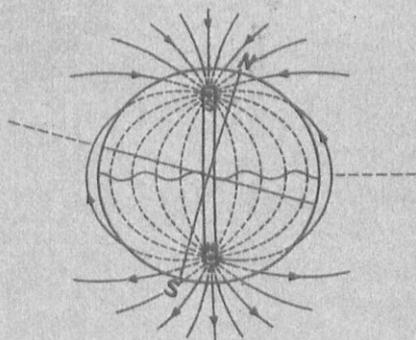


ΣΑΛΤΕΡΗ Γ. ΠΕΡΙΣΤΕΡΑΚΗ

ΦΥΣΙΚΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ

Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ



ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ
ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ
ΕΝ ΑΘΗΝΑΙΣ 1971

ΦΥΣΙΚΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ



ΔΩΡΕΑ
ΕΘΝΙΚΗΣ ΚΑΤΑΡΤΙΣΗΣ

Ε 1 ΦΣΚ

Περσίδου (Σουζάνης - Φ)

ΣΑΛΤΕΡΗ Γ. ΠΕΡΙΣΤΕΡΑΚΗ

ΦΥΣΙΚΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ

Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ



ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΒΟΥΛΗΣ
ΕΔΩΡΗΣΑΤΟ
Ο.Ε.Δ.Β.
αδδ. ἀριθ. βιβλίου. 2088 κατ' έτος 1941

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ
ΑΘΗΝΑΙ 1970

002
HNE
ET2B
1597

ΚΑΛΩΣΗΝ Τ. ΠΕΡΙΣΤΕΡΑΚΑ

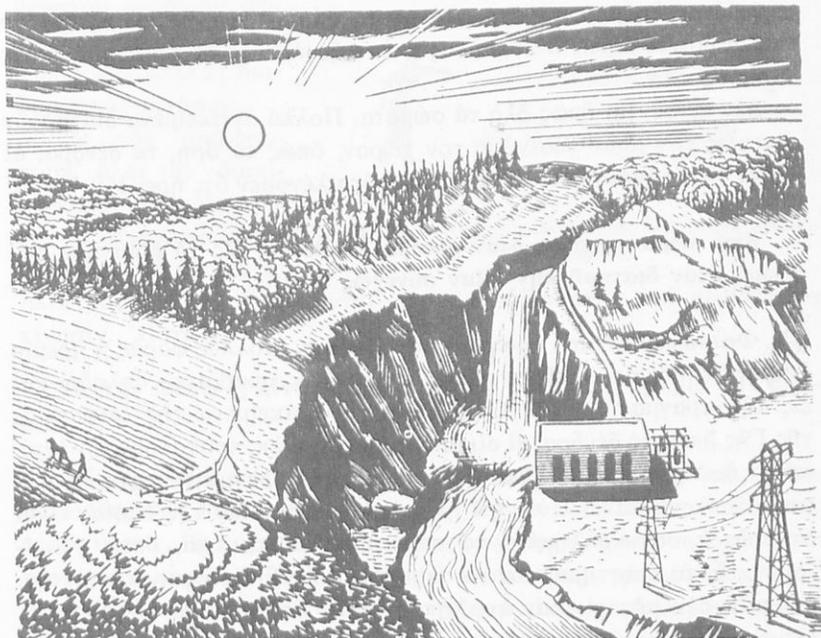
ΦΥΣΙΚΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ



Τ. ΤΥΜΑΣΙΟΥ

ΚΙΒΛΙΟΝ ΚΗ ΒΟΥΛΕΣ
ΕΣ ΔΕΚΕΤΕΣ
Handwritten signature and notes

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ ΔΙΔΑΚΤΗΡΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ
ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ



I. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

A'—ΚΙΝΗΣΙΣ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

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

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

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

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

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

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

§ 2. Φαινομενικὴ καὶ πραγματικὴ κίνησις. Πολλὰς φορές ἡ ἡρεμία διαφόρων σωμάτων εἶναι φαινομενικὴ, δὲν συμβαίνει δηλαδὴ καὶ εἰς τὴν πραγματικότητα. Οὕτως ἐνῶ τὰ ἀντικείμενα τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς ὅπως τὰ δένδρα, αἱ οἰκίαι, οἱ βράχοι κ.λπ. προκαλοῦν τὴν ἐντύπωσιν ὅτι ἡρεμοῦν καὶ εἶναι ἀκίνητα, εἰς τὴν πραγματικότητα κινουῦνται. 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 κίνησιν τῆς αὐτῆς, ἡ ὁποία δὲν μᾶς γίνεται ἀντιληπτὴ, διότι ἀπλούστατα δὲν ὑπάρχει πλησίον εἰς τὸν πλανήτην μας ἐν ἀκίνητον σῶμα, διὰ τὴν 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 ὅποιον θεωροῦμεν ὡς ἀκίνητον.

§ 3. Ἡ κίνησις εἰς τὸν μακρόκοσμον καὶ εἰς τὸν μικρόκοσμον. Μὲ τὰ σημερινὰ ἐπιστημονικὰ μέσα παρατηρήσεως εἶναι δυνατόν νὰ μελετήσωμεν καὶ ἐξερευνήσωμεν τὸν ἀπέραντον κόσμον τοῦ σύμπαντος (μακρόκοσμος) καὶ τὸν μικροσκοπικὸν κόσμον τῶν μορίων καὶ τῶν ἀτόμων τῆς ὕλης (μικρόκοσμος). Τὰ οὐράνια σώματα, πλανῆται, ἀπλανεῖς, κομήται, νεφελώματα κ.λπ. εὐρίσκονται εἰς μίαν ἀδιάκοπον κίνησιν. Οἱ πλανῆται στρέφονται περίξ τῶν κεντρικῶν Ἡλίων. Οἱ κομήται ἄλλοτε περιφέρονται εἰς τὸ διάστημα καὶ ἄλλοτε προσκολλῶνται εἰς κάποιον Ἡλιον καὶ γίνονται μέλη τῆς πλανητικῆς τοῦ οικογενείας. Οἱ Ἡλιοι κινουῦνται παρασύροντες εἰς τὴν ἴδιαν τοὺς κινήσιν τοὺς πλανήτας, 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 ἔκτινασσόμενος λίθος διαγράφει καμπύλην τροχίαν.

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

§ 4. Κινηματικὰ στοιχεῖα. Ὅρισμοί. Ὅταν ἓνα σῶμα κινῆται, ἀλλάζει διαδοχικῶς θέσεις εἰς τὸν χῶρον. Ἐὰν ἐνώσωμεν τὰς διαδοχικὰς αὐτὰς θέσεις, θὰ λάβωμεν μίαν συνεχῆ γραμμὴν, ἡ ὁποία ὀνομάζεται τροχιά τοῦ κινήτου. 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 κινήτὸν κινεῖται ἐπὶ περιφερείᾳ κύκλου.

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

Κυκλικὴν κίνησιν ἐκτελοῦν τὰ διάφορα σημεῖα τῆς περιφερείας ἐνὸς στρεφομένου τροχοῦ. Τὸ μήκος τῆς τροχιάς τοῦ κινήτου, ἀπὸ τὴν ἀφετηρίαν τῆς κινήσεως μέχρι τὸ τέλος, λέγεται διάστημα καὶ παριστάνεται συμβολικῶς μὲ τὸ γράμμα *s*. Ἡ ἀφετηρία τῆς κινήσεως λέγεται καὶ ἀρχὴ τῶν διαστημάτων. Ἐνα κινήτὸν, διὰ τὴν διανύσιν ἓνα ὀρισμένον τμήμα τῆς τροχιάς του, χρειάζεται χρόνον. Ὁ χρόνος μᾶς 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 τοῦ σαλιγκάρου ἐπάνω εἰς μίαν εὐθειαν ράβδον, τοῦ ποδηλάτου εἰς ἓνα εὐθύγραμμον τμήμα ἑνὸς δρόμου ἢ τοῦ σιδηροδρομικοῦ συρμοῦ ἐπάνω εἰς εὐθυγράμμους σιδηροτροχιάς, εἶναι πολὺ διαφορετικά. Ἐὰν ὅμως δὲν λάβωμεν ὑπ' ὄψιν μας, πῶς γίνεται ἡ μετάβασις ἀπὸ τὴν κατάστασιν τῆς ἡρεμίας εἰς τὴν κατάστασιν τῆς κινήσεως καὶ διὰ τὴν ἀπλούστευσιν τοῦ πράγματος ὑποθέσωμεν ὅτι ἕκαστον ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω τρία σώματα κινεῖται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε εἰς ἴσους χρόνους νὰ διανύη ἴσα διαστήματα, τότε ἐκτελοῦν τὴν ἀπλουστέραν ἀπὸ τὰς εὐθυγράμμους κινήσεις. Ἐκτελοῦν εὐθύγραμμον ὁμαλὴν κίνησιν. Ὡστε :

Ἐνα κινήτὸν ἐκτελεῖ εὐθύγραμμον ὁμαλὴν κίνησιν, ὅταν κινήται ἐπὶ εὐθυγράμμου 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 μέγαν εὐθύγραμμον τμήμα τοῦ δρόμου οὕτως, ὥστε ὁ δείκτης τοῦ ταχυμέτρου του νὰ παραμένῃ εἰς τὴν ἴδιαν πάντοτε θέσιν, τὸ ὄχημα θὰ χρειάζεται τὸν ἴδιον πάντοτε χρόνον, διὰ νὰ διανύσῃ τὴν ἀπόστασιν, ἢ ὁποία χωρίζει δύο πυραμίδας, ἔστω I πρῶτον λεπτόν. Τὸ αὐτοκίνητον αὐτὸ ἐκτελεῖ τότε εὐθύγραμμον 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 παριστᾶται μὲ τὸ γράμμα v . Ἡ ταχύτης εὐρίσκεται εἰς ἄμεσον συσχετισμὸν μὲ τὸ διάστημα καὶ τὸν χρόνον, ὁ ὁποῖος ἀπητήθη διὰ νὰ διανυθῇ τὸ διάστημα τοῦτο. Ὡστε :

Εἰς τὴν εὐθύγραμμον 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 ἑνὸς σώματος, τὸ ὁποῖον ἐκτελεῖ εὐθύγραμμον ὁμαλὴν κίνησιν, πρέπει νὰ μετρήσωμεν ἕνα μῆκος καὶ ἕναν χρόνον· τὸν χρόνον τὸν ὁποῖον ἐχρειάσθη τὸ κινητὸν διὰ νὰ διατρέξῃ αὐτὸ τὸ μῆκος (σχ. 2). Τὸ πηλίκον τῶν δύο αὐτῶν μετρήσεων μᾶς δίδει τὴν ταχύτητα τοῦ κινητοῦ, ἢ 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 ὁποῖου διηνήθη τὸ διάστημα αὐτό.

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

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

1 μέτρον ἀνὰ δευτερόλεπτον (1 m/sec)

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

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

1 ἑκατοστόμετρον ἀνὰ δευτερόλεπτον (1 cm/sec)

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

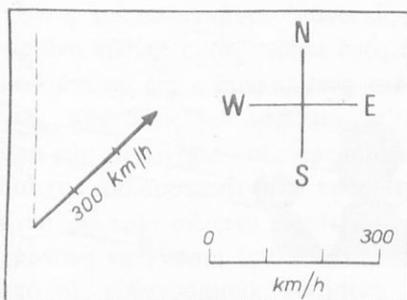
Διὰ τὰς ἀνάγκας τῆς πρακτικῆς ζωῆς χρησιμοποιοῦμεν ὡς μονάδα ταχύτητος τό :

1 χιλιόμετρον ἀνὰ ὥραν (1 km/h)

Οὕτως ὅταν λέγωμεν ὅτι ἡ ταχύτης ἑνὸς 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 ὁμιλῶμεν.

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 των, 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.

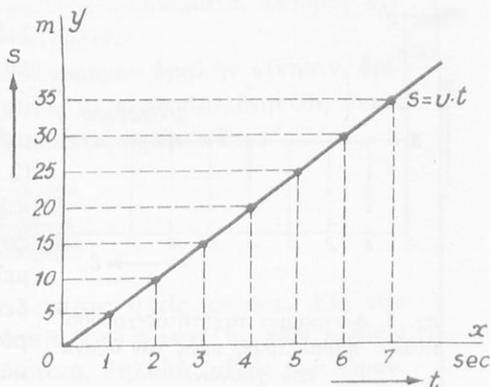
β) Νόμος τοῦ διαστήματος. Ἐάν ἐπιλύσωμεν τὸν τύπον τῆς ταχύτητος ὡς πρὸς s λαμβάνομεν :

$$s = v \cdot t$$

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 μετρυοῦσαν ταχύτητα v , ἴσην ἔστω πρὸς 5 m/sec . Μετὴν βοήθειαν τοῦ τύπου $s=v.t$, ὑπολογίζομεν τὰ διαστήματα, τὰ ὁποῖα διαγύονται ἀπὸ τὸ κινητὸν εἰς χρόνους 0 sec. , 1 sec. , 2 sec. , 3 sec. κ.λπ. καὶ καταστρώνομεν τὸν ἀκόλουθον πίνακα μετρήσεων :



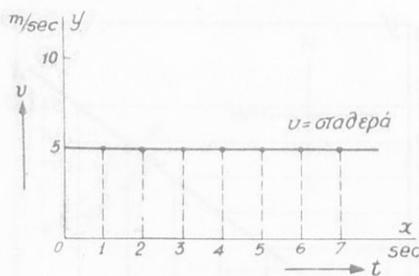
Σχ. 4. Διάγραμμα διαστήματος-χρόνου. Εὐθεῖα γραμμὴ διερχομένη ἀπὸ τὴν ἀρχὴν τῶν ἀξόνων.

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

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

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



Σχ. 5. Διάγραμμα ταχύτητας-χρόνου. Εύθεια παράλληλος προς τον άξονα των χρόνων. χαυτήτων και εις την ένδειξιν 5 m/sec του άξονος (σχ. 5). "Ωστε :

διὰ 5 m/sec. Έφ' όσον ή ταχύτης παραμένει σταθερά και ίση πρὸς 5 m/sec, τὰ διάφορα παραστατικά σημεϊα του επιπέδου (1 sec, 5 m/sec), (2 sec, 5 m/sec), (3 sec, 5 m/sec) κ.λπ. θα προβάλλονται εις τον άξονα των ταχυτήτων, εις τὸ σημειον τὸ αντιστοιχουν εις την ένδειξιν 5 m/sec. Έπομένως θα εύρισκονται επάνω εις μίαν εύθειαν κάθετον πρὸς τον άξονα των τα-

Τὸ διάγραμμα τῆς ταχύτητος ὡς πρὸς τον χρόνον εἶναι, εις την εύθύγραμμον ὁμαλήν κίνησην, εύθεια παράλληλος πρὸς τον άξονα των χρόνων.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Όταν ένα σώμα αλλάξει θέσιν εις τὸ διάστημα, σχετικῶς πρὸς ένα άλλο σώμα, λέγομεν ὅτι τὸ σώμα αὐτὸ κινεῖται. Τὸ σώμα ἡρεμεῖ ὅταν διατηρῆ συνεχῶς τὴν ἰδίαν θέσιν. Ἡ ἡρεμία ἐπομένως και ἡ κίνησις εἶναι έννοιαι σχετικαὶ και ἀποκτοῦν περιεχόμενον, ὅταν τὰς ἀναφέρωμεν εις σώματα, τὰ ὁποῖα θεωροῦμεν ὡς ἀκίνητα. Προσεκτικαὶ και λεπτομερεῖς παρατηρήσεις δεικνύουν ὅτι εις την Φύσιν ἡ κίνησις εἶναι ὁ κανὼν και ἡ ἡρεμία ἡ ἐξαιρέσις.

2. Εἰς ένα κινούμενον σώμα διακρίνομεν : α) τὴν τροχιάν, τὴν συνεχῆ δηλαδὴ γραμμὴν, τὴν ὁποῖαν λαμβάνομεν, ὅταν ἐνώσωμεν τὰς διαδοχικὰς θέσεις του κινητοῦ εις τὸ διάστημα, και ἡ ὁποῖα δύνатаι νὰ εἶναι εύθύγραμμος, 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 ἐχρειάσθη τὸ κινητὸν διὰ νὰ διανύσῃ τὸ διάστημα s.

3. Όταν τὸ κινητὸν ἔχη εύθύγραμμον τροχιάν και ἐνῶ κι-

νεΐται, διανύει εΐς ΐσους χρόνους ΐσα διαστήματα, λέγομεν οτι εκτελεΐ εϑϑύγραμμον ομαλήν κΐνησιν.

4. Ή ταχύτης v , εΐς τήν εϑϑύγραμμον ομαλήν κΐνησιν, ορί-
ζομεν τϑ πηλίκον τϑ διαστήματος s , τϑ οποιον διηνήθη εντϑς
χρόνου t , πρϑς τϑν χρόνον t . Ήπομένως ΐχωμεν οτι :

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

5. Ή ταχύτης μετρεΐται εΐς m/sec η εΐς cm/sec . Εΐς τήν
πρακτικήν ζωήν μετρεΐται εΐς km/h , ενϑ η ταχύτης τϑν πλοΐων
εκφράζεται εΐς κόμβους, εΐς ναυτικά, δηλαδή, μΐλια ανά ωραν.

6. Ήν λύσωμεν τϑν τύπον τής ταχύτητος ως πρϑς s λαμβά-
νομεν : $s = v \cdot t$.

7. Ή ο ΐδιος τύπος οταν λυθΐ ως πρϑς t δΐδει : $t = s/v$.

8. Ή ταχύτης εΐναι διανυσματικϑν μέγεθος.

9. Εΐς τήν εϑϑύγραμμον ομαλήν κΐνησιν ΐσχύουν οΐ ΐξΐς
δϑο νόμοι : α) τϑ διάνυσμα τής ταχύτητος παραμένει σταθερόν,
β) τὰ διανύόμενα διαστήματα εΐναι ανάλογα πρϑς τϑς χρόνους
κατά τϑς οποιϑς διηνήθησαν.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

1. Μΐα άμαξα διανύει $43,2 km$ εΐς 3 ώρας. Ποΐα εΐναι η ταχύτης αΐτης εΐς
 m/sec . (Ήπ. $4 m/sec$).

2. Ήνας ποδηλάτης διανύει εΐς 4 ώρας διάστημα $46 km$. α) Πόση εΐναι η
ταχύτης τϑυ ποδηλάτου. β) Πόσον διάστημα διανύει εΐς $1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$
ώρας. γ) Νά παραστήσητε γραφικϑς τήν σχέσιν μεταξϑ ταχύτητος και χρόνου,
δ) διαστήματος και χρόνου. (Ήπ. 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. Ή μέση απόστασις Σελήνης — Γης εΐναι $384.000 km$. Πόσον χρόνον θά
ΐχρειάζετο μΐα σφάϐρα πυροβόλου οπλου δια νά φθάση εΐς τήν Σελήνην, εαν διε-
τήρει σταθεράν τήν αρχικήν τής ταχύτητα, ΐσην με $800 m/sec$ (Ήπ. 5 ημέρας,
 13 ώρας, 20 πρϑτα λεπτά).

4. Πόσον χρόνον χρειάζεται τϑ φϑς, τϑ οποιον ΐχει ταχύτητα $300.000 km/sec$,
δια νά φθάση από τϑν Ήλιον εΐς τήν Γην, αν η απόστασις τϑν δϑο άστρων
εΐναι $150.000.000 km$. (Ήπ. $8 min$ και $20 sec$).

5 Δύο ποδηλάται κινούνται υπό ταχύτητας $18\ 325\ m/h$ και $18\ 328\ m/h$, είναι δέ προσδεδεμένοι 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 με 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 με τὸ ὁποῖον θά γίνῃ ἡ ἀνάφλεξις τῆς ἐκρηκτικῆς ὕλης, ἔχει μήκος $50\ cm$ καὶ καίεται ὑπὸ ταχύτητα $5\ cm/sec$. Πόση ἀπόστασις πρέπει νὰ χωρίζῃ τὴν ἀμαξοστοιχίαν ἀπὸ τὸ συνεργεῖον ἀνατάξεως τὴν στιγμὴν τῆς πυροδοτήσεως, ὥστε ἡ ἔκρηξις νὰ συμβῆ, ὅταν ἡ ἀτμομηχανὴ φθάσῃ ἐπάνω ἀπὸ τὴν ἐκρηκτικὴν ὕλην. ('Απ. $200\ m$.)

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

B' — 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 δείκτης 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, ἔκτελεῖ μεταβαλλομένην κίνησιν.

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

500 περίπου χιλιόμετρα και το αυτοκίνητόν μας, κινούμενον με μεταβαλλομένην κίνησιν, διανύει την απόστασιν αὐτήν, ἔστω εἰς 10 ὥρας.

Ἄς φαντασθῶμεν ὅτι ἓνα ἄλλον αὐτοκίνητον ἐκκινεῖ ἀπὸ τὰς Ἀθήνας ταυτοχρόνως μετὰ τὸ ἰδικόν μας καί, κινούμενον μετὰ ταχύτητα σταθεροῦ μέτρου, φθάνει συγχρόνως μετὰ ἡμᾶς εἰς τὴν Θεσσαλονίκην. Ἡ ταχύτης τοῦ δευτέρου αὐτοῦ αὐτοκινήτου, ἣτις θὰ ἔχη σταθερόν 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 ὅποιον ἐκτελεῖ μεταβαλλομένην κίνησιν. Ὡστε :

Μέση ταχύτης ἐνὸς κινήτου, τὸ ὅποιον ἐκτελεῖ μεταβαλλομένην κίνησιν, ὀνομάζεται ἢ σταθερὰ ταχύτης ἐνὸς ἄλλου κινήτου, διανύοντος τὸ αὐτὸ διάστημα μετὰ τὸ πρῶτον κινήτὸν καὶ εἰς τὸν ἴδιον μετὰ ἐκεῖνον χρόνον.

§ 12. Εὐθύγραμμος ὁμαλῶς μεταβαλλομένη κίνησις. Ἐπιτάχυνσις. Αἱ περισσότεραι κινήσεις, τὰς ὁποίας παρατηροῦμεν εἰς τὴν Φύσιν, εἶναι μεταβαλλόμεναι. Ὅταν ἐκκινή ἓνα αὐτοκίνητον, ἀρχικῶς ἢ ταχύτης του εἶναι πολὺ μικρά· ἀπὸ δευτερολέπτου εἰς δευτερολέπτον, ὅμως, μεγαλώνει καὶ τελικῶς σταθεροποιεῖται εἰς μίαν ὀρισμένην τιμὴν. Μέχρις ὅτου ἀποκτήσῃ σταθεράν 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 ἠρεμήσῃ, ἐκτελεῖ ἐπιβραδυνομένην κίνησιν.

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

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

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

Ἄπο τὰς τρεῖς περιπτώσεις 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 ἕνα αὐτοκίνητον, κινούμενον εἰς ἕνα εὐθύγραμμον δρόμον. Καὶ εἰς αὐτὴν ὁμως τὴν περίπτωσιν ὑπάρχουν πολλὰ δυνατότητες. Ἡμεῖς θὰ ἀρκεσθῶμεν εἰς τὴν εἰδικήν ἐκείνην ὑποπερίπτωσιν κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ ταχύτης μεταβάλλεται εἰς ἴσους χρόνους κατὰ τὸ αὐτὸ μέτρον. Εἰς χρόνους, π.χ. ἀνά 5 sec, μεταβάλλεται πάντοτε κατὰ 12 m/sec. Ἡ κίνησις 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.

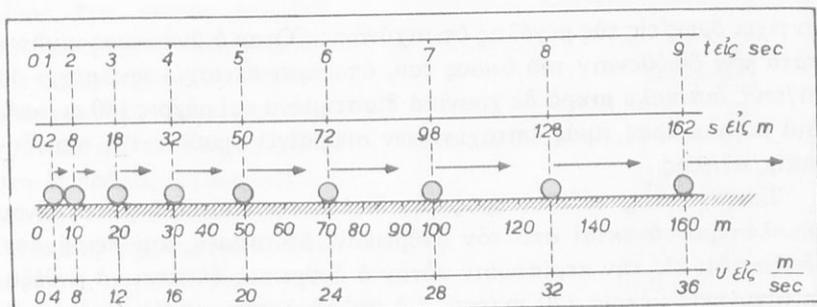
Ἐὰν ἡ σταθερὰ μεταβολὴ τῆς ταχύτητος εἶναι θετικὴ, ὁπότε ἡ ταχύτης ὑφίσταται συνεχῆ αὔξησιν, ἡ κίνησις λέγεται εὐθύγραμμος ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένη κίνησις. Ἐὰν ἡ σταθερὰ μεταβολὴ τῆς ταχύτητος εἶναι ἀρνητικὴ, ὁπότε ἡ ταχύτης ἐλαττοῦται ἀδιακόπως, ἡ κίνησις λέγεται εὐθύγραμμος ὁμαλῶς ἐπιβραδυνομένη κίνησις.

Ἡ εὐθύγραμμος ὁμαλῶς μεταβαλλομένη κίνησις εἶναι δυνατόν νὰ περιγραφῆ με ἀκρίβειαν, ἂν χρησιμοποιήσωμεν ἕνα 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.

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

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



Σχ- 6. Εὐθύγραμμος ὁμαλῶς ἐπιταχυνόμενη κίνησης σφαιράς με σταθεράν ἐπιτάχυνσιν $\gamma=4$ m/sec. Δεικνύεται ἡ σχέσις χρόνου, διαστήματος καὶ ταχύτητος.

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

Ἔχομεν συνεπῶς τὴν ἐξῆς ἔκφρασιν τῆς ἐπιταχύνσεως :

$$\text{ἐπιτάχυνσις} = \frac{\text{μεταβολὴ τῆς ταχύτητος}}{\text{ἀπαιτηθεὶς χρόνος}}$$

ἢ:

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

Μονάδες ἐπιταχύνσεως. Ὄταν ἡ ταχύτης μετρηῖται εἰς μέτρα ἀνά δευτερόλεπτον καὶ ὁ χρόνος εἰς δευτερόλεπτα, μονὰς ἐπιταχύνσεως εἶναι τό :

1 μέτρον ἀνά δευτερόλεπτον τετράγωνον (1 m/sec²)

Αὐτὸ σημαίνει ὅτι ἡ μεταβολὴ τῆς ταχύτητος εἶναι 1 m/sec εἰς ἕκαστον δευτερόλεπτον.

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

Χρησιμοποιοῦμεν ἐπίσης καὶ τὴν μονάδα :

1 ἑκατοστόμετρον ἀνά δευτερόλεπτον τετράγωνον (1 cm/sec²).

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

Ὁ ἀνθρώπινος ὄργανισμὸς ὑποφέρει τὰς μεγάλας ταχύτητας, δὲν

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 τιμᾶς ἐπιταχύνσεων συμβαίνει θραύσις τῆς σπονδυλικῆς στήλης.

Ἐπιταχύνσεις κάθετοι πρὸς τὴν διεύθυνσιν τοῦ ὕψους του, εἶναι εὐκολώτερον ἀνεκταὶ ἀπὸ τὸν ἄνθρωπον. Μετρήσεις καὶ πειράματα ἔδειξαν ὅτι εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ὁ ἄνθρωπος δύναται νὰ ἀνθέξῃ ἐπιταχύνσεις μέχρις 120 m/sec², διὰ πολλὰ λεπτά, χωρὶς νὰ ὑποστῇ βλάβας τὸ κυκλοφοριακὸν σύστημα ἢ νὰ συμβῆ ἀπώλεια τῶν αἰσθησεων.

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

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

Ὁ νόμος αὐτὸς διατυπώνεται καὶ μὲ τὴν σχέσιν :

$$v = \gamma \cdot t$$

ὅπου γ εἶναι ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς κινήσεως, t ὁ χρόνος διαρκείας τῆς κινήσεως καὶ v ἡ ταχύτης τοῦ κινητοῦ 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 ὅποιον 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. Ἐλευθέρα πτώσις τῶν σωμάτων. Πείραμα 1. Ἀφίνομεν νὰ πέσουν ταυτοχρόνως εἰς τὸ ἔδαφος, ἀπὸ ἓνα ὀρισμένον ὕψος, ἓνας

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

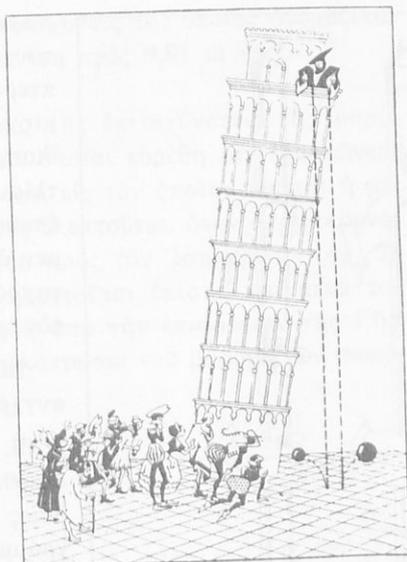
Ὁ Γαλιλαῖος ἔδειξε πρῶτος ὅτι αὐτὸ δὲν εἶναι ἀληθές (σχ. 7), μολονότι δὲν δύναται κανεὶς νὰ ἀμφισβητήσῃ τὴν ὀρθότητα τῆς παρατηρήσεως. Πραγματικῶς, ὅπως ἀπέδειξεν ὁ Γαλιλαῖος, εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ ἐλευθέρα πτώσις,

ἡ κίνησις δηλαδὴ τῶν διαφόρων σωμάτων πρὸς τὴν Γῆν, ὅταν τὰ σώματα ἀφθεοῦν ἐλεύθερα, ἐμποδίζεται ἀπὸ ἐξωτερικοὺς παράγοντας.

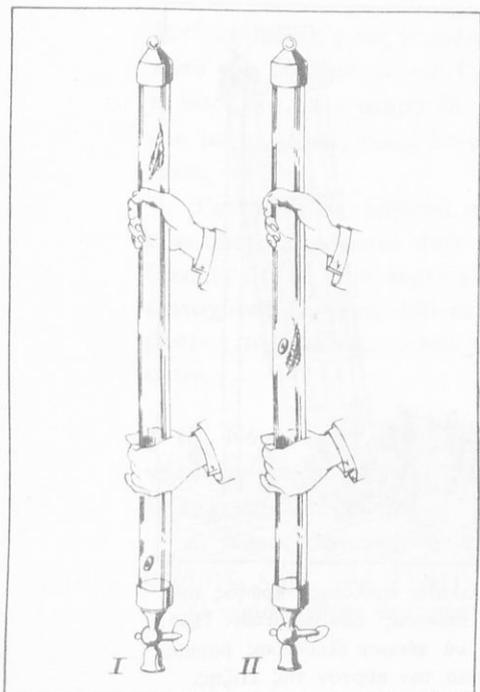
Ὅπως γνωρίζομεν, ἡ πτώσις τῶν σωμάτων εἶναι ἀποτέλεσμα τῆς ἑλκτικῆς δυνάμεως τὴν ὁποῖαν ἀσκεῖ ἐπ' αὐτῶν ὁ πλανήτης μας, ἔλκων αὐτὰ πρὸς τὸ κέντρον του. Ἄν ὅμως θελήσωμεν νὰ μελετήσωμεν τὴν κίνησιν, τὴν ὁποῖαν προκαλεῖ ἡ ἔλξις αὐτή, πρέπει νὰ ἐξουδετερώσωμεν τὰ αἷτια τὰ ὁποῖα τὴν ἀλλοιώνουν, κυριώτερον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

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

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



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



Σχ. 8. 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 ἐπιταχυνόμενη 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 διανυόμενα 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 μιὰν ἀεραντλίαν καί, ἀφοῦ ἀφαιρέσωμεν τὸν ἄερα, 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 .

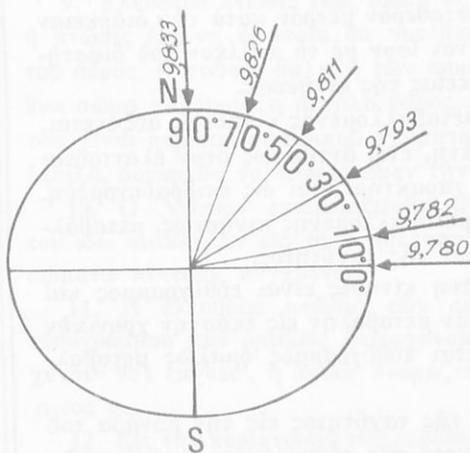
Με διάφορα πειράματα εὐρέθη ὅτι εἶναι :

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

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

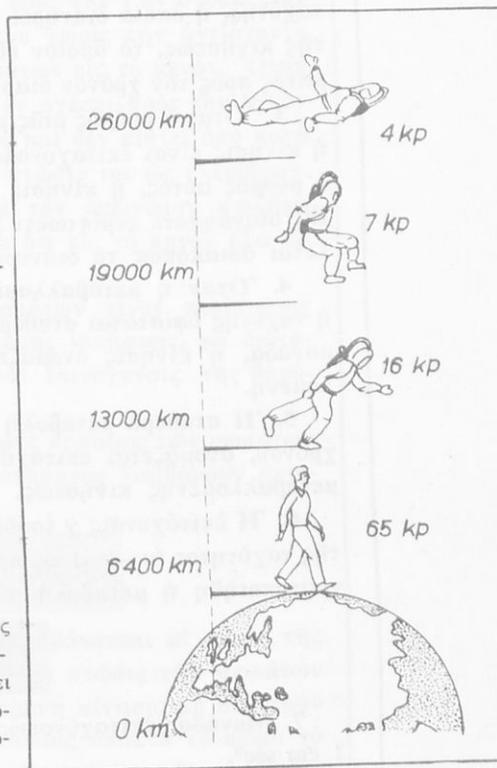
Σημείωσις 1. Ἀκριβεῖς μετρήσεις τῆς ἐπιτάχυνσεως τῆς βαρύτητος ἔδωσαν διαφορετικὰς τιμάς, αἱ ὁποῖαι εὐρέθη ὅτι ἐξαρτῶνται ἀπὸ τὸ γεωγραφικὸν πλάτος τοῦ τόπου, εἰς τὸν ὁποῖον γίνεται ἡ μέτρησις. Ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς βαρύτητος ἐλαττοῦται, ὅταν ἀπομακρυνόμεθα ἀπὸ τοὺς Πόλους καὶ κινούμεθα πρὸς τὸν Ἴσημερινὸν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

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



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

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



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

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο Σ Ι Σ

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

2. Εἰς τὴν μεταβαλλομένην κίνησιν χρήσιμος εἶναι ἡ μέση ταχύτης, ἡ 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 ἐπιταχυομένη, ἐνῶ ἀντιθέτως ὅταν ἐλαττοῦται ὁ ρυθμὸς αὐτός, ἢ κίνησις χαρακτηρίζεται ὡς ἐπιβραδυνομένη. Εἰς οἰανδήποτε περίπτωσιν μεταβαλλομένης κινήσεως, μεταβάλλεται ἀδιακόπως τὸ διάνυσμα τῆς ταχύτητος.

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

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

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

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

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

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

$$v = \gamma \cdot t$$

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

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

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

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

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

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

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

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

γ) Τὰ διανυόμενα διαστήματα είναι ανάλογα πρὸς τὰ τετράγωνα τῶν χρόνων τῆς πτώσεως.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

9. Πόσον διάστημα διανύει εἰς 6 ὥρας ἓνα αὐτοκίνητον τὸ ὁποῖον τρέχει μὲ μέσην ταχύτητα 70 km/h . (Ἐπ. 420 km.)
10. Ἡ ταχύτης ἐνὸς σώματος ἀυξάνεται ἐντὸς χρόνου 5 sec ἀπὸ 90 m/sec εἰς 160 m/sec . Πόση εἶναι ἡ ἐπιτάχυνσις τοῦ σώματος. (Ἐπ. 14 m/sec^2 .)
11. Ἐπάνω 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 ἔναρξιν τῆς κινήσεως καὶ πόσον διάστημα ἔχει διανύσει τὸ σῶμα κατ' αὐτὸν τὸν χρόνον. (Ἐπ. α' 48 cm/sec . β' $1,92 \text{ m}$.)
12. Ἐνα αὐτοκίνητον ἐκκινεῖ ἀπὸ τὴν ἠρεμίαν καὶ κινούμενον μὲ ὁμαλῶς ἐπιταχνομένην κίνησιν ἀποκτᾷ ἐντὸς 12 sec ταχύτητα 30 km/h . α) Πόση εἶναι ἡ ἐπιτάχυνσις τοῦ ὀχήματος καὶ β) πόσον τὸ διανυθὲν διάστημα κατὰ τὸν χρόνον αὐτόν. (Ἐπ. α' $0,694 \text{ m/sec}^2$. β' 50 m .)
13. Ἐνα σῶμα ἐκκινεῖ ἀπὸ τὴν ἠρεμίαν καὶ κινεῖται μὲ σταθερὰν ἐπιτάχυνσιν 6 cm/sec^2 . Νὰ εὑρεθῇ πόσον διάστημα διήρυσσε τὸ κινητὸν εἰς χρόνον 20 sec . (Ἐπ. 12 m .)
14. Ἐνα σῶμα ἐκκινεῖ ἀπὸ τὴν ἠρεμίαν καὶ κινεῖται μὲ ὁμαλῶς ἐπιταχνομένην κίνησιν, ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς ὁποίας εἶναι 5 cm/sec^2 . Μετὰ πόσον χρόνον θὰ ἔχη διανύσει διάστημα 10 m . (Ἐπ. 20 sec .)
15. Πόση εἶναι ἡ ἐπιτάχυνσις ἐνὸς συρμοῦ, ὁ ὁποῖος ἐκκινεῖ ἐκ τῆς ἠρεμίας καὶ ἐπιταχνομένος ὁμαλῶς διανύει εἰς χρόνον 1 min διάστημα 540 m καὶ πόση εἶναι ἡ ταχύτης τοῦ συρμοῦ τὴν στιγμὴν ἐκείνην. (Ἐπ. $0,3 \text{ m/sec}^2$, 18 m/sec .)
16. Ἐνας σιδηροδρομικὸς συρμὸς κινεῖται μὲ εὐθύγραμμον ὁμαλῶς μεταβαλλομένην κίνησιν, ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς ὁποίας εἶναι $2/5 \text{ m/sec}^2$. Μετὰ ἀπὸ πόσον χρόνον θὰ ἔχη ἀποκτήσει τὴν κανονικὴν του ταχύτητα 22 m/sec καὶ πόσον διάστημα θὰ ἔχη διανύσει ἕως τότε. (Ἐπ. α' 55 sec . β' 605 m .)
17. Διὰ νὰ ὑπολογίσωμεν τὸ ὕψος ἐνὸς πύργου, μετροῦμεν τὸν χρόνον πτώσεως ἐνὸς λίθου, ὁ ὁποῖος ἀνέρχεται εἰς $3,6 \text{ sec}$. Μὲ πόσην ταχύτητα συναντᾷ ὁ λίθος τὸ ἔδαφος καὶ πόσον ὕψος ἔχει ὁ πύργος ($g = 9,81 \text{ m/sec}^2$). (Ἐπ. $63,57 \text{ m}$.)
18. Εἰς πόσον χρόνον καὶ ἀπὸ πόσον ὕψος πίπτει ἓνα σῶμα, ὅταν συναντᾷ τὸ ἔδαφος μὲ ταχύτητα 50 m/sec ($g = 10 \text{ m/sec}^2$). (Ἐπ. 5 sec , 125 m .)

19. Ὁ πύργος τοῦ "Αἰφελ ἔχει ὕψος 300 m. Πόσον χρόνον χρειάζεται εἰς ἕνα λίθος πύπτων ἐλευθέρως ἀπὸ τὴν κορυφὴν τοῦ πύργου, διὰ τὴν φθάση εἰς τὸ ἔδαφος καὶ μὲ πόσην ταχύτητα συναντᾷ τὸ ἔδαφος ($g = 10 \text{ m/sec}^2$).

(Ἐπ. 7,75 sec περίπου, 77,46 m/sec.)

20. Ἀπὸ ποῖον ὕψος πρέπει νὰ ἀφεθῆ νὰ πέση ἐλευθέρως ἕνα ἄτομον, διὰ τὴν φθάση εἰς τὸ ἔδαφος μὲ τὴν ταχύτητα τῶν 7 m/sec, μὲ τὴν ὁποίαν φθάνει εἰς τὴν Γῆν ἕνας ἀλεξιπτωτιστής. (Ἐπ. 2,45m.)

Γ'— ΑΔΡΑΝΕΙΑ. ΘΕΜΕΛΙΩΔΗΣ ΑΡΧΗ ΤΗΣ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ

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

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

Αἱ δυνάμεις προκαλοῦν τὰς μεταβολὰς τῆς κινητικῆς καταστάσεως τῶν σωμάτων.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

§ 20. Ἀποτελέσματα τῆς ἀδρανείας.

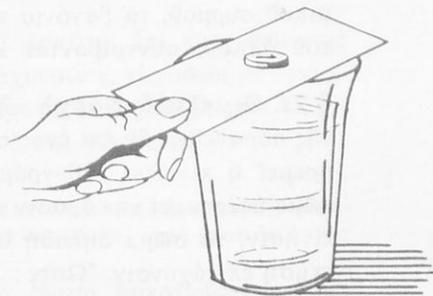
α) Ἐάν ἓνα κινούμενον ὄχημα ἀκίνητοποιηθῆ ἀποτόμως, οἱ ἐπιβάται κλίνουν πρὸς τὰ ἐμπρός, ὅσοι δὲ ἀπὸ τοὺς ὀρθίους δὲν στηρίζονται εἰς τὰς χειρολαβὰς, πίπτουν ὁ ἓνας ἐπὶ τοῦ ἄλλου, διατρέχοντες κίνδυνον τραυματισμοῦ. Ἀντιθέτως ἂν ἓνας ἄπειρος ὀδηγὸς προκαλέσῃ ἀπότομον ἐκκίνησιν, οἱ ἐπιβάται πίπτουν πρὸς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

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

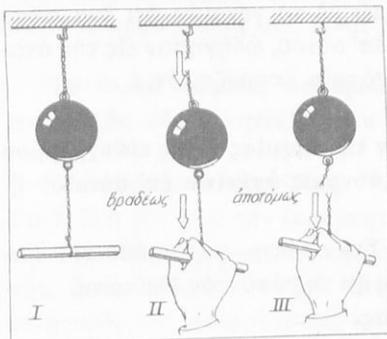
γ) Εἰς τὰ χεῖλη ἑνὸς ποτηρίου ὑπάρχει ἓνα τεμάχιον χαρτονίου καὶ ἐπ' αὐτοῦ ἓνα νόμισμα (σχ. 11). Ἄν σύρωμεν βραδέως τὸ χαρτόνιον, τὸ νόμισμα θὰ παραμείνῃ εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ χαρτονίου. Ἄν ὅμως σύρωμεν ἀποτόμως, τὸ νόμισμα δὲν θὰ παραμείνῃ ἐπὶ τοῦ χαρτονίου ἀλλὰ θὰ πέσῃ ἐντὸς τοῦ ποτηρίου. Εἰς τὴν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

δ) Δένομεν μίαν βαρεῖαν σφαῖραν μὲ λεπτὸν νῆμα, τοιοῦτον ὥστε νὰ μὴ θραύεται ἀπὸ τὸ βάρος τῆς, 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 ὁποίαν 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 θραύεται τὸ ἐπάνω σχοινίον. "Αν ἔλξωμεν ἀποτόμως, τὸ κάτω σχοινίον.

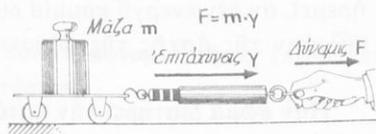
ἔνα ἀκλόνητον στήριγμα. "Αν σύρωμεν μὲ σχοινίον τὴν σφαῖρα πρὸς τὰ κάτω θὰ συμβοῦν τὰ ἑξῆς : 1) ἂν ἔλξωμεν βραδέως θὰ θραυσθῆ τὸ ἐπάνω σχοινίον, 2) ἂν ἔλξωμεν ἀποτόμως, θραύεται ὁ κατώτερος κλάδος τοῦ σχοινίου (σχ. 12).

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

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

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

Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι ἡ δύναμις F , ἥτις ἐνεργεῖ



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

ἐπὶ ἑνὸς σώματος, ἡ μᾶζα m τοῦ σώματος καὶ ἡ ἐπιτάχυνσις γ , τὴν ὁποίαν ἀποκτᾷ τὸ σῶμα ἀπὸ τὴν δρᾶσιν τῆς δυνάμεως, πρέπει νὰ συνδέωνται μὲ μίαν 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 βᾶρος του, ὁπότε ἔχομεν :

$$B = m \cdot g$$

Ἀπὸ τὴν θεμελιώδη ἀρχὴν τῆς Δυναμικῆς συμπεραίνομεν τὰ ἑξῆς:

α) Ὅταν ἐπὶ ἑνὸς σώματος ἐνεργήσουν διάφοροι δυνάμεις, αἱ ἐπιταχύνσεις 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.

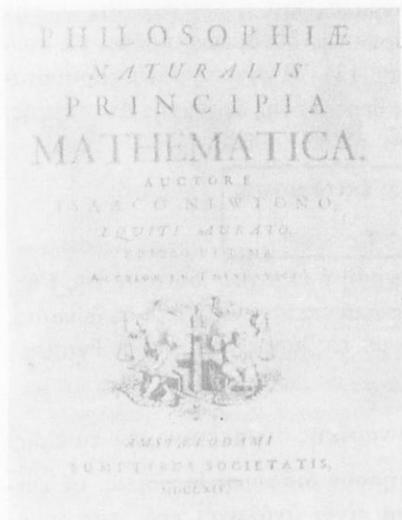
β) Ὅταν μία ὀρισμένη δύναμις ἀσκήται ἐπὶ διαφόρων σωμάτων, τότε αἱ ἐπιταχύνσεις, τὰς ὁποίας προσδίδει ἡ δύναμις αὕτη, εἶναι ἀντιστροφῶς ἀνάλογοι πρὸς τὴν μᾶζαν τῶν σωμάτων.

Δηλαδή ἂν μία ὀρισμένη δύναμις F ἀσκήται ἐπὶ ἑνὸς σώματος μάζης 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 μίαν δύναμιν. Δι' αὐτὸ ὅταν παύσῃ νὰ ἐνεργῇ ἡ δύναμις ἡ κίνησις παύει».

Τὴν ἀντίληψιν αὕτην κατεπολέμησε 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 ἀπαραιτήτους καὶ ἀναγκαίαις συνθήκας τῆς ἰσορροπίας. Ὁ Νεύτων ὁ θεμελιωτὴς τῆς Δυναμικῆς, τῆς Φυσικῆς δηλαδή ἐπιστήμης ἡ ὁποία ἐξετάζει τὰ κινήσεις, μελετῶσα τὰς σχέσεις αἷτινες ὑφίστανται μεταξὺ δυνάμεων καὶ ἐπιταχύνσεων, συνεπλήρωσε καὶ ἀνεμόρφωσε τὴν διδασκαλίαν τοῦ Γαλιλαίου. Τὸ 1686 ἐξέδωκε τὸ περίφημον ἔργον του «Philosophiæ naturalis principia mathematica» (Μαθηματικά ἀρχαὶ τῆς φυσικῆς φιλοσοφίας), εἰς τὸ ὁποῖον περιέχονται καὶ αἱ τρεῖς βασικαὶ ἀρχαὶ τῆς Φυσικῆς, αἱ ὁποῖαι εἶναι γνωσταὶ καὶ μὲ τὴν ὀνομασίαν, «ἀξιώματα τοῦ Νεύτωνος». Αἱ θεμελιώδεις ἀρχαὶ δὲν ἀποδεικνύονται θεωρητικῶς. Συμφωνοῦν ὁμως μὲ τὴν λογικὴν, ὀδηγοῦν εἰς ὀρθὰ συμπεράσματα καὶ ἐπιδέχονται πειραματικὴν ἐπαλήθευσιν.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Αἱ μεταβολαὶ τῆς κινητικῆς καταστάσεως τῶν σωμάτων προκαλοῦνται ἀπὸ τὴν δρᾶσιν ἐξωτερικῶν δυνάμεων. Τὰ ὕλικά σώματα ἀντιδρῶν ὁμως καὶ προβάλλουν ἀντίστασιν εἰς πᾶσαν δόναμιν, ἐπιδιώκουσαν νὰ μεταβάλη τὴν κινητικὴν τῶν καταστάσιν.

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

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

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

5. Ἡ μᾶζα m ἑνὸς 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 ἕνα σῶμα ἐπιτάχυνσιν 6 m/sec^2 . Πόση εἶναι ἡ μᾶζα τοῦ σώματος.
(Ἀπ. 50 kg .)

24. Πόσον εἶναι τὸ βάρος ἑνὸς 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 ἕνα ἠλεκτροκινητῆρα, ὁ ὁποῖος τοῦ ἀναπτύσσει ταχύτητα $1,8 \text{ m/sec}$ ἐντὸς χρόνον $1,5 \text{ sec}$. α) Πόση εἶναι ἡ ἐπιτάχυνσις τοῦ γερανοῦ. β) Πόση εἶναι ἡ ἐλκτικὴ δύναμις τοῦ κινητῆρος.
(Ἀπ. α' $1,2 \text{ m/sec}^2$. β' $342,6 \text{ Kp}$.)

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

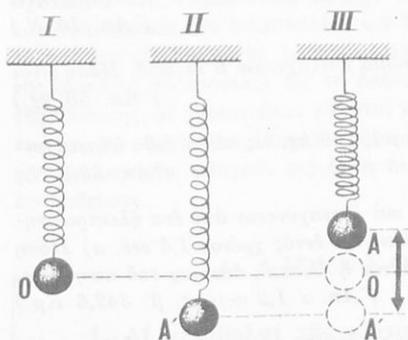
27. Πόσος χρόνος ἀπαιτεῖται διὰ νὰ προσδώσωμεν εἰς ἕνα γερανόν, βάρους 8100 kp , ταχύτητα 75 m/min , ἀσκοῦντες δύναμιν 860 kp .
(Ἀπ. $1,2 \text{ sec}$.)

§ 23. Περιοδικά φαινόμενα. Εἰς τὴν Φύσιν συμβαίνει ἕνα πλῆθος φαινομένων, τὰ ὅποια 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 ὅποιον ἐξελίσσεται ἐντὸς ὀρισμένου χρόνου καὶ ἐπαναλαμβάνεται ἀδιακόπως κατόπιν κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον.

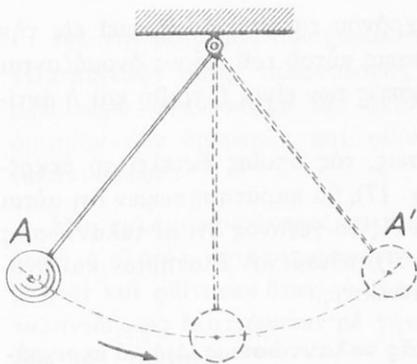
§ 24. Ταλάντωσις. Πείραμα 1. Θεωροῦμεν ἕνα μικρὸν σφαιρίδιον, τὸ ὅποιον συγκρατεῖται ἀπὸ ἕνα ἐλατήριον, στερεωμένον εἰς τὸ ἄλλον ἄκρον του ἀπὸ ἕνα ἀκλόνητον σημεῖον (σχ. 15). Ὄταν ἡρεμήσῃ τὸ σύστημα, διατείνομεν τὸ ἐλατήριον, ἀπομακρύνοντες τὸ σφαιρίδιον ἀπὸ τὴν θέσιν ἰσορροπίας, ἔλκοντες αὐτὸ πρὸς τὰ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



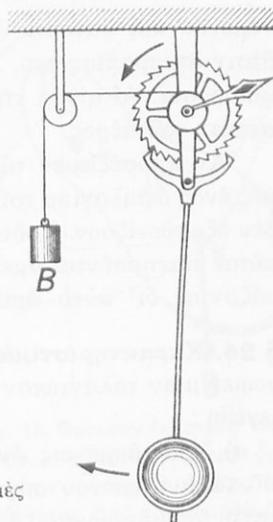
Σχ. 15. Τὸ συγκρατούμενον ἀπὸ τὸ ἐλατήριον σφαιρίδιον ἐκτελεῖ ταλάντωσιν.

Παρατηρήσωμεν τότε μίαν παλινδρομικὴν κίνησιν τοῦ σφαιριδίου, μεταξὺ δύο ἁκραίων θέσεων A καὶ A', αἱ ὅποιαi ἀπέχουν τὴν αὐτὴν ἀπόστασιν ἀπὸ τὴν θέσιν ἰσορροπίας O.

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



Σχ. 16. Κινούμενον άπλοϋν έκκρεμές.



Σχ. 17. Κινούμενον έκκρεμές
ώρολογίου τοίχου.

πρός την θέσιν ίσορροπίας του, με όλονέν αύξανομένην ταχύτητα διέρχεται από την θέσιν ίσορροπίας και συνεχίζει την κίνησίν του, με όλονέν έλαττουμένην ταχύτητα, μέχρις ότου άνυψωθῆ και φθάσῃ εις μίαν θέσιν A' , συμμετρικήν τῆς A , ως προς την κατακόρυφον ἥτις διέρχεται από την θέσιν ίσορροπίας. Εἰς την θέσιν αὐτήν ἠρμεῖ ἐπιστρέφον πρὸς την θέσιν A καὶ τὸ φαινόμενον συνεχίζεται.

Εἶναι βέβαιον ὅτι καὶ εἰς τὰς δύο περιπτώσεις πρόκειται διὰ μεταβαλλομένης κινήσεις, διότι ἡ ταχύτης μεταβάλλει, κατὰ την διάρκειαν τοῦ φαινομένου, καὶ ἀριθμητικὴν τιμὴν καὶ διεύθυνσιν. Τὸ ἰδιαιτερον ὅμως χαρακτηριστικὸν εἰς τὰς κινήσεις αὐτὰς εἶναι ὅτι τὰ σώματα ἐκτελοῦν περιοδικὴν κίνησιν μεταξύ δύο ἀκραίων σημείων τῆς τροχιάς των, εἰς τὰ ὅποια μηδενίζεται στιγμιαίως ἡ ταχύτης. Κινήσεις αὐτοῦ τοῦ εἴδους ὀνομάζονται ταλαντώσεις. Ὡστε :

Ταλαντώσεις ὀνομάζονται περιοδικαὶ παλινδρομικαὶ κινήσεις, αἱ ὅποια ἐκτελοῦνται μεταξύ δύο ἀκραίων θέσεων τῆς τροχιάς ἐνὸς κινήτου.

§ 25. Ἀμείωτος καὶ φθίνουσα ταλάντωσης. Τὰ ἀνωτέρω πειράματα δεῖκνύουν ὅτι αἱ ταλαντώσεις ἐξασθενίζουν κατὰ την ἐξέλιξιν τοῦ φαι-

νομένου καί κατόπιν ὀρισμένου χρόνου τὸ κινητὸν ἡρεμεῖ εἰς τὴν θέσιν ἰσορροπίας του. Αἱ ταλαντώσεις αὐτοῦ τοῦ εἴδους ὀνομάζονται φθίνουσαι. Αἱ αἰτίαι τῆς ἐξασθενήσεώς των 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 ἐξασθενίζουσι. Τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὸ γεγονός 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) Ἐπομάκρυνσις 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 ἀκρῆς θέσεις τῆς τροχιάς του, ὀνομάζεται πλάτος τῆς ταλαντώσεως.

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

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

δ) Συχνότης ν 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 ν ἐκτελεῖ ν ταλαντώσεις ἐντὸς χρόνου 1 sec. Συνεπῶς διὰ μίαν ταλάντωσιν χρειάζεται χρόνον $1/\nu$. Ἄλλὰ ὁ χρόνος μιᾶς ταλαντώσεως εἶναι ἡ περίοδος T τῆς ταλαντώσεως αὐτῆς. Ἐπομένως θὰ ἔχωμεν ὅτι :

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

Με τὴν 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 ἐκκρεμές. Εἰς τὴν φυσικὴν ὀνομάζομεν ἐκκρεμές πᾶν βαρὺ σῶμα, τὸ ὁποῖον δύναται νὰ κινηθῇ περὶ ὀριζόντιον ἄξονα, ὁ ὁποῖος δὲν διέρχεται ἀπὸ τὸ κέντρον βάρους του (σχ. 18).

Τὸ ἐκκρεμές αὐτὸ ὀνομάζεται ἰδιαιτέρως φυσικὸν ἐκκρεμές.

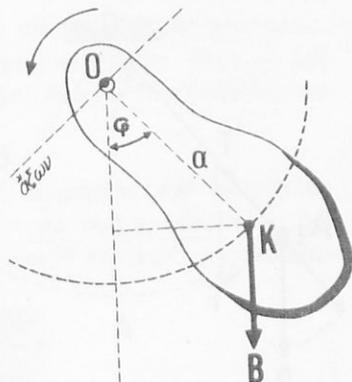
Ἄν θεωρήσωμεν ὅλην τὴν μᾶζαν τοῦ ἐκκρεμοῦς συγκεντρωμένην εἰς ἓνα σημεῖον, ὅπως συμβαίνει περίπου μετὰ μίαν βαρεῖαν σφαῖραν μικρῆς ἀκτίνος, ἢ ὁποῖα εἶναι ἐξηρητημένη μετὰ ἓνα ἐλαφρὸν καὶ μὴ ἐκτατὸν νῆμα, ἀπὸ ἓνα ἀκλόνητον στηρίγμα, τότε ἔχομεν κατασκευασεῖ ἓνα ἀπλοῦν ἢ μαθηματικὸν ἐκκρεμές. Ὡστε :

Ἄπλοῦν ἢ μαθηματικὸν ἐκκρεμές ὀνομάζεται μία διάταξις, ἢ ὁποῖα περιλαμβάνει μίαν μικρὰν βαρεῖαν σφαῖραν, ἐξηρητημένην μετὰ ἐλαφρὸν καὶ μὴ ἐκτατὸν νῆμα ἐξ ἑνὸς ἀκλόνητου στηρίγματος.

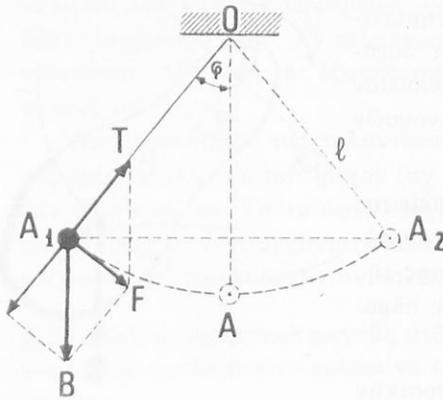
§ 28. Χαρακτηριστικὰ μεγέθη τοῦ ἐκκρεμοῦς. Ἡ ἀπόστασις τοῦ κέντρον τῆς σφαῖρας ἀπὸ τὸ ἀκλόνητον σημεῖον ἐξαρτήσεως ὀνομάζεται μῆκος τοῦ ἐκκρεμοῦς καὶ παριστᾶται μετὰ τὸ γράμμα l (σχ. 19).

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

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



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



Σχ. 19. Το έκκρεμὸς 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 έκκρεμὸς 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 έκκρεμοῦς ἐνεργοῦν δύο δυνάμεις. Τὸ βάρος B τοῦ έκκρεμοῦς, 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 ὅμως τοῦ σφαιριδίου, ἀυξάνεται ὁλονὲν ἡ γωνία τῶν B καὶ T, μὲ ἀποτέλεσμα νὰ σμικρύνεται ἡ συνισταμένη των. Εἰς τὴν θέσιν ἰσορροπίας αἱ B καὶ T εἶναι ἴσαι καὶ ἀντίθετοι καὶ ἡ συνισταμένη των μηδενίζεται· τὸ σφαιρίδιον ὅμως, λόγῳ ἀδρανείας, συνεχίζει τὴν κίνησίν του, ὁπότε αἱ B καὶ T σχηματίζουν καὶ πάλιν γωνίαν, ἡ συνισταμένη

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

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

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

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

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

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

Οἱ νόμοι τοῦ ἔκκρεμοῦς εἶναι οἱ ἀκόλουθοι :

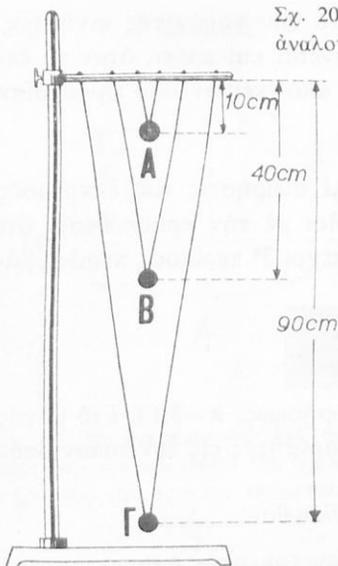
α) Ἡ περίοδος τοῦ ἔκκρεμοῦς εἶναι ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὸ πλάτος.

Πειραματικὴ ἀπόδειξις. Θέτομεν εἰς αἰώρησιν τὸ ἔκκρεμὲς 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 ἔκκρεμοῦς. Κατόπιν μὲ τὸν ἴδιον τρόπον ὑπολογίζομεν τὴν περίοδον τοῦ ἔκκρεμοῦς διὰ ἓνα ἄλλο, μικρὸν πλάτος, διάφορον ἀπὸ τὸ πρῶτον. Συγκρίνοντας τοὺς χρόνους τῶν δύο περιόδων εὐρίσκομεν αὐτοὺς περίπου ἴσους.

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

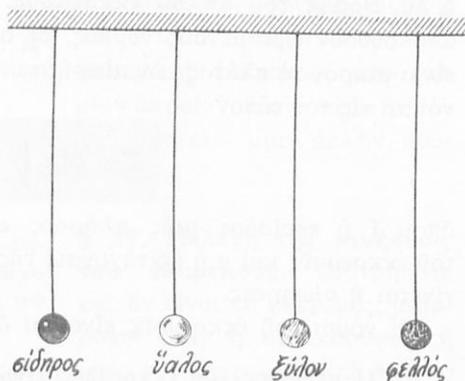
Πειραματικὴ ἀπόδειξις. Θέτομεν ταυτοχρόνως εἰς αἰώρησιν, μὲ τὸ αὐτὸ μικρὸν πλάτος, τρία ὅμοια ἔκκρεμῆ, τῶν ὁποίων τὰ μήκη εἶναι 10 cm, 40 cm, 90 cm (σχ. 20), δηλαδὴ ὡς οἱ ἀριθμοὶ 1, 4, 9. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι ἡ περίοδος τοῦ δευτέρου ἔκκρεμοῦς εἶναι διπλασία, τοῦ δὲ τρίτου τριπλασία ἀπὸ τὴν περίοδον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

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



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

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



Πειραματικὴ ἀπόδειξις. Ἄν ἐξαρτήσωμεν ἐξ ἐνὸς ὑποστηρίγματος διάφορα ἐκκρεμῆ μετὰ τὸ αὐτὸ μῆκος, ἀπὸ διαφορετικὴν ὅμως οὐσίαν κατασκευασμένα, ὅπως π.χ. σφαιρίδια ἀπὸ μόλυβδον, σίδηρον, 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 ἐκκρεμοῦς εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὴν τετραγωνικὴν ρίζαν τῆς ἐπιταχύνσεως τῆς βαρύτητος.

Πειραματικὴ ἀπόδειξις. Θέτομεν εἰς αἰώρησιν ἕνα ἐκκρεμὸς μετὰ σιδηροῦν σφαιρίδιον καὶ μετὰ τὸ χρονόμετρον προσδιορίζομεν τὴν περίοδον του. Ἀκολουθῶντες χρησιμοποιοῦντες ἕνα 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 ἥμισυ τῆς ἀρχικῆς περιόδου.

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

ισόχρονον τῶν αἰωρήσεων μικροῦ πλάτους, τὸ ὅτι δηλαδὴ αἱ αἰωρήσεις μικρῶν πλατῶν γίνονται εἰς ἴσα χρονικὰ 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 τους 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.

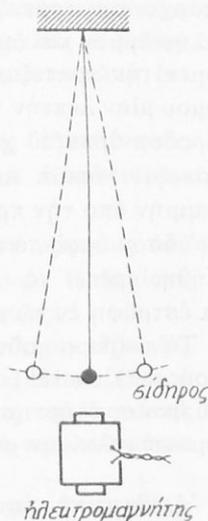
β) Μέτρησις τῆς ἐπιτάχυνσεως τῆς βαρύτητος. Λύοντες τὸν τύπον τοῦ ἐκκρεμοῦς ὡς πρὸς g , διαδοχικῶς λαμβάνομεν:

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

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

γ) Ἀπόδειξις τῆς περιστροφῆς τῆς $G\etaς$. Τὸ ἐπίπεδον, ἐπὶ τοῦ ὁποίου ἐκτελοῦνται αἱ αἰωρήσεις τοῦ ἐκκρεμοῦς, διατηρεῖται σταθερόν.

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



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

υπάρχει μία τράπεζα, ή επιφάνεια τής οποίας είναι κεκαλυμμένη με φιλήν άμμον και δύναται να άνυψώνεται με ειδικήν διάταξιν. Άνυψώνομεν τήν τράπεζαν ώστε ή άκίς του έκκρεμοϋς να χαράξη επί τής άμμου μίαν λεπτήν γραμμήν και άκολουθως τήν καταβιβάζομεν. Μετά πάροδον άρκετου χρόνου (π.χ. μιᾶς ώρας) άνυψώνομεν εκ νέου τήν τράπεζαν, όποτε παρατηροϋμεν ότι ή άκίς χαράζει διαφορετικήν γραμμήν από τήν πρώτην επί τής άμμου, αί δέ δύο γραμμαι τέμνονται. 'Εφ' όσον όμως τό επίπεδον τών αιώρησεων του έκκρεμοϋς δέν μετεβλήθη, πρέπει να συμπεράνωμεν ότι έστράφη τό δάπεδον, δηλαδή ότι έστράφη εν τῷ μεταξύ ή Γῆ.

Τό πείραμα τουτο εξετέλεσε διά πρώτην φοράν ό Γάλλος Φουκά (Foucault) τό 1851 εις τό Πάνθεον τών Παρισίων, από τήν όροφήν του όποιου εξήρτησε σύρμα μήκους 67 m και εις τήν άκρην του προσήρμοσε χαλκίνην σφαίραν μάζης 28 kg.

Άριθμητική εφαρμογή. Πόσον είναι τό μήκος ενός έκκρεμοϋς, τό όποιον διά μίαν άπλήν αιώρησιν χρειάζεται χρόνον 1 sec.

Λύσις. Έφαρμόζοντες τόν τύπον

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

άφου προηγουμένως επιλύσωμεν αυτόν ως πρός l , θα έχωμεν:

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

Άντικαθιστώντες τάς τιμάς τών $g = 9,81 \text{ m/sec}^2$, $T = 2 \text{ sec}$, $\pi = 3,14$ εύρίσκομεν ότι: $l = 0,994 \text{ m}$.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Περιοδικόν φαινόμενον ονομάζεται τό φαινόμενον εκείνο, τό όποιον επαναλαμβάνεται κατά τόν ίδιον άκριβῶς τρόπον, εντός ώρισμένου χρόνου.

2. Αί περιοδικαί παλινδρομικαί κινήσεις, αί όποιαί εκτελοϋνται μεταξύ δύο άκράιων θέσεων τής τροχιάς ενός κινητου, ονομάζονται ταλαντώσεις.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

τος, ακολουθούν ώρισμένους νόμους οι οποίοι περιλαμβάνονται εις τὸν τύπον :

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

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

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

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

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

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

Ε—ΚΥΚΛΙΚΗ ΚΙΝΗΣΙΣ

§ 32. Γενιcότητες και ορισμοί. α) Έως τώρα ήσυχολήθημεν με εϋθυγράμμους κυρίως κινήσεις. Ένα άλλο είδος κινήσεων είναι αί κυκλικαί (σχ. 23).

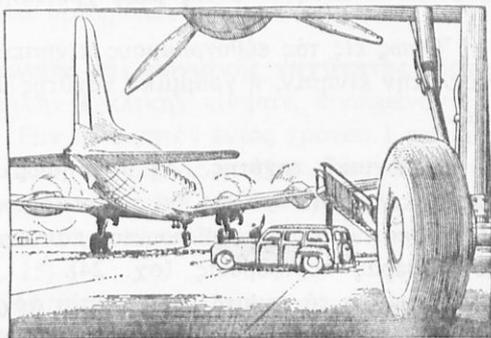
Είς όλας τās μηχανάς, αί όποιαί χρησιμοποιούν ήμάντας διά τήν μετάδοσιν τών κινήσεων ή όδοντωτούς τροχούς, συμβαίνουν κυκλικαί κινήσεις. Αί κινήσεις αϋται είναι περιοδικαί εις τās όποιας τó κινητόν διαγράφει κινούμενον, περιφέρειαν κύκλου ή τόξον περιφερείας. Άπό τó πληθος τών κυκλικών κινήσεων ιδιαίτερον ένδιαφέρον παρουσιάζει ή κυκλική εκείνη κίνηση, κατά τήν όποίαν τó κινητόν διαγράφει ίσα τόξα εις ίσους χρόνους. Έ ή κυκλική αϋτή κίνησης όνομάζεται τότε όμαλή. Όστε :

Όμαλή κυκλική κίνησης όνομάζεται ή κυκλική εκείνη κίνησης κατά τήν όποίαν τó κινητόν διανύει εις ίσους χρόνους ίσα τόξα τής κυκλικής τροχιās του.

β) Διά νά διανύση όλόκληρον τήν περιφέρειαν τó κινητόν, χρειάζεται έναν ώρισμένον χρόνον T , ό όποιος ίσοϋται με τήν περίοδον τής κυκλικής κινήσεως. Όστε :

Περίοδος μιās όμαλής κυκλικής κινήσεως όνομάζεται ό χρόνος κατά τόν όποιον τó κινητόν όλοκληρώνει μιάν περιστροφήν.

Έ ή κίνησης τής Γής περι τόν άξονά της είναι όμαλή κυκλική κίνησης με περίοδον 24 ώρων. Έ ή κίνησης τής Γής περι τόν Ηλιον είναι περίπου κυκλική με περίοδον ένός έτους.



Σχ. 23. Είς τά διάφορα μεταφορικά μέσα εκμεταλλευόμεθα τήν κυκλικήν κίνησην τών τροχών.

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

Συχνότης ἑνὸς 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 ἀνὰ δευτερόλεπτον (c/sec) ὅταν ἡ περίοδος μετρεῖται εἰς δευτερόλεπτα.

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

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

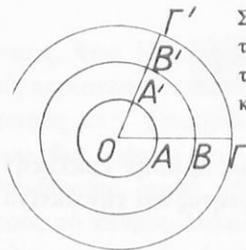
δ) **Γραμμικὴ ταχύτης.** Ἐφ' ὅσον τὸ κινητὸν διανύει εἰς ἴσους χρόνους ἴσα τόξα, συμπεραίνομεν ὅτι τὸ μῆκος τοῦ τόξου, τὸ ὁποῖον διατρέχει ἐντὸς μιᾶς χρονικῆς μονάδος, θὰ εἶναι σταθερόν. Τὸ μῆκος τοῦ σταθεροῦ αὐτοῦ τόξου ὀνομάζεται γραμμικὴ ταχύτης τοῦ κινητοῦ.
Ἔστω :

Γραμμικὴ ταχύτης ν ἑνὸς 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.

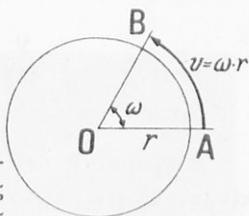
ε) **Γωνιακὴ ταχύτης.** Ἐὰς θεωρήσωμεν τρία κινητὰ Α, Β, Γ, τὰ ὁποῖα κινούνται ὁμαλῶς ἐπὶ τριῶν ὁμοκέντρων κυκλικῶν τροχιῶν, εἰς τρόπον ὥστε νὰ εὐρίσκονται πάντοτε εἰς τὴν αὐτὴν ἀκτίνα τῆς μεγαλύτερας περιφερείας (σχ. 24).

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



Σχ. 24. Τα σημεία A, B, Γ, τα όποια εϋρίσκονται 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', αὶ όποιαί εϋρίσκονται καὶ πάλιν ἐπὶ τῆς αὐτῆς ἀκτί-
νος τῆς ἐξωτερικῆς περιφερείας.

Ἐντὸς χρόνου 1 sec τὸ κινητὸν A διέγραψε τὸ τόξον AA', τὸ κινη-
τὸν B τὸ τόξον BB' καὶ τὸ κινητὸν Γ τὸ τόξον ΓΓ'. Τὰ ἐν λόγῳ ὁμῶς
τόξα δὲν ἔχουν τὸ αὐτὸ ἀνάπτυγμα, συνεπῶς τὰ τρία κινητὰ δὲν ἔχουν
τὴν αὐτὴν γραμμικὴν ταχύτητα. Ἐν θεωρήσωμεν ὁμῶς τὰς ἀκτίνας,
ἐπὶ τῶν όποίων κινουῦνται τὰ τρία κινητὰ, αὶ ἀκτίνες αὗται διαγράφουν
ἐντὸς μιᾶς χρονικῆς μονάδος τὴν αὐτὴν γωνίαν. Ἡ γωνία αὕτη ὀνο-
μάζεται γωνιακὴ ταχύτης τῶν κινητῶν. Ὡστε :

Γωνιακὴ ταχύτης ω ἑνός κινητοῦ, τὸ όποῖον ἐκτελεῖ ὁμαλὴν κυ-
κλικὴν κίνησιν, ὀνομάζεται ἡ γωνία τὴν όποίαν διαγράφει εἰς τὴν μο-
νάδα τοῦ χρόνου μίᾳ ἀκτίς τοῦ κύκλου, ἡ όποία παρακολουθεῖ τὸ κινη-
τὸν εἰς τὴν κίνησίν του.

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

§ 33. Σχέσις μεταξύ γραμμικῆς καὶ γωνιακῆς ταχύτητος. Ἐστω
ὅτι ἓνα κινητὸν ἐκτελεῖ ὁμαλὴν κυκλικὴν κίνησιν, κινούμενον ἐπὶ
μιᾶς περιφερείας ἀκτίνος r . Ἐὰν τὸ κινητὸν ἐντὸς χρόνου 1 sec δια-
νύσῃ τὸ τόξον AB, ἡ δὲ ἀκτίς ἐπὶ τῆς όποίας κινεῖται, διαγράφει τὴν
γωνίαν AOB, τότε τὸ μήκος v τοῦ τόξου AB ἰσοῦται πρὸς τὴν γραμμι-
κὴν 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 ἀντι-
στοιχεῖ εἰς γωνίαν ω καὶ τόξον $2\pi r$, δηλαδὴ ὁλόκληρος ἡ περιφέρεια,
εἰς γωνίαν 2π . Εἰς τὴν ἰδίαν ὁμῶς περιφέρειαν τὰ τόξα καὶ αἱ ἐπικεντροὶ
γωνίαί εἶναι ποσὰ ἀνάλογα. Ἐπομένως :

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

“Ωστε :

“Η γραμμική ταχύτης ενός κινητού έκτελούντος όμαλήν κυκλικήν κίνησιν ίσοῦται με τὸ γινόμενον τῆς γωνιακῆς ταχύτητος ἐπὶ τὴν ἀκτίνα τῆς κυκλικῆς τροχιᾶς.

§ 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 :

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

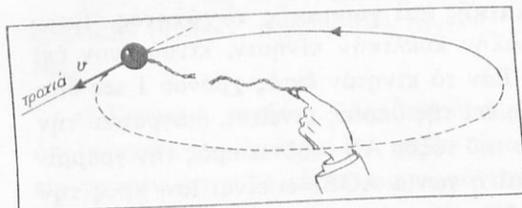
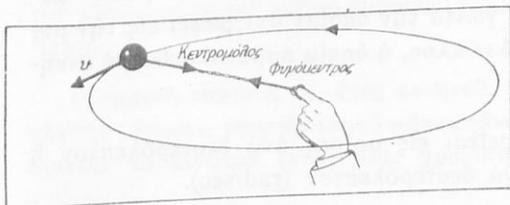
“Ωστε :

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

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

καὶ ὁμαλῶς. Ἐπομένως ὅταν ἕνα σῶμα ἐκτελεῖ κυκλικήν κίνησιν, πρέπει νὰ ἐνεργῇ ἐπ’ αὐτοῦ μία δύναμις, ἢ 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 ἑνὸς σπάγγου ἕνα λίθον καί, κρατοῦντες τὸ ἄλλον ἄκρον μετὰ τὴν χεῖρα μας, δίδομεν εἰς τὸν λίθον κυκλικήν κίνησιν, περιστρέφοντες αὐτὸν ἐπὶ ὀριζοντίου ἐπιπέδου (σχ. 26, ἄνω). Ἡ δύ-



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

ναμς, ητις ἐξαναγκάζει τὸν λίθον εἰς περιστροφὴν, προέρχεται ἐκ τῆς χειρός μας, ἀσκεῖται ἐπὶ τοῦ λίθου διὰ μέσου τοῦ σπάγγου καὶ διευθύνεται πρὸς τὴν χεῖρα μας, πρὸς τὸ κέντρον δηλαδὴ τῆς κυκλικῆς τροχιᾶς τὴν ὁποίαν διαγράφει ὁ λίθος.

Ἡ δύναμις αὕτη ὀνομάζεται κεντρομόλος δύναμις. Ὡστε :

Κεντρομόλος δύναμις ὀνομάζεται ἡ δύναμις ἡ ὁποία ἐξαναγκάζει ἓνα σῶμα νὰ κινηθῆ ἐπὶ κυκλικῆς τροχιᾶς. Ἡ δύναμις αὕτη ἔχει, εἰς ἐκάστην χρονικὴν στιγμὴν, διεύθυνσιν τὴν ἀκτῖνα καὶ φορᾶν πρὸς τὸ κέντρον τῆς κυκλικῆς-τροχιᾶς.

§ 36. Φυγόκεντρος ἀντίδρασις.

Κατὰ τὴν ἐκτέλεσιν τοῦ ἀνωτέρω πειράματος χρειάζεται νὰ καταβάλωμεν ἄρκετὴν προσπάθειαν, διὰ νὰ συγκρατήσωμεν τὸν λίθον ὁ ὁποῖος τείνει ὀλονὸν νὰ ἐκτιναχθῆ. Αὐτὸ ὀφείλεται εἰς τὸ γεγονὸς ὅτι ὁ λίθος, συμφώνως πρὸς τὸ ἀξίωμα δράσεως καὶ ἀντιδράσεως, προβάλλει εἰς τὴν κεντρομόλον δύναμιν ἀντίδρασιν ἴσου μέτρου καὶ ἀντιθέτου φορᾶς, ἡ ὁποία τείνει νὰ ἀπομακρύνῃ τὸν λίθον ἀπὸ τὸ κέντρον τῆς κυκλικῆς τροχιᾶς. Ἡ δύναμις αὕτη ὀνομάζεται φυγόκεντρος δύναμις.

Ἡ φυγόκεντρος δύναμις δὲν εἶναι δύναμις ἡ ὁποία ἀσκεῖται ἀπὸ ἐξωτερικὰ αἷτια εἰς τὸ σῶμα, ἀλλὰ δύναμις ἡ ὁποία, λόγῳ ἀδρανεῖας, ἀναπτύσσεται ἐπὶ τοῦ σώματος ἀπὸ αὐτὸ τὸ ἴδιον τὸ σῶμα. Δι' αὐτὸ ἂν εἰς μίαν στιγμὴν θραυσθῆ ὁ σπάγγος, ἢ ἂν ἡμεῖς παύσωμεν νὰ τὸν συγκρατῶμεν, ὁ λίθος συνεχίζει τὴν κίνησίν του, εὐθυγράμμως καὶ ὀμαλῶς, ἀκολουθῶν τὴν ἐφαπτομένην τῆς τροχιᾶς εἰς τὸ σημεῖον εἰς τὸ ὁποῖον εὐρίσκετο ὅταν ἐθραύσθη ὁ σπάγγος (σχ. 26, κάτω).

Τὸ ἴδιον φαινόμενον παρατηροῦμεν ὅταν παρακολουθοῦμεν τοὺς



Σχ. 27. Οἱ σπινθῆρες κινδυνεῖ, λόγῳ ἀδρανεῖας, κατὰ τὴν ἐφαπτομένην τῆς τροχιᾶς τοῦ τροχοῦ, εἰς τὸ σημεῖον εἰς τὸ ὁποῖον παράγονται.

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

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

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

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

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

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

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

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

α) Ἡ κεντρομόλος δύναμις εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν μᾶζαν τοῦ κινητοῦ, ὅταν ἡ γραμμικὴ ταχύτης αὐτοῦ καὶ ἡ ἀκτίς περιστροφῆς παραμένουν σταθεραί.

Ὄταν δηλαδή ἡ μᾶζα τοῦ στρεφομένου σώματος γίνῃ διπλασία, τριπλασία κ.λπ., ἐνῶ συγχρόνως παραμένουν σταθεραί ἡ γραμμικὴ ταχύτης καὶ ἡ ἀκτίς περιστροφῆς, τότε καὶ ἡ κεντρομόλος δύναμις διπλασιάζεται, τριπλασιάζεται κ.λπ.

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

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

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

Ὅταν δηλαδὴ ἓνα σῶμα ἐκτελῇ ὁμαλὴν κυκλικὴν κίνησιν καὶ ἐνῶ διατηρῇ σταθερὰν τὴν γραμμικὴν του ταχύτητα διπλασιάσῃ, τριπλασιάσῃ κ.λπ. τὴν ἄκτινα 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.

Ἐστὼ T ἡ περίοδος. Ἐπειδὴ τὸ κινητὸν ἐντὸς χρόνου T διαγράφει περιφέρειαν $2\pi r$ μὲ ἰσοταχῆ κίνησιν, θὰ ἔχῃ ταχύτητα :

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

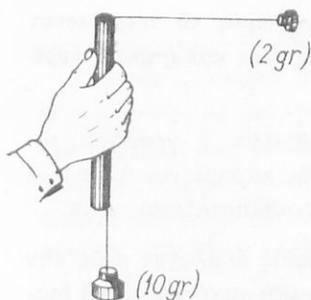
ἐπειδὴ δὲ $v^2 = \frac{4\pi^2 \cdot r^2}{T^2}$ ὁ τύπος (1) τῆς § 37 θὰ λάβῃ τὴν μορφήν :

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

Ἐπομένως :

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

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



Σχ. 28. Πείραμα δια την επαλήθευσιν τῶν νόμων τῆς 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 ἴδιαν περίοδον, ἢ ὅποια ἴσονται πρὸς τὴν περίοδον περιστροφῆς τῆς Γῆς περὶ τὸν ἀξονά 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.

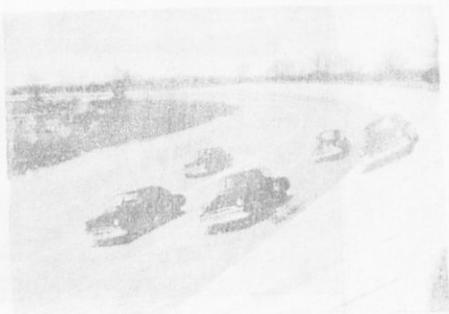
§ 39. Πειραματικὴ ἀπόδειξις τῶν νόμων τῆς κεντρομόλου καὶ τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως. Ἡ ἀλήθεια τῶν νόμων τῆς κεντρομόλου καὶ τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως ἀποδεικνύεται μετὰ τὸ ἀκόλουθον πείραμα (σχ. 28).

Εἰς τὰ ἄκρα ἐνὸς νήματος, τὸ ὁποῖον ὀλισθαίνει ἐντὸς ἐνὸς ὑάλινου σωλήνος, 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 τυχούσαν, ἀλλὰ σταθερὰν περίοδον T , περὶ τὸν ὑάλινον σωλήνα, τὸν ὁποῖον διατηροῦμεν εἰς κατακόρυφον θέσιν. Τὸ βᾶρος B τῆς μάζης m ἐνεργεῖ ὡς κεντρομόλος δύναμις $F_{κεν}$ τῆς περιστροφικῆς κινήσεως τῆς μάζης m . Τὸ νήμα καταμερίζεται οὕτως, ὥστε ἡ ἀπόστασις τῆς μάζης m ἀπὸ τὸν σωλήνα νὰ ἔχη μήκος r , εἰς τρόπον ὥστε νὰ ἰσχύη ἡ σχέσις :

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

§ 40. Φαινόμενα καὶ ἐφαρμογαὶ τῆς κεντρομόλου δυνάμεως. α) Οἱ ἵππεις, οἱ ποδηλάται καὶ οἱ δρομεῖς, εἰς τὰς στροφὰς τῶν δρόμων, κλίνουν τὸ σῶμα πρὸς τὸ κέντρον τῆς κυκλικῆς τροχιάς των, διὰ νὰ μὴ ἀνατραποῦν ἐξ αἰτίας τῆς φυγοκέντρου 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 ἐξουδετερώνηται ἡ φυγόκεντρος δύναμις μὲ τὴν κλίσιν τῆς ἀτμομηχανῆς καὶ τῶν βαγονίων πρὸς τὸ ἐσωτερικὸν τῆς κυκλικῆς τροχιάς. Διὰ τὸν ἴδιον λόγον οἱ ὁδηγοὶ τῶν σιδηροδρομικῶν συρμῶν μετριάξουν εἰς τὰς καμπὰς τὴν ταχύτητα, ἐλαττώνοντες οὕτω καὶ πάλιν τὴν φυγόκεντρον δύναμιν. Μὲ τὰ μέτρα αὐτὰ ἀποσοβεῖται ὁ 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).

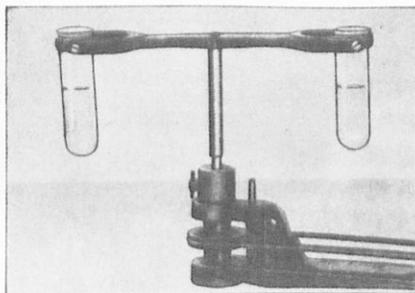
γ) Ἐξ αἰτίας τῆς φυγόκεντρον δυνάμεως οἱ τροχοὶ τῶν διαφόρων μεταφορικῶν μέσων ἐκτινάσσουν τὴν λάσπην, ἢ ὅποια προσκολλᾶται ἐπ' αὐτῶν.

δ) Ἡ Γῆ εἶναι ἐξωγκωμένη εἰς τὸν Ἴσημερινόν, ὅπου ἡ φυγόκεντρος δύναμις ἢ ὅποια ἀναπτύσσεται λόγω τῆς ἡμερησίας περιστροφῆς τοῦ πλανήτου μας, περὶ τὸν ἄξονά του —εἶναι μεγαλύτερα, καὶ συμπεπλεγμένη 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 ὅποιοι χρησιμεύουν εἰς τὸν διαχωρισμὸν ἀναμεμιγμένων ὑγρῶν μὲ διαφορετικὰ εἰδικὰ βάρη, καθὼς ἐπίσης καὶ εἰς τὸν διαχωρισμὸν ὑγρῶν μειγμάτων, τὰ ὅποια περιέχουν καὶ στερεὰ συστατικά.

Τὸ ὑγρὸν μείγμα τοποθετεῖται ἐντὸς τοῦ διαχωριστήρος καὶ κατόπιν ἡ μηχανὴ ἀρχίζει νὰ περιστρέφεται. Τὰ συστατικά τοῦ μείγματος ἐφ' ὅσον ἔχουν διάφορον εἰδικὸν βάρος, 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 ἐφαρμογὴ. Ἐνα σῶμα μάζης 100 gr, προσδέεται 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 θὰ εἶναι :

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

Ἀντικαθιστῶντες 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 μιᾶς περιστροφῆς ἴσουςται μὲ τὴν περίοδον), καὶ $\pi^2 = 10$, λαμβάνομεν:

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

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

10. Ἡ σχέσηις αὕτη ἐκφράζει τὸν τέταρτον νόμον, συμφώνως 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 στροφὰς τῶν σιδηροδρομικῶν γραμμῶν, κατασκευάζεται ὕψηλοτέρα ἢ ἐξωτερικὴ γραμμὴ.

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

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

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

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. (Ἐπ. 30 km/sec.)

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

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

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

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

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

(Απ. 25,2 km/h = 7,07 m/sec περίπου.)

40. Σῶμα μάζης 50 gr ἐκτελεῖ ὀμαλὴν κυκλικὴν κίνησιν, ἀκτίνας 40 cm, με συχνότητα 3 000 στροφῶν ἀνὰ λεπτόν. Πόση εἶναι ἡ φυγόκεντρος δύναμις ἡ ὁποία ἀναπτύσσεται εἰς τὸ σῶμα καὶ πόσας φορὰς εἶναι μεγαλυτέρα ἀπὸ τὸ βῆρος τοῦ σώματος.

(Απ. α' 200 kp. β' 4 000 φορὰς.)

ΣΤ' — ΠΑΓΚΟΣΜΙΟΣ ἘΛΞΙΣ

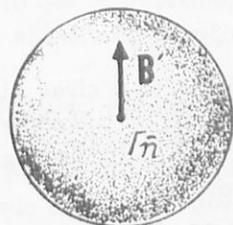
§ 41. Νόμος τῆς παγκοσμίου ἔλξεως. Ἡ γῆνιη βαρύτης τὸ φαινόμενον δηλαδὴ κατὰ τὸ ὁποῖον ἡ Γῆ ἔλκει πρὸς τὸ κέντρον τῆς τὰ διάφορα σώματα, τὰ ὁποῖα εὐρίσκονται πλησίον τῆς ἐπιφανείας τῆς, ἀποτελεῖ μίαν μερικὴν περίπτωση ἑνὸς πολὺ γενικωτέρου φαινομένου.

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.

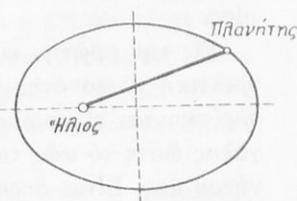
Τὸ γενικὸν φαινόμενον τῆς ἀμοιβαίας ἔλξεως τῶν οὐρανίων σωμάτων ὀνομάζεται παγκόσμιος ἔλξις.

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

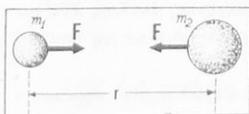
Αἱ τροχιαὶ αὗται ὁμοιάζουν με ὀλιγώτερον ἢ περισσώτερον συμπεπιεσμένους κύκλους, οἵτινες ὀνομάζονται ἑλλείψεις (σχ. 32). Ἡ ἔλξις τοῦ κεντρικοῦ ἄστρου, περὶ τὸ ὁποῖον περι-



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



Σχ. 32. Αἱ τροχιαὶ τῶν πλανητῶν περὶ τὸν 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, ενεργεί ώς κεντρομόλος δύναμις τής κινήσεως. Τήν ιδέα 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 έλκτικη δύναμις F , ή όποία αναπτύσσεται μεταξύ δύο μαζών m_1 και m_2 , αί όποια εύρίσκονται εις απόστασιν r , είναι ανάλογος πρός τό γινόμενον τών μαζών και αντίστροφως ανάλογος πρός τό τετράγωνον τής απόστάσεως 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 εκφράζονται 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 Νιούτον (N).

§ 42. Κίνησις τών 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 τών ούρανίων σωμάτων. Είναι άστρα τά όποια εύρίσκονται εις τεραστίας αποστάσεις από τήν Γήν μας, τόσον μεγάλας ώστε τό φώς των χρειάζεται έτη διά νά φθάση μέχρι του πλανήτου μας. Είναι όπως ό "Ήλιος μας, και όταν τά παρατηρούμε μαρμαίρουν, παρουσιάζουν, όπως λέγομεν, στίλβην. Ή όνομασία τους όφείλεται εις τό γεγονός ότι τά άστρα αυτά διατηρούν σταθεράς, δι' ένα γήινον παρατηρητήν, αποστάσεις έντός του χρονικού διαστήμα-

τος μᾶς ἀνθρωπίνης ζωῆς. Ἐπομένως δὲν πλανῶνται, δὲν μετακινούνται δηλαδὴ ἐπὶ τοῦ οὐρανίου θόλου. Παρακολουθοῦν τὴν φαινομενικὴν κίνησιν τῆς οὐρανίου σφαίρας, ὡς ἂν ἦσαν προσκεκολλημένα εἰς τὸ ἔσωτερικόν της.

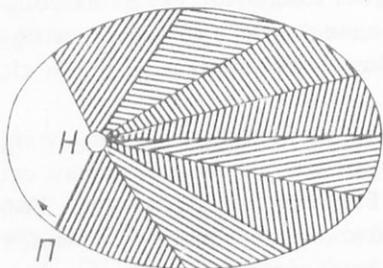
Ἡ ἡμερησία κίνησις τῆς οὐρανίου σφαίρας εἶναι φαινομενικὴ, φαίνεται δηλαδὴ εἰς ἡμᾶς ὅτι ἐκτελεῖται κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον καὶ ὀφείλεται εἰς τὴν περιστροφὴν τῆς Γῆς περὶ τὸν ἄξονά της. Ἐδῶ συνεπῶς συμβαίνει ἓνα φαινόμενον, ἀνάλογον μ' ἐκεῖνος τὸ ὁποῖον παρατηροῦμεν, ὅταν τρέχωμεν μὲ ἓνα ταχὺ αὐτοκίνητον εἰς μίαν ἀναπεπταμένην πεδιάδα. Ἐνῶ ἡμεῖς διερχόμεθα τρέχοντες πρὸ τῶν διαφόρων δένδρων καὶ οἰκιῶν, ἅτινα εὐρίσκονται παρὰ τὴν ὁδόν, μᾶς δημιουργεῖται ἢ ἐντύπωσις ὅτι τὰ δένδρα καὶ αἱ οἰκίαι κινοῦνται ταχύτατα πρὸς τὸ μέρος μας.

Εἰς τὴν δευτέραν κατηγορίαν ἀνήκουν οἱ πλανῆται. Αὐτοὶ ἀποτελοῦν τὴν συντριπτικὴν μειονότητα τῶν ἄστρων, 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 κινοῦνται, πλανῶνται, μεταξὺ τῶν ἀπλανῶν.

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

Ὁ Γερμανοπολωνὸς μοναχὸς **Κοπέρνικος** (1473-1543) ἐμελέτησε τὰ συγγράμματα τῶν ἀρχαίων Ἑλλήνων καὶ κατόπιν πολυχρονίων παρατηρήσεων κατέληξεν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι ἡ Γῆ δὲν εἶναι κέντρον τοῦ Κόσμου, ἀλλὰ ἓνας πλανήτης, ὅστις περιστρέφεται, ὅπως καὶ οἱ ἄλλοι πλανῆται, περὶ τὸν Ἥλιον, τὸν ὁποῖον 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 ὁποῖος ἀνεκάλυψε καὶ τοὺς νόμους, συμφῶνως πρὸς τοὺς ὁποῖους ἐκτελεῖται ἡ κίνησις τῶν πλανητῶν 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 ὅποια συνδέει τὸν ἥλιον καὶ τὸν πλανήτην διαγράφει εἰς ἴσους χρόνους ἴσα ἐμβαδὰ (σχ. 34).

Ἀπὸ τὸν νόμον αὐτὸν συμπεραίνομεν ὅτι ἡ ταχύτης περιστροφῆς τοῦ πλανήτου δὲν εἶναι σταθερά. Ὄταν εὑρίσκεται εἰς μεγαλύτεραν ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν ἥλιον κινεῖται καὶ βραδύτερον.

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

Μὲ τὸν νόμον αὐτὸν δυνάμεθα νὰ ὑπόλογίσωμεν τὴν μέσην ἀπόστασιν ἐνὸς 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 ἀπόστασις του ἀπὸ τὸν ἥλιον. Ἀύσις. 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:

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

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

Ὁ Ἥλιος εἶναι τὸ κεντρικὸν σῶμα μὲ μᾶζαν 800 φορές περίπου μεγαλυτέραν ἀπὸ τὴν συνολικὴν μᾶζαν ὄλων τῶν ὑπολοίπων σωμάτων τοῦ συστήματος. Ἡ 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.

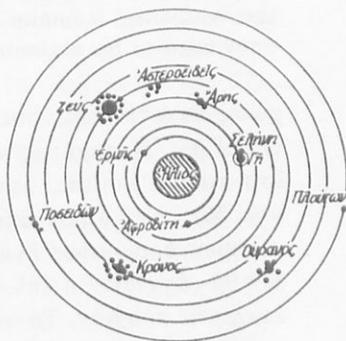
Οἱ ἐσωτερικοὶ πλανῆται κατὰ σειρὰν ἀποστάσεώς τῶν ἀπὸ τὸν Ἥλιον εἶναι οἱ ἐξῆς : Ἑρμῆς, Ἀφροδίτη, Γῆ, Ἄρης.

Οἱ πλανητοειδεῖς ἢ ἀστεροειδεῖς περιστρέφονται περὶ τὸν Ἥλιον καὶ εἰς τὸν χῶρον ὃ 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.

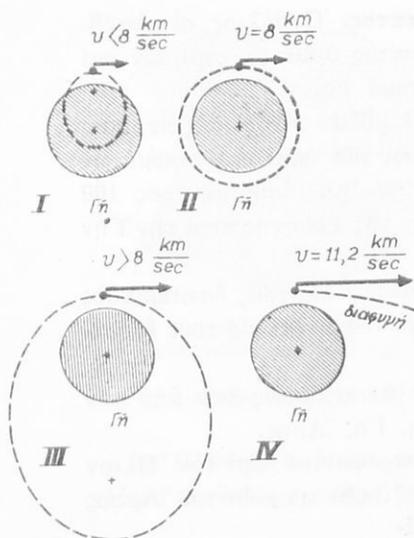
Οἱ ἐξωτερικοὶ πλανῆται εἶναι οἱ : Ζεὺς, Κρόνος, Οὐρανός, Ποσειδῶν καὶ Πλούτων.

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

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



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



Σχ. 36. Τὸ εἶδος τῆς τροχιάς ἑνὸς σώματος, τὸ ὁποῖον βάλλεται ὀριζοντίως, ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν ἀρχικὴν του ταχύτητα.

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

Ὁ αἰὼν μας χαρακτηρίζεται ἀπὸ ἔντονον προσπάθειαν τοῦ ἀνθρώπου ὅπως εἰσχωρήσῃ εἰς τὰ μυστικὰ 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.

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

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

Ἀυξάνοντες τὴν ἰκανότητα ἐκτοξεύσεως προκαλοῦμεν αὐξήσιν τῆς ταχύτητος ἐκτοξεύσεως. Ὑπάρχει δὲ μία ταχύτης ἐκτοξεύσεως διὰ τὴν ὁποῖαν τὸ σῶμα δὲν ἐπαναπίπτει ἐπὶ τῆς Γῆς. Ἡ ταχύτης αὕτη ὀνομάζεται ταχύτης διαφυγῆς καὶ εἶναι ἴση πρὸς 8 km/sec, ὅταν δὲν ὑπολογίζεται ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀέρος (σχ. 36). Ἄν λοιπὸν ἀπὸ ἕνα ἀρκούντως ὕψηλὸν σημεῖον ἐκσφενδονίσωμεν ὀριζοντίως ἕνα σῶμα μὲ ταχύτητα 8 km/sec τὸ σῶμα αὐτὸ δὲν θὰ ἐπαναπέσει ἐπὶ τῆς Γῆς, ἀλλὰ θὰ στρέφεται περὶ τὴν Γῆν εἰς κυκλικὴν τροχίαν. Τὸ σῶμα τότε μεταβάλλεται εἰς τεχνητὸν δορυφόρον. Ἄν ἡ ταχύτης διαφυγῆς εἶναι μεγαλύτερα ἀπὸ 8 km/sec, ἀλλὰ μικρότερα ἀπὸ 11,2 km/sec, τὸ σῶμα διαγράφει ἑλλειπτικὴν τροχίαν. Τέλος τὸ σῶμα ἐκφεύγει ἀπὸ τὴν ἔλξιν τῆς Γῆς καὶ χάνεται εἰς τὸ Διάστημα, ὅταν ἡ ταχύτης διαφυγῆς ὑπερβῆ τὰ 11,2 km/sec (σχ. 36, IV).

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 κατεσκεύασαν 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 καί νά άποδεσμευθοῦν άπό τήν γηίνην έλξιν. Τό πρόβλημα έλύθη μίαν δεκαετίαν περίπου άργότερον, όταν Άμερικανοί καί Ρώσσοι έπιστήμονες, έργαζόμενοι κεχωρισμένως, κατεσκεύασαν πολυωρόφους πυραύλους, ή άρχή τής λειτουργίας τών όποίων εΐναι ή άκόλουθος.

Όταν ό πύραυλος, άφού άνέλθη εις ένα ώρισμένον ύψος, καταναλώση τά καύσιμα τοῦ κατωτέρου όροφου του, άποχωρίζεται τόν όροφον αυτόν, ένώ ταυτοχρόνως πυροδοτεΐται ό επόμενος όροφος. Ή διαδικασία αύτη συνεχίζεται μέχρις ότου χρησιμοποιηθοῦν όλοι οί όροφοι, όποτε ό πύραυλος έχει άνέλθη εις τό επιθυμητόν ύψος.

Ό πολυώροφος πύραυλος έχει εις τήν κορυφήν του τόν δορυφόρον, τόν όποϊον θέτει εις τροχιάν περι τήν Γήν ό τελευταίος όροφος. Κατά τήν πυροδότησιν του ό όροφος αυτός έχει τοιαύτην θέσιν, ώστε νά εκτοξεύση τόν δορυφόρον παραλλήλως πρός τήν επιφάνειαν τής Γής.

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

Ό πρώτος τεχνητός δορυφόρος εξαπελύθη άπό τούς Ρώσσους τήν 4 Όκτωβρίου 1957 (Σπούτνικ Ι). Ό άμέσως επόμενος τεχνητός δορυφόρος ήτο Άμερικανικός καί έξετοξεύθη τήν 31 Ίανουαρίου 1958 άπό τάς Ήνωμένας Πολιτεΐας (Exploger Ι, Ήξερευνητής Ι). Σήμερον πλέον εκτελούνται καί επηνδρωμένοι πτήσεις, κατά τήν διάρκειαν τών όποίων πραγματοποιούνται εκπληκτικά πειράματα, όπως τό βάδισμα εις τό Διάστημα, ή προσέγγισις τών διαστημοπλοΐων, ή πτήσις των εις σχηματισμόν κ.λπ.

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

1. Ἡ γήινη βαρύτης εἶναι μερική περίπτωσης ἑνὸς γενικωτέρου φαινομένου, τὸ ὁποῖον ὀνομάζεται παγκόσμιος ἔλξις καὶ συμφώνως πρὸς τὸ ὁποῖον τὰ οὐράνια σώματα ἔλκονται ἀμοιβαίως. Παρ' ὅλα αὐτά, τὰ ἄστρα δὲν ἀλληλοσυγκρούονται, διότι κινοῦνται κατὰ κλειστὰς καμπύλας τροχιάς, αἵτινες 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 ἔλξεως, τὸν ὁποῖον ἀνεκάλυψεν ὁ Νεύτων, ἡ ἑλκτική δύναμις F , ἣτις 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 ἔλξεως.

3. Τὰ ἄστρα τοῦ οὐρανοῦ εἶναι κυρίως ἀπλανεῖς καὶ πλανῆται. Οἱ ἀπλανεῖς, οἵτινες ἀποτελοῦν τὴν συντριπτικὴν πλειονότητα τῶν οὐρανίων σωμάτων, εἶναι ὡς ὁ Ἥλιος μας, ἀπέχουν τεραστίας ἀποστάσεις ἀπὸ τὴν Γῆν μας καὶ εἰς τὸ σύντομον διάστημα μιᾶς ἀνθρωπίνης ζωῆς φαίνονται ὡς νὰ παραμένουν ἀκίνητοι ἐπὶ τῆς οὐρανοῦ 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 πρακτικὸς τηλεπικοινωνιακοὺς σκοποὺς. Οἱ τεχνητοὶ δορυφόροι εἶναι οἱ πρόδρομοι τῶν διαστημοπλοίων.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

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

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

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

Ζ'—ΕΡΓΟΝ ΔΥΝΑΜΕΩΣ

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

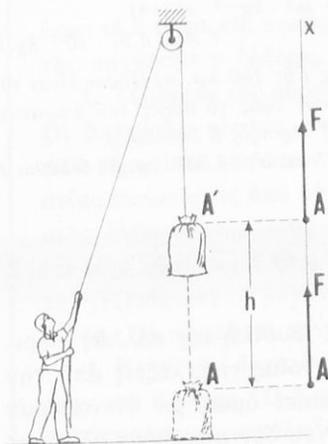
δι' ένα χρονικόν διάστημα ένα βάρος με ακίνητον και ὀριζοντίαν τὴν χεῖρα του. Ἀπὸ φυσικῆς ὁμως ἀπόψεως εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν δὲν ἐπραγματοποιήθη οὐδὲν ἔργον. Εἰς ἄλλας περιπτώσεις ὁμως ὑπάρχει ταύτισις τῶν δύο ἐνοιῶν.

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 μετὰ τὴν βοήθειαν μιᾶς τροχαλίας ἀνυψώσῃ ἓνα φορτίον (σχ. 37).

Ὁ ἵππος ἀσκεῖ, μέσῳ τῆς ζεύξεως, μίαν δύναμιν ἐπὶ τῆς ἄμαξης καὶ ὁ ἐργάτης διὰ τὴν ἀνυψώσῃ τὸ φορτίον ἀσκεῖ μίαν δύναμιν ἐπὶ τοῦ σχοινοῦ, ἢ ὁποῖα μεταβιβάζεται εἰς τὸ ἀνυψούμενον φορτίον.

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

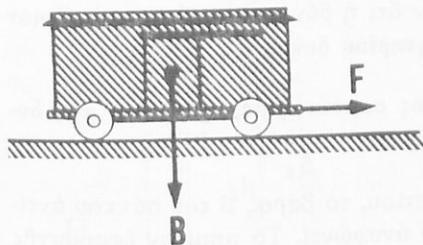


Σχ. 37. Ὁ ἐργάτης ὁ ὁποῖος ἀνυψώνει τὸν σάκκον, χρησιμοποιῶν τὴν τροχαλίαν παράγει ἔργον.

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



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

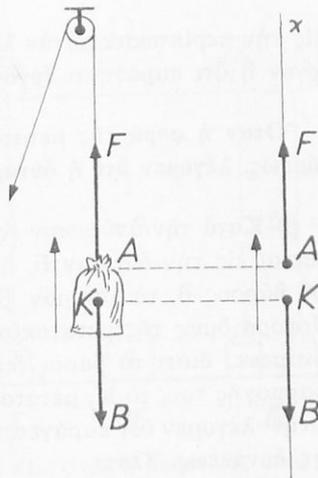
Ἡ κίνησις οφείλεται ἀποκλειστικῶς εἰς τὴν δύναμιν F , ἄρα καὶ τὸ ἔργον τὸ όποῖον παράγεται, προέρχεται μόνον ἀπὸ τὴν δύναμιν αὐτήν. Ἐπομένως τὸ βάρος B τοῦ οχήματος, ὡς πρὸς τὴν διεύθυνσιν τοῦ οἵου εἶναι κάθετος ἢ μετατόπισις τοῦ σώματος, δέν παράγει ἔργον. Ὡστε :

Ὅταν τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς μιᾶς δυνάμεως μετατοπίζεται καθέτως πρὸς τὴν διεύθυνσίν της, ἡ δύναμις αὐτὴ δέν παράγει ἔργον.

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

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

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



Σχ. 39. Ὁ σάκκος, ὁ όποῖος ἀνυψώνεται, ὑπόκειται εἰς τὴν δρᾶσιν δύο ἀντιθέτων δυνάμεων.

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

Ἔστω ἡ φορὰ τῆς μετατοπίσεως συμπίπτῃ μὲ τὴν φορὰν τῆς δυνάμεως, λέγομεν ὅτι ἡ δύναμις παράγει **κινητήριον ἔργον**.

