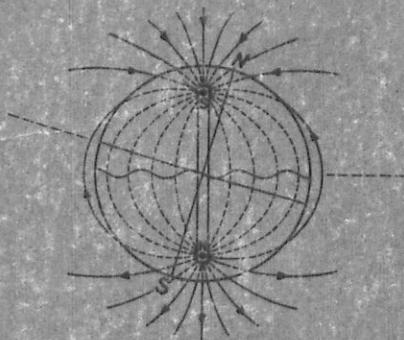


ΣΑΛΤΕΡΗ Γ. ΠΕΡΙΣΤΕΡΑΚΗ

ΦΥΣΙΚΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ

Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ



ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ
ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ
ΕΝ ΑΘΗΝΑΙΣ 1969

ΑΙΓΑΙΟΥ ΕΤΗΣΙΑ ΗΜΕΡΑ
ΗΠΕΙΧΙΔΙΩΝ ΜΑΡΓΑΡΙΤΕΩΝ
ΟΠΤΙΚΗΝ [295] ΣΕΛΑΙΣ

121 ΣΕΛΑΙΣ
138 ΣΕΛΑΙΣ

ΣΑΛΤΕΡΗ Γ. ΠΕΡΙΣΤΕΡΑΚΗ

Πιανογράφησης Χων/ος.

ΦΥΣΙΚΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ

Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

ΕΛΛΑΣ



21 ΑΠΡΙΛΙΟΥ

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ

ΑΘΗΝΑΙ 1968

18/4 Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



I. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

Ψ Α'—ΚΙΝΗΣΙΣ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

§ 1. Ἡρεμία καὶ κίνησις. Ἐὰν ἔξετάσωμεν τὸ περιβάλλον μας, θὰ παρατηρήσωμεν δτὶ μερικὰ σώματα μεταβάλλουν θέσιν, ἐν σχέσει πρὸς ἄλλα σώματα. Λέγομεν δτὶ τὰ σώματα ταῦτα κινοῦνται καὶ τὰ δυνομάζομεν κινητά.

Οῦτω τὸ λεωφορεῖον, τὸ δόποιον ἔξεκίνησεν ἀπὸ τὴν ἀφετηρίαν του καὶ πλησιάζει πρὸς τὴν στάσιν, εἰς τὴν δόποίαν εύρισκόμεθα, μεταβάλλον συνεχῶς θέσιν, κινεῖται. Κατὰ τὸ χρονικὸν διάστημα κατὰ τὸ δόποιον συνεχίζει τὴν κίνησίν του είναι κινητόν.

Κινητὰ είναι ἐπίσης δ ποδηλάτης, δ δόποιος τρέχει εἰς τὸν ἀσφαλτο-

στρωμένον δρόμον, τὸ ἀεροπλάνον τὸ ὄποιον ἵπταται, τὸ πλοῖον τὸ ὄποιον ποντοπορεῖ, ὁ πύραυλος ὁ ἐκτοξευόμενος δι’ ἐπιστημονικοὺς σκοποὺς κ.λπ.

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

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

§ 2. Φαινομενικὴ καὶ πραγματικὴ κίνησις. Πολλὰς φοράς ἡ ἡρεμία διαφόρων σωμάτων εἶναι φαινομενική, δὲν συμβαίνει δηλαδὴ καὶ εἰς τὴν πραγματικότητα. Οὔτως ἐνῷ τὰ ἀντικείμενα τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς ὅπως τὰ δένδρα, αἱ οἰκίαι, οἱ βράχοι κ.λπ. προκαλοῦν τὴν ἐντύπωσιν ὅτι ἡρεμοῦν καὶ εἶναι ἀκίνητα, εἰς τὴν πραγματικότητα κινοῦνται. Αὐτὸς συμβαίνει διότι ἡ Γῆ, εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς ὄποιας εἶναι στερεῶς προσκεκολλημένα τὰ σώματα αὐτά, κινεῖται, ὅπως γνωρίζομεν, εἰς τὸ διάστημα, καὶ τὰ παρασύρει εἰς τὴν κίνησίν της αὐτήν, ἡ ὄποια δὲν μᾶς γίνεται ἀντιληπτή, διότι ἀπλούστατα δὲν ὑπάρχει πλησίον εἰς τὸν πλανήτην μας ἐν ἀκίνητον σῶμα, διὰ νὰ συγκρίνωμεν τὰς ἀποστάσεις μας ἀπὸ αὐτό. "Ωστε :

"Ἡ ἡρεμία καὶ ἡ κίνησις εἶναι ἔννοιαι σχετικαί. "Ἐνα σῶμα κινεῖται ἡ ἡρεμεῖ ὡς πρὸς ἔνα ἄλλον σῶμα, τὸ ὄποιον θεωροῦμεν ὡς ἀκίνητον.

§ 3. Ἡ κίνησις εἰς τὸν μακρόκοσμον καὶ εἰς τὸν μικρόκοσμον. Μὲ τὰ σημερινὰ ἐπιστημονικὰ μέσα παρατηρήσεως εἶναι δυνατὸν νὰ μελετήσωμεν καὶ ἔξερευνήσωμεν τὸν ἀπέραντον κόσμον τοῦ σύμπαντος (μακρόκοσμος) καὶ τὸν μικροσκοπικὸν κόσμον τῶν μορίων καὶ τῶν ἀτόμων τῆς ὥλης (μικρόκοσμος). Τὰ οὐράνια σώματα, πλανῆται, ἀπλανεῖς, κομῆται, νεφελώματα κ.λπ. εὑρίσκονται εἰς μίαν ἀδιάκοπον κίνησιν. Οἱ κομῆται ἄλλοτε περιφέρονται εἰς τὸ διάστημα καὶ ἄλλοτε προσκολλῶνται εἰς κάποιον Ἡλίον καὶ γίνονται μέλη τῆς πλανητικῆς του οἰκογενείας. Οἱ Ἡλίοι κινοῦνται παρασύροντες εἰς τὴν ἴδιαν τους κίνησιν τοὺς πλανῆτας, ἀπὸ τοὺς ὄποιούς τυχὸν ἀκολουθοῦνται. Οὔτως

ζηκαστον ούράνιον σῶμα λαμβάνει συγχρόνως μέρος εἰς πολλάς διαφορετικὰς κινήσεις.

Εἰς τὸν μικρόκοσμον ὅλαι αἱ διαπιστώσεις μας ὁδηγοῦν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι Σχ. 1. Ὁ ἐκτινασσόμενος λίθος διαγράφει καμπύτα μόρια, τὰ ἄτομα, τὰ ηλεκτρόνια κ.λπ. εὑρίσκονται εἰς μίαν ἀδιάκοπον καὶ περίπλοκον κίνησιν. "Ωστε :



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

§ 4. Κινηματικὰ στοιχεῖα. Ὁρισμοί. "Οταν ἔνα σῶμα κινήται, ἀλλάζει διαδοχικῶς θέσεις εἰς τὸν χῶρον. Ἐὰν ἐνώσωμεν τὰς διαδοχικὰς αὐτὰς θέσεις, θά λάβωμεν μίαν συνεχῆ γραμμήν, ή ὅποια ὀνομάζεται τροχιά τοῦ κινητοῦ. "Οταν ἡ τροχιά εἴναι εὐθεῖα γραμμή, ή κίνησις ὀνομάζεται εὐθύγραμμος. "Οταν ἡ τροχιά εἴնαι καμπύλη γραμμή, ή κίνησις ὀνομάζεται καμπυλόγραμμος. Μερική περίπτωσις τῆς καμπυλογράμμου κινήσεως είναι ἡ κυκλικὴ κίνησις, ὅπότε τὸ κινητὸν κινεῖται ἐπὶ περιφερείας κύκλου.

Εὐθύγραμμον κίνησιν ἐκτελοῦν τὰ βαρέα σώματα ὅταν πίπτουν πρὸς τὴν Γῆν. Ἡ τροχιά ἐνὸς λίθου, τὸν ὅποιον ἔξεσφενδονίσαμε μὲ δύναμιν είναι καμπυλόγραμμος (σχ. 1).

Κυκλικὴν κίνησιν ἐκτελοῦν τὰ διάφορα σημεῖα τῆς περιφερείας ἐνὸς στρεφομένου τροχοῦ. Τὸ μῆκος τῆς τροχιᾶς τοῦ κινητοῦ, ἀπὸ τὴν ἀφετηρίαν τῆς κινήσεως μέχρι τὸ τέρμα, λέγεται διάστημα καὶ παριστάνεται συμβολικῶς μὲ τὸ γράμμα s. Ἡ ἀφετηρία τῆς κινήσεως λέγεται καὶ ἀρχὴ τῶν διαστημάτων. "Ενα κινητόν, διὰ νὰ διανύσῃ ἔνα ώρισμένον τμῆμα τῆς τροχιᾶς του, χρειάζεται χρόνον. Ὁ χρόνος μιᾶς κινήσεως μετρεῖται ἀπὸ τὴν ἔναρξιν τῆς κινήσεως μέχρι τὸ τέλος της καὶ παριστάνεται μὲ τὸ γράμμα t.

§ 5. Εὐθύγραμμος ὁμαλὴ κίνησις. Αἱ κινήσεις, αἱ ὅποιαι ἐκτελοῦνται ἐπὶ εὐθυγράμμου τροχιᾶς, δὲν είναι ὅλαι παρόμοιαι. Οὕτως αἱ κι-

νήσεις τοῦ σαλιγκάρου ἐπάνω εἰς μίαν εὐθεῖαν ράβδον, τοῦ ποδηλάτου εἰς ἔνα εὐθυγράμμον τμῆμα ἐνὸς δρόμου ἢ τοῦ σιδηροδρομικοῦ συρμοῦ ἐπάνω εἰς εὐθυγράμμους σιδηροτροχιάς, εἶναι πολὺ διαφορετικά. Ἐάν δημος δὲν λάβωμεν ὑπὸ δψιν μας, πῶς γίνεται ἡ μετάβασις ἀπὸ τὴν κατάστασιν τῆς ἡρεμίας εἰς τὴν κατάστασιν τῆς κινήσεως καὶ διὰ τὴν ἀπλούστευσιν τοῦ πράγματος ὑποθέσωμεν ὅτι ἔκαστον ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω τρία σώματα κινεῖται κατά τοιοῦτον τρόπον, ὥστε εἰς ἵσους χρόνους νὰ διανύῃ ἵσα διαστήματα, τότε ἐκτελοῦν τὴν ἀπλουστέραν ἀπὸ τὰς εὐθυγράμμους κινήσεις. Ἐκτελοῦν εὐθυγράμμον ὄμαλὴν κίνησιν. "Ωστε :

"Ἐνα κινητὸν ἐκτελεῖ εὐθύγραμμον ὄμαλὴν κίνησιν, ὅταν κινηται ἐπὶ εὐθυγράμμου τροχιᾶς καὶ διανύῃ εἰς ἵσους χρόνους ἵσα διαστήματα.

Εἰς τὸ δεξιὸν τῶν μεγάλων αὐτοκινητοδρόμων ὑπάρχουν κατὰ ἵσας ἀποστάσεις, 1000 m συνήθως, μικραὶ ἐκ τσιμέντου ἢ μαρμάρου πυραμίδες, ἐπάνω εἰς τὰς ὁποίας ἀναγράφονται εἰς χιλιόμετρα, αἱ ἀποστάσεις ἀπὸ τὴν ἀφετηρίαν. "Αν ἔνα αὐτοκίνητον κινηται ἐπάνω εἰς τὸν αὐτοκινητόδρομον καὶ εἰς ἔνα μεγάλον εὐθυγράμμον τμῆμα τοῦ δρόμου οὕτως, ὥστε ὁ δείκτης τοῦ ταχυμέτρου του νὰ παραμένῃ εἰς τὴν ἴδιαν πάντοτε θέσιν, τὸ ὅχημα θὰ χρειάζεται τὸν ἴδιον πάντοτε χρόνον, διὰ νὰ διανύσῃ τὴν ἀπόστασιν, ἡ ὁποία χωρίζει δύο πυραμίδας, ἔστω I πρῶτον λεπτόν. Τὸ αὐτοκίνητον αὐτὸν ἐκτελεῖ τότε εὐθύγραμμον ὄμαλὴν κίνησιν, ἐφ' ὅσον συνεχίζει τὴν κίνησίν του ὑπὸ τὰς ἴδιας συνθήκας.

§ 6. Ταχύτης. Ὁ ρυθμὸς μὲ τὸν ὁποῖον ἐκτελεῖται μία κίνησις, ἦν γίνεται δηλαδὴ βραδέως ἢ ταχέως, χαρακτηρίζεται ἀπὸ ἔνα φυσικὸν μέγεθος, τὸ ὁποῖον δονομάζεται ταχύτης καὶ παριστᾶται μὲ τὸ γράμμα u. "Η ταχύτης εύρισκεται εἰς ἀμεσον συσχετισμὸν μὲ τὸ διάστημα καὶ τὸν χρόνον, ὁ ὁποῖος ἀπητήθη διὰ νὰ διανυθῇ τὸ διάστημα τοῦτο. "Ωστε :

Εἰς τὴν εὐθυγράμμον ὄμαλὴν κίνησιν ὁρίζομεν ώς ταχύτητα u τὸ πηλίκον τοῦ διαστήματος s πρὸς τὸν χρόνον t, ἐντὸς τοῦ ὁποίου διηνύθη τὸ διάστημα αὐτό.

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

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

Διά νά προσδιορίσωμεν λοιπὸν τὴν ταχύτητα ἐνὸς σώματος, τὸ ὅποιον ἐκτελεῖ εὐθύγραμμον ὀμαλήν κίνησιν, πρέπει νά μετρήσωμεν ἔνα μῆκος καὶ ἕναν χρόνον· τὸν χρόνον τὸν ὅποιον ἔχρειάσθη τὸ κινητὸν διὰ νά διατρέξῃ αὐτὸ τὸ μῆκος (σχ. 2). Τὸ πηλίκον τῶν δύο αὐτῶν μετρήσεων μᾶς δίδει τὴν ταχύτητα τοῦ κινητοῦ, ἡ ὅποια — καὶ αὐτὸ εἶναι χαρακτηριστικὸν διὰ τὴν εὐθύγραμμον ὀμαλήν κίνησιν — δὲν ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὸ μῆκος τοῦ διάστηματος, τὸ ὅποιον ἔμετρήσαμε ἢ ἀπὸ τὸν χρόνον ἐντὸς τοῦ ὅποιου διηνύθη τὸ διάστημα αὐτό.

Μονάδες ταχύτητος. "Οταν τὸ διάστημα μετρήται εἰς μέτρα καὶ δ χρόνος εἰς δευτερόλεπτα, μονάς ταχύτητος εἶναι τό :

1 μέτρον ἀνὰ δευτερόλεπτον (1 m/sec)

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

"Αν ὅμως τὸ διάστημα μετρήται εἰς ἑκατοστόμετρα καὶ ὁ χρόνος εἰς δευτερόλεπτα, τότε μονάς ταχύτητος εἶναι τό :

1 ἑκατοστόμετρον ἀνὰ δευτερόλεπτον (1 cm/sec)

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

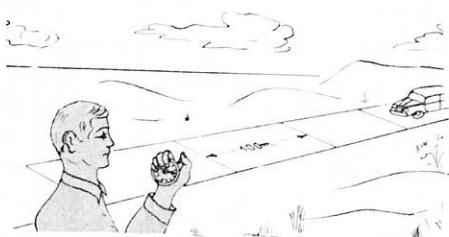
Διὰ τὰς ἀνάγκας τῆς πρακτικῆς ζωῆς χρησιμοποιοῦμεν ὡς μονάδα ταχύτητος τό :

1 χιλιόμετρον ἀνὰ ὥραν (1 km/h)

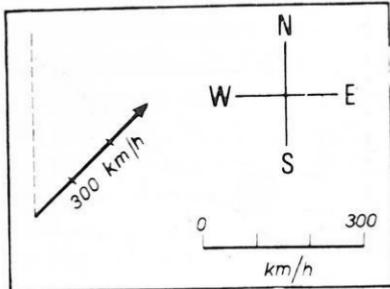
Οὕτως ὅταν λέγωμεν ὅτι ἡ ταχύτης ἐνὸς αὐτοκινήτου εἶναι 60 km/h, ἐννοοῦμεν ὅτι τὸ αὐτοκίνητον αὐτὸ ἐντὸς χρόνου μιᾶς ὥρας διανύει διάστημα 60 km.

"Ἡ ταχύτης τῶν πλοίων ἐκφράζεται εἰς κόμβους. Εἶναι δέ :

$$1 \text{ κόμβος} = 1 \text{ ναυτικὸν μίλιον ἀνὰ ὥραν}$$



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



Σχ. 3. Η ταχύτης είναι διανυσματικόν μέγεθος. Εις τὸ σχῆμα ἔχει μέτρον 300 km/h καὶ φοράν βορειο-ανατολικήν.

τικὴν τιμὴν τῆς ταχύτητός του—κοινὴν καὶ διὰ τὰ τέσσαρα αὐτοκίνητα—πρέπει νὰ δηλώσωμεν καὶ τὴν φοράν της οὔτως, ὥστε νὰ καθορίσωμεν μὲ ἀκρίβειαν διὰ ποῖον ἀπὸ τὰ τέσσαρα αὐτοκίνητα ὅμιλῶμεν.

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

Η ταχύτης ἀνήκει, λοιπόν, εἰς τὰ φυσικὰ ἐκεῖνα μεγέθη, τὰ ὅποια χρειάζονται διὰ τὸν πλήρη καθορισμὸν τῶν, τὴν ἔνδειξιν ἐνὸς μέτρου, μιᾶς διεύθυνσεως καὶ μιᾶς φορᾶς (σχ. 3). Ωστε :

Η ταχύτης είναι διανυσματικὸν μέγεθος.

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

β) Νόμος τοῦ διαστήματος. Αν ἐπιλύσωμεν τὸν τύπον τῆς ταχύτητος ως πρὸς s λαμβάνομεν :

$$s = v \cdot t$$

Ωστε :

Κατὰ τὴν εὐθύγραμμὸν καὶ ὁμαλὴν κίνησιν, τὰ διαστήματα είναι ἀνάλογα πρὸς τοὺς χρόνους, κατὰ τοὺς ὅποιους διηνύθησαν.

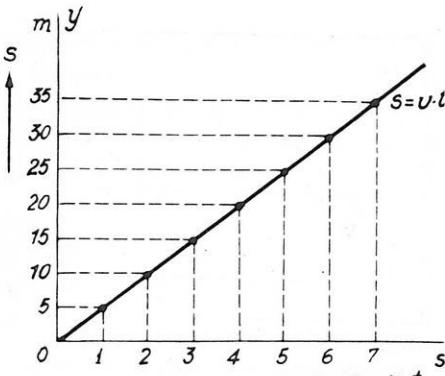
§ 9. Διαγράμματα εύθυγράμμου διαστήματος - χρόνου. α) Διάγραμμα διαστήματος - χρόνου. Διά νά παραστήσωμεν γραφικώς τήν σχέσιν της μεταβολῆς του διαστήματος ως πρὸς τὸν χρόνον, θεωροῦμεν μίαν οἰανδήποτε εύθυγραμμον ὅμαλὴν κίνησιν μὲ τυχοῦσαν ταχύτητα v , ἵσην ἐστω πρὸς 5 m/sec . Μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ τύπου $s = v \cdot t$, ὑπολογίζομεν τὰ διαστήματα, τὰ ὁποῖα διανύονται ἀπὸ τὸ κινητὸν εἰς χρόνους $0 \text{ sec.}, 1 \text{ sec.}, 2 \text{ sec.}, 3 \text{ sec.} \text{ κ.λπ.}$ καὶ καταστρώνομεν τὸν ἀκόλουθον πίνακα μετρήσεων :

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

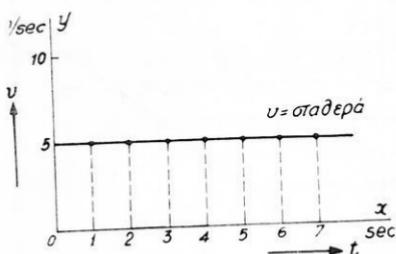
Λαμβάνομεν ἥδη δύο δύο δρθογωνίους ἄξονας καὶ εἰς τὸν ὄριζόντιον Οχ ἀναφέρομεν τοὺς χρόνους (sec), ἐνῶ εἰς τὸν κατακόρυφον Ογ τὰ διαστήματα (m). Οχ εἰναι ὁ ἄξων τῶν χρόνων καὶ ὁ Ογ ὁ ἄξων τῶν διαστημάτων. Ἐκλέγομεν κατάλληλον κλίμακα ἀντιστοιχίας δι' ἔκαστον ἄξονα, διὰ τὸν Οχ π.χ. 1 cm διὰ 1 sec καὶ διὰ τὸν Ογ 1 cm διὰ 5 m. Ἀκολούθως δρίζομεν τὰ παραστατικὰ σημεῖα τοῦ ἐπιπέδου τὰ ὁποῖα ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰ ζεύγη ($0 \text{ sec}, 0 \text{ m}$), ($1 \text{ sec}, 5 \text{ m}$), ($2 \text{ sec}, 10 \text{ m}$), ($3 \text{ sec}, 15 \text{ m}$) κ.λπ. Τέλος ἐνώνομεν μὲ συνεχῆ γραμμὴν τὰ παραστατικὰ αὐτὰ σημεῖα. Παρατηροῦμεν διτὶ ἡ γραμμὴ αὐτὴ εἶναι εὐθεῖα, ἡ ὁποία διέρχεται ἀπὸ τὴν ἀρχὴν τῶν ἄξόνων (σχ. 4). "Ωστε :

Τὸ διάγραμμα τοῦ διαστήματος, ως πρὸς τὸν χρόνον, εἰς τὴν εύθυγραμμον ὅμαλὴν κίνησιν, εἰναι εὐθεῖα γραμμὴ, ἡ ὁποία διέρχεται ἀπὸ τὴν ἀρχὴν τῶν ἄξόνων.

β) Διάγραμμα ταχύτητος - χρόνου. Λαμβάνομεν καὶ πάλιν δύο δρθογωνίους ἄξονας, τὸν ὄριζόντιον Οχ, ἄξονα τῶν χρόνων, καὶ τὸν κατακόρυφον Ογ, ἄξονα τῶν ταχυτήτων, καὶ δρίζομεν καταλλήλους κλίμακας ἀντιστοιχίας εἰς τοὺς δύο ἄξονας, ἐστω 1 cm διὰ 1 sec καὶ 3 cm



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



Σχ. 5. Διάγραμμα ταχύτητος-χρόνου.
Εύθεια παράλληλος πρὸς τὸν ἄξονα
τῶν χρόνων.

χυτήτων καὶ εἰς τὴν ἐνδειξιν 5 m/sec τοῦ ἄξονος (σχ. 5). "Ωστε :

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

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. "Οταν ἔνα σῶμα ἀλλάζῃ θέσιν εἰς τὸ διάστημα, σχετικῶς πρὸς ἔνα ἄλλο σῶμα, λέγομεν ὅτι τὸ σῶμα αὐτὸ κινεῖται. Τὸ σῶμα ἡρεμεῖ ὅταν διατηρῇ συνεχῶς τὴν ίδιαν θέσιν. Ἡ ἡρεμία ἐπομένως καὶ ἡ κίνησις εἶναι ἔννοιαι σχετικαὶ καὶ ἀποκτεῦν περιεχόμενον, ὅταν τὰς ἀναφέρωμεν εἰς σώματα, τὰ ὅποια θεωροῦμεν ως ἀκίνητα. Προσεκτικαὶ καὶ λεπτομερεῖς παρατηρήσεις δεικνύουν ὅτι εἰς τὴν Φύσιν ἡ κίνησις εἶναι ὁ κανὼν καὶ ἡ ἡρεμία ἡ ἔξαίρεσις.

2. Εἰς ἔνα κινούμενον σῶμα διακρίνομεν : a) τὴν τροχιάν, τὴν συνεχῆ δηλαδὴ γραμμήν, τὴν ὅποιαν λαμβάνομεν, ὅταν ἐνώσωμεν τὰς διαδοχικὰς θέσεις τοῦ κινητοῦ εἰς τὸ διάστημα, καὶ ἡ ὅποια δύναται νὰ εἶναι εὐθύγραμμος, καμπυλόγραμμος κ.λπ., β) τὸ διάστημα s, τὸ μῆκος δηλαδὴ τῆς τροχιᾶς ἀπὸ τὴν ἀφετηρίαν τῆς κινήσεως ως τὸ τέρμα αὐτῆς, γ) τὸν χρόνον t, τὸν ὅποιον ἔχρειάσθη τὸ κινητὸν διὰ νὰ διανύσῃ τὸ διάστημα s.

3. "Οταν τὸ κινητὸν ἔχῃ εὐθύγραμμον τροχιάν καὶ ἐνῷ κι-

διὰ 5 m/sec . 'Εφ' ὅσον ἡ ταχύτης παραμένει σταθερὰ καὶ ἵση πρὸς 5 m/sec , τὰ διάφορα παραστατικὰ σημεῖα τοῦ ἐπιπέδου ($1 \text{ sec}, 5 \text{ m/sec}$), ($2 \text{ sec}, 5 \text{ m/sec}$), ($3 \text{ sec}, 5 \text{ m/sec}$) κ.λπ. Θὰ προβάλλωνται εἰς τὸν ἄξονα τῶν ταχυτήτων, εἰς τὸ σημεῖον τὸ ἀντιστοιχοῦν εἰς τὴν ἐνδειξιν 5 m/sec . Ἐπομένως θὰ εὐρίσκωνται ἐπάνω εἰς μίαν εὐθεῖαν κάθετον πρὸς τὸν ἄξονα τῶν ταχυτήτων καὶ εἰς τὴν ἐνδειξιν 5 m/sec τοῦ ἄξονος (σχ. 5). "Ωστε :

νεῖται, διανύει εἰς ίσους χρόνους ίσα διαστήματα, λέγομεν ὅτι
έκτελει εὐθύγραμμον όμαλὴν κίνησιν.

4. Ἡ ταχύτης ν, εἰς τὴν εὐθύγραμμον όμαλὴν κίνησιν, ὁρί-
ζομεν τὸ πηλίκον τοῦ διαστήματος s, τὸ ὅποιον διηνύθη ἐντὸς
χρόνου t, πρὸς τὸν χρόνον t. Ἐπομένως ἔχωμεν ὅτι :

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

5. Ἡ ταχύτης μετρεῖται εἰς m/sec ή εἰς cm/sec. Εἰς τὴν
πρακτικὴν ζωὴν μετρεῖται εἰς km/h, ἐνῷ ή ταχύτης τῶν πλοίων
ἐκφράζεται εἰς κόμβους, εἰς ναυτικά, δηλαδή, μίλια ἀνὰ ώραν.

6. Ἐν λύσωμεν τὸν τύπον τῆς ταχύτητος ως πρὸς s λαμβά-
νομεν : $s = v \cdot t$.

7. Ὁ ίδιος τύπος ὅταν λυθῇ ως πρὸς t δίδει : $t = s/v$.

8. Ἡ ταχύτης είναι διανυσματικὸν μέγεθος.

9. Εἰς τὴν εὐθύγραμμον όμαλὴν κίνησιν ισχύουν οἱ ἔξις
δύο νόμοι : α) τὸ διάνυσμα τῆς ταχύτητος παραμένει σταθερόν,
β) τὰ διανυόμενα διαστήματα είναι ἀνάλογα πρὸς τοὺς χρόνους
κατὰ τοὺς ὅποιους διηνύθησαν.

A S K H S E I S

1. Μία ἄμαξα διανύει 43,2 km εἰς 3 ώρας. Ποία είναι ή ταχύτης αὐτῆς εἰς
 m/sec . ($\text{Απ. } 4 m/sec$).

2. Ἐνας ποδηλάτης διανύει εἰς 4 ώρας διάστημα 46 km. α) Πόση είναι ή
ταχύτης τοῦ ποδηλάτου. β) Πόσον διάστημα διανύει εἰς 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8
ώρας. γ) Νὰ παραστήσητε γραφικῶς τὴν σχέσιν μεταξὺ ταχύτητος καὶ χρόνου,
δ) διαστήματος καὶ χρόνου. ($\text{Απ. } \alpha' 11,5 km/h, \beta' 11,5 km, 23 km, 34,5 km,$
 $46 km, 57,5 km, 69 km, 80,5 km, 92 km$).

3. Ἡ μέση ἀπόστασις Σελήνης — Γῆς είναι 384.000 km. Πόσον χρόνον θὰ
ἔχοιαζετο μία σφαίρα πνοοβόλου ὅπλου διὰ νὰ φθάσῃ εἰς τὴν Σελήνην, ἐὰν διε-
τήσῃ σταθερὰν τὴν ἀρχικήν της ταχύτητα, ισην μὲ 800 m/sec ($\text{Απ. } 5 \text{ ἡμέρας},$
 $13 \text{ ώρας}, 28 \text{ πρῶτα καὶ } 20 \text{ δεύτερα λεπτά}$).

4. Πόσον χρόνον χρειάζεται τὸ φῶς, τὸ ὅποιον ἔχει ταχύτητα 300.000 km/sec,
διὰ νὰ φθάσῃ ἀπὸ τὸν "Ηλιον εἰς τὴν Γῆν, ἢν ή ἀπόστασις τῶν δύο ἀστρῶν
είναι 150.000.000 km. ($\text{Απ. } 8 min \text{ καὶ } 20 sec$).

5 Δύο ποδηλάται κινοῦνται ύπό ταχύτητας $18\ 325\ m/h$ καὶ $18\ 328\ m/h$, είναι δέ προσδεδεμένοι μὲ σχοινίον μήκους $5\ m$. Πόσον χρόνον θὰ κινοῦνται οἱ ποδηλάται μέχρις ότου ἐκταθῆ τὸ σχοινίον, ἂν κατὰ τὴν ἐκκίνησιν, ὁ ἔνας εὐρίσκετο πλησίον τοῦ ἄλλου.

6. Εἰς πόσον χρόνον διατρέχει ἔνας συρμὸς μήκους $120\ m$, ὁ ὅποῖος κινεῖται μὲ ταχύτητα $18\ m/sec$, μίαν γέφυραν μήκους $600\ m$. (*Απ. 40 sec.*)

7. Ἀμαξοστοιχία πρόκειται νὰ ἀνατιναχθῇ εἰς σημεῖον εἰς τὸ ὅποῖον ἡ ταχύτης τῆς ἀνέρχεται εἰς $72\ km/h$. Τὸ βραδύκανστον πυραγωγὸν σχοινίον μὲ τὸ ὅποῖον θὰ γίνῃ ἡ ἀνάφλεξις τῆς ἐκρηκτικῆς ὑλῆς, ἔχει μήκος $50\ cm$ καὶ καίεται ύπὸ ταχύτητα $5\ cm/sec$. Πόση ἀπόστασις πρέπει νὰ χωρίζῃ τὴν ἀμαξοστοιχίαν ἀπὸ τὸ συνεργείον ἀνατινάξεως τὴν στιγμὴν τῆς πυροδοτήσεως, ὥστε ἡ ἐκρηξις νὰ συμβῇ, ὅταν ἡ ἀτμομηχανὴ φθάσῃ ἐπάνω ἀπὸ τὴν ἐκρηκτικὴν ὑλην. (*Απ. 200 m.*)

8. Ἀπὸ δύο τόπους οἵτινες ἀπέχουν $12\ km$ ἐκκινοῦν συγχρόνως, διὰ νὰ συναντηθοῦν, ἔνας ποδηλάτης καὶ ἔνας πεζός. Αἱ ταχύτητες είναι $15\ km/h$ τοῦ ποδηλάτου καὶ $5\ km/h$ τοῦ πεζοῦ. Πότε θὰ συναντηθοῦν καὶ ποῦ εὐρίσκεται τὸ σημεῖον συναντήσεως 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 Ἀθηναῖς πρὸς τὴν Θεσσαλονίκην καὶ καταγράφομεν, εἰς διαφόρους χρονικὰς στιγμάς, τὰς ταχύτητας, τὰς ὅποιας δεικνύει τὸ ταχύμετρον τοῦ αὐτοκινήτου μας. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι διέκτης τοῦ ταχυμέτρου δὲν παραμένει συνεχῶς εἰς μίαν ὡρισμένην ὑποδιαιρέσιν. Οὕτως ἡ ταχύτης είναι 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 ἵσους χρόνους ἵσα διαστήματα. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ κίνησις τοῦ αὐτοκινήτου δὲν είναι ὀμαλὴ ἀλλὰ μεταβαλλομένη. *Ωστε:*

Ἐνα κινητόν, τὸ ὅποῖον δὲν διατηρεῖ σταθερὰν ταχύτητα (κατὰ τὸ μέτρον, τὴν διεύθυνσιν ἢ τὴν φορὰν) ἐνόσω διαρκεῖ ἡ κίνησίς του, ἐκτελεῖ μεταβαλλομένην κίνησιν.

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

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

Ἄς φαντασθῶμεν ὅτι ἔνα ἄλλον αὐτοκίνητον ἐκκινεῖ ἀπὸ τὰς Ἀθήνας ταυτοχρόνως μὲ τὸ ἴδικόν μας καὶ, κινούμενον μὲ ταχύτητα σταθεροῦ μέτρου, φθάνει συγχρόνως μὲ ἡμᾶς εἰς τὴν Θεσσαλονίκην. Ἡ ταχύτης τοῦ δευτέρου αὐτοῦ αὐτοκινήτου, ἥτις θὰ ἔχῃ σταθερὸν μέτρον:

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

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

Μέση ταχύτης ἐνὸς κινητοῦ, τὸ ὁποῖον ἐκτελεῖ μεταβαλλομένην κίνησιν, ὀνομάζεται ἡ σταθερὰ ταχύτης ἐνὸς ἄλλου κινητοῦ, διανύοντος τὸ αὐτὸ διάστημα μὲ τὸ πρῶτον κινητὸν καὶ εἰς τὸν ἴδιον μὲ ἐκεῖνον χρόνον.

§ 12. Εὐθύγραμμος ὁμαλῶς μεταβαλλομένη κίνησις. Ἐπιτάχυνσις. Αἱ περισσότεραι κινήσεις, τὰς ὁποίας παρατηροῦμεν εἰς τὴν Φύσιν, εἶναι μεταβαλλόμεναι. Ὄταν ἐκκινῇ ἔνα αὐτοκίνητον, ἀρχικῶς ἡ ταχύτης του εἶναι πολὺ μικρά· ἀπὸ δευτερολέπτου εἰς δευτερόλεπτον, ὅμως, μεγαλώνει καὶ τελικῶς σταθεροποιεῖται εἰς μίαν ὠρισμένην τιμήν. Μέχρις ὅτου ἀποκτήσῃ σταθερὰν ταχύτητα τὸ αὐτοκίνητον, ἐκτελεῖ ἐπιταχυνομένην κίνησιν.

Ἀντιστρόφως, ὅταν τὸ ὅχημα πρέπει νὰ σταματήσῃ, ἡ ἀκινητοποίησις δὲν γίνεται ἀποτόμως. Ὁ δόηγὸς χρησιμοποιῶν καταλλήλως τὰς τροχοπέδias, ἐλαττώνει προοδευτικῶς τὴν ταχύτητα καὶ τελικῶς τὴν μηδενίζει. Ἀπὸ τὴν χρονικὴν στιγμὴν κατὰ τὴν ὁποίαν ἀρχίζει ἡ ἐλάττωσις τῆς ταχύτητος, μέχρις ὅτου τὸ ὅχημα ἡρεμήσῃ, ἐκτελεῖ ἐπιβραδυνομένην κίνησιν.

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

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

κατά τρεῖς τρόπους : α) μὲ μεταβολὴν τοῦ μέτρου του, β) μὲ μεταβολὴν τῆς φορᾶς του, γ) μὲ σύγχρονον μεταβολὴν μέτρου καὶ φορᾶς.

Απὸ τὰς τρεῖς περιπτώσεις μεταβολῆς τοῦ διανύσματος τῆς ταχύτητος θὰ περιωρισθῶμεν εἰς ἐκείνην, κατὰ τὴν ὁποίαν μεταβάλλεται μόνον τὸ μέτρον, ἐνῶ ἡ διεύθυνσις καὶ ἡ φορὰ διατηροῦνται σταθεραί. Αὐτὸς συμβαίνει π.χ. εἰς ἔνα αὐτοκίνητον, κινούμενον εἰς ἔνα εὐθύγραμμον δρόμον. Καὶ εἰς αὐτὴν ὅμως τὴν περίπτωσιν ὑπάρχουν πολλαὶ δυνατότητες. Ἡμεῖς θὰ ἀρκεσθῶμεν εἰς τὴν εἰδικὴν ἐκείνην ὑποπερίπτωσιν κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ ταχύτης μεταβάλλεται εἰς ἵσους χρόνους κατὰ τὸ αὐτὸ μέτρον. Εἰς χρόνους, π.χ. ἀνὰ 5 sec, μεταβάλλεται πάντοτε κατὰ 12 m/sec. Ἡ κίνησις αὐτὴ δονομάζεται τότε εὐθύγραμμος ὄμαλῶς μεταβαλλομένη. "Ωστε :

Εὐθύγραμμος ὄμαλῶς μεταβαλλομένη κίνησις εἶναι ἡ εὐθύγραμμος ἐκείνη κίνησις κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ ταχύτης ὑφίσταται τὴν αὐτὴν κατὰ μέτρον μεταβολὴν εἰς ἵσους χρόνους.

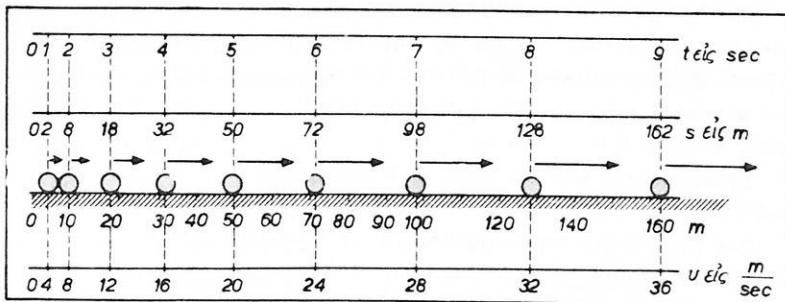
Ἐὰν ἡ σταθερὰ μεταβολὴ τῆς ταχύτητος εἶναι θετική, ὅπότε ἡ ταχύτης ὑφίσταται συνεχῆ αὔξησιν, ἡ κίνησις λέγεται εὐθύγραμμος ὄμαλῶς ἐπιταχυνομένη κίνησις. ᘾὰν ἡ σταθερὰ μεταβολὴ τῆς ταχύτητος εἶναι ἀρνητική, ὅπότε ἡ ταχύτης ἐλαττοῦνται ἀδιακόπως, ἡ κίνησις λέγεται εὐθύγραμμος ὄμαλῶς ἐπιβραδυνομένη κίνησις.

Ἡ εὐθύγραμμος ὄμαλῶς μεταβαλλομένη κίνησις εἶναι δυνατὸν νὰ περιγραφῇ μὲ ἀκρίβειαν, ἢν χρησιμοποιήσωμεν ἔνα νέον φυσικὸν μέγεθος, τὸ δόποιον δονομάζεται ἐπιτάχυνσις καὶ παριστάται μὲ τὸ γράμμα γ.

Ὀρίζομεν ὡς ἐπιτάχυνσιν γ μιᾶς εὐθυγράμμου καὶ ὄμαλῶς μεταβαλλομένης κινήσεως, τὸ πηλίκον τῆς μεταβολῆς τῆς ταχύτητος πρὸς τὸν χρόνον, κατὰ τὸν ὁποῖον συνετελέσθη ἡ μεταβολὴ αὐτῆς.

Ἄν ἐπομένως ἐντὸς χρονικοῦ διαστήματος $t=5$ sec, ἡ ταχύτης μετεβλήθῃ 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 πρός :



Σχ. 6. Εύθυγραμμος διμαλώς έπιταχυνομένη κίνησις σφαιράς με σταθεράν έπιτάχυνσιν $\gamma = 4 \text{ m/sec}$. Δεικνύεται ή σχέσις χρόνου, διαστήματος και ταχύτητος.

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

*Έχομεν συνεπῶς τὴν ἔξῆς ἔκφρασιν τῆς έπιταχύνσεως :

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

ἢ:

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

Μονάδες έπιταχύνσεως. "Οταν ή ταχύτης μετρήται εἰς μέτρα ἀνὰ δευτερόλεπτον και ὁ χρόνος εἰς δευτερόλεπτα, μονάς έπιταχύνσεως είναι τό :

1 μέτρον ἀνὰ δευτερόλεπτον τετράγωνον (1 m/sec^2)

Αὐτὸ σημαίνει ὅτι ή μεταβολὴ τῆς ταχύτητος είναι 1 m/sec εἰς εἰς ἔκαστον δευτερόλεπτον.

*Η μονάς αὐτὴ ἀνήκει εἰς τὰ συστήματα M.K.S. και Τεχνικὸν Σύστημα.

Χρησιμοποιοῦμεν ἐπίσης και τὴν μονάδα :

1 έκατοστόμετρον ἀνὰ δευτερόλεπτον τετράγωνον (1 cm/sec^2).

*Η μονάς αὐτὴ ἀνήκει εἰς τὸ σύστημα C.G.S.

*Ο ἀνθρώπινος δργανισμὸς ὑποφέρει τὰς μεγάλας ταχύτητας, δὲν

άντεχει σμως εις τὰς μεγάλας ἐπιταχύνσεις. "Οταν ὁ ἄνθρωπος κινηται κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ ὑψους του, ὑποφέρει ἐπιταχύνσεις μέχρι 40 m/sec², διὰ πολὺ μικρὰ δὲ χρονικὰ διαστήματα και μέχρις 180 m/sec². Διὰ μεγαλυτέρας τιμᾶς ἐπιταχύνσεων συμβαίνει θραυστις τῆς σπονδυλικῆς στήλης.

Ἐπιταχύνσεις κάθετοι πρὸς τὴν διεύθυνσιν τοῦ ὑψους του, εἰναι εὐκολώτερον ἀνεκται ἀπὸ τὸν ἄνθρωπον. Μετρήσεις και 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 κυκλόφοριακὸν σύστημα ή νὰ συμβῇ ἀπώλεια τῶν αἰσθήσεων.

§ 13. Νόμοι τῆς εὐθυγράμμου και ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένης κινήσεως. Πειραματικῶς εὑρέθησαν οἱ ἔξῆς δύο νόμοι τῆς ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένης κινήσεως.

a) **Νόμος τῶν ταχυτήτων.** Αἱ ταχύτητες εἰναι ἀνάλογοι πρὸς τοὺς χρόνους, κατὰ τοὺς ὅποιους ἀπεκτήθησαν.

Ο νόμος αὐτὸς διατυπώνεται και μὲ τὴν σχέσιν:

$$v = \gamma \cdot t$$

ὅπου γ εἰναι ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς κινήσεως, t ὁ χρόνος διαρκείας τῆς κινήσεως και ὡ ἡ ταχύτης τοῦ κινητοῦ κατὰ τὸ τέλος τοῦ χρόνου t.

b) **Νόμος τῶν διαστημάτων.** Τὰ διαστήματα εἰναι ἀνάλογα πρὸς τὰ τετράγωνα τῶν χρόνων, κατὰ τοὺς ὅποιους διηγήθησαν.

Ο νόμος αὐτὸς διατυπώνεται και μὲ τὴν σχέσιν:

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

ὅπου γ εἰναι ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς κινήσεως, t ὁ χρόνος διαρκείας τῆς κινήσεως και s τὸ διάστημα, τὸ ὅποιον διηγήθη εἰς τὸν χρόνον αὐτὸν.

Σημείωσις. Οἱ ἀνωτέρω δύο τύποι ισχύουν διὰ τὴν περίπτωσιν κατὰ τὴν ὅποιαν τὸ κινητὸν ἐκκινεῖ ἀπὸ τὴν ἡρεμίαν, μὲ ἀρχικὴν δηλαδὴ ταχύτητα μηδενικήν.

§ 14. Ἐλευθέρα πτῶσις τῶν σωμάτων. Πείραμα 1. Ἀφίνομεν νὰ πέσουν ταυτοχρόνως εἰς τὸ ἔδαφος, ἀπὸ ἕνα ὥρισμένον ὑψος, ἔνας

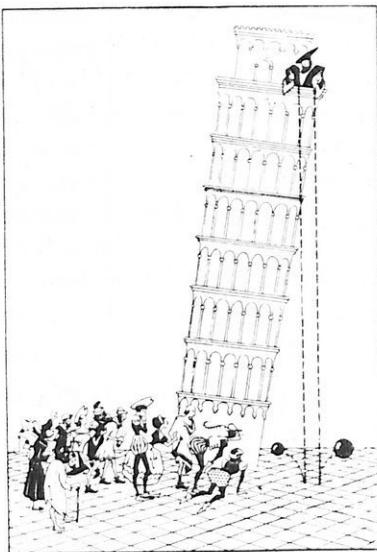
λίθος, ἔνα πτερὸν καὶ ἔνα φύλλον χάρτου. Παρατηροῦμεν δὴ τὰ τρία αὐτά σώματα φθάνουν εἰς διαφορετικοὺς χρόνους εἰς τὸ ἔδαφος, μάλιστα δὲ πρῶτος ὁ λίθος καὶ τελευταῖον τὸ φύλλον χάρτου. Οὕτω μᾶς δημιουργεῖται ἡ ἐντύπωσις, δῆτα ἡ ἐλευθέρα πτῶσις γίνεται μὲν διαφορετικὸν ρυθμὸν διὰ τὰ διάφορα σώματα καὶ σχηματίζομεν τὴν σφαλερὰν ἐντύπωσιν δῆτα τὰ βαρύτερα σώματα πίπτουν ταχύτερον πρὸς τὴν Γῆν.

‘Ο Γαλιλαῖος ἔδειξε πρῶτος δῆτα αὐτὸ δὲν εἶναι ἀληθὲς (σχ. 7), μολονότι δὲν δύναται κανεὶς νὰ ἀμφισβητήσῃ τὴν δρθότητα τῆς παρατηρήσεως. Πραγματικῶς, ὅπως ἀπέδειξεν ὁ Γαλιλαῖος, εἰς τὴν πέριπτωσιν αὐτὴν ἡ ἐλευθέρα πτῶσις, ἡ κίνησις δηλαδὴ τῶν διαφόρων σωμάτων πρὸς τὴν Γῆν, δῆτα τὰ σώματα ἀφεθοῦν ἐλεύθερα, ἐμποδίζεται ἀπὸ ἐξωτερικοὺς παράγοντας.

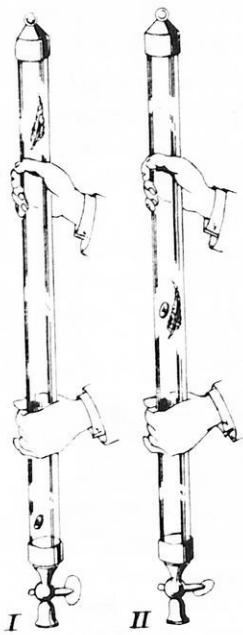
“Οπως γνωρίζομεν, ἡ πτῶσις τῶν σωμάτων εἶναι ἀποτέλεσμα τῆς ἑλκτικῆς δυνάμεως τὴν ὅποιαν ἀσκεῖ ἐπ’ αὐτῶν ὁ πλανήτης μας, ἔλκων αὐτὰ πρὸς τὸ κέντρον του. “Αν δημοσίευσιν νὰ μελετήσωμεν τὴν κίνησιν, τὴν ὅποιαν προκαλεῖ ἡ ἔλξις αὐτή, πρέπει νὰ ἔχουν δετερώσωμεν τὰ αἴτια τὰ ὅποια τὴν ἀλλοιώνουν, κυριώτερον ἀπὸ τὰ ὅποια εἶναι ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀέρος.

Πείραμα 2. ‘Ο μεγάλος Ἀγγλος Μαθηματικὸς καὶ Φυσικὸς Νεύτων (Newton, 1642-1727) ἐξετέλεσε τὸ ἀκόλουθον πείραμα.

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



Σχ. 7. ‘Ο Γαλιλαῖος ἐμελετησε πρῶτος τοὺς νόμους τῆς πτῶσεως τῶν σωμάτων. Πρὸς τοῦτο ἀφησε νὰ πέσουν ἐλευθέρως βαρεῖαι σφαῖραι ἀπὸ τὸν πύργον τῆς Πίζης.



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

§ 16. Τύποι τῆς ἐλευθέρας πτώσεως τῶν σωμάτων. Ἐφ' ὅσον ἡ ἐλευθέρα πτῶσις τῶν σωμάτων είναι εὐθύγραμμος ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένη κίνησις μὲ ἐπιτάχυνσιν g , αἱ ταχύτητες τῆς κινήσεως αὐτῆς, κατὰ τοὺς διαφόρους χρόνους τῆς πτώσεως, θὰ δίδωνται ἀπὸ τὸν τύπον :

$$v = g \cdot t$$

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

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

“Ωστε :

‘Η ἐλευθέρα πτῶσις τῶν σωμάτων είναι εὐθύγραμμος καὶ ὁμαλῶς

σωμεν ὅτι τὰ δύο σώματα δὲν πίπτουν ταυτοχρόνως, τελευταῖον δὲ πίπτει τὸ πτερόν. Ἀν ὅμως συνδέσωμεν τὸ στόμιον τοῦ σωλῆνος, τὸ ὄποιον είναι ἐφωνιασμένον μὲ στρόφιγγα, μὲ μιὰν ἀεραντλίαν καὶ, ἀφοῦ ἀφαιρέσωμεν τὸν ἀέρα, ἐπαναλάβωμεν τὸ πείραμα, παρατηροῦμεν ὅτι καὶ τὰ δύο σώματα πίπτουν ταυτοχρόνως καὶ φθάνουν συγχρόνως εἰς τὸν πυθμένα (σχ. 8,II). “Ωστε :

Εἰς τὸ κενὸν ὅλα τὰ σώματα πίπτουν συγχρόνως.

§ 15. Ἐπιτάχυνσις τῆς βαρύτητος. Ἡ ἐλευθέρα πτῶσις τῶν σωμάτων είναι, ὅπως ἀποδεικνύεται, περίπτωσις εὐθυγράμμου καὶ ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένης κινήσεως.

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

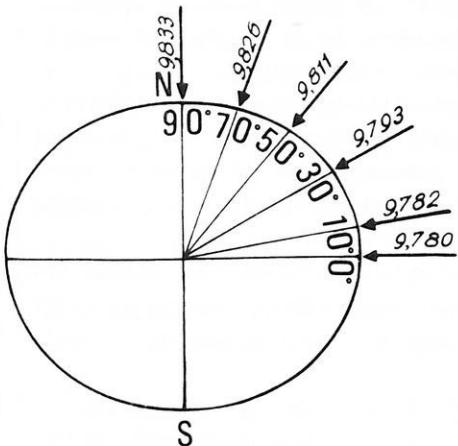
Μὲ διάφορα πειράματα εὑρέθη ὅτι είναι :

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

έπιταχνομένη κίνησις, ή σταθερά έπιταχνησις της όποιας ονομάζεται έπιταχνησις της βαρύτητος και είναι ίση πρὸς $9,81 \text{ m/sec}^2$.

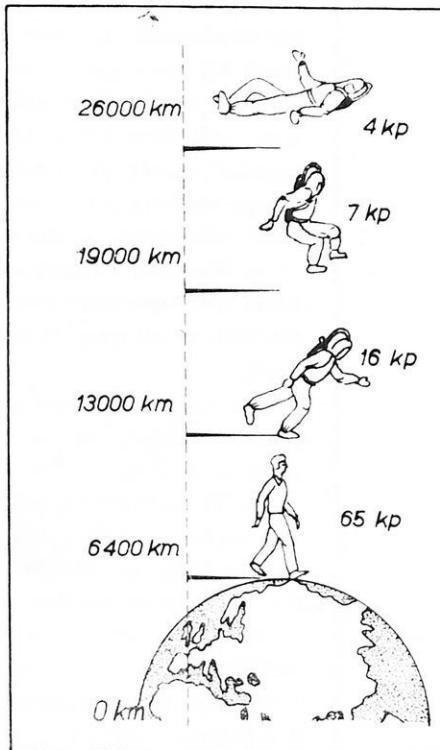
Σημείωσις 1. Ἐκριβεῖς μετρήσεις τῆς έπιταχνήσεως τῆς βαρύτητος ἔδωσαν διαφορετικάς τιμάς, αἱ̄ όποιαι εὐρέθη ὅτι ἔξαρτῶνται ἀπὸ τὸ γεωγραφικὸν πλάτος τοῦ τόπου, εἰς τὸν όποῖον γίνεται ἡ μέτρησις. Ἡ έπιταχνησις τῆς βαρύτητος ἐλατοῦται, ὅταν ἀπομακρυνόμεθα ἀπὸ τοὺς Πόλους καὶ κινούμεθα πρὸς τὸν Ισημερινὸν (σχ. 9).

Ἡ έπιταχνησις τῆς βαρύτητος ἐλατοῦται ἐπίσης καὶ μετὰ τοῦ ὑψους, ὅσον ἀπομακρυνόμεθα δηλαδὴ ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς Γῆς, πρᾶγμα τὸ όποῖον συνεπάγεται τὴν ἐλάττωσιν τοῦ βάρους τῶν σωμάτων (σχ. 10).



Σχ. 9. Ἡ έπιταχνησις τῆς βαρύτητος αὐξάνεται διταν πλησιάζωμεν πρὸς τοὺς Πόλους.

Σχ. 10. Ἡ ἐλάττωσις τῆς έπιταχνήσεως τῆς βαρύτητος μετὰ τοῦ ὑψους, ἔχει ως συνέπειαν τὴν ἐλάττωσιν τοῦ βάρους τῶν σωμάτων.



Σημείωσις 2. Οἱ νόμοι τῆς ἐλευθέρας πτώσεως τῶν σωμάτων ἵσχουν, κατὰ προσέγγισιν, καὶ διὰ σώματα πίπτοντα ἐντὸς τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος, μὲ τὴν προϋπόθεσιν ὅμως ὅτι δὲν εἶναι πολὺ μεγάλο τὸ 重量 of τῆς πτώσεως, τὰ δὲ σώματα ἔχουν μεγάλο βάρος καὶ μικρὸν σχετικῶς ὅγκον.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. "Οταν ἔνα κινούμενον σῶμα δὲν διατηρῇ σταθερὰν ταχύτητα, κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς κινήσεώς του, καὶ τὴν μεταβάλητα 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 ὄποιον εἶναι ἵσον μὲ τὸ πηλίκον τοῦ διαστήματος πρὸς τὸν χρόνον διαρκείας τῆς κινήσεως.

3. "Οταν ὁ ρυθμὸς μᾶς μεταβαλλομένης κινήσεως αὐξάνεται, ἡ κίνησις εἶναι ἐπιταχυνομένη, ἐνῷ ἀντιθέτως ὅταν ἐλαττοῦται ὁ ρυθμὸς αὐτός, ἡ κίνησις χαρακτηρίζεται ως ἐπιβραδυνομένη. Εἰς οἰανόηποτε περίπτωσιν μεταβαλλομένης κινήσεως, μεταβάλλεται ἀδιακόπως τὸ διάνυσμα τῆς ταχύτητος.

4. "Οταν ἡ μεταβαλλομένη κίνησις εἶναι εὐθύγραμμος καὶ ἡ ταχύτης ὑφίσταται σταθερὰν μεταβολὴν εἰς ἐκάστην χρονικὴν μονάδα, ἡ κίνησις ὀνομάζεται εὐθύγραμμος ὀμαλῶς μεταβαλλομένη.

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

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

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

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

8. Οι νόμοι τής εύθυγράμμου και όμαλως έπιταχνομένης κινήσεως είναι οι ίξης δύο : α) Αἱ ταχύτητες, τὰς ὁποίας ἀποκτᾶ τὸ κινητὸν κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς κινήσεως, είναι ἀνάλογοι πρὸς τοὺς χρόνους, κατὰ τοὺς ὁποίους ἀπεκτήθησαν :

$$v = \gamma \cdot t$$

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

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

9. Ἐλευθέρα πτῶσις ἐνὸς σώματος πρὸς τὴν Γῆν ὀνομάζεται ἡ πτῶσις ἐκείνη ἡ ὁποία θὰ συνέβαινε χωρὶς τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀέρος, ἡ πτῶσις δηλαδὴ τῶν σωμάτων εἰς τὸ κενόν. "Οταν ἔνα σῶμα παρουσιάζῃ μεγάλο βάρος, ἐν σχέσει πρὸς τὸν ὅγκο του, είναι περίπου σφαιρικοῦ σχήματος καὶ δὲν πίπτει ἀπὸ πολὺ ὑψηλά, δυνάμεθα νὰ θεωρήσωμεν τὴν πτῶσιν του ώς ἐλευθέραν.

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

11. Ἡ ἐλευθέρα πτῶσις τῶν σωμάτων είναι περίπτωσις εύθυγράμμου και όμαλως έπιταχνομένης κινήσεως, μὲ ἐπιτάχνυσιν 981 cm/sec^2 , ἡ ὁποία ὀνομάζεται ἐπιτάχνυσις τῆς βαρύτητος g.

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

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

Εἰς τοὺς δύο αὐτοὺς τύπους περιλαμβάνονται οἱ νόμοι τῆς πτώσεως τῶν σωμάτων : α) Ἡ ἐλευθέρα πτῶσις τῶν σωμάτων είναι εύθυγραμμος όμαλως έπιταχνομένη κίνησις μὲ σταθερὰν ἐπιτάχνυσιν . β) Αἱ ταχύτητες, τὰς ὁποίας ἀποκτᾶ τὸ σῶμα τὸ ὁποῖον πίπτει, είναι ἀνάλογοι πρὸς τοὺς χρόνους τῆς πτώσεως.

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

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

9. Πόσον διάστημα διανύει εἰς 6 ὡρας ἔνα αὐτοκίνητον τὸ ὅποιον τρέχει μὲν μέσην ταχύτητα 70 km/h . ($\text{Απ. } 420 \text{ km.}$)

10. Ἡ ταχύτης ἐνὸς σώματος αὐξάνεται ἐντὸς χρόνου 5 sec ἀπὸ 90 m/sec εἰς 160 m/sec . Πόση είναι ἡ ἐπιτάχυνσις τοῦ σώματος. ($\text{Απ. } 14 \text{ m/sec}^2$.)

11. Ἐπάνω εἰς ἔνα κεκλιμένον ἐπίπεδον κατέρχεται ἔνα σῶμα οὕτως, ὥστε εἰς ἔκαστον δευτερόλεπτον ἡ ταχύτης τοῦ νὰ αὐξάνεται κατά 6 cm/sec . Πόση είναι ἡ ταχύτης τοῦ σώματος 8 δευτερόλεπτα μετά τὴν ἑναρξην τῆς κινήσεως καὶ πόσον διάστημα ἔχει διανύσει τὸ σῶμα κατ' αἴτον τὸ χρόνον.

($\text{Απ. } \alpha' 48 \text{ cm/sec. } \beta' 1,92 \text{ m.}$)

X 12. Ἐνα αὐτοκίνητον ἐκκινεῖ ἀπὸ τὴν ἡρεμίαν καὶ κινούμενον μὲ ὄμαλῶς ἐπιταχυνομένην κίνησιν ἀποκτᾶ ἐντὸς 12 sec ταχύτητα 30 km/h . a) Πόση είναι ἡ ἐπιτάχυνσις τοῦ ὀχήματος καὶ β) πόσον τὸ διάστημα κατὰ τὸν χρόνον αὐτὸν. ($\text{Απ. } \alpha' 0,694 \text{ m/sec}^2. \beta' 50 \text{ m.}$)

13. Ἐνα σῶμα ἐκκινεῖ ἀπὸ τὴν ἡρεμίαν καὶ κινεῖται μὲ σταθερὰν ἐπιτάχυνσιν 6 cm/sec^2 . Νὰ είνεθῇ πόσον διάστημα διήνεσε τὸ κινητό εἰς χρόνον 20 sec .

($\text{Απ. } 12 \text{ m.}$)

X 14. Ἐνα σῶμα ἐκκινεῖ ἀπὸ τὴν ἡρεμίαν καὶ κινεῖται μὲ ὄμαλῶς ἐπιταχυνομένην κίνησιν, ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς ὅποιας είναι 5 cm/sec^2 . Μετὰ πόσον χρόνον θὰ ἔχῃ διανύσει διάστημα 10 m . ($\text{Απ. } 20 \text{ sec.}$)

15. Πόση είναι ἡ ἐπιτάχυνσις ἐνὸς συγμοῦ, ὁ ὅποιος ἐκκινεῖ ἐκ τῆς ἡρεμίας καὶ ἐπιταχυνόμενος ὄμαλῶς διανύει εἰς χρόνον 1 min διάστημα 540 m καὶ πόση είναι ἡ ταχύτης τοῦ συγμοῦ τὴν στιγμὴν ἐκείνην. ($\text{Απ. } 0,3 \text{ m/sec}^2, 18 \text{ m/sec.}$)

16. Ἐνας σιδηροδρομικὸς συγμὸς κινεῖται μὲ εὐθύγραμμον ὄμαλῶς μεταβαλλομένην κίνησιν, ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς ὅποιας είναι $2/5 \text{ m/sec}^2$. Μετὰ ἀπὸ πόσον χρόνον θὰ ἔχῃ ἀποκτήσει τὴν κανονικήν του ταχύτητα 22 m/sec καὶ πόσον διάστημα θὰ εχῃ διανύσει ἡώς τότε. ($\text{Απ. } \alpha' 55 \text{ sec. } \beta' 605 \text{ m.}$)

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

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

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

(Ἀπ. 7,75 sec περίπου, 77,46 m/sec.)

20. Ἀπὸ ποιὸν ὕψος πρέπει νὰ ἀφεθῇ νὰ πέσῃ ἐλευθέρως ἔνα ἄτομον, διὰ νὰ φθάσῃ εἰς τὸ ἔδαφος μὲ τὴν ταχύτητα τῶν 7 m/sec, μὲ τὴν όποιαν φθάνει εἰς τὴν Γῆν ἔνας ἀλεξιπτωτιστής.

(Ἀπ. 2,45 m.)

Γ—ΑΔΡΑΝΕΙΑ. ΘΕΜΕΛΙΩΔΗΣ ΑΡΧΗ ΤΗΣ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ

§ 17. Γενικότητες. Διὰ νὰ μετακινήσωμεν ἔνα σῶμα, τὸ ὅποιον ἡρεμεῖ, εἶναι ἀπαραίτητον, ὅπως μᾶς εἶναι γνωστόν, νὰ τὸ ἔλξωμεν, νὰ τὸ ὠθήσωμεν ἢ νὰ ἐπιδράσωμεν ἐπ' αὐτοῦ κατὰ κάποιον ἄλλον τρόπον. Τὸν ᾖδιο συμβαίνει καὶ μὲ τὰ κινούμενα σώματα. Δὲν ἀκινητοποιοῦνται, δὲν ἐπιταχύνουν ἢ ἐπιβραδύνουν τὴν κίνησίν των, ἢν δὲν ἐνεργήσῃ ἐπάνω εἰς αὐτὰ ἔνα ἔξωτερικὸν αἴτιον, μία δύναμις.

Πραγματικῶς διὰ νὰ κινήσωμεν ἔνα σῶμα τὸ ὅποιον ἡρεμεῖ ἢ διὰ νὰ τροποποιήσωμεν κατὰ οίονδήποτε τρόπον τὴν κίνησιν ἐνὸς σώματος, τὸ ὅποιον κινεῖται, πρέπει νὰ ἀσκήσωμεν ἐπ' αὐτοῦ μίαν δύναμιν. "Ωστε :

Αἱ δυνάμεις προκαλοῦν τὰς μεταβολὰς τῆς κινητικῆς καταστάσεως τῶν σωμάτων.

"Οπως δῆμος μᾶς εἶναι ἐπίσης γνωστὸν ἀπὸ τὸ ἀξίωμα δράσεως καὶ ἀντιδράσεως, ὅταν εἰς ἔνα σῶμα ἀσκῶμεν μίαν ὥρισμένην δύναμιν, τὸ σῶμα ἀντιδρᾶ μὲ δύναμιν ἵσου μέτρου καὶ ἀντιθέτου φορᾶς, πρᾶγμα γινομένον ἀμέσως ἀντιληπτόν, ὅταν εἴμεθα ἡμεῖς οἱ ἀσκοῦντες τὴν δύναμιν. "Οσον μεγαλυτέραν προσπάθειαν καταβάλλομεν διὰ νὰ κινήσωμεν, π.χ. ἔνα μικρὸν αὐτοκίνητον τοῦ ὅποιου ὑπέστη βλάβην δικινητήρ, ὀθοῦντες αὐτό, τόσον μεγαλυτέραν ἀντίστασιν αἰσθανόμεθα νὰ προβάλῃ τὸ αὐτοκίνητον. Τὸ αὐτὸ συμβαίνει καὶ μὲ κινούμενα σώματα, ἐπὶ τῶν ὅποιών ἀσκῶμεν μίαν δύναμιν, ἐπιδιώκοντες νὰ τὰ ἀκινητοποιήσωμεν ἢ νὰ τροποποιήσωμεν τὴν κινητικήν των κατάστασιν. Τὰ κινούμενα σώματα παρουσιάζουν καὶ αὐτὰ μίαν ἀντίδρασιν εἰς τὴν

προσπάθειάν μας, είναι δὲ ή ἀντίδρασίς των αὐτὴ τόσον ἐντονωτέρα, ὅσον ή προσπάθειά μας είναι μεγαλυτέρα. "Ωστε :

Τὰ ύλικὰ σώματα ἀντιδροῦν εἰς πᾶσαν δύναμιν, ἡτις ἐπιδιώκει μεταβολάς τῆς κινητικῆς των καταστάσεως.

§ 18. Ἀδράνεια τῆς ὕλης. Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω συμπαιρένομεν ἐπίσης ὅτι ή ὕλη δὲν ἔχει τὴν ἴκανότητα νὰ δράσῃ ἀφ' ἑαυτῆς, τροποποιοῦσα τὴν οἰανδήποτε κινητικήν της κατάστασιν. Ἡ ὕλη είναι δηλαδὴ ἀδρανής, ὅσον ἀφορᾶ τὴν ἀπὸ ἰδικήν της πρωτοβουλίαν μεταβολὴν τῆς κινητικῆς της καταστάσεως καὶ παρουσιάζει, ώς λέγομεν, ἀδράνειαν. Ἡ ἀδράνεια αὐτὴ ἐκδηλώνεται ώς ἀντίδρασίς τῆς ὕλης εἰς πᾶσαν μεταβολὴν τῆς κινητικῆς της καταστάσεως. "Ωστε :

"Ἀδράνεια ὀνομάζεται ἡ χαρακτηριστικὴ ἰδιότης τῆς ὕλης, συμφώνως πρὸς τὴν ὅποιαν αὐτὴ ἀντιδρᾷ εἰς πᾶσαν δύναμιν, ἐπιδιώκουσαν νὰ μεταβάλῃ τὴν κινητικήν της κατάστασιν.

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

ΤΗ ΜΑΖΑ έΚΦΡΑΖΕΙ ΤΟ ΜΕΤΡΟΝ ΤΗΣ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΕΝΩΣ ΣΩΜΑΤΟΣ.

§ 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 ἀκινητεῖ. Μὲ τὴν αὐτὴν ὥθησιν ἡ σφαῖρα διανύει μεγαλύτερον διάστημα, ἢν τὸ δάπεδον είναι περισσότερον λεῖον.

Φαινομενικῶς εἰς τὴν κίνησιν τῆς σφαίρας οὐδὲν ἔξωτερικὸν αἴτιον ἀντιδρᾶ. Εἰς τὴν πραγματικότητα δύμως ἀντιδροῦν δύο κυρίως αἴτια : ἡ τριβὴ, ἡτις προκαλεῖται ἀπὸ τὴν ἐπαφὴν τῆς σφαίρας μὲ τὸ δλιγάτωρον ἡ περισσότερον ἀνώμαλον ἔδαφος, καὶ ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀέρος. Ἡ τριβὴ καὶ ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀέρος είναι δυνάμεις αἴτινες ἀντιδροῦν εἰς τὴν κίνησιν τῆς σφαίρας καὶ ὀλονὲν τὴν ἐπιβραδύνουν. Ἄν δὲν ὑπῆρχον αὐταὶ αἱ δύο δυνάμεις, ἡ σφαῖρα θὰ συνέχιζε ἐπ' ἄπειρον νὰ κινῆται εὐθυγράμμως καὶ ὁμαλῶς.

‘Η διαπίστωσις αυτή ἐν συνδυασμῷ μὲ τὸ γεγονός ὅτι ἔνα σῶμα ἡρεμεῖ, ἢν δὲν ἐνεργῇ καμμία δύναμις ἐπ’ αὐτοῦ, ὀδήγησαν εἰς τὴν ἀνακάλυψιν τῆς ἀρχῆς τῆς ἀδρανείας, ἢ ὁποία ἐκφράζει ὅτι :

Πᾶν σῶμα διατηρεῖ τὴν κατάστασιν τῆς ἡρεμίας ἢ τῆς εὐθυγράμμου καὶ ὄμαλῆς κινήσεως, ἐνόσῳ οὐδεμίᾳ δύναμις ἀσκεῖται ἐπ’ αὐτοῦ.

‘Η ἀρχὴ τῆς ἀδρανείας διετυπώθη διὰ πρώτην φορὰν ἀπὸ τὸν Γαλιλαῖον καὶ ἔλαβε τὴν δριστικὴν μορφὴν τῆς ἀπὸ τὸν Νεύτωνα.

§ 20. Ἀποτελέσματα τῆς ἀδρανείας.

α) Ἐὰν ἔνα κινούμενον ὅχημα ἀκινητοποιηθῇ ἀποτόμως, οἱ ἐπιβάται κλίνουν πρὸς τὰ ἐμπρός, ὅσοι δὲ ἀπὸ τοὺς ὀρθίους δὲν στηρίζονται εἰς τὰς χειρολαβάς, πίπτουν ὁ ἔνας ἐπὶ τοῦ ἄλλου, διατρέχοντες κίνδυνον τραυματισμοῦ. Ἀντιθέτως ἢν ἔνας ἄπειρος ὁδηγὸς προκαλέσῃ ἀπότομον ἐκκίνησιν, οἱ ἐπιβάται πίπτουν πρὸς τὰ ὀπίσω.

β) Ὄταν πρόκειται νὰ κατέλθῃ ἔνας ἐπιβάτης ἀπὸ κινούμενον ὅχημα, πρέπει, ἐνῷ ἐκτελῇ ἄλμα, νὰ κλίνῃ τὸ σῶμα του πρὸς τὰ ὀπίσω, διὰ νὰ μὴ πέσῃ καὶ κτυπήσῃ ἐπὶ τοῦ ἐδάφους.

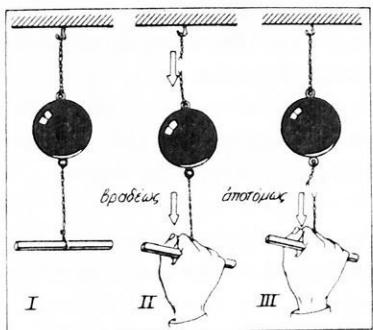
γ) Εἰς τὰ χείλη ἐνὸς ποτηρίου ὑπάρχει ἔνα τεμάχιον χαρτονίου καὶ ἐπ’ αὐτοῦ ἔνα νόμισμα (σχ. 11). Ἀν σύρωμεν βραδέως τὸ χαρτόνιον, τὸ νόμισμα θὰ παραμείνῃ εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ χαρτονίου. Ἀν δημοσιεύσουμεν ἀποτόμως, τὸ νόμισμα δὲν θὰ παραμείνῃ ἐπὶ τοῦ χαρτονίου ἀλλά θὰ πέσῃ ἐντὸς τοῦ ποτηρίου. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ ἀδράνεια τῆς ὥλης ἐκδηλώνεται ἐντονώτερον.

δ) Δένομεν μίαν βαρεῖν σφαῖραν μὲ λεπτὸν νῆμα, τοιοῦτον ὥστε νὰ μὴ θραύεται ἀπὸ τὸ βάρος της, καὶ τὴν στηρίζομεν εἰς τὸ ἔδαφος. Ἀν ἔλξωμεν τὸ νῆμα βραδέως καὶ μὲ προσοχὴν, ἀνυψώνομεν τὴν σφαῖραν. Ἀν δημοσιεύσουμεν ἀποτόμως τὸ νῆμα, αὐτὸ διαθέτεται.

Τὰ αὐτὰ συμβαίνουν καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν κατὰ τὴν ὅποιαν ἡ βαρεῖα σφαῖρα εἶναι ἐξηρτημένη μὲ νῆμα ἀπὸ



Σχ. 11. Ἀν 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.

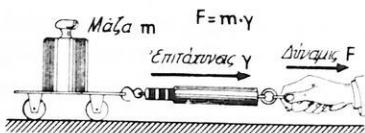
ἔνα ἀκλόνητον στήριγμα. Αν σύρωμεν μὲ σχοινίον τὴν σφαῖραν πρὸς τὰ κάτω θὰ συμβοῦν τὰ ἔξης : 1) ἂν ἔλξωμεν βραδέως θὰ θραυσθῇ τὸ ἐπάνω σχοινίον, 2) ἂν ἔλξωμεν ἀποτόμως, θραύεται ὁ κατώτερος κλάδος τοῦ σχοινίου (σχ. 12).

ε) Η ἀδράνεια προκαλεῖ πολλὰ ἀπὸ τὰ τροχαῖα δυστυχήματα. "Οταν δι' οίανδήποτε αἰτίαν ἔνα μεταφορικὸν μέσον, κινούμενον μὲ μεγάλην ταχύτητα, ἀναγκασθῇ νὰ σταματήσῃ ἀποτόμως, οἱ ἐπιβάται ἐκτινάσσονται πρὸς τὰ ἐμπρὸς μὲ ἀποτέλεσμα τὸν τραυματισμὸν τοὺς καὶ τὴν βλάβην ἡ καταστροφὴν τοῦ δχήματος. Ἐπίσης ὅταν διὰ μίαν οίανδήποτε αἰτίαν σταματήσῃ ἀποτόμως ἡ μηχανὴ ἐνὸς σιδηροδρομικοῦ συρμοῦ, τὰ βαγόνια προσκρούουν, λόγῳ ἀδρανείας, τὸ ἔνα ἐπὶ τοῦ ἄλλου, συντρίβονται καὶ ἐκτροχιάζονται.

§ 21. Θεμελιώδης ἀρχὴ τῆς δυναμικῆς. Συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς ἀδρανείας, ἂν ἐπὶ ἐνὸς σώματος δὲν ἀσκοῦνται δυνάμεις, τὸ σῶμα ἡρεμεῖ ἡ κινεῖται εὐθυγράμμως καὶ ὅμαλῶς. Ἐπομένως, ἐνόσω ἔνα σῶμα ὑφίσταται τὴν δρᾶσιν μιᾶς δυνάμεως, θὰ ἐκτελῇ μεταβαλλομένην κίνησιν, τὸ σῶμα δηλαδὴ ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς δυνάμεως θὰ ἀποκτήσῃ ἐπιτάχυνσιν. "Ωστε :

"Οταν μία δύναμις ἐνεργῇ ἐπὶ ἐνὸς σώματος, προσδίδει εἰς τὸ σῶμα ἐπιτάχυνσιν.

"Απὸ τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι ἡ δύναμις F , ἥτις ἐνεργεῖ



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

ἐπὶ ἐνὸς σώματος, ή μᾶζα m τοῦ σώματος καὶ ἡ ἐπιτάχυνσις γ , τὴν δόποίαν ἀποκτᾶ τὸ σῶμα ἀπὸ τὴν δρᾶσιν τῆς δυνάμεως, πρέπει νὰ συνδέωνται μὲ μιὰν ώρισμένην σχέσιν (σχ. 13). Ἡ σχέσις αὐτὴ παρουσιάζει μεγάλην σημασίαν καὶ δύναμάζεται θεμελιώδης ἀρχὴ τῆς Δυναμικῆς, εὑρίσκεται δὲ πειραματικῶς ὅτι εἶναι ἡ ἀκόλουθος :

$$\Delta \text{ύναμις} = \mu \text{ᾶζα} \times \text{ἐπιτάχυνσις}$$

$$F = m \cdot \gamma$$

"Οταν εἰς ἔνα σῶμα μὲ μᾶζαν m ἐνεργῇ ἡ ἐλκιτικὴ δύναμις τῆς Γῆς, τότε ἡ δύναμις αὐτὴ προσδίδει εἰς τὸ σῶμα ἐπιτάχυνσιν γ , ή δὲ δύναμις, ἣ τις ἀσκεῖται εἰς τὸ σῶμα, εἶναι ἵση μὲ τὸ βάρος του, ὅπότε ἔχομεν :

$$B = m \cdot g$$

"Απὸ τὴν θεμελιώδη ἀρχὴν τῆς Δυναμικῆς συμπεραίνομεν τὰ ἔξῆς:

a) "Οταν ἐπὶ ἐνὸς σώματος ἐνεργήσουν διάφοροι δυνάμεις, αἱ ἐπιταχύνσεις τὰς ὁποίας ἀποκτᾶ τὸ σῶμα εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τὰς δυνάμεις, αἱ ὁποῖαι τὰς προκαλοῦν.

Αὐτὸ σημαίνει ὅτι, ἀν εἰς ἔνα σῶμα ἀσκηθῇ μία δύναμις F καὶ προκαλέσῃ ἐπιτάχυνσιν γ , μιὰ δύναμις διπλασία τῆς F θὰ προκαλέσῃ διπλασίαν ἐπιτάχυνσιν κ.λπ.

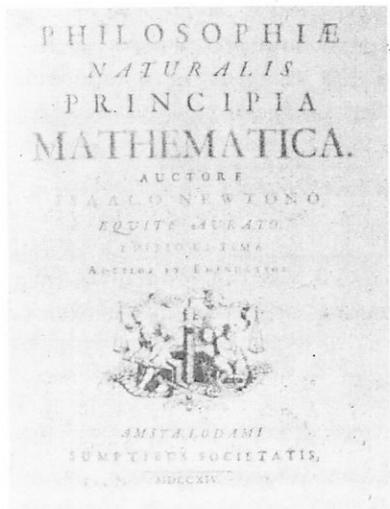
b) "Οταν μία ώρισμένη δύναμις ἀσκῆται ἐπὶ διαφόρων σωμάτων, τότε αἱ ἐπιταχύνσεις, τὰς ὁποίας προσδίδει ἡ δύναμις αὕτη, εἶναι ἀντιτορόφως ἀνάλογοι πρὸς τὴν μᾶζαν τῶν σωμάτων.

Δηλαδὴ ἀν μία ώρισμένη δύναμις F ἀσκῆται ἐπὶ ἐνὸς σώματος μᾶζης m καὶ προσδίδει εἰς τὸ σῶμα ἐπιτάχυνσιν γ , εἰς σῶμα μὲ διπλασίαν μᾶζαν θὺ προσδίδῃ ήμίσειαν ἐπιτάχυνσιν. Εἰς σῶμα μὲ τριπλασίαν μᾶζαν ἐπιτάχυνσιν ἵσην πρὸς τὸ $1/3$ τῆς γ κ.λπ.

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

Κατὰ τὴν ἀρχαίστητα καὶ τὴν μεσαιωνικὴν ἐποχὴν ἐπικρατοῦσεν ἡ γνώμη τοῦ Ἀριστοτέλους, συμφώνως πρὸς τὴν δόποίαν «Κάθε εὐθύγραμμος διμάλη κίνησις πρέπει νὰ διατηρηται ἀπὸ μίαν δύναμιν. Δι' αὐτὸ ὅταν παύσῃ νὰ ἐνεργῇ ἡ δύναμις ἡ κίνησις παύει».

Τὴν ἀντίληψιν αὐτὴν κατεπολέμησε πρῶτος ὁ Γαλιλαῖος, ὁ ιδρυτὴς τῆς



Σχ. 14. Ο διάσημος Μαθηματικός, Φυσικός και Φιλόσοφος Sir Isaac Newton (1642-1727) και τό έξωφύλλον του περιήμου βιβλίου του.

συγχρόνου Μηχανικής, της Φυσικής δηλαδή Ἐπιστήμης ήτις μελετᾶ τὴν κίνησιν τῶν σωμάτων, τὰ αἰτια ἄτινα τὴν προκαλοῦν, ὡς ἐπίσης καὶ τὰς ἀπαραιτήτους καὶ ἀναγκαίας συνθήκας τῆς Ισορροπίας. Ο Νεύτων ὁ θεμελιώτης τῆς Δυναμικής, της Φυσικής δηλαδή Ἐπιστήμης ἡ ὅποια ἔξετάζει τὰ κινήσεις, μελετῶσα τὰς σχέσεις αἵτινες ὑφίστανται μεταξὺ δυνάμεων καὶ ἐπιταχύνσεων, συνεπλήρωσε καὶ ὑνεμόρφως τὴν διδασκαλίαν τοῦ Γαλιλαίου. Τὸ 1686 ἔξεδωκε τὸ περίφημον ἔργον του «Philosophiae naturalis principia mathematica» (Μαθηματικαὶ ἀρχαὶ τῆς φυσικῆς φιλοσοφίας), εἰς τὸ ὅποιον περιέχονται καὶ αἱ τρεῖς βασικαὶ ἀρχαὶ τῆς Φυσικῆς, αἱ ὅποιαι εἰναι γνωσταὶ καὶ μὲ τὴν δονομασίαν, «Ἄξιώματα τοῦ Νεύτωνος». Αἱ θεμελιώδεις ἀρχαὶ δὲν ἀποδεικνύονται θεωρητικῶς. Συμφωνοῦν ὅμως μὲ τὴν λογικήν, δόηγον εἰς δρθὰ συμπεράσματα καὶ ἐπιδέχονται πειραματικὴν ἐπαλήθευσιν.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Αἱ μεταβολαὶ τῆς κινητικῆς καταστάσεως τῶν σωμάτων προκαλοῦνται ἀπὸ τὴν δρᾶσιν ἔξωτερικῶν δυνάμεων. Τὰ ὑλικὰ σώματα ἀντιδροῦν ὅμως καὶ προβάλλουν ἀντίστασιν εἰς πᾶσαν δύναμιν, ἐπιδιώκουσαν νὰ μεταβάλῃ τὴν κινητικήν των κατάστασιν.

2. Ἡ χαρακτηριστικὴ ιδιότης τῶν ὑλικῶν σωμάτων νὰ ἀντιδροῦν εἰς πᾶσαν ἐξωτερικὴν δύναμιν, ἐπιδιώκουσαν νὰ μεταβάλῃ τὴν κινητικήν τους κατάστασιν, ὀνομάζεται ἀδρανεία. Μέτρον τῆς ἀδρανείας ἐνὸς σώματος εἶναι ἡ μᾶζα αὐτοῦ.

3. Ἡ ἀρχὴ τῆς ἀδρανείας ἐκφράζει ὅτι πᾶν σῶμα συνεχίζει νὰ διατηρῇ τὴν κινητικήν του κατάστασιν τῆς ηρεμίας ἢ τῆς εὐθυγράμμου καὶ ὄμαλῆς κινήσεως, ἐφ' ὅσον δὲν ἐνεργεῖ οὐδεμία δύναμις ἐπ' αὐτοῦ.

4. "Οταν μία δύναμις ἐνεργῇ ἐπὶ ἐνὸς σώματος, μεταβάλλει τὴν κινητικὴν κατάστασιν τοῦ σώματος, προσδίδουσα εἰς αὐτὸν ἐπιτάχυνσιν.

5. Ἡ μᾶζα της ἐνὸς σώματος, ἡ δύναμις F ἣτις ἐνεργεῖ ἐπὶ τοῦ σώματος καὶ ἡ ἐπιτάχυνσις γ , τὴν ὁποίαν ἀποκτᾶ 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 μᾶζης $0,8 \text{ kg}$. β) δύναμις 1 kp ἐνεργεῖ ἐπὶ σώματος μᾶζης 1 kg .

(Απ. α' $19,6 \text{ m/sec}^2$. β' $9,81 \text{ m/sec}^2$.)

22. Μᾶζα 5 kg υφίσταται ἐπιτάχυνσιν 2 m/sec^2 . Πόση εἶναι ἡ δύναμις ἣτις ἐνεργεῖ ἐπὶ τοῦ σώματος.

(Απ. 10 N .)

23. Δύναμις 300 N προσδίδει εἰς ἔνα σῶμα ἐπιτάχυνσιν 6 m/sec^2 . Πόση εἶναι ἡ μᾶζα τοῦ σώματος.

(Απ. 50 kg .)

24. Πόσον εἶναι τὸ βάρος ἐνὸς σώματος μᾶζης 9 kg , εἰς τόπον ἐνθα ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς βαρύτητος εἶναι $g = 9,81 \text{ m/sec}^2$.

(Απ. $88,3 \text{ N}$.)

25. "Ενας γερανὸς ἔχει μᾶζαν 2800 kg καὶ ἐπιταχύνεται ἀπὸ ἔνα ἡλεκτροκινητῷ, ὃ ὅποιος τοῦ ἀναπτύσσει ταχύτητα $1,8 \text{ m/sec}$ ἐντὸς χρόνου $1,5 \text{ sec}$. α) Πόση εἶναι ἡ ἐπιτάχυνσις τοῦ γερανοῦ. β) Πόση εἶναι ἡ ἐλκτικὴ δύναμις τοῦ κινητῆρος.

(Απ. α' $1,2 \text{ m/sec}^2$. β' $342,6 \text{ Kp}$.)

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

(Απ. $4,42 \text{ Mp}$.)

27. Πόσος χρόνος ἀπαιτεῖται διὰ νὰ προσδώδωμεν εἰς ἔνα γερανόν, βάρονς 8100 kp , ταχύτητα 75 m/min , ἀσκοῦντες δύναμιν 860 kp .

(Απ. $1,2 \text{ sec}$.)

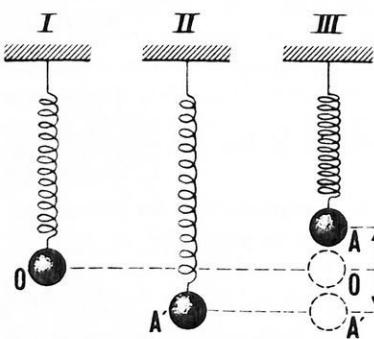
Δ' — ΜΗΧΑΝΙΚΑΙ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ

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

Ἡ κίνησις τῆς Σελήνης περὶ τὴν Γῆν καὶ ἡ περιστροφὴ τῶν πλανητῶν περὶ τὸν Ἡλιον, εἰναι περιοδικά φαινόμενα, διότι χρειάζονται ὥρισμένου χρόνου καὶ πάντοτε τὸν αὐτὸν διὰ νὰ ἔξελιχθοῦν, ἐπαναλαμβάνονται δὲ κατόπιν κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον. Ὡστε :

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

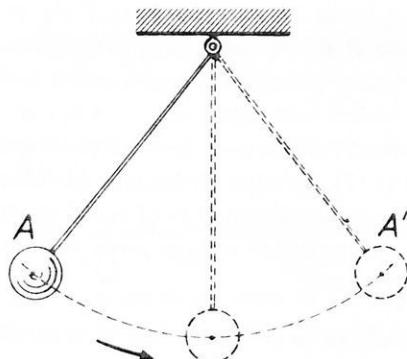
§ 24. Ταλάντωσις. **Πείραμα 1.** Θεωροῦμεν ἔνα μικρὸν σφαιρίδιον, τὸ ὅποιον συγκρατεῖται ἀπὸ ἔνα ἐλατήριον, στερεωμένον εἰς τὸ ἄλλον ἄκρον του ἀπὸ ἔνα ἀκλόνητον σημεῖον (σχ. 15). Ὁταν ἡρεμήσῃ τὸ σύστημα, διατείνομεν τὸ ἐλατήριον, ἀπομακρύνοντες τὸ σφαιρίδιον ἀπὸ τὴν θέσιν ἰσορροπίας, ἔλκοντες αὐτὸν πρὸς τὰ κάτω. Θὰ παρατηρήσωμεν τότε μίαν παλινδρομικὴν κίνησιν τοῦ σφαιρίδιον, μεταξὺ δύο ἀκραίων θέσεων Α καὶ Α', αἱ ὅποιαι ἀπέχουν τὴν αὐτὴν ἀπόστασιν ἀπὸ τὴν θέσιν ἰσορροπίας Ο.



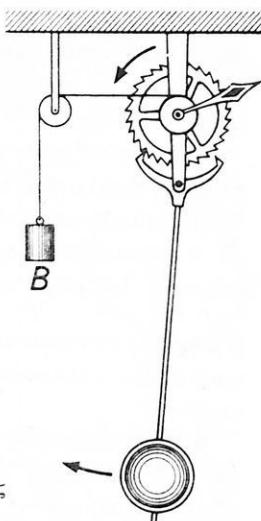
Σχ. 15. Τὸ συγκρατούμενον ἀπὸ τὸ ἐλατήριον σφαιρίδιον ἐκτελεῖ ταλάντωσιν.

βαρὺ σφαιρίδιον εἰς τὸ ἄκρον ἑνὸς νήματος καὶ τὸ ἔξαρτῶμεν ἀπὸ ἔνα ἀκλόνητον σημεῖον. Ἀφήνομεν τὸ σφαιρίδιον νὰ ἡρεμήσῃ εἰς τὴν θέσιν τῆς κατακορύφου καὶ ἀκολούθως τὸ ἀπομακρύνομεν ἀπὸ τὴν θέσιν ἰσορροπίας του, μεταφέροντες αὐτὸν εἰς μίαν θέσιν Α (σχ. 16), καὶ ἀφήνομεν τοῦτο κατόπιν ἐλεύθερον. Τὸ σφαιρίδιον κινεῖται

βαρὺ σφαιρίδιον εἰς τὸ ἄκρον ἑνὸς νήματος καὶ τὸ ἔξαρτῶμεν ἀπὸ ἔνα ἀκλόνητον σημεῖον. Ἀφήνομεν τὸ σφαιρίδιον νὰ ἡρεμήσῃ εἰς τὴν θέσιν τῆς κατακορύφου καὶ ἀκολούθως τὸ ἀπομακρύνομεν ἀπὸ τὴν θέσιν ἰσορροπίας του, μεταφέροντες αὐτὸν εἰς μίαν θέσιν Α (σχ. 16), καὶ ἀφήνομεν τοῦτο κατόπιν ἐλεύθερον. Τὸ σφαιρίδιον κινεῖται



Σχ. 16. Κινούμενον ἀπλοῦν ἐκκρεμές.



Σχ. 17. Κινούμενον ἐκκρεμές
ώρολογίου τοίχου.

πρὸς τὴν θέσιν ἰσορροπίας του, μὲ δόλονεν αὐξανομένην ταχύτητα διέρχεται ἀπὸ τὴν θέσιν ἰσορροπίας καὶ συνεχίζει τὴν κίνησίν του, μὲ δόλονεν ἐλαττουμένην ταχύτητα, μέχρις ὅτου ἀνυψωθῇ καὶ φθάσῃ εἰς μίαν θέσιν A' , συμμετρικὴν τῆς A , ως πρὸς τὴν κατακόρυφον ἥτις διέρχεται ἀπὸ τὴν θέσιν ἰσορροπίας. Εἰς τὴν θέσιν αὐτὴν ἡρεμεῖ ἐπιστρέφον πρὸς τὴν θέσιν A καὶ τὸ φαινόμενον συνεχίζεται.

Εἶναι βέβαιον ὅτι καὶ εἰς τὰς δύο περιπτώσεις πρόκειται διὰ μεταβαλλομένας κινήσεις, διότι ἡ ταχύτης μεταβάλλει, κατὰ τὴν διάρκειαν τοῦ φαινομένου, καὶ ἀριθμητικὴν τιμὴν καὶ διεύθυνσιν. Τὸ ἴδιαίτερον δῆμος χαρακτηριστικὸν εἰς τὰς κινήσεις αὐτὰς εἶναι ὅτι τὰ σώματα ἐκτελοῦν περιοδικὴν κίνησιν μεταξὺ δύο ἀκραίων σημείων τῆς τροχιᾶς των, εἰς τὰ ὅποια μηδενίζεται στιγμιαίως ἡ ταχύτης. Κινήσεις αὐτοῦ τοῦ εἰδους ὀνομάζονται ταλαντώσεις. "Ωστε :

Ταλαντώσεις ὀνομάζονται περιοδικαὶ παλινδρομικαὶ κινήσεις, αἱ ὅποιαι ἐκτελοῦνται μεταξὺ δύο ἀκραίων θέσεων τῆς τροχιᾶς ἐνὸς κινητοῦ.

§ 25. Ἀμείωτος καὶ φθίνουσα ταλάντωσις. Τὰ ἀνωτέρω πειράματα δεικνύουν ὅτι αἱ ταλαντώσεις ἔξασθενίζουν κατὰ τὴν ἔξελιξιν τοῦ φαι-

νομένου και κατόπιν ώρισμένου χρόνου τὸ κινητὸν ἡρεμεῖ εἰς τὴν θέσιν ισορροπίας του. Αἱ ταλαντώσεις αὐτοῦ τοῦ εἴδους δύνομάζονται φθίνουσαι. Αἱ αἰτίαι τῆς ἐξασθενήσεώς των εἶναι ἡ τριβὴ και ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀέρος.

Ἄν προσέξωμεν τὰς ταλαντώσεις, τὰς ὁποίας ἐκτελεῖ τὸ ἐκκρεμὲς ἐνὸς ώρολογίου τοῦ τοίχου (σχ. 17), θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι αὗται δὲν ἐξασθενίζουν. Τοῦτο δφείλεται εἰς τὸ γεγονὸς ὅτι αἱ ταλαντώσεις αὗται διατηροῦνται ἀμείωτοι ἀπὸ τὸ χορδισμένον ἐλατήριον και δύνομάζονται δι' αὐτὸ ἀμείωτοι ταλαντώσεις.

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

α) **Απομάκρυνσις** δύνομάζεται ἡ ἀπόστασις μιᾶς τυχαίας θέσεως τοῦ ταλαντούμένου σώματος ἀπὸ τὴν θέσιν ισορροπίας του. Ἡ μεγίστη ἀπομάκρυνσις, ἡ ὁποία συμβαίνει ὅταν τὸ σῶμα εὑρίσκεται εἰς μίαν ἀπὸ τὰς δύο ἀκραίας θέσεις τῆς τροχιᾶς του, δύνομάζεται πλάτος τῆς ταλαντώσεως.

β) **Ταλάντωσις** ἢ **αἰώρησις** δύνομάζεται μία πλήρης ἐξέλιξις τοῦ φαινομένου, ἡ ὁποία περιλαμβάνει ἀναχώρησιν και ἐπιστροφὴν εἰς τὸ σημεῖον ἀναχωρήσεως τοῦ ταλαντούμένου σώματος.

γ) **Περίοδος** Τ μιᾶς ταλαντώσεως δύνομάζεται ὁ χρόνος ἐντὸς τοῦ ὁποίου ἐκτελεῖται μία ταλάντωσις.

δ) **Συχνότης** ν μιᾶς ταλαντώσεως δύνομάζεται τὸ πλήθος τῶν ταλαντώσεων, τὰς ὁποίας ἐκτελεῖ τὸ ταλαντούμενον σῶμα εἰς 1 δευτερόλεπτον (1 sec).

Μονάς συχνότητος εἶναι τὸ 1 Χέρτς (1 Hz) ἢ 1 κύκλος ἀνὰ δευτέρολεπτον (1 c/sec). Τὸ 1 Hz ίσοῦται μὲ τὴν συχνότητα ἐνὸς ταλαντούμένου σώματος, τὸ ὁποῖον ἐκτελεῖ μίαν ταλάντωσιν εἰς ἕκαστον δευτερόλεπτον.

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

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

Μὲ τὴν βοήθειαν τῶν χαρακτηριστικῶν μεγεθῶν μιᾶς ταλαντώσεως δυνάμεθα τώρα νὰ δώσωμεν τὸν ἀκόλουθον δρισμὸν τῶν ἀμειώσων καὶ φθίνουσῶν ταλαντώσεων :

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

§ 27. Τὸ ἐκκρεμές. Εἰς τὴν Φυσικὴν ὀνομάζομεν ἐκκρεμές πᾶν βαρὺ σῶμα, τὸ ὅποιον δύναται νὰ κινηθῇ περὶ ὁρίζοντιον ἄξονα, ὅ ὅποιος ὅμως δὲν διέρχεται ἀπὸ τὸ κέντρον βάρους του (σχ. 18).

Τὸ ἐκκρεμές αὐτὸν ὀνομάζεται ἴδιαιτέρως φυσικὸν ἐκκρεμές.

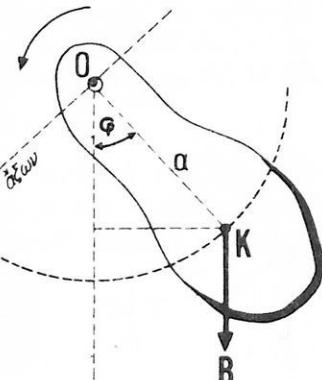
Ἄν θεωρήσωμεν δῆλην τὴν μᾶζαν τοῦ ἐκκρεμοῦς συγκεντρωμένην εἰς ἔνα σημεῖον, ὅπως συμβαίνει περίπου μὲ μίαν βαρεῖαν σφαῖραν μικρῆς ἀκτίνος, ἡ ὅποια εἶναι ἔξηρτημένη μὲ ἔνα ἐλαφρὸν καὶ μὴ ἐκτατὸν νῆμα, ἀπὸ ἔνα ἀκλόνητον στήριγμα, τότε ἔχομεν κατασκεύαστι ἔνα ἀπλοῦν ἡ μαθηματικὸν ἐκκρεμές. Ωστε :

Ἀπλοῦν ἡ μαθηματικὸν ἐκκρεμές ὀνομάζεται μίσ διάταξις, ἡ ὅποια περιλαμβάνει μίαν μικράν βαρεῖαν σφαῖραν, ἔξηρτημένην μὲ ἐλαφρὸν καὶ μὴ ἐκτατὸν νῆμα ἐξ ἐνὸς ἀκλόνητου στήριγματος.

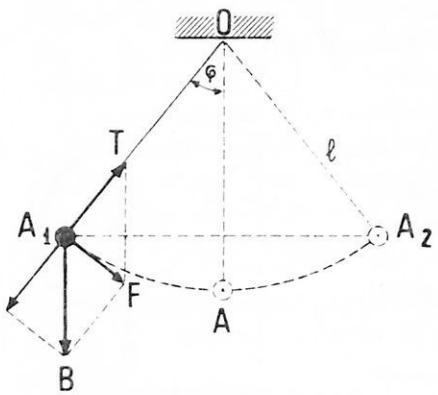
§ 28. Χαρακτηριστικὰ μεγέθη τοῦ ἐκκρεμοῦς. Ἡ ἀπόστασις τοῦ κέντρου τῆς σφαίρας ἀπὸ τὸ ἀκλόνητον σημεῖον ἔξαρτήσεως ὀνομάζεται μῆκος τοῦ ἐκκρεμοῦς καὶ παριστάται μὲ τὸ γράμμα ℓ (σχ. 19).

Ἡ γωνία φ , ἡ ὅποια σχηματίζεται ἀπὸ τὴν θέσιν ἰσορροπίας καὶ τὴν θέσιν μεγίστης ἀπομικρύνσεως, ὀνομάζεται πλάτος τοῦ ἐκκρεμοῦς.

Οἱ χρόνοις τὸν ὅποιον χρειάζεται τὸ ἐκκρεμές διὰ νὰ ἐπιστρέψῃ εἰς τὴν ὑκραίαν θέσιν, ἀπὸ τὴν ὅποιαν ἔξεκίνησεν, ὀνομάζεται περίοδος T τοῦ ἐκκρεμοῦς.



Σχ. 18. Φυσικὸν ἐκκρεμές: στερεόν, στρεφόμενον περὶ ὁρίζοντιον ἄξονα, ὡς ὅποιος δὲν διέρχεται ἀπὸ τὸ κέντρον βάρους του.



Σχ. 19. Τό εέκρεμές έκτελει ταλαντώσεις υπό την έπιδρασιν τής έφαπτομενικής πρός την τροχιάν συνιστώσης τού βύρους του.

δόπια διέρχεται ἀπὸ τὸ κέντρον βάρους του, διέρχεται καὶ ἀπὸ τὸ σημεῖον ἔξαρτήσεως.

Ἐάν ἀπομακρύνωμεν τὸ ἐκκρεμές ἀπὸ τὴν θέσιν ἰσορροπίας του Α, μεταφέροντες αὐτὸς εἰς μίαν θέσιν A_1 και ἀκολούθως τὸ ὄφήσωμεν ἐλεύθερον, παρατηροῦμεν ὅτι εἰς τὴν θέσιν αὐτὴν δὲν ἰσορροπεῖ, ἀλλὰ κινεῖται διαγράφον τόξον A_1A_2 (βλ. σχ. 19).

Εἰς τὸ σφαιρίδιον τοῦ ἐκκρεμοῦν δὲνεργούν δύο δυνάμεις. Τὸ βάρος Β τοῦ ἐκκρεμοῦν, μὲ κατακόρυφον διεύθυνσιν καὶ φοράν πρὸς τὰ κάτω, καὶ ἡ ἀντίδρασις Τ τοῦ νήματος ἔξαρτήσεως, μὲ διεύθυνσιν τὴν εὐθείαν ἥτις διέρχεται ἀπὸ τὸ κέντρον τῆς σφαίρας καὶ τὸ ἀκλόνητον σημεῖον ἔξαρτήσεως τοῦ νήματος, καὶ φοράν ἀπὸ τὸ κέντρον τῆς σφαίρας πρὸς τὸ σημεῖον ἔξαρτήσεως.

Αἱ δύο αὐταὶ δυνάμεις δὲν ἰσορροποῦν, ἐφ' ὅσρν εἰναι συντρέχουσαι καὶ σχηματίζουν γωνίαν. Ἡ συνισταμένη τῶν δυνάμεων αὐτῶν κινεῖ τὸ σφαιρίδιον πρὸς τὴν θέσιν ἰσορροπίας. Κατὰ τὴν κάθιδον ὅμως τοῦ σφαιρίδιου; αὐξάνεται ὀλονέν ἡ γωνία τῶν Β καὶ Τ, μὲ ἀποτέλεσμα νὰ σμικρύνεται ἡ συνισταμένη των. Εἰς τὴν θέσιν ἰσορροπίας αἱ Β καὶ Τ εἰναι ἵσαι καὶ ἀντίθετοι καὶ ἡ συνισταμένη των μηδενίζεται τὸ σφαιρίδιον ὅμως, λόγῳ ἀδρανείας, συνεχίζει τὴν κίνησίν του, ὅποτε αἱ Β καὶ Τ σχηματίζουν καὶ πάλιν γωνίαν, ἡ συνισταμένη

Ἡ μετάβασις τέλος τοῦ ἐκ-
κρεμοῦ ἀπὸ τὴν μίαν ἀκραίαν
θέσιν εἰς τὴν ἄλλην καὶ ἡ ἐπι-
στροφὴ εἰς τὴν πρώτην ἀκραίαν
θέσιν, ἀπὸ τὴν ὅποιαν ἔξεκινη-
σεν, δνομάζεται πλήρης αἰώρη-
σις ἢ ταλάντωσις, ἐνῶ ἡ μετά-
βασις τοῦ ἐκκρεμοῦ ἀπὸ τὴν
μίαν ἀκραίαν θέσιν εἰς τὴν ἄλ-
λην ἀποτελεῖ μίαν ἀπλῆν αιώ-
ρησιν.

§ 29. Μελέτη τῆς κινήσεως τοῦ ἐκκρεμοῦς. Οιονδήποτε καὶ ἂν εἰναι τὸ ἐκκρεμές, ἵσορ- ροπεῖ ὅταν ἡ κατακόρυφος, ἡ

των ὅμως ἔχει τώρα ἀντίθετον φοράν ἀπὸ τὴν φορὰν τῆς κινήσεως. Δι’ αὐτὸν τὸν λόγον ἡ κίνησις ἐπιβραδύνεται καὶ παύει, δταν τὸ ἐκκρεμὲς φθάσῃ εἰς τὴν συμμετρικὴν θέσιν ἀπὸ ἐκείνην ἀπὸ τὴν ὁποίαν ἔξεκίνησε.

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

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

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

Οἱ νόμοι τοῦ ἐκκρεμοῦς εἶναι οἱ ἀκόλουθοι :

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

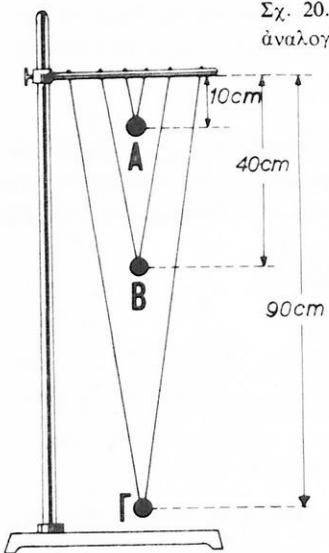
Πειραματικὴ ἀπόδειξις. Θέτομεν εἰς αἰώρησιν τὸ ἐκκρεμὲς καὶ μὲ μικρὸν πλάτος μετροῦμε μὲ τὸ χρονόμετρον τὸν χρόνον 20, π.χ., πλήρων αἰωρήσεων. Διαιροῦμε τὸν εὑρεθέντα χρόνον μὲ τὸν ἀριθμὸν τῶν πλήρων αἰωρήσεων καὶ ὑπολογίζομεν τὸν χρόνον μιᾶς πλήρους αἰωρήσεως, δηλαδὴ τὴν περίοδον τοῦ ἐκκρεμοῦς. Κατόπιν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

b) Ἡ περίοδος τοῦ ἐκκρεμοῦς εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν τετραγωνικὴν ρίζαν τοῦ μῆκους του.

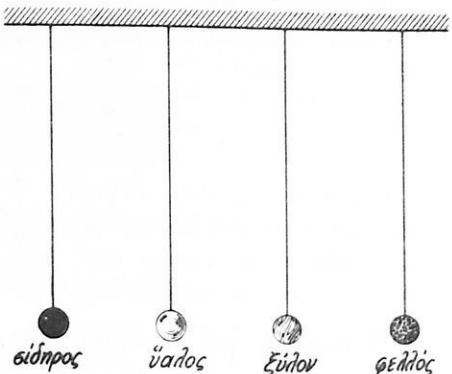
Πειραματικὴ ἀπόδειξις. Θέτομεν ταυτοχρόνως εἰς αἰώρησιν, μὲ τὸ αὐτὸν μικρὸν πλάτος, τρία ὅμοια ἐκκρεμῆ, τῶν ὁποίων τὰ μήκη εἶναι 10 cm, 40 cm, 90 cm (σχ. 20), δηλαδὴ ὡς οἱ ἀριθμοὶ 1, 4, 9. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι ἡ περίοδος τοῦ δευτέρου ἐκκρεμοῦς εἶναι διπλασία, τοῦ δὲ τρίτου τριπλασία ἀπὸ τὴν περίοδον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

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

Σχ. 20. Διὰ τὴν ἀπόδειξιν τῆς σχέσεως
ἀναλογίας τῆς περιόδου τοῦ ἐκκρεμοῦ.



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



Πειραματικὴ ἀπόδειξις. Ἐν ἔξαρτήσωμεν ἐξ ἑνὸς ὑποστηρίγματος διάφορα ἐκκρεμῆ μὲ τὸ αὐτὸν μῆκος, ἀπὸ διαφορετικὴν ὅμως οὐσίαν κατεσκευασμένα, ὅπως π.χ. σφαιρίδια ἀπὸ μόλυβδον, σίδηρον, ὄντος, ξύλου, φελλὸν κ.λπ. (σχ. 21) καὶ τὰ θέσωμεν ταυτοχρόνως εἰς αἰώρησιν μικροῦ πλάτους, παρατηροῦμεν ὅτι ἔχουν τὴν αὐτὴν περίοδον.

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

Πειραματικὴ ἀπόδειξις. Θέτομεν εἰς αἰώρησιν ἔνα ἐκκρεμές μὲ σιδηροῦν σφαιρίδιον καὶ μὲ τὸ χρονόμετρον προσδιορίζομεν τὴν περίοδόν του. Ἀκολούθως χρησιμοποιοῦντες ἔνα μαγνήτην, τὸν ὃποιον τοποθετοῦμεν κάτω ἀπὸ τὸ σφαιρίδιον, προκαλοῦμεν τεχνητὴν αὔξησιν τῆς ἐπιταχύνσεως τῆς βαρύτητος (σχ. 22). Ἐάν μὲ αὐτὸν τὸν τρόπον ἐπιτύχωμεν τετραπλασίαν ἔλξιν τοῦ σφαιρίδιον καὶ μετρήσωμεν ἐκ νέου τὴν περίοδον, θὰ διαπιστώσωμεν ὅτι εἶναι ἵση πρὸς τὸ ἥμισυ τῆς ἀρχικῆς περιόδου.

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

ισόχρονον τῶν αἰωρήσεων μικροῦ πλάτους, τὸ δῆλαδὴ αἱ αἰωρήσεις μικρῶν πλατῶν γίνονται εἰς ἵσα χρονικὰ διαστήματα, εὐρίσκει σπουδαίαν ἐφαρμογὴν εἰς τὴν κατασκευὴν τῶν ὀρολογίων δι' ἐκκρεμοῦς διὰ τὴν ἀκριβῆ μέτρησιν τοῦ χρόνου.

“Ολα τὰ ὅργανα, τὰ ὁποῖα χρησιμοποιοῦνται εἰς τὸν πρακτικὸν βίον διὰ τὴν μέτρησιν τοῦ χρόνου, λειτουργοῦν μὲ βάσιν περιοδικὰ φαινόμενα. Τὰ ὀρολόγια ἀκριβείας τῶν ἀστεροσκοπείων ἐργάζονται μὲ ἐκκρεμῆ, τῶν ὁποίων ἡ περίοδος εἶναι 2 sec.

Τὰ ὀρολόγια τῆς τσέπης ἢ τῆς χειρὸς ἔχουν εἰς τὸν μηχανισμόν τους ἔνα τροχίσκον, ὁ ὁποῖος, ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν ἐνὸς σπειροειδοῦς ἐλατηρίου, ἐκτελεῖ ταλαντώσεις περὶ τὸν ἄξονά του. Ἀλλὰ καὶ τὰ παντὸς εἴδους ὀρολόγια περιέχουν εἰς τὸν μηχανισμόν των εἰδικὰς διατάξεις, αἱ δόποιαι ἐκτελοῦν ταλαντώσεις. Οὕτω τὰ ἡλεκτρικὰ ὀρολόγια χρησιμοποιοῦν ταλαντώσεις ἡλεκτρικὰς μὲ περίοδον 1/50 sec, τὰ δὲ ἔξαιρετικῆς ἀκριβείας ὀρολόγια μὲ χαλαζίαν περιέχουν ἔνα κρύσταλλον ἀπὸ χαλαζίαν, ὁ ὁποῖος διεγείρεται ἡλεκτρικῶς εἰς ταλαντώσεις περιόδου 1/60.000 sec.

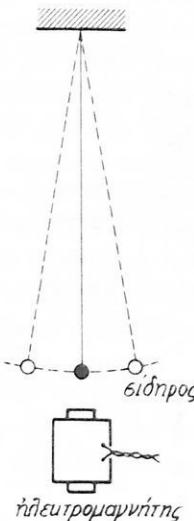
β) Μέτρησις τῆς ἐπιταχύνσεως τῆς βαρύτητος. Λύοντες τὸν τύπον τοῦ ἐκκρεμοῦς ως πρὸς g, διαδοχικῶς λαμβάνομεν:

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

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

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

Λαμβάνομεν ἔνα ἐκκρεμές μὲ πολὺ μεγάλον μῆκος, τὸ σφαιρίδιον τοῦ ὁποίου ἔχει ἀκίδα, καὶ τὸ θέτομεν εἰς αἰώρησιν. Υπὸ τὸ ἐκκρεμές



Σχ. 22. Ὁ ἡλεκτρομαγνήτης προκαλεῖ τεχνητὴν αὔξησιν τῆς ἐπιτάχυνσεως τῆς βαρύτητος.

ύπάρχει μία τράπεζα, ή επιφάνεια της διοίας είναι κεκαλυμμένη μὲν ψιλήν αἴματος και δύναται νὰ ἀνυψώνεται μὲν εἰδικὴν διάταξιν. Ἀνυψώνομεν τὴν τράπεζαν ὥστε η ἀκίς τοῦ ἐκκρεμοῦς νὰ χαράξῃ ἐπὶ τῆς αἵματος μίαν λεπτὴν γραμμὴν και ἀκολούθως τὴν καταβιβάζομεν. Μετὰ πάροδον ἀρκετοῦ χρόνου (π.χ. μιᾶς ὡρας) ἀνυψώνομεν ἐκ νέου τὴν τράπεζαν, ὅποτε παρατηροῦμεν ὅτι η ἀκίς χαράζει διαφορετικὴν γραμμὴν ἀπὸ τὴν πρώτην ἐπὶ τῆς αἵματος, αἱ δὲ δύο γραμμαὶ τέμνονται. Ἐφ' ὅσον ὅμως τὸ ἐπίπεδον τῶν αἰωρήσεων τοῦ ἐκκρεμοῦς δὲν μετεβλήθη, πρέπει νὰ συμπεράνωμεν ὅτι ἐστράφη τὸ δάπεδον, δηλαδὴ ὅτι ἐστράφη ἐν τῷ μεταξὺ η Γῆ.

Τὸ πείραμα τοῦτο ἔξετέλεσε διὰ πρώτην φοράν ὁ Γάλλος Φουκώ (Foucault) τὸ 1851 εἰς τὸ Πάνθεον τῶν Παρισίων, ἀπὸ τὴν δροφὴν τοῦ ὄποιος ἔξηρτησε σύρμα μήκους 67 m και εἰς τὴν ἀκρην του προσήρμοσε χαλκίνην σφαίραν μάζης 28 kg.

Ἄριθμητικὴ ἐφαρμογὴ. Πόσον είναι τὸ μῆκος ἐνὸς ἐκκρεμοῦς, τὸ ὄποιον διὰ μίαν ἀπλῆν αἰώρηστην χρειάζεται χρόνον 1 sec.

Λύσις. Ἐφαρμόζοντες τὸν τύπον

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

ἀφοῦ προηγουμένως ἐπιλύσωμεν αὐτὸν ὡς πρὸς l , θὰ ἔχωμεν:

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

Ἀντικαθιστῶντες τὰς τιμὰς τῶν $g = 9,81$ m/sec², $T = 2$ sec, $\pi = 3,14$ εύρισκομεν ὅτι: $l = 0,994$ m. ✓

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Περιοδικὸν φαινόμενον δονομάζεται τὸ φαινόμενον ἐκεῖνο, τὸ ὄποιον ἐπαναλαμβάνεται κατὰ τὸν ἴδιον ἀκριβῶς τρόπον, ἐντὸς ώρισμένου χρόνου.

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

3. Ή κίνησις τῶν πλανητῶν περὶ τὸν Ἡλιον εἶναι περιοδικὸν φαινόμενον. Ή κίνησις τῆς προβολῆς ἐνὸς σημείου, τὸ ὅποιον διαγράφει μὲ σταθερὰν ταχύτητα μίαν περιφέρειαν κύκλου ἐπὶ μιᾶς διαμέτρου τοῦ κύκλου, εἶναι ταλάντωσις.

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

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

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

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

8. Η περίοδος Τ καὶ ἡ συχνότης ν εἶναι ἀριθμοὶ ἀντίστροφοι καὶ συνδέονται μὲ τὴν σχέσιν :

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

9. Τὸ ἀπλοῦν ἡ μαθηματικὸν ἐκκρεμὲς εἶναι διάταξις ἡ ὅποια περιλαμβάνει μίαν μικρὰν βαρεῖαν σφαιραν, ἐξηρτημένην μὲ ἔλαφρὸν καὶ μὴ ἐκτατὸν νῆμα ἀπὸ ἀκλόνητον στήριγμα. Οταν τὸ ἐκκρεμὲς ἐκτραπῇ ἐκ τῆς θέσεως τῆς ἰσορροπίας του ἐκτελεῖ ταλαντώσεις.

10. Αν θεωρήσωμεν τὸ ἐκκρεμὲς εἰς μίαν θέσιν διαφορετικὴν ἀπὸ τὴν θέσιν ἰσορροπίας του, τότε δυνάμεθα νὰ ἀναλύσωμεν τὸ βάρος τοῦ σφαιριδίου εἰς δύο δυνάμεις, ἡ μία ἀπὸ τὰς ὅποιας νὰ εἶναι κάθετος πρὸς τὸ νῆμα καὶ ἡ ἄλλη νὰ ἔχῃ τὸ νῆμα ὡς φορέα. Ή τελευταία αὐτὴ ἐξουδετεροῦται ἀπὸ τὴν ἀντίδρασιν τοῦ νήματος καὶ παραμένει ἡ ἄλλη δύναμις ἡ κάθετος πρὸς τὸ νῆμα, ἡ ὅποια ἐπιταχύνει τὸ ἐκκρεμὲς ἡ τὸ ἐπιβραδύνει, ἀναλόγως μὲ τὴν φοράν της ἐν σχέσει πρὸς τὴν κίνησιν.

11. 'Εφ' ὅσον αἱ αἰωρήσεις τοῦ ἐκκρεμοῦς ἔχουν μικρὸν πλά-

τος, ἀκολουθοῦν ώρισμένους νόμους οἱ ὅποιοι περιλαμβάνονται εἰς τὸν τύπον :

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

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

12. Οἱ νόμοι τοῦ ἐκκρεμοῦς ἀποδεικνύονται πειραματικῶς καὶ ἐκφράζονται ὅτι ἡ περίοδος τοῦ ἐκκρεμοῦς εἶναι : α) Ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὸ πλάτος. Ὁ νόμος αὐτὸς ἐκφράζει ὅτι αἱ αἰωρήσεις μικροῦ πλάτους εἶναι ίσοχρονοι. β) Ἀνάλογος πρὸς τὴν τετραγωνικὴν ρίζαν τοῦ μῆκους. γ) Ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὴν μᾶζαν καὶ τὸ ὄλικόν. δ) Ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὴν τετραγωνικὴν ρίζαν τῆς ἐντάσεως τῆς βαρύτητος.

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

A S K H S E I S

28. Πόση εἶναι ἡ περίοδος ἐνὸς ἐκκρεμοῦς, μῆκους 130 m ($g=9,81 \text{ m/sec}^2$).
(Απ. 22,86 sec.)

29. Πόσας ἀπλὰς αἰωρήσεις ἐκτελεῖ ἐντὸς λεπτοῦ ἕνα ἐκκρεμὲς μῆκους 1,09 m ($g=9,81 \text{ m/sec}^2$).
(Απ. 57.)

30. Πόσον εἶναι τὸ μῆκος ἐνὸς ἐκκρεμοῦς, τὸ ὅποιον ἐκτελεῖ 50 ταλαντώσεις ἐντὸς ἐνὸς λεπτοῦ ($g=9,81 \text{ m/sec}^2$).
(Απ. 0,36 m περίπον.)

31. Ποία εἶναι ἡ τιμὴ τῆς ἐπιταχύνσεως τῆς βαρύτητος εἰς τὸν Ἰσημερινὸν ἔαν ἕνα ἐκκρεμές μῆκους 991,03 mm ἔχῃ περίοδον 2 sec. (Απ. $g=9,771 \text{ m/sec}^2$.)

32. Δύο ἐκκρεμῆ ἐκτελοῦν αἰωρήσεις. "Οταν τὸ ἕνα πραγματοποιήσῃ 3 ἀπλὰς αἰωρήσεις, τὸ ἄλλον ἐκτελεῖ 7 ἀπλὰς αἰωρήσεις. Ποιος εἶναι ὁ λόγος τῶν μηκῶν τῶν δύο ἐκκρεμῶν."
(Απ. 9:49.)

Ε—ΚΥΚΛΙΚΗ ΚΙΝΗΣΙΣ

§ 32. Γενικότητες καὶ ὄρισμοί. α) "Εως τώρα ήσχολήθημεν μὲ εὐθυγράμμους κυρίως κινήσεις. "Ένα ἄλλο εἶδος κινήσεων εἶναι αἱ κυκλικαὶ (σχ. 23).

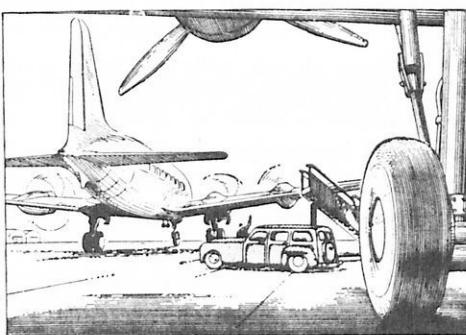
Εἰς δὲ τὰς μηχανάς, αἱ δόποιαι χρησιμοποιοῦν ιμάντας διὰ τὴν μετάδοσιν τῶν κινήσεων ἡ ὀδοντωτοὺς τροχούς, συμβαίνουν κυκλικαὶ κινήσεις. Αἱ κινήσεις αὗται εἶναι περιοδικαὶ εἰς τὰς δόποιας τὸ κινητὸν διαγράφει κινούμενον, περιφέρειαν κύκλου ἢ τόξον περιφερείας. "Απὸ τὸ πλῆθος τῶν κυκλικῶν κινήσεων ἴδιαίτερον ἐνδιαφέρον παρουσιάζει ἡ κυκλικὴ ἐκείνη κίνησις, κατὰ τὴν δόποιαν τὸ κινητὸν διαγράφει ἵσα τόξα εἰς ἵσους χρόνους. "Η κυκλικὴ αὐτὴ κίνησις ὀνομάζεται τότε δύμαλη. "Ωστε :

"Ομαλὴ κυκλικὴ κίνησις ὀνομάζεται ἡ κυκλικὴ ἐκείνη κίνησις κατὰ τὴν δόποιαν τὸ κινητὸν διανύει εἰς ἵσους χρόνους ἵσα τόξα τῆς κυκλικῆς τροχιᾶς του.

β) Διὰ νὰ διανύσῃ δλόκληρον τὴν περιφέρειαν τὸ κινητόν, χρειάζεται ἔναν ὠρισμένον χρόνον T , δ ὁδοῖος ἵσουνται μὲ τὴν περίοδον τῆς κυκλικῆς κινήσεως. "Ωστε :

Περίοδος μιᾶς δύμαλης κυκλικῆς κινήσεως ὀνομάζεται ὁ χρόνος κατὰ τὸν δόποιον τὸ κινητὸν δλοκληρώνει μίαν περιστροφήν.

"Η κίνησις τῆς Γῆς περὶ τὸν ἄξονά της εἶναι δύμαλὴ κυκλικὴ κίνησις μὲ περίοδον 24 ὥρων. "Η κίνησις τῆς Γῆς περὶ τὸν "Ηλιον εἶναι περίου κυκλικὴ μὲ περίοδον ἐνὸς ἔτους.



Σχ. 23. Εἰς τὰ διάφορα μεταφορικά μέσα ἐκμεταλλευόμεθα τὴν κυκλικὴν κίνησιν τῶν τροχῶν.

γ) Τὸ κινητὸν κινούμενον ὄμαλῶς εἰς τὴν κυκλικὴν τροχιάν του ἡ ἐκτελῆ ἔνα ώρισμένον ἀριθμὸν στροφῶν ν εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου. Ὁ ἀριθμὸς αὐτὸς ἐκφράζει τὴν συχνότητα τοῦ κινητοῦ.
"Ωστε :

Συχνότης ἐνὸς κινητοῦ, τὸ ὁποῖον ἐκτελεῖ ὄμαλὴν κυκλικὴν κίνησιν, δονομάζεται 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 :

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

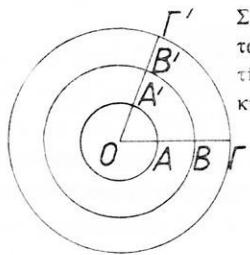
δ) Γραμμικὴ ταχύτης. Ἐφ' ὅσον τὸ κινητὸν διανύει εἰς ἴσους χρόνους ἵσα τόξα, συμπεραίνομεν ὅτι τὸ μῆκος τοῦ τόξου, τὸ ὁποῖον διατρέχει ἐντὸς μιᾶς χρονικῆς μονάδος, θὰ εἶναι σταθερόν. Τὸ μῆκος τοῦ σταθεροῦ αὐτοῦ τόξου δονομάζεται γραμμικὴ ταχύτης τοῦ κινητοῦ.
"Ωστε :

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

"Οπως εἰς τὰς εὐθυγράμμους κινήσεις, οὕτω καὶ εἰς τὴν ὄμαλὴν κυκλικὴν κίνησιν, ἡ γραμμικὴ ταχύτης μετρεῖται μὲ τὰς αὐτὰς μονάδας.

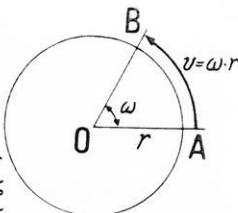
ε) Γωνιακὴ ταχύτης. Ἀς θεωρήσωμεν τρία κινητὰ A, B, Γ, τὰ ὁποῖα κινοῦνται ὄμαλῶς ἐπὶ τριῶν ὁμοκέντρων κυκλικῶν τροχιῶν, εἰς τρόπον ὃστε νὰ εὑρίσκωνται πάντοτε εἰς τὴν αὐτὴν ἀκτῖνα τῆς μεγαλυτέρας περιφερείας (σχ. 24).

Ἐστω ὅτι τὰ κινητὰ εὑρίσκονται ἀρχικῶς ἐπὶ τῆς αὐτῆς ἀκτῖνος τῆς ἔξωτερηκῆς περιφερείας, τὸ A κινούμενον ἐπὶ τῆς μικροτέρας περιφερείας καὶ τὸ Γ ἐπὶ τῆς μεγαλυτέρας, καὶ ὅτι ἐντὸς χρόνου 1 sec, ἀφοῦ ἐκκινήσουν ταυτοχρόνως καὶ τὰ τρία, μεταφέρονται εἰς τὰς



Σχ. 24. Τὰ σημεῖα A, B, Γ , τὰ δόποια εὑρίσκονται ἐπὶ τῆς αὐτῆς στρεφομένης ἀκτίνος, ἔχουν ἵσας γωνιακάς ταχύτητας.

Σχ. 25. Ἡ γωνιακή ταχύτης ω , ἡ γραμμική ταχύτης v και ἡ ἀκτίς τῆς κυκλικῆς τροχιᾶς r , συνδέονται μὲν τὴν σχέσιν: $v = \omega \cdot r$.



Θέσεις A' , B' , Γ' , αἱ δόποιαι εὑρίσκονται καὶ πάλιν ἐπὶ τῆς αὐτῆς ἀκτίνος τῆς ἔξωτερικῆς περιφερείας.

Ἐντὸς χρόνου 1 sec τὸ κινητὸν A διέγραψε τὸ τόξον AA' , τὸ κινητὸν B τὸ τόξον BB' καὶ τὸ κινητὸν Γ τὸ τόξον $\Gamma\Gamma'$. Τὰ ἐν λόγῳ ὅμως τόξα δὲν ἔχουν τὸ αὐτὸ ἀνάπτυγμα, συνεπῶς τὰ τρία κινητὰ δὲν ἔχουν τὴν αὐτὴν γραμμικὴν ταχύτητα. Ἀν θεωρήσωμεν ὅμως τὰς ἀκτίνας, ἐπὶ τῶν δόποιων κινοῦνται τὰ τρία κινητά, αἱ ἀκτίνες αὗται διαγράφουν ἐντὸς μιᾶς χρονικῆς μονάδος τὴν αὐτὴν γωνίαν. Ἡ γωνία αὗτη δονάζεται γωνιακή ταχύτης τῶν κινητῶν. "Ωστε :

Γωνιακή ταχύτης ω ἐνὸς κινητοῦ, τὸ δόποιον ἐκτελεῖ ὄμαλὴν κυκλικὴν κίνησιν, δονομάζεται ἡ γωνία τὴν δόποιαν διαγράφει εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου μία ἀκτίς τοῦ κύκλου, ἡ δόποια παρακολουθεῖ τὸ κινητὸν εἰς τὴν κίνησίν του.

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

§ 33. Σχέσις μεταξὺ γραμμικῆς καὶ γωνιακῆς ταχύτητος. Ἐστω ὅτι ἔνα κινητὸν ἐκτελεῖ ὄμαλὴν κυκλικὴν κίνησιν, κινούμενον ἐπὶ μιᾶς περιφερείας ἀκτίνος r . Ἐὰν τὸ κινητὸν ἐντὸς χρόνου 1 sec διανύσῃ τὸ τόξον AB , ἡ δὲ ἀκτίς ἐπὶ τῆς δόποιας κινεῖται, διαγράψει τὴν γωνίαν $\angle AOB$, τότε τὸ μῆκος v τοῦ τόξου AB ισοῦται πρὸς τὴν γραμμικὴν ταχύτητα τοῦ κινητοῦ καὶ ἡ γωνία $\angle AOB = \omega$ εἶναι ἴση πρὸς τὴν γωνιακήν του ταχύτητα (σχ. 25).

Ἐάν ἡ ω μετρήσῃται εἰς ἀκτίνια, τότε τὸ τόξον ἀναπτύγματος v ἀντιστοιχεῖ εἰς γωνίαν ω καὶ τόξον $2\pi r$, δηλαδὴ δόλοκληρος ἡ περιφέρεια, εἰς γωνίαν 2π . Εἰς τὴν ίδιαν ὅμως περιφέρειαν τὰ τόξα καὶ αἱ ἐπίκεντροι γωνίαι εἶναι ποσὰ ἀνάλογα. Ἐπομένως :

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

“Ωστε :

‘Η γραμμική ταχύτης ένδος κινητοῦ έκτελοῦντος όμαλήν κυκλικήν κίνησιν ίσοῦται μὲ τὸ γινόμενον τῆς γωνιακῆς ταχύτητος ἐπὶ τὴν ἀκτῖνα τῆς κυκλικῆς τροχιᾶς.

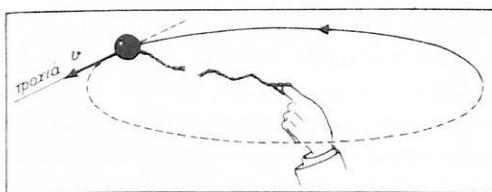
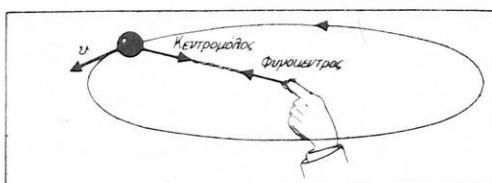
§ 34. Σχέσις μεταξὺ γωνιακῆς ταχύτητος ω καὶ συχνότητος v . Απὸ τὸν τύπον $v = \omega \cdot r$ ἔχομεν δτὶ $\omega = v/r$. Εξ ἄλλου ὅμως εἰναι :

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

“Ωστε :

$$\omega = 2\pi \cdot v$$

§ 35. Κεντρομόλος δύναμις καὶ φυγόκεντρος ἀντίδρασις. Συμφώνως πρὸς τὸ ἀξίωμα τῆς ἀδρανείας ὅταν ἐπὶ ένδος σώματος δὲν ἀσκῆται οὐδεμία δύναμις, τὸ σῶμα ίσορροπεῖ ἢ κινεῖται εὐθυγράμμως καὶ όμαλῶς. Επομένως δτὰν ἔνα σῶμα ἔκτελῇ κυκλικήν κίνησιν, πρέπει νὰ ἐνεργῇ ἐπ’ αὐτοῦ μία δύναμις, ἡ ὁποία νὰ τὸ ἀναγκάζῃ νὰ κινῆται κυκλικῶς καὶ νὰ τὸ διευθύνῃ πρὸς τὸ κέντρον τῆς περιφερείας, τὴν ὁποίαν διαγράφει τὸ σῶμα.



Σχ. 26. ‘Η κεντρομόλος δύναμις περιστρέφει τὸν λίθον, ὁ ὁποῖος ἀντιδρᾷ μὲ τὴν φυγόκεντρον δύναμιν, ἀντίθετον πρὸς τὴν κεντρομόλον. ‘Οταν θραυσθῇ τὸ νῆμα, ὁ λίθος κινεῖται ἀκολουθῶν τὴν ἐφαπτομένην τῆς τροχιᾶς.

Πείραμα. Προσδένομεν εἰς τὸ ἄκρον ένδος σπάγγου ἔνα λίθον καὶ, κρατοῦντες τὸ ἄλλον ἄκρον μὲ τὴν χειρὰ μας, δίδομεν εἰς τὸν λίθον κυκλικὴν κίνησιν, περιστρέφοντες αὐτὸν ἐπὶ ὄριζοντίου ἐπιπέδου (σχ. 26, ἄνω). ‘Η δύ-

ναμις, ήτις ἔξαναγκάζει τὸν λίθον εἰς περιστροφήν, 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 δποίαν διαγράφει ὁ λίθος.

Ἡ δύναμις αὕτη ὀνομάζεται κεντρομόλος δύναμις. Ὡστε :

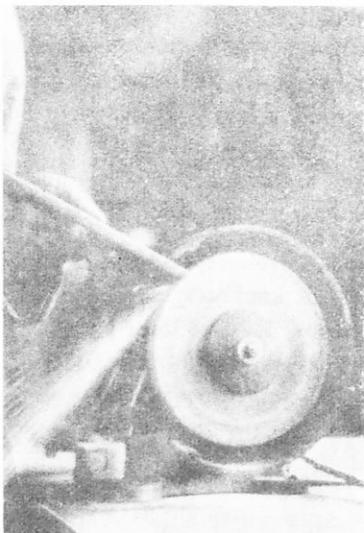
Κεντρομόλος δύναμις ὀνομάζεται ἡ δύναμις ἡ ὅποια ἔξαναγκάζει ἔνα σῶμα νὰ κινηθῇ ἐπὶ κυκλικῆς τροχιᾶς. Ἡ δύναμις αὕτη ἔχει, εἰς ἑκάστην χρονικὴν στιγμήν, διεύθυνσιν τὴν ἀκτίνα καὶ φοράν πρὸς τὸ κέντρον τῆς κυκλικῆς τροχιᾶς.

§ 36. Φυγόκεντρος ἀντίδρασις.

Κατὰ τὴν ἐκτέλεσιν τοῦ ἀνωτέρῳ πειράματος χρειάζεται νὰ καταβάλωμεν ἀρκετὴν προσπάθειαν, διὰ νὰ συγκρατήσωμεν τὸν λίθον ὁ ὅποιος τείνει ὀλονὲν νὰ ἐκτιναχθῇ. Αὐτὸ δοφείλεται εἰς τὸ γεγονός ὅτι ὁ λίθος, συμφώνως πρὸς τὸ ἀξίωμα δράσεως καὶ ἀντιδράσεως, προβάλλει εἰς τὴν κεντρομόλον δύναμιν ἀντίδρασιν ἵσου μέτρου καὶ ἀντιθέτου φορᾶς, ἡ ὅποια τείνει νὰ ἀπομακρύνῃ τὸν λίθον ἀπὸ τὸ κέντρον τῆς κυκλικῆς τροχιᾶς. Ἡ δύναμις αὕτη ὀνομάζεται φυγόκεντρος δύναμις.

Ἡ φυγόκεντρος δύναμις δὲν είναι δύναμις ἡ ὅποια ἀσκεῖται ἀπὸ ἔξωτερικά αὐτια εἰς τὸ σῶμα, ἀλλὰ δύναμις ἡ ὅποια, λόγω ἀδρανείας, ἀναπτύσσεται ἐπὶ τοῦ σώματος ἀπὸ αὐτὸ τὸ ἴδιον τὸ σῶμα. Δι’ αὐτὸ ἂν εἰς μίαν στιγμὴν θραυσθῇ ὁ σπάγγος, ἡ ἄν ήμεῖς παύσωμεν νὰ τὸν συγκρατῶμεν, ὁ λίθος συνεχίζει τὴν κίνησίν του, εὐθυγράμμως καὶ ὁμαλῶς, ἀκολουθῶν τὴν ἐφαπτομένην τῆς τροχιᾶς εἰς τὸ σημεῖον εἰς τὸ ὅποιον εύρισκετο ὅταν θεραύσθῃ ὁ σπάγγος (σχ. 26, κάτω).

Τὸ ἴδιον φαινόμενον παρατηροῦμεν ὅταν παρακολουθοῦμεν τοὺς



Σχ. 27. Οἱ σπινθῆρες κινοῦνται, λόγω ἀδρανείας, κατὰ τὴν ἐφαπτομένην τῆς τροχιᾶς τοῦ τροχοῦ, εἰς τὸ σημεῖον εἰς τὸ ὅποιον παράγονται.

σπινθήρας, τοὺς δόποίους προκαλεῖ ὁ σμυριδοτροχὸς (σχ. 27).

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συμπεραίνομεν δτι, ἀπὸ τὴν στιγμὴν κατὰ τὴν δόποίαν παύει νὰ ὑφίσταται ἡ κεντρομόλος, ἐξαφανίζεται καὶ ἡ φυγόκεντρος δύναμις. Ἡ ἀδράνεια ὅμως ὑποχρεώνει τὸ σῶμα νὰ συνεχίσῃ εὐθυγράμμως καὶ ὀμαλῶς τὴν κίνησίν του, μὲ τὴν ταχύτητα τὴν δόποίαν εἰχεν ἀποκτήσει τὴν στιγμὴν κατὰ τὴν δόποίαν ἔπαυσε νὰ ἐνεργῇ ἐπ' αὐτοῦ ἡ κεντρομόλος δύναμις. "Ωστε :

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

§ 37. Μέτρον τῆς κεντρομόλου καὶ τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως. Ἐὰν ἔνα σῶμα, μᾶζης m , κινηται διαγράφον κυκλικὴν τροχιάν, ἀκτίνος r , μὲ σταθεροῦ μέτρου γραμμικὴν ταχύτητα v , τότε, ὅπως ἀποδεικνύεται, τὸ μέτρον τῆς κεντρομόλου δυνάμεως F_{xev} , δίδεται ἀπὸ τὸν τύπον :

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

Ἐπειδὴ ὅμως ἡ φυγόκεντρος $F_{φυγ}$ καὶ ἡ κεντρομόλος δύναμις F_{xev} ἔχουν ἵσα μέτρα, θὰ ἔχωμεν :

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

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

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

"Οταν δηλαδὴ ἡ μᾶζα τοῦ στρεφομένου σώματος γίνη διπλασία, τριπλασία κ.λπ., ἐνῷ συγχρόνως παραμένουν σταθεραὶ ἡ γραμμικὴ ταχύτης καὶ ἡ ἀκτὶς περιστροφῆς, τότε καὶ ἡ κεντρομόλος δύναμις διπλασιάζεται, τριπλασιάζεται κ.λπ.

β) Ή κεντρομόλος δύναμις είναι άνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς γραμμικῆς ταχύτητος, ὅταν ἡ μᾶζα τοῦ σώματος καὶ ἡ ἀκτὶς περιστροφῆς παραμένουν σταθεραῖ.

“Οταν δηλαδὴ διπλασιασθῇ, τριπλασιασθῇ κ.λπ. ἡ γραμμικὴ ταχύτης τοῦ σώματος, ἐνῷ ἡ ἀκτὶς περιστροφῆς παραμείνει ἡ ἴδια, ἡ κεντρομόλος δύναμις τετραπλασιάζεται, ἐννεαπλασιάζεται κ.λπ.

γ) Ή κεντρομόλος δύναμις είναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὴν ἀκτῖνα, ὅταν ἡ μᾶζα τοῦ σώματος καὶ ἡ γραμμικὴ ταχύτης αὐτοῦ διατηροῦνται σταθεραῖ.

“Οταν δηλαδὴ ἔνα σῶμα ἐκτελῇ ὁμαλὴν κυκλικὴν κίνησιν καὶ ἐνῷ διατηρῇ σταθερὰν τὴν γραμμικὴν του ταχύτητα διπλασιάστη, τριπλασιάστη κ.λπ. τὴν ἀκτῖνα περιστροφῆς του, ἡ κεντρομόλος δύναμις γίνεται ἵση μὲ τὸ ἔνα δεύτερον, τὸ ἔνα τρίτον κλπ. τῆς ἀρχικῆς τιμῆς της.

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

‘Εστω Τ ἡ περίοδος. Ἐπειδὴ τὸ κινητὸν ἐντὸς χρόνου Τ διαγράφει περιφέρειαν $2\pi r$ μὲ ἴσοταχῇ κίνησιν, θὰ ἔχῃ ταχύτητα :

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

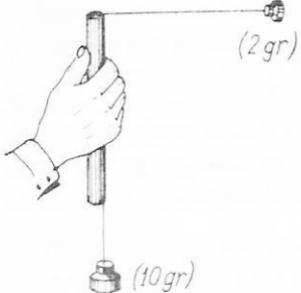
ἐπειδὴ δὲ $v^2 = \frac{4\pi^2 \cdot r^2}{T^2}$ ὁ τύπος (1) τῆς § 37 θὰ λάβῃ τὴν μορφήν :

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

Ἐπομένως :

δ) Ή κεντρομόλος δύναμις είναι άνάλογος πρὸς τὴν ἀκτῖνα περιστροφῆς, ὅταν ἡ περίοδος διατηρῆται σταθερά.

“Οταν δηλαδὴ διατηρῆται σταθερὰ ἡ περίοδος ἐνῷ στρεφομένου σώματος καὶ διπλασιασθῇ, τριπλασιασθῇ κ.λπ. ἡ ἀκτὶς περιστροφῆς, τότε διπλασιάζεται, τριπλασιάζεται κ.λπ. καὶ ἡ κεντρομόλος δύναμις, ἡ ὅποια ἀναπτύσσεται εἰς τὸ σῶμα.



Σχ. 28. Πείραμα διὰ τὴν ἐπαλήθευσιν τῶν νόμων τῆς κεντρομόλου δυνάμεως.

Συμφώνως πρὸς τὸν νόμον αὐτὸν, ἔνα σῶμα τὸ ὅποιον εὑρίσκεται εἰς τὸν Ἰσημερινὸν τῆς Γῆς, ὑπόκειται εἰς μεγαλυτέραν φυγόκεντρον δύναμιν ἀπὸ ἔνα σῶμα τῆς ίδιας μάζης, τὸ ὅποιον εὑρίσκεται εἰς ἄλλην περιοχὴν τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς. Καὶ τὰ δύο σώματα διαγράφουν κυκλικὰς τροχιὰς μὲ τὴν ίδιαν περιόδον, ἡ ὁποίᾳ ἰσοῦται πρὸς τὴν περιόδον περιστροφῆς τῆς Γῆς περὶ τὸν ἄξονά της, δηλαδὴ ἵσην πρὸς 24 ὥρας, ἡ κυκλικὴ τροχιὰ δύμως τοῦ σώματος τὸ ὅποιον εὑρίσκεται εἰς τὸν Ἰσημερινὸν ἔχει μεγαλυτέραν ἀκτῖνα.

Σημείωσις. Οἱ νόμοι τῆς κεντρομόλου δυνάμεως ἴσχυουν 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 μὲ τὸ ἀκόλουθον πείραμα (σχ. 28).

Εἰς τὰ ἄκρα ἐνὸς νήματος, τὸ ὅποιον δλισθαίνει ἐντὸς ἐνὸς ὑαλίνου σωλῆνος, μήκους 25 cm περίπου, προσδένομεν δύο σταθμὰ μὲ μάζας $m_1 = 2 \text{ gr}$ καὶ $m_2 = 10 \text{ gr}$. Κατόπιν ἐκτινάσσομεν τὴν μᾶζαν m_1 καὶ τὴν περιστρέφομεν μὲ τυχοῦσαν, ἀλλὰ σταθεράν περίοδον T , περὶ τὸν ὑαλίνον σωλῆνα, τὸν ὅποιον διατηροῦμεν εἰς κατακόρυφον θέσιν. Τὸ βάρος B τῆς μάζης m ἐνεργεῖ ὡς κεντρομόλος δύναμις $F_{\text{κεν}}$ τῆς περιστροφικῆς κινήσεως τῆς μάζης m . Τὸ νῆμα καταμερίζεται οὕτως, ὥστε ἡ ἀπόστασις τῆς μάζης m ἀπὸ τὸν σωλῆνα νὰ ἔχῃ μῆκος r , εἰς τρόπον ὥστε νὰ ἴσχυῃ ἡ σχέσις :

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

§ 40. Φαινόμενα καὶ ἐφαρμογαὶ τῆς κεντρομόλου δυνάμεως. a) Οἱ ἵππεῖς, οἱ ποδηλάται καὶ οἱ δρομεῖς, εἰς τὰς στροφὰς τῶν δρόμων, κλίνουν τὸ σῶμα πρὸς τὸ κέντρον τῆς κυκλικῆς τροχιᾶς των, διὰ νὰ μὴ ἀνατραποῦν ἐξ αἰτίας τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως, ἡ ὁποίᾳ ἀναπτύσσεται εἰς τὸ σῶμα των.

β) Εἰς τὰς στροφάς τῶν σιδηροδρομικῶν γραμμῶν ἡ ἔξωτερική γραμμὴ τοποθετεῖται ύψηλότερον ἀπὸ τὴν ἐσωτερικὴν καὶ ὅχι εἰς τὸ ἴδιον ὄριζόντιον ἐπίπεδον, διὰ νὰ ἔξουδετερώνεται ἡ φυγόκεντρος δύναμις μὲ τὴν κλίσιν τῆς ἀτμομηχανῆς καὶ τῶν βαγονίων πρὸς τὸ ἐσωτερικὸν τῆς κυκλικῆς τροχιᾶς. Διὰ τὸν ἴδιον λόγον οἱ ὀδηγοὶ τῶν σιδηροδρομικῶν συρμῶν μετριάζουν εἰς τὰς καμπάς τὴν ταχύτητα, ἐλαττώνοντες οὕτω καὶ πάλιν τὴν φυγόκεντρον δύναμιν. Μὲ τὰ μέτρα αὐτὰ ἀποσοβεῖται ὁ ἐκτροχιασμὸς τῆς ἀμάξοστοιχίας.

Ανάλογα μέτρα λαμβάνονται καὶ εἰς τὰς καμπάς τῶν αὐτοκινητόδρομων (σχ. 29).

γ) Ἐξ αἰτίας τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως οἱ τροχοὶ τῶν διαφόρων μεταφορικῶν μέσων ἐκτινάσσουν τὴν λάσπην, ἡ ὁποία προσκολλᾶται ἐπ’ αὐτῶν.

δ) Ἡ Γῇ εἶναι ἔξωγκωμένη εἰς τὸν Ἰσημερινόν, ὅπου ἡ φυγόκεντρος δύναμις ἡ ὁποία ἀναπτύσσεται λόγῳ τῆς ἡμερησίας περιστροφῆς τοῦ πλανήτου μας, περὶ τὸν ἄξονά του —εἶναι μεγαλυτέρα, καὶ συμπεπιεσμένη εἰς τοὺς Πόλους.

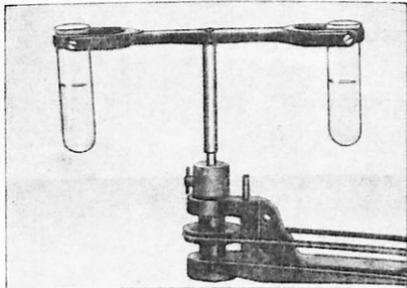
ε) Πολλὰς καὶ διαφόρους ἐφαρμογάς εὑρίσκει ἡ φυγόκεντρος δύναμις εἰς τὸν καθημερινὸν βίον καὶ εἰς τὴν βιομηχανίαν. Αἱ φυγοκεντρικαὶ ἀντλίαι εἶναι μία ἀπὸ τὰς περισσότερον συνηθισμένας καὶ σπουδαίας ἐφαρμογάς της, δῆπος ἐπίσης καὶ οἱ φυγοκεντρικοὶ διαχωριστῆρες, οἱ ὅποιοι χρησιμεύουν εἰς τὸν διαχωρισμὸν ἀναμεμιγμένων ὑγρῶν μὲ διαφορετικὰ εἰδικὰ βάρη, καθὼς ἐπίσης καὶ εἰς τὸν διαχωρισμὸν ὑγρῶν μειγμάτων, τὰ ὅποια περιέχουν καὶ στερεά συστατικά.

Τὸ ὑγρὸν μεῖγμα τοποθετεῖται ἐντὸς τοῦ διαχωριστήρος καὶ κατόπιν ἡ μηχανὴ ἀρχίζει νὰ περιστρέφεται. Τὰ συστατικὰ 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. 29. Οἱ αὐτοκινητόδρομοι κατασκευάζονται μὲ ἀνυψώσεις εἰς τὰς καμπάς, ὥστε τὰ ὄχηματα νὰ κλίνουν πρὸς τὸ ἐσωτερικὸν τῆς καμπύλης τροχιᾶς.



Σχ. 30. Φυγοκεντρικός διαχωριστής.

τὴν μούργαν ἀπὸ τὸ ἐλαιόλαδον κ.λπ. Φυγοκεντρικαὶ μηχαναὶ χρησιμοποιοῦνται εἰς τὰ ξηραντήρια τῶν ὑφασμάτων. Τὰ ὑφάσματα τοποθετοῦνται εἰς κατάληλα δοχεῖα, τὰ ὅποια περιστρέφονται κατόπιν μὲν μεγάλην ταχύτητα, ὅποτε τὸ ὕδωρ ἐκτινάσσεται ἀπὸ τὰς δύος δοχείων καὶ οὕτω στεγνώνουν καὶ ξηραίνονται τὰ ὑφάσματα.

Αριθμητική ἐφαρμογή. Ένα σῶμα μάζης 100 gr, προσδένεται εἰς μίαν ἄκρην ἐνὸς νήματος, μῆκους 1 m, καὶ ἐκτελεῖ ὁμαλὴν περιστροφικὴν κίνησιν ἐπὶ δριζοντίου ἐπιπέδου, διαγράφον πέντε περιστροφάς ἐντὸς 5 sec. Υπολογίσατε τὴν τάσιν τοῦ νήματος ($\pi^2 = 10$).

Λύσις: Ή τάσις F τοῦ νήματος είναι ίση μὲ τὴν φυγόκεντρον δύναμιν $F_{\text{φυγ}}$ τῆς περιστροφικῆς κινήσεως. Επομένως θά είναι:

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

'Αντικαθιστῶντες εἰς τύπον τὸν αὐτὸν τὰ δεδομένα τοῦ προβλήματος, εἰς τὸ Σύστημα M.K.S., δηλαδό: $m = 100 \text{ gr} = 0,1 \text{ kg}$, $r = 1 \text{ m}$, $T = 1 \text{ sec}$, διότι ἐφ' ὅσον ἐκτελεῖ 5 στροφάς ἐντὸς 5 sec, διά μίαν στροφὴν χρειάζεται 1 sec, (ἀλλά ὁ χρόνος μιᾶς περιστροφῆς ίσοῦται μὲ τὴν περίοδον), καὶ $\pi^2 = 10$, λαμβάνομεν:

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

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Η κυκλικὴ κίνησις είναι περίπτωσις καμπυλογράμμου κινήσεως. Ιδιαίτερον ἐνδιαφέρον παρουσιάζει η ὁμαλὴ κυκλικὴ κίνησις, κατὰ τὴν ὅποιαν τὸ κινητὸν διανύει εἰς ίσους χρόνους ίσα τόξα τῆς κυκλικῆς τροχιᾶς του. Η ὁμαλὴ κυκλικὴ κίνησις είναι λοιπὸν περιοδικὸν φαινόμενον, εἰς τὸ ὅποιον διακρίνομεν περίοδον καὶ συχνότητα.

2. Γραμμικὴν ταχύτηταν μιᾶς ὁμαλῆς κυκλικῆς κινήσεως δονομάζομεν τὸ μῆκος τοῦ τόξου, τὸ ὅποιον διανύει τὸ κινητὸν

εις τὴν μονάδα τοῦ χρόνου. Ἡ γραμμικὴ ταχύτης μετρεῖται εἰς m/sec ή cm/sec ή km/h κ.λπ.

