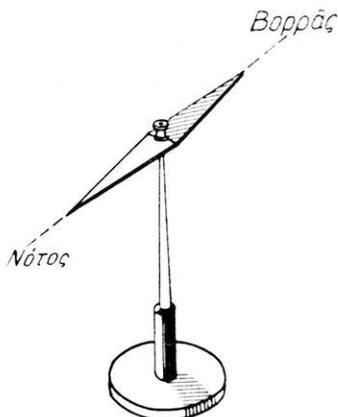
§ 184. Ἐπίδρασις τῆς Γῆς ἐπὶ τῆς μαγνητικῆς βελόνης. Πείραμα. Στηρίζομεν μίαν μαγνητικὴν βελόνην, μαγνήτην δηλαδή εἰς σχῆμα ἐπιμήκους ρόμβου, ἀπὸ τὸ κέντρον βάρους τῆς ἐφ' ἑνὸς κατα-



Σχ. 176. Τεχνητὸς μαγνήτης Ἄλνικο. Συγκρατεῖ βάρους 40 πλάσιον τοῦ βάρους του.



Σχ. 177. Ἐκαστον τεμάχιον, τὸ ὁποῖον προκύπτει ἀπὸ τὸν τεμαχισμόν μιᾶς μαγνητικῆς ράβδου, εἶναι τέλειος μαγνήτης.



Σχ. 178. Ἡ μαγνητικὴ βελόνη προσανατολίζεται κατὰ τὴν διεύθυνσιν Βορρᾶς-Νότος.

Ἐάν ἀπομακρύνωμεν τὴν μαγνητικὴν βελόνην ἀπὸ αὐτῆν τὴν θέσιν ἰσορροπίας της, παρατηροῦμεν ὅτι, ἀφοῦ ταλαντευθῆ, ἐπανέρχεται εἰς τὴν ἀρχικὴν θέσιν. Ἐπιχειροῦμεν τώρα νὰ ἀντιστρέψωμεν τοὺς δύο πόλους τῆς μαγνητικῆς βελόνης ἐπιτυχάνοντες ἰσορροπίαν. Δι' αὐτὸ τὴν περιστρέφομεν κατὰ 180° περὶ τὸν ἄξονά της. Παρατηροῦμεν ὅτι αὐτὸ εἶναι ἀδύνατον. Εὐθὺς ὡς τὴν ἀφήσωμεν ἐλευθέραν, ἐπανέρχεται 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 σημειώνομεν μὲ τὸ γράμμα N, ἀπὸ τὴν λέξιν Nord=Borras), τὸν πόλον ὁ ὁποῖος στρέφεται πρὸς τὸν γεωγραφικὸν Βορρᾶν, νότιον δὲ μαγνητικὸν πόλον τὸν πόλον τῆς βελόνης ὁ ὁποῖος στρέφεται πρὸς τὸν γεωγραφικὸν Νότον (καὶ σημειώνομεν 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.

κορυφῶν 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 αὐτῆν τὴν θέσιν ἰσορροπίας της, παρατηροῦμεν ὅτι, ἀφοῦ ταλαντευθῆ, ἐπανέρχεται εἰς τὴν ἀρχικὴν θέσιν. Ἐπιχειροῦμεν τώρα νὰ ἀντιστρέψωμεν τοὺς δύο πόλους τῆς μαγνητικῆς βελόνης ἐπιτυχάνοντες ἰσορροπίαν. Δι' αὐτὸ τὴν περιστρέφομεν κατὰ 180° περὶ τὸν ἄξονά της. Παρατηροῦμεν ὅτι αὐτὸ εἶναι ἀδύνατον. Εὐθὺς ὡς τὴν ἀφήσωμεν ἐλευθέραν, ἐπανέρχεται εἰς τὴν ἀρχικὴν τῆς θέσιν οὕτως, ὥστε ὁ ἴδιος πάντοτε πόλος νὰ στρέφεται πρὸς τὸν Βορρᾶν.

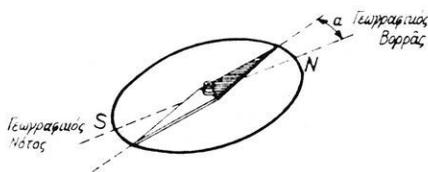
Συμπεραίνομεν λοιπὸν ὅτι οἱ δύο πόλοι τῆς μαγνητικῆς βελόνης δὲν εἶναι ὅμοιοι.

Δι' αὐτὸν τὸν λόγον ὀρίζομεν ὡς βόρειον μαγνητικὸν πόλον (καὶ σημειώνομεν μὲ τὸ γράμμα N, ἀπὸ τὴν λέξιν Nord=Borras), τὸν πόλον ὁ ὁποῖος στρέφεται πρὸς τὸν γεωγραφικὸν Βορρᾶν, νότιον δὲ μαγνητικὸν πόλον τὸν πόλον τῆς βελόνης ὁ ὁποῖος στρέφεται πρὸς τὸν γεωγραφικὸν Νότον (καὶ σημειώνομεν 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.

§ 185. Διάκρισις μαγνητικῶν πόλων. Διὰ νὰ διακρίνωμεν μεταξύ των τούδε δύο πόλους ἑνὸς μαγνήτου, χρωματίζομεν τὸν βόρειον μαγνητικὸν πόλον συνήθως μὲ ἐρυθρὸν χρῶμα ἢ ἀναγράφομεν ἐπ' αὐτοῦ τὸ γράμμα N.



Σχ. 179. Διὰ τὴν ἔννοιαν τῆς μαγνητικῆς ἀποκλίσεως.

§ 186. Μαγνητικὴ ἀπόκλι-

σις. Ἡ διεύθυνσις τὴν ὁποίαν ἔχει ἡ μαγνητικὴ βελόνη εἰς ἓνα ὀρισμένον τόπον καθορίζει τὸν **μαγνητικὸν μεσημβρινὸν** τοῦ τόπου. Εἰς τὴν πραγματικότητά αὐτῇ ἡ διεύθυνσις διαφέρει ὀλίγον ἀπὸ τὴν γεωγραφικὴν διεύθυνσιν Βορρᾶ - Νότου (γεωγραφικὸς μεσημβρινός).

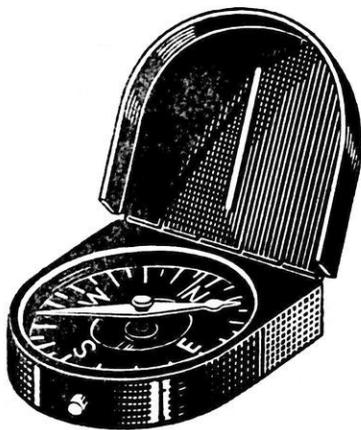
Αὗται αἱ δύο διευθύνσεις σχηματίζουν μεταξύ των μίαν γωνίαν, ἡ ὁποία ἀνομάζεται **ἀπόκλισις** (σχ. 179).

Ἐάν ὁ βόρειον πόλος μιᾶς μαγνητικῆς βελόνης εὑρίσκειται ἀριστερὰ ἀπὸ τὸν γεωγραφικὸν μεσημβρινόν, ἡ ἀπόκλισις ὀνομάζεται *δυτικὴ*. Εἰς τὴν ἀντίθετον περίπτωσιν ἡ ἀπόκλισις ὀνομάζεται *ανατολικὴ*.

Ἡ ἀπόκλισις δὲν παραμένει σταθερὰ εἰς ἓνα ὀρισμένον 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 εὑρίσκειται μέσα εἰς ἓνα προστατευτικὸν περίβλημα (σχ. 180). Μία κατάλληλος διάταξις ἐπιτρέπει νὰ ἀκίνητοποιῶμεν τὴν μαγνητικὴν βελόνην.



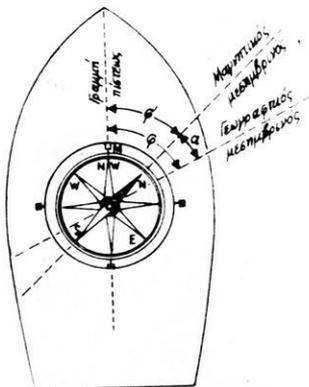
Σχ. 180. Συνήθης μαγνητικὴ πυξίς.



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), μετὴν βοήθειαν τοῦ ὁποῖου ἡ μαγνητικὴ βελὸνὴ παραμένει πάντοτε ὀριζοντία, παρ' ὅλους τοὺς κλυδωνισμοὺς τοῦ σκάφους (σχ. 181).

Ἡ μαγνητικὴ βελὸνὴ 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 πίστewς μετὸν γεωγραφικὸν μεσημβρινόν, διορθώνεται συμφώνως 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, ἀπομεμακρυσμένον ἀπὸ πολιτισμένας περιοχὰς ἢ εἰς ἕνα δάσος.

Αἱ πυξίδες, αἱ ὁποῖαι χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν ναυσιπλοῖαν 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), μετὴν βοήθειαν τοῦ ὁποῖου ἡ μαγνητικὴ βελὸνὴ παραμένει πάντοτε ὀριζοντία, παρ' ὅλους τοὺς κλυδωνισμοὺς τοῦ σκάφους (σχ. 181).

Ἡ μαγνητικὴ βελὸνὴ 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 σημειώνονται μετὰ ἀκόλουθα ζεύγη γραμμάτων: NE (Βορειοανατολικῶς), SE (Νοτιοανατολικῶς), SW (Νοτιοδυτικῶς) καὶ NW (Βορειοδυτικῶς).

Ἐπὶ τῆς θήκης τῆς πυξίδος χαράσσεται μία γραμμὴ, ἡ ὁποία συμπίπτει μετὸν διαμήκη ἀξονα τοῦ πλοίου καὶ ἡ ὁποία ὀνομάζεται *γραμμὴ πίστewς*.

Ὅταν τὸ πλοῖον στρέφεται, στρέφεται ἐπίσης καὶ ἡ γραμμὴ πίστewς μετ' αὐτοῦ, ἀλλὰ ἡ βελὸνὴ καὶ τὸ ἀνεμολόγιον παραμένουν πάντοτε εἰς τὴν ἰδίαν 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 σχηματίσῃ, μὲ τὸν Βορρᾶν τοῦ ἀνεμολογίου τῆς πυξίδος, τὴν ὑπολογισθεῖσαν γωνίαν φ', ἡ ὁποία μένει πλέον σταθερὰ καὶ ρυθμίζει τὴν πορείαν τοῦ σκάφους (σχ. 182).

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

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.

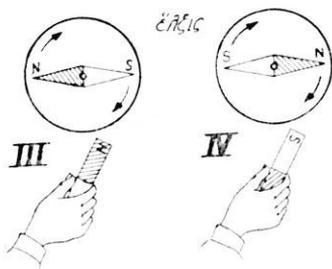
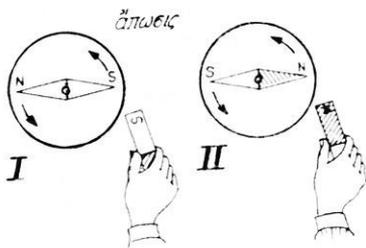
5. Ἡ πυξὶς εἶναι βασικῶς μία μαγνητικὴ βελόνη, στρεπτὴ περὶ κατακόρυφον ἄξονα, ἡ ὁποία προσανατολίζεται κατὰ τὴν διεύθυνσιν Βορρᾶς - Νότος.

6. Ἀπόκλισις εἰς ἓνα τόπον ὀνομάζεται ἡ γωνία, ἣτις σχηματίζεται ἀπὸ τὰς διευθύνσεις τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ καὶ τοῦ γεωγραφικοῦ μεσημβρινοῦ τοῦ τόπου.

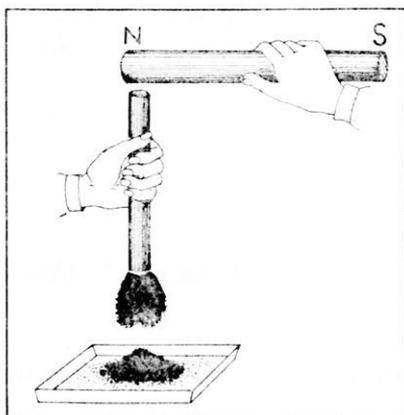
ΑΖ' — ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΙΣ ΤΩΝ ΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΟΛΩΝ

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 ἐὰν πλησιάσωμεν τὸ βόρειον μαγνητικὸν πόλον τοῦ μαγνήτου εἰς τὸν βόρειον πόλον τῆς μαγνητικῆς βελόνης (σχ. 183, II).

Ἐὰν ἀντιθέτως πλησιάσωμεν τὸν βόρειον μαγνητικὸν πόλον τοῦ μαγνήτου εἰς τὸν νότιον πόλον τῆς μαγνητικῆς βελόνης, ἐμφανίζεται ἔλξις μεταξύ των. Ἐλξις ἐμφανίζεται ἐπίσης καὶ ἐὰν 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 ἱκανότητα 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 εὐρίσκεται ἔναντι τοῦ βορείου μαγνητικοῦ πόλου τοῦ μαγνήτου, ἔγινε νότιος μαγνητικός πόλος, ἐνῶ τὸ ἄλλον του ἄκρον βέβαιος μαγνητικός πόλος. Αὐτὴ ἡ μαγνήτισις, τὴν ὁποίαν ἀπέκτησεν ὁ μαλακὸς σίδηρος, εὐθὺς ὡς εὐρέθη πλησίον ἑνὸς 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 πλησιάζωμεν τὸν μόνιμον μαγνήτην· ἂν 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.**

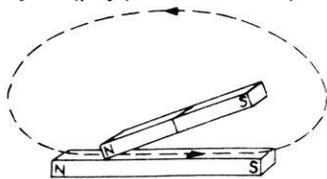
Οὕτως ἐξηγεῖται ὁ λόγος διὰ τὸν ὁποῖον οἱ τεχνητοὶ μαγνήται κατασκευάζονται ἀπὸ χάλυβα. Ὡστε :

Ἡ μαγνήτισις ἐξ ἐπιδράσεως τοῦ χάλυβος εἶναι μόνιμος.

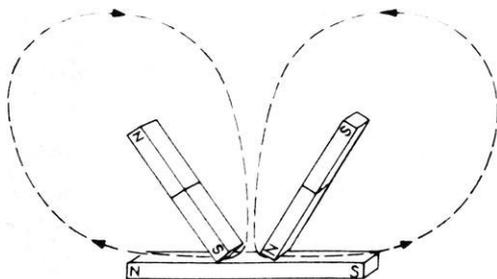
§ 190. Στοιχειώδεις τρόποι μαγνητίσεως. α) **Μαγνήτισις δι' ἀπλῆς ἐπαφῆς.** Κατὰ τὴν μέθοδον αὐτὴν εἰς τὴν ράβδον ἣτις πρόκειται νὰ μαγνητισθῇ, ἐφάπτομεν μὲ κλίσιν τὸν βόρειον πόλον ἑνὸς μαγνήτου (σχ. 185, I). Κατόπιν μετακινοῦμεν προστρέβοντες τὸν μαγνήτην, ὅπως δεικνύει ἡ ἐστιγμένη γραμμὴ, δηλαδὴ ὅπως ὅταν κτενιζώμεθα, καὶ οὕτως ἡ χαλυβδῖνη ράβδος γίνεται καὶ αὐτὴ μαγνήτης.

β) **Μαγνήτισις διὰ διπλῆς ἐπαφῆς.** Χρησιμοποιοῦμεν μὲ τὴν μέθοδον αὐτὴν δύο μονίμους 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 σιδηρον τοποθετηθῆ πλησίον ἑνὸς ἰσχυροῦ μονίμου μαγνήτου, ὁ μαλακὸς σιδηρὸς γίνεται καὶ αὐτὸς παροδικὸς μαγνήτης.

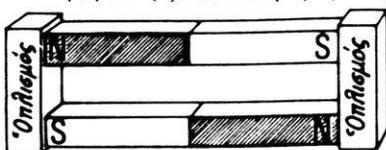


I

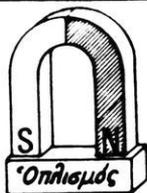


II

Σχ. 185. Μαγνήτισις με̄ προστριβὴν ἑνὸς μαγνήτου (I) καὶ δύο μαγνητῶν (II).



I



II

Σχ. 186. Τρόπος διατηρήσεως μαγνητῶν.

κατὰ μεγάλο τμήμα τοῦ χώρου ὁ ὁποῖος τὸν περιβάλλει.

Ἐάν φέρωμεν μίαν μαγνητικὴν βελόνην πλησίον ἑνὸς μονίμου μαγνήτου, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ βελόνη ἀποκλίνει. Ἄλλωστε ἐάν εἰς

δ) Μαγνήτισις δι' ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἰσχυροῦς μαγνήτας κατασκευάζομεν με̄ τοποθετησιν χαλυβοῖνων 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' ὀρισμένους χάλυβας, ἡ ἐξαφάνισις τῶν πόλων γίνεται εἰς χρονικὸν διάστημα πολλῶν ἐτῶν.

Διὰ τὴν παρεμποδίσωμεν τὴν ἀπομαγνήτισιν μονίμων μαγνητῶν, τοὺς διατάσσομεν ὅπως δεικνύεται εἰς τὸ σχ. 186, κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε οἱ ἑτερόνυμοι μαγνητικοὶ πόλοι νὰ εὐρίσκωνται ὁ ἓνας ἐναντι τοῦ ἄλλου, τοποθετοῦντες ἐν ἐπαφῇ πρὸς τοὺς πόλους τεμάχια μαλακοῦ σιδήρου, τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται ὀπλισμοὶ (σχ. 186).

§ 192. Μαγνητικὸν πεδῖον ἑνὸς μαγνήτου. Ἐκαστος μαγνήτης ἀσκεῖ τὴν ἐπίδρασίν του εἰς ἓνα ἀρ-

τὸν μαγνήτην πλησιάσωμεν ρινίσματα σιδήρου παρατηροῦμεν ὅτι αὐτὰ ἔλκονται.

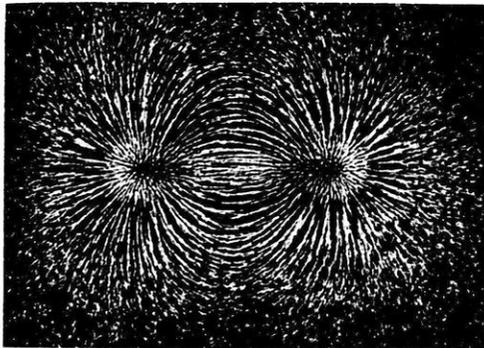
Συμπεραίνομεν λοιπὸν ὅτι εἰς τὸν γειτονικὸν τοῦ μαγνήτου χῶρον, παρουσιάζονται μαγνητικαὶ δυνάμεις.

Ὀνομάζομεν μαγνητικὸν πεδίου τὴν περιοχὴν τοῦ χώρου, ἐντὸς τῆς ὁποίας ἐκδηλώνονται μαγνητικαὶ δυνάμεις.

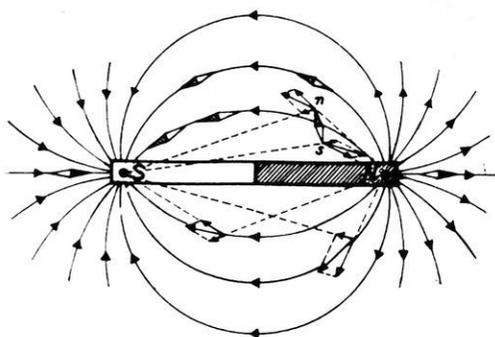
§ 193. Μαγνητικὸν φάσμα ἐνὸς εὐθυγράμμου μαγνήτου.

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 σχηματίζουσιν καμπύλας γραμμὰς 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 μιᾶς 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 εἴπωμεν 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 ἑλευθέρως. Θα παρατηρήσωμεν τότε ὅτι ἀποθροῦνται 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 μαγνήτου.

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 μιάς μαγνητικῆς βελόνης, ἐλαττώνονται σημαντικῶς ὅσον ἡ ἀπόστασις μαγνήτου - βελόνης αὐξάνεται.

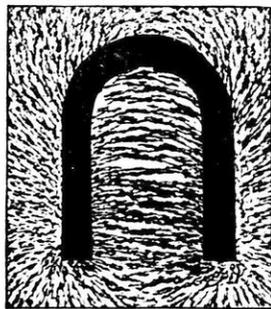
Λέγομεν τότε ὅτι ἡ ἐντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ ὁποῖον δημιουργεῖται ἀπὸ τὸν μαγνήτην, εἶναι μεγαλύτερα εἰς πλησιέστερα σημεῖα παρὰ εἰς ἀπομακρυσμένα.

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 ἀπομακρυσμένας. Αὕτη ἡ παρατήρησις εἶναι γενικὴ καὶ μᾶς ὀδηγεῖ εἰς τὸ ἀκόλουθον συμπέρασμα :

Τὸ μαγνητικὸν πεδῖον εἰς ἓνα ὀρισμένον σημεῖον ἔχει τόσον με-

γαλύτεραν έντασιν, ὅσον πυκνότεραι εἶναι αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἰς τὴν περιοχὴν αὐτοῦ τοῦ σημείου.

Ἐὰν θεωρήσωμεν τὸ μαγνητικὸν φάσμα ἑνὸς πεταλοειδοῦς μαγνήτου (σχ. 189). Αἱ μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἰς τὸν χώρον ὁ ὁποῖος παρεμβάλλεται μεταξύ τῶν δύο πόλων τοῦ μαγνήτου, εἶναι εὐθεῖαι παράλληλοι καὶ ἰσαπέχουσαι. Λέγομεν τότε ὅτι εἰς αὐτὴν τὴν περιοχὴν τὸ μαγνητικὸν πεδίον εἶναι ὁμογενές ἢ ἀλλέως ὅτι ἡ έντασις του εἶναι σταθερά. Ὡστε :



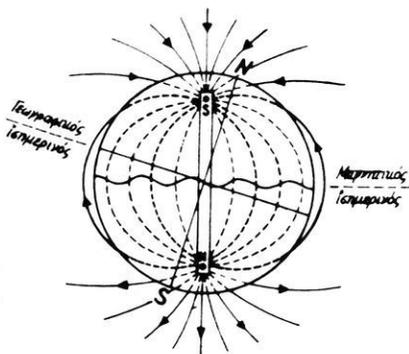
Σχ. 189. Φάσμα πεταλοειδοῦς μαγνήτου.

Ἐνα μαγνητικὸν πεδίον εἶναι ὁμογενές, ὅταν εἰς ἕκαστον σημεῖον του ἡ έντασις του διατηρῆται σταθερά.

§ 195. Μαγνητικὸν πεδίον τῆς γῆς. Καθὼς γνωρίζομεν, ἐὰν ἀφήσωμεν μίαν μαγνητικὴν βελόνην νὰ ἰσορροπήσῃ, ὁ διαμήκης ἄξων της θὰ προσανατολισθῇ, πάντοτε, ἀκολουθῶν τὴν διεύθυνσιν Βορρᾶς - Νότος. Ἐφ' ὅσον πλησίον τῆς μαγνητικῆς βελόνης δὲν ὑπάρχει κανεὶς ἄλλος μαγνήτης, συμπεραίνομεν ὅτι διὰ νὰ προσανατολιζέται αὐτὴ, θὰ ὑπάρχη εἰς τὴν περιοχὴν τῆς Γῆς ἓνα μαγνητικὸν πεδίον.

Αὐτὸ τὸ μαγνητικὸν πεδίον, τὸ ὁποῖον ὑπάρχει μόνιμως εἰς τὴν περιοχὴν τῆς Γῆς, ὀνομάζεται γῆϊνον μαγνητικὸν πεδίον.

Δηλαδή, ἡ Γῆ συμπεριφέρεται ὡς ἓνας τεράστιος μαγνήτης, οἱ μαγνητικοὶ πόλοι τοῦ ὁποῖου εὐρίσκονται πλησίον τῶν πολικῶν περιοχῶν της (σχ. 190). Ὁ ἓνας ἀπὸ τοὺς μαγνητικούς πόλους τῆς Γῆς εὐρίσκεται πλησίον τοῦ βορείου ἢ γεωγραφικοῦ πόλου, εἰς τὸ βόρειον



Σχ. 190. Τὸ γῆϊνον μαγνητικὸν πεδίον. Ἡ Γῆ συμπεριφέρεται ὡς τεράστιος μαγνήτης.

τμήμα τοῦ Καναδά, ἐνῶ ὁ ἄλλος μαγνητικὸς 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 μαγνήτισις τοῦ μαλακοῦ σιδήρου εἶναι πρόσκαιρος. Κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον μία ράβδος ἀπὸ χάλυβα, ὅταν τοποθετηθῆ πλησίον ἐνὸς μονίμου μαγνήτου, μαγνητίζεται. Ἡ μαγνήτισις ὅμως τοῦ χάλυβος εἶναι μόνιμος.

3. Μαγνητικὸν πεδῖον 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 ὠρισμένων 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 ἐφαπτόμενος.

6. Ὁ προσανατολισμὸς μιᾶς μαγνητικῆς βελόνης εἰς τὴν περιοχὴν τῆς Γῆς ὀφείλεται εἰς τὸ γήϊνον μαγνητικὸν πεδῖον.

ΛΗ'—ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΟΥ ΑΓΩΓΟΥ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ ΣΩΛΗΝΟΕΙΔΟΥΣ

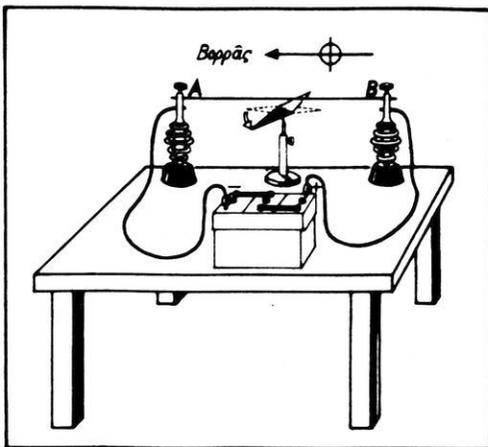
§ 196. Γενικότητες. Μία μαγνητικὴ βελὼνῃ ἢ ὁποία τοποθετεῖται πλησίον ἐνὸς εὐθυγράμμου ἀγωγοῦ, ὁ ὁποῖος διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἀποκλίνει. Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐπομένως δημιουργεῖ μαγνητικὸν πεδῖον γύρω ἀπὸ τοὺς ἀγωγοὺς τοὺς ὁποίους διαρρέει.

§ 197. α) Ευθύγραμμος άγωγός. Πείραμα του Έρστετ (Oersted). Λαμβάνομεν μίαν μαγνητικήν βελόνην και τήν αφήνομεν νά ισοροπήση. Καθώς παρατηροῦμεν, ήρεμεί εἰς τήν θέσιν διὰ τήν ὁποίαν ὁ διαμήκης άξων της έχει τήν διεύθυνσιν Βορρᾶς - Νότος. Κατόπιν τοποθετοῦμεν ἐπάνω ἀπό τήν μαγνητικήν βελόνην ἕνα ευθύγραμμον άγωγόν AB, παράλληλον πρὸς τὸν διαμήκη άξονά της, και διαβιβάζομεν εἰς τὸν άγωγὸν ἠλεκτρικὸν ρεύμα. Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἀποκλίνει κατὰ μίαν ὠρισμένην γωνίαν (σχ. 191).

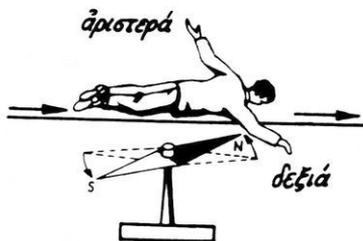
Ἐάν αὐξήσωμεν κατόπιν τήν έντασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸν άγωγόν, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἀπόκλισις τῆς βελόνης αὐξάνεται και ὅταν ἡ έντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος αὐξηθῆ ἀκόμη περισσότερο, ἡ ἀπόκλισις πλησιάζει τὰς 90°, δηλαδὴ ἡ βελόνη τείνει νά διαταχθῆ καθέτως πρὸς τὸν άγωγόν.



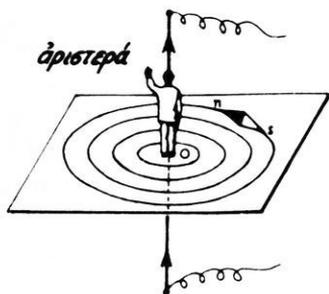
Ὁ Έρστετ εκτελεῖ τὸ ἱστορικὸν πείραμά του.



Σχ. 191. Πείραμα τοῦ Έρστετ. Ὅταν διέλθῃ ρεύμα, ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἀποκλίνει.



Σχ. 192. Κανών του παρατηρητού του Άμπέρ.