β) Κατὰ τὴν ἀνύψωσιν τοῦ φορτίου, τὸ βάρος B τοῦ σάκκου ἀντίκειται εἰς τὴν δύναμιν F , ἣτις τὸ ἀνυψώνει. Τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τοῦ βάρους B , τὸ κέντρον βάρους K δηλαδή, μετατοπίζεται ἐπίσης. Ἡ φορὰ ὅμως τῆς μετατοπίσεως εἶναι ἀντίθετος πρὸς τὴν φορὰν 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 :

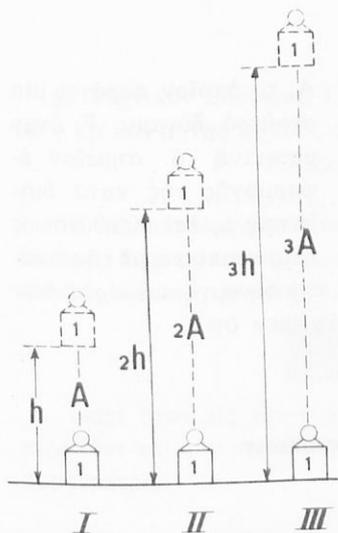
Ἔστω ἡ φορὰ τῆς μετατοπίσεως καὶ ἡ φορὰ τῆς δυνάμεως εἶναι ἀντίθετοι, λέγομεν ὅτι παράγεται **ἀνθιστάμενον ἔργον**.

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

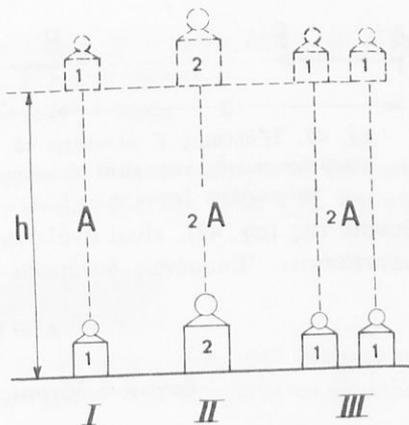
§ 47. Χαρακτῆρες τοῦ ἔργου. Α) Ἡ μετατόπισις συμπίπτει μὲ τὴν διεύθυνσιν τῆς δυνάμεως. 1. Μεταφέρομεν ἓνα κιβώτιον εἰς τὸν τρίτον ὄροφον μιᾶς πολυκατοικίας. Κατὰ τὴν μεταφορὰν αὐτὴν, ἡ δύναμις τὴν ὁποίαν καταβάλλομεν παράγῃ ἓνα ὀρισμένον ἔργον, τὸ ὁποῖον βεβαίως θὰ εἶναι μεγαλύτερον, ἀπὸ τὸ ἔργον τὸ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

Ἄς παραστήσωμεν μὲ A τὸ ἔργον τὸ ὁποῖον ἀπαιτεῖται διὰ νὰ ἀνυψώσωμεν ἓνα βάρος 1 kp εἰς ὕψος h (σχ. 40, I). Διὰ νὰ ἀνυψώσωμεν τὸ ἴδιον βάρος εἰς διπλάσιον ὕψος $2h$ (σχ. 40, II), θὰ χρειασθῶμεν δύο φορὰς συνολικῶς τὸ προηγούμενον ἔργον, δηλαδή $2A$. Διὰ νὰ τὸ ἀνυψώσωμεν δὲ εἰς ὕψος $3h$, θὰ χρειασθῶμεν ἔργον $3A$ (σχ. 40, III) κ.λπ. Ὡστε :

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



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



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

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

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

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

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

Τύπος τοῦ ἔργου. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι τὸ ἔργον



Σχ. 42. Ἡ δύναμις F μεταθέτει τὸ σημείον 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 \times μετατόπισιν

Ὁ τύπος αὐτὸς ἐκφράζει ὅτι :

Τὸ ἔργον μιᾶς δυνάμεως F , ἡ ὁποία μετατοπίζει τὸ σημείον 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 M.K.S. 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 σημείον 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) **Τεχνικὸν Σύστημα.** Εἰς τὸ σύστημα αὐτὸ μονὰς δυνάμεως εἶναι τὸ 1 kp καὶ μονὰς μήκους τὸ 1 m, μονὰς δὲ ἔργου τὸ :

$$1 \text{ κιλοποντόμετρον (1 kpm)}$$

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 $1 \text{ kp} = 9,81 \text{ N}$. Ἐπομένως :

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

Δηλαδή :

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

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

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

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

Λύσις. α) Τεχνικὸν Σύστημα. Ἀντικαθιστῶντες 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 κιλοπόντ εἰς Νιούτον.

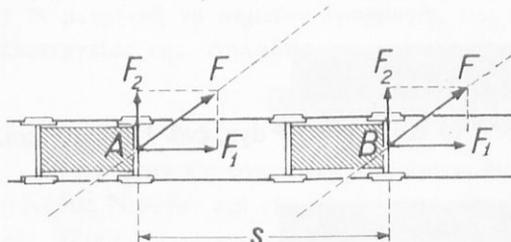
Γνωρίζομεν ὅτι $1 \text{ kp} = 9,81 \text{ N}$, ἐπομένως ἔχομεν ὅτι $1800 \text{ kp} = 1800 \cdot 9,81 \text{ N}$, ὁπότε ὁ τύπος τοῦ ἔργου μᾶς δίδει :

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

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

Γνωρίζομεν ἐν τούτοις ὅτι ἡ δύναμις F δύναται νὰ ἀναλυθῆ εἰς δύο συνιστώσας F_1 καὶ F_2 , ἀπὸ τὰς ὁποίας ἡ F_1 νὰ ἔχη τὴν φοράν τῆς 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-

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 παράγη 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 τῆς, παράγει ἔργον.

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

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

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

5. Τὸ ἔργον μιᾶς σταθερᾶς δυνάμεως F , τῆς ὁποίας τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς μετατοπίζεται ἐπὶ τῆς εὐθείας ἐπενεργείας τῆς 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 τῆς, παράγει ἔργον 1 kp·m (1 κилоποντομέτρου). 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 νὰ ἀνιψωθῇ κατακορύφως κατὰ 12 m μᾶζα βάρους 125 kp. (Ἐπ. 1 500 kp.)

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

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

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

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

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

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

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

(Ἄπ. 4 000 000 kpm.)

Η' — Ι Σ Χ Υ Σ

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

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

Παράδειγμα. Ὑποθέτομεν ὅτι ἓνας ἐργάτης χρειάζεται χρόνον 40 δευτερολέπτων, διὰ νὰ ἀνυψώσῃ, μὲ τὴν βοήθειαν μιᾶς τροχαλίας, ἓναν κάδον 40 kp βάρους, εἰς ὕψος 15 m. Ἐνα ἀναβατόριον τὸ ὁποῖον λειτουργεῖ μὲ 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 :

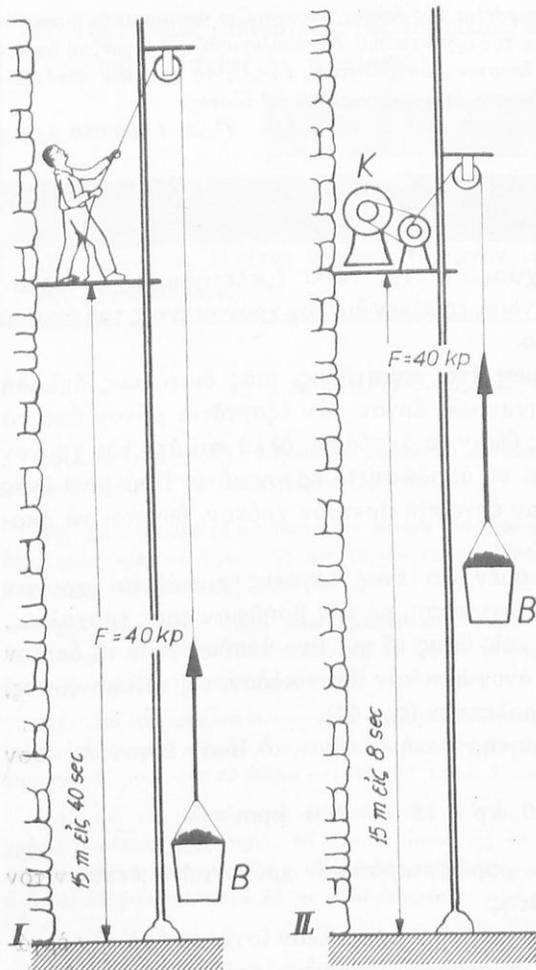
$$A = 40 \text{ kp} \times 15 \text{ m} = 600 \text{ kpm}$$

ὁ κινητήρ ὅμως εἰς πέντε φοράς μικρότερον χρόνον, ἀπὸ ἐκεῖνον τὸν ὁποῖον ἐχρειάσθη ὁ ἐργάτης.

Δι' αὐτὸ λέγομεν ὅτι ὁ κινητήρ εἶναι πλέον ἰσχυρὸς ἀπὸ τὸν ἐργάτην, ἢ ὅτι ἡ ἰσχὺς τοῦ κινητήρος εἶναι μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν ἰσχὺν τοῦ ἐργάτου.

Τὰ ἀνωτέρω μᾶς ὡδήγησεν 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 ἰσχὺς τῆς μηχανῆς καὶ συμβολίζεται μὲ τὸ γράμμα N. Ὡστε :

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



Σχ. 44. Ο χρόνος, τὸν ὁποῖον χρειάζεται ὁ κινητὴρ διὰ νὰ ἀνυψώσῃ τὸν κάδον, εἶναι τὸ 1/5 τοῦ χρόνου, τὸν ὁποῖον χρειάζεται ὁ ἐργάτης. Ἡ ἰσχύς τοῦ κινητήρος εἶναι λοιπὸν πενταπλασιασμένη τῆς ἰσχύος τοῦ ἐργάτου.

ἢ μηχανὴ εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου. Δηλ.

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

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

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

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

Ὡστε :

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

Μονάδες ἰσχύος. Αἱ μονάδες ἰσχύος ὀρίζονται ἀπὸ τὸν τύπον τῆς

ισχύος, αφού προηγουμένως καθορισθούν αί μονάδες του έργου και του χρόνου.

α) Σύστημα M.K.S. Είς τὸ σύστημα αὐτὸ μονὰς ἔργου εἶναι τὸ 1 Τζούλ και 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 ὁποῖα παράγει ἔργον 1 Τζούλ ἀνά πᾶν δευτερόλεπτον.

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

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

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

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

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

I.—Τὸν ἵππον ἢ ἀτμόϊππον. Εἶναι δέ :

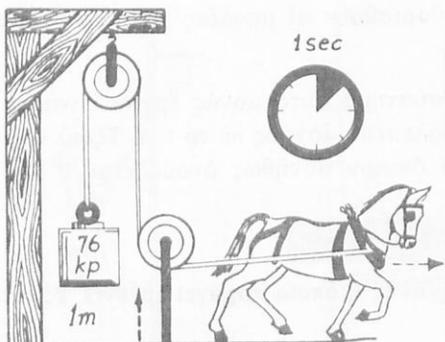
$$1 \text{ ἵππος (1 Ch ἢ 1 PS)} = 75 \text{ kpm/sec}$$

Ὡστε :

Ἐνας κινητῆρ ἔχει ἰσχὴν ἑνὸς ἵππου, ὅταν παράγῃ ἔργον 75 kpm ἀνά δευτερόλεπτον.

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

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



Σχ. 44α. Διά τόν όρισμόν τοῦ βρεταν-
νικοῦ ἵππου (HP).

Σχέσεις μεταξύ τῶν μονάδων
ισχύος. Γνωρίζομεν ὅτι $1 \text{ kpm} =$
 $= 9,81 \text{ Joule}$. Ἐπομένως: 1
 $1 \text{ kpm/sec} = 9,81 \text{ Joule/sec}$.

Δηλαδή :

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

Ἀπό τήν ἀνωτέρω σχέσιν εὐρί-
σκομεν ὅτι :

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

$$736 \text{ W}$$

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

$$746 \text{ W}$$

Παραδείγματα ισχύων. Εἰς τόν ἀκόλουθον πίνακα ἀναγράφονται
αἱ τιμαὶ ἰσχύος εἰς ἵππους (Ch), δι' ὠρισμένας κλασσικὰς περιπτώσεις.

Ἀνθρώπος	ἀπὸ	1/30	μέχρις	1/10
Ἴππος	»	1/2	μέχρις	3/4
Ἡλεκτρικὸν ψυγεῖον	»	1/4	μέχρις	1/3
Ἀτμομηχανή	»	1 000	μέχρις	6 000
Πύραυλος	ἄνω τῶν			100 000
Μηχανὴ πλοίου	μέχρις			150 000
Ἡλεκτρικὸν ἐργοστάσιον	μέχρις			700 000

Ἀριθμητικαὶ ἐφαρμογαί. 1) Ἐνας ἵππος διατρέχει 100 m ἐντὸς 1 min καὶ
ἀσκει εἰς μίαν ἄμαξαν ἐλκτικήν δύναμιν 35 kp . Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ μέση ἰσχύς,
τὴν ὁποίαν ἀναπτύσσει ὁ ἵππος.

Λύσις. Ἐντὸς 1 λεπτοῦ (1 min) ὁ ἵππος πραγματοποιεῖ ἔργον A ἴσον πρὸς :

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

Ἡ μέση ἰσχύς N ἐπομένως τὴν ὁποίαν ἀναπτύσσει ὁ ἵππος θὰ εἶναι :

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

Δηλαδή $N = 58,3 \text{ kmp/sec}$ ἢ εἰς ἀτμοῖππους :

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

2) Ἐνας καταρράκτης ἀποδίδει $9\,000 \text{ m}^3$ ὕδατος ἐντὸς μιᾶς ὥρας. Νὰ ὑπολο-
γισθῇ ἡ ἰσχύς τοῦ καταρράκτου εἰς κιλοβάτ (kW), ἐάν γνωρίζομεν ὅτι τὸ ὕδωρ πί-
πτει ἀπὸ ὕψος 25 m .

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

Το βάρος των $2,5\text{ m}^3$ είναι $2\,500\text{ kp}$. Το έργο A , το όποιον πραγματοποιείται από το πίπτον ύδωρ εντός ενός δευτερολέπτου, θά είναι επομένως:

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

Η αντίστοιχος ισχύς είναι $62\,500\text{ kpm/sec}$. Μετατρέπομεν την ισχύον εις kW . Ούτως έχομεν:

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

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

3) Ένα αυτοκίνητον κινείται επί ενός οριζοντίου εδωγράμμου δρόμου με ταχύτητα 72 km/h . Νά υπολογισθή ή μέση ισχύς την όποιαν αναπτύσσει ο κινητήρ του αυτοκινήτου, εάν γνωρίζομεν ότι ή δύναμις την όποιαν άσκει είναι σταθερά και έχει μέτρον $1\,840\text{ Νιουτον}$.

Λύσις. Έντός ενός δευτερολέπτου το αυτοκίνητον διανύει άπόστασιν:

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

Άρα το έργο A το όποιον πραγματοποιείται εντός ενός δευτερολέπτου από την δύναμιν του κινητήρος είναι:

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

Η ισχύς επομένως N του κινητήρος είναι:

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

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

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

$$A = N \cdot t$$

Όστε:

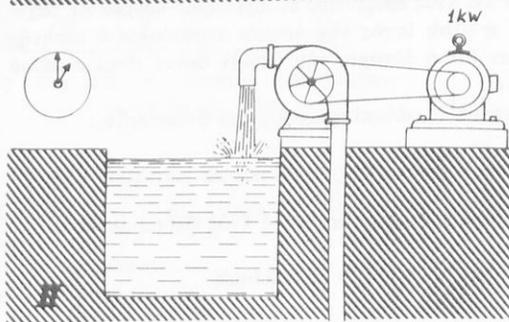
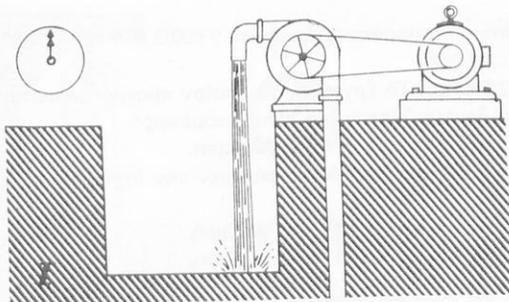
Τò έργο A το όποιον παράγει μία μηχανή ισχύος N , εργαζομένη επί χρόνον t , είναι ίσον πρòς το γινόμενον τής ισχύος επί τον χρόνον λειτουργίας τής μηχανής.

Άπό τον άνωτέρω τύπον του έργου συμπεραίνομεν, άλλωστε, ότι δυνάμεθα νά όρίσωμεν νέας μονάδας έργου, με την βοήθειαν των μονάδων τής ισχύος και του χρόνου.

α) Βατώρα (1 Wh). Η μονάς αυτή όρίζεται από τον άνωτέρω τύπον του έργου όταν $N=1\text{ W}$ και $t=1\text{ h}$. Δηλαδή:

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

Όστε: Η βατώρα (1 Wh) είναι το έργο τον όποιον παράγεται



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

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

$$1 \text{ kWh} = 1\,000 \text{ Wh}$$

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

$$1 \text{ Wh} = 1 \text{ W} \cdot 3\,600 \text{ sec} = (1 \text{ W} \cdot 1 \text{ sec}) \cdot 3\,600 = 1 \text{ Joule} \cdot 3\,600 = 3\,600 \text{ Joule}.$$

Ὡστε :

$$1 \text{ Wh} = 3\,600 \text{ Joule}$$

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 ἑνὸς 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 ἑνὸς κινητήρος, ὁ ὁποῖος πραγματοποιεῖ ἔργον 1 kpm ἐντὸς χρονικοῦ διαστήματος 1 sec.

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

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

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

5. Το Βάτ (1 W) είναι ή ισχύς ενός κινητήρος, ό οποίος πραγματοποιεί έργον 1 Τζούλ (1 J) εντός χρονικού διαστήματος 1 sec. Ίσχύει δέ 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, αί όποιαι 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 δέ : $1 \text{ kWh} = 1 \text{ 000 Wh}$.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

51. Νά ύπολογισθῆ εἰς kpm/sec, εἰς Ch και kW ή ισχύς ἥτις ἀναπτύσσεται ἀπό ἕναν ἴππον, ἐάν γνωρίζωμεν ὅτι κινεῖται μετὰ ταχύτητα 4 km/h και ἀσκει ἑλεκτικῆν δύναμιν 30 kp.
(Απ. 33,3 kpm/sec, 0,44 Ch, 0,324 kW.)

52. Ἐνας γερανός δύναται νά ὑψώσῃ φορτίον βάρους 2 Mp εἰς ὕψος 12 m, ἐντός χρόνου 24 sec. Νά ὑπολογισθῆ (εἰς Ch και kW) ή ισχύς ή όποία ἀναπτύσσεται ἀπό τόν κινητήρα τοῦ γερανοῦ.
(Απ. 13,3 Ch, 9,81 kW.)

53. Ἐνας ποδηλάτης κινεῖται ἐπὶ ὀριζοντίου δρόμου μετὰ ταχύτητα 18 km/h. Μετὰ τήν τήν ταχύτητα ή συνισταμένη τῶν δυνάμεων αί όποιαί ἀντιτίθενται εἰς τήν πορείαν του και τήν όποίαν πρέπει νά ὑπερνικήσῃ, ἔχει μέτρον 1,2 kp. Ζητεῖται ή ισχύς τήν όποίαν ἀναπτύσσει ό ποδηλάτης.
(Απ. 6 kpm/sec.)

54. Ἐνα αὐτοκίνητον κινεῖται ἐπὶ ὀριζοντίου δρόμου μετὰ ταχύτητα 72 km/h. Μετὰ τήν τήν ταχύτητα ή συνισταμένη τῆς ἀντιστάσεως τοῦ ἀέρος και τῶν δυνάμεων τριβῆς ἔχει μέτρον 30 kp. Νά ὑπολογισθῆ μετὰ τās προϋποθέσεις αὐτάς ή ισχύς τήν όποίαν ἀναπτύσσει ό κινητήρ τοῦ αὐτοκινήτου.
(Απ. 600 kpm/sec.)

55. Ὁ κινητήρ ενός αὐτοκινήτου παρέχει εἰς ὀριζόντιον δρόμον ισχὴν 12 Ch. Τό αὐτοκίνητον κινεῖται μετὰ ταχύτητα 90 km/h. Νά ὑπολογισθῆ ή συνολικῆ δύναμις ή όποία ἀντιτίθεται εἰς τήν κίνησην τοῦ αὐτοκινήτου.
(Απ.36 kp.)

56. Μία δεξαμενὴ περιέχει 1 500 λίτρα ὕδατος και τροφοδοτεῖται ἀπό ἕνα φρέαρ μετὰ τήν βοήθειαν μιᾶς ἀντλίας. Ἡ ἐλευθέρη ἐπιφάνεια τοῦ ὕδατος ἐντός τοῦ φρέατος εὑρίσκεται εἰς βάθος 12 m ἀπό τó ἄνοιγμα, ἀπό τó όποιον εἰσέρχεται τó ὕδωρ εἰς τήν δεξαμενὴν. Νά ὑπολογισθῆ : α) Τό έργον τó όποιον πρέπει νά παραχθῆ ἀπό τόν

κινητήρα της αντλίας δια να γεμίση ή δεξαμενή με ύδωρ. β) Ἡ ἰσχύς τὴν ὅποιαν πρέπει νὰ ἀναπτύξη ὁ κινητὴρ οὕτως, ὥστε ἡ ἐργασία αὐτὴ νὰ ἐκτελεσθῇ ἐντὸς ἡμισείας ὥρας. (Τὸ ἔργον νὰ 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 . Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἰσχύς τὴν ὅποιαν ἀνέπτυξεν ὁ ἄνθρωπος. (Ἰ. Απ. 67,5 kpm/sec , 0,9 Ch .)

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

Θ' — ΕΝΕΡΓΕΙΑ

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

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

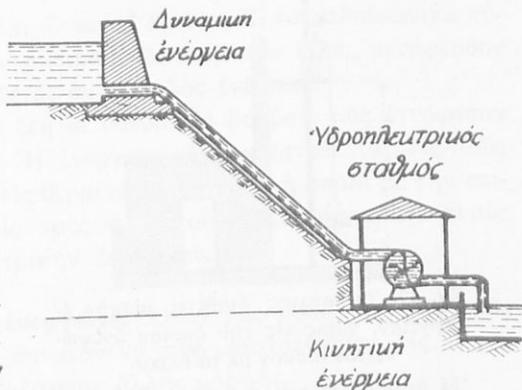
Ἡ ἐνέργεια, τὴν ὅποιαν περικλείει ἓνα σῶμα, ἐκτιμᾶται μὲ τὸ ἔργον τὸ ὅποιον εἶναι εἰς θέσιν νὰ ἀποδώσῃ· δι' αὐτὸν τὸν λόγον μετρεῖται καὶ ὑπολογίζεται μὲ τὰς γνωστὰς μονάδας τοῦ ἔργου.

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

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

Ἐνα συμπεπιεσμένον ἐλατήριο ἂν ἀφεθῇ ἐλεύθερον νὰ ἀποσυσπειρωθῇ, δύναται νὰ ἐκτινάξῃ μακρὰν μίαν μικρὰν σφαιραν. Τὸ συσπειρωμένον ἐλατήριο περικλείει ἐπομένως, λόγῳ τῆς καταστάσεως του, ἐνέργειαν ἢ ὅποια 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 ἀπαιτήθη 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, ἢ ὁποῖα τελικῶς κινεῖ τοὺς ὑδροστροβίλους ἑνὸς ἐργοστασίου.

$$E_{δυν} = B \cdot h$$

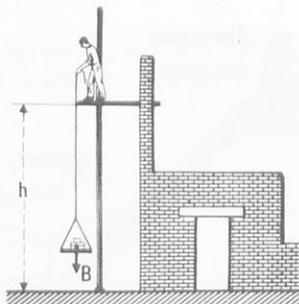
Πράγματι διὰ νὰ ἀνυψωθῇ τὸ σῶμα εἰς ὕψος h , ἡσκήθη ἐπ' αὐτοῦ δύναμις ἴση μὲ τὸ βάρος τοῦ B , ἢ ὁποῖα κατὰ τὴν ἀνύψωσιν παρήγαγεν ἔργον A ἴσον μὲ : $A = B \cdot h$. Τὸ ἔργον ἀκριβῶς αὐτὸ ἀπεθηκεύθη εἰς τὸ σῶμα ὑπὸ μορφήν δυναμικῆς ἐνεργείας.

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, ἢ 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 :



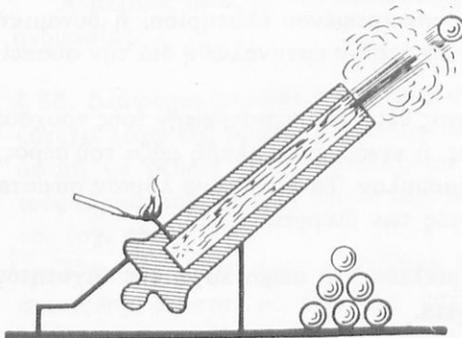
Σχ. 47. Ὁ ἐργάτης διαθέτει μυϊκὴν ἐνέργειαν, χάρις εἰς τὴν ὁποίαν ἀνυψῶνται τὸν δίσκον μὲ τὰ ὑλικά.

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

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

γ) Τὸ ἐκρηκτικὸν γέμισμα 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 γεμίματος. Ἐπειδὴ ἡ ἐνέργεια αὐτὴ εἶναι ἀποτέλεσμα διαφόρων χημικῶν ἀντιδράσεων ὀνομάζεται **χημικὴ ἐνέργεια** (σχ. 48).

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



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

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

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

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

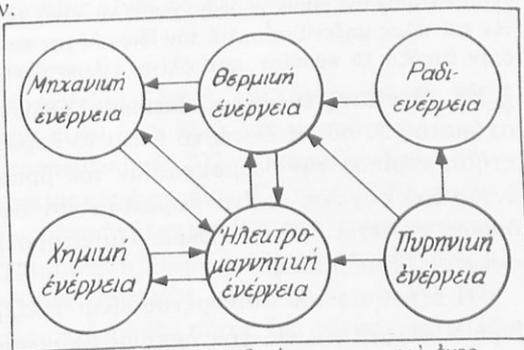
στ) Κατὰ τὰ τελευταῖα ἔτη αἱ «ἀτομικαὶ βόμβαι» μᾶς ἐγνώρισαν τὴν **πυρηνικὴν ἐνέργειαν**. Ἡ ἐνέργεια αὕτη μετατρέπεται εἰς τοὺς ἀτομικοὺς ἀντιδραστήρας εἰς θερμικὴν ἐνέργειαν, ἢ ὁποία μὲ τὴν σειρὰν τῆς μετατρέπεται εἰς τοὺς ἀτομικοὺς ἠλεκτροπαραγωγικοὺς σταθμοὺς καὶ δίδει ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

§ 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, ἢ ὁποία μεταβάλλει τὸ ὕδωρ ἐνὸς λέβητος εἰς ἀτμόν. Ὁ ἀτμὸς αὐτὸς μὲ ἓνα παλίνδρομον ἔμβολον κινεῖ τελικῶς τοὺς τροχοὺς μιᾶς ἀτμομηχανῆς ἢ περιστρέφει ἓνα κινητήρα, παρέχων τοιοῦτοτρόπως μηχανικὴν ἐνέργειαν. Τέλος ὁ κινητῆρ δύναται νὰ θέσῃ εἰς λειτουργίαν μίαν ἠλεκτρογεννήτριαν, μετατρέπων κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον τὴν μηχανικὴν εἰς ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

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

Εἰς τὸ σχῆμα 49 δίδεται μία γενικὴ 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 ἑνὸς σώματος. Ἐνα σῶμα ἢ σύστημα σωμάτων δύναται νὰ ἔχῃ μόνον κινητικὴν ἢ μόνον δυναμικὴν ἐνέργειαν. Δυνατὸν ὅμως νὰ κατέχῃ ταυτοχρόνως καὶ κινητικὴν καὶ δυναμικὴν ἐνέργειαν.

Πράγματι ἓνα σῶμα τὸ ὁποῖον κινεῖται ἐπὶ ἑνὸς 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. Ἄν τὸ σῶμα πέσῃ, τότε λόγῳ τῆς κινήσεώς του ἀποκτᾷ κινητικὴν ἐνέργειαν. Κατὰ τὴν πτώσιν του ὅμως πρὸς τὸ δάπεδον, χάνει ὅλον ἐν ὕψος καὶ ἐπομένως ἐλαττοῦται ἢ δυναμικὴ του ἐνέργεια. ἐνῶ παραλλήλως αὐξάνεται ἢ ταχύτης του, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον ἔχει ὡς συνέπειαν νὰ αὐξάνεται ἢ 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 ἑνὸς σώματος ἢ συστήματος, (τὸ ἄθροισμα δηλαδὴ τῆς δυναμικῆς καὶ τῆς κινητικῆς του ἐνεργείας), παραμένει σταθερά, ἐφ' ὅσον δὲν συμβαίνουν ἀπώλειαι ἐνεργείας.

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

§ 53. Θερμικὴ ἐνέργεια. Πείραμα. Θερμαίνομεν τὸ δοχεῖον Α τοῦ σχήματος 50 οὕτως ὥστε, τὸ ὕδωρ τὸ περιεχόμενον εἰς αὐτὸ νὰ ἀποκτήσῃ περίπου τὴν θερμοκρασίαν τοῦ βρασμοῦ. Θέτομεν ἀκολουθῶς ἐντὸς τοῦ δοχείου Α 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 ἐξαερῶθῃ ὁ αἰθήρ. Οἱ ἄτμοι τοῦ αἰθέρος ἤσκησαν πιέζουσαν δύναμιν εἰς τὸ πῶμα καὶ τὸ ἐξετίναξαν.

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

Ἔστω :

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

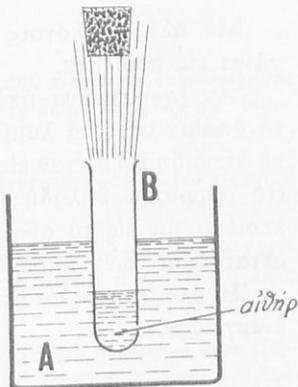
§ 54. Μονάδες ἐνεργείας. Ἀνεφέρθη ὅτι ἡ ἐνέργεια ἐνὸς σώματος ἢ ἐνὸς συστήματος, οἰασδήποτε μορφῆς, εἶναι δυνατόν

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

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

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

§ 55. Ὑποβάθμισις τῆς ἐνεργείας. Ἀρχὴ τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας. Ἡ θερμικὴ ἐνέργεια εἶναι ἀπὸ ὅλας τὰς μορφὰς 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 ὅποιον δὲν δυνάμεθα νὰ χρησιμοποιήσωμεν. Ἀντιθέτως αἱ ἄλλαι μορφαὶ ἐνεργείας μετατρέπονται, σχετικῶς εὐκόλως, ἢ μία εἰς τὴν ἄλλην. Ἐπειδὴ ὅμως κατὰ τὰς μετατροπὰς αὐτὰς ἓνα μέρος ἐνεργείας μετασχηματίζεται εἰς θερμότητα, λέγομεν ὅτι κατὰ τὴν μετατροπὴν τῆς ἐνεργείας συμβαίνει ὑποβάθμισις.



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.

Ήν έχομεν ένα απομονωμένον σύστημα, ένα σύστημα δηλαδή τὸ ὁποῖον οὔτε νὰ λαμβάνη ἀπὸ τὸ περιβάλλον του ἐνέργειαν, οὔτε νὰ ἀποδίδη ἐνέργειαν εἰς αὐτό, τότε ή ὀλική ἐνέργεια τοῦ συστήματος (τὸ ἄθροισμα δηλαδή τῶν διαφόρου μορφῆς ἐνεργειῶν, αἱ ὁποῖαι περιέχονται εἰς τὸ σύστημα, οἰαδήποτε καὶ ἂν εἶναι αἱ ἐσωτερικαὶ μετατροπαὶ τῶν), παραμένει σταθερά.

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

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Ἐνα σῶμα ή ένα σύστημα σωμάτων κατέχει ἐνέργειαν, ὅταν εἶναι ἰκανὸν νὰ παράγη ἔργον.

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

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

4. Ἡ δυναμική ἐνέργεια, τὴν ὁποῖαν κατέχει ένα σῶμα ή ένα σύστημα σωμάτων, εἶναι ή ἐνέργεια τὴν ὁποῖαν ἔχει ἀποθηκευμένην ἐξ αἰτίας τῆς θέσεως ή τῆς καταστάσεώς του τὸ σῶμα ή τὸ σύστημα.

5. Ἐνα κινούμενον σῶμα ἔχει κινητικὴν ἐνέργειαν. Αὐτὴ μετρεῖται ἀπὸ τὸ ἔργον τὸ ὁποῖον ἀποδίδει τὸ κινούμενον σῶμα μέχρις ὅτου ἠρεμήσῃ.

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

7. Ἡ ἐνέργεια ἀναλόγως με τὴν προέλευσίν της ὑποδιαιρεῖται εἰς μηχανικὴν (δυναμικὴν ή 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.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

59. Ένα σώμα βάρους 15 kr έχει ανυψωθῆ κατά 200 m ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς Γῆς. Νὰ εὐρεθῆ ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια τὴν ὅποιαν ἔχει τὸ σῶμα εἰς αὐτὴν τὴν θέσιν. (Ἀπ. 3 000 kpm.)
60. Σῶμα μάζης 200 kg κινεῖται μὲ σταθερὰν ταχύτητα 2 m/sec. Νὰ εὐρεθῆ ἡ κινητικὴ ἐνέργεια τὴν ὅποιαν ἔχει ἀποκτήσει τὸ σῶμα. (Ἀπ. 40,7 kpm).
61. Ένας λίθος ἔχει μάζαν 20 gr καὶ βάλλεται κατακορύφως μὲ ἀρχικὴν ταχύτητα 20 m/sec. Νὰ εὐρεθῆ ἡ κινητικὴ ἐνέργεια, τὴν ὅποιαν ἀπέκτησεν ὁ λίθος κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς βολῆς. (Ἀπ. 40 000 000 erg.)
62. Μία ὀβίς πυροβόλου βάρους 1 250 kr, ἔχει ταχύτητα 800 m/sec ὅταν ἐξερχεται 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. (Ἀπ. 4 000 000 Joule. β' 40 775 000 kpm.)
63. Μία σφῆρα βάρους 100 kr ἀνυψοῦται κατὰ 2,8 m καὶ ἀκολούθως πίπτει ἐλευθέρως ἐπὶ ἐνὸς καρφίου. Νὰ εὐρεθῆ ἡ ἐνέργεια τῆς σφύρας κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς κρούσεως. (Ἀπ. 280 kpm.)

II. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ

Γ—ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΕΙΣ ΘΕΡΜΙΚΗΝ

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

Ἔστω :

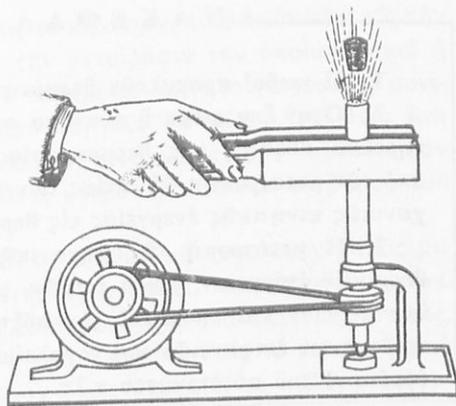
Αἱ τριβαι παράγουν θερμότητα, ἢ ὅποια θερμαίνει τὰς τριβομένας ἐπιφανείας.



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

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

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



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

Εἰς τὸ κινητήριον αὐτὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον προκαλεῖ τὴν περιστροφὴν τοῦ κυλινδρικοῦ δοχείου, ἀντιτίθεται ἓνα ἀνθιστάμενον ἔργον, τὸ ὁποῖον προκαλεῖται ἀπὸ τὴν τριβὴν τῆς ξυλόλαβιδος ἐπὶ τοῦ σωλῆνος. 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.

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.

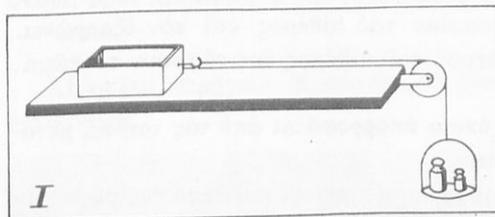
Δι' αὐτὸν τὸν λόγον εἰς τὰ μηχανουργικὰ ἐργαστήρια, ὅταν πρόκειται νὰ κατεργασθοῦν σκληρὰ μέταλλα μὲ μεταλλικὰ ἐργαλεῖα, διαβρέχουν, κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς ἐργασίας, συνεχῶς τὸ ἐργαλεῖον μὲ σαπωνοδιάλυμα, ψύχοντες τὸ μέταλλον μὲ αὐτὸ τὸν τρόπον καὶ ἀποτρέποντες τὴν ἐρυθροπύρωσιν του, ὅποτε ὑπάρχει πιθανότης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

1. Αί τριβαί προκαλοῦν θερμότητα.

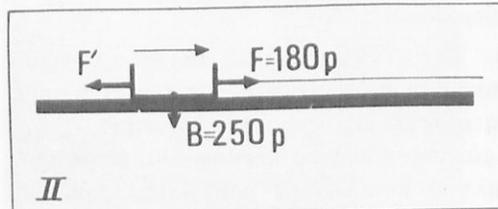
2. Ὄταν ἓνα σῶμα ἢ σύστημα σωμάτων κινῆται, τότε παρατηρεῖται αὐξησης τῆς θερμοκρασίας του, ἡ ὁποία προέρχεται ἀπὸ τὴν μετατροπὴν, ἐξ αἰτίας τῶν τριβῶν, ἑνὸς μέρους τῆς μηχανικῆς κινητικῆς ἐνεργείας εἰς θερμικὴν.

3. Ἡ μετατροπὴ τῆς μηχανικῆς κινητικῆς ἐνεργείας εἰς θερμικὴν ἐνέργειαν, λόγῳ τριβῶν, μᾶς ἐπιτρέπει νὰ ἀνάψωμεν ἓνα πυρεῖον καὶ προκαλεῖ τὴν αὐξησην 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 p μετακινεῖται μὲ ὀριζόντιον δύναμιν 180 p (II).

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

α) Όταν δὲν ἀσκήται ἔλξις εἰς τὸ κιβώτιον, αὐτὸ ὑπόκειται εἰς τὴν δρᾶσιν τοῦ βάρους του καὶ εἰς τὴν ἀντίδρασιν τὴν ὁποῖαν ἀσκεῖ ἡ στανίς. 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 στανίδος ἔχει κατακόρυφον διεύθυνσιν καὶ φορὰν πρὸς τὰ ἄνω, μέτρον δὲ ἴσον μὲ τὸ βᾶρος τοῦ κιβωτίου.

β) Τοποθετοῦμεν εἰς τὸν δίσκον σταθμὰ μὲ συνολικὸν βᾶρος μικρότερον τῶν 180 p, ὁπότε παρατηροῦμεν ὅτι τὸ σῶμα μένει ἀκίνητον. Καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν ὁμως αὐτὴν ὑπάρχει μία ἑλκτικὴ δύναμις, ἴση μὲ τὸ βᾶρος τῶν σταθμῶν, ἡ ὁποῖα ἀσκεῖται εἰς τὸ κιβώτιον ἀπὸ τὸ ὀριζόντιον σχοινίον. Ἐφ' ὅσον ὁμως ἀκίνητεῖ τὸ κιβώτιον, συμπεραίνομεν ὅτι ὑπάρχει καὶ μία ἄλλη δύναμις F' , ἀντίθετος πρὸς τὴν ἑλκτικὴν, ἡ ὁποῖα 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 ἀσκήται 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 στανίδα εἰς τὸ κιβώτιον. Εὐθὺς ὡς ἡ ὀριζόντιος ἑλκτικὴ δύναμις F γίνη ἴση πρὸς 180 p, ἄρχεται ἡ ὀλίσθησις τοῦ κιβωτίου. Ἡ δύναμις ἐπομένως F' , ἡ ὁποῖα 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 στανίδος καὶ ὀνομάζεται δύναμις τριβῆς ἢ ἀπλῶς **τριβή**. Ἐπομένως :

“Ὅταν ἓνα σῶμα κινῆται, εἰς τρόπον ὥστε νὰ εὐρίσκειται συνεχῶς εἰς ἐπαφὴν μὲ ἓνα ἄλλο σῶμα, ἀναπτύσσεται μία δύναμις, ἡ ὁποῖα ἀντιτίθεται πρὸς ἐκείνην ἢ ὁποῖα 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 ἕνα μέρος τῆς δυναμικῆς ἐνεργείας τοῦ φορτισμένου δίσκου. Ὡστε :

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

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

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

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

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

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

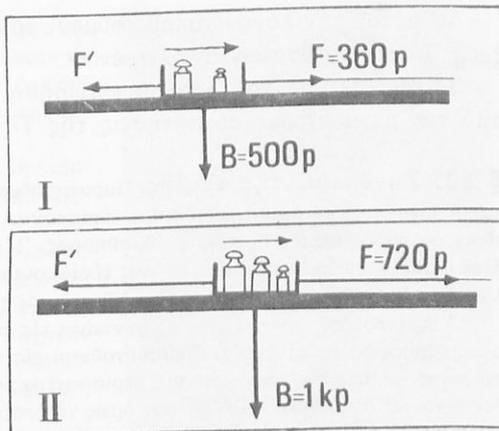
$$F/B = 0,72 \text{ καὶ } f/B = 0,28$$

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

Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω καταλήγομεν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι :

Ἡ τριβὴ ὀλισθήσεως :

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



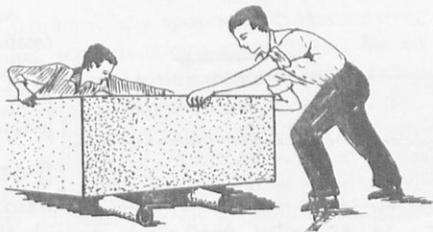
Σχ. 54. Ἡ τριβὴ ὀλισθήσεως εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ βάρος τοῦ σώματος τὸ ὁποῖον ὀλισθαίνει.

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

Ἡ τριβὴ ἢ ὁποῖα 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 μικρότερα δύναμις ἀπαιτεῖται νὰ καταβληθῇ διὰ τὴν μετακίνησιν.



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

Δι' αὐτὸν τὸν λόγον τοποθετοῦμεν τροχοὺς εἰς τὴν βᾶσιν στηρί-
ξεως διαφόρων βαρέων ἀντικειμένων.

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

§ 60. Συνέπειαι τῆς τριβῆς. Παρατηροῦμεν ὅτι ὅσον περισσότερο ἀνώ-
μαλοι εἶναι αἱ ἐπιφάνειαι, αἱ ὁποῖαι εὐρίσκονται ἐν ἐπαφῇ, τόσον μεγαλυτέραι
εἶναι καὶ αἱ δυνάμεις τῆς τριβῆς ὀλισθήσεως. Ἡ τριβὴ αὐτὴ ὀφείλεται εἰς τὰς
ἀνωμαλίας τῶν δύο ἐπιφανειῶν, αἵτινες εὐρίσκονται εἰς ἐπαφῇ. Αὗται αἱ ἀνωμα-
λίαι 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 αὗται
πιέζωνται μεταξύ των. Βεβαίως τὰς περισσοτέρας φορὰς αὗται αἱ παραμορφώσεις
δὲν γίνονται ἀντιληπταί, δὲν παύουν ὁμως νὰ ὑπάρχουν.

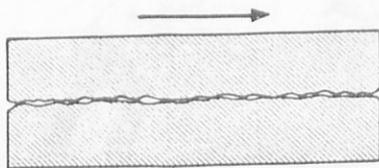
Ἡ τριβὴ δύο ἐπιφανειῶν ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα τὴν ἐξομάλυσιν τῶν ἀνωμαλιῶν
των. Ἐνα μέρος τῆς ἐνεργείας τὴν ὁποῖαν παρέχουμεν εἰς μίαν μηχανήν, καταναλί-
σκεται καὶ ἀπορροφᾶται ἀπὸ τὰς δυνάμεις τριβῆς καὶ μετατρέπεται εἰς θερμικὴν
ἐνέργειαν, ἡ ὁποία μᾶς εἶναι ἄχρηστος.

Παραλλήλως ὁμοῦς 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 δυνά-
μεων τριβῆς.

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

Ἄν δὲν ὑπῆρχε τριβὴ, θὰ μᾶς ἦτο ἀδύνατον νὰ κατασκευάσωμεν ὅ,τιδήποτε.
Ἐὰν δὲν ὑπῆρχε τριβὴ δὲν θὰ ὑπῆρχον καὶ ἀνωμαλίαι εἰς τὴν ἐπιφάνειαν π.χ.
τοῦ καρφίου καὶ εἰς τὴν σανίδα, ὅποτε τὸ καρφίον δὲν θὰ συνεκρατεῖτο εἰς τὴν
ὀπὴν τῆς σανίδος. Δηλαδή πᾶσα ἀπόπειρά διὰ νὰ συνδέσωμεν 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 ἐπιτρέ-
πουν νὰ σταματήσωμεν τὰ ὀχήματα ἢ νὰ
μετριάσωμεν τὴν ταχύτητά των.



σχ. 56. Αἱ τριβαὶ ὀφείλονται κατὰ τὸ ἀρχικόν μας πείραμα διὰ τὴν μελέτην
ἓνα μέρος εἰς τὰς ἀνωμαλίας τῶν τῆς τριβῆς, χρησιμοποιοῦντες μίαν λείαν
ἐπιφανειῶν τῶν σωμάτων. σανίδα, μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι τὴν ἔχομεν

**§ 61. Τρόποι ἐλαττώσεως ἢ αὐξή-
σεως τῶν τριβῶν.** Ἄς ἐπανέλθωμεν εἰς

επιστρώσει με σαπωνοδιάλυμα. Παρατηρούμεν τότε ότι, αν και έρματίζωμεν το κιβώτιον με 1 000 ρ, άρκει μία όριζοντία δύναμις 120 ρ διά νά προκαλέση όλίσησιν του κιβωτίου.

Διά νά έλαττώσωμεν την τριβήν έπαλείφωμεν τās έπιφανείας, αί όποίαι εύρίσκονται εις έπαφήν, με λιπαντικάς ούσίας. Διά νά μη καταστραφούν λόγω τριβής τά μέταλλα, τά όποία έφάπτονται μεταξύ των εις τόν μηχανισμόν, π.χ., ένός αυτοκινήτου, εις μέν την μηχανήν τοποθετούμεν ειδικόν έλαιον, λιπαίνωμεν δε τό σύστημα όδηγήσεως και τούς άξονας τών τροχών.

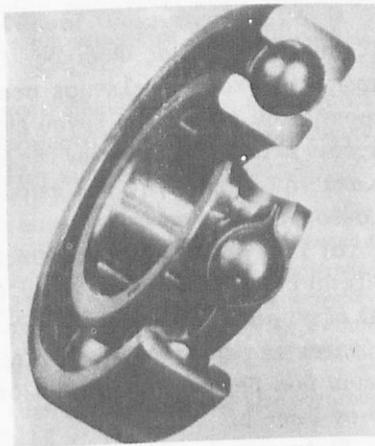
Ένα ποδήλατον με λεπιπασμένους τούς άξονας τών τροχών του τρέχει καλύτερον και ταχύτερον από ένα άλλον του όποιου είναι άλιπαντα και ξηρά τά κινούμενα μέρη. Ένας κινητήρ, ό όποιος λειτουργεί χωρίς νά λιπαίνεται, άχρηστεύεται πολύ συντόμως.

Σημαντικώς έλαττοϋται ή τριβή όταν, όπως ανεφέραμεν, μετατρέψωμεν την όλίσησιν εις κύλιση. Αυτό επιτυγχάνεται με παρεμβολήν, μεταξύ τών δύο τριβομένων με όλίσησιν έπιφανειών, μικρών κυλινδρικών στελεχών, επί τών όποιων επικάθεται τό μετατοπιζόμενον βαρύ άντικείμενον. Τά κυλινδρικά στελέχη είναι κάθεται προς την έλκουσαν δύναμιν.

Έφαρμογήν αυτής τής παρατηρήσεως άποτελεί ή κατασκευή τών ένσφαιρων τριβέων (κοινώς ρουλεμάν), οι όποιοι έχουν μεγάλας εφαρμογάς εις την Τεχνικήν. Άπλουδν παράδειγμα τής εφαρμογής των έχομεν εις τό ποδήλατον. Οι άξονες τών τροχών του ποδηλάτου δεν έφάπτονται άπ' ευθείας εις τά περιεζόνια των, αλλά με παρεμβολήν ένσφαιρων τριβέων. Οι ένσφαιροι τριβείς περιλαμβάνουν μικράς χαλυβδίνους σφαίρας, αί όποίαι παρεμβάλλονται εις τās τριβομένας έπιφανείας (σχ. 57).

Άντιθέτως διά νά άποφύγωμεν την όλίσησιν τών τροχών μίς άτμομηχανής έπάνω εις τās σιδηροδρομικάς γραμμάς, τās επικαλύπτομεν με άμμον, διά νά αυξήσωμεν την τραχύτητά των. Διά μίαν άνάλογον αίτιαν ρίπτομεν άμμον έπάνω εις έναν δρόμον ό όποιος έχει καλυφθή από παγοκρυστάλλους.

Αί σιαγόνες τών πεδών (φρένων) εις τά αυτοκίνητα και οι δίσκοι τών συμπλεκτών (άμπραγιάζ) είναι έφωδιασμένοι με ειδικάς μηχανικάς διατάξεις, αί όποίαι αυξάνουν την τριβήν. Όσον περισσότερο συμπιέζονται μεταξύ των δύο επιφάνειαι αί όποίαι έφάπτονται, είτε με την βοήθειαν μοχλών οι όποιοι πολλαπλασιάζουν τās μεταξύ των δυνάμεις (φρένα), είτε με την βοήθειαν ισχυρών ελατηρίων (συμπλέκτης), τόσον ή τριβή ή όποία αναπτύσσεται μεταξύ τών δύο αυτών επιφανειών αυξάνεται.

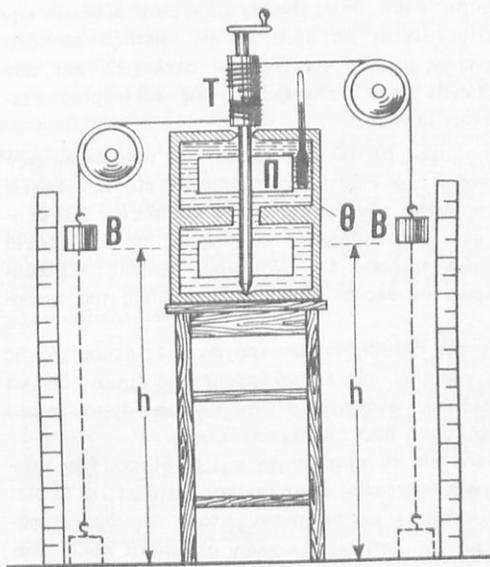


Σχ. 57. Ένσφαιροι τριβείς (ρουλεμάν).

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

α) Περιγραφή τῆς συσκευῆς. Ἐντὸς ἑνὸς θερμιδομέτρου Θ βυθίζεται ἕνας κατακόρυφος ἄξων, ἐφωδιασμένος με πτερύγια Π (σχ. 58). Ὁ ἄξων αὐτὸς συνδέεται με ἕνα κυλινδρικὸν τύμπανον T , τὸ ὁποῖον δύναται νὰ περιστραφῆ περὶ τὸν γεωμετρικὸν 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 κίνησίν του τὸν ἄξονα με τὰ πτερύγια, τὰ ὁποῖα τότε ἀναδεύουν τὸ ὕδωρ τοῦ θερμιδομέτρου. Αὐτὴ ἡ ἀνάδευσις γίνεται πλέον ἔντονος με τὴν βοήθειαν δύο ἀκινήτων πτερυγίων, τὰ ὁποῖα εἶναι στερεωμένα εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοίχωμα τοῦ θερμιδομέτρου. Ἡ τριβὴ τοῦ ὕδατος με τὰ πτερύγια παράγει θερμότητα, ἡ ὁποία αὐξάνει τὴν θερμοκρασίαν τοῦ ὕδατος ἐντὸς τοῦ θερμιδομέτρου. Δεδομένου ὅτι αὐτὴ ἡ αὐξήσις τῆς θερμοκρασίας εἶναι πολλὴ μικρά, πρέπει νὰ ἐκτελέσωμεν μίαν ὀλόκληρον σειρὰν διαδοχικῶν πτώσεων τῶν βαρῶν (περίπου εἴκοσι) διὰ νὰ ἔχωμεν αἰσθητὴν αὐξήσιν τῆς θερμο-



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

κρασίας. Το μηχανικόν 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 αὐξήσιν τῆς θερμοκρασίας καὶ ἂν γνωρίζωμεν τὴν μᾶζαν τοῦ ὕδατος, ἡ ὁποία περιέχεται εἰς τὸ θερμιδόμετρον.

γ) Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. Εἰς μίαν σειρὰν πειραμάτων μετὰ τὴν διάταξιν τῆς συσκευῆς Τζάουλ, ἔγιναν αἱ ἀκόλουθοι μετρήσεις : 1) Ὅλικόν ἰσοδύναμον εἰς ὕδωρ τοῦ θερμιδομέτρου = 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 εὑρεθῇ τὸ μηχανικὸν ἰσοδύναμον τῆς θερμίδος, ἡ ἀριθμητικὴ σχέσις ἰσότητος, δηλαδὴ, μεταξὺ θερμίδος καὶ Joule.

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

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

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 μὲ ἐκείνην ἡ ὁποία ἀνύψωσε τὴν θερμοκρασίαν τοῦ θερμιδομέτρου κατὰ 1,1 °C καὶ ἡ ὁποία δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν :

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

Δηλαδὴ :

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

ἔπου 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, ὅποτε θὰ ἔχωμεν ὅτι : 3 377 cal ἰσοδυναμοῦν μὲ 14 126,4 Joule καὶ 1 cal ἰσοδυναμεῖ μὲ 14 126,4/3 377 Joule.

Δηλαδὴ :

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

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

Συμπέρασμα. Πολυἀριθμοὶ μετρήσεις ἔδειξαν ὅτι ἀναφαίνεται ποσό-

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

Ἀντιστρόφως λαμβάνομεν ἔργον 4,18 Joule ἐκάστην φοράν, κατὰ τὴν ὁποίαν ποσότης θερμότητας ἴση πρὸς 1 cal μετατρέπεται ἐξ 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 θερμότητας ἡ ὁποία ἀντιστοιχεῖ εἰς 1 Joule εἶναι :

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

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

$$Q = J \cdot A$$

ὅπου J τὸ 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 δύναμιν, ἢ ὁποία ἀσκεῖται ἀπὸ τὴν τρίβουσαν ἐπιφάνειαν ἐπὶ τῆς τριβομένης ἐπιφανείας, διὰ μικρὰς ταχύτητας.

3. Ἡ δύναμις τῆς τριβῆς ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τῶν δύο ἐπιφανειῶν καὶ εἶναι ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὴν τρίβουσαν ἐπιφάνειαν καὶ τὴν ταχύτητα τῆς μετατοπίσεως, διὰ μικρὰς ταχύτητας.

4. Αἱ δυνάμεις τῆς τριβῆς ἀπορροφοῦν ἐνέργειαν. Ἡ ἐνέργεια αὐτὴ μετατρέπεται εἰς θερμότητα.

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

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

6. Τὸ μηχανικὸν ἰσοδύναμον τῆς θερμίδος εἶναι 4,18 Joule. Μία ποσότης θερμότητος, ἕνα 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. (Ἀπ. 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 δύνανται νὰ ἀποδώσῃ ἡ καύσις μείγματος 1 kg ἄνθρακος ἐὰν περιέχῃ 90% ἄνθρακα.

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

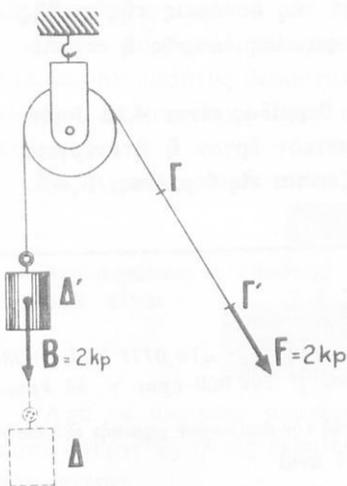
66. Νὰ εὑρεθῇ εἰς Joule ἡ ἐνέργεια ἡ ὁποία ἀπαιτεῖται διὰ νὰ αὐξηθῇ ἡ θερμοκρασία 1 200 gr ὕδατος ἀπὸ τοὺς 15 °C εἰς τοὺς 80 °C

(Ἀπ. $Q = 326 040 \text{ Joule}$.)

67. Ἐνα τετραγωνικὸν πρίσμα ἀπὸ σίδηρον ἔχει διαστάσεις 8 cm · 5 cm · 3 cm καὶ εὐρίσκεται ἐπάνω εἰς ἕνα ὀριζόντιον ἐπίπεδον. Τὸ πρίσμα σύρεται ὀριζοντίως ἀπὸ ἕνα σχοινίον, τὸ ὁποῖον, ἀφοῦ διέλθῃ ἀπὸ μίαν τροχαλίαν συγκρατεῖ ἕναν δίσκον. Τὸ πρίσμα εἶναι τοποθετημένον εἰς τὸ ὀριζόντιον ἐπίπεδον μὲ τὴν μεγαλύτεραν ἀπὸ τὰς ἔδρας του καὶ τίθεται εἰς κίνησιν, ὅταν ὁ δίσκος ἔχῃ φορτίον μάζης 620 gr. α) Νὰ εὑρεθῇ τὸ ἐλάχιστον βάρος, τὸ ὁποῖον θὰ πρέπει νὰ φέρῃ ὁ δίσκος διὰ νὰ κινηθῇ τὸ πρίσμα, ὅταν θὰ εἶναι τοποθετημένον μὲ τὰς ἄλλας δύο ἔδρας του. β) Θέτομεν ἐπὶ τοῦ πρίσματος, ὅταν εἶναι τοποθετημένον μὲ τὴν μεγαλύτεραν ἔδραν του, μᾶζαν βάρους 2 kp. Νὰ εὑρεθῇ τὸ βάρος τοῦ ἐλαχίστου φορτίου διὰ τὸ ὁποῖον θὰ κινηθῇ τὸ πρίσμα. (Ἀπ. 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 ἕνα ἀπομονωμένον σύστημα. Ἐδῶ θὰ ἀσχοληθῶμεν μὲ τὴν διατήρησιν τῆς



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

σημειον εφαρμογής μετατοπίζεται από το σημειον Γ εις το σημειον Γ'.

Ἡ δύναμις F παράγει, καθὼς γνωρίζωμεν, έργον κινητηρίου δυνά-
μεως A τὸ ὁποῖον εἶναι ἴσον μέ :

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

Τὸ σημειον εφαρμογής τοῦ βάρους B μετατοπίζεται ἀντιθέτως πρὸς
τὴν φοράν του. Ἐπομένως τὸ βάρος θὰ παράγη έργον ἀνθισταμένης
δυνάμεως A καὶ θὰ εἶναι :

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

Ἐπειδὴ ὁμως $B = F$ καὶ προφανῶς $(\Gamma\Gamma') = (\Delta\Delta')$, θὰ ἔχωμεν ὅτι
καὶ $A_1 = A_2$.

Ἐπομένως :

κινητήριο έργον = ἀνθιστάμενον έργον

Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν λέγομεν ὅτι συμβαίνει διατήρησις τοῦ
έργου.

Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι :

ἐνεργείας εἰς μίαν ἀπλήν μηχανὴν καὶ
θὰ περιορισθῶμεν εἰς τὴν διατήρησιν
τῆς μηχανικῆς ἐνεργείας.

**§ 64. Παράδειγμα διατήρησης
μηχανικῆς ἐνεργείας. Τροχαλία. Κι-
νητήριο καὶ ἀνθιστάμενον έργον.**
Θεωροῦμεν τὴν τροχαλίαν τοῦ σχή-
ματος 59 ἀπηλλαγμένη ἀπὸ τριβάς
καὶ ἀκλονήτως τοποθετημένην.

Ἀνυψώνομεν, χρησιμοποιοῦντες
τὴν τροχαλίαν αὐτὴν, ἓνα σῶμα βά-
ρους 2 kp οὕτως, ὥστε τὸ κέντρον βά-
ρους του νὰ μετατοπισθῆ ἀπὸ τὸ ση-
μεῖον Δ εἰς τὸ σημειον Δ' . Διὰ νὰ γίνῃ
αὐτὸ θὰ πρέπει νὰ ἀσκήσωμεν εἰς τὴν
ἄλλην ἄκρην τοῦ σχοινίου μίαν δύνά-
μιν F , ἴσην κατὰ μέτρον πρὸς τὸ βά-
ρος B τοῦ σώματος, τῆς ὁποίας τὸ

Είς μίαν άπλήν μηχανήν, ή οποία λειτουργεί χωρίς τριβάς, τó κινήτηριον και τó άνθιστάμενον έργον είναι ίσα. Τó συμπέρασμα αυτό εκφράζομεν λέγοντες ότι έχομεν διατήρησιν τής μηχανικής ένεργείας.

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

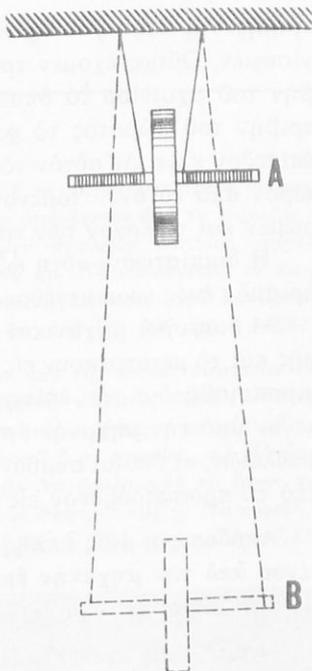
Όταν ó σφόνδυλος Α εúρίσκεται είς τó άνωτερον σημείον τής διαδρομής του, τά νήματα είναι πεπλεγμένα περί τόν άξονά του. Έφ' όσον εúρίσκεται είς ένα ώρισμένον ύψος από τó κατώτερον σημείον, είς τó όποιον μεταφέρεται όταν εκτυλιχθούν τά νήματα, κατέχει ώρισμένην δυναμικήν ένεργειαν. Όταν άφεθή νά πέση, όποτε τά νήματα εκτυλίσσονται τού προσδίδουν εκτός από τήν κατακόρυφον κίνησιν, τήν όποιαν έχει εξ αίτίας τής πώσεως, και μίαν περιστροφικήν κίνησιν. Η περιστροφική αύτη κίνησις γίνεται όλονέν ταχύτερα.

Όταν ó σφόνδυλος φθάση είς τó κάτω άκρον τής διαδρομής του, συνεχίζει νά περιστρέφεται κατά τήν ίδίαν φοράν, με άποτέλεσμα τά νήματα νά άρχίσουν νά περιτυλίγωνται είς τόν άξονά του και ούτως άρχίζει νά άνέρχεται.

Ένώσω ó σφόνδυλος κατέρχεται, ή δυναμική του ένεργεια έλαττοῦται, ενώ ή κινητική του ένεργεια αύξάνεται. Όταν άρχισή νά άνέρχεται ή ταχύτης περιστροφής του έλαττοῦται, έπομένως και ή κινητική του ένεργεια. Όταν άνέρχεται όμως άρχίζει νά επανακτά τήν δυναμικήν ένεργειαν.

Από τά άνωτέρω συμπεραίνομεν λοιπόν ότι ή μηχανική ένεργεια τού συστήματος παραμένει σταθερά. Παρατηρούμεν επίσης ότι ó σφόνδυλος κατά τήν άνοδόν του δέν φθάνει είς τó σημείον εκείνο από τó όποιον έξεκίνησεν, αλλά χαμηλότερον, πράγμα τó όποιον σημαίνει ότι υπάρχουν άλλαι δυνάμεις, αί όποια όφείλονται είς τριβάς, και έναντιώνονται είς τήν κίνησιν του. Έπομένως ένα μέρος τής δυναμικής ένεργείας τού σφονδύλου μετατρέπεται, λόγω τών τριβών, είς θερμικήν ένεργειαν, ή όποία διασπείρεται είς τόν περιβάλλοντα άέρα.

§ 65. Απόδοσις άπλής μηχανής. Είς τήν πραγματικότητα κατά τήν λειτουργίαν μιās άπλής μηχανής υπάρχουν πάντοτε δυνάμεις



Σχ. 60. Κατά τήν κάθοδόν του ó περιστρεφόμενος σφόνδυλος χάνει δυναμικήν ένεργειαν, αύξάνει όμως τήν κινητικήν του ένεργειαν.

τριβής, τὰς ὁποίας δυνάμεθα νὰ περιορίσωμεν, ὄχι ὅμως καὶ νὰ εξαφανίσωμεν. 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 ὄρισμὸν ἑνὸς νέου μεγέθους, τὸ ὁποῖον ὀνομάζεται **ἀπόδοσις**.

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

Ἀπόδοσις ἢ 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 τριβάς, 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 ἀπόδοσιν 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. "Ενα κεκλιμένον ἐπίπεδον AB ἔχει μῆκος 6 m, ἡ δὲ ὑψομετρικὴ διαφορὰ τῶν A καὶ B εἶναι 2 m. "Ενα 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. (Ἀπ. 360 kp, 300 kp, $\eta=0,83$.)

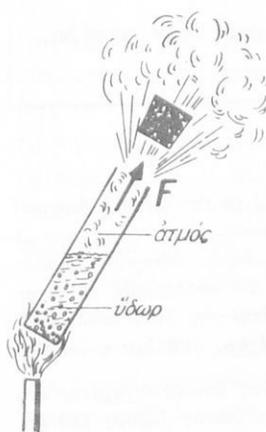
69. "Ενα πολύσπαστον (σύστημα τροχαλιῶν ἀπὸ τὰς ὁποίας διέρχεται ἓνα κοινὸν σχοινίον) χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν ἀνύψωσιν σώματος βάρους 180 kp. Εἰς τὸ ἄλλον ἄκρον τοῦ σχοινίου ἀσκοῦμεν μίαν κινήτριον δύναμιν μέτρον 36 kp. Τὸ σῶμα ἀνῆλθε κατὰ 1,2 m ὅταν ἡμεῖς ἐσύραμε 7,2 m σχοινίου. α) Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ἔργον τῆς ἀνθισταμένης δυνάμεως. β) Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ἔργον τῆς κινήτριον δυνάμεως. Διὰ τί τὰ δύο αὐτὰ ἔργα εἶναι διαφορετικά; γ) Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἀπόδοσις τῆς ἀπλῆς μηχανῆς. (Ἀπ. 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. Δηλαδή πῶς ἡ θερμικὴ ἐνέργεια εἶναι δυνατόν νὰ μετατραπῇ εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν.

Πείραμα 1. Θερμαίνομεν ἓνα πωματισμένον μεταλλικὸν δοχεῖον, τὸ ὁποῖον περιέχει ὀλίγον ὕδωρ καὶ τὸ πῶμα τοῦ ὁποίου ἔχομεν λιπάνει ἐλαφρῶς, διὰ νὰ ὀλισθαίνῃ με εὐκολίαν (σχ. 61). Παρατηροῦμεν ὅτι, μετὰ ἀπὸ μικρὸν χρονικὸν διάστημα, τὸ πῶμα ἐκτινάσσεται ὀρμητικῶς, ἐνῶ συγχρόνως διαφεύγει ἀπὸ τὸν σωλῆνα μία ποσότης ἀτμοῦ.

Ἡ ἐκτόξευσις 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.

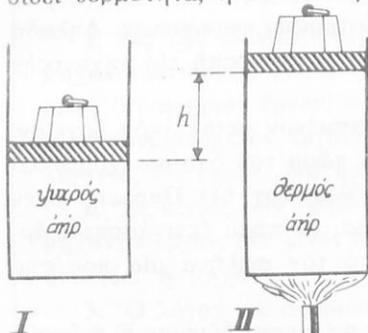


Σχ. 61. Μετατροπή της θερμότητας εις μηχανικόν ἔργον. Οἱ θερμοὶ ὑδρατικοὶ ἄσκοι πιεζούσας δυνάμεις εἰς τὸ πῶμα καὶ τὸ ἐκτινόσσουν βιαίως.

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 πιεζούσας δυνάμεις τοῦ θερμοῦ ἀέρος παράγουν μηχανικόν ἔργον καὶ ἀνυψώνουν τὸ ἐμβολον 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 ἐμβολον τῆς μηχανῆς καὶ οὕτω παράγει ἀρισμένον ἔργον.

Ἄκριβεῖς μετρήσεις ἔδειξαν ὅτι ἓνα μέρος τῆς θερμότητος, ἢ ὅποια παρέχεται ἀπὸ τὸ καύσιμον, μετατρέπεται εἰς ἔργον.

Πείραμα 2. Ἐνας κατακόρυφος κύλινδρος περιέχει ἀέρα, ὃ ὁποῖος συμπιέζεται ἀπὸ ἓνα βάρος, τοποθετημένον ἐπάνω εἰς ἓνα ἐμβολον. Ἐὰν θερμάνωμεν τὸν ἀέρα, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι τὸ ἐμβολον καὶ τὸ βάρος, ὑψώνονται κατὰ ἓνα ὕψος h (σχ. 62). Δηλαδή αἱ πιεζούσας δυνάμεις, αἱ ὅποια ἄσκονται ἀπὸ τὸν ἀέρα ἐπὶ τοῦ ἐμβόλου, παράγουν μηχανικόν ἔργον. Αὐτὸ τὸ ἔργον παράγεται ἐξ αἰτίας τῆς

θερμότητος, ἢ ὅποια ἀποδίδεται ἀπὸ τὴν ἐστίαν εἰς τὸν περιορισμένον μέσα εἰς τὸν κύλινδρον ἀέρα.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω παραδειγμάτων συμπεραίνομεν ὅτι :

Ἡ θερμότης δύναται νὰ μετατραπῇ εἰς μηχανικόν ἔργον.

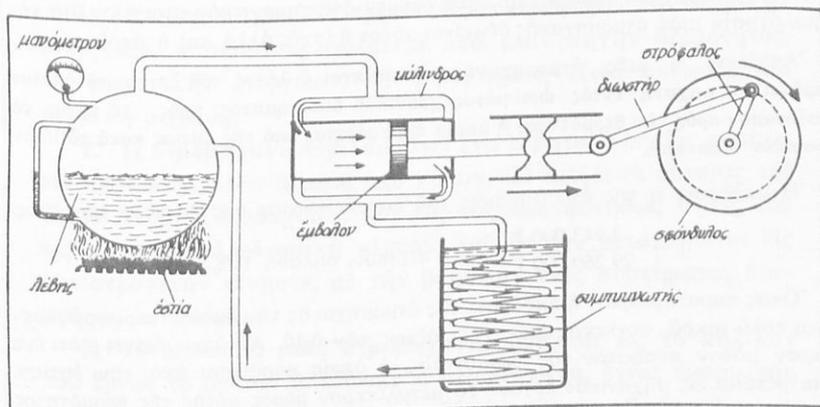
§ 67. Ἀτμομηχανή. Ὅπως εἶδομεν εἰς τὴν προηγουμένην παράγραφον, ἡ ἀτμομηχανή εἶναι μία θερμικὴ μηχανή, ἡ ὁποία μετατρέπει εἰς ἔργον ἓνα μέρος τῆς θερμότητος, τὸ ὁποῖον προσλαμβάνει ἀπὸ τὸ ὕδωρ, τὸ περιεχόμενον ἐντὸς λέβητος (καζάνι).

Ἀρχὴ τῆς λειτουργίας καὶ περιγραφή. Τὸ πείραμα, μὲ τὸ μεταλλικὸν δοχεῖον τὸ περιέχον ὕδωρ, τὸ ὁποῖον ἀφοῦ ἐθερμάνθη ἐξετίναξε τὸ πῶμα (βλ. σχ. 61), ἐξηγεῖ τὴν ἀρχὴν τῆς λειτουργίας μιᾶς ἀτμομηχανῆς. Δηλαδή :

Ἡ πίεσις τοῦ ἀτμοῦ, ὁ ὁποῖος παράγεται ἀπὸ τὸ ὕδωρ, ἐντὸς ἐνὸς κλειστοῦ δοχείου, εἶναι ἰκανὴ νὰ μετατοπίσῃ ἓνα σῶμα.

Ὁ ἀτμὸς ὁ παραγόμενος ἐντὸς τοῦ λέβητος, ὠθηγεῖται 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 συμπυκνωτής καὶ τὸ σύστημα διωστήρος-στροφάλου διὰ τὴν μετατροπὴν μιᾶς παλινδρομικῆς κινήσεως εἰς περιστροφικὴν.

έμβόλου. Ο ατμός αφού χρησιμοποιηθῆ εἰς τὸν κύλινδρον, διαφεύγει εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν ἢ ὀδηγεῖται εἰς ἕναν συμπυκνωτήν, ἀπὸ ὅπου ἐπαναφέρεται εἰς τὸν λέβητα.

Ἡ ἀνακάλυψις τῆς ἀτμομηχανῆς ὑπῆρξεν ἀφετηρία τῆς κατασκευῆς τῶν σιδηροδρόμων, καθὼς καὶ τῆς μηχανοποιήσεως τῶν διαφόρων ἐργασιῶν.

§ 68. Ἡ ἀπόδοσις μιᾶς ἀτμομηχανῆς. Ἡ ἰσχὺς μιᾶς ἀτμομηχανῆς, τὸ ἔργον δηλαδὴ τὸ ὅποιον ἀποδίδει ἀνά δευτερόλεπτον, ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ ἔργον τὸ ὅποιον παράγεται εἰς μίαν διαδρομὴν τοῦ ἐμβόλου καὶ ἀπὸ τὸ πλῆθος τῶν διαδρομῶν αὐτῶν εἰς ἕκαστον δευτερόλεπτον.

Ἡ ἰσχὺς τῶν συγχρόνων μηχανῶν κυμαίνεται μεταξύ 4 000 ἵππων καὶ 6 000 ἵππων.

Διὰ τὴν λειτουργίαν μιᾶς ἀτμομηχανῆς ἰσχύος ἔστω 4 000 Ch, πρέπει νὰ ἀποδίδῃ ἢ ἔστια τῆς 7 000 kcal/sec, κατὰ μέσον ὄρον.

Ὅπως μᾶς εἶναι γνωστόν, τὸ μηχανικὸν ἰσοδύναμον τῆς θερμίδος εἶναι 4,18 Joule. Τὸ προσφερόμενον ἐπομένως ἀπὸ τὴν ἔστιαν ὑπὸ μορφήν θερμότητος ἔργον ἀνά δευτερόλεπτον εἶναι :

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

Τὸ ἀποδιδόμενον ἀπὸ τὴν ἀτμομηχανὴν ἔργον ἀνά δευτερόλεπτον εἶναι :

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

Ἀπὸ τὸ ἀνωτέρω παράδειγμα κατανοοῦμεν ὅτι σημαντικὸν στοιχεῖον διὰ τὴν ἀξιολόγησιν μιᾶς ἀτμομηχανῆς δὲν εἶναι μόνον ἡ ἰσχὺς ἀλλὰ καὶ ἡ ἀπόδοσις τῆς.

Ἀπόδοσις ἡ μιᾶς ἀτμομηχανῆς ὀνομάζεται ὁ λόγος τοῦ ἔργου, τὸ ὅποιον παράγει ἡ μηχανὴ ἐντὸς ὀρισμένου χρονικοῦ διαστήματος, πρὸς τὸ ἔργον τὸ ἰσοδύναμον πρὸς τὴν θερμότητα, ἡ ὁποία προσφέρεται ὑπὸ τῆς ἔστιας κατὰ τὸ ἴδιον χρονικὸν διάστημα.

Ἡ ἀπόδοσις ἡ τῆς ἀτμομηχανῆς τοῦ παραδείγματος μᾶς θὰ εἶναι ἐπομένως :

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

Ὅπως παρατηροῦμεν, ἡ ἀπόδοσις τῆς ἀτμομηχανῆς τὴν ὁποίαν περιεγράψαμεν εἶναι πολὺ μικρά, συγκεκριμένως τῆς τάξεως τῶν 0,10. Αὐτὸ συμβαίνει διότι ἕνα μικρὸν μόνον ποσοστὸν τῆς θερμότητος, ἡ ὁποία παράγεται ἀπὸ τὴν ἔστιαν, μετατρέπεται εἰς μηχανικὸν ἔργον. Τὸ μεγαλύτερον μέρος αὐτῆς τῆς θερμότητος χάνεται, εἴτε δι' ἀκτινοβολίας, εἴτε μὲ τὰ ἀέρια τῆς καύσεως, εἴτε μὲ τὸν αἰθρὸν ὁ ὁποῖος διαφεύγει ἀπὸ τὸν κύλινδρον.

Ἡ ἀπόδοσις μιᾶς ἀτμομηχανῆς βελτιώνεται μὲ καταλλήλους τροποποιήσεις καὶ διατάξεις. Οὕτω, διακόπτομεν τὴν εἴσοδον τῶν αἰθρῶν εἰς τὸν κύλινδρον,

προτού τὸ ἔμβολον διατρέξῃ ὅλην τὴν διαδρομὴν του. Ὁ ἀτμὸς ὁ ὁποῖος ὑπάρχει τότε μέσα εἰς τὸν κύλινδρον συνεχίζει νὰ ὠθῆ τὸ ἔμβολον καὶ κατὰ τὸ ὑπόλοιπον τμήμα τῆς διαδρομῆς του. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον, ὁ ὄγκος τοῦ ἀτμοῦ αὐξάνεται καὶ ἐπομένως ἔλατῶνται ἡ πίεσις του. Λέγομεν τότε ὅτι ὁ ἀτμὸς ἐξετονώθη.

Εἰς τὰς τελευταίους τύπου ἀτμομηχανάς 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 ἀφῆσωμεν 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 τοὺς κυλίνδρους. Ἡ θερμοκρασία του διατηρεῖται σταθερὰ εἰς τὴν περιοχὴν τῶν 40 °C. Ἡ πίεσις εἰς τὸν συμπυκνωτήν θὰ εἶναι βεβαίως ἴση πρὸς τὴν τάσιν τῶν κεκορεσμένων ὕδρατμῶν εἰς αὐτὴν τὴν θερμοκρασίαν (0,1 kr/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 ὁμοίως 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 συμπυκνωτήν.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Μία ἀτμομηχανὴ ἐπιτρέπει νὰ μετατρέψωμεν τὴν θερμικὴν ἐνέργειαν, ἢ ὁποία προσφέρεται ἀπὸ μίαν πηγὴν θερμότητος, εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν. Ἡ ἀτμομηχανὴ εἶναι συνεπῶς μία θερμικὴ μηχανή.

2. Ἡ ἀτμομηχανὴ περιλαμβάνει ἓνα λέβητα, ὁ ὁποῖος παρέχει εἰς ἓναν κύλινδρον ἀτμοὺς ὑπὸ πίεσιν. Ἡ πιέζουσα δύναμις τοῦ ἀτμοῦ ἐνεργεῖ διαδοχικῶς καὶ εἰς τὰς δύο συνήθως ὄψεις τοῦ ἐμβόλου, ἢ παλινδρομικὴ κίνησις τοῦ ὁποῖου 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 ἀπηλευθέρωθη 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 ἔμβραδου 250 cm². Ὁ ἀτμὸς εἰσέρχεται εἰς τὸν κύλινδρον μὲ πίεσιν 12 kp/cm² καὶ ἐξέρχεται ἀμέσως εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ δύναμις ἢ ὅποια ὠθεῖ τὸ ἔμβολον. Δίδεται ἡ ἀτμοσφαιρική πίεσις ἴση πρὸς 1kp/cm². (Ἄπ. 2 750 kp.)

71. Τὸ ἔμβολον μιᾶς ἀτμομηχανῆς διπλῆς ἐνεργείας, ἔχει διάμετρον 20 cm. Ὁ ἀτμὸς εἰσέρχεται εἰς τὸν κύλινδρον μὲ πίεσιν 12 kp/cm². Ἀκολουθῶς διοχετεύεται εἰς ἕνα συμπυκνωτήν, ὅπου ἡ πίεσις εἶναι 0,2 kp/cm². Ἡ διαδρομὴ τοῦ ἐμβόλου εἶναι 60 cm. Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον παράγεται κατὰ μίαν πλήρη διαδρομὴν ἀπὸ τὴν δύναμιν μὲ τὴν ὁποίαν ὁ ἀτμὸς ὠθεῖ τὸ ἔμβολον. (Ἄπ. 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 μᾶζαν βάρους 500 kp, ἡ ὅποια ἀνυψοῦται ἀπὸ ἕνα κατακόρυφον ἔμβολον, τὸ ὁποῖον κινεῖται μέσα εἰς ἕναν κύλινδρον, ἔμβραδου διατομῆς 150 cm², καὶ πίπτει εὐθὺς ὡς ὁ ἀτμὸς διαφύγη εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἐλαχίστη πίεσις τοῦ ἀτμοῦ, διὰ τὴν ὁποίαν δύναται νὰ ὑψωθῇ ἡ μᾶζα τῆς σφύρας. (Ἄπ. 4,3 kp/cm².)

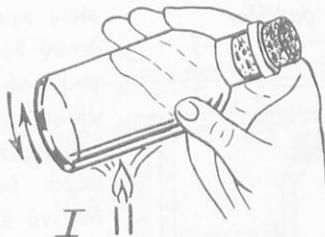
73. Ἡ ἰσχὺς ἢ ὅποια ἀποδίδεται ἀπὸ τὸν κινητήριον ἄξονα μιᾶς ἀτμομηχανῆς, εἶναι 96 Ch. Ἡ ἀτμομηχανὴ καταναλίσκει 76 kg καυσίμου ἀνὰ ὥραν. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀπόδοσις τῆς μηχανῆς, ἐὰν γνωρίζωμεν ὅτι ἡ θερμότης καύσεως τοῦ ἄνθρακος εἶναι 7 500 kcal/kg (Ἄπ. η=11%.)

ΙΔ'— ΜΗΧΑΝΑΙ ΒΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΕΩΣ

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

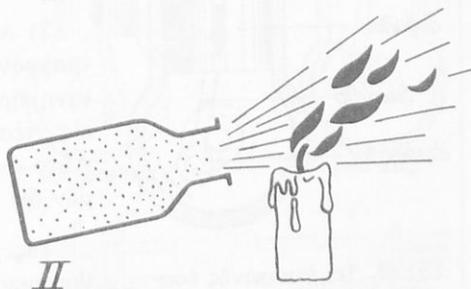
§ 70. Μηχαναὶ ἐκρήξεως. 1) Ἀρχὴ καὶ λειτουργία, α) Πείραμα. Εἰσαγομεν μερικὰς σταγόνας βενζίνης μέσα εἰς ἕνα φιαλίδιον, τὸ

πωματιζομεν καὶ τὸ θερμαίνομεν ἐλαφρῶς ὥστε νὰ παραχθοῦν ἀτμοὶ βενζίνης (σχ. 64, I). Ἐκπωματιζομεν 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).



I

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 ἑνὸς κλειστοῦ δοχείου, τὰ ἀέρια δύνανται νὰ ἀποκτήσουν πολὺ μεγάλην πίεσιν καὶ νὰ κινήσουν ἓνα ἔμβολον. Αὐτὴ εἶναι ἡ ἀρχὴ τῶν κινητῶν ἐκρήξεως. Δηλαδή :



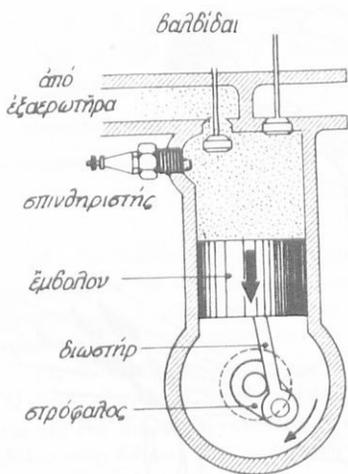
II

Σχ. 64. βενζίνη ἐξαεροῦται (I). Ἡ ταχεῖα 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 εὐρίσκεται εἰς τὸ ἀνώτερον τμήμα τοῦ κυλίνδρου (σχ. 65).

Ἡ ἀνάφλεξις τοῦ μείγματος αὐτοῦ γίνεται μὲ ἓνα ἠλεκτρικὸν σπινθηριστὴν (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 κινητήρος καὶ οὕτως ἡ παλινδρομικὴ κίνησις τοῦ ἐμβόλου μετατρέπεται εἰς κυκλικὴν κίνησιν. Ἡ εἴσοδος καὶ ἡ ἐξοδος τῶν ἀε-



Σχ. 65. Τομή μηχανής έσωτερικής καύσεως.

ρίων πραγματοποιείται με την βοήθειαν δύο βαλβίδων, αί όποιαί άνοιγουν αυτόμάτως. Ο εξαερωτήρ (καρμπυρατέρ) έξασφαλίζει την εξαέρωσιν του καυσίμου και την ανάμιξιν του με άερα, υπό καταλλήλους αναλογίας, δια νά έχωμεν πλήρη καυσιν.

2) Λειτουργία. Περιγραφή του τετραχρόνου κύκλου. Η λειτουργία ενός κινητήρος εκρήξεως ολοκληροϋται εις τέσσαρας διαφορετικές φάσεις. Αυτό άκριβώς εκφράζομεν όταν λέγωμεν ότι ό κινητήρ είναι τετράχρονος.

1ος χρόνος : Αναρρόφησης. Υποθέτομεν ότι ό κινητήρ λειτουργεί και θεωροϋμεν ότι τό έμβολον εύρίσκεται εις τό άνωτερον σημείον της διαδρομής του. Παρασυρόμενον άκολουθως από την κίνησιν του άξονος κατέρχεται (σχ. 66, I). Η βαλβίς εξαγωγής κλείει και άνοίγει ή βαλβίς εισαγωγής, όποτε τό άέριον μείγμα εισάγεται εις τόν κύλινδρον.

2ος χρόνος : Συμπίεσις. Εϋθως ως τό έμβολον κατέλθη εις τό κατώτερον άκρον της διαδρομής του, ή βαλβίς εισαγωγής κλείει. Τό έμβολον παρασυρόμενον άνέρχεται και συμπιέζει τό άέριον μείγμα (σχ. 66, II). Αυτό θερμαίνεται κατά την διάρκειαν της συμπιέσεως, ό όγκος του ελαττοϋται και τέλος γίνεται ίσος με τόν όγκον του θαλάμου της καύσεως.

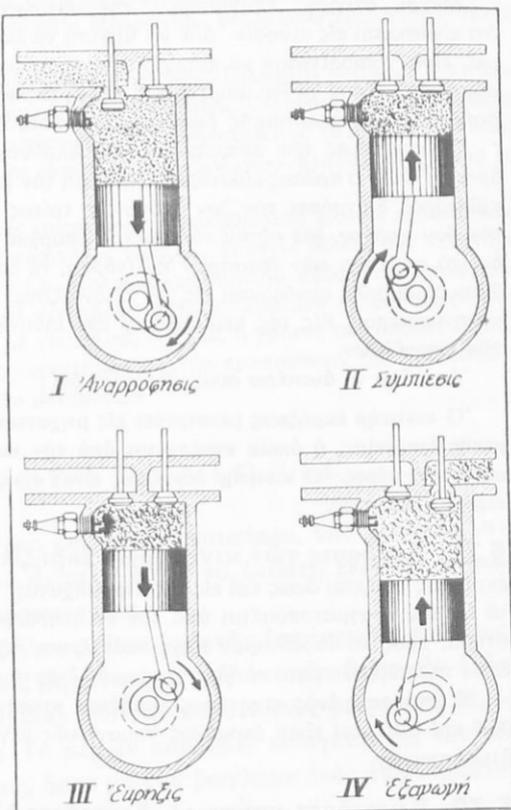
3ος χρόνος : Εκρηξις και έκτόνωσις. Ο σπινθηριστής λειτουργεί και τό άέριον μείγμα αναφλέγεται και εκρήγνυται. Τά άέρια της καύσεως άποκτοϋν ύψηλήν θερμοκρασίαν, επειδή όμως αί δύο βαλβίδες παραμένουν κλεισταί, δέν έχουν χϋρον διαφυγής και άποκτοϋν σχεδόν άκαριαίως μεγάλην πίεσιν, εξ αίτίας της όποίας ώθοϋν ισχυρως τό έμβολον πρὸς τό κατώτατον σημείον της διαδρομής του και τοιουτοτρόπως τά άέρια έκτονοϋνται (σχ. 66, III). Η φάσις αϋτή αντιστοιχεί εις την άπόδοσιν έργου από την μηχανήν.

4ος χρόνος : 'Εξαγωγή.

Ἡ βαλβὶς ἐξαγωγῆς ἀνοίγει. Ἐξ αἰτίας τῆς ταχύτητος τὴν ὁποῖαν ἀπέκτησαν εἰς τὴν προηγουμένην φάσιν, τὸ ἔμβολον συνεχίζει τὴν κίνησίν του πρὸς τὰ ἄνω, με ἀποτέλεσμα νὰ ἐκδιώκῃ τὰ ἀέρια τῆς καύσεως (σχ. 66, IV). Ὅταν τὸ ἔμβολον φθάσῃ εἰς τὸ ὑψηλότερον σημεῖον τῆς διαδρομῆς του, ἡ βαλβὶς ἐξαγωγῆς κλείει καὶ αἱ ἴδιαι λειτουργίαι ἐπαναλαμβάνονται με τὴν ἰδίαν ἀκολουθίαν.

Τὸ σύνολον τῶν τεσσάρων αὐτῶν χρόνων ἀποτελεῖ ἓνα κύκλον.

Κατὰ τὴν διάρκειαν ἐνὸς κύκλου τὸ ἔμβολον ἐκτελεῖ δύο παλινδρομήσεις καὶ κατὰ συνέπειαν ὁ ἄξων τοῦ κινητήρος ἐκτελεῖ δύο περιστροφάς. Παρατηροῦμεν ὅμως ὅτι τὸ ἔμβολον ὑπόκειται εἰς τὴν δρᾶσιν πιεζουσῶν δυνάμεων μόνον κατὰ τὴν διάρκειαν τοῦ τρίτου χρόνου. Δηλαδή ὁ κύκλος περιλαμβάνει ἓνα μόνον κινητήριον χρόνον. Καὶ κατὰ τοὺς ἄλλους τρεῖς χρόνους, ὁ κινητὴρ συνεχίζει τὴν λειτουργίαν του, ἀποδίδων κινητικὴν ἐνέργειαν εἰς τὰ κινητὰ μέρη τῆς μηχανῆς, τῶν ὁποίων ἡ ταχύτης τείνει νὰ ἐλαττωθῇ. Διὰ νὰ ἀποφύγωμεν τὴν ἀπότομον ἀύξησιν 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 ἀδρανεῖας του ρυθμίζει τὴν κίνησιν.



Σχ. 66. Αἱ τέσσαρες φάσεις τῆς λειτουργίας ἐνὸς τετραχρόνου κινητήρος.

Μέχρι στιγμής εξηγήσαμε την λειτουργία ενός κινητήρος, υποθέτοντες ότι εύρσκεται εις κίνησιν. Διά νά άρχιση νά λειτουργή μία μηχανή ή όποία ήρεμεί, είναι άπαραίτητον νά εισαχθῆ μία «δόσις» αέριου μείγματος, ή όποία νά συμπιεσθῆ, ώστε νά δημιουργηθῆ ή πρώτη έκρηξις. Αυτό γίνεται συνήθως μέ την βοήθειαν μιᾶς ηλεκτρικῆς διατάξεως, ή όποία όνομάζεται έκκινητής.

Οί κινητήρες τῶν αυτοκινήτων άποτελοῦνται συνήθως από τέσσαρας κυλίνδρους. Ὅταν ό πρῶτος κύλινδρος διαγράφη τόν 1ον χρόνον τοῦ κύκλου, ό δεύτερος κύλινδρος διαγράφει τόν 2ον χρόνον, ό τρίτος τόν 3ον χρόνον καί ό τέταρτος τόν 4ον χρόνον. Μέ αὐτόν τόν τρόπον ὑπάρχει πάντοτε ἕνας κινητήριος χρόνος διά τό σύστημα τῶν τεσσάρων κυλίνδρων, οί όποιοί ἐργάζονται συγχρόνως. Τά διάφορα ἔμβολα συνδέονται εις τόν ἴδιον ἄξονα, ό όποίος τοιουτοτρόπως κινεῖται κανονικώτερον. Εἰς τās περιπτώσεις τῶν κινητήρων αὐτῶν μειοῦται ή σημασία τῶν σφονδύλων.

Ἀπό όλα τὰ άνωτέρω συμπεραίνομεν ότι :

Ὁ κινητήρ ἐκρήξεως μετατρέπει εις μηχανικὴν ἐνέργειαν ἕνα μέρος τῆς θερμικῆς ἐνεργείας, ή όποία προέρχεται από την καύσιν ενός μίγματος αέριου καυσίμου καί αέρος. Ὁ κινητήρ ἐκρήξεως είναι συνεπῶς ἕνας θερμικός κινητήρ ἔσω-θερμικῆς καύσεως.

§ 71. Ἀπόδοσις τῶν κινητήρων ἐκρήξεως. Ἡ ἀπόδοσις τῶν κινητήρων ἐκρήξεως ὀρίζεται ὅπως καί εις τās ἀτμομηχανάς. Εἶναι δηλαδή ό λόγος τοῦ ἔργου τό όποιον πραγματοποιεῖται από τόν κινητήρα εις ἕνα ὄρισμένον χρονικόν διάστημα, πρὸς τό ἰσοδύναμον μηχανικόν ἔργον τῆς θερμότητος, τήν όποίαν ἀποδίδει τό καύσιμον κατά τό ἴδιον χρονικόν διάστημα.

Ἡ ἀπόδοσις ενός κινητήρος ἐκρήξεως κυμαίνεται γενικῶς μεταξύ τῶν τιμῶν 0,25 καί 0,30, καί είναι ἐπομένως σημαντικῶς μεγαλύτερα από τήν ἀπόδοσιν τῶν ἀτμομηχανῶν.

§ 72. Κινητήρες καύσεως. Κινητήρες Ντῆζελ. Οί κινητήρες καύσεως χρησιμοποιοῦν ὡς καύσιμα, ὑγρά ὀλιγώτερον πτητικὰ από τήν βενζίνη (δηλαδή ὑγρά τὰ όποία δέν ἐξαεροῦνται τόσον εύκόλως ὡς ἐκείνη), ὅπως είναι τὰ βαρέα ἔλαια (δηλαδή μεγάλης πυκνότητος ἐν σχέσει πρὸς τήν βενζίνη), προερχόμενα από τήν ἀπόσταξιν τοῦ ἀκαθάρτου πετρελαίου. Ἡ λειτουργία τῶν κινητήρων καύσεως ή κινητήρων Ντῆζελ, διαφέρει αἰσθητῶς από τήν λειτουργίαν τῶν κοινῶν κινητήρων ἐκρήξεως.

Μέσα εις τόν κύλινδρον εἰσάγεται καθαρὸς αήρ. Τό ἔμβολον συμπιέζει ἰσχυρῶς τόν αέρα αὐτόν, μέχρις ὅτου ἀποκτήσῃ θερμοκρασίαν 550° C περίπου. Τότε ἀκριβῶς εἰσάγεται τό καύσιμον ὑπό μορφήν νέφους λεπτότατα καταμερισμένων σταγονιδίων καί ὑπό πίεσιν. Τά σταγονίδια τοῦ καυσίμου ἀναφλέγονται ἄφ' ἑαυτῶν (λόγφ τῆς μεγάλης θερμοκρασίας τοῦ αέρος, ό όποίος ὑπάρχει εις τόν κύλινδρον) καί ή πίεσις τῶν αέριων τὰ όποία προκύπτουν από τήν καύσιν ὤθει τό ἔμβολον βιαίως πρὸς τὰ κάτω.

Παρατηροῦμεν ότι εις τοὺς κινητήρας Ντῆζελ δέν συμβαίνει ἐξαέρωσις καί

μίξεις του καυσίμου με τον αέρα, όπως εις τὰς μηχανάς ἐκρήξεως. Συνεπώς ένας κινητήρ Ντῆζελ δὲν περιλαμβάνει οὔτε ἐξαερωτήρα (καρμπυρατέρ), οὔτε διάταξιν ἀναφλέξεως (μυουζί).

Ἡ ἀπόδοσις του δύναται νὰ φθάσῃ καὶ τὰ 40% (δηλαδή $\eta = 0,40$). Ὑπερτερεῖ συνεπώς εις 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 οἰκονομική.

Εἰς τὰς νεωτέρας ναυπηγικὰς κατασκευάς, ἀντικαθιστοῦν ὁλονὲν περισσότερον τὰς ἀτμομηχανάς με μεγάλους κινητήρας Ντῆζελ. Ἡ ἰσχύς αὐτῶν τῶν κινητῶν δύναται νὰ φθάσῃ τοὺς 30 000 Ch. Πολυάριθμα φορητὰ καθὼς καὶ κοινὰ αὐτοκίνητα τουρισμοῦ κινοῦνται με κινητήρας Ντῆζελ. Σήμερον πλέον καὶ οἱ σιδηροδρομικοὶ συρμοὶ κινοῦνται με κινητήρας Ντῆζελ, ἡ χρῆσις τῶν ὁποίων συμπληρώνει τὰ κενὰ τῶν ἠλεκτρικῶν κινητῶν 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 ἀναλογίαν, 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 καυσιν ἐνὸς μείγματος ἀέρος καὶ ἀερίου καυσίμου. Τὸ ἀέριον καύσιμον εἰσάγεται εἰς τὸν κύλινδρον τοῦ κινητήρος, ὅπου με τὴν βοήθειαν ἐνὸς σπινθηριστοῦ ἀρχίζει ἡ καυσίς τοῦ μείγματος.
3. Ὁ κινητήρ ἐκρήξεως τίθεται εἰς λειτουργίαν εἴτε με τὴν χεῖρα (μανιβέλα), εἴτε με τὴν βοήθειαν ἐνὸς ἠλεκτρικοῦ ἐκκινητοῦ.
4. Ἡ μηχανὴ Ντῆζελ εἶναι ἓνας κινητήρ ἐσωτερικῆς καύσεως, ὁ ὁποῖος χρησιμοποιοῖ ὑγρὰ καύσιμα ὀλιγότερον πτητικὰ ἀπὸ τὴν βενζίνη. Τὸ καύσιμον εἰσάγεται εἰς τὸν κύλινδρον ὑπὸ μορφὴν νέφους σταγονιδίων καὶ ἀναφλέγεται προοδευτικῶς ἀφ' ἑαυτοῦ.
5. Ἡ βασικὴ τεχνικὴ διαφορὰ μεταξὺ τῶν κινητῶν ἐκρήξεως καὶ τῶν κινητῶν καύσεως (Ντῆζελ) εἶναι ὅτι : Εἰς μὲν τοὺς κινητήρας ἐκρήξεως τὸ ὑγρὸν καύσιμον (βενζίνη) εἰσάγεται

εις τὸν κύλινδρον εἰς ἀέριον κατάστασιν καὶ ἀποτελεῖ μίγμα μὲ τὸν ἀτμοσφαιρικὸν ἀέρα, εἰς δὲ τοὺς κινητήρας Ντῆζελ τὸ ὑγρὸν καύσιμον εἰσάγεται εἰς τὸν κύλινδρον εἰς ὑγρὰν κατάστασιν, ὑπὸ μορφὴν νέφους σταγονιδίων, λεπτότατα καταμερισμένων.

6. Οἱ κινητήρες ἐκρήξεως καὶ καύσεως, ἔχουν τὴν κοινὴν ὀνομασίαν κινητήρες ἐσωτερικῆς καύσεως, ἐπειδὴ ἡ καύσις τοῦ καυσίμου μίγματος, ἡ ὁποία θὰ προσφέρῃ τὴν ἀπαραίτητον ποσότητα θερμότητος, γίνεται μέσα εἰς τὴν μηχανήν, ἐνῶ ἀντιθέτως εἰς τὰς ἀτμομηχανὰς ἡ θερμότης προσφέρεται ἐκ τῶν ἔξω (ἔστια) εἰς τὸν λέβητα.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

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

(Ἀπ. $\eta = 0,26$.)

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

(Ἀπ. 14% περίπου.)

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

(Ἀπ. 0,24.)

77. Ἐνας κινητὴρ ἐκρήξεως, ἰσχύος 1 000 Ch, χρησιμοποιεῖ ὡς καύσιμον βενζίνη, τῆς ὁποίας ἡ θερμότης καύσεως εἶναι 10 000 kcal/kg. Ἐὰν ὁ κινητὴρ ἔχῃ ἀπόδοσιν 30%, νὰ εὑρεθῇ ἡ ὥραία κατανάλωσις εἰς βενζίνη.

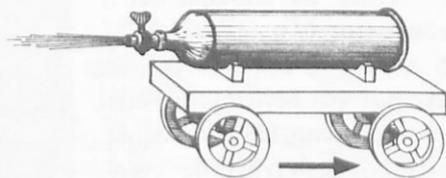
(Ἀπ. 210 kg/h.)

ΙΕ' — ΠΥΡΑΥΛΟΙ

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

Πείραμα. Ἐπὶ ἐνὸς ἀμαξίου ὑπάρχει ἓνα χαλύβδινον δοχεῖον πλήρες ἀερίου ὑπὸ μεγάλῃν πίεσιν (σχ. 67). Εὐθὺς 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 περιωρισμένον ἀέριον ἀσκεῖ εἰς τὰ ἐσωτερικὰ τοιχώματα τοῦ δοχείου δυνάμεις, αἱ ὁποῖαι ἰσορροποῦν μεταξὺ των, ὅταν τὸ δοχεῖον εἶναι κλειστόν. Εὐθὺς ὡς ἀνοίξωμεν ὁμως τὴν στρόφιγγα, ἡ δύναμις ἡ ὁποία ἐνήργει εἰς τὸ ἀνοικτὸν πλῆον σημεῖον τοῦ δοχείου παύει νὰ ὑπάρχη. Κατὰ συνέπειαν δὲν ἰσορροπεῖται πλῆον, ἡ κατὰ μέτρον ἴση ἀλλὰ ἀντιθέτου φορᾶς δύναμις, ἡ ὁποία ἀσκεῖται εἰς τὸ ἀκριβῶς ἀπέναντι τμήμα τοῦ τοιχώματος τοῦ δοχείου.



Σχ. 67. Ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τῶν κινητῶν ἀντιδράσεως. Τὸ ἀμάξιον κινεῖται μὲ φορὰν ἀντίθετον πρὸς τὴν φορὰν ἐξόδου τῶν ἀερίων.

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

Αὐτὴ εἶναι ἡ ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τῶν κινητῶν ἀντιδράσεως.

§ 74. Πύραυλοι. Ὁ κινητὴρ ἀντιδράσεως εἶναι ὁ πλῆον ἀπλοῦς καὶ ὁ παλαιότερος πύραυλος. Ὅλοι γνωρίζομεν τὰ πυροτεχνήματα. Ἡ κόνις τὴν ὁποῖαν περιέχουν ἀποτελεῖ ἓνα μείγμα ἀπὸ καύσιμα καὶ μίαν ἄλλην ὕλην, ἡ 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 ὀρισμένην ποσότητα ἀερίου. Τὸ ἀέριον ἀποκτᾷ μεγάλην θερμοκρασίαν καὶ ἐκτονοῦται βιαίως. Ὡς συνέπειαν αὐτῆς τῆς λειτουργίας ἔχομεν τὴν κίνησιν τοῦ πυροτεχνήματος πρὸς τὴν ἀντίθετον φορὰν τῆς πορείας τῶν ἐκτονουμένων ἀερίων.

Οἱ πύραυλοι (σχ. 68) χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν μεταφορὰν ἀντικειμένων εἰς μεγάλην ἀπόστασιν, ἢ εἰς μέγα ὕψος. Μεταφέρουν καύσιμα καὶ εὐφλεκτον ὑλικόν. Ἡ προώθησις των δύναται νὰ συνεχισθῇ καὶ ἐκτὸς τῆς γῆϊνης ἀτμοσφαιρας, γεγονὸς τὸ ὁποῖον δίδει τὴν δυνατότητα εἰς τὸν πύραυλον νὰ ἀποκτήσῃ μεγάλην ταχύτητα.

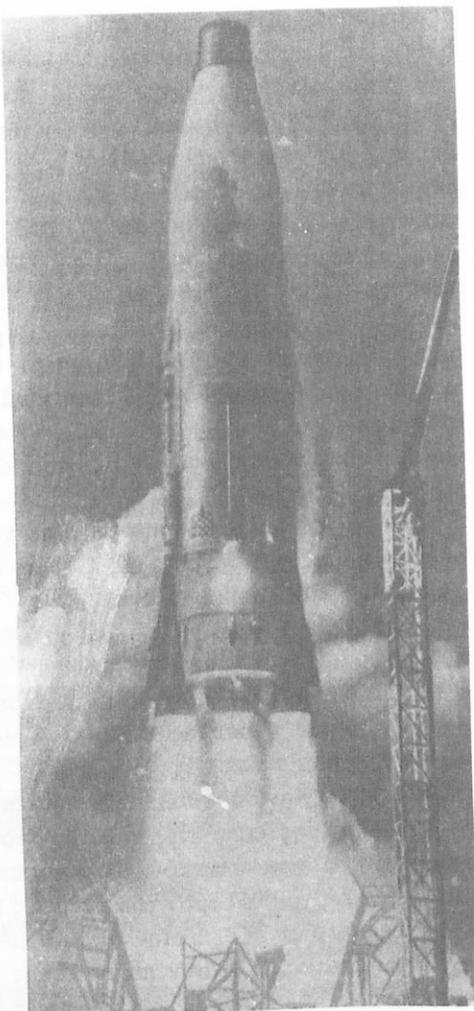
Όταν τὰ καύσιμα καὶ ἡ εὐφλεκτος ὕλη ἐξαντληθοῦν, ὁ πύραυλος ἐξακολουθεῖ νὰ κινῆται καὶ δύναται νὰ δια- νύση μεγάλας ἀποστάσεις, ἐξ αἰτίας τῆς κινητικῆς ἐνεργείας, τὴν ὁποίαν ἔχει ἤδη ἀποκτήσει. Βλήματα, τὰ ὁποῖα προωθοῦνται ἀπὸ πυραύλους, δύναται νὰ πέσουν ἐπὶ τοῦ ἐδάφους εἰς ἀπόστα- σιν πολλῶν χιλιάδων χιλιο- μέτρων ἀπὸ τὴν θέσιν βολῆς.

Ὁ πύραυλος χρησιμο- ποιεῖται σήμερον εὐρύτατα εἰς τὰς διαστημικὰς ἐρεῦνας. Διὰ νὰ τεθῆ ἓνας τεχνητὸς δορυφόρος ἢ ἓνα διαστημό- πλοιοι εἰς τροχίαν, χρησι- μοποιοῦνται πύραυλοι, διότι μόνον αὐτοὶ ἔχουν τὴν δυνα- τότητα νὰ ἀποκτήσουν ταχύ- τητα μεγαλυτέραν τῆς ταχύ- τητος διαφυγῆς. Πολλὰ σύγ- χρονα ἀεροπλάνα φέρουν πυ- ραύλους, τοὺς ὁποίους χρη- σιμοποιοῦν διὰ περιωρισμέ- νον χρονικὸν διάστημα, εἰδι- κῶς κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς ἀπογειώσεως.

§ 75. Στροβιλοκινητῆρες ἀντιδράσεως.

Ἄλλοι κινητῆ- ρες ἀντιδράσεως εἰναι οἱ διαφό- ρων τύπων προωστικοὶ κινητῆρες τῶν ἀεριοθευμένων ἀεροπλάνων.