3. Γωνιακὴ ταχύτης ω μιᾶς όμαλῆς κυκλικῆς κινήσεως δονομάζεται ή γωνία τὴν ὅποιαν διαγράφει εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου μία ἀκτὶς τοῦ κύκλου, ή ὅποια παρακολουθεῖ τὸ κινητὸν εἰς τὴν κίνησίν του. Ἡ γωνιακὴ ταχύτης μετρεῖται εἰς μοίρας ἀνὰ δευτερόλεπτον ή ἀκτίνια ἀνὰ δευτερόλεπτον.

4. Ἡ γραμμικὴ ταχύτης υ, ή γωνιακὴ ταχύτης ω καὶ ή ἀκτὶς τῆς κυκλικῆς τροχιᾶς συνδέονται μὲ τὴν σχέσιν : $v = \omega \cdot r$.

5. Ένα σῶμα κινεῖται καὶ ἀκολουθεῖ κυκλικὴν τροχιὰν ὑπὸ τὴν δρᾶσιν μιᾶς δυνάμεως ή ὅποια διευθύνεται σταθερῶς πρὸς τὸ κέντρον τῆς κυκλικῆς τροχιᾶς 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 τροχιᾶς.

7. Ἐπὶ ἐνὸς σώματος μὲ μᾶζαν π, τὸ ὄποιον κινεῖται όμαλῶς ἐπὶ κυκλικῆς τροχιᾶς μὲ ἀκτίνα r καὶ ἔχει γραμμικὴν ταχύτητα υ, ἐνεργεῖ κεντρομόλος δύναμις F_{kev} , τὸ δὲ σῶμα ἀντιδρᾶ μὲ φυγόκεντρον δύναμιν F_{phy} ἐνῷ διὰ τὰ μέτρα τῶν δυνάμεων ἰσχύει ή σχέσις :

$$F_{kev} = F_{phy} = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

8. Ἀπὸ τὸν ἀνωτέρῳ τύπον ἔξαγονται οἱ νόμοι τῆς κεντρομόλου (φυγοκέντρου) δυνάμεως, οἱ ὄποιοι ἐκφράζουν ὅτι ή κεντρομόλος (φυγόκεντρος) δύναμις εἶναι : α) ἀνάλογος πρὸς τὴν μᾶζαν τοῦ κινητοῦ, ὅταν η γραμμικὴ ταχύτης καὶ η ἀκτὶς περιφορᾶς παραμένουν σταθεραί, β) ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς γραμμικῆς ταχύτητος, ὅταν η μᾶζα τοῦ σώματος καὶ η ἀκτὶς περιφορᾶς παραμένουν σταθεραί, γ) ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὴν ἀκτίνα περιφορᾶς, ὅταν η μᾶζα καὶ η γραμμικὴ ταχύτης παραμένουν σταθεραί.

9. Ο τύπος τῆς κεντρομόλου (φυγοκέντρου) δυνάμεως, ἀν ἀντικαταστήσωμεν τὸ v μὲ τὸ θ τοῦ $2\pi/\Gamma$ γίνεται :

$$F_{KEV} = F_{\phi V \gamma} = \frac{4\pi^2 \cdot m \cdot r}{T^2}$$

10. Η σχέσις αυτη έκφραζει τὸν τέταρτον νόμον, συμφώνως πρὸς τὸν ὁποῖον ἡ κεντρομόλος (φυγόκεντρος) δύναμις εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἀκτίνα περιφορᾶς, ὅταν διατηρηται σταθερὰ ἡ περίοδος.

11. Πολλὰ φαινόμενα ὀφεῖλονται εἰς τὴν κεντρομόλον δύναμιν, ὅπως ἡ ἐκτίναξις τῆς λάσπης ἀπὸ τοὺς τροχοὺς τῶν αὐτοκινήτων, ἡ ἐξόγκωσις τῆς Γῆς εἰς τὸν Ἰσημερινόν, ἡ κλίσις τῶν δρομέων, ἵππεων, ποδηλατιστῶν κ.λπ. πρὸς τὸ κοῦλον τῆς καμπῆς. Διὰ νὰ ἔξουδετερωθῇ ἡ φυγόκεντρος δύναμις εἰς τὰς στροφὰς τῶν σιδηροδρομικῶν γραμμῶν, κατασκευάζεται ὑψηλοτέρα ἡ ἔξωτερικὴ γραμμή.

12. Η φυγόκεντρος δύναμος εὑρίσκει καὶ βιομηχανικὰς ἐφαρμογάς, ὅπως εἶναι αἱ φυγοκεντρικαὶ ἀντλίαι, οἱ φυγοκεντρικοὶ διαχωριστῆρες, οἱ φυγοκεντρικοὶ ξηραντῆρες κ.λπ.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

33. Πόση εἶναι ἡ συγρότης ἐνὸς τροχοῦ διαμέτρου 150 mm, ὅταν ἡ γραμμικὴ ταχύτης τῶν σημείων τῆς περιφερείας τον εἶναι 35 m/sec. (Απ. 4.459 στρ/min.)

34. Πόση εἶναι ἡ μέση γραμμικὴ ταχύτης τῆς Γῆς κατὰ τὴν κίνησίν της περὶ τὸν "Ηλιον, ἀν ἡ τροχιά τῆς θεωρηθῇ κύκλος μὲ ἀκτίνᾳ 15 · 10⁷ km, ἡ δὲ περίοδος τῆς κινήσεως ληφθῇ ἵση μὲ 365,25 μέσας ἡμιακάς ἡμέρας. (Απ. 30 km/sec.)

35. "Ενας τροχὸς ἐκτελεῖ 96 στρ/min. α) Πόση εἶναι ἡ γραμμικὴ ταχύτης τοῦ τροχοῦ. β) Ἐάν ἡ γραμμικὴ ταχύτης τῶν σημείων τῆς περιφερείας τον εἶναι 25 m/min, πόση εἶναι ἡ διάμετρος τοῦ τροχοῦ. (Απ. α' 603,28 cm/min. β' 0,0828 m.)

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

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

38. Πόση κεντρομόλος δύναμις πρέπει νὰ ἀσκηθῇ ἐπὶ ἐνὸς αὐτοκινήτου βάρους 1 200 kp διὰ νὰ διέλθῃ μίαν καμπήν ἐνὸς δρόμου, ἀκτίνος 40 m, μὲ ταχύτητα 24 km/h. (Απ. 137 kp περίπον.)

39. Αντοκίνητον, μὲ μᾶζαν 2 τόννων, κινεῖται ἐπὶ μᾶς καμπῆς, ἀκτῖνος 200 m. Πόση πολέμηται νὰ εἶναι τὸ πολὺ ἡ γραμμικὴ ταχύτης τοῦ ὄχηματος, διὰ νὰ μὴ ὑπερβῇ ἡ φυγόκεντρος δύναμις τὴν τιμὴν τῶν 49 kp.

(Απ. $25,2 \text{ km/h} = 7,07 \text{ m/sec}$ περίπτων.)

40. Σῶμα μᾶζης 50 gr ἐκτελεῖ ὅμαλὴν κινήσιν, ἀκτῖνος 40 cm, μὲ συντότητα 3 000 στροφῶν ἀνὰ λεπτόν. Πόση εἶναι ἡ φυγόκεντρος δύναμις ἡ ὥστα ἀναπτύσσεται εἰς τὸ σῶμα καὶ πόσας φοράς εἶναι μεγαλύτερα ἀπὸ τὸ βάρος τοῦ σώματος.

(Απ. α' 200 kp. β' 4 000 φοράς.)

ΣΤΡΑΓΚΟΣΜΙΟΣ ΕΛΕΙΣ

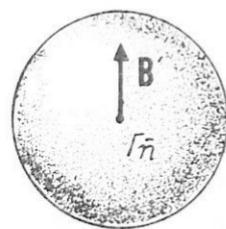
§ 41. Νόμος τῆς παγκοσμίου ἔλξεως. Ή γηνῆ βαρύτης τὸ φαινόμενον δηλαδὴ κατὰ τὸ ὥστον ἡ Γῆ ἔλκει πρὸς τὸ κέντρον τῆς τὰ διάφορα σώματα, τὰ ὥσπεια εὑρίσκονται πλησίον τῆς ἐπιφανείας της, ἀποτελεῖ μίαν μερικὴν περίπτωσιν ἐνὸς πολὺ γενικωτέρου φαινομένου.

Πράγματι δὴ τὰ σώματα τοῦ Σύμπαντος ἔλκονται ἀμοιβαίως (σχ. 31). Οὕτως ἡ Γῆ ἔλκει τὴν Σελήνην καὶ ἀντιστρόφως ἡ Σελήνη ἔλκει τὴν Γῆν. Ο "Ηλιος ἔλκει τὴν Γῆν καὶ ἀντιστρόφως ἡ Γῆ ἔλκει τὸν "Ηλιον καὶ γενικῶς δὴ τὰ οὐράνια σώματα, δηλαδὴ τὰ ἀστρα, ἔλκονται ἀμοιβαίως.

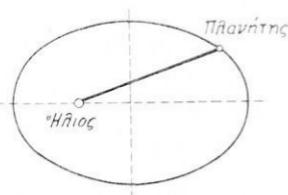
Τὸ γενικὸν φαινόμενον τῆς ἀμοιβαίας ἔλξεως τῶν οὐρανίων σωμάτων ὀνομάζεται παγκόσμιος ἔλξις.

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

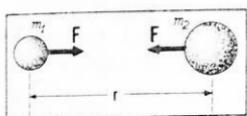
Αἱ τροχιαὶ αὗται ὁμοιάζουν μὲ διλιγότερον ἢ περισσότερον συμπειεσμένους κύκλους, οἵτινες ὀνομάζονται ἔλλειψεις (σχ. 32). Η ἔλξις τοῦ κεντρικοῦ ἀστρου, περὶ τὸ ὥστον περι-



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



Σχ. 32. Αἱ τροχιαὶ τῶν πλανητῶν περὶ τὸν "Ηλιον, εἶναι ἔλλειψεις.



Σχ. 33. Μεταξύ δύο μαζών m_1 και m_2 αἱ ὄποιαι αἱ πράξεις ἀπόστασιν r , ἀναπτύσσονται ἐλκτικαὶ δυνάμεις.

φέρεται μία ὁμάς ἀπὸ μικρότερα, ἐνεργεῖ ὡς κεντρομόλος δύναμις τῆς κινήσεως. Τὴν ἴδεαν τῆς παγκοσμίου ἔλξεως συνέλαβε πρῶτος ὁ Νεύτων καὶ διετύπωσε μαθηματικῶς τὸ μέτρον F τῆς ἐλκτικῆς δύναμεως, ἡ ὅποια ἀναπτύσσεται μεταξύ δύο σωμάτων μὲν μάζας m_1 καὶ m_2 , τὰ ὄποια εὑρίσκονται εἰς ἀπόστασιν r μεταξύ τῶν (σχ. 33).

‘Ο νόμος τῆς παγκοσμίου ἔλξεως ἐκφράζει ὅτι :

‘Η ἐλκτικὴ δύναμις F , ἡ ὄποια ἀναπτύσσεται μεταξὺ δύο μαζῶν m_1 καὶ m_2 , αἱ ὄποιαι εὑρίσκονται εἰς ἀπόστασιν r , εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ γινόμενον τῶν μαζῶν καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἀποστάσεώς των.

Μαθηματικῶς ὁ νόμος περιέχεται εἰς τὴν σχέσιν :

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

ὅπου τὸ k εἶναι μία σταθερὰ ποσότης. ‘Οταν αἱ μᾶζαι ἐκφράζωνται εἰς χιλιόγραμμα καὶ ἡ ἀπόστασις εἰς μέτρα, ἡ k ἔχει τιμὴν $k=6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kg} \cdot \text{sec}^2$ καὶ ἡ δύναμις F ὑπολογίζεται εἰς Νιοῦτον (N).

§ 42. Κίνησις τῶν πλανητῶν. ‘Ο ἔναστρος οὐρανός. ‘Αν ρίψωμεν ἔνα προσεκτικὸν βλέμμα εἰς τὸν νυκτερινὸν οὐρανόν, παρατηροῦμεν ἔναν μεγάλον ἀριθμὸν ἀστρών, τὰ ὄποια δυνάμεθα νὰ ἴδωμεν μὲν γυμνὸν δοφθαλμὸν καὶ τὰ ὄποια κατατάσσομεν εἰς δύο μεγάλας κατηγορίας.

Εἰς τὴν πρώτην κατηγορίαν ἀνήκουν οἱ ἀπλανεῖς ἀστέρες, ἡ συντριπτικὴ πλειονότης τῶν οὐρανίων σωμάτων. Είναι ἀστρα τὰ ὄποια εὑρίσκονται εἰς τεραστίας ἀποστάσεις ἀπὸ τὴν Γῆν μας, τόσον μεγάλας ὥστε τὸ φῶς των χρειάζεται ἔτη διὰ νὰ φθάσῃ μέχρι τοῦ πλανήτου μας. Είναι ὅπως ὁ ‘Ηλιος μας, καὶ ὅταν τὰ παρατηροῦμεν μαρμαίρουν, παρουσιάζουν, ὅπως λέγομεν, στίλβην. ‘Η δύναμις τοὺς δοφείλεται εἰς τὸ γεγονός ὅτι τὰ ἀστρα αὐτὰ διατηροῦν σταθεράς, δι’ ἓνα γήινον παρατηρητήν, ἀποστάσεις ἐντὸς τοῦ χρονικοῦ διαστήματος.

τος μιᾶς ἀνθρωπίνης ζωῆς. Ἐπομένως δὲν πλανῶνται, δὲν μετακινοῦνται δηλαδὴ ἐπὶ τοῦ οὐρανίου θόλου. Παρακολουθοῦν τὴν φαινομενικὴν κίνησιν τῆς οὐρανίου σφαίρας, ώς ἐάν ήσαν προσκεκολλημένα εἰς τὸ ἐσωτερικόν της.

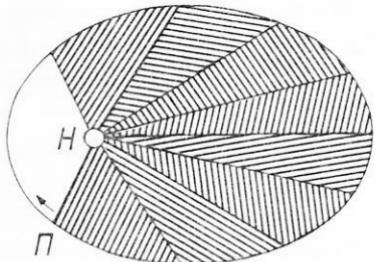
Ἡ ἡμερησία κίνησις τῆς οὐρανίου σφαίρας εἶναι φαινομενική, φαίνεται δηλαδὴ εἰς ήμας ὅτι ἐκτελεῖται κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον καὶ ὁφείλεται εἰς τὴν περιστροφὴν τῆς Γῆς περὶ τὸν ἄξονά της. Ἐδῶ συνεπῶς συμβαίνει ἔνα φαινόμενον, ἀνάλογον μ' ἐκεῖνος τὸ ὄποιον παρατηροῦμεν, δύταν τρέχωμεν μὲν ἔνα ταχὺ αὐτοκίνητον εἰς μίαν ἀναπεπταμένην πεδιάδα. Ἐνῷ ἡμεῖς διερχόμεθα τρέχοντες πρὸ τῶν διαφόρων δένδρων καὶ οἰκιδῶν, ἄτινα εύρισκονται παρὰ τὴν δόδον, μᾶς δημιουργεῖται ἡ ἐντύπωσις ὅτι τὰ δένδρα καὶ αἱ οἰκίαι κινοῦνται ταχύτατα πρὸς τὸ μέρδος μας.

Εἰς τὴν δευτέραν κατηγορίαν ἀνήκουν οἱ πλανῆται. Αὗτοι ἀποτελοῦν τὴν συντριπτικὴν μειονότητα τῶν ἀστρών, ἐφ' ὅσον οἱ μεγάλοι εἶναι μόλις ἐννέα τὸν ἀριθμόν. Είναι ἀστέρες ἀνάλογοι πρὸς τὴν Γῆν μας, δὲν ἔχουν ἴδικόν των φῶς καὶ ἀντανακλοῦν τὸ φῶς τοῦ Ἡλίου. Δὲν διατηροῦν σταθεράς θέσεις, ἀλλὰ κινοῦνται, πλανῶνται, μεταξὺ τῶν ἀπλανῶν.

Κατὰ τὴν ἀρχαιότητα, ἐκτὸς ἀπὸ μερικὰς φωτεινὰς ἔξαιρέσεις, ὅπως π.χ. ὁ Ἀρίσταρχος ὁ Σάμιος (περὶ τὸ 250 π.Χ.), οἱ ἀνθρωποὶ ἐπίστευον ὅτι ἡ οὐράνιος σφαῖρα στρέφεται μὲν ὅλα τὰ ἀστρα περὶ τὴν Γῆν, ἡ ὅποια ἀποτελοῦσε, συμφώνως πρὸς τὰς ἀντιλήψεις των, τὸ κέντρον τοῦ Κόσμου. Ἡ διδασκαλία αὐτῇ λέγεται Γεωκεντρικὸν Σύστημα.

Ο 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 ἔνας πλανήτης, ὅστις περιστρέφεται, ὅπως καὶ οἱ ἄλλοι πλανῆται, περὶ τὸν Ἡλίον, τὸν ὄποιον ἐθεώρησεν ώς κέντρον τοῦ Σύμπαντος. Ἡ νέα διδασκαλία ὠνομάσθη **Κοπερνίκειον** ἢ **Ἡλιοκεντρικὸν Σύστημα**.

Τὴν διδασκαλίαν τοῦ Κοπερνίκου συνεπλήρωσεν ὁ Γερμανὸς ἀστρονόμος **Κέπλερος** (1571-1630), ὁ ὄποιος ἀνεκάλυψε καὶ τοὺς νόμους, συμφώνως πρὸς τοὺς ὄποιους ἐκτελεῖται ἡ κίνησις τῶν πλανητῶν περὶ τὸν Ἡλίον.



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

Οἱ νόμοι τοῦ Κεπλέρου εἰναι οἱ ἀκόλουθοι τρεῖς :

α) Οἱ πλανῆται περιστρέφονται περὶ τὸν "Ηλιον, διαγράφοντες ἐλλειπτικὰς τροχιάς.

· Αἱ ἐλλείψεις αὗται παρουσιάζουν μικρὰν διαφορὰν ἀπὸ τὸν κύκλον. "Ενεκα δημως τῶν ἐλλειπτικῶν τροχιῶν των αἱ ἀποστάσεις τῶν πλανητῶν ἀπὸ τὸν "Ηλιον δὲν διατηροῦνται σταθεραί.

β) Ἡ ἀκτὶς ἡ ὁποία συνδέει τὸν "Ηλιον καὶ τὸν πλανῆτην διαγράφει εἰς ἵσους χρόνους ἵσα ἐμβαδὰ (σχ. 34).

"Απὸ τὸν νόμον αὐτὸν συμπεραίνομεν ὅτι ἡ ταχύτης περιστροφῆς τοῦ πλανήτου δὲν εἶναι σταθερά. "Οταν εὑρίσκεται εἰς μεγαλυτέραν ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν "Ηλιον κινεῖται καὶ βραδύτερον.

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

Μὲ τὸν νόμον αὐτὸν δυνάμεθα νὰ ὑπόλογίσωμεν τὴν μέσην ἀπόστασιν ἐνὸς πλανήτου ἀπὸ τὸν "Ηλιον, ὅταν γνωρίζωμεν τὴν περίοδον τῆς περιφορᾶς του.

Άριθμητικὸν παράδειγμα. Ἡ περίοδος περιφορᾶς τοῦ πλανήτου "Αρεως εἶναι 687 γῆναι ἡμέραι. Πόση εἶναι ἡ μέση ἀπόστασίς του ἀπὸ τὸν "Ηλιον.
Ἄστις. Συμφώνως πρὸς τὸν τρίτον νόμον τοῦ Κεπλέρου θὰ ἔχωμεν:

$$\frac{(\text{περίοδος περιφορᾶς Γῆς})^2}{(\text{περίοδος περιφορ. } \text{"Αρεως})^2} = \frac{(\text{ἀκτὶς περιφ. Γῆς})^3}{(\text{ἀκτὶς περιφ. } \text{"Αρεως})^3}$$

'Αλλὰ εἶναι: περίοδος περιφορᾶς Γῆς = 365 ἡμέραι, περίοδος περιφορᾶς "Αρεως = 687 ἡμέραι, ἀκτὶς περιφορᾶς Γῆς = $150 \cdot 10^6$ km, ἀκτὶς περιφορᾶς "Αρεως = x. Ἐπομένως θὰ εἶναι:

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

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

Ὁ Ἡλιος εἶναι τὸ κεντρικὸν σῶμα μὲν μᾶζαν 800 φοράς περίπου μεγαλυτέραν ἀπὸ τὴν συνολικὴν μᾶζαν ὅλων τῶν ὑπολοίπων σωμάτων τοῦ συστήματος. Ἡ ἀκτὶς τῆς ἡλιακῆς σφαίρας ἰσοῦται πρὸς 109 γηῖνας ἀκτίνας, ἐνῶ ἡ ἀκτὶς τῆς περιφορᾶς τῆς Σελήνης περὶ τὴν Γῆν ἀνέρχεται εἰς 60 περίπου γηῖνας ἀκτίνας.

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

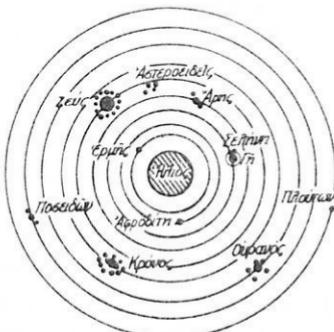
Οἱ ἐσωτερικοὶ πλανῆται κατὰ σειρὰν ἀποστάσεώς των ἀπὸ τὸν Ἡλιον εἶναι οἱ ἔξης: Ἐρμῆς, Ἀφροδίτη, Γῆ, Ἀρης.

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

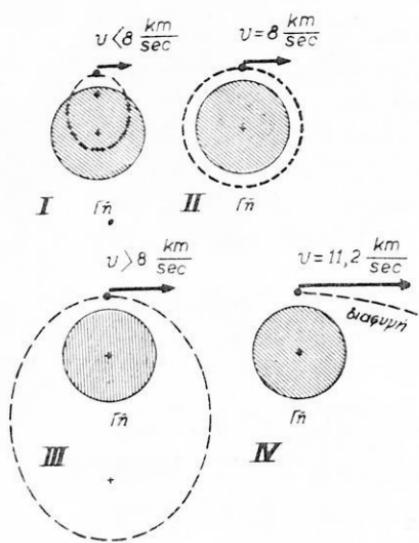
Οἱ ἔξωτερικοὶ πλανῆται εἶναι οἱ: Ζεύς, Κρόνος, Οὐρανός, Ποσειδῶν καὶ Πλούτων.

Οἱ κομῆται καὶ οἱ μετεωρῖται ἀνήκουν κατὰ ἕνα μέρος εἰς τὸ ἡλιακόν μας σύστημα. Αἱ τροχιαὶ τῶν περιοδικῶν κομητῶν, ἐκείνων δηλαδὴ οἱ ὄποιοι ἐμφανίζονται κατὰ ώρισμένα χρονικὰ διαστήματα, εἶναι πολὺ συμπεπιεσμέναι ἐλλείψεις.

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



Σχ. 35. Τὰ οὐράνια σώματα τὰ ὄποια ἀποτελοῦν τὸ ἡλιακόν μας σύστημα.



Σχ. 36. Τὸ εἶδος τῆς τροχιᾶς ἐνὸς σώματος, τὸ δόποιον βάλλεται ὁριζοντίως, ἔξαρταται ἀπὸ τὴν ἀρχικήν του ταχύτητα.

χύτης ἐκτοξεύσεως διὰ τὴν ὅποιαν τὸ σῶμα δὲν ἐπαναπίπτει ἐπὶ τῆς Γῆς. Ἡ ταχύτης αὕτη δονομάζεται ταχύτης διαφυγῆς καὶ εἶναι ἵση πρὸς 8 km/sec, ὅταν δὲν ὑπολογίζεται ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀέρος (σχ. 36). Ἀν λοιπὸν ἀπὸ ἕνα ἀρκούντως ὑψηλὸν σημεῖον ἐκσφενδίσωμεν ὁριζοντίως ἕνα σῶμα μὲν ταχύτητα 8 km/sec τὸ σῶμα αὐτὸ δὲν θὰ ἐπαναπέσῃ ἐπὶ τῆς Γῆς, ἀλλὰ θὰ στρέφεται περὶ τὴν Γῆν εἰς κυκλικὴν τροχιάν. Τὸ σῶμα τότε μεταβάλλεται εἰς τεχνητὸν δορυφόρον. Ἀν ἡ ταχύτης διαφυγῆς εἶναι μεγαλυτέρα ἀπὸ 8 km/sec, ἀλλὰ μικροτέρα ἀπὸ 11,2 km/sec, τὸ σῶμα διαγράφει ἐλλειπτικὴν τροχιάν. Τέλος τὸ σῶμα ἐκφεύγει ἀπὸ τὴν ἔλξιν τῆς Γῆς καὶ χάνεται εἰς τὸ Διάστημα, ὅταν ἡ ταχύτης διαφυγῆς ὑπερβῇ τὰ 11,2 km/sec (σχ. 36, IV).

Οἱ αἱώνιοι μας χαρακτηρίζεται ἀπὸ ἔντονον προσπάθειαν τοῦ ἀνθρώπου ὅπως εἰσχωρήσῃ εἰς τὰ μυστικὰ τῆς Φύσεως καὶ ἔξηγήσῃ ὅλα τὰ φυσικὰ φαινόμενα. "Ἐνας ἀπὸ τοὺς τρόπους μὲ τοὺς ὅποιους ἐκδηλώνεται ἡ προσπάθεια αὕτη εἶναι καὶ ἡ ἔξερεύνησις τοῦ Διαστήματος,

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

Ἄν κατὰ τὴν ἐκσφενδόνισιν καταβάλωμεν μεγαλυτέραν δύναμιν, τὸ σῶμα θὰ διανύσῃ μεγαλυτέραν ἀπόστασιν καὶ ἂν διαθέτωμεν μίαν βλητικὴν μηχανήν, τῆς ὥποιας εἶναι δυνατὸν νὰ αὐξάνωμεν τὴν ἴκανότητα ἐκτοξεύσεως, θὰ ἐπιτυγχάνωμεν ὄλονὲν καὶ μεγαλυτέρας ἀπόστασεις, μεταξὺ τοῦ σημείου βολῆς καὶ τοῦ σημείου προσκρούσεως, ἐπὶ τοῦ ἐδάφους.

Αὐξάνοντες τὴν ἴκανότητα ἐκτοξεύσεως προκαλοῦμεν αὐξησιν τῆς ταχύτητος ἐκτοξεύσεως. Ὑπάρχει δὲ μία τα-

ή όποια έπιτελεῖται μὲ τοὺς τεχνητούς δορυφόρους, διὰ τὴν ἐκτόξευσιν τῶν όποιων χρησιμοποῦνται εἰδικοὶ πύραυλοι.

Ἡ πρώτη σοβαρὰ προσπάθεια κατεσκευῆς πυραύλων ἔγινε κατὰ τὰ τέλη τοῦ Β' Παγκοσμίου Πολέμου, ὅταν οἱ Γερμανοὶ κατεσκεύασαν τὰς λεγομένας ίπταμένας βόμβας τύπου V - 2. Μετὰ τὸ τέλος τοῦ πολέμου οἱ πύραυλοι V - 2 ἔχρησιμοποιήθησαν διὰ καθαρῶς ἐπιστημονικούς σκοπούς, δὲν ἡσαν ὅμως εἰς θέσιν νὰ ἀναπτύξουν τὴν ταχύτητα διαφυγῆς καὶ νὰ ἀποδεσμευθοῦν ἀπὸ τὴν γηίνην ἔλξιν. Τὸ πρόβλημα ἐλύθη μίαν δεκαετίαν περίπου ἀργότερον, ὅταν Ἀμερικανοὶ καὶ Ρῶσσοι ἐπιστήμονες, ἐργαζόμενοι κεχωρισμένως, κατεσκεύασαν πολυωρόφους πυραύλους, ή ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τῶν όποιων εἶναι ἡ ἀκόλουθος.

Οταν ό πύραυλος, ἀφοῦ ἀνέλθῃ εἰς ἓνα ώρισμένον ὑψος, καταναλώσῃ τὰ καύσιμα τοῦ κατωτέρου ὁρόφου του, ἀποχωρίζεται τὸν ὄροφον αὐτὸν, ἐνῶ ταυτοχρόνως πυροδοτεῖται ὁ ἐπόμενος ὅροφος. Ἡ διαδικασία αὕτη συνεχίζεται μέχρις ὅτου χρησιμοποιηθοῦν ὅλοι οἱ ὅροφοι, ὅπότε ὁ πύραυλος ἔχει ἀνέλθη εἰς τὸ ἐπιθυμητὸν ὑψος.

Ο πολυώροφος πύραυλος ἔχει εἰς τὴν κορυφὴν του τὸν δορυφόρον, τὸν όποιον θέτει εἰς τροχιὰν περὶ τὴν Γῆν ὁ τελευταῖος ὅροφος. Κατὰ τὴν πυροδότησίν του ὁ ὅροφος αὐτὸς ἔχει τοιαύτην θέσιν, ὥστε νὰ ἐκτοξεύσῃ τὸν δορυφόρον παραλλήλως πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς Γῆς.

Οι τεχνητοὶ δορυφόροι εἶναι ἐφωδιασμένοι μὲ ἐπιστημονικὰ ὅργανα καὶ μεταδίδουν, μὲ τὴν βοήθειαν κωδικοποιημένων σημάτων, τὰ ἀποτελέσματα διαφόρων μετρήσεων.

Ο πρῶτος τεχνητὸς δορυφόρος ἔξαπελύθη ἀπὸ τοὺς Ρώσσους τὴν 4 Ὁκτωβρίου 1957 (Σποῦτνικ I). Ο ἀμέσως ἐπόμενος τεχνητὸς δορυφόρος ἦτο Ἀμερικανικὸς καὶ ἔξετοξεύθη τὴν 31 Ιανουαρίου 1958 ἀπὸ τὰς Ἡνωμένας Πολιτείας (Explorer I, Ἐξερευνητὴς I). Σήμερον πλέον ἐκτελοῦνται καὶ ἐπηνδρωμέναι πτήσεις, κατὰ τὴν διάρκειαν τῶν όποιων πραγματοποιοῦνται ἐκπληκτικὰ πειράματα, ὅπως τὸ βάδισμα εἰς τὸ Διάστημα, ή προσέγγισις τῶν διαστημοπλοίων, ή πτῆσις των εἰς τὰ σχηματισμὸν κ.λπ.

Οι τεχνητοὶ δορυφόροι προσφέρουν ἐξ ἄλλου μεγάλας ὑπηρεσίας εἰς τὴν Μετεωρολογίαν, διὰ τὴν πρόγνωσιν τοῦ καιροῦ, καὶ εἰς τὰς τηλεπικοινωνίας. ✓

1. Η γηίνη βαρύτης είναι μερική περίπτωσις ένός γενικού φαινομένου, τὸ ὅποιον δονομάζεται παγκόσμιος ἔλξις καὶ συμφώνως πρὸς τὸ ὅποιον τὰ οὐράνια σώματα ἔλκονται ἀμοιβαίως. Παρ' ὅλα αὐτά, τὰ ἄστρα δὲν ἀλληλοσυγκρούονται, διότι κινοῦνται κατὰ κλειστάς καμπύλας τροχιάς, αἵτινες ὁμοιάζουν μὲ συμπεπιεσμένους κύκλους καὶ δονομάζονται ἐλλείψεις, περὶ ἄλλα κεντρικὰ ἄστρα. Η ἔλξις τοῦ κεντρικοῦ ἄστρου ἐνεργεῖ ως κεντρομόλος δύναμις τοῦ περιστρεφομένου.

2. Συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τῆς παγκοσμίου ἔλξεως, τὸν ὅποιον ἀνεκάλυψεν ὁ Νεύτων, ἡ ἐλκτικὴ δύναμις F , ἥτις ἀναπτύσσεται μεταξὺ δύο σωμάτων μὲ μάζας m_1 καὶ m_2 , τὰ ὅποια εὑρίσκονται εἰς ἀπόστασιν r μεταξύ των, είναι 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 είναι μία σταθερὰ ποσότης, ἡ ὁποία δονομάζεται σταθερὰ τῆς παγκοσμίου ἔλξεως.

3. Τὰ ἄστρα τοῦ οὐρανοῦ είναι κυρίως ἀπλανεῖς καὶ πλανῆται. Οἱ ἀπλανεῖς, οἵτινες ἀποτελοῦν τὴν συντριπτικὴν πλειονότητα τῶν οὐρανίων σωμάτων, είναι ως ὁ "Ηλιος μας, ἀπέχουν τεραστίας ἀποστάσεις ἀπὸ τὴν Γῆν μας καὶ εἰς τὸ σύντομον διάστημα μᾶς ἀνθρωπίνης ζωῆς φαίνονται ως νὰ παραμένουν ἀκίνητοι ἐπὶ τῆς οὐρανίου σφαίρας. Οἱ πλανῆται ὅμως στρέφονται περὶ τὸν "Ηλιον καὶ οἱ μεγάλοι ἀπὸ αὐτοὺς είναι διοδοῦ 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. Ο Κοπέρνικος κατόπιν πολυετῶν μελετῶν καὶ παρατηρήσεων κατέληξεν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι κέντρον τοῦ Κόσμου είναι ὁ "Ηλιος, οἱ δὲ πλανῆται, ὥπως καὶ ἡ Γῆ, στρέφονται περὶ τὸν "Ηλιον. Τὴν θεωρίαν τοῦ Κοπερνίκου ἐτελειοποίησεν ὁ Κέπλερος, ὁ ὅποιος ἀνεκάλυψε καὶ τοὺς νόμους, συμφώνως πρὸς τοὺς ὅποιους ἐκτελεῖται ἡ κίνησις τῶν πλανητῶν περὶ τὸν

"Ηλιον. Σήμερον οἱ ἀστρονόμοι πιστεύουν ὅτι τὸ ἥλιακόν μας σύστημα εἶναι ἔνα ἀπὸ τὰ ἀπειράριθμα ἀνάλογα συστήματα τοῦ Σύμπαντος.

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

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

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

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

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

43. Ἐνα σῶμα ζηγίζει ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς 100 kp. α) Πόσον εἶναι τὸ βάρος τοῦ σώματος εἰς ὄφος $4\,000\text{ m.}$ β) Εἰς πόσον ὄφος τὸ βάρος τοῦ σώματος ἀνέρχεται εἰς $99,8\text{ kp.}$ ($\text{Η ἀκτὶς τῆς Γῆς νὰ ληφθῇ ἵση πρὸς } 6\,366 \text{ km.}$) ($\text{Απ. } \alpha' 99,937 \text{ kp. } \beta' 6\,300\text{m.}$)

ΝΖ—ΕΡΓΟΝ ΔΥΝΑΜΕΩΣ

§ 45. Γενικότητες. Ἐννοια τοῦ ἔργου. Ἡ Φυσικὴ εἰς πολλὰς περιπτώσεις δανείζεται, διὰ νὰ ἐκφράσῃ τὰς ἐννοίας της, λέξεις ἀπὸ τὴν καθημερινὴν ζωὴν, τὰς δροίας χρησιμοποιεῖ δῆμως μὲ στενωτέραν σημασίαν. Οὕτως η φυσικὴ ἐννοια τοῦ ἔργου δὲν συμπίπτει εἰς δῆλας τὰς περιπτώσεις μὲ ἐκείνην τῆς καθημερινῆς δημιλίας. Πράγματι ὁ πολὺς κόσμος ἐννοεῖ ἔργον τὸ ἀποτέλεσμα μιᾶς κοπιώδους καὶ κουραστικῆς ἐργασίας. Δι’ αὐτὸ ἄνευ ἑτέρου δὲ κοινὸς ἄνθρωπος θὰ χαρακτηρίσῃ ως ἔργον τὴν προσπάθειαν ἐνὸς ἀτόμου νὰ συγκρατήσῃ

δι' ἔνα χρονικὸν διάστημα ἔνα βάρος μὲ ἀκίνητον καὶ ὁριζοντίαν τὴν χεῖρα του. Ἀπὸ φυσικῆς ὅμως ἀπόψεως εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν δὲν ἐπραγματοποιήθη οὐδὲν ἔργον. Εἰς ἄλλας περιπτώσεις ὅμως ὑπάρχει ταύτισις τῶν δύο ἐννοιῶν.

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

Τὸ ᾖδιον συμβαίνει ὅταν ἔνας ἵππος σύρῃ μίαν ἄμαξαν ἢ ἔνας ἐργάτης μὲ τὴν βοήθειαν μιᾶς τροχαλίας ἀνυψώνη ἔνα φορτίον (σχ. 37).

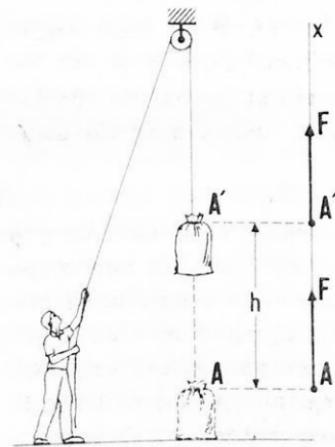
‘Ο ἵππος ἀσκεῖ, μέσω τῆς ζεύξεως, μίαν δύναμιν ἐπὶ τῆς ἀμάξης καὶ ὁ ἐργάτης διὰ νὰ ἀνυψώσῃ τὸ φορτίον ἀσκεῖ μίαν δύναμιν ἐπὶ τοῦ σχοινίου, ἡ ὁποία μεταβιβάζεται εἰς τὸ ἀνυψούμενον φορτίον.

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

A'. Τότε λέγομεν ὅτι ἡ δύναμις παράγει ἔργον. ‘Ωστε :

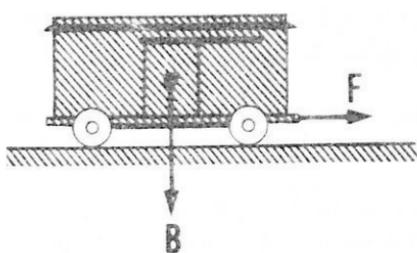
Σχ. 37. ‘Ο ἐργάτης ὁ ὁποῖος ἀνυψώνει τὸν σάκκον, χρησιμοποιῶν τὴν τροχαλίαν παράγει ἔργον.

Εἰς τὴν Φυσικὴν λέγομεν ὅτι μία δύναμις παράγει ἔργον, ὅταν μετατοπίζῃ τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς της.

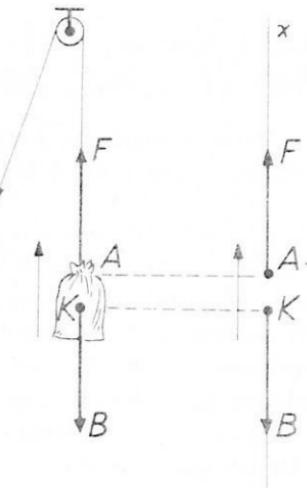


Δὲν πρέπει ἐν τούτοις νὰ νομίζωμεν ὅτι δι' οίανδήποτε διεύθυνσιν τῆς μετακίνησεως τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς τῆς δυνάμεως παράγεται ἔργον. Πράγματι ἡς θεωρήσωμεν τὸ ἀκόλουθον παράδειγμα.

Ἐν σιδηροδρομικὸν ὅχημα (σχ. 38) κινεῖται ἐπὶ ὁρίζοντίων γραμμῶν. Ἐὰν δὲν ὑπόκειται εἰς οὐδεμίαν ἄλλην δύναμιν ἐκτὸς ἀπὸ τὸ βάρος του Β, θὰ παραμένῃ ἀκίνητον. Ἐὰν ἀσκήσωμεν μίαν δριζοντίαν δύναμιν F ἐπὶ τοῦ ὁχήματος, αὐτὸ θὰ κινηθῇ ὁρίζοντίως καὶ ἡ δύναμις F θὰ παράγῃ ἔργον.



Σχ. 38. Τὸ βάρος B τοῦ ὁχήματος, τὸ ὅποιον κινεῖται ὀριζοντίως, δὲν παράγει ἔργον.



Σχ. 39. Ο σάκκος, ὁ ὅποιος ἀνυψώνεται, ὑπόκειται εἰς τὴν δρᾶσιν δύο ἀντιθέτων δυνάμεων.

Ἡ κίνησις διφείλεται ἀποκλειστικῶς εἰς τὴν δύναμιν F , ἄρα καὶ τὸ ἔργον τὸ ὅποιον παράγεται, προέρχεται μόνον ἀπὸ τὴν δύναμιν αὐτῆν. Ἐπομένως τὸ βάρος B τοῦ ὁχήματος, ὡς πρὸς τὴν διεύθυνσιν τοῦ ὅποιού εἶναι κάθετος ἡ μετατόπισις τοῦ σώματος, δὲν παράγει ἔργον. Ὡστε :

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

Ἄπὸ ὅλα τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι διὰ νὰ ὑπάρξῃ δυνατότης παραγωγῆς ἔργου, προαπαιτοῦνται αἱ ἀκόλουθοι συνθῆκαι : α) “Υπαρξις μιᾶς δυνάμεως, β) μετατόπισις τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς τῆς δυνάμεως, κατὰ διεύθυνσιν ἡ ὅποια νὰ μὴ εἶναι κάθετος πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς δυνάμεως.

§46. Κινητήριον καὶ ἀνθιστάμενον ἔργον. “Οταν ὁ ἔργατης σύρῃ τὸ σχοινίον τῆς τροχαλίας, ὁ σάκκος ὑπόκειται εἰς δύο κατακορύφους ἵσας καὶ ἀντιθέτους δυνάμεις : Εἰς τὸ βάρος του B μὲ διεύθυνσιν πρὸς τὰ κάτω καὶ εἰς τὴν ἐλκτικήν δύναμιν F , τὴν ὅποιαν ἀσκεῖ μὲ τὸ σχοινίον ὁ ἔργατης καὶ ἡ ὅποια διευθύνεται πρὸς τὰ ἄνω (σχ. 39).

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

Εις τὴν περίπτωσιν αὐτὴν λέγομεν ὅτι ἡ δύναμις παράγει κινητήριον ἔργον ἢ ὅτι παράγεται ἔργον κινητηρίου δυνάμεως. "Ωστε :

"Οταν ἡ φορὰ τῆς μετατοπίσεως συμπίπτη μὲ τὴν φορὰν τῆς δυνάμεως, λέγομεν ὅτι ἡ δύναμις παράγει κινητήριον ἔργον.

β) Κατὰ τὴν ἀνύψωσιν τοῦ φορτίου, τὸ βάρος Β τοῦ σάκκου ἀντιθίθεται εἰς τὴν δύναμιν F, ἥτις τὸ ἀνυψώνει. Τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τοῦ βάρους Β, τὸ κέντρον βάρους Κ δηλαδή, μετατοπίζεται ἐπίσης. Ἡ φορὰ δύμως τῆς μετατοπίσεως εἶναι ἀντίθετος πρὸς τὴν φορὰν τῆς δυνάμεως, διότι τὸ βάρος διευθύνεται πρὸς τὰ κάτω ἐνῶ τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς του, τὸ Κ, μετατοπίζεται πρὸς τὰ ἄνω. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν λέγομεν ὅτι παράγεται ἀνθιστάμενον ἔργον ἢ ἔργον ἀνθισταμένης δυνάμεως. "Ωστε :

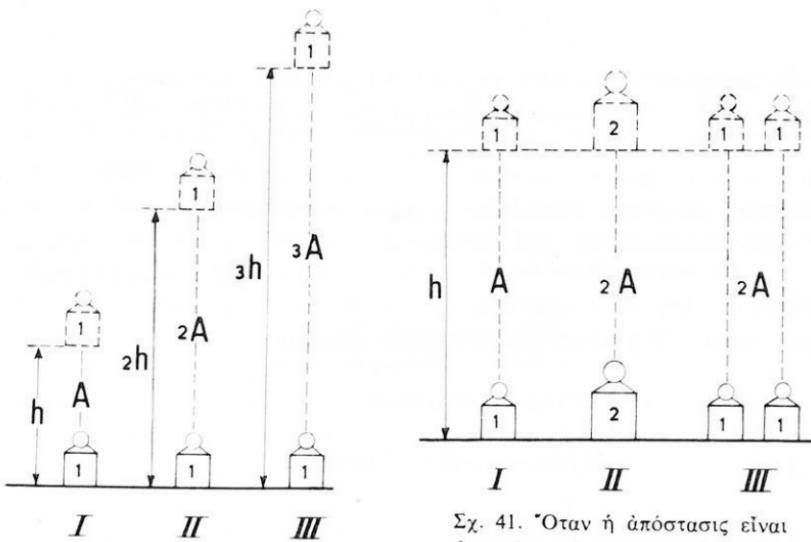
"Οταν ἡ φορὰ τῆς μετατοπίσεως καὶ ἡ φορὰ τῆς δυνάμεως εἶναι ἀντίθετοι, λέγομεν ὅτι παράγεται ἀνθιστάμενον ἔργον.

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

§ 47. Χαρακτῆρες τοῦ ἔργου. Α) Ἡ μετατόπισις συμπίπτει μὲ τὴν διεύθυνσιν τῆς δυνάμεως. 1. Μεταφέρομεν ἔνα κιβώτιον εἰς τὸν τρίτον ὅροφον μιᾶς πολυκατοικίας. Κατὰ τὴν μεταφορὰν αὐτὴν, ἡ δύναμις τὴν ὁποίαν καταβάλλομεν παράγει ἔνα ώρισμένον 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 ὅροφον.

Ἄς παραστήσωμεν μὲ Α τὸ ἔργον τὸ ὁποῖον ἀπαιτεῖται διὰ νὰ ἀνυψώσωμεν ἔνα βάρος 1 kp εἰς ὅψος 1 (σχ. 40, I). Διὰ νὰ ἀνυψώσωμεν τὸ ἴδιον βάρος εἰς διπλάσιον ὅψος 2h (σχ. 40, II), θὰ χρειασθῶμεν δύο φορὰς συνολικῶς τὸ προηγούμενον ἔργον, δηλαδὴ 2A. Διὰ νὰ τὸ ἀνυψώσωμεν δὲ εἰς ὅψος 3 h, θὰ χρειασθῶμεν ἔργον 3A (σχ. 40, III) κ.λπ. "Ωστε :

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



Σχ. 40. Ὄταν ἡ δύναμις είναι ώρισμένη, τὸ ἔργον είναι ἀνάλογον πρὸς τὴν μετατόπισιν.

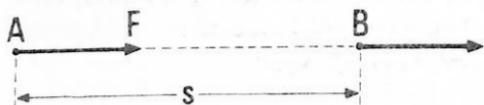
πρὸς τὸ διάστημα, τὸ ὁποῖον διανύει τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τῆς δυνάμεως κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς μετατοπίσεως.

2. Δύο ἔργάται ἀναβιβάζουν εἰς μίαν ἀποθήκην δύο βαρεῖς σάκκους, διαφορετικοῦ ὅμως βάρους. Οἱ πρῶτοι μεταφέρει σάκκον βάρους 25 kp καὶ ὁ δεύτερος σάκκον 50 kp. Είναι λογικὸν νὰ συμπεράνωμεν ὅτι ὁ ἔργατης ὅστις μεταφέρει τὸν σάκκον διπλασίου βάρους, δηλαδὴ τὸν σάκκον τῶν 50 kp, παράγει διπλάσιον ἔργον, ἀπὸ τὸ ἔργον τὸ ὁποῖον παράγει ὁ ἄλλος ἔργατης.

Πράγματι, ἔστω A τὸ ἔργον τὸ ὁποῖον ἀπαιτεῖται διὰ νὰ ἀνυψώσωμεν εἰς ὕψος h βάρος 1 kp (σχ. 41, I). Διὰ νὰ ἀνυψώσωμεν εἰς τὸ ἴδιον ὕψος βάρος 2 kp (σχ. 41, II), πρέπει νὰ καταβάλωμεν ἔργον ἰσοδύναμον μὲ ἑκεῖνον, τὸ ὁποῖον ἀπαιτεῖται διὰ νὰ ἀνυψωθοῦν εἰς τὸ ἴδιον ὕψος h κεχωρισμένως δύο βάρη τοῦ 1 kp ἔκαστον, δηλαδὴ ἔργον 2A (σχ. 41, III). Ὡστε :

“Οταν ἡ μετατόπισις είναι ώρισμένη, τὸ ἔργον είναι ἀνάλογον πρὸς τὴν σταθερὰν δύναμιν ἡ ὁποία τὸ παράγει.

Τύπος τοῦ ἔργου. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι τὸ ἔργον



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

θυνσίν της (σχ. 42), είναι άναλογον πρός τὴν δύναμιν και πρός τὴν μετατόπισιν. Έπομένως δυνάμεθα νὰ γράψωμεν ὅτι :

$$A = F \cdot s$$

$$\text{Έργον} = \text{δύναμις} \times \text{μετατόπισιν}$$

Ο τύπος αὐτὸς ἐκφράζει ὅτι :

Τὸ έργον μιᾶς δυνάμεως F , ἡ ὁποία μετατοπίζει τό σημείον έφαρμογῆς της, ἐπὶ τῆς εὐθείας ἐπενεργείας της, είναι ἴσον πρὸς τὸ γινόμενον τοῦ μέτρου τῆς δυνάμεως ἐπὶ τὸ μῆκος τῆς μετατοπίσεως.

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

a) **Σύστημα M.K.S.** Εἰς τὸ σύστημα αὐτὸ μονάς δυνάμεως είναι ἡ 1 N και μονάς μήκους τὸ 1 m , μονάς δὲ έργου τό :

$$1 \text{ Τζούλ} (1 \text{ Joule}, 1 \text{ J})$$

Τὸ Τζούλ είναι τὸ έργον τὸ ὁποῖον παράγεται ὅταν μία δύναμις 1 N μετακινῇ τὸ σημείον έφαρμογῆς της κατὰ 1 m , ἐπὶ τῆς εὐθείας ἐπενεργείας της. Δηλαδή :

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

Ωστε ὅταν εἰς τὸν τύπον τοῦ έργου ἐκφράζωμεν τὴν δύναμιν εἰς μονάδας Νιούτον και τὴν μετατόπισιν εἰς μέτρα, τὸ έργον εύρισκεται εἰς Τζούλ.

Πολλαπλάσιον τοῦ Τζούλ είναι 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 μῆκους τὸ 1 m, μονὰς δὲ ἔργου τό :

$$1 \text{ κιλοποντόμετρον} (1 \text{ kpm})$$

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

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

Ωστε ὅταν εἰς τὸν τύπον τοῦ ἔργου ἐκφράζωμεν τὴν δύναμιν εἰς κιλοπόντα καὶ τὴν μετατόπισιν εἰς μέτρα, τὸ ἔργον εὑρίσκεται εἰς κιλοποντόμετρα.

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

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

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

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

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

Δηλαδή :

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

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

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

Άριθμητικὴ ἐφαρμογὴ. Νὰ εὑρεθῇ τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον πραγματοποιεῖ ὁ κινητὴρ ἐνὸς γερανοῦ, ὅταν ἀνυψώνῃ εἰς ὕψος 15 m φορτίον βάρους 1800 kp.

Λύσις. a) **Τεχνικόν Σύστημα.** Άντικαθιστώντες τὰ δεδομένα τοῦ προβλήματος εἰς τὸν τύπον $A = F \cdot s$, δηλαδὴ $F = 1800 \text{ kp}$ καὶ $s = 15 \text{ m}$, εύρισκομεν $A = 1800 \text{ kp} \cdot 15 \text{ m} = 27\,000 \text{ kpm}$.

b) **Σύστημα M.K.S.** Διὰ νὰ λύσωμεν τὸ πρόβλημα εἰς τὸ σύστημα αὐτό, πρέπει νὰ τρέψωμεν τὰ κιλοπόντα εἰς Νιούτον.

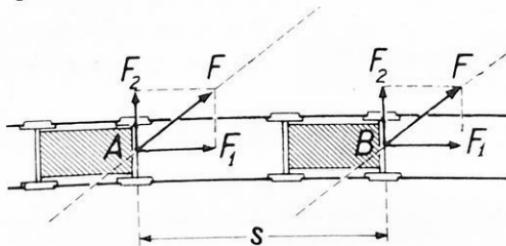
Γνωρίζομεν ὅτι $1 \text{ kp} = 9,81 \text{ N}$, ἐπομένως ἔχομεν ὅτι $1800 \text{ kp} = 1800 \cdot 9,81 \text{ N}$, ὅπότε ὁ τύπος τοῦ ἔργου μᾶς δίδει :

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

B) Ἡ μετατόπισις καὶ ἡ δύναμις ἔχουν διαφορετικὰς διευθύνσεις. Εἰς τὰ προηγούμενα ὑπεθέσαμεν ὅτι ἡ δύναμις μεταθέτει τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς της ἐπὶ τῆς εὐθείας ἐπενεργείας της. Συνήθως ὅμως ἡ μετακίνησις τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς μᾶς δυνάμεως καὶ ἡ δύναμις ἔχουν διαφορετικὰς διευθύνσεις, δῆπος π.χ. συμβαίνει εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ σιδηροδρομικοῦ ὀχήματος τοῦ σχήματος 43, τὸ ὅποιον σύρεται ἀπὸ τὸ σημεῖον A ἔως τὸ σημεῖον B, δι᾽ ἐπενεργείας τῆς δυνάμεως F, ἡ διεύθυνσις τῆς ὥστε σχηματίζει γωνίαν διαφορετικὴν ἀπὸ τὴν ὀρθήν, ὡς πρὸς τὴν μετατόπισιν.

Γνωρίζομεν ἐν τούτοις ὅτι ἡ δύναμις F δύναται νὰ ἀναλυθῇ εἰς δύο συνιστῶσας F_1 καὶ F_2 , ἀπὸ τὰς ὥστε σχηματίζει γωνίαν διαφορετικὴν ἀπὸ τὴν μετατόπισεως, ἡ δὲ F_2 νὰ εἴναι κάθετος πρὸς αὐτήν. Τὸ ἔργον, τὸ ὅποιον παράγει ἡ F κατὰ τὴν μετακίνησιν, θὰ εἴναι ἴσον μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἔργων τῶν συνιστωσῶν της F_1 καὶ F_2 .

Ἐπειδὴ ὅμως ἡ μετατόπισις γίνεται καθέτως πρὸς τὴν F_2 , τὸ ἔργον τῆς δυνάμεως αὐτῆς θὰ εἴναι μηδὲν. Ἀπομένει συνεπῶς τὸ ἔργον τῆς F_1 , ἡ ὥστε σχηματίζει δέξιαν γωνίαν μὲ τὴν προβολὴν τῆς δυνάμεως F ἐπὶ τὴν μετατόπισιν. "Ωστε :



Sχ. 43. Ἡ δύναμις F , ἡ ὥστε σχηματίζει δέξιαν γωνίαν μὲ τὴν μετατόπισιν.

Τὸ ἔργον A μιᾶς δυνάμεως F, ἡ ὥστε σχηματίνει τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς της κατὰ διάστημα s, εἰς τρόπον ὥστε νὰ σχηματίζῃ γωνίαν μὲ τὴν διεύθυνσίν της, εἴναι ἴσον μὲ τὸ ἔργον

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

$$\mathbf{A} = \mathbf{F}_1 \cdot \mathbf{s}$$

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

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

A N A K E Φ A Λ A I Ω S I S

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

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

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

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

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

$$\mathbf{A} = \mathbf{F} \cdot \mathbf{s}$$

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

επὶ τῆς εὐθείας ἐπενεργείας τῆς δυνάμεως, παράγει ἔργον 1 Joule (1 Τζούλ). Ισχύει δὲ η σχέσις :

$$1 \text{ kp m} = 9,81 \text{ Joule}$$

7. "Οταν η διεύθυνσις μιᾶς δυνάμεως F σχηματίζει μὲ τὴν μετατόπισιν γωνίαν διαφορετικήν ἀπὸ τὴν ὄρθην, τότε τὸ ἔργον τῆς δυνάμεως F εἶναι ίσον μὲ τὸ ἔργον τῆς προβολῆς τῆς ἐπὶ τὴν μετατόπισιν.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

44. Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ἔργον τὸ ὅποιον θὰ καταναλωθῇ διὰ νὰ ἀνυψωθῇ κατα-
ποδφως κατὰ 12 m μᾶζα βάρους 125 kp. ($\text{Απ. } 1\,500 \text{ kp.}$)

45. Τὸ σχοινίον τὸ ὅποιον σύρει μικρὸν ἀμάξιον ἀσκεῖ δύναμιν μέτρου 100 kp.
Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ἔργον τῆς κινητηρός αὐτῆς δυνάμεως, ἐὰν τὸ σημεῖον ἐφα-
μογῆς τῆς μεταποντῆς κατὰ 20 m. ($\text{Απ. } 2\,000 \text{ kp.m.}$)

46. "Ερας ἵππος σύρει μίαν ἄμαξαν ἐπὶ ὁρίζοντίου δρόμου, ἀσκῶν σταθερῶν
δύναμιν μέτρου 30 kp. Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ἔργον, τὸ ὅποιον παράγει ή δύναμις αὐτῆς,
ὅταν η ἄμαξα διανύσῃ ἀπόστασιν 1 km. ($\text{Απ. } 30\,000 \text{ kp.m.}$)

47. Λιὰ νὰ ἐκποματίσωμεν μίαν φιάλην ἀσκοῦμεν ἐπὶ τοῦ ἐκποματισμοῦ μέσην
εἰλικτικήν δύναμιν μέτρου 6 kp. Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ἔργον, τὸ ὅποιον θὰ παραγθῇ
ἀπὸ τὴν δύναμιν, ἐὰν τὸ πῦρμα μετακινηθῇ κατὰ 3 cm. ($\text{Απ. } 1,77 \text{ J περίτου.}$)

48. Λιὰ νὰ ἀνασύρωμεν ἀπὸ τὸ βάθος ἐνὸς φρέατος κάδον πλήρη χωμάτων,
χοησμοποιοῦμεν μηχάνημα, τὸ ὅποιον ἀσκεῖ εἰς τὸ σχοινίον μιᾶς τροχαλίας ἐλ-
κτικήν δύναμιν μέτρου 12 kp. Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ἔργον, τὸ ὅποιον παράγεται ὅταν
ο κάδος ἀνυψώνεται κατὰ 15 m (Νὰ ἐκφράσετε τὸ ἔργον εἰς kp m καὶ kJ).
($\text{Απ. } 180 \text{ kp.m, } 1\,766 \text{ J, περίτου.}$)

49. "Ερας ἀνελκυστήρ, τοῦ ὅποιον τὸ σινολικὸν βάρος ἰσορροπεῖται ἀπὸ ἡνα
ἀντίβαρον, ἐξυπηρετεῖ μίαν πολυκατοικίαν, οἱ δροφοι τῆς ὅποιας ἔχουν ὕψος 3 m.
Ο ἀνελκυστήρ αὐτὸς εἰς μίαν διαδρομὴν μεταφέρει : α) Ἀπὸ τὸ ἰσόγειον εἰς τὸν
δεύτερον δροφοφ 8 ἄτομα. β) Ἀπὸ τὸν δεύτερον εἰς τὸν τρίτον δροφοφ 6 ἄτομα.
γ) Ἀπὸ τὸν τρίτον εἰς τὸν τέταρτον δροφοφ 5 ἄτομα καὶ δ) ἀπὸ τὸν τέταρτον δρο-
φοφ εἰς τὸν ἕκτον 2 ἄτομα. Ζητεῖται τὸ ἔργον τὸ ὅποιον παρήγαγεν ὁ κινητήρ τοῦ
ἀνελκυστῆρος κατὰ τὴν διαδρομὴν αὐτῆρ, ἐὰν τὸ μέσον βάρος ἐνὸς ἀτόμου είναι
60 kp. ($\text{Απ. } 5\,580 \text{ kp.m.}$)

50. "Ενα ὑδροηλεκτρικὸν ἔργοστάσιον τροφοδοτεῖται μὲ ὕδατα ἀπὸ μίαν τε-

χνητήν λίμνην, ή ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τῆς ὁποίας παρουσιάζει ύψομετρούντην διαφορὰν 40 m ἀπὸ τοὺς ὑδροστροβίλους τοῦ ἔργου. Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ἔργον, τὸ ὅποιον παράγεται ἀπὸ τὸ ὕδωρ εἰς ἐκαστὸν δευτερόλεπτον, ἢντα εἰς τὸ χρονικὸν αὐτὸ διάστημα κυκλοφοροῦ εἰς τοὺς ὑδροστροβίλους ὅγκος 100 m^3 ὕδατος.

(*Απ. 4 000 000 kpm.*)

H' — ΙΣΧΥΣ

§ 48. "Εννοια τῆς Ισχύος. 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 κινητῆρος, μιᾶς διατάξεως δηλαδὴ ἡ ὁποία παράγει ἔνα μηχανικὸν ἔργον, δὲν ἔξαρτᾶται 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 ἔνας οἰօσδήποτε κινητήρ, ὅταν ἐργασθῇ ἀρκετὸν χρόνον, δύναται νὰ ἀποδώσῃ οἰօνδήποτε ἔργον.

Παράδειγμα. Ὑποθέτομεν ὅτι ἔνας ἐργάτης χρειάζεται χρόνον 40 δευτερολέπτων, διὰ νὰ ἀνυψώσῃ, μὲ τὴν βοήθειαν μιᾶς τροχαλίας, ἔναν κάδον 40 kp βάρους, εἰς ὑψος 15 m . Ἐνα ἀναβατόριον τὸ ὁποῖον λειτουργεῖ μὲ κινητῆρα, ἀνυψώνει τὸν ἴδιον κάδον, εἰς τὸ ἴδιον ὑψος, ἀλλὰ εἰς χρόνον 8 δευτερολέπτων (*σχ. 44*).

Ο ἐργάτης καὶ ὁ κινητήρ κατηνάλωσαν τὸ ἴδιον ἔργον A, ἵσον πρός :

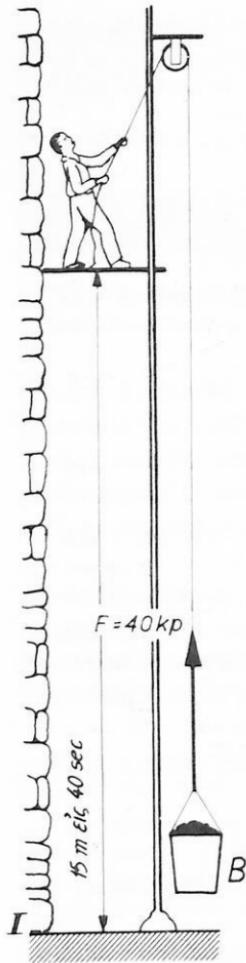
$$A = 40 \text{ kp} \times 15 \text{ m} = 600 \text{ kpm}$$

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

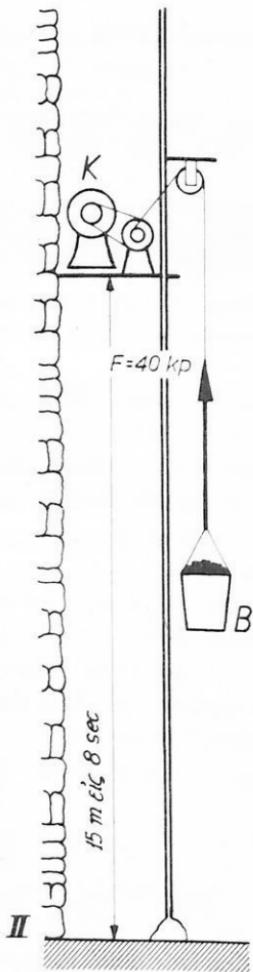
Δι' αὐτὸ λέγομεν ὅτι ὁ κινητήρ εἶναι πλέον ισχυρὸς ἀπὸ τὸν ἐργάτην, ἢ ὅτι ἡ ισχὺς τοῦ κινητῆρος εἶναι μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν ισχὺν τοῦ ἐργάτου.

Τὰ ἀνωτέρω μᾶς ὀδηγοῦν 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 δύνομάζεται ισχὺς τῆς μηχανῆς καὶ συμβολίζεται μὲ τὸ γράμμα N. "Ωστε :

Ίσχὺς N μιᾶς μηχανῆς δύνομάζεται τὸ ἔργον A, τὸ ὁποῖον παράγει



Σχ. 44. Ο χρόνος, τὸν ὅποιον χρειάζεται ὁ κινητήρος διὰ νάνουψωση τὸν κάδον, είναι τὸ 1/5 τοῦ χρόνου, τὸν ὅποιον χρειάζεται ὁ ἐργάτης. Ή ισχὺς τοῦ κινητήρος εἶναι λοιπὸν πενταπλάσια τῆς ισχύος τοῦ ἐργάτου.



ή μηχανὴ εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου. Δηλ..

$$\text{Ισχὺς} = \frac{\text{Ἐργον}}{\text{Χρόνος}}$$

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

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

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

Ωστε :

Κατὰ τὴν παραγωγὴν μηχανικοῦ ἔργου, ή ισχὺς τῆς μηχανῆς ισοῦται πρὸς τὸ γινόμενον τῆς δυνάμεως, ή ὅποια παράγει ἔργον, ἐπὶ τὴν ταχύτητα μετατοπίσεως.

Μονάδες ισχύος. Αἱ μονάδες ισχύος ὀρίζονται ἀπὸ τὸν τύπον τῆς

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

α) Σύστημα M.K.S. Εἰς τὸ σύστημα αὐτὸ μονάς ἔργου εἶναι τὸ 1 Τζούλ καὶ χρόνου τὸ 1 δευτερόλεπτον, ισχύος δὲ τό : **1 Τζούλ ἀνὰ δευτερόλεπτον (1 Joule/sec)** τὸ ὅποιον συνήθως ὀνομάζεται 1 Βάτ (1 Watt, 1W). "Ωστε :

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

Τὸ Βάτ εἶναι ἡ ισχὺς μιᾶς μηχανῆς ἡ ὅποια παράγει ἔργον 1 Τζούλ ἀνὰ πᾶν δευτερόλεπτον.

Ἐπομένως ἄν εἰς τὸν τύπον τῆς ισχύος ἐκφράζωμεν τὸ ἔργον εἰς Τζούλ καὶ τὸν χρόνον εἰς δευτερόλεπτα, ἡ ισχὺς θὰ εὑρίσκεται εἰς Βάτ. Πολλαπλάσιον τοῦ Βάτ εἶναι τὸ κιλοβάτ (1 kW), εἶναι δέ :

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

β) Τεχνικὸν Σύστημα. Εἰς τὸ σύτημα αὐτὸ μονάς ἔργου εἶναι τὸ κιλοποντόμετρον καὶ χρόνου τὸ δευτερόλεπτον, μονάς δὲ ισχύος τό :

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

γ) **Άλλαι μονάδες ισχύος.** Τὸ Βάτ καὶ τὸ κιλοποντόμετρον ἀνὰ δευτερόλεπτον εἶναι μικραὶ μονάδες διὰ τὰς ἀνάγκας τῆς καθημερινῆς ζωῆς. Δι' αὐτὸ εἰς τὴν Τεχνικὴν κυρίως, χρησιμοποιοῦν καὶ τὰς ἀκολούθους μονάδας :

I.—Τὸν ἵππον ἡ ἀτμόϊππον. Εἶναι δέ :

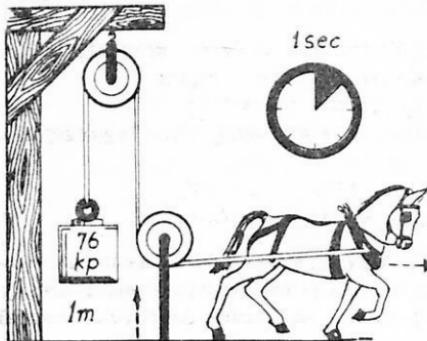
$$1 \text{ ἵππος (1 Ch ἢ 1 PS)} = 75 \text{ kpm/sec}$$

"Ωστε :

"Ἐνας κινητήρ ἔχει ισχὺν ἐνὸς ἵππου, ὅταν παράγῃ ἔργον 75 kpm ἀνὰ δευτερόλεπτον.

II.—Εἰς τὰς ἀγγλοσαξονικὰς χώρας χρησιμοποιεῖται ώς μονάς ισχύος ὁ βρεταννικὸς ἵππος (HP), τὸν ὅποιον ἐπέβαλλεν ὁ ἐφευρέτης τῆς ἀτμομηχανῆς Τζέημς Βάτ (James Watt). Αὐτὸς παρετήρησεν ὅτι ἐνας ἵππος δύναται νὰ ἀνυψώσῃ, κατὰ μέσον ὅρον, βάρος 76 kp εἰς ὕψος 1 m ἐντὸς χρόνου 1 sec (σχ. 44 a). Ἐπομένως :

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



Σχ. 44α. Διά τὸν ὄρισμὸν τοῦ βρετανικοῦ ἵππου (HP).

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

Δηλαδή :

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

Απὸ τὴν ἀνωτέρω σχέσιν εὑρίσκομεν 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 ἰσχύος. Εἰς τὸν ἀκόλουθον πίνακα ἀναγράφονται αἱ τιμαὶ ἰσχύος εἰς ἵππους (Ch), δι’ ὥρισμένας κλασσικὰς περιπτώσεις.

Ἄνθρωπος	ἄποδος	1/30	μέχρις	1/10
Ἴππος	»	1/2	μέχρις	3/4
Ηλεκτρικὸν ψυγεῖον	»	1/4	μέχρις	1/3
Ἄτμομηχανὴ	»	1 000	μέχρις	6 000
Πύραυλος	ἄνω τῶν			100 000
Μηχανὴ πλοίου	μέχρις			150 000
Ηλεκτρικὸν ἐργοστάσιον	μέχρις			700 000

Άριθμητικαὶ ἐφαρμογαὶ. 1) Ἔνας ἵππος διατρέχει 100 m ἐντὸς 1 min καὶ ἀσκεῖ εἰς μίαν ἄμαξαν ἐλκτικὴν δύναμιν 35 kp. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ μέση ἰσχὺς, τὴν ὧδην ἀναπτύσσει δὲ ἵππος.

Λύσις. Ἐντὸς 1 λεπτοῦ (1 min) δὲ ἵππος πραγματοποιεῖ ἔργον A ἢσον πρός : $A = 35 \text{ kp} \cdot 100 \text{ m} = 3 500 \text{ kpm}$

Ἡ μέση ἰσχὺς N ἐπομένως τὴν ὧδην ἀναπτύσσει δὲ ἵππος θὰ είναι :

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

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

$$N = \frac{58,3}{75} \text{ Ch.} \quad \text{Δηλαδὴ : } N = 0,77 \text{ Ch, περίποι.}$$

2) Ἔνας καταρράκτης ἀποδίδει 9 000 m³ ὅδατος ἐντὸς μιᾶς ὥρας. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἰσχὺς τοῦ καταρράκτου εἰς κιλοβάτ (kW), ἐὰν γνωρίζωμεν ὅτι τὸ ὅδωρ πίπτει ἀπὸ ὕψος 25 m.

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

Τὸ βάρος τῶν $2,5 \text{ m}^3$ είναι $2\,500 \text{ kp}$. Τὸ ἔργον A, τὸ δόποιον πραγματοποιεῖται ἀπὸ τὸ πῖπτον οὐδωρ ἐντὸς ἑνὸς δευτερολέπτου, θά είναι ἐπομένως:

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

Ἡ ἀντίστοιχος ισχὺς είναι $62\,500 \text{ kpm/sec}$. Μετατρέπομεν τὴν ισχὺν εἰς kW. Οὕτως ἔχομεν :

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

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

3) Ἐνα αὐτοκίνητον κινεῖται ἐπὶ ἑνὸς δριζοντίου εὐθυγράμμου δρόμου μὲ ταχύτητα 72 km/h . Νὰ ύπολογισθῇ ἡ μέση ισχὺς τὴν ὅποιαν ἀναπτύσσει ὁ κινητήρας αὐτοκίνητου, ἐὰν γνωρίζομεν ὅτι ἡ δύναμις τὴν ὅποιαν ἀσκεῖ είναι σταθερὰ καὶ ἔχει μέτρον $1\,840 \text{ Nioύτον}$.

Λύσις. Ἐντὸς ἑνὸς δευτερολέπτου τὸ αὐτοκίνητον διανύει ἀπόστασιν :

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

Ἄρα τὸ ἔργον A τὸ δόποιον πραγματοποιεῖται ἐντὸς ἑνὸς δευτερολέπτου ἀπὸ τὴν δύναμιν τοῦ κινητῆρος είναι :

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

Ἡ ισχὺς ἐπομένως N τοῦ κινητῆρος είναι :

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

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

Ἄλλαι μονάδες ἔργου. Ἀν τὸν τύπον $N = A/t$ τῆς ισχύος λύσωμεν ώς πρὸς A, λαμβάνομεν :

$$A = N \cdot t$$

Ωστε :

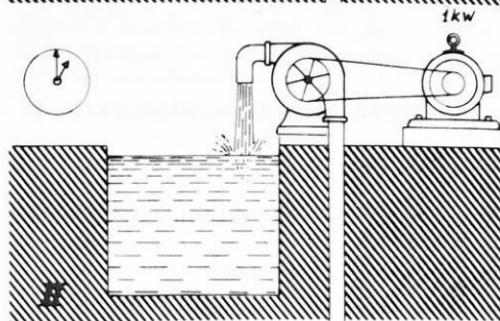
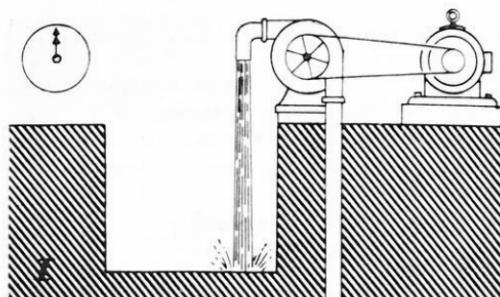
Τὸ ἔργον A τὸ δόποιον παράγει μία μηχανὴ ισχύος N, ἐργαζομένη ἐπὶ χρόνον t, είναι ἵσον πρὸς τὸ γινόμενον τῆς ισχύος ἐπὶ τὸν χρόνον λειτουργίας τῆς μηχανῆς.

Ἀπὸ τὸν ἀνωτέρω τύπον τοῦ ἔργου συμπεραίνομεν, ἄλλωστε, ὅτι δυνάμεθα νὰ δρίσωμεν νέας μονάδας ἔργου, μὲ τὴν βοήθειαν τῶν μονάδων τῆς ισχύος καὶ τοῦ χρόνου.

a) **Βατώρα (1 Wh).** Ἡ μονάς αὗτη δρίζεται ἀπὸ τὸν ἀνωτέρω τύπον τοῦ ἔργου ὅταν $N=1 \text{ W}$ καὶ $t=1 \text{ h}$. Δηλαδή :

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

Ωστε : Ἡ βατώρα (1 Wh) είναι τὸ ἔργον τὸ δόποιον παράγεται



Σχ. 45. Ένας κινητήρης ισχύος 1 kW παράγει, όταν έργασθη ἐπί μίαν ώραν, ἔργον μιᾶς κιλοβατώρας.

Βάτ και τὰ κιλοβάτ είναι μονάδες ισχύος, ἐνῶ ή βατώρα και ή κιλοβατώρα μονάδες ἔργου. ✓

ἐντὸς μιᾶς ώρας (1 h) ἀπὸ μίαν μηχανὴν ισχύος ἑνὸς Βάτ (1 W). Πολλαπλάσιον τῆς βατώρας είναι ή κιλοβατώρα (1 kWh) (σχ. 45), είναι δέ :

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

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

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

"Ωστε :

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

Πρέπει νὰ προσέξωμεν ἰδιαιτέρως εἰς τὸ ὅτι τὰ

A N A K E Φ A Λ A I Ω S I S

1. Ή ισχὺς ἑνὸς κινητῆρος ὁρίζεται ως τὸ ἔργον τὸ ὅποιον πραγματοποιεῖ ὁ κινητήρης εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου (συγκεκριμένως εἰς 1 sec).

2. Τὸ κιλοποντόμετρον ἀνὰ δευτερόλεπτον (1 kpm/sec) είναι η ισχὺς ἑνὸς κινητῆρος, ὁ ὅποιος πραγματοποιεῖ ἔργον 1 kpm ἐντὸς χρονικοῦ διαστήματος 1 sec.

3. Ό ἀτμόποιος (1 Ch) είναι η ισχὺς ἑνὸς κινητῆρος, ὁ ὅποιος πραγματοποιεῖ ἔργον 75 kpm ἐντὸς χρονικοῦ διαστήματος 1 sec.

4. Ό βρεττανικὸς ἵππος (1 HP) είναι η ισχὺς ἑνὸς κινητῆρος,

ό όποιος πραγματοποιεῖ έργον 76 kpm έντος χρονικοῦ διαστήματος 1 sec.

5. Τὸ Bāt (1 W) είναι ἡ ισχὺς ἐνὸς κινητῆρος, οὐ όποιος πραγματοποιεῖ έργον 1 Τζούλ (1 J) έντος χρονικοῦ διαστήματος 1 sec. Ισχύει δὲ ἡ σχέσις :

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

6. Ἡ βατώρα (1 Wh) καὶ ἡ κιλοβατώρα (1 kWh) είναι μονάδες έργου, αἱ όποιαι προκύπτουν ἀπὸ τὰς μονάδας ισχύος μὲν ἐφαρμογὴν τοῦ τύπου : $A = N \cdot t$.

7. Ἡ βατώρα είναι τὸ έργον τὸ όποιον παράγει μία μηχανὴ ισχύος 1 W, ὅταν ἐργασθῇ ἐπὶ μίαν ώραν. Ἡ κιλοβατώρα είναι πολλαπλάσιον της. Είναι δέ : $1 \text{ kWh} = 1\,000 \text{ Wh}$.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

51. Νὰ ὑπολογισθῇ εἰς kpm/sec, εἰς Ch καὶ kW ἡ ισχὺς ἡτις ἀναπτύσσεται ἀπὸ ἔναν ἵππον, ἐὰν γνωστούμεν ὅτι κινεῖται μὲν ταχύτητα 4 km/h καὶ ἀσκεῖ ἐλκτικὴν δύναμιν 30 kp. (*Απ. 33,3 kpm/sec, 0,44 Ch, 0,324 kW.*)

52. "Ενας γερανὸς δύναται νὰ ὑψώσῃ φορτίον βάρους 2 Mp εἰς ὄψος 12 m, ἐντὸς χρόνου 24 sec. Νὰ ὑπολογισθῇ (εἰς Ch καὶ kW) ἡ ισχὺς ἡ όποια ἀναπτύσσεται ἀπὸ τὸν κινητῆρα τοῦ γερανοῦ. (*Απ. 13,3 Ch, 9,81 kW.*)

53. "Ενας ποδηλάτης κινεῖται ἐπὶ δριζοντίου δρόμου μὲν ταχύτητα 18 km/h. Μὲ αὐτὴν τὴν ταχύτητα ἡ συνισταμένη τῶν δυνάμεων αἱ όποιαι ἀντιτίθενται εἰς τὴν πορείαν τοῦ καὶ τὴν όποιαν πρέπει νὰ ὑπερονικήσῃ, ἔχει μέτρον 1,2 kp. Ζητεῖται ἡ ισχὺς τὴν όποιαν ἀναπτύσσει ὁ ποδηλάτης. (*Απ. 6 kpm/sec.)*

54. "Ενα αὐτοκίνητον κινεῖται ἐπὶ δριζοντίου δρόμου μὲν ταχύτητα 72 km/h. Μὲ αὐτὴν τὴν ταχύτητα ἡ συνισταμένη τῆς ἀντιστάσεως τοῦ ἀέρος καὶ τῶν δυνάμεων τριβῆς ἔχει μέτρον 30 kp. Νὰ ὑπολογισθῇ μὲν τὰς προνοθέσεις αὐτὰς ἡ ισχὺς τὴν όποιαν ἀναπτύσσει ὁ κινητῆρας τοῦ αὐτοκινήτου. (*Απ. 600 kpm/sec.)*

55. "Ο κινητῆρός ἐνὸς αὐτοκινήτου παρέχει εἰς δριζοντίου δρόμου ισχὺν 12 Ch. Τὸ αὐτοκίνητον κινεῖται μὲν ταχύτητα 90 km/h. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ συνολικὴ δύναμις ἡ όποια ἀντιτίθεται εἰς τὴν κίνησιν τοῦ αὐτοκινήτου. (*Απ. 36 kp.)*

56. Μία δεξαμενὴ περιέχει 1 500 λίτρα ὕδατος καὶ τροφοδοτεῖται ἀπὸ ἓνα φρέαρ μὲν τὴν βοήθειαν μιᾶς ἀντλίας. Ἡ ἐλευθέρᾳ ἐπιφάνεια τοῦ ὕδατος ἐντὸς τοῦ φρέατος εὑρίσκεται εἰς βάθος 12 m ἀπὸ τὸ ἄνοιγμα, ἀπὸ τὸ όποιον εἰσέρχεται τὸ ὕδωρ εἰς τὴν δεξαμενήν. Νὰ ὑπολογισθῇ : a) Τὸ έργον τὸ όποιον πρέπει νὰ παραχθῇ ἀπὸ τὸν

κινητήρα τῆς ἀντλίας διὰ νὰ γεμίσῃ ἡ δεξαμενὴ μὲ ὕδωρ. β) Ἡ ισχὺς τὴν ὅποιαν πρέπει νὰ ἀναπτύξῃ ὁ κινητήρος οὐστως, ώστε ἡ ἐργασία αὐτὴ νὰ ἐκτελεσθῇ ἐντὸς ἡμισείας ὥρας. (Τὸ ἔργον νὰ ἀποδοθῇ εἰς kJ καὶ kWh .)

($\text{Απ. } 176,6 \text{ kJ} / 0,05 \text{ kWh}$ περίπου. $\beta' 98,1 \text{ Watt.}$)

57. "Ενας ἄνθρωπος βάρους 75 kp ἀνέρχεται τρέχων μίαν κλίμακα κατακορύφου ὑψούς 4,50 m ἐντὸς χρονικοῦ διαστήματος 5 sec. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ισχὺς τὴν ὅποιαν ἀνέπτυξεν ὁ ἄνθρωπος.

($\text{Απ. } 67,5 \text{ kpm/sec}, 0,9 \text{ Ch.}$)

58. "Ενας καταρράκτης ἀποδίδει 9 000 m^3 ὕδατος τὴν ὥραν. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ισχὺς του εἰς kW, ἐάν γνωρίζουμε ὅτι τὸ ὑψός ἀπὸ τὸ ὅποιον πίπτουν τὰ ὕδατα είναι 25 m.

($\text{Απ. } 613 \text{ kW}$ περίπου.)

Θ.—ΕΝΕΡΓΕΙΑ

§ 49. Γενικότητες. Έννοια τῆς ἐνέργειας. Τὰ φυσικὰ σώματα ἔχουν, διὰ διαφόρους λόγους, τὴν ίκανότητα νὰ παράγουν ἔργον, διταν τοὺς δοθοῦν αἱ κατάλληλοι προϋποθέσεις καὶ εὑρεθοῦν ὑπὸ εἰδικὰς συνθήκας.

"Οταν ἔνα σῶμα δι' οἰονδήποτε λόγον κατέχῃ τὴν δυνατότητα παραγωγῆς ἔργου, λέγομεν ὅτι τὸ σῶμα περικλείει ἐνέργειαν.

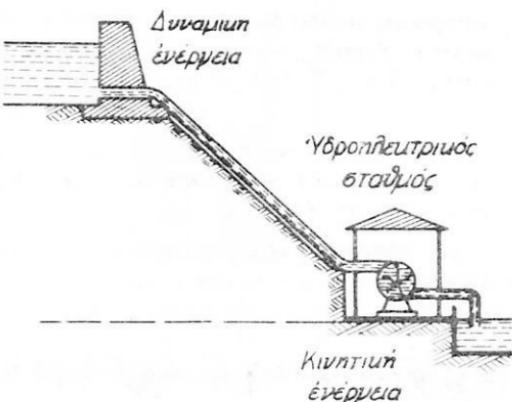
"Η ἐνέργεια, τὴν ὅποιαν περικλείει ἔνα σῶμα, ἐκτιμᾶται μὲ τὸ ἔργον τὸ ὅποιον εἰναι εἰς θέσιν νὰ ἀποδώσῃ δι' αὐτὸν τὸν λόγον μετρεῖται καὶ ὑπολογίζεται μὲ τὰς γνωστὰς μονάδας τοῦ ἔργου.

"Αναλόγως ὅμως μὲ τὴν προέλευσίν της ἡ ἐνέργεια ἔχει διαφόρους δνομασίας.

§ 50. Διάφοροι μορφαὶ ἐνέργειας. α) Τὸ ὕδωρ ἐνὸς ὑδροφράγματος κατέχει λόγῳ τῆς θέσεώς του ἐνέργειαν. Πράγματι ἂν τὸ ὕδωρ αὐτὸ ἀφεθῇ νὰ ρεύσῃ ἐντὸς καταλλήλων συλήνων, δύναται νὰ κινῆσῃ τοὺς ὑδροστροβίλους, οἱ δόποιοι εύρισκονται εἰς τὴν βάσιν τοῦ φράγματος (σχ. 46).

"Ἐνα συμπεπιεσμένον ἐλατήριον ἂν ἀφεθῇ ἐλεύθερον νὰ ἀποσυπειρωθῇ, δύναται νὰ ἐκτινάξῃ μακράν μίαν μικράν σφαῖραν. Τὸ συσπειρωμένον ἐλατήριον περικλείει ἐπομένως, λόγῳ τῆς καταστάσεως του, ἐνέργειαν ἡ δόποια εἰς τὴν κατάλληλον στιγμὴν μεταβάλλεται εἰς ἔργον.

Ἡ ἐνέργεια τὴν ὁποίαν περικλείει ἔνα σῶμα λόγω θέσεως ἢ καταστάσεως δυναμάζεται δυναμικὴ ἐνέργεια.



Ἄπὸ τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν διτὶ ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια, τὴν ὁποίαν περικλείει τὸ σῶμα, θὰ εἰναι ἵση μὲ τὸ ἔργον τὸ ὁποῖον ἀπητήθη διὰ νὰ ἔλθῃ τὸ σῶμα εἰς τὴν θέσιν ἢ τὴν κατάστασιν εἰς τὴν ὁποίαν εύρισκεται. Οὕτως ἔνα σῶμα βάρους B , τὸ ὁποῖον μεταφέρεται εἰς ὑψος h ἀπὸ τὸ δάπεδον, ἔχει, ώς πρὸς τὸ δάπεδον, δυναμικὴν ἐνέργειαν (E_{dyn}) ἵσην μέ :

Σχ. 46. Τὸ ῦδωρ τοῦ ὑδροφράγματος περικλείει δυναμικὴν ἐνέργειαν, ἢ ὅποια τελικῶς κινεῖ τοὺς ὑδροστροβίλους ἐνὸς ἔργοστασίου.

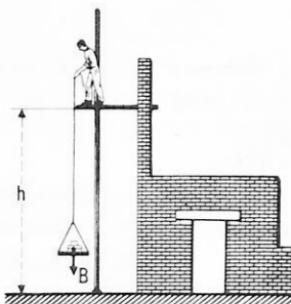
Ἐπειδὴ διὰ νὰ ἀνυψωθῇ τὸ σῶμα εἰς ὑψος h , ἡ σκήθη ἐπ' αὐτοῦ δύναμις ἵση μὲ τὸ βάρος τοῦ B , ἢ ὅποια κατὰ τὴν ἀνύψωσιν παρήγαγεν ἔργον A ἵσον μέ : $A = B \cdot h$. Τὸ ἔργον ἀκριβῶς αὐτὸ ἀπεθηκεύθη εἰς τὸ σῶμα ὑπὸ μορφὴν δυναμικῆς ἐνέργειας.

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

Ἡ κινουμένη μᾶζα τοῦ ῦδατος θέτει εἰς περιστροφὴν τοὺς τροχούς ἐνὸς ὑδροστροβίλου. Ο ἄνεμος, ἡ κινουμένη δηλαδὴ μᾶζα τοῦ ἀέρος, κινεῖ τὸ ἴστιοφόρον ἢ τὸν ἀνεμόμυλον. Τὰ κινούμενα λοιπὸν σώματα περικλείοντα λόγῳ τῆς ταχύτητός των ἐνέργειαν.

Ἡ ἐνέργεια τὴν ὁποίαν περικλείει ἔνα σῶμα λόγω τῆς ταχύτητός του δυναμάζεται κινητικὴ ἐνέργεια.

"Οπως ἀποδεικνύεται, ἡ κινητικὴ ἐνέργεια (E_{kin}) ἐνὸς σώματος μάζης m καὶ ταχύτητος v δίδεται ἀπὸ τὸν τύπον :



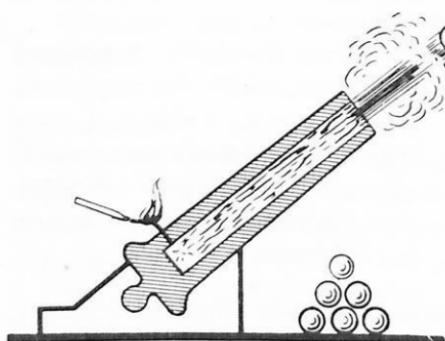
Σχ. 47. Ο έργατης διαθέτει μυϊκην ένέργειαν, χάρις εις τὴν ὁποίαν ἀνυψώνει τὸ σκονέ μὲ τὰ ὑλικά.

Η δυναμική καὶ ἡ κινητικὴ ἐνέργεια εἰναι δύο μορφαι τῆς μηχανικῆς ἐνέργειας.

β) Ενας έργατης δύναται χρησιμοποιῶν τὴν δύναμιν τῶν μυώνων του, νὰ μεταφέρῃ ἢ νὰ ἀνυψώσῃ, μὲ τὴν βοήθειαν μιᾶς καταλλήλου διατάξεως, ὑλικά. Ο έργατης διαθέτει μυϊκὴν ἐνέργειαν (σχ. 47).

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

δ) Η ἐνέργεια τὴν ὁποίαν περικλείει ἔνα σῶμα λόγῳ τῆς θερμικῆς του καταστάσεως ὀνομάζεται θερμικὴ ἐνέργεια. Η ἐνέργεια τῆς μορφῆς αὐτῆς ἀποδίδεται, π.χ., κατὰ τὴν καῦσιν ἐνὸς σώματος.



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

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

Ἐξ αἰτίας τῆς κινητικῆς ἐνέργειας τὴν ὁποίαν ἔχει ἔνας ποδηλάτης, εἰναι εις θέσιν νὰ συνεχίσῃ ἐπ' ὀλίγον τὴν κίνησίν του χωρὶς νὰ ἐνεργῇ ἐπὶ τῶν ποδοπλήκτρων (πετάλια).

ε) Ἀλλαι μορφαι ἐνέργειας εἰναι ἡ ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια, ἥτις παράγεται ἀπὸ εἰδικὰς μηχανὰς (ἐναλλακτῆρες τῶν σταθμῶν ἡλεκτροπαραγωγῆς). ἡ φωτεινὴ ἐνέργεια, ἡ μαγνητικὴ ἐνέργεια κ.λπ.

Αἱ διάφοροι ἀκτινοβολίαι, ὅπως αἱ ἀκτῖνες X, τὰ ραδιοφωνικά κύματα, αἱ ἀκτινοβολίαι τῶν ραδιενεργῶν σωμάτων κ.λπ., μεταφέρουν ἐνέργειαν, ή ὅποια ὄνομάζεται **ἀκτινοβόλος ἐνέργεια**.

στ) Κατὰ τὰ τελευταῖα ἔτη αἱ «ἀτομικαὶ βόμβαι» μᾶς ἐγνώρισαν τὴν **πυρηνικὴν ἐνέργειαν**. Ή ἐνέργεια αὐτὴ μετατρέπεται εἰς τοὺς ἀτομικοὺς ἀντιδραστῆρας εἰς θερμικὴν ἐνέργειαν, ή ὅποια μὲ τὴν σειράν της μετατρέπεται εἰς τοὺς ἀτομικοὺς ἡλεκτροπαραγωγικοὺς σταθμοὺς καὶ δίδει ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

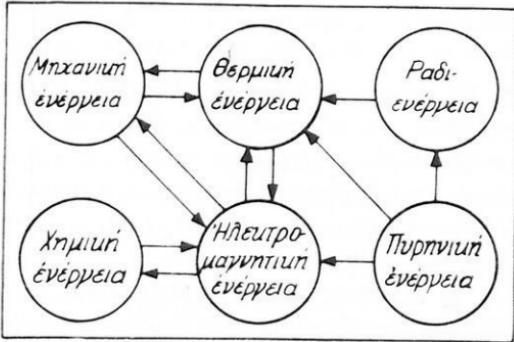
§ 51. Μετατροπαὶ τῆς ἐνέργειας. "Οταν μᾶς δοθῇ ἐνέργεια μιᾶς ὥρισμένης μορφῆς, είναι δυνατὸν νὰ τὴν μετατρέψωμεν, εἰς ἔνα ή περισσότερα στάδια, εἰς ἐνέργειαν ἄλλης μορφῆς.

Ἡ ἐνέργεια δὲν δημιουργεῖται οὔτε καταστρέφεται, ἀλλὰ ἀπλῶς μετασχηματίζεται. Οὕτως ὁ γαιάνθραξ, ὁ ὅποιος περικλείει χημικὴν ἐνέργειαν, ὅταν καῇ, ἀποδίδει θερμικὴν ἐνέργειαν, ή ὅποια μεταβάλλει τὸ ୟδωρ ἐνὸς λέβητος εἰς ἀτμόν. Ὁ ἀτμὸς αὐτὸς μὲ ἔνα παλίνδρομον ἔμβολον κινεῖ τελικῶς τοὺς τροχοὺς μιᾶς ἀτμομηχανῆς ή περιστρέφει ἔνα κινητήρα, παρέχων τοιουτοτρόπως μηχανικὴν ἐνέργειαν. Τέλος ὁ κινητήρας δύναται νὰ θέσῃ εἰς λειτουργίαν μίαν ἡλεκτρογεννήτριαν, μετατρέπων κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον τὴν μηχανικὴν εἰς ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

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

Εἰς τὸ σχῆμα 49 δίδεται μία γενικὴ εἰκὼν τῶν σπουδαιοτέρων μορφῶν ἐνέργειας καὶ αἱ δυνατότητες μετατροπῆς των ἀπὸ τὴν μίαν μορφὴν εἰς τὴν ἄλλην, πρᾶγμα τὸ ὅποιον παριστάνει ή φορὰ τῶν βελῶν.

§ 52. Μηχανικὴ ἐνέρ-



Σχ. 49. Αἱ σπουδαιότεραι μορφαὶ ἐνέργειας καὶ αἱ πλέον συνηθισμέναι δυνατότητες, μετατροπῆς των.

γεια. Σχέσις μεταξὺ δυναμικῆς καὶ κινητικῆς ἐνέργειας ἐνὸς σώματος. Ἐνα σῶμα ἡ σύστημα σωμάτων δύναται νὰ ἔχῃ μόνον κινητικὴν ἢ μόνον δυναμικὴν ἐνέργειαν. Δυνατὸν δῆμος νὰ κατέχῃ ταυτοχρόνως καὶ κινητικὴν καὶ δυναμικὴν ἐνέργειαν.

Πράγματι ἔνα σῶμα τὸ ὅποιον κινεῖται ἐπὶ ἐνὸς ὄριζοντίου ἐπιπέδου ἔχει, ως πρὸς τὸ ἐπίπεδον αὐτὸ μηδενικὴν δυναμικὴν ἐνέργειαν. Τὸ σῶμα δῆμος λόγῳ τῆς ταχύτητός του ἔχει κινητικὴν ἐνέργειαν.

Ἐνα σῶμα τὸ ὅποιον εὑρίσκεται ἐπὶ τῆς τραπέζης, ἔχεις ως πρὸς τὸ δάπεδον δυναμικὴν ἐνέργειαν καὶ ἐφ' ὅσον ἡρεμεῖ ἔχει μηδενικὴν κινητικὴν ἐνέργειαν. Ἀν τὸ σῶμα πέσῃ, τότε λόγῳ τῆς κινήσεώς του ἀποκτᾷ κινητικὴν ἐνέργειαν. Κατὰ τὴν πτῶσιν του δῆμος πρὸς τὸ δάπεδον, χάνει δόλονέν. Ὕψος καὶ ἐπομένως ἐλαττοῦται ἡ δυναμικὴ του ἐνέργεια. ἐνῷ παραλλήλως αἰδάνεται ἡ ταχύτης του, πρᾶγμα τὸ ὅποιον ἔχει ως συνέπειαν νὰ αὐξάνεται ἡ κινητικὴ του ἐνέργεια.

Ἡ αὐξομείωσις τῶν δύο μορφῶν τῆς μηχανικῆς ἐνέργειας, ἐφ' ὅσον δὲν συμβαίνουν ἀπώλειαι, γίνεται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε τὸ ἄθροισμά των νὰ παραμένη σταθερόν. Ὡστε :

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

Παρατήρησις. Ὄταν ἡ κινητικὴ ἐνέργεια ἐνὸς σώματος μετατρέπεται μερικῶς ἢ δόλικῶς εἰς ἔργον, ἡ ταχύτης τοῦ σώματος ἐλαττοῦται (ἢ μηδενίζεται). Οὕτως ἡ ταχύτης τοῦ ποδηλατιστοῦ, δόποιος χάρις εἰς τὴν κινητικὴν του ἐνέργειαν ἀνέρχεται εἰς μίαν ἀνηφορικὴν δόδον, χωρὶς νὰ κινῇ τὰ ποδόπληκτρα, ἐλαττοῦται δόλον καὶ τέλος μηδενίζεται. Διὰ τὸν ἴδιον λόγον καὶ ἡ μάζα τοῦ σφυρίου ἀκινητεῖ, ὅταν ἐμπίξῃ τὸ καρφίον κατὰ δόλιγα χιλιοστόμετρα ἐντὸς τοῦ ξύλου.

§ 53. Θερμικὴ ἐνέργεια. Πείραμα. Θερμαίνομεν τὸ δοχεῖον Α τοῦ σχήματος 50 οὔτως ὥστε, τὸ ὕδωρ τὸ περιεχόμενον εἰς αὐτὸ νὰ ἀποκτήσῃ περίπου τὴν θερμοκρασίαν τοῦ βρασμοῦ. Θέτομεν ἀκολούθως ἐντὸς τοῦ δοχείου Α ἔνα πωματισμένον δοκιμαστικὸν σωλῆνα Β, ὁ δόποιος περιέχει δόλιγον αἰθέρα. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι τὸ πῦρα ἐκσφενδονίζεται βιαίως.

Ἡ ἔξηγησις τοῦ φαινομένου εἶναι ἡ ἔξηγς. Τὸ θερμὸν ὕδωρ μετεβίβασε θερμότητα εἰς τὸν δοκιμαστικὸν σωλῆνα μὲ ἀποτέλεσμα νὰ ἔξαερωθῇ ὁ αἰθέρη. Οἱ ἀτμοὶ τοῦ αἰθέρος ἡσκησαν πιέζουσαν δύναμιν εἰς τὸ πῦρα καὶ τὸ ἔξετίναξαν.

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

"Ωστε :

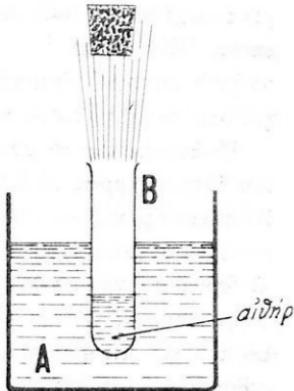
Ἡ θερμικὴ ἐνέργεια, τὴν ὁποίαν ἀποδίδει ἔνα ψυχόμενον σῶμα, δύναται νὰ μετατραπῇ εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν.

§ 54. Μονάδες ἐνέργειας. Ἀνεφέρθη ὅτι ἡ ἐνέργεια ἐνὸς σώματος ἢ ἐνὸς συστήματος, οίασδήποτε μορφῆς, είναι δυνατὸν 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 είναι φυσικὰ μεγέθη τῆς ιδίας φυσικῆς ὑποστάσεως, πρᾶγμα τὸ ὅποιον ἔχει ὡς συνέπειαν νὰ μετρῶνται μὲ τὰς ιδίας μονάδας.

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

Μονάδες συνεπῶς τῆς ἐνέργειας είναι τὸ 1 Joule, τὸ 1 κιλοποντόμετρον, κ.λπ.

§ 55. Ὑποβάθμισις τῆς ἐνέργειας. Ἀρχὴ τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνέργειας. Ἡ θερμικὴ ἐνέργεια είναι ἀπὸ ὅλας τὰς μορφὰς τῆς ἐνέργειας ἡ δυσκολότερον μετατρεπομένη εἰς ἄλλην μορφήν. Κατὰ τὴν μετατροπὴν δὲ θερμικῆς ἐνέργειας εἰς ἐνέργειαν ἄλλης μορφῆς, παραμένει πάντοτε ὑπὸ θερμικῆς μορφῆς ἔνα ὑπόλοιπον ἐνέργειας, τὸ δόποιον δὲν δυνάμεθα νὰ χρησιμοποιήσωμεν. Ἀντιθέτως αἱ ἄλλαι μορφαὶ ἐνέργειας μετατρέπονται, σχετικῶς εὐκόλως, ἡ μία εἰς τὴν ἄλλην. Ἐπειδὴ δημοσ ᶚατὰ τὰς μετατροπὰς αὐτὰς ἔνα μέρος ἐνέργειας μετασχηματίζεται εἰς θερμότητα, λέγομεν ὅτι κατὰ τὴν μετατροπὴν τῆς ἐνέργειας συμβαίνει ὑποβάθμισις.



Σχ. 50. Ἡ θερμότης τὴν ὁποίαν τὸ ὑδωρ προσέφερεν εἰς τὸν αἰθέρα, παράγει μηχανικὸν ἔργον. Τὸ θερμὸν ὑδωρ κατέχει θερμικὴν ἐνέργειαν.

Μὲ ἄλλους λόγους ή ἐνέργεια διατηρεῖται εἰς ποσότητα ἀλλὰ
χάνει εἰς ποιότητα.

Ἄν έχωμεν ἔνα ἀπομονωμένον σύστημα, ἔνα σύστημα δηλαδὴ τὸ ὅποιον οὔτε νὰ λαμβάνῃ ἀπὸ τὸ περιβάλλον του ἐνέργειαν, οὔτε νὰ ἀποδίδῃ ἐνέργειαν εἰς αὐτό, τότε ή ὅλική ἐνέργεια τοῦ συστήματος (τὸ ἄθροισμα δηλαδὴ τῶν διαφόρου μορφῆς ἐνέργειῶν, αἱ ὅποιαι περιέχονται εἰς τὸ σύστημα, οἵαδηποτε καὶ ἂν εἶναι αἱ ἐσωτερικαὶ μετατροπαὶ των), παραμένει σταθερά.

Ἡ ἀνωτέρω πρότασις δονομάζεται «ἀρχὴ τῆς διατηρήσεως τῆς
ἐνέργειας». √

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Ἐνα σῶμα ή ἔνα σύστημα σωμάτων κατέχει ἐνέργειαν,
ὅταν εἶναι ίκανὸν νὰ παράγῃ ἔργον.

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

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

4. Ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια, τὴν ὅποιαν κατέχει ἔνα σῶμα ή
ἔνα σύστημα σωμάτων, εἶναι ή ἐνέργεια τὴν ὅποιαν ἔχει ἀποθη-
κευμένην 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 ὅποιον ἀποδίδει τὸ κινούμενον σῶμα
μέχρις ὅτου ἡρεμήσῃ.

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

7. Ἡ ἐνέργεια ἀναλόγως μὲ τὴν προέλευσίν της ὑποδιαι-
ρεῖται εἰς μηχανικὴν (δυναμικὴν ή κινητικὴν), μυϊκήν, χημικήν,
φωτεινήν, θερμικήν, ἀκτινοβόλον, ἡλεκτρικήν, μαγνητικήν,
πυρηνικήν κ.λ.π.

8. Ἡ ἐνέργεια οὔτε δημιουργεῖται, οὔτε καταστρέφεται,
ἄλλα ἀπλῶς μετατρέπεται ἀπὸ μίαν εἰς ἄλλην μορφήν. Ἡ μετα-
τροπὴ τῆς ἐνέργειας γίνεται μετὰ συγχρόνου ὑποβιβασμοῦ της.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

59. "Ενα σῶμα βάρους 15 kp ἔχει ἀνυψωθῆνα πατά 200 m ἀπό τὴν ἐπιφάνειαν τῆς Γῆς. Νὰ εὑρεθῇ ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια τὴν ὅποιαν ἔχει τὸ σῶμα εἰς αὐτήν τὴν θέσιν.
(Απ. $3\,000 \text{ kpm.}$)

60. Σῶμα μάζης 200 kg κινεῖται μὲν σταθερὰν ταχύτητα 2 m/sec. Νὰ εὑρεθῇ ἡ κινητικὴ ἐνέργεια τὴν ὅποιαν ἔχει ἀποκτήσει τὸ σῶμα.
(Απ. $40,7 \text{ kpm.}$)

61. "Ενας λίθος ἔχει μάζαν 20 gr καὶ βάλλεται κατακορύφως μὲν ἀρχικὴν ταχύτητα 200 m/sec. Νὰ εὑρεθῇ ἡ κινητικὴ ἐνέργεια, τὴν ὅποιαν ἀπέκτησεν ὁ λίθος κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς βολῆς.
(Απ. $40\,000\,000 \text{ erg.}$)

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

63. Μία σφῆνα βάρους 100 kp ἀνυψοῦται κατά $2,8 \text{ m}$ καὶ ἀκολούθως πίπτει ἐλεινθέρως ἐπὶ ἑνός καρφίου. Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἐνέργεια τῆς σφῆνας κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς κρούσεως.
(Απ. 280 kpm.)

II. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ

I—ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΕΙΣ ΘΕΡΜΙΚΗΝ

§ 56. Αἱ τριβαὶ ἐλευθερώνουν θερμότητα. "Οταν ἀνοίγωμεν ὅπῃν εἰς ἔνα ξύλον, τὸ διατρητικὸν ὅργανον (τρυπάνι) τὸ ὅποῖον χρησιμοποιοῦμεν θερμαίνεται. "Οταν τροχίζωμεν ἔνα ἐργαλεῖον μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ σμυριδοχάρτου, παρατηροῦμεν ὅτι ἐκτινάσσονται πολυάριθμοι σπινθῆρες ἀπὸ τὸ σημεῖον ἐπαφῆς τοῦ ἐργαλείου μὲ τὸν σμυριδοτροχόν, ἐνῶ τροχός καὶ ἐργαλεῖον θερμαίνονται. "Οταν τὸν χειμῶνα αἱ χειρες μας εἶναι ψυχραί, τὰς προστρίβομεν τὴν μίαν ἐπὶ τῆς ἄλλης διὰ νὰ θερμανθοῦν. "Οταν θέλωμεν νὰ ἀνάψωμεν ἔνα 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).

"Ωστε :

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



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

Πείραμα. Ἐνα κυλινδρικὸν δρειχάλκινον δοχεῖον περιέχει αἰθέρα ἔως τὸ μέτον, φράσσεται δὲ μὲ ἔνα 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 δλίγου ἐκτινάσσεται.

Ἐνόσω στρέφεται ἐλεύθερον τὸ δρειχάλκινον δοχεῖον, μία δύναμις μικροῦ μέτρου ἀρκεῖ διὰ νὰ τὸ διατηρῇ εἰς κίνησιν. Ὅταν δῶμας ἐμποδίζεται ἀπὸ τὴν ξυλόβιδα, πρέπει νὰ καταβάλλωμεν μεγαλυτέραν δύναμιν, δηλαδὴ νὰ χορηγήσωμεν περισσότερον ἔργον.

Εἰς τὸ κινητήριον αὐτὸν ἔργον, τὸ ὁποῖον προκαλεῖ τὴν περιστροφὴν τοῦ κυλινδρικοῦ δοχείου, ἀντιτίθεται ἔνα ἀνθιστάμενον ἔργον, τὸ ὁποῖον προκαλεῖται ἀπὸ τὴν τριβὴν τῆς ξυλολαβίδος ἐπὶ τοῦ σωλήνος. Ἡ ἐνέργεια ἡ ὁποία ἀπορροφᾶται ἀπὸ τὴν τριβὴν μετατρέπεται εἰς θερμικὴν ἐνέργειαν, ἡ ὁποία ὑψώνει τὴν θερμοκρασίαν τοῦ αἰθέρος καὶ τὸν ἔξαερόνει. Αἱ πιέζουσαι δυνάμεις τοῦ ἀτμοῦ τοῦ αἰθέρος ἐκτινάσσουν τὸ πῦμα.

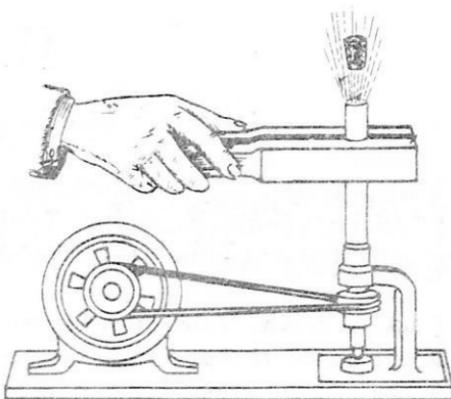
Ωστε :

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

Ο, τι συμβαίνει εἰς τὰς τριβάς παρατηρεῖται καὶ κατὰ τὰς συγκρούσεις καὶ τὰς παραμοφώσεις. Καὶ εἰς τὰς περιπτώσεις αὐτὰς ἔχομεν σχεδόν πάντοτε ἐμφάνισιν θερμότητος.

Ἐφαρμογαί. Τὸ τύμπανον τῶν πεδῶν (φρένων) τῶν τροχῶν τοῦ αὐτοκινήτου θερμαίνεται, δταν πεδίζωμεν. Ἔνα μέρος τῆς κινητικῆς ἐνέργειας τοῦ δχήματος μετατρέπεται εἰς θερμικὴν ἐνέργειαν.

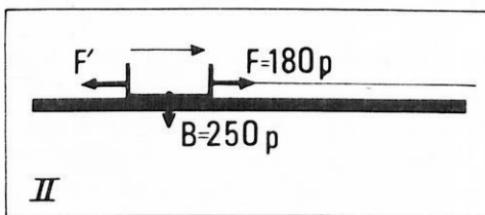
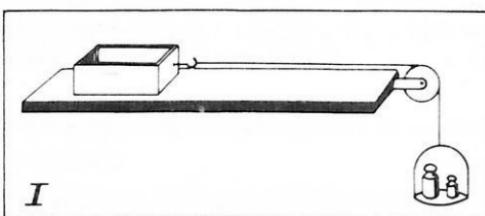
Δι' αὐτὸν τὸν λόγον εἰς τὰ μηχανουργικὰ ἐργαστήρια, δταν πρόκειται νὰ κατεργασθοῦν σκληρὰ μέταλλα μὲ μεταλλικὰ ἐργαλεῖα, διαβρέχουν, κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς ἐργασίας, συνεχῶς τὸ ἐργαλεῖον μὲ σαπωνοδιάλυμα, ψύχοντες τὸ μέταλλον μὲ αὐτὸν τὸν τρόπον καὶ ἀποτρέποντες τὴν ἐρυθροπύρωσιν του, ὅπότε ὑπάρχει πιθανότης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



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

1. Αἱ τριβαὶ προκαλοῦν θερμότητα.
2. "Οταν ἔνα σῶμα ἡ σύστημα σωμάτων κινῆται, τότε παρατηρεῖται αὔξησις τῆς θερμοκρασίας του, ἡ ὁποία προέρχεται ἀπὸ τὴν μετατροπήν, ἐξ αἰτίας τῶν τριβῶν, ἐνὸς μέρους τῆς μηχανικῆς κινητικῆς ἐνεργείας εἰς θερμικήν.
3. Ἡ μετατροπὴ τῆς μηχανικῆς κινητικῆς ἐνεργείας εἰς θερμικήν ἐνέργειαν, λόγω τριβῶν, μᾶς ἐπιτρέπει νὰ ἀνάψωμεν ἔνα πυρεῖον καὶ προκαλεῖ τὴν αὔξησιν τῆς θερμοκρασίας τῶν τριβομένων ἐπιφανειῶν καὶ ἐργαλείων, τοῦ τυμπάνου τῶν πεδῶν (φρένων) τοῦ αὐτοκινήτου κ.λ.π.

ΙΑ' — ΤΡΙΒΗ. ΜΗΧΑΝΙΚΟΝ ΙΣΟΔΥΝΑΜΟΝ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΔΟΣ



Σχ. 53. Διάταξις διὰ τὴν μελέτην τῆς τριβῆς κατὰ τὴν ὀριζοντίαν δίλισθησιν(I). Συνολικὸν βάρος 250 p μετακινεῖται μὲ διάτοντιν 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 δλισθαίνῃ τὸ κιβώτιον ἐπὶ τῆς ὀριζοντίας σανίδος, ὅπότε σημειώνομεν τὸ βάρος τῶν σταθμῶν, διὰ τὸ διοῖον ἥρχισεν ἡ δλισθησις καὶ ἐστω ὅτι αὐτὸ είναι 180 p. Εἰς τὸ κιβώτιον ἀσκεῖται ἐπομένως μία ὀριζοντία δύναμις $F = 180$ p (σχ. 53, II).

α) "Οταν δὲν ἀσκῆται ἔλξις εἰς τὸ κιβώτιον, αὐτὸ ὑπόκειται εἰς τὴν δρᾶσιν τοῦ βάρους του καὶ εἰς τὴν ἀντίδρασιν τὴν ὁποίαν ἀσκεῖ ἡ σανίς. 'Εφ' ὅσον δὲ τὸ κιβώτιον παραμένει ἀκίνητον, πρέπει ἡ συνισταμένη τῶν δυνάμεων, αἱ ὁποῖαι ἐνεργοῦν ἐπ' αὐτοῦ, νὰ εἰναι ἵση πρὸς μηδέν. Ἡ ἀντίδρασις συνεπῶς τῆς σανίδος ἔχει κατακόρυφον διεύθυνσιν καὶ φοράν πρὸς τὰ ἄνω, μέτρον δὲ ἵσον μὲ τὸ βάρος τοῦ κιβωτίου.

β) Τοποθετοῦμεν εἰς τὸν δίσκον σταθμὰ μὲ συνολικὸν βάρος μικρότερον τῶν 180 p, δόποτε παρατηροῦμεν ὅτι τὸ σῶμα μένει ἀκίνητον. Καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν ὅμως αὐτὴν ὑπάρχει μία ἐλκτικὴ δύναμις, ἵση μὲ τὸ βάρος τῶν σταθμῶν, ἡ ὁποία ἀσκεῖται εἰς τὸ κιβώτιον ἀπὸ τὸ ὁριζόντιον σχοινίον. 'Εφ' ὅσον ὅμως ἀκινητεῖ τὸ κιβώτιον, συμπεραίνομεν ὅτι ὑπάρχει καὶ μία ἄλλη δύναμις F', ἀντίθετος πρὸς τὴν ἐλκτικήν, ἡ ὁποία ἐνεργεῖ εἰς τὸ κιβώτιον καὶ ἔξουδετερώνει τὴν ἐλκτικήν δύναμιν.

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

'Απὸ τὸ ἀνωτέρῳ πείραμα συμπεραίνομεν ὅτι, ὅταν ἀσκῆται εἰς τὸ κιβώτιον μία ὁριζοντία ἐλκτικὴ δύναμις F < 180 p, τὸ κιβώτιον ὑπόκειται εἰς τὴν δρᾶσιν μιᾶς ἄλλης δυνάμεως F', ἵσης ως πρὸς τὸ μέτρον μὲ τὴν F, ἄλλᾳ ἀντιθέτου φορᾶς ἀπὸ ἐκείνην. Ἡ δύναμις αὐτὴ F' ἀσκεῖται ἀπὸ τὴν ὁριζόντιον σανίδα εἰς τὸ κιβώτιον. Εὐθὺς ως ἡ ὁριζόντιος ἐλκτικὴ δύναμις F γίνη ἵση πρὸς 180 p, ἄρχεται ἡ δλίσθησις τοῦ κιβωτίου. Ἡ δύναμις ἐπομένως F', ἡ ὁποία ἀναφαίνεται ὅταν ἀσκηθῇ μία ὁριζόντιος 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, δφείλεται εἰς τὴν τριβὴν τῆς ἔξωτερικῆς ἐπιφανείας τῆς βάσεως τοῦ κιβωτίου, ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς ὁριζοντίας σανίδος καὶ ὀνομάζεται δύναμις τριβῆς ἡ ἀπλῶς τριβή. Ἐπομένως :

"Οταν ἔνα σῶμα κινηται, εἰς τρόπον ὥστε νὰ εύρισκεται συνεχῶς εἰς ἐπαφὴν μὲ ἔνα ἄλλο σῶμα, ἀναπτύσσεται μία δύναμις, ἡ ὁποία ἀντιτίθεται πρὸς ἐκείνην ἡ ὁποία κινεῖ τὸ σῶμα. Ἡ ἀντιτιθεμένη εἰς τὴν κίνησιν δύναμις, ὀνομάζεται τριβή.

‘Η τριβὴ ἀπορροφεῖ ἐνέργειαν. Ή δύναμις τῆς τριβῆς F’, τῆς ὁποίας τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς μετετοπίσθη ἐπὶ τῆς εὐθείας ἐπενεργείας της, παρήγαγεν ἔργον ἀνθισταμένης δυνάμεως, τὸ δόποιον ἀπερρόφησεν ἕνα μέρος τῆς δυναμικῆς ἐνέργειας τοῦ φορτισμένου δίσκου. “Ωστε :

‘Η τριβὴ μεταξὺ δύο ἐπιφανειῶν, ὅταν ἡ μία κινῆται ως πρὸς τὴν ἄλλην, ἀπορροφεῖ ἐνέργειαν.

§ 58. Παράγοντες ἐκ τῶν δόποίων ἔξαρταται ἡ τριβὴ. Πείραμα. Χρησιμοποιοῦντες τὴν προηγουμένην διάταξιν, ἔρματίζομεν τὸ κιβώτιον μὲ διαφορετικὰ βάρη καὶ καταγράφομεν τὸ ἐλάχιστον φορτίον, τὸ δόποιον πρέπει νὰ ὑπάρχῃ ἐπὶ τοῦ δίσκου, εἰς ἑκάστην περίπτωσιν διὰ νὰ ἀρχίσῃ δλίσθησις τοῦ κιβωτίου (σχ. 54, I, II). Κατόπιν ἐπαναλαμβάνομεν τὸ πείραμα χρησιμοποιοῦντες ως ὄριζόντιον ἐπίπεδον μίαν πολὺ λείαν σανίδα. Εἰς τὸν ἀκόλουθον πίνακα ἀναγράφονται τὰ ἀποτελέσματα τῶν μετρήσεών μας.

Βάρος	Βάρος σταθμῶν δίσκου	
κιβωτίου B εἰς p	Ανώμαλος ἐπιφάνεια, F εἰς p	Λεία ἐπιφάνεια, f εἰς p
250	180	70
500	360	140
750	540	210
1000	720	280

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

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

‘Εὰν ἐπαναλάβωμεν τὸ πείραμα, θέτοντες τὸ κιβώτιον διαδοχικῶς εἰς ἐπαφὴν μὲ τὰς διαφόρους ἔδρας του, θὰ λάβωμεν τὰ ἴδια ἀποτέλεσματα, δηλαδή :

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

‘Η τριβὴ τὴν δόποίαν ἐμελετήσαμεν, ἀναφαίνεται ὅταν μία ἐπιφάνεια δλισθαίνῃ ἐπὶ μιᾶς ἄλλης ἐπιφανείας καὶ δι’ αὐτὸν δονομάζεται ἰδιαιτέρως τριβὴ δλισθήσεως.

Από τα άνωτέρω καταλήγομεν εις τὸ συμπέρασμα δι :

Ἡ τριβὴ δὲ λίσθησεως :

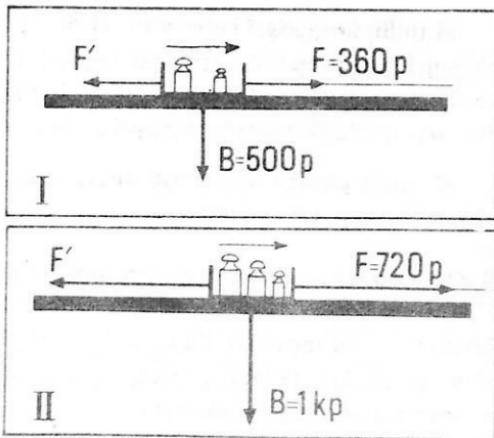
- a) Εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν κάθετον δύναμιν, τὴν ὅποιαν ἀσκεῖ ἡ τριβουσα ἐπιφάνεια (κιβώτιον) ἐπὶ τῆς τριβομένης ἐπιφανείας (σανίς). Ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τῶν τριβομένων ἐπιφανειῶν.
- γ) Εἶναι ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὸ ἐμβαδὸν τῶν προστριβομένων ἐπιφανειῶν.
- δ) Ὁπως ἀποδεικνύεται, ἀπὸ ἀκριβεῖς μετρήσεις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

§ 59. Τριβὴ κυλίσεως. Τριβὴ δὲν ἀναφαίνεται μόνον ὅταν ἔνα σῶμα δὲ λισθαίνῃ ἐπὶ ἐνὸς ἄλλου, ἀλλὰ καὶ ὅταν κυλίεται.

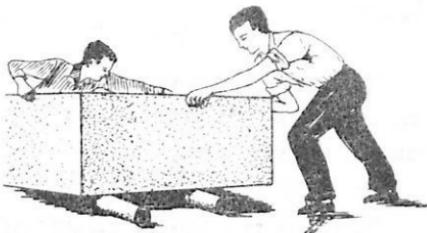
Ἡ τριβὴ ἡ δοποίᾳ παράγεται εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ὀνομάζεται τριβὴ κυλίσεως.

Ἡ τριβὴ δὲ λίσθησεως καταναλίσκει περισσότερον ἔργον ἀπὸ τὴν τριβὴν κυλίσεως.

Δι' αὐτὸν τὸν λόγον ὅταν θέλωμεν νὰ μετακινήσωμεν ἔνα βαρὺ ἀντικείμενον, τοποθετοῦμεν κάτω ἀπὸ αὐτὸν δύο μικρὰ κυλινδρικὰ ξύλα καὶ ὠθοῦμεν τὸ ἀντικείμενον, μετατρέποντες τὴν τριβὴν δὲ λίσθησεως εἰς τριβὴν κυλίσεως (σχ. 55). Παρατηροῦμεν δὲ διὰ δύο μεγαλυτέρα εἰναι ἡ διάμετρος τῶν κυλινδρικῶν ξύλων, τόσον μικροτέρα δύναμις ἀπαιτεῖται νὰ καταβληθῇ διὰ τὴν μετακίνησιν.



Σχ. 54. Ἡ τριβὴ δὲ λίσθησεως εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ βάρος τοῦ σώματος τὸ δόποιον δὲ λισθαίνει.



Σχ. 55. Ἡ τριβὴ κυλίσεως ἔχουσετερον δύο τὴν τριβὴν δὲ λίσθησεως

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

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

§ 60. Συνέπειαι τῆς τριβῆς. Παρατηροῦμεν διτὶ ὅσον περισσότερον ἀνώμαλοι είναι αἱ ἐπιφάνειαι, αἱ δόποια εύρισκονται ἐν ἐπαφῇ, τόσον μεγαλύτεραι είναι καὶ αἱ δυνάμεις τῆς τριβῆς δὲ λισθήσεως. Ἡ τριβὴ αὐτὴ δοφεῖλεται εἰς τὰς ἀνωμαλίας τῶν δύο ἐπιφανειῶν, αἵτινες εύρισκονται εἰς ἐπαφήν. Αὗται αἱ ἀνωμαλίαι ἐμπλέκονται μεταξὺ τῶν καὶ ἀντιτίθενται εἰς τὴν κίνησιν (σχ. 56).

Οἱ δεύτεροι παράγον, δὲ δόποις συντείνει εἰς τὴν ἐμφάνισιν τῆς τριβῆς, είναι αἱ παραμορφώσεις, αἱ δόποια δημιουργοῦνται εἰς τὰς δύο ἐπιφανείας, ὅταν αὗται πιέζονται μεταξύ των. Βεβαίως τὰς περισσότερους φοράς αὗται αἱ παραμορφώσεις δὲν γίνονται ἀντιληπταί, δὲν πάνους δῆμος νὰ ὑπάρχουν.

Ἡ τριβὴ δύο ἐπιφανειῶν ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα τὴν ἔξομάλυνσιν τῶν ἀνωμαλιῶν των. Ἔνα μέρος τῆς ἐνεργείας τὴν δόποιαν παρέχομεν εἰς μίαν μηχανήν, καταναλισκεται καὶ ἀπορροφᾶται ἀπὸ τὰς δυνάμεις τριβῆς καὶ μετατρέπεται εἰς θερμικὴν ἐνέργειαν, ἡ ὁποία μᾶς είναι ἄχρηστος.

Παραλλήλως δῆμος ἡ τριβὴ δημιουργεῖ καὶ χρήσιμα ἀποτελέσματα. Ἔνα σῶμα, π.χ., τὸ δόποιον εύρισκεται ἐπὶ ἐνός κεκλιμένου ἐπιπέδου, παραμένει ἀκίνητον καὶ δὲν δισταίνει πρὸς τὰ κατώτερα σημεία τοῦ ἐπιπέδου, ἐξ αἵτιας τῶν δυνάμεων τριβῆς.

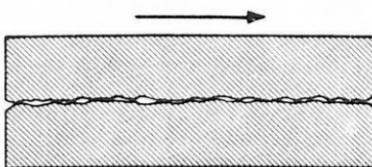
Χωρὶς τὰς δυνάμεις τριβῆς θὰ μᾶς ἡτο ἀδύνατον νὰ σταθῶμεν δρθιοι καὶ νὰ περιπατήσωμεν. Γνωρίζομεν διτὶ τὸν χειμῶνα, μᾶς είναι πολὺ δύσκολον νὰ περιπατήσωμεν ἐπάνω εἰς παγοκρυστάλλους. Ἐπίσης δὲν θὰ ἡτο δυνατὸν νὰ κρατήσωμεν ἔνα ἀντικείμενον εἰς τὰς χεῖρας μας, ἀφοῦ τὰ πάντα θὰ ἡσαν δὲ λισθηρά.

Ἄν δὲν ὑπῆρχε τριβὴ, θὰ μᾶς ἡτο ἀδύνατον νὰ κατασκευάσωμεν δι.τιδήποτε. Ἐάν δὲν ὑπῆρχε τριβὴ δὲν θὰ ὑπῆρχον καὶ ἀνωμαλίαι εἰς τὴν ἐπιφάνειαν π.χ. τοῦ καρφίου καὶ εἰς τὴν σανίδα, δόποτε τὸ καρφίον δὲν θὰ συνεκρατεῖτο εἰς τὴν ὅπην τῆς σανίδος. Δηλαδὴ πᾶσα ἀπόπειρα διὰ νὰ συνδέσωμεν δύο τεμάχια ξύλου μεταξύ των θὰ ἡτο ματαία.

Δυνάμεις τριβῆς είναι καὶ ἐκεῖναι αἱ ἀσκοῦνται ἀπὸ τὰς πέδας εἰς τοὺς τροχοὺς τῶν αὐτοκινήτων καὶ μᾶς ἐπιτρέπουν νὰ σταματήσωμεν τὰ δχῆματα ή νὰ μετριάσωμεν τὴν ταχύτητά των.

§ 61. Τρόποι ἐλαττώσεως ἡ αὔξησης τῶν τριβῶν.

Σχ. 56. Αἱ τριβαὶ δοφεῖλονται κατὰ τὸ ἀρχικὸν μας πείραμα διὰ τὴν μελέτην ἔνα μέρος εἰς τὰς ἀνωμαλίας τῶν τῆς τριβῆς, χρησιμοποιοῦντες μίαν λείαν ἐπιφανειῶν τῶν σωμάτων. σανίδα, μὲ τὴν διαφοράν ὅτι τὴν ἔχομεν



Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

έπιστρώσει μὲ σαπωνοδιάλυμα. Παρατηρούμεν τότε ὅτι, ἄν καὶ ἐρματίζωμεν τὸ κιβώτιον μὲ 1 000 p, ἀρκεῖ μία ὥριζοντία δύναμις 120 p διά νά προκαλέσῃ ὀλίσθησιν τοῦ κιβωτίου.

Διά νά ἔλαττώσωμεν τὴν τριβήν ἐπαλείφομεν τάς ἐπιφανείας, αἱ ὁποῖαι εύρισκονται εἰς ἐπαφήν, μὲ λιπαντικάς οὐσίας. Διά νά μὴ καταστραφοῦν λόγῳ τριβῆς τὰ μέταλλα, τὰ ὁποῖα ἐφάπτονται μεταξὺ τῶν εἰς τὸν μηχανισμόν, π.χ., ἐνὸς αὐτοκινήτου, εἰς μὲν τὴν μηχανήν τοποθετοῦμεν εἰδικὸν ἔλαιον, λιπαίνομεν δὲ τὸ σύστημα δόηγήσεως καὶ τοὺς ἄξονας τῶν τροχῶν.

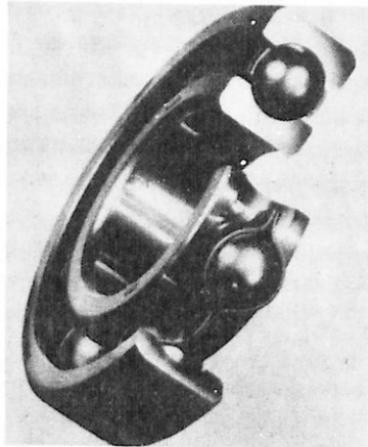
Ἐνα ποδήλατον μὲ λελιπασμένους τοὺς ἄξονας τῶν τροχῶν τοῦ τρέχει καλύτερον καὶ ταχύτερον ἀπὸ ἔνα ἄλλον τοῦ ὁποίου εἰναι ἀλίπαντα καὶ ἔηρά τὰ κινούμενα μέρη. Ἐνας κινητήρ, ὁ ὁποῖος λειτουργεῖ χωρίς νά λιπαίνεται, ἀχρηστεύεται πολὺ συντόμως.

Σημαντικῶς ἔλαττονται ἡ τριβὴ ὅταν, ὅπως ἀνεφέραμεν, μετατρέψωμεν τὴν ὀλίσθησιν εἰς κύλισιν. Αὐτὸν ἐπιτυγχάνεται μὲ παρεμβολήν, μεταξὺ τῶν δύο τριβομένων μὲ ὀλίσθησιν ἐπιφανειῶν, μικρῶν κυλινδρικῶν στελεχῶν, ἐπὶ τῶν ὁποίων ἐπικάθηται τὸ μεταποιζόμενον βαρὺ ἀντικείμενον. Τὰ κυλινδρικὰ στελέχη ἔναι κάθετα πρὸς τὴν ἔλκουσαν δύναμιν.

Ἐφαρμογὴν αὐτῆς τῆς παρατηρήσεως ἀποτελεῖ ἡ κατασκευὴ τῶν ἐνσφαίρων τριβέων (κοινῶς ρουλεμάν), οἱ ὁποῖοι ἔχουν μεγάλας ἐφαρμογάς εἰς τὴν Τεχνικὴν. Ἀπλοῦν παράδειγμα τῆς ἐφαρμογῆς τῶν ἔχομεν εἰς τὸ ποδήλατον. Οἱ ἄξονες τῶν τροχῶν τοῦ ποδηλάτου δὲν ἐφάπτονται ἀπ' εὐθείας εἰς τὰ περιαξόνιά των, ἀλλὰ μὲ παρεμβολὴν ἐνσφαίρων τριβέων. Οἱ ἐνσφαιροι τριβεῖς περιλαμβάνουν μικράς χαλυβδίνους σφαίρας, αἱ ὁποῖαι παρεμβάλλονται εἰς τὰς τριβομένας ἐπιφανείας (σχ. 57).

Ἀντιθέτως διά νά ἀποφύγωμεν τὴν ὀλίσθησιν τῶν τροχῶν μιᾶς ἀτμομηχανῆς ἐπάνω εἰς τὰς σιδηροδρομικάς γραμμάς, τὰς ἐπικαλύπτομεν μὲ ἄμμον, διά νά αὐξήσωμεν τὴν τραχύτητά των. Διά μιαν ἀνάλογον αἰτίαν ρίπτομεν ἄμμον ἐπάνω εἰς ἔναν δρόμον ὁ ὁποῖος ἔχει καλυψθῇ ἀπὸ παγοκρυστάλλους.

Αἱ σιαγόνες τῶν πεδῶν (φρένων) εἰς τὰ αὐτοκίνητα καὶ οἱ δίσκοι τῶν συμπλεκτῶν (ἀμπραγιάς) εἰναι ἐφαδίασμένοι μὲ εἰδικάς μηχανικάς διατάξεις, αἱ ὁποῖαι αὐξάνουν τὴν τριβήν. Ὅσον περισσότερον συμπιέζονται μεταξὺ τῶν δύο ἐπιφάνειαι αἱ ὁποῖαι ἐφάπτονται, εἴτε μὲ τὴν βοήθειαν μοχλῶν οἱ ὁποῖοι πολλαπλασιάζουν τὰς μεταξὺ τῶν δυνάμεις (φρένα), εἴτε μὲ τὴν βοήθειαν ἰσχυρῶν ἐλατηρίων (συμπλέκτης), τόσον ἡ τριβὴ ἡ ὁποία ἀναπτύσσεται μεταξὺ τῶν δύο αὐτῶν ἐπιφανειῶν αὐξάνεται.



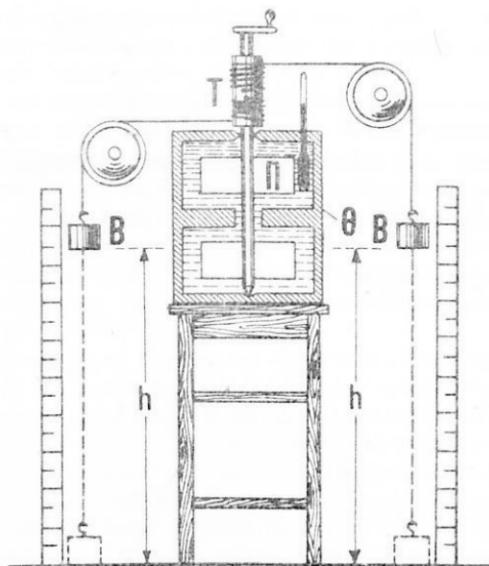
Σχ. 57. Ἐνσφαιροι τριβεῖς
(ρουλεμάν).

§ 62. Μηχανικὸν ἴσοδύναμον τῆς θερμίδος. Πείραμα τοῦ Τζάουλ. Ὁ Ἀγγλος Φυσικὸς Τζάουλ (James Prescott Joule) εἶναι ὁ πρῶτος ὁ ὅποιος ἐμελέτησε συστηματικῶς τὸ φαινόμενον τῆς μετατροπῆς τοῦ μηχανικοῦ ἔργου εἰς θερμότητα καὶ εὗρε τὴν ποσοτικὴν σχέσιν μεταξὺ τῶν μονάδων τῆς μηχανικῆς καὶ τῆς θερμικῆς ἐνεργείας. Κατὰ τὴν διεξαγωγὴν τῶν πειραμάτων του ἐχριτιμοποίησε τὴν ἀκόλουθον συσκευήν :

α) Περιγραφὴ τῆς συσκευῆς. Ἐντὸς ἑνὸς θερμιδομέτρου Θ βούλζεται ἕνας κατακόρυφος ἄξων, ἐφωδιασμένος μὲ πτερύγια Π (σχ. 58). Ὁ ἄξων αὐτὸς συνδέεται μὲ ἕνα κυλινδρικὸν τύμπανον Τ, τὸ ὅποιον δύναται νὰ περιστραφῇ περὶ τὸν γεωμετρικὸν τοῦ ἄξονα μὲ τὴν βοήθειαν δύο βαρῶν Β καὶ Β, τὰ ὅποια πίπτουν συγχρόνως καὶ ἀπὸ τὸ ἴδιον ὑψος h .

β) Λειτουργία τῆς συσκευῆς. Ὄταν πίπτουν τὰ βάρη, τὸ τύμπανον περιστρέφεται καὶ παρασύρει εἰς τὴν κίνησίν του τὸν ἄξονα μὲ τὰ πτερύγια, τὰ ὅποια τότε ἀναδεύουν τὸ ὄδωρ τοῦ θερμιδομέτρου. Αὐτὴ

ἡ ἀνάδευσις γίνεται πλέον ἐντονος μὲ τὴν βοήθειαν δύο ἀκινήτων πτερυγίων, τὰ ὅποια εἶναι στερεωμένα εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοίχωμα τοῦ θερμιδομέτρου. Η τριβὴ τοῦ ὄδατος μὲ τὰ πτερύγια παράγει θερμότητα, ἡ ὅποια αὐξάνει τὴν θερμοκρασίαν τοῦ ὄδατος ἐντὸς τοῦ θερμιδομέτρου. Δεδομένου ὅτι αὐτὴ ἡ αὔξησις τῆς θερμοκρασίας εἶναι πολὺ μικρά, πρέπει νὰ ἐκτελέσωμεν μίαν ὀλόκληρον σειράν διαδοχικῶν πτώσεων τῶν βαρῶν (περίπου εἴκοσι) διὰ νὰ ἔχωμεν αἰσθητὴν αὔξησιν τῆς θερμο-



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

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

Ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, ἡ ὅποια ἐλευθεροῦται, εύρισκεται ἀν μετρήσωμεν τὴν αὐξησιν τῆς θερμοκρασίας καὶ ἀν γνωρίζωμεν τὴν μᾶζαν τοῦ ὄγκου, ἡ ὅποια περιέχεται εἰς τὸ θερμιδόμετρον.

γ) Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. Εἰς μίαν σειρὰν πειραμάτων μὲ τὴν διάταξιν τῆς συσκευῆς Τζάουλ, ἔγιναν αἱ ἀκόλουθοι μετρήσεις : 1) Ὁλικὸν ίσοδύναμον εἰς ὄντωρ τοῦ θερμιδομέτρου = 3 070 cal/grad. 2) Κοινὸν βάρος τῶν δύο κατερχομένων σωμάτων = 12 kp. 3) Ὅψος τῆς πτώσεως = 3 m. 4) Ἀριθμὸς τῶν πτώσεων 20. 5) Ἀνύψωσις τῆς θερμοκρασίας = 1,1 °C. Νὰ εύρεθῇ τὸ μηχανικὸν ίσοδύναμον τῆς θερμίδος, ἡ ἀριθμητικὴ σχέσις ίσότητος, δηλαδὴ, μεταξὺ θερμίδος καὶ Joule.

Λύσις. Τὸ ἔργον τὸ ὅποῖον παράγεται κατὰ μίαν πτῶσιν τῶν δύο σωμάτων ἀπὸ ὑψους ἡ εἶναι ἵσον μέ :

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

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 Α τὸ ὅποῖον δινείται εἰς 20 παρομοίας περιπτώσεις θά εἶναι :

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

Ἡ ποσότης τῆς θερμότητος Q, εἰς τὴν ὅποιαν μετατρέπεται τὸ μηχανικὸν ἔργον τῆς πτώσεως τῶν σωμάτων, εἶναι ἵση μὲ ἐκείνην ἡ ὅποια ἀνύψωσε τὴν θερμοκρασίαν τοῦ θερμιδομέτρου κατὰ 1,1 °C καὶ ἡ ὅποια δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν :

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

Δηλαδὴ :

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

ὅπου K ἡ διλικὴ θερμοχωρητικότης τοῦ δργάνου.

Ἄρα μηχανικὴ ἐνέργεια 14 126,4 Joule μετετράπη εἰς ίσοδύναμον θερμικὴν ἐνέργειαν 3 377 cal. Ἐπομένως σκεπτόμενοι ἀντιστρόφως, δυνάμεθα νὰ ὑπολογίσωμεν τὸ ἔργον τὸ ὅποῖον δύναται νὰ παραχθῇ ἀπὸ θερμικὴν ἐνέργειαν 1 cal, δύποτε θά ἔχωμεν δτι : 3 377 cal ίσοδυναμοῦν μὲ 14 126,4 Joule καὶ 1 cal ίσοδυναμεῖ 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. Πολυάριθμοι μετρήσεις ἔδειξαν δτι ἀναφαίνεται ποσό-

της θερμότητος 1 cal, όταν μηχανικὸν ἔργον 4,18 Joule μετατρέπεται εἰς θερμότητα.

Αντιστρόφως λαμβάνομεν ἔργον 4,18 Joule έκαστην φοράν, κατὰ τὴν ὅποιαν ποσότης θερμότητος ἵση πρὸς 1 cal μετατρέπεται ἐξ ὀλοκλήρου εἰς μηχανικὸν ἔργον. Τας διαπιστώσεις αὐτὰς ἐκφράζομεν λέγοντες ὅτι :

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

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

Αντιστρόφως ἡ ποσότης τῆς θερμότητος ἡ ὅποια ἀντιστοιχεῖ εἰς 1 Joule εἶναι :

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

Απὸ 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. ✓

A N A K E Φ Α Λ Α I Ω Σ I S

1. Πᾶν σῶμα τὸ ὅποιον κινεῖται ἐπὶ ἐνὸς ἄλλου σώματος, ὑπόκειται εἰς τὴν δρᾶσιν τῶν δυνάμεων τριβῆς, ἡ διεύθυνσις τῶν ὅποιων εἶναι ἀντίθετος πρὸς τὴν μετατόπισιν.

2. Η ἀνθισταμένη δύναμις (δύναμις τριβῆς) εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν κατακόρυφον δύναμιν, ἡ ὅποια ἀσκεῖται ἀπὸ τὴν τρίβουσαν ἐπιφάνειαν ἐπὶ τῆς τριβομένης ἐπιφανείας, διὰ μικρὰς ταχύτητας.

3. Η δύναμις τῆς τριβῆς ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τῶν δύο ἐπιφανειῶν καὶ εἶναι ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὴν τρίβουσαν ἐπιφάνειαν καὶ τὴν ταχύτητα τῆς μετατόπισεως, διὰ μικρὰς ταχύτητας.

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

5. Η χρῆσις λιπαντικῶν οὐσιῶν (ἔλαιον, λίπος κ.λ.π.) καὶ ἐνσφαίρων τριβέων, ἐλαττώνει τὰς δυνάμεις τῆς τριβῆς τῶν κινη-

τῶν μερῶν τῶν μηχανῶν. Αὐξάνομεν τὰς δυνάμεις τῆς τριβῆς κατασκευάζοντες τραχυτέρας τὰς ἐπιφανείας ἐπαφῆς ή συμπιέζοντες αὐτὰς ίσχυρῶς.

6. Τὸ μηχανικὸν ίσοδύναμον τῆς θερμίδος εἶναι 4,18 Joule. Μία ποσότης θερμότητος, ἔνα μηχανικὸν ἔργον ή ἡ ἐνέργεια ἐνὸς συστήματος δύνανται νὰ ἐκφράζωνται εἰς θερμίδας, Τέούλ, κιλοποντόμετρα κ.λπ.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

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

65. Ἡ τελεία καῆσις τοῦ ἄνθρακος δίδεται ἀπὸ τὴν ἀκόλουθον χημικὴν ἐξίσωσιν:
 $C + O_2 \rightarrow CO_2 + 94 \text{ kcal}$

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

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

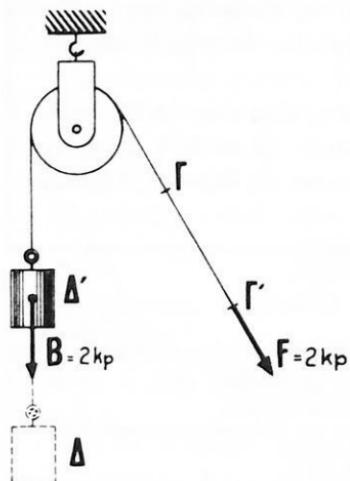
66. Νὰ εὑρεθῇ εἰς Joule ἡ ἐνέργεια ἡ ὅποια ἀπαιτεῖται διὰ νὰ ανξιθῇ ἡ θερμοκρασία 1 200 gr ὥδατος ἀπὸ τοὺς 15 °C εἰς τοὺς 80 °C

(Απ. $Q = 326\,040 \text{ Joule.}$)

67. Ἐνα τετραγωνικὸν πρόσμα ἀπὸ σίδηρον ἔχει διαστάσεις 8 cm · 5 cm · 3 cm καὶ εὐρίσκεται ἐπάνω εἰς ἔνα δομέντιον ἐπίπεδον. Τὸ πρόσμα σύρεται δομέντιος ἀπὸ ἔνα σχοινίον, τὸ ὅποιον, ἀφοῦ διέλθῃ ἀπὸ μίαν τροχαλίαν σιγκρατεῖ ἔναν δίσκον. Τὸ πρόσμα εἶναι τοποθετημένον εἰς τὸ δομέντιον ἐπίπεδον μὲ τὴν μεγαλυτέραν ἀπὸ τὰς ἔδρας του καὶ τίθεται εἰς κίνησιν, ὅταν ὁ δίσκος ἔχῃ φορτίον μάζης 620 gr. α) Νὰ εὑρεθῇ τὸ ἐλάχιστον βάρος, τὸ ὅποιον θὰ πρέπει νὰ φέρῃ ὁ δίσκος διὰ νὰ κινηθῇ τὸ πρόσμα, ὅταν θὰ εἶναι τοποθετημένον μὲ τὰς ἄλλας δύο ἔδρας του. β) Θέτομεν ἐπὶ τοῦ πρόσματος, ὅταν εἶναι τοποθετημένον μὲ τὴν μεγαλυτέραν ἔδραν του, μᾶζαν βάρους 2 kp. Νὰ εὑρεθῇ τὸ βάρος τοῦ ἐλαχίστου φορτίου διὰ τὸ ὅποιον θὰ κινηθῇ τὸ πρόσμα. (Απ. α' 620 p. β' 936 p. γ' 1940,6 p.)

ΙΒ'— ΔΙΑΤΗΡΗΣΙΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΕΙΣ ΤΑΣ ΑΠΛΑΣ ΜΗΧΑΝΑΣ

§ 63. Γενικότητες. Εἰς προηγούμενα κεφάλαια ώμιλήσαμε διὰ τὴν ἀρχὴν τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνέργειας, ἡ ὅποια ίσχύει εἰς ἔνα ἀπομεμονωμένον σύστημα. Ἐδῶ θὰ ἀσχοληθῶμεν μὲ τὴν διατήρησιν τῆς



Σχ. 59. Τὸ κινητήριον ἔργον $A_1 = F \cdot (\Gamma\Gamma')$ καὶ τὸ ἀνθιστάμενον $A_2 = B \cdot (\Delta\Delta')$ εἰναι ἴσα.

σημεῖον ἐφαρμογῆς μετατοπίζεται ἀπὸ τὸ σημεῖον Γ εἰς τὸ σημεῖον Γ' .

Ἡ δύναμις F παράγει, καθὼς γνωρίζωμεν, ἔργον κινητηρίου δυνάμεως A τὸ δόποιον εἰναι ἴσον μέ :

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

Τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τοῦ βάρους B μετατοπίζεται ἀντιθέτως πρὸς τὴν φοράν του. Ἐπομένως τὸ βάρος θὰ παράγῃ ἔργον ἀνθισταμένης δυνάμεως A καὶ θὰ εἰναι :

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

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

Ἐπομένως :

κινητήριον ἔργον = ἀνθιστάμενον ἔργον

Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν λέγομεν ὅτι συμβαίνει διατήρησις τοῦ ἔργου.

Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι :

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

§ 64. Παράδειγμα διατηρήσεως μηχανικῆς ἐνεργείας. Τροχαλία. Κινητήριον καὶ ἀνθιστάμενον ἔργον. Θεωροῦμεν τὴν τροχαλίαν τοῦ σχήματος 59 ἀπηλλαγμένην ἀπὸ τριβάς καὶ ἀκλονήτως τοποθετημένην.

Ἄνυψωνομεν, χρησιμοποιοῦντες τὴν τροχαλίαν αὐτήν, ἔνα σῶμα βάρους 2 kp οὔτως, ὥστε τὸ κέντρον βάρους του νὰ μετατοπισθῇ ἀπὸ τὸ σημεῖον Δ εἰς τὸ σημεῖον Δ' . Διὰ νὰ γίνη αὐτὸ θὰ πρέπει νὰ ἀσκήσωμεν εἰς τὴν ἄλλην ἄκρην τοῦ σχοινίου μίαν δύναμιν F , ἵσην κατὰ μέτρον πρὸς τὸ βάρος B τοῦ σώματος, τῆς ὁποίας τὸ σημεῖον Γ εἰς τὸ σημεῖον Γ' .

Ἡ δύναμις F παράγει, καθὼς γνωρίζωμεν, ἔργον κινητηρίου δυνάμεως A τὸ δόποιον εἰναι ἴσον μέ :

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

Τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τοῦ βάρους B μετατοπίζεται ἀντιθέτως πρὸς τὴν φοράν του. Ἐπομένως τὸ βάρος θὰ παράγῃ ἔργον ἀνθισταμένης δυνάμεως A καὶ θὰ εἰναι :

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

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

Ἐπομένως :

κινητήριον ἔργον = ἀνθιστάμενον ἔργον

Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν λέγομεν ὅτι συμβαίνει διατήρησις τοῦ ἔργου.

Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι :

Εις μίαν άπλην μηχανήν, ή δοποία λειτουργεῖ χωρὶς τριβάς, τὸ κινητήριον καὶ τὸ ἀνθιστάμενον ἔργον εἶναι ίσα. Τὸ συμπέρασμα αὐτὸς ἐκφράζομεν λέγοντες διτὶ ἔχομεν διατήρησιν τῆς μηχανικῆς ἐνεργείας.

Κλασσικὸν παράδειγμα διατήρησεως τῆς μηχανικῆς ἐνεργείας μᾶς δίδει τὸ λεγόμενον «γιό - γιό», (σχ. 60).

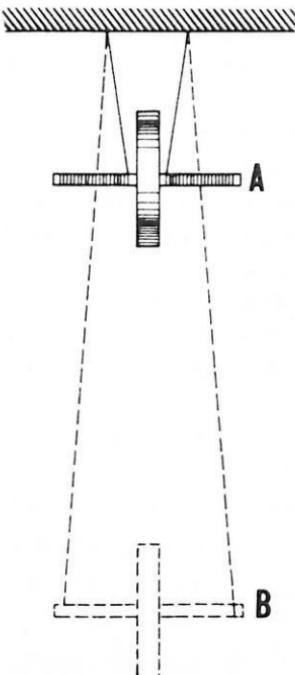
Οταν δὲ σφόνδυλος Α εύρισκεται εἰς τὸ ἀνώτερον σημεῖον τῆς διαδρομῆς του, τὰ νήματα εἶναι πεπλεγμένα περὶ τὸν ἄξονά του. Ἐφ' ὅσον εύρισκεται εἰς ἕνα ὠρισμένον ψυχος ἀπὸ τὸ κατώτερον σημεῖον, εἰς τὸ δοποῖον μεταφέρεται δταν ἐκτυλιχθοῦν τὰ νήματα, κατέχει ὠρισμένην δυναμικήν ἐνέργειαν. Οταν ἀφεθῇ νὰ πέσῃ, ὅποτε τὰ νήματα ἐκτυλίσσονται τοῦ προσδίδουν ἐκτὸς ἀπὸ τὴν κατακόρυφον κίνησιν, τὴν δοπίαν ἔχει ἐξ αἰτίας τῆς πτώσεως, καὶ μίαν περιστροφικὴν κίνησιν. Ή περιστροφικὴ αὕτη κίνησις γίνεται δῶλονὲν ταχυτέρα.

Οταν δὲ σφόνδυλος φθάσῃ εἰς τὸ κάτω ἄκρον τῆς διαδρομῆς του, συνεχίζει νὰ περιστρέφεται κατὰ τὴν ίδιαν φοράν, μὲν ἀποτέλεσμα τὰ νήματα νὰ ἀρχίσουν νὰ περιτυλίγωνται εἰς τὸν ἄξονά του καὶ οὕτως ἀρχίζει νὰ ἀνέρχεται.