Σχ. 193. Μαγνητικόν πεδίου ενός εὐθυγράμμου 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 κτυπῶμεν 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 κανόνα 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 ὄψιν τοῦ ὁποῖου ἔχομεν δια-

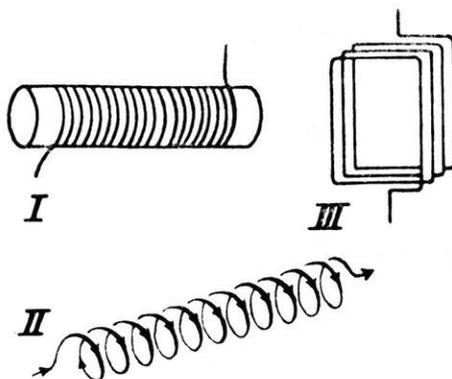
Ἐάν χρησιμοποιήσωμεν τὸν κανόνα τοῦ Ἀμπέρ, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἀριστερὰ χεὶρ τοῦ παρατηρητοῦ μᾶς δίδει τὴν φοράν, κατὰ τὴν ὁποίαν διαγράφονται αἱ μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαί. Ἐάν ἀλλάξωμεν τὴν φοράν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ διεύθυνσις τῆς μαγνητικῆς βελόνης παραμένει ἡ ἴδια, ἢ φορὰ τῆς ὁμως ἀντιστρέφεται. Ὡστε :

Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ ὁποῖον διαρρέει ἓνα εὐθύγραμμον ἀγωγόν, δημιουργεῖ περὶ αὐτὸν μαγνητικὸν πεδῖον, τὸ ὁποῖον εἶναι κάθετον ἐπὶ τὸν ἀγωγόν. Αἱ μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι συγκεντρικοὶ κύκλοι. Ἡ φορὰ κατὰ τὴν ὁποίαν διαγράφονται ἀντιστρέφεται ὅταν τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἀλλάξῃ φοράν.

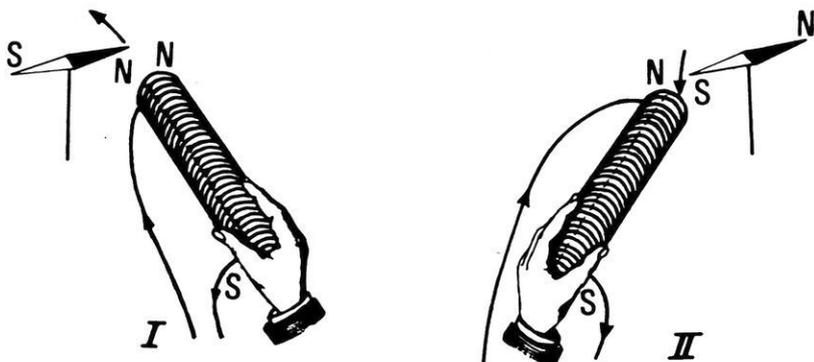
§ 200. Σωληνοειδές. Τὸ σωληνοειδές εἶναι μία εἰδική μορφή ἀγωγοῦ, ὃ ὁποῖος κατασκευάζεται ἐάν περιελίξωμεν ἑλικοειδῶς μὲ ἀγωγὸν σύρμα τὴν ἐπιφάνειαν ἑνὸς κυλίνδρου (σχ. 194, I) Ἐάν τὸ σύρμα παρουσιάξῃ ἀρκετὴν ἀκαμψίαν, μετὰ ἀπὸ τὴν περιέλιξιν δυνάμεθα νὰ ἀπομακρύνωμεν τὸν κύλινδρον. Ἐάν τὸ ἀγωγὸν σύρμα 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 χώρον καὶ διὰ μεγαλυτέραν ἀσφάλειαν, κατὰ τὴν κατασκευὴν ἑνὸς σωληνοειδοῦς, χρησιμοποιοῦμεν μονωμένον σύρμα. Τότε πλέον δυνάμεθα νὰ περιελίξωμεν διαδοχικῶς τὸ σύρμα εἰς ἀλληλεπαλλήλους στρώσεις.

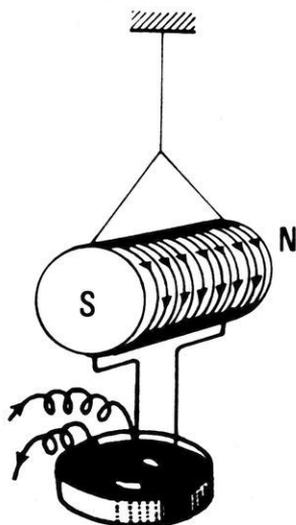
Τὸ μήκος ἑνὸς σωληνοειδοῦς εἶναι μέγανον ἐν σχέσει πρὸς τὴν διάμετρον τοῦ κυλίνδρου, εἰς τὸν ὁποῖον περιελίσσεται τὸ ἀγωγὸν σύρμα. Ἀντι-



Σχ. 194. Σωληνοειδές : (I) μὲ πυρήνα καὶ (II) χωρὶς πυρήνα. (III) Πλαίσιον.



Σχ. 195. Τό σωληνοειδές, τό όποϊόν διαρρέεται από ρεύμα, παρουσιάζει νότιον και βόρειον πόλον εις τά άκρα του.



Σχ. 196. Ένα σωληνοειδές, τό όποϊόν διαρρέεται από ρεύμα, προσανατολίζεται εις τό μαγνητικόν πεδϊόν τής Γής.

θέτως ένα επίπεδον πλαίσιον έχει πολύ μικρόν μήκος. Έ διατομή του επιπέδου πλαισίου είναι συνήθως τετραγωνική (σχ. 194, III).

Πείραμα. Διοχετεύομεν ήλεκτρικόν ρεύμα εις ένα σωληνοειδές και πλησιάζομεν εις την μίαν από τας άκρας του τον βόρειον πόλον N μιās μαγνητικής βελόνης. Παρατηροϋμεν τότε ή ότι βελόνη άπωθειται βιαίως (σχ. 195, I).

Αντιθέτως εάν πλησιάσωμεν εις την ιδίαν άκρην του σωληνοειδοϋς τον νότιον πόλον S τής μαγνητικής βελόνης, παρατηροϋμεν ότι έλκεται έντόνως (σχ. 195, II).

Έπαναλαμβάνομεν τό ίδιον πείραμα εις την άλλην άκρην του σωληνοειδοϋς. Αυτήν την φοράν ό βόρειος πόλος N τής μαγνητικής βελόνης έλκεται ένω ό νότιος πόλος S άπωθειται. Από τό άνωτέρω πείραμα συμπεραίνομεν ότι :

Ένα σωληνοειδές, όταν διαρρέεται από ηλεκτρικόν ρεύμα, συμπεριφέρεται ως ένας ραβδόμορφος μαγνήτης.

Πείραμα. Ξεαρτῶμεν ἕνα σωληνοειδές δι' ἑνὸς μεταξωτοῦ νήματος. Τὰ δύο ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ σύρματος ἐράπτονται ἑλαφρῶς εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ὑδραργύρου, ὃ ὁποῖος εὐρίσκεται 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.

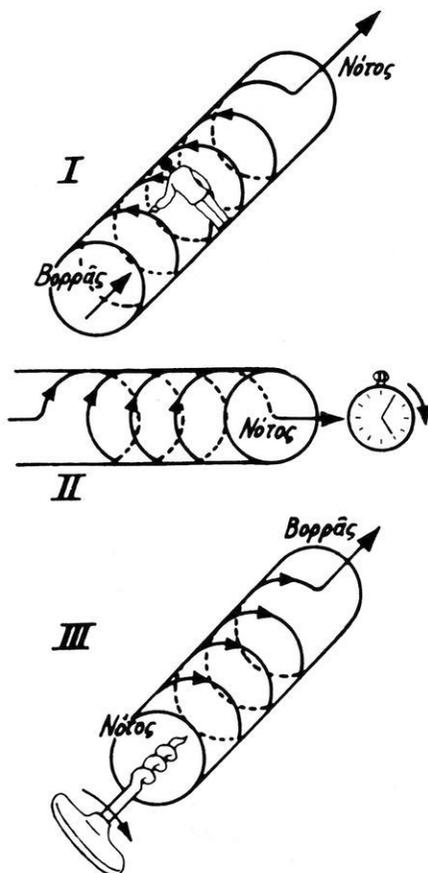
Ἐάν τώρα ἀναστρέψωμεν τὴν φοράν τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος, παρατηροῦμεν ὅτι τὸ σωληνοειδές στρέφεται κατὰ γωνίαν 180°.

Ὡστε :

Τὸ σωληνοειδές προσανατολίζεται ὅπως καὶ οἱ μαγνήται ἐντὸς τοῦ γῆινου μαγνητικοῦ πεδίου.

§ 201. Ἀναγνώρισις τοῦ βορείου καὶ τοῦ νοτίου πόλου ἑνὸς σωληνοειδοῦς. Ὁ καθορισμὸς τῶν πόλων ἑνὸς σωληνοειδοῦς δύναται νὰ γίνη μὲ τὸν κανόνα τοῦ Ἀμπέρ. Ὁ παρατηρητὴς πρέπει νὰ εἶναι ἐξαπλωμένος εἰς μίαν σπείραν καὶ νὰ βλέπῃ πρὸς τὸ ἑσωτερικὸν τοῦ σωληνοειδοῦς, τὸ δὲ ρεῦμα νὰ εἰσέρχεται ἀπὸ τοὺς πόδας του καὶ νὰ ἐξέρχεται ἀπὸ τὴν κεφαλὴν του (σχ. 197, I). Τότε ὁ βορείος πόλος εὐρίσκεται ἀριστερά του.

Ἐπίσης διὰ τὸν καθορισμὸν τοῦ βορείου καὶ νοτίου πόλου τοῦ σωληνοειδοῦς



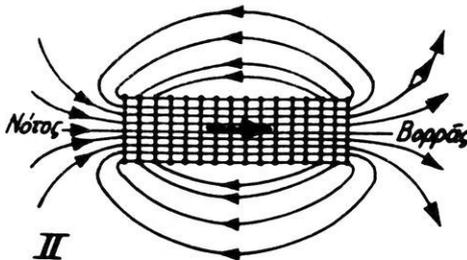
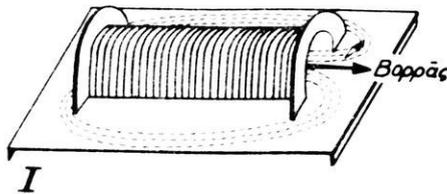
Σχ. 197. Διὰ τὴν ἀναγνώρισιν τῆς βορείου καὶ νοτίου ὄψεως ἑνὸς σωληνοειδοῦς, τὸ ὁποῖον διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα : (I) μὲ τὸν κανόνα τοῦ παρατηρητοῦ τοῦ Ἀμπέρ (II) μὲ τὸ ὄρολόγιον, (III) μὲ τὸν κανόνα τοῦ ἐκπωματιστοῦ.

χρησιμοποιείται πολλές φορές ένα ώρολόγιον. Ὁ νότιος πόλος είναι ὁ πόλος πρὸς τὸν ὁποῖον κινεῖται τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ὅταν τὸ βλέπωμεν νὰ ἔχη φορὰν τὴν αὐτὴν μὲ τὴν φορὰν τῶν δεικτῶν τοῦ ὠρολογίου (σχ. 197, II).

Δυνάμεθα ἀκόμη νὰ χρησιμοποιήσωμεν τὸν κανόνα τοῦ ἐκπωματιστοῦ (σχ. 193, III), ὁ ὁποῖος εἶναι ὁ ἀκόλουθος. Ἡ νοτία ὄψις ἐνὸς σωληνοειδοῦς εἶναι ἡ ὄψις ἐκεῖνη ἔμπροσθεν τῆς ὁποίας πρέπει νὰ τοποθετήσωμεν ἕνα ἐκπωματιστὴν, ὁ ὁποῖος, ὅταν περιστρέφεται κατὰ τὴν φορὰν τοῦ ρεύματος, νὰ κοχλιοῦται κατὰ τὴν φορὰν τῶν δυναμικῶν γραμμῶν.

§ 202. Μαγνητικὸν φάσμα ἐνὸς σωληνοειδοῦς. Τὸ μαγνητικὸν φάσμα ἐνὸς 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 σπείραι του νὰ διαπερνοῦν τὸ χαρτόνιον (σχ. 198, I). Εἰς τὴν ἐπάνω ὄψιν τοῦ χαρτονίου διασκορπίζομεν ρινίσματα σιδήρου καὶ διοχετεύομεν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς



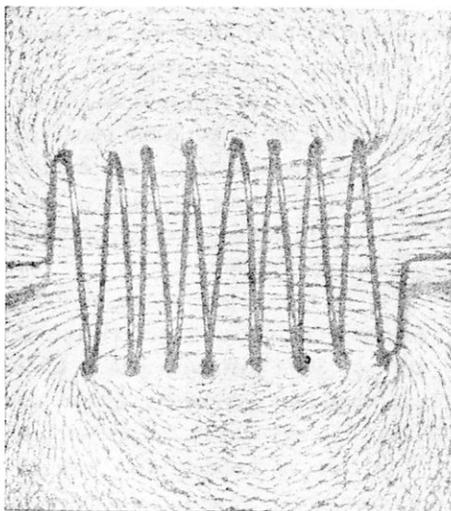
σχ. 198. Ἡ μικρὰ μαγνητικὴ βελὸνη δεικνύει τὴν φορὰν τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν (I). Δυνάμικαι μαγνητικαὶ γραμμαὶ εἰς τὸν ἔξω καὶ εἰς τὸν μέσα χῶρον ἐνὸς σωληνοειδοῦς (II).

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 καμπυλώνονται καὶ εἰσέρχονται εἰς τὴν νοτίαν ὄψιν τοῦ σωληνοειδοῦς. Εἶναι κλεισταὶ γραμμαὶ καὶ εἰς τὸ ἔσωτερικὸν τοῦ σωληνοειδοῦς γίνονται εὐθεταὶ παράλληλοι μεταξὺ τῶν, μὲ φορὰν ἀπὸ τὸν νότιον πρὸς τὸν βορειον πόλον (σχ. 198, II καὶ 199).

Ἐάν τώρα μετακινήσωμεν μίαν μικράν μαγνητικήν βελόνην εἰς τὸ μαγνητικὸν πεδίον ἐνὸς 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.

᾿Ωστε :



Ἐνα σωληνοειδές, τὸ ὁποῖον διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, συμπεριφέρεται ὡς μαγνήτης μὲ πόλους τὰ δύο ἄκρα του.

Σχ. 199. Μαγνητικὸν φάσμα σωληνοειδοῦς.

Ἡ πολικότης τοῦ σωληνοειδοῦς ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φοράν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα δημιουργεῖ περὶ τὸν ἄγωγόν τὸν ὁποῖον διαρρέει, ἓνα μαγνητικὸν πεδίον, τὸ ὁποῖον προκαλεῖ ἀπόκλισιν εἰς μίαν μαγνητικὴν βελόνην. Ὁ βόρειος πόλος αὐτῆς τῆς μαγνητικῆς βελόνης ἀποκλίνει πρὸς τὰ ἀριστερὰ ἐνὸς παρατηρητοῦ, ὁ ὁποῖος εἶναι ἐξαπλωμένος ἐπὶ τοῦ ἄγωγου καὶ βλέπει τὴν μαγνητικὴν βελόνην κάτω ἀπὸ τὸν ἄγωγόν, ἐνῶ τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα εἰσέρχεται ἀπὸ τοὺς πόδας καὶ ἐξέρχεται ἀπὸ τὴν κεφαλὴν του (κανὼν τοῦ Ἄμπέρ).

2. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ ὁποῖον διαρρέει ἓνα εὐθύγραμμον ἄγωγόν, δημιουργεῖ περὶ αὐτὸν μαγνητικὸν πεδίον, κάθετον ἐπὶ τὸν ἄγωγόν. 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 ὁποῖα διέρχεται ἀπὸ αὐτὸ τὸ σημεῖον ἔχει φορὰν πρὸς τὰ ἀριστερὰ τοῦ παρατηρητοῦ.

Αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ ἀλλάζουσιν 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 πεδίου, 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 νὰ καθορίσωμεν τὴν βόρειον καὶ νότιον ὄψιν ἑνὸς σωληνοειδοῦς, χρησιμοποιοῦμεν συνήθως τὸν κανόνα τοῦ Ἀμπέρ.

Λ Η' — Η Λ Ε Κ Τ Ρ Ο Μ Α Γ Ν Η Τ Α Ι

§ 203. Γενικότητες. Ἀρχὴ τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου. Εἰς προηγούμενα μαθήματα εἶχονεν ἀναφέρει ὅτι, ὅταν ἓνα τεμάχιον μαλακοῦ σιδήρου τοποθετηθῆ εἰς τὸ μαγνητικὸν πεδίου ἑνὸς μαγνήτου, μαγνητίζεται προσκαίρως. Ὅταν δηλαδὴ ἀπομακρύνωμεν τὸ τεμάχιον τοῦ μαλακοῦ σιδήρου ἀπὸ τὸ μαγνητικὸν πεδίου, ὁ μαλακὸς σίδηρος παύει νὰ εἶναι μαγνήτης. Γνωρίζομεν ἐπίσης ὅτι ἓνα σωληνοειδές, ὅταν διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ἰσοδυναμεῖ μὲ μαγνήτην καὶ δημιουργεῖ ἓνα μαγνητικὸν πεδίου, ὅμοιον μὲ ἐκεῖνο τοῦ ραβδομόρφου μαγνήτου. Τὰς δύο αὐτὰς κεχωρισμένας διαπιστώσεις τὰς ἐκμεταλλεῦόμεθα διὰ νὰ 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, ὁπότε 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 πυρὴν παρουσιάζει ἓνα βόρειον καὶ ἓνα νότιον μαγνητικὸν πόλον.

Ἐάν ἀλλάξωμεν τὴν φοράν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ἡ πολικότης τοῦ πυρῆνος ἀντιστρέφεται.

Διακόπτομεν τὸ κύκλωμα, ὁπότε παρατηροῦμεν ὅτι τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου καταπίπτουν ἀμέσως. Ὁ πυρὴν ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον ἀποβάλλει ἀμέσως τὴν μαγνήτισίν του.

Εἶναι δυνατόν πολλὰς φορές νὰ παραμείνουν προσκεκολλημένα εἰς τὸν πυρῆνα μερικὰ ρινίσματα σιδήρου.

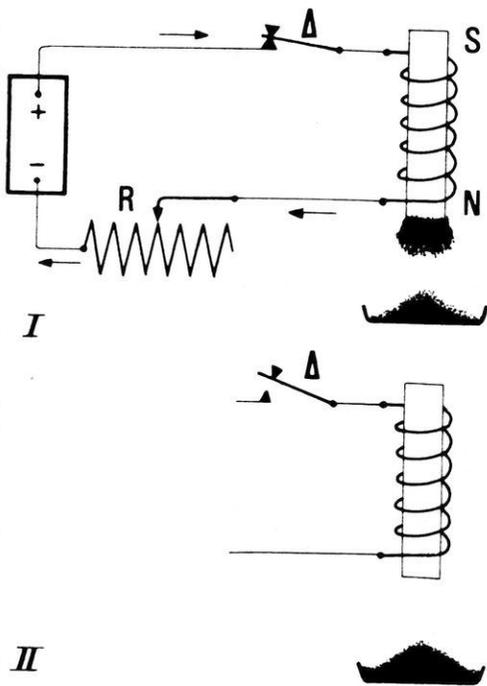
Αὐτὸ ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι ὁ πυρὴν δὲν ἀποτελεῖται ἀπὸ τελείως καθαρὸν σίδηρον, ἀλλὰ περιέχει καὶ προσμίξεις χάλυβος. Ὡστε :

Ὁ ἠλεκτρομαγνήτης εἶναι ἓνας πρόσκαιρος μαγνήτης, ὁ ὁποῖος ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓνα σωληνοειδές, περιέχον ἓνα 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 φοράν 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



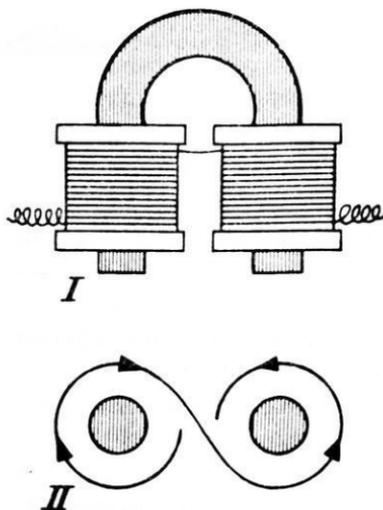
Σχ. 200. Ἐλεκτρομαγνήτης (ἀρχή).

ὅτι καὶ ἡ ποσότης τῶν ρινισμάτων τοῦ σιδήρου, τὰ ὅποια ἔλκονται ἀπὸ τὸν πυρῆνα, αὐξάνεται. Ὡστε :

Ἡ μαγνήτισις πυρῆνος ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον αὐξάνεται, ὅταν αὐξάνεται ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

Συνεχίζομεν τὴν αὐξήσιν τῆς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος τὸ ὅποιον διαρρέει τὸ σωληνοειδές, ὁπότε παρατηροῦμεν ὅτι ἀπὸ μίαν ὀρισμένην τιμὴν τῆς ἐντάσεως καὶ πέραν, ἡ ποσότης τῶν ρινισμάτων τὰ ὅποια 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 ὅποιον 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 ἐχρησιμοποίησαμεν εἰς τὴν ἀνάπτυξιν τῆς προηγουμένης παραγράφου, ἦτο ἐπιμήκης καὶ ραβδόμορφος. Συνήθως ὅμως χρησιμοποιοῦμεν καὶ πεταλοειδεῖς ἠλεκτρομαγνήτας (σχ. 201). Εἰς αὐτὸ τὸ εἶδος τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου οἱ δύο πόλοι εὐρίσκονται πολὺ πλησίον ἀλλήλων, με ἀποτελεσμα ἡ ἔλξις νὰ εἶναι πολὺ ἰσχυρά.

Ἐκαστον σκέλος τοῦ πεταλοειδοῦς πυρῆνος φέρει μίαν περιελίξιν. 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 τοϋ ρεύματος.

§ 205. Έφαρμογαί τών ήλεκτρομαγνητών. Αί εφαρμογαί τών ήλεκτρομαγνητών είναι πολλάί και ποικίλαι. Αί συσκευαί αί όποίαι κατασκευάζονται με βάσιν την άρχήν τών ήλεκτρομαγνητών δύνανται νά παράγουν ισχυρά μαγνητικά πεδία' και νά χρησιμοποιηθοϋν ως άνυψωτικά διατάξεις. Έξ άλλου την έλξιν τοϋ όπλισμοϋ την έκμεταλλευόμεθα εις μίαν μεγάλην ποικιλίαν συσκευών και κυρίως εις τās συσκευάς αυτοματοποιήσεως.

α) Παραγωγή μαγνητικών πεδίων. Οί ήλεκτρομαγνήται χρησιμοποιούνται πολύ περισσότερο από τοϋς μονίμους μαγνήτας, διότι επιτρέπουν την πραγματοποίησιν ισχυρών μαγνητικών πεδίων. Δι' αυτό εύρίσκουν εφαρμογάς εις τά διάφορα έργαστήρια έρευνών, εις τοϋς δυναμοκινητήρας, εις τās γεννητριάς έναλλασσομένου ρεύματος, κλπ.

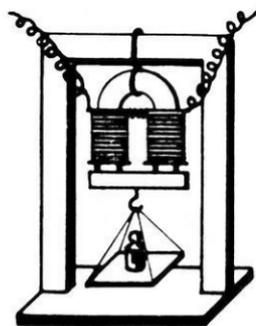
β) Άνυψωτικά διατάξεις. Πείραμα. Διοχετεύομεν ήλεκτρικόν ρεύμα εις τό σπείραμα ενός πεταλοειδοϋς ήλεκτρομαγνήτου, ό όποίος είναι στερεωμένος εις ένα πλαίσιον, ενώ ό όπλισμός του βαστάζει ένα δίσκον με φορτία (σχ. 202). Φορτίζομεν διαδοχικώς τόν δίσκον με φορτία μεγαλυτέρου συνεχώς βάρους, μέχρις ότου ό όπλισμός άποχωρισθῆ από τόν ήλεκτρομαγνήτην.

Αυξάνομεν προοδευτικώς την έντασιν τοϋ ήλεκτρικού ρεύματος, τό όποιον διαρρέει τόν ήλεκτρομαγνήτην. Παρατηροϋμεν τότε ότι ή φέρουσα δύναμις, δηλαδή ή έλκτική ικανότης, αυξάνεται μέχρι μιās ώρισμένης τιμής. Η μεγίστη *φέρουσα δύναμις* άντιστοιχεί εις τόν μαγνητικόν κόρον.

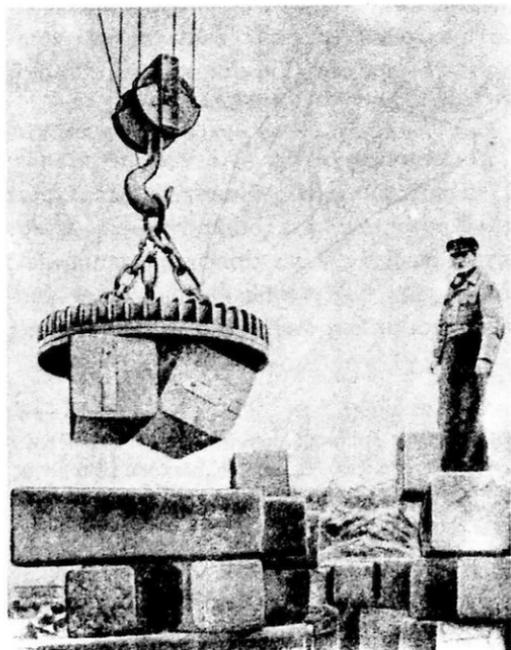
Την φέρουσαν δύναμιν ήλεκτρομαγνήτου δυνάμεθα επίσης νά αυξήσωμεν, εάν πολλαπλασιάσωμεν τόν άριθμόν τών περιελίξεων τοϋ σωληνοειδοϋς.

Έφαρμογήν τών άνωτέρω αποτελοϋν αί συσκευαί άνυψώσεως, όπως ό ήλεκτρομαγνητικός γερανός (σχ. 203), αίτινες χρησιμοποιούνται διά την άνύψωσιν και μεταφοράν βαρέων σιδηρών και χαλυβδίνων άντικειμένων.

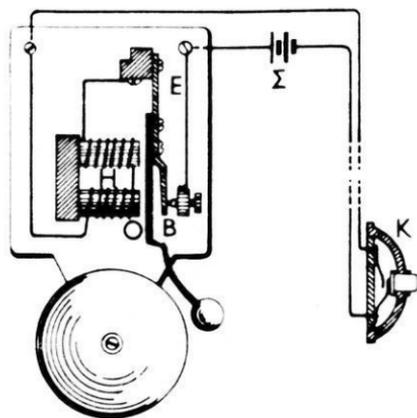
γ) Συσκευαί χρησιμοποιούσαι την μετατόπισιν τοϋ όπλισμοϋ. Η στιγμιαία μετατόπισις τοϋ όπλισμοϋ ενός ήλεκτρομαγνήτου, υπό την επίδρασιν



Σχ. 202. Φέρουσα δύναμις ήλεκτρομαγνήτου.



Σχ. 203. Ήλεκτρομαγνητικός γερανός με φέρουσαν δύναμιν 2 500 kp.



Σχ. 204. Ήλεκτρικός κώδων.

του ηλεκτρικού ρεύματος, μās επιτρέπει νā ενεργοποιήσωμεν διαφόρους μηχανισμούς. Αυτή ή διάταξις παρουσιάζει τō πλεονέκτημα οτι δύναται νā ελεγχθῆ ἀπὸ μακράν με ἀπλᾶς συνδέσεις ἀγωγῶν συρμάτων. Οὕτως ὁ ἠλεκτρομαγνήτης ἀποτελεῖ τὴν βάση τῆς λειτουργίας ἐνὸς μεγάλου ἀριθμοῦ συσκευῶν ὅπως αἱ ἀκόλουθοι.

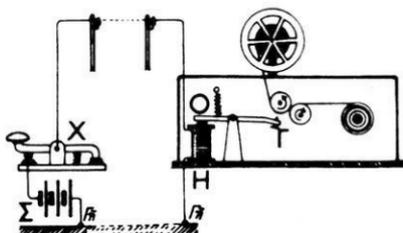
1) Ήλεκτρικός κώδων.

Ένας ἠλεκτρικός κώδων (σχ. 204) ἀποτελεῖται ἀπὸ ἐναν ἠλεκτρομαγνήτην H, τοῦ ὁποῖου ὁ ὄπλισμός O, ἀπὸ μαλακῶν σιδήρων, εἶναι στερεωμένος ἐπὶ ἐνὸς ἐλαστικοῦ χαλυβδίνου ἐλασματος EB. Τὸ ἔλασμα αὐτὸ στηρίζεται με τὴν μίαν ἄκρην του εἰς τὴν βάση τῆς συσκευῆς. Ὅταν πιέζωμεν τὸ κομβίον K, τὸ κύκλωμα κλείει καὶ τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα διαρρέει τὸν ἠλεκτρομαγνήτην, με ἀποτελέ-

σμα νā ἐλκεταὶ ὁ ὄπλισμός καὶ τὸ σφυρίον του νā κτυπᾷ τὸν κώδωνα. Συγχρόνως τὸ ἄκρον B τοῦ ἐλάσματος ἀποχωρίζεται ἀπὸ τὸν κοιλίαν, εἰς τὸν ὁποῖον ἐφάπτεται καὶ τὸ κύκλωμα διακόπτεται. Ἡ ἔλξις σταματᾷ καὶ τὸ ἐλαστικὸν χαλυβδίνον 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 τον έναν ηλεκτρομαγνήτην, του οποίου ο όπλισμός είναι μία μικρά πλάξ, Ο, στερεωμένη εις ένα κινητόν μοχλόν. Ένα κατάλληλον ελατήριο διατηρεί τον όπλισμόν μακράν από τον πυρήνα του ηλεκτρομαγνήτου.



Σχ. 205. Μονόπλευρος τηλεγραφική ανταπόκρισις.

