

β.βι

ΦΥΣΙΚΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ

196



ΔΩΡΕΑ
ΕΘΝΙΚΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ

ΕΥΣΤΙΚΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑ

Ε 2
Προγραμματισμός (Βαγγελάκης)
(ΣΑΛΤΕΡΗ Γ.) ΠΕΡΙΣΤΕΡΑΚΗ

ΦΥΣΙΚΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ

Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ



ΕΛΛΑΣ



ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΒΟΥΛΗΣ

ΕΔΡΑΣ

21 ΑΠΡΙΛΙΟΥ

Πρ. Ευδ. Διδ. Βιβλ.
334
του έτους 1971

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ

ΑΘΗΝΑΙ 1970

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

002
WNE
ET2R
1538

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ (1) ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

ΦΥΣΙΚΗ

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ

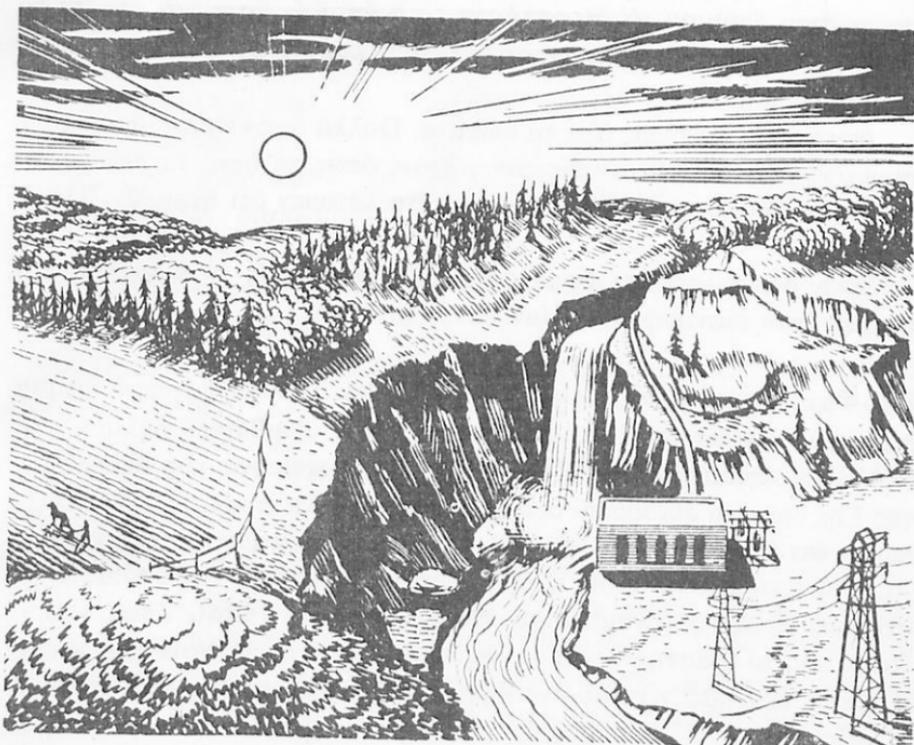
ΤΕΧΝΗΤΟ

ΣΑΛΑΚ



ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

21 ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ 1954
1538



I. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

A'—ΚΙΝΗΣΙΣ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

§ 1. Ήρεμία και κινήσις. Ἐάν ἐξετάσωμεν τὸ περιβάλλον μας, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι μερικά σώματα μεταβάλλουν θέσιν, ἐν σχέσει πρὸς ἄλλα σώματα. Λέγομεν ὅτι τὰ σώματα ταῦτα κινούνται καὶ τὰ ὀνομάζομεν κινητά.

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

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

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

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

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

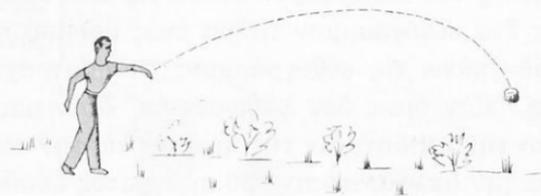
§ 2. Φαινομενικὴ καὶ πραγματικὴ κίνησις. Πολλὰς φορές ἡ ἡρεμία διαφόρων σωμάτων εἶναι φαινομενικὴ, δὲν συμβαίνει δηλαδὴ καὶ εἰς τὴν πραγματικότητα. Οὕτως ἐνῶ τὰ ἀντικείμενα τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς ὅπως τὰ δένδρα, αἱ οἰκίαι, οἱ βράχοι κ.λπ. προκαλοῦν τὴν ἐντύπωσιν ὅτι ἡρεμοῦν καὶ εἶναι ἀκίνητα, εἰς τὴν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

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

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

ἕκαστον οὐράνιον σῶμα λαμβάνει συγχρόνως μέρος εἰς πολλές διαφορετικὰς κινήσεις.

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



Σχ. 1. Ὁ ἐκτινασσόμενος λίθος διαγράφει καμπύλην τροχίαν.

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

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

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

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

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

νήσεις του σαλιγκάρου επάνω εις μίαν εὐθείαν ράβδον, του ποδηλάτου εις ένα εὐθύγραμμον τμήμα ενός δρόμου ἢ του σιδηροδρομικοῦ συρμοῦ επάνω εις εὐθυγράμμους σιδηροτροχιᾶς, εἶναι πολὺ διαφορετικά. Ἐὰν ὅμως δὲν λάβωμεν ὑπ' ὄψιν μας, πῶς γίνεται ἡ μετάβασις ἀπὸ τὴν κατάστασιν τῆς ἡρεμίας εις τὴν κατάστασιν τῆς κινήσεως καὶ διὰ τὴν ἀπλουστεύσιν του πράγματος ὑποθέσωμεν ὅτι ἕκαστον ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω τρία σώματα κινεῖται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε εις ἴσους χρόνους νὰ διανύη ἴσα διαστήματα, τότε ἐκτελοῦν τὴν ἀπλουστέραν ἀπὸ τὰς εὐθυγράμμους κινήσεις. Ἐκτελοῦν εὐθύγραμμον ὁμαλὴν κίνησιν. Ὡστε :

Ἐνα κινητὸν ἐκτελεῖ εὐθύγραμμον ὁμαλὴν κίνησιν, ὅταν κινῆται ἐπὶ εὐθυγράμμου τροχιᾶς καὶ διανύη εις ἴσους χρόνους ἴσα διαστήματα.

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

§ 6. Ταχύτης. Ὁ ρυθμὸς μὲ τὸν ὁποῖον ἐκτελεῖται μία κίνησις, ἂν γίνεται δηλαδὴ βραδέως ἢ ταχέως, χαρακτηρίζεται ἀπὸ ἓνα φυσικὸν μέγεθος, τὸ ὁποῖον ὀνομάζεται ταχύτης καὶ παριστᾶται μὲ τὸ γράμμα v . Ἡ ταχύτης εὐρίσκεται εις ἄμεσον συσχετισμὸν μὲ τὸ διάστημα καὶ τὸν χρόνον, ὁ ὁποῖος ἀπητήθη διὰ νὰ διανυθῇ τὸ διάστημα τοῦτο. Ὡστε :

Εἰς τὴν εὐθύγραμμον ὁμαλὴν κίνησιν ὀρίζομεν ὡς ταχύτητα v τὸ πηλίκον του διαστήματος s πρὸς τὸν χρόνον t , ἐντὸς του ὁποίου διηνήθη τὸ διάστημα αὐτό.

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

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



Διὰ νὰ προσδιορίσωμεν λοιπόν τὴν ταχύτητα ἑνὸς σώματος, τὸ ὁποῖον ἐκτελεῖ εὐθύγραμμον ὁμαλὴν κίνησιν, πρέπει νὰ μετρήσωμεν ἕνα μῆκος καὶ ἕναν χρόνον· τὸν χρόνον τὸν ὁποῖον ἐχρειάσθη τὸ κινητὸν διὰ νὰ διατρέξῃ αὐτὸ τὸ μῆκος (σχ. 2). Τὸ πηλίκον τῶν δύο αὐτῶν μετρήσεων μᾶς δίδει τὴν ταχύτητα τοῦ κινήτου, ἢ ὅποια — καὶ αὐτὸ εἶναι χαρακτηριστικὸν διὰ τὴν εὐθύγραμμον ὁμαλὴν κίνησιν — δὲν ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ μῆκος τοῦ διαστήματος, τὸ ὁποῖον ἐμετρήσαμε ἢ ἀπὸ τὸν χρόνον ἐντὸς τοῦ ὁποῖου διηνύθη τὸ διάστημα αὐτό.

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

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

1 μέτρον ἀνὰ δευτερόλεπτον (1 m/sec)

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

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

1 ἑκατοστόμετρον ἀνὰ δευτερόλεπτον (1 cm/sec)

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

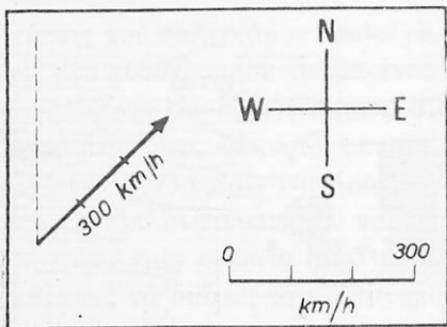
Διὰ τὰς ἀνάγκας τῆς πρακτικῆς ζωῆς χρησιμοποιοῦμεν ὡς μονάδα ταχύτητος τὸ :

1 χιλιόμετρον ἀνὰ ὥραν (1 km/h)

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

Ἡ ταχύτης τῶν πλοίων ἐκφράζεται εἰς κόμβους. Εἶναι δέ :

1 κόμβος = 1 ναυτικὸν μίλιον ἀνὰ ὥραν



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

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

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

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

Ἡ ταχύτης εἶναι διανυσματικὸν μέγεθος.

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

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

$$s = v \cdot t$$

Ὡστε :

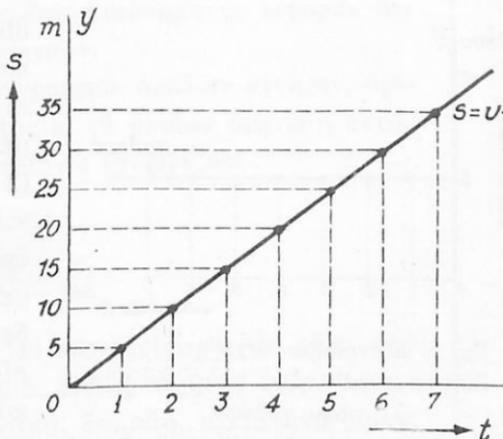
Κατὰ τὴν εὐθύγραμμον καὶ ὁμαλὴν κίνησιν, τὰ διαστήματα εἶναι ἀνάλογα πρὸς τοὺς χρόνους, κατὰ τοὺς ὁποίους διηνήθησαν.

§ 7. Ἡ ταχύτης εἶναι διανυσματικὸν μέγεθος. Ἄς θεωρήσωμεν τέσσαρα αὐτοκίνητα, τὰ ὁποῖα ἀπομακρύνονται ἀπὸ μίαν διασταύρωσιν, ἀκολουθοῦντα διαφορετικὰς κατευθύνσεις εἰς τὴν κίνησιν των, τὰ ταχύμετρα ὁμῶς τῶν ὁποίων ἔχουν κοινὴν ἐνδείξιν, π.χ. 60 km/h.

Ἄν θέλωμεν νὰ περιγράψωμεν τὴν κίνησιν ἑνὸς ἐξ αὐτῶν τῶν τεσσάρων αὐτοκινήτων, δὲν ἀρκεῖ νὰ ἀναφέρωμεν μόνον τὴν ἀριθμη-

§ 9. Διαγράμματα εὐθυγράμμου ὁμαλῆς κινήσεως. α) Διάγραμμα διαστήματος - χρόνου. Διὰ νὰ παραστήσωμεν γραφικῶς τὴν σχέσιν τῆς μεταβολῆς τοῦ διαστήματος ὡς πρὸς τὸν χρόνον, θεωροῦμεν μίαν οἰανδήποτε εὐθύγραμμον ὁμαλὴν κίνησιν μετρυχοῦσαν ταχύτητα v , ἴσην ἔστω πρὸς 5 m/sec. Μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ τύπου $s=v.t$, ὑπολογίζομεν τὰ διαστήματα, τὰ ὁποῖα διανύονται ἀπὸ τὸ κινητὸν εἰς χρόνους 0 sec., 1 sec., 2 sec., 3 sec. κ.λπ. καὶ καταστρώνομεν τὸν ἀκόλουθον πίνακα μετρήσεων :

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

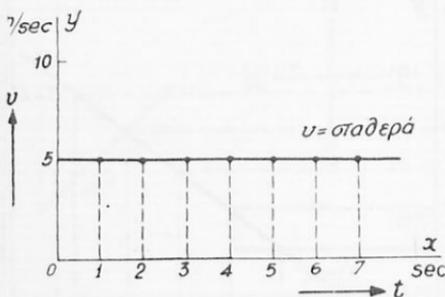


Σχ. 4. Διάγραμμα διαστήματος-χρόνου. Εὐθεῖα γραμμὴ διερχομένη ἀπὸ τὴν ἀρχὴν τῶν ἀξόνων.

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

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

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



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

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

Το διάγραμμα της ταχύτητας ως προς τον χρόνον είναι, εις την εϋθύγραμμον όμαλήν κίνησιν, εύθεια παράλληλος προς τον άξονα των χρόνων.

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

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Όταν ένα σωμα αλλάζει θέσιν εις το διάστημα, σχετικώς προς ένα άλλο σωμα, λέγομεν ότι το σωμα αυτό κινείται. Το σωμα ήρμεϊ όταν διατηρη συνεχώς την ίδιαν θέσιν. Η ήρεμία επομένως και ή κίνησις είναι έννοιαι σχετικαί και άποκτουν περιεχόμενον, όταν τας αναφέρωμεν εις σώματα, τὰ όποια θεωροϋμεν ως ακίνητα. Προσεκτικαί και λεπτομερείς παρατηρήσεις δεικνύουν ότι εις την Φύσιν ή κίνησις είναι ό κανών και ή ήρεμία ή έξαιρέσις.

2. Εις ένα κινούμενον σωμα διακρίνομεν : α) την τροχιάν, την συνεχή δηλαδή γραμμήν, την όποιαν λαμβάνομεν, όταν ένώσωμεν τας διαδοχικὰς θέσεις του κινητου εις το διάστημα, και ή όποία δύναται να είναι εύθύγραμμος, καμπυλόγραμμος κ.λπ., β) το διάστημα s, το μήκος δηλαδή της τροχιās από την άφετηριάν της κινήσεως ως το τέρμα αυτής, γ) τον χρόνον t, τον όποιον έχρειάσθη το κινητόν δια να διανύση το διάστημα s.

3. Όταν το κινητόν έχη εύθύγραμμον τροχιάν και ένω κι-

νεϊται, διανύει εις ίσους χρόνους ίσα διαστήματα, λέγομεν ότι εκτελεί εϋθύγραμμον όμαλήν κίνησιν.

4. Ἡ ταχύτης v , εις τήν εϋθύγραμμον όμαλήν κίνησιν, ορίζομεν τὸ πηλίκον τοῦ διαστήματος s , τὸ όποϊον διηνύθη ἐντὸς χρόνου t , πρὸς τὸν χρόνον t . Ἐπομένως ἔχωμεν ότι :

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

5. Ἡ ταχύτης μετρεϊται εις m/sec ἢ εις cm/sec . Εἰς τήν πρακτικὴν ζωὴν μετρεϊται εις km/h , ἐνῶ ἡ ταχύτης τῶν πλοίων ἐκφράζεται εις κόμβους, εις ναυτικά, δηλαδὴ, μίλια ἀνὰ ὥραν.

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

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

8. Ἡ ταχύτης εἶναι διανυσματικὸν μέγεθος.

9. Εἰς τήν εϋθύγραμμον όμαλήν κίνησιν ἰσχύουν οἱ ἐξῆς δύο νόμοι : α) τὸ διάνυσμα τῆς ταχύτητος παραμένει σταθερόν, β) τὰ διανύόμενα διαστήματα εἶναι ἀνάλογα πρὸς τοὺς χρόνους κατὰ τοὺς όποίους διηνύθησαν.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

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

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

3. Ἡ μέση ἀπόστασις Σελήνης—Γῆς εἶναι $384.000 km$. Πόσον χρόνον θὰ ἐχρειάζετο μία σφαῖρα πυροβόλου ὄπλου διὰ νὰ φθάσῃ εις τὴν Σελήνην, ἐὰν διέτρηε σταθερὰν τὴν ἀρχικὴν τῆς ταχύτητα, ἴσην μὲ $800 m/sec$ (Ἄπ. 5 ἡμέρας, 13 ὥρας, 28 πρῶτα καὶ 20 δεύτερα λεπτά).

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

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

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

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

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

Β' — ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΟΣ ΟΜΑΛΩΣ ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΜΕΝΗ ΚΙΝΗΣΙΣ

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

Ἐνα κινήτόν, τὸ ὁποῖον δὲν διατηρεῖ σταθερὰν ταχύτητα (κατὰ τὸ μέτρον, τὴν διεύθυνσιν ἢ τὴν φορὰν) ἐνόσω διαρκεῖ ἡ κίνησις του, ἐκτελεῖ μεταβαλλομένην κίνησιν.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Ἀπὸ τὰς τρεῖς περιπτώσεις μεταβολῆς τοῦ διανύσματος τῆς ταχύτητος θὰ περιορισθῶμεν εἰς ἐκείνην, κατὰ τὴν ὁποίαν μεταβάλλεται μόνον τὸ μέτρον, ἐνῶ ἡ διεύθυνσις καὶ ἡ φορὰ διατηροῦνται σταθεραί. Αὐτὸ συμβαίνει π.χ. εἰς ἓνα αὐτοκίνητον, κινούμενον εἰς ἓνα εὐθύγραμμον δρόμον. Καὶ εἰς αὐτὴν ὁμως τὴν περίπτωσιν ὑπάρχουν πολλὰ δυνατότητες. Ἡμεῖς θὰ ἀρκεσθῶμεν εἰς τὴν εἰδικὴν ἐκείνην ὑποπίπτωσιν κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ ταχύτης μεταβάλλεται εἰς ἴσους χρόνους κατὰ τὸ αὐτὸ μέτρον. Εἰς χρόνους, π.χ. ἀνά 5 sec, μεταβάλλεται πάντοτε κατὰ 12 m/sec. Ἡ κίνησις αὕτη ὀνομάζεται τότε εὐθύγραμμος ὁμαλῶς μεταβαλλομένη. Ὡστε :

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

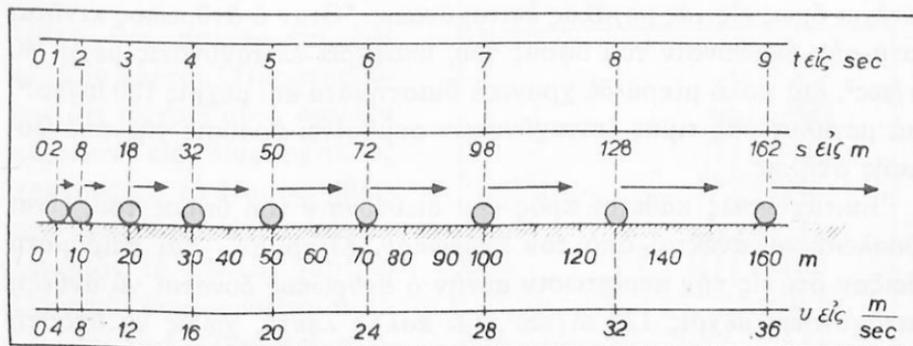
Ἐὰν ἡ σταθερὰ μεταβολὴ τῆς ταχύτητος εἶναι θετικὴ, ὁπότε ἡ ταχύτης ὑφίσταται συνεχῆ αὐξήσιν, ἡ κίνησις λέγεται εὐθύγραμμος ὁμαλῶς ἐπιταχνομένη κίνησις. Ἐὰν ἡ σταθερὰ μεταβολὴ τῆς ταχύτητος εἶναι ἀρνητικὴ, ὁπότε ἡ ταχύτης ἐλαττοῦται ἀδιακόπως, ἡ κίνησις λέγεται εὐθύγραμμος ὁμαλῶς ἐπιβραδυνομένη κίνησις.

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

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

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

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



Σχ. 6. Εὐθύγραμμος ὁμαλῶς ἐπιταχυνόμενη κίνησης σφαίρας μὲ σταθερὰν ἐπιτάχυνσιν $\gamma = 4 \text{ m/sec}^2$. Δεικνύεται ἡ σχέσις χρόνου, διαστήματος καὶ ταχύτητος

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

*Έχομεν συνεπῶς τὴν ἐξῆς ἔκφρασιν τῆς ἐπιταχύνσεως :

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

ἢ:

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

Μονάδες ἐπιταχύνσεως. Ὅταν ἡ ταχύτης μετρηθῆται εἰς μέτρα ἀνὰ δευτερόλεπτον καὶ ὁ χρόνος εἰς δευτερόλεπτα, μονὰς ἐπιταχύνσεως εἶναι τὸ :

1 μέτρον ἀνὰ δευτερόλεπτον τετράγωνον (1 m/sec²)

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

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

Χρησιμοποιοῦμεν ἐπίσης καὶ τὴν μονάδα :

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

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

*Ὁ ἀνθρώπινος ὄργανισμὸς ὑποφέρει τὰς μεγάλας ταχύτητας, δὲν

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

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

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

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

Ὁ νόμος αὗτός διατυπώνεται καὶ μὲ τὴν σχέσιν :

$$v = \gamma \cdot t$$

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

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

Ὁ νόμος αὗτός διατυπώνεται καὶ μὲ τὴν σχέσιν :

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

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

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

§ 14. Ἐλευθέρᾳ πτώσιν τῶν σωμάτων. Πείραμα 1. Ἀφίνομεν νὰ πέσουν ταυτοχρόνως εἰς τὸ ἔδαφος, ἀπὸ ἓνα ὠρισμένον ὕψος, ἕνας

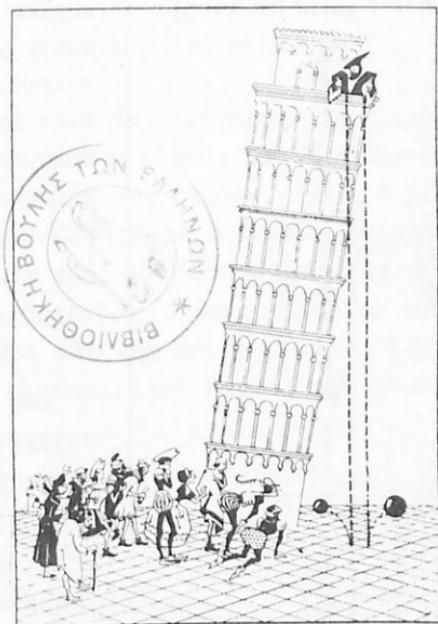
λίθος, ένα πτερὸν καὶ ἓνα φύλλον χάρτου. Παρατηροῦμεν ὅτι τὰ τρία αὐτὰ σώματα φθάνουν εἰς διαφορετικούς χρόνους εἰς τὸ ἔδαφος, μάλιστα δὲ πρῶτος ὁ λίθος καὶ τελευταῖον τὸ φύλλον χάρτου. Οὕτω μᾶς δημιουργεῖται ἡ ἐντύπωση, ὅτι ἡ ἐλευθέρα πτώσις γίνεται μὲ διαφορετικὸν ρυθμὸν διὰ τὰ διάφορα σώματα καὶ σχηματίζομεν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

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

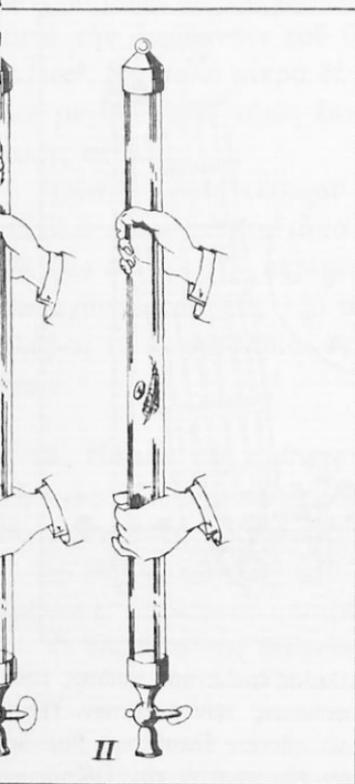
Ὅπως γνωρίζομεν, ἡ πτώσις τῶν σωμάτων εἶναι ἀποτέλεσμα τῆς ἑλκτικῆς δυνάμεως τὴν ὁποῖαν ἀσκεῖ ἐπ' αὐτῶν ὁ πλανῆτης μας, ἔλκων αὐτὰ πρὸς τὸ κέντρον του. Ἄν ὁμως θελήσωμεν νὰ μελετήσωμεν τὴν κίνησιν, τὴν ὁποῖαν προκαλεῖ ἡ ἔλξις αὐτή, πρέπει νὰ ἐξουδετερώσωμεν τὰ αἰτία τὰ ὁποῖα τὴν ἀλλοιώνουν, κυριώτερον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

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

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



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



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

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

$$v = g \cdot t$$

Ἐνῶ τὰ διαστήματα, τὰ διανυόμενα κατὰ τοὺς ἀντιστοιχοὺς χρόνους t , ἀπὸ τὴν ἔναρξιν τῆς πτώσεως, θὰ παρέχονται ἀπὸ τὸν τύπον :

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

Ὡστε :

Ἡ ἐλευτέρα πτώσις τῶν σωμάτων εἶναι εὐθύγραμμος καὶ ὁμαλῶς

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

Εἰς τὸ κενὸν ὅλα τὰ σώματα πίπτουν συγχρόνως.

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

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

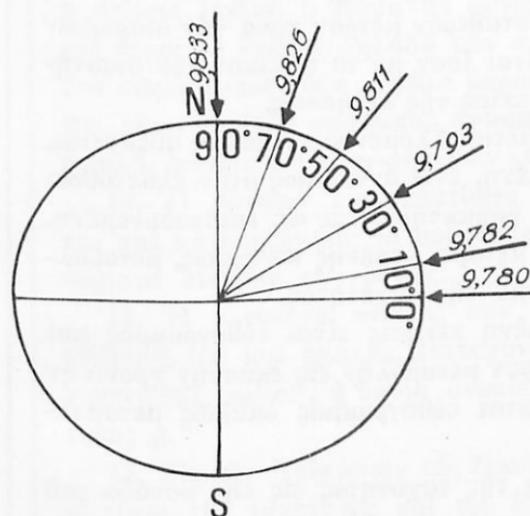
Με διάφορα πειράματα εὐρέθη ὅτι εἶναι :

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

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

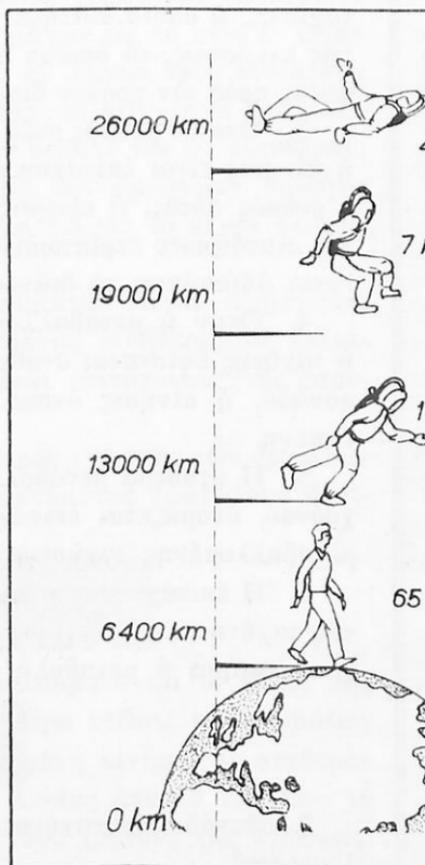
Σημείωσις 1. Ἀκριβεῖς μετρήσεις τῆς ἐπιταχύνσεως τῆς βαρύτητος ἔδωσαν διαφορετικὰς τιμάς, αἱ ὁποῖαι εὐρέθη ὅτι ἐξαρτῶνται ἀπὸ τὸ γεωγραφικὸν πλάτος τοῦ τόπου, εἰς τὸν ὁποῖον γίνεται ἡ μέτρησις. Ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς βαρύτητος ἐλαττοῦται, ὅταν ἀπομακρυνόμεθα ἀπὸ τοὺς Πόλους καὶ κινούμεθα πρὸς τὸν Ἴσημερινὸν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

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



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

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



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

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$v = \gamma \cdot t$$

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

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

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

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

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

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

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

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

γ) Τὰ διανύμενα διαστήματα εἶναι ἀνάλογα πρὸς τὰ τετράγωνα τῶν χρόνων τῆς πτώσεως.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

9. Πόσον διάστημα διανύει εἰς 6 ὥρας ἓνα αὐτοκίνητον τὸ ὁποῖον τρέχει μὲ μέσην ταχύτητα 70 km/h . (Ἀπ. 420 km .)
10. Ἡ ταχύτης ἐνὸς σώματος αὐξάνεται ἐντὸς χρόνον 5 sec ἀπὸ 90 m/sec εἰς 160 m/sec . Πόση εἶναι ἡ ἐπιτάχυνσις τοῦ σώματος. (Ἀπ. 14 m/sec^2 .)
11. Ἐπάνω εἰς ἓνα κεκλιμένον ἐπίπεδον κατέρχεται ἓνα σῶμα οὕτως, ὥστε εἰς ἕκαστον δευτερόλεπτον ἡ ταχύτης του νὰ αὐξάνεται κατὰ 6 cm/sec . Πόση εἶναι ἡ ταχύτης τοῦ σώματος 8 δευτερόλεπτα μετὰ τὴν ἔναρξιν τῆς κινήσεως καὶ πόσον διάστημα ἔχει διανύσει τὸ σῶμα κατ' αὐτὸν τὸν χρόνον. (Ἀπ. α' 48 cm/sec . β' $1,92 \text{ m}$.)
12. Ἐνα αὐτοκίνητον ἐκκινεῖ ἀπὸ τὴν ἠρεμίαν καὶ κινούμενον μὲ ὁμαλῶς ἐπιταχυνόμενην κίνησιν ἀποκτᾷ ἐντὸς 12 sec ταχύτητα 30 km/h . α) Πόση εἶναι ἡ ἐπιτάχυνσις τοῦ ὀχήματος καὶ β) πόσον τὸ διανυθὲν διάστημα κατὰ τὸν χρόνον αὐτόν. (Ἀπ. α' $0,694 \text{ m/sec}^2$. β' 50 m .)
13. Ἐνα σῶμα ἐκκινεῖ ἀπὸ τὴν ἠρεμίαν καὶ κινεῖται μὲ σταθερὰν ἐπιτάχυνσιν 6 cm/sec^2 . Νὰ εὑρεθῇ πόσον διάστημα διήρνησε τὸ κινητὸν εἰς χρόνον 20 sec . (Ἀπ. 12 m .)
14. Ἐνα σῶμα ἐκκινεῖ ἀπὸ τὴν ἠρεμίαν καὶ κινεῖται μὲ ὁμαλῶς ἐπιταχυνόμενην κίνησιν, ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς ὁποίας εἶναι 5 cm/sec^2 . Μετὰ πόσον χρόνον θὰ ἔχη διανύσει διάστημα 10 m . (Ἀπ. 20 sec .)
15. Πόση εἶναι ἡ ἐπιτάχυνσις ἐνὸς συρμοῦ, ὁ ὁποῖος ἐκκινεῖ ἐκ τῆς ἠρεμίας καὶ ἐπιταχυνόμενος ὁμαλῶς διανύει εἰς χρόνον 1 min διάστημα 540 m καὶ πόση εἶναι ἡ ταχύτης τοῦ συρμοῦ τὴν στιγμὴν ἐκείνην. (Ἀπ. $0,3 \text{ m/sec}^2$, 18 m/sec .)
16. Ἐνας σιδηροδρομικὸς συρμὸς κινεῖται μὲ ἐθύγραμμον ὁμαλῶς μεταβαλλομένην κίνησιν, ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς ὁποίας εἶναι $2/5 \text{ m/sec}^2$. Μετὰ ἀπὸ πόσον χρόνον θὰ ἔχη ἀποκτήσει τὴν κανονικὴν του ταχύτητα 22 m/sec καὶ πόσον διάστημα θὰ ἔχη διανύσει ἕως τότε. (Ἀπ. α' 55 sec . β' 605 m .)
17. Διὰ νὰ ὑπολογίσωμεν τὸ ὕψος ἐνὸς πύργου, μετροῦμεν τὸν χρόνον πτώσεως ἐνὸς λίθου, ὁ ὁποῖος ἀνέρχεται εἰς $3,6 \text{ sec}$. Μὲ πόσην ταχύτητα συναντᾷ ὁ λίθος τὸ ἔδαφος καὶ πόσον ὕψος ἔχει ὁ πύργος ($g = 9,81 \text{ m/sec}^2$). (Ἀπ. $63,57 \text{ m}$.)
18. Εἰς πόσον χρόνον καὶ ἀπὸ πόσον ὕψος πίπτει ἓνα σῶμα, ὅταν συναντᾷ τὸ ἔδαφος μὲ ταχύτητα 50 m/sec ($g = 10 \text{ m/sec}^2$). (Ἀπ. 5 sec , 125 m .)

19. Ὁ πύργος τοῦ Ἀϊφελ ἔχει ὕψος 300 m. Πόσον χρόνον χρειάζεται ἓνας 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 ποῖον ὕψος πρέπει νὰ ἀφεθῇ νὰ πέσῃ ἐλευθέρως ἓνα ἄτομον, διὰ νὰ φθάσῃ εἰς τὸ ἔδαφος μὲ τὴν ταχύτητα τῶν 7 m/sec, μὲ τὴν ὁποῖαν φθάνει εἰς τὴν Γῆν ἓνας ἀλεξιπτωτιστής.

(Ἀπ. 2,45m.)

Γ' — ΑΔΡΑΝΕΙΑ. ΘΕΜΕΛΙΩΔΗΣ ΑΡΧΗ ΤΗΣ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ

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

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

Αἱ δυνάμεις προκαλοῦν τὰς μεταβολὰς τῆς κινητικῆς καταστάσεως τῶν σωμάτων.

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

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

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

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

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

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

Ἡ μᾶζα ἐκφράζει τὸ μέτρον τῆς ἀδρανείας ἐνὸς σώματος.

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

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

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

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

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

§ 20. Ἀποτελέσματα τῆς ἀδρανείας.

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

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

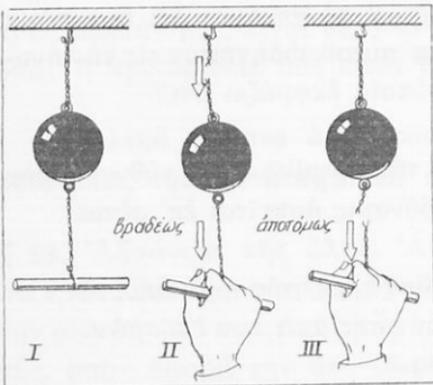
γ) Εἰς τὰ χεῖλη ἑνὸς ποτηρίου ὑπάρχει ἓνα τεμάχιον χαρτονίου καὶ ἐπ' αὐτοῦ ἓνα νόμισμα (σχ. 11). Ἄν σύρωμεν βραδέως τὸ χαρτόνιον, τὸ νόμισμα θὰ παραμείνῃ εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ χαρτονίου. Ἄν ὅμως σύρωμεν ἀποτόμως, τὸ νόμισμα δὲν θὰ παραμείνῃ ἐπὶ τοῦ χαρτονίου ἀλλὰ θὰ πέσῃ ἐντὸς τοῦ ποτηρίου. Εἰς τὴν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

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

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



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



Σχ. 12. "Αν σύρωμεν βραδέως θραύεται τὸ ἔπάνω σχοινίον. "Αν ἔλξωμεν ἀποτόμως, τὸ κάτω σχοινίον.

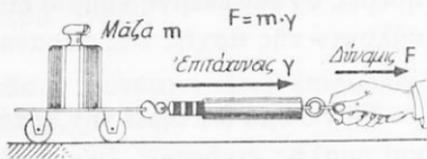
ἓνα ἀκλόνητον στήριγμα. "Αν σύρωμεν μὲ σχοινίον τὴν σφαῖραν πρὸς τὰ κάτω θὰ συμβοῦν τὰ ἑξῆς : 1) ἂν ἔλξωμεν βραδέως θὰ θραυσθῆ τὸ ἔπάνω σχοινίον, 2) ἂν ἔλξωμεν ἀποτόμως, θραύεται ὁ κατώτερος κλάδος τοῦ σχοινίου (σχ. 12).

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

§ 21. Θεμελιώδης ἀρχὴ τῆς δυναμικῆς. Συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς ἀδρανείας, ἂν ἐπὶ ἑνὸς σώματος δὲν ἀσκοῦνται δυνάμεις, τὸ σῶμα ἡρεμεῖ ἢ κινεῖται εὐθυγράμμως καὶ ὁμαλῶς. "Επομένως, ἐνόσω ἓνα σῶμα ὑφίσταται τὴν δρᾶσιν μιᾶς δυνάμεως, θὰ ἐκτελεῖ μεταβαλλομένην κίνησιν, τὸ σῶμα δηλαδή ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς δυνάμεως θὰ ἀποκτήσῃ ἐπιτάχυνσιν. "Ωστε :

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

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



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

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

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

$$F = m \cdot \gamma$$

Ὅταν εἰς ἓνα σῶμα μὲ μᾶζαν m ἐνεργῇ ἡ ἐλκτικὴ δύναμις τῆς Γῆς, τότε ἡ δύναμις αὕτη προσδίδει εἰς τὸ σῶμα ἐπιτάχυνσιν g , ἡ δὲ δύναμις, ἣτις ἀσκεῖται εἰς τὸ σῶμα, εἶναι ἴση μὲ τὸ βάρος του, ὁπότε ἔχομεν :

$$B = m \cdot g$$

Ἀπὸ τὴν θεμελιώδη ἀρχὴν τῆς Δυναμικῆς συμπεραίνομεν τὰ ἑξῆς:

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

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

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

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

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

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

Τὴν ἀντίληψιν αὐτὴν κατεπολέμησε πρῶτος ὁ Γαλιλαῖος, ὁ ἰδρυτὴς τῆς

PHILOSOPHIAE
NATURALIS
PRINCIPIA
MATHEMATICA.

AUCTORE
ISAACO NEWTONO
EQUITE AUSTRO
BRITANNICO
AC TIBI ET LONDINENSIS



AMSTELÆDAMI
APUD HANNICUM SOCIETATIS,
MDCCLXII.



Σχ. 14. 'Ο διάσημος Μαθηματικός, Φυσικός και Φιλόσοφος Sir Isaac Newton (1642-1727) και τὸ ἐξώφυλλον τοῦ περιφήμου βιβλίου του.

συγχρόνου Μηχανικῆς, τῆς Φυσικῆς δηλαδή 'Επιστήμης ἥτις μελετᾷ τὴν κίνησιν τῶν σωμάτων, τὰ αἷτια ἅτινα τὴν προκαλοῦν, ὡς ἐπίσης καὶ τὰς ἀπαραιτήτους καὶ ἀναγκαίαις συνθήκας τῆς ἰσορροπίας. 'Ο Νεύτων ὁ θεμελιωτὴς τῆς Δυναμικῆς, τῆς Φυσικῆς δηλαδή ἐπιστήμης ἣ ὁποία ἐξετάζει τὰ κινήσεις, μελετῶσα τὰς σχέσεις αἰτινῆς ὑφίστανται μεταξύ δυνάμεων καὶ ἐπιταχύνσεων, συνεπλήρωσε καὶ ἀνεμόρφωσε τὴν διδασκαλίαν τοῦ Γαλιλαίου. Τὸ 1686 ἐξέδωκε τὸ περίφημον ἔργον του «Philosophiae naturalis principia mathematica» (Μαθηματικαὶ ἀρχαὶ τῆς φυσικῆς φιλοσοφίας), εἰς τὸ ὁποῖον περιέχονται καὶ αἱ τρεῖς βασικαὶ ἀρχαὶ τῆς Φυσικῆς, αἱ ὁποῖαι εἶναι γνωσταὶ καὶ μὲ τὴν ὀνομασίαν, «ἀξιῶματα τοῦ Νεύτωνος». Αἱ θεμελιώδεις ἀρχαὶ δὲν ἀποδεικνύονται θεωρητικῶς. Συμφωνοῦν ὅμως μὲ τὴν λογικὴν, ὁδηγοῦν εἰς ὀρθὰ συμπεράσματα καὶ ἐπιδέχονται πειραματικὴν ἐπαλήθευσιν.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Αἱ μεταβολαὶ τῆς κηνητικῆς καταστάσεως τῶν σωμάτων προκαλοῦνται ἀπὸ τὴν δρᾶσιν ἐξωτερικῶν δυνάμεων. Τὰ ὑλικά σώματα ἀντιδροῦν ὅμως καὶ προβάλλουν ἀντίστασιν εἰς πᾶσαν δύναμιν, ἐπιδιώκουσαν νὰ μεταβάλη τὴν κηνητικὴν τῶν κατάστασιν.

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

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

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

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

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

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

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

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

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

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

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

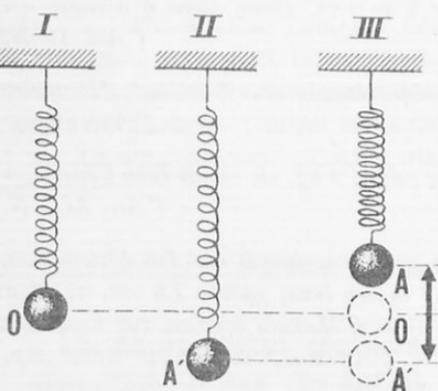
27. Πόσος χρόνος ἀπαιτεῖται διὰ νὰ προσδώσωμεν εἰς ἓνα γερανόν, βάρους $8 \text{ } 100 \text{ kp}$, ταχύτητα 75 m/min , ἀσκοῦντες δύναμιν 860 kp .
(Ἀπ. $1,2 \text{ sec}$.)

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

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

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

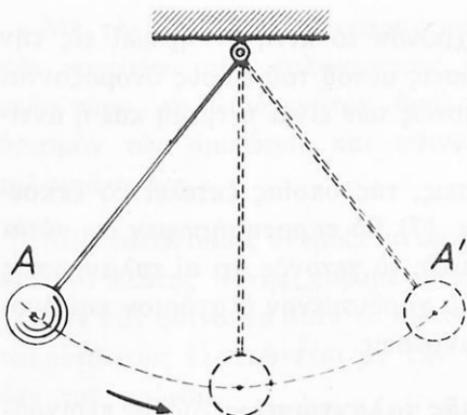
§ 24. Ταλάντωσις. Πείραμα 1. Θεωροῦμεν ἕνα μικρὸν σφαιρίδιον, τὸ ὁποῖον συγκρατεῖται ἀπὸ ἕνα ἐλατήριον, στερεωμένον εἰς τὸ ἄλλον ἄκρον τοῦ ἀπὸ ἕνα ἀκλόνητον σημεῖον (σχ. 15). Ὄταν ἡρεμήσῃ τὸ σύστημα, διατείνομεν τὸ ἐλατήριο, ἀπομακρύνοντες τὸ σφαιρίδιον ἀπὸ τὴν θέσιν ἰσορροπίας, ἔλκοντες αὐτὸ πρὸς τὰ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



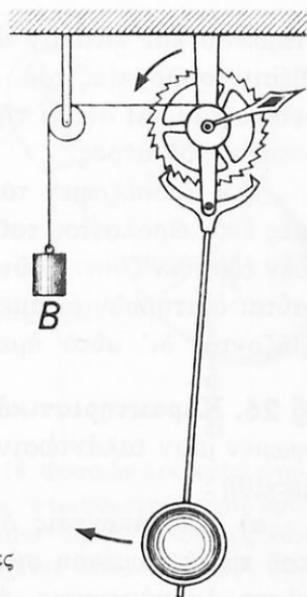
Σχ. 15. Τὸ συγκρατούμενον ἀπὸ τὸ ἐλατήριο σφαιρίδιον ἐκτελεῖ ταλάντωσιν.

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

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



Σχ. 16. Κινούμενον άπλοϋν έκκρεμές.



Σχ. 17. Κινούμενον έκκρεμές
ώρολογίου τοίχου.

πρὸς τὴν θέσιν ἰσορροπίας του, με ὄλονέν αὐξανομένην ταχύτητα διέρχεται ἀπὸ τὴν θέσιν ἰσορροπίας καὶ συνεχίζει τὴν κίνησίν του, με ὄλονέν ἔλαττουμένην ταχύτητα, μέχρις οὗτου ἀνυψωθῆ καὶ φθάσῃ εἰς μίαν θέσιν A' , συμμετρικὴν τῆς A , ὡς 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 ἰδιαιτερον ὅμως χαρακτηριστικὸν εἰς τὰς κινήσεις αὐτὰς εἶναι ὅτι τὰ σώματα ἐκτελοῦν περιοδικὴν κίνησιν μεταξύ δύο ἀκραίων σημείων τῆς τροχιάς των, εἰς τὰ ὅποια μηδενίζεται στιγμιαίως ἡ ταχύτης. Κινήσεις αὐτοῦ τοῦ εἶδους ὀνομάζονται ταλαντώσεις. Ὡστε :

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

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

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

Ἐάν προσέξωμεν τὰς ταλαντώσεις, τὰς ὁποίας ἐκτελεῖ τὸ ἐκκρεμὲς ἐνὸς ώρολογίου τοῦ τοίχου (σχ. 17), θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι αὐταὶ δὲν ἐξασθενίζουσι. Τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὸ γεγονός ὅτι αἱ ταλαντώσεις αὐταὶ διατηροῦνται ἀμείωτοι ἀπὸ τὸ χορδισμένον ἐλατήριο καὶ ὀνομάζονται δι' αὐτὸ ἀμείωτοι ταλαντώσεις.

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

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

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

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

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

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

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

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

Με τὴν βοήθειαν τῶν χαρακτηριστικῶν μεγεθῶν μιᾶς ταλαντώσεως δυνάμεθα τώρα νὰ δώσωμεν τὸν ἀκόλουθον ὄρισμὸν τῶν ἀμειώτων καὶ φθινουσῶν ταλαντώσεων :

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

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

Τὸ ἐκκρεμές αὐτὸ ὀνομάζεται ἰδιαιτέρως φυσικὸν ἐκκρεμές.

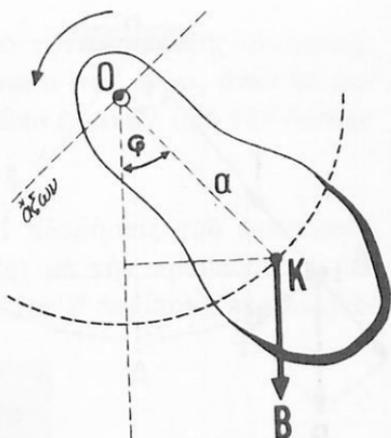
Ἄν θεωρήσωμεν ὅλην τὴν μᾶζαν τοῦ ἐκκρεμοῦς συγκεντρωμένην εἰς ἓνα σημεῖον, ὅπως συμβαίνει περίπου μετὰ μίαν βαρεῖαν σφαῖραν μικρῆς ἀκτίως, ἢ ὅποια εἶναι ἐξηρητημένη μετὰ ἓνα ἐλαφρὸν καὶ μὴ ἐκτατὸν νῆμα, ἀπὸ ἓνα ἀκλόνητον στήριγμα, τότε ἔχομεν κατασκευάσει ἓνα ἀπλοῦν ἢ μαθηματικὸν ἐκκρεμές. Ὡστε :

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

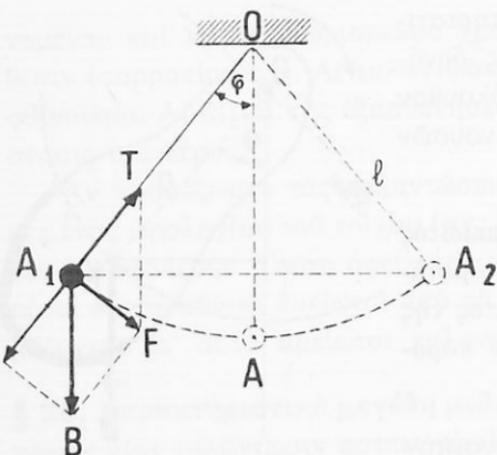
§ 28. Χαρακτηριστικὰ μεγέθη τοῦ ἐκκρεμοῦς. Ἡ ἀπόστασις τοῦ κέντρον τῆς σφαίρας ἀπὸ τὸ ἀκλόνητον σημεῖον ἐξαρτήσεως ὀνομάζεται μῆκος τοῦ ἐκκρεμοῦς καὶ παριστᾶται μετὰ τὸ γράμμα l (σχ. 19).

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

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



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



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

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

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

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

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

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

§ 29. Μελέτη τῆς κινήσεως τοῦ ἐκκρεμοῦς.

Οἷονδήποτε καὶ ἂν εἶναι τὸ ἐκκρεμές, ἰσορροπεῖ ὅταν ἡ κατακόρυφος, ἡ

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

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

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

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

Οἱ νόμοι τοῦ ἐκκρεμοῦς εἶναι οἱ ἀκόλουθοι :

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

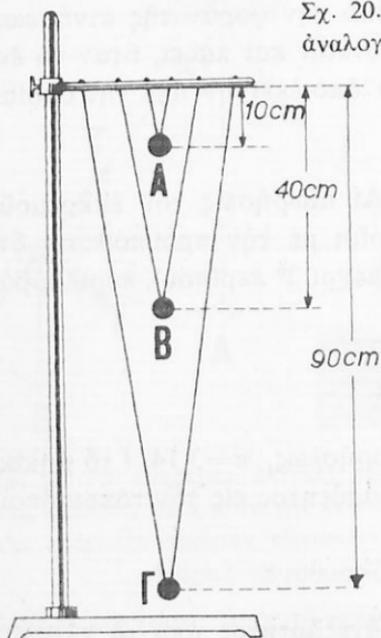
Πειραματικὴ ἀπόδειξις. Θέτομεν εἰς αἰώρησιν τὸ ἐκκρεμές καὶ μὲ μικρὸν πλάτος μετροῦμε μὲ τὸ χρονόμετρον τὸν χρόνον 20, π.χ., πλήρων αἰωρήσεων. Διαιροῦμε τὸν εὑρεθέντα χρόνον μὲ τὸν ἀριθμὸν τῶν πλήρων αἰωρήσεων καὶ ὑπολογίζομεν τὸν χρόνον μιᾶς πλήρους αἰωρήσεως, δηλαδή τὴν περίοδον τοῦ ἐκκρεμοῦς. Κατόπιν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

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

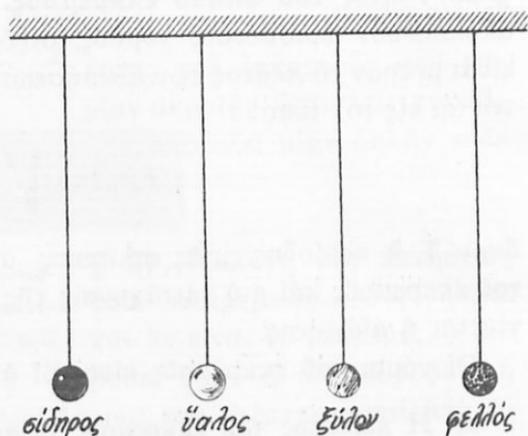
Πειραματικὴ ἀπόδειξις. Θέτομεν ταυτοχρόνως εἰς αἰώρησιν, μὲ τὸ αὐτὸ μικρὸν πλάτος, τρία ὅμοια ἐκκρεμῆ, τῶν ὁποίων τὰ μήκη εἶναι 10 cm, 40 cm, 90 cm (σχ. 20), δηλαδή ὡς οἱ ἀριθμοὶ 1, 4, 9. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι ἡ περίοδος τοῦ δευτέρου ἐκκρεμοῦς εἶναι διπλασία, τοῦ δὲ τρίτου τριπλασία ἀπὸ τὴν περίοδον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

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

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



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



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

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

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

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

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

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

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

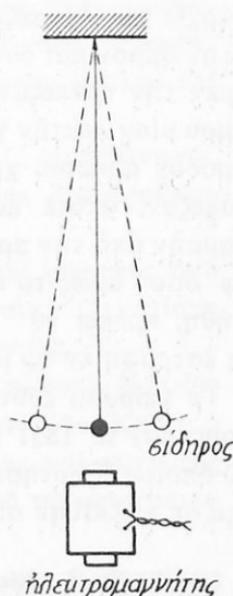
β) Μέτρησις τῆς ἐπιτάχυνσεως τῆς βαρύτητος. Λύοντες τὸν τύπον τοῦ ἐκκρεμοῦς ὡς πρὸς g, διαδοχικῶς λαμβάνομεν:

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

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

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

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



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

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

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

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

Λύσις. Ἐφαρμόζοντες τὸν τύπον

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

ἀφοῦ προηγουμένως ἐπιλύσωμεν αὐτὸν ὡς πρὸς l , θὰ ἔχωμεν:

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

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

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

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

2. Αἱ περιοδικαὶ παλινδρομικαὶ κινήσεις, αἱ ὁποῖαι ἐκτελοῦνται μεταξύ δύο ἀκραίων θέσεων τῆς τροχιάς ἑνὸς κινητοῦ, ὀνομάζονται ταλαντώσεις.

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

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

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

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

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

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

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

9. Τὸ ἀπλοῦν ἢ μαθηματικὸν ἑκκρεμὲς εἶναι διάταξις ἡ ὁποία περιλαμβάνει μίαν μικρὰν βαρεῖαν σφαιραν, ἐξηρημένην μὲ ἔλαφρον καὶ μὴ ἔκτατον νῆμα ἀπὸ ἀκλόνητον στήριγμα. Ὄταν τὸ ἑκκρεμὲς ἔκτραπῆ ἐκ τῆς θέσεως τῆς ἰσορροπίας του ἔκτελεῖ ταλαντώσεις.

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

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

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

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

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

12. Οἱ νόμοι τοῦ ἐκκρεμοῦς ἀποδεικνύονται πειραματικῶς καὶ ἐκφράζουν ὅτι ἡ περίοδος τοῦ ἐκκρεμοῦς εἶναι : α) Ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὸ πλάτος. Ὁ νόμος αὐτὸς ἐκφράζει ὅτι αἱ αἰωρήσεις μικροῦ πλάτους εἶναι ἰσόχρονοι. β) Ἀνάλογος πρὸς τὴν τετραγωνικὴν ρίζαν τοῦ μήκους. γ) Ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὴν μάζαν καὶ τὸ ὕλικόν. 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.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

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

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

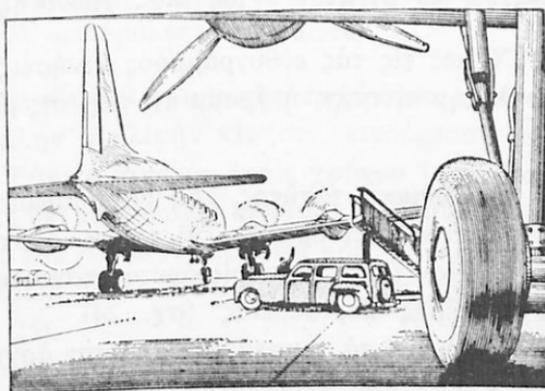
Είς όλας τās μηχανάς, αί όποιαι χρησιμοποιοϋν ίμάντας διά τήν μετάδοσιν τών κινήσεων ή όδοντωτous τροχούς, συμβαίνουn κυκλικαί κινήσεις. Αί κινήσεις αϋται είναι περιοδικαί εις τās όποιās τó κινητόν διαγράφει κινούμενον, περιφέρειαn κύκλου ή τόξον περιφερείας. Άπό τó πλήθος τών κυκλικών κινήσεων ιδιαίτερον ένδιαφέρον παρουσιάζει ή κυκλική εκείνη κίνησης, κατά τήν όποιαν τó κινητόν διαγράφει ίσα τόξα εις ίσους χρόνους. Η κυκλική αϋτή κίνησης όνομάζεται τότε όμαλή. Έστε :

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

β) Διά νά διανύση όλόκληρον τήν περιφέρειαn τó κινητόν, χρειάζεται εναν ώρισμένον χρόνον T , ό όποίος ίσοϋται με τήν περίοδον τής κυκλικής κινήσεως. Έστε :

Περίοδος μιās όμαλής κυκλικής κινήσεως όνομάζεται ό χρόνος κατά τόν όποίον τó κινητόν όλοκληρώνει μιαν περιστροφήν.

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



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

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

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

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

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

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

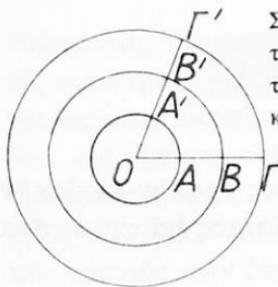
δ) **Γραμμικὴ ταχύτης.** Ἐφ' ὅσον τὸ κινητὸν διανύει εἰς ἴσους χρόνους ἴσα τόξα, συμπεραίνομεν ὅτι τὸ μῆκος τοῦ τόξου, τὸ ὁποῖον διατρέχει ἐντὸς μιᾶς χρονικῆς μονάδος, θὰ εἶναι σταθερόν. Τὸ μῆκος τοῦ σταθεροῦ αὐτοῦ τόξου ὀνομάζεται γραμμικὴ ταχύτης τοῦ κινητοῦ.
 Ὡστε :

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

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

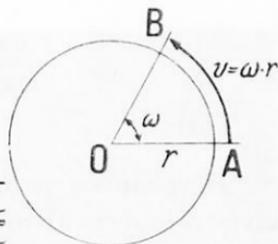
ε) **Γωνιακὴ ταχύτης.** Ἄς θεωρήσωμεν τρία κινητὰ Α, Β, Γ, τὰ ὁποῖα κινοῦνται ὁμαλῶς ἐπὶ τριῶν ὁμοκέντρων κυκλικῶν τροχιῶν, εἰς τρόπον ὥστε νὰ εὐρίσκονται πάντοτε εἰς τὴν αὐτὴν ἀκτίνα τῆς μεγαλύτερας περιφερείας (σχ. 24).

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



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

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



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

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

Γωνιακὴ ταχύτης ω ἑνὸς κινητοῦ, τὸ όποῖον ἐκτελεῖ ὁμαλὴν κυκλικὴν κίνησην, ὀνομάζεται ἡ γωνία τὴν όποίαν διαγράφει εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου μίᾳ ἀκτίσιν τοῦ κύκλου, ἡ όποία παρακολουθεῖ τὸ κινητὸν εἰς τὴν κίνησίν του.

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

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

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

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

“Ωστε :

‘Η γραμμική ταχύτης ενός κινητοῦ ἐκτελοῦντος ὁμαλὴν κυκλικὴν κίνησιν ἰσοῦται μὲ τὸ γινόμενον τῆς γωνιακῆς ταχύτητος ἐπὶ τὴν ἀκτίνα τῆς κυκλικῆς τροχιάς.

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

‘Απὸ τὸν τύπον $v = \omega \cdot r$ ἔχομεν ὅτι $\omega = v/r$. ‘Εξ ἄλλου ὁμως εἶναι :

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

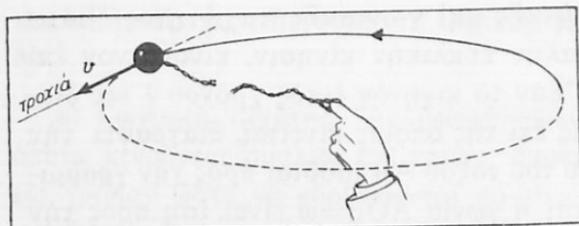
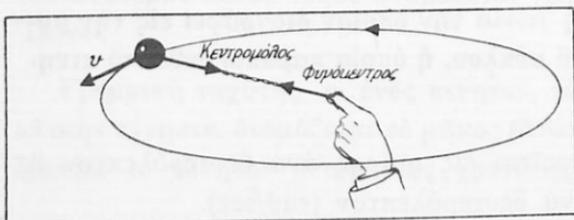
“Ωστε :

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

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

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

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



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

ναμς, ήτις έξαναγκάζει τόν λίθον εις περιστροφήν, προέρχεται έκ τής χειρός μας, άσκειται επί του λίθου διά μέσου του σπάγγου και διευθύνεται πρòς τήν χείρα μας, πρòς τò κέντρον δηλαδή τής κυκλικής τροχιάς τήν όποίαν διαγράφει ó λίθος.

Ή δύναμις αύτη όνομάζεται κεντρομόλος δύναμις. Ωστε :

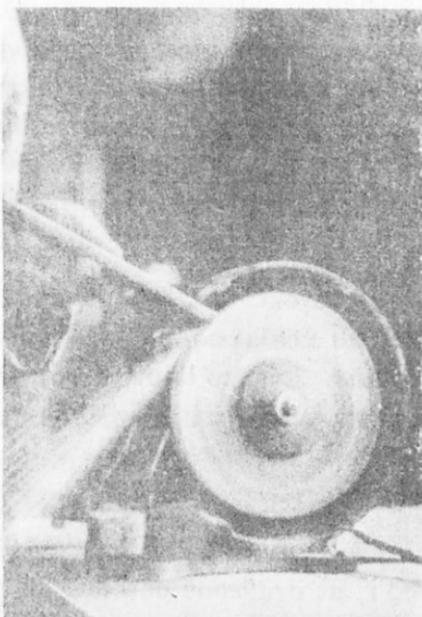
Κεντρομόλος δύναμις όνομάζεται ή δύναμις ή όποία έξαναγκάζει ένα σώμα νά κινηθή επί κυκλικής τροχιάς. Ή δύναμις αύτη έχει, εις έκάστην χρονικήν στιγμήν, διεύθυνσιν τήν άκτίνα και φοράν πρòς τò κέντρον τής κυκλικής-τροχιάς.

§ 36. Φυγόκεντρος αντίδρασις.

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

Ή φυγόκεντρος δύναμις δέν είναι δύναμις ή όποία άσκειται άπό έξωτερικά αίτια εις τò σώμα, αλλά δύναμις ή όποία, λόγω άδρανειας, αναπτύσσεται επί του σώματος άπό αυτό τò ίδιο τò σώμα. Δι' αυτό άν εις μίαν στιγμήν θραυσθή ό σπάγγος, ή άν ήμεϊς παύσωμεν νά τόν συγκρατώμεν, ό λίθος συνεχίζει τήν κίνησιν του, ευθυγράμμως και όμαλως, άκολουθών τήν έφαπτομένην τής τροχιάς εις τò σημείον εις τò όποιον εύρίσκετο όταν έθραύσθη ό σπάγγος (σχ. 26, κάτω).

Τò ίδιο φαινόμενον παρατηρούμεν όταν παρακολουθούμεν τούς



Σχ. 27. Οί σπινθηρες κινούνται, λόγω άδρανειας, κατά τήν έφαπτομένην τής τροχιάς του τροχού, εις τò σημείον εις τò όποιον παράγονται.

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

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

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

§ 37. Μέτρον τῆς κεντρομόλου καὶ τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως. Ἐὰν ἓνα σῶμα, μάζης m , κινῆται διαγράφον κυκλικὴν τροχίαν, ἀκτίνος r , μὲ σταθεροῦ μέτροῦ γραμμικὴν ταχύτητα v , τότε, ὅπως ἀποδεικνύεται, τὸ μέτρον τῆς κεντρομόλου δυνάμεως $F_{κεν}$ δίδεται ἀπὸ τὸν τύπον :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Ὅταν δηλαδὴ ἓνα σῶμα ἐκτελεῖ ὁμαλὴν κυκλικὴν κίνησιν καὶ ἐνῶ διατηρῇ σταθερὰν τὴν γραμμικὴν του ταχύτητα διπλασιάση, τριπλασιάση κ.λπ. τὴν ἄκτινα περιστροφῆς του, ἡ κεντρομόλος δύναμις γίνεται ἴση μὲ τὸ ἓνα δεύτερον, τὸ ἓνα τρίτον κ.λπ. τῆς ἀρχικῆς τιμῆς της.

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

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

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

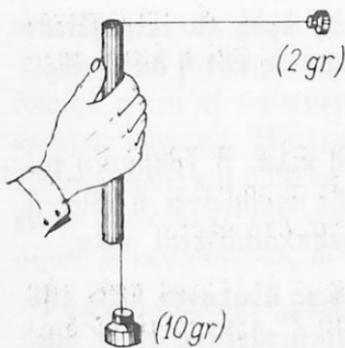
ἐπειδὴ δὲ $v^2 = \frac{4\pi^2 \cdot r^2}{T^2}$ ὁ τύπος (1) τῆς § 37 θὰ λάβῃ τὴν μορφήν :

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

Ἐπομένως :

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

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



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

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

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

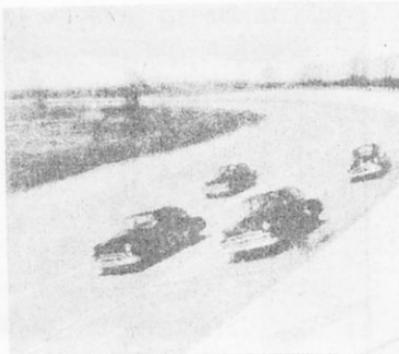
§ 39. Πειραματικὴ ἀπόδειξις τῶν νόμων τῆς κεντρομόλου καὶ τῆς φυγοκέντρον δυνάμεως. Ἡ ἀλήθεια τῶν νόμων τῆς κεντρομόλου καὶ τῆς φυγοκέντρον δυνάμεως ἀποδεικνύεται μετὰ τὸ ἀκόλουθον πείραμα (σχ. 28).

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

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

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

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



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

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

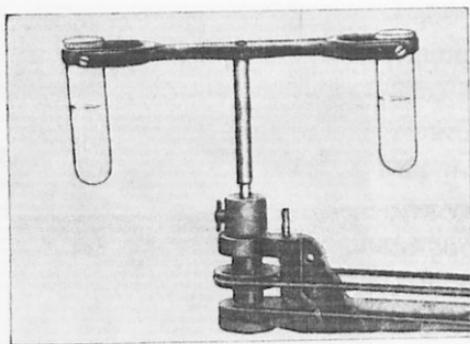
γ) Ἐξ αἰτίας τῆς φυγόκεντρον δυνάμεως οἱ τροχοὶ τῶν διαφόρων μεταφορικῶν μέσων ἐκτινάσσουν τὴν λάσπην, ἢ ὅποια προσκολλᾶται ἐπ' αὐτῶν.

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

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

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

Μὲ τὴν μέθοδον αὐτὴν διαχωρίζομεν τὸ βούτυρον ἀπὸ τὸ γάλα,



Σχ. 30. Φυγοκεντρικός διαχωριστής.

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

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

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

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

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

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

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Ο Σ

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

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

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

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

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

5. Ἐνα σῶμα κινεῖται καὶ ἀκολουθεῖ κυκλικὴν τροχίαν ὑπὸ τὴν δρᾶσιν μιᾶς δυνάμεως ἡ ὁποία διευθύνεται σταθερῶς πρὸς τὸ κέντρον τῆς κυκλικῆς 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 m , τὸ ὁποῖον κινεῖται ὁμαλῶς ἐπὶ κυκλικῆς τροχιᾶς μὲ ἀκτίνα r καὶ ἔχει γραμμικὴν ταχύτητα v , ἐνεργεῖ κεντρομόλος δύναμις $F_{κεν}$, τὸ δὲ σῶμα ἀντιδρᾷ μὲ φυγόκεντρον δύναμιν $F_{φυγ}$ ἐνῶ διὰ τὰ μέτρα τῶν δυνάμεων ἰσχύει ἡ σχέσις :

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

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

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

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

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

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

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

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

33. Πόση εἶναι ἡ συχνότης ἐνὸς τροχοῦ διαμέτρου 150 mm, ὅταν ἡ γραμμικὴ ταχύτης τῶν σημείων τῆς περιφερείας του εἶναι 35 m/sec. (Ἀπ. 4 459 στρ/min.)
34. Πόση εἶναι ἡ μέση γραμμικὴ ταχύτης τῆς Γῆς κατὰ τὴν κίνησίν της περὶ τὸν Ἥλιον, ἂν ἡ τροχιά της θεωρηθῆ κύκλος μὲ ἀκτίνα $15 \cdot 10^7$ km, ἡ δὲ περίοδος τῆς κινήσεως ληφθῆ ἴση μὲ 365,25 μέσας ἡλιακὰς ἡμέρας. (Ἀπ. 30 km/sec.)
35. Ἐνας τροχὸς ἐκτελεῖ 96 στρ/min. α) Πόση εἶναι ἡ γωνιακὴ ταχύτης τοῦ τροχοῦ. β) Ἐὰν ἡ γραμμικὴ ταχύτης τῶν σημείων τῆς περιφερείας του εἶναι 25 m/min, πόση εἶναι ἡ διάμετρος τοῦ τροχοῦ.
(Ἀπ. α' 603,28 cm/min. β' 0,0828 m.)
36. Ἐνας τροχὸς ἔχει διάμετρον 20 cm καὶ ἐκτελεῖ 1 200 στρ/min. Πόση εἶναι ἡ ταχύτης ἐνὸς σημείου τῆς περιφερείας τοῦ τροχοῦ. (Ἀπ. 12,56 m/sec.)
37. Οἱ τροχοὶ ἐνὸς αὐτοκινήτου ἔχουν διάμετρον 550 mm. Πόσας στροφὰς ἀνά λεπτόν ἐκτελοῦν οἱ τροχοί, ὅταν τὸ αὐτοκίνητον κινῆται μὲ ταχύτητα 80 km/h.
(Ἀπ. 773 στρ/min.)
38. Πόση κεντρομόλος δύναμις πρέπει νὰ ἀσκηθῆ ἐπὶ ἐνὸς αὐτοκινήτου βάρους 1 200 kp διὰ νὰ διέλθῃ μίαν καμπὴν ἐνὸς δρόμου, ἀκτίνας 40 m, μὲ ταχύτητα 24 km/h.
(Ἀπ. 137 kp περίπου.)

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

(Ἐπ. 25,2 km/h = 7,07 m/sec περίπου.)

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

(Ἐπ. α' 200 kp. β' 4 000 φορὰς.)

ΣΤ' — ΠΑΓΚΟΣΜΙΟΣ ΕΛΞΙΣ

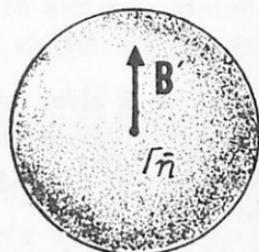
§ 41. Νόμος τῆς παγκοσμίου ἔλξεως. Ἡ γῆνη βαρύτης τὸ φαινόμενον δηλαδή κατὰ τὸ ὁποῖον ἡ Γῆ ἔλκει πρὸς τὸ κέντρον της τὰ διάφορα σώματα, τὰ ὁποῖα εὐρίσκονται πλησίον τῆς ἐπιφανείας της, ἀποτελεῖ μίαν μερικὴν περίπτωση ἑνὸς πολὺ γενικωτέρου φαινομένου.

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

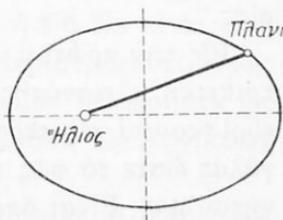
Τὸ γενικὸν φαινόμενον τῆς ἀμοιβαίας ἔλξεως τῶν οὐρανίων σωμάτων ὀνομάζεται παγκόσμιος ἔλξις.

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

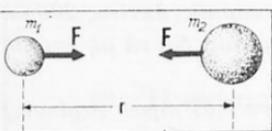
Αἱ τροχιαὶ αὗται ὁμοιάζουν με ὀλιγώτερον ἢ περισσότερον συμπεπιεσμένους κύκλους, οἵτινες ὀνομάζονται ἐλλείψεις (σχ. 32). Ἡ ἔλξις τοῦ κεντρικοῦ ἄστρου, περὶ τὸ ὁποῖον περι-



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



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



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

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

Ό νόμος τής παγκοσμίου έλξεως έκφράζει ότι :

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

Μαθηματικώς ό νόμος περιέχεται εις τήν σχέσιν :

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

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

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

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

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

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

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

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

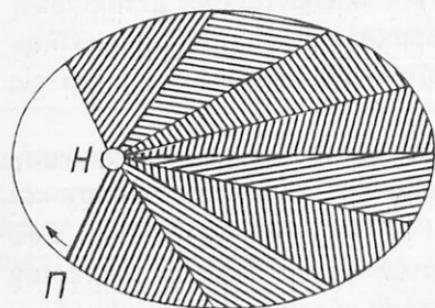
Ὁ Γερμανοπολωνὸς μοναχὸς **Κοπέρνικος** (1473-1543) ἐμελέτησε
τὰ συγγράμματα τῶν ἀρχαίων Ἑλλήνων καὶ κατόπιν πολυχρονίων
παρατηρήσεων κατέληξεν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι ἡ Γῆ δὲν εἶναι κέν-
τρον τοῦ Κόσμου, ἀλλὰ ἓνας πλανῆτης, ὅστις περιστρέφεται, ὅπως
καὶ οἱ ἄλλοι πλανῆται, περὶ τὸν Ἥλιον, τὸν ὅποιον ἐθεώρησεν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

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

Οί νόμοι τοῦ Κεπλέρου εἶναι οἱ ἀκόλουθοι τρεῖς :

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

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



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

τῶν πλανητῶν ἀπὸ τὸν Ἥλιον δὲν διατηροῦνται σταθεραί.

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

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

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

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

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. Ἡ περίοδος περιφορᾶς τοῦ πλανήτου Ἄρεως εἶναι 687 γῆναι ἡμέραι. Πόση εἶναι ἡ μέση ἀπόστασις του ἀπὸ τὸν Ἥλιον. Λύσις. Συμφώνως πρὸς τὸν τρίτον νόμον τοῦ Κεπλέρου θὰ ἔχωμεν :

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

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

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

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

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

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

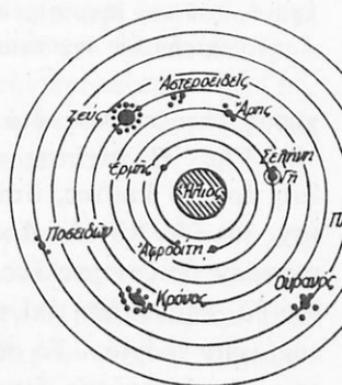
Οἱ ἐσωτερικοὶ πλανῆται κατὰ σειρὰν ἀποστάσεώς των ἀπὸ τὸν Ἥλιον εἶναι οἱ ἑξῆς : Ἑρμῆς, Ἀφροδίτη, Γῆ, Ἄρης.

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

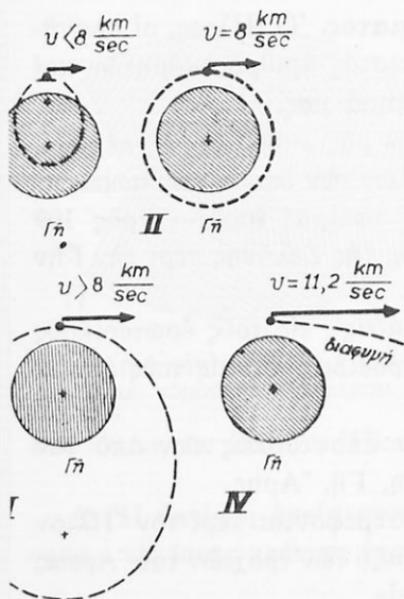
Οἱ ἐξωτερικοὶ πλανῆται εἶναι οἱ : Ζεὺς, Κρόνος, Οὐρανός, Ποσειδῶν καὶ Πλούτων.

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

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



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



Σχ. 36. Τὸ εἶδος τῆς τροχιάς ἐνὸς σώματος, τὸ ὁποῖον βάλ-
 λετα ὀριζοντίως, ἐξαρτᾶται ἀπὸ
 τὴν ἀρχικὴν του ταχύτητα.

χύτης ἐκτοξεύσεως διὰ τὴν ὁποίαν τὸ σῶμα δὲν ἐπαναπίπτει ἐπὶ τῆς Γῆς. Ἡ ταχύτης αὕτη ὀνομάζεται ταχύτης διαφυγῆς καὶ εἶναι ἴση πρὸς 8 km/sec, ὅταν δὲν ὑπολογίζεται ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀέρος (σχ. 36). Ἄν λοιπὸν ἀπὸ ἓνα ἀρκούντως ὑψηλὸν σημεῖον ἐκσφενδο-
 νίσωμεν ὀριζοντίως ἓνα σῶμα μὲ ταχύτητα 8 km/sec τὸ σῶμα αὐτὸ δὲν θὰ ἐπαναπέση ἐπὶ τῆς Γῆς, ἀλλὰ θὰ στρέφεται περὶ τὴν Γῆν εἰς κυκλικὴν τροχίαν. Τὸ σῶμα τότε μεταβάλλεται εἰς τεχνητὸν δορυφό-
 ρον. Ἄν ἡ ταχύτης διαφυγῆς εἶναι μεγαλυτέρα ἀπὸ 8 km/sec, ἀλλὰ μικροτέρα ἀπὸ 11,2 km/sec, τὸ σῶμα διαγράφει ἐλλειπτικὴν τροχίαν. Τέλος τὸ σῶμα ἐκφεύγει ἀπὸ τὴν ἔλξιν τῆς Γῆς καὶ χάνεται εἰς τὸ Διάστημα, ὅταν ἡ ταχύτης διαφυγῆς ὑπερβῆ τὰ 11,2 km/sec (σχ. 36, IV).

Ὁ αἰὼν μας χαρακτηρίζεται ἀπὸ ἔντονον προσπάθειαν τοῦ ἀνθρώ-
 που ὅπως εἰσχωρήσῃ εἰς τὰ μυστικὰ τῆς Φύσεως καὶ ἐξηγήσῃ ὅλα τὰ φυσικὰ φαινόμενα. Ἔνας ἀπὸ τοὺς τρόπους μὲ τοὺς ὁποίους ἐκδη-
 λώνεται ἡ προσπάθεια αὕτη εἶναι καὶ ἡ ἐξερεύνησις τοῦ Διαστήματος,

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

Ἄν κατὰ τὴν ἐκσφενδόνισιν κατα-
 βάλωμεν μεγαλυτέραν δύναμιν, τὸ σῶμα
 θὰ διανύσῃ μεγαλυτέραν ἀπόστασιν καὶ
 ἂν διαθέτομεν μίαν βλητικὴν μηχανήν,
 τῆς ὁποίας εἶναι δυνατόν νὰ αὐξάνωμεν
 τὴν ἰκανότητα ἐκτοξεύσεως, θὰ ἐπιτυγ-
 χάνωμεν ὀλονὲν καὶ μεγαλυτέρας ἀπο-
 στάσεις, μεταξὺ τοῦ σημείου βολῆς καὶ
 τοῦ σημείου προσκρούσεως, ἐπὶ τοῦ
 ἐδάφους.

Αὐξάνοντες τὴν ἰκανότητα ἐκτοξεύ-
 σεως προκαλοῦμεν αὐξήσιν τῆς ταχύτη-
 τος ἐκτοξεύσεως. Ὑπάρχει δὲ μία τα-
 χύτης ἐκτοξεύσεως. Ἄν ἡ ταχύτης διαφυγῆς
 εἶναι μεγαλυτέρα ἀπὸ 8 km/sec, ἀλλὰ
 μικροτέρα ἀπὸ 11,2 km/sec, τὸ σῶμα
 διαγράφει ἐλλειπτικὴν τροχίαν. Τέλος
 τὸ σῶμα ἐκφεύγει ἀπὸ τὴν ἔλξιν τῆς
 Γῆς καὶ χάνεται εἰς τὸ Διάστημα, ὅταν
 ἡ ταχύτης διαφυγῆς ὑπερβῆ τὰ 11,2
 km/sec (σχ. 36, IV).

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

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

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

Ό πολυώροφος πύραυλος ἔχει εἰς τήν κορυφήν του τόν δορυφόρον, τόν όποῖον θέτει εἰς τροχίαν περι τήν Γῆν ὁ τελευταῖος ὄροφος. Κατά τήν πυροδότησίν του ὁ ὄροφος αὐτός ἔχει τοιαύτην θέσιν, ὥστε νά ἐκτοξεύσῃ τόν δορυφόρον παραλλήλως πρός τήν ἐπιφάνειαν τῆς Γῆς.

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

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

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

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

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

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

ὅπου τὸ k εἶναι μία σταθερὰ ποσότης, ἡ ὁποία ὀνομάζεται σταθερὰ τῆς παγκοσμίου ἔλξεως.

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

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

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

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

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

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

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

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

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

Ζ—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 ὁποίας χρησιμοποιοῖ ὅμως μὲ στενωτέραν σημασίαν. Οὕτως ἡ φυσικὴ ἐννοια τοῦ ἔργου δὲν συμπίπτει εἰς ὅλας τὰς περιπτώσεις μὲ ἐκείνην τῆς καθημερινῆς ὁμιλίας. Πράγματι ὁ πολὺς κόσμος ἐννοεῖ ἔργον τὸ ἀποτέλεσμα μιᾶς κοπιώδους καὶ κουραστικῆς ἐργασίας. Δι' αὐτὸ ἄνευ ἐτέρου ὁ κοινὸς ἄνθρωπος θὰ χαρακτηρίσῃ ὡς ἔργον τὴν προσπάθειαν ἑνὸς ἀτόμου νὰ συγκρατήσῃ

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

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

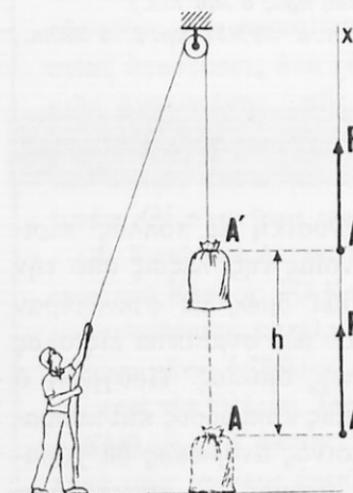
Τὸ ἴδιον συμβαίνει ὅταν ἓνας ἵππος σύρῃ μίαν ἄμαξαν ἢ ἓνας ἐργάτης μετὰ τὴν βοήθειαν μιᾶς τροχαλίας ἀνυψώσῃ ἓνα φορτίον (σχ. 37).

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

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

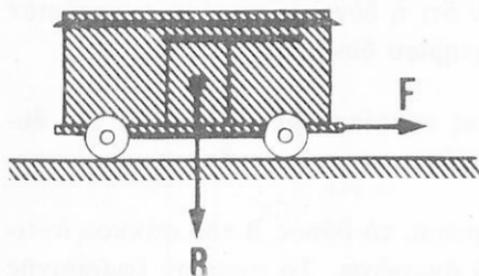
σχ. 37. Ὁ ἐργάτης ὁ ὁποῖος ἀνυψώνει τὸν σάκκον, χρησιμοποιοῦν τὴν τροχαλίαν παράγει ἔργον.

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

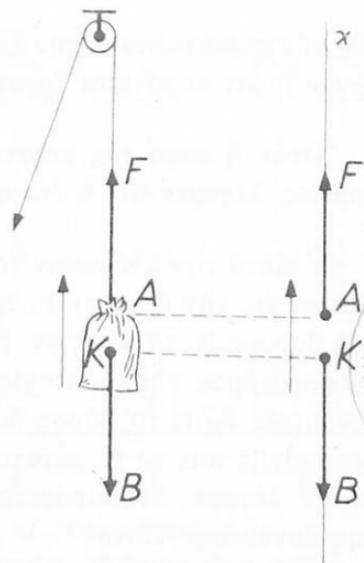


Δὲν πρέπει ἐν τούτοις νὰ νομίζωμεν ὅτι δι' οἰανδήποτε διεύθυνσιν τῆς μετακινήσεως τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς τῆς δυνάμεως παράγεται ἔργον. Πράγματι ἂς θεωρήσωμεν τὸ ἀκόλουθον παράδειγμα.

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



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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

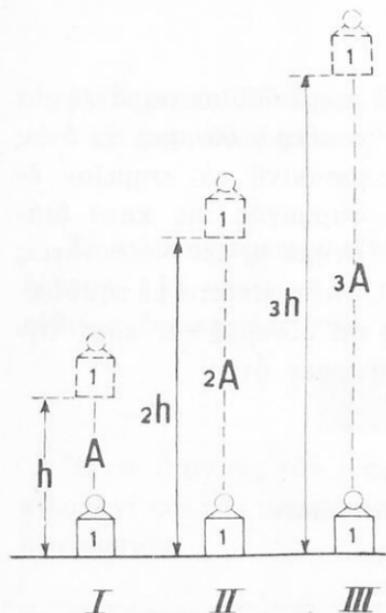
Ὅταν ἡ φορά τῆς μετατοπίσεως καὶ ἡ φορά τῆς δυνάμεως εἶναι ἀντίθετοι, λέγομεν ὅτι παράγεται **ἀνθιστάμενον ἔργον**.

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

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

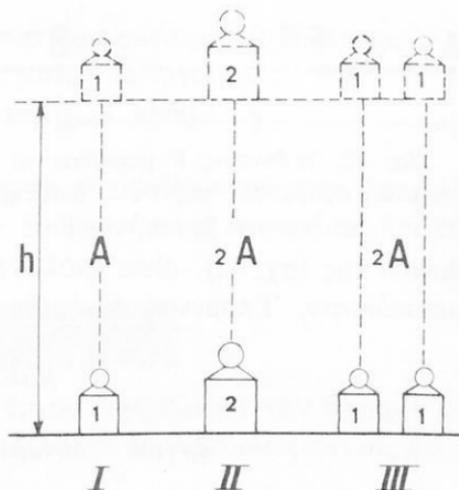
Ἄς παραστήσωμεν μὲ A τὸ ἔργον τὸ ὁποῖον ἀπαιτεῖται διὰ νὰ ἀνυψώσωμεν ἓνα βάρος 1 kp εἰς ὕψος h (σχ. 40, I). Διὰ νὰ ἀνυψώσωμεν τὸ ἴδιον βάρος εἰς διπλάσιον ὕψος $2h$ (σχ. 40, II), θὰ χρειασθῶμεν δύο φοράς συνολικῶς τὸ προηγούμενον ἔργον, δηλαδή $2A$. Διὰ νὰ τὸ ἀνυψώσωμεν δὲ εἰς ὕψος $3h$, θὰ χρειασθῶμεν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

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



I II III

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



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

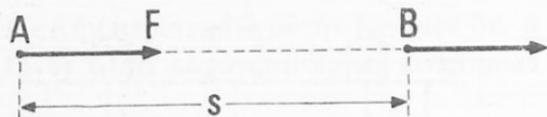
**πρὸς τὸ διάστημα, τὸ ὁποῖον διανύει τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τῆς δυνά-
μεως κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς μετατοπίσεως.**

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

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

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

Τύπος τοῦ ἔργου. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι τὸ ἔργον



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

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

$$A = F \cdot s$$

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

Ὁ τύπος αὐτὸς ἐκφράζει ὅτι :

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

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

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

$$1 \text{ Τζούλ (1 Joule, 1 J)}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Δηλαδή :

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

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

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

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

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

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

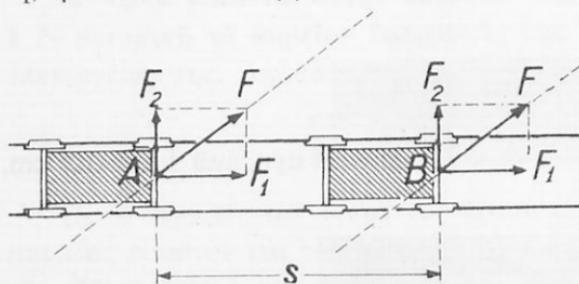
Γνωρίζομεν ὅτι $1 \text{ kp} = 9,81 \text{ N}$, ἐπομένως ἔχομεν ὅτι $1800 \text{ kp} = 1800 \cdot 9,81 \text{ N}$, ὁπότε ὁ τύπος τοῦ ἔργου μᾶς δίδει :

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

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

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

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



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

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

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

$$A = F_1 \cdot s$$

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

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

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

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

2. Ὄταν τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς μιᾶς δυνάμεως μετατοπίζεται καθέτως πρὸς τὴν 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 εἶναι ἀντίθετοι.

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

$$A = F \cdot s$$

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

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

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

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

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

44. Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ἔργον τὸ ὁποῖον θὰ καταναλωθῇ διὰ τὴν ἀνυψωθῆ κατακόρυφως κατὰ 12 m μᾶζα βάρους 125 kp. (Ἐπ. 1 500 kp.)
45. Τὸ σχοινίον τὸ ὁποῖον σύρει μικρὸν ἀμάξιον ἀσκει δύναμιν μέτρον 100 kp. Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ἔργον τῆς κινητηρίου αὐτῆς δυνάμεως, ἐὰν τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τῆς μετατοπισθῇ κατὰ 20 m. (Ἐπ. 2 000 kpm.)
46. Ἐνας ἵππος σύρει μίαν ἄμαξαν ἐπὶ ὀριζοντίου δρόμου, ἀσκῶν σταθερὰν δύναμιν μέτρον 30 kp. Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον παράγει ἡ δύναμις αὕτη, ὅταν ἡ ἄμαξα διανύσῃ ἀπόστασιν 1 km. (Ἐπ. 30 000 kpm.)
47. Διὰ τὴν ἐκποματίσωσιν μίαν φιάλην ἀσκοῦμεν ἐπὶ τοῦ ἐκποματισμοῦ μέσην ἐλκτικὴν δύναμιν μέτρον 6 kp. Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον θὰ παραχθῇ ἀπὸ τὴν δύναμιν, ἐὰν τὸ πῶμα μετακινηθῇ κατὰ 3 cm. (Ἐπ. 1,77 J περίπου.)
48. Διὰ τὴν ἀνασύρωσιν ἀπὸ τὸ βάθος ἐνὸς φρέατος κάδον πλήρη χωμάτων, χρῆσιμοποιοῦμεν μηχανήμα, τὸ ὁποῖον ἀσκει εἰς τὸ σχοινίον μιᾶς τροχαλίας ἐλκτικὴν δύναμιν μέτρον 12 kp. Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον παράγεται ὅταν ὁ κάδος ἀνυψῶνται κατὰ 15 m (Νὰ ἐκφράσετε τὸ ἔργον εἰς kpm καὶ kJ). (Ἐπ. 180 kpm, 1 766 k J, περίπου.)
49. Ἐνας ἀνελκυστήρ, τοῦ ὁποῖου τὸ συνολικὸν βᾶρος ἰσορροπεῖται ἀπὸ ἓνα ἀντίβαρον, ἐξυπηρετεῖ μίαν πολυκατοικίαν, οἱ ὄροφοι τῆς ὁποίας ἔχουν ὕψος 3 m. Ὁ ἀνελκυστήρ αὐτὸς εἰς μίαν διαδρομὴν μεταφέρει : α) Ἀπὸ τὸ ἰσόγειον εἰς τὸν δεῦτερον ὄροφον 8 ἄτομα. β) Ἀπὸ τὸν δεῦτερον εἰς τὸν τρίτον ὄροφον 6 ἄτομα. γ) Ἀπὸ τὸν τρίτον εἰς τὸν τέταρτον ὄροφον 5 ἄτομα καὶ δ) ἀπὸ τὸν τέταρτον ὄροφον εἰς τὸν ἕκτον 2 ἄτομα. Ζητεῖται τὸ ἔργον τὸ ὁποῖον παρήγαγεν ὁ κινητὴρ τοῦ ἀνελκυστήρος κατὰ τὴν διαδρομὴν αὐτήν, ἐὰν τὸ μέσον βᾶρος ἐνὸς ἀτόμου εἶναι 60 kp. (Ἐπ. 5 580 kpm.)
50. Ἐνα ὑδροηλεκτρικὸν ἐργοστάσιον τροφοδοτεῖται μὲ ὕδατα ἀπὸ μίαν τε-

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

(Ἀπ. 4 000 000 kpm.)

Η' — Ι Σ Χ Υ Σ.

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

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

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

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

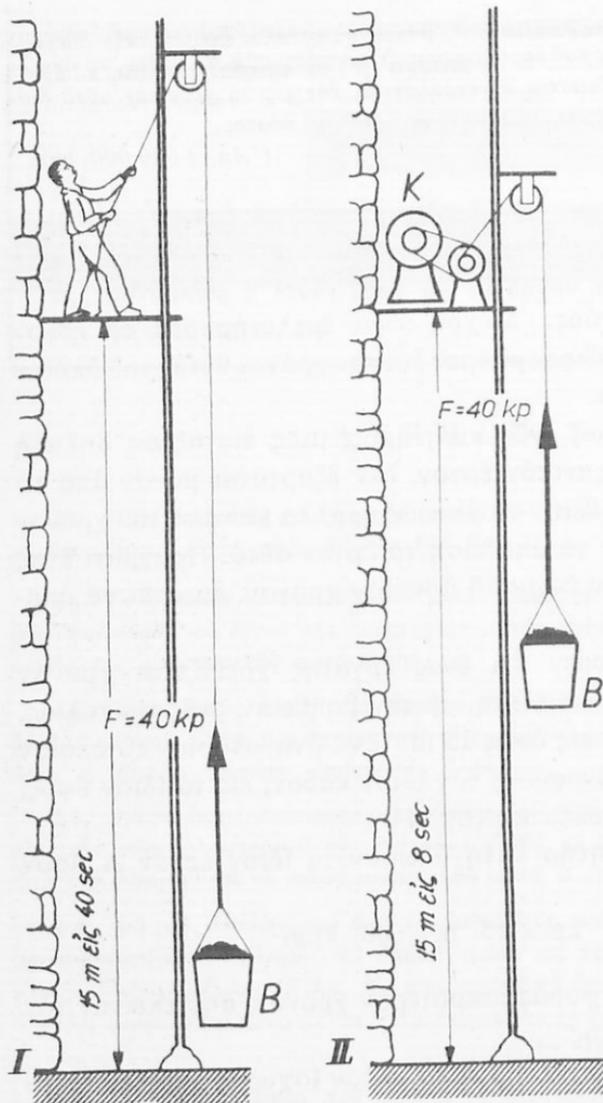
$$A = 40 \text{ kp} \times 15 \text{ m} = 600 \text{ kpm}$$

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

Δι' αὐτὸ λέγομεν ὅτι ὁ κινητήρ εἶναι πλέον ἰσχυρὸς ἀπὸ τὸν ἐργάτην, ἢ ὅτι ἡ ἰσχύς τοῦ κινητήρος εἶναι μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν ἰσχὺν 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 ὀνομάζεται ἰσχύς τῆς μηχανῆς καὶ συμβολίζεται μὲ τὸ γράμμα N. Ὡστε :

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



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

ή μηχανή εις την μονάδα του χρόνου. Δηλ.

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

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

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

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

Όστε :

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

Μονάδες ισχύος. Αί μονάδες ισχύος όρίζονται από τον τύπον της

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

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

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

Τὸ Βάτ εἶναι ἡ ἰσχύς μιᾶς μηχανῆς ἡ ὁποία παράγει ἔργον 1 Τζούλ ἀνὰ πᾶν δευτερόλεπτον.

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

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

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

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

γ) Ἄλλαι μονάδες ἰσχύος. 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 ἢ ἀτμόϊππον. Εἶναι δέ :

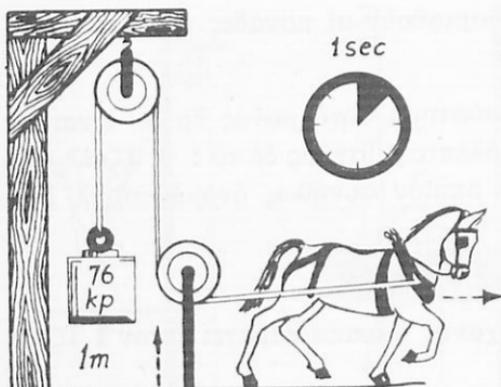
$$1 \text{ ἵππος (1 Ch ἢ 1 PS)} = 75 \text{ kpm/sec}$$

Ὡστε :

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

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

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



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

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

Δηλαδή:

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

Ἀπὸ τὴν ἀνωτέρω σχέσιν εὐρίσκομεν ὅτι:

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

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

Παραδείγματα ἰσχύων. Εἰς τὸν ἀκόλουθον πίνακα ἀναγράφονται αἱ τιμαὶ ἰσχύος εἰς ἵππους (Ch), δι' ὀρισμένας κλασσικὰς περιπτώσεις.

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

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

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

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

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

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

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

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

2) Ἐνας καταρράκτης ἀποδίδει 9 000 m³ ὕδατος ἐντὸς μιᾶς ὥρας. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἰσχύς τοῦ καταρράκτου εἰς κιλοβάτ (kW), ἐὰν γνωρίζωμεν ὅτι τὸ ὕδωρ πίπτει ἀπὸ ὕψος 25 m.

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

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

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

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

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

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

3) Ένα αυτοκίνητον κινείται επί ένός όριζοντίου εδθυγράμμου δρόμου με ταχύτητα $72\ \text{km}/\text{h}$. Νά ύπολογισθή ή μέση ισχύς την όποϊαν αναπτύσσει ό κινήτηρ του αυτοκινήτου, έάν γνωρίζωμεν ότι ή δύναμις την όποϊαν άσκει είναι σταθερά και έχει μέτρον $1\ 840\ \text{Νιοϋτον}$.

Λύσις. Έντός ένός δευτερολέπτου τό αυτοκίνητον διανύει άπόστασιν:

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

Άρα τό έργον A τό όποϊον πραγματοποιείται έντός ένός δευτερολέπτου από την δύναμιν του κινήτηρος είναι:

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

Ή ισχύς έπομένως N του κινήτηρος είναι:

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

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

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

$$A = N \cdot t$$

Όστε:

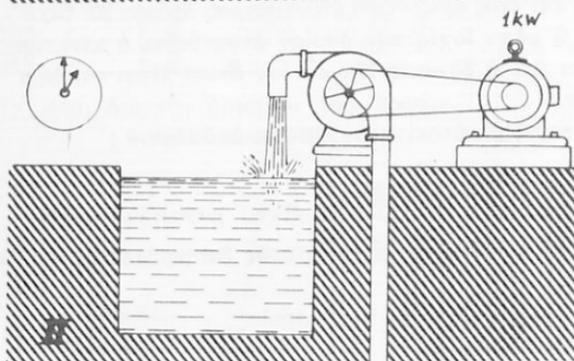
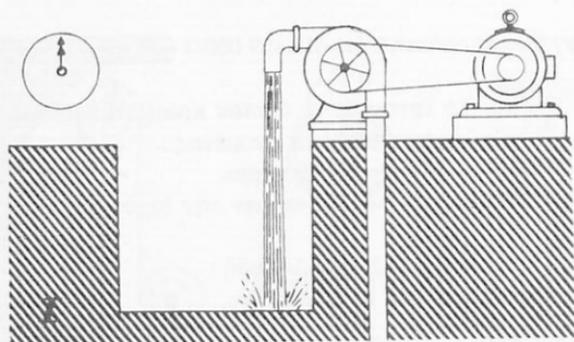
Τό έργον A τό όποϊον παράγει μία μηχανή ισχύος N , έργαζομένη επί χρόνον t , είναι ίσον πρός τό γινόμενον τής ισχύος επί τον χρόνον λειτουργίας τής μηχανής.

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

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

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

Όστε: Ή βατώρα ($1\ \text{Wh}$) είναι τό έργον τό όποϊον παράγεται



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

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

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

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

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

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

Ὡστε :

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

Πρέπει νὰ προσέξωμεν ἰδιαίτερος εἰς τὸ ὅτι τὰ

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

51. Να ύπολογισθῆ εἰς kpm/sec, εἰς Ch και kW ή ισχύς ήτις αναπτύσσεται από έναν ἵππον, εὖν γνωρίζωμεν ὅτι κινεῖται με ταχύτητα 4 km/h και ἀσκει ἐλακτικὴν δύναμιν 30 kp. (Απ. 33,3 kpm/sec, 0,44 Ch, 0,324 kW.)

52. Ένας γερανός δύναται νὰ ὑψώσῃ φορτίον βάρους 2 Mp εἰς ὕψος 12 m, έντός χρόνου 24 sec. Να ύπολογισθῆ (εἰς Ch και kW) ή ισχύς ή όποία αναπτύσσεται από τόν κινητήρα τοῦ γερανοῦ. (Απ. 13,3 Ch, 9,81 kW.)

53. Ένας ποδηλάτης κινεῖται ἐπὶ ὀριζοντίου δρόμου με ταχύτητα 18 km/h. Με αὐτὴν τὴν ταχύτητα ή συνισταμένη τῶν δυνάμεων αί όποιαί ἀντιτίθενται εἰς τὴν πορείαν του και τὴν όποίαν πρέπει νὰ ὑπερικήσῃ, ἔχει μέτρον 1,2 kp. Ζητεῖται ή ισχύς τὴν όποίαν ἀναπτύσσει ὁ ποδηλάτης. (Απ. 6 kpm/sec.)

54. Ένα αὐτοκίνητον κινεῖται ἐπὶ ὀριζοντίου δρόμου με ταχύτητα 72 km/h. Με αὐτὴν τὴν ταχύτητα ή συνισταμένη τῆς ἀντιστάσεως τοῦ ἀέρος και τῶν δυνάμεων τριβῆς ἔχει μέτρον 30 kp. Να ύπολογισθῆ με τας προϋποθέσεις αὐτάς ή ισχύς τὴν όποίαν ἀναπτύσσει ὁ κινητὴρ τοῦ αὐτοκινήτου. (Απ. 600 kpm/sec.)

55. Ὁ κινητὴρ ένός αὐτοκινήτου παρέχει εἰς ὀριζόντιον δρόμον ισχὴν 12 Ch. Τὸ αὐτοκίνητον κινεῖται με ταχύτητα 90 km/h. Να ύπολογισθῆ ή συνολικὴ δύναμις ή όποία ἀντιτίθεται εἰς τὴν κίνησιν τοῦ αὐτοκινήτου. (Απ. 36 kp.)

56. Μία δεξαμενὴ περιέχει 1 500 λίτρα ὕδατος και τροφοδοτεῖται ἀπὸ ἕνα φρέαρ με τὴν βοήθειαν μιᾶς ἀντλίας. Η ἐλευθέρη ἐπιφάνεια τοῦ ὕδατος έντός τοῦ φρέατος εὐρίσκεται εἰς βάθος 12 m ἀπὸ τὸ ἄνοιγμα, ἀπὸ τὸ όποιον εἰσέρχεται τὸ ὕδωρ εἰς τὴν δεξαμενὴν. Να ύπολογισθῆ : α) Τὸ έργον τὸ όποιον πρέπει νὰ παραχθῆ ἀπὸ τόν

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

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

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

(Ἐπ. 67,5 kpm/sec , 0,9 Ch .)

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

(Ἐπ. 613 kW περίπου.)

Θ' — ΕΝΕΡΓΕΙΑ

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

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

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

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

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

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

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

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

$$E_{δυν} = B \cdot h$$

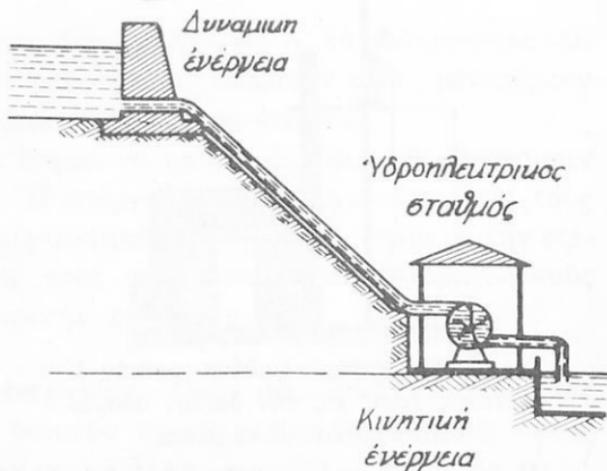
Πράγματι διὰ νὰ ἀνυψωθῇ τὸ σῶμα εἰς ὕψος h , ἡσκήθη ἐπ' αὐτοῦ δύναμις ἴση μὲ τὸ βάρος τοῦ B , ἡ ὁποία κατὰ τὴν ἀνύψωσιν παρήγαγεν ἔργον A ἴσον μὲ : $A = B \cdot h$. Τὸ ἔργον ἀκριβῶς αὐτὸ ἀπεθηκεύθη εἰς τὸ σῶμα ὑπὸ μορφήν δυναμικῆς ἐνεργείας.

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

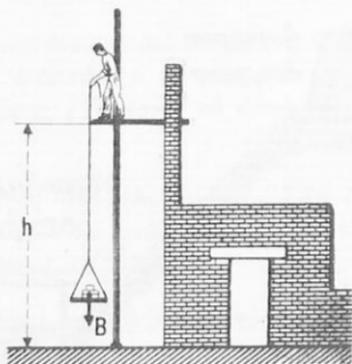
Ἡ κινουμένη μάζα τοῦ ὕδατος θέτει εἰς περιστροφήν τοὺς τροχοὺς ἑνὸς ὕδροστροβίλου. Ὁ ἄνεμος, ἡ κινουμένη δηλαδὴ μάζα τοῦ ἀέρος, κινεῖ τὸ ἱστιοφόρον ἢ τὸν ἀνεμόμυλον. Τὰ κινούμενα λοιπὸν σώματα περικλείουν λόγω τῆς ταχύτητός των ἐνέργειαν.

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

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



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



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

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

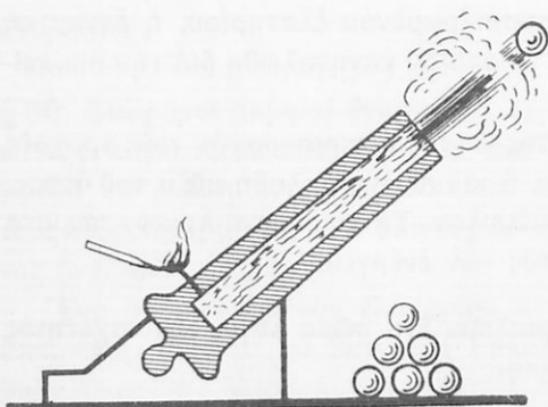
Ἐξ αἰτίας τῆς κινητικῆς ἐνεργείας τὴν ὁποίαν ἔχει ἕνας ποδηλάτης, εἶναι εἰς θέσιν νὰ συνεχίσῃ ἐπ' ὀλίγον τὴν κίνησίν του χωρὶς νὰ ἐνεργῇ ἐπὶ τῶν ποδοπλήκτρων (πετάλια).

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

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

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

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



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

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

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

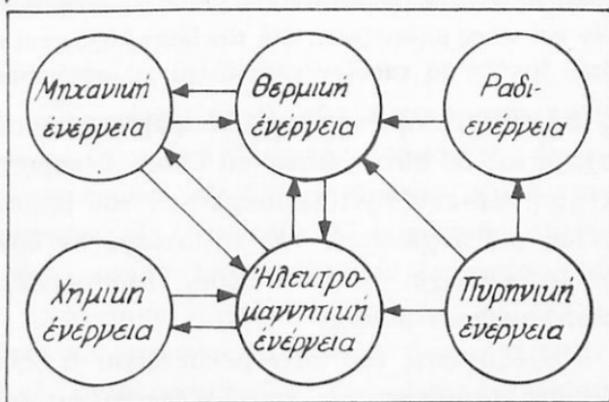
στ) Κατὰ τὰ τελευταῖα ἔτη αἱ «ἀτομικαὶ βόμβαι» μᾶς ἐγνώρισαν τὴν **πυρηνικὴν ἐνέργειαν**. Ἡ ἐνέργεια αὕτη μετατρέπεται εἰς τοὺς ἀτομικοὺς ἀντιδραστήρας εἰς θερμικὴν ἐνέργειαν, ἡ ὁποία μὲ τὴν σειρὰν τῆς μετατρέπεται εἰς τοὺς ἀτομικοὺς ἠλεκτροπαραγωγικοὺς σταθμοὺς καὶ δίδει ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

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

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

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

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



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

§ 52. Μηχανικὴ ἐνέργεια

γεια. Σχέσις μεταξὺ δυναμικῆς καὶ κινητικῆς ἐνεργείας ἐνὸς σώματος. Ἐνα σῶμα ἢ σύστημα σωμάτων δύναται νὰ ἔχη μόνον κινητικὴν ἢ μόνον δυναμικὴν ἐνέργειαν. Δυνατὸν ὅμως νὰ κατέχη ταυτοχρόνως καὶ κινητικὴν καὶ δυναμικὴν ἐνέργειαν.

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

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

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

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

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

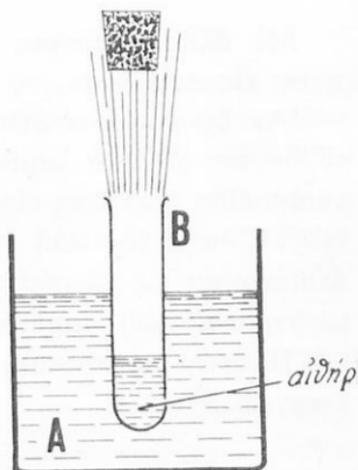
§ 53. Θερμικὴ ἐνέργεια. Πείραμα. Θερμαίνομεν τὸ δοχεῖον Α τοῦ σχήματος 50 οὕτως ὥστε, τὸ ὕδωρ τὸ περιεχόμενον εἰς αὐτὸ νὰ ἀποκτήσῃ περίπου τὴν θερμοκρασίαν τοῦ βρασμοῦ. Θέτομεν ἀκολούθως ἐντὸς τοῦ δοχείου Α ἓνα πωματισμένον δοκιμαστικὸν σωλῆνα Β, ὁ ὁποῖος περιέχει ὀλίγον αἰθέρα. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι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

Ἡ ἐξήγησις τοῦ φαινομένου εἶναι ἡ ἐξῆς. Τὸ θερμὸν ὕδωρ μετεβίβασε θερμότητα εἰς τὸν δοκιμαστικὸν σωλῆνα μὲ ἀποτέλεσμα νὰ ἐξαερωθῇ ὁ αἰθήρ. Οἱ ἀτμοὶ τοῦ αἰθέρος ἤσκησαν πιεζοῦσαν δύναμιν εἰς τὸ πῶμα καὶ τὸ ἐξετίναξαν.

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

Ἔστω :

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



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

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

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

Μονάδες συνεπῶς τῆς ἐνεργείας εἶναι τὸ 1 Joule, τὸ 1 κιλοποντό-
μετρον, κ.λπ.

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

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

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

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

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Ἐνα σῶμα ἢ ἓνα σύστημα σωμάτων κατέχει ἐνέργειαν, ὅταν εἶναι ἱκανὸν νὰ παράγῃ ἔργον.

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

3. Αἱ μονάδες τῆς ἐνεργείας 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 ὁποίαν κατέχει ἓνα σῶμα ἢ ἓνα σύστημα σωμάτων, εἶναι ἡ ἐνέργεια τὴν ὁποίαν ἔχει ἀποθηκευμένην ἐξ αἰτίας τῆς θέσεως ἢ τῆς καταστάσεώς του τὸ σῶμα ἢ τὸ σύστημα.

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

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

7. Ἡ ἐνέργεια ἀναλόγως μὲ τὴν προέλευσίν της ὑποδιαιρεῖται εἰς μηχανικὴν (δυναμικὴν ἢ κινητικὴν), μυσικὴν, χημικὴν, φωτεινὴν, θερμικὴν, ἀκτινοβόλον, ἠλεκτρικὴν, μαγνητικὴν, πυρηνικὴν κ.λπ.

8. Ἡ ἐνέργεια οὔτε δημιουργεῖται, οὔτε καταστρέφεται, ἀλλὰ ἀπλῶς μετατρέπεται ἀπὸ μίαν εἰς ἄλλην μορφήν. Ἡ μετατροπὴ τῆς ἐνεργείας γίνεται μετὰ συγχρόνου ὑποβιβασμοῦ της.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

- 59.** "Ένα σώμα βάρους 15 kp έχει ανηψωθῆ κατά 200 m ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς Γῆς. Νὰ εὐρεθῆ ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια τὴν ὁποίαν ἔχει τὸ σῶμα εἰς αὐτὴν τὴν θέσιν.
(Ἄπ. 3 000 kpm.)
- 60.** Σῶμα μάζης 200 kg κινεῖται μὲ σταθερὰν ταχύτητα 2 m/sec. Νὰ εὐρεθῆ ἡ κινητικὴ ἐνέργεια τὴν ὁποίαν ἔχει ἀποκτήσει τὸ σῶμα.
(Ἄπ. 40,7 kpm.)
- 61.** "Ένας λίθος ἔχει μᾶζαν 20 gr καὶ βάλλεται κατακορύφως μὲ ἀρχικὴν ταχύτητα 200 m/sec. Νὰ εὐρεθῆ ἡ κινητικὴ ἐνέργεια, τὴν ὁποίαν ἀπέκτησεν ὁ λίθος κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς βολῆς.
(Ἄπ. 40 000 000 erg.)
- 62.** Μία ὄβις πυροβόλου βάρους 1 250 kp, ἔχει ταχύτητα 800 m/sec ὅταν ἐξέρχεται ἀπὸ τὸ στόμιον τοῦ πυροβόλου. Νὰ ὑπολογισθῆ ἡ κινητικὴ ἐνέργεια τοῦ βλήματος : α) εἰς μονάδας τοῦ Συστήματος M.K.S. καὶ β) εἰς μονάδας τοῦ Τεχνικοῦ Συστήματος.
(Ἄπ. 4 000 000 Joule. β' 40 775 000 kpm.)
- 63.** Μία σφῆρα βάρους 100 kp ἀνυψοῦται κατὰ 2,8 m καὶ ἀκολούθως πίπτει ἐλευθέρως ἐπὶ ἐνὸς καρφίου. Νὰ εὐρεθῆ ἡ ἐνέργεια τῆς σφύρας κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς κρούσεως.
(Ἄπ. 280 kpm.)

II. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ

Γ—ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΕΙΣ ΘΕΡΜΙΚΗΝ

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

Ὡστε :

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



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

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

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

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

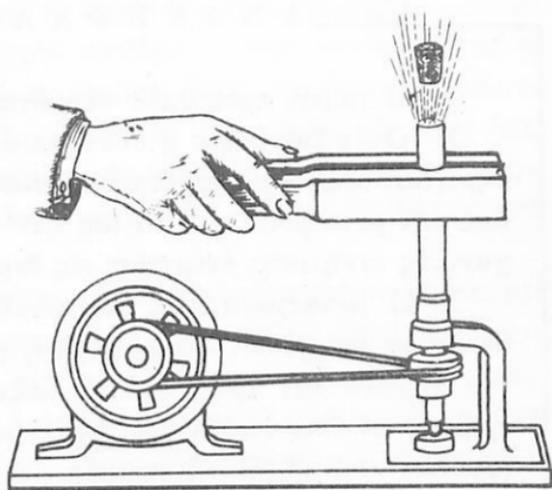
Ἔστω :

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

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

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

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



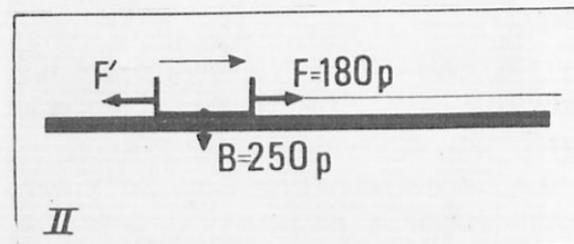
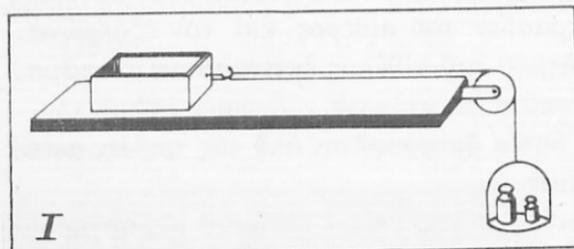
Σχ. 52. Ἡ τριβὴ τῆς ξυλολαβίδος ἐπὶ τοῦ μεταλλικοῦ σωλήνος ἀναπτύσσει θερμότητα ἢ ὁποία ἐξαερώνει τὸν αἰθέρα τοῦ σωλήνος.

1. Αί τριβαί προκαλοῦν θερμότητα.

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

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

ΙΑ'— ΤΡΙΒΗ. ΜΗΧΑΝΙΚΟΝ ΙΣΟΔΥΝΑΜΟΝ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΔΟΣ



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

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

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

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

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

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

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

Ὅταν ἓνα σῶμα κινῆται, εις τρόπον ὥστε νὰ εὐρίσκεται συνεχῶς εις ἐπαφὴν μὲ ἓνα ἄλλο σῶμα, ἀναπτύσσεται μία δύναμις, ἡ ὁποία ἀντιτίθεται πρὸς ἐκείνην ἡ ὁποία κινεῖ τὸ σῶμα. Ἡ ἀντιτιθεμένη εις τὴν κίνησιν δύναμις, ὀνομάζεται **τριβή**.

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

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

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

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

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

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

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

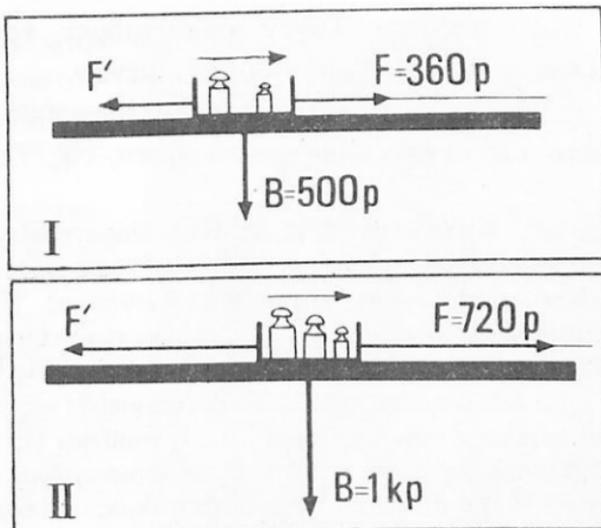
$$F/B = 0,72 \text{ καὶ } f/B = 0,28$$

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

Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω καταλήγουμεν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι :

Ἡ τριβὴ ὀλισθήσεως :

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



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

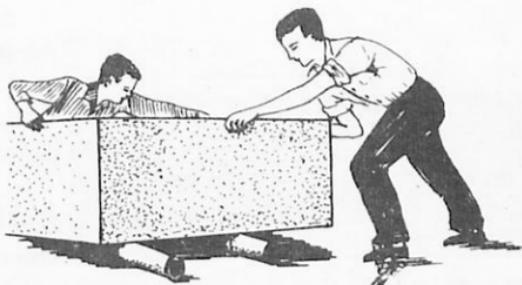
Ἡ τριβὴ ὀλισθήσεως εἶναι ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὴν ταχύτητα τῆς μετατοπίσεως.

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

Ἡ τριβὴ ἢ ὁποῖα παράγεται εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ὀνομάζεται τριβὴ κυλίσεως.

Ἡ τριβὴ ὀλισθήσεως καταναλίσκει περισσότερον ἔργον ἀπὸ τὴν τριβὴν κυλίσεως.

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



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

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

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

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

Ὁ δευτέρος παράγων, ὁ ὁποῖος συντείνει εἰς τὴν ἐμφάνισιν τῆς τριβῆς, εἶναι αἱ παραμορφώσεις, αἱ ὁποῖαι δημιουργοῦνται εἰς τὰς δύο ἐπιφάνειας, ὅταν αὐταὶ πιέζονται μεταξύ των. Βεβαίως τὰς περισσοτέρας φορές αὐταὶ αἱ παραμορφώσεις δὲν γίνονται ἀντιληπταί, δὲν παύουν ὅμως νὰ ὑπάρχουν.

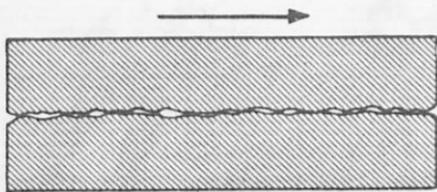
Ἡ τριβὴ δύο ἐπιφανειῶν ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα τὴν ἐξομάλυνσιν τῶν ἀνωμαλιῶν των. Ἐνα μέρος τῆς ἐνεργείας τὴν ὁποίαν παρέχομεν εἰς μίαν μηχανήν, καταναλίσκεται καὶ ἀπορροφᾶται ἀπὸ τὰς δυνάμεις τριβῆς καὶ μετατρέπεται εἰς θερμικὴν ἐνέργειαν, ἡ ὁποία μᾶς εἶναι ἄχρηστος.

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

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

Ἄν δὲν ὑπῆρχε τριβὴ, θὰ μᾶς ἦτο ἀδύνατον νὰ κατασκευάσωμεν ὅ,τιδήποτε. Ἐάν δὲν ὑπῆρχε τριβὴ δὲν θὰ ὑπῆρχον καὶ ἀνωμαλῖαι εἰς τὴν ἐπιφάνειαν π.χ. τοῦ καρφίου καὶ εἰς τὴν σανίδα, ὅποτε τὸ καρφίον δὲν θὰ συνεκράτειτο εἰς τὴν ὀπὴν τῆς σανίδος. Δηλαδή πᾶσα ἀπόπειρα διὰ νὰ συνδέσωμεν δύο τεμάχια ξύλου μεταξύ των θὰ ἦτο ματαία.

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



Σχ. 56. Αἱ τριβαὶ ὀφείλονται κατὰ ἓνα μέρος εἰς τὰς ἀνωμαλίας τῶν ἐπιφανειῶν τῶν σωμάτων.

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

τὴν ἀρχικὸν μας πείραμα διὰ τὴν μελέτην τῆς τριβῆς, χρησιμοποιοῦντες μίαν λείαν σανίδα, μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι τὴν ἔχομεν

έπιστρώσει με σαπυνοδιάλυμα. Παρατηρούμεν τότε ότι, αν και έρματίζωμεν τὸ κιβώτιον με 1 000 ρ, ἀρκεί μία ὀριζοντία δύναμις 120 ρ διὰ νὰ προκαλέσῃ ὀλίσθησιν τοῦ κιβωτίου.