Ἐνώσω δὲ σφόνδυλος κατέρχεται, ή δυναμική του ἐνέργεια ἐλαττούνται, ἐνῶ ή κινητική του ἐνέργεια αὔξανεται. Οταν ἀρχίσῃ νὰ ἀνέρχεται ή ταχύτης περιστροφῆς του ἐλαττούνται, ἐπομένως καὶ ή κινητική του ἐνέργεια. Οταν ἀνέρχεται δῶμας ἀρχίζει νὰ ἐπανακτᾶ τὴν δυναμικήν ἐνέργειαν.

Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν λοιπὸν διτὶ ή μηχανικὴ ἐνέργεια τοῦ συστήματος παραμένει σταθερά. Παρατηροῦμεν ἐπίσης διτὶ δὲ σφόνδυλος κατὰ τὴν ἄνοδον του δὲν φθάνει εἰς τὸ σημεῖον ἐκεῖνο ἀπὸ τὸ δοποῖον ἔξεκίνησεν, ἀλλὰ χαμηλότερον, πρᾶγμα τὸ δοποῖον σημαίνει διτὶ ὑπάρχουν ἀλλαι δυνάμεις, αἱ δοποῖαι ὁφείλονται εἰς τριβάς, καὶ ἐναντιώνονται εἰς τὴν κίνησιν του. Ἐπομένως ἔνα μέρος τῆς δυναμικῆς ἐνεργείας τοῦ σφόνδυλου μετατρέπεται, λόγω τῶν τριβῶν, εἰς θερμικὴν ἐνέργειαν, ή δοποία διασπείρεται εἰς τὸν περιβάλλοντα ἀέρα.

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



Σχ. 60. Κατὰ τὴν κάθοδόν του δὲ περιστρεφόμενος σφόνδυλος χάνει δυναμικὴν ἐνέργειαν, αὐξάνει δῶμας τὴν κινητικὴν του ἐνέργειαν.

τριβής, τάς όποιας δυνάμεθα νὰ περιορίσωμεν, δχι ὅμως καὶ νὰ ἔξαφανίσωμεν. Οὔτως ἔχομεν τριβὴν τῆς τροχαλίας μὲ τὸν ἄξονά της, τριβὴν τοῦ σχοινίου τὸ ὅποιον περιβάλλει τὴν αὐλακα τῆς τροχαλίας, τριβὴν τοῦ σώματος τὸ ὅποιον δλισθαίνει 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 δρισμὸν ἐνὸς νέου μεγέθους, τὸ ὅποιον ὀνομάζεται **ἀπόδοσις**.

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

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

Ἡ ἀπόδοσις ἐκφράζεται μὲ δεκαδικὸν κλάσμα, ἢ ἐπὶ τοῖς ἑκατόν (%), ὅπότε εἶναι ἀριθμὸς ὁ ὅποιος περιλαμβάνεται μεταξὺ 0 καὶ 100. ✓

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Εἰς τὴν ἴδαινικὴν περίπτωσιν κατὰ τὴν ὅποιαν μία ἀπλῆ μηχανὴ λειτουργεῖ χωρὶς τριβάς, τὸ ἔργον τῆς κινητήριου δυνάμεως (κινητήριον ἔργον) καὶ τὸ ἔργον τῆς ἀνθισταμένης δυνάμεως (ἀνθιστάμενον ἔργον) εἶναι ἵσα. Αὐτὸ ἀκριβῶς ἐννοοῦμεν λέγοντες ὅτι ἔχομεν διατήρησιν τῆς μηχανικῆς ἐνεργείας.

2. Ἐξ αἰτίας τῶν τριβῶν, κυρίως, τὸ προσφερόμενον εἰς μίαν μηχανὴν ἔργον, δὲν εἶναι ἵσον μὲ τὸ ώφέλιμον ἔργον, τὸ ὅποιον ἀποδίδει ἡ μηχανή.

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

4. Ἡ ἀπόδοσις μιᾶς μηχανῆς εἶναι πάντοτε μικροτέρα τῆς

μονάδος, δσον δὲ περισσότερον πλησιάζει πρὸς τὴν μονάδα, τόσον οἰκονομικωτέρα είναι ἡ μηχανή.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

68. "Ενα κεκλιμένον ἐπίπεδον AB ἔχει μῆκος 6 m, ἡ δὲ ὑφομετρικὴ διαφορὰ τῶν A καὶ B είναι 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 μέτρου 60 kp. Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ κινητήριον καὶ τὸ ἀνθυστάμενον ἔργον, δπως ἐπίσης καὶ ἡ ἀπόδοσις τοῦ κεκλιμένου
(Απ. 360 kp, 300 kp, $\eta=0,83$.)

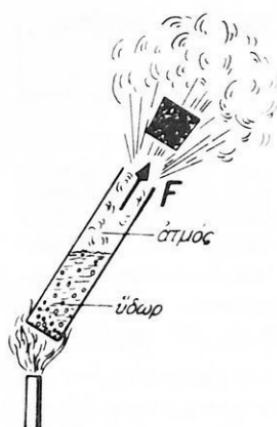
69. "Ενα πολύσπαστον (σύστημα τροχαλιῶν ἀπὸ τὰς ὁποίας διέρχεται ἕνα κουνόν σχοινίων) χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν ἀνύψωσιν σώματος βάρους 180 kp. Εἰς τὸ ἄλλον ἀκρον τοῦ σκοινίου ἀσκοῦμεν μίαν κινητήριον δύναμιν μέτρου 36 kp. Τὸ σῶμα ἀνῆλθε κατὰ 1,2 m ὅταν ἡμεῖς ἐσύραμε 7,2 m σχοινίον. α) Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ἔργον τῆς ἀνθυσταμένης δυνάμεως. β) Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ἔργον τῆς κινητηρίου δυνάμεως. Διατί τὰ δύο αὐτὰ ἔργα είναι διαφορετικά; γ) Νὰ ὑρεθῇ ἡ ἀπόδοσις τῆς ἀπλῆς μηχανῆς. (Απ. α' 259,2 kp, β' 216 kp, γ' $\eta=0,83$.)

ΙΓ'.— ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΕΙΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΝ. ΑΤΜΟΜΗΧΑΝΗ

§ 66. Ἡ θερμότης μετατρέπεται εἰς μηχανικὸν ἔργον. Εἴδομεν εἰς ἔνα ἀπὸ τὰ προηγούμενα κεφάλαια, κατὰ ποῖον τρόπον ἡ μηχανικὴ ἐνέργεια δύναται νὰ μετατραπῇ εἰς θερμικὴν ἐνέργειαν. Εἰς τὸ κεφάλαιον αὐτὸ θὰ ἔξετασωμεν τὸ ἀντίστροφον φαινόμενον. Δηλαδὴ πᾶς ἡ θερμικὴ ἐνέργεια είναι δυνατὸν νὰ μετατραπῇ εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν.

Πείραμα 1. Θερμαίνομεν ἔνα πωματισμένον μεταλλικὸν δοχεῖον, τὸ ὅποιον περιέχει δλίγον ὕδωρ καὶ τὸ πῶμα τοῦ ὅποιου ἔχομεν λιπάνει ἐλαφρῶς, διὰ νὰ δλισθαίνῃ μὲ εὐκολίαν (σχ. 61). Παρατηροῦμεν δτι, μετὰ ἀπὸ μικρὸν χρονικὸν διάστημα, τὸ πῶμα ἐκτινάσσεται ὀρμητικῶς, ἐνῷ συγχρόνως διαφεύγει ἀπὸ τὸν σωλῆνα μία ποσότης ἀτμοῦ.

Ἡ ἐκτόξευσις αὐτὴ δφείλεται εἰς τὴν πιέζουσαν δύναμιν F , ἡ δποία ἀσκεῖται ἀπὸ τὸν ἀτμὸν ἐπὶ τοῦ πώματος καὶ ἡ δποία παρήγαγεν οὕτως ἔνα ὠρισμένον μηχανικὸν ἔργον.



Σχ. 61. Μετατροπή τῆς θερμότητος εἰς μηχανικὸν ἔργον. Οἱ θερμοὶ ὑδρατμοὶ ἀσκοῦν πιεζούσας δυνάμεις

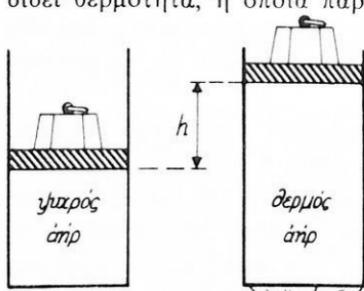
εἰς τὸ πῦρμα καὶ τὸ ἐκτι-άέρα ἐπὶ τοῦ ἐμβόλου, παράγουν μηχανικὸν

νάσσουν βιαιώς.

θερμότητος, ἡ ὁποία ἀποδίδεται ἀπὸ τὴν ἐστίαν εἰς τὸν περιωρισμένον μέσα εἰς τὸν κύλινδρον ἄέρα.

Ἐπ' αὐτῆς τῆς ἀρχῆς βασίζεται καὶ ἡ λειτουργία τῶν μηχανῶν ἐκρήξεως.

Ἡ καῦσις, συνήθως ἀτμῶν βενζίνης, μέσα εἰς τὸν κύλινδρον, ἀποδίδει θερμότητα, ἡ ὁποία παράγει τὸ ἀπαιτούμενον διὰ τὴν κίνησιν τοῦ ἐμβόλου ἔργον.



Σχ. 62. Αἱ πιέζουσαι δυνάμεις τοῦ θερμοῦ ἄέρος παράγουν μηχανικὸν ἔργον καὶ ἀνυψώνουν τὸ ἐμβόλον μὲ τὸ σῶμα.

Ἄκριβῶς τὸ ἴδιον φαινόμενον συμβαίνει καὶ εἰς μίαν ἀτμομηχανήν. Τὸ ὕδωρ ἀτμοποιεῖται μέσα εἰς ἕνα λέβητα, χάρις εἰς τὴν θερμότητα τὴν ὁποίαν παρέχει μία ἐστία. Ὁ ἀτμὸς ὠθεῖ τὸ ἐμβόλον τῆς μηχανῆς καὶ οὕτω παράγεται ὠρισμένον ἔργον.

Ἄκριβεῖς μετρήσεις ἔδειξαν ὅτι ἕνα μέρος τῆς θερμότητος, ἡ ὁποία παρέχεται ἀπὸ τὸ καύσιμον, μετατρέπεται εἰς ἔργον.

Πείραμα 2. Ἐνας κατακόρυφος κύλινδρος περιέχει ἄέρα, ὁ δόποιος συμπιέζεται ἀπὸ ἕνα βάρος, τοποθετημένον ἐπάνω εἰς ἕνα ἐμβόλον. Ἐάν θερμάνωμεν τὸν ἄέρα, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι τὸ ἐμβόλον καὶ τὸ βάρος, ὑψώνονται κατὰ ἕνα ὑψος h (σχ. 62). Δηλαδὴ αἱ πιέζουσαι δυνάμεις, αἱ ὁποῖαι ἀσκοῦνται ἀπὸ τὸν εἰς τὸ πῦρμα καὶ τὸ ἐκτι-άέρα ἐπὶ τοῦ ἐμβόλου, παράγουν μηχανικὸν νάσσουν βιαιώς.

Ἐπ' αὐτῆς τῆς ἀρχῆς βασίζεται καὶ ἡ λειτουργία τῶν μηχανῶν ἐκρήξεως.

Ἡ καῦσις, συνήθως ἀτμῶν βενζίνης, μέσα εἰς τὸν κύλινδρον, ἀποδίδει θερμότητα, ἡ ὁποία παράγει τὸ ἀπαιτούμενον διὰ τὴν κίνησιν τοῦ ἐμβόλου ἔργον.

Ἡ ἀτμομηχανὴ καὶ ἡ μηχανὴ ἐκρήξεως (ἢ μηχανὴ ἐσωτερικῆς καύσεως) δονομάζονται θερμικαὶ μηχαναὶ ἢ θερμικοὶ κινητῆρες, ἀπὸ τὸ γεγονός ὅτι ὡς πηγὴν ἐνεργείας χρησιμοποιοῦν τὴν θερμότητα.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω παραδειγμάτων συμπεραίνομεν ὅτι :

Ἡ θερμότης δύναται νὰ μετατραπῇ εἰς μηχανικὸν ἔργον.

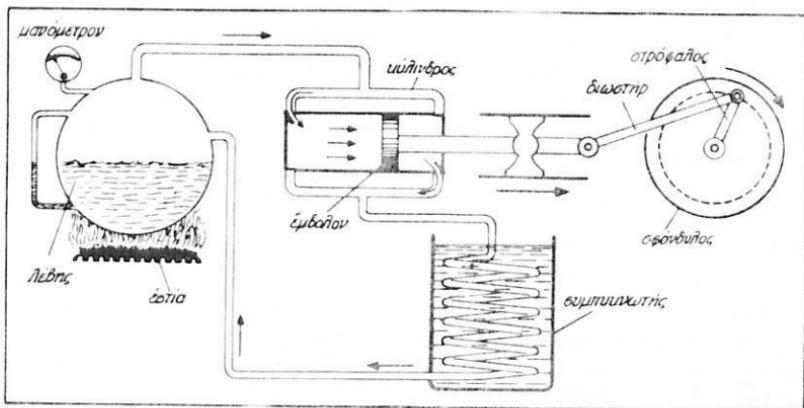
§ 67. Άτμομηχανή. "Οπως είδομεν εἰς τὴν προηγουμένην παράγραφον, ἡ ἀτμομηχανὴ εἶναι μία θερμικὴ μηχανὴ, ἡ ὅποια μετατρέπει εἰς ἔργον ἔνα μέρος τῆς θερμότητος, τὸ ὅποιον προσλαμβάνει ἀπὸ τὸ ὄντων, τὸ περιεχόμενον ἐντὸς λέβητος (καζάνι).

Άρχη τῆς λειτουργίας καὶ περιγραφή. Τὸ πείραμα, μὲ τὸ μεταλλικὸν δοχεῖον τὸ περιέχον ὄντων, τὸ ὅποιον ἀφοῦ ἐθερμάνθη ἔξετίναξε τὸ πᾶμα (βλ. σχ. 61), ἐξηγεῖ τὴν ἀρχὴν τῆς λειτουργίας μιᾶς ἀτμομηχανῆς. Δηλαδή :

Ἡ πίεσις τοῦ ἀτμοῦ, ὁ ὅποιος παράγεται ἀπὸ τὸ ὄντων, ἐντὸς κλειστοῦ δοχείου, εἶναι ίκανὴ νὰ μετατοπίσῃ ἔνα σῶμα.

Ο ἀτμὸς ὁ παραγόμενος ἐντὸς τοῦ λέβητος, ὁδηγεῖται εἰς τὸν κύλινδρον, εἰς τὸν ὅποιον ὑπάρχει ἔνα κινητὸν ἔμβολον. Ο ἀτμὸς ὥθετι τὸ ἔμβολον αὐτό, τὸ ὅποιον κινεῖται παλινδρομικῶς μέσα εἰς τὸν κύλινδρον. Αὐτὴ ἡ ἀδιάκοπος παλινδρόμησις τοῦ ἔμβολου μετατρέπεται εἰς περιστροφικὴν κίνησιν, μὲ τὴν βοήθειαν μιᾶς μηχανικῆς διατάξεως ἡ ὅποια ὀνομάζεται σύστημα διωστῆρος - στροφάλου (σχ. 63).

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



Σχ. 63. Τομὴ ἀτμομηχανῆς. Φαίνεται ὁ λέβητος, ὁ κύλινδρος, ὁ συμπυκνωτῆς καὶ τὸ σύστημα διωστῆρος-στροφάλου διὰ τὴν μετατροπὴν μιᾶς παλινδρομικῆς κινήσεως εἰς περιστροφικήν.

έμβολου. Ό ατμος άφου χρησιμοποιηθῇ εἰς τὸν κύλινδρον, διαφεύγει εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν ἢ ὁδηγεῖται εἰς ἔναν 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. Ή ἀπόδοσις μιᾶς ἀτμομηχανῆς. Ἡ ἰσχὺς μιᾶς ἀτμομηχανῆς, τὸ ἔργον δηλαδὴ τὸ δόπιον ἀποδίδει ἀνά δευτερόλεπτον, ἔξαρταται ἀπὸ τὸ ἔργον τὸ δόπιον παράγεται εἰς μίαν διαδρομὴν τοῦ ἐμβόλου καὶ ἀπὸ τὸ πλῆθος τῶν διαδρομῶν αὐτῶν εἰς ἕκαστον δευτερόλεπτον.

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

Διὰ νά λειτουργήσῃ μία ἀτμομηχανὴ ἰσχύος ἔστω 4 000 Ch, πρέπει νά ἀποδίδῃ ἡ ἔστια τῆς 7 000 kcal/sec, κατὰ μέσον δροῦ.

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

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

Τὸ ἀποδιδόμενον ἀπὸ τὴν ἀτμομηχανὴν ἔργον ἀνά δευτερόλεπτον εἶναι :

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

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

Ἀπόδοσις η μιᾶς ἀτμομηχανῆς δύναμάεται ὁ λόγος τοῦ ἔργου, τὸ δόπιον παράγει ἡ μηχανὴ ἐντὸς ώρισμένου χρονικοῦ διαστήματος, πρὸς τὸ ἔργον τὸ ἴσοδύναμον πρὸς τὴν θερμότητα, ἡ ὁποία προσφέρεται ὑπὸ τῆς ἔστιας κατὰ τὸ ἴδιον χρονικὸν διάστημα.

Ἡ ἀπόδοσις η τῆς ἀτμομηχανῆς τοῦ παραδείγματος μας 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 δόπιαν περιεγράψαμεν εἶναι πολὺ μικρά, συγκεκριμένως τῆς τάξεως τῶν 0,10. Αὐτὸ συμβαίνει διότι ἔνα 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 ἀτμὸν δόπιος διαφεύγει ἀπὸ τὸν κύλινδρον.

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

προτού τὸ ἐμβολὸν διατρέξῃ ὥλην τὴν διαδρομήν του. Ὁ ἀτμός ὁ ὅποιος ὑπάρχει τότε μέσα εἰς τὸν κύλινδρον συνεχίζει νὰ ὡθῇ τὸ ἐμβολὸν καὶ κατὰ τὸ ὑπόλοιπον τμῆμα τῆς διαδρομῆς του. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον, ὁ δύκος τοῦ ἀτμοῦ αὐξάνεται καὶ ἐπομένως ἐλατοῦται ἡ πίεσίς του. Λέγομεν τότε ὅτι ὁ ἀτμός ἔξετονώθη.

Εἰς τὰς τελευταίου τύπου ἀτμομηχανάς ἐκτονώνομεν τὸν ἀτμὸν ὅσον τὸ δυνατόν περισσότερον. Ἡ ίδια ποσότης τοῦ ἀτμοῦ ἐκτονοῦται εἰς πολλοὺς διαδοχικούς κύλινδρους μὲ συνεχῶς αὐξανομένας διαμέτρους. Αἱ ἀτμομηχαναὶ αὗται ὀνομάζονται πολλαπλῆς ἐκτονώσεως.

Ἐπίσης ἀντὶ νὰ ἀφήσωμεν τὸν ἀτμὸν νὰ διαφύγῃ εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν, τὸν δόδηγον μεν εἰς ἕνα συμπυκνωτήν. Ὁ συμπυκνωτής εἶναι ἕνα μεταλλικὸν δοχεῖον, χωρὶς ἄέρα, μέσα εἰς τὸ ὅποιον συμπυκνοῦται καὶ ὑγροποιεῖται ὁ ἀτμός, εἰνθις ώς ἔξελθη ἀπὸ τοὺς κύλινδρους. Ἡ θερμοκρασία του διατηρεῖται σταθερά εἰς τὴν περιοχὴν τῶν 40 °C. Ἡ πίεσις εἰς τὸν συμπυκνωτήν θὰ εἶναι βεβαίως ἵση πρός τὴν τάσιν τῶν κεκορεσμένων ὑδρατμῶν εἰς αὐτὴν τὴν θερμοκρασίαν (0,1 kp/cm²). Εἶναι δηλαδὴ μικροτέρα ἀπὸ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν. Τὸ ἔργον ἐπομένως, τὸ ὅποιον παράγεται εἰς μίαν διαδρομήν τοῦ ἐμβόλου θὰ εἶναι μεγαλύτερον, ἀπὸ τὸ ἔργον τὸ ὅποιον θὰ παρήγετο, εἴαν οἱ ἀτμοὶ διωχθετεύοντο εἰς τὸν ἀτμοσφαιρικὸν ἀέρα.

Ο συμπυκνωτής ὅμως εἶναι βαρύς καὶ ἀπαιτεῖ μεγάλην ποσότητα ὑδατος διὰ τὴν ψῦξιν. Αὐτὸς εἶναι ὁ κυριώτερος λόγος διὰ τὸν ὅποιον αἱ ἀτμομηχαναὶ τῶν σιδηροδρομικῶν συρμῶν δὲν διαθέτουν συμπυκνωτήν. V

A N A K E Φ A Λ A I Ω S I S

1. Μία ἀτμομηχανὴ ἐπιτρέπει νὰ μετατρέψωμεν τὴν θερμικὴν ἐνέργειαν, ἡ ὅποια προσφέρεται ἀπὸ μίαν πηγὴν θερμότητος, εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν. Ἡ ἀτμομηχανὴ εἶναι συνεπῶς μία θερμικὴ μηχανὴ.

2. Ἡ ἀτμομηχανὴ περιλαμβάνει ἔνα λέβητα, ὁ ὅποιος παρέχει εἰς ἔναν κύλινδρον ἀτμοὺς ὑπὸ πίεσιν. Ἡ πιέζουσα δύναμις τοῦ ἀτμοῦ ἐνεργεῖ διαδοχικῶς καὶ εἰς τὰς δύο συνήθως ὅψεις τοῦ ἐμβόλου, ἡ παλινδρομικὴ κίνησις τοῦ ὅποιου μετατρέπεται εἰς περιστροφικὴν κίνησιν, μὲ τὴν βοήθειαν ἐνὸς συστήματος διωστῆρος - στροφάλου.

3. Ἡ ἀπόδοσις μιᾶς ἀτμομηχανῆς ὁρίζεται ώς τὸ πηλίκον τοῦ ἔργου τὸ ὅποιον ἀπέδωσεν ἡ ἀτμομηχανὴ, ἐντὸς ώρισμένου χρονικοῦ διαστήματος, πρὸς τὸ ἰσοδύναμον ἔργον τῆς θερμότητος, τὸ ὅποιον ἀπῆλευθερώθη ἀπὸ τὴν ἐστίαν, κατὰ τὸ ίδιον χρονικὸν διάστημα.

4. Ή απόδοσις μιᾶς άτμομηχανῆς είναι 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 ἐμβαδοῦ 250 cm^2 . Οἱ ἀτμὸς εἰσέρχεται εἰς τὸν κύλινδρον μὲ πίεσιν 12 kp/cm^2 καὶ ἔξερχεται ἀμέσως εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ δύναμις ἡ ὅποια ὥθεται τὸ ἔμβολον. Δίδεται ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις ἵση πρὸς 1 kp/cm^2 .
(Απ. 2 750 kp.)

71. Τὸ ἔμβολον μιᾶς ἀτμομηχανῆς διπλῆς ἐνεργείας, ἔχει διάμετρον 20 cm . Οἱ ἀτμὸς εἰσέρχεται εἰς τὸν κύλινδρον μὲ πίεσιν 12 kp/cm^2 . Ακολούθως διοχετεύεται εἰς ἓνα συμπυκνωτήν, ὅπου ἡ πίεσις είναι $0,2 \text{ kp/cm}^2$. Η διαδοχὴ τοῦ ἐμβόλου είναι 60 cm . Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ἔργον, τὸ ὅποιον παράγεται κατὰ μίαν πλήρη διαδοχὴν ἀπὸ τὴν δύναμιν μὲ τὴν ὅποιαν ὡς ἀτμὸς ὥθεται τὸ ἔμβολον.
(Απ. 4 446 kp.)

72. Κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς κατασκενῆς τῶν θεμελίων μιᾶς γεφύρας ἐνός ποταμοῦ, διὰ νὰ ἐμπλέξωμεν πασσάλους εἰς τὸν βυθὸν τοῦ, χρησιμοποιοῦμεν μίαν ἀτμοκίνητον σφρῆναν. Αὐτὴ ἀποτελεῖται ἀπὸ μίαν βαρεῖαν μᾶζαν βάρους 500 kp , ἡ ὅποια ἀνιψιοῦται ἀπὸ ἓνα κατακόρυφον ἔμβολον, τὸ ὅποιον κινεῖται μέσα εἰς ἓναν κύλινδρον, ἐμβαδοῦ διατομῆς 150 cm^2 , καὶ πίπτει εἰθὺς ὡς ὁ ἀτμὸς διαφήγη εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἐλαχίστη πίεσις τοῦ ἀτμοῦ, διὰ τὴν ὅποιαν δύναται νὰ ὑψωθῇ ἡ μᾶζα τῆς σφρῆς.
(Απ. 4,3 kp/cm^2)

73. Η ισχὺς ἡ ὅποια ἀποδίδεται ἀπὸ τὸν κινητήριον ἄξονα μιᾶς ἀτμομηχανῆς, είναι 96 Ch . Η ἀτμομηχανὴ καταναλίσκει 76 kg καναπίου ἀνά ὥραν. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀπόδοσις τῆς μηχανῆς, ἐὰν γνωρίζωμεν ὅτι ἡ θερμότης καύσεως τοῦ ἄνθρακος είναι $7\,500 \text{ kcal/kg}$
(Απ. $\eta = 11\%$.)

ΙΔ' — ΜΗΧΑΝΑΙ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΕΩΣ

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

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

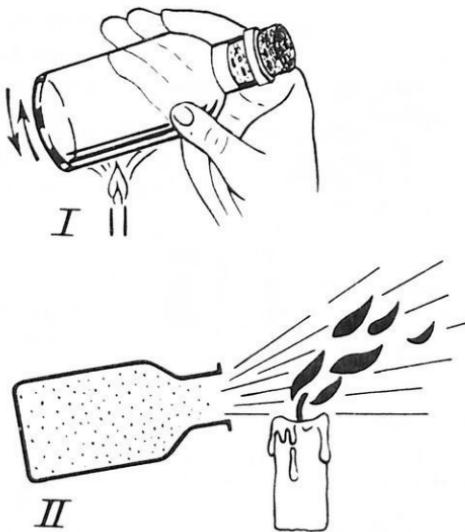
πωματίζομεν και τὸ θερμαίνομεν ἐλαφρῶς ὥστε νὰ παραχθοῦν ἀτμοὶ βενζίνης (σχ. 64, I). Ἐκπωματίζομεν ἀκόλουθως ταχέως τὸ φιαλίδιον και τὸ πλησιάζομεν εἰς μίαν φλόγα. Παράγεται τότε μία μικρὰ ἔκρηξις, ἡ ὁποία δφείλεται εἰς τὴν ταχυτάτην καῦσιν τῆς βενζίνης (σχ. 64, II).

Εἰς τὸ πείραμα αὐτὸ παρατηροῦμεν ὅτι ἡ καῦσις εἶναι σχεδὸν στιγμαία και ὅτι ἡ θερμότης ἡ ὁποία παράγεται, ὑψώνει τὴν θερμοκρασίαν τῶν ἀερίων τῆς καύσεως. Ἐάν ἡ καῦσις πραγματοποιήθηται εἰς τὸ ἐσωτερικὸν ἐνὸς κλειστοῦ δοχείου, τὰ ἀέρια δύνανται νὰ ἀποκτήσουν πολὺ μεγάλην πίεσιν και νὰ κινήσουν ἔνα ἔμβολον. Αὕτη εἶναι ἡ ἀρχὴ τῶν κινητήρων ἔκρηξεως. Δηλαδή :

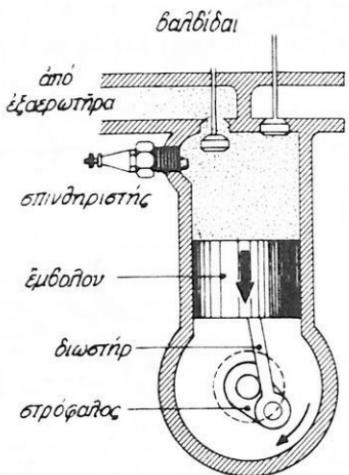
Εἰς ἔνα κινητῆρα ἔκρηξεως, ἔνα μέρος τῆς θερμότητος, τὸ ὄποιον ἐλευθεροῦται ἀπὸ τὸ καύσιμον, μετατρέπεται εἰς μηχανικὸν ἔργον.

β) Περιγραφὴ τῆς μηχανῆς. Εἰς ἔνα κινητῆρα ἔκρηξεως, τὸ μεῖγμα τῶν ἀτμῶν τοῦ καυσίμου και τοῦ ἀέρος εἰσάγεται εἰς τὸν θάλαμον ἔκρηξεως, ὁ ὄποιος εύρισκεται εἰς τὸ ἀνώτερον τμῆμα τοῦ κυλίνδρου (σχ. 65).

Ἡ ἀνάφλεξις τοῦ μείγματος αὐτοῦ γίνεται μὲ ἔνα **ἡλεκτρικὸν σπινθηριστήρην** (μπουζί). Ἡ πίεσις τῶν ἀερίων, τὰ ὄποια παράγονται ἀπὸ τὴν καῦσιν, ὠθεῖ τὸ **ἔμβολον**. Ἔνας **διωστήρ** συνδέει τὸν κύλινδρον μὲ ἔνα **στρόφαλον**, ὁ ὄποιος εἶναι στερεά συνδεδεμένος εἰς τὸν ἄξονα τοῦ κινητῆρος και οὕτως ἡ παλινδρομικὴ κίνησις τοῦ ἔμβολου μετατρέπεται εἰς κυκλικὴν κίνησιν. Ἡ εἰσόδος και ἡ ἔξοδος τῶν ἀε-



Σχ. 64. Ἡ βενζίνη ἔξαεροῦται (I). Ἡ ταχεῖα καῦσις τοῦ μείγματος τῶν ἀτμῶν τῆς βενζίνης και τοῦ ἀέρος προκαλεῖ ἔκρηξιν (II).



Σχ. 65. Τομή μηχανής έσωτερικής καύσεως.

μῆς του. Παρασυρόμενον ἀκολούθως ἀπό τὴν κίνησιν τοῦ ἄξονος κατέρχεται (σχ. 66, I). Ἡ βαλβίς ἐξαγωγῆς κλείει καὶ ἀνοίγει ἡ βαλβίς εἰσαγωγῆς, ὅπότε τὸ ἀέριον μεῖγμα εἰσάγεται εἰς τὸν κύλινδρον.

Τος χρόνος : Συμπίεσις. Εὐθὺς ώς τὸ ἔμβολον κατέλθῃ εἰς τὸ κατώτερον ἄκρον τῆς διαδρομῆς του, ἡ βαλβίς εἰσαγωγῆς κλείει. Τὸ ἔμβολον παρασυρόμενον ἀνέρχεται καὶ συμπιέζει τὸ ἀέριον μεῖγμα (σχ. 66, II). Αὐτὸν θερμαίνεται κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς συμπιέσεως, ὁ ὅγκος του ἐλαττοῦται καὶ τέλος γίνεται ἴσος μὲ τὸν ὅγκον τοῦ θαλάμου τῆς καύσεως.

Τος χρόνος : Ἐκρηξις καὶ ἐκτόνωσις. Ὁ σπινθηριστής λειτουργεῖ καὶ τὸ ἀέριον μεῖγμα ἀναφλέγεται καὶ ἐκρήγνυται. Τὰ ἀέρια τῆς καύσεως ἀποκτοῦν ὑψηλὴν θερμοκρασίαν, ἐπειδὴ ὅμως αἱ δύο βαλβίδες παραμένουν κλεισταί, δὲν ἔχουν χῶρον διαφυγῆς καὶ ἀποκτοῦν σχεδὸν ἀκαριαίως μεγάλην πίεσιν, ἐξ αἰτίας τῆς ὅποιας ὥθοῦν ισχυρῶς τὸ ἔμβολον πρὸς τὸ κατώτατον σημεῖον τῆς διαδρομῆς του καὶ τοιουτορόπως τὰ ἀέρια ἐκτονοῦνται (σχ. 66, III). Ἡ φάσις αὐτὴ ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν ἀπόδοσιν ἔργου ἀπὸ τὴν μηχανήν.

ρίων πραγματοποιεῖται μὲ τὴν βοήθειαν δύο βαλβίδων, αἱ ὅποιαι ἀνοίγουν αὐτομάτως. Ὁ ἐξαερωτήρ (καρμπυρατέρ) ἐξασφαλίζει τὴν ἐξαέρωσιν τοῦ καυσίμου καὶ τὴν ἀνάμιξίν του μὲ ἀέρα, ὑπὸ καταλλήλους ἀναλογίας, διὰ νὰ ἔχωμεν πλήρη καῦσιν.

2) Λειτουργία. Περιγραφὴ τοῦ τετραχρόνου κύκλου. Ἡ λειτουργία ἐνὸς κινητήρος ἐκρήγεως δόλοκληροῦται εἰς τέσσαρας διαφορετικὰς φάσεις. Αὐτὸν ἀκριβῶς ἐκφράζομεν ὅταν λέγωμεν ὅτι ὁ κινητήρ εἶναι τετράχρονος.

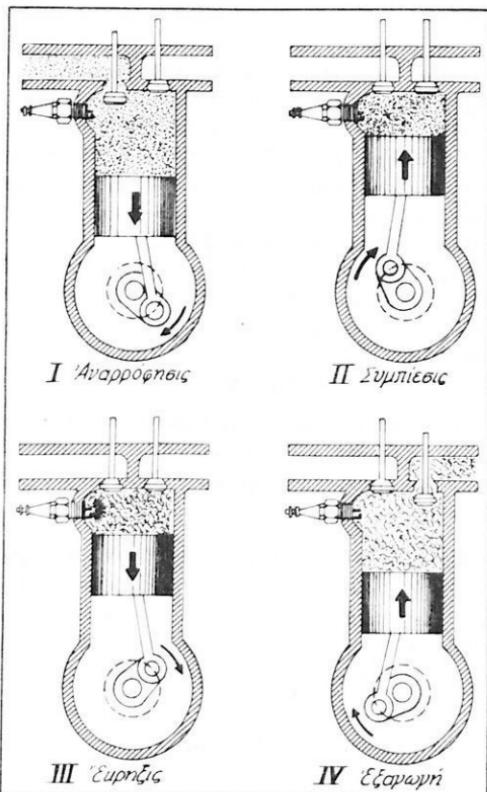
1ος χρόνος : Ἀναρρόφησις. Ὑποθέτομεν ὅτι ὁ κινητήρ λειτουργεῖ καὶ θεωροῦμεν ὅτι τὸ ἔμβολον εύρισκεται εἰς τὸ ἀνώτερον σημεῖον τῆς διαδρο-

4ος χρόνος : Έξαγωγή.

Η βαλβίς έξαγωγής άνοιγει. Έξ αιτίας τής ταχύτητος τήν όποιαν άπέκτησεν εις τήν προηγουμένην φάσιν, τὸ ἔμβολον συνεχίζει τήν κίνησίν του πρὸς τὰ ἄνω, μὲ ἀποτέλεσμα νὰ ἐκδιώκῃ τὰ ἀέρια τῆς καύσεως (σχ. 66, IV). Οταν τὸ ἔμβολον φθάσῃ εἰς τὸ ύψηλότερον σημεῖον τῆς διαδρομῆς του, ή βαλβίς έξαγωγῆς κλείει καὶ αἱ ἴδιαι λειτουργίαι ἐπαναλαμβάνονται μὲ τήν ίδιαν ἀκολουθίαν.

Τὸ σύνολον τῶν τεσσάρων αὐτῶν χρόνων ἀποτελεῖ ἕνα κύκλον.

Κατὰ τήν διάρκειαν ἑνὸς κύκλου τὸ ἔμβολον ἀκτελεῖ δύο παλινδρομήσεις καὶ κατὰ συνέπειαν ὁ ἄξων τοῦ κινητῆρος ἐκτελεῖ δύο περιστροφάς. Παρατηροῦμεν ὅμως ὅτι τὸ ἔμβολον ὑπόκειται εἰς τήν δρᾶσιν πιεζουσῶν δυνάμεων μόνον κατὰ τήν διάρκειαν τοῦ τρίτου χρόνου. Δηλαδὴ ὁ κύκλος περιλαμβάνει ἕνα μόνον κινητήριον χρόνον. Καὶ κατὰ τοὺς ἄλλους τρεῖς χρόνους, ὁ κινητήρος συνεχίζει τήν λειτουργίαν του, ἀποδίδων κινητικήν ἐνέργειαν εἰς τὰ κινητὰ μέρη τῆς μηχανῆς, τῶν όποιών ἡ ταχύτης τείνει νὰ ἐλαττωθῇ. Διὰ νὰ ἀποφύγωμεν τήν ἀπότομον αὔξησιν τῆς ταχύτητος μετὰ ἀπὸ ἐκάστην ἔκρηξιν, συνδέομεν στερεῶς εἰς τὸν ἄξονα τοῦ κινητῆρος ἕνα σφόνδυλον. Ο σφόνδυλος εἶναι ἕνας βαρὺς μεταλλικὸς δίσκος δ ὁποῖος ἐξ αἰτίας τῆς ἀδρανείας του ρυθμίζει τήν κίνησιν.



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

Μέχρι στιγμής έξηγήσαμεν τὴν λειτουργίαν ἐνὸς κινητῆρος, ὑποθέτοντες δτὶ εύρισκεται εἰς κίνησιν. Διά νὰ ἀρχίσῃ νὰ λειτουργῇ μία μηχανή ἡ ὁποία ἡρεμεῖ, εἶναι ἀπαραίτητον νὰ εἰσαχθῇ μία «δόσις» ἀερίου μείγματος, ἡ ὁποία νὰ συμπιεσθῇ, ὥστε νὰ δημιουργηθῇ ἡ πρώτη ἔκρηξις. Αὐτὸ γίνεται συνήθως μὲ τὴν βοήθειαν μιᾶς ἡλεκτρικῆς διατάξεως, ἡ ὁποία ὀνομάζεται ἐκκινητής.

Οἱ κινητῆρες τῶν αὐτοκινήτων ἀποτελοῦνται συνήθως ἀπὸ τέσσαρας κυλίνδρους. Ὄταν ὁ πρῶτος κύλινδρος διαγράφῃ τὸν Ιον χρόνον τοῦ κύκλου, ὁ δεύτερος κύλινδρος διαγράφει τὸν 2ον χρόνον, ὁ τρίτος τὸν 3ον χρόνον καὶ ὁ τέταρτος τὸν 4ον χρόνον. Μὲ αὐτὸν τὸν τρόπον ὑπάρχει πάντοτε ἔνας κινητήριος χρόνος διὰ τὸ σύστημα τῶν τεσσάρων κυλίνδρων, οἱ ὁποῖοι ἐργάζονται συγχρόνως. Τὰ διάφορα ἔμβολα συνδέονται εἰς τὸν ίδιον ἄξονα, ὁ ὁποῖος τοιουτορόπως κινεῖται κανονικάτερον. Εἰς τάς περιπτώσεις τῶν κινητήρων αὐτῶν μειοῦται ἡ σημασία τῶν σφρανδύλων.

‘Απὸ δὲ τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν δτὶ :

‘Ο κινητήρης ἔκρηξεως μετατρέπει εἰς μηχανικήν ἐνέργειαν ἔνα μέρος τῆς θερμικῆς ἐνεργείας, ἡ ὁποία προέρχεται ἀπὸ τὴν καῦσιν ἐνὸς μίγματος ἀερίου καυσίμου καὶ ἀέρος. ‘Ο κινητήρης ἔκρηξεως εἶναι συνεπῶς ἔνας θερμικός κινητήρης ἐσωτερικῆς καύσεως.

§ 71. Ἀπόδοσις τῶν κινητήρων ἔκρηξεως. Ἡ ἀπόδοσις τῶν κινητήρων ἔκρηξεως ὁρίζεται ὅπως καὶ εἰς τάς ἀτμομηχανάς. Εἶναι δηλαδὴ ὁ λόγος τοῦ ἔργου τὸ ὁποῖον πραγματοποιεῖται ἀπὸ τὸν κινητήρα εἰς ἔνα ὠρισμένον χρονικὸν διάστημα, πρὸς τὸ ἰσοδύναμον μηχανικὸν ἔργον τῆς θερμότητος, τὴν ὁποίαν ἀποδίδει τὸ καύσιμον κατὰ τὸ ίδιον χρονικὸν διάστημα.

Ἡ ἀπόδοσις ἐνὸς κινητῆρος ἔκρηξεως κυμαίνεται γενικῶς μεταξὺ τῶν τιμῶν 0,25 καὶ 0,30, καὶ εἶναι ἐπομένως σημαντικῶς μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν ἀπόδοσιν τῶν ἀτμομηχανῶν.

§ 72. Κινητῆρες καύσεως. Κινητῆρες Ντῆζελ. Οἱ κινητῆρες καύσεως χρησιμοποιοῦνται καύσιμα, ὕγρὰ ὀλιγώτερον πτητικά ἀπὸ τὴν βενζίνην (δηλαδὴ ὕγρὰ τὰ ὁποῖα δὲν ἔχειρον τόσον εὐκόλως ὡς ἐκείνη), δηποτὲ εἶναι τὰ βαρέα ἔλαια (δηλαδὴ μεγάλης πυκνότητος ἐν σχέσει πρὸς τὴν βενζίνην), προερχόμενα ἀπὸ τὴν ἀπόσταξιν τοῦ ἀκαθάρτου πετρελαίου. Ἡ λειτουργία τῶν κινητήρων καύσεως ἡ κινητήρων Ντῆζελ, διαφέρει αἰσθητῶς ἀπὸ τὴν λειτουργίαν τῶν κοινῶν κινητήρων ἔκρηξεως.

Μέσα εἰς τὸν κύλινδρον εἰσάγεται καθαρὸς ἀήρ. Τὸ ἔμβολον συμπιέζει ἴσχυρῶς τὸν ἀέρα αὐτὸν, μέχρις δτὸν ἀποκτήσῃ θερμοκρασίαν 550° C περίπου. Τότε ἀκριβῶς εἰσάγεται τὸ καύσιμον ὑπὸ μορφὴν νέφους λεπτότατα καταμερισμένων σταγονίδιών καὶ ὑπὸ πίεσιν. Τὰ σταγονίδια τοῦ καυσίμου ἀναφλέγονται ἀφ’ ἐκαυτῶν (λόγῳ τῆς μεγάλης θερμοκρασίας τοῦ ἀέρος, ὁ ὁποῖος ὑπάρχει εἰς τὸν κύλινδρον) καὶ ἡ πίεσις τῶν ἀερίων τὰ ὁποῖα προκύπτουν ἀπὸ τὴν καῦσιν ὥθετι τὸ ἔμβολον βιαίως πρὸς τὰ κάτω.

Παρατηροῦμεν δτὶ εἰς τοὺς κινητῆρας Ντῆζελ δὲν συμβαίνει ἐξαέρωσις καὶ

μειξις του καυσίμου μὲ τὸν ἀέρα, ὅπως εἰς τὰς μηχανάς ἐκρήξεως. Συνεπῶς ἔνας κινητήρας Ντῆζελ δὲν περιλαμβάνει οὔτε ἔξαιρωτήρα (καρμπυρατέρ), οὔτε διάταξιν ἀναφλέξεως (μπουζί).

Ἡ ἀπόδοσίς του δύναται νὰ φθάσῃ καὶ τὰ 40% (δηλαδὴ $\eta = 0,40$). Ὑπερτερεῖ συνεπῶς εἰς ἀπόδοσιν ἀπὸ ὅλας τὰς ἄλλας θερμικάς μηχανάς. Ἐξ ἄλλου ἐπειδὴ ὁ κινητήρας αὐτὸς καταναλίσκει καύσιμα πολὺ εύθυνότερα ἀπὸ τὰ καύσιμα τὰ ὁποῖα καταναλίσκουν ἄλλοι κινητῆρες (ἀτμομηχαναί, βενζινοκινητῆρες), ἡ χρῆσις του είναι πολὺ οἰκονομική.

Εἰς τὰς νεωτέρας ναυπηγικάς κατασκευάς, ἀντικαθιστοῦν δόλονεν περισσότερον τὰς ἀτμομηχανάς μὲ μεγάλους κινητήρας Ντῆζελ. Ἡ ισχὺς αὐτῶν τῶν κινητήρων δύναται νὰ φθάσῃ τοὺς 30 000 Ch. Πολυάριθμα φορτηγά καθώς καὶ κοινά αὐτοκίνητα τουρισμοῦ κινοῦνται μὲ κινητήρας Ντῆζελ. Σήμερον πλέον καὶ οἱ σιδηροδρομικοὶ συρμοὶ κινοῦνται μὲ κινητήρας Ντῆζελ, ἡ χρῆσις τῶν δοποίων συμπληρώνει τὰ κενά τῶν ἡλεκτρικῶν κινητήρων εἰς τὴν προσπάθειαν τοῦ ἀνθρώπου νὰ ὑπερνικήσῃ τὰς δυσκολίας τῶν μεταφορῶν.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Ἔνα μεῖγμα ἀέρος καὶ ἀερίου καυσίμου, ὑπὸ κατάλληλον ἀναλογίαν, δύναται νὰ ἀναφλεγῇ καὶ νὰ ὑποστῇ ἐκρήξιν, παράγον ἀέρια ὑψηλῆς θερμοκρασίας.

2. Ὁ κινητήρας ἐκρήξεως είναι κινητήρας ἐσωτερικῆς καύσεως, ὁ ὁποῖος μετατρέπει εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν τὴν θερμικὴν ἐνέργειαν, ἡ ὁποία προέρχεται ἀπὸ τὴν καύσιμην ἐνὸς μείγματος ἀέρος καὶ ἀερίου καυσίμου. Τὸ ἀέριον καύσιμον εἰσάγεται εἰς τὸν κύλινδρον τοῦ κινητήρος, ὅπου μὲ τὴν βοήθειαν ἐνὸς σπινθηριστοῦ ἀρχίζει ἡ καύσιμη τοῦ μείγματος.

3. Ὁ κινητήρας ἐκρήξεως τίθεται εἰς λειτουργίαν εἴτε μὲ τὴν χεῖρα (μανιβέλα), εἴτε μὲ τὴν βοήθειαν ἐνὸς ἡλεκτρικοῦ ἐκκινητοῦ.

4. Ἡ μηχανὴ Ντῆζελ είναι ἔνας κινητήρας ἐσωτερικῆς καύσεως, ὁ ὁποῖος χρησιμοποιεῖ ὑγρὰ καύσιμα δολιγώτερον πτητικὰ ἀπὸ τὴν βενζίνην. Τὸ καύσιμον εἰσάγεται εἰς τὸν κύλινδρον ὑπὸ μορφὴν νέφους σταγονιδίων καὶ ἀναφλέγεται προοδευτικῶς ἀφ' ἑαυτοῦ.

5. Ἡ βασικὴ τεχνικὴ διαφορὰ μεταξὺ τῶν κινητήρων ἐκρήξεως καὶ τῶν κινητήρων καύσεως (Ντῆζελ) είναι ὅτι : Εἰς μὲν τοὺς κινητήρας ἐκρήξεως τὸ ὑγρὸν καύσιμον (βενζίνη) εἰσάγεται

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

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

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

B.6

74. Ἔνας κινητὴρ ἐκρήξεως, ἰσχύος 1 Ch, καταναλίσκει κατὰ μέσον ὅρον, 220 gr. βενζίνης εἰς μίαν ὠδαν. Νὰ εὐρεθῇ ἡ ἀπόδοσις τῆς μηχανῆς. Δίδεται ἡ θερματικὴ ἰσχὺς τῆς βενζίνης ὅτι είναι ἵση ποδὸς 11 000 kcal/kg.

(Απ. $\eta = 0,26$.)

75. Μία μηχανὴ ἐσωτερικῆς καύσεως λειτουργεῖ μὲ βενζίνην καὶ καταναλίσκει 8 λίτρα βενζίνης ἀνὰ ὠδαν. Ἐάν ἡ βενζινομηχανὴ ἔχει ἰσχὺν 14 Ch, νὰ εὐρεθῇ ἡ ἀπόδοσις τῆς μηχανῆς. Δίδεται ἡ θερμότης καύσεως τῆς βενζίνης: 8 000 kcal/l. (Απ. 14% περιπον.)

76. Ἔνας βενζινοκινητὴρ ἔχει ἰσχὺν 300 Ch καὶ καταναλίσκει 70 kg βενζίνης ἀνὰ ὠδαν. Ἐάν ἡ θερμότης καύσεως τῆς βενζίνης είναι 11 000 kcal/kg, νὰ εὐρεθῇ ὁ συντελεστὴς ἀπόδοσεως τῆς μηχανῆς. (Απ. 0,24.)

77. Ἔνας κινητὴρ ἐκρήξεως, ἰσχύος 1 000 Ch, χρησιμοποιεῖ ὡς καύσιμον βενζίνην, τῆς ὁποίας ἡ θερμότης καύσεως είναι 10 000 kcal/kg. Ἐάν ὁ κινητὴρ ἔχῃ ἀπόδοσιν 30%, νὰ εὐρεθῇ ἡ ὡριαία κατανάλωσις εἰς βενζίνην.

(Απ. 210 kg/h.)

ΙΕ' — ΠΥΡΑΥΛΟΙ

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

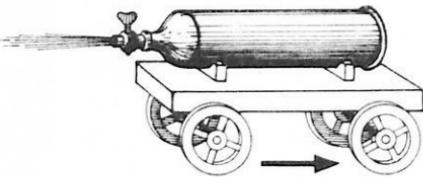
Πείραμα. Ἐπὶ ἐνός ἀμαξίου ὑπάρχει ἔνα χαλύβδινον δοχεῖον πλῆρες ἀερίου ὑπὸ μεγάλην πίεσιν (σχ. 67). Εὐθὺς ὡς ἀνοίξωμεν τὴν στρόφιγγα τοῦ δοχείου, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ἐκρέει δρμητικῶς

άέριον, ένω συγχρόνως τὸ ἀμάξιον μὲ τὸ δοχεῖον κινεῖται κατὰ τὴν ἀντίθετον φοράν τῆς ἐκροής τοῦ ἀερίου. Τοῦτο συμβαίνει διότι τὸ περιωρισμένον ἀέριον ἀσκεῖ εἰς τὰ ἐσωτερικὰ τοιχώματα τοῦ δοχείου δυνάμεις, αἱ ὁποῖαι ἵσορροποῦ μεταξύ των, δταν τὸ δοχεῖον ελναι κλειστόν. Εὐθὺς ὡς ἀνοίξω-

μεν δῆμως τὴν στροφιγγα, η δύναμις ἡ ὁποία ἐνήργει εἰς τὸ ἀνοικτὸν πλέον σημεῖον τοῦ δοχείου παύει νὰ ὑπάρχῃ. Κατὰ συνέπειαν δὲν ἵσορροπεῖται πλέον, η κατὰ μέτρον ἵση ἄλλὰ ἀντιθέτου φορᾶς δύναμις, η ὁποία ἀσκεῖται εἰς τὸ ἀκριβῶς ἀπέναντι τμῆμα τοῦ τοιχώματος τοῦ δοχείου.

Αὐτὴ ἡ δύναμις, η ὁποία ἔπαυσε νὰ ἵσορροπῆται, παρασύρει τὸ σύστημα ἀμάξιον - δοχείου εἰς κίνησιν ἀντιθέτου φορᾶς πρὸς τὴν φορᾶν ἐκροής τοῦ ἀερίου.

Αὐτὴ είναι η ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τῶν κινητήρων ἀντιδράσεως.



Σχ. 67. Ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τῶν κινητήρων ἀντιδράσεως. Τὸ ἀμάξιον κινεῖται μὲ φοράν ἀντιθέτον πρὸς τὴν φορᾶν ἐξόδου τῶν ἀερίων.

§ 74. Πύραυλοι. Ο κινητὴρ ἀντιδράσεως είναι ὁ πλέον ἀπλοῦς καὶ ὁ παλαιότερος πύραυλος. "Ολοι γνωρίζομεν τὰ πυροτεχνήματα. Ἡ κόνις τὴν ὁπίαν περιέχουν ἀποτελεῖ ἔνα μεῖγμα ἀπὸ καύσιμα καὶ μίαν ἄλλην ὅλην, η ὁποία ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς θερμότητος, τῆς ἀναπτυσσομένης κατὰ τὴν καύσιν, ἀποσυντίθεται καὶ ἀποδίδει δξυγόνον ἡ εὐφλεκτὸν ύλικόν. Τὸ καύσιμον καὶ τὸ εὐφλεκτὸν ύλικὸν ἀντιδροῦν εἰς τὸν θάλαμον τῆς καύσεως καὶ παράγουν μίαν ὥρισμένην ποσότητα ἀερίου. Τὸ ἀέριον ἀποκτᾶ μεγάλην θερμοκρασίαν καὶ ἐκτονοῦται βιαίως. Ως συνέπειαν αὐτῆς τῆς λειτουργίας ἔχομεν τὴν κίνησιν τοῦ πυροτεχνήματος πρὸς τὴν ἀντιθέτον φοράν τῆς πορείας τῶν ἐκτονούμενων ἀερίων.

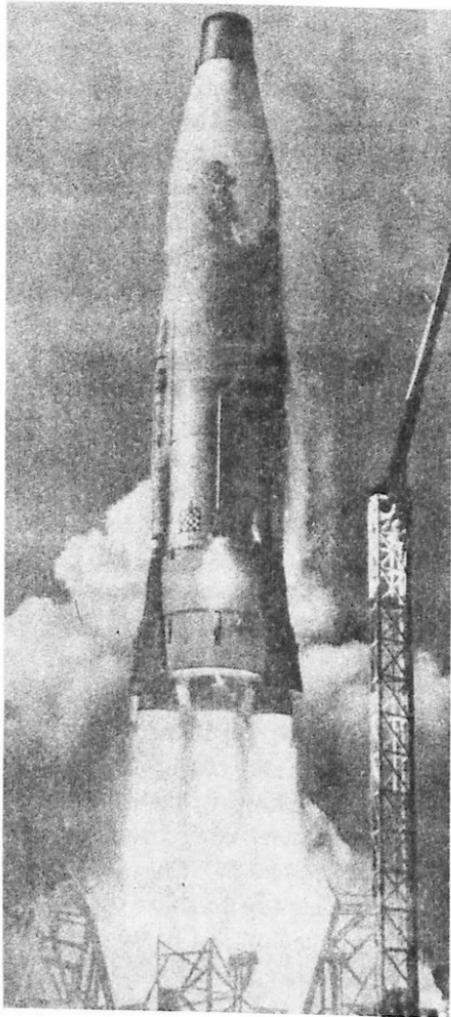
Οι πύραυλοι (σχ. 68) χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν μεταφορὰν ἀντικειμένων εἰς μεγάλην ἀπόστασιν, η εἰς μέγα ὕψος. Μεταφέρουν καύσιμα καὶ εὐφλεκτὸν ύλικόν. Ἡ προώθησίς των δύναται νὰ συνεχισθῇ καὶ ἐκτὸς τῆς γηῖνης ἀτμοσφαίρας, γεγονὸς τὸ ὅποῖον δίδει τὴν δυνατότητα εἰς τὸν πύραυλον νὰ ἀποκτήσῃ μεγάλην ταχύτητα.

"Οταν τὰ καύσιμα καὶ ἡ εὐφλεκτος ὕλη ἔξαντληθοῦν, ὁ πύραυλος ἔξακολουθεῖ νὰ κινηται καὶ δύναται νὰ διανύσῃ μεγάλας ἀποστάσεις, ἐξ αἰτίας τῆς κινητικῆς ἐνέργειας, τὴν ὅποιαν ἔχει ἥδη ἀποκτήσει. Βλήματα, τὰ ὅποια προωθοῦνται ἀπὸ πυραύλους, δύνανται νὰ πέσουν ἐπὶ τοῦ ἐδάφους εἰς ἀπόστασιν πολλῶν χιλιάδων χιλιομέτρων ἀπὸ τὴν θέσιν βολῆς.

Ο πύραυλος χρησιμοποιεῖται σήμερον εὐρύτατα εἰς τὰς διαστημικὰς ἐρεύνας. Διὰ νὰ τεθῇ ἔνας τεχνητὸς δορυφόρος ἢ ἔνα διαστημόπλοιον εἰς τροχιάν, χρησιμοποιοῦνται πύραυλοι, διότι μόνον αὐτοὶ ἔχουν τὴν δυνατότητα νὰ ἀποκτήσουν ταχύτητα μεγαλυτέραν τῆς ταχύτητος διαφυγῆς. Πολλὰ σύγχρονα ἀεροπλάνα φέρουν πυραύλους, τοὺς ὅποιους χρησιμοποιοῦν διὰ περιωρισμένων χρονικὸν διάστημα, εἰδικῶς κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς ἀπογειώσεως.

§ 75. Στροβιλοκινητῆρες ἀντιδράσεως. Άλλοι κινητῆρες ἀντιδράσεως εἰναι οἱ διαφόρων τύπων πρωστικοὶ κινητῆρες τῶν ἀεριωθουμένων ἀεροπλάνων.

Θὰ περιγράψωμεν ἀπὸ αὐτοὺς



Σχ. 68. Κατακόρυφος ἐκτόξευσις πυραύλου. Τὸ μῆκος του εἰναι 24 m, ἡ ὀλικὴ του μᾶζα 110 000 kg ἐκ τῶν ὅποιων 100 000 kg καυσίμων. Τὰ ἄερια προϊόντα τῆς καύσεως ἐκτινάσσονται μὲ ταχύτητα τῆς τάξεως τῶν 2 500 m/sec. Ἡ πρωστικὴ του δύναμις εἰναι 170 000 kp περίπου.

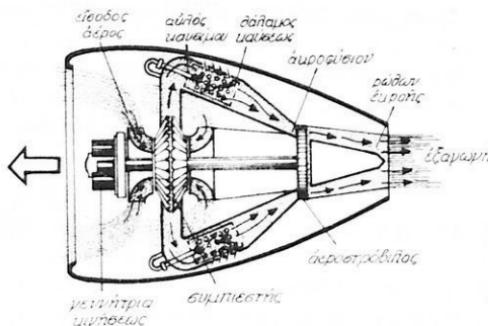
ένα εύρυτατα χρησιμοποιούμενον είς τήν πολιτικήν άεροπορίαν κινητήρα, δόποιος δύναμέζεται έξι αιτίας τής κατασκευής του στροβιλοκινητήρ^α άντιδράσεως (σχ. 69).

Εις τούς στροβιλοκινητήρας τὸ καύσιμον εισέρχεται εἰς τὸν θάλαμον τῆς καύσεως ἀπό μίαν βαλβίδα καὶ ἔρχεται εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸν ἀτμοσφαιρικὸν ἄερα, δόποιος ἔχει εἰσαχθῆ ἑκεῖ. Μετὰ τὴν καύσιν, τὰ καυσαέρια λόγῳ τῆς μεγάλης θερμοκρασίας τῶν ἀποκτοῦν μεγάλην πίεσιν, ἐκτονοῦνται μὲ

μεγάλην ταχύτητα καὶ διαφεύγουν ἀπὸ τὸ δόπισθιον μέρος τοῦ κινητῆρος, μὲ ἀποτέλεσμα νὰ προκαλοῦν κίνησιν τοῦ ἀεροπλάνου πρὸς τὴν ἀντίθετον κατεύθυνσιν.

Διὰ νὰ είναι ἡ κάδησις πλέον ἔντονος πρέπει ὁ ἀτμοσφαιρικὸς ἄηρ, δόρχόμενος εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸ καύσιμον, νὰ ἔχῃ συμπιεσθῆ. Διὶ αὐτὸ καὶ τὰ ἀέρια τῆς καύσεως κατὰ τὴν ἐκτόνωσίν των διεγείρουν ἔνα ὑεριστρόβιλον, δόποιος θέτει εἰς κίνησιν ἓνα συμπιεστήν. Ὁ συμπιεστής ἀπορροφεῖ ἀπὸ τὸ ἐμπρόσθιον μέρος τοῦ κινητῆρος μάζας ἀτμοσφαιρικοῦ ἄερος καὶ τὰς συμπιέζει, προτοῦ τὰς φέρει εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸ καύσιμον.

Ἡ μεγάλη ὑπεροχὴ τῶν στροβιλοκινητήρων ἀντιδράσεως ἔναντι τῶν συνηθισμένων κινητήρων, διφείλεται εἰς τὸ γεγονός ὅτι εἰς τούς στροβιλοκινητήρας ἀντιδράσεως τὰ κινούμενα μεταξὺ τῶν μέρη είναι πολὺ διλιγώτερα ἀπὸ ὅτι εἰς τούς κοι-



Σχ. 69. Κινητήρ^α ἀεριωθουμένου ἀεροπλάνου.



Σχ. 70. Ἀεριωθούμενον ἀεροπλάνον Μπόιγκ 707 - 320 C μεταφορικῆς ἴκανότητος 150 ἐπιβατῶν. Ἐχει 4 μηχανάς. Πρωστική δύναμις ἑκάστου κινητῆρος 8 150 kp. Μεγίστη ταχύτης ἄνω τῶν 1 000 km/h. Ἀκτις δράσεως 9 600 km. Υψος πτήσεως 7 500 m ἕως 12 500 m.

νούς κινητήρας. Δι' αύτο και αἱ ἀπώλειαι ἐνεργείας ἔξ αιτίας τῶν τριβῶν περιορίζονται σημαντικῶς μὲ ἀποτέλεσμα νά ἔχωμεν αὐξῆσιν τῆς ἀποδόσεως.

Μέ στροβιλοκινητήρας ἀντιδράσεως είναι ἐφοδιασμένα τά γνωστά ἀεροσκάφη τύπου Μπόϊκ (σχ. 70), Καραβέλας (Caravelle), και ἄλλα.

Ἡ πιέζουσα δύναμις τῶν ἀερίων ἐνός ἀεροσκάφους τύπου Μπόϊκ φθάνει μέχρις 7 000 kp.

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

Ἐκ πρώτης ὁψεως θά ἐκπλαγῶμεν ἀπὸ τὴν μικράν τιμὴν τῆς ἀποδόσεως, ἡ ὁποία δῆμος ἔξηγεται ἀρκετά εὐκόλως.

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

Εἰς δῆλους ἀνεξαιρέτως τοὺς θερμικοὺς κινητῆρας ἡ θερμότης παρέχεται ἀπὸ μίαν θερμήν δεξαμενὴν (λέβητη, θάλαμος ἐκρήξεως). Ἐστω Q ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, ἡ ὁποία προσφέρεται εἰς ἔνα ώρισμένον χρονικὸν διάστημα. Μέρος αὐτῆς τῆς θερμότητος, ἔστω Q' , ἀποδίδεται εἰς τὸ ἔξωτερικὸν περιβάλλον (ἢ εἰς τὸν συμπυκνωτὴν προκειμένου περὶ ἀτμομηχανῶν), τὸ ὁποῖον δύνομαζομεν ψυχράν δεξαμενήν.

Ἡ διαφορά $Q - Q'$ είναι ἔκεινη ἡ ὁποία μετατρέπεται εἰς μηχανικὸν ἔργον (σχ. 71). Τὸ ἔργον αὐτὸν A' θά είναι :



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

Ἐπειδὴ τὸ μηχανικὸν ἰσοδύναμον τῆς θερμότητος, τὴν ὁποίαν προσφέρει ἡ θερμικὴ δεξαμενὴ, είναι $A = J \cdot Q$, ἡ ἀπόδοσις $\eta = A'/A$ θά είναι ίση πρός :

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

Μεγίστη ἀπόδοσις. Ὁ σαι τελειοποιήσεις καὶ ἀν γίνουν εἰς τὴν κατασκευὴν τῶν θερμικῶν μηχανῶν, είναι ἀδύ-

νατον νά ύπερβη ή άπόδοσις ένα ώρισμένον δριον, τό διόποιον όνομάζεται μεγίστη άπόδοσις.

Έαν θ_1 °C είναι ή θερμοκρασία της θερμής δεξαμενής (της πηγής δηλαδή ή όποια τροφοδοτεί μέθερμότητα τήν μηχανήν) και θ_2 °C ή θερμοκρασία της ψυχρᾶς δεξαμενῆς, όπως άποδεικνύεται, ή μεγίστη άπόδοσις η μεγάλη μιᾶς θερμικῆς μηχανῆς είναι ίση πρός :

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

Δηλαδή :

"Οσον ύψηλοτέρα είναι ή θερμοκρασία της θερμῆς δεξαμενῆς, τόσον μεγαλύτερα είναι ή μεγίστη άπόδοσις της θερμικῆς μηχανῆς.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Ένα ρευστόν, περιωρισμένον ἐντὸς ἐνὸς δοχείου, ἀσκεῖ εἰς τὰ τοιχώματα τοῦ δοχείου πιεζούσας δυνάμεις, αἱ όποιαι ἰσορροποῦνται μεταξύ των. Έαν ὅμως ἀφαιρεθῇ ἔνα τμῆμα τοῦ δοχείου, τότε ή πιεζούσα δύναμις, ή ἀντίθετος πρὸς αὐτὸν τὸ τμῆμα, δὲν ἰσορροπεῖται πλέον καὶ τὸ δοχεῖον τείνει νά κινηθῇ μὲ φοράν ἀντίθετον ἀπὸ ἐκείνην τῆς ἐκροής τοῦ ὑγροῦ.

2. Όνομάζομεν κινητῆρα ἀντιδράσεως, ἔνα κινητῆρα ὃ όποιος δημιουργεῖ τὴν κίνησιν χωρὶς μηχανικὴν παρεμβολήν, χρησιμοποιῶν τὴν δύναμιν ή όποια ἀναπτύσσεται ἐξ αἰτίας τῆς ἀντιδράσεως. Ή δύναμις αὐτὴ δημιουργεῖται ἀπὸ τὴν ἐκτόνωσιν τῶν ἀερίων τῆς καύσεως, τὰ όποια ἐκτοξεύονται μὲ μεγάλην ταχύτητα. Ο κινητήρας ἀντιδράσεως δὲν περιλαμβάνει οὔτε διωστῆρας, οὔτε στροφάλοντας. Ή ἐνέργεια ή όποια παράγεται ἀπὸ τὴν καῦσιν χρησιμοποιεῖται ἀμέσως διὰ τὴν προώθησιν τοῦ ὀχήματος, τὸ όποιον είναι συνδεδεμένον μὲ τὸν κινητῆρα.

3. Ο πύραυλος περιέχει καύσιμον καὶ εὐφλεκτα ύλικά, δύναται δὲ νά κινηθῇ καὶ ἐκτὸς τῆς ἀτμοσφαίρας.

4. Η άπόδοσις η μιᾶς θερμομηχανῆς δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν :

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

ὅπου Q ή ποσότης θερμότητος, ή όποια προσφέρεται έντος ένος ώρισμένου χρονικού διαστήματος είς τὴν μηχανὴν καὶ Q' ή ποσότης θερμότητος ή όποια ἀπορροφεῖται έντος τοῦ αὐτοῦ χρονικού διαστήματος ἀπὸ τὸ περιβάλλον.

5. Ή μεγίστη ἀπόδοσις $\eta_{μεγ}$ μιᾶς θερμικῆς μηχανῆς δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν :

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

ὅπου θ_1 ή θερμοκρασία τῆς θερμῆς δεξαμενῆς καὶ θ_2 ή θερμοκρασία τῆς ψυχρᾶς δεξαμενῆς.

VIII. ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ

ΙΣΤ'—Ο ΗΧΟΣ

§ 77. Εῖδη ἥχων. Ό ανθρωπος ἐπικοινωνεῖ μὲ τὴν Φύσιν χρησιμοποιῶν τὰς αἰσθήσεις του, μεταξύ τῶν ὅποιων περιλαμβάνεται καὶ ἡ ἀκοή. Αἰσθητήριον δργανον τῆς ἀκοῆς εἶναι τὸ οὖς (αὐτί), μὲ τὸ ὅποιον ἀκούομεν τοὺς κωδωνισμούς, τὰ συλπίσματα, τὰ μελωδικά ἄσματα, τοὺς κελαηδισμούς τῶν πτηνῶν, τὴν συναυλίαν μιᾶς ὁρχήστρας, τὰς φωνὰς τῶν συμμαθητῶν μας, τοὺς θορύβους ἐνὸς ἐργοστασίου κ.λπ. "Ολα τὰ ἀνωτέρω εἶναι ἥχοι. "Ωστε :

"*Ἡχος εἶναι πᾶν ὅ, τι γίνεται ἀντιληπτὸν μὲ τὸ αἰσθητήριον δργανον τῆς ἀκοῆς.*

Οἱ ἥχοι διακρίνονται συνήθως εἰς ἀπλοῦς ἥχους ἢ τόνους, εἰς συνθέτους ἥχους ἢ φθόγγους καὶ εἰς θορύβους ἢ κρότους.

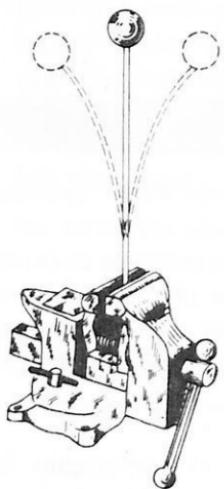
Ο ἀπλοῦς ἥχος ἢ τόνος παράγεται ἀπὸ ὡρισμένα ἐργαστηριακά δργανα καὶ δὲν εἶναι οὔτε εὐχάριστος, οὔτε δυσάρεστος εἰς τὴν ἀκοήν.

Οἱ σύνθετοι ἥχοι ἢ φθόγγοι παράγονται ἀπὸ τὰ μουσικὰ δργανα καὶ τὴν ἀνθρωπίνην φωνήν, μιᾶς προκαλοῦν δὲ εὐχάριστον συναίσθημα. Εἶναι μεῖγμα πολλῶν τόνων.

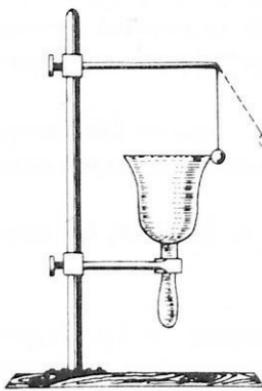
Ο θόρυβος παράγεται κατὰ τὴν συγκέντρωσιν πολλῶν ἀνθρώπων, κατὰ τὴν κίνησιν τῶν φύλλων ἐνὸς δένδρου, κατὰ τὸ σχίσιμον ἐνὸς τεμαχίου χάρτου κ.λπ.

Ο κρότος εἶναι δυνατὸς ἥχος, μικρᾶς χρονικῆς διαρκείας καὶ προκαλεῖ δυσάρεστον συναίσθημα.

§ 78. Παραγωγὴ τοῦ ἥχου. Πείραμα. Στερεώνομεν τὸ ἔνα ἄκρον μιᾶς χαλυβδίνης ράβδου εἰς ἔνα μηχανικὸν συσφιγκτήρα (μέγγενη) (σχ. 72). Κατόπιν ἀπομακρύνομεν μὲ τὴν χεῖρα τὸ ἄλλον ἄκρον ἀπὸ τὴν θέσιν του καὶ τὸ ἀφήνομεν ἐλεύθερον. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι ἡ ράβδος ἀρχίζει νὰ κινηται περιοδικῶς περὶ τὴν ἀρχικήν της θέσιν, ἡ, ὅπως λέγομεν, νὰ ἐκτελῇ παλμικάς κινήσεις, τὰς ὅποιας δημοσιεύεται νὰ παρακολουθήσωμεν μὲ τὸν ὀφθαλμόν, ἐπειδὴ ἐκτελοῦν-



Σχ. 72. Η χαλυβδίνη ράβδος πάλλεται και παράγει ήχον.



Σχ. 73. Αἱ παλμικαὶ κινήσεις τοῦ κώδωνος, ὁ ὄποιος ἡχεῖ, προκαλοῦν ἀναπήδησιν τοῦ σφαιρίου τοῦ ἐκκρεμοῦ.

ται μὲ μεγάλην ταχύτητα. Η χαλυβδίνη ράβδος πάλλεται (δονεῖται), ἐνῷ συγχρόνως παράγει ηχον.

Τὸ ἴδιον φαινόμενον εἰναι δυνατὸν νὰ παρατηρήσωμεν καὶ εἰς μίαν καλδᾶς τεταμένην χορδῆν, ὅταν ἀπομακρύνωμεν μὲ τὸ δάκτυλον τὸ μέσον της καὶ κατόπιν τὸ ἀφήσωμεν ἐλεύθερον.

Αἱ ἐγγίσωμεν μὲ τὴν χεῖρα τὴν παλλομένην χαλυβδίνην ράβδον ἢ τὴν παλλομένην χορδῆν, παύει ἡ παλμικὴ κίνησις καὶ σταματᾷ ὁ ηχος. Ωστε :

·Οἱ ηχοὶ προκαλοῦνται ἀπὸ σώματα τὰ ὅποια πάλλονται ἀπὸ κάποιαν αἰτίαν.

Αἱ δονήσεις τῶν σωμάτων, τὰ ὅποια παράγουν ηχοὺς, δὲν εἰναι πάντοτε ὄραται. Τὸ σχῆμα 73 ἐξηγεῖ τὸν τρόπον, μὲ τὸν ὅποιον δυνάμεθα νὰ ἀντιληφθῶμεν τὰς παλμικὰς κινήσεις ἐνὸς σώματος, τὸ ὄποιον παράγει ηχον. "Οταν κτυπήσωμεν τὸν κώδωνα μὲ μίαν σφυραν, τὸ σφαιρίδιον τοῦ ἐκκρεμοῦ, τὸ ὄποιον ἐγγίζει εἰς τὸν κώδωνα, ἀρχίζει νὰ ἀναπηδᾷ. Εὐθὺς ὡς ἐγγίσωμεν ὅμως τὴν χεῖρα εἰς τὸν κώδωνα, τὸ σφαιρίδιον ἀκινητεῖ, ἐπειδὴ παύουν αἱ δονήσεις.

§ 79. Διάδοσις τοῦ ηχοῦ. Ήχητικὰ κύματα. Διά νὰ προκαλέσουν ἐντύπωσιν εἰς τὸ οὖς αἱ ηχητικαὶ δονήσεις ἐνὸς σώματος πρέπει νὰ μεταφερθοῦν μέχρις αὐτό. Η μεταφορὰ δύναται νὰ γίνῃ ἀπὸ ἔνα ἐλαστικὸν μέσον, (ὅπως π.χ. ὁ ἄηρ, τὸ ξύλον, τὸ ὕδωρ), τὸ ὄποιον νὰ διεγείρεται εἰς παλμικὴν κίνησιν καὶ νὰ τὴν μεταδίδῃ ἀπὸ μορίου εἰς μόριον.

·Αἱ θεωρήσωμεν τὴν χαλυβδίνην ράβδον

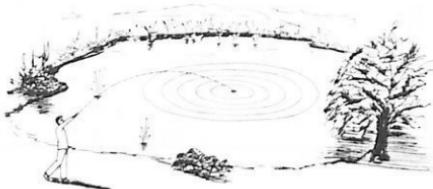
τοῦ προηγουμένου πειράματος. Αὕτη, καθὼς πάλλεται, ώθει τὰ μόρια τοῦ ἀέρος τὰ ὅποια εἶναι πλησίον της, προκαλοῦσα μὲν αὐτὸν τὸν τρόπον ἄλλοτε πύκνωσιν καὶ ἄλλοτε ἀραιώσιν τῶν μορίων τοῦ ἀέρος. Καθὼς δῆμος τὰ γειτονικὰ πρὸς τὴν ράβδον μόρια τοῦ ἀέρος πυκνώνουν ἢ ἀραιώνουν, ώθουμενα ἀπὸ τὴν ράβδον, ώθουν καὶ αὐτὰ ἐν συνεχείᾳ τὰ γειτονικά των μόρια, καὶ ἐκεῖνα πάλιν τὰ γειτονικά των καὶ τοιουτόποις ἡ δόνησις μεταδίδεται εἰς τὸν χῶρον.

Τὸ ἴδιον συμβαίνει μὲν τὴν διάδοσιν τῶν κυμάτων τοῦ ὕδατος εἰς μίαν ἥρεμον λίμνην, ὅταν ρίψωμεν ἐντὸς αὐτῆς ἔνα λίθον (σχ. 74).

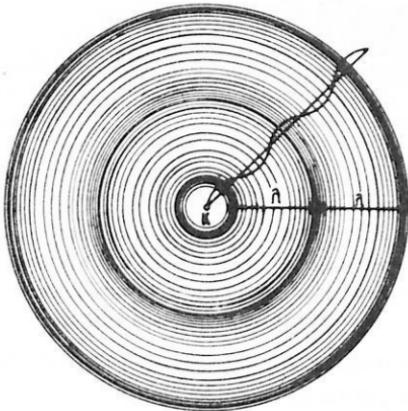
Μὲν τὸν ἴδιον τρόπον γίνεται ἡ μετάδοσις τοῦ ἥχου εἰς οίονδήποτε στερεόν, ὑγρὸν ἢ ἀέριον σῶμα.

Τὸ σῆμα 75 παριστᾶ τὰ πυκνώματα καὶ τὰ ἀραιώματα τῶν μορίων τοῦ ἀέρος, τὰ ὅποια μεταδίδονται ὥπως τὰ κύματα εἰς τὸ ὕδωρ. Δι' αὐτὸν τὸν λόγον τὰ δονομάζομεν ἡχητικά κύματα. "Ωστε :

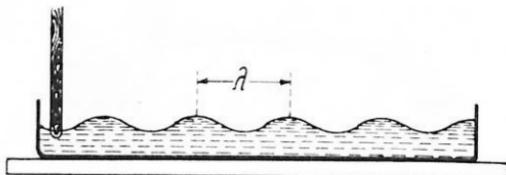
Τὰ ἡχητικὰ κύματα ἀποτελοῦνται ἀπὸ πυκνώματα καὶ ἀραιώματα μορίων τοῦ ἀέρος, ὅπως τὰ κύματα τοῦ ὕδατος ἀποτελοῦνται ἀπὸ ὑψώματα καὶ κοιλώματα.



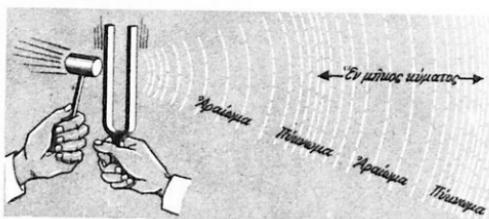
Σχ. 74. Ἡ πτῶσις τοῦ λίθου, εἰς τὰ ὕδατα μιᾶς λίμνης, προκαλεῖ ὕδατικά κύματα, τὰ ὅποια διαδίδονται εἰς ὅλην τὴν ἐπιφάνειαν τῆς λίμνης.



Σχ. 75. Ἡχητικά σφαιρικά κύματα, τὰ ὅποια διαδίδονται εἰς τὸν χῶρον ἀπὸ μίαν μικρὰν ἡχητικὴν πηγὴν Κ. Διακρίνονται τὰ πυκνώματα καὶ τὰ ἀραιώματα τῶν μορίων τοῦ ἀέρος. Ἡ ἀπόστασις δύο γειτονικῶν πυκνώματων (ἢ ἀραιώματων) κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς ἀκτίνος ἰσοδύναι πρὸς τὸ μῆκος κύματος.



Σχ. 76. Τὰ ὑδάτινα κύματα ἀποτελοῦνται ἀπό ὑψώματα καὶ κοιλώματα. Ἡ ἀπόστασις δύο γειτονικῶν ὑψωμάτων ἢ κοιλωμάτων εἶναι ἵση πρὸς τὸ μῆκος κύματος.



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

ποῖα παράγει ἡ ἡχογόνος πηγή, δηλαδὴ μίαν χρονικὴν μονάδα.

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

§ 80. Ταχύτης διαδόσεως τοῦ ἥχου. Ἡ μετάδοσις τοῦ ἥχου δὲν εἶναι ἀκαριαία. Ἐὰν ἀπὸ μίαν ώρισμένην ἀπόστασιν παρατηροῦμεν ἔνα ὄπλον, τὸ δόποιον ἐκπυρσοκροτεῖ, βλέπομεν πρῶτον τὴν λάμψιν καὶ μετὰ παρέλευσιν ώρισμένου χρόνου ἀκούομεν καὶ τὸν κρότον, μολονότι καὶ τὰ δύο φαινόμενα παράγονται συγχρόνως. Αὐτὸ δοφείλεται εἰς τὸ ὅτι ὁ ἥχος χρειάζεται πολὺ περισσότερον χρόνον διὰ νὰ διανύσῃ τὸ διάστημα, τὸ δόποιον μᾶς χωρίζει ἀπὸ τὸ ἐκπυρσοκροτοῦν ὄπλον.

Ἀπὸ ἀκριβεῖς μετρήσεις εὑρέθη ὅτι ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ ἥχου εἰς τὸν ἀέρα, εἰς θερμοκρασίαν 15 °C, εἶναι ἵση πρὸς 340 m/sec.

Ἡ ταχύτης τοῦ ἥχου διαφέρει ἀπὸ σώματος εἰς σῶμα. Εἰς τὰ ὑγρὰ

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

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

Ἐνα ἄλλο μέγεθος τὸ δόποιον χαρακτηρίζει τὸν ἥχον εἶναι ἡ συχνότης του.

Συχνότης τοῦ ἥχου δονομάζεται ὁ ἀριθμὸς τῶν ἡχητικῶν κυμάτων, τὰ δοπλαλόμενον σῶμα, εἰς

είναι μεγαλυτέρα παρά εἰς τὰ ἀέρια καὶ εἰς τὰ στερεά είναι μεγαλυτέρα παρά εἰς τὰ ὑγρά.

‘Η θερμοκρασία ἐπιδρᾶ εἰς τὴν ταχύτητα διαδόσεως τοῦ ἥχου. Οὕτως εἰς τοὺς 0 °C είναι 331 m/sec καὶ εἰς τοὺς 20 °C 343 m/sec εἰς τὸν ἀέρα. Εἰς τὴν συνηθισμένην θερμοκρασίαν ἡ ταχύτης τοῦ ἥχου εἰς τὸ ὕδωρ είναι 1 450 m/sec, εἰς τὸ ξύλον 3 000—4 000 m/sec, εἰς τὰ μέταλλα ἀπὸ 3 000 μέχρι 5 000 m/sec.

‘Ο ἥχος δὲν διαδίδεται εἰς τὸ κενόν, ἐφ’ ὅσον διὰ νὰ μεταφερθῇ ἀπὸ τὸ σῶμα τὸ ὁποῖον δονεῖται ἔως τὸ αἰσθητήριον τῆς ἀκοῆς χρειάζεται κάποιο ἄλλο σῶμα, διὰ νὰ μεταφέρῃ τὰς κυμάνσεις (σχ. 78). ‘Ωστε :

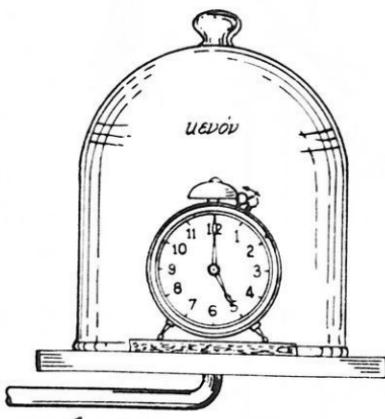
‘Ο ἥχος δὲν διαδίδεται εἰς τὸ κενόν. ‘Ο ἥχος διαδίδεται μὲ μεγαλυτέραν ταχύτητα εἰς τὰ στερεά, μὲ μικρότεραν εἰς τὰ ὑγρά καὶ μὲ ἀκόμη πλέον μικράν ταχύτητα εἰς τὰ ἀέρια.

‘Αποδεικνύεται ὅτι ἡ ταχύτης υ διαδόσεως τῶν ἥχητικῶν κυμάτων, τὸ μῆκος κύματος λ καὶ ἡ συχνότης ν τοῦ ἥχου συνδέονται μὲ τὴν σχέσιν :

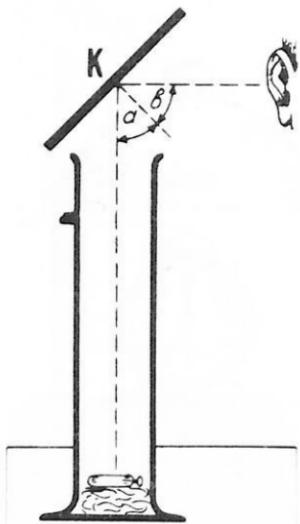
$$v = \lambda \cdot n$$

‘Οταν ἡ συχνότης ν ἐκφράζεται εἰς Χέρτς καὶ τὸ μῆκος κύματος λ εἰς μέτρα, ἡ ταχύτης υ εὑρίσκεται εἰς μέτρα ἀνὰ δευτερόλεπτον. ✓

§ 81. ‘Ανάκλασις τοῦ ἥχου. ‘Ηχώ. ‘Αν σταθῶμεν εἰς μίαν ὡρισμένην ἀπόστασιν ἀπὸ ἔνα τοῖχον καὶ φωνάξωμεν, ἀκούομεν καὶ πάλιν μετ’ ὀλίγον τὴν φωνήν μας, ἡ ὁποία ἔρχεται ἀπὸ τὸν τοῖχον. Τὸ φαινόμενον τοῦτο λέγεται ἡχώ καὶ ὀφείλεται εἰς τὸ γεγονός ὅτι τὰ ἥχητικά κύματα, ὅταν συναντοῦν κάποιο ἐμπόδιον εἰς τὴν διάδοσίν των, ὑφίστανται ἀνάκλασιν, ἀλλάζουν δηλαδὴ διεύθυνσιν διαδόσεως (σχ. 79).



Σχ. 78. ‘Ο ἥχος δὲν διαδίδεται εἰς τὸ κενόν. ‘Οταν ἀφαιρεθῇ ὁ ἄηρ τοῦ κώδωνος τῆς ἀεραντλίας ὁ κώδων τοῦ ὠρολογίου παύει νὰ ἀκούγεται.



Σχ. 79. Άνακλασις τοῦ ἡχοῦ. "Όταν τοποθετήσωμεν εἰς τὸ στόμιον τοῦ κυλινδρικοῦ σωλήνου τὸ διάφραγμα Κ, ἀκούομεν μὲν εὐκρίνειαν τὸν ἡχὸν τοῦ ωρολογίου.

χρειάζεται διὰ νὰ παύσῃ ὑφισταμένη ἡ ἐντύπωσις, τὴν δοπιαν προκαλεῖ ἔνας ἡχος μετά τὴν παῦσιν του. Εἰς χρονικὸν διάστημα ὅμως $0,1 \text{ sec}$ ὁ ἡχος διανύει 34 m εἰς τὸν ἀέρα. Τὸ διάστημα αὐτὸ θὰ διανυθῇ ἀπὸ τὸν κυρίως ἡχὸν καὶ τὸν ἀνακλώμενον. "Εκαστος ἔξ αὐτῶν λοιπὸν ἔχει νὰ διανύσῃ 17 m . "Ωστε :

Διὰ νὰ προκληθῇ ἡχὸν πρέπει τὸ ἐμπόδιον νὰ ἀπέχῃ 17 μέτρα τούλαχιστον ἀπὸ τὸν παρατηρητήν.

"Αν εὑρισκώμεθα εἰς ἀπόστασιν μικροτέραν τῶν 17 m ἀπὸ τὸ ἐμπόδιον, τὸ αἰσθητήριον τῆς ἀκοῆς δὲν εἶναι εἰς θέσιν νὰ διαχωρίση τὸν ἀρχικὸν ἡχὸν ἀπὸ τὸν ἀνακλώμενον καὶ ἀκούει μίαν βοήν. Τὸ φαινόμενον αὐτὸ δνομάζεται ἀντήχησις. "Ωστε :

"Αντήχησις δνομάζεται τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ ὄποιον, ὅταν εὑρισκώμεθα ἔμπροσθεν ἐμποδίον, εἰς ἀπόστασιν μικροτέραν ἀπὸ 17 m , δὲν ἀκούομεν εὐκρινῶς τὸν ἀνακλώμενον ἡχὸν.

Κάτι ἀνάλογον συμβαίνει καὶ μὲ τὸ φῶς, ὅταν προσπέσῃ μία δέσμη φωτεινῶν ἀκτίνων ἐπάνω εἰς ἓναν καθρέπτην. "Ωστε :

Τὰ ἡχητικὰ κύματα ἀνακλῶνται, ὅταν συναντήσουν ἔνα ἐμπόδιον κατὰ τὴν διάδοσίν των.

§ 82. Ἀντήχησις. Διὰ νὰ διακρίνωμεν τὴν ἡχὸν πρέπει νὰ ίσταμεθα εἰς ἀρκετὴν ἀπόστασιν ἀπὸ τὸ ἐμπόδιον, ἐπὶ τοῦ δοποῖου ἀνακλῶνται τὰ ἡχητικὰ κύματα. Ἡ ἀπόστασις αὐτὴ πρέπει νὰ εἶναι τοιαύτη, ὥστε ὁ ἀνακλώμενος ἡχος νὰ φθάσῃ εἰς τὸ αἰσθητήριον τῆς ἀκοῆς μετὰ πάροδον χρονικοῦ διάστηματος ὅχι μικροτέρου ἀπὸ τὸ $0,1$ τοῦ δευτερολέπτου, ἀφ' ὅτου παρήχθη ὁ κυρίως ἡχος (σχ. 80). Καὶ τοῦτο διότι τόσος χρόνος

Αντήχησιν παρατηροῦμεν εἰς μερικάς ἐκκλησίας, εἰς τὰ όποιας ψάλλει ἔνας μόνον ψάλτης, ή δὲ φωνή του ἀντηχεῖ καὶ δημιουργεῖ τὴν ἀντύπωσιν ὅτι «βουίζει» ὁλόκληρος ή ἐκκλησία. Η ἀντήχησις εἶναι εὐχάριστος ὅταν ἀκούωμεν μουσικήν καὶ δυσάρεστος ὅταν ἀκούωμεν δύμιλίαν, ἐπειδὴ συγχέονται αἱ συλλαβαὶ καὶ δὲν δυνάμεθα νὰ ἐννοήσωμεν τί λέγει ὁ δημιλητῆς.

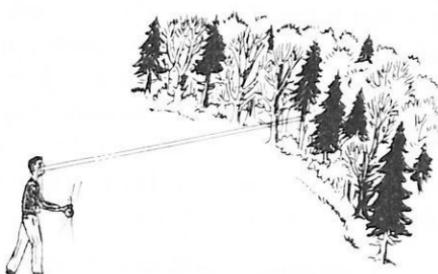
Τὴν ἡχώ καὶ τὴν ἀντήχησιν προσέχουν ἴδιαιτέρως οἱ μηχανικοί, οἱ ὅποιοι κατασκευάζουν αἰθούσας θεάτρων, κινηματογράφων, διαλέξεων κ.λπ., ὥστε νὰ δύναται κανεὶς νὰ ἀκούῃ αἰσθητῶς καὶ μὲ εὔκρινειαν ἀπὸ οίονδήποτε σημείον τῆς αἰθούσης.

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

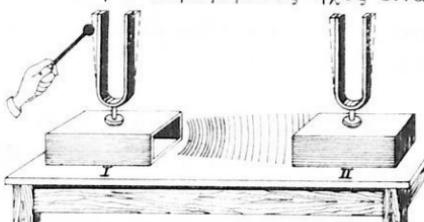
§ 83. Συντονισμός. Τὸ διαπασῶν ἀποτελεῖται ἀπὸ μίαν χαλυβδίνην πρισματικὴν ράβδον, τὸ ἄνω μέρος τῆς ὁποίας ἔχει διαμορφωθῆ ἐις σχῆμα U (σχ. 81). Διεγείρεται συνήθως μὲ ἐλαφράν κροῦσιν τῶν σκελῶν του, ὅπότε αὐτὰ πάλλονται. Ἐπειδὴ ὁ παραγόμενος ἡχος εἶναι ἀδύνατος, τὸ ὅργανον τοποθετεῖται ἐπὶ καταλλήλου ξυλίνου κιβωτίου (ἀντηχείον), ἀνοικτοῦ εἰς τὴν μίαν πλευράν του, ὅπότε ὁ ἡχος ἐνισχύεται.

Τὰ διαπασῶν παράγουν ωρισμένους τόνους.

Πείραμα. Ἡσανθίσω-



Σχ. 80. Διὰ νὰ προκληθῇ ἡχώ πρέπει νὰ ἔχωμεν ἀπόστασιν τουλάχιστον 17 m ἀπὸ τὸ ἐμπόδιον, η ὁ ἡχος νὰ διανῦῃ τὴν ἀπόστασιν μας ἀπὸ τὸ ἐμπόδιον καὶ νὰ ἐπιστρέψῃ ἐντός χρόνου μεγαλυτέρου τῶν 0,1 sec.



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

μεν δύο διαπασῶν (σχ. 81), τὰ ὁποῖα εἶναι ἐντελῶς ὅμοια καὶ ἐπομένως παράγουν, ὅταν διεγερθοῦν, ἥχον τῆς ἴδιας συχνότητος. Ἀν διεγείρωμεν τὸ ἔνα ἀπὸ τὰ δύο διαπασῶν, ὥστε νὰ παράγῃ ἥχον, ἀφοῦ τὸ κτυπήσωμεν ἐλαφρῶς, παρατηροῦμεν ὅτι καὶ τὸ δεύτερον διαπασῶν διεγείρεται. Διὰ νὰ ἐπιτύχῃ καλλίτερον τὸ πείραμα, τοποθετοῦμεν τὰ διαπασῶν ἐπὶ ἀντιχείων. Τὸ φαινόμενον αὐτὸ δονομάζεται συντονισμός. Ὡστε :

Συντονισμὸς δονομάζεται τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ ὁποῖον ἔνα σῶμα, τὸ ὁποῖον δύναται νὰ παράγῃ ἥχον, διεγείρεται ὅταν δονῆται πλήσιον αὐτοῦ ἔνα ἄλλο σῶμα, τὸ ὁποῖον παράγει ἥχον τῆς ἴδιας συχνότητος.

§ 84. Χαρακτηριστικὰ γνωρίσματα τῶν ἥχων. Οἱ ἥχοι ἔχουν τρεῖς ἰδιότητας μὲ τὰς ὁποίας δυνάμεθα νὰ τοὺς διακρίνωμεν ἀπὸ τοὺς ἄλλους. Αἱ ἰδιότητες αὐταὶ δονομάζονται χαρακτῆρες τοῦ ἥχου καὶ εἶναι ἡ ἀκουστότης, τὸ ὑψος καὶ ἡ χροιά.

α) Ἀκουστότης. Γνωρίζομεν ὅτι ἔνας ἥχος δύναται νὰ εἶναι δυνατὸς ἢ ἀσθενής, νὰ ἔχῃ δηλαδή, ὅπως λέγωμεν συνήθως, μεγάλην ἢ μικρὰν ἔντασιν. Ὡστε :

Ἀκουστότης εἶναι ἡ ἰδιότης μὲ τὴν ὁποίαν διακρίνομεν τοὺς ἥχους εἰς δυνατοὺς ἢ ἀσθενεῖς.

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

β) Ὑψος τοῦ ἥχου. Λέγομεν συνήθως ὅτι αἱ γυναικεῖς ἔχουν «ύψηλὴν» φωνὴν ἐνῶ οἱ ἄνδρες «χαμηλὴν». Ἐναὶ ἄλλο λοιπὸν χαρακτηριστικὸν τοῦ ἥχου εἶναι ἂν δ ἥχος εἶναι ὑψηλὸς ἢ χαμηλὸς καὶ λέγεται ὕψος τοῦ ἥχου. Ὡστε :

Ὑψος τοῦ ἥχου εἶναι ἡ ἰδιότης μὲ τὴν ὁποίαν διακρίνομεν τοὺς ἥχους εἰς ὑψηλοὺς ἢ δξεῖς καὶ χαμηλοὺς ἢ βαρεῖς.

Τὸ ὕψος τοῦ ἥχου ἔξαρταται ἀποκλειστικῶς ἀπὸ τὴν συχνότητά του. Ὑψηλοὶ ἥχοι ἔχουν μεγάλην συχνότητα καὶ χαμηλοὶ ἥχοι μικρὰν συχνότητα.

Τὸ ἀνθρώπινον οὖς ἀδυνατεῖ νὰ ἀκούσῃ δλους τοὺς ἥχους. Τὰ

δρια τῶν ἀκουστῶν ἡχων περιλαμβάνονται μεταξὺ 16 Hz καὶ 24 000 Hz περίπου. Οἱ ἡχοι μὲ συχνότητα μικροτέραν τῶν 16 Hz λέγονται ύπό-ηχοι, ἐνῶ οἱ ἡχοι μὲ συχνότητα μεγαλυτέραν τῶν 24 000 Hz ύπερηχοι. Οἱ ύπερηχοι χρησιμοποιοῦνται κατὰ τὰ τελευταῖα ἔτη εἰς τὴν τεχνι-κὴν καὶ εἰς τὴν ἰατρικήν.

γ) **Χροιὰ τοῦ ἡχου.** Ὁν ἀκούσωμεν μίαν νόταν ἀπὸ βιολίον καὶ τὴν ἴδιαν νόταν ἀπὸ σαξόφωνον, ἐννοοῦμεν ὅτι οἱ δύο αὐτοὶ ἡχοι, μολονότι ἔχουν τὴν ἴδιαν ἀκουστότητα καὶ τὸ ἴδιον ὑψος, δηλαδὴ τὴν ἴδιαν συχνότητα, εἶναι διαφορετικοί. Λέγομεν τότε ὅτι οἱ δύο αὐτοὶ ἡχοι ἔχουν διαφορετικὴν χροιάν. Ὡστε :

Χροιὰ εἶναι ἡ ἴδιότης μὲ τὴν ὁποίαν διακρίνομεν δύο ἡχους τῆς ἴδιας ἀκουστότητος καὶ τοῦ ἴδιου ὑψους, ὅπως ἐπίσης καὶ τὸ ἡχογόνον σῶμα τὸ ὅποιον παράγει τὸν ἡχον.

Τὰς φωνὰς τῶν ἀνθρώπων τὰς διακρίνομεν ἀπὸ τὸ διάφορον ὑψος των, κυρίως ὅμως ἀπὸ τὴν διαφορετικὴν των χροιάν. ~~X~~

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Ὁ, τι γίνεται ἀντιληπτὸν μὲ τὸ οὖς εἶναι ἡχος. Οἱ ἡχοι προκαλοῦνται ἀπὸ σώματα τὰ ὅποια εὑρίσκονται εἰς παλμικὴν κίνησιν. Ἡ παλμικὴ κίνησις τοῦ σώματος προκαλεῖ πυκνώματα καὶ ἀραιώματα τῶν μορίων τοῦ ἀέρος, τὰ ὅποια διαδίδονται εἰς τὸν γειτονικὸν ἀέρα καὶ τοιουτοτρόπως δημιουργοῦνται τὰ ἡχητικὰ κύματα. Ἡ ἀπόστασις δύο γειτονικῶν πυκνωμάτων ἡ ἀραιωμάτων ὀνομάζεται μῆκος κύματος, ἡ δὲ συχνότης τῆς ἡχογόνου πηγῆς, δηλαδὴ τοῦ παλλομένου σώματος, συχνότης τῶν ἡχητικῶν κυμάτων.

2. Ὁ ἡχος δὲν διαδίδεται εἰς τὸ κενόν. Μὲ μεγαλυτέρας ταχύτητας διαδίδεται εἰς τὰ σιερεὰ καὶ μὲ μικροτέρας εἰς τὰ ἀέρια. Ἡ ταχύτης διαδόσεως, τὸ μῆκος κύματος λ καὶ ἡ συχνότης ν τοῦ ἡχου, συνδέονται μὲ τὴν σχέσιν :

$$v = \lambda \cdot f$$

3. Τὰ ἡχητικὰ κύματα, ὅταν συναντήσουν ἐμπόδιον εἰς τὴν διάδοσίν των, ἀνακλῶνται μεταβάλλοντα πορείαν διαδόσεως. "Αν ἔνα ἐμπόδιον εὑρίσκεται εἰς ἀπόστασιν μεγαλυτέραν ἀπὸ 17 μέτρα, ὁ παρατηρητής διακρίνει τὸν ἀνακλώμενον ἥχον ἀπὸ τὸν ἀρχικὸν καὶ τὸ φαινόμενον λέγεται ἥχω. "Αν δημοσίᾳ ἡ ἀπόστασις εἶναι μικροτέρα ἀπὸ 17 μέτρα, οἱ δύο ἥχοι δὲν διαχωρίζονται καὶ τὸ φαινόμενον λέγεται ἀντήχησις.

4. Η ἥχω καὶ ἡ ἀντήχησις ἔχουν ιδιαιτέραν σημασίαν εἰς τὴν κατασκευὴν ἐκκλησιῶν, κινηματογραφικῶν αἰθουσῶν, θεάτρων κ.λ.π.

5. Ό συντονισμὸς εἶναι τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ ὅποιον ἔνα σῶμα δύναται νὰ διεγερθῇ καὶ νὰ παράγῃ ἥχον, ὅταν δονῆται πλησίον αὐτοῦ ἔνα ἄλλον σῶμα, τὸ ὅποιον παράγει ἥχον τῆς ιδίας συχνότητος.

6. Η ἀκουστότης, τὸ ὑψος καὶ ἡ χροιὰ εἶναι τὰ τρία χαρακτηριστικὰ γνωρίσματα τῶν ἥχων.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

78. "Ενα διαπασῶν ἐκτελεῖ 440 παλμοὺς εἰς ἔνα δευτερόλεπτον. Πόσος εἶναι ο χρόνος μιᾶς πλήρους ταλαντώσεώς του. (Απ. 0,00227 sec.)

79. Πόσων Χέρτς (Hz) συχνότητα ἔχει ἔνας τόρος, ὁ ὅποιος εἰς 7 sec ἐκτελεῖ 499 ταλαντώσεις. (Απ. 71 Hz.)

80. Εἰς πόσην ἀπόστασιν εὐρίσκεται ἔνα καταγιδοφόρον νέφος, ὅταν ἡ βροντὴ ἀκούεται 4 sec μετὰ τὴν πτῶσιν τοῦ κεραυνοῦ. Ο ἥχος διαδίδεται μὲ ταχύτητα 340 m/sec καὶ τὸ φῶς διὰ μικρὰς ἀπόστασεις ἀκομαίως. (Απ. 1 360 m.)

81. Πόσον είναι τὸ βάθος τῆς θαλάσσης ὅταν, κατὰ μίαν ἥχοβόλησιν, ἐμετρήθη χρόνος 0,68 sec. Δίδεται ὅτι ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ ἥχου εἰς τὸ θαλάσσιον ὕδωρ είναι 1 425 m/sec. (Απ. 484,5 m.)

82. Πόσον μακρὰν ἀπὸ τὴν ἀκτὴν ἐνδίσκεται ἔνα πλοῖον, ἀν ἔνα ὑποθαλάσσιον σῆμα λαμβάνεται 5 sec ἐνωφίτερον ἀπὸ ἔνα ταντόχορον σήμα εἰς τὸν ἀέρα (ταχύτης ἥχου εἰς τὸν ἀέρα 340 m/sec καὶ εἰς τὸ θαλάσσιον ὕδωρ 1 425 m/sec.) (Απ. 2 233 m.)

83. "Ενας ἀνθρώπος εὐρίσκεται εἰς μίαν ἀπόστασιν ἀπὸ ἔνα ἐμπόδιον καὶ κρανγάζει. Ἀφοῦ περάσουν 2,4 sec, ἀκούει τὸν ἥχον τῆς φωνῆς του, ἡ ὥποια ἀνεκλάσθη εἰς τὸ ἐμπόδιον. Πόση είναι ἡ ἀπόστασις τοῦ ἀνθρώπου ἀπὸ τὸ ἐμπόδιον, ἀν ἡ ταχύτης τοῦ ἥχου εἰς τὸν ἀέρα ἀνέρχεται εἰς 340 m/sec. (Απ. 408 m.)

84. Ένας ήχος έχει συχνότητα 100 Hz και διαδίδεται εἰς τὸν ἀέρα μὲ ταχύτητα 340 m/sec. Πόσον είναι τὸ μῆκος κύματος τοῦ ήχου αὐτοῦ. (*Απ. 3,4 m.*)

85. Τὸ μῆκος κύματος ἐνὸς ήχου μὲ συχνότητα 100 Hz , ὁ ὅποιος διαδίδεται εἰς τὸ ὕδωρ, είναι 10 m. Πόση είναι ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ ηχου αὐτοῦ εἰς τὸ ὕδωρ. (*Απ. 1 000 m/sec.)*

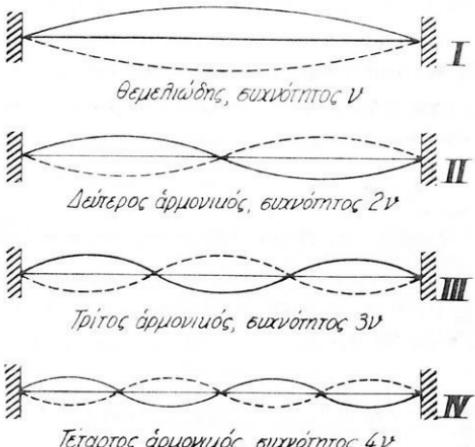
86. Πόσον είναι τὸ μῆκος κύματος τοῦ τόνου ὁ ὅποιος έχει συχνότητα 440 Hz εἰς τὸν ἀέρα. Ταχύτης ηχου εἰς τὸν ἀέρα 340 m/sec. (*Απ. 0,775 m.)*

87. Εἰς πόσην ἀπόστασιν εὑρίσκεται ἔνα ἐμπόδιον, ὅταν ἀκούωμεν τρισέλλαβον ηχού. (*Απ. 51 m.)*

I' — Η ΧΗΤΙΚΑΙ ΠΗΓΑΙ

§ 85. Χορδαί. Αρμονικοί ήχοι. Άν 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 μορφὴν τὴν ὅποιαν δεικνύει τὸ σχῆμα 82, I.

Άν σταθεροποιήσωμεν τὸ μέσον τῆς χορδῆς μὲ τὸν δάκτυλόν μας, ἡ θέσωμεν εἰς τὸ σημεῖον αὐτὸῦ ἔνα ξύλινον ὑποστήριγμα καὶ διεγείρωμεν πάλιν τὴν χορδὴν, παρατηροῦμεν τότε ὅτι ὅλοκληρος ἡ χορδὴ ταλαντεύεται (σχ. 82, II). Εἰς τὴν περίπτωσιν ὅμως αὐτὴν ἡ χορδὴ παράγει ήχον μὲ διπλασίαν συχνότητα. Άναλόγως δυνάμεθα νὰ ἔξαναγκάσωμεν τὴν χορδὴν, νὰ παράγῃ ήχον μὲ τριπλασίαν συχνότητα (σχ. 82, III) ἢ τετραπλασίαν συχνότητα (σχ. 82, IV). Ο ήχος τὸν ὅποιον ἀποδίδει ἡ χορδὴ, ὅταν πάλλεται



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

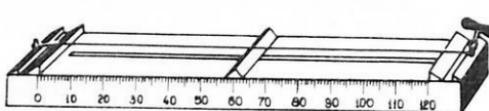
ώς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 82, Ι, δονομάζεται θεμελιώδης ἥχος ἢ πρῶτος ἀρμονικός, ἐνῷ ὅταν πάλλεται ὅπως εἰς τὰς περιπτώσεις II, III, IV τοῦ ιδίου σχήματος, ὁ παραγόμενος ἥχος λέγεται ἀνώτερος ἀρμονικός καὶ ίδιαιτέρως δεύτερος ἀρμονικός, τρίτος ἀρμονικός, κ.λπ. "Ωστε :

"Οταν ἐλαττώσωμεν τὸ μῆκος μιᾶς χορδῆς εἰς τὸ 1/2, 1/3, 1/4, κ.λπ. τοῦ ἀρχικοῦ τῆς μήκους, ἐνῷ συγχρόνως διατηρήσωμεν σταθεράν τὴν τάσιν, τὴν ὅποιαν ἀσκοῦμεν ἐπ' αὐτῆς, τότε ἡ συχνότης τῶν παραγομένων ἥχων εἶναι ἀντιστοίχως διπλασία, τριπλασία, τετραπλασία κ.λπ. τῆς ἀρχικῆς συχνότητος.

Οἱ μουσικοὶ ἥχοι ἢ φθόγγοι ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἔνα ἰσχυρὸν θεμελιώδη καὶ πολλοὺς ἄλλους ἀνωτέρους ἀρμονικούς, 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 ἔνα ξύλινον κιβώτιον (ἀντηχεῖον) τὸ ὅποιον προορίζεται νὰ ἐνισχύῃ τοὺς ἥχους. Ἡ χορδὴ περιτυλίσσεται εἰς ἔνα ἄξονα καὶ σταθεροποιεῖται εἰς τὸ ἔνα ἄκρον τοῦ μονοχόρδου, μὲ μίαν δὲ κλείδα, ἡ ὅποια εύρισκεται εἰς τὸ ἄλλον ἄκρον, δυνάμεθα νὰ ρυθμίζωμεν τὴν τάσιν τῆς.

Πειραματιζόμενοι καταλήγομεν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι :



Σχ. 83. Τὸ μονόχορδον εἶναι μία συσκευὴ διά τὴν μελέτην τῶν χορδῶν.

"Η συχνότης ἐνὸς τόνου ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ μῆκος, τὸ πάχος καὶ τὸ ὑλικὸν τῆς χορδῆς, ὡς ἐπίσης καὶ ἀπὸ τὴν τάσιν τὴν ὅποιαν ἀσκοῦμεν εἰς τὴν χορδήν.

§ 87. Ἡχητικοὶ σωλῆνες. Νόμος τῶν ἡχητικῶν σωλήνων. Εἰς τὴν Φυσικὴν δονομάζομεν ἡχητικοὺς σωλῆνας, κυλινδρικοὺς ἢ πρισματικοὺς σωλῆνας ἀπὸ ξύλου ἢ μέταλλον, εἰς τοὺς ὅποιοὺς προσφυσῶμεν ρεῦμα ἀέρος, ἀπὸ τὸ στόμιον καὶ προκαλοῦμεν κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ταλάντωσιν τοῦ ἀέρος, τὸν ὅποιον περιέχει ὁ σωλήν.

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

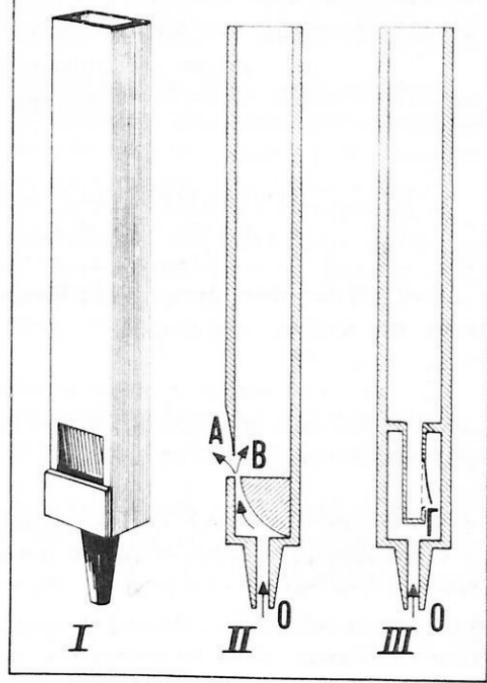
Εις τὸν ἀνοικτὸν σωλῆνα τοῦ σχήματος 84, II, ὁ ἄηρ εἰσέρχεται ἀπὸ τὸ ἐπιστόμιον Ο καὶ ἔξερχεται ἀπὸ τὸ στόμιον Β. Εἰς τὸ χεῖλος Α δημιουργεῖται διατάραξις τῆς στήλης τοῦ ἀέρος, δπως ἀκριβῶς συμβαίνει καὶ εἰς τὴν σφυρίκτραν, καὶ τοιουτρόπως προκαλεῖται δόνησις τοῦ ἀέρος, ὁ δποῖος εύρισκεται εἰς τὴν κοιλότητα.

Εις τὸν ἀνοικτὸν σωλῆνα τοῦ σχήματος 84, III, ὁ ἄηρ εἰσχωρεῖ ἀπὸ τὸ στόμιον Ο καὶ διεγείρει εἰς παλμικήν κίνησιν τὴν γλωσσίδα Γ.

"Ο,τι συμβαίνει μὲ τὰ ἀνωτέρω δύο εἰδη ἀνοικτῶν ἡχητικῶν σωλήνων, δηλαδὴ τοὺς ἀνοικτοὺς ἡχητικοὺς σωλῆνας μὲ ἐπιστόμιον καὶ στόμιον καὶ τοὺς ἀνοικτοὺς ἡχητικοὺς σωλῆνας μὲ ἐπιστόμιον καὶ γλωσσίδα, συμβαίνει καὶ μὲ τὰ δύο ἀντίστοιχα εἰδη τῶν κλειστῶν ἡχητικῶν σωλήνων. Οἱ σωλῆνες αὐτοὶ διαφέρουν ἀπὸ τοὺς ἀνοικτοὺς ἡχητικοὺς σωλῆνας κατὰ τὸ ὅτι είναι κλειστοὶ εἰς τὸ ἀνώτερον ἄκροντων.

Απὸ τὰ ἀνωτέρω συμπεραινομεν δτι :

Εἰς τοὺς ἡχητικοὺς σωλῆνας μὲ ἐπιστόμιον καὶ στόμιον ὁ τόνος προκαλεῖται ἀπὸ τὰς ἀπ' εὐθείας παλμικὰς κινήσεις τοῦ ἀέρος. Εἰς τοὺς ἡχητικοὺς σωλῆνας μὲ ἐπιστόμιον καὶ γλωσσίδα ὁ τόνος προκα-



Σχ. 84. Ἀνοικτοὶ ἡχητικοὶ σωλήνες. (I) Ἐξωτερική ἐμφάνισις. (II) Τομὴ ἀνοικτοῦ ἡχητικοῦ σωλήνος μὲ ἐπιστόμιον καὶ στόμιον. (III) Τομὴ ἀνοικτοῦ ἡχητικοῦ σω-

λῆνος μὲ ἐπιστόμιον καὶ γλωσσίδα.

λεῖται ἀπὸ τὰς παλμικὰς κινήσεις τῆς γλωσσίδος, αἱ ὅποιαι διεγείρουν εἰς παλμικὴν κίνησιν τὸν ἄέρα, τὸν εὑρισκόμενον εἰς τὸν σωλῆνα.

Ἐργαζόμενοι πειραματικῶς μὲ ἀνοικτοὺς καὶ κλειστοὺς ἡχητικοὺς σωλῆνας καταλήγομεν εἰς τὰ ἀκόλουθα συμπεράσματα, τὰ ὅποια ἀποτελοῦν τοὺς νόμους τῶν ἡχητικῶν σωλήνων.

α) Οἱ ἀνοικτοὶ ἡχητικοὶ σωλῆνες παράγουν ἔνα θεμελιώδη τόνον καὶ ὅλους τοὺς ἀνωτέρους ἀρμονικούς.

Ἐάν δηλαδὴ ἔνας ἀνοικτὸς ἡχητικὸς σωλὴν παράγῃ θεμελιώδη τόνον, συχνότητος ν, θὰ παράγῃ καὶ τοὺς τόνους τοὺς ἔχοντας συχνότητας 2ν, 3ν, 4ν, κ.λπ.

β) Οἱ κλειστοὶ ἡχητικοὶ σωλῆνες παράγουν ἔνα θεμελιώδη τόνον καὶ τοὺς ἀνωτέρους ἀρμονικούς περιττῆς τάξεως.

Δηλαδὴ ἔάν ἔνας κλειστὸς ἡχητικὸς σωλὴν παράγῃ θεμελιώδη τόνον μὲ συχνότητα ν, θὰ παράγῃ καὶ τοὺς τόνους οἱ ὅποιοι ἔχουν συχνότητας 3ν, 5ν, 7ν, κ.λπ. ✓

§ 88. Μουσικοὶ ἥχοι. Μουσικά διαστήματα. Ὄταν αἱ συχνότητες δύο ἥχων, τοὺς ὅποιους ἀκούομεν ταυτοχρόνως, εὐρίσκωνται μεταξύ των εἰς ἀπλῆν ἀριθμητικὴν σχέσιν, μᾶς προκαλοῦν γενικῶς εὐχάριστον συναίσθημα. Ἡ Μουσικὴ χρησιμοποιεῖ ὠρισμένας ἀπλᾶς ἀριθμητικάς σχέσεις, μεταξύ τῶν συχνοτήτων τῶν ἥχων, αἱ ὅποιαι ὀνομάζονται μουσικά διαστήματα. Οἱ μουσικοὶ ἥχοι είναι φθόγγοι καὶ παράγονται ἀπὸ τὰ μουσικά δργανα. Τὸ ὑποκειμενικὸν συναίσθημα, τὸ ὅποιον μᾶς δημιουργεῖται, ὅταν ἀκούωμεν δύο τόνους, ἔξαρταται μόνον ἀπὸ τὸ μουσικὸν διάστημά των καὶ ὅχι ἀπὸ τὴν ἀπόλυτον τιμὴν τῆς συχνότητὸς των.

Ὅταν δύο φθόγγοι ἀκούωνται συγχρόνως ἢ διαδοχικῶς καὶ προκαλοῦν εὐχάριστον συναίσθημα, λέγομεν ὅτι ἀποτελοῦν συμφωνίαν, ἐνῷ ἂν τὸ συναίσθημα είναι δυσάρεστον ἀποτελοῦν παραφωνίαν. Ὄταν τὸ διάστημα είναι 1 : 1, ὅταν δηλαδὴ ἀκούωμεν δύο φθόγγους τῆς ίδιας συχνότητος, ἔχομεν τὴν καλυτέραν συμφωνίαν καὶ τὸ μουσικὸν διάστημα λέγεται πρώτη. Ἐάν τὸ διάστημα είναι 2 : 1, ὅποτε ὁ δεξύτερος φθόγγος ἔχει διπλασίαν συχνότητα, τὸ διάστημα λέγεται δύδον. Εἰς τὴν Μουσικὴν χρησιμοποιοῦμεν ἐπίσης διαστήματα δευτέρας, τρίτης, τετάρτης κ.λπ. καὶ ἥχους μὲ συχνότητας ἀπὸ 40 Hz μέχρι 4 000 Hz.

§ 89. Μουσικὴ κλῖμαξ. Οὕτως ὀνομάζεται μία σειρά φθόγγων, οἱ ὅποιοι χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν Μουσικὴν καὶ χωρίζονται μεταξύ των μὲ ὠρισμένα μουσικά διαστήματα.

Οι φθόγγοι της βασικής κλίμακος είναι δύτικοι, ή κλίμαξ σύμφωνος έπεκτείνεται εις άνηλοτέρους και χαμηλοτέρους φθόγγους με δύδοας. Ο φθόγγος άπό τὸν δύοπον ἀρχίζει ή μουσική κλίμαξ δύνομάζεται βάσις τῆς κλίμακος.

Αἱ συχνότητες τῶν φθόγγων μιᾶς μουσικῆς κλίμακος καθορίζονται μὲ ἀκριβειαν, δταν δρισθή ή συχνότης ἐνὸς οίουδήποτε φθόγγου καὶ τὰ μουσικά διαστήματα.

Τὰ δύνοματα τῶν φθόγγων τῆς μουσικῆς κλίμακος είναι τὰ ἔξης ἐπτά :

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

Τὰ διαστήματα δευτέρας, τρίτης, τετάρτης, πέμπτης, ἕκτης, ἑβδόμης, λογιζόμενα ἀπὸ τοῦ do καὶ ἄνωθεν αὐτοῦ είναι τὰ ἀκόλουθα :

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

Ὑπάρχουν διάφοροι κατηγορίαι μουσικῶν κλίμακων :

α) Διατονικὴ ἡ φυσικὴ κλίμαξ. Ἡ κλίμαξ αὐτὴ περιλαμβάνει τρία διαφορετικά διαστήματα, σχετικῶς ὡς πρὸς δύο διαδοχικοὺς φθόγγους : τὰ διαστήματα 9/8 καὶ 10/9, τὰ δύοια δύνομάζονται τόνοι καὶ τὸ διάστημα 16/15 τὸ δύοπον δύνομάζεται ἡμιτονιον. Εἰς τὴν βασικήν κλίμακα, δ φθόγγος ἔχει συχνότητα 440 Hz.

β) Χρωματικὴ κλίμαξ. Ἡ βασικὴ διατονικὴ κλίμαξ ἐπαναλαμβανομένη μὲ δύδοας, ὑψηλότερον ἡ χαμηλότερον, δὲν είναι δύνατὸν νὰ ἐπαρκέσῃ διὰ τὰς ἀνάγκας τῆς συγχρόνου Μουσικῆς. Διὰ αὐτὸν τὸν λόγον κατεσκευάσαν μίαν κλίμακα, ἡ δύοια περιλαμβάνει 12 ἡμιτόνια ἵσα πρὸς 1.059. Ἡ κλίμαξ αὐτὴ δύνομάζεται χρωματικὴ.

Ἄν προσέξωμεν τὰ πλήκτρα τοῦ κλειδοκυμβάλου (πιάνου), θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι είναι λευκά καὶ μαύρα. Τὰ μαύρα πλήκτρα ἀντιστοιχοῦν εἰς τοὺς φθόγγους ἐκείνους τῶν δύοιων ἡ προσθήκη ἐδημιούργησε τὴν χρωματικὴν κλίμακα. Διὰ νὰ ἐπιτύχουν οἱ μουσικοὶ τὴν κατασκευὴν τῆς κλίμακος αὐτῆς διετήρησαν τὸν φθόγγον la τῆς βασικῆς κλίμακος εἰς τὴν συχνότητα τῶν 440 Hz, παρηλλαγαν δύμως δλίγον τὰς συχνότητας τῶν ἄλλων φθόγγων.

§ 90. Μουσικὰ ὅργανα. Τὰ μουσικά ὅργανα παράγουν εὐχαρίστους ηχούς, χωρίζονται δὲ εἰς τρεῖς κυρίως κατηγορίας.

α) Τὰ ἔγχορδα. Αὐτὰ είναι ὅργανα τὰ δύοια ἔχουν χορδάς, δπως τὸ βιολίον, ἡ βιόλα, τὸ βιολοντσέλον καὶ τὸ κοντραμπάσον. Εἰς τὰ ὅργανα αὐτὰ ὁ ἥχος παραγεται καθώς σύρομεν τὸ δοξάριον ἐπάνω εἰς τὰς χορδάς. Ἀλλα ἔγχορδα είναι ἡ κιθάρα καὶ τὸ μαντολίνον. Οἱ ἥχοι εἰς τὰ ὅργανα αὐτά παράγονται καθώς ἔλκομεν τὰς χορδάς μὲ τὸ δάκτυλον ἡ τὰς πλήκτομεν μὲ ἔνα μικρὸν τρίγωνον.

Τὸ ὑψος τοῦ ἥχου εἰς ὅλα τὰ ἀνώτερα ἔγχορδα ρυθμίζεται ἀπὸ τὸ σημεῖον εἰς τὸ δύοπον πιέζομεν τὴν χορδὴν μὲ τὰ δάκτυλα τῆς ἀριστερᾶς χειρός.

Ἡ ἄρπα είναι ἔνα ἄλλο ἔγχορδον ὅργανον, μὲ πολλάς χορδάς, αἱ δύοια ἥχοιν, δταν τὰς ἔλκομεν μὲ τὰ δάκτυλα καὶ ἐκάστη ἀπὸ τὰς δύοιας παράγει ὠρισμένον

ήχον. Χορδάς αἱ δποῖαι παράγουν ώρισμένον ήχον ἔχει καὶ τὸ κλειδοκύμβαλον.
Ἐνας μηχανισμός μοχλῶν συνδέει τὰ πλήκτρα τὰ δποῖα πιέζομεν μὲ τὰ δάκτυλα,
μὲ εἰδίκα κατακόρυφα πλήκτρα, τὰ δποῖα κρούουν τάς χορδάς.

β) Τὰ πνευστά. Τοιαῦτα δργανα είναι ἡ σάλπιγξ, ἡ τρόμπα, τὸ τρομπόνιον,
τὸ κόρνον, τὸ κλαρίνον, τὸ φλάουτον, τὸ σαξόφωνον, κ.λ.π. Τὰ δργανα αὐτὰ παρά-
γουν ήχον ὅταν φυσῷμεν ἀέρα εἰς ώρισμένην θέσιν ἐντὸς αὐτῶν. Εἰς ἄλλα ἀπὸ
αὐτά τὰ δργανα, π.χ. εἰς τὴν τρόμπαν, ὁ ήχος παράγεται ἀπὸ τὰ χεῖλη ἑκείνου ὁ
δποῖος παιζει τὸ δργανον, ἐνῷ εἰς ἄλλα, δπως εἰς τὸ κλαρίνον, ἀπὸ μίαν γλωσσίδα,
ἡ δποία παλλεται καθὼς φυσῷμεν. Εἰς τὰ χάλκινα πνευστά, δπως λέγονται αἱ τρό-
μπαι, τὸ τρομπόνιον, τὸ κόρνον, κ.λ.π., τὸ ψυφος τοῦ φθόγγου ἐπιτυγχάνεται μὲ τὴν
βοήθειαν κλειδίδιν ἡ ἐμβόλων (πιστονίδην), μὲ τὰ δποῖα μικραίνοντα μεγαλώνουν
ώρισμένους σωλῆνας, οἱ δποῖοι εύρισκονται εἰς τὸ σῶμα τοῦ δργάνου, ἐν συνδυα-
σμῷ πρὸς τὸν ἀέρα τὸν δποῖον φυσῷμεν μὲ πιεσιν. Εἰς τὰ ξύλινα πνευστά, δπως
εἰς τὸ κλαρίνον, εἰς τὰ φλάουτα καὶ εἰς τὰ σαξόφωνα, ὁ ήχος μεταβάλλεται ὅταν
ἀνοίγωμεν ἡ κλειδίμεν ώρισμένας δπάς, αἱ δποῖαι ὑπάρχουν εἰς τὸ σῶμα τοῦ δργάνου.

γ) Τὰ κρουστά. Αὐτὰ είναι δργανα εἰς τὰ δποῖα ὁ ήχος παράγεται ὅταν τὰ κρούω-
μεν (κτυπῶμεν) εἰς ώρισμένην θέσιν. Κρουστά είναι τὰ τύμπανα, τὸ ξυλόφωνον,
τὸ τρίγωνον, κ.λ.π.

Αἱ δργῆστραι ἀποτελοῦνται ἀπὸ πολλὰ δργανα καὶ τῶν τριῶν κατηγοριῶν
καὶ τοιουτοτρόπως διὰ συνδυασμοῦ τῶν ηχῶν τοὺς δποῖους παράγουν, ἀποδίδουν
μίαν μουσικὴν σύνθεσιν κατὰ τὸν καλύτερον τρόπον.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Ἐλαττοῦντες τὸ μῆκος μιᾶς χορδῆς, αὐξάνομεν τὴν συ-
χνότητα τῶν παραγομένων ηχῶν. Ἐλαττοῦντες τὸ μῆκος τῆς
χορδῆς εἰς τὸ $1/v$ τοῦ ἀρχικοῦ καὶ διατηροῦντες σταθερὰν τὴν
τάσιν, τὴν δποίαν ἀσκοῦμεν ἐπὶ αὐτῆς, παράγομεν ήχον μὲ συ-
χνότητα v - πλασίαν τοῦ ἀρχικοῦ.

2. Ἡ συχνότης τοῦ τόνου τὸν δποῖον παράγει μία χορδή,
ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ μῆκος, τὸ πάχος καὶ τὸ ύλικὸν τῆς χορδῆς,
δπως ἐπίσης καὶ ἀπὸ τὴν τάσιν τὴν δποίαν ἀσκοῦμεν ἐπὶ τῆς
χορδῆς.

3. Οἱ ηχητικοὶ σωλῆνες είναι κλειστοί καὶ ἀνοικτοί. Καὶ
τὰ δύο εἶδη περιλαμβάνονταν σωλῆνας μὲ ἐπιστόμιον καὶ στόμιον
καὶ σωλῆνας μὲ ἐπιστόμιον καὶ γλωσσίδα. Εἰς τοὺς ηχητικοὺς
σωλῆνας μὲ ἐπιστόμιον καὶ στόμιον ὁ τόνος προκαλεῖται ἀπὸ
τὰς ἀπ' εὐθείας παλμικὰς κινήσεις τοῦ ἀέρος, ἐνῷ εἰς τοὺς

ηχητικοὺς σωλῆνας μὲ ἐπιστόμιον καὶ γλωσσίδα ἀπὸ τοὺς παλμοὺς τῆς γλωσσίδος.

4. Οἱ ἀνοικτοὶ ηχητικοὶ σωλῆνες παράγουν ἔνα θεμελιώδη τόνον καὶ ὅλους τοὺς ἀνωτέρους ἀρμονικούς του, ἐνῷ οἱ κλειστοὶ ἔνα θεμελιώδη καὶ τοὺς ἀνωτέρους ἀρμονικοὺς περιττῆς τάξεως.

5. Μουσικὸν διάστημα δύο ηχῶν δνομάζεται ὁ λόγος τῶν συχνοτήτων των.

6. Η μουσικὴ κλῖμαξ ἀποτελεῖται ἀπὸ σειράν ωρισμένων μουσικῶν φθόγγων, οἱ ὅποιοι χωρίζονται μεταξύ των μὲ ωρισμένα μουσικὰ διαστήματα.

7. Η διατονικὴ ἡ φυσικὴ κλῖμαξ περιλαμβάνει 5 τόνους δύο εἰδῶν καὶ 2 ήμιτόνια. Η χρωματικὴ κλῖμαξ περιλαμβάνει 12 ήμιτόνια. Βασικὸς φθόγγος εἰς τὰς δύο κλίμακας εἶναι τὸ la μὲ συχνότητα 440 Hz.

8. Τὰ μουσικὰ ὄργανα εἶναι ἔγχορδα, πνευστὰ καὶ κρουστά.

A S K H S E I S

88. Πόση εἶναι ἡ συχνότης τοῦ βασικοῦ τόνου, τοῦ ὅποιον ὁ ἀρμονικὸς ἔκτης τάξεως ἔχει συχνότητα 1 200 Hz.
(Απ. 171,4 Hz.)

89. Ἐνας τόνος ἔχει συχνότητα 264 Hz. Ποῖαι εἶναι αἱ συχνότητες τῆς ἀμέσως ἐπομένης ὁγδόης, πέμπτης καὶ τετάρτης.
(Απ. 528 Hz, 396 Hz, 352 Hz).



IV. ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

ΙΗ' — ΣΥΣΤΑΣΙΣ ΤΗΣ ΥΛΗΣ. ΜΟΡΙΑ ΚΑΙ ΑΤΟΜΑ

§ 91. Ἡ διαιρετότης τῆς ὄλης. Ἀν παρατηρήσωμεν ἔνα τεμάχιον ψαμμίτου, θὰ ἴδωμεν ὅτι ἀποτελεῖται ἀπὸ μίαν πλειάδα μικρῶν κόκκων, συγκεκολλημένων μεταξύ των καὶ δρατῶν μὲ γυμνὸν δόφιθαλμόν.

Θρυμματίζομεν τὸ τεμάχιον τοῦ ψαμμίτου κτυπῶντες αὐτὸν μὲ μίαν σφῦραν. Οἱ μικροὶ κόκκοι διαχωρίζονται μεταξύ των καὶ δημιουργοῦν ἔνα σωρὸν ἄμμου (σχ. 85).

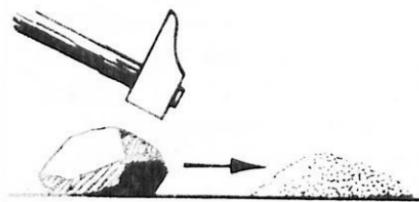
Ἀν ἔξετάσωμεν ἕκαστον κόκκον μὲ φακόν, θὰ διαπιστώσωμεν ὅτι ὅλοι ἔχουν τὴν ἴδιαν ἐμφάνισιν. Ἐντονον δηλαδὴ λάμψιν καὶ ἔδρας αἱ ὁποῖαι σχηματίζουν μεταξύ των γωνίας, περισσότερον ἢ δλιγύτερον δέξιας.

Πείραμα. Λαμβάνομεν ἔνα φιαλίδιον μὲ πυκνὸν θειϊκὸν δέξιν καὶ ρίπτομεν μίαν σταγόνα ἀπὸ τὸ δέξιν αὐτὸν μέσα εἰς ἔνα δοκιμαστικὸν σωλῆνα μὲ ὄδωρ. Τὸ διάλυμα τὸ ὄποιον προκύπτει μολονότι εἶναι πολὺ ἀραιόν, ἐρυθραίνει ἐν τούτοις τὸ βάμμα τοῦ ἡλιοτροπίου. Ἀραιώνομεν ἀκόμη τὸ διάλυμα τοῦ δέξεος, προσθέτοντες δλίγον ὄδωρ. Καὶ τὸ νέον ἀραιότερον διάλυμα ἔξακολουθεῖ νὰ ἐρυθραίνῃ τὸ βάμμα τοῦ ἡλιοτροπίου.

"Οπως ὁ ψαμμίτης, οὕτω καὶ τὸ θειϊκὸν δέξιν διηρέθη εἰς μικρότατα σωματίδια, τὰ ὁποῖα ὅμως διετήρησαν τὰς χαρακτηριστικὰς ἰδιότητας τοῦ δέξεος. Ἐρυθραίνουν δηλαδὴ τὸ βάμμα τοῦ ἡλιοτροπίου.

Τιθεται ὅμως τώρα τὸ ἐρώτημα: Δυνάμεθα νὰ διαιρέμεν ἐπ' ἄπειρον τὰ σωματίδια ἐνός ὄλικοῦ χωρίς νὰ ἔχαφανισθοῦν αἱ ἰδιότητες τῆς ούσίας;

Ἡ ἀπάντησις εἰς τὸ ἀνωτέρα



Σχ. 85. Ὄταν θρυμματίσθῃ ὁ ψαμμίτης σχηματίζει σωρὸν ἄμμου.

ρω ἐρώτημα είναι ἀρνητική. Ἡ διαίρεσις αὐτὴ ἔχει ἔνα ὄριον καὶ τὸ ὄριον αὐτὸν καθορίζει τὸ μόριον τῆς οὐσίας. Ὡστε :

Τὸ μόριον είναι ἡ μικροτέρα ποσότης ἐνὸς χημικῶς καθαροῦ σώματος, ἡ ὁποία δύναται νὰ ὑπάρχῃ καὶ νὰ διατηρῇ τὰς χαρακτηριστικὰς ἰδιότητας αὐτοῦ τοῦ σώματος.

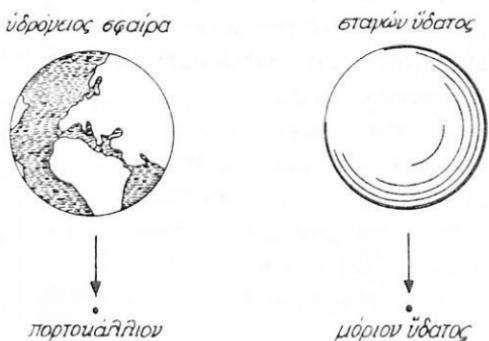
§ 92. Τὰ μόρια. Τὰ μόρια είναι ύλικὰ σωματίδια μὲ πολὺ μικρὸν μέγεθος. Διὰ νὰ ἀντιληφθῶμεν τὴν μικρότητα τῶν μορίων, ἀς ἐπιχειρήσωμεν τὸν ἐπόμενον παραλληλισμόν.

Θεωροῦμεν μίαν σταγόνα ὕδατος καὶ τὴν ὑδρόγειον σφαῖραν. Ὁ, τι είναι ἔνα πορτοκάλλιον διὰ τὴν Γῆν, είναι καὶ ἔνα μόριον ὕδατος διὰ τὴν σταγόνα τοῦ ὕδατος (σχ. 86).

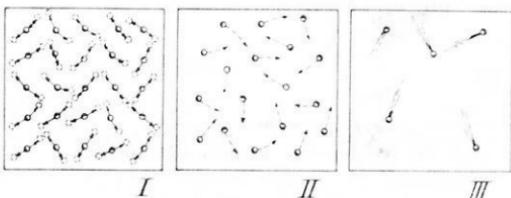
Τὰ μόρια ἐνὸς χημικῶς καθαροῦ σώματος, ὅπως π.χ. τὸ ὀξυγόνον, ὁ χαλκός, τὸ ὕδωρ, ἡ σάκχαρις κ.λπ., είναι ὅμοια μεταξύ των, ἐνῷ τὰ μόρια τῶν μειγμάτων, ὅπως ὁ ἄηρ, τὸ γάλα κ.λπ., είναι διαφόρετικά.

“Οπως γνωρίζωμεν ἀπὸ τὰ μαθήματα τῆς προηγουμένης τάξεως, τὰ μόρια οίσουδήποτε σώματος δὲν ἥρεμοιν, ἀλλὰ κινοῦνται ἀκαταπαύστως. Εἰς τὰ στερεὰ ἡ κίνησις αὐτὴ είναι ταλάντωσις μὲ πολὺ μικρὸν πλάτος, διότι τὰ μόρια τῶν σωμάτων αὐτῶν είναι πολὺ πλησίον τὸ ἔνα εἰς τὸ ἄλλον (σχ. 87, I).

Τὰ μόρια τῶν ύγρῶν



Σχ. 86. Τὸ μόριον τοῦ ὕδατος καὶ ἡ σταγῶν ὕδατος εὑρίσκονται εἰς τὴν ἀναλογίαν πορτοκαλίου καὶ ὑδρογείου σφαῖρας.



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

εύρισκονται εἰς μεγαλυτέρας μεταξύ των ἀποστάσεις (ἐν σχέσει μὲ τὰς ἀποστάσεις τῶν μορίων τῶν στερεῶν) καὶ κινοῦνται πλέον ζωηρᾶς τὸ ἔνα ως πρὸς τὸ ἄλλον, διατηρῶντα σταθεράς τὰς ἀποστάσεις τῶν. Ένα μόριον ύγρου, δηλαδή, κινεῖται ἐν σχέσει πρὸς τὰ ἄλλα μορία, μέσα εἰς τὴν μᾶζαν τοῦ ύγρου, διατηρεῖ δῆμος σταθεράν διόπτασιν ἀπὸ τὰ γειτονικά του μόρια (σχ. 87, II).

Τὰ μόρια τέλος τῶν ἀερίων κινοῦνται ως ἐλαστικαὶ σφαίραι, ταχύτατα καὶ ἀτάκτως πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις (σχ. 87, III). Αποτέλεσμα τῆς κινήσεως αὐτῆς είναι ἡ ἐκτόνωσις τῶν ἀερίων καὶ ἡ πίεσίς των.

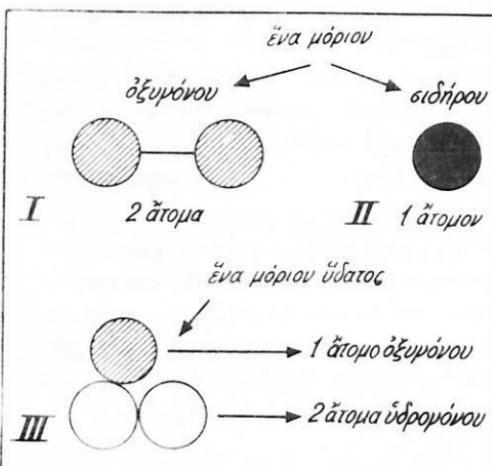
Αἱ ταχύτητες μὲ τὰς ὁποίας κινοῦνται τὰ μόρια τῶν ἀερίων είναι ὄρκετα μεγαλεῖ. Εἰς τὸ διοξείδιον τοῦ ἄνθρακος ἡ μέση ταχύτης τῶν μορίων είναι ἵση μὲ 1 440 km/h, ἵση δηλαδή πρὸς τὴν ταχύτητα τῶν ἀεριώθουμένων ἀεροπλάνων ἐνῶ τῶν μορίων τοῦ ὑδρογόνου είναι ἀκόμη μεγαλυτέρα καὶ φθάνει τὰ 7 200 km/h. Ωστε :

Τὰ μόρια τῶν ὑλικῶν σωμάτων είναι ἀπείρως μικρά. Δὲν ἡρεμοῦν ἀλλὰ κινοῦνται ἀκαταπαύστως. Τὸ εἶδος τῆς κινήσεως τῶν μορίων ἐνὸς σώματος καθορίζει τὴν φυσικὴν κατάστασιν τοῦ σώματος.

§ 93. Τὰ ἄτομα. Κατόπιν τῶν ὅσων εἴπομεν ἀνωτέρῳ, δὲν πρέπει νὰ

νομισθῇ ὅτι τὰ μόρια ἀποτελοῦν τὸ ἀδιαίρετον πλέον τμῆμα τῆς ὑλῆς. Πράγματι τὰ σωματίδια αὐτὰ σχηματίζονται ἀπὸ μικρότερα ἀκόμη ὑλικὰ συστατικά, τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται **ἄτομα**.

Προκειμένου περὶ ἀπλῶν σωμάτων, τὰ μόρια αὐτῶν ἀποτελοῦνται ἀπὸ δημοιειδῆ ἄτομα. Τὰ μόρια τῶν συνθέτων σωμάτων ὅμως ἀποτελοῦν ται ἀπὸ διαφορετικὰ μεταξύ των ἄτομα. Οὕτως, ἐνῶ τὸ μόριον τοῦ δξυγόνου, τὸ δόποιον είναι ἀπλοῦν σῶμα,



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

ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο ὅμοια μεταξύ των ἄτομα δξυγόνου, τὸ μόριον τοῦ ὕδατος, τὸ ὄποιον εἶναι σύνθετον σῶμα, περιλαμβάνει συνδεδεμένα μεταξύ των, δύο ἄτομα ὑδρογόνου καὶ ἕνα ἄτομον δξυγόνου (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 ώρισμένας ἄλλας περιπτώσεις, ὅπου τὸ μόριον ἐνὸς στοιχείου ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕνα ἄτομον, δημοσιεύεται μὲ τὰ μέταλλα, τὰ ἄτομα αὐτὰ δὲν εἶναι ἐλεύθερα, ἀλλὰ σχηματίζουν κανονικά διατεταγμένα συγκροτήματα, τὰ ὄποια ὀνομάζονται κρύσταλλοι.

Ἐφ' ὅσον τὰ ἄτομα εἶναι κατὰ κάποιον τρόπον ὑποδιαιρέσις τῶν μορίων, συμπεραίνομεν ὅτι ἔχουν μικρότερον ἀκόμη μέγεθος.

Ἄν φαντασθῶμεν τὸ ἀπλούστερον ἄτομον, δηλαδὴ τὸ ἄτομον τοῦ στοιχείου ὑδρογόνου, ὡς σφαῖραν, ἡ σφαῖρα αὐτῇ θὰ εἴχε διάμετρον ἵσην πρὸς δέκα ἑκατομμυριοστά τοῦ χιλιοστομέτρου.

Εἰς τὰς ἡλεκτρονικὰς λυχνίας, ὅπου ἔχομεν ἐπιτύχει «ύψηλὸν κενόν», ὅπως λέγομεν, (δηλαδὴ ἡ πίεσις τοῦ ἀερίου ἐντὸς αὐτῶν εἶναι τῆς τάξεως τοῦ ἑκατομμυριοστοῦ τοῦ χιλιοστομέτρου ὑδραργυρικῆς στήλης), παραμένουν ἀκόμη 270 ἑκατομμύρια ἄτομα εὐγενῶν ἀερίων εἰς ἔκαστον κυβικὸν ἑκατοστόμετρον.

Μέχρι σήμερον οὐδεὶς ἔχει ίδει τὰ ἄτομα καὶ πιθανὸν νὰ μὴ δυνηθῶμεν ποτὲ νὰ τὰ ίδωμεν. Οἱ Φυσικοὶ μόνον τὰ φαντάζονται καὶ τὰ περιγράφουν, στηριζόμενοι εἰς φαινόμενα, τὰ ὄποια προκαλοῦνται ὑπὸ εἰδικᾶς συνθήκας καὶ τὰ ὄποια δύνανται νὰ παρακολουθήσουν.

§ 94. Σύστασις τοῦ ἄτομου. Ἐνα ἄτομον οίουδήποτε στοιχείου ἀποτελεῖται ἀπὸ τὸν κεντρικὸν πυρῆνα, εἰς τὸν ὄποιον εἶναι συγκεντρωμένη ὅλη σχεδὸν ἡ μᾶζα τοῦ ἄτομου καὶ ἀπὸ τὰ ἡλεκτρόνια, τὰ ὄποια περιστρέφονται εἰς ἐλλειπτικάς ἡ κυκλικάς τροχιάς περὶ τὸν πυρῆνα. Τὸ ἄτομον δηλαδὴ εἶναι δυνατὸν νὰ θεωρηθῇ ὡς μικρογραφία τοῦ ἥλιακοῦ μας συστήματος, μὲ Ἡλιον τὸν πυρῆνα καὶ πλανήτας τὰ ἡλεκτρόνια.

Τὸ ἄτομον τοῦ ὑδρογόνου περιλαμβάνει ἕνα μόνον ἡλεκτρόνιον (σχ. 89). Ἡ ἀτομικὴ Φυσικὴ διδάσκει ὅτι ἐὰν ὁ πυρῆν τοῦ ἄτομου τοῦ ὑδρογόνου εἴχε διάμετρον ἐνὸς ἑκατοστομέτρου, τὸ ἡλεκτρόνιόν του θὰ περιεστρέφετο περὶ τὸν πυρῆνα εἰς ἀπόστασιν 410 μέτρων.



Σχ. 89. Άτομον ύδρογόνου.

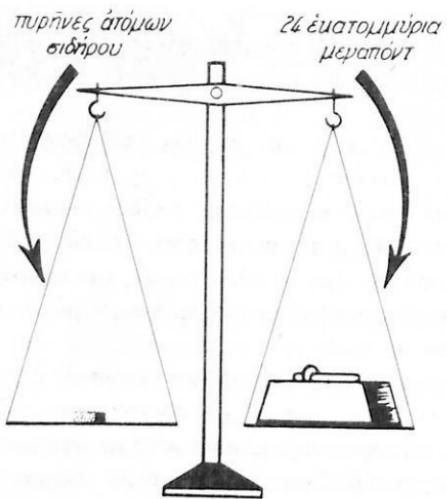
Τὸ ἄτομον τοῦ στοιχείου οὐρανίου, περιλαμβάνει 92 ἡλεκτρόνια. Ἐὰν παραστήσωμεν τὸν πυρῆνα τοῦ οὐρανίου μὲ ἔνα πορτοκάλλιον, τὰ πλησιέστερα ἡλεκτρόνια θὰ περιστρέφωνται εἰς ἀπόστασιν 100 m ἀπὸ τὸν πυρῆνα, ἐνῶ τὰ πλέον ἀπομεμακρυσμένα εἰς ἀπόστασιν 1500 m. Ἡ ἀτομικὴ Φυσικὴ διδάσκει ἀκόμη ὅτι ἡ μᾶζα τοῦ ἡλεκτρονίου εἶναι μόλις ἵση μὲ τὸ 1/2 000 περίπου τῆς μάζης τοῦ πυρῆνος τοῦ ἀτόμου τοῦ ύδρογόνου.

Ἄπὸ τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι :

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

β) Εἰς τὸν συνολικὸν χῶρον τοῦ ἀτόμου, μικρὸν ποσοστὸν καταλαμβάνει ἡ ὑλὴ. Τὸ μεγαλύτερον τμῆμα τοῦ ἀτομικοῦ χώρου εἶναι κενόν, τὰ δὲ ἡλεκτρόνια κινοῦνται εἰς ἐλλειπτικὰς ἢ κυκλικὰς τροχιὰς

περὶ τὸν πυρῆνα καὶ εἰς τεραστίας, συγκριτικῶς ἀποστάσεις.



Σχ. 90. Ὁ ἀτομικὸς χῶρος περιλαμβάνει ἕνα πολὺ μεγάλο κενὸν μέρος.

Ἄν ἡδυνάμεθα νὰ κατασκευάσωμεν ἔνα μικρὸν πλακίδιον μὲ μέγεθος ἵσον πρὸς ἐκεῖνο τῶν πλακιδίων τῆς στακχάρεως, χρησιμοποιοῦντες ὡς ὑλικὸν συμπαγεῖς πυρῆνας ἀτόμων σιδήρου, χωρὶς κενὸν χῶρον, τὸ βάρος τοῦ μικροῦ αὐτοῦ πλακιδίου θὰ ἥτο ἵσον μὲ 24 ἑκατομμύρια μεγαπόντ. Τὸ παράδειγμα αὐτὸ δίδει μίαν εἰκόνα τοῦ κενοῦ τὸ ὁποῖον παρεμβάλλεται εἰς τὴν δομὴν τῆς ὑλῆς (σχ. 90).

1. Μόριον όνομάζομεν τὴν μικροτέραν ποσότητα τῆς ὕλης ἐνὸς σώματος, ἡ ὁποία δύναται νὰ ὑπάρξῃ εἰς ἐλευθέραν κατάστασιν καὶ νὰ διατηρῇ τὰς ἴδιότητας τοῦ σώματος αὐτοῦ.

2. Τὰ μόρια ἔχουν πολὺ μικρὰς διαστάσεις καὶ εὑρίσκονται εἰς ἀδιάκοπον κίνησιν, τὸ εἶδος τῆς ὁποίας καθορίζει τὰς φυσικὰς καταστάσεις τῆς ὕλης.

3. Τὸ ἄτομον εἶναι ἡ μικροτέρα ποσότης τῆς ὕλης ἐνὸς ἀπλοῦ σώματος.

4. Ἀπὸ τὴν σύνδεσιν ὁμοειδῶν ἀτόμων προκύπτουν τὰ μόρια τῶν ἀπλῶν σωμάτων.

5. Τὰ μόρια τῶν ἀπλῶν σωμάτων ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἀνομοιοειδῆ ἄτομα.

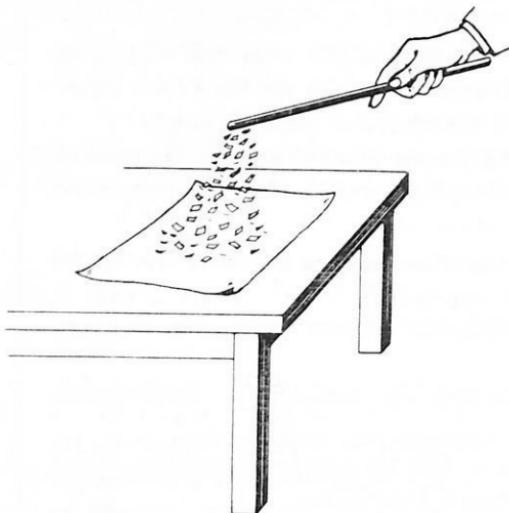
6. Τὰ ἄτομα ἀποτελοῦνται ἀπὸ τὸν κεντρικὸν πυρῆνα καὶ ἔνα ἡ περισσότερα περιστρεφόμενα ἡλεκτρόνια.

7. Ἡ μᾶζα τοῦ ἡλεκτρονίου εἶναι περίπου ἵση μὲ τὸ 1/2 000 τῆς μάζης τοῦ πυρῆνος τοῦ ἀτόμου τοῦ ὑδρογόνου. Ἡ μᾶζα ἐπομένως τοῦ ἀτόμου εὑρίσκεται συγκεντρωμένη εἰς τὸν πυρῆνα του.