Όταν πιέζωμεν τὸ χειριστήριον, ἡ πλάξ (όπλισμός) ἔλκεται, ἡ ἄκρη Γ τοῦ μοχλοῦ ἀνυψώνεται καὶ ἡ γραφίς, ἡ ὅποια εἶναι στερεωμένη, χαράσσει γραμμάς εἰς μίαν ταινίαν ἀπὸ χάρτην. Ἡ ταινία αὐτὴ παρασύρεται εἰς μίαν σταθερὰν συνεχῆ κίνησιν μετὰ τὴν βοήθειαν ἐνὸς ὥρολογιακοῦ μηχανισμοῦ.

Εὐθὺς ὡς παύσωμεν νὰ πιέζωμεν τὸ χειριστήριον ἡ πλάξ παύει νὰ ἔλκεται, τὸ ελατήριο τὴν ἀπομακρύνει ἀπὸ τὸν πυρήνα τοῦ ηλεκτρομαγνήτου καὶ ἡ γραφίς παύει νὰ ἐφάπτεται εἰς τὴν χαρτίνην ταινίαν. Τὸ μήκος τῆς γραμμῆς τὸ ὅποιον χαράσσει ἡ γραφίς ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸν χρόνον κατὰ τὸν ὅποιον ἐπιέζομεν τὸ χειριστήριον. Μία πολὺ σύντομος ἐπαφὴ ἀποδίδει μίαν βραχείαν στιγμὴν (τελεία) ἐνῶ μία διὰ μεγαλύτερον χρονικὸν διάστημα ἐπαφῆ, μίαν μακράν στιγμὴν (γραμμῆ). Τὰ διάφορα γράμματα τοῦ ἀλφαβήτου μεταδίδονται μετὰ συνδυασμοῦς βραχειῶν καὶ μακρῶν στιγμῶν (Μορσικὸν ἀλφάβητον).

Αὐτὸ τὸ ὑπόδειγμα τοῦ τηλεγράφου ἔχει ἀντικατασταθῆ σήμερον ἀπὸ πολυπλόκουσ συσκευάς, αἱ ὅποια ἀποδίδουν τὰ γράμματα εἰς τὴν ταινίαν ἀπ' εὐθείας μετὰ τυπογραφικοῦ χαρακτήρα, ἀντὶ τῶν γραμμῶν καὶ τελειῶν. Πάντως ἡ ἀρχὴ παραμένει ἡ ἴδια.

Ἄλλαι χρήσεις τοῦ ηλεκτρομαγνήτου. Οἱ ηλεκτρομαγνήται χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν μετάδοσιν τῶν σημάτων εἰς τὰ σιδηροδρομικὰ δίκτυα, εἰς τὰ ηλεκτρικὰ ὥρολόγια, εἰς τοὺς ηλεκτρονόμους (ρελαί), εἰς τὰ τηλεφωνικὰ ἀκουστικά, κλπ.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Ὁ ηλεκτρομαγνήτης εἶναι ἕνας πρόσκαιρος μαγνήτης ὁ ὅποιος ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕνα σωληνοειδές, τὸ ὅποιον περικλείει ἕνα πυρήνα ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον. Ἡ μαγνήτισις τοῦ μαλακοῦ σιδήρου ὀφείλεται εἰς τὸ μαγνητικὸν πεδίου, τὸ ὅποιον δημιουργεῖται ἀπὸ τὴν διέλευσιν ηλεκτρικοῦ ρεύματος μέσα ἀπὸ τὸ σωληνοειδές.

2. Ἡ μαγνήτισις ἐνὸς ηλεκτρομαγνήτου αὐξάνεται μετὰ τὴν αὐξήσιν τῆς ἐντάσεως τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος, μέχρις ἐνός

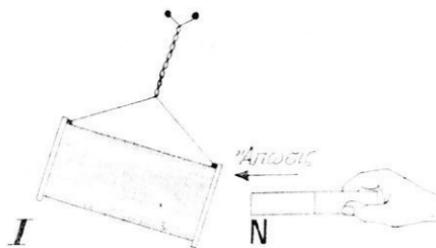
ώρισμένου σημείου. Πέραν μιᾶς ὀρισμένης τιμῆς τῆς ἐντάσεως, ἡ μαγνήτισις παραμένει σταθερά, ὅποτε ἔχομεν ἐπιτύχει μαγνητικὸν κόρον.

3. Ὁ ἠλεκτρομαγνήτης παρουσιάζει δύο μαγνητικούς πόλους, Βόρειον καὶ Νότιον. Ἡ πολικότης τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου ἀντιστρέφεται, ὅταν ἀντιστρέψωμεν τὴν φοράν τῆς διελεύσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

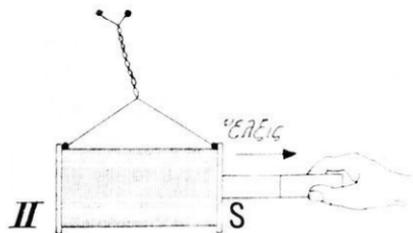
4. Ἐφαρμογαὶ τῆς χρήσεως τῶν ἠλεκτρομαγνητῶν ἀποτελοῦν ὁ ἠλεκτρικὸς κώδων, ὁ τηλέγραφος, αἱ ἀνυψωτικαὶ διατάξεις, κλπ.

Μ' — ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΙΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ

§ 206. Δράσις ἑνὸς μαγνήτου ἐπὶ ἑνὸς σωληνοειδοῦς. Λαμβάνομεν ἓνα σωληνοειδῆ, τὸ ὁποῖον ἐξαρτῶμεν ἀπὸ δύο σταθερὰ σημεῖα μετὰ δύο εὐκαμπτα ἄγωγά σύρματα. Διοχετεῖτομεν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς τὸ σωληνοειδῆ καὶ πλησιάζομεν τὸν ἓνα πόλον ἑνὸς 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 ἀπωσις αὐτὴ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ εἶδος τοῦ πόλου τοῦ μαγνήτου τὸ ὁποῖον πλησιάζομεν.

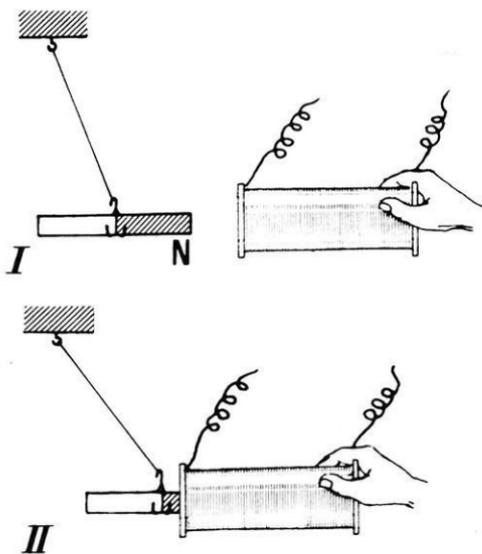


Ἀντιστρέφομεν τὴν φοράν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος εἰς τὸ σωληνοειδῆς, ὅποτε παρατηροῦμεν ὅτι ἡ μετατόπισις τοῦ σωληνοειδοῦς εἶναι ἀντιθέτου φορᾶς ἀπὸ τὴν προηγουμένην.

Σχ. 206. Τὸ ἐξηρητημένον σωληνοειδῆς ἀπωθεῖται ἢ ἔλκεται ἀπὸ τὸν μαγνήτην.

Ὡστε :

Όταν ένα σωληνοειδές, διαρρεόμενον από ηλεκτρικόν ρεύμα, εύρισκεται πλησίον μιᾶς μαγνητισμένης ράβδου, μετατοπίζεται ὅπως ἕνας κινητὸς μαγνήτης.



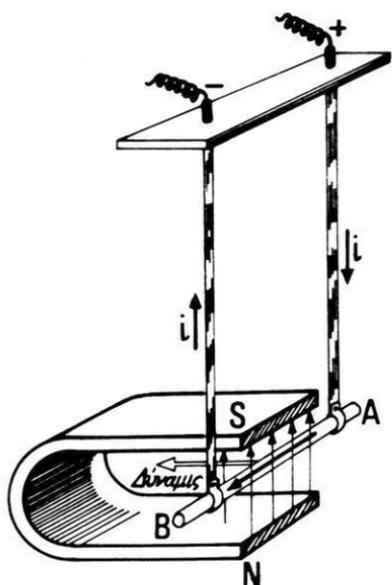
Σχ. 207. Τὸ σωληνοειδὲς ἔλκει τὸν μαγνήτην.

§ 207. Δράσις τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος ἐπὶ ἐνὸς μαγνήτου. Πείραμα. Λαμβάνομεν ἕνα ραβδόμορφον μαγνήτην, ὁ ὁποῖος εἶναι ἐξηρητημένος ἀπὸ ἕνα σταθερὸν σημεῖον μὲ λεπτὸν καὶ εὐκαμπτον νῆμα (σχ. 207, I), ὁπότε, ὅπως γνωρίζομεν, διατάσσεται κατὰ τὴν διεύθυνσιν Βορρᾶς - Νότος, καὶ πλησιάζομεν εἰς τὸν βόρειον πόλον τοῦ τὴν νοτίαν ὄψιν ἐνὸς σωληνοειδοῦς. Ὁ μαγνήτης προσανατολίζεται τότε παραλλήλως πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ σωληνοειδοῦς καὶ ἔλκεται ἀσθενῶς.

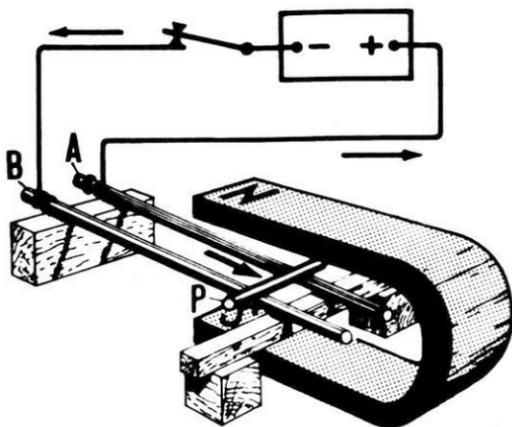
Ἐὰν πλησιάσωμεν ἀκόμη περισσότερον τὸ σωληνοειδές, ὁ μαγνήτης ἔλκεται ἰσχυρῶς καὶ εἰσέρχεται εἰς τὴν κοιλότητα τοῦ σωληνοειδοῦς (σχ. 207, II). Ἐὰν κατόπιν περιστρέψωμεν τὸ σωληνοειδές κατὰ 180° ἢ ἂν ἀντιστρέψωμεν τὸ ηλεκτρικὸν ρεύμα, τότε ὁ νότιος πόλος τοῦ μαγνήτου ἔλκεται καὶ εἰσέρχεται εἰς τὴν κοιλότητα τῆς βορείας ὄψεως τοῦ σωληνοειδοῦς. Ὡστε :

Ἐνα σωληνοειδές, τὸ ὁποῖον διαρρέεται ἀπὸ ηλεκτρικὸν ρεύμα, ἐπιδρᾷ εἰς μίαν κινητὴν μαγνητισμένην ράβδον, ὅπως θὰ ἐπέδρα ἕνας μόνιμος μαγνήτης.

§ 208. Ἡλεκτρομαγνητικὴ δύναμις. Πείραμα 1. Λαμβάνομεν ἕνα πεταλοειδῆ μαγνήτην καὶ τὸν διατάσσομεν ὅπως δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 208. Ἐνα πλαίσιον ἀπὸ χάλκινον εὐκαμπτον ἄγωγὸν σύρμα τοποθετεῖται οὕτως, ὥστε ὁ κλάδος AB νὰ εἶναι κάθετος εἰς τὰς μαγνητικὰς γραμμάς.



Σχ. 208. Ένας ρευματοφόρος άγωγός έντός ένός μαγνητικού πεδίου ύφίσταται δυνάμεις.



Σχ. 209. Μετατόπιση ένός στοιχείου ηλεκτρικού ρεύματος ύπό τής δράσεως μιās ηλεκτρομαγνητικής δυνάμεως.

Διοχετεύομεν ηλεκτρικόν ρεύμα, όποτε παρατηρούμεν ότι τό πλαίσιον άποκλίνει και έλκεται πρός τό έσωτερικόν του μαγνήτου.

Έπαναλαμβάνομεν τό πείραμά μας άντιστρέφοντες τήν πολικότητα του μαγνήτου. Τό πλαίσιον άπωθείται τώρα πρός τό έξωτερικόν του μαγνήτου. Αν άντιστρέψωμεν τήν φοράν του ηλεκτρικού ρεύματος, αφήνοντες τόν μαγνήτην με τόν βόρειον μαγνητικόν πόλον πρός τά έπάνω, θα διαπιστώσωμεν ότι τό πλαίσιον άποκλίνει και έλκεται πάλιν πρός τό έσωτερικόν του μαγνήτου.

Πείραμα 2. Τοποθετούμεν ένα πεταλοειδή μαγνήτην μεταξύ δύο άγωγίμων όριζοντίων σιδηροτροχιών A και B, έπάνω εις τάς όποιás δύναται νά δλισθήση μία άγώγιμος έλαφρά ράβδος P. Αύτη ή ράβδος άποτελεί ένα στοιχείον ηλεκτρικού ρεύματος (σχ. 209). Κλείομεν τόν διακόπτην και ρυθμίζομεν τήν ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος εις μίαν μεγάλην τιμήν (π.χ. εις τά 6 A). Παρατηρούμεν τότε ότι ή ράβδος P μετατοπίζεται εις τάς σιδηροτροχιás παραλλήλως πρός έαυτήν. Αντιστρέφομεν κατόπιν τήν φοράν του ήλε-

κτρικού ρεύματος, όποτε ή ράβδος μετακινείται αντίθετως.

Ἐάν ἐν συνεχείᾳ ἀντιστρέψωμεν τὴν πολικότητα τοῦ μαγνήτου οὕτως, ὥστε ὁ νότιος μαγνητικός πόλος νά εἶναι πρὸς τὰ ἑπάνω, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι αἱ μετατοπίσεις τῆς ράβδου εἶναι ἀντίθετοι ἀπὸ ὅτι τὴν προηγουμένην φοράν. Ὡστε :

Ἐάν ἕνας ἀγωγός, ὁ ὁποῖος διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, τοποθετηθῆ εἰς τὸ μαγνητικὸν πεδίον ἑνὸς μαγνήτου, ὑπόκειται εἰς τὴν δρᾶσιν μιᾶς ἠλεκτρομαγνητικῆς δυνάμεως. Ἡ φορά τῆς δυνάμεως αὐτῆς ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φοράν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος καὶ ἀπὸ τὴν φοράν τῶν μαγνητικῶν δυναμικῶν γραμμῶν.

§ 209. Καθορισμὸς τῆς φορᾶς τῆς μετατοπίσεως. Δι' αὐτὸν τὸν σκοπὸν, διὰ τὸν καθορισμὸν δηλαδὴ τῆς φορᾶς τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς δυνάμεως, χρησιμοποιοῦμεν τοὺς ἀκολουθοῦντας δύο κανόνας.

α) Κανὼν τοῦ Ἄμπέρ. Ἐάν ἕνας παρατηρητῆς εὐρίσκειται ἐξαπλωμένος ἑπάνω εἰς τὸν ἀγωγὸν καὶ βλέπει κατὰ τὴν φοράν τῶν μαγνητικῶν δυναμικῶν γραμμῶν, τὸ δὲ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα εἰσέρχεται ἀπὸ τοὺς πόδας του καὶ ἐξέρχεται ἀπὸ τὴν κεφαλὴν του, τότε ἡ δύναμις ἔχει φοράν πρὸς τὰ ἀριστερά του.

β) Κανὼν τῆς δεξιᾶς χειρὸς. Ὄταν ὁ ἀντίχειρ τῆς δεξιᾶς χειρὸς ἔχει τὴν διεύθυνσιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος καὶ ὁ δείκτης τὴν διεύθυνσιν τῶν μαγνητικῶν δυναμικῶν γραμμῶν (μαγνητικὸν πεδίον), τότε ὁ μέσος, ἂν διαταχθῆ καθέτως πρὸς τοὺς ἄλλους δύο, ἀποδίδει τὴν φοράν τῆς μετατοπίσεως, δηλαδὴ τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς δυνάμεως (σχ. 210).



Σχ. 210. Ὁ κανὼν τῆς δεξιᾶς χειρὸς.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Ὄταν πλησίον ἑνὸς ἐξηρητημένου διὰ νήματος σωληνοειδοῦς, τὸ ὁποῖον διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, τοποθετηθῆ

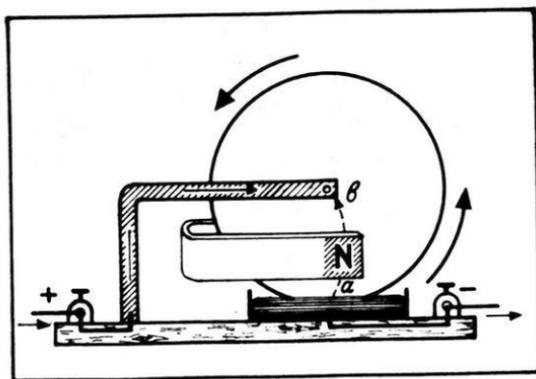
Ένας μαγνήτης, τὸ σωληνοειδὲς μετατοπίζεται καὶ συμπεριφέρεται ὡς μαγνήτης.

2. Ἐνα σωληνοειδὲς, τὸ ὁποῖον διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ἐπιδρᾷ εἰς τὴν κινητὴν μαγνητισμένην ράβδον κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον, μὲ τὸν ὁποῖον θὰ ἐπέδρα καὶ ἕνας ραβδόμορφος μαγνήτης.

ΜΑ΄ — ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

§ 210. Τροχὸς τοῦ Μπάρλοου. (Barlow). Λαμβάνομεν ἕνα 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 ἐπιτρέψη εἰς τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα νὰ κυκλοφορήσῃ, ὅπως δεῖκνύεται 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.

Ἐάν στερεώσωμεν μίαν τροχαλίαν εἰς τὸν ἄξονα β, τότε, ἐξ αἰτίας τῆς περιστροφῆς τοῦ τροχοῦ, δυνάμεθα νὰ ἀνυψώσωμεν ἕνα φορτίον, δηλαδὴ δυνάμεθα νὰ παράγωμεν μηχανικὸν ἔργον. Ὡστὲ :

Χρησιμοποιοῦντες καταλλήλως τὸ μαγνητικὸν πεδῖον, δυνάμεθα

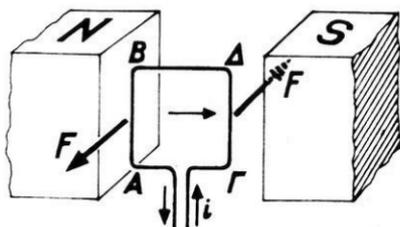
από την ηλεκτρική ενέργεια να παράγουμε μηχανικόν έργον. Μία παρομοία διάταξις αποτελεί την αρχήν των ηλεκτρικῶν κινητήρων.

§ 211. Ἄπλοϊ ηλεκτρικοὶ κινητήρες συνεχοῦς ρεύματος. Οἱ ηλεκτρικοὶ κινητήρες βασίζονται εἰς τὴν ἀρχήν τῆς προηγουμένης παραγράφου, με μόνην τὴν διαφορὰν ὅτι ὁ ἄγωγός ἔχει σχῆμα πλαισίου (σχ. 212.)

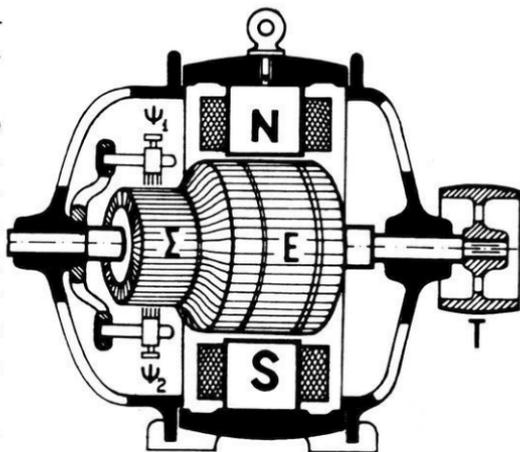
Τὸ πλαίσιον διαρρέεται ἀπὸ ηλεκτρικόν ρεῦμα καὶ εὐρίσκεται ἐν μέσῳ εἰς τὸ μαγνητικόν πεδίου ἐνὸς μονίμου μαγνήτου. Καθὼς γνωρίζομεν, εἰς τὰς πλευράς AB καὶ ΓΔ τοῦ πλαισίου ἀσκοῦνται δύο δυνάμεις τοῦ ἰδίου μέτρου F ἀλλὰ ἀντιθέτου φοράς. Εἰς τὸ πλαίσιον συνεπῶς ἀσκεῖται ἓνα ζεύγος δυνάμεων, ἢ ροπή τοῦ ὁποίου, ὡς πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ πλαισίου, παρασύρει τὸ πλαίσιον εἰς περιστροφικὴν κίνησιν.

Εἰς τὴν Τεχνικὴν ἀντὶ ἐνὸς πλαισίου χρησιμοποιοῦμεν πολλὰ πλαίσια, καταλλήλως περιελιγμένα καὶ μεμωμένα μεταξύ των.

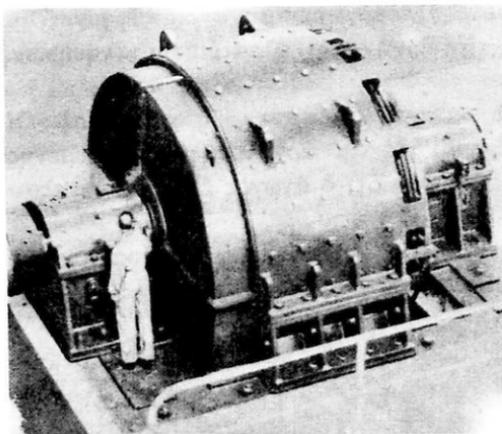
Ἐνας ηλεκτρικὸς κινητήρ βιομηχανικῆς χρήσεως περιλαμβάνει ἓνα ηλεκτρομαγνήτην (σχ. 213), ὁ ὁποῖος ἀποτελεῖ τὸ ἀκίνητον μέρος τοῦ κινητήρος, ὀνομαζόμενον *στάτωρ*, καὶ τὸ σύστημα τῶν πλαισίων E ὁμοῦ μετὰ τοῦ ἄξονος περιστροφῆς, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ τὸ κινητὸν μέρος τοῦ κινητήρος, ὀνομαζόμενον *ρότωρ*.



Σχ. 212. Ἀρχὴ τῆς λειτουργίας ἐνὸς ηλεκτρικοῦ κινητήρος.



Σχ. 213. Σχεδιάγραμμα ἐνὸς κινητήρος συνεχοῦς ρεύματος.



Σχ. 213 α. Ἐξωτερικὸν ἠλεκτρικοῦ κινητήρος ἰσχύος 4 200 Ch.



Σχ. 213 β. Ἐπιγραφή μετὰ τὰ χαρακτηριστικὰ στοιχεῖα ἐνὸς ἠλεκτροκινητήρος. (1/25 Ch, 3 500 στρ/μιν, 0-7 Ampère, 110 Volt).

Εἰς ἕκαστον κινητήρα ὑπάρχει μία μικρὰ πλάξ, ἐπάνω εἰς τὴν ὁποῖαν εἶναι ἀναγεγραμμένα διάφορα στοιχεῖα, σχετιζόμενα μετὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ κινητήρος (σχ. 213, β).

§ 212. Ἴσχύς τῶν ἠλεκτρικῶν κινητήρων. Οἱ ἠλεκτροκινητήρες, 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 κινητήρες ἰσχύος 3 ἕως 20 Ch, ἐνῶ εἰς τὰ ἠλεκτροκίνητα σιδηροδρομικὰ δίκτυα λειτουργοῦν κινητήρες μετὰ ἰσχὴν πολλῶν χιλιάδων ἵππων.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Αἱ ἠλεκτρομαγνητικαὶ δυνάμεις ἔχουν τὴν ἰκανότητα νὰ παράγουν μηχανικὸν ἔργον. Αὐτὴν τὴν ἰδιότητα ἐκμεταλλεῦμεθα εἰς τὴν κατασκευὴν τῶν ἠλεκτρικῶν κινητήρων.

2. Οἱ ἠλεκτρικοὶ κινητήρες 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 κινητήρες ἰσχύος μερικῶν ἀτμοίπων.

V. ΟΠΤΙΚΗ

MB' — 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 αἶτιον, τὸ ὁποῖον ἐπέδρασεν εἰς τὸν ὀφθαλμὸν μας καὶ μᾶς ἔκαμε νὰ ἴδωμεν, ὀνομάζεται **φῶς**.

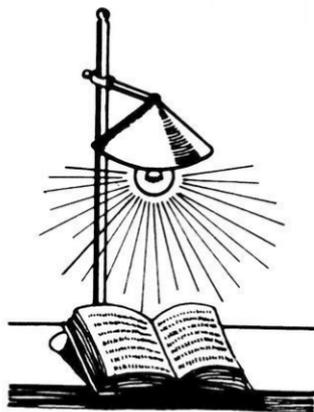
§ 214. **Φωτεινὰ πηγὰί.** Τὰ σώματα τὰ ὁποῖα, ὅπως ὁ ἥλιος, ἡ φλόξ ἑνὸς κηρίου, τὸ διάπυρον σύρμα ἑνὸς ἠλεκτρικοῦ λαμπτήρος, κλπ., φωτοβολοῦν, ὀνομάζονται **αὐτόφωτα σώματα** ἢ **φωτεινὰ πηγὰί**.

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 **ἑτερόφωτα σώματα** (σχ. 214).

§ 215. **Διαφανῆ, ἡμιδιαφανῆ καὶ σκιερὰ σώματα.** Σώματα ὅπως ἡ ὕαλος, ὁ ἀήρ, 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 διακρίνῃ κανεὶς εὐδιακρίτως τὰ ἀντικείμενα τὰ ὁποῖα εὐρίσκονται ὀπισθεν αὐτῆς. Ἡ γαλακτόχρους ὕαλος εἶναι **ἡμιδιαφανές σῶμα**.

Ὁ τοῖχος τοῦ δωματίου μας, ὁ χάρτης, τὸ ξύλον καὶ ἄλλα σώματα, δὲν



Σχ. 214. Ὁ ἠλεκτρικὸς λαμπτήρ, ὅταν φωτίζῃ, εἶναι φωτεινὴ πηγὴ. Τὸ βιβλίον εἶναι ἑτερόφωτον 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 ἐνὸς ἀδιαφανοῦς σώματος, τὸ ὁποῖον φωτίζεται.

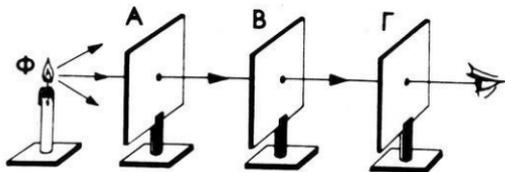
§ 217. Διάδοσις τοῦ φωτός. Εἰς τὸν ἤχον ἐμάθομεν ὅτι διὰ τὴν διάδοσίν του ἀπαιτεῖται πάντοτε ἓνα ὑλικόν, στερεόν, ὑγρὸν ἢ ἀέριον. Ἀπὸ τὴν θερμότητα γνωρίζομεν ὅτι αὕτη δὲν χρειάζεται ὑλικὸν σῶμα διὰ τὴν διάδοσίν της. Τί θὰ συμβαίη ἄραγε μὲ τὸ φῶς ;

α) Πείραμα. Μὲ μίαν ἀεραντλίαν ἀφαιροῦμεν τὸ ἀέρα ἐνὸς ὑαλίνου σωλῆνος. Παρατηροῦμεν ὅτι ὁ σωλὴν παραμένει διαφανὴς ὅπως καὶ πρότερον. Τὸ φῶς τοῦ Ἥλιου καὶ τῶν ἀστρῶν ἔρχεται ἀπὸ τὸ Διάστημα εἰς τὴν Γῆν, καὶ διαπερᾶ τὸν κενὸν χώρον. ᾽Ωστε :

Τὸ φῶς δὲν χρειάζεται ὑλικὸν μέσον διὰ τὴν διάδοσίν του.

β) Ἐνας λαμπτήρ, ὁ ὁποῖος φωτοβολεῖ εἰς τὸ μέσον ἐνὸς δωματίου, φαίνεται ἀπὸ ὅλας τὰς πλευράς του καὶ φωτίζει ὅλους τοὺς τοίχους. Τὸ φῶς τοῦ Ἥλιου καμνεῖνὰ φαίνονται οἱ πλανῆται, ἡ Σελήνη καὶ οἱ τεχνητοὶ δορυφόροι κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον, ἀνεξαρτήτως ἀπὸ τὴν θέσιν εἰς τὴν ὁποίαν εὐρίσκονται ὡς πρὸς τὸν Ἥλιον. ᾽Ωστε :

Τὸ φῶς διαδίδεται πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον.



Σχ. 216. Ὄταν αἱ τρεῖς ὀπαὶ εὐρίσκονται εἰς τὴν ἴδιαν εὐθεῖαν μετὰ τὴν φωτεινὴν πηγὴν καὶ τὸν ὀφθαλμόν μας, βλέπομεν τὸ φῶς τοῦ κηρίου.