Θὰ περιγράψωμεν ἀπὸ αὐτοὺς



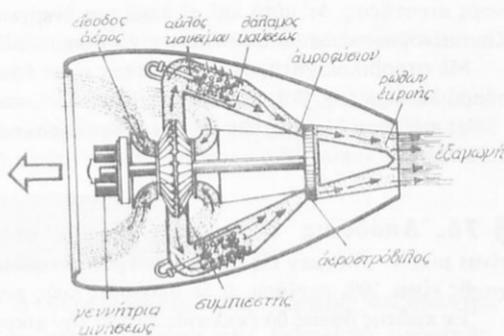
Σχ. 68. Κατακόρυφος ἐκτόξευσις πυρα- ῦλου. Τὸ μήκος του εἶναι 24 m, ἡ ὄλική του μᾶζα 110 000 kg ἐκ τῶν ὁποίων 100 000 kg καυσίμων. Τὰ ἀέρια προϊόντα τῆς καύ- σεως ἐκτινάσσονται μὲ ταχύτητα τῆς τά- ξεως τῶν 2 500 m/sec. Ἡ προωστικὴ του δύναμις εἶναι 170 000 kp περίπου.

Ένα εύρυστα χρησιμοποιούμενον εις την πολιτικὴν ἀεροπορίαν κινήτηρα, ὁ ὁποῖος ὀνομάζεται ἐξ αἰτίας τῆς κατασκευῆς του **στροβιλοκινήτηρ ἀντιδράσεως** (σχ. 69).

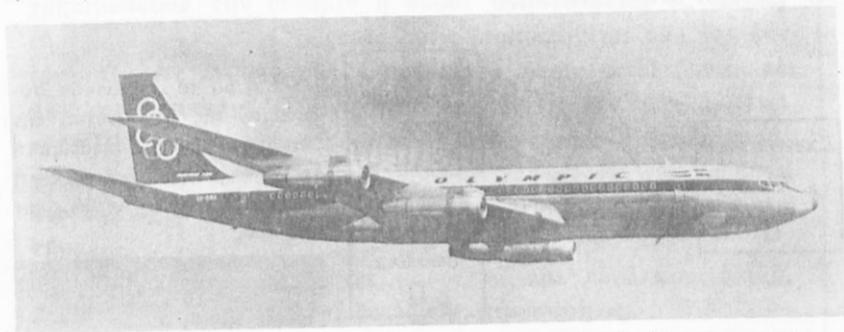
Εἰς τοὺς στροβιλοκινήτηρας τὸ καύσιμον εἰσέρχεται εἰς τὸν θάλαμον τῆς καύσεως ἀπὸ μίαν βαλβίδα καὶ ἔρχεται εἰς ἐπαφὴν μετὰ τὸν ἀτμοσφαιρικὸν ἀέρα, ὁ ὁποῖος ἔχει εἰσαχθῆ ἐκεῖ. Μετὰ τὴν καύσιν, τὰ καυσαέρια λόγῳ τῆς μεγάλης θερμοκρασίας τῶν ἀποκτοῦν μεγάλης πίεσιν, ἐκτονοῦνται μετὰ μεγάλην ταχύτητα καὶ διαφεύγουν ἀπὸ τὸ ὀπίσθιον μέρος τοῦ κινήτηρος, μετέλεσμα νὰ προκαλοῦν κινήσιν τοῦ ἀεροπλάνου πρὸς τὴν ἀντίθετον κατεύθυνσιν.

Διὰ νὰ εἶναι ἡ καύσις πλέον ἔντονος πρέπει ὁ ἀτμοσφαιρικὸς ἀήρ, ὁ ἐρχόμενος εἰς ἐπαφὴν μετὰ τὸ καύσιμον, νὰ ἔχη συμπίεσθῃ. Δι' αὐτὸ καὶ τὰ αἲρια τῆς καύσεως κατὰ τὴν ἐκτόνωσίν των διεγείρουν ἓνα ἀεροστρόβιλον, ὁ ὁποῖος θέτει εἰς κινήσιν ἓνα συμπίεστήν. Ὁ συμπίεστής ἀπορροφῆ ἀπὸ τὸ ἐμπρόσθιον μέρος τοῦ κινήτηρος μάζας ἀτμοσφαιρικῶ ἀέρος καὶ τὰς συμπίεζει, προτοῦ τὰς φέρει εἰς ἐπαφὴν μετὰ τὸ καύσιμον.

Ἡ μεγάλη ὑπεροχὴ τῶν στροβιλοκινήτηρων ἀντιδράσεως ἐναντι τῶν συνηθισμένων κινήτηρων, ὀφείλεται εἰς τὸ γεγονός διὰ εἰς τοὺς στροβιλοκινήτηρας ἀντιδράσεως τὰ κινούμενα μεταξὺ τῶν μέρη εἶναι πολὺ ὀλιγώτερα ἀπὸ ὅτι εἰς τοὺς κοι-



Σχ. 69. Κινήτηρ ἀεριοθουμένου ἀεροπλάνου.



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

νους κινητήρας. Δι' αὐτὸ καὶ αἱ ἀπώλειαι ἐνεργείας ἐξ αἰτίας τῶν τριβῶν περιορίζονται σημαντικῶς μὲ ἀποτέλεσμα νὰ ἔχωμεν αὐξήσιν τῆς ἀποδόσεως.

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

Ἡ πιέζουσα δύναμις τῶν ἀερίων ἐνὸς ἀεροσκάφους τύπου Μπόϊγκ φθάει μέχρι 7 000 κρ.

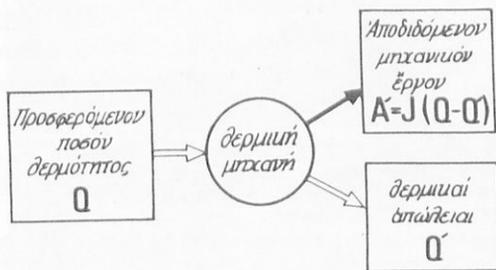
§ 76. Ἀπόδοσις θερμομηχανῆς. Ἡ ἀπόδοσις τῶν θερμοκῶν μηχανῶν εἶναι μικρά. Εἶδομεν εἰς τὰ προηγούμενα κεφάλαια ὅτι ἡ ἀπόδοσις μιᾶς ἀτμομηχανῆς εἶναι 10% περίπου, ἡ δὲ ἀπόδοσις ἐνὸς κινητήρος ἐκρήξεως 30% περίπου.

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

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

Εἰς ὅλους ἀνεξαιρέτως τοὺς θερμοκῶν κινητήρας ἡ θερμότης παρέχεται ἀπὸ μίαν θερμὴν δεξαμενὴν (λέβης, θάλαμος ἐκρήξεως). Ἐστω Q ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, ἡ ὁποία προσφέρεται εἰς ἕνα ὄρισμένον χρονικὸν διάστημα. Μέρος αὐτῆς τῆς θερμότητος, ἔστω Q' , ἀποδίδεται εἰς τὸ ἐξωτερικὸν περιβάλλον (ἢ εἰς τὸν συμπυκνωτὴν 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 θερμοκῆ 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 γίνωνται εἰς τὴν κατασκευὴν τῶν θερμοκῶν μηχανῶν, εἶναι ἀδύ-

νατον να υπερβή ή απόδοσις ένα ώρισμένον όριον, τó όποιον όνομάζεται με-
γίστη απόδοσις.

Έάν θ_1 °C είναι ή θερμοκρασία τής θερμής δεξαμενής (τής πηγής δηλαδή ή
όποια τροφοδοτεί με θερμότητα τήν μηχανήν) και θ_2 °C ή θερμοκρασία τής ψυχράς
δεξαμενής, όπως άποδεικνύεται, ή μεγίστη απόδοσις $\eta_{μεγ}$ μιās θερμικής μηχανής
είναι ίση πρός:

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

Δηλαδή:

“Όσον ύψηλότερα είναι ή θερμοκρασία τής θερμής δεξαμενής,
τόσον μεγαλύτερα είναι ή μεγίστη απόδοσις τής θερμικής μηχανής.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Ένα ρευστόν, περιωρισμένον έντός ένός δοχείου, άσκει
εις τά τοιχώματα τοῦ δοχείου πιεζούσας δυνάμεις, αί όποία
ίσορροποῦνται μεταξύ των. Έάν όμως άφαιρεθῆ ένα τμήμα τοῦ
δοχείου, τότε ή πιέζουσα δύναμις, ή αντίθετος πρός αυτό τó
τμήμα, δέν ίσορροπεῖται πλέον και τó δοχείον τείνει νά κινηθῆ
μέ φοράν αντίθετον άπό εκείνην τής έκροής τοῦ ύγροῦ.

2. Όνομάζομεν κινητήρα άντιδράσεως, ένα κινητήρα ó
όποιος δημιουργεί τήν κίνησιν χωρίς μηχανικήν παρεμβολήν,
χρησιμοποιών τήν δύναμιν ή όποία αναπτύσσεται έξ αίτίας
τής άντιδράσεως. Η δύναμις αυτή δημιουργείται άπό τήν έκ-
τόνωσιν των άερίων τής καύσεως, τά όποία έκτοξεύονται μέ
μεγάλην ταχύτητα. Ο κινητήρ άντιδράσεως δέν περιλαμβάνει
ούτε διωστήρας, ούτε στροφάλους. Η έέργεια ή όποία παρά-
γεται άπό τήν καῦσιν χρησιμοποιεῖται άμέσως διά τήν προώθη-
σιν τοῦ όχήματος, τó όποιον είναι συνδεδεμένον μέ τόν κινη-
τήρα.

3. Ο πυράυλος περιέχει καύσιμον και εύφλεκτα ύλικά,
δύναται δέ νά κινηθῆ και έκτός τής άτμοσφαιρας.

4. Η απόδοσις η μιās θερμομηχανής δίδεται άπό τήν σχέσιν:

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

όπου Q ή ποσότης θερμότητας, ή όποία προσφέρεται έντός ένός ώρισμένου χρονικού διαστήματος είς τήν μηχανήν και Q' ή ποσότης θερμότητος ή όποία άπορροφείται έντός του αύτου χρονικού διαστήματος από τό περιβάλλον.

5. Η μεγίστη άπόδοσις $\eta_{\text{μεγ}}$ μιās θερμικής μηχανής δίδεται από τήν σχέσιν :

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

όπου θ_1 ή θερμοκρασία τής θερμής δεξαμενής και θ_2 ή θερμοκρασία τής ψυχρᾶς δεξαμενής.

III. ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ

ΙΣΤ΄—Ο ΗΧΟΣ

§ 77. Είδη ήχων. Ὁ ἄνθρωπος ἐπικοινωνεῖ μὲ τὴν Φύσιν χρησιμοποιοῦν τὰς αἰσθήσεις του, μεταξὺ τῶν ὁποίων περιλαμβάνεται καὶ ἡ ἀκοή. Αἰσθητήριον ὄργανον τῆς ἀκοῆς εἶναι τὸ οὖς (αὐτί), μὲ τὸ ὅποιον ἀκούομεν τοὺς κωδωνισμούς, τὰ σαλπίσματα, τὰ μελωδικὰ ἄσματα, τοὺς κελαηδισμούς τῶν πτηνῶν, τὴν συναυλίαν μιᾶς ὀρχήστρας, τὰς φωνὰς τῶν συμμαθητῶν μας, τοὺς θορύβους ἑνὸς ἐργοστασίου κ.λπ. "Ὅλα τὰ ἀνωτέρω εἶναι ἤχοι. "Ὡστε :

Ἦχος εἶναι πᾶν ὅ,τι γίνεται ἀντιληπτὸν μὲ τὸ αἰσθητήριον ὄργανον τῆς ἀκοῆς.

Οἱ ἤχοι διακρίνονται συνήθως εἰς ἀπλοὺς ἤχους ἢ τόνους, εἰς συνθέτους ἤχους ἢ φθόγγους καὶ εἰς θορύβους ἢ κρότους.

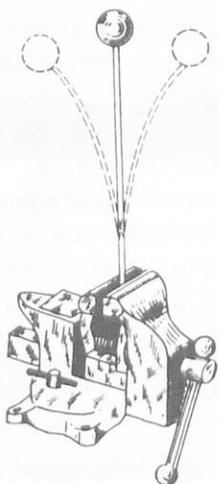
Ὁ ἀπλοὺς ἤχος ἢ τόνος παράγεται ἀπὸ ὠρισμένα ἐργαστηριακὰ ὄργανα καὶ δὲν εἶναι οὔτε εὐχάριστος, οὔτε δυσάρεστος εἰς τὴν ἀκοήν.

Οἱ σύνθετοι ἤχοι ἢ φθόγγοι παράγονται ἀπὸ τὰ μουσικὰ ὄργανα καὶ τὴν ἀνθρωπίνην φωνήν, μᾶς προκαλοῦν δὲ εὐχάριστον συναίσθημα. Εἶναι μείγμα πολλῶν τόνων.

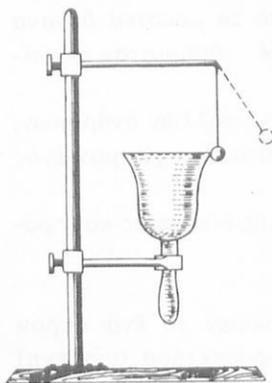
Ὁ θόρυβος παράγεται κατὰ τὴν συγκέντρωσιν πολλῶν ἀνθρώπων, κατὰ τὴν κίνησιν τῶν φύλλων ἑνὸς δένδρου, κατὰ τὸ σχίσιμον ἑνὸς τεμαχίου χάρτου κ.λπ.

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

§ 78. Παραγωγή τοῦ ἤχου. Πείραμα. Στερεώνομεν τὸ ἕνα ἄκρον μιᾶς χαλυβδίνης ράβδου εἰς ἕνα μηχανικὸν συσφιγτικῆρα (μέγγενη) (σχ. 72). Κατόπιν ἀπομακρύνομεν μὲ τὴν χεῖρα τὸ ἄλλον ἄκρον ἀπὸ τὴν θέσιν του καὶ τὸ ἀφήνομεν ἐλεύθερον. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι ἡ ράβδος ἀρχίζει νὰ κινῆται περιοδικῶς περὶ τὴν ἀρχικὴν τῆς θέσιν, ἢ, ὅπως λέγομεν, νὰ ἐκτελεῖ παλμικὰς κινήσεις, τὰς ὁποίας ὁμως δὲν δυνάμεθα νὰ παρακολουθήσωμεν μὲ τὸν ὀφθαλμόν, ἐπειδὴ ἐκτελοῦν-



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



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

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

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

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

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

Αἱ δονήσεις τῶν σωμάτων, τὰ ὁποῖα παράγουν ἤχους, δὲν εἶναι πάντοτε ὄραταί. Τὸ σχῆμα 73 ἐξηγεῖ τὸν τρόπον, με τὸν ὁποῖον δυνάμεθα νὰ ἀντιληφθῶμεν τὰς παλμικὰς κινήσεις ἑνὸς σώματος, τὸ ὁποῖον παράγει ἤχον. 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 ἀκίνηται, ἐπειδὴ παύουν αἱ δονήσεις.

§ 79. Διάδοσις τοῦ ἤχου. Ἡχητικὰ κύματα. Διὰ νὰ προκαλέσωμεν ἐντύπωσιν εἰς τὸ οὖς αἱ ἠχητικαὶ δονήσεις ἑνὸς σώματος πρέπει νὰ μεταφερθοῦν μέχρις αὐτοῦ. Ἡ μεταφορὰ δύναται νὰ γίνῃ ἀπὸ ἕνα ἐλαστικὸν μέσον, (ὅπως π.χ. ὁ ἀήρ, τὸ ξύλον, τὸ ὕδωρ), τὸ ὁποῖον νὰ διεγείρεται εἰς παλμικὴν κίνησιν καὶ νὰ τὴν μεταδίδῃ ἀπὸ μορίου εἰς μόνιον.

Ἐάν θεωρήσωμεν τὴν χαλυβδίνην ράβδον

του προηγούμενου πειράματος. Αύτη, καθώς πάλλεται, ώθει τὰ μόρια του αέρος τὰ ὅποια εἶναι πλησίον της, προκαλοῦσα μὲ αὐτὸν τὸν τρόπον ἄλλοτε πύκνωσιν καὶ ἄλλοτε ἀραιώσιν τῶν μορίων του αέρος. Καθὼς ὅμως τὰ γειτονικά πρὸς τὴν ράβδον μόρια του αέρος πυκνῶνουν ἢ ἀραιώνουν, ὠθούμενα ἀπὸ τὴν ράβδον, ὠθοῦν καὶ αὐτὰ ἐν συνεχείᾳ τὰ γειτονικά των μόρια, καὶ ἐκεῖνα πάλιν τὰ γειτονικά των καὶ τοιουτοτρόπως ἡ δόνησις μεταδίδεται εἰς τὸν χῶρον.

Τὸ ἴδιον συμβαίνει μὲ τὴν διάδοσιν τῶν κυμάτων του ὕδατος εἰς μίαν ἤρεμον λίμνην, ὅταν ρίψωμεν ἐντὸς αὐτῆς ἓνα λίθον (σχ. 74).

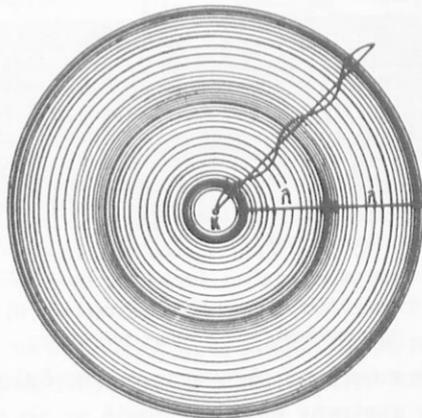
Μὲ τὸν ἴδιον τρόπον γίνεται ἡ μετάδοσις του ἤχου εἰς οἰονδήποτε στερεόν, ὑγρὸν ἢ αἰέριον σῶμα.

Τὸ σῆμα 75 παριστᾷ τὰ πυκνώματα καὶ τὰ ἀραιώματα τῶν μορίων του αέρος, τὰ ὅποια μεταδίδονται ὅπως τὰ κύματα εἰς τὸ ὕδωρ. Δι' αὐτὸν τὸν λόγον τὰ ὀνομάζομεν ἠχητικά κύματα. Ὡστε :

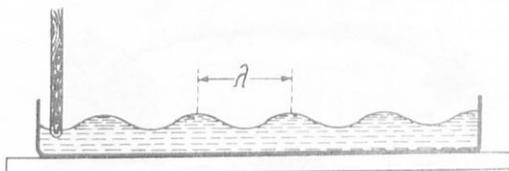
Τὰ ἠχητικά κύματα ἀποτελοῦνται ἀπὸ πυκνώματα καὶ ἀραιώματα μορίων του αέρος, ὅπως τὰ κύματα του ὕδατος ἀποτελοῦνται ἀπὸ ὑψώματα καὶ κοιλώματα.



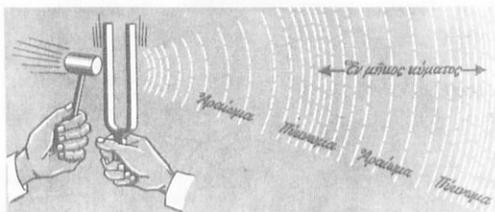
Σχ. 74. Ἡ πτώσις του λίθου, εἰς τὰ ἤρεμα ὕδατα μίᾳς λίμνης, προκαλεῖ ὕδατικά κύματα, τὰ ὅποια διαδίδονται εἰς ὄλην τὴν ἐπιφάνειαν τῆς λίμνης.



Σχ. 75. Ἐχητικά σφαιρικά κύματα, τὰ ὅποια διαδίδονται εἰς τὸν χῶρον ἀπὸ μίαν μικρὰν ἠχητικὴν πηγὴν Κ. Διακρίνονται τὰ πυκνώματα καὶ τὰ ἀραιώματα τῶν μορίων του αέρος. Ἡ ἀπόστασις δύο γειτονικῶν πυκνωμάτων (ἢ ἀραιωμάτων) κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς ἀκτίνος ἰσοῦται πρὸς τὸ μήκος κύματος.



Σχ. 76. Τὰ υδάτινα κύματα αποτελούνται ἀπὸ ὑψώματα καὶ κοιλώματα. Ἡ ἀπόστασις δύο γειτονικῶν ὑψωμάτων ἢ κοιλωμάτων εἶναι ἴση πρὸς τὸ μῆκος κύματος.



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

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

Ἡ συχνότης τοῦ ἡχου εἶναι ἡ αὐτὴ μὲ τὴν συχνότητα τῆς ἡχογόνου πηγῆς καὶ μετρεῖται εἰς Χέρτς (Hz) ἢ κύκλους ἀνὰ δευτερόλεπτον (c/sec) ὅπως ἐπίσης συνήθως ἡ μονὰς αὐτὴ ὀνομάζεται.

§ 80. Ταχύτης διαδόσεως τοῦ ἡχου. Ἡ μετάδοσις τοῦ ἡχου 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 ἡχος 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 ἡχου εἰς τὸν ἀέρα, εἰς θερμοκρασίαν 15 °C, εἶναι ἴση πρὸς 340 m/sec.

Ἡ ταχύτης τοῦ ἡχου διαφέρει ἀπὸ σώματος εἰς σῶμα. Εἰς τὰ ὑγρά

Εἰς τὰ κύματα τοῦ ὕδατος ὀνομάζομεν μῆκος κύματος (λ) τὴν ἀπόστασιν δύο γειτονικῶν κορυφῶν ἢ δύο γειτονικῶν κοιλωμάτων (σχ. 76).

Εἰς τὰ ἡχητικὰ κύματα μῆκος κύματος (λ) ὀνομάζεται ἡ ἀπόστασις δύο γειτονικῶν πυκνωμάτων ἢ δύο γειτονικῶν ἀραιωμάτων (σχ. 77).

Ἐνα ἄλλο μέγεθος τὸ ὁποῖον χαρακτηρίζει τὸν ἡχον εἶναι ἡ συχνότης τοῦ.

Συχνότης τοῦ ἡχου ὀνομάζεται ὁ ἀριθμὸς τῶν ἡχητικῶν κυμάτων, τὰ ὁ-

είναι μεγαλύτερα παρά εις τὰ ἀέρια καὶ εις τὰ στερεὰ εἶναι μεγαλύτερα παρά εις τὰ ὑγρά.

Ἡ θερμοκρασία ἐπιδρᾷ εις τὴν ταχύτητα διαδόσεως τοῦ ἤχου. Οὕτως εις τοὺς 0 °C εἶναι 331 m/sec καὶ εις τοὺς 20 °C 343 m/sec εις τὸν ἀέρα. Εἰς τὴν συνηθισμένην θερμοκρασίαν ἢ ταχύτης τοῦ ἤχου εις τὸ ὕδωρ εἶναι 1 450 m/sec, εις τὸ ξύλον 3 000—4 000 m/sec, εις τὰ μέταλλα ἀπὸ 3 000 μέχρι 5 000 m/sec.

Ὁ ἤχος δὲν διαδίδεται εις τὸ κενόν, ἐφ' ὅσον διὰ νὰ μεταφερθῇ ἀπὸ τὸ σῶμα τὸ ὁποῖον δονεῖται ἕως τὸ αἰσθητήριον τῆς ἀκοῆς χρειάζεται κάποιο ἄλλο σῶμα, διὰ νὰ μεταφέρῃ τὰς κυμάνσεις (σχ. 78). Ὡστε :

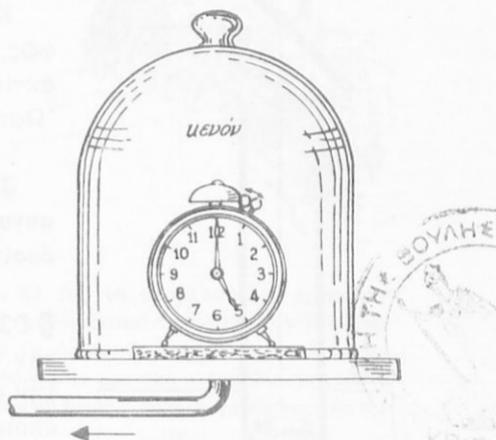
Ὁ ἤχος δὲν διαδίδεται εις τὸ κενόν. Ὁ ἤχος διαδίδεται μὲ μεγαλύτεραν ταχύτητα εις τὰ στερεὰ, μὲ μικροτέραν εις τὰ ὑγρά καὶ μὲ ἀκόμη πλέον μικρὰν ταχύτητα εις τὰ ἀέρια.

Ἀποδεικνύεται ὅτι ἡ ταχύτης v διαδόσεως τῶν ἠχητικῶν κυμάτων, τὸ μῆκος κύματος λ καὶ ἡ συχνότης ν τοῦ ἤχου συνδέονται μὲ τὴν σχέσιν :

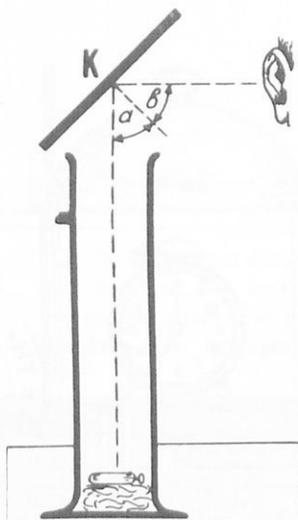
$$v = \lambda \cdot \nu$$

Ὅταν ἡ συχνότης ν ἐκφράζεται εις Χέρτς καὶ τὸ μῆκος κύματος λ εις μέτρα, ἡ ταχύτης v εὐρίσκεται εις μέτρα ἀνὰ δευτερόλεπτον.

§ 81. Ἀνάκλασις τοῦ ἤχου. Ἠχώ. Ἄν σταθῶμεν εις μίαν ὀρι-
σμένην ἀπόστασιν ἀπὸ ἓνα τοῖχον καὶ φωνᾶζομεν, ἀκούομεν καὶ πά-
λιν μετ' ὀλίγον τὴν φωνὴν μας, ἢ ὁποῖα ἔρχεται ἀπὸ τὸν τοῖχον. Τὸ
φαινόμενον τοῦτο λέγεται ἠχώ καὶ ὀφείλεται εις τὸ γεγονός ὅτι τὰ
ἠχητικὰ κύματα, ὅταν συναντοῦν κάποιο ἐμπόδιον εις τὴν διάδοσιν
των, ὑφίστανται ἀνάκλασιν, ἀλλάζουν δηλαδὴ διεύθυνσιν διαδόσεως
(σχ. 79).



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



Σχ. 79. Ἀνάκλασις τοῦ ἤχου. Ὄταν τοποθετήσωμεν εἰς τὸ στόμιον τοῦ κυλινδρικοῦ σωλήνος τὸ διάφραγμα K, ἀκούομεν μὲ εὐκρίνειαν τὸν ἤχον τοῦ ὥρολογίου.

χρειάζεται διὰ νὰ παύσῃ ὑφισταμένη ἢ ἐντύπωσις, τὴν ὅποιαν προκαλεῖ ἕνας ἤχος μετὰ τὴν παῦσιν του. Εἰς χρονικὸν διάστημα ὅμως 0,1 sec ὁ ἤχος διανύει 34 m εἰς τὸν ἀέρα. Τὸ διάστημα αὐτὸ θὰ διανυθῆ ἀπὸ τὸν κυρίως ἤχον καὶ τὸν ἀνακλώμενον. Ἐκαστος ἐξ αὐτῶν λοιπὸν ἔχει νὰ διανύσῃ 17 m. Ὡστε :

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

Ἄν εὐρισκόμεθα εἰς ἀπόστασιν μικροτέραν τῶν 17 m ἀπὸ τὸ ἐμπόδιον, τὸ αἰσθητήριον τῆς ἀκοῆς δὲν εἶναι εἰς θέσιν νὰ διαχωρίσῃ τὸν ἀρχικὸν ἤχον ἀπὸ τὸν ἀνακλώμενον καὶ ἀκούει μίαν βοήν. Τὸ φαινόμενον αὐτὸ ὀνομάζεται ἀντήχησις. Ὡστε :

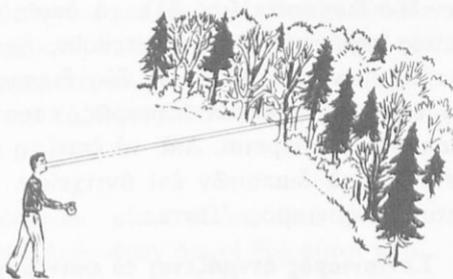
Ἀντήχησις ὀνομάζεται τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ ὅποιον, ὅταν εὐρισκόμεθα ἔμπροσθεν ἐμποδίου, εἰς ἀπόστασιν μικροτέραν ἀπὸ 17 m, δὲν ἀκούομεν εὐκρινῶς τὸν ἀνακλώμενον ἤχον.

Κάτι ἀνάλογον συμβαίνει καὶ μὲ τὸ φῶς, ὅταν προσπέσῃ μία δέσμη φωτεινῶν ἀκτίνων ἐπάνω εἰς ἕνα καθρέπτην. Ὡστε :

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

§ 82. Ἀντήχησις. Διὰ νὰ διακρίνωμεν τὴν ἤχῳ πρέπει νὰ ἰστάμεθα εἰς ἀρκετὴν ἀπόστασιν ἀπὸ τὸ ἐμπόδιον, ἐπὶ τοῦ ὁποῖου ἀνακλῶνται τὰ ἠχητικὰ κύματα. Ἡ ἀπόστασις αὕτη πρέπει νὰ εἶναι τοιαύτη, ὥστε ὁ ἀνακλώμενος 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

Ἀντήχησιν παρατηροῦμεν εἰς μερικὰς ἐκκλησίας, εἰς τὰ ὁποίας ψάλλει ἕνας μόνον ψάλτης, ἡ δὲ φωνὴ του ἀντηχεῖ καὶ δημιουργεῖ τὴν ἀντύπωσιν ὅτι «βουίζει» ὁλόκληρος ἡ ἐκκλησία. Ἡ ἀντήχησις εἶναι εὐχάριστος ὅταν ἀκούωμεν μουσικὴν καὶ δυσάρεστος ὅταν ἀκούωμεν ὀμιλίαν, ἐπειδὴ συγγέονται αἱ συλλαβαὶ καὶ δὲν δυνάμεθα νὰ ἐννοήσωμεν τί λέγει ὁ ὀμιλητής.



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

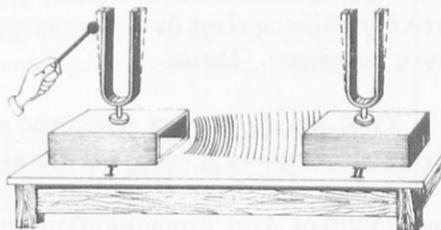
Τὴν ἡχώ καὶ τὴν ἀντήχησιν προσέχουν ἰδιαιτέρως οἱ μηχανικοὶ, οἱ ὅποιοι κατασκευάζουν αἰθούσας θεάτρων, κινηματογράφων, διαλέξεων κ.λπ., ὥστε νὰ δύναται κανεὶς νὰ ἀκούῃ αἰσθητῶς καὶ μὲ εὐκρίνειαν ἀπὸ οἰονδήποτε σημείου τῆς αἰθούσης.

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

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

Τὰ διαπασῶν παράγουν ὠρισμένους τόνους.

Πείραμα. Ἄς θεωρήσω-



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

μεν δύο διαπασῶν (σχ. 81), τὰ ὁποῖα εἶναι ἐντελῶς ὁμοια καὶ ἐπομένως παράγουν, ὅταν διεγερθοῦν, ἦχον τῆς ἰδίας συχνότητος. Ἐν διεγείρωμεν τὸ ἓνα ἀπὸ τὰ δύο διαπασῶν, ὥστε νὰ παράγῃ ἦχον, ἀφοῦ τὸ κτυπήσωμεν ἑλαφρῶς, παρατηροῦμεν ὅτι καὶ τὸ δεύτερον διαπασῶν διεγείρεται. Διὰ νὰ ἐπιτύχῃ καλλίτερον τὸ πείραμα, τοποθετοῦμεν τὰ διαπασῶν ἐπὶ ἀντιχείων. Τὸ φαινόμενον αὐτὸ ὀνομάζεται συντονισμός. Ὡστε :

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

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

α) Ἄκουστότης. Γνωρίζομεν ὅτι ἓνας ἦχος δύναται νὰ εἶναι δυνατὸς ἢ ἀσθενής, νὰ ἔχῃ δηλαδή, ὅπως λέγωμεν συνήθως, μεγάλην ἢ μικρὰν ἔντασιν. Ὡστε :

Ἄκουστότης εἶναι ἡ ιδιότης μὲ τὴν ὁποίαν διακρίνομεν τοὺς ἦχους εἰς δυνατοὺς ἢ ἀσθενεῖς.

Διὰ τὴν μέτρησιν ἀκουστοτήτων χρησιμοποιοῦμεν τὴν μονάδα **1 φῶν (1 Phon)**, ἡ ὁποία ἐκλέγεται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε ἓνας ἦχος ὁ ὁποῖος εἶναι μόλις ἀκουστός, νὰ ἔχῃ ἀκουστότητα μηδὲν Phon καὶ ἓνας ἦχος ὁ ὁποῖος προκαλεῖ πόνον 130 Phon.

β) Ὑψος τοῦ ἤχου. Λέγομεν συνήθως ὅτι αἱ γυναῖκες ἔχουν «ὑψηλὴν» φωνὴν ἐνῶ οἱ ἄνδρες «χαμηλὴν». Ἐνα ἄλλο λοιπὸν χαρακτηριστικὸν τοῦ ἤχου εἶναι ἂν ὁ ἦχος εἶναι ὑψηλὸς ἢ χαμηλὸς καὶ λέγεται ὕψος τοῦ ἤχου. Ὡστε :

Ὑψος τοῦ ἤχου εἶναι ἡ ιδιότης μὲ τὴν ὁποίαν διακρίνομεν τοὺς ἦχους εἰς ὑψηλοὺς ἢ ὀξεῖς καὶ χαμηλοὺς ἢ βαρεῖς.

Τὸ ὕψος τοῦ ἤχου ἐξαρτᾶται ἀποκλειστικῶς ἀπὸ τὴν συχνότητά του. Ὑψηλοὶ ἦχοι ἔχουν μεγάλην συχνότητα καὶ χαμηλοὶ ἦχοι μικρὰν συχνότητα.

Τὸ ἀνθρώπινον οὖς ἀδυνατεῖ νὰ ἀκούσῃ ὅλους τοὺς ἦχους. Τὰ

όρια 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 μεγαλύτεραν 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 ἴδιας ἀκουστότητος καὶ τοῦ ἴδιου ὕψους, ὅπως ἐπίσης καὶ τὸ ἠχογόνον σῶμα τὸ ὁποῖον παράγει τὸν ἤχον.

Τὰς φωνὰς τῶν ἀνθρώπων τὰς διακρίνομεν ἀπὸ τὸ διάφορον ὕψος τῶν, κυρίως ὁμῶς ἀπὸ τὴν διαφορετικὴν τῶν χροιάν.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Ὅ,τι γίνεται ἀντιληπτὸν μὲ τὸ οὖς εἶναι ἤχος. Οἱ ἤχοι προκαλοῦνται ἀπὸ σώματα 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 τοιοῦτοτρόπως 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 μεγαλύτερας ταχύτητας διαδίδεται εἰς τὰ στερεὰ καὶ μὲ μικροτέρας εἰς τὰ ἀέρια. Ἡ ταχύτης διαδόσεως, τὸ μῆκος κύματος λ καὶ ἡ συχνότης ν τοῦ ἤχου, συνδέονται μὲ τὴν σχέσιν :

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

3. Τὰ ήχητικά κύματα, όταν συναντήσουν εμπόδιον εις τήν διάδοσίν των, ανακλῶνται μεταβάλλοντα πορείαν διαδόσεως. Ἐάν ἕνα εμπόδιον εὐρίσκεται εις ἀπόστασιν μεγαλύτεραν ἀπὸ 17 μέτρα, ὁ παρατηρητής διακρίνει τὸν ἀνακλῶμενον ήχον ἀπὸ τὸν ἀρχικὸν καὶ τὸ φαινόμενον λέγεται ήχώ. Ἐάν ὅμως ἡ ἀπόστασις εἶναι μικροτέρα ἀπὸ 17 μέτρα, οἱ δύο ήχοι δὲν διαχωρίζονται καὶ τὸ φαινόμενον λέγεται ἀντήχησις.

4. Ἡ ήχώ καὶ ἡ ἀντήχησις ἔχουν ἰδιαίτεραν σημασίαν εις τήν κατασκευὴν ἐκκλησιῶν, κινηματογραφικῶν αἰθουσῶν, θεάτρων κ.λπ.

5. Ὁ συντονισμὸς εἶναι τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ ὁποῖον ἕνα σῶμα δύναται νὰ διεγερθῇ καὶ νὰ παράγῃ ήχον, ὅταν δονήται πλησίον αὐτοῦ ἕνα ἄλλον σῶμα, τὸ ὁποῖον παράγει ήχον τῆς ἰδίας συχνότητος.

6. Ἡ ἀκουστότης, τὸ ὕψος καὶ ἡ χροιά εἶναι τὰ τρία χαρακτηριστικά γνωρίσματα τῶν ήχων.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

78. Ἐνα διαπασῶν ἐκτελεῖ 440 παλμοὺς εις ἕνα δευτερόλεπτον. Πόσος εἶναι ὁ χρόνος μιᾶς πλήρους ταλαντώσεώς του. (Ἐπ. 0,00227 sec.)

79. Πόσων Χέρτς (Hz) συχνότητα ἔχει ἕνας τόνος, ὁ ὁποῖος εις 7 sec ἐκτελεῖ 499 ταλαντώσεις. (Ἐπ. 71 Hz.)

80. Εἰς πόσην ἀπόστασιν εὐρίσκεται ἕνα καταγιδόφορον νέφος, ὅταν ἡ βροντὴ ἀκούεται 4 sec μετὰ τὴν πτώσιν τοῦ κερανοῦ. Ὁ ήχος διαδίδεται μὲ ταχύτητα 340 m/sec καὶ τὸ φῶς διὰ μικρὰς ἀποστάσεις ἀκαριαίως. (Ἐπ. 1 360 m.)

81. Πόσον εἶναι τὸ βάθος τῆς θαλάσσης ὅταν, κατὰ μίαν ήχοβόλησιν, ἐμετρήθῃ χρόνος 0,68 sec. Δίδεται ὅτι ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ ήχου εις τὸ θαλάσσιον ὕδωρ εἶναι 1 425 m/sec. (Ἐπ. 484,5 m.)

82. Πόσον μακρὰν ἀπὸ τὴν ἀκτὴν εὐρίσκεται ἕνα πλοῖον, ἂν ἕνα ὑποθαλάσσιον σήμα λαμβάνεται 5 sec ἐνωρίτερον ἀπὸ ἕνα ταυτόχρονον σήμα εις τὸν ἀέρα (ταχύτης ήχου εις τὸν ἀέρα 340 m/sec καὶ εις τὸ θαλάσσιον ὕδωρ 1 425 m/sec.) (Ἐπ. 2 233 m.)

83. Ἐνας ἄνθρωπος εὐρίσκεται εις μίαν ἀπόστασιν ἀπὸ ἕνα εμπόδιον καὶ κραυγάζει. Ἀφοῦ περάσουν 2,4 sec, ἀκούει τὸν ήχον τῆς φωνῆς του, ἡ ὁποία ἀνεκλάσθη εις τὸ εμπόδιον. Πόση εἶναι ἡ ἀπόστασις τοῦ ἀνθρώπου ἀπὸ τὸ εμπόδιον, ἂν ἡ ταχύτης τοῦ ήχου εις τὸν ἀέρα ἀνέρχεται εις 340 m/sec. (Ἐπ. 408 m.)

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

85. Τὸ μῆκος κύματος ἑνὸς ἤχου μὲ συχνότητα 100 Hz, ὃ ὁποῖος διαδίδεται εἰς τὸ ὕδωρ, εἶναι 10 m. Πόση εἶναι ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ ἤχου αὐτοῦ εἰς τὸ ὕδωρ. (Ἀπ. 1 000 m/sec.)

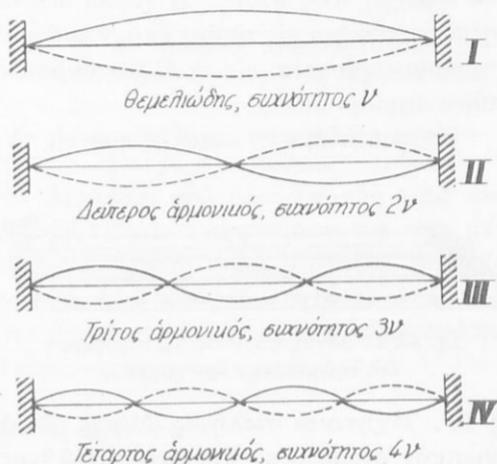
86. Πόσον εἶναι τὸ μῆκος κύματος τοῦ τόνου ὃ ὁποῖος ἔχει συχνότητα 440 Hz εἰς τὸν ἀέρα. Ταχύτης ἤχου εἰς τὸν ἀέρα 340 m/sec. (Ἀπ. 0,775 m.)

87. Εἰς πόσην ἀπόστασιν εὐρίσκεται ἓνα ἐμπόδιον, ὅταν ἀκούωμεν τρισύλλαβον ἠχῶ. (Ἀπ. 51 m.)

ΙΖ' — ΗΧΗΤΙΚΑΙ ΠΗΓΑΙ

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

Ἄν σταθεροποιήσωμεν τὸ μέσον τῆς χορδῆς μὲ τὸν δάκτυλόν μας, ἢ θέσωμεν εἰς τὸ σημεῖον αὐτὸ ἓνα ξύλινον ὑποστήριγμα καὶ διεγείρωμεν πάλιν τὴν χορδὴν, παρατηροῦμεν τότε ὅτι ὀλόκληρος ἡ χορδὴ ταλαντεύεται (σχ. 82, II). Εἰς τὴν περίπτωσιν ὅμως αὐτὴν ἡ χορδὴ παράγει ἤχον μὲ διπλασίαν συχνότητα. Ἄναλόγως δυνάμεθα νὰ ἐξαναγκάσωμεν τὴν χορδὴν, νὰ παράγῃ ἤχον μὲ 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 μὲ τὴν θεμελιώδη συχνότητα (I) καὶ τοὺς τρεῖς πρώτους ἀνωτέρους ἄρμονικούς.

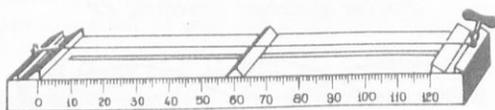
ώς δεικνύεται εις τὸ σχῆμα 82, I, ὀνομάζεται θεμελιώδης ἤχος ἢ πρῶτος ἄρμονικός, ἐνῶ ὅταν πάλλεται ὅπως εἰς τὰς περιπτώσεις II, III, IV τοῦ ἰδίου σχήματος, ὁ παραγόμενος ἤχος λέγεται ἀνώτερος ἄρμονικός καὶ ἰδιαιτέρως δεύτερος ἄρμονικός, τρίτος ἄρμονικός, κ.λπ. Ὡστε :

“Ὅταν ἐλαττώσωμεν τὸ μῆκος 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 μονοχόρδου (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 μονοχόρδου, μὲ μίαν δὲ κλεῖδα, ἢ ὁποία εὐρίσκεται εἰς τὸ ἄλλον ἄκρον, δυνάμεθα νὰ ρυθμίζωμεν τὴν τάσιν τῆς.

Πειραματιζόμενοι καταλήγομεν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι :



Σχ. 83. Τὸ μονοχόρδον εἶναι μία συσκευή διὰ τὴν μελέτην τῶν χορδῶν.

Ἡ συχνότης ἐνὸς τόνου ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ μῆκος, τὸ πάχος καὶ τὸ ὑλικὸν τῆς χορδῆς, ὡς ἐπίσης καὶ ἀπὸ τὴν τάσιν τὴν ὁποίαν ἀσκοῦμεν εἰς τὴν χορδὴν.

§ 87. Ἡχητικοὶ σωλῆνες. Νόμος τῶν ἠχητικῶν σωλῆνων. Εἰς τὴν Φυσικὴν ὀνομάζομεν ἠχητικούς σωλῆνας, κυλινδρικούς ἢ πρισματικούς σωλῆνας ἀπὸ ξύλον ἢ μέταλλον, εἰς τοὺς ὁποίους προσφυσῶμεν ρεῦμα ἀέρος, ἀπὸ τὸ στόμιον καὶ προκαλοῦμεν κατ’ αὐτὸν τὸν τρόπον ταλάντωσιν τοῦ ἀέρος, τὸν ὁποῖον περιέχει ὁ σωλῆν.

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

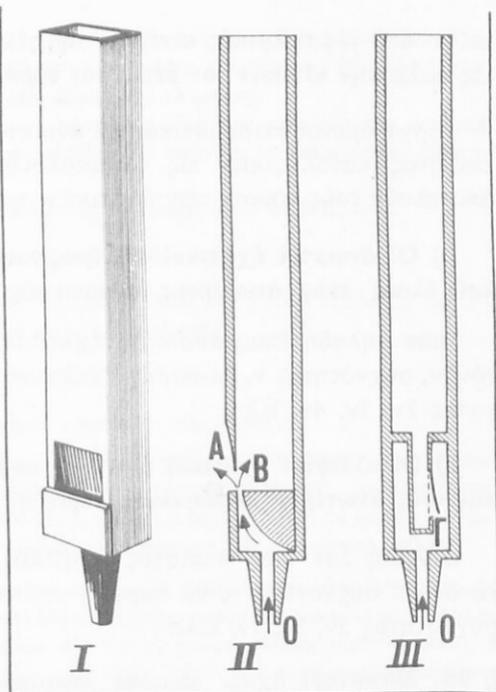
Είς τόν άνοικτόν σωλήνα του σχήματος 84, II, ό άήρ εισέρχεται από τó έπιστόμιον O και έξέρχεται από τó στόμιον B. Είς τó χειλος A δημιουργείται διατάραξις τής στήλης του άέρος, όπως άκριβώς συμβαίνει και είς τήν σφυρίκτραν, και τοιουτοτρόπως προκαλείται δόνησις του άέρος, ό όποιος εύρίσκεται είς τήν κοιλότητα.

Είς τόν άνοικτόν σωλήνα του σχήματος 84, III, ό άήρ εισχωρεί από τó στόμιον O και διεγείρει είς παλμικήν κίνησιν τήν γλωσσίδα Γ.

Ό,τι συμβαίνει με τά άνωτέρω δύο είδη άνοικτών ήχητικών σωλήνων, δηλαδή τούς άνοικτούς ήχητικούς σωλήνας με έπιστόμιον και στόμιον και τούς άνοικτούς ήχητικούς σωλήνας με έπιστόμιον και γλωσσίδα, συμβαίνει και με τά δύο αντίστοιχα είδη τών κλειστών ήχητικών σωλήνων. Οί σωλήνες αυτοί διαφέρουν από τούς άνοικτούς ήχητικούς σωλήνας κατά τó ότι είναι κλειστοί είς τó άνωτερον άκροντων.

Άπό τά άνωτέρω συμπεραίνομεν ότι :

Είς τούς ήχητικούς σωλήνας με έπιστόμιον και στόμιον ό τόνος προκαλείται από τās άπ' ευθείας παλμικές κινήσεις του άέρος. Είς τούς 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.

Ἐργαζόμενοι 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 ἕνα θεμελιώδη τόνον καὶ ὄλους τοὺς ἀνωτέρους ἁρμονικούς.

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

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

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

§ 88. Μουσικοὶ ἤχοι. Μουσικὰ διαστήματα. Ὅταν αἱ συχνότητες δύο ἤχων, τοὺς ὁποῖους ἀκούομεν ταυτοχρόνως, εὐρίσκωνται μεταξύ των εἰς ἀπλὴν ἀριθμητικὴν σχέσιν, μᾶς προκαλοῦν γενικῶς εὐχάριστον συναίσθημα. Ἡ Μουσικὴ χρησιμοποιεῖ ὠρισμένας ἀπλᾶς ἀριθμητικὰς σχέσεις, μεταξύ τῶν συχνοτήτων 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.

Ὅταν δύο φθόγγοι ἀκούωνται συγχρόνως ἢ διαδοχικῶς καὶ προκαλοῦν εὐχάριστον συναίσθημα, λέγομεν ὅτι ἀποτελοῦν συμφωνίαν, ἐνῶ ἂν τὸ συναίσθημα εἶναι δυσάρεστον ἀποτελοῦν παραφωνίαν. Ὅταν τὸ διάστημα εἶναι $1 : 1$, ὅταν δηλαδὴ ἀκούωμεν δύο φθόγγους τῆς ἰδίας συχνότητος, ἔχομεν τὴν καλυτέραν συμφωνίαν καὶ τὸ μουσικὸν διάστημα λέγεται πρώτη. Ἐὰν τὸ διάστημα εἶναι $2 : 1$, ὁπότε ὁ ὀξύτερος φθόγγος ἔχει διπλασίαν συχνότητα, τὸ διάστημα λέγεται ὀγδοῆ. Εἰς τὴν Μουσικὴν χρησιμοποιούμεν 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.

Οι φθόγγοι τής βασικής κλίμακος είναι όκτώ, ή κλίμαξ όμως επεκτείνεται εις ύψηλότερους και χαμηλότερους φθόγγους με όγδός. Ό φθόγγος από τόν όποιον άρχιζει ή μουσική κλίμαξ όνομάζεται βάσις τής κλίμακος.

Αί συχνότερες τών φθόγγων μιås μουσικής κλίμακος καθορίζονται με άκριβειαν, όταν όρισθί ή συχνότης ένός οίουδήποτε φθόγγου και τå μουσικά διαστήματα.

Τå όνόματα τών φθόγγων τής μουσικής κλίμακος είναι τå εξής έπτά :

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

Τå διαστήματα δευτέρας, τρίτης, τετάρτης, πέμπτης, έκτης, έβδομης, λογιζόμενα από τού do και άνωθεν αυτού είναι τå ακόλουθα :

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

Υπάρχουν διάφοροι κατηγοριαί μουσικών κλιμάκων :

α) Διατονική ή φυσική κλίμαξ. Η κλίμαξ αυτή περιλαμβάνει τρία διαφορετικά διαστήματα, σχετικώς ως πρòς δύο διαδοχικούς φθόγγους : τå διαστήματα 9/8 και 10/9, τå όποια όνομάζονται τόνοι και τò διάστημα 16/15 τò όποιον όνομάζεται ήμιτόνιον. Εις τήν βασικήν κλίμακα, ό φθόγγος έχει συχνότητα 440 Hz.

β) Χρωματική κλίμαξ. Η βασική διατονική κλίμαξ επαναλαμβανομένη με όγδός, ύψηλότερον ή χαμηλότερον, δέν είναι δυνατόν νά έπαρκέση διά τås άνάγκας τής συγχρόνου Μουσικής. Δι' αυτόν τόν λόγον κατεσκεύασαν μίαν κλίμακα, ή όποία περιλαμβάνει 12 ήμιτόνια ίσα πρòς 1,059. Η κλίμαξ αυτή όνομάζεται χρωματική.

Άν προσέξωμεν τå πλῆκτρα τού κλειδοκυμβάλου (πιάνου), θå παρατηρήσωμεν ότι είναι λευκά και μαύρα. Τå μαύρα πλῆκτρα άντιστοιχοϋν εις τούς φθόγγους εκείνους τών όποίων ή προσθήκη έδημιούργησε τήν χρωματικήν κλίμακα. Διά νά επιτύχουν οί μουσικοί τήν κατασκευήν τής κλίμακος αυτής διειτήρησαν τόν φθόγγον la τής βασικής κλίμακος εις τήν συχνότητα τών 440 Hz, παρήλλαξαν όμως όλίγον τås συχνότητας τών άλλων φθόγγων.

§ 90. Μουσικά όργανα. Τå μουσικά όργανα παράγουν εύχαρίστους ήχους, χωρίζονται δέ εις τρεις κυρίως κατηγορίας.

α) Τå Έγχορδα. Αυτά είναι όργανα τå όποια έχουν χορδås, όπως τò βιολίον, ή βιόλα, τò βιολοντσέλον και τò κοντραμπάσον. Εις τå όργανα αυτά ό ήχος παράγεται καθώς σύρομεν τò δοξάριον επάνω εις τås χορδås. Άλλα έγχορδα είναι ή κιθάρα και τò μαντολίον. Οί ήχοι εις τå όργανα αυτά παράγονται καθώς έλκομεν τås χορδås με τò δάκτυλον ή τås πλήττομεν με ένα μικρόν τρίγωνον.

Τò ύψος τού ήχου εις όλα τå άνωτέρω έγχορδα ρυθμίζεται από τò σημεϊον εις τò όποιον πιέζομεν τήν χορδήν με τå δάκτυλα τής άριστεράς χειρός.

Η άρπα είναι ένα άλλο έγχορδον όργανον, με πολλås χορδås, αί όποια ήχοϋν, όταν τås έλκομεν με τå δάκτυλα και εκάστη από τås όποιας παράγει άρισμένον

ήχων. Χορδές αί όποια παράγουν ώρισμένον ήχον έχει και τό κλειδοκύμβαλον. Ένας μηχανισμός μοχλών συνδέει τά πλήκτρα τά όποια πιέζομεν με τά δάκτυλα, με ειδικά κατακόρυφα πλήκτρα, τά όποια κρούουν τās χορδές.

β) Τά πνευστά. Τοιαύτα όργανα είναι ή σάλπιγξ, ή τρόμπα, τό τρομπόνιον, τό κόρνον, τό κλαρίνον, τό φλάουτον, τό σαξόφωνον, κ.λπ. Τά όργανα αυτά παράγουν ήχον όταν φυσώμεν άέρα εις ώρισμένην θέσιν εντός αυτών. Εις άλλα από αυτά τά όργανα, π.χ. εις την τρόμπαν, ό ήχος παράγεται από τά χείλη εκείνου ό όποιος παίζει τό όργανον, ενώ εις άλλα, όπως εις τό κλαρίνον, από μίαν γλωσσίδα, ή όποία πάλλεται καθώς φυσώμεν. Εις τά χάλκινα πνευστά, όπως λέγονται αί τρόμπα, τό τρομπόνιον, τό κόρνον, κ.λπ., τό ύψος του φθόγγου επιτυγχάνεται με την βοήθειαν κλειδιών ή έμβόλων (πιστονιών), με τά όποια μικραίνουν ή μεγαλώνουν ώρισμένους σωλήνας, οί όποιοι εύρίσκονται εις τό σώμα του όργάνου, έν συνδυασμώ προς τον άέρα τον όποιον φυσώμεν με πίεσιν. Εις τά ξύλινα πνευστά, όπως εις τό κλαρίνον, εις τά φλάουτα και εις τά σαξόφωνα, ό ήχος μεταβάλλεται όταν ανοίγωμεν ή κλειώμεν ώρισμένας όπας, αί όποια υπάρχουν εις τό σώμα του όργάνου.

γ) Τά κρουστά. Αύτά είναι όργανα εις τά όποια ό ήχος παράγεται όταν τά κρούωμεν (κτυπώμεν) εις ώρισμένην θέσιν. Κρουστά είναι τά τύμπανα, τό ξυλόφωνον, τό τρίγωνον, κ.λπ.

Αί όρχηστρα αποτελούνται από πολλά όργανα και των τριών κατηγοριών και τοιουτοτρόπως διά συνδυασμού των ήχων τους όποιους παράγουν, άποδίδουν μίαν μουσικήν σύνθεσιν κατά τον καλύτερον τρόπον.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Έλαττούντες τό μήκος μιās χορδής, αυξάνομεν την συχνότητα των παραγομένων ήχων. Έλαττούντες τό μήκος της χορδής εις τό $1/v$ του άρχικοϋ και διατηρούντες σταθεράν την τάσιν, την όποιάν άσκούμεν επ' αυτης, παράγομεν ήχον με συχνότητα v - πλασίαν του άρχικοϋ.

2. Η συχνότης του τόνου τον όποιον παράγει μία χορδή, έξαρτάται από τό μήκος, τό πάχος και τό ύλικόν της χορδής, όπως επίσης και από την τάσιν την όποιάν άσκούμεν επί της χορδής.

3. Οί ήχητικοί σωλήνες είναι κλειστοί και άνοικτοί. Και τά δύο είδη περιλαμβάνουν σωλήνας με έπιστόμιον και στόμιον και σωλήνας με έπιστόμιον και γλωσσίδα. Εις τους ήχητικούς σωλήνας με έπιστόμιον και στόμιον ό τόνος προκαλείται από τās άπ' εϋθείας παλμικάς κινήσεις του άέρος, ενώ εις τους

ήχητικούς σωλήνας με επιστόμιον και γλωσσίδα από τους παλμούς της γλωσσίδος.

4. Οί ανοικτοί ήχητικοί σωλήνες παράγουν ένα θεμελιώδη τόνον και όλους τους ανωτέρους αρμονικούς του, ενώ οί κλειστοί ένα θεμελιώδη και τους ανωτέρους αρμονικούς περιττής τάξεως.

5. Μουσικόν διάστημα δύο ήχων ονομάζεται ό λόγος τών συχνοτήτων των.

6. Η μουσική κλίμαξ αποτελείται από σειράν ώρισμένων μουσικῶν φθόγγων, οί όποιοι 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 Ia 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 του βασικού τόνου, του όποιου ό άρμονικός έκτης τάξεως έχει συχνότητα 1 200 Hz. (Απ. 171,4 Hz.)

89. Ένας τόνος έχει συχνότητα 264 Hz. Ποίαι 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 ἕνα τεμάχιον ψαμμίτου, θὰ ἴδωμεν ὅτι ἀποτελεῖται ἀπὸ μίαν πλειάδα μικρῶν κόκκων, συγκεκολλημένων μεταξύ των καὶ ὄρατῶν μὲ γυμνὸν ὄφθαλμόν.

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

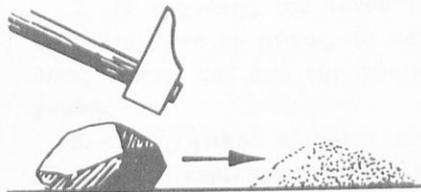
Ἄν ἐξετάσωμεν ἕκαστον κόκκον μὲ φακόν, θὰ διαπιστώσωμεν ὅτι ὅλοι ἔχουν τὴν ἴδιαν ἐμφάνισιν. Ἐντονον δηλαδὴ λάμψιν καὶ ἔδρας αἱ ὁποῖαι σχηματίζουν μεταξύ των γωνίας, περισσότερον ἢ ὀλιγότερον ὀξείας.

Πείραμα. Λαμβάνομεν ἕνα φιάλιδιον μὲ πυκνὸν θειϊκὸν ὀξὺ καὶ ρίπτομεν μίαν σταγόνα ἀπὸ τὸ ὀξὺ αὐτὸ μέσα εἰς ἕνα δοκιμαστικὸν σωλήνα μὲ ὕδωρ. Τὸ διάλυμα τὸ ὁποῖον προκύπτει, 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 ἐρυθραίνει τὸ βάμμα τοῦ ἡλιοτροπίου.

Ὅπως ὁ ψαμμίτης, οὕτω καὶ τὸ θειϊκὸν ὀξὺ διηρέθη εἰς μικρότατα σωματίδια, τὰ ὁποῖα ὁμως διητήρησαν τὰς χαρακτηριστικὰς ἰδιότητας τοῦ ὀξέος. Ἐρυθραίνουν δηλαδὴ τὸ βάμμα τοῦ ἡλιοτροπίου.

Τίθεται ὁμως τώρα τὸ ἐρώτημα: Δυνάμεθα νὰ διαιρῶμεν ἐπ' ἀπειρον τὰ σωματίδια ἐνὸς ὑλικοῦ χωρὶς νὰ ἐξαφανισθοῦν αἱ ἰδιότητες τῆς οὐσίας;

Ἡ ἀπάντησις εἰς τὸ ἀνωτέ-



Σχ. 85. Ὅταν θρυμματισθῇ ὁ ψαμμίτης σχηματίζει σωρὸν ἄμμου.

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

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

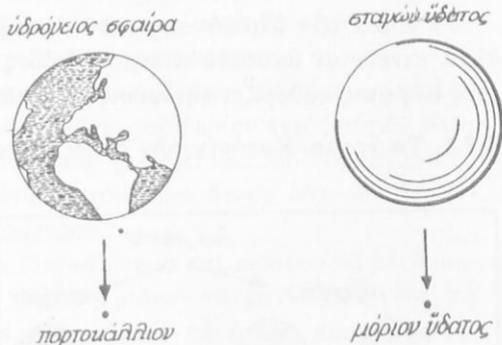
§ 92. Τὰ μόρια. Τὰ μόρια εἶναι ὑλικά σωματίδια μὲ πολὺ μικρὸν μέγεθος. Διὰ νὰ ἀντιληφθῶμεν τὴν μικρότητα τῶν μορίων, ἄς ἐπιχειρήσωμεν τὸν ἐπόμενον παραλληλισμὸν.

Θεωροῦμεν μίαν σταγόνα ὕδατος καὶ τὴν ὑδρογείου σφαῖραν. Ὅ,τι εἶναι ἓνα πορτοκάλλιον διὰ τὴν Γῆν, εἶναι καὶ ἓνα μόριον ὕδατος διὰ τὴν σταγόνα τοῦ ὕδατος (σχ. 86).

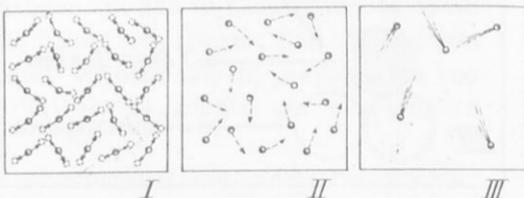
Τὰ μόρια ἑνὸς χημικῶς καθαροῦ σώματος, ὅπως π.χ. τὸ ὀξυγόνον, ὁ χαλκός, τὸ ὕδωρ, ἡ σάκχαρις κ.λπ., εἶναι ὅμοια μεταξὺ τῶν, ἐνῶ τὰ μόρια τῶν μειγμάτων, ὅπως ὁ ἀήρ, τὸ γάλα κ.λπ., εἶναι διαφορετικά.

Ὅπως γνωρίζωμεν ἀπὸ τὰ μαθήματα τῆς προηγούμενης τάξεως, τὰ μόρια οἰοῦνται σῶματος δὲν ἡρεμοῦν, ἀλλὰ κινεῖνται 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 σταγὼν ὕδατος εὐρίσκονται εἰς τὴν ἀναλογίαν πορτοκαλλίου καὶ ὑδρογείου σφαίρας.



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

εύρισκονται εις μεγαλυτέρας μεταξύ των αποστάσεις (έν σχέσει με τὰς αποστάσεις τῶν μορίων τῶν στερεῶν) καὶ κινουῦνται πλέον ζηρωῶς τὸ ἓνα ὡς πρὸς τὸ ἄλλον, διατηρῶντα σταθερὰς τὰς ἀποστάσεις των. Ἐνα μόριον ὑδροῦ, δηλαδή, κινεῖται ἐν σχέσει πρὸς τὰ ἄλλα μόρια, μέσα εις τὴν μᾶζαν τοῦ ὑδροῦ, διατηρεῖ ὁμως σταθερὰν ἀπόστασιν ἀπὸ τὰ γειτονικά του μόρια (σχ. 87, II).

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

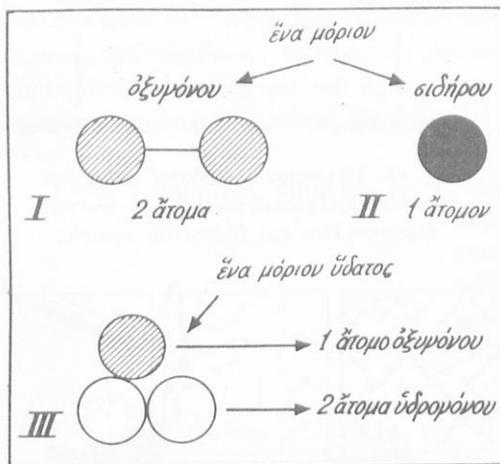
Αἱ ταχύτητες μετὰς ὁποίας κινουῦνται τὰ μόρια τῶν ἀερίων εἶναι ἄρκετὰ μεγάλα. Εἰς τὸ διοξειδίου τοῦ ἄνθρακος ἡ μέση ταχύτης τῶν μορίων εἶναι ἴση μετὰ 1 440 km/h, ἴση δηλαδή πρὸς τὴν ταχύτητα τῶν ἀεριωθουμένων ἀεροπλάνων ἐνῶ τῶν μορίων τοῦ ὕδρογόνου εἶναι ἀκόμη μεγαλυτέρα καὶ φθάνει τὰ 7 200 km/h. Ὡστε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

Τὰ μόρια τῶν ὑλικῶν σωμάτων εἶναι ἀπείρως μικρά. Ἀν ἡμερῶν ἀλλὰ κινουῦνται ἀκαταπαύστως. Τὸ εἶδος τῆς κινήσεως τῶν μορίων ἐνὸς σώματος καθορίζει τὴν φυσικὴν κατάστασιν τοῦ σώματος.

§ 93. Τὰ ἄτομα. Κατόπιν τῶν ὄσων εἶπομεν ἀνωτέρω, δὲν πρέπει νὰ νομισθῆ ὅτι τὰ μόρια ἀ-

ποτελοῦν τὸ ἀδιαίρετον πλέον τμήμα τῆς ὕλης. Πράγματι τὰ σωματίδια αὐτὰ σχηματίζονται ἀπὸ μικρότερα ἀκόμη ὑλικά συστατικά, τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται ἄτομα.

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



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

ἀποτελείται ἀπὸ δύο ὁμοία μεταξύ των ἄτομα ὀξυγόνου, τὸ μόριον τοῦ ὕδατος, τὸ ὁποῖον εἶναι σύνθετον σῶμα, περιλαμβάνει συνδεδεμένα μεταξύ των, δύο ἄτομα ὕδρογόνου καὶ ἓνα ἄτομον ὀξυγόνου (σχ. 88).

Τὰ ἄτομα σπανίως ἀπαντοῦν εἰς ἐλευθέραν κατάστασιν, ἐκτὸς ἀπὸ τὴν περίπτωσιν τῶν λεγομένων εὐγενῶν ἀερίων (ἀργόν, κρυπτόν, νέον, ξένον, ἥλιον καὶ ραδόνιον). Εἰς ὠρισμένας ἄλλας περιπτώσεις, ὅπου τὸ μόριον ἑνὸς στοιχείου ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓνα ἄτομον, ὅπως συμβαίνει μὲ τὰ μέταλλα, τὰ ἄτομα αὐτὰ δὲν εἶναι ἐλεύθερα, ἀλλὰ σχηματίζουν κανονικὰ διατεταγμένα συγκροτήματα, τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται κρύσταλλοι.

Ἐφ' ὅσον τὰ ἄτομα εἶναι κατὰ κάποιον τρόπον ὑποδιαίρεσις τῶν μορίων, συμπεραίνομεν ὅτι ἔχουν μικρότερον ἀκόμη μέγεθος.

Ἄν φαντασθῶμεν τὸ ἀπλούστερον ἄτομον, δηλαδή 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 «ὕψηλόν κενόν», ὅπως λέγομεν, (δηλαδή ἡ πίεσις τοῦ ἀερίου ἐντὸς αὐτῶν εἶναι τῆς τάξεως τοῦ ἑκατομμυριοστοῦ τοῦ χιλιοστομέτρου ὕδραργυρικῆς στήλης), παραμένουν ἀκόμη 270 ἑκατομμύρια ἄτομα εὐγενῶν ἀερίων εἰς ἕκαστον κυβικὸν ἑκατοστόμετρον.

Μέχρι σήμερον οὐδεὶς ἔχει ἰδεῖ τὰ ἄτομα καὶ πιθανὸν νὰ μὴ δυνηθῶμεν ποτὲ νὰ τὰ ἴδωμεν. Οἱ Φυσικοὶ μόνον τὰ φαντάζονται καὶ τὰ περιγράφουν, στηριζόμενοι εἰς φαινόμενα, τὰ ὁποῖα προκαλοῦνται ὑπὸ 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 ἑλλειπτικὰς ἢ κυκλικὰς τροχιάς περὶ τὸν πυρῆνα. Τὸ ἄτομον δηλαδή εἶναι δυνατὸν 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.



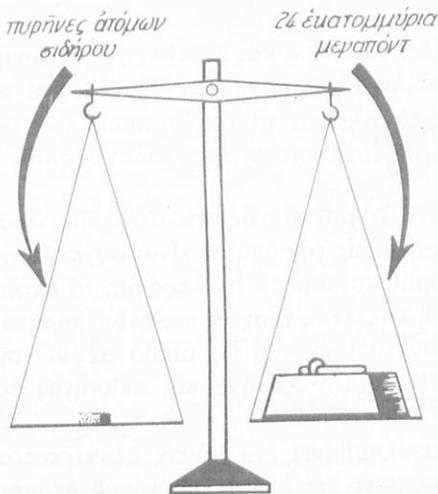
Σχ. 89. Ἄτομον ὕδρογόνου.

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 μᾶζης τοῦ πυρήνος τοῦ ἀτόμου τοῦ ὕδρογόνου.

Ἀπὸ 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 χώρου εἶναι κενόν, τὰ δὲ ἠλεκτρόνια κινούνται εἰς ἑλλειπτικὰς ἢ κυκλικὰς τροχιάς περὶ τὸν πυρήνα καὶ εἰς τεραστίαις, συγκριτικῶς ἀποστάσεις.



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

Ἄν ἠδυνάμεθα νὰ κατασκευάσωμεν ἓνα μικρὸν πλακίδιον μὲ μέγεθος ἴσον πρὸς ἐκεῖνο τῶν πλακιδίων τῆς σακχάρως, χρησιμοποιοῦντες ὡς ὕλικὸν συμπαγεῖς πυρῆνας ἀτόμων σιδήρου, χωρὶς κενὸν χῶρον, τὸ βάρος τοῦ μικροῦ αὐτοῦ πλακιδίου θὰ ἦτο ἴσον μὲ 24 ἑκατομμύρια μεγαπόντ. Τὸ παράδειγμα αὐτὸ δίδει μίαν εἰκόνα τοῦ κενοῦ τὸ ὁποῖον παρεμβάλλεται εἰς τὴν δομὴν τῆς ὕλης (σχ. 90).

1. Μόριον ονομάζομεν τὴν μικροτέραν ποσότητα τῆς ὕλης ἐνὸς σώματος, ἢ ὅποια δύναται νὰ ὑπάρξῃ εἰς ἐλευθέραν κατάστασιν καὶ νὰ διατηρῇ 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.

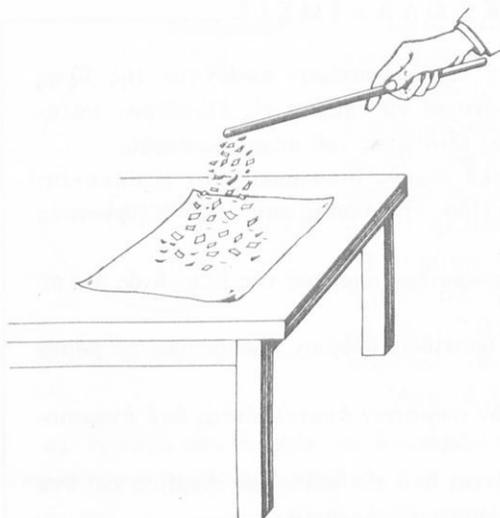
6. Τὰ ἄτομα ἀποτελοῦνται ἀπὸ τὸν κέντρικόν πυρῆνα καὶ ἕνα ἢ περισσότερα περιστρεφόμενα ἠλεκτρόνια.

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.

ΙΘ'— ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ ΑΤΟΜΟΥ. ΠΥΡΗΝΕΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΑ

§ 95. Ἡλεκτρισμός. Πείραμα. Τρίβομεν μίαν ραβδὸν ἀπὸ ἐβονίτην (ὁ ὅποιος εἶναι ἕνα 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.

Αὐτὴ ἡ περίεργος ἐκ πρώτης ὄψεως ιδιότης ἦτο γνωστὴ κατὰ τὴν ἀρχαιότητα. Ὁ **Θαλῆς ὁ Μιλήσιος** εἶχε παρατηρήσει ὅτι ὅταν ἔτριβε ἕνα τεμάχιον ἠλέκτρον (κοινῶς κεχριμπάρι) μὲ ἕνα ὕφασμα, τὸ ἠλεκτρον ἀπέκτα τὴν ιδιότητα νὰ ἔλκῃ πολὺ ἐλαφρὰ σώματα, ὅπως τρίχας, πούπουλα, κ.λπ. Ἡ ιδιότης αὐτὴ τῶν σωμάτων ὠνομάσθη **ἠλεκτρισμός**.



Σχ. 91. Μετά την τριβήν της με ξηρόν μάλλινον ύφασμα, ἡ ράβδος τοῦ ἔβονίτου ἔλκει μικρά τεμάχια χάρτου.

Τὰ σώματα τὰ ὁποῖα ἀποκοῦν τὴν ιδιότητα τοῦ ἠλεκτρισμοῦ λέγομεν ὅτι εἶναι ἠλεκτρισμένα ἢ ὅτι εἶναι φορτισμένα ἠλεκτρικῶς. Ἡ διαδικασία δέ, μετὴν ὁποῖαν ἀποκοῦν τὴν ιδιότητα τοῦ ἠλεκτρισμοῦ τὰ σώματα, ὀνομάζεται ἠλεκτρισίς.

Ἐνα ἠλεκτρισμένον σῶμα λέγομεν ὅτι ἔχει ἠλεκτρικὰ φορτία. Τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον δὲν εἶναι ὀρατὸν, ἢ δὲ παρουσία του διαπιστοῦται μόνον ἀπὸ τὰ ἀποτελέσματα τὰ ὁποῖα προκαλεῖ.

Τὰ σώματα τὰ ὁποῖα δὲν ἔχουν ἠλεκτρικὰ φορτία λέγομεν ὅτι εἶναι ἠλεκτρικῶς οὐδέτερα.

§ 96. Θετικὸς καὶ ἀρνητικὸς ἠλεκτρισμὸς. Ἡλεκτρικὸν ἔκκρεμές.

α) Αἱ δυνάμεις αἱ ὁποῖαι ἐνεφανίσθησαν μετὴν τριβὴν τῆς ράβδου τοῦ ἔβονίτου καὶ προεκάλεσαν τὴν ἔλξιν τοῦ χάρτου εἶναι πολὺ μικραῖ.

Εἶναι εὐκολώτερον νὰ μελετήσωμεν τὰ ἠλεκτρικὰ φαινόμενα χρησιμοποιοῦντες τὸ ἠλεκτρικὸν ἔκκρεμές, μίαν συσκευὴν δηλαδὴ ἢ ὁποῖα ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓνα ἐλαφρὸν σφαιρίδιον φελλοῦ ἢ δντεριώνης τῆς ἀκταίας (ψύχαν κουφοξυλιάς), τὸ ὁποῖον κρέμαται ἀπὸ ἓνα λεπτὸν μετάξινον νῆμα, προσδεδεμένον εἰς ἓνα λεπτὸν κατάλληλον ὑποστήριγμα (σχ. 92).

Πείραμα. Πλησιάζομεν εἰς τὸ ἠλεκτρικὸν ἔκκρεμές μίαν ράβδον ἀπὸ ἔβονίτην, ἢ ὁποῖα προηγουμένως ἔχει τριφθῆ μετὰ μάλλινον ύφασμα. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι τὸ σφαιρίδιον τοῦ ἔκκρεμοῦς ἔλκεται ἀπὸ τὴν ράβδον, εὐθὺς δὲ ὡς ἔλθῃ εἰς ἐπαφὴν μετ' αὐτῆς ἀπῳθεῖται καὶ ἀπομακρύνεται ἀπὸ αὐτὴν, παραμένον εἰς μίαν ὠρισμένην ἀπόστασιν (σχ. 92 I, II).

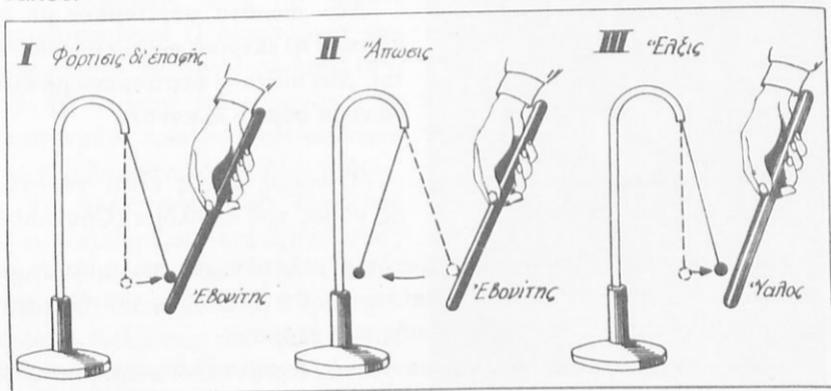
Όταν τὸ σφαιρίδιον ἤλθεν εἰς ἐπαφὴν μὲ τὴν ράβδον τοῦ ἐβονίτου, παρέλαβεν ἓνα μέρος ἀπὸ τὰ ἠλεκτρικὰ φορτία τῆς ράβδου καὶ ἠλεκτρίσθη. Ἐπομένως ὁ ἠλεκτρισμένος ἐβονίτης ἀπωθεῖ τὸ ἠλεκτρικὸν ἔκκρεμές, τὸ ὁποῖον ἠλεκτρίσθη κατὰ τὴν ἐπαφὴν του μὲ αὐτόν.

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

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

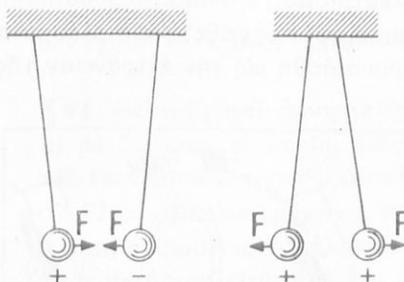
Πᾶν ἠλεκτρισμένον σῶμα συμπεριφέρεται εἴτε ὡς ἠλεκτρισμένη ὑάλος, εἴτε ὡς ἠλεκτρισμένος ἐβονίτης.

Ἀπὸ τὰ 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 ἀπόσεως τῶν ἠλεκτρικῶν φορτίων.

Δύο σῶματα τὰ ὁποῖα εἶναι ἀμφότερα φορτισμένα με θετικὸν ἠλεκτρισμὸν ἢ ἀμφότερα με ἀρνητικὸν ἠλεκτρισμὸν, λέγομεν ὅτι φέρουν ὁμόνυμα ἠλεκτρικὰ φορτία.

Ἄν τὸ ἓνα ἔχη θετικὸν καὶ τὸ ἄλλο ἀρνητικὸν ἠλεκτρισμὸν, τότε λέγομεν ὅτι φέρουν ἑτερόνυμα φορτία.



Σχ.93. Τὰ ἑτερόνυμα φορτία ἔλκονται (I), τὰ ὁμόνυμα ἀπωθοῦνται (II).

Τὰ προηγούμενα πειράματα μᾶς ἐπιτρέπουν νὰ διατυπώσωμεν τὸν ἀκόλουθον νόμον :

Δύο σῶματα φορτισμένα με ὁμόνυμα ἠλεκτρικὰ φορτία ἀπωθοῦνται. Δύο σῶματα φορτισμένα με ἑτερόνυμα φορτία ἔλκονται.

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

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

Ὅλα τὰ ἄτομα κατέχουν ἓναν κεντρικὸν πυρῆνα ὕλης, ἢ κατασκευὴ τοῦ ὁποίου εἶναι γενικῶς περίπλοκος.

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

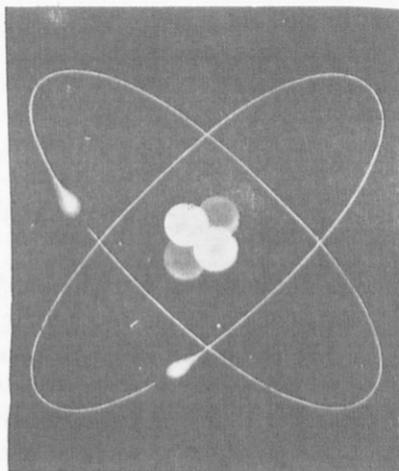
τιστα σωματίδια, δηλαδή ηλεκτρικῶς οὐδέτερα, τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται νετρόνια. Οὕτω, π.χ., εἰς τὸν πυρῆνα τοῦ ἀτόμου τοῦ ὑδρογόνου, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ τὸ ἀπλούστερον ἄτομον, ὑπάρχει 1 πρωτόνιον καὶ οὐδὲν νετρόνιον, ἐνῶ εἰς τὸν πυρῆνα τοῦ ἡλίου ὑπάρχουν 2 πρωτόνια καὶ 2 νετρόνια (σχ. 94, I, II).

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 ἑνὸς ηλεκτρονίου εἶναι ἴσον ἀριθμητικῶς μὲ τὸ θετικὸν φορτίον ἑνὸς πρωτονίου.

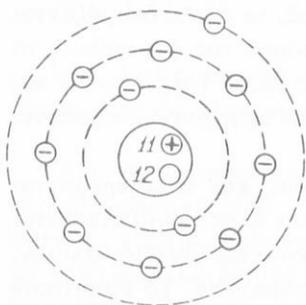
Ἐπειδὴ δὲ τὸ ἄτομον εἶναι ηλεκτρικῶς οὐδέτερον, ὁ ἀριθμὸς τῶν πρωτονίων εἶναι ἴσος μὲ τὸν ἀριθμὸν τῶν ηλεκτρονίων του. Τοιοῦτοτρόπως τὸ ἄτομον τοῦ ἡλίου ἔχει πυρῆνα μὲ δύο πρωτόνια, περὶ τὸν ὁποῖον περιστρέφονται δύο ηλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα σχηματίζουν ἕνα φλοιόν. Τὸ ἄτομον τοῦ νατρίου ἔχει πυρῆνα μὲ 11 πρωτόνια, περὶ τὸν ὁποῖον περιστρέφονται 11 ηλεκτρόνια, κατανεμημένα εἰς τρεῖς φλοιούς (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 ηλεκτρισμὸς, ἡ διέλευσις τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος μέσα ἀπὸ τοὺς ἀγωγούς, ἡ ηλεκτρόλυσις, κ.λπ. Ὡστε :

Τὸ ἄτομον οἰοῦδήποτε στοι-



Σχ. 94. Συγκρότησις τοῦ ἀτόμου τοῦ ἡλίου (I). Τὰ δύο περιστρεφόμενα ηλεκτρόνια σχηματίζουν ἕνα φλοιόν (II).



Σχ.95.Το άτομον τοῦ νατρίου.

συμπεριφορὰν τοῦ ἀτόμου καὶ ἐξηγεῖ ὠρισμένα φαινόμενα.

χείου 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 ὠρισμένας τροχιάς, σχηματίζοντα φλοιούς. Ὁ ἐξώτατος φλοιὸς τῶν ἠλεκτρονίων καθορίζει τὴν χημικὴν

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

Εἶναι δυνατόν νὰ συμβῇ φυσικῶς καὶ ἀβιάστως ἐκπομπὴ σωματιδίων ἀπὸ τὸν πυρῆνα ὅπως ἐπίσης καὶ μετατροπὴ νετρονίων εἰς πρωτόνια. Αὐτὰ τὰ φαινόμενα χαρακτηρίζονται γενικῶς μὲ τὸν ὄρον «ραδιενέργεια» καὶ καταλήγουσιν εἰς τὴν διάσπασιν τῆς ὕλης ἢ ὁποῖα πραγματοποιεῖται πολὺ βραδέως.

Διὰ νὰ διασπασθῇ π.χ. μία ὠρισμένη ποσότης ραδίου καὶ νὰ ἀπομείνῃ ἡ ἡμίσεια τῆς ἀρχικῆς ἀπαιτοῦνται 1 600 ἔτη ἐνῶ διὰ νὰ ἀπομείνῃ ἡ ἡμίσεια ποσότης ἀπὸ ὠρισμένην μάζαν οὐρανίου ἀπαιτοῦνται 4,5 δισεκατομμύρια ἔτη.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Ὁρισμένοι οὐσίαι ὅπως ἡ ὕαλος, τὰ πλαστικὰ ὑλικά, κ.λπ., δύνανται ἐξ αἰτίας τῆς τριβῆς νὰ ἠλεκτρισθοῦν.

2. Ὑπάρχουν δύο εἶδη ἠλεκτρισμοῦ. Ὁ θετικὸς ἠλεκτρισμὸς, ὁ ὁποῖος ἀναφαίνεται 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 ὁμόνυμα 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 ὀρισμένες τροχιάς περὶ τὸν πυρῆνα.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

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

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

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

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

94. Διὰ νὰ πραγματοποιήσωμεν τὸ μῆκος ἑνὸς ἑκατοστομέτρου, πρέπει νὰ τοποθετήσωμεν εἰς εὐθεῖαν γραμμὴν 40 ἑκατομμύρια μόρια ὕδρογόνου, τὰ ὁποῖα θεωροῦμεν σφαιρικά. Νὰ ὑπολογισθῇ εἰς ἑκατοστόμετρα ἡ διάμετρος ἑνὸς μορίου ὕδρογόνου. Ἡ τιμὴ τῆς διαμέτρου νὰ ἐκφρασθῇ μὲ τὴν χρησιμοποίησιν δυνάμεως τοῦ δέκα μὲ ἀρνητικοὺς ἐκθέτας.
(Ἐπ. $25 \cdot 10^{-9} \text{cm}$.)

95. Εἰς τὸ άτομον ὕδρογόνου, τὸ ἠλεκτρόνιον κινεῖται περὶ τὸν πυρῆνα ἀκολουθῶν κυκλικὴν τροχίαν ἀκτίνας 55 ἑκατομμυριοστίων τοῦ μικρομέτρου (γραφόμενον $55 \mu\text{m}$). Ἐὰν παραστήσωμεν μῆκος 1cm μὲ μῆκος 500km , πόση θὰ ἦτο ἡ διάμετρος τῆς περιφερείας, ἡ ὁποῖα θὰ παρίστανε τὴν τροχίαν τοῦ ἠλεκτρονίου. (Ἐπ. $5,5 \text{mm}$.)

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

§ 99. Γενιότητες. "Όταν εξητάσαμεν τὰ φαινόμενα τῆς ἠλεκτρίσεως, τὰ ὅποια προκαλοῦνται μὲ τὴν τριβὴν, ἀνεφέραμεν ὅτι τὰ φαινόμενα αὐτὰ ὀφείλονται εἰς τὰ ἠλεκτρικὰ φορτία, τὰ ὅποια παραμένουν εἰς τὴν ἐξωτερικὴν ἐπιφάνειαν τῶν τριβομένων σωμάτων.

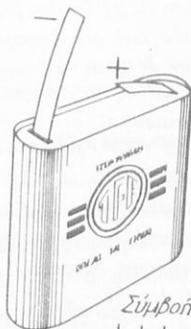
Μὲ καταλλήλους συνθήκας καὶ προϋποθέσεις τὰ ἠλεκτρικὰ φορτία εἶναι δυνατόν νὰ μετακινηθοῦν.

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 αἰ ἐξῆς :

α) Τὰ ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα τὰ ὅποια χρησιμοποιοῦνται κυρίως διὰ τὴν τροφοδοτήσιν μικρῶν φορητῶν ἠλεκτρικῶν συσκευῶν (φανάρια τσέπης, συσκευαὶ βαρηκῶν, φορητὰ ραδιόφωνα, κ.λπ.). Πολλὰ ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα, καταλλήλως συνδεδεμένα, σχηματίζουν ἠλεκτρικὴν στήλην (σχ. 96).

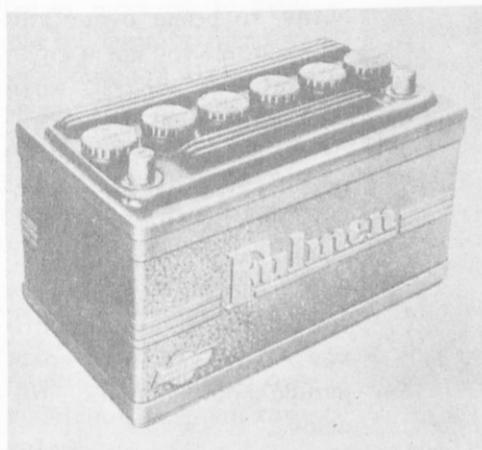


β) Οἱ ἠλεκτρικοὶ συσσωρευταὶ οἱ ὅποιοι χρησιμοποιοῦνται εἰς τὰ αὐτοκίνητα, εἰς τὰ ὑποβρύχια διὰ νὰ τὰ κινοῦν ὅταν ἔχουν καταδυθῇ, εἰς τὰ ραδιόφωνα, κ.λπ. Πολλοὶ ἠλεκτρικοὶ συσσωρευταὶ, καταλλήλως συνδεδεμένοι σχηματίζουν συστοιχίαν συσσωρευτῶν (σχ. 97).

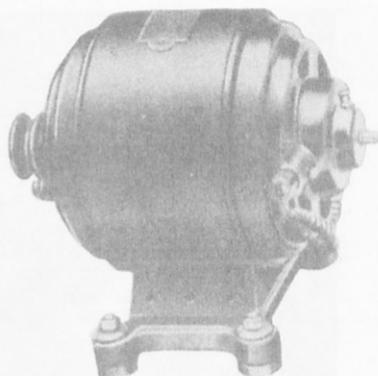
γ) Αἱ ἠλεκτρικαὶ δυναμογεννήτριας αἰ ὅποιοι ἀποτελοῦν τὰς σπουδαιότερας πηγὰς τροφοδοσίας ἠλεκτρικοῦ ρεύματος (σχ. 98).

Εἰς οἰονδήποτε τύπον ἠλεκτρικῆς πηγῆς ὑπάρχουν συνήθως τὰ ἄκρα δύο στελεχῶν, ἢ

Σχ. 96. Ἡλεκτρικὴ στήλη. συρμάτων, ἢ δύο ἔλασματων, τὰ ὅποια ὀνομά-



Σχ. 97. Ήλεκτρικὸς συσσωρευτῆς.



Σχ. 98. Ἐξωτερικὴ ἐμφάνισις δυναμογεννητρίας.

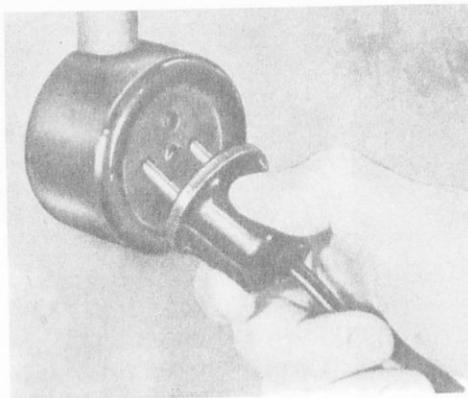
ζονται πόλοι τῆς πηγῆς. Ὁ ἓνας ἀπὸ τοὺς πόλους ὀνομάζεται θετικὸς πόλος καὶ σημειώνεται μὲ τὸ σύμβολον (+), ἐνῶ ὁ ἄλλος ἀρνητικὸς πόλος καὶ σημειώνεται μὲ τὸ σύμβολον (-).

§ 101. Συνεχῆς 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 ἄγωγόν, ὁ ὁποῖος συνδέει τοὺς πόλους τῆς πηγῆς, διατηρεῖται σταθερά. Αὐτὸ τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ὀνομάζεται συνεχῆς καὶ ἡ πηγὴ ἢ ὁποῖα τὸ παράγει πηγὴ συνεχοῦς ρεύματος.

Τὰ ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα, οἱ συσσωρευταὶ καὶ αἱ γεννήτριαι ὠρισμένου τύπου παράγουν συνεχῆς 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 (ρίζα) 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 ρεῦμα τοῦ ἠλεκτρικοῦ δικτύου τροφοδοσίας τῶν πόλεων, ἔχουν συχνότητα 50 Hz. Ἐντὸς δηλαδὴ χρόνου 1 sec ἀλλάζουν 50 φορές πολικότητα οἱ πόλοι τῆς γεννητριάς, ἡ ὁποία παράγει τὸ ρεῦμα.

§ 102. Ἡλεκτρικὸν κύκλωμα. Πείραμα. Μὲ τρία ὅμοια χάλκινα σύρματα συνδέομεν ἓνα συσσωρευτήν, ἓνα διακόπτην καὶ ἓνα μικρὸν λαμπτήρα, ὡς ἐξῆς : Συνδέομεν τὸν θετικὸν πόλον τοῦ συσσωρευτοῦ μὲ τὸν ἓνα ἀκροδέκτην τοῦ λαμπτήρος, χρησιμοποιοῦντες τὸ ἓνα σύρμα. Μὲ τὸ δεύτερον σύρμα συνδέομεν τὸν ἄλλον ἀκροδέκτην τοῦ λαμπτήρος μὲ τὸν διακόπτην, ἔχοντες τὸν διακόπτην ἀνοικτὸν, καὶ μὲ τὸ τρίτον σύρμα ἐνώνομεν τὸν διακόπτην μὲ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τοῦ συσσωρευτοῦ. Ἡ σύνδεσις αὐτὴ ἀποτελεῖ ἓνα **ἠλεκτρικὸν κύκλωμα**.

Κλείομεν τὸν διακόπτην, ὁπότε ὁ λαμπτήρ φωτοβολεῖ. Αὐτὸ συμβαίνει διότι κυκλοφορεῖ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς τὸ κύκλωμα. Τὸ ρεῦμα κυκλοφορεῖ χάρις εἰς τὰ χάλκινα σύρματα, τὰ ὁποῖα ἄγουν, δηλαδὴ μεταφέρουν τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα καὶ δι' αὐτὸ ὀνομάζονται ἀγωγοὶ συνδέσεως. Τὸ ρεῦμα θερμαίνει τὸ νῆμα τοῦ λαμπτήρος, τὸ ὁποῖον οὕτω φωτοβολεῖ. Τὸ ἠλεκτρικὸν κύκλωμα εἶναι τῶρα κλειστὸν (σχ. 100, I).

Ἀνοίγομεν τὸν διακόπτην, ὁπότε ὁ λαμπτήρ σβέννυται. Αὐτὸ συμ-

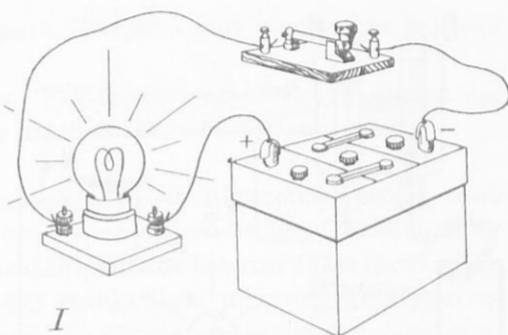
βαίνει διότι με τὸ ἄνοιγμα τοῦ διακόπτη ἔπαυσε νὰ κυκλοφορῇ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς τὸ κύκλωμα. Ὡστε ὅταν ὁ λαμπτήρ φωτοβολῇ, χρησιμοποιεῖ καὶ ἐπομένως καταναλίσκει ἠλεκτρικὸν ρεῦμα.

Αἱ πολυποίκιλοι συσκευαί, αἱ ὁποῖαι λειτουργοῦν διὰ καταναλώσεως ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ὀνομάζονται ἠλεκτρικοὶ καταναλωταί.

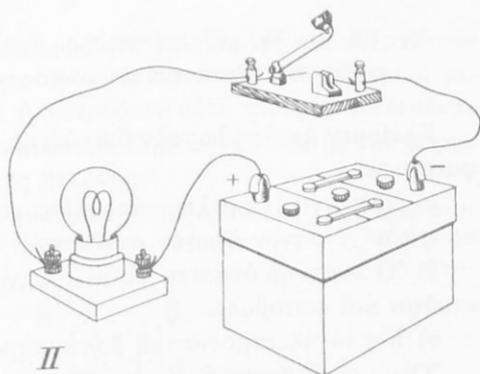
Ὅταν εἰς ἓνα ἠλεκτρικὸν κύκλωμα δὲν κυκλοφορῇ ρεῦμα, λέγομεν ὅτι τὸ ἠλεκτρικὸν κύκλωμα εἶναι ἀνοικτὸν (σχ. 100, II).

Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι :

Τὸ ἠλεκτρικὸν κύκλωμα περιλαμβάνει μίαν ἠλεκτρικὴν πηγὴν, ἓνα ἢ περισσοτέρους καταναλωτάς, ἓνα διακόπτην καὶ τοὺς ἀγωγοὺς συνδέσεως. Τὸ κύκλωμα διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ὅταν εἰς οὐδὲν σημεῖον τοῦ παρουσιάζει διακοπήν.



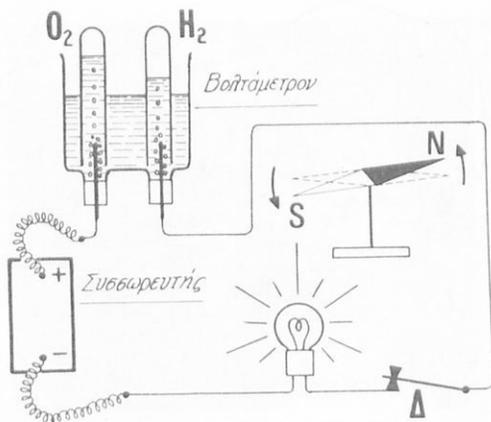
I



II

Σχ. 100. Ἐλεκτρικὸν κύκλωμα. (I) Κλειστόν καὶ (II) ἀνοικτὸν.

§ 103. Ἀποτελέσματα τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Πείραμα. Χρησιμοποιοῦντες χάλκινα σύρματα (καλώδια) συνδέομεν ἐν σειρᾷ, (δηλαδὴ τὴν μίαν συσκευὴν κατόπιν τῆς ἄλλης), ἓνα συσσωρευτήν, ἓνα λαμπτήρα, ἓνα διακόπτην καὶ ἓνα βολτάμετρον με 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 ἀκολούθως τὸν διακόπτην, ὅποτε παρατηροῦμεν τὰ ἐξῆς 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.

Ἀνοίγομεν τὸν διακόπτην. Ἀυτομάτως 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.

Ἀπὸ 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.

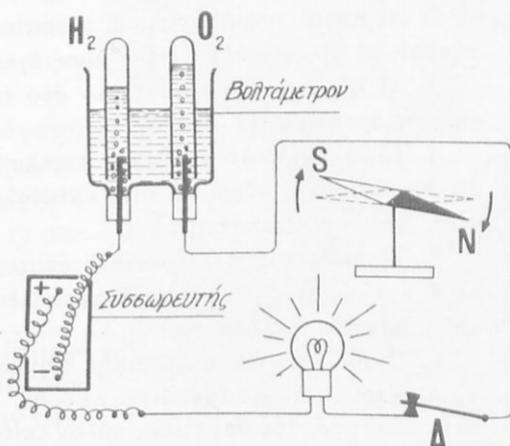
β) Μαγνητικά αποτελέσματα. Έκτρέπει μίαν μαγνητικήν βελόνην από την αρχικήν της θέσιν.

γ) Χημικά αποτελέσματα. Έλευθερώνει αέρια εἰς τὰ ηλεκτρόδια ἐνὸς βολτάμετρου, τὸ ὁποῖον περιέχει ὕδατικὸν διάλυμα σόδας.

Ἐκτὸς ἀπὸ τὰ ἀποτελέσματα αὐτά, τὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα, ὅταν διέλθῃ ἀπὸ τὸ ἀνθρώπινον σῶμα ἢ τὸ σῶμα τῶν ζώων, ἀλλοιώνει τὰ κύτταρα καὶ δύναται νὰ προκαλέσῃ καὶ τὸν θάνατον (ἠλεκτροπληξία). Ἐξ ἄλλου, ὅταν διέρχεται ἀπὸ καταλλήλους μηχανὰς (ἠλεκτροκινητήρας), δύναται νὰ τὰς κινήσῃ. Τὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα ὅταν κυκλοφορήσῃ μέσα ἀπὸ ἠραιωμένα αέρια τὰ ἀναγκάζει νὰ φωτοβολήσουν (σωλήνες φωτεινῶν διαφημίσεων, λαμπτήρες φθορισμοῦ).

§ 104. Φορὰ τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος. Εἰς τὸ προηγούμενον πείραμα σημειοῦμεν τὸ ηλεκτρόδιον εἰς τὸ ὁποῖον παράγεται ἡ μικροτέρα ποσότης αερίου. Τὸ ηλεκτρόδιον αὐτὸ εἶναι συνδεδεμένον μὲ τὸν θετικὸν πόλον τοῦ συσσωρευτοῦ. Σημειοῦμεν ἐπίσης τὴν φορὰν τῆς ἀποκλίσεως τῆς μαγνητικῆς βελόνης.

Πείραμα. Διακόπτομεν τὸ κύκλωμα, γεμίζομεν καὶ τοὺς δύο ἀνεστραμμένους ὄγκομετρικούς σωλήνας τῶν ηλεκτροδίων μὲ ὕδατικὸν διάλυμα σόδας καὶ ἀφοῦ ἐναλλάξωμεν 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 ηλεκτρό-



Σχ. 102. Τὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα ἔχει ὀρι-
σμένην φορὰν.

διον, εις τὸ ὁποῖον ἐλευθεροῦται ἢ μικροτέρα ποσότης ἀερίου, εἶναι καὶ πάλιν ἐκεῖνο τὸ ὁποῖον εἶναι συνδεδεμένον μετὸν θετικὸν πόλον.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι :

Τὰ χημικὰ καὶ μαγνητικὰ ἀποτελέσματα τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ἀλλάζουσι φορᾶν, ὅταν ἐναλλάξωμεν τοὺς πόλους τῆς πηγῆς εἰς τὸ κύκλωμα καὶ συνεπῶς οἱ δύο πόλοι μῖς ἠλεκτρικῆς πηγῆς δὲν εἶναι ἰσοδύναμοι, τὸ δὲ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἔχει ὀρισμένην φορᾶν.

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 μετακινήσεις ἠλεκτρικῶν φορτίων ἀποτελεῖ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα.

2. Αἱ πηγαὶ τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος δύνανται νὰ τροφοδοτήσουσι μετὰ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα μίαν ἐγκατάστασιν.

3. Αἱ ἠλεκτρικαὶ πηγαὶ ἔχουσι δύο πόλους, τὸν θετικὸν (+) καὶ τὸν ἀρνητικὸν (—) πόλον.

4. Τὸ ἠλεκτρικὸν κύκλωμα περιλαμβάνει τὴν ἠλεκτρικὴν πηγὴν, τὰ ἀγωγά 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 μῖς ἠλεκτρικῆς πηγῆς δὲν εἶναι ἰσοδύναμοι. Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἔχει ὀρισμένην φορᾶν. 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. Ἀγωγοὶ καὶ μονωταί. Πείραμα. Ἀντικαθιστῶμεν τὰ χάλκινα σύρματα τοῦ κυκλώματος, μὲ τὸ ὁποῖον διαπιστώσαμεν τὰ θερμικά, μαγνητικά καὶ χημικά ἀποτελέσματα τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος (βλ. σχ. 101) μὲ σύρματα ἀπὸ ἐλαστικὸν κόμι (καουτσούκ) ἢ ἀπὸ ἕνα πλασικὸν ὑλικὸν καὶ κλείομεν τὸν διακόπτην, ὅποτε διαπιστοῦμεν ὅτι : α) ὁ λαμπτήρ δὲν ἀνάπτει, β) ἡ μαγνητικὴ βελὸν ἡ 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.

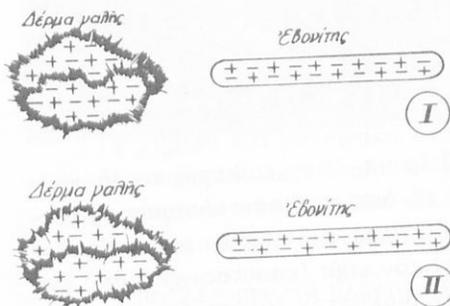
Τὰ χάλκινα σύρματα, ἐπομένως, ἐπιτρέπουν εἰς τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα νὰ διέλθῃ μέσα ἀπὸ τὴν μᾶζαν των, ἐνῶ τὰ ἐλαστικά ἢ πλαστικά σύρματα ὄχι. Δι' αὐτὸ λέγομεν ὅτι ὁ χαλκὸς εἶναι καλὸς ἀγωγὸς ἢ ἀπλῶς ἀγωγὸς τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ἐνῶ τὸ ἐλαστικὸν κόμι κακὸς ἀγωγὸς τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἢ μονωτής.

Τὰ μέταλλα εἶναι ἀγωγοὶ τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ἡ ὕαλος, τὸ ξύλον, ἡ 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 ἀγωγὰ σώματα, ὅπως τὰ μέταλλα, καὶ μονωτικά σώματα, ὅπως τὸ καουτσούκ.



Σχ. 103. Μονωταὶ ἀπὸ πορσελάνην εἰς τὸ τηλεφωνικὸν δίκτυον.



Σχ. 104. Διὰ τὴν ἐξήγησιν τῆς ἠλεκτρίσεως τοῦ ἐβονίτου. (I) Πρὶν ἀπὸ τὴν τριβὴν τὰ θετικὰ καὶ ἀρνητικὰ φορτία τοῦ δέρματος καὶ τῆς ράβδου εἶναι ἴσα. (II) Μετὰ τὴν τριβὴν εἰς τὸ δέριμα πλεονάζουν θετικὰ καὶ εἰς τὸν ἐβονίτην ἀρνητικὰ φορτία.

φορτίον τῶν περιστρεφόμενων ἠλεκτρονίων.

Ἐὰν μὲ τὴν τριβὴν ἀποσπᾶσθωμεν ἠλεκτρόνια ἀπὸ μερικὰ ἄτομα ἑνὸς ὕλικου, παρουσιάζεται εἰς αὐτὸ πλεόνασμα θετικῶν φορτίων, ἐπειδὴ τὸ φορτίον τοῦ πυρήνος παραμένει ἀμετάβλητον.

Εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς ράβδου τοῦ ἐβονίτου ἔχομεν νὰ παρατηρήσωμεν τὰ ἑξῆς: Πρὶν τρίψωμεν τὴν ράβδον μὲ τὸ δέριμα τῆς γαλῆς, αὐτὴ εἶχεν ἰσάριθμα θετικὰ καὶ ἀρνητικὰ φορτία, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον συνέβαινε καὶ μὲ τὸ δέριμα. Κατὰ τὴν τριβὴν ὁμως, τὸ δέριμα τῆς γαλῆς ἀπώλεσε μερικὰ ἠλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα παρέλαβεν ὁ ἐβονίτης (σχ. 104). Τοιοῦτοτρόπως τὸ δέριμα ἐφορτίσθη μὲ θετικὸν ἠλεκτρισμὸν ὁ δὲ ἐβονίτης μὲ ἀρνητικὸν ἠλεκτρισμὸν. Ἐπομένως συμπεραίνομεν ὅτι:

Σχ. 105. Σχηματικὴ παράστασις ἀτόμου χαλκοῦ.

§ 106. Ἐξήγησις τῆς ἠλεκτρίσεως.

Ἄν τρίψωμεν τὸ ἄκρον μιᾶς ράβδου ἀπὸ ἐβονίτην μὲ δέριμα γαλῆς, θὰ ἀναφανοῦν, ὅπως γνωρίζομεν, εἰς τὸ τριβόμενον μέρος τῆς ράβδου, ἀρνητικὰ ἠλεκτρικὰ φορτία, τὰ ὁποῖα ἔλκουν μικρὰ τεμάχια χάρτου (βλ. σχ. 91).

Ἡ ἐξήγησις τοῦ φαινομένου εἶναι ἀπλῆ εἰς τὸν γνώστην τῆς κατασκευῆς τοῦ ἀτόμου.