ΙΘ'—ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ ΑΤΟΜΟΥ. ΠΥΡΗΝΕΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΑ

§ 95. Ἡλεκτρισμός. Πείραμα. Τρίβομεν μίαν ράβδον ἀπὸ ἐβονίτην (ό ὁποῖος εἶναι ἔνα συνθετικὸν ὑλικὸν) μὲ μάλλινον ἡ μεταξωτὸν ὑφασμα ἡ δέρμα γαλῆς καὶ κατόπιν πλησιάζομεν τὴν ρύβδον εἰς πολὺ ἐλαφρά καὶ μικρά τεμάχια χάρτου. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι τὰ τεμάχια αὐτὰ ἔλκονται ἀπὸ τὴν ρύβδον καὶ προσκολλῶνται εἰς τὴν ἐπιφάνειάν της (σχ. 91). Τὸ ἴδιον ἀκριβῶς συμβαίνει ἐὰν τρίψωμεν μὲ μάλλινον ὑφασμα μίαν ὑαλίνην ράβδον κ.λ.π.

Αὐτή ἡ περίεργος ἐκ πρώτης ὅψεως ἴδιότης ἦτο γνωστὴ κατὰ τὴν ἀρχαιότητα. Ὁ Θαλῆς ὁ Μιλήσιος εἶχε παρατηρήσει ὅτι ὅταν ἔτριβε ἔνα τεμάχιον ἡλέκτρου (κοινῶς κεχριμπάρι) μὲ ἔνα ὑφασμα, τὸ ἡλεκτρον ἀπέκτει τὴν ἴδιότητα νὰ ἔλκῃ πολὺ ἐλαφρὰ σώματα, ὥσπες τρίχας, πούπουλα, κ.λ.π. Ἡ ἴδιότης αὐτὴ τῶν σωμάτων ὄνομάσθη ἡλεκτρισμός.



Σχ. 91. Μετά την τριβήν της μὲ ξηρὸν
μᾶλλινον ὑφασμα, ἡ ράβδος τοῦ ἐβονί-
του ἔλκει μικρὰ τεμάχια χάρτου.

Τὰ σώματα τὰ ὅποια ἀποκτοῦν τὴν ἰδιότητα τοῦ ἡλεκτρισμοῦ λέγομεν ὅτι εἶναι ἡλεκτρισμένα ἢ ὅτι εἶναι φορτισμένα ἡλεκτρικῶς. Ἡ διαδικασία δέ, μὲ τὴν ὅποιαν ἀποκτοῦν τὴν ἰδιότητα τοῦ ἡλεκτρισμοῦ τὰ σώματα, ὀνομάζεται ἡ-λέκτρισις.

Ἐνα ἡλεκτρισμένον σώμα λέγομεν ὅτι ἔχει ἡλεκτρικὰ φορτία. Τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον δὲν εἶναι ὄρατόν, ἡ δὲ παρουσία του διαπιστοῦται μόνον ἀπὸ τὰ ἀποτελέσματα τὰ ὅποια προκαλεῖ.

Τὰ σώματα τὰ ὅποια δὲν ἔχουν ἡλεκτρικὰ φορτία λέγομεν ὅτι εἶναι ἡλεκτρικῶς οὐδέτερα.

§ 96. Θετικὸς καὶ ἀρνητικὸς ἡλεκτρισμός. Ἡλεκτρικὸν ἐκκρεμές.
α) Αἱ δυνάμεις αἱ ὅποιαι ἐνεφανίσθησαν μὲ τὴν τριβὴν τῆς ράβδου τοῦ ἐβονίτου καὶ προεκάλεσαν τὴν ἔλξιν τοῦ χάρτου εἶναι πολὺ μικραί.

Εἶναι εὐκολώτερον νὰ μελετήσωμεν τὰ ἡλεκτρικὰ φαινόμενα χρησιμοποιοῦντες τὸ ἡλεκτρικὸν ἐκκρεμές, μίαν συσκευὴν δηλαδὴ ἡ ὅποια ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕνα ἐλαφρὸν σφαιρίδιον φελλοῦ ἢ ἀντεριώνης τῆς ἀκταίας (ψύχαν κουφοξυλιᾶς), τὸ ὅποιον κρέμαται ἀπὸ ἕνα λεπτὸν μετάξινον νῆμα, προσδεδεμένον εἰς ἕνα λεπτὸν κατάλληλον ὑποστήριγμα (σχ. 92).

Πείραμα. Πλησιάζομεν εἰς τὸ ἡλεκτρικὸν ἐκκρεμές μίαν ράβδον ἀπὸ ἐβονίτην, ἡ ὅποια προηγουμένως ἔχει τριφθῆ μὲ μᾶλλινον ὑφασμα. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι τὸ σφαιρίδιον τοῦ ἐκκρεμοῦς ἔλκεται ἀπὸ τὴν ράβδον, εὐθὺς δὲ ὡς ἔλθῃ εἰς ἐπαφὴν μετ' αὐτῆς ἀπωθεῖται καὶ ἀπομακρύνεται ἀπὸ αὐτῆν, παραμένον εἰς μίαν ὥρισμένην ἀπόστασιν (σχ. 92 I, II).

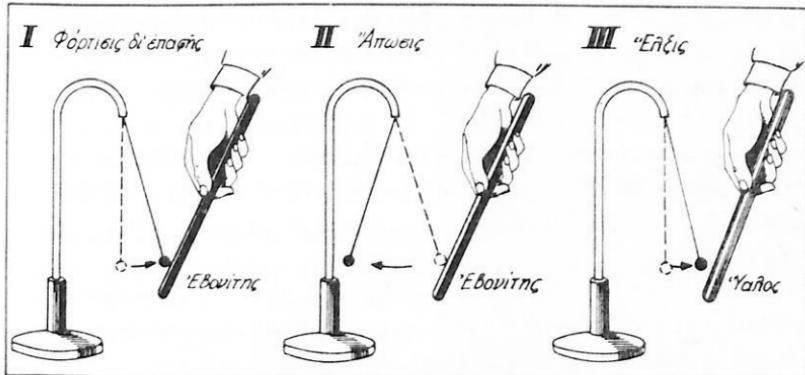
"Οταν τὸ σφαιρίδιον ἤλθεν εἰς ἐπαφήν μὲ τὴν ράβδον τοῦ ἐβονίτου, παρέλαβεν ἔνα μέρος ἀπὸ τὰ ἡλεκτρικὰ φορτία τῆς ράβδου καὶ ἡλεκτρίσθη. Ἐπομένως ὁ ἡλεκτρισμένος ἐβονίτης ἀπωθεῖ τὸ ἡλεκτρικὸν ἐκκρεμές, τὸ ὅποιον ἡλεκτρίσθη κατὰ τὴν ἐπαφήν του μὲ αὐτόν.

Τὰ ᾖδια ἀκριβῶς φαινόμενα θὰ παρατηρήσωμεν, ἂν ἐκτελέσωμεν τὸ ἕδιον πείραμα, χρησιμοποιοῦντες ἡλεκτρισμένην ράβδον ἀπὸ ὑαλού ἢ ἄλλο κατάλληλον ύλικόν. "Ωστε :

"Ἐνα ἡλεκτρισμένον σῶμα A, ἀσκεῖ ἀπωστικὴν δύναμιν ἐπὶ ἐνὸς ἄλλου σώματος B, τὸ ὅποιον ἡλεκτρίσθη ἐξ αἰτίας τῆς ἐπαφῆς του μὲ τὸ A.

β) Θεωροῦμεν ἐκ νέου τὸ ἡλεκτρικὸν ἐκκρεμές, τὸ ὅποιον ἡλεκτρίζομεν μὲ μίαν ράβδον ἀπὸ ἐβονίτην, δηλαδὴ ἐπὶ τὸ προηγούμενον πειραμα. Έὰν κατόπιν πλησιάσωμεν εἰς τὸ ἐκκρεμές αὐτὸ μίαν ἡλεκτρισμένην ράβδον ἀπὸ ὑαλού, θὰ παρατηρήσωμεν ἔλξιν τοῦ ἐκκρεμοῦς ἀπὸ τὴν ὑαλίνην ἡλεκτρισμένην ράβδον (σχ. 92, III). Δηλαδὴ ἐνῷ ὁ ἡλεκτρισμένος ἐβονίτης ἀπωθεῖ τὸ φορτισμένον ἐκκρεμές, ἡ ἡλεκτρισμένη ὑαλος τὸ ἔλκει.

Συμπεραίνομεν ἐπομένως ὅτι ὁ ἡλεκτρισμός, ὁ ὅποιος παρουσιάσθη εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἐβονίτου, δημιουργεῖ τὰ ἀντίθετα ἀποτελέσματα ἀπὸ τὸν ἡλεκτρισμόν, ὁ ὅποιος παρουσιάσθη εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς ὑάλου.



Σχ. 92. Τὸ σφαιρίδιον, τὸ ὅποιον ἐφορτίσθη δι' ἐπαφῆς ἀπὸ τὴν ράβδον τοῦ ἐβονίτου, ἀπωθεῖται κατόπιν ἀπὸ αὐτῆν, ἐνῷ ἔλκεται ἀπὸ τὴν ἡλεκτρισμένην ὑαλίνην ράβδον.

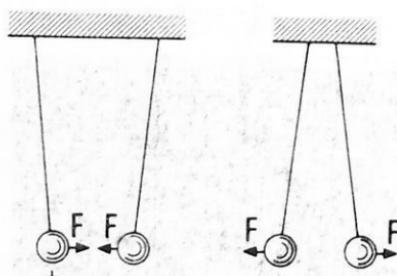
Οὕτω δυνάμεθα νὰ εἰπωμεν ὅτι :

Πᾶν ἡλεκτρισμένον σῶμα συμπεριφέρεται εἴτε ως ἡλεκτρισμένη οὐλος, εἴτε ως ἡλεκτρισμένος ἐβονίτης.

Ἄπὸ τὰ ἀνωτέρω καταλήγομεν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι ὑπάρχουν δύο διαφορετικά εἰδη ἡλεκτρισμοῦ. Ὁ ἡλεκτρισμὸς ὁ ὅποιος ἀναφίνεται εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς οὐλοῦ καὶ ὁ ὅποιος χαρακτηρίζεται ως θετικός ἡλεκτρισμὸς (σύμβολον +) καὶ ὁ ἡλεκτρισμὸς ὁ ὅποιος παρουσιάζεται εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἐβονίτου καὶ ὁ ὅποιος χαρακτηρίζεται ως ἀρνητικός ἡλεκτρισμὸς (σύμβολον —).

§ 97. Νόμος τῆς ἔλξεως καὶ ἀπώσεως τῶν ἡλεκτρικῶν φορτίων. Δύο σώματα τὰ ὅποια εἶναι ἀμφότερα φορτισμένα μὲ θετικὸν ἡλεκτρισμὸν ἢ ἀμφότερα μὲ ἀρνητικὸν ἡλεκτρισμόν, λέγομεν ὅτι φέρουν ὅμώνυμα ἡλεκτρικὰ φορτία.

Ἄν τὸ ἕνα ἔχῃ θετικὸν καὶ τὸ ἄλλο ἀρνητικὸν ἡλεκτρισμόν, τότε λέγομεν ὅτι φέρουν ἑτερώνυμα φορτία.



Τὰ προηγούμενα πειράματα μᾶς ἐπιτρέπουν νὰ διατυπώσωμεν τὸν ἀκόλουθον νόμον :

Δύο σώματα φορτισμένα μὲ ὅμώνυμα ἡλεκτρικὰ φορτία ἀπωθοῦνται. Δύο σώματα φορτισμένα μὲ ἑτερώνυμα φορτία ἔλκονται.

Σχ.93. Τὰ ἑτερώνυμα φορτία ἔλκονται
(I), τὰ ὅμώνυμα ἀπωθοῦνται (II).

Ο νόμος αὐτὸς εἶναι γνωστὸς
(I), ως νόμος τοῦ Κουλόμπ (Coulomb).

§ 98. Πυρήν καὶ ἡλεκτρόνια. Κατόπιν μελετῶν καὶ πειραμάτων οἱ Φυσικοὶ ὠδηγήθησαν εἰς τὴν διαπίστωσιν ὅτι ἡ ιδιότης τοῦ ἡλεκτρισμοῦ εἶναι συνέπεια τῆς κατασκευῆς τοῦ ἀτόμου.

“Ολα τὰ ἀτόμα κατέχουν ἔναν κεντρικὸν πυρῆνα ὑλῆς, ἥ κατασκευὴ τοῦ ὅποιον εἶναι γενικῶς περίπλοκος.

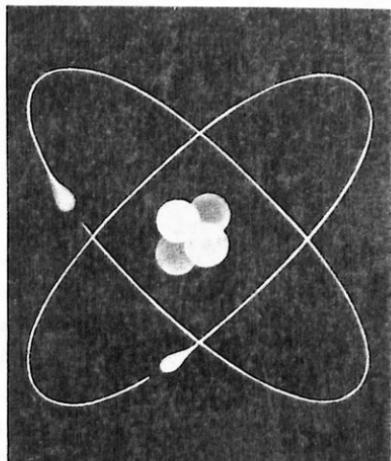
Ο πυρήν τῶν ἀτόμων ἀποτελεῖται ἀπὸ σωματίδια φορτισμένα μὲ θετικὸν ἡλεκτρισμόν, τὰ ὅποια ὀνομάζονται πρωτόνια καὶ ἀπὸ ἀφόρ-

τιστα σωματίδια, δηλαδή ήλεκτρικῶς οὐδέτερα, τὰ ὁποῖα δονομάζονται νετρόνια. Οὕτω, π.χ., εἰς τὸν πυρῆνα τοῦ ἀτόμου τοῦ ύδρογόνου, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ τὸ ἀπλούστερον ἄτομον, ὑπάρχει 1 πρωτόνιον καὶ οὐδὲν νετρόνιον, ἐνῷ εἰς τὸν πυρῆνα τοῦ ήλίου ὑπάρχουν 2 πρωτόνια καὶ 2 νετρόνια (σχ. 94, I, II).

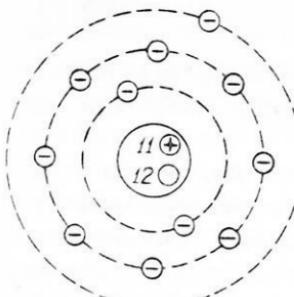
Τὰ ήλεκτρόνια διατάσσονται κατὰ ὅμάδας καὶ περιστρέφονται περὶ τὸν πυρῆνα εἰς διαφορετικὰς τροχιάς. "Οσα ήλεκτρόνια κινοῦνται εἰς τροχιάς τῆς ιδίας ἀκτίνος, λέγομεν ὅτι ἀνήκουν εἰς τὸν ιδίον φλοιόν. Τὰ ήλεκτρόνια είναι ἀρνητικῶς φορτισμένα σωματίδια. Τὸ ἀρνητικὸν φορτίον ἐνὸς ήλεκτρονίου είναι ἵστον ἀριθμητικῶς μὲ τὸ θετικὸν φορτίον ἐνὸς πρωτονίου. Ἐπειδὴ δὲ τὸ ἄτομον είναι ήλεκτρικῶς οὐδέτερον, ὁ ἀριθμὸς τῶν πρωτονίων είναι ἵσος μὲ τὸν ἀριθμὸν τῶν ήλεκτρονίων του. Τοιουτοτρόπως τὸ ἄτομον τοῦ ήλίου ἔχει πυρῆνα μὲ δύο πρωτόνια, περὶ τὸν ὁποῖον περιστρέφονται δύο ήλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα σχηματίζουν ἕνα φλοιόν. Τὸ ἄτομον τοῦ νατρίου ἔχει πυρῆνα μὲ 11 πρωτόνια, περὶ τὸν ὁποῖον περιστρέφονται 11 ήλεκτρόνια, κατανεμημένα εἰς τρεῖς φλοιούς (σχ. 95). Τὸ ἄτομον τοῦ οὐρανίου ἔχει πυρῆνα μὲ 92 πρωτόνια καὶ 46 νετρόνια, περιλαμβάνει δὲ 92 ήλεκτρόνια.

Τὰ ήλεκτρόνια τοῦ ἔξωτάτου φλοιοῦ καθορίζουν καὶ ἔξηγοῦν τὰς χημικὰς ἀντιδράσεις τῶν στοιχείων καὶ φαινόμενα ώς ὁ ήλεκτρισμός, ἡ διέλευσις τοῦ ήλεκτρικοῦ ρεύματος μέσα ἀπὸ τοὺς ἀγωγούς, ἡ ήλεκτρόλυσις, κ.λπ. "Ωστε :

Τὸ ἄτομον οίσουδήποτε στοιχτρόνια σχηματίζουν ἕνα φλοιόν (II).



Σχ. 94. Συγκρότησις τοῦ ἀτόμου τοῦ ήλιου (I). Τὰ δύο περιστρεφόμενα ήλε-



Σχ. 95. Τὸ ἀτομὸν τοῦ νατρίου.

χείου ἀποτελεῖται ἀπὸ τὸν κεντρικὸν πυρῆνα καὶ τὰ περιστρεφόμενα ἡλεκτρόνια. Ὁ πυρῆν ἀπαρτίζεται ἀπὸ πρωτόνια, τὰ ὅποια εἶναι θετικῶς φορτισμένα σωματίδια καὶ ἀπὸ νετρόνια, τὰ ὅποια εἶναι ἡλεκτρικῶς οὐδέτερα. Τὰ ἡλεκτρόνια εἶναι ἀρνητικῶς φορτισμένα καὶ τόσα ὅσα καὶ τὰ πρωτόνια τοῦ πυρήνος. Περιστρέφονται περὶ τὸν πυρῆνα κατὰ ὁμάδας εἰς ώρισμένας τροχιάς, σχηματίζοντα φλοιούς. Ὁ ἔξωτας φλοιὸς τῶν ἡλεκτρονίων καθορίζει τὴν χημικὴν συμπεριφορὰν τοῦ ἀτόμου καὶ ἔχηγε ὠρισμένα φαινόμενα.

Σημείωσις. Οἱ περισσότεροι ἀπὸ τοὺς πυρῆνας τῶν διαφόρων στοιχείων εἶναι σταθεροί. Ωρισμένοι δὲ μῶς πυρῆνες, δῆπος οἱ πυρῆνες τοῦ στοιχείου ραδίου καὶ τοῦ οὐρανίου, παρουσιάζουν ἀστάθειαν ἢ ὅποια ὀφείλεται εἰς τὴν πολύπλοκον κατασκευὴν των καὶ δὲ ἀυτὸν τὸν λόγον διασπάνται.

Εἶναι δυνατὸν νὰ συμβῇ φυσικῶς καὶ ἀβιάστως ἐκπομπὴ σωματιδίων ἀπὸ τὸν πυρῆνα δῆπος ἐπίσης καὶ μετατροπὴ νετρονίων εἰς πρωτόνια. Αὐτὰ τὰ φαινόμενα χαρακτηρίζονται γενικῶς μὲ τὸν ὄρον «ραδιενέργεια» καὶ καταλήγουν εἰς τὴν διάσπασιν τῆς ὕλης ἢ ὅποια πραγματοποιεῖται πολὺ βραδέως.

Διὰ νὰ διασπασθῇ π.χ. μία ώρισμένη ποσότης ραδίου καὶ νὰ ἀπομείνῃ ἡ ἡμίσεια τῆς ἀρχικῆς ἀπαιτοῦνται 1 600 ἔτη ἐνῷ διὰ νὰ ἀπομείνῃ ἡ ἡμίσεια ποσότης ἀπὸ ώρισμένην μᾶζαν οὐρανίου ἀπαιτοῦνται 4,5 δισεκατομμύρια ἔτη.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Ωρισμέναι οὐσίαι δῆπος ἡ ὕλη, τὰ πλαστικὰ ὕλικά, κ.λπ., δύνανται ἔξι αἰτίας τῆς τριβῆς νὰ ἡλεκτρίσθοῦν.

2. Υπάρχουν δύο εἰδῆ ἡλεκτρισμοῦ. Ὁ θετικὸς ἡλεκτρισμός, δῆποιος ἀναφαίνεται εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς ὕλης, καὶ ὁ ἀρνητικός, δῆποιος παρουσιάζεται εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἐβονίτου, δταν τρίψωμεν τὰ σώματα αὐτὰ μὲ ἔνα μάλλινον ὕφασμα.

3. Δύο σώματα φορτισμένα μὲ ὄμώνυμα ἡλεκτρικὰ φορτία ἀπωθοῦνται. Δύο σώματα φορτισμένα μὲ ἑτερώνυμα φορτία ἔλκονται.

4. Ένα απόμον ένος στοιχείου άποτελεῖται από τὸν πυρῆνα καὶ τὰ περιστρεφόμενα περὶ αὐτὸν ἡλεκτρόνια.

5. Ο πυρῆν περιέχει πρωτόνια, τὰ όποια είναι σωματίδια φορτισμένα μὲ θετικὸν ἡλεκτρισμὸν καὶ νετρόνια τὰ όποια είναι ὄφοριστα σωματίδια.

6. Τὸ ἡλεκτρόνιον φέρει ἀρνητικὸν ἡλεκτρισμόν, ἵσον πρὸς τὸν θετικὸν ἡλεκτρισμὸν ἐνὸς πρωτονίου. Τὸ απόμον ἔχει τόσα ἡλεκτρόνια, ὅσα καὶ πρωτόνια. Συνεπῶς ἐμφανίζεται ἡλεκτρικῶς οὐδέτερον.

7. Τὰ ἡλεκτρόνια περιφέρονται κατὰ ὁμάδας εἰς ώρισμένας τροχιάς περὶ τὸν πυρῆνα.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

90. Τὸ μικρόμετρον (1 μμ) είναι μιὰ πολὺ μικρὰ μονάς μετρήσεως μήκονς καὶ είναι $1 \text{ μμ} = 10^{-3} \text{ mm}$. Νὰ ἀποδοθῇ ἡ τιμὴ αὐτῆς τῆς μονάδος εἰς ἐκατοστόμετρα καὶ μέτρα. ($\text{C}.\text{A}.\text{P. } 10^{-4} \text{ cm}, 10^{-6} \text{ m.}$)

91. Τὸ Ἀγγστρόμ ($1 \text{ Ångström}, 1 \text{ Å}$) είναι μονάς μήκονς μικροτέρᾳ ἀπὸ τὸ μικρόμετρον. Είναι δὲ $1 \text{ Å} = 10^{-4} \text{ μμ}$. Νὰ ἀποδοθῇ ἡ τιμὴ αὐτῆς τῆς μονάδος εἰς ἐκατοστόμετρα καὶ μέτρα. Τὰ ἀποτελέσματα νὰ ἐκφρασθοῦν μὲ τὴν χορηγιμοποίησιν δυνάμεων τοῦ δέκα. ($\text{C}.\text{A}.\text{P. } 1 \text{ Å} = 10^{-8} \text{ cm} = 10^{-10} \text{ m.}$)

92. Εἰς τὸ αἷμα ἐνὸς ὑγειοῦ ἀπόμον περιέχονται $25 \cdot 10^{12}$ ἐρυθρὰ αἵμοσφαίρια, τὰ όποια ἔχουν διάμετρον 7 μμ . Ποιὸν θὰ ἥτο τὸ μῆκος εἰς χιλιόμετρα τῶν ἐρυθρῶν αἵμοσφαίριών τοῦ αἵματος ἐνὸς ἀνθρώπου, ἐάν ἐτοποθετοῦντο εἰς σειρὰν τὸ ἔνα κατόπιν τοῦ ἄλλου. ($\text{C}.\text{A}.\text{P. } 175\,000 \text{ km.}$)

93. Τὸ σῶμα τοῦ ἀνθρώπου περιέχει 5 λίτρα αἵματος, μέσα εἰς τὸ ὅπειον ὑπάρχοντα $25 \cdot 10^{12}$ ἐρυθρὰ αἵμοσφαίρια. α) Νὰ ἐπολογισθῇ ὁ ἀφιμός τῶν αἵμοσφαίριων, τὰ όποια ὑπάρχουν εἰς 1 cm^3 αἵματος. (Τὸ ἐρυθρὸν αἵμοσφαίριον δύναται νὰ θεωρηθῇ ως κύβος ἀκμῆς 2 μμ). β) Νὰ εὑρθῇ τὸ ὄφρος τοῦ κυλινδροῦ, ὁ όποιος θὰ κατεσκενάζετο ἐάν συνεπερένοτο τὸ ἔνα ἐπὶ τοῦ ἄλλου ὅλα τὰ ἐρυθρὰ αἵμοσφαίρια, τὰ όποια περιέχονται εἰς ἔνα κυβικὸν ἐκατοστόν αἵματος. ($\text{C}.\text{A}.\text{P. } \alpha' 5 \cdot 10^9, \beta' 10 \text{ km.}$)

94. Διὰ τὰ πραγματοποιήσωμεν τὸ μῆκος ἐνὸς ἐκατοστομέτρου, πρέπει νὰ τοποθετήσωμεν εἰς εὖθειαν γραμμὴν 40 ἐκατομμύρια μόρια ὑδρογόνου, τὰ όποια θεωροῦμεν αἴρασμα. Νὰ ἐπολογισθῇ εἰς ἐκατοστόμετρα ἡ διάμετρος ἐνὸς μορίου ὑδρογόνου. Ή τιμὴ τῆς διαμέτρου νὰ ἐκφρασθῇ μὲ τὴν χορηγιμοποίησιν δυνάμεως τοῦ δέκα μὲ ἀρνητικούς ἐκθύτας. ($\text{C}.\text{A}.\text{P. } 25 \cdot 10^{-9} \text{ cm.}$)

95. Εἰς τὸ ἄπομον ὑδρογόνον, τὸ ἡλεκτρόνιον κινεῖται περὶ τὸν πυρῆνα ἀκολουθῶν κυκλικὴν τροχιάν ἀκτίνος 55 ἐκατομμυριοστῶν τοῦ μικρομέτρου (γράφομεν 55 μμ). Έάν παραστήσωμεν μῆκος 1 cm μὲ μῆκος 500 km , πόση θὰ ἥτο ἡ διάμετρος τῆς περιφερείας, ἡ όποια θὰ παρίσταται τὴν τροχιάν τοῦ ἡλεκτρονίου. ($\text{C}.\text{A}.\text{P. } 5,5 \text{ mm.}$)

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

§ 99. Γενικότητες. Όταν έξητάσαμεν τὰ φαινόμενα τῆς ηλεκτρίσεως, τὰ όποια προκαλοῦνται μὲ τὴν τριβήν, ἀνεφέραμεν ὅτι τὰ φαινόμενα αὐτὰ διφείλονται εἰς τὰ ηλεκτρικὰ φορτία, τὰ όποια παραμένουν εἰς τὴν ἔξωτερικήν ἐπιφάνειαν τῶν τριβομένων σωμάτων.

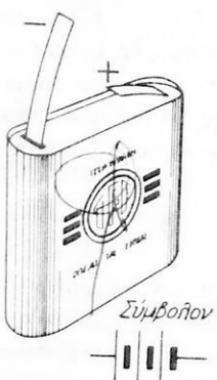
Μὲ καταλλήλους συνθήκας καὶ προϋποθέσεις τὰ ηλεκτρικὰ φορτία εἶναι δυνατὸν νὰ μετακινηθοῦν.

Ἡ ἀπὸ οίανδήποτε αἰτίαν μετακίνησις ηλεκτρικῶν φορτίων παράγει ηλεκτρικὸν ρεῦμα. Ωστε :

“Ηλεκτρικὸν ρεῦμα παράγεται, ὅταν ἀπὸ οίανδήποτε αἰτίαν προκληθῇ μετακίνησις ηλεκτρικῶν φορτίων.

§ 100. Πηγαὶ ἡ γεννήτριαι ηλεκτρικοῦ ρεύματος. Αὗται χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν παραγωγὴν τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος καὶ εἶναι αἱ ἔξης :

a) Τὰ ηλεκτρικὰ στοιχεῖα τὰ όποια χρησιμοποιοῦνται κυρίως διὰ τὴν τροφοδότησιν μικρῶν φορητῶν ηλεκτρικῶν συσκευῶν (φανάρια τσέπης, συσκευαὶ βαρηκόων, φορητὰ ραδιόφωνα, κ.λπ.). Πολλὰ ηλεκτρικὰ στοιχεῖα, καταλλήλως συνδεδεμένα, σχηματίζουν ηλεκτρικὴν στήλην (σχ. 96).

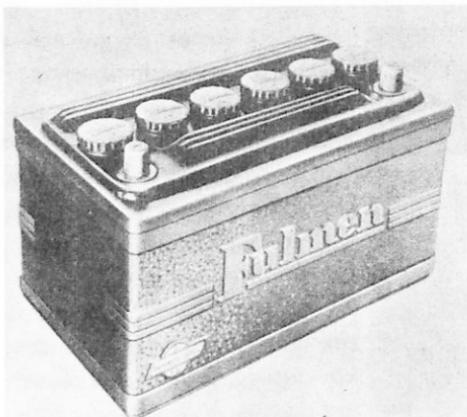


Σχ. 96. Ηλεκτρικὴ στήλη. συρμάτων, ἢ δύο ἐλασμάτων, τὰ όποια ὀνομά-

β) Οἱ ηλεκτρικοὶ συσσωρευταὶ οἱ όποιοι χρησιμοποιοῦνται εἰς τὰ αὐτοκίνητα, εἰς τὰ ὑποβρύχια διὰ νὰ τὰ κινοῦν ὅταν ἔχουν καταδύθῃ, εἰς τὰ ραδιόφωνα, κ.λπ. Πολλοὶ ηλεκτρικοὶ συσσωρευταὶ, καταλλήλως συνδεδεμένοι σχηματίζουν συστοιχίαν συσσωρευτῶν (σχ. 97).

γ) Αἱ ηλεκτρικαὶ δυναμογεννήτριαι, αἱ όποιαι ἀποτελοῦν τὰς σπουδαιοτέρας πηγὴς τροφοδοσίας ηλεκτρικοῦ ρεύματος (σχ. 98).

Εἰς οίονδήποτε τύπον ηλεκτρικῆς πηγῆς ὑπάρχουν συνήθως τὰ ἄκρα δύο στελεχῶν, ἡ



Σχ. 97. Ήλεκτρικός συσσωρευτής.



Σχ. 98. Έξωτερική έμφανισις δυναμογεννητρίας.

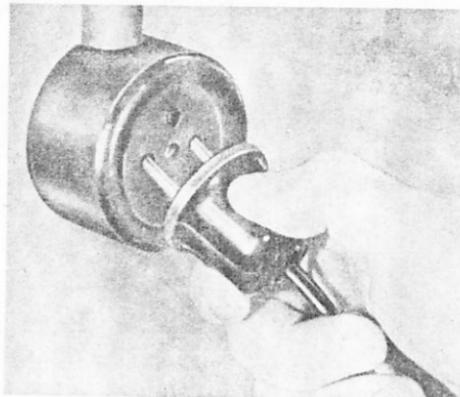
ζονται πόλοι τῆς πηγῆς. Ό ενας ἀπὸ τοὺς πόλους δνομάζεται θετικὸς πόλος καὶ σημειώνεται μὲ τὸ σύμβολον (+), ἐνῷ ὁ ἄλλος ἀρνητικὸς πόλος καὶ σημειώνεται μὲ τὸ σύμβολον (-).

§ 101. Συνεχὲς καὶ ἐναλλασσόμενον ἡλεκτρικὸν ρεῦμα. Αἱ πηγαὶ τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος διακρίνονται εἰς δύο μεγάλας κατηγορίας: α) εἰς τὰς πηγὰς συνεχοῦς ρεύματος καὶ β) εἰς τὰς πηγὰς ἐναλλασσομένου ρεύματος.

"Οταν οἱ πόλοι μιᾶς ἡλεκτρικῆς πηγῆς διατηροῦν ἀμετάβλητον τὸ σημεῖον τῶν (παραμένουν δηλαδὴ θετικὸς ὁ θετικὸς πόλος καὶ ἀρνητικὸς ὁ ἀρνητικὸς πόλος, ὅσον χρονικὸν διάστημα ἔργαζεται καὶ τροφοδοτεῖ μὲ ρεῦμα ἡ πηγή), τότε ἡ φορὰ τοῦ ρεύματος μέσα εἰς ἕνα ἀγωγόν, ὁ ὅποιος συνδέει τοὺς πόλους τῆς πηγῆς, διατηρεῖται σταθερά. Αὐτὸ τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα δνομάζεται συνεχὲς καὶ ἡ πηγὴ ἡ ὅποια τὸ παράγει πηγὴ συνεχοῦς ρεύματος.

Τὰ ἡλεκτρικά στοιχεῖα, οἱ συσσωρευταὶ καὶ αἱ γεννήτριαι ὥρισμένου τύπου παράγουν συνεχὲς ρεῦμα.

"Οταν ὅμως οἱ πόλοι τῆς πηγῆς ἐναλλάσσουν τὸ σημεῖον τῶν, (γίνονται δηλαδὴ διαδοχικῶς καὶ διαρκῶς θετικοὶ καὶ ἀρνητικοί), τότε καὶ ἡ φορὰ τοῦ ρεύματος μεταβάλλεται περιοδικῶς, ἀκολουθοῦσα τὴν περιοδικότητα τῆς μεταβολῆς τῶν πόλων. Εἰς τὴν περίπτωσιν



Σχ. 99. Ρευματοδότης (πρίζα) και ρευματολήπτης.

Τά έναλλασσόμενα ρεύματα διακρίνονται εἰς ρεύματα χαμηλῆς συχνότητος και εἰς ρεύματα ύψηλῆς συχνότητος.

Τά χαμηλῆς συχνότητος βιομηχανικά έναλλασσόμενα ρεύματα τῆς Εύρωπης δύπως είναι τό ρεύμα τοῦ ήλεκτρικοῦ δικτύου τροφοδοσίας τῶν πόλεων, ἔχουν συχνότητα 50 Hz. Ἐντὸς δηλαδὴ χρόνου 1 sec ἀλλάζουν 50 φοράς πολικότητα οἱ πόλοι τῆς γεννητρίας, ή ὅποια παράγει τό ρεύμα.

§ 102. Ήλεκτρικὸν κύκλωμα. Πείραμα. Μὲ τρία ὄμοια χάλκινα σύρματα συνδέομεν ἔνα συσσωρευτήν, ἔνα διακόπτην καὶ ἔνα μικρὸν λαμπτῆρα, ὡς ἔξῆς : Συνδέομεν τὸν θετικὸν πόλον τοῦ συσσωρευτοῦ μὲ τὸν ἔνα ἀκροδέκτην τοῦ λαμπτῆρος, χρησιμοποιοῦντες τό ἔνα σύρμα. Μὲ τὸ δεύτερον σύρμα συνδέομεν τὸν ἄλλον ἀκροδέκτην τοῦ λαμπτῆρος μὲ τὸν διακόπτην, ἔχοντες τὸν διακόπτην ἀνοικτόν, καὶ μὲ τὸ τρίτον σύρμα ἐνώνομεν τὸν διακόπτην μὲ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τοῦ συσσωρευτοῦ. Ἡ σύνδεσις αὐτὴ ἀποτελεῖ ἔνα ηλεκτρικὸν κύκλωμα.

Κλείομεν τὸν διακόπτην, ὅπότε ὁ λαμπτὴρ φωτοβιολεῖ. Αὐτὸ συμβαίνει διότι κυκλοφορεῖ ηλεκτρικὸν ρεύμα εἰς τὸ κύκλωμα. Τὸ ρεύμα κυκλοφορεῖ χάρις εἰς τὰ χάλκινα σύρματα, τὰ ὅποια ἄγουν, δηλαδὴ μεταφέρουν τὸ ηλεκτρικὸν ρεύμα καὶ δι' αὐτὸ ὀνομάζονται ἀγωγοὶ συνδέσεως. Τὸ ρεύμα θερμαίνει τὸ νῆμα τοῦ λαμπτῆρος, τὸ ὅποιον οὕτω φωτοβιολεῖ. Τὸ ηλεκτρικὸν κύκλωμα εἶναι τώρα κλειστὸν (σχ. 100, I).

*Ανοιγόμεν τὸν διακόπτην, ὅπότε ὁ λαμπτὴρ σβένυται. Αὐτὸ συμ-

αύτὴν τὸ ρεῦμα ὀνομάζεται ἐναλλασσόμενον καὶ ἡ πηγὴ, ἡ ὅποια τὸ παράγει, πηγὴ ἐναλλασσομένου ρεύματος.

Οἱ ρευματοδόται (πρίζες) (σχ. 99) εἶναι ηλεκτρικαὶ πηγαὶ. Ἀν ὅμως παρέχουν ἐναλλασσόμενον ρεύμα, δὲν είμεσθα εἰς θέσιν νὰ διακρίνωμεν τὸν θετικὸν καὶ τὸν ἀρνητικὸν πόλον, ἐπειδὴ οἱ πόλοι οι μεταβάλλουν διαρκῶς σημεῖον.

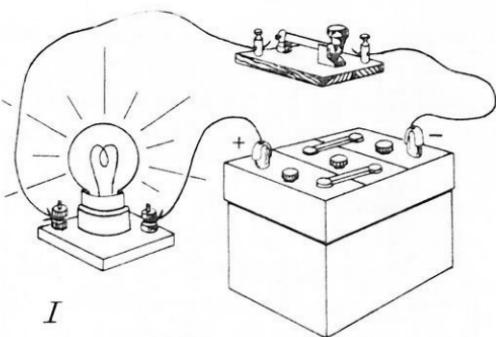
βαίνει οιοτι μὲ τὸ ἄνοιγμα τοῦ διακόπτου ἔπαινε νὰ κυκλοφορῇ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς τὸ κύκλωμα. "Ωστε ὅταν ὁ λαμπτήρ φωτοβολῇ, χρησιμοποιεῖ καὶ ἐπομένως καταναλίσκει ἡλεκτρικὸν ρεῦμα.

Αἱ πολυποίκιλοι συσκευαί, αἱ δῆποια λειτουργοῦν διὰ καταναλώσεως ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ὀνομάζονται ἡλεκτρικοὶ καταναλωταί.

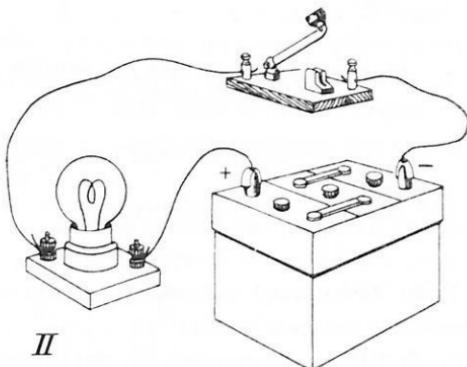
"Οταν εἰς ἔνα ἡλεκτρικὸν κύκλωμα δὲν κυκλοφορῇ ρεῦμα, λέγομεν ὅτι τὸ ἡλεκτρικὸν κύκλωμα εἶναι ἀνοικτόν (σχ. 100, II.)

΄Απὸ τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι :

Τὸ ἡλεκτρικὸν κύκλωμα περιλαμβάνει μίαν ἡλεκτρικὴν πηγὴν, ἔνα ἡ περισσοτέρους καταναλωτάς, ἔνα διακόπτην καὶ τοὺς ἀγωγοὺς συνδέσεως. Τὸ κύκλωμα διαφρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, ὅταν εἰς οὐδὲν σημεῖον του παρουσιάζει διακοπήν.



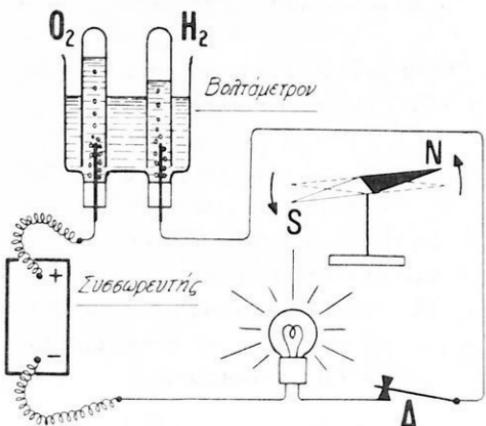
I



II

Σχ. 100. Ἡλεκτρικὸν κύκλωμα. (I) Κλειστὸν καὶ (II) ἀνοικτόν.

§ 103. Ἀποτελέσματα τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Πείραμα. Χρησιμοποιοῦντες χάλκινα σύρματα (καλώδια) συνδέομεν ἐν σειρᾷ, (δηλαδὴ τὴν μίαν συσκευὴν κατόπιν τῆς ἄλλης), ἔνα συσσωρευτήν, ἔνα λαμπτήρα, ἔνα διακόπτην καὶ ἔνα βολτάμετρον μὲ διάλυμα σόδας



Σχ. 101. Διά την σπουδήν των άποτελεσμάτων του ήλεκτρικού ρεύματος.

Κλείομεν άκολούθως τὸν διακόπτην, όπότε παρατηροῦμεν τὰ έξῆς φαινόμενα :

α) Ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἀποκλίνει καὶ δὲν εἶναι πλέον παράλληλος πρὸς τὸν χάλκινον ἀγωγὸν συνδέσεως.

β) Ὁ λαμπτήρ ἀνάπτει. Τὸ μετάλλινον νῆμα τοῦ λαμπτῆρος πυρακτωῦται καὶ φωτοβολεῖ.

γ) Εἰς τὰ ήλεκτρόδια τοῦ βολταμέτρου ἐλευθεροῦνται ἀέρια.

Ὅταν συμβαίνουν τὰ ἀνωτέρω φαινόμενα, εἰς τὸ κύκλωμα κυκλοφορεῖ ηλεκτρικὸν ρεῦμα.

Ἄνοιγομεν τὸν διακόπτην. Αὐτομάτως τὰ φαινόμενα τὰ ὅποια παρετηρήσαμεν διακόπτονται, ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἀναλαμβάνει παράλληλον θέσιν πρὸς τὸ χάλκινον σύρμα, ὁ λαμπτήρ σβένυται καὶ ἡ παραγωγὴ ἀερίων εἰς τὰ ήλεκτρόδια παύει. Τὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα δὲν κυκλοφορεῖ πλέον εἰς τὸ κύκλωμα.

Ἄπὸ τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι :

Ἡ κυκλοφορία ηλεκτρικοῦ ρεύματος εἰς ἔνα κλειστὸν κύκλωμα προκαλεῖ :

α) Θερμικὰ ἀποτελέσματα. Θερμαίνει δηλαδὴ τοὺς ἀγωγούς, τοὺς ὅποιους διαρρέει. Οὕτω θερμαίνει καὶ πυρακτώνει τὸ σύρμα τοῦ λαμπτῆρος, τὸ ὅποιον φωτοβολεῖ.

καὶ ηλεκτρόδια ἀπὸ σίδηρον. Τὸ χάλκινον σύρμα τοῦ ἀγωγοῦ συνδέσεως τοποθετεῖται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε ἔνα τμῆμα του νὰ εἴναι παράλληλον πρὸς μίαν μαγνητικὴν βελόνην (σχ. 101).

Οταν είναι ἀνοικτὸν τὸ κύκλωμα, οὐδὲν φαινόμενον παρατηρεῖται, οὔτε εἰς τὸ βολτάμετρον, οὔτε εἰς τὸν λαμπτῆρα, ἐνῶ ἡ μαγνητικὴ βελόνη παραμένη παράλληλος πρὸς τὸ χάλκινον σύρμα.

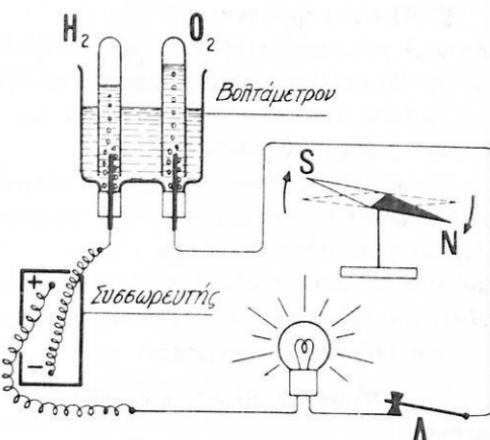
β) Μαγνητικά άποτελέσματα. Έκτρέπει μίαν μαγνητικήν βελόνην άπο τὴν ἀρχικήν της θέσιν.

γ) Χημικά άποτελέσματα. Ἐλευθερώνει ἀέρια εἰς τὰ ἡλεκτρόδια ἐνὸς βολταμέτρου, τὸ ὅποιον περιέχει ὑδατικὸν διάλυμα σόδας.

Ἐκτὸς ἀπὸ τὰ άποτελέσματα αὐτά, τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, ὅταν διέλθῃ ἀπὸ τὸ ἀνθρώπινον σῶμα ἢ τὸ σῶμα τῶν ζώων, ἀλλοιώνει τὰ κύτταρα καὶ δύναται νὰ προκαλέσῃ καὶ τὸν θάνατον (ἡλεκτροπληγία). Ἐξ ἄλλου, ὅταν διέρχεται ἀπὸ καταλλήλους μηχανῶν (ἡλεκτροκινητῆρας), δύναται νὰ τὰς κινήσῃ. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ὅταν κυκλοφορήσῃ μέσα ἀπὸ ἡραιωμένα ἀέρια τὰ ἀναγκάζει νὰ φωτοβολήσουν (σωλῆνες φωτεινῶν διαφημήσεων, λαμπτήρες φθορισμοῦ).

§ 104. Φορὰ τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Εἰς τὸ προηγούμενον πείραμα σημειοῦμεν τὸ ἡλεκτρόδιον εἰς τὸ ὅποιον παράγεται ἡ μικροτέρα ποσότης ἀερίου. Τὸ ἡλεκτρόδιον αὐτὸν 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 δύγκομετρικοὺς σωλῆνας τῶν ἡλεκτροδίων μὲ ὑδατικὸν διάλυμα σόδας καὶ ἀφοῦ ἐναλλάξωμεν τοὺς ἀκροδέκτας τῶν ἀγωγῶν συνδέσεως μὲ τοὺς πόλους τοῦ συσσωρευτοῦ, ἐπαναλαμβάνομεν τὸ πείραμα (σχ. 102), ὅπότε διαπιστώνομεν διτι: a) Ὁ λαμπτήρ φωτοβολεῖ ώς καὶ προηγουμένως. β) Ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἀποκλίνει, ἀλλὰ ἀντιθέτως ἀπὸ τὴν προηγουμένην φοράν. γ) Εἰς τὸ βολτάμετρον τὸ ἡλεκτρό-



Σχ. 102. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἔχει ὥρισμένην φοράν.

διον, εἰς τὸ ὄποιον ἐλευθεροῦται ἡ μικροτέρα ποσότης ἀερίου, εἶναι καὶ πάλιν ἐκεῖνο τὸ ὄποιον εἶναι συνδεδεμένον μὲ τὸν θετικὸν πόλον.

Ἄπο τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι :

Τὰ χημικὰ καὶ μαγνητικὰ ἀποτελέσματα τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ἀλλάζουν φοράν, ὅταν ἐναλλάξωμεν τοὺς πόλους τῆς πηγῆς εἰς τὸ κύκλωμα καὶ συνεπῶς οἱ δύο πόλοι μιᾶς ἡλεκτρικῆς πηγῆς δὲν εἶναι ισοδύναμοι, τὸ δὲ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἔχει ὠρισμένην φοράν.

"Οπως λέγομεν, τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα κυκλοφορεῖ ἀπὸ τὸν θετικὸν πόλον πρὸς τὸν ἀρνητικόν, ως πρὸς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα, καὶ ἀπὸ τὸν ἀρνητικὸν πόλον πρὸς τὸν θετικὸν πόλον ως πρὸς τὸ ἐσωτερικόν, δηλαδὴ μέσα εἰς τὸν συσσωρευτήν.

Ἡ φορὰ τῆς κυκλοφορίας τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ἐκτὸς τῆς ἡλεκτρικῆς πηγῆς δὲν γίνεται εἰς τὴν πραγματικότητα ἀπὸ τὸν θετικὸν πρὸς τὸν ἀρνητικὸν πόλον. Ἡ φορὰ αὐτὴ δύνομάζεται συμβατικὴ φορά.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Οίαδήποτε μετακίνησις ἡλεκτρικῶν φορτίων ἀποτελεῖ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα.
2. Αἱ πηγαὶ τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος δύνανται νὰ τροφοδοτήσουν μὲ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα μίαν ἐγκατάστασιν.
3. Αἱ ἡλεκτρικαὶ πηγαὶ ἔχουν δύο πόλους, τὸν θετικὸν (+) καὶ τὸν ἀρνητικὸν (—) πόλον.
4. Τὸ ἡλεκτρικὸν κύκλωμα περιλαμβάνει τὴν ἡλεκτρικὴν πηγήν, τὰ ἀγωγὰ σύρματα, τοὺς καταναλωτάς, τὰ ὄργανα μετρήσεως καὶ τὸν διακόπτην.
5. Ἡ διέλευσις ἡλεκτρικοῦ ρεύματος διὰ μέσου ἐνὸς κλειστοῦ κυκλώματος δύναται νὰ προκαλέσῃ θερμικά, μαγνητικά καὶ χημικά ἀποτελέσματα.
6. Οἱ πόλοι μιᾶς ἡλεκτρικῆς πηγῆς δὲν εἶναι ισοδύναμοι. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἔχεισμένην φοράν. Ἡ φορὰ αὐτὴ 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. Άντικαθιστῶμεν τὰ χάλκινα σύρματα τοῦ κυκλώματος, μὲ τὸ ὅποιον διαπιστώσαμεν τὰ θερμικά, μαγνητικὰ καὶ χημικὰ ἀποτελέσματα τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος (βλ. σχ. 101) μὲ σύρματα ἀπὸ ἐλαστικὸν κόμι (καουτσούκ) ἢ ἀπὸ ἕνα πλαστικὸν ύλικὸν καὶ κλείσιμεν τὸν διακόπτην, δόπτε διαπιστοῦμεν ὅτι α) ὁ λαμπτήρ δὲν ἀνάπτει, β) ἡ μαγνητικὴ βελόνη δὲν ἀποκλίνει καὶ γ) ἀέρια δὲν ἐκλύονται εἰς τὰ ηλεκτρόδια.

'Ἐφ' ὅσον οὐδὲν φαινόμενον παρατηρεῖται εἰς τὸ κύκλωμα, συμπεραίνομεν ὅτι δὲν κυκλοφορεῖ εἰς αὐτὸν ρεῦμα, πρᾶγμα τὸ ὅποιον δφείλεται εἰς τὴν φύσιν τῶν ἀγωγῶν συνδέσεως, τῶν ἐλαστικῶν δηλαδὴ ἢ πλαστικῶν συρμάτων.

Τὰ χάλκινα σύρματα, ἐπομένως, ἐπιτρέπουν εἰς τὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα νὰ διέλθῃ μέσα ἀπὸ τὴν μᾶζαν των, ἐνῶ τὰ ἐλαστικὰ ἢ πλαστικὰ σύρματα ὅχι. Δι' αὐτὸν λέγομεν ὅτι ὁ χαλκὸς εἶναι καλὸς ἀγωγὸς ἢ ἀπλῶς ἀγωγὸς τοῦ ηλεκτρισμοῦ, ἐνῶ τὸ ἐλαστικὸν κόμι κακὸς ἀγωγὸς τοῦ ηλεκτρισμοῦ ἢ μονωτής.

Τὰ μέταλλα εἶναι ἀγωγοὶ τοῦ ηλεκτρισμοῦ, ἡ ὕαλος, τὸ ἔνδιον, ἡ πορσελάνη (σχ. 103), τὸ ἀπεσταγμένον ӯδωρ, τὸ πετρέλαιον, κλπ., εἶναι μονωταί. Ωστε :

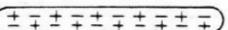
"Όλα τὰ σώματα δὲν ἐπιτρέπουν εἰς τὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα ἀν διέλθῃ μέσα ἀπὸ τὴν μᾶζαν των. 'Υπάρχουν ἀγωγὰ σώματα, ὅπως τὰ μέταλλα, καὶ μονωτικὰ σώματα, ὅπως τὸ καουτσούκ.



Σχ. 103. Μονωται ἀπὸ πορσελάνην εἰς τὸ τηλεφωνικὸν δίκτυον.



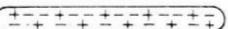
Έβονίτης



(I)



Έβονίτης



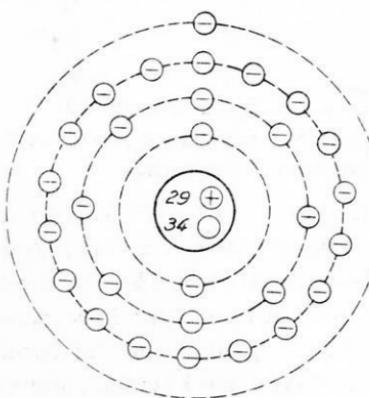
(II)

Σχ. 104. Διά την έξήγησιν της ήλεκτρισεως του έβονίτην. (I) Πριν από την τριβήν τα θετικά και άρνητικά φορτία του δέρματος και της ράβδου είναι ίσα. (II) Μετά την τριβήν είς το δέρμα πλεονάζουν θετικά και είς τὸν έβονίτην άρνητικά φορτία.

φορτίον τῶν περιστρεφομένων ήλεκτρονίων.

Ἐάν μὲ τὴν τριβὴν ἀποσπάσωμεν ήλεκτρόνια ἀπὸ μερικὰ ἄτομα ἐνὸς υλικοῦ, παρουσιάζεται εἰς αὐτὸν πλεόνασμα θετικῶν φορτίων, ἐπειδὴ τὸ φορτίον τοῦ πυρῆνος παραμένει ἀμετάβλητον.

Εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς ράβδου τοῦ έβονίτου ἔχομεν νὰ παρατηρήσωμεν τὰ ἔξῆς: Πρὶν τρίψωμεν τὴν ράβδον μὲ τὸ δέρμα τῆς γαλῆς, αὐτὴ εἶχεν ισάριθμα θετικά και άρνητικά φορτία, πρᾶγμα τὸ ὅποῖον συνέβαινε και μὲ τὸ δέρμα. Κατὰ τὴν τριβὴν ὅμως, τὸ δέρμα τῆς γαλῆς ἀπώλεσε μερικὰ ήλεκτρόνια, τὰ ὅποια παρέλαβεν ὁ έβονίτης (σχ. 104). Τοιουτορόπως τὸ δέρμα ἐφορτίσθη μὲ θετικὸν ήλεκτρισμὸν ὁ δὲ έβονίτης μὲ άρνητικὸν ήλεκτρισμόν.



Σχ. 105. Σχηματικὴ παράστασις ἄτομου χαλκοῦ.

§ 106. Έξήγησις τῆς ήλεκτρίσεως. Ἐν τρίψωμεν τὸ ἄκρον μιᾶς ράβδου ἀπὸ έβονίτην μὲ δέρμα γαλῆς, θὰ ἀναφανοῦν, διπος γνωρίζομεν, εἰς τὸ τριβόμενον μέρος τῆς ράβδου, ἀρνητικὰ ήλεκτρικὰ φορτία, τὰ ὅποια ἔλκουν μικρὰ τεμάχια χάρτου (βλ. σχ. 91).

Ἡ έξήγησις τοῦ φαινομένου εἶναι ἀπλῆ εἰς τὸν γνώστην τῆς κατασκευῆς τοῦ ἀτόμου.

Τὸ ἄτομον εἶναι ήλεκτρικῶς οὐδέτερον, ἐφ' ὅσον τὸ θετικὸν φορτίον τοῦ πυρῆνος εἶναι ἀριθμητικῶς ἵσον μὲ τὸ άρνητικὸν

φορτίον νὰ περιστρεφομένων ήλεκτρονίων: Πρὶν τρίψωμεν τὴν ράβδον μὲ τὸ δέρμα τῆς γαλῆς, αὐτὴ εἶχεν ισάριθμα θετικά και άρνητικά φορτία, πρᾶγμα τὸ ὅποῖον συνέβαινε και μὲ τὸ δέρμα. Κατὰ τὴν τριβὴν ὅμως, τὸ δέρμα τῆς γαλῆς ἀπώλεσε μερικὰ ήλεκτρόνια, τὰ ὅποια παρέλαβεν ὁ έβονίτης (σχ. 104). Τοιουτορόπως τὸ δέρμα ἐφορτίσθη μὲ θετικὸν ήλεκτρισμὸν ὁ δὲ έβονίτης μὲ άρνητικὸν ήλεκτρισμόν.

Τὰ σώματα τὰ ὅποια εἶναι φορτισμένα μὲ θετικὸν ήλεκτρισμὸν

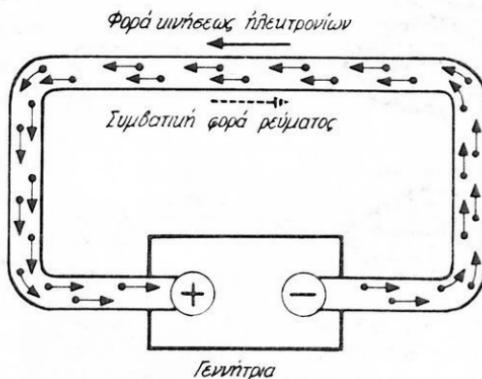
παρουσιάζουν έλλειμμα ή λεκτρονίων, ένδιαντιθέτως τὰ σώματα τὰ έχοντα άρνητικόν ή λεκτρισμὸν παρουσιάζουν πλεόνασμα ή λεκτρονίων.

§ 107. Τὸ ήλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς τοὺς μεταλλικοὺς ἀγωγούς. Τὰ μεταλλα εἰναι ἀγωγοὶ τοῦ ήλεκτρισμοῦ. Εάν μελετήσωμεν τὴν κατασκευὴν τῶν ἀτόμων τῶν μετάλλων, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι εἰς τὸν ἔξωτατον φλοιὸν κινεῖται ἔνας ἀριθμὸς ήλεκτρονίων (συνήθως 1, 2 ή 3 ήλεκτρόνια). Οὕτως τὸ ἄτομον τοῦ χαλκοῦ π.χ. τὸ ὅποιον περιλαμβάνει 29 ήλεκτρόνια (σχ. 105) ἔχει ἔνα μόνον περιφερόμενον ήλεκτρόνιον εἰς τὴν ἔξωτάτην τροχιάν. Τὸ ἀπομεμονωμένον αὐτὸν ήλεκτρόνιον εἰναι

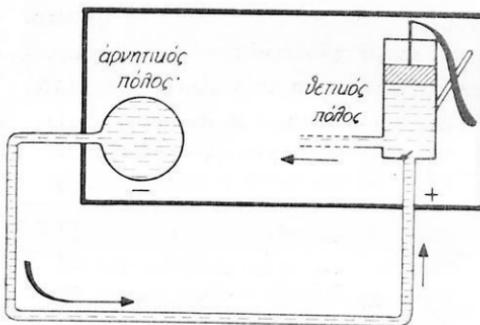
σχετικῶς ἀπομεμακρυσμένον ἀπὸ τὰ πυρῆνα, οἱ δὲ ποιοὶ δὲν δύνανται νὰ τὸ συγκρατήσῃ ἰσχυρῶς. Δι' αὐτὸν τὸν λόγον ἀποσπᾶται μὲ εὐκολίαν ἀπὸ τὸ ἄτομον τοῦ χαλκοῦ καὶ μεταβάλλεται εἰς ἐλεύθερον ήλεκτρόνιον.

"Ενα τεμάχιον χαλκοῦ ή ἔνα τεμάχιον ἐνὸς ἄλλου μετάλλου περικλείει, ἐπομένως, μίαν ποσότητα ἐλευθέρων ήλεκτρονίων, τὰ δὲ ποια μετακινοῦνται μέσα εἰς τὴν μᾶζαν τοῦ μετάλλου, κατὰ ἐντελῶς ἀκανόνιστον τρόπον.

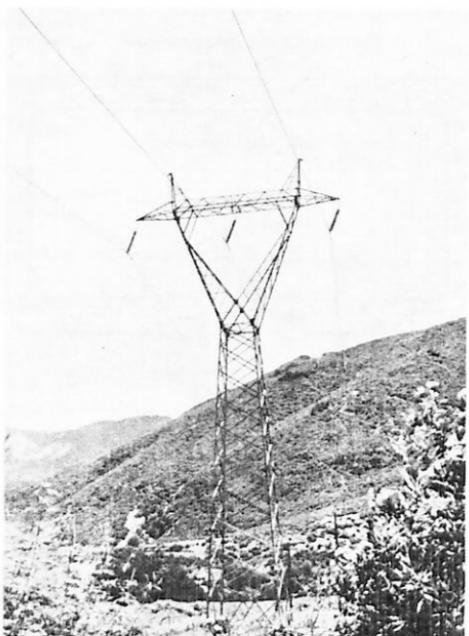
"Εάν συνδέσωμεν τοὺς πόλους μιᾶς ήλεκτρικῆς γεννητρίας (π.χ. ἐνὸς συσσωρευτοῦ) μὲ ἔνα μεταλλικὸν σύρμα, τότε ἔχομεν ἔνα ἀπλοῦν



Σχ. 106. Ο θετικὸς πόλος τῆς πηγῆς ἔλκει τὰ ήλεκτρόνια τοῦ μετάλλου, ἐνῷ δ ἀρνητικὸς τὰ ἀπωθεῖ.



Σχ. 107. Η ήλεκτρικὴ πηγὴ λειτουργεῖ ως ἀντλία ηλεκτρονίων.



Σχ. 107, α. Γραμμαὶ μεταφορᾶς ἡλεκτρικὸν ρεῦματος, ἀπὸ τὸ ἐργοστάσιον παραγωγῆς εἰς τοὺς τόπους καταναλώσεως, ἐκ τῶν χρησιμοποιουμένων εἰς τὸν Ἑλληνικὸν Ἐθνικὸν Δίκτυον (ΔΕΗ). Τὰ ἀγωγά σύρματα εἰναι κατεσκευασμένα ἀπὸ ἀργίλιον μὲ χαλύβδινον δῶμας πυρῆνα καὶ ἔξαρτῶνται ἀπὸ τὰ ὑποστηρίγματα τῶν μεταλλικῶν στύλων μὲ καταλλήλους μονωτάς.

γματικὴ φορὰ ἐπομένως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ἔξω ἀπὸ τὴν ἡλεκτρικὴν πηγὴν, εἰναι ἀπὸ τὸν ἀρνητικὸν πρὸς τὸν θετικὸν πόλον. Ἡ φορὰ αὐτὴ λέγεται ἡλεκτρονικὴ φορὰ καὶ εἰναι ἀντίθετος πρὸς τὴν συμβατικὴν φοράν. "Ωστε :

"**Ἡ πραγματικὴ φορὰ τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος** μέσα εἰς τοὺς ρευματοφόρους μεταλλικοὺς ἀγωγοὺς εἰναι ἀπὸ τὸν ἀρνητικὸν πρὸς τὸν θετικὸν πόλον καὶ δονομάζεται ἡλεκτρονικὴ φορά. Ἡ ἡλεκτρονικὴ φορὰ εἰναι ἀντίθετος πρὸς τὴν συμβατικὴν φοράν.

ἡλεκτρικὸν κύκλωμα (σχ. 106). Ὁ θετικὸς πόλος τῆς πηγῆς ἔλκει τὰ ἐλεύθερα ἡλεκτρόνια τοῦ μετάλλου, ἐνῷ ὁ ἀρνητικὸς πόλος τὰ ἀπωθεῖ. Μὲ αὐτὸν τὸν τρόπον δημιουργεῖται μία ἀδιάκοπος κυκλοφορία ἡλεκτρονίων μέσα εἰς τὸ μεταλλικὸν σύρμα. Ἡ ἡλεκτρικὴ πηγὴ λειτουργεῖ συνεπῶς ώς μία «ἀντλία ἡλεκτρονίων» (σχ. 107). "Ωστε :

Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα μέσα εἰς τοὺς μεταλλικοὺς ἀγωγοὺς ὀφείλεται εἰς τὴν μετακίνησιν τῶν ἐλεύθερων ἡλεκτρονίων.

§ 108. Ἡλεκτρονικὴ φορὰ τοῦ ρεύματος. "Οταν ἐνώσωμεν τὸνθετικὸν καὶ τὸν ἀρνητικὸν πόλον μιᾶς γεννητρίας, προκαλεῖται μετακίνησις ἡλεκτρονίων μέσα εἰς τὸν μεταλλικὸν ἀγωγόν, ἀπὸ τὸν ἀρνητικὸν πρὸς τὸν θετικὸν πόλον (βλ. σχ. 106). Ἡ πραγματικὴ φορὰ ἐπομένως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ἔξω ἀπὸ τὴν ἡλεκτρικὴν πηγὴν, εἰναι ἀπὸ τὸν ἀρνητικὸν πρὸς τὸν θετικὸν πόλον. Ἡ φορὰ αὐτὴ λέγεται ἡλεκτρονικὴ φορὰ καὶ εἰναι ἀντίθετος πρὸς τὴν συμβατικὴν φοράν.

Γνωρίζομεν ότι ή ταχύτης διαδόσεως τῶν ἡλεκτρικῶν φαινομένων εἶναι ἵση μὲ 300 000 km/sec. Ἡ ταχύτης ἐν τούτοις μὲ τὴν δόποιαν μετακινοῦνται τὰ ἡλεκτρό-νια εἶναι πολὺ μικρὰ καὶ κυμαίνεται περὶ τὰ 0,5 m).h.



A N A K E Φ A Λ A I Ω S I S

1. "Ολα τὰ σώματα δὲν ἐπιτρέπουν τὴν διέλευσιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος μέσα ἀπὸ τὴν μᾶζαν των.

2. Τὰ σώματα τὰ ὅποια ἀφήνουν τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα νὰ διέλθῃ μέσα ἀπὸ τὴν μᾶζαν τους, ὅπως τὰ μέταλλα, λέγονται ἀγωγοί, ἐνῶ ἐκεῖνα τὰ ὅποια δὲν τὸ ἀφήνουν, ὅπως τὸ ξύλον, μονωτά.

3. Τὰ ἡλεκτρισμένα θετικῶς σώματα ἔχουν ἔλλειμμα ἡλεκτρονίων. Τὰ ἡλεκτρισμένα ἀρνητικῶς σώματα ἔχουν πλεόνασμα ἡλεκτρονίων.

4. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα μέσα εἰς τοὺς μεταλλικοὺς ἀγωγοὺς διείλεται εἰς μετακίνησιν τῶν ἐλευθέρων ἡλεκτρονίων.

5. Ἡ ἡλεκτρονικὴ φορά, δηλαδὴ ἡ φορὰ τοῦ ρεύματος τῶν ἡλεκτρονίων γίνεται ἀπὸ τὸν ἀρνητικὸν πρὸς τὸν θετικὸν πόλον, καὶ εἶναι ἀντίθετος πρὸς τὴν συμβατικὴν φοράν.

ΚΒ'— ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΙΣ. ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΣΠΟΥΔΗ. ΙΟΝΤΑ

§ 109. Γενικότητες. Ὁρισμοί. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ὅταν διέρχεται μέσα ἀπὸ ὄδατικὰ διαλύματα δξέων, βάσεων ἢ ἀλάτων, προκαλεῖ τὴν χημικήν των ἀποσύνθεσιν. Τὸ φαινόμενον αὐτὸ δνομάζεται ἡλεκτρόλυσις, τὰ δὲ διαλύματα τὰ ὅποια ἡλεκτρολύονται λέγονται ἡλεκτρολύται. "Ωστε :

"Ἡλεκτρόλυσις δνομάζεται τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ ὅποιον τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα προκαλεῖ χημικὴν ἀποσύνθεσιν τῶν ὄδατικῶν διαλυμάτων τῶν δξέων, βάσεων ἢ ἀλάτων, ὅταν κυκλοφορῇ μέσα εἰς τὴν μᾶζαν των.

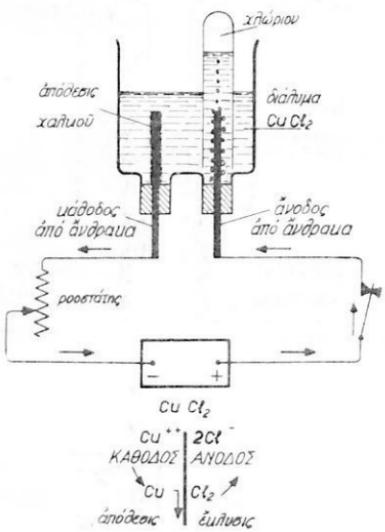
"Ἡ ἡλεκτρόλυσις ἐργαστηριακῶς γίνεται μέσα εἰς ἀπλᾶς συσκευάς, αἱ ὅποιαι δνομάζονται βολτάμετρα.

Αύτά είναι συνήθως δοχεῖα εἰς σχῆμα κυλίνδρου, εἰς τὸν πυθμένα τῶν όποιων ὑπάρχουν δύο μεταλλικὰ ώς ἐπὶ τὸ πλείστον ἔλασματα, τὰ ὅποια συνδέονται μὲ τοὺς πόλους μιᾶς πηγῆς συνεχοῦς ρεύματος καὶ ὀνομάζονται **ἡλεκτρόδια**. Πολλάκις τὰ ἡλεκτρόδια περιβάλλονται ἀπὸ ἀνεστραμμένους δοκιμαστικοὺς σωλῆνας, μέσα εἰς τοὺς ὅποιους συλλέγονται ἀέρια προϊόντα.

Τὸ ἡλεκτρόδιον τὸ ὅποιον συνδέεται μὲ τὸν θετικὸν πόλον λέγεται **ἄνοδος** (+), ἐνῷ τὸ ἡλεκτρόδιον τὸ συνδεόμενον μὲ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς πηγῆς **κάθοδος** (—). Εἰς ἄλλα βολτάμετρα τὰ ἡλεκτρόδια εἰσέρχονται ἀπὸ τὸ ἀνοικτὸν ἄνω μέρος τοῦ δοχείου καὶ βυθίζονται εἰς τὸ ἡλεκτρολυτικὸν διάλυμα.

Ὑπάρχουν καὶ βολτάμετρα τὰ ὅποια ἀποτελοῦνται ἀπὸ ὑοειδῆ σωλῆνα, ἐκ τῶν ἀνοικτῶν σκελῶν τοῦ ὅποιου εἰσέρχονται τὰ ἡλεκτρόδια.

Εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ βολταμέτρου τοποθετεῖται ἔνας διακόπτης, μὲ τὸν ὅποιον ἀνοίγομεν καὶ κλείομεν τὸ κύκλωμα, καὶ ἔνας ροοστάτης διὰ νὰ ρυθμίζωμεν τὸ ρεῦμα τοῦ κυκλώματος.



Σχ. 108. Ἡλεκτρόλυσις διαλύματος χλωριούχου χαλκοῦ.

§ 110. Ποιοτικοὶ νόμοι τῆς ἡλεκτρολύσεως. Πείραμα. a) Κλείομεν τὸν διακόπτην τοῦ κυκλώματος ἐνὸς βολταμέτρου μὲ ἡλεκτρόδια ἀπὸ ἄνθρακα καὶ ἡλεκτρολυτικὸν ὑγρὸν διάλυμα χλωριούχου χαλκοῦ ($CuCl_2$), ὅποτε παρατηροῦμεν ὅτι εἰς τὴν ἀνοδὸν ἐμφανίζονται φυσαλλίδες ἀερίου. Τὸ ἀέριον αὐτὸν ἔχει ἀποπνυκτικὴν ὀσμὴν καὶ κιτρινοπράσινον χρῶμα. Πρόκειται περὶ χλωρίου (σχ. 108). Ἐνῷ συμβαίνουν αὐτὰ εἰς τὴν

ἄνοδον, ή κάθοδος ἐπικαλύπτεται μὲν ἔνα ἐρυθρὸν στρῶμα χαλκοῦ.

Χαρακτηριστικὸν τῆς ἡλεκτρολύσεως εἶναι ὅτι οὐδὲν ἀπολύτως φαινόμενον παρατηρεῖται εἰς τὴν μᾶζαν τοῦ ἡλεκτρολυτικοῦ ὑγροῦ, τὸ ὄποιον ὑπάρχει μεταξὺ τῶν ἡλεκτροδίων.

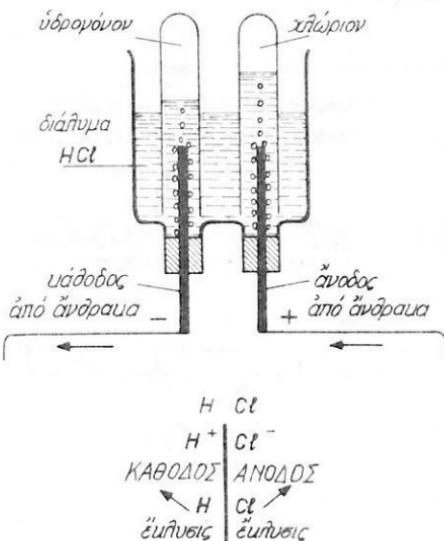
Διὰ νὰ ἐμφανισθοῦν εἰς τὴν ἄνοδον καὶ εἰς τὴν κάθοδον τὰ ἀνωτέρω προϊόντα, σημαίνει ὅτι ὁ χλωριούχος χαλκός, ὁ ὄποιος ὑπάρχει εἰς τὸ διάλυμα, διεσπάσθη κατὰ τὸ σχῆμα :

Cu	:	Cl_2
ΚΑΘΟΔΟΣ (—)		ΑΝΟΔΟΣ (+)
'Αποτίθεται χαλκός		'Ελευθεροῦται χλώριον

β) Ἐάν ἀντικαταστήσωμεν διαδοχικῶς εἰς τὸ προηγούμενον πείραμα τὸ διάλυμα τοῦ χλωριούχου χαλκοῦ (CuCl_2) μὲ διαλύματα διαφορετικῶν ἀλάτων (νιτρικοῦ ἀργύρου, θειικοῦ νικελίου, χλωριούχου χρυσοῦ κλπ.), θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι πάντοτε εἰς τὴν κάθοδον δημιουργεῖται μία μεταλλικὴ ἀπόθεσις (ἀργύρου, νικελίου, χρυσοῦ κλπ.). Τὸ ὑπόλοιπον τοῦ μορίου διευθύνεται πρὸς τὴν ἄνοδον. Δηλαδὴ εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς ἡλεκτρολύσεως τοῦ νιτρικοῦ ἀργύρου (AgNO_3) ὁ ἀργυρος ἀποτίθεται εἰς τὴν κάθοδον, ἐνῶ ή ρίζα NO_3^- δόδεύει πρὸς τὴν ἄνοδον.

γ) Εἰς τὴν βιομηχανίαν γίνεται ἡλεκτρόλυσις τῆς βάσεως τοῦ νατρίου (NaOH) εἰς ὑγράν κατάστασιν. Κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν τὸ νάτριον ἀποτίθεται εἰς τὴν κάθοδον. Ὅλαι αἱ ἄλλαι βάσεις ἀποσυντίθενται κατὰ ὅμοιον τρόπον.

δ) Ἐάν ἡλεκτρολύσωμεν ἔνα διάλυμα ὑδροχλωρικοῦ δέξεος (HCl), θὰ παρατηρή-

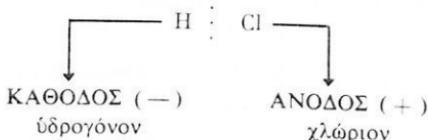


Σχ. 109. Ἡλεκτρόλυσις διαλύματος ὑδροχλωρίου.

σωμεν δτι εις τα δύο ήλεκτρόδια έμφανίζονται φυσαλλίδες, πράγμα τό δποιον σημαίνει δτι έλευθερούνται άερια (σχ. 109).

Πράγματι εις την άνοδον έλευθερούνται χλώριον, ένω εις την κάθοδον έλευθερούνται ένα ευφλεκτον άεριον, τό ύδρογόνον.

Τό ύδροχλωρικόν δξύ (HCl) δυνάμεθα νά επωμεν λοιπόν δτι άποσυντίθεται κατά τό σχήμα :



Γενικῶς δλα τα δξέα άποσυντίθενται κατά τόν ίδιον τρόπον και τό ύδρογόνον των έλευθερούνται εις την κάθοδον.

Άπο τα άνωτέρω πειράματα και διαπιστώσεις, δυνάμεθα νά διατυπώσωμεν τούς άκολούθους ποιοτικούς νόμους τῆς ήλεκτρολύσεως.

"Οταν τό ήλεκτρικόν ρεῦμα διέρχεται άπο την μᾶζαν ένως ήλεκτρολύτου :

1) Τα προϊόντα τῆς ήλεκτρολύσεως έμφανίζονται μόνον εις τας έπιφανείας τῶν ήλεκτροδίων.

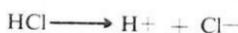
2) Οι ήλεκτρολύται άποσυντίθενται εις δύο μέρη. Εις τό μέταλλον ή εις τό ύδρογόνον, τα όποια άποτίθενται εις την κάθοδον και εις τό ύπόλοιπον τμῆμα τοῦ μορίου, τό δποιον όδεινει πρὸς την άνοδον

§ 111. Θεωρία τῶν ιόντων. Διά νά ξεγήήση τα φαινόμενα αύτά ό Σουηδός Φυσικός Άρενιους (Arrhenius) ξπρότεινε τό 1887 την "θεωρία τῆς ήλεκτρολυτικῆς διαστάσεως" ή «θεωρίας τῶν ιόντων».

"Οταν διαλύωμεν έντος ύδατος ένα δξύ, μίαν βάσιν ή ένα άλας, τότε ένα μέρος τῶν μορίων τῶν σωμάτων αύτῶν υφίσταται αύτομάτως διάστασιν, διασπάται δηλαδή εις δύο φορτισμένα με άντιθετα ήλεκτρικά φορτία σωματίδια, τά δποια όνομάζονται ιόντα.

a) Τα δξέα διστανται ουτως, ώστε τό ύδρογόνον αύτῶν νά σχηματίση θετικά ιόντα, τα δποια συμβολίζομεν με H^+ , και τό ύπόλοιπον τοῦ μορίου άρνητικά ιόντα.

Τό μόριον τοῦ ύδροχλωρικοῦ δξέος, π.χ., διστανται κατά τό σχήμα :



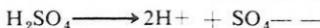
Εις τό ατομον τοῦ χλωρίου έ χει προσκολληθή ένα έπι πλέον ήλεκτρόνιον και

προέκυψε κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ἔνα ἀρνητικὸν μονοσθενὲς ιὸν χλωρίου, τὸ ὄποιον παριστάνεται μὲ Cl⁻.

Τὸ σημεῖον (—) εἰς τὸ ἄτομον τοῦ χλωρίου τίθεται διὰ νὰ συμβολίζῃ καὶ νὰ ύπενθυμίζῃ ὅτι τὸ ίὸν τοῦ χλωρίου ἔχει ἀρνητικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον. Τὸ ἄτομον τοῦ ὑδρογόνου ἀπώλεσε ἔνα ἡλεκτρόνιον (τὸ μοναδικὸν τὸ ὄποιον εἶχε) καὶ συνεπῶς ἐμφανίζεται θετικῶς φορτισμένον, σχηματίζον ἔνα θετικὸν ιὸν ὑδρογόνου.

Τὰ ἡλεκτρικὰ φορτία τῶν δύο αὐτῶν τῶν ιόντων εἶναι ίσα καὶ ἀντίθετα.

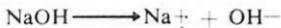
Τὸ μόριον τοῦ θειϊκοῦ ὁξεός διίσταται κατὰ τὸ σχῆμα :



σχηματίζον δύο θετικά ιόντα ὑδρογόνου καὶ ἔνα ἀρνητικὸν δισθενὲς ιὸν SO₄²⁻.

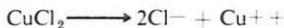
β) Αἱ βάσεις κατὰ τὴν ἡλεκτρολυτικήν των διάστασιν σχηματίζουν μονοσθενή ἀρνητικά ιόντα OH⁻, τὸ ὄποιον ὀνομάζεται ιὸν ὑδροξυλίου καὶ θετικά ιόντα μὲ τὸ ὑπόλοιπον τοῦ μορίου.

Τὸ καυστικὸν νάτριον, π.χ., διίσταται κατὰ τὴν ἔξισωσιν :



γ) Τὰ μόρια τῶν ἀλάτων σχηματίζουν κατὰ τὴν διάστασίν των ἔνα ἀρνητικὸν ιὸν, ἀπὸ ἔνα ἀμέταλλον στοιχείον ἢ ἡλεκτραρνητικήν ρίζαν, καὶ ἔνα θετικὸν ιὸν, ἀπὸ μέταλλον ἢ ἡλεκτροθετικήν ρίζαν.

Τοιουτοτρόπως τὰ μόρια τοῦ χλωριούχου χαλκοῦ (CuCl₂) διίστανται εἰς διάλυμα κατὰ τὴν ἔξισωσιν :



δηλαδὴ εἰς δύο ἀρνητικά ιόντα χλωρίου (Cl⁻) καὶ εἰς ἔνα θετικὸν δισθενὲς ιὸν χαλκοῦ.

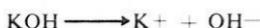
Τὸ ίὸν τοῦ χαλκοῦ εἶναι ἄτομον χαλκοῦ, τὸ ὄποιον ἀπώλεσε 2 ἡλεκτρόνια, συνεπῶς φέρει δύο θετικά φορτία καὶ συμβολίζεται μὲ Cu²⁺.

Κατὰ τὸν ίδιον τρόπον, εἰς ἔνα διάλυμα χλωριούχου ἀργιλίου (AlCl₃) τὰ μόρια διίστανται εἰς 3 ιόντα μονοσθενοῦς χλωρίου (Cl⁻) καὶ εἰς ἔνα θετικὸν τρισθενὲς ιὸν ἀργιλίου (Al³⁺) τὸ ὄποιον φέρει τρία θετικά φορτία.

Εἰς ἔνα διάλυμα θειϊκοῦ χαλκοῦ (CuSO₄) τὰ μόρια διίστανται εἰς ἔνα θετικὸν δισθενὲς ιὸν χαλκοῦ (Cu²⁺) κοὶ εἰς ἔνα ἀρνητικὸν δισθενὲς ιὸν SO₄²⁻.

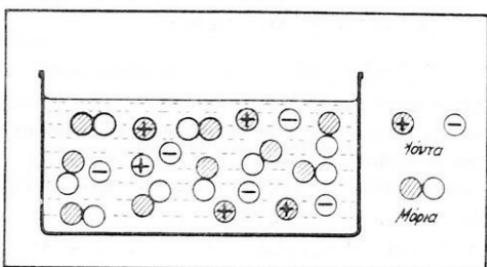
Ἐντὸς οἰουδήποτε ἡλεκτρολυτικοῦ διαλύματος ὑπάρχουν, ταυτοχρόνως, οὐδέτερα μόρια καὶ θετικά καὶ ἀρνητικά ιόντα εἰς ίσον ἀριθμόν (σχ. 110), τὰ ὄποια κινοῦνται ἀτάκτως μέσα εἰς τὴν μᾶσαν τοῦ ἡλεκτρολυτικοῦ ὑγροῦ.

Μερικά ἀπὸ τὰ ιόντα ἀντιδροῦν μεταξὺ των καὶ ἀνασχηματίζουν οὐδέτερα μόρια. Δι' αὐτὸν τὸν λόγον εἰς τὰς ἔξισώσεις τῶν ἡλεκτρολυτικῶν διαστάσεων ἔχομεν δύο βέλη· π.χ. γράφομεν :



Αὐτὸς σημαίνει ὅτι ἡ ἀντίδρασις ὀδεύει ἀπὸ τὰ δεξιά πρὸς τὰ ἀριστερά, ἀλλὰ καὶ ἀπὸ τὰ ἀριστερά πρὸς τὰ δεξιά.

"Οταν δύως διαλυθῇ ἐντελῶς ὁ ἡλεκτρολύτης, ἀπὸ μίαν χρονικήν στιγμὴν καὶ



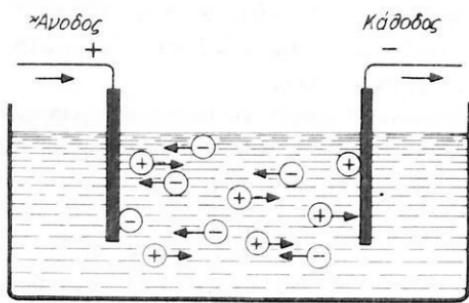
Σχ. 110. Είς ένα ήλεκτρολυτικόν διάλυμα υπάρχουν ούδετερα μόρια τοῦ ήλεκτρολύτου καὶ ισάριθμα θετικά καὶ άρνητικά ιόντα.

των δισταται (ἀποσυντίθεται) εἰς δύο φορτισμένα σωματίδια μὲ ἀντίθετα ηλεκτρικά φορτία, τὰ όποια ὀνομάζονται ιόντα.

δ) Ὄταν βυθίσωμεν εἰς ήλεκτρολυτικόν διάλυμα δύο ήλεκτρόδια καὶ τὰ συνδέσμων μὲ τοὺς πόλους μιᾶς ηλεκτρικῆς πηγῆς συνεχοῦς ρεύματος κλείσιοντες τὸν διακόπτην τοῦ κυκλώματος, θά παρατηρήσωμεν τὰ γνωστά φαινόμενα τῆς ηλεκτρολύσεως.

Αὐτὸ συμβαίνει ἐπειδὴ τὰ ιόντα, τὰ όποια κινοῦνται ἀτάκτως μέσα εἰς τὴν μᾶζαν τοῦ ηλεκτρολυτικοῦ διαλύματος, προσανατολίζονται πλέον, διακόπτοντα τὴν ἀτακτικὸν κίνησίν των.

Αὐτομάτως τὰ θετικά ιόντα ἔλκονται ἀπὸ τὸ άρνητικὸν ηλεκτρόδιον καὶ διευθύνονται πρὸς αὐτό. Ἐπειδὴ δὲ τὸ άρνητικὸν ηλεκτρόδιον λέγεται καὶ κάθοδος, τὰ θετικά ιόντα ὀνομάζονται καὶ κατιόντα.



Σχ. 111. Ἐξήγησις τῆς διελεύσεως τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος μέσα ἀπὸ ἔναν ηλεκτρολύτην.

κατόπιν, δσα μόρια ύφιστανται διάστασιν εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου, ἄλλα τόσα μόρια σχηματίζονται ἀπὸ ιόντα τὰ όποια ἐνώνονται ἐκ νέου ἢ, ὅπως λέγωμεν, ἐπανασυνδέονται, εἰς τρόπον ὥστε ὁ ἀριθμὸς τῶν μορίων τὰ όποια εύρισκονται εἰς διάστασιν νὰ παραμένῃ σταθερός. Ὡστε :

“Οταν ἔνα δξύ, μία βάσις ἡ ἔνα ἄλας διαλύνονται εἰς τὸ ίδωρο, ἔνα μέρος τῶν μορίων σωματίδια μὲ ἀντίθετα ηλεκτρικά φορτία,

τὰ θετικά ιόντα ὀνομάζονται καὶ κατιόντα.

‘Αντιθέτως τὰ άρνητικά ιόντα ἔλκονται ἀπὸ τὸ θετικὸν ηλεκτρόδιον, δηλαδὴ ἀπὸ τὴν ἀνοδὸν καὶ δι’ αὐτὸν τὸν λόγον λέγονται καὶ ἀνιόντα (σχ. 111).

Τὰ ιόντα, εἴτε ἀνιόντα είναι αὐτά εἴτε κατιόντα, φθάνουν τέλος εἰς τὰ ηλεκτρόδια καὶ ἐκφορτίζονται. Οὕτως τὸ ἀνιόν τοῦ χλωρίου (Cl^-) φθάνον εἰς τὴν ἀνοδὸν (+) ἀποδίδει τὸ ηλεκτρόνιον τὸ όποιον τοῦ

περισσεύει καὶ μεταπίπτει εἰς οὐδετέραν ἀτομικὴν κατάστασιν :



ὅπου μὲν e^- συμβολίζομεν τὸ ἡλεκτρόνιον.

Ἄκολούθως δύο ἄτομα χλωρίου συνδέονται μεταξύ των καὶ δίδουν ἓνα μόριον ἀερίου χλωρίου (Cl_2), τὸ ὅποιον τοιουτορόπως ἐλευθερώνεται εἰς τὴν ἄνοδον.

Τὰ κατιόντα πάλιν φθάνουν εἰς τὴν κάθοδον (—) καὶ ἀποσποῦν ἀπὸ αὐτὴν τὰ ἡλεκτρόνια, τὰ ὅποια ἔχουν ἀπολέσει, διὰ νὰ περιπέσουν καὶ αὐτὰ εἰς τὴν οὐδετέραν κατάστασιν. Τὸ κατιόν ύδρογόνον, π.χ., H^+ , προσλαμβάνει ἓνα ἡλεκτρόνιον (e^-) καὶ γίνεται οὐδέτερον ἄτομον ύδρογόνου :



Ἄκολούθως συνδέονται δύο ἄτομα ύδρογόνου καὶ σχηματίζουν ἓνα μόριον ἀερίου ύδρογόνου, τὸ ὅποιον κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ἐλευθερώνεται εἰς τὴν κάθοδον.

Πρέπει νὰ τονισθῇ ὅτι τὰ λόντα χλωρίου Cl^- καὶ ύδρογόνου H^+ ἔχουν τελείως διαφορετικάς ιδιότητας ἀπὸ τὰ στοιχεῖα χλωρίου καὶ ύδρογόνον. Δι' αὐτὸν τὸν λόγον δὲν γίνονται ἀντιληπτά ὡς ἀέρια μέσα εἰς τὸ διάλυμα.

Οπως παρατηροῦμεν, μέσα εἰς τὴν μᾶζαν τοῦ ἡλεκτρολυτικοῦ ύγροῦ καὶ εἰς τὸν χῶρον δὲ ὅποιος περιορίζεται ἀπὸ τὰ ἡλεκτρόδια, ἔχομεν κίνησιν θετικῶν καὶ ἀρνητικῶν φορτίων, δηλαδὴ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα. Τὸ ρεῦμα αὐτὸν εἶναι σύνθετον καὶ σχηματίζεται ἀπὸ τὰ θετικὰ κατιόντα, τὰ ὅποια δόδεύουν πρὸς τὴν κάθοδον, καὶ ἀπὸ τὰ ἀρνητικά ἀνιόντα, τὰ ὅποια κινοῦνται πρὸς τὴν ἄνοδον. *Ωστε :*

Εἰς ἕνα ἡλεκτρολυτικὸν διάλυμα, τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἔχει διπλῆν ὑπόστασιν καὶ σχηματίζεται ἀπὸ τὴν ἀντίθετον κίνησιν τῶν ἀνιόντων καὶ τῶν κατιόντων τοῦ ἡλεκτρολύτου.

A N A K E Φ A Λ A I Ω Σ I S

1. Ἡλεκτρόλυσις ὀνομάζεται τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ ὅποιον τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἀποσυνθέτει ὠρισμένα ὄδατικὰ διαλύματα, δταν κυκλοφορή μέσα εἰς τὴν μᾶζαν των.

2. Τὰ σώματα τὰ ὅποια είναι δυνατὸν νὰ ὑποστοῦν ἡλεκτρόλυσιν, ὀνομάζονται ἡλεκτρολύται. Τὰ δέξα, αἱ βάσεις καὶ τὰ ἄλλα, εἰς ύγρὰν μορφὴν ἡ εἰς ὄδατικὰ διαλύματα, ἀποτελοῦν ἡλεκτρολύτας.

3. Ἡ συσκευὴ μέσα εἰς τὴν ὅποιαν πραγματοποιεῖται ἡ ἡλεκτρόλυσις, ὀνομάζεται βολτάμετρον καὶ ἀποτελεῖται, συνήθως, ἀπὸ ἕνα δοχεῖον, μέσα εἰς τὸ ὅποιον εὑρίσκεται ὁ ἡλεκτρολύτης. Εἰς τὴν βάσιν τοῦ δοχείου ύπαρχουν δύο μεταλλικὰ στελέχη, τὰ ὅποια ὀνομάζονται ἡλεκτρόδια, συνδέονται μὲ τὴν ἡλεκτρικὴν

πηγὴν καὶ καλύπτονται μὲ ἀνεστραμμένους ὑαλίνους σωλῆνας.
Ἄλλοτε πάλιν τὰ ἡλεκτρόδια βυθίζονται ἀπὸ τὸ ἄνω μέρος τοῦ
δοχείου μέσα εἰς τὸν ἡλεκτρολύτην.

4. Τὸ θετικὸν ἡλεκτρόδιον λέγεται ἄνοδος καὶ τὸ ἀρνητικὸν
κέθοδος.

5. Οἱ ἡλεκτρολύται διίστανται εἰς ίόντα, δηλαδὴ εἰς φορτι-
σμένα ἡλεκτρικῶς σωματίδια. Τὰ θετικὰ ίόντα λέγονται κατιόντα
καὶ τοιαῦτα εἶναι τὸ ὑδρογόνον καὶ τὰ μέταλλα. Τὰ ἀρνητικὰ
ιόντα ὀνομάζονται ἀνιόντα.

6. Τὰ ίόντα, τὰ όποια ὑπάρχουν εἰς τὸν ἡλεκτρολύτην καὶ
κινοῦνται ἀτάκτως μέσα εἰς τὴν μᾶζαν του, προσανατολίζονται,
εὐθὺς ως συνδεθοῦν τὰ ἡλεκτρόδια μὲ τοὺς πόλους τῆς ἡλεκτρικῆς
πηγῆς συνεχοῦς ρεύματος, καὶ τὰ μὲν ἀνιόντα (ἀρνητικὰ ίόντα)
όδεύουν πρὸς τὴν ἄνοδον (θετικὸς πόλος), τὰ δὲ κατιόντα (θετικὰ
ιόντα) πρὸς τὴν κάθοδον (ἀρνητικὸς πόλος). Οὕτως ἀρχίζει ἡ
ἡλεκτρολύσις.

7. Οἱ ποιοτικοὶ νόμοι τῆς ἡλεκτρολύσεως εἶναι οἱ ἔξης :
α) Τὰ προϊόντα τῆς ἡλεκτρολυτικῆς ἀποσυνθέσεως ἐμφανίζονται
εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῶν ἡλεκτροδίων. β) Οἱ ἡλεκτρολύτης ἀπο-
συντίθεται εἰς δύο μέρη, εἰς τὸ μέταλλον ἢ τὸ ὑδρογόνον, τὰ όποια
ἐλευθερώνονται εἰς τὴν κάθοδον, καὶ εἰς τὸ ὑπόλοιπον τοῦ μορίου,
τὸ όποιον διευθύνεται πρὸς τὴν ἄνοδον.

8. Ἡ διέλευσις τοῦ ἡλεκτρολυτικοῦ ρεύματος μέσα ἀπὸ τὸν
ἡλεκτρολύτην πραγματοποιεῖται χάρις εἰς τὰ ίόντα. Ἐπομένως
τὸ ρεῦμα τὸ όποιον δημιουργεῖται εἰς τὸν χῶρον, μεταξὺ τῶν ἡλε-
κτροδίων, ἔχει διπλῆν ὑπόστασιν καὶ σχηματίζεται ἀπὸ ἀνιόντα
καὶ κατιόντα, τὰ όπεια κινοῦνται ἀντιθέτως.

ΚΓ—ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΙΣ. ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΥΣΑΙ ΧΗΜΙΚΑΙ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ

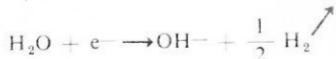
§ 112. Γενικότητες. Κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν ἐνὸς ἡλεκτρολύτου
συμβαίνουν συνήθως καὶ δευτερεύουσαι χημικαὶ ἀντιδράσεις. Εἰς τὴν
πραγματικότητα τὰ προϊόντα τῆς ἀποσυνθέσεως δύνανται, ὑπὸ ώρι-
σμένας συνθήκας, νὰ ἀντιδράσουν χημικῶς, εἴτε μὲ τὸ ὕδωρ τοῦ δια-
λύματος, εἴτε μὲ τὰ ἡλεκτρόδια τοῦ βολταμέτρου.

Διὰ νὰ ἀντιληφθῶμεν τὸν μηχανισμὸν τῶν δευτερευουσῶν ἀντιδράσεων, θὰ θεωρήσωμεν τὰ κατωτέρῳ χαρακτηριστικὰ παραδείγματα ἡλεκτρολύσεως.

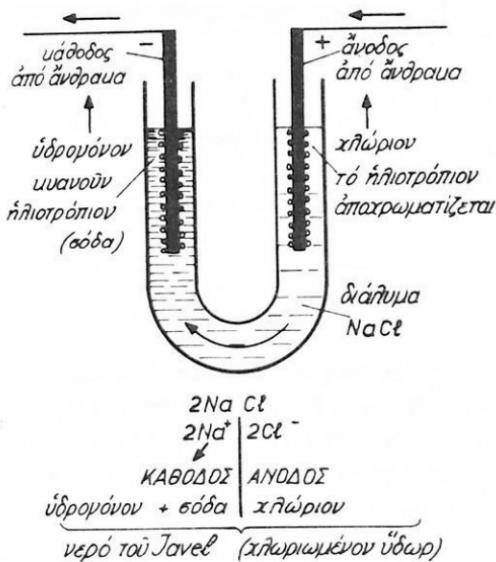
§ 113. I) Ἑλεκτρόλυσις διαλύματος χλωριούχου νατρίου. Πείραμα. Θέτομεν διάλυμα χλωριούχου νατρίου μέσα εἰς ἕνα βολτáμετρον μὲν ἡλεκτρόδια ἀπό ἄνθρακα καὶ προσθέτομεν δλίγον ἐρυθρὸν βάμμα τοῦ ἡλιοτροπίου. Συνδέομεν τὸ βολτáμετρον μὲ μίαν ἡλεκτρικὴν πηγὴν συνεχοῦς ρεύματος καὶ παρατηροῦμεν ὅτι ἐλευθερώνονται ἀέρια εἰς τὰ δύο ἡλεκτρόδια (σχ. 112).

Εἰς τὴν ἄνοδον ἐλευθερώνεται ἀέριον χλώριον, τὸ ὅποῖον ἔχει ἀποπνικτικὴν ὀσμὴν καὶ ἀποχρωματίζει τὸ ἐρυθρὸν βάμμα τοῦ ἡλιοτροπίου. Εἰς τὴν κάθοδον εἰς τὴν ὅποιαν ἐκλύεται ὑδρογόνον, τὸ βάμμα τοῦ ἡλιοτροπίου ἐπανακτᾶ τὸ κυανοῦν του χρῶμα.

Ἐξήγησις τοῦ φαινομένου. Τὸ διάλυμα τοῦ χλωριούχου νατρίου διίσταται εἰς ιόντα Na^+ καὶ Cl^- . Τὰ ιόντα Cl^- ὀδεύουν πρὸς τὴν ἄνοδον, ὅπου ἐκφορτίζονται καὶ σχηματίζουν ἄτομα χλώριου καὶ αὐτά δημιουργοῦν μόρια ἀέριον χλώριον (Cl_2). Τὰ ιόντα Na^+ ὀδεύουν πρὸς τὴν κάθοδον. Ἡ κάθοδος ὅμως ἀποδίδει ἡλεκτρόνια (e⁻) εἰς τὰ γειτονικά της μόρια τοῦ ὑδατος (H_2O), τὰ ὅποια κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον, διίστανται, συμφώνως πρὸς τὴν ἀκόλουθον χημικὴν ἐξίσωσιν:

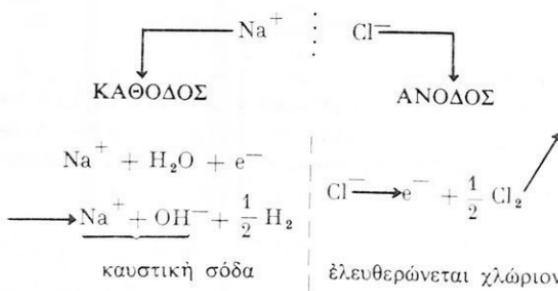


Δηλαδὴ ἔχομεν ἀπελευθέρωσιν ὑδρογόνου. Τὰ ιόντα OH^- ὅμοι μετὰ τῶν ιόντων Na^+ δημιουργοῦν περὶ τὴν κάθοδον διάλυμα καυστικῆς σόδας. Χάρις εἰς τὴν καυστικῆν σόδαν ἐπαναχρωματίζεται κυανοῦν τὸ βάμμα τοῦ ἡλιοτροπίου.

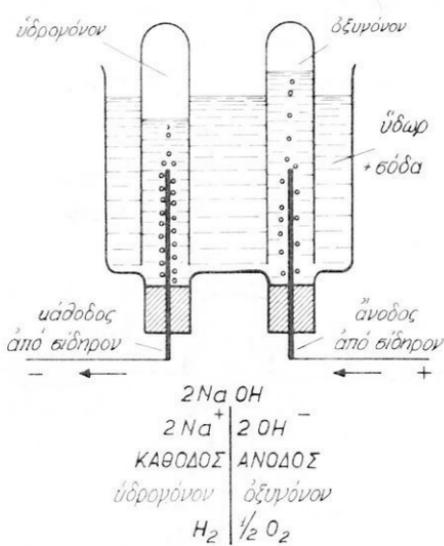


Σχ. 112. Ἑλεκτρόλυσις διαλύματος χλωριούχου νατρίου.

΄Η ήλεκτρόλυσις αὗτη δύναται νὰ παρασταθῇ σχηματικῶς ως ἔξης:



II) Ήλεκτρόλυσις διαλύματος καυστικής σόδας (NaOH). Πείραμα. Θέτομεν υδωρ, εἰς τὸ ὄποιον ἔχομεν προσθέσει δλίγην καυστικὴν σόδαν (NaOH), εἰς τὸ βολτάμετρον τοῦ σχήματος 113, τὰ ἡλεκτρόδια τοῦ ὄποιού εἶναι ἐλάσματα, εἴτε ἀπὸ νικέλιον, εἴτε ἀπὸ λευκόχρυσον (πλατίνα) καὶ περιβάλλονται ἀπὸ ἀνεστραμμένους δοκιμαστικοὺς σωλῆνας.

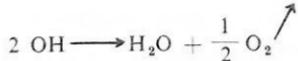


Σχ. 113. Ἡλεκτρόλυσις διαλύματος
καυστικῆς σόδας.

Κλείομεν τὸν διακόπτην
καὶ παρατηροῦμεν ὅτι εἰς
τὴν ἄνοδον συλλέγεται ὀξυ-
γόνον, ἐνῷ εἰς τὴν κάθοδον
ὑδρογόνον. Ἐπίσης διαπι-
στώνομεν ὅτι ὁ ὅγκος τοῦ ὑ-
δρογόνου εἶναι διπλάσιος ἀπὸ
τὸν ὅγκον τοῦ ὀξυγόνου.

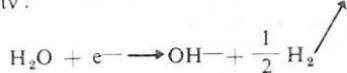
Ἐξήγησις τοῦ φαινομένου.
Ἡ καυστικὴ σόδα (NaOH) εὐ-
ρίσκεται εἰς διάστασιν. Εἰς τὸ διά-
λυμα δηλαδὴ ὑπάρχουν ιόντα
 Na^+ καὶ ιόντα OH^- . Τὰ ιόντα
 OH^- διευθύνονται πρὸς τὴν ἄνο-
δον, ὅπου καὶ ἀποδίδουν τὸ πλεο-
νάζον ἡλεκτρόνιον τῶν καὶ μετα-
πίπτουν εἰς τὴν ἀσταθῆ ρίζαν ὑ-
δροξύλιον, ἡ δόπια δὲν είναι δυ-
νατὸν νὰ ὑπάρξῃ εἰς ἐλευθέραν
κατάστασιν. Δι' αὐτὸν τὰ ὑδροξύλα

άντιδρούν κατόπιν μεταξύ των, συμφώνως πρός τὴν χημικήν ἔξισωσιν :



σχηματίζοντα θόρακα και διζυγόνον, τὸ ὅποῖον ἐκλύεται εἰς τὴν ἄνοδον.

Tὰ ίόντα τοῦ Na^+ , ὅπως και εἰς τὴν ἡλεκτρόλυσιν τοῦ NaCl , ὀδεύουν πρὸς τὴν κάθοδον. Ἡ κάθοδος ἀποδίδει ἡλεκτρόνια (e^-) εἰς τὰ μόρια τοῦ θόρακος και οὕτως ἐλευθερώνεται θέρμανση, ἐνῷ συγχρόνως παράγονται ίόντα θέρμανσης κατὰ τὴν γνωστήν μας ἀντίδρασιν :



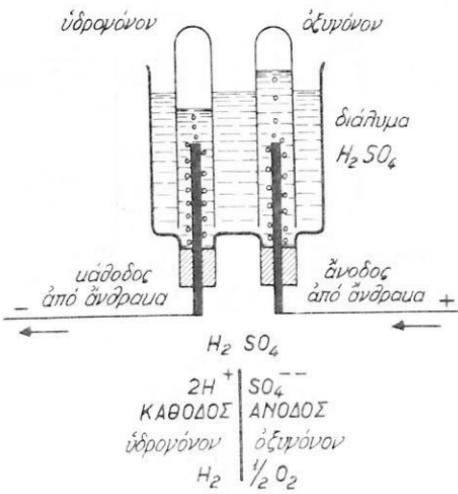
Tὰ ίόντα τοῦ Na^+ και τοῦ OH^- — ἐνώνονται και ἐπανασχηματίζονται τὴν βάσιν τοῦ νατρίου. Ἀντιθέτως τὸ θόρακα ἀποσυντίθεται και ἀποδίδει θέρμανσης και διζυγόνον.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι :

Τὸ φαινόμενον ἔξελισσεται κατὰ τοιούτον τρόπον, ὥστε νὰ δημιουργῆται ἡ ἐντύπωσις ὅτι ἀποσυντίθεται μόνον τὸ θόρακα.

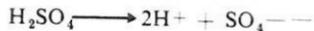
III) ἡλεκτρόλυσις διαλύματος θειϊκοῦ διξέος. Πείραμα. Ἀντικαθιστῶμεν εἰς τὸ βολτάμετρον τοῦ προηγουμένου πειράματος τὸ διάλυμα τῆς καυστικῆς σόδας μὲ ἀραιὸν διάλυμα θειϊκοῦ διξέος (H_2SO_4). Τὰ ἡλεκτρόδια τοῦ βολταμέτρου πρέπει νὰ εἶναι κατεσκευασμένα ἐξ θειϊκοῦ τὸ ὅποῖον νὰ εἴναι ἀπρόσβλητον ἀπὸ τὸ διξέο, π.χ. ἀπὸ ράβδον ἄνθρακος ἢ λευκοχρύσου.

Τὰ προϊόντα τῆς ἡλεκτρολύσεως εἶναι τὰ ίδια μὲ ἑκατέραν τῆς ἡλεκτρολύσεως τοῦ διαλύματος τῆς καυστικῆς σόδας. Δηλαδὴ ἐμφανίζεται θέρμανση, διπλασίου δύκου ἀπὸ τὸ διξέο γόνον τὸ ὅποῖον ἐμφανίζεται εἰς τὴν ἄνοδον (σχ. 114).



Σχ. 114. ἡλεκτρόλυσις διαλύματος θειϊκοῦ διξέος.

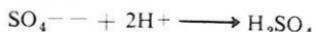
Έξηγησις τοῦ φαινομένου. Τὸ θειϊκὸν δέξιον (H_2SO_4) διίσταται εἰς δύο ιόντα H^+ καὶ εἰς ἕνα λόν SO_4^{2-} — κατὰ τὴν ἔξισωσιν::



Τὸ υδρογόνον (H_2) ἐλευθερώνεται εἰς τὴν κάθοδον. Τὸ λόν SO_4^{2-} — ὀδεύει πρὸς τὴν ἄνοδον καὶ δημιουργεῖ ιονισμὸν τοῦ ὑδατος (προκαλεῖ δηλαδὴ λόντα), συμφώνως πρὸς τὴν ἀκόλουθον χημικὴν ἔξισωσιν:



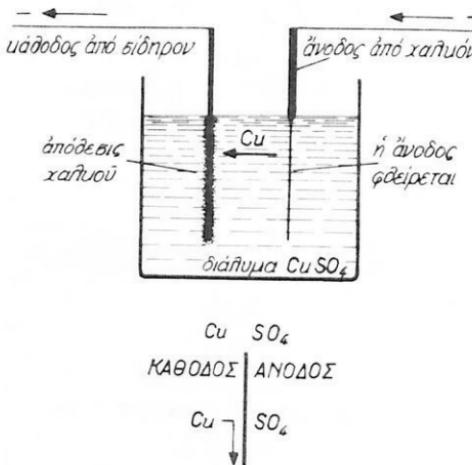
ὅποτε τὰ λόντα SO_4^{2-} καὶ H^+ ἀντιδροῦν καὶ σχηματίζουν θειϊκὸν δέξιον:



Κατ’ αὐτὸν τὸν τρόπον τὸ θειϊκὸν δέξιον ἀναπαράγεται εἰς τὴν ἄνοδον καὶ ἐλευθερώνεται δέξυγόνον, ἐνῷ καταναλίσκεται ὑδωρ. “Οπως καὶ εἰς τὸ προηγούμενον παράδειγμα :

Τὸ φαινόμενον ἔξελισσεται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε νὰ δημιουργῆται ἡ ἐντύπωσις ὅτι ἀποσυντίθεται μόνον τὸ ὑδωρ.

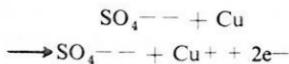
IV) Ἡλεκτρόλυσις θειϊκοῦ χαλκοῦ μὲν ἄνοδον ἀπὸ χαλκὸν.
Πείραμα. Ἡλεκτρολύμεν διάλυμα θειϊκοῦ χαλκοῦ ($CuSO_4$) χρησιμοποιοῦντες ὡς ἄνοδον ἕνα ἔλασμα ἀπὸ χαλκὸν καὶ ὡς κάθοδον ἕνα οίονδήποτε ἀγωγόν, π.χ. μίαν ράβδον ἀπὸ ἄνθρακα.



Σχ. 115. Ἡλεκτρόλυσις θειϊκοῦ χαλκοῦ μὲν ἄνοδον ἀπὸ χαλκόν.

“Οταν κλείσωμεν τὸν διακόπτην δὲν παρατηρεῖται πλέον ἔκλυσις ἀερίου, ἡ χαλκίνη ὅμως ἄνοδος ἀρχίζει νὰ φθείρεται (σχ. 115).

Έξηγησις τοῦ φαινομένου. Ο θειϊκὸς χαλκός διίσταται εἰς ιόντα (Cu^{++} καὶ εἰς λόντα SO_4^{2-}). Τὸ μέταλλον Cu ἀποτίθεται εἰς τὴν κάθοδον. Τὸ λόν SO_4^{2-} — λονίζει τὸν χαλκὸν τῆς ἄνοδου συμφώνως πρὸς τὴν χημικὴν ἀντιδρασιν:



δπότε τὰ ιόντα SO_4^{2-} — καὶ Cu^+ + ἀντιδροῦν καὶ σχηματίζουν θειϊκὸν χαλκόν :



“Οπως παρατηροῦμεν :

Τὸ φαινόμενον ἔξελισσεται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε τελικῶς νὰ πραγματοποιῆται μεταφορὰ χαλκοῦ ἀπὸ τὴν ἄνοδον εἰς τὴν κάθοδον.

Ἡ ἄνοδος φθείρεται βραδέως ὡς ἐὰν διελύετο. Δι' αὐτὸ δονομάζεται συνήθως διαλυμένη ἄνοδος.

Ἀντιθέτως ἡ κάθοδος ἐπικαλύπτεται ἀπὸ ἕνα στρῶμα χαλκοῦ, τὸ πάχος τοῦ ὅποιον αὐξάνεται προσδευτικῶς μὲ τὴν πάροδον τοῦ χρόνου.

Παρατήρησις. Τὰ ἀνώτερα παραδείγματα δεικνύουν τὴν σημασίαν τὴν ὅποιαν ἔχει ἡ φύσις τῶν χρησιμοποιουμένων ἡλεκτροδίων εἰς τὴν πορείαν μιᾶς ἡλεκτρολύσεως.

§ 114. Ἀναγνώρισις τοῦ εἴδους τῶν πόλων μιᾶς πηγῆς συνεχούς ρεύματος. Βυθίζομεν ἔνα τεμάχιον διηθητικοῦ χάρτου εἰς διάλυμα χλωριούχου νατρίου (NaCl), εἰς τὸ ὅποιον ἔχομεν προσθέσει μερικάς σταγόνας φαινολοφθαλεΐνης. Ἀφοῦ τὸ στραγγίσωμεν, τὸ τοποθετοῦμεν εἰς μίαν ὑαλίνην πλάκα καὶ δλισθαίνομεν ἐπ' αὐτοῦ δύο καλώδια ἀπὸ χαλκὸν μὲ ἀπογεγυμνωμένα ἄκρα, συνδεδεμένα εἰς τοὺς ἀκροδέκτας τῆς πηγῆς (σχ. 116). Ρυθμίζομεν δὲ ὥστε ἡ ἀπόστασις μεταξὺ τῶν δύο ἄκρων τοῦ καλωδίου νὰ είναι 2 cm ἥως 3 cm.

Τὸ ἔνα ἀπὸ τὰ δύο ἄκρα χαράσσει, ἐπὶ τοῦ χάρτου, μίαν ἐρυθράν γραμμήν. Ὁ πόλος, δισυνδεδεμένος μὲ αὐτὸ τὸ σύρμα, είναι ὁ ἀρνητικός. Κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν τοῦ χλωριούχου νατρίου, τὸ νάτριον, ἐμφανίζεται εἰς τὴν κάθοδον καὶ ἐρυθραίνει τὴν φαινολοφθαλεΐνην. Τὸ πείραμα ἐπιτυγχάνει ἐπίσης καὶ διά χρησιμο-



Σχ. 116. Ἀναγνώρισις τῶν πόλων. Ὁ ποιῆσεως διαλύματος θειϊκῆς κινίνης. ἀρνητικός πόλος ἐρυθραίνει τὴν φαινολοφθαλεΐνην.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. “Οταν τὰ ιόντα φθάσουν εἰς τὰ ἡλεκτρόδια, προκαλοῦνται, ἀναλόγως πρὸς τὴν φύσιν τῶν ἡλεκτροδίων, δευτερεύουσαι ἀντιδράσεις.

2. Τὸ χλωριούχον νάτριον, διῖσταται εἰς ὑδατικὸν διάλυμα, εἰς ἀνιόντα χλωρίου καὶ κατιόντα νατρίου. Τὰ ἀνιόντα Cl^-

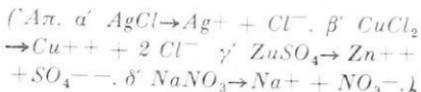
όδεύουν πρὸς τὴν ἄνοδον, ὅταν δὲ αὐτὴ εἶναι ἀπρόσβλητος ἀπὸ τὸ χλώριον, ἐκφορτίζονται, μεταβάλλονται εἰς ἄτομα χλωρίου καὶ αὐτὰ ἐνώνονται ματαξύ τῶν ἀνὰ δύο, σχηματίζοντα μόρια χλωρίου. Οὕτω τελικῶς εἰς τὴν ἄνοδον ἐκλύεται χλώριον. Εἰς τὴν κάθοδον σχηματίζονται καυστικὴ σόδα καὶ ὑδρογόνον.

3. Κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν καυστικῆς σόδας ἡ θειϊκοῦ ὁξέος, εἰς βολτάμετρον μὲ τὴν ἡλεκτρόδια λευκοχρύσου, ὁ διασπώμενος ἡλεκτρολύτης ἀναγεννᾶται. Τὸ φαινόμενον ἔξελίσσεται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε νὰ δημιουργῆται ἡ ἐντύπωσις ὅτι ἀποσύντιθεται μόνον τὸ ὕδωρ.

4. Κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν θειϊκοῦ 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 ἡλεκτρολύσεις τῶν ἀκολούθων διαλυμάτων : a) Διάλυμα χλωριούχου ἀστράγου (AgCl). b) Διάλυμα χλωριούχου χαλκοῦ (CuCl₂). γ) Διάλυμα θειϊκοῦ φενδαγγύδου (ZnSO₄). δ) Διάλυμα νιτρικοῦ νατρίου (NaNO₃).



97. Δύο βολτάμετρα, συνδεδεμένα ἐν σειρᾷ, διαρρέονται ἀπὸ ἡλεκτροικὸν φεῦμα. Τὸ πρῶτον περιέχει διάλυμα θειϊκοῦ χαλκοῦ (CuSO₄) καὶ ἄνοδον ἀπὸ χαλκόν, ἐνῶ τὸ τὸ δεύτερον διάλυμα θειϊκοῦ ὁξέος (H₂SO₄) μὲ ἡλεκτρόδια ἀπὸ λευκόχρυσον. a) Νὰ σχεδιασθῇ τὸ κύκλωμα. β) Νὰ διατυπωθοῦν δὲ ἀντὸ τὸ κύκλωμα οἱ ποιοτικοὶ νόμοι τῆς ἡλεκτρολύσεως.

98. Ἡ παγκόσμιος βιομηχανικὴ παραγωγὴ τοῦ ἀλονυμίουν κατὰ τὸν 20ὸν αἰῶνα μετεβλήθῃ ὡς ἔξῆς : Κατὰ τὰ ἔτη 1900, 1910, 1920, 1930, 1939, 1950, 1956 ἡ ποσότης παραγωγῆς εἰς τόννους ἡτο ἀντιστοίχως : 7 000, 43 000, 125 000, 269 000, 688 000, 1 500 000, 3 374 000. Νὰ παρασταθῇ γραφικῶς ἡ μεταβολὴ τῆς παραγωγῆς. Εἰς τὸν δριζόντιον ἄξονα 1 cm νὰ ἀντιστοιχεῖ πρὸς 10 ἔτη, ἐνῶ εἰς τὸν κατακόρυφον ἄξονα 1 cm νὰ ἀντιστοιχῇ εἰς 500 000 τόννους. Νὰ στρογγυλεύθοιν τὰ ποσά τὰ πλησιέστερα πρὸς τὰ πολλαπλάσια τοῦ 50 000 τόννου.

99. Ἡ παγκόσμιος παραγωγὴ χαλκοῦ κατὰ τὸν 20ὸν αἰῶνα μετεβλήθῃ ὡς ἔξῆς : Κατὰ τὰ ἀκόλουθα ἔτη : 1900, 1910, 1920, 1939, 1940, 1950, 1957 ἡ ποσότης παραγωγῆς εἰς τόννους ἡτο ἀντιστοίχως : 499 000, 888 000, 949 000, 1 577 000,

2 413 000, 2 522 000, 3 462 000. Νὰ παρασταθῆ γραφικῶς ἡ μεταβολὴ τῆς παραγωγῆς. Εἰς τὸν όριζόντιον ἀξονα 1 cm νὰ ἀντιστοιχῇ 10 ἑτη, ἐνῷ εἰς τὸν κατακόντφορ 1 cm νὰ ἀντιστοιχῇ 500 000 τόννους. Νὰ στρογγυλεύθοῦν τὰ ποσά τὰ γειτονικά ποδὶς τὰ πολλαπλάσια τοῦ 50 000 τόννοι.

100. Ἡ ἑτησία παραγωγῆ ἐνὸς ἐργοστασίου παραγωγῆς ἀλουμινίου είναι 65 000 τόννοι. α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ θεωρητική ποσότης τῆς ἀλουμίνας (Al_2O_3) ἡ ὥπολα καταναλίσκεται ἀπό αὐτὸν τὸ ἐργοστάσιον. Δίδοται: Ἀτομικὸν βάρος τοῦ ἀργιλίου 27 καὶ τοῦ ὁξυγόνου 16. (Απ. α' 122 .777 τόννοι).

ΚΛ — ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΙΣ. ΝΟΜΟΙ ΤΟΥ ΦΑΡΑΝΤΑΙΪ. ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ

101. Ο έπειδος τῆς Ηλεκτρολύσεως $M = \frac{1}{\theta \rho \xi \phi}$. $\frac{A}{R} \cdot q$

§ 115. Γενικότητες. Εἰς τὰ προηγούμενα ἔξητάσαμεν ποιότηκώς τὸ φαινόμενον τῆς ἡλεκτρολύσεως. Θὺ μελετήσωμεν τὸ ἴδιον φαινόμενον καὶ ποσοτικῶς μὲ τὴν βοήθειαν τῶν δύο νόμων τῆς ἡλεκτρολύσεως, οἱ ὥποιοι είναι γνωστοὶ μὲ τὸ ὄνομα τοῦ διασήμου Ἀγγλου Φυσικοῦ Φάρανταιϊ (Michael Faraday).

§ 116. Πρῶτος νόμος τοῦ Φάρανταιϊ. Πείραμα. Τοποθετοῦμεν ἐν σειρᾷ μίαν πηγὴν συνεχοῦς ρεύματος, ἔνα συσσωρευτήν, ἔνα διακόπτην καὶ τρία βολτάμετρα μὲ ἡλεκτρόδια ἀπὸ σίδηρον, τὰ ὥποια περιέχουν διάλυμα καυστικοῦ νατρίου ($NaOH$) (σχ. 117).

Κλείομεν τὸν ἀνοικτὸν διακόπτην τὸν κυκλώματος καὶ ἀφήνομεν νὰ διέλθῃ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα δι' ἔνα ώρισμένον διάστημα, ἔστω 15 min, σημειοῦντες ἀνά τρία λεπτὰ τὰς ποσότητας τοῦ ὑδρογόνου, αἱ ὥποιαι ἀπελευθερώνονται. Καταστρώνομεν τοιουτορόπως τὸν ἀκόλουθον πίνακα.



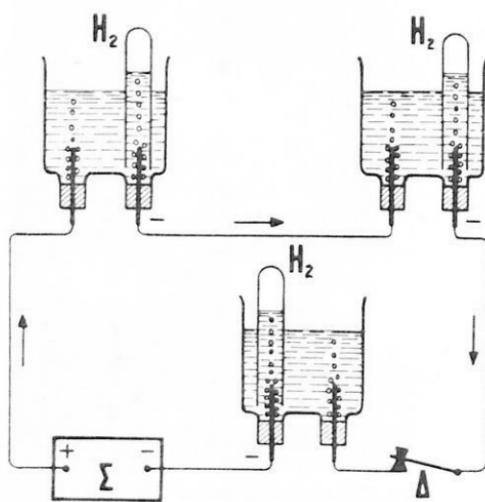
MICHAEL FARADAY (1791 - 1867)
Διάσημος Ἀγγλος Φυσικός καὶ Χημικός, ὀνομαστὸς διὰ τὴν μεγάλην πειραματικήν του ίκανότητα.

Χρόνος διελεύσεως	Όγκος ύδρογόνου είς 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 ἀνωτέρῳ πίνακα διαπιστώνομεν ὅτι : α) Οἱ ὅγκοι τοῦ ύδρογόνου, τὸ ὄποῖον ἀπελευθερώνεται εἰς τὸ ἴδιον χρονικὸν διάστημα εἰς τὰ τρία βολτάμετρα, εἰναι ἵσοι. β) Οἱ ὅγκοι τοῦ ύδρογόνου, τὸ ὄποῖον ἀπελευθερώνεται εἰς ἕκαστον ἀπὸ τὰ βολτάμετρα, εἰναι ἀνά-

λογοι πρὸς τὴν χρονικὴν διάρκειαν τῆς διελεύσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

Απὸ τὰ ἀνωτέρῳ συμπεραίνομεν ὅτι :



Σχ. 117. Οἱ ὅγκοι τοῦ ύδρογόνου, τὸ ὄποῖον ἐλευθερώνεται εἰς τὸν ἴδιον χρόνον καὶ εἰς τὰ τρία βολτάμετρα εἰναι ἵσοι.

I. Ἡ ἡλεκτρολυτικὴ δρᾶσις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, εἰς τὸ ἴδιον ἡλεκτρολυτικὸν διάλυμα, εἰναι ἡ ἴδια εἰς ὅλα τὰ σημεῖα τοῦ κυκλώματος.

II. Ἡ ἡλεκτρολυτικὴ δρᾶσις ἐνὸς ωρισμένου ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, εἰναι ἀνάλογος πρὸς τὴν χρονικὴν διάρκειαν διελεύσεως τοῦ ρεύματος, δηλαδὴ πρὸς τὴν ποσότητα τοῦ ἡλεκτρισμοῦ ἡ ὄποια διῆλθεν ἀπὸ τὸ βολτάμετρον.

Δεύτερος νόμος τοῦ Φάρανταιϋ. Γραμμοϊσοδύναμον ιόντος. Ἡ ἐπαλήθευσις τοῦ δευτέρου νόμου τῆς ἡλεκτρολύσεως προϋποθέτει τὴν ἐκτέλεσιν πολὺ ἀκριβῶν μετρήσεων καὶ τὴν γνῶσιν ὠρισμένων βασικῶν χημικῶν καὶ φυσικῶν ἐννοιῶν, ὅπως εἰναι τὸ ἀτομικὸν βάρος ἐνὸς στοιχείου, τὸ σθένος ἐνὸς ιόντος, τὸ γραμμοάτομον ἐνὸς στοιχείου καὶ τὸ γραμμοϊσοδύναμον ἐνὸς ιόντος.

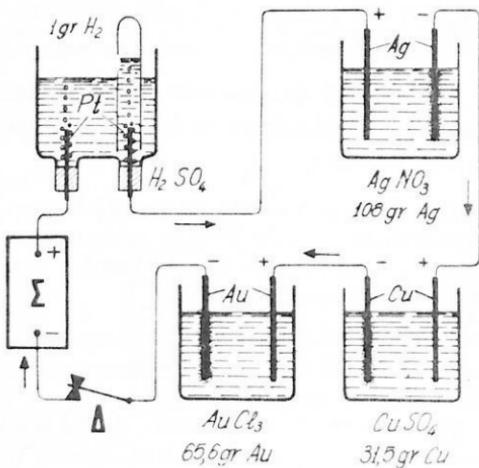
Θὰ περιορισθῶμεν εἰς τὸν δρισμὸν μόνον τοῦ γραμμοϊσοδυνάμου ἐνὸς ιόντος.

Γραμμοϊσοδύναμον ἐνὸς ιόντος ὀνομάζεται ποσότης μάζης τοῦ ιόντος, ἐκπεφρασμένη εἰς γραμμάρια καὶ ἵση ἀριθμητικῶς πρὸς τὸ πηλίκον τοῦ γραμμοατόμου τοῦ στοιχείου πρὸς τὸ σθένος τοῦ ιόντος.

Πείραμα. Συνδέομεν ἐν σειρᾷ τέσσαρα βολταμέτρα, τὰ ὁποῖα περιέχουν διάλυμα θειϊκοῦ δέξιος (H_2SO_4), νιτρικοῦ ἀργύρου ($AgNO_3$), θειϊκοῦ χαλκοῦ ($CuSO_4$) καὶ τρισθενοῦς χλωριούχου χρυσοῦ ($AuCl_3$). Τὰ ἡλεκτρόδια τοῦ πρώτου βολταμέτρου εἰναι ἀπὸ λευκόχρυσον, τοῦ δευτέρου ἀπὸ ἄργυρον, τοῦ τρίτου ἀπὸ χαλκὸν καὶ τοῦ τετάρτου ἀπὸ χρυσόν (σχ. 118).

Ἄφοῦ ζυγίσωμεν τὰ ἡλεκτρόδια τοῦ δευτέρου, τρίτου καὶ τετάρτου βολταμέτρου, κλείομεν τὸν διακόπτην τοῦ κυκλώματος καὶ ἀφήνομεν τὸ ἴδιον ἡλεκτρικὸν ρεῦμα νὰ διέλθῃ ἀπὸ τὰ τέσσαρα βολταμέτρα.

Οπως μᾶς εἰναι 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. Διά τὸν δεύτερον ποσοτικὸν νόμον τῆς ἡλεκτρολύσεως.

τρου στρώμα χαλκοῦ καὶ εἰς τὴν κάθοδον τοῦ τετάρτου βολταμέτρου στρῶμα χρυσοῦ.

Ἄν συνεπᾶς ζυγίσωμεν τὰ τρία τελευταῖα ἡλεκτρόδια, ἀφοῦ ἔχει περατωθῆ πλέον ἡ ἡλεκτρόλυσις, θὰ τὰ εὑρωμεν βαρύτερα. Οὕτω θὰ διαπιστώσωμεν, π.χ., ὅτι διὰ 1 mgr ὑδρογόνου, τὸ ὅποιον ἡλευθερώθη εἰς τὴν κάθοδον τοῦ πρώτου βολταμέτρου, ἐναπετέθησαν:

α) 108 mgr ἄργυρου = 108/1 mgr Ag εἰς τὴν κάθοδον τοῦ δευτέρου βολταμέτρου.

β) 31,5 mgr χαλκοῦ = 63/2 mgr Cu εἰς τὴν κάθοδον τοῦ τρίτου βολταμέτρου, καὶ

γ) 65,7 mgr χρυσοῦ = 197/3 mgr Au εἰς τὴν κάθοδον τοῦ τετάρτου βολταμέτρου.

Ἐπειδὴ ὅμως ὁ ἄργυρος εἶναι μονοσθενής καὶ ἔχει ἀτομικὸν βάρος 108, ὁ χαλκὸς δισθενής καὶ ἔχει ἀτομικὸν βάρος 63 καὶ ὁ χρυσὸς τρισθενής μὲν ἀτομικὸν βάρος 197, συμπεραίνομεν ὅτι τὰ πηλίκα:

$$\frac{108}{1} \text{ gr Ag}, \quad \frac{63}{2} \text{ gr Cu}, \quad \frac{197}{3} \text{ gr Au}$$

ἐκφράζουν τὰ γραμμοῖσοδύναμα τῶν μετάλλων ἄργυρου, χαλκοῦ καὶ χρυσοῦ. Πολλαπλασιάζοντες λοιπὸν ἐπὶ 1 000 τὰ ἀριθμητικὰ ἀποτέλεσματα τοῦ πειράματος, καταλήγομεν εἰς τὸ ἀκόλουθον συμπέρασμα, τὸ ὅποιον ἐκφράζει τὸν δεύτερον νόμον τοῦ Φάρανταιν. :

Ἡ ποσότης ἡλεκτρισμοῦ, ἡ ὅποια ἀπελευθερώνει ἔνα γραμμάριον ὑδρογόνου, ἀπελευθερώνει ἐπίσης ἔνα γραμμοῖσοδύναμον ιόντος οίουδήποτε μετάλλου. ~~Χ~~

§ 117. Ἐφαρμογαὶ τῆς ἡλεκτρολύσεως. Ἡ ἡλεκτρόλυσις εὑρίσκει πολλὰς καὶ διαφόρους ἐφαρμογὰς εἰς ὡρισμένους τομεῖς τῆς Τεχνικῆς καὶ τῆς Βιομηχανίας, διποτεράς εἰναι ἡ ἐπιμετάλλωσις, ἡ γαλβανοπλαστική, ἡ ἡλεκτρομεταλλουργία, ἡ ἡλεκτροχημεία κ.λ.

α) ἐπιμετάλλωσις. Οὕτως δονομάζεται ἡ μέθοδος μὲ τὴν ὅποιαν περικαλύπτομεν ἡλεκτρολυτικῶς μεταλλικὰς ἐπιφανείας μὲ ἄλλα μέταλλα, διποτεράς π.χ. μὲ χαλκόν, ἄργυρον, χρυσόν, κ.λ.

Ἄν πρόκειται δι' ἐπιχάλκωσιν, ὡς ἡλεκτρολυτικὸν ὑγρὸν χρησιμοποιοῦμεν ὑδατικὸν διάλυμα θεικοῦ χαλκοῦ, ὡς κάθοδος τὸ ἀντικείμενον, τὸ διποτοῖον θά ἐπιχαλκώσωμεν, καὶ ὡς ἀνοδὸν μίαν χαλκίνην πλάκα. "Οπως γνωρίζομεν, εἰς τὴν περιπτωσιν αὐτὴν μεταφέρεται χαλκὸς ἀπὸ τὴν ἀνοδὸν εἰς τὴν κάθοδον καὶ ἐπικάθηται κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον εἰς τὸ ἀντικείμενον, τὸ διποτοῖον θέλομεν νά ἐπιχαλκώσωμεν.

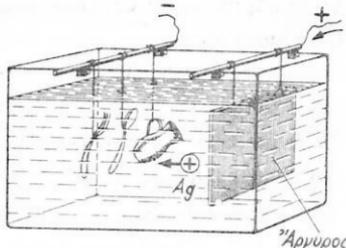
Εις τὴν ἐπαργύρωσιν ὡς ἡλεκτρολυτικὸν ὑγρὸν χρησιμοποιοῦμεν διάλυμα νιτρικοῦ ἀργύρου, ὃς κάθοδον τὸ ἀντικείμενον τὸ ὄποιον πρόκειται νὰ ἐπαργυρωθῇ καὶ ὡς ἄνοδον πλάκα ἀπὸ ἀργυροῦ. "Οταν κλείσωμεν τὸ κύκλωμα, δημιουργεῖται μεταφορά ἀργύρου ἀπὸ τὴν ἄνοδον εἰς τὴν κάθοδον καὶ τοιουτορέπως ἐπαργυρώνεται τὸ ἀντικείμενον (σχ. 119).

Γενικῶς εἰς τὴν ἐπιμετάλλωσιν, χρησιμοποιοῦμεν ὡς ἡλεκτρολυτικὸν ὑγρὸν διάλυμα καταλλήλου ἀλατος τοῦ μετάλλου μὲ τὸ ὄποιον θέλωμεν νὰ ἐπικαλύψωμεν τυχὸν ἀντικείμενον, ἔστω μὲ ἄλας χρωμίου ἢν πρόκειται νὰ ἐκτελέσωμεν ἐπιχρωμίσιν, ὡς κάθοδον τὸ ἀντικείμενον καὶ ὡς ἄνοδον πλάκα καθαροῦ μετάλλου (δηλαδὴ πλάκα χρωμίου).

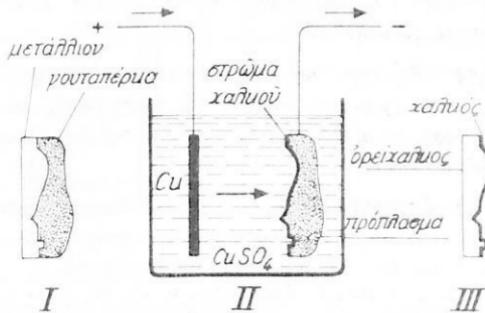
Ἡ ἐπιμετάλλωσις χρησιμοποιεῖται εἰς τὴν κοσμηματοποίην (ἐπαργύρωσις, ἐπιχρώσισις), διπος ἐπίσης εἰς τὴν Τεχνικὴν καὶ εἰς τὴν Βιομηχανίαν, διὰ τὴν προστασίαν ὡρισμένων μεταλλικῶν ἀντικειμένων ἀπὸ τὴν δξειδωσιν ἢ διὰ νὰ προσδώσωμεν εἰς αὐτὰ μίαν μόνιμον στιλπνότητα.

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 ὅποιων ἡ ἐπιφάνεια παρουσιάζει μίαν ἀνάγλυφον μορφήν, ἢ ὁποία πρέπει νὰ ἀποδοθῇ μὲ πιστότητα.

Εἰς τὴν γαλβανοπλαστικὴν ἐργαζόμεθα ὡς ἔξῆς. Θερμαίνομεν γουταπέρκαν, ἢ ὁποία γίνεται τότε εὐπλαστος καὶ λαμβάνομεν τὸ ἀρνητικὸν ἀπότυπωμα τῆς δψεως τοῦ ἀντικειμένου, ἔστω ἐνὸς μεταλλίου (σχ. 120, I). Ἀφήνομεν κατόπιν τὴν γουταπέρκαν νὰ ψυχθῇ καὶ νὰ ἐπαναποκτησῃ τὴν σκληρότητά της, τὴν περικαλύπτομεν μὲ λεπτὸν στρῶμα γραφίτου, διὰ νὰ τὴν καταστήσωμεν ἀγώμιμον εἰς τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, καὶ τὴν χρησιμοποιοῦμεν ὡς κάθοδον εἰς διάλυμα θειϊκοῦ χαλκοῦ, εἰς τὸ



Σχ. 119. Διάταξις ἐπιμετάλλωσεως. Τὴν κάθοδον ἀποτελοῦν τὰ πρὸς ἐπιμετάλλωσιν ἀντικείμενα.

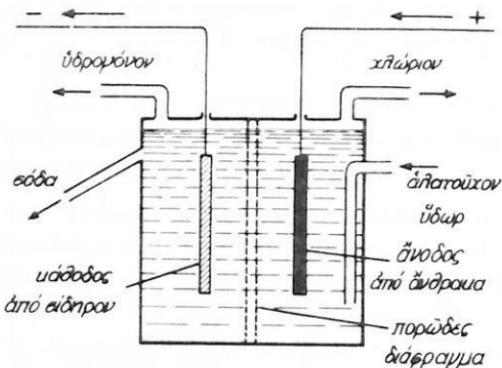


Σχ. 120. Γαλβανοπλαστική. (I) Ἐκμαγεῖον τοῦ ἀντικειμένου. (II) Ἐπιχάλκωσις. (III) Ἀντίγραφον.

όποιον ώς άνοδον τοποθετούμεν πλάκα άπό καθαρὸν χαλκόν. Κατόπιν άφήνομεν νά διέλθῃ ήλεκτρικόν ρεῦμα δ' ἔνα ἀρκετὸν χρονικὸν διάστημα, όπότε ἐναποτίθεται ἔνα στρῶμα χαλκοῦ, ἀρκετοῦ πάχους, εἰς τὸ ἀρνητικὸν ἀποτύπωμα τοῦ μεταλλίου (σχ. 120 II). Ἀκολούθως διακόπτομεν τὸ ρεῦμα καὶ βυθίζομεν τὸ ἐπιχαλκωμένον ἀποτύπωμα εἰς θερμὸν ὕδωρ, όπότε τήκεται ἡ γουταπέρκα καὶ ἀποχωρίζεται ἀπὸ αὐτῆν τὸ στρῶμα τοῦ χαλκοῦ, ἐπὶ τοῦ δποίου εἶναι ἀποτυπωμένη ἡ θετικὴ δψις τοῦ μεταλλίου, ἡ δποία ἀποτελεῖ τοιουτοτρόπως πιστὸν ἀντίγραφον (σχ. 120, III).

γ) Ἡλεκτρομεταλλουργία. Διάφορα μέταλλα παρασκευάζονται ἡλεκτρολυτικῶς ἀπὸ τὰ ἀλατά των, τὰ ὁξείδιά των, ἢ τὰ ὑδροξείδιά των. Μὲ τὴν μέθοδον αὐτὴν κατορθώνομεν νά παρασκευάσωμεν μέταλλα εἰς μεγάλον βαθμὸν καθαρότητος. Οὕτω παρασκευάζομεν ἀργίλιον (ἀλουμίνιον) μὲ βαθμὸν καθαρότητος 99 μέχρις 99,8% ἀπὸ ἀλουμίνιαν (ὁξείδιον τοῦ ἀργίλιου Al_2O_3), νάτριον ἀπὸ καυστικὴν σόδαν (ὑδροξείδιον τοῦ νατρίου NaOH), μαγνήσιον ἀπὸ χλωριούχον μαγνήσιον (MgCl_2), ψευδάργυρον ἀπὸ θειϊκὸν ψευδάργυρον (ZnSO_4), κλπ.

δ) Ἡλεκτροχημεία. Πολυάριθμα σώματα παρασκευάζονται βιομηχανικῶς μὲ ἡλεκτρολυτικὴν μέθοδον. Οὕτως ἡλεκτρολύοντες διάλυμα καυστικῆς σόδας και χρησιμοποιοῦντες ἡλεκτρόδια ἀπὸ σίδηρον, παρασκευάζομεν ὑδρογόνον και δξυγόνον.



Σχ. 121. Βιομηχανικὴ παρασκευὴ τῆς σόδας.

εἰς ἐπαφὴν τὸ διαλελυμένον χλώριον καὶ τὴν σόδαν, λαμβάνομεν τὸ λεγόμενον ὕδωρ τοῦ Ζαβέλ (eau de Javel).

1. Οι ποσοτικοὶ νόμοι τῆς ἡλεκτρολύσεως εἶναι γνωστοὶ συνήθως ὡς νόμοι τοῦ Φάρανταιϋ.

2. Ὁ πρῶτος νόμος τῆς ἡλεκτρολύσεως ἐκφράζει ὅτι : Ἡ ἡλεκτρολυτικὴ δρᾶσις ἐνὸς ἡλεκτρικοῦ ρεύματος εἶναι ἡ ίδια εἰς ὅλα τὰ σημεῖα τοῦ κυκλώματος καὶ ἀνάλογος πρὸς τὴν ποσότητα τοῦ ἡλεκτρισμοῦ ἡ ὁποίᾳ διαρρέει τὸ βολτάμετρον.

3. Ὁ δεύτερος νόμος τῆς ἡλεκτρολύσεως ἐκφράζει ὅτι : "Οταν ἔνα ώρισμένον ἡλεκτρικὸν ρεῦμα διαρρέει διαφορετικοὺς ἡλεκτρολύτας, ἡ μᾶζα τοῦ μετάλλου ἡ τοῦ ὑδρογόνου, τὰ ὅποια ἐλευθερώνονται εἰς τὴν κάθοδον ἐκάστου βολταμέτρου, εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ γραμμοῖσοδύναμον τοῦ ἴοντος τοῦ μετάλλου.

4. Ἡ ἡλεκτρόλυσις εύρισκει πολλὰς καὶ ποικίλλας ἐφαρμογάς, ὥστα εἶναι ἡ ἐπιμετάλλωσις, ἡ γαλβανοπλαστική, ἡ ἡλεκτρομετάλλουργία καὶ ἡ ἡλεκτροχημεία.

5. Ἡ ἐπιμετάλλωσις χρησιμοποιεῖται εἰς τὴν κοσμηματοποίην καὶ χρυσοχοῖην διὰ τὴν ἐπικάλυψιν διαφόρων κοσμημάτων μὲ στρῶμα χρυσοῦ (ἐπιχρύσωσις) ἢ ὀργύρου (ἐπαργύρωσις) καὶ εἰς τὴν Τεχνικὴν διὰ τὴν προφύλαξιν ώρισμένων μετάλλων ἀπὸ τὴν δξείδωσιν. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἐκτελοῦμεν ἐπιμετάλλωσιν μὲ ἀνοξείδωτα μέταλλα, ὥστα εἶναι τὸ νικέλιον καὶ τὸ χρώμιον. Εἰς τὴν ἐπιμετάλλωσιν ἡλεκτρολύμεν ἔνα ἄλας τοῦ μετάλλου, μὲ τὸ ὁποῖον πρόκειται νὰ ἐπικαλύψωμεν ἔνα ἀντικείμενον, χρησιμοποιοῦντες τὸ ἀντικείμενον ὡς κάθοδον, ἐνῷ 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 ἡλεκτρομετάλλουργίαν παρασκευάζομεν μέταλλα, μὲ πολὺ μεγάλον βαθμὸν καθαρότητος, ἡλεκτρολύοντες ἄλατα, δξείδια ἡ ὑδροξείδια τῶν μετάλλων.

8. Εἰς τὴν ἡλεκτροχημείαν παρασκευάζομεν πολυάριθμα σώματα βιομηχανικῶς μὲ ἡλεκτρολυτικὴν μέθοδον, ὥστα ὑδρογόνον, δξυγόνον, χλώριον, καυστικὴν σόδαν κλπ.

ΚΕ'—ΠΟΣΟΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ. ΜΟΝΑΣ ΚΟΥΛΟΜΠ.
ΕΝΤΑΣΙΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ.
ΜΟΝΑΣ ΑΜΠΕΡ.

§ 118. Ποσότης ηλεκτρισμού. Πείραμα. Συνδέομεν ἐν σειρᾷ τρία διαφορετικὰ βολτάμετρα, τὰ ὅποια περιέχουν ἀραιὸν ὑδατικὸν διάλυμα θειϊκοῦ ὁξέος (H_2SO_4) καὶ ἔχουν ηλεκτρόδια ἀπρόσβλητα ἀπὸ τὸ δέξιν (π.χ. ἀπὸ λευκόχρυσον) (σχ. 122).

Τὰ βολτάμετρα διαφέρουν πολὺ εἰς τὰς διαστάσεις καὶ εἰς τὴν μορφήν, τόσον τῶν δοχείων ὅσον καὶ τῶν ηλεκτροδίων, καθὼς καὶ εἰς τὰς ἀποστάσεις μεταξὺ τῶν ηλεκτροδίων. Ἡ ποσότης ἐπίσης τοῦ δέξυνισμένου ὑδατοῦ δὲν εἶναι ἡ ἴδια καὶ εἰς τὰ τρία βολτάμετρα.

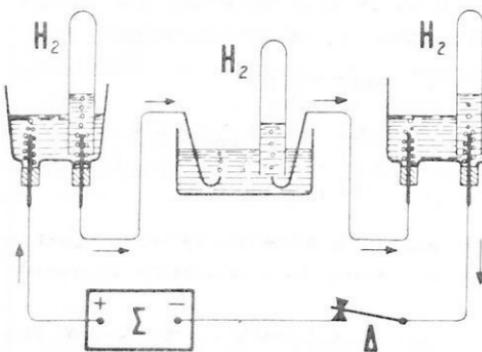
Καλύπτομεν τὰς καθόδους τῶν βολταμέτρων μὲ δύγκομετρικοὺς σωλῆνας καὶ κλείσομεν τὸ κύκλωμα. Καθὼς γνωρίζομεν ἀπελευθερώνεται ὑδρογόνον, τὸ ὅποιον συλλέγεται εἰς τοὺς ἀνεστραμμένους δύγκομετρικοὺς σωλῆνας.

Μετὰ ἀπὸ μικρὸν χρονικὸν διάστημα διακόπτομεν τὸ κύκλωμα, ὅποτε παρατηροῦμεν ὅτι οἱ δύκοι τοῦ ὑδρογόνου, οἱ ὅποιοι ἀπελευθερώθησαν εἰς ἔκαστον βολτάμετρον, εἶναι ἴσοι.

Ἐὰν πραγματοποιήσωμεν ἕνα ἀνάλογον μὲ τὸ ἀνώτερῳ πείραμα,

χρησιμοποιήσωμεν ως ἡλεκτρολύτην νιτρικὸν ἄργυρον ($AgNO_3$) καὶ μὲ τελείως διαφορετικὰ βολτάμετρα, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι αἱ ποσότητες τοῦ ἄργυρου, αἱ ὅποιαι ἀποτίθενται εἰς τὰς καθόδους καὶ τῶν τριῶν βολταμέτρων εἶναι καὶ πάλιν ἴσαι.

Ἐπίσης ἐὰν χρησιμοποιήσωμεν βολτάμετρα μὲ ἡλεκτρολύτην θειϊκὸν χαλκὸν ($CuSO_4$), θὰ διαπιστώσωμεν ὅτι αἱ μᾶζαι τοῦ χαλκοῦ, αἱ ὅποιαι ἀπο-



Σχ. 122. Οἱ δύκοι τοῦ ὑδρογόνου, οἱ ὅποιοι ἐλευθερώνονται ἀπὸ τὰ τρία βολτάμετρα εἶναι ἴσοι.

τίθενται εἰς τὰς καθόδους εἶναι καὶ πάλιν ἵσαι μεταξύ των.

§ 119. Έξήγησις τοῦ φαινομένου. Ἐννοια τῆς ποσότητος τοῦ ἡλεκτρισμοῦ. Εἰς τὰ τρία βολτάμετρα τοῦ προηγουμένου πειράματος ἡ ἀπελευθερώσις τοῦ ὑδρογόνου διφείλεται εἰς τὴν διέλευσιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

Ἐφ' ὅσον οἱ δύκοι τοῦ ὑδρογόνου, τὸ ὄποῖον συλλέγεται εἰς τοὺς δύκομετρικοὺς σωλῆνας, ἡ αἱ μᾶζαι τῶν μετάλλων, αἱ ὄποιαι ἀποτίθενται εἰς τὴν κάθοδον εἶναι ἵσα, εἶναι λογικὸν νὰ ὑποθέσωμεν διτὶ αὐτὸ συμβαίνει διότι τὰ βολτάμετρα διαρρέονται, ἀπὸ τὴν ιδίαν ποσότητα ἡλεκτρισμοῦ. Δηλαδὴ ἡ ποσότης ἡλεκτρισμοῦ εἶναι ἐκείνη ἡ ὄποια καθορίζει τὸν δύκον τοῦ ὑδρογόνου, ὁ ὄποιος ἀπελευθερώνεται, ἡ τὴν μᾶζαν τοῦ μετάλλου ἥτις ἀποτίθεται εἰς τὴν κάθοδον.

Δι' αὐτὸ λέγομεν ὅτι :

Ἡ ποσότης τοῦ ἡλεκτρισμοῦ, ἡ ὄποια μεταφέρεται ἀπὸ τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸν δύκον τοῦ ὑδρογόνου, τὸ ὄποῖον ἀπελευθερώνεται, ἡ πρὸς τὴν μᾶζαν τοῦ μετάλλου, τὸ ὄποῖον ἀποτίθεται εἰς τὴν κάθοδον.

Δηλαδὴ ὅταν ὁ δύκος τοῦ ὑδρογόνου ἡ ἡ μᾶζα τοῦ μετάλλου εἶναι διπλασία, τριπλασία, τετραπλασία, κλπ. αὐτὸ σημαίνει διτὶ ἡ ποσότης τοῦ ἡλεκτρισμοῦ, ἡ ὄποια διῆλθεν ἀπὸ τὸ βολτάμετρον, εἶναι δύο, τρεῖς, τέσσαρας φοράς μεγαλυτέρα, κλπ.

Μονάδες τῆς ποσότητος τοῦ ἡλεκτρισμοῦ. Ὡς μονὰς διὰ τὴν μέτρησιν τῆς ποσότητος τοῦ ἡλεκτρισμοῦ χρησιμοποιεῖται τό :

1 Κουλόμπ (1 Coulomb, 1Cb)

Τὸ 1 Κουλόμπ (1 Cb) εἶναι ἡ ποσότης τοῦ ἡλεκτρισμοῦ, ἡ ὄποια, ὅταν διέλθῃ μέσα ἀπὸ ἕνα βολτάμετρον μὲν νιτρικὸν ἄργυρον (AgNO_3), ἀποθέτει εἰς τὴν κάθοδον ποσότητα 1,118 mgr ἄργυρον.

Ἀριθμητικὴ ἔφαρμογή. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ποσότης τοῦ ἡλεκτρισμοῦ, ἡ ὄποια ἀποθέτει 0,274 gr ἄργυρου εἰς τὴν κάθοδον ἐνός 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 ἡλεκτρισμοῦ ἴσην πρὸς :

$$\frac{274}{1,118} \text{ Cb} = 245 \text{ Cb}$$

§ 120. Ἐντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Πολλάς φοράς χρειάζεται νὰ γνωρίζωμεν τὴν παροχὴν μιᾶς σωληνώσεως εἰς τὸ δίκτυον ὑδρεύσεως ἢ εἰς τὸ δίκτυον τοῦ φωταερίου. Ἐνδιαφέρει δηλαδὴ νὰ γνωρίζωμεν πόσα κυβικά μέτρα ὕδατος ἢ ἀερίου διέρχονται ἀπὸ μίαν τυχαίαν διατομὴν τοῦ δικτύου εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου.

Ἀναλόγως πρὸς τὰ ἀνωτέρω τὴν ἡλεκτρικὴν παροχὴν ἐνὸς ἀγωγοῦ ὃ ὅποιος διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, δνομάζομεν ἘΝΤΑΣΙΝ τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος καὶ τὴν συμβολίζομεν μὲ i.

Ἡ ἘΝΤΑΣΙΣ ἐν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον διαρρέει ἐνα ἀγωγόν, εἶναι ἡ ίδια εἰς ὅλα τὰ σημεῖα ἐνὸς ἀπλοῦ κλειστοῦ κυκλώματος.

Μονάς ἐντάσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἡ μονάς ἐντάσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος εἶναι τὸ 1 Ἀμπέρ (Ampère) καὶ συμβολίζεται μὲ 1 A ἢ 1 Amp.

Τὸ 1 Ἀμπέρ (1 A, 1 Amp) εἶναι ἵσον μὲ τὴν ἘΝΤΑΣΙΝ τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον ἐντὸς ἐνὸς δευτερολέπτου ἀποθέτει εἰς τὴν κάθοδον ἐνὸς βολταμέτρου μὲ νιτρικὸν ἄργυρον, μᾶζαν 1,118 mgr ἀργύρου.