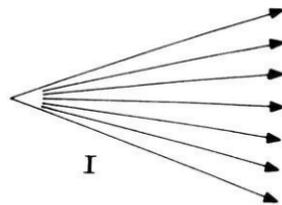
γ) Ἐάν τοποθετήσωμεν ἐπάνω εἰς μίαν τράπεζαν ἓνα ἀνημμένον κηρίον καὶ λάβωμεν τρία διαφράγματα, τὰ ὁποῖα νὰ ἔχουν ἕ-

καστον μίαν ὀπήν 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, ἡ φλόξ καὶ ὁ ὀφθαλμὸς εὐρίσκονται εἰς εὐθεῖαν γραμμὴν.

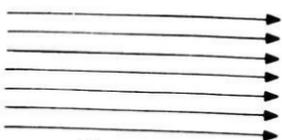
Ὡστε :

Τὸ φῶς διαδίδεται εὐθυγράμμως.

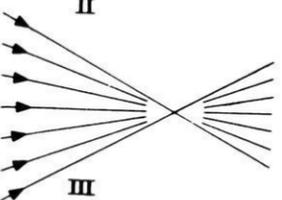
δ) Ἐάν εἰς ἓνα σκοτεινὸν δωμάτιον εἰσέλθῃ φῶς τοῦ Ἡλίου ἀπὸ ἓνα ἄνοιγμα, παρατηροῦμεν μίαν **παράλληλον φωτεινὴν δέσμη**. Ἄν τὸ ἄνοιγμα εἶναι μικρόν, π.χ. μία ὀπή μετὰ διάμετρον 1 mm, ἡ δέσμη παρουσιάζεται λεπτή. Τοιαῦται λεπταὶ φωτειναὶ δέσμαι ὀνομάζονται εἰς τὴν Φυσικὴν **φωτειναὶ ἀκτίνες**.



I



II



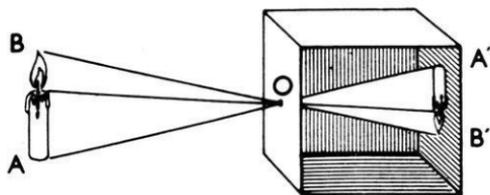
III

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).

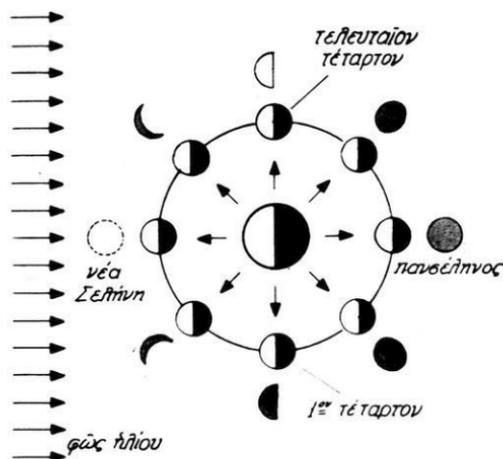
Ὄταν ἡ φωτεινὴ πηγὴ ἔχῃ μικρὰς διαστάσεις καὶ δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς φωτεινὸν σημεῖον, ἡ σκιά τῶν σωμάτων εἶναι ὁμοίομορφος. Ὄταν ὁμοῦς ἡ φωτεινὴ πηγὴ

Σχ. 217. Φωτειναὶ δέσμαι. (I) Ἀποκλίνουσα, (II) παράλληλος καὶ (III) συγκλίνουσα.

ἔχη μεγάλας 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 ὠρισμένας.



·Σχ. 218. Σκοτεινὸς θάλαμος.



Σχ. 219. Αἱ φάσεις τῆς Σελήνης.

§ 218. Ἀποτελέσματα τῆς εὐθύγραμμου διαδόσεως τοῦ φωτός. 1) Σκοτεινὸς θάλαμος. Ὁ σκοτεινὸς θάλαμος στηρίζεται εἰς τὴν εὐθύγραμμον διάδοσιν τοῦ φωτός. Ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓνα κλειστὸν ἀδιαφάνες κιβώτιον, τὸ ὁποῖον ἔχει εἰς τὸ κέντρον μιᾶς ἕδρας του μιαν μικρὰν ὀπὴν. Τὰ ἀντικείμενα, τὰ ὁποῖα εὐρίσκονται ἔμπροσθεν τῆς ὀπῆς, ἀπεικονίζονται εἰς τὴν ἀπέναντι ἔδραν ἀνεστραμμένα (σχ. 218).

Ἐφαρμογὴν τοῦ σκοτεινοῦ θαλάμου ἔχομεν εἰς τὴν φωτογραφικὴν μηχανήν. Εἰς τὴν θέσιν τῆς ὀπῆς ὑπάρχει φακὸς καὶ εἰς τὴν ἀπέναντι ἔδραν τοποθετεῖται ἡ φωτογραφικὴ πλάξ.

2) Σκιά καὶ παρασκιά.

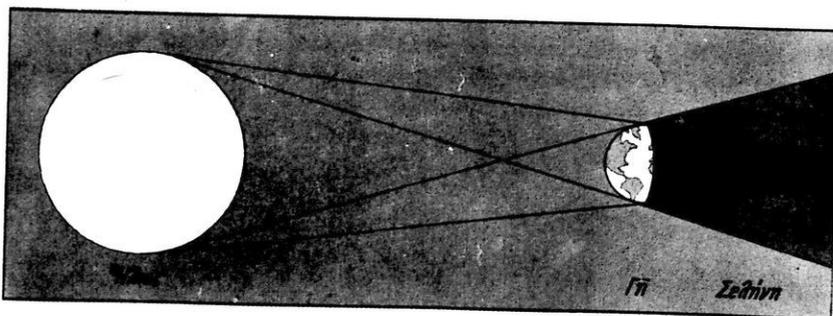
Ἡ σκιά καὶ ἡ παρασκιά, διὰ τὰς ὁποίας ὁμιλήσαμεν ἀνωτέρω, ὀφείλονται εἰς τὴν εὐθύγραμμον διάδοσιν τοῦ φωτός.

3) Φάσεις τῆς Σελήνης.

Ἐκλείψεις τοῦ Ἡλίου καὶ

τῆς Σελήνης. α) Ἡ Σελήνη εἰς τὸ διάστημα περίπου ἑνὸς μηνὸς παρουσιάζεται μετὰ διαφορετικὰς μορφὰς, τὰς ὁποίας ὀνομάζομεν συνήθως *φάσεις τῆς Σελήνης*.

Ἡ ἡμίσαια σεληνιακὴ σφαῖρα, ἧτις εἶναι πάντοτε ἐστραμμένη πρὸς τὸν Ἡλιον,



Σχ. 220. Όταν η Σελήνη εισέλθει εις τὸν σκιερὸν κῶνον τῆς Γῆς, συμβαίνει ὀλική ἐκλειψις Σελήνης.

φωτίζεται συνεχῶς, ἐνῶ ἡ ἄλλη ἡμίσεια παραμένει πάντοτε σκοτεινὴ.

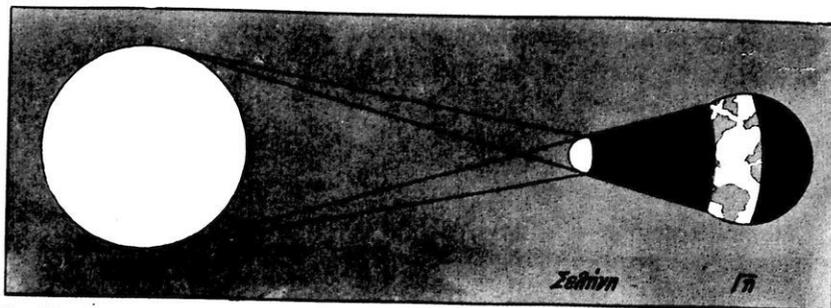
Ἐξ αἰτίας τῆς κυκλικῆς κινήσεως τῆς Σελήνης περὶ τὴν Γῆν βλέπομεν, ἀναλόγως μὲ τὴν τοποθέτησιν τοῦ Ἥλιου, τῆς Γῆς καὶ τῆς Σελήνης, ἄλλοτε ὀλόκληρον τὸ φωτισμένον τμῆμα τοῦ δορυφόρου μας (πανσέληνος) καὶ ἀκολουθῶς ὅλο καὶ μικρότερον τμῆμα τοῦ σεληνιακοῦ δίσκου (σχ. 219), μέχρις ὅτου ἡ Σελήνη ἐξαφανισθῆ τελείως ἀπὸ τὸν οὐρανὸν (νέα Σελήνη).

β) Ἡ Γῆ καὶ ἡ Σελήνη εἶναι σκιερά σώματα καὶ σχηματίζουν μίαν σκοτεινὴν κωνικὴν σκιάν. Ἡ σκιά αὐτὴ εἶναι ἡ αἰτία τῶν ἐκλείψεων τοῦ Ἥλιου καὶ τῆς Σελήνης. Πράγματι, ὅταν ἡ Σελήνη, ὅπως δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 220, εισέλθει εἰς τὸν κῶνον τῆς σκιάς τῆς Γῆς, παύει νὰ φωτίζεται ἀπὸ τὸν Ἥλιον καὶ τοιοῦτοτρόπως δὲν εἶναι πλέον ὀρατὴ.

Τὸ φαινόμενον αὐτὸ ὀνομάζεται *ἐκλειψις Σελήνης*.

Ἡ ἐκλειψις δύναται νὰ εἶναι ὀλική, ὅταν ὀλόκληρος ἡ Σελήνη εισέρχεται εἰς τὸν σκιερὸν κῶνον τῆς Γῆς ἢ μερικὴ, ὅταν εισέρχεται ἓνα μέρος τῆς καὶ φωτίζεται τὸ ἄλλο. Αἱ ἐκλείψεις τῆς Σελήνης συμβαίνουν κατὰ τὴν πανσέληνον, ἢ δὲ Γῆ εὐρίσκεται τότε μεταξύ Ἥλιου καὶ Σελήνης.

Ὅταν ἡ Σελήνη, ὅπως δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 221, παρεμβληθῆ μεταξύ Ἥλιου



Σχ. 221. Ἐντὸς τῆς κυρίας σκιάς τῆς Σελήνης συμβαίνει ὀλική ἐκλειψις τοῦ Ἥλιου, ἐνῶ ἐντὸς τῆς παρασκιάς μερικὴ ἐκλειψις.

και Γῆς, δύναται νὰ καλύψῃ τὸν ἥλιον, ὁπότε λέγομεν ὅτι ἔχομεν ἔκλειψιν Ἡλίου Ἡ ἔκλειψις Ἡλίου συμβαίνει κατὰ τὴν νέαν Σελήνην και δύναται νὰ εἶναι ὀλική ἢ μερικὴ ἢ δακτυλιοειδής, ὅταν ἡ Σελήνη καλύπτῃ τὸν ἡλιακὸν δίσκον και ἀφήνῃ νὰ φαίνεται μόνον ἕνας φωτεινὸς δακτύλιος.

§ 219. Ταχύτης τοῦ φωτός. Κατὰ τὰς καταγίδας ἀκούομεν τὴν βροντὴν, ἀφοῦ παρέλθουν μερικὰ δευτερόλεπτα ἀπὸ τὴν στιγμὴν κατὰ τὴν ὁποίαν ἀντελήφθημεν τὴν ἀστραπὴν. Ἀπὸ αὐτὸ συμπεραίνει κανεῖς ὅτι τὸ φῶς διαδίδεται ταχύτερον ἀπὸ τὸν ἦχον.

Τὸ ὅτι ἡ διάδοσις τοῦ φωτός γίνεται μὲ ἐξαιρετικῶς μεγάλην ταχύτητα, δύναται νὰ τὸ παρατηρήσῃ κανεῖς 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 κανεῖς 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 διάδοσιν του παρὰ μόνον μὲ ὀρισμένα βοηθητικὰ μέσα.

Μὲ ἀκριβεῖς μετρήσεις οἱ Φυσικοὶ κατῶρθωσαν νὰ ἐξακριβώσουν ὅτι :

Ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός εἰς τὸ κενὸν και περίπου εἰς τὸν ἀέρα εἶναι ἴση μὲ 300 000 χιλιόμετρα ἀνὰ δευτερόλεπτον. Δηλαδή :

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

Μὲ τὴν ταχύτητα αὐτὴν τὸ φῶς διανύει εἰς 1 δευτερόλεπτον διάστημα ἴσον μὲ 7,5 φοράς τὴν περίμετρον τῆς Γῆς, τὴν δὲ ἀπόστασιν Γῆς - Σελήνης, ἡ 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 και 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 ἐνὸς ἔτους. Ἡ μὴνὰς αὐτὴ 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 χιλιόμετρα περίπου.

1. Τὸ αἷτιον τὸ ὁποῖον διεγείρει τὸν ὀφθαλμὸν μας καὶ μᾶς κάνει νὰ βλέπωμεν ὀνομάζεται φῶς.

2. Τὰ σώματα τὰ ὁποῖα ἐκπέμπουν ἰδικόν των φῶς, ὀνομάζονται αὐτόφωτα σώματα ἢ φωτειναὶ πηγαί. 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 των, 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 των.

4. Τὰ ἀδιαφανῆ σώματα δὲν ἐπιτρέπουν εἰς τὸ φῶς νὰ διέλθῃ μέσα ἀπὸ τὴν μᾶζαν των. Ὅπισθεν τῶν ἀδιαφανῶν σωμάτων σχηματίζεται σκιά.

5. Ὅταν αἱ φωτειναὶ πηγαὶ δὲν εἶναι φωτεινὰ σημεῖα, ἔχομεν σκιὰν καὶ παρασκιὰν.

6. Τὸ φῶς δὲν χρειάζεται ὕλικόν 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 φωτειναὶ 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 ἴσην πρὸς :

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

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

158. Μὲ μίαν φωτογραφικὴν μηχανὴν φωτογραφίζομεν ἓναν πύργον ὕψους 40 m, ὁ 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. (Ἄπ. 4 cm).

159. Μία κυκλική φωτεινή πηγή έχει διάμετρον 4cm και εϋρίσκεται εις απόστασιν 50cm από ένα άδιαφανή δίσκον, διαμέτρου 20 cm. Νά εϋρεθοῦν αἱ διαμέτροι τῆς σκιάς καὶ τῆς παρασκιάς, αἱ ὅποια θά ἐμφανισθοῦν εις μίαν ὀθόνην, ἡ ὅποια ἀπέχει 1 m ἀπὸ τὸ ἀδιαφανές σῶμα. ('Απ. 52 cm, 8 cm.)

160. Ἡ ἀπόστασις τῆς ὀπῆς ἐνὸς σκοτεινοῦ θαλάμου ἀπὸ τὴν ἀπέναντι ἔδραν 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.)

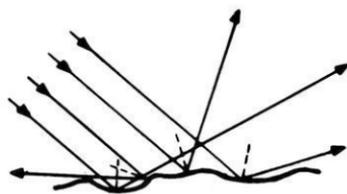
161. Τὸ μῆκος ἐνὸς σκοτεινοῦ θαλάμου εἶναι 24 cm. Εἰς πόσῃ ἀπόστασιν ἀπὸ τὸ ἀνοῖγμα πρέπει νὰ τοποθετήσωμεν ἓνα ἀντικείμενον, διὰ νὰ σχηματισθῇ διπλασίον ὕψους εἰκὼν τοῦ ἀντικειμένου. (Νά γίνῃ γραφικὴ λύσις). ('Απ. 12 cm.)

162. Αἱ ἡλιακαὶ ἀκτῖνες προσπίπτουν ὑπὸ γωνίαν 60° εἰς τὸ ἔδαφος καὶ σχηματίζουν τὴν σκιάν ἐνὸς δένδρου. Ἐὰν τὸ μῆκος 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 φωτεινὰ ἀκτῖνες προερχόμενα ἀπὸ τὰ ἀντικείμενα αὐτά. Αἱ ἐπιφάνειαι ὁμως 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 :

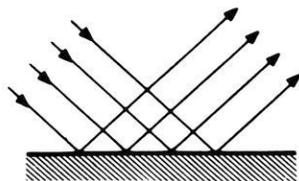
Διάχυτος ἀνάκλασις ἢ διάχυσις τοῦ φωτός ὀνομάζεται τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ ὁποῖον ὅταν προσπέσῃ φῶς ἐπάνω εἰς μίαν τραχεῖαν καὶ ἀκανόνιστον ἐπιφάνειαν, διευθύνεται μετὰ τὴν πρόσπτωσίν του πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις.



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.



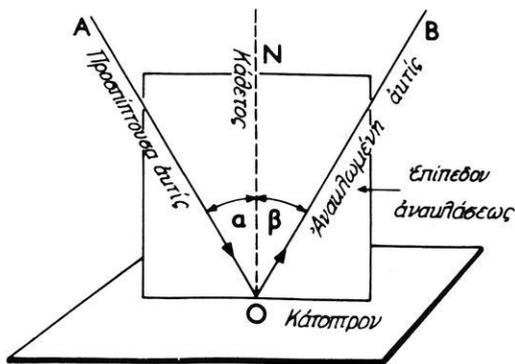
Σχ. 223. Ἀνάκλασις τοῦ φωτός.

Ἐφαρμογὴν τῆς διαχύσεως ἔχομεν εἰς τοὺς λεγομένους κρυφοὺς φωτισμοὺς τῶν αἰθουσῶν, κλπ.

Ἐὰν ἀπὸ μίαν ὀπὴν ἐνὸς σκοτεινοῦ θαλάμου δεχθῶμεν μίαν δέσμην ἡλιακῶν ἀκτίνων καὶ τὴν ἀφήσωμεν νὰ προσπέση ἐπὶ μιᾶς στιλπνῆς μεταλλικῆς πλακός, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι τὸ φῶς θὰ μεταβάλλῃ διευθύνσιν 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 στιλπνὴν ἐπιφάνειαν.

§ 221. Νόμοι τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός. Εἰς τὸ σχῆμα-224 ἡ ΑΟ δεικνύει τὴν διευθύνσιν μιᾶς φωτεινῆς ἀκτίνος ἢ ὁποῖα συναντᾷ εἰς τὴν πορείαν τῆς μίαν λείαν καὶ στιλπνὴν ἐπίπεδον πλάκα, ἣτις ἀποτελεῖ τὴν ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν, ἐνῶ ἡ ΟΒ δεικνύει τὴν διευθύνσιν 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 εὐθεῖαν ON κάθετον εἰς τὴν ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν, θὰ σχηματισθοῦν δύο γωνίαι. Ἡ γωνία AON , ἡ ὁποία σχηματίζεται ἀπὸ τὴν προσπίπτουσαν ἀκτίνα καὶ τὴν κάθετον εἰς τὸ σημείον προσπτώσεως, ονομάζεται *γωνία προσπτώσεως*· ἡ γωνία NOB , ἡ ὁποία σχηματίζεται ἀπὸ τὴν κάθετον εἰς τὸ σημείον προσπτώσεως καὶ τὴν ἀνακλωμένην ἀκτίνα, ονομάζεται *γωνία ἀνακλάσεως*. Τὸ ἐπίπεδον τὸ ὁποῖον ὀρίζεται ἀπὸ τὴν προσπίπτουσαν καὶ τὴν ἀνακλωμένην ἀκτίνα, ονομάζεται *ἐπίπεδον προσπτώσεως*.

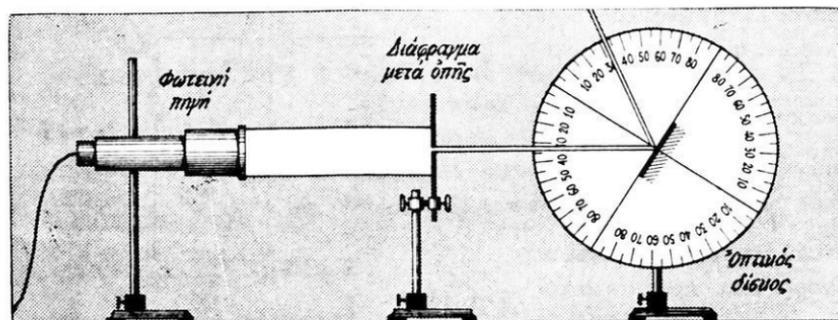
Ἡ ἀνάκλασις τοῦ φωτός ἀκολουθεῖ τοὺς ἑξῆς δύο νόμους :

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 ἀπλὴν συσκευὴν, 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 ὑποδιηρημένος 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 ἢ 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 γωνίαὶ 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. Ἀρχὴ τῆς ἀντιστρόφου πορείας τοῦ φωτός. Πειραματικῶς ἀποδεικνύεται ὅτι ἐὰν τὸ φῶς ἀκολουθῇ εἰς τὴν διάδοσιν 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 ἰδιότης αὕτη τοῦ φωτός εἶναι γνωστὴ μὲ τὴν ὀνομασίαν *ἀρχὴ τῆς ἀντιστρόφου 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 ὁμως τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων διακρίνομεν *κοῖλα* καὶ *κυρτά* 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.

συμφώνως πρὸς τοὺς νόμους τῆς ἀνακλάσεως, καὶ συναντοῦν μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τὼν τοὺς ὀφθαλμούς μας. Οὕτω μᾶς δημιουργοῦν τὴν ἐντύπωσιν ὅτι προέρχονται ἀπὸ σημεία εὐρισκόμενα ὀπίσω ἀπὸ τὸ κάτοπτρον καὶ τὰ ὁποῖα σχηματίζουν κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ὁμοιώματα τῶν ἀντικειμένων. Τὰ ὁμοιώματα αὐτὰ ὀνομάζονται *φανταστικὰ εἶδωλα*.

Τὸ σχῆμα 227 δεικνύει τὸν σχηματισμὸν φανταστικοῦ εἰδώλου Α' ἐνὸς φωτεινοῦ σημείου Α, τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται ἔμπροσθεν ἐνὸς ἐπιπέδου κατόπτρου. Ὁ ὀφθαλμὸς συλλαμβάνει τὰς ἀνακλωμένας ἀκτῖνας ΟΒ καὶ Ο'Γ, αἱ ὁποῖαι προεκτινόμεναι τέμνονται εἰς τὸ Α' καὶ σχηματίζουν τοιοῦτοτρόπως τὸ φανταστικὸν εἶδωλον τοῦ σημείου Α.

Ἀπὸ τὴν μελέτην τῶν ἐπιπέδων κατόπτρων συμπεραίνομεν τὰ ἀκόλουθα.

α) Τὰ εἶδωλα τὰ ὁποῖα δίδουν τὰ ἐπίπεδα κάτοπτρα εἶναι φαντα-

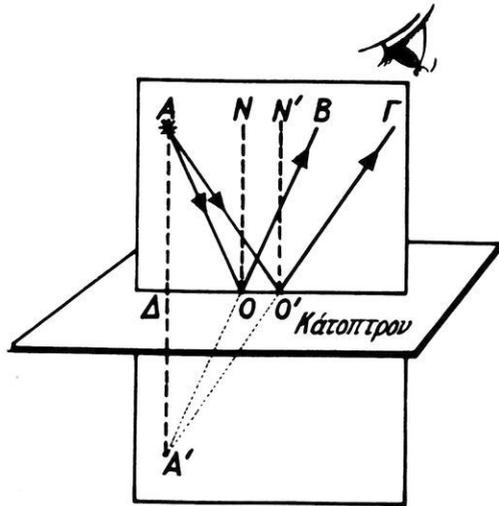
ρικὸν κάτοπτρον ὅταν ἔχη ὡς ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν τὸ ἐξωτερικὸν μέρος τῆς σφαιράς.

§ 225. Ἐπίπεδα κάτοπτρα. Ἄν σταθῶμεν ἔμπρὸς εἰς ἓνα ἐπίπεδον κάτοπτρον, παρατηροῦμεν ὀπίσω ἀπὸ τὴν ὑάλον του 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 ἀπὸ προσπέσουν εἰς τὸ κάτοπτρον ἀνακλῶνται,

στικά, δὲν σχηματίζονται δηλαδή ἀπὸ τὰς φωτεινὰς ἀκτῖνας, ἀλλὰ ἀπὸ τὰς προεκτάσεις των, καὶ εὐρίσκονται ὀπισθεν τοῦ κατόπτρου.

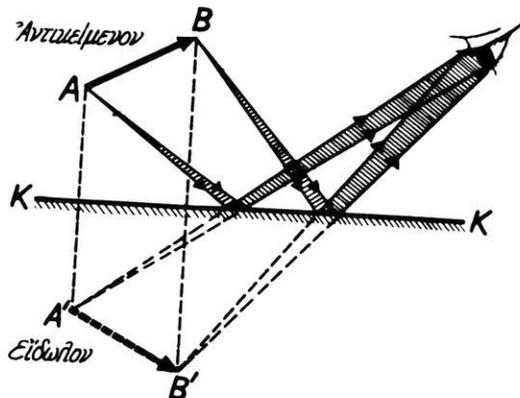
β) Τὰ εἰδῶλα εἶναι συμμετρικὰ μὲ τὰ ἀντικείμενα ὡς πρὸς τὸ ἐπίπεδον τοῦ κατόπτρου καὶ δὲν εἶναι ἐφαρμόσιμα μὲ τὰ ἀντικείμενα. Εἰδῶλα καὶ ἀντικείμενα ἔχουν μεταξύ των τὴν σχέσιν δεξιᾶς καὶ ἀριστερᾶς παλάμης.



Σχ. 227. Τὸ φανταστικὸν εἶδῶλον A' τοῦ φωτεινοῦ σημείου A εἶναι συμμετρικὸν ὡς πρὸς τὸ κάτοπτρον.

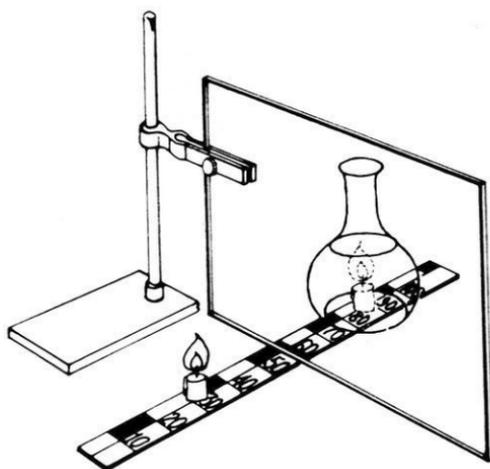
Εἰς τὴν σχέσιν συμμετρίας εἰδώλου καὶ ἀντικειμένου ὀφείλεται τὸ γεγονός ὅτι δὲν δυνάμεθα νὰ διαβάσωμεν τὴν σελίδα ἐνὸς βιβλίου, ἢ ὅποια καθρεπτίζεται μέσα εἰς ἓνα ἐπίπεδον κάτοπτρον.

§ 226. Ἀπεικόνις ἀντικειμένου ὑπὸ ἐπίπεδου κατόπτρου. Τὸ εἶδῶλον $A'B'$ ἐνὸς ἀντικειμένου AB (σχ. 228) σχηματίζεται μὲ εὐκολίαν ἂν κατασκευάσωμεν τὰ συμμετρικὰ A' καὶ B' τῶν ἄκρων τοῦ

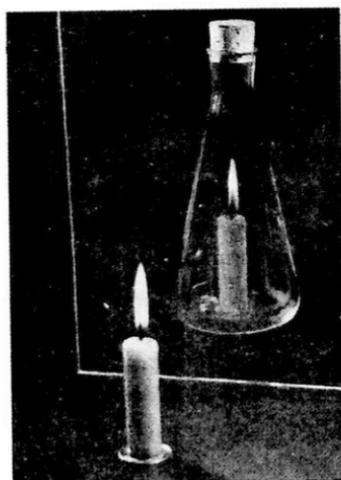


Σχ. 228. Γεωμετρικὸν διάγραμμα σχηματισμοῦ τοῦ φανταστικοῦ εἰδώλου ἐνὸς ἀντικειμένου.

ἀντικειμένου A καὶ B , ὡς πρὸς τὸ κάτοπτρον. Ἀπὸ τὸ σχῆμα φαίνεται ὅτι τὸ εἶδῶλον ἔχει ἀναστροφὴν πλευρικῶς. Δὲν εἶναι δηλαδή ἐφαρμόσιμον μὲ τὸ ἀντικείμενον, ἐπειδὴ τὸ ἀριστερὸν τοῦ ἀντικειμένου ἀπεικονίζεται ὡς δεξιὸν τοῦ εἰδώλου καὶ ἀντιστρόφως.



Σχ. 229. Το είδωλον και τὸ ἀντικείμενον εἶναι συμμετρικά ὡς πρὸς τὸ κάτοπτρον.



Σχ. 229,α. Φωτογραφία τοῦ ἀντικειμένου καὶ τοῦ ειδώλου του, μιᾶς διατάξεως ὅπως τοῦ σχ. 229.

Τὸ ὅτι ἡ ἀπόστασις τοῦ ειδώλου ἀπὸ τὸ κάτοπτρον εἶναι ἴση μετὴν ἀπόστασιν τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τὸ κάτοπτρον, δυνάμεθα νὰ τὸ δείξωμεν μετὴν 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 ειδώλου τοῦ κηριου φαίνεται νὰ καίη μέσα εἰς τὸ ὕδωρ τῆς φιάλης, ἐνῶ ἡ ἰσότης τῶν ἀποστάσεων ειδώλου καὶ ἀντικειμένου μετρεῖται μετὴν 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 ἀκτὶς ὀρίζουν ἓνα ἐπίπεδον,

τὸ ὁποῖον εἶναι κάθετον πρὸς τὴν ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν.
β) Ἡ γωνία προσπτώσεως εἶναι ἴση μὲ τὴν γωνίαν ἀνακλάσεως.