Τὸ ἄτομον εἶναι ἠλεκτρικῶς οὐδέτερον, ἐφ' ὅσον τὸ θετικὸν φορτίον τοῦ πυρήνος εἶναι ἀριθμητικῶς ἴσον μὲ τὸ ἀρνητικὸν

Τὰ σώματα τὰ ὁποῖα εἶναι φορτισμένα μὲ θετικὸν ἠλεκτρισμὸν

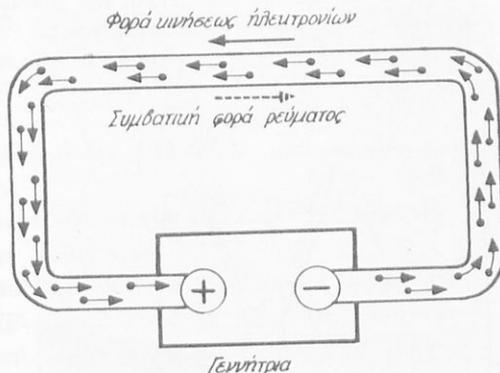
παρουσιάζουν έλλειμμα ηλεκτρονίων, ενώ αντίθετως τὰ σώματα τὰ έχοντα άρνητικόν ήλεκτρισμόν παρουσιάζουν πλεόνασμα ήλεκτρονίων.

§ 107. Τò ήλεκτρικόν ρεύμα είς τούς μεταλλικούς άγωγούς. Τά μέταλλα είναι άγωγοί τοϋ ήλεκτρισμού. Έάν μελετήσωμεν τήν κατασκευήν τών άτόμων τών μετάλλων, θά παρατηρήσωμεν ότι είς τόν έξώτατον φλοιόν κινείται ένας άριθμός ήλεκτρονίων (συνήθως 1, 2 ή 3 ήλεκτρόνια). Ούτως τò άτομον τοϋ χαλκοϋ π.χ. τò όποίον περιλαμβάνει 29 ήλεκτρόνια (σχ. 105) έχει ένα μόνον περιφερόμενον ήλεκτρόνιον είς τήν έξωτάτην τροχιάν. Τò άπομεμονωμένον αυτό ήλεκτρόνιον είναι

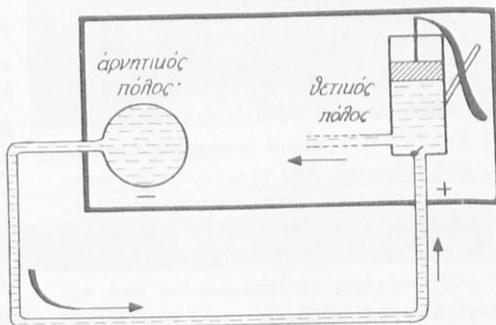
σχετικώς άπομακρυσμένον άπό τόν πυρήνα, ό όποίος δέν δύναται νά τò συγκρατήσει ίσχυρώς. Δι' αυτόν τόν λόγον άποσπάται με εύκολίαν άπό τò άτομον τοϋ χαλκοϋ και μεταβάλλεται είς έλεύθερον ήλεκτρόνιον.

Ένα τεμάχιον χαλκοϋ ή ένα τεμάχιον ενός άλλου μετάλλου περικλείει, έπομένως, μίαν ποσότητα έλευθέρων ήλεκτρονίων, τὰ όποία μετακινούνται μέσα είς τήν μάζαν τοϋ μετάλλου, κατά έντελώς άκανόνιστον τρόπον.

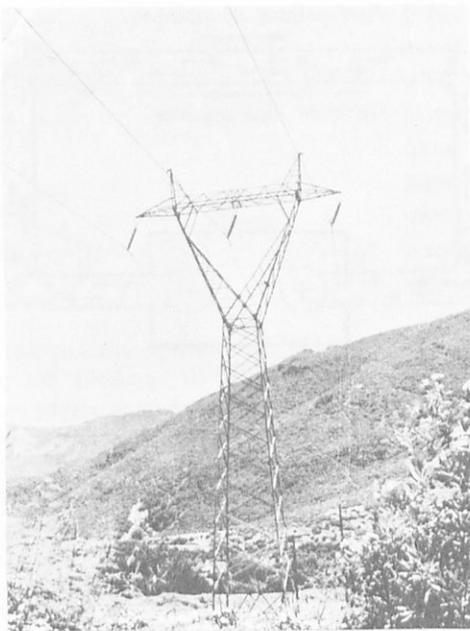
Έάν συνδέσωμεν τούς πόλους μις ήλεκτρικής γεννητριάς (π.χ. ενός συσσωρευτοϋ) με ένα μεταλλικόν σύρμα, τότε έχομεν ένα άπλοϋν



Σχ. 106. Ο θετικός πόλος τής πηγής έλκει τὰ ήλεκτρόνια τοϋ μετάλλου, ενώ ό άρνητικός τὰ άπωθει.



Σχ. 107. Η ήλεκτρική πηγή λειτουργεί ως άντλία ήλεκτρονίων.



Σχ. 107, α. Γραμμια μεταφοράς ηλεκτρικού ρεύματος, από τὸ ἐργοστάσιον παραγωγῆς εἰς τοὺς τόπους καταναλώσεως, ἐκ τῶν χρησιμοποιουμένων εἰς τὸν Ἑλληνικὸν Ἐθνικὸν Δίκτυον (ΔΕΗ). Τὰ ἀγωγὰ σύρματα εἶναι κατεσκευασμένα ἀπὸ ἀργίλιον μὲ χαλύβδινον ὄμοσ πυρῆνα καὶ ἐξαρτῶνται ἀπὸ τὰ ὑποστηρίγματα τῶν μεταλλικῶν στύλων μὲ καταλλήλους μονωτάς.

γματική φορὰ ἐπομένως τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος, ἔξω ἀπὸ τὴν ηλεκτρικὴν πηγὴν, εἶναι ἀπὸ τὸν ἀρνητικὸν πρὸς τὸν θετικὸν πόλον. Ἡ φορὰ αὕτη λέγεται ἠλεκτρονικὴ φορὰ καὶ εἶναι ἀντίθετος πρὸς τὴν συμβατικὴν φορὰν. Ὡστε :

Ἡ πραγματικὴ φορὰ τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος μέσα εἰς τοὺς ρευματοφόρους μεταλλικοὺς ἀγωγούς εἶναι ἀπὸ τὸν ἀρνητικὸν πρὸς τὸν θετικὸν πόλον καὶ ὀνομάζεται ἠλεκτρονικὴ φορὰ. Ἡ ἠλεκτρονικὴ 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 ἀγωγούς ὀφείλεται εἰς τὴν μετακίνησιν τῶν ἐλευθέρων ἠλεκτρονίων.

§ 108. Ἡλεκτρονικὴ φορὰ τοῦ ρεύματος. Ὅταν ἐνώσωμεν τὸν θετικὸν καὶ τὸν ἀρνητικὸν πόλον μιᾶς γεννητρίας, προκαλεῖται μετακίνησις ἠλεκτρονίων μέσα εἰς τὸν μεταλλικὸν ἀγωγόν, ἀπὸ τὸν ἀρνητικὸν πρὸς τὸν θετικὸν πόλον (βλ. σχ. 106). Ἡ πρα-

Γνωρίζομεν ὅτι ἡ ταχύτης διαδόσεως τῶν ἠλεκτρικῶν φαινομένων εἶναι ἴση μὲ 300 000 km/sec. Ἡ ταχύτης ἐν τούτοις μὲ τὴν ὁποῖαν μετακινοῦνται τὰ ἠλεκτρόνια εἶναι πολὺ μικρὰ καὶ κυμαίνεται περὶ τὰ 0,5 m/h.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Ὅλα τὰ σώματα δὲν ἐπιτρέπουν τὴν διέλευσιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος μέσα ἀπὸ τὴν μᾶζαν των.

2. Τὰ σώματα τὰ ὁποῖα ἀφήνουν τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα νὰ διέλθῃ μέσα ἀπὸ τὴν μᾶζαν τους, ὅπως τὰ μέταλλα, λέγονται ἄγωγοί, ἐνῶ ἐκεῖνα τὰ ὁποῖα δὲν τὸ ἀφήνουν, ὅπως τὸ ξύλον, μονωταί.

3. Τὰ ἠλεκτρισμένα θετικῶς σώματα ἔχουν ἔλλειμμα ἠλεκτρονίων. Τὰ ἠλεκτρισμένα ἀρνητικῶς σώματα ἔχουν πλεόνασμα ἠλεκτρονίων.

4. Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα μέσα εἰς τοὺς μεταλλικοὺς ἄγωγους ὀφείλεται εἰς μετακινήσιν τῶν ἐλευθέρων ἠλεκτρονίων.

5. Ἡ ἠλεκτρονικὴ φορά, δηλαδὴ ἡ φορά τοῦ ρεύματος τῶν ἠλεκτρονίων γίνεται ἀπὸ τὸν ἀρνητικὸν πρὸς τὸν θετικὸν πόλον, καὶ εἶναι ἀντίθετος πρὸς τὴν συμβατικὴν φοράν.

ΚΒ' — ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΙΣ. ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΣΠΟΥΔΗ. ΙΟΝΤΑ

§ 109. Γενικότητες. Ὅρισμοί. Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ὅταν διέρχεται μέσα ἀπὸ ὕδατικά διαλύματα ὀξέων, βάσεων ἢ ἀλάτων, προκαλεῖ τὴν χημικὴν των ἀποσύνθεσιν. Τὸ φαινόμενον αὐτὸ ὀνομάζεται ἠλεκτρόλυσις, τὰ δὲ διαλύματα τὰ ὁποῖα ἠλεκτρολύονται λέγονται ἠλεκτρολύται. Ὡστε :

Ἡλεκτρόλυσις ὀνομάζεται τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ ὁποῖον τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα προκαλεῖ χημικὴν ἀποσύνθεσιν τῶν ὕδατικῶν διαλυμάτων τῶν ὀξέων, βάσεων ἢ ἀλάτων, ὅταν κυκλοφορῇ μέσα εἰς τὴν μᾶζαν των.

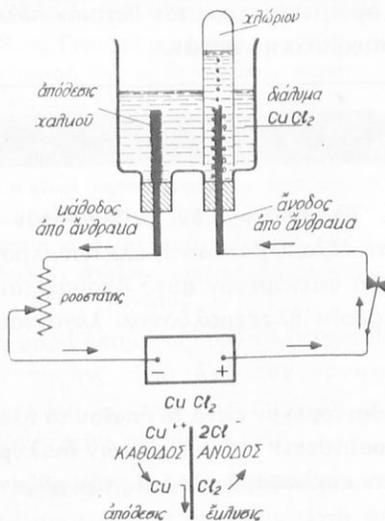
Ἡ ἠλεκτρόλυσις ἐργαστηριακῶς γίνεται μέσα εἰς ἀπλᾶς συσκευάς, αἱ ὁποῖαι ὀνομάζονται **βολτάμετρα**.

Αυτά είναι συνήθως δοχεία εις σχῆμα κυλίνδρου, εις τὸν πυθμένα τῶν ὁποίων ὑπάρχουν δύο μεταλλικά ὡς ἐπὶ τὸ πλείστον 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.

Ὑπάρχουν 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.

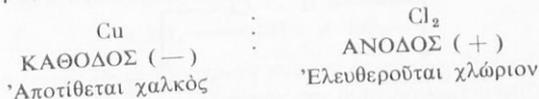


Σχ. 108. Ἐλεκτρόλυσις διαλύματος χλωριούχου χαλκού.

§ 110. Ποιοτικοὶ νόμοι τῆς ἠλεκτρολύσεως. Πείραμα. α) Κλείομεν τὸν διακόπτην τοῦ κυκλώματος ἑνὸς βολταμέτρου μὲ ἠλεκτρόδια ἀπὸ ἄνθρακα καὶ ἠλεκτρολυτικὸν ὑγρὸν διάλυμα χλωριούχου χαλκοῦ (CuCl_2), ὅποτε παρατηροῦμεν ὅτι εἰς τὴν ἄνοδον ἐμφανίζονται φυσαλλίδες ἀερίου. Τὸ ἀέριον αὐτὸ ἔχει ἀποπνεκτικὴν ὁσμὴν καὶ κιτρινοπράσινον χρῶμα. Πρόκειται περὶ χλωρίου (σχ. 108). Ἐνῶ συμβαίνουν αὐτὰ εἰς τὴν

άνοδον, ή κάθοδος επικαλύπτεται με ένα έρυθρόν στρώμα χαλκού.
 Χαρακτηριστικόν τής ηλεκτρολύσεως είναι ότι ούδέν απολύτως φαινόμενον παρατηρείται εις την μάζαν του ηλεκτρολυτικού υγρού, τò όποιον υπάρχει μεταξύ των ηλεκτροδίων.

Διά να εμφανισθούν εις την άνοδον και εις την κάθοδον τὰ άνωτέρω προϊόντα, σημαίνει ότι ό χλωριούχος χαλκός, ό όποιος υπάρχει εις τò διάλυμα, διεσπάσθη κατά τò σχήμα :

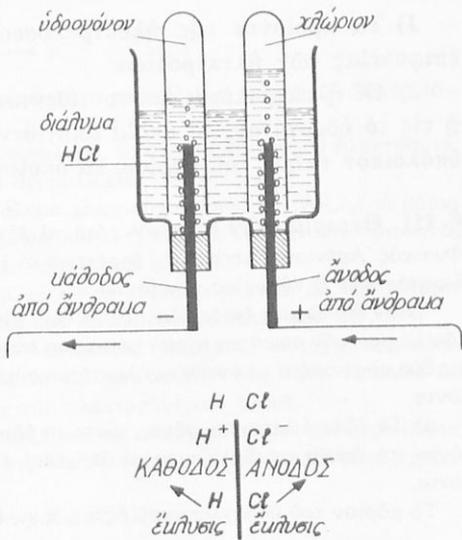


β) Έάν αντικαταστήσωμεν διαδοχικώς εις τò προηγούμενον πείραμα τò διάλυμα του χλωριούχου χαλκού (CuCl_2) με διαλύματα διαφορετικών άλάτων (νιτρικού άργύρου, θειικού νικελίου, χλωριούχου χρυσοϋ κλπ.), θά παρατηρήσωμεν ότι πάντοτε εις την κάθοδον δημιουργείται μία μεταλλική απόθεσις (άργύρου, νικελίου, χρυσοϋ κλπ.).

Τò υπόλοιπον του μορίου διευθύνεται πρòς την άνοδον. Δηλαδή εις την περίπτωσιν τής ηλεκτρολύσεως του νιτρικού άργύρου (AgNO_3) ό άργυρος αποτίθεται εις την κάθοδον, ενώ ή ρίζα NO_3 όδεύει πρòς την άνοδον.

γ) Εις την βιομηχανίαν γίνεται ηλεκτρόλυσις τής βάσεως του νατρίου (NaOH) εις υγράν κατάστασιν. Κατά την ηλεκτρόλυσιν τò νάτριον αποτίθεται εις την κάθοδον. Όλοι αί άλλαι βάσεις αποσυντίθενται κατά όμοιον τρόπον.

δ) Έάν ηλεκτρολύσωμεν ένα διάλυμα ύδροχλωρικού όξεος (HCl), θά παρατηρή-

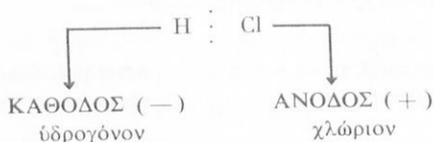


Σχ. 109. Έλεκτρολύσις διαλύματος ύδροχλωρίου.

σωμεν ὅτι εἰς τὰ δύο ἠλεκτρόδια ἐμφανίζονται φουσαλλίδες, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον σημαίνει ὅτι ἐλευθεροῦνται ἀέρια (σχ. 109).

Πράγματι εἰς τὴν ἀνοδὸν ἐλευθεροῦται χλώριον, ἐνῶ εἰς τὴν κάθοδον ἐλευθεροῦται ἓνα εὐφλεκτὸν ἀέριον, τὸ ὑδρογόνον.

Τὸ ὑδροχλωρικὸν ὀξὺ (HCl) δυνάμεθα νὰ εἴπωμεν 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 ἀκολουθοῦντας ποιοτικὸς νόμους τῆς ἠλεκτρολύσεως.

Ἔνατος Νόμος. Ὄταν τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα διέρχεται ἀπὸ τὴν μάζαν ἐνὸς ἠλεκτρολύτου :

1) Τὰ προϊόντα τῆς ἠλεκτρολύσεως ἐμφανίζονται μόνον εἰς τὰς ἐπιφανείας τῶν ἠλεκτροδίων.

2) Οἱ ἠλεκτρολύται ἀποσυντίθενται εἰς δύο μέρη. Εἰς τὸ μέταλλον ἢ εἰς τὸ ὑδρογόνον, τὰ ὁποῖα ἀποτίθενται εἰς τὴν κάθοδον καὶ εἰς τὸ ὑπόλοιπον τμῆμα τοῦ μορίου, τὸ ὁποῖον ὀδεύει πρὸς τὴν ἀνοδὸν

§ 111. Θεωρία τῶν ἰόντων. Διὰ νὰ ἐξηγήσῃ τὰ φαινόμενα αὐτὰ ὁ Σουηδὸς Φυσικὸς Ἀρένιους (Arrhenius) ἐπρότεινε τὸ 1887 τὴν «θεωρίαν τῆς ἠλεκτρολυτικῆς διαστάσεως» ἢ «θεωρίας τῶν ἰόντων».

Ὄταν διαλύωμεν ἐντὸς ὕδατος ἓνα ὀξὺ, μίαν βάσιν ἢ ἓνα ἄλας, τότε ἓνα μέρος τῶν μορίων τῶν σωμάτων αὐτῶν ὑφίσταται αὐτομάτως διάστασιν, διασπᾶται δηλαδὴ εἰς δύο φορτισμένα μὲ ἀντίθετα ἠλεκτρικὰ φορτία σωματίδια, τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται ἰόντα.

α) Τὰ ὀξέα διίστανται οὕτως, ὥστε τὸ ὑδρογόνον αὐτῶν νὰ σχηματίσῃ θετικὰ ἰόντα, τὰ ὁποῖα συμβολίζομεν μὲ H^+ , καὶ τὸ ὑπόλοιπον τοῦ μορίου ἀρνητικὰ ἰόντα.

Τὸ μόριον τοῦ ὑδροχλωρικοῦ ὀξέος, π.χ., διίσταται κατὰ τὸ σχῆμα :

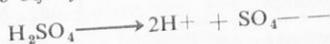


Εἰς τὸ ἄτομον τοῦ χλωρίου ἔχει προσκολληθῆ ἓνα ἐπι πλεόν ἠλεκτρόνιον καὶ

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 συμβολίξιν καὶ νὰ ὑπενθυμίξῃ ὅτι τὸ ἰὸν τοῦ χλωρίου ἔχει ἀρνητικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον. Τὸ ἄτομον τοῦ ὑδρογόνου ἀπώλεσε ἓνα ἠλεκτρόνιον (τὸ μοναδικὸν τὸ ὁποῖον εἶχε) καὶ συνεπὶς ἐμφανίζεται θετικῶς φορτισμένον, σχηματίζον ἓνα θετικὸν ἰὸν ὑδρογόνου.

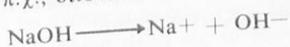
Τὰ ἠλεκτρικὰ φορτία τῶν δύο αὐτῶν εἰδῶν τῶν ἰόντων εἶναι ἴσα καὶ ἀντίθετα. Τὸ μόριον τοῦ θειικοῦ ὀξέος διίσταται κατὰ τὸ σχῆμα :



σχηματίζον δύο θετικὰ ἰόντα ὑδρογόνου καὶ ἓνα ἀρνητικὸν δισθενὲς ἰὸν SO_4^{--} .

β) Αἱ βάσεις κατὰ τὴν ἠλεκτρολυτικὴν τῶν διάστασιν σχηματίζον 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 σχηματίζον κατὰ τὴν διάστασιν τῶν ἓνα ἀρνητικὸν ἰὸν, ἀπὸ ἓνα ἀμέταλλον στοιχεῖον ἢ ἠλεκτραρνητικὴν ρίζαν, καὶ ἓνα θετικὸν ἰὸν, ἀπὸ μέταλλον ἢ ἠλεκτροθετικὴν ρίζαν.

Τοιοῦτοτρόπως τὰ μόρια τοῦ χλωριούχου χαλκοῦ (CuCl_2) διίστανται εἰς διάλυμα κατὰ τὴν ἐξίσωσιν :



δηλαδή εἰς δύο ἀρνητικὰ ἰόντα χλωρίου (Cl^-) καὶ εἰς ἓνα θετικὸν δισθενὲς ἰὸν χαλκοῦ.

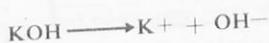
Τὸ ἰὸν τοῦ χαλκοῦ εἶναι ἓνα ἄτομον χαλκοῦ, τὸ ὁποῖον ἀπώλεσε 2 ἠλεκτρόνια, συνεπὶς φέρει δύο θετικὰ φορτία καὶ συμβολίζεται μὲ Cu^{++} .

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^{--} .

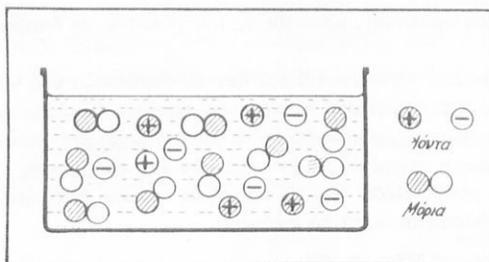
Ἐντὸς οἰουδήποτε ἠλεκτρολυτικοῦ διαλύματος ὑπάρχουν, ταυτοχρόνως, οὐδέτερα μόρια καὶ θετικὰ καὶ ἀρνητικὰ ἰόντα εἰς ἴσον ἀριθμὸν (σχ. 110), τὰ ὁποῖα κινουῦνται ἀτάκτως μέσα εἰς τὴν μάζαν τοῦ ἠλεκτρολυτικοῦ ὑγροῦ.

Μερικὰ ἀπὸ τὰ ἰόντα ἀντιδρῶν μεταξὺ τῶν καὶ ἀνασχηματίζον 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 ὁμοῦ 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 ὁποῖα ὀνομάζονται **ιόντα**.

δ) Ὄταν βυθίσωμεν εἰς ηλεκτρολυτικόν διάλυμα δύο ηλεκτρόδια καὶ τὰ συνδέσωμεν με τοὺς πόλους μιᾶς ηλεκτρικῆς πηγῆς συνεχοῦς ρεῦματος κλείοντες τὸν διακόπτην τοῦ κυκλώματος, θὰ παρατηρήσωμεν τὰ γνωστὰ φαινόμενα τῆς ηλεκτρολύσεως.

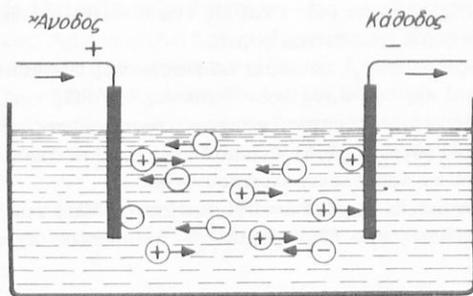
Αὐτὸ συμβαίνει ἐπειδὴ τὰ ιόντα, τὰ ὁποῖα κινοῦνται ἀτάκτως μέσα εἰς τὴν μάζαν τοῦ ηλεκτρολυτικοῦ διαλύματος, προσανατολίζονται πλέον, διακόπτοντα τὴν ἄτακτον κίνησίν των.

Αὐτομάτως τὰ θετικά ιόντα ἔλκονται ἀπὸ τὸ ἀρνητικὸν ηλεκτρόδιον καὶ διευθύνονται πρὸς αὐτό. Ἐπειδὴ δὲ τὸ ἀρνητικὸν ηλεκτρόδιον λέγεται καὶ **κάθοδος**,

τὰ θετικά ιόντα ὀνομάζονται καὶ **κατιόντα**.

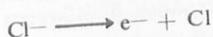
Ἀντιθέτως τὰ ἀρνητικά ιόντα ἔλκονται ἀπὸ τὸ θετικὸν ηλεκτρόδιον, δηλαδή ἀπὸ τὴν ἀνοδὸν καὶ δι' αὐτὸν τὸν λόγον λέγονται καὶ **ἀνιόντα** (σχ. 111).

Τὰ ιόντα, εἴτε ἀνιόντα εἶναι αὐτὰ εἴτε κατιόντα, φθάνουν τέλος εἰς τὰ ηλεκτρόδια καὶ ἐκφορτίζονται. Οὕτως τὸ ἀνιὸν τοῦ χλωρίου (Cl^-) φθάνον εἰς τὴν ἀνοδὸν (+) ἀποδίδει τὸ ηλεκτρόνιον τὸ ὁποῖον τοῦ



Σχ. 111. Ἐξήγησις τῆς διελεύσεως τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεῦματος μέσα ἀπὸ ἓνα ηλεκτρολύτην.

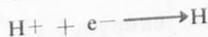
περισσεύει και μεταπίπτει εις ουδέτεραν άτομικην κατάστασιν :



όπου με e^- συμβολίζομεν τὸ ἠλεκτρόνιον.

Ἀκολουθῶς δύο ἄτομα χλωρίου συνδέονται μεταξύ των και δίδουν ἕνα μόριον ἀερίου 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 :



Ἀκολουθῶς συνδέονται δύο ἄτομα ὕδρογόνου και σχηματίζουν ἕνα μόριον ἀερίου 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 ιδιότητες ἀπὸ τὰ στοιχεῖα χλωρίου και ὕδρογόνου. Δι' αὐτὸν τὸν λόγον δὲν γίνονται ἀντιληπτὰ ὡς ἀέρια μέσα εις τὸ διάλυμα.

Ὅπως παρατηροῦμεν, μέσα εις τὴν μᾶζαν τοῦ ἠλεκτρολυτικοῦ ὕγρου και εις τὸν χρόνον 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 δυνατὸν νὰ ὕποστοῦν ἠλεκτρόλυσιν, ὀνομάζονται ἠλεκτρολύται. Τὰ ὀξεῖα, αἱ βάσεις και τὰ ἄλατα, εις ὕγρὰν μορφήν ἢ εις ὕδατικά διαλύματα, ἀποτελοῦν ἠλεκτρολύτας.
3. Ἡ συσκευὴ μέσα εις τὴν ὁποίαν πραγματοποιεῖται ἡ ἠλεκτρόλυσις, ὀνομάζεται βολτάμετρον και ἀποτελεῖται, συνήθως, ἀπὸ ἕνα δοχεῖον, μέσα εις τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται ὁ ἠλεκτρολύτης. Εἰς τὴν βάσιν τοῦ δοχείου ὕπαρχουν δύο μεταλλικὰ στελέχη, τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται ἠλεκτρόδια, συνδέονται με τὴν ἠλεκτρικὴν

πηγήν και καλύπτονται με άνεστραμμένους υαλίινους σωλήνας. Άλλοτε πάλιν τὰ ηλεκτρόδια βυθίζονται από τὸ ἄνω μέρος τοῦ δοχείου μέσα εἰς τὸν ηλεκτρολύτην.

4. Τὸ θετικὸν ηλεκτρόδιον λέγεται ἄνοδος και τὸ ἀρνητικὸν κάθοδος.

5. Οἱ ηλεκτρολύται διίστανται εἰς ἰόντα, δηλαδή εἰς φορτισμένα ηλεκτρικῶς σωματίδια. Τὰ θετικὰ ἰόντα λέγονται κατιόντα και τοιαῦτα εἶναι τὸ ὑδρογόνον και τὰ μέταλλα. Τὰ ἀρνητικὰ ἰόντα ὀνομάζονται ἀνιόντα.

6. Τὰ ἰόντα, τὰ ὁποῖα ὑπάρχουν εἰς τὸν ηλεκτρολύτην και κινουῦνται ἀτάκτως μέσα εἰς τὴν μάζαν του, προσανατολίζονται, εὐθὺς ὡς συνδεθοῦν τὰ ηλεκτρόδια με τοὺς πόλους τῆς ηλεκτρικῆς πηγῆς συνεχοῦς ρεύματος, και τὰ μὲν ἀνιόντα (ἀρνητικὰ ἰόντα) ὀδεύουν πρὸς τὴν ἄνοδον (θετικὸς πόλος), τὰ δὲ κατιόντα (θετικὰ ἰόντα) πρὸς τὴν κάθοδον (ἀρνητικὸς πόλος). Οὕτως ἀρχίζει ἡ ηλεκτρόλυσις.

7. Οἱ ποιοτικοὶ νόμοι τῆς ηλεκτρόλυσεως εἶναι οἱ ἑξῆς :
α) Τὰ προϊόντα τῆς ηλεκτρολυτικῆς ἀποσυνθέσεως ἐμφανίζονται εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῶν ηλεκτροδίων. β) Ὁ ηλεκτρολύτης ἀποσυντίθεται εἰς δύο μέρη, εἰς τὸ μέταλλον ἢ τὸ ὑδρογόνον, τὰ ὁποῖα ἐλευθερώνονται εἰς τὴν κάθοδον, και εἰς τὸ ὑπόλοιπον τοῦ μορίου, τὸ ὁποῖον διευθύνεται πρὸς τὴν ἄνοδον.

8. Ἡ διέλευσις τοῦ ηλεκτρολυτικοῦ ρεύματος μέσα ἀπὸ τὸν ηλεκτρολύτην πραγματοποιεῖται χάρις εἰς τὰ ἰόντα. Ἐπομένως τὸ ρεῦμα τὸ ὁποῖον δημιουργεῖται εἰς τὸν χῶρον, μεταξύ τῶν ηλεκτροδίων, ἔχει διπλῆν ὑπόστασιν και σχηματίζεται ἀπὸ ἀνιόντα και κατιόντα, τὰ ὁποῖα κινουῦνται ἀντιθέτως.

ΚΓ'—ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΙΣ. ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΥΣΑΙ ΧΗΜΙΚΑΙ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ

§ 112. Γενικότητες. Κατὰ τὴν ηλεκτρόλυσιν ἑνὸς ηλεκτρολύτου συμβαίνουν συνήθως και δευτερεύουσαι χημικαὶ ἀντιδράσεις. Εἰς τὴν πραγματικότητα τὰ προϊόντα τῆς ἀποσυνθέσεως δύνανται, ὑπὸ ὠρισμένας συνθήκας, νὰ ἀντιδράσουν χημικῶς, εἴτε με τὸ ὕδωρ τοῦ διαλύματος, εἴτε με τὰ ηλεκτρόδια τοῦ βολταμέτρου.

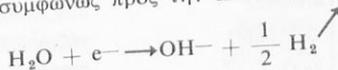
Διὰ τὰ ἀντιληφθῶμεν τὸν μηχανισμόν τῶν δευτερευουσῶν ἀντιδράσεων, θὰ θεωρήσωμεν τὰ κατωτέρω χαρακτηριστικὰ παραδείγματα ἠλεκτρολύσεως.

§ 113. 1) Ἑλεκτρόλυσις διαλύματος χλωριούχου νατρίου. Πείραμα.

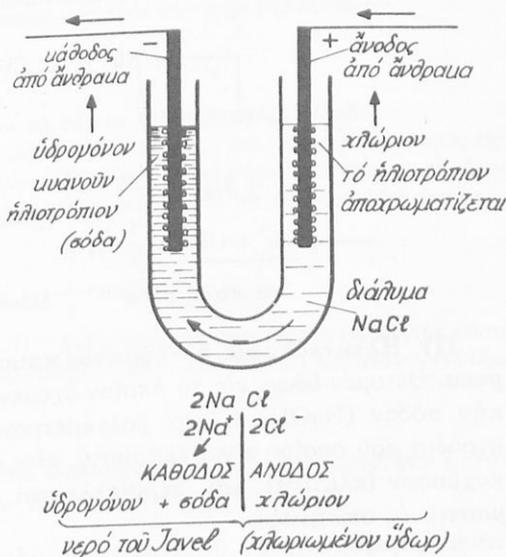
Θέτομεν διάλυμα χλωριούχου νατρίου μέσα εἰς ἓνα βολτάμετρον μετὰ ἠλεκτρόδια ἀπὸ ἄνθρακα καὶ προσθέτομεν ὀλίγον ἐρυθρὸν βάμμα τοῦ ἠλιοτροπίου. Συνδέομεν τὸ βολτάμετρον μετὰ μίαν ἠλεκτρικὴν πηγὴν συνεχοῦς ρεύματος καὶ παρατηροῦμεν ὅτι ἐλευθερώνονται ἀέρια εἰς τὰ δύο ἠλεκτρόδια (σχ. 112).

Εἰς τὴν ἄνοδον ἐλευθερώνεται ἀέριον χλώριον, τὸ ὁποῖον ἔχει ἀποπνικτικὴν ὄσμην καὶ ἀποχρωματίζει τὸ ἐρυθρὸν βάμμα τοῦ ἠλιοτροπίου. Εἰς τὴν κάθοδον εἰς τὴν ὁποίαν ἐκλύεται ὑδρογόνον, τὸ βάμμα τοῦ ἠλιοτροπίου ἐπανακτᾷ τὸ κυανὸν τοῦ χρώμα.

Ἑξήγησις 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 ὁμοῦ ἀποδίδει ἠλεκτρόνια (e^-) εἰς τὰ γειτονικά της μόρια τοῦ ὕδατος (H_2O), τὰ ὁποῖα κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον, διίστανται, συμφώνως πρὸς τὴν ἀκόλουθον χημικὴν ἐξίσωσιν :

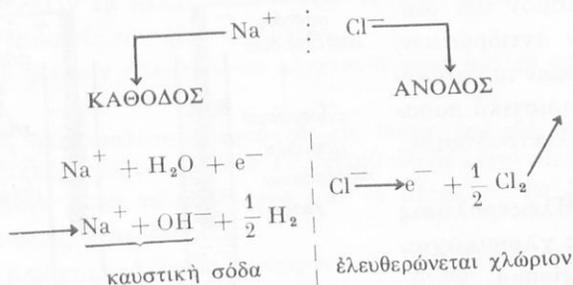


Δηλαδή ἔχομεν ἀπελευθέρωσιν ὑδρογόνου. Τὰ ἰόντα OH^- ὁμοῦ μετὰ τῶν ἰόντων Na^+ δημιουργοῦν περὶ τὴν κάθοδον διάλυμα καυστικῆς σόδας. Χάρις εἰς τὴν καυστικὴν σόδα ἐπαναχρωματίζεται κυανὸν τὸ βάμμα τοῦ ἠλιοτροπίου.

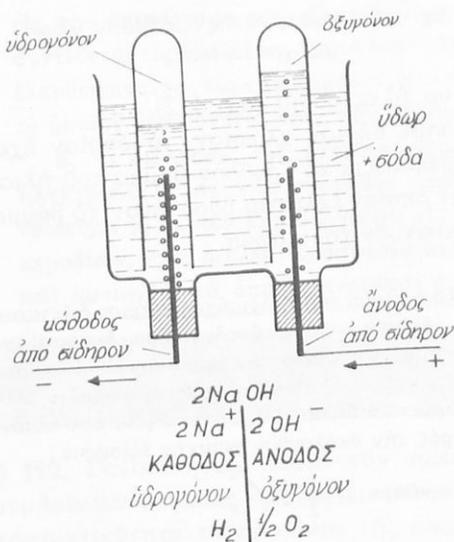


Σχ. 112. Ἑλεκτρόλυσις διαλύματος χλωριούχου νατρίου.

Ἡ ἠλεκτρόλυσις αὕτη δύναται νὰ παρασταθῆ σχηματικῶς ὡς ἑξῆς :



II) Ἡλεκτρόλυσις διαλύματος καυστικῆς σόδας (NaOH). Πείραμα. Θέτομεν ὕδωρ, εἰς τὸ ὁποῖον ἔχομεν προσθέσει ὀλίγην καυστικὴν σόδαν (NaOH), εἰς τὸ βολτάμετρον τοῦ σχήματος 113, τὰ ἠλεκτρόδια τοῦ ὁποῖου εἶναι ἐλάσματα, εἴτε ἀπὸ νικέλιον, εἴτε ἀπὸ λευκόχρυσον (πλατίνα) καὶ περιβάλλονται ἀπὸ ἀνεστραμμένους δοκιμαστικούς σωλήνας.

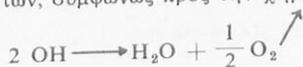


Σχ. 113. Ἡλεκτρόλυσις διαλύματος καυστικῆς σόδας.

Κλείομεν τὸν διακόπτην καὶ παρατηροῦμεν ὅτι εἰς τὴν ἄνοδον συλλέγεται ὄξυγόνον, ἐνῶ εἰς τὴν κάθοδον ὕδρογόνον. Ἐπίσης διαπιστώνομεν ὅτι ὁ ὄγκος τοῦ ὕδρογόνου εἶναι διπλάσιος ἀπὸ τὸν ὄγκον τοῦ ὄξυγόνου.

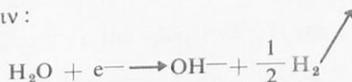
Ἐξήγησις τοῦ φαινομένου. Ἡ καυστικὴ σόδα (NaOH) εὐρίσκεται εἰς διάστασιν. Εἰς τὸ διάλυμα δηλαδὴ ὑπάρχουν ἰόντα Na^+ καὶ ἰόντα OH^- . Τὰ ἰόντα OH^- διευθύνονται πρὸς τὴν ἄνοδον, ὅπου καὶ ἀποδίδουν τὸ πλεονάζον ἠλεκτρόνιον των καὶ μεταπίπτουν εἰς τὴν ἀσταθὴ ρίζαν ὕδροξύλιον, ἢ ὁποῖα δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ ὑπάρξῃ εἰς ἐλευθερὰν κατάστασιν. Δι' αὐτὸ τὰ ὕδροξύλια

άντιδροον κατόπιν μεταξύ των, συμφώνως πρὸς τὴν χημικὴν ἐξίσωσιν :



σχηματίζοντα ὕδωρ καὶ ὀξυγόνον, τὸ ὁποῖον ἐκλύεται εἰς τὴν ἄνοδον.

Τὰ ἰόντα τοῦ Na^+ , ὅπως καὶ εἰς τὴν ἠλεκτρόλυσιν τοῦ NaCl , ὀδεύουν πρὸς τὴν κάθοδον. Ἡ κάθοδος ἀποδίδει ἠλεκτρόνια (e^-) εἰς τὰ μόρια τοῦ ὕδατος καὶ οὕτως ἐλευθερώνεται ὑδρογόνον, ἐνῶ συγχρόνως παράγονται ἰόντα ὑδροξυλίου κατὰ τὴν γνωστὴν μας ἀντίδρασιν :



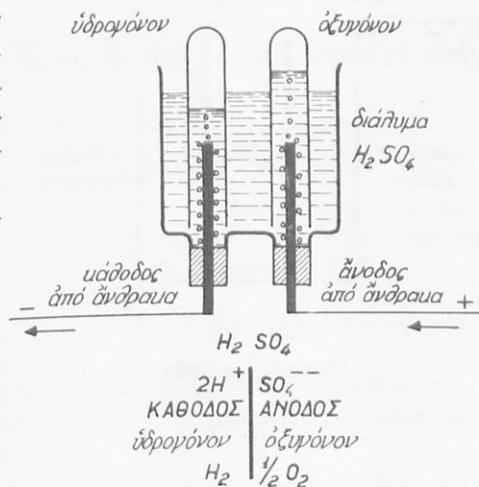
Τὰ ἰόντα τοῦ Na^+ καὶ τοῦ OH^- ἐνώνονται καὶ ἐπανασχηματίζουν τὴν βάσιν τοῦ νατρίου. Ἀντιθέτως τὸ ὕδωρ ἀποσυντίθεται καὶ ἀποδίδει ὑδρογόνον καὶ ὀξυγόνον.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι :

Τὸ φαινόμενον ἐξελίσσεται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε νὰ δημιουργητῆ ἡ ἐντόπωσις 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 ὀξύ, π.χ. ἀπὸ ράβδον ἄνθρακος ἢ λευκοχρύσου.

Τὰ προϊόντα τῆς ἠλεκτρολύσεως εἶναι τὰ ἴδια μὲ ἐκεῖνα τῆς ἠλεκτρολύσεως τοῦ διαλύματος τῆς καυστικῆς σόδας. Δηλαδή ἐμφανίζεται ὑδρογόνον εἰς τὴν κάθοδον, διπλασίον ὄγκου ἀπὸ τὸ ὀξυγόνον τὸ ὁποῖον ἐμφανίζεται εἰς τὴν ἄνοδον (σχ. 114).



Σχ. 114. Ἡλεκτρόλυσις διαλύματος θειικοῦ ὀξέος.

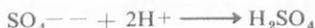
Ἐξήγησις τοῦ φαινομένου. Τὸ θεικὸν ὀξύ (H_2SO_4) διίσταται εἰς δύο ἰόντα H^+ καὶ εἰς ἓνα ἰόν SO_4^{--} κατὰ τὴν ἐξίσωσιν:



Τὸ ὕδρογόνον (H_2) ἐλευθερώνεται εἰς τὴν κάθοδον. Τὸ ἰόν SO_4^{--} ὀδεύει πρὸς τὴν ἄνοδον 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 ὀξύ:

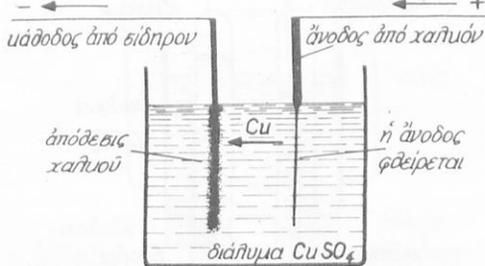


Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον τὸ θεικὸν ὀξύ ἀναπαράγεται εἰς τὴν ἄνοδον καὶ ἐλευθερώνεται ὀξυγόνον, ἐνῶ καταναλίσκεται ὕδωρ. Ὅπως καὶ εἰς τὸ προηγούμενον παράδειγμα:

Τὸ φαινόμενον ἐξελίσσεται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε νὰ δημιουργηθῆται ἡ ἐντύπωσις ὅτι ἀποσυντίθεται μόνον τὸ ὕδωρ.

IV) Ἠλεκτρόλυσις θειικοῦ χαλκοῦ με ἄνοδον ἀπὸ χαλκόν.

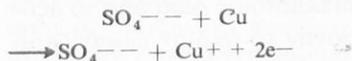
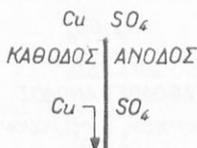
Πείραμα. Ἠλεκτρολύομεν διάλυμα θειικοῦ χαλκοῦ ($CuSO_4$) χρησιμοποιοῦντες ὡς ἄνοδον ἓνα ἔλασμα ἀπὸ χαλκόν καὶ ὡς κάθοδον ἓνα οἰονδήποτε ἀγωγόν, π.χ. μίαν ράβδον ἀπὸ ἄνθρακα.



Ὅταν κλείσωμεν τὸν διακόπτην δὲν παρατηρεῖται πλέον ἐκκλισις ἀερίου, ἢ χαλκίνη ὁμως ἄνοδος ἀρχίζει νὰ φθείρεται (σχ. 115).

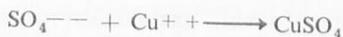
Ἐξήγησις τοῦ φαινομένου.

Ὁ θεικὸς χαλκὸς διίσταται εἰς ἰόντα (Cu^{++} καὶ εἰς ἰόντα SO_4^{--}). Τὸ μέταλλον Cu ἀποτίθεται εἰς τὴν κάθοδον. Τὸ ἰόν SO_4^{--} ἰονίζει τὸν χαλκόν τῆς ἄνοδου συμφώνως πρὸς τὴν χημικὴν ἀντίδρασιν:



Σχ. 115. Ἠλεκτρόλυσις θειικοῦ χαλκοῦ με ἄνοδον ἀπὸ χαλκόν.

όποτε τὰ ἰόντα SO — και $Cu +$ + ἀντιδρῶν και σχηματίζουν θεικὸν χαλκόν :



Ὅπως παρατηροῦμεν :

Τὸ φαινόμενον ἐξελίσσεται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε τελικῶς νὰ πραγματοποιηθῆται μεταφορὰ χαλκοῦ ἀπὸ τὴν ἄνοδον εἰς τὴν κάθοδον.

Ἡ ἄνοδος φθείρεται βραδέως ὡς ἐάν διελύετο. Δι' αὐτὸ ὀνομάζεται συνήθως *διαλυομένη ἄνοδος*.

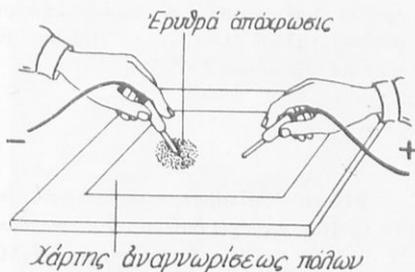
Ἀντιθέτως ἡ κάθοδος ἐπικαλύπτεται ἀπὸ ἓνα στρώμα χαλκοῦ, τὸ πάχος τοῦ ὁποίου ἀξιάνεται προοδευτικῶς μετὰ τὴν πάροδον τοῦ χρόνου.

Παρατήρησις. Τὰ ἀνωτέρω παραδείγματα δεικνύουν τὴν σημασίαν τὴν ὁποίαν ἔχει ἡ φύσις τῶν χρησιμοποιουμένων ἠλεκτροδίων εἰς τὴν πορείαν μιᾶς ἠλεκτρολύσεως.

§ 114. Ἀναγνώρισις τοῦ εἴδους τῶν πόλων μιᾶς πηγῆς συνεχοῦς ρεύματος.

Βυθίζομεν ἓνα τεμάχιον διηθητικοῦ χάρτου εἰς διάλυμα χλωριούχου νατρίου ($NaCl$), εἰς τὸ ὁποῖον ἔχομεν προσθέσει μερικὰς σταγόνας φαινολοφθαλεΐνης. Ἀφοῦ τὸ στραγγίσωμεν, τὸ τοποθετοῦμεν εἰς μίαν ὑαλινὴν πλάκα και ὀλισθαίνομεν ἐπ' αὐτοῦ δύο καλώδια ἀπὸ χαλκὸν με ἀπογεγυμνωμένα ἄκρα, συνδεδεμένα εἰς τοὺς ἀκροδέκτας τῆς πηγῆς (σχ. 116). Ρυθμίζομεν δὲ ὥστε ἡ ἀπόστασις μετὰξὺ τῶν δύο ἄκρων τοῦ καλωδίου νὰ 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 και ἐρυθραίνει τὴν φαινολοφθαλεΐνην. Τὸ πείραμα ἐπιτυχάνει ἐπίσης και διὰ χρησιμοποίησεως διαλύματος θεικῆς κινίνης.



Σχ. 116. Ἀναγνώρισις τῶν πόλων. Ὁ ἀρνητικὸς πόλος ἐρυθραίνει τὴν φαινολοφθαλεΐνην.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Ὅταν τὰ ἰόντα φθάσουν εἰς τὰ ἠλεκτρόδια, προκαλοῦνται, ἀναλόγως πρὸς τὴν φύσιν τῶν ἠλεκτροδίων, δευτερεύουσαι ἀντιδράσεις.

2. Τὸ χλωριούχον νάτριον, διίσταται εἰς ὕδατικὸν διάλυμα, εἰς ἀνιόντα χλωρίου και κατιόντα νατρίου. Τὰ ἀνιόντα Cl^-

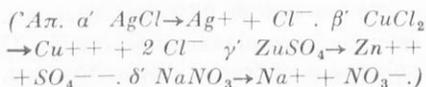
οδεύουν πρὸς τὴν ἄνοδον, ὅταν δὲ αὐτὴ εἶναι ἀπρόσβλητος ἀπὸ τὸ χλώριον, ἐκφορτίζονται, μεταβάλλονται εἰς ἄτομα χλωρίου καὶ αὐτὰ ἐνώνονται ματαξὺ των ἀνὰ δύο, σχηματίζοντα μόρια χλωρίου. Οὕτω τελικῶς εἰς τὴν ἄνοδον ἐκλύεται χλώριον. Εἰς τὴν κάθοδον σχηματίζονται καυστικὴ σόδα καὶ ὕδρογόνον.

3. Κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν καυστικῆς σόδας ἢ θεϊκοῦ ὀξέος, εἰς βολτάμετρον μὲ ἠλεκτρόδια λευκοχρῶσου, ὁ διασπώμενος ἠλεκτρολύτης ἀναγεννᾶται. Τὸ φαινόμενον ἐξελίσσεται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε νὰ δημιουργηθῆται ἡ ἐντύπωσις ὅτι ἀποσυντίθεται μόνον τὸ ὕδωρ.

4. Κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν θεϊκοῦ χαλκοῦ, μὲ ἄνοδον ἀπὸ χαλκόν, συμβαίνει μεταφορὰ χαλκοῦ ἀπὸ τὴν ἄνοδον εἰς τὴν κάθοδον.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

96. Νὰ καθωρισθοῦν αἱ θεμελιώδεις ἀντιδράσεις εἰς τὰς ἠλεκτρολύσεις τῶν ἀκολουθῶν διαλυμάτων : α) Διάλυμα χλωριοῦχου ἀργύρου ($AgCl$). β) Διάλυμα χλωριοῦχου χαλκοῦ ($CuCl_2$). γ) Διάλυμα θεϊκοῦ ψευδαργύρου ($ZnSO_4$). δ) Διάλυμα νιτρικοῦ νατρίου ($NaNO_3$).



97. Δύο βολτάμετρα, συνδεδεμένα ἐν σειρᾷ, διαρρέονται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. Τὸ πρῶτον περιέχει διάλυμα θεϊκοῦ χαλκοῦ ($CuSO_4$) καὶ ἄνοδον ἀπὸ χαλκόν, ἐνῶ τὸ δεῦτερον διάλυμα θεϊκοῦ ὀξέος (H_2SO_4) μὲ ἠλεκτρόδια ἀπὸ λευκοχρῶσον. α) Νὰ σχεδιασθῆ τὸ κύκλωμα. β) Νὰ διατυπωθοῦν δι' αὐτὸ τὸ κύκλωμα οἱ ποιοτικοὶ νόμοι τῆς ἠλεκτρολύσεως.

98. Ἡ παγκόσμιος βιομηχανικὴ παραγωγὴ τοῦ ἀλουμινίου κατὰ τὸν 20ὸν αἰῶνα μετεβλήθη ὡς ἐξῆς : Κατὰ τὰ ἔτη 1900, 1910, 1920, 1930, 1939, 1950, 1956 ἡ ποσότης παραγωγῆς εἰς τόννους ἦτο ἀντιστοίχως : 7 000, 43 000, 125 000, 269 000, 688 000, 1 500 000, 3 374 000. Νὰ παρασταθῆ γραφικῶς ἡ μεταβολὴ τῆς παραγωγῆς. Εἰς τὸν ὀριζόντιον ἄξονα 1 cm νὰ ἀντιστοιχῆ πρὸς 10 ἔτη, ἐνῶ εἰς τὸν κατακόρυφον ἄξονα cm νὰ ἀντιστοιχῆ εἰς 500 000 τόννους. Νὰ στρωγγυλευθοῦν τὰ ποσὰ τὰ πλησιέστερα πρὸς τὰ πολλαπλάσια τοῦ 50 000 τόννοι.

99. Ἡ παγκόσμιος παραγωγὴ χαλκοῦ κατὰ τὸν 20ὸν αἰῶνα μεταβλήθη ὡς ἐξῆς : Κατὰ τὰ ἀκόλουθα ἔτη : 1900, 1910, 1920, 1930, 1940, 1950, 1957 ἡ ποσότης παραγωγῆς εἰς τόννους ἦτο ἀντιστοίχως : 499 000, 888 000, 949 000, 1 577 000,

2 413 000, 2 522 000, 3 462 000. Νά παρασταθῆ γραφικῶς ἡ μεταβολή τῆς παραγωγῆς. Εἰς τὸν ὀριζόντιον ἄξονα 1 cm νά ἀντιστοιχῇ 10 ἔτη, ἐνῶ εἰς τὸν κατακόρυφον 1 cm νά ἀντιστοιχῇ 500 000 τόννους. Νά στρωγγυλευθοῦν τὰ ποσὰ τὰ γειτονικὰ πρὸς τὰ πολλαπλάσια τοῦ 50 000 τόννοι.

100. Ἡ ἐτησία παραγωγή ἐνὸς ἐργοστασίου παραγωγῆς ἀλουμινίου εἶναι 65 000 τόννοι. α) Νά ὑπολογισθῇ ἡ θεωρητικὴ ποσότης τῆς ἀλουμίνης (Al_2O_3) ἡ ὁποία καταναλίσκεται ἀπὸ αὐτὸ τὸ ἐργοστάσιον. Δίδονται : Ἀτομικὸν βάρος τοῦ ἀργιλίου 27 καὶ τοῦ ὀξυγόνου 16. (Ἀπ. α' 122 .777 τόννοι).

ΚΑ' — ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΙΣ. ΝΟΜΟΙ ΤΟΥ ΦΑΡΑΝΤΑΙΪ. 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 Ἰγγλοῦ 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 νὰ διέλθῃ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα δι' ἓνα ὄρισμένον διάστημα, ἔστω 15 min, σημειοῦντες ἀνὰ τρία λεπτὰ τὰς ποσότητας τοῦ ὑδρογόνου, αἱ ὅποια ἀπελευθερώνονται. Καταστρώνομεν τοιουτοτρόπως τὸν ἀκόλουθον πίνακα.



MICHAEL FARADAY (1791 - 1867)
Διάσημος Ἰγγλὸς Φυσικὸς καὶ Χημικὸς, ὀνομαστὸς διὰ τὴν μεγάλην πειραματικὴν του ἰκανότητα.

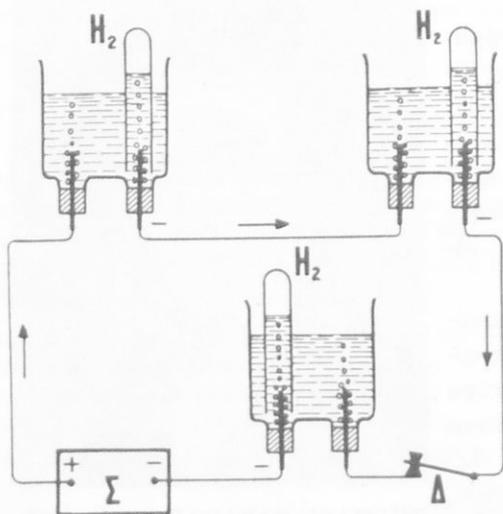
Χρόνος διελεύσεως ρεύματος εις min	Όγκος υδρογόνου εις cm ²		
	1ον βολτάμε- τρον	2ον βολτάμε- τρον	3ον βολτάμε- τρον
0	0	0	0
3	0,5	0,5	0,5
6	1	1	1
9	1,5	1,5	1,5
12	2	2	2
15	2,5	2,5	2,5

Μελετώντες τὸν ἀνωτέρω πίνακα διαπιστώνομεν ὅτι : α) Οἱ ὄγκοι τοῦ υδρογόνου, τὸ ὅποιον ἀπελευθερώνεται εἰς τὸ ἴδιον χρονικὸν διάστημα εἰς τὰ τρία βολτάμετρα, εἶναι ἴσοι. β) Οἱ ὄγκοι τοῦ υδρογόνου, τὸ ὅποιον ἀπελευθερώνεται εἰς ἕκαστον ἀπὸ τὰ βολτάμετρα, εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τὴν χρονικὴν διάρκειαν τῆς διελεύσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι :

I. Ἡ ἠλεκτρολυτικὴ δράσις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, εἰς τὸ ἴδιον ἠλεκτρολυτικὸν διάλυμα, εἶναι ἡ ἴδια εἰς ὅλα τὰ σημεῖα τοῦ κυκλώματος.

II. Ἡ ἠλεκτρολυτικὴ δράσις ἐνὸς ὠρισμένου ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν χρονικὴν διάρκειαν διελεύσεως τοῦ ρεύματος, δηλαδή πρὸς τὴν ποσότητα τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἢ ὅποια διῆλθεν ἀπὸ τὸ βολτάμετρον.



Σχ. 117. Οἱ ὄγκοι τοῦ υδρογόνου, τὸ ὅποιον ἐλευθερώνεται εἰς τὸν ἴδιον χρόνον καὶ εἰς τὰ τρία βολτάμετρα εἶναι ἴσοι.

Δεύτερος νόμος τοῦ Φάρανταιῦ. Γραμμοῖσοδύναμον ἰόντος. Ἡ ἐπαλήθευσις τοῦ δευτέρου νόμου τῆς ἠλεκτρολύσεως προϋποθέτει τὴν ἐκτέλεσιν πολὺ ἀκριβῶν μετρήσεων καὶ τὴν γνῶσιν ὀρισμένων βασικῶν χημικῶν καὶ φυσικῶν ἐννοιῶν, ὅπως εἶναι τὸ ἀτομικὸν βᾶρος ἑνὸς στοιχείου, τὸ σθένος ἑνὸς ἰόντος, τὸ γραμμοάτομον ἑνὸς στοιχείου καὶ τὸ γραμμοῖσοδύναμον ἑνὸς ἰόντος.

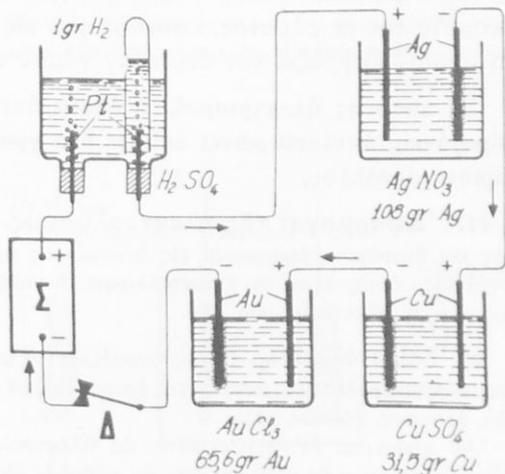
Θὰ περιορισθῶμεν εἰς τὸν ὀρισμὸν μόνον τοῦ γραμμοῖσοδυνάμου ἑνὸς ἰόντος.

Γραμμοῖσοδύναμον ἑνὸς ἰόντος ὀνομάζεται ποσότης μάζης τοῦ ἰόντος, ἐκπεφρασμένη εἰς γραμμάρια καὶ ἴση ἀριθμητικῶς πρὸς τὸ πηλίκον τοῦ γραμμοατόμου τοῦ στοιχείου πρὸς τὸ σθένος τοῦ ἰόντος.

Πείραμα. Συνδέομεν ἐν σειρᾷ τέσσαρα βολτάμετρα, τὰ ὅποια περιέχουν διάλυμα θειϊκοῦ ὀξέος (H_2SO_4), νιτρικοῦ ἀργύρου ($AgNO_3$), θειϊκοῦ χαλκοῦ ($CuSO_4$) καὶ τρισθενοῦς χλωριούχου χρυσοῦ ($AuCl_3$). Τὰ ἠλεκτρόδια τοῦ πρώτου βολταμέτρου εἶναι ἀπὸ λευκόχρυσον, τοῦ δευτέρου ἀπὸ ἄργυρον, τοῦ τρίτου ἀπὸ χαλκὸν καὶ τοῦ τετάρτου ἀπὸ χρυσὸν (σχ. 118).

Ἐφοῦ ζυγίσωμεν τὰ ἠλεκτρόδια τοῦ δευτέρου, τρίτου καὶ τετάρτου βολταμέτρου, κλείομεν τὸν διακόπτην τοῦ κυκλώματος καὶ ἀφήνομεν τὸ ἴδιον ἠλεκτρικὸν ρεῦμα νὰ διέλθῃ ἀπὸ τὰ τέσσαρα βολτάμετρα.

Ὅπως μᾶς εἶναι γνωστόν, εἰς τὴν κάθοδον τοῦ πρώτου βολταμέτρου δυνάμεθα νὰ συλλέξωμεν ὑδρογόνον, εἰς τὴν κάθοδον τοῦ δευτέρου βολταμέτρου θὰ ἀποτεθῇ στρῶμα ἀργύρου, εἰς τὴν κάθοδον τοῦ τρίτου βολταμέ-



Σχ. 118. Διὰ τὸν δεῦτερον ποσοτικὸν νόμον τῆς ἠλεκτρολύσεως.

τρου στρώμα χαλκού και εις την κάθοδον του τετάρτου βολταμέτρου στρώμα χρυσοῦ.

Ἐάν συνεπῶς ζυγίσωμεν τὰ τρία τελευταῖα ἠλεκτρόδια, ἀφοῦ ἔχει περατωθῆ πλέον ἢ ἠλεκτρόλυσις, θὰ τὰ εὔρωμεν βαρύτερα. Οὕτω θὰ διαπιστώσωμεν, π.χ., ὅτι διὰ 1 mgr ὑδρογόνου, τὸ ὁποῖον ἠλευθερώθη 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 ὁμοῦς ὁ ἄργυρος εἶναι μονοσθενῆς καὶ ἔχει ἀτομικὸν βᾶρος 108, ὁ χαλκὸς δισθενῆς καὶ ἔχει ἀτομικὸν βᾶρος 63 καὶ ὁ χρυσοῦς τρισθενῆς μὲ ἀτομικὸν βᾶρος 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 εἰς τὸ ἀκόλουθον συμπέρασμα, τὸ ὁποῖον ἐκφράζει τὸν δευτερον νόμον τοῦ Φάρανταιν. :

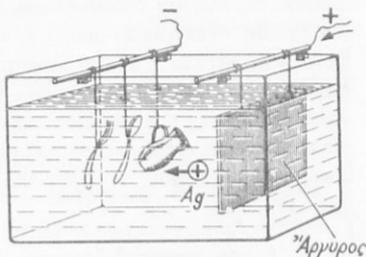
Ἡ ποσότης ἠλεκτρισμοῦ, ἢ ὁποῖα ἀπελευθερώνει ἓνα γραμμᾶριον ὑδρογόνου, ἀπελευθερώνει ἐπίσης ἓνα γραμμοῖσοδύναμον ἰόντος οἰοῦδήποτε μετάλλου.

§ 117. Ἐφαρμογαὶ τῆς ἠλεκτρολύσεως. Ἡ ἠλεκτρόλυσις εὐρίσκει πολλὰς καὶ διαφόρους ἐφαρμογὰς εἰς ὠρισμένους τομεῖς τῆς Τεχνικῆς καὶ τῆς Βιομηχανίας, ὅπως εἶναι ἡ ἐπιμετάλλωσις, ἡ γαλβανοπλαστική, ἡ ἠλεκτρομεταλλουργία, ἡ ἠλεκτροχημεία κλπ.

α) **Ἐπιμετάλλωσις.** Οὕτως ὀνομάζεται ἡ μέθοδος μὲ τὴν ὁποίαν περικαλύπτομεν ἠλεκτρολυτικῶς μεταλλικὰς ἐπιφανείας μὲ ἄλλα μέταλλα, ὅπως π.χ. μὲ χαλκόν, ἄργυρον, χρυσόν, 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, εἰς τὴν περιπτώσιν αὐτὴν μεταφέρεται χαλκὸς ἀπὸ τὴν ἄνοδος εἰς τὴν κάθοδος καὶ ἐπικάθηται κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον εἰς τὸ ἀντικείμενον, τὸ ὁποῖον θέλομεν νὰ ἐπιχαλκώσωμεν.

Εἰς τὴν ἐπαργύρωσιν ὡς ἠλεκτρολυτικὸν ὑγρὸν χρησιμοποιοῦμεν διάλυμα νιτρικοῦ ἀργύρου, ὡς κάθοδον τὸ ἀντικείμενον τὸ ὁποῖον πρόκειται νὰ ἐπαργυρωθῇ καὶ ὡς ἄνοδον πλάκα ἀπὸ ἄργυρον. Ὅταν κλείσωμεν τὸ κύκλωμα, δημιουργεῖται μεταφορὰ ἀργύρου ἀπὸ τὴν ἄνοδον εἰς τὴν κάθοδον καὶ τοιοῦτοτρόπως ἐπαργυρώνεται τὸ ἀντικείμενον (σχ. 119).



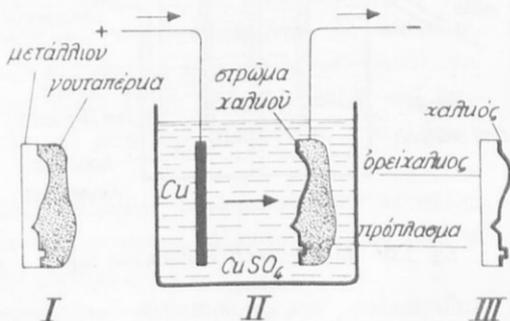
Γενικῶς εἰς τὴν ἐπιμετάλλωσιν, χρησιμοποιοῦμεν ὡς ἠλεκτρολυτικὸν ὑγρὸν διάλυμα καταλλήλου ἁλατος τοῦ μετάλλου μετὰ τὸ ὁποῖον θέλωμεν νὰ ἐπικαλύψωμεν τυχὸν ἀντικείμενον, ἔστω μὲ ἄλλας χρωμίου ἂν πρόκειται νὰ ἐκτελέσωμεν ἐπιχρωμίωσιν, ὡς κάθοδον τὸ ἀντικείμενον καὶ ὡς ἄνοδον πλάκα καθαροῦ μετάλλου (δηλαδὴ πλάκα χρωμίου).

Σχ.119. Διάταξις ἐπιμεταλλώσεως. Τὴν κάθοδον ἀποτελοῦν τὰ πρὸς ἐπιμετάλλωσιν ἀντικείμενα.

Ἡ ἐπιμετάλλωσις χρησιμοποιεῖται εἰς τὴν κοσμηματοποιίαν (ἐπαργύρωσις, ἐπιχρῶσις), ὅπως ἐπίσης εἰς τὴν Τεχνικὴν καὶ εἰς τὴν Βιομηχανίαν, διὰ τὴν προστασίαν ὀρισμένων μεταλλικῶν ἀντικειμένων ἀπὸ τὴν ὀξειδῶσιν ἢ διὰ νὰ προσδώσωμεν εἰς αὐτὰ μίαν μόνιμον στιλπνότητα.

β) Γαλβανοπλαστική. Χρησιμεύει κυρίως εἰς τὴν παραγωγὴν χαλκίνων ἐκμαγείων καὶ ἐπιτρέπει τὴν ἀναπαραγωγὴν μικρῶν ἀγαλμάτων, μεταλλίων, τυπογραφικῶν κλισέ, φωνογραφικῶν δίσκων, κλπ. καὶ γενικώτερον ἀντικειμένων, τῶν ὁποίων ἡ ἐπιφάνεια παρουσιάζει μίαν ἀνάγλυφον μορφήν, ἢ ὁποία πρέπει νὰ ἀποδοθῇ μὲ πιστότητα.

Εἰς τὴν γαλβανοπλαστικὴν ἐργαζόμεθα ὡς ἑξῆς. Θερμαίνομεν γουταπέρκαν, ἢ ὁποία γίνεται τότε εὐπλαστος καὶ λαμβάνομεν τὸ ἀρνητικὸν ἀποτύπωμα τῆς ὀψεως τοῦ ἀντικειμένου, ἔστω ἐνὸς μετάλλου (σχ. 120, I). Ἀφήνομεν κατόπιν τὴν γουταπέρκαν νὰ ψυχθῇ καὶ νὰ ἐπαναποκτήσῃ τὴν σκληρότητά της, τὴν περικαλύπτομεν μὲ λεπτὸν στρώμα γραφίτου, διὰ νὰ τὴν καταστήσωμεν ἀγώγιμον εἰς τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, καὶ τὴν χρησιμοποιοῦμεν ὡς κάθοδον εἰς διάλυμα θεϊκοῦ χαλκοῦ, εἰς τὸ

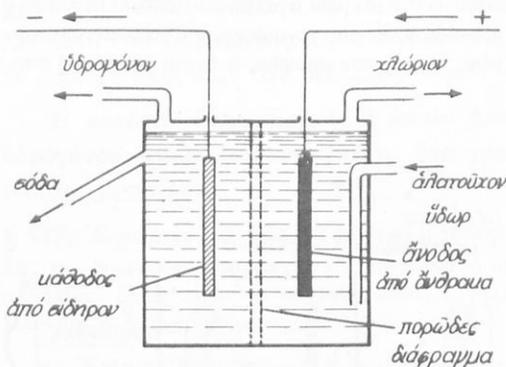


Σχ. 120. Γαλβανοπλαστική. (I) Ἐκμαγεῖον τοῦ ἀντικειμένου. (II) Ἐπιχάλκωσις. (III) Ἀντίγραφον.

όποιον ως άνοδον τοποθετούμεν πλάκα από καθαρόν χαλκόν. Κατόπιν αφήνομεν νά διέλθῃ ἠλεκτρικόν ρεύμα δι' ἓνα ἄρκετόν χρονικόν διάστημα, ὅποτε ἐναποτίθεται ἓνα στρώμα χαλκοῦ, ἄρκετοῦ πάχους, εἰς τὸ ἀρνητικόν ἀποτύπωμα τοῦ μεταλλίου (σχ. 120 II). Ἀκολούθως διακόπτομεν τὸ ρεύμα καὶ βυθίζομεν τὸ ἐπιχάλκωμένον ἀποτύπωμα εἰς θερμόν ὕδωρ, ὅποτε τήκεται ἡ γουταπέρκα καὶ ἀποχωρίζεται ἀπὸ αὐτὴν τὸ στρώμα τοῦ χαλκοῦ, ἐπὶ τοῦ ὁποίου εἶναι ἀποτυπωμένη ἡ θετική 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 ὕδροξειδιά των. Μὲ τὴν μέθοδον αὐτὴν κατορθώνομεν νά παρασκευάσωμεν μέταλλα εἰς μέγαν βαθμὸν καθαρότητος. Οὕτω παρασκευάζομεν ἀργίλιον (ἀλουμίσιον) μὲ βαθμὸν καθαρότητος 99 μέχρις 99,8% ἀπὸ ἀλουμίαν (ὀξειδίου 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. Πολύαριθμα σώματα παρασκευάζονται βιομηχανικῶς μὲ ἠλεκτρολυτικὴν μέθοδον. Οὕτως ἠλεκτρολύοντες διάλυμα καυστικῆς σόδας καὶ χρησιμοποιούντες ἠλεκτρόδια ἀπὸ σίδηρον, παρασκευάζομεν ὕδρογόνον καὶ ὀξυγόνον.



Σχ. 121. Βιομηχανικὴ παρασκευὴ τῆς σόδας.

Ἡλεκτρολύοντες ὕδατικὸν διάλυμα μαγειρικοῦ ἁλατος ($NaCl$), λαμβάνομεν χλωρίον εἰς τὴν ἄνοδον καὶ καυστικὴν σόδαν εἰς τὴν κάθοδον. Διὰ νά ἀποτρέψωμεν τὴν ἐπαφὴν τοῦ χλωρίου μὲ τὴν σόδαν, χρησιμοποιοῦμεν εἰδικὰ βολτάμετρα (σχ. 121), τὰ ὁποῖα χωρίζονται εἰς δύο μέρη ἀπὸ ἓνα πορώδες διάφραγμα. Τὸ διάλυμα τῆς σόδας συλλέγεται καὶ κατόπιν συμπυκνώνεται μὲ ἐξάμισιν.

Ἐὰν ἀφαιρέσωμεν τὸ διάφραγμα καὶ ἀφήσωμεν εἰς ἐπαφὴν τὸ διαλελυμένον χλωρίον 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 δρασὶς ἐνὸς ἠλεκτρικοῦ ρεύματος εἶναι ἡ ἴδια 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 διαφορετικὸς ἠλεκτρολύτας, ἢ μᾶζα τοῦ μετάλλου ἢ τοῦ ὑδρογόνου, 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 μὲ στρώμα χρυσοῦ (ἐπιχρύσωσις) ἢ ἀργύρου (ἐπαργύρωσις) καὶ εἰς τὴν Τεχνικὴν διὰ τὴν προφύλαξιν ὠρισμένων μετάλλων ἀπὸ τὴν ὀξειδωσιν. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἐκτελοῦμεν ἐπιμετάλλωσιν μὲ ἀνοξειδωτὰ μέταλλα, ὅπως εἶναι τὸ νικέλιον καὶ τὸ χρώμιον. Εἰς τὴν ἐπιμετάλλωσιν ἠλεκτρολύομεν ἓνα ἄλας τοῦ μετάλλου, μὲ 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, μὲ μεγάλην πιστότητα, ἀναγλύφων ἐπιφανειῶν.

7. Εἰς τὴν ἠλεκτρομεταλλουργίαν παρασκευάζομεν μέταλλα, μὲ πολὺν μεγάλον βαθμὸν καθαρότητος, ἠλεκτρολύοντες ἄλατα, ὀξειδία ἢ ὑδροξειδία τῶν μετάλλων.

8. Εἰς τὴν ἠλεκτροχημείαν παρασκευάζομεν πολυάριθμα σώματα βιομηχανικῶς μὲ ἠλεκτρολυτικὴν μέθοδον, ὅπως ὑδρογόνον, ὀξυγόνον, χλώριον, καυστικὴν σόδα κλπ.

ΚΕ΄— ΠΟΣΟΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ. ΜΟΝΑΣ ΚΟΥΛΟΜΠ.
ΕΝΤΑΣΙΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ.
ΜΟΝΑΣ ΑΜΠΕΡ.

§ 118. Ποσότης ηλεκτρισμοῦ. Πείραμα. Συνδέομεν ἐν σειρᾷ τρία διαφορετικὰ βολτάμετρα, τὰ ὅποια περιέχουν ἀραιὸν ὕδατικὸν διάλυμα θειικοῦ ὀξέος (H_2SO_4) καὶ ἔχουν ἠλεκτρόδια 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 μεταξὺ τῶν ἠλεκτροδίων. Ἡ ποσότης ἐπίσης τοῦ ὀξυνοσιμένου ὕδατος δὲν εἶναι ἡ ἴδια καὶ εἰς τὰ τρία βολτάμετρα.

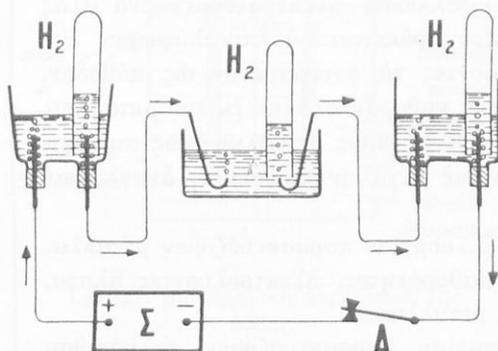
Καλύπτομεν τὰς καθόδους τῶν βολταμέτρων μὲ ὄγκομετρικοὺς σωλῆνας καὶ κλείομεν τὸ κύκλωμα. Καθὼς γνωρίζομεν ἀπελευθερώνεται ὕδρογόνον, τὸ ὁποῖον συλλέγεται εἰς τοὺς ἀνεστραμμένους ὄγκομετρικοὺς σωλῆνας.

Μετὰ ἀπὸ μικρὸν χρονικὸν διάστημα διακόπτομεν τὸ κύκλωμα, ὅποτε παρατηροῦμεν ὅτι οἱ ὄγκοι τοῦ ὕδρογόνου, οἱ ὁποῖοι ἀπελευθερώθησαν εἰς ἕκαστον βολτάμετρον, εἶναι ἴσοι.

Ἐὰν 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 ὁποῖαι ἀποτίθενται εἰς τὰς καθόδους καὶ τῶν τριῶν βολταμέτρων εἶναι καὶ πάλιν ἴσαι.

Ἐπίσης ἐὰν χρησιμοποιήσωμεν βολτάμετρα μὲ ἠλεκτρολύτην θειικὸν χαλκὸν ($CuSO_4$), θὰ διαπιστώσωμεν ὅτι αἱ μᾶζαι τοῦ χαλκοῦ, αἱ ὁποῖαι ἀπο-



Σχ. 122. Οἱ ὄγκοι τοῦ ὕδρογόνου, οἱ ὁποῖοι ἐλευθερώνονται ἀπὸ τὰ τρία βολτάμετρα εἶναι ἴσοι.

τίθενται εις τὰς καθόδους εἶναι καὶ πάλιν ἴσαι μεταξὺ τῶν.

§ 119. Ἐξήγησις τοῦ φαινομένου. Ἐννοια τῆς ποσότητος τοῦ ἠλεκτρισμοῦ. Εἰς τὰ τρία βολτάμετρα τοῦ προηγουμένου πειράματος ἢ ἀπελευθέρωσις τοῦ ὑδρογόνου ὀφείλεται εἰς τὴν διέλευσιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

Ἐφ' ὅσον οἱ ὄγκοι τοῦ ὑδρογόνου, τὸ ὁποῖον συλλέγεται εἰς τοὺς ὀγκομετρικοὺς σωλῆνας, ἢ αἱ μᾶζαι τῶν μετάλλων, αἱ ὁποῖαι ἀποτίθενται εἰς τὴν κάθοδον εἶναι ἴσαι, 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 ἥτις 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 μεγαλυτέρα, 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 ἄργυρου.

Ἀριθμητικὴ ἐφαρμογή. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ἢ ὁποία ἀποθέτει 0,274 gr ἄργυρου εἰς τὴν κάθοδον ἑνὸς βολταμέτρου μὲ νιτρικὸν ἄργυρον.

Λύσις. Ἐφ' ὅσον τὰ 1,118 mgr ἄργυρου 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* μᾶς σωληνώσεως εἰς τὸ δίκτυον ὑδρεύσεως ἢ εἰς τὸ δίκτυον τοῦ φωταερίου. Ἐνδιαφέρει δηλαδὴ νὰ γνωρίζωμεν πόσα κυβικὰ μέτρα ὕδατος ἢ ἀερίου 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, ὀνομάζωμεν **έντασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος** καὶ τὴν συμβολίζωμεν μὲ *i*.

Ἡ έντασις *i* τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει ἓνα ἄγωγόν, εἶναι ἡ ἴδια εἰς ὅλα τὰ σημεῖα ἐνὸς ἀπλοῦ κλειστοῦ κυκλώματος.

Μονὰς έντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἡ μονὰς έντάσεως 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 έντασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον ἐντὸς ἐνὸς δευτερολέπτου ἀποθέτει εἰς τὴν κάθοδον ἐνὸς βολταμέτρου μὲ νιτρικὸν ἄργυρον, μᾶζαν **1,118 mgr ἄργύρου.**

Ἀπὸ τὸν ἀριθμὸ τῆς μονάδος Ἄμπερ παρατηροῦμεν ὅτι τὸ **1 Ἄμπερ** δύναται νὰ θεωρηθῆ ὡς ἡ έντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον μεταφέρει ἐντὸς ἐνὸς δευτερολέπτου πτόσότητα ἠλεκτρισμοῦ ἴσην πρὸς **1 Κουλόμπ.**

Ἐποπολλαπλάσιον τῆς μονάδος Ἄμπερ εἶναι τὸ **1 μιλιαμπέρ (1 milliampère)**, τὸ ὁποῖον συμβολίζεται μὲ **1 mA** καὶ τὸ **1 μικροαμπέρ (1 microampère)**, τὸ ὁποῖον συμβολίζεται μὲ **1 μA**. Εἶναι δέ :

$$1 \text{ mA} = \frac{1}{1.000} \text{ A} = 10^{-3} \text{ A}$$

$$1 \text{ μA} = \frac{1}{1\ 000\ 000} \text{ A} = 10^{-6} \text{ A}$$

§ 121. Σχέσις μεταξὺ ποσότητος ἠλεκτρισμοῦ καὶ έντάσεως ρεύματος. Ἐφ' ὅσον ἠλεκτρικὸν ρεῦμα έντάσεως **1 Ἄμπερ** μεταφέρει ἐντὸς ἐνὸς δευτερολέπτου ποσότητα ἠλεκτρισμοῦ ἴσην πρὸς **1 Κουλόμπ**, ἠλεκτρικὸν ρεῦμα έντάσεως *i* Ἄμπερ θὰ μεταφέρῃ ἐντὸς χρόνου *t* δευτερολέπτων ποσότητα ἠλεκτρισμοῦ *q* Κουλόμπ, ἡ ὁποία θὰ εἶναι ἴση πρὸς :

$$q = i \cdot t$$

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. Πόσον ἠλεκτρικὸν φορτίον μεταφέρει ἐντὸς χρόνου 2 min ἠλεκτρικὸν ρεῦμα 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. Ἐάν εἰς τὰς θεμελιώδεις μονάδας τοῦ συστήματος M.K.S. προσθέσωμεν ὡς θεμελιώδη μονάδα καὶ τὸ Ἄμπέρ, δημιουργεῖται ἓνα γενικώτερον σύστημα μονάδων, τὸ ὁποῖον περιλαμβάνει καὶ τὰς μονάδας τὰς ὁποίας χρησιμοποιοῦμεν εἰς τὸν ἠλεκτρισμὸν καὶ ὀνομάζεται **Σύστημα M.K.S.A.** ἢ **Σύστημα Τζιόρτζι (Giorgi)**.

Τὸ σύστημα αὐτὸ τῶν μονάδων βασίζεται εἰς τὰς τέσσαρας θεμελιώδεις μονάδας : μέτρον, χιλιόγραμμαν, δευτερόλεπτον καὶ Ἄμπέρ.

§ 123. Ποσότης ἠλεκτρισμοῦ ἀπαραίτητος διὰ τὴν ἀπελευθέρωσιν ἑνὸς γραμμοῖσοδύναμου οἰουδήποτε μετάλλου. Ἀπὸ τὸν ὅρισμὸν τῆς μονάδος διὰ τὴν ποσότητα τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, γνωρίζομεν ὅτι 1 Cb ἐλευθερώνει 1,118 mgr (0,001 118 gr) ἀργύρου εἰς μίαν ἠλεκτρόλυσιν 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 gr = 32 gr χαλκοῦ, 197/3 gr = 65,6 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. Γενίξεις. Τύπος τοῦ Φάρανταιῦ. Ἐποθέτομεν ὅτι ἠλεκτρι-

κόν ρεύμα έντάσεως i Άμπέρ διαρρέει, επί χρονικόν διάστημα t sec, ένα βολτάμετρον. Θά ύπολογίσωμεν τήν μάζαν m , εις γραμμάρια, του μετάλλου τó όποιον άποτίθεται εις τήν κάθοδον, γνωρίζοντες τó άτομικόν βάρος A του μετάλλου και τó σθένος n του ίόντος του.

Γνωρίζομεν ότι ποσότης ήλεκτρισμοϋ ίση προς 96 500 Cb άπελευθερώνει εις τήν κάθοδον ένός βολταμέτρου ένα γραμοϊσοδύναμον του μετάλλου, δηλαδή μάζαν ίσην προς A/n γραμμάρια.

Έπομένως 1 Cb άπελευθερώνει μάζαν ίσην προς :

$$\frac{1}{96\ 500} \cdot \frac{A}{n} \text{ gr}$$

και συνεπώς ποσότης ήλεκτρισμοϋ q Cb θά άποθέση μάζαν m του μετάλλου ίσην προς :

$$m = \frac{1}{96\ 500} \cdot \frac{A}{n} \cdot q$$

Έπειδή όμως ισχύει ή σχέσις $q = i \cdot t$, ό άνωτέρω τύπος γράφεται και ως εξής :

$$m = \frac{1}{96\ 500} \cdot \frac{A}{n} \cdot i \cdot t$$

§ 125. Άμπερώρα. Άλλη μονάς ποσότητος ήλεκτρισμοϋ. Τó Κουλόμπ εινα μία πολϋ μικρά μονάς και δ' αυτόν τόν λόγον εις τās πρακτικās εφαρμογās προτιμώμεν νά χρησιμοποιώμεν ως μονάδα ποσότητος ήλεκτρισμοϋ τήν **1 άμπερόμετρον (1 Ab)**.

Η άμπερώρα (1 Ah) εινα ίση με τήν ποσότητα του ήλεκτρισμοϋ, ή όποία μεταφέρεται έντός μιās ώρας ύπό ήλεκτρικου ρεύματος έντάσεως ένός Άμπερ.

Έπομένως θά εινα :

$$1 \text{ Ah} = 1 \text{ A} \cdot 1 \text{ h} = 1 \cdot \text{A} \cdot 3\ 600 \text{ sec} = 3\ 600 \text{ Cb}.$$

Δηλαδή :

$$1 \text{ Ah} = 3\ 600 \text{ Cb}$$

Ούτω λέγομεν, π.χ. ότι ένας συσσωρευτής έχει χωρητικότητα 90 Ah, άν εινα εις θέσιν νά τροφοδοτηθ ή με ρεύμα 3 A επί 30 h ένα κύκλωμα ή νά τó τροφοδοτη με ρεύμα 9 A επί 10 h, κλπ.

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. Συσσωρευτὴς παράγει ρεῦμα ἐντάσεως 2,4 A ἐπὶ 15 συνεχεῖς ὥρας. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ χωρητικότης τοῦ συσσωρευτοῦ εἰς ἀμπερ-ὥρας (δηλαδὴ 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 ὁποῖαν εἶναι εἰς θέσιν νὰ ἀποδώσῃ ὁ συσσωρευτὴς, i ἡ ἐνταση τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος του καὶ t ὁ χρόνος εἰς ὥρας, ἐντὸς τοῦ ὁποῖου ἀποδίδεται τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον) τὰ σύμβολα μὲ τὰς ἀριθμητικὰς τῶν τιμᾶς, λαμβάνομεν :

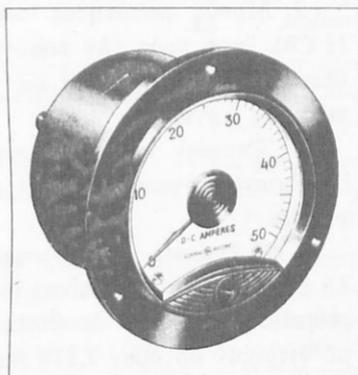
$$q = i \cdot t = 2,4A \cdot 15 h = 36 Ah$$

§ 126. Μέτρησις τῆς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἀμπερόμετρα. Ἡ ἐνταση τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος δύναται νὰ μετρηθῇ βεβαίως μὲ ἓνα βολτάμετρον νιτρικοῦ ἀργύρου.

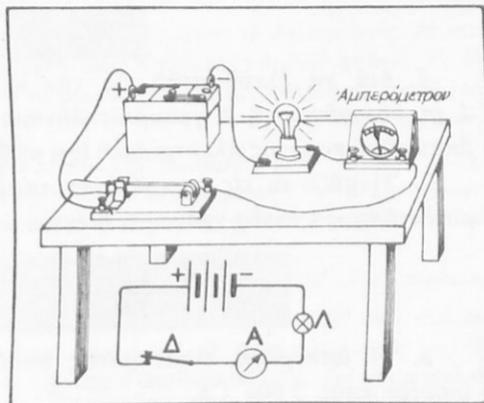
Ἡ ἐργασία αὕτη ὅμως δὲν εἶναι οὔτε σύντομος, οὔτε εὐκολος. Πρέπει νὰ ζυγίσωμεν τὴν κάθοδον πρὶν καὶ μετὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν, νὰ γνωρίζωμεν τὴν διάρκειαν τῆς ἠλεκτρολύσεως καὶ νὰ ἐκτελέσωμεν ὑπολογισμούς.

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 δηλαδὴ ἐν σει-



Σχ. 123. Ἐξωτερικὴ ὄψις συνήθους ἀμπερομέτρου.



Σχ. 124. Εἰς οἰανδήποτε θέσιν τοῦ κυκλώματος παρεμβληθῇ, τὸ ἀμπερόμετρον παρέχει τὴν ἴδιαν ἐνδειξιν.

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 ὅποια ἀποθέτει 1,118 mgr ἀργύρου εἰς τὴν κάθοδον ἑνὸς βολταμέτρου μὲ νιτρικὸν ἄργυρον.

3. Ἐντασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει ἓνα ἀγωγόν, ὀνομάζομεν τὴν παροχὴν τοῦ ἀγωγοῦ εἰς ἠλεκτρικὰ φορτία.

4. Ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος μετρεῖται εἰς Ἄμπέρ. Τὸ ἓνα Ἄμπέρ (1 A) εἶναι ἴσον μὲ τὴν ἔντασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον ἀποθέτει εἰς τὴν κάθοδον ἑνὸς βολταμέτρου μὲ νιτρικὸν ἄργυρον 1,118 mgr ἀργύρου ἀνὰ δευτερόλεπτον.

5. Ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ εἰς Κουλόμπ, ἢ ὅποια μεταφέρεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως i Ἄμπέρ ἐντὸς χρόνου t sec, δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν :

$$q = i \cdot t$$

6. Διὰ νὰ ἐλευθερωθῇ εἰς τὴν κάθοδον ἑνὸς βολταμέτρου 1 gr ὑδρογόνου ἢ 1 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 ἴσοῦται 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 άργυρον. Έάν κατά την ήλεκτρολύσιν αποτίθενται εις την κάθοδον 3,6 gr άργύρου, νά υπολογισθῆ ἡ ποσότης τοῦ ήλεκτρι-
μοῦ, ἡ ὁποία διαρρέει τὸ βολτάμετρον (άτομικὸν βάρος άργύρου 108).

(Άπ. 3216,6 Gb.)

102. Νά υπολογισθῆ ἡ έντασις τοῦ ήλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον έντὸς μιᾶς
ώρας αποθέτει 19 gr άργύρου εις την κάθοδον ενός βολταμέτρον, περιέχοντος νιτρι-
κὸν άργυρον.

(Άπ. 4,7 περίπου.)

103. Νά υπολογισθῆ ὁ χρόνος ὁ ὁποῖος απαιτεῖται διὰ νά ἀποτεθοῦν 9 gr άργύ-
ρου, εις την κάθοδον ενός βολταμέτρον, εάν ήλεκτρικὸν ρεῦμα έντάσεως 10 A διέρ-
χεται ἀπὸ διάλυμα νιτρικοῦ άργύρου.

(Άπ. 804 sec.)

104. Μία συστοιχία συσσωρευτῶν ἔχει χωρητικότητα 90 Ah καὶ εἶναι φορτι-
σμένη κατά τὰ 3/5. Νά εὔρεθῆ ἐπὶ πόσον χρόνον ἡ συστοιχία θά δύναται νά παρέχη
ήλεκτρικὸν ρεῦμα έντάσεως 4,5 A.

(Άπ. 12 h.)

105. Ένα βολτάμετρον περιέχει ὀξεισιμένον ὕδωρ καὶ διαρρέεται ἀπὸ ήλεκτρι-
κὸν ρεῦμα έντάσεως 1,5 A. α) Νά υπολογισθῆ ἡ ποσότης τοῦ ήλεκτρισμοῦ, ἡ ὁποία
διαρρέει τὸ βολτάμετρον έντὸς 45 min. β) Νά υπολογισθῆ ὁ ὄγκος τοῦ ὕδρογόνου,
τὸ ὁποῖον ἐλευθερώνεται εις τὸ βολτάμετρον έντὸς 45 min (ὑπὸ κανονικὰς συνθήκας).

(Άπ. α' 4 050 Gb β' 470 cm³.)

106. Νά υπολογισθῆ ἡ μᾶζα τοῦ άργύρου, ὁ ὁποῖος θά ἀποτεθῆ εις την κάθοδον
ενός βολταμέτρον, τὸ ὁποῖον περιέχει διάλυμα νιτρικοῦ άργύρου, εάν διέλθῃ ήλεκτρι-
κὸν ρεῦμα έντάσεως 5 A ἐπὶ 20 min.

(Άπ. 6,7 gr.)

107. Νά εὔρεθῆ ἡ έντασις τοῦ ήλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον έντὸς 23 min
ἀπέθεσεν 7,2 gr χαλκοῦ κατά την ήλεκτρολύσιν διαλύματος θειικοῦ χαλκοῦ. Τὸ ἰὸν
τοῦ χαλκοῦ νά θεωρηθῆ δισθενές καὶ τὸ άτομικὸν βάρος τοῦ χαλκοῦ νά ληφθῆ ἴσον
πρὸς 63.

(Άπ. 16 A περίπου.)

108. Ήλεκτρικὸν ρεῦμα διέρχεται ἀπὸ ένα βολτάμετρον, τὸ ὁποῖον περιέχει
νιτρικὸν άργυρον, καὶ ἀποθέτει εις την κάθοδον έντὸς χρόνου 2 h μᾶζαν άργύρου
16,099 2 gr α) Νά υπολογισθῆ ἡ ποσότης ήλεκτρισμοῦ, ἡ ὁποία διαρρέει τὸ βολτά-
μετρον β) Νά υπολογισθῆ ἡ έντασις τοῦ ήλεκτρικοῦ ρεύματος.

(Άπ. α' 14 384,6 Gb. β' 2 A περίπου.)

109. Ήλεκτρικὸν ρεῦμα έντάσεως 5 A διέρχεται ἐπὶ 1 h καὶ 20 min ἀπὸ ένα
βολτάμετρον, τὸ ὁποῖον περιέχει διάλυμα θειικοῦ χαλκοῦ. Νά υπολογισθοῦν : α) Ἡ
μᾶζα τοῦ ἀποτιθεμένου χαλκοῦ καὶ β) ὁ χρόνος ὁ ὁποῖος απαιτεῖται διὰ νά ἀποτεθοῦν
12 gr άργύρου, ὅταν τὸ βολτάμετρον περιέχῃ διάλυμα νιτρικοῦ άργύρου καὶ διαρ-
ρέεται ἀπὸ τὸ ἴδιον ήλεκτρικὸν ρεῦμα, έντάσεως 5 A. (Άτομικὸν βάρος χαλκοῦ 64
καὶ άργύρου 108. σθένος τοῦ ἰόντος τοῦ χαλκοῦ 2 καὶ τοῦ ἰόντος τοῦ άργύρου 1.)

(Άπ. 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 θεϊκοῦ χαλκοῦ καὶ τὸ ἄλλο νιτρικοῦ ἀργύρου (ἀτομικὸν βᾶρος χαλκοῦ 64, σθένος ἰόντος 2. Ἀτομικὸν βᾶρος 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 βᾶρος καὶ τὰ σθένη, νὰ ὑπολογίσετε τὴν μᾶζαν τοῦ ἀργύρου, ὁ ὁποῖος ἀποτίθεται εἰς τὴν κάθοδον τοῦ δευτέρου βολταμέτρου.
(Ἐ. Απ. α' $m = 23,87 \text{ gr}$ β' $77,35 \text{ gr}$.)

111. Θέλομεν νὰ καλύψωμεν μὲ στρώμα νικελίου πάχους 0,1 mm ἓνα μεταλλικὸν ἀντικείμενον, τὸ ὁποῖον ἔχει ἐπιφάνειαν 116 cm^2 . Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τὸ ὁποῖον χρησιμοποιοῦμεν εἶναι 2,5 A. Νὰ ὑπολογισθῇ ὁ χρόνος, ὅστις ἀπαιτεῖται δι' αὐτὴν τὴν ἐργασίαν. Πυκνότης νικελίου: $8,8 \text{ gr/cm}^3$, ἀτομικὸν βᾶρος 59 καὶ σθένος ἰόντος του 2.
(Ἐ. Απ. 13 357 sec περίπου.)

112. Πρόκειται νὰ ἐπιχαλκώσωμεν καὶ τὰς δύο ὄψεις μιᾶς τραπεζοειδοῦς πλάκας, 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 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 ἐπιχαλκώσιν. γ) Νὰ εὐρεθῇ ἡ ἔντασις τοῦ παρεχομένου ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ἐὰν εἶναι γνωστὸν ὅτι ἡ ἐπιχαλκώσις θὰ διαρκέσῃ 5 h. Δίδονται: ἡ πυκνότης τοῦ χαλκοῦ $8,8 \text{ gr/cm}^3$, τὸ ἀτομικὸν του βᾶρος 63,6. Τὸ ἰὸν τοῦ χαλκοῦ νὰ ληφθῇ δισθενές.
(Ἐ. Απ. α' 66 gr β' 200 283 Gb, περίπου. γ' 11,1 A, περίπου.)

ΚΣΤ'—ΘΕΡΜΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

ΑΝΤΙΣΤΑΣΙΣ ΑΓΩΓΟΥ. ΜΟΝΑΣ ΟΗΜ. ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΤΖΑΟΥΛΑ

§ 127. Γενικότητες. Ἡ θέρμανσις ἑνὸς ἠλεκτρικοῦ σιδήρου ὀφείλεται εἰς τὴν διέλευσιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῖμα προκαλεῖ ἐπίσης τὴν πυράκτωσιν τοῦ νήματος ἑνὸς λαμπτήρος. Αὐτὸ τὸ φαινόμενον εἶναι γενικώτερον:

Πᾶς ἄγωγος ὁ ὁποῖος διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα θερμαίνεται.

Τὰ χάλκινα σύρματα τῶν ἠλεκτρικῶν ἐγκαταστάσεων θερμαίνονται κατὰ τὴν διέλευσιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος· εἰς τὴν περίπτωσιν

δμως αὐτὴν ἢ αὐξήσις τῆς θερμοκρασίας εἶναι ἀσήμαντος καὶ δὲν γίνεται εὐκόλως αἰσθητή.

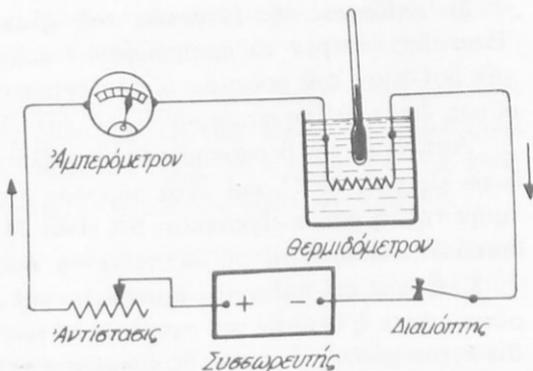
§ 128. Πειραματικὴ σπουδὴ τῶν θερμικῶν ἀποτελεσμάτων τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Τὰ θερμικὰ ἀποτελέσματα τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ἐμελέτησεν πρῶτος ὁ Ἄγγλος Φυσικὸς Τζάουλ (Joule), δι' αὐτὸν ἀκριβῶς τὸν λόγον πολλὰς φορὰς ἢ θέρμανσις ἑνὸς ἀγωγοῦ κατὰ τὴν διέλευσιν ἠλεκτρικοῦ ρεύματος συνηθίζεται νὰ χαρακτηρίζεται ὡς *φαινόμενον Τζάουλ*.

Ἡ ποσότης τῆς θερμότητος ἢ ὁποία ἀναπτύσσεται εἰς ἕνα ἀγωγὸν ἢ εἰς μίαν ἠλεκτρικὴν συσκευὴν, ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸν χρόνον κατὰ τὸν ὁποῖον τὸ ρεῦμα διαρρέει τὸν ἀγωγὸν καὶ ἀπὸ τὴν ἔντασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Μεταβάλλεται ὁμως ἀπὸ τὴν μίαν συσκευὴν εἰς τὴν ἄλλην. Οὕτως ἐνῶ εἶναι πολὺ σημαντικὴ εἰς μίαν ἠλεκτρικὴν θερμάστραν, εἶναι ἐντελῶς ἀσήμαντος εἰς ἕνα χάλκινον σύρμα.

1) Ἐπίδρασις τοῦ χρόνου. Πείραμα. Πραγματοποιούμεν τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 125 καὶ βυθίζομεν ἐντὸς ἑνὸς θερμιδομέτρου, τὸ ὁποῖον περιέχει 200 gr πετρελαίου, ἕνα πολὺ λεπτὸν ἀγωγὸν σύρμα ἀπὸ σιδηρονικέλιον.

Τὸ ἀμπερόμετρον, τὸ ὁποῖον ἔχομεν συνδέσει ἐν σειρᾷ εἰς τὸ κύκλωμα, ἐπιτρέπει μὲ τὴν βοήθειαν ἑνὸς ροοστάτου νὰ ρυθμίζωμεν τὴν ἔντασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἡ ρύθμισις γίνεται πρὸ τῆς ἐνάρξεως τοῦ πειράματος, ἔστω δὲ 2A ἢ ἔντασις τοῦ ρεύματος.

Μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ θερμομέτρου, τὸ ὁποῖον εἶναι βυθισμένον ἐντὸς τοῦ πετρελαίου, σημειώνωμεν ἀνὰ 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 ἔχῃ σταθερὰν τιμὴν, ἔστω $i=1$ A.

Ἀφήνομεν τὴν θερμοκρασίαν νὰ ἀνέλθῃ εἰς μίαν ὄρισμένην 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 $t=0 \text{ min}$ $t=5 \text{ min}$	23 24,2	23 27,8	23 38,8
Αὔξεις τῆς θερμοκρασίας εἰς $^{\circ}C$	1,2	4,8	10,8



Ἀπὸ τὸν πίνακα συμπεραίνομεν ὅτι : α) Ἡ ἀνύψωσις τῆς θερμοκρασίας εἶναι $1,2^{\circ}C$, ὅταν ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι $1A$. β) Ἡ ἀνύψωσις τῆς θερμοκρασίας εἶναι $4,8^{\circ}C$, ὅταν ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι $2A$. γ) Ἡ ἀνύψωσις τῆς θερμοκρασίας εἶναι $10,8^{\circ}C$, ὅταν ἡ ἔντασις 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 αὔξις τῆς θερμοκρασίας εἶναι εἰς πᾶσαν περίπτωσιν ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἐπειδὴ ὁμοῦ δι' ἕνα ὀρισμένον σῶμα ἡ αὔξις 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 ἕνα ἄγωγόν ἐξ αἰτίας τῆς διέλευσεως ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸν ἄγωγόν.

3) Ἐπίδρασις τῆς φύσεως τοῦ ἄγωγου. Ἀντίστασις. Πείραμα.
Τὰ ἀνωτέρω πειράματα ἐξετελέσθησαν μετὰ τὸν ἴδιον ἄγωγόν βυθισμένον μέσα εἰς τὸ θερμιδόμετρον.

Ἀντικαθιστῶμεν τὸν ἄγωγόν αὐτὸν μετὰ ἕνα ἄλλον, διαφορετικὸν ἀπὸ τὸν πρῶτον εἰς ὑλικὸν κατασκευῆς, εἰς τὸ μήκος καὶ εἰς τὸ πάχος. Μετροῦμεν ἀκολούθως τὴν ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας διὰ διέλευσιν ρεύματος ἐντάσεως ἔστω $2A$ καὶ ἐπὶ χρονικὸν διάστημα 5 min εἰς τὸν δεῦτερον ἄγωγόν, ὅποτε εὐρίσκομεν ἔστω $14,4^{\circ}C$ ἀνύψωσιν τῆς θερμο-

κρασίας, ἐνῶ εἰς τὸν πρῶτον ἄγωγὸν εἶχομεν παρατηρήσει, μὲ τὰς ἰδίας συνθήκας, ἀνύψωσιν $4,8^{\circ}\text{C}$.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι ἡ ἀνύψωσις τῆς θερμοκρασίας εἰς τὸν δευτέρου ἄγωγὸν εἶναι τρεῖς φορές μεγαλύτερα ἀπὸ ὅτι εἰς τὸν πρῶτον ἄγωγόν, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον σημαίνει, ὅτι ἡ θερμότης ἢ ὁποία ἐκλύεται εἰς τὸν δευτέρου 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 ἐνὸς ἄγωγου εἶναι ἕνα φυσικὸν μέγεθος, τὸ ὁποῖον χαρακτηρίζεται τὸν ἄγωγὸν εἰς τὸ φαινόμενον τοῦ Τζάουλ.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω πείραμα συμπεραίνομεν συνεπῶς ὅτι ἡ ἀντίστασις τοῦ ἄγωγου εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ποσότητα τῆς θερμότητος ἢ ὁποία ἐκλύεται ἐντὸς τοῦ ἄγωγου.

Ἀντιστρέφοντες ἐπομένως τὸν συλλογισμόν δυνάμεθα νὰ εἴπωμεν ὅτι :

Ἡ ποσότης τῆς θερμότητος ἢ ὁποία ἐκλύεται ἐντὸς ἐνὸς ἄγωγου κατὰ τὴν διέλευσιν ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ ἄγωγου καὶ εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἄγωγου.

Ἡ ἐκλυσίς θερμότητος, κατὰ τὴν διέλευσιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ἐξηγεῖται ὡς ἑξῆς :

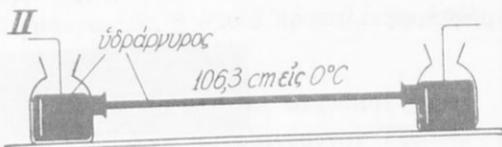
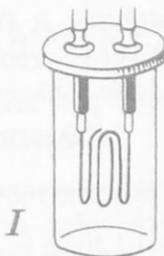
Τὰ ἠλεκτρόνια τὰ ὁποία μετακινῶνται μέσα εἰς τὰ ἀγωγά σύρματα, συναντοῦν μίαν ὀρισμένην δυσκολίαν κατὰ τὴν κίνησιν των μεταξὺ τῶν ἀτόμων τοῦ μετάλλου. Αἱ κρούσεις καὶ αἱ «τριβαὶ» αἱ ὁποῖαι ἀναπτύσσονται, ἔχουν ὡς ἀποτέλεσμα τὴν ἐκλυσιν τῆς θερμότητος.

Ἡ θερμότης συνεπῶς, ἢ ὁποία παράγεται ἐντὸς ἐνὸς ἄγωγου κατὰ τὴν διέλευσιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ὀφείλεται εἰς τὴν ἀντίστασιν τὴν ὁποίαν προβάλλει ὁ ἄγωγός κατὰ τὴν κίνησιν τῶν ἐλευθέρων ἠλεκτρονίων.

Μονὰς ἀντιστάσεως. Ἡ ἀντίστασις ἐνὸς ἄγωγου μετρεῖται εἰς μονάδας Ὠμ (1 Ohm, 1 Ω), ὀνομασία ἢ ὁποία ἐδόθη πρὸς τιμὴν τοῦ Γερμανοῦ Φυσικοῦ καὶ Μαθηματικοῦ Georg Simon Ohm (1787-1850).

Τὸ Ὠμ (1 Ω) εἶναι ἴσον μὲ τὴν ἀντίστασιν ἐνὸς ἄγωγου, ἐντὸς τοῦ

ὁποίου ἐκλύεται ἀνά δευτερόλεπτον ποσότης θερμότητος ἰσοδύναμος πρὸς 1 Joule, ὅταν ὁ ἀγωγὸς διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 1 Ampere.



Σχ. 126. Πραγματοποιήσις προτύπου ἀντιστάσεως 1 Ω μ.

Αἱ μετρήσεις ἠλεκτρικῶν ἀντιστάσεων δύνανται νὰ γίνωνται με σύγκρισιν πρὸς ἕνα πρότυπον Ω μ. Δι' αὐτὸν τὸν λόγον κατεσκεύασαν μίαν πρότυπον ἀντίστασιν ἴσην με ἕνα Ω μ (σχ. 126). Οὕτω τὸ Ω μ παριστάται ἀπὸ τὴν ἀντίστασιν μιᾶς κυλινδρικῆς στήλης ὑδραργύρου, μήκους 106,3 cm καὶ πάχους 1 mm² εἰς θερμοκρασίαν 0 $^{\circ}$ C.

Τὸ Μεγκῶμ (1 M Ω) εἶναι πολλαπλασία μονὰς τοῦ 1 Ω μ, ἔχομεν δὲ ὅτι :

$$1 \text{ M}\Omega = 10^6 \Omega$$

§ 129. Νόμος τοῦ Τζάουλ. Τὰ συμπεράσματα τῶν πειραμάτων τὰ ὁποῖα ἐξετελέσαμεν εἰς τὴν προηγουμένην παράγραφον συγκεντρώνονται εἰς τὴν ἀκόλουθον γενικὴν διατύπωσιν, ἣ ὁποία φέρει τὴν ὀνομασίαν νόμος τοῦ Τζάουλ.