Ἄπὸ τὸν ἀριθμὸ τῆς μονάδος Ἀμπέρ παρατηροῦμεν ὅτι τὸ 1 Ἀμπέρ δύναται νὰ θεωρηθῇ ώς ἡ ἘΝΤΑΣΙΣ τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον μεταφέρει ἐντὸς ἐνὸς δευτερολέπτου ποσότητα ἡλεκτρισμοῦ ἵσην πρὸς 1 Κουλόμπ.

Ὑποπολλαπλάσιον τῆς μονάδος Ἀμπέρ εἶναι τὸ 1 μιλιαμπέρ (1 milliampère), τὸ ὅποιον συμβολίζεται μὲ 1 mA καὶ τὸ 1 μικροαμπέρ (1 microampère), τὸ ὅποιον συμβολίζεται μὲ 1 μΑ. Εἶναι δέ :

$$1 \text{ mA} = \frac{1}{1.000} \text{ A} = 10^{-3} \text{ A}$$

$$1 \text{ } \mu\text{A} = \frac{1}{1.000.000} \text{ A} = 10^{-6} \text{ A}$$

§ 121. Σχέσις μεταξὺ ποσότητος ἡλεκτρισμοῦ καὶ ἐντάσεως ρεύματος. Ἐφ' ὅσον ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 1 Ἀμπέρ μεταφέρει ἐντὸς δευτερολέπτου ποσότητα ἡλεκτρισμοῦ ἵσην πρὸς 1 Κουλόμπ, ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 1 Ἀμπέρ θὰ μεταφέρῃ ἐντὸς χρόνου 1 δευτερολέπτων ποσότητα ἡλεκτρισμοῦ q Κουλόμπ, ἡ ὅποια θὰ εἶναι ἵση πρὸς :

$$q = i \cdot t$$

Άριθμητικὸν παράδειγμα. Πόσον ἡλεκτρικὸν φορτίον μεταφέρει ἐντὸς χρόνου 2 min ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 5 A.

Λύσις. Ἀπὸ τὴν σχέσιν $q = i \cdot t$, ἀντικαθιστῶντες τὰ σύμβολα μὲ τὰς τιμάς των, δηλαδὴ $i = 5\text{A}$, $t = 2 \text{ min} = 2 \cdot 60 \text{ sec} = 120 \text{ sec}$, λαμβάνομεν :

$$q = 5 \cdot 120 \text{ Cb} = 600 \text{ Cb.}$$

§ 122. Σύστημα μονάδων M.K.S.A. Ἐὰν εἰς τὰς θεμελιώδεις μονάδας τοῦ συστήματος M.K.S. προσθέσωμεν ὡς θεμελιώδη μονάδα καὶ τὸ Ἀμπέρ, δημιουργεῖται ἔνα γενικώτερον σύστημα μονάδων, τὸ ὅποιον περιλαμβάνει καὶ τὰς μονάδας τὰς ὁποίας χρησιμοποιοῦμεν εἰς τὸν Ἡλεκτρισμὸν καὶ δονομάζεται **Σύστημα M.K.S.A.** ἢ **Σύστημα Τζιόρτζι (Giorgi).**

Τὸ σύστημα αὐτὸ τῶν μονάδων βασίζεται εἰς τὰς τέσσαρας θεμελιώδεις μονάδας : μέτρον, χιλιόγραμμον, δευτερόλεπτον καὶ Ἀμπέρ.

§ 123. Ποσότης ἡλεκτρισμοῦ ἀπαραίτητος διὰ τὴν ἀπελευθέρωσιν ἐνὸς γραμμοῖσοδυνάμου οίουδήποτε μετάλλου. Ἀπὸτὸν ὄρισμὸν τῆς μονάδος διὰ τὴν ποσότητα τοῦ ἡλεκτρισμοῦ, γνωρίζομεν ὅτι 1 Cb ἐλευθερώνει $1,118 \text{ mgr}$ ($0,001\ 118 \text{ gr}$) ἀργύρου εἰς μίαν ἡλεκτρόλυσιν διαλύματος νιτρικοῦ ἀργύρου (AgNO_3).

Ἐπομένως διὰ νὰ ἀπελευθερωθῇ ἔνα γραμμοῖσοδύναμον ἀργύρου, δηλαδὴ μᾶζα 108 gr τοῦ μετάλλου, πρέπει νὰ διέλθῃ ποσότης ἡλεκτρισμοῦ ἵση πρός :

$$q = \frac{108}{0,001\ 118} \text{ Cb} = 96\ 500 \text{ Cb}$$

Αὐτὴ ἡ ἴδια ποσοτιξ ἡλεκτρισμοῦ ἀπελευθερώνει ἐπίσης $64/2 \text{ gr} = 32 \text{ gr}$ χαλκοῦ, $197/3 \text{ gr} = 65,6 \text{ gr}$ χρυσοῦ ἢ 1 gr ὑδρογόνου, δηλαδὴ ποσότητας ἵσας πρὸς ἔνα γραμμοῖσοδύναμον τῶν ἀντιστοίχων μετάλλων ἢ ἔνα γραμμάριον ὑδρογόνου. "Ωστε :

Ποσότης ἡλεκτρισμοῦ ἵση πρὸς $96\ 500 \text{ Cb}$ ἀπελευθερώνει εἰς τὴν κάθοδον, κατὰ τὴν διάρκειαν μιᾶς ἡλεκτρολύσεως, μᾶζαν ἵσην πρὸς ἔνα γραμμοῖσοδύναμον οίουδήποτε μετάλλου ἢ ἔνα γραμμάριον ὑδρογόνου.

§ 124. Γενίκευσις. Τύπος τοῦ Φάρανταιϋ. Ὅποθέτομεν ὅτι ἡλεκτρι-

κὸν ρεῦμα ἐντάσεως ι 'Αμπέρ διαρρέει, ἐπὶ χρονικὸν διάστημα t sec, ἔνα βολτάμετρον. Θὰ ὑπολογίσωμεν τὴν μᾶζαν m, εἰς γραμμάρια, τοῦ μετάλλου τὸ ὅποῖον ἀποτίθεται εἰς τὴν κάθοδον, γνωρίζοντες τὸ ἀτομικὸν βάρος A τοῦ μετάλλου καὶ τὸ σθένος n τοῦ iόντος του.

Γνωρίζομεν δτι ποσότης ἡλεκτρισμοῦ ἵση πρὸς 96 500 Cb ἀπελευθερώνει εἰς τὴν κάθοδον ἐνὸς βολταμέτρου ἔνα γραμοϊσοδύναμον τοῦ μετάλλου, δηλαδὴ μᾶζαν ἵσην πρὸς A) n γραμμάρια.

Ἐπομένως 1 Cb ἀπελευθερώνει μᾶζαν ἵσην πρὸς :

$$\frac{1}{96\,500} \cdot \frac{A}{n} \text{ gr}$$

καὶ συνεπῶς ποσότης ἡλεκτρισμοῦ q Cb θὰ ἀποθέσῃ μᾶζαν m τοῦ μετάλλου ἵσην πρὸς :

$$m = \frac{1}{96\,500} \cdot \frac{A}{n} \cdot q$$

Ἐπειδή ὅμως ἴσχύει ἡ σχέσις q = i.t, ὁ ἀνωτέρῳ τύπος γράφεται καὶ ως ἔξῆς :

$$m = \frac{1}{96\,500} \cdot \frac{A}{n} \cdot i \cdot t$$

§ 125. Ἀμπερώρα. Ἄλλη μονὰς ποσότητος ἡλεκτρισμοῦ. Τὸ Κουλόμπ εἶναι μία πολὺ μικρὰ μονὰς καὶ δ' αὐτὸν τὸν λόγον εἰς τὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς προτιμῶμεν νὰ χρησιμοποιῶμεν ως μονάδα ποσότητος ἡλεκτρισμοῦ τὴν 1 ἀμπερόμετρον (1 Ah).

Ἡ ἀμπερώρα (1 Ah) εἶναι ἵση μὲ τὴν ποσότητα τοῦ ἡλεκτρισμοῦ, ἡ ὁποία μεταφέρεται ἐντὸς μιᾶς ὥρας ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ἐντάσεως ἐνὸς Ἀμπέρ.

Ἐπομένως θὰ εἶναι :

$$1 \text{ Ah} = 1 \text{ A} \cdot 1 \text{ h} = 1 \cdot A \cdot 3\,600 \text{ sec} = 3\,600 \text{ Cb.}$$

Δηλαδή :

$$1 \text{ Ah} = 3\,600 \text{ Cb}$$

Οὕτω λέγομεν, π.χ. ὅτι ἔνας συσσωρευτής ἔχει χωρητικότητα 90 Ah, ἐὰν εἶναι εἰς θέσιν νὰ τροφοδοτηθῇ μὲ ρεῦμα 3 A ἐπὶ 30 h ἔνα κύκλωμα ἢ νὰ τὸ τροφοδοτῇ μὲ ρεῦμα 9 A ἐπὶ 10 h, κλπ.

Άριθμητικὸν παράδειγμα. Συσσωρευτῆς παράγει ρεῦμα ἐντάσεως 2,4 A ἐπὶ 15 συνεχεῖς ὥρας. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ χωρητικότης τοῦ συσσωρευτοῦ εἰς ἀμπερώρας (δῆλαδὴ ἡ ποσότης τοῦ ἡλεκτρισμοῦ τὸν ὅποιον εἶναι εἰς θέσιν νὰ ἀποδώσῃ).

Λύσις. Ἀντικαθιστῶντες εἰς τὸν τύπον $q = i \cdot t$, (ὅπου q ἡ ποσότης τοῦ ἡλεκτρισμοῦ τῆς ὥρας εἶναι εἰς θέσιν νὰ ἀποδώσῃ ὁ συσσωρευτής, i ἡ ἐντασίς τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματός του καὶ t ὁ χρόνος εἰς ὥρας, ἐντὸς τοῦ ὅποιου ἀποδίδεται τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον) τὰ σύμβολα μὲ τὰς ἀριθμητικὰς τῶν τιμάς, λαμβάνομεν :

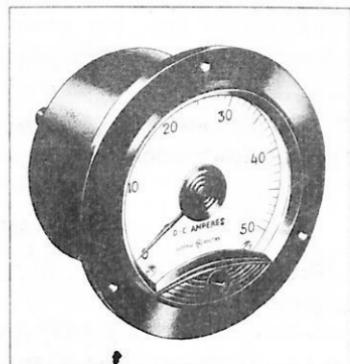
$$q = i \cdot t = 2,4 \text{ A} \cdot 15 \text{ h} = 36 \text{ Ah}$$

§ 126. Μέτρησις τῆς ἐντάσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἀμπερόμετρα. Ή ἐντασίς τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος δύναται νὰ μετρηθῇ βεβαίως μὲ ἓνα βολτάμετρον νιτρικοῦ ἀργύρου.

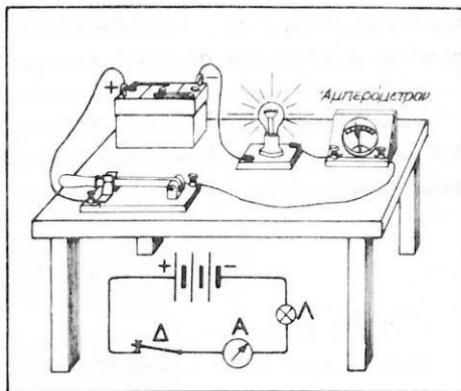
Ἡ ἐργασία αὐτὴ ὅμως δὲν εἶναι οὕτε σύντομος, οὕτε εὔκολος. Πρέπει νὰ ζυγίσωμεν τὴν κάθοδον πρὶν καὶ μετὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν, νὰ γνωρίζωμεν τὴν διάρκειαν τῆς ἡλεκτρολύσεως καὶ νὰ ἐκτελέσωμεν ὑπολογισμούς.

Δι' αὐτὸν τὸν λόγον προτιμῶμεν ἔνα ἄλλον εἶδος ὀργάνων μὲ ἀπ' εὐθείας ἀνάγνωσιν, τῶν ὅποιων ἡ λειτουργία στηριζεται εἰς τὰ μαγνητικὰ ἡ θερμικὰ ἀποτελέσματα τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Τὰ ὅργανα αὗτά δονομάζονται ἀμπερόμετρα (σχ. 123).

Τὰ ἀμπερόμετρα παρεμβάλλονται, ὥπως λέγομεν εἰς τὸ κύκλωμα, τοποθετοῦνται δηλαδὴ ἐν σει-



Σχ. 123. Ἐξωτερικὴ ὄψις συνήθους ἀμπερομέτρου.



Σχ. 124. Εἰς οἰανδήποτε θέσιν τοῦ κυκλώματος παρεμβληθῆ, τὸ ἀμπερόμετρον παρέχει τὴν ίδιαν ἔνδειξιν.

ρᾶς όμοιος μὲ τὰς διαφόρους συσκευάς (βολτάμετρα, διακόπτας, κινητήρας, κλπ.), ὅπως δεικνύεται εἰς τὸ σχ. 124.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Ἡ ποσότης τοῦ ηλεκτρισμοῦ είναι μετρήσιμον μέγεθος.

2. Μονάς ποσότητος τοῦ ηλεκτρισμοῦ είναι τὸ Κουλόμπ (1 Cb), ἵσον πρὸς τὴν ποσότητα τοῦ ηλεκτρισμοῦ ἡ ὁποίᾳ ἀποθέτει 1,118 mgr ἀργύρου εἰς τὴν κάθοδον ἐνὸς βολταμέτρου μὲ νιτρικὸν ἄργυρον.

3. Ἐντασιν τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει ἔνα ἀγωγόν, δονομάζομεν τὴν παροχὴν τοῦ ἀγωγοῦ εἰς ηλεκτρικὰ φορτία.

4. Ἡ ἐντασις τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος μετρεῖται εἰς Ἀμπέρ. Τὸ ἔνα Ἀμπέρ (1 A) είναι ἵσον μὲ τὴν ἐντασιν τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον ἀποθέτει εἰς τὴν κάθοδον ἐνὸς βολταμέτρου μὲ νιτρικὸν ἄργυρον 1,118 mgr ἀργύρου ἀνὰ δευτερόλεπτον.

5. Ἡ ποσότης τοῦ ηλεκτρισμοῦ εἰς Κουλόμπ, ἡ ὁποίᾳ μεταφέρεται ἀπὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως i Ἀμπέρ ἐντὸς χρόνου t sec, δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν :

$$q = i \cdot t$$

6. Διὰ νὰ ἐλευθερωθῇ εἰς τὴν κάθοδον ἐνὸς βολταμέτρου 1 gr ὑδρογόνου ἢ 1 γραμμοῖσοδύναμον οίσουδήποτε μετάλλου, ἀπαιτεῖται ποσότης ηλεκτρισμοῦ ἵση μὲ 96 500 Cb.

7. Ἡ μᾶζα m εἰς gr τοῦ ἐναποτιθεμένου μετάλλου ἀπὸ ρεῦμα ἐντάσεως i ἐντὸς χρόνου t, δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν

$$m = \frac{1}{96\,500} \cdot \frac{A}{n} \cdot i \cdot t$$

8. Ἡ ἀμπερώρα είναι μονάς ποσότητος ηλεκτρισμοῦ καὶ ἰσοῦται πρὸς 3 600 Cb.

9. Ἡ ἐντασις τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος μετρεῖται μὲ ἔνα ἀμπερόμετρον, τὸ ὁποῖον συνδέεται πάντοτε ἐν σειρᾷ μὲ τὰς ἄλλας συσκευάς τοῦ κυκλώματος.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

101. "Ενα βολτάμετρον περιέχει νιτρικόν ἄργυρον. Έὰν κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν ἀποτίθενται εἰς τὴν κάθοδον 3,6 gr gr ἄργυρον, νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ποσότης τοῦ ἡλεκτρόμοιοῦ, ἡ ὥποια διαρρέει τὸ βολτάμετρον (ἀτομικὸν βάρος ἄργυρον 108).

(*Απ. 3216,6 Gb.*)

102. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ φεύματος, τὸ ὅποιον ἐντὸς μᾶς ὥρας ἀποθέτει 19 gr ἄργυρόν εἰς τὴν κάθοδον ἐνὸς βολταμέτρου, περιέχοντος νιτρικὸν ἄργυρον.

(*Απ. 4,7 περίπου.*)

103. Νὰ ὑπολογισθῇ ὁ χρόνος ὁ ὅποιος ἀπαιτεῖται διὰ νὰ ἀποτεθοῦν 9 gr ἄργυρον, εἰς τὴν κάθοδον ἐνὸς βολταμέτρου, ἐὰν ἡλεκτρικὸν φεῦμα ἐντάσεως 10 A διέρχεται ἀπὸ διάλυμα νιτρικοῦ ἄργυρον.

(*Απ. 804 sec.*)

104. Μία συστοιχία συσσωρευτῶν ἔχει χωρητικότητα 90 Ah καὶ εἶναι φορτισμένη κατὰ τὰ 3/5. Νὰ ἐνρεθῇ ἐπὶ πόσον χρόνον ἡ συστοιχία θὰ δύναται νὰ παρέχῃ ἡλεκτρικὸν φεῦμα ἐντάσεως 4,5 A.

(*Απ. 12 h.*)

105. "Ενα βολτάμετρον περιέχει δξυνισμένον ὅδωρο καὶ διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν φεῦμα ἐντάσεως 1,5 A. α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ποσότης τοῦ ἡλεκτρισμοῦ, ἡ ὥποια διαρρέει τὸ βολτάμετρον ἐντὸς 45 min. β) Νὰ ὑπολογισθῇ ὁ δύκος τοῦ ὑδρογόνου, τὸ ὅποιον ἐλευθερώνεται εἰς τὸ βολτάμετρον ἐντὸς 45 min (ὑπὸ κανονικάς συνθήκας).
(*Απ. α' 4 050 Gb β' 470 cm³.*)

106. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ μᾶζα τοῦ ἄργυρον, ὁ ὅποιος θὰ ἀποτεθῇ εἰς τὴν κάθοδον ἐνὸς βολταμέτρου, τὸ ὅποιον περιέχει διάλυμα νιτρικοῦ ἄργυρον, ἐὰν διέλθῃ ἡλεκτρικὸν φεῦμα ἐντάσεως 5 A ἐπὶ 20 min.

(*Απ. 6,7 gr.*)

107. Νὰ ἐνρεθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ φεύματος, τὸ ὅποιον ἐντὸς 23 min ἀπέθεσεν 7,2 gr χαλκοῦ κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν διάλυματος θεῖκοῦ χαλκοῦ. Τὸ ἵὸν τοῦ χαλκοῦ νὰ θεωρηθῇ διστενὲς καὶ τὸ ἀτομικὸν βάρος τοῦ χαλκοῦ νὰ ληφθῇ ἵσον πρὸς 63.

(*Απ. 16 A περίπου.*)

108. Ἡλεκτρικὸν φεῦμα διέρχεται ἀπὸ ἕνα βολτάμετρον, τὸ ὅποιον περιέχει νιτρικὸν ἄργυρον, καὶ ἀποθέτει εἰς τὴν κάθοδον ἐντὸς χρόνου 2 h μᾶζαν ἄργυρον 16,099 2 gr α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ποσότης ἡλεκτρισμοῦ, ἡ ὥποια διαρρέει τὸ βολτάμετρον β) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ φεύματος.
(*Απ. α' 14 384,6 Gb. β' 2 A περίπου.*)

109. Ἡλεκτρικὸν φεῦμα ἐντάσεως 5 A διέρχεται ἐπὶ 1 h καὶ 20 min ἀπὸ ἕνα βολτάμετρον, τὸ ὅποιον περιέχει διάλυμα θεῖκοῦ χαλκοῦ. Νὰ ὑπολογισθοῦν: α) Ὁ μᾶζα τοῦ ἀποτιθέμενον χαλκοῦ καὶ β) ὁ χρόνος ὁ ὅποιος ἀπαιτεῖται διὰ νὰ ἀποτεθοῦν 12 gr ἄργυρον, ὅταν τὸ βολτάμετρον περιέχει διάλυμα νιτρικοῦ ἄργυρον καὶ διαρρέεται ἀπὸ τὸ ἱδιον ἡλεκτρικὸν φεῦμα, ἐντάσεως 5 A. (*Ατομικὸν βάρος χαλκοῦ 64 καὶ ἄργυρον 108. σθένος τοῦ ἱόντος τοῦ χαλκοῦ 2 καὶ τοῦ ἱόντος τοῦ ἄργυρον 1.*)
(*Απ. α' 7,95 gr. β' 2 144,4 sec.*)

110. Ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 2 A διαρρέει ἐπὶ 10 h δόν βολτάμετρα, συνδεδέμενα ἐν σειρᾷ. Τὸ ἔνα περιέχει διάλυμα θεικοῦ χαλκοῦ καὶ τὸ ἄλλο νιτρικοῦ ἀργύρου (ἀτομικὸν βάρος χαλκοῦ 64, σθένος λόντος 2. Ἀτομικὸν βάρος ἀργύρου 108, σθένος λόντος 1). α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ μᾶζα τοῦ χαλκοῦ, ὅ ὅποιος ἀπετέθη εἰς τὴν κάθοδον τοῦ πρώτου βολταμέτρου. β) Ἐκ τοῦ προηγουμένου ἀποτελέσματος καὶ χορηγισμού ποιοῦντες μόνον τὸ ἀτομικὸν βάρος καὶ τὰ σθένη, νὰ ὑπολογίσετε τὴν μᾶζαν τοῦ ἀργύρου, ὅ ὅποιος ἀποτίθεται εἰς τὴν κάθοδον τοῦ δευτέρου βολταμέτρου.

(Απ. α' $m = 23,87$ gr β' $77,35$ gr.)

111. Θέλομεν νὰ καλύψωμεν μὲ στρῶμα νικελίου πάχους $0,1$ mm ἔνα μεταλλικὸν ἀντικείμενον, τὸ ὅποιον ἔχει ἐπιφάνειαν 116 cm^2 . Ἡ ἐντασίς τοῦ ρεύματος τὸ ὅποιον χορηγισμοῦμεν εἶναι $2,5$ A. Νὰ ὑπολογισθῇ ὁ χρόνος, ὅστις ἀπαιτεῖται δὲ ἀντὶ τὴν ἐργασίαν. Πυκνότης νικελίου: $8,8 \text{ gr/cm}^3$, ἀτομικὸν βάρος 59 καὶ σθένος λόντος τοῦ 2 .

(Απ. $13\ 357$ sec περίπον.)

112. Πρόκειται νὰ ἐπιχαλκώσωμεν καὶ τὰς δόνο ὅφεις μᾶς τραπεζοειδῶς πλακός, αἱ βάσεις τῆς ὅποιας ἔχουν μήκη 3 dm καὶ 20 cm, καὶ ὑψος 150 mm. Τὸ πάχος τοῦ ἐπιθυμητοῦ χαλκίνου στρῶματος θὰ εἶναι $0,1$ mm. α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ μᾶζα τοῦ χαλκοῦ, ὅ ὅποιος θὰ πρέπει νὰ ἀποτελῇ εἰς τὴν πλάκα. β) Νὰ καθορισθῇ ἡ ποσότης τοῦ ἡλεκτρισμοῦ, ἥ ἀναγκαῖα διὰ τὴν ἐπιχάλκωσιν. γ) Νὰ ενῷθῃ ἥ ἐντασίς τοῦ παρεχομένου ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ἐάν εἶναι γνωστὸν ὅτι ἥ ἐπιχάλκωσις θὰ διαρκέσῃ 5 h. Λίδονται: ἥ πυκνότης τοῦ χαλκοῦ $8,8 \text{ gr/cm}^3$, τὸ ἀτομικόν τον βάρος $63,6$. Τὸ ἴὸν τοῦ χαλκοῦ νὰ ληφθῇ διστονένες.

(Απ. α' 66 gr β' $200\ 283$ Gb, περίπον. γ' $11,1$ A, περίπον.)

ΚΣΤ'—ΘΕΡΜΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

ΑΝΤΙΣΤΑΣΙΣ ΑΓΩΓΟΥ. ΜΟΝΑΣ ΟΗΜ. ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΤΖΑΟΥΛ

§ 127. Γενικότητες. Ἡ θέρμανσις ἐνὸς ἡλεκτρικοῦ σιδέρου ὅφειλεται εἰς τὴν διέλευσιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα προκαλεῖ ἐπίσης τὴν πυράκτωσιν τοῦ νήματος ἐνὸς λαμπτῆρος. Αὐτὸ τὸ φαινόμενον εἶναι γενικώτερον:

Πᾶς ἀγωγὸς ὁ ὅποιος διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα θερμαίνεται.

Τὰ χάλκινα σύρματα τῶν ἡλεκτρικῶν ἐγκαταστάσεων θερμαίνονται κατὰ τὴν διέλευσιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος· εἰς τὴν περίπτωσιν

δμως αύτήν ή αυξησις τής θερμοκρασίας είναι άσήμαντος και δὲν γίνεται ευκόλως αἰσθητή.

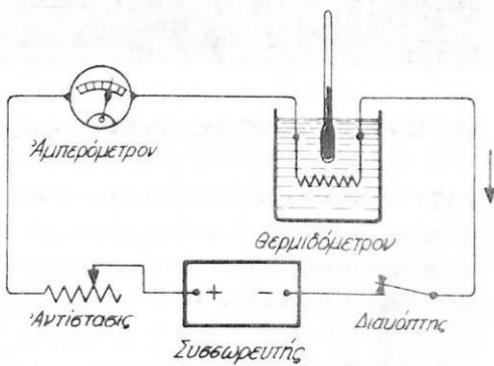
§ 128. Πειραματική σπουδὴ τῶν θερμικῶν ἀποτελεσμάτων τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Τὰ θερμικὰ ἀποτελέσματα τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ἐμελέτησεν πρῶτος ὁ Ἀγγλος Φυσικὸς Τζάουλ (Joule), δι' αὐτὸν ἀκριβῶς τὸν λόγον πολλάς φοράς ή θέρμανσις ἐνὸς ἀγωγοῦ κατὰ τὴν διέλευσιν ἡλεκτρικοῦ ρεύματος συνηθίζεται νὰ χαρακτηρίζεται ως φαινόμενον Τζάουλ.

Ἡ ποσότης τῆς θερμότητος ἡ ὅποια ἀναπτύσσεται εἰς ἔνα ἀγωγὸν ἢ εἰς μίαν ἡλεκτρικὴν συσκευὴν, ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸν χρόνον κατὰ τὸν ὅποιον τὸ ρεῦμα διαρρέει τὸν ἀγωγὸν καὶ ἀπὸ τὴν ἔντασιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Μεταβάλλεται ὅμως ἀπὸ τὴν μίαν συσκευὴν εἰς τὴν ἄλλην. Οὕτως ἐνῷ είναι πολὺ σημαντικὴ εἰς μίαν ἡλεκτρικὴν θερμάστραν, είναι ἐντελῶς ἀσήμαντος εἰς ἔνα χάλκινον σύρμα.

1) Ἐπίδρασις τοῦ χρόνου. Πείραμα. Πραγματοποιοῦμεν τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 125 καὶ βυθίζομεν ἐντὸς ἐνὸς θερμιδόμετρου, τὸ ὅποιον περιέχει 200 gr πετρελαίου, ἔνα πολὺ λεπτὸν ἀγωγὸν σύρμα ἀπὸ σιδηρονικέλιον.

Τὸ ἀμπερόμετρον, τὸ ὅποιον ἔχομεν συνδέσει ἐν σειρᾷ εἰς τὸ κύκλωμα, ἐπιτρέπει μὲ τὴν βοήθειαν ἐνὸς ροοστάτου νὰ ρυθμίζωμεν τὴν ἔντασιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἡ ρύθμισις γίνεται πρὸ τῆς ἐνάρξεως τοῦ πειράματος, ἔστω δὲ 2A ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος.

Μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ θερμομέτρου, τὸ ὅποιον είναι βυθισμένον ἐντὸς τοῦ πετρελαίου, σημειώνωμεν ἀνὰ λεπτὸν τὴν θερμο-



Σχ. 125. Διὰ τὴν πειραματικὴν σπουδὴν τῶν θερμικῶν ἀποτελεσμάτων τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

κρασίαν τοῦ πετρελαίου, σχηματίζοντες τὸν ἀκόλουθον πίνακα :

Χρόνος εἰς min	0	1	2	3	4	5
Θερμο- κρασία εἰς °C	19,8	20,7	21,7	22,6	23,6	24,6
Αὔξησις θερμοκρ. εἰς °C	0,9	1	0,9	1	1	

’Απὸ τὴν μελέτην τοῦ πίνακος συμπεραίνομεν ὅτι ἡ θερμοκαρίσα τοῦ πετρελαίου ἀνυψώνεται κατὰ μέσον ὅρον 1 °C ἀνὰ λεπτόν, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον μᾶς δόηγει εἰς τὴν παραδοχὴν ὅτι ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, ἡ ὁποία ἐκλύεται ἐντὸς τοῦ ἀγωγοῦ, αὐξάνεται κανονικῶς κατὰ τὴν διάρκειαν τοῦ πειράματος. Ἐπομένως :

’Η ποσότης τῆς θερμότητος, ἡ ὁποία ἐκλύεται ἐντὸς ἐνὸς ἀγωγοῦ, ἔξ αιτίας τῆς διελεύσεως ἡλεκτρικοῦ ρεύματος σταθερᾶς ἐντάσεως, είναι ἀνάλογος πρὸς τὴν χρονικὴν διάρκειαν τῆς διελεύσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

2) ’Επιδρασις τῆς ἐντάσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Πείραμα. Ἐπαναλαμβάνομεν τὸ προηγούμενον πείραμα, ἀφοῦ ρυθμίσωμεν, μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ ροοστάτου, τὴν ἐντασιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος οὕτως, ὥστε νὰ ἔχῃ σταθερὰν τιμήν, ἔστω $i = 1$ A.

’Αφήνομεν τὴν θερμοκρασίαν νὰ ἀνέλθῃ εἰς μίαν ώρισμένην τιμήν, ἔστω εἰς τοὺς 23 °C, καὶ μετὰ πάροδον 5 min σημειώνομεν τὴν νέαν τιμήν της, ἡ ὁποία εύρισκεται ὅτι εἶναι 24,2 °C. Ἀνοίγομεν τότε τὸν διακόπτην, ὅποτε τὸ ρεῦμα παύει νὰ κυκλοφορῇ εἰς τὸ κύκλωμα.

Κλείομεν καὶ πάλιν τὸν διακόπτην καὶ ρυθμίζομεν τὸν ροοστάτην οὕτως, ὥστε ἡ ἐντασις τοῦ ρεύματος νὰ εἶναι 2A, δόποτε παρατηροῦμεν ὅτι ἐντὸς χρόνου 5 min ἡ θερμοκρασία τοῦ πετρελαίου ἀνῆλθεν ἀπὸ τοὺς 23°C εἰς τοὺς 27,8°C.

’Ανοίγομεν καὶ πάλιν τὸν διακόπτην καὶ ἐπαναλαμβάνομεν τὸ ἴδιον πείραμα μὲ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 3A καὶ παρατηροῦμεν ὅτι ἐντὸς χρόνου 5 min ἡ θερμοκρασία ἀνῆλθεν ἀπὸ τοὺς 23°C εἰς τοὺς 33,8°C.

Μὲ τὰς ἀνωτέρω ἐνδείξεις καταστρώνομεν τὸν ἀκόλουθον πίνακα :

Ἐντασις i εἰς A	1	2	3
Θερμοκρασία $t=0 \text{ min}$ $t=5 \text{ min}$	23 24,2	23 27,8	23 38,8
Αὐξησις τῆς θερμοκρασίας εἰς $^{\circ}\text{C}$	1,2	4,8	10,8

Ἄπο τὸν πίνακα συμπεραίνομεν ὅτι : α) Ἡ ἀνύψωσις τῆς θερμοκρασίας είναι $1,2^{\circ}\text{C}$, ὅταν ἡ ἐντασις τοῦ ρεύματος είναι 1A. β) Ἡ ἀνύψωσις τῆς θερμοκρασίας είναι $4,8^{\circ}\text{C}$, ὅταν ἡ ἐντασις τοῦ ρεύματος είναι 2A. γ) Ἡ ἀνύψωσις τῆς θερμοκρασίας είναι $10,8^{\circ}\text{C}$, ὅταν ἡ ἐντασις τοῦ ρεύματος είναι 3A. Ἐπειδὴ ὅμως είναι :

$$1,2 = 1,2 \cdot 1 = 1,2 \cdot 1^2$$

$$4,8 = 1,2 \cdot 4 = 1,2 \cdot 2^2$$

$$10,8 = 1,2 \cdot 9 = 1,2 \cdot 3^2$$

παρατηροῦμεν ὅτι ἡ αὐξησις τῆς θερμοκρασίας είναι εἰς πᾶσαν περίπτωσιν ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἐντάσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἐπειδὴ δὶ’ ἔναν ώρισμένον σῶμα ἡ αὐξησις τῆς θερμοκρασίας του είναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ποσότητα τῆς θερμότητος, τὴν ὅποιαν ἀπορροφεῖ, καταλήγομεν τελικῶς εἰς τὸ συμπέρασμα :

Ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, ἡ ὅποια ἐκλύνεται ἐντὸς ἐνὸς ώρισμένου χρονικοῦ διαστήματος μέσα εἰς ἓνα ἀγωγὸν ἐξ αἰτίας τῆς διελεύσεως ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, είναι ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἐντάσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον διαρρέει τὸν ἀγωγόν.

3) Ἐπίδρασις τῆς φύσεως τοῦ ἀγωγοῦ. Ἀντίστασις. Πείραμα. Τὰ ἀνωτέρω πειράματα ἔχετελέσθησαν μὲ τὸν ἴδιον ἀγωγὸν βυθισμένον μέσα εἰς τὸ θερμιδόμετρον.

Ἀντικαθιστῶμεν τὸν ἀγωγὸν αὐτὸν μὲ ἓνα ἄλλον, διαφορετικὸν ἀπὸ τὸν πρῶτον εἰς ὑλικὸν κατασκευῆς, εἰς τὸ μῆκος καὶ εἰς τὸ πάχος. Μετροῦμεν ἀκολούθως τὴν ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας διὰ διέλευσιν ρεύματος ἐντάσεως ἔστω 2A καὶ ἐπὶ χρονικὸν διάστημα 5 min εἰς τὸν δεύτερον ἀγωγόν, δόπτε εύρισκομεν ἔστω $14,4^{\circ}\text{C}$ ἀνύψωσιν τῆς θερμο-

κρασίας, ένω εἰς τὸν πρῶτον ἀγωγὸν εἴχομεν παρατηρήσει, μὲ τὰς
ιδίας συνθήκας, ἀνύψωσιν 4,8°C.

Ἄπὸ τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι ἡ ἀνύψωσις τῆς θερμοκρασίας
εἰς τὸν δεύτερον ἀγωγὸν εἶναι τρεῖς φοράς μεγαλυτέρα ἀπὸ ὅτι εἰς τὸν
πρῶτον ἀγωγόν, πρᾶγμα τὸ ὅποιον σημαίνει, ὅτι ἡ θερμότης ἡ ὅποια
ἐκλύεται εἰς τὸν δεύτερον ἀγωγὸν εἶναι τριπλασία ἀπὸ τὴν θερμότητα
τὴν ἐκλυομένην εἰς τὸν πρῶτον ἀγωγόν.

Τὰ συμπεράσματά μας αὐτὰ ἐκφράζομεν λέγοντες ὅτι ἡ ἀντίστασις
τοῦ δευτέρου ἀγωγοῦ εἶναι τριπλασία ἀπὸ τὴν ἀντίστασιν τοῦ πρώτου
ἀγωγοῦ. Ὡστε :

Ἡ ἀντίστασις ἐνὸς ἀγωγοῦ εἶναι ἔνα φυσικὸν μέγεθος, τὸ ὅποιον
χαρακτηρίζει τὸν ἀγωγὸν εἰς τὸ φαινόμενον τοῦ Τζάουλ.

Ἄπὸ τὸ ἀνωτέρω πείραμα συμπεραίνομεν συνεπῶς ὅτι ἡ ἀντίστα-
σις τοῦ ἀγωγοῦ εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ποσότητα τῆς θερμότητος
ἡ ὅποια ἐκλύεται ἐντὸς τοῦ ἀγωγοῦ.

Ἀντιστρέφοντες ἐπομένως τὸν συλλογισμὸν δυνάμεθα νὰ εἰπωμεν
ὅτι :

Ἡ ποσότης τῆς θερμότητος ἡ ὅποια ἐκλύεται ἐντὸς ἐνὸς ἀγωγοῦ
κατὰ τὴν διέλευσιν ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ἔξαρτηται ἀπὸ τὴν φύσιν
τοῦ ἀγωγοῦ καὶ εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀγωγοῦ.

Ἡ ἐκλυσίς θερμότητος, κατὰ τὴν διέλευσιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ἔξη-
γεῖται ως ἔξης :

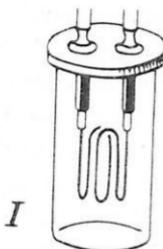
Τὰ ἡλεκτρόνια τὰ ὅποια μετακινοῦνται μέσα εἰς τὰ ἀγωγὰ σύρματα, συναντοῦν
μίαν ὠρισμένην δυσκολίαν κατὰ τὴν κίνησίν των μεταξὺ τῶν ἀτόμων τοῦ μετάλλου.
Αἱ κρούσεις καὶ αἱ «τριβαί» αἱ ὅποιαι ἀναπτύσσονται, ἔχουν ως ἀποτέλεσμα τὴν
ἐκλυσιν τῆς θερμότητος.

Ἡ θερμότης συνεπῶς, ἡ ὅποια παράγεται ἐντὸς ἐνὸς ἀγωγοῦ κατὰ τὴν διέλευσιν
τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ὀφείλεται εἰς τὴν ἀντίστασιν τὴν ὅποιαν προβάλλει
ὁ ἀγωγός κατὰ τὴν κίνησίν των ἐλευθέρων ἡλεκτρονίων.

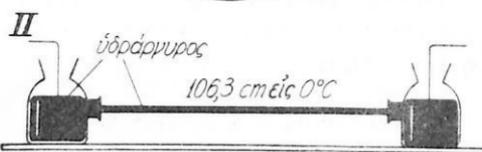
Μονάς ἀντιστάσεως. Ἡ ἀντίστασις ἐνὸς ἀγωγοῦ μετρεῖται εἰς
μονάδας Ὁμ (1 Ohm, 1 Ω), δύνομασία ἡ ὅποια ἐδόθη πρὸς τιμὴν τοῦ
Γερμανοῦ Φυσικοῦ καὶ Μαθηματικοῦ Georg Simon Ohm (1787-1850).

Τὸ Ὁμ (1 Ω) εἶναι ἵσον μὲ τὴν ἀντίστασιν ἐνὸς ἀγωγοῦ, ἐντὸς τοῦ

όποίου έκλινεται άνα δευτερόλεπτον ποσότης θερμότητος ίσοδύναμος πρός 1 Joule, όταν ο άγωγός διαρρέεται άπό ηλεκτρικὸν ρεῦμα έντάσεως 1 Ampere.



Αἱ μετρήσεις ηλεκτρικῶν ἀντιστάσεων δύνανται νά γίνωνται μὲ σύγκρισιν πρός ἓνα πρότυπον "Ωμ. Δι' αὐτὸν τὸν λόγον κατεσκεύασαν μίαν πρότυπον ἀντιστάσιν ίσην μὲ ἓνα "Ωμ (σχ. 126). Οὗτο τὸ "Ωμ παριστᾶται άπό τὴν ἀντιστάσιν μιᾶς κυλινδρικῆς στήλης ύδραργύρου, μήκους 106,3 cm καὶ πάχους 1 mm² εἰς θερμοκρασίαν 0 °C.



Σχ. 126. Πραγματοποίησις προτύπου ἀντιστάσεως 1 "Ωμ.

Τὸ Μεγκώμ (1 MΩ) εἶναι πολλαπλασία μονάς τοῦ 1 "Ωμ, ἔχομεν δὲ ὅτι :

$$1 \text{ M}\Omega = 10^6 \text{ } \Omega$$

§ 129. Νόμος τοῦ Τζάουλ. Τὰ συμπεράσματα τῶν πειραμάτων τὰ ὅποῖα ἔξετελέσαμεν εἰς τὴν προηγουμένην παράγραφον συγκεντρώνονται εἰς τὴν ἀκόλουθον γενικὴν διατύπωσιν, ἡ ὅποια φέρει τὴν δονομασίαν νόμος τοῦ Τζάουλ.

Η ποσότης τῆς θερμότητος ἡ ὅποια ἔκλινεται έντὸς ἐνὸς άγωγοῦ, ὁ ὅποιος διαρρέεται άπό ηλεκτρικὸν ρεῦμα, εἶναι ἀνάλογος : α) πρὸς τὴν ἀντιστάσιγ τοῦ ἀγωγοῦ, β) πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἐντάσεως τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος, καὶ γ) πρὸς τὸν χρόνον διελεύσεως τοῦ ρεύματος αὐτοῦ

Τύπος τοῦ Τζάουλ. Συμφώνως πρὸς τὸν ὄρισμὸν τῆς ἀντιστάσεως, ἡ θερμότης ἡ ὅποια ἔκλινεται έντὸς ἐνὸς άγωγοῦ ἀντιστάσεως 1 Ω, κατὰ τὴν διέλευσιν ρεύματος ἐντάσεως 1 A καὶ διὰ χρονικὸν διάστημα 1 sec, εἶναι ίσοδύναμος μὲ 1 Joule.

Ἐπομένως, ἡ ποσότης Q τῆς θερμότητος, ἡ ὅποια ἔκλινεται έντὸς

ένός άγωγού άντιστάσεως R Ohm, ό δποιος διαρρέεται άπό ρεύμα έντάσεως i Ampére και διά χρονικὸν διάστημα t sec, θὰ είναι ίσοδύναμος πρὸς $R \cdot i^2 \cdot t$ Joule. Δηλαδή :

$$Q = R \cdot i^2 \cdot t \text{ Joule}$$

*Επειδὴ ὅμως ἡ ποσότης τῆς θερμότητος ἐκφράζεται συνηθέστερον εἰς θερμίδας (cal) καὶ 1 Joule = $\frac{1}{4,18}$ cal = 0,24 cal, ό ἀνωτέρω τύπος γράφεται :

$$Q = \frac{1}{4,18} R \cdot i^2 t \text{ cal}$$

ἢ

$$Q = 0,24 \cdot R \cdot i^2 t \text{ cal}$$

*Αριθμητικαὶ ἐφαρμογαὶ. 1. Μια ἡλεκτρικὴ ἀντίστασις 100 Ω διαρρέεται ἀπό ρεύμα έντάσεως 5 A ἐπὶ χρόνον 10 min. Νὰ εὑρεθῇ τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος εἰς Joule καὶ εἰς cal., τὸ δποῖον ἐκλύεται ἐντὸς τοῦ χρονικοῦ αὐτοῦ διαστήματος.

Αύσις. Ἐκ τοῦ τύπου :

$$Q = R \cdot i^2 \cdot t \text{ Joule}$$

δι' ἀντικαταστάσεως τῶν δεδομένων, ἥτοι :

$R = 100\Omega$, $i = 5A$ καὶ $t = 10 \text{ min} = 10 \cdot 60 \text{ sec} = 600 \text{ sec}$, λαμβάνομεν :

$$Q = 100 \cdot 5^2 \cdot 600 \text{ Joule} = 1,5 \cdot 10^6 \text{ Joule}.$$

*Επειδὴ δὲ 1 Joule = 0,24 cal, θὰ ἔχωμεν :

$$Q = 1,5 \cdot 10^6 \text{ Joule} = 1,5 \cdot 10^6 \cdot 0,24 \text{ cal } \text{ἢ}$$

$$Q = 3,6 \cdot 10^5 \text{ cal} = 360 \text{ kcal}.$$

2. Ἔνας ἡλεκτρικὸς λαμπτήρ διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεύμα έντάσεως 0,4 A καὶ είναι βυθισμένος μέσα εἰς ἥνα θερμιδόμετρον, τὸ δποῖον περιέχει 450 gr. ὕδατος. Μετὰ ἀπὸ χρονικὸν διάστημα 3 min καὶ 20 sec, ἡ αὔξησις τῆς θερμοκρασίας τοῦ ὕδατος είναι 4,8 °C. Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἀντίστασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ λαμπτῆρος.

Αύσις. Ἡ ποσότης Q τῆς θερμότητος ἥτις ἐκλύεται, είναι ἵση μὲ :

$Q = m \cdot c \cdot \Delta \theta$, ἢ :

$$Q = 450 \cdot 4,8 \text{ cal} = 2160 \text{ cal}$$

*Ἐφαρμόζοντες ἄλλωστε τὸν τύπον τοῦ Τζάουλ ἔχομεν δτι: $Q = 0,24 \cdot R \cdot i^2 \cdot t$, καὶ θέτοντες $Q = 2160 \text{ cal}$, $i = 0,4 \text{ A}$ καὶ $t = 3 \text{ min} 20 \text{ sec} = 200 \text{ sec}$, εύρισκομεν τελικῶς :

$$R = 282 \Omega, \text{ περίπου}$$

Σ

1. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα θερμαίνει τοὺς ἀγωγούς, μέσα ἀπὸ τοὺς ὅποιους διέρχεται (Θερμότης Τζάουλ).

2. Ἡ πειραματικὴ σπουδὴ τῶν θερμικῶν ἀποτελεσμάτων τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος γίνεται μὲν ἔνα τμῆμα ἀγωγοῦ σύρματος, βυθισμένου ἐντὸς ἐνὸς θερμιδομέτρου μὲ πετρέλαιον. Μετροῦμε τότε τὴν ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας, ἡ ὅποια προκαλεῖται ἀπὸ τὴν διέλευσιν τοῦ ρεύματος.

3. Ἡ ἀντίστασις ἐνὸς ἀγωγοῦ εἶναι μέγεθος τὸ ὅποιον χαρακτηρίζει τὸν ἀγωγὸν ἀναφορικῶς πρὸς τὸ φαινόμενον Τζάουλ. Ἡ ἀντίστασις μετρεῖται εἰς μονάδας Ὁμ. Τὸ Ὁμ ($1\ \Omega$, $1\ \text{Ohm}$) εἶναι ἵσον μὲ τὴν ἀντίστασιν ἐνὸς ἀγωγοῦ, εἰς τὸν ὅποιον ἐκλύεται ἀνά δευτερόλεπτον ποσότης θερμότητος ἰσοδύναμος μὲ 1 Joule, ὅταν ὁ ἀγωγὸς διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 1 A.

4. Ὁ νόμος τοῦ Τζάουλ ἐκφράζει ὅτι : Ἡ ποσότης θερμότητος, ἡ ὅποια ἐκλύεται μέσα εἰς ἔνα ἀγωγόν, ὁ ὅποιος διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, εἶναι ἀνάλογος α) πρὸς τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀγωγοῦ, β) πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, καὶ γ) πρὸς τὸν χρόνον διελεύσεως τοῦ ρεύματος.

5. Ἡ μαθηματικὴ ἔκφρασις τοῦ νόμου τοῦ Τζάουλ εἶναι ἡ ἀκόλουθος :

$$Q = 0,24 \cdot R \cdot i^2 \cdot t$$

"Οταν ἡ ἀντίστασις R ἐκφράζεται εἰς μονάδας Ὁμ, ἡ ἐντασις i εἰς μονάδας Αμπέρ καὶ ὁ χρόνος τ εἰς δευτερόλεπτα, ἡ ποσότης θερμότητος Q εὑρίσκεται εἰς θερμίδας.

A S K H S E I S

113. "Ἐνας ἡλεκτρικὸς θερμαντήρ ἔχει ἀντίστασιν $30\ \Omega$, διαρρέεται δὲ ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως $4\ A$. Νὰ ἀπολογισθῇ ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, ἡ ὅποια ἐλευθερώνεται ἐντὸς $5\ min$. (*Απ. 34,56 kcal.*)

114. "Ἐνας ἀγωγὸς εἶναι βυθισμένος μέσα εἰς ἔνα θερμιδόμετρον μὲ σύνδωσ. Τὸ

ισοδύναμον είς ύδωρ τοῦ θερμιδομέτρου είναι 500 cal/grad . Ἐὰν διέλθῃ ἀπὸ τὸν ἀγωγὸν φεῦμα ἐντάσεως $1,5 \text{ A}$ καὶ ἐπὶ δύο πρῶτα λεπτά, ἡ θερμοκρασία τοῦ ὕδατος ἀνέρχεται κατὰ $2,5 \text{ }^{\circ}\text{G}$. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀγωγοῦ. ($\text{Απ. } 19,44 \Omega$.)

115. Ἐντὸς θερμιδομέτρου, θερμοκρασικότητος 20 cal/grad , τὸ ὅποιον περιέχει 480 gr ὕδατος, βιθίζομεν ἔνα σύνημα, τὸ ὅποιον ἔχει ἀντίστασιν 8Ω καὶ τροφοδοτοῦμεν ἐπὶ 3 min καὶ 29 sec μὲν ἡλεκτρικὸν φεῦμα. Ἡ θερμοκρασία τοῦ ὕδατος ἀνέρχεται κατὰ $20 \text{ }^{\circ}\text{G}$. Νὰ ὑπολογισθοῦν : α) Ἡ ποσότης τῆς θερμότητος ἡ ὅποια ἡλευθερώθη κατὰ τὴν διέλευσιν τοῦ φεύματος καὶ ἡ ἀντίστοιχος ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια. β) Ἡ ἐντασις τοῦ φεύματος. ($\text{Απ. } \alpha' Q = 10\,000 \text{ cal}, A = 41\,800 \text{ Joule}, \beta' 5 \text{ A.}$)

116. Τὸ ἡλεκτρικὸν φεῦμα, τὸ ὅποιον παράγει μία ἡλεκτρικὴ γεννήτρια, διαρρέει ἔνα κύκλωμα. Τὸ κύκλωμα αὐτὸν ἀποτελεῖται ἀπὸ μίαν ἀντίστασιν 20Ω , εἰς τὴν ὅποιαν ἐλευθερώνονται 460 cal ἀνά λεπτόν, καὶ ἔνα βολτάμετρον μὲν θειώκον χαλκόν. Ζητοῦνται : α) Ἡ ἐντασις τοῦ φεύματος, καὶ β) ἡ μᾶζα τοῦ χαλκοῦ, ὁ ὅποιος ἀποτίθεται εἰς τὴν κάθοδον ἐντὸς 10 πρῶτων λεπτῶν . Ἀτομικὸν βάρος χαλκοῦ 64 . Ὁ χαλκός νὰ θεωρηθῇ δισθενής. ($\text{Απ. } \alpha' 1,27 \text{ A.}, \beta' 0,25 \text{ gr.}$)

117. Ρεῦμα ἐντάσεως 3 A διαρρέει ἐπὶ 8 πρῶτα λεπτά ἔνα ἀγωγὸν ἀντίστασεως $3,5 \Omega$. Ἡ ἀντίστασις είναι βιθισμένη ἐντὸς 1 λίτρου ὕδατος ἀρχικῆς θερμοκρασίας $20 \text{ }^{\circ}\text{G}$. α) Νὰ ὑπολογισθῇ εἰς Joule ἡ θερμότης ἡ ὅποια ἀποδίδεται εἰς τὸ ὕδωρ. β) Νὰ εὑρεθῇ ἡ τελικὴ θερμοκρασία τοῦ ὕδατος. ($\text{Υποθέτομεν ὅτι τὸ ισοδύναμον εἰς ύδωρ τοῦ δοχείου είναι μηδέν.}$) ($\text{Απ. } \alpha' Q = 15\,120 \text{ J.}, \beta' 23,6 \text{ }^{\circ}\text{G.}$)

KZ—ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ. ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΙΣΧΥΣ

§ 130. Ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια. α) Ἡ θερμότης, ἡ ὅποια ἐκλύεται ἐντὸς ἐνὸς ἀγωγοῦ κατὰ τὴν διέλευσιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, είναι μία μορφὴ ἐνέργειας.

Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ ὅποιον προκαλεῖ τὴν ἐμφάνισιν τῆς θερμότητος αὐτῆς, είναι μία ἄλλη μορφὴ ἐνέργειας, τὴν ὅποιαν ὀνομάζομεν ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν. Αὐτὴ ἡ ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια μετατρέπεται εἰς θερμικὴν ἐνέργειαν.

Εἰς τὸ προηγούμενον κεφάλαιον ἀνεφέραμεν ὅτι ἡ ποσότης θερμότητος $Q=0,24 \cdot R \cdot i^2 \cdot t \text{ cal}$ είναι ισοδύναμος μὲ $R \cdot i^2 \cdot t \text{ Joule}$.

Κατὰ τὸν ᾱδιον τρόπον ισοδύναμούμεν τὴν ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν εἰς Joule, μὲ μηχανικὴν ἐνέργειαν A καὶ γράφομεν :

$$A = R \cdot i^2 \cdot t \text{ Joule}$$

Αριθμητική έφαρμογή. Ένας λαμπτήρ πυρακτώσεως μὲ ἀντίστασιν 410Ω , διαρρέεται ἀπὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα, ἐντάσεως $0,3 \text{ A}$. Πόσην ηλεκτρικὴν ἐνέργειαν καταναλίσκει ὁ λαμπτήρ ἐντὸς χρόνου 10 min .

Αύσις. Ἀπὸ τὸν τύπον $A = R \cdot i^2 \cdot t$, ἀντικαθιστῶντες τὰ σύμβολα μὲ τὰς τιμάς των, δῆλαδὴ $R = 410 \Omega$, $i = 0,3 \text{ A}$, $t = 10 \text{ min} = 10 \cdot 60 \text{ sec} = 600 \text{ sec}$, λαμβάνομεν:

$$A = 410 \cdot (0,3)^2 \cdot 600 \text{ Joule} = 22\,140 \text{ Joule}.$$

β) Περίπτωσις ἐνὸς βολταμέτρου ἢ ἐνὸς ηλεκτρικοῦ κινητῆρος. Οπως οἱ ἀγωγοί, οὕτω καὶ τὸ βολτάμετρον ἢ ὁ ηλεκτρικὸς κινητήρ (μία μηχανὴ δῆλαδὴ ἡτὶς λειτουργεῖ μὲ παροχὴν ηλεκτρικοῦ ρεύματος), θερμαίνονται κατὰ τὴν διέλευσιν τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος. Η ηλεκτρικὴ ἐνέργεια ἡ ὁποίᾳ μετατρέπεται εἰς θερμικὴν ἐνέργειαν εἶναι ἵση πρὸς $R \cdot i^2 \cdot t$ Joule.

Τὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα ὅμως, διασπῶν τὸν ηλεκτρολύτην ἐνὸς βολταμέτρου, παράγει καὶ χημικὴν ἐνέργειαν, ἐνῷ ὅταν στρέψῃ ἔνα κινητῆρα, παράγει καὶ μηχανικὴν ἐνέργειαν.

Η ἔκφρασις συνεπῶς $R \cdot i^2 \cdot t$ δὲν ἀντιπροσωπεύει παρὰ ἔνα μέρος Α' τῆς συνολικῆς ηλεκτρικῆς ἐνέργειας Α, ἡ ὁποίᾳ καταναλίσκεται εἰς τὰς συσκευάς αὐτάς. Μία ἄλλη ποσότης ἐνέργειας Α'', γενικῶς σπουδαιοτέρα ἀπὸ τὴν Α', μετατρέπεται εἰς χημικὴν ἡ μηχανικὴν ἐνέργειαν.

Η συνολικὴ ηλεκτρικὴ ἐνέργεια Α, ἡ ὁποίᾳ καταναλίσκεται εἰς τὰς περιπτώσεις αὐτάς, εἶναι συνεπῶς ἵση μὲ τὸ ἄθροισμα τῆς Α' καὶ τῆς Α''. Δῆλαδὴ :

$$A = A' + A'' \quad \text{ἢ} \quad A = R \cdot i^2 \cdot t + A''$$

§ 131 Ηλεκτρικὴ ίσχυς. Η ηλεκτρικὴ ίσχυς μιᾶς συσκευῆς εἶναι ἵση μὲ τὴν ηλεκτρικὴν ἐνέργειαν, τὴν ὁποίαν καταναλίσκει ἡ συσκευὴ ἐντὸς ἐνὸς δευτερολέπτου καὶ ἐκφράζεται εἰς :

Τέλοντος ἀνὰ δευτερόλεπτον (Joule/sec), δῆλαδὴ εἰς Βάτ (W).

Χρησιμοποιοῦμεν ἀκόμη καὶ τὸ πολλαπλάσιον τοῦ Βάτ τὸ κιλοβάτ (kW) καὶ, ὅπως γνωρίζομεν ίσχύει ἡ σχέσις :

$$1 \text{ kW} = 1.000 \text{ W}$$

Ἐπειδὴ ἡ ηλεκτρικὴ ἐνέργεια Α, ἡ ὁποίᾳ καταναλίσκεται ὑπὸ μορφῆς θερμότητος ἐντὸς χρόνου t , εἶναι ἵση πρὸς : $A = R \cdot i^2 \cdot t$, ἡ ηλεκτρικὴ ἐνέργεια ἡ ὁποίᾳ καταναλίσκεται ἐντὸς ἐνὸς δευτερο-

λέπτου, δηλαδή ή ηλεκτρική ισχύς N, θα δίδεται άπό τὸν τύπον :

$$N = \frac{A}{t} = \frac{R \cdot i^2 \cdot t}{t} = R \cdot t^2. \text{ Δηλαδή :}$$

$$N = R \cdot i^2$$

"Οταν ή R έκφραζεται εἰς Ωμ και ή i εἰς Αμπέρ, τότε ή ισχὺς εύρισκεται εἰς Βάτ.

Η ηλεκτρική ισχὺς ένος καταναλωτοῦ άναγράφεται συνήθως ἐπὶ τῆς συσκευῆς, μαζὶ μὲ ἄλλας χρησίμους ἐνδείξεις διὰ τὴν λειτουργίαν του.

Άριθμητικὰ παραδείγματα. 1. Νὰ υπολογισθῇ ή ηλεκτρική ισχὺς ένος λαμπτήρος, ἀντιστάσεως 500 Ω, ὁ ὁποῖος διαρρέεται από ρεῦμα ἐντάσεως 0,8 A.

Άνσις. Αντικαθιστῶντες εἰς τὸν τύπον $N = R \cdot i^2$ τὰ δεδομένα τοῦ προβλήματος λαμβάνομεν :

$$N = 500 \cdot 0,8^2 \text{ W} = 320 \text{ W.}$$

2. Μία ηλεκτρική συσκευὴ τῆς ὁποίας ή ισχὺς είναι ἵση μὲ 1.440 W, ἔχει ἀντίστασιν 10 Ω. Πόση είναι ή ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὴν συσκευήν.

Άνσις. Από τὸν τύπον $N = R \cdot i^2$, λύοντες ως πρός i λαμβάνομεν :

$$i = \sqrt{\frac{N}{R}}.$$

Αντικαθιστῶντες τὰ δεδομένα εύρισκομεν :

$$i = \sqrt{\frac{1440}{10}} = \sqrt{144} = 12 \text{ A.}$$

Πρακτικὴ μονὰς ηλεκτρικῆς ἐνεργείας. Τὸ Τζάουλ (1 Joule) είναι πολὺ μικρὰ μονάς ἐνεργείας. Δι' αὐτὸν τὸν λόγον εἰς τὰς τρεχούσας ἀνάγκας χρησιμοποιοῦμεν μίαν μεγαλυτέραν μονάδα, τὴν :

1 βατώραν (1 Wh)

καὶ τὸ πολλαπλάσιόν της :

1 κιλοβατώραν (1 kWh)

Είναι δέ : $1 \text{ kWh} = 1.000 \text{ Wh}$,
και :

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

Η μονάς βατώρα (ή βατώριον, 1 Wh) είναι ίση με την ένέργειαν ή όποια καταναλίσκεται έντος μιᾶς ώρας έντος ένός άγωγού ή μιᾶς συσκευῆς, όταν η ισχύς του ήλεκτρικού ρεύματος είναι ένος Βάτ (1 W).

Αν λύσωμεν τὸν τύπον τῆς ισχύος ως πρὸς A, λαμβάνομεν: $A = N \cdot t$.

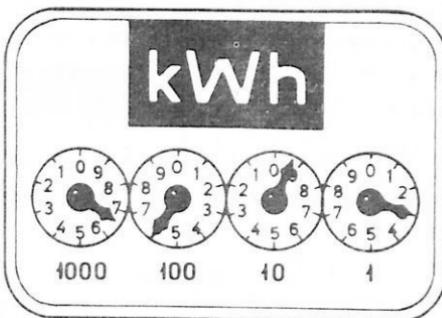
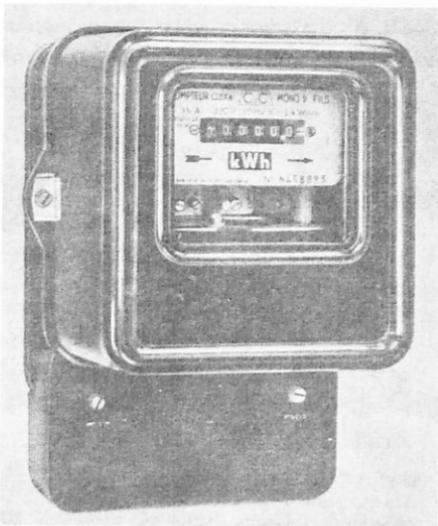
Όταν η ισχύς N έκφραζεται εἰς Βάτ και ό χρόνος t εἰς ώρας, η ήλεκτρική ισχύς N εύρισκεται εἰς βατώρας (Wh). Βατώρας εύρισκομεν έπισης ἀν έκφράσωμεν εἰς ώρας τὸν χρόνον εἰς τὸν τύπον :

$$A = R \cdot i^2 \cdot t.$$

Η ήλεκτρική ένέργεια ή όποια καταναλίσκεται ἀπὸ τὰς διαφόρους συσκευάς μιᾶς ήλεκτρικῆς ἐγκαταστάσεως, παρέχεται ἀπὸ ειδικὰ ὅργανα, τὰ όποια δονούμαζομεν μετρητὰς ήλεκτρικῆς ένεργειας (σχ.127).

Τοιούτους μετρητὰς ἐγκαθιστοῦν εἰς τὰς οἰκιας, αἱ όποιαι χρησιμοποιοῦν ήλεκτρικὸν ρεῦμα και κατὰ μῆνα, μὲ βάσιν τὰς ένδειξεις τοῦ μετρητοῦ, γίνεται ή πληρωμὴ τῆς ἀξίας τοῦ καταναλωθέντος ήλεκτρικοῦ ρεύματος.

Άριθμητική ἐφαρμογή. Μία ήλεκτρικὴ συσκευή, ισχύος 1.200W, χρησι-



Σχ. 127. Μετρητής ήλεκτρικῆς ένεργειας (κοινῶς ρολόϊ ήλεκτρικοῦ). Ένδειξις: 6 593 kWh

μοποιείται, κατά μέσον όρον, 2 ώρας και 30 λεπτά άνα ήμέραν. Να υπολογίσετε τό
κόστος της ηλεκτρικής ένεργειας, την όποιαν καταναλίσκει έντος ένδος μηνός (30
ήμέρα) ή συσκευή, γνωστού δηνος ότι ή κιλοβατώρα στοιχίζει 1,5 δρχ.

Λύσις. Η συσκευή χρησιμοποιείται συνολικῶς $2,5 \cdot 30 = 75$ ώρας άνα μήνα.
Αντικαθιστώντες τά δεδομένα εἰς τὸν τύπον $A = N \cdot t$, δηλαδὴ $N = 1\,200$ W
καὶ $t = 75$ h, λαμβάνομεν :

$$A = 1\,200 \text{ W} \times 75 \text{ h} = 90\,000 \text{ Wh} = 90 \text{ kWh.}$$

Η μηνιαία δαπάνη Δ συνεπῶς τῆς συσκευῆς θὰ είναι :

$$\Delta = 90 \cdot 1,5 \text{ δρχ.} = 135 \text{ δρχ.}$$

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Τὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα είναι μία μορφὴ ένεργειας, ή ὅποια
όνομάζεται ηλεκτρικὴ ένέργεια.

2. Η ποσότης θερμότητος A, ή ὅποια ἐκλύεται ἀπὸ τὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα, είναι ίσοδύναμος πρὸς R · i² · t Joule. Η ηλεκτρικὴ ένέργεια συνεπῶς ἐκφράζεται εἰς μονάδας Τζούλ ἀπὸ τὸν τύπον :

$$A = R \cdot i^2 \cdot t$$

3. Η ηλεκτρικὴ ίσχὺς μιᾶς συσκευῆς όνομάζεται ή ηλεκτρικὴ
ένέργεια τὴν όποιαν καταναλίσκει ή συσκευὴ αὐτῇ άνα δευτερό-
λεπτον.

4. Η ηλεκτρικὴ ίσχὺς N ἐκφράζεται εἰς Βάτ (W) καὶ κιλο-
βάτ (kW), δίδεται δὲ ἀπὸ τὴν σχέσιν :

$$N = R \cdot i^2$$

"Οταν ή ἀντίστασις R ἐκφράζεται εἰς "Ωμ καὶ ή ἔντασις i εἰς
'Αμπέρ, ή ίσχὺς N εὑρίσκεται εἰς Βάτ.

5. Η βατώρα (1 Wh) είναι πρακτικὴ μονάς ηλεκτρικῆς ένερ-
γειας καὶ ίσοῦται μὲ τὴν ένέργειαν τὴν όποιαν καταναλίσκει
έντος μιᾶς ώρας ἔνας ἀγωγός, ού όποιος διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα
ίσχυος ένδος Βάτ. Πολλαπλάσιον τῆς βατώρας είναι ή κιλοβατώρα.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

118. Μία ήλεκτρική 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 ή βαθμὸς τῶν 2 000 Watt και τὸν ὑπόλοιπον χρόνον ή βαθμὸς τῶν 1 200 Watt. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ δαπάνη ἐὰν ή 1 kWh κοστίζει 1,5 δρχ. (Απ. 5 δρχ.)

119. Ἡ θέρμανσις ἐνὸς δωματίου ἀπαιτεῖ ποσότητα θερμότητος ἵσην πρὸς 4 000 kcal ἀνὰ ὥραν. Γνωρίζομεν ἐπὶ πλέον ὅτι 1 kg ἀνθρακίτου ἀποδίδει κατὰ τὴν καῦσιν τὸν ποσότητα θερμότητος ἵσην πρὸς 7 000 kcal, ἀπὸ τὴν ὁποίαν ὅμως μόνον τὰ 40% χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν θέρμανσιν. α) Νὰ ζητεῖται νὰ εὑρεθῇ πόσον θὰ κοστίσῃ διὰ μίαν ὥραν λειτουργίας ἡ θέρμανσις τῆς αἰθουσῆς αὐτῆς, ἐὰν ὁ ἀνθρακίτης πωλήται πρὸς 2,5 δρχ. τὸ 1 kg. β) Νὰ εὑρεθῇ τὸ κόστος τῆς θερμάνσεως, ἐὰν διὰ τὴν θέρμανσιν χρησιμοποιεῖται ήλεκτρικὸν φεῦμα καὶ ἡ μία κυλοβατώρα κοστίζῃ 1,5 δρχ. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν θεωροῦμεν ὅτι ὅλη ἡ ποσότητα τῆς θερμότητος, ἡ ὁποίᾳ παράγεται, ἀποδίδεται εἰς τὴν αἰθουσαν. (Απ. α' 3,6 δρχ. β' 7 δρχ. περίπον.)

120. Ἐνας ήλεκτρικὸς θερμαντήρος ίσχνος 720 Watt θερμαίνει ώρισμένην ποσότητα ὕδατος ἐπὶ 30 min. α) Νὰ ὑπολογισθῇ εἰς Joule ἡ ἐνέργεια ἡ ὁποίᾳ καταναλίσκεται καὶ ἡ ἀντίστοιχης θερμότης εἰς θερμίδας. β) Μὲ τὴν προϋπόθεσιν ὅτι μόνον τὰ 60% τῆς θερμότητος ἡ ὁποίᾳ παράγεται ἀπὸ τὸν θερμαντήρα χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν θέρμανσιν τὸν ὕδατος, νὰ ὑπολογισθῇ ἡ τελικὴ θερμοκρασία ὕδατος μάζης 2 800 gr, ἀρχικῆς θερμοκρασίας 10°C ἐὰν θερμαίνονται ἐπὶ 30 min. Ὅποθέτομεν ὅτι ἡ θερμοκρασία τοῦ δοχείου εἶναι ἀμελητέα. (Απ. α' 1 296 000 J, 308 571 cal. β' 76,1 °C.)

121. Ἐνας θερμοσίφων ἔχει ίσχνὸν 1 kW και διαρρέεται ἀπὸ ήλεκτρικὸν φεῦμα ἐντάσεως 8 A. α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀντίστασις τοῦ θερμοσίφωνος. β) Ἐὰν περιέχῃ 100 l ὕδατος, πόσος χρόνος ἀπαιτεῖται διὰ νὰ αὐξηθῇ ἡ θερμοκρασία τοῦ ὕδατος αὐτοῦ ἀπὸ τὸν 10°C εἰς τὸν 80°C (Απ. α' 16 Ω περίπον. β' 8 h.)

122. Ἐνας ήλεκτρικὸς βραστήρος καταγαλίσκει ίσχνὸν 500 Watt. Τὸ φεῦμα τὸ ὅποιον τὸν διαρρέει ἔχει ἐντάσην 4 A. α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀντίστασις τοῦ βραστήρος. β) Νὰ ὑπολογισθῇ ὁ χρόνος δστις ἀπαιτεῖται διὰ νὰ βράσῃ 1/2 l ὕδατος ἀρχικῆς θερμοκρασίας 20 °C, μὲ τὴν προϋπόθεσιν ὅτι δὲν ἔχομεν ἀπώλειαν θερμότητος. γ) Εἰς τὴν πραγματικότητα ἀπαιτοῦνται 10 πρῶτα λεπτά. Νὰ ὑπολογισθοῦν αἱ ἀπώλειαι. (Απ. α' 31 Ω περίπον, β' 5,5 min. γ' 45%).

123. Ἐνας βραστήρος ἀπὸ ἀλονυμίνιον ἔχει μᾶζαν 700 gr και περιέχει 1 l ὕδατος εἰς θερμοκρασίαν 20 °C. Ἡ ἀντίστασις τοῦ βραστήρος διαρρέεται ἀπὸ φεῦμα ἐντάσεως 5 A. Εἰς τὰ 10 πρῶτα λεπτά ἡ θερμοκρασία τοῦ ὕδατος ἀνέρχεται εἰς 90 °C. Ἡ ειδικὴ θερμότης τοῦ ἀλονυμίνιον εἶναι : 0,22 cal/gr·grad. Νὰ ὑπολογισθοῦν α) Ἡ τοσότης τῆς θερμότητος ἡ ὁποίᾳ ἀπερροφήθη κατὰ τὴν θέρμανσιν. β) Ἡ ίσχνὸς τοῦ βραστήρος και γ) ἡ ἀντίστασις τοῦ βραστήρος.

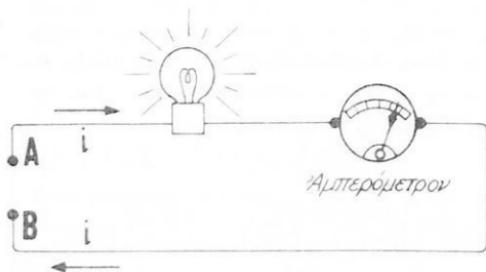
(Απ. α' 80 780 cal. β' 565,5 W. γ' 22,6 Ω.)

ΚΗ' — ΔΙΑΦΟΡΑ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ. ΜΟΝΑΣ ΒΟΛΤ

§ 132. "Εννοια τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ. α) Πείραμα. Συνδέομεν ἕνα ἡλεκτρικὸν λαμπτήρα εἰς τοὺς δύο ἀκροδέκτας A καὶ B ἐνὸς ρευματοδότου (πρίζα). Τὸν ἀμπερόμετρον παρεμβάλλεται εἰς τὸ κύκλωμα διὰ νῦν δεικνύη τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος (σχ. 128).

Μὲ λαμπτήρα ισχύος 75 W εύρισκομεν ἔντασιν ρεύματος ἵσην

πρὸς 0,34 A. Μὲ λαμπτήρα ισχύος 40 W τὸ ἀμπερόμετρον δεικνύει ρεῦμα ἔντάσεως 0,18 A. Ἀφαιροῦμεν τὸν λαμπτήρα καὶ τοποθετοῦμεν εἰς τὴν θέσιν του ἔνα σίδερο σιδερώματος ισχύος 300 W. Η ἔντασις τοῦ ρεύματος τὸ δόποιον διαρρέει τὸ κύκλωμα, εἶναι τώρα 1,36 A.



Σχ. 128. Διὰ τὴν ἔννοιαν τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ

Εἰς ἑκάστην ἀπὸ τὰς τρεῖς ἀνωτέρω περιπτώσεις ἔχομεν διαφορετικὴν ισχὺν

τοῦ ἡλεκτρικοῦ καταναλωτοῦ καὶ διαφορετικὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, τὸ δόποιον τὸν διαρρέει· ὁ λόγος ὅμως τῆς ἡλεκτρικῆς ισχύος, ἥτις καταναλίσκεται μεταξὺ τῶν σημείων A καὶ B τοῦ κυκλώματος καὶ τῆς ἔντάσεως τοῦ ρεύματος, τὸ δόποιον διαρρέει τὸ τμῆμα αὐτὸ τοῦ κυκλώματος, εἶναι σταθερός ⁽¹⁾.

Πράγματι ἔχομεν ὅτι:

$$\frac{75}{0,34} = 220, \frac{40}{0,18} = 220, \frac{300}{1,36} = 220.$$

"Ο σταθερὸς αὐτὸς λόγος χαρακτηρίζει αὐτὸ τὸ δόποιον δνομάζομεν διαφορὰν δυναμικοῦ ἡ ἡλεκτρικὴν τάσιν μεταξὺ τῶν δύο ἀκροδεκτῶν τοῦ ρευματολήπτου.

(1) Η ισχὺς ἡ ὅποια καταναλίσκεται μεταξὺ τῶν σημείων A καὶ B, εἶναι πρακτικῶς ἴση μὲ τὴν ισχὺν τῶν λαμπτήρων ἡ τοῦ ἡλεκτρικοῦ σιδέρου, διότι ἡ ισχὺς ἡ ὅποια καταναλίσκεται ἀπὸ τὸ ἀμπερόμετρον καὶ τὰ ἀγωγά σύρματα εἶναι ἀσήμαντος.

β) "Ας θεωρήσωμεν γενικότερον τὸν ἀγωγὸν AB, ὁ ὅποιος ἀποτελεῖ μέρος ἐνὸς κυκλώματος, τὸ ὅποιον διαρρέεται μὲν ρεῦμα ἐντάσεως i. Ἀμπέρ, ἔστω δὲ ὅτι η ἰσχὺς ἡτὶς καταναλίσκεται μεταξὺ τῶν σημείων A καὶ B εἶναι

N Βάτ (σχ. 129). Μὲ τὰς ἀνωτέρω προύποθέσεις λέγομεν ὅτι :

"Η διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν σημείων A καὶ B ἐνὸς κυκλώματος ἔχει ως μέτρον τὸ πηλίκον τῆς ἰσχύος, ἡτὶς καταναλίσκεται μεταξὺ τῶν δύο αὐτῶν σημείων τοῦ κυκλώματος, πρὸς τὴν ἐντασίν τοῦ ρεύματος τὸ ὅποιον διαρρέει τὸ κύκλωμα.

"Η διαφορὰ δυναμικοῦ η (ἡλεκτρική) τάσις μεταξὺ δύο σημείων A καὶ B, συμβολίζεται γενικῶς μὲ τὸ γράμμα U η μὲ $U_A - U_B$.

Συμφώνως πρὸς τὰ ἀνωτέρω συνεπδός θὰ ἔχωμεν ὅτι :

$$U = \frac{N}{i}$$

$$\text{διαφορὰ δυναμικοῦ (τάσις)} = \frac{\text{ἰσχὺς}}{\text{ἐντασίς ρεύματος}}$$



§ 133. Εξήγησις διαφορᾶς δυναμικοῦ. "Ας ἐπανέλθωμεν εἰς τὸ πείραμα τῆς ἀρχῆς τοῦ κεφαλαίου τῆς § 132.

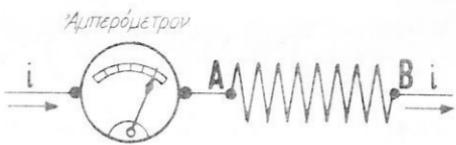
"Οταν συνδέσωμεν τὸν λαμπτῆρα ἰσχύος 75 W εἰς τὸ κύκλωμα, τότε ἐντὸς χρονικοῦ διαστήματος ἐνὸς δευτερολέπτου δαπανᾶται μεταξὺ τῶν σημείων A καὶ B (βλ. σχ. 128) ἐνέργεια 75 Joule, ἐνῷ εἰς τὸ ἴδιον χρονικὸν διάστημα τὸ ρεῦμα τῶν 0,34 A μεταφέρει ποσότητα ἡλεκτρισμοῦ 0,34 Cb.

Μὲ ἄλλους λόγους διὰ νὰ μεταφερθῇ ποσότης ἡλεκτρισμοῦ 0,34 Cb ἀπὸ τὸν ἀκροδέκτην A εἰς τὸν ἀκροδέκτην B, καταναλίσκεται ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια 75 Joule.

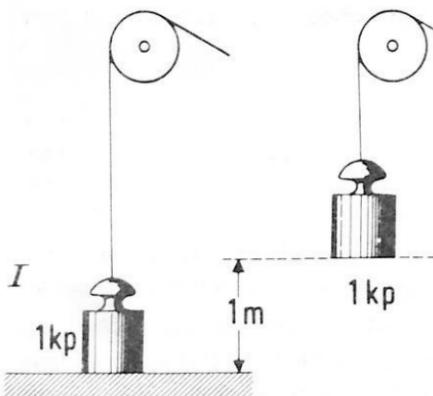
Διὰ ποιὸν ὅμως λόγον δαπανᾶται ἡ ἐνέργεια αὐτή;

Διὰ νὰ κατανοήσωμεν καλλίτερον τὸ θέμα θὰ θεωρήσωμεν τὸ ἀκόλουθον μηχανικὸν ἀνάλογον.

"Οταν θέλωμεν νὰ ἀνψύωσωμεν ἓνα σῶμα, ἀπὸ τὸ ἔδαφος μέχρις



Σχ. 129. Η διαφορὰ δυναμικοῦ U μεταξὺ τῶν σημείων A καὶ B εἶναι ίση πρὸς N.i.



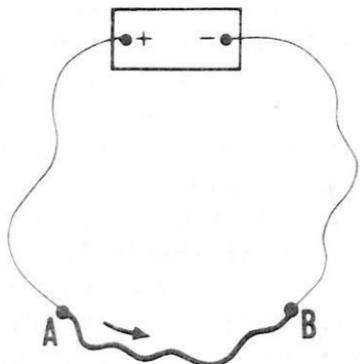
I

1kp

1m

1kp

II



Σχ. 130. Μηχανικὸν ἀνάλογον διὰ τὴν κατανόησιν τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ 1 Volt.

δυναμικοῦ καθορίζεται καὶ ἡ σχετικὴ μονάς, ἡ ὅποια ὀνομάζεται **1 Βόλτ** (**1 Volt, 1 V**) πρὸς τιμὴν τοῦ Ἰταλοῦ Φυσικοῦ Ἀλεξάνδρου Βόλτα (Alessandro Volta) (1745-1827).

Τὸ Βόλτ (**1 V**) εἶναι ἵσον μὲ τὴν διαφορὰν τοῦ ἡλεκτρικοῦ δυναμικοῦ, τὸ ὅποιον ἐπικρατεῖ μεταξὺ δύο σημείων ἐνὸς ἀγωγοῦ, ὁ ὅποιος διαρρέεται ἀπὸ σταθερὸν ρεῦμα ἐντάσεως 1 Αμπέρ (**1 A**) καὶ καταναλίσκει ἴσχὺν **1 Βάτ** (**1 W**) μεταξὺ τῶν δύο αὐτῶν σημείων.

Μερικαὶ τιμαὶ διαφορᾶς δυναμικοῦ. Παραθέτομεν μερικὰς τιμὰς

ἐνὸς ὥρισμένου ὕψους, πρέπει νὰ δαπανήσωμεν μηχανικὴν ἐνέργειαν. Κατ’ ἀναλογίαν, ὅταν μεταφέρωμεν ἡλεκτρικὰ φορτία μέσα εἰς ἓνα ἀγωγόν, πρέπει νὰ δαπανήσωμεν ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

Τὸ ἀνάλογον τῆς διαφορᾶς στάθμης εἰς τὴν Μηχανικὴν εἶναι ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τὸν Ἡλεκτρισμόν. Οὕτως, ὅταν ἀνυψώσωμεν ἓνα σῶμα βάρους 1 kp μέχρις ὕψους 1 m, δαπανῶμεν ἔργον 1 kpm. Ὅταν μεταφέρωμεν ἡλεκτρικὸν φορτίον 1 Cb, ἀπὸ ἓνα σημεῖο A εἰς ἓνα σημεῖο B ἐνὸς ἀγωγοῦ, ὥστε νὰ δαπανηθῇ ἔργον 1 Joule, τότε μεταξὺ τῶν σημείων A καὶ B ὑφίσταται διαφορὰ δυναμικοῦ 1 Volt (σχ. 130).

§ 134. Βόλτ. Μονάς διαφορᾶς δυναμικοῦ. Ἀπὸ τὸν τύπον ὄρισμοῦ τῆς διαφορᾶς

ήλεκτρικής τάσεως μεταξύ τῶν ἀκροδετῶν τῶν πόλων ώρισμένων ήλεκτρικῶν πηγῶν:

'Ηλεκτρικὸν στοιχεῖον	1 - 2 V
'Ηλεκτρικὴ στήλη (φανάρι τσέπης)	4,5 V
Συστοιχία συσσωρευτῶν	6 - 12 V

Μεταξύ τῶν δύο συρμάτων ἐνὸς ρευματοδότου ἐπικρατεῖ τάσις 110 V ή 220 V, ἀναλόγως πρὸς τὴν τάσιν τοῦ ηλεκτρικοῦ δικτύου. Αἱ τιμαὶ αὗται συνήθως μεταβάλλονται κατὰ μερικὰ Βόλτ. Δι' αὐτὸν τὸν λόγον ἡ τάσις ἐνὸς δικτύου παροχῆς ηλεκτρικοῦ ρεύματος 110 V, π.χ. μειώνεται εἰς ώρισμένας περιπτώσεις καὶ φθάνει τὰ 105 V ή καὶ τὰ 100 V ἀκόμη.

Ἡ τάσις συνήθως εἰς τὰ σύρματα μιᾶς γραμμῆς μεταφορᾶς εἶναι ἀρκεταὶ ἑκατοντάδες χιλιάδων Βόλτ (220 000 V ή 380 000 V).

Ἐννοοῦμεν τώρα τὴν σημασίαν τῆς ἀναγραφῆς ώρισμένων ἐνδείξεων ἐπὶ τῶν λαμπτήρων φωτισμοῦ ή ἐπὶ τῶν διαφόρων συσκευῶν. Οὕτως αἱ ἐνδείξεις 100 W, 220 V τὰς ὅποιας εἶναι δυνατὸν νὰ διαβάσωμεν εἰς ἔνα λαμπτήρα, ἔχουν τὴν ἔννοιαν ὅτι ὁ λαμπτήρας αὐτὸς λειτουργεῖ κανονικῶς, ὅταν συνδεθῇ εἰς δίκτυον τάσεως 220 V. Ἡ ἴσχυς τῆς ὅποιαν καταναλίσκει τότε ὁ λαμπτήρας εἶναι 100 W.

Ἄν συνδέσωμεν τὸν ἀνωτέρω λαμπτήρα εἰς σημεῖα ἐνὸς κυκλώματος, τὰ δόποια παρουσιάζουν διαφορὰν δυναμικοῦ 12 V, τὸ σπείραμα δὲν θὰ πυρακτωθῇ καὶ ὁ λαμπτήρας παραμείνει σβυστός. Ἡ ἐνέργεια τῆς ὅποιαν ἀπορροφεῖ τὸ σύρμα πυρακτώσεως εἶναι ἐλαχίστη.

Ἄν δημιουργοῦμεν εἰς δίκτυον 220 V ἔνα λαμπτήρα, κατεσκευασμένον διὰ νὰ λειτουργῇ εἰς δίκτυον 12 V, αὐτὸς καίεται ἀμέσως καὶ καταστρέφεται. Ἡ ἐνέργεια, ἡ ὅποια ἀπελευθερώνεται εἰς τὸ σύρμα πυρακτώσεως, εἶναι πολὺ μεγάλη καὶ προκαλεῖ τῆξιν τοῦ σύρματος.

§ 135. Ἐκφράσεις τῆς ἴσχυος καὶ τῆς ηλεκτρικῆς ἐνεργείας, οἱ ὅποιαι καταναλίσκονται μέσα εἰς ἔνα ἀγωγόν. Γνωρίζομεν ὅτι ἡ ηλεκτρικὴ ἴσχυς, ἡ ὅποια καταναλίσκεται ἀπὸ τὴν θερμότητα Τζάουλ, μέσα εἰς ἔνα ἀγωγόν, ἀντιστάσεως R, δίδεται ἀπὸ τὸν τύπον: $N = R \cdot i^2$ (βλ. § 131, σελ. 136).

Ἀπὸ τὴν σχέσιν $U = N/i$, (ἡ ὅποια εὑρίσκεται ἀπὸ τὴν $N = R \cdot i^2$,

ὅταν θέσωμεν $R=U/i$, λύοντες ως πρός N λαμβάνομεν μίαν άλλην έκφρασιν τής ισχύος :

$$N = U \cdot i$$

"Οταν ή τάσις U έκφραζεται εις Βόλτ και ή έντασις ή εις 'Αμπέρ, ή ισχύς N εύρισκεται εις Βάτ.

'Αριθμητικαὶ έφαρμογαὶ. 1. Νὰ υπολογισθῇ η ισχὺς ἐνὸς ήλεκτρικοῦ λαπτῆρος, ὁ ὁποῖος διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα ἐντάσεως $0,45 \text{ A}$, ὅταν ή τάσις εις τὰ ἄκρα τῶν συρμάτων, τὰ ὁποῖα καταλήγουν εις τὸν λαμπτῆρα, είναι 220 V .

Αύσις. Αντικαθιστῶντες εις τὸν τύπον : $N = U \cdot i$ τὰς τιμάς τῶν δεδομένων τοῦ προβλήματος, δηλαδὴ $U = 220 \text{ V}$ καὶ $i = 0,45 \text{ A}$, λαμβάνομεν :

$$N = 220 \text{ U} \cdot 0,45 \text{ A} = 99 \text{ W.}$$

2. Ένα ήλεκτρικό σίδερο, ισχύος 400 W τροφοδοτεῖται μὲν ήλεκτρικὸν ρεῦμα τάσεως 110 V . Πόση είναι η έντασις τοῦ ρεύματος τὸ ὁποῖον τὸ διαρρέει.

Αύσις. Αύνοντες τὸν τύπον $N = U \cdot i$ ως πρός ι λαμβάνομεν : $i = N/U$ καὶ ἀντικαθιστῶντες εις αὐτὸν τὰ δεδομένα τοῦ προβλήματος έχομεν :

$$i = \frac{400 \text{ W}}{110 \text{ U}} = 3,63 \text{ A.}$$

§ 136. Ήλεκτρικὴ ἐνέργεια. Γνωρίζομεν ὅτι η ήλεκτρικὴ ἐνέργεια A , η ὁποία καταναλίσκεται ἀπὸ τὴν θερμότητα Τζάουλ μέσα εις ἕνα ἀγωγόν, δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν : $A = R \cdot i^2 \cdot t$. Ἐπειδὴ ὅμως τὸ γινόμενον $R \cdot i$ είναι ἵσον μὲ τὴν ισχὺν N καὶ αὐτὴ πάλιν ισοῦται μὲ $U \cdot i$, ὁ ἀνωτέρῳ τύπος λαμβάνει τελικῶς τὴν μορφήν :

$$A = U \cdot i \cdot t$$

"Οταν ή τάσις U έκφραζεται εις Βόλτ, ή έντασις ή εις 'Αμπέρ καὶ ὁ χρόνος t εις δευτερόλεπτα, η ήλεκτρικὴ ἐνέργεια A εύρισκεται εις Τζάουλ. Εάν ὅμως ὁ χρόνος έκφραζεται εις ώρας, η ἐνέργεια A εύρισκεται εις βατώρας (Wh).

§ 137. Αλλη ἔκφρασις τοῦ νόμου τοῦ Τζάουλ. Η ἐνέργεια $A = U \cdot i \cdot t$ Joule είναι ισοδύναμος πρὸς τὴν ἀκόλουθον ποσότητα θερμότητος εις θερμίδας :

$$Q = 0,24 \cdot U \cdot i \cdot t$$

Άριθμητική έφαρμογή. Να υπολογισθῇ εἰς κιλοβατώρας ή ηλεκτρική ένέργεια, ή όποια καταναλίσκεται ἐντός 5 ώρων ἀπό μίαν ηλεκτρικήν θερμάστραν, ή όποια λειτουργεῖ μὲ τάσιν 110 V καὶ διαρρέεται ἀπό ρεῦμα ἐντάσεως 4 Αμπέρ.

Λύσις. Αντικαθιστῶντες εἰς τὸν τύπον $A = U \cdot i \cdot t$ τὰς τιμάς τῶν δεδομένων τοῦ προβλήματος, δηλαδὴ :

$$U = 110 \text{ V}, i = 4 \text{ A}, t = 5 \text{ h}, \text{λαμβάνομεν :}$$

$$A = 110 \cdot 4 \cdot 5 \text{ Wh} = 2200 \text{ Wh} = 2,2 \text{ kWh.}$$

§ 138. Πρόσθεσις τάσεων. Μία ηλεκτρική θερμάστρα, ἕνας λαμπτήρ καὶ ἕνας ροοστάτης (μία μεταβλητὴ δηλαδὴ ἀντίστασις) είναι συνδεδέμενα ἐν σειρᾷ εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ παραστατικοῦ σχήματος 131 καὶ διαρρέονται ἀπό τὸ ίδιον ρεῦμα, τὸ δόποιον ἔχει ἔναντι i.

Ἐστω U_1 ἡ τάσις εἰς τοὺς ἀκροδέκτας A καὶ B τῆς θερμάστρας U_2 ἡ τάσις εἰς τοὺς ἀκροδέκτας B καὶ Γ τοῦ λαμπτήρος καὶ U_3 ἡ τάσις εἰς τὰ σημεῖα Γ καὶ Δ τοῦ ροοστάτου.

Ἐκάστη ἀπὸ τὰς τρεῖς αὐτὰς συσκευὰς καταναλίσκει ηλεκτρικὴν ἴσχυν: $N_1 = U_1 \cdot i$ θερμάστρα, $N_2 = U_2 \cdot i$ δόποιος λαμπτήρος καὶ $N_3 = U_3 \cdot i$ δόποιος ροοστάτης.

Ἐάν ἐκφράσωμεν μὲ U τὴν τάσιν εἰς τὰ ἀκραῖα σημεῖα A καὶ Δ, τότε ή διλικὴ ἴσχυς N, ή όποια καταναλίσκεται μεταξὺ αὐτῶν, είναι ἵση πρός :

$$N = U \cdot i$$

Ἡ ἴσχυς δόμως N είναι ἵση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἴσχυών, αἱ όποιαι καταναλίσκονται ἀπὸ τὰς τρεῖς συσκευάς :

$$N = N_1 + N_2 + N_3$$

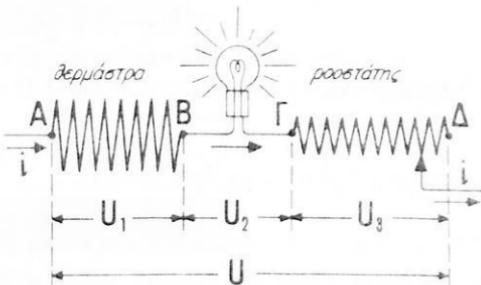
Ἡ σχέσις αὐτὴ γράφεται καὶ ως ἔξης :

$$U \cdot i = U_1 \cdot i +$$

$$+ U_2 \cdot i + U_3 \cdot i$$

ὅπότε, ἀπλοποιοῦντες μὲ τὸ i, τελικῶς λαμβάνομεν ὅτι :

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$



Σχ. 131. Αἱ ηλεκτρικαὶ τάσεις προστίθενται διαδοχικαὶ.

"Ωστε :

"Οταν διάφοροι συσκευαὶ (ἢ ἀντιστάσεις) συνδεδεμέναι ἐν σειρᾷ, τότε αἱ τάσεις, αἱ όποιαι ἐπικρατοῦν εἰς τὰ ἄκρα των, δύνανται νὰ προστεθοῦν.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Η διαφορὰ δυναμικοῦ ἢ ηλεκτρικὴ τάσις U μεταξὺ δύο σημείων A καὶ B ἐνὸς κυκλώματος, τὸ όποῖον διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα, ἔχει μέτρον ἵσον μὲ τὸ πηλίκον τῆς ηλεκτρικῆς ἴσχυος N , ἡ όποια δαπανᾶται μεταξὺ τῶν A καὶ B , πρὸς τὴν ἔντασιν i τοῦ ρεύματος. Δηλαδὴ εἶναι :

$$U = \frac{N}{i}$$

2. Μονάς διαφορᾶς δυναμικοῦ εἶναι τὸ Βόλτ (1 V). Τὸ Βόλτ εἶναι ἵσον μὲ τὴν ηλεκτρικὴν τάσιν ἡ όποια ἐπικρατεῖ μεταξὺ δύο σημείων ἐνὸς ἀγωγοῦ, ὁ όποῖος διαρρέεται ἀπὸ σταθερὸν ηλεκτρικὸν ρεῦμα, ἐντάσεως ἐνὸς Αμπέρ, ὅταν μεταξὺ τῶν δύο αὐτῶν σημείων δαπανᾶται ηλεκτρικὴ ἴσχυς ἐνὸς Βάτ.

3. Ἀπὸ τὸν τύπον $U = N/i$, λύοντες ως πρὸς N , λαμβάνομεν ὅτι :

$$N = U \cdot i \text{ Watt}$$

Ο τύπος αὐτὸς χρησιμεύει εἰς τὴν εὑρεσιν τῆς ηλεκτρικῆς ἴσχυος, ὅταν γνωρίζωμεν τὴν τάσιν U καὶ τὴν ἔντασιν i .

4. Η ηλεκτρικὴ ἐνέργεια ἡ όποια καταναλίσκεται ἐντὸς χρόνου t sec εἶναι ἵση πρός :

$$A = U \cdot i \cdot t \text{ Joule}$$

5. Ο νόμος τοῦ Τζάουλ δύναται νὰ ἐκφρασθῇ καὶ μὲ τὴν σχέσιν :

$$Q = 0,24 \cdot U \cdot i \cdot t \text{ cal}$$

6. "Οταν περισσότεραι ἀπὸ μίαν ἀντιστάσεις εἶναι συνδεδεμέναι ἐν σειρᾷ, τότε αἱ διαφοραὶ τοῦ ἡλεκτρικοῦ δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα ἔκαστης ἀντιστάσεως προστίθενται.

A Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

124. Ἀγωγὸς ἀντιστάσεως $20,9\ \Omega$ διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν φεῦμα ἑντάσεως $2,5\ A$. a) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἡλεκτρικὴ ἵσχυς, ἢτις καταναλίσκεται ἀπὸ τὸ σύνομα. β) Πόση εἶναι ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα τῆς ἀντιστάσεως.

(Απ. α' $130,6\ W$. β' $52,2\ V$.)

125. Ἐντὸς ἐνὸς θερμιδομέτρου βιθίζομεν ἔνα ἀγωγὸν ἡλεκτρικοῦ φεύματος. Εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ ἐπικρατεῖ διαφορὰ δυναμικοῦ $10\ Volt$. Ἡ ἔντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ φεύματος, τὸ ὅποιον διαρρέει τὸν ἀγωγὸν εἶναι $5\ A$. a) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἵσχυς, ἢτις καταναλίσκεται ἀπὸ τὴν ἀντιστάσιν. β) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀντιστάσις καὶ γ) νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, ἡ ὅποια ἀποδίδεται εἰς τὸ θερμιδομέτρον ἐντὸς 6 πρώτων λεπτῶν). ($1\ Joule = 0,24\ cal$.)

(Απ. α' $50\ W$. β' $2\ \Omega$. γ' $4\ 320\ cal$.)

126. Ἡ θέρμανσις ἐνὸς διαμερίσματος ἀπαιτεῖ $1\ 000\ 000\ cal$ ἀνὰ ώραν. Αὐτὸν ποσὸν τῆς θερμότητος παρέχεται ἀπὸ μίαν ἡλεκτρικὴν θερμάστραν, ἡ ὅποια λειτουργεῖ ὑπὸ διαφορᾶς δυναμικοῦ $220\ Volt$. a) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἵσχυς ἡ ὅποια ἀπορροφεῖται ἀπὸ τὴν θερμάστραν. β) Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ φεύματος, τὸ ὅποιον διαρρέει τὴν ἀντιστάσιν τῆς θερμάστρας.

(Απ. α' $1\ 166,6\ W$. β' $5,3\ A$, περίπον.)

127. Ἔνας ἡλεκτρικὸς λαμπτήρας ἵσχυος $60\ Watt$ βιθίζεται εἰς ἔνα θερμιδόμετρον μὲν ὕδωρ, τὸ ὅποιον ἔχει θερμοχωλητικότητα $500\ cal/grad$ καὶ θερμοκρασίαν $17\ ^{\circ}C$. a) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ τελικὴ θερμοκρασία τοῦ ὕδατος, ἐὰν ὁ λαμπτήρας λειτουργῇ ἐπὶ 15 ποδῶν λεπτά. β) Ἔὰν ὁ λαμπτήρας τροφοδοτήθῃ ἀπὸ ἡλεκτρικὸν δίκτυου $110\ Volt$, νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ φεύματος, τὸ ὅποιον τὸν διαρρέει.

(Απ. α' $43\ ^{\circ}C$, περίπον. β' $0,5\ A$, περίπον.)

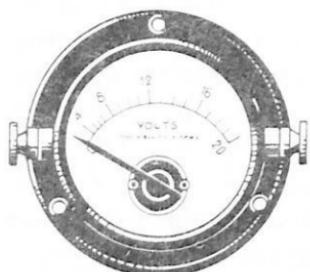
128. Ἔνα ἡλεκτρικό σύδερο ἵσχυος $500\ Watt$ λειτουργεῖ ἐπὶ $1\ h$ καὶ $30\ min$. a) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ δαπάνη λειτουργίας, ἐὰν ἡ κιλοβατάρων κοστίζῃ $1,5\ δρχ$. β) ἐὰν ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα τῆς λήψεως εἶναι $125\ Volt$, νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ φεύματος. γ) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ποσότης τοῦ ἡλεκτρισμοῦ ἡ ὅποια διέρχεται ἀπὸ τὸ σύδερο, καθὼς καὶ ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, ἢτις ἐλειθερώνεται κατὰ τὴν διάρκειαν τοῦ σιδερούματος.

(Απ. α' $1,125\ δρχ$. β' $4\ A$. γ' $21\ 600\ Cb$, $648\ kcal$.)

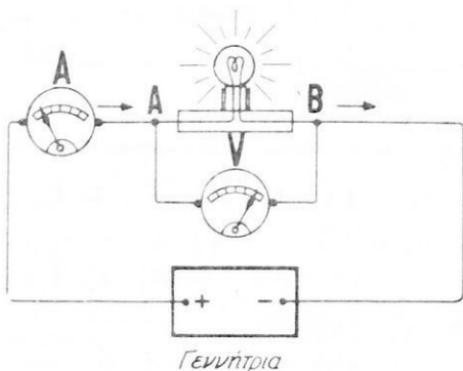
ΚΘ' — ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΙΣ ΔΙΑΦΟΡΑΣ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ

ΒΟΛΤΟΜΕΤΡΟΝ. ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΟΗΜ

§ 139. Βολτόμετρον. Αἱ διαφοραι δυναμικοῦ δύο σημείων ἐνὸς ἡλεκτρικοῦ κυκλώματος, μετροῦνται μὲ εἰδικὰ ὄργανα, τὰ ὅποια ὀνομάζονται βολτόμετρα (σχ. 132) καὶ τὰ ὅποια εἶναι βαθμολογημένα εἰς μονάδας Βόλτ.



Σχ. 132. Εξωτερική έμφανσις βολτομέτρου.



Σχ. 133. Σύνδεσις βολτομέτρου διὰ τὴν μετρησιν τῆς τάσεως εἰς τὰ ἄκρα ἐνὸς λαμπτῆρος.

"Όταν θέλωμεν νὰ μετρήσωμεν τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ μεταξὺ δύο σημείων Α καὶ Β ἐνὸς κυκλώματος, δὲν διακόπτομεν τὸ κύκλωμα, διὰ νὰ παρεμβάλωμεν τὸ ὄργανον, ὅπως γίνεται εἰς τὴν περίπτωσιν ἐνὸς ἀμπερομέτρου, ἀλλὰ συνδέομεν τοὺς ἀκροδέκτας τοῦ βολτομέτρου μὲ τὰ σημεῖα Α καὶ Β τοῦ κυκλώματος προκαλοῦντες, ὅπως λέγομεν, μίαν διακλάδωσιν (σχ. 133).

"Ἄν τὸ κύκλωμα διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, δείκτης τοῦ ὄργανου θὰ κινηθῇ καὶ θὰ σταματήσῃ ἐμπρὸς ἀπὸ μίαν ἔνδειξιν, ἡ ὅποιαν παρέχει εἰς μονάδας Βόλτ τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ, ἥτις ἐπικρατεῖ μεταξὺ τῶν δύο αὐτῶν σημείων. "Ωστε :

Τὸ βολτόμετρον εἶναι ὄργανον τὸ ὅποιον μετρεῖ τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ δύο σημείων Α καὶ Β ἐνὸς κυκλώματος, τὸ ὅποιον διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα. Τὸ ὄργανον αὐτὸ τοποθετεῖται κατὰ διακλάδωσιν συνδέομεν δηλαδὴ τοὺς ἀκροδέκτας τοῦ μὲ τὰ σημεῖα

A καὶ B χωρίς νὰ διακόψωμεν τὸ κύκλωμα.

§ 140. Νόμος τοῦ "Ωμ (Ohm). Πραγματοποιοῦμεν τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 134, καὶ, μεταξὺ τῶν σημείων A καὶ B τοῦ κυκλώματος αὐτοῦ, παρεμβάλλομεν ἑνα σύρμα, π.χ. ἀπὸ σιδηρονικέλιον, γνωστῆς ἀντιστάσεως, ἔστω π.χ., 4Ω .

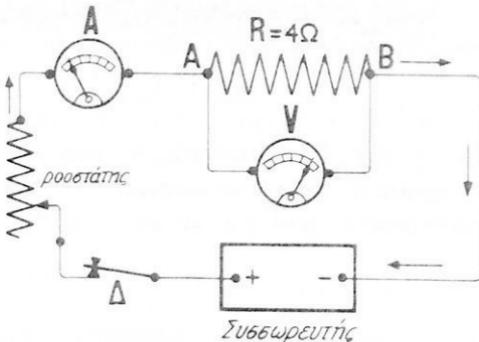
"Ἐνα ἀμπερόμετρον, τὸ ὅποῖον παρεμβάλλεται ἐν σειρᾷ εἰς τὸ κύκλωμα (διακόπτομεν δηλαδὴ τὸ κύκλωμα εἰς τὸ σημεῖον τοποθετήσεως του), δεικνύει τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος καὶ ἔνα βολτόμετρον, συνδέομεν κατὰ διακλάδωσιν εἰς τὰ σημεῖα A καὶ B, τὴν διαφορὰν τοῦ δυναμικοῦ, ἡ ὅποια ἐπικρατεῖ εἰς τὰ δύο αὐτά σημεῖα.

Πείραμα. Κλείομεν τὸν διακόπτην τοῦ κυκλώματος καὶ, ρυθμίζοντες καταλλήλως τὸν ροοστάτην, πειραματίζομεθα μὲ τάσεις 1V, 2V, 3V, 4V, 5V καὶ εἰς ἑκάστην ἀπὸ τὰς περιπτώσεις αὐτὰς σημειώνομεν τὴν ἀντίστοιχον ἔντασιν τοῦ ρεύματος καὶ ὑπολογίζομεν τὸν λόγον $(U_A - U_B)/i$, δόποτε σχηματίζομεν τὸν ἀκόλουθον πίνακα :

$U_A - U_B$ εἰς Βόλτα	1	2	3	4	5
i εἰς Αμπέρ	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 : a) ὅτι ὁ λόγος $(U_A - U_B)/i$ εἶναι σταθερὸς καὶ ἴσος πρὸς 4.

β) Ὁ λόγος αὐτὸς εἶναι ἀριθμητικῶς ἴσος μὲ τὴν ἀντίστασιν AB, τὴν ὅποιαν παρενεβάλομεν εἰς τὸ κύκλωμα.



Σχ. 134. Διὰ τὴν πειραματικὴν ἐπαλήθευσιν τοῦ νόμου τοῦ "Ωμ.

Αἱ δύο αὐταὶ παρατηρήσεις ὁδηγοῦν εἰς τὴν διατύπωσιν τοῦ ἀκολούθου νόμου, ὁ ὅποῖος φέρει τὴν ὀνομασίαν νόμος τοῦ Ωμ (Ohm).

Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ $U_A - U_B$ (εἰς Βόλτ), ἡ ὅποια ἐπικρατεῖ μεταξὺ δύο σημείων A καὶ B ἐνὸς ἀγωγοῦ, καὶ ἡ ἔντασις i (εἰς Αμπέρ) τοῦ ρεύματος τὸ ὅποιον τὸν διαρρέει, ἔχουν σταθερὸν λόγον, ἵσον μὲ τὴν ἀριθμητικὴν τιμὴν τῆς ἀντιστάσεως R τοῦ ἀγωγοῦ (εἰς Ωμ).

Δηλαδὴ θὰ ἔχωμεν ὅτι :

$$\frac{U_A - U_B}{i} = R \quad \text{ἢ} \quad U_A - U_B = R \cdot i$$

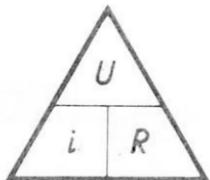
Εἰς τοὺς ἀνωτέρω τύπους τὰ ($U_A - U_B$), R, i ἐκφράζονται ἀντιστοίχως εἰς Βόλτ, Ωμ καὶ Αμπέρ.

Πολλὰς φοράς ἀντὶ $U_A - U_B$ γράφομεν ἀπλῶς U, ὅπότε ὁ τύπος γίνεται :

$$\frac{U}{i} = R$$

Διὰ τὴν ἀπομνημόνευσιν τοῦ νόμου τοῦ Ωμ χρήσιμοποιεῖται τὸ τρίγωνον τοῦ σχήματος 134a, μέσα εἰς τας γωνίας τοῦ ὅποιου τοποθετοῦνται τὰ σύμβολα τῆς ἔντασεως καὶ τῆς ἀντιστάσεως.

Διὰ νά εὑρώμεν τὴν σχέσιν μὲ τὴν ὅποιαν συνδέεται ἔνα ὑπὸ τὰ τρία αὐτὰ μεγέθη μὲ τὰ ἄλλα δύο, καλύπτομεν τὸ μέγεθος αὐτὸ μὲ τὸν δάκτυλον, ὅπότε τὸ σχῆμα τὸ ὅποιον ἀποτελοῦν τὰ ἄλλα δύο ἐκφράζει τὴν ζητουμένην σχέσιν.



Σχ. 134 a. Διὰ τὴν ἀπομνημόνευσιν τοῦ νόμου τοῦ Ohm.

Ἄλλος ὄρισμὸς τῆς μονάδος Ωμ. Ἡ μονάς τῆς ἡλεκτρικῆς ἀντιστάσεως 1 Ω δύναται νὰ ὀρισθῇ καὶ ὡς ἑξῆς, ἂν κάμωμεν χρῆσιν τοῦ νόμου τοῦ Ωμ :

Τὸ 1 Ω εἶναι ἵσον μὲ τὴν ἀντίστασιν τὴν ὅποιαν παρουσιάζει ἔνας ἀγωγός, διαρρεόμενος ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 1 A,

ὅταν ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα του εἶναι ἵση μὲ 1 V.

§ 141. Μέτρησις μιᾶς ἡλεκτρικῆς ἀντιστάσεως. Διὰ νὰ μετρήσωμεν μίαν ἡλεκτρικὴν ἀντίστασιν, ἀρκεῖ νὰ τὴν παρεμβάλωμεν εἰς ἕνα κύκλωμα καὶ νὰ μετρήσωμεν μὲ ἔνα ἀμπερόμετρον καὶ ἕνα βολτόμετρον τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, ι, τὸ ὄποιον τὴν διαρρέει καὶ τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ U, ἡ ὄποια ἐπικρατεῖ εἰς τὰ ἄκρα της. Τὸ πηλίκον U : i, ὅταν ἡ U δίδεται εἰς Βόλτ καὶ ἡ i εἰς Ἀμπέρ, παρέχει τὴν τιμὴν τῆς ἀντιστάσεως εἰς "Ωμ.

Οὕτως εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 134, ἃν θέλωμεν νὰ ὑπολογίσωμεν τὴν ἀντίστασιν AB, μετροῦμεν τὰς ἐνδείξεις τοῦ ἀμπερομέτρου (A) καὶ τοῦ βολτομέτρου (V), τὰ ὄποια συνδέονται εἰς τὸ κύκλωμα αὐτό, τὸ πηλίκον δὲ τῆς ἐνδείξεως τοῦ βολτομέτρου εἰς Βόλτ καὶ τοῦ ἀμπερομέτρου εἰς Ἀμπέρ, δίδει τὴν τιμὴν τῆς ἀντιστάσεως εἰς "Ωμ.

"Αν ὅμως θέλωμεν νὰ ἔχωμεν μίαν ἀκριβεστέραν τιμὴν τῆς ἀντιστάσεως, ἐκτελοῦμεν περισσοτέρας μετρήσεις καὶ λαμβάνομεν τὸν μέσον ὅρον τῶν μετρήσεων.

§ 142. "Αλλαι ἐκφράσεις τοῦ νόμου τοῦ Τζάουλ. "Οταν ἔνα ἡλεκτρικὸν ρεῦμα διαρρέῃ μίαν ἀντίστασιν, τὴν θερμαίνει. Ἡ θερμότης ἡ ὄποια ἐκλύεται, ὅταν διέρχεται τὸ ρεῦμα, ἐκφράζεται εἰς μονάδας Τζούλ ἡ θερμίδας ἀπὸ τοὺς τύπους :

$$A = R \cdot i^2 \cdot t \text{ Joule} \quad \text{ἢ } Q = 0,24 \cdot R \cdot i^2 \cdot t \text{ cal.}$$

εἰς τοὺς ὄποιους τὰ R, i, t δίδονται εἰς "Ωμ, Ἀμπέρ καὶ δευτερόλεπτα ἀντιστοίχως.

Τὸ γινόμενον ὅμως R·i²·t γράφεται : R·i²·t = (R·i)·(i·t). Ἐπειδὴ δὲ R·i = U καὶ i·t = q (ποσότης ἡλεκτρισμοῦ), αἱ ἀνωτερῷ τύπῳ λαμβάνουν τὰς μορφάς :

$$A = U \cdot i \cdot t \text{ Joule} \quad \text{ἢ } Q = 0,24 \cdot U \cdot i \cdot t \text{ cal}$$

ἢ τὰς μορφάς :

$$A = U \cdot q \text{ Joule} \quad \text{ἢ } Q = 0,24 \cdot U \cdot q \cdot \text{cal}$$

Εἰς τοὺς δύο τελευταίους τύπους τὸ q ἐκφράζεται εἰς μονάδας Κουλόμπ (Cb).

Τέλος ἡ ἡλεκτρικὴ ίσχυς ἡ ὄποια καταναλίσκεται ἀπὸ τὸ φαινόμενον Τζάουλ δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν :

$$N = U \cdot I$$

τὴν ὄποιαν ἔχομεν εὕρει καὶ εἰς προηγούμενον κεφάλαιον (βλ. § 135).

1. Η διαφορά δυναμικοῦ ήτις ύφισταται μεταξὺ δύο σημείων Α καὶ Β ένος άγωγοῦ, ό όποιος διαρρέεται ἀπὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα, δύναται νὰ μετρηθῇ μὲ ἔνα βολτόμετρον, τὸ όποιον συνδέεται κατὰ διακλάδωσιν μὲ τὰ σημεῖα Α καὶ Β.

2. Ο νόμος τοῦ "Ωμ (Ohm) ἐκφράζει ὅτι : Ή διαφορά δυναμικοῦ U (εἰς Βόλτ.) μεταξὺ δύο σημείων Α καὶ Β ένος άγωγοῦ, ό όποιος διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα ἐντάσεως i (εἰς Αμπέρ), πρὸς τὴν ἔντασιν αὐτήν, ἔχει σταθερὸν λόγον, ό όποιος ἰσοῦται ἀριθμητικῶς πρὸς τὴν ἀντίστασιν R τοῦ άγωγοῦ (εἰς "Ωμ). Δηλαδὴ ἴσχύει ἡ σχέσις :

$$\frac{U}{i} = R \quad \text{ἢ} \quad U = R \cdot i$$

3. Τὸ ἔνα "Ωμ εἶναι ἵσον πρὸς τὴν ἀντίστασιν ένος άγωγοῦ, ό όποιος διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα ένος Αμπέρ, ὅταν εἰς τὰ ἄκρα του ἐπικρατεῖ διαφορὰ δυναμικοῦ ένος βόλτ.

4. Διὰ νὰ μετρήσωμεν τὴν ἀντίστασιν ένος άγωγοῦ AB, ἀρκεῖ νὰ μετρήσωμεν τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ ἡ όποια ύφισταται εἰς τὰ ἄκρα του, ὅταν διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα, μὲ τὴν βοήθειαν ένος βολτόμετρου καὶ τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος τὸ όποιον τὸν διαρρέει, χρησιμοποιοῦντες ἔνα ἀμπερόμετρον, ἀκολούθως δὲ νὰ ὑπολογίσωμεν τὸ πηλέκον τῶν μετρήσεων τῆς τάσεως πρὸς τὴν ἔντασιν.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

129. Έργα άγωγὸν σύρμα ἀντιστάσεως 5 Ω , διαρρέεται ἀπὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα ἔντάσεως 1,2 A. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν δύο ἄκρων τοῦ σύρματος.
(Απ. 6 V.)

130. Έργας άγωγὸς διαρρέεται ἀπὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα ἔντάσεως 1,5 A. Η διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα τοῦ άγωγοῦ εἶναι 5,4 Volt. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀντίστασις τοῦ άγωγοῦ.
(Απ. 3,6 Ω .)

131. Τὸ θερμαντικὸν σῶμα ένος ηλεκτρικοῦ βραστῆρος ἔχει ἀντίστασιν 60 Ω .

Ο βραστήρας λειτουργεί μὲ διαφορὰν δυναμικοῦ 120 Volt. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ φεύγματος τὸ ὅποιον διαρρέει τὸν βραστήρα. (Απ. 2 A.)

132. "Ενα μεταλλικὸν σύρμα διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν φεῦμα ἐντάσεως 0,5 A, ὅταν τοποθετηθῇ μεταξὺ τῶν ἀκροδεκτῶν μιᾶς γεννητοίας, εἰς τοὺς ὅποιους ἐπιχρατεῖ διαφορὰ δυναμικοῦ 12 Volt. α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀντίστασις τοῦ σύρματος. β) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἡλεκτρικὴ ισχὺς ἡ ὅποια καταναλίσκεται ἀπὸ τὸ σύρμα καὶ γίνεται ἀντιληπτὴ ἐπὸ μορφὴν θερμότητος. (Απ. α' 24 Ω. β' 6 W.)

133. "Ενα ἡλεκτρικὸ σίδερο ἔχει μᾶζαν 1 kg καὶ καταναλίσκει ἵσχὺν 300 Watt, ὅταν λειτουργῇ μὲ διαφορὰν δυναμικοῦ 110 Volt. Ζητοῦνται: α) Ἡ ἔντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ φεύγματος, τὸ ὅποιον διαρρέει τὸ σίδερο. β) Ἡ τιμὴ τῆς ἀντίστασεως τῆν ὅποιαν περιέχει. γ) Ο χρόνος ὅστις ἀπαιτεῖται διὰ νὰ ἀνυψώσομεν τὴν θερμοκρασίαν τῆς συσκευῆς ἀπὸ τὸν 15 °C εἰς τὸν 65 °C. Ειδικὴ θερμότης σιδήρου 0,11 cal/gr. grad. (Απ. α' 2,7 A, περίπον. β' 41 Ω, περίπον, γ' 77 sec.)

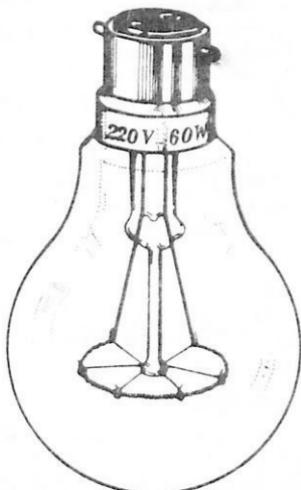
134. Εἰς ἓνα ἡλεκτρικὸν λαμπτῆρα ἀναγράφονται τὰ ἀκόλουθα: 120 Volt, 60 Watt: α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ φεύγματος, τὸ ὅποιον διαρρέει τὸν λαμπτῆρα. β) Νὰ ενδεθῇ ἡ ἀντίστασις τοῦ μεταλλικοῦ γήματος τοῦ λαμπτῆρος. (Απ. α' 0,5 A, β' 240 Ω.)

Λ' — ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΤΟΥ ΤΖΑΟΥΛΑ. ΦΩΤΙΣΜΟΣ. ΘΕΡΜΑΝΣΙΣ

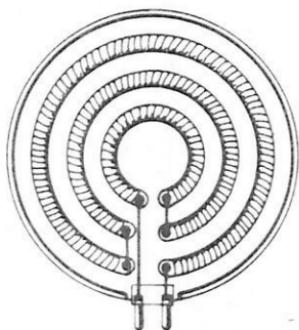
§ 143. Ἡλεκτροφωτισμός. Σπουδαία εφαρμογὴ τοῦ θερμικοῦ ἀποτελέσματος τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος εἶναι ἡ χρησιμοποίησίς του εἰς τὸν φωτισμόν.

Διὰ τὸν σκοπὸν αὐτὸν χρησιμοποιοῦνται εἰδικοὶ ύάλινοι λαμπτῆρες, εἰς τοὺς ὅποιους τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα διαρρέει ἔνα σπείρωμα ἀπὸ σύρμα δυστήκτου μετάλλου, (συνήθως σύρμα ἀπὸ μέταλλον βολφράμιον), τοποθετημένου καταλλήλως μέσα εἰς τὸ ύάλινον περίβλημα.

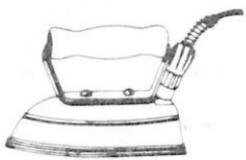
Τὸ σύρμα πυρακτώνεται, ἐπειδὴ ὅμως εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ λαμπτῆρος ὑπάρχει ἀδρανὲς ἀέριον, συνήθως ἄζωτον ἢ ἀργόν, ὑπὸ πολὺ μικρὰν πίεσιν, δὲν καίεται ἀλλὰ φωτοβολεῖ (σχ. 135).



Σχ. 135. Λαμπτήρ φωτισμοῦ.



Σχ. 136. Θερμαινομένη πλάξ με κυκλικόν ἀγωγόν σύρμα.



I



II

Σχ. 137. Ἡλεκτρικόν σίδερο (I) και διάταξις τού σύρματος θερμάνσεώς του.

Λινδρόν. Ό κολινδρος είναι λείος εις τρόπον ὥστε ἡ θερμότης, ἡ ὁποία προσπίπτει ἐπ' αὐτοῦ, νὰ ἀνακλᾶται εις τὸν περιβάλλοντα χῶρον και νὰ μὴν ἀπορροφεῖται ἀπὸ τὸν κύλινδρον και χάνεται. Ἔνα μονωτικὸν περιβλήμα προστατεύει τὸν κλίβανον ἀπὸ τὰς ἀπωλείας τῆς θερμότητος εις τὸ περιβάλλον.

§ 144. Ἡλεκτρικὴ θέρμανσις. a) Οἰκιακὰ συσκευαί. Μία ἡλεκτρικὴ θερμάστρα, ἔνα σίδερο σιδερώματος, ἔνας ἡλεκτρικὸς βραστήρ, κλπ. περιλαμβάνουν ἔνα σύρμα, μεγάλης ἀντιστάσεως, ἀνοξείδωτον τὸ ὅποῖον δνομάζομεν γενικῶς θερμαντικὴν ἀντίστασιν. Ὅταν διαρρέη τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα τὸ σύρμα, αὐτὸν ἐρυθροπυρώνεται και ἀκτινοβολεῖ θερμότητα.

Εἰς τὰς ἡλεκτρικὰς θερμισάρας, εἰς τοὺς ἡλεκτρικοὺς θερμαντήρας και εἰς τὰς ἡλεκτρικὰς κουζίνας, τὸ σύρμα εἶναι συνήθως περιελιγμένον ἑλικοειδῶς και τοποθετημένον εἰς τὰς αὐλακὰς ἐνὸς μονωτικοῦ ὑποβάθρου (σχ. 136).

Εἰς τὸ ἡλεκτρικὸν σίδερο (σχ. 137, I) ἡ θερμαντικὴ ἀντίστασις ἔχει τὸ σχῆμα μιᾶς στενῆς ταινίας και εἶναι στερεωμένη ἐπάνω εἰς ἔνα φύλλον ἀπὸ μαρμαρύγιαν (κοινῶς μίκα), ὃ ὅποῖος εἶναι ἔνας πολὺ καλὸς μονωτής (σχ. 137, II).

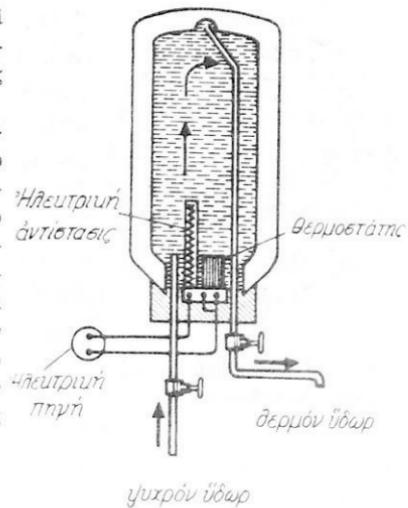
Εἰς τοὺς ἡλεκτρικοὺς βραστήρας τὸ σύρμα εἶναι περιελιγμένον συνήθως μὲν ὑαλοβάμβακα ἢ ἀμίαντον.

Ἡ ἡλεκτρικὴ θέρμανσις εἶναι πολὺ εὐχρηστος και ρυθμίζεται εὐκόλως, εἶναι καθαρὰ και ὑγιεινή, συγχρόνως ὅμως και δαπανηρά.

β) Ἡλεκτρικοὶ κλίβανοι. Οἱ ἡλεκτρικοὶ κλίβανοι τοὺς ὁποίους χρησιμοποιοῦμεν εἰς τὰ διάφορα ἐργαστήρια, περιλαμβάνουν ἔνα σύρμα περιελιγμένον περὶ ἔνα μονωτικὸν και λεῖον κύλινδρον.

γ) Ήλεκτρικοί θερμοσίφωνες. Αύτοι είναι συσκευαί αἱ όποιαι παρέχουν θερμόν υδωρ διὰ τὰς διαφόρους οίκιακάς ἀνάγκας.

Τὸ ψυχρὸν υδωρ εἰσχωρεῖ εἰς τὸ δοχεῖον τοῦ θερμοσίφωνος ἀπὸ τὸ κάτω μέρος καὶ θερμαίνεται μὲν μίαν ἡλεκτρικὴν ἀντίστασιν. Τὸ θερμαινόμενον υδωρ κινεῖται πρὸς τὸ ἐπάνω μέρος τοῦ δοχείου. "Οταν ἀνοίξῃ μία στρόφιγξ κρουνοῦ θερμοῦ υδατος εἰς ἔνα διαμέρισμα τῆς οίκιας, τότε ἀπὸ τὸν κρουνὸν αὐτὸν ἐκρέει θερμὸν υδωρ. Τὸ θερμὸν αὐτὸν υδωρ κυκλοφορεῖ χάρις εἰς τὸν ἄγωγὸν θερμοῦ υδατος ὁ όποιος εὑρίσκεται εἰς τὴν κορυφὴν τοῦ δοχείου (σχ. 137, α).

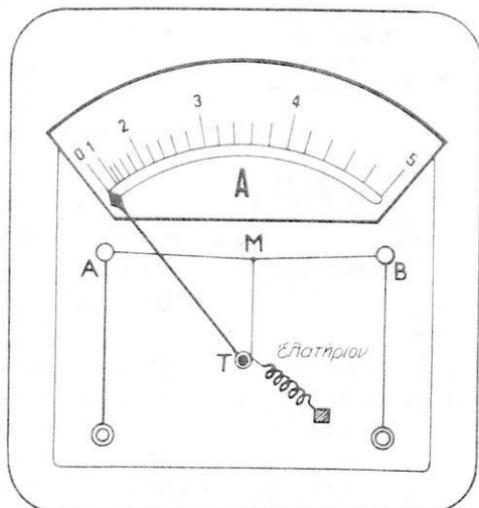


§ 145. Θερμικὸν ἀμπερόμετρον.

Τὸ ὄργανον αὐτὸν (σχ. 138) ἀποτελεῖται ἀπὸ ἔνα λεπτὸν μεταλλικὸν σύρμα AMB ἐκ λευκοχρύσου ἢ ἀργύρου, διαρρεόμενον ἀπὸ τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα τοῦ όποιου θέλομεν νῦ μετρήσωμεν τὴν ἔντασιν. Τὸ σύρμα διατηρεῖται τεταμένον μὲ τὴν βοήθειαν ἐνὸς ἐλατηρίου, συνδεδεμένου εἰς τὸ σημεῖον M μὲ ἔνα εὐλύγιστον μεταλλικὸν νῆμα, τὸ όποιον διέρχεται ἀπὸ μίαν μικράν τροχαλίαν T.

Ἡ θέρμανσις τοῦ σύρματος AMB, ἐξ αἰτίας τῆς διελεύσεως τοῦ ρεύματος, προκαλεῖ διαστολὴν. Ἡ ἐπιμήκυνσις τοῦ σύσρμα-

Σχ. 137a. Ἁλεκτρικὸς θερμοσίφων.



Σχ. 138. Θερμικὸν ἀμπερόμετρον.

τος ΑΜΒέξ αιτίας της διαστολής, προκαλεῖ στροφήν της τροχαλίας και της βελόνης, ήτις είναι στερεώς συνδεδεμένη μὲ αὐτήν.

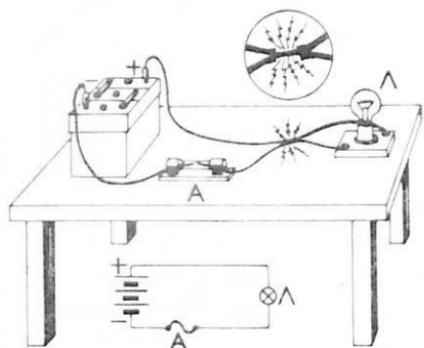
Η διαστολή του σύρματος και συνεπώς ή απόκλισις της βελόνης είναι τόσον μεγαλυτέρα, όσον ή έντασις του ρεύματος είναι ίψηλοτέρα.

Τὸ δργανὸν βαθμολογεῖται ἐν συγκρίσει μὲ ἓνα συνηθισμένου τύπου ἀμπερόμετρον.

§ 146. Βραχυκύλωμα. "Οταν ἔνα ἀγωγὸν σύρμα διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, καθὼς γνωρίζομεν, θερμαίνεται και ὑψώνεται ἡ θερμοκρασία του, ἐνῶ συγχρόνως ἔνα μέρος της παραγομένης θερμότητος διασπείρεται εἰς τὸ περιβάλλον. Τελικῶς ὁ ἀγωγὸς ἀποκτᾷ μίαν ώρισμένην σταθερὰν θερμοκρασίαν.

Mia ἀπότομος αὐξησις τῆς ἐντάσεως του ἡλεκτρικοῦ ρεύματος προκαλεῖ ἀπότομον αὐξησιν τῆς θερμοκρασίας του ἀγωγοῦ σύρματος και δημιουργεῖ κίνδυνον καταστροφῆς του μονωτικοῦ ὑλικοῦ, τὸ ὅποιον περιβάλλει τὸν ἀγωγόν, ώς και τῶν διαφόρων συσκευῶν, αἱ ὅποιαι είναι συνδεδεμέναι εἰς τὸ κύκλωμα.

Δι' αὐτὸν πρέπει νὰ ἐλέγχωμεν συχνάκις τὴν κατάστασιν τῶν μονωτικῶν περιβλημάτων τῶν ἀγωγῶν. Διότι ἐάν δύο ἀπογυμνωμένα σύρματα ἔλθουν εἰς ἐπαφὴν μεταξύ των (σχ. 139), προκαλεῖται ἀπότομος αὐξησις τῆς ἐντάσεως του ἡλεκτρικοῦ ρεύματος μὲ ἀποτέλεσμα τὴν πρόκλησιν διαφόρων καταστροφῶν. Αὐτὸν τὸ φαινόμενον δονομάζεται **βραχυκύλωμα**. "Ωστε :



Σχ. 139. "Οταν ἐνωθοῦν δύο γυμνά καλώδια προκαλεῖται βραχυκύλωμα. Εἰς τὸ κάτω μέρος συμβολικὴ παράστασις του κυκλώματος.

Βραχυκύλωμα δονομάζεται ἡ ἀπότομος αὐξησις τῆς ἐντάσεως του ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον διαρρέει ἔνα κύκλωμα, ἡ προκαλούμένη ἀπὸ διαφόρους αἰτίας και δυναμένη νὰ ἔχῃ καταστρεπτικὰ ἀποτελέσματα διὰ τὰς διαφόρους ἡλεκτρικὰς συσκευὰς του κυκλώματος.

§ 147. Ἀσφάλειαι. Διὰ νὰ προλάβωμεν τὴν καταστροφὴν ἐνὸς κυκλώματος, ἀπὸ ρεῦμα μεγάλης ἐντάσεως, τὸ ὅποιον εἶναι δύνατὸν νὰ προκληθῇ ἀπὸ διαφόρους αἰτίας, ἢ πλέον συνηθισμένη ἀπὸ τὰς ὅποιας εἶναι τὸ βραχυκύκλωμα, τοποθετοῦμεν ἐν σειρᾷ πρὸς τοὺς ἀγωγούς, λεπτὰ εὐτηκτα σύρματα μικροῦ μῆκους, τὰ ὅποια εἶναι κλεισμένα εἰς καταλλήλους θήκας καὶ δύνομάζονται ἡλεκτρικαὶ ἀσφάλειαι.

Ἡ λειτουργία τῶν ἀσφαλειῶν στηρίζεται εἰς τὴν μεγάλην θερμότητα Τζάουλ, ἣντις παράγεται ὅταν διέλθῃ ἀπὸ αὐτὰς ρεῦμα μεγαλυτέρας ἐντάσεως ἀπὸ τὴν κανονικήν.

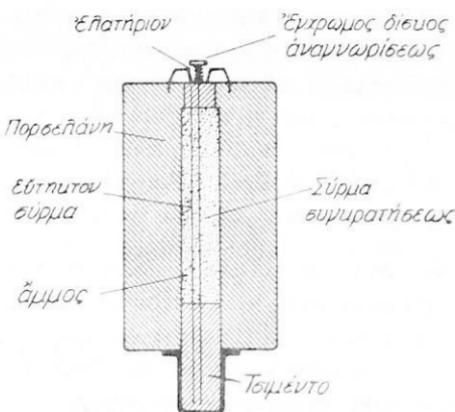
Τὸ ἐπικίνδυνον ρεῦμα προκαλεῖ τὴν τῆξιν τοῦ σύρματος τῆς ἀσφαλείας ἥξεν αἰτίας τῆς ὑπερθερμάνσεως, διακόπτον τοιουτορόπως τὸ κύκλωμα (σχ. 140).

Μὲ αὐτὸν τὸν τρόπον ἀποφεύγεται ὁ κίνδυνος τῆς καταστροφῆς τοῦ κυκλώματος καὶ τῶν συσκευῶν καὶ δργάνων τὰ ὅποια τὸ ἀποτελοῦν.

Εἰς ἔκαστην ἀσφάλειαν ἀναγράφεται ἡ μεγίστη ἔντασις εἰς Ἀμπέρ, εἰς τὴν ὅποιαν δύναται νὰ ἀνθέξῃ τὸ σύρμα τῆς ἀσφαλείας, χωρὶς νὰ τακῇ.

Ἡ τηκομένη ἀσφάλεια παρουσιάζει τὸ μειονέκτημα ὅτι, ἀφοῦ καταστραφῇ, δὲν δύναται νὰ ἐπαναχρησιμοποιηθῇ πλέον. Παρουσιάζει δῆμως τὸ πλεονέκτημα ὅτι καταστρέφεται εὐθὺς ὡς ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ὑπερβῇ τὴν κανονικὴν τιμὴν καὶ συνεπῶς προστατεύει ὄπωσδήποτε τὰς ἐγκαταστάσεις.

Δι’ αὐτὸν τὸν λόγον ἀπαγορεύεται καὶ εἶναι ἐπικίνδυνος διὰ τὰς ἐγκαταστάσεις ἡ ἐπισκευὴ μιᾶς κατεστραμμένης ἀσφαλείας μὲ τοποθέτησιν ἐνὸς ἔξωτερικοῦ σύρματος δι’ ἐπαναχρησιμοποίησίν της. Πράγματι τὸ σύρμα τὸ ὅποιον θὰ τοποθετήσωμεν εἰς ἀντικατάστασιν



Σχ. 140. Τομὴ φύσιγγος μιᾶς τηκομένης ἀσφαλείας.

τῆς κατεστραμμένης ἀσφαλείας θὰ ἔχῃ ὁπωσδήποτε διαφορετικὴν ἀντίστασιν ἀπὸ τὸ πρότυπον σύρμα τῆς ἀσφαλείας. Οὕτως ἡ θὰ τήκεται διὰ μικροτέραν ἔντασιν ρεύματος, ὅπότε θὰ δυσχεραίνη τὴν ἐργασίαν μας, ἢ, καὶ αὐτὸ εἰναι τὸ σπουδαιότερον, θὰ τήκεται εἰς μεγαλυτέραν ἔντασιν ρεύματος ἀπὸ τὴν μεγίστην ἐπιτρεπομένην, ὅπότε εἰς ἔνα τυχαῖον βραχυκύλωμα ὑπάρχει κίνδυνος καταστροφῆς τοῦ κυκλώματος καὶ τῶν συσκευῶν, ἐφ' ὅσον δὲν θὰ τακῇ τὸ σύρμα καὶ δὲν θὰ διακοπῇ ἡ παροχὴ ρεύματος εἰς τὸ κύκλωμα.



ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Αἱ περισσότεραι οἰκιακαὶ συσκευαὶ φωτισμοῦ καὶ θερμάνσεως εἰναι ἡλεκτρικαὶ καὶ ἐκμεταλλεύονται τὸ φαινόμενον Τζάουλ, ὅπως π.χ. οἱ λαμπτῆρες πυρακτώσεως, αἱ ἡλεκτρικαὶ θερμάστραι, αἱ ἡλεκτρικαὶ κουζίναι, οἱ θερμοσίφωνες, κλπ. Τὸ ίδιον πρᾶγμα συμβαίνει καὶ μὲν ὠρισμένα ὅργανα, ὅπως τὸ θερμικὸν ἀμπερόμετρον.

2. Τὸ φαινόμενον Τζάουλ παρουσιάζει καὶ κινδύνους. Διὰ νὰ ἀποφεύγωμεν τὰς πυρκαϊὰς καὶ γενικώτερον τὰς καταστροφὰς αἱ ὄποιαι δύνανται νὰ προκύψουν ἀπὸ μίαν ἀπρόοπτον ὑπερθέρμανσιν τῶν ἀγωγῶν καὶ τῶν συσκευῶν ἐνὸς κυκλώματος, χρησιμοποιοῦμεν τὰς ἡλεκτρικὰς ἀσφαλείας. Αὗται εἰναι λεπτὰ σύρματα, τὰ ὄποια τήκονται, ὅταν ἡ τιμὴ τῆς ἔντάσεως τοῦ ρεύματος ὑπερβῇ τὴν ἐπιτρεπομένην τιμὴν, ὅπότε διακόπτεται ἡ παροχὴ καὶ ἀποτρέπεται ὁ κίνδυνος καταστροφῆς τῆς ἐγκαταστάσεως.

3. Η ἀπότομος αὔξησις τῆς ἔντάσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος εἰς ἔνα κύκλωμα, δυνομάζεται βραχυκύλωμα καὶ ἔχει κατεστρεπτικὰς συνεπείας.

4. Εἶναι πολὺ ἐπικίνδυνον νὰ ἐπισκευάζωμεν μίαν κατεστραμμένην ἀσφάλειαν μὲ τοποθέτησιν ἐξωτερικοῦ σύρματος δι' ἐπαναχρησιμοποίησίν της.

ΑΑ' — ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΣΠΟΥΔΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΣ ΕΝΟΣ ΑΓΩΓΟΥ

§ 148. Γενικότητες. Οι ήλεκτρικοί άγωγοι είναι συνήθως σύρματα μεταλλικά, κυλινδρικά και δμογενή, κατασκευασμένα από καθαρά μέταλλα ή κράματα.

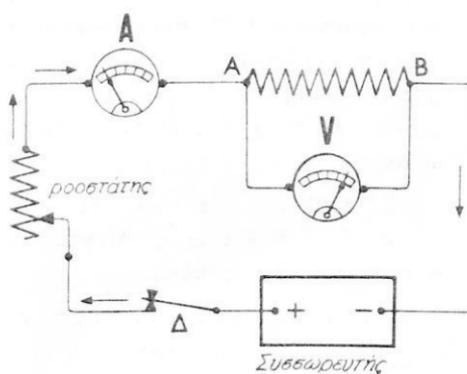
Εις προηγούμενον κεφάλαιον έξηγήσαμεν ότι ή άντιστασις, τὴν ὅποιαν προβάλλει εἰς τὸ ήλεκτρικὸν ρεῦμα ὁ ἀγωγός, διφείλεται εἰς τὴν τριβὴν τῶν ήλεκτρονίων κατὰ τὴν κίνησίν των μέσα εἰς τὴν μᾶζαν τοῦ μεταλλικοῦ ἀγωγοῦ. Ἡ τριβὴ ὅμως αὐτὴ δὲν είναι εἰς δλους τοὺς ἀγωγούς ή ίδια και ἔξαρταται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ μετάλλου ή τοῦ κράματος. Ἐξαρτᾶται ὅμως, ὥπως θὰ ἴδωμεν, καὶ ἀπὸ τὸ μῆκος τοῦ ἀγωγοῦ καὶ ἀπὸ τὸ πάχος του. Ωστε :

Ἡ ἀντίστασις ἐνὸς ἀγωγοῦ ἔξαρταται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ ἀγωγοῦ καὶ τὰς γεωμετρικὰς διαστάσεις του.

§ 149. Μεταβολὴ τῆς ἀντιστάσεως ἐνὸς ἀγωγοῦ λόγῳ τοῦ μήκους του. Θὰ συγκρίνωμεν τὰς ἀντιστάσεις ἀγωγῶν κατεσκευασμένων ἀπὸ τὸ ίδιον ύλικόν, οἱ ὅποιοι ἔχουν τὴν ίδιαν διατομὴν (πάχος), διαφορετικὰ ὅμως μήκη.

Πείραμα. Πραγματοποιοῦμεν τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 141 καὶ ἀντικαθιστῶμεν διαδοχικῶς μεταξύ τῶν σημείων A καὶ B τὰς ἀντιστάσεις τὰς ὁποίας πρόκειται νὰ συγκρίνωμεν.

Χρησιμοποιοῦμεν, π.χ., τρία σύρματα σιδηρονικελίου, (δηλαδὴ ἀγωγοὺς τῆς ίδιας φύσεως), μὲ διάμετρον 0,5 mm, (δηλαδὴ μὲ τὴν ίδιαν διατομήν), τὰ μήκη τῶν ὅποιών είναι 1 m, 2 m καὶ 3m.



Σχ. 141. Κύκλωμα διὰ τὴν μελέτην τῆς μεταβολῆς τῆς ἀντιστάσεως ἐνὸς ἀγωγοῦ συναρτήσει τοῦ μήκους.

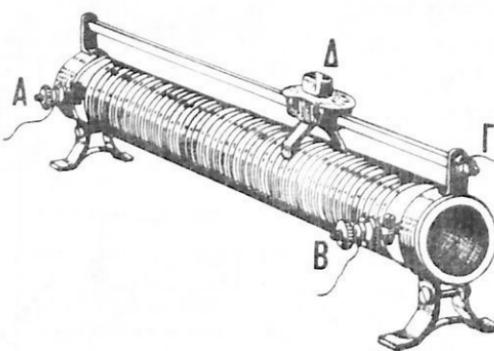
Μὲ τὴν βοήθειαν ἐνὸς ροοστάτου, ρυθμίζομεν τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος οὕτως, ὥστε νὰ εἰναι ἡ ἴδια εἰς ἑκάστην περίπτωσιν, πρᾶγμα τὸ ὅποιον διευκολύνει τὴν σύγκρισιν. Τὰ ἀποτελέσματα τῶν μετρήσεών μας ἀναγράφονται εἰς τὸν ἀκόλουθον πίνακα.

Μῆκος (m)	1	2	3
Ἐντασις (A)	2	2	2
Διαφ. δυναμικοῦ (U)	8	16	24
$R = U/i (\Omega)$	4	$8 = 2 \cdot 4$	$12 = 3 \cdot 4$

"Οπως παρατηροῦμεν ὅταν διπλασιάζεται ἡ τριπλασιάζεται τὸ μῆκος τοῦ ἀγωγοῦ, διπλασιάζεται ἡ τριπλασιάζεται, ἀντιστοίχως, καὶ ἔντασίς του. "Ωστε :

"Η ἀντίστασις ἐνὸς ἀγωγοῦ σύρματος, κατεσκευασμένου ἀπὸ ἕνα ώρισμένον ὄλικόν, τὸ ὅποιον ἔχει σταθερὰν διατομήν, εἴναι ἀνάλογος πρὸς τὸ μῆκος τοῦ σύρματος.

§ 150. Ἐφαρμογή. Ροοστάτης. Οἱ ροοστάται εἰναι ρυθμιστικαὶ ἀντίστασεις, ἀντιστάσεις δηλαδὴ τῶν ὅποιων ἡ τιμὴ ρυθμίζεται, ἀναλόγως πρὸς τὰς περιστάσεις, εἰς μίαν ἐπιθυμητὴν τιμὴν. Ἀποτελοῦνται συνήθως ἀπὸ ἀγωγὸν σύρμα, τὸ ὅποιον περιελίσσεται περὶ ἕνα μονω-



Σχ. 142. Ροοστάτης (ρυθμιστικὴ ἀντίστασις) μὲ δρομέα Δ.

τικὸν σωλῆνα, ὅλη δὲ ἡ διάταξις διαθέτει τρεῖς ἀκροδέκτας (σχ. 142). Ἀπὸ αὐτοὺς οἱ A καὶ B ἀποτελοῦν τὰ ἄκρα τοῦ περιελιγμένου σύρματος, ἐνῷ ὁ Γ μίαν ἐνδιάμεσον λῆψιν, ἡ δοπία δύναται νὰ μεταβάλῃ θέσιν, ὅταν μετακινήσωμεν τὸν δρομέα Δ. Πράγματι τὸ σημεῖον Γ καὶ ὁ δρομεὺς Δ συνδέονται μὲ τὸ μεταλλικὸν ἀγωγὸν

στέλεχος (σχ. 143), τὸ ὄποιον παρουσιάζει ἀσήμαντον ἀντίστασιν.

Ο ροοστάτης συνδέεται ἐν σειρᾷ μὲ τὸ κύκλωμα ἀπὸ τὸ ἄκρον του Α καὶ τὴν ἐνδιάμεσον λῆψιν Γ. "Οταν μετακινήσω-

μεν τὸν δρομέα, Δ, μεταβάλλομεν τὴν ἀντίστασιν καὶ ρυθμίζομεν τοιουτορόπως τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, τὸ ὄποιον διαρρέει τὸ κύκλωμα μεταξὺ μιᾶς ἐλαχίστης τιμῆς, (ὅταν ὁ δρομεὺς εύρισκεται εἰς τὸ Β, ὅποτε τὸ ρεῦμα διαρρέει ὀλην τὴν ἀντίστασιν), καὶ μιᾶς μεγίστης, (ὅταν ὁ δρομεὺς εύρισκεται εἰς τὸ Α, ὅποτε ὅλη ἡ ἀντίστασις είναι ἔξω ἀπὸ τὸ κύκλωμα)

Ἄλλος τύπος ρυθμιζομένης ἀντιστάσεως είναι τὸ κιβώτιον ἀντιστάσεων ἢ, ὅπως ἀλλέως λέγεται, ἡ ρύθμιστικὴ ἀντίστασις μετὰ γόμφων (σχ. 144).

Εἰς τὴν ἀντιστάσιν τοῦ τύπου αὐτοῦ, ἡ ρύθμισις ἐπιτυγχάνεται μὲ τὴν χρῆσιν μεταλλικῶν γόμφων, οἱ ὄποιοι εἰσάγονται εἰς καταλλήλους ύποδοχάς καὶ θέτουν οὕτως ἐκτὸς κυκλώματος τὰς ἀντιστάσεις, αἱ ὄποιαι εύρισκονται κάτω ἀπὸ τὰς ύποδοχάς.

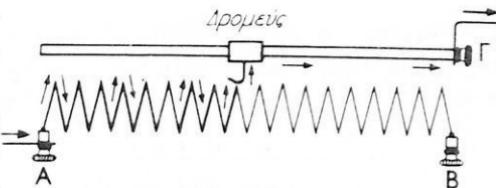
Εἰς τὸ σχῆμα 144 είναι ἐκτὸς κυκλώματος αἱ ἀντιστάσεις 10Ω καὶ 2Ω καὶ $\frac{1}{2}\Omega$ ἀπομένουν πρὸς χρῆσιν αἱ ἄλλαι ἀντιστάσεις 5Ω , 2Ω καὶ 1Ω .

Αν είχον ἔξαχθῇ ὅλοι οἱ γόμφοι, θὰ ἐχρησιμοποιούντο ὅλαι αἱ ἀντιστάσεις δηλαδή :

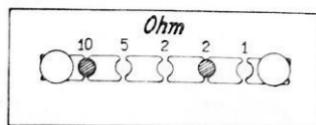
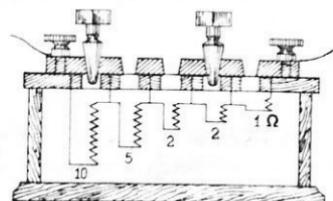
$$10\Omega + 5\Omega + 2\Omega + 2\Omega + 1\Omega = 20\Omega$$

§ 151. Μεταβολὴ τῆς ἀντιστάσεως ἀγωγοῦ συναρτήσει τῆς διατομῆς του. Θὰ συγκρίνωμεν τώρα τὰς ἀντιστάσεις ἀγωγῶν οἱ ὄποιοι διαφέρουν μόνον εἰς τὴν διατομήν των.

Πείραμα. Εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 141 ἀντικαθιστῶμεν διαδοχικῶς μεταξὺ τῶν σημείων Α καὶ Β, τρία ίσομήκη ἀγωγὰ σύρματα, π.χ. ἀπὸ σιδηρονικέλιον, μὲ κοινὸν μῆκος 1 m, ΙΙΙ τὰ ὄποια ἔχουν διαμέτρους 0,5 mm, 1 mm καὶ 2 mm.



Σχ. 143. Πορεία τοῦ ρεύματος ἐντὸς τοῦ ροοστάτου.



Σχ. 144. Κιβώτιον ἀντιστάσεων ρυθμισμένον διὰ 8 Ω.

Διατηροῦντες μίαν σταθεράν ἔντασιν ρεύματος, ἵσην ἔστω πρὸς $0,5 \text{ A}$, μετροῦμεν εἰς ἑκάστην περίπτωσιν τὴν ἀντίστοιχον διαφορὰν δυναμικοῦ καὶ ὑπολογίζομεν τὴν ἀντίστασιν καταστρώνοντες τὸν ἀκόλουθον πίνακα :

Διάμετρος (mm)	0,5	1	2
Τομή (mm ²)	$\pi/16$	$\pi/4$	π
Ἐντασις (A)	0,5	0,5	0,5
Διαφορά δυναμικοῦ (U)	2	0,5	0,125
R = U/i (Ω)	4	1	0,250

"Οπως παρατηροῦμεν, ὅταν ἡ διατομὴ γίνη 4 φορᾶς μεγαλυτέρα :

$$\left(\frac{\pi}{4} = 4 \cdot \frac{\pi}{16} \text{ καὶ } \pi = 4 \cdot \frac{\pi}{4} \right)$$

ἡ ἀντίστασις γίνεται τέσσαρας φορᾶς μικροτέρα ($1=4:4$, καὶ $0,25=1:4$). "Ωστε :

Ἡ ἀντίστασις ἐνὸς ἀγωγοῦ, κατεσκευασμένου ἀπὸ ὥρισμένον ὄλικὸν καὶ ὁ ὁποῖος ἔχει σταθερὸν μῆκος, εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὴν διατομήν του.

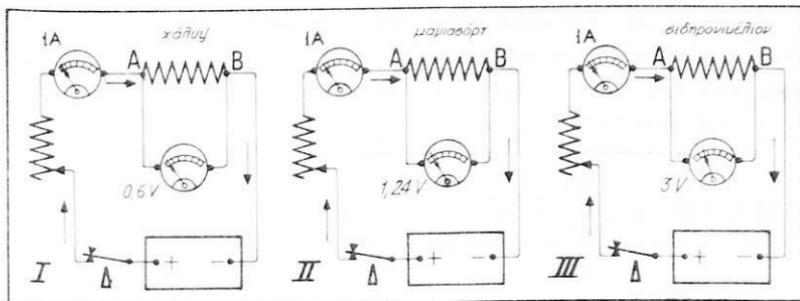
§ 152. Σχέσις μεταξὺ ἀντιστάσεως, μήκους καὶ διατομῆς ἐνὸς ἀγωγοῦ. Γνωρίζομεν ὅτι, ὅταν ἔνα μέγεθος εἶναι ἀνάλογον πρὸς δύο ἄλλα αὐτοῖς μεγέθη, τὸ μέγεθος αὐτὸν εἶναι ἀνάλογον καὶ πρὸς τὸ γινόμενόν των.

Συνεπῶς ἡ ἀντίστασις R ἐνὸς ἀγωγοῦ ἐφ' ὅσον εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ μῆκος l τοῦ ἀγωγοῦ καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὴν διατομήν του S η, δῆπερ τὸ αὐτό, ἀνάλογος πρὸς τὸ $1/S$ τοῦ ἀγωγοῦ, θὰ εἶναι ἀνάλογος καὶ πρὸς τὸ γινόμενον l/S , δηλαδὴ πρὸς τὸ l/S .

Αὐτὸν σημαίνει ὅτι ὑφίσταται ἔνας σταθερὸς λόγος μεταξὺ τῶν R καὶ l/S , ὅταν μεταβάλλωνται μόνον αἱ διαστάσεις.