3. Ὄταν τὸ φῶς ἀκολουθῇ ἓνα ὠρισμένον δρόμον κατὰ τὴν διάδοσίν του, εἶναι δυνατόν νὰ διαδοθῇ ἀκολουθῶν καὶ τὴν ἀντίστροφον ἀκριβῶς πορείαν.

4. Ἐκάστη λεία καὶ στιλπνὴ ἐπιφάνεια, ἡ ὁποία 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), κυλινδρικά, κλπ.

5. Τὰ διάφορα κάτοπτρα σχηματίζουν ὁμοιώματα τῶν ἀντικειμένων, τὰ ὁποῖα εἶναι τοποθετημένα ἔμπροσθέν των. Τὰ ὁμοιώματα αὐτὰ ὀνομάζονται εἰδῶλα καὶ διακρίνονται εἰς πραγματικά καὶ εἰς φανταστικά.

6. Πραγματικά λέγονται τὰ εἰδῶλα ἐκεῖνα, τὰ ὁποῖα σχηματίζονται ἀπὸ σύμπτωσιν τῶν ἀκτίνων καὶ τὰ ὁποῖα 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 ὀρθια 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 ἑφαρμόσιμα 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 ἡ ἀκτίς, εἶναι 42° . Πόση εἶναι ἡ γωνία ἀνακλάσεως. (Ἄπ. 48° .)

164. Ἡ γωνία προσπτώσεως μιᾶς ὀπτικῆς ἀκτίνος ἀξάνεται κατὰ 15° . Κατὰ πόσας μοίρας ἀξάνεται ἡ γωνία, ἢ σχηματιζομένη ἀπὸ τὴν προσπίπτουσαν καὶ τὴν ἀνακλωμένην ἀκτίνα. (Ἄπ. 30 μοίραι.)

165. Ἡ ἀπόστασις ἐνὸς ἀντικείμενου ἀπὸ τὸ εἶδωλόν του, τὸ ὁποῖον σχηματίζεται ἐντὸς ἐνὸς ἐπιπέδου κατόπτρου, εἶναι 70 cm. Πόσον ἀπέχει τὸ ἀντικείμενον ἀπὸ τὸ κάτοπτρον. (Ἰ.Απ. 35 cm.)

166. Ἐνας ἄνθρωπος, ὁ ὁποῖος εἰρίσκεται ἔμπροσθεν ἐνὸς ἐπιπέδου κατόπτρου, ἀπομακρύνεται κατὰ 1,5 m ἀπὸ τὸ κάτοπτρον. Κατὰ πόσον αἰξάνεται ἡ ἀπόστασις τοῦ ἀνθρώπου ἀπὸ τὸ εἶδωλόν του. (Ἰ.Απ. 3 m.)

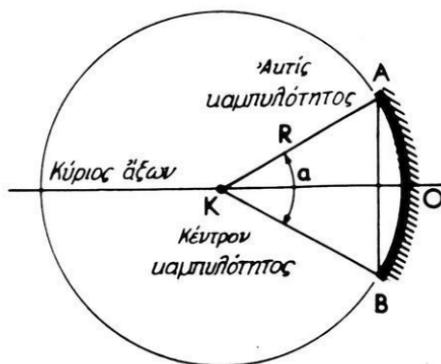
167 Ἡ ἀνακλαστικὴ ἐπιφάνεια ἐνὸς ἐπιπέδου κατόπτρου συμπίπτει μὲ τὸ ὀριζόντιον ἐπίπεδον. Ἐνας παρατηρητὴς, τοῦ ὁποῖου οἱ ὀφθαλμοὶ ἀπέχουν 1,50 m ἀπὸ τὸ ἔδαφος, τοποθετεῖται ὀρθῶς εἰς ἀπόστασιν 2 m ἀπὸ τὸ κέντρον τοῦ κατόπτρου καὶ βλέπει, ἐξ ἀνακλάσεως, τὴν κορυφὴν ἐνὸς πλησίον εὐρισκομένου δένδρου εἰς τὴν διεύθυνσιν τοῦ κέντρον τοῦ κατόπτρου. Πόσον εἶναι τὸ ὕψος αὐτοῦ τοῦ δένδρου, ἂν ἡ βᾶσις τοῦ κορμοῦ του ἀπέχη 20 m ἀπὸ τὸ κέντρον τοῦ κατόπτρου. (Ἰ.Απ. 15m.)

ΜΔ' — ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

§ 227· Γενικότητες, Κοῖλα καὶ σφαιρικὰ κάτοπτρα. Ὄταν 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 *κωντόν* 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).

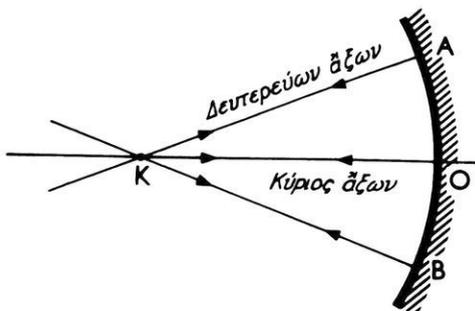
Τὸ σημεῖον Ο, τὸ ὁποῖον εἶναι καὶ τὸ γεωμετρικόν μέσον τοῦ κατόπτρου, ὀνομάζεται *κορυφὴ* τοῦ κατόπτρου, ἡ δὲ γωνία ΑΚΒ ἄνοιγμα τοῦ κατόπτρου. Ἡ ΚΟ ἦτις ἰσοῦται μὲ τὴν ἀκτῖνα τῆς σφαίρας, εἰς τὴν ὁποίαν ἀνήκει τὸ κάτοπτρον, ὀνομάζεται *ἀκτὶς καμπυλότητος* τοῦ κατόπτρου καὶ παριστᾶται μὲ τὸ γράμμα R. Τὸ σημεῖον Κ τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ τὸ κέντρον τῆς σφαίρας, εἰς τὴν ὁποίαν ἀνήκει



Σχ. 230. Χαρακτηριστικὰ στοιχεῖα κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου.

τὸ κάτοπτρον, ὀνομάζεται *κέντρον καμπυλότητος* τοῦ κατόπτρου.

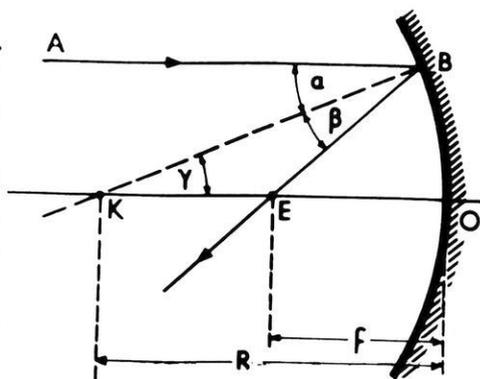
Ἡ εὐθεῖα OK ἣτις διέρχεται ἀπὸ τὴν κορυφὴν O τοῦ κατόπτρου καὶ τὸ κέντρον καμπυλότητός του ὀνομάζεται *κύριος ἄξων* τοῦ κατόπτρου. Πᾶσα ἄλλη εὐθεῖα διερχομένη ἀπὸ τὸ κέντρον καμπυλότητος καὶ ἀπὸ ἓνα τυχαῖον σημεῖον τοῦ κατόπτρου, ὀνομάζεται *δευτερεύων ἄξων* (σχ. 231).



Σχ. 231. Κύριος καὶ δευτερεύων ἄξων ἐνὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου.

§ 228. Ἑστιακὴ ἀπόστασις.

Κυρία ἐστία. Ἄν μία λεπτή φωτεινὴ δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων AB προσπέση παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξωνα ἐνὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου, θὰ διέλθῃ μετὰ τὴν ἀνάκλασίν της, ἀπὸ ἓνα σημεῖον E τοῦ κυρίου ἄξονος, τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται εἰς τὸ μέσον τῆς OK καὶ τὸ ὁποῖον ὀνομάζεται *κυρία ἐστία* τοῦ κατόπτρου (σχ. 232).



Σχ. 232. Ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις εἶναι ἴση πρὸς τὸ ἕμισυ τῆς ἀκτίνας καμπυλότητος R τοῦ κατόπτρου.

Ἡ ἀνάκλασις ἀκολουθεῖ καὶ ἐδῶ τοὺς γνωστοὺς νόμους τῆς. 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 ἀκτίνας καμπυλότητος R τοῦ κατόπτρου θὰ

ἔχουμεν ὡς πρώτην ἐξίσωσιν τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων τὴν σχέσιν :

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

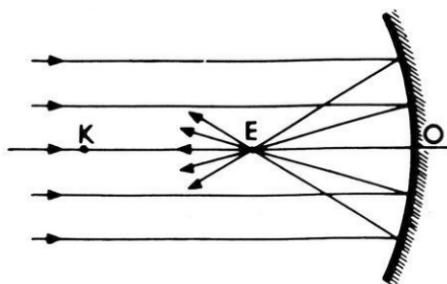
$$\text{ἐστιακὴ ἀπόστασις} = \frac{\text{ἀκτὺς καμπυλότητος}}{2}$$

Ὡστε :

Ἐάν εἷς 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 ἡλιακῶν ἀκτίνων, αἱ ὁποῖαι, λόγῳ τῆς μεγάλης ἀποστάσεως τοῦ Ἡλίου, 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, δυνάμεθα 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.

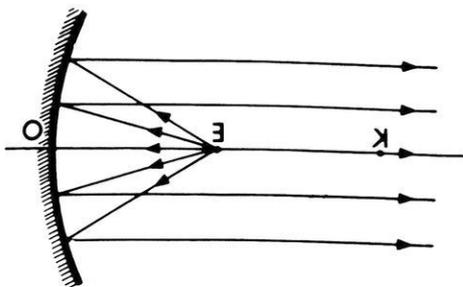
§ 230. Πορεία τῶν ἀκτίνων αἵτινες προσπίπτουν ἐπὶ ἐνὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου. Ἐφ' ὅσον τὰ εἶδωλα τῶν διαφόρων ἀντικειμένων σχηματίζονται ἀπὸ τὰς ἀνακλωμένας ἀκτίνας, διὰ νὰ κατασκευάσωμεν τὸ εἶδωλον ἐνὸς ἀντικειμένου πρέπει νὰ γνωρίζωμεν νὰ χαράζωμεν τὴν πορείαν ὀρισμένων φωτεινῶν ἀκτίνων (σχ. 235).

α) Ἀκτὶς παράλληλος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, ὅπως ἡ AB διέρχεται μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῆς ἀπὸ τὴν κυρίαν ἐστίαν E τοῦ κατόπτρου

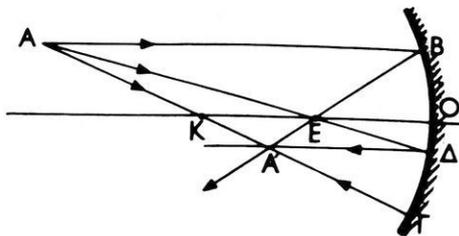
β) Ἀκτὶς διερχομένη ἀπὸ τὸ κέντρον καμπυλότητος, ὅπως ἡ $AKΓ$, προσπίπτει καθέτως ἐπὶ τοῦ κατόπτρου καὶ ἀνακλᾶται ἀκολουθοῦσα τὴν ἀντίστροφον πορείαν $ΓΚΑ$.

γ) Ἀκτὶς διερχομένη ἀπὸ τὴν κυρίαν ἐστίαν, ὅπως ἡ $ΑΕΔ$, ἀκολουθεῖ μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῆς 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 ἀνάκλασιν των, διαδίδονται παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα.



Σχ. 235. Πορεία τῶν ἀκτίνων διὰ τὸν σχηματισμὸν τοῦ εἰδώλου ἐνὸς φωτεινοῦ σημείου.

βεβαίως και αί προηγούμεναι) σχηματίζει γωνίαν ανάκλασεως ίσην με την γωνίαν προσπτώσεως.

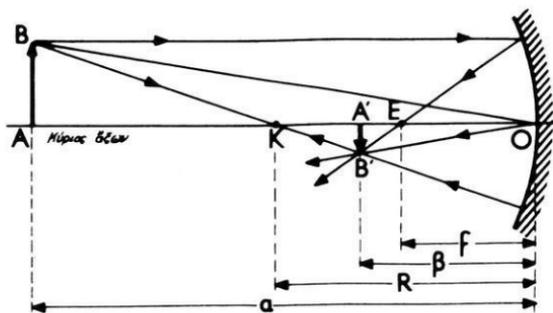
Διά να σχηματίσωμεν τὸ εἶδωλον ἑνὸς φωτεινοῦ σημείου, χρειαζόμεθα δύο τουλάχιστον φωτεινάς ἀκτίνας τοῦ σημείου, ἢ τομὴ τῶν ὁποίων θὰ σχηματίσῃ τὸ εἶδωλον.

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) ἕνα 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 ὠρισμένην 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).

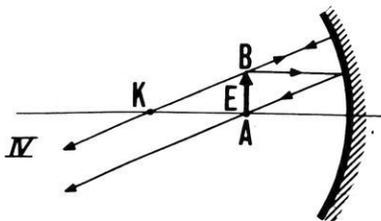
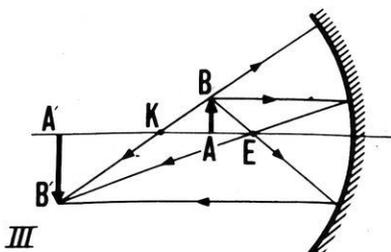
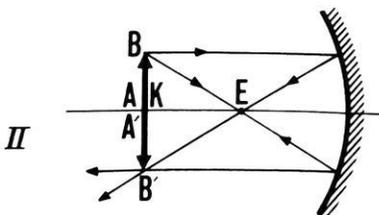
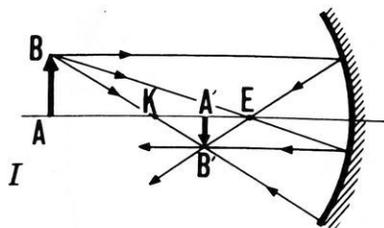
2) Ὄταν τὸ ἀντικείμενον πλησιάσῃ πρὸς τὸ κέντρον καμπυλότη-

τος, πλησιάζει και τὸ εἶδωλόν του πρὸς τὸ κέντρον καμπυλότητος, και ὅλονεν μεγαλώνει. Ὅταν τὸ ἀντικείμενον συμπέση μετὰ τοῦ κέντρον καμπυλότητος και τὸ εἶδωλόν του συμπίπτει μετὰ τὸ κέντρον καμπυλότητος και εἶναι ἴσον πρὸς τὸ ἀντικείμενον (σχ. 237, II).

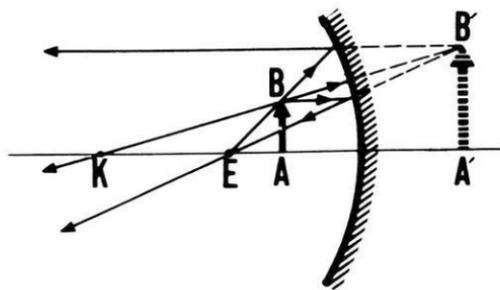
3) Ἄν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκειται μεταξύ κέντρον καμπυλότητος και κυρίας ἐστίας τοῦ κατόπτρου, τὸ εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου σχηματίζεται πέραν ἀπὸ τὸ κέντρον καμπυλότητος, ἀνεστραμμένον και μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον (σχ. 237, III).

4) Ὅσον προχωρεῖ τὸ ἀντικείμενον πρὸς τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ κατόπτρου, τόσον μεγαλώνει τὸ εἶδωλόν του και 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 εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου. Αὐτὸ ὀφείλεται εἰς τὸ γεγονός ὅτι αἱ ἀκτῖνες μετὰ τὴν ἀνάκλασιν των σχηματίζουν παράλληλον δέσμην, δὲν τέμνονται και τοιουτοτρόπως δὲν σχηματίζεται εἶδωλον (σχ. 237, IV).

Ἀντιστρόφως, ὅταν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκειται εἰς τὸ ἄπειρον, εἰς πολὺ μεγάλην ἀπόστασιν ἀπὸ τὸ κάτοπτρον, τὸ εἶδωλόν του σχη-



Σχ. 237. Διάφοροι θέσεις σχηματισμοῦ εἰδώλου ἐνὸς ἀντικειμένου τὸ ὅποιον εὐρίσκειται ἔμπροσθεν ἐνὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου.



Σχ. 238. Γεωμετρική κατασκευή φανταστικού είδωλου κοίλου σφαιρικού κατόπτρου

πέσουν εις τὸν ὀφθαλμὸν, συναντῶνται εἰς τὴν προέκτασίν των ὀπίσω ἀπὸ τὸ κάτοπτρον, σχηματίζουσαι οὕτως ἓνα φανταστικὸν εἶδωλον, ὄρθιον καὶ μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον. Διὰ τὸ ἴδωμεν λοιπὸν τὸ εἶδωλον τοῦ προσώπου μας ἐντὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου, πρέπει νὰ τοποθετηθῶμεν μεταξύ τῆς κορυφῆς καὶ τῆς κυρίας ἐστίας του.

Ὁ τύπος τῶν κοίλων σφαιρικῶν κατόπτρων ἰσχύει καὶ εἰς τὰς δύο περιπτώσεις τῶν εἰδώλων, φανταστικοῦ καὶ πραγματικοῦ, μετὰ τὴν διαφορὰν ὅτι, ὅταν πρόκειται διὰ φανταστικὸν εἶδωλον, θεωροῦμεν τὴν ἀπόστασίν του β ἀρνητικὴν, ἐνῶ ἂν κατὰ τὴν λύσιν ἐνὸς προβλήματος εὕρωμεν ἀρνητικὸν β , αὐτὸ σημαίνει ὅτι τὸ εἶδωλον εἶναι φανταστικόν.

§ 233. Κυρτὰ σφαιρικὰ κάτοπτρα. Εἰς τὰ κυρτὰ σφαιρικὰ κάτοπτρα ἡ ἀνακλαστικὴ ἐπιφάνεια εἶναι τὸ ἐξωτερικὸν μέρος τῆς σφαίρας.

Ἄν ἔχωμεν μίαν φωτεινὴν ἀκτῖνα AB (σχ. 239), παράλληλον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα τοῦ κατόπτρου, διὰ τὸ νὰ σχηματίσωμεν τὴν ἀνακλωμένην της ΒΓ, φέρομεν εἰς τὸ Β τὴν ἀκτῖνα καμπυλότητος ΚΒ καὶ προεκτείνοντες αὐτὴν σχηματίζομεν γωνίαν $\beta = \alpha$.

Ἡ ἀνακλωμένη ἀκτῖς ΒΓ δὲν συναντᾷ τὸν κύριον ἄξονα εἰς τὸ σημεῖον Ε, τὸ ὅποιον εὐρίσκειται εἰς τὸ μέσον τῆς ἀκτίνος ΟΚ, ἀλλὰ ἡ προέκτασίς της. Τὸ ἴδιον θὰ συμβῇ καὶ μετὰ πᾶσαν ἄλλην ἀκτῖνα παράλληλον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα. Ἄν λοιπὸν ἐπάνω εἰς ἓνα κυρτὸν σφαιρικὸν κάτοπτρον προσπέσῃ μία δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων, παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα τοῦ κατόπτρου, θὰ μεταβληθῇ μετὰ τὴν ἀνάκλασίν της εἰς ἀποκλίνουσαν δέσμη, αἱ προεκτάσεις τῶν ἀκτίνων τῆς ὁποίας ὁμως θὰ διέρχωνται ἀπὸ τὸ μέσον Ε τῆς ἀκτίνος ΟΚ, τὸ ὅποιον ὀνομάζεται καὶ πάλιν κυρία ἐστία τοῦ κατόπτρου. Ἐπειδὴ ὁμως ἡ κυρία ἐστία τοῦ κυρτοῦ

ματίζεται ἐπὶ τῆς κυρίας ἐστίας καὶ εἶναι σημειακόν.

β) Φανταστικὸν εἶδωλον.

Ἄν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκειται μεταξύ κυρίας ἐστίας καὶ κορυφῆς τοῦ κατόπτρου, δὲν ἔχομεν σχηματισμὸν πραγματικοῦ εἰδώλου. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν (σχ. 238) αἱ ἀκτῖνες μετὰ τὴν ἀνάκλασίν των ἀποκλίνουσι καὶ δὲν τέμνονται. Ἄν ὁμως προσ-

σφαιρικού κατόπτρου σχηματίζεται από τās προεκτάσεις τών ακτίνων και εύρίσκεται όπισω από τó κάτοπτρον, όνομάζεται φανταστική κυρία έστια (σχ. 240).

§ 234. Είδωλα κυρτῶν σφαιρικῶν κατόπτρων.

Τά κυρτά σφαιρικά κάτοπτρα δίδουν πάντοτε φανταστικά είδωλα, όρθια, μικρότερα από τó αντίκειμενον και παραμορφωμένα.

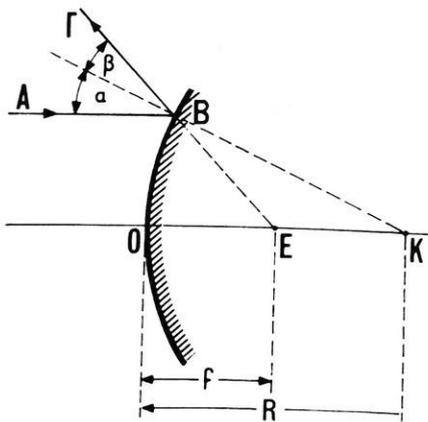
Τó σχήμα 241 δεικνύει τήν κατασκευήν τού ειδώλου Α' Β' ενός αντικειμένου ΑΒ, εύρισκομένου έμπρός εις ένα κυρτόν σφαιρικόν κάτοπτρον. Όπως εις τά κοίλα σφαιρικά κάτοπτρα, ούτως και εις τά κυρτά, ή απόστασις α τού αντικειμένου και ή απόστασις β τού ειδώλου από τήν κορυφήν τού κατόπτρου, ή έστιακή απόστασις f και ή ακτίς καμπυλότητος R τού κατόπτρου, συνδέονται με τās σχέσεις :

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

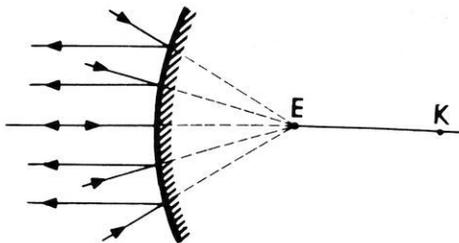
$$\frac{1}{a} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{R}$$

με τήν διαφοράν όμως ότι τά β, f ή τó R είναι πάντοτε άρνητικά.

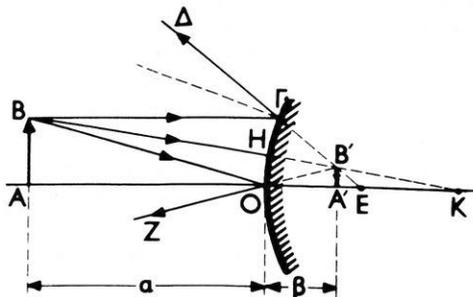
Έάν κατά τήν λύσιν ενός προβλήματος εύρωμεν άρνητικές τιμάς διά τó f ή τó R, αυτό σημαίνει ότι τó κάτοπτρον είναι κυρτόν. Εις τήν περίπτωσιν αυτήν πρέπει όπωσδήποτε νά είναι άρνητικόν και τó β. Τó α δέν είναι ποτέ άρνητικόν.



Σχ. 239. Άνάκλασις εις κυρτόν σφαιρικόν κάτοπτρον.



Σχ. 240. Αί παράλληλοι πρós τόν κύριον άξονα ενός κυρτού σφαιρικού κατόπτρου ακτίνες, σχηματίζουν μετά τήν ανάκλασιν των δέσμην άποκλινουσών ακτίνων, ή κορυφή τής όποίας εύρίσκεται εις τήν φανταστικήν κυρίαν έστιαν.



Σχ. 241. Γεωμετρική κατασκευή τού φανταστικού ειδώλου ενός κυρτού σφαιρικού κατόπτρου.

§ 235. Μεγέθυνσις αντικειμένου υπό σφαιρικοῦ κατόπτρου. Τὸ πηλίκον μιᾶς διαστάσεως τοῦ εἰδώλου, π.χ. τοῦ ὕψους του, πρὸς τὴν ἀντίστοιχον διάστασιν τοῦ αντικειμένου ὀνομάζεται γραμμικὴ μεγέθυνσις M .

Ἐπομένως ἂν AB εἶναι τὸ ὕψος τοῦ αντικειμένου καὶ $A'B'$ τὸ ὕψος τοῦ εἰδώλου, θὰ ἔχωμεν τὴν σχέσιν :

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

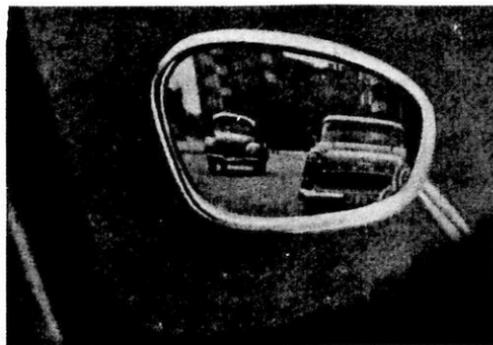
Ἀπὸ τὴν ἀνωτέρω σχέσιν φαίνεται ὅτι ἡ μεγέθυνσις δύναται νὰ εἶναι μεγαλυτέρα, ἴση ἢ μικροτέρα τῆς μονάδος, ἀναλόγως πρὸς τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου ἐν σχέσει πρὸς τὸ μέγεθος τοῦ αντικειμένου.

Ὅπως ἀποδεικνύεται, ἡ μεγέθυνσις καὶ αἱ ἀποστάσεις a καὶ β τοῦ αντικειμένου καὶ τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὴν κορυφὴν τοῦ κατόπτρου συνδέονται μὲ τὴν σχέσιν :

$$M = \frac{\beta}{a}$$

(1)

Ἡ ἀνωτέρω σχέσις (1) ἰσχύει διὰ τὰ κοίλα καὶ τὰ κυρτὰ κάτοπτρα. Ὄταν ἡ μεγέθυνσις εἶναι ἀρνητικὴ, τὸ εἶδωλον εἶναι φανταστικόν. Ὄταν ἡ ἀρνητικὴ μεγέθυνσις ἔχη ἀπόλυτον τιμὴν μικροτέραν τῆς μονάδος, τὸ κάτοπτρον εἶναι κυρτόν.



Σχ. 242. Οἱ ὁδηγοὶ τῶν συγκοινωνιακῶν ὀχημάτων χρησιμοποιοῦν κυρτὰ σφαιρικὰ κάτοπτρα.

§ 236. Ἐφαρμογαὶ τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων.

Τὰ κοίλα σφαιρικὰ κάτοπτρα χρησιμοποιοῦνται εἰς τὰ μικροσκοπία καὶ εἰς τοὺς προβολεῖς διὰ τὴν συγκέντρωσιν φωτισμοῦ εἰς ὄρισμένον σημεῖον. Τὰ κοίλα κάτοπτρα χρησιμοποιοῦνται ἐπίσης εἰς τὸν καλλωπισμὸν, διότι σχηματίζουν φανταστικὰ εἶδωλα μεγαλυτέρα ἀπὸ τὰ ἀντικείμενα.

Τὰ κυρτά κάτοπτρα χρησιμοποιούνται εἰς τὰ διάφορα μεταφορικά μέσα, ἐπειδὴ ἐπιτρέπουν εἰς τὸν ὁδηγὸν ἐνὸς ὁχήματος νὰ ἔχη μίαν μικρὰν εἰκόνα μιᾶς εὐρείας περιοχῆς, ἢ ὅποια ἐκτείνεται ὀπίσω ἀπὸ τὸ ὄχημα (σχ. 242).

§ 237. Σφάλματα τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων. Ὅσα ἀναφέρομεν, διὰ σφαιρικά κάτοπτρα εἰς τὰς προηγουμένας παραγράφους, ἰσχύουν ὅταν τὸ ἀνοιγμα 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 ὄροι δὲν πληροῦνται, τὰ σχηματιζόμενα εἰδῶλα εἶναι ἀσαφῆ.

Ὅταν τὸ ἀνοιγμα 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 ἐκτροπὴ**.

Ὅταν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται εἰς ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν κύριον ἄξονα, τότε αἱ προσπίτουσαι ἀκτίνες σχηματίζουν μίαν αἰσθητὴν γωνίαν μετὰ τὸν κύριον ἄξονα τοῦ κατόπτρου. Αὐτὸς ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα νὰ σχηματίζονται ἀντὶ ἐνὸς δύο εἰδῶλα, κάθετα τὸ ἓνα ὡς πρὸς τὸ ἄλλο. Τὸ σφάλμα αὐτὸ ὀνομάζεται **ἀστigmatικὴ ἐκτροπὴ**.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Τὰ στοιχεῖα ἐνὸς σφαιρικοῦ κατόπτρου εἶναι τὸ κέντρον καμπυλότητος K , ἡ ἀκτίς καμπυλότητος R , ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις f καὶ τὸ ἀνοιγμα τοῦ κατόπτρου.