Ἡ ποσότης τῆς θερμότητος ἣ ὁποία ἐκλύεται ἐντὸς ἐνὸς ἀγωγοῦ, ὁ ὁποῖος διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, εἶναι ἀνάλογος : α) πρὸς τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀγωγοῦ, β) πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, καὶ γ) πρὸς τὸν χρόνον διελεύσεως τοῦ ρεύματος αὐτοῦ

Τύπος τοῦ Τζάουλ. Συμφώνως πρὸς τὸν ὀρισμὸν τῆς ἀντιστάσεως, ἣ θερμότης ἣ ὁποία ἐκλύεται ἐντὸς ἐνὸς ἀγωγοῦ ἀντιστάσεως 1 Ω , κατὰ τὴν διέλευσιν ρεύματος ἐντάσεως 1 A καὶ διὰ χρονικὸν διάστημα 1 sec, εἶναι ἰσοδύναμος με 1 Joule.

Ἐπομένως, ἣ ποσότης Q τῆς θερμότητος, ἣ ὁποία ἐκλύεται ἐντὸς

ένος άγωγού άντιστάσεως R Ohm, ό όποίος διαρρέεται από ρεύμα έντάσεως i Ampère και διά χρονικόν διάστημα t sec, θά είναι ίσοδύναμος πρός $R \cdot i^2 \cdot t$ Joule. Δηλαδή :

$$Q = R \cdot i^2 \cdot t \text{ Joule}$$

Έπειδή όμως ή ποσότης τής θερμότητος έκφράζεται 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 εφαρμογαί. 1. Μία ηλεκτρική άντίστασις 100Ω διαρρέεται από ρεύμα έντάσεως 5 A επί χρόνον 10 min . Νά εύρεθ ή τή ποσόν τής θερμότητος εις Joule και εις cal., τή όποίον εκλύεται έντός του χρονικού αύτου διαστήματος.

Λύσις. Έκ του τύπου :

$$Q = R \cdot i^2 \cdot t \text{ Joule}$$

δι' άντικαταστάσεως των 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 ηλεκτρικός λαμπτήρ διαρρέεται από ηλεκτρικόν ρεύμα έντάσεως $0,4 \text{ A}$ και είναι βυθισμένος μέσα εις ένα θερμιδόμετρον, τή όποίον περιέχει 450 gr. ύδατος. Μετά από χρονικόν διάστημα 3 min και 20 sec , ή αύξησις τής θερμοκρασίας του ύδατος είναι $4,8 \text{ }^\circ\text{C}$. Νά εύρεθ ή άντίστασις του ηλεκτρικού λαμπτήρος.

Λύσις. Η ποσότης Q τής θερμότητος ήτις εκλύεται, είναι ίση μέ :

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta, \text{ ή :$$

$$Q = 450 \cdot 4,8 \text{ cal} = 2160 \text{ cal}$$

Έφαρμόζοντες άλλωστε τόν τύπον του Τζάουλ έχομεν ότι: $Q = 0,24 \cdot R \cdot i^2 \cdot t$, και θέτοντες $Q = 2160 \text{ cal}$, $i = 0,4 \text{ A}$ και $t = 3 \text{ min } 20 \text{ sec} = 200 \text{ sec}$, εύρίσκομεν τελικώς :

$$R = 282 \Omega, \text{ περίπου}$$

1. Το ηλεκτρικόν ρεύμα θερμαίνει τούς άγωγούς, μέσα από τούς οποίους διέρχεται (Θερμότης Τζάουλ).

2. Ή πειραματική σπουδή τών θερμικών αποτελεσμάτων του ηλεκτρικού ρεύματος γίνεται με ένα τμήμα άγωγού σύρματος, βυθισμένου έντός ένός θερμιδομέτρου με πετρέλαιον. Μετρούμε τότε την άνωψωσιν τής θερμοκρασίας, ή οποία προκαλείται από την διέλευσιν του ρεύματος.

3. Ή αντίστασις ένός άγωγού είναι μέγεθος τó όποιον χαρακτηρίζει τόν άγωγόν άναφορικώς πρós τó φαινόμενον Τζάουλ. Ή αντίστασις μετρείται εις μονάδας Ωμ. Τó Ωμ (1 Ω, 1 Ohm) είναι ίσον με την αντίστασιν ένός άγωγού, εις τόν όποιον εκλύεται άνά δευτερόλεπτον ποσότης θερμότητος ίσοδύναμος με 1 Joule, όταν ó άγωγός διαρρέεται από ηλεκτρικόν ρεύμα έντάσεως 1 A.

4. Ό νόμος του Τζάουλ έκφράζει ότι : Ή ποσότης θερμότητος, ή οποία εκλύεται μέσα εις ένα άγωγόν, ό όποιος διαρρέεται από ηλεκτρικόν ρεύμα, είναι άνάλογος α) πρós την αντίστασιν του άγωγού, β) πρós τó τετράγωνον τής έντάσεως του ρεύματος, και γ) πρós τόν χρόνον διελεύσεως του ρεύματος.

5. Ή μαθηματική έκφρασις του νόμου του Τζάουλ είναι ή ακόλουθος :

$$Q = 0,24 \cdot R \cdot i^2 \cdot t$$

Όταν ή αντίστασις R έκφράζεται εις μονάδας Ωμ, ή έντασις i εις μονάδας Άμπέρ και ό χρόνος t εις δευτερόλεπτα, ή ποσότης θερμότητος Q εύρίσκεται εις θερμίδας.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

113. Ένας ηλεκτρικός θερμαντήρ έχει αντίστασιν 30 Ω, διαρρέεται δέ από ηλεκτρικόν ρεύμα έντάσεως 4 A. Νά υπολογισθή ή ποσότης τής θερμότητος, ή οποία έλευθερώνεται έντός 5 min. (Άπ. 34,56 kcal.)

114. Ένας άγωγός είναι βυθισμένος μέσα εις ένα θερμιδομέτρον με ύδωρ. Τó

ισοδύναμον εις ὕδωρ τοῦ θερμοδομέτρου εἶναι 500 cal/grad. Ἐὰν διέλθῃ ἀπὸ τὸν ἀγωγὸν ρεῦμα ἐντάσεως 1,5 A καὶ ἐπὶ δύο πρῶτα λεπτά, ἡ θερμοκρασία τοῦ ὕδατος ἀνέρχεται κατὰ 2,5 °G. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀγωγοῦ. (*Απ. 19,44 Ω.)

115. Ἐντὸς θερμοδομέτρου, θερμοχωρητικότητος 20 cal/grad, τὸ ὁποῖον περιέχει 480 gr ὕδατος, βυθίζομεν ἕνα σύρμα, τὸ ὁποῖον ἔχει ἀντίστασιν 8 Ω καὶ τροφοδοτοῦμεν ἐπὶ 3 min καὶ 29 sec μὲ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. 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 ἔντασις τοῦ ρεύματος. (*Απ. α' $Q = 10\ 000\ cal$, $A = 41\ 800\ Joule$. β' 5 A.)

116. Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ ὁποῖον παράγει μία ἠλεκτρικὴ γεννήτρια, διαρρέει ἕνα κύκλωμα. Τὸ κύκλωμα αὐτὸ ἀποτελεῖται ἀπὸ μίαν ἀντίστασιν 20 Ω, εἰς τὴν ὁποίαν ἐλευθερώνονται 460 cal ἀνὰ λεπτόν, καὶ ἕνα βολτάμετρον μὲ θετικὸν χαλκόν. Ζητοῦνται : α) Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, καὶ β) ἡ μᾶζα τοῦ χαλκοῦ, ὁ ὁποῖος ἀποτίθεται εἰς τὴν κάθοδον ἐντὸς 10 πρῶτων λεπτῶν. Ἄτομικὸν βάρος χαλκοῦ 64. Ὁ χαλκὸς νὰ θεωρηθῇ δισθενής. (*Απ. α' 1,27 A. β' 0,25 gr.)

117. Ρεῦμα ἐντάσεως 3 A διαρρέει ἐπὶ 8 πρῶτα λεπτά ἕνα ἀγωγὸν ἀντιστάσεως 3,5 Ω. Ἡ ἀντίστασις εἶναι βυθισμένη ἐντὸς 1 λίτρου 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. (*Υποθέτομεν ὅτι τὸ ἰσοδύναμον εἰς ὕδωρ τοῦ δοχείου εἶναι μηδέν). (*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 ἐνὸς ἀγωγοῦ κατὰ τὴν διέλευσιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, εἶναι μία μορφή ἐνεργείας.

Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ ὁποῖον προκαλεῖ τὴν ἐμφάνισιν τῆς θερμότητος αὐτῆς, εἶναι μία ἄλλη μορφή ἐνεργείας, τὴν ὁποίαν ὀνομάζομεν ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν. Αὐτὴ 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 ἐφαρμογή. Ἐνας λαμπτήρ πυρακτώσεως με ἀντίστασιν 410Ω , διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ἐντάσεως $0,3 \text{ A}$. Πόσῃ ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν καταναλίσκει ὁ λαμπτήρ ἐντὸς χρόνου 10 min .

Λύσις. Ἀπὸ τὸν τύπον $A = R \cdot i^2 \cdot t$, ἀντικαθιστῶντες τὰ σύμβολα με τὰς τιμὰς τῶν, δηλαδὴ $R = 410 \Omega$, $i = 0,3 \text{ A}$, $t = 10 \text{ min} = 10 \cdot 60 \text{ sec} = 600 \text{ sec}$, λαμβάνομεν:

$$A = 410 \cdot (0,3)^2 \cdot 600 \text{ Joule} = 22 \ 140 \text{ Joule}.$$

β) Περίπτωσης ἑνὸς βολταμέτρου ἢ ἑνὸς 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 $R \cdot i^2 \cdot t \text{ Joule}$.

Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ὅμως, διασπῶν τὸν ἠλεκτρολύτην ἑνὸς βολταμέτρου, παράγει καὶ χημικὴν ἐνέργειαν, ἐνῶ ὅταν στρέφῃ ἕνα κινητήρα, παράγει καὶ μηχανικὴν ἐνέργειαν.

Ἡ ἔκφρασις συνεπῶς $R \cdot i^2 \cdot t$ δὲν ἀντιπροσωπεύει παρὰ ἕνα μέρος A' τῆς συνολικῆς 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 Ἡλεκτρικὴ ἰσχὺς. Ἡ ἠλεκτρικὴ ἰσχὺς μιᾶς συσκευῆς εἶναι ἴση με τὴν ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν, τὴν ὁποίαν καταναλίσκεται ἢ συσκευὴ ἐντὸς ἑνὸς δευτερολέπτου καὶ ἐκφράζεται εἰς:

Τζάουλ ἀνὰ δευτερόλεπτον (Joule/sec), δηλαδὴ εἰς Βάτ (W).

Χρησιμοποιοῦμεν ἀκόμη καὶ τὸ πολλαπλάσιον τοῦ Βάτ τὸ **κιλοβάτ (kW)** καί, ὅπως γνωρίζομεν ἰσχύει ἡ σχέσις:

$$1 \text{ kW} = 1.000 \text{ W}$$

Ἐπειδὴ ἡ 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 ἑνὸς δευτερο-

λέπτου, δηλαδή η ηλεκτρική ισχύς N , θα δίδεται από τον τύπον :

$$N = \frac{A}{t} = \frac{R \cdot i^2 \cdot t}{t} = R \cdot i^2. \text{ Δηλαδή :}$$

$$N = R \cdot i^2$$

Όταν η R εκφράζεται εις Ω μ και η i εις Άμπερ, τότε η ισχύς εύρσκεται εις Βάτ.

Η ηλεκτρική ισχύς ενός καταναλωτού αναγράφεται συνήθως επί τής συσκευής, μαζί με άλλας χρήσιμους ένδειξεις διά την λειτουργίαν του.

Άριθμητικά παραδείγματα. 1. Να υπολογισθή η ηλεκτρική ισχύς ενός λαμπτήρος, αντίστασεως 500Ω , ό οποίος διαρρέεται από ρεύμα έντασεως $0,8 \text{ A}$.

Λύσις. Άντικαθιστώντες εις τον τύπον $N=R \cdot i^2$ τά δεδομένα του προβλήματος λαμβάνομεν :

$$N = 500 \cdot 0,8^2 \text{ W} = 320 \text{ W}.$$

2. Μία ηλεκτρική συσκευή τής όποίας η ισχύς είναι ίση με 1.440 W , έχει αντίστασιν 10Ω . Πόση είναι η έντασις του ρεύματος, τό όποϊον διαρρέει την συσκευήν.

Λύσις. Άπό τον τύπον $N = R \cdot i^2$, λύοντες ώς πρός i λαμβάνομεν :

$$i = \sqrt{\frac{N}{R}}.$$

Άντικαθιστώντες τά δεδομένα εύρισκομεν :

$$i = \sqrt{\frac{1440}{10}} = \sqrt{144} = 12 \text{ A}.$$

Πρακτική μονάς ηλεκτρικής ενεργείας. Τό Τζάουλ (1 Joule) είναι πολύ μικρά μονάς ενεργείας. Δι' αυτόν τον λόγον εις τας τρεχούσας ανάγκας χρησιμοποιούμεν μίαν μεγαλυτέραν μονάδα, την :

1 βατώραν (1 Wh)

και τό πολλαπλάσιόν τής :

1 κιλοβατώραν (1 kWh)

μοποιείται ,κατά μέσον όρον, 2 ώρας και 30 λεπτά ανά ημέραν. Να υπολογίσετε τó κόστος τής ηλεκτρικής ενέργειας, τήν όποιαν καταναλίσκει έντός ένός μηνός (30 ήμέραι) ή συσκευή, γνωστού όντος ότι ή κιλοβατώρα στοιχίζει 1,5 δρχ.

Λύσις. Ή συσκευή χρησιμοποιείται συνολικώς $2,5 \cdot 30 = 75$ ώρας ανά μήνα.

Αντικαθιστώντες τά δεδομένα εις τόν τύπον $A = N \cdot t$, δηλαδή $N = 1\ 200\ W$ και $t = 75\ h$, λαμβάνομεν :

$$A = 1\ 200\ W \times 75\ h = 90\ 000\ Wh = 90\ kWh.$$

Ή μηνιαία δαπάνη Δ συνεπώς τής συσκευής θά είναι :

$$\Delta = 90 \cdot 1,5\ \delta\rho\chi. = 135\ \delta\rho\chi.$$

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Τó ηλεκτρικόν ρεύμα είναι μία μορφή ενέργειας, ή όποία όνομάζεται ηλεκτρική ενέργεια.

2. Ή ποσότης θερμότητος A , ή όποία εκλύεται από τó ηλεκτρικόν ρεύμα, είναι ισοδύναμος πρòς $R \cdot i^2 \cdot t$ Joule. Ή ηλεκτρική ενέργεια συνεπώς εκφράζεται εις μονάδας Τζούλ από τόν τύπον :

$$A = R \cdot i^2 \cdot t$$

3. Ή ηλεκτρική ισχύς μιās συσκευής όνομάζεται ή ηλεκτρική ενέργεια τήν όποιαν καταναλίσκει ή συσκευή αύτη ανά δευτερόλεπτον.

4. Ή ηλεκτρική ισχύς N εκφράζεται εις Βάτ (W) και κιλοβάτ (kW), δίδεται δέ από τήν σχέσιν :

$$N = R \cdot i^2$$

Όταν ή αντίστασις R εκφράζεται εις Ω μ και ή έντασις i εις Άμπέρ, ή ισχύς N εύρίσκεται εις Βάτ.

5. Ή βατώρα ($1\ Wh$) είναι πρακτική μονάς ηλεκτρικής ενέργειας και ίσοϋται 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.

118. Μία ηλεκτρική θερμάστρα έχει δύο βαθμίδας, μίαν τῶν 2 000 Watt και μίαν τῶν 1 200 Watt. Κατὰ τὴν διάρκειαν 2,5 h λειτουργεῖ ἐπὶ 20 min ἡ βαθμὶς τῶν 2 000 Watt καὶ τὸν ὑπόλοιπον χρόνον ἡ βαθμὶς τῶν 1 200 Watt. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ δαπάνη ἐὰν ἡ 1 kWh κοστίζει 1,5 δραχ.

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 ὁμως μόνον τὰ 40% χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν θέρμανσιν. α) Νὰ ζητηεῖται νὰ εὐρεθῇ πόσον θὰ κοστίσῃ διὰ μίαν ὥραν λειτουργίας ἡ θέρμανσις τῆς αἰθούσης αὐτῆς, ἐὰν ὁ ἀνθρακίτης πωλῆται πρὸς 2,5 δραχ. τὸ 1 kg. β) Νὰ εὐρεθῇ τὸ κόστος τῆς θερμάνσεως, ἐὰν διὰ τὴν θέρμανσιν χρησιμοποιεῖται ηλεκτρικὸν ρεῦμα καὶ ἡ μία κιλοβατώρα κοστίζῃ 1,5 δραχ. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν θεωροῦμεν ὅτι ὅλη ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, ἡ ὁποία παράγεται, ἀποδίδεται εἰς τὴν αἰθουσαν.

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 θερμαντῆρα χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν θέρμανσιν τοῦ ὕδατος, νὰ ὑπολογισθῇ ἡ τελικὴ θερμοκρασία ὕδατος μάζης 2 800 gr, ἀρχικῆς θερμοκρασίας 10 °C ἐὰν θερμαίνονται ἐπὶ 30 min. Ὑποθέτομεν ὅτι ἡ θερμοχωρητικότης τοῦ δοχείου εἶναι ἀμελητέα.

(Ἄπ. α' 1 296 000 J, 308 571 cal. β' 76,1 °C.)

121. Ἐνας θερμοσίφων ἔχει ἰσχὴν 1 kW καὶ διαρρέεται ἀπὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 8 A. α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀντίστασις τοῦ θερμοσίφωνα. 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 ἐντασιν 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 θερμοκρασίας 20 °C, μὲ τὴν προϋπόθεσιν ὅτι δὲν ἔχομεν ἀπώλειαν θερμότητος. τὴν πραγματικότητα ἀπαιτοῦνται 10 πρῶτα λεπτά. Νὰ ὑπολογισθοῦν αἱ ἀπώλειαι.

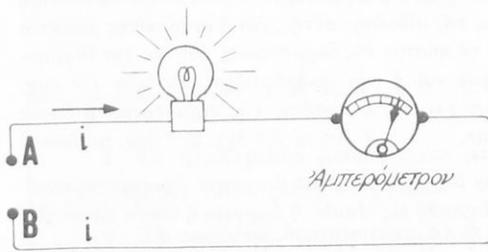
(Ἄπ. α' 31 Ω περίπου, β' 5,5 min. γ' 45%.)

123. Ἐνας βραστήρ ἀπὸ ἀλουμίνιον ἔχει μάζαν 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 ἐδικὴ θερμότης τοῦ ἀλουμινίου εἶναι : 0,22 cal/gr grad. Νὰ ὑπολογισθοῦν α) Ἡ ποσότης τῆς θερμότητος ἡ ὁποία ἀπερροφήθη κατὰ τὴν θέρμανσιν. β) Ἡ ἰσχύς τοῦ βραστήρος καὶ γ) ἡ ἀντίστασις τοῦ βραστήρος.

(Ἄπ. α' 80 780 cal. β' 565,5 W. γ' 22,6 Ω.)

§ 132. Έννοια τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ. α) Πείραμα. Συνδέομεν ἓνα ἠλεκτρικὸν λαμπτήρα εἰς τοὺς δύο ἀκροδέκτας Α καὶ Β ἐνὸς ρευματοδότου (πρίζα). Ἐνα ἀμπερόμετρον 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 ἀμπερόμετρον δεικνύει ρεῦμα ἐντάσεως 0,18 A. Ἀφαιροῦμεν τὸν λαμπτήρα καὶ τοποθετοῦμεν εἰς τὴν θέσιν τοῦ ἓνα σιδήρου 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, ἥτις 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).

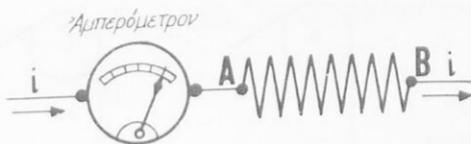
Πράγματι ἔχομεν ὅτι :

$$\frac{75}{0,34} = 220, \quad \frac{40}{0,18} = 220, \quad \frac{300}{1,36} = 220.$$

Ὁ σταθερὸς αὐτὸς λόγος χαρακτηρίζει αὐτὸ τὸ ὁποῖον ὀνομάζομεν **διαφορὰν δυναμικοῦ ἢ ἠλεκτρικὴν τάσιν** μεταξὺ τῶν δύο ἀκροδεκτῶν τοῦ ρευματολήπτου.

(1) Ἡ ἰσχύς ἢ ὁποία καταναλίσκεται μεταξὺ τῶν σημείων Α καὶ Β, εἶναι πρακτικῶς ἴση μὲ τὴν ἰσχὺν τῶν λαμπτήρων ἢ τοῦ ἠλεκτρικοῦ σιδήρου, διότι ἡ ἰσχύς ἢ ὁποία καταναλίσκεται ἀπὸ τὸ ἀμπερόμετρον καὶ τὰ ἀγωγά σύρματα εἶναι ἀσημαντος.

β) Ἐὰς θεωρήσωμεν γενικώτερον τὸν ἄγωγὸν AB, ὁ ὁποῖος ἀποτελεῖ μέρος ἑνὸς κυκλώματος, τὸ ὁποῖον διαρρέεται μὲ ρεῦμα ἐντάσεως i Ἄμπέρ, ἔστω δὲ ὅτι ἡ ἰσχύς ἥτις καταναλίσκεται μεταξύ τῶν σημείων A καὶ B εἶναι N Βάτ (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, ἥτις καταναλίσκεται μεταξύ τῶν δύο αὐτῶν σημείων τοῦ κυκλώματος, πρὸς τὴν ἐντάσιν 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 ἐπανεέλθωμεν εἰς τὸ πείραμα τῆς ἀρχῆς τοῦ κεφαλαίου τῆς § 132.

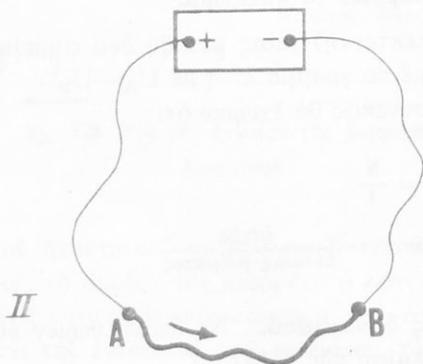
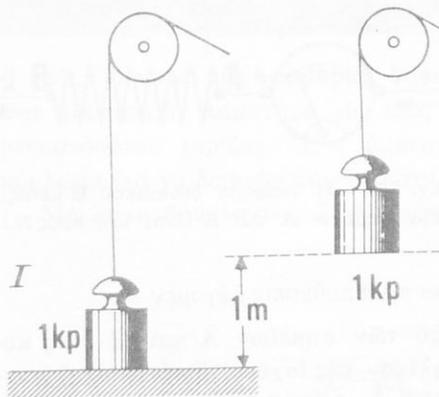
Ὅταν συνδέσωμεν τὸν λαμπτήρα ἰσχύος 75 W εἰς τὸ κύκλωμα, τότε ἐντὸς χρονικοῦ διαστήματος ἑνὸς δευτερολέπτου δαπανᾶται μεταξύ τῶν σημείων A καὶ B (βλ. σχ. 128) ἐνέργεια 75 Joule, ἐνῶ εἰς τὸ ἴδιον χρονικὸν διάστημα τὸ ρεῦμα τῶν 0,34 A μεταφέρει ποσότητα ἠλεκτρισμοῦ 0,34 Cb.

Μὲ ἄλλους λόγους διὰ τὴν ἀναφερθεῖσα 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 ἀνανοήσωμεν καλλίτερον τὸ θέμα θὰ θεωρήσωμεν τὸ ἀκόλουθον μηχανικὸν ἀνάλογον.

Ὅταν θέλωμεν νὰ ἀνυψώσωμεν ἕνα σῶμα, ἀπὸ τὸ ἔδαφος μέχρις



Σχ. 130. Μηχανικόν ανάλογον διά την κατανόησιν τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ 1 Volt.

δυναμικοῦ καθορίζεται καί ἡ σχετική 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 μεταξύ δύο σημείων ἑνὸς ἀγωγοῦ, ὁ ὁποῖος διαρρέεται ἀπὸ σταθερὸν ρεῦμα ἐντάσεως 1 Ἄμπερ (1 A) καὶ καταναλίσκει ἰσχὴν 1 Βάτ (1 W) μεταξύ τῶν δύο αὐτῶν σημείων.

Μερικαὶ τιμαὶ διαφορᾶς δυναμικοῦ. Παραθέτομεν μερικὰς τιμὰς

ἑνὸς 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 δαπανηθῇ ἔργον 1 Joule, τότε μεταξύ τῶν σημείων A καὶ B ὑφίσταται διαφορὰ δυναμικοῦ 1 Volt (σχ. 130).

§ 134. Βόλτ. Μονὰς διαφορᾶς δυναμικοῦ. Ἀπὸ τὸν τύπον ὀρισμοῦ τῆς διαφορᾶς

ηλεκτρικῆς τάσεως μεταξύ τῶν ἀκροδετῶν τῶν πόλων ὀρισμένων
ηλεκτρικῶν πηγῶν :

Ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον	1 - 2 V
Ἡλεκτρικὴ στήλη (φανάρι τσέπης)	4,5 V
Συστοιχία συσσωρευτῶν	6 - 12 V

Μεταξὺ τῶν δύο συρμάτων ἑνὸς ρευματοδότη ἐπικρατεῖ τάσις 110 V ἢ 220 V, ἀναλόγως πρὸς τὴν τάσιν τοῦ ηλεκτρικοῦ δικτύου. Αἱ τιμαὶ αὗται συνήθως μεταβάλλονται κατὰ μερικὰ Βόλτ. Δι' αὐτὸν τὸν λόγον ἡ τάσις ἑνὸς δικτύου παροχῆς ηλεκτρικοῦ 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 συνδεθῆ εἰς δίκτυον τάσεως 220 V. Ἡ ἰσχὺς τὴν ὁποίαν καταναλίσκει τότε ὁ λαμπτήρ εἶναι 100 W.

Ἄν συνδέσωμεν τὸν ἀνωτέρω λαμπτήρα εἰς σημεῖα ἑνὸς κυκλώματος, τὰ ὁποῖα παρουσιάζουν διάφορὰν δυναμικοῦ 12 V, τὸ σπείραμα δὲν θὰ πυρακτωθῆ 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 λειτουργῆ 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 ηλεκτρικῆς ἐνεργείας, αἱ ὁποῖαι καταναλίσκονται μέσα εἰς ἓνα ἄγωγόν. Γνωρίζομεν ὅτι ἡ ηλεκτρικὴ ἰσχὺς, ἡ ὁποία καταναλίσκεται ἀπὸ τὴν θερμότητα Τζάουλ, μέσα εἰς ἓνα ἄγωγόν, ἀντιστάσεως R , δίδεται ἀπὸ τὸν τύπον: $N=R \cdot i^2$ (βλ. § 131, σελ. 136).

Ἀπὸ 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 :

$$N = U \cdot i$$

Ὅταν ἡ τάσις U ἐκφράζεται εἰς Βόλτ καὶ ἡ ἔντασις i εἰς Ἄμπέρ, ἡ ἰσχὺς N εὐρίσκεται εἰς Βάτ.

Ἀριθμητικαὶ ἐφαρμογαί. 1. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἰσχὺς 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, δηλαδή $U = 220$ 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 ὁμοῦ τὸ γινόμενον $R \cdot i$ εἶναι ἴσον μὲ τὴν ἰσχύον N καὶ αὐτὴ πάλιν ἰσοῦται μὲ $U \cdot i$, ὁ ἀνωτέρω τύπος λαμβάνει τελικῶς τὴν μορφήν :

$$A = U \cdot i \cdot t$$

Ὅταν 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 ὁμοῦ 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 κιλοβατώρας ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια, ἡ ὁποία καταναλίσκεται ἐντὸς 5 ὥρων 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 :

$$U = 110 \text{ V}, i = 4 \text{ A}, t = 5 \text{ h, λαμβάνομεν :}$$

$$A = 110 \cdot 4 \cdot 5 \text{ Wh} = 2200 \text{ Wh} = 2,2 \text{ kWh.}$$

§ 138. Πρόσθεσις τάσεων. Μία ἠλεκτρικὴ θερμάστρα, ἕνας λαμπτήρ καὶ ἕνας ροοστάτης (μία μεταβλητὴ δηλαδὴ ἀντίστασις) εἶναι συνδεδεμένα ἐν σειρᾷ εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ παραστατικοῦ σχήματος 131 καὶ διαρρέονται ἀπὸ τὸ ἴδιον ρεῦμα, τὸ ὁποῖον ἔχει ἐναντι ἰ.

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 ἀκράια σημεῖα A καὶ Δ, τότε ἡ ὅλική 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 :

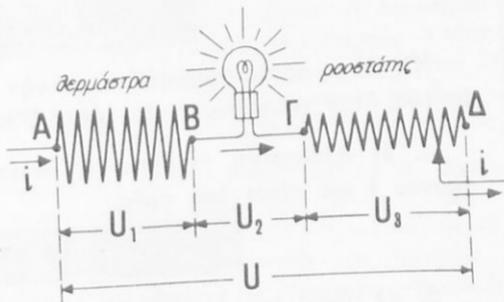
$$N = N_1 + N_2 + N_3$$

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 :

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$



Σχ. 131. Αἱ ἠλεκτρικαὶ τάσεις προστίθενται ὅταν εἶναι διαδοχικαί.

Ωστε :

Όταν διάφοροι συσκευαί (ή αντίστασεις) είναι συνδεδεμένοι εν σειρά, τότε αί τάσεις, αί όποια επικρατοϋν εις τὰ άκρα των, δύνανται νά προστεθοϋν.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Η διαφορά δυναμικού ή ηλεκτρική τάσις U μεταξύ δύο σημείων A και B ενός κυκλώματος, τὸ όποϊον διαρρέεται από ρεύμα, έχει μέτρον ίσον με τὸ πηλίκον τῆς ηλεκτρικῆς ισχύος N , ή όποία δαπανάται μεταξύ τῶν A και B , πρὸς τὴν έντασιν i τοϋ ρεύματος. Δηλαδή είναι :

$$U = \frac{N}{i}$$

2. Μονάς διαφορᾶς δυναμικοϋ είναι τὸ Βόλτ (1 V). Τὸ Βόλτ είναι ίσον με τὴν ηλεκτρικὴν τάσιν ή όποία επικρατεῖ μεταξύ δύο σημείων ενός άγωγοϋ, ό όποϊος διαρρέεται από σταθερὸν ηλεκτρικὸν ρεύμα, έντάσεως ενός Ἄμπέρ, όταν μεταξύ τῶν δύο αὐτῶν σημείων δαπανάται ηλεκτρική ισχύς ενός Βάτ.

3. Ἀπὸ τὸν τύπον $U = N/i$, λύοντες ὡς πρὸς N , λαμβάνομεν ὅτι :

$$N = U \cdot i \text{ Watt}$$

Ὁ τύπος αὐτὸς χρησιμεύει εις τὴν εϋρεσιν τῆς ηλεκτρικῆς ισχύος, όταν γνωρίζωμεν τὴν τάσιν U και τὴν έντασιν i .

4. Η ηλεκτρική ενέργεια ή όποία καταναλίσκεται έντὸς χρόνου $t \text{ sec}$ είναι ίση πρὸς :

$$A = U \cdot i \cdot t \text{ Joule}$$

5. Ὁ νόμος τοϋ Τζάουλ δύναται νά έκφρασθῆ και με τὴν σχέσιν :

$$Q = 0,24 \cdot U \cdot i \cdot t \text{ cal}$$

6. Όταν περισσότεροι από μίαν αντίστασεις είναι συνδεδεμένοι εν σειρά, τότε αί διαφοραί του ηλεκτρικού δυναμικού εις τὰ ἄκρα ἑκάστης ἀντίστασεως προστίθενται.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

124. Ἀγωγὸς ἀντίστασεως $20,9 \Omega$ διαρρέεται ἀπὸ ηλεκτρικὸν ρεῖμα ἐντάσεως $2,5 \text{ A}$. α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ηλεκτρικὴ ἰσχύς, ἣτις καταναλίσκεται ἀπὸ τὸ σύρμα. β) Πόση εἶναι ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα τῆς ἀντίστασεως.
(Ἀπ. α' $130,6 \text{ W}$. β' $52,2 \text{ V}$.)

125. Ἐντὸς ἐνὸς θερμομέτρου βυθίζομεν ἓνα ἀγωγὸν ηλεκτρικοῦ ρεύματος. Εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ ἐπικρατεῖ διαφορὰ δυναμικοῦ 10 Volt . Ἡ ἔντασις τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸν ἀγωγὸν εἶναι 5 A . α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ηλεκτρικὴ ἰσχύς, ἣτις καταναλίσκεται ἀπὸ τὴν ἀντίστασιν. β) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀντίστασις καὶ γ) νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, ἡ ὁποία ἀποδίδεται εἰς τὸ θερμοῦ δόμετρον ἐντὸς 6 πρώτων λεπτῶν. ($1 \text{ Joule} = 0,24 \text{ cal}$.)
(Ἀπ. α' 50 W . β' 2Ω . γ' 4320 cal .)

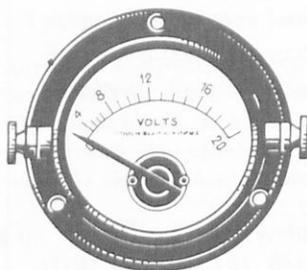
126. Ἡ θέρμανσις ἐνὸς διαμερίσματος ἀπαιτεῖ $1\,000\,000 \text{ cal}$ ἀνὰ ὥραν. Αὐτὸ τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος παρέχεται ἀπὸ μίαν ηλεκτρικὴν θερμάστραν, ἡ ὁποία λειτουργεῖ ὑπὸ διαφορὰν δυναμικοῦ 220 Volt . α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἰσχύς ἡ ὁποία ἀπορροφεῖται ἀπὸ τὴν θερμάστραν. β) Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὴν ἀντίστασιν τῆς θερμάστρας.
(Ἀπ. α' $1\,166,6 \text{ W}$. β' $5,3 \text{ A}$, περίπου.)

127. Ἐνας ηλεκτρικὸς λαμπτήρ ἰσχύος 60 Watt βυθίζεται εἰς ἓνα θερμοῦ δόμετρον μὲ ὕδωρ, τὸ ὁποῖον ἔχει θερμοχωρητικὴν 500 cal/grad καὶ θερμοκρασίαν 17°C . α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ τελικὴ θερμοκρασία τοῦ ὕδατος, ἐὰν ὁ λαμπτήρ λειτουργῇ ἐπὶ 15 πρώτα λεπτά. β) Ἐὰν ὁ λαμπτήρ τροφοδοτῆται ἀπὸ ηλεκτρικὸν δίκτυον 110 Volt , νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον τὸν διαρρέει.
(Ἀπ. α' 43°C , περίπου. β' $0,5 \text{ A}$, περίπου.)

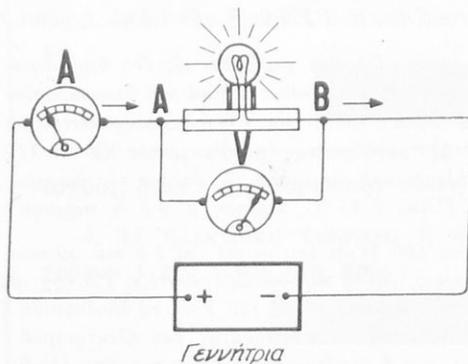
128. Ἐνα ηλεκτρικὸ σίδερο ἰσχύος 500 Watt λειτουργεῖ ἐπὶ 1 h καὶ 30 min . α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ δαπάνη λειτουργίας, ἐὰν ἡ κιλοβατώρα κοστίζει $1,5 \text{ δραχ}$. β) Ἐὰν ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα τῆς λήψεως εἶναι 125 Volt , νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος. γ) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ποσότης τοῦ ηλεκτρισμοῦ ἡ ὁποία διέρχεται ἀπὸ τὸ σίδερο, καθὼς καὶ ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, ἣτις ἐλευθερῶνεται κατὰ τὴν διάρκειαν τοῦ σιδερώματος.
(Ἀπ. α' $1,125 \text{ δραχ}$. β' 4 A . γ' $21\,600 \text{ Cb}$, 648 kcal .)

ΒΟΛΤΟΜΕΤΡΟΝ. ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΟΗΜ

§ 139. Βολτόμετρον. Αί διαφοραὶ δυναμικοῦ δύο σημείων ἑνὸς ἠλεκτρικοῦ κυκλώματος, μετροῦνται μὲ εἰδικὰ ὄργανα, τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται βολτόμετρα (σχ. 132) καὶ τὰ ὁποῖα εἶναι βαθμολογημένα εἰς μονάδας Βόλτ.



Σχ. 132. Ἐξωτερικὴ ἐμφάνισις βολτομέτρου.



Σχ. 133. Σύνδεσις βολτομέτρου διὰ τὴν μέτρησιν τῆς τάσεως εἰς τὰ ἅκρα ἑνὸς λαμπτήρος.

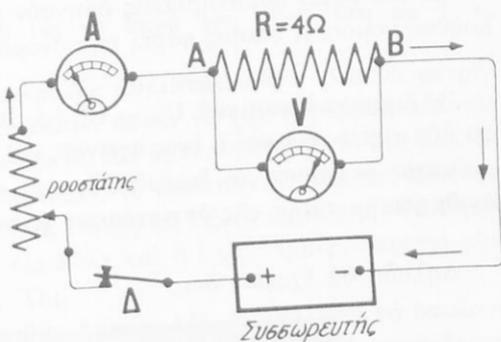
Ὅταν θέλωμεν νὰ μετρήσωμεν τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ μεταξὺ δύο σημείων Α καὶ Β ἑνὸς κυκλώματος, δὲν διακόπτομεν τὸ κύκλωμα, διὰ νὰ παρεμβάλωμεν τὸ ὄργανον, ὅπως γίνεται εἰς τὴν περίπτωσιν ἑνὸς ἀμπερομέτρου, ἀλλὰ συνδέομεν τοὺς ἀκροδέκτας τοῦ βολτομέτρου μὲ τὰ σημεῖα Α καὶ Β τοῦ κυκλώματος προκαλοῦντες, 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 ἔνδειξιν, ἣ ὁποῖαν παρέχει εἰς μονάδας Βόλτ τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ, ἥτις ἐπικρατεῖ μεταξὺ τῶν δύο αὐτῶν σημείων. Ὡστε :

Τὸ βολτόμετρον εἶναι ὄργανον τὸ ὁποῖον μετρεῖ τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ δύο σημείων Α καὶ Β ἑνὸς κυκλώματος, τὸ ὁποῖον διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα. Τὸ ὄργανον αὐτὸ τοποθετεῖται κατὰ *διακλάδωσιν*· συνδέομεν δηλαδὴ τοὺς ἀκροδέκτας του μὲ τὰ σημεῖα

A και B χωρίς να διακόψωμεν τὸ κύκλωμα.

§ 140. Νόμος τοῦ "Ωμ (Ohm). Πραγματοποιούμεν τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 134, καί, μεταξὺ τῶν σημείων A καὶ B τοῦ κυκλώματος αὐτοῦ, παρεμβάλλομεν ἓνα σύρμα, π.χ. ἀπὸ σιδηρονικέλιον, γνωστῆς ἀντίστασεως, ἔστω π.χ., 4Ω .



Σχ. 134. Διὰ τὴν πειραματικὴν ἐπαλήθευσιν τοῦ νόμου τοῦ "Ωμ.

Ἐνα ἀμπερόμετρον, τὸ ὁποῖον παρεμβάλλεται ἐν σειρᾷ εἰς τὸ κύκλωμα (διακόπτομεν δηλαδὴ τὸ κύκλωμα εἰς τὸ σημεῖον τοποθετήσεώς του), δεῖκνύει τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος καὶ ἓνα βολτόμετρον, συνδεδεμένον κατὰ διακλάδωσιν εἰς τὰ σημεῖα A καὶ B, τὴν διαφορὰν τοῦ δυναμικοῦ, ἢ ὁποῖα ἐπικρατεῖ εἰς τὰ δύο αὐτὰ σημεῖα.

Πείραμα. Κλείομεν τὸν διακόπτην τοῦ κυκλώματος καί, ρυθμίζοντες καταλλήλως τὸν ροοστάτην, πειραματιζόμεθα μετὰ τάσεις 1V, 2V, 3V, 4V, 5V καὶ εἰς ἑκάστην ἀπὸ τὰς περιπτώσεις αὐτὰς σημειώνομεν τὴν ἀντίστοιχον ἔντασιν τοῦ ρεύματος καὶ ὑπολογίζομεν τὸν λόγον $(U_A - U_B)/i$, ὅποτε 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 μετὰ 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 Ἀμπέρ) τοῦ ρεύματος τὸ ὁποῖον τὸν διαρρέει, ἔχουν σταθερὸν λόγον, ἴσον μὲ τὴν ἀριθμητικὴν τιμὴν τῆς ἀντιστάσεως R τοῦ ἀγωγοῦ (εἰς Ὠμ).

Δηλαδή θὰ ἔχωμεν ὅτι :

$$\frac{U_A - U_B}{i} = R \quad \text{ἢ} \quad U_A - U_B = R \cdot i$$

Εἰς τοὺς ἀνωτέρω τύπους τὰ $(U_A - U_B)$, R , i ἐκφράζονται ἀντιστοιχῶς εἰς Βόλτ, Ὠμ καὶ Ἀμπέρ.

Πολλὰς φορές ἀντὶ $U_A - U_B$ γράφομεν ἀπλῶς U , ὅποτε ὁ τύπος γίνεται :

$$\frac{U}{i} = R$$

Διὰ τὴν ἀπομνημόνευσιν τοῦ νόμου τοῦ Ὠμ χρησιμοποιεῖται τὸ τρίγωνον τοῦ σχήματος 134α, μέσα εἰς τὰς γωνίας τοῦ ὁποίου 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 1 Ω δύναται νὰ ὀρισθῇ καὶ ὡς ἐξῆς, ἂν κάωμεν χρῆσιν τοῦ νόμου τοῦ Ὠμ :

Τὸ 1 Ω εἶναι ἴσον μὲ τὴν ἀντίστασιν τὴν ὁποίαν παρουσιάζει ἓνας ἀγωγός, διαρρέομενος ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 1 Α,

ὅταν ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα του εἶναι ἴση μὲ 1 V.

§ 141. Μέτρησις μιᾶς ἠλεκτρικῆς ἀντιστάσεως. Διὰ νὰ μετρήσωμεν μίαν ἠλεκτρικὴν ἀντίστασιν, ἀρκεῖ νὰ τὴν παρεμβάλωμεν εἰς ἓνα κύκλωμα καὶ νὰ μετρήσωμεν μὲ ἓνα ἀμπερόμετρον καὶ ἓνα βολτόμετρον τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, i , τὸ ὁποῖον τὴν διαρρέει καὶ τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ U , ἡ ὁποία ἐπικρατεῖ εἰς τὰ ἄκρα της. Τὸ πηλίκον $U : i$, ὅταν ἡ U δίδεται εἰς Βόλτ καὶ ἡ i εἰς 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 ὅμως 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 διαρρέῃ 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 ἀντιστοιχῶς.

Τὸ γινόμενον ὅμως $R \cdot i^2 \cdot t$ 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 εὑρεῖ καὶ εἰς προηγούμενον κεφάλαιον (βλ. § 135).

1. Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ ἥτις ὑφίσταται μεταξύ δύο σημείων Α καὶ Β ἐνὸς ἀγωγοῦ, ὁ ὁποῖος διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, δύναται νὰ μετρηθῆ με ἓνα βολτόμετρον, τὸ ὁποῖον συνδέεται κατὰ διακλάδωσιν με τὰ σημεῖα Α καὶ Β.

2. Ὁ νόμος τοῦ Ὠμ (Ohm) ἐκφράζει ὅτι : Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ U (εἰς Βόλτ) μεταξύ δύο σημείων Α καὶ Β ἐνὸς 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 σχέση :

$$\frac{U}{i} = R \quad \text{ἢ} \quad U = R \cdot i$$

3. Τὸ ἓνα Ὠμ εἶναι ἴσον πρὸς τὴν ἀντίστασιν ἐνὸς ἀγωγοῦ, ὁ ὁποῖος διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα ἐνὸς Ἀμπέρ, ὅταν εἰς τὰ ἄκρα του ἐπικρατεῖ διαφορὰ δυναμικοῦ ἐνὸς βόλτ.

4. Διὰ νὰ μετρήσωμεν τὴν ἀντίστασιν ἐνὸς ἀγωγοῦ AB, ἀρκεῖ νὰ μετρήσωμεν τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ ἢ ὁποία ὑφίσταται εἰς τὰ ἄκρα του, ὅταν διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα, με τὴν βοήθειαν ἐνὸς βολτομέτρον καὶ τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος τὸ ὁποῖον τὸν διαρρέει, χρησιμοποιοῦντες ἓνα ἄμπερόμετρον, ἀκολούθως δὲ νὰ υπολογίσωμεν τὸ πηλίκον τῶν μετρήσεων τῆς τάσεως πρὸς τὴν ἔντασιν.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

129. Ἐνα ἀγωγὸν σύρμα ἀντιστάσεως 5 Ω, διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 1,2 A. Νὰ υπολογισθῆ ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξύ τῶν δύο ἄκρων τοῦ σύρματος. (Ἀπ. 6 V.)

130. Ἐνας ἀγωγὸς διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 1,5 A. Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ εἶναι 5,4 Volt. Νὰ υπολογισθῆ ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀγωγοῦ. (Ἀπ. 3,6 Ω.)

131. Τὸ θερμαντικὸν σῶμα ἐνὸς ἠλεκτρικοῦ βραστήρος ἔχει ἀντίστασιν 60 Ω.

Ὁ βραστήρ λειτουργεῖ με διαφορὰν δυναμικοῦ 120 Volt. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸν βραστήρα. (Ἀπ. 2 Α.)

132. Ἐνα μεταλλικὸν σύρμα διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 0,5 Α, ὅταν τοποθετηθῇ μεταξὺ τῶν ἀκροδεκτῶν μιᾶς γεννητρίας, εἰς τοὺς ὁποίους ἐπικρατεῖ διαφορὰ δυναμικοῦ 12 Volt. α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀντίστασις τοῦ σύρματος. β) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἠλεκτρικὴ ἰσχὺς ἡ ὁποία καταναλίσκεται ἀπὸ τὸ σύρμα καὶ γίνεται ἀντληττὴ ὑπὸ μορφὴν θερμότητος. (Ἀπ. α' 24 Ω. β' 6 W.)

133. Ἐνα ἠλεκτρικὸ σίδηρο ἔχει μᾶζαν 1 kg καὶ καταναλίσκει ἰσχὺν 300 Watt, ὅταν λειτουργῇ με διαφορὰν δυναμικοῦ 110 Volt. Ζητοῦνται: α) Ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ σίδηρο. β) Ἡ τιμὴ τῆς ἀντιστάσεως τὴν ὁποῖαν περιέχει. γ) Ὁ χρόνος ὅστις ἀπαιτεῖται διὰ νὰ ἀνυψώσωμεν τὴν θερμοκρασίαν τῆς συσκευῆς ἀπὸ τοὺς 15 °C εἰς τοὺς 65 °C. Εἰδικὴ θερμότης σιδήρου 0,11 cal/gr · grad. (Ἀπ. α' 2,7 Α, περίπου. β' 41 Ω, περίπου, γ' 77 sec.)

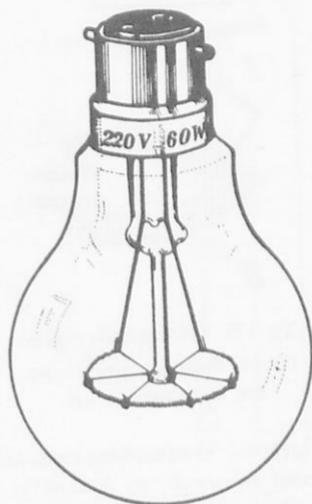
134. Εἰς ἓνα ἠλεκτρικὸν λαμπτήρα ἀναγράφονται τὰ ἀκόλουθα: 120 Volt, 60 Watt: α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸν λαμπτήρα. β) Νὰ εὐρεθῇ ἡ ἀντίστασις τοῦ μεταλλικοῦ νήματος τοῦ λαμπτήρος. (Ἀπ. α' 0,5 Α. β' 240 Ω.)

Λ'—ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΤΟΥ ΤΖΑΟΥΛ. ΦΩΤΙΣΜΟΣ. ΘΕΡΜΑΝΣΙΣ

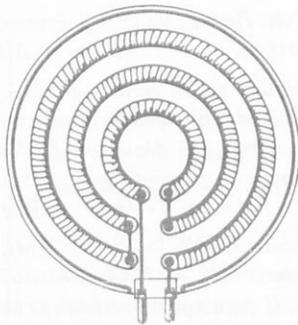
§ 143. Ἡλεκτροφωτισμός. Σπουδαία ἐφαρμογὴ τοῦ θερμικοῦ ἀποτελέσματος τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος εἶναι ἡ χρησιμοποίησις του εἰς τὸν φωτισμόν.

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.

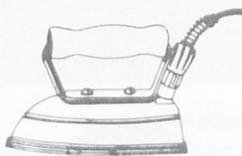
Τὸ σύρμα πυρακτώνεται, ἐπειδὴ ὁμως εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ λαμπτήρος ὑπάρχει ἀδρανὲς ἀέριον, συνήθως ἄζωτον ἢ ἀργόν, ὑπὸ πολὺ μικρὰν πίεσιν, δὲν καίεται ἀλλὰ φωτοβολεῖ (σχ. 135).



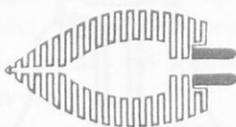
Σχ. 135. Λαμπτήρ φωτισμοῦ.



Σχ. 136. Θερμαινόμενη πλάξ με κυκλικόν άγωγόν σύρμα.



I



II

Σχ. 137. Ήλεκτρικόν σίδερο (I) και διάταξις του σύρματος θερμάνσεώς του.

λινδρον. Ο κύλινδρος είναι λείος εις τρόπον ώστε ή θερμότης, ή όποία προσπίπτει επ' αυτόν, νά ανακλάται εις τόν περιβάλλοντα χώρον και νά μὴν άπορροφείται άπό τόν κύλινδρον και χάνεται. Ένα μονωτικόν περίβλημα προστατεύει τόν κλίβανον άπό τās άπώλειαις τής θερμότητος εις τó περιβάλλον.

§ 144. Ήλεκτρική θέρμανσις. α) Οικιακαί συσκευαί. Μία ήλεκτρική θερμάστρα, ένα σίδερο σιδερώματος, ένας ήλεκτρικός βραστήρ, κλπ. περιλαμβάνουν ένα σύρμα, μεγάλης άντιστάσεως, άνοξειδωτον τó όποιον όνομάζομεν γενικώς *θερμαντικὴν άντίστασιν*. "Όταν διαρρέη τó ήλεκτρικόν ρεύμα τó σύρμα, αυτό έρυθροπυρώνεται και άκτινοβολεί θερμότητα.

Εις τās ήλεκτρικάς θερμτσάρας, εις τούς ήλεκτρικούς θερμαντήρας και εις τās ήλεκτρικάς κουζινας, τó σύρμα είναι συνήθως περιελιγμένον έλικοειδώς και τοποθετημένον εις τās αύλακας ενός μονωτικού υποβάθρου (σχ. 136).

Εις τó ήλεκτρικόν σίδερο (σχ. 137, I) ή θερμαντική άντίστασις έχει τó σχήμα μιās στενής ταινίας και είναι στερεωμένη επάνω εις ένα φύλλον άπό μαρμαρυγιαν (κοινώς μίκα), ό όποιος είναι ένας πολύ καλός μονωτής (σχ. 137, II).

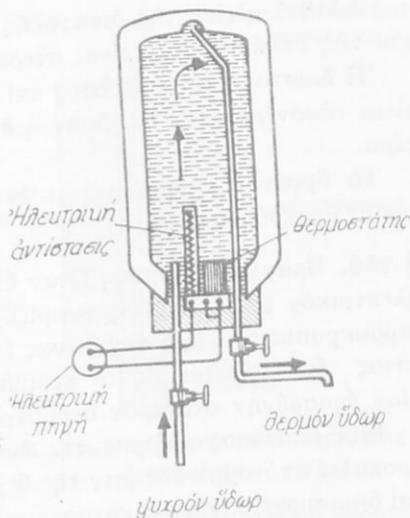
Εις τούς ήλεκτρικούς βραστήρας τó σύρμα είναι περιελιγμένον συνήθως με ύαλοβάμβακα ή άμίαντον.

Ή ήλεκτρική θέρμανσις είναι πολύ εύχρηστος και ρυθμίζεται εύκόλως, είναι καθαρά και ύγιεινή, συγχρόνως όμως και δαπανηρά.

β) Ήλεκτρικοί κλίβανοι. Οί ήλεκτρικοί κλίβανοι τούς όποιους χρησιμοποιούμεν εις τά διάφορα έργαστήρια, περιλαμβάνουν ένα σύρμα περιελιγμένον περι ένα μονωτικόν και λείον κύλινδρον.

γ) **Ήλεκτρικοί θερμοσίφωνες.** Αυτοί είναι συσκευαί αι όποια παρέχουν θερμόν ύδωρ διά τας διαφόρους οικιακάς ανάγκας.

Τό ψυχρόν ύδωρ εισχωρεί εις τό δοχείον του θερμοσίφωνος από τό κάτω μέρος και θερμαίνεται με μίαν ηλεκτρικήν αντίστασιν. Τό θερμαινόμενον ύδωρ κινείται πρὸς τό ἐπάνω μέρος του δοχείου. Όταν ανοίξη μία στρόφιγξ κρουνοῦ θερμοῦ ύδατος εις ένα διαμέρισμα τῆς οίκιας, τότε από τόν κρουνόν αυτόν ἐκρέει θερμόν ύδωρ. Τό θερμόν αυτό ύδωρ κυκλοφορεί χάρις εις τόν άγωγόν θερμοῦ ύδατος ό όποιος εὔρισκεται εις τήν κορυφήν του δοχείου (σχ. 137, α).

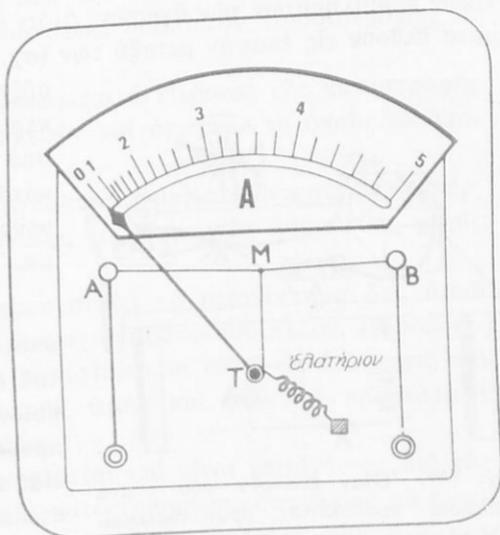


Σχ. 137 α. Ήλεκτρικός θερμοσίφων.

§ 145. Θερμικόν άμπερόμετρον.

Τό όργανον αυτό (σχ. 138) άποτελεϊται από ένα λεπτόν μεταλλικόν σύρμα AMB εκ λευκοχρύσου ή άργύρου, διαρρεόμενον από τό ηλεκτρικόν ρεύμα του όποίου θέλομεν νά μετρήσωμεν τήν έντασιν. Τό σύρμα διατηρεϊται τεταμένον με τήν βοήθειαν ενός έλατηρίου, συνδεδεμένου εις τό σημείον Μ με ένα εὐλύγιστον μεταλλικόν νήμα, τό όποϊον διέρχεται από μίαν μικράν τροχαλίαν Τ.

Ή θέρμανσις του σύρματος AMB, εξ αιτίας τῆς διελεύσεως του ρεύματος, προκαλεϊ διαστολήν. Ή επιμήκυνσις του σύρμα-



Σχ. 138. Θερμικόν άμπερόμετρον.

τος ΑΜΒἔξ αίτίας τῆς διαστολῆς, προκαλεῖ στροφήν τῆς τροχαλίας καί τῆς βελόνης, ἥτις εἶναι στέρεως συνδεδεμένη μὲ αὐτήν.

Ἡ διαστολή τοῦ σύρματος καί συνεπῶς ἡ ἀπόκλισις τῆς βελόνης εἶναι τόσον μεγαλυτέρα, ὅσον ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι ὑψηλοτέρα.

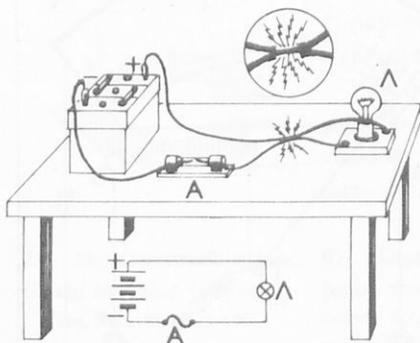
Τὸ ὄργανον βαθμολογεῖται ἐν συγκρίσει μὲ ἓνα συνηθισμένου τύπου ἀμπερόμετρον.

§ 146. Βραχυκύκλωμα. Ὄταν ἓνα ἀγωγὸν σύρμα διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, καθὼς γνωρίζομεν, θερμαίνεται καί ὑψώνεται ἢ θερμοκρασία του, ἐνῶ συγχρόνως ἓνα μέρος τῆς παραγομένης θερμότητος διασπείρεται εἰς τὸ περιβάλλον. Τελικῶς ὁ ἀγωγὸς ἀποκτᾶ μίαν ὀρισμένην σταθερὰν θερμοκρασίαν.

Μία ἀπότομος αὔξησις τῆς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος προκαλεῖ ἀπότομον αὔξησιν τῆς θερμοκρασίας τοῦ ἀγωγοῦ σύρματος καί δημιουργεῖ κίνδυνον καταστροφῆς τοῦ μονωτικοῦ ὑλικοῦ, τὸ ὁποῖον περιβάλλει τὸν ἀγωγόν, ὡς καί τῶν διαφόρων συσκευῶν, αἱ ὁποῖαι εἶναι συνδεδεμένοι εἰς τὸ κύκλωμα.

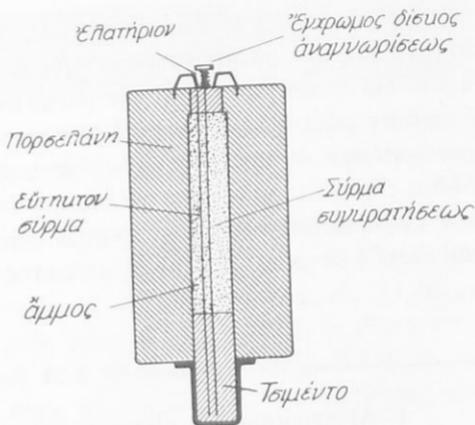
Δι' αὐτὸ πρέπει νὰ ἐλέγχωμεν συχνάκις τὴν κατάστασιν τῶν μονωτικῶν περιβλημάτων τῶν ἀγωγῶν. Διότι ἐὰν δύο ἀπογυμνωμένα σύρματα ἔλθουν εἰς ἐπαφὴν μεταξύ των (σχ. 139), προκαλεῖται ἀπότομος αὔξησις τῆς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος μὲ ἀποτέλεσμα τὴν πρόκλησιν διαφόρων καταστροφῶν. Αὐτὸ τὸ φαινόμενον ὀνομάζεται **βραχυκύκλωμα**. Ὡστε :

Βραχυκύκλωμα ὀνομάζεται ἡ ἀπότομος αὔξησις τῆς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει ἓνα κύκλωμα, ἢ προκαλουμένη ἀπὸ διαφοροὺς αίτίας καί δυναμένη νὰ ἔχη καταστρεπτικὰ ἀποτελέσματα διὰ τὰς διαφοροὺς ἠλεκτρικὰς συσκευὰς τοῦ κυκλώματος.



Σχ. 139. Ὄταν 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 αἰτίας, ἢ πλεόν συνηθισμένη ἀπὸ τὰς ὁποίας εἶναι τὸ βραχυκύκλωμα, τοποθετοῦμεν ἕν σειρᾷ πρὸς τοὺς ἀγωγούς, λεπτὰ εὐτήκτα σύρματα μικροῦ μήκους, τὰ ὁποῖα εἶναι κλεισμένα εἰς καταλλήλους θήκας καὶ ὀνομάζονται **ἤλεκτρικαὶ ἀσφάλεια**.



Σχ. 140. Τομὴ φύσιγγος μιᾶς τηκομένης ἀσφαλείας.

Ἡ λειτουργία τῶν ἀσφαλειῶν στηρίζεται εἰς τὴν μεγάλην θερμότητα Τζάουλ, ἣτις παράγεται ὅταν διέλθῃ ἀπὸ αὐτὰς ρεῦμα μεγαλύτερας ἐντάσεως ἀπὸ τὴν κανονικὴν.

Τὸ ἐπικίνδυνον ρεῦμα προκαλεῖ τὴν τήξιν τοῦ σύρματος τῆς ἀσφαλείας ἐξ αἰτίας τῆς ὑπερθερμάνσεως, διακόπτον τοιουτοτρόπως τὸ κύκλωμα (σχ. 140).

Μὲ αὐτὸν τὸν τρόπον ἀποφεύγεται ὁ κίνδυνος τῆς καταστροφῆς τοῦ κυκλώματος καὶ τῶν συσκευῶν καὶ ὀργάνων τὰ ὁποῖα τὸ ἀποτελοῦν.

Εἰς 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 πλεόν. Παρουσιάζει ὅμως τὸ πλεονέκτημα ὅτι καταστρέφεται εὐθὺς ὡς ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ὑπερβῆ τὴν κανονικὴν τιμὴν καὶ συνεπῶς προστατεύει ὁπωςδῆποτε τὰς ἐγκαταστάσεις.

Δι' αὐτὸν τὸν λόγον ἀπαγορεύεται καὶ εἶναι ἐπικίνδυνος διὰ τὰς ἐγκαταστάσεις ἢ ἐπισκευὴ μιᾶς κατεστραμμένης ἀσφαλείας μὲ τοποθέτησιν ἑνὸς ἐξωτερικοῦ σύρματος δι' ἐπαναχρησιμοποίησιν τῆς. Πράγματι τὸ σύρμα τὸ ὁποῖον θὰ τοποθετήσωμεν εἰς ἀντικατάστασιν

της κατεστραμμένης ασφαλείας θα ἔχη ὅπωςδήποτε διαφορετικὴν ἀντίστασιν ἀπὸ τὸ πρότυπον σύρμα τῆς ασφαλείας. Οὕτως ἢ θὰ τήκεται διὰ μικροτέραν ἔντασιν ρεύματος, ὁπότε θὰ δυσχεραίνῃ τὴν ἐργασίαν μας, ἢ, καὶ αὐτὸ εἶναι τὸ σπουδαιότερον, θὰ τήκεται εἰς μεγαλυτέραν ἔντασιν ρεύματος ἀπὸ τὴν μεγίστην ἐπιτρεπομένην, ὁπότε εἰς ἓνα τυχαῖον βραχυκύκλωμα ὑπάρχει κίνδυνος καταστροφῆς τοῦ κυκλώματος καὶ τῶν συσκευῶν, ἐφ' ὅσον δὲν θὰ τακῆ τὸ σύρμα καὶ δὲν θὰ διακοπῆ 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 ἀμπερόμετρον.

2. Τὸ φαινόμενον Τζάουλ παρουσιάζει καὶ κινδύνους. Διὰ τὴν ἀποφεύγωμεν τὰς πυρκαϊὰς καὶ γενικώτερον τὰς καταστροφὰς αἱ ὁποῖαι δύνανται νὰ προκύψουν ἀπὸ μίαν ἀπρόοπτον ὑπερθερμανσιν 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 ὑπερβῆ τὴν ἐπιτρεπομένην τιμὴν, ὁπότε διακόπτεται ἡ παροχὴ καὶ ἀποτρέπεται ὁ κίνδυνος καταστροφῆς τῆς ἐγκαταστάσεως.

3. Ἡ ἀπότομος αὐξησης 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' ἐπανα-
χρησιμοποίησιν τῆς.

ΔΔ' — ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΣΠΟΥΔΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΣ ΕΝΟΣ ΑΓΩΓΟΥ

§ 148. Γενικότητες. Οί ηλεκτρικοί άγωγοί είναι συνήθως σύρματα μεταλλικά, κυλινδρικά και όμογενή, κατασκευασμένα από καθαρά μέταλλα ή κράματα.

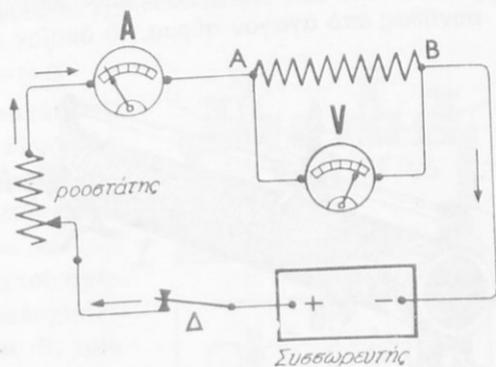
Είς προηγούμενον κεφάλαιον εξηγήσαμεν ότι ή αντίστασις, τήν όποιαν προβάλλει εις τό ηλεκτρικόν ρεύμα ό άγωγός, όφείλεται εις τήν τριβήν τών ηλεκτρονίων κατά τήν κίνησίν των μέσα εις τήν μάζαν του μεταλλικού άγωγού. Ή τριβή όμως αυτή δέν είναι εις όλους τουσ άγωγούσ ή ίδια και εξαρτάται από τήν φύσιν του μετάλλου ή του κράματος. Έξαρτάται όμως, όπως θά ίδωμεν, και από τό μήκος του άγωγού και από τό πάχος του. "Ωστε :

Ή αντίστασις ενός άγωγού εξαρτάται από τήν φύσιν του άγωγού και τās γεωμετρικās διαστάσεις του.

§ 149. Μεταβολή τής αντίστάσεως ενός άγωγού λόγω του μήκους του. Θά συγκρίνωμεν τās αντιστάσεις άγωγών κατασκευασμένων από τό ίδιον ύλικόν, οί όποιοι έχουν τήν ίδιαν διατομήν (πάχος), διαφορετικά όμως μήκη.

Πείραμα. Πραγματοποιούμεν τό κύκλωμα του σχήματος 141 και αντικαθιστώμεν διαδοχικώς μεταξύ τών σημείων Α και Β τās αντιστάσεις τās όποιās πρόκειται νά συγκρίνωμεν.

Χρησιμοποιούμεν, π.χ., τρία σύρματα σιδηρονικελίου, (δηλαδή άγωγούσ τής ίδιας φύσεως), με διάμετρον 0,5 mm, (δηλαδή με τήν ίδιαν διατομήν), τὰ μήκη των όποιών είναι 1 m, 2 m και 3m.



Σχ. 141. Κύκλωμα διά τήν μελέτην τής μεταβολής τής αντίστάσεως ενός άγωγού συναρτήσει του μήκους.

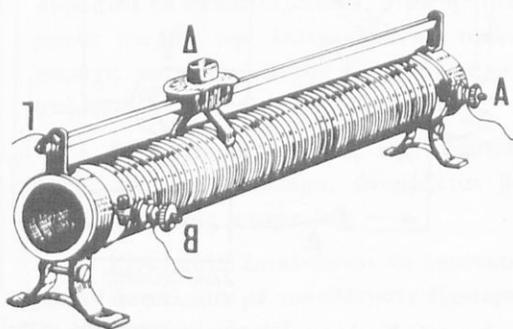
Με την βοήθειαν ενός ροοστάτου, ρυθμίζομεν τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος οὕτως, ὥστε νὰ εἶναι ἡ ἰδία εἰς ἐκάστην περίπτωσιν, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον διευκολύνει τὴν σύγκρισιν. Τὰ ἀποτελέσματα τῶν μετρήσεων μας ἀναγράφονται εἰς τὸν ἀκόλουθον πίνακα.

Μήκος (m)	1	2	3
Ἔντασις (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 μήκος τοῦ ἀγωγοῦ, διπλασιάζεται ἢ τριπλασιάζεται, ἀντιστοίχως, καὶ ἔντασις του. Ὡστε :

Ἡ ἀντίστασις ἑνὸς ἀγωγοῦ σύρματος, κατεσκευασμένου ἀπὸ ἕνα ὀρισμένον ὑλικόν, τὸ ὁποῖον ἔχει σταθερὰν διατομὴν, εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ μήκος τοῦ σύρματος.

§ 150. Ἐφαρμογή. 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 ἕνα μονω-

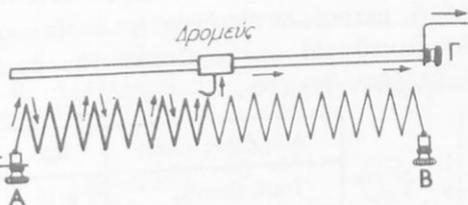


Σχ. 142. Ροοστάτης (ρυθμιστικὴ ἀντίστασις) με δριμὸν Δ.

τικὸν σωλῆνα, ὅλη δὲ ἡ διάταξις διαθέτει τρεῖς ἀκροδέκτας (σχ. 142). Ἀπὸ αὐτοὺς οἱ A καὶ B ἀποτελοῦν τὰ ἄκρα τοῦ περιελιγμένου σύρματος, ἐνῶ ὁ Γ μίαν ἐνδιάμεσον λήψιν, ἢ ὁποία δύναται νὰ μεταβάλληθῆσιν, ὅταν μετακινήσωμεν τὸν δριμὸν Δ. Πράγματι τὸ σημεῖον Γ καὶ ὁ δριμὸς Δ συνδέονται μετὰ τὸ μεταλλικὸν ἀγωγὸν

στέλεχος (σχ. 143), τὸ ὁποῖον παρουσιάζει ἀσήμαντον ἀντίστασιν.

Ὁ ροοστάτης συνδέεται ἐν σειρά μετὰ τὸ κύκλωμα ἀπὸ τὸ ἄκρον τοῦ Α καὶ τὴν ἐνδιάμεσον λήψιν Γ.



Σχ. 143. Πορεία τοῦ ρεύματος ἐντὸς τοῦ ροοστάτου.

Ὅταν μετακινήσωμεν τὸν δρομέα, Δ, μεταβάλλομεν τὴν ἀντίστασιν καὶ ρυθμίζομεν τοιοῦτοτρόπως τὴν ἐντάσιν τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ κύκλωμα μεταξὺ μιᾶς ἐλαχίστης τιμῆς, (ὅταν ὁ δρομεὺς εὐρίσκεται εἰς τὸ Β, ὅπότε τὸ ρεῦμα διαρρέει ὅλην τὴν ἀντίστασιν), καὶ μιᾶς μεγίστης, (ὅταν ὁ δρομεὺς εὐρίσκεται εἰς τὸ Α, ὅπότε ὅλη ἡ ἀντίστασις εἶναι ἔξω ἀπὸ τὸ κύκλωμα)

Ἄλλος τύπος ρυθμιζομένης ἀντιστάσεως εἶναι τὸ κιβώτιον ἀντιστάσεων ἢ, ὅπως ἀλλῶς λέγεται, ἡ ρυθμιστικὴ ἀντίστασις μετὰ γόμφων (σχ. 144).

Εἰς τὴν ἀντίστασιν τοῦ τύπου αὐτοῦ, ἡ ρύθμισις ἐπιτυγχάνεται μετὰ τὴν χρῆσιν μεταλλικῶν γόμφων, οἱ ὅποιοι εἰσάγονται εἰς καταλλήλους ὑποδοχὰς καὶ θέτουσ οὕτως ἐκτὸς κυκλώματος τὰς ἀντιστάσεις, αἱ ὅποιοι εὐρίσκονται κάτω ἀπὸ τὰς ὑποδοχὰς.

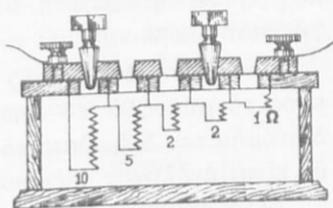
Εἰς τὸ σχῆμα 144 εἶναι ἐκτὸς κυκλώματος αἱ ἀντιστάσεις 10 Ω καὶ 2 Ω καὶ ἂν ἀπομένουσ πρὸς χρῆσιν αἱ ἄλλαι ἀντιστάσεις 5 Ω, 2 Ω καὶ 1 Ω.

Ἄν εἶχον ἐξαχθῆ ὅλοι οἱ γόμφοι, θὰ ἐχρησιμοποιουῖντο ὅλοι αἱ ἀντιστάσεις δηλαδὴ :

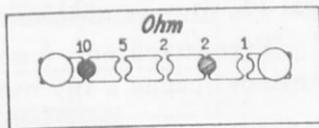
$$10 \Omega + 5 \Omega + 2 \Omega + 2 \Omega + 1 \Omega = 20 \Omega$$

§ 151. Μεταβολὴ τῆς ἀντιστάσεως ἀγωγοῦ συναρτῆσει τῆς διατομῆς τοῦ. Θὰ συγκρίνωμεν τώρα τὰς ἀντιστάσεις ἀγωγῶν οἱ ὅποιοι διαφέρουσ μόνον εἰς τὴν διατομὴν των.

Πείραμα. Εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 141 ἀντικαθιστῶμεν διαδοχικῶς μεταξὺ τῶν σημείων Α καὶ Β, τρία ἰσομήκη ἀγωγὰ σύρματα, π.χ. ἀπὸ σιδηρονικέλιον, μετὰ κοινὸν μήκος 1 m, τὰ ὅποια ἔχουσ διαμέτρους 0,5 mm, 1 mm καὶ 2 mm.



I



II

Σχ. 144. Κιβώτιον ἀντιστάσεων ρυθμισμένον διὰ 8 Ω.

Διατηρούντες μίαν σταθεράν έντασιν ρεύματος, ίσην έστω πρὸς 0,5 A, μετροῦμεν εἰς ἐκάστην περίπτωσηί τήν ἀντίστοιχον διαφορὰν δυναμικοῦ καὶ ὑπολογίζομεν τήν 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 τέσσαρας φορές μικρότερα ($1=4:4$, καὶ $0,25=1:4$). Όστε :

Ἡ ἀντίστασις ἑνὸς ἀγωγοῦ, κατασκευασμένου ἀπὸ ὀρισμένου ὕλικόν καὶ ὁ ὁποῖος ἔχει σταθερὸν μήκος, εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὴν διατομὴν του.

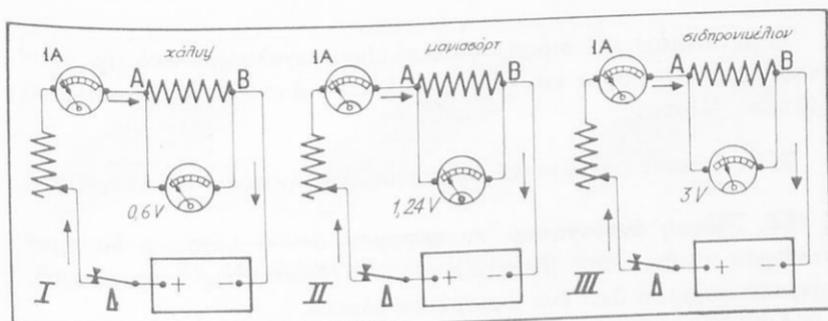
§ 152. Σχέσις μεταξὺ ἀντιστάσεως, μήκους καὶ διατομῆς ἑνὸς ἀγωγοῦ. Γνωρίζομεν ὅτι, ὅταν ἓνα μέγεθος εἶναι ἀνάλογον πρὸς δύο ἀλλὰ ἀνεξάρτητα μεγέθη, τὸ μέγεθος αὐτὸ εἶναι ἀνάλογον καὶ πρὸς τὸ γινόμενον των.

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.

Έχει ἐπικρατήσει ἡ συνήθεια διεθνῶς νὰ παριστάνωμεν μὲ τὸ ἐλληρικὸν γράμμα ρ τὴν τιμὴν τοῦ λόγου αὐτοῦ. Όστε εἶναι :

$$R / \frac{l}{S} = \rho \quad \text{ἢ} \quad R = \rho \cdot \frac{l}{S}$$



Σχ. 145. Ἡ ἀντίστασις ἑνὸς ἀγωγοῦ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ ὕλικόν κατασκευῆς του.

§ 153. Μεταβολὴ τῆς ἀντιστάσεως ἑνὸς ἀγωγοῦ λόγῳ τῆς φύσεως τοῦ ὕλικου του. Θὰ συγκρίνωμεν τὰς ἀντιστάσεις τριῶν ἀγωγῶν, μήκους 0,50 m καὶ διαμέτρου 0,4 mm, οἱ ὅποιοι εἶναι κατασκευασμένοι ἀπὸ χάλυβα, μαγνησόρτ (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 ὑπολογισμοὺς μας.

Φύσις τοῦ ἀγωγοῦ	χάλυψ	μαγνησόρτ	σιδηρονικέλιον
Διαφ. δυναμ. (V)	0,6	1,24	3
Ἔντασις (A)	1	1	1
$R = U/i$ (Ω)	0,6	1,24	3

Ὅπως παρατηροῦμεν, τὰ τρία σύρματα, μολονότι ἔχουν τὰς ἰδίας γεωμετρικὰς διαστάσεις, παρουσιάζουν διαφορετικὰς ἀντιστάσεις εἰς τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα.

Ἡ ἀντίστασις τοῦ σιδηρονικελίου εἶναι μεγαλύτερα ἀπὸ τὴν ἀντίστασιν τοῦ μαγισόρτ καὶ αὐτὴ μεγαλύτερα ἀπὸ τὴν ἀντίστασιν τοῦ χάλυβος. Ὡστε :

Ἡ ἀντίστασις ἐνὸς ἀγωγοῦ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ ὕλικοῦ του.

§ 154. Εἰδικὴ ἀντίστασις. Ἀνεφέρομεν ὅτι ὁ λόγος ρ διατηρεῖ σταθερὰν τιμὴν, ὅταν μεταβάλλωνται αἱ διαστάσεις ἐνὸς ἀγωγοῦ, κατασκευασμένου ἀπὸ ἓνα ὄρισμένον ὕλικόν.

Ἀντιστρόφως ἂν συγκρίνωμεν τὰς ἀντιστάσεις δύο ἀγωγῶν, κατασκευασμένων ἀπὸ διαφορετικὰ ὕλικά, οἱ ὅποιοι ὁμῶς παρουσιάζουν τὰς ἰδίας γεωμετρικὰς διαστάσεις, θὰ ἔχωμεν :

$$R_1 = \rho_1 \cdot \frac{l}{S} \quad \text{καὶ} \quad R_2 = \rho_2 \cdot \frac{l}{S}$$

Οὕτως, ἂν πειραματισθῶμεν μὲ μεταλλικοὺς ἀγωγοὺς ἀπὸ σιδηρονικέλιον καὶ σίδηρον, μὲ τὰς ἰδίας γεωμετρικὰς διαστάσεις, θὰ διαπιστώσωμεν ὅτι ὁ ἀγωγὸς ἀπὸ τὸ σύρμα τοῦ σιδηρονικελίου παρουσιάζει ὀκταπλασίαν ἀντίστασιν ἀπὸ τὸν σιδηροῦν ἀγωγόν.

Ὁ συντελεστὴς ρ , ὁ ὁποῖος ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ ὕλικοῦ κατασκευῆς τοῦ ἀγωγοῦ, ὀνομάζεται εἰδικὴ ἀντίστασις τοῦ ἀγωγοῦ.

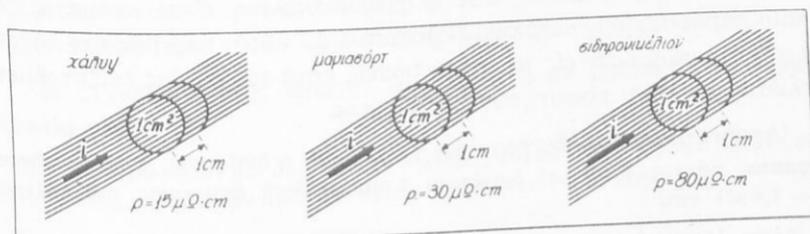
Ὑπολογισμὸς τῆς εἰδικῆς ἀντιστάσεως. Εἰς τὸν τύπον $R = \rho \cdot l/S$ ἐκφράζομεν τὸ μῆκος τοῦ ἀγωγοῦ εἰς ἑκατοστόμετρα, τὴν διατομὴν του εἰς τετραγωνικὰ ἑκατοστόμετρα καὶ τὴν ἀντίστασιν του εἰς μονάδας Ὡμ.

Ἐὰν εἰς τὸν ἀνωτέρω τύπον θέσωμεν $l = 1 \text{ cm}$, $S = 1 \text{ cm}^2$, εὐρίσκομεν ὅτι :

$$R = \rho$$

Ὡστε :

Ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις ἐνὸς ἀγωγοῦ εἶναι ἀριθμητικῶς ἴση πρὸς τὴν ἀντίστασιν ἐνὸς κυλίνδρου, κατασκευασμένου ἀπὸ τὸν ἀγωγὸν αὐτόν, ὁ ὁποῖος ἔχει μῆκος 1 cm καὶ διατομὴν 1 cm^2 (εἰς θερμοκρασίαν 15°C) (σχ. 146).



Σχ. 146. Ειδική αντίσταση διαφόρων υλικών.

Μονάς ειδικής αντίστασης. Ο τύπος $R = \rho \cdot l / S$ όταν λυθεί ως προς ρ δίνει :

$$\rho = R \cdot \frac{S}{l}$$

Εάν θέσωμεν $R = 1 \Omega$, $S = 1 \text{ cm}^2$ και $l = 1 \text{ cm}$, εύρισκομεν την μονάδα της ειδικής αντίστασης. Ωστε :

Η μονάς ειδικής αντίστασης είναι ίση με την ειδικήν αντίστασιν ενός υλικού, το όποιον εις κυλινδρικόν άγωγόν, μήκους 1 cm και διατομής 1 cm^2 , παρουσιάζει αντίστασιν 1 Ω.

Η μονάς αυτή ονομάζεται "Ωμ-έκατοστόμετρον ($\Omega \cdot \text{cm}$).

Συνήθως χρησιμοποιούμεν το υποπολλαπλάσιον της μονάδος αυτής, το μικρο-ώμ-έκατοστόμετρον ($\mu\Omega \cdot \text{cm}$), ίσον με το ένα εκατομμυριοστόν της βασικής μονάδος.

Δηλαδή είναι :

$$1 \Omega \cdot \text{cm} = 10^6 \mu\Omega \cdot \text{cm}$$

Παρατήρησις. Οί καλοί άγωγοί είναι σώματα τα όποια έχουν πολύ μικράν τιμήν ειδικής αντίστασης (άργυρος, χαλκός, άργίλιον). Αντι-

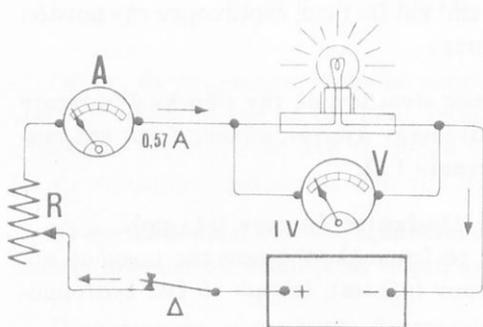
Παράδειγμα ειδικών αντίστασεων διαφόρων υλικών καί κραμάτων εις $\mu\Omega \cdot \text{cm}$			
Άργυρος	1,5	Μαγνησόρτ	30
Χαλκός	1,6	Κοσταντάνη	50
Σίδηρος	10	Σιδηρονικέλιον	80
Νικέλιον	12	Υδράργυρος	94
Μόλυβδος	20	Χρωμονικελίνη	137

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, ἡ 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. Ἀκολουθῶς αὐξάνομεν

προοδευτικῶς τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, μέχρις ὅτου ὁ λαμπτήρ ἀποκτήσῃ τὴν κανονικὴν του φωτεινὴν ἰσχύν.

Σημειοῦντες διὰ διαφόρους τιμὰς τῆς ἐντάσεως τὰς ἀντιστοίχους τιμὰς τῆς τάσεως, ὑπολογίζομεν τὴν ἀντίστασιν καὶ καταστρώνομεν τὸν ἀκόλουθον πίνακα:

Ἐντασις (A)	0,57	1	1,2
Διαφ. δυναμικοῦ (V)	1	3,8	6
Ἀντίστασις $R = U/i$ (Ω)	1,7	3,8	5

“Όπως παρατηρούμεν ή αντίστασις του νήματος πυρακτώσεως αυξάνεται ὅσον γίνεται φωτεινότερον τὸ νήμα. Τὸ νήμα ὁμως φωτοβολεῖ ἐντονώτερον, ὅταν ὑψώνεται ή θερμοκρασία του. “Ὡστε :

Ἡ αντίστασις ἐνὸς ἀγωγοῦ αυξάνεται ὅταν ὑψώνεται ή θερμοκρασία του.

Τὸν ἀνωτέρω νόμον δὲν ἀκολουθοῦν ὁ ἄνθραξ καὶ οἱ ἠλεκτρολύται. “Ὅταν ὑψώνεται ή θερμοκρασία τῶν σωμάτων αὐτῶν, ἐλαττώνεται ή αντίστασις τῶν.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο Σ Ι Σ

1. Ἡ αντίστασις ἐνὸς ἀγωγοῦ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ ἀγωγοῦ καὶ τὰς διαστάσεις του.

2. Ἡ αντίστασις ἐνὸς ἀγωγοῦ σύρματος εἶναι : α) ἀνάλογος πρὸς τὸ μῆκος του, β) ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὴν διατομήν του, καὶ γ) ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ ὕλικὸν κατασκευῆς τοῦ ἀγωγοῦ.

3. Ἡ εἰδική αντίστασις ρ ἐνὸς ἀγωγοῦ σύρματος εἶναι ἀριθμητικῶς ἴση πρὸς τὴν αντίστασιν ἐνὸς ὕλικου, τὸ ὅποιον εἰς κυλινδρικὸν ἀγωγόν, μήκους 1 cm καὶ διατομῆς 1 cm², παρουσιάζει αντίστασιν 1 Ω .

4. Μεταξὺ τῆς ἀντιστάσεως R, τῆς εἰδικῆς ἀντιστάσεως ρ , τοῦ μήκους l καὶ τῆς διατομῆς S ἐνὸς ἀγωγοῦ, ὑφίσταται ή σχέσις:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S}$$

5. Μονὰς εἰδικῆς ἀντιστάσεως εἶναι τὸ 1 $\Omega \cdot \text{cm}$.

6. Ἡ αντίστασις ἐνὸς ἀγωγοῦ αυξάνεται, ὅταν ὑψώνεται ή θερμοκρασία του. Τὸ ἀντίθετον συμβαίνει με τὸν ἄνθρακα καὶ τοὺς ἠλεκτρολύτας.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

135. Σύρμα ἀπὸ σιδηρονικέλιον ἔχει μῆκος 10 cm καὶ ἐμβαδὸν διατομῆς 0,2 mm². Ἡ εἰδική αντίστασις τοῦ σιδηρονικελίου εἶναι 30 $\mu\Omega \cdot \text{cm}$. Νὰ ὑπολογισθῇ ή αντίστασις τοῦ σύρματος. (Ἐπ. $R = 0,15 \Omega$.)

136. Ἡ αντίστασις με τὴν ὁποίαν θερμαίνεται ἓνα ἠλεκτρικὸ σίδηρο εἶναι 40 Ω . Διὰ νὰ τὴν ἀντικαταστήσωμεν χρησιμοποιοῦμεν σύρμα ἐμβαδοῦ διατομῆς 0,005

cm^2 και ειδικής αντίστασως $50 \mu\Omega \cdot cm$. Νά υπολογισθῆ τὸ μῆκος τοῦ σύρματος, τὸ ὁποῖον πρέπει νὰ χρησιμοποιήσωμεν. (Ἐ.Απ. 10 m.)

137. Νά υπολογισθῆ εἰς τετραγωνικά χιλιστά τὸ ἐμβαδὸν τῆς διατομῆς ἐνὸς ἀγωγοῦ, ὁ ὁποῖος ἔχει ἀντίστασιν $0,1 \Omega$. καὶ μῆκος $12,56 m$. Ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις τοῦ μετάλλου ἀπὸ τὸ ὁποῖον εἶναι κατεσκευασμένος ὁ ἀγωγὸς εἶναι $40 \mu\Omega \cdot cm$. (Ἐ.Απ. $50,24 mm^2$.)

138. Ἐνα καλώδιον ἀπὸ χαλκὸν ἔχει εἰδικὴν ἀντίστασιν $\rho = 1,6 \mu\Omega \cdot cm$, κυκλικὴν διατομὴν διαμέτρου $1 mm$ καὶ μῆκος $50 m$. α) Νά υπολογίσετε τὴν ἀντίστασιν του. β) Νά υπολογίσετε τὴν ποσότητα τῆς θερμότητος, ἣ ὁποία ἐλευθερώνεται, ἐὰν ἐπὶ 1ω ραν τὸ καλώδιον διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσσεως $0,5 A$. (Ἐ.Απ. α' 1Ω , περίπου. β' $214,2 cal$, περίπου).

139. Νά εὑρεθῆ τὸ μῆκος σύρματος, τὰ ἄκρα τοῦ ὁποῖου ὄταν συνδεθοῦν μὲ πηγὴν τάσεως $120 V$ διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσσεως $2 A$. Δίδονται : Ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις τοῦ σύρματος : $\rho = 30 \mu\Omega \cdot cm$ καὶ ἡ διάμετρος τῆς κυκλικῆς διατομῆς τοῦ καλωδίου $d = 0,1 mm$. (Ἐ.Απ. $1,5 m$, περίπου.)

140. Ἐνα καλώδιον ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ἔχει μῆκος $5 m$, ἐμβαδὸν διατομῆς $1 mm^2$, ἣ δὲ ἀντίστασις του εἶναι 4Ω . α) Νά υπολογίσετε τὴν ἀντίστασιν ἐνὸς καλωδίου ἀπὸ τὸ ἴδιον ὕλικόν, τῆς ἰδίας διατομῆς, ἀλλὰ μήκους $12 m$. β) Νά υπολογίσετε τὴν ἀντίστασιν ἐνὸς καλωδίου, ἀπὸ τὸ ἴδιον πάλιν ὕλικόν, μήκους $5 m$ ἀλλὰ ἐμβαδοῦ διατομῆς $3 mm^2$. γ) Νά υπολογίσετε τὴν εἰδικὴν ἀντίστασιν τοῦ κράματος, τὸ ὁποῖον χρησιμοποιοῦμεν διὰ τὴν κατασκευὴν αὐτῶν τῶν καλωδίων. (Ἐ.Απ. α' $9,6 \Omega$. β' $1,33 \Omega$. γ' $80 \mu\Omega \cdot cm$.)

141. Ἐνα κύκλωμα περιλαμβάνει συνδεδεμένα ἐν σειρᾷ τὰς ἀκολουθοῦσας συσκευάς : Μίαν γεννήτριαν, ἓνα ἀμπερόμετρον καὶ μίαν ἀντίστασιν. α) Νά υπολογίσετε τὴν τιμὴν τῆς ἀντιστάσεως R , γνωρίζοντες ὅτι ἀποτελεῖται ἀπὸ σύρμα μὲ διάμετρον $0,4 mm$, μῆκος $78,5 cm$ καὶ εἰδικὴν ἀντίστασιν $80 \mu\Omega \cdot cm$. β) Ἐνα βολτόμετρον συνδεδεμένον εἰς τὰ ἄκρα τῆς ἀντιστάσεως R δεικνύει διαφορὰν δυναμικοῦ $20 Volt$. Ποία θὰ εἶναι ἡ ἔνδειξις τοῦ ἀμπερομέτρον. (Ἐ.Απ. α' 5Ω . β' $4 A$)

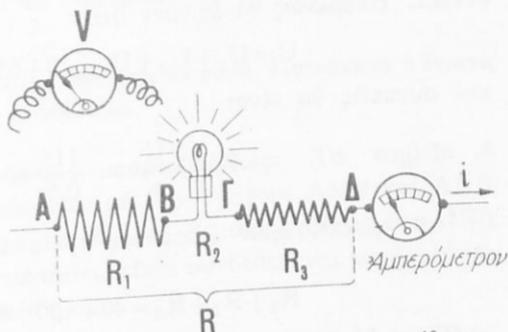
ΑΒ' — ΣΥΝΔΕΞΙΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ

§ 156. Γενιότητες. Ὅταν περισσότεραι τῆς μιᾶς ἀντιστάσεις παρατίθενται εἰς ἓνα κύκλωμα, εἰς τρόπον ὥστε νὰ διαρρέωνται ἀπὸ τὸ ἴδιον ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, λέγομεν ὅτι αἱ ἀντιστάσεις αὗται εἶναι συνδεδεμένοι ἐν σειρᾷ.

Ἐπάρχει ὁμοῦ καὶ ἓνας ἄλλος τρόπος συνδέσεως ἀντιστάσεως, κατὰ τὸν ὁποῖον αἱ ἀντιστάσεις σχηματίζουν διακλαδώσεις καὶ δὲν

διαρρέονται από το ίδιο ρεύμα. Η σύνδεση αυτή λέγεται σύνδεση κατά διακλάδωση ή έν παραλληλῳ.

§ 157. Σύνδεσις ἐν σειρᾷ. Πείραμα. Συνδέομεν μερικὲς ἠλεκτρικὰς ἀντιστάσεις ἐν σειρᾷ, π.χ. μίαν ἠλεκτρικὴν θερμάστραν, ἓνα λαμπτήρα καὶ ἓνα



σχ. 148. Αἱ ἀντιστάσεις ἐν σειρᾷ προστίθενται.

ροοστάτην (σχ. 148), καὶ τὰς τροφοδοτοῦμεν με ἠλεκτρικὸν ρεύμα, τὴν ἔντασιν τοῦ ὁποίου, ἔστω $i = 0,5 \text{ A}$, μετρεῖ ἓνα ἄμπερόμετρον. Διὰ νὰ ὑπολογίσωμεν τὴν ἀντίστασιν ἐκάστης συσκευῆς κεχωρισμένως, μετροῦμεν με ἓνα βολτόμετρον τὴν τάσιν, ἣ ὁποία ἐπικρατεῖ εἰς τὰ ἄκρα τῆς καὶ ἀκολουθῶς ἐφαρμοζόμεν τὸν τύπον $R = U/i$.

Μετροῦντες τὰς τάσεις αἰτίνες ἐπικρατοῦν εἰς τὰ σημεῖα Α, Β, 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 διάταξις, ἣ ἀντίστασις δηλαδὴ ἣ ὁποία περιλαμβάνεται μεταξὺ τῶν σημείων Α καὶ Δ τοῦ κυκλώματος, ὀνομάζεται ὀλικὴ ἀντίστασις τῶν τριῶν συσκευῶν καὶ ὑπολογίζεται με ἐφαρμογὴν τοῦ τύπου $R = U/i$, ὅπου με U παριστᾶται ἣ τάσις μεταξὺ τῶν σημείων Α καὶ Δ, δηλαδὴ ἣ $U_A - U_\Delta$.

Όπως όμως γνωρίζομεν, αϊ τάσεις, όταν είναι διαδοχικαί, προστίθενται. Έπομένως θα έχωμεν ότι :

$$U = U_1 + U_2 + U_3 = 20 + 65 + 30 = 115V$$

καί συνεπώς θα είναι :

$$R = \frac{U}{i} = \frac{115}{0,5} = 230 \Omega.$$

Άν προσθέσωμεν όμως τας τρεις αντίστασεις R_1 , R_2 καί R_3 , εύρισκομεν :

$$R_1 + R_2 + R_3 = 40 + 130 + 60 = 230 \Omega.$$

Όστε θα άληθεύη ή σχέσις :

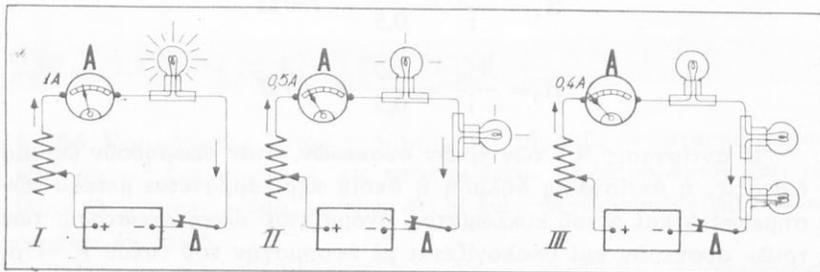
$$R_{ολ} = R_1 + R_2 + R_3$$

Ή ισότης εις τήν όποιαν κατελήξαμεν εκφράζει ότι :

Ή όλική αντίστασις ($P_{ολ}$) μιās ομάδος αντίστασεων, αϊ όποια είναι συνδεδεμένα εν σειρά, είναι ίση με τὸ άθροισμα αυτών των αντίστασεων.

§ 158. Μεταβολή τής έντάσεως. Πείραμα. Εις ένα ήλεκτρικόν κύκλωμα συνδέομεν εν σειρά έναν ροοστάτην, ένα άμπερόμετρον καί ένα λαμπτήρα. Ρυθμιζομεν τόν ροοστάτην, ώστε νά έχωμεν έντασιν ρεύματος 1 A καί κατοπίν συνδέομεν εις τὸ κύκλωμα δεύτερον καί τρίτον λαμπτήρα εν σειρά (σχ. 149). Παρατηροϋμεν τὰ έξης : α) Ή φωτεινή ισχύς των λαμπτήρων έξασθενίζει, β) ή έντασις του ρεύματος ελαττώνεται.

Έφ' όσον αϊ συσκευαί συνδέονται εν σειρά, αυξάνεται ή όλική αντίστασις του



Σχ. 149. Ή έντασις του ρεύματος ελαττώνεται, όταν προσθέσωμεν εις τὸ κύκλωμα αντίστασις εν σειρά.

κυκλώματος, αλλά όταν ο παρονομαστής ενός κλάσματος μεγαλώνει, μικραίνει ή τιμή του κλάσματος. Έπομένως συμπεραίνουμε ότι έφ' όσον $i = U/R$ και μεγαλώνει ή αντίσταση R , μικραίνει ή τιμή του κλάσματος, δηλαδή ή έντασις i του ρεύματος. Ωστε :

Όταν συνδέωμεν εις ένα κύκλωμα συσκευάς εν σειρά, ελαττώνεται ή έντασις του ρεύματος, το όποιον διαρρέει το κύκλωμα.

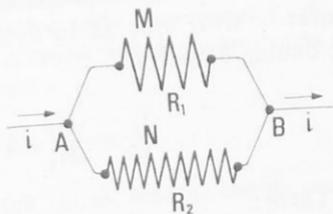
§ 159. Σύνδεσις αντιστάσεων παραλλήλως. Τά σημεία A και B ενός κυκλώματος συνδέονται με δύο άγωγους AMB και ANB , των οποίων αι αντιστάσεις είναι R_1 και R_2 αντίστοιχως (σχ. 150). Λέγομεν ότι αι δύο αυται αντιστάσεις είναι συνδεδεμένοι κατά διακλάδωσιν ή παραλλήλως. Γενικώτερον :

Δύο ή περισσότεραι αντιστάσεις είναι συνδεδεμένοι κατά διακλάδωσιν ή παραλλήλως, όταν τά άκρα των καταλήγουν εις δύο κοινά σημεία του κυκλώματος.

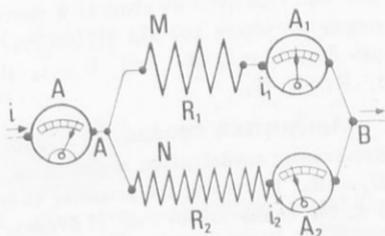
§ 160. Έντασις των διακλαδιζομένων ρευμάτων. α) Το κύριον ρεύμα, έντασεως i , το όποιον κυκλοφορεί εις το κύκλωμα, διακλαδίζεται εις το σημείον A και σχηματίζει δύο ρεύματα, με έντασεις i_1 και i_2 , τά όποια διαρρέουν τας δύο διακλαδιζομένας αντιστάσεις. Τά ρεύματα αυτά ένωνονται και πάλιν εις το σημείον B (σχ. 151).

Αν μετρήσωμεν την έντασιν i του κυρίου ρεύματος με το άμπερόμετρον A και τά έντασεις i_1 και i_2 με τά άμπερόμετρα A_1 και A_2 θα διαπιστώσωμεν ότι :

Η έντασις i του κυρίου ρεύματος είναι ίση με το άθροισμα των έντασεων i_1 και i_2 των διακλαδιζομένων ρευμάτων.



Σχ. 150. Αντιστάσεις συνδεδεμένοι παραλλήλως.



Σχ. 151. Το άθροισμα των έντασεων των διακλαδιζομένων ρευμάτων ισούται προς την έντασιν του κυρίου ρεύματος.

Δηλαδή έχουμε ότι : $i = i_1 + i_2$

β) Κατανομή του κυρίου ρεύματος εις τὰς παραλλήλους ἀντιστάσεις. Ἐστω ὅτι 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 ἀντιστοίχων ρευμάτων i_1 καὶ i_2 καὶ εὐρίσκομεν ὅτι : $i_1 = 0,6 \text{ A}$ καὶ $i_2 = 0,2 \text{ A}$.

Ὅπως παρατηροῦμεν τὸ ρεῦμα i_1 εἶναι τριπλάσιον ἀπὸ τὸ ρεῦμα i_2 . 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 Ὄμ. Πράγματι ἂν εἶναι U ἡ τάσις μεταξὺ τῶν σημείων A καὶ B καὶ ἐφαρμόσωμεν τὸν νόμον τοῦ Ὄμ εις 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 ἐφαρμογὴ : Ἐνα ἠλεκτρικὸν ρεῦμα διακλαδίζεται εἰς δύο ἀντιστάσεις συνδεδεμένας παραλλήλως καὶ τῶν ὁποίων αἱ τιμαὶ εἶναι : $R_1 = 50 \Omega$, $R_2 = 3R_1$. Ἡ ἐνταση τοῦ ρεύματος τὸ ὁποῖον διαρρέει τὴν πρώτην ἀντίστασιν εἶναι 3 A . Νὰ ὑπολογισθοῦν : α) Ἡ ἐνταση τοῦ ρεύματος τὸ ὁποῖον διαρρέει τὴν ἀντίστασιν R_2 καὶ β) ἡ ἐνταση τοῦ κυρίου ρεύματος.

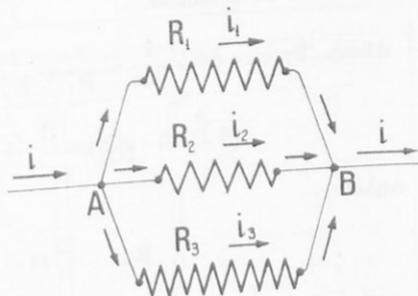
Λύσις. α) Ἐφ' ὅσον ἡ R_2 εἶναι τριπλάσια τῆς R_1 θὰ ἔχωμεν ὅτι : $R_2 = 3 \cdot 50 \Omega = 150 \Omega$.

Ἐφαρμόζοντας τὸν τύπον $i_1 \cdot R_1 = i_2 \cdot R_2$, εὐρίσκομεν: $3 \cdot 50 = i_2 \cdot 150$.
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.

Ὀλικὴ ἀντίσταση ($R_{ολ}$) μιᾶς ὁμάδος ἀντιστάσεων R_1, R_2, R_3 , κλπ., συνδεδεμένων παραλλήλως μεταξύ τῶν σημείων A καὶ B, ὀνομάζεται ἡ ἀντίσταση, ἡ ὁποία ὅταν τοποθετηθῇ εἰς τὴν θέσιν αὐτῶν τῶν ἀντιστάσεων, δὲν μεταβάλλει οὔτε τὴν ἔντασιν i τοῦ κυρίου ρεύματος, οὔτε τὴν τάσιν ἢ ὁποία επικρατεῖ εἰς τὰ σημεία A καὶ B.

Ἐστὼ $R_{ολ}$ ἡ ὀλικὴ ἀντίσταση μιᾶς ὁμάδος τριῶν ἀντιστάσεων R_1, R_2, R_3 , συνδεδεμένων παραλλήλως (σχ. 152). Ἡ $R_{ολ}$ πρέπει νὰ ἔχη τοιαύτην τιμὴν ὥστε, συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τοῦ Ὠμ, νὰ ἔχωμεν:

$$U = R_{ολ} \cdot i \quad \eta \quad i = \frac{U}{R_{ολ}}$$

Ἄν ἐφαρμόσωμεν ἄλλωστε τὸν νόμον τοῦ Ὠμ, εἰς ἐκάστην ἀπὸ τὰς παραλλήλους ἀντιστάσεις, θὰ ἔχωμεν ὅτι:

$$U = R_1 \cdot i_1 \quad \eta \quad i_1 = \frac{U}{R_1}, \quad U = R_2 \cdot i_2 \quad \eta \quad i_2 = \frac{U}{R_2}, \quad U = R_3 \cdot i_3 \quad \eta \quad i_3 = \frac{U}{R_3}.$$

Ἐπειδὴ ὁμοῦς $i = i_1 + i_2 + i_3$ θὰ ἰσχύη ἡ σχέσηεις:

$$\frac{U}{R_{ολ}} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3}$$

ἢ ὁποία 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 συνδεδεμένοι παραλλήλως, τὸ ἀντίστροφον $1/R_{ολ}$ τῆς ὀλικῆς τῶν ἀντιστάσεων $R_{ολ}$ εἶναι ἴσον μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἀντιστρώφων $1/R_1, 1/R_2, 1/R_3$ κλπ. τῶν παραλλήλων ἀντιστάσεων.

Ἀριθμητικὴ ἐφαρμογή: Τρεῖς ἀντιστάσεις $R_1 = 2 \Omega, R_2 = 3 \Omega, R_3 = 5 \Omega$

είναι συνδεδεμένοι παραλλήλως. Νά εὑρεθῆ ἡ ὄλική ἀντίστασις $R_{ολ}$ τῶν τριῶν παραλλήλων ἀντιστάσεων.

Λύσις. Ἔχομεν ὅτι:
$$\frac{1}{R_{ολ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

ἢ
$$\frac{1}{R_{ολ}} = \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{5}, \quad \frac{1}{R_{ολ}} = \frac{31}{30}$$

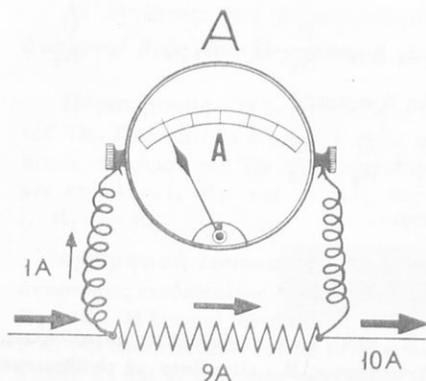
Δηλαδή:

$$R_{ολ} = \frac{30}{31} \Omega = 0,97 \Omega.$$

§ 162. Διακλάδωσις ἀμπερομέτρου. Τὰ ἀμπερόμετρα κατασκευάζονται συνήθως εἰς τρόπον ὅστε νά δύνανται νά χρησιμοποιηθοῦν μέχρι μιᾶς ὠρισμῆνης ἐντάσεως ρεύματος.

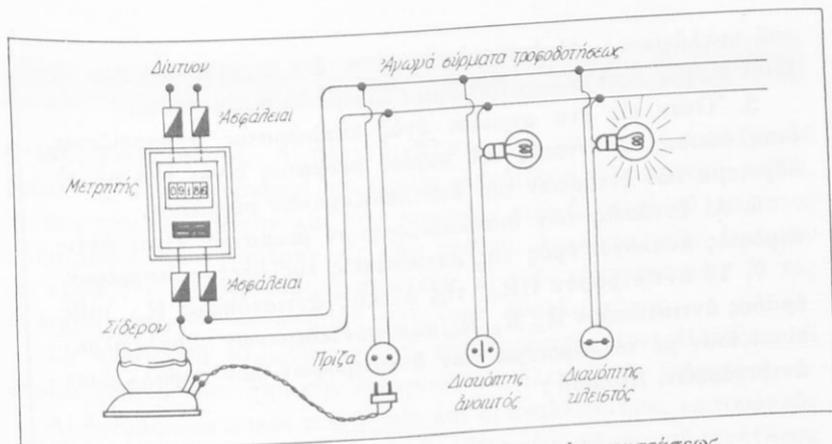
Δυνάμεθα ὁμῶς μέ ἕνα ἀμπερόμετρον νά μετρήσωμεν καί ρεύματα μεγαλύτερας ἐντάσεως, ἀπό ἐκείνην διὰ τήν ὁποίαν κατασκευάσθη τὸ ὄργανον, ἐάν συνδέσωμεν μίαν κατάλληλον ἀντίστασιν παραλλήλως (κατά διακλάδωσιν) πρὸς αὐτό.