"Εχει ἐπικρατήσει ἡ συνήθεια διεθνῶς νὰ παριστάνωμεν μὲ τὸ Ἑλληνικὸν γράμμα ρ τὴν τιμὴν τοῦ λόγου αὐτοῦ. "Ωστε εἶναι :

$$R / \frac{l}{S} = \rho \quad \text{ἢ} \quad R = \rho \cdot \frac{l}{S}$$



Σχ. 145. Η άντιστασις ένδος άγωγού έξαρταται από το ύλικον κατασκευής του.

§ 153. Μεταβολή της άντιστάσεως ένδος άγωγού λόγω της φύσεως του ύλικου του. Θὰ συγκρίνωμεν τὰς άντιστάσεις τριών άγωγών, μήκους 0,50 m και διαμέτρου 0,4 mm, οἱ ὅποιοι εἰναι κατεσκευασμένοι ἀπὸ χάλυβα, μαγιεσόρτ (χαλκοψευδαργυρονικέλιον, Cu 60%, Zn 25%, Ni 15%) και σιδηρονικέλιον (Fe 75%, Ni 25%). Οἱ άγωγοὶ δηλαδὴ διαφέρουν μόνον κατὰ τὸ ύλικὸν τῆς κατασκευῆς των.

Πείραμα. Εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 141 άντικαθιστῶμεν διαδοχικῶς μεταξὺ τῶν σημείων A και B, τὰ σύρματα τὰ ὁποῖα ἀνεφέρομεν (σχ. 145).

Κλείομεν τὸν διακόπτην, διατηροῦμεν μίαν σταθερὰν ἔντασιν ρεύματος, ἵσην ἔστω πρὸς 1A, μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ ροοστάτου, μετροῦμεν εἰς ἑκάστην περίπτωσιν τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ και ὑπολογίζομεν τὴν άντιστοιχὸν άντιστασιν, καταστρώνοντες τὸν ἀκόλουθον πίνακα μὲ τὰς μετρήσεις καὶ τοὺς ὑπολογισμούς μας.

Φύσις τοῦ άγωγοῦ	χάλυψ	μαγιεσόρτ	σιδηρονικέλιον
Διαφ. δύναμ. (V)	0,6	1,24	3
Έντασις (A)	1	4	1
$R = U/i \ (\Omega)$	0,6	1,24	3

Οπως παρατηροῦμεν, τὰ τρία σύρματα, μολονότι ἔχουν τὰς ἴδιας γεωμετρικὰς διαστάσεις, παρουσιάζουν διαφορετικὰς άντιστάσεις εἰς τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα.

Ἡ ἀντίστασις τοῦ σιδηρονικελίου εἶναι μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν ἀντίστασιν τοῦ μαγιεσόρτ καὶ αὐτὴ μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν ἀντίστασιν τοῦ χάλυβος. Ὡστε :

Ἡ ἀντίστασις ἐνὸς ἀγωγοῦ ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ ὑλικοῦ του.

§ 154. Εἰδικὴ ἀντίστασις. Ἀνεφέρομεν ὅτι ὁ λόγος ρ διατηρεῖ σταθερὰν τιμήν, ὅταν μεταβάλλωνται αἱ διαστάσεις ἐνὸς ἀγωγοῦ, κατεσκευασμένου ἀπὸ ἕνα ώρισμένον ὑλικόν.

Ἀντιστρόφως ἂν συγκρίνωμεν τὰς ἀντιστάσεις δύο ἀγωγῶν, κατεσκευασμένων ἀπὸ διαφορετικὰ ὑλικά, οἱ ὄποιοι ὅμως παρουσιάζουν τὰς ἴδιας γεωμετρικὰς διαστάσεις, θὰ ἔχωμεν :

$$R_1 = \rho_1 \cdot \frac{l}{S} \text{ καὶ } R_2 = \rho_2 \cdot \frac{l}{S}$$

Οὕτως, ἂν πειραματισθῶμεν μὲν μεταλλικοὺς ἀγωγοὺς ἀπὸ σιδηρονικέλιον καὶ σίδηρον, μὲ τὰς ἴδιας γεωμετρικὰς διαστάσεις, θὰ διαπιστώσωμεν ὅτι ὁ ἀγωγὸς ἀπὸ τὸ σύρμα τοῦ σιδηρονικελίου παρουσιάζει δικταπλασίαν ἀντίστασιν ἀπὸ τὸν σιδηροῦν ἀγωγόν.

Ο συντελεστὴς ρ , ὁ ὄποιος ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ ὑλικοῦ κατασκευῆς τοῦ ἀγωγοῦ, δονομάζεται εἰδικὴ ἀντίστασις τοῦ ἀγωγοῦ.

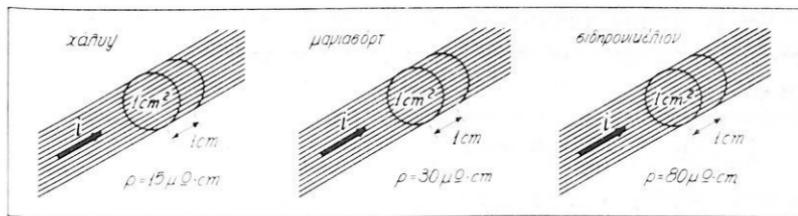
Υπολογισμὸς τῆς εἰδικῆς ἀντιστάσεως. Εἰς τὸν τύπον $R = \rho \cdot l/S$ ἐκφράζομεν τὸ μῆκος τοῦ ἀγωγοῦ εἰς ἑκατοστόμετρα, τὴν διατομὴν του εἰς τετραγωνικὰ ἑκατοστόμετρα καὶ τὴν ἀντίστασιν του εἰς μονάδας Ὁμ.

Ἐὰν εἰς τὸν ἀνωτέρῳ τύπον θέσωμεν $l=1 \text{ cm}$, $S=1 \text{ cm}^2$, εύρισκομεν ὅτι :

$$R = \rho$$

Ωστε :

Ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις ἐνὸς ἀγωγοῦ εἶναι ἀριθμητικῶς ἵση πρὸς τὴν ἀντίστασιν ἐνὸς κυλίνδρου, κατεσκευασμένου ἀπὸ τὸν ἀγωγὸν αὐτὸν, ὁ ὄποιος ἔχει μῆκος 1 cm καὶ διατομὴν 1 cm^2 (εἰς θερμοκρασίαν 15°C) (σχ. 146).



Σχ. 146. Ειδική άντιστασις διαφόρων ύλικων.

Μονάς ειδικῆς άντιστάσεως. Ό τύπος $R = \rho \cdot l / S$ όταν λυθῇ ώς πρὸς ρ δίδει :

$$\rho = R \cdot \frac{S}{l}$$

Ἐάν θέσωμεν $R = 1\Omega$, $S = 1 \text{ cm}^2$ καὶ $l = 1 \text{ cm}$, εύρισκομεν τὴν μονάδα τῆς ειδικῆς άντιστάσεως. "Ωστε :

"Η μονάς ειδικῆς άντιστάσεως είναι ἵση μὲ τὴν εἰδικὴν άντιστασιν ἐνὸς ύλικοῦ, τὸ ὅποῖον εἰς κυλινδρικὸν ἀγωγόν, μήκους 1 cm καὶ διατομῆς 1cm², παρουσιάζει άντιστασιν 1 Ω.

"Η μονάς αὐτὴ ὀνομάζεται "Ωμ-έκατοστόμετρον ($\Omega \cdot \text{cm}$).

Συνήθως χρησιμοποιοῦμεν τὸ ὑποπολλαπλάσιον τῆς μονάδος αὐτῆς, τὸ μικρο-ώμ-έκατοστόμετρον ($\mu\Omega \cdot \text{cm}$), ἵσονμε τὸ ἔνα ἑκατομμυριοστὸν τῆς βασικῆς μονάδος.

Δηλαδὴ είναι :

$$1 \Omega \cdot \text{cm} = 10^6 \mu\Omega \cdot \text{cm}$$

Παρατήρησις. Οἱ καλοὶ ἀγωγοὶ είναι σώματα τὰ ὅποια ἔχουν πολὺ μικρὰν τιμὴν ειδικῆς άντιστάσεως (ἄργυρος, χαλκός, ἀργίλιον). Αντι-

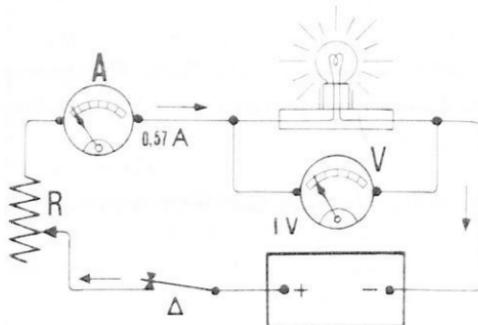
Παραδειγμα ειδικῶν άντιστάσεων διαφόρων ύλικῶν καὶ κραμάτων εἰς $\mu\Omega \cdot \text{cm}$			
*Αργυρος	1,5	Μαγιεσόρτ	30
Χαλκός	1,6	Κονσταντάνη	50
Σίδηρος	10	Σιδηρονικέλιον	80
Νικέλιον	12	*Υδράργυρος	94
Μόλυβδος	20	Χρωμονικελίνη	137

θέτως τὸ σιδηρονικέλιον καὶ ἡ χρωμονικελίνη εἶναι κράματα, τὰ δόποια παρουσιάζουν μεγάλην ἀντίστασιν. Δι' αὐτὸν ἀκριβῶς τὸν λόγον τὰ χρησιμοποιοῦμεν εἰς τὰς περιπτώσεις κατὰ τὰς ὁποίας ἐπιζητοῦμεν ἔκλυνσιν μεγάλων ποσοτήτων θερμότητος.

Άριθμητικὸν παράδειγμα. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀντίστασις ἐνὸς χαλκίνου σύρματος μήκους 1 km καὶ διαμέτρου 1 mm. Ειδικὴ ἀντίστασις τοῦ χαλκοῦ $\rho = 1,6 \mu\Omega \cdot \text{cm}$.

Αὔστις. Ἀντικαθιστῶμεν εἰς τὸν τύπον $R = \rho \cdot l/S$ τὰ δεδομένα τοῦ προβλήματος, δηλαδὴ: $\rho = 1,6 \mu\Omega \cdot \text{cm} = 1,6 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$, $l = 1000 \text{ m} = 100000 \text{ cm} = 10^6 \text{ cm}$, $S = \pi \cdot 0,05^2 = 0,0025 \cdot \pi \text{ cm}^2$ (διότι ἐφ' ὅσον ἡ διάμετρος εἶναι 1 mm = 0,1 cm, ἡ ἀκτίς θὰ είναι 0,05 cm), θὰ ἔχωμεν:

$$R = \frac{1,6 \cdot 10^{-6} \cdot 10^6}{0,0025 \cdot \pi} = \frac{0,16}{0,00785} = 20,3 \Omega$$



Σχ. 147. Ἡ ἀντίστασις τοῦ σύρματος αὐξάνεται μετά τῆς θερμοκρασίας.

προοδευτικῶς τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, μέχρις ὅτου ὁ λαμπτήρ ἀποκτήσῃ τὴν κανονικὴν του φωτεινὴν ἵσχυν.

Σημειοῦντες διὰ διαφόρους τιμᾶς τῆς ἐντάσεως τὰς ἀντιστοίχους τιμᾶς 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 $R = U/i (\Omega)$	1,7	3,8	5

§ 155. Μεταβολὴ τῆς ἀντιστάσεως μετὰ τῆς θερμοκρασίας. Πραγματοποιοῦμεν τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 147, ἡ ἀντίστασις τοῦ ὅποιου ἀποτελεῖται ἀπὸ τὸ νῆμα πυρακτώσεως τοῦ λαμπτῆρος.

Ρυθμίζομεν τὸν ροστάτην οὕτως, ὥστε νὰ ἔχωμεν κατὰ τὴν ἀρχὴν τοῦ πειράματος τάσιν 1 V εἰς τὰ ἄκρα τοῦ λαμπτῆρος.

Ἄκολούθως αὐξάνομεν

"Οπως παρατηροῦμεν ή άντιστασις τοῦ νήματος πυρακτώσεως αὐξάνεται όσον γίνεται φωτεινότερον τὸ νῆμα. Τὸ νῆμα ὅμως φωτοβολεῖ ἐντονότερον, ὅταν ὑψώνεται ή θερμοκρασία του. "Ωστε:

Η άντιστασις ἐνὸς ἀγωγοῦ αὐξάνεται ὅταν ὑψώνεται ή θερμοκρασία του.

Τὸν ἀνωτέρῳ νόμον δὲν ἀκολουθοῦν ὁ ἄνθραξ καὶ οἱ ἡλεκτρολύται. "Οταν ὑψώνεται ή θερμοκρασία τῶν σωμάτων αὐτῶν, ἐλαττώνεται ή άντιστασίς των.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Η άντιστασις ἐνὸς ἀγωγοῦ ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ ἀγωγοῦ καὶ τὰς διαστάσεις του.

2. Η άντιστασις ἐνὸς ἀγωγοῦ σύρματος είναι: α) ἀνάλογος πρὸς τὸ μῆκος του, β) ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὴν διατομήν του, καὶ γ) ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὸ ὑλικὸν κατασκευῆς τοῦ ἀγωγοῦ.

3. Η εἰδικὴ άντιστασις ρ ἐνὸς ἀγωγοῦ σύρματος είναι ἀριθμητικῶς ἵση πρὸς τὴν άντιστασιν ἐνὸς ὑλικοῦ, τὸ ὅποιον εἰς κυλινδρικὸν ἀγωγόν, μήκους 1 cm καὶ διατομῆς 1 cm², παρουσιάζει άντιστασιν 1 Ω.

4. Μεταξὺ τῆς άντιστάσεως R, τῆς εἰδικῆς άντιστάσεως ρ, τοῦ μήκους l καὶ τῆς διατομῆς S ἐνὸς ἀγωγοῦ, ὑφίσταται ή σχέσις:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S}$$

5. Μονάς εἰδικῆς άντιστάσεως είναι τὸ 1 Ω · cm.

6. Η άντιστασις ἐνὸς ἀγωγοῦ αὐξάνεται, ὅταν ὑψώνεται ή θερμοκρασία του. Τὸ ἀντίθετον συμβαίνει μὲ τὸν ἄνθρακα καὶ τοὺς ἡλεκτρολύτας.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

135. Σύρμα ἀπὸ σιδηρονικέλιον ἔχει μῆκος 10 cm καὶ ἐμβαδὸν διατομῆς 0,2 mm². Η εἰδικὴ άντιστασις τοῦ σιδηρονικέλιον είναι 30 μΩ·cm. Νὰ ἐπολογισθῇ ή ἀντιστασις τοῦ σύρματος.

(Απ. R=0,15 Ω.)

136. Η άντιστασις μὲ τὴν ὅποιαν θερμαίνεται ἔνα ἡλεκτρικὸ σίδερο είναι 40 Ω. Διὰ νὰ τὴν ἀντικαταστήσωμεν χρησιμοποιοῦμεν σύρμα ἐμβαδοῦ διατομῆς 0,005

cm^2 και ειδικής άντιστάσεως $50 \mu\Omega \cdot \text{cm}$. Να ύπολογισθῇ τὸ μῆκος τοῦ σύρματος, τὸ ὅποιον πρέπει νὰ χρησιμοποιήσωμεν.

(Απ. 10 m.)

137. Να ύπολογισθῇ εἰς τετραγωνικά χιλιοστά τὸ ἐμβαδὸν τῆς διατομῆς ἐνὸς ἀγωγοῦ, ὁ ὅποιος ἔχει ἀντίστασιν $0,1 \Omega$, καὶ μῆκος $12,56 \text{ m}$. Ἡ ειδικὴ ἀντίστασις τοῦ μετάλλου ἀπὸ τὸ ὅποιον εἶναι κατεσκενασμένος ὁ ἀγωγός εἶναι $40 \mu\Omega \cdot \text{cm}$.

(Απ. $50,24 \text{ mm}^2$.)

138. Ἐνα καλώδιον ἀπὸ χαλκὸν ἔχει ειδικὴν ἀντίστασιν $\varrho = 1,6 \mu\Omega \cdot \text{cm}$, κυκλικὴν διατομὴν διαμέτρου 1 mm καὶ μῆκος 50 m . α) Να ύπολογίσετε τὴν ἀντίστασιν τον. β) Να ύπολογίσετε τὴν ποσότητα τῆς θερμότητος, ἡ ὥποια ἐλενθερώνεται, εάν ἐπὶ 1 ώραν τὸ καλώδιον διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἑντάσεως $0,5 \text{ A}$.

(Απ. α' 1Ω , περίπον. β' $214,2 \text{ cal}$, περίπον.)

139. Να εύρεθῃ τὸ μῆκος σύρματος, τὰ ἄκρα τοῦ ὅποιον ὅταν συνδεθοῦν μὲ πηγὴν τάσεως 120 V διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἑντάσεως 2 A . Διονται: Ἡ ειδικὴ ἀντίστασις τοῦ σύρματος: $\varrho = 30 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ καὶ ἡ διάμετρος τῆς κυκλικῆς διατομῆς τοῦ καλωδίου $d = 0,1 \text{ mm}$.

(Απ. $1,5 \text{ m}$, περίπον.)

140. Ἐνα καλώδιον ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ἔχει μῆκος 5 m , ἐμβαδὸν διατομῆς 1 mm^2 , ἡ δὲ ἀντίστασί τον εἶναι 4Ω . α) Να ύπολογίσετε τὴν ἀντίστασιν ἐνὸς καλωδίου ἀπὸ τὸ ἴδιον ἐλκύσιον, τῆς ἴδιας διατομῆς, ἀλλὰ μῆκος 12 m . β) Να ύπολογίσετε τὴν ἀντίστασιν ἐνὸς καλωδίου, ἀπὸ τὸ ἴδιον πάλιν ἐλκύσιον, μῆκος 5 m ἀλλὰ ἐμβαδὸς διατομῆς 3 mm^2 . γ) Να ύπολογίσετε τὴν ειδικὴν ἀντίστασιν τοῦ κράματος, τὸ ὅποιον χρησιμοποιοῦμεν διὰ τὴν κατασκενήν αὐτῶν τῶν καλωδίων.

(Απ. α' $9,6 \Omega$, β' $1,33 \Omega$, γ' $80 \mu\Omega \cdot \text{cm}$.)

141. Ἐνα κύκλωμα περιλαμβάνει συνδεδεμένας ἐν σειρᾷ τὰς ἀκολουθους συσκενάς: Μίαν γεννήτριαν, ἔνα ἀμπερόμετρον καὶ μίαν ἀντίστασιν. α) Να ύπολογίσετε τὴν τιμὴν τῆς ἀντίστασεως R , γνωρίζοντες ὅτι ἀποτελεῖται ἀπὸ σύρμα μὲ διάμετρον $0,4 \text{ mm}$, μῆκος $78,5 \text{ cm}$ καὶ ειδικὴν ἀντίστασιν $80 \mu\Omega \cdot \text{cm}$. β) Ἐνα βολτόμετρον συνδεδεμένον εἰς τὰ ἄκρα τῆς ἀντίστασεως R δεικνύει διαφορὰν δυναμικοῦ 20 Volt . Ποίᾳ θὰ εἶναι ἡ ἐνδειξις τοῦ ἀμπερομέτρου.

(Απ. α' 5Ω , β' 4 A)

ΑΒ' — ΣΥΝΔΕΣΙΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ

§ 156. Γενικότητες. Ὄταν περισσότεραι τῆς μιᾶς ἀντιστάσεις παρατίθενται εἰς ἓν κύκλωμα, εἰς τρόπον ὥστε νὰ διαρρέωνται ἀπὸ τὸ ἴδιον ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, λέγομεν ὅτι αἱ ἀντιστάσεις αὗται εἶναι συνδεδεμέναι ἐν σειρᾷ.

Ὑπάρχει ὅμως καὶ ἕνας ἄλλος τρόπος συνδέσεως ἀντιστάσεως, κατὰ τὸν ὅποιον αἱ ἀντιστάσεις σχηματίζουν διακλαδώσεις καὶ δὲν

διαρρέονται άπό τό ſδιον ρεῦμα. Ή σύνδεσις αὐτή λέγεται σύνδεσις κατὰ διακλάδωσιν ή ἐν παραλλήλῳ.

§ 157. Σύνδεσις ἐν σειρᾷ. Πείραμα. Συνδέομεν μερικές ηλεκτρικάς ἀντιστάσεις ἐν σειρᾷ, π.χ. μίαν ηλεκτρικήν θερμάστραν, ἕνα λαμπτήρα καὶ ἕνα ροοστάτην (σχ. 148), καὶ τὰς τροφοδ οτοῦμεν μὲ ηλεκτρικὸν ρεῦμα, τὴν ἔντασιν τοῦ ὅποιου, ἔστω $i = 0,5 \text{ A}$, μετρεῖ ἔνα ἀμπερόμετρον. Διὰ νῦν ὑπολογίσωμεν τὴν ἀντίστασιν ἐκάστης συσκευῆς κεχωρισμένως, μετροῦμεν μὲ ἔνα βολτόμετρον τὴν τάσιν, ἡ ὅποια ἐπικρατεῖ εἰς τὰ ἄκρα τῆς καὶ ἀκολούθως ἐφαρμόζομεν τὸν τύπον $R = U/i$.

Μετροῦντες τὰς τάσεις αἴτινες ἐπικρατοῦν εἰς τὰ σημεῖα A, B, Γ, Δ, εύρισκομεν δτι :

$$U_A - U_B = U_1 = 20 \text{ V}, \quad U_B - U_\Gamma = U_2 = 65 \text{ V}, \\ U_\Gamma - U_\Delta = U_3 = 30 \text{ V}.$$

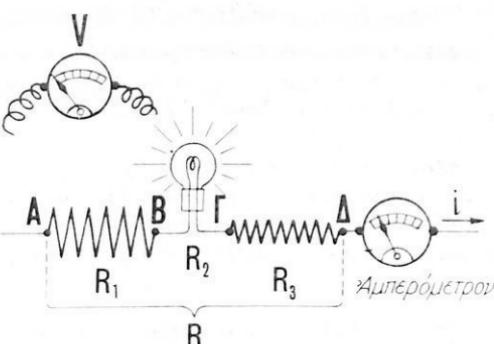
Συνεπῶς θὰ ἔχωμεν :

$$R_1 = \frac{U_1}{i} = \frac{20}{0,5} = 40 \Omega$$

$$R_2 = \frac{U_2}{i} = \frac{65}{0,5} = 130 \Omega$$

$$R_3 = \frac{U_3}{i} = \frac{30}{0,5} = 60 \Omega.$$

Ἡ ἀντίστασις R τῶν τριῶν συσκευῶν, ὅταν θεωρηθοῦν ὡς μία διάταξις, ἡ ἀντίστασις δηλαδὴ ἡ ὅποια περιλαμβάνεται μεταξὺ τῶν σημείων A καὶ Δ τοῦ κυκλώματος, δύνομάζεται ὀλικὴ ἀντίστασις τῶν τριῶν συσκευῶν καὶ ὑπολογίζεται μὲ ἐφαρμογὴν τοῦ τύπου $R = U/i$, ὅπου μὲ U παριστᾶται ἡ τάσις μεταξὺ τῶν σημείων A καὶ Δ, δηλαδὴ $\frac{U_A - U_\Delta}{i}$.



Σχ. 148. Αἱ ἀντίστασις ἐν σειρᾷ προστίθενται.

Όπως δημοσιεύεται, αἱ τάσεις, διαδοχικαὶ, προστίθενται. Έπομένως θὰ ἔχωμεν ὅτι :

$$U = U_1 + U_2 + U_3 = 20 + 65 + 30 = 115V$$

καὶ συνεπῶς θὰ εἶναι :

$$R = \frac{U}{i} = \frac{115}{0,5} = 230 \Omega.$$

Αν προσθέσωμεν δημοσιεύεται τρεῖς ἀντιστάσεις R_1 , R_2 καὶ R_3 , εύρισκομεν :

$$R_1 + R_2 + R_3 = 40 + 130 + 60 = 230 \Omega.$$

Ωστε θὰ ἀληθεύῃ ἡ σχέσις :

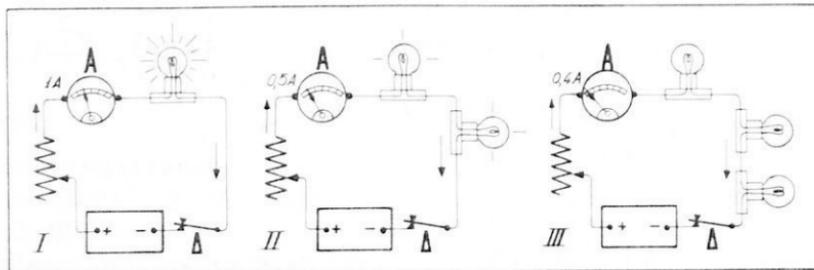
$$R_{\text{ολ}} = R_1 + R_2 + R_3$$

Η ισότης εἰς τὴν όποιαν κατελήξουμεν ἐκφράζει ὅτι:

Ἡ ὀλικὴ ἀντίστασις ($R_{\text{ολ}}$) μιᾶς ὁμάδος ἀντιστάσεων, αἱ όποιαι εἶναι συνδεδεμέναι ἐν σειρᾷ, εἶναι ίση μὲ τὸ ἄθροισμα αὐτῶν τῶν ἀντιστάσεων.

§ 158. Μεταβολὴ τῆς ἑντάσεως. Πείραμα. Εἰς ἕνα ηλεκτρικὸν κύκλωμα συνδέομεν ἐν σειρᾷ ἕναν ροοστάτην, ἕνα ἀμπερόμετρον καὶ ἕνα λαμπτήρα. Ρυθμίζομεν τὸν ροοστάτην, ὥστε νὰ ἔχωμεν ἑντασιν ρεύματος 1 A καὶ κατόπιν συνδέομεν εἰς τὸ κύκλωμα δεύτερον καὶ τρίτον λαμπτήρα ἐν σειρᾷ (σχ. 149). Παρατηροῦμεν τὰ ἔχει : α) Ἡ φωτεινὴ ισχὺς τῶν λαπτήρων ἔξασθενίζει, β) ἡ ἑντασις τοῦ ρεύματος ἀλλατώνεται.

Ἐφ' ὅσον αἱ συσκευαὶ συνδέονται ἐν σειρᾷ, αὐξάνεται ἡ ὀλικὴ ἀντίστασις τοῦ



Σχ. 149. Ἡ ἑντασις τοῦ ρεύματος ἀλλατώνεται, διαδοχικαὶ ἀντιστάσεις ἐν σειρᾷ.

κυκλώματος, άλλά όταν διαστήσεις ένδος κλάσματος μεγαλώνη, μικραίνει ή τιμή του κλάσματος. Έπομένως συμπεραίνομεν ότι έφ' δύο $i = U/R$ και μεγαλώνει ή αντίστασις R , μικραίνει ή τιμή του κλάσματος, δηλαδή ή έντασις i του ρεύματος. Ωστε:

"Όταν συνδέωμεν εις ένα κύκλωμα συσκευάς ήν σειρᾶ, έλαττώνεται η έντασις του ρεύματος, τό διόποιον διαρρέει τό κύκλωμα.

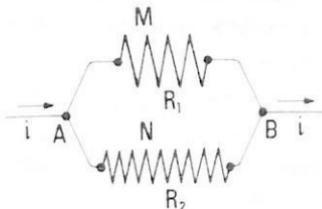
§ 159. Σύνδεσις άντιστάσεων παραλλήλως. Τὰ σημεῖα A καὶ B ένδος κυκλώματος συνδέονται μὲ δύο άγωγοὺς AMB καὶ ANB, τῶν διόποιων αἱ άντιστάσεις εἰναι R_1 καὶ R_2 άντιστοίχως (σχ. 150). Λέγομεν ότι αἱ δύο αὗται άντιστάσεις εἰναι συνδεδεμέναι κατὰ διακλάδωσιν ή παραλλήλως. Γενικώτερον:

Δύο η περισσότεραι άντιστάσεις εἰναι συνδεδεμέναι κατὰ διακλάδωσιν ή παραλλήλως, όταν τὰ ἄκρα των καταλήγουν εις δύο κοινὰ σημεῖα του κυκλώματος.

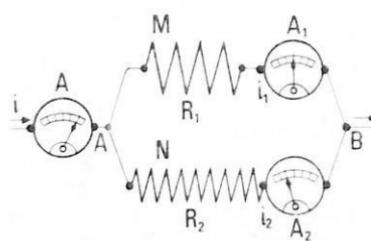
§ 160. Έντασις τῶν διακλαδιζομένων ρευμάτων. a) Τὸ κύριον ρεῦμα, ἐντάσεως i , τό διόποιον κυκλοφορεῖ εις τό κύκλωμα, διακλαδίζεται εις τὸ σημεῖον A καὶ σηματίζει δύο ρεύματα, μὲ ἐντάσεις i_1 καὶ i_2 , τὰ διόποια διαρρέουν τὰς δύο διακλαδιζομένας άντιστάσεις. Τὰ ρεύματα αὐτὰ ένώνονται καὶ πάλιν εις τὸ σημεῖον B (σχ. 151).

"Αν μετρήσωμεν τὴν έντασιν i του κυρίου ρεύματος μὲ τὸ ἀμπερόμετρον A καὶ τὰ ἐντάσεις i_1 καὶ i_2 μὲ τὰ ἀμπερόμετρα A_1 καὶ A_2 θὰ διαπιστώσωμεν ότι:

"Η έντασις i του κυρίου ρεύματος εἰναι ίση μὲ τὸ ἀθροισμα τῶν έντασεων i_1 καὶ i_2 τῶν διακλαδιζομένων ρευμάτων.



Σχ. 150. Άντιστάσεις συνδεδεμέναι παραλλήλως.



Σχ. 151. Τὸ ἀθροισμα τῶν έντασεων τῶν διακλαδιζομένων ρευμάτων ίσονται πρὸς τὴν έντασιν του κυρίου ρεύματος.

Δηλαδή έχομεν ότι : $i = i_1 + i_2$

β) Κατανομή τοῦ κυρίου ρεύματος εἰς τὰς παραλλήλους ἀντιστάσεις. Έστω ότι αἱ παραλλήλοι ἀντιστάσεις τοῦ προηγουμένου σχήματος έχουν 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 εὑρίσκομεν ότι : $i_1 = 0,6 \text{ A}$ καὶ $i_2 = 0,2 \text{ A}$.

Οπως παρατηροῦμεν τὸ ρεῦμα i_1 εἶναι τριπλάσιον ἀπὸ τὸ ρεῦμα i_2 . Δήλαδή :

$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{3}{1}$$

Απὸ τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ότι ὁ λόγος τῶν ἐντάσεων τῶν δύο ρευμάτων εἶναι ἴσος μὲ τὸ ἀντίστροφον τοῦ λόγου τῶν ἀντιστάσεων τὰς ὁποίας διαρρέουν.

$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{R_2}{R_1}, \quad \text{ἢ} \quad i_1 \cdot R_1 = i_2 \cdot R_2$$

Ωστε :

Αἱ ἐντάσεις τῶν διακλαδιζομένων ρευμάτων εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογοι πρὸς τὰς ἀντιστάσεις τὰς ὁποίας διαρρέουν.

Παρατήρησις. Οἱ ἀνωτέρω τύπος $i_1 \cdot R_1 = i_2 \cdot R_2$ εἶναι συνέπεια τοῦ νόμου τοῦ Όμη. Πράγματι ἂν εἶναι U ἡ τάσις μεταξὺ τῶν σημείων A καὶ B καὶ ἔφαρμόσωμεν τὸν νόμον τοῦ Όμη εἰς ἑκάστην ἀπὸ τὰς παραλλήλους ἀντιστάσεις, θὰ έχωμεν ότι : $U = i_1 \cdot R_1$ καὶ $U = i_2 \cdot R_2$, ἀπὸ τὰς ὁποίας συμπεραίνομεν ότι : $i_1 \cdot R_1 = i_2 \cdot R_2$.

Αριθμητικὴ ἔφαρμογή : Ενα ἡλεκτρικὸν ρεῦμα διακλαδίζεται εἰς δύο ἀντιστάσεις συνδεδεμένας παραλλήλως καὶ τῶν ὅποιων αἱ τιμαὶ εἶναι : $R_1 = 50 \Omega$, $R_2 = 3R_1$. Ή ἔντασις τοῦ ρεύματος τὸ ὅποιον διαρρέει τὴν πρώτην ἀντίστασιν εἶναι 3 A . Νὰ ὑπολογισθοῦν : α) Ή ἔντασις τοῦ ρεύματος τὸ ὅποιον διαρρέει τὴν ἀντίστασιν R_2 καὶ β) ή ἔντασις τοῦ κυρίου ρεύματος.

Λύσις. α) 'Εφ' ὅσον ἡ R_2 εἶναι τριπλασία τῆς R_1 θὰ έχωμεν ότι : $R_2 = 3 \cdot 50 \Omega = 150 \Omega$.

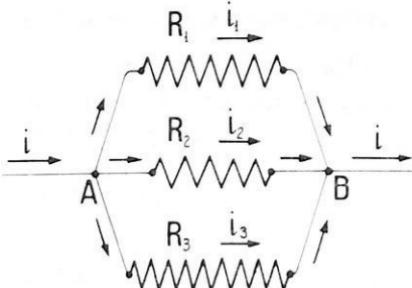
Έφαρμόζοντες τὸν τύπον $i_1 \cdot R_1 = i_2 \cdot R_2$, εύρισκομεν: $3 \cdot 50 = i_2 \cdot 150$.

Άρα:

$$i_2 = 1 \text{ A.}$$

β) Έπειδὴ $i = i_1 + i_2$ θὰ ἔχωμεν δτι :

$$i = 3 + 1 = 4 \text{ A.}$$



§ 161. Υπολογισμὸς τῆς ὀλικῆς ἀντιστάσεως μιᾶς ὁμάδος ἀντιστάσεων, συνδεδεμένων Σχ. 152. Αγωγοὶ συνδεδεμένοι παραλλήλως.

Ολικὴ ἀντιστασίς ($R_{\text{ολ}}$) μιᾶς ὁμάδος ἀντιστάσεων R_1, R_2, R_3 , κλπ., συνδεδεμένων παραλλήλως μεταξὺ τῶν σημείων A και B, δύναμέται ἡ ἀντιστασίς, ἡ ὁποία ὅταν τοποθετηθῇ εἰς τὴν θέσιν αὐτῶν τῶν ἀντιστάσεων, δὲν μεταβάλλει οὔτε τὴν ἔντασιν ι τοῦ κυρίου ρεύματος, οὔτε τὴν τάσιν ἡ ὁποία ἐπικρατεῖ εἰς τὰ σημεῖα A και B.

Ἐστω $R_{\text{ολ}}$ ἡ ὀλικὴ ἀντιστασίς μιᾶς ὁμάδος τριῶν ἀντιστάσεων R_1, R_2, R_3 , συνδεδεμένων παραλλήλως (σχ. 152). Η $R_{\text{ολ}}$ πρέπει νὰ ἔχῃ τοιαύτην τιμὴν ὥστε, συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τοῦ Ωμ, νὰ ἔχωμεν:

$$U = R_{\text{ολ}} \cdot i \quad \text{ἢ} \quad i = \frac{U}{R_{\text{ολ}}}$$

Αν ἔφαρμόσωμεν ἄλλωστε τὸν νόμον τοῦ Ωμ, εἰς ἑκάστην ἀπὸ τὰς παραλλήλους ἀντιστάσεις, θὰ ἔχωμεν δτι :

$$U = R_1 \cdot i_1 \quad \text{ἢ} \quad i_1 = \frac{U}{R_1}, \quad U = R_2 \cdot i_2 \quad \text{ἢ} \quad i_2 = \frac{U}{R_2}, \quad U = R_3 \cdot i_3 \quad \text{ἢ} \quad i_3 = \frac{U}{R_3}.$$

Ἐπειδὴ ὅμως $i = i_1 + i_2 + i_3$ θὰ ισχύῃ ἡ σχέσις:

$$\frac{U}{R_{\text{ολ}}} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3}$$

Η δοποίᾳ ἀπλοποιεῖται μὲ τὸ U καὶ γίνεται :

$$\frac{1}{R_{\text{ολ}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Οταν μία ὁμάδα ἀντιστάσεων R_1, R_2, R_3 , κλπ., είναι συνδεδεμέναι παραλλήλως, τὸ ἀντίστροφον $1/R_{\text{ολ}}$ τῆς ὀλικῆς τῶν ἀντιστάσεως $R_{\text{ολ}}$ είναι ίσον μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἀντιστρόφων $1/R_1, 1/R_2, 1/R_3$ κλπ. τῶν παραλλήλων ἀντιστάσεων.

Άριθμητικὴ ἔφαρμογή : Τρεῖς ἀντιστάσεις $R_1 = 2 \Omega, R_2 = 3 \Omega, R_3 = 5 \Omega$

είναι συνδεδεμέναι παραλλήλως. Νά εύρεθη ή όλικη άντιστασις $R_{ολ}$ τῶν τριῶν παραλλήλων άντιστάσεων.

$$\text{Λύσις. Έχομεν διτ: } \frac{1}{R_{ολ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$\text{η } \frac{1}{R_{ολ}} = \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{5}, \quad \frac{1}{R_{ολ}} = \frac{31}{30}$$

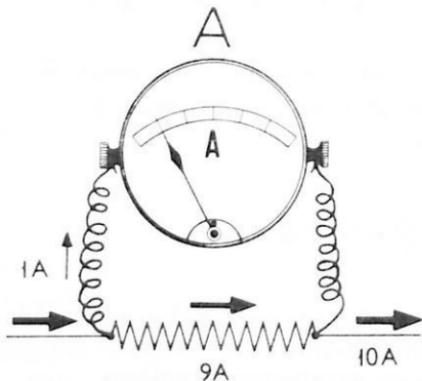
Δηλαδή :

$$R_{ολ} = \frac{30}{31} \Omega = 0,97 \Omega.$$

§ 162. Διακλάδωσις άμπερομέτρου. Τὰ άμπερόμετρα κατασκευάζονται συνήθως εἰς τρόπον ὥστε νὰ δύνανται νὰ χρησιμοποιηθοῦν μέχρι μιᾶς ώρισμένης ἐντάσεως ρεύματος.

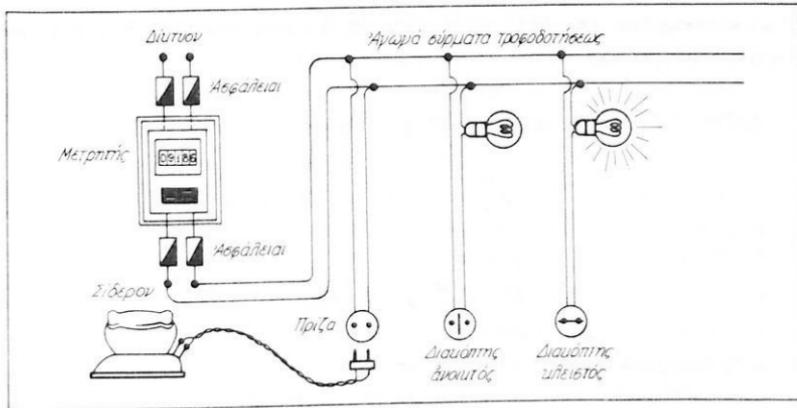
Δυνάμεθα δῆμος μὲν ἔνα άμπερόμετρον νὰ μετρήσωμεν καὶ ρεύματα μεγαλυτέρας ἐντάσεως, ἀπὸ ἐκείνην διὰ τὴν ὅποιαν κατεσκευάσθη τὸ δργανον, ἔαν συνδέσωμεν μίαν κατάλληλον ἀντίστασιν παραλλήλως (κατὰ διακλάδωσιν) πρὸς αὐτό.

Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτῆν ἔνα μέρος τοῦ δόλικου ρεύματος διαρρέει τὸ άμπερόμετρον, τὸ δὲ ὑπόλοιπον τὴν παραλλήληλον ἀντίστασιν, ἡ δοπία δονομάζεται διακλαδοσις τοῦ άμπερομέτρου (σχ. 153). Εἴα άμπερόμετρον διακλαδισμένον, π.χ., εἰς τὸ δέκατον είναι ἔνα δργανον ἀπὸ τὸ δόποιον διέρχεται τὸ 1/10 τοῦ κυρίου ρεύματος. Εἴαν τὸ δργανον ἔχῃ μίαν μόνον κλίμακα καὶ ὁ δείκτης του δεικνύει π.χ. 2 A, τότε ἡ ἐντασίς τοῦ κυρίου ρεύματος είναι 20 A.



Σχ. 153. Άμπερόμετρον διακλαδισμένον εἰς τὸ δέκατον.

§ 163. Ἡλεκτρικὴ οἰκιακὴ ἔγκατάστασις. Εἰς τὸ σχῆμα 154 παριστᾶται ἡ διάταξις διανομῆς ρεύματος μὲ δύο ἀγωγούς. Ἡ ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια χορηγεῖται ἀπὸ τὸ γενικὸν δίκτυον διανομῆς καὶ πρὶν χρησιμοποιηθῇ διέρχεται ἀπὸ τὸν μετρητήν. Τὸ ρεῦμα ἐπίσης διαρρέει διαφόρους ἀσφαλείας, πρὶν καὶ μετὰ ἀπὸ τὸν μετρητήν, καὶ, ἀφοῦ διέλθῃ ἀπὸ τὸν γενικὸν διακόπτην, διοχετεύεται μὲ παχέα σύρματα εἰς τοὺς διαφόρους χώρους τῆς ἔγκαταστάσεως.



Σχ. 154. Κύκλωμα ήλεκτρικής οικιακής έγκαταστάσεως.

Αἱ διάφοροι συσκευαὶ καὶ οἱ λαμπτῆρες συνδέονται παραλλήλως μὲ τὰ σύρματα τροφοδοτήσεως, εἰς ἕκαστον δὲ λαμπτῆρα συνδυάζεται καὶ ἔνας διακόπτης. Ἡ παράλληλος σύνδεσις παρουσιάζει τὸ πλεονέκτημα ὅτι δυνάμεθα νὰ χρησιμοποιῶμεν τοὺς λαμπτῆρας ἢ τὰς συσκευὰς ἀνεξαρτήτως τὴν μίαν ἀπὸ τὴν ἄλλην.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Δύο ἡ περισσότεραι ἀντιστάσεις είναι συνδεδεμέναι ἐν σειρᾷ ὅταν διαρρέωνται ἀπὸ τὸ ἴδιον ρεῦμα.

2. Ἡ ὅλικὴ ἀντίστασις $R_{\text{ολ}}$ μιᾶς ὁμάδος ἀντιστάσεων R_1 , R_2 , R_3 , κλπ. συνδεδεμένων ἐν σειρᾷ, είναι ἵση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἀντιστάσεων τῆς ὁμάδος. Δηλαδή :

$$R_{\text{ολ}} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

3. Ἡ σύνδεσις ἀντιστάσεων ἐν σειρᾷ προκαλεῖ μείωσιν τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος τοῦ κυκλώματος.

4. Δύο ἡ περισσότεραι ἀντιστάσεις είναι συνδεδεμέναι παραλλήλως, ὅταν τὰ ἄκρα των καταλήγουν εἰς δύο κοινὰ σημεῖα

τοῦ κυκλώματος. Αἱ ἀντιστάσεις αὗται δὲν διαρρέονται ἀπὸ τὸ ἴδιον ρεῦμα, εἰς τὰ ἄκρα τῶν ὅμως ἐπικρατεῖ ἡ ἴδια τάσις.

5. Ὅταν εἰς ἔνα σημεῖον ἐνὸς κυκλώματος σχηματίζεται διακλάδωσις, ἡ ἔντασις τοῦ κυρίου ρεύματος εἶναι ἵση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἐντάσεων τῶν διακλαδίζομένων ρευμάτων.

6. Αἱ ἐντάσεις τῶν διακλαδίζομένων ρευμάτων εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογοι πρὸς τὰς ἀντιστάσεις τὰς ὁποίας διαρρέουν.

7. Τὸ ἀντίστροφον $1/R_{\text{αλ}}$ τῆς ὀλικῆς ἀντιστάσεως $R_{\text{αλ}}$, μιᾶς ὁμάδος ἀντιστάσεων $R_1, R_2, R_3, \text{κλ.π.}$ συνδεδεμένων παραλλήλως, εἶναι ἵσον μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἀντιστρόφων τῶν παραλλήλων ἀντιστάσεων. Δηλαδή :

$$\frac{1}{R_{\text{αλ}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

142. Ἔνας 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 ἐπολογησθῇ ἡ ὀλικὴ τοῦ ἀντίστασις εἰς τὰς ἀκολούθους περιπτώσεις : α) Καὶ αἱ τρεῖς ἀντιστάσεις συνδέονται ἐν σειρᾷ. β) Ἡ ἀντιστασίς R_1 εἶναι συνδεδεμένη ἐν σειρᾷ μὲ τὸ σύστημα τῶν ἀντιστάσεων R_2 καὶ R_3 , αἱ όποιαι εἶναι συνδεδεμέναι μεταξὺ των παραλλήλων. γ) Αἱ τρεῖς ἀντιστάσεις εἶναι συνδεδεμέναι παραλλήλως. Νὰ σχεδιασθοῦν καὶ αἱ τρεῖς περιπτώσεις. (*Απ. α' 110\ \Omega*, *β' 40\ \Omega*, *γ' 10\ \Omega*.)

143. Νὰ μελετηθῶν ὅλαι αἱ δύναται περιπτώσεις συνδέσεως τριῶν ἀντιστάσεων $1\ \Omega$, $2\ \Omega$ καὶ $3\ \Omega$. (*Απ. α' 6\ \Omega*, *β' 0,54\ \Omega*, *γ' 2,2\ \Omega*, *δ' 2,75\ \Omega* καὶ *ε' 3,66\ \Omega*.)

144. Ἐναὶ ἀμπελόμετρον ἔχει ἐσωτερική ἀντίστασιν $0,05\ \Omega$, δύναται δὲ νὰ μετρησῃ ἡλεκτρικά φεύματα μέχρις ἐντάσεως $1\ A$. Θέλομε νὰ τὸ χρησιμοποιήσουμε διὰ τὴν μέτρησιν φεύμάτων ἐντάσεως μέχρι $10\ A$. α) Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἀντίστασίς τῆς διακλαδώσεως τὴν όποιαν πρέπει νὰ χρησιμοποιήσωμεν. β) Νὰ εὑρεθῇ ἡ συνολικὴ ἀντίστασίς ἀμπελομέτρου-διακλαδόσεως. (*Απ. α' 0,006\ \Omega*, *περίπου*, *β' 0,005\ \Omega*, *περίπου*)

145. Ἐναὶ βολτόμετρον εἶναι κατεσκενασμένον ὥστε νὰ δύναται νὰ μετρήσῃ τάσεις μέχρι $30\ Volt$. Ἡ ἐσωτερική τον ἀντίστασίς εἶναι $2\ 500\ \Omega$. Ἐπιθυμοῦμε νὰ τὸ χρησιμοποιήσωμεν διὰ τὴν μέτρησιν διαφορᾶς δυναμικοῦ μέχρι $240\ Volt$. Ποιάν διάταξιν πρέπει νὰ νιοθετήσωμεν καὶ ποιάν ἀντίστασιν πρέπει νὰ χρησιμοποιήσωμεν. (*Απ. Σύνδεσιν ἀντιστάσεως R ἐν σειρᾷ, $R=17\ 500\ \Omega$* .)

ΑΓ' — ΗΛΕΚΤΡΙΚΑΙ ΠΗΓΑΙ

§ 164. Γενικότητες. Αἱ ἡλεκτρικαὶ πηγαὶ ἡ γεννήτριαι ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, εἰναι συσκευαι αἱ ὅποιαι ἀποδίδουν ἡλεκτρικὸν ρεῦμα.

Διά τὴν παραγωγὴν καὶ τὴν παροχὴν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος χρησιμοποιοῦμεν σήμερον εἰς τὴν πρᾶξιν, ἀναλόγως τῶν ἀναγκῶν ὡς πηγάς: 1) Τὰ ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα: 2) τοὺς συσσωρευτάς: 3) τὰς δυναμοηλεκτρικὰς γεννήτριας καὶ τοὺς ἐναλλακτῆρας.

Τὰ ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα καὶ οἱ συσσωρευταὶ εἰναι διατάξεις αἱ ὅποιαι μετατρέπουν χημικὴν ἐνέργειαν εἰς ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

Αἱ δυναμοηλεκτρικαι γεννήτριαι καὶ οἱ ἐναλλακτῆρες λειτουργοῦν συνήθως εἰς τὰ ἔργοστάσια, μὲ τὴν βοήθειαν ἐνὸς θερμικοῦ κινητῆρος ἢ ἐνὸς ὑδροστροβίλου. Αἱ γεννήτριαι αὐται μετατρέπουν εἰς ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν τὴν μηχανικὴν ἐνέργειαν, τὴν ὅποιαν τοὺς προσφέρει ὁ κινητήρος.

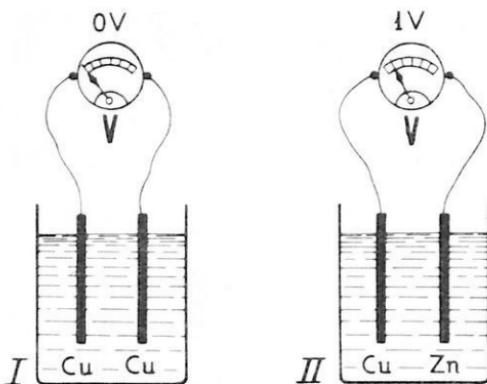
Ἡ ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια, ἡ ὅποια χρησιμοποιεῖται εἰς τὰς οἰκιακὰς καὶ τὰς βιομηχανικὰς ἐγκαταστάσεις καὶ ἡ ὅποια διανέμεται χάρις εἰς τὸ ἡλεκτρικὸν δίκτυον, παράγεται εἰς τοὺς ἡλεκτροπαραγωγικοὺς σταθμοὺς, ὅπου εἰναι ἐγκατεστημέναι αἱ γεννήτριαι παραγωγῆς ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ὅπως ἐπίσης οἱ στρόβιλοι ἢ οἱ κινητῆρες οἵτινες τὰς θέτουν εἰς λειτουργίαν.

Γενικῶς ἡ ἡλεκτρογεννήτρια πραγματοποιεῖ μετατροπὴν μιᾶς μορφῆς ἐνεργείας εἰς ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

Ἐκάστη γεννήτρια συνεχοῦς ρεύματος περιλαμβάνει δύο ἀκροδέκτας ἢ πόλους, τὸν θετικὸν πόλον (+) καὶ τὸν ἀρνητικὸν πόλον (-), μεταξὺ τῶν ὅποιων ὑφίσταται μία ώρισμένη διαφορὰ δυναμικοῦ.

Οταν οἱ δύο πόλοι ἐνωθοῦν μὲ ἔνα ἀγωγὸν σύρμα, ὁ ἀρνητικὸς πόλος, ὁ ὅποιος ἔχει πλεόνασμα ἡλεκτρονίων, ἀπωθεῖ ταῦτα καὶ τὰ ἀποδίδει εἰς τὸ ἔξωτερικὸν κύκλωμα. Ο θετικὸς πόλος ἔλκει τὰ ἡλεκτρόνια. Εἰς αὐτὸ ἀκριβῶς τὸ φαινόμενον τῆς ἔλξεως καὶ τῆς ἀπώσεως τῶν ἡλεκτρονίων ἀπὸ τοὺς δύο πόλους ὀφείλεται τὸ συνεχὲς ἡλεκτρικὸν ρεῦμα.

§ 165. Ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον τοῦ Βόλτα (Volta). Πείραμα 1. Βυθίζομεν δύο λεπτὰ χάλκινα ἐλάσματα χωρὶς σύντα νῦ ἐφάπτωνται



Σχ. 155. Δύο ήλεκτρόδια διαφορετικής φύσεως παρουσιάζουν διαφοράν δυναμικοῦ.

Πείραμα 2. Άντικαθιστῶμεν τὸ ἔνα ἔλασμα ἀμαλγαμῷνοψευδαργύρῳ (1), τὸ δόποῖον τοιουτοτρόπως δὲν προσβάλλεται χημικῶς ἀπὸ τὸ θειϊκὸν δέξν (σχ. 155, II).

Παρατηροῦμεν τότε ὅτι δὲν συμβαίνει οὐδεμία χημικὴ ἀντίδρασις καὶ δὶ' αὐτὸν τὸν λόγον τὸ θειϊκὸν δέξν δὲν προσβάλλει τὸν ἀμαλγαμῷνοψευδαργύρῳ, ὥστε ἐπίσης ὅτι ὁ δείκτης τοῦ βολτομέτρου ἀποκλίνει καὶ δεικνύει περίπου 1 Volt.

Ἐὰν ἀκολούθως πλησιάσωμεν ἡ ἀπομακρύνωμεν μεταξύ τῶν τὰ δύο ήλεκτρόδια, ἡ θέσις τοῦ δείκτου δὲν μεταβάλλεται, πρᾶγμα τὸ δόποῖον σημαίνει ὅτι :

‘Υπάρχει μία διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν δύο διαφορετικῶν μεταλλικῶν ἔλασμάτων, δηλαδὴ μεταξὺ δύο ήλεκτροδίων διαφορετικῆς φύσεως, ἡ ὁποία εἶναι ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὴν ἀπόστασιν ἡτις τὰ χωρίζει.

‘Η δὴ διάταξις, ἡ ὁποία ἀποτελεῖται ἀπὸ τὰ δύο διαφορετικὰ ηλεκτρόδια, βυθισμένα μέσα εἰς τὸ ὄξυνισμένον ὕδωρ ὁμοῦ μὲ τὸ δοχεῖον, δονομάζεται ηλεκτρικὸν στοιχεῖον.

‘Η διαφορὰ δυναμικοῦ ἡτις ἐπικρατεῖ μεταξὺ τῶν ηλεκτροδίων

(1) Οἱ ἀμαλγαμῷνοψευδαργύροι παρασκευάζεται ἄν τρίψωμεν μὲ στουπὶ ἔνα τεμάχιον καθαροῦ ψευδαργύρου μέσα εἰς διάλυμα, τὸ δόποῖον περιέχει ὄξραργυρον καὶ ὄξυνισμένον ὕδωρ (H_2SO_4).

μεταξύ τῶν, εἰς ἀραιὸν διάλυμα θειϊκοῦ δέξος (δέξινισμένον ὕδωρ) καὶ τὰ συνδέομεν μὲ τοὺς ἀκροδέκτας ἐνὸς βολτομέτρου, δόποτε παρατηροῦμεν ὅτι ὁ δείκτης τοῦ δργάνου δὲν ἀποκλίνει καὶ ὅτι οὐδεμία χημικὴ ἀντίδρασις παρατηρεῖται.

Τὸ θειϊκὸν δέξν ἡραιώμενον καὶ ἐν «ψυχρῷ» δὲν προσβάλλει τὸν χάλκον (σχ. 155, I).

τοῦ στοιχείου, ὅταν δὲν τροφοδοτήθει τὸ ἔξωτερικὸν κύκλωμα μέρεῦμα, δύναται νὰ μετρηθῇ μὲν ἕνα βολτόμετρον. Αὐτὴ ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ δονομάζεται ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ στοιχείου.

Πείραμα 3. Κλείομεν τὸ κύκλωμα τῆς στήλης μὲν ἕνα ἀγωγὸν σύρμα καὶ παρεμβάλλομεν ἕνα ἀμπερόμετρον εἰς τὸ κύκλωμα (σχ. 156). Παρατηροῦμεν ὅτι :

α) Ὁ δείκτης τοῦ ἀμπερομέτρου ἀποκλίνει, πρᾶγμα τὸ ὅποιον σημαίνει ὅτι ὁ ἀγωγὸς διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα.

Ἄπὸ τὴν διεύθυνσιν τῆς ἀποκλίσεως τοῦ δείκτου τοῦ ἀμπερομέτρου συμπεραίνομεν ὅτι τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα διαρρέει τὸ ἔξωτερικὸν κύκλωμα, κινούμενον ἀπὸ τὸ ἔλασμα τοῦ χαλκοῦ πρὸς τὸ ἔλασμα τοῦ ψευδαργύρου.

β) Ἐμφανίζονται φυσαλλίδες ἀερίου, αἱ ὅποιαι ἐπικάθηνται εἰς τὸ ἔλασμα τοῦ χαλκοῦ, πρᾶγμα τὸ ὅποιον σημαίνει ὅτι συμβαίνει μία χημικὴ ἀντίδρασις. Αἱ φυσαλλίδες αὗται εἶναι φυσαλλίδες ὑδρογόνου.

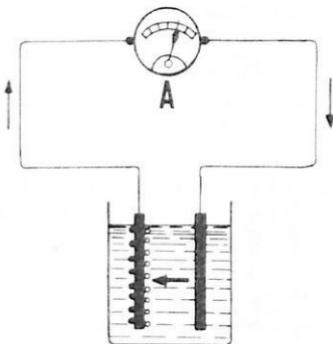
Ἄλλωστε καὶ ὁ ψευδάργυρος προσβάλλεται καί, ἐὰν τὸ πείραμα παραταθῇ, τὸ ἔλασμα τοῦ ψευδαργύρου ἀρχίζει νὰ διαλύεται βραδέως.

γ) Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἔντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ἐλαττώνεται ταχύτατα.

Ἄπὸ τὰ ἀνωτέρω πειράματα συμπεραίνομεν ὅτι :

Μεταξὺ δύο ἡλεκτροδίων διαφορετικῆς φύσεως, τὰ ὅποια είναι βυθισμένα εἰς ἀραιὸν διάλυμα θειϊκοῦ δέξος, ἐμφανίζεται μία διαφορὰ δυναμικοῦ. Ἡ διάταξις αὐτὴ ἀποτελεῖ ἕνα ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον. Ἡ διαφορὰ τοῦ δυναμικοῦ ἥτις ἐπικρατεῖ μεταξὺ τῶν δύο ἡλεκτροδίων, ὅταν δὲν τροφοδοτήθει μὲν ρεῦμα τὸ ἔξωτερικὸν κύκλωμα, ὀνομάζεται ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ στοιχείου.

Οταν συνδέωμεν τὰ δύο ἡλεκτρόδια μὲν ἕνα ἀγωγὸν σύρμα, τότε κυκλοφορεῖ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς τὸ ἔξωτερικὸν κύκλωμα.



Σχ. 156. Ἡλεκτρικὸν ρεῦμα μὲν ἐλαττουμένην ἔντασιν διαρρέει τὸ ἔξωτερικὸν κύκλωμα.

§ 166. Έξήγησις τῶν φαινομένων. Ἡλεκτρόλυσις. 'Εφ' ὅσον ἔχομεν δύο ἡλεκτρόδια βυθισμένα εἰς ἀραιὸν διάλυμα θειίκου δέξος, τὸ στοιχεῖον τοῦ Βόλτα δὲν εἶναι εἰς τὴν οὐσίαν τίποτε ἄλλο παρά ἕνα βολτάμετρον.

'Η ἐμφάνισις τῶν φυσαλλίδων τοῦ ὑδρογόνου καὶ ἡ βραδεῖα διάλυσις τοῦ ἡλεκτροδίου τοῦ ψευδαργύρου δηλώνουν ὅτι συμβαίνουν χημικαὶ ἀντιδράσεις ἐντὸς τοῦ στοιχείου.

Τὸ ἀγωγόν σύρμα ἄλλωστε τὸ δόποιον συνδέει τὰ δύο ἡλεκτρόδια, διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ δόποιον ἀποδίδει ἔργον (ἀπόκλισις τοῦ δείκτου τοῦ ἀμπερομέτρου). Δηλαδὴ τὸ ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον ἀποδίδει ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν. "Ωστε:

Τὸ ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον εἶναι μία ἀπλῆ γεννήτρια ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ἡ ὁποία μετατρέπει τὴν χημικὴν ἐνέργειαν εἰς ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

Πολλὰ ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα καταλλήλως συνδέδεμεν, σχηματίζουν ἡλεκτρικὴν στήλην.

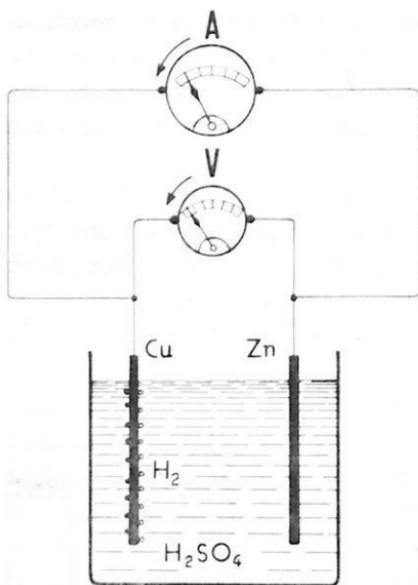
§ 167. Πόλωσις τῶν ἡλεκτροδίων. Εἰς τὴν § 165 ἐγνωρίσαμεν ὅτι, ὅταν ἔνα ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον τροφοδοτεῖ ἔνα ἔξωτερικὸν κύκλῳ, τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐλαττώνεται ταχύτατα καὶ ἐντὸς μικροῦ χρονικοῦ διαστήματος μηδανίζεται (σχ. 157).

'Ανασύρομεν τὸ χάλκινον ἡλεκτρόδιον, τὸ σπογγίζομεν προσεκτικῶς καὶ τὸ ἐπαναβυθίζομεν εἰς τὸ διάλυμα, συνεχίζοντες τὸ πείραμα.

'Εάν καθαρίσωμεν τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ χαλκίνου ἡλεκτροδίου, τρίβοντες αὐτὴν μέσα εἰς ὕδωρ μὲ ἔνα πτερόν, διὰ νῦ ἀπομακρύνωμεν τὰς φυσαλλίδας τοῦ ὑδρογόνου, καὶ τὸ ἐπαναποθετήσωμεν εἰς τὴν θέσιν του, παρατηροῦμεν πάλιν ὅτι ἡ ἐντασίς τοῦ ρεύματος αὐξάνεται.

'Απὸ τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι ἡ αἵτια τῆς ἐλαττώσεως τῆς ἐντάσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος εἶναι οἱ φυσαλλίδες τοῦ ὑδρογόνου, αἱ ὁποῖαι είχον καλύψει τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ χαλκίνου ἡλεκτροδίου.

Αἱ φυσαλλίδες τοῦ ὑδρογόνου τροποποιοῦν τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ χαλκίνου ἐλάσματος, μεταβάλλουσαι



Σχ. 157. Πόλωσις τῶν ἡλεκτροδίων ἀπὸ τὸν σχηματισμὸν φυσαλλίδων ὑδρογόνου εἰς τὸ ἡλεκτρόδιον τοῦ χαλκοῦ.

τοιουτοτρόπως τὴν κατασκευὴν τοῦ ἡλεκτρικοῦ στοιχείου. Αὐτὸ τὸ τροποποιημένον ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον παρουσιάζει μικροτέραν ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν ἀπὸ ὅ, τι τὸ ἀρχικόν.

Αἱ φυσαλλίδες τοῦ ὑδρογόνου ἄλλωστε προβάλλουν μίαν ἐπὶ πλέον ἀντίστασιν εἰς τὴν διέλευσιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

Δι' αὐτοὺς τοὺς δύο λόγους τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ ὅποιον παρέχει τὸ ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον πολώνεται, τὸ δὲ φαινόμενον ὀνομάζεται ἡλεκτρικὴ πόλωσις.

Τὸ φαινόμενον τῆς πολώσεως ἔξουδετερώνεται εἴτε μὲ μηχανικὰ μέσα (καθαρισμὸς μὲ ἔνα πτερόν τῶν φυσαλλίδων τοῦ ὑδρογόνου) εἴτε μὲ χημικὰ μέσα. Ὡστε :

Ο σχηματισμὸς φυσαλλίδων ὑδρογόνου εἰς τὸ χάλκινον ἡλεκτροδίον ἐνὸς ἡλεκτρικοῦ στοιχείου, προκαλεῖ πόλωσιν, μὲ ἀποτέλεσμα τὴν διακοπὴν τῆς παροχῆς ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

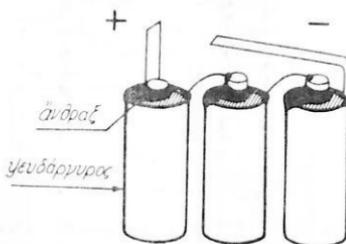
§ 168. Στήλη φανοῦ. Ἡ ἡλεκτρικὴ στήλη (σχ. 158), τὴν ὅποιαν χρησιμοποιοῦμεν εἰς τοὺς φανοὺς τῆς τσέπης, εἶναι συνδυασμὸς τριῶν στοιχείων συνδεδεμένων ἐν σειρᾷ. Δύο χάλκινα ἔλασματα, τὰ ὅποια ἀποτελοῦν τοὺς πόλους, ἔξερχονται ἀπὸ τὸ ἄνω μέρος τῆς στήλης.

Τὸ μικρότερον ἔλασμα τὸ ὅποιον εἶναι ὁ θετικὸς πόλος, συνδέεται μὲ τὸ κεντρικὸν ραβδίον ἄνθρακος τοῦ ἐνὸς ἀκραίου στοιχείου. Τὸ μεγαλύτερον ἔλασμα, ὁ ἀρνητικὸς πόλος, εἶναι συγκεκολλημένον εἰς τὸ περίβλημα ἀπὸ ψευδάργυρον, τοῦ ἄλλου ἀκραίου στοιχείου (σχ. 158).

Ἐάν ἀνοίξωμεν ἔνα στοιχεῖον, θὰ παρατηρήσωμεν τὰ ἔξῆς : α) Τὸ ἀρνητικὸν ἡλεκτρόδιον, τὸ ὅποιον εἶναι τὸ μεταλλικὸν περιβλήμα ἀπὸ ψευδάργυρον. β) Τὸ θετικὸν ἡλεκτρόδιον, τὸ ὅποιον ἀποτελεῖται ἀπὸ τὴν κεντρικὴν ράβδον ἔξ ανθρακος. γ) Τὸν ἡλεκτρολύτην, ὁ ὅποιος εἶναι πολτὸς χλωριούχου ἀμμωνίου (NH_4Cl). δ) Τὸ ἀντιπολωτικὸν ὄλικόν, τὸ ὅποιον εἶναι ὑπεροξείδιον τοῦ μαγγανίου (MnO_2) καὶ περιβάλλει τὴν ράβδον τοῦ ἄνθρακος.

Αὐτὸ τὸ είδος τοῦ ἡλεκτρικοῦ στοιχείου ὀνομάζεται *ξηρὸν στοιχεῖον*.

Ἡ χημικὴ ἀντίδρασις μεταξὺ τοῦ ψευδάργυρου καὶ τοῦ χλωριούχου ἀμμωνίου προκαλεῖ τὴν ἔκλυσιν χημικῆς ἐνέργειας, ἡ ὅποια μετατρέπεται ἀκολούθως εἰς ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν. Σχ. 158. Ξηρὰ στήλη διὰ φανὸν τσέπης.



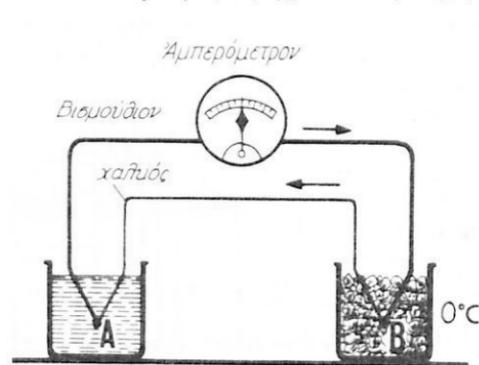
Τό ίνδρογόνον τὸ ὁποῖον παράγεται κατὰ τὴν διάρκειαν αὐτῆς τῆς ἀντιδράσεως, ἔνώνεται μὲ τὸ δόξυγόνον τοῦ ἀντιπολωτικοῦ ὄλικοῦ (MnO_2) καὶ ἔξαφανίζεται. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ἀποφεύγεται ἡ πόλωσις τῆς στήλης.

Ἐκαστὸν ξηρὸν στοιχεῖον ἔχει ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν 1,5 Volt. Ἐπομένως ὁ συνδυασμὸς τῶν τριῶν αὐτῶν στοιχείων διὰ τὸν σχηματισμὸν τῆς στήλης τοῦ συνηθισμένου φανοῦ τῆς τσέπης, θὰ ἔχῃ ἡλεκτρεγερτικὴν 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.

Βούθιζομεν τὴν μίαν συγκόλλησιν εἰς ἓνα δοχεῖον μὲ πάγον, θερμοκρασίας $0^{\circ}C$ καὶ τὴν ἄλλην εἰς ἔλαιον ὑψηλῆς θερμοκρασίας. Παρατηροῦμεν ὅτι ἀναφαίνεται ἓνα ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, ἡ ἐντασις τοῦ ὁποίου εἶναι τόσον μεγαλυτέρα, ὅσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ διαφορὰ τῆς θερμοκρασίας τῶν δύο συγκολλήσεων (σχ. 159).

Εἰς αὐτὸν τὸ είδος τοῦ στοιχείου, ἡ θερμικὴ ἐνέργεια (ποσότης τῆς θερμότητος ἡ ὁποία ἀποδίδεται εἰς τὴν συγκόλλησιν, ἥτις εὑρίσκεται εἰς τὸ δοχεῖον μὲ τὸ ἔλαιον), μετατρέπεται εἰς ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν. Ἡ ἐντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος τὸ ὁποῖον δημιουργεῖται εἶναι πολὺ μικρά, δι' αὐτὸν καὶ τὸ θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον δὲν χρησιμοποιεῖται εἰς τὴν βιομηχανίαν ως πηγὴ ἡλεκτρικῆς ἐνέργειας.



Σχ. 159. Θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον.

Τὸ θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον εὑρίσκεται ἐφαρμογὴν εἰς τὴν κατασκευὴν εὐαίσθητων θερμομέτρων, ὅπότε τὸ ἀμπερόμετρον εἶναι βαθμολογημένον εἰς βαθμοὺς Κελσίου. "Ωστε :

Αἱ ἡλεκτρικαὶ γεννήτριαι δὲν παράγουν ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν ἀλλὰ μετατρέπουν εἰς ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν :

α) Τὴν μηχανικὴν ἐνέργειαν (π.χ. δυναμοηλεκτρικὴ γεννήτριαι, ἐναλλακτῆρες).

β) Τὴν χημικὴν ἐνέργειαν (π.χ. ἡλεκτρικὴ στῆλαι, συσσωρευται).

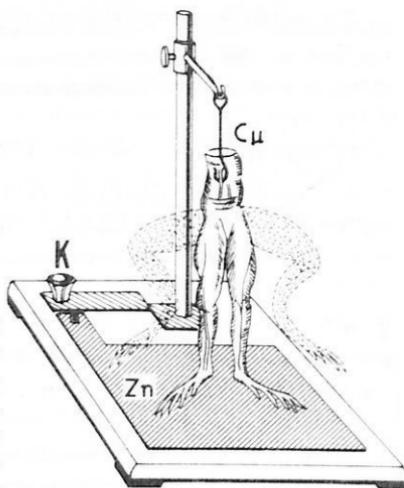
γ) Τὴν θερμικὴν ἐνέργειαν (π.χ. ἐναλλακτῆρες, θερμοηλεκτρικὰ στοιχεῖα).

§ 170. Ἰστορικόν. Ἡ ἀνακάλυψις τῶν ἡλεκτρικῶν στοιχείων, τὰ δόπια εἰναι ἔνας σπουδαῖος σταθμὸς εἰς τὴν χρησιμοποίησιν τοῦ ἡλεκτρισμοῦ διά πρακτικάς ἐφαρμογάς, στηρίζεται εἰς μίαν σειράν πειραμάτων, τὰ δόπια ἔξετέλεσεν τὸ 1789 δικαθηγητῆς τῆς Ἀνατομίας εἰς τὸ Πανεπιστήμιον τῆς Βολωνίας Γαλβάνης (Luigi Galvani, 1737-1798). Ἀπὸ τὰ πειράματα αὐτά θὰ περιγράψωμεν τὸ ἀκόλουθον, ἐξ αἰτίας τῆς μεγάλης καὶ ἴστορικῆς του σημασίας.

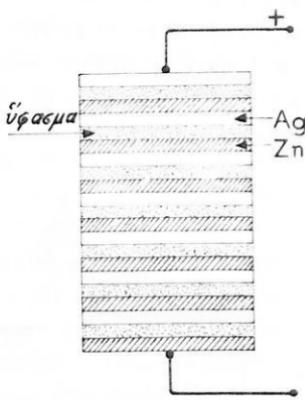
Ο Γαλβάνης ἀνέταμε ἔνα βάτραχον, τοῦ ἀφαίρεσε τὸ δέρμα, ἐκράτησε τὰ δόπισθια σκέλη καὶ τὸ παρασκεύασμα ἔξηρτησε ἀπὸ τὰ ἰσχυρὰ νεῦρα μὲν ἔνα χάλκινον ἔλασμα (σχ. 160). Εἰς τὸ ἔλασμα αὐτὸν εἰχε προσαρμόσει καταλήγως εἰς τὸ ἔνα του ἄκρον ἔνα ἔλασμα ἀπὸ ψευδάργυρου, ὅπότε παρετήρησε μὲν ἐκπληγὴν διτ, ὅταν ἥγγιζε μὲν τὸ ἔλασμα τοῦ ψευδάργυρου τὸ ἔνα σκέλος τοῦ νωποῦ παρασκευάσματος τοῦ βατράχου, συνέβαινε σύσπασις τῶν μυών τῶν σκελῶν τοῦ βατράχου.

Διὰ να ἔξηγήσῃ τὸ φαινόμενον αὐτὸν δια-βάνης ὑπέθεσεν διτ, ἡ σύσπασις τῶν μυών τῶν σκελῶν κύκλων ἐπιστημόνων, μεταξὺ τῶν ὁποίων ἡτο καὶ διατηρεῖται εἰς τὸν ζωϊκὸν ἡλεκτρισμόν, διόποιος συμμετέχει τὰ φαινόμενα τῆς ζωῆς καὶ διατηρεῖται ἐπ' ὀλίγον μετά τὸν θάνατον.

Τὰ ἀνωτέρω ἔγιναν ταχέως γνωστά εἰς πλα-τύτερον κύκλον ἐπιστημόνων, μεταξὺ τῶν ὁποίων ἡτο καὶ διατηρεῖται εἰς τὸν ζωϊκὸν ἡλεκτρισμόν, διόποιος καὶ διατηρεῖται εἰς τὸν θάνατον.



Σχ. 160. Ὄταν πιέσωμεν τὸ κομβίον K, ἐπέρχεται ἐπαφὴ τῶν ἔλασμάτων ἀπὸ χάλκον καὶ ψευδάργυρον καὶ οἱ μυῶν τοῦ βατράχου συσπῶνται.



Σχ. 161. Βολταϊκὴ στήλη.

πείραμα τοῦ Γαλβάνη, μὲ βάσιν τὴν θεωρίαν τοῦ ἡλεκτρισμοῦ ἐξ ἐπαφῆς μεταξὺ δύο διαφορετικῶν μετάλλων, τὴν δοποὶαν αὐτὸς ὁ Ἰδιος ὁ Βόλτας διεμόρφωσε.

Μὲ τὰ πειράματα τοῦ Γαλβάνη εἰς παρασκευάσματα βατράχων, ἐπλουτίσθησαν αἱ γνώσεις μας διά τὸν ἡλεκτρισμὸν καὶ μὲ βάσιν τὰς ἑρεύνας ἐκείνας κατώρθωσεν ὁ Βόλτας νά κατασκευάσῃ τὴν βολταϊκὴν στήλην. Ἡ στήλη αὗτη (σχ. 161) ἀποτελεῖται ἀπό ζεύγη δίσκων χαλκοῦ καὶ ἄργυρου, οἱ δόποιοι τοποθετοῦνται διαδοχικῶς ὃ ἔνας ἐπὶ τοῦ ἄλλου, μεταξὺ δὲ δύο δίσκων παρεμβάλλεται ἕνα στρῶμα ὑφάσματος, ποτισμένον μὲ ἄραιὸν θειϊκὸν ὅξυν ἢ διάλυμα ἄλατος. "Ολα σχεδόν τὰ μέταλλα δύνανται ἀνά δύο νά ἀποτελέσουν στήλην τοῦ Βόλτα.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Μεταξὺ δύο μεταλλικῶν ἡλεκτροδίων διαφορετικῆς φύσεως, τὰ ὅποια εἶναι βυθισμένα εἰς ἄραιὸν διάλυμα θειϊκοῦ ὅξεος, ἀναφαίνεται διαφορὰ δυναμικοῦ. Ἡ διάταξις ἀποτελεῖ ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον. Ἡ διαφορὰ τοῦ δυναμικοῦ ἡτις ἐπικρατεῖ μεταξὺ δύο ἡλεκτροδίων, ὅταν δὲν τροφοδοτήται μὲ ρεῦμα τὸ ἔξωτερικὸν κύκλωμα, ὀνοράζεται ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ στοιχείου.

Ἐὰν συνδέσωμεν τὰ δύο ἡλεκτρόδια μὲ ἕνα ἀγωγὸν σύρμα, πραγματοποιοῦμεν ἕνα ἀπλοῦν κύκλωμα, τὸ ὅποιον διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεύμα.

2. Ἡ ἡλεκτρικὴ στήλη περιλαμβάνει περισσότερα ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα καταλλήλως συνδεδεμένα καὶ ἀποτελεῖ μίαν διάταξιν ἡ ὅποια μετατρέπει τὴν χημικὴν ἐνέργειαν εἰς ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν, λέγομεν δὲ ὅτι ἡ ἡλεκτρικὴ στήλη εἶναι μία ἡλεκτρικὴ γεννήτρια.

3. Ἡ ἡλεκτρικὴ στήλη πολώνεται ἐξ αἰτίας τῶν φυσαλλίδων τοῦ ὑδρογόνου, αἱ ὅποιαι ἐπικάθηνται εἰς τὸ θειϊκὸν ἡλεκτρόδιον. Ἀποτέλεσμα τῆς πολώσεως εἶναι ἡ ἐλάττωσις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Τὸ φαινόμενον τῆς πολώσεως ἀποτρέπεται μὲ τὴν χρησιμοποίησιν ἐνὸς ἀντιπολωτικοῦ ὑλικοῦ (δξειδωτικού).

4. Ἡ ἡλεκτρικὴ γεννήτρια δὲν δημιουργεῖ ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν. Ἀπλῶς μετατρέπει ἄλλας μορφὰς ἐνέργειας εἰς ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

ΑΔ' — ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΜΙΑΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Η ΛΕΚΤΡΕΓΕΡΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΙΣ

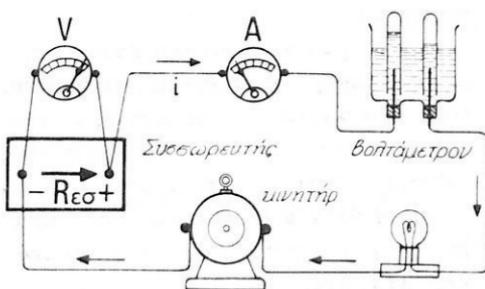
§ 171. "Εννοια τῆς ἡλεκτρικῆς ισχύος μιᾶς γεννητρίας.
Θεωροῦμεν ἔνα κύκλωμα περιλαμβάνον μίαν συστοιχίαν συσσωρευτῶν, ἔνα λαμπτήρα φωτισμοῦ, ἔνα βολτόμετρον μὲ δόξυνισμένον ὅδωρ καὶ ἔνα μικρὸν κινητήρα (σχ. 162).

Ἐστω U ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ, τὴν ὁποίαν δεικνύει τὸ βολτόμετρον, συνδεδεμένον εἰς τοὺς ἀκροδέκτας τῆς συστοιχίας καὶ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ κύκλωμα. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ τάσις U εἶναι ἵση μὲ τὴν τάσιν εἰς τὰ ἄκρα τοῦ κυκλώματος.

Ἡ ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια μὲ τὴν ὁποίαν τροφοδοτεῖ ἡ συστοιχία τὸ ἔξωτερικὸν κύκλωμα, μετατρέπεται : α) εἰς θερμικὴν ἐνέργειαν, μέσα εἰς ὀλόκληρον τὸ κύκλωμα, καὶ ἴδιαιτέρως μέσα εἰς τὸν λαμπτήρα· β) εἰς χημικὴν ἐνέργειαν, μέσα εἰς τὸ βολτάμετρον, καὶ γ) εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν, μέσα εἰς τὸν κινητήρα.

Όνομάζομεν $Ne\xi$ τὴν ἐνέργειαν ἡ ὁποία καταναλίσκεται ἀνά δευτερόλεπτον ἀπὸ τὸ ἔξωτερικὸν κύκλωμα, δηλαδὴ ἀπὸ τὸν λαμπτήρα, τὸ βολτάμετρον καὶ τὸν κινητήρα, ὅπότε ἡ $Ne\xi$ εἶναι ἵση μὲ τὴν ισχύν, ἥτις δαπανᾶται ἀπὸ τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα. Θὰ ἔχωμεν συνεπῶς ὅτι : $Ne\xi = U \cdot i$.

Τὸ ρεῦμα ὅμως δὲν κυκλοφορεῖ μόνον εἰς τὸ ἔξωτερικὸν κύκλωμα. Συνεχίζει τὴν κυκλοφορίαν του καὶ μέσα εἰς τὴν πηγὴν χάρις εἰς κάταλληλα ἡλεκτρολυτικὰ διαλύματα ἡ ἀγωγὴ σύρματα. Εἶναι συνεπῶς λογικὸν νὰ παραδεχθῶμεν ὅτι τὸ ρεῦμα συναντᾷ καὶ κατὰ τὴν κίνισίν του αὐτὴν μίαν ἀντίστασιν, ἐξ αἰτίας τῆς ὁ-



Σχ. 162. Διὰ τὴν σπουδὴν τῆς ὀλικῆς ισχύος μιᾶς γεννητρίας.

ποίας έκλινεται θερμότης. Ή αντίστασις αύτή $R_{\varepsilon\sigma}$, την όποιαν συναντᾶ τὸ ήλεκτρικὸν ρεῦμα κατὰ τὴν κίνησίν του μέσα εἰς τὴν πηγάνην, λέγεται ἐσωτερικὴ ἀντίστασις.

*Εστω $N_{\varepsilon\sigma}$ ἡ ἐνέργεια ἡ όποια καταναλίσκεται ἀπὸ τὸ φαινόμενον Τζάουλ ἀνὰ δευτερόλεπτον μέσα εἰς τὴν γεννήτριαν, ὅπότε θὰ ἔχωμεν ὅτι : $N_{\varepsilon\sigma} = R_{\varepsilon\sigma} \cdot i^2$.

*Απὸ ὅσα ἀναφέραμε, καταλήγομεν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι ἡ ὄλικὴ ἐνέργεια, ἡ όποια παρέχεται ἀπὸ τὴν γεννήτριαν ἀνὰ δευτερόλεπτον : α) μετετράπη εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα εἰς ἐνέργειαν διαφόρων μορφῶν $N_{\varepsilon\varepsilon}$. β) κατηναλώθη εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τῆς γεννητρίας εἰς θερμικὴν ἐνέργειαν $N_{\varepsilon\sigma}$.

*Ἐπομένως δυνάμεθα νὰ γράψωμεν ὅτι :

$$N = N_{\varepsilon\varepsilon} + N_{\varepsilon\sigma} \quad \text{ἢ} \quad N = U \cdot i + R_{\varepsilon\sigma} \cdot i^2$$

Αἱ δύο αὐταὶ ἐκφράσεις ὁρίζουν τὴν ἰσχὺν μιᾶς γεννητρίας. Ωστε :

Ἡ ήλεκτρικὴ ἰσχὺς μιᾶς γεννητρίας εἶναι ἵση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἰσχύων αἱ όποιαι καταναλίσκονται ἀπὸ τὸ ήλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα καὶ εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τῆς γεννητρίας.

§ 172. Ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις μιᾶς γεννητρίας. Διὰ νὰ ὑπολογίσωμεν τὴν ἰσχὺν $N_{\varepsilon\varepsilon}$, ἡ όποια καταναλίσκεται εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα, μετροῦμε τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ U εἰς τοὺς ἀκροδέκτας τῆς πηγῆς, ἡ όποια εἶναι ἡ ἴδια μὲ τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα τοῦ κυκλώματος, ὅταν αὐτὸ διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα, καὶ τὴν ἔντασιν ἡ τοῦ ρεύματος, ὅπότε θὰ ἔχωμεν ὅτι : $N_{\varepsilon\varepsilon} = U \cdot i$.

*Ἀναλογικῶς πρὸς τὸν τύπον αὐτὸν γράφομεν ὅτι ἡ ὄλικὴ ἰσχὺς $N_{\varepsilon\lambda}$, τὴν όποιαν παρέχει μία γεννήτρια, δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν :

$$N_{\varepsilon\lambda} = E \cdot i$$

ὅπου ἡ E ἀποτελεῖ τὴν ήλεκτρεγερτικὴν δύναμιν τῆς γεννητρίας. Ωστε :

Ἡ ήλεκτρεγερτικὴ δύναμις E μιᾶς γεννητρίας εἶναι ἵση μὲ τὸ πηλίκον τῆς συνολικῆς ἰσχύος τῆς γεννητρίας πρὸς τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος τὸ ὅποιον αὐτὴ παράγει.

Η ηλεκτρεγερτική δύναμις Ε είναι συνεπώς μέγεθος της ίδιας φύσεως με την διαφοράν δυναμικοῦ. Δι' αὐτὸν τὸν λόγον ἀκριβῶς μετρεῖται εἰς Βόλτ. Η ἔνδειξις ήτις είναι ἀναγεγραμμένη ἐπάνω εἰς μίαν ηλεκτρικὴν στήλην, π.χ. 4,5 V, ἀναφέρεται εἰς τὴν ηλεκτρεγερτικὴν δύναμιν τῆς στήλης.

Αριθμητικὴ ἐφαρμογή. Η ηλεκτρεγερτικὴ δύναμις μιᾶς συστοιχίας συσσωρευτῶν αὐτοκινήτου είναι 6 Βόλτ. Οταν ἡ συστοιχία λειτουργῇ κατὰ τὴν ἐκκίνησιν τοῦ δύκηματος, ἀποδίδει ηλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 200 A. Νὰ υπολογισθῇ ἡ ισχὺς τῆς γεννητρίας.

Λύσις. Ἐφαρμόζομεν τὴν σχέσιν: $N = E \cdot i$.

Ἀντικαθιστῶντες τὰ σύμβολα μὲ τὰς τιμάς των εύρισκομεν:

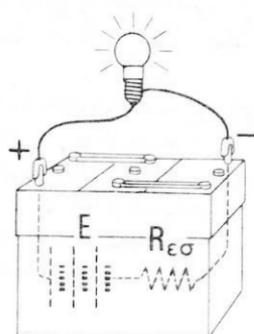
$$N = 6 \text{ V} \cdot 200 \text{ A} = 1200 \text{ Watt.}$$

§ 173. Ηλεκτρικὴ ἐνέργεια μιᾶς γεννητρίας. Εάν μία γεννητρία, ηλεκτρικῆς ισχύος N Watt, ἀποδίδῃ ηλεκτρικὸν ρεῦμα σταθερᾶς ἐντάσεως i ἐπὶ χρόνον t sec, ἡ ηλεκτρικὴ ἐνέργεια A ἡ ὁποία ἀπεδόθη εἰς αὐτὸν τὸν χρόνον είναι ἵση πρός: $A = N \cdot t$.

Ἐπειδὴ ὅμως $N = E \cdot i$, ἡ ἀνωτέρω σχέσις γράφεται:

$$A = E \cdot i \cdot t$$

ἡ δὲ ηλεκτρικὴ ἐνέργεια A ἐκφράζεται εἰς μονάδας Τζούλ (Joule).



§ 174. Νόμος τοῦ "Ωμ εἰς πλῆρες κύκλωμα.

Ἄς θεωρήσωμεν ἔνα ηλεκτρικὸν κύκλωμα εἰς τὸ δόποιον οἱ καταναλωταὶ (ἀντιστάσεις) μετατρέπουν δῆλην τὴν ηλεκτρικὴν ἐνέργειαν, τὴν ὁποίαν προσλαμβάνουν εἰς θερμότητα. Αὐτὸ τὸ κύκλωμα ἐπομένως δὲν θὰ περιλαμβάνη οὔτε βολτάμετρον, οὔτε κινητῆρα (σχ. 163).

Ἐστωσαν R ἡ συνολικὴ ἀντίστασις τῶν καταναλωτῶν, R_{σ} ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις καὶ E ἡ ηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς γεννητρίας, i δὲ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τὸ ὅποιον ἀποδίδει ἡ γεννητρία.

Ἡ ισχὺς ήτις καταναλίσκεται εἰς τὸ ἔξω-

Σχ. 163. Η ἐσωτερικὴ ἀντίστασις R_{σ} τῆς πηγῆς θεωρεῖται συνδεδεμένη ἐν σειρᾷ πρὸς τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἐξωτερικοῦ κυκλώματος.

τερικὸν κύκλωμα, ἐξ αἰτίας τοῦ φαινομένου Τζάουλ, εἶναι ἵση πρὸς $R \cdot i^2$. Ἐξ ἄλλου ἡ ισχὺς ἡ ὁποία καταναλίσκεται ἀπὸ τὴν ἴδιαν τὴν γεννήτριαν, ἐξ αἰτίας πάλιν τοῦ φαινομένου Τζάουλ, εἶναι ἵση πρὸς $R_{\text{εσ}} \cdot i^2$ (μὲν τὴν προυπόθεσιν βεβαίως διτὶ ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τῆς γεννητρίας μετατρέπει ὀλην τὴν ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν, τὴν ὁποίαν λαμβάνει εἰς θερμότητα Τζάουλ).

Ἐπομένως ἡ ὀλικὴ ισχὺς $N_{\omega} = E \cdot i$, ἥτις ἀποδίδεται ἀπὸ τὴν γεννήτριαν, θὰ εἴναι :

$$N_{\omega} = E \cdot i = R \cdot i^2 + R_{\text{εσ}} \cdot i^2$$

Δηλαδὴ :

$$E = R \cdot i + R_{\text{εσ}} \cdot i$$

ἢ

$$E = (R + R_{\text{εσ}}) \cdot i$$

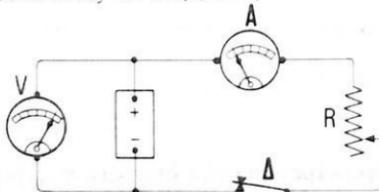
Ἡ ἀνωτέρω σχέσις ἐκφράζει ποσοστικῶς τὸν νόμον τοῦ "Ωμ εἰς πλήρες κύκλωμα.

"Ωστε :

Τὸ γινόμενον τοῦ ἀθροίσματος τῆς ἐξωτερικῆς καὶ τῆς ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως ἐνὸς πλήρους ἡλεκτρικοῦ κυκλώματος ἐπὶ τὴν ἔντασιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον τὸ διαρρέει, ἰσοῦται μὲ τὴν ἡλεκτρεγρητικὴν δύναμιν τῆς γεννητρίας, ἥτις ὑπάρχει εἰς τὸ κύκλωμα.

§ 175. Διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα μιᾶς γεννητρίας. Ονομάζομεν $U_{\gamma\gamma\gamma}$ τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ, ἡ ὁποία ἐπικρατεῖ εἰς τοὺς πόλους Α καὶ Β τῆς γεννητρίας (σχ. 164), ὅταν διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα, δηλαδὴ εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἐξωτερικοῦ κυκλώματος.

Ἐφαρμόζοντες τὸν νόμον τοῦ "Ωμ εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα, ἀντιστάσεως R , λαμβάνομεν :



Σχ. 164. Δια τὴν σπουδὴν τῆς τασεως εἰς τοὺς πόλους μιᾶς γεννητρίας.

$$U_{\gamma\gamma\gamma} = R \cdot i$$

Ἐπομένως ἡ σχέσις
 $E = R \cdot i + R_{\text{εσ}} \cdot i$
 γράφεται :

$$E = U_{\gamma\gamma\gamma} + R_{\text{εσ}} \cdot i, \text{ ἢ :}$$

$$U_{\gamma\gamma\gamma} = E - R_{\text{εσ}} \cdot i$$

Τὸ γινόμενον $R_{\text{εσ}}$ ἡ ὀνομάζεται ὀμικὴ πτῶσις τάσεως ἐντὸς τῆς γεννητρίας.

§ 176. Μέτρησις τῆς ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως μιᾶς γεννητρίας. Διὰ νὰ μετρήσωμεν τὴν ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν μιᾶς γεννητρίας συνδέομεν τοὺς δύο πόλους τῆς γεννητρίας μὲ τοὺς ἀκροδέκτας ἐνὸς βολτόμετρου (σχ. 165).

Τὰ βολτόμετρα ἔχουν πολὺ μεγάλην ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν, εἰς τρόπον ὥστε τὸ ρεῦμα, τὸ ὄποιον διαρρέει αὐτὰ τὰ ὅργανα, νὰ εἰναι ἀσήμαντον.

Ἐάν R εἰναι ἡ ἀντίστασις τοῦ βολτόμετρου, $R_{\text{εσ}}$ ἡ ἀντίστασις τῆς πηγῆς καὶ ἡ ἑντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὄποιον προκαλεῖται ἀπὸ τὴν σύνδεσιν τῶν πόλων μὲ τοὺς ἀκροδέκτας τοῦ βολτόμετρου, θὰ ἔχωμεν :

$$E = R \cdot i + R_{\text{εσ}} \cdot i$$

Ἐπειδὴ ὅμως ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις $R_{\text{εσ}}$ τῆς γεννητρίας εἰναι πολὺ μικρὰ καὶ δυνάμεθα νὰ τὴν παραλείψωμεν, λόγῳ τῆς μεγάλης ἀντιστάσεως R τοῦ βολτόμετρου, ἡ ἀνωτέρω σχέσις γίνεται :

$$E = R \cdot i, \text{ περίπου} \quad (1)$$

Ἄλλὰ ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ $U_{\gamma\epsilon\nu}$ ἡ ὄποια μετρεῖται ἀπὸ τὸ ὅργανον, εἰναι συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τοῦ "Ωμ" :

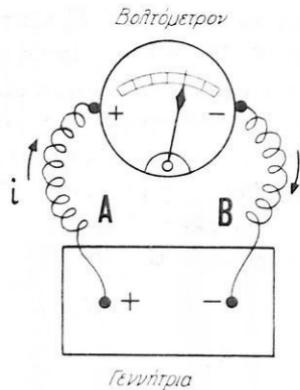
$$U_{\gamma\epsilon\nu} = R \cdot i \quad (2)$$

Ἀπὸ τὰς σχέσεις (1) καὶ (2) συμπεραίνομεν συνεπῶς ὅτι :

$$E = U_{\gamma\epsilon\nu}, \text{ περίπου.}$$

"Ωστε :

Τὸ βολτόμετρον δεικνύει τὴν ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν τῆς γεννητρίας, ὅταν οἱ ἀκροδέκται τοῦ συνδέωνται μὲ τοὺς πόλους τῆς πηγῆς, χωρὶς νὰ τροφοδοτῆται καὶ τὸ ἔξωτερικὸν κύκλωμα.

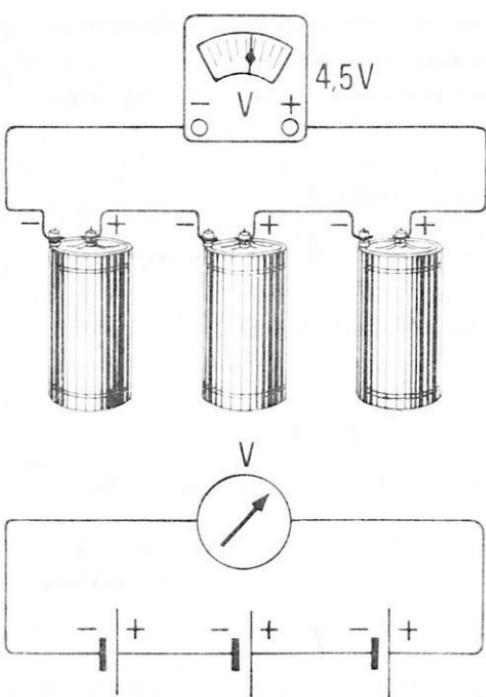


Σχ. 165. Μέτρησις τῆς ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως μιᾶς γεννητρίας.

§ 177. Σύνδεσις ήλεκτρικών πηγῶν. Οι συσσωρεύται, τὰ ήλεκτρικά στοιχεῖα καὶ αἱ ήλεκτρικαὶ στῆλαι συχνάκις συνδέονται μεταξύ των, ὅπότε σχηματίζονται συστοιχίαι.

Διὰ νά κατασκευάσωμεν μίαν συστοιχίαν ήλεκτρικῶν πηγῶν, συνδέομεν μὲν 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 δοποίαν διαθέτομεν. Οὕτως ἀπομένουν ἐλεύθεροι διθετικὸς πόλος τῆς πρώτης πηγῆς καὶ διάρνητικὸς πόλος τῆς τελευταίας (σχ. 166), οἱ δοποίοι ἀποτελοῦν τοὺς πόλους τῆς συστοιχίας. Ό τρόπος αὐτὸς συνδέσεως ήλεκτρικῶν πηγῶν λέγεται σύνδεσις ἐν σειρᾷ.

Οπως δυνάμεθα μὲν ἔνα βιολόμετρον νά ἔξακριβωσωμεν :



Σχ. 166. Συνδεσμολογία τριῶν ήλεκτρικῶν πηγῶν ἐν σειρᾷ. Εἰς τὸ κάτω μέρος συμβολική παράστασις.

Όταν συνδέσωμεν ἐν σειρᾷ πολλὰς ήλεκτρικὰς πηγὰς, ἡ ήλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς συστοιχίας είναι ίση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ήλεκτρεγερτικῶν δυνάμεων τῶν πηγῶν.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Η ὅλικὴ ίσχὺς N μιᾶς γεννητρίας δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν :

$$N = E \cdot i$$

ὅπου E ἡ ήλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς γεννητρίας καὶ i η ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον δύναται νὰ χορηγήσῃ ἡ γεννητρία.

2. Ή ήλεκτρεγερτική δύναμις είναι μέγεθος άνάλογον με την διαφοράν δυναμικοῦ καὶ μετρεῖται εἰς Βόλτ.

3. Ή ήλεκτρική ἐνέργεια τὴν ὅποιαν παρέχει μία γεννήτρια εἰς χρόνον τὸ δίδεται ἀπὸ τὸν τύπον :

$$A = E \cdot i \cdot t$$

4. Εὰν E είναι η ήλεκτρεγερτική δύναμις μιᾶς πηγῆς, R_{es} η ἐσωτερική ἀντιστάσεως της, R η ἀντιστασὶς τοῦ ἔξωτερικοῦ κυκλώματος καὶ i η ἔντασις τοῦ ρεύματος τὸ ὅποιον χορηγεῖ η πηγή, ισχύει η σχέσις :

$$E = (R + R_{es}) \cdot i$$

Η σχέσις αὕτη ἐκφράζει τὸν νόμον τοῦ Ωμ εἰς πλῆρες κύκλωμα.

5. Οταν συνδέωμεν ήλεκτρικὰς πηγὰς ἐν σειρᾷ, τότε η ήλεκτρεγερτική δύναμις τῆς συστοιχίας είναι ἵση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ήλεκτρεγερτικῶν δυνάμεων τῶν πηγῶν.

AΣΚΗΣΕΙΣ

146. Μία στήλη χορηγεῖ φεῦμα $0,75 A$ ἐπὶ 6 συνεχῶς ὥρας. α) Νὰ ὑπολογισθῇ εἰς Ah καὶ ἀκολούθως εἰς Cb , ἡ ποσότης τοῦ ἡλεκτρισμοῦ ἡ ὅποια ἀποδίδεται. β) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἐλάττωσις τῆς μάζης τοῦ ἡλεκτροδίου ἀπὸ φευδάργυρον. ($\text{Atomikόv} \betaάρος Zη = 65$, σθέρος ἴοντος $Zn^{++} = 2$).

($\text{Ap. } \alpha' 4,5 Ah, 16\,200 Cb. \beta' 5,5 gr, \piερίπον$).

147. Διναμοηλεκτρική γεννήτρια (δυναμό) χορηγεῖ φεῦμα $1\,000 A$ μὲ διαφορὰν δυναμικοῦ $500 Volt$. Νὰ ὑπολογισθῇ εἰς $Watt$ καὶ ἀτμοῖπλους η ισχὺς τῆς μηχανῆς. ($1 Ch = 736 Watt$). ($\text{Ap. } 500\,000 W, 679 Ch, \piερίπον$)

148. Μία διναμοηλεκτρική γεννήτρια παρουσιάζει εἰς τοὺς πόλους τῆς διαφορὰν δυναμικοῦ $125 Volt$ καὶ ἔχει ισχὺν $10 kW$. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον δύναται νὰ χορηγήσῃ η γεννήτρια. ($\text{Ap. } 80 A.$)

149. Διναμοηλεκτρική γεννήτρια λειτονογεῖ μὲ τὴν βοήθειαν κινητῆρος ἐσωτερικῆς καύσεως. Ή ισχὺς τοῦ κινητῆρος είναι $8 Ch$ καὶ η ὀλικὴ ἀπόδοσις 85% . α) Νὰ ὑπολογισθῇ η ισχὺς τῆς διναμοηλεκτρικῆς μηχανῆς, β) Εὰν η διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τοὺς πόλους είναι 125 Βόλτ, νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον δύναται νὰ χορηγήσῃ η γεννήτρια αὐτῇ. ($\text{Ap. } 40 A.$)

150. Μία ηλεκτρική στήλη έχει ηλεκτρογερτικήν δύναμιν 10 Volt , έσωτερην ἀντίστασιν 3Ω και χρηγεῖ τό φεῦμα της εἰς ἓνα καταναλωτήν ἀντίστασεως 5Ω . Νὰ ύπολογισθῇ ἡ ἑντασις τοῦ ηλεκτρικοῦ φεύματος, τό όποιον διαφέρει τό κύκλωμα.

(Απ. $1,25 \text{ A.}$)

151. Μία ηλεκτρική στήλη έχει ηλεκτρογερτικήν δύναμιν $4,5 \text{ Volt}$. "Οταν ἔνωσαμεν τοὺς δύο πόλους τῆς στήλης μὲ ἓνα ἀγωγὸν σύρμα, ἀντίστασεως $2,5 \Omega$, κυκλοφορεῖ φεῦμα ἐντάσεως $1,25 \text{ A.}$ Νὰ ύπολογισθῇ ἡ ἔσωτερη ἀντίστασις τῆς στήλης.

(Απ. $1,1 \Omega.$)

152. Οἱ δύο πόλοι μᾶς ηλεκτρικῆς στήλης, ἔσωτερης ἀντίστασεως 1Ω , εἶναι ἥνωμένοι μὲ ἓνα μεταλλικὸν καλώδιον ἀντίστασεως 5Ω . "Ενα ἀμπερόμετρον, συνδεδεμένον ἐν σειρᾷ, δεικνύει 2 A. Νὰ ύπολογισθῇ ἡ ηλεκτρογερτικὴ δύναμις τῆς στήλης.

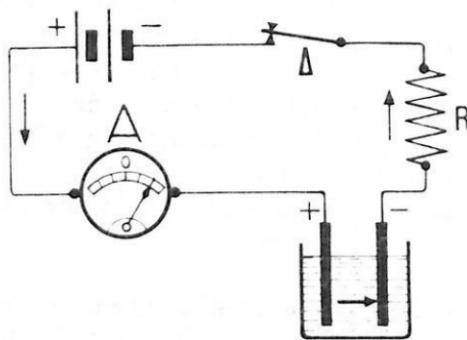
(Απ. 12 V.)

153. Οἱ δύο πόλοι μᾶς ηλεκτρικῆς στήλης εἶναι συνδεδεμένοι μὲ ἓνα ἀγωγὸν ἀντίστασεως 3Ω καὶ ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξύ των εἶναι $1,5 \text{ Volt}$. "Οταν τὸ κύκλωμα εἶναι ἀνοικτόν, ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἶναι 2 Volt . Νὰ ύπολογισθῇ ἡ ἔσωτερη ἀντίστασις τῆς στήλης.

(Απ. $9 \Omega.$)

ΛΕ' — ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΑΙ

§ 178. 'Αρχὴ τῆς λειτουργίας τῶν συσσωρευτῶν μολύβδου.
Πείραμα 1. Πραγματοποιοῦμεν τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 167. Τὸ βολτάμετρον περιέχει διάλυμα θειϊκοῦ δξέος, τὰ δὲ ηλεκτρόδια εἶναι μολύβδιναι πλάκες.

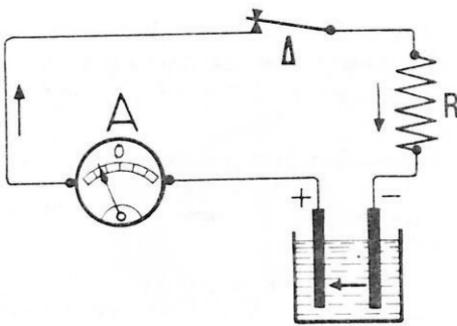


Σχ. 167. Τὸ βολτάμετρον διαρρέεται ἀπὸ ηλεκτρικὸν φεῦμα.

Ἐὰν κλείσωμεν τὸν διακόπτην, τότε ἡ ηλεκτρικὴ πηγὴ τροφοδοτεῖ τὸ κύκλωμα μὲ ηλεκτρικὸν φεῦμα, ὁ δὲ δείκτης τοῦ ἀμπερομέτρου ἀποκλείνει πρὸς τὰ δεξιά.

'Αφήνομεν ἐπ' ὀλίγον κλειστὸν τὸ κύκλωμα καὶ ἀκολούθως ἀνοίγομεν τὸν διακόπτην Δ, ὅπότε διακόπτεται ἡ παροχὴ τοῦ φεύματος καὶ ὁ δείκτης τοῦ ἀμπερομέτρου ἐπανέρχεται εἰς τὸ μηδὲν τῆς κλίμακος.

Πείραμα 2. Άφαιρούμεν τήν ήλεκτρικήν πηγήν τοῦ προηγουμένου κυκλώματος καὶ κλείομεν τὸν διακόπτην (σχ. 168). Παρατηροῦμεν τότε διτὸς ὁ δείκτης τοῦ ἀμπερομέτρου ἀποκλείεινε πρὸς τὰ ἀριστερά, πρᾶγμα τὸ ὅποιον ἀποδεικνύει ὅτι ἔνα ηλεκτρικὸν ρεῦμα, μὲν ἀντίθετον φορῶν ἀπὸ τὸ προηγούμενον, διαρρέει τὸ κύκλωμα. Αὐτὸ τὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα παράγεται ἀπὸ τὸ βολτάμετρον, τὸ ὅποιον ἔχει μεταβληθῆ εἰς ηλεκτρικὴν πηγὴν.



Σχ. 168. Τὸ βολτάμετρον τροφοδοτεῖ τὸ ἔξωτερικὸν κύκλωμα μὲ ηλεκτρικὸν ρεῦμα.

τὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα παράγεται ἀπὸ τὸ βολτάμετρον, τὸ ὅποιον ἔχει μεταβληθῆ εἰς ηλεκτρικὴν πηγὴν.

Ἐξήγησις τοῦ φαινομένου. α) Εἰς τὸ πρῶτον πείραμα συμβαίνει ηλεκτρόλυσις τοῦ διαλύματος τοῦ θειϊκοῦ δέξεος μὲ πολυπλόκους δευτερευούσας ἀντιδράσεις εἰς τὰ ηλεκτρόδια. Δυνάμεθα ὅμως νὰ παρατηρήσωμεν τὸ φαιὸν χρῶμα, τὸ ὅποιον ἀποκτᾶ ἡ ἄνοδος. Τὸ χρῶμα αὐτὸ διφείλεται εἰς τὸ ὀξείδιον τοῦ μολύβδου, τὸ ὅποιον ἐπικύθεται ἐπ' αὐτῆς. Ἡ ηλεκτρικὴ δηλαδὴ ἐνέργεια, ἥτις προσλαμβάνεται ἀπὸ τὸ βολτάμετρον, μετατρέπεται εἰς χημικὴν ἐνέργειαν.

β) Εἰς τὸ δεύτερον πείραμα συμβαίνουν εἰς τὸ βολτάμετρον δευτερεύουσαι χημικαὶ ἀντιδράσεις, ἀντίστροφοι ἀπὸ τὰς προηγουμένας καὶ τὸ φαιὸν χρῶμα τῆς ἀνόδου ἔξαφανίζεται βραδέως. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτῆν ἡ χημικὴ ἐνέργεια ἡ ὅποια ἐκλύεται ὅσον διαρκοῦν αἱ χημικαὶ ἀντιδράσεις, μετατρέπεται εἰς ηλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

Τὸ φαινόμενον συνεπῶς ἔξελίσσεται ως ἐάν εἴχε συσσωρευθῆ (ἀποθηκευθῆ) εἰς τὸ βολτάμετρον ηλεκτρικὴ ἐνέργεια, ἡ ὅποια ἀποδίδεται κατόπιν. Αὐτὸς εἶναι ὁ λόγος διὰ τὸν ὅποιον αἱ γεννήτριαι αὐτοῦ τοῦ εἰδους ὀνομάζονται **συσσωρευταί**.

Τὰ δύο πειράματα, τὰ ὅποια περιεγράψαμεν, ἀντιστοιχοῦν εἰς τὴν φόρτισιν καὶ τὴν ἐκφόρτισιν τοῦ συσσωρευτοῦ.

§ 179. Περιγραφὴ ἐνὸς συνηθισμένου συσσωρευτοῦ. Τὸ βολτάμετρον μὲ τὰ μολύβδινα ηλεκτρόδια, ἐκφορτίζεται πολὺ ταχέως. Αὐτὸ διφείλεται εἰς τὸ γεγονός ὅτι ἀποθηκεύει πολὺ μικρὰν ποσότητα

ήλεκτρισμοῦ. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν λέγομεν ὅτι «ὁ συσσωρευτῆς παρουσιάζει μικράν χωρητικότητα».

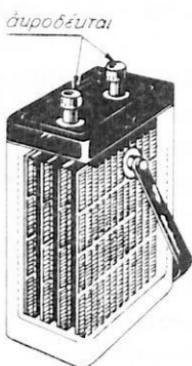
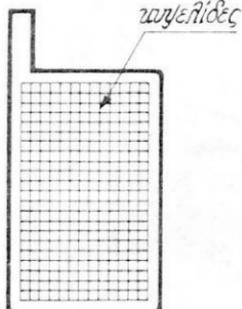
Διὰ νὰ αὐξήσωμεν τὴν χωρητικότητα τοῦ συσσωρευτοῦ, τὴν ποσότητα δηλαδὴ τοῦ ήλεκτρισμοῦ τὴν ὁποίαν δύναται νὰ ἀποδώσῃ, χρησιμοποιοῦμεν ήλεκτρόδια ἀπὸ μολύβδίνους πλάκας, ἐσκαμμένας ώς αἱ κυψέλαι τῶν μελισσῶν, μὲ μορφὴν πλέγματος (σχ. 169). Αἱ κυψελίδες περιέχουν δέξιδια τοῦ μολύβδου· αἱ θετικαὶ πλάκες ἔχουν χρῶμα καφέ, ἐνῶ αἱ ἀρνητικαὶ φαιόν (σταχτὸν) πρὸς τὸ κυανοῦν.

Πολλαὶ θετικαὶ πλάκες εἶναι συνδεδεμέναι μεταξύ τῶν καὶ τὸ αὐτὸ

συμβαίνει μὲ τὰς ἀρνητικάς πλάκας (σχ. 169). Τὸ σύστημα αὐτὸ τῶν θετικῶν καὶ ἀρνητικῶν πλακῶν τοποθετεῖται μέσα εἰς ἓνα δοχεῖον ἀπὸ μονωτικὸν ύλικὸν (ύαλος, ἐβονίτης, πλαστικαὶ ύλαι, κλ.π.) τὸ ὁποῖον περιέχει διάλυμα θειϊκοῦ δέσeos (σχ. 170).

Διὰ νὰ ἀποφύγωμεν τὰ βραχυκυκλώματα τοποθετοῦμε μεταξύ τῶν θετικῶν καὶ ἀρνητικῶν πλακῶν, φύλλα ἀπὸ πορῶδες μονωτικὸν ύλικὸν (ύαλοβάμβαξ, πορῶδες ἐλαστικόν).

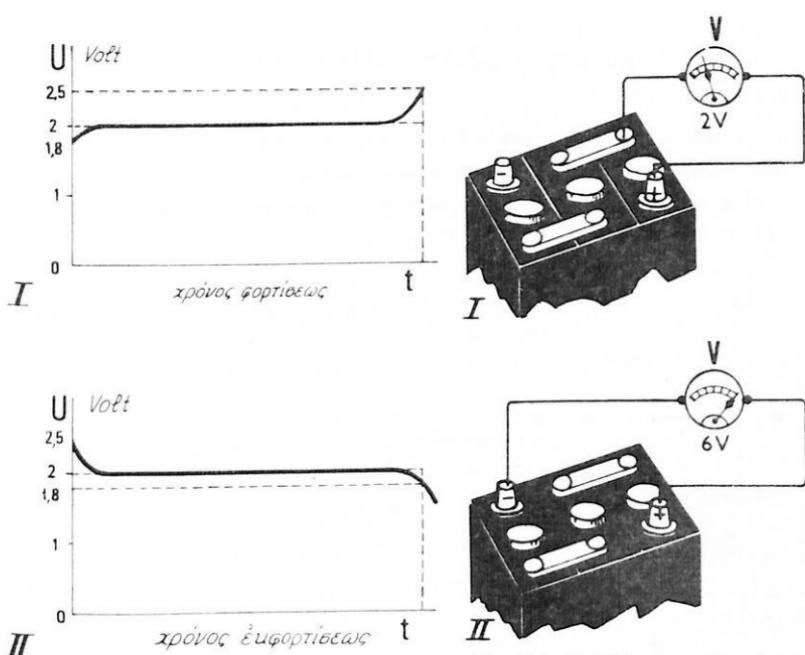
Σχ. 169. Πλάξ συσσωρευτοῦ



Σχ. 170. Συσσωρευτής μολύβδου.

§ 180. Χαρακτηριστικὰ μεγέθη ἐνὸς συσσωρευτοῦ. α) Ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις. Χρησιμοποιοῦντες ἓνα βολτόμετρον μετροῦμε τὴν ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν Ε ἐνὸς συσσωρευτοῦ μολύβδου καὶ τὴν εὑρίσκομεν περίπου ἵσην πρὸς 2 V. Ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ αὐτὴ δύναμις εἶναι ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὰς διαστάσεις καὶ τὸ σχῆμα τοῦ συσσωρευτοῦ.

Οταν φορτίζεται ὁ συσσωρευτής, ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ τοῦ δύναμις αὐξάνεται προοδευτικῶς καὶ φθάνει τὰ 2,5 V περίπου (σχ. 171, I). Εὐθὺς ώς ἀρχίσῃ ἡ ἐκφόρτισις, ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ὑφίσταται ἀπότομον πτῶσιν 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 έκφορτίσεως (II) ένός συσσωρευτού.

Εις τὸ τέλος τῆς ἐκφορτίσεως ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις πίπτει ἀποτόμως κάτω ἀπὸ τὰ 2 V (σχ. 171, II).

Εις τὴν πρακτικὴν χρησιμοποιοῦμεν **συστοιχίας** συσσωρευτῶν, αἱ ὅποιαι ἀποτελοῦνται συνήθως ἀπὸ τρία ἢ ἔξι στοιχεῖα συσσωρευτῶν, συνδεδεμένα ἐν σειρᾷ, ὅπότε ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς συστοιχίας ἀνέρχεται εἰς $3 \times 2 = 6$ V ἢ $6 \times 2 = 12$ V (σχ. 172). Τὰ τρία ἢ ἔξι αὐτὰ στοιχεῖα περιέχονται εἰς ἕνα κοινὸν δοχεῖον, τὸ ὅποῖον χωρίζεται εἰς δύο ἢ τρία διαμερίσματα.

β) **Χωρητικότης.** Ὡς χωρητικότητα ἐνὸς συσσωρευτοῦ ὀρίζομεν τὴν ποσότητα τοῦ ἡλεκτρισμοῦ, τὴν ὅποιαν δύναται νὰ ἀποδώσῃ ὁ συσσωρευτὴς κατὰ τὴν ἐκφόρτισιν.

Ἡ χωρητικότης ἐνὸς συσσωρευτοῦ ἐκφράζεται συνήθως εἰς ἀμπερώρας (Ah).

Αἱ συστοιχεῖαι τῶν συσσωρευτῶν, οἱ ὅποιοι χρησιμοποιοῦνται

εις τὰ αὐτοκίνητα, ἔχουν χωρητικότητα αἴτινες κυμαίνονται ἀπὸ 45 Ah μέχρις 90 Ah.

γ) Ἐσωτερικὴ ἀντίστοσις. Ή ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τοῦ συσσωρευτοῦ ὁφείλεται εἰς τὸ διάλυμα τοῦ θειϊκοῦ δξέος, μέσα εἰς τὸ ὅποῖον εἶναι βυθισμέναι αἱ πλάκες, καὶ εἶναι τῆς τάξεως τοῦ ἑκατοστοῦ τοῦ "Ωμ

δ) Ἀπόδοσις. Κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς ἐκφορτίσεώς του ὁ συσσωρευτὴς ἀποδίδει τὰ 90% περίπου τοῦ ἡλεκτρισμοῦ, τὸν ὅποῖον ἀπεθήκευσε κατὰ τὴν φόρτισιν. Λέγομεν τότε ὅτι ὁ συσσωρευτὴς ἔχει ἀπόδοσιν 90% ἢ 0,90.

§ 181. Χρήσεις τοῦ συσσωρευτοῦ. Οἱ συσσωρευταὶ χρησιμοποιοῦνται ώς πηγαὶ συνεχοῦς ρεύματος εἰς τὰ ἐργαστήρια, εἰς τὰ τηλεφωνικὰ κέντρα, εἰς τοὺς σηματοδότας τοῦ σιδηροδρομικοῦ δικτύου, κλπ. Ἐπίσης χρησιμοποιοῦνται ώς ἐφεδρικὴ πηγὴ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, διὰ τὴν περιπτωσιν βλάβης τοῦ δικτύου διανομῆς. Οἱ συσσωρευταὶ εὑρίσκουν ἐφαρμογὴν ἐπίσης εἰς τὰ αὐτοκίνητα, εἰς τὰ ὑπόβρυχα, εἰς τὰ ἀεροπλάνα κλπ.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Οἱ συσσωρευταὶ εἶναι πηγαὶ συνεχοῦς ρεύματος, αἱ ὁποῖαι μετατρέπουν χημικὴν ἐνέργειαν εἰς ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

2. Διὰ νὰ λειτουργήσῃ ὁ συσσωρευτὴς πρέπει προτγουμένως νὰ φορτισθῇ. Ή φόρτισις συνίσταται εἰς τὴν μετατροπὴν τῆς ἡλεκτρικῆς ἐνέργειας, τὴν ὥποιαν προσλαμβάνει ὁ συσσωρευτὴς, εἰς χημικὴν ἐνέργειαν. Κατὰ τὴν ἐκφόρτισιν συμβαίνει τὸ ἀντίθετον.

3. Ή ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἐνὸς συσσωρευτοῦ μολύβδου εἶναι περίπου 2 V. Εἰς τὴν πρακτικὴν συνδέομεν ἐν σειρᾷ δύο ή περισσότερα στοιχεῖα καὶ σχηματίζομεν συστοιχίας.

4. Ή χωρητικότης τῶν συσσωρευτῶν, ἡ ποσότης δηλαδὴ τοῦ ἡλεκτρισμοῦ τὸν ὅποῖον δύνανται νὰ ἀποδώσουν κατὰ τὴν ἐκφόρτισιν, μετρεῖται εἰς ἀμπερώρας.

5. Οἱ συσσωρευταὶ χρησιμοποιοῦνται ώς 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) Πόσηρ ποσότητα ἡλεκτρισμοῦ δυνάμεθα νὰ λάβωμεν. β) Εὰν ἡ διάρκεια τῆς ἐκφορτίσεως είναι 5 h νὰ εὑρεθῇ ἡ ἑταῖσις τοῦ ἡλεκτρικοῦ φεύματος, τὸ ὅποιον ἀποδίδεται.

(Απ. α' 432 000 Cb. β' 24 A)

155. Θέλομεν νὰ ἐπαναφορτίσωμεν μίαν συστοιχίαν συσσωρευτῶν χωρητικότητος 90 Ah, χρησιμοποιοῦντες ἡλεκτρικὸν φεῦμα ἐντάσεως 9 A. α) Ἐπὶ πόσας ὥρας θὰ πρέπει νὰ φορτίζεται ἡ συστοιχία. β) Νὰ εὑρεθῇ εἰς βατώρας (Wh) ἡ ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια, ἣτις παρέχεται ἀπὸ τὸ ἡλεκτρικὸν φεῦμα, ἐὰν ἡ διαφορὰ τοῦ δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα τοῦ συσσωρευτοῦ είναι 6,6 Volt. (Απ. α' 10 h. β' 594 Wh.)

156. Αἱ μολύβδιναι πλάκες μιᾶς συστοιχίας συσσωρευτῶν ἔχουν βάρος 100 kp. Φορτίζομεν τὸν συσσωρευτὴν χρησιμοποιοῦντες ἡλεκτρικὸν φεῦμα ἐντάσεως 0,5 A ἀνὰ kp μολύβδου. α) Ἐὰν ἡ φόρτισις διαρκῇ 12 h, νὰ εὑρεθῇ ἡ ποσότητα τοῦ ἡλεκτρισμοῦ ἡ ὅποια ἀπαιτήθη δὶ αὐτὴν τὴν φόρτισιν. β) Κατόπιν ἐκφορτίζομεν αὐτὴν τὴν συστοιχίαν ἐντὸς χρόνου 10 h, ἀποδίδοντες φεῦμα ἡλεκτρικὸν ἐντάσεως 50 A. Νὰ εὑρεθῇ ἡ χωρητικότης τῆς συστοιχίας. γ) Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἀπόδοσις τῆς συστοιχίας αὐτῆς, δηλαδὴ ἡ τιμὴ τοῦ λόγου τῆς χωρητικότητος πρὸς τὴν ποσότητα τοῦ ἡλεκτρισμοῦ ὁ ὅποιος ἀπεδόθη.

(Απ. α' 600 Ah. β' 500 Ah. γ' 83%).

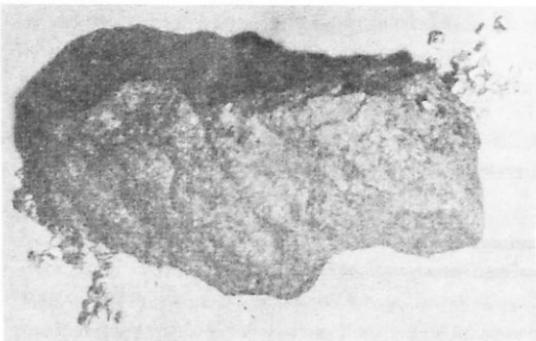
157. Ἡ συστοιχία τῶν συσσωρευτῶν (μπαταρία) ἐνὸς αἰτοκινήτου φίρει μίαν μικρὰν πλάκα ἐπάνω εἰς τὴν ὅποιαν ἀναγράφονται τὰ ἔξης : Χωρητικότης : 75 Ah. Κανονικὴ ἑταῖσις φορτίσεως : 7,5 A. Μεχίστη ἐπιτρεπομένη ἑταῖσις κατὰ τὴν φόρτισιν 12,5 A. Νὰ ἀπολογήσετε : α) Τὸν κανονικὸν χρόνον καθὼς καὶ τὸν ἐλάχιστον χρόνον φορτίσεως. β) Τὸν χρόνον ὁ ὅποιος θὰ ἀπαιτήθη διὰ τὴν ἐκφόρτισιν, ἐὰν τὸ φεῦμα ἐκφορτίσεως ἔχει ἑταῖσιν 1,5 A. γ) Τὴν χωρητικότητα εἰς Cb.

(Απ. α' 10 h, 6 h. β' 50 h. γ' 270 000 Cb.)

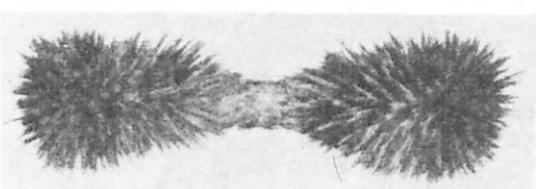
ΛΑΤ'—ΜΑΓΝΗΤΑΙ. ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΠΥΞΙΣ

§ 182. Φυσικοὶ μαγνῆται. Ἀπὸ τὴν ἀρχαιότητα, πρὸ 2 500 περίπου ἐτῶν, ἡτο γνωστὸν διτὶ ἔνα ωρισμένον ὄρυκτὸν τοῦ σιδήρου, δι μαγνητίτης (Fe_3O_4), ἔχει τὴν ἴδιότητα νὰ ἔλκῃ ἀντικείμενα κατεσκευασμένα ἀπὸ σίδηρον, δχι δικαὶος καὶ ἀπὸ ξύλον ἡ χαλκόν.

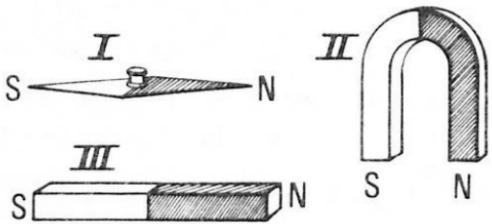
Πείραμα. Βυθίζομεν ἔνα τεμάχιον μαγνητίτου ἐντὸς ρινισμάτων σιδήρου. Παρατηροῦμεν τότε διτὶ, δταν τὸ ἀνασύρωμεν, παραμένει ἐπ' αὐτοῦ προσκολλημένος ἔνας μεγάλος ἀριθμὸς ρινισμάτων (σχ. 173).



Σχ. 173. Ο μαγνητίτης ἔλκει τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου.



Σχ. 174. Εἰς τοὺς τεχνητοὺς μαγνήτας ἡ ἐλκτικὴ δύναμις ἐντοπίζεται κυρίως εἰς τὰ ἄκρα.



Σχ. 175. Μορφαὶ τεχνητῶν μαγνητῶν.

Εἰς τοὺς τεχνητοὺς μαγνήτας ἡ ἐλκτικὴ ἴκανότης ἐντοπίζεται εἰς τὰ ἄκρα, τὰ ὅποια ὀνομάζονται πόλοι τοῦ μαγνήτου. Οὕτω ἔνας τεχνητὸς μαγνήτης ἔχει δύο πόλους (σχ. 174).

Εἰς τοὺς τεχνητοὺς μαγνήτας δίδονται διάφορα σχήματα, ὥστε εἶναι ἡ μαγνητικὴ βελόνη, ὁ πεταλοειδῆς μαγνήτης καὶ ὁ ραβδοφόρος μαγνήτης (σχ. 175).

Αὐτὴ ἡ ἰδιότης τοῦ μαγνητίτου, νὰ ἔλκῃ τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου, ὀνομάζεται μαγνητισμός. Λέγομεν δὲ ὅτι ὁ μαγνητίτης εἶναι μαγνητισμένος καὶ ὅτι ἀποτελεῖ ἔνα φυσικὸν μαγνήτην.

"Ολα τὰ σώματα τὰ ὅποια ἔλκονται ἀπὸ τὸν μαγνήτην ὀνομάζονται μαγνητικὰ σώματα.
"Ωστε :

'Ο μαγνητίτης εἶναι ἔνα δρυκτόν, τὸ ὅποιον ἔχει τὴν ἴκανότητα νὰ ἔλκῃ τὰ διάφορα σιδηρᾶ ἀντικείμενα.

§ 183. Τεχνητοὶ μαγνῆται. Έάν λάβωμεν μίαν ράβδον ἀπὸ χάλυβα καὶ τὴν προστρίψωμεν μὲ ἔνα φυσικὸν μαγνήτην, παρατηροῦμεν ὅτι μαγνητίζεται καὶ αὐτὴ καὶ γίνεται τεχνητὸς μαγνήτης.

Οι τεχνητοί μαγνήται είναι μόνιμοι μαγνήται, δυνάμεθα δύμως νά πραγματοποιήσωμεν καὶ παροδικοὺς μαγνήτας, μαγνήτας δηλαδή, οἵτινες, ἀφοῦ μαγνητισθοῦν, ἀποβάλλουν μετ' δλίγον τὸν μαγνητισμὸν τῶν. Οὕτως, ἂν λάβωμεν μίαν ράβδον ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον (δχι χάλυβα) καὶ τὴν προστρίψωμεν μὲ ἔνα φυσικὸν μαγνήτην, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι, ἐνῷ μαγνητίζεται, μετ' δλίγον ἀποβάλλει πάλιν τὸν μαγνητισμὸν τῆς.

Σήμερον ἐκτὸς ἀπὸ τὸν χάλυβα, διὰ νὰ κατασκευάσουν ἴσχυροὺς μονίμους μαγνήτας μὲ μικρὰν μᾶζαν, χρησιμοποιοῦν εἰδικὰ κράματα μετάλλων, δπως είναι τὸ κρόμα 'Αλνίκο (Alnico), ἀποτελουμένον ἀπὸ ἀλουμίνιον (Al), νικέλιον (Ni), κοβάλτιον (Co), καθὼς ἐπίσης καὶ ἀπὸ χαλκὸν καὶ σίδηρον.

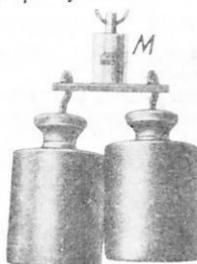
Τὸ σχῆμα 176 δεικνύει ἔνα τοιοῦτον μαγνήτην, δ ὅποιος δύναται νὰ συγκρατήσῃ βάρος τεσσαρακονταπλάσιον τοῦ βάρους του.

Πείραμα. Κόπτομεν εἰς δύο τεμάχια μίαν μαγνητισμένην ράβδον ἀπὸ χάλυβα. Παρατηροῦμεν ὅτι τὰ δύο αὐτὰ τεμάχια, τὰ δποῖα προέκυψαν, ἐξακολουθοῦν νὰ είναι ἕκαστον μαγνήτης μὲ δύο πόλους. Ἐὰν ἐξακολουθήσωμεν τὸν τεμαχισμὸν, εἰς ἕκαστον ἀπὸ τὰ τεμάχια, τὰ δποῖα θὰ προκύπτουν, θὰ ἔχωμεν πάλιν δύο μαγνητικοὺς πόλους (σχ. 177).

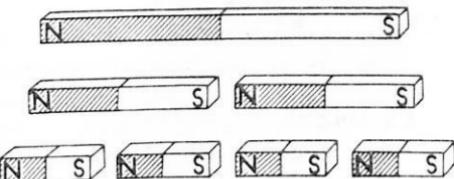
Δηλαδή :

Είναι ἀδύνατον νὰ ἀπομονώσωμεν ἔνα μαγνητικὸν πόλον. Οἰστδήποτε μαγνήτης, δσον μικρὸς καὶ ἂν είναι, περιλαμβάνει πάντοτε δύο πόλους.

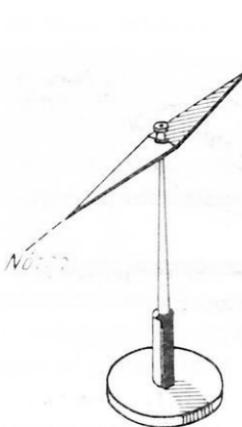
§ 184. Ἐπίδρασις τῆς Γῆς ἐπὶ τῆς μαγνητικῆς θελόνης. **Πείραμα.** Στηρίζομεν μίαν μαγνητικὴν θελόνην, μαγνήτην δηλαδὴ εἰς σχῆμα ἐπιμήκους ρόμβου, ἀπὸ τὸ κέντρον βάρους τῆς ἐφ' ἐνὸς κατα-



Σχ. 176. Τεχνητὸς μαγνήτης 'Αλνίκο. Συγκρατεῖ βάρος 40 πλάσιον τοῦ βάρους του



Σχ. 177. Ἔκαστον τεμάχιον, τὸ δποῖον προκύπτει ἀπὸ τὸν τεμαχισμὸν μᾶς μαγνητικῆς ράβδου, είναι τέλειος μαγνήτης.



Borrapas - Noto

κορύφου αἰχμηροῦ ἄξονος (σχ. 178). Ἐὰν ἀφήσωμεν τὴν βελόνην νὰ ἡρεμήσῃ παρατηροῦμεν ὅτι ἀρχικῶς ταλαντεύεται, κατόπιν δὲ προσανατολίζεται εἰς μίαν ώρισμένην διεύθυνσιν.

Ἡ διεύθυνσις αὐτὴ καθορίζεται ἀπὸ τὸν μεγάλον (διαμήκη) ἄξονα τῆς μαγνητικῆς βελόνης. Ἡ διεύθυνσις αὐτοῦ τοῦ ἄξονος ἔχει περίπου τὴν διεύθυνσιν Βορρᾶς - Νότος.

Ἐὰν ἀπομακρύνωμεν τὴν μαγνητικὴν βελόνην ἀπὸ αὐτὴν τὴν θέσιν ίσορρο-

πίας τῆς, παρατηροῦμεν ὅτι, ἀφοῦ ταπροσανατολίζεται κατὰ τὴν διεύθυνσιν, ἐπανέρχεται εἰς τὴν ἀρχικὴν θυνσιν Βορρᾶς-Νότος. Θέσιν. Ἐπιχειροῦμεν τώρα νὰ ἀντιστρέψωμεν τοὺς δύο πόλους τῆς μαγνητικῆς βελόνης ἐπιτυγχάνοντες ίσορροπίαν. Δι’ αὐτὸν τὴν περιστρέφομεν κατὰ 180° περὶ τὸν ἄξονά της. Παρατηροῦμεν ὅτι αὐτὸν εἶναι ἀδύνατον. Εὐθὺς ως τὴν ἀφήσωμεν ἐλευθέραν, ἐπανέρχεται εἰς τὴν ἀρχικὴν τῆς θέσιν οὕτως, ὥστε ὁ ἴδιος πάντοτε πόλος νὰ στρέφεται πρὸς τὸν Βορρᾶν.

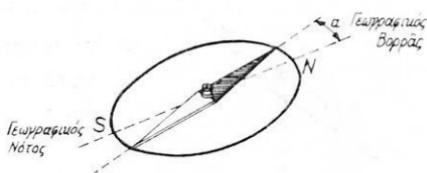
Συμπεραίνομεν λοιπὸν ὅτι οἱ δύο πόλοι τῆς μαγνητικῆς βελόνης δὲν εἶναι ὅμοιοι.

Δι’ αὐτὸν τὸν λόγον ὁρίζομεν ως 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). Ωστε :

Ἐνας μαγνήτης ἔχει δύο διαφορετικοὺς πόλους : τὸν βόρειον μαγνητικὸν πόλον (N) καὶ τὸν νότιον μαγνητικὸν πόλον (S).

Ἐὰν δὲ μαγνήτης δύναται νὰ περιστραφῇ ἐλευθέρως εἰς τὸ δριζόντιον ἐπίπεδον, ὁ βόρειος μαγνητικὸς πόλος προσανατολίζεται πρὸς τὸν γεωγραφικὸν Βορρᾶν καὶ ὁ νότιος μαγνητικὸς πόλος πρὸς τὸν γεωγραφικὸν Νότον τῆς Γῆς.

§ 185. Διάκρισις μαγνητικῶν πόλων. Διὰ νὰ διακρίνωμεν μεταξύ των τοὺς δύο πόλους ἐνὸς 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 ἀπόκλισ-

σις. Ἡ διεύθυνσις τὴν ὅποιαν ἔχει ἡ μαγνητικὴ βελόνη εἰς ἔνα ώρισμένον τόπον καθορίζει τὸν μαγνητικὸν μεσημβρινὸν τοῦ τόπου. Εἰς τὴν πραγματικότητα αὐτὴ ἡ διεύθυνσις διαφέρει δλίγον ἀπὸ τὴν γεωγραφικὴν διεύθυνσιν Βορρᾶ - Νότου (γεωγραφικὸς μεσημβρινός).

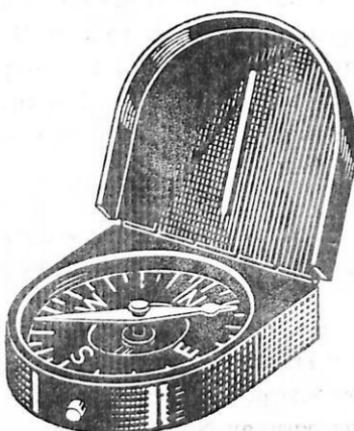
Αὗται αἱ δύο διεύθυνσεις σχηματίζουν μεταξύ των μίαν γωνίαν, ἡ ὅποια ἀνομάζεται ἀπόκλισις (σχ. 179).

Ἐάν ὁ βόρειον πόλος μιᾶς μαγνητικῆς βελόνης εύρισκεται ἀριστερὰ ἀπὸ τὸν γεωγραφικὸν μεσημβρινόν, ἡ ἀπόκλισις ὀνομάζεται δυτική. Εἰς τὴν ἀντίθετον περίπτωσιν ἡ ἀπόκλισις ὀνομάζεται ἀνατολική.

Ἡ ἀπόκλισις δὲν παραμένει σταθερὰ· εἰς ἔνας ώρισμένον τόπον ἄλλᾳ μεταβάλλεται ἀπὸ τοῦ ἐνὸς ἐτοῦς εἰς τὸ ἄλλο.

Μαγνητικὴ ἀπόκλισις εἰς ἔνα τόπον ὀνομάζεται ἡ δξεῖα γωνία, ἡ ὅποια σχηματίζεται ἀπὸ τὰς διεύθυνσεις τοῦ μαγνητικοῦ καὶ τοῦ γεωγραφικοῦ μεσημβρινοῦ τοῦ τόπου.

§ 187. Μαγνητικὴ πυξίς. Ἡ πυξίς ἀποτελεῖται ἀπὸ μίαν μαγνητικὴν βελόνην, ἡ ὅποια στηρίζεται ἐπὶ ἐνὸς κατακορύφου αἰχμηροῦ ἄξονος. Τὸ δὲ λογο σύστημα εύρισκεται μέσα εἰς ἔνα προστατευτικὸν περιβλήμα (σχ. 180). Μία κατάλληλος διάταξις ἐπιτρέπει νὰ ἀκινητοποιοῦμεν τὴν μαγνητικὴν βελόνην.



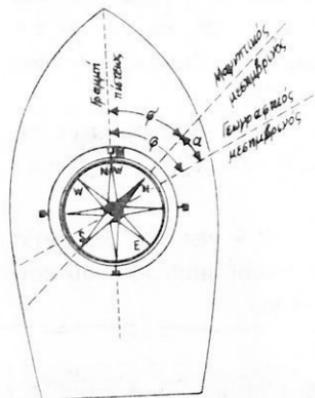
Σχ. 180. Συνήθης μαγνητικὴ πυξίς.



Σχ. 181. Ναυτική πυξίς μὲ ἑξάρτησιν Καρντάνο.

εἰς τὴν ἀεροπορίαν, διαφέρουν ἀπὸ τὰς κοινὰς πυξίδας. Ἡ διαφορὰ εἶναι ὅτι τὸ κιβώτιον τὸ ὅποιον τὰς περιέχει, στηρίζεται κατὰ ἔναν εἰδικὸν τρόπον (σύστημα Καρντάνο, Cardano), μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ ὅποίου ἡ μαγνητικὴ βελόνη παραμένει πάντοτε ὁρίζοντια, παρ' ὅλους τοὺς κλυδωνισμοὺς τοῦ σκάφους (σχ. 181).

Ἡ μαγνητικὴ βελόνη εἶναι προσηρμοσμένη οὕτως, ὥστε νὰ ἀποτελῇ διάμετρον ἐνὸς γωνιομετρικοῦ κύκλου, ἐπάνω εἰς τὸν ὅποιον ἔχουν σημειωθῆ τὰ κύρια καὶ τὰ δευτερεύοντα σημεῖα τοῦ ὁρίζοντος.



Σχ. 182. Καθορισμὸς τῆς πορείας τοῦ πλοίου. Ἡ γωνία, τὴν ὁποίαν σχηματίζει ἡ γραμμὴ πίστεως μὲ τὸν γεωγραφικὸν μεσημβρινόν, διορθώνεται συμφώνως πρὸς τὴν ἀπόκλισιν.

Ἡ πυξίς εἶναι ὅργανον πολὺ χρήσιμον διὰ τὸν καθορισμὸν τῆς πορείας εἰς μέρη ὅπου δὲν ὑπάρχουν σημεῖα, ἀπὸ τὰ ὅποια νὰ δυνάμεθα νὰ δηγηθῶμεν, ὥστε π.χ. εἰς ἔνα ἄγνωστον τόπον, ἀπομεμάκρυσμένον ἀπὸ πολιτισμένας περιοχάς ἡ εἰς ἔνα δάσος.

Αἱ πυξίδες, αἱ ὁποῖαι χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν ναυσιπλοΐαν καὶ

‘Ο γωνιομετρικὸς αὐτὸς κύκλος ὀνομάζεται ἀνεμολόγιον.

Τὰ τέσσαρα κύρια σημεῖα καθορίζονται ἀπὸ τὰ γράμματα N (Βορρᾶς), E (Ἀνατολή), S (Νότος), W (Δύσις). Αἱ ἐνδιάμεσοι ἐνδείξεις σημειώνονται μὲ τὰ ἀκόλουθα ζεύγη γραμμάτων: NE (Βορειοανατολικῶς), SE (Νοτιοανατολικῶς), SW (Νοτιοδυτικῶς) καὶ NW (Βορειοδυτικῶς).

Ἐπὶ τῆς θήκης τῆς πυξίδος χαράσσεται μία γραμμὴ, ἡ ὁποία συμπίπτει μὲ τὸν διαμήκη ἄξονα τοῦ πλοίου καὶ ἡ ὁποία ὀνομάζεται γραμμὴ πίστεως.

Οταν τὸ πλοίον στρέφεται, στρέφεται ἐπὶ σης καὶ ἡ γραμμὴ πίστεως μετ' αὐτοῦ, ἀλλὰ ἡ βελόνη καὶ τὸ ἀνεμολόγιον παραμένουν πάντοτε εἰς τὴν ίδιαν θέσιν.

Διὰ νὰ χαράξωμεν τὴν πορείαν ἐνὸς πλοίου,

καθορίζομεν πρώτον εἰς τὸν ναυτικὸν χάρτην τὴν γωνίαν φ μεταξὺ γεωγραφικοῦ μεσημβρινοῦ καὶ τῆς διευθύνσεως τὴν ὁποίαν πρόκειται νὰ ἀκολουθήσῃ τὸ πλοῖον. Ἡ γωνία αὐτὴ διορθώνεται δταν ληφθῇ ὑπ' ὅψιν ἡ ἀπόκλισις α καὶ οὕτω καθορίζεται μία νέα γωνία φ', ἡ ὁποία σχηματίζεται ἀπὸ τὸν μαγνητικὸν μεσημβρινὸν καὶ τὴν γραμμὴν πίστεως τοῦ πλοίου.

Ἄκολούθως μὲ τὸ πηδάλιον στρέφεται τὸ πλοῖον μέχρις δτου ἡ γραμμὴ πίστεως σχηματίσῃ, μὲ τὸν Βορρᾶν τοῦ ἀνεμολογίου τῆς πυξίδος, τὴν ὑπολογισθεῖσαν γωνίαν φ', ἡ ὁποία μένει πλέον σταθερά καὶ ρυθμίζει τὴν πορείαν τοῦ σκάφους (σχ. 182).

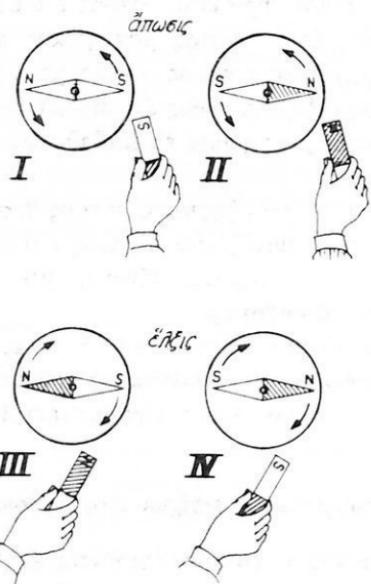
ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Ὁ μαγνήτης παρουσιάζει τὴν ιδιότητα νὰ ἔλκῃ τὰ σιδηρᾶ καὶ τὰ χαλύβδινα ἀντικείμενα.
2. Οἱ μόνιμοι τεχνητοὶ μαγνῆται εἰναι κατεσκευασμένοι ἀπὸ χάλυβα ἢ διάφορα κράματα, ὥπως εἰναι τὸ κράμα Ἀλνίκο.
3. Τὰ ρινίσματα σιδήρου προσκολλῶνται εἰς τὰ ἄκρα ἐνὸς μονίμου 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. Εὰν ὁ μαγνήτης εἰναι ἐλεύθερος νὰ περιστραφῇ εἰς τὸ ὄριζόντιον ἐπίπεδον, βόρειος μαγνητικὸς πόλος εἰναι ἐκεῖνος ὁ ὁποῖος διευθύνεται πρὸς τὸν γεωγραφικὸν Βορρᾶν.
5. Ἡ πυξίς εἰναι βασικῶς μία μαγνητικὴ βελόνη, στρεπτὴ περὶ κατακόρυφον ἄξονα, ἡ ὁποία προσανατολίζεται κατὰ τὴν διεύθυνσιν Βορρᾶς - Νότος.
6. Ἀπόκλισις εἰς ἔνα τόπον ὀνομάζεται ἡ γωνία, ἣτις σχηματίζεται ἀπὸ τὰς διευθύνσεις τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ καὶ τοῦ γεωγραφικοῦ μεσημβρινοῦ τοῦ τόπου.

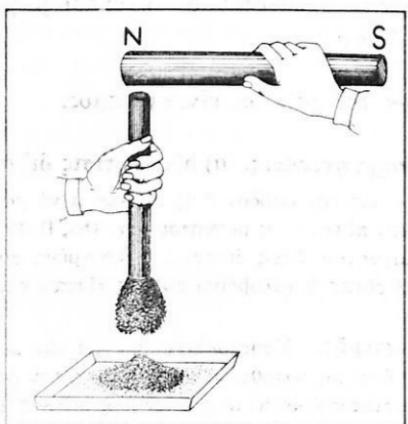
ΑΖ' — ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΙΣ ΤΩΝ ΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΟΛΩΝ

ΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΦΑΣΜΑΤΑ

§ 188. Ἀμοιβαία ἐπενέργεια μαγνητικῶν πόλων. Πείραμα. Πλησιάζομεν τὸν νότιον μαγνητικὸν πόλον ἐνὸς μαγνήτου εἰς τὸν νότιον πόλον μιᾶς μαγνητικῆς βελόνης. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι ὁ



Σχ. 183. Οι όμώνυμοι μαγνητικοί πόλοι απωθοῦνται και οι έτερώνυμοι έλκονται.



Σχ. 184. Μαγνήτισις ἐξ ἐπιδράσεως.

νότιος πόλος τῆς μαγνητικῆς βελόνης ἀπωθεῖται και ἡ βελόνη στρέφεται ἀποτόμως (σχ. 183, I). Ἀκριβῶς τὸ ἴδιον ἀποτέλεσμα παρατηρεῖται και 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. Ἐλέξις ἐμφανίζεται ἐπίσης και ἐὰν πλησιάσωμεν τὸν νότιον πόλον τοῦ μαγνήτου εἰς τὸν βόρειον πόλον τῆς μαγνητικῆς βελόνης (σχ. 183, III).

Ἀπὸ τὸ πείραμα αὐτὸ συμπεραίνομεν συνεπῶς ὅτι :

Οι όμώνυμοι μαγνητικοὶ πόλοι ἀπωθοῦνται, ἐνδο οἱ έτερώνυμοι μαγνητικοὶ πόλοι έλκονται.

§ 189. Μαγνήτισις ἐξ ἐπιδράσεως. Πείραμα. "Οταν ἔνα τεμάχιον μαλακοῦ σιδήρου τοποθετηθῇ πολὺ πλησίον εἰς ἔνα μαγνήτην, τότε μολονότι τὸ τεμάχιον τοῦ μαλακοῦ σιδήρου δὲν ἐφάπτεται εἰς τὸν μαγνήτην, ἀποκτᾶ ἐν τούτοις τὴν ἴκανότητα νὰ ἔλκῃ τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου (σχ. 184). Δηλαδὴ ὁ μαλακὸς σιδηρός μετεβλήθη καὶ αὐτὸς εἰς μαγνήτην.

Δυνάμεθα νὰ διαπιστώσωμεν μὲ μίαν μαγνητικὴν βελόνην, ὅτι τὸ

ἄκρον τοῦ μαλακοῦ σιδήρου, τὸ ὅποῖον εύρισκεται ἔναντι τοῦ βορείου μαγνητικοῦ πόλου τοῦ μαγνήτου, ἔχινε νότιος μαγνητικὸς πόλος, ἐνῶ τὸ ἄλλον του ἄκρον βόρειος μαγνητικὸς πόλος. Αὐτὴ ἡ μαγνήτισις, τὴν ὅποιαν ἀπέκτησεν ὁ μαλακὸς σίδηρος, εὐθὺς ὡς εὐρέθη πλησίον ἐνὸς μονίμου μαγνήτου, ὀνομάζεται **μαγνήτισις ἐξ ἐπιδράσεως** η **μαγνήτισις ἐξ ἐπαγωγῆς**.

Αὐτὸ τὸ φαινόμενον μᾶς ἐπιτρέπει νὰ ἐξηγήσωμεν τοὺς θυσάνους ἀπὸ ρινίσματα σιδήρου, οἱ ὅποιοι σχηματίζονται εἰς τοὺς πόλους τοῦ μαγνήτου. Τὰ τεμαχίδια δηλαδὴ τῶν ρινίσματων γίνονται μικροὶ μαγνῆται ἐξ ἐπιδράσεως καὶ ἔλκονται ἀμοιβαίως.

Ἄπομακρύνομεν 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 ἵδιον πείραμα χρησιμοποιοῦντες ἔνα τεμάχιον χάλυβος. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι καὶ αὐτὸς μαγνήτιζεται, ὅταν πλησιάσωμεν τὸν μόνιμον μαγνήτην· ἐὰν ὅμως ἀπομακρύνωμεν τὸν μόνιμον μαγνήτην, ὁ χάλυψ δὲν ἀποβάλλει τὴν μαγνήτισίν του καὶ ἔξακολουθεῖ νὰ συγκρατῇ τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου. Δηλαδὴ ἡ μαγνήτισις τοῦ χάλυβος εἶναι **μόνιμος**.

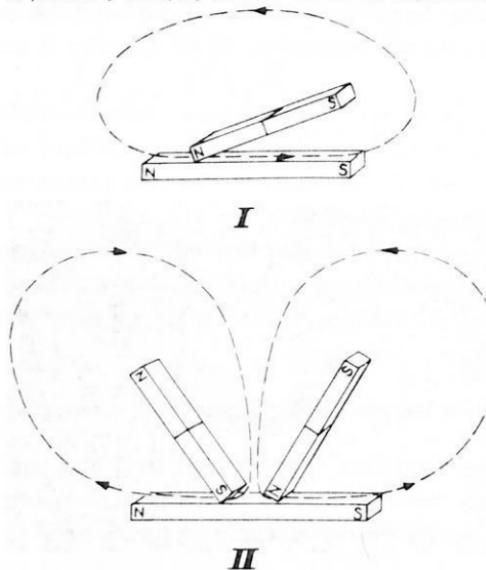
Οὕτως ἐξηγεῖται ὁ λόγος διὰ τὸν ὅποῖον οἱ τεχνητοὶ μαγνῆται κατασκευάζονται ἀπὸ χάλυβα. Ὡστε :

Ἡ μαγνήτισις ἐξ ἐπιδράσεως τοῦ χάλυβος εἶναι μόνιμος.