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

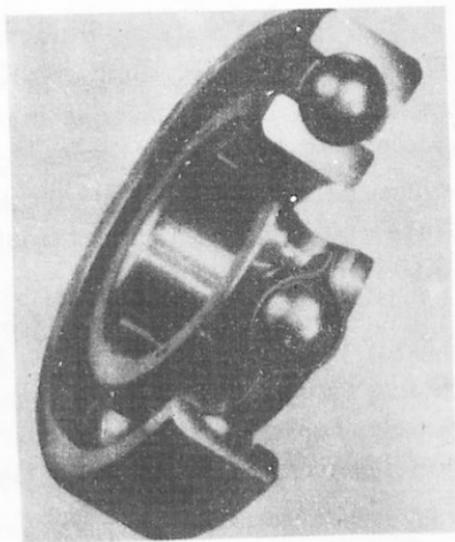
Ἐνα ποδήλατον με λελιπασμένους τοὺς ἄξονας τῶν τροχῶν του τρέχει καλύτερον καὶ ταχύτερον ἀπὸ ἕνα ἄλλον τοῦ ὁποῖου εἶναι ἀλίπαντα καὶ ξηρὰ τὰ κινούμενα μέρη. Ἐνας κινητῆρ, ὁ ὁποῖος λειτουργεῖ χωρὶς νὰ λιπαίνεται, ἀχρηστεύεται πολὺ συντόμως.

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

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

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

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



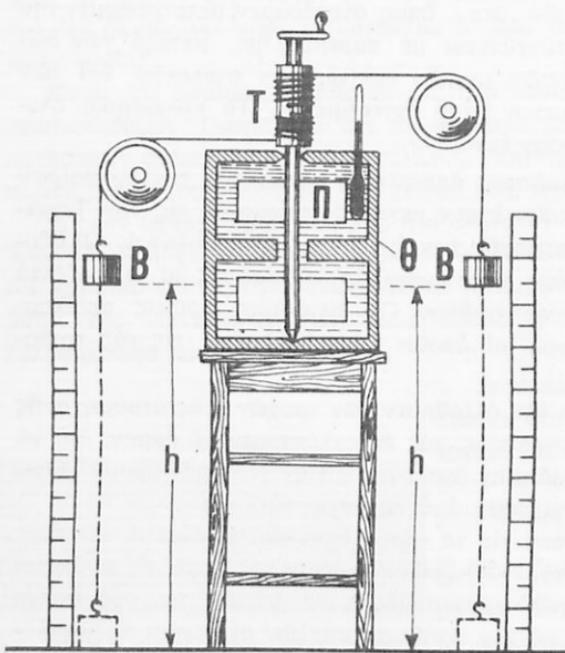
Σχ. 57. Ἐνσφαιροὶ τριβεῖς (ρουλεμάν).

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Δηλαδή :

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

ὅπου K ἡ ὀλικὴ θερμοχωρητικότης τοῦ ὄργανου.

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

Δηλαδή :

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

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

Συμπέρασμα. Πολυἀριθμοὶ μετρήσεις ἔδειξαν ὅτι ἀναφαίνεται ποσό-

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

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

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

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

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

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

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

$$Q = J \cdot A$$

ὅπου J τὸ μηχανικόν ἰσοδύναμον τῆς θερμίδος.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Πᾶν σῶμα τὸ ὁποῖον κινεῖται ἐπὶ ἑνὸς ἄλλου σώματος, ὑπόκειται εἰς τὴν δρᾶσιν τῶν δυνάμεων τριβῆς, ἡ διεύθυνσις τῶν ὁποίων εἶναι ἀντίθετος πρὸς τὴν μετατόπισιν.

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

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

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

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

τῶν μερῶν τῶν μηχανῶν. Αὐξάνομεν τὰς δυνάμεις τῆς τριβῆς κατασκευάζοντες τραχυτέρας τὰς ἐπιφανείας ἐπαφῆς ἢ συμπιέζοντες αὐτὰς ἰσχυρῶς.

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

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

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

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

$$C + O_2 \rightarrow CO_2 + 94 \text{ kcal}$$

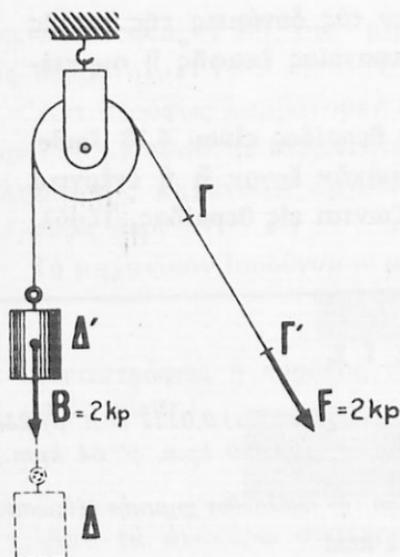
Νὰ ὑπολογισθῇ εἰς θερμίδας καὶ ἀκολούθως εἰς Joule ἡ ἐνέργεια τὴν ὁποίαν δύνανται νὰ ἀποδώσῃ ἡ καῦσις μείγματος 1 kg ἄνθρακος ἐὰν περιέχῃ 90% ἄνθρακα.
 (Ἀπ. 7 050 000 cal, 29 469 000 Joule.)

66. Νὰ εὔρεθῇ εἰς Joule ἡ ἐνέργεια ἡ ὁποία ἀπαιτεῖται διὰ νὰ ἀυξηθῇ ἡ θερμοκρασία 1 200 gr ὕδατος ἀπὸ τοὺς 15 °C εἰς τοὺς 80 °C
 (Ἀπ. $Q = 326\,040 \text{ Joule}$.)

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

IB' — ΔΙΑΤΗΡΗΣΙΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΕΙΣ ΤΑΣ ΑΠΛΑΣ ΜΗΧΑΝΑΣ

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



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

ένεργείας εις μίαν άπλην μηχανήν και
θα περιορισθώμεν εις την διατήρησιν
της μηχανικής ένεργείας.

§ 64. Παράδειγμα διατηρήσεως
μηχανικής ένεργείας. Τροχαλία. Κι-
νητήριο και αντίσταμενον έργον.
Θεωρούμεν την τροχαλίαν του σχή-
ματος 59 άπηλλαγμένην από τριβάς
και άκλονήτως τοποθετημένην.

Άνυψώνομεν, χρησιμοποιούντες
την τροχαλίαν αυτήν, ένα σώμα βά-
ρους 2 kp ούτως, ώστε το κέντρον βά-
ρους του να μετατοπισθί από το ση-
μειον Δ εις το σημειον Δ'. Δια να γίνη
αυτό θα πρέπει να άσκήσωμεν εις την
άλλην άκρην του σχοινίου μίαν δύνα-
μιν F, ίσην κατά μέτρον προς το βά-
ρος B του σώματος, της όποιίας το

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

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

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

Το σημειον έφαρμογής του βάρους B μετατοπίζεται αντίθέτως προς
την φοράν του. Έπομένως το βάρος θα παράγη έργον άνθισταμένης
δυνάμεως A και θα είναι :

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

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

Έπομένως :

κινητήριο έργον = άνθισταμενον έργον

Εις την περίπτωσην αυτήν λέγομεν ότι συμβαίνει διατήρησις του
έργου.

Άπό τα άνωτέρω συμπεραίνομεν ότι :

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

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

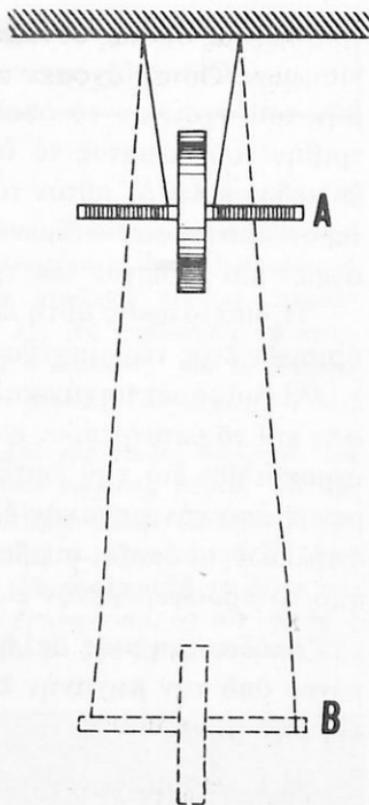
Όταν ó σφόνδυλος Α εύρίσκεται εις τó άνωτερον σημείον τής διαδρομής του, τά νήματα είναι πεπλεγμένα περι τόν άξονά του. Έφ' όσον εύρίσκεται εις ένα ώρισμένον ύψος από τó κατώτερον σημείον, εις τó όποϊον μεταφέρεται όταν έκτυλιχθούν τά νήματα, κατέχει ώρισμένην δυναμικήν ένεργειαν. Όταν άφεθί νά πέση, όποτε τά νήματα έκτυλίσσονται του προσδίδου έκτός από τήν κατακόρυφον κίνησιν, τήν όποϊαν έχει έξ αιτίας τής πτώσεως, και μίαν περιστροφικήν κίνησιν. Η περιστροφική αύτη κίνησις γίνεται όλονέν ταχύτερα.

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

Ένόσω ó σφόνδυλος κατέρχεται, ή δυναμική του ένεργεια έλαττουται, ένώ ή κινητική του ένεργεια αύξάνεται. Όταν άρχισή νά άνέρχεται ή ταχύτης περιστροφής του έλαττουται, έπομένως και ή κινητική του ένεργεια. Όταν άνέρχεται όμως άρχίζει νά έπανακτά τήν δυναμικήν ένεργειαν.

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

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



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

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

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

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

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

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

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

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

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

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

4. Ἡ ἀπόδοσις μιᾶς μηχανῆς εἶναι πάντοτε μικρότερα τῆς

μονάδος, ὅσον δὲ περισσότερον πλησιάζει πρὸς τὴν μονάδα, τόσοι οἰκονομικωτέρα εἶναι ἡ μηχανή.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

68. Ἐνα κεκλιμένον ἐπίπεδον AB ἔχει μῆκος 6 m , ἡ δὲ ὑψομετρικὴ διαφορὰ τῶν A καὶ B εἶναι 2 m . Ἐνα σῶμα βάρους 150 kp ἀνυψώνεται ἀπὸ τὸ σημεῖον A εἰς τὸ B καὶ πρὸς τὸν σκοπὸν αὐτὸν καταβάλλομεν σταθερὰν δύναμιν, παράλληλον πρὸς τὸ κεκλιμένον ἐπίπεδον καὶ μέτρον 60 kp . Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ κινητήριον καὶ τὸ ἀνθισταμένον ἔργον, ὅπως ἐπίσης καὶ ἡ ἀπόδοσις τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου. (Ἀπ. 360 kp , 300 kp , $\eta=0,83$.)

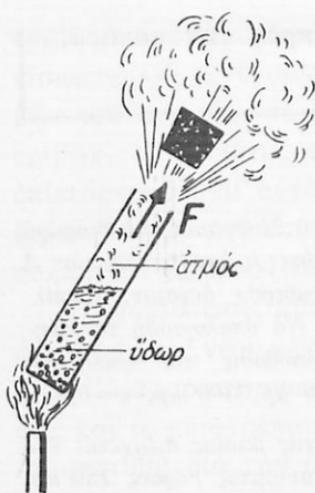
69. Ἐνα πολύσπαστον (σύστημα τροχαλιῶν ἀπὸ τὰς ὁποίας διέρχεται ἓνα κοινὸν σχοινίον) χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν ἀνύψωσιν σώματος βάρους 180 kp . Εἰς τὸ ἄλλον ἄκρον τοῦ σχοινοῦ ἀσκοῦμεν μίαν κινητήριον δύναμιν μέτρον 36 kp . Τὸ σῶμα ἀνῆλθε κατὰ $1,2\text{ m}$ ὅταν ἡμεῖς ἐσύραμε $7,2\text{ m}$ σχοινίου. α) Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ἔργον τῆς ἀνθισταμένης δυνάμεως. β) Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ἔργον τῆς κινητηρίου δυνάμεως. Διὰ τὴν τὰ δύο αὐτὰ ἔργα εἶναι διαφορετικὰ; γ) Νὰ εὔρεθῇ ἡ ἀπόδοσις τῆς ἀπλῆς μηχανῆς. (Ἀπ. α' $259,2\text{ kpm}$. β' 216 kpm . γ' $\eta=0,83$.)

ΙΓ'.— ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΕΙΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΝ. ΑΤΜΟΜΗΧΑΝΗ

§ 66. Ἡ θερμότης μετατρέπεται εἰς μηχανικὸν ἔργον. Εἶδομεν εἰς ἓνα ἀπὸ τὰ προηγούμενα κεφάλαια, κατὰ ποῖον τρόπον ἡ μηχανικὴ ἐνέργεια δύναται νὰ μετατραπῇ εἰς θερμικὴν ἐνέργειαν. Εἰς τὸ κεφάλαιον αὐτὸ θὰ ἐξετάσωμεν τὸ ἀντίστροφον φαινόμενον. Δηλαδή πῶς ἡ θερμικὴ ἐνέργεια εἶναι δυνατόν νὰ μετατραπῇ εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν.

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

Ἡ ἐκτόξευσις αὐτὴ ὀφείλεται εἰς τὴν πιέζουσαν δύναμιν F , ἡ ὁποία ἀσκεῖται ἀπὸ τὸν ἀτμὸν ἐπὶ τοῦ πώματος καὶ ἡ ὁποία παρήγαγεν οὕτως ἓνα ὀρισμένον μηχανικὸν ἔργον.



Άκριβῶς τὸ ἴδιον φαινόμενον συμβαίνει καὶ εἰς μίαν ἀτμομηχανήν. Τὸ ὕδωρ ἀτμοποιεῖται μέσα εἰς ἓνα λέβητα, χάρις εἰς τὴν θερμότητα τὴν ὁποίαν παρέχει μία ἐστία. Ὁ ἀτμός ὠθεῖ τὸ ἔμβολον τῆς μηχανῆς καὶ οὕτω παράγεται ὠρισμένον ἔργον.

Άκριβεῖς μετρήσεις ἔδειξαν ὅτι ἓνα μέρος τῆς θερμότητος, ἡ ὁποία παρέχεται ἀπὸ τὸ καύσιμον, μετατρέπεται εἰς ἔργον.

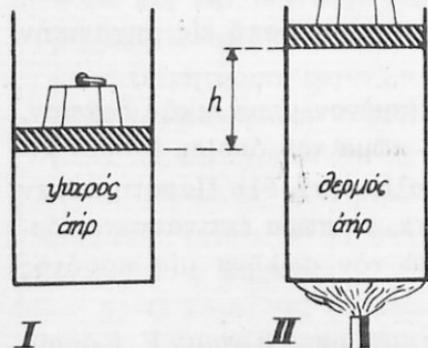
Πείραμα 2. Ἐνας κατακόρυφος κύλινδρος περιέχει ἀέρα, ὁ ὁποῖος συμπιέζεται ἀπὸ ἓνα βᾶρος, τοποθετημένον ἐπάνω εἰς ἓνα ἔμβολον. Ἐὰν θερμάνωμεν τὸν ἀέρα, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι τὸ ἔμβολον καὶ τὸ βᾶρος, ὑψώνονται κατὰ ἓνα ὕψος h (σχ. 62). Δηλαδή αἱ πιέζουσαι δυνάμεις, αἱ ὁποῖαι ἀσκοῦνται ἀπὸ τὸν ἀέρα ἐπὶ τοῦ ἐμβόλου, παράγουν μηχανικὸν ἔργον. Αὐτὸ τὸ ἔργον παράγεται ἐξ αἰτίας τῆς

Σχ. 61. Μετατροπὴ τῆς θερμότητος εἰς μηχανικὸν ἔργον. Οἱ θερμοὶ ὕδρατμοὶ ἀσκοῦν πιεζούσας δυνάμεις εἰς τὸ πῶμα καὶ τὸ ἐκτινάσσουσιν βιαίως.

θερμότητος, ἡ ὁποία ἀποδίδεται ἀπὸ τὴν ἐστίαν εἰς τὸν περιορισμένον μέσα εἰς τὸν κύλινδρον ἀέρα.

Ἐπ' αὐτῆς τῆς ἀρχῆς βασίζεται καὶ ἡ λειτουργία τῶν μηχανῶν ἐκρήξεως.

Ἡ καύσις, συνήθως ἀτμῶν βενζίνης, μέσα εἰς τὸν κύλινδρον, ἀποδίδει θερμότητα, ἡ ὁποία παράγει τὸ ἀπαιτούμενον διὰ τὴν κίνησιν τοῦ ἐμβόλου ἔργον.



I

II

Σχ. 62. Αἱ πιέζουσαι δυνάμεις τοῦ θερμοῦ ἀέρος παράγουν μηχανικὸν ἔργον καὶ ἀνυψώνουν τὸ ἔμβολον μετὰ τὸ σῶμα.

Ἡ ἀτμομηχανὴ καὶ ἡ μηχανὴ ἐκρήξεως (ἡ μηχανὴ ἐσωτερικῆς καύσεως) ὀνομάζονται θερμικαὶ μηχαναὶ ἢ θερμικοὶ κινητήρες, ἀπὸ τὸ γεγονός ὅτι ὡς πηγὴν ἐνεργείας χρησιμοποιοῦν τὴν θερμότητα.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω παραδειγμάτων συμπεραίνομεν ὅτι :

Ἡ θερμότης δύναται νὰ μετατραπῆ εἰς μηχανικὸν ἔργον.

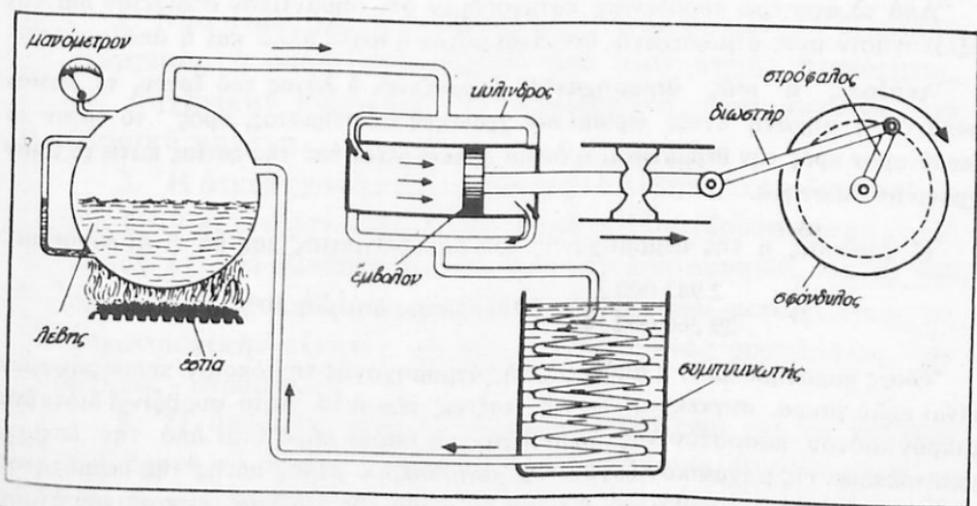
§ 67. Ἀτμομηχανή. Ὅπως εἶδομεν εἰς τὴν προηγουμένην παράγραφον, ἡ ἀτμομηχανὴ εἶναι μία θερμικὴ μηχανή, ἡ ὁποία μετατρέπει εἰς ἔργον ἓνα μέρος τῆς θερμότητος, τὸ ὁποῖον προσλαμβάνει ἀπὸ τὸ ὕδωρ, τὸ περιεχόμενον ἐντὸς λέβητος (καζάνι).

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

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

Ὁ ἀτμὸς ὁ παραγόμενος ἐντὸς τοῦ λέβητος, ὁδηγεῖται εἰς τὸν κύλινδρον, εἰς τὸν ὁποῖον ὑπάρχει ἓνα κινητὸν ἔμβολον. Ὁ ἀτμὸς ὠθεῖ τὸ ἔμβολον αὐτό, τὸ ὁποῖον κινεῖται παλινδρομικῶς μέσα εἰς τὸν κύλινδρον. Αὐτὴ ἡ ἀδιάκοπος παλινδρόμησις τοῦ ἐμβόλου μετατρέπεται εἰς περιστροφικὴν κίνησιν, μὲ τὴν βοήθειαν μιᾶς μηχανικῆς διατάξεως ἡ ὁποία ὀνομάζεται σύστημα διωστήρος - στροφάλου (σχ. 63).

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



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

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

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

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

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

Διὰ νὰ λειτουργήσῃ μία ἀτμομηχανὴ ἰσχύος ἔστω 4 000 Ch, πρέπει νὰ ἀποδίδῃ ἢ ἔστια τῆς 7 000 kcal/sec, κατὰ μέσον ὄρον.

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

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

Τὸ ἀποδιδόμενον ἀπὸ τὴν ἀτμομηχανὴν ἔργον ἀνά δευτερόλεπτον εἶναι :

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

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

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

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

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

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

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

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

Εἰς τὰς τελευταίου τύπου ἀτμομηχανὰς ἐκτονώνομεν τὸν ἀτμὸν ὅσον τὸ δυνατόν περισσότερο. Ἡ ἴδια ποσότης τοῦ ἀτμοῦ ἐκτονοῦται εἰς πολλοὺς διαδοχικοὺς κύλινδρους μὲ συνεχῶς αὐξανόμενας διαμέτρους. Αἱ ἀτμομηχαναὶ αὗται ὀνομάζονται πολλαπλῆς ἐκτονώσεως.

Ἐπίσης ἀντὶ νὰ ἀφήσωμεν τὸν ἀτμὸν νὰ διαφύγῃ εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν, τὸν ὀδηγοῦμεν εἰς ἓνα συμπυκνωτήν. Ὁ συμπυκνωτὴς εἶναι ἓνα μεταλλικὸν δοχεῖον, χωρὶς ἀέρα, μέσα εἰς τὸ ὁποῖον συμπυκνοῦται καὶ ὑγροποιεῖται ὁ ἀτμὸς, εὐθὺς ὡς ἐξέλθῃ ἀπὸ τοὺς κύλινδρους. Ἡ θερμοκρασία του διατηρεῖται σταθερὰ εἰς τὴν περιοχὴν τῶν 40 °C. Ἡ πίεσις εἰς τὸν συμπυκνωτήν θὰ εἶναι βεβαίως ἴση πρὸς τὴν τάσιν τῶν κεκορεσμένων ὑδρατμῶν εἰς αὐτὴν τὴν θερμοκρασίαν (0,1 kp/cm²). Εἶναι δηλαδὴ μικροτέρα ἀπὸ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν. Τὸ ἔργον ἐπομένως, τὸ ὁποῖον παράγεται εἰς μίαν διαδρομὴν τοῦ ἐμβόλου θὰ εἶναι μεγαλύτερον, ἀπὸ τὸ ἔργον τὸ ὁποῖον θὰ παρήγετο, ἐὰν οἱ ἀτμοὶ διωχετεύοντο εἰς τὸν ἀτμοσφαιρικὸν ἀέρα.

Ὁ συμπυκνωτὴς ὅμως εἶναι βαρὺς καὶ ἀπαιτεῖ μεγάλην ποσότητα ὕδατος διὰ τὴν ψύξιν. Αὐτὸς εἶναι ὁ κυριώτερος λόγος διὰ τὸν ὁποῖον αἱ ἀτμομηχαναὶ τῶν σιδηροδρομικῶν συρμῶν δὲν διαθέτουν συμπυκνωτήν.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

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

2. Ἡ ἀτμομηχανὴ περιλαμβάνει ἓνα λέβητα, ὁ ὁποῖος παρέχει εἰς ἓναν κύλινδρον ἀτμοὺς ὑπὸ πίεσιν. Ἡ πιέζουσα δύναμις τοῦ ἀτμοῦ ἐνεργεῖ διαδοχικῶς καὶ εἰς τὰς δύο συνήθως ὄψεις τοῦ ἐμβόλου, ἢ παλινδρομικὴ κίνησις τοῦ ὁποίου μετατρέπεται εἰς περιστροφικὴν κίνησιν, μὲ τὴν βοήθειαν ἑνὸς συστήματος διωστήρος - στροφάλου.

3. Ἡ ἀπόδοσις μιᾶς ἀτμομηχανῆς ὀρίζεται ὡς τὸ πηλίκον τοῦ ἔργου τὸ ὁποῖον ἀπέδωσεν ἡ ἀτμομηχανή, ἐντὸς ὀρισμένου χρονικοῦ διαστήματος, πρὸς τὸ ἰσοδύναμον ἔργον τῆς θερμότητος, τὸ ὁποῖον ἀπηλευθερώθη ἀπὸ τὴν ἐστίαν, κατὰ τὸ ἴδιον χρονικὸν διάστημα.

4. Ἡ ἀπόδοσις μιᾶς ἀτμομηχανῆς εἶναι μικρά. Κυμαίνεται περὶ τὸ 0,1 (ἢ 10%). Βελτιώνομεν τὴν ἀπόδοσιν, ἐὰν ἐκμεταλλευθῶμεν τὴν ἐκτόνωσιν τῶν ἀτμῶν καὶ χρησιμοποιήσωμεν συμπυκνωτήν.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

70. Τὸ ἔμβολον μιᾶς ἀτμομηχανῆς ἔχει διατομὴν ἑμβαδοῦ 250 cm^2 . Ὁ ἀτμὸς εἰσέρχεται εἰς τὸν κύλινδρον μὲ πίεσιν 12 kp/cm^2 καὶ ἐξέρχεται ἀμέσως εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ δύναμις ἡ ὁποία ὠθεῖ τὸ ἔμβολον. Δίδεται ἡ ἀτμοσφαιρική πίεσις ἴση πρὸς 1 kp/cm^2 . (Ἐπ. 2 750 kp.)

71. Τὸ ἔμβολον μιᾶς ἀτμομηχανῆς διπλῆς ἐνεργείας, ἔχει διάμετρον 20 cm . Ὁ ἀτμὸς εἰσέρχεται εἰς τὸν κύλινδρον μὲ πίεσιν 12 kp/cm^2 . Ἀκολουθῶς διοχετεύεται εἰς ἕνα συμπυκνωτήν, ὅπου ἡ πίεσις εἶναι $0,2 \text{ kp/cm}^2$. Ἡ διαδρομὴ τοῦ ἔμβολου εἶναι 60 cm . Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον παράγεται κατὰ μίαν πλήρη διαδρομὴν ἀπὸ τὴν δύναμιν μὲ τὴν ὁποίαν ὁ ἀτμὸς ὠθεῖ τὸ ἔμβολον.

(Ἐπ. 4 446 kpm.)

72. Κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς κατασκευῆς τῶν θεμελίων μιᾶς γεφύρας ἐνὸς ποταμοῦ, διὰ τὰ ἐμπήξωμεν πασσάλους εἰς τὸν βυθὸν του, χρησιμοποιοῦμεν μίαν ἀτμοκίνητον σφύραν. Αὕτη ἀποτελεῖται ἀπὸ μίαν βαρεῖαν μάζαν βάρους 500 kp , ἡ ὁποία ἀνυψοῦται ἀπὸ ἕνα κατακόρυφον ἔμβολον, τὸ ὁποῖον κινεῖται μέσα εἰς ἕναν κύλινδρον, ἑμβαδοῦ διατομῆς 150 cm^2 , καὶ πίπτει εὐθὺς ὡς ὁ ἀτμὸς διαφύγη εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἐλαχίστη πίεσις τοῦ ἀτμοῦ, διὰ τὴν ὁποίαν δύναται νὰ ὑψωθῇ ἡ μάζα τῆς σφύρας.

(Ἐπ. 4,3 kp/cm².)

73. Ἡ ἰσχὺς ἡ ὁποία ἀποδίδεται ἀπὸ τὸν κινητήριον ἄξονα μιᾶς ἀτμομηχανῆς, εἶναι 96 Ch . Ἡ ἀτμομηχανὴ καταναλίσκει 76 kg καυσίμου ἀνὰ ὥραν. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀπόδοσις τῆς μηχανῆς, ἐὰν γνωρίζωμεν ὅτι ἡ θερμότης καύσεως τοῦ ἄνθρακος εἶναι 7500 kcal/kg

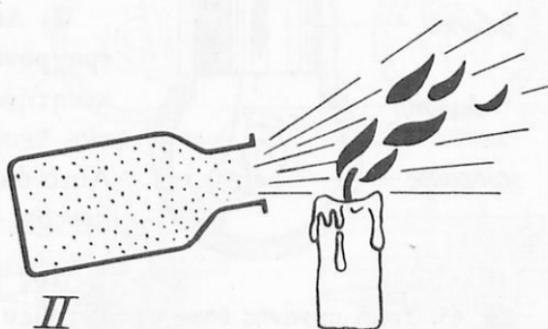
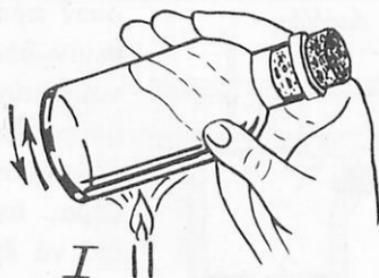
(Ἐπ. $\eta = 11\%$.)

ΙΔ' — ΜΗΧΑΝΑΙ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΕΩΣ

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

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

πωματίζομεν καὶ τὸ θερμαίνομεν ἑλαφρῶς ὥστε νὰ παραχθοῦν ἄτμοι βενζίνης (σχ. 64, I). Ἐκπωματίζομεν ἀκολούθως ταχέως τὸ φιαλίδιον καὶ τὸ πλησιάζομεν εἰς μίαν φλόγα. Παράγεται τότε μία μικρὰ ἔκρηξις, ἡ ὁποία ὀφείλεται εἰς τὴν ταχυτάτην καύσιν τῆς βενζίνης (σχ.64, II).



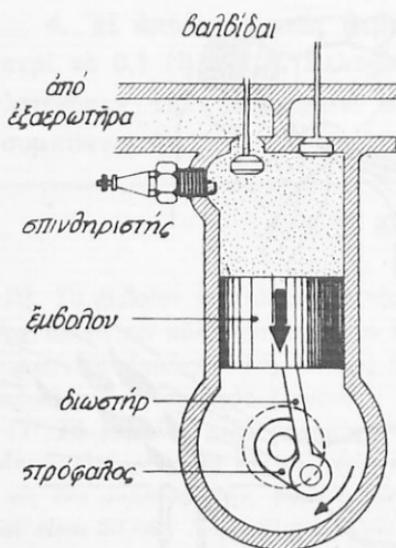
Εἰς τὸ πείραμα αὐτὸ παρατηροῦμεν ὅτι ἡ καύσις εἶναι σχεδὸν στιγμιαία καὶ ὅτι ἡ θερμότης ἡ ὁποία παράγεται, ὑψώνει τὴν θερμοκρασίαν τῶν ἀερίων τῆς καύσεως. Ἐὰν ἡ καύσις πραγμα-

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

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

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

Ἡ ἀνάφλεξις τοῦ μείγματος αὐτοῦ γίνεται μὲ ἓνα ἠλεκτρικὸν σπινθηριστὴν (μπουζί). Ἡ πίεσις τῶν ἀερίων, τὰ ὁποῖα παράγονται ἀπὸ τὴν καύσιν, ὠθεῖ τὸ ἔμβολον. Ἐνας διωστήρ συνδέει τὸν κύλινδρον μὲ ἓνα στρόφαλον, ὁ ὁποῖος εἶναι στερεὰ συνδεδεμένος εἰς τὸν ἄξονα τοῦ κινητῆρος καὶ οὕτως ἡ παλινδρομικὴ κίνησις τοῦ ἐμβόλου μετατρέπεται εἰς κυκλικὴν κίνησιν. Ἡ εἴσοδος καὶ ἡ ἔξοδος τῶν ἀε-



Σχ. 65. Τομή μηχανής έσω-
τερικής καύσεως.

μής του. Παρασυρόμενον άκολουθως από την κίνησιν του άξονος κατέρχεται (σχ. 66, I). 'Η βαλβίς εξαγωγής κλείει και άνοίγει ή βαλβίς εισαγωγής, όποτε τó άέριον μείγμα εισάγεται εις τόν κύλινδρον.

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

3ος χρόνος : Έκρηξις και έκτόνωσις. 'Ο σπινθηριστής λειτουργεί και τó άέριον μείγμα αναφλέγεται και έκρήγνυται. Τά άέρια τής καύσεως άποκτοϋν ύψηλήν θερμοκρασίαν, επειδή όμως αί δύο βαλβίδες παραμένουν κλεισταί, δέν έχουν χώρον διαφυγής και άποκτοϋν σχεδόν άκαριαίως μεγάλην πίεσιν, έξ αίτίας τής όποίας ώθοϋν ισχυρώς τó έμβολον πρòς τó κατώτατον σημείον τής διαδρομής του και τοιουτοτρόπως τά άέρια έκτονωϋνται (σχ. 66, III). 'Η φάσις αυτή άντιστοιχεί εις την άπόδοσιν έργου από την μηχανήν.

ρίων πραγματοποιείται με την βοήθειαν δύο βαλβίδων, αί όποίαι άνοίγουν αϋτομάτως. 'Ο εξαερωτήρ (καρμπυρατέρ) εξασφαλίζει την εξαέρωσιν τού καυσίμου και την άνάμιξιν του με άέρα, υπό καταλλήλους αναλογίας, διά νά έχωμεν πλήρη καϋσιν.

2) Λειτουργία. Περιγραφή τού τετραχρόνου κύκλου. 'Η λειτουργία ένòς κινητήρος έκρηξεως όλοκληροϋται εις τέσσαρας διαφορετικás φάσεις. Αυτό άκριβώς έκφράζομεν όταν λέγωμεν ότι ό κινητήρ είναι τετράχρονος.

1ος χρόνος : Άναρρόφησης. 'Υποθέτομεν ότι ό κινητήρ λειτουργεί και θεωροϋμεν ότι τó έμβολον εύρίσκεται εις τó άνώτερον σημείον τής διαδρο-

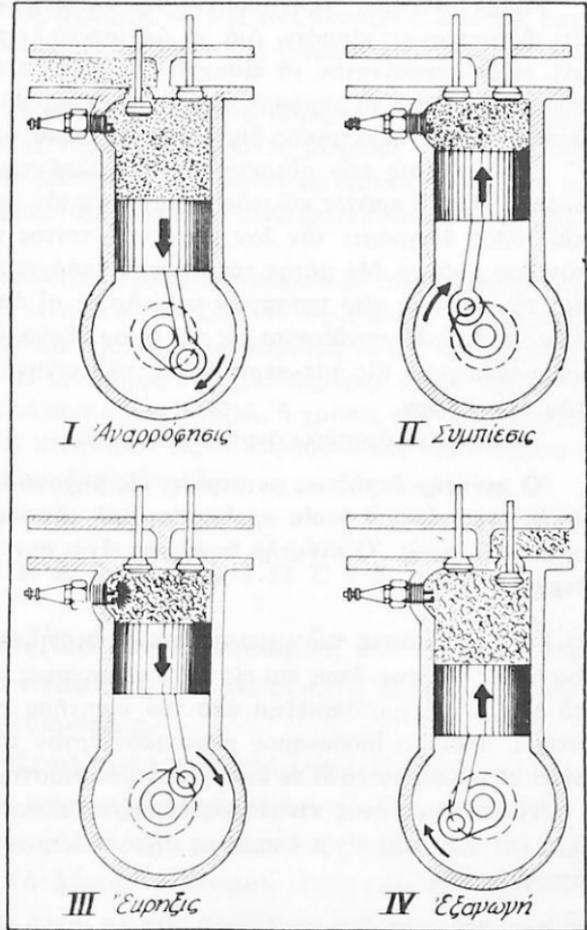
4ος χρόνος : Έξαγωγή.

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

Τὸ σύνολον τῶν τεσσάρων αὐτῶν χρόνων ἀποτελεῖ ἓνα κύκλον.

Κατὰ τὴν διάρκειαν ἑνὸς κύκλου τὸ ἔμβολον ἐκτελεῖ δύο παλινδρομήσεις καὶ κατὰ συνέπειαν ὁ ἄξων τοῦ κινητήρος ἐκτε-

λεῖ δύο περιστροφάς. Παρατηροῦμεν ὅμως ὅτι τὸ ἔμβολον ὑπόκειται εἰς τὴν δράσιν πιεζουσῶν δυνάμεων μόνον κατὰ τὴν διάρκειαν τοῦ τρίτου χρόνου. Δηλαδή ὁ κύκλος περιλαμβάνει ἓνα μόνον κινητήριον χρόνον. Καὶ κατὰ τοὺς ἄλλους τρεῖς χρόνους, ὁ κινητὴρ συνεχίζει τὴν λειτουργίαν του, ἀποδίδων κινητικὴν ἐνέργειαν εἰς τὰ κινητὰ μέρη τῆς μηχανῆς, τῶν ὁποίων ἡ ταχύτης τείνει νὰ ἐλαττωθῇ. Διὰ νὰ ἀποφύγωμεν τὴν ἀπότομον αὐξήσιν τῆς ταχύτητος μετὰ ἀπὸ ἐκάστην ἔκρηξιν, συνδέομεν στερεῶς εἰς τὸν ἄξονα τοῦ κινητήρος ἓνα σφόνδυλον. Ὁ σφόνδυλος εἶναι ἓνας βαρὺς μεταλλικὸς δίσκος ὁ ὁποῖος ἐξ αἰτίας τῆς ἀδρανείας του ρυθμίζει τὴν κίνησιν.



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

Μέχρι στιγμής εξηγήσαμεν τὴν λειτουργίαν ἑνὸς κινητήρος, ὑποθέτοντες ὅτι εὐρίσκεται εἰς κίνησιν. Διὰ νὰ ἀρχίσῃ νὰ λειτουργῆ μία μηχανὴ ἢ ὅποια ἡρεμεί, εἶναι ἀπαραίτητον νὰ εἰσαχθῆ μία «δόσις» ἀερίου μίγματος, ἢ ὅποια νὰ συμπιεσθῆ, ὥστε νὰ δημιουργηθῆ ἡ πρώτη ἐκρηξις. Αὐτὸ γίνεται συνήθως μὲ τὴν βοήθειαν μιᾶς ἠλεκτρικῆς διατάξεως, ἢ ὅποια ὀνομάζεται ἐκκινητής.

Οἱ κινητήρες τῶν αὐτοκινήτων ἀποτελοῦνται συνήθως ἀπὸ τέσσαρας κυλίνδρους. Ὅταν ὁ πρῶτος κύλινδρος διαγράφῃ τὸν 1ον χρόνον τοῦ κύκλου, ὁ δεύτερος κύλινδρος διαγράφει τὸν 2ον χρόνον, ὁ τρίτος τὸν 3ον χρόνον καὶ ὁ τέταρτος τὸν 4ον χρόνον. Μὲ αὐτὸν τὸν τρόπον ὑπάρχει πάντοτε ἕνας κινητήριος χρόνος διὰ τὸ σύστημα τῶν τεσσάρων κυλίνδρων, οἱ ὅποιοι ἐργάζονται συγχρόνως. Τὰ διάφορα ἔμβολα συνδέονται εἰς τὸν ἴδιον ἄξονα, ὁ ὅποιος τοιοῦτοτρόπως κινεῖται κανονικώτερον. Εἰς τὰς περιπτώσεις τῶν κινητήρων αὐτῶν μειοῦται ἡ σημασία τῶν σφονδύλων.

Ἀπὸ ὅλα τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι :

Ὁ κινητὴρ ἐκρήξεως μετατρέπει εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν ἕνα μέρος τῆς θερμικῆς ἐνεργείας, ἢ ὅποια προέρχεται ἀπὸ τὴν καύσιν ἑνὸς μίγματος ἀερίου καυσίμου καὶ ἀέρος. Ὁ κινητὴρ ἐκρήξεως εἶναι συνεπῶς ἕνας θερμικὸς κινητὴρ ἐσωτερικῆς καύσεως.

§ 71. Ἀπόδοσις τῶν κινητήρων ἐκρήξεως. Ἡ ἀπόδοσις τῶν κινητήρων ἐκρήξεως ὀρίζεται ὅπως καὶ εἰς τὰς ἀτμομηχανάς. Εἶναι δηλαδὴ ὁ λόγος τοῦ ἔργου τοῦ ὁποῖον πραγματοποιεῖται ἀπὸ τὸν κινητήρα εἰς ἕνα ὄρισμένον χρονικὸν διάστημα, πρὸς τὸ ἰσοδύναμον μηχανικὸν ἔργον τῆς θερμότητος, τὴν ὁποίαν ἀποδίδει τὸ καύσιμον κατὰ τὸ ἴδιον χρονικὸν διάστημα.

Ἡ ἀπόδοσις ἑνὸς κινητήρος ἐκρήξεως κυμαίνεται γενικῶς μεταξὺ τῶν τιμῶν 0,25 καὶ 0,30, καὶ εἶναι ἐπομένως σημαντικῶς μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν ἀπόδοσιν τῶν ἀτμομηχανῶν.

§ 72. Κινητήρες καύσεως. Κινητήρες Ντῆζελ. Οἱ κινητήρες καύσεως χρησιμοποιοῦν ὡς καύσιμα, ὑγρὰ ὀλιγώτερον πτητικὰ ἀπὸ τὴν βενζίνη (δηλαδὴ ὑγρὰ τὰ ὅποια δὲν ἐξαεροῦνται τόσον εὐκόλως ὡς ἐκείνη), ὅπως εἶναι τὰ βαρέα ἔλαια (δηλαδὴ μεγάλης πυκνότητος ἐν σχέσει πρὸς τὴν βενζίνη), προερχόμενα ἀπὸ τὴν ἀπόσταξιν τοῦ ἀκαθάρτου πετρελαίου. Ἡ λειτουργία τῶν κινητήρων καύσεως ἢ κινητήρων Ντῆζελ, διαφέρει αἰσθητῶς ἀπὸ τὴν λειτουργίαν τῶν κοινῶν κινητήρων ἐκρήξεως.

Μέσα εἰς τὸν κύλινδρον εἰσάγεται καθαρὸς ἀήρ. Τὸ ἔμβολον συμπιέζει ἰσχυρῶς τὸν ἀέρα αὐτόν, μέχρις ὅτου ἀποκτήσῃ θερμοκρασίαν 550° C περίπου. Τότε ἀκριβῶς εἰσάγεται τὸ καύσιμον ὑπὸ μορφήν νέφους λεπτότατα καταμερισμένων σταγονιδίων καὶ ὑπὸ πίεσιν. Τὰ σταγονίδια τοῦ καυσίμου ἀναφλέγονται ἄφ' ἑαυτῶν (λόγῳ τῆς μεγάλης θερμοκρασίας τοῦ ἀέρος, ὁ ὅποιος ὑπάρχει εἰς τὸν κύλινδρον) καὶ ἡ πίεσις τῶν ἀερίων τὰ ὅποια προκύπτουν ἀπὸ τὴν καύσιν ὠθεῖ τὸ ἔμβολον βιαίως πρὸς τὰ κάτω.

Παρατηροῦμεν ὅτι εἰς τοὺς κινητήρας Ντῆζελ δὲν συμβαίνει ἐξαέρωσις καὶ

μειξίς τοῦ καυσίμου μὲ τὸν ἀέρα, ὅπως εἰς τὰς μηχανὰς ἐκρήξεως. Συνεπῶς ἕνας κινητῆρ Ντῆζελ δὲν περιλαμβάνει οὔτε ἐξαερωτῆρα (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 θερμικὰς μηχανὰς. Ἐξ ἄλλου ἐπειδὴ ὁ κινητῆρ αὐτὸς καταναλίσκει καύσιμα πολὺ εὐθιυότερα ἀπὸ τὰ καύσιμα τὰ ὁποῖα καταναλίσκουν ἄλλοι κινητῆρες (ἀτμομηχαναί, βενζινοκινητῆρες), ἡ χρῆσις του εἶναι πολὺ οἰκονομικῆ.

Εἰς τὰς νεωτέρας ναυπηγικὰς κατασκευὰς, ἀντικαθιστοῦν ὅλον ἐν περισσότερον τὰς ἀτμομηχανὰς μὲ μεγάλους κινητῆρας Ντῆζελ. Ἡ ἰσχὺς αὐτῶν τῶν κινητῆρων δύναται νὰ φθάσῃ τοὺς 30 000 Ch. Πολυάριθμα φορτηγὰ καθὼς καὶ κοινὰ αὐτοκίνητα τουρισμοῦ κινουῦνται μὲ κινητῆρας Ντῆζελ. Σήμερον πλέον καὶ οἱ σιδηροδρομικοὶ συρμοὶ κινουῦνται μὲ κινητῆρας Ντῆζελ, ἡ χρῆσις τῶν ὁποίων συμπληρῶνει τὰ κενὰ τῶν ἠλεκτρικῶν κινητῆρων εἰς τὴν προσπάθειαν τοῦ ἀνθρώπου νὰ ὑπερνικήσῃ τὰς δυσκολίας τῶν μεταφορῶν.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Ἐνα μείγμα ἀέρος καὶ ἀερίου καυσίμου, ὑπὸ κατάλληλον ἀναλογίαν, δύναται νὰ ἀναφλεγῇ καὶ νὰ ὑποστῇ ἔκρηξιν, παράγον ἀέρια ὑψηλῆς θερμοκρασίας.

2. Ὁ κινητῆρ ἐκρήξεως εἶναι κινητῆρ ἐσωτερικῆς καύσεως, ὁ ὁποῖος μετατρέπει εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν τὴν θερμικὴν ἐνέργειαν, ἡ ὁποία προέρχεται ἀπὸ τὴν καύσιν ἐνὸς μείγματος ἀέρος καὶ ἀερίου καυσίμου. Τὸ ἀέριον καύσιμον εἰσάγεται εἰς τὸν κύλινδρον τοῦ κινητῆρος, ὅπου μὲ τὴν βοήθειαν ἐνὸς σπινθηριστοῦ ἀρχίζει ἡ καύσις τοῦ μείγματος.

3. Ὁ κινητῆρ ἐκρήξεως τίθεται εἰς λειτουργίαν εἴτε μὲ τὴν χεῖρα (μανιβέλα), εἴτε μὲ τὴν βοήθειαν ἐνὸς ἠλεκτρικοῦ ἐκκινητοῦ.

4. Ἡ μηχανὴ Ντῆζελ εἶναι ἕνας κινητῆρ ἐσωτερικῆς καύσεως, ὁ ὁποῖος χρησιμοποιεῖ ὑγρὰ καύσιμα ὀλιγότερον πτητικὰ ἀπὸ τὴν βενζίνη. Τὸ καύσιμον εἰσάγεται εἰς τὸν κύλινδρον ὑπὸ μορφήν νέφους σταγονιδίων καὶ ἀναφλέγεται προοδευτικῶς ἀφ' ἑαυτοῦ.

5. Ἡ βασικὴ τεχνικὴ διαφορὰ μεταξὺ τῶν κινητῆρων ἐκρήξεως καὶ τῶν κινητῆρων καύσεως (Ντῆζελ) εἶναι ὅτι : Εἰς μὲν τοὺς κινητῆρας ἐκρήξεως τὸ ὑγρὸν καύσιμον (βενζίνη) εἰσάγεται

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

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

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

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

(Ἀπ. $\eta = 0,26$.)

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

(Ἀπ. 14% περίπου.)

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

(Ἀπ. 0,24.)

77. "Ενας κινητῆρ ἐκρήξεως, ἰσχύος 1 000 Ch, χρησιμοποιεῖ ὡς καύσιμον βενζίνη, τῆς ὁποίας ἡ θερμότης καύσεως εἶναι 10 000 kcal/kg. Ἐὰν ὁ κινητῆρ ἔχη ἀπόδοσιν 30%, νὰ εὐρεθῇ ἡ ὥριαία κατανάλωσις εἰς βενζίνη.

(Ἀπ. 210 kg/h.)

ΙΕ' — ΠΥΡΑΥΛΟΙ

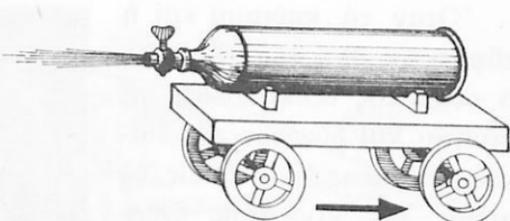
§ 73. Ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τῶν κινητῶν ἀντιδράσεως. Οἱ πυραυλοὶ ἀποτελοῦν ἐφαρμογὴν τῶν κινητῶν ἀντιδράσεως. Θὰ ἐξετάσωμεν πρῶτον τὴν ἀρχὴν τῆς λειτουργίας αὐτῶν τῶν κινητῶν.

Πείραμα. Ἐπὶ ἐνὸς ἀμαξίου ὑπάρχει ἓνα χαλύβδινον δοχεῖον πλήρες ἀερίου ὑπὸ μεγάλῃν πίεσιν (σχ. 67). Εὐθὺς ὡς ἀνοίξωμεν τὴν στρόφιγγα τοῦ δοχείου, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ἐκρέει ὀρμητικῶς

ἀέριον, ἐνῶ συγχρόνως τὸ ἀμάξιον μὲ τὸ δοχεῖον κινεῖται κατὰ τὴν ἀντίθετον φορὰν τῆς ἐκροῆς τοῦ ἀερίου. Τοῦτο συμβαίνει διότι τὸ περιορισμένον ἀέριον ἀσκεῖ εἰς τὰ ἐσωτερικὰ τοιχώματα τοῦ δοχείου δυνάμεις, αἱ ὁποῖαι ἰσορροποῦν μεταξὺ των, ὅταν τὸ δοχεῖον εἶναι κλειστόν. Εὐθὺς ὡς ἀνοίξωμεν ὁμως τὴν στρόφιγγα, ἡ δύναμις ἢ ὁποία ἐνήργει εἰς τὸ ἀνοικτὸν πλεόν σημεῖον τοῦ δοχείου παύει νὰ ὑπάρχη. Κατὰ συνέπειαν δὲν ἰσορροπεῖται πλεόν, ἢ κατὰ μέτρον ἴση ἀλλὰ ἀντιθέτου φορᾶς δύναμις, ἢ ὁποία ἀσκεῖται εἰς τὸ ἀκριβῶς ἀπέναντι τμήμα τοῦ τοιχώματος τοῦ δοχείου.

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

Αὕτη εἶναι ἡ ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τῶν κινητῶν ἀντιδράσεως.



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

§ 74. Πύραυλοι. Ὁ κινητῆρ ἀντιδράσεως εἶναι ὁ πλεόν ἀπλοῦς καὶ ὁ παλαιότερος πύραυλος. Ὅλοι γνωρίζομεν τὰ πυροτεχνήματα. Ἡ κόνις τὴν ὁποίαν περιέχουν ἀποτελεῖ ἓνα μείγμα ἀπὸ καύσιμα καὶ μίαν ἄλλην ὕλην, ἢ ὁποία ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς θερμότητος, τῆς ἀναπτυσσομένης κατὰ τὴν καύσιν, ἀποσυντίθεται καὶ ἀποδίδει ὀξυγόνον ἢ εὐφλεκτον ὑλικόν. Τὸ καύσιμον καὶ τὸ εὐφλεκτον ὑλικόν ἀντιδροῦν εἰς τὸν θάλαμον τῆς καύσεως καὶ παράγουν μίαν ὀρισμένην ποσότητα ἀερίου. Τὸ ἀέριον ἀποκτᾷ μεγάλην θερμοκρασίαν καὶ ἐκτονοῦται βιαίως. Ὡς συνέπειαν αὐτῆς τῆς λειτουργίας ἔχομεν τὴν κίνησιν τοῦ πυροτεχνήματος πρὸς τὴν ἀντίθετον φορὰν τῆς πορείας τῶν ἐκτονομένων ἀερίων.

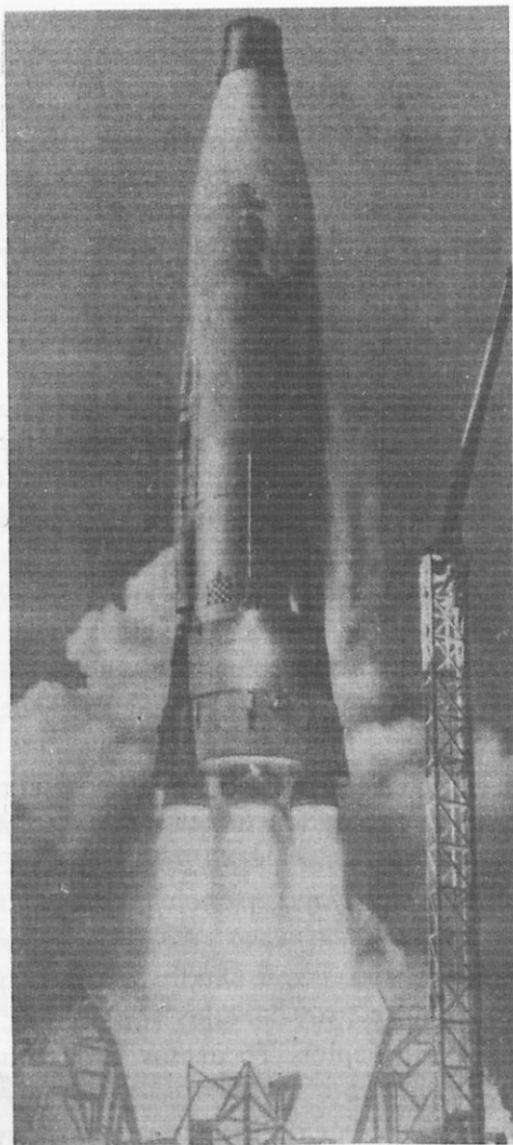
Οἱ πύραυλοι (σχ. 68) χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν μεταφορὰν ἀντικειμένων εἰς μεγάλην ἀπόστασιν, ἢ εἰς μέγα ὕψος. Μεταφέρουν καύσιμα καὶ εὐφλεκτον ὑλικόν. Ἡ προώθησίς των δύναται νὰ συνεχισθῇ καὶ ἐκτὸς τῆς γῆϊνης ἀτμοσφαιράς, γεγονόςς τὸ ὁποῖον δίδει τὴν δυνατότητα εἰς τὸν πύραυλον νὰ ἀποκτήσῃ μεγάλην ταχύτητα.

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

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

§ 75. Στροβιλοκινητῆρες ἀντιδράσεως. Ἄλλοι κινητῆρες ἀντιδράσεως εἶναι οἱ διαφόρων τύπων προωστικοὶ κινητῆρες τῶν ἀεριοθουμένων ἀεροπλάνων.

Θὰ περιγράψωμεν ἀπὸ αὐτοὺς



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

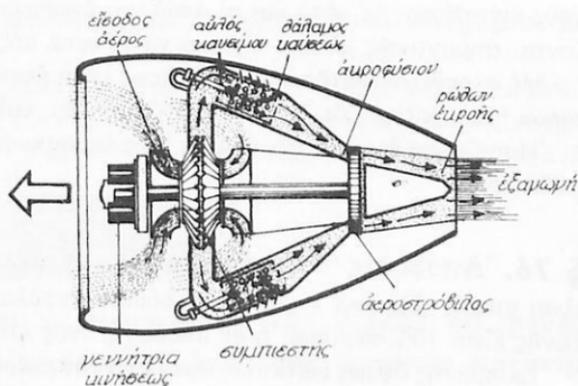
Ένα ευρύτατα χρησιμοποιούμενον εις τὴν πολιτικὴν ἀεροπορίαν κινητῆρα, ὁ ὁποῖος ὀνομάζεται ἐξ αἰτίας τῆς κατασκευῆς του **στροβιλοκινητῆρ ἀντιδράσεως** (σχ. 69).

Εἰς τοὺς στροβιλοκινητήρας τὸ καύσιμον εἰσέρχεται εἰς τὸν θάλαμον τῆς καύσεως ἀπὸ μίαν βαλβίδα καὶ ἔρχεται εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸν ἀτμοσφαιρικὸν ἀέρα, ὁ ὁποῖος ἔχει εἰσαχθῆ ἐκεῖ. Μετὰ τὴν καύσιν, τὰ καυσαέρια λόγῳ τῆς μεγάλης θερμοκρασίας των ἀποκτοῦν μεγάλην πίεσιν, ἐκτονοῦνται μὲ

μεγάλην ταχύτητα καὶ διαφεύγουν ἀπὸ τὸ ὀπίσθιον μέρος τοῦ κινητήρος, μὲ ἀποτέλεσμα νὰ προκαλοῦν κινήσιν τοῦ ἀεροπλάνου πρὸς τὴν ἀντίθετον κατεύθυνσιν.

Διὰ νὰ εἶναι ἡ καύσις πλέον ἔντονος πρέπει ὁ ἀτμοσφαιρικὸς ἀήρ, ὁ ἐρχόμενος εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸ καύσιμον, νὰ ἔχη συμπιεσθῆ. Δι' αὐτὸ καὶ τὰ ἀέρια τῆς καύσεως κατὰ τὴν ἐκτόνωσίν των διεγείρουν ἓνα ἀεροστρόβιλον, ὁ ὁποῖος θέτει εἰς κινήσιν ἓνα συμπιεστήν. Ὁ συμπιεστής ἀπορροφεῖ ἀπὸ τὸ ἐμπρόσθιον μέρος τοῦ κινητήρος μάζας ἀτμοσφαιρικῶ ἀέρος καὶ τὰς συμπιέζει, προτοῦ τὰς φέρει εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸ καύσιμον.

Ἡ μεγάλη ὑπεροχὴ τῶν στροβιλοκινητῆρων ἀντιδράσεως ἔναντι τῶν συνηθισμένων κινητῆρων, ὀφείλεται εἰς τὸ γεγονός ὅτι εἰς τοὺς στροβιλοκινητήρας ἀντιδράσεως τὰ κινούμενα μεταξὺ των μέρη εἶναι πολὺ ὀλιγώτερα ἀπὸ ὅτι εἰς τοὺς κοι-



Σχ. 69. Κινητῆρ ἀεριοθουμένου ἀεροπλάνου.



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

νους κινητήρας. Δι' αυτό και αι απώλειαι ενεργείας εξ αιτίας των τριβών περιορίζονται σημαντικῶς με αποτέλεσμα νά ἔχωμεν αὐξησιν τῆς ἀποδόσεως.

Με στροβιλοκινητήρας ἀντιδράσεως εἶναι ἐφωδιασμένα τὰ γνωστά ἀεροσκάφη τύπου Μπόιγκ (σχ. 70), Καραβέλας (Caravelle), καὶ ἄλλα.

Ἡ πιέζουσα δύναμις τῶν ἀερίων ἐνὸς ἀεροσκάφους τύπου Μπόιγκ φθάνει μέχρι 7 000 κρ.

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

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

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

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

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



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

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

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

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

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

νατον να υπερβῆ ἢ ἀπόδοσις ἓνα ἄρισμένον ὄριον, τὸ ὁποῖον ὀνομάζεται με-
γίστη ἀπόδοσις.

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

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

Δηλαδή :

Ἄσπον ὕψηλότερα εἶναι ἡ θερμοκρασία τῆς θερμῆς δεξαμενῆς,
τόσον μεγαλύτερα εἶναι ἡ μεγίστη ἀπόδοσις τῆς θερμικῆς μηχανῆς.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Ἐνα ρευστόν, περιορισμένον ἐντὸς ἑνὸς δοχείου, ἀσκει
εἰς τὰ τοιχώματα τοῦ δοχείου πιεζούσας δυνάμεις, αἱ ὁποῖαι
ἰσορροποῦνται μεταξύ των. Ἐὰν ὅμως ἀφαιρεθῆ ἓνα τμῆμα τοῦ
δοχείου, τότε ἡ πιέζουσα δύναμις, ἡ ἀντίθετος πρὸς αὐτὸ τὸ
τμῆμα, δὲν ἰσορροπεῖται πλέον καὶ τὸ δοχεῖον τείνει νὰ κινηθῆ
με φορὰν ἀντίθετον ἀπὸ ἐκείνην τῆς ἐκροῆς τοῦ ὑγροῦ.

2. Ὄνομάζομεν κινητῆρα ἀντιδράσεως, ἓνα κινητῆρα ὁ
ὁποῖος δημιουργεῖ τὴν κίνησιν χωρὶς μηχανικὴν παρεμβολήν,
χρησιμοποιῶν τὴν δύναμιν ἡ ὁποία ἀναπτύσσεται ἐξ αἰτίας
τῆς ἀντιδράσεως. Ἡ δύναμις αὐτὴ δημιουργεῖται ἀπὸ τὴν ἐκ-
τόνωσιν τῶν ἀερίων τῆς καύσεως, τὰ ὁποῖα ἐκτοξεύονται με
μεγάλην ταχύτητα. Ὁ κινητῆρ ἀντιδράσεως δὲν περιλαμβάνει
οὔτε διωστήρας, οὔτε στροφάλους. Ἡ ἐνέργεια ἡ ὁποία παρά-
γεται ἀπὸ τὴν καῦσιν χρησιμοποιεῖται ἀμέσως διὰ τὴν προώθη-
σιν τοῦ ὀχήματος, τὸ ὁποῖον εἶναι συνδεδεμένον με τὸν κινη-
τῆρα.

3. Ὁ πύραυλος περιέχει καύσιμον καὶ εὔφλεκτα ὑλικά,
δύναται δὲ νὰ κινηθῆ καὶ ἐκτὸς τῆς ἀτμοσφαιρας.

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

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

όπου Q ή ποσότης θερμότητας, ή όποία προσφέρεται έντός ένός ώρισμένου χρονικοῦ διαστήματος εἰς τήν μηχανήν καί Q' ή ποσότης θερμότητας ή όποία άπορροφείται έντός τοῦ αὐτοῦ χρονικοῦ διαστήματος άπό τὸ περιβάλλον.

5. Ἡ μέγιστη άπόδοσις $\eta_{\mu\epsilon\gamma}$ μιᾶς θερμικῆς μηχανῆς δίδεται άπό τήν σχέσηιν :

$$\eta_{\mu\epsilon\gamma} = \frac{\theta_1 - \theta_2}{\theta_1 + 273}$$

όπου θ_1 ή θερμοκρασία τῆς θερμῆς δεξαμενῆς καί θ_2 ή θερμοκρασία τῆς ψυχρᾶς δεξαμενῆς.

III. ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ

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

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

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

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

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

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

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

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



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

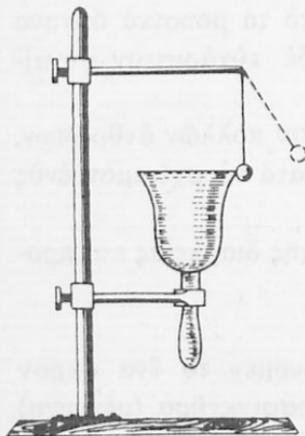
ται με μεγάλην ταχύτητα. Ἡ χαλυβδίνη ράβδος πάλλεται (δονεῖται), ἐνῶ συγχρόνως παράγει ἤχον.

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

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

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

Αἱ δονήσεις τῶν σωμάτων, τὰ ὅποια παράγουν ἤχους, δὲν εἶναι πάντοτε ὄραταί. Τὸ σχῆμα 73 ἐξηγεῖ τὸν τρόπον, με τὸν ὅποιον δυνάμεθα νὰ ἀντιληφθῶμεν τὰς παλμικὰς κινήσεις ἐνὸς σώματος, τὸ ὅποιον παράγει ἤχον. Ὅταν κτυπήσωμεν τὸν κώδωνα με μίαν σφύραν, τὸ σφαιρίδιον τοῦ ἐκκρεμοῦς, τὸ ὅποιον ἐγγίζει εἰς τὸν κώδωνα, ἀρχίζει νὰ ἀναπηδᾷ. Εὐθὺς ὡς ἐγγίσωμεν ὁμως τὴν χεῖρα εἰς τὸν κώδωνα, τὸ σφαιρίδιον ἀκίνητεϊ, ἐπειδὴ παύουν αἱ δονήσεις.



Σχ. 73. Αἱ παλμικαὶ κινήσεις τοῦ κώδωνος, ὁ ὅποιος ἤχει, προκαλοῦν ἀναπήδησιν τοῦ σφαιριδίου τοῦ ἐκκρεμοῦς.

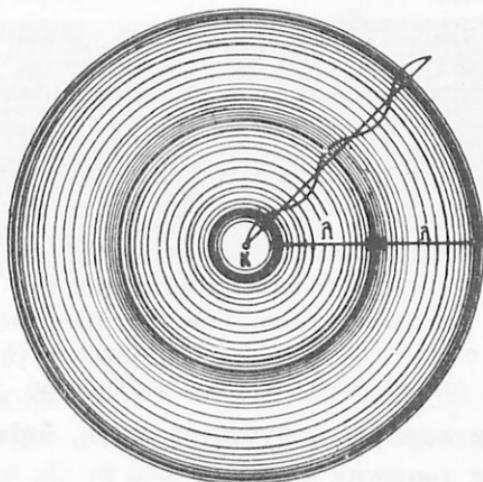
§ 79. Διάδοσις τοῦ ἤχου. Ἡχητικὰ κύματα. Διὰ νὰ προκαλέσωμεν ἐντύπωσιν εἰς τὸ οὖς αἱ ἠχητικαὶ δονήσεις ἐνὸς σώματος πρέπει νὰ μεταφερθοῦν μέχρις αὐτοῦ. Ἡ μεταφορὰ δύναται νὰ γίνη ἀπὸ ἓνα ἐλαστικὸν μέσον, (ὅπως π.χ. ὁ ἀήρ, τὸ ξύλον, τὸ ὕδωρ), τὸ ὅποιον νὰ διεγείρεται εἰς παλμικὴν κίνησιν καὶ νὰ τὴν μεταδίδῃ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

Ἄς θεωρήσωμεν τὴν χαλυβδίνην ράβδον

τοῦ προηγουμένου πειράματος. Αὕτη, καθὼς πάλ-
 λεται, ὠθεῖ τὰ μόρια τοῦ
 ἀέρος τὰ ὁποῖα εἶναι πλη-
 σίον της, προκαλοῦσα μὲ
 αὐτὸν τὸν τρόπον ἄλλοτε
 πύκνωσιν καὶ ἄλλοτε ἀ-
 ραιώσιν τῶν μορίων τοῦ
 ἀέρος. Καθὼς ὁμως τὰ γει-
 τονικά πρὸς τὴν ράβδον
 μόρια τοῦ ἀέρος πυκνῶ-
 νουν ἢ ἀραιώνουν, ὠθού-
 μενα ἀπὸ τὴν ράβδον, ὠ-
 θοῦν καὶ αὐτὰ ἐν συνεχείᾳ
 τὰ γειτονικά των μόρια,
 καὶ ἐκεῖνα πάλιν τὰ γειτο-
 νικά των καὶ τοιουτοτρό-
 πως ἡ δόνησις μεταδίδεται
 εἰς τὸν χῶρον.



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



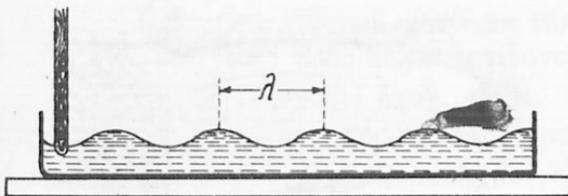
Σχ. 75. Ἦχητικά σφαιρικά κύματα, τὰ
 ὁποῖα διαδίδονται εἰς τὸν χῶρον ἀπὸ μίαν
 μικρὰν ἠχητικὴν πηγὴν Κ. Διακρίνονται
 τὰ πυκνώματα καὶ τὰ ἀραιώματα τῶν μο-
 ρίων τοῦ ἀέρος. Ἡ ἀπόστασις δύο γει-
 τονικῶν πυκνωμάτων (ἢ ἀραιωμάτων)
 κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς ἀκτίνος ἰσοῦ-
 ται πρὸς τὸ μήκος κύματος.

Τὸ ἴδιον συμβαίνει μὲ
 τὴν διάδοσιν τῶν κυμά-
 των τοῦ ὕδατος εἰς μίαν
 ἤρεμον λίμνην, ὅταν ρί-
 ψωμεν ἐντὸς αὐτῆς ἓνα
 λίθον (σχ. 74).

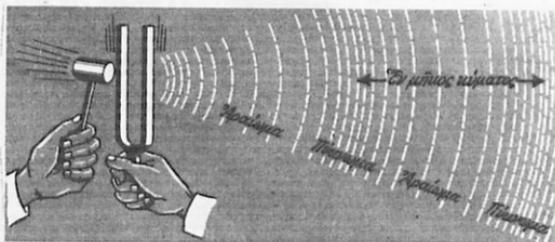
Μὲ τὸν ἴδιον τρόπον
 γίνεται ἡ μετάδοσις τοῦ
 ἤχου εἰς οἰονδήποτε στε-
 ρεόν, ὑγρὸν ἢ ἀέριον σῶμα.

Τὸ σῆμα 75 παριστᾷ τὰ πυκνώματα καὶ τὰ ἀραιώματα τῶν μορίων
 τοῦ ἀέρος, τὰ ὁποῖα μεταδίδονται ὅπως τὰ κύματα εἰς τὸ ὕδωρ. Δι-
 αὐτὸν τὸν λόγον τὰ ὀνομάζομεν ἠχητικά κύματα. Ὡστε :

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



Σχ. 76. Τα υδάτινα κύματα αποτελούνται από υψώματα και κοιλώματα. Ἡ απόστασις δύο γειτονικῶν υψωμάτων ἢ κοιλωμάτων εἶναι ἴση πρὸς τὸ μήκος κύματος.



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

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

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

§ 80. Ταχύτης διαδόσεως τοῦ ἤχου. Ἡ μετάδοσις τοῦ ἤχου δὲν εἶναι ἀκαριαία. Ἐὰν ἀπὸ μίαν ὀρισμένην ἀπόστασιν παρατηροῦμεν ἓνα ὄπλον, τὸ ὁποῖον ἐκπυρσοκροτεῖ, βλέπομεν πρῶτον τὴν λάμπιν καὶ μετὰ παρέλευσιν ὀρισμένου χρόνου ἀκούομεν καὶ τὸν κρότον, μολονότι καὶ τὰ δύο φαινόμενα παράγονται συγχρόνως. Αὐτὸ ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι ὁ ἤχος χρειάζεται πολὺ περισσότερον χρόνον διὰ νὰ διανύσῃ τὸ διάστημα, τὸ ὁποῖον μᾶς χωρίζει ἀπὸ τὸ ἐκπυρσοκροτοῦν ὄπλον.

Ἀπὸ ἀκριβεῖς μετρήσεις εὑρέθη ὅτι ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ ἤχου εἰς τὸν ἀέρα, εἰς θερμοκρασίαν 15 °C, εἶναι ἴση πρὸς 340 m/sec.

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

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

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

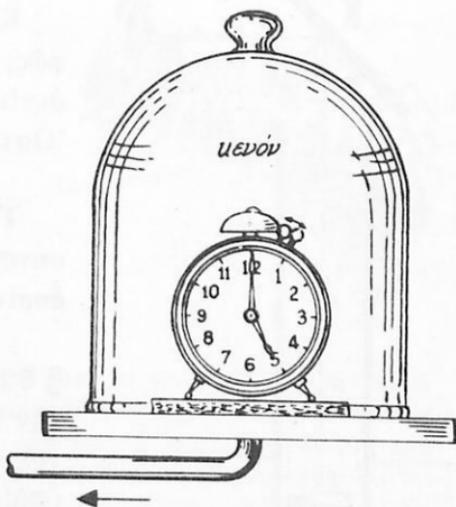
Ἐνα ἄλλο μέγεθος τὸ ὁποῖον χαρακτηρίζει τὸν ἤχον εἶναι ἡ συχνότης του.

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

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

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

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



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

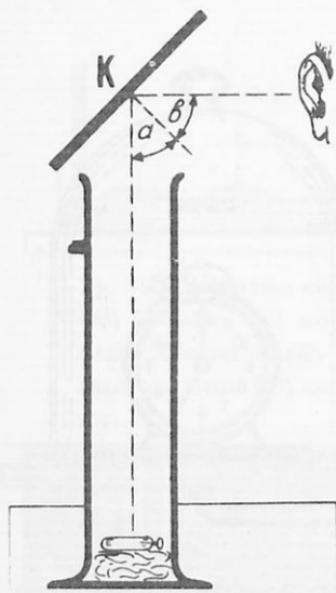
Ὁ ἤχος δὲν διαδίδεται εις τὸ κενόν. Ὁ ἤχος διαδίδεται με μεγαλύτεραν ταχύτητα εις τὰ στερεὰ, με μικροτέραν εις τὰ ὑγρά καὶ με ἀκόμη πλέον μικρὰν ταχύτητα εις τὰ ἀέρια.

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

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

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

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



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

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

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

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

Ἀντήχησις ὀνομάζεται τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ ὅποιον, ὅταν εὐρισκώμεθα ἔμπροσθεν ἐμποδίου, εἰς ἀπόστασιν μικρότεραν ἀπὸ 17 m, δὲν ἀκούομεν εὐκρινῶς τὸν ἀνακλῶμενον ἤχον.

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

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

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

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

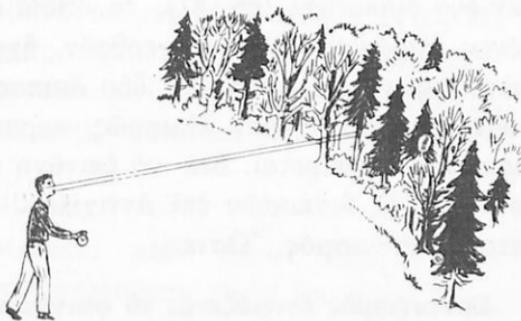
Τὴν ἡχὴ καὶ τὴν ἀντήχησιν προσέχουν ἰδιαιτέρως οἱ μηχανικοί, οἱ ὁποῖοι κατασκευάζουν αἰθούσας θεάτρων, κινηματογράφων, διαλέξεων κ.λπ., ὥστε νὰ δύνανται κανεὶς νὰ ἀκούη αἰσθητῶς καὶ μὲ εὐκρίνειαν ἀπὸ οἰονδήποτε σημεῖον τῆς αἰθούσης.

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

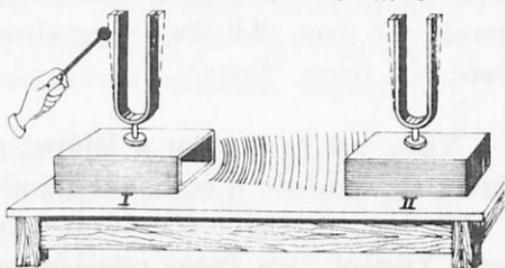
§ 83. Συντονισμός. Τὸ διαπασῶν ἀποτελεῖται ἀπὸ μίαν χαλυβδίνην πρισματικὴν ράβδον, τὸ ἄνω μέρος τῆς ὁποίας ἔχει διαμορφωθῆ εἰς σχῆμα U (σχ. 81). Διεγείρεται συνήθως μὲ ἐλαφρὰν κρούσιν τῶν σκελῶν του, ὅποτε αὐτὰ πάλλονται. Ἐπειδὴ ὁ παραγόμενος ἡχος εἶναι ἀδύνατος, τὸ ὄργανον τοποθετεῖται ἐπὶ καταλλήλου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

Τὰ διαπασῶν παράγουν ὀρισμένους τόνους.

Πείραμα. Ἄς θεωρήσω-



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



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

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

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

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

α) Ἐκτουστότης. Γνωρίζομεν ὅτι ἓνας ἤχος δύναται νὰ εἶναι δυνατὸς ἢ ἀσθενής, νὰ ἔχῃ δηλαδὴ, ὅπως λέγωμεν συνήθως, μεγάλην ἢ μικρὰν ἔντασιν. Ὡστε :

Ἐκτουστότης εἶναι ἡ ιδιότης μὲ τὴν ὁποῖαν διακρίνομεν τοὺς ἤχους εἰς δυνατοὺς ἢ ἀσθενεῖς.

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

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

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

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

Τὸ ἀνθρώπινον οὖς ἀδυνατεῖ νὰ ἀκούσῃ ὄλους τοὺς ἤχους. Τὰ

όρια τῶν ἀκουστῶν ἤχων περιλαμβάνονται μεταξύ 16 Hz καὶ 24 000 Hz περίπου. Οἱ ἤχοι μὲ συχνότητα μικροτέραν τῶν 16 Hz λέγονται ὑπόηχοι, ἐνῶ οἱ ἤχοι μὲ συχνότητα μεγαλυτέραν τῶν 24 000 Hz ὑπέρηχοι. Οἱ ὑπέρηχοι χρησιμοποιοῦνται κατὰ τὰ τελευταῖα ἔτη εἰς τὴν τεχνικήν καὶ εἰς τὴν ἰατρικήν.

γ) **Χροιά τοῦ ἤχου.** Ἐάν ἀκούσωμεν μίαν νόταν ἀπὸ βιολίον καὶ τὴν ἰδίαν νόταν ἀπὸ σαξόφωνον, ἐννοοῦμεν ὅτι οἱ δύο αὐτοὶ ἤχοι, μολονότι ἔχουν τὴν ἰδίαν ἀκουστότητα καὶ τὸ ἴδιον ὕψος, δηλαδὴ τὴν ἰδίαν συχνότητα, εἶναι διαφορετικοί. Λέγομεν τότε ὅτι οἱ δύο αὐτοὶ ἤχοι ἔχουν διαφορετικὴν χροιάν. Ὡστε :

Χροιά εἶναι ἡ ιδιότης μὲ τὴν ὁποίαν διακρίνομεν δύο ἤχους τῆς ἰδίας ἀκουστότητος καὶ τοῦ ἰδίου ὕψους, ὅπως ἐπίσης καὶ τὸ ἠχογόνον σῶμα τὸ ὁποῖον παράγει τὸν ἤχον.

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

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Ὅ,τι γίνεται ἀντιληπτὸν μὲ τὸ οὖς εἶναι ἤχος. Οἱ ἤχοι προκαλοῦνται ἀπὸ σώματα τὰ ὁποῖα εὐρίσκονται εἰς παλμικὴν κίνησιν. Ἡ παλμικὴ κίνησις τοῦ σώματος προκαλεῖ πυκνώματα καὶ ἀραιώματα τῶν μορίων τοῦ ἀέρος, τὰ ὁποῖα διαδίδονται εἰς τὸν γειτονικὸν ἀέρα καὶ τοιοῦτοτρόπως δημιουργοῦνται τὰ ἠχητικὰ κύματα. Ἡ ἀπόστασις δύο γειτονικῶν πυκνωμάτων ἢ ἀραιωμάτων ὀνομάζεται μῆκος κύματος, ἡ δὲ συχνότης τῆς ἠχογόνου πηγῆς, δηλαδὴ τοῦ παλλομένου σώματος, συχνότης τῶν ἠχητικῶν κυμάτων.

2. Ὁ ἤχος δὲν διαδίδεται εἰς τὸ κενόν. Μὲ μεγαλυτέρας ταχύτητας διαδίδεται εἰς τὰ στερεὰ καὶ μὲ μικροτέρας εἰς τὰ ἀέρια. Ἡ ταχύτης διαδόσεως, τὸ μῆκος κύματος λ καὶ ἡ συχνότης ν τοῦ ἤχου, συνδέονται μὲ τὴν σχέσιν :

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

3. Τὰ ἤχητικά κύματα, ὅταν συναντήσουν ἐμπόδιον εἰς τὴν διάδοσίν των, ἀνακλῶνται μεταβάλλοντα πορείαν διαδόσεως. Ἐὰν ἓνα ἐμπόδιον εὐρίσκεται εἰς ἀπόστασιν μεγαλύτεραν ἀπὸ 17 μέτρα, ὁ παρατηρητὴς διακρίνει τὸν ἀνακλῶμενον ἦχον ἀπὸ τὸν ἀρχικὸν καὶ τὸ φαινόμενον λέγεται ἠχώ. Ἐὰν ὅμως ἡ ἀπόστασις εἶναι μικροτέρα ἀπὸ 17 μέτρα, οἱ δύο ἦχοι δὲν διαχωρίζονται καὶ τὸ φαινόμενον λέγεται ἀντήχησις.

4. Ἡ ἠχώ καὶ ἡ ἀντήχησις ἔχουν ἰδιαιτέραν σημασίαν εἰς τὴν κατασκευὴν ἐκκλησιῶν, κινηματογραφικῶν αἰθουσῶν, θεάτρων κ.λπ.

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

6. Ἡ ἀκουστότης, τὸ ὕψος καὶ ἡ χροιά εἶναι τὰ τρία χαρακτηριστικὰ γνωρίσματα τῶν ἠχῶν.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

78. Ἐνα διαπασῶν ἐκτελεῖ 440 παλμοὺς εἰς ἓνα δευτερόλεπτον. Πόσος εἶναι ὁ χρόνος μιᾶς πλήρους ταλαντώσεώς του. (Ἀπ. 0,00227 sec.)

79. Πόσων Χέρτζς (Hz) συχνότητα ἔχει ἓνας τόνος, ὁ ὁποῖος εἰς 7 sec ἐκτελεῖ 499 ταλαντώσεις. (Ἀπ. 71 Hz.)

80. Εἰς πόσῃ ἀπόστασιν εὐρίσκεται ἓνα καταγιδοφόρον νέφος, ὅταν ἡ βροντὴ ἀκούεται 4 sec μετὰ τὴν πτώσιν τοῦ κερανοῦ. Ὁ ἦχος διαδίδεται μὲ ταχύτητα 340 m/sec καὶ τὸ φῶς διὰ μικρὰς ἀποστάσεις ἀκαριαίως. (Ἀπ. 1 360 m.)

81. Πόσον εἶναι τὸ βάθος τῆς θαλάσσης ὅταν, κατὰ μίαν ἠχοβόλησιν, ἐμετρήθῃ χρόνος 0,68 sec. Δίδεται ὅτι ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ ἠχου εἰς τὸ θαλάσιον ὕδωρ εἶναι 1 425 m/sec. (Ἀπ. 484,5 m.)

82. Πόσον μακρὰν ἀπὸ τὴν ἀκτὴν εὐρίσκεται ἓνα πλοῖον, ἂν ἓνα ὑποθαλάσιον σῆμα λαμβάνεται 5 sec ἐνωρίτερον ἀπὸ ἓνα ταυτόχρονον σῆμα εἰς τὸν ἀέρα (ταχύτης ἠχου εἰς τὸν ἀέρα 340 m/sec καὶ εἰς τὸ θαλάσιον ὕδωρ 1 425 m/sec.) (Ἀπ. 2 233 m.)

83. Ἐνας ἄνθρωπος εὐρίσκεται εἰς μίαν ἀπόστασιν ἀπὸ ἓνα ἐμπόδιον καὶ κραγάζει. Ἀφοῦ περάσῃν 2,4 sec, ἀκούει τὸν ἦχον τῆς φωνῆς του, ἣ ὁποία ἀνεκλάσθη εἰς τὸ ἐμπόδιον. Πόση εἶναι ἡ ἀπόστασις τοῦ ἀνθρώπου ἀπὸ τὸ ἐμπόδιον, ἂν ἡ ταχύτης τοῦ ἠχου εἰς τὸν ἀέρα ἀνέρχεται εἰς 340 m/sec. (Ἀπ. 408 m.)

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

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

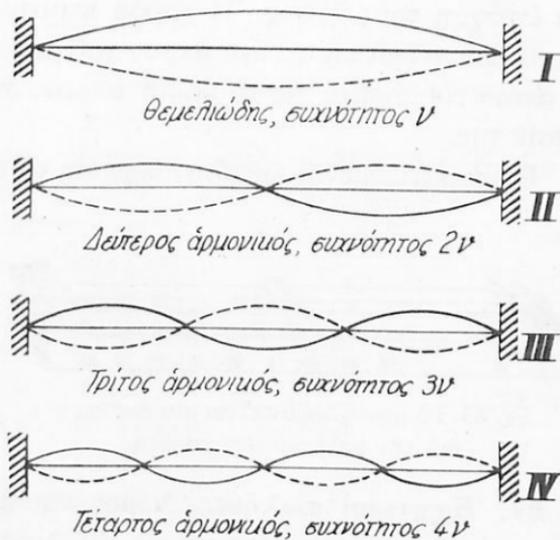
86. Πόσον εἶναι τὸ μῆκος κύματος τοῦ τόνου ὁ ὁποῖος ἔχει συχνότητα 440 Hz εἰς τὸν ἀέρα. Ταχύτης ἤχου εἰς τὸν ἀέρα 340 m/sec. (Ἀπ. 0,775 m.)

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

ΙΖ' — ΗΧΗΤΙΚΑΙ ΠΗΓΑΙ

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

Ἐάν σταθεροποιήσωμεν τὸ μέσον τῆς χορδῆς με τὸν δάκτυλόν μας, ἢ θέσωμεν εἰς τὸ σημεῖον αὐτὸ ἓνα ξύλινον ὑποστήριγμα καὶ διεγείρωμεν πάλιν τὴν χορδὴν, παρατηροῦμεν τότε ὅτι ὁλόκληρος ἡ χορδὴ ταλαντεύεται (σχ. 82, II). Εἰς τὴν περίπτωσιν ὁμως αὐτὴν ἡ χορδὴ παράγει ἤχον με διπλασίαν συχνότητα. Ἐξαναλόγως δυνάμεθα νὰ ἐξαναγκάσωμεν τὴν χορδὴν, νὰ παράγῃ ἤχον με τριπλασίαν συχνότητα (σχ. 82, III) ἢ τετραπλασίαν συχνότητα (σχ. 82, IV). Ὁ ἤχος τὸν ὁποῖον ἀποδίδει ἡ χορδὴ, ὅταν πάλλεται



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

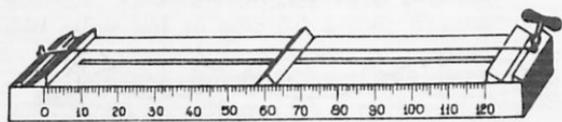
ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 82, I, ὀνομάζεται θεμελιώδης ἤχος ἢ πρῶτος ἄρμονικὸς, ἐνῶ ὅταν πάλλεται ὅπως εἰς τὰς περιπτώσεις II, III, IV τοῦ ἰδίου σχήματος, ὁ παραγόμενος ἤχος λέγεται ἀνώτερος ἄρμονικὸς καὶ ἰδιαιτέρως δεύτερος ἄρμονικὸς, τρίτος ἄρμονικὸς, κ.λπ. Ὡστε :

Ὅταν ἐλαττώσωμεν τὸ μῆκος μιᾶς χορδῆς εἰς τὸ $1/2$, $1/3$, $1/4$, κ.λπ. τοῦ ἀρχικοῦ τῆς μήκους, ἐνῶ συγχρόνως διατηρήσωμεν σταθερὰν τὴν τάσιν, τὴν ὁποίαν ἀσκοῦμεν ἐπ' αὐτῆς, τότε ἡ συχνότης τῶν παραγομένων ἤχων εἶναι ἀντιστοίχως διπλασία, τριπλασία, τετραπλασία κ.λπ. τῆς ἀρχικῆς συχνότητος.

Οἱ μουσικοὶ ἤχοι ἢ φθόγγοι ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἓνα ἰσχυρὸν θεμελιώδη καὶ πολλοὺς ἄλλους ἀνωτέρους ἄρμονικοὺς, οἱ ὁποῖοι διαμορφώνουν τὴν χροιάν τοῦ φθόγγου.

§ 86. Νόμος τῶν χορδῶν. Τοὺς νόμους τῶν χορδῶν δυνάμεθα νὰ μελετήσωμεν μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ μονοχόρδου (σχ. 83). Αὐτὸ ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓνα ξύλινον κιβώτιον (ἀντηχεῖον) τὸ ὁποῖον προορίζεται νὰ ἐνισχύῃ τοὺς ἤχους. Ἡ χορδὴ περιτυλίσσεται εἰς ἓνα ἄξονα καὶ σταθεροποιεῖται εἰς τὸ ἓνα ἄκρον τοῦ μονοχόρδου, μὲ μίαν δὲ κλειδα, ἢ ὁποία εὐρίσκεται εἰς τὸ ἄλλον ἄκρον, δυνάμεθα νὰ ρυθμίζωμεν τὴν τάσιν τῆς.

Πειραματιζόμενοι καταλήγομεν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι :



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

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

§ 87. Ἠχητικοὶ σωλήνες. Νόμος τῶν ἠχητικῶν σωλήνων. Εἰς τὴν Φυσικὴν ὀνομάζομεν ἠχητικοὺς σωλήνας, κυλινδρικοὺς ἢ πρισματικοὺς σωλήνας ἀπὸ ξύλον ἢ μέταλλον, εἰς τοὺς ὁποίους προσφυσῶμεν ρεῦμα ἀέρος, ἀπὸ τὸ στόμιον καὶ προκαλοῦμεν κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ταλάντωσιν τοῦ ἀέρος, τὸν ὁποῖον περιέχει ὁ σωλήν.

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

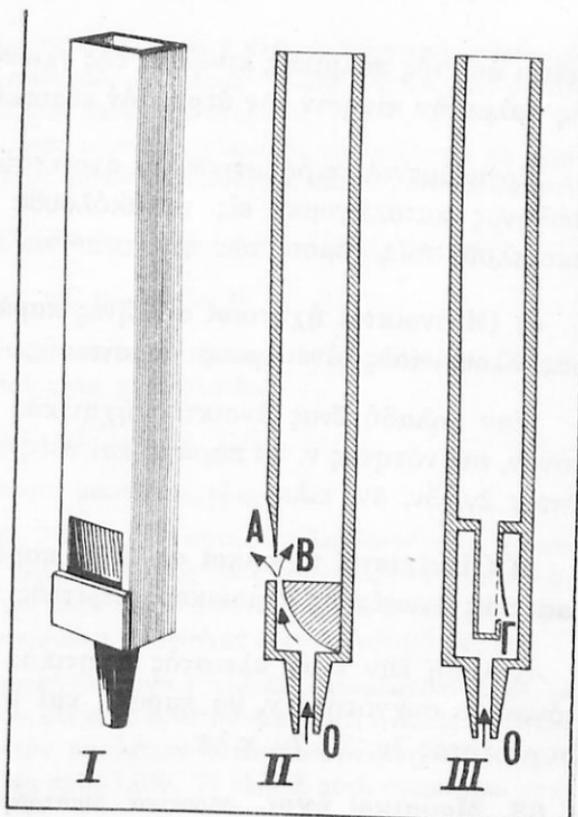
Είς τόν άνοικτόν σωλήνα του σχήματος 84, II, ό άήρ εισέρχεται από τό έπιστόμιον O και έξέρχεται από τό στόμιον B. Είς τό χείλος A δημιουργείται διατάραξις τής στήλης του άέρος, όπως ακριβώς συμβαίνει και είς τήν σφυρίκτραν, και τοιούτοτρόπως προκαλείται δόνησις του άέρος, ό όποίος εύρίσκεται είς τήν κοιλότητα.

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

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

Άπό τά άνωτέρω συμπεραίνομεν ότι :

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



Σχ. 84. Άνοικτοί ήχητικοί σωλήνες. (I) Έξωτερική εμφάνισις. (II) Τομή άνοικτού ήχητικού σωλήνος με έπιστόμιον και στόμιον. (III) Τομή άνοικτού ήχητικού σωλήνος με έπιστόμιον και γλωσσίδα.

λείται από τὰς παλμικὰς κινήσεις τῆς γλωσσίδος, αἱ ὁποῖαι διεγείρουν εἰς παλμικὴν κίνησιν τὸν ἀέρα, τὸν εὐρισκόμενον εἰς τὸν σωλῆνα.

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

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

Ἐὰν δηλαδή ἕνας ἀνοικτὸς ἤχητικὸς σωλῆν παράγη θεμελιώδη τόνον, συχνότητος ν , θὰ παράγη καὶ τοὺς τόνους τοὺς ἔχοντας συχνότητας 2ν , 3ν , 4ν , κ.λπ.

β) Οἱ κλειστοὶ ἤχητικοὶ σωλῆνες παράγουν ἕνα θεμελιώδη τόνον καὶ τοὺς ἀνωτέρους ἁρμονικούς περιττῆς τάξεως.

Δηλαδή ἐὰν ἕνας κλειστὸς ἤχητικὸς σωλῆν παράγη θεμελιώδη τόνον μὲ συχνότητα ν , θὰ παράγη καὶ τοὺς τόνους οἱ ὁποῖοι ἔχουν συχνότητας 3ν , 5ν , 7ν , κ.λπ.

§ 88. Μουσικοὶ ἤχοι. Μουσικὰ διαστήματα. Ὄταν αἱ συχνότητες δύο ἤχων, τοὺς ὁποίους ἀκούομεν ταυτοχρόνως, εὐρίσκωνται μεταξύ των εἰς ἀπλὴν ἀριθμητικὴν σχέσιν, μᾶς προκαλοῦν γενικῶς εὐχάριστον συναίσθημα. Ἡ Μουσικὴ χρησιμοποιεῖ ὠρισμένας ἀπλᾶς ἀριθμητικὰς σχέσεις, μεταξύ τῶν συχνότητων τῶν ἤχων, αἱ ὁποῖαι ὀνομάζονται μουσικὰ διαστήματα. Οἱ μουσικοὶ ἤχοι εἶναι φθόγγοι καὶ παράγονται ἀπὸ τὰ μουσικὰ ὄργανα. Τὸ ὑποκειμενικὸν συναίσθημα, τὸ ὁποῖον μᾶς δημιουργεῖται, ὅταν ἀκούωμεν δύο τόνους, ἐξαρτᾶται μόνον ἀπὸ τὸ μουσικὸν διάστημα τῶν καὶ ὄχι ἀπὸ τὴν ἀπόλυτον τιμὴν τῆς συχνότητός των.

Ὄταν δύο φθόγγοι ἀκούωνται συγχρόνως ἢ διαδοχικῶς καὶ προκαλοῦν εὐχάριστον συναίσθημα, λέγομεν ὅτι ἀποτελοῦν συμφωνίαν, ἐνῶ ἂν τὸ συναίσθημα εἶναι δυσάρεστον ἀποτελοῦν παραφωνίαν. Ὄταν τὸ διάστημα εἶναι $1 : 1$, ὅταν δηλαδή ἀκούωμεν δύο φθόγγους τῆς ἰδίας συχνότητος, ἔχομεν τὴν καλυτέραν συμφωνίαν καὶ τὸ μουσικὸν διάστημα λέγεται πρώτη. Ἐὰν τὸ διάστημα εἶναι $2 : 1$, ὅποτε ὁ ὀξύτερος φθόγγος ἔχει διπλασίαν συχνότητα, τὸ διάστημα λέγεται ὀγδόη. Εἰς τὴν Μουσικὴν χρησιμοποιοῦμεν ἐπίσης διαστήματα δευτέρας, τρίτης, τετάρτης κ.λπ. καὶ ἤχους μὲ συχνότητας ἀπὸ 40 Hz μέχρι 4 000 Hz.

§ 89. Μουσικὴ κλίμαξ. Οὕτως ὀνομάζεται μία σειρά φθόγγων, οἱ ὁποῖοι χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν Μουσικὴν καὶ χωρίζονται μεταξύ των μὲ ὠρισμένα μουσικὰ διαστήματα.

Οί φθόγγοι τῆς βασικῆς κλίμακος εἶναι ὀκτώ, ἡ κλίμαξ ὁμως ἐπεκτείνεται εἰς ὑψηλοτέρους καὶ χαμηλοτέρους φθόγγους με ὀγδόας. Ὁ φθόγγος ἀπὸ τὸν ὁποῖον ἀρχίζει ἡ μουσικὴ κλίμαξ ὀνομάζεται βᾶσις τῆς κλίμακος.

Αἱ συχνότητες τῶν φθόγγων μιᾶς μουσικῆς κλίμακος καθορίζονται με ἀκρίβειαν, ὅταν ὀρισθῆ ἡ συχνότης ἐνὸς οἰουδήποτε φθόγγου καὶ τὰ μουσικὰ διαστήματα.

Τὰ ὀνόματα τῶν φθόγγων τῆς μουσικῆς κλίμακος εἶναι τὰ ἐξῆς ἑπτὰ :

do, re, mi, fa, sol, la, si

Τὰ διαστήματα δευτέρας, τρίτης, τετάρτης, πέμπτης, ἕκτης, ἑβδόμης, λογιζόμενα ἀπὸ τοῦ do καὶ ἄνωθεν αὐτοῦ εἶναι τὰ ἀκόλουθα :

$9/8$, $5/4$, $4/3$, $3/2$, $5/3$, $15/8$

Ἐπάρχουν διάφοροι κατηγορίαι μουσικῶν κλιμάκων :

α) **Διατονικὴ ἢ φυσικὴ κλίμαξ.** Ἡ κλίμαξ αὐτὴ περιλαμβάνει τρία διαφορετικὰ διαστήματα, σχετικῶς ὡς πρὸς δύο διαδοχικοὺς φθόγγους : τὰ διαστήματα $9/8$ καὶ $10/9$, τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται τόνοι καὶ τὸ διάστημα $16/15$ τὸ ὁποῖον ὀνομάζεται ἡμιτόνιον. Εἰς τὴν βασικὴν κλίμακα, ὁ φθόγγος ἔχει συχνότητα 440 Hz.

β) **Χρωματικὴ κλίμαξ.** Ἡ βασικὴ διατονικὴ κλίμαξ ἐπαναλαμβανομένη με ὀγδόας, ὑψηλότερον ἢ χαμηλότερον, δὲν εἶναι δυνατόν νὰ ἐπαρκέσῃ διὰ τὰς ἀνάγκας τῆς συγχρόνου Μουσικῆς. Δι' αὐτὸν τὸν λόγον κατεσκεύασαν μίαν κλίμακα, ἡ ὁποῖα περιλαμβάνει 12 ἡμιτόνια ἴσα πρὸς 1,059. Ἡ κλίμαξ αὐτὴ ὀνομάζεται χρωματικὴ.

Ἐν προσέξωμεν τὰ πληκτρα τοῦ κλειδοκυμβάλου (πιάνου), θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι εἶναι λευκὰ καὶ μαῦρα. Τὰ μαῦρα πληκτρα ἀντιστοιχοῦν εἰς τοὺς φθόγγους ἐκείνους τῶν ὁποίων ἡ προσθήκη ἐδημιούργησε τὴν χρωματικὴν κλίμακα. Διὰ νὰ ἐπιτύχουν οἱ μουσικοὶ τὴν κατασκευὴν τῆς κλίμακος αὐτῆς διειτρήσαν τὸν φθόγγον la τῆς βασικῆς κλίμακος εἰς τὴν συχνότητα τῶν 440 Hz, παρήλλαξαν ὁμως ὀλίγον τὰς συχνότητας τῶν ἄλλων φθόγγων.

§ 90. Μουσικὰ ὄργανα. Τὰ μουσικὰ ὄργανα παράγουν εὐχαρίστους ἤχους, χωρίζονται δὲ εἰς τρεῖς κυρίως κατηγορίας.

α) **Τὰ ἔγχορδα.** Αὐτὰ εἶναι ὄργανα τὰ ὁποῖα ἔχουν χορδὰς, ὅπως τὸ βιολίον, ἡ βιόλα, τὸ βιολοντσέλον καὶ τὸ κοντραμπάσον. Εἰς τὰ ὄργανα αὐτὰ ὁ ἤχος παράγεται καθὼς σύρομεν τὸ δοξάριον ἐπάνω εἰς τὰς χορδὰς. Ἄλλα ἔγχορδα εἶναι ἡ κίθάρα καὶ τὸ μαντολίνον. Οἱ ἤχοι εἰς τὰ ὄργανα αὐτὰ παράγονται καθὼς ἔλκομεν τὰς χορδὰς με τὸ δάκτυλον ἢ τὰς πλήττομεν με ἓνα μικρὸν τρίγωνον.

Τὸ ὕψος τοῦ ἤχου εἰς ὅλα τὰ ἄνωτέρω ἔγχορδα ρυθμίζεται ἀπὸ τὸ σημεῖον εἰς τὸ ὁποῖον πιέζομεν τὴν χορδὴν με τὰ δάκτυλα τῆς ἀριστερᾶς χειρός.

Ἡ ἄρπα εἶναι ἓνα ἄλλο ἔγχορδον ὄργανον, με πολλὰς χορδὰς, αἱ ὁποῖα ἤχοῦν, ὅταν τὰς ἔλκομεν με τὰ δάκτυλα καὶ ἐκάστη ἀπὸ τὰς ὁποίας παράγει ὀρισμένον

ήχων. Χορδὰς αἱ ὁποῖα παράγουν ὠρισμένον ἤχον ἔχει καὶ τὸ κλειδοκύμβαλον. Ἔνας μηχανισμὸς μοχλῶν συνδέει τὰ πληκτρα τὰ ὁποῖα πιέζομεν μὲ τὰ δάκτυλα, μὲ εἰδικὰ κατακόρυφα πληκτρα, τὰ ὁποῖα κρούουν τὰς χορδὰς.

β) Τὰ πνευστά. Τοιαῦτα ὄργανα εἶναι ἡ σάλπιγξ, ἡ τρόμπα, τὸ τρομπόνιον, τὸ κόρνον, τὸ κλαρίνον, τὸ φλάουτον, τὸ σαξόφωνον, κ.λπ. Τὰ ὄργανα αὐτὰ παράγουν ἤχον ὅταν φυσῶμεν ἀέρα εἰς ὠρισμένην θέσιν ἐντὸς αὐτῶν. Εἰς ἄλλα ἀπὸ αὐτὰ τὰ ὄργανα, π.χ. εἰς τὴν τρόμπαν, ὁ ἤχος παράγεται ἀπὸ τὰ χεῖλη ἐκείνου ὁ ὁποῖος παίζει τὸ ὄργανον, ἐνῶ εἰς ἄλλα, ὅπως εἰς τὸ κλαρίνον, ἀπὸ μίαν γλωσσίδα, ἡ ὁποία πάλλεται καθὼς φυσῶμεν. Εἰς τὰ χάλκινα πνευστά, ὅπως λέγονται αἱ τρόμπαι, τὸ τρομπόνιον, τὸ κόρνον, κ.λπ., τὸ ὕψος τοῦ φθόγγου ἐπιτυγχάνεται μὲ τὴν βοήθειαν κλειδιῶν ἢ ἐμβόλων (πιστονιῶν), μὲ τὰ ὁποῖα μικραίνουν ἢ μεγαλώνουν ὠρισμένους σωλῆνας, οἱ ὁποῖοι εὐρίσκονται εἰς τὸ σῶμα τοῦ ὄργάνου, ἐν συνδυασμῷ πρὸς τὸν ἀέρα τὸν ὁποῖον φυσῶμεν μὲ πίεσιν. Εἰς τὰ ξύλινα πνευστά, ὅπως εἰς τὸ κλαρίνον, εἰς τὰ φλάουτα καὶ εἰς τὰ σαξόφωνα, ὁ ἤχος μεταβάλλεται ὅταν ἀνοίγωμεν ἢ κλείωμεν ὠρισμένας ὀπὰς, αἱ ὁποῖαι ὑπάρχουν εἰς τὸ σῶμα τοῦ ὄργάνου.

γ) Τὰ κρουστά. Αὐτὰ εἶναι ὄργανα εἰς τὰ ὁποῖα ὁ ἤχος παράγεται ὅταν τὰ κρούωμεν (κτυπῶμεν) εἰς ὠρισμένην θέσιν. Κρουστά εἶναι τὰ τύμπανα, τὸ ξυλόφωνον, τὸ τρίγωνον, κ.λπ.

Αἱ ὀρχήστραι ἀποτελοῦνται ἀπὸ πολλὰ ὄργανα καὶ τῶν τριῶν κατηγοριῶν καὶ τοιοῦτοτρόπως διὰ συνδυασμοῦ τῶν ἤχων τοὺς ὁποῖους παράγουν, ἀποδίδουν μίαν μουσικὴν σύνθεσιν κατὰ τὸν καλύτερον τρόπον.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Ἐλαττοῦντες τὸ μῆκος μιᾶς χορδῆς, αὐξάνομεν τὴν συχνότητα τῶν παραγομένων ἤχων. Ἐλαττοῦντες τὸ μῆκος τῆς χορδῆς εἰς τὸ $1/v$ τοῦ ἀρχικοῦ καὶ διατηροῦντες σταθερὰν τὴν τάσιν, τὴν ὁποῖαν ἀσκοῦμεν ἐπ' αὐτῆς, παράγομεν ἤχον μὲ συχνότητα v - πλασίαν τοῦ ἀρχικοῦ.

2. Ἡ συχνότης τοῦ τόνου τὸν ὁποῖον παράγει μία χορδῆ, ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ μῆκος, τὸ πάχος καὶ τὸ ὑλικὸν τῆς χορδῆς, ὅπως ἐπίσης καὶ ἀπὸ τὴν τάσιν τὴν ὁποῖαν ἀσκοῦμεν ἐπὶ τῆς χορδῆς.

3. Οἱ ἠχητικοὶ σωλῆνες εἶναι κλειστοὶ καὶ ἀνοικτοί. Καὶ τὰ δύο εἶδη περιλαμβάνουν σωλῆνας μὲ ἐπιστόμιον καὶ στόμιον καὶ σωλῆνας μὲ ἐπιστόμιον καὶ γλωσσίδα. Εἰς τοὺς ἠχητικοὺς σωλῆνας μὲ ἐπιστόμιον καὶ στόμιον ὁ τόνος προκαλεῖται ἀπὸ τὰς ἀπ' εὐθείας παλμικὰς κινήσεις τοῦ ἀέρος, ἐνῶ εἰς τοὺς

ήχητικούς σωλήνες με έπιστόμιον και γλωσσίδα από τους παλμούς της γλωσσίδος.

4. Οί άνοικτοί ήχητικοί σωλήνες παράγουν ένα θεμελιώδη τόνον και όλους τους άνωτέρους άρμονικούς του, ενώ οί κλειστοί ένα θεμελιώδη και τους άνωτέρους άρμονικούς περιττής τάξεως.

5. Μουσικόν διάστημα δύο ήχων ονομάζεται ο λόγος των συχνοτήτων των.

6. Η μουσική κλίμαξ αποτελείται από σειράν ώρισμένων μουσικων φθόγγων, οί οποιοι χωρίζονται μεταξύ των με ώρισμένα μουσικά διαστήματα.

7. Η διατονική ή φυσική κλίμαξ περιλαμβάνει 5 τόνους δύο ειδών και 2 ήμιτόνια. Η χρωματική κλίμαξ περιλαμβάνει 12 ήμιτόνια. Βασικός φθόγγος εις τας δύο κλίμακας είναι τὸ Ια με συχνότητα 440 Hz.

8. Τὰ μουσικά ὄργανα είναι ἔγχορδα, πνευστά και κρουστά.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

88. Πόση είναι ή συχνότης του βασικού τόνου, του οποίου ο άρμονικός εκτης τάξεως έχει συχνότητα 1 200 Hz. (Απ. 171,4 Hz.)

89. Ένας τόνος έχει συχνότητα 264 Hz. Ποίαι είναι αί συχνότητες της άμέσως έπομένης ογδόης, πέμπτης και τετάρτης. (Απ. 528 Hz, 396 Hz, 352 Hz).

IV. ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

ΙΗ'— ΣΥΣΤΑΣΙΣ ΤΗΣ ΥΛΗΣ. ΜΟΡΙΑ ΚΑΙ ΑΤΟΜΑ

§ 91. Ἡ διαιρετότης τῆς ὕλης. Ἐάν παρατηρήσωμεν ἕνα τεμάχιον ψαμμίτου, θὰ ἴδωμεν ὅτι ἀποτελεῖται ἀπὸ μίαν πλειάδα μικρῶν κόκκων, συγκεκολλημένων μεταξὺ των καὶ ὀρατῶν μὲ γυμνὸν ὀφθαλμόν.

Θρυμματίζομεν τὸ τεμάχιον τοῦ ψαμμίτου κτυπῶντες αὐτὸ μὲ μίαν σφύραν. Οἱ μικροὶ κόκκοι διαχωρίζονται μεταξὺ των καὶ δημιουργοῦν ἕνα σωρὸν ἄμμου (σχ. 85).

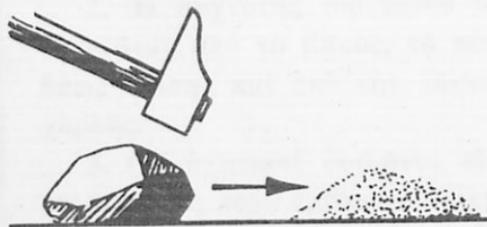
Ἐάν ἐξετάσωμεν ἕκαστον κόκκον μὲ φακόν, θὰ διαπιστώσωμεν ὅτι ὅλοι ἔχουν τὴν ἰδίαν ἐμφάνισιν. Ἐντονὸν δηλαδὴ λάμπσιν καὶ ἔδρας αἱ ὁποῖαι σχηματίζουν μεταξὺ των γωνίας, περισσότερον ἢ ὀλιγότερον ὀξείας.

Πείραμα. Λαμβάνομεν ἕνα φιάλιδιον μὲ πυκνὸν θειϊκὸν ὀξύ καὶ ρίπτομεν μίαν σταγόνα ἀπὸ τὸ ὀξύ αὐτὸ μέσα εἰς ἕνα δοκιμαστικὸν σωλῆνα μὲ ὕδωρ. Τὸ διάλυμα τὸ ὁποῖον προκύπτει, μολονότι εἶναι πολὺ ἀραιόν, ἐρυθραίνει ἐν τούτοις τὸ βάμμα τοῦ ἡλιοτροπίου. Ἀραιώνομεν ἀκόμη τὸ διάλυμα τοῦ ὀξέος, προσθέτοντες ὀλίγον ὕδωρ. Καὶ τὸ νέον ἀραιότερον διάλυμα ἐξακολουθεῖ νὰ ἐρυθραίνει τὸ βάμμα τοῦ ἡλιοτροπίου.

Ὅπως ὁ ψαμμίτης, οὕτω καὶ τὸ θειϊκὸν ὀξύ διηρέθη εἰς μικρότατα σωματίδια, τὰ ὁποῖα ὁμως διετήρησαν τὰς χαρακτηριστικὰς ἰδιότητας τοῦ ὀξέος. Ἐρυθραίνουν δηλαδὴ τὸ βάμμα τοῦ ἡλιοτροπίου.

Τίθεται ὁμως τώρα τὸ ἐρώτημα: Δυνάμεθα νὰ διαιρῶμεν ἐπ' ἄπειρον τὰ σωματίδια ἐνὸς ὑλικοῦ χωρὶς νὰ ἐξαφανισθοῦν αἱ ἰδιότητες τῆς οὐσίας;

Ἡ ἀπάντησις εἰς τὸ ἀνωτέ-



σχ. 85. Ὅταν θρυμματισθῇ ὁ ψαμμίτης σχηματίζει σωρὸν ἄμμου.

ρω ἐρώτημα εἶναι ἀρνητική. Ἡ διαίρεσις αὐτὴ ἔχει ἓνα ὄριον καὶ τὸ ὄριον αὐτὸ καθορίζει τὸ **μόριον** τῆς οὐσίας. Ὡστε :

Τὸ **μόριον** εἶναι ἡ μικροτέρα ποσότης ἐνὸς χημικῶς καθαροῦ σώματος, ἡ ὁποία δύναται νὰ ὑπάρχη καὶ νὰ διατηρηῆ τὰς χαρακτηριστικὰς ιδιότητας αὐτοῦ τοῦ σώματος.

§ 92. Τὰ μόρια. Τὰ μόρια εἶναι ὑλικά σωματίδια μὲ πολὺ μικρὸν μέγεθος. Διὰ νὰ ἀντιληφθῶμεν τὴν μικρότητα τῶν μορίων, ἄς ἐπιχειρήσωμεν τὸν ἐπόμενον παραλληλισμὸν.

Θεωροῦμεν μίαν σταγόνα ὕδατος καὶ τὴν ὑδρόγειον σφαῖραν. Ὅ,τι εἶναι ἓνα πορτοκάλιον διὰ τὴν Γῆν, εἶναι καὶ ἓνα μόριον ὕδατος διὰ τὴν σταγόνα τοῦ ὕδατος (σχ. 86).

Τὰ μόρια ἐνὸς χημικῶς καθαροῦ σώματος, ὅπως π.χ. τὸ ὀξυγόνον, ὁ χαλκός, τὸ ὕδωρ, ἡ σάκχαρις κ.λπ., εἶναι ὅμοια μεταξύ των, ἐνῶ τὰ μόρια τῶν μειγμάτων, ὅπως ὁ ἀήρ, τὸ γάλα κ.λπ., εἶναι διαφορετικά.

Ὅπως γνωρίζομεν ἀπὸ τὰ μαθήματα τῆς προηγούμενης τάξεως, τὰ μόρια οἰοῦντοτε σώματος δὲν ἠρεμοῦν, ἀλλὰ κινουνοῦνται ἀκαταπαύστως. Εἰς τὰ στερεὰ ἡ κίνησις αὐτὴ εἶναι ταλάντωσις μὲ πολὺ μικρὸν πλάτος, διότι τὰ μόρια τῶν σωμάτων αὐτῶν εἶναι πολὺ πλησίον τὸ ἓνα εἰς τὸ ἄλλον (σχ. 87, I).

Τὰ μόρια τῶν ὑγρῶν

ὑδρόγειος σφαῖρα



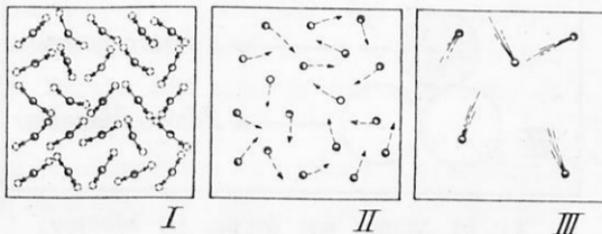
πορτοκάλιον

σταγὸν ὕδατος



μόριον ὕδατος

Σχ. 86. Τὸ μόριον τοῦ ὕδατος καὶ ἡ σταγὸν ὕδατος εὐρίσκονται εἰς τὴν ἀναλογίαν πορτοκαλλίου καὶ ὑδρόγειου σφαίρας.



Σχ. 87. Διὰ τὴν ἐξήγησιν τῆς δομῆς στερεῶν (I), ὑγρῶν (II) καὶ ἀερίων (III).

εύρισκονται εις μεγαλυτέρας μεταξύ των αποστάσεις (έν σχέσει με τὰς αποστάσεις τῶν μορίων τῶν στερεῶν) καὶ κινούνται πλέον ζωηρῶς τὸ ἓνα ὡς πρὸς τὸ ἄλλον, διατηρῶντα σταθερὰς τὰς ἀποστάσεις των. Ἐνα μῶριον ὑγροῦ, δηλαδή, κινεῖται έν σχέσει πρὸς τὰ ἄλλα μῶρια, μέσα εις τὴν μάζαν τοῦ ὑγροῦ, διατηρεῖ ὅμως σταθερὰν ἀπόστασιν ἀπὸ τὰ γειτονικά του μῶρια (σχ. 87, II).

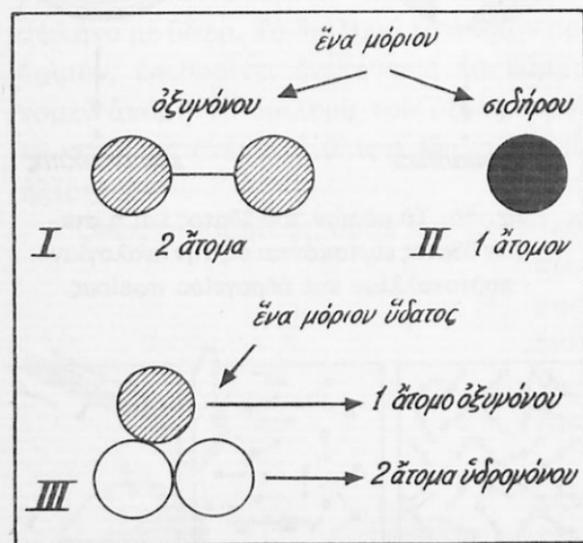
Τὰ μῶρια τέλος τῶν ἀερίων κινούνται ὡς ἐλαστικαὶ σφαιραὶ, ταχύτατα καὶ ἀτάκτως πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις (σχ. 87, III). Ἀποτέλεσμα τῆς κινήσεως αὐτῆς εἶναι ἡ ἐκτόνωσις τῶν ἀερίων καὶ ἡ πίεσις των.

Αἱ ταχύτητες μετὰς ὁποίας κινούνται τὰ μῶρια τῶν ἀερίων εἶναι ἀρκετὰ μεγάλα. Εἰς τὸ διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος ἡ μέση ταχύτης τῶν μορίων εἶναι ἴση μετὰ 1 440 km/h, ἴση δηλαδή πρὸς τὴν ταχύτητα τῶν ἀεριοθουμένων ἀεροπλάνων ἐνῶ τῶν μορίων τοῦ ὑδρογόνου εἶναι ἀκόμη μεγαλυτέρα καὶ φθάνει τὰ 7 200 km/h. Ὡστε :

Τὰ μῶρια τῶν ὑλικῶν σωμάτων εἶναι ἀπείρως μικρά. Δέν ἡρεμοῦν ἀλλὰ κινούνται ἀκαταπαύστως. Τὸ εἶδος τῆς κινήσεως τῶν μορίων ἐνὸς σώματος καθορίζει τὴν φυσικὴν κατάστασιν τοῦ σώματος.

§ 93. Τὰ ἄτομα. Κατόπιν τῶν ὄσων εἶπομεν ἀνωτέρω, δέν πρέπει νὰ νομισθῆ ὅτι τὰ μῶρια ἀποτελοῦν τὸ ἀδιαίρετον πλέον τμήμα τῆς ὕλης. Πράγματι τὰ σωματίδια αὐτὰ σχηματίζονται ἀπὸ μικρότερα ἀκόμη ὑλικά συστατικά, τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται **ἄτομα**.

Προκειμένου περὶ ἀπλῶν σωμάτων, τὰ μῶρια αὐτῶν ἀποτελοῦνται ἀπὸ ὁμοειδῆ ἄτομα. Τὰ μῶρια τῶν συνθέτων σωμάτων ὁμως ἀποτελοῦνται ἀπὸ διαφορετικὰ μεταξύ των ἄτομα. Οὕτως, ἐνῶ τὸ μῶριον τοῦ ὀξυγόνου, τὸ ὁποῖον εἶναι ἀπλοῦν σῶμα,



Σχ. 88. Μῶρια καὶ ἄτομα. (I) Μῶριον ὀξυγόνου, (II) μῶριον σιδήρου, (III) μῶριον ὕδατος.

ἀποτελείται ἀπὸ δύο ὅμοια μεταξύ των ἄτομα ὀξυγόνου, τὸ μόριον τοῦ ὕδατος, τὸ ὁποῖον εἶναι σύνθετον σῶμα, περιλαμβάνει συνδεδεμένα μεταξύ των, δύο ἄτομα ὕδρογόνου καὶ ἓνα ἄτομον ὀξυγόνου (σχ. 88).

Τὰ ἄτομα σπανίως ἀπαντοῦν εἰς ἐλευθέραν κατάστασιν, ἐκτὸς ἀπὸ τὴν περίπτωσιν τῶν λεγομένων εὐγενῶν ἀερίων (ἀργόν, κρυπτόν, νέον, ξένον, ἥλιον καὶ ραδόνιον). Εἰς ὄρισμένας ἄλλας περιπτώσεις, ὅπου τὸ μόριον ἑνὸς στοιχείου ἀποτελείται ἀπὸ ἓνα ἄτομον, ὅπως συμβαίνει μὲ τὰ μέταλλα, τὰ ἄτομα αὐτὰ δὲν εἶναι ἐλεύθερα, ἀλλὰ σχηματίζουν κανονικὰ διατεταγμένα συγκροτήματα, τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται κρύσταλλοι.

Ἐφ' ὅσον τὰ ἄτομα εἶναι κατὰ κάποιον τρόπον ὑποδιαίρεσις τῶν μορίων, συμπεραίνομεν ὅτι ἔχουν μικρότερον ἀκόμη μέγεθος.

Ἄν φαντασθῶμεν τὸ ἀπλούστερον ἄτομον, δηλαδή τὸ ἄτομον τοῦ στοιχείου ὕδρογόνου, ὡς σφαῖραν, ἢ σφαῖρα αὐτὴ θὰ εἶχε διάμετρον ἴσην πρὸς δέκα ἑκατομμυριοστὰ τοῦ χιλιοστομέτρου.

Εἰς τὰς ἠλεκτρονικὰς λυχνίας, ὅπου ἔχομεν ἐπιτύχει «ύψηλὸν κενόν», ὅπως λέγομεν, (δηλαδή ἡ πίεσις τοῦ ἀερίου ἐντὸς αὐτῶν εἶναι τῆς τάξεως τοῦ ἑκατομμυριοστοῦ τοῦ χιλιοστομέτρου ὑδραργυρικῆς στήλης), παραμένουν ἀκόμη 270 ἑκατομμύρια ἄτομα εὐγενῶν ἀερίων εἰς ἕκαστον κυβικὸν ἑκατοστόμετρον.

Μέχρι σήμερον οὐδεὶς ἔχει ἰδεῖ τὰ ἄτομα καὶ πιθανὸν νὰ μὴ δυνηθῶμεν ποτὲ νὰ τὰ ἴδωμεν. Οἱ Φυσικοὶ μόνον τὰ φαντάζονται καὶ τὰ περιγράφουν, στηριζόμενοι εἰς φαινόμενα, τὰ ὁποῖα προκαλοῦνται ὑπὸ εἰδικὰς συνθήκας καὶ τὰ ὁποῖα δύνανται νὰ παρακολουθήσουν.