Εἰς τήν περίπτωσιν αὐτὴν ἕνα μέρος τοῦ ὄλικου ρεύματος διαρρέει τὸ ἀμπερόμετρον, τὸ δὲ ὑπόλοιπον τήν παράλληλον ἀντίστασιν, ἡ ὁποία ὀνομάζεται *διακλάδωσις τοῦ ἀμπερομέτρου* (σχ. 153). Ἐνα ἀμπερόμετρον διακλαδισμένον, π.χ., εἰς τὸ δέκατον εἶναι ἕνα ὄργανον ἀπὸ τὸ ὁποῖον διέρχεται τὸ 1/10 τοῦ κυρίου ρεύματος. Ἐάν τὸ ὄργανον ἔχη μίαν μόνον κλίμακα καὶ ὁ δείκτης τοῦ δεικνύει π.χ. 2 A, τότε ἡ ἐντάσις τοῦ κυρίου ρεύματος εἶναι 20 A.



Σχ. 153. Ἀμπερόμετρον διακλαδισμένον εἰς τὸ δέκατον.

§ 163. Ἡλεκτρικὴ οἰκιακὴ ἐγκατάστασις. Εἰς τὸ σχῆμα 154 παριστᾶται ἡ διάταξις διανομῆς ρεύματος μέ δύο ἀγωγούς. Ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια χορηγεῖται ἀπὸ τὸ γενικὸν δίκτυον διανομῆς καὶ πρὶν χρησιμοποιηθῆ διέρχεται ἀπὸ τὸν μετρητήν. Τὸ ρεῦμα ἐπίσης διαρρέει διαφόρους ἀσφαλείας, πρὶν καὶ μετὰ ἀπὸ τὸν μετρητήν, καί, ἀφοῦ διέλθη ἀπὸ τὸν γενικὸν διακόπτην, διοχετεύεται μέ πᾶχέα 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 έκαστον δέ λαμπτήρα συνδυάζεται και ένας διακόπτης. Ἡ παράλληλος σύνδεσις παρουσιάζει τὸ πλεονέκτημα ὅτι δυνάμεθα νὰ χρησιμοποιοῦμεν τοὺς λαμπτήρας ἢ τὰς συσκευὰς ἀνεξαρτήτως τὴν μίαν ἀπὸ τὴν ἄλλην.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Δύο ἢ περισσότεραι ἀντιστάσεις εἶναι συνδεδεμένοι ἐν σειρά ὅταν διαρρέωνται ἀπὸ τὸ ἴδιον ρεῦμα.

2. Ἡ ὅλική ἀντίστασις $R_{ολ}$ μιᾶς ὁμάδος ἀντιστάσεων $R_1, R_2, R_3,$ κλπ. συνδεδεμένων ἐν σειρά, εἶναι ἴση με τὸ ἄθροισμα τῶν ἀντιστάσεων τῆς ὁμάδος. Δηλαδή :

$$R_{ολ} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

3. Ἡ σύνδεσις ἀντιστάσεων ἐν σειρά 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 αὗται δὲν διαρρέονται ἀπὸ τὸ ἴδιον ρεῦμα, εἰς τὰ ἄκρα των ὅμως ἐπικρατεῖ ἡ ἴδια τάσις.

5. Ὄταν εἰς ἓνα σημεῖον ἐνὸς κυκλώματος σχηματίζεται διακλάδωσις, ἢ 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 δυνατὰ περιπτώσεις συνδέσεως τριῶν ἀντιστάσεων 1Ω , 2Ω καὶ 3Ω . (Ἄπ. α' 6Ω . β' $0,54 \Omega$. γ' $2,2 \Omega$. δ' $2,75 \Omega$ καὶ ε' $3,66 \Omega$.)

144. Ἐνα ἀμπερόμετρον ἔχει ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν $0,05 \Omega$, δύναται δὲ νὰ μετρήσῃ ηλεκτρικὰ 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 ἀμπερομέτρον-διακλαδώσεως. (Ἄπ. α' $0,006 \Omega$, περίπου. β' $0,005 \Omega$, περίπου)

145. Ἐνα βολτόμετρον εἶναι κατεσκευασμένον ὥστε νὰ δύναται νὰ μετρήσῃ τάσεις μέχρι 30 Volt . Ἡ ἐσωτερικὴ του ἀντίστασις εἶναι 2500Ω . Ἐπιθυμοῦμε νὰ τὸ χρησιμοποιήσωμεν διὰ τὴν μέτρησιν διαφορᾶς δυναμικοῦ μέχρι 240 Volt . Ποίαν διάταξιν πρέπει νὰ υἱοθετήσωμεν καὶ ποίαν ἀντίστασιν πρέπει νὰ χρησιμοποιήσωμεν. (Ἄπ. Σύνδεσιν ἀντιστάσεως R ἐν σειρᾷ, $R=17500 \Omega^*$)

ΛΓ' — ΗΛΕΚΤΡΙΚΑΙ ΠΗΓΑΙ

§ 164. Γενικότητες. Αί ηλεκτρικαί πηγαί ἢ γεννήτριαι ηλεκτρικοῦ ρεύματος, εἶναι συσκευαί αἱ ὅποια ἀποδίδουν ηλεκτρικὸν ρεῦμα.

Διὰ τὴν παραγωγὴν καὶ τὴν παροχὴν τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος χρησιμοποιοῦμεν σήμερον εἰς τὴν πρᾶξιν, ἀναλόγως τῶν ἀναγκῶν ὡς πηγᾶς: 1) Τὰ ηλεκτρικὰ στοιχεῖα· 2) τοὺς συσσωρευτάς· 3) τὰς δυναμοηλεκτρικὰς γεννητρίας καὶ τοὺς ἐναλλακτῆρας.

Τὰ ηλεκτρικὰ στοιχεῖα καὶ οἱ συσσωρευταί εἶναι διατάξεις αἱ ὅποια μετατρέπουν χημικὴν ἐνέργειαν εἰς ηλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

Αἱ δυναμοηλεκτρικαί γεννήτριαι καὶ οἱ ἐναλλακτῆρες λειτουργοῦν συνήθως εἰς τὰ ἐργοστάσια, μὲ τὴν βοήθειαν ἑνὸς θερμικοῦ κινητήρος ἢ ἑνὸς ὑδροστροβίλου. Αἱ γεννήτριαι αὗται μετατρέπουν εἰς ηλεκτρικὴν ἐνέργειαν τὴν μηχανικὴν ἐνέργειαν, τὴν ὁποίαν τοὺς προσφέρει ὁ κινητήρ.

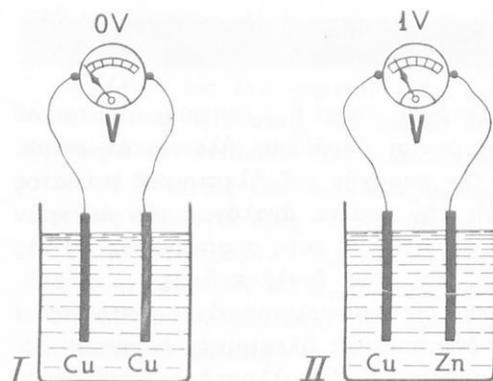
Ἡ ηλεκτρικὴ ἐνέργεια, ἢ ὁποία χρησιμοποιεῖται εἰς τὰς οἰκιακὰς καὶ τὰς βιομηχανικὰς ἐγκαταστάσεις καὶ ἢ ὁποία διανέμεται χάρις εἰς τὸ ηλεκτρικὸν δίκτυον, παράγεται εἰς τοὺς ηλεκτροπαραγωγικοὺς σταθμούς, ὅπου εἶναι ἐγκατεστημέναι αἱ γεννήτριαι παραγωγῆς ηλεκτρικοῦ ρεύματος, ὅπως ἐπίσης οἱ στρόβιλοι ἢ οἱ κινητῆρες οἵτινες τὰς θέτουν εἰς λειτουργίαν.

Γενικῶς ἡ ηλεκτρογεννήτρια πραγματοποιεῖ μετατροπὴν μιᾶς μορφῆς ἐνεργείας εἰς ηλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

Ἐκάστη γεννήτρια συνεχοῦς ρεύματος περιλαμβάνει δύο ἀκροδέκτας ἢ πόλους, τὸν θετικὸν πόλον (+) καὶ τὸν ἀρνητικὸν πόλον (-), μεταξὺ τῶν ὁποίων ὑφίσταται μία ὠρισμένη διαφορά δυναμικοῦ.

Ὅταν οἱ δύο πόλοι ἐνωθοῦν μὲ ἕνα ἀγωγὸν σύρμα, ὁ ἀρνητικὸς πόλος, ὁ ὁποῖος ἔχει πλεόνασμα ηλεκτρονίων, ἀπωθεῖ ταῦτα καὶ τὰ ἀποδίδει εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα. Ὁ θετικὸς πόλος ἔλκει τὰ ηλεκτρόνια. Εἰς αὐτὸ ἀκριβῶς τὸ φαινόμενον τῆς ἑλξεως καὶ τῆς ἀπώσεως τῶν ηλεκτρονίων ἀπὸ τοὺς δύο πόλους ὀφείλεται τὸ συνεχὲς ηλεκτρικὸν 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 (I), τὸ ὁποῖον τοιοῦτοτρόπως δὲν προσβάλλεται χημικῶς ἀπὸ τὸ θεϊκὸν ὄξυ (σχ. 155, II).

Παρατηροῦμεν τότε ὅτι δὲν συμβαίνει οὐδεμία χημικὴ ἀντίδρασις καὶ δι' αὐτὸν τὸν λόγον τὸ θεϊκὸν ὄξυ δὲν προσβάλλει τὸν ἀμαλγαμωμένον ψευδάργυρον, ὅπως ἐπίσης ὅτι ὁ δείκτης τοῦ βολτομέτρου ἀποκλίνει καὶ δεικνύει περίπου 1 Volt.

Ἐὰν ἀκολουθῶς πλησιάσωμεν ἢ ἀπομακρύνωμεν μεταξὺ των τὰ δύο ηλεκτρόδια, ἢ θέσις τοῦ δείκτου δὲν μεταβάλλεται, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον σημαίνει ὅτι :

Ἐπάρχει μία διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν δύο διαφορετικῶν μεταλλικῶν ἐλασμάτων, δηλαδὴ μεταξὺ δύο ηλεκτροδίων διαφορετικῆς φύσεως, ἢ ὁποία εἶναι ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὴν ἀπόστασιν ἧτις τὰ χωρίζει.

Ἡ ὅλη διάταξις, ἢ ὁποία ἀποτελεῖται ἀπὸ τὰ δύο διαφορετικὰ ηλεκτρόδια, βυθισμένα μέσα εἰς τὸ ὀξυνισμένον ὕδωρ ὁμοῦ μὲ τὸ δοχεῖον, ὀνομάζεται **ἠλεκτρικὸν στοιχεῖον**.

Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ ἧτις ἐπικρατεῖ μεταξὺ τῶν ηλεκτροδίων

(1) Ὁ ἀμαλγαμωμένος ψευδάργυρος παρασκευάζεται ἂν τρίψωμεν μὲ στούπι ἓνα τεμάχιον καθαροῦ ψευδαργύρου μέσα εἰς διάλυμα, τὸ ὁποῖον περιέχει ὑδράργυρον καὶ ὀξυνισμένον ὕδωρ (H_2SO_4).

τοῦ στοιχείου, ὅταν δὲν τροφοδοτῆται τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα μὲ ρεῦμα, δύναται νὰ μετρηθῆ με ἓνα βολτόμετρον. Αὕτῃ ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ ὀνομάζεται **ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις** τοῦ στοιχείου.

Πείραμα 3. Κλείομεν τὸ κύκλωμα τῆς στήλης με ἓνα ἀγωγὸν σύρμα καὶ παρεμβάλλομεν ἓνα ἀμπερόμετρον εἰς τὸ κύκλωμα (σχ. 156). Παρατηροῦμεν ὅτι :

α) Ὁ δείκτης τοῦ ἀμπερομέτρου ἀποκλίνει, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον σημαίνει ὅτι ὁ ἀγωγὸς διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα.

Ἀπὸ τὴν διεύθυνσιν τῆς ἀποκλίσεως τοῦ δείκτη τοῦ ἀμπερομέτρου 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 ἐπικάθηται εἰς τὸ ἔλασμα τοῦ χαλκοῦ, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον σημαίνει ὅτι συμβαίνει μία χημικὴ ἀντίδρασις. Αἱ φυσαλλίδες αὗται εἶναι φυσαλλίδες ὑδρογόνου.

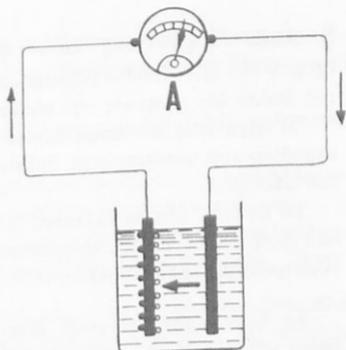
Ἄλλωστε καὶ ὁ ψευδάργυρος προσβάλλεται καί, ἐὰν τὸ πείραμα παραταθῆ, τὸ ἔλασμα τοῦ ψευδαργύρου ἀρχίζει νὰ διαλύεται βραδέως.

γ) Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ἐλαττώνεται ταχύτατα.

Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω πειράματα συμπεραίνομεν ὅτι :

Μεταξὺ δύο ἠλεκτροδίων διαφορετικῆς φύσεως, τὰ ὁποῖα εἶναι βυθισμένα εἰς ἀραιὸν διάλυμα θεικοῦ ὀξέος, ἐμφανίζεται μία διαφορὰ δυναμικοῦ. Ἡ διάταξις αὕτη ἀποτελεῖ ἓνα ἠλεκτρικὸν στοιχείον. Ἡ διαφορὰ τοῦ δυναμικοῦ ἥτις ἐπικρατεῖ μεταξὺ τῶν δύο ἠλεκτροδίων, ὅταν δὲν τροφοδοτῆται με ρεῦμα τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα, ὀνομάζεται **ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις** τοῦ στοιχείου.

Ὅταν συνδέομεν τὰ δύο ἠλεκτρόδια με ἓνα ἀγωγὸν σύρμα, τότε κυκλοφορεῖ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα.



Σχ. 156. Ἡλεκτρικὸν ρεῦμα με ἐλαττωμένην ἔντασιν διαρρέει τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα.

§ 166. Έξήγησις τῶν φαινομένων. Ἡλεκτρόλυσις. Ἐφ' ὅσον ἔχομεν δύο ἠλεκτρόδια βυθισμένα εἰς ἀραιὸν διάλυμα θειικοῦ ὀξέος, τὸ στοιχείον τοῦ Βόλτα δὲν εἶναι εἰς τὴν οὐσίαν τίποτε ἄλλο παρὰ ἓνα βολτάμετρον.

Ἡ ἐμφάνισις τῶν φυσαλλίδων τοῦ ὑδρογόνου καὶ ἡ βραδεία διάλυσις τοῦ ἠλεκτροδίου τοῦ ψευδαργύρου δηλώνουν ὅτι συμβαίνουν χημικαὶ ἀντιδράσεις ἐντὸς τοῦ στοιχείου.

Τὸ ἀγωγὸν σύρμα ἄλλωστε τὸ ὁποῖον συνδέει τὰ δύο ἠλεκτρόδια, διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ ὁποῖον ἀποδίδει ἔργον (ἀπόκλισις τοῦ δείκτη τοῦ ἀμπερομέτρου). Δηλαδή τὸ ἠλεκτρικὸν στοιχείον ἀποδίδει ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν. Ὡστε:

Τὸ ἠλεκτρικὸν στοιχείον εἶναι μία ἀπλή γεννήτρια ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ἡ ὁποία μετατρέπει τὴν χημικὴν ἐνέργειαν εἰς ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

Πολλὰ ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα καταλλήλως συνδεδεμένα, σχηματίζουν ἠλεκτρικὴν στήλην.

§ 167. Πόλωσις τῶν ἠλεκτροδίων. Εἰς τὴν § 165 ἐγνωρίσαμεν ὅτι,

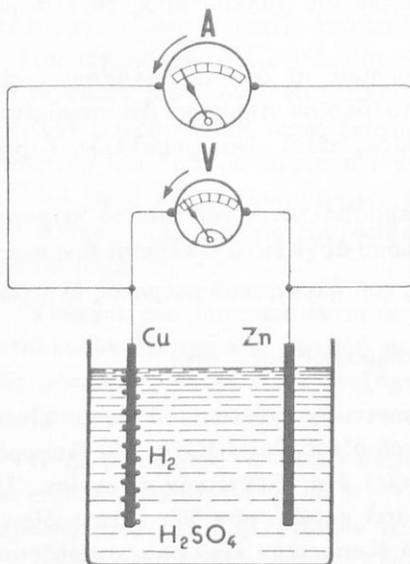
ὅταν ἓνα ἠλεκτρικὸν στοιχείον τροφοδοτεῖ ἓνα ἐξωτερικὸν κύκλωμα, τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐλαττώνεται ταχύτατα καὶ ἐντὸς μικροῦ χρονικοῦ διαστήματος μηδανίζεται (σχ. 157).

Ἀνασύρομεν τὸ χάλκινον ἠλεκτρόδιον, τὸ σπογγίζομεν προσεκτικῶς καὶ τὸ ἐπαναβυθίζομεν εἰς τὸ διάλυμα, συνεχίζοντες τὸ πείραμα.

Ἐὰν καθαρίσωμεν τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ 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, μεταβάλλουσι



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 αρχικόν.

Αί φυμαλλίδες 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 της πολώσεως εξουδετερώνεται είτε με μηχανικά μέσα (καθαρισμός με ένα πτερόν των φυμαλλίδων του υδρογόνου) είτε με χημικά μέσα. Ωστε :

Ο σχηματισμός φυμαλλίδων υδρογόνου εις το χάλκινον ηλεκτρόδιον ενός ηλεκτρικού στοιχείου, προκαλεί πόλωσιν, με αποτέλεσμα την διακοπήν της παροχής ηλεκτρικού ρεύματος.

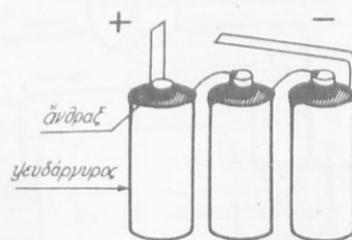
§ 168. Στήλη φανού. Η ηλεκτρική στήλη (σχ. 158), την οποίαν χρησιμοποιούμεν εις τους φανούς της τσέπης, είναι συνδυασμός τριών στοιχείων συνδεδεμένων εν σειρά. Δύο χάλκινα έλάσματα, τά όποια αποτελούν τους πόλους, εξέρχονται από το άνω μέρος της στήλης.

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 τά 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 αντιπολωτικόν 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 έκκυσιν χημικής ένεργείας, ή όποια μετατρέπεται άκο-



λούθως εις ηλεκτρικήν ένεργειαν. Σχ.158. Ξηρά στήλη διά φανόν τσέπης.

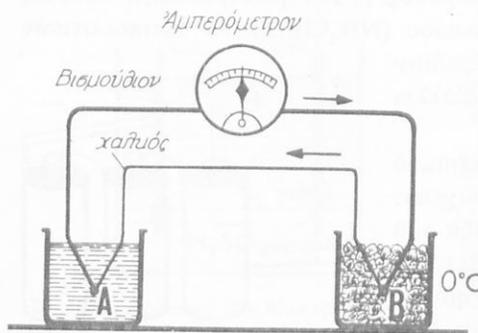
Τὸ ὑδρογόνον τὸ ὁποῖον παράγεται κατὰ τὴν διάρκειαν αὐτῆς τῆς ἀντιδράσεως, ἐνώνεται μὲ τὸ ὀξυγόνον τοῦ ἀντιπλωτικοῦ ὑλικοῦ (MnO_2) καὶ ἐξαφανίζεται. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ἀποφεύγεται ἡ πόλωσις τῆς στήλης.

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 βισμούθιον καὶ χαλκόν, καὶ συγκολλῶμεν τὰ ἄκρα των, παρεμβάλλοντες ἓνα πολὺ εὐαίσθητον ἀμπερόμετρον.

Βυθίζομεν τὴν μίαν συγκόλλησιν εἰς ἓνα δοχεῖον μὲ πάγον, θερμοκρασίας $0^{\circ}C$ καὶ τὴν ἄλλην εἰς ἔλαιον ὑψηλῆς θερμοκρασίας. Παρατηροῦμεν ὅτι ἀναφαίνεται ἓνα ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ἡ ἔντασις τοῦ ὁποίου εἶναι τόσον μεγαλυτέρα, ὅσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ διαφορὰ τῆς θερμοκρασίας τῶν δύο συγκολλήσεων (σχ. 159).

Εἰς αὐτὸ τὸ εἶδος τοῦ στοιχείου, ἡ θερμικὴ ἐνέργεια (ποσότης τῆς θερμότητος ἡ ὁποία ἀποδίδεται εἰς τὴν συγκόλλησιν, ἥτις 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.

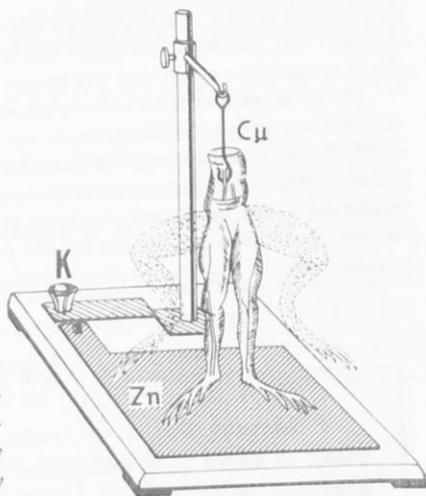
Τὸ θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον εὐρίσκει ἐφαρμογὴν εἰς τὴν κατασκευὴν εὐαίσθητων θερμομέτρων, ὅποτε τὸ ἀμπερόμετρον εἶναι βαθμολογημένον εἰς βαθμοὺς Κελσίου. Ὡστε :

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).



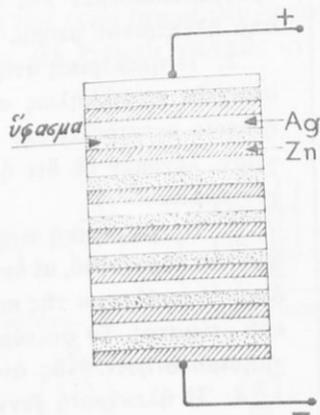
Σχ. 160. Ὄταν πιέσωμεν τὸ κομβίον Κ, ἐπέρχεται ἐπαφή τῶν ἐλασμάτων ἀπὸ χαλκῶν καὶ ψευδάργυρον καὶ οἱ μυῶνες τοῦ βατράχου συσπῶνται.

§ 170. Ἱστορικόν. Ἡ ἀνακάλυψις τῶν ἠλεκτρικῶν στοιχείων, τὰ ὁποῖα εἶναι ἕνας 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 τοῦ σημασίας.

Ὁ Γαλβάνης ἀνέταμε ἕνα βάτραχον, τοῦ ἀφαίρεσε τὸ δέρμα, ἐκράτησε τὰ ὀπίσθια σκέλη καὶ τὸ παρασκευάσμα ἐξήρτησε ἀπὸ τὰ ἰσχυρὰ νεύρα μὲ ἕνα χάλκινον ἔλασμα (σχ. 160). Εἰς τὸ ἔλασμα αὐτὸ εἶχε προσαρμόσει καταλλήλως εἰς τὸ ἕνα τοῦ ἄκρον ἕνα ἔλασμα ἀπὸ ψευδάργυρον, ὁπότε παρετήρησε μὲ ἐκπληξιν ὅτι, ὅταν ἤγγιζε μὲ τὸ ἔλασμα τοῦ ψευδαργύρου τὸ ἕνα σκέλος τοῦ νεύρου παρασκευάσματος τοῦ βατράχου, συνέβαινε σύσπασις τῶν μυῶνων τῶν σκελῶν τοῦ βατράχου.

Διὰ τὴν ἐξηγήσιν τοῦ φαινομένου αὐτοῦ ὁ Γαλβάνης ὑπέθεσεν ὅτι ἡ σύσπασις τῶν μυῶνων ὀφείλεται εἰς τὸν ζωϊκὸν ἠλεκτρισμὸν, ὁ ὁποῖος συμμετρεῖται εἰς τὰ φαινόμενα τῆς ζωῆς καὶ διατηρεῖται ἐπ' ὀλίγον μετὰ τὸν θάνατον.

Τὰ ἀνωτέρω ἔγιναν ταχέως γνωστὰ εἰς πλεονέστερον κύκλον ἐπιστημόνων, μεταξὺ 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. 161. Βολταϊκὴ στήλη.

πείραμα του Γαλβάνη, με βάση την θεωρίαν του ηλεκτρισμού ἐξ ἐπαφῆς μεταξύ 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 ηλεκτρισμὸν καὶ μὲ βάση τὰς ἐρεῦνας ἐκεῖνας κατῳρίωσεν 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, μεταξύ δὲ δύο δίσκων παρεμβάλλεται ἓνα στρῶμα ὑφάσματος, ποτισμένον μὲ ἀραιὸν θεικόν ὀξύ ἢ διάλυμα ἁλατος. Ὅλα σχεδὸν τὰ μέταλλα δύνανται ἀνὰ δύο νὰ ἀποτελέσουν στήλην τοῦ Βόλτα.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Μεταξὺ δύο μεταλλικῶν ηλεκτροδίων διαφορετικῆς φύσεως, τὰ ὁποῖα εἶναι βυθισμένα εἰς ἀραιὸν διάλυμα θεικῶ ὀξέος, ἀναφαίνεται διαφορὰ δυναμικοῦ. Ἡ διάταξις ἀποτελεῖ ηλεκτρικὸν στοιχείον. Ἡ διαφορὰ τοῦ δυναμικοῦ ἥτις ἐπικρατεῖ μεταξύ δύο ηλεκτροδίων, ὅταν δὲν τροφοδοτῆται μὲ ρεῦμα τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα, ὀνομάζεται ηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ στοιχείου.

Ἐὰν συνδέσωμεν τὰ δύο ηλεκτρόδια μὲ ἓνα ἀγωγὸν σύρμα, πραγματοποιοῦμεν ἓνα ἀπλοῦν κύκλωμα, τὸ ὁποῖον διαρρέεται ἀπὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα.

2. Ἡ ηλεκτρικὴ στήλη περιλαμβάνει περισσότερα ηλεκτρικὰ στοιχεῖα καταλλήλως συνδεδεμένα καὶ ἀποτελεῖ μίαν διάταξιν ἢ ὁποῖα μετατρέπει τὴν χημικὴν ἐνέργειαν εἰς ηλεκτρικὴν ἐνέργειαν, λέγομεν δὲ ὅτι ἡ ηλεκτρικὴ στήλη εἶναι μία ηλεκτρικὴ γεννήτρια.

3. Ἡ ηλεκτρικὴ στήλη πολώνεται ἐξ αἰτίας τῶν φουσαλλίδων τοῦ ὕδρογόνου, αἱ ὁποῖαι ἐπικάθηνται εἰς τὸ θετικὸν ηλεκτρόδιον. Ἀποτέλεσμα τῆς πολώσεως εἶναι ἡ ἐλάττωσις τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος. Τὸ φαινόμενον τῆς πολώσεως ἀποτρέπεται μὲ τὴν χρησιμοποίησιν ἐνὸς ἀντιπολωτικοῦ ὑλικῶ (ὀξειδωτικῶν).

4. Ἡ ηλεκτρικὴ γεννήτρια δὲν δημιουργεῖ ηλεκτρικὴν ἐνέργειαν. Ἀπλῶς μετατρέπει ἄλλας μορφὰς ἐνεργείας εἰς ηλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

ΗΛΕΚΤΡΕΓΕΡΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΙΣ

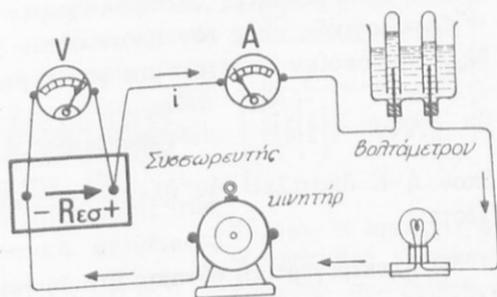
§ 171. Έννοια τῆς ἠλεκτρικῆς ἰσχύος μιᾶς γεννητριάς. Θεωροῦμεν ἕνα κύκλωμα περιλαμβάνον μίαν συστοιχίαν συσσωρευτῶν, ἕνα λαμπτήρα φωτισμοῦ, ἕνα βολτόμετρον μὲ δξυνισμένον ὕδωρ καὶ ἕνα μικρὸν κινητῆρα (σχ. 162).

Ἐστω U ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ, τὴν ὁποίαν δεικνύει τὸ βολτόμετρον, συνδεδεμένον εἰς τοὺς ἀκροδέκτας τῆς συστοιχίας καὶ i ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ κύκλωμα. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ τάσις U εἶναι ἴση μὲ τὴν τάσιν εἰς τὰ ἄκρα τοῦ κυκλώματος.

Ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια μὲ τὴν ὁποίαν τροφοδοτεῖ ἡ συστοιχία τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα, μετατρέπεται : α) εἰς θερμικὴν ἐνέργειαν, μέσα εἰς ὀλόκληρον τὸ κύκλωμα, καὶ ἰδιαιτέρως μέσα εἰς τὸν λαμπτήρα· β) εἰς χημικὴν ἐνέργειαν, μέσα εἰς τὸ βολτάμετρον, καὶ γ) εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν, μέσα εἰς τὸν κινητῆρα.

Ὀνομάζομεν $Neξ$ τὴν ἐνέργειαν ἢ ὁποία καταναλίσκεται ἀνὰ δευτερόλεπτον ἀπὸ τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα, δηλαδὴ ἀπὸ τὸν λαμπτήρα, τὸ βολτάμετρον καὶ τὸν κινητῆρα, ὅποτε ἡ $Neξ$ εἶναι ἴση μὲ τὴν ἰσχύον, ἥτις δαπανᾶται ἀπὸ τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. Θὰ ἔχωμεν συνεπῶς ὅτι : $Neξ = U \cdot i$.

Τὸ ρεῦμα ὁμῶς 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.

ποίας εκλύεται θερμότης. Ἡ ἀντίστασις αὐτῆ $R_{εσ}$, τὴν ὁποίαν συναντᾷ τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα κατὰ τὴν κίνησίν του μέσα εἰς τὴν πηγὴν, λέγεται **ἔσωτερικὴ ἀντίστασις**.

Ἐστὼ $N_{εσ}$ ἡ ἐνέργεια ἡ ὁποία καταναλίσκεται ἀπὸ τὸ φαινόμενον Τζάουλ ἀνά δευτερόλεπτον μέσα εἰς τὴν γεννήτριαν, ὅποτε 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 ἐσωτερικὸν 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 **ισχύς μιᾶς γεννητρίας** εἶναι ἴση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν **ισχύων αἱ ὁποῖαι καταναλίσκονται ἀπὸ τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα καὶ εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τῆς γεννητρίας**.

§ 172. Ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις μιᾶς γεννητρίας. Διὰ νὰ ὑπολογίσωμεν τὴν **ισχὺν $N_{εξ}$** , 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, ὅποτε θὰ ἔχωμεν ὅτι: $N_{εξ} = U \cdot i$.

Ἀναλογικῶς πρὸς τὸν τύπον αὐτὸν γράφομεν ὅτι ἡ ὀλικὴ **ισχύς $N_{ολ}$** , 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 ἣτις εἶναι ἀναγεγραμμένη ἐπάνω εἰς μίαν ἠλεκτρικὴν στήλην, π.χ. 4,5 V, ἀναφέρεται εἰς τὴν ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν τῆς στήλης.

Ἀριθμητικὴ ἐφαρμογή. Ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις μιᾶς συστοιχίας συσσωρευτῶν αὐτοκινήτου εἶναι 6 Βόλτ. Ὄταν ἡ συστοιχία λειτουργῇ κατὰ τὴν ἐκκίνησην 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 εὕρισκομεν:

$$N = 6 \text{ V} \cdot 200 \text{ A} = 1200 \text{ Watt.}$$

§ 173. Ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια μιᾶς γεννητρίας. Ἐὰν μία γεννητρία, 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 ὅμως $N = E \cdot i$, ἡ ἀνωτέρω σχέσις γράφεται:

$$A = E \cdot i \cdot t$$

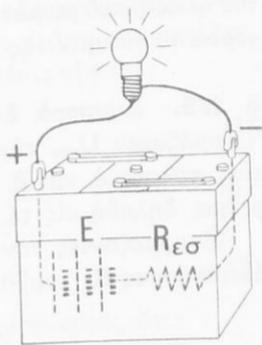
Ἡ δὲ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια A ἐκφράζεται εἰς μονάδας Τζούλ (Joule).

§ 174. Νόμος τοῦ Ὠμ εἰς πλῆρες κύκλωμα.

Ἄς θεωρήσωμεν ἓνα ἠλεκτρικὸν κύκλωμα εἰς τὸ ὁποῖον οἱ καταναλωταὶ (ἀντιστάσεις) μετατρέπουν ὅλην τὴν ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν, τὴν ὁποίαν προσλαμβάνουν εἰς θερμότητα. Αὐτὸ τὸ κύκλωμα ἐπομένως δὲν θὰ περιλαμβάνῃ οὔτε βολτᾶμετρον, οὔτε κινήτηρα (σχ. 163).

Ἐστώσαν R ἡ συνολικὴ ἀντίστασις τῶν καταναλωτῶν, $R_{εσ}$ ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις καὶ E ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς γεννητρίας, i δὲ ἡ ἐντάσις τοῦ ρεύματος τὸ ὁποῖον ἀποδίδει ἡ γεννητρία.

Ἡ ἰσχὺς ἣτις 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, ἐξ αἰτίας τοῦ φαινομένου Τζάουλ, εἶναι ἴση πρὸς $R \cdot i^2$. Ἐξ ἄλλου ἡ ἰσχύς ἢ ὁποία καταναλίσκεται ἀπὸ τὴν ἴδιαν τὴν γεννήτριαν, ἐξ αἰτίας πάλιν τοῦ φαινομένου Τζάουλ, εἶναι ἴση πρὸς $R_{εσ} \cdot i^2$ (μὲ τὴν προυπόθεσιν βεβαίως ὅτι ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τῆς γεννητριάς μετατρέπει ὄλην τὴν ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν, τὴν ὁποίαν λαμβάνει εἰς θερμότητα Τζάουλ).

Ἐπομένως ἡ ὅλική ἰσχύς $N_{ολ} = E \cdot i$, ἥτις ἀποδίδεται ἀπὸ τὴν γεννήτριαν, θὰ εἶναι :

$$N_{ολ} = E \cdot i = R \cdot i^2 + R_{εσ} \cdot i^2$$

Δηλαδή :

$$E = R \cdot i + R_{εσ} \cdot i$$

ἢ

$$E = (R + R_{εσ}) \cdot i$$

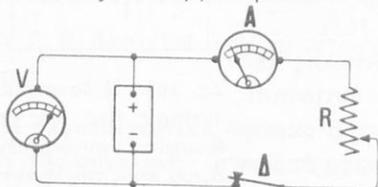
Ἡ ἀνωτέρω σχέσις ἐκφράζει ποσοτικῶς τὸν νόμον τοῦ Ὠμ εἰς πλήρες κύκλωμα.

Ὡστε :

Τὸ γινόμενον τοῦ ἀθροίσματος τῆς ἐξωτερικῆς καὶ τῆς ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως ἐνὸς πλήρους ἠλεκτρικοῦ κυκλώματος ἐπὶ τὴν ἔντασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον τὸ διαρρέει, ἰσοῦται μὲ τὴν ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν τῆς γεννητριάς, ἥτις ὑπάρχει εἰς τὸ κύκλωμα.

§ 175. Διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα μιᾶς γεννητριάς.
Ὀνομάζομεν $U_{γεν}$ τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ, ἢ ὁποία ἐπικρατεῖ εἰς τοὺς πόλους A καὶ B τῆς γεννητριάς (σχ. 164), ὅταν διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα, δηλαδή εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἐξωτερικοῦ κυκλώματος.

Ἐφαρμόζοντες τὸν νόμον τοῦ Ὠμ εἰς τὸ ἐξωτερικόν κύκλωμα, ἀντιστάσεως R, λαμβάνομεν :



Σχ. 164. Διὰ τὴν σπουδὴν τῆς τάσεως εἰς τοὺς πόλους μιᾶς γεννητριάς.

$$U_{γεν} = R \cdot i$$

Ἐπομένως ἡ σχέσις

$$E = R \cdot i + R_{εσ} \cdot i$$

γράφεται :

$$E = U_{γεν} + R_{εσ} \cdot i, \text{ ἢ :}$$

$$U_{γεν} = E - R_{εσ} \cdot i$$

Το γινόμενον $R_{εσ} \cdot i$ ονομάζεται *ώμικη* πτώσις τάσεως ἐντὸς τῆς γεννητρίας.

§ 176. Μέτρησις τῆς ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως μιᾶς γεννητρίας. Διὰ νὰ μετρήσωμεν τὴν ἠλεκτρεγερτικὴν δυνάμιν μιᾶς γεννητρίας συνδέομεν τοὺς δύο πόλους τῆς γεννητρίας με τοὺς ἀκροδέκτας ἐνὸς βολτομέτρου (σχ. 165).

Τὰ βολτόμετρα ἔχουν πολὺ μεγάλην ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν, εἰς τρόπον ὥστε τὸ ρεῦμα, τὸ ὁποῖον διαρρέει αὐτὰ τὰ ὄργανα, νὰ εἶναι ἀσήμαντον.

Ἐὰν R εἶναι ἡ ἀντίστασις τοῦ βολτομέτρου, $R_{εσ}$ ἡ ἀντίστασις τῆς πηγῆς καὶ i ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον προκαλεῖται ἀπὸ τὴν σύνδεσιν τῶν πόλων με τοὺς ἀκροδέκτας τοῦ βολτομέτρου, θὰ ἔχωμεν :

$$E = R \cdot i + R_{εσ} \cdot i$$

Ἐπειδὴ ὅμως ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις $R_{εσ}$ τῆς γεννητρίας εἶναι πολὺ μικρὰ καὶ δυνάμεθα νὰ τὴν παραλείψωμεν, λόγῳ τῆς μεγάλης ἀντιστάσεως R τοῦ βολτομέτρου, ἡ ἀνωτέρω σχέσις γίνεται :

$$E = R \cdot i, \text{ περίπου} \quad (1)$$

Ἄλλὰ ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ $U_{γεν}$ ἡ ὁποία μετρεῖται ἀπὸ τὸ ὄργανον, εἶναι συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τοῦ Ὠμ :

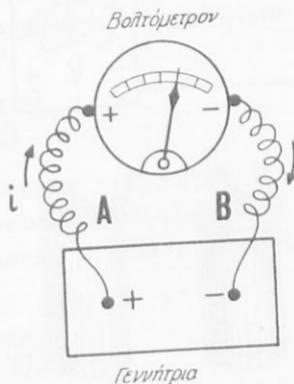
$$U_{γεν} = R \cdot i \quad (2)$$

Ἀπὸ τὰς σχέσεις (1) καὶ (2) συμπεραίνομεν συνεπῶς ὅτι :

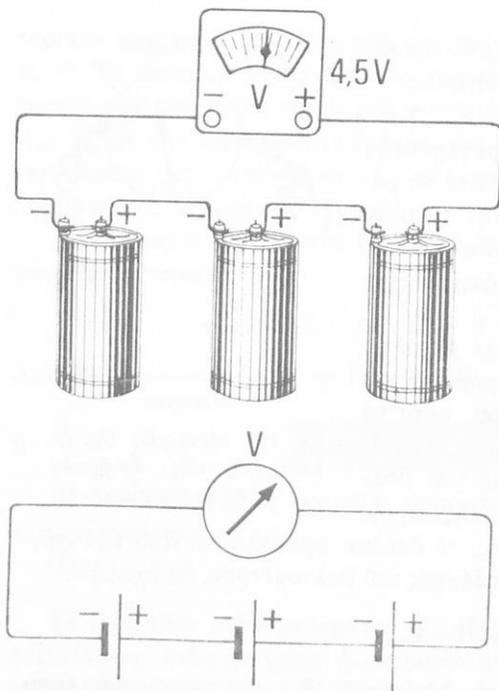
$$E = U_{γεν}, \text{ περίπου.}$$

Ὡστε :

Τὸ βολτόμετρον δεικνύει τὴν ἠλεκτρεγερτικὴν δυνάμιν τῆς γεννητρίας, ὅταν οἱ ἀκροδέκται συνδέωνται με τοὺς πόλους τῆς πηγῆς, χωρὶς νὰ τροφοδοτῆται καὶ τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα.



Σχ. 165. Μέτρησις τῆς ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως μιᾶς γεννητρίας.



Σχ. 166. Συνδεσμολογία τριών ηλεκτρικών πηγών εν σειρά. Είς τὸ κάτω μέρος συμβολικὴ παράστασις.

Ὄταν συνδέσωμεν ἐν σειρά πολλὰς ηλεκτρικὰς πηγὰς, ἡ ηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς συστοιχίας εἶναι ἴση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ηλεκτρεγερτικῶν δυνάμεων τῶν πηγῶν.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Ἡ ὅλικη ἰσχύς N μιᾶς γεννητρίας δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν :

$$N = E \cdot i$$

ὅπου E ἡ ηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς γεννητρίας καὶ i ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον δύναται νὰ χορηγήσῃ ἡ γεννήτρια.

§ 177. Σύνδεσις ἡλεκτρικῶν πηγῶν. Οἱ συσσωρευταὶ, τὰ ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα καὶ αἱ ἡλεκτρικαὶ στήλαι συχνάκις συνδέονται μεταξύ τῶν, ὅποτε σχηματίζονται συστοιχίαι.

Διὰ νὰ κατασκευάσωμεν μίαν συστοιχίαν ἡλεκτρικῶν 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 ἡλεκτρικῶν πηγῶν λέγεται σύνδεσις ἐν σειρά.

Ὅπως δυνάμεθα μὲ ἓνα βολτόμέτρον νὰ ἐξακριβώσωμεν :

2. Ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις εἶναι μέγεθος ἀνάλογον μὲ τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ καὶ μετρεῖται εἰς Βόλτ.

3. Ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια τὴν ὁποῖαν παρέχει μίᾳ γεννήτρια εἰς χρόνον t δίδεται ἀπὸ τὸν τύπον :

$$A = E \cdot i \cdot t$$

4. Ἐὰν E εἶναι ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις μιᾶς πηγῆς, $R_{εσ}$ ἡ ἐσωτερικὴ ἀντιστάσεως τῆς, R ἡ ἀντίστασις τοῦ ἐξωτερικοῦ κυκλώματος καὶ i ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τὸ ὁποῖον χορηγεῖ ἡ πηγὴ, ἰσχύει ἡ σχέσις :

$$E = (R + R_{εσ}) \cdot i$$

Ἡ σχέσις αὕτη ἐκφράζει τὸν νόμον τοῦ Ὠμ εἰς πλήρες κύκλωμα.

5. Ὄταν συνδέωμεν ἠλεκτρικὰς πηγὰς ἐν σειρᾷ, τότε ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς συστοιχίας εἶναι ἴση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἠλεκτρεγερτικῶν δυνάμεων τῶν πηγῶν.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

146. Μία στήλη χορηγεῖ ρεῦμα $0,75 \text{ A}$ ἐπὶ 6 συνεχῶς ὥρας. α) Νὰ ὑπολογισθῇ εἰς Ah καὶ ἀκολουθῶς εἰς Cb , ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἢ ὅποια ἀποδίδεται. β) Νὰ ὑπολογισθῇ ἢ ἐλάττωσις τῆς μάζης τοῦ ἠλεκτροδίου ἀπὸ φενιδάργυρον. (Ἀτομικὸν βάρος $Zn = 65$, σθένος ἰόντος $Zn^{++} = 2$).
(Ἀπ. α' $4,5 Ah$, $16\ 200 Cb$. β' $5,5 \text{ gr}$, περίπου).

147. Δυναμοηλεκτρικὴ γεννήτρια (δυναμὸ) χορηγεῖ ρεῦμα $1\ 000 \text{ A}$ μὲ διαφορὰν δυναμικοῦ 500 Volt . Νὰ ὑπολογισθῇ εἰς Watt καὶ ἀμμοίππους ἢ ἰσχύς τῆς μηχανῆς. (Ἄπ. $500\ 000 \text{ W}$, 679 Ch , περίπου.)
($1 \text{ Ch} = 736 \text{ Watt}$.)

148. Μία δυναμοηλεκτρικὴ γεννήτρια παρουσιάζει εἰς τοὺς πόλους τῆς διαφορὰν δυναμικοῦ 125 Volt καὶ ἔχει ἰσχὴν 10 kW . Νὰ ὑπολογισθῇ ἢ 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 ἢ ἰσχύς τῆς δυναμοηλεκτρικῆς μηχανῆς, β) Ἐὰν ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τοὺς πόλους εἶναι 125 Βόλτ , νὰ ὑπολογισθῇ ἢ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον δύναται νὰ χορηγήσῃ ἡ γεννήτρια αὐτή. (Ἀπ. 40 A .)

150. Μία ηλεκτρική στήλη έχει ηλεκτρεγερτική δύναμιν 10 Volt, εσωτερικὴν ἀντίστασιν 3 Ω καὶ χορηγεί τὸ ρεῦμα τῆς εἰς ἓνα καταναλωτὴν ἀντιστάσεως 5 Ω. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ κύκλωμα. (Ἀπ. 1,25 A.)

151. Μία ηλεκτρική στήλη ἔχει ηλεκτρεγερτικὴν δύναμιν 4,5 Βόλτ. Ὄταν ἐνώσωμεν τοὺς δύο πόλους τῆς στήλης μὲ ἓνα ἀγωγὸν σύρμα, ἀντιστάσεως 2,5 Ω, κυκλοφορεῖ ρεῦμα ἐντάσεως 1,25 A. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τῆς στήλης. (Ἀπ. 1,1 Ω.)

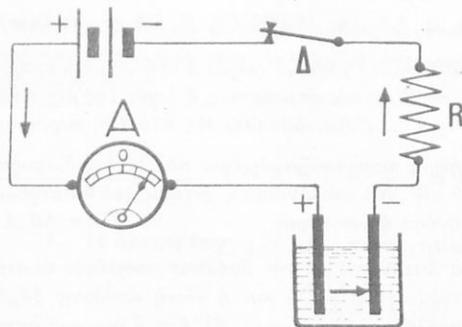
152. Οἱ δύο πόλοι μιᾶς ηλεκτρικῆς στήλης, ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως 1 Ω, εἶναι ἠνωμένοι μὲ ἓνα μεταλλικὸν καλώδιον ἀντιστάσεως 5 Ω. Ἐνα ἀμπερόμετρον, συνδεδεμένον ἐν σειρᾷ, δεικνύει 2 A. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς στήλης. (Ἀπ. 12 V.)

153. Οἱ δύο πόλοι μιᾶς ηλεκτρικῆς στήλης εἶναι συνδεδεμένοι μὲ ἓνα ἀγωγὸν ἀντιστάσεως 3 Ω καὶ ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ των εἶναι 1,5 Volt. Ὄταν τὸ κύκλωμα εἶναι ἀνοικτόν, ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἶναι 2 Volt. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τῆς στήλης. (Ἀπ. 9 Ω.)

ΔΕ' — ΣΥΣΣΩΦΡΕΥΤΑΙ

§ 178. Ἄρχῃ τῆς λειτουργίας τῶν συσσωρευτῶν μολύβδου.

Πείραμα 1. Πραγματοποιούμεν τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 167. Τὸ βολτάμετρον περιέχει διάλυμα θειικοῦ ὀξέος, τὰ δὲ ηλεκτρόδια εἶναι μολύβδιναι πλάκες.

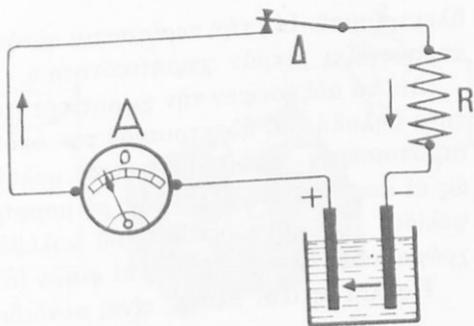


Σχ. 167. Τὸ βολτάμετρον διαρρέεται ἀπὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα.

Ἐὰν κλείσωμεν τὸν διακόπτην, τότε ἡ ηλεκτρικὴ πηγὴ τροφοδοτεῖ τὸ κύκλωμα μὲ ηλεκτρικὸν ρεῦμα, ὃ δὲ δείκτης τοῦ ἀμπερομέτρον ἀποκλείνει πρὸς τὰ δεξιὰ.

Ἀφ' ἡνίομεν ἐπ' ὀλίγον κλειστὸν τὸ κύκλωμα καὶ ἀκολούθως ἀνοίγομεν τὸν διακόπτην Δ, ὁπότε διακόπτεται ἡ παροχὴ τοῦ ρεύματος καὶ ὁ δείκτης τοῦ ἀμπερομέτρον ἐπανέρχεται εἰς τὸ μηδὲν τῆς κλίμακος.

Πείραμα 2. Ἀφαιροῦμεν τὴν ἠλεκτρικὴν πηγὴν τοῦ προηγουμένου κυκλώματος καὶ κλείομεν τὸν διακόπτην (σχ. 168). Παρατηροῦμεν τότε ὅτι ὁ δείκτης τοῦ ἀμπερομέτρου ἀποκλείνει πρὸς τὰ ἀριστερά, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον ἀποδεικνύει ὅτι ἓνα ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, μὲ ἀντίθετον φοράν ἀπὸ τὸ προηγούμενον, διαρρέει τὸ κύκλωμα. Αὐτὸ τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα παράγεται ἀπὸ τὸ βολτάμετρον, τὸ ὁποῖον ἔχει μεταβληθῆ εἰς ἠλεκτρικὴν πηγὴν.



Σχ. 168. Τὸ βολτάμετρον τροφοδοτεῖ τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα μὲ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα.

τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα παράγεται ἀπὸ τὸ βολτάμετρον, τὸ ὁποῖον ἔχει μεταβληθῆ εἰς ἠλεκτρικὴν πηγὴν.

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 ἄνοδος. 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. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ χημικὴ ἐνέργεια ἢ ὁποία ἐκλύεται ὅσον διαρκοῦν αἱ χημικαὶ ἀντιδράσεις, μετατρέπεται εἰς ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

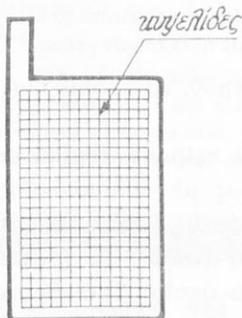
Τὸ φαινόμενον συνεπῶς ἐξελίσσεται ὡς ἐὰν εἶχε *συσσωρευθῆ* (ἀποθηκευθῆ) εἰς τὸ βολτάμετρον ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια, ἢ ὁποία ἀποδίδεται κατόπιν. Αὐτὸς εἶναι ὁ λόγος διὰ τὸν ὁποῖον αἱ γεννήτρια αὐτοῦ τοῦ εἶδους ὀνομάζονται *συσσωρευταί*.

Τὰ δύο πειράματα, τὰ ὁποῖα περιεγράψαμεν, ἀντιστοιχοῦν εἰς τὴν *φόρτισιν* καὶ τὴν *ἐκφόρτισιν* τοῦ συσσωρευτοῦ.

§ 179. Περιγραφή ἑνὸς συνηθισμένου συσσωρευτοῦ. Τὸ βολτάμετρον μὲ τὰ μολύβδινα ἠλεκτρόδια, ἐκφορτίζεται πολὺ ταχέως. Αὐτὸ ὀφείλεται εἰς τὸ γεγονός ὅτι ἀποθηκεύει πολὺ μικρὰν ποσότητα

ήλεκτρισμοῦ. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν λέγομεν ὅτι «ὁ συσσωρευτὴς παρουσιάζει μικρὰν χωρητικότητα».

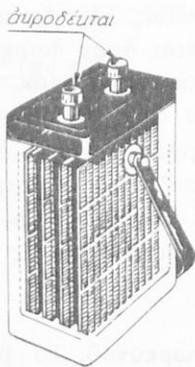
Διὰ νὰ αὐξήσωμεν τὴν χωρητικότητα τοῦ συσσωρευτοῦ, τὴν ποσότητα δηλαδή τοῦ ἡλεκτρισμοῦ τὴν ὁποῖαν δύναται νὰ ἀποδώσῃ, χρησιμοποιοῦμεν ἠλεκτρόδια ἀπὸ μολυβδίνους πλάκας, ἐσκαμμένας ὡς αἱ κυψέλαι τῶν μελισσῶν, μὲ μορφήν πλέγματος (σχ. 169). Αἱ κυψελίδες περιέχουν ὀξειδια τοῦ μολύβδου· αἱ θετικαὶ πλάκες ἔχουν χρῶμα καφέ, ἐνῶ αἱ ἀρνητικαὶ φαῖον (σταχτὴ) πρὸς τὸ κυανοῦν.



Σχ. 169. Πλάξ συσσωρευτοῦ

Πολλαὶ θετικαὶ πλάκες εἶναι συνδεδεμέναι μεταξύ των καὶ τὸ αὐτὸ συμβαίνει μὲ τὰς ἀρνητικὰς πλάκας (σχ. 169). Τὸ σύστημα αὐτὸ τῶν θετικῶν καὶ ἀρνητικῶν πλακῶν τοποθετεῖται μέσα εἰς ἓνα δοχεῖον ἀπὸ μονωτικὸν ὑλικὸν (ὑαλός, ἐβονίτης, πλαστικαὶ ὑλαί, κλπ.) τὸ ὁποῖον περιέχει διάλυμα θεϊκοῦ ὀξέος (σχ. 170).

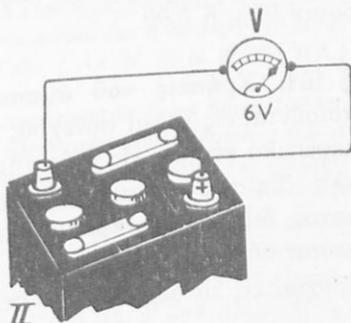
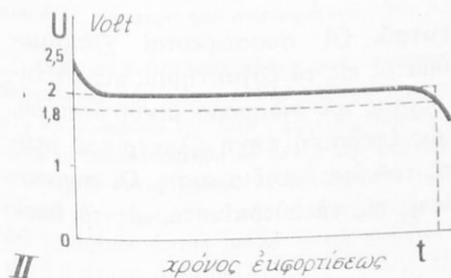
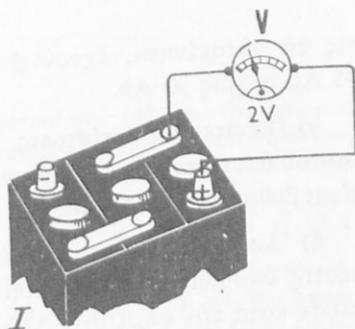
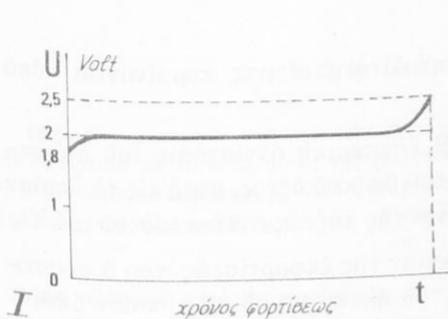
Διὰ νὰ ἀποφύγωμεν τὰ βραχυκυκλώματα τοποθετοῦμε μεταξύ τῶν θετικῶν καὶ ἀρνητικῶν πλακῶν, φύλλα ἀπὸ πορῶδες μονωτικὸν ὑλικὸν (ὑαλοβάμβαξ, πορῶδες ἐλαστικόν).



Σχ. 170. Συσσωρευτὴς μολύβδου.

§ 180. Χαρακτηριστικὰ μεγέθη ἑνὸς συσσωρευτοῦ. α) Ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις. Χρησιμοποιοῦντες ἓνα βολτόμετρον μετροῦμε τὴν ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν E ἑνὸς συσσωρευτοῦ μολύβδου καὶ τὴν εὐρίσκομεν περίπου ἴσην πρὸς 2 V. Ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ αὐτὴ δύναμις εἶναι ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὰς διαστάσεις καὶ τὸ σχῆμα τοῦ συσσωρευτοῦ.

Ὅταν φορτίζεται ὁ συσσωρευτὴς, ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ του δύναμις αὐξάνεται προοδευτικῶς καὶ φθάνει τὰ 2,5 V περίπου (σχ. 171, I). Εὐθὺς ὡς ἀρχίση ἢ ἐκφόρτισις, ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις ὑφίσταται ἀπότομον πτώσιν καὶ κατέρχεται εἰς τὰ 2 V. Εἰς τὴν 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 μιάς συστοιχίας τριών συσσωρευτών.

Εις τὸ τέλος τῆς εκφορτίσεως ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις πίπτει ἀποτόμως κάτω ἀπὸ τὰ 2 V (σχ. 171, II).

Εἰς τὴν πρακτικὴν χρησιμοποιούμεν **συστοιχίας** συσσωρευτῶν, αἱ ὁποῖαι ἀποτελοῦνται συνήθως ἀπὸ τρία ἢ ἕξ στοιχεῖα συσσωρευτῶν, συνδεδεμένα ἐν σειρᾷ, ὅποτε ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς συστοιχίας ἀνέρχεται εἰς $3 \times 2 = 6$ V ἢ $6 \times 2 = 12$ 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 ἑνὸς συσσωρευτοῦ ὀρίζομεν τὴν ποσότητα τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, τὴν ὁποῖαν δύναται νὰ ἀποδώσῃ ὁ συσσωρευτὴς κατὰ τὴν εκφόρτισιν.

Ἡ χωρητικότης ἑνὸς συσσωρευτοῦ εκφράζεται συνήθως εἰς ἀμπερῶρας (Ah).

Αἱ συστοιχεῖαι τῶν συσσωρευτῶν, οἱ ὁποῖοι χρησιμοποιοῦνται

εις τὰ αὐτοκίνητα, ἔχουν χωρητικότητα αἵτινες κυμαίνονται ἀπὸ 45 Ah μέχρις 90 Ah.

γ) Ἐσωτερικὴ ἀντίστασις. Ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τοῦ συσσωρευτοῦ ὀφείλεται εἰς τὸ διάλυμα τοῦ 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 ὁ συσσωρευτῆς ἀποδίδει τὰ 90% περίπου τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, τὸν ὁποῖον ἀπεθήκευσε 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 αὐτοκίνητα, εἰς τὰ ὑποβρύχια, εἰς τὰ ἀεροπλάνα κλπ.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Οἱ συσσωρευταὶ εἶναι πηγαὶ συνεχοῦς ρεύματος, αἱ ὁποῖαι μετατρέπουν χημικὴν ἐνέργειαν εἰς ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

2. Διὰ τὴν λειτουργίαν 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 σειρά δύο ἢ περισσότερα στοιχεῖα καὶ σχηματίζομεν συστοιχίας.

4. Ἡ χωρητικότης τῶν συσσωρευτῶν, ἢ ποσότης δηλαδή 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) Πόσῃ ποσότητι ἠλεκτρικοῦ δυνάμεθα νὰ λάβωμεν. β) Ἐὰν ἡ διάρκεια τῆς ἐκφορτίσεως εἶναι 5 h νὰ εὐρεθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον ἀποδίδεται.
(Ἐ.Α. α' 432 000 Cb. β' 24 A)

155. Θέλομεν νὰ ἐπαναφορτίσωμεν μίαν συστοιχίαν συσσωρευτῶν χωρητικότητος 90 Ah, χρησιμοποιοῦντες ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 9 A. α) Ἐπὶ πόσας ὥρας θὰ πρέπει νὰ φορτίζεται ἡ συστοιχία. β) Νὰ εὐρεθῇ εἰς βατώρας (Wh) ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια, ἣτις παρέχεται ἀπὸ τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ἐὰν ἡ διαφορά τοῦ δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα τοῦ συσσωρευτοῦ εἶναι 6,6 Volt. (Ἐ.Α. α' 10 h. β' 594 Wh.)

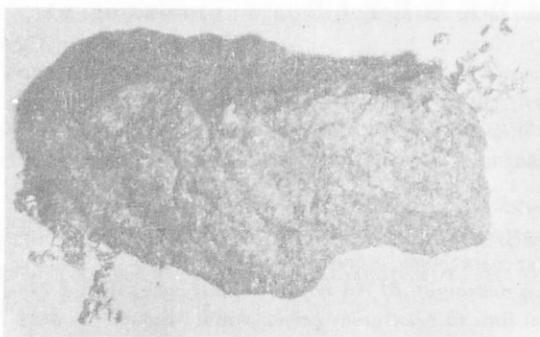
156. Αἱ μολύβδιναι πλάκες μιᾶς συστοιχίας συσσωρευτῶν ἔχουν βάρους 100 κρ. Φορτίζομεν τὸν συσσωρευτὴν χρησιμοποιοῦντες ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 0,5 A ἀνὰ κρ μολύβδου. α) Ἐὰν ἡ φόρτισις διαρκῆ 12 h, νὰ εὐρεθῇ ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρικοῦ ἢ ὅποια ἀπητήθη δι' αὐτὴν τὴν φόρτισιν. β) Κατόπιν ἐκφορτίζομεν αὐτὴν 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, δηλαδὴ ἡ τιμὴ τοῦ λόγου τῆς χωρητικότητος πρὸς τὴν ποσότητα τοῦ ἠλεκτρικοῦ ὃ ὅποιοις ἀπεδόθη.
(Ἐ.Α. α' 600 Ah. β' 500 Ah. γ' 83%.)

157. Ἡ συστοιχία τῶν συσσωρευτῶν (μπαταρία) ἐνὸς αὐτοκινήτου φέρει μίαν μικρὰν πλάκα ἐπάνω εἰς τὴν ὁποίαν ἀναγράφονται τὰ ἑξῆς: Χωρητικότης: 75 Ah. Κανονικὴ ἔντασις φορτίσεως: 7,5 A. Μεγίστη ἐπιτρεπομένη ἔντασις κατὰ τὴν φόρτισιν 12,5 A. Νὰ ὑπολογίσετε: α) Τὸν κανονικὸν χρόνον καθὼς καὶ τὸν ἐλάχιστον χρόνον φορτίσεως. β) Τὸν χρόνον ὃ ὅποιοις θὰ ἀπαιτηθῇ διὰ τὴν ἐκφόρτισιν, ἐὰν τὸ ρεῦμα ἐκφορτίσεως ἔχει ἔντασιν 1,5 A. γ) Τὴν χωρητικότητα εἰς Cb.
(Ἐ.Α. α' 10 h, 6 h. β' 50 h. γ' 270 000 Cb.)

ΛΣΤ' — ΜΑΓΝΗΤΑΙ. ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΠΥΞΙΣ

§ 182. Φυσικοὶ μαγνήται. Ἀπὸ τὴν ἀρχαιότητα, πρὸ 2 500 περὶ τοῦ σιδήρου, ἦτο γνωστὸν ὅτι ἓνα ὄρισμένον ὄρυκτον τοῦ σιδήρου, ὃ μαγνητίτης (Fe_3O_4), ἔχει τὴν ιδιότητα νὰ ἔλκη ἀντικείμενα κατεσκευασμένα ἀπὸ σίδηρον, ὄχι ὁμως καὶ ἀπὸ ξύλον ἢ χαλκόν.

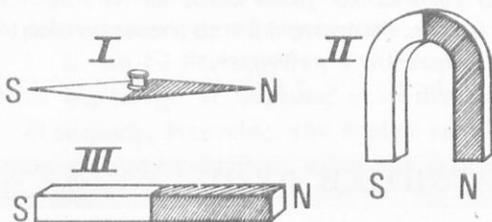
Πείραμα. Βυθίζομεν ἓνα τεμάχιον μαγνητίτου ἐντὸς ρινισμάτων σιδήρου. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι, ὅταν τὸ ἀνασύρωμεν, παραμένει ἐπ' αὐτοῦ προσκολλημένος ἓνας μέγας ἀριθμὸς ρινισμάτων (σχ. 173).



Σχ. 173. Ὁ μαγνητίτης ἔλκει τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου.



Σχ. 174. Εἰς τοὺς τεχνητοὺς μαγνήτας ἡ ἑλκτική δύναμις ἐντοπίζεται κυρίως εἰς τὰ ἄκρα.



Σχ. 175. Μορφαὶ τεχνητῶν μαγνητῶν.

Αὐτὴ ἡ ἰδιότης τοῦ μαγνητίτου, νὰ ἔλκη τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου, ὀνομάζεται **μαγνητισμός**. Λέγομεν δὲ ὅτι ὁ μαγνητίτης εἶναι μαγνητισμένος καὶ ὅτι ἀποτελεῖ ἓνα φυσικὸν μαγνήτην.

Ἔοικα τὰ σώματα τὰ ὁποῖα ἔλκονται ἀπὸ τὸν μαγνήτην ὀνομάζονται **μαγνητικὰ σώματα**. Ὡστε :

Ὁ μαγνητίτης εἶναι ἓνα ὄρυκτόν, τὸ ὁποῖον ἔχει τὴν ἰκανότητα νὰ ἔλκη τὰ διάφορα σιδηρᾶ ἀντικείμενα.

§ 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 ἑλκτικὴ 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, ἀφοῦ μαγνητισθοῦν, ἀποβάλλουν μετ' ὀλίγον τὸν μαγνητισμὸν τῶν. Οὕτως, ἂν λάβωμεν μίαν ράβδον ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον (ἔχι χάλυβα) καὶ τὴν προστρέψωμεν μετ' ἕνα φυσικὸν μαγνήτην, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι, ἐνῶ μαγνητίζεται, μετ' ὀλίγον ἀποβάλλει πάλιν τὸν μαγνητισμὸν τῆς.

Σήμερον ἐκτὸς ἀπὸ τὸν χάλυβα, διὰ νὰ κατασκευάσουν ἰσχυροῦς μονίμους μαγνήτας μετ' μικρὰν μᾶζαν, χρησιμοποιοῦν εἰδικὰ κράματα μετάλλων, ὅπως εἶναι τὸ *κράμα Ἀλνίκο* (Alnico), ἀποτελούμενον ἀπὸ ἀλουμίνιον (Al, νικέλιον (Ni), κοβάλτιον (Co), καθὼς ἐπίσης καὶ ἀπὸ χαλκὸν καὶ σίδηρον.

Τὸ σχῆμα 176 δεικνύει ἕνα τοιοῦτον μαγνήτην, ὁ ὁποῖος δύναται νὰ συγκρατήσῃ βάρους τεσσαρακονταπλάσιον τοῦ βάρους του.

Πείραμα. Κόπτομεν εἰς δύο τεμάχια μίαν μαγνητισμένην ράβδον ἀπὸ χάλυβα. Παρατηροῦμεν ὅτι τὰ δύο αὐτὰ τεμάχια, τὰ ὁποῖα προέκυψαν, ἐξακολουθοῦν νὰ εἶναι ἕκαστον μαγνήτης μετ' ἄν δύο πόλους. Ἐὰν ἐξακολουθήσωμεν τὸν τεμαχισμόν, εἰς ἕκαστον ἀπὸ τὰ τεμάχια, τὰ ὁποῖα θὰ προκύπτουν, θὰ ἔχωμεν πάλιν δύο μαγνητικούς πόλους (σχ. 177).

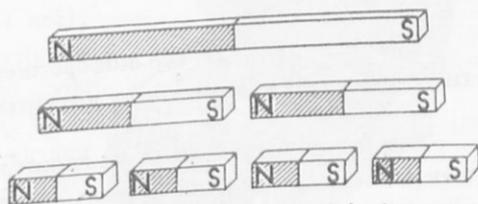
Δηλαδή :

Εἶναι ἀδύνατον νὰ ἀπομονώσωμεν ἕνα μαγνητικὸν πόλον. Οἷοσδήποτε μαγνήτης, ὅσον μικρὸς καὶ ἂν εἶναι, περιλαμβάνει πάντοτε δύο πόλους.

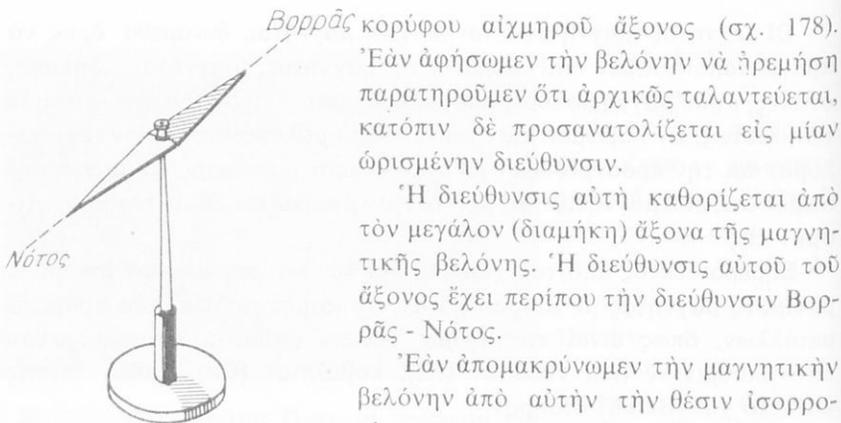
§ 184. Ἐπίδρασις τῆς Γῆς ἐπὶ τῆς μαγνητικῆς βελόνης. Πείραμα. Στιρίζομεν μίαν μαγνητικὴν βελόνην, μαγνήτην δηλαδή εἰς σχῆμα ἐπιμήκουσ ρόμβου, ἀπὸ τὸ κέντρον βάρους τῆς ἐφ' ἑνὸς κατα-



Σχ. 176. Τεχνητός μαγνήτης Ἀλνίκο. 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 αὐτὴν τὴν θέσιν ἰσορροπίας τῆς, 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 τῆς. Παρατηροῦμεν ὅτι αὐτὸ εἶναι ἀδύνατον. Εὐθὺς ὡς τὴν ἀφήσωμεν ἑλευθέραν, ἐπανέρχεται εἰς τὴν ἀρχικὴν τῆς θέσιν οὕτως, ὥστε ὁ ἴδιος πάντοτε πόλος νὰ στρέφεται πρὸς τὸν Βορρᾶν.

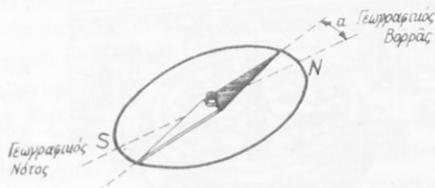
Συμπεραίνομεν λοιπὸν ὅτι οἱ δύο πόλοι τῆς μαγνητικῆς βελόνης δὲν εἶναι ὅμοιοι.

Δι' αὐτὸν τὸν λόγον ὀρίζομεν ὡς βόρειον μαγνητικὸν πόλον (καὶ σημειώνομεν μὲ τὸ γράμμα N, ἀπὸ τὴν λέξιν Nord=Βορρᾶς), 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 ἑλευθέρως 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 τὰ διακρίνωμεν μεταξύ των τούσ δύο πόλους ἑνός 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 βελὼνη εἰς ἓνα ὀρισμένον τόπον καθορίζει τὸν **μαγνητικὸν μεσημβρινὸν** τοῦ τόπου. Εἰς τὴν πραγματικότητα αὐτὴ ἡ διεύθυνσις διαφέρει ὀλίγον ἀπὸ τὴν γεωγραφικὴν διεύθυνσιν Βορρᾶ - Νότου (γεωγραφικὸς μεσημβρινός).

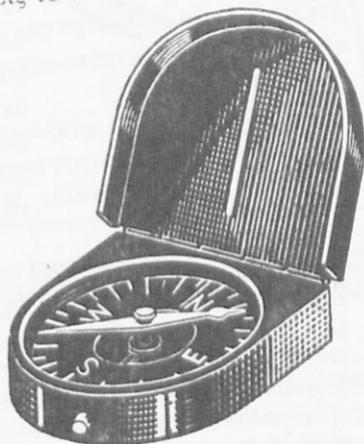
Αὐταὶ αἱ δύο διευθύνσεις σχηματίζουν μεταξύ των μίαν γωνίαν, ἡ ὁποία ἀνομάζεται **ἀπόκλισις** (σχ. 179).

Ἐὰν ὁ βόρειον πόλος μιᾶς μαγνητικῆς βελὼνης εὑρίσκεται ἀριστερὰ ἀπὸ τὸν γεωγραφικὸν μεσημβρινόν, ἡ ἀπόκλισις ὀνομάζεται **ἀναδυτικὴ**. Εἰς τὴν ἀντίθετον περίπτωσιν ἡ ἀπόκλισις ὀνομάζεται **ἀνατολική**.

Ἡ ἀπόκλισις δὲν παραμένει σταθερὰ εἰς ἓνας 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 βελὼνην, ἡ ὁποία στηρίζεται ἐπὶ ἑνὸς κατακορύφου αἰχμηροῦ ἄξονος. Τὸ ὅλον σύστημα εὑρίσκεται μέσα εἰς ἓνα προστατευτικὸν περίβλημα (σχ. 180). Μία κατάλληλος διάταξις ἐπιτρέπει νὰ ἀκίνητοποιοῦμεν τὴν μαγνητικὴν βελὼνην.



Σχ. 180. Συνήθης μαγνητικὴ πυξίς.



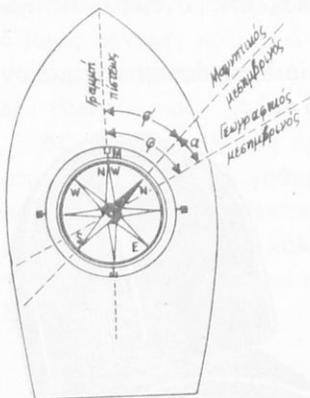
Σχ. 181. Ναυτική πυξίς με έξαρτησιν Καρντάνο.

εἰς τὴν ἀεροπορίαν, διαφέρουν ἀπὸ τὰς κοινὰς πυξίδας. Ἡ διαφορὰ εἶναι ὅτι τὸ κιβώτιον τὸ ὁποῖον τὰς περιέχει, στηρίζεται κατὰ ἕναν εἰδικὸν τρόπον (σύστημα Καρντάνο, Cardano), μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ ὁποῖου ἡ μαγνητικὴ βελὼνη παραμένει πάντοτε ὀριζόντια, παρ' ὅλους τοὺς κλυδωνισμοὺς τοῦ σκάφους (σχ. 181).

Ἡ μαγνητικὴ βελὼνη εἶναι προσηρμοσμένη οὕτως, ὥστε νὰ ἀποτελῇ διάμετρον ἑνὸς γωνιομετρικοῦ κύκλου, ἐπάνω εἰς τὸν ὁποῖον ἔχουν σημειωθῆ τὰ κύρια καὶ τὰ δευτερεύοντα σημεῖα τοῦ ὀρίζοντος.

Ὁ γωνιομετρικὸς αὐτὸς κύκλος ὀνομάζεται **ἀνεμολόγιον**.

Τὰ τέσσαρα κύρια σημεῖα καθορίζονται ἀπὸ τὰ γράμματα N (Βορρᾶς), E (Ἀνατολή), S (Νότος), W (Δύσις). Αἱ ἐνδιάμεσοι ἐνδειξεις σημειώνονται μὲ τὰ ἀκόλουθα ζεύγη γραμμάτων: NE (Βορειοανατολικῶς), SE (Νοτιοανατολικῶς), SW (Νοτιοδυτικῶς) καὶ NW (Βορειοδυτικῶς).



Σχ. 182. Καθορισμὸς τῆς πορείας τοῦ πλοίου. Ἡ γωνία, τὴν ὁποίαν σχηματίζει ἡ γραμμὴ πίστωσης μὲ τὸν γεωγραφικὸν μεσημβρινόν, διορθώνεται συμφώνως πρὸς τὴν ἀπόκλισιν.

Ἐπὶ τῆς θήκης τῆς πυξίδος χαράσσεται μία γραμμὴ, ἡ ὁποία συμπίπτει μὲ τὸν διαμήκη ἄξονα τοῦ πλοίου καὶ ἡ ὁποία ὀνομάζεται *γραμμὴ πίστωσης*.

Ὅταν τὸ πλοῖον στρέφεται, στρέφεται ἐπίσης καὶ ἡ γραμμὴ πίστωσης μετ' αὐτοῦ, ἀλλὰ ἡ βελὼνη καὶ τὸ ἀνεμολόγιον παραμένουν πάντοτε εἰς τὴν ἴδιαν θέσιν.

Διὰ νὰ χαράξωμεν τὴν πορείαν ἑνὸς πλοίου,

καθορίζομεν πρώτον εἰς τὸν ναυτικὸν χάρτην τὴν γωνίαν φ μεταξύ γεωγραφικοῦ μεσημβρινοῦ καὶ τῆς διευθύνσεως τὴν ὁποίαν πρόκειται νὰ ἀκολουθήσῃ τὸ πλοῖον. Ἡ γωνία αὕτη διορθώνεται ὅταν ληφθῇ ὑπ' ὄψιν ἡ ἀπόκλισις α καὶ οὕτω καθορίζεται μία νέα γωνία φ', ἡ ὁποία σχηματίζεται ἀπὸ τὸν μαγνητικὸν μεσημβρινὸν καὶ τὴν γραμμὴν πίστεως τοῦ πλοίου.

Ἀκολουθῶς μὲ τὸ πηδάλιον στρέφεται τὸ πλοῖον μέχρις οὗτο ἡ γραμμὴ πίστεως σχηματίζεται, μὲ τὸν Βορρᾶν τοῦ ἀνεμολογίου τῆς πυξίδος, τὴν ὑπολογισθεῖσαν γωνίαν φ', ἡ ὁποία μένει πλέον σταθερὰ καὶ ρυθμίζει τὴν πορείαν τοῦ σκάφους (σχ. 182).

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Ὁ μαγνήτης παρουσιάζει τὴν ιδιότητα νὰ ἔλκη τὰ σιδηρᾶ καὶ τὰ χαλύβδινα ἀντικείμενα.

2. Οἱ μόνιμοι τεχνητοὶ μαγνήται εἶναι κατασκευασμένοι 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 διεύθυνεται πρὸς τὸν γεωγραφικὸν Βορρᾶν.

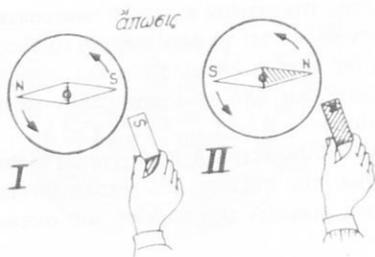
5. Ἡ πυξίς εἶναι βασικῶς μία μαγνητικὴ βελόνη, στρεπτή περὶ κατακόρυφον ἄξονα, ἡ ὁποία προσανατολίζεται κατὰ τὴν διεύθυνσιν Βορρᾶς - Νότος.

6. Ἀπόκλισις εἰς ἓνα τόπον ὀνομάζεται ἡ γωνία, ἣτις σχηματίζεται ἀπὸ τὰς διευθύνσεις τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ καὶ τοῦ γεωγραφικοῦ μεσημβρινοῦ τοῦ τόπου.

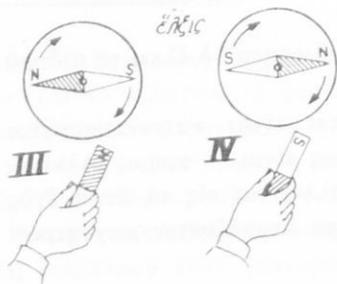
ΑΖ' — ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΙΣ ΤΩΝ ΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΟΛΩΝ

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



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).

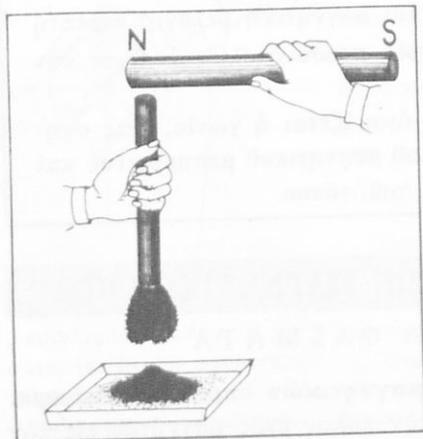


Ἐὰν ἀντιθέτως πλησιάσωμεν τὸν βόρειον μαγνητικὸν πόλον τοῦ μαγνήτου εἰς τὸν νότιον πόλον τῆς μαγνητικῆς βελόνης, ἐμφανίζεται ἔλξις μεταξύ των. Ἐλξις ἐμφανίζεται ἐπίσης καὶ ἐὰν πλησιάσωμεν τὸν νότιον πόλον τοῦ μαγνήτου εἰς τὸν βόρειον πόλον τῆς μαγνητικῆς βελόνης (σχ. 183, III).

Σχ. 183. Οἱ ὁμώνυμοι μαγνητικοὶ πόλοι ἀπωθοῦνται καὶ οἱ ἑτερόνυμοι ἔλκονται.

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 τοποθετηθῇ πολὺ πλησίον εἰς ἓνα μαγνήτην, τότε μολονότι τὸ τεμάχιον τοῦ μαλακοῦ σιδήρου δὲν ἐφάπτεται εἰς τὸν μαγνήτην, ἀποκτᾷ ἐν τούτοις τὴν ἰκανότητα νὰ ἔλκη τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου (σχ. 184). Δηλαδή ὁ μαλακὸς σίδηρος μετεβλήθη καὶ αὐτὸς εἰς μαγνήτην.

Δυνάμεθα νὰ διαπιστώσωμεν μὲ μίαν μαγνητικὴν βελόνην, ὅτι τὸ

ἄκρον τοῦ μαλακοῦ σιδήρου, τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται ἔναντι τοῦ βορείου μαγνητικοῦ πόλου τοῦ μαγνήτου, ἔγινε νότιος μαγνητικὸς πόλος, ἐνῶ τὸ ἄλλον του ἄκρον βόρειος μαγνητικὸς πόλος. Αὐτὴ ἡ μαγνήτισις, τὴν ὁποῖαν 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 ἓνα τεμάχιον χάλυβος. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι καὶ αὐτὸς μαγνητίζεται, ὅταν πλησιάσωμεν τὸν μόνιμον μαγνήτην· ἐὰν ὅμως ἀπομακρύνωμεν τὸν μόνιμον μαγνήτην, ὁ χάλυψ δὲν ἀποβάλλει τὴν μαγνήτισίν του καὶ ἐξακολουθεῖ νὰ συγκρατῆ τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου. Δηλαδὴ ἡ μαγνήτισις τοῦ χάλυβος εἶναι **μόνιμος**.

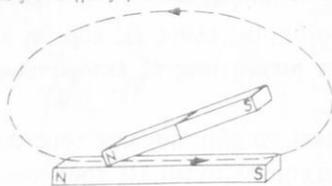
Οὕτως ἐξηγεῖται ὁ λόγος διὰ τὸν ὁποῖον οἱ τεχνητοὶ μαγνήται κατασκευάζονται ἀπὸ χάλυβα. Ὡστε :

Ἡ μαγνήτισις ἐξ ἐπιδράσεως τοῦ χάλυβος εἶναι μόνιμος.

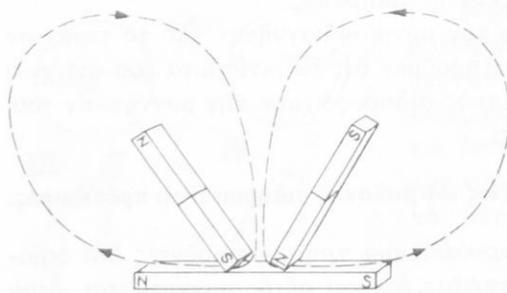
§ 190. Στοιχειώδεις τρόποι μαγνητίσεως. α) **Μαγνήτισις δι' ἀπλῆς ἐπαφῆς.** Κατὰ τὴν μέθοδον αὐτὴν εἰς τὴν ράβδον ἧτις πρόκειται νὰ μαγνητισθῆ, ἐφάπτομεν μὲ κλίσιν τὸν βόρειον πόλον ἑνὸς μαγνήτου (σχ. 185, I). Κατόπιν μετακινούμεν προστρίβοντες τὸν μαγνήτην, ὅπως δεικνύει ἡ ἐστιγμένη γραμμὴ, δηλαδὴ ὅπως ὅταν κτενιζώμεθα, καὶ οὕτως ἡ χαλυβδίνη ράβδος γίνεται καὶ αὐτὴ μαγνήτης.

β) **Μαγνήτισις διὰ διπλῆς ἐπαφῆς.** Χρησιμοποιοῦμεν μὲ τὴν μέθοδον αὐτὴν δύο μονίμους μαγνήτας, τοὺς ὁποῖους τοποθετοῦμεν ἐπάνω εἰς τὴν ράβδον, τὴν ὁποῖαν 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 μαλακὸν σιδήρον τοποθετηθῆ πλησίον ἐνὸς ἰσχυροῦ μονίμου μαγνήτου, ὁ μαλακὸς σίδηρος γίνεται καὶ αὐτὸς παροδικὸς μαγνήτης.

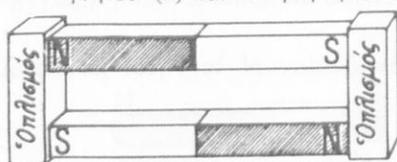


I

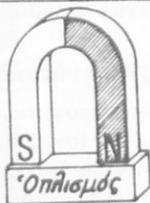


II

Σχ. 185. Μαγνήτισις με προστριβὴν ἐνὸς μαγνήτου (I) καὶ δύο μαγνητῶν (II).



I



II

Σχ. 186. Τρόπος διατηρήσεως μαγνητῶν.

Διὰ νὰ παρεμποδίσωμεν τὴν ἀπομαγνήτισιν μονίμων μαγνητῶν, τοὺς διατάσσομεν ὅπως δεικνύεται εἰς τὸ σχ. 186, κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε οἱ ἑτερώνυμοι μαγνητικοὶ πόλοι νὰ εὐρίσκονται ὁ ἓνας ἐναντι τοῦ ἄλλου, τοποθετοῦντες ἐν ἐπαφῇ πρὸς τοὺς πόλους τεμάχια μαλακοῦ σιδήρου, τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται ὀπίσιμοι (σχ. 186).

§ 192. Μαγνητικὸν πεδίου ἐνὸς μαγνήτου. Ἐκαστος μαγνήτης ἀσκει τὴν ἐπίδρασιν του εἰς ἓνα ἀρκετὰ μεγάλο τμήμα τοῦ χώρου ὃ ὁποῖος τὸν περιβάλλει.

Ἐάν φέρωμεν μίαν μαγνητικὴν βελόνην πλησίον ἐνὸς μονίμου μαγνήτου, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ βελὼν ἀποκλίνει. Ἄλλωστε ἐάν εἰς

δ) Μαγνήτισις δι' ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἰσχυροὺς μαγνήτας κατασκευάζομεν με τοποθέτησιν χαλυβδίνων ράβδων ἐντὸς πηνίων, τὰ ὁποῖα διαρρέονται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ὅπως θὰ μελετήσωμεν εἰς ἐπόμενα κεφάλαια.

§ 191. Διατήρησις τῶν μαγνητῶν. Εἰς τὴν περιπτώσιν 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.

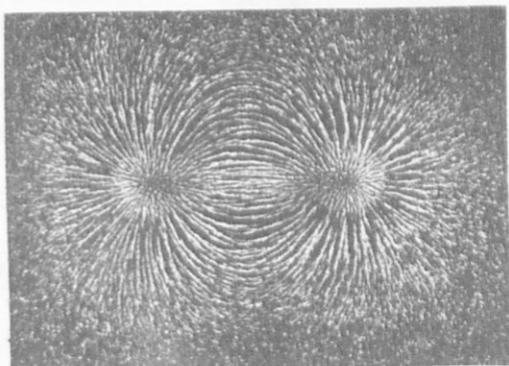
τὸν μαγνήτην πλησιάσωμεν ρινίσματα σιδήρου παρατηροῦμεν ὅτι αὐτὰ ἔλκονται.

Συμπεραίνομεν λοιπὸν ὅτι εἰς τὸν γειτονικὸν τοῦ μαγνήτου χῶρον, παρουσιάζονται μαγνητικαὶ δυνάμεις.

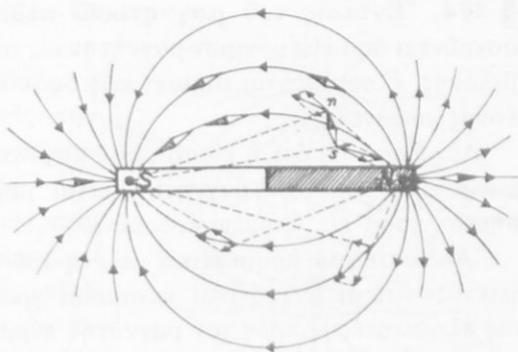
Ὅνομάζομεν μαγνητικὸν πεδίου τὴν περιοχὴν τοῦ χώρου, ἐντὸς τῆς ὁποίας ἐκδηλώνονται μαγνητικαὶ δυνάμεις.

§ 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 σχηματίζουν 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 ἓναν 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.

μᾶς μαγνητικῆς δυναμικῆς γραμμῆς, παρατηροῦμεν ὅτι ὁ διαμήκης ἄξων τῆς βελόνης παραμένει συνεχῶς ἐφαπτόμενος εἰς τὴν δυναμικὴν γραμμὴν (σχ. 188). Δυνάμεθα ἐπομένως νὰ εἰπώμεν ὅτι :

Μαγνητικὴ δυναμικὴ γραμμὴ εἶναι ἡ γραμμὴ ἐκείνη εἰς ἕκαστον σημεῖον τῆς ὁποίας ἐφάπτεται ὁ διαμήκης ἄξων τῆς μαγνητικῆς βελόνης.

Ἐς θεωρήσωμεν τώρα ὅτι ὁ βόρειος πόλος τῆς μαγνητικῆς βελόνης δύναται νὰ μετακινηθῆ ἑλευθέρως. Θὰ παρατηρήσωμεν τότε ὅτι ἀπωθεῖται ἀπὸ τὸν βόρειον μαγνητικὸν πόλον τοῦ μόνιμου μαγνήτου, ἐνῶ συγχρόνως ἔλκεται ἀπὸ τὸν νότιον μαγνητικὸν πόλον του, ἀκολουθῶν τὴν δυναμικὴν γραμμὴν με φορὰν ἀπὸ τὸν Βορρᾶν (N) πρὸς τὸν Νότον (S). Οὕτω λέγομεν ὅτι ἡ φορὰ αὐτὴ εἶναι ἡ φορὰ κατὰ τὴν ὁποίαν διαγράφεται ἡ δυναμικὴ μαγνητικὴ γραμμὴ. Ὡστε :

Αἱ μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαὶ ἐξέρχονται ἀπὸ τὸν Βόρειον μαγνητικὸν πόλον καὶ εἰσέρχονται εἰς τὸν Νότιον πόλον τοῦ ραβδομόρφου μαγνήτους.

Ἡ διεύθυνσις καὶ ἡ φορὰ τῶν δυναμικῶν γραμμῶν καθορίζουν τὴν διεύθυνσιν καὶ τὴν φορὰν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς ἕκαστον σημεῖον τοῦ χώρου.

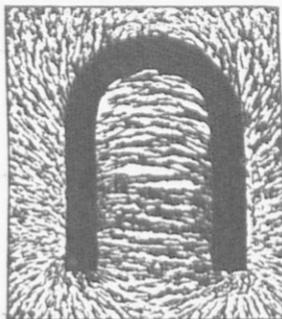
§ 194. Ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Αἱ δυνάμεις, αἵτινες ἀσκοῦνται ἀπὸ ἓνα μόνιμον μαγνήτην εἰς τοὺς πόλους μᾶς μαγνητικῆς βελόνης, ἐλαττώνονται σημαντικῶς ὅσον ἡ ἀπόστασις μαγνήτου - βελόνης αὐξάνεται.

Λέγομεν τότε ὅτι ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ ὁποῖον δημιουργεῖται ἀπὸ τὸν μαγνήτην, εἶναι μεγαλυτέρα εἰς πλησιέστερα σημεῖα παρὰ εἰς 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 ὠρισμένον σημεῖον ἔχει τόσον με-

γαλύτεραν έντασιν, ὅσον πυκνότεραι εἶναι αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἰς τὴν περιοχὴν αὐτοῦ τοῦ σημείου.



Σχ. 189. Φάσμα πεταλοειδοῦς μαγνήτου.

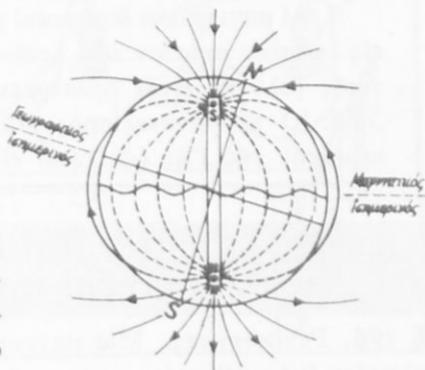
Ἐὰς θεωρήσωμεν τὸ μαγνητικὸν φάσμα ἑνὸς πεταλοειδοῦς μαγνήτου (σχ. 189). Αἱ μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἰς τὸν χῶρον ὁ ὅποιος παρεμβάλλεται μεταξὺ τῶν δύο πόλων τοῦ μαγνήτου, εἶναι εὐθείαιπαράλληλοι καὶ ἰσαπέχουσαι. Λέγομεν τότε ὅτι εἰς αὐτὴν τὴν περιοχὴν τὸ μαγνητικὸν πεδίον εἶναι ὁμογενές ἢ ἀλλῆως ὅτι ἡ έντασις του εἶναι σταθερά. Ὡστε :

Ἐνα μαγνητικὸν πεδίον εἶναι ὁμογενές, ὅταν εἰς ἕκαστον σημεῖον του ἡ έντασις του διατηρῆται σταθερά.

§ 195. Μαγνητικὸν πεδίον τῆς γῆς. Καθὼς γνωρίζομεν, ἔὰν 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 αὐτή, θὰ ὑπάρχη εἰς τὴν περιοχὴν τῆς Γῆς ἕνα μαγνητικὸν πεδίον.

Αὐτὸ τὸ μαγνητικὸν πεδίον, τὸ ὁποῖον ὑπάρχει μόνιμως εἰς τὴν περιοχὴν τῆς Γῆς, ὀνομάζεται γήϊνον μαγνητικὸν πεδίον.

Δηλαδή, ἡ Γῆ συμπεριφέρεται ὡς ἕνας τεράστιος μαγνήτης, οἱ μαγνητικοὶ πόλοι τοῦ ὁποῖου εὐρίσκονται πλησίον τῶν πολικῶν περιοχῶν της (σχ. 190). Ὁ ἕνας ἀπὸ τοὺς μαγνητικοὺς πόλους τῆς Γῆς εὐρίσκεται πλησίον τοῦ βορείου γεωγραφικοῦ πόλου, εἰς τὸ βόρειον



Σχ. 190. Τὸ γήϊνον 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 ἑλκτικὴ δύναμις ἢ ἀπωστικὴ 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 πεδίων ὀνομάζομεν τὴν περιοχὴν τοῦ χώρου εἰς τὴν ὁποίαν ἐμφανίζονται μαγνητικαὶ δυνάμεις.

4. Τὸ μαγνητικὸν φάσμα ἐνὸς μαγνήτου σχηματίζεται ἂν διασπείρωμεν ρινίσματα σιδήρου ἐπὶ ἐνὸς τεμαχίου χαρτονίου ἢ ὑάλου, κάτω ἀπὸ τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται ὁ μαγνήτης. Τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου διατάσσονται κατὰ μῆκος ὀρισμένων καμπυλῶν ἢ εὐθειῶν γραμμῶν, αἱ ὁποῖαι ὀνομάζονται μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαί.

5. Αἱ μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαί εἶναι αἱ γραμμαί 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 γῆτινον μαγνητικὸν πεδίων.

ΔΗ'—ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΟΥ ΑΓΩΓΟΥ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ ΣΩΛΗΝΟΕΙΔΟΥΣ

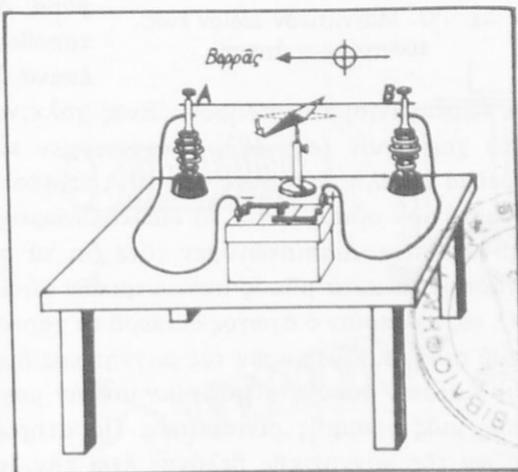
§ 196. Γενικότητες. Μία μαγνητικὴ βελὼνῃ ἢ ὁποία τοποθετεῖται πλησίον ἐνὸς εὐθυγράμμου ἀγωγοῦ, ὁ ὁποῖος διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἀποκλίνει. Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐπομένως δημιουργεῖ μαγνητικὸν πεδίων γύρω ἀπὸ τοὺς ἀγωγούς τοὺς ὁποῖους διαρρέει.

§ 197. α) Εὐθύγραμμος ἄγωγός. Πείραμα τοῦ Ἔρστετ (*Oersted*). Λαμβάνομεν μίαν μαγνητικὴν βελόνην καὶ τὴν ἀφήνομεν νὰ ἰσοροπήσῃ. Καθὼς παρατηροῦμεν, ἡρεμεῖ εἰς τὴν θέσιν διὰ τὴν ὁποίαν ὁ διαμήκης ἄξων τῆς ἔχει τὴν διεύθυνσιν Βορρᾶς - Νότος. Κατόπιν τοποθετοῦμεν ἐπάνω ἀπὸ τὴν μαγνητικὴν βελόνην ἓνα εὐθύγραμμον ἄγωγόν *AB*, παράλληλον πρὸς τὸν διαμήκη ἄξονά τῆς, καὶ διαβιβάζομεν εἰς τὸν ἄγωγὸν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἀποκλίνει κατὰ μίαν ὀρισμένην γωνίαν (σχ. 191).

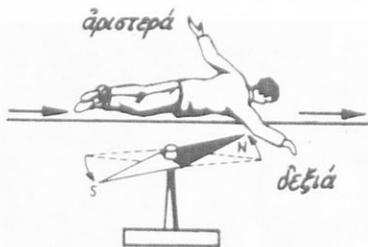
Ἐὰν αὐξήσωμεν κατόπιν τὴν ἔντασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸν ἄγωγόν, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἀπόκλισις τῆς βελόνης αὐξάνεται καὶ ὅταν ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος αὐξηθῇ ἀκόμη περισσότερον, ἡ ἀπόκλισις πλησιάζει τὰς 90° , δηλαδὴ ἡ βελόνη τείνει νὰ διαταχθῇ καθέτως πρὸς τὸν ἄγωγόν.



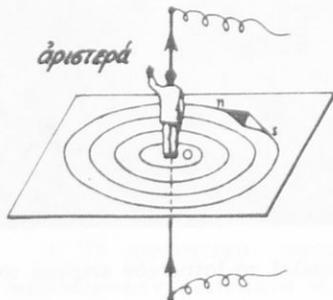
Ὁ Ἔρστετ ἐκτελεῖ τὸ ἱστορικὸν πείραμά του.



Σχ. 191. Πείραμα τοῦ Ἔρστετ. Ὄταν διέλθῃ ρεῦμα, ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἀποκλίνει.



Σχ. 192. Κανών του παρατηρητού του 'Αμπέρ.



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 μῆς 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 'Αμπέρ. Ἡ φορὰ τῆς ἀποκλίσεως εὐρίσκεται μὲ τὸν ἀκόλουθον κανόνα τοῦ 'Αμπέρ:

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 ὀριζοντιῶς εἰς τὴν ἐπάνω ὄψιν τοῦ ὁποῖου ἔχομεν δια-

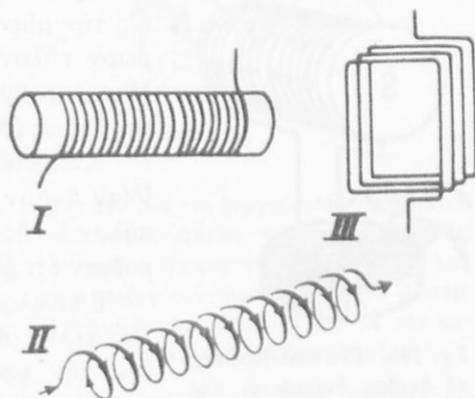
Ἐάν χρησιμοποιήσωμεν τὸν κανόνα τοῦ Ἄμπέρ, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἀριστερά χεὶρ τοῦ παρατηρητοῦ μᾶς δίδει τὴν φοράν, κατὰ τὴν ὁποίαν διαγράφονται αἱ μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαὶ. Ἐάν ἀλλάξωμεν τὴν φοράν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ διεύθυνσις τῆς μαγνητικῆς βελόνης παραμένει ἡ ἴδια, ἡ φορά της ὁμως ἀντιστρέφεται. Ὡστε :

Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ ὁποῖον διαρρέει ἓνα εὐθύγραμμον ἀγωγόν, δημιουργεῖ περὶ αὐτὸν μαγνητικὸν πεδίων, τὸ ὁποῖον εἶναι κάθετον ἐπὶ τὸν ἀγωγόν. Αἱ μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι συγκεντρικοὶ κύκλοι. Ἡ φορά κατὰ τὴν ὁποίαν διαγράφονται ἀντιστρέφεται ὅταν τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἀλλάξη φοράν.

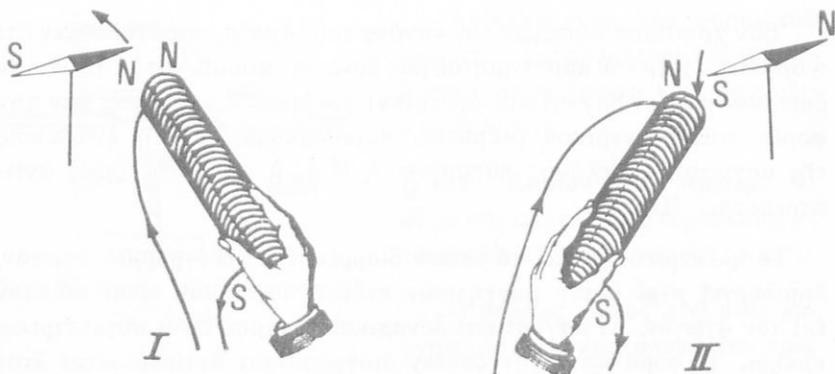
§ 200. Σωληνοειδές. Τὸ σωληνοειδές εἶναι μία εἰδική μορφή ἀγωγοῦ, ὃ ὁποῖος κατασκευάζεται ἐάν περιελίξωμεν ἑλικοειδῶς μὲ ἀγωγὸν σύρμα τὴν ἐπιφάνειαν ἑνὸς κυλίνδρου (σχ. 194, I) Ἐάν τὸ σύρμα παρουσιάξη ἀρκετὴν ἀκαμψίαν, μετὰ ἀπὸ τὴν περιέλιξιν δυνάμεθα νὰ ἀπομακρύνωμεν τὸν κύλινδρον. Ἐάν τὸ ἀγωγὸν σύρμα εἶναι γυμνόν, αἱ σπεῖραι δὲν πρέπει νὰ ἐφάπτονται, διότι θὰ δημιουργηθῇ βραχυκύκλωμα (σχ. 194, II) καὶ τὸ σωληνοειδές θὰ καταστραφῇ ὅταν διέλθῃ ρεῦμα.

Διὰ νὰ ἐξοικονομήσωμεν χῶρον καὶ διὰ μεγαλυτέραν ἀσφάλειαν, κατὰ τὴν κατασκευὴν ἑνὸς σωληνοειδοῦς, χρησιμοποιοῦμεν μονωμένον σύρμα. Τότε πλέον δυνάμεθα νὰ περιελίξωμεν διαδοχικῶς τὸ σύρμα εἰς ἀλλεπαλλήλους στρώσεις.

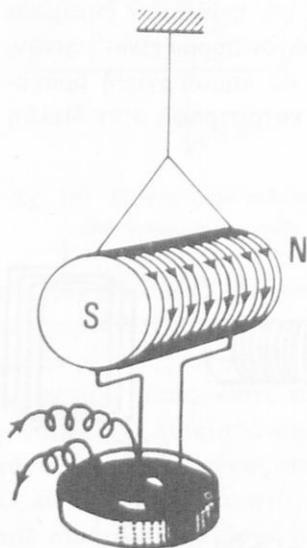
Τὸ μήκος ἑνὸς σωληνοειδοῦς εἶναι μέγαν ἐν σχέσει πρὸς τὴν διάμετρον τοῦ κυλίνδρου, εἰς τὸν ὁποῖον περιελίσσεται τὸ ἀγωγὸν σύρμα. Ἀντι-



Σχ. 194. Σωληνοειδές: (I) μὲ πυρήνα καὶ (II) χωρὶς πυρήνα. (III) Πλαίσιον.



Σχ. 195. Τὸ σωληνοειδές, τὸ ὁποῖον διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα, παρουσιάζει νότιον καὶ βόρειον πόλον εἰς τὰ ἄκρα του.



Σχ. 196. Ἐνα σωληνοειδές, τὸ ὁποῖον διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα, προσανατολίζεται εἰς τὸ μαγνητικὸν πεδίου τῆς Γῆς.

θέτως ἓνα ἐπίπεδον πλαίσιον ἔχει πολὺ μικρὸν μῆκος. Ἡ διατομὴ τοῦ ἐπιπέδου πλαίσιου εἶναι συνήθως τετραγωνικὴ (σχ. 194, III).

Πείραμα. Διοχετεύομεν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς ἓνα σωληνοειδές καὶ πλησιάζομεν εἰς τὴν μίαν ἀπὸ τὰς ἄκρας του τὸν βόρειον πόλον N μιᾶς μαγνητικῆς βελόνης. Παρατηροῦμεν τότε ἢ ὅτι βελὸνῃ ἀπωθεῖται βιαίως (σχ. 195, I).

Ἀντιθέτως ἐὰν πλησιάσωμεν εἰς τὴν ἰδίαν ἄκρην τοῦ σωληνοειδοῦς τὸν νότιον πόλον S τῆς μαγνητικῆς βελόνης, παρατηροῦμεν ὅτι ἔλκεται ἐντόνωσ (σχ. 195, II).

Ἐπαναλαμβάνομεν τὸ ἴδιον πείραμα εἰς τὴν ἄλλην ἄκρην τοῦ σωληνοειδοῦς. Αὐτὴν τὴν ἑξῆς φορὰν ὁ βόρειος πόλος N τῆς μαγνητικῆς βελόνης ἔλκεται ἐνῶ ὁ νότιος πόλος S ἀπωθεῖται. Ἀπὸ τὸ ἀνωτέρω πείραμα συμπεραίνομεν ὅτι :

Ένα σωληνοειδές, όταν διαρρέεται από ηλεκτρικόν ρεύμα, συμπεριφέρεται ως ένας ραβδόμορφος μαγνήτης.