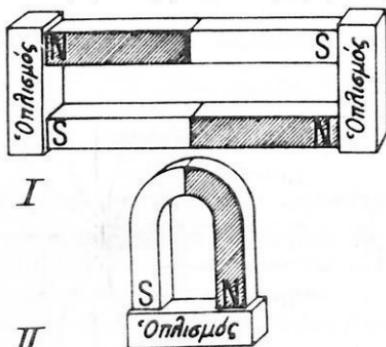
§ 190. Στοιχειώδεις τρόποι μαγνητίσεως. **α) Μαγνήτισις δι' ἀπλῆς ἐπαφῆς.** Κατὰ τὴν μέθοδον αὐτὴν εἰς τὴν ράβδον ἥτις πρόκειται νὰ μαγνητισθῇ, ἐφάπτομεν μὲ κλίσιν τὸν βόρειον πόλον ἐνὸς μαγνήτου (σχ. 185, I). Κατόπιν μετακινοῦμεν προστρίβοντες τὸν μαγνήτην, ὅπως δεικνύει ἡ ἐστιγμένη γραμμὴ, δηλαδὴ ὅπως ὅταν κτενιζόμεθα, καὶ οὕτως ἡ χαλυβδίνη ράβδος γίνεται καὶ αὐτὴ μαγνήτης.

β) Μαγνήτισις διὰ διπλῆς ἐπαφῆς. Χρησιμοποιοῦμεν μὲ τὴν μέθοδον αὐτὴν δύο μονίμους μαγνήτας, τοὺς ὅποιους τοποθετοῦμεν ἐπάνω εἰς τὴν ράβδον, τὴν ὅποιαν θὰ μαγνητίσωμεν, καὶ μετατοπίζουμεν τοὺς μαγνήτας πολλὰς φοράς, ὅπως δεικνύει τὸ σχ. 185, II, ἀκολουθοῦντες τὰς ἐστιγμένας γραμμάς.

γ) Μαγνήτισις ἐξ ἐπιδράσεως. Ὅπως ἀναφέρομεν ἀνωτέρω, ἐάν μία ράβδος ἀπό μαλακὸν σιδῆρου τοποθετηθῇ πλ.ησίον ἐνὸς ἰσχυροῦ μονίμου μαγνήτου, ὁ μαλακὸς σιδῆρος γίνεται καὶ αὐτὸς παροδικός μαγνήτης.



Σχ. 185. Μαγνήτισις μὲ προστριβὴν ἐνὸς μαγνήτου (I) καὶ δύο μαγνητῶν (II).



Σχ. 186. Τρόπος διατηρήσεως μαγνητῶν. σκεῖ τὴν ἐπίδρασίν του εἰς ἔνα ἀρκετά μεγάλο τμῆμα τοῦ χώρου ὁ ὄποιος τὸν περιβάλλει.

Ἐάν φέρωμεν μίαν μαγνητικὴν βελόνην πλησίον ἐνὸς μονίμου μαγνήτου, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ βελόνη ἀποκλίνει. Ἀλλωστε ἐάν εἰς

δ) Μαγνήτισις δι’ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἰσχυροὺς μαγνήτας κατὰ σκευάζομεν μὲ τοποθέτησιν χαλυβίδινων ράβδων ἐντὸς πηνίων, τὰ ὅποια διαρρέονται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεύμα, ὥπως θά μελετήσωμεν εἰς ἐπόμενα κεφάλαια.

§ 191. Διατήρησις τῶν μαγνητῶν. Εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ μαλακοῦ σιδῆρου, ἡ ἐξαφάνισις τῶν μαγνητικῶν πόλων γίνεται εἰς χρονικὸν διάστημα κλάσματος τοῦ δευτερολέπτου, ἐνῷ δι’ ὠρισμένους χαλυβίας, ἡ ἐξαφάνισις τῶν πόλων γίνεται εἰς χρονικὸν διάστημα πολὺλιν ἐτῶν.

Διά νά παρεμποδίσωμεν τὴν ἀπομαγνήτισιν μονίμων μαγνητῶν, τοὺς διατάσσομεν δῆπος δεικνύεται εἰς τὸ σχ. 186, κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε οἱ ἑτερώνυμοι μαγνητικοὶ πόλοι νά εύρισκωνται ὁ Ἑνας ἔναντι τοῦ ἄλλου, τοποθετοῦντες ἐν ἐπαφῇ πρὸς τοὺς πόλους τεμάχια μαλακοῦ σιδῆρου, τὰ ὅποια ὀνομάζονται ὀπλισμοὶ (σχ. 186).

§ 192. Μαγνητικὸν πεδίον ἐνὸς μαγνήτου. Ἐκαστος μαγνήτης ἀ-

σκεῖ τὴν ἐπίδρασίν του εἰς ἔνα ἀρκετά μεγάλο τμῆμα τοῦ χώρου ὁ ὄποιος τὸν περιβάλλει.

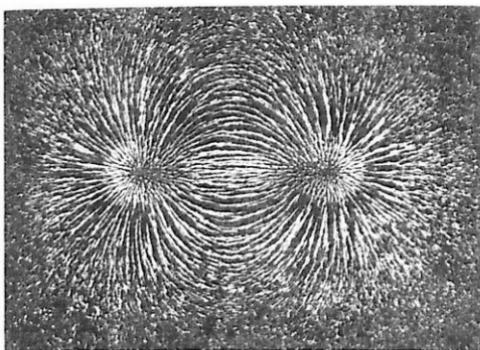
τὸν μαγνήτην πλησιάσωμεν ρινίσματα σιδήρου παρατηροῦμεν ὅτι αὐτὰ ἔλκονται.

Συμπεραίνομεν λοιπὸν ὅτι εἰς τὸν γειτονικὸν τοῦ μαγνήτου χῶρον, παρουσιάζονται μαγνητικαὶ δυνάμεις.

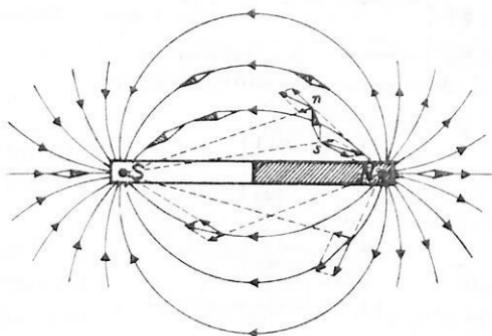
'Ονομάζομεν μαγνητικὸν πεδίον τὴν περιοχὴν τοῦ χώρου, ἐντὸς τῆς ὧδης ὁποίας ἐκδηλώνονται μαγνητικαὶ δυνάμεις.

§ 193. Μαγνητικὸν φάσμα ἐνὸς εὔθυγράμμου μαγνήτου.
Εἰς ἑνα τεμάχιον χαρτονίου διασπείρομεν ρινίσματα σιδήρου. Διατηροῦμεν τὸ χαρτόνιον δριζόντιον καὶ τοποθετοῦμεν κάτωθεν αὐτοῦ ἔνα ραβδόμορφον μαγνήτην. Τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου τότε διατάσσονται κατὰ τοιούτον τρόπον, ὥστε νὰ σχηματίζουν καμπύλας γραμμάς μὲ ἄρχην καὶ τέλος τοὺς δύο πόλλους τοῦ μαγνήτου (σχ. 187). Αὐταὶ αἱ καμπύλαι γραμμαὶ δονομάζονται μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαί. Τὸ σύνολον δὲ αὐτῶν τῶν γραμμῶν δονομάζεται μαγνητικὸν φάσμα τοῦ μαγνήτου.

'Εὰν λάβωμεν μίαν μικρὰν μαγνητικὴν βελόνην καὶ τὴν μετακινήσωμεν κατὰ μῆκος



Σχ. 187. Μαγνητικὸν φάσμα ραβδομόρφου μαγνήτου.



Σχ. 188. Η μαγνητικὴ βελόνη παραμένει συνεχῶς ἐφαπτομένη κατὰ μῆκος μιᾶς δυναμικῆς μαγνητικῆς γραμμῆς.

μιᾶς μαγνητικῆς δυναμικῆς γραμμῆς, παρατηροῦμεν ὅτι ὁ διαμήκης ἄξων τῆς βελόνης παραμένει συνεχῶς ἐφαπτόμενος εἰς τὴν δυναμικήν γραμμῆν (σχ. 188). Δυνάμεθα ἐπομένως νὰ εἴπωμεν ὅτι :

Μαγνητικὴ δυναμικὴ γραμμὴ εἶναι ἡ γραμμὴ ἐκείνη εἰς ἕκαστον σημεῖον τῆς ὥποιας ἐφάπτεται ὁ διαμήκης ἄξων τῆς μαγνητικῆς βελόνης.

“Ἄς θεωρήσωμεν τώρα ὅτι ὁ βόρειος πόλος τῆς μαγνητικῆς βελόνης δύναται νὰ μετακινηθῇ ἐλευθέρως. Θὰ παρατηρήσωμεν τότε ὅτι ἀποθεῖται ἀπὸ τὸν βόρειον μαγνητικὸν πόλον τοῦ μονίμου μαγνήτου, ἐνῷ συγχρόνως ἔλκεται ἀπὸ τὸν νότιον μαγνητικὸν πόλον του, ἀκολουθῶν τὴν δυναμικήν γραμμῆν μὲ φοράν ἀπὸ τὸν Βορρᾶν (N) πρὸς τὸν Νότον (S). Οὕτω λέγομεν ὅτι ἡ φορὰ αὐτὴ εἶναι ἡ φορὰ κατὰ τὴν ὥποιαν διαγράφεται ἡ δυναμικὴ μαγνητικὴ γραμμὴ.” Ωστε :

Αἱ μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαὶ ἔξερχονται ἀπὸ τὸν Βόρειον μαγνητικὸν πόλον κοι 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 ἕνα μόνιμον μαγνήτην εἰς τοὺς πόλους μιᾶς μαγνητικῆς βελόνης, ἐλαττώνονται σημαντικῶς ὅσον ἡ ἀπόστασις μαγνήτου - βελόνης αὔξανεται.

Λέγομεν τότε ὅτι ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ ὥποιον δημιουργεῖται ἀπὸ τὸν μαγνήτην, εἶναι μεγαλυτέρα εἰς πλησιέστερα σημεῖα παρὰ εἰς ἀπομεμακρυσμένα.

“Ἀλλωστε μία προσεκτικὴ μελέτη τοῦ μαγνητικοῦ φάσματος μᾶς δεικνύει ὅτι αἱ μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι πυκνότεραι εἰς τὰς πλησιεστέρας πρὸς τὸν μαγνήτην περιοχάς παρὰ εἰς τὰ ἀπομεμακρυσμένας. Αὗτὴ ἡ παρατήρησις εἶναι γενικὴ καὶ μᾶς ὀδηγεῖ εἰς τὸ ἀκόλουθον συμπέρασμα :

Τὸ μαγνητικὸν πεδίον εἰς ἕνα ώρισμένον σημεῖον ἔχει τόσον με-

γαλυτέραν ἔντασιν, ὅσον πυκνότεραι είναι αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἰς τὴν περιοχὴν αὐτοῦ τοῦ σημείου.

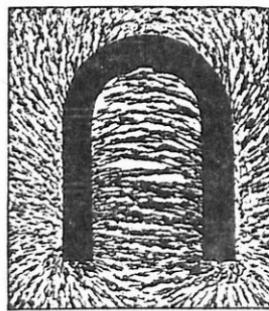
“Ἄς θεωρήσωμεν τὸ μαγνητικὸν φάσμα ἐνὸς πεταλοειδοῦς μαγνήτου (σχ. 189). Αἱ μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἰς τὸν χῶρον ὁ ὄποιος παρεμβάλλεται μεταξὺ τῶν δύο πόλων τοῦ μαγνήτου, είναι εὐθεῖαι παράληλοι καὶ ίσαπέχουσαι. Λέγομεν τότε ὅτι εἰς αὐτὴν τὴν περιοχὴν τὸ μαγνητικὸν πεδίον είναι ὁμογενὲς ἢ ἀλλέως ὅτι ἡ ἔντασίς του είναι σταθερά. Ωστε :

“Ἐνα μαγνητικὸν πεδίον είναι ὁμογενές, ὅταν εἰς ἕκαστον σημείον του ἡ ἔντασίς του διατηρῆται σταθερά.

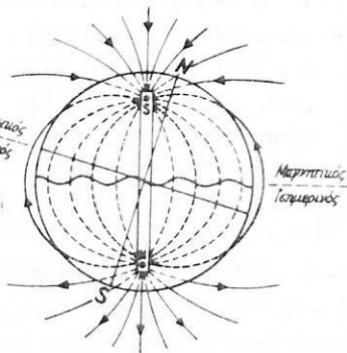
§ 195. Μαγνητικὸν πεδίον τῆς Γῆς. Καθὼς γνωρίζομεν, ἐὰν ἀφήσωμεν μίαν μαγνητικὴν βελόνην νὰ ισορροπήσῃ, ὁ διαμήκης ἄξων της θὰ προσανατολισθῇ, πάντοτε, ἀκολουθῶν τὴν διεύθυνσιν Βορρᾶς - Νότος. Ἐφ' ὅσον πλησίον τῆς μαγνητικῆς βελόνης δὲν ὑπάρχει κανεὶς ἄλλος μαγνήτης, συμπεραίνομεν ὅτι διὰ νὰ προσανατολίζεται αὐτή, θὰ ὑπάρχῃ εἰς τὴν περιοχὴν τῆς Γῆς ἔνα μαγνητικὸν πεδίον.

Αὐτὸ τὸ μαγνητικὸν πεδίον, τὸ ὄποιον ὑπάρχει μονίμως εἰς τὴν περιοχὴν τῆς Γῆς, δονομάζεται *γήινον μαγνητικὸν πεδίον*.

Δηλαδή, ἡ Γῆ συμπεριφέρεται ως ἔνας τεράστιος μαγνήτης, οἱ μαγνητικοὶ πόλοι τοῦ ὄποιού εὑρίσκονται πλησίον τῶν πολικῶν περιοχῶν της (σχ. 190). Ὁ ἔνας ἀπὸ τοὺς μαγνητικοὺς πόλους τῆς Γῆς σχ. 190. Τὸ γήινον μαγνητικὸν πεδίον. εύρισκεται πλησίον τοῦ βορείου· Ἡ Γῆ συμπεριφέρεται ως τεράστιος γεωγραφικοῦ πόλου, εἰς τὸ βόρειον



Σχ. 189. Φάσμα πεταλοειδοῦς μαγνήτου.



τμῆμα τοῦ Καναδᾶ, ἐνῷ ὁ ἄλλος μαγνητικὸς πόλος τῆς Γῆς εὑρίσκεται πλησίον τοῦ νοτίου γεωγραφικοῦ πόλου, εἰς τὴν Γῆν τῆς Βικτωρίας.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Μεταξὺ δύο πόλων δύο διαφορετικῶν μαγνητῶν, ἀσκεῖται ἐλκτικὴ δύναμις ἢ ἀπωστικὴ δύναμις, ἐὰν οἱ πόλοι εἰναι ἑτερώνυμοι ἢ ὅμοιοι. Δηλαδή, δύο ὅμοιοι μαγνητικοὶ πόλοι ἀπωθοῦνται ἐνῷ δύο ἑτερώνυμοι ἔλκονται.
2. "Οταν μία ράβδος μαλακοῦ σιδήρου τοποθετηθῇ πλησίον ἐνὸς μονίμου μαγνήτου, μαγνητίζεται ἐξ ἐπιδράσεως. Ἡ μαγνήτισις τοῦ μαλακοῦ σιδήρου εἰναι πρόσκαιρος. Κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον μία ράβδος ἀπὸ χάλυβα, ὅταν τοποθετηθῇ πλησίον ἐνὸς μονίμου μαγνήτου, μαγνητίζεται. ἡ μαγνήτισις ὅμως τοῦ χάλυβος εἰναι μόνιμος.
3. Μαγνητικὸν πεδίον ὀνομάζομεν τὴν περιοχὴν τοῦ χώρου εἰς τὴν ὥποιαν ἐμφανίζονται μαγνητικαὶ δυνάμεις.
4. Τὸ μαγνητικὸν φάσμα ἐνὸς μαγνήτου σχηματίζεται ἀν διασπείρωμεν ρινίσματα σιδήρου ἐπὶ ἐνὸς τεμαχίου χαρτονίου ἢ ὑάλου, κάτω ἀπὸ τὸ ὥποιον εὑρίσκεται ὁ μαγνήτης. Τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου διατάσσονται κατὰ μῆκος ώρισμένων καμπυλῶν ἢ εὐθειῶν γραμμῶν, αἱ ὥποιαι ὀνομάζονται μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαί.
5. Αἱ μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἰναι αἱ γραμμαὶ ἐκεῖναι, εἰς ἔκαστον σημεῖον τῶν ὥποιων ὁ διαμήκης ἄξων τῆς μαγνητικῆς βελόνης εἰναι ἐφαπτόμενος.
6. Ὁ προσανατολισμὸς μιᾶς μαγνητικῆς βελόνης εἰς τὴν περιοχὴν τῆς Γῆς ὀφείλεται εἰς τὸ γῆινον μαγνητικὸν πεδίον.

ΛΗ'—ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΟΥ ΑΓΩΓΟΥ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ ΣΩΛΗΝΟΕΙΔΟΥΣ

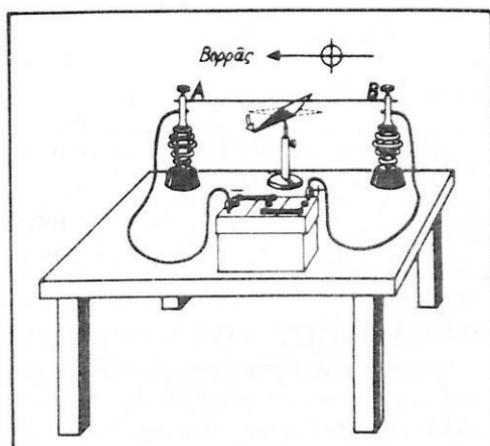
§ 196. Γενικότητες. Μία μαγνητικὴ βελόνη ἡ ὥποια τοποθετεῖται πλησίον ἐνὸς εὐθυγράμμου ἀγωγοῦ, ὁ ὥποιος διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἀποκλίνει. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐπομένως δημιουργεῖ μαγνητικὸν πεδίον γύρω ἀπὸ τοὺς ἀγωγοὺς τοὺς ὥποιους διαρρέει.

§ 197. α) Εύθυγραμμος ἀγωγός. Πείραμα τοῦ "Ερστετ (Oersetd). Λαμβάνομεν μίαν μαγνητικὴν βελόνην καὶ τὴν ἀφήνομεν νὰ ισορροπήσῃ. 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 ἔνα εὐθύγραμμον ἀγωγὸν AB, παράλληλον πρὸς τὸν διαμήκη ἄξονά της, καὶ διαβιάζομεν εἰς τὸν ἀγωγὸν ἡλεκτρικὸν ρεῦμα. Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἀποκλίνει κατὰ μίαν ώρισμένην γωνίαν (σχ. 191).

'Εάν αὖτις οὐδὲν κατόπιν τὴν ἔντασιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸν ἀγωγόν, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἀπόκλισις τῆς βελόνης αὐξάνεται καὶ ὅταν ἡ ἔντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος αὐξηθῇ ἀκόμη περισσότερον, ἡ ἀπόκλισις πλησιάζει τὰς 90°, δηλαδὴ ἡ βελόνη τείνει νὰ διαταχθῇ καθέτως πρὸς τὸν ἀγωγόν.



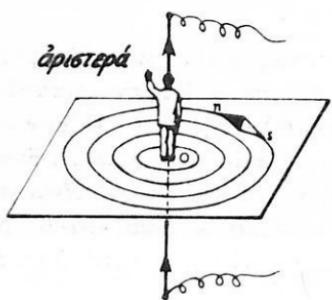
'Ο Ερστετ ἐκτελεῖ τὸ ιστορικὸν πείραμά του.



Σχ. 191. Πείραμα τοῦ Ερστετ. "Οταν διέλθῃ ρεῦμα, ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἀποκλίνει.



Σχ. 192. Κανών του παρατηρητού του 'Αμπέρ.



Σχ. 193. Μαγνητικὸν πεδίον ἐνὸς εὐθυγράμμου ἀγωγοῦ.

σπείρει ρινίσματα σιδήρου. Ἐνας χάλκινος ἀγωγὸς διαπερᾶ καθέτως τὸ χαρτόνιον (σχ. 193) Διοχετεύομεν εἰς τὸν ἀγωγὸν ἡλεκτρικὸν ρεῦμα μεγάλης ἐντάσεως (6 - 10 Α περίπου) καὶ κτυπῶμεν ἐλαφρῶς τὸ χαρτόνιον οὕτως, ὥστε νὰ διευκολύνωμεν τὸν προσανατολισμὸν τῶν ρινίσμάτων. Διαπιστώνομεν τότε ὅτι τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου διατάσσονται κατὰ μῆκος συγκεντρικῶν κύκλων μὲ κέντρον τὸ σημεῖον Ο, εἰς τὸ ὅποιον ὁ ἀγωγὸς διαπερᾶ τὸ χαρτόνιον. Τὰ ρινίσματα δηλαδὴ τοῦ σιδήρου ὑλοποιοῦν τὰς μαγνητικὰς δυναμικὰς γραμμάς.

Κατόπιν τοποθετοῦμεν μίαν μικρὰν μαγνητικὴν βελόνην κατὰ μῆκος μᾶς γραμμῆς ρινίσμάτων. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι ὁ διαμήκης ἄξων τῆς μαγνητικῆς βελόνης ἔχει τὴν διεύθυνσιν τῆς ἐφαπτομένης εἰς τὴν γραμμὴν τῶν ρινίσμάτων. 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 εὑρίσκεται μὲ τὸν ἀκόλουθον κανόνα τοῦ 'Αμπέρ:

'Ο βόρειος πόλος (Ν) μιᾶς μαγνητικῆς βελόνης ἀποκλίνει πρὸς τὰ ἀριστερὰ τοῦ παρατηρητοῦ, ὁ ὅποιος εἶναι τοποθετημένος ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ, εἰς τρόπον ὥστε τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα νὰ τὸν διαρρέῃ ἀπὸ τοὺς πόδας πρὸς τὴν κεφαλὴν (σχ. 192).

§ 199. Μελέτη τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ παραγομένου περὶ ἔνα εὐθύγραμμον ἀγωγόν. Πειραματικά. Λαμβάνομεν ἔνα χαρτόνιον, τοποθετημένον ὅριζοντις εἰς τὴν ἐπάνω δύνιν τοῦ ὅποιου ἔχομεν δια-

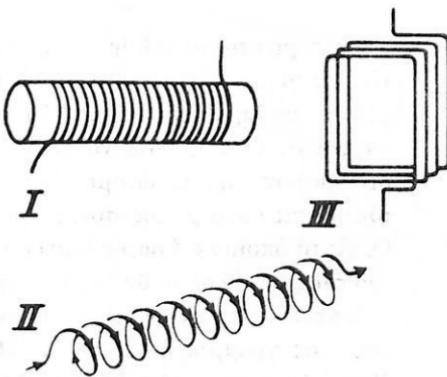
Ἐὰν χρησιμοποιήσωμεν τὸν κανόνα τοῦ Ἀμπέρ, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἀριστερὰ χεὶρ τοῦ παρατηρητοῦ μᾶς δίδει τὴν φοράν, κατὰ τὴν ὥποιαν διαγράφονται αἱ μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαί. Ἐὰν ἀλλάξωμεν τὴν φορὰν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ διεύθυνσις τῆς μαγνητικῆς βελόνης παραμένει ἡ ίδια, ἡ φορά της ὅμως ἀντιστρέφεται. "Ωστε :

Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ ὄποιον διαρρέει ἔνα εὐθύγραμμον ἀγωγόν, δημιουργεῖ περὶ αὐτὸν μαγνητικὸν πεδίον, τὸ ὄποιον εἶναι κάθετον ἐπὶ τὸν ἀγωγόν. Αἱ μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι συγκεντρικοὶ κύκλοι. Ἡ φορὰ κατὰ τὴν ὥποιαν διαγράφονται ἀντιστρέφεται ὅταν τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἀλλάζῃ φοράν.

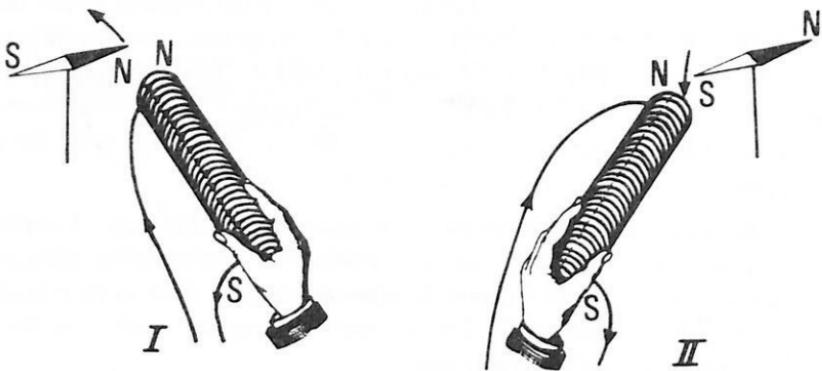
§ 200. Σωληνοειδές. Τὸ σωληνοειδὲς εἶναι μία εἰδικὴ μορφὴ ἀγωγοῦ, ὁ ὄποιος κατασκευάζεται ἐὰν περιελίξωμεν ἐλικοειδῶς μὲ ἀγωγὸν σύρμα τὴν ἐπιφάνειαν ἐνὸς κυλίνδρου (σχ. 194, I). Ἐὰν τὸ σύρμα παρουσιάζῃ ἀρκετὴν ἀκαμψίαν, μετά ἀπὸ τὴν περιέλιξιν δυνάμεθα νὰ ἀπομακρύνωμεν τὸν κύλινδρον. Ἐὰν τὸ ἀγωγὸν σύρμα εἶναι γυμνόν, αἱ σπεῖραι δὲν πρέπει νὰ ἐφάπτωνται, διότι θὰ δημιουργηθῇ βραχυκύκλωμα (σχ. 194, II) καὶ τὸ σωληνοειδὲς θὰ καταστραφῇ ὅταν διέλθῃ ρεῦμα.

Διὰ νὰ ἔξοικονομήσωμεν χῶρον καὶ διὰ μεγαλυτέραν ἀσφάλειαν, κατὰ τὴν κατασκευὴν ἐνὸς σωληνοειδοῦς, χρησιμοποιοῦμεν μονωμένον σύρμα. Τότε πλέον δυνάμεθα νὰ περιελίξωμεν διαδοχικῶς τὸ σύρμα εἰς ἀλλεπαλλήλους στρώσεις.

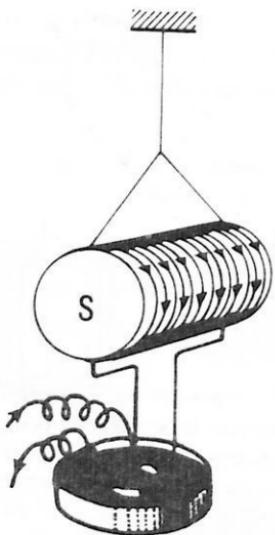
Τὸ μῆκος ἐνὸς σωληνοειδοῦς εἶναι μεγάλον ἐν σχέσει πρὸς τὴν διάμετρον τοῦ κυλίνδρου, εἰς τὸν ὄποιον περιελίσσεται τὸ ἀγωγὸν σύρμα. Ἀντι-



Σχ. 194. Σωληνοειδές : (I) μὲ πυρῆνα καὶ (II) χωρὶς πυρῆνα. (III) Πλαίσιον.



Σχ. 195. Τὸ σωληνοειδές, τὸ ὅποιον διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα, παρουσιάζει νότιον καὶ βόρειον πόλον εἰς τὰ ἄκρα του.



Σχ. 196. Ἐνα σωληνοειδές, τὸ ὅποιον διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα, προσανατολίζεται εἰς τὸ μαγνητικὸν πεδίον τῆς Γῆς.

Θέτως ἔνα ἐπίπεδον πλαίσιον ἔχει πολὺ μικρὸν μῆκος. Ἡ διατομὴ τοῦ ἐπιπέδου πλαισίου είναι συνήθως τετραγωνικὴ (σχ. 194, III).

Πείραμα. Διοχετεύομεν ἡλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς ἔνα σωληνοειδές καὶ πλησιάζομεν τῷ διατομῇ τοῦ ἐπιπέδου πλαισίου εἰς τὴν μίαν ἀπὸ τὰς ἄκρας του τὸν βόρειον πόλον N μιᾶς μαγνητικῆς βελόνης. Παρατηροῦμεν τότε ἡ ὅτι βελόνη ἀπωθεῖται βιαίως (σχ. 195, I).

Ἀντιθέτως ἐὰν πλησιάσωμεν εἰς τὴν ἕιδεν 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 φορὰν ὁ βόρειος πόλος N τῆς μαγνητικῆς βελόνης ἔλκεται ἐνῶ ὁ νότιος πόλος S ἀπωθεῖται. Ἀπὸ τὸ ἀνωτέρω πείραμα συμπεραίνομεν ὅτι :

"Ενα σωληνοειδές, όταν διαρρέεται άπό ηλεκτρικὸν ρεύμα, συμπεριφέρεται ώς ένας ραβδόμορφος μαγνήτης.

Πείραμα. Έξαρτώμεν ενα σωληνοειδές διένος μεταξωτοῦ νήματος. Τύ δύο ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ σύρματος ἐφάπτονται ἐλεφρῶς εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ θυραργύρου, ὁ ὅποιος εὑρίσκεται ἐντὸς δύο συγκεντρικῶν αὐλακίων (σχ. 196). Κλείομεν τὸν διακόπην καὶ παρατηροῦμεν ὅτι τὸ σωληνοειδές περιστρέφεται περὶ τὸ νῆμα καὶ σταθεροποιεῖται εἰς τὴν διεύθυνσιν Βορρᾶς - Νότος.

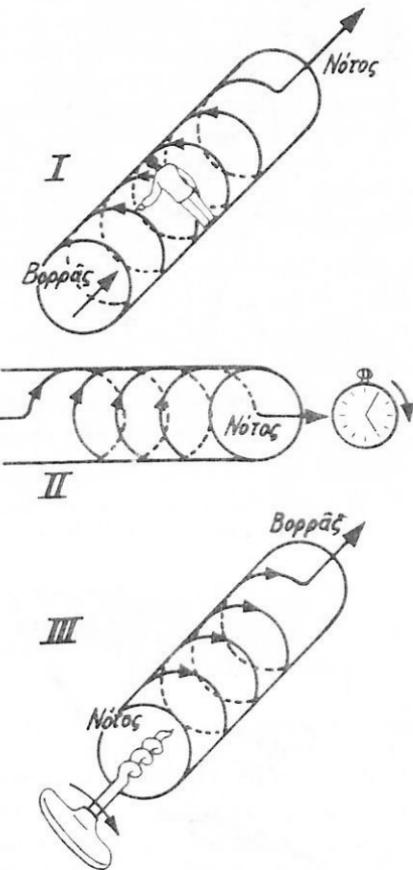
Ἐὰν τώρα ἀναστρέψωμεν τὴν φορὰν τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος, παρατηροῦμεν ὅτι τὸ σωληνοειδές στρέφεται κατὰ γωνίαν 180°.

"Ωστε :

Τὸ σωληνοειδὲς προσανατολίζεται δῆπος καὶ οἱ μαγνῆται ἐντὸς τοῦ γηίνου μαγνητικοῦ πεδίου.

§ 201. Ἀναγνώρισις τοῦ βορείου καὶ τοῦ νοτίου πόλου ἐνὸς σωληνοειδοῦς. Ο καθορισμὸς τῶν πόλων ἐνὸς σωληνοειδοῦς δύναται νὰ γίνῃ μὲ τὸν κανόνα τοῦ Ἀμπέρ. Ο παρατηρητὴς πρέπει νὰ είναι ἔξαπλωμένος εἰς μίαν σπεῖραν καὶ νὰ βλέπῃ πρὸς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ σωληνοειδοῦς, τὸ δὲ ρεῦμα νὰ εἰσέρχεται ἀπὸ τοὺς πόδας του καὶ νὰ ἔξερχεται ἀπὸ τὴν κεφαλήν του (σχ. 197, I). Τότε ο βόρειος πόλος εὐρίσκεται ἀριστερά του.

"Ἐπίσης διὰ τὸν καθορισμὸν τοῦ βορείου καὶ νοτίου πόλου τοῦ σωληνοειδοῦς



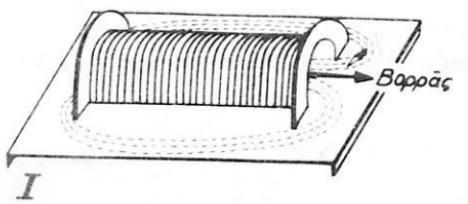
Σχ. 197. Διὰ τὴν ἀναγνώρισιν τῆς βορείου καὶ νοτίου σημείου ἐνὸς σωληνοειδοῦς, τὸ ὅποιον διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα : (I) μὲ τὸν κανόνα τοῦ παρατηρητοῦ τοῦ Ἀμπέρ (II) μὲ τὸ ωρολόγιον, (III) μὲ τὸν κανόνα τοῦ ἐκπωματιστοῦ.

χρησιμοποιεῖται πολλάς φοράς ένα ώρολόγιον. Ό νότιος πόλος είναι δι πόλος πρός τὸν ὁποῖον κινεῖται τὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα, ὅταν τὸ βλέπωμεν νὰ ἔχῃ φοράν τὴν αὐτὴν μὲ τὴν φοράν τῶν δεικτῶν τοῦ ώρολογίου (σχ. 197, II).

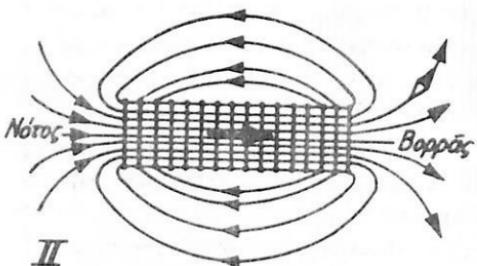
Δυνάμεθα ἀκόμη νὰ χρησιμοποιήσωμεν τὸν κανόνα τοῦ ἐκπωματιστοῦ (σχ. 193, III), δι ὁποῖος είναι δι ἀκόλουθος. Ή νοτία δψις ἐνὸς σωληνοειδοῦς είναι ἡ δψις ἐκείνη ἔμπροσθεν τῆς ὁποίας πρέπει νὰ τοποθετήσωμεν ένα ἐκπωματιστήν, δι ὁποῖος, ὅταν περιστρέφεται κατὰ τὴν φοράν τοῦ ρεύματος, νὰ κοχλιοῦται κατὰ τὴν φοράν τῶν δυναμικῶν γραμμῶν.

Σ 202. Μαγνητικόν φάσμα ἐνὸς σωληνοειδοῦς. Τὸ μαγνητικὸν φάσμα ἐνὸς σωληνοειδοῦς λαμβάνεται κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον μὲ τὸν ὁποῖον ἐλάβομεν τὸ μαγνητικὸν φάσμα τοῦ ραβδοφόρου μαγνήτου.

Πείραμα. Λαμβάνομεν ένα τεμάχιον χαρτονίου καὶ κατασκευάζομεν ένα σωληνοειδὲς οὔτως, ὥστε αἱ σπεῖραι τοῦ νὰ διαπερνοῦν τὸ χαρτόνιον (σχ. 198, I). Εἰς τὴν ἐπάνω δψιν τοῦ χαρτονίου διασκορπίζομεν ρινίσματα σιδήρου καὶ διοχετεύομεν ἡλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς τὸ σωληνοειδές. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου διατάσσονται κατὰ μῆκος ώρισμένων γραμμῶν, αἱ ὁποῖαι ὄμοιάζουν μὲ τὰς μαγνητικὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ ραβδομόρφου μαγνήτου.



I



II

Σχ. 198. Ή μικρὰ μαγνητικὴ βελόνη δεικνύει τὴν φοράν τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν (I). Δυναμικὰ μαγνητικὰ γραμμαὶ εἰς τὸν ἔξω καὶ εἰς τὸν μέσα χῶρον ἐνὸς σωληνοειδοῦς (II).

Αἱ μαγνητικαὶ δηλαδὴ δυναμικαὶ γραμμαὶ ἐξέρχονται ἀπὸ τὴν βορείαν δψιν, κατόπιν καμπυλώνονται καὶ εἰσέρχονται εἰς τὴν νοτίαν δψιν τοῦ σωληνοειδοῦς. Εἶναι κλεισταὶ γραμμαὶ καὶ εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ σωληνοειδοῦς γίνονται εὐθεῖαι παράλληλοι μεταξὺ τῶν, μὲ φοράν ἀπὸ τὸν νότιον πρὸς τὸν βόρειον πόλον (σχ. 198, II καὶ 199).

Έαν τώρα μετακινήσωμεν μίαν μικράν μαγνητικήν βελόνην εἰς τὸ μαγνητικὸν πεδίον ἐνὸς σωληνοειδοῦς, διαπιστώνομεν διτὶ ὁ διαμήκης ἄξων αὐτῆς λαμβάνει πάντοτε τὴν διεύθυνσιν τῆς ἐφαπτομένης τῶν δυναμικῶν γραμμῶν. Εἰς τὸ ἑσωτερικὸν δὲ τοῦ σωληνοειδοῦς ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἔχει διεύθυνσιν παράλληλον πρὸς τὸν ἄξονά του.

“Ωστε :

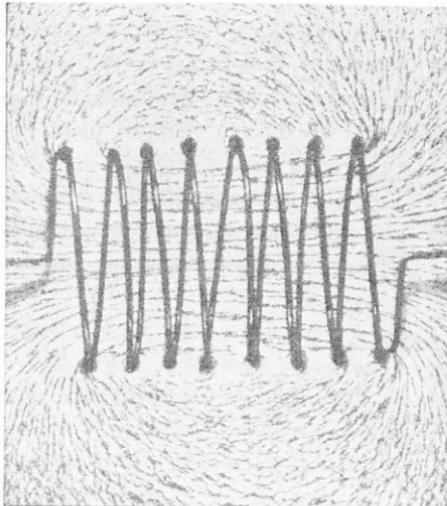
“Ἐνα σωληνοειδές, τὸ ὅποιον διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, συμπεριφέρεται ὡς μαγνήτης μὲ πόλους τὰ δύο ἄκρα του.

Η πολικότης τοῦ σωληνοειδοῦς ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φορὰν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα δημιουργεῖ περὶ τὸν ἀγωγὸν τὸν ὅποιον διαρρέει, ἔνα μαγνητικὸν πεδίον, τὸ ὅποιον προκαλεῖ ἀπόκλισιν εἰς μίαν μαγνητικὴν βελόνην. Ο βόρειος πόλος αὐτῆς τῆς μαγνητικῆς βελόνης ἀποκλίνει πρὸς τὰ ἀριστερὰ ἐνὸς παρατηρητοῦ, ὁ ὅποιος εἶναι ἔξαπλωμένος ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ καὶ βλέπει τὴν μαγνητικὴν βελόνην κάτω ἀπὸ τὸν ἀγωγόν, ἐνῷ τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα εἰσέρχεται ἀπὸ τοὺς πόδας καὶ ἔξερχεται ἀπὸ τὴν κεφαλὴν του (κανὼν τοῦ Ἀμπέρ).

2. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ ὅποιον διαρρέει ἔνα εὐθύγραμμον ἀγωγόν, δημιουργεῖ περὶ αὐτὸν μαγνητικὸν πεδίον, κάθετον ἐπὶ τὸν ἀγωγόν. Αἱ μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι συγκεντρικοὶ κύκλοι. Η φορὰ κατὰ τὴν ὅποιαν διαγράφονται, ὀρίζεται ἀπὸ τὸν παρατηρητὴν τοῦ Ἀμπέρ. Συγκεκριμένως δὲ ὅταν ὁ



Σχ. 199. Μαγνητικὸν φάσμα σωληνοειδοῦς.

παρατηρητής τοῦ Ἀμπέρ παρακολουθῇ ἔνα σημεῖον, ἡ δυναμικὴ γραμμὴ ἡ ὁποίᾳ διέρχεται ἀπὸ αὐτὸ τὸ σημεῖον ἔχει φορὰν πρὸς τὰ ἄριστερὰ τοῦ παρατηρητοῦ.

Αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ ἀλλάζουν φορὰν ὅταν ἀναστρέψωμεν τὴν φορὰν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

3. Τὸ σωληνοειδές, ὅταν διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, συμπεριφέρεται ὡς μαγνήτης. Ἐμφανίζει μίαν βορείαν καὶ μίαν νοτίαν ὄψιν καὶ προσανατολίζεται κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ γηίνου μαγνητικοῦ πεδίου.

4. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ ὁποῖον διαρρέει ἔνα σωληνοειδές, δημιουργεῖ περὶ αὐτὸ μαγνητικὸν πεδίον, τὸ ὁποῖον ὅταν ὑλοποιῆται δίδει ἔνα μαγνητικὸν φάσμα ὅμοιον μὲ τὸ φάσμα τῶν ραβδομόρφων μαγνήτων. Ἡ πολικότης τοῦ σωληνοειδοῦς ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φορὰν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

5. Διὰ νὰ καθορίσωμεν τὴν βόρειον καὶ νότιον ὄψιν ἐνὸς σωληνοειδοῦς, χρησιμοποιοῦμεν συνήθως τὸν κανόνα τοῦ Ἀμπέρ.

ΛΗ' — Η ΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΑΙ

§ 203. Γενικότητες. Ἀρχὴ τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου. Εἰς προηγούμενα μαθήματα εἴχομεν ἀναφέρει ὅτι, ὅταν ἔνα τεμάχιον μαλακοῦ σιδήρου τοποθετηθῇ εἰς τὸ μαγνητικὸν πεδίον ἐνὸς μαγνήτου, μαγνητίζεται προσκαίρως. "Οταν δηλαδὴ ἀπομακρύνωμεν τὸ τεμάχιον τοῦ μαλακοῦ σιδήρου ἀπὸ τὸ μαγνητικὸν πεδίον, ὁ μαλακὸς σιδηρος παύει νὰ είναι μαγνήτης. Γνωρίζομεν ἐπίσης ὅτι ἔνα σωληνοειδές, ὅταν διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, ἴσοδυναμεῖ μὲ μαγνήτην καὶ δημιουργεῖ ἔνα μαγνητικὸν πεδίον, ὅμοιον μὲ ἐκείνῳ τοῦ ραβδομόρφου μαγνήτου. Τὰς δύο αὐτὰς κεχωρισμένας διαπιστώσεις τὰς ἐκμεταλλευόμεθα διὰ νὰ κατασκευάσωμεν τοὺς ἡλεκτρομαγνήτας.

'Ο ἡλεκτρομαγνήτης ἀποτελεῖται ἀπὸ ἔνα σωληνοειδές, τὸ ὁποῖον περιέχει ἔνα πυρήνα ἀπὸ μαλακὸν σιδηρον, κυλινδρικοῦ συνήθως σχήματος.

Πείραμα. Διαβιβάζομεν ἡλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς τὸ σωληνοειδές, ὅπότε ὁ πυρήνην τοῦ μαλακοῦ σιδήρου μαγνητίζεται καὶ ἀποκτᾷ τὴν ἰκανότητα νὰ ἔλκῃ τὰ ρινίσματα τοῦ μαλακοῦ σιδήρου (σχ. 200).

Έάν πλησιάσωμεν διαδοχικῶς μίαν μαγνητικήν βελόνην εἰς τὰ δύο ἄκρα τοῦ πυρῆνος, διαπιστώνομεν ὅτι ὁ πυρὴν παρουσιάζει ἔνα βόρειον καὶ ἔνα νότιον μαγνητικὸν πόλον.

Έάν ἀλλάξωμεν τὴν φορὰν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ή πολικότης τοῦ πυρῆνος ἀντιστρέφεται.

Διακόπτομεν τὸ κύκλωμα, ὅπότε παρατηροῦμεν ὅτι τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου καταπίπτουν ἀμέσως Ὁ πυρὴν ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον ἀποβάλλει ἀμέσως τὴν μαγνήτισιν του.

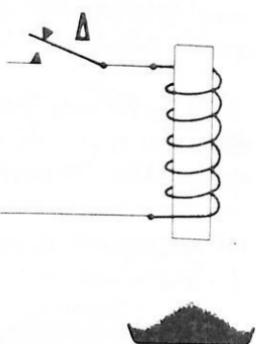
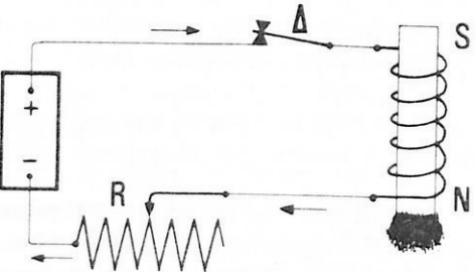
Είναι δυνατὸν πολλὰς φοράς νά παραμείνουν προσκεκολλημένα εἰς τὸν πυρῆνα μερικά ρινίσματα σιδήρου. Αὐτὸ δόφείλεται εἰς τὸ ὅ πυρὴν δὲν ἀποτελεῖται ἀπὸ τελείως καθαρὸν σίδηρον, ἀλλὰ περιέχει καὶ προσμίξεις χάλυβος. "Ωστε :

Ο ἡλεκτρομαγνήτης είναι ἔνας πρόσκαιρος μαγνήτης, ὁ ὅποιος ἀποτελεῖται ἀπὸ ἔνα σωληνοειδές, περιέχον ἔνα πυρῆνα ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον.

Η διέγερσις τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου προκαλεῖται ἀπὸ τὴν διέλευσιν ἡλεκτρικοῦ ρεύματος διὰ μέσου τοῦ σωληνοειδοῦς.

Ο ἡλεκτρομαγνήτης παρουσιάζει δύο πόλους καὶ ἡ πολικότης του ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φορὰν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

Πείραμα. Διοχετεύομεν ἡλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς τὸ σωληνοειδὲς (σχ. 200) καὶ μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ ροοστάτου R αὐξάνομεν προοδευτικῶς τὴν ἔντασιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Παρατηροῦμεν τότε



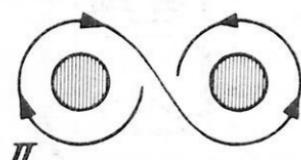
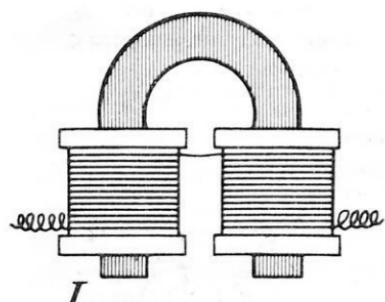
Σχ. 200. Ἡλεκτρομαγνήτης (ἀρχή).

ὅτι καὶ ἡ ποσότης τῶν ρινισμάτων τοῦ σιδήρου, τὰ ὅποια ἔλκονται ἀπὸ τὸν πυρῆνα, αὐξάνεται. Ὡστε :

Ἡ μαγνήτισις πυρῆνος ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον αὐξάνεται, ὅταν αὐξάνεται ἡ ἔντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

Συνεχίζομεν τὴν αὐξησιν τῆς ἐντάσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος τὸ ὅποιον διαρρέει τὸ σωληνοειδές, ὅποτε παρατηροῦμεν ὅτι ἀπὸ μίαν ώρισμένην τιμὴν τῆς ἐντάσεως καὶ πέραν, ἡ ποσότης τῶν ρινισμάτων τὰ ὅποια ἔλκει ὁ πυρῆνα παύει νὰ αὐξάνεται. Συμπεραίνομεν τότε ὅτι αὐτὴ ἡ μαγνήτισις τοῦ μαλακοῦ σιδήρου εἶναι ἡ μεγίστη δύνατη, ὅποτε λέγομεν ὅτι ἔχομεν ἐπιτύχει μαγνητικὸν κόρον. Ὡστε :

Ἡ μαγνήτισις πυρῆνος ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον αὐξάνεται, καθὼς αὐξάνεται ἡ ἔντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον διαρρέει τὸ σωληνοειδές. ቙ μαγνήτισις αὐτὴ δὲν δύναται νὰ ὑπερβῇ ἕνα ώρισμένον ὄριον (μαγνητικὸς κόρος), ὅσον καὶ ἂν αὐξήσωμεν τὴν ἔντασιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.



Σχ. 201. Πεταλοειδῆς ἡλεκτρομαγνήτης.

§ 204. Διάφορα εἰδη ἡλεκτρομαγνητῶν. Ὁ ἡλεκτρομαγνήτης τὸν ὅποιον ἔχρησιμοποιήσαμεν εἰς τὴν ἀνάπτυξιν τῆς προηγουμένης παραγράφου, ἦτο ἐπιμήκης καὶ ραβδόμορφος. Συνήθως ὅμως χρησιμοποιοῦμεν καὶ πεταλοειδεῖς ἡλεκτρομαγνήτας (σχ. 201). Εἰς αὐτὸν τὸ εἶδος τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου οἱ δύο πόλοι εὑρίσκονται πολὺ πλησίον ἀλλήλων, μὲ ἀποτέλεσμα ἡ ἔλξις νὰ εἶναι πολὺ ἴσχυρά.

Ἐκαστον σκέλος τοῦ πεταλοειδοῦς πυρῆνος φέρει μίαν περιέλιξιν. Αἱ περιελίξεις τῶν δύο σκελῶν πρέπει νὰ γίνωνται κατὰ ἀντιθέτους φοράς (σχ. 201, II) οὕτως, ὅστε τὰ ἔλευθερα ἄκρα τοῦ πυρῆνος νὰ εἶναι ἔτερώνυμοι μαγνητικοὶ πόλοι.

Μία ράβδος ή πλάκη άπό μαλακὸν σίδηρον, ἡ ὅποια ὀνομάζεται ὄπλισμός, ἔλκεται ἀπὸ τὸ σύστημα τῶν δύο πόλων, ὅταν τὸ σωληνοειδὲς διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα καὶ ἀποχωρίζεται ὅταν διακοπῇ ἡ παροχὴ τοῦ ρεύματος.

§ 205. Ἐφαρμογαὶ τῶν ἡλεκτρομαγνητῶν. Αἱ ἐφαρμογαὶ τῶν ἡλεκτρομαγνητῶν εἰναι πολλαὶ καὶ ποικίλαι. Αἱ συσκευαὶ αἱ ὅποιαι κατασκευάζονται μὲ βάσιν τὴν ἀρχὴν τῶν ἡλεκτρομαγνητῶν δύνανται νὰ παράγουν ισχυρὰ μαγνητικὰ πεδία καὶ νὰ χρησιμοποιηθοῦν ὡς ἀνυψωτικαὶ διατάξεις. Ἐξ ἄλλου τὴν ἔλξιν τοῦ ὄπλισμοῦ τὴν ἐκμεταλλευόμεθα εἰς μίαν μεγάλην ποικιλίαν συσκευῶν καὶ κυρίως εἰς τὰς συσκευάς αὐτοματοποιήσεως.

α) Παραγωγὴ μαγνητικῶν πεδίων. Οἱ ἡλεκτρομαγνῆται χρησιμοποιοῦνται πολὺ περισσότερον ἀπὸ τοὺς μονίμους μαγνήτας, διότι ἐπιτρέπουν τὴν πραγματοποίησιν ισχυρῶν μαγνητικῶν πεδίων. Δι’ αὐτὸ εύρισκουν ἐφαρμογὰς εἰς τὰ διάφορα ἔργαστήρια ἐρευνῶν, εἰς τοὺς δυναμοκινητῆρας, εἰς τὰς γεννητρίας ἐναλλασσομένου ρεύματος, κλπ.

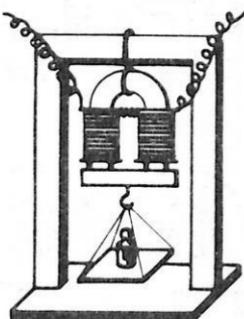
β) Ἀνυψωτικαὶ διατάξεις. Πείραμα. Διοχετεύομεν ἡλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς τὸ σπείραμα ἐνὸς πεταλοειδοῦς ἡλεκτρομαγνήτου, δ ὅποιος εἰναι στερεωμένος εἰς ἔνα πλαίσιον, ἐνῷ δ ὄπλισμός του βαστάζει ἔνα δίσκον μὲ φορτία (σχ. 202). Φορτίζομεν διαδοχικῶς τὸν δίσκον μὲ φορτία μεγαλυτέρου συνεχῶς βάρους, μέχρις ὅτου δ ὄπλισμός ἀποχωρισθῇ ἀπὸ τὸν ἡλεκτρομαγνήτην.

Αὐξάνομεν προοδευτικῶς τὴν ἔντυσιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ δόποιον διαρρέει τὸν ἡλεκτρομαγνήτην. Παρατηροῦμεν τότε διτὶ ἡ φέρουσα δύναμις, δηλαδὴ ἡ ἐλκτικὴ ἱκανότης, αὐξάνεται μέχρι μιᾶς ὥρισμένης τιμῆς. Ἡ μεγίστη φέρουσα δύναμις ἀντιστοιχεῖ εἰς τὸν μαγνητικὸν κόρον.

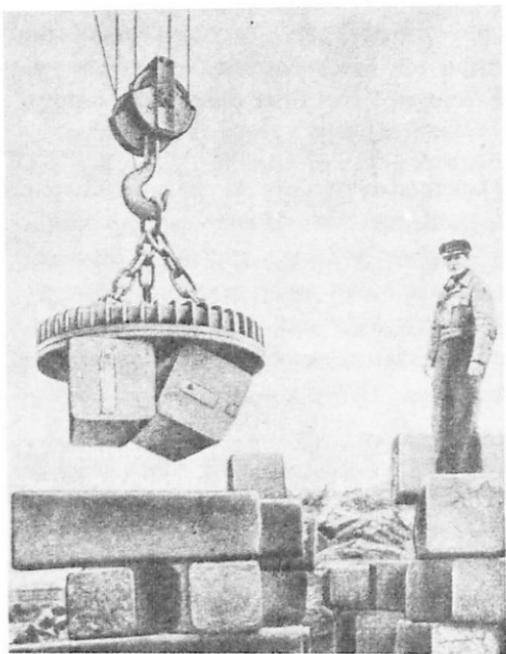
Τὴν φέρουσαν δύναμιν ἡλεκτρομαγνήτου δυνάμεθα ἐπίσης νὰ αὐξήσωμεν, ἐάν πολλὰ πλαστικάσωμεν τὸν ἀριθμὸν τῶν περιελέξεων τοῦ σωληνοειδοῦς.

Ἐφαρμογὴν τῶν ἀνώτερω ἀποτελοῦν αἱ συσκευαὶ ἀνυψώσεως, δπως ὁ ἡλεκτρομαγνητικὸς γερανός (σχ. 203), αἵτινες χρησιμοποιοῦνται διά τὴν ἀνύψωσιν καὶ μεταφορὰν βαρέων σιδηρῶν καὶ χαλυβδίνων ἀντικειμένων.

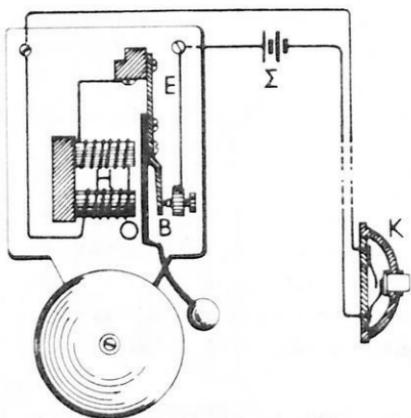
γ) Συσκευαὶ χρησιμοποιοῦσαι τὴν μετατόπισιν τοῦ ὄπλισμοῦ. Ἡ στιγμαία μετατόπισις τοῦ ὄπλισμοῦ ἐνὸς ἡλεκτρομαγνήτου, ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν



Σχ. 202. Φέρουσα δύναμις ἡλεκτρομαγνήτου.



Σχ. 203. Ήλεκτρομαγνητικός γερανός με φέρουσαν δύναμιν 2 500 kp.



Σχ. 204. Ήλεκτρικός κώδων.

τοῦ ήλεκτρικοῦ ρεύματος, μᾶς ἐπιτρέπει νά ἐνεργοποιήσωμεν διαφόρους μηχανισμούς. Αὐτή ή διάταξις παρουσιάζει τὸ πλευρέκτημα διτού δύναται νά ἐλεγχθῇ ἀπό μακράν μὲ ἀπλᾶς συνδέσεις ἀγωγῶν συμμάτων. Οὐτως δὲ ηλεκτρομαγνήτης ἀποτελεῖ τὴν βάσιν τῆς λειτουργίας ἐνδὸς μεγάλου ἀριθμοῦ συσκευῶν διποιῶν αἱ ἀκόλουθοι.

1) Ήλεκτρικός κώδων.

Ἐνας ηλεκτρικός κώδων (σχ. 204) ἀποτελεῖται ἀπό ἕναν ηλεκτρομαγνήτην H, τοῦ ὅποιου δὲ ὀπλισμὸς O, ἀπό μαλακὸν σιδηρον, εἶναι στερεωμένος ἐπὶ ἑνὸς ἔλαστικοῦ χαλυβδίνου ἔλασματος EB. Τὸ ἔλασμα αὐτὸ στηρίζεται μὲ τὴν μιὰν ἄκρην του εἰς τὴν βάσιν τῆς συσκευῆς. Ὄταν πιέζωμεν τὸ κομβίον K, τὸ κύκλωμα κλείει καὶ τὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα διαρρέει τὸν ηλεκτρομαγνήτην, μὲ ἀποτέλεσμα νά ἔλεγκται ὁ ὀπλισμὸς καὶ τὸ σφυρίον του νά κτυπᾷ τὸν κώδωνα. Συγχρόνως τὸ ἄκρον B τοῦ ἔλασματος ἀποχωρίζεται ἀπό τὸν κοχλίαν, εἰς τὸν ὅποιον ἐφάπτεται καὶ τὸ κύκλωμα διακόπτεται. Τὴν ἔλξιν σταματᾷ καὶ τὸ ἔλαστικὸν χαλυβδίνον ἔλασμα ἐπαναφέρει τὸν ὀπλισμὸν εἰς τὴν ἀρχικὴν υπὸ θέσιν, ὅποτε ἐπανακλείει τὸ κύκλωμα καὶ τὸ φαινόμενον ἐπαναλαμβανεται.

2) Τηλέγραφος.

Ο τηλέγραφος ἐπιτρέπει μὲ τὴν χρήσιν τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος τὴν ἀποστολὴν σημάτων εἰς μεγάλας ἀποστάσεις. Ο σταθμὸς ἐκπομπῆς περιλαμβάνει μιὰν γεννήτριαν συνεχοῦς ρεύματος Σ (ηλεκτρικαὶ στήλαι, συσσω-

ρευταὶ) καὶ ἔνα χειριστήριον Χ (σχ. 205). Ὁ σταθμός λήψεως ἀποτελεῖται ἀπὸ τὸν ἔναν ἡλεκτρομαγνήτην, τοῦ διοίον δὲ ὁ ὀπλισμός εἶναι μία μικρά πλάξ, Ο, στερεωμένη εἰς ἔνα κινητὸν μοχλόν. Ἐνα κατάλληλον ἐλατήριον διατηρεῖ τὸν ὀπλισμὸν μακράν ἀπὸ τὸν πυρῆνα τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου.

Οταν πιέζωμεν τὸ χειριστήριον, ἡ πλάξ (όπλισμός) ἔλκεται, ἡ ἄκρη Γ τοῦ μοχλοῦ ἀνυψώνεται καὶ ἡ γραφίς, ἡ ὁποία εἶναι στερεωμένη, χαράσσει γραμμάς εἰς μίαν ταινίαν ἀπὸ χάρτην. Ἡ ταινία αὐτὴ παρασύρεται εἰς μίαν σταθεράν συνεχῆ κίνησιν μὲ τὴν βοηθείαν ἐνὸς ώρολόγιακοῦ μηχανισμοῦ.

Εὖθυνς ώς παύσωμεν νά πιέζωμεν τὸ χειριστήριον ἡ πλάξ παύει νά ἔλκεται, τὸ ἐλατήριον τὴν ἀπομακρύνει ἀπὸ τὸν πυρῆνα τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου καὶ ἡ γραφίς παύει νά ἐφάπτεται εἰς τὴν χαρτίνην ταινίαν. Τὸ μῆκος τῆς γραμμῆς τὸ ὁποίον χαράσσει ἡ γραφίς ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὸν χρόνον κατὰ τὸν ὁποίον ἐπιέζομεν τὸ χειριστήριον. Μία πολὺ σύντομος ἐπαφὴ ἀποδίδει μίαν βραχείαν στιγμήν (τελεία) ἐνῷ μία διά μεγάλύτερον χρονικὸν διάστημα ἐπαφή, μίαν μακράν στιγμήν (γραμμή). Τὰ διάφορα γράμματα τοῦ ἀλφαβήτου μεταδίδονται μὲ συνδυασμούς βραχειῶν καὶ μακρῶν στιγμῶν (Μορσικὸν ἀλφάβητον).

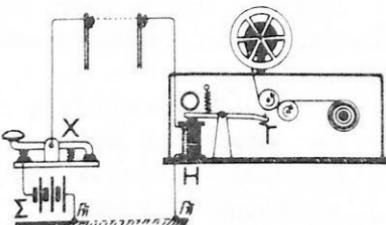
Αὐτὸ τὸ ὑπόδειγμα τοῦ τηλεγράφου ἔχει ἀντικατασταθῆ σήμερον ἀπὸ πολυπλόκους συσκευάς, αἱ ὁποῖαι ἀποδίδουν τὰ γράμματα εἰς τὴν ταινίαν ἀπ' εὐθείας μὲ τυπογραφικούς χαρακτήρας, ἀντὶ τῶν γραμμῶν καὶ τελειῶν. Πάντως ἡ ἀρχὴ παραμένει ἡ ίδια.

Ἄλλαι χρήσεις τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου. Οἱ ἡλεκτρομαγνῆται χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν μετάδοσιν τῶν σημάτων εἰς τὰ σιδηροδρομικά δίκτυα, εἰς τὰ ἡλεκτρικά ώρολόγια, εἰς τοὺς ἡλεκτρονόμους (ρελαῖ), εἰς τὰ τηλεφωνικά ἀκουστικά, κλπ.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Ὁ ἡλεκτρομαγνήτης εἶναι ἔνας πρόσκαιρος μαγνήτης ὁ ὁποῖος ἀποτελεῖται ἀπὸ ἔνα σωληνοειδές, τὸ ὁποίον περικλείει ἔνα πυρῆνα ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον. Ἡ μαγνήτισις τοῦ μαλακοῦ σιδήρου ὀφείλεται εἰς τὸ μαγνητικὸν πεδίον, τὸ ὁποῖον δημιουργεῖται ἀπὸ τὴν διέλευσιν ἡλεκτρικοῦ ρεύματος μέσα ἀπὸ τὸ σωληνοειδές.

2. Ἡ μαγνήτισις ἐνὸς ἡλεκτρομαγνήτου αὐξάνεται μὲ τὴν αὔξησιν τῆς ἐντάσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, μέχρις ἐνὸς



Σχ. 205. Μονόπλευρος τηλεγραφική ἀνταπόκρισις.

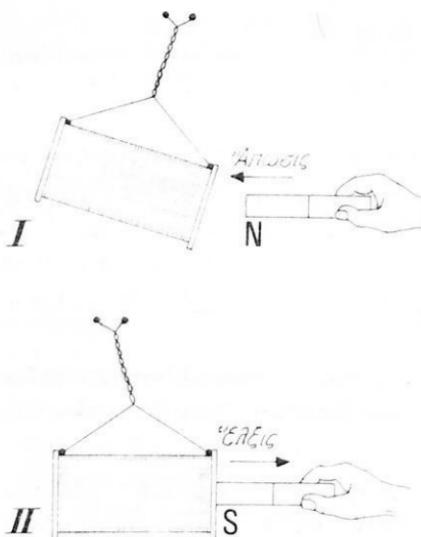
ώρισμένου σημείου. Πέραν μιᾶς ώρισμένης τιμῆς τῆς ἐντάσεως, ή μαγνήτισις παραμένει σταθερά, όπότε έχομεν ἐπιτύχει μαγνητικὸν κόρον.

3. Ὁ ἡλεκτρομαγνήτης παρουσιάζει δύο μαγνητικοὺς πόλους, Βόρειον καὶ Νότιον. Η πολικότης τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου ἀντιστρέφεται, ὅταν ἀντιστρέψωμεν τὴν φορὰν τῆς διελεύσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

4. Ἐφαρμογαὶ τῆς χρήσεως τῶν ἡλεκτρομαγνητῶν ἀποτελοῦν ὁ ἡλεκτρικὸς κώδων, ὁ τηλέγραφος, αἱ ἀνυψωτικαὶ διατάξεις, κ.λ.π.

Μ' — ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΙΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ

§ 206. Δρᾶσις ἐνὸς μαγνήτου ἐπὶ ἐνὸς σωληνοειδοῦς. Λαμβάνομεν ἔνα σωληνοειδὲς, τὸ ὥποιον ἐξαρτῶμεν ἀπὸ δύο σταθερὰ σημεῖα μὲ δύο εὔκαμπτα ἀγωγὰ σύρματα. Διοχετεύομεν ἡλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς τὸ σωληνοειδὲς καὶ πλησιάζομεν τὸν ἔνα πόλον ἐνὸς μαγνήτου εἰς τὴν μίαν ὅψιν τοῦ σωληνοειδοῦς.



Σχ. 206. Τὸ ἐξηρτημένον σωληνοειδὲς ἀπωθεῖται ἢ ἐλκεταῖ ἀπὸ τὸν μαγνήτην.

Παρατηροῦμεν τότε ὅτι τὸ σωληνοειδὲς ἢ ἐλκεταῖ ἢ ἀπωθεῖται ἀπὸ τὸν μαγνήτην (σχ. 206). Η ἐλξις ἢ ἡ ἀπωσις αὐτὴ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ εἶδος τοῦ πόλου τοῦ μαγνήτου τὸ ὥποιον πλησιάζομεν.

Ἀντιστρέφομεν τὴν φορὰν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος εἰς τὸ σωληνοειδὲς, ὅπότε παρατηροῦμεν ὅτι ἡ μετατόπισις τοῦ σωληνοειδοῦς εἶναι ἀντιθέτου φορᾶς ἀπὸ τὴν προηγουμένην.
Ωστε :

Όταν ένα σωληνοειδές, διαρρέομενον από ήλεκτρικὸν ρεῦμα, εύρισκεται πλησίον μιᾶς μαγνητισμένης ράβδου, μετατοπίζεται ὅπως ένας κινητὸς μαγνήτης.

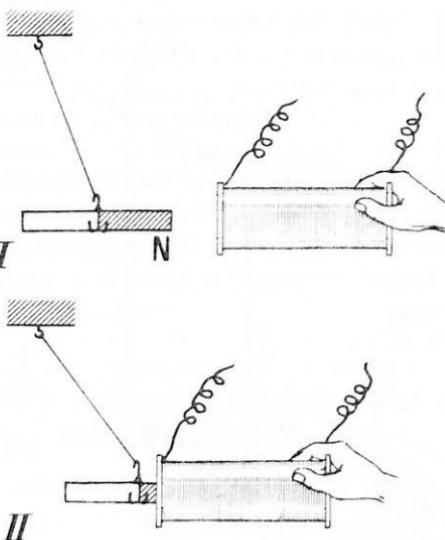
§ 207. Δρᾶσις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ἐπὶ ἐνὸς μαγνήτου. Πείραμα. Λαμβάνομεν

ένα ραβδόμορφον μαγνήτην, ὁ ὅποῖος εἶναι ἔξηρτημένος ἀπὸ ένα σταθερὸν σημεῖον μὲ λεπτὸν καὶ εὔκαμπτον νῆμα (σχ. 207, I), ὅποτε, ὅπως γνωρίζομεν, διατάσσεται κατὰ τὴν διεύθυνσιν Βορρᾶς - Νότος, καὶ πλησιάζομεν εἰς τὸν βόρειον πόλον του τὴν νοτίαν δψιν ἐνὸς σωληνοειδοῦς. Ο μαγνήτης προσανατολίζεται τότε παραλλήλως πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ σωληνοειδοῦς καὶ ἔλκεται ἀσθενῶς.

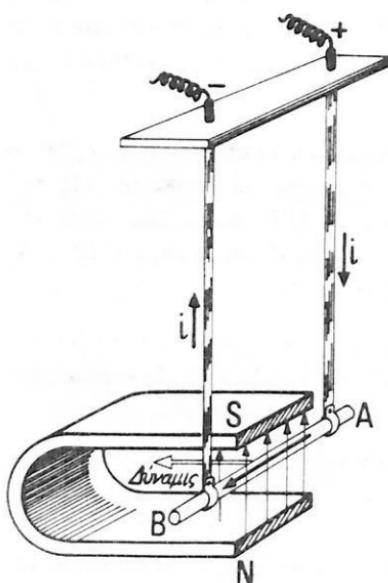
Ἐάν πλησιάσωμεν ἀκόμη περισσότερον τὸ σωληνοειδές, ὁ μαγνήτης ἔλκεται ἵσχυρῶς καὶ εἰσέρχεται εἰς τὴν κοιλότητα τοῦ σωληνοειδοῦς (σχ. 207, II). ᘾάν κατόπιν περιστρέψωμεν τὸ σωληνοειδές κατὰ 180° ἢ ἄντιτστρέψωμεν τὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα, τότε ὁ νότιος πόλος τοῦ μαγνήτου ἔλκεται καὶ εἰσέρχεται εἰς τὴν κοιλότητα τῆς βορείας δψεως τοῦ σωληνοειδοῦς. "Ωστε :

"Ἐνα σωληνοειδές, τὸ ὅποιον διαρρέεται ἀπὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα, ἐπιδρᾶ εἰς μίαν κινητὴν μαγνητισμένην ράβδον, ὅπως θὰ ἐπέδρα ἔνας μόνιμος μαγνήτης.

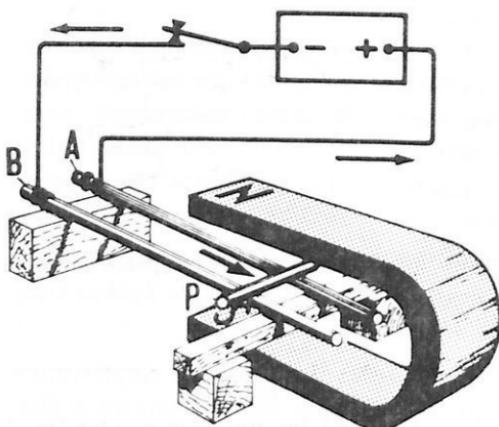
§ 208. Ἡλεκτρομαγνητικὴ δύναμις. Πείραμα 1. Λαμβάνομεν ἕνα πεταλοειδῆ μαγνήτην καὶ τὸν διατάσσομεν ὅπως δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 208. "Ἐνα πλαίσιον ἀπὸ χάλκινον εὔκαμπτον ἀγωγὸν σύρμα τοποθετεῖται οὕτως, ὥστε ὁ κλάδος AB νὰ εἶναι κάθετος εἰς τὰς μαγνητικὰς γραμμάς.



Σχ. 207. Τὸ σωληνοειδὲς ἔλκει τὸν μαγνήτην.



Σχ. 208. "Ενας ρευματοφόρος άγωγός έντος ένδος μαγνητικού πεδίου ύφισταται δυνάμεις.



Σχ. 209. Μετατόπισις ένδος στοιχείου ήλεκτρικού ρεύματος υπό τής δράσεως μιᾶς ήλεκτρομαγνητικῆς δυνάμεως.

Διοχετεύομεν ήλεκτρικὸν ρεῦμα, ὅπότε παρατηροῦμεν ὅτι τὸ πλαισίον ἀποκλίνει καὶ ἔλκεται πρὸς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ μαγνήτου.

Ἐπαναλαμβάνομεν τὸ πείραμά μας ἀντιστρέφοντες τὴν πολικότητα τοῦ μαγνήτου. Τὸ πλαισίον ἀπωθεῖται τώρα πρὸς τὸ ἐξωτερικὸν τοῦ μαγνήτου. Ἀν ἀντιστρέψωμεν τὴν φορὰν τοῦ ήλεκτρικοῦ ρεύματος, ἀφήνοντες τὸν μαγνήτην μὲ τὸν βόρειον μαγνητικὸν πόλον πρὸς τὰ ἐπάνω, θὰ διαπιστώσωμεν ὅτι τὸ πλαισίον ἀποκλίνει καὶ ἔλκεται πάλιν πρὸς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ μαγνήτου.

Πείραμα 2. Τοποθετοῦμεν ἔνα πεταλοειδῆ μαγνήτην μεταξὺ δύο ἀγώγιμων ὁρίζοντίων σιδηροτρο-

χιῶν Α καὶ Β, ἐπάνω εἰς τὰς ὁποίας δύναται νὰ δοι- σθήσῃ μία ἀγώγιμος ἐλα- φρὰ ράβδος Ρ. Αὕτη ἡ ρά- βδος ἀποτελεῖ ἔνα στοιχ- εῖον ήλεκτρικοῦ φεύγματος (σχ. 209). Κλείσομεν τὸν διακόπτην καὶ ρυθμίζομεν τὴν ἔντασιν τοῦ ήλεκτρι- κοῦ ρεύματος εἰς μίαν με- γάλην τιμὴν (π.χ. εἰς τὰ 6 Α). Παρατηροῦμεν τότε ὅτι ἡ ράβδος Ρ μετατοπίζεται εἰς τὰς σιδηροτροχιὰς παραλλήλως πρὸς ἔαυτήν.

Ἀντιστρέφομεν κατό- πιν τὴν φορὰν τοῦ ήλε-

κτρικοῦ ρεύματος, όπότε ἡ ράβδος μετακινεῖται ἀντιθέτως.

Ἐὰν ἐν συνεχείᾳ ἀντιστρέψωμεν τὴν πολικότητα τοῦ μαγνήτου οὕτως, ὥστε ὁ νότιος μαγνητικὸς πόλος νὰ εἰναι πρὸς τὰ ἐπάνω, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι αἱ μετατοπίσεις τῆς ράβδου εἰναι ἀντίθετοι ἀπὸ ὅτι τὴν προηγουμένην φοράν.

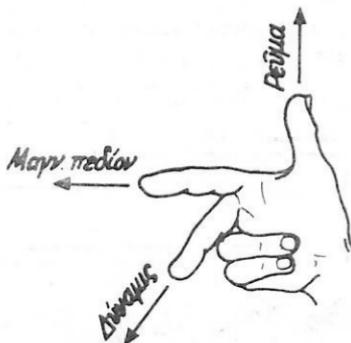
”Ωστε :

Ἐὰν ἔνας ἀγωγός, ὁ ὅποιος διαρρέεται ἀπὸ λεκτρικὸν ρεῦμα, τοποθετηθῇ εἰς τὸ μαγνητικὸν πεδίον ἐνὸς μαγνήτου, ὑπόκειται εἰς τὴν δρᾶσιν μιᾶς ἡλεκτρομαγνητικῆς δυνάμεως. Ἡ φορὰ τῆς δυνάμεως αὐτῆς ἔξαρταται ἀπὸ τὴν φοράν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος καὶ ἀπὸ τὴν φοράν τῶν μαγνητικῶν δυναμικῶν γραμμῶν.

§ 209. Καθορισμὸς τῆς φορᾶς τῆς μετατοπίσεως. Δι’ αὐτὸν τὸν σκοπόν, διὰ τὸν καθορισμὸν δηλαδὴ τῆς φορᾶς τῆς ἡλεκτρομαγνητικῆς δυνάμεως, χρησιμοποιοῦμεν τοὺς ἀκολούθους δύο κανόνας.

α) **Κανὼν τοῦ Ἀμπέρ.** Ἐὰν ἔνας παρατηρητὴς εὑρίσκεται ἔξαπλωμένος ἐπάνω εἰς τὸν ἀγωγὸν καὶ βλέπει κατὰ τὴν φορὰν τῶν μαγνητικῶν δυναμικῶν γραμμῶν, τὸ δὲ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα εἰσέρχεται ἀπὸ τοὺς πόδας του καὶ ἔξέρχεται ἀπὸ τὴν κεφαλήν του, τότε ἡ δύναμις ἔχει φοράν πρὸς τὰ ἀριστερά του.

β) **Κανὼν τῆς δεξιάς χειρός.** Ο-ταν ὁ ἀντίχειρ τῆς δεξιᾶς χειρός ἔχει τὴν διεύθυνσιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος καὶ ὁ δείκτης τὴν διεύθυνσιν τῶν μαγνητικῶν δυναμικῶν γραμμῶν (μαγνητικὸν πεδίον), τότε ὁ μέσος, ἢν διαταχθῇ καθέτως πρὸς τοὺς ἄλλους δύο, ἀποδίδει τὴν φοράν τῆς μετατοπίσεως, δηλαδὴ τῆς ἡλεκτρομαγνητικῆς δυνάμεως (σχ. 210).



Σχ. 210. Ὁ κανὼν τῆς δεξιᾶς χειρός.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. ”Οταν πλησίον ἐνὸς ἔξηρτημένου διὰ νήματος σωληνοειδοῦς, τὸ ὅποιον διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, τοποθετηθῇ

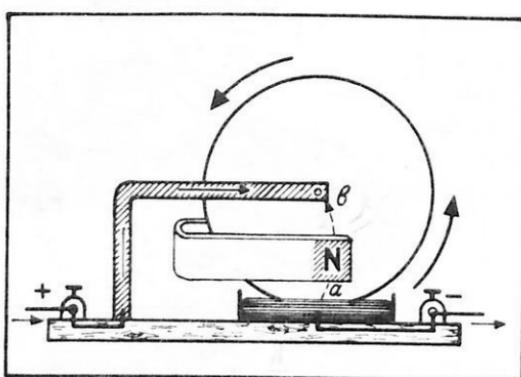
ένας μαγνήτης, τὸ σωληνοειδὲς μετατοπίζεται καὶ συμπεριφέρεται ως μαγνήτης.

2. Ἐνα σωληνοειδές, τὸ ὅποιον διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, ἐπιδρᾶ εἰς τὴν κινητὴν μαγνητισμένην ράβδον κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον, μὲ τὸν ὅποιον θὰ ἐπέδρα καὶ ένας ραβδόμορφος μαγνήτης.

ΜΑ' — ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

§ 210. Τροχὸς τοῦ Μπάρλοου. (Barlow). Λαμβάνομεν ἔνα συμπαγῆ χάλκινον δίσκον, τοποθετημένον εἰς τὸ διάκενον ἐνὸς μονίμου πεταλοειδοῦς μαγνήτου. Ὁ δίσκος αὐτὸς δύναται νὰ στρέψεται περὶ διριζόντιον ἕξονα, διερχόμενον ἀπὸ τὸ κέντρον του β., καὶ εἶναι δλίγον βυθισμένος εἰς τὸν ὑδράργυρον μιᾶς λεκάνης. Ὁ ὑδράργυρος χρησιμοποιεῖται ως ἀγωγός, διὰ νὰ ἐπιτρέψῃ εἰς τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα νὰ κυκλοφορήσῃ, ὥσπερ δεικνύεται εἰς τὸ σχ. 211.

Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα αἱ ὅταν διέρχεται ἀπὸ τὸ μαγνητικὸν πεδίον, ὑπόκειται εἰς τὴν δρᾶσιν μιᾶς ἡλεκτρομαγνητικῆς δυνάμεως F . Ἡ δύναμις αὕτη, ἐπειδὴ δὲν διέρχεται ἀπὸ τὸν ἕξονα περιστροφῆς β., ἔχει μίαν ροπὴν ως πρὸς αὐτὸν καὶ οὕτως ὁ τροχὸς παρασύρεται εἰς περιστροφικὴν κίνησιν. Ἡ φορὰ τῆς δυνάμεως F καθορίζεται μὲ τὸν κανόνα τῆς δεξιᾶς χειρός.



Σχ. 211. Τροχὸς τοῦ Μπάρλοου.

Ἐὰν στερεώσωμεν μίαν τροχαλίαν εἰς τὸν ἕξονα β., τότε, ἐξ αἰτίας τῆς περιστροφῆς τοῦ τροχοῦ, δυνάμεθα νὰ ἀνυψώσωμεν ἔνα φορτίον, δηλαδὴ δυνάμεθα νὰ παράγωμεν μηχανικὸν ἔργον. "Ωστε :

Χρησιμοποιοῦντες καταλλήλως τὸ μαγνητικὸν πεδίον, δυνάμεθα

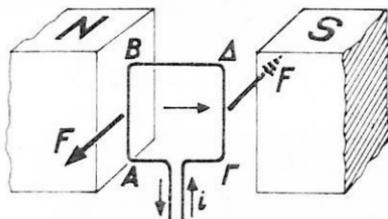
ἀπὸ τὴν ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν νὰ παράγωμεν μηχανικὸν ἔργον. Μία παρομοία διάταξις ἀποτελεῖ τὴν ἀρχὴν τῶν ἡλεκτρικῶν κινητήρων.

§ 211. Ἀπλοὶ ἡλεκτρικοὶ κινητῆρες συνεχοῦς ρεύματος. Οἱ ἡλεκτρικοὶ κινητῆρες βασίζονται εἰς τὴν ἀρχὴν τῆς προηγουμένης παραγράφου, μὲ μόνην τὴν διαφοράν ὅτι ὁ ἀγωγὸς ἔχει σχῆμα πλαισίου (σχ. 212.)

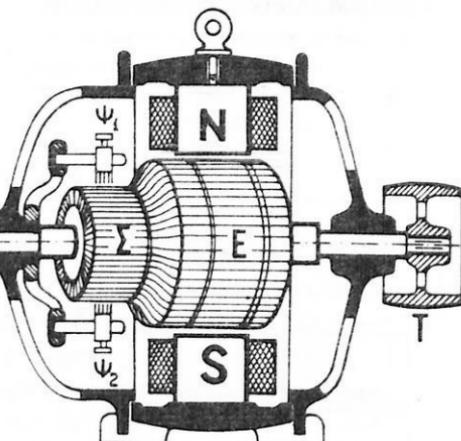
Τὸ πλαισίον διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα καὶ εὑρίσκεται μέσα εἰς τὸ μαγνητικὸν πεδίον ἐνὸς μονίμου μαγνήτου. Καθὼς γνωρίσωμεν, εἰς τὰς πλευρὰς ΑΒ καὶ ΓΔ τοῦ πλαισίου ἀσκοῦνται δύο δυνάμεις τοῦ ιδίου μέτρου F ἀλλὰ ἀντιθέτου φορᾶς. Εἰς τὸ πλαισίον συνεπὸς ἀσκεῖται ἔνα ζεῦγος δυνάμεων, ἡ ροπὴ τοῦ ὁποίου, ὡς πρός τὸν ἄξονα τοῦ πλαισίου, παρασύρει τὸ πλαισίον εἰς περιστροφικὴν κίνησιν.

Εἰς τὴν Τεχνικὴν ἀντὶ ἐνὸς πλαισίου χρησιμοποιοῦμεν πολλὰ πλαισία, καταλλήλως περιεληγμένα καὶ μεμονωμένα μεταξύ των.

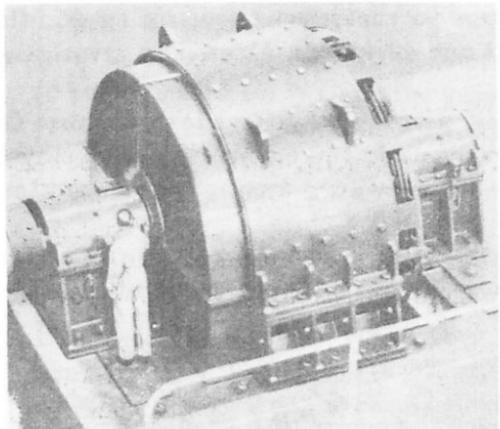
Ἐνας ἡλεκτρικὸς κινητὴρ βιομηχανικῆς χρήσεως περιλαμβάνει ἔνα ἡλεκτρομαγνήτην (σχ. 213.), ὁ ὁποῖος ἀποτελεῖ τὸ ἀκίνητον μέρος τοῦ κινητῆρος, δύναμαζόμενον στάτωρ, καὶ τὸ σύστημα τῶν πλαισίων Ε δύο μετά τοῦ ἄξονος περιστροφῆς, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ τὸ κινητὸν μέρος τοῦ κινητῆρος, δύναμαζόμενον φύτωρ.



Σχ. 212. Ἀρχὴ τῆς λειτουργίας ἐνὸς ἡλεκτρικοῦ κινητῆρος.



Σχ. 213. Σχεδιάγραμμα ἐνὸς κινητῆρος συνεχοῦς ρεύματος.



Σχ. 213 α. Έξωτερικόν ήλεκτρικού κινητήρου
ισχύος 4 200 Ch.



Σχ. 213 β. Έπιγραφή με τά χαρακτηριστικά στοιχεία ενός ήλεκτροκινητήρος. (1/25 Ch, 3 500 στρ./min, 0 - 7 Ampère, 110 Volt).

Είς έκαστον κινητήρα ύπαρχει μία μικρά πλάξ, έπάνω εἰς τὴν όποιαν είναι ἀναγεγραμμένα διάφορα στοιχεῖα, σχετιζόμενα μὲ τὴν λειτουργίαν τοῦ κινητήρος (σχ. 213, β.).

§ 212. Ισχύς τῶν ήλεκτρικῶν κινητήρων. Οἱ ήλεκτροκινητῆρες, ἀναλόγως πρὸς τὸν προορισμὸν τῶν, κατασκευάζονται μὲ διαφόρους τιμᾶς ισχύων. Οὕτω, π.χ., μία ήλεκτρικὴ

ξυριστικὴ μηχανὴ ἔχει ισχὺν 50 Watt, ἕνας συνηθισμένος ἀνεμιστήρ 100 Watt, μία ήλεκτροκίνητος ραπτομηχανὴ 100 Watt ἐπίσης, κλπ.

Εἰς τὰ διάφορα ἐργαστήρια καὶ μηχανουργεῖα χρησιμοποιοῦνται κινητῆρες ισχύος 3 ἕως 20 Ch, ἐνῶ εἰς τὰ ήλεκτροκίνητα σιδηροδρομικὰ δίκτυα λειτουργοῦν κινητῆρες μὲ ισχὺν πολλῶν χιλιάδων ἵππων.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Αἱ ήλεκτρομαγνητικαὶ δυνάμεις ἔχουν τὴν ίκανότητα νὰ παράγουν μηχανικὸν ἔργον. Αὐτὴν τὴν ιδιότητα ἐκμεταλλεύομεθα εἰς τὴν κατασκευὴν τῶν ήλεκτρικῶν κινητήρων.

2. Οἱ ήλεκτρικοὶ κινητῆρες οἵτινες χρησιμοποιοῦνται εἰς συσκευὰς οἰκιακῆς χρήσεως ἔχουν μικρὰν ισχύν, τῆς τάξεως τῶν 100 Watt. Εἰς τὰ ἐργοστάσια, εἰς τὰ μηχανουργεῖα καὶ εἰς τὰ ἐργαστήρια χρησιμοποιοῦνται κινητῆρες ισχύος μερικῶν ἀτμοῖππων.

V. ΟΠΤΙΚΗ

ΜΒ' — ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΟΣ ΔΙΑΔΟΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

§ 213. Φῶς. Εἰς ἔνα σκοτεινὸν δωμάτιον φέρομεν ἔνα ἀνημένον κηρίον ὅπότε βλέπομεν τὰ ἀντικείμενα τοῦ δωματίου, τὸ χρῆμα καὶ τὸ σχῆμα των. Τὸ αἴτιον, τὸ ὅποιον ἐπέδρασεν εἰς τὸν δφθαλμόν μας καὶ μᾶς ἔκαμε νά ἴδωμεν, ὀνομάζεται φῶς.

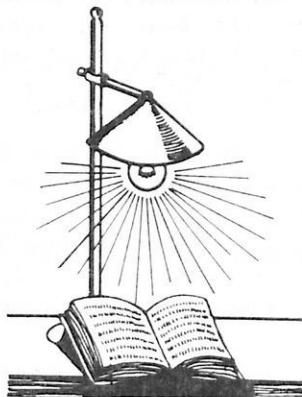
§ 214. Φωνεινὰ πηγαί. Τὰ σώματα τὰ ὅποια, ὥστε ὁ Ἡλιος, ἡ φύλοξ ἐνὸς κηρίου, τὸ διάπυρον σύρμα ἐνὸς ἡλεκτρικοῦ λαμπτήρος, κλπ., φωτοβιόλον, ὀνομάζονται αὐτόφωτα σώματα ἢ φωνεινὰ πηγαί.

Τὰ σώματα τὰ ὅποια, ὡς ἡ Σελήνη, ὁ πίναξ τῆς τάξεως, τὰ βιβλία ἢ τὰ διάφορα ἀντικείμενα τοῦ δωματίου, κλπ., δὲν φωτοβιόλον αὐτὰ τὰ ἴδια ἀλλὰ γίνονται ὄρατὰ ὅταν ἐπαναστέλλονται τὸ φῶς, τὸ ὅποιον λαμβάνουν ἀπὸ φωνεινὰς πηγάς, λέγονται ἑτερόφωτα σώματα (σχ. 214).

§ 215. Διαφανῆ, ἡμιδιαφανῆ καὶ σκιερὰ σώματα. Σώματα ὥστε ἡ ὕαλος, ὁ ἄηρ, τὸ ὕδωρ εἰς μικρὸν πάχος, μᾶς ἐπιτρέπουν νά βλέψωμεν τὰ ἀντικείμενα, τὰ ὅποια εύρισκονται ὅπισθεν αὐτῶν. Αὐτὸ συμβαίνει διότι ἐπιτρέπουν εἰς τὸ φῶς νά διέρχεται μέσα ἀπὸ τὴν μᾶζαν των. Τὰ σώματα αὐτὰ λέγονται διαφανῆ σώματα.

Ἡ γαλακτόχρους ὕαλος ἐπιτρέπει εἰς τὸ φῶς νά διέλθῃ μέσα ἀπὸ τὴν μᾶζαν της, χωρὶς δόμως νά δύναται νά διακρίνη κανεὶς εὐδιακρίτως τὰ ἀντικείμενα τὰ ὅποια εύρισκονται ὅπισθεν αὐτῆς. Ἡ γαλακτόχρους ὕαλος εἶναι ἡμιδιαφανὲς σῶμα.

Ο τοῖχος τοῦ δωματίου μας, ὁ χάρτης, τὸ ξύλον καὶ ἄλλα σώματα, δὲν



Σχ. 214. Ὁ ἡλεκτρικὸς λαμπτήρος, ὅταν φωτίζῃ, εἶναι φωνεινὴ πηγὴ. Τὸ βιβλίον εἶναι ἑτερόφωτον σῶμα.



Σχ. 215. Ή σκιά δημιουργεῖται εἰς τὰ μὴ φωτιζόμενα τμήματα τοῦ χώρου.

έπιτρέπουν νὰ ἴδωμεν τὰ ἀντικείμενα τὰ ὅποια εύρισκονται ὥπισθεν αὐτῶν, διότι δὲν ἔπιτρέπουν εἰς τὸ φῶς νὰ διέλθῃ μέσα ἀπὸ τὴν μᾶζαν των. Τὰ σώματα αὐτὰ ὀνομάζονται ἀδιαφανῆ ή σκιερὰ σώματα.

§ 216. Σκιά. Ο χῶρος ὁ ὅποιος εύρισκεται ὥπισθεν - τῶν - σκιερῶν σωμάτων καὶ δὲν φωτίζεται, μᾶς παρουσιάζεται σκοτεινὸς ἐν σχέσει πρὸς τὸν φωτιζόμενον χῶρον. Ο χῶρος αὐτὸς ὀνομάζεται **σκιά** (σχ. 215).

“Ωστε :

Ή σκιὰ δημιουργεῖται ὥπισθεν ἐνὸς ἀδιαφανοῦς σώματος, τὸ ὅποιον φωτίζεται.

§ 217. Διάδοσις τοῦ φωτός. Εἰς τὸν ἥχον ἐμάθομεν ὅτι διὰ τὴν διάδοσίν του ἀπαιτεῖται πάντοτε ἔνα ὄλικόν, στερεόν, ὑγρὸν ή ἀέριον. Απὸ τὴν θερμότητα γνωρίζομεν ὅτι αὕτη δὲν χρειάζεται ὄλικὸν σῶμα διὰ τὴν διάδοσίν της. Τί θὰ συμβαίνῃ ἅραγε μὲ τὸ φῶς ;

α) Πείραμα. Μὲ μίαν ἀεραντλίαν ἀφαιροῦμεν τὸ ἀέρα ἐνὸς ύδρινου σωλῆνος. Παρατηροῦμεν ὅτι ὁ σωλὴν παραμένει διαφανῆς ὥπως καὶ πρότερον. Τὸ φῶς τοῦ Ἡλίου καὶ τῶν ἀστρών ἔρχεται ἀπὸ τὸ Διάστημα εἰς τὴν Γῆν, καὶ διαπερᾶ τὸν κενὸν χῶρον. “Ωστε :

Τὸ φῶς δὲν χρειάζεται ὄλικὸν μέσον διὰ τὴν διάδοσίν του.

β) Ἐνας λαμπτήρ, ὁ ὅποιος φωτοβολεῖ εἰς τὸ μέσον ἐνὸς δωματίου, φαίνεται ἀπὸ ὅλας τὰς πλευράς του καὶ φωτίζει ὅλους τοὺς τοίχους. Τὸ φῶς τοῦ Ἡλίου κάμει νὰ φαίνωνται οἱ πλανῆται, ή Σελήνη καὶ οἱ τεχνητοὶ δορυφόροι κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον, ἀνεξαρτήτως ἀπὸ τὴν θέσιν εἰς τὴν ὅποιαν εύρισκονται ώς πρὸς τὸν Ἡλιον. “Ωστε :

Τὸ φῶς διαδίδεται πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον.

γ) Έάν τοποθετήσωμεν ἐπάνω εἰς μίαν τράπεζαν ἕνα ἀνημμένον κηρίον καὶ λάβωμεν τρία διαφράγματα, τὰ ὁποῖα νὰ ἔχουν ἑκαστον μίαν ὀπὴν εἰς τὸ ὑψος τῆς φλογὸς τοῦ κηρίου (σχ. 216) καὶ τοποθετήσωμεν τὸν ὄφθαλμόν μας εἰς κατάλληλον θέσιν, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ φλόξ τοῦ κηρίου φαίνεται, μόνον εἰς τὴν περίπτωσιν κατὰ τὴν ὁποίαν αἱ τρεῖς ὀπαί, ἡ φλόξ καὶ ὁ ὄφθαλμός εὑρίσκονται εἰς εὐθεῖαν γραμμήν.

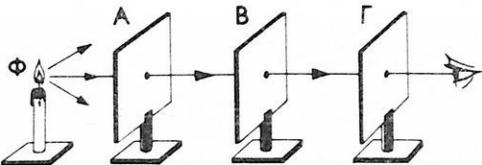
Ωστε :

Τὸ φῶς διαδίδεται εὐθυγράμμως.

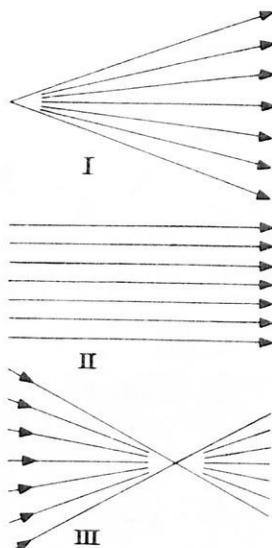
δ) Έάν εἰς ἕνα σκοτεινὸν δωμάτιον εἰσέλθῃ φῶς τοῦ Ἡλίου ἀπὸ ἕνα ἄνοιγμα, παρατηροῦμεν μίαν παράλληλον φωτεινὴν δέσμην. Ἄν τὸ ἄνοιγμα εἶναι μικρόν, π.χ. μία ὀπὴ μὲ διáμετρον 1 mm, ἡ δέσμη παρουσιάζεται λεπτή. Τοιαῦται λεπταὶ φωτειναὶ δέσμαι ὀνομάζονται εἰς τὴν Φυσικὴν φωτειναὶ ἀκτῖνες.

Οταν αἱ ἀκτῖνες μιᾶς φωτεινῆς δέσμης κατευθύνωνται εἰς ἕνα σημεῖον, ἡ δέσμη ὀνομάζεται συγκλίνουσα (σχ. 217, III). Ἀντιθέτως ὅταν αἱ ἀκτῖνες μιᾶς δέσμης, ὡφοῦ συγκεντρωθοῦν εἰς ἕνα σημεῖον, ἀπομακρύνωνται ἡ μία ἀπὸ τὴν ἄλλην, ἡ δέσμη ὀνομάζεται ἀποκλίνουσα (σχ. 217, I).

Οταν ἡ φωτεινὴ πηγὴ ἔχῃ μικρὰς διαστάσεις καὶ δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς φωτεινὸν σημεῖον, ἡ σκιὰ τῶν σωμάτων εἶναι δμοιόμορφος. Οταν ὅμως ἡ φωτεινὴ πηγὴ

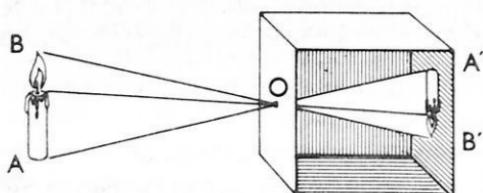


Σχ. 216. Ὅταν αἱ τρεῖς ὀπαὶ εὑρίσκονται εἰς τὴν ἴδιαν εὐθεῖαν μὲ τὴν φωτεινὴν πηγὴν καὶ τὸν ὄφθαλμόν μας, βλέπομεν τὸ φῶς τοῦ κηρίου.

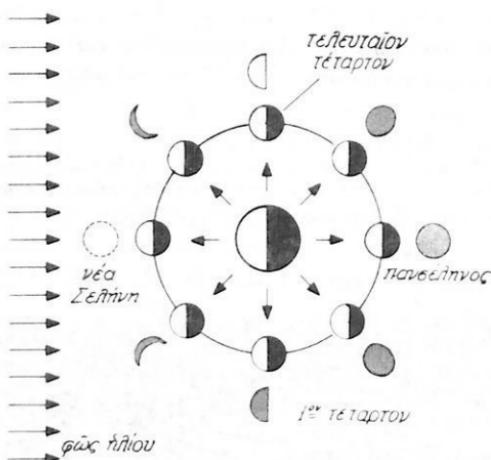


Σχ. 217. Φωτειναὶ δέσμαι. (I) Ἀποκλίνουσα, (II) παράλληλος καὶ (III) συγκλίνουσα.

έχη μεγάλας σχετικῶς διαστάσεις, ἡ σκιὰ δὲν εἶναι ὁμοιόμορφος. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτῆν τὸ μέρος τῆς σκιᾶς τὸ ὅποιον περιβάλλει τὴν κεντρικὴν σκιὰν καὶ εἶναι διλιγώτερον ἔντονον ἀπὸ αὐτῆν, ὀνομάζεται παρασκιά. Ἡ παρασκιά δὲν φωτίζεται ἀπὸ ὅλας τὰς περιοχὰς τῆς φωτεινῆς πηγῆς, ἀλλὰ μόνον ἀπὸ ὧρισμένας.



Σχ. 218. Σκοτεινὸς θάλαμος.



Σχ. 219. Αἱ φάσεις τῆς Σελήνης.

τῆς Σελήνης.α) Ἡ Σελήνη εἰς τὸ διάστημα περίπου ἐνός μηνὸς παρουσιάζεται μὲ διαφορετικάς μορφάς, τὰς ὅποιας ὀνομάζομεν συνήθως φάσεις τῆς Σελήνης.

Ἡ ἡμίσεια σεληνιακὴ σφαῖρα, ἡτις εἶναι πάντοτε ἐστραμμένη πρὸς τὸν Ήλιον,

§ 218. Ἀποτελέσματα τῆς εύθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός. 1) Σκοτεινὸς θάλαμος. Ὁ σκοτεινὸς θάλαμος στηρίζεται εἰς τὴν εὐθύγραμμον διάδοσιν τοῦ φωτός. Ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕνα κλειστὸν ἀδιαφανές κιβώτιον, τὸ ὅποιον ἔχει εἰς τὸ κέντρον μιᾶς ἔδρας του μίαν μικράν ὄπην. Τὰ ἀντικείμενα, τὰ ὅποια εὑρίσκονται ἐμπρόσθεν τῆς ὄπης, ἀπεικονίζονται εἰς τὴν ἀπέναντι ἀπὸ αὐτῆν ἔδραν ἀνεστραμμένα (σχ. 218).

Ἐφαρμογὴν τοῦ σκοτεινοῦ θαλάμου ἔχομεν εἰς τὴν φωτογραφικὴν μηχανὴν. Εἰς τὴν θέσιν τῆς ὄπης ὑπάρχει φακὸς καὶ εἰς τὴν ἀπέναντι ἔδραν τοποθετεῖται ἡ φωτογραφικὴ πλάξ.

2) Σκιὰ καὶ παρασκιά.

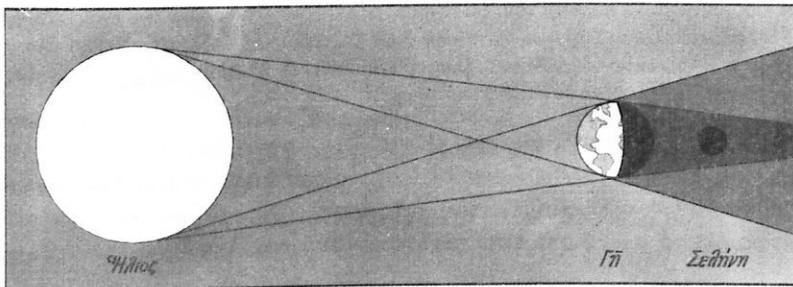
Ἡ σκιὰ καὶ ἡ παρασκιά, διά τὰς ὅποιας ὁμιλήσαμεν ἀνωτέρῳ, διφεύλονται εἰς τὴν εὐθύγραμμον διάδοσιν τοῦ φωτός.

3) Φάσεις τῆς Σελήνης.

Ἐκλείψεις τοῦ Ήλιον καὶ

τῆς Σελήνης.α) Ἡ Σελήνη εἰς τὸ διάστημα περίπου ἐνός μηνὸς παρουσιάζεται μὲ διαφορετικάς μορφάς, τὰς ὅποιας ὀνομάζομεν συνήθως φάσεις τῆς Σελήνης.

Ἡ ἡμίσεια σεληνιακὴ σφαῖρα, ἡτις εἶναι πάντοτε ἐστραμμένη πρὸς τὸν Ήλιον,



Σχ. 220. "Όταν ή Σελήνη είσέλθη εις τὸν σκιερὸν κῶνον τῆς Γῆς, συμβαίνει δόλικὴ ἐκλειψις Σελήνης.

φωτίζεται συνεχῶς, ἐνδὴ ή ἄλλῃ ἡμίσεια παραμένει πάντοτε σκοτεινή.

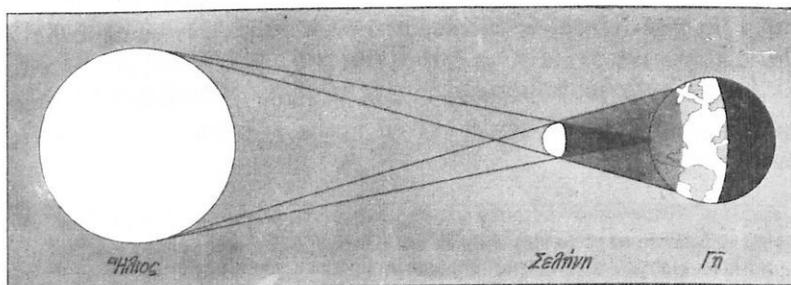
'Εξ αἰτίας τῆς κυκλικῆς κινήσεως τῆς Σελήνης περὶ τὴν Γῆν βλέπομεν, ἀναλόγως μὲ τὴν τοποθέτησιν τοῦ Ἡλίου, τῆς Γῆς καὶ τῆς Σελήνης, ἄλλοτε δόλόκληρον τὸ φωτισμένον τμῆμα τοῦ δορυφόρου μας (πανσέληνος) καὶ ἀκολουθώς ὅλο καὶ μικρότερον τμῆμα τοῦ σεληνιακοῦ δίσκου (σχ. 219), μέχρις ὅτου η Σελήνη ἔξαφανισθῇ τελειώς ἀπὸ τὸν οὐρανὸν (νέα Σελήνη).

β) 'Η Γῆ καὶ ή Σελήνη εἶναι σκιερὰ σώματα καὶ σχηματίζουν μίαν σκοτεινὴν κωνικὴν σκιάν. 'Η σκιὰ αὐτὴ εἶναι ή αἰτία τῶν ἐκλειψεων τοῦ Ἡλίου καὶ τῆς Σελήνης. Πράγματι, ὅταν η Σελήνη, ὥπως δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 220, είσέλθῃ εις τὸν κῶνον τῆς σκιᾶς τῆς Γῆς, παύει νά φωτίζεται ἀπὸ τὸν Ἡλιον καὶ τοιουτορόπως δὲν εἶναι πλέον ὀρατή.

Τὸ φαινόμενον αὐτὸ δύναμέται ἐκλειψις Σελήνης.

'Η ἐκλειψις δύναται νὰ εἴναι δόλική, ὅταν δόλόκληρος η Σελήνη εἰσέρχεται εἰς τὸν σκιερὸν κῶνον τῆς Γῆς ή μερική, ὅταν εἰσέρχεται ἕνα μέρος τῆς καὶ φωτίζεται τὸ ἄλλο. Αἱ ἐκλειψεις τῆς Σελήνης συμβαίνουν κατὰ τὴν πανσέληνον, ή δὲ Γῆ εὑρίσκεται τότε μεταξὺ Ἡλίου καὶ Σελήνης.

"Όταν η Σελήνη, ὥπως δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 221, παρεμβληθῇ μεταξὺ Ἡλίου



Σχ. 221. 'Εντός τῆς κυρίας σκιᾶς τῆς Σελήνης συμβαίνει δόλικὴ ἐκλειψις τοῦ Ἡλίου, ἐνδὴ ἐντός τῆς παρασκιᾶς μερική ἐκλειψις.

καὶ Γῆς, δύναται νὰ καλύψῃ τὸν "Ηλιον, ὅπότε λέγομεν ὅτι ἔχομεν ἔκλειψιν 'Ηλίου 'Η εκλειψις Ἡλίου συμβαίνει κατὰ τὴν νέαν Σελήνην καὶ δύναται νὰ είναι ὀλικὴ ἡ μερικὴ ἡ δακτυλιοειδής, ὅταν ἡ Σελήνη καλύπτῃ τὸν ἡλιακὸν δίσκον καὶ ἀφήνει νὰ φαίνεται μόνον ἔνας φωτεινὸς δακτύλιος.

§ 219. Ταχύτης τοῦ φωτός. Κατὰ τὰς καταιγίδας ἀκούομεν τὴν βροντήν, ἀφοῦ παρέλθουν μερικά δευτερόλεπτα ἀπὸ τὴν στιγμὴν κατὰ τὴν ὁποίαν ἀντελήφθημεν τὴν ἀστραπήν. Ἀπὸ αὐτὸ συμπεραίνει κανεὶς ὅτι τὸ φῶς διαδίδεται ταχύτερον ἀπὸ τὸν ἥχον.

Τὸ ὅτι ἡ διάδοσις τοῦ φωτὸς γίνεται μὲ ἔξαιρετικῶς μεγάλην ταχύτητα, δύναται νὰ τὸ παρατηρήσῃ κανεὶς ἢν βρεθῇ εἰς ἔνα μακρὺν δρόμον, τὴν στιγμὴν κατὰ τὴν ὁποίαν ἀνάπτουν οἱ ἡλεκτρικοὶ λαμπτῆρες. Πράγματι ἐπειδὴ ἀπέχουν ἀρκετὴν ἀπόστασιν μεταξύ τῶν οἱ φανοστάται, θά ἔπρεπε νὰ ἴδῃ κανεὶς μὲ κάποιαν καθυστέρησιν τὸ ἄναμμα τοῦ τελευταίου λαμπτῆρος. Ἀν παρατηροῦμεν ἐν τούτοις τὸ ἄναμμα τῶν λαμπτήρων, μᾶς δημιουργεῖται ἡ ἐντύπωσις ὅτι ὅλοι ἀνάπτουν ταυτοχρόνως. Αὐτὸ δοφείλεται εἰς τὸ ὅτι τὸ φῶς διαδίδεται μὲ τόσον μεγάλην ταχύτητα, ὥστε δὲν δυνάμεθα νὰ παρατηρήσωμεν τὴν διάδοσίν του παρὰ μόνον μὲ ὥρισμένα βοηθητικὰ μέσα.

Μὲ ἀκριβεῖς μετρήσεις οἱ Φυσικοὶ κατώρθωσαν νὰ ἔξακριβώσουν ὅτι :

'Η ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτὸς εἰς τὸ κενὸν καὶ περίπου εἰς τὸν ἀέρα είναι ἵση μὲ 300 000 χιλιόμετρα ἢννὰ δευτερόλεπτον. Δηλαδὴ :

$$c = 300\,000 \text{ km/sec}$$

Μὲ τὴν ταχύτητα αὐτὴν τὸ φῶς διανύει εἰς 1 δευτερόλεπτον διάστημα ἵσον μὲ 7,5 φοράς τὴν περίμετρον τῆς Γῆς, τὴν δὲ ἀπόστασιν Γῆς - Σελήνης, ἡ ὁποία είναι ἵση μὲ 384 000 km περίπου, εἰς 1,2 sec.

'Απὸ τὸν "Ηλιον, ὁ ὁποῖος ἀπέχει περίπου 150 000 000 km ἀπὸ τὴν Γῆν, χρειάζεται τὸ φῶς 8 καὶ 1)3 πρῶτα λεπτὰ διὰ νὰ φθάσῃ εἰς τὸν πλανήτην μας.

Εἰς τὴν 'Αστρονομίαν μετροῦν τὰς ἀποστάσεις τῶν ἀπλανῶν ἀστέρων ἀπὸ τὴν Γῆν μὲ τὸ διάστημα, τὸ ὁποῖον διανύει μία φωτεινὴ ἀκτίς ἐντὸς ἐνὸς ἔτους. 'Η μονάς αὐτὴ ὀνομάζεται ἔτος φωτός. Δηλαδὴ είναι :

1 ἔτος φωτός = $300\,000 \text{ km} \cdot 365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 = 9,46 \cdot 10^{12} \text{ km}$ ἢ 10 δισεκατομμύρια χιλιόμετρα περίπου.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Τὸ αἴτιον τὸ ὁποῖον διεγείρει τὸν δόφθαλμόν μας καὶ μᾶς κάνει νὰ βλέπωμεν ὀνομάζεται φῶς.
2. Τὰ σώματα τὰ ὁποῖα ἐκπέμπουν ἴδικόν των φῶς, ὀνομάζονται αὐτόφωτα σώματα ἢ φωτειναὶ πηγαὶ. Τὰ σώματα τὰ ὁποῖα γίνονται ὄρατά, ὅταν φωτίζωνται ἀπὸ ἄλλα σώματα, ὀνομάζονται ἔτερόφωτα σώματα.
3. Τὰ σώματα, τὰ ὁποῖα ἐπιτρέπουν εἰς τὸ φῶς νὰ διέλθῃ ἀπὸ τὴν μᾶζαν των, ὀνομάζονται διαφανῆ. Τὰ ἡμιδιαφανῆ σώματα δὲν ἐπιτρέπουν νὰ ἰδωμεν τὰ ἀντικείμενα, τὰ εὑρισκόμενα, ὅπισθεν αὐτῶν, ἀφήνουν δῆμας τὸ φῶς νὰ διέλθῃ μέσα ἀπὸ τὴν μᾶζα των.
4. Τὰ ἀδιαφανῆ σώματα δὲν ἐπιτρέπουν εἰς τὸ φῶς νὰ διέλθῃ μέσα ἀπὸ τὴν μᾶζαν των. Ὁπισθεν τῶν ἀδιαφανῶν σωμάτων σχηματίζεται σκιά.
5. Ὄταν αἱ φωτειναὶ πηγαὶ δὲν εἶναι φωτεινὰ σημεῖα, ἔχομεν σκιὰν καὶ παρασκιάν.
6. Τὸ φῶς δὲν χρειάζεται ὑλικὸν μέσον διὰ νὰ διαδοθῇ, διαδίδεται δὲ ἵστορόπως, δηλαδὴ κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον πρὸς δλας τὰς διευθύνσεις, καὶ εὐθυγράμμως.
7. Ἡ φωτεινὴ ἀκτίς εἶναι μία πολὺ λεπτὴ παράλληλος δέσμη φωτός.
8. Αἱ φωτειναὶ δέσμαι δύνανται νὰ εἶναι συγκλίνουσαι, ἀποκλίνουσαι ἢ παράλληλοι.
9. Ὁ σχηματισμὸς τῆς εἰκόνος εἰς τὸν σκοτεινὸν θάλαμον, ἡ 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 ἵσην πρός :

$$c = 300\,000 \text{ km/sce}$$

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

- 158.** Μὲ μίαν φωτογραφικὴν μηχανὴν φωτογραφίζομεν ἔναν πύργον ὕψους 40 m, ὁ ὁποῖος εὐρίσκεται 300 m μακράν. Ἐὰν τὸ βάθος τοῦ σκοτεινοῦ θαλάμου τῆς μηχανῆς εἴναι 30 cm, νὰ εὐρεθῇ τὸ ὕψος τῆς εἰκόνος, ἡ ὅποια θὰ ἐμφανισθῇ.
(*Απ. 4 cm.*)

159. Μία κυκλική φωτεινή πηγή έχει διάμετρον 4cm και εύρισκεται εἰς άπόστασιν 50cm ἀπό ἓνα ἀδιαφανῆ δίσκον, διαμέτρου 20 cm. Νὰ εἰρεθοῦν αἱ διάμετροι τῆς σκιᾶς καὶ τῆς παρασκιᾶς, αἱ ὅποιαι θὰ ἐμφανισθοῦν εἰς μίαν οθόνην, ἢ ὅποια ἀπέχει 1 m ἀπὸ τὸ ἀδιαφανὲς σῶμα.

(Απ. 52 cm, 8 cm.)

160. Ἡ ἀπόστασις τῆς ὀπῆς σκοτεινοῦ θαλάμου ἀπὸ τὴν ἀπέναντι ἔδραν τον εἶναι 30 cm. Πόσον εἶναι τὸ ὑψός τοῦ εἰδώλου ἐνὸς ἀντικειμένου ὕψους 20 cm, τὸ ὅποιον ἀπέχει 75 cm ἀπὸ τὴν ὀπήν. (Νὰ γίνῃ γραφικὴ λύσις τοῦ προβλήματος)

(Απ. 8 cm.)

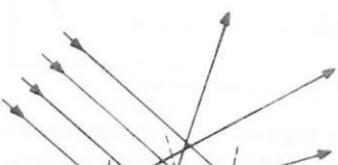
161. Τὸ μῆκος ἐνὸς σκοτεινοῦ θαλάμου εἶναι 24 cm. Εἰς πόσην ἀπόστασιν ἀπὸ τὸ ἀνοιγμα πρέπει νὰ τοποθετήσωμεν ἑνα ἀντικείμενον, διὰ νὰ σχηματισθῇ διπλασίον ὕψους εἰκὼν τοῦ ἀντικειμένου. (Νὰ γίνῃ γραφικὴ λύσις). (Απ. 12 cm.)

162. Αἱ ἥλιακαὶ ἀκτίνες προσπίπτοντι ὅπλο γωνίᾳν 60° εἰς τὸ ἔδαφος καὶ σχηματίζοντι τὴν σκιὰν ἐνὸς δένδρου. "Αν τὸ μῆκος τῆς σκιᾶς εἶναι 7 m, πόσον εἶναι τὸ ὑψός τοῦ δένδρου. (Νὰ γίνῃ γραφικὴ λύσις). (Απ. 12 m.)

ΜΓ' — ΑΝΑΚΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ. ΕΠΙΠΕΔΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

§ 220. Διάχυτος καὶ κανονικὴ ἀνάκλασις τοῦ φωτός. Ἀπὸ τὴν πεῖραν γνωρίζομεν ὅτι διὰ νὰ βλέψωμεν τὰ διάφορα ἀντικείμενα, πρέπει νὰ εἰσχωροῦν εἰς τοὺς δόφαλμούς μας φωτεινοὶ ἀκτῖνες προερχόμεναι ἀπὸ τὰ ἀντικείμενα αὐτά. Αἱ ἐπιφάνειαι ὅμως τῶν περισσοτέρων ἀντικειμένων εἶναι συνήθως τραχεῖαι καὶ τὸ φῶς, τὸ ὅποιον πίπτει ἐπ' αὐτῶν, διευθύνεται κατόπιν ἀκανονίστως πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις (σχ. 222). Τὸ φαινόμενον αὐτὸν ὀνομάζεται διάχυτος ἀνάκλασις ἢ ἀπλῶς διάχυσις τοῦ φωτός. Ωστε :

Διάχυτος ἀνάκλασις ἢ διάχυσις τοῦ φωτός ὀνομάζεται τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ ὅποιον ὅταν προσπέσῃ φῶς ἐπάνω εἰς μίαν τραχεῖαν καὶ ἀκανονίστον ἐπιφάνειαν, διευθύνεται μετὰ τὴν πρόσπτωσίν του πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις.



Σχ. 222. Διάχυσις τοῦ φωτός.

Ἐξ αἰτίας τοῦ διαχύτου ἥλιακοῦ φωτός φωτιζόμεθα πρὶν ἀνατείκη ὁ Ἡλιος (λυκαυγές) ἢ ὅταν ἔχει δύσει (λυκόφως),

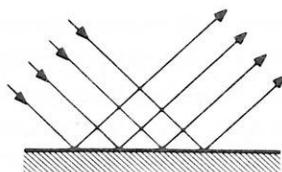
ὅπως ἐπίσης καὶ ὅταν ἐπικρατῇ νέφωσις. Εἰς τὰς περιπτώσεις αὐτὰς τὸ φῶς φθάνει εἰς τοὺς ὀφθαλμούς μας, ἀφοῦ προσπέσῃ διαδοχικῶς εἰς αἰωρούμενα μόρια σκόνης καὶ ἄλλα σωματίδια, τὰ ὁποῖα εὑρίσκονται εἰς τὴν ἀτμόσφαιρα καὶ ἀφοῦ ὑποστῇ ἀλλεπαλλήλους διαχύσεις.

Ἐφαρμογὴν τῆς διαχύσεως ἔχομεν εἰς τοὺς λεγομένους κρυφοὺς φωτισμούς τῶν αἰθουσῶν, κλπ.

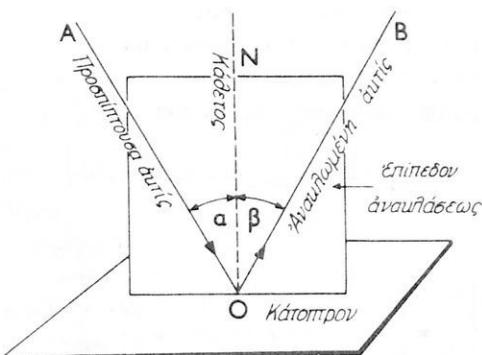
Ἐὰν ἀπὸ μίαν δηπὴν ἐνὸς σκοτεινοῦ θαλάμου δεχθῶμεν μίαν δέσμην ἡλιακῶν ἀκτίνων καὶ τὴν ἀφήσωμεν νὰ προσπέσῃ ἐπὶ μιᾶς στιλπνῆς μεταλλικῆς πλακός, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι τὸ φῶς θὰ μεταβάλῃ διεύθυνσιν διαδόσεως, χωρὶς νὰ ὑποστῇ διάχυσιν (σχ. 223). Τὸ φαινόμενον αὐτὸ δονομάζεται κανονικὴ ἀνάκλασις τοῦ φωτός ἢ ἀπλῶς ἀνάκλασις τοῦ φωτός. "Ωστε :

Κανονικὴ ἀνάκλασις ἢ ἀνάκλασις τοῦ φωτός, δονομάζεται 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 συναντᾶ εἰς τὴν πορείαν της μίαν λείαν καὶ στιλπνὴν ἐπίπεδον πλάκα, ἥτις ἀποτελεῖ τὴν ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν, ἐνῷ ἡ ΟΒ δεικνύει τὴν διεύθυνσιν τῆς φωτεινῆς ἀκτίνος μετά ἀπὸ τὴν ἀνάκλασιν. Ἡ ἀκτίς ΑΟ ἢ ὅποια συναντᾶ εἰς τὴν πορείαν της τὴν ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν δονομάζεται προσπίπτουσα ἀκτίς, τὸ δὲ σημεῖον ΠΟ εἰς τὸ ὅποιον συναντᾶ τὴν Σχ. 224. Διὰ τὴν ἔξηγησιν τῶν νόμων τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός.



Σχ. 223. Ἀνάκλασις τοῦ φωτός.



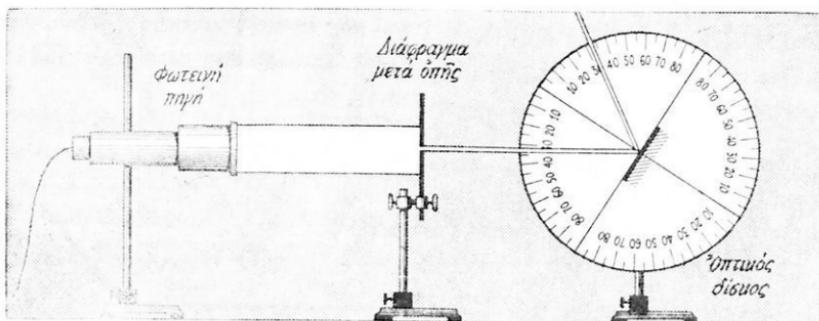
δονομάζεται σημείον προσπτώσεως. Ἡ ΟΒ, ἡ ὁποία ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὴν ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν δύο γωνίαι. Ἡ γωνία ΑΟΝ, ἡ ὁποία σχηματίζεται ἀπὸ τὴν προσπίπτουσαν ἀκτῖνα καὶ τὴν κάθετον εἰς τὸ σημεῖον προσπτώσεως, δονομάζεται γωνία προσπτώσεως· ἡ γωνία ΝΟΒ, ἡ ὁποία σχηματίζεται ἀπὸ τὴν κάθετον εἰς τὸ σημεῖον προσπτώσεως καὶ τὴν ἀνακλωμένην ἀκτῖνα, δονομάζεται γωνία ἀνακλάσεως. Τὸ ἐπίπεδον τὸ ὅποιον ὁρίζεται ἀπὸ τὴν προσπίπτουσαν καὶ τὴν ἀνακλωμένην ἀκτῖνα, δονομάζεται ἐπίπεδον προσπτώσεως.

Ἡ ἀνάκλασις τοῦ φωτός ἀκολουθεῖ τοὺς ἔξῆς δύο νόμους:

1ος νόμος. Τὸ ἐπίπεδον προσπτώσεως, τὸ ὅποιον ὁρίζεται ἀπὸ τὴν προσπίπτουσαν καὶ τὴν ἀνακλωμένην ἀκτῖνα, εἶναι κάθετον εἰς τὴν ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν.

2ος νόμος. Ἡ γωνία προσπτώσεως εἶναι ἵση μὲ τὴν γωνίαν ἀνακλάσεως.

§ 222. Πειραματικὴ ἀπόδειξις τῶν νόμων τῆς ἀνακλάσεως. Τὸ σχῆμα 225 δεικνύει μίαν ἀπλὴν συσκευὴν, μὲ τὴν ὁποίαν δυνάμεθα νὰ ἀποδείξωμεν ἴκανοποιητικῶς τοὺς νόμους τῆς ἀνακλάσεως. Ἀπὸ μίαν ὅπην ἀφήνομεν νὰ εἰσέλθῃ μία λεπτὴ παράλληλος φωτεινὴ δέσμη, ἡ τροχιὰ τῆς ὁποίας διακρίνεται ἀπὸ τὸ φωτεινὸν ἵχνος τὸ ὅποιον σχη-



Τὴν 225. Πειραματικὴ διάταξις διὰ τὴν ἐπαλήθευσιν τῶν νόμων τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός

ματίζει ἐπάνω εἰς ἔνα λευκὸν καὶ λεπτὸν κατακόρυφον δίσκον, ὁ ὅποιος εἶναι ὑποδιηρημένος εἰς μοίρας καὶ τοποθετημένος οὔτως, ὥστε ἡ ἐπιφάνειά του νὰ συμπίπτῃ μὲ τὴν διεύθυνσιν διαδόσεως τῆς φωτεινῆς δέσμης.

Εἰς τὸ κέντρον τοῦ δίσκου ὑπάρχει ἔνα μικρὸν κάτοπτρον. Οὔτως ἡ προσπίπτουσα ἀκτὶς ἀνακλᾶται καὶ δίδει τὴν ἀνακλωμένην ἀκτῖνα, τὸ φωτεινὸν ἵχνος τῆς ὅποιας σχηματίζεται ἐπίσης ἐπάνω εἰς τὸν δίσκον.

Ἄπὸ τὴν μέτρησιν τῶν γωνιῶν προσπτώσεως καὶ ἀνακλάσεως βλέπομεν ὅτι αἱ γωνίαι αὗται εἶναι ἴσαι. Ἐφ' ὅσον δὲ τὰ ἵχνη τῶν δύο ἀκτίνων σχηματίζονται ἐπάνω εἰς τὸν κατακόρυφον δίσκον, συμπεραίνομεν ὅτι αἱ ἀκτῖνες εύρισκονται εἰς ἐπίπεδον κάθετον πρὸς τὴν ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν (διότι ὁ κατακόρυφος δίσκος εἶναι κάθετος πρὸς τὸ ὄριζόντιον κάτοπτρον).

§ 223. Ἀρχὴ τῆς ἀντιστρόφου πορείας τοῦ φωτός. Πειραματικῶς ἀποδεικνύεται ὅτι ἐὰν τὸ φῶς ἀκολουθῇ εἰς τὴν διάδοσιν του μίαν ώρισμένην πορείαν, εἶναι δυνατὸν νὰ διαδοθῇ ἀκολουθῶν καὶ τὴν ἀντιστροφὸν ἀκριβῶς πορείαν. Οὔτως, δταν μία φωτεινὴ ἀκτὶς ἀνακλᾶται καὶ ἀκολουθῇ τὴν διεύθυνσιν ΑΟΒ (σχ. 224), εἶναι δυνατὸν νὰ διαδοθῇ καὶ κατὰ τὴν διεύθυνσιν ΒΟΑ.

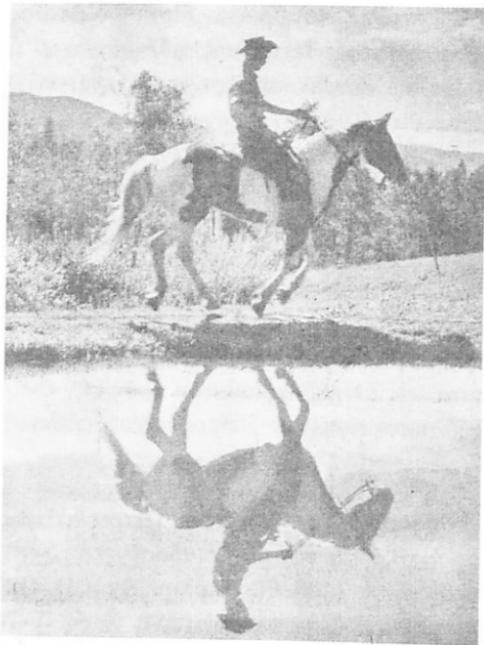
Ἡ ιδιότης αὐτὴ τοῦ φωτὸς εἶναι γνωστὴ μὲ τὴν ὀνομασίαν **ἀρχὴ τῆς ἀντιστρόφου πορείας τοῦ φωτός**.

§ 224. Κάτοπτρα. Εἰς τὴν Φυσικὴν ὀνομάζομεν κάτοπτρον πᾶσαν λείαν καὶ στιλπνὴν ἐπιφάνειαν, ἡ ὅποια ἀνακλᾶ τὸ φῶς τὸ προσπίπτον ἐπ' αὐτῆς, συμφώνως πρὸς τοὺς γνωστοὺς νόμους τῆς ἀνακλάσεως.

Ἀναλόγως μὲ τὴν μορφὴν τῆς ἀνακλαστικῆς ἐπιφανείας διακρίνονται τὰ κάτοπτρα εἰς διαφόρους τύπους. Οὔτως, ἐὰν ἡ ἀνακλαστικὴ ἐπιφάνεια εἶναι ἐπίπεδος, τὸ κάτοπτρον ὀνομάζεται ἐπίπεδον (σχ. 226).

Ἄν τη ἀνακλαστικὴ ἐπιφάνεια εἶναι σφαιρικὴ, τὸ κάτοπτρον ὀνομάζεται σφαιρικόν. Εἰς τὴν περίπτωσιν δημοσίου τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων διακρίνομεν κοῖλα καὶ κυρτὰ σφαιρικὰ κάτοπτρα.

Κοῖλον λέγεται τὸ σφαιρικὸν κάτοπτρον ὅταν ἔχῃ ως ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν τὸ ἐσωτερικὸν τῆς σφαίρας. Κυρτὸν λέγεται τὸ σφαι-



Σχ. 226. Η ηρεμος έπιφανεια μιας λιμνης αποτελει έπιπεδον κάτοπτρον.

συμφώνως πρός τους νόμους της άνακλασεως, και συναντοῦν μετά την άνακλασίν των τους δόφθαλμούς μας. Οὕτω μᾶς δημιουργοῦν τὴν ἐντύπωσιν ὅτι προέρχονται ἀπὸ σημεία εύρισκόμενα δόπισθα ἀπὸ τὸ κάτοπτρον και τὰ ὅποια σχηματίζουν κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ὁμοιώματα τῶν ἀντικειμένων. Τὰ ὁμοιώματα αὐτὰ δονομάζονται φανταστικὰ εἰδώλα.

Τὸ σχῆμα 227 δεικνύει τὸν σχηματισμὸν φανταστικοῦ εἰδώλου Α' ἐνὸς φωτεινοῦ σημείου A, τὸ ὅποιον εύρισκεται ἔμπροσθεν ἐνὸς ἐπιπέδου κατόπτρου. Ο δόφθαλμός συλλαμβάνει τὰς άνακλωμένας ἀκτίνας OB καὶ OG, αἱ ὅποιαι προεκτινόμεναι τέμγονται εἰς τὸ A' καὶ σχηματίζουν τοιουτοτρόπως τὸ φανταστικὸν εἰδώλον τοῦ σημείου A.

Ἄπο τὴν μελέτην τῶν ἐπιπέδων κατόπτρων συμπεραίνομεν τὰ ἀκόλουθα.

a) Τὰ εἰδώλα τὰ ὅποια δίδουν τὰ ἐπίπεδα κάτοπτρα είναι φαντα-

ρικὸν κάτοπτρον ὅταν ἔχῃ ὡς ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν τὸ ἔξωτερικὸν μέρος τῆς σφαίρας.

§ 225. Ἐπίπεδα κάτοπτρα. Ἀν σταθῷμεν ἐμπρὸς εἰς ἕνα ἐπίπεδον κάτοπτρον, παρατηροῦμεν δόπισθα ἀπὸ τὴν ὕπαλον του ἕνα ὁμοίωμα τοῦ ἔαυτοῦ μας, ὅπως ἐπίσης καὶ τῶν ἀντικειμένων τὰ ὅποια εὑρίσκονται ἔμπροσθεν ἀπὸ τὸ κάτοπτρον.

"Ο,τι βλέπομεν μέσα εἰς τὸ κάτοπτρον δὲν ὑπάρχει βεβαίως εἰς τὴν πραγματικότητα, σχηματίζεται δὲ ἀπὸ τὰς ἀκτίνας, αἱ ὅποιαι ἀφοῦ προσπέσουν εἰς τὸ κάτοπτρον ἀνακλῶνται,

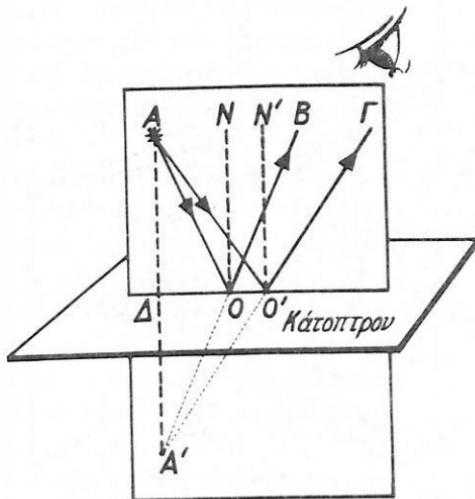
φανταστικὰ εἰδώλα.

στικά, δὲν σχηματίζονται δηλαδή ἀπὸ τὰς φωτεινὰς ἀκτῖνας, ἀλλὰ ἀπὸ τὰς προεκτάσεις των, καὶ εὑρίσκονται ὅπισθεν τοῦ κατόπτρου.

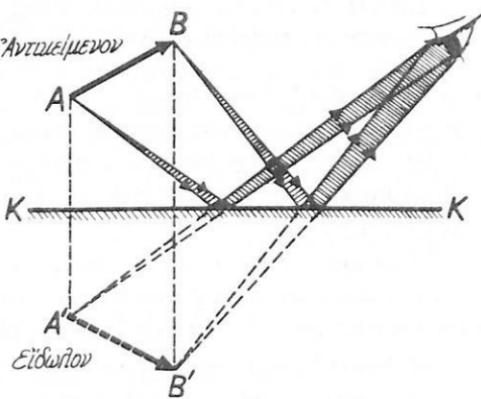
β) Τὰ εἰδώλα εἶναι συμμετρικά μὲ τὰ ἀντικείμενα ώς πρὸς τὸ ἐπίπεδον τοῦ κατόπτρου καὶ δὲν εἶναι ἐφαρμόσιμα μὲ τὰ ἀντικείμενα. Εἰδὼλα καὶ ἀντικείμενα ἔχουν μεταξύ των τὴν σχέσιν δεξιᾶς καὶ ἀριστερᾶς παλάμης.

Εἰς τὴν σχέσιν συμμετρίας εἰδώλου καὶ ἀντικειμένου δῆθείται τὸ γεγονός ὅτι δὲν δυνάμεθα νὰ διαβάσωμεν τὴν σελίδα ἐνὸς βιβλίου, ἡ ὁποία καθορεπτίζεται μέσα εἰς ἓνα ἐπίπεδον κάτοπτρον.

§ 226. Απεικόνισις ἀντικειμένου ὑπὸ ἐπιπέδου κατόπτρου. Τὸ εἰδώλον $A'B'$ ἐνὸς ἀντικειμένου AB (σχ. 228) σχηματίζεται μὲ εὐκολίαν ἀντασκευάσωμεν τὰ συμμετρικά A' καὶ B' τῶν ἄκρων τοῦ ἀντικειμένου A καὶ B , ώς πρὸς τὸ κάτοπτρον. Ἀπὸ τὸ σχῆμα φαίνεται ὅτι τὸ εἰδώλον ἔχει ἀναστραφῆ πλευρικῶς. Δὲν εἶναι δηλαδή ἐφαρμόσιμον μὲ τὸ ἀντικειμένον, ἐπειδὴ τὸ ἀριστερὸν τοῦ ἀντικειμένου ἀπεικονίζεται ως δεξιὸν τοῦ εἰδώλου καὶ ἀντιστρόφως.

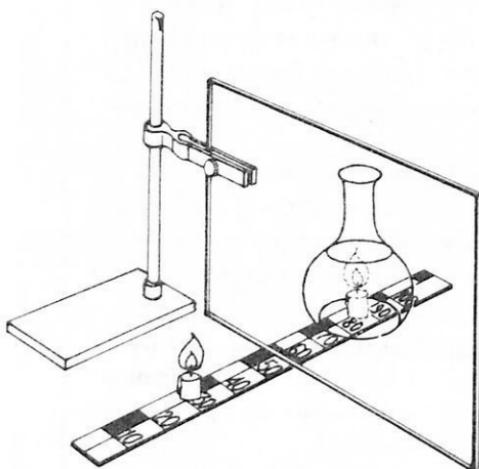


Σχ. 227. Τὸ φανταστικὸν εἰδώλον A' τοῦ φωτεινοῦ σημείου A εἶναι συμμετρικὸν ώς πρὸς τὸ κάτοπτρον.

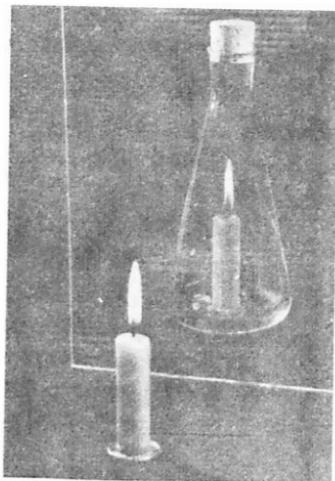


Σχ. 228. Γεωμετρικὸν διάταγμα σχηματισμοῦ τοῦ φανταστικοῦ εἰδώλου ἐνὸς ἀντικειμένου.

Σχ. 228. Γεωμετρικὸν διάταγμα σχηματισμοῦ τοῦ φανταστικοῦ εἰδώλου ἐνὸς ἀντικειμένου. Ἀπὸ τὸ σχῆμα φαίνεται ὅτι τὸ εἰδώλον ἔχει ἀναστραφῆ πλευρικῶς. Δὲν εἶναι δηλαδή ἐφαρμόσιμον μὲ τὸ ἀντικειμένον, ἐπειδὴ τὸ ἀριστερὸν τοῦ ἀντικειμένου ἀπεικονίζεται ως δεξιὸν τοῦ εἰδώλου καὶ ἀντιστρόφως.



Σχ. 229. Τὸ εἰδώλον καὶ τὸ ἀντικείμενον εἶναι συμμετρικά ὡς πρὸς τὸ κάτοπτρον.



Σχ. 229,α. Φωτογραφία τοῦ ἀντικείμενου καὶ τοῦ εἰδώλου του, μιᾶς διατάξεως ὥσπερ τοῦ σχ. 229.

Τὸ ὅτι ἡ ἀπόστασις τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὸ κάτοπτρον εἶναι ἵση μὲ τὴν ἀπόστασιν τοῦ ἀντικείμενου ἀπὸ τὸ κάτοπτρον, δυνάμεθα νὰ τὸ δεῖξωμεν μὲ τὴν διάταξιν τοῦ σχήματος 229, καὶ 229α, ὅπου ἀντὶ κατόπτρου τοποθετοῦμεν ἔνα διαφανὲς καὶ στιλπνὸν τεμάχιον ύάλου καὶ δόπισω ἀπὸ αὐτὸ μίαν ύαλίνην φιάλην. Ἡ φλόξ τοῦ εἰδώλου τοῦ κηριού φαίνεται νὰ καίη μέσα εἰς τὸ ӯδωρ τῆς φιάλης, ἐνῶ ἡ ἰσότης τῶν ἀποστάσεων εἰδώλου καὶ ἀντικείμενου μετρεῖται μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ ἡριθμημένου κανόνος.

A N A K E F A L A I Ω S I S

1. "Οταν τὸ φῶς προσπίπτῃ ἐπάνω εἰς μίαν λείαν καὶ στιλπνὴν ἐπιφάνειαν ὑφίσταται ἀνάκλασιν. "Αν ἡ ἐπιφάνεια εἶναι τραχεῖα καὶ ἀκανόνιστος τὸ φῶς ὑφίσταται διάχυσιν. "Εξ αἰτίας τῆς διαχύσεως ἔχομεν φῶς καὶ ὅταν δὲν φωτιζόμεθα ἀπ' εὐθείας ἀπὸ μίαν φωτεινὴν πηγὴν.

2. "Η ἀνάκλασις ἀκολουθεῖ τοὺς ἔξῆς δύο νόμους: a) Ἡ προσπίπτουσα καὶ ἡ ἀνακλωμένη ἀκτίς ὁρίζουν ἔνα ἐπίπεδον,

τὸ ὅποιον εἶναι κάθετον πρὸς τὴν ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν.
β) Η γωνία προσπτώσεως εἶναι ἵση μὲ τὴν γωνίαν ἀνακλάσεως.

3. "Οταν τὸ φῶς ἀκόλουθη ἔνα ώρισμένον δρόμον κατὰ τὴν διάδοσίν του, εἶναι δυνατὸν νὰ διαδοθῇ ἀκόλουθῶν καὶ τὴν ἀντίστροφον ἀκριβῶς πορείαν.

4. Ἐκάστη λεία καὶ στιλπνὴ ἐπιφάνεια, ἡ ὅποια ἀνακλᾶ τὸ φῶς, τὸ προσπῖπτον ἐπὶ αὐτῆς, συμφώνως πρὸς τοὺς νόμους τῆς ἀνακλάσεως ὄνομάζεται κάτοπτρον. Ἀναλόγως μὲ τὸ εἶδος τῆς ἀνακλαστικῆς των ἐπιφανείας τὰ κάτοπτρα εἶναι ἐπίπεδα, σφαιρικά (κυρτὰ ἢ κοῖλα), κυλινδρικά, κλπ.

5. Τὰ διάφορα κάτοπτρα σχηματίζουν ὁμοιώματα τῶν ἀντικειμένων, τὰ ὅποια εἶναι τοποθετημένα ἔμπροσθέν των. Τὰ ὁμοιώματα αὐτὰ ὄνομάζονται εἰδωλα καὶ διακρίνονται εἰς πραγματικὰ καὶ εἰς φανταστικά.

6. Πραγματικὰ λέγονται τὰ εἰδωλα ἐκεῖνα, τὰ ὅποια σχηματίζονται ἀπὸ σύμπτωσιν τῶν ἀκτίνων καὶ τὰ ὅποια δυνάμεθα νὰ λάβωμεν ἐπὶ ἐνὸς πετάσματος. Σχηματίζονται ἔμπροσθεν τῶν κατόπτρων καὶ ἢ παρεμβάλλονται μεταξὺ ἀντικειμένου καὶ κατόπτρου ἢ τὸ ἀντικείμενον παρεμβάλλεται μεταξὺ τοῦ κατόπτρου καὶ τοῦ εἰδώλου του. Τὰ πραγματικὰ εἰδωλα εἶναι ἀνεστραμμένα ἐν σχέσει πρὸς τὰ ἀντικείμενα καὶ μικρότερα, ἵσα, ἢ μεγαλύτερα ἀπὸ αὐτά.

7. Τὰ φανταστικὰ εἰδωλα σχηματίζονται ἀπὸ τὰς προεκτάσεις τῶν ἀκτίνων καὶ εὑρίσκονται πάντοτε διπισθεν τοῦ κατόπτρου. Εἶναι δῆθια καὶ δύνανται νὰ εἶναι ἴσομεγέθη, μεγαλύτερα ἢ μικρότερα ἀπὸ τὰ ἀντικείμενα.

8. Τὰ ἐπίπεδα κάτοπτρα δίδουν εἰδωλα φανταστικά, συμμετρικὰ μὲ τὰ ἀντικείμενα ως πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ κατόπτρου καὶ μὴ ἐφαρμόσιμα μὲ τὰ ἀντικείμενα.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

163. Η γωνία μεταξὺ μιᾶς ὀπτικῆς ἀκτίνος καὶ τῆς ἐπιφανείας, ἐπάνω εἰς τὴν ὅποιαν προσπίπτει ἡ ἀκτίς, είναι 42°. Πόση εἶναι ἡ γωνία ἀνακλάσεως. (Απ. 48°.)

164. Η γωνία προσπτώσεως μιᾶς ὀπτικῆς ἀκτίνος αὐξάνεται κατὰ 15°. Κατὰ πόσας μοίρας αὐξάνεται ἡ γωνία, ἡ σχηματίζομένη ἀπὸ τὴν προσπίπτονσαν καὶ τὴν ἀνακλομένην ἀκτίνα. (Απ. 30 μοίραι.)

165. Ἡ ἀπόστασις ἐνὸς ἀντικειμένου ἀπὸ τὸ εἰδωλόν του, τὸ ὅποιον σχηματίζεται ἐντὸς ἐνὸς ἐπιπέδου κατόπτρου, είναι 70 cm. Πόσον ἀπέχει τὸ ἀντικείμενον ἀπὸ τὸ κάτοπτρον. (*Απ. 35 cm.*)

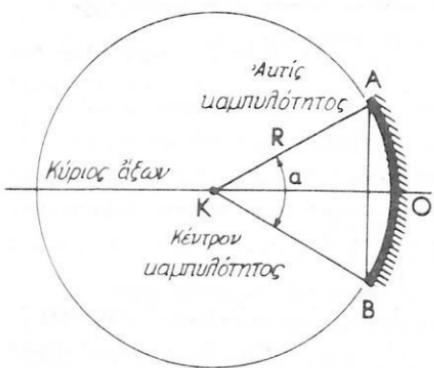
166. Ἐνας ἄνθρωπος, ὁ ὅποιος ενῷσκεται ἐμπροσθεν ἐνὸς ἐπιπέδου κατόπτρου, ἀπομακρύνεται κατὰ 1,5 m ἀπὸ τὸ κάτοπτρον. Κατὰ πόσον αἱξάνεται ἡ ἀπόστασις τοῦ ἀνθρώπου ἀπὸ τὸ εἰδωλόν του. (*Απ. 3 m.*)

167. Ἡ ἀνακλαστικὴ ἐπιφάνεια ἐνὸς ἐπιπέδου κατόπτρου σημάπτει μὲ τὸ δοιζόντιον ἐπίπεδον. Ἐνας παρατηρητής, τοῦ ὅποιον οἱ ὄφθαλμοι ἀπέχουν 1,50 m ἀπὸ τὸ ἔδαφος, τοποθετεῖται ὥσθιος εἰς ἀπόστασιν 2 m ἀπὸ τὸ κέντρον τοῦ κατόπτρου καὶ βλέπει, ἐξ ἀνακλάσεως, τὴν κορυφὴν ἐνὸς πλησίον ενῷσκομένου δένδρου εἰς τὴν διεύθυνσιν τοῦ κέντρου τοῦ κατόπτρου. Πόσον είναι τὸ ὅφος αὐτοῦ τοῦ δένδρου, ἢν ἡ βάσις τοῦ κορμοῦ του ἀπέχῃ 20 m ἀπὸ τὸ κέντρον τοῦ κατόπτρου. (*Απ. 15m.*)

ΜΔ' — ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

§ 227. Γενικότητες. Κοῖλα καὶ σφαιρικὰ κάτοπτρα. Ὄταν ἡ ἀνακλαστικὴ ἐπιφάνεια ἐνὸς κατόπτρου είναι σφαιρική, τὸ κάτοπτρον δονομάζεται σφαιρικόν. Τὸ σφαιρικὸν κάτοπτρον δονομάζεται κοῖλον ὅταν ἔχῃ ως ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν τὸ ἐσωτερικὸν τῆς σφαίρας καὶ κυρτὸν ὅταν ἔχῃ ως ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν τὸ ἐξωτερικὸν τῆς σφαίρας. Θεωροῦμεν μίαν τομήν AOB ἐνὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου ἀπὸ ἕνα ἐπίπεδον διερχόμενον ἀπὸ τὸ κέντρον τῆς σφαίρας, εἰς τὴν ὅποιαν ἀνήκει τὸ κάτοπτρον, καὶ ἀπὸ τὸ μέσον τοῦ κατόπτρου (*σχ. 230*).

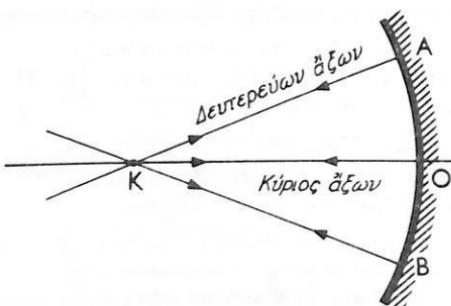
Τὸ σημεῖον O, τὸ ὅποιον είναι καὶ τὸ γεωμετρικὸν μέσον τοῦ κατόπτρου, δονομάζεται κορυφὴ τοῦ κατόπτρου, ἡ δὲ γωνία AKB ἀνοιγμα τοῦ κατόπτρου. Ἡ KO ἡτις ἴσοῦται μὲ τὴν ἀκτίνα τῆς σφαίρας, εἰς τὴν ὅποιαν ἀνήκει τὸ κάτοπτρον, δονομάζεται ἀκτὶς καμπυλότητος τοῦ κατόπτρου καὶ παριστᾶται μὲ τὸ γράμμα R. Τὸ σημεῖον K τὸ ὅποιον ἀποτελεῖ τὸ κέντρον τῆς σφαίρας, εἰς τὴν ὅποιαν ἀνήκει



Σχ. 230. Χαρακτηριστικὰ στοιχεῖα κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου.

τὸ κάτοπτρον, δονομάζεται κέντρον καμπυλότηνος τοῦ κατόπτρου.

Ἡ εὐθεῖα ΟΚ ἡτις διέρχεται ἀπὸ τὴν κορυφὴν Ο τοῦ κατόπτρου καὶ τὸ κέντρον καμπυλότητος του δονομάζεται κυρίος ἄξων τοῦ κατόπτρου. Πᾶσα ἄλλη εὐθεῖα διερχομένη ἀπὸ τὸ κέντρον καμπυλότητος καὶ ἀπὸ ἓντα τυχαίον σημείον τοῦ κατόπτρου, δονομάζεται δευτερεύων ἄξων (σχ. 231).

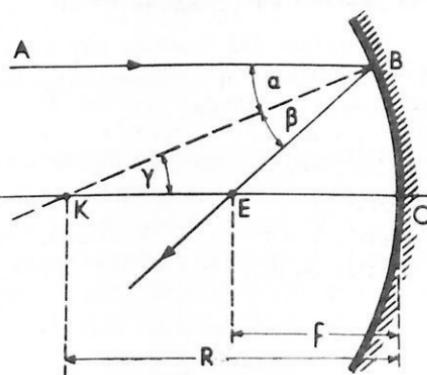


Σχ. 231. Κύριος καὶ δευτερεύων ἄξων ἐνὸς κοιλού σφαιρικοῦ κατόπτρου.

§ 228. Ἐστιακὴ ἀπόστασις.
Κυρία ἔστια. Ἀν μία λεπτὴ φωτεινὴ δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων AB προσπέσῃ παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα ἐνὸς κοιλού σφαιρικοῦ κατόπτρου, θὰ διέλθῃ μετὰ τὴν ἀνάκλασιν της, ἀπὸ ἓντα σημείον E τοῦ κυρίου ἄξονος, τὸ ὁποῖον εύρισκεται εἰς τὸ μέσον τῆς ΟΚ καὶ τὸ ὁποῖον δονομάζεται κυρία ἔστια τοῦ κατόπτρου (σχ. 232).

Ἡ ἀνάκλασις ἀκολουθεῖ καὶ ἐδῶ τοὺς γνωστοὺς νόμους της. Γωνία προσπτώσεως εἶναι ἡ ABK, σχηματιζόμενη ἀπὸ τὴν προσπίπτουσαν AB καὶ τὴν κάθετον εἰς τὸ σημείον προσπτώσεως B, δηλαδὴ τὴν ἀκτῖνα KB. Γωνία ἀνακλάσεως εἶναι ἡ KBE.

Ἐὰν δονομάσωμεν τὴν ἀπόστασιν ΟE τῆς κορυφῆς τοῦ κατόπτρου ἀπὸ τὴν κυρίαν ἔστιαν ἐστιακὴν ἀπόστασιν καὶ τὴν συμβολίσωμεν μὲ τὸ γράμμα f καὶ τὴν ἀκτῖνος καμπυλότητος R τοῦ κατόπτρου θὰ



Σχ. 232. Ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις εἶναι ἴση πρὸς τὸ ἥμισυ τῆς ἀκτῖνος καμπυλότητος R τοῦ κατόπτρου.