§ 94. Σύστασις τοῦ ἀτόμου. Ἐνα ἄτομον οἴουδήποτε στοιχείου ἀποτελεῖται ἀπὸ τὸν κεντρικὸν πυρῆνα, εἰς τὸν ὁποῖον εἶναι συγκεντρωμένη ὅλη σχεδὸν ἡ μᾶζα τοῦ ἀτόμου καὶ ἀπὸ τὰ ἠλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα περιστρέφονται εἰς ἑλλειπτικὰς ἢ κυκλικὰς τροχιάς περὶ τὸν πυρῆνα. Τὸ ἄτομον δηλαδή εἶναι δυνατόν νὰ θεωρηθῆ ὡς μικρογραφία τοῦ ἡλιακοῦ μας συστήματος, μὲ Ἥλιον τὸν πυρῆνα καὶ πλανήτας τὰ ἠλεκτρόνια.

Τὸ ἄτομον τοῦ ὕδρογόνου περιλαμβάνει ἓνα μόνον ἠλεκτρόνιον (σχ. 89). Ἡ ἀτομικὴ Φυσικὴ διδάσκει ὅτι ἐὰν ὁ πυρῆν τοῦ ἀτόμου τοῦ ὕδρογόνου εἶχε διάμετρον ἑνὸς ἑκατοστομέτρου, τὸ ἠλεκτρόνιον του θὰ περιστρέφετο περὶ τὸν πυρῆνα εἰς ἀπόστασιν 410 μέτρων.



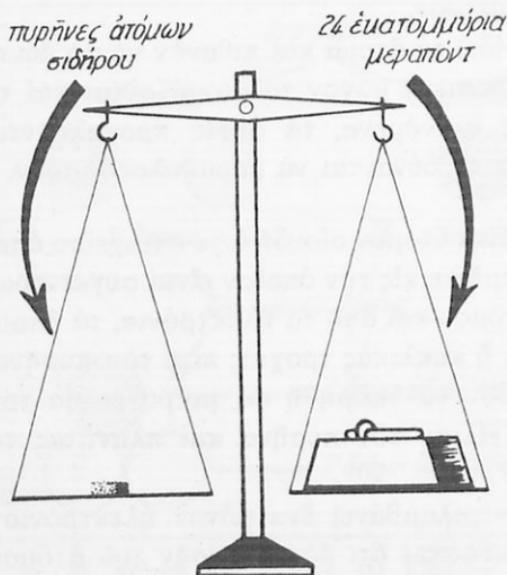
Σχ. 89. Άτομον υδρογόνου.

Το άτομον του στοιχείου ουρανίου, περιλαμβάνει 92 ηλεκτρόνια. Εάν παραστήσωμεν τόν πυρήνα του ουρανίου με ένα πορτοκάλιον, τὰ πλησιέστερα ηλεκτρόνια θὰ περιστρέφονται εἰς ἀπόστασιν 100 m ἀπὸ τὸν πυρήνα, ἐνῶ τὰ πλέον ἀπομακρυσμένα εἰς ἀπόστασιν 1500 m. Ἡ ἀτομικὴ Φυσικὴ διδάσκει ἀκόμη ὅτι ἡ μᾶζα τοῦ ηλεκτρονίου εἶναι μόλις ἴση με τὸ 1/2 000 περίπου τῆς μᾶζης τοῦ πυρήνος τοῦ ἀτόμου τοῦ υδρογόνου.

Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι :

α) Ἡ μᾶζα τῶν ἀτόμων τῶν διαφόρων στοιχείων εἶναι, ὅλη σχεδόν, συγκεντρωμένη εἰς τὸν πυρήνα.

β) Εἰς τὸν συνολικὸν χῶρον τοῦ ἀτόμου, μικρὸν ποσοστὸν καταλαμβάνει ἡ ὕλη. Τὸ μεγαλύτερον τμήμα τοῦ ἀτομικοῦ χώρου εἶναι κενόν, τὰ δὲ ηλεκτρόνια κινουῦνται εἰς ἔλλειπτικὰς ἢ κυκλικὰς τροχιάς περὶ τὸν πυρήνα καὶ εἰς τεραστίας, συγκριτικῶς ἀποστάσεις.



Σχ. 90. Ὁ ἀτομικὸς χῶρος περιλαμβάνει ἓνα πολὺ μεγάλο κενὸν μέρος.

Ἄν ἠδυνάμεθα νὰ κατασκευάσωμεν ἓνα μικρὸν πλακίδιον με μέγεθος ἴσον πρὸς ἐκεῖνο τῶν πλακιδίων τῆς σακχάρως, χρησιμοποιουῦντες ὡς ὕλικὸν συμπαγεῖς πυρῆνας ἀτόμων σιδήρου, χωρὶς κενὸν χῶρον, τὸ βάρος τοῦ μικροῦ αὐτοῦ πλακιδίου θὰ ἦτο ἴσον με 24 ἑκατομμύρια μεγαπόντ. Τὸ παράδειγμα αὐτὸ δίδει μίαν εἰκόνα τοῦ κενοῦ τὸ ὅποιον παρεμβάλλεται εἰς τὴν δομὴν τῆς ὕλης (σχ. 90).

1. Μόριον ὀνομάζομεν τὴν μικροτέραν ποσότητα τῆς ὕλης ἐνὸς σώματος, ἢ ὅποια δύναται νὰ ὑπάρξῃ εἰς ἐλευθέραν κατάστασιν καὶ νὰ διατηρῇ τὰς ιδιότητας τοῦ σώματος αὐτοῦ.

2. Τὰ μόρια ἔχουν πολὺ μικρὰς διαστάσεις καὶ εὐρίσκονται εἰς ἀδιάκοπον κίνησιν, τὸ εἶδος τῆς ὁποίας καθορίζει τὰς φυσικὰς καταστάσεις τῆς ὕλης.

3. Τὸ ἄτομον εἶναι ἡ μικροτέρα ποσότης τῆς ὕλης ἐνὸς ἀπλοῦ σώματος.

4. Ἀπὸ τὴν σύνδεσιν ὁμοειδῶν ἀτόμων προκύπτουν τὰ μόρια τῶν ἀπλῶν σωμάτων.

5. Τὰ μόρια τῶν ἀπλῶν σωμάτων ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἀνομοιοειδῆ ἄτομα.

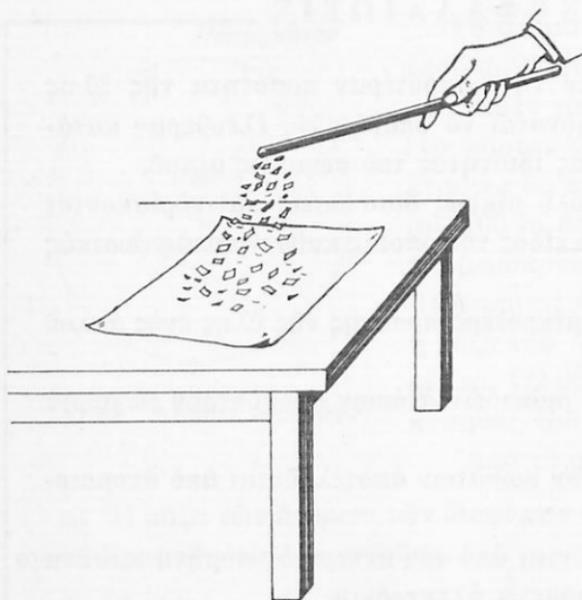
6. Τὰ ἄτομα ἀποτελοῦνται ἀπὸ τὸν κεντρικὸν πυρῆνα καὶ ἓνα ἢ περισσότερα περιστρεφόμενα ἠλεκτρόνια.

7. Ἡ μᾶζα τοῦ ἠλεκτρονίου εἶναι περίπου ἴση μὲ τὸ $1/2000$ τῆς μᾶζης τοῦ πυρῆνος τοῦ ἀτόμου τοῦ ὕδρογόνου. Ἡ μᾶζα ἐπομένως τοῦ ἀτόμου εὐρίσκεται συγκεντρωμένη εἰς τὸν πυρῆνα του.

ΙΘ'—ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ ΑΤΟΜΟΥ. ΠΥΡΗΝΕΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΑ

§ 95. Ἠλεκτρισμός. Πείραμα. Τρίβομεν μίαν ράβδον ἀπὸ ἐβονίτην (ὁ ὅποιος εἶναι ἓνα συνθετικὸν ὑλικὸν) μὲ μάλλινον ἢ μεταξωτὸν ὕφασμα ἢ δέρμα γαλῆς καὶ κατόπιν πλησιάζομεν τὴν ράβδον εἰς πολὺ ἐλαφρὰ καὶ μικρὰ τεμάχια χάρτου. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι τὰ τεμάχια αὐτὰ ἔλκονται ἀπὸ τὴν ράβδον καὶ προσκολλῶνται εἰς τὴν ἐπιφανείαν τῆς (σχ. 91). Τὸ ἴδιον ἀκριβῶς συμβαίνει ἐὰν τρίψωμεν μὲ μάλλινον ὕφασμα μίαν ὑαλίνην ράβδον κ.λπ.

Αὐτὴ ἡ περίεργος ἐκ πρώτης ὄψεως ιδιότης ἦτο γνωστὴ κατὰ τὴν ἀρχαιότητα. Ὁ **Θαλῆς ὁ Μιλήσιος** εἶχε παρατηρήσει ὅτι ὅταν ἔτριβε ἓνα τεμάχιον ἠλέκτρον (κοινῶς κεχριμπάρι) μὲ ἓνα ὕφασμα, τὸ ἠλεκτρον ἀπέκτα τὴν ιδιότητα νὰ ἔλκῃ πολὺ ἐλαφρὰ σώματα, ὅπως τρίχας, πούπουλα, κ.λπ. Ἡ ιδιότης αὐτὴ τῶν σωμάτων ὀνομάσθη **ἠλεκτρισμός**.



Σχ. 91. Μετά την τριβήν της με ξηρόν μάλλινον ύφασμα, ή ράβδος του έβονίτου έλκει μικρά τεμάχια χάρτου.

Τὰ σώματα τὰ ὁποῖα ἀποκτοῦν τὴν ιδιότητα τοῦ ἠλεκτρισμοῦ λέγομεν ὅτι εἶναι ἠλεκτρισμένα ἢ ὅτι εἶναι φορτισμένα ἠλεκτρικῶς. Ἡ διαδικασία δέ, μετὴν ὁποῖαν ἀποκτοῦν τὴν ιδιότητα τοῦ ἠλεκτρισμοῦ τὰ σώματα, ὀνομάζεται ἠλέκτρισις.

Ἐνα ἠλεκτρισμένον σῶμα λέγομεν ὅτι ἔχει ἠλεκτρικὰ φορτία. Τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον δὲν εἶναι ὀρατόν, ἢ δὲ παρουσία του διαπιστοῦται μόνον ἀπὸ τὰ ἀποτελέσματα τὰ ὁποῖα προκαλεῖ.

Τὰ σώματα τὰ ὁποῖα δὲν ἔχουν ἠλεκτρικὰ φορτία λέγομεν ὅτι εἶναι ἠλεκτρικῶς οὐδέτερα.

§ 96. Θετικὸς καὶ ἀρνητικὸς ἠλεκτρισμὸς. Ἡλεκτρικὸν ἔκκρεμές.

α) Αἱ δυνάμεις αἱ ὁποῖαι ἐνεφανίσθησαν μετὴν τριβὴν τῆς ράβδου τοῦ έβονίτου καὶ προεκάλεσαν τὴν ἔλξιν τοῦ χάρτου εἶναι πολὺ μικραῖ.

Εἶναι εὐκολώτερον νὰ μελετήσωμεν τὰ ἠλεκτρικὰ φαινόμενα χρησιμοποιοῦντες τὸ ἠλεκτρικὸν ἔκκρεμές, μίαν συσκευὴν δηλαδὴ ἢ ὁποῖα ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓνα ἐλαφρὸν σφαιρίδιον φελλοῦ ἢ ἄντεριώνης τῆς ἀκταίας (ψύχαν κουφοξυλιάς), τὸ ὁποῖον κρέμαται ἀπὸ ἓνα λεπτὸν μετάξινον νῆμα, προσδεδεμένον εἰς ἓνα λεπτὸν κατάλληλον ὑποστήριγμα (σχ. 92).

Πείραμα. Πλησιάζομεν εἰς τὸ ἠλεκτρικὸν ἔκκρεμές μίαν ράβδον ἀπὸ έβονίτην, ἢ ὁποῖα προηγουμένως ἔχει τριφθῆ μετὰ μάλλινον ύφασμα. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι τὸ σφαιρίδιον τοῦ ἔκκρεμοῦς ἔλκεται ἀπὸ τὴν ράβδον, εὐθὺς δὲ ὡς ἔλθῃ εἰς ἐπαφὴν μετ' αὐτῆς ἀπωθεῖται καὶ ἀπομακρύνεται ἀπὸ αὐτὴν, παραμένον εἰς μίαν ὠρισμένην ἀπόστασιν (σχ. 92 I, II).

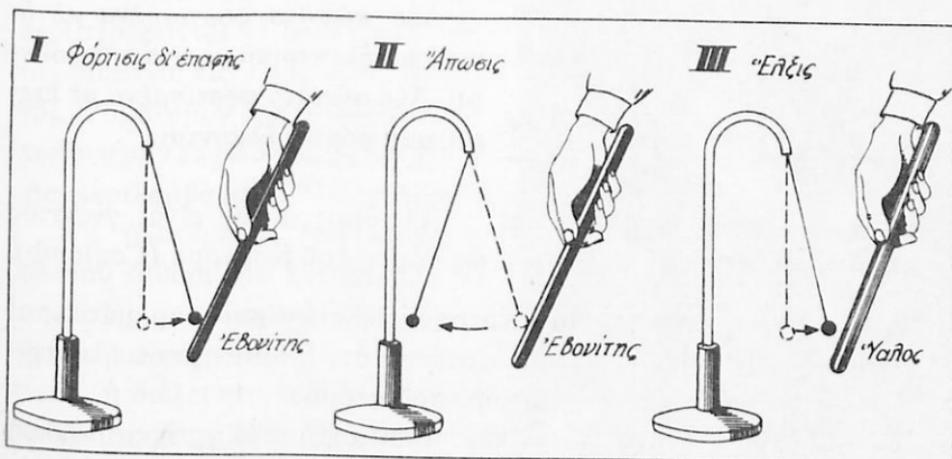
Όταν τὸ σφαιρίδιον ἤλθεν εἰς ἐπαφὴν μὲ τὴν ράβδον τοῦ ἐβονίτου, παρέλαβεν ἓνα μέρος ἀπὸ τὰ ἠλεκτρικὰ φορτία τῆς ράβδου καὶ ἠλεκτρίσθη. Ἐπομένως ὁ ἠλεκτρισμένος ἐβονίτης ἀπωθεῖ τὸ ἠλεκτρικὸν ἐκκρεμές, τὸ ὁποῖον ἠλεκτρίσθη κατὰ τὴν ἐπαφὴν του μὲ αὐτόν.

Τὰ ἴδια ἀκριβῶς φαινόμενα θὰ παρατηρήσωμεν, ἂν ἐκτελέσωμεν τὸ ἴδιον πείραμα, χρησιμοποιοῦντες ἠλεκτρισμένην ράβδον ἀπὸ ὕalon ἢ ἄλλο κατάλληλον ὑλικόν. Ὡστε :

Ἐνα ἠλεκτρισμένον σῶμα **A**, ἀσκεῖ ἀπωστικὴν δύναμιν ἐπὶ ἐνὸς ἄλλου σώματος **B**, τὸ ὁποῖον ἠλεκτρίσθη ἐξ αἰτίας τῆς ἐπαφῆς του μὲ τὸ **A**.

β) Θεωροῦμεν ἐκ νέου τὸ ἠλεκτρικὸν ἐκκρεμές, τὸ ὁποῖον ἠλεκτρίζομεν μὲ μίαν ράβδον ἀπὸ ἐβονίτην, ὅπως εἰς τὸ προηγούμενον πείραμα. Ἐὰν κατόπιν πλησιάσωμεν εἰς τὸ ἐκκρεμές αὐτὸ μίαν ἠλεκτρισμένην ράβδον ἀπὸ ὕalon, θὰ παρατηρήσωμεν ἔλξιν τοῦ ἐκκρεμοῦς ἀπὸ τὴν ὑαλίνην ἠλεκτρισμένην ράβδον (σχ. 92, III). Δηλαδή ἐνῶ ὁ ἠλεκτρισμένος ἐβονίτης ἀπωθεῖ τὸ φορτισμένον ἐκκρεμές, ἡ ἠλεκτρισμένη ὕalos τὸ ἔλκει.

Συμπεραίνομεν ἐπομένως ὅτι ὁ ἠλεκτρισμός, ὁ ὁποῖος παρουσιάσθη εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἐβονίτου, δημιουργεῖ τὰ ἀντίθετα ἀποτελέσματα ἀπὸ τὸν ἠλεκτρισμόν, ὁ ὁποῖος παρουσιάσθη εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς ὕalos.



Σχ. 92. Τὸ σφαιρίδιον, τὸ ὁποῖον ἐφορτίσθη δι' ἐπαφῆς ἀπὸ τὴν ράβδον τοῦ ἐβονίτου, ἀπωθεῖται κατόπιν ἀπὸ αὐτὴν, ἐνῶ ἔλκεται ἀπὸ τὴν ἠλεκτρισμένην ὑαλίνην ράβδον.

Οὕτω δυνάμεθα νὰ εἴπωμεν ὅτι :

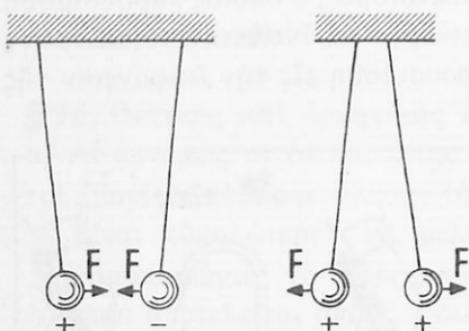
Πᾶν ἠλεκτρισμένον σῶμα συμπεριφέρεται εἴτε ὡς ἠλεκτρισμένη ὑάλος, εἴτε ὡς ἠλεκτρισμένος ἐβονίτης.

Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω καταλήγομεν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι ὑπάρχουν δύο διαφορετικὰ εἶδη ἠλεκτρισμοῦ. Ὁ ἠλεκτρισμὸς ὁ ὁποῖος ἀναφάινεται εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς ὑάλου καὶ ὁ ὁποῖος χαρακτηρίζεται ὡς θετικὸς ἠλεκτρισμὸς (σύμβολον $+$) καὶ ὁ ἠλεκτρισμὸς ὁ ὁποῖος παρουσιάζεται εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἐβονίτου καὶ ὁ ὁποῖος χαρακτηρίζεται ὡς ἀρνητικὸς ἠλεκτρισμὸς (σύμβολον $-$).

§ 97. Νόμος τῆς ἔλξεως καὶ ἀπώσεως τῶν ἠλεκτρικῶν φορτίων.
Δύο σώματα τὰ ὁποῖα εἶναι ἀμφοτέρα φορτισμένα μὲ θετικὸν ἠλεκτρισμὸν ἢ ἀμφοτέρα μὲ ἀρνητικὸν ἠλεκτρισμὸν, λέγομεν ὅτι φέρουν ὁμώνυμα ἠλεκτρικὰ φορτία.

Ἄν τὸ ἓνα ἔχη θετικὸν καὶ τὸ ἄλλο ἀρνητικὸν ἠλεκτρισμὸν, τότε λέγομεν ὅτι φέρουν ἑτερόνυμα φορτία.

Τὰ προηγούμενα πειράματα μᾶς ἐπιτρέπουν νὰ διατυπώσωμεν τὸν ἀκόλουθον νόμον :



Δύο σώματα φορτισμένα μὲ ὁμώνυμα ἠλεκτρικὰ φορτία ἀπωθοῦνται. Δύο σώματα φορτισμένα μὲ ἑτερόνυμα φορτία ἔλκονται.

Σχ. 93. Τὰ ἑτερόνυμα φορτία ἔλκονται (I), τὰ ὁμώνυμα ἀπωθοῦνται (II).

Ὁ νόμος αὐτὸς εἶναι γνωστὸς ὡς νόμος τοῦ Κουλόμπ (Coulomb).

§ 98. Πυρὴν καὶ ἠλεκτρόνια. Κατόπιν μελετῶν καὶ πειραμάτων οἱ Φυσικοὶ ὠδηγήθησαν εἰς τὴν διαπίστωσιν ὅτι ἡ ιδιότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ εἶναι συνέπεια τῆς κατασκευῆς τοῦ ἀτόμου.

Ὅλα τὰ ἄτομα κατέχουν ἓναν κεντρικὸν πυρῆνα ὕλης, ἢ κατασκευὴ τοῦ ὁποῖου εἶναι γενικῶς περίπλοκος.

Ὁ πυρὴν τῶν ἀτόμων ἀποτελεῖται ἀπὸ σωματίδια φορτισμένα μὲ θετικὸν ἠλεκτρισμὸν, τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται πρωτόνια καὶ ἀπὸ ἀφόρ-

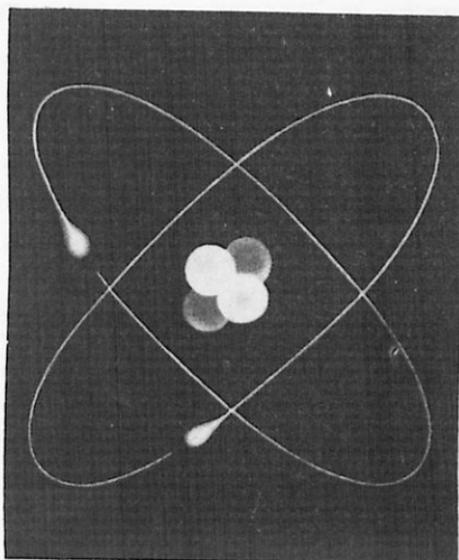
τιστα σωματίδια, δηλαδή ηλεκτρικῶς οὐδέτερα, τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται νετρόνια. Οὕτω, π.χ., εἰς τὸν πυρῆνα τοῦ ἀτόμου τοῦ ὑδρογόνου, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ τὸ ἀπλούστερον ἄτομον, ὑπάρχει 1 πρωτόνιον καὶ οὐδὲν νετρόνιον, ἐνῶ εἰς τὸν πυρῆνα τοῦ ἡλίου ὑπάρχουν 2 πρωτόνια καὶ 2 νετρόνια (σχ. 94, I, II).

Τὰ ηλεκτρόνια διατάσσονται κατὰ ὁμάδας καὶ περιστρέφονται περὶ τὸν πυρῆνα εἰς διαφορετικὰς τροχιάς. Ὅσα ηλεκτρόνια κινούνται εἰς τροχιάς τῆς ἰδίας ἀκτίνας, λέγομεν ὅτι ἀνήκουν εἰς τὸν ἴδιον φλοιόν. Τὰ ηλεκτρόνια εἶναι ἀρνητικῶς φορτισμένα σωματίδια. Τὸ ἀρνητικὸν

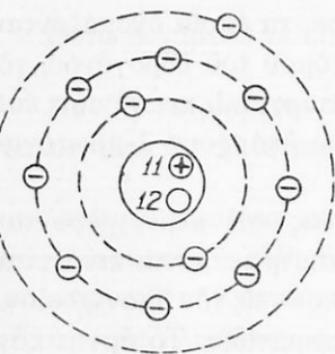
φορτίον ἐνὸς ηλεκτρονίου εἶναι ἴσον ἀριθμητικῶς μὲ τὸ θετικὸν φορτίον ἐνὸς πρωτονίου. Ἐπειδὴ δὲ τὸ ἄτομον εἶναι ηλεκτρικῶς οὐδέτερον, ὁ ἀριθμὸς τῶν πρωτονίων εἶναι ἴσος μὲ τὸν ἀριθμὸν τῶν ηλεκτρονίων του. Τοιοῦτοτρόπως τὸ ἄτομον τοῦ ἡλίου ἔχει πυρῆνα μὲ δύο πρωτόνια, περὶ τὸν ὁποῖον περιστρέφονται δύο ηλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα σχηματίζουν ἓνα φλοιόν. Τὸ ἄτομον τοῦ νατρίου ἔχει πυρῆνα μὲ 11 πρωτόνια, περὶ τὸν ὁποῖον περιστρέφονται 11 ηλεκτρόνια, κατανεμημένα εἰς τρεῖς φλοιούς (σχ. 95). Τὸ ἄτομον τοῦ οὐρανίου ἔχει πυρῆνα μὲ 92 πρωτόνια καὶ 46 νετρόνια, περιλαμβάνει δὲ 92 ηλεκτρόνια.

Τὰ ηλεκτρόνια τοῦ ἐξωτάτου φλοιοῦ καθορίζουν καὶ ἐξηγοῦν τὰς χημικὰς ἀντιδράσεις τῶν στοιχείων καὶ φαινόμενα ὡς ὁ ηλεκτρισμός, ἡ διέλευσις τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος μέσα ἀπὸ τοὺς ἀγωγούς, ἡ ηλεκτρόλυσις, κ.λπ. Ὡστε :

Τὸ ἄτομον οἰοῦδήποτε στοι-



Σχ. 94. Συγκρότησις τοῦ ἀτόμου τοῦ ἡλίου (I). Τὰ δύο περιστρεφόμενα ηλεκτρόνια σχηματίζουν ἓνα φλοιόν (II).



Σχ.95.Το άτομον του νατρίου.

συμπεριφοράν του ατόμου και εξηγεί ώρισμένα φαινόμενα.

Σημείωσις. Οί περισσότεροι από τους πυρήνας των διαφόρων στοιχείων είναι σταθεροί. Ώρισμένοι όμως πυρήνες, όπως οί πυρήνες του στοιχείου ραδίου και του ουρανίου, παρουσιάζουν αστάθειαν ή όποία όφείλεται εις την πολύπλοκον κατασκευήν των και δι' αυτόν τον λόγον διασπώνται.

Είναι δυνατόν να συμβή φυσικώς και άβιάστως έκπομπή σωματιδίων από τον πυρήνα όπως επίσης και μετατροπή νετρονίων εις πρωτόνια. Αύτα τά φαινόμενα χαρακτηρίζονται γενικώς με τον όρον «ραδιενέργεια» και καταλήγουν εις την διάσπασιν της ύλης ή όποία πραγματοποιείται πολύ βραδέως.

Διά να διασπασθῆ π.χ. μία ώρισμένη ποσότης ραδίου και να άπομεινῆ ή ήμισια της άρχικῆς άπαιτούνται 1 600 έτη ενώ διά να άπομεινῆ ή ήμισια ποσότης από ώρισμένην μάζαν ουρανίου άπαιτούνται 4,5 δισεκατομμύρια έτη.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο Σ Ι Σ

1. Ώρισμένοι ουσίαι όπως ή ύαλος, τά πλαστικά ύλικά, κ.λπ., δύνανται έξ αιτίας της τριβῆς να ήλεκτρισθοῦν.

2. Ύπάρχουν δύο είδη ήλεκτρισμοῦ. Ό θετικὸς ήλεκτρισμός, ό όποίος άναφαίνεται εις την έπιφάνειαν της ύαλου, και ό άρνητικὸς, ό όποίος παρουσιάζεται εις την έπιφάνειαν του έβονίτου, όταν τρίψωμεν τά σώματα αυτά με ένα μάλλινον ύφασμα.

3. Δύο σώματα φορτισμένα με όμώνυμα ήλεκτρικά φορτία άπωθοῦνται. Δύο σώματα φορτισμένα με έτερόνυμα φορτία έλκονται.

4. Ένα άτομον ενός στοιχείου αποτελείται από τον πυρήνα και τα περιστρεφόμενα περιᾶ αὐτὸν ἠλεκτρόνια.

5. Ὁ πυρὴν περιέχει πρωτόνια, τὰ ὁποῖα εἶναι σωματίδια φορτισμένα μὲ θετικὸν ἠλεκτρισμὸν καὶ νετρόνια τὰ ὁποῖα εἶναι ἀφόρτιστα σωματίδια.

6. Τὸ ἠλεκτρόνιον φέρει ἀρνητικὸν ἠλεκτρισμὸν, ἴσον πρὸς τὸν θετικὸν ἠλεκτρισμὸν ἐνὸς πρωτονίου. Τὸ ἄτομον ἔχει τόσα ἠλεκτρόνια, ὅσα καὶ πρωτόνια. Συνεπῶς ἐμφανίζεται ἠλεκτρικῶς οὐδέτερον.

7. Τὰ ἠλεκτρόνια περιφέρονται κατὰ ὁμάδας εἰς ὠρισμένας τροχιάς περιᾶ τὸν πυρὴνα.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

90. Τὸ μικρόμετρον ($1 \mu\text{m}$) εἶναι μιὰ πολὺ μικρὰ μονὰς μετρήσεως μήκους καὶ εἶναι $1 \mu\text{m} = 10^{-3} \text{mm}$. Νὰ ἀποδοθῆ ἡ τιμὴ αὐτῆς τῆς μονάδος εἰς ἑκατοστόμετρα καὶ μέτρα. (Ἐπ. 10^{-4}cm , 10^{-6}m .)

91. Τὸ Ἄγγστρεμ (1 \AA , 1 \AA) εἶναι μονὰς μήκους μικροτέρα ἀπὸ τὸ μικρόμετρον. Εἶναι δὲ $1 \text{ \AA} = 10^{-4} \mu\text{m}$. Νὰ ἀποδοθῆ ἡ τιμὴ αὐτῆς τῆς μονάδος εἰς ἑκατοστόμετρα καὶ μέτρα. Τὰ ἀποτελέσματα νὰ ἐκφρασοῦν μὲ τὴν χρησιμοποίησιν δυνάμεων τοῦ δέκα. (Ἐπ. $1 \text{ \AA} = 10^{-8} \text{cm} = 10^{-10} \text{m}$.)

92. Εἰς τὸ αἷμα ἐνὸς ὕγειοῦς ἀτόμου περιέχονται $25 \cdot 10^{12}$ ἐρυθρὰ αἰμοσφαίρια, τὰ ὁποῖα ἔχουν διάμετρον $7 \mu\text{m}$. Ποῖον θὰ ἦτο τὸ μῆκος εἰς χιλιόμετρα τῶν ἐρυθρῶν αἰμοσφαιρίων τοῦ αἵματος ἐνὸς ἀνθρώπου, ἐὰν ἐποθετοῦντο εἰς σειρὰν τὸ ἕνα κατόπιν τοῦ ἄλλου. (Ἐπ. $175\,000 \text{km}$.)

93. Τὸ σῶμα τοῦ ἀνθρώπου περιέχει 5 λίτρα αἵματος, μέσα εἰς τὸ ὁποῖον ὑπάρχουν $25 \cdot 10^{12}$ ἐρυθρὰ αἰμοσφαίρια. α) Νὰ ὑπολογισθῆ ὁ ἀριθμὸς τῶν αἰμοσφαιρίων, τὰ ὁποῖα ὑπάρχουν εἰς 1cm^3 αἵματος. (Τὸ ἐρυθρὸν αἰμοσφαίριον δύναται νὰ θεωρηθῆ ὡς κόβος ἀκμῆς $2 \mu\text{m}$). β) Νὰ εὐρεθῆ τὸ ὕψος τοῦ κυλίνδρου, ὁ ὁποῖος θὰ κατεσκευάζετο ἐὰν συνεσωρεύοντο τὸ ἕνα ἐπὶ τοῦ ἄλλου ὅλα τὰ ἐρυθρὰ αἰμοσφαίρια, τὰ ὁποῖα περιέχονται εἰς ἕνα κυβικὸν ἑκατοστὸν αἵματος. (Ἐπ. α' $5 \cdot 10^9$. β' 10km .)

94. Διὰ νὰ πραγματοποιηθῶμεν τὸ μῆκος ἐνὸς ἑκατοστομέτρου, πρέπει νὰ τοποθετήσωμεν εἰς εὐθείαν γραμμὴν 40 ἑκατομμύρια μόρια ὕδρογόνου, τὰ ὁποῖα θεωροῦμεν σφαιρικά. Νὰ ὑπολογισθῆ εἰς ἑκατοστόμετρα ἡ διάμετρος ἐνὸς μορίου ὕδρογόνου. Ἡ τιμὴ τῆς διαμέτρου νὰ ἐκφρασθῆ μὲ τὴν χρησιμοποίησιν δυνάμεως τοῦ δέκα μὲ ἀρνητικούς ἐκθέτας. (Ἐπ. $25 \cdot 10^{-9} \text{cm}$.)

95. Εἰς τὸ ἄτομον ὕδρογόνου, τὸ ἠλεκτρόνιον κινεῖται περιᾶ τὸν πυρὴνα ἀκολουθῶν κυκλικὴν τροχίαν ἀκτίνας 55 ἑκατομμυριοσῶν τοῦ μικρομέτρου (γράφομεν $55 \mu\text{m}$). Ἐὰν παραστήσωμεν μῆκος 1cm μὲ μῆκος 500km , πόση θὰ ἦτο ἡ διάμετρος τῆς περιφερείας, ἡ ὁποῖα θὰ παρίστανε τὴν τροχίαν τοῦ ἠλεκτρονίου. (Ἐπ. $5,5 \text{mm}$.)

§ 99. Γενικότητες. Όταν εξητάσαμεν τὰ φαινόμενα τῆς ἠλεκτρίσεως, τὰ ὁποῖα προκαλοῦνται μὲ τὴν τριβὴν, ἀνεφέραμεν ὅτι τὰ φαινόμενα αὐτὰ ὀφείλονται εἰς τὰ ἠλεκτρικὰ φορτία, τὰ ὁποῖα παραμένουν εἰς τὴν ἐξωτερικὴν ἐπιφάνειαν τῶν τριβομένων σωμάτων.

Μὲ καταλλήλους συνθήκας καὶ προϋποθέσεις τὰ ἠλεκτρικὰ φορτία εἶναι δυνατόν νὰ μετακινηθοῦν.

Ἡ ἀπὸ οἰανδήποτε αἰτίαν μετακίνησις ἠλεκτρικῶν φορτίων παράγει ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. Ὡστε :

Ἡλεκτρικὸν ρεῦμα παράγεται, ὅταν ἀπὸ οἰανδήποτε αἰτίαν προκληθῇ μετακίνησις ἠλεκτρικῶν φορτίων.

§ 100. Πηγαὶ ἢ γεννήτριαι ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Αὗται χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν παραγωγὴν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος καὶ εἶναι αἱ ἑξῆς :

α) Τὰ ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα τὰ ὁποῖα χρησιμοποιοῦνται κυρίως διὰ τὴν τροφοδοτήσιν μικρῶν φορητῶν ἠλεκτρικῶν συσκευῶν (φανάρια τσέπης, συσκευαὶ βαρηκόων, φορητὰ ραδιόφωνα, κ.λπ.). Πολλὰ ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα, καταλλήλως συνδεδεμένα, σχηματίζουν ἠλεκτρικὴν στήλην (σχ. 96).

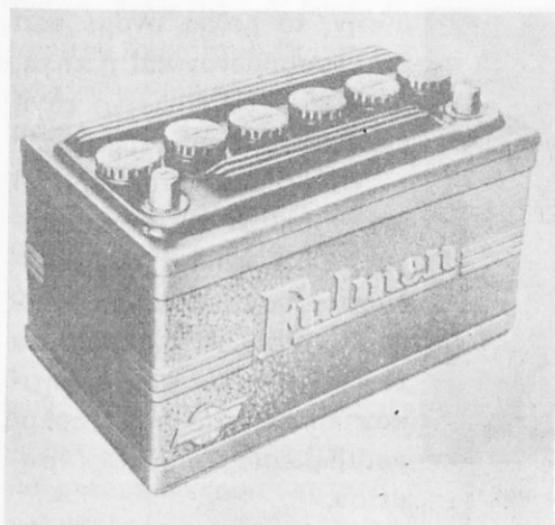


β) Οἱ ἠλεκτρικοὶ συσσωρευταὶ οἱ ὁποῖοι χρησιμοποιοῦνται εἰς τὰ αὐτοκίνητα, εἰς τὰ ὑποβρύχια διὰ νὰ τὰ κινοῦν ὅταν ἔχουν καταδυθῇ, εἰς τὰ ραδιόφωνα, κ.λπ. Πολλοὶ ἠλεκτρικοὶ συσσωρευταὶ, καταλλήλως συνδεδεμένοι σχηματίζουν συστοιχίαν συσσωρευτῶν (σχ. 97).

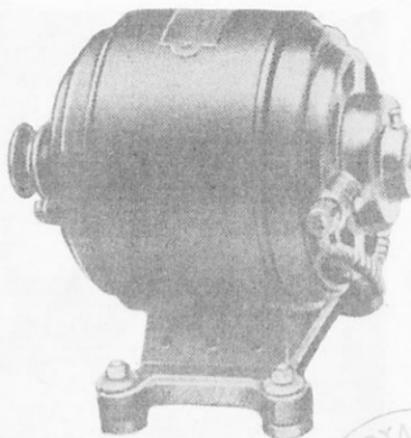
γ) Αἱ ἠλεκτρικαὶ δυναμαγεννήτριαι, αἱ ὁποῖαι ἀποτελοῦν τὰς σπουδαιότερας πηγὰς τροφοδοσίας ἠλεκτρικοῦ ρεύματος (σχ. 98).

Εἰς οἰονδήποτε τύπον ἠλεκτρικῆς πηγῆς ὑπάρχουν συνήθως τὰ ἄκρα δύο στελεχῶν, ἢ

σχ.96. Ἡλεκτρικὴ στήλη. συρμάτων, ἢ δύο ἑλασμάτων, τὰ ὁποῖα ὀνομά-



Σχ. 97. Ήλεκτρικὸς συσσωρευτῆς.



Σχ. 98. Ἐξωτερικὴ ἐμφάνισις δυναμογεννητρίας.

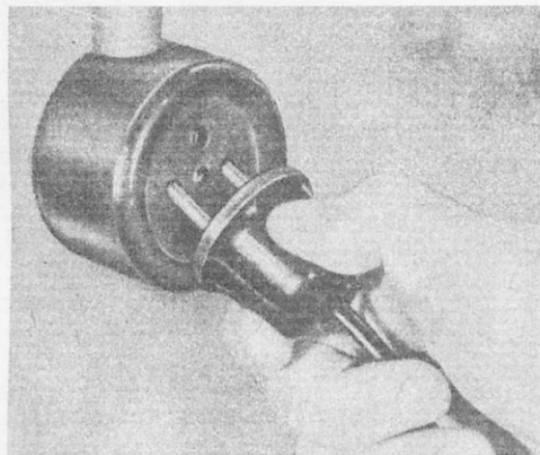
ζονται πόλοι τῆς πηγῆς. Ὁ ἓνας ἀπὸ τοὺς πόλους ὀνομάζεται θετικὸς πόλος καὶ σημειώνεται μὲ τὸ σύμβολον (+), ἐνῶ ὁ ἄλλος ἀρνητικὸς πόλος καὶ σημειώνεται μὲ τὸ σύμβολον (—).

§ 101. Συνεχὲς καὶ ἐναλλασσόμενον ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. Αἱ πηγαὶ τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος διακρίνονται εἰς δύο μεγάλας κατηγορίας: α) εἰς τὰς πηγὰς συνεχοῦς ρεύματος καὶ β) εἰς τὰς πηγὰς ἐναλλασσομένου ρεύματος.

Ὅταν οἱ πόλοι μιᾶς ἠλεκτρικῆς πηγῆς διατηροῦν ἀμετάβλητον τὸ σημεῖον των (παραμένουν δηλαδὴ θετικὸς ὁ θετικὸς πόλος καὶ ἀρνητικὸς ὁ ἀρνητικὸς πόλος, ὅσον χρονικὸν διάστημα ἐργάζεται καὶ τροφοδοτεῖ μὲ ρεῦμα ἢ πηγῇ), τότε ἡ φορὰ τοῦ ρεύματος μέσα εἰς ἓνα ἄγωγόν, ὁ ὁποῖος συνδέει τοὺς πόλους τῆς πηγῆς, διατηρεῖται σταθερά. Αὐτὸ τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ὀνομάζεται συνεχὲς καὶ ἡ πηγὴ ἢ ὁποῖα τὸ παράγει πηγὴ συνεχοῦς ρεύματος.

Τὰ ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα, οἱ συσσωρευταὶ καὶ αἱ γεννήτριαι ὀρισμένου τύπου παράγουν συνεχὲς ρεῦμα.

Ὅταν ὅμως οἱ πόλοι τῆς πηγῆς ἐναλλάσσουν τὸ σημεῖον των, (γίνονται δηλαδὴ διαδοχικῶς καὶ διαρκῶς θετικοὶ καὶ ἀρνητικοί), τότε καὶ ἡ φορὰ τοῦ ρεύματος μεταβάλλεται περιοδικῶς, ἀκολουθοῦσα τὴν περιοδικότητα τῆς μεταβολῆς τῶν πόλων. Εἰς τὴν περίπτωσιν



Σχ. 99. Ρευματοδότης (πρίζα) και ρευματολήπτης.

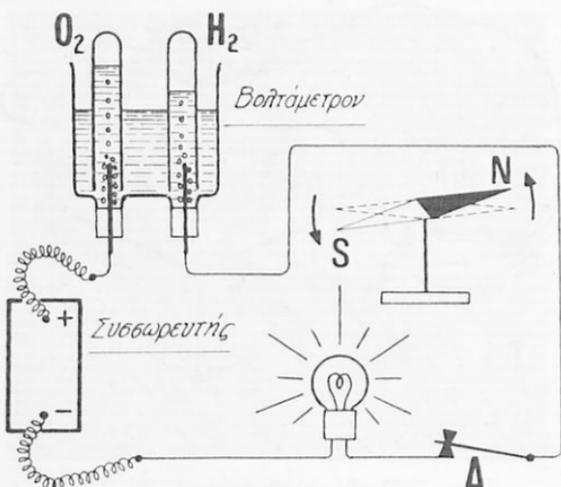
Τὰ ἐναλλασσόμενα ρεύματα διακρίνονται εἰς ρεύματα χαμηλῆς συχνότητος καὶ εἰς ρεύματα ὑψηλῆς συχνότητος.

Τὰ χαμηλῆς συχνότητος βιομηχανικὰ ἐναλλασσόμενα ρεύματα τῆς Εὐρώπης ὅπως εἶναι τὸ ρεῦμα τοῦ ἠλεκτρικοῦ δικτύου τροφοδοσίας τῶν πόλεων, ἔχουν συχνότητα 50 Hz. Ἐντὸς δηλαδὴ χρόνου 1 sec ἀλλάζουν 50 φορές πολικότητα οἱ πόλοι τῆς γεννητρίας, ἢ ὅποια παράγει τὸ ρεῦμα.

§ 102. Ἡλεκτρικὸν κύκλωμα. Πείραμα. Μὲ τρία ὅμοια χάλκινα σύρματα συνδέομεν ἓνα συσσωρευτὴν, ἓνα διακόπτην καὶ ἓνα μικρὸν λαμπτήρα, ὡς ἐξῆς : Συνδέομεν τὸν θετικὸν πόλον τοῦ συσσωρευτοῦ μὲ τὸν ἓνα ἀκροδέκτην τοῦ λαμπτήρος, χρησιμοποιοῦντες τὸ ἓνα σύρμα. Μὲ τὸ δεύτερον σύρμα συνδέομεν τὸν ἄλλον ἀκροδέκτην τοῦ λαμπτήρος μὲ τὸν διακόπτην, ἔχοντες τὸν διακόπτην ἀνοικτὸν, καὶ μὲ τὸ τρίτον σύρμα ἐνώνομεν τὸν διακόπτην μὲ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τοῦ συσσωρευτοῦ. Ἡ σύνδεσις αὕτη ἀποτελεῖ ἓνα ἠλεκτρικὸν κύκλωμα.

Κλείομεν τὸν διακόπτην, ὅποτε ὁ λαμπτήρ φωτοβολεῖ. Αὐτὸ συμβαίνει διότι κυκλοφορεῖ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς τὸ κύκλωμα. Τὸ ρεῦμα κυκλοφορεῖ χάρις εἰς τὰ χάλκινα σύρματα, τὰ ὅποια ἄγουν, δηλαδὴ μεταφέρουν τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα καὶ δι' αὐτὸ ὀνομάζονται ἀγωγοὶ συνδέσεως. Τὸ ρεῦμα θερμαίνει τὸ νῆμα τοῦ λαμπτήρος, τὸ ὅποιον οὕτω φωτοβολεῖ. Τὸ ἠλεκτρικὸν κύκλωμα εἶναι τώρα κλειστὸν (σχ. 100, I).

Ἀνοίγομεν τὸν διακόπτην, ὅποτε ὁ λαμπτήρ σβέννεται. Αὐτὸ συμ-



Σχ. 101. Διά την σπουδήν των αποτελεσμάτων του ηλεκτρικού ρεύματος.

και ηλεκτρόδια από σίδηρον. Τὸ χάλκινον σύρμα τοῦ ἀγωγοῦ συνδέσεως τοποθετεῖται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε ἓνα τμήμα του νὰ εἶναι παράλληλον πρὸς μίαν μαγνητικὴν βελόνην (σχ. 101).

Ὅταν εἶναι ἀνοικτὸν τὸ κύκλωμα, οὐδὲν φαινόμενον παρατηρεῖται, οὔτε εἰς τὸ βολτάμετρον, οὔτε εἰς τὸν λαμπτήρα, ἐνῶ ἡ μαγνητικὴ βελὼνη παραμένει παράλληλος πρὸς τὸ χάλκινον σύρμα.

Κλείομεν ἀκολουθῶς τὸν διακόπτην, ὅποτε παρατηροῦμεν τὰ ἐξῆς φαινόμενα :

α) Ἡ μαγνητικὴ βελὼνη ἀποκλίνει καὶ δὲν εἶναι πλέον παράλληλος πρὸς τὸν χάλκινον ἀγωγὸν συνδέσεως.

β) Ὁ λαμπτήρ ἀνάπτει. Τὸ μέταλλινον νῆμα τοῦ λαμπτήρος πυρακτοῦται καὶ φωτοβολεῖ.

γ) Εἰς τὰ ἠλεκτρόδια τοῦ βολταμέτρου ἐλευθεροῦνται ἀέρια.

Ὅταν συμβαίνουν τὰ ἀνωτέρω φαινόμενα, εἰς τὸ κύκλωμα κυκλοφορεῖ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα.

Ἀνοίγομεν τὸν διακόπτην. Ἀυτομάτως τὰ φαινόμενα τὰ ὅποια παρετηρήσαμεν διακόπτονται, ἡ μαγνητικὴ βελὼνη ἀναλαμβάνει παράλληλον θέσιν πρὸς τὸ χάλκινον σύρμα, ὁ λαμπτήρ σβέννυται καὶ ἡ παραγωγή ἀερίων εἰς τὰ ἠλεκτρόδια παύει. Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα δὲν κυκλοφορεῖ πλέον εἰς τὸ κύκλωμα.

Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι :

Ἡ κυκλοφορία ἠλεκτρικοῦ ρεύματος εἰς ἓνα κλειστὸν κύκλωμα προκαλεῖ :

α) **Θερμικὰ ἀποτελέσματα.** Θερμαίνει δηλαδὴ τοὺς ἀγωγούς, τοὺς ὁποίους διαρρέει. Οὔτω θερμαίνει καὶ πυρακτώνει τὸ σύρμα τοῦ λαμπτήρος, τὸ ὁποῖον φωτοβολεῖ.

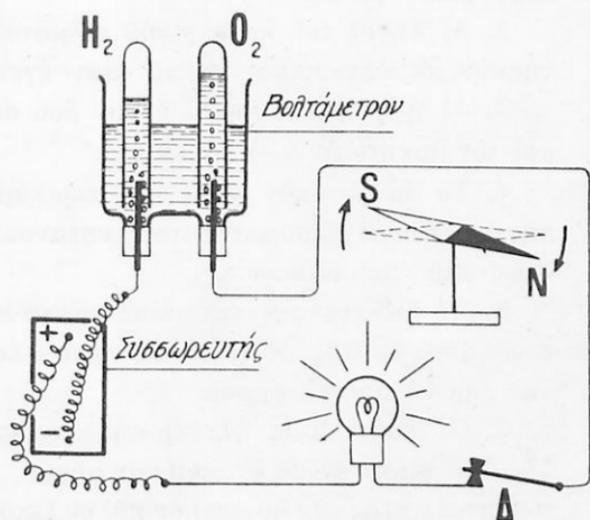
β) Μαγνητικά αποτελέσματα. Έκτρέπει μίαν μαγνητικὴν βελόνην ἀπὸ τὴν ἀρχικὴν τῆς θέσιν.

γ) Χημικὰ ἀποτελέσματα. Ἐλευθερώνει ἀέρια εἰς τὰ ἠλεκτρόδια ἐνὸς βολτάμετρον, τὸ ὁποῖον περιέχει ὕδατικὸν διάλυμα σόδας.

Ἐκτὸς ἀπὸ τὰ ἀποτελέσματα αὐτά, τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ὅταν διέλθῃ ἀπὸ τὸ ἀνθρώπινον σῶμα ἢ τὸ σῶμα τῶν ζῶων, ἀλλοιώνει τὰ κύτταρα καὶ δύναται νὰ προκαλέσῃ καὶ τὸν θάνατον (ἠλεκτροπληξία). Ἐξ ἄλλου, ὅταν διέρχεται ἀπὸ καταλλήλους μηχανὰς (ἠλεκτροκινητήρας), δύναται νὰ τὰς κινήσῃ. Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ὅταν κυκλοφορήσῃ μέσα ἀπὸ ἠραιωμένα ἀέρια τὰ ἀναγκάζει νὰ φωτοβολήσουν (σωληνες φωτεινῶν διαφημίσεων, λαμπτήρες φθορισμοῦ).

§ 104. Φορὰ τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Εἰς τὸ προηγούμενον πείραμα σημειοῦμεν τὸ ἠλεκτρόδιον εἰς τὸ ὁποῖον παράγεται ἡ μικροτέρα ποσότης ἀερίου. Τὸ ἠλεκτρόδιον αὐτὸ εἶναι συνδεδεμένον μὲ τὸν θετικὸν πόλον τοῦ συσσωρευτοῦ. Σημειοῦμεν ἐπίσης τὴν φορὰν τῆς ἀποκλίσεως τῆς μαγνητικῆς βελόνης.

Πείραμα. Διακόπτομεν τὸ κύκλωμα, γεμίζομεν καὶ τοὺς δύο ἀνεστραμμένους ὄγκομετρικοὺς σωληνας τῶν ἠλεκτροδίων μὲ ὕδατικὸν διάλυμα σόδας καὶ ἀφοῦ ἐναλλάξωμεν τοὺς ἀκροδέκτας τῶν ἀγωγῶν συνδέσεως μὲ τοὺς πόλους τοῦ συσσωρευτοῦ, ἐπαναλαμβάνομεν τὸ πείραμα (σχ. 102), ὁπότε διαπιστώνομεν ὅτι: α) Ὁ λαμπτήρ φωτοβολεῖ ὡς καὶ προηγουμένως. β) Ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἀποκλίνει, ἀλλὰ ἀντιθέτως ἀπὸ τὴν προηγουμένην φορὰν. γ) Εἰς τὸ βολτάμετρον τὸ ἠλεκτρό-



Σχ. 102. Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἔχει ὀρι-
σμένην φορὰν.

διον, εις τὸ ὁποῖον ἐλευθεροῦται ἡ μικροτέρα ποσότης ἀερίου, εἶναι καὶ πάλιν ἐκεῖνο τὸ ὁποῖον εἶναι συνδεδεμένον μὲ τὸν θετικὸν πόλο ν.

Ἐπὶ τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι :

Τὰ χημικὰ καὶ μαγνητικὰ ἀποτελέσματα τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ἀλλάζουν φορὰν, ὅταν ἐναλλάξωμεν τοὺς πόλους τῆς πηγῆς εἰς τὸ κύκλωμα καὶ συνεπῶς οἱ δύο πόλοι μιᾶς ἠλεκτρικῆς πηγῆς δὲν εἶναι ἰσοδύναμοι, τὸ δὲ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἔχει ὠρισμένην φορὰν.

Ὅπως λέγομεν, τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα κυκλοφορεῖ ἀπὸ τὸν θετικὸν πόλον πρὸς τὸν ἀρνητικὸν, ὡς πρὸς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα, καὶ ἀπὸ τὸν ἀρνητικὸν πόλον πρὸς τὸν θετικὸν πόλον ὡς πρὸς τὸ ἐσωτερικόν, δηλαδὴ μέσα εἰς τὸν συσσωρευτήν.

Ἡ φορὰ τῆς κυκλοφορίας τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ἐκτὸς τῆς ἠλεκτρικῆς πηγῆς δὲν γίνεται εἰς τὴν πραγματικότητα ἀπὸ τὸν θετικὸν πρὸς τὸν ἀρνητικὸν πόλον. Ἡ φορὰ αὐτὴ ὀνομάζεται συμβατικὴ φορὰ.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Οἰαδήποτε μετακίνησις ἠλεκτρικῶν φορτίων ἀποτελεῖ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα.

2. Αἱ πηγαὶ τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος δύνανται νὰ τροφοδοτήσουν μὲ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα μίαν ἐγκατάστασιν.

3. Αἱ ἠλεκτρικαὶ πηγαὶ ἔχουν δύο πόλους, τὸν θετικὸν (+) καὶ τὸν ἀρνητικὸν (—) πόλον.

4. Τὸ ἠλεκτρικὸν κύκλωμα περιλαμβάνει τὴν ἠλεκτρικὴν πηγήν, τὰ ἀγωγὰ σύρματα, τοὺς καταναλωτάς, τὰ ὄργανα μετρήσεως καὶ τὸν διακόπτην.

5. Ἡ διέλευσις ἠλεκτρικοῦ ρεύματος διὰ μέσου ἑνὸς κλειστοῦ κυκλώματος δύνανται νὰ προκαλέσῃ θερμικά, μαγνητικὰ καὶ χημικὰ ἀποτελέσματα.

6. Οἱ πόλοι μιᾶς ἠλεκτρικῆς πηγῆς δὲν εἶναι ἰσοδύναμοι. Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἔχεισμένην φορὰν. 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

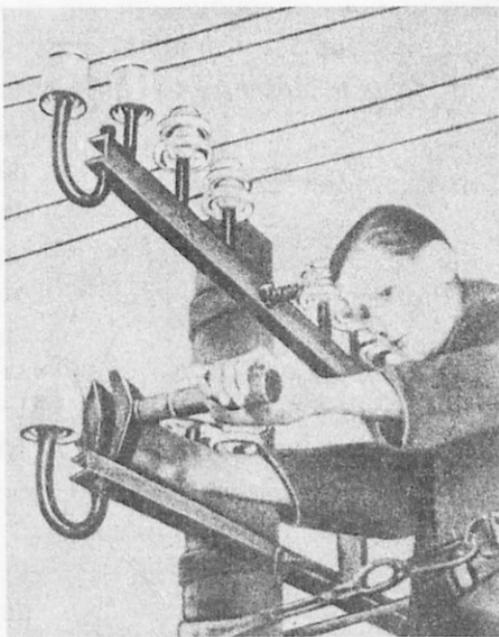
§ 105. Ἄγωγοι καὶ μονωταί. Πείραμα. Ἀντικαθιστῶμεν τὰ χάλκινα σύρματα τοῦ κυκλώματος, μὲ τὸ ὁποῖον διαπιστώσαμεν τὰ θερμικά, μαγνητικά καὶ χημικά ἀποτελέσματα τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος (βλ. σχ. 101) μὲ σύρματα ἀπὸ ἐλαστικὸν κόμι (καουτσούκ) ἢ ἀπὸ ἓνα πλαστικὸν ὑλικὸν καὶ κλείομεν τὸν διακόπτην, ὅποτε διαπιστοῦμεν ὅτι : α) ὁ λαμπτήρ δὲν ἀνάπτει, β) ἡ μαγνητικὴ βελόνη δὲν ἀποκλίνει καὶ γ) ἀέρια δὲν ἐκλύονται εἰς τὰ ἠλεκτρόδια.

Ἐφ' ὅσον οὐδὲν φαινόμενον παρατηρεῖται εἰς τὸ κύκλωμα, συμπεραίνομεν ὅτι δὲν κυκλοφορεῖ εἰς αὐτὸ ρεῦμα, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον ὀφείλεται εἰς τὴν φύσιν τῶν ἀγωγῶν συνδέσεως, τῶν ἐλαστικῶν δηλαδὴ ἢ πλαστικῶν συρμάτων.

Τὰ χάλκινα σύρματα, ἐπομένως, ἐπιτρέπουν εἰς τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα νὰ διέλθῃ μέσα ἀπὸ τὴν μάζαν των, ἐνῶ τὰ ἐλαστικά ἢ πλαστικά σύρματα ὄχι. Δι' αὐτὸ λέγομεν ὅτι ὁ χαλκὸς εἶναι καλὸς ἀγωγὸς ἢ ἀπλῶς ἀγωγὸς τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ἐνῶ τὸ ἐλαστικὸν κόμι κακὸς ἀγωγὸς τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἢ μονωτής.

Τὰ μέταλλα εἶναι ἀγωγοὶ τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ἢ ὕαλος, τὸ ξύλον, ἢ πορσελάνη (σχ. 103), τὸ ἀπεσταγμένον ὕδωρ, τὸ πετρέλαιον, κλπ., εἶναι μονωταί. Ὡστε :

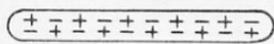
Ἄλλα τὰ σώματα δὲν ἐπιτρέπουν εἰς τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα νὰ διέλθῃ μέσα ἀπὸ τὴν μάζαν των. Ὑπάρχουν ἀγωγὰ σώματα, ὅπως τὰ μέταλλα, καὶ μονωτικὰ σώματα, ὅπως τὸ καουτσούκ.



Σχ. 103. Μονωταὶ ἀπὸ πορσελάνην εἰς τὸ τηλεφωνικὸν δίκτυον.



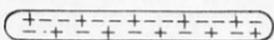
Έβονίτης



(I)



Έβονίτης



(II)

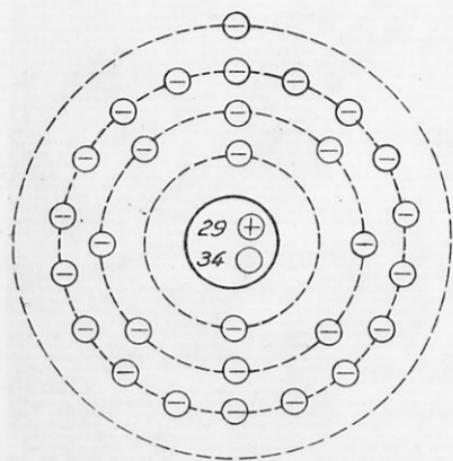
Σχ. 104. Διά την εξήγησιν τῆς ἠλεκτρισεως τοῦ ἐβονίτου. (I) Πρὶν ἀπὸ τὴν τριβὴν τὰ θετικὰ καὶ ἀρνητικὰ φορτία τοῦ δέρματος καὶ τῆς ράβδου εἶναι ἴσα. (II) Μετὰ τὴν τριβὴν εἰς τὸ δέσμα πλεονάζουν θετικὰ καὶ εἰς τὸν ἐβονίτην ἀρνητικὰ φορτία.

φορτίον τῶν περιστρεφομένων ἠλεκτρονίων.

Ἐὰν μὲ τὴν τριβὴν ἀποσπᾶσθωμεν ἠλεκτρόνια ἀπὸ μερικὰ ἄτομα ἐνὸς ὑλικοῦ, παρουσιάζεται εἰς αὐτὸ πλεόνασμα θετικῶν φορτίων, ἐπειδὴ τὸ φορτίον τοῦ πυρήνος παραμένει ἀμετάβλητον.

Εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς ράβδου τοῦ ἐβονίτου ἔχομεν νὰ παρατηρήσωμεν τὰ ἑξῆς :

Πρὶν τρίψωμεν τὴν ράβδον μὲ τὸ δέσμα τῆς γαλῆς, αὐτὴ εἶχεν ἰσάριθμα θετικὰ καὶ ἀρνητικὰ φορτία, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον συνέβαινε καὶ μὲ τὸ δέσμα. Κατὰ τὴν τριβὴν ὅμως, τὸ δέσμα τῆς γαλῆς ἀπώλεσε μερικὰ ἠλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα παρέλαβεν ὁ ἐβονίτης (σχ. 104). Τοιοῦτοτρόπως τὸ δέσμα ἐφορτίσθη μὲ θετικὸν ἠλεκτρισμὸν ὁ δὲ ἐβονίτης μὲ ἀρνητικὸν ἠλεκτρισμὸν. Ἐπομένως συμπεραίνωμεν ὅτι :



Σχ. 105. Σχηματικὴ παράστασις ἀτόμου χαλκοῦ.

Τὰ σώματα τὰ ὁποῖα εἶναι φορτισμένα μὲ θετικὸν ἠλεκτρισμὸν

§ 106. Ἐξήγησις τῆς ἠλεκτρίσεως. Ἄν τρίψωμεν τὸ ἄκρον μιᾶς ράβδου ἀπὸ ἐβονίτην μὲ δέσμα γαλῆς, θὰ ἀναφανοῦν, ὅπως γνωρίζομεν, εἰς τὸ τριβόμενον μέρος τῆς ράβδου, ἀρνητικὰ ἠλεκτρικὰ φορτία, τὰ ὁποῖα ἔλκουν μικρὰ τεμάχια χάρτου (βλ. σχ. 91).

Ἡ ἐξήγησις τοῦ φαινομένου εἶναι ἀπλή εἰς τὸν γνώστην τῆς κατασκευῆς τοῦ ἀτόμου.

Τὸ ἄτομον εἶναι ἠλεκτρικῶς οὐδέτερον, ἐφ' ὅσον τὸ θετικὸν φορτίον τοῦ πυρήνος εἶναι ἀριθμητικῶς ἴσον μὲ τὸ ἀρνητικὸν

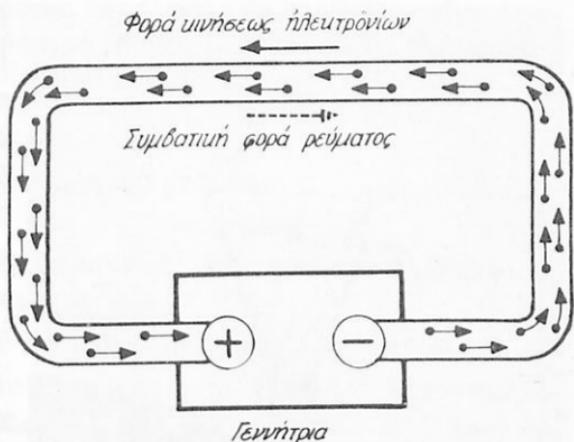
παρουσιάζουν έλλειμμα ήλεκτρονίων, ενώ αντίθετως τὰ σώματα τὰ έχοντα άρνητικόν ήλεκτρισμόν παρουσιάζουν πλεόνασμα ήλεκτρονίων.

§ 107. Τò ήλεκτρικόν ρεύμα είς τούς μεταλλικούς άγωγούς. Τά μέταλλα είναι άγωγοί του ήλεκτρισμού. Έάν μελετήσωμεν τήν κατασκευήν των άτόμων των μετάλλων, θά παρατηρήσωμεν ότι είς τόν έξώτατον φλοιόν κινείται ένας άριθμός ήλεκτρονίων (συνήθως 1, 2 ή 3 ήλεκτρόνια). Ούτως τò άτομον του χαλκού π.χ. τò όποϊον περιλαμβάνει 29 ήλεκτρόνια (σχ. 105) έχει ένα μόνον περιφερόμενον ήλεκτρόνιον είς τήν έξωτάτην τροχιάν. Τò άπομεμονωμένον αυτό ήλεκτρόνιον είναι

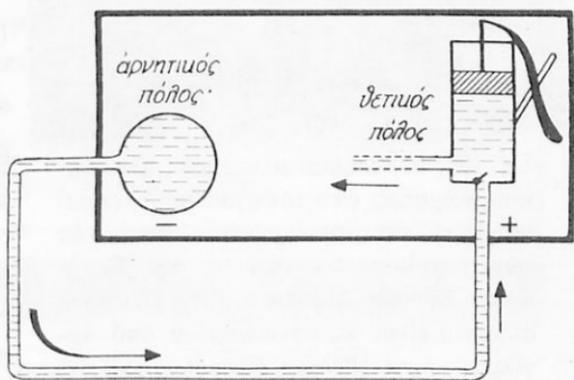
σχετικώς άπομεμακρυσμένον άπό τόν πυρήνα, ό όποϊος δέν δύναται νά τò συγκρατήσει ίσχυρώς. Δι' αυτόν τόν λόγον άποσπάται με εύκολίαν άπό τò άτομον του χαλκού και μεταβάλλεται είς έλευθέρον ήλεκτρόνιον.

Ένα τεμάχιον χαλκού ή ένα τεμάχιον ενός άλλου μετάλλου περικλείει, έπομένως, μίαν ποσότητα έλευθέρων ήλεκτρονίων, τὰ όποϊα μετακινούνται μέσα είς τήν μάζαν του μετάλλου, κατά έντελώς άκανόνιστον τρόπον.

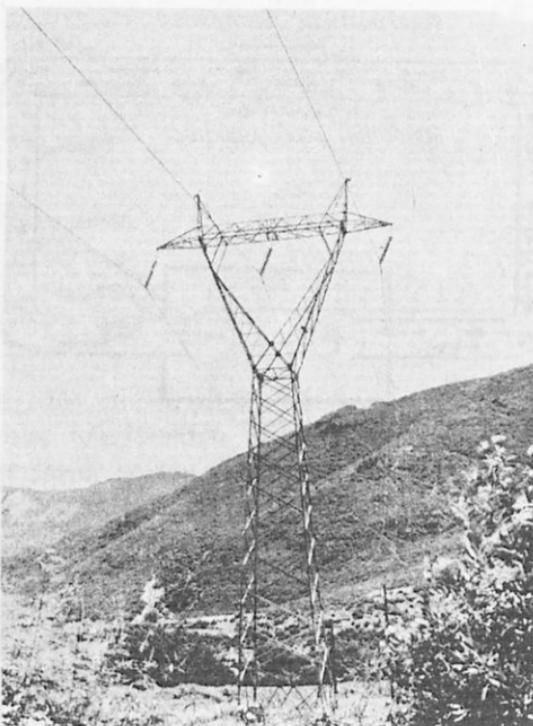
Έάν συνδέσωμεν τούς πόλους μις ήλεκτρικής γεννητριάς (π.χ. ενός συσσωρευτού) με ένα μεταλλικόν σύρμα, τότε έχομεν ένα άπλου



Σχ. 106. Ό θετικός πόλος της πηγής έλκει τὰ ήλεκτρόνια του μετάλλου, ενώ ό άρνητικός τὰ άπωθει.



Σχ. 107. Η ήλεκτρική πηγή λειτουργεί ως άντλία ήλεκτρονίων.



Σχ. 107, α. Γραμμαι μεταφορᾶς ηλεκτρικοῦ ρεύματος, ἀπὸ τὸ ἐργοστάσιον παραγωγῆς εἰς τοὺς τόπους καταναλώσεως, ἐκ τῶν χρησιμοποιουμένων εἰς τὸν Ἑλληνικὸν Ἐθνικὸν Δίκτυον (ΔΕΗ). Τὰ ἀγωγὰ σύρματα εἶναι κατεσκευασμένα ἀπὸ ἀργίλιον μὲ χαλύβδινον ὁμως πυρῆνα καὶ ἐξαρτῶνται ἀπὸ τὰ ὑποστηρίγματα τῶν μεταλλικῶν στύλων μὲ καταλήλους μονωτάς.

πραγματικὴ φορὰ ἐπομένως τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος, ἔξω ἀπὸ τὴν ηλεκτρικὴν πηγὴν, εἶναι ἀπὸ τὸν ἀρνητικὸν πρὸς τὸν θετικὸν πόλον. Ἡ φορὰ αὕτη λέγεται ἠλεκτρονικὴ φορὰ καὶ εἶναι ἀντίθετος πρὸς τὴν συμβατικὴν φορὰν. Ὡστε :

Ἡ πραγματικὴ φορὰ τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος μέσα εἰς τοὺς ρευματοφόρους μεταλλικοὺς ἀγωγοὺς εἶναι ἀπὸ τὸν ἀρνητικὸν πρὸς τὸν θετικὸν πόλον καὶ ὀνομάζεται ἠλεκτρονικὴ φορὰ. Ἡ ἠλεκτρονικὴ φορὰ εἶναι ἀντίθετος πρὸς τὴν συμβατικὴν φορὰν.

ἠλεκτρικὸν κύκλωμα (σχ. 106). Ὁ θετικὸς πόλος τῆς πηγῆς ἔλκει τὰ ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια τοῦ μετάλλου, ἐνῶ ὁ ἀρνητικὸς πόλος τὰ ἀπωθεῖ. Μὲ αὐτὸν τὸν τρόπον δημιουργεῖται μία ἀδιάκοπος κυκλοφορία ἠλεκτρονίων μέσα εἰς τὸ μεταλλικὸν σύρμα. Ἡ ἠλεκτρικὴ πηγὴ λειτουργεῖ συνεπῶς ὡς μία «ἀντλία ἠλεκτρονίων» (σχ. 107). Ὡστε :

Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα μέσα εἰς τοὺς μεταλλικοὺς ἀγωγοὺς ὀφείλεται εἰς τὴν μετακίνησιν τῶν ἐλευθέρων ἠλεκτρονίων.

§ 108. Ἡλεκτρονικὴ φορὰ τοῦ ρεύματος. Ὅταν ἐνώσωμεν τὸν θετικὸν καὶ τὸν ἀρνητικὸν πόλον μιᾶς γεννητρίδας, προκαλεῖται μετακίνησις ἠλεκτρονίων μέσα εἰς τὸν μεταλλικὸν ἀγωγόν, ἀπὸ τὸν ἀρνητικὸν πρὸς τὸν θετικὸν πόλον (βλ. σχ. 106). Ἡ πραγματικὴ φορὰ ἐπομένως τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος, ἔξω ἀπὸ τὴν ηλεκτρικὴν πηγὴν, εἶναι ἀπὸ τὸν ἀρνητικὸν πρὸς τὸν θετικὸν πόλον. Ἡ φορὰ αὕτη λέγεται ἠλεκτρονικὴ φορὰ καὶ εἶναι ἀντίθετος πρὸς τὴν συμβατικὴν φορὰν. Ὡστε :

Ἡ πραγματικὴ φορὰ τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος μέσα εἰς τοὺς ρευματοφόρους μεταλλικοὺς ἀγωγοὺς εἶναι ἀπὸ τὸν ἀρνητικὸν πρὸς τὸν θετικὸν πόλον καὶ ὀνομάζεται ἠλεκτρονικὴ φορὰ. Ἡ ἠλεκτρονικὴ φορὰ εἶναι ἀντίθετος πρὸς τὴν συμβατικὴν φορὰν.

Γνωρίζομεν ὅτι ἡ ταχύτης διαδόσεως τῶν ἠλεκτρικῶν φαινομένων εἶναι ἴση μὲ 300 000 km/sec. Ἡ ταχύτης ἐν τούτοις μὲ τὴν ὁποῖαν μετακινοῦνται τὰ ἠλεκτρόνια εἶναι πολὺ μικρὰ καὶ κυμαίνεται περὶ τὰ 0,5 m/h.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Ὅλα τὰ σώματα δὲν ἐπιτρέπουν τὴν διέλευσιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος μέσα ἀπὸ τὴν μᾶζαν των.

2. Τὰ σώματα τὰ ὁποῖα ἀφήνουν τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα νὰ διέλθῃ μέσα ἀπὸ τὴν μᾶζαν τους, ὅπως τὰ μέταλλα, λέγονται ἀγωγοί, ἐνῶ ἐκεῖνα τὰ ὁποῖα δὲν τὸ ἀφήνουν, ὅπως τὸ ξύλον, μονωταί.

3. Τὰ ἠλεκτρισμένα θετικῶς σώματα ἔχουν ἔλλειμμα ἠλεκτρονίων. Τὰ ἠλεκτρισμένα ἀρνητικῶς σώματα ἔχουν πλεόνασμα ἠλεκτρονίων.

4. Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα μέσα εἰς τοὺς μεταλλικοὺς ἀγωγοὺς ὀφείλεται εἰς μετακίνησιν τῶν ἐλευθέρων ἠλεκτρονίων.

5. Ἡ ἠλεκτρονικὴ φορά, δηλαδὴ ἡ φορά τοῦ ρεύματος τῶν ἠλεκτρονίων γίνεται ἀπὸ τὸν ἀρνητικὸν πρὸς τὸν θετικὸν πόλον, καὶ εἶναι ἀντίθετος πρὸς τὴν συμβατικὴν φοράν.

ΚΒ' — ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΙΣ. ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΣΠΟΥΔΗ. ΙΟΝΤΑ

§ 109. Γενικότητες. Ὅρισμοί. Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ὅταν διέρχεται μέσα ἀπὸ ὕδατικά διαλύματα ὀξέων, βάσεων ἢ ἀλάτων, προκαλεῖ τὴν χημικὴν τῶν ἀποσύνθεσιν. Τὸ φαινόμενον αὐτὸ ὀνομάζεται ἠλεκτρόλυσις, τὰ δὲ διαλύματα τὰ ὁποῖα ἠλεκτρολύονται λέγονται ἠλεκτρολύται. Ὡστε :

Ἡλεκτρόλυσις ὀνομάζεται τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ ὁποῖον τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα προκαλεῖ χημικὴν ἀποσύνθεσιν τῶν ὕδατικῶν διαλυμάτων τῶν ὀξέων, βάσεων ἢ ἀλάτων, ὅταν κυκλοφορῇ μέσα εἰς τὴν μᾶζαν των.

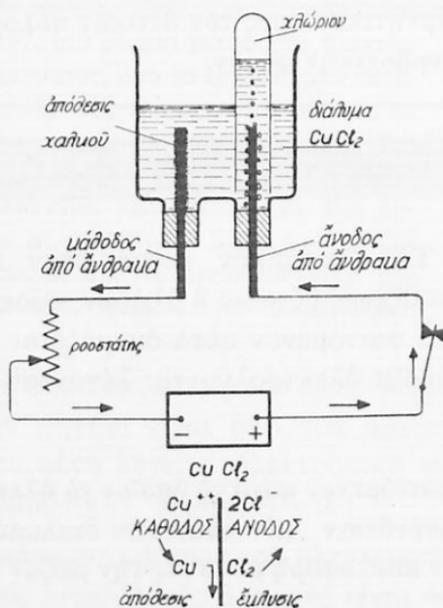
Ἡ ἠλεκτρόλυσις ἐργαστηριακῶς γίνεται μέσα εἰς ἀπλᾶς συσκευάς, αἱ ὁποῖαι ὀνομάζονται **βολτάμετρα**.

Αυτά είναι συνήθως δοχεία εις σχήμα κυλίνδρου, εις τὸν πυθμένα τῶν ὁποίων ὑπάρχουν δύο μεταλλικά ὡς ἐπὶ τὸ πλεῖστον ἐλάσματα, τὰ ὁποῖα συνδέονται μὲ τοὺς πόλους μιᾶς πηγῆς συνεχοῦς ρεύματος καὶ ὀνομάζονται **ἠλεκτρόδια**. Πολλάκις τὰ ἠλεκτρόδια περιβάλλονται ἀπὸ ἀνεστραμμένους δοκιμαστικούς σωλήνας, μέσα εις τοὺς ὁποίους συλλέγονται ἀέρια προϊόντα.

Τὸ ἠλεκτρόδιον τὸ ὁποῖον συνδέεται μὲ τὸν θετικὸν πόλον λέγεται **ἄνοδος (+)**, ἐνῶ τὸ ἠλεκτρόδιον τὸ συνδεόμενον μὲ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς πηγῆς **κάθοδος (-)**. Εἰς ἄλλα βολτάμετρα τὰ ἠλεκτρόδια εἰσέρχονται ἀπὸ τὸ ἀνοικτὸν ἄνω μέρος τοῦ δοχείου καὶ βυθίζονται εἰς τὸ ἠλεκτρολυτικὸν διάλυμα.

Ἐπὶ τῶν βολτάμετρων τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦνται ἀπὸ ὑοειδῆ σωλήνα, ἐκ τῶν ἀνοικτῶν σκελῶν τοῦ ὁποίου εἰσέρχονται τὰ ἠλεκτρόδια.

Εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ βολταμέτρου τοποθετεῖται ἓνας διακόπτης, μὲ τὸν ὁποῖον ἀνοίγομεν καὶ κλείομεν τὸ κύκλωμα, καὶ ἓνας ροοστάτης διὰ νὰ ρυθμίζωμεν τὸ ρεῦμα τοῦ κυκλώματος.



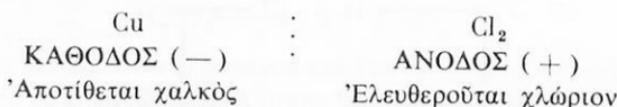
Σχ. 108. Ἐλεκτρόλυσις διαλύματος χλωριούχου χαλκοῦ.

§ 110. Ποιοτικοὶ νόμοι τῆς ἠλεκτρολύσεως. Πείραμα.

α) Κλείομεν τὸν διακόπτην τοῦ κυκλώματος ἑνὸς βολταμέτρου μὲ ἠλεκτρόδια ἀπὸ ἄνθρακα καὶ ἠλεκτρολυτικὸν ὑγρὸν διάλυμα χλωριούχου χαλκοῦ (CuCl_2), ὅποτε παρατηροῦμεν ὅτι εἰς τὴν ἄνοδον ἐμφανίζονται φυσαλίδες ἀερίου. Τὸ ἀέριον αὐτὸ ἔχει ἀποπνευκτικὴν ὄσμην καὶ κιτρινοπράσινον χρῶμα. Πρόκειται περὶ χλωρίου (σχ. 108). Ἐνῶ συμβαίνουν αὐτὰ εἰς τὴν

άνοδον, ή κάθοδος έπικαλύπτεται με ένα έρυθρον στρώμα χαλκού.
 Χαρακτηριστικόν τής ήλεκτρολύσεως είναι ότι ουδέν άπολύτως φαινόμενον παρατηρείται εις την μάζαν του ήλεκτρολυτικού υγρού, τò όποιον υπάρχει μεταξύ των ήλεκτροδίων.

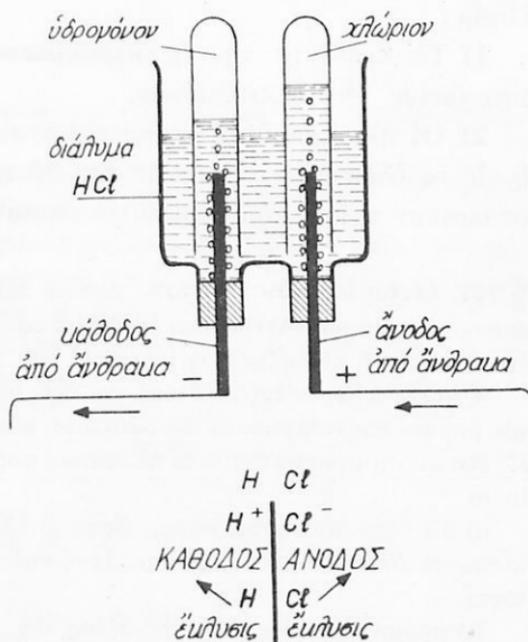
Διά να έμφανισθουν εις την άνοδον και εις την κάθοδον τα άνωτέρω προϊόντα, σημαίνει ότι ó χλωριούχος χαλκός, ό όποιος υπάρχει εις τò διάλυμα, διεσπάσθη κατά τò σχήμα :



β) Έάν αντικαταστήσωμεν διαδοχικώς εις τò προηγούμενον πείραμα τò διάλυμα του χλωριούχου χαλκού (CuCl₂) με διαλύματα διαφορετικών άλάτων (νιτρικού άργύρου,θειϊκού νικελίου, χλωριούχου χρυσοϋ κλπ.), θα παρατηρήσωμεν ότι πάντοτε εις την κάθοδον δημιουργείται μία μεταλλική άπόθεσις (άργύρου, νικελίου, χρυσοϋ κλπ.). Τò υπόλοιπον του μορίου διευθύνεται προς την άνοδον. Δηλαδή εις την περίπτωση τής ήλεκτρολύσεως του νιτρικού άργύρου (AgNO₃) ό άργυρος άποτίθεται εις την κάθοδον, ένω ή ρίζα NO₃ όδεύει προς την άνοδον.

γ) Εις την βιομηχανία γίνεται ήλεκτρόλυσις τής βάσεως του νατρίου (NaOH) εις υγράν κατάστασιν. Κατά την ήλεκτρόλυσιν τò νάτριον άποτίθεται εις την κάθοδον. "Ολοι αί άλλαι βάσεις άποσυντίθενται κατά όμοιον τρόπον.

δ) Έάν ήλεκτρολύσωμεν ένα διάλυμα ύδροχλωρικού όξεος (HCl), θα παρατηρή-

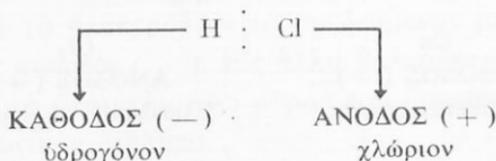


Σχ. 109. Έλεκτρόλυσις διαλύματος ύδροχλωρίου.

σωμεν ὅτι εἰς τὰ δύο ἠλεκτροδία ἐμφανίζονται φυσαλλίδες, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον σημαίνει ὅτι ἐλευθεροῦνται ἀέρια (σχ. 109).

Πράγματι εἰς τὴν ἄνοδον ἐλευθεροῦται χλώριον, ἐνῶ εἰς τὴν κάθοδον ἐλευθεροῦται ἓνα εὐφλεκτον ἀέριον, τὸ ὑδρογόνον.

Τὸ ὑδροχλωρικὸν ὄξύ (HCl) δυνάμεθα νὰ εἰπώμεν λοιπὸν ὅτι ἀποσυντίθεται κατὰ τὸ σχῆμα :



Γενικῶς ὅλα τὰ ὄξέα ἀποσυντίθενται κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον καὶ τὸ ὑδρογόνον τῶν ἐλευθεροῦται εἰς τὴν κάθοδον.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω πειράματα καὶ διαπιστώσεις, δυνάμεθα νὰ διατυπώσωμεν τοὺς ἀκολουθοῦντας ποιοτικὸς νόμους τῆς ἠλεκτρολύσεως.

Ὄταν τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα διέρχεται ἀπὸ τὴν μᾶζαν ἑνὸς ἠλεκτρολύτου :

1) Τὰ προϊόντα τῆς ἠλεκτρολύσεως ἐμφανίζονται μόνον εἰς τὰς ἐπιφανείας τῶν ἠλεκτροδίων.

2) Οἱ ἠλεκτρολύται ἀποσυντίθενται εἰς δύο μέρη. Εἰς τὸ μέταλλον ἢ εἰς τὸ ὑδρογόνον, τὰ ὁποῖα ἀποτίθενται εἰς τὴν κάθοδον καὶ εἰς τὸ ὑπόλοιπον τμήμα τοῦ μορίου, τὸ ὁποῖον ὀδεύει πρὸς τὴν ἄνοδον

§ 111. Θεωρία τῶν ἰόντων. Διὰ νὰ ἐξηγήσῃ τὰ φαινόμενα αὐτὰ ὁ Σουηδὸς Φυσικὸς Ἀρένιους (Arrhenius) ἐπρότεινε τὸ 1887 τὴν «θεωρία τῆς ἠλεκτρολυτικῆς διαστάσεως» ἢ «θεωρίας τῶν ἰόντων».

Ὄταν διαλύωμεν ἐντὸς ὕδατος ἓνα ὄξύ, μίαν βάσιν ἢ ἓνα ἄλας, τότε ἓνα μέρος τῶν μορίων τῶν σωμάτων αὐτῶν ὑφίσταται αὐτομάτως διάστασιν, διασπᾶται δηλαδὴ εἰς δύο φορτισμένα μὲ ἀντίθετα ἠλεκτρικὰ φορτία σωματίδια, τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται ἰόντα.

α) Τὰ ὄξέα διίστανται οὕτως, ὥστε τὸ ὑδρογόνον αὐτῶν νὰ σχηματίσῃ θετικὰ ἰόντα, τὰ ὁποῖα συμβολίζομεν μὲ H^+ , καὶ τὸ ὑπόλοιπον τοῦ μορίου ἀρνητικὰ ἰόντα.

Τὸ μόριον τοῦ ὑδροχλωρικοῦ ὄξεος, π.χ., διίσταται κατὰ τὸ σχῆμα :



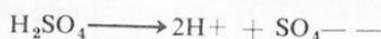
Εἰς τὸ ἄτομον τοῦ χλωρίου ἔχει προσκολληθῆ ἓνα ἐπὶ πλέον ἠλεκτρόνιον καὶ

προέκυψε κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ἓνα ἀρνητικὸν μονοσθενὲς ἰὸν χλωρίου, τὸ ὁποῖον παριστάνεται μὲ Cl^- .

Τὸ σημεῖον (—) εἰς τὸ ἄτομον τοῦ χλωρίου τίθεται διὰ τὴν συμβολίξιν καὶ τὴν ὑπενθυμίξιν ὅτι τὸ ἰὸν τοῦ χλωρίου ἔχει ἀρνητικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον. Τὸ ἄτομον τοῦ ὑδρογόνου ἀπώλεσε ἓνα ἠλεκτρόνιον (τὸ μοναδικὸν τὸ ὁποῖον εἶχε) καὶ συνεπῶς ἐμφανίζεται θετικῶς φορτισμένον, σχηματίζον ἓνα θετικὸν ἰὸν ὑδρογόνου.

Τὰ ἠλεκτρικὰ φορτία τῶν δύο αὐτῶν εἰδῶν τῶν ἰόντων εἶναι ἴσα καὶ ἀντίθετα.

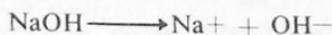
Τὸ μόριον τοῦ θειικοῦ ὀξέος διίσταται κατὰ τὸ σχῆμα :



σχηματίζον δύο θετικὰ ἰόντα ὑδρογόνου καὶ ἓνα ἀρνητικὸν δισθενὲς ἰὸν SO_4^{--} .

β) Αἱ βάσεις κατὰ τὴν ἠλεκτρολυτικὴν τῶν διαστάσεων σχηματίζουν μονόσθενῆ ἀρνητικὰ ἰόντα OH^- , τὸ ὁποῖον ὀνομάζεται ἰὸν ὑδροξυλίου καὶ θετικὰ ἰόντα μὲ τὸ ὑπόλοιπον τοῦ μορίου.

Τὸ καυστικὸν νάτριον, π.χ., διίσταται κατὰ τὴν ἐξίσωσιν :



γ) Τὰ μόρια τῶν ἀλάτων σχηματίζουν κατὰ τὴν διάστασιν τῶν ἓνα ἀρνητικὸν ἰὸν, ἀπὸ ἓνα ἀμέταλλον στοιχεῖον ἢ ἠλεκτραρνητικὴν ρίζαν, καὶ ἓνα θετικὸν ἰὸν, ἀπὸ μέταλλον ἢ ἠλεκτροθετικὴν ρίζαν.

Τοιουτοτρόπως τὰ μόρια τοῦ χλωριούχου χαλκοῦ (CuCl_2) διίστανται εἰς διάλυμα κατὰ τὴν ἐξίσωσιν :



δηλαδὴ εἰς δύο ἀρνητικὰ ἰόντα χλωρίου (Cl^-) καὶ εἰς ἓνα θετικὸν δισθενὲς ἰὸν χαλκοῦ.

Τὸ ἰὸν τοῦ χαλκοῦ εἶναι ἓνα ἄτομον χαλκοῦ, τὸ ὁποῖον ἀπώλεσε 2 ἠλεκτρόνια, συνεπῶς φέρει δύο θετικὰ φορτία καὶ συμβολίζεται μὲ Cu^{++} .

Κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον, εἰς ἓνα διάλυμα χλωριούχου ἀργιλίου (AlCl_3) τὰ μόρια διίστανται εἰς 3 ἰόντα μονοσθενοῦς χλωρίου (Cl^-) καὶ εἰς ἓνα θετικὸν τρισθενὲς ἰὸν ἀργιλίου (Al^{+++}) τὸ ὁποῖον φέρει τρία θετικὰ φορτία.

Εἰς ἓνα διάλυμα θειικοῦ χαλκοῦ (CuSO_4) τὰ μόρια διίστανται εἰς ἓνα θετικὸν δισθενὲς ἰὸν χαλκοῦ (Cu^{++}) καὶ εἰς ἓνα ἀρνητικὸν δισθενὲς ἰὸν SO_4^{--} .

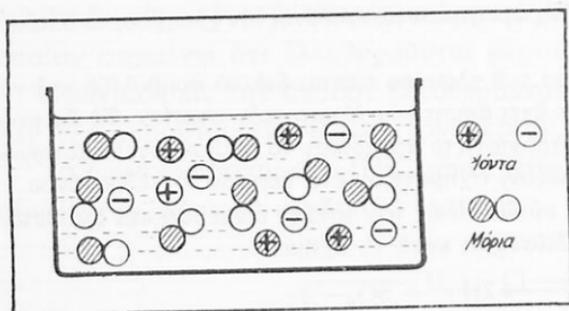
Ἐντὸς οἰουδήποτε ἠλεκτρολυτικοῦ διαλύματος ὑπάρχουν, ταυτοχρόνως, οὐδέτερα μόρια καὶ θετικὰ καὶ ἀρνητικὰ ἰόντα εἰς ἴσον ἀριθμὸν (σχ. 110), τὰ ὅποια κινούνται ἀτάκτως μέσα εἰς τὴν μάζαν τοῦ ἠλεκτρολυτικοῦ ὑγροῦ.

Μερικὰ ἀπὸ τὰ ἰόντα ἀντιδρῶν μεταξύ τῶν καὶ ἀνασχηματίζουν οὐδέτερα μόρια. Δι' αὐτὸν τὸν λόγον εἰς τὰς ἐξισώσεις τῶν ἠλεκτρολυτικῶν διαστάσεων ἔχομεν δύο βέλη· π.χ. γράφομεν :



Αὐτὸ σημαίνει ὅτι ἡ ἀντίδρασις ὀδεύει ἀπὸ τὰ δεξιὰ πρὸς τὰ ἀριστερά, ἀλλὰ καὶ ἀπὸ τὰ ἀριστερά πρὸς τὰ δεξιὰ.

Ὅταν ὁμως διαλυθῇ ἐντελῶς ὁ ἠλεκτρολύτης, ἀπὸ μίαν χρονικὴν στιγμήν καὶ



Σχ. 110. Είς ένα ηλεκτρολυτικόν διάλυμα υπάρχουν ουδέτερα μόρια του ηλεκτρολύτου και ισάριθμα θετικά και αρνητικά ιόντα.

των διίσταται (άποσυντίθεται) εις δύο φορτισμένα σωματίδια με αντίθετα ηλεκτρικά φορτία, τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται ιόντα.

δ) Ὄταν βυθίσωμεν εις ηλεκτρολυτικόν διάλυμα δύο ηλεκτρόδια καὶ τὰ συνδέσωμεν με τοὺς πόλους μιᾶς ηλεκτρικῆς πηγῆς συνεχοῦς ρεύματος κλειόντες τὸν διακόπτην τοῦ κυκλώματος, θὰ παρατηρήσωμεν τὰ γνωστὰ φαινόμενα τῆς ηλεκτρολύσεως.

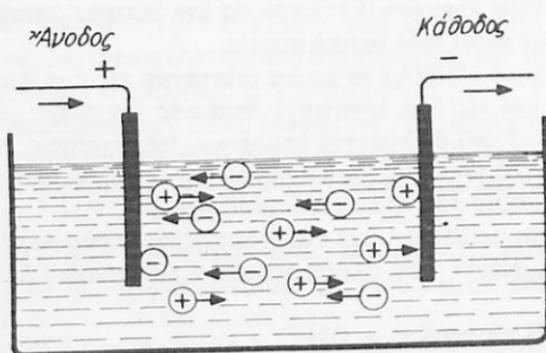
Αὐτὸ συμβαίνει ἐπειδὴ τὰ ιόντα, τὰ ὁποῖα κινοῦνται ἀτάκτως μέσα εις τὴν μάζαν τοῦ ηλεκτρολυτικοῦ διαλύματος, προσανατολίζονται πλέον, διακόποντα τὴν ἄτακτον κίνησίν των.

Αὐτομάτως τὰ θετικά ιόντα ἔλκονται ἀπὸ τὸ ἀρνητικὸν ηλεκτρόδιον καὶ διευθύνονται πρὸς αὐτό. Ἐπειδὴ δὲ τὸ ἀρνητικὸν ηλεκτρόδιον λέγεται καὶ κάθοδος,

τὰ θετικά ιόντα ὀνομάζονται καὶ κατιόντα.

Ἀντιθέτως τὰ ἀρνητικά ιόντα ἔλκονται ἀπὸ τὸ θετικὸν ηλεκτρόδιον, δηλαδή ἀπὸ τὴν ἄνοδον καὶ δι' αὐτὸν τὸν λόγον λέγονται καὶ ἀνιόντα (σχ. 111).

Τὰ ιόντα, εἴτε ἀνιόντα εἶναι αὐτὰ εἴτε κατιόντα, φθάνουν τέλος εις τὰ ηλεκτρόδια καὶ ἐκφορτίζονται. Οὕτως τὸ ἀνιὸν τοῦ χλωρίου (Cl^-) φθάνον εις τὴν ἄνοδον (+) ἀποδίδει τὸ ηλεκτρόνιον τὸ ὁποῖον τοῦ



Σχ. 111. Ἐξήγησις τῆς διελεύσεως τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος μέσα ἀπὸ ἓναν ηλεκτρολύτην.

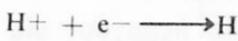
περισσεύει και μεταπίπτει εις ουδετέραν ατομικήν κατάστασιν :



όπου με e^- συμβολίζομεν τὸ ἠλεκτρόνιον.

Ἀκολουθῶς δύο ἄτομα χλωρίου συνδέονται μεταξύ των και δίδουν ἓνα μόριον αἰρίου χλωρίου (Cl_2), τὸ ὁποῖον τοιουτοτρόπως ἐλευθερώνεται εις τὴν ἄνοδον.

Τὰ κατιόντα πάλιν φθάνουν εις τὴν κάθοδον (—) και ἀποσποῦν ἀπὸ αὐτὴν τὰ ἠλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα ἔχουν ἀπολέσει, διὰ τὴν περιπέσουν και αὐτὰ εις τὴν ουδετέραν κατάστασιν. Τὸ κατιὸν ὑδρογόνου, π.χ., H^+ , προσλαμβάνει ἓνα ἠλεκτρόνιον (e^-) και γίνεται ουδέτερον ἄτομον ὑδρογόνου :



Ἀκολουθῶς συνδέονται δύο ἄτομα ὑδρογόνου και σχηματίζουν ἓνα μόριον αἰρίου ὑδρογόνου, τὸ ὁποῖον κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ἐλευθερώνεται εις τὴν κάθοδον.

Πρέπει νὰ τονισθῇ ὅτι τὰ ἰόντα χλωρίου Cl^- και ὑδρογόνου H^+ ἔχουν τελείως διαφορετικὰς ιδιότητες ἀπὸ τὰ στοιχεῖα χλωρίου και ὑδρογόνου. Δι' αὐτὸν τὸν λόγον δὲν γίνονται ἀντιληπτὰ ὡς αἲρια μέσα εις τὸ διάλυμα.

Ὅπως παρατηροῦμεν, μέσα εις τὴν μᾶζαν τοῦ ἠλεκτρολυτικοῦ ὑγροῦ και εις τὸν χῶρον ὁ ὁποῖος περιορίζεται ἀπὸ τὰ ἠλεκτρόδια, ἔχομεν κινήσιν θετικῶν και ἀρνητικῶν φορτίων, δηλαδὴ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. Τὸ ρεῦμα αὐτὸ εἶναι σύνθετον και σχηματίζεται ἀπὸ τὰ θετικὰ κατιόντα, τὰ ὁποῖα ὀδεύουν πρὸς τὴν κάθοδον, και ἀπὸ τὰ ἀρνητικὰ ἀνιόντα, τὰ ὁποῖα κινουνται πρὸς τὴν ἄνοδον. Ὡστε :

Εἰς ἓνα ἠλεκτρολυτικὸν διάλυμα, τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἔχει διπλὴν ὑπόστασιν και σχηματίζεται ἀπὸ τὴν ἀντίθετον κινήσιν τῶν ἀνιόντων και τῶν κατιόντων τοῦ ἠλεκτρολύτου.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Ἡλεκτρόλυσις ὀνομάζεται τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ ὁποῖον τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἀποσυνθέτει ὀρισμένα ὕδατικὰ διαλύματα, ὅταν κυκλοφορῇ μέσα εις τὴν μᾶζαν των.
2. Τὰ σώματα τὰ ὁποῖα εἶναι δυνατὸν νὰ ὑποστοῦν ἠλεκτρόλυσιν, ὀνομάζονται ἠλεκτρολύται. Τὰ ὀξεῖα, αἱ βάσεις και τὰ ἄλατα, εις ὕγρὰν μορφήν ἢ εις ὕδατικὰ διαλύματα, ἀποτελοῦν ἠλεκτρολύτας.
3. Ἡ συσκευὴ μέσα εις τὴν ὁποῖαν πραγματοποιεῖται ἡ ἠλεκτρόλυσις, ὀνομάζεται βολτάμετρον και ἀποτελεῖται, συνήθως, ἀπὸ ἓνα δοχεῖον, μέσα εις τὸ ὁποῖον εὑρίσκεται ὁ ἠλεκτρολύτης. Εἰς τὴν βάσιν τοῦ δοχείου ὕπάρχουν δύο μεταλλικὰ στελέχη, τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται ἠλεκτρόδια, συνδέονται με τὴν ἠλεκτρικήν

πηγήν καὶ καλύπτονται με ἀνεστραμμένους ὑαλίνοὺς σωλῆνας. Ἄλλοτε πάλιν τὰ ἠλεκτρόδια βυθίζονται ἀπὸ τὸ ἄνω μέρος τοῦ δοχείου μέσα εἰς τὸν ἠλεκτρολύτην.

4. Τὸ θετικὸν ἠλεκτρόδιον λέγεται ἄνοδος καὶ τὸ ἀρνητικὸν κάθοδος.

5. Οἱ ἠλεκτρολύται δίστανται εἰς ἰόντα, δηλαδή εἰς φορτισμένα ἠλεκτρικῶς σωματίδια. Τὰ θετικὰ ἰόντα λέγονται κατιόντα καὶ τοιαῦτα εἶναι τὸ ὕδρογόνον καὶ τὰ μέταλλα. Τὰ ἀρνητικὰ ἰόντα ὀνομάζονται ἀνιόντα.

6. Τὰ ἰόντα, τὰ ὁποῖα ὑπάρχουν εἰς τὸν ἠλεκτρολύτην καὶ κινοῦνται ἀτάκτως μέσα εἰς τὴν μᾶζαν του, προσανατολίζονται, εὐθὺς ὡς συνδεθοῦν τὰ ἠλεκτρόδια με τοὺς πόλους τῆς ἠλεκτρικῆς πηγῆς συνεχοῦς ρεύματος, καὶ τὰ μὲν ἀνιόντα (ἀρνητικὰ ἰόντα) ὀδεύουν πρὸς τὴν ἄνοδον (θετικὸς πόλος), τὰ δὲ κατιόντα (θετικὰ ἰόντα) πρὸς τὴν κάθοδον (ἀρνητικὸς πόλος). Οὕτως ἀρχίζει ἡ ἠλεκτρόλυσις.

7. Οἱ ποιοτικοὶ νόμοι τῆς ἠλεκτρολύσεως εἶναι οἱ ἑξῆς :
α) Τὰ προϊόντα τῆς ἠλεκτρολυτικῆς ἀποσυνθέσεως ἐμφανίζονται εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῶν ἠλεκτροδίων. β) Ὁ ἠλεκτρολύτης ἀποσυντίθεται εἰς δύο μέρη, εἰς τὸ μέταλλον ἢ τὸ ὕδρογόνον, τὰ ὁποῖα ἐλευθερώνονται εἰς τὴν κάθοδον, καὶ εἰς τὸ ὑπόλοιπον τοῦ μορίου, τὸ ὁποῖον διευθύνεται πρὸς τὴν ἄνοδον.

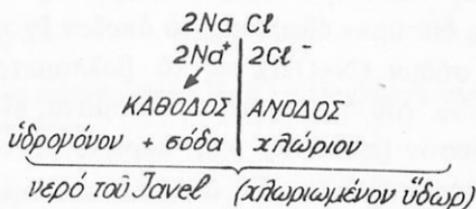
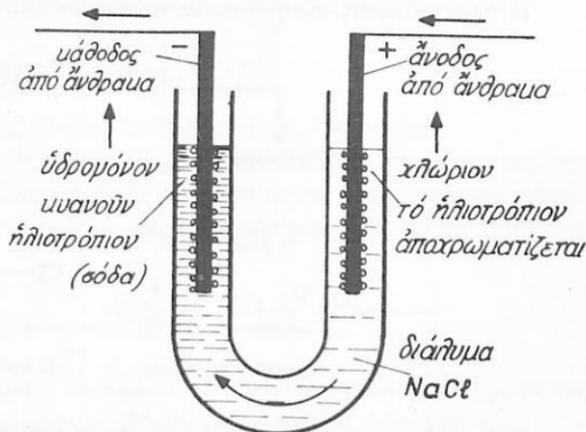
8. Ἡ διέλευσις τοῦ ἠλεκτρολυτικοῦ ρεύματος μέσα ἀπὸ τὸν ἠλεκτρολύτην πραγματοποιεῖται χάρις εἰς τὰ ἰόντα. Ἐπομένως τὸ ρεῦμα τὸ ὁποῖον δημιουργεῖται εἰς τὸν χῶρον, μεταξὺ τῶν ἠλεκτροδίων, ἔχει διπλὴν ὑπόστασιν καὶ σχηματίζεται ἀπὸ ἀνιόντα καὶ κατιόντα, τὰ ὁποῖα κινοῦνται ἀντιθέτως.

ΚΓ'—ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΙΣ. ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΥΣΑΙ ΧΗΜΙΚΑΙ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ

§ 112. Γενικότητες. Κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν ἑνὸς ἠλεκτρολύτου συμβαίνουν συνήθως καὶ δευτερεύουσαι χημικαὶ ἀντιδράσεις. Εἰς τὴν πραγματικότητα τὰ προϊόντα τῆς ἀποσυνθέσεως δύνανται, ὑπὸ ὠρισμένης συνθήκας, νὰ ἀντιδράσουν χημικῶς, εἴτε με τὸ ὕδωρ τοῦ διαλύματος, εἴτε με τὰ ἠλεκτρόδια τοῦ βολταμέτρου.

Διὰ τὴν ἀντιληφθῶμεν τὸν μηχανισμόν τῶν δευτερευουσῶν ἀντιδράσεων, θὰ θεωρήσωμεν τὰ κατωτέρω χαρακτηριστικὰ παραδείγματα ἠλεκτρολύσεως.

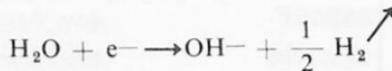
§ 113. I) Ἐλεκτρόλυσις διαλύματος χλωριούχου νατρίου. Πείραμα. Θέτομεν διάλυμα χλωριούχου νατρίου μέσα εἰς ἓνα βολτάμετρον με ἠλεκτρόδια ἀπὸ ἄνθρακα καὶ προσθέτομεν ὀλίγον ἐρυθρὸν βάμμα τοῦ ἠλιοτροπίου. Συνδέομεν τὸ βολτάμετρον με μίαν ἠλεκτρικὴν πηγὴν συνεχοῦς ρεύματος καὶ παρατηροῦμεν ὅτι ἐλευθερώνονται ἀέρια εἰς τὰ δύο ἠλεκτρόδια (σχ. 112).



Σχ. 112. Ἐλεκτρόλυσις διαλύματος χλωριούχου νατρίου.

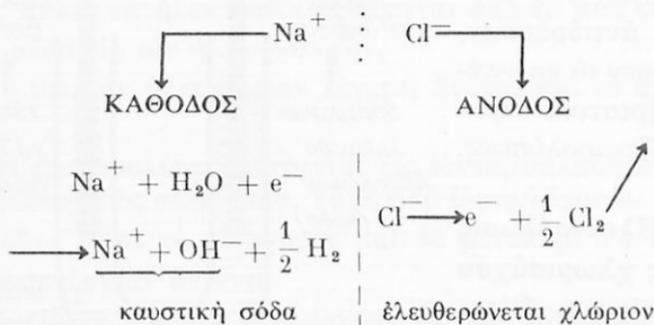
Εἰς τὴν ἄνοδον ἐλευθερώνεται ἀέριον χλώριον, τὸ ὁποῖον ἔχει ἀποπνικτικὴν ὄσμην καὶ ἀποχρωματίζει τὸ ἐρυθρὸν βάμμα τοῦ ἠλιοτροπίου. Εἰς τὴν κάθοδον εἰς τὴν ὁποίαν ἐκλύεται ὑδρογόνον, τὸ βάμμα τοῦ ἠλιοτροπίου ἐπανακτᾷ τὸ κυανοῦν τοῦ χρωμα.

Ἐξήγησις τοῦ φαινομένου. Τὸ διάλυμα τοῦ χλωριούχου νατρίου διίσταται εἰς ἰόντα Na^+ καὶ Cl^- . Τὰ ἰόντα Cl^- ὀδεύουν πρὸς τὴν ἄνοδον, ὅπου ἐκφορτίζονται καὶ σχηματίζουν ἄτομα χλωρίου καὶ αὐτὰ δημιουργοῦν μόρια ἀερίου χλωρίου (Cl_2). Τὰ ἰόντα Na^+ ὀδεύουν πρὸς τὴν κάθοδον. Ἡ κάθοδος ὅμως ἀποδίδει ἠλεκτρόνια (e^-) εἰς τὰ γειτονικά της μόρια τοῦ ὕδατος (H_2O), τὰ ὁποῖα κατ' αὐτὸν τρόπον, διίστανται, συμφώνως πρὸς τὴν ἀκόλουθον χημικὴν ἐξίσωσιν:

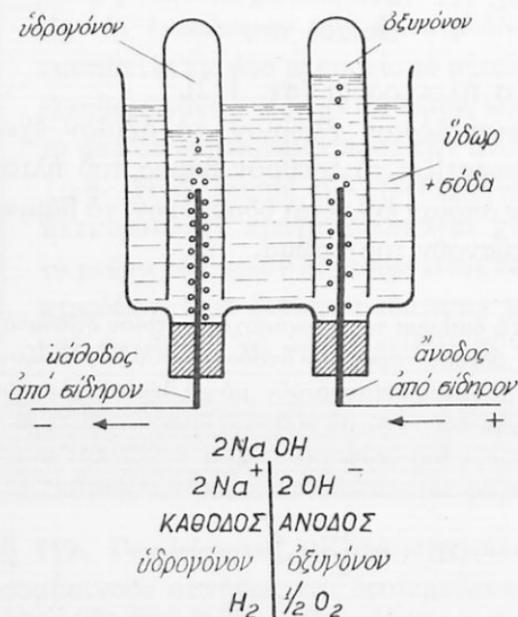


Δηλαδή ἔχομεν ἀπελευθέρωσιν ὑδρογόνου. Τὰ ἰόντα OH^- ὁμοῦ μετὰ τῶν ἰόντων Na^+ δημιουργοῦν περὶ τὴν κάθοδον διάλυμα καυστικῆς σόδας. Χάρις εἰς τὴν καυστικὴν σόδα ἐπαναχρωματίζεται κυανοῦν τὸ βάμμα τοῦ ἠλιοτροπίου.

Ἡ ἠλεκτρόλυσις αὐτὴ δύναται νὰ παρασταθῆ σχηματικῶς ὡς ἑξῆς :



II) Ἡλεκτρόλυσις διαλύματος καυστικῆς σόδας (NaOH). Πείραμα. Θέτομεν ὕδωρ, εἰς τὸ ὁποῖον ἔχομεν προσθέσει ὀλίγην καυστικὴν σόδαν (NaOH), εἰς τὸ βολτάμετρον τοῦ σχήματος 113, τὰ ἠλεκτρόδια τοῦ ὁποῖου εἶναι ἐλάσματα, εἴτε ἀπὸ νικέλιον, εἴτε ἀπὸ λευκόχρυσον (πλατίνα) καὶ περιβάλλονται ἀπὸ ἀνεστραμμένους δοκιμαστικούς σωλῆνας.

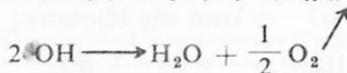


Σχ. 113. Ἡλεκτρόλυσις διαλύματος καυστικῆς σόδας.

Κλείομεν τὸν διακόπτην καὶ παρατηροῦμεν ὅτι εἰς τὴν ἀνοδὸν συλλέγεται ὄξυγονον, ἐνῶ εἰς τὴν κάθοδον ὕδρογονον. Ἐπίσης διαπιστώνομεν ὅτι ὁ ὄγκος τοῦ ὕδρογονοῦ εἶναι διπλάσιος ἀπὸ τὸν ὄγκον τοῦ ὄξυγονοῦ.

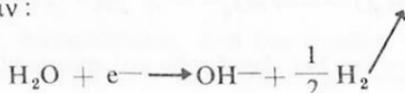
Ἐξήγησις τοῦ φαινομένου. Ἡ καυστικὴ σόδα (NaOH) εὐρίσκεται εἰς διάστασιν. Εἰς τὸ διάλυμα δηλαδὴ ὑπάρχουν ἰόντα Na^+ καὶ ἰόντα OH^- . Τὰ ἰόντα OH^- διευθύνονται πρὸς τὴν ἀνοδὸν, ὅπου καὶ ἀποδίδουν τὸ πλεονάζον ἠλεκτρόνιον τῶν καὶ μεταπίπτουν εἰς τὴν ἀσταθεὴ ρίζαν ὕδροξύλιον, ἣ ὁποία δὲν εἶναι δυνατόν νὰ ὑπάρξη εἰς ἐλευθερὰν κατάστασιν. Δι' αὐτὸ τὰ ὕδροξύλια

αντιδρούν κατόπιν μεταξύ των, σύμφωνα προς την χημικήν εξίσωσιν :



σχηματίζοντα ύδωρ και οξυγόνον, τὸ ὁποῖον ἐκλύεται εἰς τὴν ἄνοδον.

Τὰ ἰόντα τοῦ Na^+ , ὅπως καὶ εἰς τὴν ἠλεκτρόλυσιν τοῦ NaCl , ὀδεύουν πρὸς τὴν κάθοδον. Ἡ κάθοδος ἀποδίδει ἠλεκτρόνια (e^-) εἰς τὰ μόρια τοῦ ὕδατος καὶ οὕτως ἐλευθερώνεται ὑδρογόνον, ἐνῶ συγχρόνως παράγονται ἰόντα ὑδροξυλίου κατὰ τὴν γνωστὴν μᾶς ἀντίδρασιν :



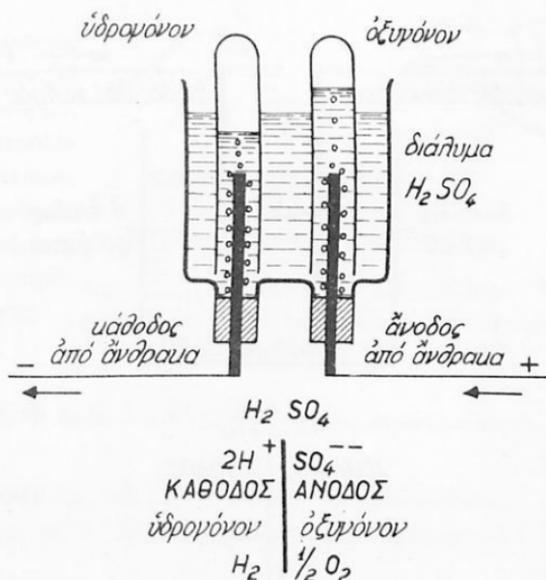
Τὰ ἰόντα τοῦ Na^+ καὶ τοῦ OH^- ἐνώνονται καὶ ἐπανασχηματίζουν τὴν βᾶσιν τοῦ νατρίου. Ἀντιθέτως τὸ ὕδωρ ἀποσυντίθεται καὶ ἀποδίδει ὑδρογόνον καὶ οξυγόνον.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι :

Τὸ φαινόμενον ἐξελίσσεται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε νὰ δημιουργηται ἡ ἐντύπωσις ὅτι ἀποσυντίθεται μόνον τὸ ὕδωρ.

III) Ἡλεκτρόλυσις διαλύματος θειικοῦ ὀξέος. Πείραμα. Ἀντικαθιστῶμεν εἰς τὸ βολτάμετρον τοῦ προηγουμένου πειράματος τὸ διάλυμα τῆς καυστικῆς σόδας μὲ ἀραιὸν διάλυμα θειικοῦ ὀξέος (H_2SO_4). Τὰ ἠλεκτρόδια τοῦ βολταμέτρου πρέπει νὰ εἶναι κατεσκευασμένα ἐξ ὑλικοῦ τὸ ὁποῖον νὰ εἶναι ἀπρόσβλητον ἀπὸ τὸ ὀξύ, π.χ. ἀπὸ ράβδον ἄνθρακος ἢ λευκοχρύσου.

Τὰ προϊόντα τῆς ἠλεκτρολύσεως εἶναι τὰ ἴδια μὲ ἐκεῖνα τῆς ἠλεκτρολύσεως τοῦ διαλύματος τῆς καυστικῆς σόδας. Δηλαδή ἐμφανίζεται ὑδρογόνον εἰς τὴν κάθοδον, διπλασίου ὄγκου ἀπὸ τὸ ὀξυγόνον τὸ ὁποῖον ἐμφανίζεται εἰς τὴν ἄνοδον (σχ. 114).



Σχ. 114. Ἡλεκτρόλυσις διαλύματος θειικοῦ ὀξέος.

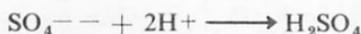
Ἐξήγησις τοῦ φαινομένου. Τὸ θεικὸν ὄξύ (H_2SO_4) διίσταται εἰς δύο ἰόντα H^+ καὶ εἰς ἓνα ἰὸν SO_4^{--} κατὰ τὴν ἐξίσωσιν:



Τὸ ὕδρογόνον (H_2) ἐλευθερώνεται εἰς τὴν κάθοδον. Τὸ ἰὸν SO_4^{--} ὀδεύει πρὸς τὴν ἄνοδον καὶ δημιουργεῖ ἰονισμόν τοῦ ὕδατος (προκαλεῖ δηλαδὴ ἰόντα), συμφώνως πρὸς τὴν ἀκόλουθον χημικὴν ἐξίσωσιν:



ὁπότε τὰ ἰόντα SO_4^{--} καὶ H^+ ἀντιδρῶν καὶ σχηματίζουν θεικὸν ὄξύ:

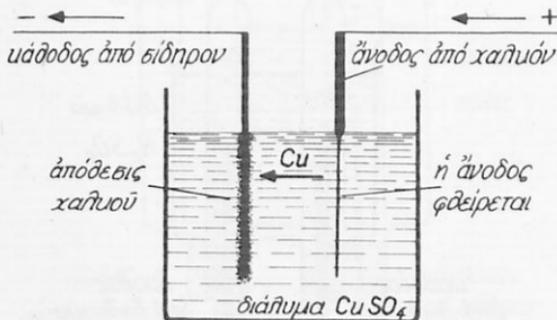


Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον τὸ θεικὸν ὄξύ ἀναπαράγεται εἰς τὴν ἄνοδον καὶ ἐλευθερώνεται ὀξυγόνον, ἐνῶ καταναλίσκεται ὕδωρ. Ὅπως καὶ εἰς τὸ προηγούμενον παράδειγμα:

Τὸ φαινόμενον ἐξελίσσεται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε νὰ δημιουργηθῆται ἡ ἐντύπωσις ὅτι ἀποσπντίζεται μόνον τὸ ὕδωρ.

IV) Ἠλεκτρόλυσις θειικοῦ χαλκοῦ με ἄνοδον ἀπὸ χαλκόν.

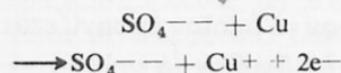
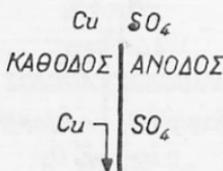
Πείραμα. Ἠλεκτρολύομεν διάλυμα θειικοῦ χαλκοῦ ($CuSO_4$) χρησιμοποιοῦντες ὡς ἄνοδον ἓνα ἔλασμα ἀπὸ χαλκόν καὶ ὡς κάθοδον ἓνα οἰονδήποτε ἀγωγόν, π.χ. μίαν ράβδον ἀπὸ ἄνθρακα.



Ὅταν κλείσωμεν τὸν διακόπτην δὲν παρατηρεῖται πλέον ἐκκλισις ἀερίου, ἡ χαλκίνη ὁμως ἄνοδος ἀρχίζει νὰ φθείρεται (σχ. 115).

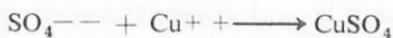
Ἐξήγησις τοῦ φαινομένου.

Ὁ θεικὸς χαλκὸς διίσταται εἰς ἰόντα (Cu^{++} καὶ εἰς ἰόντα SO_4^{--}). Τὸ μέταλλον Cu ἀποτίθεται εἰς τὴν κάθοδον. Τὸ ἰὸν SO_4^{--} ἰονίζει τὸν χαλκὸν τῆς ἀνόδου συμφώνως πρὸς τὴν χημικὴν ἀντίδρασιν:



Σχ. 115. Ἠλεκτρόλυσις θειικοῦ χαλκοῦ με ἄνοδον ἀπὸ χαλκόν.

όποτε τὰ ἰόντα SO^- — καὶ $\text{Cu}^+ +$ ἀντιδρῶν καὶ σχηματίζουν θεικὸν χαλκόν :



Ὅπως παρατηροῦμεν :

Τὸ φαινόμενον ἐξελίσσεται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε τελικῶς νὰ πραγματοποιητῆται μεταφορὰ χαλκοῦ ἀπὸ τὴν ἄνοδον εἰς τὴν κάθοδον.

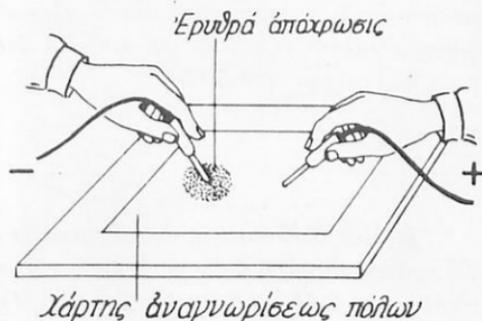
Ἡ ἄνοδος φθειρέται βραδέως ὡς ἂν διελύετο. Δι' αὐτὸ ὀνομάζεται συνήθως *διαλυομένη ἄνοδος*.

Ἀντιθέτως ἡ κάθοδος ἐπικαλύπτεται ἀπὸ ἓνα στρώμα χαλκοῦ, τὸ πάχος τοῦ ὁποίου αὐξάνεται προοδευτικῶς μὲ τὴν πάροδον τοῦ χρόνου.

Παρατήρησις. Τὰ ἀνωτέρω παραδείγματα δεικνύουν τὴν σημασίαν τὴν ὁποίαν ἔχει ἡ φύσις τῶν χρησιμοποιουμένων ἠλεκτροδίων εἰς τὴν πορείαν μιᾶς ἠλεκτρολύσεως.

§ 114. Ἀναγνώρισις τοῦ εἴδους τῶν πόλων μιᾶς πηγῆς συνεχοῦς ρεύματος. Βυθίζομεν ἓνα τεμάχιον διηθητικοῦ χάρτου εἰς διάλυμα χλωριούχου νατρίου (NaCl), εἰς τὸ ὁποῖον ἔχομεν προσθέσει μερικὰς σταγόνας φαινολοφθαλεΐνης. Ἀφοῦ τὸ στραγγίσωμεν, τὸ τοποθετοῦμεν εἰς μίαν ὑαλίνην πλάκα καὶ ὀλισθαίνομεν ἐπ' αὐτοῦ δύο καλώδια ἀπὸ χαλκὸν μὲ ἀπογεγυμνωμένα ἄκρα, συνδεδεμένα εἰς τοὺς ἄκροδέκτας τῆς πηγῆς (σχ. 116). Ρυθμίζομεν δὲ ὥστε ἡ ἀπόστασις μεταξὺ τῶν δύο ἄκρων τοῦ καλωδίου νὰ εἶναι 2 cm ἕως 3 cm.

Τὸ ἓνα ἀπὸ τὰ δύο ἄκρα χαράσσει, ἐπὶ τοῦ χάρτου, μίαν ἐρυθρὰν γραμμὴν. Ὁ πόλος, ὁ συνδεδεμένος μὲ αὐτὸ τὸ σύρμα, εἶναι ὁ ἀρνητικὸς. Κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν τοῦ χλωριούχου νατρίου, τὸ νάτριον, ἐμφανίζεται εἰς τὴν κάθοδον καὶ ἐρυθραίνει τὴν φαινολοφθαλεΐνην. Τὸ πείραμα ἐπιτυγχάνει ἐπίσης καὶ διὰ χρησιμοποίησεως διαλύματος θεικῆς κινίνης.



σχ. 116. Ἀναγνώρισις τῶν πόλων. Ὁ ἀρνητικὸς πόλος ἐρυθραίνει τὴν φαινολοφθαλεΐνην.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Ὄταν τὰ ἰόντα φθάσουν εἰς τὰ ἠλεκτρόδια, προκαλοῦνται, ἀναλόγως πρὸς τὴν φύσιν τῶν ἠλεκτροδίων, δευτερεύουσαι ἀντιδράσεις.