Πείραμα. Έξαρτῶμεν ἕνα σωληνοειδές δι' ἑνὸς μεταξωτοῦ νήματος. Τὰ δύο ἄκρα τοῦ ἄγωγου σύρματος ἐφάπτονται ἐλαφρῶς εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ὑδραργύρου, ὁ ὁποῖος εὑρίσκεται ἐντὸς δύο συγκεντρικῶν αὐλακίων (σχ. 196). Κλείομεν τὸν διακόπτην καὶ παρατηροῦμεν ὅτι τὸ σωληνοειδές περιστρέφεται περὶ τὸ νήμα καὶ σταθεροποιεῖται εἰς τὴν διεύθυνσιν Βορρᾶς - Νότος.

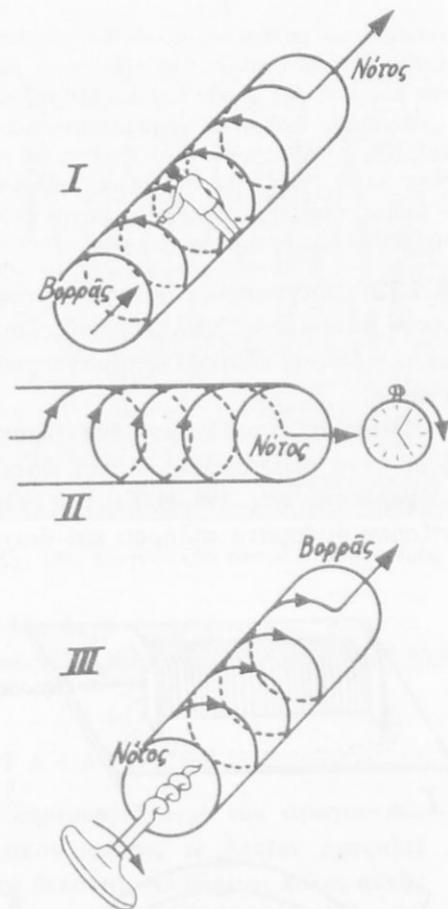
Ἐὰν τώρα ἀναστρέψωμεν τὴν φοράν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, παρατηροῦμεν ὅτι τὸ σωληνοειδές στρέφεται κατὰ γωνίαν 180° .

Ὡστε :

Τὸ σωληνοειδές προσανατολίζεται ὡπως καὶ οἱ μαγνήται ἐντὸς τοῦ γηίνου μαγνητικοῦ πεδίου.

§ 201. Ἀναγνώρισις τοῦ βορείου καὶ τοῦ νοτίου πόλου ἑνὸς σωληνοειδοῦς. Ὁ καθορισμὸς τῶν πόλων ἑνὸς σωληνοειδοῦς δύναται νὰ γίνη μετὰ τὸν κανόνα τοῦ Ἀμπέρ. Ὁ παρατηρητὴς πρέπει νὰ εἶναι ἐξαπλωμένος εἰς μίαν σπείραν καὶ νὰ βλέπῃ πρὸς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ σωληνοειδοῦς, τὸ δὲ ρεύμα νὰ εἰσέρχεται ἀπὸ τοὺς πόδας του καὶ νὰ ἐξέρχεται ἀπὸ τὴν κεφαλὴν του (σχ. 197, I). Τότε ὁ βόρειος πόλος εὑρίσκεται ἀριστερά του.

Ἐπίσης διὰ τὸν καθορισμὸν τοῦ βορείου καὶ νοτίου πόλου τοῦ σωληνοειδοῦς



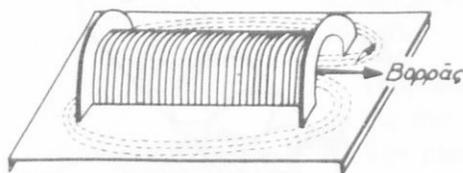
Σχ. 197. Διὰ τὴν ἀναγνώρισιν τῆς βορείου καὶ νοτίου ὄψεως ἑνὸς σωληνοειδοῦς, τὸ ὁποῖον διαρρέεται ἀπὸ ρεύμα : (I) μετὰ τὸν κανόνα τοῦ παρατηρητοῦ τοῦ Ἀμπέρ (II) μετὰ τὸ ὥρολόγιον, (III) μετὰ τὸν κανόνα τοῦ ἐκπωματιστοῦ.

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).

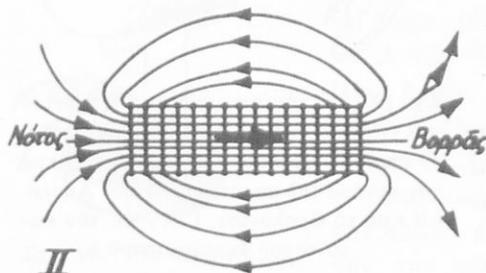
Δυνάμεθα ἀκόμη νὰ χρησιμοποιήσωμεν τὸν κανόνα τοῦ ἐκπωματιστοῦ (σχ. 193, III), ὁ ὁποῖος εἶναι ὁ ἀκόλουθος. Ἡ νοτία ὄψις ἐνὸς σωληνοειδοῦς εἶναι ἡ ὄψις ἐκεῖνη ἐμπροσθεν τῆς ὁποίας πρέπει νὰ τοποθετήσωμεν ἕνα ἐκπωματιστὴν, ὁ ὁποῖος, ὅταν περιστρέφεται κατὰ τὴν φορὰν τοῦ ρεῦματος, νὰ κοχλιοῦται κατὰ τὴν φορὰν τῶν δυναμικῶν γραμμῶν.

§ 202. Μαγνητικὸν φάσμα ἐνὸς σωληνοειδοῦς. Τὰ 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 σωληνοειδὲς 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



I



II

Σχ. 198. Ἡ μικρὰ μαγνητικὴ βελὼνη δεικνύει τὴν φορὰν τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν (I). Δυναμικαὶ μαγνητικαὶ γραμμαὶ εἰς τὸν ἔξω καὶ εἰς τὸν μέσα χῶρον ἐνὸς σωληνοειδοῦς (II).

τὸ σωληνοειδὲς. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου διατάσσονται κατὰ μῆκος ὀρισμένων γραμμῶν, αἱ ὁποῖαι ὁμοιάζουν μὲ τὰς μαγνητικὰς δυναμικὰς γραμμάς τοῦ ραβδοφόρου μαγνήτου.

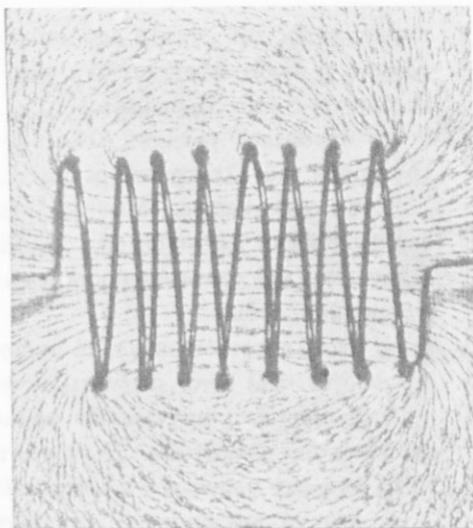
Αἱ μαγνητικαὶ δηλαδὴ δυναμικαὶ γραμμαὶ ἐξέρχονται ἀπὸ τὴν βορείαν ὄψιν, κατόπιν καμπυλώνονται καὶ εἰσέρχονται εἰς τὴν νοτίαν ὄψιν τοῦ σωληνοειδοῦς. Εἶναι κλεισταὶ γραμμαὶ καὶ εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ σωληνοειδοῦς γίνονται εὐθεταὶ παράλληλοι μεταξύ των, μὲ φορὰν ἀπὸ τὸν νότιον πρὸς τὸν βορειον πόλον (σχ. 198, II καὶ 199).

Ἐάν τώρα μετακινήσωμεν μίαν μικράν μαγνητικὴν βελόνην εἰς τὸ μαγνητικὸν πεδίον ἑνὸς σωληνοειδοῦς, διαπιστώνομεν ὅτι ὁ διαμήκης ἄξων αὐτῆς λαμβάνει πάντοτε τὴν διεύθυνσιν τῆς ἐφαπτομένης τῶν δυναμικῶν γραμμῶν. Εἰς τὸ ἐσωτερικὸν δὲ τοῦ σωληνοειδοῦς ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἔχει διεύθυνσιν παράλληλον πρὸς τὸν ἄξονά του.

Ὡστε :

Ἐνα σωληνοειδές, τὸ ὁποῖον διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, συμπεριφέρεται ὡς μαγνήτης μὲ πόλους τὰ δύο ἄκρα του.

Ἡ πολικότης τοῦ σωληνοειδοῦς ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φοράν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.



Σχ. 199. Μαγνητικὸν φάσμα σωληνοειδοῦς.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα δημιουργεῖ περὶ τὸν ἄγωγόν τὸν ὁποῖον διαρρέει, ἕνα μαγνητικὸν πεδίον, τὸ ὁποῖον προκαλεῖ ἀπόκλισιν εἰς μίαν μαγνητικὴν βελόνην. Ὁ βόρειος πόλος αὐτῆς τῆς μαγνητικῆς βελόνης ἀποκλίνει πρὸς τὰ ἀριστερὰ ἑνὸς 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 Ἄμπερ).

2. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ ὁποῖον διαρρέει ἕνα εὐθύγραμμον ἄγωγόν, δημιουργεῖ περὶ αὐτὸν μαγνητικὸν πεδίον, κάθετον ἐπὶ τὸν ἄγωγόν. Αἱ μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι συγκεντρωκοὶ κύκλοι. Ἡ φορὰ κατὰ τὴν ὁποίαν διαγράφονται, ὀρίζεται ἀπὸ τὸν παρατηρητὴν τοῦ Ἄμπερ. Συγκεκριμένως δὲ ὅταν ὁ

παρατηρητής του Ἀμπέρ παρακολούθη ἓνα σημεῖον, ἡ δυναμικὴ γραμμὴ ἢ ὁποία διέρχεται ἀπὸ αὐτὸ τὸ σημεῖον ἔχει φορὰν πρὸς τὰ ἀριστερὰ τοῦ παρατηρητοῦ.

Αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ ἀλλάζουν φορὰν ὅταν ἀναστρέψωμεν τὴν φορὰν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

3. Τὸ σωληνοειδές, ὅταν διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, συμπεριφέρεται ὡς μαγνήτης. Ἐμφανίζει μίαν βορείαν καὶ μίαν νοτίαν ὄψιν καὶ προσανατολίζεται κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου.

4. Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ ὁποῖον διαρρέει ἓνα σωληνοειδές, δημιουργεῖ περὶ αὐτὸ μαγνητικὸν 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 βορείαν καὶ νότιον ὄψιν ἑνὸς σωληνοειδοῦς, χρησιμοποιοῦμεν συνήθως τὸν κανόνα τοῦ Ἀμπέρ.

ΛΗ' — ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΑΙ

§ 203. Γενικότητες. Ἀρχὴ τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου. Εἰς προηγούμενα μαθήματα εἶχομεν ἀναφέρει ὅτι, ὅταν ἓνα τεμάχιον μαλακοῦ σιδήρου τοποθετηθῇ 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 ἐκμεταλλεόμεθα 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 ἱκανότητα νὰ ἔλκη τὰ ρινίσματα τοῦ μαλακοῦ σιδήρου (σχ. 200).

Ἐάν πλησιάσωμεν διαδοχικῶς μίαν μαγνητικὴν βελόνην εἰς τὰ δύο ἄκρα τοῦ πυρῆνος, διαπιστώνομεν ὅτι ὁ πυρῆν παρουσιάζει ἕνα βόρειον καὶ ἕνα νότιον μαγνητικὸν πόλον.

Ἐάν ἀλλάξωμεν τὴν φορὰν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ἡ πολικότης τοῦ πυρῆνος ἀντιστρέφεται.

Διακόπτομεν τὸ κύκλωμα, ὁπότε παρατηροῦμεν ὅτι τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου καταπίπτουν ἀμέσως. Ὁ πυρῆν ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον ἀποβάλλει ἀμέσως τὴν μαγνήτισίν του.

Εἶναι δυνατόν πολλὰς φορές νὰ παραμείνουν προσκεκολλημένα εἰς τὸν πυρῆνα μερικὰ ρινίσματα σιδήρου.

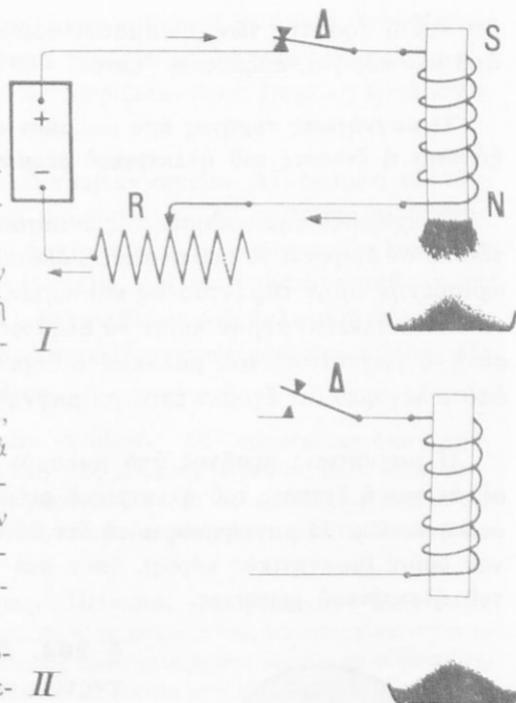
Αὐτὸ ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι ὁ πυρῆν δὲν ἀποτελεῖται ἀπὸ τελείως καθαρὸν σίδηρον, ἀλλὰ περιέχει καὶ προσμίξεις χάλυβος. Ὡστε :

Ὁ ἠλεκτρομαγνήτης εἶναι ἕνας πρόσκαιρος μαγνήτης, ὁ ὁποῖος ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕνα σωληνοειδές, περιέχον ἕνα πυρῆνα ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον.

Ἡ διέγερσις τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου προκαλεῖται ἀπὸ τὴν διέλευσιν ἠλεκτρικοῦ ρεύματος διὰ μέσου τοῦ σωληνοειδοῦς.

Ὁ ἠλεκτρομαγνήτης παρουσιάζει δύο πόλους καὶ ἡ πολικότης του ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φορὰν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

Πείραμα. Διοχετεύομεν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς τὸ σωληνοειδές (σχ. 200) καὶ μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ ροοστάτου R αὐξάνομεν προοδευτικῶς τὴν ἔντασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Παρατηροῦμεν τότε



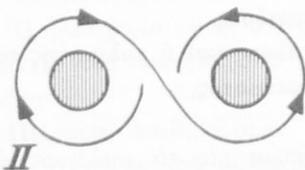
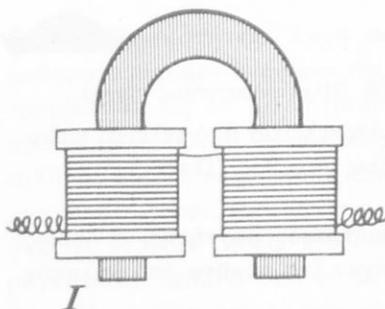
Σχ. 200. Ἠλεκτρομαγνήτης (ἀρχή).

ὅτι καὶ ἡ ποσότης τῶν ριτισμάτων τοῦ σιδήρου, τὰ 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 ὄρισμένην τιμὴν τῆς ἐντάσεως καὶ πέραν, ἡ ποσότης τῶν ριτισμάτων τὰ ὅποια ἔλκει ὁ πυρῆν παύει νὰ αὐξάνεται. Συμπεραίνομεν τότε ὅτι αὕτη ἡ μαγνήτισις τοῦ μαλακοῦ σιδήρου εἶναι ἡ μεγίστη δυνατή, 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 ὄρισμένον 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, μὲ ἀποτέλεσμα ἡ ἔλξις νὰ εἶναι πολὺ ἰσχυρά.

Ἐκαστον σκέλος τοῦ πεταλοειδοῦς πυρῆνος φέρει μίαν περιέλιξιν. Αἱ περιελίξεις τῶν δύο σκελῶν πρέπει νὰ γίνονται κατὰ ἀντιθέτους φοράς (σχ. 201, II) οὕτως, ὥστε τὰ ἐλεύθερα ἄκρα τοῦ πυρῆνος νὰ εἶναι ἑτερόνυμοι μαγνητικοὶ πόλοι.

Μία ράβδος ή πλάξ από μαλακόν σίδηρον, ή όποία όνομάζεται *όπλισμός*, έλκεται από τό σύστημα τών δύο πόλων, όταν τό σωληνοειδές διαρρέεται από ρεύμα και άποχωρίζεται όταν διακοπή ή παροχή του ρεύματος.

§ 205. Έφαρμογαί τών ήλεκτρομαγνητῶν. Αί έφαρμογαί τών ήλεκτρομαγνητῶν εΐναι πολλαί και ποικίλαι. Αί συσκευαί αί όποια κατασκευάζονται με βάσιν τήν άρχήν τών ήλεκτρομαγνητῶν δύνανται νά παράγουν ισχυρά μαγνητικά πεδία και νά χρησιμοποιηθοῦν ώς άνωφωτικά διατάξεις. Έξ άλλου τήν έλξιν του όπλισμου τήν εκμεταλλευόμεθα εις μίαν μεγάλην ποικιλίαν συσκευῶν και κυρίως εις τάς συσκευάς αυτόματοποιήσεως.

α) Παραγωγή μαγνητικῶν πεδίων. Οί ήλεκτρομαγνήται χρησιμοποιούνται πολύ περισσότερο από τούς μονίμους μαγνήτας, διότι επιτρέπουν τήν πραγματοποίησιν ισχυρῶν μαγνητικῶν πεδίων. Δι' αυτό εύρίσκουν έφαρμογάς εις τά διάφορα έργαστήρια έρευνῶν, εις τούς δυναμοκινητήρας, εις τάς γεννητριάς έναλλασσομένου ρεύματος, κλπ.

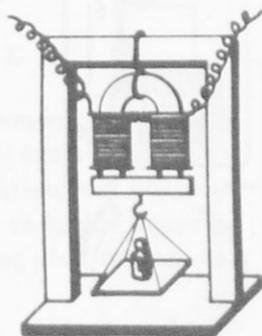
β) Άνωφωτικά διατάξεις. Πείραμα. Διοχετεύομεν ήλεκτρικόν ρεύμα εις τό σπείραμα ενός πεταλοειδοῦς ήλεκτρομαγνήτου, ό όποίος εΐναι στερεωμένος εις ένα πλαίσιον, ενώ ό όπλισμός του βαστάζει ένα δίσκον με φορτία (σχ. 202). Φορτίζομεν διαδοχικῶς τόν δίσκον με φορτία μεγαλυτέρου συνεχῶς βάρους, μέχρις ότου ό όπλισμός άποχωρισθῆ από τόν ήλεκτρομαγνήτην.

Αυξάνομεν προοδευτικῶς τήν έντασιν του ήλεκτρικοῦ ρεύματος, τό όποϊον διαρρέει τόν ήλεκτρομαγνήτην. Παρατηροῦμεν τότε ότι ή φέρουσα δύναμις, δηλαδή ή έλκτική ικανότης, αυξάνεται μέχρι μιῆς ώρισμένης τιμῆς. Η μεγίστη *φέρουσα δύναμις* άντιστοιχεί εις τόν μαγνητικόν κόρον.

Τήν φέρουσαν δύναμιν ήλεκτρομαγνήτου δυνάμεθα επίσης νά αυξήσωμεν, εάν πολλαπλασιάσωμεν τόν άριθμόν τών περιελίξεων του σωληνοειδοῦς.

Έφαρμογήν τών άνωτέρω αποτελοῦν αί συσκευαί άνωψώσεως, όπως ό ήλεκτρομαγνητικός γερανός (σχ. 203), αίτινες χρησιμοποιούνται διά τήν άνώψωσιν και μεταφοράν βαρέων σιδηρῶν και χαλυβδίνων άντικειμένων.

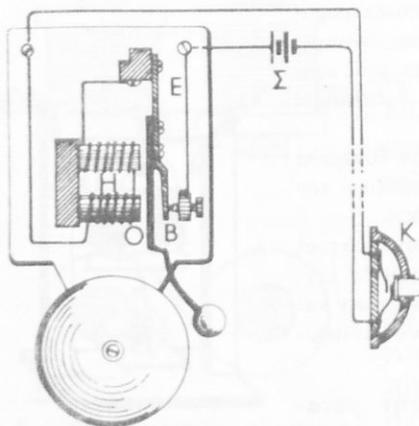
γ) Συσκευαί χρησιμοποιοῦσαι τήν μετατόπισιν του όπλισμου. Η στιγμιαία μετατόπισις του όπλισμου ενός ήλεκτρομαγνήτου, υπό τήν επίδρασιν



Σχ. 202. Φέρουσα δύναμις ήλεκτρομαγνήτου.



Σχ. 203. Ήλεκτρομαγνητικός γερανός με φέρουσαν δύναμιν 2 500 κρ.



Σχ. 204. Ήλεκτρικός κώδων.

του ηλεκτρικού ρεύματος, μās επιτρέπει να ενεργοποιήσωμεν διαφόρους μηχανισμούς. Αὐτὴ ἢ διάταξις παρουσιάζει τὸ πλεονέκτημα ὅτι δύναται να ἐλεγχθῆ ἀπὸ μακρὰν με ἀπλᾶς συνδέσεις ἀγωγῶν συρμάτων. Οὕτως ὁ ἠλεκτρομαγνήτης ἀποτελεῖ τὴν βάσιν τῆς λειτουργίας ἑνὸς μεγάλου ἀριθμοῦ συσκευῶν ὅπως αἱ ἀκόλουθοι.

1) Ήλεκτρικὸς κώδων.

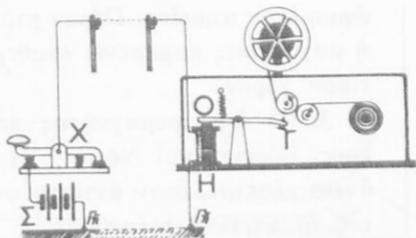
Ἐνας ἠλεκτρικὸς κώδων (σχ. 204) ἀποτελεῖται ἀπὸ ἑναν ἠλεκτρομαγνήτην Η, τοῦ ὁποῖου ὁ ὄπλισμὸς Ο, ἀπὸ μαλακῶν σιδηρῶν, εἶναι στερεωμένους ἐπὶ ἑνὸς ἐλαστικοῦ χαλυβδίνου ἐλάσματος ΕΒ. Τὸ ἔλασμα αὐτὸ στηρίζεται με τὴν μίαν ἄκρην του εἰς τὴν βάσιν τῆς συσκευῆς. Ὅταν πιέζωμεν τὸ κομβίον Κ, τὸ κύκλωμα κλείει καὶ τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα διαρρέει τὸν ἠλεκτρομαγνήτην, με ἀποτελέ-

σμα να ἔλκεται ὁ ὄπλισμὸς καὶ τὸ σφυρίον του να κτυπᾷ τὸν κώδωνα. Συγχρόνως τὸ ἄκρον Β τοῦ ἐλάσματος ἀποχωρίζεται ἀπὸ τὸν κοιλίαν, εἰς τὸν ὁποῖον ἐφάπτεται καὶ τὸ κύκλωμα διακόπτεται. Ἡ ἔλξις σταματᾷ καὶ τὸ ἐλαστικὸν χαλυβδίνον ἔλασμα ἐπαναφέρει τὸν ὄπλισμὸν εἰς τὴν ἀρχικὴν υτο θέσιν, ὁπότε ἐπανακλείει τὸ κύκλωμα καὶ τὸ φαινόμενον ἐπαναλαμβάνεται.

2) Τηλέγραφος.

Ὁ τηλεγράφος ἐπιτρέπει με τὴν χρῆσιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος τὴν ἀποστολὴν σημάτων εἰς μεγάλας ἀποστάσεις. Ὁ σταθμὸς ἐκπομπῆς περιλαμβάνει μίαν γεννήτριαν συνεχοῦς ρεύματος Σ (ἠλεκτρικαὶ στήλαι, συσσω-

ρευται) καὶ ἓνα χειριστήριον X (σχ. 205). Ὁ σταθμὸς λήψεως ἀποτελεῖται ἀπὸ τὸν ἓναν ἠλεκτρομαγνήτην, τοῦ ὁποῖου ὁ ὀπλισμὸς εἶναι μία μικρὰ πλάξ, O, στερεωμένη εἰς ἓνα κινητὸν μοχλόν. Ἐνα κατὰ μὲν ἑλάττηρον διατηρεῖ τὸν ὀπλισμὸν μακρὰν ἀπὸ τὸν πυρῆνα τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου.



Σχ. 205. Μονόπλευρος τηλεγραφικὴ ἀνταπόκρισις.

Ὅταν πιέζωμεν τὸ χειριστήριον, ἡ πλάξ (ὀπλισμὸς) ἔλκεται, ἢ ἄκρη Γ τοῦ μοχλοῦ ἀνυψώνεται καὶ ἡ γραφίς, ἡ ὅποια εἶναι στερεωμένη, χαράσσει γραμμὰς εἰς μίαν ταινίαν ἀπὸ χάρτιν. Ἡ ταινία αὕτη παρασύρεται εἰς μίαν σταθερὰν συνεχῆ κίνησιν μετὰ τὴν βοήθειαν ἑνὸς ὄρολογιακοῦ μηχανισμοῦ.

Ἐὐθὺς ὡς παύσωμεν νὰ πιέζωμεν τὸ χειριστήριον ἡ πλάξ παύει νὰ ἔλκεται, τὸ ἐλάττηρον τὴν ἀπομακρύνει ἀπὸ τὸν πυρῆνα τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου 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 βραχεῖαν στιγμὴν (τελεία) ἐνὸς μίας διὰ μεγαλύτερον χρονικὸν διάστημα ἐπαφῆς, μίαν μακρὰν στιγμὴν (γραμμὴ). Τὰ διάφορα γράμματα τοῦ ἀλφαβήτου μεταδίδονται μετὰ συνδυασμοῦ βραχειῶν καὶ μακρῶν στιγμῶν (Μορσικὸν ἀλφάβητον).

Ἄυτὸ 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 ἠλεκτρομαγνήτου. Οἱ ἠλεκτρομαγνήται χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν μετάδοσιν τῶν σημάτων εἰς τὰ σιδηροδρομικὰ δίκτυα, εἰς τὰ ἠλεκτρικὰ ὄρολόγια, εἰς τοὺς ἠλεκτρονόμους (ρελαί), εἰς τὰ τηλεφωνικὰ ἀκουστικά, κλπ.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Ὁ ἠλεκτρομαγνήτης εἶναι ἓνας πρόσκαιρος μαγνήτης ὁ ὅποιος ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓνα σωληνοειδές, τὸ ὅποιον περικλείει ἓνα πυρῆνα ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον. Ἡ μαγνήτισις τοῦ μαλακοῦ σιδήρου ὀφείλεται εἰς τὸ μαγνητικὸν πεδίον, τὸ ὅποιον δημιουργεῖται ἀπὸ τὴν διέλευσιν ἠλεκτρικοῦ ρεύματος μέσα ἀπὸ τὸ σωληνοειδές.

2. Ἡ μαγνήτισις ἑνὸς ἠλεκτρομαγνήτου αὐξάνεται μετὰ τὴν αὐξήσιν τῆς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, μέχρις ἑνὸς

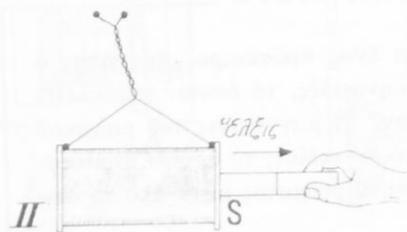
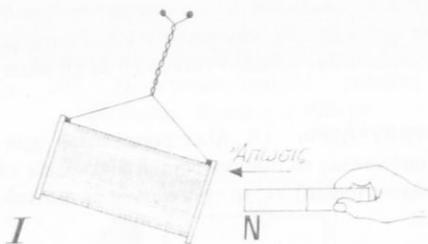
ώρισμένου σημείου. Πέραν μιᾶς ώρισμένης τιμῆς τῆς ἐντάσεως, ἡ μαγνήτισις παραμένει σταθερά, ὅποτε ἔχομεν ἐπιτύχει μαγνητικὸν κόρον.

3. Ὁ ἠλεκτρομαγνήτης παρουσιάζει δύο μαγνητικούς πόλους, Βόρειον καὶ Νότιον. Ἡ πολικότης τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου ἀντιστρέφεται, ὅταν ἀντιστρέψωμεν τὴν φοράν τῆς διελεύσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

4. Ἐφαρμογαὶ τῆς χρήσεως τῶν ἠλεκτρομαγνητῶν ἀποτελοῦν ὁ ἠλεκτρικὸς κώδων, ὁ τηλεγράφος, αἱ ἀνυψωτικαὶ διατάξεις, κλπ.

Μ' — ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΙΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ

§ 206. Δραῖσις ἐνὸς μαγνήτου ἐπὶ ἐνὸς σωληνοειδοῦς. Λαμβάνομεν ἓνα σωληνοειδῆ, τὸ ὁποῖον ἐξαρτῶμεν ἀπὸ δύο σταθερὰ σημεῖα μὲ δύο εὐκαμπτα ἀγωγὰ σύρματα. Διοχετεύομεν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς τὸ σωληνοειδῆ καὶ πλησιάζομεν τὸν ἓνα πόλον ἐνὸς μαγνήτου εἰς τὴν μίαν ὄψιν τοῦ σωληνοειδοῦς.



Σχ. 206. Τὸ ἐξηρητημένον σωληνοειδῆς ἀπωθεῖται ἢ ἔλκεται ἀπὸ τὸν μαγνήτην.

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.

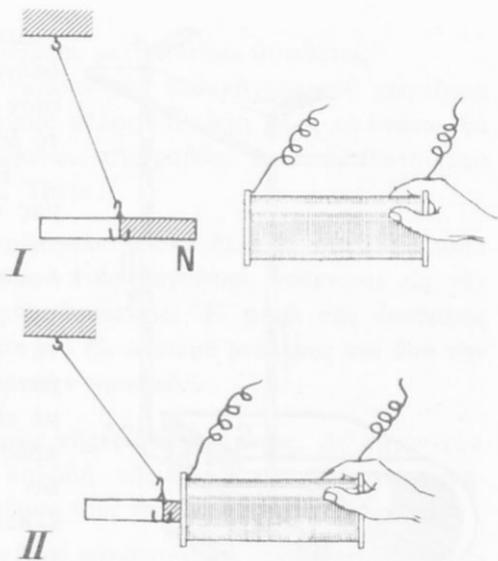
Παρατηροῦμεν τότε ὅτι τὸ σωληνοειδῆς ἢ ἔλκεται ἢ ἀπωθεῖται ἀπὸ τὸν μαγνήτην (σχ. 206). Ἡ ἔλξις ἢ ἡ ἀπωσις αὐτὴ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ εἶδος τοῦ πόλου τοῦ μαγνήτου τὸ ὁποῖον πλησιάζομεν.

Ἀντιστρέφομεν τὴν φοράν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος εἰς τὸ σωληνοειδῆ, ὅποτε παρατηροῦμεν ὅτι ἡ μετατόπισις τοῦ σωληνοειδοῦς εἶναι ἀντιθέτου φορᾶς ἀπὸ τὴν προηγουμένην.

Ὡστε :

Όταν ένα σωληνοειδές, διαρρέομενον από ηλεκτρικόν ρεύμα, εύρίσκεται πλησίον μιᾶς μαγνητισμένης ράβδου, μετατοπίζεται ὅπως ἕνας κινητὸς μαγνήτης.

§ 207. Δραῖσις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ἐπὶ ἐνὸς μαγνήτου. Πείραμα. Λαμβάνομεν ἕνα ραβδόμορφον μαγνήτην, ὁ ὁποῖος εἶναι ἐξηρητημένος ἀπὸ ἕνα σταθερὸν σημεῖον μὲ λεπτὸν καὶ εὐκαμπτον νῆμα (σχ. 207, I), ὁπότε, ὅπως γνωρίζομεν, διατάσσεται κατὰ τὴν διεύθυνσιν Βορρᾶς - Νότος, καὶ πλησιάζομεν εἰς τὸν βόρειον πόλον



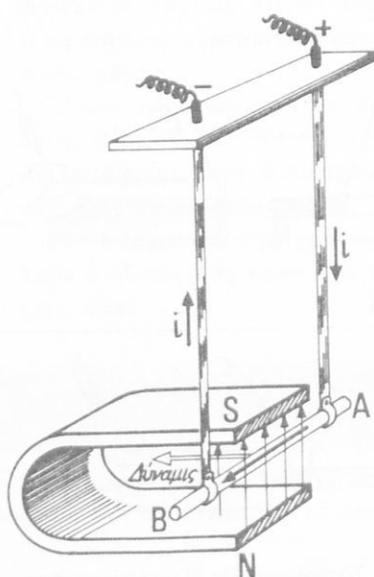
Σχ. 207. Τὸ σωληνοειδές ἔλκει τὸν μαγνήτην.

του τὴν νοτίαν ὄσιν ἐνὸς σωληνοειδοῦς. Ὁ μαγνήτης προσανατολίζεται τότε παραλλήλως πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ σωληνοειδοῦς καὶ ἔλκεται ἀσθενῶς.

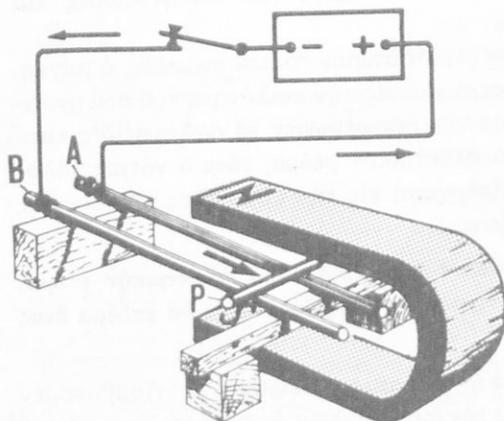
Ἐὰν πλησιάσωμεν ἀκόμη περισσότερον τὸ σωληνοειδές, ὁ μαγνήτης ἔλκεται ἰσχυρῶς καὶ εἰσέρχεται εἰς τὴν κοιλότητα τοῦ σωληνοειδοῦς (σχ. 207, II). Ἐὰν κατόπιν περιστρέψωμεν τὸ σωληνοειδές κατὰ 180° ἢ ἂν ἀντιστρέψωμεν τὸ ἡλεκτρικὸν ρεύμα, τότε ὁ νότιος πόλος τοῦ μαγνήτου ἔλκεται καὶ εἰσέρχεται εἰς τὴν κοιλότητα τῆς βορείας ὄψεως τοῦ σωληνοειδοῦς. Ὡστε :

Ἐνα σωληνοειδές, τὸ ὁποῖον διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν 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 ἄγωγόν σύρμα τοποθετεῖται οὕτως, ὥστε ὁ κλάδος AB νὰ εἶναι κάθετος εἰς τὰς μαγνητικὰς γραμμάς.



Σχ. 208. Ένας ρευματοφόρος άγωγός έντός ενός μαγνητικού πεδίου ύφίσταται δυνάμεις.



Σχ. 209. Μετατόπισης ένός στοιχείου ήλεκτρικού ρεύματος υπό της δράσεως μιάς ήλεκτρομαγνητικής δυνάμεως.

Διοχετεύομεν ήλεκτρικόν ρεύμα, όποτε παρατηρούμεν ότι τò πλαίσιον άποκλίνει και έλκεται πρòς τò έσωτερικόν τού μαγνήτου.

Έπαναλαμβάνομεν τò πείραμά μας άντιστρέφοντες τήν πολικότητα τού μαγνήτου. Τò πλαίσιον άπωθειται τώρα πρòς τò έξωτερικόν τού μαγνήτου. Άν άντιστρέψωμεν τήν φοράν τού ήλεκτρικού ρεύματος, αφήνοντες τόν μαγνήτην με τόν βόρειον μαγνητικόν πόλον πρòς τά έπάνω, θά διαπιστώσωμεν ότι τò πλαίσιον άποκλίνει και έλκεται πάλιν πρòς τò έσωτερικόν τού μαγνήτου.

Πείραμα 2. Τοποθετούμεν ένα πεταλοειδή μαγνήτην μεταξύ δύο άγωγίμων όριζοντίων σιδηροτροχιών A και B, έπάνω εις τάς όποιás δύναται νά όλισθήση μία άγώγιμος έλαφρά ράβδος P. Αύτη ή ράβδος άποτελεί ένα στοιχείον ήλεκτρικού ρεύματος (σχ. 209). Κλείομεν τόν διακόπτην και ρυθμίζομεν τήν έντασιν τού ήλεκτρικού ρεύματος εις μίαν μεγάλην τιμήν (π.χ. εις τά 6 A). Παρατηρούμεν τότε ότι ή ράβδος P μετατοπίζεται εις τάς σιδηροτροχιás παραλλήλως πρòς έαυτήν. Άντιστρέφομεν κατόπιν τήν φοράν τού ήλε-

κτρικού ρεύματος, όποτε ή ράβδος μετακινείται αντίθετως.

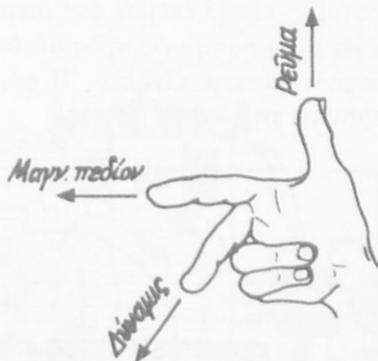
Έάν έν συνεχείᾳ άντιστρέψωμεν τήν πολικότητα τοῦ μαγνήτου οὔτως, ὥστε ὁ νότιος μαγνητικός πόλος νά εἶναι πρὸς τὰ ἑπάνω, θά παρατηρήσωμεν ὅτι αἱ μετατοπίσεις τῆς ράβδου εἶναι αντίθετοι ἀπὸ ὅτι τήν προηγούμενην φοράν. Ὡστε :

Έάν ἕνας ἄγωγός, ὁ ὁποῖος διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, τοποθετηθῆ εἰς τὸ μαγνητικὸν πεδίουν 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 φοράς τῆς μετατοπίσεως. Δι' αὐτὸν τὸν σκοπὸν, διὰ τὸν καθορισμὸν δηλαδὴ τῆς φοράς τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς δυνάμεως, χρησιμοποιοῦμεν τοὺς ἀκολουθοῦς δύο κανόνας.

α) Κανὼν τοῦ Ἄμπερ. Έάν ἕνας παρατηρητῆς εὐρίσκειται ἐξαπλωμένος ἑπάνω εἰς τὸν ἄγωγόν 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 ή δύναμις ἔχει φοράν πρὸς τὰ ἄριστερά του.

β) Κανὼν τῆς δεξιᾶς χειρός. Όταν ὁ ἀντίχειρ τῆς δεξιᾶς χειρός ἔχει τὴν διεύθυνσιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος καὶ ὁ δείκτης τὴν διεύθυνσιν τῶν μαγνητικῶν δυναμικῶν γραμμῶν (μαγνητικὸν πεδίουν), 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 χειρός.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Όταν πλησίον ἑνὸς ἐξηρημένου διὰ νήματος σωληνοειδοῦς, τὸ ὁποῖον διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, τοποθετηθῆ

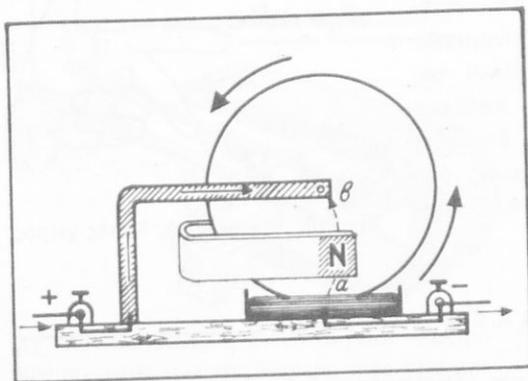
Ένας μαγνήτης, τὸ σωληνοειδὲς μετατοπίζεται καὶ συμπεριφέρεται ὡς μαγνήτης.

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 ἀγωγός, διὰ νὰ ἐπιτρέψῃ εἰς τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα νὰ κυκλοφορήσῃ, ὅπως δεικνύεται εἰς τὸ σχ. 211.

Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα αβ ὅταν διέρχεται ἀπὸ τὸ μαγνητικὸν πεδίου, ὑπόκειται εἰς τὴν δρᾶσιν μιᾶς ἠλεκτρομαγνητικῆς δυνάμεως F. Ἡ δύναμις αὕτη, ἐπειδὴ δὲν διέρχεται ἀπὸ τὸν ἄξονα περιστροφῆς β, ἔχει μίαν ροπήν ὡς πρὸς αὐτὸν καὶ οὕτως ὁ τροχὸς παρασύρεται εἰς περιστροφικὴν κίνησιν. Ἡ φορά τῆς δυνάμεως F καθορίζεται μὲ τὸν κανόνα τῆς δεξιᾶς χειρὸς.



Σχ. 211. Τροχὸς τοῦ Μπάρλοου.

Ἐὰν στερεώσωμεν μίαν τροχαλίαν εἰς τὸν ἄξονα β, τότε, ἐξ αἰτίας τῆς περιστροφῆς τοῦ τροχοῦ, δυνάμεθα νὰ ἀνυψώσωμεν ἕνα φορτίον, δηλαδὴ δυνάμεθα νὰ παράγωμεν μηχανικὸν ἔργον. Ὡστε :

Χρησιμοποιοῦντες καταλλήλως τὸ μαγνητικὸν πεδίου, δυνάμεθα

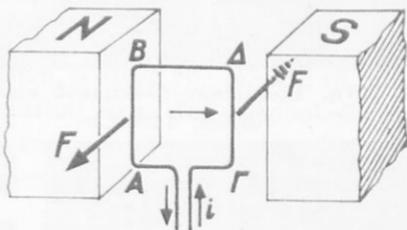
από την ηλεκτρική ενέργεια να παράγουμε μηχανικόν έργον. Μία παρομοία διάταξις αποτελεί την άρχην των ηλεκτρικῶν κινητήρων.

§ 211. Άπλοι ηλεκτρικοί κινητήρες συνεχούς ρεύματος. Οί ηλεκτρικοί κινητήρες βασίζονται εις την άρχην τής προηγουμένης παραγράφου, με μόνην την διαφοράν ότι ο άγωγός έχει σχήμα πλαισίου (σχ. 212.)

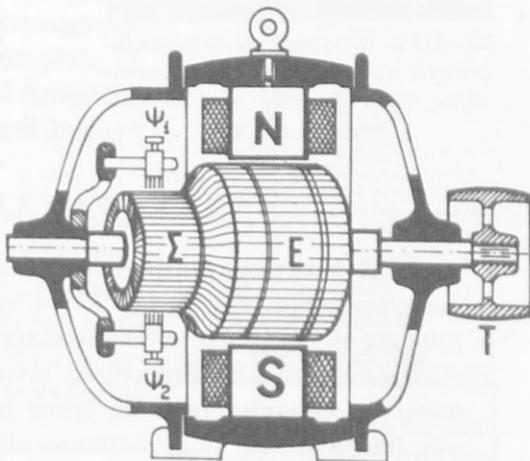
Το πλαίσιον διαρρέεται από ηλεκτρικόν ρεύμα και εύρίσκειται μέσα εις τὸ μαγνητικόν πεδίου ενός μονίμου μαγνήτου. Καθώς γνωρίζομεν, εις τὰς πλευράς AB καὶ ΓΔ τοῦ πλαισίου άσκούνται δύο δυνάμεις τοῦ ίδιου μέτρου F αλλά αντίθετου φοράς. Εἰς τὸ πλαίσιον συνεπῶς άσκεῖται ἕνα ζεύγος δυνάμεων, ἡ ροπή τοῦ ὁποίου, ὡς πρὸς τὸν άξονα τοῦ πλαισίου, παρασύρει τὸ πλαίσιον εἰς περιστροφικὴν κίνησιν.

Εἰς τὴν Τεχνικὴν ἀντὶ ἑνὸς πλαισίου χρησιμοποιούμεν πολλά πλαίσια, καταλλήλως περιελιγμένα καὶ μεμονωμένα μεταξύ των.

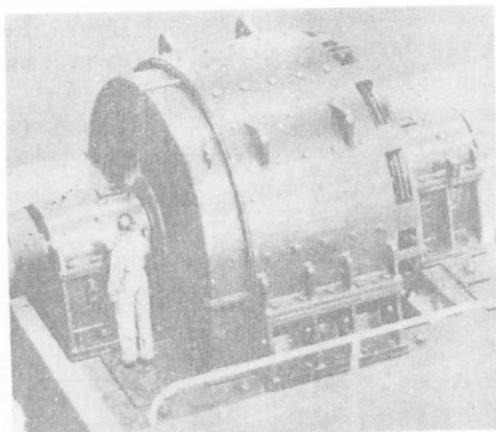
Ένας ηλεκτρικός κινητήρ βιομηχανικῆς χρήσεως περιλαμβάνει ἕνα ηλεκτρομαγνήτην (σχ. 213)., ὁ ὁποῖος άποτελεῖ τὸ άκίνητον μέρος τοῦ κινητήρος, ὀνομαζόμενον *στάτωρ*, καὶ τὸ σύστημα των πλαισίων E ὁμοῦ μετὰ τοῦ άξονος περιστροφῆς, τὸ ὁποῖον άποτελεῖ τὸ κινητὸν μέρος τοῦ κινητήρος, ὀνομαζόμενον *ρότωρ*.



Σχ. 212. Άρχη τής λειτουργίας ἑνὸς ηλεκτρικοῦ κινητήρος.



Σχ. 213. Σχεδιάγραμμα ἑνὸς κινητήρος συνεχούς ρεύματος.



Σχ. 213 α. Ἐξωτερικὸν ἠλεκτρικοῦ κινητήρος ἰσχύος 4 200 Ch.



Σχ. 213 β. Ἐπιγραφή με τὰ χαρακτηρηστικά στοιχεῖα ἑνὸς ἠλεκτροκινητήρος. (1/25 Ch, 3 500 στρ/min, 0-7 Ampère, 110 Volt).

Εἰς ἕκαστον κινητῆρα ὑπάρχει μία μικρὰ πλάξ, ἐπάνω εἰς τὴν ὁποῖαν εἶναι ἀναγεγραμμένα διάφορα στοιχεῖα, σχετιζόμενα μετὴν λειτουργίαν τοῦ κινητήρος (σχ. 213, β).

§ 212. Ἴσχυς τῶν ἠλεκτρικῶν κινητήρων. Οἱ ἠλεκτροκινητήρες, ἀναλόγως πρὸς τὸν προορισμὸν τῶν, κατασκευάζονται μετὰ διαφόρους τιμὰς ἰσχύων. Οὕτω, π.χ., μία ἠλεκτρικὴ

ξυριστικὴ μηχανὴ ἔχει ἰσχύν 50 Watt, ἓνας συνηθισμένος ἀνεμιστήρ 100 Watt, μία ἠλεκτροκίνητος ραπτομηχανὴ 100 Watt ἐπίσης, κλπ.

Εἰς τὰ διάφορα ἐργαστήρια καὶ μηχανουργεῖα χρησιμοποιοῦνται κινητῆρες ἰσχύος 3 ἕως 20 Ch, ἐνῶ εἰς τὰ ἠλεκτροκίνητα σιδηροδρομικὰ δίκτυα λειτουργοῦν κινητῆρες μετὰ ἰσχύν πολλῶν χιλιάδων ἴππων.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο Σ Ι Σ

1. Αἱ ἠλεκτρομαγνητικαὶ δυνάμεις ἔχουν τὴν ἰκανότητα νὰ παράγουν μηχανικὸν ἔργον. Αὐτὴν τὴν ἰδιότητα ἐκμεταλλεύομεθα εἰς τὴν κατασκευὴν τῶν ἠλεκτρικῶν κινητήρων.

2. Οἱ ἠλεκτρικοὶ κινητήρες οἵτινες χρησιμοποιοῦνται εἰς συσκευὰς οἰκιακῆς χρήσεως ἔχουν μικρὰν ἰσχύν, τῆς τάξεως τῶν 100 Watt. Εἰς τὰ ἐργοστάσια, εἰς τὰ μηχανουργεῖα καὶ εἰς τὰ ἐργαστήρια χρησιμοποιοῦνται κινητῆρες ἰσχύος μερικῶν ἄτμοῖππων.

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 αἷτιον, τὸ ὅποιον ἐπέδρασεν εἰς τὸν ὀφθαλμὸν μας καὶ μᾶς ἔκαμε νὰ ἴδωμεν, ὀνομάζεται **φῶς**.

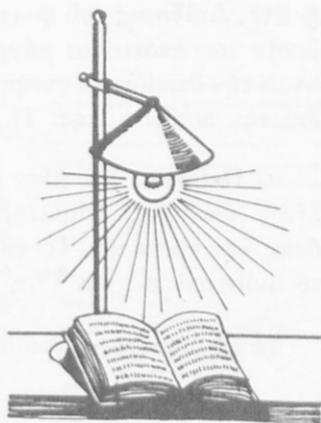
§ 214. **Φωτεινὰ πηγὰί.** Τὰ σώματα τὰ ὅποια, ὅπως ὁ ἥλιος, ἡ φλόξ ἑνὸς κηρίου, τὸ διάπυρον σύρμα ἑνὸς ἠλεκτρικοῦ λαμπτήρος, κλπ., φωτοβολοῦν, ὀνομάζονται **αὐτόφωτα σώματα** ἢ **φωτεινὰ πηγὰί**.

Τὰ σώματα τὰ ὅποια, 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 ὅποιον 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 ὅποια εὐρίσκονται ὀπισθεν αὐτῶν. Αὐτὸ συμβαίνει διότι ἐπιτρέπουν εἰς τὸ φῶς νὰ διέρχεται μέσα ἀπὸ τὴν μᾶζαν των. Τὰ σώματα αὐτὰ λέγονται **διαφανῆ σώματα**.

Ἡ γαλακτόχρους ὕαλος ἐπιτρέπει εἰς τὸ φῶς νὰ διέλθῃ μέσα ἀπὸ τὴν μᾶζαν της, χωρὶς ὅμως νὰ δύναται νὰ διακρίνη κανεὶς εὐδιακρίτως τὰ ἀντικείμενα τὰ ὅποια εὐρίσκονται ὀπισθεν αὐτῆς. Ἡ γαλακτόχρους ὕαλος εἶναι **ἡμιδιαφανὲς σῶμα**.

Ὁ τοίχος τοῦ δωματίου μας, ὁ χάρτης, τὸ ξύλον καὶ ἄλλα σώματα, δὲν



Σχ. 214. Ὁ ἠλεκτρικὸς λαμπτήρ, ὅταν φωτίζει, εἶναι φωτεινὴ πηγὴ. Τὸ βιβλίον εἶναι ἑτερόφωτον σῶμα.



Σχ. 215. Ἡ σκιά δημιουργεῖται εἰς τὰ μὴ φωτιζόμενα τμήματα τοῦ χώρου.

§ 216. Σκιά. Ὁ χώρος ὁ ὁποῖος εὐρίσκεται ὀπισθεν- τῶν-σκιερῶν σωμάτων καὶ δὲν φωτίζεται, μᾶς παρουσιάζεται σκοτεινὸς ἐν σχέσει πρὸς τὸν φωτιζόμενον χώρον. Ὁ χώρος αὐτὸς ὀνομάζεται **σκιά** (σχ. 215).

᾽Ωστε :

Ἡ σκιά δημιουργεῖται ὀπισθεν ἑνὸς ἀδιαφανοῦς σώματος, τὸ ὁποῖον φωτίζεται.

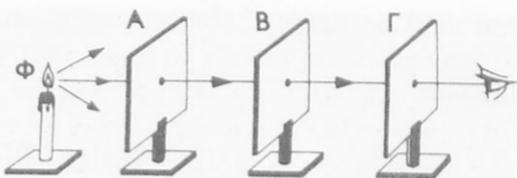
§ 217. Διάδοσις τοῦ φωτός. Εἰς τὸν ἤχον ἐμάθομεν ὅτι διὰ τὴν διάδοσιν τοῦ ἀπαιτεῖται πάντοτε ἓνα ὑλικόν, στερεόν, ὑγρὸν ἢ ἀέριον. Ἀπὸ τὴν θερμότητα γνωρίζομεν ὅτι αὕτη δὲν χρειάζεται ὑλικὸν σῶμα διὰ τὴν διάδοσιν της. Τί θὰ συμβαίνει ἄραγε μὲ τὸ φῶς ;

α) Πείραμα. Μὲ μίαν ἀεραντλίαν ἀφαιροῦμεν τὸ ἀέρα ἑνὸς ὑαλίνου σωλῆνος. Παρατηροῦμεν ὅτι ὁ σωλὴν παραμένει διαφανὴς ὅπως καὶ πρότερον. Τὸ φῶς τοῦ Ἥλιου καὶ τῶν ἄστρον 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 ἑνὸς δωματίου, φαίνεται ἀπὸ ὅλας τὰς πλευράς του καὶ φωτίζει ὅλους τοὺς τοίχους. Τὸ φῶς τοῦ Ἥλιου κάμνει νὰ φαίνωνται 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.



γ) Ἐὰν τοποθετήσωμεν ἐπάνω εἰς μίαν τράπεζαν ἓνα ἀνημμένον κηρίον καὶ λάβωμεν τρία διαφράγματα, τὰ ὅποια νὰ ἔχουν ἑ-

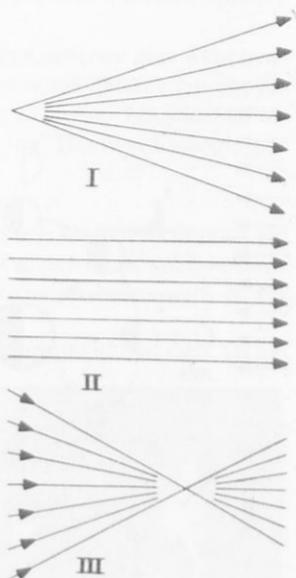
Σχ. 216. Ὅταν αἱ τρεῖς ὀπαὶ εὐρίσκονται εἰς τὴν ἴδιαν εὐθεῖαν μετὰ τὴν φωτεινὴν πηγὴν καὶ τὸν ὀφθαλμὸν μας, βλέπομεν τὸ φῶς τοῦ κηρίου.

καστον μίαν ὀπὴν εἰς τὸ ὕψος τῆς φλογὸς τοῦ κηρίου (σχ. 216) καὶ τοποθετήσωμεν τὸν ὀφθαλμὸν μας εἰς κατάλληλον θέσιν, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ φλὸξ τοῦ κηρίου φαίνεται, μόνον εἰς τὴν περίπτωσιν κατὰ τὴν ὁποίαν αἱ τρεῖς ὀπαὶ, ἢ φλὸξ καὶ ὁ ὀφθαλμὸς εὐρίσκονται εἰς εὐθεῖαν γραμμὴν.

᾽Ωστε :

Τὸ φῶς διαδίδεται εὐθυγράμμως.

δ) Ἐὰν εἰς ἓνα σκοτεινὸν δωμάτιον εἰσέλθῃ φῶς τοῦ Ἥλιου ἀπὸ ἓνα ἄνοιγμα, παρατηροῦμεν μίαν **παράλληλον φωτεινὴν δέσμη**. Ἄν τὸ ἄνοιγμα εἶναι μικρὸν, π.χ. μία ὀπὴ μὲ διάμετρον 1 mm, ἡ δέσμη παρουσιάζεται λεπτή. Τοιαῦτα λεπταὶ φωτειναὶ δέσμαι ὀνομάζονται εἰς τὴν Φυσικὴν **φωτειναὶ ἀκτίνες**.

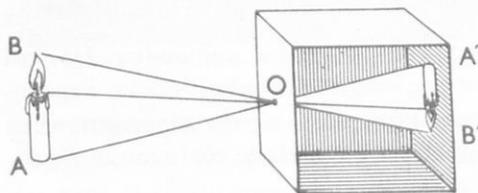


Ὅταν αἱ ἀκτίνες μιᾶς φωτεινῆς δέσμης κατευθύνονται εἰς ἓνα σημεῖον, ἡ δέσμη ὀνομάζεται **συγκλίνουσα** (σχ. 217, III). Ἀντιθέτως ὅταν αἱ ἀκτίνες μιᾶς δέσμης, ἀφοῦ συγκεντρωθοῦν εἰς ἓνα σημεῖον, ἀπομακρύνονται ἢ μία ἀπὸ τὴν ἄλλην, ἡ δέσμη ὀνομάζεται **ἀποκλίνουσα** (σχ. 217, I).

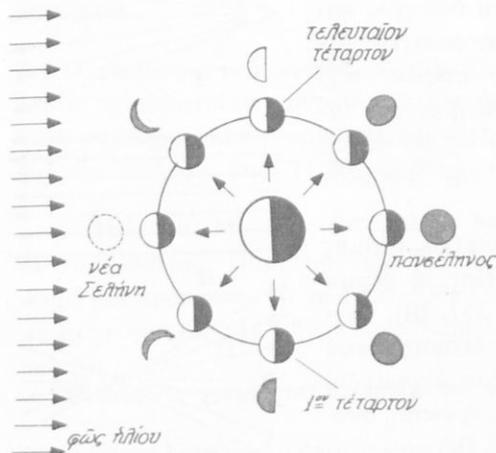
Σχ. 217. Φωτειναὶ δέσμαι. (I) Ἀποκλίνουσα, (II) παράλληλος καὶ (III) συγκλίνουσα.

Ὅταν ἡ φωτεινὴ πηγὴ ἔχη μικρὰς διαστάσεις καὶ δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς φωτεινὸν σημεῖον, ἡ σκιά τῶν σωμάτων εἶναι ὁμοιόμορφος. Ὅταν ὁμοῦς ἡ φωτεινὴ πηγὴ

ἔχη μεγάλας σχετικῶς διαστάσεις, ἡ σκιά δὲν εἶναι ὁμοιόμορφος. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν τὸ μέρος τῆς σκιάς τὸ ὁποῖον περιβάλλει τὴν κεντρικὴν σκιάν καὶ εἶναι ὀλιγώτερον ἔντονον ἀπὸ αὐτὴν, ὀνομάζεται παρασκιά. Ἡ παρασκιά δὲν φωτίζεται ἀπὸ ὅλας τὰς περιοχὰς τῆς φωτεινῆς πηγῆς, ἀλλὰ μόνον ἀπὸ ὠρισμένης.



Σχ. 218. Σκοτεινὸς θάλαμος.



Σχ. 219. Αἱ φάσεις τῆς Σελήνης.

τῆς Σελήνης. α) Ἡ Σελήνη εἰς τὸ διάστημα περίπου ἑνὸς μηνὸς παρουσιάζεται μὲ διαφορετικὰς μορφὰς, τὰς ὁποίας ὀνομάζομεν συνήθως φάσεις τῆς Σελήνης.

Ἡ ἡμίσεια σεληνιακὴ σφαῖρα, ἥτις εἶναι πάντοτε ἐστραμμένη πρὸς τὸν ἥλιον,

§ 218. Ἀποτελέσματα τῆς εὐθύγραμμου διαδόσεως τοῦ φωτός. 1) Σκοτεινὸς θάλαμος. Ὁ σκοτεινὸς θάλαμος στηρίζεται εἰς τὴν εὐθύγραμμον διάδοσιν τοῦ φωτός. Ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕνα κλειστὸν ἀδιαφανὲς κιβώτιον, τὸ ὁποῖον ἔχει εἰς τὸ κέντρον μιᾶς ἕδρας του μίαν μικρὰν ὀπήν. Τὰ ἀντικείμενα, τὰ ὁποῖα εὐρίσκονται ἔμπροσθεν τῆς ὀπῆς, ἀπεικονίζονται εἰς τὴν ἀπέναντι ἀπὸ αὐτὴν ἕδραν ἀνεστραμμένα (σχ. 218).

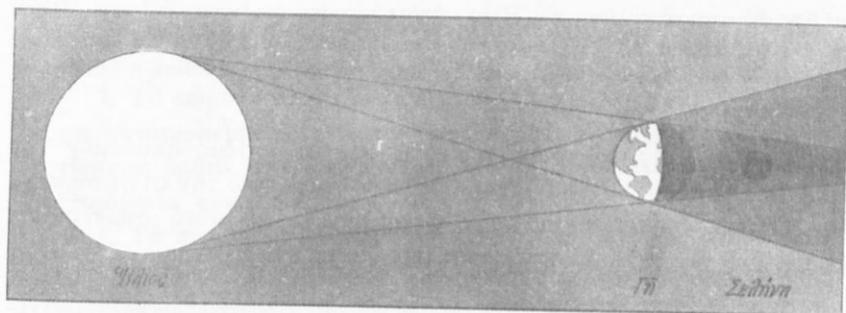
Ἐφαρμογὴν τοῦ σκοτεινοῦ θαλάμου ἔχομεν εἰς τὴν φωτογραφικὴν μηχανήν. Εἰς τὴν θέσιν τῆς ὀπῆς ὑπάρχει φακὸς καὶ εἰς τὴν ἀπέναντι ἕδραν τοποθετεῖται ἡ φωτογραφικὴ πλάξ.

2) Σκιά καὶ παρασκιά.

Ἡ σκιά καὶ ἡ παρασκιά, διὰ τὰς ὁποίας ὁμιλήσαμεν ἀνωτέρω, ὀφείλονται εἰς τὴν εὐθύγραμμον διάδοσιν τοῦ φωτός.

3) Φάσεις τῆς Σελήνης.

Ἐκλείψεις τοῦ Ἡλίου καὶ



Σχ. 220. Όταν η Σελήνη εισέλθει εις τὸν σκιερὸν κῶνον τῆς Γῆς, συμβαίνει ὀλικὴ ἔκλειψις Σελήνης.

φωτίζεται συνεχῶς, ἐνῶ ἡ ἄλλη ἡμίσεια παραμένει πάντοτε σκοτεινὴ.

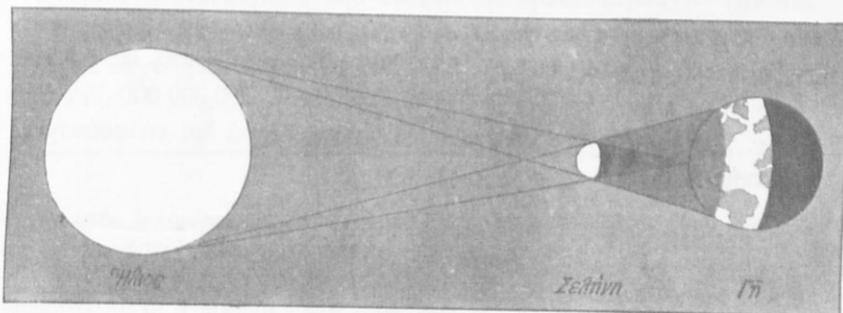
Ἐξ αἰτίας τῆς κυκλικῆς κινήσεως τῆς Σελήνης περὶ τὴν Γῆν βλέπομεν, ἀναλόγως μὲ τὴν τοποθέτησιν τοῦ Ἥλιου, τῆς Γῆς καὶ τῆς Σελήνης, ἄλλοτε ὀλόκληρον τὸ φωτισμένον τμήμα τοῦ δορυφόρου μας (πανσέληνος) καὶ ἀκολουθῶς ὄλο καὶ μικρότερον τμήμα τοῦ σεληνιακοῦ δίσκου (σχ. 219), μέχρις ὅτου ἡ Σελήνη ἐξαφανισθῆ τελειῶς ἀπὸ τὸν οὐρανὸν (νέα Σελήνη).

β) Ἡ Γῆ καὶ ἡ Σελήνη εἶναι σκιερὰ 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 ὄρατὴ.

Τὸ φαινόμενον αὐτὸ ὀνομάζεται *ἔκλειψις Σελήνης*.

Ἡ ἔκλειψις 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, ἡ 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 ὀλικὴ ἔκλειψις τοῦ Ἥλιου, ἐνῶ ἐντὸς τῆς παρασκιᾶς μερικὴ ἔκλειψις.

καί Γῆς, δύναται νά καλύψῃ τὸν ἥλιον, ὁπότε λέγομεν ὅτι ἔχομεν *ἔκλειψιν Ἡλίου* ἢ *ἔκλειψιν Ἡλίου* συμβαίνει κατὰ τὴν νέαν Σελήνην καὶ δύναται νά εἶναι *ὀλική* ἢ *μερικὴ* ἢ *δακτυλιοειδής*, ὅταν ἡ Σελήνη καλύπτῃ τὸν ἡλιακὸν δίσκον καὶ ἀφήνῃ νά φαίνεται μόνον ἕνας φωτεινὸς δακτύλιος.

§ 219. Ταχύτης τοῦ φωτός. Κατὰ τὰς καταγιγίδας ἀκούομεν τὴν βροντὴν, ἀφοῦ παρέλθουν μερικά δευτερόλεπτα ἀπὸ τὴν στιγμὴν κατὰ τὴν ὁποίαν ἀντελήφθημεν τὴν ἀστραπὴν. Ἀπὸ αὐτὸ συμπεραίνει κανεῖς ὅτι τὸ φῶς διαδίδεται ταχύτερον ἀπὸ τὸν ἤχον.

Τὸ ὅτι ἡ διάδοσις τοῦ φωτός γίνεται μὲ ἐξαιρετικῶς μεγάλην ταχύτητα, δύναται νά 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 νά 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 νά παρατηρήσωμεν τὴν διάδοσίν του παρὰ μόνον μὲ ὀρισμένα βοθητικὰ μέσα.

Μὲ ἀκριβεῖς μετρήσεις οἱ Φυσικοὶ κατόρθωσαν νά ἐξακριβώσουν ὅτι :

Ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός εἰς τὸ κενὸν καὶ περίπου εἰς τὸν ἀέρα εἶναι ἴση μὲ 300 000 χιλιόμετρα ἀνά δευτερόλεπτον. Δηλαδή :

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

Μὲ τὴν ταχύτητα αὐτὴν τὸ φῶς διανύει εἰς 1 δευτερόλεπτον διάστημα ἴσον μὲ 7,5 φορές τὴν περίμετρον τῆς Γῆς, τὴν δὲ ἀπόστασιν Γῆς - Σελήνης, ἢ ὁποία εἶναι ἴση μὲ 384 000 km περίπου, εἰς 1,2 sec.

Ἀπὸ τὸν ἥλιον, ὁ ὁποῖος ἀπέχει περίπου 150 000 000 km ἀπὸ τὴν Γῆν, χρειάζεται τὸ φῶς 8 καὶ 1/3 πρῶτα λεπτὰ διὰ νά 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 μόνως αὐτὴ ὀνομάζεται ἔτος φωτός. Δηλαδή εἶναι :

1 ἔτος φωτός = 300 000 km · 365 · 24 · 60 · 60 = 9,46 · 10¹² 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 ἰδικὸν τῶν φῶς, ὀνομάζονται αὐτόφωτα σώματα ἢ φωτεινὰ πηγὰί. Τὰ σώματα τὰ ὁποῖα γίνονται ὄρατά, ὅταν φωτίζονται ἀπὸ ἄλλα σώματα, ὀνομάζονται ἑτερόφωτα σώματα.

3. Τὰ σώματα, τὰ ὁποῖα ἐπιτρέπουν εἰς τὸ φῶς νὰ διέλθῃ ἀπὸ τὴν μᾶζαν τῶν, ὀνομάζονται διαφανῆ. Τὰ ἡμιδιαφανῆ σώματα δὲν ἐπιτρέπουν νὰ ἴδωμεν τὰ ἀντικείμενα, τὰ εὐρισκόμενα, ὀπισθεν αὐτῶν, ἀφήνουν ὅμως τὸ φῶς νὰ διέλθῃ μέσα ἀπὸ τὴν μᾶζα τῶν.

4. Τὰ ἀδιαφανῆ σώματα δὲν ἐπιτρέπουν εἰς τὸ φῶς νὰ διέλθῃ μέσα ἀπὸ τὴν μᾶζαν τῶν. Ὅπισθεν τῶν ἀδιαφανῶν σωμάτων σχηματίζεται σκιά.

5. Ὅταν αἱ φωτεινὰ πηγὰί δὲν εἶναι φωτεινὰ σημεῖα, ἔχομεν σκιὰν καὶ παρασκιὰν.

6. Τὸ φῶς δὲν χρειάζεται ὕλικὸν μέσον διὰ νὰ διαδοθῆ, διαδίδεται δὲ ἰσοτρόπως, δηλαδὴ κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις, καὶ εὐθυγράμμως.

7. Ἡ φωτεινὴ ἀκτίς εἶναι μία πολὺ λεπτὴ παράλληλος δέσμη φωτός.

8. Αἱ φωτεινὰ δέσμαι δύνανται νὰ εἶναι συγκλίνουσαι, ἀποκλίνουσαι ἢ παράλληλοι.

9. Ὁ σχηματισμὸς τῆς εἰκόνας εἰς τὸν σκοτεινὸν θάλαμον, ἢ σκιά, αἱ φάσεις τῆς Σελήνης, αἱ ἐκλείψεις Ἡλίου καὶ Σελήνης, εἶναι ἀποτελέσματα τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός.

10. Τὸ φῶς διαδίδεται εἰς τὸ κενὸν καὶ περίπου εἰς τὸν ἀέρα μὲ ταχύτητα ἴσην πρὸς :

$$c = 300\,000 \text{ km/sce}$$

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

158. Μὲ μίαν φωτογραφικὴν μηχανὴν φωτογραφίζομεν ἕναν πύργον ὕψους 40 m, ὃ ὁποῖος εὐρίσκεται 300 m μακρὰν. Ἐὰν τὸ βάθος τοῦ σκοτεινοῦ θαλάμου τῆς μηχανῆς εἶναι 30 cm, νὰ εὐρεθῆ τὸ ὕψος τῆς εἰκόνας, ἢ ὁποῖα θὰ ἐμφανισθῆ. (Ἄπ. 4 cm).

159. Μία κυκλική φωτεινή πηγή έχει διάμετρον 4cm και εϋρίσκεται εις απόστασιν 50cm από ένα αδιαφανή δίσκον, διαμέτρου 20 cm. Νά εϋρεθοῦν αἱ διάμετροι τῆς σκιάς καὶ τῆς παρασκιάς, αἱ ὁποῖαι θὰ εμφανισθοῦν εις μίαν ὀθόνην, ἡ ὁποία ἀπέχει 1 m ἀπὸ τὸ ἀδιαφανές σῶμα. (᾿Απ. 52 cm, 8 cm.)

160. Ἡ ἀπόστασις τῆς ὀπῆς ἐνὸς σκοτεινοῦ θαλάμου ἀπὸ τὴν ἀπέναντι 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.)

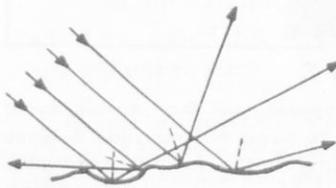
161. Τὸ μῆκος ἐνὸς σκοτεινοῦ θαλάμου εἶναι 24 cm. Εἰς πόσῃ ἀπόστασιν ἀπὸ τὸ ἄνοιγμα πρέπει νὰ τοποθετήσωμεν ἓνα ἀντικείμενον, διὰ νὰ σχηματισθῇ διπλασίον ὕψους εἰκὼν τοῦ ἀντικειμένου. (Νά γίνῃ γραφικὴ λύσις.) (᾿Απ. 12 cm.)

162. Αἱ ἥλιακαὶ 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 ὁμῶς 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 :

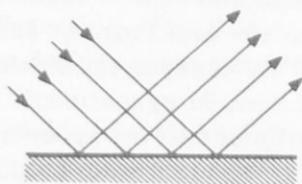
Διάχυτος ἀνάκλασις ἢ διάχυσις τοῦ φωτός ὀνομάζεται τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ ὁποῖον ὅταν προσπέσῃ φῶς ἐπάνω εἰς μίαν τραχεῖαν καὶ ἀκανόνιστον ἐπιφάνειαν, διευθύνεται μετὰ τὴν πρόσπτωσίν του πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις.



Σχ. 222. Διάχυσις τοῦ φωτός.

Ἐξ αἰτίας τοῦ διαχύτου ἥλιακοῦ φωτός φωτίζομεθα πρὶν ἀνατελεῖν ὁ ἥλιος (λυκαυγὲς) ἢ ὅταν ἔχει δύσει (λυκόφως),

ὅπως ἐπίσης καὶ ὅταν ἐπικρατῆ νέφωσις. Εἰς τὰς περιπτώσεις αὐτὰς τὸ φῶς φθάνει εἰς τοὺς ὀφθαλμούς μας, ἀφοῦ προσπέση διαδοχικῶς εἰς αἰωρούμενα μέρια σκόνης καὶ ἄλλα σωματίδια, τὰ ὅποια εὐρίσκονται εἰς τὴν ἀτμόσφαιρά καὶ ἀφοῦ ὑποστῆ ἄλληπαλλήλους διαχύσεις.



Σχ. 223. Ἀνάκλασις τοῦ φωτός.

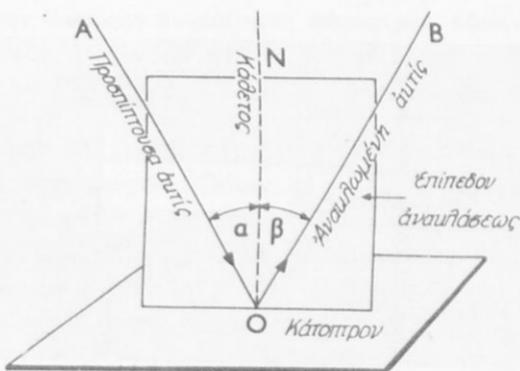
Ἐφαρμογὴν τῆς διαχύσεως ἔχομεν εἰς τοὺς λεγομένους κρυφοὺς φωτισμοὺς τῶν αἰθουσῶν, κλπ.

Ἐὰν ἀπὸ μίαν ὀπὴν ἑνὸς σκοτεινοῦ θαλάμου δεχθῶμεν μίαν δέσμην ἠλιακῶν ἀκτίνων καὶ τὴν ἀφήσωμεν νὰ προσπέση ἐπὶ μιᾶς στιλπνῆς μεταλλικῆς πλακός, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι τὸ φῶς θὰ μεταβάλλη διεύθυνσιν διαδόσεως, χωρὶς νὰ ὑποστῆ 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 ὅποιον 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 διεύθυνσιν μιᾶς φωτεινῆς ἀκτίνος ἢ ὅποια συναντᾷ εἰς τὴν πορείαν

τῆς μίαν λείαν καὶ στιλπνὴν ἐπίπεδον πλάκα, ἣτις ἀποτελεῖ τὴν ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν, ἐνῶ ἡ ΟΒ δεικνύει τὴν διεύθυνσιν τῆς φωτεινῆς ἀκτίνος μετὰ ἀπὸ τὴν ἀνάκλασιν. Ἡ ἀκτίς ΑΟ ἢ ὅποια συναντᾷ εἰς τὴν πορείαν τῆς τὴν ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν ὀνομάζεται προσπίπτουσα ἀκτίς, τὸ δὲ σημεῖον ΠΟ εἰς τὸ ὅποιον 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.

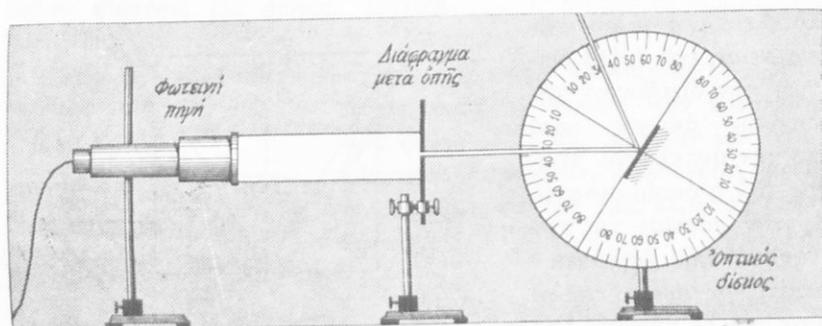
Ἄν φέρωμεν τὴν εὐθεΐαν ON κάθετον εἰς τὴν ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν, θὰ σχηματισθοῦν δύο γωνία. Ἡ γωνία AON , ἡ ὁποία σχηματίζεται ἀπὸ τὴν προσπίπτουσαν ἀκτίνα καὶ τὴν κάθετον εἰς τὸ σημείον προσπτώσεως, ονομάζεται γωνία προσπτώσεως· ἡ γωνία NOB , ἡ ὁποία σχηματίζεται ἀπὸ τὴν κάθετον εἰς τὸ σημείον προσπτώσεως 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 φωτὸς ἀκολουθεῖ τοὺς ἐξῆς δύο νόμους :

1ος νόμος. Τὸ ἐπίπεδον προσπτώσεως, τὸ ὁποῖον ὀρίζεται ἀπὸ τὴν προσπίπτουσαν καὶ τὴν ἀνακλωμένην ἀκτίνα, εἶναι κάθετον εἰς τὴν ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν.

2ος νόμος. Ἡ γωνία προσπτώσεως εἶναι ἴση μὲ τὴν γωνίαν ἀνακλάσεως.

§ 222. Πειραματικὴ ἀπόδειξις τῶν νόμων τῆς ἀνακλάσεως. Τὸ σχῆμα 225 δεικνύει μίαν ἀπλὴν συσκευὴν, μὲ τὴν ὁποίαν δυνάμεθα νὰ ἀποδείξωμεν ἱκανοποιητικῶς τοὺς νόμους τῆς ἀνακλάσεως. Ἀπὸ μίαν ὀπὴν ἀφήνομεν νὰ εἰσέλθῃ μία λεπτὴ παράλληλος φωτεινὴ δέσμη, ἢ τροχιά τῆς ὁποίας διακρίνεται ἀπὸ τὸ φωτεινὸν ἴχνος τὸ ὁποῖον σχη-



Σχ. 225. Πειραματικὴ διάταξις διὰ τὴν ἐπαλήθευσιν τῶν νόμων τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτὸς

ματίζει επάνω εις ένα λευκόν και λεπτόν κατακόρυφον δίσκον, ὁ ὁποῖος εἶναι ὑποδιηρημένος εις μοίρας και τοποθετημένος οὕτως, ὥστε ἡ ἐπιφάνειά του νά συμπίπτῃ με τὴν διεύθυνσιν διαδόσεως τῆς φωτεινῆς δέσμης.

Εἰς τὸ κέντρον τοῦ δίσκου ὑπάρχει ἓνα μικρὸν κάτοπτρον. Οὕτως ἡ προσπίπτουσα ἀκτὶς ἀνακλᾶται και δίδει τὴν ἀνακλωμένην ἀκτίνα, τὸ φωτεινὸν ἴχνος τῆς ὁποίας σχηματίζεται ἐπίσης επάνω εις τὸν δίσκον.

Ἀπὸ τὴν μέτρησιν τῶν γωνιῶν προσπτώσεως και ἀνακλάσεως βλέπομεν ὅτι αἱ γωνίαι αὗται εἶναι ἴσαι. Ἐφ' ὅσον δὲ τὰ ἴχνη τῶν δύο ἀκτίνων σχηματίζονται επάνω εις τὸν κατακόρυφον δίσκον, συμπεραίνομεν ὅτι αἱ ἀκτίνες εὐρίσκονται εις ἐπίπεδον κάθετον πρὸς τὴν ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν (διότι ὁ κατακόρυφος δίσκος εἶναι κάθετος πρὸς τὸ ὀριζόντιον κάτοπτρον).

§ 223. Ἀρχὴ τῆς ἀντιστροφῆς πορείας τοῦ φωτός. Πειραματικῶς ἀποδεικνύεται ὅτι ἐὰν τὸ φῶς ἀκολουθῇ εις τὴν διάδοσίν του μίαν ὄρισμένην πορείαν, εἶναι δυνατόν νά διαδοθῇ ἀκολουθῶν και τὴν ἀντίστροφον ἀκριβῶς πορείαν. Οὕτως, ὅταν μία φωτεινὴ ἀκτὶς ἀνακλᾶται και ἀκολουθῇ τὴν διεύθυνσιν AOB (σχ. 224), εἶναι δυνατόν νά διαδοθῇ και κατὰ τὴν διεύθυνσιν BOA.

Ἡ ιδιότης αὕτη τοῦ φωτός εἶναι γνωστὴ με τὴν ὀνομασίαν *ἀρχὴ τῆς ἀντιστροφῆς πορείας τοῦ φωτός*.

§ 224. Κάτοπτρα. Εἰς τὴν Φυσικὴν ὀνομάζομεν *κάτοπτρον* πᾶσαν λείαν και στιλπνὴν ἐπιφάνειαν, ἡ ὁποία ἀνακλᾷ τὸ φῶς τὸ προσπίπτον ἐπ' αὐτῆς, συμφῶνως πρὸς τοὺς γνωστοὺς νόμους τῆς ἀνακλάσεως.

Ἀναλόγως με τὴν μορφήν τῆς ἀνακλαστικῆς ἐπιφανείας διακρίνονται τὰ κάτοπτρα εις 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* και *κυρτὰ* σφαιρικὰ κάτοπτρα.

Κοῖλον λέγεται τὸ σφαιρικόν κάτοπτρον ὅταν ἔχη ὡς ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν τὸ ἐσωτερικόν τῆς σφαίρας. Κυρτὸν λέγεται τὸ σφαι-



Σχ. 226. Ἡ ἡρεμος ἐπιφάνεια μιᾶς λίμνης ἀποτελεῖ ἐπίπεδον κάτοπτρον.

ρικὸν κάτοπτρον ὅταν 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.

Ὅτι βλέπομεν μέσα εἰς τὸ κάτοπτρον δὲν ὑπάρχει βεβαίως εἰς τὴν πραγματικότητα, σχηματίζεται δὲ ἀπὸ τὰς ἀκτῖνας, αἱ ὁποῖαι ἀφοῦ προσπέσουν εἰς τὸ κάτοπτρον ἀνακλῶνται,

συμφώνως πρὸς τοὺς νόμους τῆς ἀνακλάσεως, καὶ συναντοῦν μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῶν τοῦς ὀφθαλμούς μας. Οὕτω μᾶς δημιουργοῦν τὴν ἐντύπωσιν ὅτι προέρχονται ἀπὸ σημεῖα εὐρίσκόμενα ὀπίσω ἀπὸ τὸ κάτοπτρον καὶ τὰ ὁποῖα σχηματίζουν κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ὁμοιώματα τῶν ἀντικειμένων. Τὰ ὁμοιώματα αὐτὰ ὀνομάζονται *φανταστικὰ εἰδῶλα*.

Τὸ σχῆμα 227 δεικνύει τὸν σχηματισμὸν φανταστικοῦ εἰδώλου Α' ἐνὸς φωτεινοῦ σημείου Α, τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται ἔμπροσθεν ἐνὸς ἐπίπεδου κατόπτρου. Ὁ ὀφθαλμὸς συλλαμβάνει τὰς ἀνακλωμένας ἀκτῖνας ΟΒ καὶ Ο'Γ, αἱ ὁποῖαι προεκτινόμεναι τέμνονται εἰς τὸ Α' καὶ σχηματίζουν τοιουτοτρόπως τὸ φανταστικὸν εἶδωλον τοῦ σημείου Α.

Ἄπὸ τὴν μελέτην τῶν ἐπιπέδων κατόπτρων συμπεραίνομεν τὰ ἀκόλουθα.

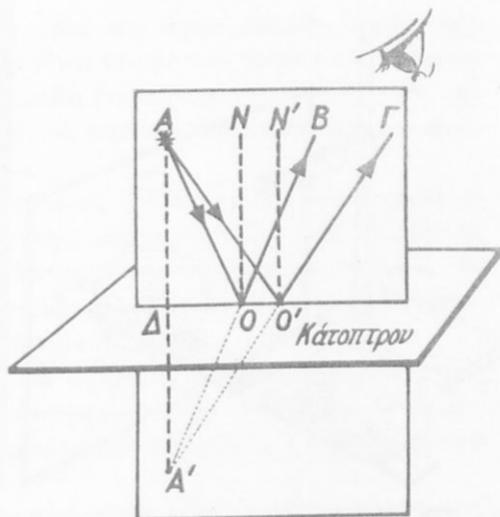
α) Τὰ εἰδῶλα τὰ ὁποῖα δίδουν τὰ ἐπίπεδα κάτοπτρα εἶναι φαντα-

στικά, δὲν σχηματίζονται δηλαδή ἀπὸ τὰς φωτεινὰς ἀκτῖνας, ἀλλὰ ἀπὸ τὰς προεκτάσεις των, καὶ εὐρίσκονται ὀπισθεν τοῦ κατόπτρου.

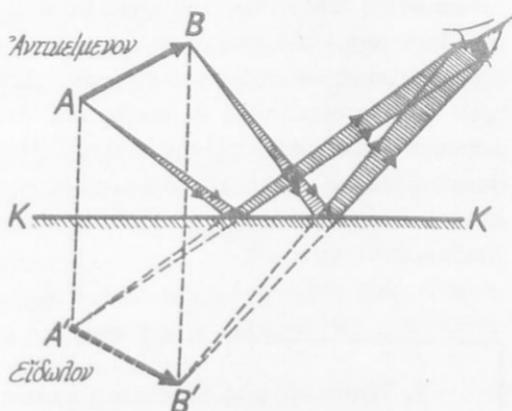
β) Τὰ εἰδῶλα εἶναι συμμετρικὰ μὲ τὰ ἀντικείμενα ὡς πρὸς τὸ ἐπίπεδον τοῦ κατόπτρου καὶ δὲν εἶναι ἐφαρμόσιμα μὲ τὰ ἀντικείμενα. Εἰδῶλα καὶ ἀντικείμενα ἔχουν μεταξύ των τὴν σχέσιν δεξιᾶς καὶ ἀριστερᾶς παλάμης.

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.

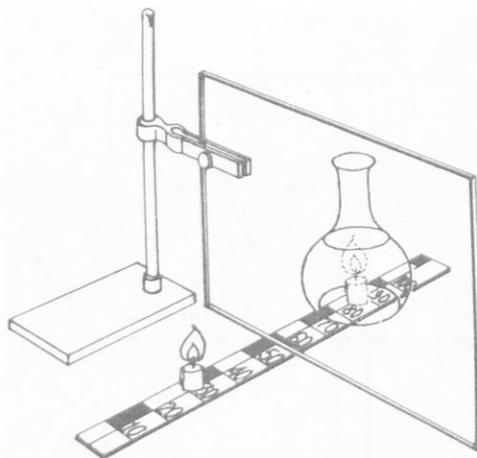
§ 226. Ἀπεικόνισις ἀντικειμένου ὑπὸ ἐπιπέδου κατόπτρου. Τὸ εἶδῶλον $A'B'$ ἐνὸς ἀντικειμένου AB (σχ. 228) σχηματίζεται μὲ εὐκολίαν ἂν κατασκευάσωμεν τὰ συμμετρικὰ A' καὶ B' τῶν ἄκρων τοῦ ἀντικειμένου A καὶ B , ὡς πρὸς τὸ κάτοπτρον. Ἀπὸ τὸ σχῆμα φαίνεται ὅτι τὸ εἶδῶλον ἔχει ἀναστραφῆ πλευρικῶς. Δὲν εἶναι δηλαδή ἐφαρμόσιμον μὲ τὸ ἀντικείμενον, ἐπειδὴ τὸ ἀριστερὸν τοῦ ἀντικειμένου ἀπεικονίζεται ὡς δεξιὸν τοῦ εἰδώλου καὶ ἀντιστρόφως.



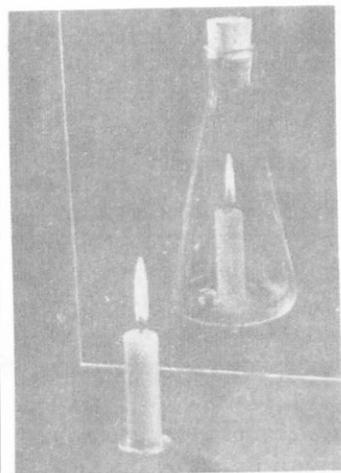
Σχ. 227. Τὸ φανταστικὸν εἶδῶλον A' τοῦ φωτεινοῦ σημείου A εἶναι συμμετρικὸν ὡς πρὸς τὸ κάτοπτρον.



Σχ. 228. Γεωμετρικὸν διάταγμα σχηματισμοῦ τοῦ φανταστικοῦ εἰδώλου ἐνὸς ἀντικειμένου.



Σχ. 229. Το είδωλον και τὸ ἀντικείμενον εἶναι συμμετρικὰ ὡς πρὸς τὸ κάτοπτρον.



Σχ.229,α. Φωτογραφία τοῦ ἀντικειμένου καὶ τοῦ εἰδώλου του, μιᾶς διατάξεως ὅπως τοῦ σχ. 229.

Τὸ ὅτι ἡ ἀπόστασις τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὸ κάτοπτρον εἶναι ἴση μὲ τὴν ἀπόστασιν τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τὸ κάτοπτρον, δυνάμεθα νὰ τὸ δείξωμεν μὲ τὴν διάταξιν τοῦ σχήματος 229, καὶ 229α, ὅπου ἀντὶ κατόπτρου τοποθετοῦμεν ἕνα διαφανὲς καὶ στιλπνὸν τεμάχιον ὑάλου καὶ ὀπίσω ἀπὸ αὐτὸ μίαν ὑαλίνην φιάλην. Ἡ φλὸξ τοῦ εἰδώλου τοῦ κηριου φαίνεται νὰ καίη μέσα εἰς τὸ ὕδωρ τῆς φιάλης, ἐνῶ ἡ ἰσότης τῶν ἀποστάσεων εἰδώλου καὶ ἀντικειμένου μετρεῖται μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ ἠριθμημένου κανόνος.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Ὄταν τὸ φῶς προσπίπτῃ ἐπάνω εἰς μίαν λείαν καὶ στιλπνὴν ἐπιφάνειαν ὑφίσταται ἀνάκλασιν. Ἄν ἡ ἐπιφάνεια εἶναι τραχεῖα καὶ ἀκανόνιστος τὸ φῶς ὑφίσταται διάχυσιν. Ἐξ αἰτίας τῆς διαχύσεως ἔχομεν φῶς καὶ ὅταν δὲν φωτιζόμεθα ἀπ' εὐθείας ἀπὸ μίαν φωτεινὴν πηγὴν.

2. Ἡ ἀνάκλασις ἀκολουθεῖ τοὺς ἐξῆς δύο νόμους: α) Ἡ προσπίπτουσα καὶ ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς ὀρίζουν ἕνα ἐπίπεδον,

τὸ ὁποῖον εἶναι κάθετον πρὸς τὴν ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν.
β) Ἡ γωνία προσπτώσεως εἶναι ἴση μὲ τὴν γωνίαν ἀνακλάσεως.

3. Ὄταν τὸ φῶς ἀκολουθῇ ἕνα ὀρισμένον δρόμον κατὰ τὴν διάδοσίν του, εἶναι δυνατόν νὰ διαδοθῇ ἀκολουθῶν καὶ τὴν ἀντίστροφον ἀκριβῶς πορείαν.

4. Ἐκάστη λεία καὶ στιλπνὴ ἐπιφάνεια, ἣ 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 ὁποία εἶναι τοποθετημένα ἔμπροσθέν των. Τὰ ὁμοιώματα αὐτὰ ὀνομάζονται εἰδῶλα καὶ διακρίνονται εἰς πραγματικά καὶ εἰς φανταστικά.

6. Πραγματικά λέγονται τὰ εἰδῶλα ἐκεῖνα, τὰ ὁποία σχηματίζονται ἀπὸ σύμπτωσιν τῶν ἀκτίνων καὶ τὰ ὁποία δυνάμεθα νὰ λάβωμεν ἐπὶ ἑνὸς πετάσματος. Σχηματίζονται ἔμπροσθεν τῶν κατόπτρων καὶ ἢ παρεμβάλλονται μεταξὺ ἀντικειμένου καὶ κατόπτρου ἢ τὸ ἀντικείμενον παρεμβάλλεται μεταξὺ τοῦ κατόπτρου καὶ τοῦ εἰδώλου του. Τὰ πραγματικά εἰδῶλα εἶναι ἀνεστραμμένα ἐν σχέσει πρὸς τὰ ἀντικείμενα καὶ μικρότερα, ἴσα, ἢ μεγαλύτερα ἀπὸ αὐτὰ.

7. Τὰ φανταστικά εἰδῶλα σχηματίζονται ἀπὸ τὰς προεκτάσεις τῶν ἀκτίνων καὶ εὐρίσκονται πάντοτε ὀπισθεν τοῦ κατόπτρου. Εἶναι ὄρθια καὶ δύνανται νὰ εἶναι ἰσομεγέθη, μεγαλύτερα ἢ μικρότερα ἀπὸ τὰ ἀντικείμενα.

8. Τὰ ἐπίπεδα κάτοπτρα δίδουν εἰδῶλα φανταστικά, συμμετρικά μὲ τὰ ἀντικείμενα ὡς πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ κατόπτρου καὶ μὴ ἐφαρμόσιμα μὲ τὰ ἀντικείμενα.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

163. Ἡ γωνία μεταξὺ μιᾶς ὀπτικῆς ἀκτίνος καὶ τῆς ἐπιφανείας, ἐπάνω εἰς τὴν ὁποίαν προσπίπτει ἡ ἀκτίς, εἶναι 42° . Πόση εἶναι ἡ γωνία ἀνακλάσεως. (Ἀπ. 48° .)

164. Ἡ γωνία προσπτώσεως μιᾶς ὀπτικῆς ἀκτίνος ἀξάνεται κατὰ 15° . Κατὰ πόσας μοῖρας ἀξάνεται ἡ γωνία, ἣ σχηματιζομένη ἀπὸ τὴν προσπίπτουσαν καὶ τὴν ἀνακλωμένην ἀκτίνα. (Ἀπ. 30 μοῖραι.)

165. Ἡ ἀπόστασις ἐνὸς ἀντικειμένου ἀπὸ τὸ εἶδωλόν του, τὸ ὁποῖον σχηματίζεται ἐντὸς ἐνὸς ἐπιπέδου κατόπτρου, εἶναι 70 cm. Πόσον ἀπέχει τὸ ἀντικείμενον ἀπὸ τὸ κάτοπτρον. (Ἐ.Απ. 35 cm.)

166. Ἐνας ἄνθρωπος, ὁ ὁποῖος εὐρίσκειται ἔμπροσθεν ἐνὸς ἐπιπέδου κατόπτρου, ἀπομακρύνεται κατὰ 1,5 m ἀπὸ τὸ κάτοπτρον. Κατὰ πόσον ἀυξάνεται ἡ ἀπόστασις τοῦ ἀνθρώπου ἀπὸ τὸ εἶδωλόν του. (Ἐ.Απ. 3 m.)

167 Ἡ ἀνακλαστικὴ ἐπιφάνεια ἐνὸς ἐπιπέδου κατόπτρου συμπίπτει μὲ τὸ ὀριζόντιον ἐπίπεδον. Ἐνας παρατηρητὴς, τοῦ ὁποῖου οἱ ὀφθαλμοὶ ἀπέχον 1,50 m ἀπὸ τὸ ἔδαφος, τοποθετεῖται ὄρθιος εἰς ἀπόστασιν 2 m ἀπὸ τὸ κέντρον τοῦ κατόπτρου καὶ βλέπει, ἐξ ἀνακλάσεως, τὴν κορυφὴν ἐνὸς πλησίον εὐρισκομένου δένδρου εἰς τὴν διεύθυνσιν τοῦ κέντρου τοῦ κατόπτρου. Πόσον εἶναι τὸ ὕψος αὐτοῦ τοῦ δένδρου, ἂν ἡ βᾶσις τοῦ κορμοῦ του ἀπέχῃ 20 m ἀπὸ τὸ κέντρον τοῦ κατόπτρου. (Ἐ.Απ. 15m.)

ΜΔ' — ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

§ 227· Γενικότητες. Κοῖλα καὶ σφαιρικὰ κάτοπτρα. Ὅταν ἡ ἀνακλαστικὴ ἐπιφάνεια ἐνὸς κατόπτρου εἶναι σφαιρικὴ, τὸ κάτοπτρον ὀνομάζεται σφαιρικόν. Τὸ σφαιρικόν κάτοπτρον ὀνομάζεται κοῖλον ὅταν ἔχη ὡς ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν τὸ ἐσωτερικόν τῆς σφαίρας καὶ κυρτόν ὅταν ἔχη ὡς ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν τὸ ἐξωτερικόν τῆς σφαίρας. Θεωροῦμεν μίαν τομὴν ΑΟΒ ἐνὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου ἀπὸ ἓνα ἐπίπεδον διερχόμενον ἀπὸ τὸ κέντρον τῆς σφαίρας, εἰς τὴν ὁποίαν ἀνήκει τὸ κάτοπτρον, καὶ ἀπὸ τὸ μέσον τοῦ κατόπτρου (σχ. 230).

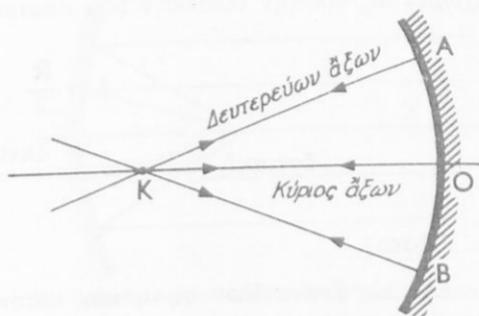
Τὸ σημεῖον Ο, τὸ ὁποῖον εἶναι καὶ τὸ γεωμετρικόν μέσον τοῦ κατόπτρου, ὀνομάζεται κορυφὴ τοῦ κατόπτρου, ἡ δὲ γωνία ΑΚΒ ἄνοιγμα τοῦ κατόπτρου. Ἡ ΚΟ ἦτις ἰσοῦται μὲ τὴν ἀκτίνα τῆς σφαίρας, εἰς τὴν ὁποίαν ἀνήκει τὸ κάτοπτρον, ὀνομάζεται ἀκτὶς καμπυλότητος τοῦ κατόπτρου καὶ παριστᾶται μὲ τὸ γράμμα R. Τὸ σημεῖον Κ τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ τὸ κέντρον τῆς σφαίρας, εἰς τὴν ὁποίαν ἀνήκει



Σχ. 230. Χαρακτηριστικὰ στοιχεῖα κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου.

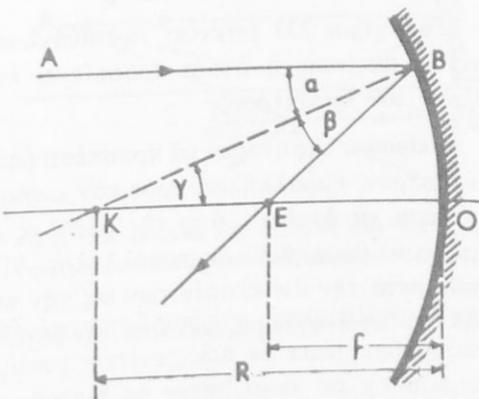
τὸ κάτοπτρον, ὀνομάζεται *κέντρον καμπυλότητος* τοῦ κατόπτρου.

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 ἑνὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου.

§ 228. Ἑστιακὴ ἀπόστασις. Κυρία ἐστία. Ἄν μία λεπτή φωτεινὴ δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων AB προσπέσῃ παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξωνα ἑνὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου, θὰ διέλθῃ μετὰ τὴν ἀνάκλασίν της, ἀπὸ ἓνα σημεῖον E τοῦ κυρίου 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 της. Γωνία προσπτώσεως εἶναι ἡ ABK , σχηματιζομένη ἀπὸ τὴν προσπίπτουσαν AB καὶ τὴν κάθετον εἰς τὸ σημεῖον προσπτώσεως B , δηλαδὴ τὴν ἀκτίνα KB . Γωνία ἀνακλάσεως εἶναι ἡ KBE .

Ἐὰν ὀνομάσωμεν τὴν ἀπόστασιν OE τῆς κορυφῆς τοῦ κατόπτρου ἀπὸ τὴν κυρίαν ἐστίαν *ἐστιακὴν ἀπόστασιν* καὶ τὴν συμβολίσωμεν μὲ τὸ γράμμα f καὶ τῆς ἀκτίνας καμπυλότητος R τοῦ κατόπτρου θὰ

ἔχωμεν ὡς πρώτην ἐξίσωσιν τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων τὴν σχέσιν :

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

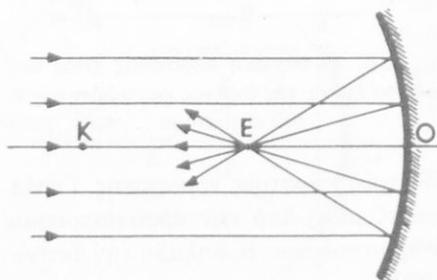
$$\text{ἔστιακὴ ἀπόστασις} = \frac{\text{ἀκτίς καμπυλότητος}}{2}$$

Ὡστε :

Ἐάν εἰς ἓνα κοῖλον σφαιρικὸν κάτοπτρον προσπέσῃ μία φωτεινὴ δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων, παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα τοῦ κατόπτρου, αἱ ἀκτίνες τῆς δέσμης θὰ διέλθουν, ἀφοῦ ἀνακλασθοῦν, ἀπὸ τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ κατόπτρου, ἢ ὁποία εὐρίσκεται εἰς τὸ μέσον τῆς ἀποστάσεως τῆς ὀριζομένης μεταξὺ τῆς κορυφῆς τοῦ κατόπτρου καὶ τοῦ κέντρου καμπυλότητος.

Τὸ σχῆμα 233 δεικνύει τὴν ἀνάκλασιν δέσμης παραλλήλων φωτεινῶν ἀκτίνων, ἢ ὁποία προσπίπτει παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα τοῦ κατόπτρου.

Πείραμα. Ἀφήνομεν νὰ προσπέσῃ ἐπάνω εἰς ἓνα κοῖλον σφαιρικὸν κάτοπτρον, παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, μία δέσμη ἡλιακῶν ἀκτίνων, αἱ ὁποῖαι, λόγῳ τῆς μεγάλης ἀποστάσεως τοῦ Ἡλίου, δύνανται νὰ θεωρηθοῦν ὡς παράλληλοι. Αἱ ἀκτίνες αὗται θὰ συγκεντρωθοῦν μετὰ τὴν ἀνάκλασίν των εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ κατόπτρου, τὴν ὁποίαν ἀναγνωρίζομεν ἀπὸ τὴν μεγάλην θερμότητα, ἥτις ἀναπτύσσεται ἐκεῖ, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον



Σχ. 233. Αἱ παράλληλοι πρὸς τὸν κύριον ἄξονα ἀκτίνες συγκεντρώνονται μετὰ τὴν ἀνάκλασίν των 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 ανάκλασίν της εἰς δέσμην παραλλήλων ἀκτίνων (σχ. 234).

§ 229. Εἶδωλα κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου. Ἀναλόγως πρὸς τὴν θέσιν τοῦ ἀντικειμένου, ὡς πρὸς τὸ κάτοπτρον καὶ τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ κατόπτρου, δύναμεθα νὰ ἔχωμεν εἶδωλα φανταστικά ἢ πραγματικά.

Τὸ φανταστικὸν εἶδωλον εἶναι ὄρθιον καὶ μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον. Τὸ πραγματικὸν εἶναι ἀνέστραμμένον ἐν σχέσει πρὸς τὸ ἀντικείμενον καὶ μικρότερον, μεγαλύτερον ἢ ἴσον πρὸς αὐτό.

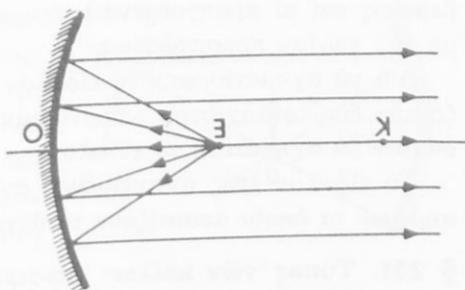
§ 230. Πορεία τῶν ἀκτίνων αἵτινες προσπίπτουν ἐπὶ ἐνὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου. Ἐφ' ὅσον τὰ εἶδωλα τῶν διαφόρων ἀντικειμένων σχηματίζονται ἀπὸ τὰς ἀνακλωμένας ἀκτίνας, διὰ νὰ κατασκευάσωμεν τὸ εἶδωλον ἐνὸς ἀντικειμένου πρέπει νὰ γνωρίζωμεν νὰ χαράζωμεν τὴν πορείαν ὀρισμένων φωτεινῶν ἀκτίνων (σχ. 235).

α) Ἄκτις παράλληλος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, ὅπως ἡ AB διέρχεται μετὰ τὴν ἀνάκλασίν της ἀπὸ τὴν κυρίαν ἐστίαν E τοῦ κατόπτρου.

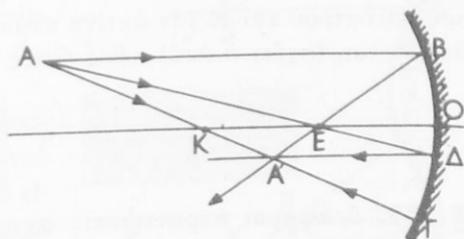
β) Ἄκτις διερχομένη ἀπὸ τὸ κέντρον καμπυλότητος, ὅπως ἡ AKΓ, προσπίπτει καθέτως ἐπὶ τοῦ κατόπτρου καὶ ἀνακλᾶται ἀκολουθοῦσα τὴν ἀντίστροφον πορείαν ΓΚΑ.

γ) Ἄκτις διερχομένη ἀπὸ τὴν κυρίαν ἐστίαν, ὅπως ἡ AED, ἀκολουθεῖ μετὰ τὴν ἀνάκλασίν της διεύθυνσιν παράλληλον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα.

δ) Πᾶσα ἄλλη ἀκτις προσπίπτουσα ἐπὶ τοῦ κατόπτρου (ὅπως



Σχ. 234. Ὅταν τὸ φωτεινὸν σημεῖον τοποθετηθῇ εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν, τότε αἱ φωτεινὰ ἀκτίνες του, μετὰ τὴν ἀνάκλασίν 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 ἀνακλάσεως ἴσην μετὴν τὴν γωνίαν προσπτώσεως.

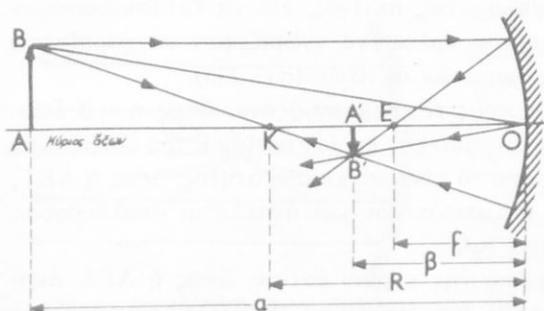
Διὰ τὸ νὰ σχηματίσωμεν τὸ εἶδωλον ἑνὸς φωτεινοῦ σημείου, χρειαζόμεθα δύο τουλάχιστον φωτεινὰς ἀκτίνας τοῦ σημείου, ἢ τομὴ τῶν ὁποίων θὰ σχηματίσῃ τὸ εἶδωλον.

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) ἓνα ἀντικείμενον, εὐρισκόμενον καθέτως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα ἑνὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου, καὶ A'B' τὸ εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου αὐτοῦ. Ἄν ὀνομάσωμεν α τὴν ἀπόστασιν OA τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τὴν κορυφὴν τοῦ κατόπτρου, β τὴν ἀπόστασιν OA' τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὴν κορυφὴν τοῦ κατόπτρου, f τὴν ἐστιακὴν ἀπόστασιν τοῦ κατόπτρου καὶ R τὴν ἀκτῖνα 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 μεταξὺ τῶν με ὀρισμένην σχέσιν.