2. Μεταξὺ τῆς ἀποστάσεως α τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τὴν κορυφὴν ἐνὸς σφαιρικοῦ κατόπτρου, τῆς ἀποστάσεως β τοῦ εἰδῶλου ἀπὸ τὴν κορυφὴν τοῦ κατόπτρου καὶ τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως f ἰσχύει ἡ σχέσις :

$$\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{f}$$

Τὸ α εἶναι πάντοτε θετικόν, τὸ β καὶ τὸ f δυνατὸν νὰ εἶναι θετικὰ ἢ ἀρνητικὰ. 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. Τὰ κοίλα κάτοπτρα ἔχουν πραγματικὴν κυρίαν ἔστιαν. Μία δέσμη, δηλαδή, παραλλήλων ἀκτίνων, παράλληλος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα (τὴν εὐθείαν ἣτις διέρχεται ἀπὸ τὸ κέντρον καμπυλότητος καὶ τὴν κορυφὴν τοῦ κατόπτρου), μεταβάλλεται μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῆς εἰς συγκλίνουσαν δέσμην, αἱ ἀκτίνες τῆς ὁποίας συναντῶνται ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος καὶ καθορίζουν τὴν κυρίαν ἔστιαν τοῦ κατόπτρου.

4. Τὰ κυρτὰ κάτοπτρα ἔχουν ἀρνητικὴν κυρίαν ἔστιαν. Μία δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων, παράλληλος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, μεταβάλλεται μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῆς εἰς ἀποκλίνουσαν δέσμην, αἱ προεκτάσεις τῶν ἀκτίνων τῆς ὁποίας τέμνονται εἰς τὴν προέκτασιν τοῦ κυρίου ἄξονος, εἰς ἓνα σημεῖον ὀπισθεν τοῦ κατόπτρου.

5. Ἡ γραμμικὴ μεγέθυνσις M , ὁ λόγος δηλαδή δύο ἀντιστοιχῶν διαστάσεων εἰδώλου καὶ ἀντικειμένου, δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν :

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

6. Τὰ σφάλματα τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων εἶναι ἡ σφαιρικὴ ἔκτροπή καὶ ἡ ἀστιγματικὴ ἔκτροπή.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

168. Ἐμπρὸς ἀπὸ ἓνα κοίλου σφαιρικῶν κατόπτρου καὶ εἰς ἀπόστασιν 140 cm ἀπὸ τὴν κορυφὴν του θέτομεν ἓνα ἀντικείμενον. Ἡ ἀπόστασις τοῦ εἰδώλου εἶναι ἴση μὲ 23,3 cm. Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἔστιακὴ ἀπόστασις τοῦ κατόπτρου. (Ἄπ. $f=20$ cm.)

169. Ὄταν ἓνα φωτεινὸν ἀντικείμενον τοποθετῆται εἰς ἀπόστασιν 40 cm ἀπὸ ἓνα κοίλου σφαιρικῶν κατόπτρου, σχηματίζεται πραγματικὸν εἶδωλον εἰς ἀπόστασιν 20 cm ἀπὸ τὴν κορυφὴν τοῦ κατόπτρου. Νὰ εὑρεθοῦν : α) ἡ ἔστιακὴ ἀπόστασις καὶ β) ἡ ἀκτὶς καμπυλότητος τοῦ κατόπτρου. (Ἄπ. α' 13,33 cm. β' 26,6 cm.)

170. Κυρτὸν κάτοπτρον, ἔστιακῆς ἀποστάσεως 50 cm, δίδει εἶδωλον τοῦ ὁποίου τὸ ὕψος εἶναι ἴσον πρὸς τὸ 1/4 τοῦ ὕψους τοῦ ἀντικειμένου. Εἰς ποίαις ἀποστάσεις ἀπὸ τὸ κάτοπτρον εὐρίσκεται τὸ ἀντικείμενον καὶ τὸ εἶδωλον. (Ἄπ. 150 cm-37,5 cm.)

171. Ἡ ἀκτὶς καμπυλότητος ἑνὸς κοίλου σφαιρικῶν κατόπτρου εἶναι 30 cm. Εἰς πόσῃ ἀπόστασιν ἀπὸ τὴν κορυφὴν τοῦ κατόπτρου συγκεντρῶνεται μία δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων, παράλληλος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα τοῦ κατόπτρου, μετὰ ἀπὸ τὴν ἀνάκλασιν τῆς. (Ἄπ. 15 cm.)

172. Ἡ ἀπόστασις ἐνὸς φωτεινοῦ σημείου ἀπὸ τὴν κορυφὴν ἐνὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου εἶναι ἴση πρὸς τὰ $2/3$ τῆς ἀκτίνος καμπυλότητος. Τὸ σημεῖον εὐρίσκεται ἐπάνω εἰς τὸν κύριον ἄξονα τοῦ κατόπτρου. Πόσον ἀπέχει τὸ εἶδωλον τοῦ φωτεινοῦ σημείου ἀπὸ τὸ κατόπτρον καὶ τί εἶδους εἶδωλον εἶναι. (Ἀπ. 2 R, πραγματικόν.)

173. Ἀντικείμενον εὐρίσκεται εἰς ἀπόστασιν $3f$ ἀπὸ ἕνα κοίλον σφαιρικὸν κατόπτρον. Εἰς πόσῃ ἀπόστασιν ἀπὸ τὸ κατόπτρον σχηματίζεται τὸ εἶδωλον τοῦ αντικείμενου καὶ τί εἶδους εἶδωλον εἶναι. (Ἀπ. $3/2 f$, πραγματικόν.)

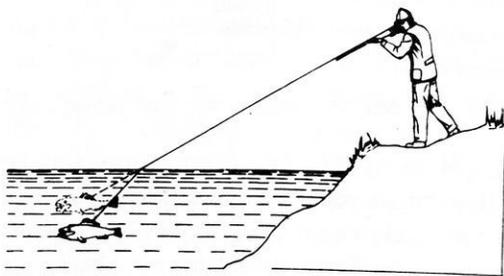
174. Ἀντικείμενον, ὕψους 4 cm, εὐρίσκεται εἰς ἀπόστασιν 15 cm ἀπὸ ἕνα κυρτὸν σφαιρικὸν κατόπτρον, ἐστιακῆς ἀποστάσεως 5 cm. Εἰς ποίαν ἀπόστασιν ἀπὸ τὸ κατόπτρον θὰ σχηματισθῇ τὸ εἶδωλον καὶ ποῖον θὰ εἶναι τὸ μέγεθός του. (Ἀπ. -3,75 cm, 1 cm.)

ΜΕ΄ — ΔΙΑΘΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

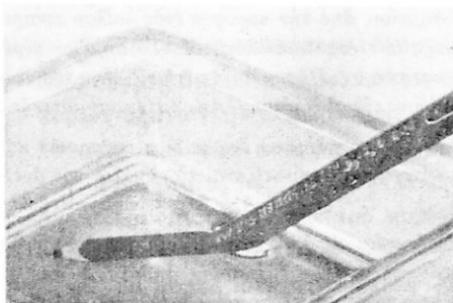
§ 238. Γενικότητες. Ὄταν μία δέσμη μονοχρῶων φωτεινῶν ἀκτίνων προσπέση πλαγίως εἰς τὴν ἐπίπεδον ἐπιφάνειαν διαχωρισμοῦ δύο διαφορετικῶν διαφανῶν σωμάτων, ὅπως, π.χ., εἰς τὴν διαχωριστικὴν ἐπιφάνειαν ἀέρος καὶ ὕδατος, ἕνα μέρος ἀπὸ τὸ φῶς ἀνακλάται, ἐνῶ ἕνα ἄλλο μέρος εἰσχωρεῖ εἰς τὸ δεύτερον διαφανὲς σῶμα. Αἱ φωτειναὶ ὅμως ἀκτίνες αἰτίνες δὲν ἀνεκλάσθησαν, ἀλλὰ εἰσεχώρησαν εἰς τὸ δεύτερον διαφανὲς σῶμα - τὸ ὕδωρ εἰς τὴν περίπτωσιν 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 ὁποῖον τὸ φῶς μεταβάλλει διεύθυνσιν διαδόσεως, ὅταν διακόπητὴν τὴν διάδοσίν του εἰς ἕνα διαφανὲς μέσον διὰ τὴν συνεχίση εἰς ἕνα ἄλλον διαφανὲς μέσον.

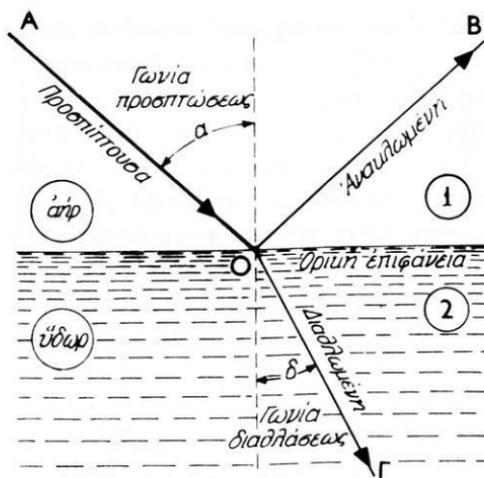
Ἐξ αἰτίας τῆς δια-



Σχ. 243. Ἐξ αἰτίας τῆς διαθλάσεως ὁ ἰχθύς φαίνεται ὑψηλότερον ἐντὸς τοῦ ὕδατος.



Σχ. 244. Έξ αιτίας της διαθλάσεως ή μολυβδίσ φαίνεται κεκαμμένη.



Σχ. 245. Διά την σπουδήν της διαθλάσεως.

Ἡ ἀκτίς ΑΟ ὀνομάζεται **προσπίπτουσα** καὶ ἡ ΟΓ **διαθλωμένη**. Ἡ γωνία ἢ σχηματιζομένη ἀπὸ τὴν προσπίπτουσαν ἀκτίνα καὶ τὴν κάθετον εἰς τὴν διαχωριστικὴν ἐπιφάνειαν, εἰς τὸ σημεῖον προσπτώσεως, ὀνομάζεται **γωνία προσπτώσεως**. Ἡ γωνία, ἢ σχηματιζομένη ἀπὸ τὴν κάθετον καὶ τὴν διαθλωμένην ἀκτίνα, ὀνομάζεται **γωνία διαθλάσεως**.

θλάσεως τοῦ φωτός, οἱ ἰχθύες φαίνονται ὑψηλότερον εἰς τὸ ὕδωρ ἀπὸ τὴν πραγματικὴν των θέσιν (σχ. 243) καὶ ἡ βυθισμένη εἰς τὸ ὕδωρ μολυβδὶς κεκαμμένη (σχ. 244).

§ 239. Νόμοι τῆς διαθλάσεως. Ἐστω μία λεπτὴ μονόχρους φωτεινὴ δέσμη ΑΟ, ἣτις προσπίπτει πλαγίως εἰς τὴν ἐπίπεδον διαχωριστικὴν ἐπιφάνειαν ἀέρος καὶ ὕδατος (σχ. 245.)

Συμφώνως πρὸς ὅσα ἀνεφέρομεν, ἓνα μέρος τοῦ φωτός ἀνακλᾶται, ἀκολουθοῦν τὴν διεύθυνσιν τῆς ἀκτίνος ΟΒ καὶ ἓνα μέρος εἰσχωρεῖ εἰς τὸ δεύτερον διαφανὲς μέσον, τὸ ὕδωρ, κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς ἀκτίνος ΟΓ καὶ διαθλᾶται. 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 ἐπιφανεῖας ὕδατος-ἀέρος.

Όταν ή διαθλωμένη άκτις πλησιάζη πρὸς τὴν κάθετον, ὅπως εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς διαδόσεως τοῦ φωτὸς ἀπὸ τὸν ἀέρα εἰς τὸ ὕδωρ, τὸ δεύτερον διαφανὲς μέσον, τὸ ὕδωρ εἰς τὴν περίπτωσίν μας, λέγεται *διαθλαστικώτερον* ἢ *ὀπτικῶς πυκνότερον* ἀπὸ τὸ πρῶτον. Ἄν ὁμως ἡ διαθλωμένη άκτις ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὴν κάθετον, τότε τὸ δεύτερον διαφανὲς μέσον λέγεται *ὀπτικῶς ἀραιότερον* ἀπὸ τὸ πρῶτον.

Τὸ ἐπίπεδον, τὸ ὀριζόμενον ἀπὸ τὴν προσπίπτουσαν καὶ τὴν διαθλωμένην άκτινα, ὀνομάζεται *ἐπίπεδον διαθλάσεως*.

Ἡ διάθλασις τοῦ φωτὸς ἀκολουθεῖ τοὺς ἐξῆς δύο νόμους :

1ος νόμος. Τὸ ἐπίπεδον διαθλάσεως, τὸ ὁποῖον ὀρίζεται ἀπὸ τὴν προσπίπτουσαν καὶ τὴν διαθλωμένην άκτινα, εἶναι κάθετον εἰς τὴν διαχωριστικὴν ἐπιφάνειαν τῶν δύο διαφανῶν μέσων.

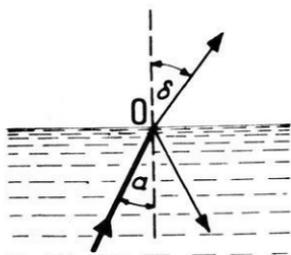
2ος νόμος. Ὄταν φωτειναι άκτινες μονοχρῶου φωτὸς διαδίδωνται πλαγίως ἀπὸ ἓνα διαφανὲς μέσον Α εἰς ἓνα ἄλλο Β, διαθλῶνται καὶ πλησιάζουν πρὸς τὴν κάθετον, ὅταν τὸ δεύτερον διαφανὲς μέσον Β εἶναι ὀπτικῶς πυκνότερον ἀπὸ τὸ πρῶτον Α. Τὸ ἀντίθετον συμβαίνει ὅταν τὸ φῶς διαδίδεται ἀπὸ ὀπτικῶς πυκνότερον εἰς ὀπτικῶς ἀραιότερον μέσον.

Όταν τὸ φῶς προσπίπτῃ καθέτως εἰς τὴν ἐπιφάνειαν διαχωρισμοῦ δύο ὀπτικῶν μέσων, δὲν ὕφίσταται διάθλασις καὶ συνεχίζει τὴν εὐθύγραμμον διάδοσίν του εἰς τὸ δεύτερον μέσον.

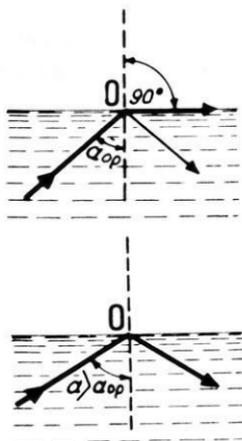
§ 240. Ὅρική γωνία. Ὀλική ἀνάκλασις. Ὄταν τὸ φῶς προσπίπτῃ πλαγίως εἰς τὴν ἐπιφάνειαν διαχωρισμοῦ δύο διαφορετικῶν ὀπτικῶν μέσων καὶ διαδίδεται ἀπὸ ὀπτικῶς πυκνότερον, εἰς ὀπτικῶς ἀραιότερον διαφανὲς σῶμα, ὅπως π.χ. ἀπὸ τὸ ὕδωρ εἰς τὸν ἀέρα, ἡ διαθλωμένη άκτις ἀπομακρύνεται, ὅπως γνωρίζωμεν, ἀπὸ τὴν κάθετον (σχ. 246).

Όταν μεγαλῶνῃ ἡ γωνία προσπτώσεως α , μεγαλῶναι καὶ ἡ γωνία διαθλάσεως δ , ἡ ὁποία εἰς τὴν περίπτωσιν τὴν ὁποῖαν ἐξετάζομεν εἶναι πάντοτε μεγαλύτερα ἀπὸ τὴν γωνίαν προσπτώσεως. Ὄταν ἡ γωνία προσπτώσεως λάβῃ μίαν ὀρισμένην τιμὴν, τὴν ὁποῖαν ὀνομάζομεν **ὀρικήν γωνίαν** (α_{op}), ἡ γωνία διαθλάσεως γίνεται ἴση μὲ 90° καὶ ἡ διαθλωμένη άκτις διαδίδεται ἐπάνω εἰς τὴν ἐπιφάνειαν διαχωρισμοῦ τῶν δύο ὀπτικῶν μέσων (σχ. 247, I).

Όταν ἡ γωνία προσπτώσεως ὑπερβῇ τὴν ὀρικήν γωνίαν ($\alpha > \alpha_{op}$),



Σχ. 246. Όταν το φως διαδίδεται από οπτικώς πυκνότερον εις οπτικώς αραιότερον διαφανές μέσον, ή διαθλωμένη άκτις απομακρύνεται από την κάθετον.



Σχ. 247. Όταν ή γωνία προσπτώσεως υπερβή την όρικήν, συμβαίνει όλική ανάκλασις.

δεν υπάρχει πλέον διαθλωμένη άκτις, αλλά συμβαίνει μόνον ανάκλασις (σχ. 247, II).

Τό φαινόμενον αυτό ονομάζεται *όλική ανάκλασις* του φωτός και παρατηρείται μόνον όταν τό φως διαδίδεται πλαγίως από ένα πυκνότερον πρὸς ένα αραιότερον μέσον.

Ώστε :

Όλική ανάκλασις ονομάζεται τό φαινόμενον κατά τό όποϊον τό φως, όταν διαδίδεται πλαγίως από οπτικώς πυκνότερον πρὸς οπτικώς αραιότερον διαφανές μέσον, ύφίσταται μόνον ανάκλασιν, όταν ή γωνία προσπτώσεως υπερβή μίαν ώρισμένην τιμήν, χαρακτηριστικήν διά τά δύο οπτικά μέσα, ή όποία ονομάζεται *όρική γωνία*.

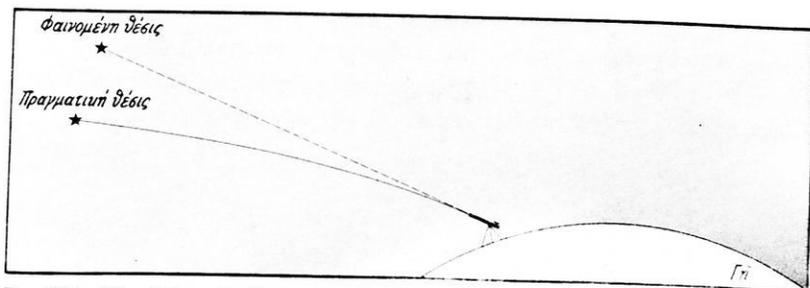
Έκτεταμένη χρῆσις του φαινομένου τούτου γίνεται εις τούς φωτιζομένους πίδακας τών αναβρυτηρίων, εις τούς όποίους παρατηροϋμεν χρωματιστάς καμπύλας φλέβας ύδατος.

§ 241. Αποτελέσματα τής διαθλάσεως.

Όταν μία φωτεινή άκτις, ήτις προέρχεται από κάποιον άστέρα, εισχωρήσει εις την γήινην άτμόσφαιραν, διέρχεται από στρώματα άερος, τών όποιων αύξανεται συνεχώς ή όπτική πυκνότης. Διά τόν λόγον αυτόν ή άκτις όλόνεν καμπυλοϋται. Όταν φθάση εις τόν οφθαλμόν μας, νομιζομεν ότι προέρχεται από την προέκτασιν του τελευταίου τμήματός της, με άποτέλεσμα νά βλέπωμεν τόν άστέρα ύψηλότερον από την θέσιν εις την όποιαν πραγματικώς εύρίσκεται (σχ. 248). Οϋτω βλέπομεν τό ν

Ήλιον πριν άκόμη άνατείλῃ και έξακολουθοϋμε νά τόν βλέπωμεν ένῶ έχει δύσει.

Ένα άλλο φαινόμενον όφειλόμενον εις την άτμοσφαιρικήν διάθλασιν, είναι ό λεγόμενος *άντικατοπτρισμός*. Διά νά συμβή τό φαινόμενον αυτό πρέπει ό άήρ εύρισκόμενος πλησίον του έδάφους, νά είναι οπτικώς αραιότερος από τά υπερκείμενα άέρια στρώματα. Αυτό συμβαίνει όταν είναι πολύ θερμόν τό έδαφος, όποτε

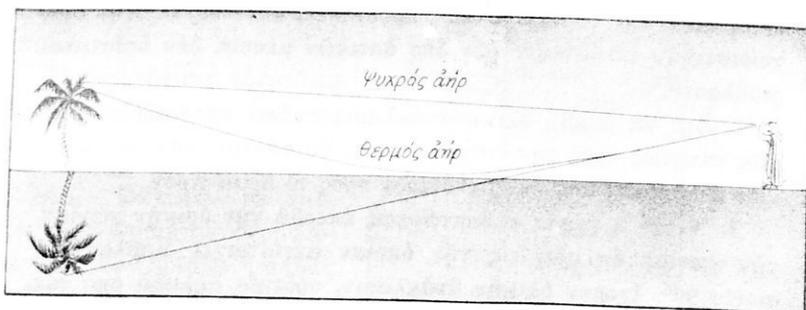


Σχ. 248. Ἐξ αἰτίας τῆς ἀτμοσφαιρικῆς διαθλάσεως συμβαίνει φαινόμενη ἀνώψωσις τῶν ἄστρον.

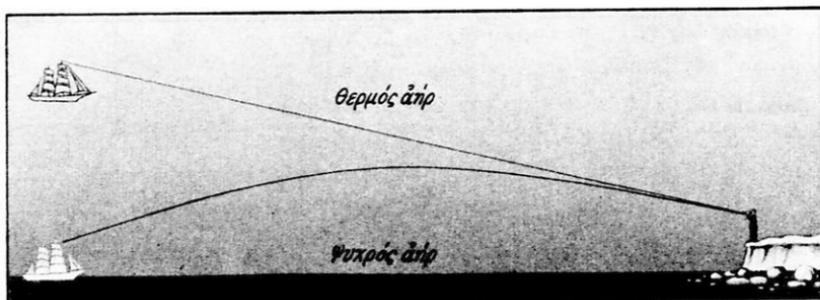
ὁ ἀήρ διατάσσεται κατὰ στρώματα, τῶν ὁποίων ἡ πυκνότης αὐξάνεται ὅσον ἀπομακρυνόμεθα ἀπὸ τὸ ἐδάφος. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν τὸ φῶς τὸ προερχόμενον ἀπὸ τὸ ὑψηλότερον σημεῖον ἑνὸς ἀντικειμένου, π.χ. ἑνὸς δένδρου, φθάει εἰς τὸν ὀφθαλμὸν τοῦ παρατηρητοῦ, ὅπως δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 249. Τοιοῦτοτρόπως αὐτὸς βλέπει τὸ ἀντικείμενον, ὅπως εἶναι εἰς τὴν πραγματικὴν του θέσιν καὶ ἀνεστραμμένον, ὡσάν νὰ ὑπῆρχε ἐπίπεδον κάτοπτρον μεταξὺ ἀντικειμένου καὶ παρατηρητοῦ.

Τὸ φαινόμενον αὐτὸ παρατηρεῖται συνήθως εἰς τὰς ἐρήμους, ὅπου τὰ καραβάνια βλέπουν ὀάσεις λόγῳ ἀντικατοπτρισμοῦ καὶ ἐξαπατώνται. 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 αὐτὸν, δημιουργεῖται πολλὰς φορές 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 άνύψωσις των άντικειμένων, των εύρισκομένων μέσα εις ένα ύγρόν, όταν τα βλέπομεν πλαγίως, όπως π.χ. οί ιχθύες (βλ. σχ. 243).

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Όταν τὸ φῶς διαδίδεται πλαγίως ἀπὸ ἑνα διαφανὲς μέσον εἰς ἄλλον, ὑφίσταται διάθλασιν. Τὸ φαινόμενον αὐτὸ ἀκολουθεῖ τοὺς ἐξῆς 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 μονοχρώου 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 δηλαδὴ εἰς τὴν ὁποίαν ἀντιστοιχεῖ διαθλαστικὴ γωνία 90° , ἔχομεν ὀλικὴν ἀνάκλασιν, οὐδεμίαν δηλαδὴ 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.

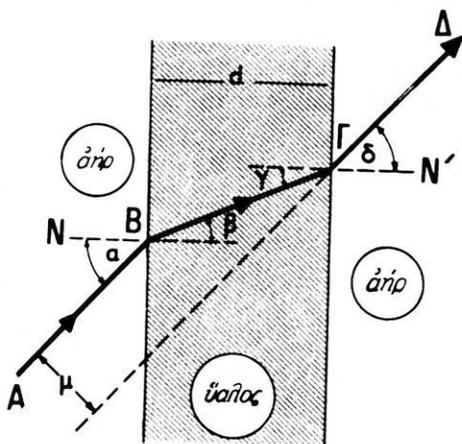
ΜΣΤ'— ΠΡΙΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΦΑΚΟΙ

§ 242. Διάθλασις διὰ μέσου πλακὸς μὲ παραλλήλους ἔδρας. Ἐστω μία ὑαλίνη πλάξ μὲ παραλλήλους ἔδρας, 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, δηλαδή ἀπὸ ὀπτικῶς ἀραιότερον πρὸς ὀπτικῶς πυκνότερον σῶμα, ἀκολουθοῦσα τὴν διεύθυνσιν τῆς ἀκτίνος $B\Gamma$. Εἰς τὸ σημεῖον Γ διαθλάται καὶ πάλιν, ἀλλὰ τώρα ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὴν κάθετον, ἐπειδὴ διαδίδεται ἀπὸ ὀπτικῶς πυκνότερον πρὸς ὀπτικῶς ἀραιότερον μέσον, ἀκολουθοῦσα τὴν διεύθυνσιν τῆς ἀκτίνος $\Gamma\Delta$. Αἱ δύο ὀπτικαὶ ἀκτίνες, ἢ προσπίπτουσα AB καὶ ἡ ἐξερχομένη $\Gamma\Delta$ εἶναι παράλληλοι, ἢ $\Gamma\Delta$ ὅμως ἔχει μετατοπισθῆ ὡς πρὸς τὴν AB . Ὡστε :

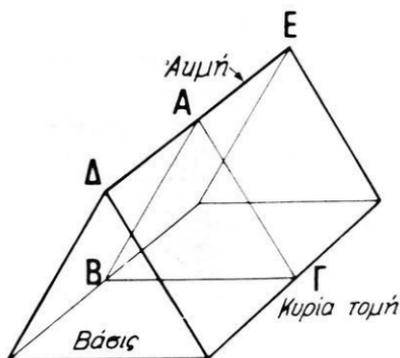
Ὅταν μία φωτεινὴ ἀκτίς διαθλάται διὰ μέσου μιᾶς ὑαλίνης πλακὸς μὲ παραλλήλους ἔδρας, δὲν ὑφίσταται ἐκτροπὴν ἀπὸ τὴν ἀρχικὴν τῆς διεύθυνσιν ἀλλὰ παράλληλον μετατόπισιν.

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-



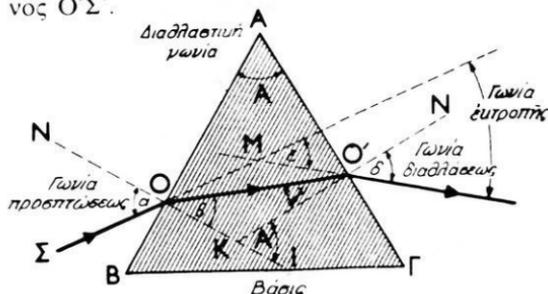
Σχ. 251. Διάθλασις διὰ μέσου πλακιδίου μὲ παραλλήλους ἔδρας.



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.

§ 244. Διάθλασις διὰ μέσου πρίσματος. Ἄς θεωρήσωμεν ὅτι εἰς τὴν τὴν κυρίαν τομήν ΒΑΓ ἐνός 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.

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

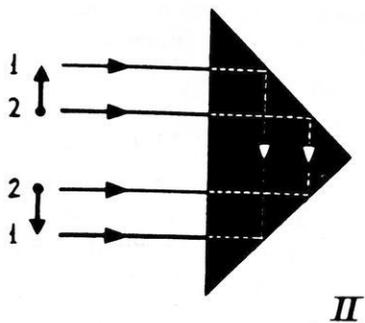
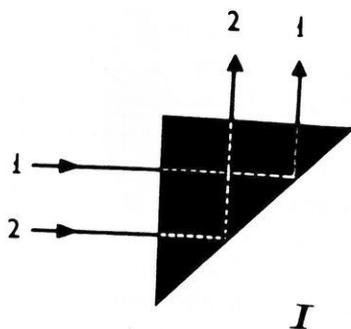
Ὅπως παρατηροῦμεν, ἡ ἐξερχομένη ἀκτίς πλησιάζει πρὸς τὴν βάσιν τοῦ πρίσματος καὶ ὑφίσταται ἐκτροπὴν ἀπὸ τὴν ἀρχικὴν τῆς διεύθυνσιν. Ἡ ἐκτροπὴ αὐτὴ καθορίζεται ἀπὸ τὴν γωνίαν ϵ , ἡ ὁποία σχηματίζεται

ἀπὸ τὴν προέκτασιν τῆς προσι-
πτούσης καὶ τῆς ἐξερχομένης ἀκτί-
νος καὶ ὀνομάζεται *γωνία ἐκτροπῆς*.