2. Τὸ χλωριούχον νάτριον, διίσταται εἰς ὕδατικὸν διάλυμα, εἰς ἀνιόντα χλωρίου καὶ κατιόντα νατρίου. Τὰ ἀνιόντα Cl^-

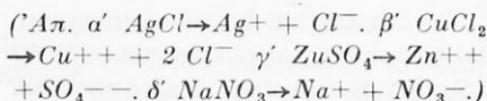
όδεύουν προς την άνοδον, όταν δὲ αὐτὴ εἶναι ἀπρόσβλητος ἀπὸ τὸ χλώριον, ἐκφορτίζονται, μεταβάλλονται εἰς ἄτομα χλωρίου καὶ αὐτὰ ἐνώνονται ματαξὺ των ἀνὰ δύο, σχηματίζοντα μόρια χλωρίου. Οὕτω τελικῶς εἰς τὴν ἄνοδον ἐκλύεται χλώριον. Εἰς τὴν κάθοδον σχηματίζονται καυστικὴ σόδα καὶ ὕδρογονον.

3. Κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν καυστικῆς σόδας ἢ θειικοῦ ὀξέος, εἰς βολτάμετρον μὲ ἠλεκτρόδια λευκοχρύσου, ὁ διασπώμενος ἠλεκτρολύτης ἀναγεννᾶται. Τὸ φαινόμενον ἐξελίσσεται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε νὰ δημιουργηταὶ ἡ ἐντύπωσις ὅτι ἀποσυντίθεται μόνον τὸ ὕδωρ.

4. Κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν θειικοῦ χαλκοῦ, μὲ ἄνοδον ἀπὸ χαλκόν, συμβαίνει μεταφορὰ χαλκοῦ ἀπὸ τὴν ἄνοδον εἰς τὴν κάθοδον.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

96. Νὰ καθωρισθοῦν αἱ θεμελιώδεις ἀντιδράσεις εἰς τὰς ἠλεκτρολύσεις τῶν ἀκολούθων διαλυμάτων : α) Διάλυμα χλωριούχου ἀργύρου ($AgCl$). β) Διάλυμα χλωριούχου χαλκοῦ ($CuCl_2$). γ) Διάλυμα θειικοῦ ψευδαργύρου ($ZnSO_4$). δ) Διάλυμα νιτρικοῦ νατρίου ($NaNO_3$).



97. Δύο βολτάμετρα, συνδεδεμένα ἐν σειρᾷ, διαρρέονται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. Τὸ πρῶτον περιέχει διάλυμα θειικοῦ χαλκοῦ ($CuSO_4$) καὶ ἄνοδον ἀπὸ χαλκόν, ἐνῶ τὸ δεύτερον διάλυμα θειικοῦ ὀξέος (H_2SO_4) μὲ ἠλεκτρόδια ἀπὸ λευκόχρυσον. α) Νὰ σχεδιασθῇ τὸ κύκλωμα. β) Νὰ διατυπωθοῦν δι' αὐτὸ τὸ κύκλωμα οἱ ποιοτικοὶ νόμοι τῆς ἠλεκτρολύσεως.

98. Ἡ παγκόσμιος βιομηχανικὴ παραγωγή τοῦ ἀλουμινίου κατὰ τὸν 20ὸν αἰῶνα μετεβλήθη ὡς ἐξῆς : Κατὰ τὰ ἔτη 1900, 1910, 1920, 1930, 1939, 1950, 1956 ἡ ποσότης παραγωγῆς εἰς τόννους ἦτο ἀντιστοίχως : 7 000, 43 000, 125 000, 269 000, 688 000, 1 500 000, 3 374 000. Νὰ παρασταθῇ γραφικῶς ἡ μεταβολὴ τῆς παραγωγῆς. Εἰς τὸν ὀριζόντιον ἄξονα 1 cm νὰ ἀντιστοιχῇ πρὸς 10 ἔτη, ἐνῶ εἰς τὸν κατακόρυφον ἄξονα 1 cm νὰ ἀντιστοιχῇ εἰς 500 000 τόννους. Νὰ στρογγυλευθοῦν τὰ ποσὰ τὰ πλησιέστερα πρὸς τὰ πολλαπλάσια τοῦ 50 000 τόννοι.

99. Ἡ παγκόσμιος παραγωγή χαλκοῦ κατὰ τὸν 20ὸν αἰῶνα μεταβλήθη ὡς ἐξῆς : Κατὰ τὰ ἀκόλουθα ἔτη : 1900, 1910, 1920, 1930, 1940, 1950, 1957 ἡ ποσότης παραγωγῆς εἰς τόννους ἦτο ἀντιστοίχως : 499 000, 888 000, 949 000, 1 577 000,

2 413 000, 2 522 000, 3 462 000. Νά παρασταθῆ γραφικῶς ἡ μεταβολή τῆς παραγωγῆς. Εἰς τὸν ὀριζήντιον ἄξονα 1 cm νά ἀντιστοιχῆ 10 ἔτη, ἐνῶ εἰς τὸν κατακόρυφον 1 cm νά ἀντιστοιχῆ 500 000 τόννοις. Νά στρογγυλευθοῦν τὰ ποσὰ τὰ γειτονικὰ πρὸς τὰ πολλαπλάσια τοῦ 50 000 τόννοι.

100. Ἡ ἐτησία παραγωγή ἐνὸς ἐργοστασίου παραγωγῆς ἀλουμινίου εἶναι 65 000 τόννοι. α) Νά ὑπολογισθῆ ἡ θεωρητικὴ ποσότης τῆς ἀλουμίνης (Al_2O_3) ἡ ὁποία καταναλίσκεται ἀπὸ αὐτὸ τὸ ἐργοστάσιον. Δίδονται : Ἀτομικὸν βάρους τοῦ ἀργιλίου 27 καὶ τοῦ ὀξυγόνου 16.
(Ἐπ. α' 122 .777 τόννοι).

ΚΔ'— ΗΛΕΚΤΡΟΥΣΙΣ. ΝΟΜΟΙ ΤΟΥ ΦΑΡΑΝΤΑΙΪ. ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ

§ 115. Γενικότητες. Εἰς τὰ προηγούμενα ἐξητάσαμεν ποιοτικῶς τὸ φαινόμενον τῆς ἠλεκτρολύσεως. Θὰ μελετήσωμεν τὸ ἴδιον φαινόμενον καὶ ποσοτικῶς μετὰ τὴν βοήθειαν τῶν δύο νόμων τῆς ἠλεκτρολύσεως, οἱ ὁποῖοι εἶναι γνωστοὶ μετὰ τὸ ὄνομα τοῦ διασήμου Ἐγγλίου Φυσικοῦ Φάρανταιῦ (Michael Faraday).

§ 116. Πρῶτος νόμος τοῦ Φάρανταιῦ. Πείραμα. Τοποθετοῦμεν ἐν σειρᾷ μίαν πηγὴν συνεχοῦς ρεύματος, ἓνα συσσωρευτήν, ἓνα διακόπτην καὶ τρία βολτάμετρα μετὰ ἠλεκτρόδια ἀπὸ σίδηρον, τὰ ὁποῖα περιέχουν διάλυμα καυστικοῦ νατρίου ($NaOH$) (σχ. 117).

Κλείομεν τὸν ἀνοικτὸν διακόπτην τοῦ κυκλώματος καὶ ἀφήνομεν νὰ διέλθῃ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα δι' ἓνα ὄρισμένον διάστημα, ἔστω 15 min, σημειοῦντες ἀνὰ τρία λεπτὰ τὰς ποσότητας τοῦ ὑδρογόνου, αἱ ὁποῖαι ἀπελευθερώνονται. Καταστρώνομεν τοιοῦτοτρόπως τὸν ἀκόλουθον πίνακα.



MICHAEL FARADAY (1791 - 1867)
Διάσημος Ἐγγλὸς Φυσικὸς καὶ Χημικὸς, ὀνομαστὸς διὰ τὴν μεγάλην πειραματικὴν του ἰκανότητα.

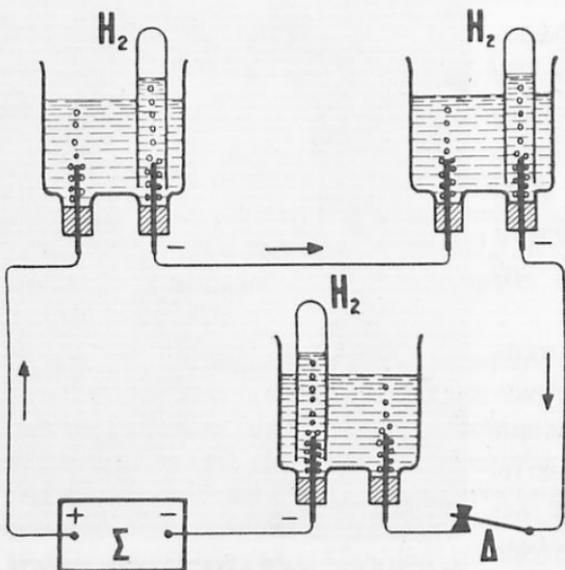
Χρόνος διελεύσεως ρεύματος εις min	Όγκος υδρογόνου εις cm ²		
	1ον βολτάμε- τρον	2ον βολτάμε- τρον	3ον βολτάμε- τρον
0	0	0	0
3	0,5	0,5	0,5
6	1	1	1
9	1,5	1,5	1,5
12	2	2	2
15	2,5	2,5	2,5

Μελετώντες τόν άνωτέρω πίνακα διαπιστώνομεν ότι : α) Οί όγκοι του υδρογόνου, τó όποιον άπελευθερώνεται εις τó ίδιον χρονικόν διάστημα εις τά τρία βολτάμετρα, είναι ίσοι. β) Οί όγκοι του υδρογόνου, τó όποιον άπελευθερώνεται εις έκαστον από τά βολτάμετρα, είναι ανάλογοι πρós τήν χρονικήν διάρκειαν τής διελεύσεως του ηλεκτρικού ρεύματος.

Άπό τά άνωτέρω συμπεραίνομεν ότι :

I. Ή ηλεκτρολυτική δράσις του ηλεκτρικού ρεύματος, εις τó ίδιον ηλεκτρολυτικόν διάλυμα, είναι ή ίδια εις όλα τά σημεία του κυκλώματος.

II. Ή ηλεκτρολυτική δράσις ενός ώρισμένου ηλεκτρικού ρεύματος, είναι ανάλογος πρós τήν χρονικήν διάρκειαν διελεύσεως του ρεύματος, δηλαδή πρós τήν ποσότητα του ηλεκτρισμού ή όποία διήλθεν από τó βολτάμετρον.



Σχ. 117. Οί όγκοι του υδρογόνου, τó όποιον έλευθερώνεται εις τόν ίδιον χρόνον και εις τά τρία βολτάμετρα είναι ίσοι.

Δεύτερος νόμος του Φάρανταϊ. Γραμμοϊσοδύναμον ιόντος. Ἡ ἐπαλήθευσις τοῦ δευτέρου νόμου τῆς ἠλεκτρολύσεως προϋποθέτει τὴν ἐκτέλεσιν πολὺ ἀκριβῶν μετρήσεων καὶ τὴν γνῶσιν ὀρισμένων βασικῶν χημικῶν καὶ φυσικῶν ἐννοιῶν, ὅπως εἶναι τὸ ἀτομικὸν βᾶρος ἑνὸς στοιχείου, τὸ σθένος ἑνὸς ἰόντος, τὸ γραμμοάτομον ἑνὸς στοιχείου καὶ τὸ γραμμοϊσοδύναμον ἑνὸς ἰόντος.

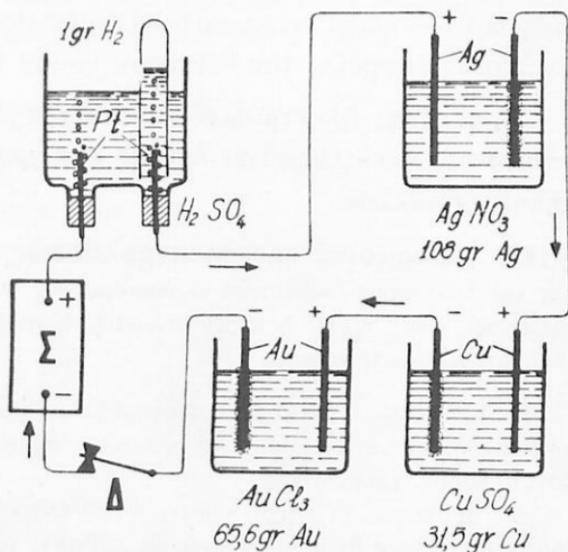
Θὰ περιορισθῶμεν εἰς τὸν ὄρισμὸν μόνον τοῦ γραμμοϊσοδυναμοῦ ἑνὸς ἰόντος.

Γραμμοϊσοδύναμον ἑνὸς ἰόντος ὀνομάζεται ποσότης μάζης τοῦ ἰόντος, ἐκπεφρασμένη εἰς γραμμάρια καὶ ἴση ἀριθμητικῶς πρὸς τὸ πηλίκον τοῦ γραμμοατόμου τοῦ στοιχείου πρὸς τὸ σθένος τοῦ ἰόντος.

Πείραμα. Συνδέομεν ἐν σειρᾷ τέσσαρα βολτάμετρα, τὰ ὁποῖα περιέχουν διάλυμα θειικοῦ ὀξέος (H_2SO_4), νιτρικοῦ ἀργύρου ($AgNO_3$), θειικοῦ χαλκοῦ ($CuSO_4$) καὶ τρισθενοῦς χλωριούχου χρυσοῦ ($AuCl_3$). Τὰ ἠλεκτρόδια τοῦ πρώτου βολταμέτρου εἶναι ἀπὸ λευκόχρυσον, τοῦ δευτέρου ἀπὸ ἄργυρον, τοῦ τρίτου ἀπὸ χαλκὸν καὶ τοῦ τετάρτου ἀπὸ χρυσοῦν (σχ. 118).

Ἄφοῦ ζυγίσωμεν τὰ ἠλεκτρόδια τοῦ δευτέρου, τρίτου καὶ τετάρτου βολταμέτρου, κλείομεν τὸν διακόπτην τοῦ κυκλώματος καὶ ἀφήνομεν τὸ ἴδιον ἠλεκτρικὸν ρεῦμα νὰ διέλθῃ ἀπὸ τὰ τέσσαρα βολτάμετρα.

Ὅπως μᾶς εἶναι γνωστόν, εἰς τὴν κάθοδον τοῦ πρώτου βολταμέτρου δυνάμεθα νὰ συλλέξωμεν ὑδρογόνον, εἰς τὴν κάθοδον τοῦ δευτέρου βολταμέτρου θὰ ἀποτεθῇ στρῶμα ἀργύρου, εἰς τὴν κάθοδον τοῦ τρίτου βολταμέ-



Σχ. 118. Διὰ τὸν δευτερον ποσοτικὸν νόμον τῆς ἠλεκτρολύσεως.

τρου στρώμα χαλκού και εις την κάθοδον του τετάρτου βολταμέτρου στρώμα χρυσοῦ.

Ἄν συνεπῶς ζυγίσωμεν τὰ τρία τελευταῖα ἠλεκτρόδια, ἀφοῦ ἔχει περατωθῆ πλεον ἢ ἠλεκτρόλυσις, θὰ τὰ εὔρωμεν βαρύτερα. Οὕτω θὰ διαπιστώσωμεν, π.χ., ὅτι διὰ 1 mgr ὑδρογόνου, τὸ ὁποῖον ἠλευθερώθη εις τὴν κάθοδον τοῦ πρώτου βολταμέτρου, ἔναπετέθησαν :

α) 108 mgr ἀργύρου = 108/1 mgr Ag εις τὴν κάθοδον τοῦ δευτέρου βολταμέτρου.

β) 31,5 mgr χαλκοῦ = 63/2 mgr Cu εις τὴν κάθοδον τοῦ τρίτου βολταμέτρου, καὶ

γ) 65,7 mgr χρυσοῦ = 197/3 mgr Au εις τὴν κάθοδον τοῦ τετάρτου βολταμέτρου.

Ἐπειδὴ ὅμως ὁ ἄργυρος εἶναι μονοσθενῆς καὶ ἔχει ἀτομικὸν βάρος 108, ὁ χαλκὸς δισθενῆς καὶ ἔχει ἀτομικὸν βάρους 63 καὶ ὁ χρυσοὺς τρισθενῆς μὲ ἀτομικὸν βάρος 197, συμπεραίνομεν ὅτι τὰ πηλίκια :

$$\frac{108}{1} \text{ gr Ag,} \quad \frac{63}{2} \text{ gr Cu,} \quad \frac{197}{3} \text{ gr Au}$$

ἐκφράζουν τὰ γραμμοῖσοδύναμα τῶν μετάλλων ἀργύρου, χαλκοῦ καὶ χρυσοῦ. Πολλαπλασιάζοντες λοιπὸν ἐπὶ 1 000 τὰ ἀριθμητικὰ ἀποτελέσματα τοῦ πειράματος, καταλήγομεν εις τὸ ἀκόλουθον συμπέρασμα, τὸ ὁποῖον ἐκφράζει τὸν δεῦτερον νόμον τοῦ Φάρανταιου. :

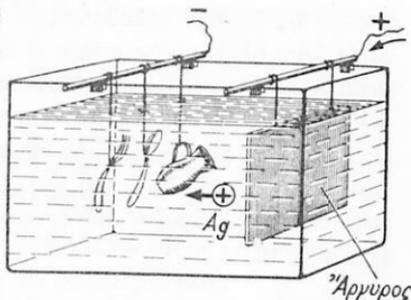
Ἡ ποσότης ἠλεκτρισμοῦ, ἡ ὁποία ἀπελευθερώνει ἓνα γραμμάριον ὑδρογόνου, ἀπελευθερώνει ἐπίσης ἓνα γραμμοῖσοδύναμον ἰόντος οἰουδήποτε μετάλλου.

§ 117. Ἐφαρμογαὶ τῆς ἠλεκτρολύσεως. Ἡ ἠλεκτρόλυσις εὐρίσκει πολλὰς καὶ διαφόρους ἐφαρμογὰς εις ὠρισμένους τομεῖς τῆς Τεχνικῆς καὶ τῆς Βιομηχανίας, ὅπως εἶναι ἡ ἐπιμετάλλωσις, ἡ γαλβανοπλαστική, ἡ ἠλεκτρομεταλλουργία, ἡ ἠλεκτροχημεία κλπ.

α) Ἐπιμετάλλωσις. Οὕτως ὀνομάζεται ἡ μέθοδος μὲ τὴν ὁποίαν περικαλύπτομεν ἠλεκτρολυτικῶς μεταλλικὰς ἐπιφανείας μὲ ἄλλα μέταλλα, ὅπως π.χ. μὲ χαλκόν, ἄργυρον, χρυσόν, κλπ.

Ἄν πρόκειται δι' ἐπιχάλκωσιν, ὡς ἠλεκτρολυτικὸν ὑγρὸν χρησιμοποιοῦμεν ὕδατικὸν διάλυμα θειικοῦ χαλκοῦ, ὡς κάθοδος τὸ ἀντικείμενον, τὸ ὁποῖον θὰ ἐπιχαλκώσωμεν, καὶ ὡς ἄνοδον μίαν χαλκίνην πλάκα. Ὅπως γνωρίζομεν, εις τὴν περίπτωσιν αὐτὴν μεταφέρεται χαλκὸς ἀπὸ τὴν ἄνοδον εἰς τὴν κάθοδον καὶ ἐπικάθηται κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον εἰς τὸ ἀντικείμενον, τὸ ὁποῖον θέλομεν νὰ ἐπιχαλκώσωμεν.

Εἰς τὴν ἐπαργύρωσιν ὡς ἠλεκτρολυτικὸν ὑγρὸν χρησιμοποιοῦμεν διάλυμα νιτρικοῦ ἀργύρου, ὡς κάθοδον τὸ ἀντικείμενον τὸ ὁποῖον πρόκειται νὰ ἐπαργυρωθῇ καὶ ὡς ἄνοδον πλάκα ἀπὸ ἄργυρον. Ὅταν κλείσωμεν τὸ κύκλωμα, δημιουργεῖται μεταφορὰ ἀργύρου ἀπὸ τὴν ἄνοδον εἰς τὴν κάθοδον καὶ τοιουτοτρόπως ἐπαργυρῶνεται τὸ ἀντικείμενον (σχ. 119).



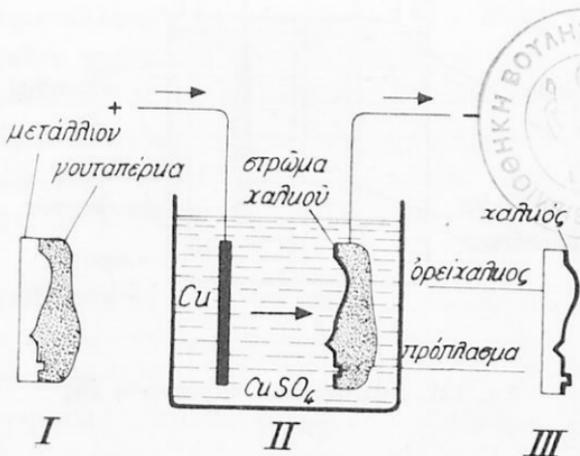
Σχ.119. Διάταξις ἐπιμεταλλώσεως. Τὴν κάθοδον ἀποτελοῦν τὰ πρὸς ἐπιμετάλλωσιν ἀντικείμενα.

Γενικῶς εἰς τὴν ἐπιμετάλλωσιν, χρησιμοποιοῦμεν ὡς ἠλεκτρολυτικὸν ὑγρὸν διάλυμα καταλλήλου ἁλατος τοῦ μετάλλου μὲ τὸ ὁποῖον θέλωμεν νὰ ἐπικαλύψωμεν τυχὸν ἀντικείμενον, ἔστω μὲ ἄλας χρωμίου ἂν πρόκειται νὰ ἐκτελέσωμεν ἐπιχρωμίωσιν, ὡς κάθοδον τὸ ἀντικείμενον καὶ ὡς ἄνοδον πλάκα καθαροῦ μετάλλου (δηλαδὴ πλάκα χρωμίου).

Ἡ ἐπιμετάλλωσις χρησιμοποιεῖται εἰς τὴν κοσμηματοποιίαν (ἐπαργύρωσις, ἐπιχρῶσις), ὅπως ἐπίσης εἰς τὴν Τεχνικὴν καὶ εἰς τὴν Βιομηχανίαν, διὰ τὴν προστασίαν ὀρισμένων μεταλλικῶν ἀντικειμένων ἀπὸ τὴν ὀξειδωσιν ἢ διὰ νὰ προσδώσωμεν εἰς αὐτὰ μίαν μόνιμον στιλπνότητα.

β) Γαλβανοπλαστική. Χρησιμεῖ κυρίως εἰς τὴν παραγωγὴν χαλκίνων ἐκμαγείων καὶ ἐπιτρέπει τὴν ἀναπαραγωγὴν μικρῶν ἀγαλμάτων, μεταλλίων, τυπογραφικῶν κλισέ, φωνογραφικῶν δίσκων, κλπ. καὶ γενικώτερον ἀντικειμένων, τῶν ὁποίων ἡ ἐπιφάνεια παρουσιάζει μίαν ἀνάγλυφον μορφήν, ἡ ὁποία πρέπει νὰ ἀποδοθῇ μὲ πιστότητα.

Εἰς τὴν γαλβανοπλαστικὴν ἐργαζόμεθα ὡς ἐξῆς. Θερμαίνομεν γουτταπέρκαν, ἡ ὁποία γίνεται τότε εὐπλαστος καὶ λαμβάνομεν τὸ ἀρνητικὸν ἀποτύπωμα τῆς ὄψεως τοῦ ἀντικειμένου, ἔστω ἐνὸς μετάλλου (σχ. 120, I). Ἀφήνομεν κατόπιν τὴν γουτταπέρκαν νὰ ψυχθῇ καὶ νὰ ἐπαναποκτήσῃ τὴν σκληρότητά της, τὴν περικαλύπτομεν μὲ λεπτὸν στρώμα γραφίτου, διὰ νὰ τὴν καταστήσωμεν ἀγώγιμον εἰς τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, καὶ τὴν χρησιμοποιοῦμεν ὡς κάθοδον εἰς διάλυμα θειικοῦ χαλκοῦ, εἰς τὸ

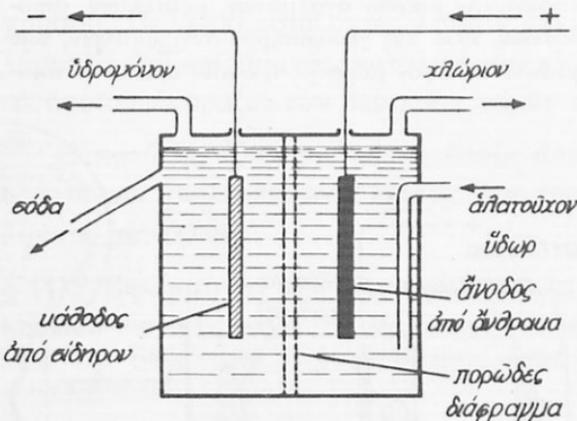


Σχ. 120. Γαλβανοπλαστική. (I) Ἐκμαγεῖον τοῦ ἀντικειμένου. (II) Ἐπιχάλκωσις. (III) Ἀντίγραφον.

όποιον ως άνοδον τοποθετούμεν πλάκα από καθαρόν χαλκόν. Κατόπιν αφήνομεν νά διέλθη ηλεκτρικόν ρεύμα δ' ένα άρκετόν χρονικόν διάστημα, όποτε έναποτίθεται ένα στρώμα χαλκού, άρκετού πάχους, εις τό άρνητικόν άποτύπωμα του μεταλλίου (σχ. 120 II). Άκολουθως διακόπτομεν τό ρεύμα και βυθίζομεν τό επιχαλκωμένον άποτύπωμα εις θερμόν ύδωρ, όποτε τήκεται ή γουταπέρκα και άποχωρίζεται από αύτήν τό στρώμα του χαλκού, επί του όποιου είναι άποτυπωμένη ή θετική όψις του μεταλλίου, ή όποία άποτελεϊ τοιουτοτρόπως πιστόν εκείνου αντίγραφον (σχ. 120, III).

γ) Ήλεκτρομεταλλουργία. Διάφορα μέταλλα παρασκευάζονται ήλεκτρολυτικώς από τά άλατά των, τά όξειδιά των, ή τά ύδροξειδιά των. Με την μέθοδον αύτήν κατορθώνομεν νά παρασκευάσωμεν μέταλλα εις μεγάλον βαθμόν καθαρότητος. Ούτω παρασκευάζομεν άργίλιον (άλουμίνιον) με βαθμόν καθαρότητος 99 μέχρις 99,8% από άλουμίναν (όξειδον του άργιλίου Al_2O_3), νάτριον από καυστικήν σόδαν (ύδροξειδον του νατρίου $NaOH$), μαγνήσιον από χλωριούχον μαγνήσιον ($MgCl_2$), ψευδάργυρον απόθεικόν ψευδάργυρον ($ZnSO_4$), κλπ.

δ) Ήλεκτροχημεία. Πολυάριθμα σώματα παρασκευάζονται βιομηχανικώς με ήλεκτρολυτικήν μέθοδον. Ούτως ήλεκτρολύοντες διάλυμα καυστικής σόδας και χρησιμοποιούντες ήλεκτρόδια από σίδηρον, παρασκευάζομεν ύδρογόνον και όξυγόνον.



Σχ. 121. Βιομηχανική παρασκευή της σόδας.

Ήλεκτρολύοντες ύδατικόν διάλυμα μαγειρικού άλατος ($NaCl$), λαμβάνομεν χλώριον εις την άνοδον και καυστικήν σόδαν εις την κάθοδον. Διά νά άποτρέψωμεν την επαφήν του χλωρίου με την σόδαν, χρησιμοποιούμεν ειδικά βολτάμετρα (σχ. 121), τά όποία χωρίζονται εις δύο μέρη από ένα πορώδες διάφραγμα. Τό διάλυμα της σόδας συλλέγεται και κατόπιν συμπυκνώνεται με εξάτμισιν.

Εάν αφαιρέσωμεν τό διάφραγμα και αφήσωμεν εις επαφήν τό διαλελυμένον χλώριον και την σόδαν, λαμβάνομεν τό λεγόμενον ύδωρ του Ζαβέλ (eau de Javel).

1. Οί ποσοτικοί νόμοι τῆς ἠλεκτρολύσεως εἶναι γνωστοὶ συνήθως ὡς νόμοι τοῦ Φάρανταιῦ.

2. Ὁ πρῶτος νόμος τῆς ἠλεκτρολύσεως ἐκφράζει ὅτι : Ἡ ἠλεκτρολυτικὴ δρᾶσις ἑνὸς ἠλεκτρικοῦ ρεύματος εἶναι ἡ ἴδια εἰς ὅλα τὰ σημεῖα τοῦ κυκλώματος καὶ ἀνάλογος πρὸς τὴν ποσότητα τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἢ ὁποῖα διαρρέει τὸ βολτάμετρον.

3. Ὁ δεῦτερος νόμος τῆς ἠλεκτρολύσεως ἐκφράζει ὅτι : Ὅταν ἓνα ὠρισμένον ἠλεκτρικὸν ρεῦμα διαρρέει διαφορετικὸς ἠλεκτρολύτας, ἢ μᾶζα τοῦ μετάλλου ἢ τοῦ ὕδρογόνου, τὰ ὁποῖα ἐλευθερώνονται εἰς τὴν κάθοδον ἐκάστου βολταμέτρου, εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ γραμμοῖσοδύναμον τοῦ ἰόντος τοῦ μετάλλου.

4. Ἡ ἠλεκτρόλυσις εὐρίσκει πολλὰς καὶ ποικίλλας ἐφαρμογὰς, ὅπως εἶναι ἡ ἐπιμετάλλωσις, ἡ γαλβανοπλαστικὴ, ἡ ἠλεκτρομεταλλουργία καὶ ἡ ἠλεκτροχημεία.

5. Ἡ ἐπιμετάλλωσις χρησιμοποιεῖται εἰς τὴν κοσμηματοποιῖαν καὶ χρυσοχοίαν διὰ τὴν ἐπικάλυψιν διαφόρων κοσμημάτων μὲ στρῶμα χρυσοῦ (ἐπιχρυσώσεις) ἢ ἀργύρου (ἐπαργύρωσις) καὶ εἰς τὴν Τεχνικὴν διὰ τὴν προφύλαξιν ὠρισμένων μετάλλων ἀπὸ τὴν ὀξειδῶσιν. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἐκτελοῦμεν ἐπιμετάλλωσιν μὲ ἀνοξειδῶτα μέταλλα, ὅπως εἶναι τὸ νικέλιον καὶ τὸ χρώμιον. Εἰς τὴν ἐπιμετάλλωσιν ἠλεκτρολύομεν ἓνα ἄλας τοῦ μετάλλου, μὲ τὸ ὁποῖον πρόκειται νὰ ἐπικαλύψωμεν ἓνα ἀντικείμενον, χρησιμοποιοῦντες τὸ ἀντικείμενον ὡς κάθοδον, ἐνῶ ὡς ἄνοδον τοποθετοῦμεν καθαρὰν πλάκαν ἐκ τοῦ μετάλλου.

6. Ἡ γαλβανοπλαστικὴ εἶναι εἶδος ἐπιχαλκώσεως καὶ ἐπιτρέπει τὴν ἀναπαραγωγὴν, μὲ μεγάλην πιστότητα, ἀναγλύφων ἐπιφανειῶν.

7. Εἰς τὴν ἠλεκτρομεταλλουργίαν παρασκευάζομεν μέταλλα, μὲ πολὺν μεγάλον βαθμὸν καθαρότητος, ἠλεκτρολύοντες ἅλατα, ὀξειδία ἢ ὕδροξειδία τῶν μετάλλων.

8. Εἰς τὴν ἠλεκτροχημείαν παρασκευάζομεν πολυάριθμα σώματα βιομηχανικῶς μὲ ἠλεκτρολυτικὴν μέθοδον, ὅπως ὕδρογόνον, ὀξυγόνον, χλώριον, καυστικὴν σόδα 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 ὕδατικὸν διάλυμα θειικοῦ ὀξέος (H_2SO_4) καὶ ἔχουν ἠλεκτρόδια ἀπρόσβλητα ἀπὸ τὸ ὀξύ (π.χ. ἀπὸ λευκόχρυσον) (σχ. 122).

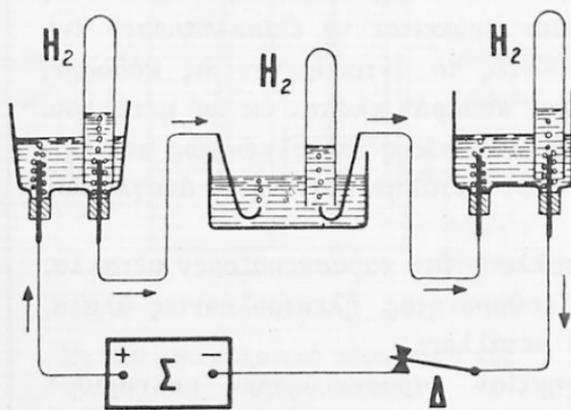
Τὰ βολτάμετρα διαφέρουν πολὺ εἰς τὰς διαστάσεις καὶ εἰς τὴν μορφήν, τόσον τῶν δοχείων ὅσον καὶ τῶν ἠλεκτροδίων, καθὼς καὶ εἰς τὰς ἀποστάσεις μεταξὺ τῶν ἠλεκτροδίων. Ἡ ποσότης ἐπίσης τοῦ ὀξυνισμένου ὕδατος δὲν εἶναι ἡ ἴδια καὶ εἰς τὰ τρία βολτάμετρα.

Καλύπτομεν τὰς καθόδους τῶν βολταμέτρων μὲ ὀγκομετρικοὺς σωλῆνας καὶ κλείομεν τὸ κύκλωμα. Καθὼς γνωρίζομεν ἀπελευθερῶνεται ὕδρογόνον, τὸ ὁποῖον συλλέγεται εἰς τοὺς ἀνεστραμμένους ὀγκομετρικοὺς σωλῆνας.

Μετὰ ἀπὸ μικρὸν χρονικὸν διάστημα διακόπτομεν τὸ κύκλωμα, ὁπότε παρατηροῦμεν ὅτι οἱ ὄγκοι τοῦ ὕδρογόνου, οἱ ὁποῖοι ἀπελευθερώθησαν εἰς ἕκαστον βολτάμετρον, εἶναι ἴσοι.

Ἐὰν πραγματοποιήσωμεν ἓνα ἀνάλογον μὲ τὸ ἀνωτέρω πείραμα, χρησιμοποιήσωμεν ὡς ἠλεκτρολύτην νιτρικὸν ἄργυρον ($AgNO_3$) καὶ μὲ τελείως διαφορετικὰ βολτάμετρα, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι αἱ ποσότητες τοῦ ἀργύρου, αἱ ὁποῖαι ἀποτίθενται εἰς τὰς καθόδους καὶ τῶν τριῶν βολταμέτρων εἶναι καὶ πάλιν ἴσαι.

Ἐπίσης ἐὰν χρησιμοποιήσωμεν βολτάμετρα μὲ ἠλεκτρολύτην θειικὸν χαλκὸν ($CuSO_4$), θὰ διαπιστώσωμεν ὅτι αἱ μᾶζαι τοῦ χαλκοῦ, αἱ ὁποῖαι ἀπο-



Σχ. 122. Οἱ ὄγκοι τοῦ ὕδρογόνου, οἱ ὁποῖοι ἐλευθερώνονται ἀπὸ τὰ τρία βολτάμετρα εἶναι ἴσοι.

τίθενται εις τὰς καθόδους εἶναι καὶ πάλιν ἴσαι μεταξύ των.

§ 119. Ἐξήγησις τοῦ φαινομένου. Ἐννοία τῆς ποσότητος τοῦ ἠλεκτρισμοῦ. Εἰς τὰ τρία βολτάμετρα τοῦ προηγουμένου πειράματος ἢ ἀπελευθέρωσις τοῦ ὕδρογόνου ὀφείλεται εἰς τὴν διέλευσιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

Ἐφ' ὅσον οἱ ὄγκοι τοῦ ὕδρογόνου, τὸ ὁποῖον συλλέγεται εἰς τοὺς ὄγκομετρικοὺς σωλῆνας, ἢ αἱ μᾶζαι τῶν μετάλλων, αἱ ὁποῖαι ἀποτίθενται εἰς τὴν κάθοδον εἶναι ἴσαι, εἶναι λογικὸν νὰ ὑποθέσωμεν ὅτι αὐτὸ συμβαίνει διότι τὰ βολτάμετρα διαρρέονται, ἀπὸ τὴν ἰδίαν ποσότητα ἠλεκτρισμοῦ. Δηλαδή ἡ ποσότης ἠλεκτρισμοῦ εἶναι ἐκείνη ἢ ὁποία καθορίζει τὸν ὄγκον τοῦ ὕδρογόνου, ὁ ὁποῖος ἀπελευθερώνεται, ἢ τὴν μᾶζαν τοῦ μετάλλου ἣτις ἀποτίθεται εἰς τὴν κάθοδον.

Δι' αὐτὸ λέγομεν ὅτι :

Ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ἢ ὁποία μεταφέρεται ἀπὸ τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸν ὄγκον τοῦ ὕδρογόνου, τὸ ὁποῖον ἀπελευθερώνεται, ἢ πρὸς τὴν μᾶζαν τοῦ μετάλλου, τὸ ὁποῖον ἀποτίθεται εἰς τὴν κάθοδον.

Δηλαδή ὅταν ὁ ὄγκος τοῦ ὕδρογόνου ἢ ἡ μᾶζα τοῦ μετάλλου εἶναι διπλασία, τριπλασία, τετραπλασία, κλπ. αὐτὸ σημαίνει ὅτι ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ἢ ὁποία διήλθεν ἀπὸ τὸ βολτάμετρον, εἶναι δύο, τρεῖς, τέσσαρας φορές μεγαλύτερα, κλπ.

Μονάδες τῆς ποσότητος τοῦ ἠλεκτρισμοῦ. Ὡς μονὰς διὰ τὴν μέτρησιν τῆς ποσότητος τοῦ ἠλεκτρισμοῦ χρησιμοποιεῖται τό :

1 Κουλόμπ (1 Coulomb, 1Cb)

Τὸ 1 Κουλόμπ (1 Cb) εἶναι ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ἢ ὁποία, ὅταν διέλθῃ μέσα ἀπὸ ἓνα βολτάμετρον με νιτρικὸν ἄργυρον (AgNO_3), ἀποθέτῃ εἰς τὴν κάθοδον ποσότητα 1,118 mgr ἄργυρου.

Ἀριθμητικὴ ἐφαρμογή. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ἢ ὁποία ἀποθέτῃ 0,274 gr ἄργυρου εἰς τὴν κάθοδον ἑνὸς βολταμέτρου με νιτρικὸν ἄργυρον.

Λύσις. Ἐφ' ὅσον τὰ 1,118 mgr ἄργυρου ἐλευθερώνονται εἰς τὴν κάθοδον ἀπὸ 1 Cb, τὰ 0,274 gr = 274 mgr θὰ ἐλευθερώνονται ἀπὸ ποσότητα ἠλεκτρισμοῦ ἴσην πρὸς :

$$\frac{274}{1,118} \text{ Cb} = 245 \text{ Cb}$$

§ 120. Έντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Πολλὰς φορές χρειάζεται-
ται νὰ γνωρίζωμεν τὴν *παροχὴν* μιᾶς σωληνώσεως εἰς τὸ δίκτυον
ὕδρευσεως ἢ εἰς τὸ δίκτυον τοῦ φωταερίου. Ἐνδιαφέρει δηλαδὴ νὰ
γνωρίζωμεν πόσα κυβικὰ μέτρα ὕδατος ἢ ἀερίου διέρχονται ἀπὸ μίαν
τυχαίαν διατομὴν τοῦ δικτύου εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου.

Ἀναλόγως πρὸς τὰ ἀνωτέρω τὴν ἠλεκτρικὴν παροχὴν ἐνὸς ἀγωγοῦ
ὁ ὁποῖος διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ὀνομάζομεν **έντασιν τοῦ
ἠλεκτρικοῦ ρεύματος** καὶ τὴν συμβολίζομεν μὲ i .

Ἡ έντασις i τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει ἓνα ἀγω-
γόν, εἶναι ἢ ἰδίᾳ εἰς ὅλα τὰ σημεῖα ἐνὸς ἀπλοῦ κλειστοῦ κυκλώματος.

Μονὰς έντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἡ μονὰς έντάσεως
τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος εἶναι τὸ **1 Ἄμπέρ (Ampère)** καὶ συμβολί-
ζεται μὲ **1 A ἢ 1 Amp.**

Τὸ **1 Ἄμπέρ (1 A, 1 Amp)** εἶναι ἴσον μὲ τὴν έντασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ
ρεύματος, τὸ ὁποῖον ἐντὸς ἐνὸς δευτερολέπτου ἀποθέτει εἰς τὴν κάθοδον
ἐνὸς βολταμέτρου μὲ νιτρικὸν ἄργυρον, μᾶζαν **1,118 mgr ἄργύρου.**

Ἀπὸ τὸν ἀριθμὸ τῆς μονάδος Ἄμπέρ παρατηροῦμεν ὅτι τὸ **1 Ἄμ-
πέρ** δύναται νὰ θεωρηθῆ ὡς ἡ έντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ
ὁποῖον μεταφέρει ἐντὸς ἐνὸς δευτερολέπτου ποσότητα ἠλεκτρισμοῦ
ἴσην πρὸς **1 Κουλόμπ.**

Ὑποπολλαπλάσιον τῆς μονάδος Ἄμπέρ εἶναι τὸ **1 μιλιαμπέρ**
(1 milliamperè), τὸ ὁποῖον συμβολίζεται μὲ **1 mA** καὶ τὸ **1 μικροαμπέρ**
(1 microampère), τὸ ὁποῖον συμβολίζεται μὲ **1 μA**. Εἶναι δέ :

$$1 \text{ mA} = \frac{1}{1.000} \text{ A} = 10^{-3} \text{ A}$$

$$1 \text{ μA} = \frac{1}{1\ 000\ 000} \text{ A} = 10^{-6} \text{ A}$$

**§ 121. Σχέσις μεταξύ ποσότητος ἠλεκτρισμοῦ καὶ έντάσεως ρεύ-
ματος.** Ἐφ' ὅσον ἠλεκτρικὸν ρεῦμα έντάσεως **1 Ἄμπέρ** μεταφέρει
ἐντὸς ἐνὸς δευτερολέπτου ποσότητα ἠλεκτρισμοῦ ἴσην πρὸς **1 Κου-
λόμπ,** ἠλεκτρικὸν ρεῦμα έντάσεως i Ἄμπέρ θὰ μεταφέρῃ ἐντὸς χρόνου
 t δευτερολέπτων ποσότητα ἠλεκτρισμοῦ q Κουλόμπ, ἢ ὁποῖα θὰ εἶναι
ἴση πρὸς :

$$q = i \cdot t$$

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. Πόσον ἠλεκτρικὸν φορτίον μεταφέρει ἐντὸς χρόνου 2 min ἠλεκτρικὸν ρεύμα ἐντάσεως 5 A.

Λύσις. Ἀπὸ τὴν σχέσιν $q = i \cdot t$, ἀντικαθιστῶντες τὰ σύμβολα μὲ τὰς τιμὰς τῶν, δηλαδὴ $i = 5A$, $t = 2 \text{ min} = 2 \cdot 60 \text{ sec} = 120 \text{ sec}$, λαμβάνομεν :

$$q = 5 \cdot 120 \text{ Cb} = 600 \text{ Cb}.$$

§ 122. Σύστημα μονάδων M.K.S.A. Ἐὰν εἰς τὰς θεμελιώδεις μονάδας τοῦ συστήματος M.K.S. προσθέσωμεν ὡς θεμελιώδη μονάδα καὶ τὸ Ἄμπέρ, δημιουργεῖται ἓνα γενικώτερον σύστημα μονάδων, τὸ ὁποῖον περιλαμβάνει καὶ τὰς μονάδας τὰς ὁποίας χρησιμοποιοῦμεν εἰς τὸν ἠλεκτρισμὸν καὶ ὀνομάζεται **Σύστημα M.K.S.A.** ἢ **Σύστημα Τζιόρτζι (Giorgi)**.

Τὸ σύστημα αὐτὸ τῶν μονάδων βασίζεται εἰς τὰς τέσσαρας θεμελιώδεις μονάδας : μέτρον, χιλιόγραμμα, δευτερόλεπτον καὶ Ἄμπέρ.

§ 123. Ποσότης ἠλεκτρισμοῦ ἀπαραίτητος διὰ τὴν ἀπελευθέρωσιν ἑνὸς γραμμοῖσοδυνάμου οἰουδήποτε μετάλλου. Ἀπὸ τὸν ὄρισμὸν τῆς μονάδος διὰ τὴν ποσότητα τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, γνωρίζομεν ὅτι 1 Cb ἐλευθερώνει 1,118 mgr (0,001 118 gr) ἀργύρου εἰς μίαν ἠλεκτρόλυσιν διαλύματος νιτρικοῦ ἀργύρου (AgNO_3).

Ἐπομένως διὰ νὰ ἀπελευθερωθῇ ἓνα γραμμοῖσοδύναμον ἀργύρου, δηλαδὴ μᾶζα 108 gr τοῦ μετάλλου, πρέπει νὰ διέλθῃ ποσότης ἠλεκτρισμοῦ ἴση πρὸς :

$$q = \frac{108}{0,001\ 118} \text{ Cb} = 96\ 500 \text{ Cb}$$

Αὕτη ἡ ἴδια ποσότης ἠλεκτρισμοῦ ἀπελευθερώνει ἐπίσης 64/2 gr = 32 gr χαλκοῦ, 197/3 gr = 65,6 gr χρυσοῦ ἢ 1 gr ὕδρογόνου, δηλαδὴ ποσότητος ἴσας πρὸς ἓνα γραμμοῖσοδύναμον τῶν ἀντιστοίχων μετάλλων ἢ ἓνα γραμμάριον ὕδρογόνου. Ὡστε :

Ποσότης ἠλεκτρισμοῦ ἴση πρὸς 96 500 Cb ἀπελευθερώνει εἰς τὴν κάθοδον, κατὰ τὴν διάρκειαν μιᾶς ἠλεκτρολύσεως, μᾶζαν ἴσην πρὸς ἓνα γραμμοῖσοδύναμον οἰουδήποτε μετάλλου ἢ ἓνα γραμμάριον ὕδρογόνου.

§ 124. Γενίκευσις. Τύπος τοῦ Φάρανταιῦ. Ὑποθέτομεν ὅτι ἠλεκτρι-

κὸν ρεῦμα ἐντάσεως i Ἀμπέρ διαρρέει, ἐπὶ χρονικὸν διάστημα t sec, ἓνα βολτάμετρον. Θὰ ὑπολογίσωμεν τὴν μᾶζαν m , εἰς γραμμάρια, τοῦ μετάλλου τὸ ὁποῖον ἀποτίθεται εἰς τὴν κάθοδον, γνωρίζοντες τὸ ἀτομικὸν βᾶρος A τοῦ μετάλλου καὶ τὸ σθένος n τοῦ ἰόντος του.

Γνωρίζομεν ὅτι ποσότης ἠλεκτρισμοῦ ἴση πρὸς 96 500 Cb ἀπελευθερώνει εἰς τὴν κάθοδον ἑνὸς βολταμέτρου ἓνα γραμοῖσοδύναμον τοῦ μετάλλου, δηλαδὴ μᾶζαν ἴσην πρὸς A/n γραμμάρια.

Ἐπομένως 1 Cb ἀπελευθερώνει μᾶζαν ἴσην πρὸς :

$$\frac{1}{96\,500} \cdot \frac{A}{n} \text{ gr}$$

καὶ συνεπῶς ποσότης ἠλεκτρισμοῦ q Cb θὰ ἀποθέσῃ μᾶζαν m τοῦ μετάλλου ἴσην πρὸς :

$$m = \frac{1}{96\,500} \cdot \frac{A}{n} \cdot q$$

Ἐπειδὴ ὁμοῦς ἰσχύει ἡ σχέσις $q = i \cdot t$, ὁ ἀνωτέρω τύπος γράφεται καὶ ὡς ἑξῆς :

$$m = \frac{1}{96\,500} \cdot \frac{A}{n} \cdot i \cdot t$$

§ 125. Ἀμπερώρα. Ἄλλη μονὰς ποσότητος ἠλεκτρισμοῦ. Τὸ Κουλόμπ εἶναι μία πολὺ μικρὰ μονὰς καὶ δ' αὐτὸν τὸν λόγον εἰς τὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς προτιμῶμεν νὰ χρησιμοποιοῦμεν ὡς μονάδα ποσότητος ἠλεκτρισμοῦ τὴν **1 ἄμπερόμετρον (1 Ab)**.

Ἡ ἄμπερώρα (1 Ah) εἶναι ἴση μὲ τὴν ποσότητα τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ἣ ὁποία μεταφέρεται ἐντὸς μιᾶς ὥρας ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ἐντάσεως ἑνὸς Ἀμπέρ.

Ἐπομένως θὰ εἶναι :

$$1 \text{ Ah} = 1 \text{ A} \cdot 1 \text{ h} = 1 \cdot \text{A} \cdot 3\,600 \text{ sec} = 3\,600 \text{ Cb}.$$

Δηλαδὴ :

$$1 \text{ Ah} = 3\,600 \text{ Cb}$$

Οὕτω λέγομεν, π.χ. ὅτι ἓνας συσσωρευτὴς ἔχει *χωρητικότητα* 90 Ah, ἐὰν εἶναι εἰς θέσιν νὰ τροφοδοτηθῇ μὲ ρεῦμα 3 A ἐπὶ 30 h ἓνα κύκλωμα ἢ νὰ τὸ τροφοδοτῇ μὲ ρεῦμα 9 A ἐπὶ 10 h, κλπ.

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. Συσσωρευτὴς παράγει ρεῦμα ἐντάσεως 2,4 A ἐπὶ 15 συνεχεῖς ὥρας. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ χωρητικότης τοῦ συσσωρευτοῦ εἰς ἀμπερῶρας (δηλαδή ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ τὸν ὁποῖον εἶναι εἰς θέσιν νὰ ἀποδώσῃ).

Λύσις. Ἀντικαθιστῶντες εἰς τὸν τύπον $q = i \cdot t$, (ὅπου q ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ τὴν ὁποίαν εἶναι εἰς θέσιν νὰ ἀποδώσῃ ὁ συσσωρευτὴς, i ἡ ἐνταση τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματός του καὶ t ὁ χρόνος εἰς ὥρας, ἐντὸς τοῦ ὁποῖου ἀποδίδεται τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον) τὰ σύμβολα μὲ τὰς ἀριθμητικὰς τῶν τιμᾶς, λαμβάνομεν:

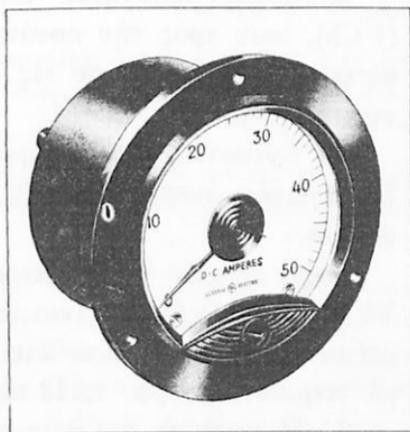
$$q = i \cdot t = 2,4A \cdot 15 h = 36 Ah$$

§ 126. Μέτρησις τῆς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἀμπερόμετρα. Ἡ ἐνταση τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος δύναται νὰ μετρηθῇ βεβαίως μὲ ἓνα βολτάμετρον νιτρικοῦ ἀργύρου.

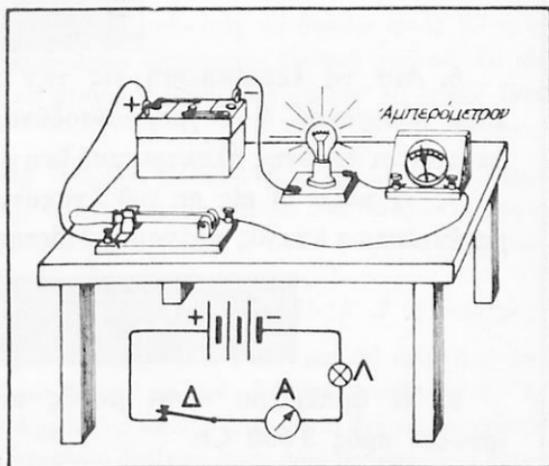
Ἡ ἐργασία αὕτη ὅμως δὲν εἶναι οὔτε σύντομος, οὔτε εὐκολος. Πρέπει νὰ ζυγίσωμεν τὴν κάθοδον πρὶν καὶ μετὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν, νὰ γνωρίζωμεν τὴν διάρκειαν τῆς ἠλεκτρολύσεως καὶ νὰ ἐκτελέσωμεν ὑπολογισμούς.

Δι' αὐτὸν τὸν λόγον προτιμῶμεν ἓνα ἄλλον εἶδος ὀργάνων μὲ ἀπ' εὐθείας ἀνάγνωσιν, τῶν ὁποίων ἡ λειτουργία στηριζεται εἰς τὰ μαγνητικὰ ἢ θερμικὰ ἀποτελέσματα τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Τὰ ὄργανα αὐτὰ ὀνομάζονται **ἀμπερόμετρα** (σχ. 123).

Τὰ ἀμπερόμετρα παρεμβάλλονται, ὅπως λέγομεν εἰς τὸ κύκλωμα, τοποθετοῦνται δηλαδή ἐν σει-



Σχ. 123. Ἐξωτερικὴ ὄψις συνήθους ἀμπερομέτρου



Σχ. 124. Εἰς οἰανδήποτε θέσιν τοῦ κυκλώματος παρεμβληθῇ, τὸ ἀμπερόμετρον παρέχει τὴν ἰδίαν ἐνδειξιν.

ρᾶ ὁμοῦ μὲ τὰς διαφόρους συσκευὰς (βολτάμετρα, διακόπτας, κινητήρας, κλπ.), ὅπως δεικνύεται εἰς τὸ σχ. 124.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ εἶναι μετρήσιμον μέγεθος.
2. Μονὰς ποσότητος τοῦ ἠλεκτρισμοῦ εἶναι τὸ Κουλόμπ (1 Cb), ἴσον πρὸς τὴν ποσότητα τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἢ ὁποία ἀποθέτει 1,118 mgr ἀργύρου εἰς τὴν κάθοδον ἑνὸς βολταμέτρου μὲ νιτρικὸν ἄργυρον.
3. Ἐντασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει ἓνα ἀγωγόν, ὀνομάζομεν τὴν παροχὴν τοῦ ἀγωγοῦ εἰς ἠλεκτρικὰ φορτία.
4. Ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος μετρεῖται εἰς Ἄμπέρ. Τὸ ἓνα Ἄμπέρ (1 A) εἶναι ἴσον μὲ τὴν ἔντασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον ἀποθέτει εἰς τὴν κάθοδον ἑνὸς βολταμέτρου μὲ νιτρικὸν ἄργυρον 1,118 mgr ἀργύρου ἀνὰ δευτερόλεπτον.
5. Ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ εἰς Κουλόμπ, ἢ ὁποία μεταφέρεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως i Ἄμπέρ ἐντὸς χρόνου t sec, δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν :

$$q = i \cdot t$$

6. Διὰ νὰ ἐλευθερωθῇ εἰς τὴν κάθοδον ἑνὸς βολταμέτρου 1 gr ὕδρογόνου ἢ 1 γραμμοῖσοδύναμον οἰουδήποτε μετάλλου, ἀπαιτεῖται ποσότης ἠλεκτρισμοῦ ἴση μὲ 96 500 Cb.
7. Ἡ μᾶζα m εἰς gr τοῦ ἐναποτιθεμένου μετάλλου ἀπὸ ρεῦμα ἐντάσεως i ἐντὸς χρόνου t , δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν

$$m = \frac{1}{96\,500} \cdot \frac{A}{n} \cdot i \cdot t$$

8. Ἡ ἀμπερώρα εἶναι μονὰς ποσότητος ἠλεκτρισμοῦ καὶ ἴσουςται πρὸς 3 600 Cb.
9. Ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος μετρεῖται μὲ ἓνα ἀμπερόμετρον, τὸ ὁποῖον συνδέεται πάντοτε ἐν σειρᾷ μὲ τὰς ἄλλας συσκευὰς τοῦ κυκλώματος.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

101. Ἐνα βολτάμετρον περιέχει νιτρικὸν ἄργυρον. Ἐὰν κατὰ τὴν ἠλεκτρολύσειν ἀποτίθεται εἰς τὴν κάθοδον 3,6 gr ἄργυρου, νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ἡ ὁποία διαρρέει τὸ βολτάμετρον (ἀτομικὸν βάρος ἄργυρου 108).

(Ἐ. Απ. 3216,6 Gb.)

102. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον ἐντὸς μιᾶς ὥρας ἀποθέτει 19 gr ἄργυρου εἰς τὴν κάθοδον ἑνὸς βολταμέτρου, περιέχοντος νιτρικὸν ἄργυρον.

(Ἐ. Απ. 4,7 περίπου.)

103. Νὰ ὑπολογισθῇ ὁ χρόνος ὁ ὁποῖος ἀπαιτεῖται διὰ νὰ ἀποτεθοῦν 9 gr ἄργυρου, εἰς τὴν κάθοδον ἑνὸς βολταμέτρου, ἐὰν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 10 A διέρχεται ἀπὸ διάλυμα νιτρικοῦ ἄργυρου.

(Ἐ. Απ. 804 sec.)

104. Μία συστοιχία συσσωρευτῶν ἔχει χωρητικότητα 90 Ah καὶ εἶναι φορτισμένη κατὰ τὰ 3/5. Νὰ εὔρεθῇ ἐπὶ πόσον χρόνον ἡ συστοιχία θὰ δύναται νὰ παρέχῃ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 4,5 A.

(Ἐ. Απ. 12 h.)

105. Ἐνα βολτάμετρον περιέχει ὀξυσιμένον ὕδωρ καὶ διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 1,5 A. α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ἡ ὁποία διαρρέει τὸ βολτάμετρον ἐντὸς 45 min. β) Νὰ ὑπολογισθῇ ὁ ὄγκος τοῦ ὑδρογόνου, τὸ ὁποῖον ἐλευθερώνεται εἰς τὸ βολτάμετρον ἐντὸς 45 min (ὑπὸ κανονικὰς συνθήκας).

(Ἐ. Απ. α' 4 050 Gb β' 470 cm³.)

106. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ μᾶζα τοῦ ἄργυρου, ὁ ὁποῖος θὰ ἀποτεθῇ εἰς τὴν κάθοδον ἑνὸς βολταμέτρου, τὸ ὁποῖον περιέχει διάλυμα νιτρικοῦ ἄργυρου, ἐὰν διέλθῃ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 5 A ἐπὶ 20 min.

(Ἐ. Απ. 6,7 gr.)

107. Νὰ εὔρεθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον ἐντὸς 23 min ἀπέθεσεν 7,2 gr χαλκοῦ κατὰ τὴν ἠλεκτρολύσειν διαλύματος θειικοῦ χαλκοῦ. Τὸ ἰὸν τοῦ χαλκοῦ νὰ θεωρηθῇ δισθενές καὶ τὸ ἀτομικὸν βάρος τοῦ χαλκοῦ νὰ ληφθῇ ἴσον πρὸς 63.

(Ἐ. Απ. 16 A περίπου.)

108. Ἡλεκτρικὸν ρεῦμα διέρχεται ἀπὸ ἕνα βολτάμετρον, τὸ ὁποῖον περιέχει νιτρικὸν ἄργυρον, καὶ ἀποθέτει εἰς τὴν κάθοδον ἐντὸς χρόνον 2 h μᾶζαν ἄργυρου 16,099 2 gr α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ποσότης ἠλεκτρισμοῦ, ἡ ὁποία διαρρέει τὸ βολτάμετρον β) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

(Ἐ. Απ. α' 14 384,6 Gb. β' 2 A περίπου.)

109. Ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 5 A διέρχεται ἐπὶ 1 h καὶ 20 min ἀπὸ ἕνα βολτάμετρον, τὸ ὁποῖον περιέχει διάλυμα θειικοῦ χαλκοῦ. Νὰ ὑπολογισθοῦν : α) Ἡ μᾶζα τοῦ ἀποτιθεμένου χαλκοῦ καὶ β) ὁ χρόνος ὁ ὁποῖος ἀπαιτεῖται διὰ νὰ ἀποτεθοῦν 12 gr ἄργυρου, ὅταν τὸ βολτάμετρον περιέχῃ διάλυμα νιτρικοῦ ἄργυρου καὶ διαρρέεται ἀπὸ τὸ ἴδιον ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ἐντάσεως 5 A. (Ἐ. Ατομικὸν βάρος χαλκοῦ 64 καὶ ἄργυρου 108. σθένος τοῦ ἰόντος τοῦ χαλκοῦ 2 καὶ τοῦ ἰόντος τοῦ ἄργυρου 1.)

(Ἐ. Απ. α' 7,95 gr. β' 2 144,4 sec.)

110. Ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 2 A διαρρέει ἐπὶ 10 h δύο βολτάμετρα, συνδεμένα ἐν σειρᾷ. Τὸ ἓνα περιέχει διάλυμα θεϊκοῦ χαλκοῦ καὶ τὸ ἄλλο νιτρικοῦ ἀργύρου (ἀτομικὸν βάρους χαλκοῦ 64 , σθένος ἰόντος 2 . Ἀτομικὸν βάρους ἀργύρου 108 , σθένος ἰόντος 1). α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ μᾶζα τοῦ χαλκοῦ, ὃ ὁποῖος ἀπετέθη εἰς τὴν κάθοδον τοῦ πρώτου βολταμέτρου. β) Ἐκ τοῦ προηγουμένου ἀποτελέσματος καὶ χρησιμοποιοῦντες μόνον τὸ ἀτομικὸν βάρους καὶ τὰ σθένη, νὰ ὑπολογίσετε τὴν μᾶζαν τοῦ ἀργύρου, ὃ ὁποῖος ἀποτίθεται εἰς τὴν κάθοδον τοῦ δευτέρου βολταμέτρου.
(Ἀπ. α' $m = 23,87 \text{ gr}$ β' $77,35 \text{ gr}$.)

111. Θέλομεν νὰ καλύψωμεν μὲ στρώμα νικελίου πάχους $0,1 \text{ mm}$ ἓνα μεταλλικὸν ἀντικείμενον, τὸ ὁποῖον ἔχει ἐπιφάνειαν 116 cm^2 . Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τὸ ὁποῖον χρησιμοποιοῦμεν εἶναι $2,5 \text{ A}$. Νὰ ὑπολογισθῇ ὁ χρόνος, ὅστις ἀπαιτεῖται δι' αὐτὴν τὴν ἐργασίαν. Πυκνότης νικελίου: $8,8 \text{ gr/cm}^3$, ἀτομικὸν βάρους 59 καὶ σθένος ἰόντος του 2 .
(Ἀπ. $13 \text{ } 357 \text{ sec}$ περίπου.)

112. Πρόκειται νὰ ἐπιχαλκώσωμεν καὶ τὰς δύο ὄψεις μιᾶς τραπεζοειδοῦς πλακός, αἱ βάσεις τῆς ὁποίας ἔχουν μῆκη 3 dm καὶ 20 cm , καὶ ὕψος 150 mm . Τὸ πάχος τοῦ ἐπιθυμητοῦ χαλκίνου στρώματος θὰ εἶναι $0,1 \text{ mm}$. α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ μᾶζα τοῦ χαλκοῦ, ὃ ὁποῖος θὰ πρέπει νὰ ἀποτελῇ εἰς τὴν πλάκα. β) Νὰ καθορισθῇ ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ἡ ἀναγκαία διὰ τὴν ἐπιχαλκωσιν. γ) Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἔντασις τοῦ παρεχομένου ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ἐὰν εἶναι γνωστὸν ὅτι ἡ ἐπιχαλκωσις θὰ διαρκέσῃ 5 h . Δίδονται: ἡ πυκνότης τοῦ χαλκοῦ $8,8 \text{ gr/cm}^3$, τὸ ἀτομικὸν του βάρους $63,6$. Τὸ ἰὸν τοῦ χαλκοῦ νὰ ληφθῇ δισθενές.
(Ἀπ. α' 66 gr β' $200 \text{ } 283 \text{ Gb}$, περίπου. γ' $11,1 \text{ A}$, περίπου.)

ΚΣΤ' — ΘΕΡΜΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

ΑΝΤΙΣΤΑΣΙΣ ΑΓΩΓΟΥ. ΜΟΝΑΣ ΟΗΜ. ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΤΖΑΟΥΛΑ

§ 127. Γενικότητες. Ἡ θέρμανσις ἐνὸς ἠλεκτρικοῦ σιδέρου ὀφείλεται εἰς τὴν διέλευσιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῖμα προκαλεῖ ἐπίσης τὴν πυράκτωσιν τοῦ νήματος ἐνὸς λαμπτήρος. Αὐτὸ τὸ φαινόμενον εἶναι γενικώτερον:

Πᾶς ἄγωγός ὃ ὁποῖος διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῖμα θερμαίνεται.

Τὰ χάλκινα σύρματα τῶν ἠλεκτρικῶν ἐγκαταστάσεων θερμαίνονται κατὰ τὴν διέλευσιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος: εἰς τὴν περίπτωσιν

ὅμως αὐτὴν ἢ αὐξήσεις τῆς θερμοκρασίας εἶναι ἀσήμαντος καὶ δὲν γίνεται εὐκόλως αἰσθητή.

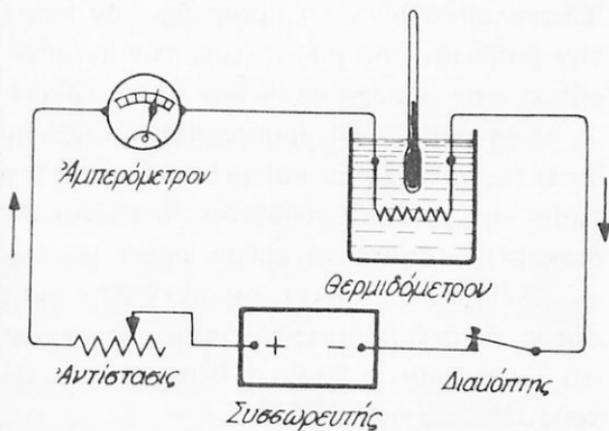
§ 128. Πειραματικὴ σπουδὴ τῶν θερμικῶν ἀποτελεσμάτων τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Τὰ θερμικὰ ἀποτελέσματα τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ἐμελέτησεν πρῶτος ὁ Ἄγγλος Φυσικὸς Τζάουλ (Joule), δι' αὐτὸν ἀκριβῶς τὸν λόγον πολλὰς φορὰς ἢ θέρμανσις ἑνὸς ἀγωγοῦ κατὰ τὴν διέλευσιν ἠλεκτρικοῦ ρεύματος συνηθίζεται νὰ χαρακτηρίζεται ὡς *φαινόμενον Τζάουλ*.

Ἡ ποσότης τῆς θερμότητος ἢ ὁποία ἀναπτύσσεται εἰς ἓνα ἀγωγὸν ἢ εἰς μίαν ἠλεκτρικὴν συσκευὴν, ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸν χρόνον κατὰ τὸν ὁποῖον τὸ ρεῦμα διαρρέει τὸν ἀγωγὸν καὶ ἀπὸ τὴν ἔντασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Μεταβάλλεται ὅμως ἀπὸ τὴν μίαν συσκευὴν εἰς τὴν ἄλλην. Οὕτως ἐνῶ εἶναι πολὺ σημαντικὴ εἰς μίαν ἠλεκτρικὴν θερμάστραν, εἶναι ἐντελῶς ἀσήμαντος εἰς ἓνα χάλκινον σύρμα.

1) Ἐπίδρασις τοῦ χρόνου. Πείραμα. Πραγματοποιοῦμεν τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 125 καὶ βυθίζομεν ἐντὸς ἑνὸς θερμιδομέτρου, τὸ ὁποῖον περιέχει 200 gr πετρελαίου, ἓνα πολὺ λεπτὸν ἀγωγὸν σύρμα ἀπὸ σιδηρονικέλιον.

Τὸ ἀμπερόμετρον, τὸ ὁποῖον ἔχομεν συνδέσει ἐν σειρᾷ εἰς τὸ κύκλωμα, ἐπιτρέπει μὲ τὴν βοήθειαν ἑνὸς ροοστάτου νὰ ρυθμίζωμεν τὴν ἔντασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἡ ρύθμισις γίνεται πρὸ τῆς ἐνάρξεως τοῦ πειράματος, ἔστω δὲ 2A ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος.

Μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ θερμομέτρου, τὸ ὁποῖον εἶναι βυθισμένον ἐντὸς τοῦ πετρελαίου, σημειώσωμεν ἀνά λεπτὸν τὴν θερμο-



Σχ. 125. Διὰ τὴν πειραματικὴν σπουδὴν τῶν θερμικῶν ἀποτελεσμάτων τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

κρασίαν τοῦ πετρελαίου, σχηματίζοντες τὸν ἀκόλουθον πίνακα :

Χρόνος εἰς min	0	1	2	3	4	5
Θερμο- κρασία εἰς °C	19,8	20,7	21,7	22,6	23,6	24,6
Αὐξησης θερμοκρ. εἰς °C	0,9	1	0,9	1	1	

Ἀπὸ τὴν μελέτην τοῦ πίνακος συμπεραίνομεν ὅτι ἡ θερμοκρασία τοῦ πετρελαίου ἀνυψώνεται κατὰ μέσον ὄρον 1°C ἀνὰ λεπτόν, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον μᾶς ὀδηγεῖ εἰς τὴν παραδοχὴν ὅτι ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, ἡ ὁποία ἐκλύεται ἐντὸς τοῦ ἀγωγοῦ, αὐξάνεται κανονικῶς κατὰ τὴν διάρκειαν τοῦ πειράματος. Ἐπομένως :

Ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, ἡ ὁποία ἐκλύεται ἐντὸς ἑνὸς ἀγωγοῦ, ἐξ αἰτίας τῆς διελεύσεως ἠλεκτρικοῦ ρεύματος σταθερᾶς ἐντάσεως, εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν χρονικὴν διάρκειαν τῆς διελεύσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

2) Ἐπίδρασις τῆς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Πείραμα. Ἐπαναλαμβάνομεν τὸ προηγούμενον πείραμα, ἀφοῦ ρυθμίσωμεν, μετὰ τὴν βοήθειαν τοῦ ροοστάτου, τὴν ἔντασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος οὕτως, ὥστε νὰ ἔχη σταθερὰν τιμὴν, ἔστω $i=1\text{ A}$.

Ἀφήνομεν τὴν θερμοκρασίαν νὰ ἀνέλθῃ εἰς μίαν ὄρισμένην τιμὴν, ἔστω εἰς τοὺς 23°C , καὶ μετὰ πάροδον 5 min σημειώνομεν τὴν νέαν τιμὴν τῆς, ἡ ὁποία εὐρίσκεται ὅτι εἶναι $24,2^{\circ}\text{C}$. Ἀνοίγομεν τότε τὸν διακόπτην, ὁπότε τὸ ρεῦμα παύει νὰ κυκλοφορῇ εἰς τὸ κύκλωμα.

Κλείομεν καὶ πάλιν τὸν διακόπτην καὶ ρυθμίζομεν τὸν ροοστάτην οὕτως, ὥστε ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος νὰ εἶναι 2A, ὁπότε παρατηροῦμεν ὅτι ἐντὸς χρόνου 5 min ἡ θερμοκρασία τοῦ πετρελαίου ἀνῆλθεν ἀπὸ τοὺς 23°C εἰς τοὺς $27,8^{\circ}\text{C}$.

Ἀνοίγομεν καὶ πάλιν τὸν διακόπτην καὶ ἐπαναλαμβάνομεν τὸ ἴδιον πείραμα μετὰ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 3A καὶ παρατηροῦμεν ὅτι ἐντὸς χρόνου 5 min ἡ θερμοκρασία ἀνῆλθεν ἀπὸ τοὺς 23°C εἰς τοὺς $33,8^{\circ}\text{C}$.

Μὲ τὰς ἀνωτέρω ἐνδείξεις καταστρώνομεν τὸν ἀκόλουθον πίνακα :

Ἔντασις i εἰς A	1	2	3
Θερμοκρασία $t=0$ min $t=5$ min	23 24,2	23 27,8	23 38,8
Αὔξησις τῆς θερμοκρασίας εἰς $^{\circ}C$	1,2	4,8	10,8

Ἀπὸ τὸν πίνακα συμπεραίνομεν ὅτι : α) Ἡ ἀνύψωσις τῆς θερμοκρασίας εἶναι $1,2^{\circ}C$, ὅταν ἡ ἐντάσις τοῦ ρεύματος εἶναι $1A$. β) Ἡ ἀνύψωσις τῆς θερμοκρασίας εἶναι $4,8^{\circ}C$, ὅταν ἡ ἐντάσις τοῦ ρεύματος εἶναι $2A$. γ) Ἡ ἀνύψωσις τῆς θερμοκρασίας εἶναι $10,8^{\circ}C$, ὅταν ἡ ἐντάσις τοῦ ρεύματος εἶναι $3A$. Ἐπειδὴ ὁμοῦ εἶναι :

$$1,2 = 1,2 \cdot 1 = 1,2 \cdot 1^2$$

$$4,8 = 1,2 \cdot 4 = 1,2 \cdot 2^2$$

$$10,8 = 1,2 \cdot 9 = 1,2 \cdot 3^2$$

παρατηροῦμεν ὅτι ἡ αὔξησις τῆς θερμοκρασίας εἶναι εἰς πᾶσαν περίπτωσιν ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἐπειδὴ ὁμοῦ δι' ἓναν ὠρισμένον σῶμα ἡ αὔξησις τῆς θερμοκρασίας του εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ποσότητα τῆς θερμότητος, τὴν ὁποίαν ἀπορροφεῖ, καταλήγομεν τελικῶς εἰς τὸ συμπέρασμα :

Ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, ἡ ὁποία ἐκλύεται ἐντὸς ἐνὸς ὠρισμένου χρονικοῦ διαστήματος μέσα εἰς ἓνα ἄγωγόν ἐξ αἰτίας τῆς διέλευσεως ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸν ἄγωγόν.

3) Ἐπίδρασις τῆς φύσεως τοῦ ἀγωγοῦ. Ἀντίστασις. Πείραμα. Τὰ ἀνωτέρω πειράματα ἐξετελέσθησαν μὲ τὸν ἴδιον ἄγωγόν βυθισμένον μέσα εἰς τὸ θερμοδόμετρον.

Ἀντικαθιστῶμεν τὸν ἄγωγόν 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 δεῦτερον ἄγωγόν, ὅποτε εὐρίσκομεν ἔστω $14,4^{\circ}C$ ἀνύψωσιν τῆς θερμο-

κρασίας, ἐνῶ εἰς τὸν πρῶτον ἄγωγόν εἶχομεν παρατηρήσει, με τὰς ἰδίας συνθήκας, ἀνύψωσιν $4,8^{\circ}\text{C}$.

Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι ἡ ἀνύψωσις τῆς θερμοκρασίας εἰς τὸν δεύτερον ἄγωγόν εἶναι τρεῖς φορές μεγαλυτέρα ἀπὸ ὅτι εἰς τὸν πρῶτον ἄγωγόν, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον σημαίνει, ὅτι ἡ θερμότης ἡ ὁποία ἐκλύεται εἰς τὸν δεύτερον ἄγωγόν εἶναι τριπλασία ἀπὸ τὴν θερμότητα τὴν ἐκλυομένην εἰς τὸν πρῶτον ἄγωγόν.

Τὰ συμπεράσματά μας αὐτὰ ἐκφράζομεν λέγοντες ὅτι ἡ ἀντίστασις τοῦ δευτέρου ἄγωγου εἶναι τριπλασία ἀπὸ τὴν ἀντίστασιν τοῦ πρώτου ἄγωγου. Ὡστε :

Ἡ ἀντίστασις ἑνὸς ἄγωγου εἶναι ἓνα φυσικὸν μέγεθος, τὸ ὁποῖον χαρακτηρίζει τὸν ἄγωγόν εἰς τὸ φαινόμενον τοῦ Τζάουλ.

Ἀπὸ τὸ ἀνωτέρω πείραμα συμπεραίνομεν συνεπῶς ὅτι ἡ ἀντίστασις τοῦ ἄγωγου εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ποσότητα τῆς θερμότητος ἡ ὁποία ἐκλύεται ἐντὸς τοῦ ἄγωγου.

Ἀντιστρέφοντες ἐπομένως τὸν συλλογισμόν δυνάμεθα νὰ εἴπωμεν ὅτι :

Ἡ ποσότης τῆς θερμότητος ἡ ὁποία ἐκλύεται ἐντὸς ἑνὸς ἄγωγου κατὰ τὴν διέλευσιν ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ ἄγωγου καὶ εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἄγωγου.

Ἡ ἐκλυσὶς θερμότητος, κατὰ τὴν διέλευσιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ἐξηγεῖται ὡς ἑξῆς :

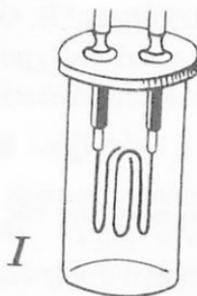
Τὰ ἠλεκτρόνια τὰ ὁποία μετακινοῦνται μέσα εἰς τὰ ἀγωγὰ σύρματα, συναντοῦν μίαν ὀρισμένην δυσκολίαν κατὰ τὴν κίνησιν των μεταξὺ τῶν ἀτόμων τοῦ μετάλλου. Αἱ κρούσεις καὶ αἱ «τριβαί» αἱ ὁποῖαι ἀναπτύσσονται, ἔχουν ὡς ἀποτέλεσμα τὴν ἐκλυσιν τῆς θερμότητος.

Ἡ θερμότης συνεπῶς, ἡ ὁποία παράγεται ἐντὸς ἑνὸς ἄγωγου κατὰ τὴν διέλευσιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ὀφείλεται εἰς τὴν ἀντίστασιν τὴν ὁποίαν προβάλλει ὁ ἄγωγός κατὰ τὴν κίνησιν τῶν ἐλευθέρων ἠλεκτρονίων.

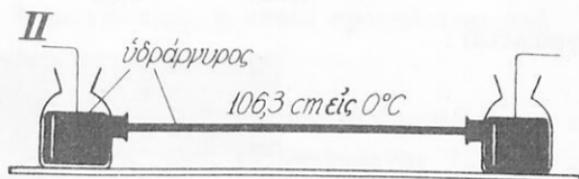
Μονὰς ἀντιστάσεως. Ἡ ἀντίστασις ἑνὸς ἄγωγου μετρεῖται εἰς μονάδας Ὠμ (1 Ohm, 1 Ω), ὀνομασία ἡ ὁποία ἐδόθη πρὸς τιμὴν τοῦ Γερμανοῦ Φυσικοῦ καὶ Μαθηματικοῦ Georg Simon Ohm (1787-1850).

Τὸ Ὠμ (1 Ω) εἶναι ἴσον μετὰ τὴν ἀντίστασιν ἑνὸς ἄγωγου, ἐντὸς τοῦ

όποιου εκλύεται ανά δευτερόλεπτον ποσότης θερμότητος ἰσοδύναμος πρὸς 1 Joule, ὅταν ὁ ἄγωγος διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 1 Ampere.



Αἱ μετρήσεις ἠλεκτρικῶν ἀντιστάσεων δύνανται νὰ γίνωνται μὲ σύγκρισιν πρὸς ἓνα πρότυπον ὠμ. Δι' αὐτὸν τὸν λόγον κατεσκεύασαν μίαν πρότυπον ἀντίστασιν ἴσην μὲ ἓνα ὠμ (σχ. 126). Οὕτω τὸ ὠμ παριστᾶται ἀπὸ τὴν ἀντίστασιν μιᾶς κυλινδρικήσ στήλης ὑδραργύρου, μήκους 106,3 cm καὶ πάχους 1 mm² εἰς θερ-



Σχ. 126. Πραγματοποιήσις προτύπου ἀντιστάσεως 1 ὠμ.

μοκρασίαν 0 °C. Τὸ Μεγκῶμ (1 MΩ) εἶναι πολλαπλασία μονὰς τοῦ 1 ὠμ, ἔχομεν δὲ ὅτι :

$$1 \text{ M}\Omega = 10^6 \Omega$$

§ 129. Νόμος τοῦ Τζάουλ. Τὰ συμπεράσματα τῶν πειραμάτων τὰ ὁποῖα ἐξετελέσαμεν εἰς τὴν προηγουμένην παράγραφον συγκεντρῶνται εἰς τὴν ἀκόλουθον γενικὴν διατύπωσιν, ἡ ὁποία φέρει τὴν ὀνομασίαν νόμος τοῦ Τζάουλ.

Ἡ ποσότης τῆς θερμότητος ἡ ὁποία ἐκλύεται ἐντὸς ἑνὸς ἄγωγοῦ, ὁ ὁποῖος διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, εἶναι ἀνάλογος : α) πρὸς τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἄγωγοῦ, β) πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, καὶ γ) πρὸς τὸν χρόνον διελύσεως τοῦ ρεύματος αὐτοῦ

Τύπος τοῦ Τζάουλ. Συμφώνως πρὸς τὸν ὄρισμὸν τῆς ἀντιστάσεως, ἡ θερμότης ἡ ὁποία ἐκλύεται ἐντὸς ἑνὸς ἄγωγοῦ ἀντιστάσεως 1 Ω, κατὰ τὴν διέλευσιν ρεύματος ἐντάσεως 1 A καὶ διὰ χρονικὸν διάστημα 1 sec, εἶναι ἰσοδύναμος μὲ 1 Joule.

Ἐπομένως, ἡ ποσότης Q τῆς θερμότητος, ἡ ὁποία ἐκλύεται ἐντὸς

ένος άγωγού αντίστασεως R Ohm, ό όποιος διαρρέεται από ρεύμα έντάσεως i Amperé και διά χρονικόν διάστημα t sec, θα είναι ίσοδύναμος πρός $R \cdot i^2 \cdot t$ Joule. Δηλαδή :

$$Q = R \cdot i^2 \cdot t \text{ Joule}$$

Έπειδή όμως ή ποσότης τής θερμότητος έκφράζεται συνηθέστερον εις θερμίδας (cal) και $1 \text{ Joule} = \frac{1}{4,18} \text{ cal} = 0,24 \text{ cal}$, ό άνωτέρω τύπος γράφεται :

$$Q = \frac{1}{4,18} R \cdot i^2 t \text{ cal}$$

ή

$$Q = 0,24 \cdot R \cdot i^2 t \text{ cal}$$

Άριθμητικά εφαρμογαί. 1. Μία ήλεκτρική αντίστασις 100Ω διαρρέεται από ρεύμα έντάσεως 5 A επί χρόνον 10 min . Νά εύρεθ ή τή ποσόν τής θερμότητος εις Joule και εις cal., τή όποιον έκλύεται έντός τού χρονικού αύτου διαστήματος.

Λύσις. Έκ τού τύπου :

$$Q = R \cdot i^2 \cdot t \text{ Joule}$$

δι' άντικαταστάσεως τών δεδομένων, ήτοι :

$$R = 100 \Omega, i = 5 \text{ A} \text{ και } t = 10 \text{ min} = 10 \cdot 60 \text{ sec} = 600 \text{ sec, λαμβάνομεν :}$$

$$Q = 100 \cdot 5^2 \cdot 600 \text{ Joule} = 1,5 \cdot 10^6 \text{ Joule.}$$

Έπειδή δέ $1 \text{ Joule} = 0,24 \text{ cal}$, θα έχωμεν :

$$Q = 1,5 \cdot 10^6 \text{ Joule} = 1,5 \cdot 10^6 \cdot 0,24 \text{ cal ή}$$

$$Q = 3,6 \cdot 10^5 \text{ cal} = 360 \text{ kcal.}$$

2. Ένας ήλεκτρικός λαμπτήρ διαρρέεται από ήλεκτρικόν ρεύμα έντάσεως $0,4 \text{ A}$ και είναι βυθισμένος μέσα εις ένα θερμιδόμετρον, τή όποιον περιέχει 450 gr. ύδατος. Μετά από χρονικόν διάστημα 3 min και 20 sec , ή αύξησις τής θερμοκρασίας τού ύδατος είναι $4,8 \text{ }^\circ\text{C}$. Νά εύρεθ ή ή αντίστασις τού ήλεκτρικού λαμπτήρος.

Λύσις. Έ ή ποσότης Q τής θερμότητος ήτις έκλύεται, είναι ίση μέ :

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta, \text{ ή :}$$

$$Q = 450 \cdot 4,8 \text{ cal} = 2160 \text{ cal}$$

Έφαρμόζοντες άλλωστε τόν τύπον τού Τζάουλ έχομεν ότι: $Q = 0,24 \cdot R \cdot i^2 \cdot t$, και θέτοντες $Q = 2160 \text{ cal}$, $i = 0,4 \text{ A}$ και $t = 3 \text{ min } 20 \text{ sec} = 200 \text{ sec}$, εύρίσκομεν τελικώς :

$$R = 282 \Omega, \text{ περίπου}$$

1. Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα θερμαίνει τοὺς ἀγωγούς, μέσα ἀπὸ τοὺς ὁποίους διέρχεται (Θερμότης Τζάουλ).

2. Ἡ πειραματικὴ σπουδὴ τῶν θερμικῶν ἀποτελεσμάτων τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος γίνεται μὲ ἓνα τμήμα ἀγωγοῦ σύρματος, βυθισμένου ἐντὸς ἑνὸς θερμιδομέτρου μὲ πετρέλαιον. Μετροῦμε τότε τὴν ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας, ἢ ὁποία προκαλεῖται ἀπὸ τὴν διέλευσιν τοῦ ρεύματος.

3. Ἡ ἀντίστασις ἑνὸς ἀγωγοῦ εἶναι μέγεθος τὸ ὁποῖον χαρακτηρίζει τὸν ἀγωγὸν ἀναφορικῶς πρὸς τὸ φαινόμενον Τζάουλ. Ἡ ἀντίστασις μετρεῖται εἰς μονάδας Ὠμ. Τὸ Ὠμ (1 Ω, 1 Ohm) εἶναι ἴσον μὲ τὴν ἀντίστασιν ἑνὸς ἀγωγοῦ, εἰς τὸν ὁποῖον ἐκλύεται ἀνὰ δευτερόλεπτον ποσότης θερμότητος ἰσοδύναμος μὲ 1 Joule, ὅταν ὁ ἀγωγὸς διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 1 A.

4. Ὁ νόμος τοῦ Τζάουλ ἐκφράζει ὅτι : Ἡ ποσότης θερμότητος, ἢ ὁποία ἐκλύεται μέσα εἰς ἓνα ἀγωγόν, ὁ ὁποῖος διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν 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 :

$$Q = 0,24 \cdot R \cdot i^2 \cdot t$$

Ὅταν ἡ ἀντίστασις R ἐκφράζεται εἰς μονάδας Ὠμ, ἡ ἔντασις i εἰς μονάδας Ἄμπερ καὶ ὁ χρόνος t εἰς δευτερόλεπτα, ἡ ποσότης θερμότητος Q εὐρίσκεται εἰς θερμίδας.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

113. Ἐνας ἠλεκτρικὸς θερμαντὴρ ἔχει ἀντίστασιν 30 Ω, διαρρέεται δὲ ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 4 A. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, ἢ ὁποία ἐλευθερώνεται ἐντὸς 5 min. (Ἀπ. 34,56 kcal.)

114. Ἐνας ἀγωγὸς εἶναι βυθισμένος μέσα εἰς ἓνα θερμιδομέτρον μὲ ὕδωρ. Τὸ

ισοδύναμον εις ὕδωρ τοῦ θερμομέτρου εἶναι 500 cal/grad . Ἐὰν διέλθῃ ἀπὸ τὸν ἀγωγὸν ρεῦμα 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: (Ἀπ. $19,44 \text{ } \Omega$.)

115. Ἐντὸς θερμομέτρου, θερμοχωρητικότητος 20 cal/grad , τὸ ὁποῖον περιέχει 480 gr ὕδατος, βυθίζομεν ἓνα σύρμα, τὸ ὁποῖον ἔχει ἀντίστασιν $8 \text{ } \Omega$ καὶ τροφοδοτοῦμεν ἐπὶ 3 min καὶ 29 sec μὲ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. Ἡ θερμοκρασία τοῦ ὕδατος ἀνέρχεται κατὰ $20 \text{ }^\circ\text{G}$. Νὰ ὑπολογισθοῦν: α) Ἡ ποσότης τῆς θερμότητος ἡ ὁποία ἠλευθερώθη κατὰ τὴν διέλευσιν τοῦ ρεύματος καὶ ἡ ἀντίστοιχος ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια. β) Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος. (Ἀπ. α' $Q = 10\,000 \text{ cal}$, $A = 41\,800 \text{ Joule}$. β' 5 A .)

116. Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ ὁποῖον παράγει μία ἠλεκτρικὴ γεννήτρια, διαρρέει ἓνα κύκλωμα. Τὸ κύκλωμα αὐτὸ ἀποτελεῖται ἀπὸ μίαν ἀντίστασιν $20 \text{ } \Omega$, εἰς τὴν ὁποῖαν ἐλευθερώνονται 460 cal ἀνὰ λεπτόν, καὶ ἓνα βολτάμετρον μὲ θεϊκὸν χαλκόν. Ζητοῦνται: α) Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, καὶ β) ἡ μᾶζα τοῦ χαλκοῦ, ὁ ὁποῖος ἀποτίθεται εἰς τὴν κάθοδον ἐντὸς 10 πρώτων λεπτῶν. Ἀτομικὸν βάρος χαλκοῦ 64 . Ὁ χαλκὸς νὰ θεωρηθῇ δισθενής. (Ἀπ. α' $1,27 \text{ A}$. β' $0,25 \text{ gr}$.)

117. Ρεῦμα ἐντάσεως 3 A διαρρέει ἐπὶ 8 πρῶτα λεπτά ἓνα ἀγωγὸν ἀντιστάσεως $3,5 \text{ } \Omega$. Ἡ ἀντίστασις εἶναι βυθισμένη ἐντὸς 1 λίτρον ὕδατος ἀρχικῆς θερμοκρασίας $20 \text{ }^\circ\text{G}$. α) Νὰ ὑπολογισθῇ εἰς Joule ἡ θερμότης ἡ ὁποία ἀποδίδεται εἰς τὸ ὕδωρ. β) Νὰ εὑρεθῇ ἡ τελικὴ θερμοκρασία τοῦ ὕδατος. (Ἐπιβάλλομεν ὅτι τὸ ἰσοδύναμον εἰς ὕδωρ τοῦ δοχείου εἶναι μηδέν). (Ἀπ. α' $Q = 15\,120 \text{ J}$. β' $23,6 \text{ }^\circ\text{G}$.)

ΚΖ'— ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ. ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΙΣΧΥΣ

§ 130. Ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια. α) Ἡ θερμότης, ἡ ὁποία ἐκλύεται ἐντὸς ἐνὸς ἀγωγοῦ κατὰ τὴν διέλευσιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, εἶναι μία μορφή ἐνεργείας.

Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ ὁποῖον προκαλεῖ τὴν ἐμφάνισιν τῆς θερμότητος αὐτῆς, εἶναι μία ἄλλη μορφή ἐνεργείας, τὴν ὁποῖαν ὀνομάζομεν ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν. Αὐτὴ ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια μετατρέπεται εἰς θερμικὴν ἐνέργειαν.

Εἰς τὸ προηγούμενον κεφάλαιον ἀνεφέραμεν ὅτι ἡ ποσότης θερμότητος $Q = 0,24 \cdot R \cdot i^2 \cdot t \text{ cal}$ εἶναι ἰσοδύναμος μὲ $R \cdot i^2 \cdot t \text{ Joule}$.

Κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον ἰσοδυναμοῦμεν τὴν ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν εἰς Joule , μὲ μηχανικὴν ἐνέργειαν A καὶ γράφομεν: *

$$A = R \cdot i^2 \cdot t \text{ Joule}$$

Ἀριθμητική ἐφαρμογή. Ἐνας λαμπτήρ πυρακτώσεως με ἀντίστασιν 410 Ω, διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ἐντάσεως 0,3 A. Πόσῃ ἠλεκτρικῇ ἐνέργειαν καταναλίσκει ὁ λαμπτήρ ἐντὸς χρόνου 10 min.

Λύσις. Ἀπὸ τὸν τύπον $A=R \cdot i^2 \cdot t$, ἀντικαθιστῶντες τὰ σύμβολα με τὰς τιμὰς τῶν, δηλαδὴ $R=410 \Omega$, $i=0,3 A$, $t=10 \text{ min}=10 \cdot 60 \text{ sec}=600 \text{ sec}$, λαμβάνομεν:

$$A = 410 \cdot (0,3)^2 \cdot 600 \text{ Joule} = 22 \ 140 \text{ Joule}.$$

β) Περίπτωσης ἑνὸς βολταμέτρου ἢ ἑνὸς ἠλεκτρικοῦ κινητήρος.

Ὅπως οἱ ἀγωγοί, οὕτω καὶ τὸ βολτάμετρον ἢ ὁ ἠλεκτρικὸς κινητήρ (μία μηχανὴ δηλαδὴ ἣτις λειτουργεῖ με παροχὴν ἠλεκτρικοῦ ρεύματος), θερμαίνονται κατὰ τὴν διέλευσιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια ἢ ὁποία μετατρέπεται εἰς θερμικὴν ἐνέργειαν εἶναι ἴση πρὸς $R \cdot i^2 \cdot t$ Joule.

Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ὅμως, διασπῶν τὸν ἠλεκτρολύτην ἑνὸς βολταμέτρου, παράγει καὶ χημικὴν ἐνέργειαν, ἐνῶ ὅταν στρέφη ἓνα κινητήρα, παράγει καὶ μηχανικὴν ἐνέργειαν.

Ἡ ἔκφρασις συνεπῶς $R \cdot i^2 \cdot t$ δὲν ἀντιπροσωπεύει παρά ἓνα μέρος A' τῆς συνολικῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας A , ἢ ὁποία καταναλίσκεται εἰς τὰς συσκευὰς αὐτάς. Μία ἄλλη ποσότης ἐνεργείας A'' , γενικῶς σπουδαιότερα ἀπὸ τὴν A' , μετατρέπεται εἰς χημικὴν ἢ μηχανικὴν ἐνέργειαν.

Ἡ συνολικὴ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια A , ἢ ὁποία καταναλίσκεται εἰς τὰς περιπτώσεις αὐτάς, εἶναι συνεπῶς ἴση με τὸ ἄθροισμα τῆς A' καὶ τῆς A'' . Δηλαδὴ:

$$A=A'+A'' \quad \text{ἢ} \quad A=R \cdot i^2 \cdot t+A''$$

§ 131 Ἠλεκτρικὴ ἰσχύς. Ἡ ἠλεκτρικὴ ἰσχύς μιᾶς συσκευῆς εἶναι ἴση με τὴν ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν, τὴν ὁποίαν καταναλίσκει ἢ συσκευὴ ἐντὸς ἑνὸς δευτερολέπτου καὶ ἐκφράζεται εἰς:

Τζάουλ ἀνὰ δευτερόλεπτον (Joule/sec), δηλαδὴ εἰς Βάτ (W).

Χρησιμοποιοῦμεν ἀκόμη καὶ τὸ πολλαπλάσιον τοῦ Βάτ τὸ **κιλοβάτ (kW)** καὶ, ὅπως γνωρίζομεν ἰσχύει ἢ σχέσις:

$$1 \text{ kW} = 1.000 \text{ W}$$

Ἐπειδὴ ἢ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια A , ἢ ὁποία καταναλίσκεται ὑπὸ μορφήν θερμότητος ἐντὸς χρόνου t , εἶναι ἴση πρὸς: $A=R \cdot i^2 \cdot t$, ἢ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια ἢ ὁποία καταναλίσκεται ἐντὸς ἑνὸς δευτερο-

λέπτου, δηλαδή ή ηλεκτρική ισχύς N , θα δίδεται από τον τύπον :

$$N = \frac{A}{t} = \frac{R \cdot i^2 \cdot t}{t} = R \cdot i^2. \text{ Δηλαδή:}$$

$$N = R \cdot i^2$$

Όταν ή R εκφράζεται εις Ώμ και ή i εις Άμπέρ, τότε ή ισχύς εύρiσκειται εις Βάτ.

Η ήλεκτρική ισχύς ένός καταναλωτοϋ αναγράφεται συνήθως έπι τής συσκευής, μαζί με άλλας χρησίμους ένδειξεις διά την λειτουργίαν του.

Άριθμητικά παραδείγματα. 1. Νά υπολογισθή ή ήλεκτρική ισχύς ένός λαμπτήρος, άντιστασεως 500 Ω, ό όποιος διαρρέεται από ρεύμα έντάσεως 0,8 Α.

Λύσις. Άντικαθιστώντες εις τον τύπον $N = R \cdot i^2$ τά δεδομένα του προβλήματος λαμβάνομεν :

$$N = 500 \cdot 0,8^2 \text{ W} = 320 \text{ W}.$$

2. Μία ήλεκτρική συσκευή τής όποιάς ή ισχύς είναι ίση με 1.440 W, έχει αντίστασιν 10 Ω. Πόση είναι ή έντασις του ρεύματος, τό όποιον διαρρέει την συσκευήν.

Λύσις. Άπό τον τύπον $N = R \cdot i^2$, λύοντες ώς πρός i λαμβάνομεν :

$$i = \sqrt{\frac{N}{R}}.$$

Άντικαθιστώντες τά δεδομένα εύρισκομεν :

$$i = \sqrt{\frac{1440}{10}} = \sqrt{144} = 12 \text{ A}.$$

Πρακτική μονάς ήλεκτρικής ενεργείας. Τό Τζάουλ (1 Joule) είναι πολύ μικρά μονάς ενεργείας. Δι' αυτόν τον λόγον εις τάς τρεχούσας ανάγκας χρησιμοποιοϋμεν μίαν μεγαλυτέραν μονάδα, την :

1 βατώραν (1 Wh)

και τό πολλαπλάσιόν της :

1 κιλοβατώραν (1 kWh)

Είναι δέ : $1 \text{ kWh} = 1.000 \text{ Wh}$,
καί :

$$1 \text{ Wh} = 3\,600 \text{ Joule}$$

Ἡ μονὰς βατώρα (ἢ βατώριον, 1 Wh) εἶναι ἴση μὲ τὴν ἐνέργειαν ἢ ὁποία καταναλίσκεται ἐντὸς μιᾶς ὥρας ἐντὸς ἑνὸς ἀγωγοῦ ἢ μιᾶς συσκευῆς, ὅταν ἡ ἰσχύς τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος εἶναι ἑνὸς Βάτ (1 W).

Ἄν λύσωμεν τὸν τύπον τῆς ἰσχύος ὡς πρὸς A , λαμβάνομεν: $A = N \cdot t$.

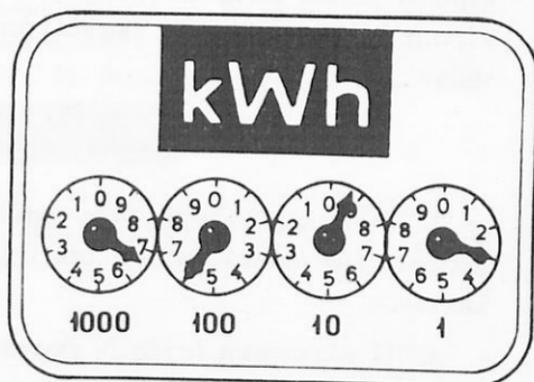
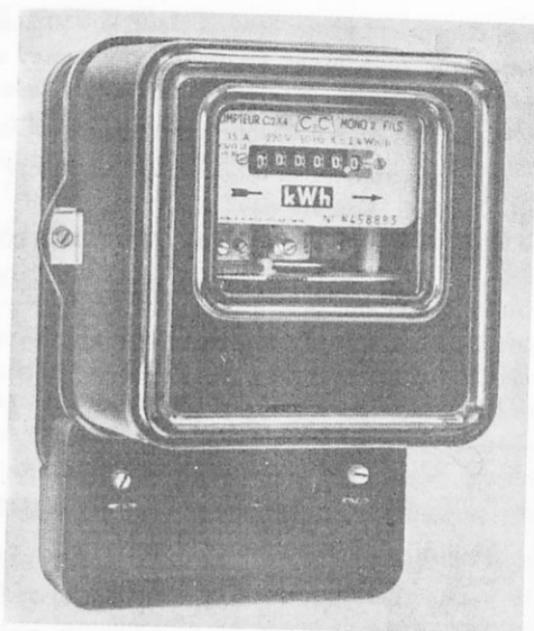
Ὅταν ἡ ἰσχύς N ἐκφράζεται εἰς Βάτ καὶ ὁ χρόνος t εἰς ὥρας, ἡ ἠλεκτρικὴ ἰσχύς N εὐρίσκεται εἰς βατώρας (Wh). Βατώρας εὐρίσκομεν ἐπίσης ἂν ἐκφράσωμεν εἰς ὥρας τὸν χρόνον εἰς τὸν τύπον :

$$A = R \cdot i^2 \cdot t.$$

Ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια ἢ ὁποία καταναλίσκεται ἀπὸ τὰς διαφόρους συσκευὰς μιᾶς ἠλεκτρικῆς ἐγκαταστάσεως, παρέχεται ἀπὸ εἰδικὰ ὄργανα, τὰ ὁποῖα ὀνομάζομεν μετρητὰς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας (σχ.127).

Τοιοῦτους μετρητὰς ἐγκαθιστοῦν εἰς τὰς οἰκίας, αἱ ὁποῖαι χρησιμοποιοῦν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα καὶ κατὰ μῆνα, μὲ βάσιν τὰς ἐνδείξεις τοῦ μετρητοῦ, γίνεται ἡ πληρωμὴ τῆς ἀξίας τοῦ καταναλωθέντος ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

Ἀριθμητικὴ ἐφαρμογή. Μία ἠλεκτρικὴ συσκευή, ἰσχύος 1.200 W , χρησι-



Σχ. 127. Μετρητὴς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας (κοινῶς ρολοῖ ἠλεκτρικοῦ). Ἐνδείξεις : $6\,593 \text{ kWh}$

μποιείται ,κατά μέσον όρον, 2 ώρας και 30 λεπτά ανά ήμέραν. Να υπολογίσετε τó κόστος τής ήλεκτρικής ένεργείας, τήν όποιαν καταναλίσκει έντός ένός μηνός (30 ήμέραι) ή συσκευή, γνωστού όντος ότι ή κιλοβατώρα στοιχίζει 1,5 δρχ.

Λύσις. 'Η συσκευή χρησιμοποιείται συνολικώς $2,5 \cdot 30 = 75$ ώρας ανά μήνα.

'Αντικαθιστώντες τά δεδομένα εις τόν τύπον $A = N \cdot t$, δηλαδή $N = 1\ 200$ W και $t = 75$ h, λαμβάνομεν :

$$A = 1\ 200\ \text{W} \times 75\ \text{h} = 90\ 000\ \text{Wh} = 90\ \text{kWh}.$$

'Η μηνιαία δαπάνη Δ συνεπώς τής συσκευής θά είναι :

$$\Delta = 90 \cdot 1,5\ \text{δρχ.} = 135\ \text{δρχ.}$$

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Τó ήλεκτρικόν ρεύμα είναι μία μορφή ένεργείας, ή όποιá όνομάζεται ήλεκτρική ένεργεια.

2. 'Η ποσότης θερμότητος A , ή όποιá εκλύεται από τó ήλεκτρικόν ρεύμα, είναι ισοδύναμος πρós $R \cdot i^2 \cdot t$ Joule. 'Η ήλεκτρική ένεργεια συνεπώς εκφράζεται εις μονάδας Τζούλ από τόν τύπον :

$$A = R \cdot i^2 \cdot t$$

3. 'Η ήλεκτρική ισχύς μιás συσκευής όνομάζεται ή ήλεκτρική ένεργεια τήν όποιαν καταναλίσκει ή συσκευή αύτή ανά δευτερόλεπτον.

4. 'Η ήλεκτρική ισχύς N εκφράζεται εις Βάτ (W) και κιλοβάτ (kW), δίδεται δέ από τήν σχέσιν :

$$N = R \cdot i^2$$

'Όταν ή αντίστασις R εκφράζεται εις Ωμ και ή έντασις i εις Άμπέρ, ή ισχύς N εύρίσκεται εις Βάτ.

5. 'Η βατώρα (1 Wh) είναι πρακτική μονάς ήλεκτρικής ένεργείας και ισοδύται με τήν ένεργειαν τήν όποιαν καταναλίσκει έντός μιás ώρας ένας άγωγός, ό όποιος διαρρέεται από ρεύμα ισχύος ένός Βάτ. Πολλαπλάσιον τής βατώρας είναι ή κιλοβατώρα.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

118. Μία ηλεκτρική θερμάστρα έχει δύο βαθμίδας, μίαν τῶν 2 000 Watt και μίαν τῶν 1 200 Watt. Κατὰ τὴν διάρκειαν 2,5 h λειτουργεῖ ἐπὶ 20 min ἡ βαθμὶς τῶν 2 000 Watt καὶ τὸν ὑπόλοιπον χρόνον ἡ βαθμὶς τῶν 1 200 Watt. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ δαπάνη ἐὰν ἡ 1 kWh κοστίζει 1,5 δρχ.
(Ἀπ. 5 δρχ.)

119. Ἡ θέρμανσις ἐνὸς δωματίου ἀπαιτεῖ ποσότητα θερμότητος ἴσην πρὸς 4 000 kcal ἀνὰ ὥραν. Γνωρίζομεν ἐπὶ πλέον ὅτι 1 kg ἀνθρακίτου ἀποδίδει κατὰ τὴν καύσιν του, ποσότητα θερμότητος ἴσην πρὸς 7 000 kcal, ἀπὸ τὴν ὁποίαν ὁμως μόνον τὰ 40% χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν θέρμανσιν. α) Νὰ Ζητεῖται νὰ εὑρεθῇ πόσον θὰ κοστίσῃ διὰ μίαν ὥραν λειτουργίας ἡ θέρμανσις τῆς αἰθούσης αὐτῆς, ἐὰν ὁ ἀνθρακίτης πωλῆται πρὸς 2,5 δρχ. τὸ 1 kg. β) Νὰ εὑρεθῇ τὸ κόστος τῆς θερμάνσεως, ἐὰν διὰ τὴν θέρμανσιν χρησιμοποιεῖται ηλεκτρικὸν ρεῦμα καὶ ἡ μία κιλοβατώρα κοστίζῃ 1,5 δρχ. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν θεωροῦμεν ὅτι ὅλη ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, ἡ ὁποία παράγεται, ἀποδίδεται εἰς τὴν αἰθουσαν.
(Ἀπ. α' 3,6 δρχ. β' 7 δρχ. περίπου.)

120. Ἐνας ηλεκτρικὸς θερμαντὴρ ἰσχύος 720 Watt θερμαίνει ὄρισμένην ποσότητα ὕδατος ἐπὶ 30 min. α) Νὰ ὑπολογισθῇ εἰς Joule ἡ ἐνέργεια ἡ ὁποία καταναλίσκεται καὶ ἡ ἀντίστοιχος θερμότης εἰς θερμίδας. β) Μὲ τὴν προϋπόθεσιν ὅτι μόνον τὰ 60% τῆς θερμότητος ἡ ὁποία παράγεται ἀπὸ τὸν θερμαντῆρα χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν θέρμανσιν τοῦ ὕδατος, νὰ ὑπολογισθῇ ἡ τελικὴ θερμοκρασία ὕδατος μάζης 2 800 gr, ἀρχικῆς θερμοκρασίας 10 °C ἐὰν θερμαίνωνται ἐπὶ 30 min. Ὑποθέτομεν ὅτι ἡ θερμοχωρητικότης τοῦ δοχείου εἶναι ἀμελητέα.
(Ἀπ. α' 1 296 000 J, 308 571 cal. β' 76,1 °C.)

121. Ἐνας θερμοσίφων ἔχει ἰσχὴν 1 kW καὶ διαρρέεται ἀπὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 8 A. α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀντίστασις τοῦ θερμοσίφωτος. β) Ἐὰν περιέχῃ 100 l ὕδατος, πόσος χρόνος ἀπαιτεῖται διὰ νὰ ἀυξηθῇ ἡ θερμοκρασία τοῦ ὕδατος αὐτοῦ ἀπὸ τοὺς 10 °C εἰς τοὺς 80 °C
(Ἀπ. α' 16 Ω περίπου. β' 8 h.)

122. Ἐνας ηλεκτρικὸς βραστήρ καταναλίσκει ἰσχὴν 500 Watt. Τὸ ρεῦμα τὸ ὁποῖον τὸν διαρρέει ἔχει ἐντάσιν 4 A. α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀντίστασις τοῦ βραστήρος. β) Νὰ ὑπολογισθῇ ὁ χρόνος ὅστις ἀπαιτεῖται διὰ νὰ βράσῃ 1)2 l ὕδατος ἀρχικῆς θερμοκρασίας 20 °C, μὲ τὴν προϋπόθεσιν ὅτι δὲν ἔχομεν ἀπώλειαν θερμότητος. γ) Εἰς τὴν πραγματικότητα ἀπαιτοῦνται 10 πρῶτα λεπτά. Νὰ ὑπολογισθοῦν αἱ ἀπώλειαι.
(Ἀπ. α' 31 Ω περίπου, β' 5,5 min. γ' 45%.)

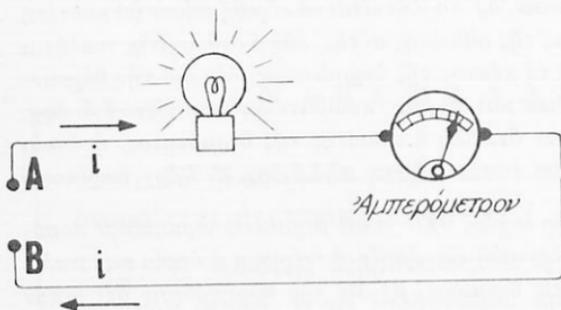
123. Ἐνας βραστήρ ἀπὸ ἀλουμίνιον ἔχει μάζαν 700 gr καὶ περιέχει 1 l ὕδατος εἰς θερμοκρασίαν 20 °C. Ἡ ἀντίστασις τοῦ βραστήρος διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα ἐντάσεως 5 A. Εἰς τὰ 10 πρῶτα λεπτά ἡ θερμοκρασία τοῦ ὕδατος ἀνέρχεται εἰς 90 °C. Ἡ εἰδικὴ θερμότης τοῦ ἀλουμινίου εἶναι : 0,22 cal/gr·grad. Νὰ ὑπολογισθοῦν α) Ἡ ποσότης τῆς θερμότητος ἡ ὁποία ἀπερροφήθη κατὰ τὴν θέρμανσιν. β) Ἡ ἰσχύς τοῦ βραστήρος καὶ γ) ἡ ἀντίστασις τοῦ βραστήρος.
(Ἀπ. α' 80 780 cal. β' 565,5 W. γ' 22,6 Ω.)

§ 132. Έννοια τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ. α) Πείραμα. Συνδέομεν ἓνα ἠλεκτρικὸν λαμπτήρα εἰς τοὺς δύο ἄκροδέκτας Α καὶ Β ἑνὸς ρευματοδότου (πρίζα). Ἐνα ἄμπερόμετρον παρεμβάλλεται εἰς τὸ κύκλωμα διὰ νὰ δεικνύῃ τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος (σχ. 128).

Μὲ λαμπτήρα ἰσχύος 75 W εὐρίσκομεν ἔντασιν ρεύματος ἴσην πρὸς 0,34 A. Μὲ λαμπτήρα

ἰσχύος 40 W τὸ ἄμπερόμετρον δεικνύει ρεῦμα ἐντάσεως 0,18 A. Ἀφαιροῦμεν τὸν λαμπτήρα καὶ τοποθετοῦμεν εἰς τὴν θέσιν τοῦ ἓνα σίδερο σιδερώματος ἰσχύος 300 W. Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ κύκλωμα, εἶναι τώρα 1,36 A.

Εἰς ἐκάστην ἀπὸ τὰς τρεῖς ἀνωτέρω περιπτώσεις ἔχομεν διαφορετικὴν ἰσχὺν



Σχ. 128. Διὰ τὴν ἔννοιαν τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ

τοῦ ἠλεκτρικοῦ καταναλωτοῦ καὶ διαφορετικὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον τὸν διαρρέει· ὁ λόγος ὅμως τῆς ἠλεκτρικῆς ἰσχύος, ἣτις καταναλίσκεται μεταξὺ τῶν σημείων Α καὶ Β τοῦ κυκλώματος καὶ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ τμήμα αὐτὸ τοῦ κυκλώματος, εἶναι σταθερὸς (1).

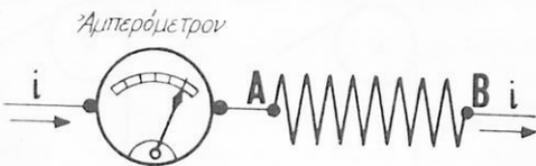
Πράγματι ἔχομεν ὅτι :

$$\frac{75}{0,34} = 220, \quad \frac{40}{0,18} = 220, \quad \frac{300}{1,36} = 220.$$

Ὁ σταθερὸς αὐτὸς λόγος χαρακτηρίζει αὐτὸ τὸ ὁποῖον ὀνομάζομεν **διαφορὰν δυναμικοῦ ἢ ἠλεκτρικὴν τάσιν** μεταξὺ τῶν δύο ἄκροδεκτῶν τοῦ ρευματολήπτου.

(1) Ἡ ἰσχὺς ἣ ὁποία καταναλίσκεται μεταξὺ τῶν σημείων Α καὶ Β, εἶναι πρακτικῶς ἴση μὲ τὴν ἰσχὺν τῶν λαμπτήρων ἢ τοῦ ἠλεκτρικοῦ σιδερώματος, διότι ἡ ἰσχὺς ἣ ὁποία καταναλίσκεται ἀπὸ τὸ ἄμπερόμετρον καὶ τὰ ἀγωγὰ σύρματα εἶναι ἀσήμαντος.

β) Ἐὰς θεωρήσωμεν γενικώτερον τὸν ἄγωγὸν AB, ὁ ὁποῖος ἀποτελεῖ μέρος ἑνὸς κυκλώματος, τὸ ὁποῖον διαρρέεται μὲ ρεῦμα ἐντάσεως i Ἄμπερ, ἔστω δὲ ὅτι ἡ ἰσχύς ἣτις καταναλίσκεται μεταξὺ τῶν σημείων A καὶ B εἶναι



Σχ. 129. Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ U μεταξὺ τῶν σημείων A καὶ B εἶναι ἴση πρὸς $N \cdot i$.

$N \text{ Βάτ}$ (σχ. 129). Μὲ τὰς ἀνωτέρω προϋποθέσεις λέγομεν ὅτι :

Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν σημείων A καὶ B ἑνὸς κυκλώματος ἔχει ὡς μέτρον τὸ πηλίκον τῆς ἰσχύος, ἣτις καταναλίσκεται μεταξὺ τῶν δύο αὐτῶν σημείων τοῦ κυκλώματος, πρὸς τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ κύκλωμα.

Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ ἢ (ἠλεκτρικὴ) τάσις μεταξὺ δύο σημείων A καὶ B, συμβολίζεται γενικῶς μὲ τὸ γράμμα U ἢ μὲ $U_A - U_B$.

Συμφώνως πρὸς τὰ ἀνωτέρω συνεπῶς θὰ ἔχωμεν ὅτι :

$$U = \frac{N}{i}$$

$$\text{διαφορὰ δυναμικοῦ (τάσις)} = \frac{\text{ἰσχύς}}{\text{ἐντάσις ρεύματος}}$$

§ 133. Ἐξήγησις διαφορᾶς δυναμικοῦ. Ἐὰς ἐπανέλθωμεν εἰς τὸ πείραμα τῆς ἀρχῆς τοῦ κεφαλαίου τῆς § 132.

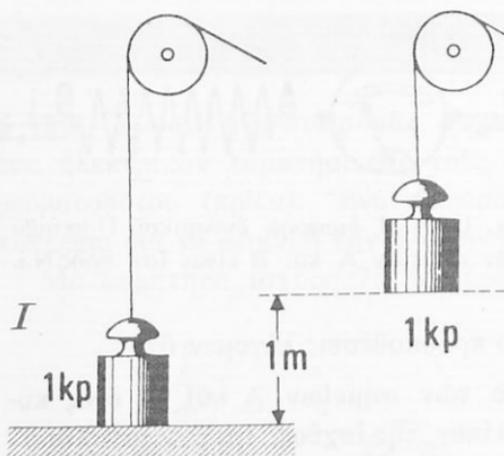
Ὅταν συνδέσωμεν τὸν λαμπτήρα ἰσχύος 75 W εἰς τὸ κύκλωμα, τότε ἐντὸς χρονικοῦ διαστήματος ἑνὸς δευτερολέπτου δαπανᾶται μεταξὺ τῶν σημείων A καὶ B (βλ. σχ. 128) ἐνέργεια 75 Joule, ἐνῶ εἰς τὸ ἴδιον χρονικὸν διάστημα τὸ ρεῦμα τῶν 0,34 A μεταφέρει ποσότητα ἠλεκτρισμοῦ 0,34 Cb.

Μὲ ἄλλους λόγους διὰ τὴν ἀναμετρήθησαν ποσότητος ἠλεκτρισμοῦ 0,34 Cb ἀπὸ τὸν ἀκροδέκτην A εἰς τὸν ἀκροδέκτην B, καταναλίσκεται ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια 75 Joule.

Διὰ ποῖον ὅμως λόγον δαπανᾶται ἡ ἐνέργεια αὕτη;

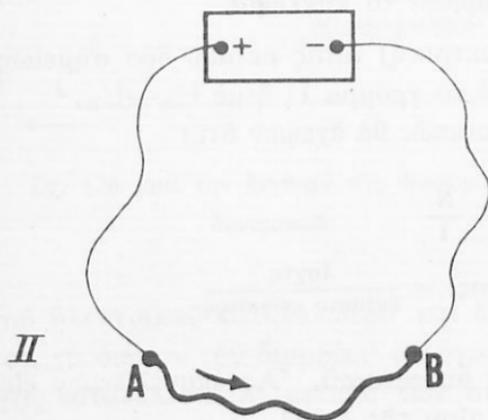
Διὰ τὴν ἀναμετρήθησαν καλλίτερον τὸ θέμα θὰ θεωρήσωμεν τὸ ἀκόλουθον μηχανικὸν ἀνάλογον.

Ὅταν θέλωμεν νὰ ἀνυψώσωμεν ἓνα σῶμα, ἀπὸ τὸ ἔδαφος μέχρις



ένος ὄρισμένου ὕψους, πρέπει νὰ δαπανήσωμεν μηχανικὴν ἐνέργειαν. Κατ' ἀναλογίαν, ὅταν μεταφέρωμεν ἠλεκτρικὰ φορτία μέσα εἰς ἕνα ἄγωγόν, πρέπει νὰ δαπανήσωμεν ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

Τὸ ἀνάλογον τῆς διαφορᾶς στάθμης εἰς τὴν Μηχανικὴν εἶναι ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τὸν Ἡλεκτρισμόν. Οὕτως, ὅταν ἀνυψώσωμεν ἕνα σῶμα βάρους 1 kp μέχρις ὕψους 1 m, δαπανῶμεν ἔργον 1 kpm. Ὅταν μεταφέρωμεν ἠλεκτρικὸν φορτίον 1 Cb, ἀπὸ ἕνα σημεῖο A εἰς ἕνα σημεῖον B ἐνὸς ἄγωγου, ὥστε νὰ δαπανηθῇ ἔργον 1 Joule, τότε μεταξὺ τῶν σημείων A καὶ B ὑφίσταται διαφορὰ δυναμικοῦ 1 Volt (σχ. 130).



Σχ. 130. Μηχανικὸν ἀνάλογον διὰ τὴν κατανόησιν τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ 1 Volt.

δυναμικοῦ καθορίζεται καὶ ἡ σχετικὴ μονάς, ἡ ὁποία ὀνομάζεται 1 Βόλτ (1 Volt, 1 V) πρὸς τιμὴν τοῦ Ἰταλοῦ Φυσικοῦ Ἀλεξάνδρου Βόλτα (Alessandro Volta) (1745-1827).

§ 134. Βόλτ. Μονὰς διαφορᾶς δυναμικοῦ. Ἀπὸ τὸν τύπον ὀρισμοῦ τῆς διαφορᾶς

Τὸ Βόλτ (1 V) εἶναι ἴσον μὲ τὴν διαφορὰν τοῦ ἠλεκτρικοῦ δυναμικοῦ, τὸ ὁποῖον ἐπικρατεῖ μεταξὺ δύο σημείων ἐνὸς ἄγωγου, ὃ ὁποῖος διαρρέεται ἀπὸ σταθερὸν ρεῦμα ἐντάσεως 1 Ἀμπέρ (1 A) καὶ καταναλίσκει ἰσχὺν 1 Βάτ (1 W) μεταξὺ τῶν δύο αὐτῶν σημείων.