έχωμεν ώς πρώτην έξισωσιν τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων τὴν σχέσιν:

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

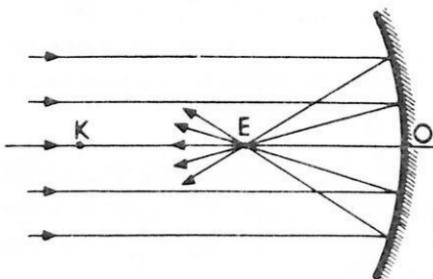
$$\text{έστιακή ἀπόστασις} = \frac{\text{ἀκτίς καμπυλότητος}}{2}$$

"Ωστε :

Ἄν εἰς ἔνα 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, ἡ ὁποίᾳ εὑρίσκεται εἰς τὸ μέσον τῆς ἀποστάσεως τῆς δριζομένης μεταξὺ τῆς κορυφῆς τοῦ κατόπτρου καὶ τοῦ κέντρου καμπυλότητος.

Τὸ σχῆμα 233 δεικνύει τὴν ἀνάκλασιν δέσμης παραλλήλων φωτεινῶν ἀκτίνων, ἡ ὁποίᾳ προσπίπτει παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα τοῦ κατόπτρου.

Πείραμα. Ἀφήνομεν νὰ προσπέσῃ ἐπάνω εἰς ἔνα κοῖλον σφαιρικὸν κάτοπτρον, παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, μία δέσμη ἡλιακῶν ἀκτίνων, αἱ ὁποῖαι, λόγῳ τῆς μεγάλης ἀποστάσεως τοῦ Ἡλίου, δύνανται νὰ θεωρηθοῦν ώς παράλληλοι. Αἱ ἀκτίνες αὗται θὰ συγκεντρωθοῦν μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῶν εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ κατόπτρου, τὴν ὁποίαν ἀναγνωρίζομεν ἀπὸ τὴν μεγάλην θερμότητα, ἥτις ἀναπτύσ-



Σχ. 233. Αἱ παράλληλοι πρὸς τὸν κύριον ἄξονα ἀκτίνες συγκεντρώνονται μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῶν εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν.

σεται ἐκεῖ, πρᾶγμα τὸ ὅποιον διφείλεται εἰς τὴν συγκέντρωσιν τῶν ἀκτίνων. Ἡ θερμότης αὗτὴ δύναται νὰ καύσῃ διάφορα ἀντικείμενα.

Συμφώνως, ἄλλωστε, πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς ἀντιστρόφου πορείας τοῦ φωτός, μία ἀποκλίνουσα φωτεινὴ δέσμη, διερχομένη ἀπὸ τὴν κυρίαν ἐστίαν καὶ προσπίπτουσα εἰς τὸ κάτοπτρον, μεταβάλλεται

μετά τὴν ἀνάκλασίν της εἰς δέσμην παραλλήλων ἀκτίνων (σχ. 234).

§ 229. Εἰδωλα κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου. Αναλόγως πρὸς τὴν θέσιν τοῦ ἀντικείμενου, ὡς πρὸς τὸ κάτοπτρον καὶ τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ κατόπτρου, δυνάμεθα νὰ ἔχωμεν εἰδωλα φανταστικὰ ἢ πραγματικά.

Τὸ φανταστικὸν εἰδωλον εἶναι ὅρθιον καὶ μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον. Τὸ πραγματικὸν εἶναι ἀνεστραμμένον ἐν σχέσει πρὸς τὸ ἀντικείμενον καὶ μικρότερον, μεγαλύτερον ἢ ἵσον πρὸς αὐτό.

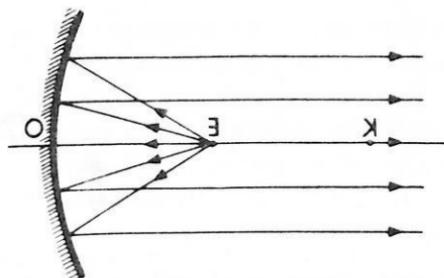
§ 230. Πορεία τῶν ἀκτίνων αἴτινες προσπίπτουν ἐπὶ ἐνός κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου. Ἐφ' ὅσον τὰ εἰδώλα τῶν διαφόρων ἀντικείμενων σχηματίζονται ἀπὸ τὰς ἀνακλωμένας ἀκτίνας, διὰ νὰ κατασκευάσωμεν τὸ εἰδωλον ἐνός ἀντικείμεγου πρέπει νὰ γνωρίζωμεν νὰ χαράζωμεν τὴν πορείαν ὠρισμένων φωτεινῶν ἀκτίνων (σχ. 235).

α) Ἀκτὶς παράλληλος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, δῆπος ἡ ΑΒ διέρχεται μετὰ τὴν ἀνάκλασίν της ἀπὸ τὴν κυρίαν ἐστίαν Ε τοῦ κατόπτρου.

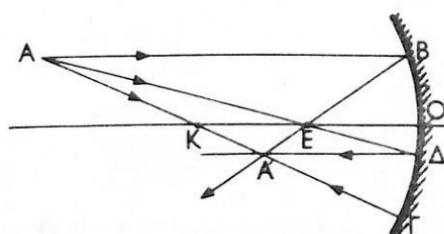
β) Ἀκτὶς διερχομένη ἀπὸ τὸ κέντρον καμπυλότητος, δῆπος ἡ ΑΚΓ, προσπίπτει καθέτως ἐπὶ τοῦ κατόπτρου καὶ ἀνακλᾶται ἀκολουθοῦσα τὴν ἀντίστροφον πορείαν ΓΚΑ.

γ) Ἀκτὶς διερχομένη ἀπὸ τὴν κυρίαν ἐστίαν, δῆπος ἡ ΑΕΔ, ἀκολουθεῖ μετὰ τὴν ἀνάκλασίν της διεύθυνσιν παράλληλον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα.

δ) Πᾶσα ἄλλη ἀκτὶς προσπίπτουσα ἐπὶ τοῦ κατόπτρου (δῆπος



Σχ. 234. Ὄταν τὸ φωτεινὸν σημεῖον τοποθετηθῇ εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν, τότε αἱ φωτειναὶ ἀκτίνες του, μετὰ τὴν ἀνάκλασίν των, διαδίδονται παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα.



Σχ. 235. Πορεία τῶν ἀκτίνων διὰ τὸν σχηματισμὸν τοῦ εἰδώλου ἐνός φωτεινοῦ σημείου.

βεβαίως καὶ αἱ προηγούμεναι) σχηματίζει γωνίαν ἀνακλάσεως ἵσην μὲ τὴν γωνίαν προσπτώσεως.

Διὰ νὰ σχηματίσωμεν τὸ εἰδωλον ἐνὸς φωτεινοῦ σημείου, χρειαζόμεθα δύο τουλάχιστον φωτεινάς ἀκτῖνας τοῦ σημείου, ή τομὴ τῶν δοπίων θὰ σχηματίσῃ τὸ εἰδωλον.

Τὸ εἰδωλον ἐνὸς ἀντικειμένου σχηματίζεται ἀπὸ τὰ εἰδωλα τῶν σημείων τὰ ὅποια ἀπαρτίζουν τὸ ἀντικείμενον.

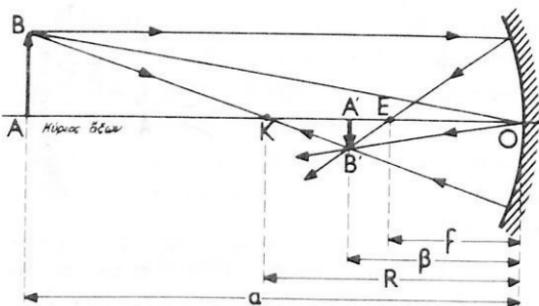
§ 231. Τύπος τῶν κοίλων σφαιρικῶν κατόπτρων. Ἐστω AB (σχ. 236) ἔνα ἀντικείμενον, εύρισκόμενον καθέτως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα ἐνὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου, καὶ $A'B'$ τὸ εἰδωλον τοῦ ἀντικειμένου αὐτοῦ. Ἀν δονομάσωμεν α τὴν ἀπόστασιν OA τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τὴν κορυφὴν τοῦ κατόπτρου, β τὴν ἀπόστασιν OA' τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὴν κορυφὴν τοῦ κατόπτρου, f τὴν ἐστιακὴν ἀπόστασιν τοῦ κατόπτρου καὶ R τὴν ἀκτῖνα καμπυλότητός του, τότε, ὅπως ἀποδεικνύεται, ἴσχύει 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. a) Πραγματικὸν εἰδωλον.

1) Ὁταν τὸ ἀντικείμενον εύρισκεται πέραν ἀπὸ τὸ κέντρον καμπυλότητος, τὸ εἰδωλόν του είναι πραγματικόν, ἀνεστραμμένον, μικρότερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον καὶ σχηματίζεται μεταξὺ τῆς κυρίας ἐστίας καὶ τοῦ κέντρου καμπυλότητος τοῦ κατόπτρου (σχ. 237, I).

2) Ὁταν τὸ ἀντικείμενον πλησιάζῃ πρὸς τὸ κέντρον καμπυλότη-



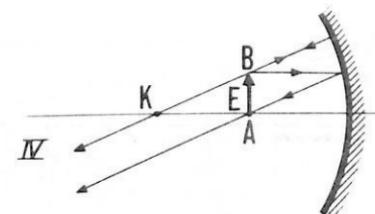
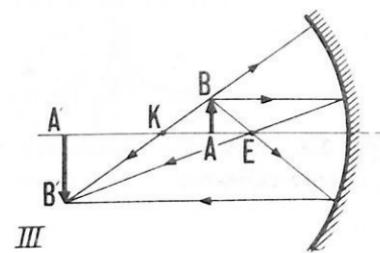
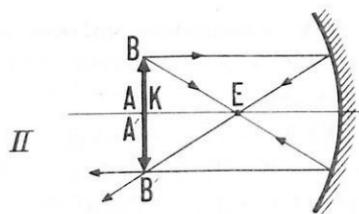
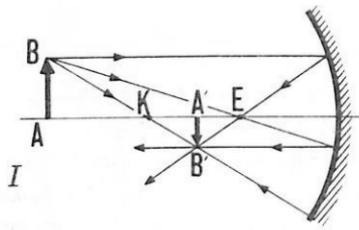
Σχ. 236. Αἱ ἀποστάσεις α , β , R , καὶ f συνδέονται μεταξὺ τῶν μὲ ώρισμένην σχέσιν.

τος, πλησιάζει καὶ τὸ εἰδωλόν του πρὸς τὸ κέντρον καμπυλότητος, καὶ δόλονεν μεγαλώνει. Ὄταν τὸ ἀντικείμενον συμπέσῃ μετὰ τοῦ κέντρου καμπυλότητος καὶ τὸ εἰδωλόν του συμπίπτει μὲ τὸ κέντρον καμπυλότητος καὶ εἶναι ἴσον πρὸς τὸ ἀντικείμενον (σχ. 237, II).

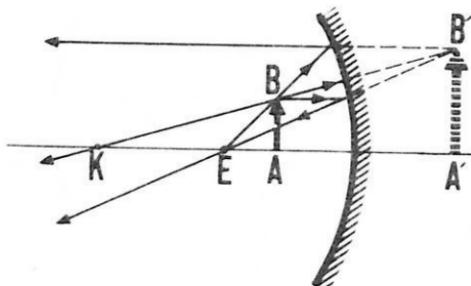
3) Ἐάν τὸ ἀντικείμενον εύρισκεται μεταξὺ κέντρου καμπυλότητος καὶ κυρίας ἐστίας τοῦ κατόπτρου, τὸ εἰδωλόν τοῦ ἀντικείμενον σχηματίζεται πέραν ἀπὸ τὸ κέντρον καμπυλότητος, ἀνεστραμμένον καὶ μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον (σχ. 237, III).

4) Ὅσον προχωρεῖ τὸ ἀντικείμενον πρὸς τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ κατόπτρου, τόσον μεγαλώνει τὸ εἰδωλόν του καὶ ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὸ κέντρον καμπυλότητος. Ὄταν τὸ ἀντικείμενον πέσῃ ἐπὶ τῆς κυρίας ἐστίας, τὸ εἰδωλόν του σχηματίζεται, ὅπως λέγομεν, εἰς τὸ ἄπειρον. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτήν δηλαδή, δὲν ἔχομεν εἰδωλον τοῦ ἀντικει μένου. Αὐτὸ δοφείλεται εἰς τὸ γεγονός ὅτι αἱ ἀκτῖνες μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῶν σχηματίζουν παράλληλον δέσμην, δὲν τέμνονται καὶ τοιουτορόπως δὲν σχηματίζεται εἰδωλον (σχ. 237, IV).

Ἀντιστρόφως, ὅταν τὸ ἀντικείμενον εύρισκεται εἰς τὸ ἄπειρον, εἰς πολὺ μεγάλην ἀπόστασιν ἀπὸ τὸ κάτοπτρον, τὸ εἰδωλόν του σχη-



Σχ. 237. Διάφοροι θέσεις σχηματισμοῦ εἰδώλου ἐνός ἀντικειμένου τὸ δόποιον εύρισκεται ἔμπροσθεν ἐνός κοιῆλου σφαιρικοῦ κατόπτρου.



Σχ. 238. Γεωμετρική κατασκευή φανταστικού ειδώλου κοίλου σφαιρικού κατόπτρου

πέπουν εἰς τὸν δόθαλμόν, συναντῶνται εἰς τὴν προέκτασίν των δόπιστο ἀπὸ τὸ κάτοπτρον, σχηματίζουσαι οὕτως ἔνα φανταστικὸν εῖδωλον, ὅρθιον καὶ μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον. Διὰ νὰ ἴδωμεν λοιπὸν τὸ εἶδωλον τοῦ προσώπου μᾶς ἐντὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου, πρέπει νὰ τοποθετηθῶμεν μεταξὺ τῆς κορυφῆς καὶ τῆς κυρίας ἑστίας του.

Ο τύπος τῶν κοίλων σφαιρικῶν κατόπτρων ἰσχύει καὶ εἰς τὰς δύο περιπτώσεις τῶν εἰδώλων, φανταστικοῦ καὶ πραγματικοῦ, μὲ τὴν διαφοράν διτι, διὰν πρόκειται διὰ φανταστικὸν εἶδωλον, θεωροῦμεν τὴν ἀπόστασίν του β ἀρνητικήν, ἐνῷ ἂν κατὰ τὴν λύσιν ἐνὸς προβλήματος εὑρωμεν ἀρνητικὸν β, αὐτὸς σημαίνει διτι τὸ εἶδωλον εἶναι φανταστικόν.

§ 233. Κυρτὰ σφαιρικὰ κάτοπτρα. Εἰς τὰ κυρτὰ σφαιρικὰ κάτοπτρα ἡ ἀνακλαστικὴ ἐπιφάνεια εἶναι τὸ ἔξωτερικὸν μέρος τῆς σφαίρας.

Ἄν ἔχωμεν μίαν φωτεινὴν ἀκτίνα AB (σχ. 239), παράλληλον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα τοῦ κατόπτρου, διὰ νὰ σχηματίσωμεν τὴν ἀνακλωμένην τῆς BG, φέρομεν εἰς τὸ B τὴν ἀκτίνα καμπύλοτην KB καὶ προεκτείνομεντες αὐτὴν σχηματίζομεν γωνίαν $\beta = a$.

Τὸ ἀνακλωμένη ἀκτίς BG δὲν συναντᾶ τὸν κύριον ἄξονα εἰς τὸ σημεῖον E, τὸ δόπιον εὑρίσκεται εἰς τὸ μέσον τῆς ἀκτίνος OK, ἀλλὰ ἡ προέκτασίς της. Τὸ ἴδιον θά συμβῇ καὶ μὲ πᾶσαν ἀλληλὴν ἀκτίνα παράλληλον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα. Άν λοιπὸν ἐπάνω εἰς ἔνα κυρτὸν σφαιρικὸν κάτοπτρον προσπέσῃ μία δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων, παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα τοῦ κατόπτρου, θά μεταβληθῇ μετὰ τὴν ἀνάκλασίν της εἰς ἀποκλινουσαν δέσμην, αἱ προέκτασεις τῶν ἀκτίνων τῆς ὁποίας ὅμως θὰ διέρχωνται ἀπὸ τὸ μέσον E τῆς ἀκτίνος OK, τὸ δόπιον ὄνομάζεται καὶ πάλιν κυρία ἑστία τοῦ κατόπτρου. Επειδὴ ὅμως ἡ κυρία ἑστία τοῦ κυρτοῦ

ματίζεται ἐπὶ τῆς κυρίας ἑστίας καὶ εἶναι σημειακόν.

β) Φανταστικὸν εἶδωλον.

“Οταν τὸ ἀντικείμενον εύρισκεται μεταξὺ κυρίας ἑστίας καὶ κορυφῆς τοῦ κατόπτρου, δὲν ἔχομεν σχηματισμὸν πραγματικοῦ εἶδώλου. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν (σχ. 238) αἱ ἀκτίνες μετὰ τὴν ἀνάκλασίν των ἀποκλίνουν καὶ δὲν τέμνονται. Άν δημοσιευστοῦμεν εἰδώλον τοῦ προσώπου μᾶς ἐντὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου, πρέπει νὰ τοποθετηθῶμεν μεταξὺ τῆς κορυφῆς καὶ τῆς κυρίας ἑστίας του.

σφαιρικού κατόπτρου σχηματίζεται άπό τάς προεκτάσεις τῶν ἀκτίνων και εύρισκεται δόπιστος ἀπό τὸ κάτοπτρον, δύνομάζεται φανταστικὴ κυρία ἑστία (σχ. 240).

§ 234. Εἰδώλα κυρτῶν σφαιρικῶν κατόπτρων. Τὰ κυρτά σφαιρικά κάτοπτρα δίδουν πάντοτε φανταστικὰ εἰδώλα, ὅρθια, μικρότερα ἀπό τὸ ἀντικείμενον και παραμορφωμένα.

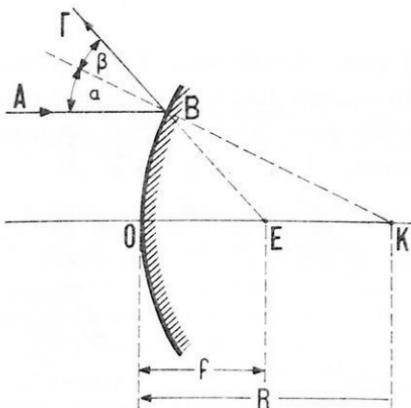
Τὸ σχῆμα 241 δεικνύει τὴν κατασκευὴν τοῦ εἰδώλου Α' Β' ἐνὸς ἀντικειμένου ΑΒ, εύρισκομένου ἐμπρὸς εἰς ἔνα κυρτὸν σφαιρικὸν κάτοπτρον. Ὁπως εἰς τὰ κοῖλα σφαιρικά κάτοπτρα, οὕτως και εἰς τὰ κυρτά, ἡ ἀπόστασις α τοῦ ἀντικειμένου και ἡ ἀπόστασις β τοῦ εἰδώλου ἀπό τὴν κορυφὴν τοῦ κατόπτρου, ἡ ἑστιακὴ ἀπόστασις f και ἡ ἄκτις καμπυλότητος R τοῦ κατόπτρου, συνδέονται μὲ τὰς σχέσεις :

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{f} \quad \text{ἢ}$$

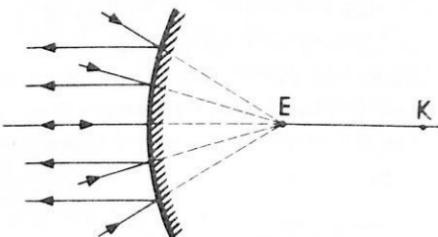
$$\frac{1}{a} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{R}$$

μὲ τὴν διαφορὰν ὅμως ὅτι β , f ἢ R εἶναι πάντοτε ἀρνητικά.

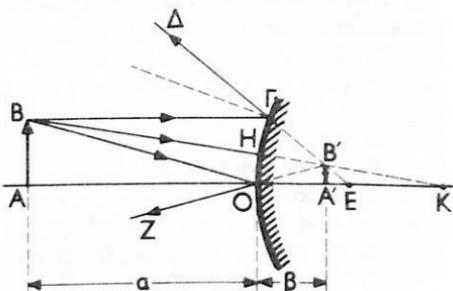
Ἐάν κατὰ τὴν λύσιν ἐνὸς προβλήματος εὐρώμεν ἀρνητικάς τιμάς διά τὸ f ἢ τὸ R , αὐτὸς σημαίνει ὅτι τὸ κάτοπτρον εἶναι κυρτόν. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτῆν πρέπει δύπλαστρο τὸ εἶναι ἀρνητικόν και τὸ β . Τὸ α δὲν εἶναι ποτὲ ἀρνητικόν.



Σχ. 239. Ἀνάκλασις εἰς κυρτὸν σφαιρικὸν κάτοπτρον.



Σχ. 240. Αἱ παραλλήλοι πρὸς τὸν κύριον ἔνονα ἐνὸς κυρτοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου ἀκτίνες, σχηματίζουν μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῶν δέσμην ἀποκλινούσδην ἀκτίνων, ἡ κορυφὴ τῆς ὁποίας εύρισκεται εἰς τὴν φανταστικὴν κυρίαν ἑστίαν.



Σχ. 241. Γεωμετρικὴ κατασκευὴ τοῦ φανταστικοῦ εἰδώλου ἐνὸς κυρτοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου.

§ 235. Μεγέθυνσις ἀντικειμένου ὑπὸ σφαιρικοῦ κατόπτρου. Τὸ πηλίκον μιᾶς διαστάσεως τοῦ εἰδώλου, π.χ. τοῦ ψηφους του, πρὸς τὴν ἀντίστοιχον διάστασιν τοῦ ἀντικειμένου ὀνομάζεται γραμμικὴ μεγέθυνσις Μ.

Ἐπομένως ἂν AB εἶναι τὸ ὑψος τοῦ ἀντικειμένου καὶ A'B' τὸ ὑψος τοῦ εἰδώλου, θὰ ἔχωμεν τὴν σχέσιν :

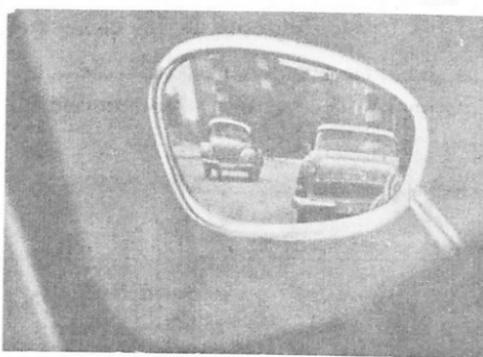
$$M = \frac{A'B'}{AB}$$

Ἄπὸ τὴν ἀνωτέρῳ σχέσιν φαίνεται ὅτι ἡ μεγέθυνσις δύναται νὰ εἶναι μεγαλυτέρα, ἵση ἡ μικροτέρᾳ τῆς μονάδος, ἀναλόγως πρὸς τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου ἐν σχέσει πρὸς τὸ μέγεθος τοῦ ἀντικειμένου.

Οπως ἀποδεικνύεται, ἡ μεγέθυνσις καὶ αἱ ἀποστάσεις α καὶ β τοῦ ἀντικειμένου καὶ τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὴν κορυφὴν τοῦ κατόπτρου συνδέονται μὲ τὴν σχέσιν :

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

Ἡ ἀνωτέρῳ σχέσις (1) ἴσχύει διὰ τὰ κοῖλα καὶ τὰ κυρτὰ κάτοπτρα. Οταν ἡ μεγέθυνσις εἶναι ἀρνητική, τὸ εἰδώλον εἶναι φανταστικόν. Οταν ἡ ἀρνητικὴ μεγέθυνσις ἔχῃ ἀπόλυτον τιμῆν μικροτέραν τῆς μονάδος, τὸ κάτοπτρον εἶναι κυρτόν.



Σχ. 242. Οἱ ὁδηγοὶ τῶν συγκοινωνιακῶν ὁχημάτων χρησιμοποιοῦν κυρτὰ σφαιρικὰ κάτοπτρα.

§ 236. Ἐφαρμογαὶ τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων. Τὰ κοῖλα σφαιρικά κάτοπτρα χρησιμοποιοῦνται εἰς τὰ μικροσκόπια καὶ εἰς τοὺς προβολεῖς διὰ τὴν συγκέντρωσιν φωτισμοῦ εἰς ὥρισμένον σημεῖον. Τὰ κοῖλα κάτοπτρα χρησιμοποιοῦνται ἐπίσης εἰς τὸν καλλωπισμόν, διότι σχηματίζουν φανταστικά εἰδώλα μεγαλύτερα ἀπὸ τὰ ἀντικείμενα.

Τὰ κυρτὰ κάτοπτρα χρησιμοποιοῦνται εἰς τὰ διάφορα μεταφορικά μέσα, ἐπειδὴ ἐπιτρέπουν εἰς τὸν ὁδηγὸν ἐνὸς δχήματος νὰ ἔχῃ μίαν μικρὰν εἰκόνα μιᾶς εὐρείας περιοχῆς, ή ὅποια ἐκτείνεται ὀπίσω ἀπὸ τὸ δχῆμα (σχ. 242).

§ 237. Σφάλματα τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων. "Οσα ἀναφέρομεν, διά σφαιρικά κάτοπτρα εἰς τὰς προηγουμένους παραγράφους, ἵσχουν ὅταν τὸ ἄνοιγμα τοῦ κατόπτρου εἰναι μικρόν, σχετικῶς πρὸς τὴν ἀκτίνα καμπυλότητος του καὶ τὰ ἀντικείμενα εὐρίσκονται ἐπὶ τοῦ κύριου ἄξονος ή πολὺ πλησίον πρὸς αὐτὸν. "Οταν αὐτοὶ οἱ δύο ὅροι δὲν εἰναι πληροῦνται, τὰ σχηματιζόμενα εἶδωλα εἰναι ἀσαφῆ.

"Οταν τὸ ἄνοιγμα τοῦ κατόπτρου εἰναι μεγάλον, τότε μία δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων, παράλληλος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, δὲν συγκεντρώνεται μετά τὴν ἀνάκλασιν της εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ κατόπτρου. Αἱ ἀκτίνες αἱ ὅποιαι ἀνακλῶνται μακράν ἀπὸ τὸ ὀπικὸν κέντρον, τέμνουν τὸν κύριον ἄξονα πλησιέστερον πρὸς τὸ κάτοπτρον. Τὸ σφάλμα αὐτὸ δόνομάζεται **σφαιρικὴ ἐκτροπή**.

"Οταν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται εἰς ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν κύριον ἄξονα, τότε αἱ προσπίτουσαι ἀκτίνες σχηματίζουν μίαν αἰσθητὴν γωνίαν μὲ τὸν κύριον ἄξονα τοῦ κατόπτρου. Αὐτὸς ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα νὰ σχηματίζωνται ἀντὶ ἐνὸς δύο εἶδωλα, κάθετα τὸ ἕνα ὡς πρὸς τὸ ἄλλο. Τὸ σφάλμα αὐτὸ δόνομάζεται **ἀστιγματικὴ ἐκτροπή**.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Τὰ στοιχεῖα ἐνὸς σφαιρικοῦ κατόπτρου εἰναι τὸ κέντρον καμπυλότητος K , ή ἀκτίς καμπυλότητος R , ή ἐστιακὴ ἀπόστασις f καὶ τὸ ἄνοιγμα τοῦ κατόπτρου.

2. Μεταξὺ τῆς ἀποστάσεως α τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τὴν κορυφὴν ἐνὸς σφαιρικοῦ κατόπτρου, τῆς ἀποστάσεως β τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὴν κορυφὴν τοῦ κατόπτρου καὶ τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως f ἴσχυει ἡ σχέσις :

$$\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{f}$$

Τὸ α εἶναι πάντοτε θετικόν, τὸ β καὶ τὸ f δυνατὸν νὰ εἶναι θετικὰ η ἀρνητικά. "Οταν τὸ β εἶναι ἀρνητικόν, τὸ εἶδωλον εἶναι φανταστικόν. "Οταν τὸ f εἶναι ἀρνητικόν, τὸ κάτοπτρον εἶναι κυρτόν. Μεταξὺ τῶν f καὶ R ὑφίσταται ἡ σχέσις :

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

3. Τὰ κοῖλα κάτοπτρα ἔχουν πραγματικὴν κυρίαν ἐστίαν. Μία δέσμη, δηλαδή, παραλλήλων ἀκτίνων, παράλληλος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα (τὴν εὐθεῖαν ἡτὶς διέρχεται ἀπὸ τὸ κέντρον καμπυλότητος καὶ τὴν κορυφὴν τοῦ κατόπτρου), μεταβάλλεται μετὰ τὴν ἀνάκλασίν της εἰς συγκλίνουσαν δέσμην, αἱ ἀκτίνες τῆς ὁποίας συναντῶνται ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος καὶ καθορίζουν τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ κατόπτρου.

4. Τὰ κυρτὰ κάτοπτρα ἔχουν ἀρνητικὴν κυρίαν ἐστίαν. Μία δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων, παράλληλος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, μεταβάλλεται μετὰ τὴν ἀνάκλασίν της εἰς ἀποκλίνουσαν δέσμην, αἱ προεκτάσεις τῶν ἀκτίνων τῆς ὁποίας τέμνονται εἰς τὴν πρόεκτασιν τοῦ κυρίου ἄξονος, εἰς ἓνα σημεῖον διπισθεν τοῦ κατόπτρου.

5. Ἡ γραμμικὴ μεγέθυνσις M , ὁ λόγος δηλαδὴ δύο ἀντιστοίχων διαστάσεων εἰδώλου καὶ ἀντικειμένου, δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν :

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

6. Τὰ σφάλματα τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων εἶναι ἡ σφαιρικὴ ἐκτροπὴ καὶ ἡ ἀστιγματικὴ ἐκτροπή.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

168. Ἐμπόδιος ἀπὸ ἓνα κοῖλον σφαιρικὸν κάτοπτρον καὶ εἰς ἀπόστασιν 140 cm ἀπὸ τὴν κορυφὴν τοῦ θέτομεν ἔνα ἀντικείμενον. Ἡ ἀπόστασις τοῦ εἰδώλου εἶναι ἵση μὲ 23,3 cm. Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ κατόπτρου. ($A\pi. f=20\text{ cm}.$)

169. Ὄταν ἔνα φωτεινὸν ἀντικείμενον τοποθετῆται εἰς ἀπόστασιν 40 cm ἀπὸ ἓνα κοῖλον σφαιρικὸν κάτοπτρον, σχηματίζεται πραγματικὸν εἰδώλον εἰς ἀπόστασιν 20 cm ἀπὸ τὴν κορυφὴν τοῦ κατόπτρου. Νὰ εὑρεθοῦν : α) ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις καὶ β) ἡ ἀκτὶς καμπυλότητος τοῦ κατόπτρου. ($A\pi. \alpha' 13,33\text{ cm}, \beta' 26,6\text{ cm}.$)

170. Κυρτὸν κάτοπτρον, ἐστιακῆς ἀπόστάσεως 50 cm, δίδει εἰδώλον τοῦ δόποιον τὸ ὑψός εἶναι ἵσον ποὺς τὸ 1/4 τοῦ ὑψοῦς τοῦ ἀντικειμένου. Εἰς πόλας ἀπόστάσεις ἀπὸ τὸ κάτοπτρον εὑρίσκεται τὸ ἀντικείμενον καὶ τὸ εἰδώλον. ($A\pi. 150\text{ cm}-37,5\text{ cm}.$)

171. Ἡ ἀκτὶς καμπυλότητος ἐνὸς κοῖλον σφαιρικοῦ κατόπτρου εἶναι 30 cm. Εἰς πόσην ἀπόστασιν ἀπὸ τὴν κορυφὴν τοῦ κατόπτρου συγκεντρώνεται μία δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων, παράλληλος ποὺς τὸν κύριον ἄξονα τοῦ κατόπτρου, μετὰ ἀπὸ τὴν ἀνάκλασίν της.

($A\pi. 15\text{ cm}.$)

172. Ἡ ἀπόστασις ἐνὸς φωτεινοῦ σημείου ἀπὸ τὴν κορυφὴν ἐνὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου εἶναι ἵση πρὸς τὰ 2)3 τῆς ἀκτίνος καμπυλότητος. Τὸ σημεῖον εὐθύνεται ἐπάνω εἰς τὸν κύριον ἄξονα τοῦ κατόπτρου. Πόσον ἀπέχει τὸ εἰδωλον τοῦ φωτεινοῦ σημείου ἀπὸ τὸ κάτοπτρον καὶ τί εἰδους εἰδωλον εἶναι. (*Απ. 2 R, πραγματικόν.*)

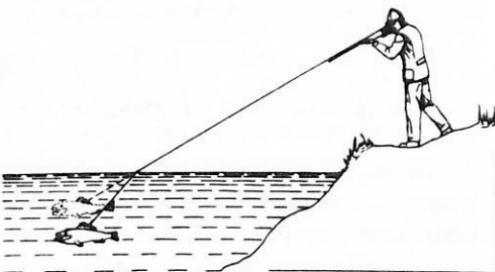
173. Ἀντικείμενον εὐρίσκεται εἰς ἀπόστασιν 3f ἀπὸ ἔνα κοῦλον σφαιρικὸν κάτοπτρον. Εἰς πόσην ἀπόστασιν ἀπὸ τὸ κάτοπτρον σχηματίζεται τὸ εἰδῶλον τοῦ ἀντικείμενον καὶ τί εἶδος εἰδῶλον είναι. (*Απ. 3/2 f, πραγματικόν.*)

174. Ἀντικείμενον, ὕψος 4 cm, ἐνδίσκεται εἰς ἀπόστασιν 15 cm ἀπὸ ἔνα κυρτὸν σφαιρικὸν κάτοπτρον, ἐστιακῆς ἀποστάσεως 5 cm. Εἰς ποίαν ἀπόστασιν ἀπὸ τὸ κάτοπτρον θὰ σχηματισθῇ τὸ εἰδώλον καὶ ποῖον θὰ είναι τὸ μέγεθός του.

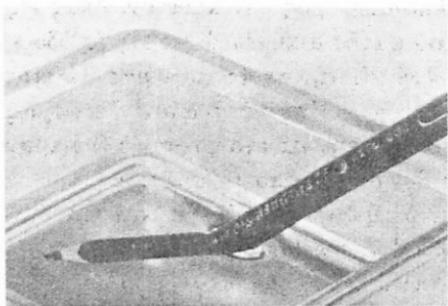
ΜΕ' = ΑΙΑΘΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

§ 238. Γενικότητες. "Οταν μία δέσμη μονοχρώων φωτεινῶν ἀκτίνων προσπέσῃ πλαγίως εἰς τὴν ἐπίπεδον ἐπιφάνειαν διαχωρισμοῦ δύο διαφορετικῶν διαφανῶν σωμάτων, ὅπως, π.χ., εἰς τὴν διαχωριστικήν ἐπιφάνειαν ἀέρος καὶ ὕδατος, ἔνα μέρος ἀπὸ τὸ φῶς ἀνακλᾶται, ἐνῶ ἔνα ἄλλο μέρος εἰσχωρεῖ εἰς τὸ δεύτερον διαφανὲς σῶμα. Αἱ φωτειναὶ 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 δονομάζεται διάθλασις τοῦ φωτός. Ωστέ :

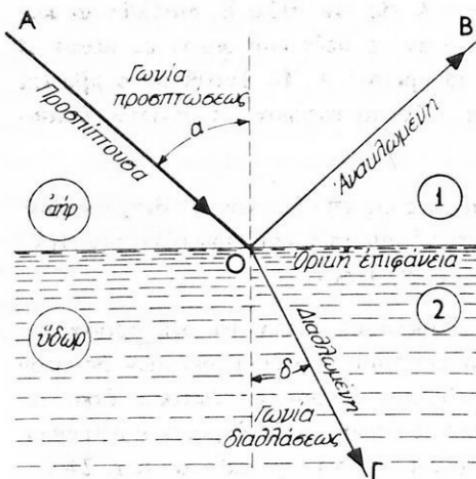
Διάθλασις ὁνομάζεται τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ ὅποῖον τὸ φῶς μεταβάλλει διεύθυνσιν διαδόσεως, ὅταν διακόπη τὴν διάδοσίν του εἰς ἐνας διαφανές μέσον διὰ νὰ τὴν συνεχίσῃ εἰς ἔνα ἄλλον διαφανές μέσον.



Σχ. 243. Ἐξ αἰτιας τῆς διαθλάσεως ὁ ἰχθὺς φαινεται ύψηλότερον ἐντὸς του ὄδατος.



Σχ. 244. Έξ αιτίας της διαθλάσεως ή μολυβδίς φαίνεται κεκαμμένη.



Σχ. 245. Διά τὴν σπουδὴν τῆς διαθλάσεως.

Η ἀκτὶς AO δονομάζεται προσπίπτουσα καὶ ή OG διαθλωμένη. Η γωνία ἡ σχηματιζομένη ἀπὸ τὴν προσπίπτουσαν ἀκτίνα καὶ τὴν κάθετον εἰς τὴν διαχωριστικὴν ἐπιφάνειαν, εἰς τὸ σημεῖον προσπτώσεως, δονομάζεται γωνία προσπτώσεως. Η γωνία, ἡ σχηματιζομένη ἀπὸ τὴν κάθετον καὶ τὴν διαθλωμένην ἀκτίνα, δονομάζεται γωνία διαθλάσεως.

θλάσεως τοῦ φωτός, οἱ ἵχθύες φαίνονται ύψηλότερον εἰς τὸ ὄδωρ ἀπὸ τὴν πραγματικὴν τῶν θέσιν (σχ. 243) καὶ ἡ βυθισμένη εἰς τὸ ὄδωρ μολυβδίς κεκαμμένη (σχ. 244).

§ 239. Νόμοι τῆς διαθλάσεως. Εστω μία λεπτὴ μονόχρους φωτεινὴ δέσμη AO , ἣ τις προσπίπτει πλαγίως εἰς τὴν ἐπίπεδον διαχωριστικὴν ἐπιφάνειαν ἀέρος καὶ ὄδατος (σχ. 245.).

Συμφώνως πρὸς δσα ἀνεφέρομεν, ἔνα μέρος τοῦ φωτός ἀνακλᾶται, ἀκολουθοῦν τὴν διεύθυνσιν τῆς ἀκτίνος OB καὶ ἔνα μέρος εἰσχωρεῖ εἰς τὸ δεύτερον διαφανὲς μέσον, τὸ ὄδωρ, κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς ἀκτίνος OG καὶ διαθλᾶται. Η ἀκτὶς OG ἐκτρέπεται ἀπὸ τὴν ἀρχικὴν διεύθυνσιν διαδόσεως τοῦ φωτὸς καὶ, εἰς τὴν περίπτωσίν μας, πλησιάζει πρὸς τὴν κάθετον εἰς τὸ σημεῖον προσπτώσεως Ο τῆς διαχωριστικῆς ἐπιφανείας ὄδατος-ἀέρος.

"Οταν ή διαθλωμένη ἀκτίς πλησιάζῃ πρός τὴν κάθετον, ὅπως εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς διαδόσεως τοῦ φωτὸς ἀπὸ τὸν ἄέρα εἰς τὸ ὕδωρ, τὸ δεύτερον διαφανὲς μέσον, τὸ ὕδωρ εἰς τὴν περίπτωσίν μας, λέγεται διαθλαστικῶτερον ἢ ὀπτικῶς πυκνότερον ἀπὸ τὸ πρῶτον. Ἀν ὅμως ή διαθλωμένη ἀκτίς ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὴν κάθετον, τότε τὸ δεύτερον διαφανὲς μέσον λέγεται ὀπτικῶς ἀραιότερον ἀπὸ τὸ πρῶτον.

Τὸ ἐπίπεδον, τὸ ὄριζόμενον ἀπὸ τὴν προσπίπτουδαν καὶ τὴν διαθλωμένην ἀκτίνα, ὀνομάζεται ἐπίπεδον διαθλάσεως.

'Η διάθλασις τοῦ φωτὸς ἀκολουθεῖ τοὺς ἔξῆς δύο νόμους :

1ος νόμος. Τὸ ἐπίπεδον διαθλάσεως, τὸ ὅποιον ὄριζεται ἀπὸ τὴν προσπίπτουσαν καὶ τὴν διαθλωμένην ἀκτίνα, εἶναι κάθετον εἰς τὴν διαχωριστικήν ἐπιφάνειαν τῶν δύο διαφανῶν μέσων.

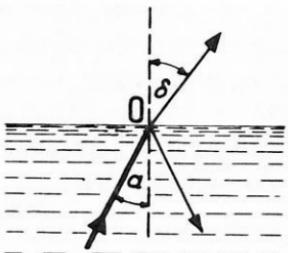
2ος νόμος. "Οταν φωτειναὶ ἀκτίνες μονοχρώου φωτὸς διαδίδωνται πλαγίως ἀπὸ ἔνα διαφανὲς μέσον A εἰς ἔνα ἄλλο B, διαθλῶνται καὶ πλησιάζουν πρὸς τὴν κάθετον, ὅταν τὸ δεύτερον διαφανὲς μέσον B εἶναι ὀπτικῶς πυκνότερον ἀπὸ τὸ πρῶτον A. Τὸ ἀντίθετον συμβαίνει ὅταν τὸ φῶς διαδίδεται ἀπὸ ὀπτικῶς πυκνότερον εἰς ὀπτικῶς ἀραιότερον μέσον.

"Οταν τὸ φῶς προσπίπτη καθέτως εἰς τὴν ἐπιφάνειαν διαχωρισμοῦ δύο ὀπτικῶν μέσων, δὲν ὑφίσταται διάθλασιν καὶ συνεχίζει τὴν εὐθύγραμμον διάδοσίν του εἰς τὸ δεύτερον μέσον.

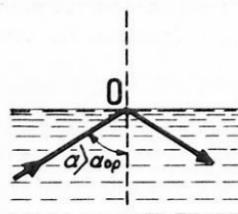
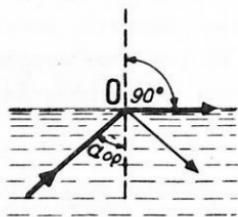
§ 240. Ὁρικὴ γωνία. Ὄλικὴ ἀνάκλασις. "Οταν τὸ φῶς προσπίπτη πλαγίως εἰς τὴν ἐπιφάνειαν διαχωρισμοῦ δύο διαφορετικῶν ὀπτικῶν μέσων καὶ διαδίδεται ἀπὸ ὀπτικῶς πυκνότερον, εἰς ὀπτικῶς ἀραιότερον διαφανὲς σῶμα, ὅπως π.χ. ἀπὸ τὸ ὕδωρ εἰς τὸν ἄέρα, ή διαθλωμένη ἀκτίς ἀπομακρύνεται, ὅπως γνωρίζομεν, ἀπὸ τὴν κάθετον (σχ. 246).

"Οταν μεγαλώνη ἡ γωνία προσπτώσεως α, μεγαλώνει καὶ ἡ γωνία διαθλάσεως δ, ἡ δοπία εἰς τὴν περίπτωσιν τὴν ὅποιαν ἔξετάζομεν εἶναι πάντοτε μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν γωνίαν προσπτώσεως. "Οταν ἡ γωνία προσπτώσεως λάβῃ μίαν ώρισμένην τιμήν, τὴν ὅποιαν ὀνομάζομεν **δρικὴν γωνίαν** (α_{op}), ἡ γωνία διαθλάσεως γίνεται ἵση μὲ 90° καὶ ἡ διαθλωμένη ἀκτίς διαδίδεται ἐπάνω εἰς τὴν ἐπιφάνειαν διαχωρισμοῦ τῶν δύο ὀπτικῶν μέσων (σχ. 247, I).

"Οταν ἡ γωνία προσπτώσεως ὑπερβῇ τὴν ὁρικὴν γωνίαν ($\alpha > \alpha_{op}$),



Σχ. 246. Όταν τὸ φῶς διαδίδεται ἀπὸ ὀπτικῶς πυκνότερον εἰς ὀπτικῶς ἀραιότερον διαφανές μέσον, ή διαθλωμένη ἄκτις ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὴν κάθετον.



Σχ. 247. Όταν ἡ γωνία προσπτώσεως ὑπερβῇ τὴν δρικήν, συμβαίνει ὀλικὴ ἀνάκλασις.

“Ηλιον πρὶν ἀκόμη ἀνατείλη καὶ ἔξακολουθοῦμε νά τὸν βλέπουμε ἐνῶ ἔχει δύσει.

“Ἐναὶ ἄλλο φαινόμενον ὁφειλόμενον εἰς τὴν ἀτμοσφαιρικὴν διάθλασιν, εἶναι δὲ λεγόμενος ἀντικατοπτρισμός. Διὰ νά συμβῇ τὸ φαινόμενον αὐτὸν πρέπει ὁ ἄηρ εὑρισκόμενος πλησίον τοῦ ἐδάφους, νά είναι ὀπτικῶς ἀραιότερος ἀπὸ τὰ ὑπερκείμενα ἀέρια στρώματα. Αὐτὸν συμβαίνει δταν είναι πολὺ θερμὸν τὸ ἐδάφος, ὅποτε

δὲν ὑπάρχει πλέον διαθλωμένη ἄκτις, ἀλλὰ συμβαίνει μόνον ἀνάκλασις (σχ. 247, II).

Τὸ φαινόμενον αὐτὸν ὀνομάζεται ὀλικὴ ἀνάκλασις τοῦ φωτός καὶ παρατηρεῖται μόνον δταν τὸ φῶς διαδίδεται πλαγίως ἀπὸ ἕνα πυκνότερον πρὸς ἔνα ἀραιότερον μέσον.

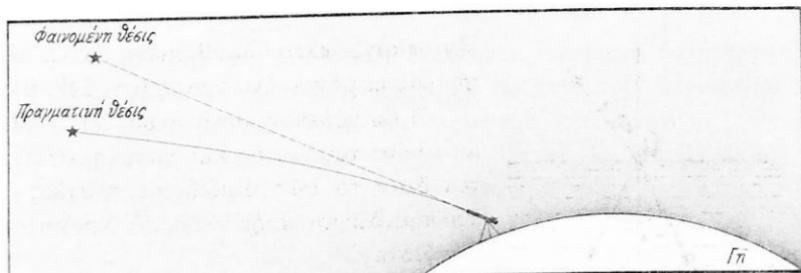
“Ωστε :

‘Ολικὴ ἀνάκλασις ὀνομάζεται τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ ὅποιον τὸ φῶς, δταν διαδίδεται πλαγίως ἀπὸ ὀπτικῶς πυκνότερον πρὸς ὀπτικῶς ἀραιότερον διαφανές μέσον, ὑφίσταται μόνον ἀνάκλασιν, δταν ἡ γωνία προσπτώσεως ὑπερβῇ μίαν ωρισμένην τιμήν, χαρακτηριστικὴν διὰ τὰ δύο ὀπτικὰ μέσα, ἡ ὅποια ὀνομάζεται δρικὴ γωνία.

‘Εκτεταμένη χρῆσις τοῦ φαινομένου τούτου γίνεται εἰς τοὺς φωτιζόμενους πίδακας τῶν ἀναβρυτηρίων, εἰς τοὺς ὅποιους παρατηροῦμεν χρωματιστὰς καμπύλας φλέβας ὑδατος.

§ 241. Ἀποτελέσματα τῆς διαθλάσεως.

“Οταν μία φωτεινὴ ἄκτις, ἥτις προέρχεται ἀπὸ κάποιον ἀστέρα, εἰσχωρήσῃ εἰς τὴν γηνῆν ἀτμόσφαιραν, διέρχεται ἀπὸ στρώματα ἀέρος, τῶν ὅποιων αὐξάνεται συνεχῶς ἡ ὀπτικὴ πυκνότης. Διὰ τὸν λόγον αὐτὸν ἡ ἄκτις δλονὲν καμπυλοῦται. “Οταν φθάσῃ εἰς τὸν ὀφθαλμὸν μας, νομίζομεν δτι προέρχεται ἀπὸ τὴν προέκτασιν τοῦ τελευταίου τμήματός της, μὲ ἀποτέλεσμα νά βλέπωμεν τὸν ἀστέρα ὑψηλότερον ἀπὸ τὴν θέσιν εἰς τὴν ὅποιαν πραγματικῶς εὑρίσκεται (σχ. 248). Οὕτω βλέπομεν τὸν

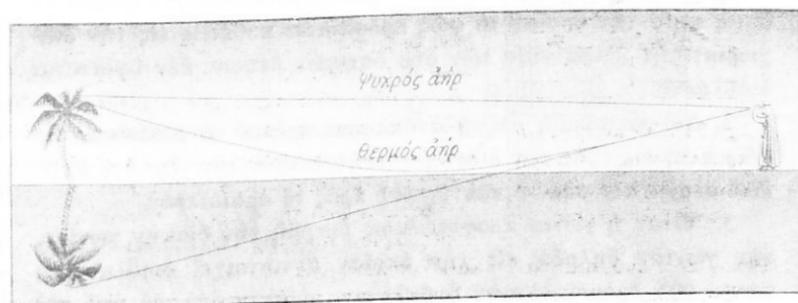


Σχ. 248. Ἐξ αἰτίας τῆς ἀτμοσφαιρικῆς διαθλάσεως συμβαίνει φαινομενικὴ ἄνωψις τῶν ἄστρων.

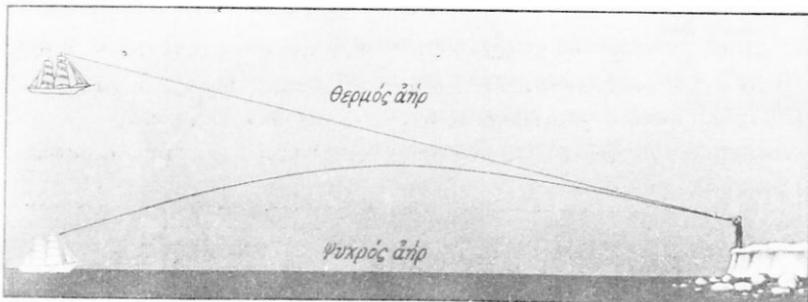
ὁ ἄηρ διατάσσεται κατὰ στρώματα, τῶν ὁποίων ἡ πυκνότης αὐξάνεται ὅσον ἀπομακρύνομεθα ἀπὸ τὸ ἔδαφος. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν τὸ φῶς τὸ προερχόμενον ἀπὸ τὸ ὑψηλότερον σημεῖον ἐνὸς ἀντικειμένου, π.χ. ἐνὸς δένδρου, φθάνει εἰς τὸν δόφαλόν μον τοῦ παρατηρητοῦ, ὅπως δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 249. Τοιουτορόπως αὐτὸς βλέπει τὸ ἀντικείμενον, ὅπως είναι εἰς τὴν πραγματικὴν του θέσιν καὶ ἀνεστραμένον, ώστα νά ὑπῆρχε ἐπίπεδον κάτοπτρον μεταξὺ ἀντικειμένου καὶ παρατηρητοῦ.

Τὸ φαινόμενον αὐτὸς παρατηρεῖται συνήθως εἰς τὰς ἐρήμους, ὅπου τὰ καραβάνια βλέπουν δάσεις λόγῳ ἀντικατοπτρισμοῦ καὶ ἔξαπατῶνται. Τὸ ἴδιον συμβαίνει καὶ εἰς τους μαύρους ἀσφαλτοστρωμένους αὐτοκινητοδρόμους, ὅπου δημιουργεῖται ἡ ἐντύπωσις ὅτι εἰς μεγάλην ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν παρατηρητὴν ἔχει καταβρεχθῆ τὸ ὄδόστρωμα.

“Οταν ὁ ἄηρ ὁ εὑρισκόμενος πλησίον τοῦ ἐδάφους είναι ψυχρότερος, καὶ ἐπομένως πυκνότερος ἀπὸ τὰ στρώματα, τὰ εὑρισκόμενα ἐπάνω ἀπὸ αὐτῶν, δημιουργεῖται πολλάς φοράς ἡ ἐντύπωσις ὅτι διάφορα ἀντικείμενα, ὅπως π.χ. ἔνα μακρινὸν πλοϊον, μετεωρίζονται εἰς τὸν ὄριζοντα (σχ. 250).



Σχ. 249. Ὁταν ὁ ἄηρ είναι πολὺ θερμὸς πλησίον τοῦ ἐδάφους, ἀπομεμακρυσμένα ἀντικείμενα φαίνονται, λόγῳ ἀντικατοπτρισμοῦ, ἀνεστραμμένα.



Σχ. 250. "Οταν ὁ ἄηρ, ὁ εύρισκόμενος πλησίον τοῦ ἐδάφους εἶναι ψυχρός, ἀπομεμακρυσμένα ἀντικείμενα φαίνονται ύψηλότερον ἀπὸ τὴν πραγματικὴν τῶν θέσιν.

"Ενα ἄλλο φαινόμενον, διειλόδενον εἰς τὴν διάθλασιν, εἶναι ἡ φαινομενικὴ ἀνύψωσις τῶν ἀντικειμένων, τῶν εύρισκομένων μέσα εἰς ἕνα ὑγρόν, ὅταν τὰ βλέπομεν πλαγίως, ὥπως π.χ. οἱ ἵχθυες (βλ. σχ. 243).

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. "Οταν τὸ φῶς διαδίδεται πλαγίως ἀπὸ ἔνα διαφανὲς μέσον εἰς ἄλλον, ὑφίσταται διάθλασιν. Τὸ φαινόμενον αὐτὸ ἀκολουθεῖ τοὺς ἔξης δύο νόμους : α) Τὸ ἐπίπεδον διαθλάσσεως, τὸ ὄριζόμενον ἀπὸ τὴν προσπίπτουσαν καὶ τὴν διαθλωμένην ἀκτίνα, εἶναι κάθετον πρὸς τὴν διαχωριστικὴν ἐπιφάνειαν τῶν δύο ὀπτικῶν μέσων. β) "Οταν μία φωτεινὴ ἀκτίς μονοχρώου φωτὸς ὑφίσταται διάθλασιν, πλησιάζει πρὸς τὴν κάθετον, ἐάν τὸ δεύτερον ὀπτικὸν μέσον εἶναι πυκνότερον ἀπὸ τὸ πρῶτον. Ἀντιθέτως ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὴν κάθετον ὅταν εἶναι ἀραιότερον. Εἰς τὴν περίπτωσιν δημος κατὰ τὴν ὅποιαν τὸ φῶς προσπίπτει καθέτως εἰς τὴν διαχωριστικὴν ἐπιφάνειαν τῶν δύο ὀπτικῶν μέσων, δὲν ὑφίσταται διάθλασιν.

2. Διὰ νὰ συμβῇ ὄλικὴ ἀνάκλασις πρέπει νὰ διαδίδεται τὸ φῶς πλαγίως πρὸς τὴν διαχωριστικὴν ἐπιφάνειαν τῶν δύο ὀπτικῶν μέσων καὶ ἀπὸ τὸ πυκνότερον πρὸς τὸ ἀραιότερον.

3. "Οταν ἡ γωνία προσπτώσεως ὑπερβῇ τὴν ὄρικὴν γωνίαν, τὴν γωνίαν δηλαδὴ εἰς τὴν ὅποιαν ἀντιστοιχεῖ διαθλαστικὴ γωνία 90° , ἔχομεν ὄλικὴν ἀνάκλασιν, οὐδεμίᾳ δηλαδὴ ἀπὸ τὰς προσπιπτούσας ἀκτίνας ὑφίσταται διάθλασιν, ἀλλὰ ἀνακλῶνται ὅλαι.

4. Εἰς τὴν ἀτμοσφαιρικὴν διάθλασιν ὁφείλεται τὸ γεγονός ὅτι ὁ Ἡλιος φαίνεται ἐπάνω ἀπὸ τὸν ὄρίζοντα πρὶν ἀκόμη ἀνατείλῃ καὶ παραμένει ἐπάνω ἀπὸ αὐτὸν ἐνῶ ἔχει δύσει.

5. Ὁ ἀντικατοπτρισμὸς ἐπίσης ὁφείλεται εἰς τὴν ἀτμοσφαιρικὴν διάθλασιν.

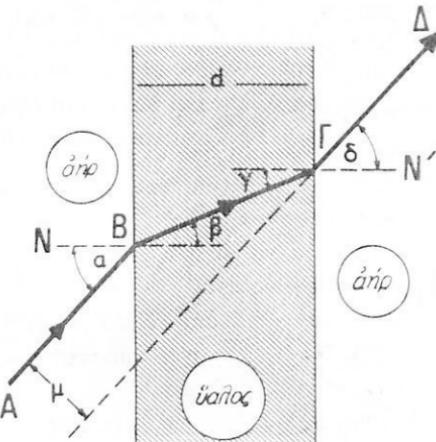
ΜΣΤ' — ΠΡΙΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΦΑΚΟΙ

§ 242. Διάθλασις διὰ μέσου πλακός μὲ παραλλήλους ἔδρας. Ἐστω μία ὑαλίνη πλάξ μὲ παραλλήλους ἔδρας, ἐπάνω εἰς τὴν ὁποίαν προσπίπτει μὲ γωνίαν α μία φωτεινὴ ἀκτὶς AB (σχ. 251). Ἡ ἀκτὶς διαθλᾶται εἰς τὸ σημεῖον B, πλησιάζει πρὸς τὴν κάθετον, ἐφ' ὅσον διαδίδεται ἀπὸ τὸν ἀέρα πρὸς τὴν ὑαλὸν, δηλαδὴ ἀπὸ ὀπτικῶς ἀραιότερον πρὸς ὀπτικῶς πυκνότερον σῶμα, ἀκολουθοῦσα τὴν διεύθυνσιν τῆς ἀκτίνος BG. Εἰς τὸ σημεῖον Γ διαθλᾶται καὶ πάλιν, ἀλλὰ τώρα ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὴν κάθετον, ἐπειδὴ διαδίδεται ἀπὸ ὀπτικῶς πυκνότερον πρὸς ὀπτικῶς ἀραιότερον μέσον, ἀκολουθοῦσα τὴν διεύθυνσιν τῆς ἀκτίνος ΓΔ. Αἱ δύο ὀπτικαὶ ἀκτίνες, ἡ προσπίπτουσα AB καὶ ἡ ἐξερχομένη ΓΔ εἰναι παράλληλοι, ἡ ΓΔ ὅμως ἔχει μετατοπισθῆ ὡς πρὸς τὴν AB. Ὅστε :

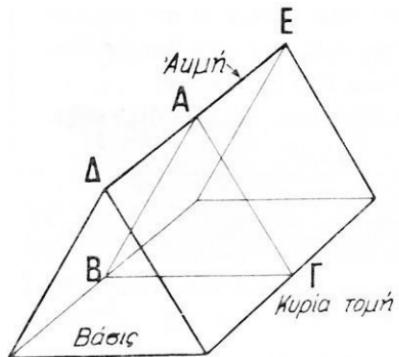
"Οταν μία φωτεινὴ ἀκτὶς διαθλᾶται διὰ μέσου μιᾶς ὑαλίνης πλακός μὲ παραλλήλους ἔδρας, δὲν ὑφίσταται ἐκτροπὴν ἀπὸ τὴν ἀρχικὴν τῆς διεύθυνσιν ἀλλὰ παράλληλον μετατόπισιν.

Ἡ μετατόπισις ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ πάχος τῆς ὑαλίνης πλακός.

§ 243. Ὁπτικὸν πρίσμα. Εἰς τὴν Φυσικὴν ὄνομάζομεν ὡπτικὸν πρίσμα ἡ ἀπλῶς πρίσμα, ἕνα διαφανὲς μέσον περιοριζόμενον ἀπὸ δύο ἐπι-



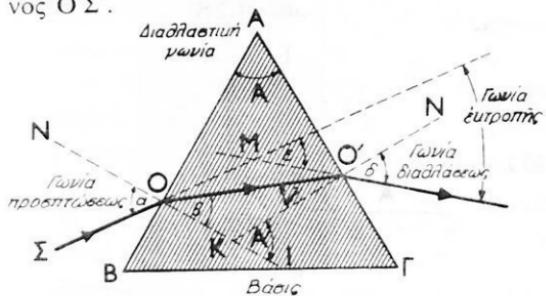
Σχ. 251. Διάθλασις διὰ μέσου πλακιδίου μὲ παραλλήλους ἔδρας.



Σχ. 252. Πρίσμα και κυρία τομή του πρίσματος.

εἰς τὸ πρίσμα, ὥστε ἡ κυρία τομή του νὰ είναι τρίγωνον. Ἡ ἔδρα τοῦ τριγωνικοῦ πρίσματος, ἡ ἐναντὶ τῆς ἀκμῆς του, ὀνομάζεται βάσις τοῦ πρίσματος.

§ 244. Διάθλασις διὰ μέσου πρίσματος. Ἀς θεωρήσωμεν ὅτι εἰς τὴν κυρίαν τομήν ΒΑΓ ἐνὸς πρίσματος (σχ. 253) προσπίπτει μία λεπτὴ μονόχρους φωτεινὴ δέσμη ΣΟ ἐπάνω εἰς τὴν ἔδραν ΒΑ, μὲ γωνίαν προσπτώσεως α . Ἡ λεπτὴ αὐτὴ δέσμη θεωρούμενη περίπου ως ἀκτίς, διαθλᾶται εἰς τὸ Ο καὶ εἰσχωρεῖ εἰς τὸ πρίσμα πλησιάζουσα πρὸς τὴν κάθετον, ἀκολουθοῦσα τὴν διεύθυνσιν ΟΟ'. Εἰς τὸ σημεῖον Ο' τῆς ἔδρας ΑΓ διαθλᾶται καὶ πάλιν καὶ ἔξερχεται εἰς τὸν ἀέρα, ἐνδιάπομακρύνεται ἀπὸ τὴν κάθετον, ἀκολουθοῦσα τὴν διεύθυνσιν τῆς ἀκτίνος ΟΣ'.



Σχ. 253. Πορεία μιᾶς φωτεινῆς ἀκτίνος διὰ μέσου πρίσματος.

πέδους ἔδρας, αἱ ὁποῖαι σχηματίζουν δίεδρον γωνίαν (σχ. 252).

Ἡ τομὴ τῶν δύο ἐπιπέδων ἔδρῶν τῶν περιορίζουσῶν τὸ πρίσμα, ὀνομάζεται ἀκμὴ τοῦ πρίσματος, ἡ δὲ ἀντίστοιχος ἐπίπεδος γωνία τῆς διέδρου, τὴν ὁποίαν σχηματίζουν αἱ δύο ἔδραι τοῦ πρίσματος, ὀνομάζεται διαθλαστικὴ γωνία τοῦ πρίσματος. Πᾶσα τομὴ τοῦ πρίσματος κάθετος πρὸς τὴν ἀκμήν του, ὀνομάζεται κυρία τομὴ τοῦ πρίσματος.

Συνήθως δίδεται τοιαύτη μορφὴ

εἰς τὸ πρίσμα, ὥστε ἡ κυρία τομὴ του νὰ είναι τρίγωνον. Ἡ ἔδρα

τοῦ τριγωνικοῦ πρίσματος, ἡ ἐναντὶ τῆς ἀκμῆς του, ὀνομάζεται βάσις

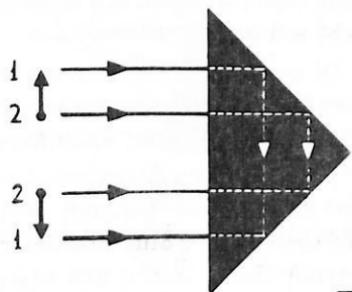
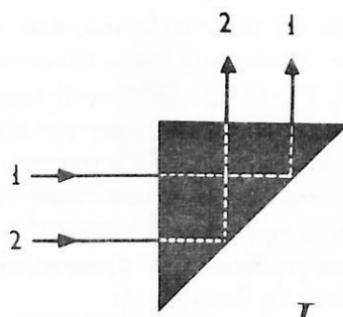
"Οπως παρατηροῦμεν, ἡ ἔξερχομένη ἀκτίς πλησιάζει πρὸς τὴν βάσιν τοῦ πρίσματος καὶ ὑφίσταται ἐκτροπὴν ἀπὸ τὴν ἀρχικήν της διεύθυνσιν. Ἡ ἐκτροπὴ αὐτὴ καθορίζεται ἀπὸ τὴν γωνίαν ε , ἡ ὁποία σχηματίζεται

ἀπό τὴν προέκτασιν τῆς προσπι-
πτούσης καὶ τῆς ἔξερχομένης ἀκτί-
νος καὶ ὄνομάζεται γωνία ἐκτροπῆς.

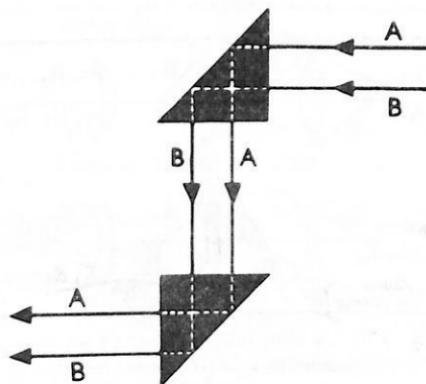
**§ 243. Πρίσματα ὀλικῆς ἀνα-
κλάσεως.** Εἰς τὸ φαινόμενον τῆς
ὀλικῆς ἀνακλάσεως στηρίζεται ἡ
λειτουργία διαφόρων διατάξεων, αἱ
όποιαι χρησιμοποιοῦν κατάλληλα
πρίσματα. Ἡ κυρίᾳ τομῇ τῶν πρι-
σμάτων αὐτῶν εἶναι ὀρθογώνιον ἴ-
σοσκελές τρίγωνον. Αἱ διατάξεις
αὐταὶ χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν
κατασκευὴν ὡρισμένων ὀπτικῶν
δργάνων, 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
μίαν κάθετον ἔδραν τοῦ πρίσματος
καὶ δὲν ὑφίστανται διάθλασιν, συν-
εχίζουσαι τοιουτοτρόπῳ; εὐθύ-
γράμμως τὴν διάδοσίν των διά-
μέσου τοῦ πρίσματος. "Οταν
συναντήσουν τὴν ὑποτείνουσαν
ἔδραν τοῦ πρίσματος, δὲν δια-
θλῶνται, ἐπειδὴ προσπίπτουν μὲ
γωνίαν μεγαλυτέραν τῆς ὀρικῆς.
Ἀνακλῶνται λοιπὸν καὶ προσ-
πίπτουν καθέτως εἰς τὴν ἄλλην
κάθετον ἔδραν τοῦ πρίσματος,
ὅπότε ἔξερχονται χωρὶς νὰ ὑπο-
στοῦν διάθλασιν.

"Αν ὁ διφθηρίας συλλάβῃ
τὰς ἔξερχομένας ἀκτίνας, θὰ νο-



Σχ. 254. Πρίσματα ὀλικῆς ἀνακλάσεως.



Σχ. 255. Ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τοῦ πε-
ρισκοπίου.

μίση ότι τὸ ἀντικείμενον, ἀπὸ τὸ ὁποῖον προέρχονται, εὑρίσκεται εἰς τὴν προέκτασίν των. Οὕτω συμβαίνει ἐκτροπή τῶν ἀκτίνων κατὰ 90°. Εἰς τὴν περίπτωσιν II ἔχομεν δύο ὄλικὺς ἀνακλάσεις, αἱ ὁποῖαι προκαλοῦν ἀναστροφὴν τοῦ εἰδώλου.

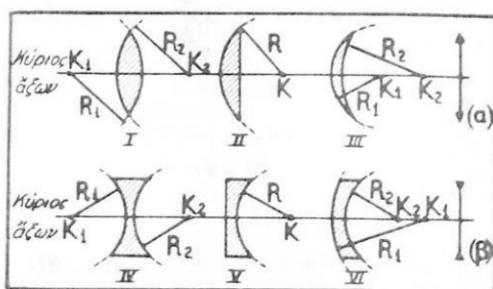
Τὸ σχῆμα 255 δεικνύει τὴν ἀρχὴν ἐπὶ τῆς ὁποίᾳς στηρίζεται ἡ κατασκευὴ τοῦ περισκοπίου. Χρησιμοποιοῦνται δύο πρίσματα ὄλικῆς ἀνακλάσεως, τὰ ὁποῖα τοποθετοῦνται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ώστε τὸ εἰδώλον, τὸ προερχόμενον ἀπὸ τὴν διπλῆν ἀνάκλασιν νὰ μὴν ὑφίσταται ἀναστροφῆν.

§ 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 ὄβλων ἢ ἄλλον διαφανὲς ὄλικὸν καὶ κατατάσσονται εἰς δύο μεγάλας κατηγορίας, εἰς τοὺς συγκλίνοντας καὶ εἰς τοὺς ἀποκλίνοντας φακούς.

Οἱ φακὸι ὀνομάζεται συγκλίνοντα, ὅταν μεταβάλῃ εἰς συγκλίνουσαν μίαν παράλληλον φωτεινὴ δέσμην, προσπίπτουσαν ἐπ’ αὐτοῦ, καὶ ἀποκλίνοντα ὅταν τὴν μεταβάλῃ 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, ἐνῷ οἱ ἀποκλίνοντες εἶναι παχεῖς εἰς τὰ ἄκρα καὶ λεπτοὶ εἰς τὸ μέσον.



Σχ. 256. Τὰ εἰδη τῶν φακῶν: (I) ἀμφίκυρτος, (II) ἐπιπεδόκυρτος, (III) συγκλίνων μηνίσκος, (IV) ἀμφίκοιλος, (V) ἐπιπεδόκοιλος, (VI) ἀποκλίνων μηνίσκος. (a) Συμβολικὴ παράστασις συγκλίνοντος καὶ (b) 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. "Οταν ὁ φακὸς ἀποτελῇται ἀπὸ μίαν σφαιρικὴν καὶ μίαν ἐπίπεδον ἐπιφάνειαν, ἔχει μίαν ἀκτῖνα καμπυλότητος.

Εἰς τὸ σχῆμα 256 δεικνύονται τὰ διάφορα εἰδη τῶν συγκλίνοντων καὶ ἀποκλίνοντων φακῶν.

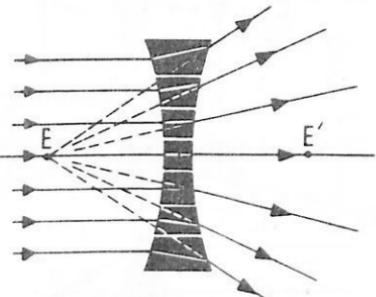
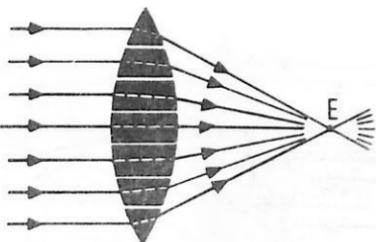
Ή εύθεια, ή διερχομένη ἀπό τὰ κέντρα καμπυλότητος τῶν δύο σφαιρικῶν ἐπιφανειῶν τοῦ φακοῦ, δύναζεται κύριος ἄξων τοῦ φακοῦ. Ὅταν ή μία ἀπὸ τὰς δύο ἐπιφανείας είναι ἐπίπεδος, ὁ κύριος ἄξων τοῦ φακοῦ διέρχεται ἀπὸ τὸ ἔνα κέντρον καμπυλότητος καὶ είναι κάθετος εἰς τὴν ἐπίπεδον ἐπιφάνειαν. Πᾶσα τομή τοῦ φακοῦ, περιέχουσα τὸν κύριον ἄξονα του δύναζεται κρίσια τομῆ.

Διά νὰ σπουδάσωμεν τὴν διάδοσιν τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων διὰ μέσου ἑνὸς φακοῦ, θεωροῦμεν ὅτι ὁ φακὸς ἀποτελεῖται ἀπὸ συνδυασμὸν πολλῶν μικρῶν πρισμάτων, τὰ ὅποια δὲν ἔχουν ὅμως σταθεράν διαθλαστικὴν γωνίαν. Ἡ διαθλαστικὴ γωνία τῶν πρισμάτων αὐτῶν μεταβάλλεται ἀπὸ τὸ μέσον τοῦ φακοῦ πρὸς τὰ ἄκρα του. Τὸ σχῆμα 257 δεικνύει κατὰ ποῖον τρόπον δυνάμεθα νὰ φαντασθῶμεν τὸν φακὸν ως συνδυασμὸν πολλῶν μικρῶν πρισμάτων.

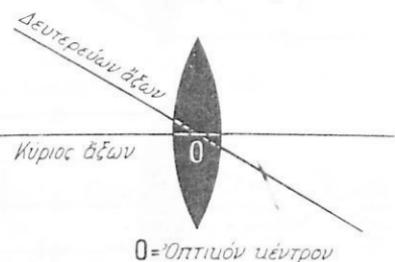
Οἱ φακοὶ τοὺς ὅποιους θὰ μελετήσωμεν, ὑποθέτομεν ὅτι είναι πολὺ λεπτοί. Ὅτι τὸ πάχος των, δηλαδή, είναι πολὺ μικρόν, ὅταν συγκριθῇ μὲ τὰς ἀκτίνας καμπυλότητος τῶν ἐπιφανειῶν των.

Ὅταν οἱ φακοὶ ἔχουν μικρὸν πάχος, θεωροῦμεν ὅτι ὁ κύριος ἄξων τέμνει τὸν φακὸν εἰς ἔνα σημεῖον, τὸ ὅποιον δύναζομεν διπτικὸν κέντρον τοῦ φακοῦ. Οὐδήποτε είθεια ἥτις διέρχεται ἀπὸ τὸ διπτικὸν κέντρον καὶ δὲν συμπίπτει μὲ τὸν κύριον ἄξονα, δύναζεται δευτερεύων ἄξων τοῦ φακοῦ (σχ. 258).

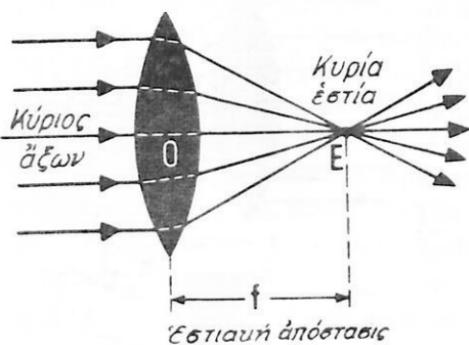
Ὅταν μία ἀκτίς διέρχεται ἀπὸ τὸ διπτικὸν κέντρον τοῦ φακοῦ,



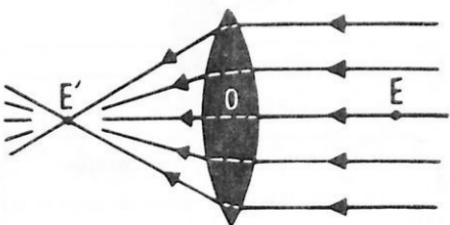
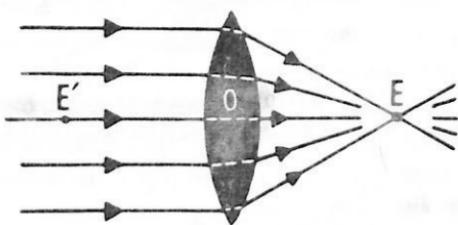
Σχ. 257. Σύνθεσις φακῶν ἀπὸ πολλὰ μικρὰ πρίσματα διαφορετικῆς διαθλαστικῆς γωνίας.



Σχ. 258. Ὁπτικὸν κέντρον συγκλίνοντος φακοῦ.



Σχ. 259. Έστιακή άπόστασις ένός συγκλίνοντος φακού.



Σχ. 260. Αἱ παράλληλοι ἀκτίνες συγκεντρώνονται εἰς τὰς δύο κυρίας έστιας τοῦ φακοῦ.

Ἐννοεῖται ὅτι συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς ἀντιστρόφου πορείας τοῦ φωτός, ὅταν εἰς μίαν έστιαν ένὸς συγκλίνοντος φακοῦ, τοποθετηθῇ ἕνα φωτεινὸν σημεῖον, αἱ ἀκτίνες αἱ ὁποῖαι ἐκκινοῦν ἀπὸ αὐτῆν, μετὰ τὴν διέλευσίν των μέσα ἀπὸ τὸν φακόν, μεταβάλλονται εἰς παράλληλον δέσμην.

συνεχίζει τὴν διάδοσίν της χωρὶς νὰ διαθλασθῇ.

§ 247. Συγκλίνοντες φακοί. Κυρία έστια. Ἐν μίᾳ δέσμῃ παραλλήλων ἀκτίνων, προσπέση παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα ένὸς συγκλίνοντος φακοῦ, μετὰ τὴν ἔξοδόν της ἀπὸ τὸν φακόν, θὰ μεταβληθῇ εἰς συγκλίνουσαν δέσμην, αἱ ἀκτίνες τῆς ὁποίας θὰ διέλθουν ἀπὸ ἕνα σημεῖον E , τὸ ὁποῖον εὑρίσκεται ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος τοῦ φακοῦ καὶ δονομάζεται κυρία έστια. Ἡ άπόστασις OE τῆς κυρίας έστιας ἀπὸ τὸ δόπτικὸν κέντρον O τοῦ φακοῦ, δονομάζεται έστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ (σχ. 259).

Ἐνδὴ τὰ κάτοπτρα εἶναι μονόπλευρα, οἱ φακοὶ εἶναι δίπλευροι. Δι’ αὐτὸν εἰς ἔκαστον φακὸν ἔχομεν δύο έστιας, μίαν πρὸς τὰ δεξιὰ καὶ μίαν πρὸς τὰ ἀριστερά (σχ. 260). Αἱ δύο έστιαι εὑρίσκονται εἰς ἴσιας ἀποστάσεις ἀπὸ τὸν φακόν, ὅταν ὁ φακὸς περιβάλλεται ἀπὸ τὸ ἴδιον δόπτικὸν μέσον.

§ 248. Εἰδώλα συγκλινόντων φακῶν. Διὰ νὰ σχηματίσωμεν τὸ εἰδώλον ἐνὸς ἀντικειμένου, τὸ δόποιον εύρισκεται ἔμπροσθεν ἐνὸς συγκλινοντος φακοῦ, ἀρκεῖ νὰ σχηματίσωμεν τὰ εἰδώλα τῶν διαφόρων σημείων τοῦ ἀντικειμένου.

Οπως εἰς τὴν περίπτωσιν τῶν κατόπτρων, εἰς τὰ δόποια δὲ σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου ἐνὸς φωτεινοῦ σημείου γίνεται ἀπὸ τὴν τομῆν δύο ἀκτίνων, οὕτω καὶ εἰς τοὺς φακούς, τὸ εἰδώλον ἐνὸς φωτεινοῦ σημείου σχηματίζεται εἰς τὴν τομῆν δύο ἀκτίνων, μετά τὴν ἔξοδόν των ἀπὸ τὸν φακόν.

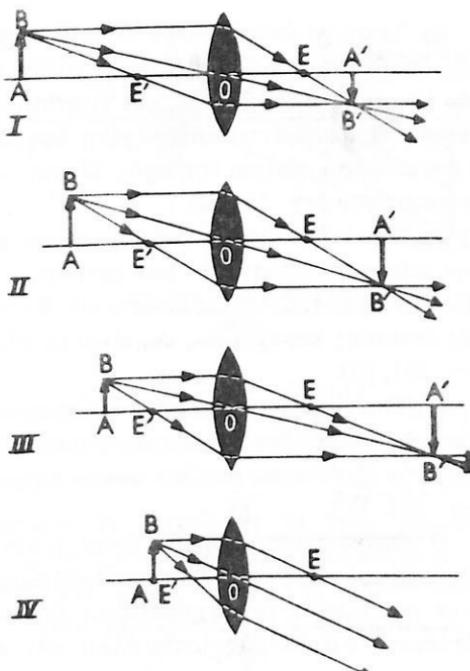
Διὰ τὴν κατασκευὴν τῶν εἰδώλων ἀρκεῖ νὰ ἔχωμεν ὑπ' ὄψιν μας τὰ ἔξης:

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.

A' Πραγματικὸν εἰδώλον. α) "Οταν τὸ ἀντικείμενον AB εύρισκεται εἰς τὸ ἕνα μέρος τοῦ φακοῦ καὶ εἰς ἀπόστασιν (AO) = a , μεγαλυτέραν ἀπὸ τὸ διπλάσιον τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως, τὸ εἰδώλον τοῦ σχηματίζεται εἰς τὸ ἄλλον μέρος τοῦ φακοῦ, εἶναι πραγματικόν, ἀνεστραμμένον καὶ εἰς ἀπόστασιν (OA') = β , μεγαλυτέραν τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως καὶ μικροτέραν τοῦ διπλασίου αὐτῆς. Δηλαδὴ, δταν $a > 2f$ θὰ εἴναι $f < \beta < 2f$ (σχ. 261, I).



Σχ. 261. Διάφοροι θέσεις τοῦ εἰδώλου ἐνὸς ἀντικειμένου, τοποθετημένου ἔμπροσθεν συγκλινοντος φακοῦ.

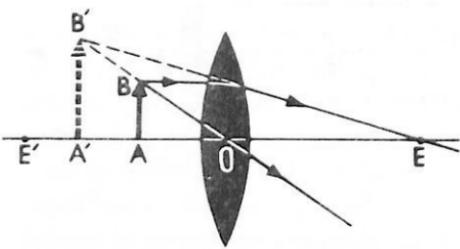
β) "Όταν τὸ ἀντικείμενον πλησιάζῃ πρὸς τὸ διπλάσιον τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως καὶ τὸ εἰδώλον του πλησιάζει πρὸς τὸ διπλάσιον τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως καὶ γίνεται ὀλονὲν μεγαλύτερον. "Όταν ἡ ἀπόστασις α τοῦ ἀντικειμένου γίνη ἵση πρὸς 2f, τότε καὶ ἡ ἀπόστασις β τοῦ εἰδώλου, γίνεται ἵση πρὸς 2f καὶ τὸ εἰδώλον εἶναι ἵσον μὲ τὸ ἀντικείμενον (σχ. 261, II).

γ) "Όταν ἡ ἀπόστασις α τοῦ ἀντικειμένου εἶναι μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν ἐστιακήν ἀπόστασιν καὶ μικροτέρα ἀπὸ τὸ διπλάσιον τῆς, τὸ εἰδώλον σχηματίζεται εἰς ἀπόστασιν β μεγαλυτέραν 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 ἀκτῖνες μετὰ τὴν ἔξοδόν των ἀπὸ τὸν φακὸν σχηματίζουν παράλληλον δέσμην (σχ. 261, IV).

Β' Φανταστικὸν εἰδώλον. "Όταν τὸ ἀντικείμενον εύρισκεται μεταξὺ τῆς κυρίας ἐστίας καὶ τοῦ ὀπτικοῦ κέντρου τοῦ φακοῦ, τότε αἱ ἀκτῖνες μετὰ τὴν ἔξοδόν των σχηματίζουν ἀποκλίνουσαν δέσμην. "Αν ὅμως εύρισκεται ὁ ὀφθαλμὸς εἰς τὴν ἄλλην πλευρὰν τοῦ φακοῦ καὶ τὰς δεχθῆ θὰ νομίσῃ ὅτι προέρχονται ἀπὸ τὸ σημεῖον εἰς τὸ ὅποιον τέμνονται αἱ προεκτάσεις των. Ἐκεῖ σχηματίζεται τὸ φανταστικὸν εἰδώλον τοῦ ἀντικειμένου (σχ. 262). "Ωστε :

"Όταν τὸ ἀντικείμενον εύρισκεται μεταξὺ κυρίας ἐστίας καὶ ὀπτικοῦ κέντρου τοῦ φακοῦ, ἔχομεν φανταστικὸν εἰδώλον, τὸ ὅποιον σχηματίζεται πρὸς τὴν πλευρὰν τοῦ ἀντικειμένου. Τὸ εἰδώλον αὐτὸν εἶναι πάντοτε μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον καὶ ὅρθιον.

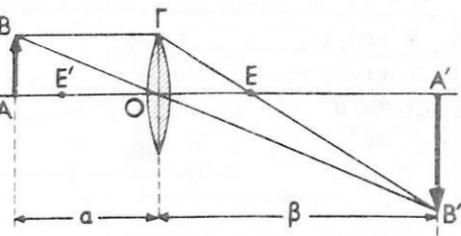


Σχ. 262. Σχηματισμὸς φανταστικοῦ εἰδώλου υπὸ συγκλίνοντος φακοῦ.

§ 249. Τύπος τῶν συγκλινόντων φακῶν. "Οπως ἀποδεικνύεται, μεταξὺ τῆς ἀποστάσεως α τοῦ ἀντικειμένου, (τὸ ὅποιον εύρισκεται ἔμπροσθεν ἑνὸς συγκλίνοντος φακοῦ), ἀπὸ τὸ ὀπτικὸν κέντρον

Ο τοῦ φακοῦ, τῆς ἀποστάσεως β τοῦ εἰδώλου τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τὸ δόπτικὸν κέντρον οἱ τῆς φακοῦ καὶ τῆς ἔστιακῆς ἀποστάσεως f τοῦ φακοῦ (σχ. 263), ἴσχύει ἡ σχέσις :

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{f}$$



Σχ. 263. Διά τὸν τύπον τῶν συγκλινόντων φακῶν.

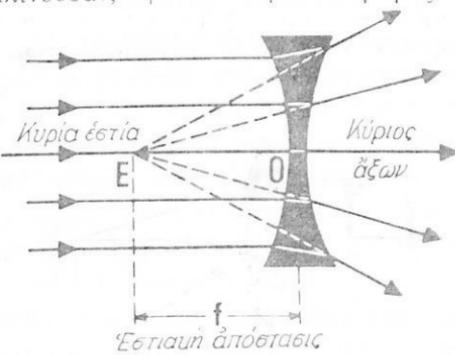
Εἰς τὸν τύπον αὐτὸν τὰ a καὶ f εἶναι πάντοτε θετικοὶ ἀριθμοί. Τὸ β δύναται νὰ εἶναι θετικὸς ἢ ἀρνητικὸς ἀριθμός. Θετικὸν β σημαίνει πραγματικὸν εἰδώλον, ἀρνητικὸν β ύποδηλώνει ὅτι τὸ εἰδώλον εἶναι φανταστικόν.

§ 250. Μεγέθυνσις τοῦ φακοῦ. Η μεγέθυνσις M ἐνὸς φακοῦ δορίζεται κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον, κατὰ τὸν ὁποῖον δορίζεται καὶ ἡ μεγέθυνσις ἐνὸς σφαιρικοῦ κατόπτρου. "Οπως δὲ εἰς τὴν περίπτωσιν τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων, οὕτω καὶ προκειμένου περὶ φακῶν ἴσχύει ἡ σχέσις :

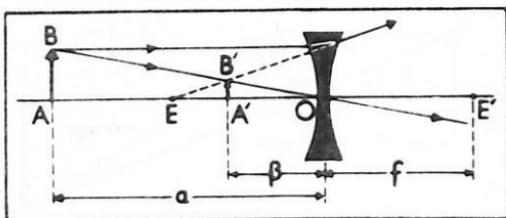
$$M = \frac{\beta}{a}$$

§ 251. Ἀποκλίνοντες φακοί. Οἱ φακοὶ αὐτοὶ μεταβάλλουν μίαν παράληπαράλληλον δέσμην εἰς ἀποκλίνουσαν, ἀφοῦ διέλθῃ ἀπὸ τὴν μᾶζαν τῶν καὶ ὑποστῇ δύο φορὰς διάθλασιν.

Εἰς τὸ σχῆμα 264 παριστάται ἔνας ἀποκλίνων φακός. Μία δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων προσπίπτει παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα τοῦ φακοῦ. Αἱ γεωμετρικαὶ προεκτάσεις τῶν ἀκτίνων τῆς δέσμης, μετὰ τὴν ἔξοδόν των συναντῶνται εἰς τὸ σημεῖον E , τὸ δόπιον ἀπο-



Σχ. 264. Ἐστιακὴ ἀπόστασις ἐνὸς ἀποκλίνοντος φακοῦ.



Σχ. 265. Γεωμετρική κατασκευή τοῦ φανταστικοῦ εἰδώλου εἰς ἀποκλίνοντα φακόν.

ἀποκλίνοντος φακοῦ τοῦ σχήματος 265. Διὰ νὰ σχηματίσωμεν τὸ εἰδώλόν του, κατασκευάζομεν τὸ εἰδώλον τῆς κορυφῆς του Β. Πρὸς τὸν σκοπὸν αὐτὸν χρειαζόμεθα δύο ἀκτῖνας. Μίαν περάλληλον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, ὅποτε ἡ γεωμετρικὴ προέκτασις τῆς ἐξερχομένης τῆς θά διέρχεται ἀπὸ τὴν φανταστικὴν κυρίαν ἑστίαν, καὶ μίαν ἔχουσαν διεύθυνσιν δευτερεύοντος ἄξονος, ἡ ὁποία δὲν θὰ ὑποστῆ διάθλασιν.

Αἱ δύο αὗται ἐξερχόμεναι ἀκτῖνες, εἶναι πάντοτε ἀποκλίνουσαι, δι’ αὐτὸ δὲν συναντῶνται, καὶ οὕτω δὲν δύνανται νὰ δώσουν πραγματικὸν εἰδώλον. Ἀν δῆμος προσπέσουν καὶ αἱ δύο εἰς τὸν ὀφθαλμὸν μας, θὰ μᾶς προκαλέσουν τὴν ἐντύπωσιν ὅτι προέρχονται ἀπὸ ἕνα σημεῖον, εύρισκόμενον εἰς τὴν ἴδιαν πλευράν, ώς πρὸς τὸν φακόν, μὲ τὸ ἀντικείμενον. Ἐκεῖ θὰ σχηματισθῇ τὸ φανταστικὸν εἰδώλον Β' τοῦ Β. Φέροντες μίαν κάθετον εὐθεῖαν Β'Α' εἰς τὸ διπτικὸν ἄξονα τοῦ φακοῦ, σχηματίζομεν τὸ εἰδώλον τοῦ ἀντικειμένου.

Οἱ ἀποκλίνοντες φακοὶ δίδουν πάντοτε φανταστικὰ εἰδώλα, ὅρθια καὶ μικρότερα ἀπὸ τὰ ἀντικείμενα. Τὰ εἰδώλα εύρισκονται εἰς τὴν ἴδιαν πλευράν, ώς πρὸς τὸν φακόν, μὲ τὰ ἀντικείμενα. Ὅταν τὸ ἀντικείμενον πλησιάζει πρὸς τὸ διπτικὸν κέντρον τοῦ φακοῦ, αὐξάνεται τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου.

Διὰ τοὺς ἀποκλίνοντας φακοὺς ἴσγύει ὁ τύπος :

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{f}$$

εἰς τὸν ὅποιον δῆμος μονον τὸ α εἶναι θετικόν. Τὰ β καὶ f εἶναι ἀρνητικά.

§ 253. Ἐφαρμογαὶ καὶ χρήσεις τῶν φακῶν. Οἱ φακοί, ἐν συνδυασμῷ συνήθως μὲ κότοπτρα ὡς ἐπίσης καὶ πρίματα, ἀποτελοῦν τὰ σπουδαιότερα μέρη τῶν

τελεῖ τὴν κνοῖαν ἑστίαν τοῦ φακοῦ, ἡ ὁποία εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν εἶναι φανταστική.

§ 252. Εἰδώλα ἀποκλινόντων φακῶν. Ἄς φαντασθῶμεν ἔνα ἀντικείμενον AB ἔμπροσθεν τοῦ

δπτικῶν ὄργάνων, δπως είναι τὸ ἀπλοῦν καὶ σύνθετον μικροσκόπιον, ὁ φωτογραφικός θάλαμος, τὸ τηλεσκόπιον, ὁ προβολεύς, ἡ κινηματογραφικὴ μηχανὴ, κλπ. Μὲ ειδικοὺς φακοὺς ἐπίσης θεραπεύονται ὥρισμέναι βλάβαι τοῦ ἀνθρωπίνου ὄφθαλμοῦ, ὁ όποιος ἀποτελεῖ ἔνα εἰδος δπτικοῦ ὄργάνου.

§ 254. Ἰσχὺς φακοῦ. "Ἐνας φακὸς είναι τόσον περισσότερον συγκλίνων, δσον αἱ κύριαι ἐστίαι του εύρισκονται πλησιέστερον πρὸς τὸ δπτικόν του κέντρον· δσον δηλαδὴ ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ είναι μικροτέρα. Αὐτός ἀκριβῶς τὸ χαρακτηριστικὸν γνώρισμα ἐνὸς φακοῦ ἐκφράζει ἡ Ἰσχὺς τοῦ φακοῦ.

Τὴν Ἰσχὺν P ἐνὸς φακοῦ ὅριζεται ἵση πρὸς τὸ ἀντίστροφον τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως f τοῦ φακοῦ.

"Ἐπομένως θὰ ἔχωμεν ὅτι :

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

"Οταν ἡ f ἐκφράζεται εἰς μέτρα, ἡ P εύρισκεται εἰς διοπτρίας.

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. Νά εύρεθῇ ἡ Ἰσχὺς ἐνὸς φακοῦ ἀκτίνος καμπυλότητος 20 cm.

Λύσις. Επειδὴ 20 cm = 0,20 m, θὰ ἔχωμεν ὅτι :

$$P = \frac{1}{0,20} = 5 \text{ διοπτρίαι.}$$

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Αἱ φωτειναὶ ἀκτίνες, αἱ διαθλόμεναι ἀπὸ ὑαλίνους πλάκας μὲ παραλλήλους ἔδρας, δὲν ἐκτρέπονται ἀπὸ τὴν ἀρχικὴν τῶν διεύθυνσιν, ἀλλὰ μετατοπίζονται μόνον παραλλήλως.

2. Τὰ ὀπτικὰ πρίσματα είναι διαφανῆ μέσα περιοριζόμενα ἀπὸ τὰς δύο ἔδρας μιᾶς διέδρου γωνίας.

3. "Αν μία φωτεινὴ ἀκτὶς προσπέσῃ πλαγίως εἰς μίαν ἔδραν τοῦ πρίσματος, εἰσέρχεται εἰς τὸ πρίσμα καὶ διαθλᾶται. "Οταν συναντήσῃ τὴν ἄλλην ἔδραν ἔξερχεται ἀπὸ τὸ πρίσμα καὶ διαθλᾶται πάλιν. Τὴν ἔξερχομένη ἀκτὶς ἔχει ὑποστῆ ἐκτροπὴν ἀπὸ τὴν γωνίαν τὴν σχηματιζομένην ἀπὸ τὴν προσπίπτουσαν καὶ τὴν ἔξερχομένην ἀκτίνα.

4. Τὰ πρίσματα ὀλικῆς ἀνακλάσεως ἔχουν ώς κυρίαν τομὴν δρθογώνιον ἴσοσκελές τρίγωνον. "Οταν μία φωτεινὴ ἀκτὶς προσπέσῃ καθέτως εἰς μίαν ἔδραν τῆς ὁρθῆς διέδρου διαθλαστικῆς γωνίας τοῦ πρίσματος, συνεχίζει τὴν διάδοσιν της χωρὶς διάθλασιν καὶ συναντῶσα τὴν ὑποτείνουσαν ὑφίσταται ὀλικὴν ἀνάκλασιν. Ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς προσπίπτει καθέτως εἰς τὴν ἄλλην ἔδραν καὶ ἐξέρχεται χωρὶς νὰ ὑποστῇ διάθλασιν.

5. Οἱ φακοὶ εἰναι διαφανῆ σώματα, τὰ ὅποια περιορίζονται ἀπὸ δύο σφαιρικὰς ἐπιφανείας ἡ μίαν σφαιρικὴν καὶ μίαν ἐπιπεδον, ὑποδιαιροῦνται δὲ εἰς δύο μεγάλας κατηγορίας, εἰς τοὺς συγκλίνοντας καὶ εἰς τοὺς ἀποκλίνοντας φακούς. Οἱ πρῶτοι μεταβάλλουν μίαν δέσμην παραλλήλων φωτεινῶν ἀκτίνων εἰς συγκλίνουσαν καὶ οἱ δεύτεροι εἰς ἀποκλίνουσαν.

6. Οἱ φακοὶ ἔχουν δύο συμμετρικὰς κυρίας ἐστίας καὶ δύο ἡ μίαν ἀκτίνας καμπυλότητος Εἰς τοὺς συγκλίνοντας φακοὺς ἡ κυρία ἐστία εἰναι πραγματικὴ καὶ σχηματίζεται ἀπὸ τὴν δέσμην τῶν παραλλήλων ἀκτίνων, τὴν μεταβαλλομένην εἰς συγκλίνουσαν μετὰ τὴν ἔξοδόν της ἀπὸ τὸν φακόν. Εἰς τοὺς ἀποκλίνοντας φακοὺς ἡ κυρία ἐστία εἰναι φανταστικὴ καὶ σχηματίζεται ἀπὸ τὰς προεκτάσεις τῶν ἀκτίνων τῆς ἐξερχομένης δέσμης.

7. Ἡ ἀπόστασις α τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τὸ ὄπτικὸν κέντρον τοῦ φακοῦ, ἡ ἀπόστασις β τοῦ εἰδώλου πάλιν ἀπὸ τὸ ὄπτικὸν κέντρον καὶ ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις f τοῦ φακοῦ συνδέονται μὲ τὴν σχέσιν :

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{f}$$

Τὸ α εἰναι πάντοτε θετικὸς ἀριθμός, τὰ β καὶ f δύνανται νὰ εἰναι θετικοὶ ἡ ἀρνητικοὶ ἀριθμοί. "Οταν τὸ β εἰναι θετικόν, τὸ εἰδώλον εἰναι πραγματικόν. Τότε καὶ τὸ f εἰναι θετικόν καὶ ὁ φακὸς συγκλίνων. "Οταν τὸ β εἰναι ἀρνητικόν τὸ εἰδώλον εἰναι φανταστικόν. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ὁ φακὸς δύναται νὰ εἰναι συγκλίνων ἡ ἀποκλίνων. "Οταν τὸ f εἰναι ἀρνητικόν, ὁ φακὸς εἰναι ἀποκλίνων, ὅπότε καὶ τὸ β εἰναι ἀρνητικόν, ἐπειδὴ οἱ ἀποκλίνοντες φακοὶ δίδουν πάντοτε φανταστικὰ εἰδώλα.

8. "Οπως καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν τῶν κατόπτρων, ἡ μεγέ-

θυνσις Μ ένος φακοῦ δίδεται ἀπὸ τὸν τύπον :

$$M = \frac{\beta}{a}$$

9. Οἱ φακοὶ, τὰ κάτοπτρα καὶ τὰ πρίσματα ἀποτελοῦν τὰ σπουδαιότερα μέρη τῶν ὀπτικῶν ὄργανων.

A S K H S E I S

175. Ἀντικείμενον ἀπέχει 60 cm ἀπὸ συγκλίνοντα φακὸν καὶ παρέχει εἰδώλον εἰς ἀπόστασιν 20 cm ἀπὸ τὸ ὀπτικὸν κέντρον τοῦ φακοῦ. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ.
(Απ. $f = 15$ cm.)

176. Ἀντικείμενον εὑρίσκεται εἰς ἀπόστασιν 30 cm ἀπὸ τὸ ὀπτικὸν κέντρον ἐνὸς συγκλίνοντος φακοῦ καὶ παρέχει πραγματικὸν εἰδώλον εἰς ἀπόστασιν 120 cm ἀπὸ αὐτὸρ. Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις καὶ ἡ μεγέθυνσις τοῦ φακοῦ.
(Απ. $f = 24$ cm, $M = 4$.)

177. Ἐμπροσθετεῖ συγκλίνοντος φακοῦ ἐστιακῆς ἀπόστασεως 15 cm, τοποθετοῦμε ἀντικείμενον εἰς ἀπόστασιν 120 cm ἀπὸ τὸ ὀπτικὸν κέντρον τοῦ φακοῦ. Εάν τὸ ὑψος τοῦ ἀντικείμενου εἴναι 3,5 cm ρὰ ὑπολογισθῇ ἡ θέσις τοῦ εἰδώλου καθὼς καὶ τὸ μέρεθός τον.
(Απ. $\beta = 17,1$ cm, $E = 0,5$ cm.)

178. Ἀντικείμενον ὑψος 4 mm τοποθετεῖται εἰς ἀπόστασιν 10 cm ἀπὸ συγκλίνοντος φακοῦ, ἐστιακῆς ἀπόστασεως 12,5 cm. Νὰ εὑρεθῇ ἡ θέσις τοῦ εἰδώλου καθὼς καὶ τὸ μέρεθός τον.
(Απ. $\beta = 50$ cm, $E = 20$ mm.)

179. Ἀντικείμενον τοποθετεῖται εἰς ἀπόστασιν 8 cm ἀπὸ ἀποκλίνοντος φακοῦ, ἐστιακῆς ἀπόστασεως 24 cm. Νὰ ὑπολογίσετε τὴν θέσιν τοῦ εἰδώλου καὶ τὴν μεγέθυνσιν.
(Απ. — 6 cm ἐμπροσθετεῖ τοῦ φακοῦ, $M = 0,75$.)

180. Εἰς πόσην ἀπόστασιν ἀπὸ συγκεντρωτικοῦ φακοῦ ἐστιακῆς ἀπόστασεως 8 cm, πρέπει ρὰ τοποθετήσωμεν ἀντικείμενον, τὸ πραγματικὸν εἰδώλον τοῦ ὄποιον ρὰ ἔχῃ τὸ ἴδιον ὑψος μὲ τὸ ἀντικείμενον. Νὰ κατασκενάσετε γραφικῶς τὸ εἰδώλον.
(Απ. 16 cm.)

181. Η φλόξ ἐνὸς κηφίου ἔχει ὑψος 1,5 cm. Τὸ κηφίον τοποθετεῖται εἰς τὴν κηφίαν ἐστιακὴν ἀποκλίνοντος φακοῦ, ἐστιακῆς ἀπόστασεως 15 cm. Νὰ εὑρεθῇ ἡ θέσις καθὼς καὶ τὸ ὑψος τοῦ εἰδώλου τῆς φλογός, τὸ ὄποιον σχηματίζεται.
(Απ. $\beta = -7,5$ cm, $E = 0,75$ cm.)

182. Συγκλίνον φακὸς ἔχει ἐστιακὴν ἀπόστασιν 60 cm. Νὰ εὑρεθῇ ἡ ισχὺς αὐτοῦ τοῦ φακοῦ.
(Απ. $P = 1,66$ διοπτρῶν).

183. Νὰ εὑρεθῇ ἡ ισχὺς ἐνὸς ἀποκλίνοντος φακοῦ ἐστιακῆς ἀπόστασεως — 2.
(Απ. — 4 διοπτρῶν.)

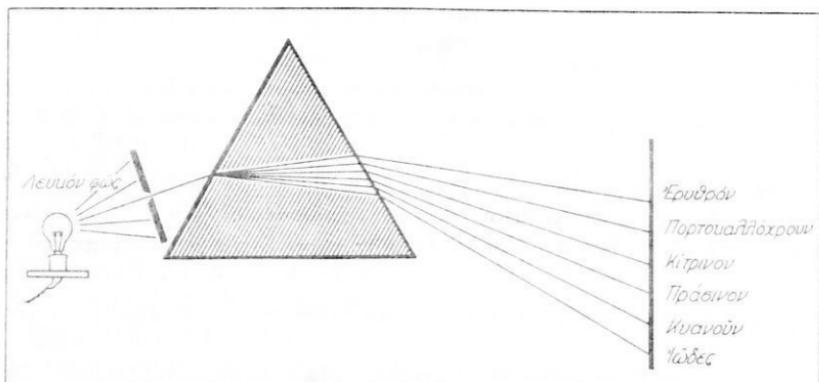
MZ' — ΑΝΑΛΥΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

§ 255. Φάσμα. Ηείραμα. Ἐπάνω εἰς ἔνα πρῖσμα ἀφήνομεν νὰ προσπέσῃ μία δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων λευκοῦ φωτός, ή ὅποια νὰ προέρχεται, π.χ., ἀπὸ ἕναν ἡλεκτρικὸν λαμπτῆρα φωτισμοῦ, ἐμπροσθεν τοῦ ὅποιου ἔχομεν τοποθετήσει διάφραγμα μὲ στενὴν σχισμὴν (σχ. 266). Παρατηροῦμεν τότε ὅτι αἱ ἔξερχόμεναι ἀκτίνες, ἐκτὸς ἀπὸ τὴν ἐκτροπὴν, ἔχουν ὑποστῆ καὶ ἀνάλυσιν. Ἔὰν δηλαδὴ τὰς δεχθῶμεν ἐπάνω εἰς ἔνα πέτασμα, λαμβάνομεν μίαν ἔγχρωμον συνεχῆ ταινίαν, ή ὅποια ἀποτελεῖται κατὰ σειράν ἀπὸ τὰ ἀκόλουθα χρώματα : ἐρυθρόν, πορτοκαλλόχρουν, κίτρινον, πράσινον, κυανοῦν καὶ ἵδες.

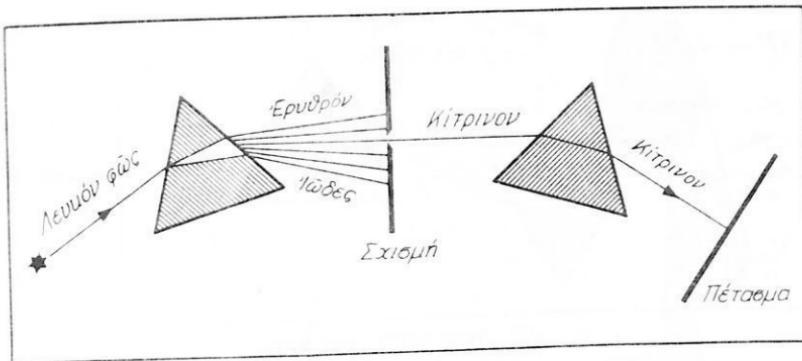
Τὸ φαινόμενον αὐτὸ δονομάζεται ἀνάλυσις τοῦ φωτός, ή δὲ ἔγχρωμος ταινία **φάσμα**.

“Οταν ἔνα φῶς περιέχῃ ἀκτίνας ἐνὸς μόνον χρώματος, δονομάζεται μονόχρων ἢ ἀπλοῦν. Τὸ φῶς αὐτὸ δὲν ἀναλύεται ἀλλὰ παραμένει τὸ ἴδιον ὅταν διέλθῃ μέσα ἀπὸ ἔνα πρῖσμα (σχ. 267).

§ 256. Φασματικαὶ περιοχαί. Ἐν ἐμπροσθεν τοῦ φάσματος, τοῦ προερχομένου ἀπὸ λευκὸν φῶς καὶ τὸ ὅποιον σχηματίζεται ἐπάνω εἰς ἔνα πέτασμα, μετακινήσωμεν μίαν ἔντυπον σελίδα, παρατηροῦμεν ὅτι δυνάμεθα νὰ ἀναγνώσωμεν ἀνέτως τὸ ἔντυπον, ὅταν αὐτὸ εὑρίσκεται εἰς τὴν περιοχὴν τοῦ κιτρινοπρασίνου φωτός, ἐπειδὴ εἰς τὴν



Σχ. 266. Ἀνάλυσις τοῦ λευκοῦ φωτός διὰ μέσου πρίσματος.



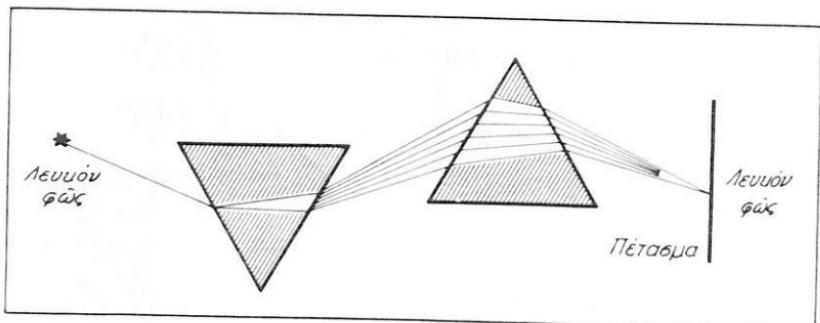
Σχ. 267. Τὰ ἀπλᾶ χρώματα τοῦ φάσματος δὲν ἀναλύονται.

περιοχὴν αὐτὴν παρατηρεῖται ἡ μεγαλυτέρα φωτεινότης τοῦ φάσματος. Ἀντιθέτως αἱ δύο ἀκραῖαι περιοχαὶ τοῦ ἐρυθροῦ καὶ τοῦ ἰώδους εἰναι σκοτειναὶ καὶ μὲν μεγάλην δυσκολίαν δυνάμεθα νὰ ἀναγνώσωμεν τὸ ἔντυπον.

“Αν μετακινήσωμεν κατὰ μῆκος τοῦ φάσματος, ἔνα εἰδαίσθητον θερμόμετρον, τὸ δργανὸν δεικνύει τὴν ὑψηλοτέραν θερμοκρασίαν εἰς τὴν ἐρυθρὰν περιοχὴν. Ἀν ἀφήσωμεν τὸ φάσμα νὰ προσβάλῃ μίαν συνηθισμένην φωτογραφικὴν πλάκα καὶ ὅστερον 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 φωτισμὸν.

Ἡ ἔγχρωμος ταινία τὴν ὁποίαν ἐσχημάτισε τὸ λευκὸν φῶς, μετὰ τὴν ἔξοδὸν του ἀπὸ τὸ πρῆσμα καὶ ἀφοῦ συνήντησε τὸ πέτασμα, ὁνομάζεται ἴδιαιτέρως δρατὸν φάσμα, ἐπειδὴ διεγείρει τὸν δρθαλμόν, ὃ ὁποῖος εἶναι τὸ αἰσθητῆριον τῆς ὁράσεως. Τὸ φάσμα ἐν τούτοις ἐκτείνεται καὶ πέραν τῆς δρατῆς περιοχῆς καὶ ἡ μὲν περιοχὴ, ἡ εὔρισκομένη πέραν ἀπὸ τὸ ἐρυθρόν, ὁνομάζεται ὑπέρυθρος περιοχῆς, ἐκείνη δὲ ἥτις εὑρίσκεται πέραν ἀπὸ τὸ ἰώδες ὑπεριώδης περιοχῆ.

§ 257. Ἐξήγησις τῆς ἀναλύσεως τοῦ φωτός. Ἡ ἀνάλυσις τοῦ λευκοῦ φωτός μετὰ τὴν διέλευσίν του μέσα ἀπὸ ἔνα πρῆσμα, ἀποδει-



Σχ. 268. Ἀνασύνθεσις τοῦ φωτός.

κνύει ὅτι τὸ φῶς αὐτὸ δὲν εἶναι ἀπλοῦν ἀλλὰ σύνθετον. Πράγματι τὸ λευκὸν φῶς ἀποτελεῖται ἀπὸ ἀκτίνας ἀπειραρίθμων χρωμάτων, αἱ δῆποιαι ὑφίστανται ἐκτροπὴν καὶ ἀποχωρίζονται, ὅταν ἔξελθουν ἀπὸ τὸ πρῆσμα. Τὴν μικροτέραν ἐκτροπὴν ὑφίστανται αἱ ἐρυθραὶ ἀκτῖνες, τὴν δὲ μεγαλυτέραν αἱ ἰώδεις. Ἐν τούτοις ἡ διάκρισις τῶν χρωμάτων τοῦ φάσματος, μὲ διαφόρους δνομασίας, εἶναι αὐθαίρετος, ἐπειδὴ μεταξὺ τῶν χρωμάτων αὐτῶν ὑπάρχουν πολλαὶ ἀποχρώσεις, ἡ δὲ μετάβασις ἀπὸ τὸ ἔνα χρῶμα εἰς τὸ ἄλλο, γίνεται βαθμιαίως.

§ 258. Ἀνασύνθεσις τοῦ λευκοῦ φωτός. Ἀν ἀναμείξωμεν καταλλήλως τὰ χρώματα τοῦ φάσματος, δυνάμεθα νὰ ἀνασχηματίσωμεν τὸ λευκὸν φῶς. Ὁ Νεύτων ἐχρησιμοποίησε διὰ τὸν σκοπὸν αὐτὸν δύο ὅμοια πρίσματα, ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα 268.

'Απομακρυνθὲν φασματικὸν χρῶμα	ἐρυθρὸν	πορτοκαλλόχρουν	κίτρινον	πράσινον	κυανοῦν	ἰώδες
'Υπόλοιπον χρῶμα ἀναμείξως	πράσινον	ἰώδες	κυανοῦν	ἐρυθρὸν	κίτρινον	πορτοκαλλόχρουν

Τὸ ἕδιον δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν ἂν στηριχθῶμεν εἰς τὸ φαινόμενον τῆς διαρκείας τῆς ὁπτικῆς ἐντυπώσεως. Εἰς τὸ φαινόμενον δηλαδὴ συμφώνως πρὸς τὸ ὅποιον ὁ ἐρεθισμὸς τοῦ δόφθαλμοῦ δὲν εἶναι ἀκ-

ριαίος, ἀλλὰ διαρκεῖ περίπου 0,1 sec., ἀφοῦ πάντη ή αἰτία, ή όποια τὸν προεκάλεσε (μεταίσθημα).

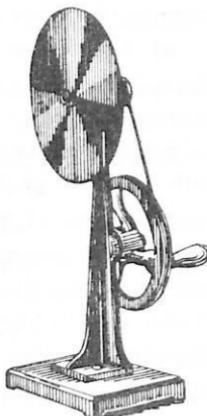
Οὕτω δυνάμεθα νὰ προκαλέσωμεν ἀνάμειξιν τῶν χρωμάτων ἐντὸς τοῦ ὁφθαλμοῦ μας μὲ τὴν ἀκόλουθον μέθοδον. Λαμβάνομεν ἔνα δίσκον ἀπὸ χαρτόνιον, ἐπάνω εἰς τὸν ὄποιον ἔχουν ἐπικολληθῆναι κυκλικοὶ τομεῖς ὅλων τῶν χρωμάτων τοῦ φάσματος (σχ. 269). Τὸ μέγεθος τῶν τομέων αὐτῶν καὶ τὰ χρώματά των ἐκλέγονται οὕτως, ὥστε νὰ ἀνταποκρίνωνται ὅσον τὸ δυνατὸν περισσότερον πρὸς τὴν ἔκτασίν των εἰς τὸ ὄρατὸν φάσμα. Ἐὰν περιστρέψωμεν καταλλήλως τὸν δίσκον αὐτὸν, ή ἐπιφάνειά του μᾶς φαίνεται λευκή.

§ 259. Μειζίς τῶν χρωμάτων. Ἐὰν εἰς τὸ πείραμα τῆς ἀνασύνθεσεως τοῦ λευκοῦ φωτὸς μὲ τὰ δύο πρίσματα ἐμποδίσωμεν ἔνα 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 χρῆμα τοῦ φωτὸς τὸ ὄποιον θὰ προκύψῃ τότε, θὰ ἐξαρτηθῇ ἀπὸ τὸ ἀπομακρυνθὲν φῶς. Πάντοτε ἔμφαται, ὅταν αὐτὸν συνδυασθῇ μὲ τὸ ἀφαιρεθὲν χρῆμα, θὰ δώσῃ λευκὸν φῶς.

"Οταν δύο χρώματα δίδουν, ἀφοῦ συντεθοῦν, λευκὸν φῶς, ὀνομάζονται **συμπληρωματικὰ χρώματα**. Οὕτω τὸ ἀπλοῦν κίτρινον εἶναι συμπληρωματικὸν τοῦ κυανοῦ (γαλάζιου). Εἰς τὸν ἀνωτέρῳ πίνακα δίδουνται ζεύγη συμπληρωματικῶν χρωμάτων.

Λευκὸν ἢ καὶ φαιόν (γκρίζο) χρῆμα εἶναι δυνατὸν νὰ παραχθῇ μὲ συνδυασμὸν ἐρυθροῦ, πρασίνου καὶ κυανοῦ φωτός. Ἐπίσης τὰ διάφορα ἄλλα χρώματα τοῦ φάσματος δύνανται νὰ παραχθοῦν μὲ σύνθεσιν φωτὸς ἀπὸ τὰ τρία χρώματα, ὑπὸ καταλλήλους ἀναλογίας. Ἐπειδὴ τὰ ἀνωτέρῳ 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 ίκανότητα ἀνακλάσεως ἢ ἀπορροφήσεως τοῦ φωτός, τὸ ὄποιον προσπίπτει ἐπ' αὐτῶν, ἂν εἶναι ἔτερόφωτα



Σχ. 269. Ἀνασύνθεσις τοῦ φωτὸς μὲ τὸν δίσκον τοῦ Νεύτωνος.

σώματα, ή είς τὸ φῶς τὸ ὅποιον ἐκπέμπουν αὐτά, ἢν εἰναι αὐτόφωτα.

α) Ἐτερόφωτα σώματα. Τὸ χρῶμα τῶν ἑτεροφώτων σωμάτων ἔξαρταται ἀπὸ τὴν ἐκλεκτικήν ἀπορρόφησιν τοῦ φωτός, τὸ ὅποιον προσπίπτει ἐπ' αὐτῶν.

Εἰς τὴν περίπτωσιν κατὰ τὴν ὅποιαν ἔνα σῶμα φαίνεται λευκόν, ὅταν φωτισθῇ μὲ λευκὸν φῶς, τότε τὸ σῶμα αὐτὸ λαμβάνει τὸ χρῶμα τοῦ φωτός μὲ τὸ ὅποιον φωτίζεται.

Διαφανῆ σώματα. "Οταν τὸ λευκὸν φῶς διέρχεται ἀπὸ διάφορα σώματα, ὅπως εἰναι π.χ. αἱ διάφοροι ἔγχρωμοι ὄντειναι πλάκες, ὑφίσταται ἀπορρόφησιν ώρισμένων ἀκτίνων του, ἐνῷ αἱ ὑπόλοιποι, αἱ ἔξερχόμεναι δίδουν εἰς τὸ σῶμα τὸ χαρακτηριστικόν του χρῶμα. Οὕτω μία ὄντας φαίνεται πρασίνη ἐπειδὴ ἀπὸ τὸ λευκὸν φῶς τὸ ὅποιον προσπίπτει ἐπ' αὐτῆς, ἐπιτρέπει νὰ διέρχωνται μόνον αἱ πράσιναι ἀκτίνες. Εἰς αὐτὸ τὸ φαινόμενον ὀφείλεται κοι τὸ χρῶμα τῶν διαφόρων ἔγχρωμων διαλυμάτων.

Ἄδιαφανῆ σώματα. Διὰ νὰ ἴδωμεν ἔνα ἀδιαφανές σῶμα, πρέπει νὰ προσπέσῃ ἐπ' αὐτοῦ φῶς, τὸ ὅποιον κατόπιν, ἀφοῦ ἀνακλασθῇ ἡ διαχυθῆ, νὰ συναντήσῃ τὸν ὀφθαλμόν μας. Ἀναλόγως μὲ τὸ ὄντικὸν τῆς ἐπιφανείας τοῦ σώματος εἰναι δυνατὸν κατὰ τὴν διάχυσιν, νὰ ἀπορροφηθοῦν ώρισμέναι ἀκτίνες, ὅπότε διαχέονται μόνον αἱ ὑπόλοιποι, αἱ ὅποιαι καὶ καθορίζουν τὸ χρῶμα τῆς ἐπιφανείας ἀπὸ τὴν ὅποιαν διαχέονται.

Οὕτως ἔνα ἔχρωμον ὄφασμα φαίνεται κυανοῦν; ὅταν φωτίζεται μὲ λευκὸν φῶς, ἐπειδὴ μόνον αἱ κυαναῖ ἀκτίνες διαχέονται, ἐνῷ αἱ ὑπόλοιποι ἀπορροφῶνται. Τὸ ὄφασμα αὐτὸ ἢν φωτισθῇ μὲ μονόχρουν φῶς, διάφορον ἀπὸ κυανοῦν, θὰ φαίνεται βεβαίως μέλαν (μαῦρο).

"Αν ἔνα σῶμα ἀπορροφεῖ ὅλα τὰ χρώματα χωρὶς νὰ ἀνακλᾶ ἡ νὰ διαχέη οὐδέν, δνομάζεται μέλαν σῶμα (μαῦρο). Τοιοῦτον σῶμα, π.χ., εἰναι ἡ αἰθάλη. Ἀντιθέτως, ἢν τὸ σῶμα δὲν ἀπορροφεῖ οὐδὲν χρῶμα, ἀλλὰ ἀνακλᾶ ὅλα τὰ χρώματα, δνομάζεται λευκὸν σῶμα. Τὰ σώματα τὰ ὅποια ἀπορροφοῦν ὅλα τὰ χρώματα, ὅχι διως κατὰ τὸ ἴδιον ποσοστόν, δνομάζονται φαιὰ σώματα (γκρίζα).

β) Αὐτόφωτα σώματα. Τὸ φῶς τῶν αὐτοφώτων σωμάτων ἔξαρταται ἀπὸ διαφόρους παράγοντας, π.χ. ἀπὸ τὴν θερμοκρασίαν των, ὅπως συμβαίνει μὲ τὰ πυρακτωμένα σώματα, ἀπὸ τὰς χημικὰς ἀντιδράσεις αἱ ὅποια συμβαίνουν εἰς αὐτά, ὅπως εἰς τὰς φλόγας κλπ.

1. Όταν μία δέσμη ἀκτίνων λευκοῦ φωτὸς προσπέσῃ ἐπὶ ἑνὸς ὑαλίνου πρίσματος, ἀναλύεται μετὰ τὴν ἔξοδὸν τῆς ἀπὸ τὸ πρίσμα καὶ σχηματίζει ἐπάνω εἰς ἔνα πέτασμα, μίαν ἔγχρωμον ταινίαν, ἡ ὁποία ὀνομάζεται φάσμα.

2. Τὰ ἀκραῖα χρώματα τοῦ φάσματος ἐρυθρὸν καὶ ἰῶδες, ὥριζον τὴν ὄρατὴν περιοχὴν του. Τὸ φάσμα ὅμως ἐκτείνεται καὶ πέραν ἀπὸ τὸ ἰῶδες χρῶμα (ὑπεριώδης περιοχὴ) καὶ πέραν ἀπὸ τὸ ἐρυθρὸν (ὑπέρυθρος περιοχὴ).

3. Η ἀνάλυσις τοῦ λευκοῦ φωτὸς ὀφεῖλεται εἰς τὸ ὅτι τὸ φῶς αὐτὸ εἶναι σύνθετον καὶ ἀποτελεῖται ἀπὸ ἀκτίνας αἱ ὁποῖαι ὑφίστανται διαφορετικὴν ἐκτροπὴν, ὅταν διέλθουν μέσα ἀπὸ ἔνα πρίσμα.

4. Τὸ ἀναλελυμένον φῶς δύναται νὰ ἀνασυντεθῇ καὶ νὰ ἐπανασχηματίσῃ λευκὸν φῶς.

5. Δύο χρώματα δίδοντα λευκὸν φῶς, ὅταν συντεθοῦν, λέγονται συμπληρωματικά χρώματα. Τὸ ἐρυθρόν, τὸ πράσινον καὶ τὸ κυανοῦν χρῶμα εἶναι δυνατὸν νὰ δώσουν, ὅταν συντεθοῦν ὑπὸ καταλλήλους ἀναλογίας, λευκὸν ἡ φαιὸν χρῶμα ὅπως ἐπίσης καὶ αίσιον δήποτε χρῶμα τοῦ φάσματος καὶ ὀνομάζονται πρωτεύοντα χρώματα.

6. Τὰ χρώματα τῶν σωμάτων ὀφείλονται εἰς τὴν ἴκανότητα ἀνακλάσεως ἡ ἀπορροφήσεως του φωτός, τὸ ὅποῖον προσπίπτει ἐπ' αὐτῶν, ἢν εἶναι ἐτερόφωτα, ἡ εἰς τὸ φῶς τὸ ὅποῖον ἐκπέμπουν αὐτὰ τὰ ἴδια, ἢν εἶναι αὐτόφωτα.

ΜΗ — ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΑ

§ 261. Γενικότητες. Γνωρίζομεν ἐκ πείρας, ὅτι ὅταν παρατηροῦμεν μὲ γυμνὸν ὁφθαλμὸν καὶ μὲ τὰς ἴδιας συνθήκας, δύο γειτονικάς ἐπιφανείας παρομοίας φύσεως, δυνάμεθα νὰ ἐκτιμήσωμεν ἢν δέχωνται τὸν ἴδιον φωτισμόν, ἐπειδὴ τότε θὰ παρουσιάζουν τὴν ἴδιαν φωτεινότητα.

Αἱ διάφοροι φωτειναὶ πηγαὶ ἐκπέμπουν εἰς τὸν χῶρον φῶς, τὸ

όποιον συναντᾶ εἰς τὴν πορείαν του τὰ διάφορα ἀντικείμενα, τὰ όποια οὕτω φωτίζονται καὶ γίνονται όρατα.

Προκειμένου περὶ τῶν φωτεινῶν πηγῶν μᾶς ἐνδιαφέρει νὰ γνωρίζωμεν τὴν φωτεινὴν *ἰσχὺν* (ἢ φωτεινὴν ἔντασίν των), ὅσον ἀφορᾷ δῆμας τὰς ἐπιφανείας τῶν φωτιζομένων σωμάτων μᾶς ἐνδιαφέρει νὰ γνωρίζωμεν τὸν φωτισμὸν των.

"Ολοὶ θὰ ἔχωμεν παρατηρήσει ὅτι αἱ φωτειναὶ πηγαὶ εἰναι σώματα ἔχοντα ὑψηλὴν θερμοκρασίαν, γεγονὸς τὸ ὄποιον ἀποδεικνύει ὅτι ὑπάρχει σχέσις μεταξὺ φωτὸς καὶ θερμότητος. "Έχομεν ἐπίσης παρατηρήσει ὅτι ἔνα σῶμα τὸ ὄποιον φωτίζεται, θερμαίνεται. Αὐτὸ ἀποδεικνύει ὅτι τὸ φῶς εἰναι μία μορφὴ ἐνέργειας, ἢ ὅποια ὀνομάζεται φωτεινὴ ἐνέργεια.

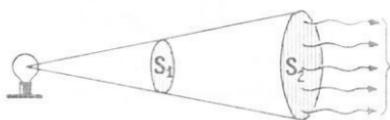
§ 262. Φωτεινὴ ροή. Μία φωτεινὴ πηγὴ ἐκπέμπει φωτεινὴν ἐνέργειαν πρὸς δλας τὰς διευθύνσεις. "Αν θεωρήσωμεν ἔνα κῶνον, ὁ ὄποιος νὰ ἔχῃ κέντρον τὴν πηγὴν, τότε αὐτὴ ἐκπέμπει ἀδιακόπως φωτεινὴν ἐνέργειαν ἐντὸς τοῦ κώνου (σχ. 270). "Αν λοιπὸν ὀνομάσωμεν Ε τὴν φωτεινὴν ἐνέργειαν, τὴν ὄποιαν ἐκπέμπει ἡ πηγὴ ἐντὸς τοῦ κώνου καὶ εἰς χρονικὸν διάστημα I. τότε τὸ πηλίκον:

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

καλοῦμεν φωτεινὴν ροήν. Έπομένως :

Φωτεινὴ ροή Φ ὀνομάζεται ἡ φωτεινὴ ἐνέργεια, ἢ ὅποια διέρχεται εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου, ἀπὸ ἔνα ώρισμένον 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 φωτεινὴ ροὴ Φ διέρχεται ἡ ίδια φωτεινὴ ροὴ Φ .

§ 263. Φωτεινὴ ἰσχὺς ἢ ἔντασις μιᾶς φωτεινῆς πηγῆς. "Η φωτεινὴ ἰσχὺς εἰναι ἔνα φυσικὸν μέγεθος χαρακτηρίζον τὰς φωτεινὰς πηγάς, ὃν ἀκτινοβολοῦν δηλαδὴ ἐντονώτερον ἢ ἀμυδρότερον.

Ἄς θεωρήσωμεν μίαν φωτεινὴν πηγὴν καὶ μίαν στερεὰν γωνίαν, ἔχουσαν τὴν κορυφήν της ἐπὶ τῆς φωτεινῆς πηγῆς. Ἐντὸς τῆς στερεᾶς γωνίας Ω ἐκπέμπεται ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγὴν φωτεινὴ ροή Φ . Τὸ πηλίκον I τῆς φωτεινῆς ροῆς Φ πρὸς τὴν στερεάν γωνίαν Ω , ἐντὸς τῆς ὁποίας διαδίδεται, δονομάζεται φωτεινὴ ἴσχὺς ἢ ἔντασις τῆς πηγῆς.

“Ωστε :

Φωτεινὴ ἴσχὺς ἢ ἔντασις μιᾶς φωτεινῆς πηγῆς δονομάζεται τὸ πηλίκον τῆς φωτεινῆς ροῆς Φ , ἢ ὁποία ἐκπέμπεται ἐντὸς μιᾶς στερεᾶς γωνίας Ω , ἔχουσης τὴν κορυφήν της ἐπὶ τῆς πηγῆς, πρὸς τὴν στερεάν γωνίαν Ω .

Δηλαδή :

$$I = \frac{\Phi}{\Omega}$$

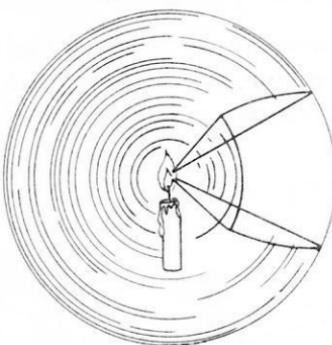
Μονάδες φωτεινῆς ροῆς καὶ φωτεινῆς ἴσχύος. Ὡς μονάδα φωτεινῆς ροῆς χρησιμοποιοῦμεν τὸ Λοῦμεν (**I Lumen**) (σχ. 271).

Μονάς φωτεινῆς ἴσχύος εἶναι τὸ νέον ἢ διεθνὲς κηρίον (**1 NK**).

Τὸ νέον κηρίον ἔχει φωτεινὴν ἴσχυν ἵσην μὲ τὸ $1/60$ τῆς φωτεινῆς ἴσχύος, ἢ ὁποία ἐκπέμπεται ἀπὸ ἐπιφάνειαν ἐνὸς τετραγωνικοῦ ἑκατοστομέτρου (τελείως μέλανος σώματος), τὸ ὁποῖον εύρισκεται εἰς τὴν θερμοκρασίαν τηξεως τοῦ λευκοχρύσου (1770°C).

§ 264. Φωτισμὸς ἐπιφανείας. Ὁταν ἐπὶ μιᾶς ἐπιφανείᾳς προσπίπτῃ φῶς, λέγομεν ὅτι ἡ ἐπιφάνεια φωτίζεται. Ἀν θεωρήσωμεν μίαν ἐπιφάνειαν μὲ ἐμβαδὸν S , ἢ ὁποία φωτίζεται ὁμοιομόρφως ἀπὸ τὴν φωτεινὴν ροήν Φ μιᾶς πηγῆς, τότε :

Ονομάζομεν φωτισμὸν B μιᾶς ἐπιφανείας, ἐμβαδοῦ S , τὸ πηλίκον τῆς φωτεινῆς ροῆς Φ , ἢ ὁποία προσπίπτει



Σχ. 271. Διά τὴν κατανόησιν τῆς μονάδος τῆς φωτεινῆς ροῆς 1 Lumen.

έπι τῆς ἐπιφανείας όμοιομόρφως, πρὸς τὸ ἐμβαδὸν Σ τῆς ἐπιφανείας αὐτῆς.

Δηλαδή :

$$B = \frac{\Phi}{S}$$

Μονάς φωτισμοῦ. "Αν εἰς τὸν ἀνωτέρῳ τύπον ἡ Φ είναι ἴση μὲ 1 Lumen καὶ ἡ S μὲ 1 m^2 , τότε τὸ B ισοῦται μὲ τὴν μονάδα τοῦ φωτισμοῦ, ἡ ὁποία ὀνομάζεται Λοὺξ (1 Lux). "Ωστε :

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

"Ο φωτισμὸς μιᾶς ἐπιφανείας ἐμβαδοῦ 1 m^2 είναι ἴσος πρὸς 1 Lux, ὅταν ἡ ἐπιφάνεια φωτίζεται όμοιομόρφως μὲ φωτεινὴν ροὴν 1 Lumen.



Σχ. 272. Φωτόμετρον μὲ φωτοστοιχεῖον.

"Ο φωτισμὸς ἐνὸς χώρου εἰς τὸν ὁποῖον πρόκειται νὰ γίνῃ μία ἐργασία, ἔχαρτηται ἀπὸ τὸ εἶδος τῆς ἐργασίας. Δι' ἀνάγνωσιν ἀπαιτεῖται σχετικῶς μεγαλύτερος φωτισμὸς παρὰ δι' ἄλλας ἐργασίας. Ό φωτισμὸς τὴν ἡμέρα εἰς τὸ ὑπαίθρον είναι περίπου 20.000 Lux, ἐνῷ μέσα εἰς ἕνα δωμάτιον 1 000 Lux.

§ 265. Φωτόμετρα. Τὰ φωτόμετρα είναι ὅργανα χρησιμοποιούμενα διὰ τὴν μέτρησιν τοῦ φωτισμοῦ. Αποτελοῦνται συνήθως ἀπὸ ἕνα φωτοστοιχεῖον, τὸ ὁποῖον ὅταν φωτίζεται, παράγει ἡλεκτρικὸν ρεῦμα. Ή ἔντασις τοῦ ρεύματος είναι ἀνάλογος πρὸς τὸν φωτισμὸν τὸν ὁποῖον δέχεται τὸ φωτοστοιχεῖον, τὸ ὁποῖον συνδέεται μὲ ἕνα εὐπαθές γαλ-

βανόμετρον (σχ. 272), καὶ αὐτὸ μετρεῖ τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος τοῦ προκαλούμένου ἀπὸ τὸ φωτοστοιχεῖον. Είναι δὲ βαθμολογημένον κατὰ τοιοῦτον τρόπον ὅστε οἱ ἐνδείξεις του νά δίδουν τὸν φωτισμὸν ἀπ' εὐθείας εἰς Lux.

§ 266. Νόμοι τοῦ φωτισμοῦ. Ὁ φωτισμὸς Β τὸν ὅποιον δέχεται μία ἐπιφάνεια S, ἔξαρταται ἀπὸ τοὺς ἀκολούθους παράγοντας: α) ἀπὸ τὴν φωτεινὴν ἴσχυν τῆς πηγῆς, β) ἀπὸ τὴν ἀπόστασιν τῆς ἐπιφανείας ἐκ τῆς φωτεινῆς πηγῆς καὶ γ) ἀπὸ τὴν γωνίαν προσπτώσεως τῶν ἀκτίνων.

Ιος νόμος. Ὁ φωτισμὸς Β, τὸν ὅποιον δέχεται μία ἐπιφάνεια S, τοποθετημένη εἰς ώρισμένην ἀπόστασιν ἀπὸ μίαν φωτεινὴν πηγὴν καὶ εἰς τοιαύτην θέσιν ὅστε νὰ δέχεται καθέτως τὰς ἀκτίνας, είναι ἀνάλογος πρὸς τὴν φωτεινὴν ἴσχυν I τῆς πηγῆς.

Συμφώνως πρὸς τὸν νόμον αὐτόν, ἂν τοποθετήσωμεν ἔμπροσθεν ἐνὸς φωτομέτρου δύο όμοίους λαμπτῆρας, τὸ σργανον θὰ δείξῃ διπλασίαν ἐνδείξιν ἀπὸ ἑκείνην ἡ ὅποια ἀντιστοιχεῖ εἰς ἓν λαμπτῆρα.

Ζος νόμος. Ὁ φωτισμὸς Β, ὁ προκαλούμενος ἀπὸ μίαν σημειακὴν φωτεινὴν πηγὴν, μὲ ώρισμένην φωτεινὴν ἔντασιν I, ἐπὶ μιᾶς ἐπιφανείας S, ἐπὶ τῆς ὅποιας προσπίπτουν καθέτως αἱ ἀκτίνες της, είναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἀποστάσεως γ τῆς ἐπιφανείας ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγὴν.

Διὰ νὰ ἀποδείξωμεν αὐτὸν τὸν νόμον, τοποθετοῦμεν ἓν φωτόμετρον ἔμπροσθεν μιᾶς φωτεινῆς πηγῆς καὶ εἰς ώρισμένην ἀπόστασιν, ὅπότε τὸ σργανον θὰ δώσῃ μίαν ἐνδείξιν, ἡ ὅποια θὰ παρέχῃ τὸν φωτισμὸν τὸν ὅποιον δέχεται τὸ φωτόμετρον. Ἀν κατόπιν διπλασίασωμεν, τριπλασιάσωμεν, τετραπλασιάσωμεν, κλπ., τὴν ἀπόστασιν τοῦ φωτομέτρου ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγὴν, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ὁ φωτισμὸς γίνεται 4, 9, 16, κλπ., φοράς μικρότερος.

Ο πρῶτος καὶ ὁ δεύτερος νόμος τοῦ φωτισμοῦ περιέχονται εἰς τὸν τύπον:

$$\mathbf{B} = \frac{\mathbf{I}}{\mathbf{r}^2}$$

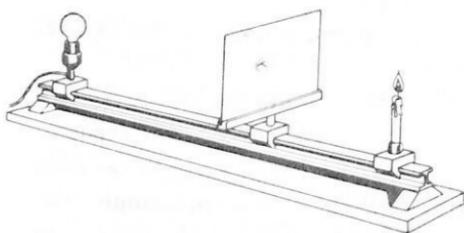
3ος νόμος. Ό φωτισμὸς μιᾶς ἐπιφανείας ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὸν προσανατολισμὸν τῆς, σχετικῶς πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῶν ἀκτίνων.

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 ἀκτίνες. "Οταν δύος αἱ φωτειναὶ ἀκτίνες προσπίπτουν πλαγίως, ὁ φωτισμὸς γίνεται μικρότερος, ἐλαττώνονται δηλαδὴ αἱ ἐνδείξεις τοῦ ὄργανου.

§ 267. Τύπος τῶν ἴσων φωτισμῶν. Διὰ νὰ συγκρίνωμεν τὰς φωτεινὰς ἴσχυς I_1 καὶ I_2 δύο φωτεινῶν πηγῶν, φωτίζομεν καθέτως μίαν ἐπιφάνειαν, διαδοχικῶς μὲ ἑκάστην ἀπὸ τὰς πηγάς, φέροντες αὐτὴν εἰς ἀπόστασεις r_1 καὶ r_2 τοιαύτας, ὥστε ὁ φωτισμὸς νὰ είναι καὶ εἰς τὰς δύο περιπτώσεις ὁ ἴδιος.

Αὐτὸ ἐπιτυγχάνεται ἀπλούστερον ἂν αἱ δύο φωτειναὶ πηγαὶ εύρισκωνται εἰς μίαν ώρισμένην ἀπόστασιν μεταξὺ των, ἐνῷ εἰς τὸ ἐνδιάμεσον μετακινεῖται, στηριγμένον εἰς κατάλληλον πλαίσιον, ἕνα φύλλον χάρτου, τὸ ὁποῖον ἔχει μίαν κηλίδα ἀπὸ ἔλαιον (σχ. 273). "Οταν, ἀφοῦ μετακινήσωμεν καταλλήλως τὸν ἔλαιον τοῦ χάρτην, ἔξαφανίσωμεν τὴν κηλίδα, ἔχομεν ἐπιτύχει ἴσοφωτισμὸν τῶν δύο ὅψεων τοῦ χάρτου.

Συμφώνως πρὸς τὸν ὄρισμὸν τοῦ φωτισμοῦ θὰ ἔχωμεν τότε ὅτι :



Σχ. 273. Φωτόμετρον τοῦ Bunsen. "Οταν τὸ πέτασμα ἴσοφωτιζεται, ἔξαφανίζεται ἡ κηλίς.

$$B = \frac{I_1}{r_1^2} \quad \text{καὶ} \quad B = \frac{I_2}{r_2^2}$$

ὅποτε θὰ είναι :

$$\frac{I_1}{r_1^2} = \frac{I_2}{r_2^2} \quad \text{ἢ} \quad \frac{I_1}{I_2} = \frac{r_1^2}{r_2^2}$$

Ἐπομένως :

"Οταν δύο φωτειναὶ πηγαὶ φωτίζουν ἐξ ἴσου μίαν ἐπιφάνειαν, μὲ κάθετον πρόσπειρσιν τῶν ἀκτίνων, τότε αἱ φωτειναὶ ἴσχύες τῶν πηγῶν

είναι άνάλογοι πρός τὰ τετράγωνα τῶν ἀποστάσεών των ἀπὸ τὴν φωτιζομένην ἐπιφάνειαν.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Η λαμπρότης μιᾶς φωτεινῆς πηγῆς ἐκφράζεται ἀπὸ τὴν φωτεινὴν ἴσχυν ἡ φωτεινὴν ἔντασιν τῆς πηγῆς. Προκειμένου περὶ μιᾶς φωτιζομένης ἐπιφανείας, ἐνδιαφέρει ἡ γνῶσις τοῦ φωτισμοῦ τῆς.

2. Τὸ φῶς είναι μία μορφὴ ἐνέργειας, ἡ ὁποία ὀνομάζεται φωτεινὴ ἐνέργεια.

3. Η φωτεινὴ ἐνέργεια E, ἡ ὁποία διέργεται εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου μέσα ἀπὸ ἕνα κῦδον, ἔχοντα τὴν κορυφήν του ἐπὶ τῆς φωτεινῆς πηγῆς, ὀνομάζεται φωτεινὴ ροὴ Φ.

4. Τὸ πηλίκον τῆς φωτεινῆς ροῆς Φ, ἡ ὁποία ἐκπέμπεται μέσα εἰς μίαν στερεὰν γωνίαν Ω, ἀπὸ μίαν φωτεινὴν σημειακὴν πηγὴν, εύρισκομένην εἰς τὴν κορυφὴν τῆς στερεᾶς γωνίας, πρὸς τὴν στερεὰν γωνίαν Ω, ὀνομάζεται φωτεινὴ ἴσχυς I ἡ ἔντασις τῆς πηγῆς.

5. Μονάς φωτεινῆς ροῆς είναι τὸ 1 Lumen καὶ φωτεινῆς ἴσχυος τὸ 1 νέον ἡ διεθνὲς κηρίον (1 NK). Τὸ πηλίκον τῆς φωτεινῆς ροῆς Φ, τὸ ὅποιον δέχεται μία ἐπιφάνεια S, ὑπὸ κάθετον πρόσπτωσιν τῶν ἀκτίνων, πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν S, ὀνομάζεται φωτισμὸς Β τῆς ἐπιφανείας.

6. Μονάς φωτισμοῦ είναι τὸ 1 Lux.

7. Τὰ φωτόμετρα είναι ὅργανα χρησιμοποιούμενα διὰ τὴν μέτρησιν τοῦ φωτισμοῦ.

8. Ο φωτισμὸς Β τὸν ὅποιον δέχεται μία ἐπιφάνεια S είναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἔντασιν τῆς φωτεινῆς πηγῆς, ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἀποστάσεως γ τῆς ἐπιφανείας ἀπὸ τὴν πηγὴν καὶ ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὸν προσανατολισμὸν τῆς ἐπιφανείας σχετικῶς πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῶν ἀκτίνων. Διὰ κάθετον πρόσπτωσιν τῶν ἀκτίνων ἴσχυει ἡ σχέσις :

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

9. Όταν δύο φωτειναὶ πηγαὶ μὲ ἐντάσεις I_1 καὶ I_2 εύρισκονται εἰς ἀποστάσεις r_1 καὶ r_2 ἀπὸ μίαν ἐπιφάνειαν καὶ τὴν ἴσοφωτίζουν μὲ κάθετον πρόσπτωσιν τῶν ἀκτίνων, ισχύει ὁ ἀκόλουθος τύπος τοῦ ἴσοφωτισμοῦ :

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{r_1^2}{r_2^2}$$

AΣΚΗΣΕΙΣ

184. Πόσα Lumen προσπίπτοντα καθέτως ἐπάνω εἰς μίαν ἐπιφάνειαν ἔμβαδον $5 m^2$, ὅταν ὁ φωτισμὸς τῆς ἐπιφανείας αὐτῆς είναι $12 Lux$. (*Απ. 60 Lumen.*)

185. Εἰς τὸ κέντρον μιᾶς σφαίρας, ἀκύρως $2 m$, ενδισκεται ἕνας μικρὸς ἡλεκτροκός λαμπτήρ. Νὰ εὑρεθῇ ἡ φωτεινὴ ισχὺς τοῦ, ἐὰν ἡ σφαῖρα δέχεται φωτισμὸν $2 Lux$. (*Απ. 8 NK.*)

186. Πόση είναι ἡ ισχὺς μιᾶς φωτεινῆς πηγῆς, ἡ ὁποία προκαλεῖ, μὲ κάθετον πρόσπτωσιν τῶν ἀκτίνων τῆς ἐπάνω εἰς μίαν ἐπιφάνειαν, φωτισμὸν $20 Lux$, ὅταν ἡ ἐπιφάνεια ἀπέχῃ $6 m$ ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγῆν. (*Απ. 720 NK.*)

187. Λέο φωτειναὶ πηγαὶ συγχρίνονται μὲ ἓνα φωτόμετρον. Όταν ἐπιτυγχάνεται ἴσοφωτισμὸς τοῦ φωτομέτρου, αἱ ἀποστάσεις τῶν φωτεινῶν πηγῶν ἀπὸ τὴν ἴσοφωτιζομένην ἐπιφάνειαν τοῦ φωτομέτρου είναι $30 cm$ καὶ $60 cm$ ἀντιστοίχως. Εάν ἡ φωτεινὴ ισχὺς τῆς μικροτέρας φωτεινῆς πηγῆς είναι $10 NK$, νὰ εὑρεθῇ ἡ φωτεινὴ ισχὺς τῆς ἄλλης πηγῆς. (*Απ. 40 NK.*)

188. Εἰς πόσον ὕψος ἐπάνω ἀπὸ μίαν τράπεζαν, πρεπει νὰ ενδισκεται ἕνας λαμπτήρ $100 NK$, διὰ νὰ προκαλῇ φωτισμὸν $50 Lux$. (*Απ. 141 cm.*)

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

I.	ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ	
		Σελ.
A'.	Κίνησις τῶν σωμάτων	5
B'.	Εύθυγραμμός όμαλος μεταβαλλομένη κίνησις	14
Γ'.	Άδράνεια. Θεμελιώδης ἀρχὴ τῆς Δυναμικῆς	25
Δ'.	Μηχανικαὶ ταλαντώσεις	32
E'.	Κυκλικὴ κίνησις	43
ΣΤ'.	Παγκόσμιος ἔλξις	55
Z'.	Ἐργον δυνάμεως	63
H'.	Ίσχὺς	73
Θ'.	Ἐνέργεια	80
II.	ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ	
I'.	Μετατροπὴ τῆς μηχανικῆς ἐνέργειας εἰς θερμικὴν ...	88
IA'.	Τριβή. Μηχανικὸν ἴσοδύναμον τῆς θερμίδος	90
IB'.	Διατήρησις τῆς ἐνέργειας εἰς τὰς ἀπλᾶς μηχανὰς	99
ΙΓ'.	Μετατροπὴ τῆς θερμικῆς ἐνέργειας εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν. Ἀτμομηχανὴ	103
ID'.	Μηχαναὶ ἐσωτερικῆς καύσεως	108
IE'	Πύραυλοι	114
III. ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ		
ΙΣΤ'.	Ο ἥχος	121
ΙΖ'.	Ηχητικαὶ πηγαὶ	131
IV. ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ - ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ		
ΙΗ'.	Σύστασις τῆς ὕλης. Μόρια καὶ ἄτομα	138
ΙΘ'.	Κατασκευὴ τοῦ ἀτόμου. Πυρῆνες καὶ ἡλεκτρόνια	143
K'.	Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα. Φορὰ καὶ ἀποτελέσματα τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος	150
ΚΑ'.	Ἀγωγὰ καὶ μονωτικά σώματα. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς τοὺς μεταλλικοὺς ἀγωγοὺς	157
ΚΒ'.	Ἡλεκτρόλυσις. Ποιοτικὴ σπουδὴ. Ίόντα	161

ΚΓ'.	‘Ηλεκτρόλυσις. Δευτερεύουσαι χημικαὶ ἀντιδράσεις ..	168
ΚΔ'.	‘Ηλεκτρόλυσις. Νόμοι τοῦ Φάρανταιου. Ἐφαρμογαὶ ...	175
ΚΕ'.	Ποσότης ἡλεκτρισμοῦ. Μονάς Κουλόμπ. Ἐντασις ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Μονάς Ἀμπέρ	182
ΚΣΤ'.	Θερμικὰ ἀποτελέσματα τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος	190
ΚΖ'.	‘Ηλεκτρικὴ ἐνέργεια. ‘Ηλεκτρικὴ ἴσχυς	198
ΚΗ'.	Διαφορά δυναμικοῦ. Μονάς Βόλτ	204
ΚΘ'.	Πρακτικὴ μέτρησις διαφορᾶς δυναμικοῦ	212
Α'.	Ἐφαρμογαὶ τοῦ νόμου τοῦ Τζάουλ. Φωτισμὸς - Θέρμανσις	217
ΛΑ'.	Πειραματικὴ σπουδὴ τῆς ἀντιστάσεως ἐνὸς ἀγωγοῦ ..	223
ΛΒ'.	Σύνδεσις ἀντιστάσεων	232
ΛΓ'.	‘Ηλεκτρικαὶ πηγαὶ	241
ΛΔ'.	‘Ηλεκτρικὴ ἴσχυς μιᾶς γεννητρίας	249
ΛΕ'.	Συσσωρευταὶ	256
ΛΣΤ'.	Μαγνῆται. Μαγνητικὴ πυξίς	261
ΛΖ'.	‘Αλληλεπίδρασις τῶν μαγνητικῶν πόλων	267
ΛΗ'.	Μαγνητικὸν πεδίον εὐθύγραμμον ἀγωγοῦ καὶ μαγνητικὸν πεδίον σωληνοειδοῦς	274
ΛΘ'.	‘Ηλεκτρομαγνῆται	282
Μ'.	‘Αλληλεπίδρασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος καὶ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου	288
ΜΑ'.	‘Ηλεκτρικοὶ κινητῆρες	292

V. ΟΠΤΙΚΗ

ΜΒ'.	Εὐθύγραμμος διάδοσις τοῦ φωτὸς	295
ΜΓ'.	‘Ανάκλασις τοῦ φωτός. Ἐπίπεδα κάτοπτρα	302
ΜΔ'.	Σφαιρικὰ κάτοπτρα	310
ΜΕ'.	Διάθλασις τοῦ φωτὸς	321
ΜΣΤ'.	Πρίσματα καὶ φακοὶ	327
ΜΖ'.	‘Ανάλυσις τοῦ φωτὸς	340
ΜΗ'.	Φωτομετρία	345

ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΦΗΣΙΣ : ΒΑΣΙΛΙΚΗΣ ΑΓΓΕΛΙΔΟΥ

Τὰ ἀντίτυπα τοῦ βιβλίου φέρουν τὸ κάτωθι βιβλιόσημον εἰς ἀπόδειξιν τῆς γνησιότητος αὐτῶν.

¹Αντίτυπον στερούμενον τοῦ βιβλιοσήμου τούτου θεωρεῖται κλεψίτυπον. Ο διαθέτων, πωλῶν ἢ χρησιμοποιῶν αὐτὸν διώχεται κατὰ τὰς διατάξεις τοῦ ζεύρου 7 τοῦ νόμου 1129 τῆς 15/21 Μαρτίου 1946 (Ἐφ. Κυβ. 1946, Α' 108).



024000018104

ΕΚΔΟΣΙΣ Α' 1968 (XI) · ΑΝΤ. 90.000 - ΣΥΜΒΑΣΕΙΣ 1788 /11-11-68—1789 /27-11-69

ΕΚΤΥΠΩΣΙΣ Ι. ΔΙΚΑΙΟΣ ΒΙΒΛΙΟΔΕΣΙΑ : Ι. ΚΑΜΠΑΝΑΣ Ο. Ε.

700/49