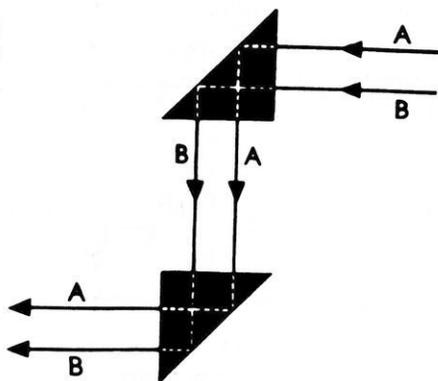
**§ 243. Πρίσματα ὀλικῆς ἀνα-
κλάσεως.** Εἰς τὸ φαινόμενον τῆς
ὀλικῆς ἀνακλάσεως στηρίζεται ἡ
λειτουργία διαφόρων διατάξεων, αἱ
ὁποῖαι χρησιμοποιοῦν κατάλληλα
πρίσματα. Ἡ κυρία τομὴ τῶν πρι-
σμάτων αὐτῶν εἶναι ὀρθογώνιον ἰ-
σοσκελὲς τρίγωνον. Αἱ διατάξεις
αὐταὶ χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν
κατασκευὴν ὠρισμένων 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
μὴν κάθετον ἕδραν τοῦ πρίσματος
καὶ δὲν ὑφίστανται διάθλασιν, συν-
εχίζουσαι τοιοῦτοτρόπως εὐθυ-
γράμμως τὴν διάδοσίν των διὰ
μέσου τοῦ πρίσματος. Ὄταν
συναντήσουν τὴν ὑποτείνουσαν
ἕδραν τοῦ πρίσματος, δὲν δια-
θλῶνται, ἐπεὶδὴ προσπίπτουν μὲ
γωνίαν μεγαλυτέραν τῆς ὀρικής.
Ἀνακλῶνται λοιπὸν καὶ προσ-
πίπτουν καθέτως εἰς τὴν ἄλλην
κάθετον ἕδραν τοῦ πρίσματος,
ὅποτε ἐξέρχονται χωρὶς νὰ ὑπο-
στοῦν διάθλασιν.

Ἄν ὁ ὀφθαλμὸς συλλάβῃ
τὰς ἐξερχομένας ἀκτίνες, θὰ νο-



Σχ. 254. Πρίσματα ὀλικῆς ἀνακλάσεως.



Σχ. 255. Ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τοῦ πε-
ρισκοπίου.

μίση ὅτι τὸ ἀντικείμενον, ἀπὸ τὸ ὁποῖον προέρχονται, εὐρίσκεται εἰς τὴν προέκτασιν των. Οὕτω συμβαίνει ἐκτροπὴ τῶν ἀκτίνων κατὰ 90°. Εἰς τὴν περίπτωσιν II ἔχομεν δύο ὀλικὰς ἀνακλάσεις, αἱ ὁποῖαι προκαλοῦν ἀναστροφὴν τοῦ εἰδώλου.

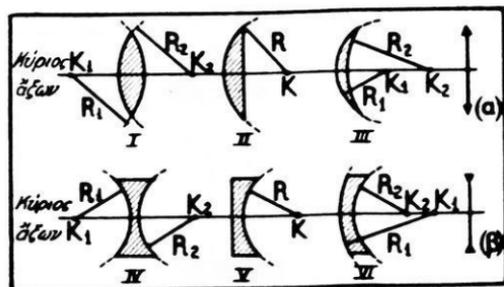
Τὸ σχῆμα 255 δεικνύει τὴν ἀρχὴν ἐπὶ τῆς ὁποίας στηρίζεται ἡ κατασκευὴ τοῦ *περισκοπίου*. Χρησιμοποιοῦνται δύο πρίσματα ὀλικῆς ἀνακλάσεως, τὰ ὁποῖα τοποθετοῦνται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε τὸ εἶδωλον, τὸ προερχόμενον ἀπὸ τὴν διπλὴν ἀνάκλασιν νὰ μὴν ὑφίσταται ἀναστροφὴν.

§ 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 ὑλικόν καὶ κατατάσσονται εἰς δύο μεγάλας κατηγορίας, εἰς τοὺς *συγκλίνοντας* καὶ εἰς τοὺς *ἀποκλίνοντας* φακοῦς.

Ὁ φακὸς ὀνομάζεται *συγκλίνων*, ὅταν μεταβάλη εἰς συγκλίνουσαν μίαν παράλληλον φωτεινὴν δέσμη, προσπίπτουσαν ἐπ' αὐτοῦ, καὶ *ἀποκλίνων* ὅταν τὴν μεταβάλη 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. Ὅταν ὁ φακὸς ἀποτελεῖται ἀπὸ μίαν σφαιρικὴν καὶ μίαν ἐπιπέδον ἐπιφάνειαν, ἔχει μίαν ἀκτῖνα καμπυλότητος.

Εἰς τὸ σχῆμα 256 δεικνύονται τὰ διάφορα εἶδη τῶν συγκλινόντων καὶ ἀποκλινόντων φακῶν.

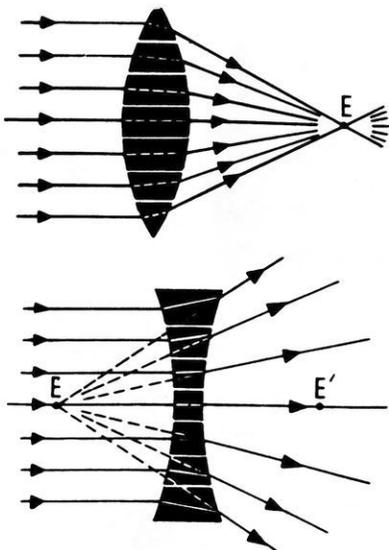
Ἡ εὐθεΐα, ἡ διερχομένη ἀπὸ τὰ κέντρα καμπυλότητος τῶν δύο σφαιρικῶν ἐπιφανειῶν τοῦ φακοῦ, ὀνομάζεται κύριος ἄξων τοῦ φακοῦ. Ὄταν ἡ μία ἀπὸ τὰς δύο ἐπιφανείας εἶναι ἐπίπεδος, ὁ κύριος ἄξων τοῦ φακοῦ διέρχεται ἀπὸ τὸ ἓνα κέντρον καμπυλότητος καὶ εἶναι κάθετος εἰς τὴν ἐπίπεδον ἐπιφάνειαν. Πᾶσα τομὴ τοῦ φακοῦ, περιέχουσα τὸν κύριον ἄξονά του ὀνομάζεται *κνήρια τομὴ*.

Διὰ νὰ σπουδάσωμεν τὴν διάδοσιν τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων διὰ μέσου ἑνὸς φακοῦ, θεωροῦμεν ὅτι ὁ φακὸς ἀποτελεῖται ἀπὸ συνδυασμὸν πολλῶν μικρῶν πρισμᾶτων, τὰ ὁποῖα δὲν ἔχουν ὅμως σταθερὰν διαθλαστικὴν γωνίαν. Ἡ διαθλαστικὴ γωνία τῶν πρισμᾶτων 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 πρισμᾶτων.

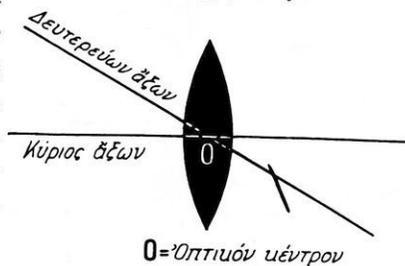
Οἱ φακοὶ τοὺς ὁποῖους θὰ μελετήσωμεν, ὑποθέτομεν ὅτι εἶναι πολὺ λεπτοί. Ὅτι τὸ πάχος των, δηλαδή, εἶναι πολὺ μικρόν, ὅταν συγκριθῇ μὲ τὰς ἀκτῖνας καμπυλότητος τῶν ἐπιφανειῶν των.

Ὄταν οἱ φακοὶ ἔχουν μικρὸν πάχος, θεωροῦμεν ὅτι ὁ κύριος ἄξων τέμνει τὸν φακὸν εἰς ἓνα σημεῖον, τὸ ὁποῖον ὀνομάζομεν *ὀπτικὸν κέντρον* τοῦ φακοῦ. Οἰαδήποτε εὐθεΐα ἣτις διέρχεται ἀπὸ τὸ ὀπτικὸν κέντρον καὶ δὲν συμπίπτει μὲ τὸν κύριον ἄξονα, ὀνομάζεται *δευτερεύων ἄξων* τοῦ φακοῦ (σχ. 258).

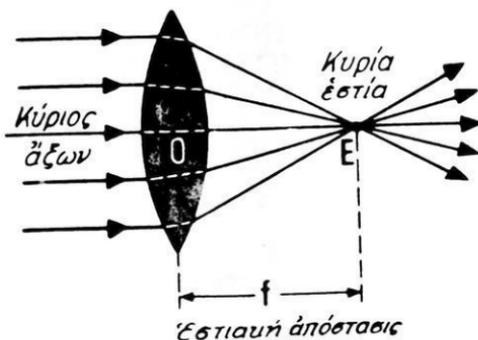
Ὄταν μία ἀκτίς διέρχεται ἀπὸ τὸ ὀπτικὸν κέντρον τοῦ φακοῦ,



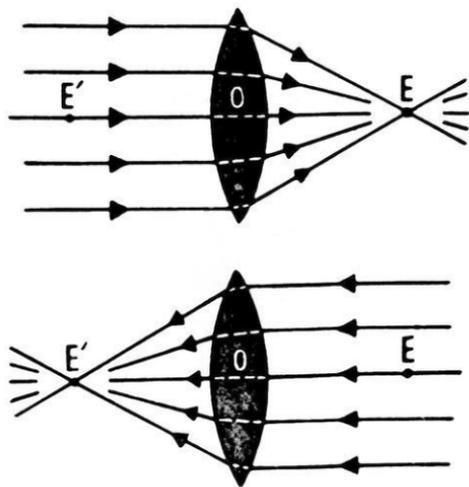
Σχ. 257. Σύνθεσις φακῶν ἀπὸ πολλὰ μικρὰ πρισμᾶτα διαφορετικῆς διαθλαστικῆς γωνίας.



Σχ. 258. Ὄπτικὸν κέντρον συγκλίνοντος φακοῦ.



Σχ. 259. Έστιακή απόσταση ενός συγκλίνοντος φακού.



Σχ. 260. Αί παράλληλοι ακτίνες συγκεντρώνονται εις τὰς δύο κυρίας έστιας του φακού.

Έννοείται ότι συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς ἀντιστροφῆς πορείας τοῦ φωτός, ὅταν εἰς μίαν έστίαν ἐνὸς συγκλίνοντος φακού, τοποθετηθῆ ἓνα φωτεινὸν σημεῖον, αἱ ἀκτίνες αἱ ὁποῖαι ἐκκινουῦν ἀπὸ αὐτῆν, μετὰ τὴν διέλευσίν των μέσα ἀπὸ τὸν φακόν, μεταβάλλονται εἰς παράλληλον δέσμη.

συνεχίζει τὴν διάδοσίν της χωρὶς νὰ διαθλασθῆ.

§ 247. Συγκλίνοντες φακοί. Κυρία έστια.

Ἄν μία δέσμη παράλληλων ἀκτίνων, προσπέσει παράλληλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα ἐνὸς συγκλίνοντος φακού, μετὰ τὴν ἐξοδὸν της ἀπὸ τὸν φακόν, θὰ μεταβληθῆ εἰς συγκλίνουσαν δέσμη, αἱ ἀκτίνες τῆς ὁποίας θὰ διέλθουν ἀπὸ ἓνα σημεῖον E , τὸ ὁποῖον εὑρίσκεται ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος τοῦ φακού καὶ ὀνομάζεται *κυρία έστια*. Ἡ ἀπόστασις OE τῆς κυρίας έστιας ἀπὸ τὸ ὀπτικὸν κέντρον O τοῦ φακού, ὀνομάζεται *έστιακή απόσταση* τοῦ φακού (σχ. 259).

Ἐνῶ τὰ κάτοπτρα εἶναι μονόπλευρα, οἱ φακοὶ εἶναι διπλευροί. Δι' αὐτὸ εἰς ἕκαστον φακόν ἔχομεν δύο έστιας, μίαν πρὸς τὰ δεξιὰ καὶ μίαν πρὸς τὰ ἀριστερά (σχ. 260). Αἱ δύο έστια εὑρίσκονται εἰς ἴσας ἀποστάσεις ἀπὸ τὸν φακόν, ὅταν ὁ φακὸς περιβάλεται ἀπὸ τὸ ἴδιον ὀπτικὸν μέσον.

§ 248. Εἶδωλα συγκλινόντων φακῶν.

Διὰ νὰ σχηματίσωμεν τὸ εἶδωλον ἑνὸς ἀντικειμένου, τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται ἔμπροσθεν ἑνὸς συγκλίνοντος φακοῦ, ἀρκεῖ νὰ σχηματίσωμεν τὰ εἶδωλα τῶν διαφόρων σημείων τοῦ ἀντικειμένου.

Ὅπως εἰς τὴν περίπτωσιν τῶν κατόπτρων, εἰς τὰ ὅποια ὁ σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου ἑνὸς φωτεινοῦ σημείου γίνεται ἀπὸ τὴν τομὴν δύο ἀκτίνων, οὕτω καὶ εἰς τοὺς φακοὺς, τὸ εἶδωλον ἑνὸς φωτεινοῦ σημείου σχηματίζεται εἰς τὴν τομὴν δύο ἀκτίνων, μετὰ τὴν ἐξοδὸν τῶν ἀπὸ τὸν φακόν.

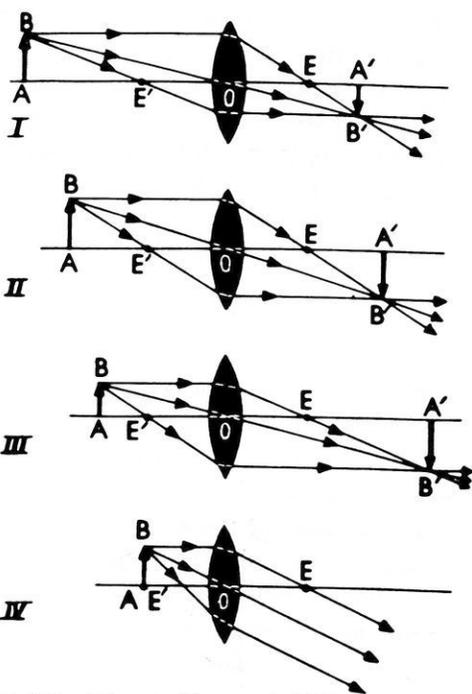
Διὰ τὴν κατασκευὴν τῶν εἰδώλων ἀρκεῖ νὰ ἔχωμεν ὑπ' ὄψιν μας τὰ ἐξῆς :

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 εἶδωλον. α) Ὅταν τὸ ἀντικείμενον AB εὐρίσκεται εἰς τὸ ἕνα μέρος τοῦ φακοῦ καὶ εἰς ἀπόστασιν $(AO) = a$, μεγαλυτέραν ἀπὸ τὸ διπλάσιον τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως, τὸ εἶδωλόν του σχηματίζεται εἰς τὸ ἄλλον 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 εἰδώλου ἑνὸς ἀντικειμένου, τοποθετημένου ἔμπροσθεν συγκλίνοντος φακοῦ.

β) Όταν το αντικείμενο πλησιάσει προς το διπλάσιον της έστιακῆς ἀποστάσεως καὶ τὸ εἶδωλόν του πλησιάσει πρὸς τὸ διπλάσιον τῆς έστιακῆς ἀποστάσεως καὶ γίνεται ὁλονέν 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).

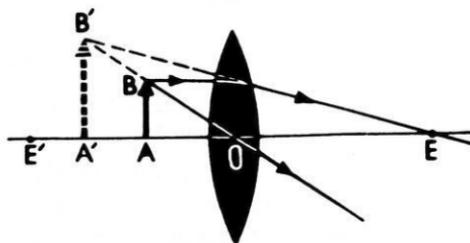
γ) Όταν ἡ ἀπόστασις a τοῦ ἀντικειμένου εἶναι μεγαλύτερα ἀπὸ τὴν έστιακὴν ἀπόστασιν καὶ μικροτέρα ἀπὸ τὸ διπλάσιόν της, τὸ εἶδωλον σχηματίζεται εἰς ἀπόστασιν β μεγαλυτέραν ἀπὸ τὸ διπλάσιον τῆς έστιακῆς ἀποστάσεως καὶ εἶναι μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον, (σχ. 261, III).

δ) Όταν τέλος τὸ ἀντικείμενον, πλησιάσον πρὸς τὴν κυρίαν έστίαν πέση ἐπ' αὐτῆς, δὲν ἔχομεν σχηματισμὸν εἰδώλου, ἐπειδὴ αἱ ἀκτίνες μετὰ τὴν ἔξοδόν των ἀπὸ τὸν φακὸν σχηματίζουν παράλληλον δέσμην (σχ. 261, IV).

Β' Φανταστικὸν εἶδωλον. Όταν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται μεταξὺ τῆς κυρίας έστίας καὶ τοῦ ὀπτικοῦ κέντρου τοῦ φακοῦ, τότε αἱ ἀκτίνες μετὰ τὴν ἔξοδόν των σχηματίζουν ἀποκλίνουσαν δέσμην. Ἄν ὅμως εὐρίσκεται ὁ ὀφθαλμὸς εἰς τὴν ἄλλην πλευρὰν τοῦ φακοῦ καὶ τὰς δεχθῆ, θὰ νομίση ὅτι προέρχονται ἀπὸ τὸ σημεῖον εἰς τὸ ὁποῖον τέμνονται αἱ προεκτάσεις των. Ἐκεῖ σχηματίζεται τὸ φανταστικὸν εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου (σχ. 262). Ὡστε :

Όταν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται μεταξὺ κυρίας έστίας καὶ ὀπτικοῦ κέντρου τοῦ φακοῦ, ἔχομεν φανταστικὸν εἶδωλον, τὸ ὁποῖον σχηματίζεται πρὸς τὴν πλευρὰν τοῦ ἀντικειμένου. Τὸ εἶδωλον αὐτὸ εἶναι πάν-

ποτε μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον καὶ ὄρθιον.

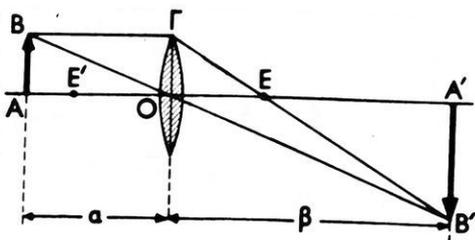


Σχ. 262. Σχηματισμὸς φανταστικοῦ εἰδώλου ὑπὸ συγκλίνοντος φακοῦ.

§ 249. Τύπος τῶν συγκλίνοντων φακῶν. Ὅπως ἀποδεικνύεται, μεταξὺ τῆς ἀποστάσεως a τοῦ ἀντικειμένου, (τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται ἔμπροσθεν ἑνὸς συγκλίνοντος φακοῦ), ἀπὸ τὸ ὀπτικὸν κέντρον

Ο του φακού, τῆς ἀποστάσεως β τοῦ εἰδώλου τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τὸ ὀπτικὸν κέντρον O τοῦ φακοῦ καὶ τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως f τοῦ φακοῦ (σχ. 263), ἰσχύει ἡ σχέσις :

$$\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{f}$$



Σχ. 263. Διὰ τὸν τύπον τῶν συγκλινόντων φακῶν.

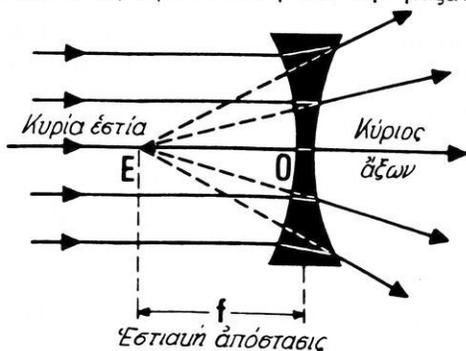
Εἰς τὸν τύπον αὐτὸν τὰ α καὶ f εἶναι πάντοτε θετικοὶ ἀριθμοί. Τὸ β δύναται νὰ εἶναι θετικὸς ἢ ἀρνητικὸς ἀριθμὸς. Θετικὸν β σημαίνει πραγματικὸν εἶδωλον, ἀρνητικὸν β ὑποδηλώνει ὅτι τὸ εἶδωλον εἶναι φανταστικόν.

§ 250. Μεγέθυνσις τοῦ φακοῦ. Ἡ μεγέθυνσις M ἐνὸς φακοῦ ὀρίζεται κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον, κατὰ τὸν ὅποιον ὀρίζεται καὶ ἡ μεγέθυνσις ἐνὸς σφαιρικοῦ κατόπτρου. Ὅπως δὲ εἰς τὴν περίπτωσιν τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων, οὕτω καὶ προκειμένου περὶ φακῶν ἰσχύει ἡ σχέσις :

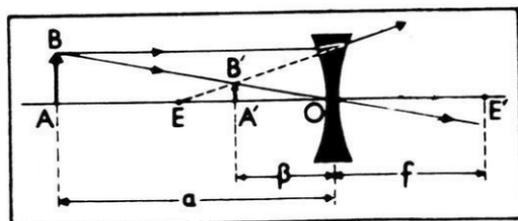
$$M = \frac{\beta}{\alpha}$$

§ 251. Ἀποκλίνοντες φακοί. Οἱ φακοὶ αὐτοὶ μεταβάλλουν μίαν παράλληλον δέσμην εἰς ἀποκλίνουσαν, ἀφοῦ διέλθη ἀπὸ τὴν μάζαν των καὶ ὑποστῆ δύο φορές διάθλασιν.

Εἰς τὸ σχῆμα 264 παριστᾶται ἕνας ἀποκλίνων φακός. Μία δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων προσπίπτει παράλληλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα τοῦ φακοῦ. Αἱ γεωμετρικαὶ προεκτάσεις τῶν ἀκτίνων τῆς δέσμης, μετὰ τὴν ἐξοδὸν των συναντῶνται εἰς τὸ σημεῖον E , τὸ ὅποιον ἀπο-



Σχ. 264. Ἐστιακὴ ἀπόστασις ἐνὸς ἀποκλίνοντος φακοῦ.



Σχ. 265. Γεωμετρική κατασκευή του φανταστικού ειδώλου εις άποκλίνοντα φακόν.

άποκλίνοντος φακού του σχήματος 265. Διά να σχηματίσωμεν το είδωλόν του, κατασκευάζομεν το είδωλον της κορυφής του B. Προς τόν σκοπόν αυτόν χρειαζόμεθα δύο άκτινας. Μίαν παράλληλον προς τόν κύριον άξονα, όποτε ή γεωμετρική προέκτασις της έξερχομένης της θα διέρχεται από την φανταστικήν κυρίαν έστίαν, και μίαν έχουσαν διεύθυνσιν δευτερευόντος άξονος, ή όποία δέν θα ύποστη διάθλασιν.

Αί δύο αύται έξερχόμεναι άκτινες, είναι πάντοτε άποκλίνουσαι, δι' αυτό δέν συναντώνται, και ούτω δέν δύνανται να δώσουν πραγματικόν είδωλον. Άν όμως προσπέσουν και αί δύο εις τόν όφθαλμόν μας, θα μäs προκαλέσουν την έντύπωσιν ότι προέρχονται από ένα σημείον, εύρισκόμενον εις την ίδίαν πλευράν, ως προς τόν φακόν, με το άντικείμενον. Έκεϊ θα σχηματισθῆ το φανταστικόν είδωλον B' του B. Φέροντες μίαν κάθετον ευθείαν B'A' εις τόν όπτικόν άξονα του φακού, σχηματίζομεν το είδωλον του άντικειμένου.

Οί άποκλίνοντες φακοί δίδουν πάντοτε φανταστικά είδωλα, όρθια και μικρότερα από τα άντικείμενα. Τα είδωλα εύρίσκονται εις την ίδίαν πλευράν, ως προς τόν φακόν, με τα άντικείμενα. Όταν το άντικείμενον πλησιάζει προς το όπτικόν κέντρον του φακού, αυξάνεται το μέγεθος του ειδώλου.

Διά τους άποκλίνοντας φακούς ισχύει ό τύπος :

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{f}$$

εις τόν όποιον όμως μόνον το a είναι θετικόν. Τα β και f είναι άρνητικά.

§ 253. Έφαρμογαι και χρήσεις τών φακών. Οί φακοί, έν συνδυασμῳ συνηθως με κάτοπτρα ως έπίσης και πρίσματα, αποτελούν τα σπουδαιότερα μέρη τών

τελεί την κυρίαν έστίαν του φακού, ή όποία εις την περίπτωση αυτήν είναι φανταστική.

§ 252. Είδωλα άποκλίνοντων φακών. Άς φαντασθώμεν ένα άντικείμενον AB έμπροσθεν του

ὀπτικῶν ὀργάνων, ὅπως εἶναι τὸ ἀπλοῦν καὶ σύνθετον μικροσκόπιον, ὁ φωτογραφικὸς θάλαμος, τὸ τηλεσκόπιον, ὁ προβολεὺς, ἡ κινηματογραφικὴ μηχανή, κλπ. Μὲ εἰδικoὺς φακοὺς ἐπίσης θεραπεύονται ὠρισμένοι βλάβαι τοῦ ἀνθρώπινου ὀφθαλμοῦ, ὁ ὁποῖος ἀποτελεῖ ἓνα εἶδος ὀπτικοῦ ὀργάνου.

§ 254. Ἴσχυς φακοῦ. Ἐνας φακὸς εἶναι τόσον περισσότερον συγκλίνων, ὅσον αἱ κύριαί ἐστίαί του εὐρίσκονται πλησιέστερον πρὸς τὸ ὀπτικόν του κέντρον· ὅσον δηλαδή ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ εἶναι μικροτέρα. Αὐτὸς ἀκριβῶς τὸ χαρακτηριστικὸν γνώρισμα ἐνός φακοῦ ἐκφράζει ἡ ἰσχύς τοῦ φακοῦ.

Ἡ ἰσχύς P ἐνός φακοῦ ὀρίζεται ἴση πρὸς τὸ ἀντίστροφον τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως f τοῦ φακοῦ.

Ἐπομένως θὰ ἔχωμεν ὅτι :

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

Ὅταν ἡ f ἐκφράζεται εἰς μέτρα, ἡ P εὐρίσκεται εἰς διοπτρίας.

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἰσχύς ἐνός φακοῦ ἀκτίνος καμπυλότητος 20 cm.

Λύσις. Ἐπειδὴ 20 cm = 0,20 m, θὰ ἔχωμεν ὅτι :

$$P = \frac{1}{0,20} = 5 \text{ διοπτρίαί.}$$

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Αἱ φωτεινὰ ἀκτῖνες, αἱ διαθλώμεναι ἀπὸ ὑαλίνους πλάκας μὲ παραλλήλους ἑδρας, δὲν ἐκτρέπονται ἀπὸ τὴν ἀρχικὴν τῶν διεύθυνσιν, ἀλλὰ μετατοπιζοῦνται μόνον παραλλήλως.

2. Τὰ ὀπτικὰ πρίσματα εἶναι διαφανῆ μέσα περιοριζόμενα ἀπὸ τὰς δύο ἑδρας μιᾶς διέδρου γωνίας.

3. Ἄν μία φωτεινὴ ἀκτίς προσπέσῃ πλαγίως εἰς μίαν ἑδραν τοῦ πρίσματος, εἰσέρχεται εἰς τὸ πρίσμα καὶ διαθλάται. Ὅταν συναντήσῃ τὴν ἄλλην ἑδραν ἐξέρχεται ἀπὸ τὸ πρίσμα καὶ διαθλάται πάλιν. Ἡ ἐξερχόμενη ἀκτίς ἔχει ὑποστὴ ἐκτροπὴν ἀπὸ τὴν γωνίαν τὴν σχηματιζομένην ἀπὸ τὴν προσπίπτουσαν καὶ τὴν ἐξερχόμενην ἀκτίνα.

4. Τα πρίσματα όλικής άνακλάσεως έχουν ως κυρίαν τομήν όρθογώνιον ίσοσκελές τρίγωνον. Όταν μία φωτεινή άκτις προσπέση καθέτως εις μίαν έδραν τής όρθής διέδρου διαθλαστικής γωνίας του πρίσματος, συνεχίζει την διάδοσίν της χωρίς διάθλασιν και συναντῶσα την ύποτεινουςαν ύφίσταται όλικήν άνακλασιν. Η άνακλωμένη άκτις προσπίπτει καθέτως εις την άλλην έδραν και έξέρχεται χωρίς νά ύποστῆ διάθλασιν.

5. Οί φακοί είναι διαφανή σώματα, τά όποια περιορίζονται άπό δύο σφαιρικές έπιφανείας ή μίαν σφαιρικήν και μίαν έπίπεδον, ύποδιαίρουνται δέ εις δύο μεγάλας κατηγορίας, εις τούς συγκλίνοντας και εις τούς άποκλίνοντας φακούς. Οί πρώτοι μεταβάλλουν μίαν δέσμην παραλλήλων φωτεινών άκτίων εις συγκλίνουσαν και οί δεύτεροι εις άποκλίνουσαν.

6. Οί φακοί έχουν δύο συμμετρικές κυρίας έστίας και δύο ή μίαν άκτίνας καμπυλότητος. Εις τούς συγκλίνοντας φακούς ή κυρία έστία είναι πραγματική και σχηματίζεται άπό την δέσμην των παραλλήλων άκτίων, την μεταβαλλομένην εις συγκλίνουσαν μετά την έξοδόν της άπό τόν φακόν. Εις τούς άποκλίνοντας φακούς ή κυρία έστία είναι φανταστική και σχηματίζεται άπό τας προεκτάσεις των άκτίων τής έξερχόμενης δέσμης.