Μερικαὶ τιμαὶ διαφορᾶς δυναμικοῦ. Παραθέτομεν μερικὰς τιμὰς

ήλεκτρικῆς τάσεως μεταξύ τῶν ἀκροδετῶν τῶν πόλων ὠρισμένων
ήλεκτρικῶν πηγῶν :

Ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον	1 - 2 V
Ἡλεκτρικὴ στήλη (φανάρι τσέπης)	4,5 V
Συστοιχία συσσωρευτῶν	6 - 12 V

Μεταξὺ τῶν δύο συρμάτων ἑνὸς ρευματοδότης ἐπικρατεῖ τάσις 110 V ἢ 220 V, ἀναλόγως πρὸς τὴν τάσιν τοῦ ήλεκτρικοῦ δικτύου. Αἱ τιμαὶ αὗται συνήθως μεταβάλλονται κατὰ μερικὰ Βόλτ. Δι' αὐτὸν τὸν λόγον ἡ τάσις ἑνὸς δικτύου παροχῆς ήλεκτρικοῦ ρεύματος 110 V, π.χ. μειώνεται εἰς ὠρισμένας περιπτώσεις καὶ φθάνει τὰ 105 V ἢ καὶ τὰ 100 V ἀκόμη.

Ἡ τάσις συνήθως εἰς τὰ σύρματα μιᾶς γραμμῆς μεταφορᾶς εἶναι ἀρκεταὶ ἑκατοντάδες χιλιάδων Βόλτ (220 000 V ἢ 380 000 V).

Ἐννοοῦμεν τώρα τὴν σημασίαν τῆς ἀναγραφῆς ὠρισμένων ἐνδείξεων ἐπὶ τῶν λαμπτήρων φωτισμοῦ ἢ ἐπὶ τῶν διαφόρων συσκευῶν. Οὕτως αἱ ἐνδείξεις 100 W, 220 V τὰς ὁποίας εἶναι δυνατὸν νὰ διαβάσωμεν εἰς ἓνα λαμπτήρα, ἔχουν τὴν ἔννοιαν ὅτι ὁ λαμπτήρ αὐτὸς λειτουργεῖ κανονικῶς, ὅταν συνδεθῆ εἰς δίκτυον τάσεως 220 V. Ἡ ἰσχὺς τὴν ὁποίαν καταναλίσκει τότε ὁ λαμπτήρ εἶναι 100 W.

Ἄν συνδέσωμεν τὸν ἀνωτέρω λαμπτήρα εἰς σημεῖα ἑνὸς κυκλώματος, τὰ ὁποῖα παρουσιάζουν διαφορὰν δυναμικοῦ 12 V, τὸ σπείραμα δὲν θὰ πυρακτωθῆ καὶ ὁ λαμπτήρ θὰ παραμείνῃ σβυστός. Ἡ ἐνέργεια τὴν ὁποίαν ἀπορροφεῖ τὸ σύρμα πυρακτώσεως εἶναι ἐλαχίστη.

Ἄν ὅμως συνδέσωμεν εἰς δίκτυον 220 V ἓνα λαμπτήρα, κατεσκευασμένον διὰ νὰ λειτουργῆ εἰς δίκτυον 12 V, αὐτὸς καίεται ἀμέσως καὶ καταστρέφεται. Ἡ ἐνέργεια, ἡ ὁποία ἀπελευθερώνεται εἰς τὸ σύρμα πυρακτώσεως, εἶναι πολὺ μεγάλη καὶ προκαλεῖ τῆξιν τοῦ σύρματος.

§ 135. Ἐκφράσεις τῆς ἰσχύος καὶ τῆς ήλεκτρικῆς ἐνεργείας, αἱ ὁποῖαι καταναλίσκονται μέσα εἰς ἓνα ἄγωγόν. Γνωρίζομεν ὅτι ἡ ήλεκτρικὴ ἰσχὺς, ἡ ὁποῖα καταναλίσκεται ἀπὸ τὴν θερμότητα Τζάουλ, μέσα εἰς ἓνα ἄγωγόν, ἀντιστάσεως R, δίδεται ἀπὸ τὸν τύπον: $N=R \cdot i^2$ (βλ. § 131, σελ. 136).

Ἄπὸ τὴν σχέσιν $U=N/i$, (ἡ ὁποῖα εὑρίσκεται ἀπὸ τὴν $N=R \cdot i^2$,

Όταν θέσωμεν $R=U/i$, λύνοντας ως προς N λαμβάνομεν μίαν άλλην έκφρασιν τῆς ἰσχύος :

$$N = U \cdot i$$

Όταν ἡ τάσις U ἐκφράζεται εἰς Βόλτ καὶ ἡ ἔντασις i εἰς Ἀμπέρ, ἡ ἰσχύς N εὐρίσκεται εἰς Βάτ.

Ἀριθμητικαὶ ἐφαρμογαί. 1. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἰσχύς ἑνὸς ἠλεκτρικοῦ λαμπτήρος, ὁ ὁποῖος διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα ἐντάσεως 0,45 A, ὅταν ἡ τάσις εἰς τὰ ἄκρα τῶν συρμάτων, τὰ ὁποῖα καταλήγουν εἰς τὸν λαμπτήρα, εἶναι 220 V.

Λύσις. Ἀντικαθιστῶντες εἰς τὸν τύπον : $N = U \cdot i$ τὰς τιμὰς τῶν δεδομένων τοῦ προβλήματος, δηλαδὴ $U = 220$ V καὶ $i = 0,45$ A, λαμβάνομεν :

$$N = 220 \text{ U} \cdot 0,45 \text{ A} = 99 \text{ W.}$$

2. Ἐνα ἠλεκτρικὸ σίδερο, ἰσχύος 400 W τροφοδοτεῖται μὲ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα τάσεως 110 V. Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τὸ ὁποῖον τὸ διαρρέει.

Λύσις. Λύνοντας τὸν τύπον $N = U \cdot i$ ὡς πρὸς i λαμβάνομεν : $i = N/U$ καὶ ἀντικαθιστῶντες εἰς αὐτὸν τὰ δεδομένα τοῦ προβλήματος ἔχομεν :

$$i = \frac{400 \text{ W}}{110 \text{ U}} = 3,63 \text{ A.}$$

§ 136. Ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια. Γνωρίζομεν ὅτι ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια A , ἡ ὁποία καταναλίσκεται ἀπὸ τὴν θερμότητα Τζάουλ μέσα εἰς ἓνα ἀγωγόν, δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν : $A=R \cdot i^2 \cdot t$. Ἐπειδὴ ὅμως τὸ γινόμενον $R \cdot i$ εἶναι ἴσον μὲ τὴν ἰσχὴν N καὶ αὐτὴ πάλιν ἰσοῦται μὲ $U \cdot i$, ὁ ἀνωτέρω τύπος λαμβάνει τελικῶς τὴν μορφήν :

$$A = U \cdot i \cdot t$$

Όταν ἡ τάσις U ἐκφράζεται εἰς Βόλτ, ἡ ἔντασις i εἰς Ἀμπέρ καὶ ὁ χρόνος t εἰς δευτερόλεπτα, ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια A εὐρίσκεται εἰς Τζάουλ. Ἐὰν ὅμως ὁ χρόνος ἐκφράζεται εἰς ὥρας, ἡ ἐνέργεια A εὐρίσκεται εἰς βατώρας (Wh).

§ 137. Ἄλλη ἐκφρασις τοῦ νόμου τοῦ Τζάουλ. Ἡ ἐνέργεια $A=U \cdot i \cdot t$ Joule εἶναι ἰσοδύναμος πρὸς τὴν ἀκόλουθον ποσότητα θερμότητος εἰς θερμίδας :

$$Q = 0,24 \cdot U \cdot i \cdot t$$

Ἀριθμητική ἐφαρμογή. Νὰ ὑπολογισθῆ εἰς κιλοβατώρας ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια, ἡ ὁποία καταναλίσκεται ἐντὸς 5 ὥρων ἀπὸ μίαν ἠλεκτρικὴν θερμάστραν, ἡ ὁποία λειτουργεῖ μὲ τάσιν 110 V καὶ διαρέεται ἀπὸ ρεῦμα ἐντάσεως 4 Ἀμπέρ.

Λύσις. Ἀντικαθιστῶντες εἰς τὸν τύπον $A = U \cdot i \cdot t$ τὰς τιμὰς τῶν δεδομένων τοῦ προβλήματος, δηλαδὴ :

$$U = 110 \text{ V}, i = 4 \text{ A}, t = 5 \text{ h}, \text{ λαμβάνομεν :}$$

$$A = 110 \cdot 4 \cdot 5 \text{ Wh} = 2200 \text{ Wh} = 2,2 \text{ kWh}.$$

§ 138. Πρόσθεσις τάσεων. Μία ἠλεκτρικὴ θερμάστρα, ἓνας λαμπτήρ καὶ ἓνας ροοστάτης (μία μεταβλητὴ δηλαδὴ ἀντίστασις) εἶναι συνδεδεμένα ἐν σειρᾷ εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ παραστατικοῦ σχήματος 131 καὶ διαρρέονται ἀπὸ τὸ ἴδιον ρεῦμα, τὸ ὁποῖον ἔχει ἔναντι i .

Ἐστω U_1 ἡ τάσις εἰς τοὺς ἀκροδέκτας A καὶ B τῆς θερμάστρας U_2 ἡ τάσις εἰς τοὺς ἀκροδέκτας B καὶ Γ τοῦ λαμπτήρος καὶ U_3 ἡ τάσις εἰς τὰ σημεῖα Γ καὶ Δ τοῦ ροοστάτου.

Ἐκάστη ἀπὸ τὰς τρεῖς αὐτὰς συσκευὰς καταναλίσκει ἠλεκτρικὴν ἰσχύον : $N_1 = U_1 \cdot i$ ἡ θερμάστρα, $N_2 = U_2 \cdot i$ ὁ λαμπτήρ καὶ $N_3 = U_3 \cdot i$ ὁ ροοστάτης.

Ἐὰν ἐκφράσωμεν μὲ U τὴν τάσιν εἰς τὰ ἀκροῖα σημεῖα A καὶ Δ, τότε ἡ ὅλικη ἰσχύς N , ἡ ὁποία καταναλίσκεται μεταξὺ αὐτῶν, εἶναι ἴση πρὸς :

$$N = U \cdot i$$

Ἡ ἰσχύς ὅμως N εἶναι ἴση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἰσχύων, αἱ ὁποῖαι καταναλίσκονται ἀπὸ τὰς τρεῖς συσκευὰς :

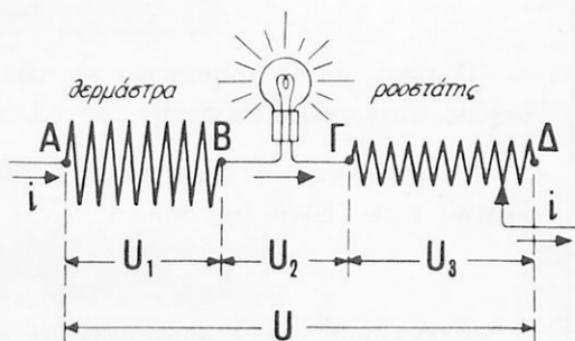
$$N = N_1 + N_2 + N_3$$

Ἡ σχέσηις αὐτὴ γράφεται καὶ ὡς ἑξῆς :

$$U \cdot i = U_1 \cdot i + U_2 \cdot i + U_3 \cdot i$$

ὁπότε, ἀπλοποιῶντες μὲ τὸ i , τελικῶς λαμβάνομεν ὅτι :

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$



Σχ. 131. Αἱ ἠλεκτρικαὶ τάσεις προστίθενται ὅταν εἶναι διαδοχικαί.

Ωστε :

Όταν διάφοροι συσκευαί (ή αντίστασεις) είναι συνδεδεμένοι εν σειρά, τότε αί τάσεις, αί όποια επικρατοῦν εἰς τὰ ἄκρα των, δύνανται νὰ προστεθοῦν.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ ἢ ἠλεκτρικῆ τάσις U μεταξύ δύο σημείων A καὶ B ἑνὸς κυκλώματος, τὸ ὁποῖον διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα, ἔχει μέτρον ἴσον μὲ τὸ πηλίκον τῆς ἠλεκτρικῆς ἰσχύος N , ἢ ὁποία δαπανᾶται μεταξύ τῶν A καὶ B , πρὸς τὴν ἔντασιν i τοῦ ρεύματος. Δηλαδή εἶναι :

$$U = \frac{N}{i}$$

2. Μονὰς διαφορᾶς δυναμικοῦ εἶναι τὸ Βόλτ (1 V). Τὸ Βόλτ εἶναι ἴσον μὲ τὴν ἠλεκτρικὴν τάσιν ἢ ὁποία επικρατεῖ μεταξύ δύο σημείων ἑνὸς ἀγωγοῦ, ὁ ὁποῖος διαρρέεται ἀπὸ σταθερὸν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ἐντάσεως ἑνὸς Ἄμπέρ, ὅταν μεταξύ τῶν δύο αὐτῶν σημείων δαπανᾶται ἠλεκτρικὴ ἰσχύς ἑνὸς Βάτ.

3. Ἀπὸ τὸν τύπον $U = N/i$, λύοντες ὡς πρὸς N , λαμβάνομεν ὅτι :

$$N = U \cdot i \text{ Watt}$$

Ὁ τύπος αὐτὸς χρησιμεύει εἰς τὴν εὑρεσιν τῆς ἠλεκτρικῆς ἰσχύος, ὅταν γνωρίζωμεν τὴν τάσιν U καὶ τὴν ἔντασιν i .

4. Ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια ἢ ὁποία καταναλίσκεται ἐντὸς χρόνου t sec εἶναι ἴση πρὸς :

$$A = U \cdot i \cdot t \text{ Joule}$$

5. Ὁ νόμος τοῦ Τζάουλ δύναται νὰ ἐκφρασθῆ καὶ μὲ τὴν σχέσιν :

$$Q = 0,24 \cdot U \cdot i \cdot t \text{ cal}$$

6. Όταν περισσότερες από μίαν αντιστάσεις είναι συνδεδεμένες εν σειρά, τότε αι διαφοραὶ τοῦ ἠλεκτρικοῦ δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα ἐκάστης ἀντιστάσεως προστίθενται.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

124. Ἀγωγὸς ἀντιστάσεως $20,9 \Omega$ διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως $2,5 \text{ A}$. α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἠλεκτρικὴ ἰσχύς, ἣτις καταναλίσκεται ἀπὸ τὸ σύρμα. β) Πόση εἶναι ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα τῆς ἀντιστάσεως.

(Ἄπ. α' $130,6 \text{ W}$. β' $52,2 \text{ V}$.)

125. Ἐντὸς ἐνὸς θερμοδόμετρον βυθίζομεν ἓνα ἄγωγόν ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἄγωγου ἐπικρατεῖ διαφορὰ δυναμικοῦ 10 Volt . Ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον διαρρέει τὸν ἄγωγόν εἶναι 5 A . α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἰσχύς, ἣτις καταναλίσκεται ἀπὸ τὴν ἀντίστασιν. β) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀντίστασις καὶ γ) νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, ἡ ὁποία ἀποδίδεται εἰς τὸ θερμοδόμετρον ἐντὸς 6 πρώτων λεπτῶν). ($1 \text{ Joule} = 0,24 \text{ cal}$.)

(Ἄπ. α' 50 W . β' 2Ω . γ' 4320 cal .)

126. Ἡ θέρμανσις ἐνὸς διαμερίσματος ἀπαιτεῖ $1\,000\,000 \text{ cal}$ ἀνὰ ὥραν. Αὐτὸ τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος παρέχεται ἀπὸ μίαν ἠλεκτρικὴν θερμάστραν, ἡ ὁποία λειτουργεῖ ὑπὸ διαφορὰν δυναμικοῦ 220 Volt . α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἰσχύς ἡ ὁποία ἀπορροφεῖται ἀπὸ τὴν θερμάστραν. β) Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον διαρρέει τὴν ἀντίστασιν τῆς θερμάστρας.

(Ἄπ. α' $1166,6 \text{ W}$. β' $5,3 \text{ A}$, περίπου.)

127. Ἐνας ἠλεκτρικὸς λαμπτήρ ἰσχύος 60 W βυθίζεται εἰς ἓνα θερμοδόμετρον μὲ ὕδωρ, τὸ ὅποιον ἔχει θερμοχωρητικὴν 500 cal/grad καὶ θερμοκρασίαν 17°C . α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ τελικὴ θερμοκρασία τοῦ ὕδατος, ἐὰν ὁ λαμπτήρ λειτουργῇ ἐπὶ 15 πρώτα λεπτά. β) Ἐὰν ὁ λαμπτήρ τροφοδοτῆται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν δίκτυον 110 Volt , νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον τὸν διαρρέει.

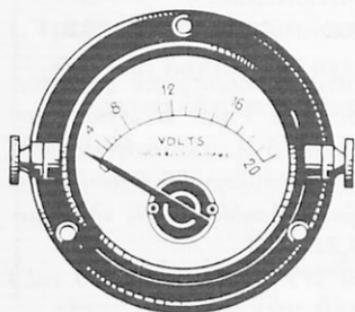
(Ἄπ. α' 43°C , περίπου. β' $0,5 \text{ A}$, περίπου.)

128. Ἐνα ἠλεκτρικὸ σίδηρο ἰσχύος 500 Watt λειτουργεῖ ἐπὶ 1 h καὶ 30 min . α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ δαπάνη λειτουργίας, ἐὰν ἡ κιλοβατώρα κοστίζῃ $1,5 \text{ drx}$. β) ἐὰν ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα τῆς λήψεως εἶναι 125 Volt , νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. γ) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἡ ὁποία διέρχεται ἀπὸ τὸ σίδηρο, καθὼς καὶ ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, ἣτις ἐλευθερώνεται κατὰ τὴν διάρκειαν τοῦ σιδερώματος.

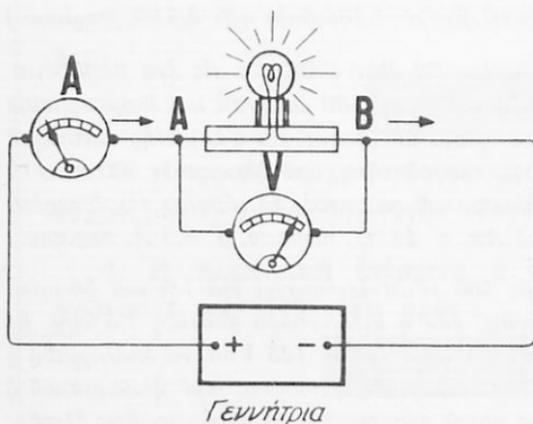
(Ἄπ. α' $1,125 \text{ drx}$. β' 4 A . γ' $21\,600 \text{ Cb}$, 648 kcal .)

ΒΟΛΤΟΜΕΤΡΟΝ. ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΟΗΜ

§ 139. Βολτόμετρον. Αί διαφοραί δυναμικοῦ δύο σημείων ἑνὸς ἠλεκτρικοῦ κυκλώματος, μετροῦνται μὲ εἰδικὰ ὄργανα, τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται βολτόμετρα (σχ. 132) καὶ τὰ ὁποῖα εἶναι βαθμολογημένα εἰς μονάδας Βόλτ.



Σχ. 132. Ἐξωτερικὴ ἐμφάνισις βολτομέτρου.



Σχ. 133. Σύνδεσις βολτομέτρου διὰ τὴν μέτρησιν τῆς τάσεως εἰς τὰ ἄκρα ἑνὸς λαμπτήρος.

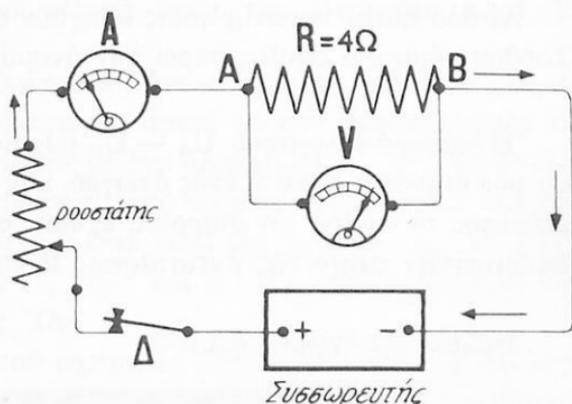
Ὅταν θέλωμεν νὰ μετρήσωμεν τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ μεταξὺ δύο σημείων A καὶ B ἑνὸς κυκλώματος, δὲν διακόπτομεν τὸ κύκλωμα, διὰ νὰ παρεμβάλωμεν τὸ ὄργανον, ὅπως γίνεται εἰς τὴν περίπτωσιν ἑνὸς ἀμπερομέτρου, ἀλλὰ συνδέομεν τοὺς ἀκροδέκτας τοῦ βολτομέτρου μὲ τὰ σημεῖα A καὶ B τοῦ κυκλώματος προκαλοῦντες, ὅπως λέγομεν, μίαν διακλάδωσιν (σχ. 133).

Ἄν τὸ κύκλωμα διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ὁ δείκτης τοῦ ὄργανου θὰ κινηθῆ καὶ θὰ σταματήσῃ ἐμπρὸς ἀπὸ μίαν ἔνδειξιν, ἡ ὁποῖαν παρέχει εἰς μονάδας Βόλτ τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ, ἣτις ἐπικρατεῖ μεταξὺ τῶν δύο αὐτῶν σημείων. Ὡστε :

Τὸ βολτόμετρον εἶναι ὄργανον τὸ ὁποῖον μετρεῖ τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ δύο σημείων A καὶ B ἑνὸς κυκλώματος, τὸ ὁποῖον διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα. Τὸ ὄργανον αὐτὸ τοποθετεῖται κατὰ διακλάδωσιν· συνδέομεν δηλαδὴ τοὺς ἀκροδέκτας του μὲ τὰ σημεῖα

A και B χωρίς να διακόψωμεν τὸ κύκλωμα.

§ 140. Νόμος τοῦ "Ωμ (Ohm). Πραγματοποιούμεν τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 134, καί, μεταξὺ τῶν σημείων A καὶ B τοῦ κυκλώματος αὐτοῦ, παρεμβάλλομεν ἓνα σύρμα, π.χ. ἀπὸ σιδηρονικέλιον, γνωστῆς ἀντίστασεως, ἔστω π.χ., 4Ω .



Σχ. 134. Διὰ τὴν πειραματικὴν ἐπαλήθευσιν τοῦ νόμου τοῦ "Ωμ.

Ἐνα ἀμπερόμετρον, τὸ ὁποῖον παρεμβάλλεται ἐν σειρά εἰς τὸ κύκλωμα (διακόπτομεν δηλαδὴ τὸ κύκλωμα εἰς τὸ σημεῖον τοποθετήσεώς του), δεικνύει τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος καὶ ἓνα βολτόμετρον, συνδεδεμένον κατὰ διάκλάδωσιν εἰς τὰ σημεῖα A καὶ B, τὴν διαφορὰν τοῦ δυναμικοῦ, ἢ ὁποία ἐπικρατεῖ εἰς τὰ δύο αὐτὰ σημεῖα.

Πείραμα. Κλείομεν τὸν διακόπτην τοῦ κυκλώματος καί, ρυθμίζοντες καταλλήλως τὸν ροοστάτην, πειραματιζόμεθα μὲ τάσεις 1V, 2V, 3V, 4V, 5V καὶ εἰς ἑκάστην ἀπὸ τὰς περιπτώσεις αὐτὰς σημειώνομεν τὴν ἀντίστοιχον ἔντασιν τοῦ ρεύματος καὶ ὑπολογίζομεν τὸν λόγον $(U_A - U_B)/i$, ὅποτε σχηματίζομεν τὸν ἀκόλουθον πίνακα:

$U_A - U_B$ εἰς Βόλτ	1	2	3	4	5
i εἰς Ἀμπέρ	0,25	0,5	0,75	1	1,25
$\frac{U_A - U_B}{i}$	4	4	4	4	4

Ἀπὸ τὸν ἀνωτέρω πίνακα παρατηροῦμεν: α) ὅτι ὁ λόγος $(U_A - U_B)/i$ εἶναι σταθερὸς καὶ ἴσος πρὸς 4.

β) Ὅτι ὁ λόγος αὐτὸς εἶναι ἀριθμητικῶς ἴσος μὲ τὴν ἀντίστασιν AB, τὴν ὁποίαν παρενεβάλομεν εἰς τὸ κύκλωμα.

Αί δύο αὐταὶ παρατηρήσεις ὀδηγοῦν εἰς τὴν διατύπωσιν τοῦ ἀκολουθοῦ νόμου, ὁ ὁποῖος φέρει τὴν ὀνομασίαν νόμος τοῦ Ὠμ (Ohm).

Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ $U_A - U_B$ (εἰς Βόλτ), ἡ ὁποία ἐπικρατεῖ μεταξὺ δύο σημείων Α καὶ Β ἐνὸς ἀγωγοῦ, καὶ ἡ ἔντασις i (εἰς Ἀμπέρ) τοῦ ρεύματος τὸ ὁποῖον τὸν διαρρέει, ἔχουν σταθερὸν λόγον, ἴσον μὲ τὴν ἀριθμητικὴν τιμὴν τῆς ἀντιστάσεως R τοῦ ἀγωγοῦ (εἰς Ὠμ).

Δηλαδή θὰ ἔχωμεν ὅτι :

$$\frac{U_A - U_B}{i} = R \quad \text{ἢ} \quad U_A - U_B = R \cdot i$$

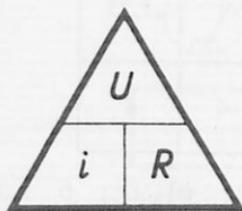
Εἰς τοὺς ἀνωτέρω τύπους τὰ $(U_A - U_B)$, R , i ἐκφράζονται ἀντιστοίχως εἰς Βόλτ, Ὠμ καὶ Ἀμπέρ.

Πολλὰς φορές ἀντὶ $U_A - U_B$ γράφομεν ἀπλῶς U , ὅποτε ὁ τύπος γίνεται :

$$\frac{U}{i} = R$$

Διὰ τὴν ἀπομνημόνευσιν τοῦ νόμου τοῦ Ὠμ χρησιμοποιεῖται τὸ τρίγωνον τοῦ σχήματος 134α, μέσα εἰς τὰς γωνίας τοῦ ὁποῖου τοποθετοῦνται τὰ σύμβολα τῆς ἐντάσεως καὶ τῆς ἀντιστάσεως.

Διὰ νὰ εὐρωμεν τὴν σχέσιν μὲ τὴν ὁποῖαν συνδέεται ἓνα ἀπὸ τὰ τρία αὐτὰ μέγεθι μὲ τὰ ἄλλα δύο, καλύπτομεν τὸ μέγεθος αὐτὸ μὲ τὸν δάκτυλον, ὅποτε τὸ σχῆμα τὸ ὁποῖον ἀποτελοῦν τὰ ἄλλα δύο ἐκφράζει τὴν ζητουμένην σχέσιν.



Σχ. 134α. Διὰ τὴν ἀπομνημόνευσιν τοῦ νόμου τοῦ Ohm.

Ἄλλος ὀρισμὸς τῆς μονάδος Ὠμ. Ἡ μονὰς τῆς ἠλεκτρικῆς ἀντιστάσεως 1Ω δύναται νὰ ὀρισθῇ καὶ ὡς ἐξῆς, ἂν κάμωμεν χρῆσιν τοῦ νόμου τοῦ Ὠμ :

Τὸ 1Ω εἶναι ἴσον μὲ τὴν ἀντίστασιν τὴν ὁποῖαν παρουσιάζει ἓνας ἀγωγός, διαρρέομενος ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως $1 A$,

ὅταν ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα του εἶναι ἴση μὲ 1 V.

§ 141. Μέτρησις μιᾶς ἠλεκτρικῆς ἀντιστάσεως. Διὰ νὰ μετρήσωμεν μίαν ἠλεκτρικὴν ἀντίστασιν, ἀρκεῖ νὰ τὴν παρεμβάλωμεν εἰς ἓνα κύκλωμα καὶ νὰ μετρήσωμεν μὲ ἓνα ἀμπερόμετρον καὶ ἓνα βολτόμετρον τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, i , τὸ ὁποῖον τὴν διαρρέει καὶ τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ U , ἡ ὁποία ἐπικρατεῖ εἰς τὰ ἄκρα της. Τὸ πηλίκον $U : i$, ὅταν ἡ U δίδεται εἰς Βόλτ καὶ ἡ i εἰς Ἄμπέρ, παρέχει τὴν τιμὴν τῆς ἀντιστάσεως εἰς Ω μ.

Οὕτως εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 134, ἂν θέλωμεν νὰ ὑπολογίσωμεν τὴν ἀντίστασιν AB , μετροῦμεν τὰς ἐνδείξεις τοῦ ἀμπερομέτρου (A) καὶ τοῦ βολτομέτρου (V), τὰ ὁποῖα συνδέονται εἰς τὸ κύκλωμα αὐτό, τὸ πηλίκον δὲ τῆς ἐνδείξεως τοῦ βολτομέτρου εἰς Βόλτ καὶ τοῦ ἀμπερομέτρου εἰς Ἄμπέρ, δίδει τὴν τιμὴν τῆς ἀντιστάσεως εἰς Ω μ.

Ἄν ὅμως θέλωμεν νὰ ἔχωμεν μίαν ἀκριβεστέραν τιμὴν τῆς ἀντιστάσεως, ἐκτελοῦμεν περισσοτέρας μετρήσεις καὶ λαμβάνομεν τὸν μέσον ὄρον τῶν μετρήσεων.

§ 142. Ἄλλαι ἐκφράσεις τοῦ νόμου τοῦ Τζάουλ. Ὄταν ἓνα ἠλεκτρικὸν ρεῦμα διαρρῆ μίαν ἀντίστασιν, τὴν θερμαίνει. Ἡ θερμότης ἡ ὁποία ἐκλύεται, ὅταν διέρχεται τὸ ρεῦμα, ἐκφράζεται εἰς μονάδας Τζούλ ἢ θερμίδας ἀπὸ τοὺς τύπους :

$$A = R \cdot i^2 \cdot t \text{ Joule ἢ } Q = 0,24 \cdot R \cdot i^2 \cdot t \text{ cal.}$$

εἰς τοὺς ὁποίους τὰ R , i , t δίδονται εἰς Ω μ, Ἄμπέρ καὶ δευτερόλεπτα ἀντιστοίχως.

Τὸ γινόμενον ὅμως $R \cdot i^2 \cdot t$ γράφεται : $R \cdot i^2 \cdot t = (R \cdot i) \cdot (i \cdot t)$. Ἐπειδὴ δὲ $R \cdot i = U$ καὶ $i \cdot t = q$ (ποσότης ἠλεκτρισμοῦ), αἱ ἄνωτερω τύποι λαμβάνουν τὰς μορφάς :

$$A = U \cdot i \cdot t \text{ Joule ἢ } Q = 0,24 \cdot U \cdot i \cdot t \text{ cal}$$

ἢ τὰς μορφάς :

$$A = U \cdot q \text{ Joule ἢ } Q = 0,24 \cdot U \cdot q \text{ cal}$$

Εἰς τοὺς δύο τελευταίους τύπους τὸ q ἐκφράζεται εἰς μονάδας Κουλόμπ (Cb).

Τέλος ἡ ἠλεκτρικὴ ἰσχύς ἡ ὁποία καταναλίσκεται ἀπὸ τὸ φαινόμενον Τζάουλ δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν :

$$N = U \cdot i$$

τὴν ὁποίαν ἔχομεν εὔρει καὶ εἰς προηγούμενον κεφάλαιον (βλ. § 135).

1. Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ ἥτις ὑφίσταται μεταξύ δύο σημείων A καὶ B ἑνὸς ἀγωγοῦ, ὁ ὁποῖος διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, δύναται νὰ μετρηθῆ με ἓνα βολτόμετρον, τὸ ὁποῖον συνδέεται κατὰ διακλάδωσιν με τὰ σημεία A καὶ B.

2. Ὁ νόμος τοῦ Ὠμ (Ohm) ἐκφράζει ὅτι : Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ U (εἰς Βόλτ) μεταξύ δύο σημείων A καὶ B ἑνὸς ἀγωγοῦ, ὁ ὁποῖος διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα ἐντάσεως i (εἰς Ἀμπέρ), πρὸς τὴν ἔντασιν αὐτήν, ἔχει σταθερὸν λόγον, ὁ ὁποῖος ἰσοῦται ἀριθμητικῶς πρὸς τὴν ἀντίστασιν R τοῦ ἀγωγοῦ (εἰς Ὠμ). Δηλαδή ἰσχύει ἡ σχέσις :

$$\frac{U}{i} = R \quad \text{ἢ} \quad U = R \cdot i$$

3. Τὸ ἓνα Ὠμ εἶναι ἴσον πρὸς τὴν ἀντίστασιν ἑνὸς ἀγωγοῦ, ὁ ὁποῖος διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα ἑνὸς Ἀμπέρ, ὅταν εἰς τὰ ἄκρα του ἐπικρατεῖ διαφορὰ δυναμικοῦ ἑνὸς βόλτ.

4. Διὰ νὰ μετρήσωμεν τὴν ἀντίστασιν ἑνὸς ἀγωγοῦ AB, ἀρκεῖ νὰ μετρήσωμεν τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ ἢ ὁποία ὑφίσταται εἰς τὰ ἄκρα του, ὅταν διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα, με τὴν βοήθειαν ἑνὸς βολτομέτρου καὶ τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος τὸ ὁποῖον τὸν διαρρέει, χρησιμοποιοῦντες ἓνα ἀμπερόμετρον, ἀκολουθῶν δὲ νὰ ὑπολογίσωμεν τὸ πηλίκον τῶν μετρήσεων τῆς τάσεως πρὸς τὴν ἔντασιν.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

129. Ἐνα ἀγωγὸν σύρμα ἀντιστάσεως 5 Ω, διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 1,2 A. Νὰ ὑπολογισθῆ ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξύ τῶν δύο ἄκρων τοῦ σύρματος. (Ἀπ. 6 V.)

130. Ἐνας ἀγωγὸς διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 1,5 A. Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ εἶναι 5,4 Volt. Νὰ ὑπολογισθῆ ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀγωγοῦ. (Ἀπ. 3,6 Ω.)

131. Τὸ θερμαντικὸν σῶμα ἑνὸς ἠλεκτρικοῦ βραστήρος ἔχει ἀντίστασιν 60 Ω.

Ἡ βραστήρ λειτουργεῖ μετ' διαφορὰν δυναμικοῦ 120 Volt. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸν βραστήρα. (Ἐπ. 2 Α.)

132. Ἐνα μεταλλικὸν σύρμα διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 0,5 Α, ὅταν τοποθετηθῇ μεταξὺ τῶν ἀκροδεκτῶν μιᾶς γεννητρίας, εἰς τοὺς ὁποίους ἐπικρατεῖται διαφορὰ δυναμικοῦ 12 Volt. α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀντίστασις τοῦ σύρματος. β) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἠλεκτρικὴ ἰσχὺς ἢ ὁποῖα καταναλίσκεται ἀπὸ τὸ σύρμα καὶ γίνεται ἀντιληπτὴ ὑπὸ μορφὴν θερμότητος. (Ἐπ. α' 24 Ω. β' 6 W.)

133. Ἐνα ἠλεκτρικὸ σίδηρο ἔχει μᾶζαν 1 kg καὶ καταναλίσκει ἰσχὴν 300 Watt, ὅταν λειτουργῇ μετ' διαφορὰν δυναμικοῦ 110 Volt. Ζητοῦνται: α) Ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ σίδηρο. β) Ἡ τιμὴ τῆς ἀντιστάσεως τὴν ὁποῖαν περιέχει. γ) Ὁ χρόνος ὅστις ἀπαιτεῖται διὰ τὰ ἀνοψώσωμεν τὴν θερμοκρασίαν τῆς συσκευῆς ἀπὸ τοὺς 15 °C εἰς τοὺς 65 °C. Εἰδικὴ θερμότης σιδήρου 0,11 cal/gr · grad. (Ἐπ. α' 2,7 Α, περίπου. β' 41 Ω, περίπου, γ' 77 sec.)

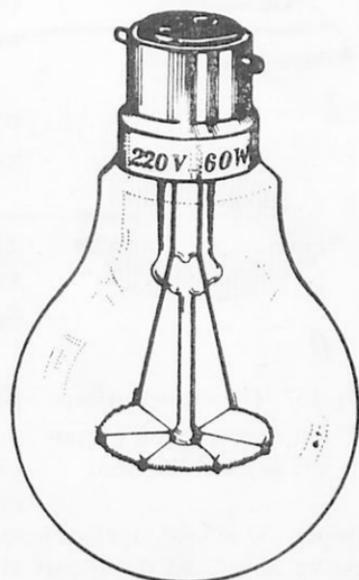
134. Εἰς ἓνα ἠλεκτρικὸν λαμπτήρα ἀναγράφονται τὰ ἀκόλουθα: 120 Volt, 60 Watt: α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸν λαμπτήρα. β) Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἀντίστασις τοῦ μεταλλικοῦ νήματος τοῦ λαμπτήρος. (Ἐπ. α' 0,5 Α. β' 240 Ω.)

Α'—ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΤΟΥ ΤΖΑΟΥΛ. ΦΩΤΙΣΜΟΣ. ΘΕΡΜΑΝΣΙΣ

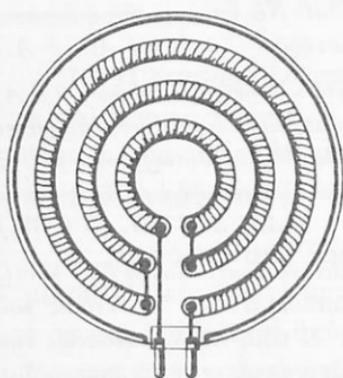
§ 143. Ἡλεκτροφωτισμός. Σπουδαία ἐφαρμογὴ τοῦ θερμικοῦ ἀποτελέσματος τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος εἶναι ἡ χρησιμοποίησις του εἰς τὸν φωτισμόν.

Διὰ τὸν σκοπὸν αὐτὸν χρησιμοποιοῦνται εἰδικοὶ ὑάλινοι λαμπτήρες, εἰς τοὺς ὁποίους τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα διαρρέει ἓνα σπείρωμα ἀπὸ σύρμα δυστήκτου μετάλλου, (συνήθως σύρμα ἀπὸ μέταλλον βολφράμιον), τοποθετημένου καταλλήλως μέσα εἰς τὸ ὑάλινον περίβλημα.

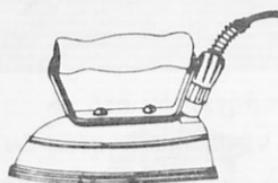
Τὸ σύρμα πυρακτώνεται, ἐπειδὴ ὁμοῦ εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ λαμπτήρος ὑπάρχει ἀδρανὲς ἀέριον, συνήθως ἄζωτον ἢ ἄργόν, ὑπὸ πολὺ μικρὰν πίεσιν, δὲν καίεται ἀλλὰ φωτοβολεῖ (σχ. 135).



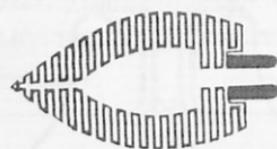
Σχ. 135. Λαμπτήρ φωτισμοῦ.



Σχ. 136. Θερμαινομένη πλάξ με κυκλικόν άγωγόν σύρμα.



I



II

Σχ. 137. Ήλεκτρικόν σίδερο (I) και διάταξις του σύρματος θερμάνσεώς του.

§ 144. Ήλεκτρική θέρμανσις. α) Οικιακαί συσκευαί. Μία ήλεκτρική θερμάστρα, ένα σίδερο σιδερώματος, ένας ήλεκτρικός βραστήρ, κλπ. περιλαμβάνουν ένα σύρμα, μεγάλης άντιστάσεως, άνοξειδωτον τό όποιον όνομάζομεν γενικώς *θερμαντικὴν άντίστασιν*. "Όταν διαρρέη τό ήλεκτρικόν ρεύμα τό σύρμα, αυτό έρυθροπυρώνεται και άκτινοβολεί θερμότητα.

Είς τὰς ήλεκτρικὰς θερμίσάρας, είς τούς ήλεκτρικούς θερμαντήρας και είς τὰς ήλεκτρικὰς κουζίνας, τό σύρμα είναι συνήθως περιελιγμένον έλικοειδώς και τοποθετημένον είς τὰς αΰλακας ένός μονωτικού ύποβάθρου (σχ. 136).

Είς τό ήλεκτρικόν σίδερο (σχ. 137, I) ή θερμαντική άντίστασις έχει τό σχήμα μιὰς στενῆς ταινίας και είναι στερεωμένη έπάνω είς ένα φύλλον άπό μαρμαρυγίαν (κοινώς μίκα), ό όποίος είναι ένας πολύ καλός μονωτής (σχ. 137, II).

Είς τούς ήλεκτρικούς βραστήρας τό σύρμα είναι περιελιγμένον συνήθως με ύαλοβάμβακα ή άμίαντον.

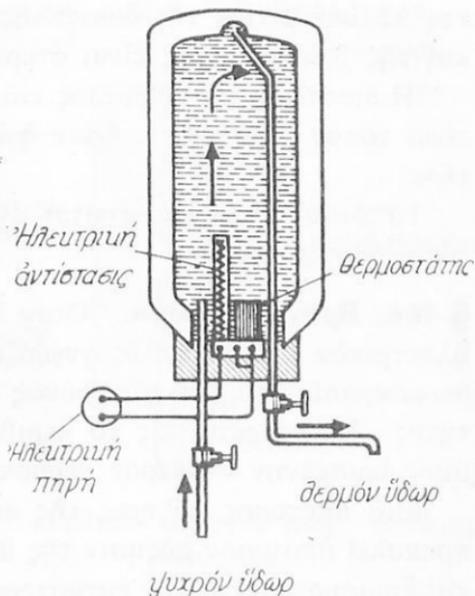
Ή ήλεκτρική θέρμανσις είναι πολύ εύχρηστος και ρυθμίζεται εύκόλως, είναι καθαρά και ύγιεινή, συγχρόνως όμως και δαπανηρά.

β) Ήλεκτρικοί κλίβανοι. Οί ήλεκτρικοί κλίβανοι τούς όποίους χρησιμοποιούμεν είς τὰ διάφορα έργαστήρια, περιλαμβάνουν ένα σύρμα περιελιγμένον περί ένα μονωτικόν και λείον κύλινδρον.

Ο κύλινδρος είναι λείος είς τρόπον ώστε ή θερμότης, ή όποία προσπίπτει έπ' αυτό, νά ανακλάται είς τόν περιβάλλοντα χώρο και νά μὴ άπορροφείται άπό τόν κύλινδρον και χάνεται. "Ένα μονωτικόν περίβλημα προστατεύει τόν κλίβανον άπό τὰς άπωλείας τῆς θερμότητος είς τό περιβάλλον.

γ) **Ήλεκτρικοί θερμοσίφωνες.** Αυτοί είναι συσκευαί αι όποια παρέχουν θερμόν ύδωρ διά τας διαφόρους οικιακάς ανάγκας.

Τό ψυχρόν ύδωρ εισχωρεί εις τό δοχείον του θερμοσίφωνος από τό κάτω μέρος και θερμαίνεται με μίαν ήλεκτρικήν αντίστασιν. Τό θερμαινόμενον ύδωρ κινείται προς τό επάνω μέρος του δοχείου. Όταν άνοιξη μία στρόφιγξ κρουνού θερμού ύδατος εις ένα διαμέρισμα της οικίας, τότε από τόν κρουρόν αυτόν έκρέει θερμόν ύδωρ. Τό θερμόν αυτό ύδωρ κυκλοφορεί χάρις εις τόν άγωγόν θερμού ύδατος ό όποίος εύρίσκεται εις την κορυφήν του δοχείου (σχ. 137, α).

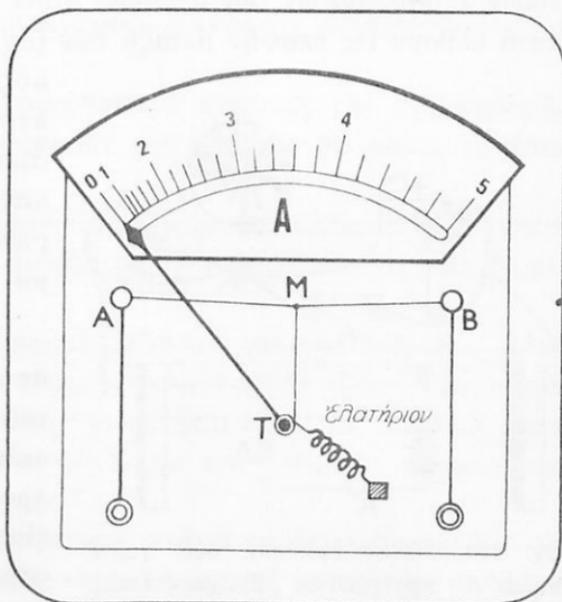


Σχ. 137 α. Ήλεκτρικός θερμοσίφων.

§ 145. Θερμικόν άμπερόμετρον.

Τό όργανον αυτό (σχ. 138) αποτελείται από ένα λεπτόν μεταλλικόν σύρμα AMB εκ λευκοχρύσου ή άργύρου, διαρρεόμενον από τό ήλεκτρικόν ρεύμα του όποίου θέλομεν νά μετρήσωμεν την έντασιν. Τό σύρμα διατηρείται τεταμένον με την βοήθειαν ενός έλατηρίου, συνδεδεμένου εις τό σημειον Μ με ένα ευλύγιστον μεταλλικόν νήμα, τό όποιον διέρχεται από μίαν μικράν τροχαλίαν Τ.

Ή θέρμανσις του σύρματος AMB, εξ αίτιας της διελεύσεως του ρεύματος, προκαλεί διαστολήν. Ή επιμήκυνσις του σύρμα-



Σχ. 138. Θερμικόν άμπερόμετρον.

τος ΑΜΒΞ αιτίας της διαστολής, προκαλεί στροφήν της τροχαλίας και της βελόνης, ήτις είναι στερεῶς συνδεδεμένη με αὐτήν.

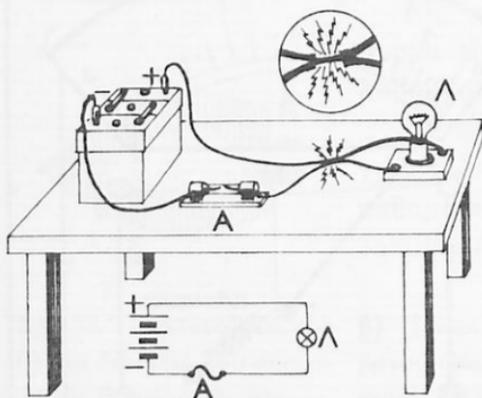
Ἡ διαστολή τοῦ σύρματος και συνεπῶς ἡ ἀπόκλισις τῆς βελόνης εἶναι τόσον μεγαλυτέρα, ὅσον ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι ὑψηλοτέρα.

Τὸ ὄργανον βαθμολογεῖται ἐν συγκρίσει με ἓνα συνηθισμένου τύπου ἀμπερόμετρον.

§ 146. Βραχυκύκλωμα. Ὄταν ἓνα ἀγωγὸν σύρμα διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, καθὼς γνωρίζομεν, θερμαίνεται και ὑψώνεται ἡ θερμοκρασία του, ἐνῶ συγχρόνως ἓνα μέρος τῆς παραγομένης θερμότητος διασπείρεται εἰς τὸ περιβάλλον. Τελικῶς ὁ ἀγωγὸς ἀποκτᾷ μίαν ὠρισμένην σταθερὰν θερμοκρασίαν.

Μία ἀπότομος αὔξησις τῆς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος προκαλεῖ ἀπότομον αὔξησιν τῆς θερμοκρασίας τοῦ ἀγωγοῦ σύρματος και δημιουργεῖ κίνδυνον καταστροφῆς τοῦ μονωτικοῦ ὑλικοῦ, τὸ ὁποῖον περιβάλλει τὸν ἀγωγόν, ὡς και τῶν διαφόρων συσκευῶν, αἱ ὁποῖαι εἶναι συνδεδεμένοι εἰς τὸ κύκλωμα.

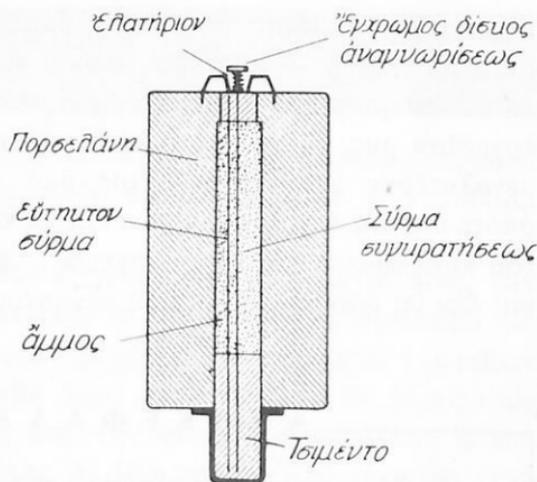
Δι' αὐτὸ πρέπει νὰ ἐλέγχωμεν συχνάκις τὴν κατάστασιν τῶν μονωτικῶν περιβλημάτων τῶν ἀγωγῶν. Διότι ἐὰν δύο ἀπογυμνωμένα σύρματα ἔλθουν εἰς ἐπαφήν μεταξὺ των (σχ. 139), προκαλεῖται ἀπότομος αὔξησις τῆς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος με ἀποτέλεσμα τὴν πρόκλησιν διαφόρων καταστροφῶν. Αὐτὸ τὸ φαινόμενον ὀνομάζεται βραχυκύκλωμα. Ὡστε :



Σχ. 139. Ὄταν ἐνωθοῦν δύο γυμνά καλώδια προκαλεῖται βραχυκύκλωμα. Εἰς τὸ κάτω μέρος συμβολικὴ παράστασις τοῦ κυκλώματος.

Βραχυκύκλωμα ὀνομάζεται ἡ ἀπότομος αὔξησις τῆς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει ἓνα κύκλωμα, ἡ προκαλουμένη ἀπὸ διαφόρους αἰτίας και δυναμένη νὰ ἔχη καταστρεπτικὰ ἀποτελέσματα διὰ τὰς διαφόρους ἠλεκτρικὰς συσκευὰς τοῦ κυκλώματος.

§ 147. Ἀσφάλεια. Διὰ νὰ προλάβωμεν τὴν καταστροφὴν ἑνὸς κυκλώματος, ἀπὸ ρεῦμα μεγάλης ἐντάσεως, τὸ ὁποῖον εἶναι δυνατόν νὰ προκληθῇ ἀπὸ διαφόρους αἰτίας, ἢ πλεόν συνηθισμένη ἀπὸ τὰς ὁποίας εἶναι τὸ βραχυκύκλωμα, τοποθετοῦμεν ἐν σειρᾷ πρὸς τοὺς ἀγωγούς, λεπτὰ εὐτηκτα σύρματα μικροῦ μήκους, τὰ ὁποῖα εἶναι κλεισμένα εἰς καταλλήλους θήκας καὶ ὀνομάζονται **ἤλεκτρικαὶ ἀσφάλεια**.



Σχ. 140. Τομὴ φύσιγγος μιᾶς τηκομένης ἀσφαλείας.

Ἡ λειτουργία τῶν ἀσφαλειῶν στηρίζεται εἰς τὴν μεγάλην θερμότητα Τζάουλ, ἣτις παράγεται ὅταν διέλθῃ ἀπὸ αὐτὰς ρεῦμα μεγαλυτέρας ἐντάσεως ἀπὸ τὴν κανονικὴν.

Τὸ ἐπικίνδυνον ρεῦμα προκαλεῖ τὴν *τῆξιν* τοῦ σύρματος τῆς ἀσφαλείας ἐξ αἰτίας τῆς ὑπερθερμάνσεως, διακόπτον τοιοῦτοτρόπως τὸ κύκλωμα (σχ. 140).

Μὲ αὐτὸν τὸν τρόπον ἀποφεύγεται ὁ κίνδυνος τῆς καταστροφῆς τοῦ κυκλώματος καὶ τῶν συσκευῶν καὶ ὀργάνων τὰ ὁποῖα τὸ ἀποτελοῦν.

Εἰς ἐκάστην ἀσφάλειαν ἀναγράφεται ἡ μεγίστη ἔντασις εἰς Ἀμπέρ, εἰς τὴν ὁποίαν δύναται νὰ ἀνθῆξῃ τὸ σύρμα τῆς ἀσφαλείας, χωρὶς νὰ τακῇ.

Ἡ τηκομένη ἀσφάλεια παρουσιάζει τὸ μειονέκτημα ὅτι, ἀφοῦ καταστραφῇ, δὲν δύναται νὰ ἐπαναχρησιμοποιηθῇ πλεόν. Παρουσιάζει ὅμως τὸ πλεονέκτημα ὅτι καταστρέφεται εὐθὺς ὡς ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ὑπερβῇ τὴν κανονικὴν τιμὴν καὶ συνεπῶς προστατεύει ὅπωςδῆποτε τὰς ἐγκαταστάσεις.

Δι' αὐτὸν τὸν λόγον ἀπαγορεύεται καὶ εἶναι ἐπικίνδυνος διὰ τὰς ἐγκαταστάσεις ἢ ἐπισκευὴ μιᾶς κατεστραμμένης ἀσφαλείας μὲ τοποθέτησιν ἑνὸς ἐξωτερικοῦ σύρματος δι' ἐπαναχρησιμοποίησίν της. Πράγματι τὸ σύρμα τὸ ὁποῖον θὰ τοποθετήσωμεν εἰς ἀντικατάστασιν

τῆς κατεστραμμένης ἀσφαλείας θὰ ἔχη ὅπωςδῆποτε διαφορετικὴν ἀντίστασιν ἀπὸ τὸ πρότυπον σύρμα τῆς ἀσφαλείας. Οὕτως ἢ θὰ τήκεται διὰ μικροτέραν ἔντασιν ρεύματος, ὁπότε θὰ δυσχεραίνῃ τὴν ἐργασίαν μας, ἢ, καὶ αὐτὸ εἶναι τὸ σπουδαιότερον, θὰ τήκεται εἰς μεγαλυτέραν ἔντασιν ρεύματος ἀπὸ τὴν μεγίστην ἐπιτρεπομένην, ὁπότε εἰς ἓνα τυχαῖον βραχυκύκλωμα ὑπάρχει κίνδυνος καταστροφῆς τοῦ κυκλώματος καὶ τῶν συσκευῶν, ἐφ' ὅσον δὲν θὰ τακῆ τὸ σύρμα καὶ δὲν θὰ διακοπῆ ἢ παροχῆ ρεύματος εἰς τὸ κύκλωμα.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Αἱ περισσότεραι οἰκιακαὶ συσκευαὶ φωτισμοῦ καὶ θερμάνσεως εἶναι ἠλεκτρικαὶ καὶ ἐκμεταλλεύονται τὸ φαινόμενον Τζάουλ, ὅπως π.χ. οἱ λαμπτήρες πυρακτώσεως, αἱ ἠλεκτρικαὶ θερμάστραι, αἱ ἠλεκτρικαὶ κουζίνας, οἱ θερμοσίφωνες, κλπ. Τὸ ἴδιον πρᾶγμα συμβαίνει καὶ μὲ ὠρισμένα ὄργανα, ὅπως τὸ θερμικὸν ἄμπερόμετρον.

2. Τὸ φαινόμενον Τζάουλ παρουσιάζει καὶ κινδύνους. Διὰ τὴν ἀποφύγωμεν τὰς πυρκαϊὰς καὶ γενικώτερον τὰς καταστροφὰς αἱ ὁποῖαι δύνανται νὰ προκύψουν ἀπὸ μίαν ἀπρόοπτον ὑπερθέρμανσιν τῶν ἀγωγῶν καὶ τῶν συσκευῶν ἑνὸς κυκλώματος, χρησιμοποιοῦμεν τὰς ἠλεκτρικὰς ἀσφαλείας. Αὗται εἶναι λεπτὰ σύρματα, τὰ ὁποῖα τήκονται, ὅταν ἡ τιμὴ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος ὑπερβῇ τὴν ἐπιτρεπομένην τιμὴν, ὁπότε διακόπτεται ἡ παροχὴ καὶ ἀποτρέπεται ὁ κίνδυνος καταστροφῆς τῆς ἐγκαταστάσεως.

3. Ἡ ἀπότομος αὔξησις τῆς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος εἰς ἓνα κύκλωμα, ὀνομάζεται βραχυκύκλωμα καὶ ἔχει καταστρεπτικὰς συνεπείας.

4. Εἶναι πολὺ ἐπικίνδυνον νὰ ἐπισκευάζωμεν μίαν κατεστραμμένην ἀσφάλειαν μὲ τοποθέτησιν ἐξωτερικοῦ σύρματος δι' ἐπαναχρησιμοποίησιν τῆς.

ΛΑ'— ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΣΠΟΥΔΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΣ ΕΝΟΣ ΑΓΩΓΟΥ

§ 148. Γενιcότητες. Οί ηλεκτρικοί άγωγοί είναι συνήθως σύρματα μεταλλικά, κυλινδρικά και όμογενή, κατασκευασμένα από καθαρά μέταλλα ή κράματα.

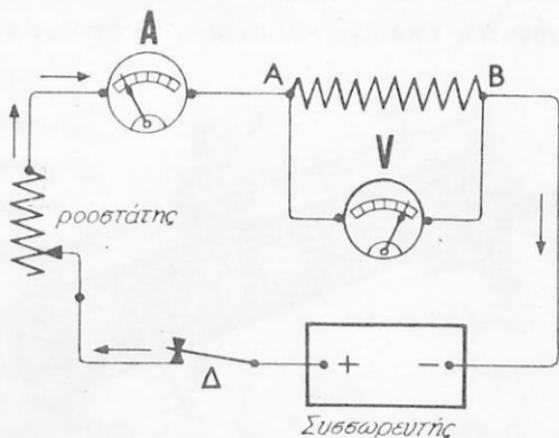
Είς προηγούμενον κεφάλαιον εξηγήσαμεν ότι ή αντίστασις, την όποιαν προβάλλει είς τό ηλεκτρικόν ρεύμα ό άγωγός, όφείλεται είς την τριβήν τών ηλεκτρονίων κατά την κίνησίν των μέσα είς την μάζαν του μεταλλικού άγωγού. Η τριβή όμως αυτή δέν είναι είς όλους τους άγωγούς ή ίδια και εξαρτάται από την φύσιν του μετάλλου ή του κράματος. Έξαρτάται όμως, όπως θά ίδωμεν, και από τό μήκος του άγωγού και από τό πάχος του. "Ωστε :

Η αντίστασις ενός άγωγού εξαρτάται από την φύσιν του άγωγού και τās γεωμετρικάς διαστάσεις του.

§ 149. Μεταβολή τής αντίστασεως ενός άγωγού λόγω του μήκους του. Θα συγκρίνωμεν τās αντίστάσεις άγωγών κατεσκευασμένων από τό ίδιο υλικόν, οί όποιοι έχουν την ίδιαν διατομήν (πάχος), διαφορετικά όμως μήκη.

Πείραμα. Πραγματοποιούμεν τό κύκλωμα του σχήματος 141 και αντικαθιστώμεν διαδοχικώς μεταξύ τών σημείων Α και Β τās αντίστάσεις τās όποιας πρόκειται νά συγκρίνωμεν.

Χρησιμοποιούμεν, π.χ., τρία σύρματα σιδηρονικελίου, (δηλαδή άγωγούς τής ίδιας φύσεως), με διάμετρον 0,5 mm, (δηλαδή με την ίδιαν διατομήν), τά μήκη τών όποιων είναι 1 m, 2 m και 3m.



Σχ. 141. Κύκλωμα διά την μελέτην τής μεταβολής τής αντίστασεως ενός άγωγού συναρτήσει του μήκους.

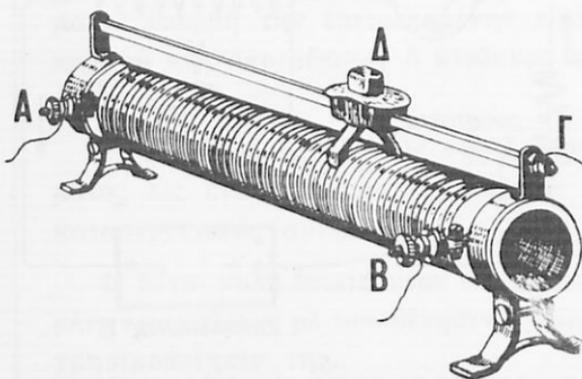
Με την βοήθειαν ἑνὸς ροοστάτου, ρυθμίζομεν τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος οὕτως, ὥστε νὰ εἶναι ἡ ἴδια εἰς ἑκάστην περίπτωσιν, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον διευκολύνει τὴν σύγκρισιν. Τὰ ἀποτελέσματα τῶν μετρήσεων μας ἀναγράφονται εἰς τὸν ἀκόλουθον πίνακα.

Μῆκος (m)	1	2	3
Ἐντασις (A)	2	2	2
Διαφ. δυναμικοῦ (U)	8	16	24
$R = U/i$ (Ω)	4	$8 = 2 \cdot 4$	$12 = 3 \cdot 4$

Ὅπως παρατηροῦμεν ὅταν διπλασιάζεται ἢ τριπλασιάζεται τὸ μῆκος τοῦ ἀγωγοῦ, διπλασιάζεται ἢ τριπλασιάζεται, ἀντιστοίχως, καὶ ἔντασις του. Ὡστε :

Ἡ ἀντίστασις ἑνὸς ἀγωγοῦ σύρματος, κατεσκευασμένου ἀπὸ ἕνα ὄρισμένον ὑλικόν, τὸ ὁποῖον ἔχει σταθερὰν διατομὴν, εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ μῆκος τοῦ σύρματος.

§ 150. Ἐφαρμογὴ. Ροοστάτης. Οἱ ροοστάται εἶναι ρυθμιστικαὶ ἀντιστάσεις, ἀντιστάσεις δηλαδὴ τῶν ὁποίων ἡ τιμὴ ρυθμίζεται, ἀναλόγως πρὸς τὰς περιστάσεις, εἰς μίαν ἐπιθυμητὴν τιμὴν. Ἀποτελοῦνται συνήθως ἀπὸ ἀγωγὸν σύρμα, τὸ ὁποῖον περιελίσσεται περὶ ἕνα μονω-

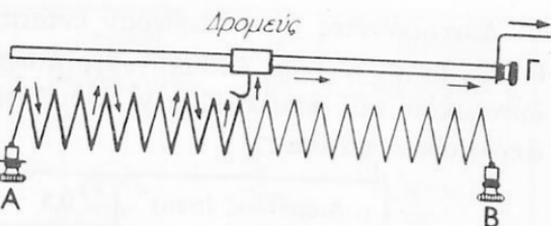


Σχ. 142. Ροοστάτης (ρυθμιστικὴ ἀντίστασις) με δρομέα Δ.

τικὸν σωλήνα, ὅλη δὲ ἡ διάταξις διαθέτει τρεῖς ἀκροδέκτας (σχ. 142). Ἀπὸ αὐτοῦς οἱ Α καὶ Β ἀποτελοῦν τὰ ἄκρα τοῦ περιελιγμένου σύρματος, ἐνῶ ὁ Γ μίαν ἐνδιάμεσον λήψιν, ἢ ὁποῖα δύναται νὰ μεταβάλληθῆσιν, ὅταν μετακινήσωμεν τὸν δρομέα Δ. Πράγματι τὸ σημεῖον Γ καὶ ὁ δρομεὺς Δ συνδέονται μετὰ τὸ μεταλλικὸν ἀγωγὸν

στέλεχος (σχ. 143), το όποιον παρουσιάζει άσήμαντον αντίστασιν.

Ο ροοστάτης συνδέεται έν σειρᾷ με τὸ κύκλωμα ἀπὸ τὸ ἄκρον του Α καὶ τὴν ένδιάμεσον λήψιν Γ. Ὅταν μετακινήσω-



Σχ. 143. Πορεία τοῦ ρεύματος έντός τοῦ ροοστάτου.

μεν τὸν δρομέα, Δ, μεταβάλλομεν τὴν αντίστασιν καὶ ρυθμίζομεν τοιουτοτρόπως τὴν έντασιν τοῦ ρεύματος, τὸ όποιον διαρρέει τὸ κύκλωμα μεταξὺ μιᾶς ἐλαχίστης τιμῆς, (ὅταν ὁ δρομεύς εὐρίσκεται εἰς τὸ Β, ὅποτε τὸ ρεῦμα διαρρέει ὅλην τὴν αντίστασιν), καὶ μιᾶς μεγίστης, (ὅταν ὁ δρομεύς εὐρίσκεται εἰς τὸ Α, ὅποτε ὅλη ἡ αντίστασις εἶναι ἔξω ἀπὸ τὸ κύκλωμα)

Ἄλλος τύπος ρυθμιζομένης ἀντιστάσεως εἶναι τὸ κιβώτιον ἀντιστάσεων ἢ, ὅπως ἀλλέως λέγεται, ἡ ρυθμιστικὴ ἀντίστασις μετὰ γόμφων (σχ. 144).

Εἰς τὴν ἀντίστασιν τοῦ τύπου αὐτοῦ, ἡ ρύθμισις ἐπιτυγχάνεται μετὰ τὴν χρῆσιν μεταλλικῶν γόμφων, οἱ ὅποιοι εἰσάγονται εἰς καταλλήλους ὑποδοχὰς καὶ θέτουν οὕτως ἐκτὸς κυκλώματος τὰς ἀντιστάσεις, αἱ ὁποῖαι εὐρίσκονται κάτω ἀπὸ τὰς ὑποδοχὰς.

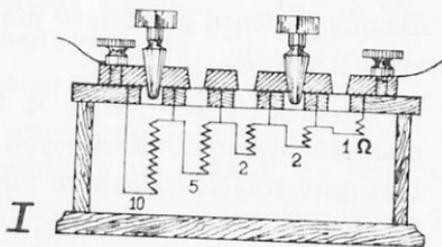
Εἰς τὸ σχῆμα 144 εἶναι ἐκτὸς κυκλώματος αἱ ἀντιστάσεις 10 Ω καὶ 2 Ω καὶ ἀπομένουν πρὸς χρῆσιν αἱ ἄλλαι ἀντιστάσεις 5 Ω, 2 Ω καὶ 1 Ω.

Ἄν εἶχον ἐξαχθῆ ὅλοι οἱ γόμφοι, θὰ ἐχρησιμοποιοῦντο ὅλαι αἱ ἀντιστάσεις δηλαδή :

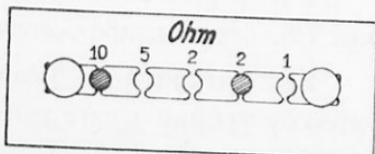
$$10 \Omega + 5 \Omega + 2 \Omega + 2 \Omega + 1 \Omega = 20 \Omega$$

§ 151. Μεταβολὴ τῆς ἀντιστάσεως ἀγωγοῦ συναρτῆσει τῆς διατομῆς του. Θὰ συγκρίνωμεν τώρα τὰς ἀντιστάσεις ἀγωγῶν οἱ ὅποιοι διαφέρουν μόνον εἰς τὴν διατομὴν των.

Πείραμα. Εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 141 ἀντικαθιστῶμεν διαδοχικῶς, μεταξὺ τῶν σημείων Α καὶ Β, τρία ἰσομήκη ἀγωγὰ σύρματα, π.χ. ἀπὸ σιδηρονικέλιον, μετὰ κοινὸν μήκος 1 m, τὰ ὅποια ἔχουν διαμέτρους 0,5 mm, 1 mm καὶ 2 mm.



I



II

Σχ. 144. Κιβώτιον ἀντιστάσεων ρυθμισμένον διὰ 8 Ω.

Διατηρούντες μίαν σταθεράν έντασιν ρεύματος, ίσην έστω πρὸς 0,5 A, μετροῦμεν εἰς ἐκάστην περίπτωσιν τὴν ἀντίστοιχον διαφορὰν δυναμικοῦ καὶ ὑπολογίζομεν τὴν ἀντίστασιν καταστρώνοντες τὸν ἀκόλουθον πίνακα :

Διάμετρος (mm)	0,5	1	2
Τομὴ (mm ²)	$\pi/16$	$\pi/4$	π
Έντασις (A)	0,5	0,5	0,5
Διαφορὰ δυναμικοῦ (U)	2	0,5	0,125
$R=U/i$ (Ω)	4	1	0,250

“Ὅπως παρατηροῦμεν, ὅταν ἡ διατομὴ γίνῃ 4 φορές μεγαλύτερα :

$$\left(\frac{\pi}{4} = 4 \cdot \frac{\pi}{16} \text{ καὶ } \pi = 4 \cdot \frac{\pi}{4} \right)$$

ἡ ἀντίστασις γίνεται τέσσαρας φορές μικροτέρα ($1=4:4$, καὶ $0,25=1:4$). Ὡστε :

Ἡ ἀντίστασις ἐνὸς ἀγωγοῦ, κατεσκευασμένου ἀπὸ ὠρισμένον ὕλικόν καὶ ὁ ὁποῖος ἔχει σταθερὸν μῆκος, εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὴν διατομὴν του.

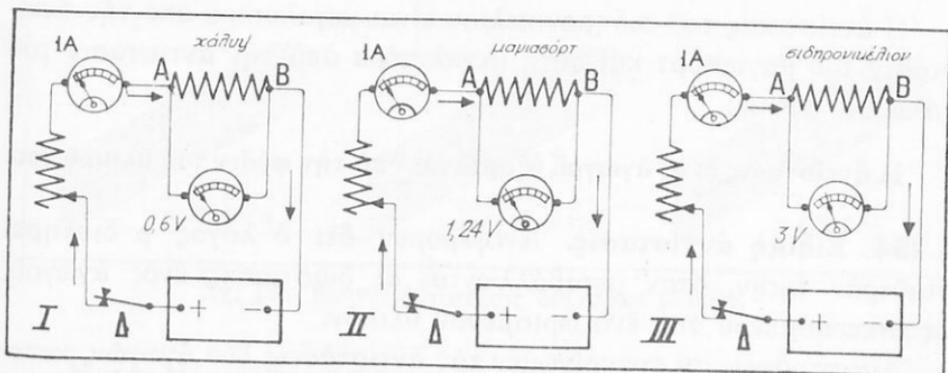
§ 152. Σχέσις μεταξὺ ἀντιστάσεως, μήκους καὶ διατομῆς ἐνὸς ἀγωγοῦ. Γνωρίζομεν ὅτι, ὅταν ἓνα μέγεθος εἶναι ἀνάλογον πρὸς δύο ἀλλὰ ἀνεξάρτητα μεγέθη, τὸ μέγεθος αὐτὸ εἶναι ἀνάλογον καὶ πρὸς τὸ γινόμενόν των.

Συνεπῶς ἡ ἀντίστασις R ἐνὸς ἀγωγοῦ ἐφ’ ὅσον εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ μῆκος l τοῦ ἀγωγοῦ καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὴν διατομὴν του S ἢ, ὅπερ τὸ αὐτὸ, ἀνάλογος πρὸς τὸ $1/S$ τοῦ ἀγωγοῦ, θὰ εἶναι ἀνάλογος καὶ πρὸς τὸ γινόμενον $l \cdot 1/S$, δηλαδὴ πρὸς τὸ l/S .

Αὐτὸ σημαίνει ὅτι ὑφίσταται ἓνας σταθερὸς λόγος μεταξὺ τῶν R καὶ l/S , ὅταν μεταβάλλωνται μόνον αἱ διαστάσεις.

Ἐχει ἐπικρατήσῃ ἡ συνήθεια διεθνῶς νὰ παριστάνωμεν μὲ τὸ ἐλληρικὸν γράμμα ρ τὴν τιμὴν τοῦ λόγου αὐτοῦ. Ὡστε εἶναι :

$$R / \frac{l}{S} = \rho \quad \text{ἢ} \quad R = \rho \cdot \frac{l}{S}$$



Σχ. 145. Ἡ ἀντίστασις ἑνὸς ἀγωγοῦ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ ὕλικόν κατασκευῆς του.

§ 153. Μεταβολὴ τῆς ἀντιστάσεως ἑνὸς ἀγωγοῦ λόγω τῆς φύσεως τοῦ ὕλικου του. Θὰ συγκρίνωμεν τὰς ἀντιστάσεις τριῶν ἀγωγῶν, μήκους 0,50 m καὶ διαμέτρου 0,4 mm, οἱ ὅποιοι εἶναι κατασκευασμένοι ἀπὸ χάλυβα, μαγισσόρτ (χαλκοψευδαργυρονικέλιον, Cu 60%, Zn 25%, Ni 15%) καὶ σιδηρονικέλιον (Fe 75%, Ni 25%). Οἱ ἀγωγοὶ δηλαδὴ διαφέρουν μόνον κατὰ τὸ ὕλικόν τῆς κατασκευῆς των.

Πείραμα. Εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 141 ἀντικαθιστῶμεν διαδοχικῶς μεταξὺ τῶν σημείων A καὶ B, τὰ σύρματα τὰ ὅποια ἀνεφέρομεν (σχ. 145).

Κλειόμεν τὸν διακόπτην, διατηροῦμεν μίαν σταθερὰν ἔντασιν ρεύματος, ἴσην ἔστω πρὸς 1A, μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ ροοστάτου, μετροῦμεν εἰς ἐκάστην περίπτωσιν τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ καὶ ὑπολογίζομεν τὴν ἀντίστοιχον ἀντίστασιν, καταστρώνοντες τὸν ἀκόλουθον πίνακα μὲ τὰς μετρήσεις καὶ τοὺς ὑπολογισμούς μας.

Φύσις τοῦ ἀγωγοῦ	χάλυψ	μαγισσόρτ	σιδηρονικέλιον
Διαφ. δυναμ. (V)	0,6	1,24	3
Ἔντασις (A)	1	1	1
$R = U/i$ (Ω)	0,6	1,24	3

Ὅπως παρατηροῦμεν, τὰ τρία σύρματα, μολονότι ἔχουν τὰς ἰδίας γεωμετρικὰς διαστάσεις, παρουσιάζουν διαφορετικὰς ἀντιστάσεις εἰς τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα.

Ἡ ἀντίστασις τοῦ σιδηρονικελίου εἶναι μεγαλύτερα ἀπὸ τὴν ἀντίστασιν τοῦ μαγνησόρτ καὶ αὐτὴ μεγαλύτερα ἀπὸ τὴν ἀντίστασιν τοῦ χάλυβος. Ὡστε :

Ἡ ἀντίστασις ἐνὸς ἀγωγοῦ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ ὕλικού του.

§ 154. Εἰδικὴ ἀντίστασις. Ἀνεφέρομεν ὅτι ὁ λόγος ρ διατηρεῖ σταθερὰν τιμὴν, ὅταν μεταβάλλωνται αἱ διαστάσεις ἐνὸς ἀγωγοῦ, κατεσκευασμένου ἀπὸ ἓνα ὄρισμένον ὕλικόν.

Ἀντιστρόφως ἂν συγκρίνωμεν τὰς ἀντιστάσεις δύο ἀγωγῶν, κατεσκευασμένων ἀπὸ διαφορετικὰ ὕλικά, οἱ ὅποιοι ὁμῶς παρουσιάζουν τὰς ἰδίας γεωμετρικὰς διαστάσεις, θὰ ἔχωμεν :

$$R_1 = \rho_1 \cdot \frac{l}{S} \text{ καὶ } R_2 = \rho_2 \cdot \frac{l}{S}$$

Οὕτως, ἂν πειραματισθῶμεν μὲ μεταλλικοὺς ἀγωγοὺς ἀπὸ σιδηρονικέλιον καὶ σίδηρον, μὲ τὰς ἰδίας γεωμετρικὰς διαστάσεις, θὰ διαπιστώσωμεν ὅτι ὁ ἀγωγὸς ἀπὸ τὸ σύρμα τοῦ σιδηρονικελίου παρουσιάζει ὀκταπλασίαν ἀντίστασιν ἀπὸ τὸν σιδηρῶν ἀγωγόν.

Ὁ συντελεστὴς ρ , ὁ ὁποῖος ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ ὕλικού κατασκευῆς τοῦ ἀγωγοῦ, ὀνομάζεται εἰδικὴ ἀντίστασις τοῦ ἀγωγοῦ.

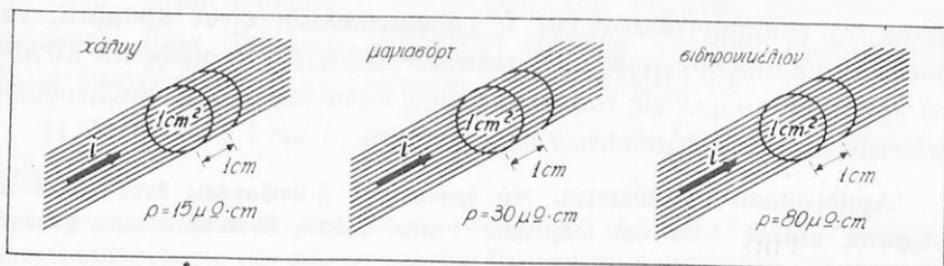
Ἐπιλογισμὸς τῆς εἰδικῆς ἀντιστάσεως. Εἰς τὸν τύπον $R = \rho \cdot l/S$ ἐκφράζομεν τὸ μῆκος τοῦ ἀγωγοῦ εἰς ἑκατοστόμετρα, τὴν διατομὴν τοῦ εἰς τετραγωνικὰ ἑκατοστόμετρα καὶ τὴν ἀντίστασιν τοῦ εἰς μονάδας $\Omega\mu$.

Ἐὰν εἰς τὸν ἀνωτέρω τύπον θέσωμεν $l = 1 \text{ cm}$, $S = 1 \text{ cm}^2$, εὐρίσκομεν ὅτι :

$$R = \rho$$

Ὡστε :

Ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις ἐνὸς ἀγωγοῦ εἶναι ἀριθμητικῶς ἴση πρὸς τὴν ἀντίστασιν ἐνὸς κυλίνδρου, κατεσκευασμένου ἀπὸ τὸν ἀγωγὸν αὐτόν, ὁ ὁποῖος ἔχει μῆκος 1 cm καὶ διατομὴν 1 cm^2 (εἰς θερμοκρασίαν 15°C) (σχ. 146).



Σχ. 146. Ειδική αντίστασις διαφόρων υλικών.

Μονάς ειδικής αντίστασεως. Ο τύπος $R = \rho \cdot l / S$ όταν λυθῆ ὡς πρὸς ρ δίδει :

$$\rho = R \cdot \frac{S}{l}$$

Ἐὰν θέσωμεν $R = 1 \Omega$, $S = 1 \text{ cm}^2$ καὶ $l = 1 \text{ cm}$, εὐρίσκομεν τὴν μονάδα τῆς ειδικῆς ἀντιστάσεως. Ὡστε :

Ἡ μονάς ειδικῆς ἀντιστάσεως εἶναι ἴση μὲ τὴν ειδικὴν ἀντίστασιν ἑνὸς υλικοῦ, τὸ ὁποῖον εἰς κυλινδρικὸν ἀγωγόν, μήκους 1 cm καὶ διατομῆς 1 cm^2 , παρουσιάζει ἀντίστασιν 1Ω .

Ἡ μονάς αὐτὴ ὀνομάζεται ὠμ-ἑκατοστόμετρον ($\Omega \cdot \text{cm}$).

Συνήθως χρησιμοποιοῦμεν τὸ ὑποπολλαπλάσιον τῆς μονάδος αὐτῆς, τὸ μικρο-ὠμ-ἑκατοστόμετρον ($\mu\Omega \cdot \text{cm}$), ἴσον μὲ τὸ ἓνα ἑκατομμυριοστὸν τῆς βασικῆς μονάδος.

Δηλαδή εἶναι :

$$1 \Omega \cdot \text{cm} = 10^6 \mu\Omega \cdot \text{cm}$$

Παρατήρησις. Οἱ καλοὶ ἀγωγοὶ εἶναι σώματα τὰ ὁποῖα ἔχουν πολὺ μικρὰν τιμὴν ειδικῆς ἀντιστάσεως (ἄργυρος, χαλκός, ἀργίλιον). Ἀντι-

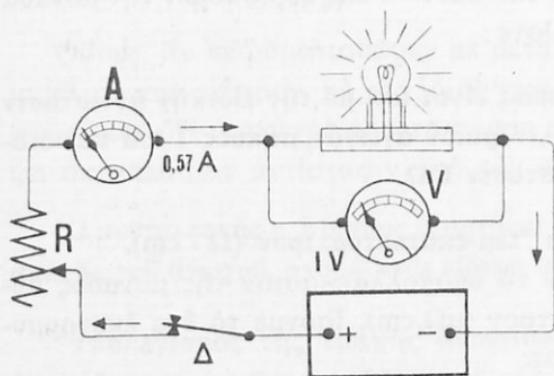
Παράδειγμα ειδικῶν ἀντιστάσεων διαφόρων υλικῶν καὶ κραμάτων εἰς $\mu\Omega \cdot \text{cm}$			
Ἄργυρος	1,5	Μαγισσόρτ	30
Χαλκός	1,6	Κοινηκόννη	50
Σίδηρος	10	Σιδηρονικέλιον	80
Νικέλιον	12	Ἵδράργυρος	94
Μόλυβδος	20	Χρωμονικελίνη	137

θέτως τὸ σιδηρονικέλιον καὶ ἡ χρωμονικελίνη εἶναι κράματα, τὰ ὁποῖα παρουσιάζουν μεγάλην ἀντίστασιν. Δι' αὐτὸν ἀκριβῶς τὸν λόγον τὰ χρησιμοποιοῦμεν εἰς τὰς περιπτώσεις κατὰ τὰς ὁποίας ἐπιζητοῦμεν ἐκλυσιν μεγάλων ποσοτήτων θερμότητος.

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀντίστασις ἑνὸς χαλκίνου σύρματος μήκους 1 km καὶ διαμέτρου 1 mm. Εἰδικὴ ἀντίστασις τοῦ χαλκοῦ $\rho = 1,6 \mu\Omega \cdot \text{cm}$.

Λύσις. Ἀντικαθιστῶμεν εἰς τὸν τύπον $R = \rho \cdot l/S$ τὰ δεδομένα τοῦ προβλήματος, δηλαδή: $\rho = 1,6 \mu\Omega \cdot \text{cm} = 1,6 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$, $l = 1000 \text{ m} = 100\,000 \text{ cm} = 10^5 \text{ cm}$, $S = \pi \cdot 0,05^2 = 0,0025 \cdot \pi \text{ cm}^2$ (διότι ἐφ' ὅσον ἡ διάμετρος εἶναι 1 mm = 0,1 cm, ἡ ἀκτίς θὰ εἶναι 0,05 cm), θὰ ἔχωμεν:

$$R = \frac{1,6 \cdot 10^{-6} \cdot 10^5}{0,0025 \cdot \pi} = \frac{0,16}{0,00785} = 20,3 \Omega$$



Σχ. 147. Ἡ ἀντίστασις τοῦ σύρματος αὐξάνεται μετὰ τῆς θερμοκρασίας.

προοδευτικῶς τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, μέχρις ὅτου ὁ λαμπτήρ ἀποκτήσῃ τὴν κανονικὴν του φωτεινὴν ἰσχύν.

Σημειοῦντες διὰ διαφόρους τιμὰς τῆς ἐντάσεως τὰς ἀντιστοίχους τιμὰς τῆς τάσεως, ὑπολογίζομεν τὴν ἀντίστασιν καὶ καταστρώνομεν τὸν ἀκόλουθον πίνακα:

Ἐντασις (A)	0,57	1	1,2
Διαφ. δυναμικοῦ (V)	1	3,8	6
Ἀντίστασις $R = U/i$ (Ω)	1,7	3,8	5

§ 155. Μεταβολὴ τῆς ἀντιστάσεως μετὰ τῆς θερμοκρασίας. Πραγματοποιοῦμεν τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 147, ἡ ἀντίστασις τοῦ ὁποίου ἀποτελεῖται ἀπὸ τὸ νῆμα πυρακτώσεως τοῦ λαμπτήρος.

Ρυθμίζομεν τὸν ροοστάτην οὕτως, ὥστε νὰ ἔχωμεν κατὰ τὴν ἀρχὴν τοῦ πειράματος τάσιν 1 V εἰς τὰ ἄκρα τοῦ λαμπτήρος. Ἀκολουθῶντες αὐξάνομεν

Όπως παρατηρούμεν ή αντίστασις του νήματος πυρακτώσεως αυξάνεται όσον γίνεται φωτεινότερον τὸ νήμα. Τὸ νήμα ὁμως φωτοβολεῖ έντονώτερον, ὅταν ύψώνεται ή θερμοκρασία του. Ὡστε :

Ἡ αντίστασις ένός άγωγοῦ αυξάνεται ὅταν ύψώνεται ή θερμοκρασία του.

Τὸν άνωτέρω νόμον δέν άκολουθοῦν ὁ άνθραξ καί οί ήλεκτρολύται. Ὅταν ύψώνεται ή θερμοκρασία τῶν σωμάτων αυτῶν, έλαττώνεται ή αντίστασις τῶν.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο Σ Ι Σ

1. Ἡ αντίστασις ένός άγωγοῦ έξαρτᾶται άπό τήν φύσιν του άγωγοῦ καί τὰς διαστάσεις του.

2. Ἡ αντίστασις ένός άγωγοῦ σύρματος εἶναι : α) άνάλογος πρὸς τὸ μήκος του, β) άντιστρόφως άνάλογος πρὸς τήν διατομήν του, καί γ) έξαρτᾶται άπό τὸ ύλικόν κατασκευῆς του άγωγοῦ.

3. Ἡ ειδική αντίστασις ρ ένός άγωγοῦ σύρματος εἶναι άριθμητικῶς ἴση πρὸς τήν αντίστασιν ένός ύλικοῦ, τὸ ὅποιον εἰς κυλινδρικόν άγωγόν, μήκους 1 cm καί διατομῆς 1 cm², παρουσιάζει αντίστασιν 1 Ω.

4. Μεταξὺ τῆς άντιστάσεως R, τῆς ειδικῆς άντιστάσεως ρ , του μήκους l καί τῆς διατομῆς S ένός άγωγοῦ, ὄφίσταται ή σχέσις:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S}$$

5. Μονὰς ειδικῆς άντιστάσεως εἶναι τὸ 1 Ω · cm.

6. Ἡ αντίστασις ένός άγωγοῦ αυξάνεται, ὅταν ύψώνεται ή θερμοκρασία του. Τὸ αντίθετον συμβαίνει με τὸν άνθρακα καί τοὺς ήλεκτρολύτας.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

135. Σύρμα άπό σιδηρονικέλιον ἔχει μήκος 10 cm καί έμβαδόν διατομῆς 0,2 mm². Ἡ ειδική αντίστασις του σιδηρονικελίου εἶναι 30 μΩ·cm. Νά ὕπολογισθῆ ή αντίστασις του σύρματος. (Ἀπ. R=0,15 Ω.)

136. Ἡ αντίστασις με τήν ὁποίαν θερμαίνεται ἓνα ήλεκτρικὸ σίδηρο εἶναι 40 Ω. Διά νά τήν άντικαταστήσωμεν χρησιμοποιοῦμεν σύρμα έμβαδοῦ διατομῆς 0,005

cm^2 και ειδικής αντίστασης $50 \mu\Omega \cdot cm$. Να υπολογισθῆ τὸ μήκος τοῦ σύρματος, τὸ ὁποῖον πρέπει νὰ χρησιμοποιήσωμεν. (᾿Απ. 10 m.)

137. Να υπολογισθῆ εἰς τετραγωνικὰ χιλιοστά τὸ ἐμβαδὸν τῆς διατομῆς ἑνὸς ἀγωγοῦ, ὁ ὁποῖος ἔχει ἀντίστασιν $0,1 \Omega$. καὶ μήκος $12,56 m$. Ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις τοῦ μετάλλου ἀπὸ τὸ ὁποῖον εἶναι κατεσκευασμένος ὁ ἀγωγὸς εἶναι $40 \mu\Omega \cdot cm$. (᾿Απ. $50,24 mm^2$.)

138. Ἐνα καλώδιον ἀπὸ χαλκὸν ἔχει εἰδικὴν ἀντίστασιν $\rho = 1,6 \mu\Omega \cdot cm$, κυκλικὴν διατομὴν διαμέτρου $1 mm$ καὶ μήκος $50 m$. α) Να υπολογίσετε τὴν ἀντίστασίν του. β) Να υπολογίσετε τὴν ποσότητα τῆς θερμότητος, ἣ ὁποία ἐλευθερώνεται, ἐὰν ἐπὶ 1ω ραν τὸ καλώδιον διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως $0,5 A$. (᾿Απ. α' 1Ω , περίπου. β' $214,2 cal$, περίπου.)

139. Να εὑρεθῆ τὸ μήκος σύρματος, τὰ ἄκρα τοῦ ὁποῖου ὅταν συνδεθοῦν μὲ πηγὴν τάσεως $120 V$ διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως $2 A$. Δίδονται : Ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις τοῦ σύρματος : $\rho = 30 \mu\Omega \cdot cm$ καὶ ἡ διάμετρος τῆς κυκλικῆς διατομῆς τοῦ καλώδιου $d = 0,1 mm$. (᾿Απ. $1,5 m$, περίπου.)

140. Ἐνα καλώδιον ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ἔχει μήκος $5 m$, ἐμβαδὸν διατομῆς $1 mm^2$, ἣ δὲ ἀντίστασις του εἶναι 4Ω . α) Να υπολογίσετε τὴν ἀντίστασιν ἑνὸς καλωδίου ἀπὸ τὸ ἴδιον ὕλικόν, τῆς ἰδίας διατομῆς, ἀλλὰ μήκους $12 m$. β) Να υπολογίσετε τὴν ἀντίστασιν ἑνὸς καλωδίου, ἀπὸ τὸ ἴδιον πάλιν ὕλικόν, μήκους $5 m$ ἀλλὰ ἐμβαδοῦ διατομῆς $3 mm^2$. γ) Να υπολογίσετε τὴν εἰδικὴν ἀντίστασιν τοῦ κράματος, τὸ ὁποῖον χρησιμοποιοῦμεν διὰ τὴν κατασκευὴν αὐτῶν τῶν καλωδίων. (᾿Απ. α' $9,6 \Omega$. β' $1,33 \Omega$. γ' $80 \mu\Omega \cdot cm$.)

141. Ἐνα κύκλωμα περιλαμβάνει συνδεδεμένας ἐν σειρᾷ τὰς ἀκολουθοῦσας συσκευάς : Μίαν γεννήτριαν, ἕνα ἀμπερόμετρον καὶ μίαν ἀντίστασιν. α) Να υπολογίσετε τὴν τιμὴν τῆς ἀντιστάσεως R , γνωρίζοντας ὅτι ἀποτελεῖται ἀπὸ σύρμα μὲ διάμετρον $0,4 mm$, μήκος $78,5 cm$ καὶ εἰδικὴν ἀντίστασιν $80 \mu\Omega \cdot cm$. β) Ἐνα βολτόμετρον συνδεδεμένον εἰς τὰ ἄκρα τῆς ἀντιστάσεως R δεικνύει διαφορὰν δυναμικοῦ $20 Volt$. Ποία θὰ εἶναι ἡ ἔνδειξις τοῦ ἀμπερομέτρου. (᾿Απ. α' 5Ω . β' $4 A$)

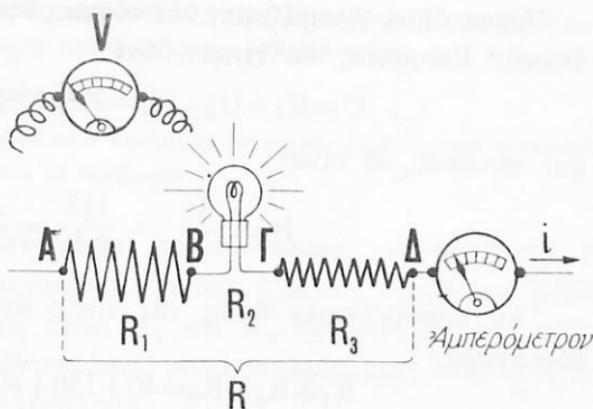
ΑΒ' — ΣΥΝΔΕΞΙΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ

§ 156. Γενικότητες. Ὅταν περισσότεραι τῆς μιᾶς ἀντιστάσεις παρατίθενται εἰς ἕνα κύκλωμα, εἰς τρόπον ὥστε νὰ διαρρέωνται ἀπὸ τὸ ἴδιον ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, λέγομεν ὅτι αἱ ἀντιστάσεις αὗται εἶναι συνδεδεμέναι ἐν σειρᾷ.

Ἐπάρχει ὁμως καὶ ἕνας ἄλλος τρόπος συνδέσεως ἀντιστάσεως, κατὰ τὸν ὁποῖον αἱ ἀντιστάσεις σχηματίζουν διακλαδώσεις καὶ δὲν

διαρρέονται από το ίδιο ρεύμα. Η σύνδεσις αὐτὴ λέγεται σύνδεσις κατὰ διακλάδωσιν ἢ ἐν παραλλήλῳ.

§ 157. Σύνδεσις ἐν σειρᾷ. Πείραμα. Συνδέομεν μερικὲς ἠλεκτρικὰς ἀντιστάσεις ἐν σειρᾷ, π.χ. μίαν ἠλεκτρικὴν θερμάστραν, ἓνα λαμπτήρα καὶ ἓνα



Σχ. 148. Αἱ ἀντιστάσεις ἐν σειρᾷ προστίθενται.

ροοστάτην (σχ. 148), καὶ τὰς τροφοδοτοῦμεν με ἠλεκτρικὸν ρεύμα, τὴν ἔντασιν τοῦ ὁποίου, ἔστω $i = 0,5 \text{ A}$, μετρεῖ ἓνα ἀμπερόμετρον. Διὰ νὰ ὑπολογίσωμεν τὴν ἀντίστασιν ἐκάστης συσκευῆς κεχωρισμένως, μετροῦμεν με ἓνα βολτόμετρον τὴν τάσιν, ἣ ὁποία ἐπικρατεῖ εἰς τὰ ἄκρα τῆς καὶ ἀκολουθῶς ἐφαρμοζόμεν τὸν τύπον $R = U/i$.

Μετροῦντες τὰς τάσεις αἴτινες ἐπικρατοῦν εἰς τὰ σημεῖα A, B, Γ, Δ, εὐρίσκομεν ὅτι :

$$U_A - U_B = U_1 = 20 \text{ V}, \quad U_B - U_\Gamma = U_2 = 65 \text{ V}, \\ U_\Gamma - U_\Delta = U_3 = 30 \text{ V}.$$

Συνεπῶς θὰ ἔχωμεν :

$$R_1 = \frac{U_1}{i} = \frac{20}{0,5} = 40 \Omega$$

$$R_2 = \frac{U_2}{i} = \frac{65}{0,5} = 130 \Omega$$

$$R_3 = \frac{U_3}{i} = \frac{30}{0,5} = 60 \Omega.$$

Ἡ ἀντίστασις R τῶν τριῶν συσκευῶν, ὅταν θεωρηθοῦν ὡς μία διάταξις, ἢ ἀντίστασις δηλαδὴ ἡ ὁποία περιλαμβάνεται μεταξὺ τῶν σημείων A καὶ Δ τοῦ κυκλώματος, ὀνομάζεται ὀλικὴ ἀντίστασις τῶν τριῶν συσκευῶν καὶ ὑπολογίζεται με ἐφαρμογὴν τοῦ τύπου $R = U/i$, ὅπου με U παριστᾶται ἡ τάσις μεταξὺ τῶν σημείων A καὶ Δ, δηλαδὴ ἡ $U_A - U_\Delta$.

Όπως όμως γνωρίζομεν, αἱ τάσεις, ὅταν εἶναι διαδοχικαί, προστίθενται. Ἐπομένως θὰ ἔχωμεν ὅτι :

$$U = U_1 + U_2 + U_3 = 20 + 65 + 30 = 115V$$

καὶ συνεπῶς θὰ εἶναι :

$$R = \frac{U}{i} = \frac{115}{0,5} = 230 \Omega.$$

Ἄν προσθέσωμεν ὅμως τὰς τρεῖς ἀντιστάσεις R_1 , R_2 καὶ R_3 , εὐρίσκομεν :

$$R_1 + R_2 + R_3 = 40 + 130 + 60 = 230 \Omega.$$

Ὡστε θὰ ἀληθεύη ἡ σχέσηεις :

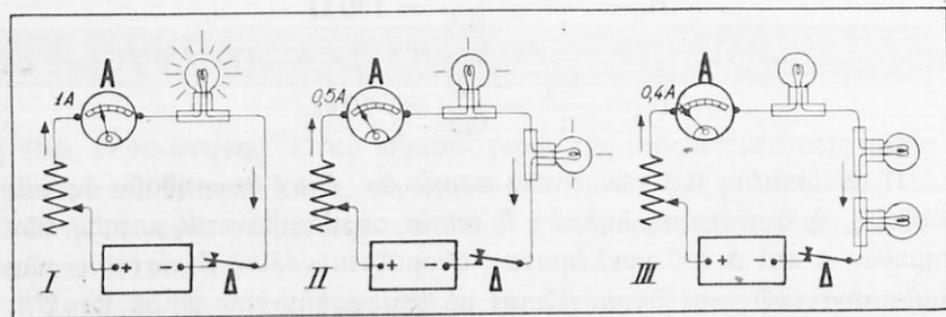
$$R_{ολ} = R_1 + R_2 + R_3$$

Ἡ ἰσότης εἰς τὴν ὁποίαν κατελήξαμεν ἐκφράζει ὅτι :

Ἡ ὅλική ἀντίστασις ($R_{ολ}$) μιᾶς ὁμάδος ἀντιστάσεων, αἱ ὁποῖαι εἶναι συνδεδεμένοι ἐν σειρᾷ, εἶναι ἴση μὲ τὸ ἄθροισμα αὐτῶν τῶν ἀντιστάσεων.

§ 158. Μεταβολὴ τῆς ἐντάσεως. Πείραμα. Εἰς ἓνα ἠλεκτρικὸν κύκλωμα συνδέομεν ἐν σειρᾷ ἓναν ροοστάτην, ἓνα ἀμπερόμετρον καὶ ἓνα λαμπτήρα. Ρυθμίζομεν τὸν ροοστάτην, ὥστε νὰ ἔχωμεν ἔντασιν ρεύματος 1 A καὶ κατόπιν συνδέομεν εἰς τὸ κύκλωμα δεύτερον καὶ τρίτον λαμπτήρα ἐν σειρᾷ (σχ. 149). Παρατηροῦμεν τὰ ἐξῆς : α) Ἡ φωτεινὴ ἰσχὺς τῶν λαμπτήρων ἐξασθενίζει, β) ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ἐλαττώνεται.

Ἐφ' ὅσον αἱ συσκευαὶ συνδέονται ἐν σειρᾷ, αὐξάνεται ἡ ὅλική ἀντίστασις τοῦ



Σχ. 149. Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ἐλαττώνεται, ὅταν προσθέσωμεν εἰς τὸ κύκλωμα ἀντιστάσεις ἐν σειρᾷ.

κυκλώματος, αλλά όταν ο παρονομαστής ενός κλάσματος μεγαλώνει, μικραίνει ή τιμή του κλάσματος. Έπομένως συμπεραίνομεν ότι ἐφ' ὅσον $i = U/R$ καὶ μεγαλώνει ἢ ἀντίστασις R , μικραίνει ἢ τιμὴ τοῦ κλάσματος, δηλαδή ἡ ἔντασις i τοῦ ρεύματος. Ὡστε :

Ὅταν συνδέωμεν εἰς ἓνα κύκλωμα συσκευᾶς ἐν σειρά, ἐλαττώνεται ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ κύκλωμα.

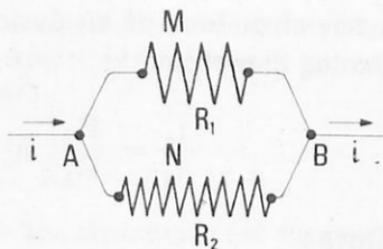
§ 159. Σύνδεσις ἀντιστάσεων παραλλήλως. Τὰ σημεῖα A καὶ B ἐνὸς κυκλώματος συνδέονται μὲ δύο ἀγωγούς AMB καὶ ANB , τῶν ὁποίων αἱ ἀντιστάσεις εἶναι R_1 καὶ R_2 ἀντιστοίχως (σχ. 150). Λέγομεν ὅτι αἱ δύο αὗται ἀντιστάσεις εἶναι συνδεδεμέναι κατὰ διακλάδωσιν ἢ παραλλήλως. Γενικώτερον :

Δύο ἢ περισσότεραι ἀντιστάσεις εἶναι συνδεδεμέναι κατὰ διακλάδωσιν ἢ παραλλήλως, ὅταν τὰ ἄκρα τῶν καταλήγουν εἰς δύο κοινὰ σημεῖα τοῦ κυκλώματος.

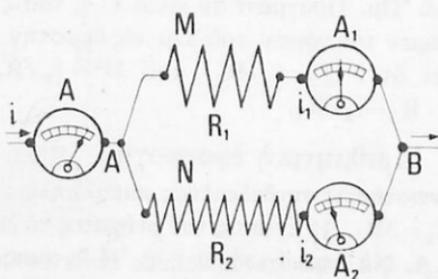
§ 160. Ἐντάσις τῶν διακλαδιζομένων ρευμάτων. α) Τὸ κύριον ρεῦμα, ἐντάσεως i , τὸ ὁποῖον κυκλοφορεῖ εἰς τὸ κύκλωμα, διακλαδίζεται εἰς τὸ σημεῖον A καὶ σχηματίζει δύο ρεύματα, μὲ ἐντάσεις i_1 καὶ i_2 , τὰ ὁποῖα διαρρέουν τὰς δύο διακλαζιζομένας ἀντιστάσεις. Τὰ ρεύματα αὐτὰ ἐνώνονται καὶ πάλιν εἰς τὸ σημεῖον B (σχ. 151).

Ἄν μετρήσωμεν τὴν ἔντασιν i τοῦ κυρίου ρεύματος μὲ τὸ ἀμπερόμετρον A καὶ τὰ ἐντάσεις i_1 καὶ i_2 μὲ τὰ ἀμπερόμετρα A_1 καὶ A_2 θὰ διαπιστώσωμεν ὅτι :

Ἡ ἔντασις i τοῦ κυρίου ρεύματος εἶναι ἴση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἐντάσεων i_1 καὶ i_2 τῶν διακλαδιζομένων ρευμάτων.



Σχ. 150. Ἀντιστάσεις συνδεδεμέναι παραλλήλως.



Σχ. 151. Τὸ ἄθροισμα τῶν ἐντάσεων τῶν διακλαδιζομένων ρευμάτων ἰσοῦται πρὸς τὴν ἔντασιν τοῦ κυρίου ρεύματος.

Δηλαδή έχουμε ότι : $i = i_1 + i_2$

β) Κατανομή του κυρίου ρεύματος εις τὰς παρρλήλους ἀντιστάσεις. Ἐστω ὅτι αἱ παράλληλοι ἀντιστάσεις τοῦ προηγουμένου σχήματος ἔχουν τιμὰς $R_1 = 30 \Omega$ καὶ $R_2 = 90 \Omega$, δηλαδή :

$$R_1 = \frac{1}{3} R_2 \quad \eta \quad \frac{R_1}{R_2} = \frac{1}{3}$$

Μὲ τὰ ἀμπερόμετρα A_1 καὶ A_2 μετροῦμε τὰς ἐντάσεις τῶν ἀντιστοίχων ρευμάτων i_1 καὶ i_2 καὶ εὐρίσκομεν ὅτι : $i_1 = 0,6 \text{ A}$ καὶ $i_2 = 0,2 \text{ A}$.

Ὅπως παρατηροῦμεν τὸ ρεῦμα i_1 εἶναι τριπλάσιον ἀπὸ τὸ ρεῦμα i_2 . Δηλαδή :

$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{3}{1}$$

Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι ὁ λόγος τῶν ἐντάσεων τῶν δύο ρευμάτων εἶναι ἴσος μὲ τὸ ἀντίστροφον τοῦ λόγου τῶν ἀντιστάσεων τὰς ὁποίας διαρρέουν.

$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{R_2}{R_1}, \quad \eta \quad i_1 \cdot R_1 = i_2 \cdot R_2$$

Ὡστε :

Αἱ ἐντάσεις τῶν διακλαδιζομένων ρευμάτων εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογοι πρὸς τὰς ἀντιστάσεις τὰς ὁποίας διαρρέουν.

Παρατήρησις. Ὁ ἀνωτέρω τύπος $i_1 \cdot R_1 = i_2 \cdot R_2$ εἶναι συνέπεια τοῦ νόμου τοῦ Ὠμ. Πράγματι ἂν εἶναι U ἡ τάσις μεταξύ τῶν σημείων A καὶ B καὶ ἐφαρμόσωμεν τὸν νόμον τοῦ Ὠμ εἰς ἐκάστην ἀπὸ τὰς παραλλήλους ἀντιστάσεις, θὰ ἔχωμεν ὅτι : $U = i_1 \cdot R_1$ καὶ $U = i_2 \cdot R_2$, ἀπὸ τὰς ὁποίας συμπεραίνομεν ὅτι : $i_1 \cdot R_1 = i_2 \cdot R_2$.

Ἀριθμητικὴ ἐφαρμογή : Ἐνα ἠλεκτρικὸν ρεῦμα διακλαδίζεται εἰς δύο ἀντιστάσεις συνδεδεμένας παραλλήλως καὶ τῶν ὁποίων αἱ τιμαὶ εἶναι : $R_1 = 50 \Omega$, $R_2 = 3R_1$. Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τὸ ὁποῖον διαρρέει τὴν πρώτην ἀντίστασιν εἶναι 3 A . Νὰ ὑπολογισθοῦν : α) Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τὸ ὁποῖον διαρρέει τὴν ἀντίστασιν R_2 καὶ β) ἡ ἔντασις τοῦ κυρίου ρεύματος.

Λύσις. α) Ἐφ' ὅσον ἡ R_2 εἶναι τριπλασία τῆς R_1 θὰ ἔχωμεν ὅτι : $R_2 = 3 \cdot 50 \Omega = 150 \Omega$.

Ἐφαρμόζοντας τὸν τύπον $i_1 \cdot R_1 = i_2 \cdot R_2$, εὐρίσκομεν: $3 \cdot 50 = i_2 \cdot 150$.

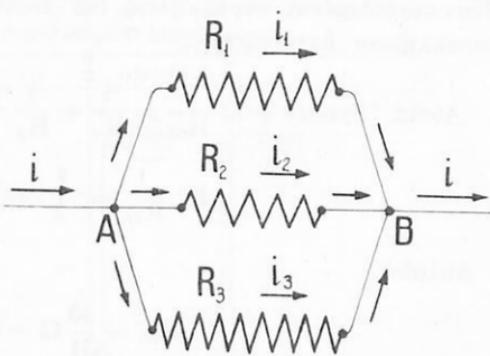
Ἄρα :

$$i_2 = 1 \text{ A.}$$

β) Ἐπειδὴ $i = i_1 + i_2$ θὰ ἔχωμεν ὅτι :

$$i = 3 + 1 = 4 \text{ A.}$$

§ 161. Ὑπολογισμὸς τῆς ὀλικῆς ἀντιστάσεως μιᾶς ὁμάδος ἀντιστάσεων, συνδεδεμένων παραλλήλως.



Ὀλικὴ ἀντίστασις ($R_{ολ}$) μιᾶς ὁμάδος ἀντιστάσεων R_1, R_2, R_3 , κλπ., συνδεδεμένων παραλλήλως μεταξύ τῶν σημείων A καὶ B, ὀνομάζεται ἡ ἀντίστασις, ἡ ὁποία ὅταν τοποθετηθῇ εἰς τὴν θέσιν αὐτῶν τῶν ἀντιστάσεων, δὲν μεταβάλλει οὔτε τὴν ἔντασιν i τοῦ κυρίου ρεύματος, οὔτε τὴν τάσιν ἡ ὁποία ἐπικρατεῖ εἰς τὰ σημεία A καὶ B.

Ἐστω $R_{ολ}$ ἡ ὀλικὴ ἀντίστασις μιᾶς ὁμάδος τριῶν ἀντιστάσεων R_1, R_2, R_3 , συνδεδεμένων παραλλήλως (σχ. 152). Ἡ $R_{ολ}$ πρέπει νὰ ἔχη τοιαύτην τιμὴν ὥστε, συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τοῦ Ὠμ, νὰ ἔχωμεν :

$$U = R_{ολ} \cdot i \quad \text{ἢ} \quad i = \frac{U}{R_{ολ}}$$

Ἄν ἐφαρμόσωμεν ἄλλωστε τὸν νόμον τοῦ Ὠμ, εἰς ἐκάστην ἀπὸ τὰς παραλλήλους ἀντιστάσεις, θὰ ἔχωμεν ὅτι :

$$U = R_1 \cdot i_1 \quad \text{ἢ} \quad i_1 = \frac{U}{R_1}, \quad U = R_2 \cdot i_2 \quad \text{ἢ} \quad i_2 = \frac{U}{R_2}, \quad U = R_3 \cdot i_3 \quad \text{ἢ} \quad i_3 = \frac{U}{R_3}.$$

Ἐπειδὴ ὁμως $i = i_1 + i_2 + i_3$ θὰ ἰσχύη ἡ σχέσηις :

$$\frac{U}{R_{ολ}} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3}$$

ἡ ὁποία ἀπλοποιεῖται μὲ τὸ U καὶ γίνεται :

$$\frac{1}{R_{ολ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Ὅταν μία ὁμάς ἀντιστάσεων R_1, R_2, R_3 , κλπ., εἶναι συνδεδεμένα παραλλήλως, τὸ ἀντίστροφον $1/R_{ολ}$ τῆς ὀλικῆς τῶν ἀντιστάσεων $R_{ολ}$ εἶναι ἴσον μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἀντιστρώφων $1/R_1, 1/R_2, 1/R_3$ κλπ. τῶν παραλλήλων ἀντιστάσεων.

Ἀριθμητικὴ ἐφαρμογή : Τρεῖς ἀντιστάσεις $R_1 = 2 \Omega, R_2 = 3 \Omega, R_3 = 5 \Omega$

είναι συνδεδεμένα *παραλλήλως*. Να εύρεθῆ ἡ ὅλική ἀντίσταση $R_{ολ}$ τῶν τριῶν *παραλλήλων ἀντιστάσεων*.

Λύσις. Ἔχομεν ὅτι:
$$\frac{1}{R_{ολ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

ἢ
$$\frac{1}{R_{ολ}} = \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{5}, \quad \frac{1}{R_{ολ}} = \frac{31}{30}$$

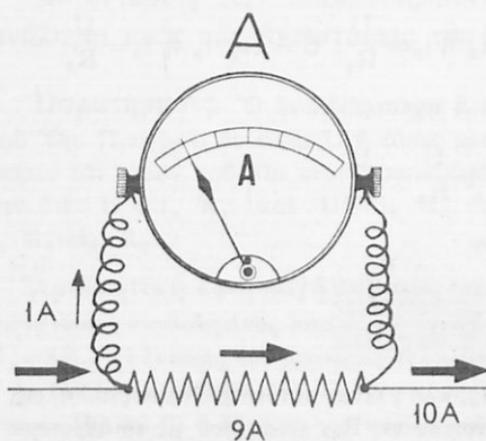
Δηλαδή:

$$R_{ολ} = \frac{30}{31} \Omega = 0,97 \Omega.$$

§ 162. Διακλάδωσις ἀμπερομέτρου. Τὰ ἀμπερόμετρα κατασκευάζονται συνήθως εἰς τρόπον ὥστε νὰ δύνανται νὰ χρησιμοποιηθοῦν μέχρι μιᾶς ὀρισμένης ἐντάσεως ρεύματος.

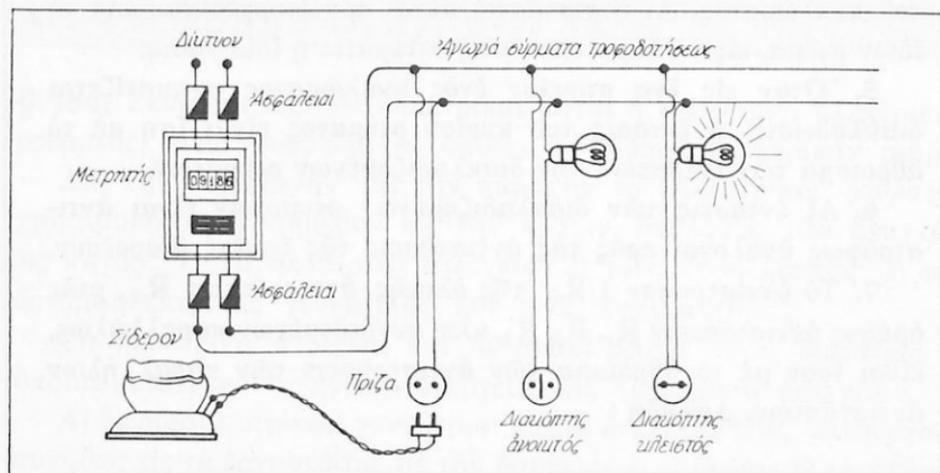
Δυνάμεθα ὁμῶς μὲ ἓνα ἀμπερόμετρον νὰ μετρήσωμεν καὶ ρεύματα μεγαλύτερας ἐντάσεως, ἀπὸ ἐκείνην διὰ τὴν ὁποίαν κατασκευάσθη τὸ ὄργανον, ἐὰν συνδέσωμεν μίαν κατάλληλον ἀντίστασιν *παραλλήλως* (κατὰ *διακλάδωσιν*) πρὸς αὐτό.

Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἓνα μέρος τοῦ ὅλικου ρεύματος διαρρέει τὸ ἀμπερόμετρον, τὸ δὲ ὑπόλοιπον τὴν *παραλλήλων ἀντίστασιν*, ἢ ὁποία ὀνομάζεται *διακλάδωσις τοῦ ἀμπερομέτρου* (σχ. 153). Ἐνα ἀμπερόμετρον *διακλαδισμένον*, π.χ., εἰς τὸ δέκατον εἶναι ἓνα ὄργανον ἀπὸ τὸ ὁποῖον διέρχεται τὸ 1/10 τοῦ κυρίου ρεύματος. Ἐὰν τὸ ὄργανον ἔχη μίαν μόνον κλίμακα καὶ ὁ δείκτης του δεῖκνυε π.χ. 2 A, τότε ἡ ἐντάσις τοῦ κυρίου ρεύματος εἶναι 20 A.



Σχ. 153. Ἀμπερόμετρον *διακλαδισμένον* εἰς τὸ δέκατον.

§ 163. Ἡλεκτρικὴ οἰκιακὴ ἐγκατάστασις. Εἰς τὸ σχῆμα 154 παριστᾶται ἡ διάταξις *διανομῆς* ρεύματος μὲ δύο ἀγωγούς. Ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια *χορηγεῖται* ἀπὸ τὸ γενικὸν δίκτυον *διανομῆς* καὶ πρὶν χρησιμοποιηθῆ διέρχεται ἀπὸ τὸν *μετρητήν*. Τὸ ρεῦμα ἐπίσης *διαρρέει* *διαφόρου* ἀσφαλείας, πρὶν καὶ μετὰ ἀπὸ τὸν *μετρητήν*, καί, ἀφοῦ *διέλθῃ* ἀπὸ τὸν γενικὸν *διακόπτην*, *διοχετεύεται* μὲ *παχέα σύρματα* εἰς τοὺς *διαφόρους* *χώρους* τῆς ἐγκαταστάσεως.



Σχ. 154. Κύκλωμα ηλεκτρικής οικιακής εγκαταστάσεως.

Αί διάφοροι συσκευαί καί οί λαμπτήρες συνδέονται παραλλήλως μέ τά σύρματα τροφοδοτήσεως, εις έκαστον δέ λαμπτήρα συνδυάζεται καί ένας διακόπτης. Ἡ παράλληλος σύνδεσις παρουσιάζει τὸ πλεονέκτημα ὅτι δυνάμεθα νά χρησιμοποιώμεν τοὺς λαμπτήρας ἢ τὰς συσκευαὺς ἀνεξαρτήτως τὴν μίαν ἀπὸ τὴν ἄλλην.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Δύο ἢ περισσότεραι ἀντιστάσεις εἶναι συνδεδεμένοι ἐν σειρᾷ ὅταν διαρρέωνται ἀπὸ τὸ ἴδιον ρεῦμα.
2. Ἡ ὅλική ἀντίστασις $R_{ολ}$ μιᾶς ὁμάδος ἀντιστάσεων R_1 , R_2 , R_3 , κλπ. συνδεδεμένων ἐν σειρᾷ, εἶναι ἴση μέ τὸ ἄθροισμα τῶν ἀντιστάσεων τῆς ὁμάδος. Δηλαδή :

$$R_{ολ} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

3. Ἡ σύνδεσις ἀντιστάσεων ἐν σειρᾷ προκαλεῖ μείωσιν τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος τοῦ κυκλώματος.
4. Δύο ἢ περισσότεραι ἀντιστάσεις εἶναι συνδεδεμένοι παραλλήλως, ὅταν τὰ ἄκρα των καταλήγουν εἰς δύο κοινὰ σημεία

τοῦ κυκλώματος. Αἱ ἀντιστάσεις αὗται δὲν διαρρέονται ἀπὸ τὸ ἴδιον ρεῦμα, εἰς τὰ ἄκρα των ὅμως ἐπικρατεῖ ἡ ἴδια τάσις.

5. Ὄταν εἰς ἓνα σημεῖον ἐνὸς κυκλώματος σχηματίζεται διακλάδωσις, ἡ ἔντασις τοῦ κυρίου ρεύματος εἶναι ἴση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἐντάσεων τῶν διακλαδιζομένων ρευμάτων.

6. Αἱ ἐντάσεις τῶν διακλαδιζομένων ρευμάτων εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογοι πρὸς τὰς ἀντιστάσεις τὰς ὁποίας διαρρέουν.

7. Τὸ ἀντίστροφον $1/R_{ολ}$ τῆς ὀλικῆς ἀντιστάσεως $R_{ολ}$, μιᾶς ὁμάδος ἀντιστάσεων R_1, R_2, R_3 , κλπ. συνδεδεμένων παραλλήλως, εἶναι ἴσον μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἀντιστρόφων τῶν παραλλήλων ἀντιστάσεων. Δηλαδή :

$$\frac{1}{R_{ολ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

142. Ἐνας θερμοσίφων περιέχει τρεῖς ἀντιστάσεις $R_1=20 \Omega$, $R_2=30 \Omega$ καὶ $R_3=60 \Omega$. Ὁ θερμοσίφων λειτουργεῖ μὲ διαφορὰν δυναμικοῦ 110 Volt. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ὀλική του ἀπίστασις εἰς τὰς ἀκολούθους περιπτώσεις : α) Καὶ αἱ τρεῖς ἀντιστάσεις συνδέονται ἐν σειρᾷ. β) Ἡ ἀπίστασις R_1 εἶναι συνδεδεμένη ἐν σειρᾷ μὲ τὸ σύστημα τῶν ἀντιστάσεων R_2 καὶ R_3 , αἱ ὁποῖαι εἶναι συνδεδεμένα μεταξὺ των παραλλήλως. γ) Αἱ τρεῖς ἀντιστάσεις εἶναι συνδεδεμένα παραλλήλως. Νὰ σχεδιασθοῦν καὶ αἱ τρεῖς περιπτώσεις. (Ἄπ. α' 110 Ω . β' 40 Ω . γ' 10 Ω .)

143. Νὰ μελετηθοῦν ὅλαι αἱ δυναταὶ περιπτώσεις συνδέσεως τριῶν ἀντιστάσεων 1 Ω , 2 Ω καὶ 3 Ω . (Ἄπ. α' 6 Ω . β' 0,54 Ω . γ' 2,2 Ω . δ' 2,75 Ω καὶ ε' 3,66 Ω .)

144. Ἐνα ἀμπερόμετρον ἔχει ἐσωτερικὴν ἀπίστασιν 0,05 Ω , δύναται δὲ νὰ μετρήσῃ ἠλεκτρικὰ ρεύματα μέχρις ἐντάσεως 1 A. Θέλομε νὰ τὸ χρησιμοποιήσωμεν διὰ τὴν μέτρησιν ρευμάτων ἐντάσεως μέχρι 10 A. α) Νὰ εὔρεθῇ ἡ ἀπίστασις τῆς διακλαδώσεως τὴν ὁποῖαν πρέπει νὰ χρησιμοποιήσωμεν. β) Νὰ εὔρεθῇ ἡ συνολικὴ ἀπίστασις ἀμπερομέτρον-διακλαδώσεως. (Ἄπ. α' 0,006 Ω , περίπου. β' 0,005 Ω , περίπου)

145. Ἐνα βολτόμετρον εἶναι κατεσκευασμένον ὥστε νὰ δύναται νὰ μετρήσῃ τάσεις μέχρι 30 Volt. Ἡ ἐσωτερικὴ του ἀπίστασις εἶναι 2 500 Ω . Ἐπιθυμοῦμε νὰ τὸ χρησιμοποιήσωμεν διὰ τὴν μέτρησιν διαφορᾶς δυναμικοῦ μέχρι 240 Volt. Ποῖαν διάταξιν πρέπει νὰ νόθητέσωμεν καὶ ποῖαν ἀπίστασιν πρέπει νὰ χρησιμοποιήσωμεν. (Ἄπ. Σύνδεσιν ἀντιστάσεως R ἐν σειρᾷ, $R=17\ 500 \Omega$.)

ΛΓ' — ΗΛΕΚΤΡΙΚΑΙ ΠΗΓΑΙ

§ 164. Γενιχότητες. Αί ηλεκτρικαί πηγαί ἢ γεννήτριαι ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, εἶναι συσκευαί αἱ ὅποια ἀποδίδουν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα.

Διὰ τὴν παραγωγὴν καὶ τὴν παροχὴν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος χρησιμοποιοῦμεν σήμερον εἰς τὴν πρᾶξιν, ἀναλόγως τῶν ἀναγκῶν ὡς πηγᾶς: 1) Τὰ ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα· 2) τοὺς συσσωρευτάς· 3) τὰς δυναμοηλεκτρικὰς γεννητρίας καὶ τοὺς ἐναλλακτῆρας.