1) Ὄταν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται πέραν ἀπὸ τὸ κέντρον καμπυλότητος, τὸ εἶδωλόν του εἶναι πραγματικόν, ἀνεστραμμένον, μικρότερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον καὶ σχηματίζεται μεταξὺ τῆς κυρίας ἐστίας καὶ τοῦ κέντρου καμπυλότητος τοῦ κατόπτρου (σχ. 237, I).

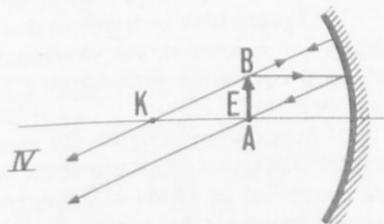
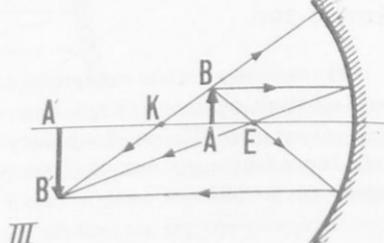
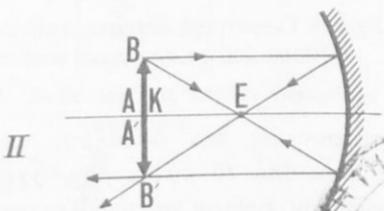
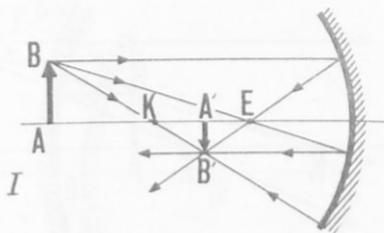
2) Ὄταν τὸ ἀντικείμενον πλησιάζῃ πρὸς τὸ κέντρον καμπυλότη-

τος, πλησιάζει και τὸ εἶδωλόν του πρὸς τὸ κέντρον καμπυλότητος, 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).

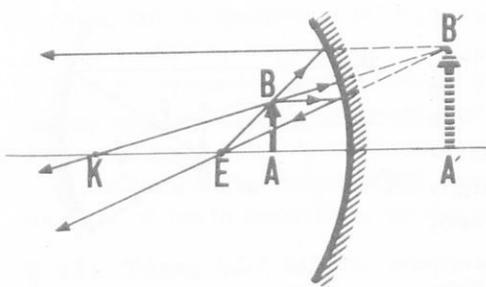
3) Ἄν τὸ ἀντικείμενον εὑρίσκειται μεταξὺ κέντρον καμπυλότητος και κυρίας ἐστίας τοῦ κατόπτρου, τὸ εἶδωλόν του ἀντικειμένου σχηματίζεται πέραν ἀπὸ τὸ κέντρον καμπυλότητος, ἀνεστραμμένον και μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον (σχ. 237, III).

4) Ὅσον προχωρεῖ τὸ ἀντικείμενον πρὸς τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ κατόπτρου, τόσοσιν 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 εἶδωλόν τοῦ ἀντικειμένου. Αὐτὸ ὀφείλεται εἰς τὸ γεγονόςσιν ὅτι αἱ ἀκτῖνες μετὰ τὴν ἀνάκλασιν των σχηματίζουσιν παράλληλον δέσμησιν, δὲν τέμνονται και τοιοιουτρόπως δὲν σχηματίζεται εἶδωλόν (σχ. 237, IV).

Ἄντιστρόφως, ὅταν τὸ ἀντικείμενον εὑρίσκειται εἰς τὸ ἄπειρον, εἰς πολὺ μεγάλην ἀπόστασιν ἀπὸ τὸ κατόπτρον, τὸ εἶδωλόν του σχη-



Σχ. 237. Διάφοροι θέσεις σχηματισμοῦ εἰδώλου ἑνὸς ἀντικειμένου τὸ ὁποῖον εὑρίσκειται ἔμπροσθεν ἑνὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου.



Σχ. 238. Γεωμετρική κατασκευή φανταστικού ειδώλου κοίλου σφαιρικού κατόπτρου

ματίζεται επί της κυρίας έστίας και είναι σημειακόν.

β) Φανταστικόν ειδώλον.

“Όταν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκειται μεταξύ κυρίας έστίας και κορυφῆς τοῦ κατόπτρου, δὲν ἔχομεν σχηματισμὸν πραγματικοῦ ειδώλου. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν (σχ. 238) αἱ ἀκτίνες μετὰ τὴν ἀνάκλασιν των ἀποκλίνουν και δὲν τέμνονται. Ἐὰν ὁμως προσ-

πέσωμεν εἰς τὸν ὀφθαλμὸν, συναντῶνται εἰς τὴν προέκτασιν των ὀπίσω ἀπὸ τὸ κατόπτρον, σχηματίζουσαι οὕτως ἓνα φανταστικὸν ειδώλον, ὄρθιον και μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον. Διὰ νὰ ἴδωμεν λοιπὸν τὸ ειδώλον τοῦ προσώπου μας ἐντὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου, πρέπει νὰ τοποθετηθῶμεν μεταξύ τῆς κορυφῆς και τῆς κυρίας έστίας του.

Ὁ τύπος τῶν κοίλων σφαιρικῶν κατόπτρων ἰσχύει και εἰς τὰς δύο περιπτώσεις τῶν ειδῶλων, φανταστικοῦ και πραγματικοῦ, μετὰ τὴν διαφορὰν ὅτι, ὅταν πρόκειται διὰ φανταστικὸν ειδῶλον, θεωροῦμεν τὴν ἀπόστασιν του β ἄρνητικὴν, ἐνῶ ἂν κατὰ τὴν λύσιν ἐνὸς προβλήματος εὐρωμεν ἄρνητικὸν β, αὐτὸ σημαίνει ὅτι τὸ ειδῶλον εἶναι φανταστικόν.

§ 233. Κυρτὰ σφαιρικὰ κάτοπτρα. Εἰς τὰ κυρτὰ σφαιρικὰ κάτοπτρα ἢ ἀνακλαστικὴ ἐπιφάνεια εἶναι τὸ ἐξωτερικὸν μέρος τῆς σφαίρας.

Ἐὰν ἔχομεν μίαν φωτεινὴν ἀκτῖνα AB (σχ. 239), παράλληλον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα τοῦ κατόπτρου, διὰ νὰ σχηματίσωμεν τὴν ἀνακλωμένην της ΒΓ, φέρομεν εἰς τὸ Β τὴν ἀκτῖνα καμπυλότητος ΚΒ και προεκτείνοντες αὐτὴν σχηματίζομεν γωνίαν $\beta = \alpha$.

Ἡ ἀνακλωμένη ἀκτῖς ΒΓ δὲν συναντᾷ τὸν κύριον ἄξονα εἰς τὸ σημεῖον Ε, τὸ ὁποῖον εὐρίσκειται εἰς τὸ μέσον τῆς ἀκτίνος ΟΚ, ἀλλὰ ἢ προέκτασις της. Τὸ ἴδιον θὰ συμβῇ και μετὰ πᾶσαν ἄλλην ἀκτῖνα παράλληλον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα. Ἐὰν λοιπὸν ἐπάνω εἰς ἓνα κυρτὸν σφαιρικὸν κάτοπτρον προσπέσῃ μία δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων, παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα τοῦ κατόπτρου, θὰ μεταβληθῇ μετὰ τὴν ἀνάκλασιν της εἰς ἀποκλίνουσαν δέσμη, αἱ προεκτάσεις των ἀκτίνων της ὁποίας ὁμως θὰ διέρχωνται ἀπὸ τὸ μέσον Ε τῆς ἀκτίνος ΟΚ, τὸ ὁποῖον ὀνομάζεται και πάλιν κυρία έστία τοῦ κατόπτρου. Ἐπειδὴ ὁμως ἡ κυρία έστία τοῦ κυρτοῦ

σφαιρικού κατόπτρου σχηματίζεται από τās προεκτάσεις τών ακτίνων και εϋρίσκεται όπισω από τó κάτοπτρον, όνομάζεται φανταστική κυρία έστία (σχ. 240).

§ 234. Εΐδωλα κυρτών σφαιρικῶν κατόπτρων.

Τά κυρτά σφαιρικά κάτοπτρα δίδουν πάντοτε φανταστικά εΐδωλα, όρθια, μικρότερα από τó αντίκειμενον και παραμορφωμένα.

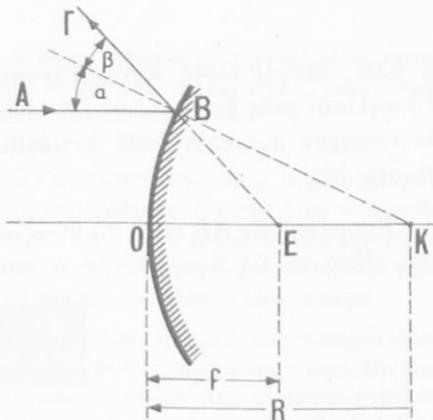
Τó σχήμα 241 δεικνύει τήν κατασκευήν του εΐδώλου Α' Β' ενός αντικειμένου ΑΒ, εϋρισκομένου έμπρός εις ένα κυρτόν σφαιρικόν κάτοπτρον. Όπως εις τά κοΐλα σφαιρικά κάτοπτρα, οϋτως και εις τά κυρτά, ή απόστασις α του αντικειμένου και ή απόστασις β του εΐδώλου από τήν κορυφήν του κατόπτρου, ή έστιακή απόστασις f και ή ακτίς καμπυλότητος R του κατόπτρου, συνδέονται με τās σχέσεις:

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

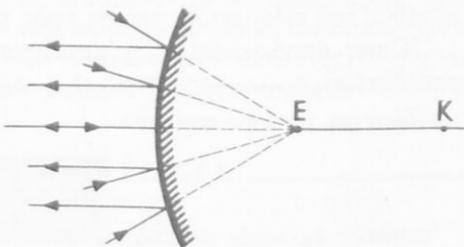
$$\frac{1}{a} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{R}$$

με τήν διαφοράν όμως ότι τά β, f ή τó R είναι πάντοτε άρνητικά.

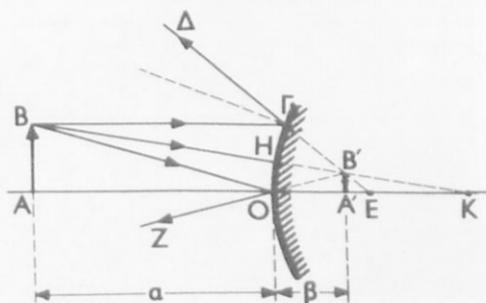
Έάν κατά τήν λύσιν ενός προβλήματος εϋρωμεν άρνητικās τιμάς δια τó f ή τó R, αυτό σημαίνει ότι τó κάτοπτρον είναι κυρτόν. Εις τήν περίπτωσιν αυτήν πρέπει όποσδήποτε νά είναι άρνητικόν και τó β. Τó α δέν είναι ποτέ άρνητικόν.



Σχ. 239. Άνάκλασις εις κυρτόν σφαιρικόν κάτοπτρον.



Σχ. 240. Αί παράλληλοι πρὸς τὸν κύριον ἄξονα ενός κυρτοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου ἀκτίνες, σχηματίζουν μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῶν δέσμη ἀποκλινοσῶν ἀκτίνων, ή κορυφή τῆς ὁποίας εϋρίσκεται εις τὴν φανταστικὴν κυρίαν ἔστιαν.



Σχ. 241. Γεωμετρικὴ κατασκευὴ τοῦ φανταστικοῦ εΐδώλου ενός κυρτοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου.

§ 235. Μεγέθυνσις ἀντικειμένου ὑπὸ σφαιρικοῦ κατόπτρου. Τὸ πηλίκον μιᾶς διαστάσεως τοῦ εἰδώλου, π.χ. τοῦ ὕψους του, πρὸς τὴν ἀντίστοιχον διάστασιν τοῦ ἀντικειμένου ὀνομάζεται γραμμικὴ μεγέθυνσις M .

Ἐπομένως ἂν AB εἶναι τὸ ὕψος τοῦ ἀντικειμένου καὶ $A'B'$ τὸ ὕψος τοῦ εἰδώλου, θὰ ἔχωμεν τὴν σχέσιν :

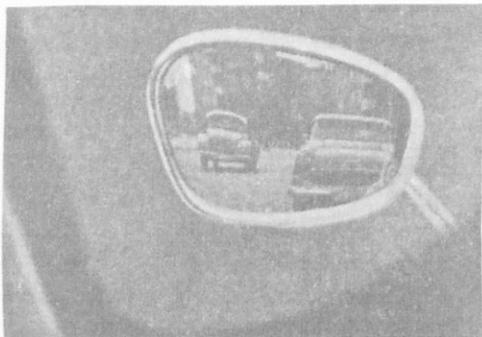
$$M = \frac{A'B'}{AB}$$

Ἀπὸ τὴν ἀνωτέρω σχέσιν φαίνεται ὅτι ἡ μεγέθυνσις δύναται νὰ εἶναι μεγαλυτέρα, ἴση ἢ μικροτέρα τῆς μονάδος, ἀναλόγως πρὸς τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου ἐν σχέσει πρὸς τὸ μέγεθος τοῦ ἀντικειμένου.

Ὅπως ἀποδεικνύεται, ἡ μεγέθυνσις καὶ αἱ ἀποστάσεις a καὶ β τοῦ ἀντικειμένου καὶ τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὴν κορυφὴν τοῦ κατόπτρου συνδέονται μὲ τὴν σχέσιν :

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

Ἡ ἀνωτέρω σχέσις (1) ἰσχύει διὰ τὰ κοίλα καὶ τὰ κυρτὰ κάτοπτρα. Ὅταν ἡ μεγέθυνσις εἶναι ἀρνητικὴ, τὸ εἶδωλον εἶναι φανταστικόν. Ὅταν ἡ ἀρνητικὴ μεγέθυνσις ἔχη ἀπόλυτον τιμὴν μικροτέραν τῆς μονάδος, τὸ κάτοπτρον εἶναι κυρτόν.



Σχ. 242. Οἱ ὁδηγοὶ τῶν συγκοινωνιακῶν 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 σημείον. 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 ὀχήματος νὰ ἔχη μίαν μικρὰν εἰκόνα μιᾶς εὐρείας περιοχῆς, ἢ ὁποία ἐκτείνεται ὀπίσω ἀπὸ τὸ ὄχημα (σχ. 242).

§ 237. Σφάλματα τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων. Ὅσα ἀναφέρομεν, διὰ σφαιρικά κάτοπτρα εἰς τὰς προηγουμένας παραγράφους, ἰσχύουν ὅταν τὸ ἄνοιγμα τοῦ κατόπτρου εἶναι μικρὸν, σχετικῶς πρὸς τὴν ἀκτίνα καμπυλότητός του καὶ τὰ ἀντικείμενα εὐρίσκονται ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος ἢ πολὺ πλησίον πρὸς αὐτόν. Ὅταν αὐτοὶ οἱ δύο ὅροι δὲν πληροῦνται, τὰ σχηματιζόμενα εἰδῶλα εἶναι ἀσαφῆ.

Ὅταν τὸ ἄνοιγμα τοῦ κατόπτρου εἶναι μεγάλον, τότε μία δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων, παράλληλος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, δὲν συγκεντρώνεται μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῆς εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ κατόπτρου. Αἱ ἀκτίνες αἱ ὁποῖαι ἀνακλῶνται μακρὰν ἀπὸ τὸ ὀπτικὸν κέντρον, τέμνουν τὸν κύριον ἄξονα πλησιέστερον πρὸς τὸ κάτοπτρον. Τὸ σφάλμα αὐτὸ ὀνομάζεται **σφαιρικὴ ἐκτροπή**.

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 σχηματίζωνται ἀντὶ ἐνὸς δύο εἰδῶλα, κάθετα τὸ ἓνα ὡς πρὸς τὸ ἄλλο. Τὸ σφάλμα αὐτὸ ὀνομάζεται **ἀστigmatικὴ ἐκτροπή**.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Τὰ στοιχεῖα ἐνὸς σφαιρικοῦ κατόπτρου εἶναι τὸ κέντρον καμπυλότητος K , ἡ ἀκτίς καμπυλότητος R , ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις f καὶ τὸ ἄνοιγμα τοῦ κατόπτρου.

2. Μεταξὺ τῆς ἀποστάσεως a τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τὴν κορυφὴν ἐνὸς σφαιρικοῦ κατόπτρου, τῆς ἀποστάσεως β τοῦ εἰδῶλον ἀπὸ τὴν κορυφὴν τοῦ κατόπτρου καὶ τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως f ἰσχύει ἡ σχέσις :

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{f}$$

Τὸ a εἶναι πάντοτε θετικόν, τὸ β καὶ τὸ f δυνατόν νὰ εἶναι θετικὰ ἢ ἀρνητικά. Ὅταν τὸ β εἶναι ἀρνητικόν, τὸ εἰδῶλον εἶναι φανταστικόν. Ὅταν τὸ f εἶναι ἀρνητικόν, τὸ κάτοπτρον εἶναι κυρτόν. Μεταξὺ τῶν f καὶ R ὑφίσταται ἡ σχέσις :

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

3. 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 ἀνάκλασίν 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 ἀνάκλασίν 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 κοῖλον σφαιρικὸν κάτοπτρον καὶ εἰς ἀπόστασιν 140 cm ἀπὸ τὴν κορυφὴν του θέτομεν ἓνα ἀντικείμενον. Ἡ ἀπόστασις τοῦ εἰδώλου εἶναι ἴση μὲ 23,3 cm. Νὰ εὐρεθῇ ἡ ἔστιακὴ ἀπόστασις τοῦ κατόπτρου. (Ἐπ. $f=20$ cm.)

169. Ὄταν ἓνα φωτεινὸν ἀντικείμενον τοποθετῆται εἰς ἀπόστασιν 40 cm ἀπὸ ἓνα κοῖλον σφαιρικὸν κάτοπτρον, σχηματίζεται πραγματικὸν εἶδωλον εἰς ἀπόστασιν 20 cm ἀπὸ τὴν κορυφὴν τοῦ κατόπτρου. Νὰ εὐρεθῶν : α) ἡ ἔστιακὴ ἀπόστασις καὶ β) ἡ ἀκτίς καμπυλότητος τοῦ κατόπτρου. (Ἐπ. α' 13,33 cm, β' 26,6 cm.)

170. Κυρτὸν κάτοπτρον, ἐστιακῆς ἀποστάσεως 50 cm, δίδει εἶδωλον τοῦ ὁποίου τὸ ὕψος εἶναι ἴσον πρὸς τὸ 1/4 τοῦ ὕψους τοῦ ἀντικειμένου. Εἰς ποίας ἀποστάσεις ἀπὸ τὸ κάτοπτρον εὐρίσκεται τὸ ἀντικείμενον καὶ τὸ εἶδωλον. (Ἐπ. 150 cm-37,5 cm.)

171. Ἡ ἀκτίς καμπυλότητος ἐνὸς κοῖλου σφαιρικοῦ κατόπτρου εἶναι 30 cm. Εἰς πόσῃν ἀπόστασιν ἀπὸ τὴν κορυφὴν τοῦ κατόπτρου συγκεντρώνεται μία δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων, παράλληλος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα τοῦ κατόπτρου, μετὰ ἀπὸ τὴν ἀνάκλασίν τῆς. (Ἐπ. 15 cm.)

172. Ἡ ἀπόστασις ἐνὸς φωτεινοῦ σημείου ἀπὸ τὴν κορυφὴν ἐνὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου εἶναι ἴση πρὸς τὰ $2/3$ τῆς ἀκτίνας 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. (Ἐπ. 2 R, πραγματικόν.)

173. Ἀντικείμενον εὐρίσκεται εἰς ἀπόστασιν $3f$ ἀπὸ ἕνα κοίλον σφαιρικόν κατόπτρον. Εἰς πόσῃ ἀπόστασιν ἀπὸ τὸ κατόπτρον σχηματίζεται τὸ εἶδωλον τοῦ αντικειμένου καὶ τί εἶδους εἶδωλον εἶναι. (Ἐπ. 3/2 f, πραγματικόν.)

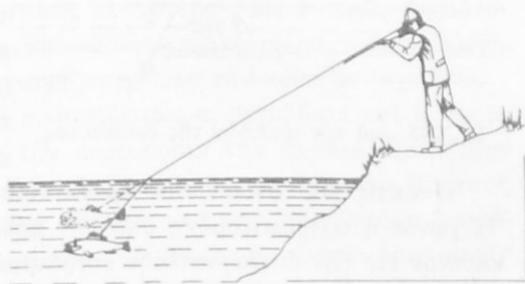
174. Ἀντικείμενον, ὕψους 4 cm , εὐρίσκεται εἰς ἀπόστασιν 15 cm ἀπὸ ἕνα κυρτὸν σφαιρικόν κατόπτρον, ἐστιακῆς ἀποστάσεως 5 cm . Εἰς ποίαν ἀπόστασιν ἀπὸ τὸ κατόπτρον θὰ σχηματισθῇ τὸ εἶδωλον καὶ ποῖον θὰ εἶναι τὸ μέγεθός του. (Ἐπ. $-3,75\text{ cm}$, 1 cm .)

ΜΕ΄ — ΔΙΑΘΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

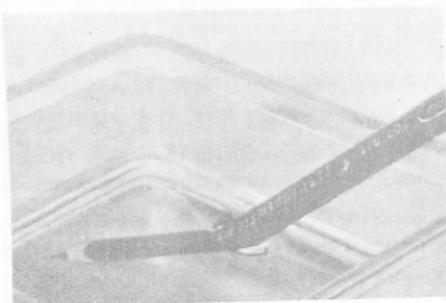
§ 238. Γενικότητες. Ὄταν μία δέσμη μονοχρῶων φωτεινῶν ἀκτίνων προσπέσῃ πλαγίως εἰς τὴν ἐπίπεδον ἐπιφάνειαν διαχωρισμοῦ δύο διαφορετικῶν διαφανῶν σωμάτων, ὅπως, π.χ., εἰς τὴν διαχωριστικὴν ἐπιφάνειαν ἀέρος καὶ ὕδατος, ἕνα μέρος ἀπὸ τὸ φῶς ἀνακλάται, ἐνῶ ἕνα ἄλλο μέρος εἰσχωρεῖ εἰς τὸ δεύτερον διαφανὲς σῶμα. Αἱ φωτεινὰ ὅμως ἀκτίνες αἵτινες δὲν ἀνεκλάσθησαν, ἀλλὰ εἰσεχώρησαν εἰς τὸ δεύτερον διαφανὲς σῶμα - τὸ ὕδωρ εἰς τὴν περίπτωσίν μας - δὲν ἀκολουθοῦν τὴν εὐθύγραμμον διάδοσίν των, ἀλλὰ κάμπτονται καὶ πλησιάζουν τὴν κάθετον εἰς τὸ σημεῖον προσπτώσεως τῆς διαχωριστικῆς ἐπιφανείας. Τὸ φαινόμενον αὐτὸ ὀνομάζεται διάθλασις τοῦ φωτός. Ὡστε :

Διάθλασις ὀνομάζεται τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ ὁποῖον τὸ φῶς μεταβάλλει διεύθυνσιν διαδόσεως, ὅταν διακόπη τὴν διάδοσίν του εἰς ἕνα διαφανὲς μέσον διὰ τὴν συνεχίση εἰς ἕνα ἄλλον διαφανὲς μέσον.

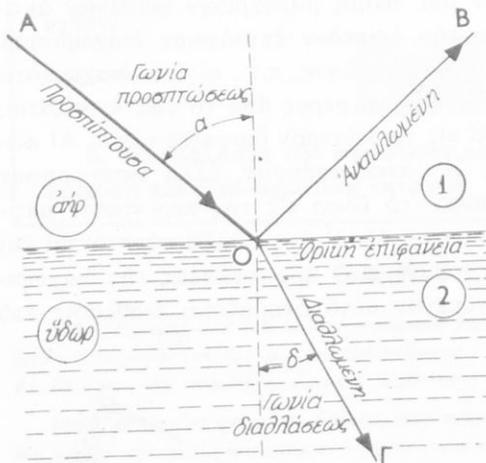
Ἐξ αἰτίας τῆς δια-



Σχ. 243. Ἐξ αἰτίας τῆς διαθλάσεως ὁ ἰχθὺς φαίνεται ὑψηλότερον ἐντὸς τοῦ ὕδατος.



Σχ. 244. Έξ αιτίας της διαθλάσεως ή μολυβδίδος 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 μολυβδίδς 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, ἕνα μέρος τοῦ φωτός ἀνακλᾶται, ἀκολουθοῦν τὴν διεύθυνσιν τῆς ἀκτίνος ΟΒ καὶ ἕνα μέρος εἰσχωρεῖ εἰς τὸ δεῦτερον διαφανὲς μέσον, τὸ ὕδωρ, κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς ἀκτίνος ΟΓ καὶ ἐκτρέπεται ἀπὸ τὴν ἀρχικὴν διεύθυνσιν διαδόσεως τοῦ φωτός καί, εἰς τὴν περίπτωσιν μας, πλησιάζει πρὸς τὴν κάθετον εἰς τὸ σημεῖον προσπτώσεως Ο τῆς διαχωριστικῆς ἐπιφανείας 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 ὅμως 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 άκτίνα, 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 άκτίνα, εἶναι κάθετον εἰς τὴν διαχωριστικὴν ἐπιφάνειαν τῶν δύο διαφανῶν μέσων.

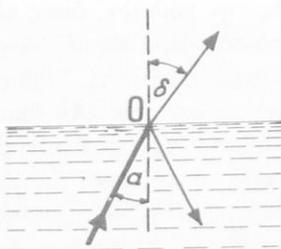
2ος νόμος. Ὅταν φωτειναὶ άκτίνες μονοχρῶου φωτὸς διαδίδονται πλαγίως ἀπὸ ἓνα διαφανὲς μέσον Α εἰς ἓνα ἄλλο Β, διαθλῶνται καὶ πλησιάζουν πρὸς τὴν κάθετον, ὅταν τὸ δεύτερον διαφανὲς μέσον Β εἶναι ὀπτικῶς πυκνότερον ἀπὸ τὸ πρῶτον Α. Τὸ ἀντίθετον συμβαίνει ὅταν τὸ φῶς διαδίδεται ἀπὸ ὀπτικῶς πυκνότερον εἰς ὀπτικῶς ἀραιότερον μέσον.

Όταν τὸ φῶς προσπίπτῃ καθέτως εἰς τὴν ἐπιφάνειαν διαχωρισμοῦ δύο ὀπτικῶν μέσων, δὲν ὑφίσταται διάθλασιν καὶ συνεχίζει τὴν εὐθύγραμμον διάδοσίν του εἰς τὸ δεύτερον μέσον.

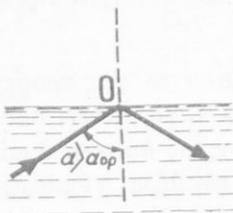
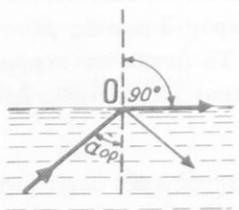
§ 240. Ὅρικὴ γωνία. Ὀλικὴ ἀνάκλασις. Ὅταν τὸ φῶς προσπίπτῃ πλαγίως εἰς τὴν ἐπιφάνειαν διαχωρισμοῦ δύο διαφορετικῶν ὀπτικῶν μέσων καὶ διαδίδεται ἀπὸ ὀπτικῶς πυκνότερον, εἰς ὀπτικῶς ἀραιότερον διαφανὲς σῶμα, ὅπως π.χ. ἀπὸ τὸ ὕδωρ εἰς τὸν ἀέρα, ἡ διαθλωμένη άκτις ἀπομακρύνεται, ὅπως γνωρίζωμεν, ἀπὸ τὴν κάθετον (σχ. 246).

Όταν μεγαλῶνῃ ἡ γωνία προσπτώσεως α , μεγαλῶνει καὶ ἡ γωνία διαθλάσεως δ , ἡ ὁποία εἰς τὴν περίπτωσιν τὴν ὁποίαν ἐξετάζομεν εἶναι πάντοτε μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν γωνίαν προσπτώσεως. Ὅταν ἡ γωνία προσπτώσεως λάβῃ μίαν ὀρισμένην τιμὴν, τὴν ὁποίαν ὀνομάζομεν **ὀρικὴν γωνίαν** (α_{op}), ἡ γωνία διαθλάσεως γίνεται ἴση με 90° καὶ ἡ διαθλωμένη άκτις διαδίδεται ἐπάνω εἰς τὴν ἐπιφάνειαν διαχωρισμοῦ τῶν δύο ὀπτικῶν μέσων (σχ. 247, I).

Όταν ἡ γωνία προσπτώσεως ὑπερβῇ τὴν ὀρικὴν γωνίαν ($\alpha > \alpha_{op}$),



Σχ. 246. Όταν το φως διαδίδεται από οπτικώς πυκνότερον εις οπτικώς αραιότερον διαφανές μέσον, ή διαθλωμένη ακτίς απομακρύνεται από την κάθετον.



Σχ. 247. Όταν ή γωνία προσπτώσεως υπερβή την όρικήν, συμβαίνει όλική ανάκλασις.

δέν υπάρχει πλέον διαθλωμένη ακτίς, 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 πρός ένα αραιότερον μέσον.

Ώστε :

Όλική ανάκλασις ονομάζεται τό φαινόμενον κατά τό όποϊον τό φως, όταν διαδίδεται πλαγίως από οπτικώς πυκνότερον πρός οπτικώς αραιότερον διαφανές μέσον, ύφίσταται μόνον ανάκλασιν, όταν ή γωνία προσπτώσεως υπερβή μίαν όρισμένην τιμήν, χαρακτηριστικήν διά τά δύο οπτικά μέσα, ή όποία ονομάζεται *όρική γωνία*.

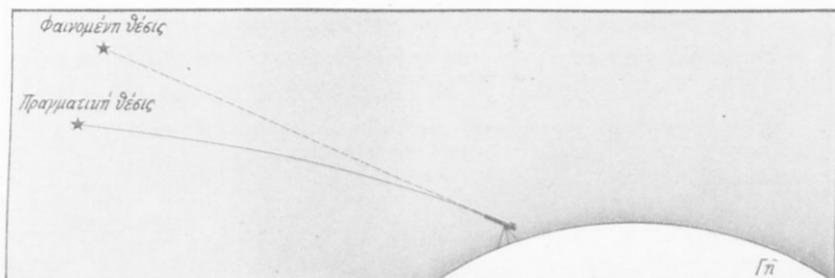
Έκτεταμένη χρήςις του φαινομένου τούτου γίνεται εις τούς φωτιζόμενους πίδακας των αναβρυτηρίων, εις τούς όποίους παρατηροϋμεν χρωματιστάς καμπύλας φλέβας ύδατος.

§ 241. Αποτελέσματα της διαθλάσεως.

Όταν μία φωτεινή ακτίς, ήτις προέρχεται από κάποιον άστέρα, εισχωρήσει εις την γήινην ατμόσφαιραν, διέρχεται από στρώματα άερος, των όποίων αυξάνεται συνεχώς ή οπτική πυκνότης. Διά τόν λόγον αυτόν ή ακτίς όλονέν καμπυλοϋται. Όταν φθάσει εις τόν όφθαλμόν μας, νομίζομεν ότι προέρχεται από την προέκτασιν του τελευταίου τμήματός της, με άποτέλεσμα νά βλέπομεν τόν άστέρα ύψηλότερον από την θέση εις την όποιαν πραγματικώς εύρίσκειται (σχ. 248). Ούτω βλέπομεν τό ν

Ήλιον πριν άκόμη ανατείλει και έξακολουθοϋμε νά τόν βλέπομεν ενώ έχει δύσει.

Ένα άλλο φαινόμενον όφειλόμενον εις την ατμοσφαιρικήν 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

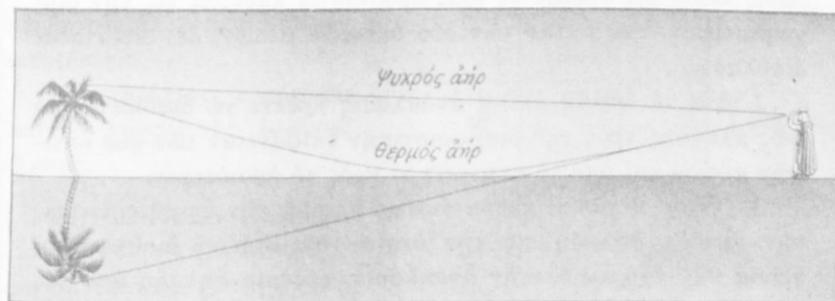


Σχ. 248. Ἐξ αἰτίας τῆς ἀτμοσφαιρικῆς διαθλάσεως συμβαίνει φαινομενική ἀνώψωσις τῶν ἄστρων.

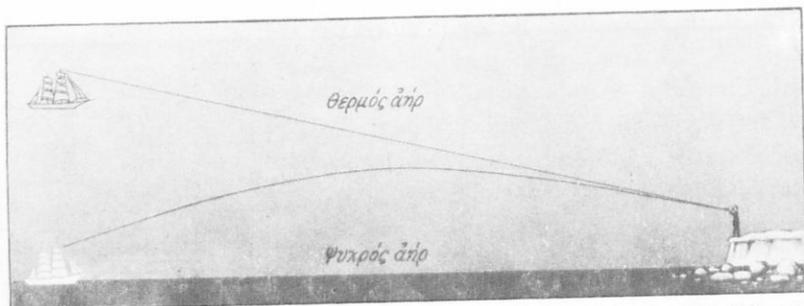
ὁ ἀήρ διατάσσεται κατὰ στρώματα, τῶν ὁποίων ἡ πυκνότης αὐξάνεται ὅσον ἀπομακρυνόμεθα ἀπὸ τὸ ἔδαφος. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν τὸ φῶς τὸ προερχόμενον ἀπὸ τὸ ὑψηλότερον σημεῖον ἑνὸς ἀντικειμένου, π.χ. ἑνὸς δένδρου, φθάνει εἰς τὸν ὀφθαλμὸν τοῦ παρατηρητοῦ, ὅπως δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 249. Τοιοῦτοτρόπως αὐτὸς βλέπει τὸ ἀντικείμενον, ὅπως εἶναι εἰς τὴν πραγματικὴν του θέσιν καὶ ἀνεστραμμένον, ὡσάν νὰ ὑπῆρχε ἐπίπεδον κάτοπτρον μεταξὺ ἀντικειμένου καὶ παρατηρητοῦ.

Τὸ φαινόμενον αὐτὸ παρατηρεῖται συνήθως εἰς τὰς ἐρήμους, ὅπου τὰ караβάνια βλέπουν ὄψεις λόγῳ ἀντικατοπτρισμοῦ καὶ ἐξαπατῶνται. Τὸ ἴδιον συμβαίνει καὶ εἰς τοὺς μαύρους ἀσφαλτοστρωμένους αὐτοκινητοδρόμους, ὅπου δημιουργεῖται ἡ ἐντύπωσις ὅτι εἰς μεγάλην ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν παρατηρητὴν ἔχει καταβρεχθῆ τὸ δόδοστρώμα.

Ὅταν ὁ ἀήρ ὁ εὕρισκόμενος πλησίον τοῦ ἐδάφους εἶναι ψυχρότερος, καὶ ἐπομένως πυκνότερος ἀπὸ τὰ στρώματα, τὰ εὕρισκόμενα ἐπάνω ἀπὸ αὐτόν, 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, άπομακρυσμένα αντικείμενα φαίνονται υψηλότερον από την πραγματική των θέσιν.

Ένα άλλο φαινόμενον, όφειλόμενον εις την διάθλασιν, είναι ή φαινομενική ανύψωσις των αντικειμένων, των εύρισκομένων μέσα εις ένα ύγρον, όταν τα βλέπομεν πλαγίως, όπως π.χ. οί ιχθύες (βλ. σχ. 243).

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Όταν τὸ φῶς διαδίδεται πλαγίως ἀπὸ ἕνα διαφανὲς μέσον εἰς ἄλλον, ὑφίσταται διάθλασιν. Τὸ φαινόμενον αὐτὸ ἀκολουθεῖ τοὺς 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 μονοχρόου 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 ὀλικὴν ἀνάκλασιν 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, οὐδεμία δηλαδὴ ἀπὸ τὰς προσπιπτούσας ἀκτῖνας ὑφίσταται διάθλασιν, ἀλλὰ ἀνακλῶνται ὅλαι.

4. Εἰς τὴν ἀτμοσφαιρικὴν διάθλασιν ὀφείλεται τὸ γεγονός ὅτι ὁ ἥλιος φαίνεται ἐπάνω ἀπὸ τὸν ὀρίζοντα πρὶν ἀκόμη ἀνατεῖλη καὶ παραμένει ἐπάνω ἀπὸ αὐτὸν ἐνῶ ἔχει δύσει.

5. Ὁ ἀντικατοπτρισμὸς ἐπίσης ὀφείλεται εἰς τὴν ἀτμοσφαιρικὴν διάθλασιν.

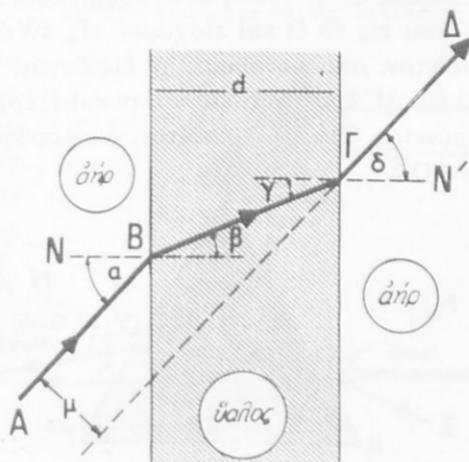
ΜΣΤ'— ΠΡΙΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΦΑΚΟΙ

§ 242. Διάθλασις διὰ μέσου πλακὸς μὲ παραλλήλους ἕδρας. Ἐστω μία ὑαλίνη πλάξ μὲ παραλλήλους ἕδρας, ἐπάνω εἰς τὴν ὁποίαν προσπίπτει μὲ γωνίαν α μία φωτεινὴ ἀκτίς AB (σχ. 251). Ἡ ἀκτίς διαθλάται εἰς τὸ σημεῖον B , πλησιάζει πρὸς τὴν κάθετον, ἐφ' ὅσον διαδίδεται ἀπὸ τὸν ἀέρα πρὸς τὴν ὑαλον, δηλαδὴ ἀπὸ ὀπτικῶς 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, ἡ προσπίπτουσα AB καὶ ἡ ἐξερχομένη $\Gamma\Delta$ εἶναι παράλληλοι, ἢ $\Gamma\Delta$ ὁμῶς ἔχει μετατοπισθῆ ὡς πρὸς τὴν AB . Ὡστε :

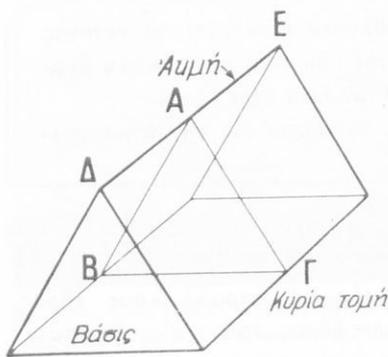
Ἐπὶ τὴν ἀκτίνα AB ἀναγράφεται ἡ γωνία α ἡ προσπίπτουσα καὶ ἡ ἀκτίς $B\Gamma$ ἀναγράφεται ἡ γωνία β ἡ ἀποκλίνουσα. Ὡστε :

Ἡ μετατόπισις ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ πάχος τῆς ὑαλίνης πλακὸς.

§ 243. Ὀπτικὸν πρίσμα. Εἰς τὴν Φυσικὴν ὀνομάζομεν ὀπτικὸν πρίσμα ἢ ἀπλῶς πρίσμα, ἓνα διαφανὲς μέσον περιοριζόμενον ἀπὸ δύο ἐπι-



Σχ. 251. Διάθλασις διὰ μέσου πλακιδίου μὲ παραλλήλους ἕδρας.



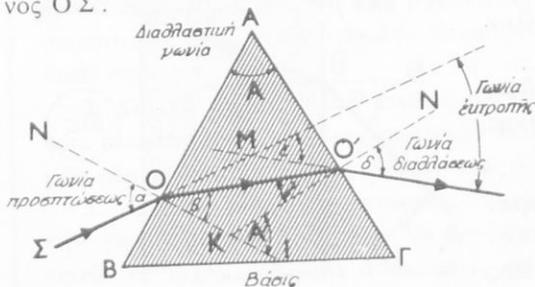
Σχ. 252. Πρίσμα και κυρία τομή του πρίσματος.

εις τὸ πρίσμα, ὥστε ἡ κυρία τομή του νὰ εἶναι τρίγωνον. Ἡ ἕδρα τοῦ τριγωνικοῦ πρίσματος, ἢ ἔναντι τῆς ἀκμῆς του, ὀνομάζεται βάσις τοῦ πρίσματος.

πέδους ἕδρας, αἱ ὁποῖαι σχηματίζουν διέδρον γωνίαν (σχ. 252).

Ἡ τομή τῶν δύο ἐπιπέδων ἐδρῶν τῶν περιοριζουσῶν τὸ πρίσμα, ὀνομάζεται ἀκμή τοῦ πρίσματος, ἢ δὲ ἀντίστοιχος ἐπίπεδος γωνία τῆς διέδρου, τὴν ὁποίαν σχηματίζουν αἱ δύο ἕδραι τοῦ πρίσματος, ὀνομάζεται *διαθλαστικὴ γωνία* τοῦ πρίσματος. Πᾶσα τομή τοῦ πρίσματος κάθετος πρὸς τὴν ἀκμὴν του, ὀνομάζεται *κυρία τομή* τοῦ πρίσματος. Συνήθως δίδεται τοιαύτη μορφή

§ 244. Διάθλασις διὰ μέσου πρίσματος. Ἄς θεωρήσωμεν ὅτι εἰς τὴν τὴν κυρίαν τομήν ΒΑΓ ἑνὸς πρίσματος (σχ. 253) προσπίπτει μία λεπτή μονόχρους φωτεινὴ δέσμη ΣΟ ἐπάνω εἰς τὴν ἕδραν ΒΑ, μὲ γωνίαν προσπτώσεως α . Ἡ λεπτή αὕτη 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 ἕδρας ΑΓ διαθλάται καὶ πάλιν καὶ ἐξέρχεται εἰς τὸν ἀέρα, ἐνῶ ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὴν κάθετον, ἀκολουθοῦσα τὴν διεύθυνσιν τῆς ἀκτίνος Ο'Σ'.



Σχ. 253. Πορεία μιᾶς φωτεινῆς ἀκτίνος διὰ μέσου πρίσματος.

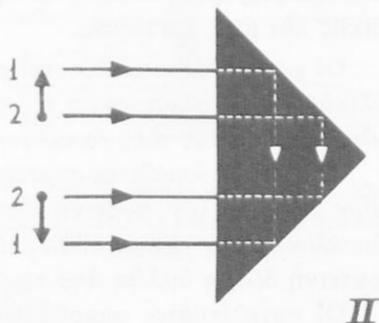
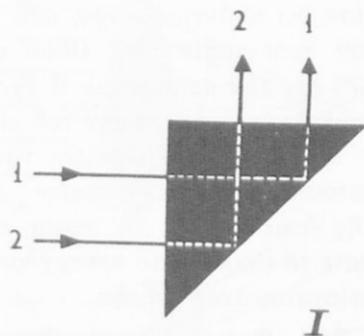
Ὅπως παρατηροῦμεν, ἡ ἐξερχομένη ἀκτίς πλησιάζει πρὸς τὴν βάσιν τοῦ πρίσματος καὶ ὑφίσταται ἐκτροπὴν ἀπὸ τὴν ἀρχικὴν τῆς διεύθυνσιν. Ἡ ἐκτροπὴ αὕτη καθορίζεται ἀπὸ τὴν γωνία ϵ , ἢ ὁποῖα σχηματίζεται

ἀπὸ τὴν προέκτασιν τῆς προσπι-
πτούσης καὶ τῆς ἐξερχομένης ἀκτί-
νος καὶ ὀνομάζεται *γωνία ἐκτροπῆς*.

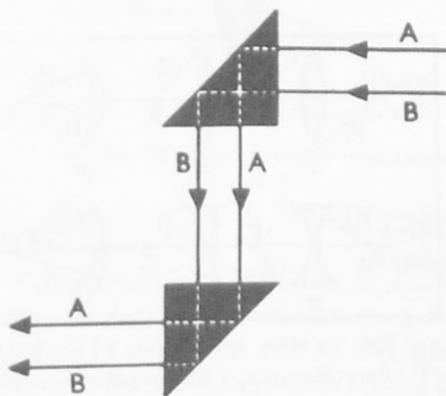
**§ 243. Πρίσματα ὀλικῆς ἀνα-
κλάσεως.** Εἰς τὸ φαινόμενον τῆς
ὀλικῆς ἀνακλάσεως στηρίζεται ἡ
λειτουργία διαφόρων διατάξεων, αἱ
ὁποῖαι χρησιμοποιοῦν κατάλληλα
πρίσματα. Ἡ κυρία τομὴ τῶν πρι-
σμάτων αὐτῶν εἶναι ὀρθογώνιον ἰ-
σοσκελὲς τρίγωνον. Αἱ διατάξεις
αὐταὶ χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν
κατασκευὴν ὀρισμένων 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 τοιουτοτρόπως εὐθυ-
γράμμως τὴν διάδοσιν των διὰ
μέσου τοῦ πρίσματος. Ὄταν
συναντήσουν τὴν ὑποτείνουσαν
ἕδραν τοῦ πρίσματος, δὲν δια-
θλῶνται, ἐπεὶδὴ προσπίπτουν μὲ
γωνίαν μεγαλυτέραν τῆς ὀρικῆς.
Ἄνακλῶνται λοιπὸν καὶ προσ-
πίπτουν καθέτως εἰς τὴν ἄλλην
κάθετον ἕδραν τοῦ πρίσματος,
ὁπότε ἐξέρχονται χωρὶς νὰ ὑπο-
στοῦν διάθλασιν.

Ἄν ὁ ὀφθαλμὸς συλλάβῃ
τὰς ἐξερχομένας ἀκτίνας, θὰ νο-



Σχ. 254. Πρίσματα ὀλικῆς ἀνακλάσεως.



Σχ. 255. Ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τοῦ πε-
ρισκοπίου.

μίση ότι τὸ ἀντικείμενον, ἀπὸ τὸ ὁποῖον προέρχονται, εὐρίσκεται εἰς τὴν προέκτασίν των. Οὕτω συμβαίνει ἐκτροπὴ τῶν ἀκτίνων κατὰ 90° . Εἰς τὴν περίπτωσιν II ἔχομεν δύο ὀλικὰς ἀνακλάσεις, αἱ ὁποῖαι προκαλοῦν ἀναστροφὴν τοῦ εἰδώλου.

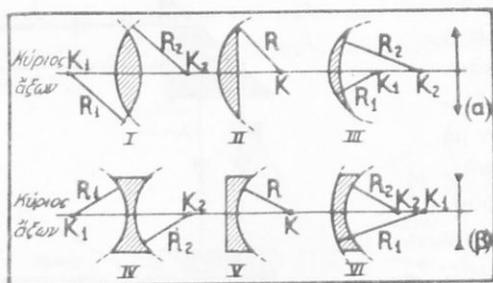
Τὸ σχῆμα 255 δεικνύει τὴν ἀρχὴν ἐπὶ τῆς ὁποίας στηρίζεται ἡ κατασκευὴ τοῦ *περισκοπίου*. Χρησιμοποιοῦνται δύο πρίσματα ὀλικῆς ἀνακλάσεως, τὰ ὁποῖα τοποθετοῦνται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε τὸ εἶδωλον, τὸ προερχόμενον ἀπὸ τὴν διπλὴν ἀνάκλασιν νὰ μὴ ὑφίσταται ἀναστροφὴν.

§ 246. Φακοί. Εἰς τὴν Φυσικὴν ὀνομάζομεν φακόν, πᾶν διαφανὲς σῶμα περιοριζόμενον ὑπὸ δύο σφαιρικῶν ἐπιφανειῶν ἢ ὑπὸ μιᾶς σφαιρικῆς καὶ μιᾶς ἐπιπέδου.

Οἱ φακοὶ κατασκευάζονται συνήθως ἀπὸ ὕαλον ἢ ἄλλον διαφανὲς ὑλικόν καὶ κατατάσσονται εἰς δύο μεγάλας κατηγορίας, εἰς τοὺς *συγκλίνοντας* καὶ εἰς τοὺς *ἀποκλίνοντας* φακοῦς.

Ὁ φακὸς ὀνομάζεται *συγκλίνων*, ὅταν μεταβάλλῃ εἰς συγκλίνουσαν μίαν παράλληλον φωτεινὴν δέσμη, προσπίπτουσαν ἐπ' αὐτοῦ, καὶ *ἀποκλίνων* ὅταν τὴν μεταβάλλῃ εἰς ἀποκλίνουσαν, ἀφοῦ ἡ παραλλήλωσ φωτεινὴ δέσμη διέλθῃ ἀπὸ τὴν μᾶζαν του.

Οἱ συγκλίνοντες φακοὶ εἶναι παχεῖς εἰς τὸ μέσον καὶ λεπτοὶ εἰς τὰ ἄκρα, ἐνῶ οἱ ἀποκλίνοντες εἶναι παχεῖς εἰς τὰ ἄκρα καὶ λεπτοὶ εἰς τὸ μέσον.



Σχ. 256. Τὰ εἶδη τῶν φακῶν: (I) ἀμφίκυρτος, (II) ἐπιπέδοκυρτος, (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.

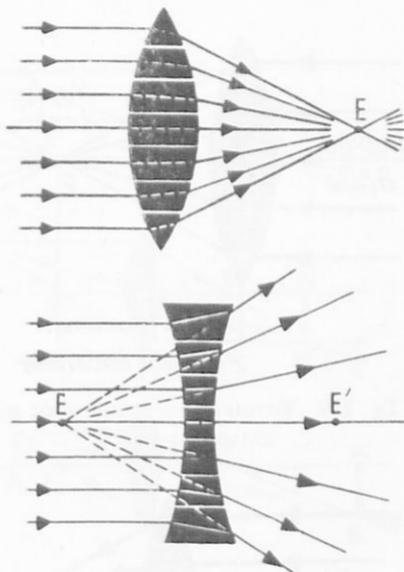
Ἡ εὐθεΐα, ἡ διερχομένη ἀπὸ τὰ κέντρα καμπυλότητος τῶν δύο σφαιρικῶν ἐπιφανειῶν τοῦ φακοῦ, ὀνομάζεται κύριος ἄξων τοῦ φακοῦ. Ὄταν ἡ μία ἀπὸ τὰς δύο ἐπιφανείας εἶναι ἐπίπεδος, ὁ κύριος ἄξων τοῦ φακοῦ διέρχεται ἀπὸ τὸ ἓνα κέντρον καμπυλότητος καὶ εἶναι κάθετος εἰς τὴν ἐπίπεδον ἐπιφάνειαν. Πᾶσα τομὴ τοῦ 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.

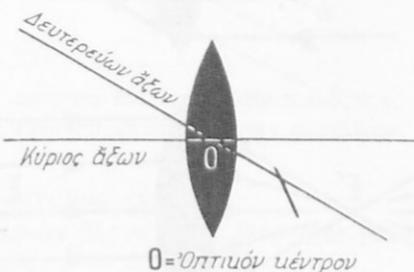
Οἱ φακοὶ τοὺς ὁποίους θὰ μελετήσωμεν, ὑποθέτομεν ὅτι εἶναι πολὺ λεπτοί. Ὅτι τὸ πάχος τῶν, δηλαδή, εἶναι πολὺ μικρὸν, ὅταν συγκριθῇ μὲ τὰς ἀκτῖνας καμπυλότητος τῶν ἐπιφανειῶν τῶν.

Ὄταν οἱ φακοὶ ἔχουν μικρὸν πάχος, θεωροῦμεν ὅτι ὁ κύριος ἄξων τέμνει τὸν φακὸν εἰς ἓνα σημεῖον, τὸ ὁποῖον ὀνομάζομεν *ὀπτικὸν κέντρον* τοῦ φακοῦ. Οἷαδήποτε εὐθεΐα ἣτις διέρχεται ἀπὸ τὸ ὀπτικὸν κέντρον καὶ δὲν συμπίπτει μὲ τὸν κύριον ἄξονα, ὀνομάζεται *δευτερεύων ἄξων* τοῦ φακοῦ (σχ. 258).

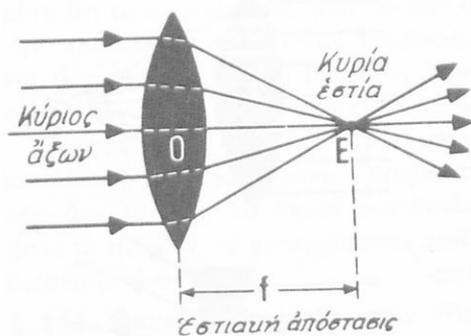
Ὄταν μία ἀκτίς διέρχεται ἀπὸ τὸ ὀπτικὸν κέντρον τοῦ φακοῦ,



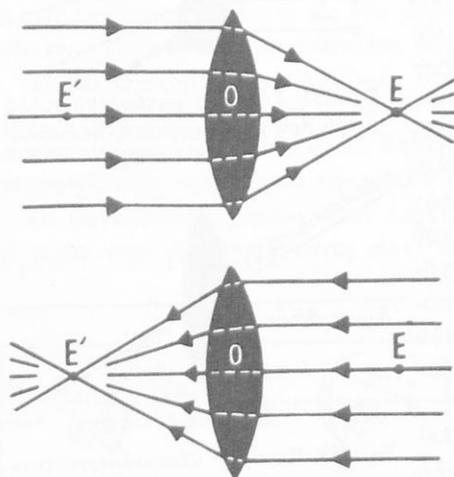
Σχ. 257. Σύνθεσις φακῶν ἀπὸ πολλὰ μικρὰ πρίσματα διαφορετικῆς διαθλαστικῆς γωνίας.



Σχ. 258. Ὀπτικὸν κέντρον συγκλίνοντος φακοῦ.



Σχ. 259. Έστιακή απόσταση ενός συγκλίνοντος φακού.



Σχ. 260. Αί παράλληλοι άκτίνες συγκεντρώνονται εις τās δύο κυρίας έστιας του φακού.

συνεχίζει την διάδοσίν της χωρίς να διαθλασθή.

§ 247. Συγκλίνοντες φακοί. Κυρία έστια. "Αν μία δέσημη παραλλήλων άκτίνων, προσπέση παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον άξωνα ἐνὸς συγκλίνοντος φακού, μετὰ τὴν έξοδὸν της ἀπὸ τὸν φακόν, θά μεταβληθῆ εις συγκλίνουσαν δέσημη, αἱ άκτίνες τῆς ὁποίας θά διέλθουν ἀπὸ ἕνα σημείου E, τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ κυρίου άξωνος τοῦ φακού καὶ ὀνομάζεται *κυρία έστια*. Ἡ απόστασις OE τῆς κυρίας έστιας ἀπὸ τὸ ὀπτικὸν κέντρον O τοῦ φακού, ὀνομάζεται *έστιακή απόστασις* τοῦ φακού (σχ. 259).

Ἐνῶ τὰ κάτοπτρα εἶναι μονόπλευρα, οἱ φακοὶ εἶναι διπλευροί. Δι' αὐτὸ εἰς ἕκαστον φακὸν ἔχομεν δύο έστιας, μίαν πρὸς τὰ δεξιὰ καὶ μίαν πρὸς τὰ ἀριστερὰ (σχ. 260). Αἱ δύο έστιαὶ εὐρίσκονται εἰς ἴσας ἀποστάσεις ἀπὸ τὸν φακόν, ὅταν ὁ φακὸς περιβάλεται ἀπὸ τὸ ἴδιον ὀπτικὸν μέσον.

Ἐννοεῖται ὅτι συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς ἀντιστροφῆς πορείας τοῦ φωτός, ὅταν εἰς μίαν έστιαν ἐνὸς συγκλίνοντος φακού, τοποθετηθῆ ἕνα φωτεινὸν σημεῖον, αἱ άκτίνες αἱ ὁποῖαι ἐκκινουῦν ἀπὸ αὐτὴν, μετὰ τὴν διέλευσίν τῶν μέσα ἀπὸ τὸν φακόν, μεταβάλλονται εἰς παράλληλον δέσημη.

§ 248. Εἶδωλα συγκλινόντων φακῶν. Διὰ τὴν σχηματίζομεν τὸ εἶδωλον ἑνὸς ἀντικειμένου, τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται ἔμπροσθεν ἑνὸς συγκλίνοντος φακοῦ, ἄρκει νὰ σχηματίσωμεν τὰ εἶδωλα τῶν διαφόρων σημείων τοῦ ἀντικειμένου.

Ὅπως εἰς τὴν περίπτωσιν τῶν κατόπτρων, εἰς τὰ ὁποῖα 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 ἔξοδόν των ἀπὸ τὸν φακόν.

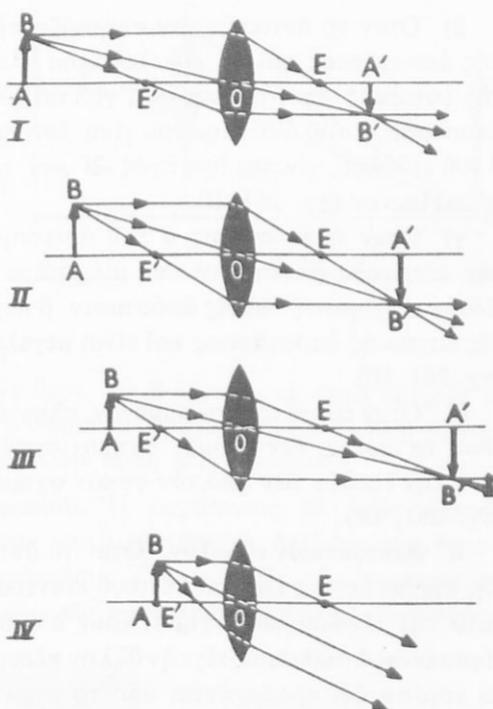
Διὰ τὴν κατασκευὴν τῶν εἰδώλων ἄρκει νὰ ἔχωμεν ὑπ' ὄψιν μας τὰ ἑξῆς :

α) Μία παράλληλος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα ἀκτὶς διέρχεται μετὰ τὴν ἔξοδόν της 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 ἔξοδόν της διεύθυνσιν παράλληλον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα.

Α' Πραγματικὸν εἶδωλον. **α)** Ὄταν τὸ ἀντικείμενον AB εὐρίσκεται εἰς τὸ ἓνα μέρος τοῦ φακοῦ καὶ εἰς ἀπόστασιν $(AO) = a$, μεγαλυτέραν ἀπὸ τὸ διπλάσιον τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως, τὸ εἶδωλον τοῦ 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.

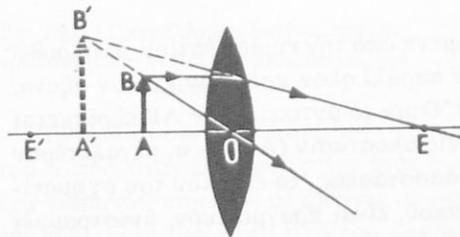
β) Όταν τὸ ἀντικείμενον πλησιάσῃ πρὸς τὸ διπλάσιον τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως καὶ τὸ εἶδωλὸν τοῦ πλησιάζει πρὸς τὸ διπλάσιον τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως καὶ γίνεται ὁλόνεν μεγαλύτερον. Όταν ἡ ἀπόστασις a τοῦ ἀντικειμένου γίνῃ ἴση πρὸς $2f$, τότε καὶ ἡ ἀπόστασις β τοῦ εἰδώλου, γίνεται ἴση πρὸς $2f$ καὶ τὸ εἶδωλον εἶναι ἴσον μὲ τὸ ἀντικείμενον (σχ. 261, II).

γ) Όταν ἡ ἀπόστασις a τοῦ ἀντικειμένου εἶναι μεγαλύτερα ἀπὸ τὴν ἐστιακὴν ἀπόστασιν καὶ μικροτέρα ἀπὸ τὸ διπλάσιόν της, τὸ εἶδωλον σχηματίζεται εἰς ἀπόστασιν β μεγαλύτεραν ἀπὸ τὸ διπλάσιον τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως καὶ εἶναι μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον, (σχ. 261, III).

δ) Όταν τέλος τὸ ἀντικείμενον, πλησιάζον πρὸς τὴν κυρίαν ἐστίαν πέσῃ ἐπ' αὐτῆς, δὲν ἔχομεν σχηματισμὸν εἰδώλου, ἐπειδὴ αἱ ἀκτίνες μετὰ τὴν ἐξοδὸν τῶν ἀπὸ τὸν φακὸν σχηματίζουν παράλληλον δέσμην (σχ. 261, IV).

Β' Φανταστικὸν εἶδωλον. Όταν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται μεταξὺ τῆς κυρίας ἐστίας καὶ τοῦ ὀπτικοῦ κέντρου τοῦ φακοῦ, τότε αἱ ἀκτίνες μετὰ τὴν ἐξοδὸν τῶν σχηματίζουν ἀποκλίνουσαν δέσμην. Ἄν ὅμως εὐρίσκεται ὁ ὀφθαλμὸς εἰς τὴν ἄλλην πλευράν τοῦ φακοῦ καὶ τὰς δεχθῆ, θὰ νομίση ὅτι προέρχονται ἀπὸ τὸ σημεῖον εἰς τὸ ὅποιον τέμνονται αἱ προεκτάσεις τῶν. Ἐκεῖ σχηματίζεται τὸ φανταστικὸν εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου (σχ. 262). Ὡστε :

“Ὁταν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται μεταξὺ κυρίας ἐστίας καὶ ὀπτικοῦ κέντρου τοῦ φακοῦ, ἔχομεν φανταστικὸν εἶδωλον, τὸ ὅποιον σχηματίζεται πρὸς τὴν πλευράν τοῦ ἀντικειμένου. Τὸ εἶδωλον αὐτὸ εἶναι πάντοτε μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον καὶ ὄρθιον.



Σχ. 262. Σχηματισμὸς φανταστικοῦ εἰδώλου ὑπὸ συγκλίνοντος φακοῦ.

§ 249. Τύπος τῶν συγκλινόντων φακῶν. Ὅπως ἀποδεικνύεται, μεταξὺ τῆς ἀποστάσεως a τοῦ ἀντικειμένου, (τὸ ὅποιον εὐρίσκεται ἔμπροσθεν ἑνὸς συγκλίνοντος φακοῦ), ἀπὸ τὸ ὀπτικὸν κέντρον

Ο του φακού, της απόστασης β του ειδώλου του αντικειμένου από το οπτικόν κέντρον O του φακού και της έστιακής απόστασεως f του φακού (σχ. 263), ισχύει ή σχέσις :

$$\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{f}$$

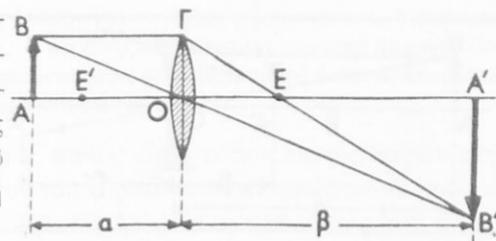
Είς τον τύπον αυτόν τα α και f είναι πάντοτε θετικοί αριθμοί. Το β δύναται να είναι θετικός ή αρνητικός αριθμός. Θετικόν β σημαίνει πραγματικόν είδωλον, αρνητικόν β υποδηλώνει ότι το είδωλον είναι φανταστικόν.

§ 250. Μεγέθυνσις του φακού. Η μεγέθυνσις M ενός φακού όρίζεται κατά τον ίδιον τρόπον, κατά τον όποιον όρίζεται και ή μεγέθυνσις ενός σφαιρικού κατόπτρου. Όπως δέ εις την περίπτωσιν των σφαιρικών κατόπτρων, ούτω και προκειμένου περι φακών ισχύει ή σχέσις :

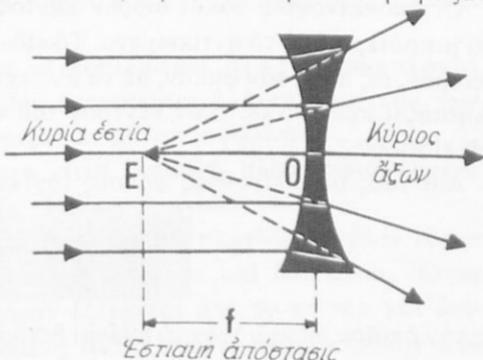
$$M = \frac{\beta}{\alpha}$$

§ 251. Αποκλίνοντες φακοί. Οί φακοί αυτοί μεταβάλλουν μίαν παράλληλον δέσμη εις αποκλίνουσαν, αφού διέλθη από την μάζαν των και ύποστῆ δύο φορές διάθλασιν.

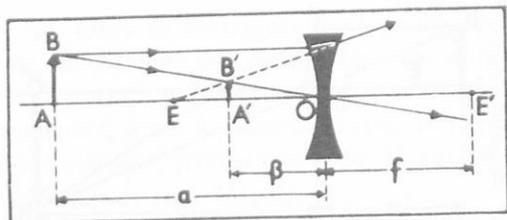
Είς το σχήμα 264 παριστάται ένας αποκλίνων φακός. Μία δέσμη παραλλήλων ακτίνων προσπίπτει παράλληλως πρὸς τον κύριον άξονα του φακού. Αί γεωμετρικαί προεκτάσεις των ακτίνων της δέσμης, μετά την έξοδόν των συναντῶνται εις το σημειον E , το όποιον απο-



Σχ. 263. Διά τον τύπον των συγκλινόντων φακών.



Σχ. 264. Έστιακή απόστασις ενός αποκλίνοντος φακού.



Σχ. 265. Γεωμετρική κατασκευή του φανταστικού ειδώλου εις άποκλίνοντα φακόν.

τελεί την *κυρίαν έστίαν* του φακού, ή όποία εις την περίπτωσιν αυτήν είναι *φανταστική*.

§ 252. Είδωλα άποκλινόντων φακών. Ἐς φαντασθώμεν ένα αντικείμενον AB ἔμπροσθεν τοῦ

άποκλίνοντος φακού τοῦ σχήματος 265. Διά νά σχηματίσωμεν τό εἶδωλόν του, κατασκευάζομεν τό εἶδωλον τῆς κορυφῆς του B. Πρός τόν σκοπόν αὐτόν χρειάζομεθα δύο ἀκτίνας. Μίαν παράλληλον πρὸς τόν κύριον ἄξονα, ὁπότε ἡ γεωμετρική προέκτασις τῆς ἐξερχομένης τῆς θά διέρχεται ἀπό τὴν φανταστικὴν κυρίαν ἐστίαν, καὶ μίαν ἔχουσαν διεύθυνσιν δευτερεύοντος ἄξονος, ἡ ὁποία δὲν θά ὑποστῇ διάθλασιν.

Αἱ δύο αὐταὶ ἐξερχόμεναι ἀκτίνες, εἶναι πάντοτε ἀποκλίνουσαι, δι' αὐτό δὲν συναντῶνται, καὶ οὕτω δὲν δύνανται νά δώσουν πραγματικὸν εἶδωλον. Ἐάν ὁμως προσπέσουν καὶ αἱ δύο εἰς τὸν ὀφθαλμόν μας, θά μᾶς προκαλέσουν τὴν ἐντύπωσιν ὅτι προέρχονται ἀπὸ ἕνα σημεῖον, εὐρίσκόμενον εἰς τὴν ἰδίαν πλευράν, ὡς πρὸς τὸν φακόν, μὲ τό ἀντικείμενον. Ἐκεῖ θά σχηματισθῇ τό φανταστικὸν εἶδωλον B' τοῦ B. Φέροντες μίαν κάθετον εὐθεΐαν B'A' εἰς τὸν ὀπτικὸν ἄξονα τοῦ φακού, σχηματίζομεν τό εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου.

Οἱ ἀποκλίνοντες φακοὶ δίδουν πάντοτε φανταστικά εἶδωλα, ὄρθια καὶ μικρότερα ἀπὸ τὰ ἀντικείμενα. Τὰ εἶδωλα εὐρίσκονται εἰς τὴν ἰδίαν πλευράν, ὡς πρὸς τὸν φακόν, μὲ τὰ ἀντικείμενα. Ὅταν τό ἀντικείμενον πλησιάζει πρὸς τό ὀπτικὸν κέντρον τοῦ φακού, αὐξάνεται τό μέγεθος τοῦ εἰδώλου.

Διά τοὺς ἀποκλίνοντας φακοὺς ἰσχύει ὁ τύπος :

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{f}$$

εἰς τὸν ὅποιον ὁμως μόνον τό α εἶναι θετικόν. Τὰ β καὶ f εἶναι ἀρνητικά.

§ 253. Ἐφαρμογαὶ καὶ χρήσεις τῶν φακῶν. Οἱ φακοὶ, ἐν συνδυασμῷ συνήθως μὲ κάτοπτρα ὡς ἐπίσης καὶ πρίσματα, ἀποτελοῦν τὰ σπουδαιότερα μέρη τῶν

οπτικῶν 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 δηλαδὴ ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ εἶναι μικρότερα. Αὐτὸς ἀκριβῶς τὸ χαρακτηριστικὸν γνώρισμα ἐνὸς φακοῦ ἐκφράζει ἡ ἰσχύς τοῦ φακοῦ.

Ἡ ἰσχύς P ἐνὸς 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 εὐρεθῇ ἡ ἰσχύς ἐνὸς 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 ἀκτίνες, αἱ διαθλώμεναι ἀπὸ ὑαλίνοῦς πλάκας μὲ παραλλήλους ἕδρας, δὲν ἐκτρέπονται ἀπὸ τὴν ἀρχικὴν των διεύθυνσιν, ἀλλὰ μετατοπίζονται μόνον παραλλήλως.

2. Τὰ ὀπτικὰ πρίσματα εἶναι διαφανῆ μέσα περιοριζόμενα ἀπὸ τὰς δύο ἕδρας μιᾶς διέδρου γωνίας.

3. Ἄν μία φωτεινὴ ἀκτίς προσπέσῃ πλαγίως εἰς μίαν ἕδραν τοῦ πρίσματος, εἰσέρχεται εἰς τὸ πρίσμα καὶ διαθλάται. Ὅταν συναντήσῃ τὴν ἄλλην ἕδραν ἐξέρχεται ἀπὸ τὸ πρίσμα καὶ διαθλάται πάλιν. Ἡ ἐξερχομένη ἀκτίς ἔχει ὑποστῆ ἐκτροπὴν ἀπὸ τὴν γωνίαν τὴν σχηματιζομένην ἀπὸ τὴν προσπίπτουσαν καὶ τὴν ἐξερχομένην ἀκτίνα.

4. Τα πρίσματα όλικής ανακλάσεως 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 συναντώσα την ύποτείνουσαν ύφίσταται όλικήν ανάκλασιν. Ή ανακλωμένη άκτις προσπίπτει καθέτως εις την άλλην έδραν και έξέρχεται χωρίς να ύποστή διάθλασιν.

5. Οί φακοί είναι διαφανή σώματα, τα όποια περιορίζονται από δύο σφαιρικά επιφανείας ή μίαν σφαιρικήν και μίαν επίπεδον, ύποδιαιρούνται δέ εις δύο μεγάλας κατηγορίας, εις τούς συγκλίνοντας και εις τούς άποκλίνοντας φακούς. Οί πρώτοι μεταβάλλουν μίαν δέσμην παραλλήλων φωτειών άκτίων εις συγκλίνουσαν και οί δεύτεροι εις άποκλίνουσαν.

6. Οί φακοί έχουν δύο συμμετρικά κυρίας έστίας και δύο ή μίαν άκτίνας καμπυλότητος. Εις τούς συγκλίνοντας φακούς ή κυρία έστία είναι πραγματική και σχηματίζεται από την δέσμη των παραλλήλων άκτίων, την μεταβαλλομένην εις συγκλίνουσαν μετά την έξοδόν της από τον φακόν. Εις τούς άποκλίνοντας φακούς ή κυρία έστία είναι φανταστική και σχηματίζεται από τας προεκτάσεις των άκτίων τής έξερχομένης δέσμης.

7. Ή απόστασις a του αντικειμένου από το όπτικόν κέντρον του φακού, ή απόστασις β του ειδώλου πάλιν από το όπτικόν κέντρον και ή έστιακή απόστασις f του φακού συνδέονται με την σχέσιν :

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{f}$$

Τό a είναι πάντοτε θετικός αριθμός, τα β και f δύνανται να είναι θετικοί ή άρνητικοί αριθμοί. "Όταν τό β είναι θετικόν, τό ειδώλον είναι πραγματικόν. Τότε και τό f είναι θετικόν και ό φακός συγκλίνων. "Όταν τό β είναι άρνητικόν τό ειδώλον είναι φανταστικόν. Εις την περίπτωσην αυτήν ό φακός δύναται να είναι συγκλίνων ή άποκλίνων. "Όταν τό f είναι άρνητικόν, ό φακός είναι άποκλίνων, όποτε και τό β είναι άρνητικόν, επειδή οί άποκλίνοντες φακοί δίδουν πάντοτε φανταστικά ειδώλα.

8. "Όπως και εις την περίπτωσην των κατόπτρων, ή μεγέ-

Θυνησις 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. (Ἀπ. $f=15$ 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. (Ἀπ. $f=24$ 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. (Ἀπ. $\beta=17,1$ 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. (Ἀπ. $\beta=50$ 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. (Ἀπ. — 6 cm ἔμπροσθεν τοῦ φακοῦ, $M=0,75$.)

180. Εἰς πόσῃν ἀπόστασιν ἀπὸ συγκεντρωτικοῦ φακοῦ ἔστιακῆς ἀποστάσεως 8 cm, πρέπει νὰ τοποθετήσωμεν ἀντικείμενον, τὸ πραγματικὸν εἰδῶλον τοῦ ὁποίου νὰ ἔχη τὸ ἴδιον ὕψος μὲ τὸ ἀντικείμενον. Νὰ κατασκευάσετε γραφικῶς τὸ εἶδῶλον. (Ἀπ. 16 cm.)

181. Ἡ φλόξ ἑνὸς κηρίου ἔχει ὕψος 1,5 cm. Τὸ κηρίον τοποθετεῖται εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν ἀποκλίνοντος φακοῦ, ἔστιακῆς ἀποστάσεως 15 cm. Νὰ εὐρεθῇ ἡ θέσις καθὼς καὶ τὸ ὕψος τοῦ εἰδώλου τῆς φλογός, τὸ ὁποῖον σχηματίζεται. (Ἀπ. $\beta=-7,5$ cm, $E=0,75$ cm.)

182. Συγκλίνων φακὸς ἔχει ἔστιακὴν ἀπόστασιν 60 cm. Νὰ εὐρεθῇ ἡ ἰσχὺς αὐτοῦ τοῦ φακοῦ. (Ἀπ. $P=1,66$ διοπτρία.)

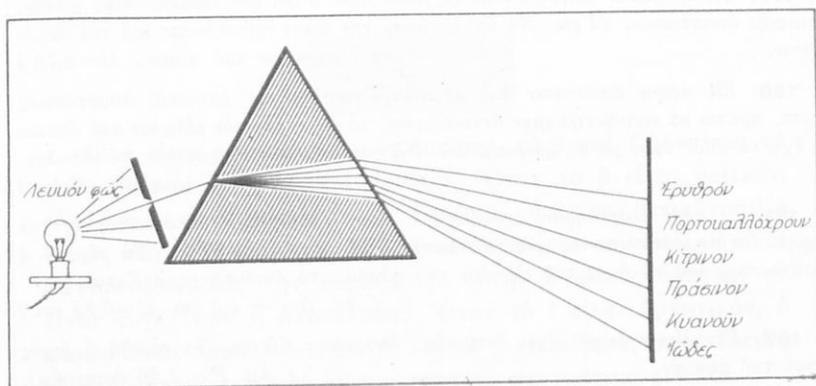
183. Νὰ εὐρεθῇ ἡ ἰσχὺς ἑνὸς ἀποκλίνοντος φακοῦ ἔστιακῆς ἀποστάσεως — 2. (Ἀπ. — 4 διοπτρία.)

§ 255. **Φάσμα. Πείραμα.** Ἐπάνω εἰς ἓνα πρίσμα ἀφήνομεν νὰ προσπέσῃ μία δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων λευκοῦ φωτός, ἡ ὁποία νὰ προέρχεται, π.χ., ἀπὸ ἓναν ἠλεκτρικὸν λαμπτήρα φωτισμοῦ, ἔμπροσθεν τοῦ ὁποίου ἔχομεν τοποθετήσῃ διάφραγμα μὲ στενὴν σχισμὴν (σχ. 266). Παρατηροῦμεν τότε ὅτι αἱ ἐξερχόμεναι ἀκτίνες, ἐκτὸς ἀπὸ τὴν ἐκτροπὴν, ἔχουν ὑποστῆ καὶ ἀνάλυσιν. Ἐάν δηλαδὴ τὰς δεχθῶμεν ἔπάνω εἰς ἓνα πέτασμα, λαμβάνομεν μίαν ἔγχρωμον συνεχῆ ταινίαν, ἡ ὁποία ἀποτελεῖται κατὰ σειρὰν ἀπὸ τὰ ἀκόλουθα χρώματα : ἐρυθρὸν, πορτοκαλλόχρουν, κίτρινον, πράσινον, κυανοῦν καὶ ἰώδες.

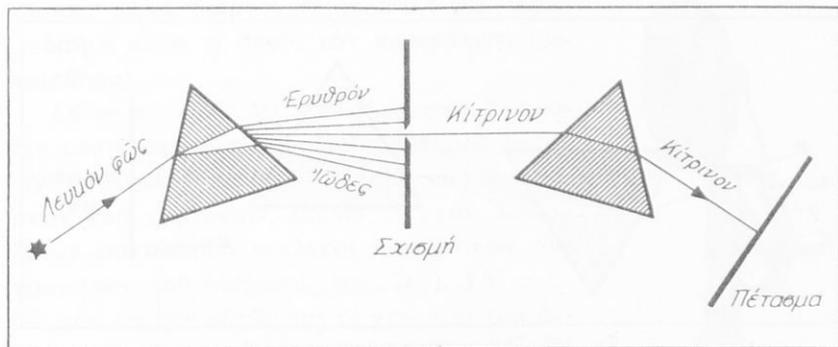
Τὸ φαινόμενον αὐτὸ ὀνομάζεται ἀνάλυσις τοῦ φωτός, ἡ δὲ ἔγχρωμος ταινία **φάσμα**.

Ὅταν ἓνα φῶς περιφρχῇ 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 νὰ ἀναγνώσωμεν ἀνέτως τὸ ἔντυπον, ὅταν αὐτὸ εὑρίσκεται εἰς τὴν περιοχὴν τοῦ κίτρινοπρασίνου φωτός, ἐπειδὴ εἰς τὴν



Σχ. 266. Ἀνάλυσις τοῦ λευκοῦ φωτός διὰ μέσου πρίσματος.



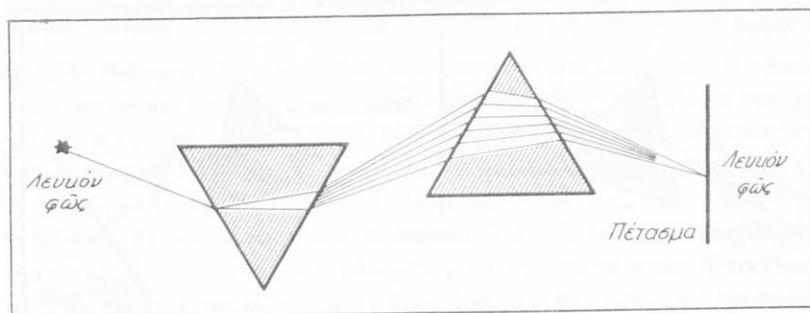
Σχ. 267. Τὰ ἀπλᾶ χρώματα τοῦ φάσματος δὲν ἀναλύονται.

περιοχὴν αὐτὴν παρατηρεῖται ἡ μεγαλύτερα φωτεινότης τοῦ φάσματος. Ἀντιθέτως αἱ δύο ἄκρᾳι 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 ὑψηλοτέραν 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 ἐσημάτισε τὸ λευκὸν φῶς, μετὰ τὴν ἐξοδὸν του ἀπὸ τὸ πρίσμα καὶ ἀφοῦ συνήντησε τὸ πέτασμα, ὀνομάζεται ἰδιαίτερος *ὄρατὸν φάσμα*, ἐπειδὴ διεγείρει τὸν ὀφθαλμόν, ὁ ὁποῖος εἶναι τὸ αἰσθητήριον τῆς ὄρασεως. Τὸ φάσμα ἐν τούτοις ἐκτείνεται καὶ πέραν τῆς ὄρατῆς περιοχῆς καὶ ἡ μὲν περιοχὴ, ἡ εὐρίσκομένη 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 ἀκτίνας ἀπειραριθμῶν χρωμάτων, αἱ ὁποῖαι ὑφίστανται ἐκτροπὴν καὶ ἀποχωρίζονται, ὅταν ἐξέλθουν ἀπὸ τὸ πρίσμα. Τὴν μικροτέραν ἐκτροπὴν ὑφίστανται αἱ ἐρυθραὶ ἀκτίνες, τὴν δὲ μεγαλυτέραν αἱ ἰώδεις. Ἐν τούτοις ἡ διάκρισις τῶν χρωμάτων τοῦ φάσματος, μὲ διαφόρους ὀνομασίας, εἶναι αὐθαίρετος, ἐπειδὴ μεταξὺ τῶν χρωμάτων αὐτῶν ὑπάρχουν πολλαὶ ἀποχρώσεις, ἡ δὲ μεταβάσις ἀπὸ τὸ ἓνα χρῶμα εἰς τὸ ἄλλο, γίνεται βαθμιαίως.

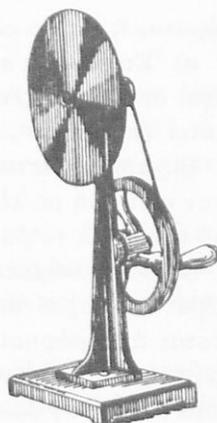
§ 258. Ἀνασύνθεσις τοῦ λευκοῦ φωτός. Ἄν ἀναμείξωμεν καταλλήλως τὰ χρώματα τοῦ φάσματος, δυνάμεθα νὰ ἀνασηματίσωμεν τὸ λευκὸν φῶς. Ὁ Νεύτων ἐχρησιμοποίησε διὰ τὸν σκοπὸν αὐτὸν δύο ὅμοια πρίσματα, ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα 268.

Ἀπομακρυνθὲν φασματικὸν χρῶμα	ἐρυθρὸν	πορτο- καλλό- χρουν	κίτρινον	πράσινον	κυανοῦν	ἰώδες
Ἐπόλοιπον χρῶμα ἀναμείξεως	πράσινον	ἰώδες	κυανοῦν	ἐρυθρὸν	κίτρινον	πορτο- καλλό- χρουν

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-

ριατος, ἀλλὰ διαρκεῖ περίπου 0,1 sec., ἀφοῦ παύση ἢ αἰτία, ἢ ὁποία τὸν προεκάλεσε (μεταίσθημα).

Οὕτω δυνάμεθα νὰ προκαλέσωμεν ἀνάμειξιν 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 νὰ ἀνταποκρίνονται ὅσον τὸ δυνατόν περισσότερον πρὸς τὴν ἔκτασιν τῶν εἰς τὸ ὄρατὸν φάσμα. Ἐὰν περιστρέψωμεν καταλλήλως τὸν δίσκον αὐτόν, ἢ ἐπιφάνειά του μᾶς φαίνεται λευκή.



Σχ. 269. Ἀνασύνθεσις τοῦ φωτός μὲ τὸν δίσκον τοῦ Νεύτωνος.

§ 259. Μείξις τῶν χρωμάτων. Ἐὰν εἰς τὸ πείραμα τῆς ἀνασυνθέσεως τοῦ λευκοῦ φωτός μὲ τὰ δύο πρίσματα ἐμποδίσωμεν ἓνα ἀπὸ τὰ ἀπλᾶ χρώματα, νὰ εἰσέλθῃ μαζὶ μὲ τὰ ἄλλα εἰς τὸ δεύτερον πρίσμα, τὰ ὑπόλοιπα χρώματα ὅταν συντεθοῦν δὲν θὰ δώσουν λευκὸν φῶς. Τὸ χρῶμα τοῦ φωτός τὸ ὁποῖον θὰ προκύψῃ τότε, θὰ ἐξαρτηθῆ ἀπὸ τὸ ἀπομακρυνθὲν φῶς. Πάντοτε ὅμως, ὅταν αὐτὸ συνδυασθῆ μὲ τὸ ἀφαιρεθὲν χρῶμα, θὰ 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 νὰ παραχθῆ μὲ συνδυασμὸν ἐρυθροῦ, πρασίνου καὶ κυανοῦ φωτός. Ἐπίσης τὰ διάφορα ἄλλα χρώματα τοῦ φάσματος δύναται νὰ 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. Ὅταν τὸ λευκὸν φῶς διέρχεται ἀπὸ διάφορα σώματα, ὅπως εἶναι π.χ. αἱ διάφοροι ἐγχρωμοὶ ὑάλιναι 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 ἄδιαφανὲς 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 δυνατόν κατὰ τὴν διάχυσιν, νὰ ἀπορροφηθοῦν ὀρισμέναι ἀκτίνες, ὅποτε διαχέονται μόνον αἱ ὑπόλοιποι, αἱ ὁποῖαι καὶ καθορίζουν τὸ χρῶμα τῆς ἐπιφανείας ἀπὸ τὴν ὁποίαν διαχέονται.

Οὕτως ἓνα ἐχρωμον ὕφασμα φαίνεται κυανοῦν, ὅταν φωτίζεται μὲ λευκὸν φῶς, ἐπειδὴ μόνον αἱ κυαναὶ ἀκτίνες διαχέονται, ἐνῶ αἱ ὑπόλοιποι ἀπορροφῶνται. Τὸ ὕφασμα αὐτὸ ἂν φωτισθῇ μὲ μονόχρουον 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 ποσοστόν, ὀνομάζονται **φαιὰ σώματα** (γκρίζα).

β) Αὐτόφωτα σώματα. Τὸ φῶς τῶν αὐτοφώτων σωμάτων ἐξαρτᾶται ἀπὸ διαφόρους παράγοντας, π.χ. ἀπὸ τὴν θερμοκρασίαν των, ὅπως συμβαίνει μὲ τὰ πυρακτωμένα σώματα, ἀπὸ τὰς χημικὰς ἀντιδράσεις αἱ ὁποῖα συμβαίνουν εἰς αὐτά, ὅπως εἰς τὰς φλόγας κλπ.

1. Όταν μία δέσμη ακτίνων λευκού φωτός προσπέση ἐπὶ ἐνὸς ὑαλίνου πρίσματος, ἀναλύεται μετὰ τὴν ἔξοδόν της ἀπὸ τὸ πρίσμα καὶ σχηματίζει ἐπάνω εἰς ἓνα πέτασμα, μίαν ἔγχρωμον ταινίαν, ἣ ὁποία ὀνομάζεται φάσμα.

2. Τὰ ἀκραῖα χρώματα τοῦ φάσματος ἐρυθρὸν καὶ ἰώδες, ὀρίζουν τὴν ὁρατὴν 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 αἱ ὁποῖαι ὑφίστανται διαφορετικὴν ἐκτροπὴν, ὅταν διέλθουν μέσα ἀπὸ ἓνα πρίσμα.

4. Τὸ ἀναλελυμένον φῶς δύναται νὰ ἀνασυντεθῆ 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 ἴδιαν φωτεινότητα.

Αἱ διάφοροι φωτειναὶ πηγαὶ ἐκπέμπουν εἰς τὸν χῶρον φῶς, τὸ

όποιοι συναντᾶ εἰς τὴν πορείαν του τὰ διάφορα ἀντικείμενα, τὰ ὁποῖα οὕτω φωτίζονται καὶ γίνονται ὁρατά.

Προκειμένου περὶ τῶν φωτεινῶν πηγῶν μᾶς ἐνδιαφέρει νὰ γνωρίζωμεν τὴν *φωτεινὴν ἰσχὺν* (ἢ φωτεινὴν ἔντασίν των), ὅσον ἀφορᾷ ὁμῶς τὰς ἐπιφανείας τῶν φωτιζομένων σωμάτων μᾶς ἐνδιαφέρει νὰ γνωρίζωμεν τὸν *φωτισμὸν* των.

Ὅλοι θὰ ἔχωμεν παρατηρήσει ὅτι αἱ φωτειναὶ πηγαὶ εἶναι σώματα ἔχοντα ὑψηλὴν θερμοκρασίαν, γεγονός τὸ ὁποῖον ἀποδεικνύει ὅτι ὑπάρχει σχέσις μεταξύ φωτὸς καὶ θερμότητος. Ἐχομεν ἐπίσης παρατηρήσει ὅτι ἕνα σῶμα τὸ ὁποῖον φωτίζεται, θερμαίνεται. Αὐτὸ ἀποδεικνύει ὅτι τὸ φῶς εἶναι μία μορφή ἐνεργείας, ἢ ὁποῖα ὀνομάζεται *φωτεινὴ ἐνέργεια*.

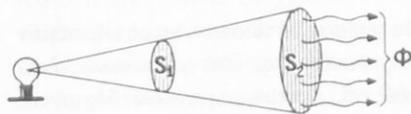
§ 262. Φωτεινὴ ροή. Μία φωτεινὴ πηγὴ ἐκπέμπει φωτεινὴν ἐνέργειαν πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις. Ἄν θεωρήσωμεν ἕνα κῶνον, ὁ ὁποῖος νὰ ἔχη κέντρον τὴν πηγὴν, τότε αὐτὴ ἐκπέμπει ἀδιακόπως φωτεινὴν ἐνέργειαν ἐντὸς τοῦ κῶνου (σχ. 270). Ἄν λοιπὸν ὀνομάσωμεν E τὴν φωτεινὴν ἐνέργειαν, τὴν ὁποῖαν ἐκπέμπει ἡ πηγὴ ἐντὸς τοῦ κῶνου καὶ εἰς χρονικὸν διάστημα t , τότε τὸ πηλίκον :

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

καλοῦμεν *φωτεινὴν ροήν*. Ἐπομένως :

Φωτεινὴ ροὴ Φ ὀνομάζεται ἡ φωτεινὴ ἐνέργεια, ἢ ὁποῖα διέρχεται εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου, ἀπὸ ἕνα ὄρισμένον 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 ἕνα φυσικὸν μέγεθος χαρακτηρίζον τὰς φωτεινὰς πηγὰς, ἂν ἀκτινοβολοῦν δηλαδὴ ἔντονώτερον ἢ ἀμυδρότερον.

Ἐὰς 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 ἰσχὺς ἢ ἔντασις τῆς πηγῆς.

Ἵνα :

Φωτεινὴ ἰσχὺς 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 ἰσχὺς. Ὡς μονάδα φωτεινῆς ροῆς χρησιμοποιοῦμεν τὸ Λούμεν (**1 Lumen**) (σχ. 271).

Μονὰς φωτεινῆς ἰσχὺς εἶναι τὸ νέον ἢ διεθνὲς κηρίον (**1 NK**).

Τὸ νέον κηρίον ἔχει φωτεινὴν ἰσχύον ἴσην μὲ τὸ 1/60 τῆς φωτεινῆς ἰσχὺς, ἢ ὁποία ἐκπέμπεται ἀπὸ ἐπιφάνειαν ἑνὸς τετραγωνικοῦ ἑκατοστομέτρου (τελείως μέλανος σώματος), τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται εἰς τὴν θερμοκρασίαν τήξεως τοῦ λευκοχρῶστος (1770° C).

§ 264. Φωτισμὸς ἐπιφανείας. Ὄταν ἐπὶ μιᾶς ἐπιφανείας προσπίπτῃ φῶς, λέγομεν ὅτι ἡ ἐπιφάνεια φωτίζεται. Ἐὰν θεωρήσωμεν μίαν ἐπιφάνειαν μὲ ἔμβασον S , ἢ ὁποία φωτίζεται ὁμοιομόρφως ἀπὸ τὴν φωτεινὴν ροὴν Φ μιᾶς πηγῆς, τότε :

Ὀνομάζομεν φωτισμὸν B μιᾶς ἐπιφανείας, ἔμβασου 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 ἐμβαδὸν Σ τῆς ἐπιφανείας αὐτῆς.

Δηλαδή :

$$B = \frac{\Phi}{S}$$

Μονὰς φωτισμοῦ. Ἐάν εἰς τὸν ἀνωτέρω τύπον ἡ Φ εἶναι ἴση μὲ 1 **Lumen** καὶ ἡ S μὲ 1 m^2 , τότε τὸ B ἰσοῦται μὲ τὴν μονάδα τοῦ φωτισμοῦ, ἡ ὁποία ὀνομάζεται Λούξ (1 Lux). Ὡστε :

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

Ὁ φωτισμὸς μιᾶς ἐπιφανείας ἐμβαδοῦ 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 ἐνὸς χώρου εἰς τὸν ὁποῖον πρόκειται νὰ γίνη μία ἐργασία, ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ εἶδος τῆς ἐργασίας. Δι' ἀνάγνωσιν ἀπαιτεῖται σχετικῶς μεγαλύτερος φωτισμὸς παρὰ 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 ὁποῖον ὅταν φωτίζεται, παράγει ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸν φωτισμὸν τὸν ὁποῖον δέχεται τὸ φωτοστοιχείον, τὸ ὁποῖον συνδέεται μὲ ἓνα εὐπαθὲς γαλ-

βανόμετρον (σχ. 272), και αυτό μετρεί την έντασιν τοῦ ρεύματος τοῦ προκαλουμένου ἀπὸ τὸ φωτοστοιχείον. Εἶναι δὲ βαθμολογημένον κατὰ τοιοῦτον τρόπον ὥστε οἱ ἔνδειξις του νὰ δίδουν τὸν φωτισμὸν ἀπ' εὐθείας εἰς Lux.

§ 266. Νόμοι τοῦ φωτισμοῦ. Ὁ φωτισμὸς B τὸν ὁποῖον δέχεται μία ἐπιφάνεια S, ἐξαρτᾶται ἀπὸ τοὺς ἀκολουθούσας 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 ἀκτίνων.

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 ἀκτίνας, εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν φωτεινὴν ἰσχὺν I τῆς πηγῆς.

Συμφώνως πρὸς τὸν νόμον αὐτὸν, ἂν τοποθετήσωμεν ἔμπροσθεν ἐνὸς φωτομέτρου δύο ὁμοίους λαμπτήρας, τὸ ὄργανον θὰ δείξῃ διπλασίαν ἔνδειξιν ἀπὸ ἐκείνην ἢ ὁποῖα ἀντιστοιχεῖ εἰς ἓνα λαμπτήρα.

2ος νόμος. Ὁ φωτισμὸς B, ὁ προκαλούμενος ἀπὸ μίαν σημειακὴν φωτεινὴν πηγὴν, μὲ ὠρισμένην φωτεινὴν έντασιν I, ἐπὶ μιᾶς ἐπιφανείας S, ἐπὶ τῆς ὁποίας προσπίπτουν καθέτως αἱ ἀκτίνες της, εἶναι ἀντιστροφῶς ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἀποστάσεως r τῆς ἐπιφανείας ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγὴν.

Διὰ νὰ ἀποδείξωμεν αὐτὸν τὸν νόμον, τοποθετοῦμεν ἓνα φωτόμετρον ἔμπροσθεν μιᾶς φωτεινῆς πηγῆς καὶ εἰς ὠρισμένην ἀπόστασιν, ὅποτε τὸ ὄργανον θὰ δώσῃ μίαν ἔνδειξιν, ἢ ὁποῖα θὰ παρέχῃ τὸν φωτισμὸν τὸν ὁποῖον δέχεται τὸ φωτόμετρον. Ἄν κατόπιν διπλασιάσωμεν, τριπλασιάσωμεν, τετραπλασιάσωμεν, κλπ., τὴν ἀπόστασιν τοῦ φωτομέτρου ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγὴν, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ὁ φωτισμὸς γίνεται 4, 9, 16, κλπ., φορὰς μικρότερος.

Ὁ πρῶτος καὶ ὁ δεύτερος νόμος τοῦ φωτισμοῦ περιέχονται εἰς τὸν τύπον :

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

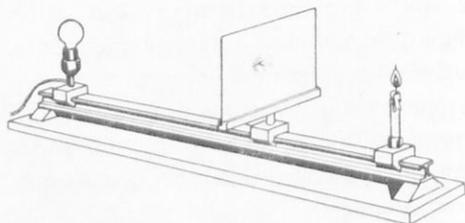
3ος νόμος. Ὁ φωτισμὸς μιᾶς ἐπιφανείας ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸν προσανατολισμὸν τῆς, σχετικῶς πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῶν ἀκτίνων.

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 ἀκτῖνες. Ὄταν ὅμως αἱ φωτειναὶ ἀκτῖνες προσπίπτουν πλαγίως, ὁ φωτισμὸς γίνεται μικρότερος, ἐλαττώνονται δηλαδή 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 εὑρίσκονται εἰς μίαν ὀρισμένην ἀπόστασιν μεταξύ των, ἐνῶ εἰς τὸ ἐνδιάμεσον μετακινεῖται, στηριγμένον εἰς κατάλληλον πλαίσιον, ἓνα φύλλον χάρτου, τὸ ὁποῖον ἔχει μίαν κηλῖδα ἀπὸ ἔλαιον (σχ. 273). Ὄταν, ἀφοῦ μετακινήσωμεν καταλλήλως τὸν ἐλαιωμένον χάρτην, ἐξαφανίσωμεν τὴν κηλῖδα, ἔχομεν ἐπιτύχει ἰσοφωτισμὸν τῶν δύο ὤψεων τοῦ χάρτου.

Συμφώνως πρὸς τὸν ὀρισμὸν τοῦ φωτισμοῦ θὰ ἔχωμεν τότε ὅτι :



Σχ. 273. Φωτόμετρον τοῦ Bunsen. Ὄταν τὸ πέτασμα ἰσοφωτίζεται, ἐξαφανίζεται ἡ κηλῖς.

$$B = \frac{I_1}{r_1^2} \quad \text{καὶ} \quad B = \frac{I_2}{r_2^2}$$

ὁπότε θὰ εἶναι :

$$\frac{I_1}{r_1^2} = \frac{I_2}{r_2^2} \quad \text{ἢ} \quad \frac{I_1}{I_2} = \frac{r_1^2}{r_2^2}$$

Ἐπομένως :

Ὄταν δύο φωτειναὶ πηγαὶ φωτίζουν ἐξ ἴσου μίαν ἐπιφάνειαν, μὲ καθέτον πρόσπρωσιν τῶν ἀκτίνων, τότε αἱ φωτειναὶ ἰσχύες 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 κορυφὴν του ἐπὶ τῆς φωτεινῆς πηγῆς, ὀνομάζεται φωτεινὴ ροὴ Φ .

4. Τὸ πηλίκον τῆς φωτεινῆς ροῆς Φ , ἡ ὁποία ἐκπέμπεται μέσα εἰς μίαν στερεάν γωνίαν Ω , ἀπὸ μίαν φωτεινὴν σημειακὴν πηγὴν, εὐρισκομένην εἰς τὴν κορυφὴν τῆς στερεᾶς γωνίας, πρὸς τὴν στερεάν γωνίαν Ω , ὀνομάζεται φωτεινὴ ἰσχὺς I ἢ ἔντασις τῆς πηγῆς.

5. Μονὰς φωτεινῆς ροῆς εἶναι τὸ 1 Lumen καὶ φωτεινῆς ἰσχύος τὸ 1 νέον ἢ διεθνὲς κηρίον (1 NK). Τὸ πηλίκον τῆς φωτεινῆς ροῆς Φ , τὸ ὁποῖον δέχεται μία ἐπιφάνεια S , ὑπὸ κάθετον πρόσπτωσιν τῶν ἀκτίνων, πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν S , ὀνομάζεται φωτισμὸς B τῆς ἐπιφανείας.

6. Μονὰς φωτισμοῦ εἶναι τὸ 1 Lux.

7. Τὰ φωτόμετρα εἶναι ὄργανα χρησιμοποιούμενα διὰ τὴν μέτρησιν τοῦ φωτισμοῦ.

8. Ὁ φωτισμὸς B τὸν ὁποῖον δέχεται μία ἐπιφάνεια S εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἔντασιν τῆς φωτεινῆς πηγῆς, ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἀποστάσεως r τῆς ἐπιφανείας ἀπὸ τὴν πηγὴν καὶ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸν προσανατολισμὸν τῆς ἐπιφανείας σχετικῶς πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῶν ἀκτίνων. Διὰ κάθετον πρόσπτωσιν τῶν ἀκτίνων ἰσχύει ἡ σχέσις :

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

9. Όταν δύο φωτεινὰ πηγὰ με ἐντάσεις I_1 καὶ I_2 εὐρίσκονται εἰς ἀποστάσεις r_1 καὶ r_2 ἀπὸ μίαν ἐπιφάνειαν καὶ τὴν ἰσοφωτίζουν με κάθετον πρόσπτωσιν τῶν ἀκτίνων, ἰσχύει ὁ ἀκόλουθος τύπος τοῦ ἰσοφωτισμοῦ :

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{r_1^2}{r_2^2}$$

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

184. Πόσα Lumen προσπίπτουν καθέτως ἐπάνω εἰς μίαν ἐπιφάνειαν ἐμβαδοῦ 5 m^2 , ὅταν ὁ φωτισμὸς τῆς ἐπιφανείας αὐτῆς εἶναι 12 Lux . (Ἰ.Α. 60 Lumen.)

185. Εἰς τὸ κέντρον μιᾶς σφαίρας, ἀκτίνος 2 m , εὐρίσκεται ἓνας μικρὸς ἠλεκτρικὸς λαμπτήρ. Νὰ εὐρεθῇ ἡ φωτεινὴ ἰσχὺς του, ἐὰν ἡ σφαῖρα δέχεται φωτισμὸν 2 Lux . (Ἰ.Α. 8 NK.)

186. Πόση εἶναι ἡ ἰσχὺς μιᾶς φωτεινῆς πηγῆς, ἡ ὁποία προκαλεῖ, με κάθετον πρόσπτωσιν τῶν ἀκτίνων τῆς ἐπάνω εἰς μίαν ἐπιφάνειαν, φωτισμὸν 20 Lux , ὅταν ἡ ἐπιφάνεια ἀπέχῃ 6 m ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγὴν. (Ἰ.Α. 720 NK.)

187. Δύο φωτεινὰ πηγὰ συγκρίνονται με ἓνα φωτόμετρον. Ὄταν ἐπιτυγχάνεται ἰσοφωτισμὸς τοῦ φωτομέτρον, αἱ ἀποστάσεις τῶν φωτεινῶν πηγῶν ἀπὸ τὴν ἰσοφωτιζομένην ἐπιφάνειαν τοῦ φωτομέτρον εἶναι 30 cm καὶ 60 cm ἀντιστοίχως. Ἐὰν ἡ φωτεινὴ ἰσχὺς τῆς μικροτέρας φωτεινῆς πηγῆς εἶναι 10 NK , νὰ εὐρεθῇ ἡ φωτεινὴ ἰσχὺς τῆς ἄλλης πηγῆς. (Ἰ.Α. 40 NK.)

188. Εἰς πόσον ὕψος ἐπάνω ἀπὸ μίαν τράπεζαν, πρέπει νὰ εὐρίσκεται ἓνας λαμπτήρ 100 NK , διὰ νὰ προκαλῇ φωτισμὸν 50 Lux . (Ἰ.Α. 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 ἐνέργειαν. Ἀτμομηχανή	103
ΙΔ'. Μηχαναὶ ἐσωτερικῆς καύσεως	108
ΙΕ'. Πύραυλοι	114

III. ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ

ΙΣΤ'. Ὁ ἦχος	121
ΙΖ'. Ἥχητικαὶ πηγαὶ	131

IV. ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ - ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

ΙΗ'. Σύστασις τῆς ὕλης. Μόρια καὶ ἄτομα	138
ΙΘ'. Κατασκευὴ τοῦ ἀτόμου. Πυρῆνες καὶ ἠλεκτρόνια	143
Κ'. Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. Φορὰ καὶ ἀποτελέσματα τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος	150
ΚΑ'. Ἀγωγὰ καὶ μονωτικὰ σώματα. Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς τοὺς μεταλλικοὺς ἀγωγοὺς	157
ΚΒ'. Ἠλεκτρόλυσις. Ποιοτικὴ σπουδὴ. Ἴοντα	161

ΚΓ΄.	Ήλεκτρόλυσις. Δευτερεύουσαι χημικαί αντίδρασεις ..	168
ΚΔ΄.	Ήλεκτρόλυσις. Νόμοι τοῦ Φάρανταιν. Ἐφαρμογαί ...	175
ΚΕ΄.	Ποσότης ἡλεκτρισμοῦ. Μονάς Κουλόμπ. Ἐντασις ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Μονάς Ἀμπέρ	182
ΚΣΤ΄.	Θερμικά ἀποτελέσματα τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος	190
ΚΖ΄.	Ήλεκτρικὴ ἐνέργεια. Ήλεκτρικὴ ἰσχὺς	198
ΚΗ΄.	Διαφορὰ δυναμικοῦ. Μονάς Βόλτ	204
ΚΘ΄.	Πρακτικὴ μέτρησις διαφορᾶς δυναμικοῦ	212
Λ΄.	Ἐφαρμογαί τοῦ νόμου τοῦ Τζάουλ. Φωτισμὸς - Θέρμανσις	217
ΛΑ΄.	Πειραματικὴ σπουδὴ τῆς ἀντιστάσεως ἑνὸς ἀγωγοῦ ..	223
ΛΒ΄.	Σύνδεσις ἀντιστάσεων	232
ΛΓ΄.	Ήλεκτρικαὶ πηγαί	241
ΛΔ΄.	Ήλεκτρικὴ ἰσχὺς μιᾶς γεννητρίας	249
ΛΕ΄.	Συσσωρευταί	256
ΛΣΤ΄.	Μαγνήται. Μαγνητικὴ πυξίς	261
ΛΖ΄.	Ἀλληλεπίδρασις τῶν μαγνητικῶν πόλων	267
ΛΗ΄.	Μαγνητικὸν πεδίων εὐθυγράμμου ἀγωγοῦ καὶ μαγνητικῶν πεδίων σωληνοειδοῦς	274
ΛΘ΄.	Ήλεκτρομαγνήται	282
Μ΄.	Ἀλληλεπίδρασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος καὶ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου	288
ΜΑ΄.	Ήλεκτρικοὶ κινητῆρες	292

V. ΟΠΤΙΚΗ

ΜΒ΄.	Εὐθύγραμμος διάδοσις τοῦ φωτός	295
ΜΓ΄.	Ἀνάκλασις τοῦ φωτός. Ἐπίπεδα κάτοπτρα	302
ΜΔ΄.	Σφαιρικὰ κάτοπτρα	310
ΜΕ΄.	Διάθλασις τοῦ φωτός	321
ΜΣΤ΄.	Πρίσματα καὶ φακοὶ	327
ΜΖ΄.	Ἀνάλυσις τοῦ φωτός	340
ΜΗ΄.	Φωτομετρία	345





ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΦΗΣΙΣ : ΒΑΣΙΛΙΚΗΣ ΑΓΓΕΛΙΔΟΥ



ΕΚΔΟΣΙΣ Δ', 1971 (V) - ΑΝΤΙΤΥΠΗ 84.000 - ΣΥΜΒΑΣΙΣ 2109/10.4.71
ΕΚΤΥΠΩΣΙΣ : ΔΙΘΥΓΡΑΦΙΚΗ Ο.Ε. - ΠΕΤΡΟΥΠΟΛΙΣ - ΧΡΗΣΤΟΣ ΣΤ. ΧΡΗΣΤΟΥ



Ψηφιοποιήθηκε από το Υπουργείο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