7. Η άπόστασις α του άντικειμένου άπό τó όπτικόν κέντρον του φακοῦ, ή άπόστασις β του ειδώλου πάλιν άπό τó όπτικόν κέντρον και ή έστιακή άπόστασις f του φακοῦ συνδέονται με την σχέσιν :

$$\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{f}$$

Τό α είναι πάντοτε θετικός αριθμός, τά β και f δύνανται νά είναι θετικοί ή άρνητικοί αριθμοί. Όταν τó β είναι θετικόν, τó ειδῶλον είναι πραγματικόν. Τότε και τó f είναι θετικόν και ó φακός συγκλίνων. Όταν τó β είναι άρνητικόν τó ειδῶλον είναι φανταστικόν. Εις την περίπτωσην αυτήν ó φακός δύναται νά είναι συγκλίνων ή άποκλίνων. Όταν τó f είναι άρνητικόν, ó φακός είναι άποκλίνων, όποτε και τó β είναι άρνητικόν, έπειδή οί άποκλίνοντες φακοί δίδουν πάντοτε φανταστικά ειδῶλα.

8. Όπως και εις την περίπτωσην των κατόπτρων, ή μεγέ-

Θυνησι Μ ἑνός 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. (Ἐπ. $f = 15$ 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. (Ἐπ. $f = 24$ 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 ἀντικειμένου εἶναι 3,5 cm νὰ ὑπολογισθῇ ἡ θέσις τοῦ εἰδώλου καθὼς καὶ τὸ μέγεθός του. (Ἐπ. $\beta = 17,1$ cm, $E = 0,5$ cm.)

178. Ἀντικείμενον ὕψους 4 mm τοποθετεῖται εἰς ἀπόστασιν 10 cm ἀπὸ συγκλίνοντος φακοῦ, ἔστιακῆς ἀποστάσεως 12,5 cm. Νὰ εὐρεθῇ ἡ θέσις τοῦ εἰδώλου καθὼς καὶ τὸ μέγεθός του. (Ἐπ. $\beta = 50$ cm, $E = 20$ mm.)

179. Ἀντικείμενον τοποθετεῖται εἰς ἀπόστασιν 8 cm ἀπὸ ἀποκλίνοντος φακοῦ, ἔστιακῆς ἀποστάσεως 24 cm. Νὰ ὑπολογίσετε τὴν θέσιν τοῦ εἰδώλου καὶ τὴν μεγέθυνσιν. (Ἐπ. — 6 cm ἔμπροσθεν τοῦ φακοῦ, $M = 0,75$.)

180. Εἰς πόσῃ ἀπόστασιν ἀπὸ συγκεντρικοῦ φακοῦ ἔστιακῆς ἀποστάσεως 8 cm, πρέπει νὰ τοποθετήσωμεν ἀντικείμενον, τὸ πραγματικὸν εἰδῶλον τοῦ ὁποῖου νὰ ἔχη τὸ ἴδιον ὕψος μὲ τὸ ἀντικείμενον. Νὰ κατασκευάσετε γραφικῶς τὸ εἶδωλον. (Ἐπ. 16 cm.)

181. Ἡ φλόξ ἑνὸς κηρίου ἔχει ὕψος 1,5 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. (Ἐπ. $\beta = - 7,5$ cm, $E = 0,75$ cm.)

182. Συγκλίνων φακὸς ἔχει ἔστιακὴν ἀπόστασιν 60 cm. Νὰ εὐρεθῇ ἡ ἰσχὺς αὐτοῦ τοῦ φακοῦ. (Ἐπ. $P = 1,66$ διοπτρία.)

183. Νὰ εὐρεθῇ ἡ ἰσχὺς ἑνὸς ἀποκλίνοντος φακοῦ ἔστιακῆς ἀποστάσεως — 2. (Ἐπ. — 4 διοπτρία.)

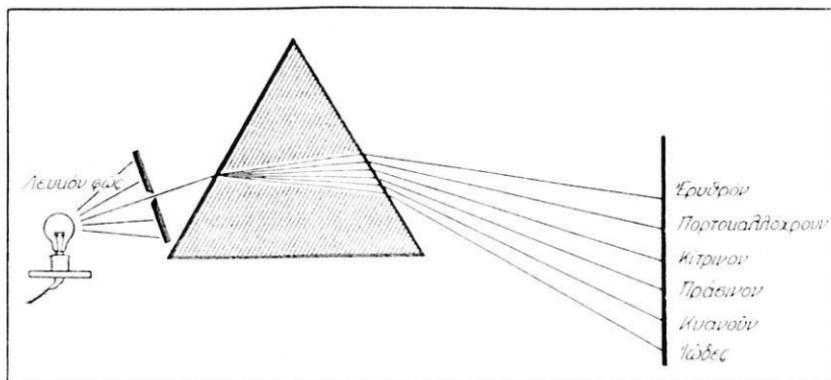
ΜΖ' — ΑΝΑΛΥΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

§ 255. **Φάσμα.** Πείραμα. Ἐπάνω εἰς ἓνα πρίσμα ἀφήνομεν νά προσπέσῃ μία δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων λευκοῦ φωτός, ἡ ὁποία νά προέρχεται, π.χ., ἀπό ἓναν ἠλεκτρικὸν λαμπτήρα φωτισμοῦ, ἔμπροσθεν τοῦ ὁποίου ἔχομεν τοποθετήσει διάφραγμα μὲ στενήν σχισμὴν (σχ. 266). Παρατηροῦμεν τότε ὅτι αἱ ἐξερχόμεναι ἀκτίνες, ἐκτός ἀπὸ τὴν ἐκτροπὴν, ἔχουν ὑποστῆ καὶ ἀνάλυσιν. Ἐὰν δηλαδὴ τὰς δεχθῶμεν ἔπάνω εἰς ἓνα πέτασμα, λαμβάνομεν μίαν ἐγχρωμον συνεχῆ ταινίαν, ἡ ὁποία ἀποτελεῖται κατὰ σειρὰν ἀπὸ τὰ ἀκόλουθα χρώματα : ἐρυθρόν, πορτοκαλλόχρουν, κίτρινον, πράσινον, κυανοῦν καὶ ἰώδες.

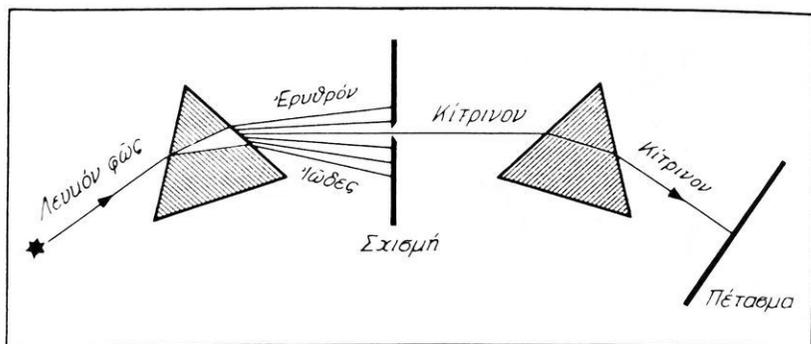
Τὸ φαινόμενον αὐτὸ ὀνομάζεται ἀνάλυσιν τοῦ φωτός, ἡ δὲ ἐγχρωμος ταινία **φάσμα**.

Ὅταν ἓνα φῶς περιέχῃ ἀκτίνας ἑνὸς μόνον 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 νά ἀναγνώσωμεν ἀνέτως τὸ ἔντυπον, ὅταν αὐτὸ εὐρίσκεται εἰς τὴν περιοχὴν τοῦ κίτρινουπρασίνου φωτός, ἐπειδὴ εἰς τὴν



Σχ. 266. Ἀνάλυσιν τοῦ λευκοῦ φωτός διὰ μέσου πρίσματος.



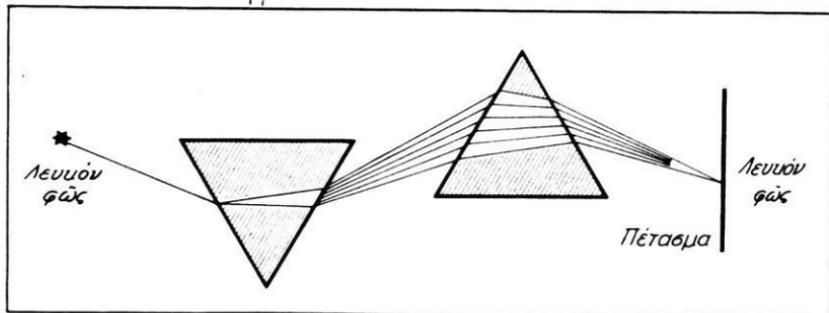
Σχ. 267. Τὰ ἀπλά χρώματα τοῦ φασματος δὲν ἀναλύονται.

περιοχὴν αὐτὴν παρατηρεῖται ἡ μεγαλύτερα φωτεινότης τοῦ φάσματος. Ἀντιθέτως αἱ δύο ἀκραῖαι περιοχαὶ τοῦ ἐρυθροῦ καὶ τοῦ ἰώδους εἶναι σκοτειναὶ καὶ μὲ μεγάλην δυσκολίαν δυνάμεθα νὰ ἀναγνώσωμεν τὸ ἔντυπον.

Ἄν μετακινήσωμεν κατὰ μῆκος τοῦ φάσματος, ἓνα εὐαίσθητον 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 ἐγχρωμος ταινία τὴν ὁποίαν ἐσχημάτισε τὸ λευκὸν φῶς, μετὰ τὴν ἐξοδὸν του ἀπὸ τὸ πρίσμα καὶ ἀφοῦ συνήντησε τὸ πέτασμα, ὀνομάζεται ἰδιαιτέρως *ὄρατὸν φάσμα*, ἐπειδὴ διεγείρει τὸν ὄφθαλμόν, ὁ ὁποῖος εἶναι τὸ αἰσθητήριον τῆς ὄρασεως. Τὸ φάσμα ἐν τούτοις ἐκτείνεται καὶ πέραν τῆς ὄρατῆς 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 μεταβάσις ἀπὸ τὸ ἓνα χρῶμα εἰς τὸ ἄλλο, γίνεται βαθμιαίως.

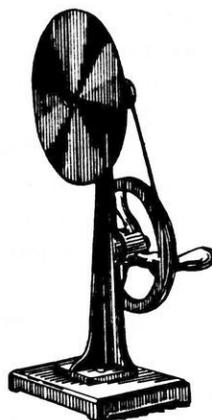
§ 258. Ἀνασύνθεσις τοῦ λευκοῦ φωτός. Ἄν ἀναμείξωμεν καταλλήλως τὰ χρώματα τοῦ φάσματος, δυνάμεθα νὰ ἀνασχηματίσωμεν τὸ λευκὸν φῶς. Ὁ Νεύτων ἐχρησιμοποίησε διὰ τὸν σκοπὸν αὐτὸν δύο ὅμοια πρίσματα, ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα 268.

Ἀπομακρυνθὲν φασματικὸν χρῶμα	ἐρυθρὸν	πορτοκαλλόχρουν	κίτρινον	πράσινον	κυανοῦν	ιώδες
Ἐπόλοιπον χρῶμα ἀναμείξεως	πράσινον	ιώδες	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 ὅποιον 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 ὁποῖον 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 ἔκτασίν των εἰς τὸ ὄρατὸν φάσμα. Ἐὰν περιστρέψωμεν καταλλήλως τὸν δίσκον αὐτόν, ἡ ἐπιφάνειά του μᾶς φαίνεται λευκῆ.



Σχ. 269. Ἀνασύνθεσις τοῦ φωτός μὲ τὸν δίσκον τοῦ Νεύτωνος.

§ 259. Μεῖξις τῶν χρωμάτων. Ἐὰν εἰς τὸ πείραμα τῆς ἀνασύνθεσεως 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 ὁποῖον θά προκύψῃ τότε, θά ἐξαρτηθῆ ἀπὸ τὸ ἀπομακρυνθὲν φῶς. Πάντοτε ἔμωζ, ὅταν αὐτὸ συνδυασθῆ μὲ τὸ ἀφαιρηθὲν χρῶμα, θά δώσῃ λευκὸν φῶς.

Ὅταν 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 ὁποῖον 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 ὑάλος 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. Ἀναλόγως μὲ τὸ ὑλικὸν τῆς ἐπιφανείας τοῦ σώματος εἶναι δυνατὸν κατὰ τὴν διάχυσιν, νὰ ἀπορροφηθοῦν ὀρισμένοι ἀκτίνες, ὅποτε διαχέονται μόνον αἱ ὑπόλοιποι, αἱ ὁποῖαι καὶ καθορίζουν τὸ χρῶμα τῆς ἐπιφανείας ἀπὸ τὴν ὁποίαν διαχέονται.

Οὕτως ἓνα ἐχρωμον ὑφασμα φαίνεται κυανοῦν, ὅταν φωτίζεται μὲ λευκὸν φῶς, ἐπειδὴ μόνον αἱ κυαναὶ ἀκτίνες διαχέονται, ἐνῶ αἱ ὑπόλοιποι ἀπορροφῶνται. Τὸ ὑφασμα αὐτὸ ἂν φωτισθῇ μὲ μονόχρουν φῶς, διάφορον ἀπὸ κυανοῦν, θὰ φαίνεται βεβαίως μέλαν (μαῦρο).

Ἄν ἓνα σῶμα ἀπορροφεῖ ὅλα τὰ χρώματα χωρὶς νὰ ἀνακλᾷ ἢ νὰ διαχέῃ οὐδέν, ὀνομάζεται **μέλαν σῶμα** (μαῦρο). Τοιοῦτον σῶμα, π.χ., εἶναι ἡ αἰθάλη. Ἀντιθέτως, ἂν τὸ σῶμα δὲν ἀπορροφεῖ οὐδέν χρῶμα, ἀλλὰ ἀνακλᾷ ὅλα τὰ χρώματα, ὀνομάζεται **λευκὸν σῶμα**. Τὰ σώματα τὰ ὁποῖα ἀπορροφοῦν ὅλα τὰ χρώματα, ὄχι ὁμως 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. Ὄταν μία δέσμη ἀκτίνων λευκοῦ φωτός προσπέσῃ ἐπὶ ἐνὸς ὑαλίνου πρίσματος, ἀναλύεται μετὰ τὴν ἔξοδόν της ἀπὸ τὸ πρίσμα καὶ σχηματίζει ἐπάνω εἰς ἓνα πέτασμα, μίαν ἔγχρωμον ταινίαν, ἢ ὁποία ὀνομάζεται φάσμα.

2. Τὰ ἀκραιῶνα χρώματα τοῦ φάσματος ἐρυθρὸν καὶ ἰώδες, ὀρίζουν τὴν ὀρατὴν περιοχὴν του. Τὸ φάσμα ὅμως 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 αἰ 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 δέχονται τὸν ἴδιον φωτισμόν, ἐπειδὴ τότε θὰ παρουσιάζουν τὴν ἰδίαν φωτεινότητα.

Αἱ διάφοροι φωτεινὰ πηγὰ 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 σχέσηις 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*.

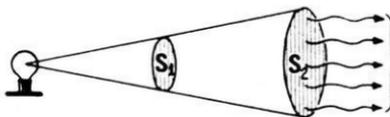
§ 262. Φωτεινὴ ροή. Μία φωτεινὴ πηγὴ ἐκπέμπει φωτεινὴν ἐνέργειαν πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις. Ἄν θεωρήσωμεν ἓνα κῶνον, ὁ ὁποῖος νὰ ἔχη κέντρον τὴν πηγὴν, τότε αὐτὴ ἐκπέμπει ἀδιακόπως φωτεινὴν ἐνέργειαν ἐντὸς τοῦ κώνου (σχ. 270). Ἄν λοιπὸν ὀνομάσωμεν E τὴν φωτεινὴν ἐνέργειαν, τὴν ὁποῖαν ἐκπέμπει ἡ πηγὴ ἐντὸς τοῦ κώνου καὶ εἰς χρονικὸν διάστημα t , τότε τὸ πηλίκον :

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

καλοῦμεν *φωτεινὴν ροὴν*. 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.

$$\text{φωτεινὴ ροὴ} = \frac{\text{φωτεινὴ ἐνέργεια}}{\text{χρόνος}}$$



Σχ. 270. Ἀπὸ τὰς διατομὰς S_1 καὶ S_2 διέρχεται ἡ ἴδια φωτεινὴ ροὴ Φ .

§ 263. Φωτεινὴ ἰσχὺς ἢ ἔντασις μιᾶς φωτεινῆς πηγῆς. Ἡ φωτεινὴ ἰσχὺς εἶναι ἓνα φυσικὸν μέγεθος χαρακτηρίζον τὰς φωτεινὰς πηγὰς, ἂν ἀκτινοβολοῦν δηλαδὴ ἐντονώτερον ἢ ἀμυδρότερον.

Ἐὰν θεωρήσωμεν μίαν φωτεινὴν πηγὴν καὶ μίαν στερεὰν 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 στερεὰν γωνίαν Ω , ἐντὸς τῆς ὁποίας διαδίδεται, ὀνομάζεται φωτεινὴ ἰσχύς ἢ ἔντασις τῆς πηγῆς.

Ἔστω :

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 στερεὰν γωνίαν Ω .

Δηλαδή :

$$I = \frac{\Phi}{\Omega}$$

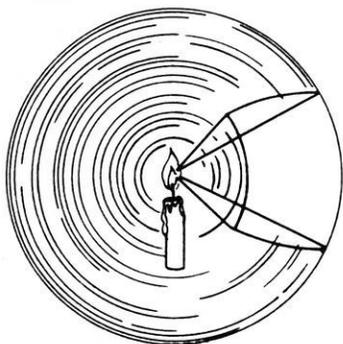
Μονάδες φωτεινῆς ροῆς καὶ φωτεινῆς ἰσχύος. Ὡς μονάδα φωτεινῆς ροῆς χρησιμοποιοῦμεν τὸ Λοῦμεν (**1 Lumen**) (σχ. 271).

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 (τελείως 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 ἐμβαδὸν S , ἢ ὁποία φωτίζεται ὁμοιομόρφως ἀπὸ τὴν φωτεινὴν ροὴν Φ μιᾶς πηγῆς, τότε :

Ὀνομάζομεν φωτισμὸν B μιᾶς ἐπιφανείας, ἐμβαδοῦ 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. Ἄν εἰς τὸν ἀνωτέρω τύπον ἢ Φ εἶναι ἴση μὲ **1 Lumen** καὶ ἢ S μὲ 1 m^2 , τότε τὸ B ἰσοῦται μὲ τὴν μονάδα τοῦ φωτισμοῦ, ἢ ὅποια 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 μὲ φωτεινὴν ροὴν **1 Lumen**.



Σχ. 272. Φωτόμετρον μὲ φωτοστοιχείον.

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 ὑπαιθρον 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 φωτοστοιχείον, τὸ ὅποιον ὅταν φωτίζεται, παράγει ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸν φωτισμὸν τὸν ὅποιον δέχεται τὸ φωτοστοιχείον, τὸ ὅποιον συνδέεται μὲ ἓνα εὐπαθὲς γαλ-

βανόμετρον (σχ. 272), και αυτό μετρεῖ τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος τοῦ προκαλουμένου ἀπὸ τὸ φωτοστοιχείον. Εἶναι δὲ βαθμολογημένον κατὰ τοιοῦτον τρόπον ὥστε οἱ ἔνδειξεις 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 ἀκολουθούσους παράγοντας : α) ἀπὸ τὴν φωτεινὴν ἰσχὺν τῆς πηγῆς, β) ἀπὸ τὴν ἀπόστασιν τῆς ἐπιφανείας ἐκ τῆς φωτεινῆς πηγῆς καὶ γ) ἀπὸ τὴν γωνίαν προσπτώσεως τῶν ἀκτίων.

1ος νόμος. Ὁ φωτισμὸς B, τὸν ὁποῖον δέχεται μία ἐπιφάνεια S, τοποθετημένη εἰς ὠρισμένην ἀπόστασιν ἀπὸ μίαν φωτεινὴν πηγὴν καὶ εἰς τοιαύτην θέσιν ὥστε νὰ δέχεται καθέτως τὰς ἀκτίνες, εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν φωτεινὴν ἰσχὺν I τῆς πηγῆς.

Συμφώνως πρὸς τὸν νόμον αὐτόν, ἂν τοποθετήσωμεν ἔμπροσθεν ἑνὸς φωτομέτρου δύο ὁμοίους λαμπτήρας, τὸ ὄργανον θὰ δείξῃ διπλασίαν ἔνδειξιν ἀπὸ ἐκείνην ἢ ὁποῖα ἀντιστοιχεῖ εἰς ἕνα λαμπτήρα.

2ος νόμος. Ὁ φωτισμὸς B, ὁ προκαλούμενος ἀπὸ μίαν σημειακὴν φωτεινὴν πηγὴν, με ὠρισμένην φωτεινὴν ἔντασιν I, ἐπὶ μιᾶς ἐπιφανείας S, ἐπὶ τῆς ὁποίας προσπίπτουν καθέτως αἱ ἀκτίνες τῆς, εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἀποστάσεως r τῆς ἐπιφανείας ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγὴν.

Διὰ νὰ ἀποδείξωμεν αὐτὸν τὸν νόμον, τοποθετοῦμεν ἕνα φωτόμετρον ἔμπροσθεν μιᾶς φωτεινῆς πηγῆς καὶ εἰς ὠρισμένην ἀπόστασιν, ὅποτε τὸ ὄργανον θὰ δώσῃ μίαν ἔνδειξιν, ἢ ὁποῖα θὰ παρέχῃ τὸν φωτισμὸν τὸν ὁποῖον δέχεται τὸ φωτόμετρον. Ἐὰν 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 καὶ ὁ δεῦτερος νόμος τοῦ φωτισμοῦ περιέχονται εἰς τὸν τύπον :

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

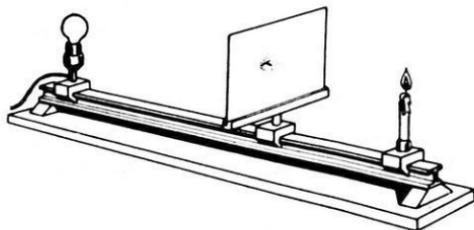
3ος νόμος. Ὁ φωτισμὸς μιᾶς ἐπιφανείας ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸν προσανατολισμὸν της, σχετικῶς πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῶν ἀκτίνων.

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 ὅμως 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, φωτίζομεν 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 εὐρίσκονται 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 ὤψεων τοῦ χάρτου.

Συμφώνως πρὸς τὸν ὀρισμὸν τοῦ φωτισμοῦ θὰ ἔχωμεν τότε ὅτι :



$$B = \frac{I_1}{r_1^2} \quad \text{καὶ} \quad B = \frac{I_2}{r_2^2}$$

ὁπότε θὰ εἶναι :

$$\frac{I_1}{r_1^2} = \frac{I_2}{r_2^2} \quad \eta \quad \frac{I_1}{I_2} = \frac{r_1^2}{r_2^2}$$

Σχ. 273. Φωτόμετρον τοῦ Bunsen. Ὄταν τὸ πέτασμα ἰσοφωτίζεται, ἐξαφανίζεται ἡ κηλὶς.

Ἐπομένως :

Ὄταν δύο φωτειναὶ πηγαὶ φωτίζουν ἐξ ἴσου μίαν ἐπιφάνειαν, μὲ κάθετον πρόσπτιωσιν τῶν ἀκτίνων, τότε αἱ φωτειναὶ ἰσχύς τῶν πηγῶν

είναι ανάλογοι πρὸς τὰ τετράγωνα τῶν ἀποστάσεών των ἀπὸ τὴν φωτιζομένην ἐπιφάνειαν.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

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 κορυφήν 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 κορυφήν 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 σχέσηις :

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

9. Όταν δύο φωτειναι πηγαι με εντάσεις I_1 και I_2 εϋρίσκωνται εις αποστάσεις r_1 και r_2 από μιαν επιφάνειαν και την ισοφωτίζουν με κάθετον πρόσπτωσησιν 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 μιαν επιφάνειαν ἐμβαδοῦ 5 m^2 , ὅταν ὁ φωτισμὸς τῆς ἐπιφανείας αὐτῆς εἶναι 12 Lux . (Ἀπ. 60 Lumen .)

185. Εἰς τὸ κέντρον μιᾶς σφαιρας, ἀκτίνος 2 m , εϋρίσκεται ἕνας μικρὸς ἠλεκτρικὸς λαμπτήρ. Νὰ εϋρεθῆ ἡ φωτεινὴ ισχύς του, ἐάν ἡ σφαῖρα δέχεται φωτισμὸν 2 Lux . (Ἀπ. 8 NK .)

186. Πόση εἶναι ἡ ισχύς μιᾶς φωτεινῆς πηγῆς, ἡ ὁποία προκαλεῖ, με κάθετον πρόσπτωσησιν τῶν ακτίνων τῆς ἐπάνω εις μιαν επιφάνειαν, φωτισμὸν 20 Lux , ὅταν ἡ ἐπιφάνεια ἀπέχη 6 m ἀπὸ τῆν φωτεινὴν πηγὴν. (Ἀπ. 720 NK .)

187. Δύο φωτειναι πηγαι συγκρίνονται με ἕνα φωτόμετρον. Ὄταν ἐπιτεργάνεται ἰσοφωτισμὸς τοῦ φωτομέτρον, αἱ ἀποστάσεις τῶν φωτεινῶν πηγῶν ἀπὸ τῆν ἰσοφωτιζομένην ἐπιφάνειαν τοῦ φωτομέτρον εἶναι 30 cm και 60 cm ἀντιστοίχως. Ἐάν ἡ φωτεινὴ ισχύς τῆς μικροτέρας φωτεινῆς πηγῆς εἶναι 10 NK , νὰ εϋρεθῆ ἡ φωτεινὴ ισχύς τῆς ἄλλης πηγῆς. (Ἀπ. 40 NK .)

188. Εἰς πόσον ὕψος ἐπάνω ἀπὸ μιαν τράπεζαν, πρέπει νὰ εϋρίσκεται ἕνας λαμπτήρ 100 NK , διὰ νὰ προκαλῆ φωτισμὸν 50 Lux . (Ἀπ. 141 cm .)

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

I. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ		Σελ.
Α'.	Κίνησις τῶν σωμάτων	5
Β'.	Εὐθύγραμμος ὁμαλῶς μεταβαλλομένη κίνησις	14
Γ'.	Ἀδράνεια. 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 ἐνέρ- γειαν. Ἀτμομηχανή	103
ΙΔ'.	Μηχαναὶ ἐσωτερικῆς καύσεως	108
ΙΕ'.	Πύραυλοι	114
III. ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ		
ΙΣΤ'.	Ὁ ἤχος	121
ΙΖ'.	Ἥχητικαὶ πηγαι	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 ἠλε- κτρικοῦ ρεύματος	150
ΚΑ'.	Ἀγωγὰ καὶ μονωτικὰ σώματα. Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς τοὺς μεταλλικοὺς ἀγωγούς	157
ΚΒ'.	Ἠλεκτρόλυσις. Ποιοτικὴ σπουδὴ. Ἴοντα	161

ΚΓ΄.	Ήλεκτρόλυσις. Δευτερεύουσαι χημικαί αντίδράσεις ..	168
ΚΔ΄.	Ήλεκτρόλυσις. Νόμοι του Φάρανταιν. Ήφαρμογαί ...	175
ΚΕ΄.	Ποσότης ήλεκτρισμού. Μονάς Κουλόμπ. Ήντασις ήλεκ- τρικού ρεύματος. Μονάς Άμπέρ	182
ΚΣΤ΄.	Θερμικά άποτελέσματα του ήλεκτρικού ρεύματος	190
ΚΖ΄.	Ήλεκτρική ένέργεια. Ήλεκτρική ισχύς	198
ΚΗ΄.	Διαφορά δυναμικού. Μονάς Βόλτ	204
ΚΘ΄.	Πρακτική μέτρησις διαφοράς δυναμικού	212
Λ΄.	Ήφαρμογαί του νόμου του Τζάουλ. Φωτισμός - Θέρμανσις	217
ΛΑ΄.	Πειραματική σπουδή τής αντίστασεως ένός άγωγού ..	223
ΛΒ΄.	Σύνδεσις αντίστασεων	232
ΛΓ΄.	Ήλεκτρικαί πηγαί	241
ΛΔ΄.	Ήλεκτρική ισχύς μιās γεννητρίας	249
ΛΕ΄.	Συσσωρευταί	256
ΛΣΤ΄.	Μαγνήται. Μαγνητική πυξις	261
ΛΖ΄.	Άλληλεπίδρασις των μαγνητικών πόλων	267
ΛΗ΄.	Μαγνητικόν πεδίον εύθυγράμμου άγωγού και μαγνητι- κόν πεδίον σωληνοειδοϋς	274
ΛΘ΄.	Ήλεκτρομαγνήται	282
Μ΄.	Άλληλεπίδρασις του ήλεκτρικού ρεύματος και του μα- γνητικού πεδίου	288
ΜΑ΄.	Ήλεκτρικοί κινητήρες	292

V. ΟΠΤΙΚΗ

ΜΒ΄.	Εϋθύγραμμος διάδοσις του φωτός	295
ΜΓ΄.	Άνάκλασις του φωτός. Ήπίπεδα κάτοπτρα	302
ΜΔ΄.	Σφαιρικά κάτοπτρα	310
ΜΕ΄.	Διάθλασις του φωτός	321
ΜΣΤ΄.	Πρίσματα και φακοί	327
ΜΖ΄.	Άνάλυσις του φωτός	340
ΜΗ΄.	Φωτομετρία	345



024000025580

Angie