Τὰ ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα καὶ οἱ συσσωρευταί εἶναι διατάξεις αἱ ὅποια μετατρέπουν χημικὴν ἐνέργειαν εἰς ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

Αἱ δυναμοηλεκτρικαί γεννήτριαι καὶ οἱ ἐναλλακτῆρες λειτουργοῦν συνήθως εἰς τὰ ἐργοστάσια, μὲ τὴν βοήθειαν ἐνὸς θερμικοῦ κινητήρος ἢ ἐνὸς ὑδροστροβίλου. Αἱ γεννήτριαι αὗται μετατρέπουν εἰς ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν τὴν μηχανικὴν ἐνέργειαν, τὴν ὁποίαν τοὺς προσφέρει ὁ κινητήρ.

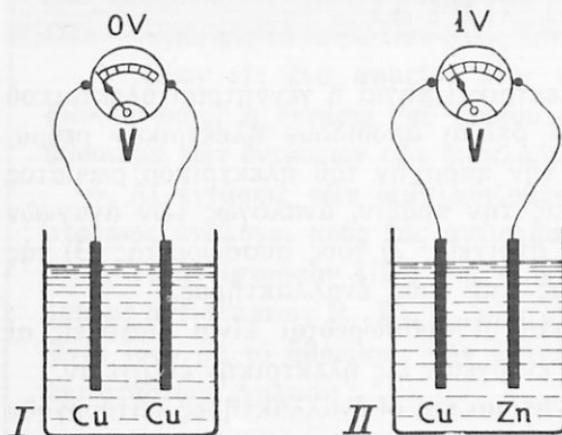
Ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια, ἡ ὁποία χρησιμοποιεῖται εἰς τὰς οἰκιακὰς καὶ τὰς βιομηχανικὰς ἐγκαταστάσεις καὶ ἡ ὁποία διανέμεται χάρις εἰς τὸ ἠλεκτρικὸν δίκτυον, παράγεται εἰς τοὺς ἠλεκτροπαραγωγικοὺς σταθμούς, ὅπου εἶναι ἐγκατεστημένα αἱ γεννήτριαι παραγωγῆς ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ὅπως ἐπίσης οἱ στρόβιλοι ἢ οἱ κινητῆρες οἵτινες τὰς θέτουν εἰς λειτουργίαν.

Γενικῶς ἡ ἠλεκτρογεννήτρια πραγματοποιεῖ μετατροπὴν μιᾶς μορφῆς ἐνεργείας εἰς ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

Ἐκάστη γεννήτρια συνεχοῦς ρεύματος περιλαμβάνει δύο ἀκροδέκτας ἢ πόλους, τὸν θετικὸν πόλον (+) καὶ τὸν ἀρνητικὸν πόλον (—), μεταξὺ τῶν ὁποίων ὑφίσταται μία ὀρισμένη διαφορὰ δυναμικοῦ.

Ὅταν οἱ δύο πόλοι ἐνωθοῦν μὲ ἓνα ἀγωγὸν σύρμα, ὁ ἀρνητικὸς πόλος, ὁ ὁποῖος ἔχει πλεόνασμα ἠλεκτρονίων, ἀποθεῖ ταῦτα καὶ τὰ ἀποδίδει εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα. Ὁ θετικὸς πόλος ἔλκει τὰ ἠλεκτρόνια. Εἰς αὐτὸ ἀκριβῶς τὸ φαινόμενον τῆς ἑλξεως καὶ τῆς ἀπόσεως τῶν ἠλεκτρονίων ἀπὸ τοὺς δύο πόλους ὀφείλεται τὸ συνεχὲς ἠλεκτρικὸν ρεῦμα.

§ 165. Ἐλεκτρικὸν στοιχεῖον τοῦ Βόλτα (Volta). Πείραμα 1. Βυθίζομεν δύο λεπτὰ χάλκινα ἐλάσματα χωρὶς αὐτὰ νὰ ἐφάπτονται



Σχ. 155. Δύο ηλεκτρόδια διαφορετικής φύσεως παρουσιάζουν διαφοράν δυναμικοῦ.

Πείραμα 2. Ἀντικαθιστῶμεν τὸ ἓνα χάλκινον ἔλασμα μὲ ἓνα ἔλασμα ἀμαλγαμωμένου ψευδαργύρου (I), τὸ ὁποῖον τοιουτοτρόπως δὲν προσβάλλεται χημικῶς ἀπὸ τὸ θεικὸν ὄξύ (σχ. 155, II).

Παρατηροῦμεν τότε ὅτι δὲν συμβαίνει οὐδεμία χημικὴ ἀντίδρασις καὶ δι' αὐτὸν τὸν λόγον τὸ θεικὸν ὄξύ δὲν προσβάλλει τὸν ἀμαλγαμωμένον ψευδάργυρον, ὅπως ἐπίσης ὅτι ὁ δείκτης τοῦ βολτομέτρου ἀποκλίνει καὶ δεικνύει περίπου 1 Volt.

Ἐὰν ἀκολουθῶς πλησιάσωμεν ἢ ἀπομακρύνωμεν μεταξὺ τῶν τὰ δύο ηλεκτρόδια, ἡ θέσις τοῦ δείκτου δὲν μεταβάλλεται, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον σημαίνει ὅτι :

Ἐπὶ τῆς ἐξουσίας. Ὑπάρχει μία διαφορά δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν δύο διαφορετικῶν μεταλλικῶν ἐλασμάτων, δηλαδὴ μεταξὺ δύο ηλεκτροδίων διαφορετικῆς φύσεως, ἡ ὁποία εἶναι ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὴν ἀπόστασιν ἣτις τὰ χωρίζει.

Ἡ ὅλη διάταξις, ἡ ὁποία ἀποτελεῖται ἀπὸ τὰ δύο διαφορετικὰ ηλεκτρόδια, βυθισμένα μέσα εἰς τὸ ὀξυνομισμένον ὕδωρ ὁμοῦ μὲ τὸ δοχεῖον, ὀνομάζεται **ἠλεκτρικὸν στοιχεῖον**.

Ἡ διαφορά δυναμικοῦ ἣτις ἐπικρατεῖ μεταξὺ τῶν ηλεκτροδίων

(1) Ὁ ἀμαλγαμωμένος ψευδάργυρος παρασκευάζεται ἂν τρίψωμεν μὲ στουπὶ ἓνα τεμάχιον καθαροῦ ψευδαργύρου μέσα εἰς διάλυμα, τὸ ὁποῖον περιέχει ὑδράργυρον καὶ ὀξυνομισμένον ὕδωρ (H_2SO_4).

μεταξὺ τῶν, εἰς ἀραιὸν διάλυμα θεικοῦ ὀξέος (ὀξυνομισμένον ὕδωρ) καὶ τὰ συνδέομεν μὲ τοὺς ἀκροδέκτας ἑνὸς βολτομέτρου, ὁπότε παρατηροῦμεν ὅτι ὁ δείκτης τοῦ ὄργανου δὲν ἀποκλίνει καὶ ὅτι οὐδεμία χημικὴ ἀντίδρασις παρατηρεῖται.

Τὸ θεικὸν ὄξύ ἡραιωμένον καὶ ἐν «ψυχρῷ» δὲν προσβάλλει τὸν χάλκον (σχ. 155, I).

του στοιχείου, όταν δὲν τροφοδοτῆται τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα μέρειμα, δύναται νὰ μετρηθῆ με ἕνα βολτόμετρον. Αὐτὴ ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ ὀνομάζεται **ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις** τοῦ στοιχείου.

Πείραμα 3. Κλείομεν τὸ κύκλωμα τῆς στήλης με ἕνα ἀγωγὸν σύρμα καὶ παρεμβάλλομεν ἕνα ἀμπερόμετρον εἰς τὸ κύκλωμα (σχ. 156). Παρατηροῦμεν ὅτι :

α) Ὁ δείκτης τοῦ ἀμπερομέτρου ἀποκλίνει, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον σημαίνει ὅτι ὁ ἀγωγὸς διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα.

Ἀπὸ τὴν διεύθυνσιν τῆς ἀποκλίσεως τοῦ δείκτου τοῦ ἀμπερομέτρου συμπεραίνομεν ὅτι τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα διαρρέει τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα, κινούμενον ἀπὸ τὸ ἔλασμα τοῦ χαλκοῦ πρὸς τὸ ἔλασμα τοῦ ψευδαργύρου.

β) Ἐμφανίζονται φυσαλλίδες ἀερίου, αἱ ὁποῖαι ἐπικάθηται εἰς τὸ ἔλασμα τοῦ χαλκοῦ, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον σημαίνει ὅτι συμβαίνει μία χημικὴ ἀντίδρασις. Αἱ φυσαλλίδες αὗται εἶναι φυσαλλίδες ὑδρογόνου.

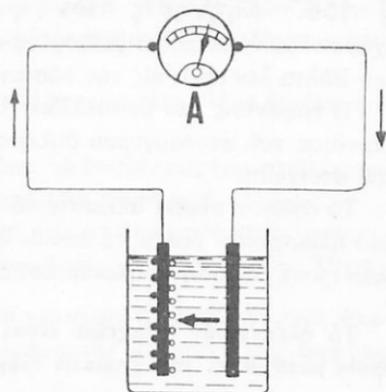
Ἄλλωστε καὶ ὁ ψευδάργυρος προσβάλλεται καί, ἐὰν τὸ πείραμα παραταθῆ, τὸ ἔλασμα τοῦ ψευδαργύρου ἀρχίζει νὰ διαλύεται βραδέως.

γ) Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ἐλαττώνεται ταχύτατα.

Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω πειράματα συμπεραίνομεν ὅτι :

Μεταξὺ δύο ἠλεκτροδίων διαφορετικῆς φύσεως, τὰ ὁποῖα εἶναι βυθισμένα εἰς ἀραιὸν διάλυμα θειϊκοῦ ὀξέος, ἐμφανίζεται μία διαφορὰ δυναμικοῦ. Ἡ διάταξις αὕτη ἀποτελεῖ ἕνα ἠλεκτρικὸν στοιχείον. Ἡ διαφορὰ τοῦ δυναμικοῦ ἣτις ἐπικρατεῖ μεταξὺ τῶν δύο ἠλεκτροδίων, ὅταν δὲν τροφοδοτῆται με ρεῦμα τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα, ὀνομάζεται **ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις** τοῦ στοιχείου.

Ὅταν συνδέωμεν τὰ δύο ἠλεκτρόδια με ἕνα ἀγωγὸν σύρμα, τότε κυκλοφορεῖ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα.



Σχ. 156. Ἡλεκτρικὸν ρεῦμα με ἐλαττωμένην ἔντασιν διαρρέει τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα.

§ 156. Ἐξήγησις τῶν φαινομένων. Ἡλεκτρόλυσις. Ἐφ' ὅσον ἔχομεν δύο ἠλεκτρόδια βυθισμένα εἰς ἀραιὸν διάλυμα θειικοῦ ὀξέος, τὸ στοιχεῖον τοῦ Βόλτα δὲν εἶναι εἰς τὴν οὐσίαν τίποτε ἄλλο παρά ἓνα βολτάμετρον.

Ἡ ἐμφάνισις τῶν φυσαλλίδων τοῦ ὑδρογόνου καὶ ἡ βραδεία διάλυσις τοῦ ἠλεκτροδίου τοῦ ψευδαργύρου δηλώνουν ὅτι συμβαίνουν χημικαὶ ἀντιδράσεις ἐντὸς τοῦ στοιχείου.

Τὸ ἀγωγὸν σύρμα ἄλλωστε τὸ ὁποῖον συνδέει τὰ δύο ἠλεκτρόδια, διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ ὁποῖον ἀποδίδει ἔργον (ἀπόκλισις τοῦ δείκτου τοῦ ἀμπερομέτρου). Δηλαδή τὸ ἠλεκτρικὸν στοιχεῖον ἀποδίδει ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν. Ὡστε:

Τὸ ἠλεκτρικὸν στοιχεῖον εἶναι μία ἀπλή γεννήτρια ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ἡ ὁποία μετατρέπει τὴν χημικὴν ἐνέργειαν εἰς ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

Πολλὰ ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα καταλλήλως συνδεδεμένα, σχηματίζουν ἠλεκτρικὴν στήλην.

§ 167. Πόλωσις τῶν ἠλεκτροδίων.

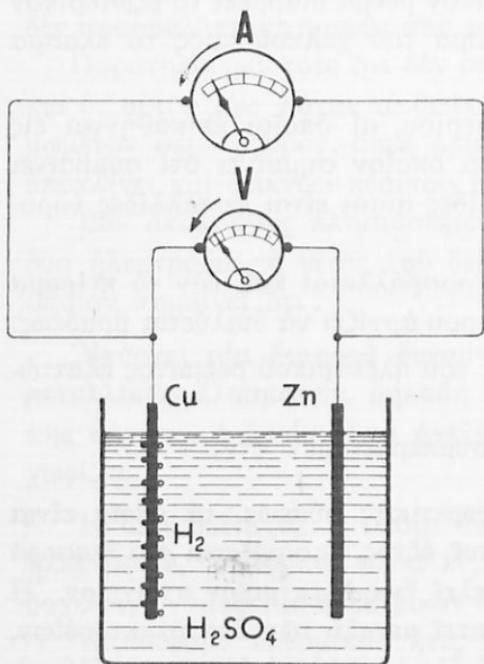
Εἰς τὴν § 165 ἐγνωρίσαμεν ὅτι, ὅταν ἓνα ἠλεκτρικὸν στοιχεῖον τροφοδοτεῖ ἓνα ἐξωτερικὸν κύκλωμα, τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐλαττώνεται ταχύτατα καὶ ἐντὸς μικροῦ χρονικοῦ διαστήματος μηδανίζεται (σχ. 157).

Ἄνασύρομεν τὸ χάλκινον ἠλεκτρόδιον, τὸ σπογγίζομεν προσεκτικῶς καὶ τὸ ἐπαναβυθίζομεν εἰς τὸ διάλυμα, συνεχίζοντες τὸ πείραμα.

Ἐάν καθαρίσωμεν τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ χάλκινου ἠλεκτροδίου, τρίβοντες αὐτὴν μέσα εἰς ὕδωρ μὲ ἓνα πτερόν, διὰ νὰ ἀπομακρύνωμεν τὰς φυσαλλίδας τοῦ ὑδρογόνου, καὶ τὸ ἐπανατοποθετήσωμεν εἰς τὴν θέσιν του, παρατηροῦμεν πάλιν ὅτι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος αὐξάνεται.

Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι ἡ αἰτία τῆς ἐλαττώσεως τῆς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος εἶναι οἱ φυσαλλίδες τοῦ ὑδρογόνου, αἱ ὁποῖαι εἶχον καλύψει τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ χάλκινου ἠλεκτροδίου.

Αἱ φυσαλλίδες τοῦ ὑδρογόνου τροποποιοῦν τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ χάλκινου ἐλάσματος, μεταβάλλουσαι



Σχ. 157. Πόλωσις τῶν ἠλεκτροδίων ἀπὸ τὸν σχηματισμὸν φυσαλλίδων ὑδρογόνου εἰς τὸ ἠλεκτρόδιον τοῦ χαλκοῦ.

τοιουτοτρόπως την κατασκευήν του ηλεκτρικού στοιχείου. Αυτό το τροποποιημένον ηλεκτρικόν στοιχείον παρουσιάζει μικροτέραν ηλεκτρεγερτικὴν δύναμιν ἀπὸ ὅ,τι τὸ ἀρχικόν.

Αἱ φυσαλλίδες τοῦ ὑδρογόνου ἄλλωστε προβάλλουν μίαν ἐπὶ πλεόν ἀντίστασιν εἰς τὴν διέλευσιν τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος.

Δι' αὐτοὺς τοὺς δύο λόγους τὸ ηλεκτρικόν ρεῦμα, τὸ ὁποῖον παρέχει τὸ ηλεκτρικόν στοιχείον **πολώνεται**, τὸ δὲ φαινόμενον ὀνομάζεται **ηλεκτρικὴ πόλωση**.

Τὸ φαινόμενον τῆς πόλωσης ἐξουδετερώνεται εἴτε μὲ μηχανικὰ μέσα (καθαρισμὸς μὲ ἓνα πτερόν τῶν φυσαλλίδων τοῦ ὑδρογόνου) εἴτε μὲ χημικὰ μέσα. Ὡστε :

Ὁ σχηματισμὸς φυσαλλίδων ὑδρογόνου εἰς τὸ χάλκινον ηλεκτρόδιον ἑνὸς ηλεκτρικοῦ στοιχείου, προκαλεῖ πόλωσιν, μὲ ἀποτέλεσμα τὴν διακοπὴν τῆς παροχῆς ηλεκτρικοῦ ρεύματος.

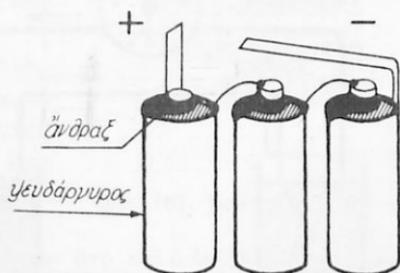
§ 168. Στήλη φανοῦ. Ἡ ηλεκτρικὴ στήλη (σχ. 158), τὴν ὁποίαν χρησιμοποιοῦμεν εἰς τοὺς φανούς τῆς τσέπης, εἶναι συνδυασμὸς τριῶν στοιχείων συνδεδεμένων ἐν σειρᾷ. Δύο χάλκινὰ ἐλάσματα, τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦν τοὺς πόλους, ἐξέρχονται ἀπὸ τὸ ἄνω μέρος τῆς στήλης.

Τὸ μικρότερον ἔλασμα τὸ ὁποῖον εἶναι ὁ θετικὸς πόλος, συνδέεται μὲ τὸ κεντρικόν ραβδίον ἄνθρακος τοῦ ἑνὸς ἀκραίου στοιχείου. Τὸ μεγαλύτερον ἔλασμα, ὁ ἀρνητικὸς πόλος, εἶναι συγκεκολλημένον εἰς τὸ περίβλημα ἀπὸ ψευδάργυρον, τοῦ ἄλλου ἀκραίου στοιχείου (σχ. 158).

Ἐὰν ἀνοίξωμεν ἓνα στοιχείον, θὰ παρατηρήσωμεν τὰ ἑξῆς : α) Τὸ ἀρνητικὸν ηλεκτρόδιον, τὸ ὁποῖον εἶναι τὸ μεταλλικὸν περίβλημα ἀπὸ ψευδάργυρον. β) Τὸ θετικὸν ηλεκτρόδιον, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖται ἀπὸ τὴν κεντρικὴν ράβδον ἐξ ἄνθρακος. γ) Τὸν ηλεκτρολύτην, ὁ ὁποῖος εἶναι πολτὸς χλωριούχου ἀμμωνίου (NH_4Cl). δ) Τὸ ἀντιπλωτικὸν ὑλικόν, τὸ ὁποῖον εἶναι ὑπεροξειδίου τοῦ μαγγανίου (MnO_2) καὶ περιβάλλει τὴν ράβδον τοῦ ἄνθρακος.

Αὐτὸ τὸ εἶδος τοῦ ηλεκτρικοῦ στοιχείου ὀνομάζεται **ξηρὸν στοιχείον**.

Ἡ χημικὴ ἀντίδρασις μεταξὺ τοῦ ψευδαργύρου καὶ τοῦ χλωριούχου ἀμμωνίου προκαλεῖ τὴν ἔκλυσιν χημικῆς ἐνεργείας, ἡ ὁποία μετατρέπεται ἀκολούθως εἰς ηλεκτρικὴν ἐνέργειαν. Σχ.158. Ξηρὰ στήλη διὰ φανὸν τσέπης.



Τὸ ὑδρογόνον τὸ ὁποῖον παράγεται κατὰ τὴν διάρκειαν αὐτῆς τῆς ἀντιδράσεως, ἐνώνεται μὲ τὸ ὀξυγόνον τοῦ ἀντιπολωτικοῦ ὑλικοῦ (MnO_2) καὶ ἐξαφανίζεται. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ἀποφεύγεται ἡ πόλωση τῆς στήλης.

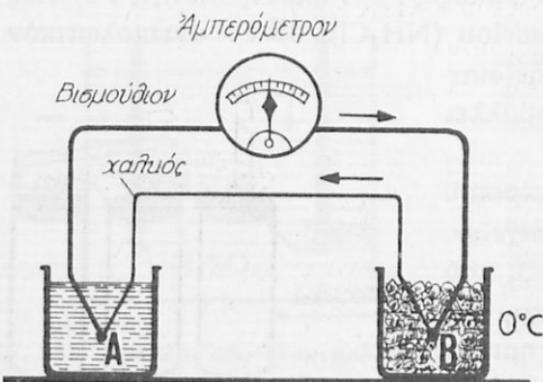
Ἐκαστον ξηρὸν στοιχεῖον ἔχει ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν 1,5 Volt. Ἐπομένως ὁ συνδυασμὸς τῶν τριῶν αὐτῶν στοιχείων διὰ τὸν σχηματισμὸν τῆς στήλης τοῦ συνηθισμένου φανοῦ τῆς τσέπης, θὰ ἔχη ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν 4,5 Volt.

§ 169. Θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον. Πείραμα. Λαμβάνομεν δύο μεταλλικὰ σύρματα διαφορετικῆς φύσεως, π.χ. ἀπὸ βισμούθιον καὶ χαλκόν, καὶ συγκολλῶμεν τὰ ἄκρα των, παρεμβάλλοντες ἓνα πολὺ εὐαίσθητον ἄμπερόμετρον.

Βυθίζομεν τὴν μίαν συγκόλλησιν εἰς ἓνα δοχεῖον μὲ πάγον, θερμοκρασίας $0^{\circ}C$ καὶ τὴν ἄλλην εἰς ἔλαιον ὑψηλῆς θερμοκρασίας. Παρατηροῦμεν ὅτι ἀναφαίνεται ἓνα ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ἡ ἔντασις τοῦ ὁποίου εἶναι τόσον μεγαλυτέρα, ὅσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ διαφορὰ τῆς θερμοκρασίας τῶν δύο συγκολλήσεων (σχ. 159).

Εἰς αὐτὸ τὸ εἶδος τοῦ στοιχείου, ἡ θερμικὴ ἐνέργεια (ποσότης τῆς θερμότητος ἡ ὁποία ἀποδίδεται εἰς τὴν συγκόλλησιν, ἣτις εὐρίσκεται εἰς τὸ δοχεῖον μὲ τὸ ἔλαιον), μετατρέπεται εἰς ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν. Ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος τὸ ὁποῖον δημιουργεῖται εἶναι πολὺ μικρά, δι' αὐτὸ καὶ τὸ θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον δὲν χρησιμοποιεῖται εἰς τὴν βιομηχανίαν ὡς πηγὴ ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας.

Τὸ θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον εὐρίσκει ἐφαρμογὴν εἰς τὴν κατασκευὴν εὐαισθητῶν θερμομέτρων, ὅποτε τὸ ἄμπερόμετρον εἶναι βαθμολογημένον εἰς βαθμοὺς Κελσίου. Ὡστε :



Σχ. 159. Θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον.

Αἱ ἠλεκτρικαὶ γεννήτριαι δὲν παράγουν ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν ἀλλὰ μετατρέπου εἰς ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν :

α) Τὴν μηχανικὴν ἐνέργειαν (π.χ. δυναμοηλεκτρικαὶ γεννήτριαι, ἐναλλακτῆρες).

β) Τὴν χημικὴν ἐνέργειαν (π.χ. ἠλεκτρικαὶ στήλαι, συσσωρευταί).

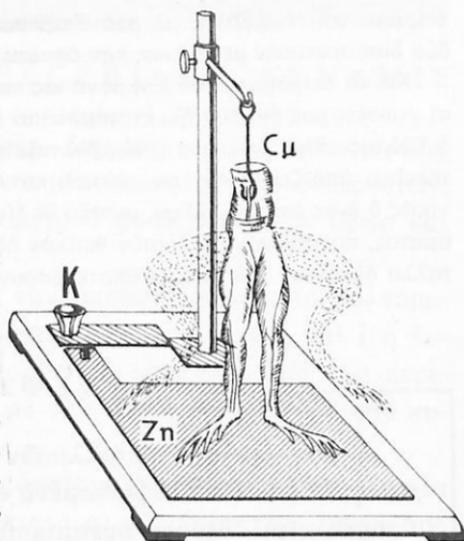
γ) Τὴν θερμικὴν ἐνέργειαν (π.χ. ἐναλλακτῆρες, θερμοηλεκτρικὰ στοιχεῖα).

§ 170. Ἱστορικόν. Ἡ ἀνακάλυψις τῶν ἠλεκτρικῶν στοιχείων, τὰ ὁποῖα εἶναι ἓνας σπουδαῖος σταθμὸς εἰς τὴν χρησιμοποίησιν τοῦ ἠλεκτρισμοῦ διὰ πρακτικὰς ἐφαρμογὰς, στηρίζεται εἰς μίαν σειρὰν πειραμάτων, τὰ ὁποῖα ἐξετέλεσεν τὸ 1789 ὁ καθηγητὴς τῆς Ἀνατομίας εἰς τὸ Πανεπιστήμιον τῆς Βολωνίας Γαλβάνης (Luigi Galvani, 1737-1798). Ἀπὸ τὰ πειράματα αὐτὰ θὰ περιγράψωμεν τὸ ἀκόλουθον, ἐξ αἰτίας τῆς μεγάλης καὶ ἱστορικῆς τοῦ σημασίας.

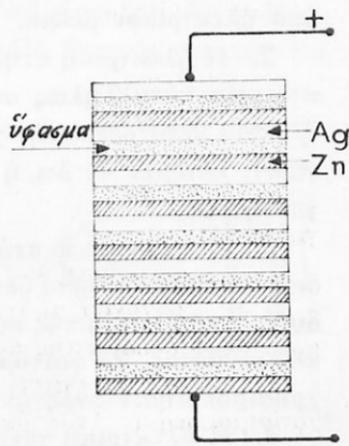
Ὁ Γαλβάνης ἀνέταμε ἓνα βάτραχον, τὸ ἀφαίρεσε τὸ δέριμα, ἐκράτησε τὰ ὀπίσθια σκέλη καὶ τὸ παρασκευάσμα ἐξήρτησε ἀπὸ τὰ ἰσχυρὰ νῆδρα μὲ ἓνα χάλκινον ἔλασμα (σχ. 160). Εἰς τὸ ἔλασμα αὐτὸ εἶχε προσαρμόσει καταλλήλως εἰς τὸ ἓνα τοῦ ἄκρον ἓνα ἔλασμα ἀπὸ ψευδάργυρον, ὅποτε παρετήρησε μὲ ἐκπληξιν ὅτι, ὅταν ἤγγιζε μὲ τὸ ἔλασμα τοῦ ψευδαργύρου τὸ ἓνα σκέλος τοῦ νεποῦ παρασκευάσματος τοῦ βατράχου, συνέβαινε σύσπασις τῶν μυῶνων τῶν σκελῶν τοῦ βατράχου.

Διὰ τὴν ἐξηγήσιν τὸ φαινόμενον αὐτὸ ὁ Γαλβάνης ὑπέθεσεν ὅτι ἡ σύσπασις τῶν μυῶνων ὀφείλεται εἰς τὸν ζῳικὸν ἠλεκτρισμὸν, ὁ ὁποῖος συμμετεχει εἰς τὰ φαινόμενα τῆς ζωῆς καὶ διατηρεῖται ἐπ' ὀλίγον μετὰ τὸν θάνατον.

Τὰ ἀνωτέρω ἔγιναν ταχέως γνωστὰ εἰς πλεονέστερον κύκλον ἐπιστημόνων, μεταξὺ τῶν ὁποίων ἦτο καὶ ὁ ἐπίσης Ἴταλὸς διάσημος Φυσικὸς Βόλτας (Alessandro Volta, 1745 - 1827), καθηγητὴς τῆς Φυσικῆς εἰς τὸ Πανεπιστήμιον τῆς Παβίας, ὁ ὁποῖος καὶ ἔδωσε τὴν ὀρθὴν ἐρμηνείαν εἰς τὸ



σχ. 160. Ὅταν πῆσωμεν τὸ κομβίον Κ, ἐπέρχεται ἐπαφὴ τῶν ἔλασμάτων ἀπὸ χαλκὸν καὶ ψευδάργυρον καὶ οἱ μυῶνες τοῦ βατράχου συσπῶνται.



σχ. 161. Βολταϊκὴ στήλη.

πείραμα του Γαλβάνη, με βάση την θεωρίαν του ηλεκτρισμού ἐξ ἐπαφῆς μεταξύ δύο διαφορετικῶν μετάλλων, τὴν ὁποίαν αὐτὸς ὁ ἴδιος ὁ Βόλτας διεμόρφωσε.

Μὲ τὰ πειράματα τοῦ Γαλβάνη εἰς παρασκευάσματα βατράχων, ἐπλουτίσθησαν αἱ γνώσεις μας διὰ τὸν ηλεκτρισμὸν καὶ μετὰ τὴν ἐρευνᾶς ἐκείνας κατάρθωσεν ὁ Βόλτας τὴν κατασκευάσει τὴν βολταϊκὴν στήλην. Ἡ στήλη αὕτη (σχ. 161) ἀποτελεῖται ἀπὸ ζεύγη δίσκων χαλκοῦ καὶ ἀργύρου, οἱ ὅποιοι τοποθετοῦνται διαδοχικῶς ὁ ἓνας ἐπὶ τοῦ ἄλλου, μεταξύ δὲ δύο δίσκων παρεμβάλλεται ἓνα στρῶμα ὑφάσματος, ποτισμένον μετὰ ἀραιὸν θεϊκὸν ὄξυς ἢ διάλυμα ἁλατος. Ὅλα σχεδὸν τὰ μέταλλα δύνανται ἀνὰ δύο νὰ ἀποτελέσουν στήλην τοῦ Βόλτα.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Μεταξὺ δύο μεταλλικῶν ηλεκτροδίων διαφορετικῆς φύσεως, τὰ ὁποῖα εἶναι βυθισμένα εἰς ἀραιὸν διάλυμα θεϊκοῦ ὄξεος, ἀναφαίνεται διαφορὰ δυναμικοῦ. Ἡ διάταξις ἀποτελεῖ ηλεκτρικὸν στοιχεῖον. Ἡ διαφορὰ τοῦ δυναμικοῦ ἥτις ἐπικρατεῖ μεταξύ δύο ηλεκτροδίων, ὅταν δὲν τροφοδοτῆται μετὰ ρεῦμα τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα, ὀνομάζεται ηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ στοιχείου.

Ἐὰν συνδέσωμεν τὰ δύο ηλεκτρόδια μετὰ ἓνα ἀγωγὸν σύρμα, πραγματοποιοῦμεν ἓνα ἀπλοῦν κύκλωμα, τὸ ὁποῖον διαρρέεται ἀπὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα.

2. Ἡ ηλεκτρικὴ στήλη περιλαμβάνει περισσότερα ηλεκτρικὰ στοιχεῖα καταλλήλως συνδεδεμένα καὶ ἀποτελεῖ μίαν διάταξιν ἢ ὁποῖα μετατρέπει τὴν χημικὴν ἐνέργειαν εἰς ηλεκτρικὴν ἐνέργειαν, λέγομεν δὲ ὅτι ἡ ηλεκτρικὴ στήλη εἶναι μία ηλεκτρικὴ γεννήτρια.

3. Ἡ ηλεκτρικὴ στήλη πολώνεται ἐξ αἰτίας τῶν φουσαλλίδων τοῦ ὑδρογόνου, αἱ ὁποῖαι ἐπικάθηνται εἰς τὸ θετικὸν ηλεκτρόδιον. Ἀποτέλεσμα τῆς πολώσεως εἶναι ἡ ἐλάττωσις τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος. Τὸ φαινόμενον τῆς πολώσεως ἀποτρέπεται μετὰ τὴν χρησιμοποίησιν ἐνὸς ἀντιπολωτικοῦ ὕλικου (ὄξειδωτικόν).

4. Ἡ ηλεκτρικὴ γεννήτρια δὲν δημιουργεῖ ηλεκτρικὴν ἐνέργειαν. Ἀπλῶς μετατρέπει ἄλλας μορφὰς ἐνεργείας εἰς ηλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

ΗΛΕΚΤΡΕΓΕΡΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΙΣ

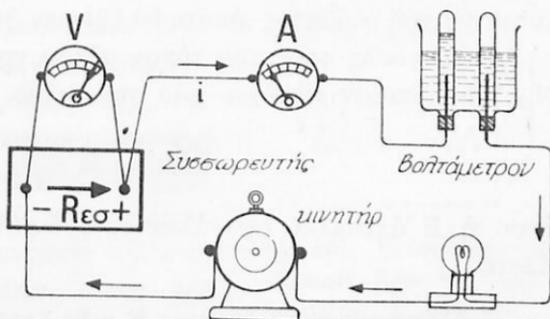
§ 171. Έννοια τῆς ἡλεκτρικῆς ἰσχύος μιᾶς γεννητῆρας. Θεωροῦμεν ἓνα κύκλωμα περιλαμβάνον μίαν συστοιχίαν συσσωρευτῶν, ἓνα λαμπτήρα φωτισμοῦ, ἓνα βολτόμετρον μὲ ὀξυνημένον ὕδωρ καὶ ἓνα μικρὸν κινητῆρα (σχ. 162).

Ἐστω U ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ, τὴν ὁποίαν δεικνύει τὸ βολτόμετρον, συνδεδεμένον εἰς τοὺς ἀκροδέκτας τῆς συστοιχίας καὶ i ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ κύκλωμα. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ τάσις U εἶναι ἴση μὲ τὴν τάσιν εἰς τὰ ἄκρα τοῦ κυκλώματος.

Ἡ ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια μὲ τὴν ὁποίαν τροφοδοτεῖ ἡ συστοιχία τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα, μετατρέπεται: α) εἰς θερμικὴν ἐνέργειαν, μέσα εἰς ὀλόκληρον τὸ κύκλωμα, καὶ ἰδιαίτερος μέσα εἰς τὸν λαμπτήρα· β) εἰς χημικὴν ἐνέργειαν, μέσα εἰς τὸ βολτάμετρον, καὶ γ) εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν, μέσα εἰς τὸν κινητῆρα.

Ὀνομάζομεν Ne_x τὴν ἐνέργειαν ἢ ὁποία καταναλίσκεται ἀνὰ δευτερόλεπτον ἀπὸ τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα, δηλαδὴ ἀπὸ τὸν λαμπτήρα, τὸ βολτάμετρον καὶ τὸν κινητῆρα, ὅποτε ἡ Ne_x εἶναι ἴση μὲ τὴν ἰσχύν, ἥτις δαπανᾶται ἀπὸ τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα. Θὰ ἔχωμεν συνεπῶς ὅτι: $Ne_x = U \cdot i$.

Τὸ ρεῦμα ὅμως δὲν κυκλοφορεῖ μόνον εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα. Συνεχίζει τὴν κυκλοφορίαν του καὶ μέσα εἰς τὴν πηγὴν χάρις εἰς κατάλληλα ἡλεκτρολυτικὰ διαλύματα ἢ ἀγωγὰ σύρματα. Εἶναι συνεπῶς λογικὸν νὰ παραδεχθῶμεν ὅτι τὸ ρεῦμα συναντᾷ καὶ κατὰ τὴν κίνησιν του αὐτὴν μίαν ἀντίστασιν, ἐξ αἰτίας τῆς ὁ-



Σχ. 162. Διὰ τὴν σπουδὴν τῆς ὀλικῆς ἰσχύος μιᾶς γεννητῆρας.

ποίας εκλύεται θερμότης. Ἡ ἀντίστασις αὐτὴ $R_{εσ}$, τὴν ὁποίαν συναντᾷ τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα κατὰ τὴν κίνησίν του μέσα εἰς τὴν πηγὴν, λέγεται **ἔσωτερικὴ ἀντίστασις**.

Ἐστω $N_{εσ}$ ἡ ἐνέργεια ἢ ὁποία καταναλίσκεται ἀπὸ τὸ φαινόμενον Τζάουλ ἀνὰ δευτερόλεπτον μέσα εἰς τὴν γεννήτριαν, ὁπότε θὰ ἔχωμεν ὅτι: $N_{εσ} = R_{εσ} \cdot i^2$.

Ἀπὸ ὅσα ἀναφέραμε, καταλήγομεν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι ἡ ὀλικὴ ἐνέργεια, ἢ ὁποία παρέχεται ἀπὸ τὴν γεννήτριαν ἀνὰ δευτερόλεπτον: α) μετετρέπη εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα εἰς ἐνέργειαν διαφόρων μορφῶν $N_{εξ}$: β) κατηναλώθη εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τῆς γεννητριάς εἰς θερμικὴν ἐνέργειαν $N_{εσ}$.

Ἐπομένως δυνάμεθα νὰ γράψωμεν ὅτι:

$$N = N_{εξ} + N_{εσ} \quad \text{ἢ} \quad N = U \cdot i + R_{εσ} \cdot i^2$$

Αἱ δύο αὐταὶ ἐκφράσεις ὀρίζουν τὴν **ισχὴν μιᾶς γεννητριάς**. Ὡστε:

Ἡ ἠλεκτρικὴ ἰσχὺς μιᾶς γεννητριάς εἶναι ἴση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἰσχύων αἱ ὁποῖαι καταναλίσκονται ἀπὸ τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα καὶ εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τῆς γεννητριάς.

§ 172. Ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις μιᾶς γεννητριάς. Διὰ νὰ ὑπολογίσωμεν τὴν ἰσχὴν $N_{εξ}$, ἢ ὁποία καταναλίσκεται εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα, μετροῦμε τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ U εἰς τοὺς ἀκροδέκτας τῆς πηγῆς, ἢ ὁποία εἶναι ἢ ἰδία μὲ τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα τοῦ κυκλώματος, ὅταν αὐτὸ διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα, καὶ τὴν ἔντασιν i τοῦ ρεύματος, ὁπότε θὰ ἔχωμεν ὅτι: $N_{εξ} = U \cdot i$.

Ἀναλογικῶς πρὸς τὸν τύπον αὐτὸν γράφομεν ὅτι ἡ ὀλικὴ ἰσχὺς $N_{ολ}$, τὴν ὁποίαν παρέχει μία γεννήτρια, δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν:

$$N_{ολ} = E \cdot i$$

ὅπου ἡ E ἀποτελεῖ τὴν ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν τῆς γεννητριάς. Ὡστε:

Ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις E μιᾶς γεννητριάς εἶναι ἴση μὲ τὸ πηλίκον τῆς συνολικῆς ἰσχύος τῆς γεννητριάς πρὸς τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος τὸ ὁποῖον αὐτὴ παράγει.

Ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις E εἶναι συνεπῶς μέγεθος τῆς ἰδίας φύσεως μὲ τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ. Δι' αὐτὸν τὸν λόγον ἀκριβῶς μετρεῖται εἰς Βόλτ. Ἡ ἔνδειξις ἣτις εἶναι ἀναγεγραμμένη ἐπάνω εἰς μίαν ἠλεκτρικὴν στήλην, π.χ. 4,5 V, ἀναφέρεται εἰς τὴν ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν τῆς στήλης.

Ἀριθμητικὴ ἐφαρμογή. Ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις μιᾶς συστοιχίας συσσωρευτῶν αὐτοκινήτου εἶναξ 6 Βόλτ. Ὄταν ἡ συστοιχία λειτουργῇ κατὰ τὴν ἐκκίνησιν τοῦ ὀχήματος, ἀποδίδει ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 200 A. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἰσχὺς τῆς γεννητρίας.

Λύσις. Ἐφαρμόζομεν τὴν σχέσιν: $N = E \cdot i$.

Ἀντικαθιστῶντες τὰ σύμβολα μὲ τὰς τιμὰς τῶν εὐρίσκομεν:

$$N = 6 \text{ V} \cdot 200 \text{ A} = 1200 \text{ Watt.}$$

§ 173. Ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια μιᾶς γεννητρίας. Ἐὰν μία γεννήτρια, ἠλεκτρικῆς ἰσχύος N Watt, ἀποδίδῃ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα σταθερᾶς ἐντάσεως i ἐπὶ χρόνον t sec, ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια A ἡ ὁποία ἀπεδόθη εἰς αὐτὸν τὸν χρόνον εἶναι ἴση πρὸς: $A = N \cdot t$.

Ἐπειδὴ ὁμως $N = E \cdot i$, ἡ ἀνωτέρω σχέσις γράφεται:

$$A = E \cdot i \cdot t$$

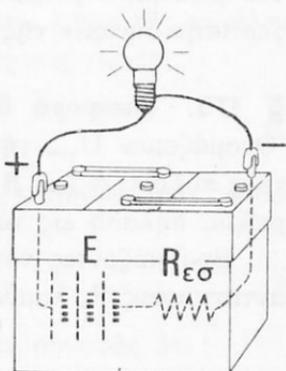
ἡ δὲ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια A ἐκφράζεται εἰς μονάδας Τζούλ (Joule).

§ 174. Νόμος τοῦ Ὠμ εἰς πλῆρες κύκλωμα.

Ἐὰν θεωρήσωμεν ἓνα ἠλεκτρικὸν κύκλωμα εἰς τὸ ὁποῖον οἱ καταναλωταὶ (ἀντιστάσεις) μετατρέπουν ὅλην τὴν ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν, τὴν ὁποίαν προσλαμβάνουν εἰς θερμότητα. Αὐτὸ τὸ κύκλωμα ἐπομένως δὲν θὰ περιλαμβάνῃ οὔτε βολτάμετρον, οὔτε κινητῆρα (σχ. 163).

Ἐστῶσαν R ἡ συνολικὴ ἀντίστασις τῶν καταναλωτῶν, $R_{εσ}$ ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις καὶ E ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς γεννητρίας, i δὲ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τὸ ὁποῖον ἀποδίδει ἡ γεννήτρια.

Ἡ ἰσχὺς ἣτις καταναλίσκεται εἰς τὸ ἐξω-



Σχ. 163. Ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις $R_{εσ}$ τῆς πηγῆς θεωρεῖται συνδεδεμένη ἐν σειρά πρὸς τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἐξωτερικοῦ κυκλώματος.

τερικόν κύκλωμα, ἐξ αἰτίας τοῦ φαινομένου Τζάουλ, εἶναι ἴση πρὸς $R \cdot i^2$. Ἐξ ἄλλου ἢ ἰσχύς ἢ ὁποῖα καταναλίσκεται ἀπὸ τὴν ἰδίαν τὴν γεννήτριαν, ἐξ αἰτίας πάλιν τοῦ φαινομένου Τζάουλ, εἶναι ἴση πρὸς $R_{εσ} \cdot i^2$ (μὲ τὴν προυπόθεσιν βεβαίως ὅτι ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τῆς γεννητρίας μετατρέπει ὅλην τὴν ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν, τὴν ὁποῖαν λαμβάνει εἰς θερμότητα Τζάουλ).

Ἐπομένως ἡ ὅλική ἰσχύς $N_{ολ} = E \cdot i$, ἥτις ἀποδίδεται ἀπὸ τὴν γεννήτριαν, θὰ εἶναι :

$$N_{ολ} = E \cdot i = R \cdot i^2 + R_{εσ} \cdot i^2$$

Δηλαδή :

$$E = R \cdot i + R_{εσ} \cdot i$$

ἢ
$$E = (R + R_{εσ}) \cdot i$$

Ἡ ἀνωτέρω σχέσις ἐκφράζει ποσοστικῶς τὸν νόμον τοῦ Ὠμ εἰς πλήρες κύκλωμα.

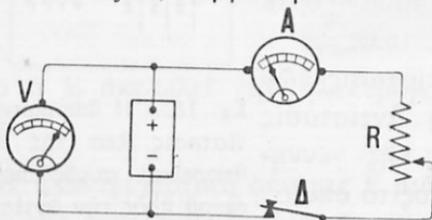
Ὡστε :

Τὸ γινόμενον τοῦ ἀθροίσματος τῆς ἐξωτερικῆς καὶ τῆς ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως ἑνὸς πλήρους ἠλεκτρικοῦ κυκλώματος ἐπὶ τὴν ἔντασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον τὸ διαρρέει, ἰσοῦται μὲ τὴν ἠλεκτρογεννητικὴν δύναμιν τῆς γεννητρίας, ἥτις ὑπάρχει εἰς τὸ κύκλωμα.

§ 175. Διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα μιᾶς γεννητρίας.

Ὀνομάζομεν $U_{γεν}$ τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ, ἢ ὁποῖα ἐπικρατεῖ εἰς τοὺς πόλους A καὶ B τῆς γεννητρίας (σχ. 164), ὅταν διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα, δηλαδή εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἐξωτερικοῦ κυκλώματος.

Ἐφαρμόζοντες τὸν νόμον τοῦ Ὠμ εἰς τὸ ἐξωτερικόν κύκλωμα, ἀντιστάσεως R, λαμβάνομεν :



Σχ. 164. Διὰ τὴν σπουδὴν τῆς τάσεως εἰς τοὺς πόλους μιᾶς γεννητρίας.

$$U_{γεν} = R \cdot i$$

Ἐπομένως ἡ σχέσις

$$E = R \cdot i + R_{εσ} \cdot i$$

γράφεται :

$$E = U_{γεν} + R_{εσ} \cdot i, \text{ ἢ :}$$

$$U_{γεν} = E - R_{εσ} \cdot i$$

Τὸ γινόμενον $R_{εσ} \cdot i$ ὀνομάζεται ὠμικὴ πτώσις τάσεως ἐντὸς τῆς γεννητριάς.

§ 176. Μέτρησης τῆς ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως μιᾶς γεννητριάς. Διὰ νὰ μετρήσωμεν τὴν ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν μιᾶς γεννητριάς συνδέομεν τοὺς δύο πόλους τῆς γεννητριάς με τοὺς ἀκροδέκτας ἐνὸς βολτομέτρου (σχ. 165).

Τὰ βολτόμετρα ἔχουν πολὺ μεγάλην ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν, εἰς τρόπον ὥστε τὸ ρεῦμα, τὸ ὁποῖον διαρρέει αὐτὰ τὰ ὄργανα, νὰ εἶναι ἀσήμαντον.

Ἐὰν R εἶναι ἡ ἀντίστασις τοῦ βολτομέτρου, $R_{εσ}$ ἡ ἀντίστασις τῆς πηγῆς καὶ i ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον προκαλεῖται ἀπὸ τὴν σύνδεσιν τῶν πόλων με τοὺς ἀκροδέκτας τοῦ βολτομέτρου, θὰ ἔχωμεν :

$$E = R \cdot i + R_{εσ} \cdot i$$

Ἐπειδὴ ὅμως ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις $R_{εσ}$ τῆς γεννητριάς εἶναι πολὺ μικρὰ καὶ δυνάμεθα νὰ τὴν παραλείψωμεν, λόγῳ τῆς μεγάλης ἀντιστάσεως R τοῦ βολτομέτρου, ἡ ἀνωτέρω σχέσις γίνεται :

$$E = R \cdot i, \text{ περίπου} \quad (1)$$

Ἄλλὰ ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ $U_{γεν}$ ἡ ὁποία μετρεῖται ἀπὸ τὸ ὄργανον, εἶναι συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τοῦ "Ωμ :

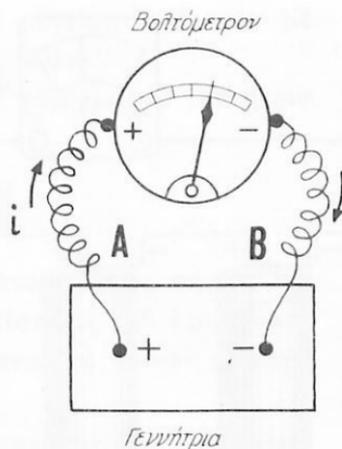
$$U_{γεν} = R \cdot i \quad (2)$$

Ἀπὸ τὰς σχέσεις (1) καὶ (2) συμπεραίνομεν συνεπῶς ὅτι :

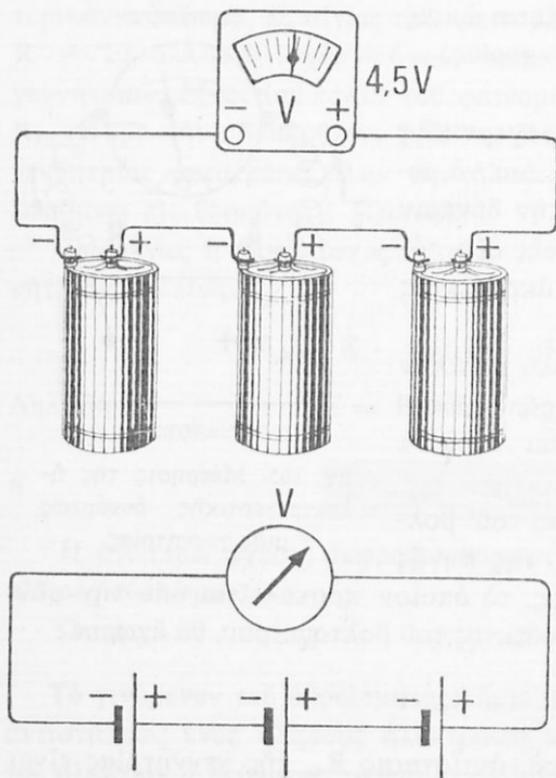
$$E = U_{γεν}, \text{ περίπου.}$$

Ἵσωςτε :

Τὸ βολτόμετρον δεικνύει τὴν ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν τῆς γεννητριάς, ὅταν οἱ ἀκροδέκται του συνδέωνται με τοὺς πόλους τῆς πηγῆς, χωρὶς νὰ τροφοδοτῆται καὶ τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα.



Σχ. 165. Μέτρησης τῆς ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως μιᾶς γεννητριάς.



Σχ. 166. Συνδεσμολογία τριών ηλεκτρικών πηγών εν σειρά. Είς τὸ κάτω μέρος συμβολικὴ παράστασις.

Ὄταν συνδέσωμεν ἐν σειρά πολλὰς ηλεκτρικὰς πηγὰς, ἡ ηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς συστοιχίας εἶναι ἴση μετὸ ἄθροισμα τῶν ηλεκτρεγερτικῶν δυνάμεων τῶν πηγῶν.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Ἡ ὅλική ἰσχὺς N μιᾶς γεννητρίας δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν :

$$N = E \cdot i$$

ὅπου E ἡ ηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς γεννητρίας καὶ i ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον δύναται νὰ χορηγήσῃ ἡ γεννήτρια.

§ 177. Σύνδεσις ἠλεκτρικῶν πηγῶν. Οἱ συσσωρευταί, τὰ ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα καὶ αἱ ἠλεκτρικαὶ στῆλαι συνεχάκις συνδέονται μεταξύ των, ὁπότε σχηματίζονται συστοιχίαι.

Διὰ νὰ κατασκευάσωμεν μίαν συστοιχίαν ἠλεκτρικῶν πηγῶν, συνδέομεν μετὰ ἀγωγὸν τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς πρώτης πηγῆς μετὸν θετικὸν πόλον τῆς δευτέρας πηγῆς καὶ συνεχίζομεν κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον μέχρι τῆς τελευταίας πηγῆς, τὴν ὁποίαν διαθέτομεν. Οὕτως ἀπομένουν ἐλεύθεροι ὁ θετικὸς πόλος τῆς πρώτης πηγῆς καὶ ὁ ἀρνητικὸς πόλος τῆς τελευταίας (σχ. 166), οἱ ὁποῖοι ἀποτελοῦν τοὺς πόλους τῆς συστοιχίας. Ὁ τρόπος αὐτὸς συνδέσεως ἠλεκτρικῶν πηγῶν λέγεται σύνδεσις ἐν σειρά.

Ὅπως δυνάμεθα μετὰ ἓνα βολτόμετρον νὰ ἐξακριβώσωμεν :

2. Ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις εἶναι μέγεθος ἀνάλογον μὲ τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ καὶ μετρεῖται εἰς Βόλτ.

3. Ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια τὴν ὁποῖαν παρέχει μία γεννήτρια εἰς χρόνον t δίδεται ἀπὸ τὸν τύπον :

$$A = E \cdot i \cdot t$$

4. Ἐὰν E εἶναι ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις μιᾶς πηγῆς, $R_{εο}$ ἡ ἐσωτερικὴ ἀντιστάσεως τῆς, R ἡ ἀντίσταση τοῦ ἐξωτερικοῦ κυκλώματος καὶ i ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τὸ ὁποῖον χορηγεῖ ἡ πηγὴ, ἰσχύει ἡ σχέσις :

$$E = (R + R_{εο}) \cdot i$$

Ἡ σχέσις αὕτη ἐκφράζει τὸν νόμον τοῦ Ὠμ εἰς πλήρες κύκλωμα.

5. Ὄταν συνδέωμεν ἠλεκτρικὰς πηγὰς ἐν σειρᾷ, τότε ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς συστοιχίας εἶναι ἴση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἠλεκτρεγερτικῶν δυνάμεων τῶν πηγῶν.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

146. Μία στήλη χορηγεῖ ρεῦμα $0,75 \text{ A}$ ἐπὶ 6 συνεχῶς ὥρας. α) Νὰ ὑπολογισθῇ εἰς Ah καὶ ἀκολουθῶς εἰς Cb , ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἡ ὁποία ἀποδίδεται. β) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἐλάττωσις τῆς μάζης τοῦ ἠλεκτροδίου ἀπὸ ψευδάργυρον. (Ἀτομικὸν βάρος $Zn = 65$, σθένος ἰόντος $Zn^{++} = 2$).

(Ἀπ. α' $4,5 \text{ Ah}$, $16\ 200 \text{ Cb}$. β' $5,5 \text{ gr}$, περίπου.)

147. Δυναμοηλεκτρικὴ γεννήτρια (δυναμὸ) χορηγεῖ ρεῦμα $1\ 000 \text{ A}$ μὲ διαφορὰν δυναμικοῦ 500 Volt . Νὰ ὑπολογισθῇ εἰς Watt καὶ ἀτμοῦππους ἡ ἰσχύς τῆς μηχανῆς. ($1 \text{ Ch} = 736 \text{ Watt}$.)

(Ἀπ. $500\ 000 \text{ W}$, 679 Ch , περίπου.)

148. Μία δυναμοηλεκτρικὴ γεννήτρια παρουσιάζει εἰς τοὺς πόλους τῆς διαφορὰν δυναμικοῦ 125 Volt καὶ ἔχει ἰσχὴν 10 kW . Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον δύναται νὰ χορηγήσῃ ἡ γεννήτρια.

(Ἀπ. 80 A .)

149. Δυναμοηλεκτρικὴ γεννήτρια λειτουργεῖ μὲ τὴν βοήθειαν κινητῆρος ἐσωτερικῆς καύσεως. Ἡ ἰσχύς τοῦ κινητῆρος εἶναι 8 Ch καὶ ἡ ὀλικὴ ἀπόδοσις 85% . α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἰσχύς τῆς δυναμοηλεκτρικῆς μηχανῆς, β) Ἐὰν ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τοὺς πόλους εἶναι 125 Βόλτ , νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον δύναται νὰ χορηγήσῃ ἡ γεννήτρια αὕτη.

(Ἀπ. 40 A .)

150. Μία ηλεκτρική στήλη έχει ηλεκτρεγερτική δύναμη 10 Volt, εσωτερική αντίσταση 3Ω και χορηγεί το ρεύμα της εις ένα καταναλωτήν αντίστασεως 5Ω . Να υπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ κύκλωμα. (Ἀπ. 1,25 A.)

151. Μία ηλεκτρική στήλη έχει ηλεκτρεγερτική δύναμη 4,5 Βόλτ. Ὄταν ἐνώσωμεν τοὺς δύο πόλους τῆς στήλης με ἕνα ἀγωγὸν σύρμα, ἀντιστάσεως $2,5 \Omega$, κυκλοφορεῖ ρεύμα ἐντάσεως 1,25 A. Να υπολογισθῇ ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τῆς στήλης. (Ἀπ. 1,1 Ω .)

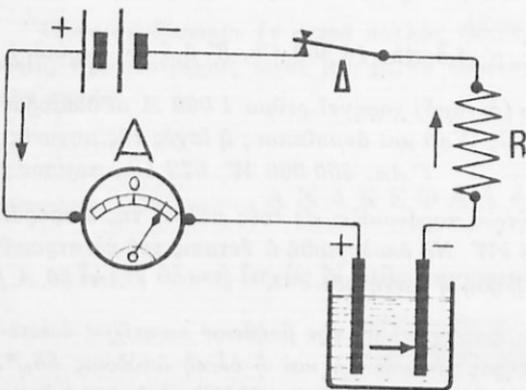
152. Οἱ δύο πόλοι μιᾶς ηλεκτρικῆς στήλης, ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως 1Ω , εἶναι ἠνωμένοι με ἕνα μεταλλικὸν καλώδιον ἀντιστάσεως 5Ω . Ἐνα ἀμπεροόμετρον, συνδεδεμένον ἐν σειρᾷ, δεικνύει 2 A. Να υπολογισθῇ ἡ ηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς στήλης. (Ἀπ. 12 V.)

153. Οἱ δύο πόλοι μιᾶς ηλεκτρικῆς στήλης εἶναι συνδεδεμένοι με ἕνα ἀγωγὸν ἀντιστάσεως 3Ω καὶ ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξύ των εἶναι 1,5 Volt. Ὄταν τὸ κύκλωμα εἶναι ἀνοικτόν, ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἶναι 2 Volt. Να υπολογισθῇ ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τῆς στήλης. (Ἀπ. 9 Ω .)

ΛΕ΄ — ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΑΙ

§ 178. Ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τῶν συσσωρευτῶν μολύβδου.

Πείραμα 1. Πραγματοποιούμεν τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 167. Τὸ βολτάμετρον περιέχει διάλυμα θειικοῦ ὀξέος, τὰ δὲ ηλεκτρόδια εἶναι μολύβδιναι πλάκες.

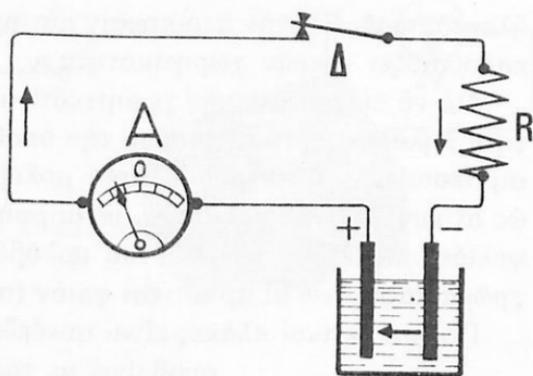


Σχ. 167. Τὸ βολτάμετρον διαρρέεται ἀπὸ ηλεκτρικὸν ρεύμα.

Ἐὰν κλείσωμεν τὸν διακόπτην, τότε ἡ ηλεκτρικὴ πηγὴ τροφοδοτεῖ τὸ κύκλωμα με ηλεκτρικὸν ρεύμα, ὃ δὲ δείκτης τοῦ ἀμπερομέτρου ἀποκλείνει πρὸς τὰ δεξιὰ.

Ἀφήνομεν ἐπ' ὀλίγον κλειστὸν τὸ κύκλωμα καὶ ἀκολουθῶς ἀνοίγομεν τὸν διακόπτην Δ, ὅποτε διακόπτεται ἡ παροχὴ τοῦ ρεύματος καὶ ὁ δείκτης τοῦ ἀμπερομέτρου ἐπανέρχεται εἰς τὸ μηδὲν τῆς κλίμακος.

Πείραμα 2. Ἀφαιροῦμεν τὴν ἠλεκτρικὴν πηγὴν τοῦ προηγουμένου κυκλώματος καὶ κλείομεν τὸν διακόπτην (σχ. 168). Παρατηροῦμεν τότε ὅτι ὁ δείκτης τοῦ ἀμπερομέτρου ἀποκλείνει πρὸς τὰ ἀριστερά, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον ἀποδεικνύει ὅτι ἓνα ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, μὲ ἀντίθετον φοράν ἀπὸ τὸ προηγούμενον, διαρρέει τὸ κύκλωμα. Αὐτὸ τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα παράγεται ἀπὸ τὸ βολτάμετρον, τὸ ὁποῖον ἔχει μεταβληθῆ εἰς ἠλεκτρικὴν πηγὴν.



Σχ. 168. Τὸ βολτάμετρον τροφοδοτεῖ τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα μὲ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα.

Ἐξήγησις τοῦ φαινομένου. α) Εἰς τὸ πρῶτον πείραμα συμβαίνει ἠλεκτρόλυσις τοῦ διαλύματος τοῦ θειϊκοῦ ὀξέος μὲ πολυπλόκους δευτερευούσας ἀντιδράσεις εἰς τὰ ἠλεκτρόδια. Δυνάμεθα ὁμῶς νὰ παρατηρήσωμεν τὸ φαιὸν χρῶμα, τὸ ὁποῖον ἀποκτᾷ ἡ ἀνόδος. Τὸ χρῶμα αὐτὸ ὀφείλεται εἰς τὸ ὀξειδίου τοῦ μολύβδου, τὸ ὁποῖον ἐπικάθεται ἐπ' αὐτῆς. Ἡ ἠλεκτρικὴ δηλαδὴ ἐνέργεια, ἣτις προσλαμβάνεται ἀπὸ τὸ βολτάμετρον, μετατρέπεται εἰς χημικὴν ἐνέργειαν.

β) Εἰς τὸ δεύτερον πείραμα συμβαίνουν εἰς τὸ βολτάμετρον δευτερεύουσαι χημικαὶ ἀντιδράσεις, ἀντίστροφοι ἀπὸ τὰς προηγουμένας καὶ τὸ φαιὸν χρῶμα τῆς ἀνόδου ἐξαφανίζεται βραδέως. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ χημικὴ ἐνέργεια ἡ ὁποία ἐκλύεται ὅσον διαρκοῦν αἱ χημικαὶ ἀντιδράσεις, μετατρέπεται εἰς ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

Τὸ φαινόμενον συνεπῶς ἐξελισσεται ὡς ἐάν εἶχε συσσωρευθῆ (ἀποθηκευθῆ) εἰς τὸ βολτάμετρον ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια, ἡ ὁποία ἀποδίδεται κατόπιν. Αὐτὸς εἶναι ὁ λόγος διὰ τὸν ὁποῖον αἱ γεννήτριαι αὐτοῦ τοῦ εἴδους ὀνομάζονται **συσσωρευταί**.

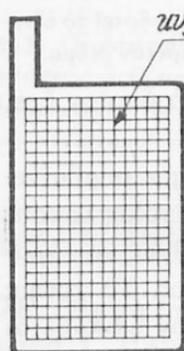
Τὰ δύο πειράματα, τὰ ὁποῖα περιεγράψαμεν, ἀντιστοιχοῦν εἰς τὴν *φόρτισιν* καὶ τὴν *ἐκφόρτισιν* τοῦ συσσωρευτοῦ.

§ 179. Περιγραφή ἐνὸς συνηθισμένου συσσωρευτοῦ. Τὸ βολτάμετρον μὲ τὰ μολύβδινα ἠλεκτρόδια, ἐκφορτίζεται πολὺ ταχέως. Αὐτὸ ὀφείλεται εἰς τὸ γεγονός ὅτι ἀποθηκεύει πολὺ μικρὰν ποσότητα

ήλεκτρισμού. Είς τήν περίπτωσιν αὐτήν λέγομεν ὅτι «ὁ συσσωρευτής παρουσιάζει μικράν χωρητικότητα».

Διὰ νά αὐξήσωμεν τήν χωρητικότητα τοῦ συσσωρευτοῦ, τήν ποσότητα δηλαδή τοῦ ἠλεκτρισμοῦ τήν ὁποίαν δύναται νά ἀποδώσῃ, χρησιμοποιοῦμεν ἠλεκτρόδια ἀπό μολυβδίνους πλάκας, ἐσκαμμένας ὡς αἱ κυψέλαι τῶν μελισσῶν, μέ μορφήν πλέγματος (σχ. 169). Αἱ κυψελίδες περιέχουν ὀξεῖδια τοῦ μολύβδου· αἱ θετικαί πλάκες ἔχουν χρῶμα καφέ, ἐνῶ αἱ ἀρνητικαί φαιόν (σταχτῶ) πρὸς τὸ κυανοῦν.

Πολλαί θετικαί πλάκες εἶναι συνδεδεμένα μεταξύ των καὶ τὸ αὐτὸ συμβαίνει μέ τὰς ἀρνητικὰς πλάκας (σχ. 169).

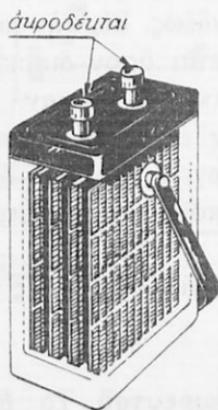


Τὸ σύστημα αὐτὸ τῶν θετικῶν καὶ ἀρνητικῶν πλακῶν τοποθετεῖται μέσα εἰς ἓνα δοχεῖον ἀπὸ μονωτικὸν ὑλικὸν (ὑάλος, ἐβονίτης, πλαστικαί ὑλαί, κλπ.) τὸ ὁποῖον περιέχει διάλυμα θεϊκοῦ ὀξέος (σχ. 170).

Διὰ νά ἀποφύγωμεν τὰ βραχυκυκλώματα τοποθετοῦμε μεταξύ τῶν θετικῶν καὶ ἀρνητικῶν πλακῶν, φύλλα ἀπὸ πορῶδες μονωτικὸν ὑλικὸν (ὑαλοβάμβαξ, πορῶδες ἐλαστικόν).

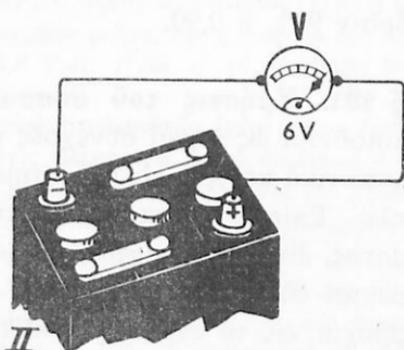
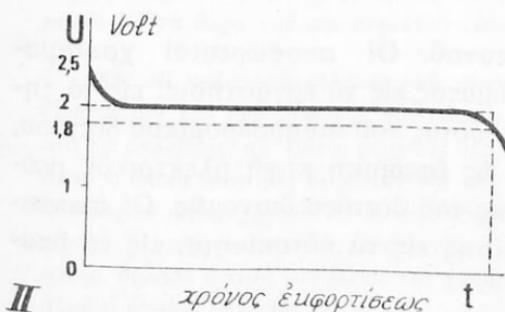
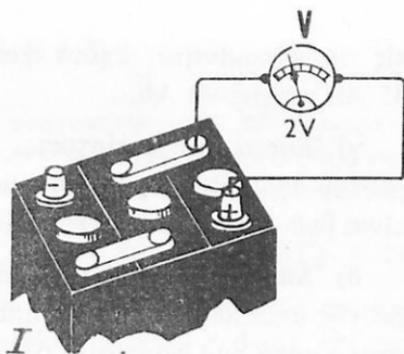
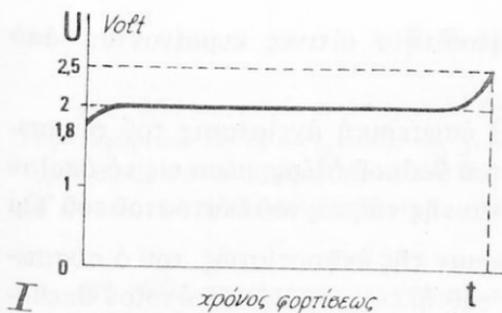
Σχ. 169. Πλάξ συσσωρευτοῦ

§ 180. Χαρακτηριστικὰ μεγέθη ἑνὸς συσσωρευτοῦ. α) Ἐκτετατικὴ δύναμις. Χρησιμοποιοῦντες ἓνα βολτόμετρο μετροῦμε τὴν ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν E ἑνὸς συσσωρευτοῦ μολύβδου καὶ τὴν εὐρίσκομεν περίπου ἴσην πρὸς 2 V. Ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ αὐτὴ δύναμις εἶναι ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὰς διαστάσεις καὶ τὸ σχῆμα τοῦ συσσωρευτοῦ.



Σχ. 170. Συσσωρευτής μολύβδου.

Ὅταν φορτίζεται ὁ συσσωρευτής, ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ του δύναμις αὐξάνεται προοδευτικῶς καὶ φθάνει τὰ 2,5 V περίπου (σχ. 171, I). Εὐθὺς ὡς ἀρχίση ἢ ἐκφόρτισις, ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις ὑφίσταται ἀπότομον πῶσιν 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) ενός συσσωρευτού.

Σχ. 172. (I). Μέτρησης της τάσεως εις τους άκροδέκτας ενός στοιχείου και (II) εις τους άκροδέκτας μιᾶς συστοιχίας τριῶν συσσωρευτῶν.

Εἰς τὸ τέλος τῆς ἐκφορτίσεως ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις πῖπτει ἀποτόμως κάτω ἀπὸ τὰ 2 V (σχ. 171, II).

Εἰς τὴν πρακτικὴν χρησιμοποιοῦμεν **συστοιχίας** συσσωρευτῶν, αἱ ὁποῖαι ἀποτελοῦνται συνήθως ἀπὸ τρία ἢ ἕξ στοιχεῖα συσσωρευτῶν, συνδεδεμένα ἐν σειρᾷ, ὅποτε ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς συστοιχίας ἀνέρχεται εἰς $3 \times 2 = 6\text{ V}$ ἢ $6 \times 2 = 12\text{ V}$ (σχ. 172). Τὰ τρία ἢ ἕξ αὐτὰ στοιχεῖα περιέχονται εἰς ἓνα κοινὸν δοχεῖον, τὸ ὁποῖον χωρίζεται εἰς δύο ἢ τρία διαμερίσματα.

β) Χωρητικότης. Ὡς χωρητικότης ἐνὸς συσσωρευτοῦ ὀρίζομεν τὴν ποσότητα τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, τὴν ὁποῖαν δύναται νὰ ἀποδώσῃ ὁ συσσωρευτὴς κατὰ τὴν ἐκφόρτισιν.

Ἡ χωρητικότης ἐνὸς συσσωρευτοῦ ἐκφράζεται συνήθως εἰς ἀμπερώρας (Ah).

Αἱ συστοιχεῖαι τῶν συσσωρευτῶν, οἱ ὁποῖοι χρησιμοποιοῦνται

εις τὰ αὐτοκίνητα, ἔχουν χωρητικότητα αἰτίνες κυμαίνονται ἀπὸ 45 Ah μέχρις 90 Ah.

γ) Ἐσωτερικὴ ἀντίσταση. Ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τοῦ συσσωρευτοῦ ὀφείλεται εἰς τὸ διάλυμα τοῦ θειικοῦ ὀξέος, μέσα εἰς τὸ ὁποῖον εἶναι βυθισμένοι αἱ πλάκες, καὶ εἶναι τῆς τάξεως τοῦ ἑκατοστοῦ τοῦ Ὠμ

δ) Ἀπόδοσις. Κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς ἐκφορτίσεώς του ὁ συσσωρευτὴς ἀποδίδει τὰ 90% περίπου τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, τὸν ὁποῖον ἀπεθήκευσε κατὰ τὴν φόρτισιν. Λέγομεν τότε ὅτι ὁ συσσωρευτὴς ἔχει ἀπόδοσιν 90% ἢ 0,90.

§ 181. Χρήσεις τοῦ συσσωρευτοῦ. Οἱ συσσωρευταὶ χρησιμοποιοῦνται ὡς πηγαὶ συνεχοῦς ρεύματος εἰς τὰ ἐργαστήρια, εἰς τὰ τηλεφωνικὰ κέντρα, εἰς τοὺς σηματοδότας τοῦ σιδηροδρομικοῦ δικτύου, κλπ. Ἐπίσης χρησιμοποιοῦνται ὡς ἐφεδρικὴ πηγὴ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, διὰ τὴν περίπτωσιν βλάβης τοῦ δικτύου διανομῆς. Οἱ συσσωρευταὶ εὐρίσκουν ἐφαρμογὴν ἐπίσης εἰς τὰ αὐτοκίνητα, εἰς τὰ ὑποβρύχια, εἰς τὰ ἀεροπλάνα κλπ.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Οἱ συσσωρευταὶ εἶναι πηγαὶ συνεχοῦς ρεύματος, αἱ ὁποῖαι μετατρέπουν χημικὴν ἐνέργειαν εἰς ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

2. Διὰ τὴν λειτουργίησιν ὁ συσσωρευτὴς πρέπει προηγουμένως νὰ φορτισθῇ. Ἡ φόρτισις συνίσταται εἰς τὴν μετατροπὴν τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας, τὴν ὁποίαν προσλαμβάνει ὁ συσσωρευτὴς, εἰς χημικὴν ἐνέργειαν. Κατὰ τὴν ἐκφόρτισιν συμβαίνει τὸ ἀντίθετον.

3. Ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἑνὸς συσσωρευτοῦ μολύβδου εἶναι περίπου 2 V. Εἰς τὴν πρακτικὴν συνδέομεν ἐν σειρᾷ δύο ἢ περισσότερα στοιχεῖα καὶ σχηματίζομεν συστοιχίας.

4. Ἡ χωρητικότης τῶν συσσωρευτῶν, ἢ ποσότης δηλαδὴ τοῦ ἠλεκτρισμοῦ τὸν ὁποῖον δύνανται νὰ ἀποδώσουν κατὰ τὴν ἐκφόρτισιν, μετρεῖται εἰς ἀμπερώρας.

5. Οἱ συσσωρευταὶ χρησιμοποιοῦνται ὡς πηγαὶ συνεχοῦς ρεύματος.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

154. Μία συστοιχία συσσωρευτῶν ἔχει χωρητικότητα 150 Ah. Περιορίζομεν τὴν ἐκφόρτισιν εἰς τὰ 80% αὐτῆς τῆς χωρητικότητος. α) Πόσῃν ποσότητι ἠλεκτρισμοῦ δυνάμεθα νὰ λάβωμεν. β) Ἐὰν ἡ διάρκεια τῆς ἐκφορτίσεως εἶναι 5 h νὰ εὐρεθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον ἀποδίδεται.

(Ἀπ. α' 432 000 Cb. β' 24 A)

155. Θέλομεν νὰ ἐπαναφορτίσωμεν μίαν συστοιχίαν συσσωρευτῶν χωρητικότητος 90 Ah, χρησιμοποιοῦντες ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 9 A. α) Ἐπὶ πόσας ὥρας θὰ πρέπει νὰ φορτίζεται ἡ συστοιχία. β) Νὰ εὐρεθῇ εἰς βατώρας (Wh) ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια, ἣτις παρέχεται ἀπὸ τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ἐὰν ἡ διαφορά τοῦ δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρας τοῦ συσσωρευτοῦ εἶναι 6,6 Volt. (Ἀπ. α' 10 h. β' 594 Wh.)

156. Αἱ μολύβδιναί πλάκες μᾶς συστοιχίας συσσωρευτῶν ἔχουν βάρους 100 kp. Φορτίζομεν τὸν συσσωρευτὴν χρησιμοποιοῦντες ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 0,5 A ἀνὰ kp μολύβδου. α) Ἐὰν ἡ φόρτισις διαρκῆ 12 h, νὰ εὐρεθῇ ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἢ ὁποία ἀπητήθη δι' αὐτὴν τὴν φόρτισιν. β) Κατόπιν ἐκφορτίζομεν αὐτὴν τὴν συστοιχίαν ἐντὸς χρόνου 10 h, ἀποδίδοντες ρεῦμα ἠλεκτρικὸν ἐντάσεως 50 A. Νὰ εὐρεθῇ ἡ χωρητικότης τῆς συστοιχίας. γ) Νὰ εὐρεθῇ ἡ ἀπόδοσις τῆς συστοιχίας αὐτῆς, δηλαδὴ ἡ τιμὴ τοῦ λόγου τῆς χωρητικότητος πρὸς τὴν ποσότητα τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ὃ ὁποῖος ἀπεδόθη.

(Ἀπ. α' 600 Ah. β' 500 Ah. γ' 83%.)

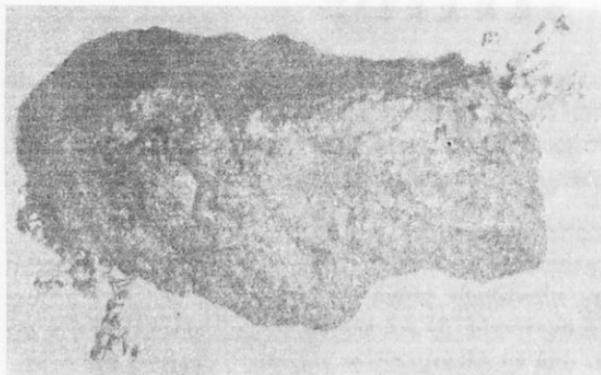
157. Ἡ συστοιχία τῶν συσσωρευτῶν (μπαταρία) ἐνὸς αὐτοκινήτου φέρει μίαν μικρὰν πλάκα ἐπάνω εἰς τὴν ὁποίαν ἀναγράφονται τὰ ἑξῆς: Χωρητικότης: 75 Ah. Κανονικὴ ἔντασις φορτίσεως: 7,5 A. Μεγίστη ἐπιτρεπομένη ἔντασις κατὰ τὴν φόρτισιν 12,5 A. Νὰ ὑπολογίσετε: α) Τὸν κανονικὸν χρόνον καθὼς καὶ τὸν ἐλάχιστον χρόνον φορτίσεως. β) Τὸν χρόνον ὃ ὁποῖος θὰ ἀπαιτηθῇ διὰ τὴν ἐκφόρτισιν, ἐὰν τὸ ρεῦμα ἐκφορτίσεως ἔχει ἔντασιν 1,5 A. γ) Τὴν χωρητικότητα εἰς Cb.

(Ἀπ. α' 10 h, 6 h. β' 50 h. γ' 270 000 Cb.)

ΑΣΤ'— ΜΑΓΝΗΤΑΙ. ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΠΥΞΙΣ

§ 182. Φυσικοὶ μαγνηταί. Ἀπὸ τὴν ἀρχαιότητα, πρὸ 2 500 περίπου ἐτῶν, ἦτο γνωστὸν ὅτι ἓνα ὄρισμένον ὄρυκτὸν τοῦ σιδήρου, ὃ μαγνητίτης (Fe_3O_4), ἔχει τὴν ιδιότητα νὰ ἔλκη ἀντικείμενα κατεσκευασμένα ἀπὸ σίδηρον, ὄχι ὅμως καὶ ἀπὸ ξύλον ἢ χαλκόν.

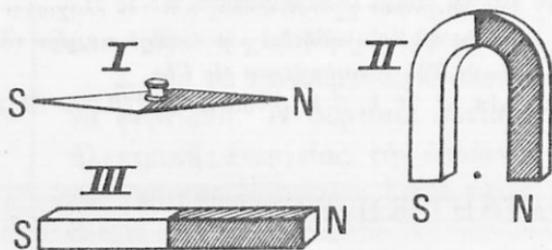
Πείραμα. Βυθίζομεν ἓνα τεμάχιον μαγνητίτου ἐντὸς ρινισμάτων σιδήρου. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι, ὅταν τὸ ἀνασύρωμεν, παραμένει ἐπ' αὐτοῦ προσκολλημένος ἓνας μεγάλος ἀριθμὸς ρινισμάτων (σχ. 173).



Σχ. 173. Ὁ μαγνητίτης ἔλκει τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου.



Σχ. 174. Εἰς τοὺς τεχνητοὺς μαγνήτας ἡ ἑλκτική δύναμις ἐντοπίζεται κυρίως εἰς τὰ ἄκρα.



Σχ. 175. Μορφαὶ τεχνητῶν μαγνητῶν.

Εἰς τοὺς τεχνητοὺς μαγνήτας ἡ ἑλκτικὴ ἰκανότης ἐντοπίζεται εἰς τὰ ἄκρα, τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται *πόλοι* τοῦ μαγνήτου. Οὕτω ἓνας τεχνητὸς μαγνήτης ἔχει δύο πόλους (σχ. 174).

Εἰς τοὺς τεχνητοὺς μαγνήτας δίδονται διάφορα σχήματα, ὅπως εἶναι ἡ μαγνητικὴ βελόνη, ὁ πεταλοειδῆς μαγνήτης καὶ ὁ ραβδοφόρος μαγνήτης (σχ. 175).

Αὕτῃ ἡ ἰδιότης τοῦ μαγνητίτου, νὰ ἔλκη τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου, ὀνομάζεται **μαγνητισμός**. Λέγομεν δὲ ὅτι ὁ μαγνητίτης εἶναι μαγνητισμένος καὶ ὅτι ἀποτελεῖ ἓνα φυσικὸν μαγνήτην.

Ἔστω τὰ σώματα τὰ ὁποῖα ἔλκονται ἀπὸ τὸν μαγνήτην ὀνομάζονται **μαγνητικὰ σώματα**. Ἔστω :

Ἔστω ὁ μαγνητίτης εἶναι ἓνα ὄρυκτόν, τὸ ὁποῖον ἔχει τὴν ἰκανότητα νὰ ἔλκη τὰ διάφορα σιδηρᾶ ἀντικείμενα.

§ 183. Τεχνητοὶ μαγνήται. Ἐὰν λάβωμεν μίαν ράβδον ἀπὸ χάλυβα καὶ τὴν προστρίψωμεν μὲ ἓνα φυσικὸν μαγνήτην, παρατηροῦμεν ὅτι μαγνητίζεται καὶ αὕτῃ καὶ γίνεται τεχνητὸς μαγνήτης.

Οί τεχνητοί μαγνήται είναι *μόνιμοι μαγνήται*, δυνάμεθα όμως να πραγματοποιήσωμεν και *παροδικούς* μαγνήτας, μαγνήτας δηλαδή, οίτινες, αφού μαγνητισθοῦν, αποβάλλουν μετ' ὀλίγον τὸν μαγνητισμὸν των. Οὕτως, ἂν λάβωμεν μίαν ράβδον ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον (ὄχι χάλυβα) καὶ τὴν προστρίψωμεν μετ' ἓνα φυσικὸν μαγνήτην, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι, ἐνῶ μαγνητίζεται, μετ' ὀλίγον ἀποβάλλει πάλιν τὸν μαγνητισμὸν της.

Σήμερον ἐκτὸς ἀπὸ τὸν χάλυβα, διὰ νὰ κατασκευάσουν ἰσχυροὺς μόνιμους μαγνήτας μετ' μικρὰν μᾶζαν, χρησιμοποιοῦν εἰδικὰ κράματα μετάλλων, ὅπως εἶναι τὸ κράμα Ἄλνικο (Alnico), ἀποτελούμενον ἀπὸ ἀλουμίνιον (Al, νικέλιον (Ni), κοβάλτιον (Co), καθὼς ἐπίσης καὶ ἀπὸ χαλκὸν καὶ σίδηρον.

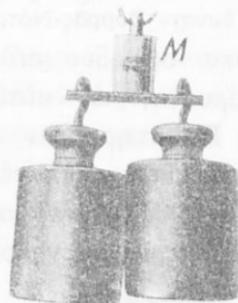
Τὸ σχῆμα 176 δεικνύει ἓνα τοιοῦτον μαγνήτην, ὁ ὁποῖος δύναται νὰ συγκρατήσῃ βάρους τεσσαρακονταπλάσιον τοῦ βάρους του.

Πείραμα. Κόπτομεν εἰς δύο τεμάχια μίαν μαγνητισμένην ράβδον ἀπὸ χάλυβα. Παρατηροῦμεν ὅτι τὰ δύο αὐτὰ τεμάχια, τὰ ὁποῖα προέκυψαν, ἐξακολουθοῦν νὰ εἶναι ἕκαστον μαγνήτης μετ' δύο πόλους. Ἐὰν ἐξακολουθήσωμεν τὸν τεμαχισμόν, εἰς ἕκαστον ἀπὸ τὰ τεμάχια, τὰ ὁποῖα θὰ προκύπτουν, θὰ ἔχωμεν πάλιν δύο μαγνητικὸς πόλους (σχ. 177).

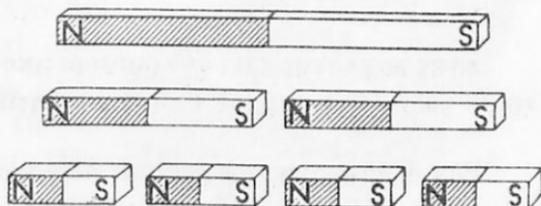
Δηλαδή:

Εἶναι ἀδύνατον νὰ ἀπομονώσωμεν ἓνα μαγνητικὸν πόλον. Οἷοσδήποτε μαγνήτης, ὅσον μικρὸς καὶ ἂν εἶναι, περιλαμβάνει πάντοτε δύο πόλους.

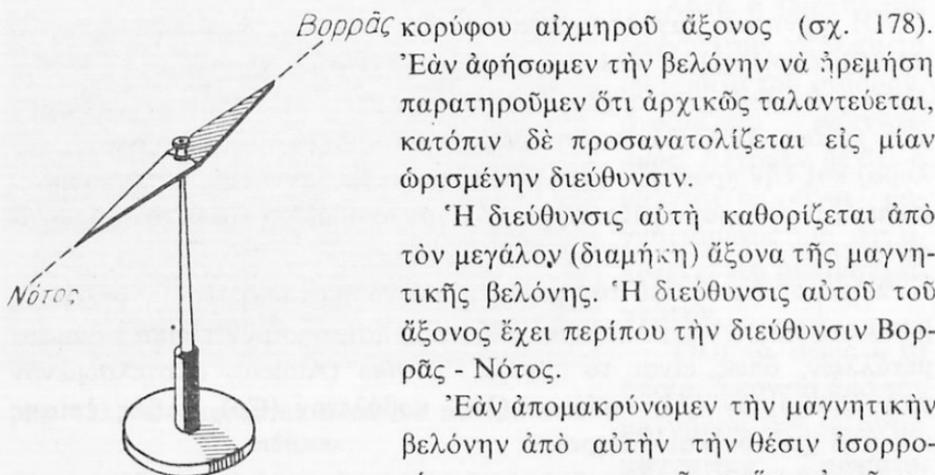
§ 184. Ἐπίδρασις τῆς Γῆς ἐπὶ τῆς μαγνητικῆς βελόνης. Πείραμα. Στηρίζομεν μίαν μαγνητικὴν βελόνην, μαγνήτην δηλαδή εἰς σχῆμα ἐπιμήκους ρόμβου, ἀπὸ τὸ κέντρον βάρους της ἐφ' ἑνὸς κατα-



Σχ. 176. Τεχνητὸς μαγνήτης Ἄλνικο. Συγκρατεῖ βάρους 40 πλάσιον τοῦ βάρους του



Σχ. 177. Ἐκαστον τεμάχιον, τὸ ὁποῖον προκύπτει ἀπὸ τὸν τεμαχισμόν μιᾶς μαγνητικῆς ράβδου, εἶναι τέλειος μαγνήτης.



Σχ. 178. Ἡ μαγνητικὴ βελόνη προσανατολίζεται κατὰ τὴν διεύθυνσιν Βορρᾶς-Νότος.

κορυφου αἰχμηροῦ ἄξονος (σχ. 178). Ἐὰν ἀφήσωμεν τὴν βελόνην νὰ ἡρεμήσῃ παρατηροῦμεν ὅτι ἀρχικῶς ταλαντεύεται, κατόπιν δὲ προσανατολίζεται εἰς μίαν ὀρισμένην διεύθυνσιν.

Ἡ διεύθυνσις αὐτὴ καθορίζεται ἀπὸ τὸν μεγάλον (διαμήκη) ἄξονα τῆς μαγνητικῆς βελόνης. Ἡ διεύθυνσις αὐτοῦ τοῦ ἄξονος ἔχει περίπου τὴν διεύθυνσιν Βορρᾶς - Νότος.

Ἐὰν ἀπομακρύνωμεν τὴν μαγνητικὴν βελόνην ἀπὸ αὐτὴν τὴν θέσιν ἰσορροπίας της, παρατηροῦμεν ὅτι, ἀφοῦ ταλαντευθῆ, ἐπανερχεται εἰς τὴν ἀρχικὴν θέσιν. Ἐπιχειροῦμεν τώρα νὰ ἀντιστρέψωμεν τοὺς δύο πόλους τῆς μαγνητικῆς βελόνης ἐπιτυχάνοντες ἰσορροπίαν. Δι' αὐτὸ τὴν περιστρέφομεν κατὰ 180° περὶ τὸν ἄξονά της. Παρατηροῦμεν ὅτι αὐτὸ εἶναι ἀδύνατον. Εὐθὺς ὡς τὴν ἀφήσωμεν ἐλευθέραν, ἐπανερχεται εἰς τὴν ἀρχικὴν της θέσιν οὕτως, ὥστε ὁ ἴδιος πάντοτε πόλος νὰ στρέφεται πρὸς τὸν Βορρᾶν.

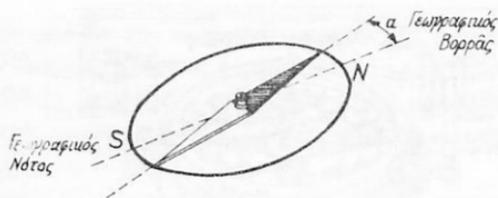
Συμπεραίνομεν λοιπὸν ὅτι οἱ δύο πόλοι τῆς μαγνητικῆς βελόνης δὲν εἶναι ὅμοιοι.

Δι' αὐτὸν τὸν λόγον ὀρίζομεν ὡς βόρειον μαγνητικὸν πόλον (καὶ σημειώνομεν μὲ τὸ γράμμα N, ἀπὸ τὴν λέξιν Nord=Βορρᾶς), τὸν πόλον ὃ ὁποῖος στρέφεται πρὸς τὸν γεωγραφικὸν Βορρᾶν, νότιον δὲ μαγνητικὸν πόλον τὸν πόλον τῆς βελόνης ὃ ὁποῖος στρέφεται πρὸς τὸν γεωγραφικὸν Νότον (καὶ σημειώνομεν μὲ τὸ γράμμα S, ἀπὸ τὴν λέξιν Sud Νότος). Ὡστε :

Ἐνας μαγνήτης ἔχει δύο διαφορετικοὺς πόλους : τὸν βόρειον μαγνητικὸν πόλον (N) καὶ τὸν νότιον μαγνητικὸν πόλον (S).

Ἐὰν ὁ μαγνήτης δύναται νὰ περιστραφῆ ἐλευθέρως εἰς τὸ ὀριζόντιον ἐπίπεδον, ὁ βόρειος μαγνητικὸς πόλος προσανατολίζεται πρὸς τὸν γεωγραφικὸν Βορρᾶν καὶ ὁ νότιος μαγνητικὸς πόλος πρὸς τὸν γεωγραφικὸν Νότον τῆς Γῆς.

§ 185. Διάκρισις μαγνητικῶν πόλων. Διὰ τὸν διακρίνωμεν μεταξὺ τῶν τοῦς δύο πόλους ἑνὸς μαγνήτου, χρωματίζομεν τὸν βόρειον μαγνητικὸν πόλον συνήθως μὲ ἐρυθρὸν χρῶμα ἢ ἀναγράφομεν ἐπ' αὐτοῦ τὸ γράμμα N.



Σχ. 179. Διὰ τὴν ἔννοιαν τῆς μαγνητικῆς ἀποκλίσεως.

§ 186. Μαγνητικὴ ἀπόκλι-

σις. Ἡ διεύθυνσις τὴν ὁποίαν ἔχει ἡ μαγνητικὴ βελὼνῃ εἰς ἓνα ὠρισμένον τόπον καθορίζει τὸν **μαγνητικὸν μεσημβρινὸν** τοῦ τόπου. Εἰς τὴν πραγματικότητα αὐτὴ ἡ διεύθυνσις διαφέρει ὀλίγον ἀπὸ τὴν γεωγραφικὴν διεύθυνσιν Βορρᾶ - Νότου (γεωγραφικὸς μεσημβρινός).

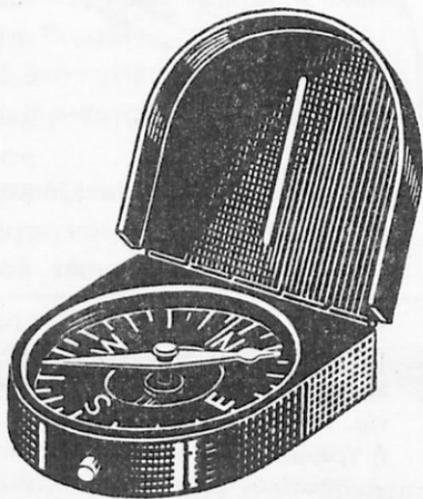
Αὗται αἱ δύο διευθύνσεις σχηματίζουν μεταξὺ τῶν μίαν γωνίαν, ἡ ὁποία ἀνομάζεται **ἀπόκλισις** (σχ. 179).

Ἐὰν ὁ βόρειον πόλος μιᾶς μαγνητικῆς βελὼνης εὐρίσκειται ἀριστερὰ ἀπὸ τὸν γεωγραφικὸν μεσημβρινόν, ἡ ἀπόκλισις ὀνομάζεται **δυτικὴ**. Εἰς τὴν ἀντίθετον περίπτωσιν ἡ ἀπόκλισις ὀνομάζεται **ανατολικὴ**.

Ἡ ἀπόκλισις δὲν παραμένει σταθερὰ εἰς ἓνας ὠρισμένον τόπον ἀλλὰ μεταβάλλεται ἀπὸ τοῦ ἑνὸς ἔτους εἰς τὸ ἄλλο.

Μαγνητικὴ ἀπόκλισις εἰς ἓνα τόπον ὀνομάζεται ἡ ὀξεία γωνία, ἡ ὁποία σχηματίζεται ἀπὸ τὰς διευθύνσεις τοῦ μαγνητικοῦ καὶ τοῦ γεωγραφικοῦ μεσημβρινοῦ τοῦ τόπου.

§ 187. Μαγνητικὴ πυξίς. Ἡ πυξίς ἀποτελεῖται ἀπὸ μίαν μαγνητικὴν βελὼνῃ, ἡ ὁποία στηρίζεται ἐπὶ ἑνὸς κατακορύφου αἰχμηροῦ ἄξονος. Τὸ ὅλον σύστημα εὐρίσκειται μέσα εἰς ἓνα προστατευτικὸν περίβλημα (σχ. 180). Μία κατάλληλος διάταξις ἐπιτρέπει νὰ ἀκίνητοποιοῦμεν τὴν μαγνητικὴν βελὼνῃ.



Σχ. 180. Συνήθης μαγνητικὴ πυξίς.



Σχ. 181. Ναυτική πυξίς με εξάρτησιν Καρντάνο.

εἰς τὴν ἀεροπορίαν, διαφέρουν ἀπὸ τὰς κοινὰς πυξίδας. Ἡ διαφορὰ εἶναι ὅτι τὸ κιβώτιον τὸ ὁποῖον τὰς περιέχει, στηρίζεται κατὰ ἕναν εἰδικὸν τρόπον (σύστημα Καρντάνο, Cardano), μετὴν βοήθειαν τοῦ ὁποῖου ἡ μαγνητικὴ βελὼνη παραμένει πάντοτε ὀριζοντία, παρ' ὅλους τοὺς κλυδωνισμοὺς τοῦ σκάφους (σχ. 181).

Ἡ μαγνητικὴ βελὼνη εἶναι προσηρμοσμένη οὕτως, ὥστε νὰ ἀποτελῇ διάμετρον ἑνὸς γωνιομετρικοῦ κύκλου, ἐπάνω εἰς τὸν ὁποῖον ἔχουν σημειωθῆ τὰ κύρια καὶ τὰ δευτερεύοντα σημεῖα τοῦ ὀριζοντος.

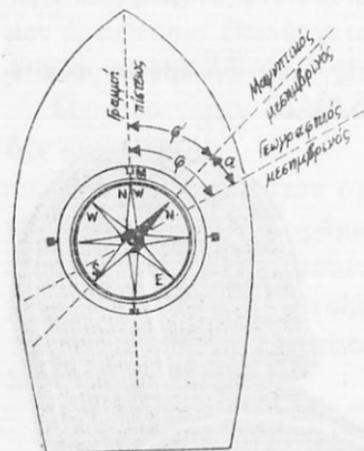
Ὁ γωνιομετρικὸς αὐτὸς κύκλος ὀνομάζεται **ἀνεμολόγιον**.

Τὰ τέσσαρα κύρια σημεῖα καθορίζονται ἀπὸ τὰ γράμματα N (Βορρᾶς), E (Ἀνατολή), S (Νότος), W (Δύσις). Αἱ ἐνδιάμεσοι ἐνδείξεις σημειώνονται μετὰ ἀκόλουθα ζεύγη γραμμάτων: NE (Βορειοανατολικῶς), SE (Νοτιοανατολικῶς), SW (Νοτιοδυτικῶς) καὶ NW (Βορειοδυτικῶς).

Ἐπὶ τῆς θήκης τῆς πυξίδος χαράσσεται μία γραμμὴ, ἡ ὁποία συμπίπτει μετὰ τὸν διαμήκη ἄξονα τοῦ πλοίου καὶ ἡ ὁποία ὀνομάζεται *γραμμὴ πίστεως*.

Ὅταν τὸ πλοῖον στρέφεται, στρέφεται ἐπίσης καὶ ἡ γραμμὴ πίστεως μετ' αὐτοῦ, ἀλλὰ ἡ βελὼνη καὶ τὸ ἀνεμολόγιον παραμένουν πάντοτε εἰς τὴν ἴδιαν θέσιν.

Διὰ νὰ χαράξωμεν τὴν πορείαν ἑνὸς πλοίου,



Σχ. 182. Καθορισμὸς τῆς πορείας τοῦ πλοίου. Ἡ γωνία, τὴν ὁποίαν σχηματίζει ἡ γραμμὴ πίστεως μετὰ τὸν γεωγραφικὸν μεσημβρινόν, διορθώνεται συμφώνως πρὸς τὴν ἀπόκλισιν.

καθορίζομεν πρώτον εἰς τὸν ναυτικὸν χάρτην τὴν γωνίαν φ μεταξύ γεωγραφικοῦ μεσημβρινοῦ καὶ τῆς διευθύνσεως τὴν ὁποίαν πρόκειται νὰ ἀκολουθήσῃ τὸ πλοῖον. Ἡ γωνία αὕτη διορθώνεται ὅταν ληφθῇ ὑπ' ὄψιν ἡ ἀπόκλισις α καὶ οὕτω καθορίζεται μία νέα γωνία φ', ἡ ὁποία σχηματίζεται ἀπὸ τὸν μαγνητικὸν μεσημβρινὸν καὶ τὴν γραμμὴν πίστεως τοῦ πλοίου.

Ἀκολουθῶς μὲ τὸ πηδάλιον στρέφεται τὸ πλοῖον μέχρις ὅτου ἡ γραμμὴ πίστεως σχηματίσῃ, μὲ τὸν Βορρᾶν τοῦ ἀνεμολογίου τῆς πυξίδος, τὴν ὑπολογισθεῖσαν γωνίαν φ', ἡ ὁποία μένει πλέον σταθερὰ καὶ ρυθμίζει τὴν πορείαν τοῦ σκάφους (σχ. 182).

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Ὁ μαγνήτης παρουσιάζει τὴν ιδιότητα νὰ ἔλκῃ τὰ σιδηρᾶ καὶ τὰ χαλύβδινα ἀντικείμενα.

2. Οἱ μόνιμοι τεχνητοὶ μαγνήται εἶναι κατεσκευασμένοι ἀπὸ χάλυβα ἢ διάφορα κράματα, ὅπως εἶναι τὸ κράμα Ἄλνικο.

3. Τὰ ρινίσματα σιδήρου προσκολλῶνται εἰς τὰ ἄκρα ἑνὸς μόνιμου μαγνήτου. Αὐτὰ τὰ δύο ἄκρα ὀνομάζονται μαγνητικοὶ πόλοι.

4. Ὁ μαγνήτης ἔχει δύο διαφορετικοὺς πόλους: α) Τὸν βόρειον μαγνητικὸν πόλον, καὶ β) τὸν νότιον μαγνητικὸν πόλον. Ἐὰν ὁ μαγνήτης εἶναι ἐλεύθερος νὰ περιστραφῇ εἰς τὸ ὀριζόντιον ἐπίπεδον, βόρειος μαγνητικὸς πόλος εἶναι ἐκεῖνος ὁ ὁποῖος διεύθυνεται πρὸς τὸν γεωγραφικὸν Βορρᾶν.

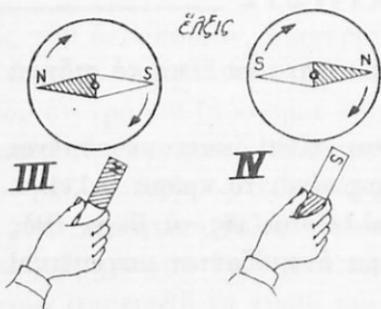
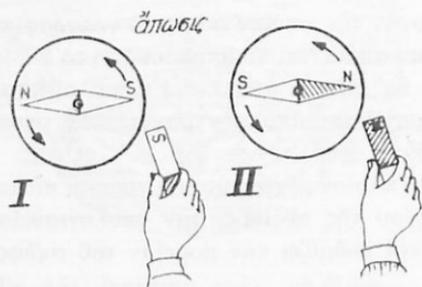
5. Ἡ πυξίς εἶναι βασικῶς μία μαγνητικὴ βελόνη, στρεπτὴ περὶ κατακόρυφον ἄξονα, ἡ ὁποία προσανατολίζεται κατὰ τὴν διεύθυνσιν Βορρᾶς - Νότος.

6. Ἀπόκλισις εἰς ἓνα τόπον ὀνομάζεται ἡ γωνία; ἣτις σχηματίζεται ἀπὸ τὰς διευθύνσεις τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ καὶ τοῦ γεωγραφικοῦ μεσημβρινοῦ τοῦ τόπου.

ΑΖ' — ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΙΣ ΤΩΝ ΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΟΛΩΝ

ΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΦΑΣΜΑΤΑ

§ 188. Ἀμοιβαία ἐπενέργεια μαγνητικῶν πόλων. Πείραμα. Πλησιάζομεν τὸν νότιον μαγνητικὸν πόλον ἑνὸς μαγνήτου εἰς τὸν νότιον πόλον μιᾶς μαγνητικῆς βελόνης. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι ὁ



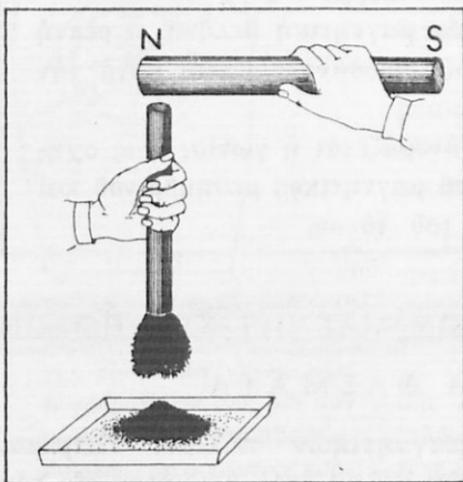
Σχ. 183. Οἱ ὁμώνυμοι μαγνητικοὶ πόλοι ἀπωθοῦνται καὶ οἱ ἑτερόνυμοι ἔλκονται.

νότιος πόλος τῆς μαγνητικῆς βελόνης ἀπωθεῖται καὶ ἡ βελόνη στρέφεται ἀποτόμως (σχ. 183, I). Ἀκριβῶς τὸ ἴδιον ἀποτέλεσμα παρατηρεῖται καὶ ἐὰν πλησιάσωμεν τὸ βόρειον μαγνητικὸν πόλον τοῦ μαγνήτου εἰς τὸν βόρειον πόλον τῆς μαγνητικῆς βελόνης (σχ. 183, II).

Ἐὰν ἀντιθέτως πλησιάσωμεν τὸν βόρειον μαγνητικὸν πόλον τοῦ μαγνήτου εἰς τὸν νότιον πόλον τῆς μαγνητικῆς βελόνης, ἐμφανίζεται ἔλξις μεταξύ των. Ἐλξις ἐμφανίζεται ἐπίσης καὶ ἐὰν πλησιάσωμεν τὸν νότιον πόλον τοῦ μαγνήτου εἰς τὸν βόρειον πόλον τῆς μαγνητικῆς βελόνης (σχ. 183, III).

Ἀπὸ τὸ πείραμα αὐτὸ συμπεραίνομεν συνεπῶς ὅτι :

Οἱ ὁμώνυμοι μαγνητικοὶ πόλοι ἀπωθοῦνται, ἐνῶ οἱ ἑτερόνυμοι μαγνητικοὶ πόλοι ἔλκονται.



Σχ. 184. Μαγνήτισις ἐξ ἐπιδράσεως.

§ 189. Μαγνήτισις ἐξ ἐπιδράσεως. Πείραμα. Ὅταν ἓνα τεμάχιον μαλακοῦ σιδήρου τοποθετηθῆ πολὺ πλησίον εἰς ἓνα μαγνήτην, τότε μολονότι τὸ τεμάχιον τοῦ μαλακοῦ σιδήρου δὲν ἐφάπτεται εἰς τὸν μαγνήτην, ἀποκτᾶ ἐν τούτοις τὴν ἰκανότητα νὰ ἔλκη τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου (σχ. 184). Δηλαδή ὁ μαλακὸς σίδηρος μετεβλήθη καὶ αὐτὸς εἰς μαγνήτην.

Δυνάμεθα νὰ διαπιστώσωμεν μὲ μίαν μαγνητικὴν βελόνην, ὅτι τὸ

ἄκρον τοῦ μαλακοῦ σιδήρου, τὸ ὁποῖον εὑρίσκεται ἔναντι τοῦ βορείου μαγνητικοῦ πόλου τοῦ μαγνήτου, ἔγινε νότιος μαγνητικὸς πόλος, ἐνῶ τὸ ἄλλον του ἄκρον βόρειος μαγνητικὸς πόλος. Αὐτὴ ἡ μαγνήτισις, τὴν ὁποίαν ἀπέκτησεν ὁ μαλακὸς σίδηρος, εὐθὺς ὡς εὐρέθη πλησίον ἑνὸς μονίμου μαγνήτου, ὀνομάζεται **μαγνήτισις ἐξ ἐπιδράσεως ἢ μαγνήτισις ἐξ ἐπαγωγῆς**.

Αὐτὸ τὸ φαινόμενον μᾶς ἐπιτρέπει νὰ ἐξηγήσωμεν τοὺς θυσάνους ἀπὸ ρινίσματα σιδήρου, οἱ ὁποῖοι σχηματίζονται εἰς τοὺς πόλους τοῦ μαγνήτου. Τὰ τεμαχίδια δηλαδὴ τῶν ρινισμάτων γίνονται μικροὶ μαγνήται ἐξ ἐπιδράσεως καὶ ἔλκονται ἀμοιβαίως.

Ἀπομακρύνομεν κατόπιν τὸν μόνιμον μαγνήτην ἀπὸ τὸ τεμάχιον τοῦ μαλακοῦ σιδήρου. Παρατηροῦμεν ὅτι τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου καταπίπτουν. Δηλαδὴ ὁ μαλακὸς σίδηρος ἔχασε τὴν μαγνήτισίν του. Συμπεραίνομεν ἐπομένως ὅτι :

Ἡ μαγνήτισις ἐξ ἐπιδράσεως τοῦ μαλακοῦ σιδήρου εἶναι πρόσκαιρος.

Ἐπαναλαμβάνομεν τὸ ἴδιον πείραμα χρησιμοποιοῦντες ἕνα τεμάχιον χάλυβος. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι καὶ αὐτὸς μαγνητίζεται, ὅταν πλησιάσωμεν τὸν μόνιμον μαγνήτην· ἐὰν ὅμως ἀπομακρύνωμεν τὸν μόνιμον μαγνήτην, ὁ χάλυψ δὲν ἀποβάλλει τὴν μαγνήτισίν του καὶ ἐξακολουθεῖ νὰ συγκρατῇ τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου. Δηλαδὴ ἡ μαγνήτισις τοῦ χάλυβος εἶναι **μόνιμος**.

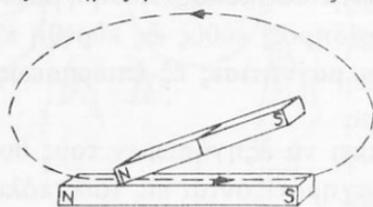
Οὕτως ἐξηγεῖται ὁ λόγος διὰ τὸν ὁποῖον οἱ τεχνητοὶ μαγνήται κατασκευάζονται ἀπὸ χάλυβα. Ὡστε :

Ἡ μαγνήτισις ἐξ ἐπιδράσεως τοῦ χάλυβος εἶναι μόνιμος.

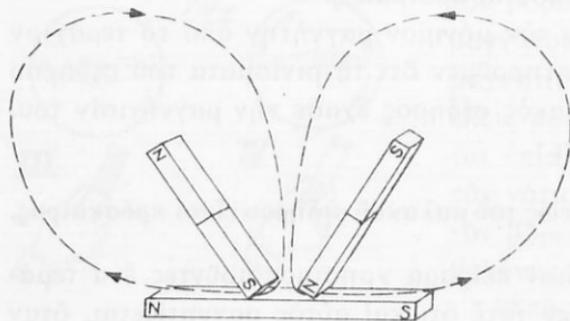
§ 190. Στοιχειώδεις τρόποι μαγνητίσεως. α) Μαγνήτισις δι' ἀπλῆς ἐπαφῆς. Κατὰ τὴν μέθοδον αὐτὴν εἰς τὴν ράβδον ἣτις πρόκειται νὰ μαγνητισθῇ, ἐφάπτομεν μὲ κλίσιν τὸν βόρειον πόλον ἑνὸς μαγνήτου (σχ. 185, I). Κατόπιν μετακινούμεν προστρέβοντες τὸν μαγνήτην, ὅπως δεικνύει ἡ ἐστιγμένη γραμμὴ, δηλαδὴ ὅπως ὅταν κτενιζώμεθα, καὶ οὕτως ἡ χάλυβδίνη ράβδος γίνεται καὶ αὐτὴ μαγνήτης.

β) Μαγνήτισις διὰ διπλῆς ἐπαφῆς. Χρησιμοποιοῦμεν μὲ τὴν μέθοδον αὐτὴν δύο μονίμους μαγνήτας, τοὺς ὁποίους τοποθετοῦμεν ἐπάνω εἰς τὴν ράβδον, τὴν ὁποίαν θὰ μαγνητίσωμεν, καὶ μετατοπίζομεν τοὺς μαγνήτας πολλάς φορές, ὅπως δεικνύει τὸ σχ. 185, II, ἀκολουθοῦντες τὰς ἐστιγμένας γραμμὰς.

γ) **Μαγνήτις ἐξ ἐπιδράσεως.** Ὅπως ἀναφέρομεν ἀνωτέρω, ἐάν μία ράβδος ἀπὸ μαλακὸν σιδήρον τοποθετηθῆ πλησίον ἐνὸς ἰσχυροῦ μονίμου μαγνήτου, ὁ μαλακὸς σιδηρὸς γίνεται καὶ αὐτὸς παροδικὸς μαγνήτης.

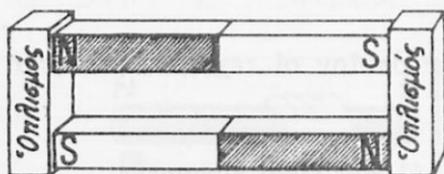


I

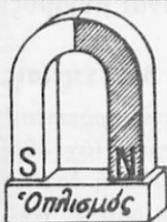


II

Σχ. 185. Μαγνήτις με προστριβὴν ἐνὸς μαγνήτου (I) καὶ δύο μαγνητῶν (II).



I



II

Σχ. 186. Τρόπος διατηρήσεως μαγνητῶν.

Ἐάν φέρωμεν μίαν μαγνητικὴν βελόνην πλησίον ἐνὸς μονίμου μαγνήτου, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ βελὼν ἄποκλίνει. Ἄλλωστε ἐάν εἰς

δ) **Μαγνήτις δι' ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.** Ἰσχυροὺς μαγνήτας κατασκευάζομεν με τοποθέτησιν χαλυβδίνων ράβδων ἐντὸς πηνίων, τὰ ὁποῖα διαρρέονται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ὅπως θὰ μελετήσωμεν εἰς ἐπόμενα κεφάλαια.

§ 191. Διατήρησις τῶν μαγνητῶν. Εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ μαλακοῦ σιδήρου, ἡ ἐξαφάνισις τῶν μαγνητικῶν πόλων γίνεται εἰς χρονικὸν διάστημα κλάσματος τοῦ δευτερολέπτου, ἐνῶ δι' ὀρισμένους χάλυβας, ἡ ἐξαφάνισις τῶν πόλων γίνεται εἰς χρονικὸν διάστημα πολλῶν ἐτῶν.

Διὰ τὴν παρεμποδίσωμεν τὴν ἀπομαγνήτισιν μονίμων μαγνητῶν, τοὺς διατάσσομεν ὅπως δεικνύεται εἰς τὸ σχ. 186, κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε οἱ ἑτερόνυμοι μαγνητικοὶ πόλοι νὰ εὐρίσκωνται ὁ ἓνας ἐναντι τοῦ ἄλλου, τοποθετοῦντες ἐν ἐπαφῇ πρὸς τοὺς πόλους τεμάχια μαλακοῦ σιδήρου, τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται ὀπλισμοὶ (σχ. 186).

§ 192. Μαγνητικὸν πεδίου ἐνὸς μαγνήτου. Ἐκαστος μαγνήτης ἀσκεῖ τὴν ἐπίδρασιν του εἰς ἓνα ἀρκετὰ μεγάλον τμήμα τοῦ χώρου ὃ ὁποῖος τὸν περιβάλλει.

τὸν μαγνήτην πλησιάσωμεν ρινίσματα σιδήρου παρατηροῦμεν ὅτι αὐτὰ ἔλκονται.

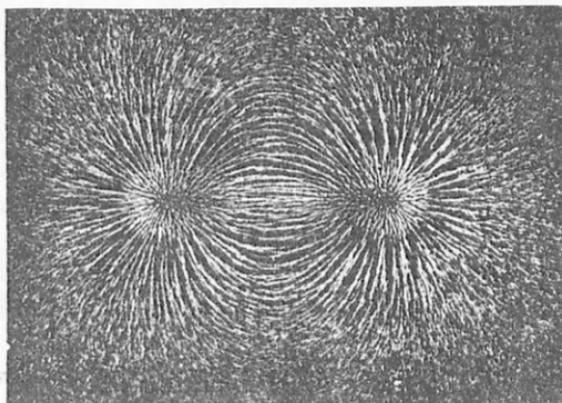
Συμπεραίνομεν λοιπὸν ὅτι εἰς τὸν γειτονικὸν τοῦ μαγνήτου χῶρον, παρουσιάζονται μαγνητικαὶ δυνάμεις.

Ὅνομάζομεν μαγνητικὸν πεδίων τὴν περιοχὴν τοῦ χώρου, ἐντὸς τῆς ὁποίας ἐκδηλώνονται μαγνητικαὶ δυνάμεις.

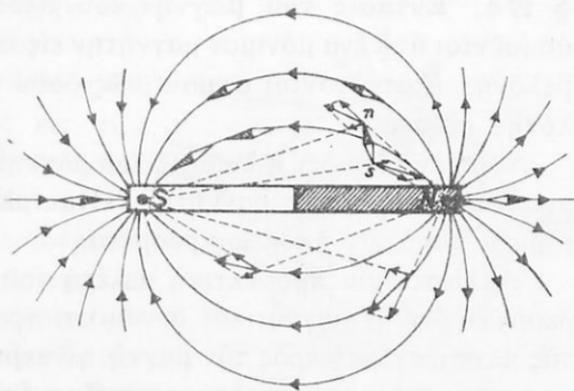
§ 193. Μαγνητικὸν φάσμα ἐνὸς εὐθυγράμμου μαγνήτου.

Εἰς ἓνα τεμάχιον χαρτονίου διασπείρομεν ρινίσματα σιδήρου. Διατηροῦμεν τὸ χαρτόνιον ὀριζόντιον καὶ τοποθετοῦμεν κάτωθεν αὐτοῦ ἓνα ραβδόμορφον μαγνήτην. Τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου τότε διατάσσονται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε νὰ σχηματίζουν καμπύλας γραμμὰς με ἀρχὴν καὶ τέλος τοὺς δύο πόλους τοῦ μαγνήτου (σχ. 187). Αὐταὶ αἱ καμπύλαι γραμμαὶ ὀνομάζονται **μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαὶ**. Τὸ σύνολον δὲ αὐτῶν τῶν γραμμῶν ὀνομάζεται **μαγνητικὸν φάσμα** τοῦ μαγνήτου.

Ἐὰν λάβωμεν μίαν μικρὰν μαγνητικὴν βελόνην καὶ τὴν μετακινήσωμεν κατὰ μῆκος



Σχ. 187. Μαγνητικὸν φάσμα ραβδόμορφου μαγνήτου.



Σχ. 188. Ἡ μαγνητικὴ βελόνη παραμένει συνεχῶς ἐφαπτομένη κατὰ μῆκος μίᾳς δυναμικῆς μαγνητικῆς γραμμῆς.

μιᾶς μαγνητικῆς δυναμικῆς γραμμῆς, παρατηροῦμεν ὅτι ὁ διαμήκης ἄξων τῆς βελόνης παραμένει συνεχῶς ἐφαπτόμενος εἰς τὴν δυναμικὴν γραμμὴν (σχ. 188). Δυνάμεθα ἐπομένως νὰ εἴπωμεν ὅτι :

Μαγνητικὴ δυναμικὴ γραμμὴ εἶναι ἡ γραμμὴ ἐκείνη εἰς ἕκαστον σημεῖον τῆς ὁποίας ἐφάπτεται ὁ διαμήκης ἄξων τῆς μαγνητικῆς βελόνης.

Ἐὰς θεωρήσωμεν τώρα ὅτι ὁ βόρειος πόλος τῆς μαγνητικῆς βελόνης δύναται νὰ μετακινηθῆ ἑλευθέρως. Θὰ παρατηρήσωμεν τότε ὅτι ἀπωθεῖται ἀπὸ τὸν βόρειον μαγνητικὸν πόλον τοῦ μονίμου μαγνήτου, ἐνῶ συγχρόνως ἔλκεται ἀπὸ τὸν νότιον μαγνητικὸν πόλον του, ἀκολουθῶν τὴν δυναμικὴν γραμμὴν μὲ φοράν ἀπὸ τὸν Βορρᾶν (N) πρὸς τὸν Νότον (S). Οὕτω λέγομεν ὅτι ἡ φορά αὐτῆ εἶναι ἡ φορά κατὰ τὴν ὁποίαν διαγράφεται ἡ δυναμικὴ μαγνητικὴ γραμμὴ. Ὡστε :

Αἱ μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαὶ ἐξέρχονται ἀπὸ τὸν Βόρειον μαγνητικὸν πόλον καὶ εἰσέρχονται εἰς τὸν Νότιον πόλον τοῦ ραβδομόρφου μαγνήτους.

Ἡ διεύθυνσις καὶ ἡ φορά τῶν δυναμικῶν γραμμῶν καθορίζουν τὴν διεύθυνσιν καὶ τὴν φοράν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς ἕκαστον σημεῖον τοῦ χώρου.

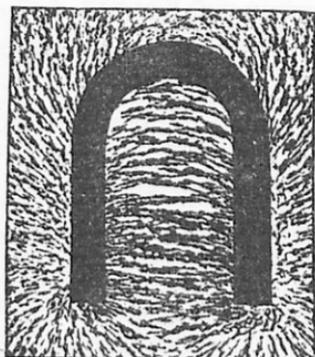
§ 194. Ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Αἱ δυνάμεις, αἵτινες ἀσκοῦνται ἀπὸ ἓνα μόνιμον μαγνήτην εἰς τοὺς πόλους μιᾶς μαγνητικῆς βελόνης, ἐλαττώνονται σημαντικῶς ὅσον ἡ ἀπόστασις μαγνήτου - βελόνης αὐξάνεται.

Λέγομεν τότε ὅτι ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ ὁποῖον δημιουργεῖται ἀπὸ τὸν μαγνήτην, εἶναι μεγαλυτέρα εἰς πλησιέστερα σημεῖα παρὰ εἰς ἀπομακρυσμένα.

Ἄλλωστε μία προσεκτικὴ μελέτη τοῦ μαγνητικοῦ φάσματος μᾶς δεικνύει ὅτι αἱ μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι πυκνότεραι εἰς τὰς πλησιέστερας πρὸς τὸν μαγνήτην περιοχὰς παρὰ εἰς τὰ ἀπομακρυσμένας. Αὐτὴ ἡ παρατήρησις εἶναι γενικὴ καὶ μᾶς ὀδηγεῖ εἰς τὸ ἀκόλουθον συμπέρασμα :

Τὸ μαγνητικὸν πεδῖον εἰς ἓνα ὀρισμένον σημεῖον ἔχει τόσον με-

γαλυτέραν έντασιν, ὅσον πυκνότεραι εἶναι αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἰς τὴν περιοχὴν αὐτοῦ τοῦ σημείου.



Σχ. 189. Φάσμα πεταλοειδοῦς μαγνήτου.

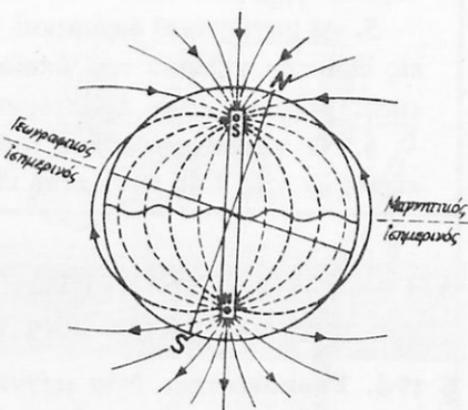
Ἐὰς θεωρήσωμεν τὸ μαγνητικὸν φάσμα ἐνὸς πεταλοειδοῦς μαγνήτου (σχ. 189). Αἱ μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἰς τὸν χώρον ὁ ὁποῖος παρεμβάλλεται μεταξύ τῶν δύο πόλων τοῦ μαγνήτου, εἶναι εὐθεῖαι παράλληλοι καὶ ἰσαπέχουσαι. Λέγομεν τότε ὅτι εἰς αὐτὴν τὴν περιοχὴν τὸ μαγνητικὸν πεδίον εἶναι ὁμογενές ἢ ἀλλέως ὅτι ἡ έντασίς του εἶναι σταθερά. Ὡστε :

Ἐνα μαγνητικὸν πεδίον εἶναι ὁμογενές, ὅταν εἰς ἕκαστον σημεῖον του ἡ έντασίς του διατηρῆται σταθερά.

§ 195. Μαγνητικὸν πεδίον τῆς γῆς. Καθὼς γνωρίζομεν, ἐὰν ἀφήσωμεν μίαν μαγνητικὴν βελόνην νὰ ἰσορροπήσῃ, ὁ διαμήκης ἄξων της θὰ προσανατολισθῇ, πάντοτε, ἀκολουθῶν τὴν διεύθυνσιν Βορρᾶς - Νότος. Ἐφ' ὅσον πλησίον τῆς μαγνητικῆς βελόνης δὲν ὑπάρχει κανεὶς ἄλλος μαγνήτης, συμπεραίνομεν ὅτι διὰ τὴν νὰ προσανατολιζέται αὐτή, θὰ ὑπάρχῃ εἰς τὴν περιοχὴν τῆς Γῆς ἕνα μαγνητικὸν πεδίον.

Αὐτὸ τὸ μαγνητικὸν πεδίον, τὸ ὁποῖον ὑπάρχει μόνιμως εἰς τὴν περιοχὴν τῆς Γῆς, ὀνομάζεται γῆϊνον μαγνητικὸν πεδίον.

Δηλαδή, ἡ Γῆ συμπεριφέρεται ὡς ἕνας τεράστιος μαγνήτης, οἱ μαγνητικοὶ πόλοι τοῦ ὁποῖου εὐρίσκονται πλησίον τῶν πολικῶν περιοχῶν της (σχ. 190). Ὁ ἕνας ἀπὸ τοὺς μαγνητικοὺς πόλους τῆς Γῆς εὐρίσκεται πλησίον τοῦ βορείου γεωγραφικοῦ πόλου, εἰς τὸ βόρειον



Σχ. 190. Τὸ γῆϊνον μαγνητικὸν πεδίον. Ἡ Γῆ συμπεριφέρεται ὡς τεράστιος μαγνήτης.

τμήμα τοῦ Καναδά, ἐνῶ ὁ ἄλλος μαγνητικὸς πόλος τῆς Γῆς εὐρίσκεται πλησίον τοῦ νοτίου γεωγραφικοῦ πόλου, εἰς τὴν Γῆν τῆς Βικτώριας.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Μεταξὺ δύο πόλων δύο διαφορετικῶν μαγνητῶν, ἀσκεῖται ἑλκτικὴ δύναμις ἢ ἀπωστικὴ δύναμις, ἐὰν οἱ πόλοι εἶναι ἑτερόνυμοι ἢ ὁμώνυμοι. Δηλαδή, δύο ὁμώνυμοι μαγνητικοὶ πόλοι ἀπωθοῦνται ἐνῶ δύο ἑτερόνυμοι ἔλκονται.

2. Ὄταν μία ράβδος μαλακοῦ σιδήρου τοποθετῆται πλησίον ἐνὸς μονίμου μαγνήτου, μαγνητίζεται ἐξ ἐπιδράσεως. Ἡ μαγνήτισις τοῦ μαλακοῦ σιδήρου εἶναι πρόσκαιρος. Κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον μία ράβδος ἀπὸ χάλυβα, ὅταν τοποθετηθῆ πλησίον ἐνὸς μονίμου μαγνήτου, μαγνητίζεται. Ἡ μαγνήτισις ὅμως τοῦ χάλυβος εἶναι μόνιμος.

3. Μαγνητικὸν πεδίων ὀνομάζομεν τὴν περιοχὴν τοῦ χώρου εἰς τὴν ὁποίαν ἐμφανίζονται μαγνητικαὶ δυνάμεις.

4. Τὸ μαγνητικὸν φάσμα ἐνὸς μαγνήτου σχηματίζεται ἂν διασπείρωμεν ρινίσματα σιδήρου ἐπὶ ἐνὸς τεμαχίου χαρτονίου ἢ ὑάλου, κάτω ἀπὸ τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται ὁ μαγνήτης. Τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου διατάσσονται κατὰ μῆκος ὀρισμένων καμπυλῶν ἢ εὐθειῶν γραμμῶν, αἱ ὁποῖαι ὀνομάζονται μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαί.

5. Αἱ μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι αἱ γραμμαὶ ἐκεῖναι, εἰς ἕκαστον σημεῖον τῶν ὁποίων ὁ διαμήκης ἄξων τῆς μαγνητικῆς βελόνης εἶναι ἐφαπτόμενος.

6. Ὁ προσανατολισμὸς μιᾶς μαγνητικῆς βελόνης εἰς τὴν περιοχὴν τῆς Γῆς ὀφείλεται εἰς τὸ γήινον μαγνητικὸν πεδίων.

ΔΗ΄—ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΟΥ ΑΓΩΓΟΥ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ ΣΩΛΗΝΟΕΙΔΟΥΣ

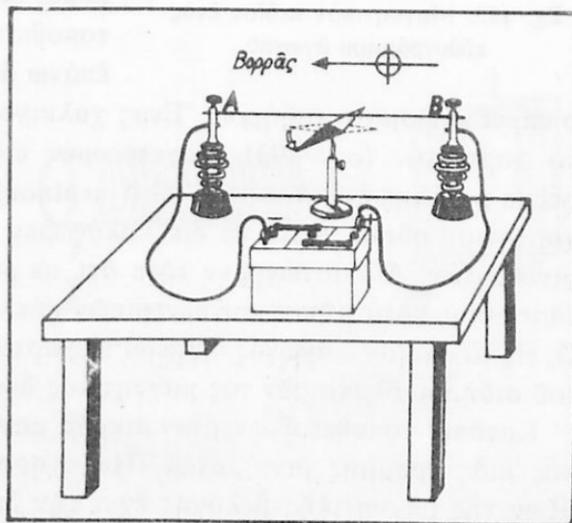
§ 196. Γενικότητες. Μία μαγνητικὴ βελόνη ἢ ὁποία τοποθετεῖται πλησίον ἐνὸς εὐθυγράμμου ἀγωγοῦ, ὁ ὁποῖος διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἀποκλίνει. Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐπομένως δημιουργεῖ μαγνητικὸν πεδίων γύρω ἀπὸ τοὺς ἀγωγούς τοὺς ὁποῖους διαρρέει.

§ 197. α) Εὐθύγραμμος ἄγωγος. Πείραμα τοῦ Ἔρστετ (Oersted). Λαμβάνομεν μίαν μαγνητικὴν βελόνην καὶ τὴν ἀφήνομεν νὰ ἰσορροπήσῃ. Καθὼς παρατηροῦμεν, ἡρεμεῖ εἰς τὴν θέσιν διὰ τὴν ὁποίαν ὁ διαμήκης ἄξων τῆς ἔχει τὴν διεύθυνσιν Βορρᾶς - Νότος. Κατόπιν τοποθετοῦμεν ἐπάνω ἀπὸ τὴν μαγνητικὴν βελόνην ἓνα εὐθύγραμμον ἄγωγόν AB, παράλληλον πρὸς τὸν διαμήκη ἄξονά τῆς, καὶ διαβιάζομεν εἰς τὸν ἄγωγόν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ μαγνητικὴ βελὸνὴ ἀποκλίνει κατὰ μίαν ὄρισμένην γωνίαν (σχ. 191).

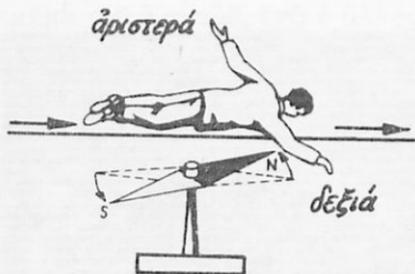
Ἐὰν αὐξήσωμεν κατόπιν τὴν ἔντασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸν ἄγωγόν, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἀπόκλισις τῆς βελόνῆς αὐξάνεται καὶ ὅταν ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος αὐξηθῇ ἀκόμη περισσότερο, ἡ ἀπόκλισις πλησιάζει τὰς 90° , δηλαδή ἡ βελὸνὴ τείνει νὰ διαταχθῇ καθέτως πρὸς τὸν ἄγωγόν.



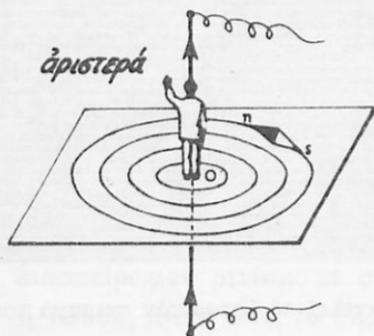
Ὁ Ἔρστετ ἐκτελεῖ τὸ ἱστορικὸν πείραμά του.



Σχ. 191. Πείραμα τοῦ Ἔρστετ. Ὅταν διέλθῃ ρεῦμα, ἡ μαγνητικὴ βελὸνὴ ἀποκλίνει.



Σχ. 192. Κανών του παρατηρητού του Ἀμπέρ.



Σχ. 193. Μαγνητικόν πεδίου ενός εὐθύγραμμου ἀγωγού.

σπείρει ρινίσματα σιδήρου. Ἐνας χάλκινος ἀγωγὸς διαπερᾶ καθέτως τὸ χαρτόνιον (σχ. 193) Διοχετεύομεν εἰς τὸν ἀγωγὸν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα μεγάλης ἐντάσεως (6 - 10 A περίπου) καὶ κτυπῶμεν ἐλαφρῶς τὸ χαρτόνιον οὕτως, ὥστε νὰ διευκολύνωμεν τὸν προσανατολισμὸν τῶν ρινισμάτων. Διαπιστώνομεν τότε ὅτι τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου διατάσσονται κατὰ μῆκος συγκεντρικῶν κύκλων μὲ κέντρον τὸ σημεῖον O, εἰς τὸ ὁποῖον ὁ ἀγωγὸς διαπερᾶ τὸ χαρτόνιον. Τὰ ρινίσματα δηλαδὴ τοῦ σιδήρου ὑλοποιοῦν τὰς μαγνητικὰς δυναμικὰς γραμμὰς.

Κατόπιν τοποθετοῦμεν μίαν μικρὰν μαγνητικὴν βελόνην κατὰ μῆκος μιᾶς γραμμῆς ρινισμάτων. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι ὁ διαμήκης ἄξων τῆς μαγνητικῆς βελόνης ἔχει τὴν διεύθυνσιν τῆς ἐφαπτομένης εἰς τὴν γραμμὴν τῶν ρινισμάτων. Ὁ βόρειος πόλος τῆς μαγνητικῆς βελόνης μᾶς δίδει τὴν φοράν τῶν μαγνητικῶν δυναμικῶν γραμμῶν.

Ἄν ἀλλάξωμεν τὴν φοράν τοῦ ρεύματος, μεταβάλλεται καὶ ἡ διεύθυνσις ἀποκλίσεως τῆς μαγνητικῆς βελόνης.

§ 198. Κανὼν τοῦ Ἀμπέρ. Ἡ φορά τῆς ἀποκλίσεως εὐρίσκεται μὲ τὸν ἀκόλουθον κανόνα τοῦ Ἀμπέρ:

Ὁ βόρειος πόλος (N) μιᾶς μαγνητικῆς βελόνης ἀποκλίνει πρὸς τὰ ἀριστερὰ τοῦ παρατηρητοῦ, ὁ ὁποῖος εἶναι τοποθετημένος ἐπὶ τοῦ ἀγωγού, εἰς τρόπον ὥστε τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα νὰ τὸν διαρρέῃ ἀπὸ τοὺς πόδας πρὸς τὴν κεφαλὴν (σχ. 192).

§ 199. Μελέτη τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ παραγομένου περὶ ἓνα εὐθύγραμμον ἀγωγόν. Πείραμα. Λαμβάνομεν ἓνα χαρτόνιον, τοποθετημένον ὀριζοντίως εἰς τὴν ἐπάνω ὀψιν τοῦ ὁποῖου ἔχομεν δια-

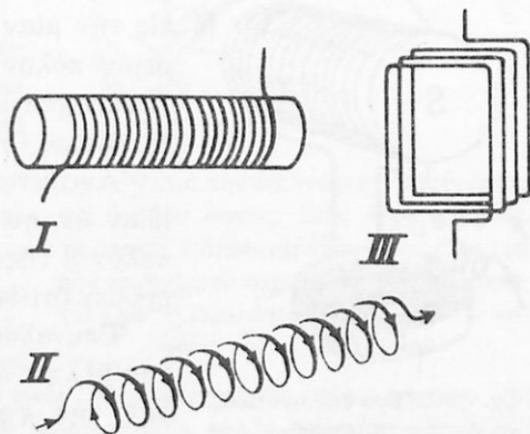
Ἐὰν χρησιμοποιήσωμεν τὸν κανόνα τοῦ Ἀμπέρ, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἀριστερὰ χεὶρ τοῦ παρατηρητοῦ μᾶς δίδει τὴν φοράν, κατὰ τὴν ὁποίαν διαγράφονται αἱ μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαὶ. Ἐὰν ἀλλάξωμεν τὴν φοράν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ διεύθυνσις τῆς μαγνητικῆς βελόνης παραμένει ἡ ἴδια, ἡ φορά τῆς ὁμως ἀντιστρέφεται. Ὡστε :

Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ ὁποῖον διαρρέει ἓνα εὐθύγραμμον ἄγωγόν, δημιουργεῖ περὶ αὐτὸν μαγνητικὸν πεδῖον, τὸ ὁποῖον εἶναι κάθετον ἐπὶ τὸν ἄγωγόν. Αἱ μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι συγκεντρικοὶ κύκλοι. Ἡ φορά κατὰ τὴν ὁποίαν διαγράφονται ἀντιστρέφεται ὅταν τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἀλλάξῃ φοράν.

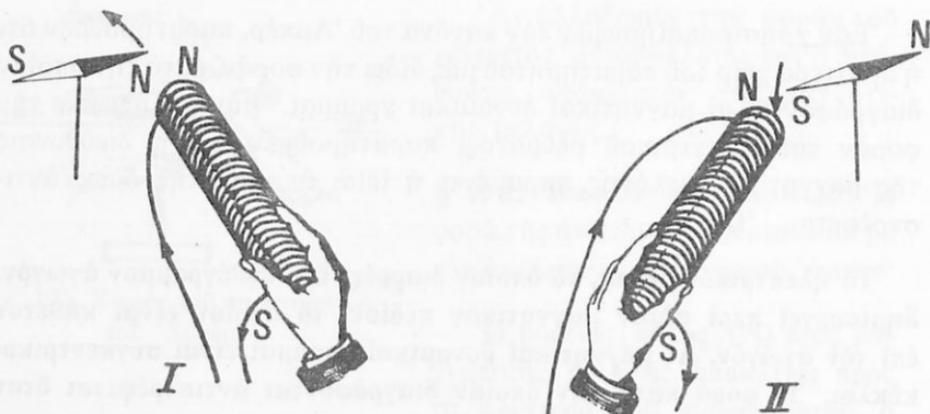
§ 200. Σωληνοειδές. Τὸ σωληνοειδές εἶναι μία εἰδικὴ μορφή ἄγωγου, ὁ ὁποῖος κατασκευάζεται ἐὰν περιελίξωμεν ἑλικοειδῶς μὲ ἄγωγόν σύρμα τὴν ἐπιφάνειαν ἑνὸς κυλίνδρου (σχ. 194, I) Ἐὰν τὸ σύρμα παρουσιάξῃ ἀρκετὴν ἀκαμψίαν, μετὰ ἀπὸ τὴν περιέλιξιν δυνάμεθα νὰ ἀπομακρύνωμεν τὸν κύλινδρον. Ἐὰν τὸ ἄγωγόν σύρμα εἶναι γυμνόν, αἱ σπείραι δὲν πρέπει νὰ ἐφάπτωνται, διότι θὰ δημιουργηθῇ βραχυκύκλωμα (σχ. 194, II) καὶ τὸ σωληνοειδές θὰ καταστραφῇ ὅταν διέλθῃ ρεῦμα.

Διὰ νὰ ἐξοικονομήσωμεν χῶρον καὶ διὰ μεγαλύτεραν ἀσφάλειαν, κατὰ τὴν κατασκευὴν ἑνὸς σωληνοειδοῦς, χρησιμοποιοῦμεν μονωμένον σύρμα. Τότε πλέον δυνάμεθα νὰ περιελίξωμεν διαδοχικῶς τὸ σύρμα εἰς ἀλλεπαλλήλους στρώσεις.

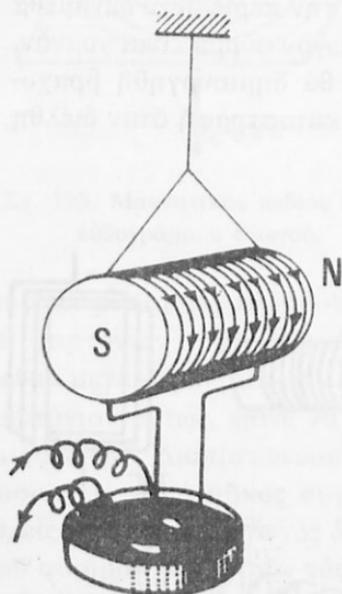
Τὸ μήκος ἑνὸς σωληνοειδοῦς εἶναι μέγανον ἐν σχέσει πρὸς τὴν διάμετρον τοῦ κυλίνδρου, εἰς τὸν ὁποῖον περιελίσσεται τὸ ἄγωγόν σύρμα. Ἀντι-



Σχ. 194. Σωληνοειδές : (I) μὲ πυρήνα καὶ (II) χωρὶς πυρήνα. (III) Πλαίσιον.



Σχ. 195. Τὸ σωληνοειδές, τὸ ὁποῖον διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα, παρουσιάζει νότιον καὶ βόρειον πόλον εἰς τὰ ἅκρα του.



Σχ. 196. Ἐνα σωληνοειδές, τὸ ὁποῖον διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα, προσανατολίζεται εἰς τὸ μαγνητικὸν πεδίου τῆς Γῆς.

θέτως ἓνα ἐπίπεδον πλαίσιον ἔχει πολὺ μικρὸν μῆκος. Ἡ διατομὴ τοῦ ἐπιπέδου πλαισίου εἶναι συνήθως τετραγωνικὴ (σχ. 194, III).

Πείραμα. Διοχετεύομεν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς ἓνα σωληνοειδές καὶ πλησιάζομεν εἰς τὴν μίαν ἀπὸ τὰς ἅκρας του τὸν βόρειον πόλον N μιᾶς μαγνητικῆς βελόνης. Παρατηροῦμεν τότε ἢ ὅτι βελὸνὴ ἀπωθεῖται βιαίως (σχ. 195, I).

Ἀντιθέτως ἐὰν πλησιάσωμεν εἰς τὴν ἴδιαν 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 :

Ἐνα σωληνοειδές, ὅταν διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, συμπεριφέρεται ὡς ἕνας ραβδόμορφος μαγνήτης.

Πείραμα. Ἐξαρτῶμεν ἕνα σωληνοειδές δι' ἑνὸς μεταξωτοῦ νήματος. Τὰ δύο ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ σύρματος ἐφάπτονται ἐλεφρῶς εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ὑδραργύρου, ὃ ὁποῖος εὐρίσκεται ἐντὸς δύο συγκεντρικῶν αὐλακίων (σχ. 196). Κλείομεν τὸν διακόπτην καὶ παρατηροῦμεν ὅτι τὸ σωληνοειδές περιστρέφεται περὶ τὸ νήμα καὶ σταθεροποιεῖται εἰς τὴν διεύθυνσιν Βορρᾶς - Νότος.

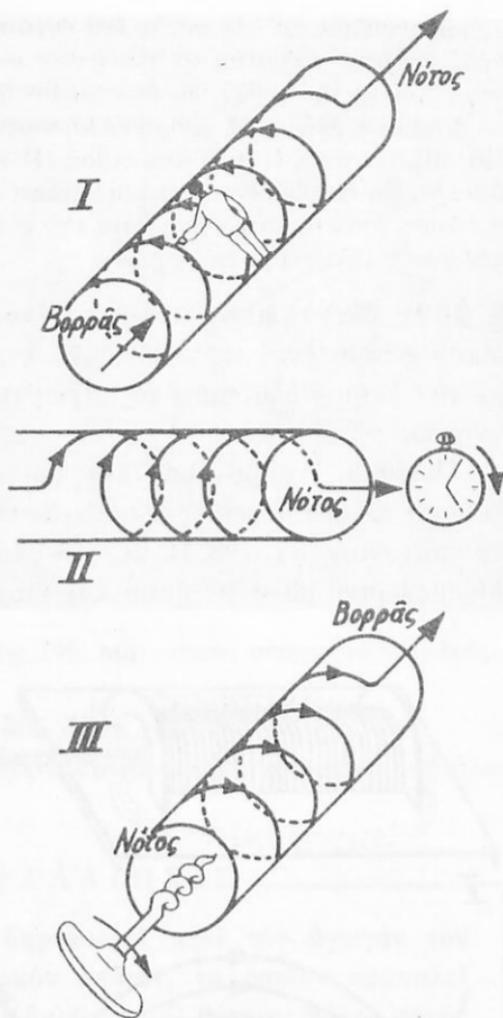
Ἐὰν τώρα ἀναστρέψωμεν τὴν φορὰν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, παρατηροῦμεν ὅτι τὸ σωληνοειδές στρέφεται κατὰ γωνίαν 180°.

Ἔστω

Τὸ σωληνοειδές προσανατολίζεται ὅπως καὶ οἱ μαγνήται ἐντὸς τοῦ γῆινου μαγνητικοῦ πεδίου.

§ 201. Ἀναγνώρισις τοῦ βορείου καὶ τοῦ νοτίου πόλου ἑνὸς σωληνοειδοῦς. Ὁ καθορισμὸς τῶν πόλων ἑνὸς σωληνοειδοῦς δύναται νὰ γίνῃ μὲ τὸν κανόνα τοῦ Ἀμπέρ. Ὁ παρατηρητὴς πρέπει νὰ εἶναι ἐξαπλωμένος εἰς μίαν σπείραν καὶ νὰ βλέπῃ πρὸς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ σωληνοειδοῦς, τὸ δὲ ρεῦμα νὰ εἰσέρχεται ἀπὸ τοὺς πόδας του καὶ νὰ ἐξέρχεται ἀπὸ τὴν κεφαλὴν του (σχ. 197, I). Τότε ὁ βόρειος πόλος εὐρίσκεται ἀριστερὰ του.

Ἐπίσης διὰ τὸν καθορισμὸν τοῦ βορείου καὶ νοτίου πόλου τοῦ σωληνοειδοῦς



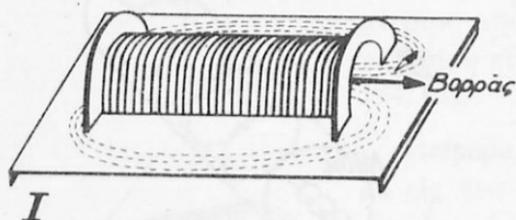
Σχ. 197. Διὰ τὴν ἀναγνώρισιν τῆς βορείου καὶ νοτίου ὄψεως ἑνὸς σωληνοειδοῦς, τὸ ὁποῖον διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα : (I) μὲ τὸν κανόνα τοῦ παρατηρητοῦ τοῦ Ἀμπέρ (II) μὲ τὸ ὥρολόγιον, (III) μὲ τὸν κανόνα τοῦ ἐκπωματιστοῦ.

χρησιμοποιείται πολλές φορές ένα ώρολόγιον. Ὁ νότιος πόλος εἶναι ὁ πόλος πρὸς τὸν ὁποῖον κινεῖται τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ὅταν τὸ βλέπωμεν νὰ ἔχη φορὰν τὴν αὐτὴν μὲ τὴν φορὰν τῶν δεικτῶν τοῦ ὠρολογίου (σχ. 197, II).

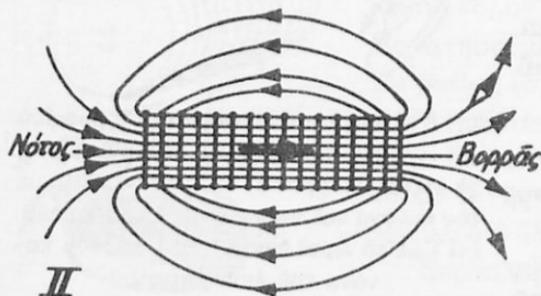
Δυνάμεθα ἀκόμη νὰ χρησιμοποιήσωμεν τὸν κανόνα τοῦ ἐκπωματιστοῦ (σχ. 193, III), ὁ ὁποῖος εἶναι ὁ ἀκόλουθος. Ἡ νοτία ὄψις ἐνὸς σωληνοειδοῦς εἶναι ἡ ὄψις ἐκείνη ἐμπροσθεν τῆς ὁποίας πρέπει νὰ τοποθετήσωμεν ἓνα ἐκπωματιστὴν, ὁ ὁποῖος, ὅταν περιστρέφεται κατὰ τὴν φορὰν τοῦ ρεύματος, νὰ κοχλιοῦται κατὰ τὴν φορὰν τῶν δυναμικῶν γραμμῶν.

§ 202. Μαγνητικὸν φάσμα ἐνὸς σωληνοειδοῦς. Τὸ μαγνητικὸν φάσμα ἐνὸς σωληνοειδοῦς λαμβάνεται κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον μὲ τὸν ὁποῖον ἐλάβομεν τὸ μαγνητικὸν φάσμα τοῦ ραβδοφόρου μαγνήτου.

Πείραμα. Λαμβάνομεν ἓνα τεμάχιον χαρτονίου καὶ κατασκευάζομεν ἓνα σωληνοειδὲς οὕτως, ὥστε αἱ σπείραι του νὰ διαπερνοῦν τὸ χαρτόνιον (σχ. 198, I). Εἰς τὴν ἐπάνω ὄψιν τοῦ χαρτονίου διασκορπίζομεν ρινίσματα σιδήρου καὶ διοχετεύομεν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς



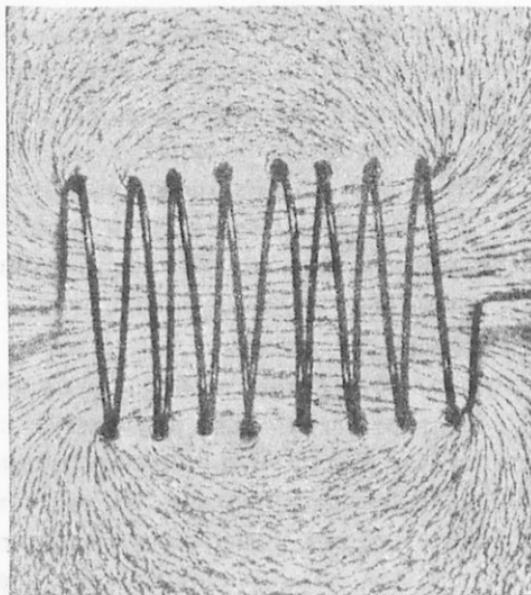
τὸ σωληνοειδὲς. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου διατάσσονται κατὰ μῆκος ὀρισμένων γραμμῶν, αἱ ὁποῖαι ὁμοιάζουν μὲ τὰς μαγνητικὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ ραβδοφόρου μαγνήτου.



Αἱ μαγνητικαὶ δηλαδὴ δυναμικαὶ γραμμαὶ ἐξέρχονται ἀπὸ τὴν βορείαν ὄψιν, κατόπιν καμπυλώνονται καὶ εἰσέρχονται εἰς τὴν νοτίαν ὄψιν τοῦ σωληνοειδοῦς. Εἶναι κλεισταὶ γραμμαὶ καὶ εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ σωληνοειδοῦς γίνονται εὐθεῖαι παράλληλοι μεταξύ των, μὲ φορὰν ἀπὸ τὸν νότιον πρὸς τὸν βορειον πόλον (σχ. 198, II καὶ 199).

Σχ. 198. Ἡ μικρὰ μαγνητικὴ βελόνη δεικνύει τὴν φορὰν τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν (I). Δυναμικαὶ μαγνητικαὶ γραμμαὶ εἰς τὸν ἔξω καὶ εἰς τὸν μέσα χῶρον ἐνὸς σωληνοειδοῦς (II).

Ἐὰν τώρα μετακινήσωμεν μίαν μικράν μαγνητικὴν βελόνην εἰς τὸ μαγνητικὸν πεδίον ἑνὸς σωληνοειδοῦς, διαπιστώνομεν ὅτι ὁ διαμήκης ἄξων αὐτῆς λαμβάνει πάντοτε τὴν διεύθυνσιν τῆς ἐφαπτομένης τῶν δυναμικῶν γραμμῶν. Εἰς τὸ ἐσωτερικὸν δὲ τοῦ σωληνοειδοῦς ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἔχει διεύθυνσιν παράλληλον πρὸς τὸν ἄξονά του.



Ὡστε :

Ἐνα σωληνοειδές, τὸ ὁποῖόν διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, συμπεριφέρεται ὡς μαγνήτης μὲ πόλους τὰ δύο ἄκρα του.

Σχ. 199. Μαγνητικὸν φάσμα σωληνοειδοῦς.

Ἡ πολικότης τοῦ σωληνοειδοῦς ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φορὰν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα δημιουργεῖ περὶ τὸν ἀγωγὸν τὸν ὁποῖον διαρρέει, ἓνα μαγνητικὸν πεδίον, τὸ ὁποῖον προκαλεῖ ἀπόκλισιν εἰς μίαν μαγνητικὴν βελόνην. Ὁ βόρειος πόλος αὐτῆς τῆς μαγνητικῆς βελόνης ἀποκλίνει πρὸς τὰ ἀριστερὰ ἑνὸς παρατηρητοῦ, ὁ ὁποῖος εἶναι ἐξαπλωμένος ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ καὶ βλέπει τὴν μαγνητικὴν βελόνην κάτω ἀπὸ τὸν ἀγωγόν, ἐνῶ τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα εἰσέρχεται ἀπὸ τοὺς πόδας καὶ ἐξέρχεται ἀπὸ τὴν κεφαλὴν του (κανὼν τοῦ Ἄμπερ).

2. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ ὁποῖον διαρρέει ἓνα εὐθύγραμμον ἀγωγόν, δημιουργεῖ περὶ αὐτὸν μαγνητικὸν πεδίον, κάθετον ἐπὶ τὸν ἀγωγόν. Αἱ μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι συγκεντρικοὶ κύκλοι. Ἡ φορὰ κατὰ τὴν ὁποίαν διαγράφονται, ὀρίζεται ἀπὸ τὸν παρατηρητὴν τοῦ Ἄμπερ. Συγκεκριμένως δὲ ὅταν ὁ

παρατηρητής τοῦ Ἀμπέρ παρακολουθῆ ἓνα σημεῖον, ἡ δυναμικὴ γραμμὴ ἢ ὁποία διέρχεται ἀπὸ αὐτὸ τὸ σημεῖον ἔχει φορὰν πρὸς τὰ ἄριστερά τοῦ παρατηρητοῦ.

Αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ ἀλλάζουν φορὰν ὅταν ἀναστρέψωμεν τὴν φορὰν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

3. Τὸ σωληνοειδές, ὅταν διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, συμπεριφέρεται ὡς μαγνήτης. Ἐμφανίζει μίαν βορείαν καὶ μίαν νοτίαν ὄψιν καὶ προσανατολίζεται κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου.

4. Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ ὁποῖον διαρρέει ἓνα σωληνοειδές, δημιουργεῖ περὶ αὐτὸ μαγνητικὸν πεδίου, τὸ ὁποῖον ὅταν ὑλοποιῆται δίδει ἓνα μαγνητικὸν φάσμα ὅμοιον μὲ τὸ φάσμα τῶν ραβδομόρφων μαγνητῶν. Ἡ πολικότης τοῦ σωληνοειδοῦς ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φορὰν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

5. Διὰ νὰ καθορίσωμεν τὴν βορείαν καὶ νότιον ὄψιν ἑνὸς σωληνοειδοῦς, χρησιμοποιοῦμεν συνήθως τὸν κανόνα τοῦ Ἀμπέρ.

Α Η' — Η Λ Ε Κ Τ Ρ Ο Μ Α Γ Ν Η Τ Α Ι

§ 203. Γενικότητες. Ἀρχὴ τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου. Εἰς προηγούμενα μαθήματα εἶχομεν ἀναφέρει ὅτι, ὅταν ἓνα τεμάχιον μαλακοῦ σιδήρου τοποθετηθῆ εἰς τὸ μαγνητικὸν πεδίου ἑνὸς μαγνήτου, μαγνητίζεται προσκαίρως. Ὅταν δηλαδὴ ἀπομακρύνωμεν τὸ τεμάχιον τοῦ μαλακοῦ σιδήρου ἀπὸ τὸ μαγνητικὸν πεδίου, ὁ μαλακὸς σίδηρος παύει νὰ εἶναι μαγνήτης. Γνωρίζομεν ἐπίσης ὅτι ἓνα σωληνοειδές, ὅταν διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ἰσοδυναμεῖ μὲ μαγνήτην καὶ δημιουργεῖ ἓνα μαγνητικὸν πεδίου, ὅμοιον μὲ ἐκεῖνο τοῦ ραβδομόρφου μαγνήτου. Τὰς δύο αὐτὰς κεχωρισμένας διαπιστώσεις τὰς ἐκμεταλλεῦμεθα διὰ νὰ κατασκευάσωμεν τοὺς ἠλεκτρομαγνήτας.

Ὁ ἠλεκτρομαγνήτης ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓνα σωληνοειδές, τὸ ὁποῖον περιέχει ἓνα πυρῆνα ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον, κυλινδρικοῦ συνήθως σχήματος.

Πείραμα. Διαβιβάζομεν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς τὸ σωληνοειδές, ὁπότε ὁ πυρῆν τοῦ μαλακοῦ σιδήρου μαγνητίζεται καὶ ἀποκτᾶ τὴν ἰκανότητα νὰ ἔλκη τὰ ρινίσματα τοῦ μαλακοῦ σιδήρου (σχ. 200).

Ἐὰν πλησιάσωμεν διαδο-
χικῶς μίαν μαγνητικὴν βελό-
νην εἰς τὰ δύο ἄκρα τοῦ πυ-
ρῆνος, διαπιστώνομεν ὅτι ὁ
πυρῆν παρουσιάζει ἓνα βό-
ρειον καὶ ἓνα νότιον μαγνη-
τικὸν πόλον.

Ἐὰν ἀλλάξωμεν τὴν φορὰν
τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ἡ
πολικότης τοῦ πυρῆνος ἀντι-
στρέφεται.

Διακόπτομεν τὸ κύκλωμα,
ὁπότε παρατηροῦμεν ὅτι τὰ
ρινίσματα τοῦ σιδήρου κατα-
πίπτουν ἀμέσως. Ὁ πυρῆν
ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον ἀπο-
βάλλει ἀμέσως τὴν μαγνήτι-
σίν του.

Εἶναι δυνατὸν πολλὰς φο-
ρὰς νὰ παραμείνουν προσκε-
κολλημένα εἰς τὸν πυρῆνα
μερικὰ ρινίσματα σιδήρου.

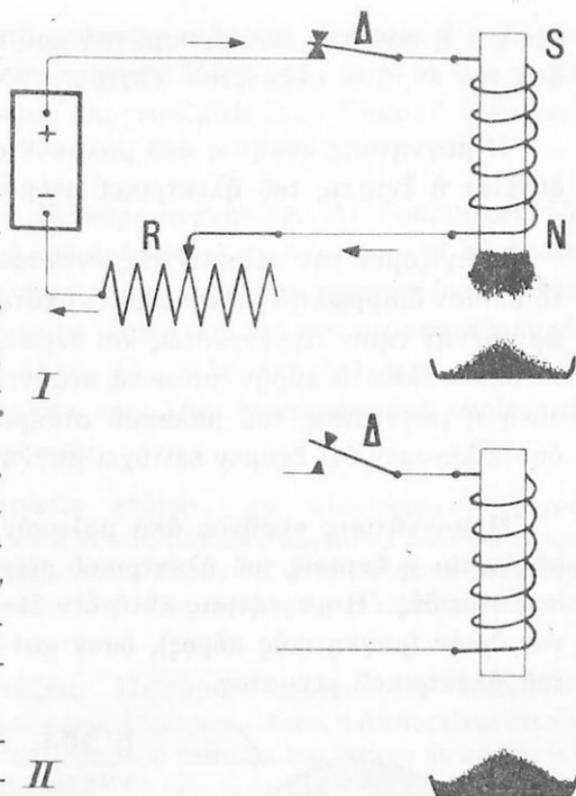
Αὐτὸ ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι ὁ πυρῆν δὲν ἀποτελεῖται ἀπὸ τελείως καθα-
ρὸν σίδηρον, ἀλλὰ περιέχει καὶ προσμίξεις χάλυβος. Ὡστε :

Ὁ ἠλεκτρομαγνήτης εἶναι ἓνας πρόσκαιρος μαγνήτης, ὁ ὁποῖος
ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓνα σωληνοειδές, περιέχον ἓνα πυρῆνα ἀπὸ μαλακὸν
σίδηρον.

Ἡ διέγερσις τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου προκαλεῖται ἀπὸ τὴν διέλευσιν
ἠλεκτρικοῦ ρεύματος διὰ μέσου τοῦ σωληνοειδοῦς.

Ὁ ἠλεκτρομαγνήτης παρουσιάζει δύο πόλους καὶ ἡ πολικότης του
ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φορὰν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

Πείραμα. Διοχετεύομεν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς τὸ σωληνοειδές
(σχ. 200) καὶ μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ ροοστάτου R αὐξάνομεν προοδευ-
τικῶς τὴν ἔντασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Παρατηροῦμεν τότε



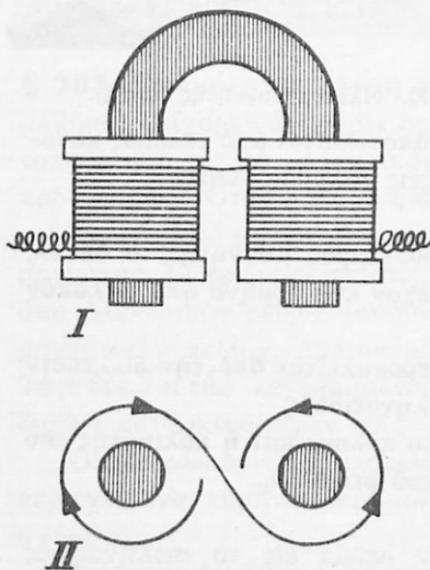
Σχ. 200. Ἡλεκτρομαγνήτης (ἀρχή).

ὅτι καὶ ἡ ποσότης τῶν ριτισμάτων τοῦ σιδήρου, τὰ ὅποια ἔλκονται ἀπὸ τὸν πυρῆνα, αὐξάνεται. Ὡστε :

Ἡ μαγνήτισις πυρῆνος ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον αὐξάνεται, ὅταν αὐξάνεται ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

Συνεχίζομεν τὴν αὐξήσιν τῆς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος τὸ ὅποιον διαρρέει τὸ σωληνοειδές, ὁπότε παρατηροῦμεν ὅτι ἀπὸ μίαν ὄρισμένην τιμὴν τῆς ἐντάσεως καὶ πέραν, ἡ ποσότης τῶν ριτισμάτων τὰ ὅποια ἔλκει ὁ πυρῆν παύει νὰ αὐξάνεται. Συμπεραίνομεν τότε ὅτι αὐτὴ ἡ μαγνήτισις τοῦ μαλακοῦ σιδήρου εἶναι ἡ μεγίστη δυνατὴ, ὁπότε λέγομεν ὅτι ἔχομεν ἐπιτύχει **μαγνητικὸν κόρον**. Ὡστε :

Ἡ μαγνήτισις πυρῆνος ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον αὐξάνεται, καθὼς αὐξάνεται ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον διαρρέει τὸ σωληνοειδές. Ἡ μαγνήτισις αὐτὴ δὲν δύναται νὰ ὑπερβῇ ἓνα ὄρισμένον ὄριον (μαγνητικὸς κόρος), ὅσον καὶ ἂν αὐξήσωμεν τὴν ἔντασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.



§ 204. Διάφορα εἶδη ἠλεκτρομαγνητῶν. Ὁ ἠλεκτρομαγνήτης τὸν ὅποιον ἐχρησιμοποίησαμεν εἰς τὴν ἀνάπτυξιν τῆς προηγουμένης παραγράφου, ἦτο ἐπιμήκης καὶ ραβδόμορφος. Συνήθως ὅμως χρησιμοποιοῦμεν καὶ πεταλοειδεῖς ἠλεκτρομαγνήτας (σχ. 201). Εἰς αὐτὸ τὸ εἶδος τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου οἱ δύο πόλοι εὐρίσκονται πολὺ πλησίον ἀλλήλων, μὲ ἀποτέλεσμα ἡ ἔλξις νὰ εἶναι πολὺ ἰσχυρά.

Ἐκαστον σκέλος τοῦ πεταλοειδοῦς πυρῆνος φέρει μίαν περιέλιξιν. Αἱ περιελίξεις τῶν δύο σκελῶν πρέπει νὰ γίνονται κατὰ ἀντιθέτους φοράς (σχ. 201, II) οὕτως, ὥστε τὰ ἐλεύθερα ἄκρα τοῦ πυρῆνος νὰ εἶναι ἐτερόνυμοι μαγνητικοὶ πόλοι.

Σχ. 201. Πεταλοειδῆς ἠλεκτρομαγνήτης.

Μία ράβδος ή πλάξ από μαλακόν σίδηρον, ή όποία όνομάζεται *όπλισμός*, έλκεται από τό σύστημα τών δύο πόλων, όταν τό σωληνοειδές διαρρέεται από ρεύμα και άποχωρίζεται όταν διακοπή ή παροχή τοῦ ρεύματος.

§ 205. Έφαρμογαί τών ήλεκτρομαγνητῶν. Αί έφαρμογαί τών ήλεκτρομαγνητῶν είναι πολλαί και ποικίλαι. Αί συσκευαί αί όποιαί κατασκευάζονται με βάσιν τήν άρχήν τών ήλεκτρομαγνητῶν δύνανται νά παράγουν ισχυρά μαγνητικά πεδία και νά χρησιμοποιηθοῦν ως άνωψωτικά διατάξεις. Έξ άλλου τήν έλξιν τοῦ όπλισμοῦ τήν εκμεταλλεόμεθα εις μίαν μεγάλην ποικιλίαν συσκευῶν και κυρίως εις τās συσκευās αὐτοματοποιήσεως.

α) Παραγωγή μαγνητικῶν πεδίων. Οί ήλεκτρομαγνηταί χρησιμοποιοῦνται πολὺ περισσότερον από τοὺς μονίμους μαγνήτας, διότι επιτρέπουν τήν πραγματοποίησιν ισχυρῶν μαγνητικῶν πεδίων. Δι' αὐτό εύρίσκουν έφαρμογās εις τὰ διάφορα έργαστήρια έρευνῶν, εις τοὺς δυναμοκινητήρας, εις τās γεννητριάς έναλλασσομένου ρεύματος, κλπ.

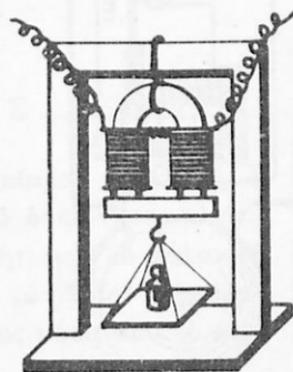
β) Άνωψωτικά διατάξεις. Πείραμα. Διοχετεύομεν ήλεκτρικόν ρεύμα εις τό σπείραμα ενός πεταλοειδοῦς ήλεκτρομαγνήτου, ό όποίος είναι στερεωμένος εις ένα πλαίσιον, ενώ ό όπλισμός του βαστάζει ένα δίσκον με φορτία (σχ. 202). Φορτίζομεν διαδοχικῶς τόν δίσκον με φορτία μεγαλυτέρου συνεχῶς βάρους, μέχρις ότου ό όπλισμός άποχωρισθῆ από τόν ήλεκτρομαγνήτην.

Αυξάνομεν προοδευτικῶς τήν έντασιν τοῦ ήλεκτρικοῦ ρεύματος, τό όποίον διαρρέει τόν ήλεκτρομαγνήτην. Παρατηροῦμεν τότε ότι ή φέρουσα δύναμις, δηλαδή ή έλκτική ικανότης, αυξάνεται μέχρι μιᾶς όρισμένης τιμῆς. Η μέγιστη φέρουσα δύναμις αντιστοιχεί εις τόν μαγνητικόν κόρον.

Τήν φέρουσαν δύναμιν ήλεκτρομαγνήτου δυνάμεθα επίσης νά αυξήσωμεν, εάν πολλαπλασιάσωμεν τόν άριθμόν τών περιελίξεων τοῦ σωληνοειδοῦς.

Έφαρμογήν τών άνωτέρω άποτελοῦν αί συσκευαί άνωψώσεως, όπως ό ήλεκτρομαγνητικός γερανός (σχ. 203), αίτινες χρησιμοποιοῦνται διά τήν άνωψωσιν και μεταφοράν βαρέων σιδηρῶν και χαλυβδίνων άντικειμένων.

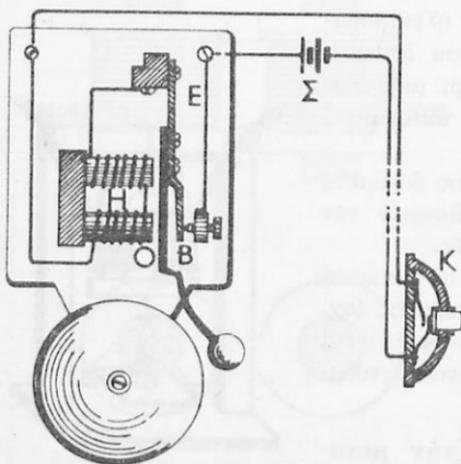
γ) Συσκευαί χρησιμοποιοῦσαι τήν μετατόπισιν τοῦ όπλισμοῦ. Η στιγμιαία μετατόπισις τοῦ όπλισμοῦ ενός ήλεκτρομαγνήτου, υπό τήν επίδρασιν



Σχ. 202. Φέρουσα δύναμις ήλεκτρομαγνήτου.



Σχ. 203. Ήλεκτρομαγνητικός γερανός με φέρουσαν δύναμιν 2 500 κρ.



Σχ. 204. Ήλεκτρικός κώδων.

του ηλεκτρικού ρεύματος, μᾶς ἐπιτρέπει νὰ ἐνεργοποιήσωμεν διαφόρους μηχανισμούς. Αὐτὴ ἢ διάταξις παρουσιάζει τὸ πλεονέκτημα ὅτι δύναται νὰ ἐλεγχθῆ ἀπὸ μακρὰν με ἀπλᾶς συνδέσεις ἀγωγῶν συρμάτων. Οὕτως ὁ ἠλεκτρομαγνήτης ἀποτελεῖ τὴν βάσιν τῆς λειτουργίας ἑνὸς μεγάλου ἀριθμοῦ συσκευῶν ὅπως αἱ ἀκόλουθοι.

1) Ήλεκτρικός κώδων.

Ένας ἠλεκτρικός κώδων (σχ. 204) ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕναν ἠλεκτρομαγνήτην Η, τοῦ ὁποῖου ὁ ὄπλισμός Ο, ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον, εἶναι στερεωμένος ἐπὶ ἑνὸς ἐλαστικοῦ χαλυβδίνου ἐλάσματος ΕΒ. Τὸ ἔλασμα αὐτὸ στηρίζεται με τὴν μίαν ἄκρην του εἰς τὴν βάσιν τῆς συσκευῆς. Ὅταν πιέζωμεν τὸ κομβίον Κ, τὸ κύκλωμα κλείει καὶ τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα διαρρέει τὸν ἠλεκτρομαγνήτην, με ἀποτέλε-

σμα νὰ ἔλκεται ὁ ὄπλισμός καὶ τὸ σφυρίον του νὰ κτυπᾷ τὸν κώδωνα. Συγχρόνως τὸ ἄκρον Β τοῦ ἐλάσματος ἀποχωρίζεται ἀπὸ τὸν κοχλίαν, εἰς τὸν ὁποῖον ἐφάπτεται καὶ τὸ κύκλωμα διακόπτεται. Ἡ ἔλξις σταματᾷ καὶ τὸ ἐλαστικὸν χαλυβδίνον ἔλασμα ἐπαναφέρει τὸν ὄπλισμὸν εἰς τὴν ἀρχικὴν υτο θέσιν, ὅποτε ἐπανακλείει τὸ κύκλωμα καὶ τὸ φαινόμενον ἐπαναλαμβάνεται.

2) Τηλέγραφος. Ὁ τηλεγράφος ἐπιτρέπει με τὴν χρῆσιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος τὴν ἀποστολὴν σημάτων εἰς μεγάλας ἀποστάσεις. Ὁ σταθμὸς ἐκπομπῆς περιλαμβάνει μίαν γεννήτριαν συνεχοῦς ρεύματος Σ (ἠλεκτρικαὶ στήλαι, συσσω-

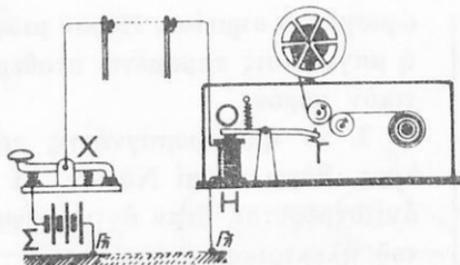
ρευται) και ένα χειριστήριο X (σχ. 205). Ο σταθμός λήψεως αποτελείται από τον έναν ηλεκτρομαγνήτην, του οποίου ο όπλισμός είναι μία μικρά πλάξ, Ο, στερεωμένη εις ένα κινητόν μοχλόν. Ένα κατάλληλον ελατήριο διατηρεί τον όπλισμόν μακράν από τον πυρήνα του ηλεκτρομαγνήτου.

Όταν πιέζωμεν το χειριστήριο, ή πλάξ (όπλισμός) έλκεται, ή άκρη Γ του μοχλοῦ άνυψώνεται και ή γραφίς, ή οποία είναι στερεωμένη, χαράσσει γραμμάς εις μίαν ταινίαν από χάρτην. Η ταινία αυτή παρασύρεται εις μίαν σταθεράν συνεχή κίνησιν με την βοήθειαν ενός ώρολογιακού μηχανισμού.

Ευθύς ως παύσωμεν να πιέζωμεν το χειριστήριο ή πλάξ παύει να έλκετάι, το ελατήριο την απομακρύνει από τον πυρήνα του ηλεκτρομαγνήτου και ή γραφίς παύει να εφάπτεται εις την χαρτίνην ταινίαν. Το μήκος της γραμμής το οποίον χαράσσει ή γραφίς εξαρτάται από τον χρόνον κατά τον οποίον επέξωμεν το χειριστήριο. Μία πολύ σύντομος έπαφή αποδίδει μίαν βραχείαν στιγμήν (τελεία) ενώ μία διά μεγαλύτερον χρονικόν διάστημα έπαφή, μίαν μακράν στιγμήν (γραμμή). Τα διάφορα γράμματα του αλφαβήτου μεταδίδονται με συνδυασμούς βραχειών και μακρών στιγμών (Μορσικόν αλφάβητον).

Αυτό το υπόδειγμα του τηλεγράφου έχει αντικατασταθῆ σήμεραν από πολυπλόκους συσκευάς, αί οποίαι αποδίδουν τά γράμματα εις την ταινίαν απ' ευθείας με τυπογραφικούς χαρακτήρας, άντι των γραμμών και τελειών. Πάντως ή άρχή παραμένει ή ίδια.

Άλλαι χρήσεις του ηλεκτρομαγνήτου. Οί ηλεκτρομαγνήται χρησιμοποιούνται εις την μετάδοσιν των σημάτων εις τά σιδηροδρομικά δίκτυα, εις τά ηλεκτρικά ώρολόγια, εις τους ηλεκτρονόμους (ρελαί), εις τά τηλεφωνικά άκουστικά, κλπ.



Σχ. 205. Μονόπλευρος τηλεγραφική ανταπόκρισις.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Ο ηλεκτρομαγνήτης είναι ένας πρόσκαιρος μαγνήτης ο οποίος αποτελείται από ένα σωληνοειδές, το οποίον περικλείει ένα πυρήνα από μαλακόν σίδηρον. Η μαγνήτισις του μαλακού σιδήρου οφείλεται εις το μαγνητικόν πεδίο, το οποίον δημιουργείται από την διέλευσιν ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από το σωληνοειδές.

2. Η μαγνήτισις ενός ηλεκτρομαγνήτου αυξάνεται με την αύξησιν της έντάσεως του ηλεκτρικού ρεύματος, μέχρις ενός

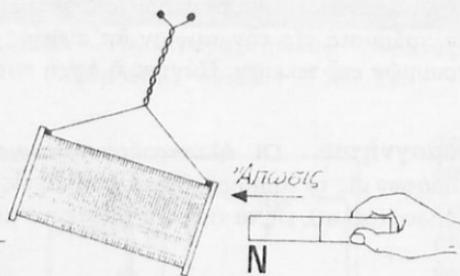
ὄρισμένου σημείου. Πέραν μιᾶς ὀρισμένης τιμῆς τῆς ἐντάσεως, ἡ μαγνήτισις παραμένει σταθερά, ὅποτε ἔχομεν ἐπιτύχει μαγνητικὸν κόρον.

3. Ὁ ἠλεκτρομαγνήτης παρουσιάζει δύο μαγνητικούς πόλους, Βόρειον καὶ Νότιον. Ἡ πολικότης τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου ἀντιστρέφεται, ὅταν ἀντιστρέψωμεν τὴν φοράν τῆς διελεύσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

4. Ἐφαρμογαὶ τῆς χρήσεως τῶν ἠλεκτρομαγνητῶν ἀποτελοῦν ὁ ἠλεκτρικὸς κώδων, ὁ τηλεγράφος, αἱ ἀνυψωτικαὶ διατάξεις, κλπ.

Μ' — ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΙΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ

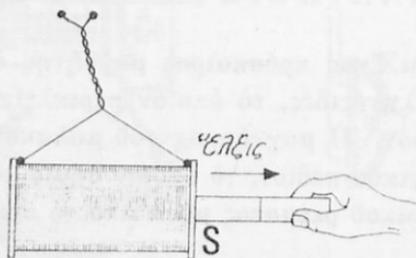
§ 206. Δραῖσις ἐνὸς μαγνήτου ἐπὶ ἐνὸς σωληνοειδοῦς. Λαμβάνομεν ἓνα σωληνοειδές, τὸ ὁποῖον ἐξαρτῶμεν ἀπὸ δύο σταθερὰ σημεῖα μὲ δύο εὐκαμπτα ἀγωγὰ σύρματα. Διοχετεύομεν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς τὸ σωληνοειδές καὶ πλησιάζομεν τὸν ἓνα πόλον ἐνὸς μαγνήτου εἰς τὴν μίαν ὀψιν τοῦ σωληνοειδοῦς.



Παρατηροῦμεν τότε ὅτι τὸ σωληνοειδές ἢ ἔλκεται ἢ ἀπωθεῖται ἀπὸ τὸν μαγνήτην (σχ. 206). Ἡ ἔλξις ἢ ἡ ἀπωσις αὐτὴ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ εἶδος τοῦ πόλου τοῦ μαγνήτου τὸ ὁποῖον πλησιάζομεν.

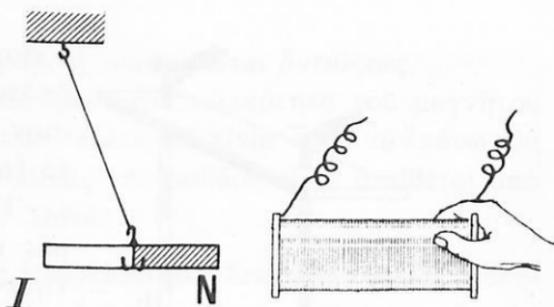
Ἀντιστρέφομεν τὴν φοράν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος εἰς τὸ σωληνοειδές, ὅποτε παρατηροῦμεν ὅτι ἡ μετατόπισις τοῦ σωληνοειδοῦς εἶναι ἀντιθέτου φοράς ἀπὸ τὴν προηγουμένην.

᾿Ωστε :

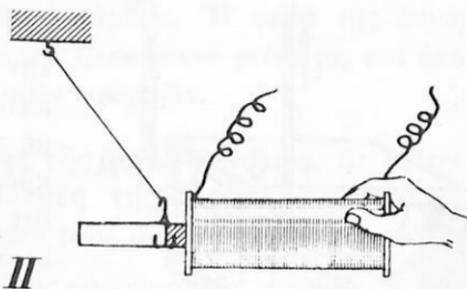


Σχ. 206. Τὸ ἐξηρητημένον σωληνοειδές ἀπωθεῖται ἢ ἔλκεται ἀπὸ τὸν μαγνήτην.

Όταν ένα σωληνοειδές, διαρρέομενον από ηλεκτρικόν ρεύμα, εύρίσκεται πλησίον μιᾶς μαγνητισμένης ράβδου, μετατοπίζεται ὅπως ἕνας κινητὸς μαγνήτης.



§ 207. Δραῖσις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ἐπὶ ἐνὸς μαγνήτου. Πείραμα. Λαμβάνομεν ἕνα ραβδόμορφον μαγνήτην, ὁ ὁποῖος εἶναι ἐξηρητημένος ἀπὸ ἕνα σταθερὸν σημεῖον με λεπτὸν καὶ εὐκαμπτον νῆμα (σχ. 207, I), ὁπότε, ὅπως γνωρίζομεν, διατάσσεται κατὰ τὴν διεύθυνσιν Βορρᾶς - Νότος, καὶ πλησιάζομεν εἰς τὸν βόρειον πόλον του τὴν νοτίαν ὄψιν ἐνὸς σωληνοειδοῦς. Ὁ μαγνήτης προσανατολίζεται τότε παραλλήλως πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ σωληνοειδοῦς καὶ ἔλκεται ἀσθενῶς.

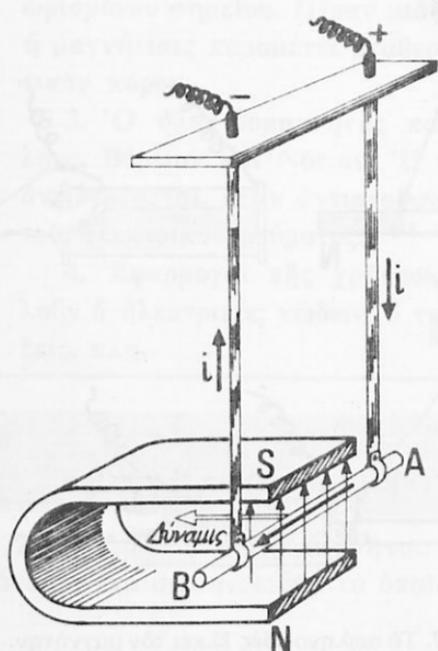


Σχ. 207. Τὸ σωληνοειδές ἔλκει τὸν μαγνήτην.

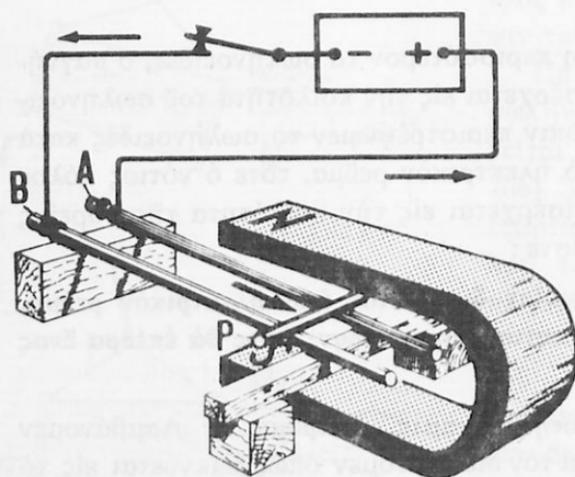
Ἐὰν πλησιάσωμεν ἀκόμη περισσότερον τὸ σωληνοειδές, ὁ μαγνήτης ἔλκεται ἰσχυρῶς καὶ εἰσέρχεται εἰς τὴν κοιλότητα τοῦ σωληνοειδοῦς (σχ. 207, II). Ἐὰν κατόπιν περιστρέψωμεν τὸ σωληνοειδές κατὰ 180° ἢ ἂν ἀντιστρέψωμεν τὸ ἡλεκτρικὸν ρεύμα, τότε ὁ νότιος πόλος τοῦ μαγνήτου ἔλκεται καὶ εἰσέρχεται εἰς τὴν κοιλότητα τῆς βορείας ὄψεως τοῦ σωληνοειδοῦς. Ὡστε :

Ἐνα σωληνοειδές, τὸ ὁποῖον διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεύμα, ἐπιδρᾷ εἰς μίαν κινητὴν μαγνητισμένην ράβδον, ὅπως θὰ ἐπέδρα ἕνας μόνιμος μαγνήτης.

§ 208. Ἠλεκτρομαγνητικὴ δύναμις. Πείραμα 1. Λαμβάνομεν ἕνα πεταλοειδῆ μαγνήτην καὶ τὸν διατάσσομεν ὅπως δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 208. Ἐνα πλαίσιον ἀπὸ χάλκινον εὐκαμπτον ἄγωγὸν σύρμα τοποθετεῖται οὕτως, ὥστε ὁ κλάδος AB νὰ εἶναι κάθετος εἰς τὰς μαγνητικὰς γραμμάς.



Σχ. 208. Ένας ρευματοφόρος άγωγός έντός ένός μαγνητικού πεδίου ύφίσταται δυνάμεις.



Σχ. 209. Μετατόπισις ένός στοιχείου ηλεκτρικού ρεύματος ύπό τής δράσεως μιάς ηλεκτρομαγνητικής δυνάμεως.

Διοχετεύομεν ηλεκτρικόν ρεύμα, όποτε παρατηρούμεν ότι τό πλαίσιον άποκλίνει και έλκεται πρός τό έσωτερικόν του μαγνήτου.

Έπαναλαμβάνομεν τό πείραμα μας άντιστρέφοντες τήν πολικότητα του μαγνήτου. Τό πλαίσιον άπωθειται τώρα πρός τό έξωτερικόν του μαγνήτου. Αν άντιστρέψωμεν τήν φοράν του ηλεκτρικού ρεύματος, αφήνοντες τόν μαγνήτην με τόν βόρειον μαγνητικόν πόλον πρός τά έπάνω, θα διαπιστώσωμεν ότι τό πλαίσιον άποκλίνει και έλκεται πάλιν πρός τό έσωτερικόν του μαγνήτου.

Πείραμα 2. Τοποθετούμεν ένα πεταλοειδή μαγνήτην μεταξύ δύο άγωγίμων όριζοντίων σιδηροτροχιών A και B, έπάνω εις

τάς όποιás δύναται να όλισθήσῃ μία άγωγίμος έλαφρά ράβδος P. Αύτη ή ράβδος άποτελεϊ ένα στοιχείον ηλεκτρικού ρεύματος (σχ. 209). Κλείομεν τόν διακόπτην και ρυθμίζομεν τήν έντασιν του ηλεκτρικού ρεύματος εις μίαν μεγάλην τιμήν (π.χ. εις τά 6 A). Παρατηρούμεν τότε ότι ή ράβδος P μετατοπίζεται εις τάς σιδηροτροχιάς παραλλήλως πρός έαυτήν.

Άντιστρέφομεν κατόπιν τήν φοράν του ήλε-

κτρικῷ ρεύματι, ὁπότε ἡ ράβδος μετακινεῖται ἀντιθέτως.

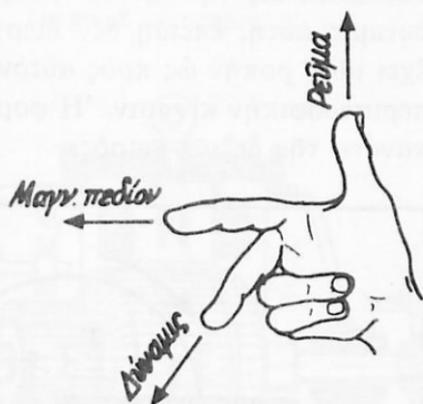
Ἐάν ἐν συνεχείᾳ ἀντιστρέψωμεν τὴν πολικότητα τοῦ μαγνήτου οὕτως, ὥστε ὁ νότιος μαγνητικὸς πόλος νὰ εἶναι πρὸς τὰ ἑπάνω, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι αἱ μετατοπίσεις τῆς ράβδου εἶναι ἀντίθετοι ἀπὸ ὅτι τὴν προηγουμένην φοράν. Ὡστε :

Ἐάν ἓνας ἀγωγός, ὁ ὁποῖος διαρρέεται ἀπὸ λεκτρικὸν ρεῦμα, τοποθετηθῆ εἰς τὸ μαγνητικὸν πεδίου ἐνὸς μαγνήτου, ὑπόκειται εἰς τὴν δρᾶσιν μιᾶς ἠλεκτρομαγνητικῆς δυνάμεως. Ἡ φορά τῆς δυνάμεως αὐτῆς ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φοράν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος καὶ ἀπὸ τὴν φοράν τῶν μαγνητικῶν δυναμικῶν γραμμῶν.

§ 209. Καθορισμὸς τῆς φορᾶς τῆς μετατοπίσεως. Δι' αὐτὸν τὸν σκοπὸν, διὰ τὸν καθορισμὸν δηλαδὴ τῆς φορᾶς τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς δυνάμεως, χρησιμοποιοῦμεν τοὺς ἀκολουθοῦντας δύο κανόνας.

α) Κανὼν τοῦ Ἄμπέρ. Ἐάν ἓνας παρατηρητῆς εὐρίσκειται ἐξ᾿απλωμένος ἑπάνω εἰς τὸν ἀγωγὸν καὶ βλέπει κατὰ τὴν φοράν τῶν μαγνητικῶν δυναμικῶν γραμμῶν, τὸ δὲ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα εἰσέρχεται ἀπὸ τοὺς πόδας του καὶ ἐξέρχεται ἀπὸ τὴν κεφαλὴν του, τότε ἡ δύναμις ἔχει φοράν πρὸς τὰ ἀριστερά του.

β) Κανὼν τῆς δεξιᾶς χειρὸς. Ὄταν ὁ ἀντίχειρ τῆς δεξιᾶς χειρὸς ἔχει τὴν διεύθυνσιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος καὶ ὁ δείκτης τὴν διεύθυνσιν τῶν μαγνητικῶν δυναμικῶν γραμμῶν (μαγνητικὸν πεδίου), τότε ὁ μέσος, ἂν διαταχθῆ καθέτως πρὸς τοὺς ἄλλους δύο, ἀποδίδει τὴν φοράν τῆς μετατοπίσεως, δηλαδὴ τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς δυνάμεως (σχ. 210).



Σχ. 210. Ὁ κανὼν τῆς δεξιᾶς χειρὸς.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Ὄταν πλησίον ἐνὸς ἐξηρημένου διὰ νήματος σωληνοειδοῦς, τὸ ὁποῖον διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, τοποθετηθῆ

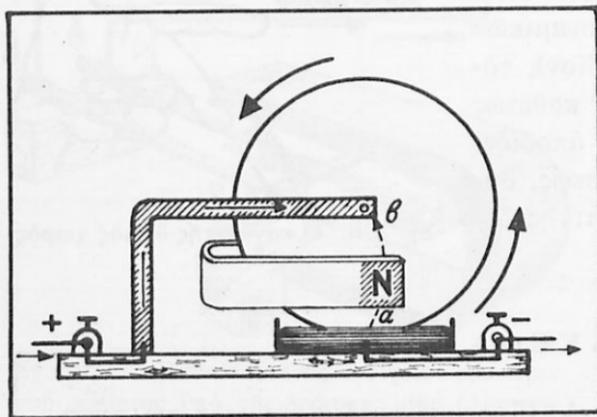
Ένας μαγνήτης, τὸ σωληνοειδὲς μετατοπίζεται καὶ συμπεριφέρεται ὡς μαγνήτης.

2. Ἐνα σωληνοειδὲς, τὸ ὁποῖον διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ἐπιδρᾷ εἰς τὴν κινητὴν μαγνητισμένην ράβδον κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον, μὲ τὸν ὁποῖον θὰ ἐπέδρα καὶ ἕνας ραβδόμορφος μαγνήτης.

ΜΑ' — ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

§ 210. Τροχὸς τοῦ Μπάρλου. (Barlow). Λαμβάνομεν ἕνα συμπαγῆ χάλκινον δίσκον, τοποθετημένον εἰς τὸ διάκενον ἑνὸς μονίμου πεταλοειδοῦς μαγνήτου. Ὁ δίσκος αὐτὸς, δύναται νὰ στρέφεται περὶ ὀριζόντιον ἄξονα, διερχόμενον ἀπὸ τὸ κέντρον του β, καὶ εἶναι ὀλίγον βυθισμένος εἰς τὸν ὑδράργυρον μιᾶς λεκάνης. Ὁ ὑδράργυρος χρησιμοποιεῖται ὡς ἄγωγός, διὰ νὰ ἐπιτρέψη εἰς τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα νὰ κυκλοφορήσῃ, ὅπως δεῖκνύεται εἰς τὸ σχ. 211.

Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα αβ ὅταν διέρχεται ἀπὸ τὸ μαγνητικὸν πεδῖον, ὑπόκειται εἰς τὴν δρᾶσιν μιᾶς ἠλεκτρομαγνητικῆς δυνάμεως F. Ἡ δύναμις αὕτη, ἐπειδὴ δὲν διέρχεται ἀπὸ τὸν ἄξονα περιστροφῆς β, ἔχει μίαν ροπὴν ὡς πρὸς αὐτὸν καὶ οὕτως ὁ τροχὸς παρασύρεται εἰς περιστροφικὴν κίνησιν. Ἡ φορὰ τῆς δυνάμεως F καθορίζεται μὲ τὸν κανόνα τῆς δεξιᾶς χειρὸς.



Σχ. 211. Τροχὸς τοῦ Μπάρλου.

Ἐὰν στερεώσωμεν μίαν τροχαλίαν εἰς τὸν ἄξονα β, τότε, ἐξ αἰτίας τῆς περιστροφῆς τοῦ τροχοῦ, δύναμεθα νὰ ἀνυψώσωμεν ἕνα φορτίον, δηλαδὴ δύναμεθα νὰ παράγωμεν μηχανικὸν ἔργον. Ὡστε :

Χρησιμοποιοῦντες καταλλήλως τὸ μαγνητικὸν πεδῖον, δύναμεθα

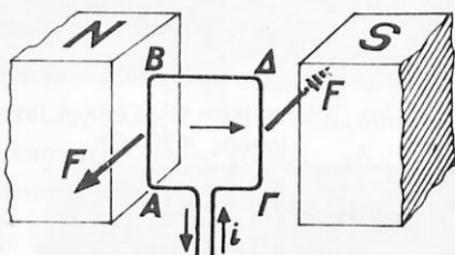
από την ηλεκτρικήν ενέργειαν νὰ παράγωμεν μηχανικὸν ἔργον. Μία παρομοία διάταξις ἀποτελεῖ τὴν ἀρχὴν τῶν ηλεκτρικῶν κινητῆρων.

§ 211. Ἄπλοϊ ηλεκτρικοὶ κινητῆρες συνεχοῦς ρεύματος. Οἱ ηλεκτρικοὶ κινητῆρες βασίζονται εἰς τὴν ἀρχὴν τῆς προηγουμένης παραγράφου, μὲ μόνην τὴν διαφορὰν ὅτι ὁ ἀγωγὸς ἔχει σχῆμα πλαισίου (σχ. 212.)

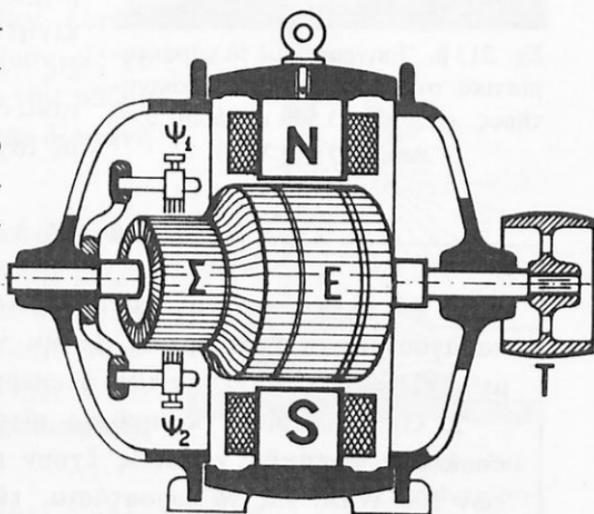
Τὸ πλαίσιον διαρρέεται ἀπὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα καὶ εὐρίσκεται μέσα εἰς τὸ μαγνητικὸν πεδίου ἐνὸς μονίμου μαγνήτου. Καθὼς γνωρίσωμεν, εἰς τὰς πλευρὰς AB καὶ ΓΔ τοῦ πλαισίου ἀσκοῦνται δύο δυνάμεις τοῦ ἰδίου μέτρου F ἀλλὰ ἀντιθέτου φορᾶς. Εἰς τὸ πλαίσιον συνεπῶς ἀσκεῖται ἓνα ζεύγος δυνάμεων, ἡ ροπή τοῦ ὁποίου, ὡς πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ πλαισίου, παρασύρει τὸ πλαίσιον εἰς περιστροφικὴν κίνησιν.

Εἰς τὴν Τεχνικὴν ἀντὶ ἐνὸς πλαισίου χρησιμοποιοῦμεν πολλὰ πλαίσια, καταλλήλως περιελιγμένα καὶ μεμονωμένα μεταξύ των.

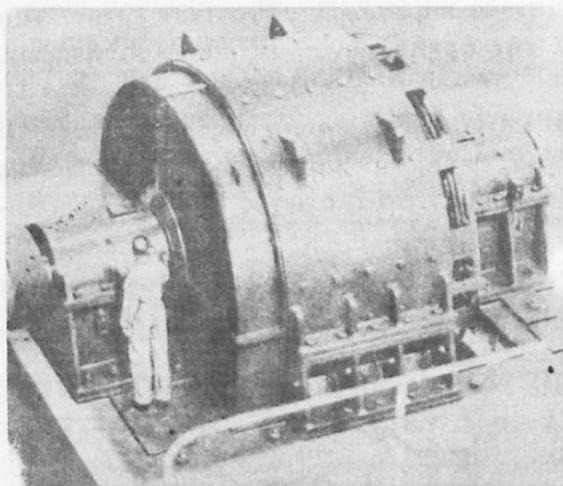
Ἐνας ηλεκτρικὸς κινητῆρ βιομηχανικῆς χρήσεως περιλαμβάνει ἓνα ηλεκτρομαγνήτην (σχ. 213), ὁ ὁποῖος ἀποτελεῖ τὸ ἀκίνητον μέρος τοῦ κινητῆρος, ὀνομαζόμενον *στάτωρ*, καὶ τὸ σύστημα τῶν πλαισίων E ὁμοῦ μετὰ τοῦ ἄξονος περιστροφῆς, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ τὸ κινητὸν μέρος τοῦ κινητῆρος, ὀνομαζόμενον *ρότωρ*.



Σχ. 212. Ἀρχὴ τῆς λειτουργίας ἐνὸς ηλεκτρικοῦ κινητῆρος.



Σχ. 213. Σχεδιάγραμμα ἐνὸς κινητῆρος συνεχοῦς ρεύματος.



Σχ. 213 α. Ἐξωτερικὸν ἠλεκτρικὸν κινητῆρος ἰσχύος 4 200 Ch.



Σχ. 213 β. Ἐπιγραφή μετὰ χαρακτηριστικὰ στοιχεῖα ἐνὸς ἠλεκτροκινητῆρος. (1/25 Ch, 3 500 στρ/min, 0 - 7 Ampère, 110 Volt).

Εἰς ἕκαστον κινητῆρα ὑπάρχει μία μικρὰ πλάξ, ἐπάνω εἰς τὴν ὁποίαν εἶναι ἀναγεγραμμένα διάφορα στοιχεῖα, σχετιζόμενα μετὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ κινητῆρος (σχ. 213, β).

§ 212. Ἴσχύς τῶν ἠλεκτρικῶν κινητῆρων. Οἱ ἠλεκτροκινητῆρες, ἀναλόγως πρὸς τὸν προορισμὸν τῶν, κατασκευάζονται μετὰ διαφόρους τιμὰς ἰσχύων. Οὕτω, π.χ., μία ἠλεκτρικὴ

ξυριστικὴ μηχανὴ ἔχει ἰσχύν 50 Watt, ἓνας συνηθισμένος ἀνεμιστήρ 100 Watt, μία ἠλεκτροκίνητος ραπτομηχανὴ 100 Watt ἐπίσης, κλπ.

Εἰς τὰ διάφορα ἐργαστήρια καὶ μηχανουργεῖα χρησιμοποιοῦνται κινητῆρες ἰσχύος 3 ἕως 20 Ch, ἐνῶ εἰς τὰ ἠλεκτροκίνητα σιδηροδρομικὰ δίκτυα λειτουργοῦν κινητῆρες μετὰ ἰσχύν πολλῶν χιλιάδων ἵππων.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Αἱ ἠλεκτρομαγνητικαὶ δυνάμεις ἔχουν τὴν ἰκανότητα νὰ παράγουν μηχανικὸν ἔργον. Αὐτὴν τὴν ιδιότητα ἐκμεταλλεύομεθα εἰς τὴν κατασκευὴν τῶν ἠλεκτρικῶν κινητῆρων.

2. Οἱ ἠλεκτρικοὶ κινητῆρες οἵτινες χρησιμοποιοῦνται εἰς συσκευὰς οἰκιακῆς χρήσεως ἔχουν μικρὰν ἰσχύν, τῆς τάξεως τῶν 100 Watt. Εἰς τὰ ἐργοστάσια, εἰς τὰ μηχανουργεῖα καὶ εἰς τὰ ἐργαστήρια χρησιμοποιοῦνται κινητῆρες ἰσχύος μερικῶν ἀτμοῖπων.

V. ΟΠΤΙΚΗ

ΜΒ' — ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΟΣ ΔΙΑΔΟΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

§ 213. Φῶς. Εἰς ἓνα σκοτεινὸν δωμάτιον φέρομεν ἓνα ἀνημέρον κηρίον ὅποτε βλέπομεν τὰ ἀντικείμενα τοῦ δωματίου, τὸ χρῶμα καὶ τὸ σχῆμα των. Τὸ αἶτιον, τὸ ὁποῖον ἐπέδρασεν εἰς τὸν ὀφθαλμὸν μας καὶ μᾶς ἔκαμε νὰ ἴδωμεν, ὀνομάζεται **φῶς**.

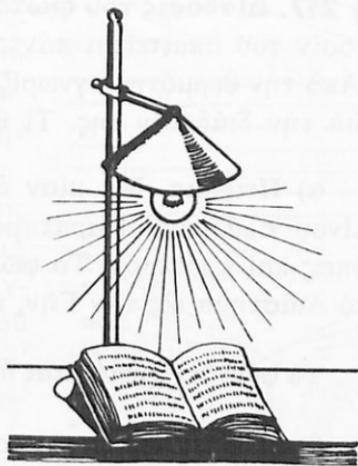
§ 214. Φωτεινὰ πηγὰί. Τὰ σώματα τὰ ὁποῖα, ὅπως ὁ ἥλιος, ἡ φλόξ ἑνὸς κηρίου, τὸ διάπυρον σύρμα ἑνὸς ἠλεκτρικοῦ λαμπτήρος, κλπ., φωτοβολοῦν, ὀνομάζονται **αὐτόφωτα σώματα** ἢ **φωτεινὰ πηγὰί**.

Τὰ σώματα τὰ ὁποῖα, ὡς ἡ Σελήνη, ὁ πίναξ τῆς τάξεως, τὰ βιβλία ἢ τὰ διάφορα ἀντικείμενα τοῦ δωματίου, κλπ., δὲν φωτοβολοῦν αὐτὰ τὰ ἴδια ἀλλὰ γίνονται ὄρατὰ ὅταν ἐπαναστέλλουν τὸ φῶς, τὸ ὁποῖον λαμβάνουν ἀπὸ φωτεινᾶς πηγᾶς, λέγονται **ἐτερόφωτα σώματα** (σχ. 214).

§ 215. Διαφανῆ, ἡμιδιαφανῆ καὶ σκιερὰ σώματα. Σώματα ὅπως ἡ ὑαλος, ὁ ἀήρ, τὸ ὕδωρ εἰς μικρὸν πάχος, μᾶς ἐπιτρέπουν νὰ βλέπωμεν τὰ ἀντικείμενα, τὰ ὁποῖα εὐρίσκονται ὀπισθεν αὐτῶν. Αὐτὸ συμβαίνει διότι ἐπιτρέπουν εἰς τὸ φῶς νὰ διέρχεται μέσα ἀπὸ τὴν μᾶζαν των. Τὰ σώματα αὐτὰ λέγονται **διαφανῆ σώματα**.

Ἡ γαλακτόχρους ὑαλος ἐπιτρέπει εἰς τὸ φῶς νὰ διέλθῃ μέσα ἀπὸ τὴν μᾶζαν της, χωρὶς ὅμως νὰ δύναται νὰ διακρίνη κανεὶς εὐδιακρίτως τὰ ἀντικείμενα τὰ ὁποῖα εὐρίσκονται ὀπισθεν αὐτῆς. Ἡ γαλακτόχρους ὑαλος εἶναι **ἡμιδιαφανές σῶμα**.

Ὁ τοῖχος τοῦ δωματίου μας, ὁ χάρτης, τὸ ξύλον καὶ ἄλλα σώματα, δὲν



Σχ. 214. Ὁ ἠλεκτρικὸς λαμπτήρ, ὅταν φωτίζῃ, εἶναι φωτεινὴ πηγὴ. Τὸ βιβλίον εἶναι ἐτερόφωτον σῶμα.



Σχ. 215. Ἡ σκιά δημιουργεῖται εἰς τὰ μὴ φωτιζόμενα τμήματα τοῦ χώρου.

§ 216. Σκιά. Ὁ χώρος ὁ ὁποῖος εὐρίσκεται ὀπισθεν- τῶν-σκιερῶν σωμάτων καὶ δὲν φωτίζεται, μᾶς παρουσιάζεται σκοτεινὸς ἐν σχέσει πρὸς τὸν φωτιζόμενον χῶρον. Ὁ χώρος αὐτὸς ὀνομάζεται **σκιά** (σχ. 215).

᾽Ωστε :

Ἡ σκιά δημιουργεῖται ὀπισθεν ἑνὸς ἀδιαφανοῦς σώματος, τὸ ὁποῖον φωτίζεται.

§ 217. Διάδοσις τοῦ φωτός. Εἰς τὸν ἤχον ἐμάθομεν ὅτι διὰ τὴν διάδοσιν τοῦ ἀπαιτεῖται πάντοτε ἓνα ὑλικόν, στερεόν, ὑγρὸν ἢ ἀέριον. Ἀπὸ τὴν θερμότητα γνωρίζομεν ὅτι αὕτη δὲν χρειάζεται ὑλικόν σῶμα διὰ τὴν διάδοσιν της. Τί θὰ συμβαίη ἄραγε μὲ τὸ φῶς ;

α) Πείραμα. Μὲ μίαν ἀεραντλίαν ἀφαιροῦμεν τὸ ἀέρα ἑνὸς ὑαλίνου σωλῆνος. Παρατηροῦμεν ὅτι ὁ σωλὴν παραμένει διαφανῆς ὅπως καὶ πρότερον. Τὸ φῶς τοῦ Ἡλίου καὶ τῶν ἄστρων ἔρχεται ἀπὸ τὸ Διάστημα εἰς τὴν Γῆν, καὶ διαπερᾶ τὸν κενὸν χῶρον. ᾽Ωστε :

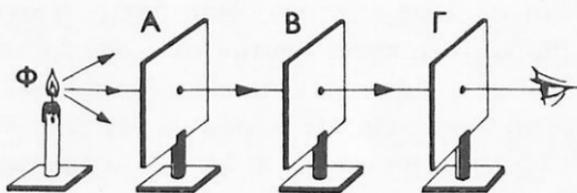
Τὸ φῶς δὲν χρειάζεται ὑλικόν μέσον διὰ τὴν διάδοσίν του.

β) Ἐνας λαμπτήρ, ὁ ὁποῖος φωτοβολεῖ εἰς τὸ μέσον ἑνὸς δωματίου, φαίνεται ἀπὸ ὅλας τὰς πλευράς του καὶ φωτίζει ὅλους τοὺς τοίχους. Τὸ φῶς τοῦ Ἡλίου κάμει νὰ φαίνωνται οἱ πλανῆται, ἡ Σελήνη καὶ οἱ τεχνητοὶ δορυφόροι κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον, ἀνεξαρτήτως ἀπὸ τὴν θέσιν εἰς τὴν ὁποίαν εὐρίσκονται ὡς πρὸς τὸν Ἡλιον. ᾽Ωστε :

Τὸ φῶς διαδίδεται πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον.

γ) Ἐὰν τοποθετήσωμεν ἐπάνω εἰς μίαν τράπεζαν ἓνα ἀνημμένον κηρίον καὶ λάβωμεν τρία διαφράγματα, τὰ ὁποῖα νὰ ἔχουν ἕκαστον μίαν ὀπὴν εἰς τὸ ὕψος τῆς φλογὸς τοῦ κηρίου (σχ. 216) καὶ τοποθετήσωμεν τὸν ὀφθαλμὸν μας εἰς κατάλληλον θέσιν, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ φλὸξ τοῦ κηρίου φαίνεται, μόνον εἰς τὴν περίπτωσιν κατὰ τὴν ὁποῖαν αἱ τρεῖς ὀπαί, ἢ φλὸξ καὶ ὁ ὀφθαλμὸς εὑρίσκονται εἰς εὐθεῖαν γραμμὴν.

Ἔστω :



Σχ. 216. Ὄταν αἱ τρεῖς ὀπαί εὑρίσκονται εἰς τὴν ἴδιαν εὐθεῖαν μετὰ τὴν φωτεινὴν πηγὴν καὶ τὸν ὀφθαλμὸν μας, βλέπομεν τὸ φῶς τοῦ κηρίου.

Ἐάντις τὴν φλὸξ τοῦ κηρίου φαίνεται, μόνον εἰς τὴν περίπτωσιν κατὰ τὴν ὁποῖαν αἱ τρεῖς ὀπαί, ἢ φλὸξ καὶ ὁ ὀφθαλμὸς εὑρίσκονται εἰς εὐθεῖαν γραμμὴν.

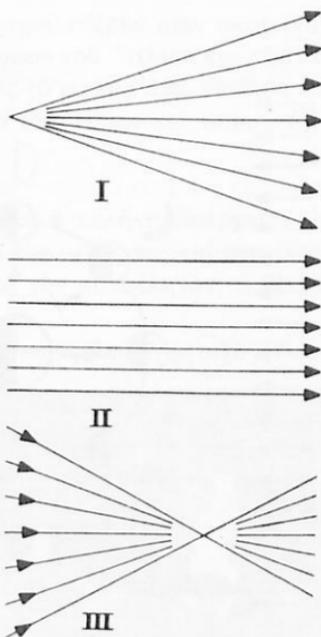
Ἔστω :

Τὸ φῶς διαδίδεται εὐθυγράμμως.

δ) Ἐάν εἰς ἓνα σκοτεινὸν δωμάτιον εἰσέλθῃ φῶς τοῦ Ἡλίου ἀπὸ ἓνα ἄνοιγμα, παρατηροῦμεν μίαν **παράλληλον φωτεινὴν δέσμη**. Ἄν τὸ ἄνοιγμα εἶναι μικρόν, π.χ. μία ὀπή μετὰ διάμετρον 1 mm, ἡ δέσμη παρουσιάζεται λεπτή. Τοιαῦται λεπταὶ φωτειναὶ δέσμαι ὀνομάζονται εἰς τὴν Φυσικὴν **φωτειναὶ ἀκτῖνες**.

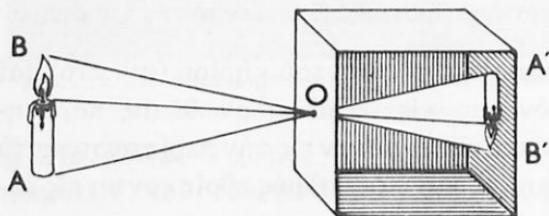
Ὄταν αἱ ἀκτῖνες μιᾶς φωτεινῆς δέσμης κατευθύνωνται εἰς ἓνα σημεῖον, ἡ δέσμη ὀνομάζεται **συγκλίνουσα** (σχ. 217, III). Ἄντιθέτως ὅταν αἱ ἀκτῖνες μιᾶς δέσμης, ἀφοῦ συγκεντρωθοῦν εἰς ἓνα σημεῖον, ἀπομακρύνονται ἢ μία ἀπὸ τὴν ἄλλην, ἡ δέσμη ὀνομάζεται **ἀποκλίνουσα** (σχ. 217, I).

Ὄταν ἡ φωτεινὴ πηγὴ ἔχῃ μικρὰς διαστάσεις καὶ δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς φωτεινὸν σημεῖον, ἡ σκιά τῶν σωμάτων εἶναι ὁμοιόμορφος. Ὄταν ὅμως ἡ φωτεινὴ πηγὴ

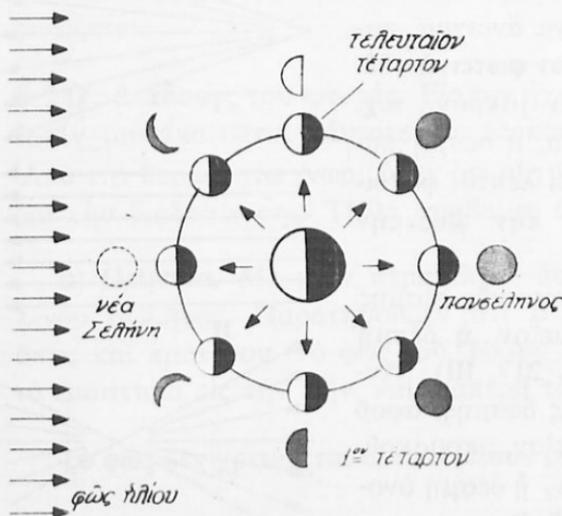


Σχ. 217. Φωτειναὶ δέσμαι. (I) Ἀποκλίνουσα, (II) παράλληλος καὶ (III) συγκλίνουσα.

ἔχη μεγάλας σχετικῶς διαστάσεις, ἡ σκιά δὲν εἶναι ὁμοιόμορφος. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν τὸ μέρος τῆς σκιάς τὸ ὁποῖον περιβάλλει τὴν κεντρικὴν σκιάν καὶ εἶναι ὀλιγώτερον ἔντονον ἀπὸ αὐτὴν, ὀνομάζεται παρασκιά. Ἡ παρασκιά δὲν φωτίζεται ἀπὸ ὅλας τὰς περιοχὰς τῆς φωτεινῆς πηγῆς, ἀλλὰ μόνον ἀπὸ ὠρισμένας.



Σχ. 218. Σκοτεινὸς θάλαμος.



Σχ. 219. Αἱ φάσεις τῆς Σελήνης.

τῆς Σελήνης. α) Ἡ Σελήνη εἰς τὸ διάστημα περίπου ἑνὸς μηνὸς παρουσιάζεται μὲ διαφορετικὰς μορφὰς, τὰς ὁποίας ὀνομάζομεν συνήθως *φάσεις τῆς Σελήνης*.

Ἡ ἡμισφαίριον σεληνικῆ σφαιρα, ἣτις εἶναι πάντοτε ἐστραμμένη πρὸς τὸν ἥλιον,

§ 218. Ἀποτελέσματα τῆς εὐθύγραμμου διαδόσεως τοῦ φωτός. 1) **Σκοτεινὸς θάλαμος.** Ὁ σκοτεινὸς θάλαμος στηρίζεται εἰς τὴν εὐθύγραμμον διάδοσιν τοῦ φωτός. Ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕνα κλειστὸν ἀδιαφανὲς κιβώτιον, τὸ ὁποῖον ἔχει εἰς τὸ κέντρον μιᾶς ἕδρας τοῦ μίαν μικρὰν ὀπῆν. Τὰ ἀντικείμενα, τὰ ὁποῖα εὐρίσκονται ἔμπροσθεν τῆς ὀπῆς, ἀπεικονίζονται εἰς τὴν ἀπέναντι ἀπὸ αὐτὴν ἕδραν ἀνεστραμμένα (σχ. 218).

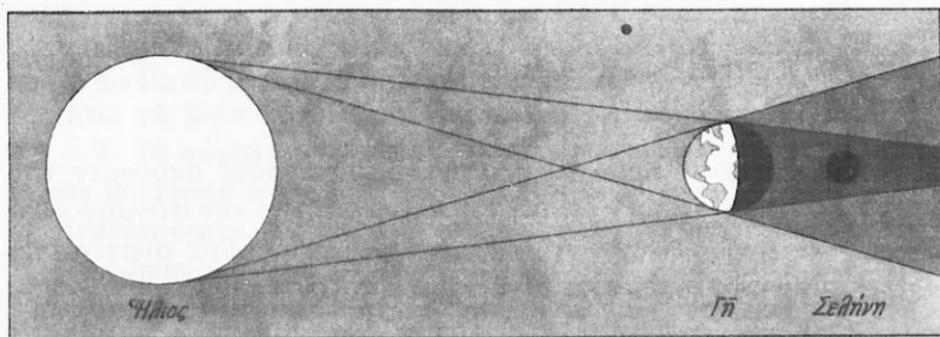
Ἐφαρμογὴν τοῦ σκοτεινοῦ θαλάμου ἔχομεν εἰς τὴν φωτογραφικὴν μηχανήν. Εἰς τὴν θέσιν τῆς ὀπῆς ὑπάρχει φακὸς καὶ εἰς τὴν ἀπέναντι ἕδραν τοποθετεῖται ἡ φωτογραφικὴ πλάξ.

2) Σκιά καὶ παρασκιά.

Ἡ σκιά καὶ ἡ παρασκιά, διὰ τὰς ὁποίας ὀμιλήσαμεν ἀνωτέρω, ὀφείλονται εἰς τὴν εὐθύγραμμον διάδοσιν τοῦ φωτός.

3) Φάσεις τῆς Σελήνης.

Ἐκλείψει τοῦ ἥλιου καὶ



Σχ. 220. Ὄταν ἡ Σελήνη εἰσέλθῃ εἰς τὸν σκιερὸν κῶνον τῆς Γῆς, συμβαίνει ὀλικὴ ἔκλειψις Σελήνης.

φωτίζεται συνεχῶς, ἐνῶ ἡ ἄλλη ἡμίσεια παραμένει πάντοτε σκοτεινὴ.

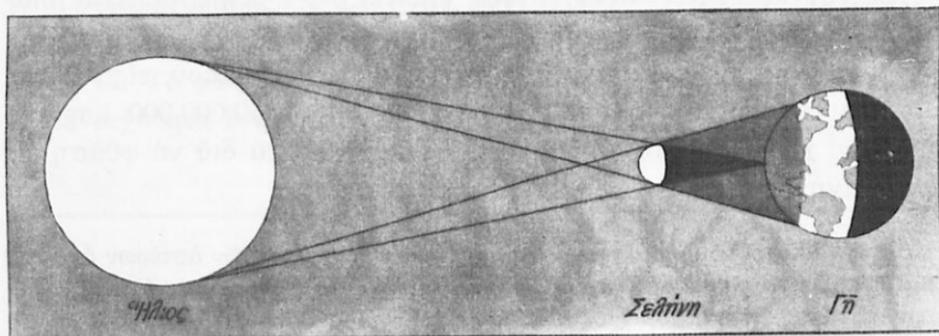
Ἐξ αἰτίας τῆς κυκλικῆς κινήσεως τῆς Σελήνης περὶ τὴν Γῆν βλέπομεν, ἀναλόγως μὲ τὴν τοποθέτησιν τοῦ Ἁλίου, τῆς Γῆς καὶ τῆς Σελήνης, ἄλλοτε ὀλόκληρον τὸ φωτισμένον τμῆμα τοῦ δορυφόρου μας (πανσέληνος) καὶ ἀκολουθῶς ὄλο καὶ μικρότερον τμῆμα τοῦ σεληνιακοῦ δίσκου (σχ. 219), μέχρις ὅτου ἡ Σελήνη ἐξαφανισθῇ τελείως ἀπὸ τὸν οὐρανὸν (νέα Σελήνη).

β) Ἡ Γῆ καὶ ἡ Σελήνη εἶναι σκιερὰ σώματα καὶ σχηματίζουν μίαν σκοτεινὴν κωνικὴν σκιά. Ἡ σκιά αὐτὴ εἶναι ἡ αἰτία τῶν ἔκλειψεων τοῦ Ἁλίου καὶ τῆς Σελήνης. Πράγματι, ὅταν ἡ Σελήνη, ὅπως δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 220, εἰσέλθῃ εἰς τὸν κῶνον τῆς σκιάς τῆς Γῆς, παύει νὰ φωτίζεται ἀπὸ τὸν Ἁλίον καὶ τοιουτοτρόπως δὲν εἶναι πλέον ὀρατὴ.

Τὸ φαινόμενον αὐτὸ ὀνομάζεται *ἔκλειψις Σελήνης*.

Ἡ ἔκλειψις δύναται νὰ εἶναι ὀλική, ὅταν ὀλόκληρος ἡ Σελήνη εἰσέρχεται εἰς τὸν σκιερὸν κῶνον τῆς Γῆς ἢ μερική, ὅταν εἰσέρχεται ἓνα μέρος τῆς καὶ φωτίζεται τὸ ἄλλο. Αἱ ἔκλειψεις τῆς Σελήνης συμβαίνουν κατὰ τὴν πανσέληνον, ἡ δὲ Γῆ εὑρίσκεται τότε μεταξύ Ἁλίου καὶ Σελήνης.

Ὄταν ἡ Σελήνη, ὅπως δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 221, παρεμβληθῇ μεταξύ Ἁλίου



Σχ. 221. Ἐντὸς τῆς κυρίας σκιάς τῆς Σελήνης συμβαίνει ὀλικὴ ἔκλειψις τοῦ Ἁλίου, ἐνῶ ἐντὸς τῆς παρασκιάς μερική ἔκλειψις.

καὶ Γῆς, δύναται νὰ καλύψῃ τὸν ἥλιον, ὅποτε λέγομεν ὅτι ἔχομεν *ἔκλειψιν Ἡλίου*. Ἡ ἔκλειψις Ἡλίου συμβαίνει κατὰ τὴν νέαν Σελήνην καὶ δύναται νὰ εἶναι *ὀλική* ἢ *μερικὴ* ἢ *δακτυλιοειδής*, ὅταν ἡ Σελήνη καλύπτῃ τὸν ἡλιακὸν δίσκον καὶ ἀφήνῃ νὰ φαίνεται μόνον ἓνας φωτεινὸς δακτύλιος.

§ 219. Ταχύτης τοῦ φωτός. Κατὰ τὰς καταγίδας ἀκούομεν τὴν βροντὴν, ἀφοῦ παρέλθουν μερικὰ δευτερόλεπτα ἀπὸ τὴν στιγμὴν κατὰ τὴν ὁποίαν ἀντελήφθημεν τὴν ἀστραπὴν. Ἀπὸ αὐτὸ συμπεραίνει κανεὶς ὅτι τὸ φῶς διαδίδεται ταχύτερον ἀπὸ τὸν ἤχον.

Τὸ ὅτι ἡ διάδοσις τοῦ φωτός γίνεται μὲ ἐξαιρετικῶς μεγάλην ταχύτητα, δύναται νὰ τὸ παρατηρήσῃ κανεὶς ἂν βρεθῇ εἰς ἓνα μακρὸν δρόμον, τὴν στιγμὴν κατὰ τὴν ὁποίαν ἀνάπτουν οἱ ἠλεκτρικοὶ λαμπτήρες. Πράγματι ἐπειδὴ ἀπέχουν ἀρκετὴν ἀπόστασιν μεταξὺ τῶν οἱ φανοστάται, θὰ ἔπρεπε νὰ ἴδῃ κανεὶς μὲ κάποιαν καθυστέρησιν τὸ ἄναμμα τοῦ τελευταίου λαμπτήρος. Ἄν παρατηροῦμεν ἐν τούτοις τὸ ἄναμμα τῶν λαμπτήρων, μᾶς δημιουργεῖται ἡ ἐντύπωσις ὅτι ὅλοι ἀνάπτουν ταυτοχρόνως. Αὐτὸ ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι τὸ φῶς διαδίδεται μὲ τόσον μεγάλην ταχύτητα, ὥστε δὲν δυνάμεθα νὰ παρατηρήσωμεν τὴν διάδοσιν τοῦ παρὰ μόνον μὲ ὠρισμένα βοηθητικὰ μέσα.

Μὲ ἀκριβεῖς μετρήσεις οἱ Φυσικοὶ κατώρθωσαν νὰ ἐξακριβώσουν ὅτι :

Ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός εἰς τὸ κενὸν καὶ περίπου εἰς τὸν ἀέρα εἶναι ἴση μὲ 300 000 χιλιόμετρα ἀνὰ δευτερόλεπτον. Δηλαδή :

$$c = 300\,000 \text{ km/sec}$$

Μὲ τὴν ταχύτητα αὐτὴν τὸ φῶς διανύει εἰς 1 δευτερόλεπτον διάστημα ἴσον μὲ 7,5 φοράς τὴν περίμετρον τῆς Γῆς, τὴν δὲ ἀπόστασιν Γῆς - Σελήνης, ἡ ὁποία εἶναι ἴση μὲ 384 000 km περίπου, εἰς 1,2 sec.

Ἀπὸ τὸν ἥλιον, ὁ ὁποῖος ἀπέχει περίπου 150 000 000 km ἀπὸ τὴν Γῆν, χρειάζεται τὸ φῶς 8 καὶ 1)3 πρῶτα λεπτὰ διὰ νὰ φθάσῃ εἰς τὸν πλανήτην μας.

Εἰς τὴν Ἀστρονομίαν μετροῦν τὰς ἀποστάσεις τῶν ἀπλανῶν ἀστέρων ἀπὸ τὴν Γῆν μὲ τὸ διάστημα, τὸ ὁποῖον διανύει μία φωτεινὴ ἀκτίς ἐντὸς ἐνὸς ἔτους. Ἡ μὴν ἀυτὴ ὀνομάζεται ἔτος φωτός. Δηλαδή εἶναι :

1 ἔτος φωτός = $300\,000 \text{ km} \cdot 365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 = 9,46 \cdot 10^{12} \text{ km}$ ἢ 10 δισεκατομμύρια χιλιόμετρα περίπου.

1. Τὸ αἷτιον τὸ ὁποῖον διεγείρει τὸν ὀφθαλμὸν μας καὶ μᾶς κάνει νὰ βλέπωμεν ὀνομάζεται φῶς.

2. Τὰ σώματα τὰ ὁποῖα ἐκπέμπουν ἰδικὸν τῶν φῶς, ὀνομάζονται αὐτόφωτα σώματα ἢ φωτεινὰ πηγὰί. Τὰ σώματα τὰ ὁποῖα γίνονται ὀρατά, ὅταν φωτίζονται ἀπὸ ἄλλα σώματα, ὀνομάζονται ἑτερόφωτα σώματα.

3. Τὰ σώματα, τὰ ὁποῖα ἐπιτρέπουν εἰς τὸ φῶς νὰ διέλθῃ ἀπὸ τὴν μᾶζαν τῶν, ὀνομάζονται διαφανῆ. Τὰ ἡμιδιαφανῆ σώματα δὲν ἐπιτρέπουν νὰ ἴδωμεν τὰ ἀντικείμενα, τὰ εὐρισκόμενα, ὀπισθεν αὐτῶν, ἀφήνουν ὅμως τὸ φῶς νὰ διέλθῃ μέσα ἀπὸ τὴν μᾶζα τῶν.

4. Τὰ ἀδιαφανῆ σώματα δὲν ἐπιτρέπουν εἰς τὸ φῶς νὰ διέλθῃ μέσα ἀπὸ τὴν μᾶζαν τῶν. Ὅπισθεν τῶν ἀδιαφανῶν σωμάτων σχηματίζεται σκιά.

5. Ὅταν αἱ φωτεινὰ πηγὰί δὲν εἶναι φωτεινὰ σημεῖα, ἔχομεν σκιὰν καὶ παρασκιὰν.

6. Τὸ φῶς δὲν χρειάζεται ὕλικὸν μέσον διὰ νὰ διαδοθῆ, διαδίδεται δὲ ἰσοτρόπως, δηλαδὴ κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις, καὶ εὐθυγράμμως.

7. Ἡ φωτεινὴ ἀκτις εἶναι μία πολὺ λεπτὴ παράλληλος δέσμη φωτός.

8. Αἱ φωτεινὰ δέσμαι δύνανται νὰ εἶναι συγκλίνουσαι, ἀποκλίνουσαι ἢ παράλληλοι.

9. Ὁ σχηματισμὸς τῆς εἰκόνας εἰς τὸν σκοτεινὸν θάλαμον, ἢ σκιά, αἱ φάσεις τῆς Σελήνης, αἱ ἐκλείψεις Ἡλίου καὶ Σελήνης, εἶναι ἀποτελέσματα τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός.

10. Τὸ φῶς διαδίδεται εἰς τὸ κενὸν καὶ περίπου εἰς τὸν ἀέρα μὲ ταχύτητα ἴσην πρὸς :

$$c = 300\,000 \text{ km/sec}$$

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

158. Μὲ μίαν φωτογραφικὴν μηχανὴν φωτογραφίζομεν ἕναν πύργον ὕψους 40 m, ὃ ὁποῖος εὐρίσκεται 300 m μακρὰν. Ἐὰν τὸ βάθος τοῦ σκοτεινοῦ θαλάμου τῆς μηχανῆς εἶναι 30 cm, νὰ εὐρεθῆ τὸ ὕψος τῆς εἰκόνας, ἢ ὁποῖα θὰ ἐμφανισθῆ. (Ἀπ. 4 cm).

159. Μία κυκλική φωτεινή πηγή έχει διάμετρον 4cm και εφύσκειται εις απόστασιν 50cm από ένα αδιαφανή δίσκον, διαμέτρον 20 cm. Νά εφρεθοῦν αἱ διάμετροι τῆς σκιάς καὶ τῆς παρασκιάς, αἱ ὁποῖαι θὰ ἐμφανισθοῦν εις μίαν ὀθόνην, ἡ ὁποία ἀπέχει 1 m ἀπὸ τὸ ἀδιαφανές σῶμα. (᾽Απ. 52 cm, 8 cm.)

160. Ἡ ἀπόστασις τῆς ὀπῆς ἐνὸς σκοτεινοῦ θαλάμου ἀπὸ τὴν ἀπέναντι ἔδραν του εἶναι 30 cm. Πόσον εἶναι τὸ ὕψος τοῦ εἰδώλου ἐνὸς ἀντικειμένου ὕψους 20 cm, τὸ ὁποῖον ἀπέχει 75 cm ἀπὸ τὴν ὀπὴν. (Νά γίνῃ γραφικὴ λύσις τοῦ προβλήματος) (᾽Απ. 8 cm.)

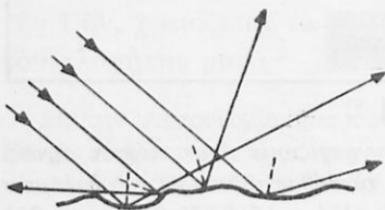
161. Τὸ μῆκος ἐνὸς σκοτεινοῦ θαλάμου εἶναι 24 cm. Εἰς πόσην ἀπόστασιν ἀπὸ τὸ ἄνοιγμα πρέπει νὰ τοποθετήσωμεν ἓνα ἀντικείμενον, διὰ νὰ σχηματισθῇ διπλασίον ὕψους εἰκὼν τοῦ ἀντικειμένου. (Νά γίνῃ γραφικὴ λύσις). (᾽Απ. 12 cm.)

162. Αἱ ἡλιακαὶ ἀκτίνες προσπίπτουν ὑπὸ γωνίαν 60° εἰς τὸ ἔδαφος καὶ σχηματίζουν τὴν σκιάν ἐνὸς δένδρου. Ἄν τὸ μῆκος τῆς σκιάς εἶναι 7 m, πόσον εἶναι τὸ ὕψος τοῦ δένδρου. (Νά γίνῃ γραφικὴ λύσις). (᾽Απ. 12 m.)

ΜΓ' — ΑΝΑΚΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ. ΕΠΙΠΕΔΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

§ 220. Διάχυτος καὶ κανονικὴ ἀνάκλασις τοῦ φωτός. Ἀπὸ τὴν πείραν γνωρίζομεν ὅτι διὰ νὰ βλέπωμεν τὰ διάφορα ἀντικείμενα, πρέπει νὰ εἰσχωροῦν εἰς τοὺς ὀφθαλμούς μας φωτεινὰ ἀκτίνες προερχόμεναι ἀπὸ τὰ ἀντικείμενα αὐτά. Αἱ ἐπιφάνειαι ὅμως τῶν περισσοτέρων ἀντικειμένων εἶναι συνήθως τραχεῖαι καὶ τὸ φῶς, τὸ ὁποῖον πίπτει ἐπ' αὐτῶν, διευθύνεται κατόπιν ἀκανονίστως πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις (σχ. 222). Τὸ φαινόμενον αὐτὸ ὀνομάζεται **διάχυτος ἀνάκλασις** ἢ ἀπλῶς **διάχυσις τοῦ φωτός**. Ὡστε :

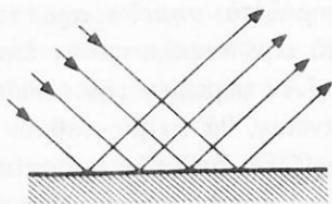
Διάχυτος ἀνάκλασις ἢ διάχυσις τοῦ φωτός ὀνομάζεται τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ ὁποῖον ὅταν προσπέσῃ φῶς ἐπάνω εἰς μίαν τραχεῖαν καὶ ἀκανόνιστον ἐπιφάνειαν, διευθύνεται μετὰ τὴν πρόσπτωσίν του πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις.



Σχ. 222. Διάχυσις τοῦ φωτός.

Ἐξ αἰτίας τοῦ διαχύτου ἡλιακοῦ φωτός φωτιζόμεθα πρὶν ἀνατεῖλῃ ὁ ἥλιος (λυκαυγὲς) ἢ ὅταν ἔχει δύσει (λυκόφως),

ὅπως ἐπίσης καὶ ὅταν ἐπικρατῆ νέφωσις. Εἰς τὰς περιπτώσεις αὐτὰς τὸ φῶς φθάνει εἰς τοὺς ὀφθαλμούς μας, ἀφοῦ προσπέση διαδοχικῶς εἰς αἰωρούμενα μόρια σκόνης καὶ ἄλλα σωματίδια, τὰ ὁποῖα εὐρίσκονται εἰς τὴν ἀτμόσφαιρα καὶ ἀφοῦ ὑποστῆ ἀλλεπαλλήλους διαχύσεις.



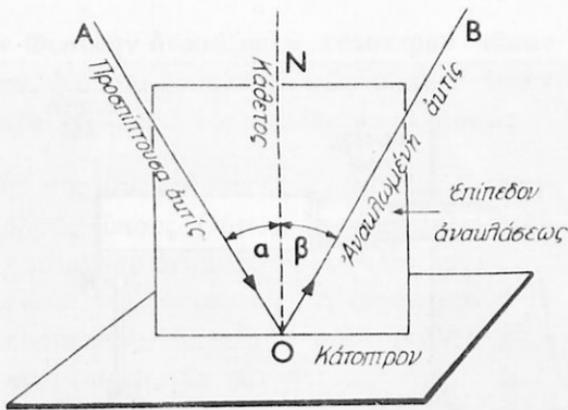
Σχ. 223. Ἀνάκλασις τοῦ φωτός.

Ἐφαρμογὴν τῆς διαχύσεως ἔχομεν εἰς τοὺς λεγομένους κρυφοὺς φωτισμοὺς τῶν αἰθουσῶν, κλπ.

Ἐὰν ἀπὸ μίαν ὀπὴν ἑνὸς σκοτεινοῦ θαλάμου δεχθῶμεν μίαν δέσμη ἡλιακῶν ἀκτίνων καὶ τὴν ἀφήσωμεν νὰ προσπέση ἐπὶ μιᾶς στιλπνῆς μεταλλικῆς πλακός, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι τὸ φῶς θὰ μεταβάλλῃ διεύθυνσιν διαδόσεως, χωρὶς νὰ ὑποστῆ διάχυσιν (σχ. 223). Τὸ φαινόμενον αὐτὸ ὀνομάζεται κανονικὴ ἀνάκλασις τοῦ φωτός ἢ ἀπλῶς ἀνάκλασις τοῦ φωτός. Ὡστε :

Κανονικὴ ἀνάκλασις ἢ ἀνάκλασις τοῦ φωτός, ὀνομάζεται τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ ὁποῖον τὸ φῶς μεταβάλλει πορείαν διαδόσεως, ὅταν συναντήσῃ εἰς τὸν δρόμον του μίαν λείαν καὶ στιλπνὴν ἐπιφάνειαν.

§ 221. Νόμοι τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός. Εἰς τὸ σχῆμα-224 ἡ ΑΟ δεικνύει τὴν διεύθυνσιν μιᾶς φωτεινῆς ἀκτίνος ἢ ὁποία συναντᾷ εἰς τὴν πορείαν της μίαν λείαν καὶ στιλπνὴν ἐπίπεδον πλάκα, ἣτις ἀποτελεῖ τὴν ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν, ἐνῶ ἡ ΟΒ δεικνύει τὴν διεύθυνσιν τῆς φωτεινῆς ἀκτίνος μετὰ ἀπὸ τὴν ἀνάκλασιν. Ἡ ἀκτίς ΑΟ ἢ ὁποία συναντᾷ εἰς τὴν πορείαν της τὴν ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν ὀνομάζεται προσπίπτουσα ἀκτίς, τὸ δὲ σημεῖον ΠΟ εἰς τὸ ὁποῖον συναντᾷ τὴν ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν,



Σχ. 224. Διὰ τὴν ἐξηγησιν τῶν νόμων τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός.

ονομάζεται *σημείον προσπτώσεως*. Ἡ OB , ἡ ὁποία ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὴν ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν ὀνομάζεται *ἀνακλωμένη ἀκτίς*.

Ἄν φέρωμεν τὴν εὐθεῖαν ON κάθετον εἰς τὴν ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν, θὰ σχηματισθοῦν δύο γωνίαί. Ἡ γωνία AON , ἡ ὁποία σχηματίζεται ἀπὸ τὴν προσπίπτουσαν ἀκτίνα καὶ τὴν κάθετον εἰς τὸ σημείον προσπτώσεως, ὀνομάζεται *γωνία προσπτώσεως*: ἡ γωνία NOB , ἡ ὁποία σχηματίζεται ἀπὸ τὴν κάθετον εἰς τὸ σημείον προσπτώσεως καὶ τὴν ἀνακλωμένην ἀκτίνα, ὀνομάζεται *γωνία ἀνακλάσεως*. Τὸ ἐπίπεδον τὸ ὁποῖον ὀρίζεται ἀπὸ τὴν προσπίπτουσαν καὶ τὴν ἀνακλωμένην ἀκτίνα, ὀνομάζεται *ἐπίπεδον προσπτώσεως*.

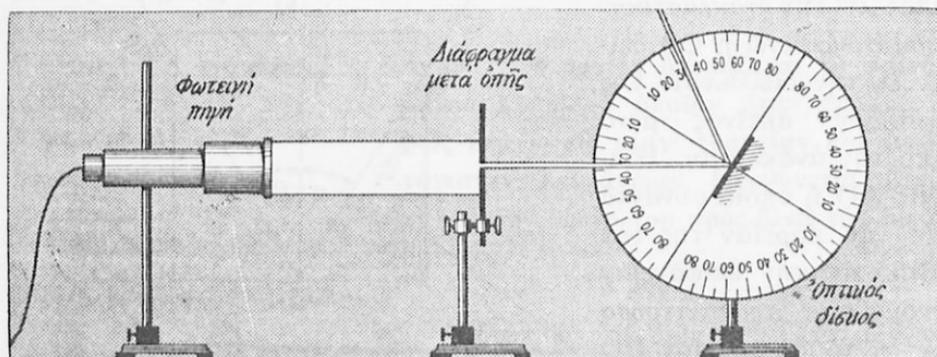
Ἡ ἀνάκλασις τοῦ φωτὸς ἀκολουθεῖ τοὺς ἑξῆς δύο νόμους:

1ος νόμος. Τὸ ἐπίπεδον προσπτώσεως, τὸ ὁποῖον ὀρίζεται ἀπὸ τὴν προσπίπτουσαν καὶ τὴν ἀνακλωμένην ἀκτίνα, εἶναι κάθετον εἰς τὴν ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν.

2ος νόμος. Ἡ γωνία προσπτώσεως εἶναι ἴση μὲ τὴν γωνίαν ἀνακλάσεως.

§ 222. Πειραματικὴ ἀπόδειξις τῶν νόμων τῆς ἀνακλάσεως.

Τὸ σχῆμα 225 δεικνύει μίαν ἀπλὴν συσκευὴν, μὲ τὴν ὁποίαν δυνάμεθα νὰ ἀποδείξωμεν ἱκανοποιητικῶς τοὺς νόμους τῆς ἀνακλάσεως. Ἀπὸ μίαν ὀπὴν ἀφήνομεν νὰ εἰσέλθῃ μία λεπτὴ παράλληλος φωτεινὴ δέσμη, ἡ τροχιά τῆς ὁποίας διακρίνεται ἀπὸ τὸ φωτεινὸν ἴχνος τὸ ὁποῖον σχη-



Σχ. 225. Πειραματικὴ διάταξις διὰ τὴν ἐπαλήθευσιν τῶν νόμων τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτὸς

ματίζει ἐπάνω εἰς ἓνα λευκὸν καὶ λεπτὸν κατακόρυφον δίσκον, ὁ ὁποῖος εἶναι ὑποδιηρημένος εἰς μοίρας καὶ τοποθετημένος οὕτως, ὥστε ἡ ἐπιφάνειά του νὰ συμπίπτῃ μὲ τὴν διεύθυνσιν διαδόσεως τῆς φωτεινῆς δέσμης.

Εἰς τὸ κέντρον τοῦ δίσκου ὑπάρχει ἓνα μικρὸν κάτοπτρον. Οὕτως ἡ προσπίπτουσα ἀκτὶς ἀνακλᾶται καὶ δίδει τὴν ἀνακλωμένην ἀκτίνα, τὸ φωτεινὸν ἴχνος τῆς ὁποίας σχηματίζεται ἐπίσης ἐπάνω εἰς τὸν δίσκον.

Ἐκ τῆν μέτρησιν τῶν γωνιῶν προσπτώσεως καὶ ἀνακλάσεως βλέπομεν ὅτι αἱ γωνίαι αὗται εἶναι ἴσαι. Ἐφ' ὅσον δὲ τὰ ἴχνη τῶν δύο ἀκτίνων σχηματίζονται ἐπάνω εἰς τὸν κατακόρυφον δίσκον, συμπεραίνομεν ὅτι αἱ ἀκτῖνες εὐρίσκονται εἰς ἐπίπεδον κάθετον πρὸς τὴν ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν (διότι ὁ κατακόρυφος δίσκος εἶναι κάθετος πρὸς τὸ ὀριζόντιον κάτοπτρον).

§ 223. Ἀρχὴ τῆς ἀντιστρόφου πορείας τοῦ φωτός. Πειραματικῶς ἀποδεικνύεται ὅτι ἐὰν τὸ φῶς ἀκολουθῇ εἰς τὴν διάδοσίν του μίαν ὀρισμένην πορείαν, εἶναι δυνατόν νὰ διαδοθῇ ἀκολουθῶν καὶ τὴν ἀντίστροφον ἀκριβῶς πορείαν. Οὕτως, ὅταν μία φωτεινὴ ἀκτὶς ἀνακλᾶται καὶ ἀκολουθῇ τὴν διεύθυνσιν AOB (σχ. 224), εἶναι δυνατόν νὰ διαδοθῇ καὶ κατὰ τὴν διεύθυνσιν BOA.

Ἡ ιδιότης αὕτη τοῦ φωτός εἶναι γνωστὴ μὲ τὴν ὀνομασίαν *ἀρχὴ τῆς ἀντιστρόφου πορείας τοῦ φωτός*.

§ 224. Κάτοπτρα. Εἰς τὴν Φυσικὴν ὀνομάζομεν *κάτοπτρον* πᾶσαν λείαν καὶ στιλπνὴν ἐπιφάνειαν, ἡ ὁποία ἀνακλᾶ τὸ φῶς τὸ προσπίπτον ἐπ' αὐτῆς, συμφώνως πρὸς τοὺς γνωστοὺς νόμους τῆς ἀνακλάσεως.

Ἀναλόγως μὲ τὴν μορφήν τῆς ἀνακλαστικῆς ἐπιφανείας διακρίνονται τὰ κάτοπτρα εἰς διαφόρους τύπους. Οὕτως, ἐὰν ἡ ἀνακλαστικὴ ἐπιφάνεια εἶναι ἐπίπεδος, τὸ κάτοπτρον ὀνομάζεται *ἐπίπεδον* (σχ. 226).

Ἐὰν ἡ ἀνακλαστικὴ ἐπιφάνεια εἶναι σφαιρικὴ, τὸ κάτοπτρον ὀνομάζεται *σφαιρικόν*. Εἰς τὴν περίπτωσιν ὅμως τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων διακρίνομεν *κοῖλα* καὶ *κυρτὰ* σφαιρικὰ κάτοπτρα.

Κοῖλον λέγεται τὸ σφαιρικὸν κάτοπτρον ὅταν ἔχη ὡς ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν τὸ ἐσωτερικὸν τῆς σφαιράς. **Κυρτὸν** λέγεται τὸ σφαι-



Σχ. 226. Ἡ ἡρεμος ἐπιφάνεια μιᾶς λίμνης ἀποτελεῖ ἐπίπεδον κάτοπτρον.

συμφώνως πρὸς τοὺς νόμους τῆς ἀνακλάσεως, καὶ συναντοῦν μετὰ τὴν ἀνάκλασιν των τοὺς ὀφθαλμούς μας. Οὕτω μᾶς δημιουργοῦν τὴν ἐντύπωσιν ὅτι προέρχονται ἀπὸ σημεῖα εὐρίσκόμενα ὀπίσω ἀπὸ τὸ κάτοπτρον καὶ τὰ ὁποῖα σχηματίζουν κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ὁμοιώματα τῶν ἀντικειμένων. Τὰ ὁμοιώματα αὐτὰ ὀνομάζονται *φανταστικὰ εἰδῶλα*.

Τὸ σχῆμα 227 δεικνύει τὸν σχηματισμὸν φανταστικοῦ εἰδώλου A' ἐνὸς φωτεινοῦ σημείου A , τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται ἔμπροσθεν ἐνὸς ἐπίπεδου κατόπτρου. Ὁ ὀφθαλμὸς συλλαμβάνει τὰς ἀνακλωμένας ἀκτῖνας OB καὶ $O'Γ$, αἱ ὁποῖαι προεκτινόμεναι τέμνονται εἰς τὸ A' καὶ σχηματίζουν τοιοῦτοτρόπως τὸ φανταστικὸν εἶδωλον τοῦ σημείου A .

Ἀπὸ τὴν μελέτην τῶν ἐπιπέδων κατόπτρων συμπεραίνομεν τὰ ἀκόλουθα.

α) Τὰ εἰδῶλα τὰ ὁποῖα δίδουν τὰ ἐπίπεδα κάτοπτρα εἶναι φαντα-

ρικὸν κάτοπτρον ὅταν ἔχη ὡς ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν τὸ ἐξωτερικὸν μέρος τῆς σφαίρας.

§ 225. Ἐπίπεδα κάτοπτρα. Ἄν σταθῶμεν ἔμπρὸς εἰς ἓνα ἐπίπεδον κάτοπτρον, παρατηροῦμεν ὀπίσω ἀπὸ τὴν ὑάλον τοῦ ἓνα ὁμοίωμα τοῦ ἑαυτοῦ μας, ὅπως ἐπίσης καὶ τῶν ἀντικειμένων τὰ ὁποῖα εὐρίσκονται ἔμπροσθεν ἀπὸ τὸ κάτοπτρον.

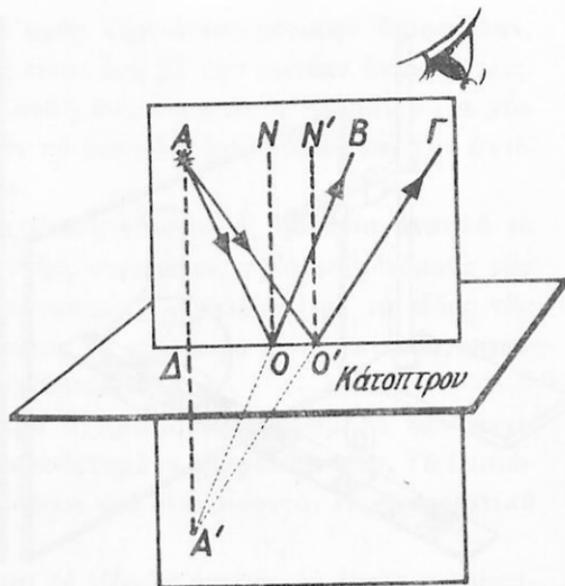
Ὅ,τι βλέπομεν μέσα εἰς τὸ κάτοπτρον δὲν ὑπάρχει βεβαίως εἰς τὴν πραγματικότητα, σχηματίζεται δὲ ἀπὸ τὰς ἀκτῖνας, αἱ ὁποῖαι ἀφοῦ προσπέσουν εἰς τὸ κάτοπτρον ἀνακλῶνται,

στικά, δὲν σχηματίζονται δηλαδή ἀπὸ τὰς φωτεινὰς ἀκτίνες, ἀλλὰ ἀπὸ τὰς προεκτάσεις των, καὶ εὐρίσκονται ὀπισθεν τοῦ κατόπτρου.

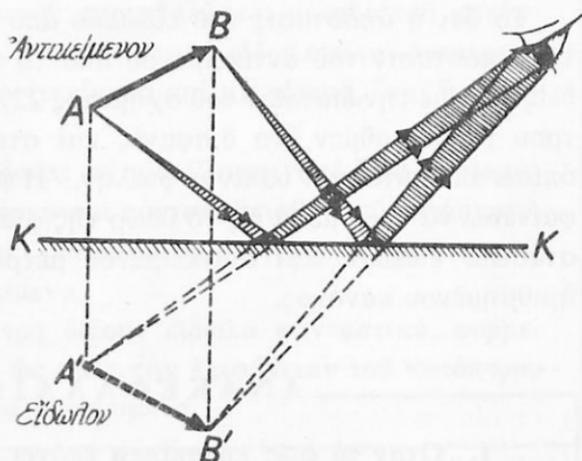
β) Τὰ εἰδῶλα εἶναι συμμετρικὰ μὲ τὰ ἀντικείμενα ὡς πρὸς τὸ ἐπίπεδον τοῦ κατόπτρου καὶ δὲν εἶναι ἐφαρμόσιμα μὲ τὰ ἀντικείμενα. Εἰδῶλα καὶ ἀντικείμενα ἔχουν μεταξύ των τὴν σχέσιν δεξιᾶς καὶ ἀριστερᾶς παλάμης.

Εἰς τὴν σχέσιν συμμετρίας εἰδώλου καὶ ἀντικειμένου ὀφείλεται τὸ γεγονός ὅτι δὲν δυνάμεθα νὰ διαβάσωμεν τὴν σελίδα ἑνὸς βιβλίου, ἢ ὅποια καθρεπτίζεται μέσα εἰς ἓνα ἐπίπεδον κάτοπτρον.

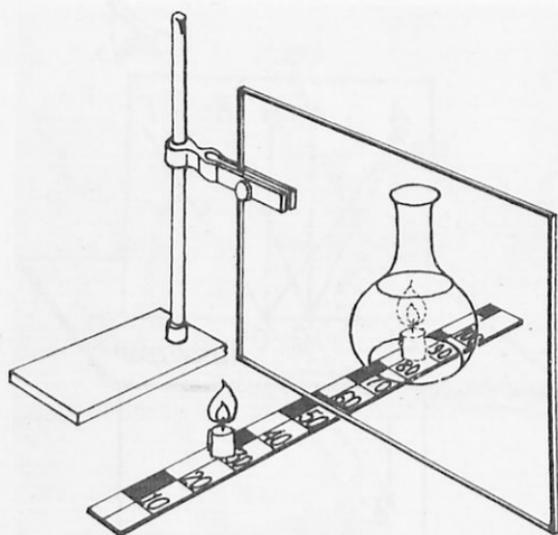
§ 226. Ἀπεικόνισις ἀντικειμένου ὑπὸ ἐπίπεδου κατόπτρου. Τὸ εἶδῶλον $A'B'$ ἑνὸς ἀντικειμένου AB (σχ. 228) σχηματίζεται μὲ εὐκολίαν ἂν κατασκευάσωμεν τὰ συμμετρικά A' καὶ B' τῶν ἄκρων τοῦ ἀντικειμένου A καὶ B , ὡς πρὸς τὸ κάτοπτρον. Ἀπὸ τὸ σχῆμα φαίνεται ὅτι τὸ εἶδῶλον ἔχει ἀναστροφή πλευρικῶς. Δὲν εἶναι δηλαδή ἐφαρμόσιμον μὲ τὸ ἀντικείμενον, ἐπεὶδὴ τὸ ἀριστερὸν τοῦ ἀντικειμένου ἀπεικονίζεται ὡς δεξιὸν τοῦ εἰδώλου καὶ ἀντιστρόφως.



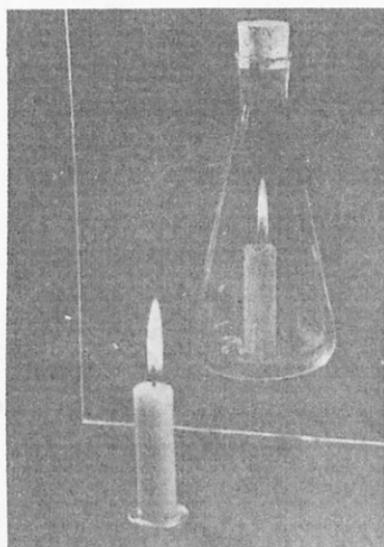
Σχ. 227. Τὸ φανταστικὸν εἶδῶλον A' τοῦ φωτεινοῦ σημείου A εἶναι συμμετρικὸν ὡς πρὸς τὸ κάτοπτρον.



Σχ. 228. Γεωμετρικὸν διάταγμα σχηματισμοῦ τοῦ φανταστικοῦ εἰδώλου ἑνὸς ἀντικειμένου.



Σχ. 229. Το είδωλο και το αντικείμενο είναι συμμετρικά ως προς το κάτοπτρο.



Σχ.229,α. Φωτογραφία του αντικείμενου και του είδωλου του, μιᾶς διατάξεως ὅπως τοῦ σχ. 229.

Τὸ ὅτι ἡ ἀπόσταση τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὸ κάτοπτρον εἶναι ἴση μὲ τὴν ἀπόστασιν τοῦ αντικειμένου ἀπὸ τὸ κάτοπτρον, δυνάμεθα νὰ τὸ δείξωμεν μὲ τὴν διάταξιν τοῦ σχήματος 229, καὶ 229α, ὅπου ἀντὶ κατόπτρου τοποθετοῦμεν ἓνα διαφανὲς καὶ στιλπνὸν τεμάχιον ὑάλου καὶ ὀπίσω ἀπὸ αὐτὸ μίαν ὑαλίνην φιάλην. Ἡ φλόξ τοῦ εἰδώλου τοῦ κηριου φαίνεται νὰ καίη μέσα εἰς τὸ ὕδωρ τῆς φιάλης, ἐνῶ ἡ ἰσότης τῶν ἀποστάσεων εἰδώλου καὶ αντικειμένου μετρεῖται μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ ἠριθμημένου κανόνος.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Ὄταν τὸ φῶς προσπίπτῃ ἐπάνω εἰς μίαν λείαν καὶ στιλπνὴν ἐπιφάνειαν ὑφίσταται ἀνάκλασιν. Ἄν ἡ ἐπιφάνεια εἶναι τραχεῖα καὶ ἀκανόνιστος τὸ φῶς ὑφίσταται διάχυσιν. Ἐξ αἰτίας τῆς διαχύσεως ἔχομεν φῶς καὶ ὅταν δὲν φωτιζόμεθα ἀπ' εὐθείας ἀπὸ μίαν φωτεινὴν πηγὴν.

2. Ἡ ἀνάκλασις ἀκολουθεῖ τοὺς ἐξῆς δύο νόμους : α) Ἡ προσπίπτουσα καὶ ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς ὀρίζουν ἓνα ἐπίπεδον,

τὸ ὁποῖον εἶναι κάθετον πρὸς τὴν ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν.
β) Ἡ γωνία προσπίπτουσας εἶναι ἴση μὲ τὴν γωνίαν ἀνακλάσεως.

3. Ὄταν τὸ φῶς ἀκολουθῇ ἓνα ὄρισμένον δρόμον κατὰ τὴν διάδοσίν του, εἶναι δυνατόν νὰ διαδοθῇ ἀκολουθῶν καὶ τὴν ἀντίστροφον ἀκριβῶς πορείαν.

4. Ἐκάστη λεία καὶ στιλπνὴ ἐπιφάνεια, ἡ ὁποία ἀνακλᾷ τὸ φῶς, τὸ προσπίπτον ἐπ' αὐτῆς, συμφώνως πρὸς τοὺς νόμους τῆς ἀνακλάσεως ὀνομάζεται κάτοπτρον. Ἀναλόγως μὲ τὸ εἶδος τῆς ἀνακλαστικῆς τῶν ἐπιφανείας τὰ κάτοπτρα εἶναι ἐπίπεδα, σφαιρικὰ (κυρτὰ ἢ κοίλα), κυλινδρική, κλπ.

5. Τὰ διάφορα κάτοπτρα σχηματίζουν ὁμοιώματα τῶν ἀντικειμένων, τὰ ὁποία εἶναι τοποθετημένα ἔμπροσθέν των. Τὰ ὁμοιώματα αὐτὰ ὀνομάζονται εἰδῶλα καὶ διακρίνονται εἰς πραγματικὰ καὶ εἰς φανταστικά.

6. Πραγματικὰ λέγονται τὰ εἰδῶλα ἐκεῖνα, τὰ ὁποία σχηματίζονται ἀπὸ σύμπτωσιν τῶν ἀκτίνων καὶ τὰ ὁποία δυνάμεθα νὰ λάβωμεν ἐπὶ ἑνὸς πετάσματος. Σχηματίζονται ἔμπροσθεν τῶν κατόπτρων καὶ ἢ παρεμβάλλονται μεταξὺ ἀντικειμένου καὶ κατόπτρου ἢ τὸ ἀντικείμενον παρεμβάλλεται μεταξὺ τοῦ κατόπτρου καὶ τοῦ εἰδώλου του. Τὰ πραγματικὰ εἰδῶλα εἶναι ἀνέστραμμένα ἐν σχέσει πρὸς τὰ ἀντικείμενα καὶ μικρότερα, ἴσα, ἢ μεγαλύτερα ἀπὸ αὐτὰ.

7. Τὰ φανταστικὰ εἰδῶλα σχηματίζονται ἀπὸ τὰς προεκτάσεις τῶν ἀκτίνων καὶ εὐρίσκονται πάντοτε ὀπισθεν τοῦ κατόπτρου. Εἶναι ὄρθια καὶ δύνανται νὰ εἶναι ἰσομεγέθη, μεγαλύτερα ἢ μικρότερα ἀπὸ τὰ ἀντικείμενα.

8. Τὰ ἐπίπεδα κάτοπτρα δίδουν εἰδῶλα φανταστικά, συμμετρικά μὲ τὰ ἀντικείμενα ὡς πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ κατόπτρου καὶ μὴ ἐφαρμόσιμα μὲ τὰ ἀντικείμενα.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

163. Ἡ γωνία μεταξὺ μιᾶς ὀπτικῆς ἀκτίνος καὶ τῆς ἐπιφανείας, ἐπάνω εἰς τὴν ὁποίαν προσπίπτει ἡ ἀκτίς, εἶναι 42° . Πόση εἶναι ἡ γωνία ἀνακλάσεως. (Ἄπ. 48^ο.)

164. Ἡ γωνία προσπίπτουσας μιᾶς ὀπτικῆς ἀκτίνος ἀξάνεται κατὰ 15° . Κατὰ πόσας μοῖρας ἀξάνεται ἡ γωνία, ἡ σχηματιζομένη ἀπὸ τὴν προσπίπτουσαν καὶ τὴν ἀνακλωμένην ἀκτίνα. (Ἄπ. 30 μοῖραι.)

165. Ἡ ἀπόστασις ἐνὸς ἀντικειμένου ἀπὸ τὸ εἶδωλόν του, τὸ ὁποῖον σχηματίζεται ἐντὸς ἐνὸς ἐπιπέδου κατόπτρου, εἶναι 70 cm. Πόσον ἀπέχει τὸ ἀντικείμενον ἀπὸ τὸ κάτοπτρον. (Ἀπ. 35 cm.)

166. Ἐνας ἄνθρωπος, ὁ ὁποῖος εὐρίσκεται ἔμπροσθεν ἐνὸς ἐπιπέδου κατόπτρου, ἀπομακρύνεται κατὰ 1,5 m ἀπὸ τὸ κάτοπτρον. Κατὰ πόσον αὐξάνεται ἡ ἀπόστασις τοῦ ἀνθρώπου ἀπὸ τὸ εἶδωλόν του. (Ἀπ. 3 m.)

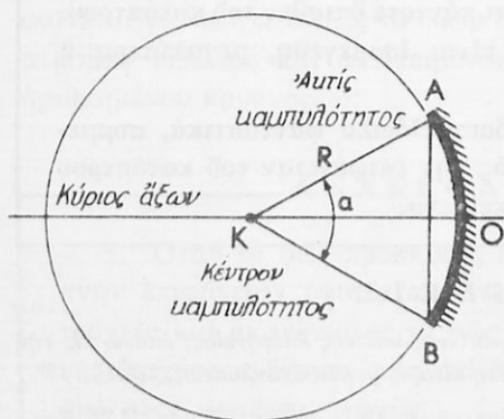
167 Ἡ ἀνακλαστικὴ ἐπιφάνεια ἐνὸς ἐπιπέδου κατόπτρου συμπίπτει μὲ τὸ ὀριζόντιον ἐπίπεδον. Ἐνας παρατηρητής, τοῦ ὁποῖου οἱ ὀφθαλμοὶ ἀπέχουν 1,50 m ἀπὸ τὸ ἔδαφος, τοποθετεῖται ὄρθιος εἰς ἀπόστασιν 2 m ἀπὸ τὸ κέντρον τοῦ κατόπτρου καὶ βλέπει, ἐξ ἀνακλάσεως, τὴν κορυφὴν ἐνὸς πλησίον εὐρισκομένου δένδρου εἰς τὴν διεύθυνσιν τοῦ κέντρον τοῦ κατόπτρου. Πόσον εἶναι τὸ ὕψος αὐτοῦ τοῦ δένδρου, ἂν ἡ βᾶσις τοῦ κορμοῦ του ἀπέχη 20 m ἀπὸ τὸ κέντρον τοῦ κατόπτρου. (Ἀπ. 15m.)

ΜΔ' — ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

§ 227- Γενικότητες. Κοῖλα καὶ σφαιρικὰ κάτοπτρα. Ὄταν ἡ ἀνακλαστικὴ ἐπιφάνεια ἐνὸς κατόπτρου εἶναι σφαιρικὴ, τὸ κάτοπτρον ὀνομάζεται *σφαιρικόν*. Τὸ σφαιρικόν κάτοπτρον ὀνομάζεται *κοῖλον* ὅταν ἔχη ὡς ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν τὸ ἐσωτερικόν τῆς σφαίρας καὶ *κωντόν* ὅταν ἔχη ὡς ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν τὸ ἐξωτερικόν τῆς σφαίρας. Θεωροῦμεν μίαν τομὴν AOB ἐνὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου ἀπὸ ἓνα ἐπίπεδον διερχόμενον ἀπὸ τὸ κέντρον τῆς σφαίρας, εἰς τὴν ὁποίαν

ἀνήκει τὸ κάτοπτρον, καὶ ἀπὸ τὸ μέσον τοῦ κατόπτρου (σχ. 230).

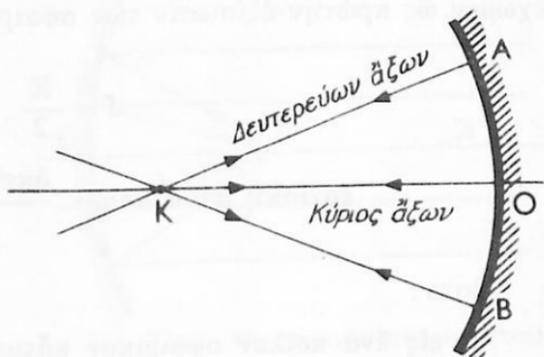
Τὸ σημεῖον O, τὸ ὁποῖον εἶναι καὶ τὸ γεωμετρικόν μέσον τοῦ κατόπτρου, ὀνομάζεται *κορυφὴ* τοῦ κατόπτρου, ἡ δὲ γωνία AKB ἄνοιγμα τοῦ κατόπτρου. Ἡ KO ἥτις ἰσοῦται μὲ τὴν ἀκτῖνα τῆς σφαίρας, εἰς τὴν ὁποίαν ἀνήκει τὸ κάτοπτρον, ὀνομάζεται *ἀκτὶς καμπυλότητος* τοῦ κατόπτρου καὶ παριστᾶται μὲ τὸ γράμμα R. Τὸ σημεῖον K τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ τὸ κέντρον τῆς σφαίρας, εἰς τὴν ὁποίαν ἀνήκει



Σχ. 230. Χαρακτηριστικὰ στοιχεῖα κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου.

τὸ κάτοπτρον, ὀνομάζεται *κέντρον καμπυλότητος* τοῦ κατόπτρου.

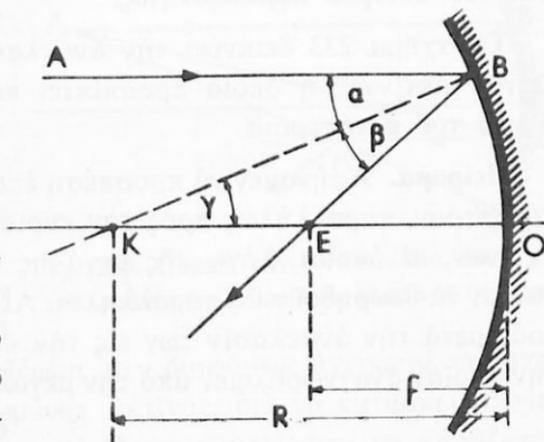
Ἡ εὐθεῖα OK ἣτις διέρχεται ἀπὸ τὴν κορυφήν O τοῦ κατόπτρου καὶ τὸ κέντρον καμπυλότητος του ὀνομάζεται *κύριος ἄξων* τοῦ κατόπτρου. Πᾶσα ἄλλη εὐθεῖα διερχομένη ἀπὸ τὸ κέντρον καμπυλότητος καὶ ἀπὸ ἓνα τυχαῖον σημεῖον τοῦ κατόπτρου, ὀνομάζεται *δευτερεύων ἄξων* (σχ. 231).



Σχ. 231. Κύριος καὶ δευτερεύων ἄξων ἐνὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου.

§ 228. Ἑστιακὴ ἀπόστασις.

Κυρία ἐστία. Ἐάν μία λεπτή φωτεινὴ δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων AB προσπέση παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξωνα ἐνὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου, θὰ διέλθῃ μετὰ τὴν ἀνάκλασίν της, ἀπὸ ἓνα σημεῖον E τοῦ κυρίου ἄξου, τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται εἰς τὸ μέσον τῆς OK καὶ τὸ ὁποῖον ὀνομάζεται *κυρία ἐστία* τοῦ κατόπτρου (σχ. 232).



Σχ. 232. Ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις εἶναι ἴση πρὸς τὸ ἕμισυ τῆς ἀκτίνος καμπυλότητος R τοῦ κατόπτρου.

Ἡ ἀνάκλασις ἀκολουθεῖ καὶ ἐδῶ τοὺς γνωστὸς νόμους της. Γωνία προσπτώσεως εἶναι ἡ ABK, σχηματιζομένη ἀπὸ τὴν προσπίπτουσαν AB καὶ τὴν κάθετον εἰς τὸ σημεῖον προσπτώσεως B, δηλαδή τὴν ἀκτίνα KB. Γωνία ἀνακλάσεως εἶναι ἡ KBE.

Ἐὰν ὀνομάσωμεν τὴν ἀπόστασιν OE τῆς κορυφῆς τοῦ κατόπτρου ἀπὸ τὴν κυρίαν ἐστίαν *ἐστιακὴν ἀπόστασιν* καὶ τὴν συμβολίσωμεν μὲ τὸ γράμμα f καὶ τῆς ἀκτίνος καμπυλότητος R τοῦ κατόπτρου θὰ

ἔχωμεν ὡς πρώτην ἐξίσωσιν τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων τὴν σχέσιν :

$$f = \frac{R}{2}$$

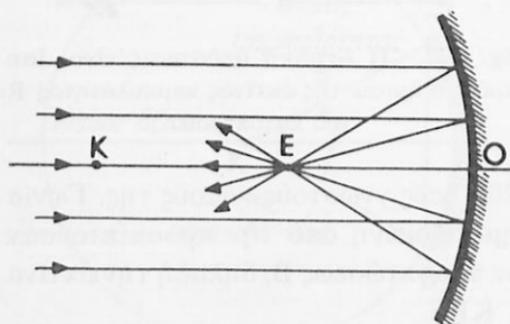
$$\text{ἔστιακὴ ἀπόστασις} = \frac{\text{ἀκτίς καμπυλότητος}}{2}$$

“Ὡστε :

“Ἄν εἰς ἓνα κοῖλον σφαιρικὸν κάτοπτρον προσπέσῃ μία φωτεινὴ δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων, παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα τοῦ κατόπτρου, αἱ ἀκτῖνες τῆς δέσμης θὰ διέλθουν, ἀφοῦ ἀνακλασθοῦν, ἀπὸ τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ κατόπτρου, ἡ ὁποία εὐρίσκεται εἰς τὸ μέσον τῆς ἀποστάσεως τῆς ὀριζομένης μεταξὺ τῆς κορυφῆς τοῦ κατόπτρου καὶ τοῦ κέντρου καμπυλότητος.

Τὸ σχῆμα 233 δεικνύει τὴν ἀνάκλασιν δέσμης παραλλήλων φωτεινῶν ἀκτίνων, ἡ ὁποία προσπίπτει παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα τοῦ κατόπτρου.

Πείραμα. Ἀφήνομεν νὰ προσπέσῃ ἐπάνω εἰς ἓνα κοῖλον σφαιρικὸν κάτοπτρον, παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, μία δέσμη ἡλιακῶν ἀκτίνων, αἱ ὁποῖαι, λόγῳ τῆς μεγάλης ἀποστάσεως τοῦ Ἡλίου, δύνανται νὰ θεωρηθοῦν ὡς παράλληλοι. Αἱ ἀκτῖνες αὗται θὰ συγκεντρωθοῦν μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῶν εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ κατόπτρου, τὴν ὁποῖαν ἀναγνωρίζομεν ἀπὸ τὴν μεγάλην θερμότητα, ἣτις ἀναπτύσσεται ἐκεῖ, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον



Σχ. 233. Αἱ παράλληλοι πρὸς τὸν κύριον ἄξονα ἀκτῖνες συγκεντρώνονται μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῶν εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν.

ὀφείλεται εἰς τὴν συγκεντρωσιν τῶν ἀκτίνων. Ἡ θερμότης αὕτη δύναται νὰ καύσῃ διάφορα ἀντικείμενα.

Συμφώνως, ἄλλωστε, πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς ἀντιστροφῆς πορείας τοῦ φωτός, μία ἀποκλίνουσα φωτεινὴ δέσμη, διερχομένη ἀπὸ τὴν κυρίαν ἐστίαν καὶ προσπίπτουσα εἰς τὸ κάτοπτρον, μεταβάλλεται

μετά την ανάκλασιν της εις δέσμη παραλλήλων ακτίνων (σχ. 234).

§ 229. Εἶδωλα κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου. Ἀναλόγως πρὸς τὴν θέσιν τοῦ ἀντικειμένου, ὡς πρὸς τὸ κάτοπτρον καὶ τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ κατόπτρου, δύναμεθα νὰ ἔχωμεν εἶδωλα φανταστικά ἢ πραγματικά.

Τὸ φανταστικὸν εἶδωλον εἶναι ὄρθιον καὶ μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον. Τὸ πραγματικὸν εἶναι ἀνεστραμμένον ἐν σχέσει πρὸς τὸ ἀντικείμενον καὶ μικρότερον, μεγαλύτερον ἢ ἴσον πρὸς αὐτό.

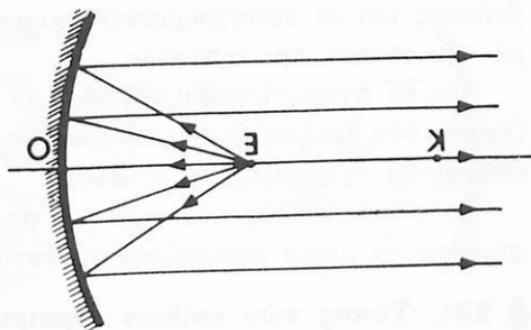
§ 230. Πορεία τῶν ἀκτίνων αἵτινες προσπίπτουν ἐπὶ ἐνὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου. Ἐφ' ὅσον τὰ εἶδωλα τῶν διαφόρων ἀντικειμένων σχηματίζονται ἀπὸ τὰς ἀνακλωμένας ἀκτίνας, διὰ νὰ κατασκευάσωμεν τὸ εἶδωλον ἐνὸς ἀντικειμένου πρέπει νὰ γνωρίζωμεν νὰ χαράζωμεν τὴν πορείαν ὀρισμένων φωτεινῶν ἀκτίνων (σχ. 235).

α) Ἀκτὶς παράλληλος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, ὅπως ἡ AB διέρχεται μετὰ τὴν ἀνάκλασιν της ἀπὸ τὴν κυρίαν ἐστίαν E τοῦ κατόπτρου.

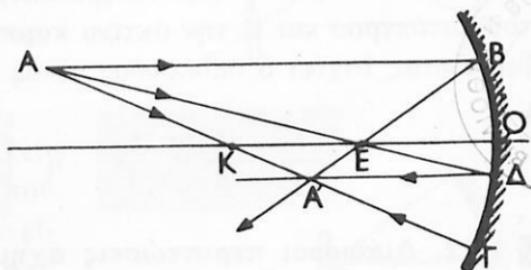
β) Ἀκτὶς διερχομένη ἀπὸ τὸ κέντρον καμπυλότητος, ὅπως ἡ AKΓ, προσπίπτει καθέτως ἐπὶ τοῦ κατόπτρου καὶ ἀνακλᾶται ἀκολουθοῦσα τὴν ἀντίστροφον πορείαν ΓΚΑ.

γ) Ἀκτὶς διερχομένη ἀπὸ τὴν κυρίαν ἐστίαν, ὅπως ἡ ΑΕΔ, ἀκολουθεῖ μετὰ τὴν ἀνάκλασιν της διεύθυνσιν παράλληλον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα.

δ) Πᾶσα ἄλλη ἀκτὶς προσπίπτουσα ἐπὶ τοῦ κατόπτρου (ὅπως



σχ. 234. Ὄταν τὸ φωτεινὸν σημεῖον τοποθετηθῇ εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν, τότε αἱ φωτειναὶ ἀκτίνες του, μετὰ τὴν ἀνάκλασιν των, διαδίδονται παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα.



σχ. 235. Πορεία τῶν ἀκτίνων διὰ τὸν σχηματισμὸν τοῦ εἰδώλου ἐνὸς φωτεινοῦ σημείου.

βεβαίως και αί προηγούμεναι) σχηματίζει γωνίαν ανακλάσεως ίσην με την γωνίαν προσπτώσεως.

Διά νά σχηματίσωμεν τὸ εἶδωλον ἑνὸς φωτεινοῦ σημείου, χρειαζόμεθα δύο τουλάχιστον φωτεινάς ἀκτῖνας τοῦ σημείου, ἢ τομὴ τῶν ὁποίων θὰ σχηματίσῃ τὸ εἶδωλον.

Τὸ εἶδωλον ἑνὸς ἀντικείμενου σχηματίζεται ἀπὸ τὰ εἶδωλα τῶν σημείων τὰ ὁποῖα ἀπαρτίζουν τὸ ἀντικείμενον.

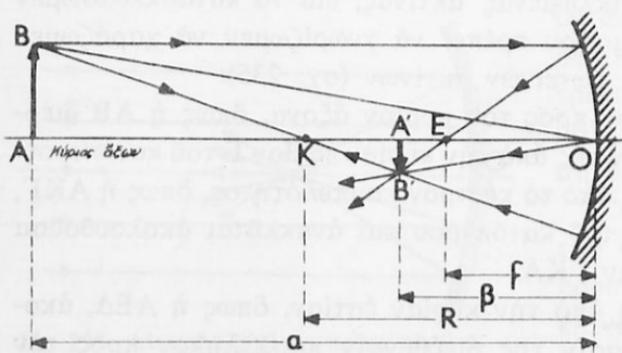
§ 231. Τύπος τῶν κοίλων σφαιρικῶν κατόπτρων. Ἐστω AB (σχ. 236) ἓνα ἀντικείμενον, εὐρίσκόμενον καθέτως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα ἑνὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου, καὶ A'B' τὸ εἶδωλον τοῦ ἀντικείμενου αὐτοῦ. Ἄν ὀνομάσωμεν α τὴν ἀπόστασιν OA τοῦ ἀντικείμενου ἀπὸ τὴν κορυφὴν τοῦ κατόπτρου, β τὴν ἀπόστασιν OA' τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὴν κορυφὴν τοῦ κατόπτρου, f τὴν ἐστιακὴν ἀπόστασιν τοῦ κατόπτρου καὶ R τὴν ἀκτῖνα καμπυλότητός του, τότε, ὅπως ἀποδεικνύεται, ἰσχύει ὁ ἀκόλουθος τύπος τῶν κατόπτρων :

$$\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{f} \quad \text{ἢ} \quad \frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta} = \frac{2}{R}$$

§ 232. Διάφοροι περιπτώσεις σχηματισμοῦ εἰδώλων. α) Πραγματικὸν εἶδωλον.

1) Ὄταν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται πέραν ἀπὸ τὸ κέντρον καμπυλότητος, τὸ εἶδωλὸν τοῦ εἶναι πραγματικόν, ἀνεστραμμένον, μικρότερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον καὶ σχηματίζεται μεταξύ τῆς κυρίας ἐστίας καὶ τοῦ κέντρου καμπυλότητος τοῦ κατόπτρου (σχ. 237, I).

2) Ὄταν τὸ ἀντικείμενον πλησιάσῃ πρὸς τὸ κέντρον καμπυλότη-



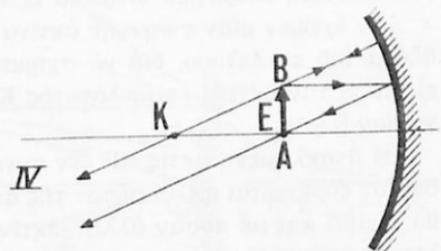
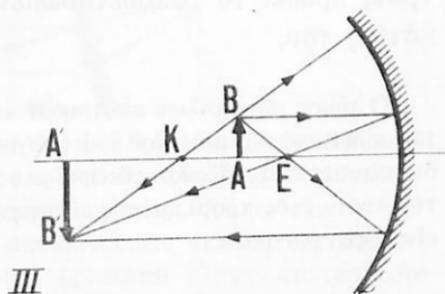
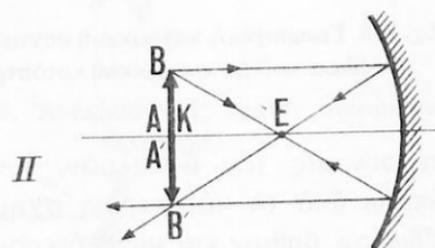
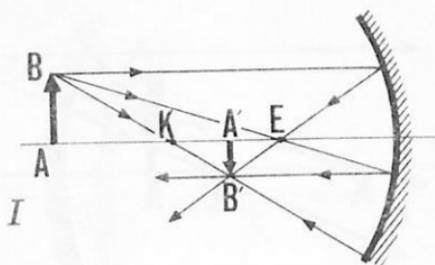
Σχ. 236. Αἱ ἀποστάσεις α, β, R, καὶ f συνδέονται μεταξύ των με ὀρισμένην σχέσιν.

τος, πλησιάζει και τὸ εἶδωλὸν του πρὸς τὸ κέντρον καμπυλότητος, καὶ ὁλονὲν μεγαλώνει. Ὄταν τὸ ἀντικείμενον συμπέσῃ μετὰ τοῦ κέντρον καμπυλότητος καὶ τὸ εἶδωλὸν του συμπίπτει μὲ τὸ κέντρον καμπυλότητος καὶ εἶναι ἴσον πρὸς τὸ ἀντικείμενον (σχ. 237, II).

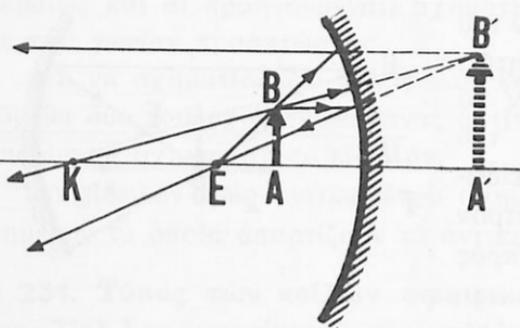
3) Ἄν τὸ ἀντικείμενον εὑρίσκειται μεταξὺ κέντρον καμπυλότητος καὶ κυρίας ἐστίας τοῦ κατόπτρου, τὸ εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου σχηματίζεται πέραν ἀπὸ τὸ κέντρον καμπυλότητος, ἀνεστραμμένον καὶ μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον (σχ. 237, III).

4) Ὅσον προχωρεῖ τὸ ἀντικείμενον πρὸς τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ κατόπτρου, τόσον μεγαλώνει τὸ εἶδωλὸν του καὶ ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὸ κέντρον καμπυλότητος. Ὄταν τὸ ἀντικείμενον πέσῃ ἐπὶ τῆς κυρίας ἐστίας, τὸ εἶδωλὸν του σχηματίζεται, ὅπως λέγομεν, εἰς τὸ ἄπειρον. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν δηλαδή, δὲν ἔχομεν εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου. Αὐτὸ ὀφείλεται εἰς τὸ γεγονός ὅτι αἱ ἀκτῖνες μετὰ τὴν ἀνάκλασίν των σχηματίζουν παράλληλον δέσμην, δὲν τέμνονται καὶ τοιοιουτρόπως δὲν σχηματίζεται εἶδωλον (σχ. 237, IV).

Ἀντιστρόφως, ὅταν τὸ ἀντικείμενον εὑρίσκειται εἰς τὸ ἄπειρον, εἰς πολὺ μεγάλην ἀπόστασιν ἀπὸ τὸ κάτοπτρον, τὸ εἶδωλὸν του σχη-



Σχ. 237. Διάφοροι θέσεις σχηματισμοῦ εἰδώλου ἑνὸς ἀντικειμένου τὸ ὁποῖον εὑρίσκειται ἔμπροσθεν ἑνὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου.



Σχ. 238. Γεωμετρική κατασκευή φανταστικού ειδώλου κοίλου σφαιρικού κατόπτρου

ματίζεται επί της κυρίας έστίας και είναι σημειακόν.

β) **Φανταστικόν ειδώλον.** "Όταν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται μεταξύ κυρίας έστίας καὶ κορυφῆς τοῦ κατόπτρου, δὲν ἔχομεν σχηματισμὸν πραγματικοῦ ειδώλου. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν (σχ. 238) αἱ ἀκτίνες μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῶν ἀποκλίνουν καὶ δὲν τέμνονται. Ἐὰν ὁμῶς προσ-

πέσωμεν εἰς τὸν ὀφθαλμὸν, συναντῶνται εἰς τὴν προέκτασιν τῶν ὀπίσω ἀπὸ τὸ κατόπτρον, σχηματίζουσαι οὕτως ἓνα φανταστικόν ειδώλον, ὄρθιον καὶ μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον. Διὰ νὰ ἴδωμεν λοιπὸν τὸ ειδώλον τοῦ προσώπου μας ἐντὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου, πρέπει νὰ τοποθετηθῶμεν μετὰ τῆς κορυφῆς καὶ τῆς κυρίας έστίας του.

Ὁ τύπος τῶν κοίλων σφαιρικῶν κατόπτρων ἰσχύει καὶ εἰς τὰς δύο περιπτώσεις τῶν ειδῶλων, φανταστικοῦ καὶ πραγματικοῦ, μετὰ τὴν διαφορὰν ὅτι, ὅταν πρόκειται διὰ φανταστικόν ειδώλον, θεωροῦμεν τὴν ἀπόστασιν τοῦ β ἄρνητικὴν, ἐνῶ ἂν κατὰ τὴν λύσιν ἐνὸς προβλήματος εὐρωμεν ἄρνητικὸν β, αὐτὸ σημαίνει ὅτι τὸ ειδώλον εἶναι φανταστικόν.

§ 233. Κυρτὰ σφαιρικὰ κάτοπτρα. Εἰς τὰ κυρτὰ σφαιρικὰ κάτοπτρα ἡ ἀνακλαστικὴ ἐπιφάνεια εἶναι τὸ ἐξωτερικόν μέρος τῆς σφαίρας.

Ἐὰν ἔχομεν μίαν φωτεινὴν ἀκτῖνα AB (σχ. 239), παράλληλον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα τοῦ κατόπτρου, διὰ νὰ σχηματίσωμεν τὴν ἀνακλωμένην τῆς ΒΓ, φέρομεν εἰς τὸ Β τὴν ἀκτῖνα καμπυλότητος ΚΒ καὶ προεκτείνομεντες αὐτὴν σχηματίζομεν γωνίαν $\beta = \alpha$.

Ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς ΒΓ δὲν συναντᾷ τὸν κύριον ἄξονα εἰς τὸ σημεῖον Ε, τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται εἰς τὸ μέσον τῆς ἀκτίνος ΟΚ, ἀλλὰ ἡ προέκτασις τῆς. Τὸ ἴδιον θὰ συμβῆ καὶ μετὰ πᾶσαν ἄλλην ἀκτῖνα παράλληλον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα. Ἐὰν λοιπὸν ἐπάνω εἰς ἓνα κυρτὸν σφαιρικὸν κάτοπτρον προσπέσῃ μία δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων, παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα τοῦ κατόπτρου, θὰ μεταβληθῇ μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῆς εἰς ἀποκλίνουσαν δέσμη, αἱ προεκτάσεις τῶν ἀκτίνων τῆς ὁποίας ὁμῶς θὰ διέρχωνται ἀπὸ τὸ μέσον Ε τῆς ἀκτίνος ΟΚ, τὸ ὁποῖον ὀνομάζεται καὶ πάλιν κυρία έστία τοῦ κατόπτρου. Ἐπειδὴ ὁμῶς ἡ κυρία έστία τοῦ κυρτοῦ

σφαιρικού κατόπτρου σχηματίζεται από τὰς προεκτάσεις τῶν ἀκτίνων καὶ εὐρίσκεται ὀπίσω ἀπὸ τὸ κάτοπτρον, ὀνομάζεται φανταστικὴ κυρία ἔστια (σχ. 240).

§ 234. Εἶδωλα κυρτῶν σφαιρικῶν κατόπτρων.

Τὰ κυρτά σφαιρικὰ κάτοπτρα δίδουν πάντοτε φανταστικὰ εἶδωλα, ὄρθια, μικρότερα ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον καὶ παραμορφωμένα.

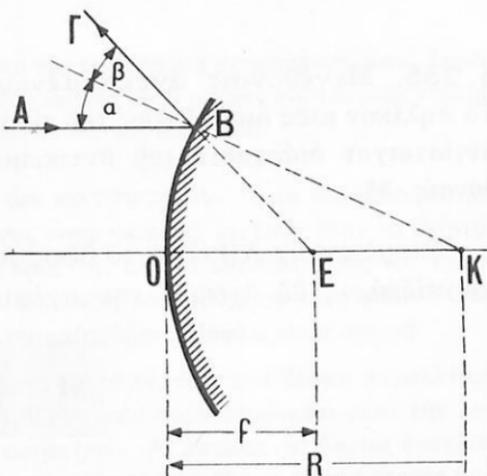
Τὸ σχῆμα 241 δεικνύει τὴν κατασκευὴν τοῦ εἰδώλου $A'B'$ ἐνὸς ἀντικειμένου AB , εὐρισκομένου ἔμπρὸς εἰς ἓνα κυρτὸν σφαιρικὸν κάτοπτρον. Ὅπως εἰς τὰ κοῖλα σφαιρικὰ κάτοπτρα, οὕτως καὶ εἰς τὰ κυρτά, ἢ ἀπόστασις a τοῦ ἀντικειμένου καὶ ἢ ἀπόστασις β τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὴν κορυφὴν τοῦ κατόπτρου, ἢ ἔστιακὴ ἀπόστασις f καὶ ἢ ἀκτίς καμπυλότητος R τοῦ κατόπτρου, συνδέονται μὲ τὰς σχέσεις:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{f} \quad \text{ἢ}$$

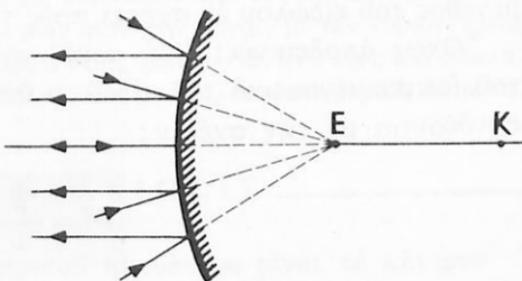
$$\frac{1}{a} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{R}$$

μὲ τὴν διαφορὰν ὅμως ὅτι τὰ β , f ἢ τὸ R εἶναι πάντοτε ἀρνητικά.

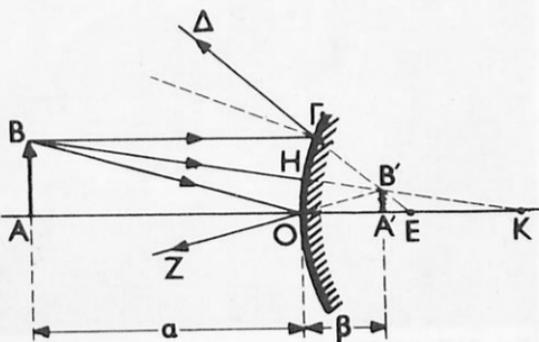
Ἐὰν κατὰ τὴν λύσιν ἐνὸς προβλήματος εὐρωμεν ἀρνητικὰς τιμὰς διὰ τὸ f ἢ τὸ R , αὐτὸ σημαίνει ὅτι τὸ κάτοπτρον εἶναι κυρτὸν. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν πρέπει ὁπωσδήποτε νὰ εἶναι ἀρνητικὸν καὶ τὸ β . Τὸ a δὲν εἶναι ποτὲ ἀρνητικόν.



Σχ. 239. Ἀνάκλασις εἰς κυρτὸν σφαιρικὸν κάτοπτρον.



Σχ. 240. Αἱ παράλληλοι πρὸς τὸν κύριον ἄξονα ἐνὸς κυρτοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου ἀκτίνες, σχηματίζουν μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῶν δέσμη ἀποκλινοῦσων ἀκτίνων, ἢ κορυφὴ τῆς ὁποίας εὐρίσκεται εἰς τὴν φανταστικὴν κυρίαν ἔστιαν.



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 ὕψους του, πρὸς τὴν ἀντίστοιχον διάστασιν τοῦ ἀντικειμένου ὀνομάζεται γραμμικὴ μεγέθυνσις M .

Ἐπομένως ἂν AB εἶναι τὸ ὕψος τοῦ ἀντικειμένου καὶ $A'B'$ τὸ ὕψος τοῦ εἰδώλου, θὰ ἔχωμεν τὴν σχέσιν :

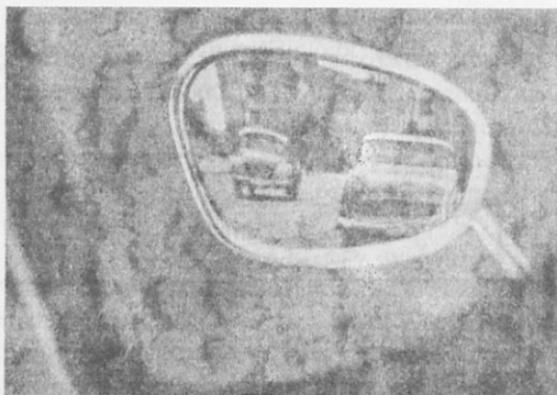
$$M = \frac{A'B'}{AB}$$

Ἀπὸ τὴν ἀνωτέρω σχέσιν φαίνεται ὅτι ἡ μεγέθυνσις δύναται νὰ εἶναι μεγαλυτέρα, ἴση ἢ μικροτέρα τῆς μονάδος, ἀναλόγως πρὸς τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου ἐν σχέσει πρὸς τὸ μέγεθος τοῦ ἀντικειμένου.

Ὅπως ἀποδεικνύεται, ἡ μεγέθυνσις καὶ αἱ ἀποστάσεις α καὶ β τοῦ ἀντικειμένου καὶ τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὴν κορυφὴν τοῦ κατόπτρου συνδέονται μὲ τὴν σχέσιν :

$$M = \frac{\beta}{\alpha} \quad (1)$$

Ἡ ἀνωτέρω σχέσις (1) ἰσχύει διὰ τὰ κοῖλα καὶ τὰ κυρτὰ κάτοπτρα. Ὅταν ἡ μεγέθυνσις εἶναι ἀρνητικὴ, τὸ εἶδωλον εἶναι φανταστικόν. Ὅταν ἡ ἀρνητικὴ μεγέθυνσις ἔχη ἀπόλυτον τιμὴν μικροτέραν τῆς μονάδος, τὸ κάτοπτρον εἶναι κυρτόν.



Σχ. 242. Οἱ ὁδηγοὶ τῶν συγκοινωνιακῶν ὀχημάτων χρησιμοποιοῦν κυρτὰ σφαιρικὰ κάτοπτρα.

§ 236. Ἐφαρμογαὶ τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων.

Τὰ κοῖλα σφαιρικὰ κάτοπτρα χρησιμοποιοῦνται εἰς τὰ μικροσκόπια καὶ εἰς τοὺς προβολεῖς διὰ τὴν συγκέντρωσιν φωτισμοῦ εἰς ὄρισμένον σημεῖον. Τὰ κοῖλα κάτοπτρα χρησιμοποιοῦνται ἐπίσης εἰς τὸν καλλωπισμόν, διότι σχηματίζουν φανταστικὰ εἶδωλα μεγαλυτέρα ἀπὸ τὰ ἀντικείμενα.

Τὰ κυρτά κάτοπτρα χρησιμοποιούνται εἰς τὰ διάφορα μεταφορικά μέσα, ἐπειδὴ ἐπιτρέπουν εἰς τὸν ὁδηγὸν ἑνὸς ὀχήματος νὰ ἔχη μίαν μικρὰν εἰκόνα μιᾶς εὐρείας περιοχῆς, ἢ ὁποία ἐκτείνεται ὀπίσω ἀπὸ τὸ ὄχημα (σχ. 242).

§ 237. Σφάλματα τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων. Ὅσα ἀναφέρομεν, διὰ σφαιρικά κάτοπτρα εἰς τὰς προηγουμένας παραγράφους, ἰσχύουν ὅταν τὸ ἄνοιγμα τοῦ κατόπτρου εἶναι μικρὸν, σχετικῶς πρὸς τὴν ἀκτίνα καμπυλότητός του καὶ τὰ ἀντικείμενα εὐρίσκονται ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος ἢ πολὺ πλησίον πρὸς αὐτόν. Ὅταν αὐτοὶ οἱ δύο ὄροι δὲν πληροῦνται, τὰ σχηματιζόμενα εἰδῶλα εἶναι ἀσαφῆ.

Ὅταν τὸ ἄνοιγμα τοῦ κατόπτρου εἶναι μεγάλον, τότε μία δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων, παράλληλος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, δὲν συγκεντρώνεται μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῆς εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ κατόπτρου. Αἱ ἀκτίνες αἱ ὁποῖαι ἀνακλῶνται μακρὰν ἀπὸ τὸ ὀπτικὸν κέντρον, τέμνουν τὸν κύριον ἄξονα πλησιέστερον πρὸς τὸ κάτοπτρον. Τὸ σφάλμα αὐτὸ ὀνομάζεται σφαιρικὴ ἔκτροπή.

Ὅταν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται εἰς ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν κύριον ἄξονα, τότε αἱ προσπίπτουσαι ἀκτίνες σχηματίζουν μίαν αἰσθητὴν γωνίαν μετὰ τὸν κύριον ἄξονα τοῦ κατόπτρου. Αὐτὸς ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα νὰ σχηματίζωνται ἀντὶ ἑνὸς δύο εἰδῶλα, κάθετα τὸ ἓνα ὡς πρὸς τὸ ἄλλο. Τὸ σφάλμα αὐτὸ ὀνομάζεται ἀστιγματικὴ ἔκτροπή.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Τὰ στοιχεῖα ἑνὸς σφαιρικοῦ κατόπτρου εἶναι τὸ κέντρον καμπυλότητος K , ἡ ἀκτίς καμπυλότητος R , ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις f καὶ τὸ ἄνοιγμα τοῦ κατόπτρου.

2. Μεταξὺ τῆς ἀποστάσεως a τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τὴν κορυφὴν ἑνὸς σφαιρικοῦ κατόπτρου, τῆς ἀποστάσεως β τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὴν κορυφὴν τοῦ κατόπτρου καὶ τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως f ἰσχύει ἡ σχέσις :

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{f}$$

Τὸ a εἶναι πάντοτε θετικόν, τὸ β καὶ τὸ f δυνατόν νὰ εἶναι θετικὰ ἢ ἀρνητικὰ. Ὅταν τὸ β εἶναι ἀρνητικόν, τὸ εἶδωλον εἶναι φανταστικόν. Ὅταν τὸ f εἶναι ἀρνητικόν, τὸ κάτοπτρον εἶναι κυρτόν. Μεταξὺ τῶν f καὶ R ὑφίσταται ἡ σχέσις :

$$f = \frac{R}{2}$$

3. Τὰ κοίλα κάτοπτρα ἔχουν πραγματικὴν κυρίαν ἔστιαν. Μία δέσμη, δηλαδή, παραλλήλων ἀκτίνων, παράλληλος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα (τὴν εὐθείαν ἣτις διέρχεται ἀπὸ τὸ κέντρον καμπυλότητος καὶ τὴν κορυφὴν τοῦ κατόπτρου), μεταβάλλεται μετὰ τὴν ἀνάκλασίν της εἰς συγκλίνουσαν δέσμην, αἱ ἀκτῖνες τῆς ὁποίας συναντῶνται ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος καὶ καθορίζουν τὴν κυρίαν ἔστιαν τοῦ κατόπτρου.

4. Τὰ κυρτὰ κάτοπτρα ἔχουν ἀρνητικὴν κυρίαν ἔστιαν. Μία δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων, παράλληλος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, μεταβάλλεται μετὰ τὴν ἀνάκλασίν της εἰς ἀποκλίνουσαν δέσμην, αἱ προεκτάσεις τῶν ἀκτίνων τῆς ὁποίας τέμνονται εἰς τὴν προέκτασιν τοῦ κυρίου ἄξονος, εἰς ἓνα σημεῖον ὀπισθεν τοῦ κατόπτρου.

5. Ἡ γραμμικὴ μεγέθυνσις M , ὁ λόγος δηλαδή δύο ἀντιστοιχῶν διαστάσεων εἰδώλου καὶ ἀντικειμένου, δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν :

$$M = \frac{\beta}{\alpha}$$

6. Τὰ σφάλματα τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων εἶναι ἡ σφαιρικὴ ἔκτροπή καὶ ἡ ἀστιγματικὴ ἔκτροπή.

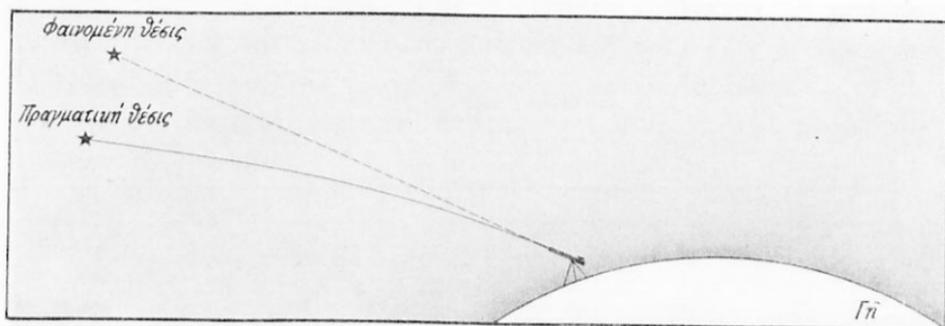
Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

168. Ἐμπρὸς ἀπὸ ἓνα κοῖλον σφαιρικὸν κάτοπτρον καὶ εἰς ἀπόστασιν 140 cm ἀπὸ τὴν κορυφὴν του θέτομεν ἓνα ἀντικείμενον. Ἡ ἀπόστασις τοῦ εἰδώλου εἶναι ἴση μὲ 23,3 cm. Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἔστιακὴ ἀπόστασις τοῦ κατόπτρου. (Ἀπ. $f=20$ cm.)

169. Ὄταν ἓνα φωτεινὸν ἀντικείμενον τοποθετῆται εἰς ἀπόστασιν 40 cm ἀπὸ ἓνα κοῖλον σφαιρικὸν κάτοπτρον, σχηματίζεται πραγματικὸν εἶδωλον εἰς ἀπόστασιν 20 cm ἀπὸ τὴν κορυφὴν τοῦ κατόπτρου. Νὰ εὑρεθοῦν : α) ἡ ἔστιακὴ ἀπόστασις καὶ β) ἡ ἀκτῖς καμπυλότητος τοῦ κατόπτρου. (Ἀπ. α' 13,33 cm. β' 26,6 cm.)

170. Κυρτὸν κάτοπτρον, ἔστιακῆς ἀποστάσεως 50 cm, δίδει εἶδωλον τοῦ ὁποίου τὸ ὕψος εἶναι ἴσον πρὸς τὸ 1/4 τοῦ ὕψους τοῦ ἀντικειμένου. Εἰς ποίᾳ ἀποστάσει ἀπὸ τὸ κάτοπτρον εὐρίσκεται τὸ ἀντικείμενον καὶ τὸ εἶδωλον. (Ἀπ. 150 cm-37,5 cm.)

171. Ἡ ἀκτῖς καμπυλότητος ἑνὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου εἶναι 30 cm. Εἰς πόσῃ ἀπόστασιν ἀπὸ τὴν κορυφὴν τοῦ κατόπτρου συγκεντρώνεται μία δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων, παράλληλος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα τοῦ κατόπτρου, μετὰ ἀπὸ τὴν ἀνάκλασίν της. (Ἀπ. 15 cm.)

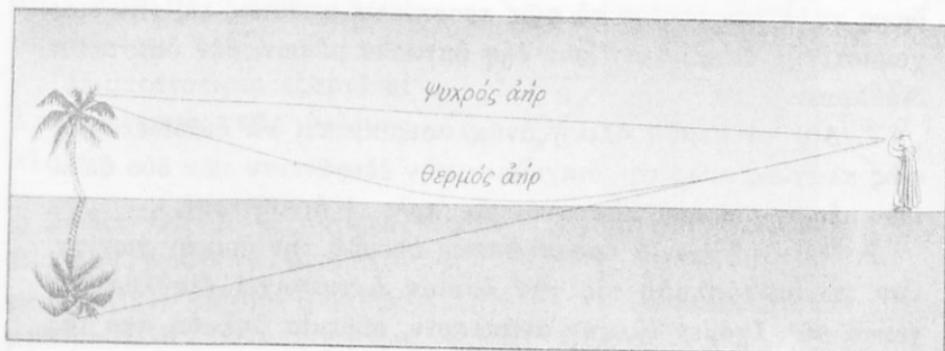


Σχ. 248. Ἐξ αἰτίας τῆς ἀτμοσφαιρικῆς διαθλάσεως συμβαίνει φαινομενικὴ ἀνύψωσις τῶν ἄστρον.

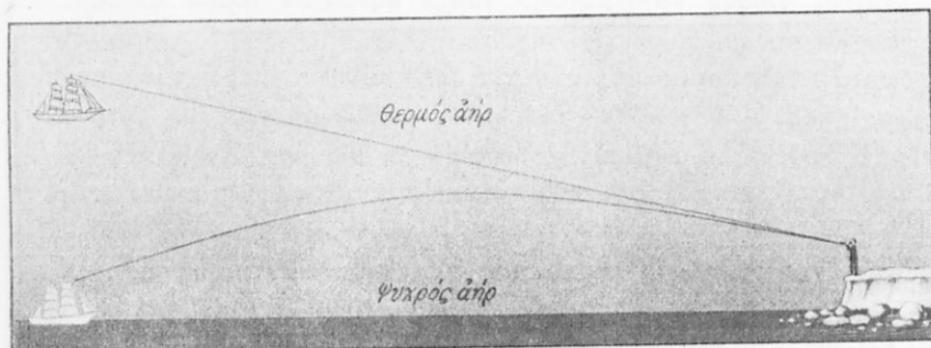
ὁ ἀήρ διατάσσεται κατὰ στρώματα, τῶν ὁποίων ἡ πυκνότης αὐξάνεται ὅσον ἀπομακρυνόμεθα ἀπὸ τὸ ἔδαφος. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν τὸ φῶς τὸ προερχόμενον ἀπὸ τὸ ὑψηλότερον σημεῖον ἑνὸς ἀντικειμένου, π.χ. ἑνὸς δένδρου, φθάνει εἰς τὸν ὀφθαλμὸν τοῦ παρατηρητοῦ, ὅπως δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 249. Τοιοῦτοτρόπως αὐτὸς βλέπει τὸ ἀντικείμενον, ὅπως εἶναι εἰς τὴν πραγματικὴν του θέσιν καὶ ἀνεστραμμένον, ὡσάν νὰ ὑπῆρχε ἐπίπεδον κάτοπτρον μεταξύ ἀντικειμένου καὶ παρατηρητοῦ.

Τὸ φαινόμενον αὐτὸ παρατηρεῖται συνήθως εἰς τὰς ἐρήμους, ὅπου τὰ καραβάνια βλέπουν ὀάσεις λόγῳ ἀντικατοπτρισμοῦ καὶ ἐξαπατῶνται. Τὸ ἴδιον συμβαίνει καὶ εἰς τοὺς μαύρους ἀσφαλτοστρωμένους αὐτοκινητοδρόμους, ὅπου δημιουργεῖται ἡ ἐντύπωσις ὅτι εἰς μεγάλην ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν παρατηρητὴν ἔχει καταβρεχθῆ τὸ ὁδόστρωμα.

Ὅταν ὁ ἀήρ ὁ εὐρισκόμενος πλησίον τοῦ ἐδάφους εἶναι ψυχρότερος, καὶ ἐπομένως πυκνότερος ἀπὸ τὰ στρώματα, τὰ εὐρισκόμενα ἐπάνω ἀπὸ αὐτόν, δημιουργεῖται πολλὰς φορὰς ἡ ἐντύπωσις ὅτι διάφορα ἀντικείμενα, ὅπως π.χ. ἓνα μακρινὸν πλοῖον, μετεωρίζονται εἰς τὸν ὀρίζοντα (σχ. 250).



Σχ. 249. Ὅταν ὁ ἀήρ εἶναι πολὺ θερμὸς πλησίον τοῦ ἐδάφους, ἀπομακρυσμένα ἀντικείμενα φαίνονται, λόγῳ ἀντικατοπτρισμοῦ, ἀνεστραμμένα.



Σχ. 250. Όταν ο αήρ, ο εύρισκόμενος πλησίον του εδάφους είναι ψυχρός, απομακρυσμένα αντικείμενα φαίνονται ύψηλότερον από την πραγματικήν των θέσιν.

Ένα άλλο φαινόμενον, όφειλόμενον εις την διαθλασιν, είναι ή φαινομενική ανύψωσις των αντικειμένων, των εύρισκομένων μέσα εις ένα υγρόν, όταν τά βλέπομεν πλαγίως, όπως π.χ. οί ιχθύες (βλ. σχ. 243).

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Όταν τό φώς διαδίδεται πλαγίως από ένα διαφανές μέσον εις άλλον, ύφίσταται διάθλασιν. Τό φαινόμενον αυτό άκολουθεί τούς έξής δύο νόμους : α) Τό επίπεδον διαθλάσεως, τό όριζόμενον από την προσπίπτουσαν και την διαθλωμένην άκτίνα, είναι κάθετον πρός την διαχωριστικήν επιφάνειαν των δύο όπτικων μέσων. β) Όταν μία φωτεινή άκτις μονοχρώου φωτός ύφίσταται διάθλασιν, πλησιάζει πρός την κάθετον, εάν τό δεύτερον όπτικόν μέσον είναι πυκνότερον από τό πρώτον. Άντιθέτως απομακρύνεται από την κάθετον όταν είναι άραιότερον. Είς την περίπτωση όμως κατά την όποιαν τό φώς προσπίπτει καθέτως εις την διαχωριστικήν επιφάνειαν των δύο όπτικων μέσων, δεν ύφίσταται διάθλασιν.

2. Διά νά συμβή όλική ανάκλασις πρέπει νά διαδίδεται τό φώς πλαγίως πρός την διαχωριστικήν επιφάνειαν των δύο όπτικων μέσων και από τό πυκνότερον πρός τό άραιότερον.

3. Όταν ή γωνία προσπτώσεως υπερβή την όρικήν γωνίαν, την γωνίαν δηλαδή εις την όποιαν αντιστοιχεί διαθλαστική γωνία 90° , έχομεν όλικήν ανάκλασιν, ούδεμία δηλαδή από τās προσπιπτούσας άκτίνας ύφίσταται διάθλασιν, αλλά ανακλώνται όλαι.

4. Εἰς τὴν ἀτμοσφαιρικὴν διάθλασιν ὀφείλεται τὸ γεγονός ὅτι ὁ ἥλιος φαίνεται ἐπάνω ἀπὸ τὸν ὀρίζοντα πρὶν ἀκόμη ἀνατεῖλῃ καὶ παραμένει ἐπάνω ἀπὸ αὐτὸν ἐνῶ ἔχει δύσει.

5. Ὁ ἀντικατοπτρισμὸς ἐπίσης ὀφείλεται εἰς τὴν ἀτμοσφαιρικὴν διάθλασιν.

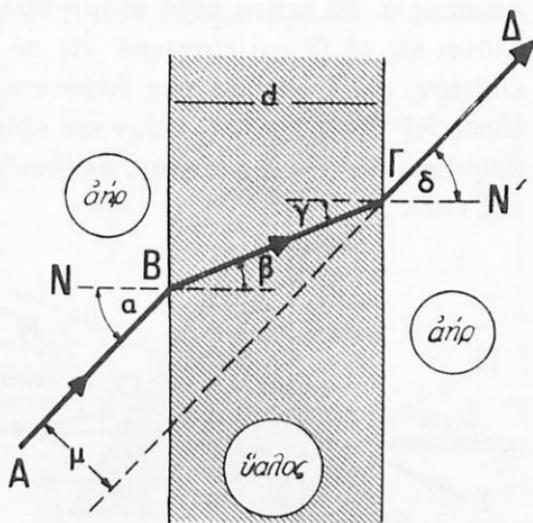
ΜΣΤ'— ΠΡΙΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΦΑΚΚΙ

§ 242. Διάθλασις διὰ μέσου πλακὸς μὲ παραλλήλους ἑδρας. Ἐστω μία ὑαλίνη πλάξ μὲ παραλλήλους ἑδρας, ἐπάνω εἰς τὴν ὁποίαν προσπίπτει μὲ γωνίαν α μία φωτεινὴ ἀκτὶς AB (σχ. 251). Ἡ ἀκτὶς διαθλάται εἰς τὸ σημεῖον B , πλησιάζει πρὸς τὴν κάθετον, ἐφ' ὅσον διαδίδεται ἀπὸ τὸν ἀέρα πρὸς τὴν ὑαλον, δηλαδή ἀπὸ ὀπτικῶς ἀραιότερον πρὸς ὀπτικῶς πυκνότερον σῶμα, ἀκολουθοῦσα τὴν διεύθυνσιν τῆς ἀκτίνος $B\Gamma$. Εἰς τὸ σημεῖον Γ διαθλάται καὶ πάλιν, ἀλλὰ τώρα ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὴν κάθετον, ἐπεὶ διαδίδεται ἀπὸ ὀπτικῶς πυκνότερον πρὸς ὀπτικῶς ἀραιότερον μέσον, ἀκολουθοῦσα τὴν διεύθυνσιν τῆς ἀκτίνος $\Gamma\Delta$. Αἱ δύο ὀπτικαὶ ἀκτίνες, ἡ προσπίπτουσα AB καὶ ἡ ἐξερχομένη $\Gamma\Delta$ εἶναι παράλληλοι, ἡ $\Gamma\Delta$ ὅμως ἔχει μετατοπισθῆ ὡς πρὸς τὴν AB . Ὡστε :

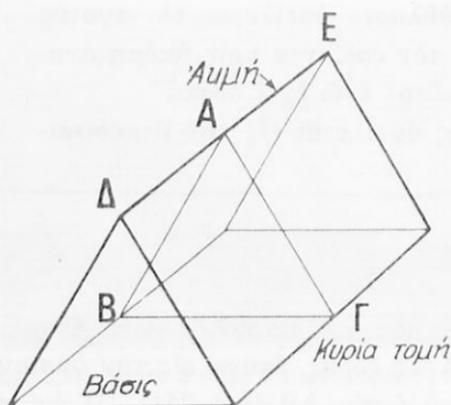
Ἐπὶ τὴν ἀκτὶς
 ὅταν μία φωτεινὴ ἀκτὶς
 διαθλάται διὰ μέσου μιᾶς ὑαλίνης πλάκας μὲ παραλλήλους ἑδρας, δὲν ὑφίσταται ἐκτροπὴν ἀπὸ τὴν ἀρχικὴν τῆς διεύθυνσιν ἀλλὰ παράλληλον μετατόπισιν.

Ἡ μετατόπισις ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ πάχος τῆς ὑαλίνης πλάκας.

§ 243. Ὀπτικὸν πρίσμα. Εἰς τὴν Φυσικὴν ὀνομάζομεν ὀπτικὸν πρίσμα ἢ ἀπλῶς πρίσμα, ἓνα διαφανὲς μέσον περιοριζόμενον ἀπὸ δύο ἐπι-



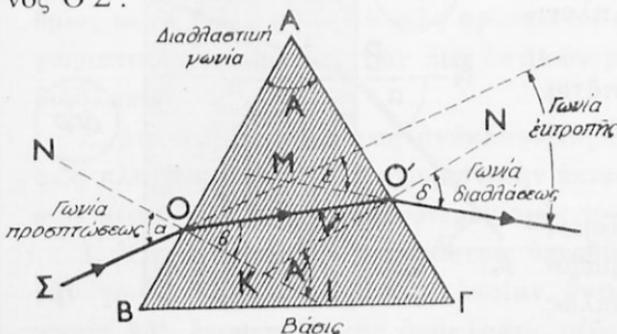
Σχ. 251. Διάθλασις διὰ μέσου πλακιδίου μὲ παραλλήλους ἑδρας.



Σχ. 252. Πρίσμα και κυρία τομή του πρίσματος.

εις τὸ πρίσμα, ὥστε ἡ κυρία τομή του νὰ εἶναι τρίγωνον. Ἡ ἔδρα τοῦ τριγωνικοῦ πρίσματος, ἡ ἔναντι τῆς ἀκμῆς του, ὀνομάζεται βάσις τοῦ πρίσματος.

§ 244. Διάθλασις διὰ μέσου πρίσματος. Ἐὰν θεωρήσωμεν ὅτι εἰς τὴν τὴν κυρίαν τομήν ΒΑΓ ἑνὸς πρίσματος (σχ. 253) προσπίπτει μία λεπτή μονόχρους φωτεινὴ δέσμη ΣΟ ἐπάνω εἰς τὴν ἔδραν ΒΑ, μὲ γωνίαν προσπτώσεως α . Ἡ λεπτή αὐτὴ δέσμη θεωρουμένη περίπου ὡς ἀκτίς, διαθλάται εἰς τὸ Ο καὶ εἰσχωρεῖ εἰς τὸ πρίσμα πλησιάζουσα πρὸς τὴν κάθετον, ἀκολουθοῦσα τὴν διεύθυνσιν ΟΟ'. Εἰς τὸ σημεῖον Ο' τῆς ἔδρας ΑΓ διαθλάται καὶ πάλιν καὶ ἐξέρχεται εἰς τὸν ἀέρα, ἐνῶ ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὴν κάθετον, ἀκολουθοῦσα τὴν διεύθυνσιν τῆς ἀκτῖνος Ο'Σ'.



Σχ. 253. Πορεία μιᾶς φωτεινῆς ἀκτῖνος διὰ μέσου πρίσματος.

πέδους ἔδρας, αἱ ὁποῖαι σχηματίζουν διέδρον γωνίαν (σχ. 252).

Ἡ τομή τῶν δύο ἐπιπέδων ἑδρῶν τῶν περιοριζουσῶν τὸ πρίσμα, ὀνομάζεται ἀκμή τοῦ πρίσματος, ἡ δὲ ἀντίστοιχος ἐπίπεδος γωνία τῆς διέδρου, τὴν ὁποίαν σχηματίζουν αἱ δύο ἔδραι τοῦ πρίσματος, ὀνομάζεται *διαθλαστικὴ γωνία* τοῦ πρίσματος. Πᾶσα τομή τοῦ πρίσματος κάθετος πρὸς τὴν ἀκμήν του, ὀνομάζεται *κυρία τομή* τοῦ πρίσματος. Συνήθως δίδεται τοιαύτη μορφή

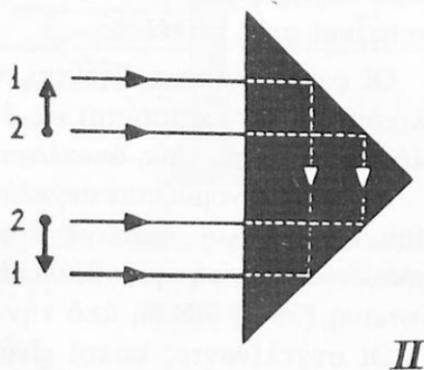
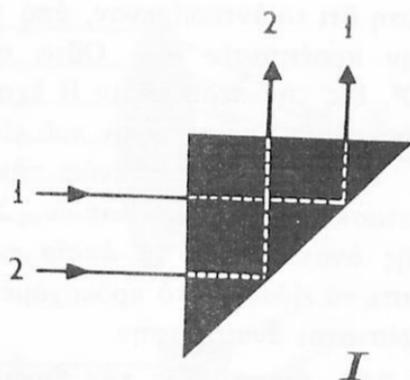
Ὅπως παρατηροῦμεν, ἡ ἐξερχομένη ἀκτίς πλησιάζει πρὸς τὴν βάσιν τοῦ πρίσματος καὶ ὑφίσταται ἐκτροπὴν ἀπὸ τὴν ἀρχικὴν τῆς διεύθυνσιν. Ἡ ἐκτροπὴ αὐτὴ καθορίζεται ἀπὸ τὴν γωνίαν ϵ , ἡ ὁποία σχηματίζεται

ἀπὸ τὴν προέκτασιν τῆς προσιπ-
 πτούσης καὶ τῆς ἐξερχομένης ἀκτί-
 νος καὶ ὀνομάζεται *γωνία ἐκτροπῆς*.

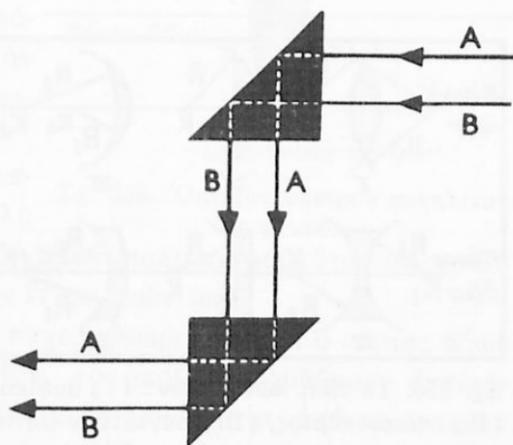
**§ 243. Πρίσματα ὀλικῆς ἀνα-
 κλάσεως.** Εἰς τὸ φαινόμενον τῆς
 ὀλικῆς ἀνακλάσεως στηρίζεται ἡ
 λειτουργία διαφόρων διατάξεων, αἱ
 ὁποῖαι χρησιμοποιοῦν κατάλληλα
 πρίσματα. Ἡ κυρία τομὴ τῶν πρι-
 σμάτων αὐτῶν εἶναι ὀρθογώνιον ἰ-
 σοσκελὲς τρίγωνον. Αἱ διατάξεις
 αὐταὶ χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν
 κατασκευὴν ὀρισμένων ὀπτικῶν
 ὀργάνων, ὅπως εἶναι τὰ περισκό-
 πια τῶν ὑποβρυχίων, κλπ.

Εἰς τὸ σχῆμα 254 δεικνύονται
 δύο πρίσματα ὀλικῆς ἀνακλάσεως.
 Εἰς τὴν περίπτωσιν I αἱ ὀπτικαὶ ἀ-
 κτίνες προσπίπτουν καθέτως εἰς
 μίαν κάθετον ἕδραν τοῦ πρίσματος
 καὶ δὲν ὑφίστανται διάθλασιν, συν-
 εχίζουσαι τοιοῦτοτρόπως εὐθυ-
 γράμμως τὴν διάδοσίν των διὰ
 μέσου τοῦ πρίσματος. Ὄταν
 συναντήσουν τὴν ὑποτείνουσαν
 ἕδραν τοῦ πρίσματος, δὲν δια-
 θλῶνται, ἐπειδὴ προσπίπτουν μὲ
 γωνίαν μεγαλυτέραν τῆς ὀρικῆς.
 Ἀνακλῶνται λοιπὸν καὶ προσ-
 πίπτουν καθέτως εἰς τὴν ἄλλην
 κάθετον ἕδραν τοῦ πρίσματος,
 ὁπότε ἐξέρχονται χωρὶς νὰ ὑπο-
 στοῦν διάθλασιν.

*Ἄν ὁ ὀφθαλμὸς συλλάβῃ
 τὰς ἐξερχομένας ἀκτίνας, θὰ νο-



Σχ. 254. Πρίσματα ὀλικῆς ἀνακλάσεως.



Σχ. 255. Ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τοῦ πε-
 ρισκοπίου.

μίση ὅτι τὸ ἀντικείμενον, ἀπὸ τὸ ὁποῖον προέρχονται, εὐρίσκεται εἰς τὴν προέκτασίν των. Οὕτω συμβαίνει ἐκτροπὴ τῶν ἀκτίνων κατὰ 90° . Εἰς τὴν περίπτωσιν II ἔχομεν δύο ὀλικὰς ἀνακλάσεις, αἱ ὁποῖαι προκαλοῦν ἀναστροφὴν τοῦ εἰδώλου.

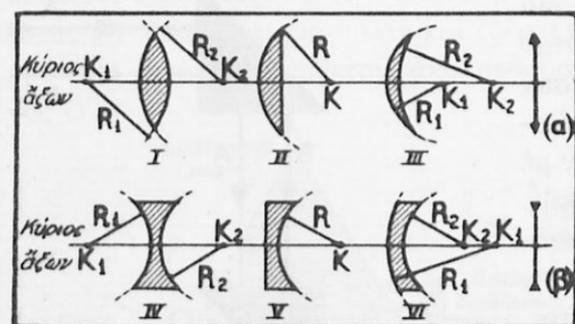
Τὸ σχῆμα 255 δεικνύει τὴν ἀρχὴν ἐπὶ τῆς ὁποίας στηρίζεται ἡ κατασκευὴ τοῦ *περισκοπίου*. Χρησιμοποιοῦνται δύο πρίσματα ὀλικῆς ἀνακλάσεως, τὰ ὁποῖα τοποθετοῦνται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε τὸ εἶδωλον, τὸ προερχόμενον ἀπὸ τὴν διπλὴν ἀνάκλασιν νὰ μὴν ὑφίσταται ἀναστροφὴν.

§ 246. Φακοί. Εἰς τὴν Φυσικὴν ὀνομάζομεν φακόν, πᾶν διαφανὲς σῶμα περιοριζόμενον ὑπὸ δύο σφαιρικῶν ἐπιφανειῶν ἢ ὑπὸ μιᾶς σφαιρικῆς καὶ μιᾶς ἐπιπέδου.

Οἱ φακοὶ κατασκευάζονται συνήθως ἀπὸ ὕαλον ἢ ἄλλον διαφανὲς ὑλικόν καὶ κατατάσσονται εἰς δύο μεγάλας κατηγορίας, εἰς τοὺς *συγκλίνοντας* καὶ εἰς τοὺς *ἀποκλίνοντας* φακοὺς.

Ὁ φακὸς ὀνομάζεται *συγκλίνων*, ὅταν μεταβάλη εἰς συγκλίνουσαν μίαν παράλληλον φωτεινὴ δέσμη, προσπίπτουσαν ἐπ' αὐτοῦ, καὶ *ἀποκλίνων* ὅταν τὴν μεταβάλη εἰς ἀποκλίνουσαν, ἀφοῦ ἢ παραλλήλως φωτεινὴ δέσμη διέλθῃ ἀπὸ τὴν μᾶζαν του.

Οἱ συγκλίνοντες φακοὶ εἶναι παχεῖς εἰς τὸ μέσον καὶ λεπτοὶ εἰς τὰ ἄκρα, ἐνῶ οἱ ἀποκλίνοντες εἶναι παχεῖς εἰς τὰ ἄκρα καὶ λεπτοὶ εἰς τὸ μέσον.



Σχ. 256. Τὰ εἶδη τῶν φακῶν: (I) ἀμφίκυρτος, (II) ἐπιπεδόκυρτος, (III) συγκλίνων μηνίσκος, (IV) ἀμφίκοιλος, (V) ἐπιπεδόκοιλος, (VI) ἀποκλίνων μηνίσκος. (α) Συμβολικὴ παράστασις συγκλίνοντος καὶ (β) ἀποκλίνοντος φακοῦ.

Αἱ ἀκτίνες R_1 καὶ R_2 τῶν δύο σφαιρῶν, εἰς τὰς ὁποίας ἀνήκουν αἱ ἐπιφάνειαι τοῦ φακοῦ, ὀνομάζονται *ἀκτῖνες καμπυλότητος* τοῦ φακοῦ. Ὅταν ὁ φακὸς ἀποτελεῖται ἀπὸ μίαν σφαιρικὴν καὶ μίαν ἐπίπεδον ἐπιφάνειαν, ἔχει μίαν ἀκτῖνα καμπυλότητος.

Εἰς τὸ σχῆμα 256 δεικνύονται τὰ διάφορα εἶδη τῶν συγκλινόντων καὶ ἀποκλινόντων φακῶν.

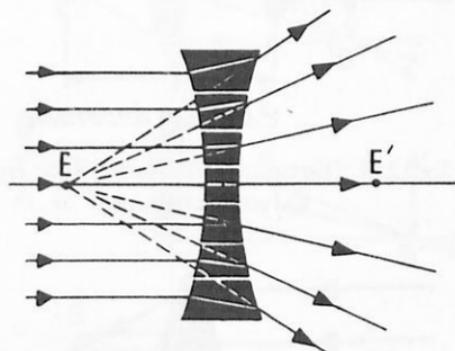
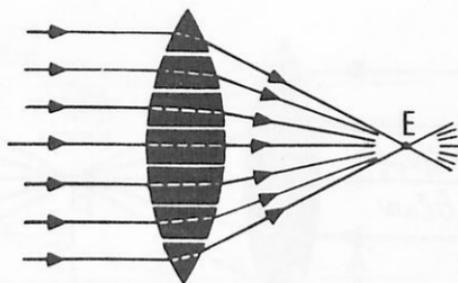
Ἡ εὐθεΐα, ἡ διερχομένη ἀπὸ τὰ κέντρα καμπυλότητος τῶν δύο σφαιρικῶν ἐπιφανειῶν τοῦ φακοῦ, ὀνομάζεται κύριος ἄξων τοῦ φακοῦ. Ὅταν ἡ μία ἀπὸ τὰς δύο ἐπιφανείας εἶναι ἐπίπεδος, ὁ κύριος ἄξων τοῦ φακοῦ διέρχεται ἀπὸ τὸ ἕνα κέντρον καμπυλότητος καὶ εἶναι κάθετος εἰς τὴν ἐπίπεδον ἐπιφάνειαν. Πᾶσα τομὴ τοῦ φακοῦ, περιέχουσα τὸν κύριον ἄξονά του ὀνομάζεται *κνρία τομή*.

Διὰ νὰ σπουδάσωμεν τὴν διάδοσιν τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων διὰ μέσου ἐνὸς φακοῦ, θεωροῦμεν ὅτι ὁ φακὸς ἀποτελεῖται ἀπὸ συνδυασμὸν πολλῶν μικρῶν πρισμᾶτων, τὰ ὁποῖα δὲν ἔχουν ὅμως σταθερὰν διαθλαστικὴν γωνίαν. Ἡ διαθλαστικὴ γωνία τῶν πρισμᾶτων αὐτῶν μεταβάλλεται ἀπὸ τὸ μέσον τοῦ φακοῦ πρὸς τὰ ἄκρα του. Τὸ σχῆμα 257 δεικνύει κατὰ πόδιον τρόπον δυνάμεθα νὰ φαντασθῶμεν τὸν φακὸν ὡς συνδυασμὸν πολλῶν μικρῶν πρισμᾶτων.

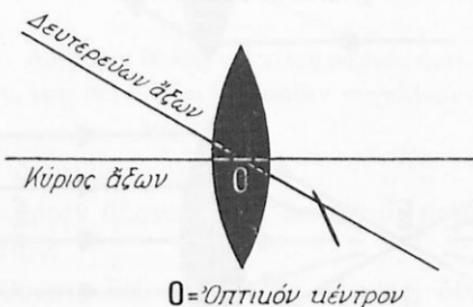
Οἱ φακοὶ τοὺς ὁποίους θὰ μελετήσωμεν, ὑποθέτομεν ὅτι εἶναι πολὺ λεπτοί. Ὅτι τὸ πάχος των, δηλαδή, εἶναι πολὺ μικρόν, ὅταν συγκριθῇ μὲ τὰς ἀκτῖνας καμπυλότητος τῶν ἐπιφανειῶν των.

Ὅταν οἱ φακοὶ ἔχουν μικρὸν πάχος, θεωροῦμεν ὅτι ὁ κύριος ἄξων τέμνει τὸν φακὸν εἰς ἕνα σημεῖον, τὸ ὁποῖον ὀνομάζομεν *ὀπτικὸν κέντρον* τοῦ φακοῦ. Οἰαδήποτε εὐθεΐα ἥτις διέρχεται ἀπὸ τὸ ὀπτικὸν κέντρον καὶ δὲν συμπίπτει μὲ τὸν κύριον ἄξονα, ὀνομάζεται *δευτερεύων ἄξων* τοῦ φακοῦ (σχ. 258).

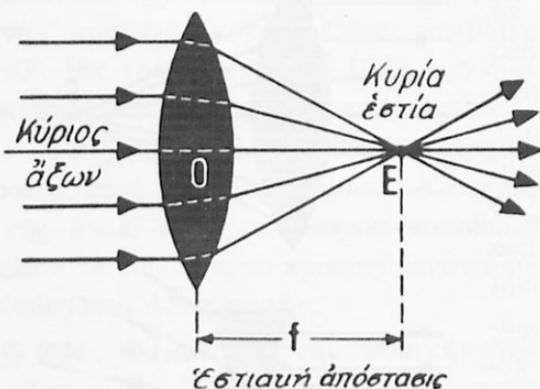
Ὅταν μία ἀκτὶς διέρχεται ἀπὸ τὸ ὀπτικὸν κέντρον τοῦ φακοῦ,



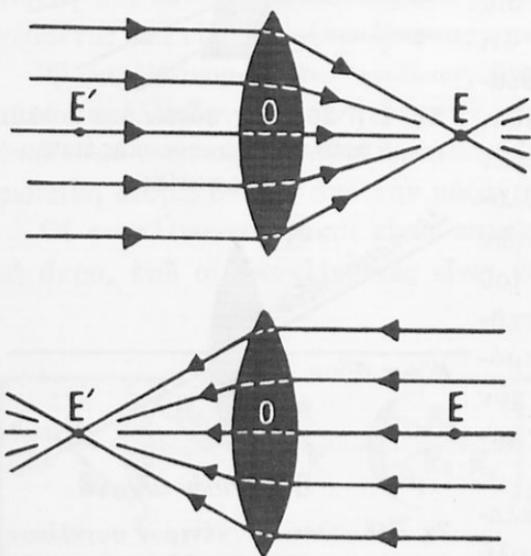
Σχ. 257. Σύνθεσις φακῶν ἀπὸ πολλὰ μικρὰ πρίσματα διαφορετικῆς διαθλαστικῆς γωνίας.



Σχ. 258. Ὅπτικὸν κέντρον συγκλίνοντος φακοῦ.



Σχ. 259. Έστιακή απόστασις ενός συγκλίνοντος φακού.



Σχ. 260. Αί παράλληλοι άκτίνες συγκεντρώνονται εις τάς δύο κυρίας έστιας του φακού.

Έννοείται ότι συμφώνως προς την άρχήν τής αντιστρόφου πορείας του φωτός, όταν εις μίαν έστίαν ενός συγκλίνοντος φακού, τοποθετηθῆ ἓνα φωτεινόν σημεῖον, αἱ άκτίνες αἱ όποῖαι έκκινουῦν ἀπό αὐτήν, μετὰ τήν διέλευσίν των μέσα ἀπό τόν φακόν, μεταβάλλονται εις παράλληλον δέσμην.

συνεχίζει τήν διάδοσίν της χωρῖς νά διαθλασθῆ.

§ 247. Συγκλίνοντες φακοί. Κυρία έστια. Ἐάν μία δέσμη παραλλήλων άκτίνων, προσπέση παραλλήλως πρὸς τόν κύριον άξωνα ἑνός συγκλίνοντος φακού, μετὰ τήν έξοδόν της ἀπό τόν φακόν, θά μεταβληθῆ εἰς συγκλίνουσαν δέσμην, αἱ άκτίνες τής όποίας θά διέλθουν ἀπό ἓνα σημεῖον E, τὸ όποῖον εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ κυρίου άξωνος τοῦ φακού και ὀνομάζεται *κυρία έστια*. Ἡ απόστασις OE τής κυρίας έστιας ἀπό τὸ ὀπτικόν κέντρον O τοῦ φακού, ὀνομάζεται *έστιαυή απόστασις* τοῦ φακού (σχ. 259).

Ἐνῶ τὰ κάτοπτρα εἶναι μονόπλευρα, οἱ φακοὶ εἶναι δίπλευροι. Δι' αὐτὸ εἰς ἕκαστον φακόν ἔχομεν δύο έστιας, μίαν πρὸς τὰ δεξιὰ και μίαν πρὸς τὰ ἀριστερὰ (σχ. 260). Αἱ δύο έστια εὐρίσκονται εἰς ἴσας ἀποστάσεις, ἀπό τόν φακόν, ὅταν ὁ φακὸς περιβάλεται ἀπό τὸ ἴδιον ὀπτικόν μέσον.

§ 248. Εἶδωλα συγκλινόντων φακῶν. Διὰ τὸ νὰ σχηματίσωμεν τὸ εἶδωλον ἑνὸς ἀντικειμένου, τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται ἔμπροσθεν ἑνὸς συγκλίνοντος φακοῦ, ἀρκεῖ νὰ σχηματίσωμεν τὰ εἶδωλα τῶν διαφόρων σημείων τοῦ ἀντικειμένου.

Ὅπως εἰς τὴν περίπτωσιν τῶν κατόπτρων, εἰς τὰ ὅποια ὁ σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου ἑνὸς φωτεινοῦ σημείου γίνεται ἀπὸ τὴν τομὴν δύο ἀκτίνων, οὕτω καὶ εἰς τοὺς φακοὺς, τὸ εἶδωλον ἑνὸς φωτεινοῦ σημείου σχηματίζεται εἰς τὴν τομὴν δύο ἀκτίνων, μετὰ τὴν ἔξοδόν των ἀπὸ τὸν φακόν.

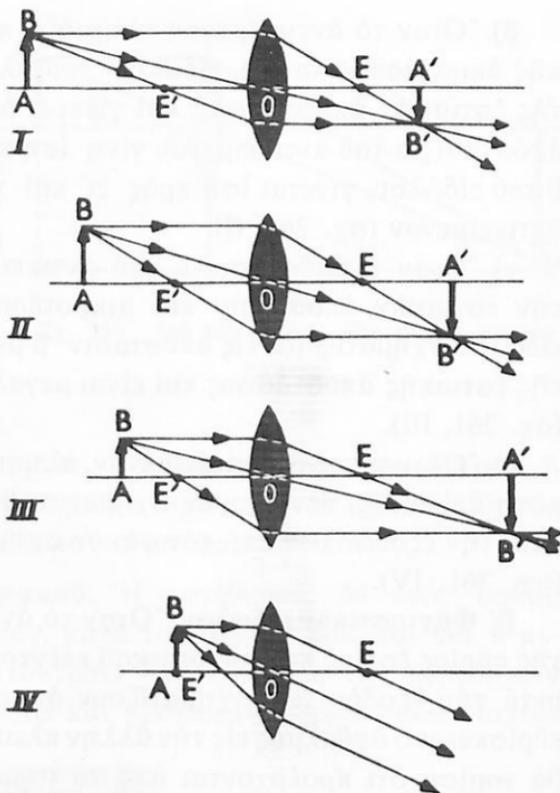
Διὰ τὴν κατασκευὴν τῶν εἰδώλων ἀρκεῖ νὰ ἔχωμεν ὑπ' ὄψιν μας τὰ ἑξῆς :

α) Μία παράλληλος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα ἀκτὶς διέρχεται μετὰ τὴν ἔξοδόν της ἀπὸ τὴν κυρίαν ἐστίαν.

β) Μία φωτεινὴ ἀκτὶς μετὰ διεύθυνσιν δευτερεύοντος ἄξονος, δὲν ὑφίσταται διάθλασιν.

γ) Μία φωτεινὴ ἀκτὶς διερχομένη ἀπὸ τὴν κυρίαν ἐστίαν, ἀκολουθεῖ μετὰ τὴν ἔξοδόν της διεύθυνσιν παράλληλον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα.

Α' Πραγματικὸν εἶδωλον. **α)** Ὄταν τὸ ἀντικείμενον AB εὐρίσκεται εἰς τὸ ἓνα μέρος τοῦ φακοῦ καὶ εἰς ἀπόστασιν $(AO) = a$, μεγαλυτέραν ἀπὸ τὸ διπλάσιον τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως, τὸ εἶδωλον τοῦ σχηματίζεται εἰς τὸ ἄλλον μέρος τοῦ φακοῦ, εἶναι πραγματικόν, ἀνεστραμμένον καὶ εἰς ἀπόστασιν $(OA') = \beta$, μεγαλυτέραν τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως καὶ μικροτέραν τοῦ διπλασίου αὐτῆς. Δηλαδή, ὅταν $a > 2f$ θὰ εἶναι $f < \beta < 2f$ (σχ. 261, I).



Σχ. 261. Διάφοροι θέσεις τοῦ εἰδώλου ἑνὸς ἀντικειμένου, τοποθετημένου ἔμπροσθεν συγκλίνοντος φακοῦ.

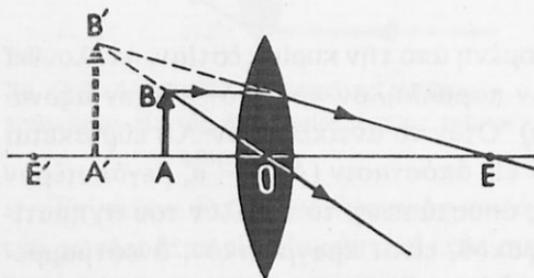
β) Όταν το αντικείμενο πλησιάσει προς το διπλάσιον της έστιακῆς ἀποστάσεως καὶ τὸ εἶδωλον τοῦ πλησιάζει πρὸς τὸ διπλάσιον τῆς έστιακῆς ἀποστάσεως καὶ γίνεται ὁλονὲν μεγαλύτερον. Όταν ἡ ἀπόστασις a τοῦ ἀντικειμένου γίνῃ ἴση πρὸς $2f$, τότε καὶ ἡ ἀπόστασις β τοῦ εἰδώλου, γίνεται ἴση πρὸς $2f$ καὶ τὸ εἶδωλον εἶναι ἴσον μὲ τὸ ἀντικείμενον (σχ. 261, II).

γ) Όταν ἡ ἀπόστασις a τοῦ ἀντικειμένου εἶναι μεγαλύτερα ἀπὸ τὴν έστιακὴν ἀπόστασιν καὶ μικροτέρα ἀπὸ τὸ διπλάσιόν της, τὸ εἶδωλον σχηματίζεται εἰς ἀπόστασιν β μεγαλύτεραν ἀπὸ τὸ διπλάσιον τῆς έστιακῆς ἀποστάσεως καὶ εἶναι μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον, (σχ. 261, III).

δ) Όταν τέλος τὸ ἀντικείμενον, πλησιάζον πρὸς τὴν κυρίαν έστίαν πέση ἐπ' αὐτῆς, δὲν ἔχομεν σχηματισμὸν εἰδώλου, ἐπειδὴ αἱ ἀκτῖνες μετὰ τὴν ἐξοδὸν τῶν ἀπὸ τὸν φακὸν σχηματίζουσι παράλληλον δέσμη (σχ. 261, IV).

Β' Φανταστικὸν εἶδωλον. Όταν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται μεταξὺ τῆς κυρίας έστίας καὶ τοῦ ὀπτικοῦ κέντρου τοῦ φακοῦ, τότε αἱ ἀκτῖνες μετὰ τὴν ἐξοδὸν τῶν σχηματίζουσι ἀποκλίνουσαν δέσμη. Ἄν ὁμως εὐρίσκεται ὁ ὀφθαλμὸς εἰς τὴν ἄλλην πλευρὰν τοῦ φακοῦ καὶ τὰς δεχθῆ, θὰ νομίση ὅτι προέρχονται ἀπὸ τὸ σημεῖον εἰς τὸ ὁποῖον τέμνονται αἱ προεκτάσεις τῶν. Ἐκεῖ σχηματίζεται τὸ φανταστικὸν εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου (σχ. 262). Ὡστε :

Όταν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται μεταξὺ κυρίας έστίας καὶ ὀπτικοῦ κέντρου τοῦ φακοῦ, ἔχομεν φανταστικὸν εἶδωλον, τὸ ὁποῖον σχηματίζεται πρὸς τὴν πλευρὰν τοῦ ἀντικειμένου. Τὸ εἶδωλον αὐτὸ εἶναι πάντοτε μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον καὶ ὄρθιον.



Σχ. 262. Σχηματισμὸς φανταστικοῦ εἰδώλου ὑπὸ συγκλίνοντος φακοῦ.

§ 249. Τύπος τῶν συγκλίνοντων φακῶν. Ὅπως ἀποδεικνύεται, μεταξὺ τῆς ἀποστάσεως a τοῦ ἀντικειμένου, (τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται ἔμπροσθεν ἑνὸς συγκλίνοντος φακοῦ), ἀπὸ τὸ ὀπτικὸν κέντρον

Ο του φακού, της απόστασης β του ειδώλου του αντικειμένου από το οπτικόν κέντρον O του φακού και της έστιακής απόστασεως f του φακού (σχ. 263), ισχύει ή σχέσις :

$$\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{f}$$

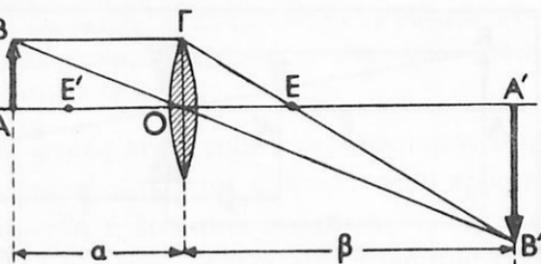
Είς τον τύπον αυτόν τα α και f είναι πάντοτε θετικοί αριθμοί. Το β δύναται να είναι θετικός ή αρνητικός αριθμός. Θετικόν β σημαίνει πραγματικόν είδωλον, αρνητικόν β υποδηλώνει ότι το είδωλον είναι φανταστικόν.

§ 250. Μεγέθυνσις του φακού. Η μεγέθυνσις M ενός φακού όρίζεται κατά τον ίδιον τρόπον, κατά τον όποιον όρίζεται και ή μεγέθυνσις ενός σφαιρικού κατόπτρου. Όπως δέ είς την περίπτωσιν των σφαιρικών κατόπτρων, ούτω και προκειμένου περί φακών ισχύει ή σχέσις :

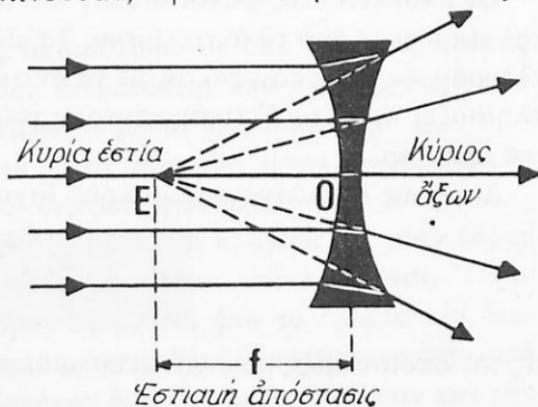
$$M = \frac{\beta}{\alpha}$$

§ 251. Αποκλίνοντες φακοί. Οί φακοί αυτοί μεταβάλλουν μίαν παράλληλον δέσμην είς αποκλίνουσαν, αφού διέλθη από την μάζαν των και ύποστη δύο φορές διάθλασιν.

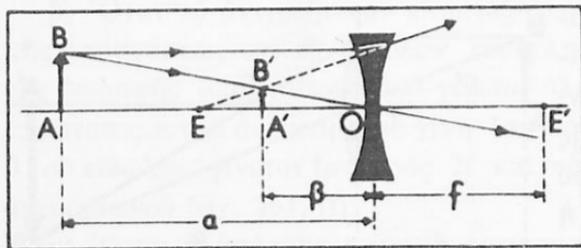
Είς το σχήμα 264 παριστάται ένας αποκλίνων φακός. Μία δέσμη παραλλήλων ακτίνων προσπίπτει παράλληλως προς τον κύριον άξονα του φακού. Αί γεωμετρικαί προεκτάσεις των ακτίνων της δέσμης, μετά την έξοδόν των συναντώνται είς το σημείον E , το όποιον απο-



Σχ. 263. Διά τον τύπον των συγκλινόντων φακών.



Σχ. 264. Έστιακή απόστασις ενός αποκλίνοντος φακού.



Σχ. 265. Γεωμετρική κατασκευή του φανταστικού ειδώλου εις αποκλίνοντα φακό.

τελεί την κυρίαν ἐστίαν τοῦ φακοῦ, ἡ ὁποία εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν εἶναι φανταστική.

**§ 252. Εἶδωλα ἀποκλι-
νόντων φακῶν.** Ἐὰς φαν-
τασθῶμεν ἓνα ἀντικείμε-
νον AB ἔμπροσθεν τοῦ

ἀποκλίνοντος φακοῦ τοῦ σχήματος 265. Διὰ νὰ σχηματίσωμεν τὸ εἶδωλόν του, κατασκευάζομεν τὸ εἶδωλον τῆς κορυφῆς του B. Πρὸς τὸν σκοπὸν αὐτὸν χρειάζομεθα δύο ἀκτίνες. Μίαν παράλληλον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, ὅποτε ἡ γεωμετρικὴ προέκτασις τῆς ἐξερχομένης τῆς θὰ διέρχεται ἀπὸ τὴν φανταστικὴν κυρίαν ἐστίαν, καὶ μίαν ἔχουσαν διεύθυνσιν δευτερεύοντος ἄξονος, ἡ ὁποία δὲν θὰ ὑποστῇ διάθλασιν.

Αἱ δύο αὐταὶ ἐξερχόμεναι ἀκτίνες, εἶναι πάντοτε ἀποκλίνουσαι, δι' αὐτὸ δὲν συναντῶνται, καὶ οὕτω δὲν δύναται νὰ δώσουν πραγματικὸν εἶδωλον. Ἐὰν ὅμως προσπέσουν καὶ αἱ δύο εἰς τὸν ὀφθαλμόν μας, θὰ μᾶς προκαλέσουν τὴν ἐντύπωσιν ὅτι προέρχονται ἀπὸ ἓνα σημεῖον, εὐρισκόμενον εἰς τὴν ἰδίαν πλευράν, ὡς πρὸς τὸν φακό, μὲ τὸ ἀντικείμενον. Ἐκεῖ θὰ σχηματισθῇ τὸ φανταστικὸν εἶδωλον B' τοῦ B. Φέροντες μίαν κάθετον εὐθεΐαν B'A' εἰς τὸν ὀπτικὸν ἄξονα τοῦ φακοῦ, σχηματίζομεν τὸ εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου.

Οἱ ἀποκλίνοντες φακοὶ δίδουν πάντοτε φανταστικὰ εἶδωλα, ὄρθια καὶ μικρότερα ἀπὸ τὰ ἀντικείμενα. Τὰ εἶδωλα εὐρίσκονται εἰς τὴν ἰδίαν πλευράν, ὡς πρὸς τὸν φακό, μὲ τὰ ἀντικείμενα. Ὄταν τὸ ἀντικείμενον πλησιάζει πρὸς τὸ ὀπτικὸν κέντρον τοῦ φακοῦ, αὐξάνεται τὸ μέγεθος τοῦ ειδώλου.

Διὰ τοὺς ἀποκλίνοντας φακοὺς ἰσχύει ὁ τύπος :

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{f}$$

εἰς τὸν ὁποῖον ὅμως μόνον τὸ a εἶναι θετικόν. Τὰ β καὶ f εἶναι ἀρνητικά.

§ 253. Ἐφαρμογαὶ καὶ χρήσεις τῶν φακῶν. Οἱ φακοί, ἐν συνδυασμῷ συνήθως μὲ κάτοπτρα ὡς ἐπίσης καὶ πρίσματα, ἀποτελοῦν τὰ σπουδαιότερα μέρη τῶν

ὀπτικῶν ὀργάνων, ὅπως εἶναι τὸ ἀπλὸν καὶ σύνθετον μικροσκόπιον, ὁ φωτογραφικὸς θάλαμος, τὸ τηλεσκόπιον, ὁ προβολεὺς, ἡ κινηματογραφικὴ μηχανή, κλπ. Μὲ εἰδικoὺς φακοὺς ἐπίσης θεραπεύονται ὀρισμέναι βλάβαι τοῦ ἀνθρώπινου ὀφθαλμοῦ, ὁ ὁποῖος ἀποτελεῖ ἓνα εἶδος ὀπτικοῦ ὀργάνου.

§ 254. Ἴσχυς φακοῦ. Ἐνας φακὸς εἶναι τόσον περισσότερον συγκλίνων, ὅσον αἱ κύριαι ἐστῖαι του εὐρίσκονται πλησιέστερον πρὸς τὸ ὀπτικόν του κέντρον· ὅσον δηλαδὴ ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ εἶναι μικρότερα. Αὐτὸς ἀκριβῶς τὸ χαρακτηριστικὸν γνώρισμα ἑνὸς φακοῦ ἐκφράζει ἡ ἰσχύς τοῦ φακοῦ.

Ἡ ἰσχύς P ἑνὸς φακοῦ ὀρίζεται ἴση πρὸς τὸ ἀντίστροφον τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως f τοῦ φακοῦ.

Ἐπομένως θὰ ἔχωμεν ὅτι :

$$P = \frac{1}{f}$$

Ὅταν ἡ f ἐκφράζεται εἰς μέτρα, ἡ P εὐρίσκεται εἰς διοπτρίας.

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἰσχύς ἑνὸς φακοῦ ἀκτίνος καμπυλότητος 20 cm.

Λύσις. Ἐπειδὴ 20 cm = 0,20 m, θὰ ἔχωμεν ὅτι :

$$P = \frac{1}{0,20} = 5 \text{ διοπτρίαί.}$$

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Αἱ φωτεινὰ ἀκτῖνες, αἱ διαθλώμεναι ἀπὸ ὑαλίνοὺς πλάκας μὲ παραλλήλους ἑδρας, δὲν ἐκτρέπονται ἀπὸ τὴν ἀρχικὴν των διεύθυνσιν, ἀλλὰ μετατοπίζονται μόνον παραλλήλως.

2. Τὰ ὀπτικὰ πρίσματα εἶναι διαφανῆ μέσα περιοριζόμενα ἀπὸ τὰς δύο ἑδρας μιᾶς διέδρου γωνίας.

3. Ἄν μία φωτεινὴ ἀκτίς προσπέσῃ πλαγίως εἰς μίαν ἑδραν τοῦ πρίσματος, εἰσέρχεται εἰς τὸ πρίσμα καὶ διαθλάται. Ὅταν συναντήσῃ τὴν ἄλλην ἑδραν ἐξέρχεται ἀπὸ τὸ πρίσμα καὶ διαθλάται πάλιν. Ἡ ἐξερχομένη ἀκτίς ἔχει ὑποστὴ ἐκτροπὴν ἀπὸ τὴν γωνίαν τὴν σχηματιζομένην ἀπὸ τὴν προσπίπτουσαν καὶ τὴν ἐξερχομένην ἀκτίνα.

4. Τα πρίσματα όλικής ανακλάσεως έχουν ως κυρίαν τομήν όρθογώνιον ίσοσκελές τρίγωνον. Όταν μία φωτεινή άκτις προσπέση καθέτως εις μίαν έδραν τής όρθής διέδρου διαθλαστικής γωνίας του πρίσματος, συνεχίζει την διάδοσίν της χωρίς διάθλασιν και συναντώσα την ύποτεινουςαν ύφίσταται όλικήν ανάκλασιν. Η ανακλωμένη άκτις προσπίπτει καθέτως εις την άλλην έδραν και εξέρχεται χωρίς να ύποστῆ διάθλασιν.

5. Οί φακοί είναι διαφανή σώματα, τα όποια περιορίζονται από δύο σφαιρικές επιφανείας ή μίαν σφαιρικήν και μίαν επίπεδον, ύποδιαιρούνται δε εις δύο μεγάλας κατηγορίας, εις τους συγκλίνοντας και εις τους άποκλίνοντας φακούς. Οί πρώτοι μεταβάλλουν μίαν δέσμην παραλλήλων φωτεινών άκτίων εις συγκλίνουσαν και οί δεύτεροι εις άποκλίνουσαν.

6. Οί φακοί έχουν δύο συμμετρικές κυρίας έστίας και δύο ή μίαν άκτίνας καμπυλότητος. Εις τους συγκλίνοντας φακούς ή κυρία έστία είναι πραγματική και σχηματίζεται από την δέσμη των παραλλήλων άκτίων, την μεταβαλλομένην εις συγκλίνουσαν μετά την έξοδόν της από τον φακόν. Εις τους άποκλίνοντας φακούς ή κυρία έστία είναι φανταστική και σχηματίζεται από τας προεκτάσεις των άκτίων τής εξερχομένης δέσμης.

7. Η απόστασις a του αντικειμένου από το όπτικόν κέντρον του φακού, ή απόστασις β του ειδώλου πάλιν από το όπτικόν κέντρον και ή έστιακή απόστασις f του φακού συνδέονται με την σχέσιν :

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{f}$$

Το a είναι πάντοτε θετικός αριθμός, τα β και f δύνανται να είναι θετικοί ή άρνητικοί αριθμοί. Όταν το β είναι θετικόν, το ειδώλον είναι πραγματικόν. Τότε και το f είναι θετικόν και ό φακός συγκλίνων. Όταν το β είναι άρνητικόν το ειδώλον είναι φανταστικόν. Εις την περίπτωσην αυτήν ό φακός δύναται να είναι συγκλίνων ή άποκλίνων. Όταν το f είναι άρνητικόν, ό φακός είναι άποκλίνων, όποτε και το β είναι άρνητικόν, επειδή οί άποκλίνοντες φακοί δίδουν πάντοτε φανταστικά ειδώλα.

8. Όπως και εις την περίπτωσην των κατόπτρων, ή μεγέ-

Θυνησις Μ ἑνός φακοῦ δίδεται ἀπὸ τὸν τύπον :

$$M = \frac{\beta}{\alpha}$$

9. Οἱ φακοί, τὰ κάτοπτρα καὶ τὰ πρίσματα ἀποτελοῦν τὰ σπουδαιότερα μέρη τῶν ὀπτικῶν ὀργάνων.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

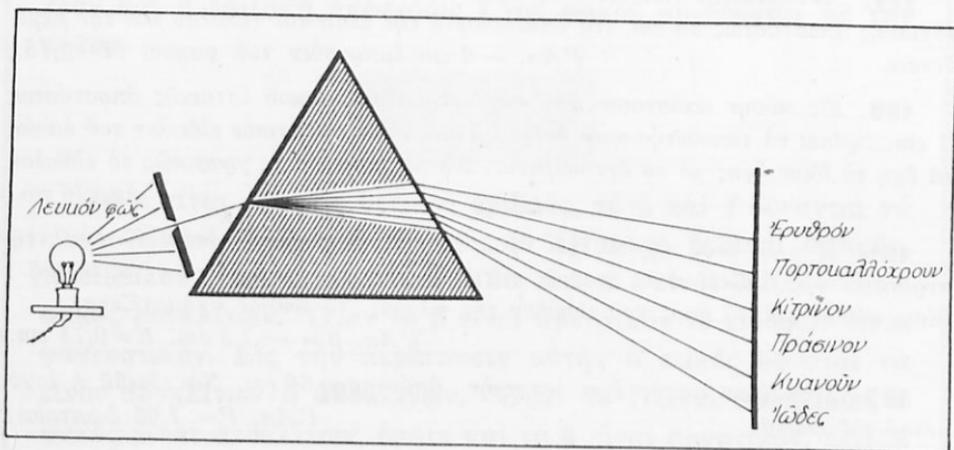
- 175.** Ἀντικείμενον ἀπέχει 60 cm ἀπὸ συγκλίνοντα φακὸν καὶ παρέχει εἰδῶλον εἰς ἀπόστασιν 20 cm ἀπὸ τὸ ὀπτικὸν κέντρον τοῦ φακοῦ. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ. (Ἀπ. $f = 15$ cm.)
- 176.** Ἀντικείμενον εὐρίσκεται εἰς ἀπόστασιν 30 cm ἀπὸ τὸ ὀπτικὸν κέντρον ἑνός συγκλίνοντος φακοῦ καὶ παρέχει πραγματικὸν εἰδῶλον εἰς ἀπόστασιν 120 cm ἀπὸ αὐτόν. Νὰ εὐρεθῇ ἡ ἔστιακὴ ἀπόστασις καὶ ἡ μεγέθυνσις τοῦ φακοῦ. (Ἀπ. $f = 24$ cm, $M = 4$.)
- 177.** Ἐμπροσθεν συγκλίνοντος φακοῦ ἔστιακῆς ἀποστάσεως 15 cm, τοποθετοῦμε ἀντικείμενον εἰς ἀπόστασιν 120 cm ἀπὸ τὸ ὀπτικὸν κέντρον τοῦ φακοῦ. Ἐὰν τὸ ὕψος τοῦ ἀντικείμενου εἶναι 3,5 cm νὰ ὑπολογισθῇ ἡ θέσις τοῦ εἰδώλου καθὼς καὶ τὸ μέγεθός του. (Ἀπ. $\beta = 17,1$ cm, $E = 0,5$ cm.)
- 178.** Ἀντικείμενον ὕψους 4 mm τοποθετεῖται εἰς ἀπόστασιν 10 cm ἀπὸ συγκλίνοντος φακοῦ, ἔστιακῆς ἀποστάσεως 12,5 cm. Νὰ εὐρεθῇ ἡ θέσις τοῦ εἰδώλου καθὼς καὶ τὸ μέγεθός του. (Ἀπ. $\beta = 50$ cm, $E = 20$ mm.)
- 179.** Ἀντικείμενον τοποθετεῖται εἰς ἀπόστασιν 8 cm ἀπὸ ἀποκλίνοντος φακοῦ, ἔστιακῆς ἀποστάσεως 24 cm. Νὰ ὑπολογίσετε τὴν θέσιν τοῦ εἰδώλου καὶ τὴν μεγέθυνσιν. (Ἀπ. — 6 cm ἔμπροσθεν τοῦ φακοῦ, $M = 0,75$.)
- 180.** Εἰς πόσῃν ἀπόστασιν ἀπὸ συγκεντρωτικοῦ φακοῦ ἔστιακῆς ἀποστάσεως 8 cm, πρέπει νὰ τοποθετήσωμεν ἀντικείμενον, τὸ πραγματικὸν εἰδῶλον τοῦ ὁποίου νὰ ἔχη τὸ ἴδιον ὕψος μὲ τὸ ἀντικείμενον. Νὰ κατασκευάσετε γραφικῶς τὸ εἰδῶλον. (Ἀπ. 16 cm.)
- 181.** Ἡ φλόξ ἑνός κηρίου ἔχει ὕψος 1,5 cm. Τὸ κηρίον τοποθετεῖται εἰς τὴν κεντρικὴν ἀποκλίνοντος φακοῦ, ἔστιακῆς ἀποστάσεως 15 cm. Νὰ εὐρεθῇ ἡ θέσις καθὼς καὶ τὸ ὕψος τοῦ εἰδώλου τῆς φλογός, τὸ ὁποῖον σχηματίζεται. (Ἀπ. $\beta = -7,5$ cm, $E = 0,75$ cm.)
- 182.** Συγκλίνων φακὸς ἔχει ἔστιακὴν ἀπόστασιν 60 cm. Νὰ εὐρεθῇ ἡ ἰσχὺς αὐτοῦ τοῦ φακοῦ. (Ἀπ. $P = 1,66$ διοπτρίαι.)
- 183.** Νὰ εὐρεθῇ ἡ ἰσχὺς ἑνός ἀποκλίνοντος φακοῦ ἔστιακῆς ἀποστάσεως — 2. (Ἀπ. — 4 διοπτρίαι.)

§ 255. Φάσμα. Πείραμα. Ἐπάνω εἰς ἓνα πρῖσμα ἀφήνομεν νά προσπέσῃ μία δέσμη παραλλήλων ἀκτῖνων λευκοῦ φωτός, ἡ ὁποία νά προέρχεται, π.χ., ἀπὸ ἓναν ἠλεκτρικὸν λαμπτήρα φωτισμοῦ, ἔμπροσθεν τοῦ ὁποίου ἔχομεν τοποθετήσῃ διάφραγμα μὲ στενὴν σχισμὴν (σχ. 266). Παρατηροῦμεν τότε ὅτι αἱ ἐξερχόμεναι ἀκτῖνες, ἐκτὸς ἀπὸ τὴν ἐκτροπὴν, ἔχουν ὑποστῆ καὶ ἀνάλυσιν. Ἐὰν δηλαδὴ τὰς δεχθῶμεν ἔπάνω εἰς ἓνα πέτασμα, λαμβάνομεν μίαν ἐγχρωμον συνεχῆ ταινίαν, ἡ ὁποία ἀποτελεῖται κατὰ σειρὰν ἀπὸ τὰ ἀκόλουθα χρώματα : ἐρυθρόν, πορτοκαλλόχρουν, κίτρινον, πράσινον, κυανοῦν καὶ ἰώδες.

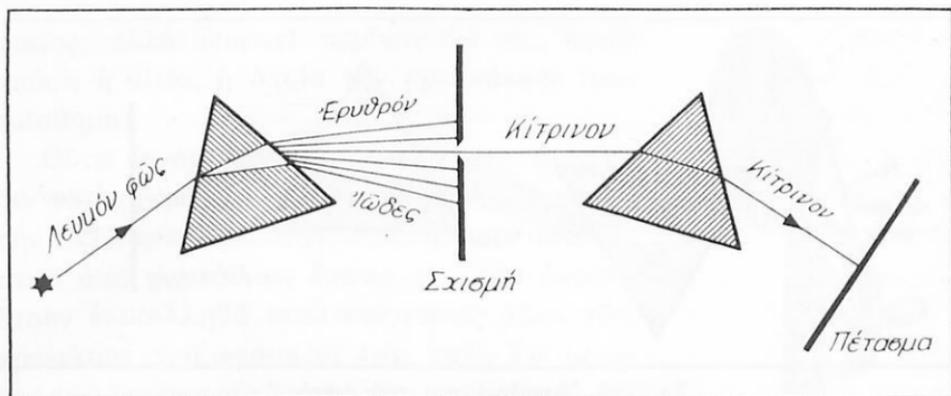
Τὸ φαινόμενον αὐτὸ ὀνομάζεται ἀνάλυσις τοῦ φωτός, ἡ δὲ ἐγχρωμος ταινία **φάσμα**.

Ὅταν ἓνα φῶς περιέχῃ ἀκτῖνας ἑνὸς μόνου χρώματος, ὀνομάζεται *μονόχρουν* ἢ *ἀπλοῦν*. Τὸ φῶς αὐτὸ δὲν ἀναλύεται ἀλλὰ παραμένει τὸ ἴδιον ὅταν διέλθῃ μέσα ἀπὸ ἓνα πρῖσμα (σχ. 267).

§ 256. Φασματικαὶ περιοχαί. Ἄν ἔμπροσθεν τοῦ φάσματος, τοῦ προερχομένου ἀπὸ λευκὸν φῶς καὶ τὸ ὁποῖον σχηματίζεται ἔπάνω εἰς ἓνα πέτασμα, μετακινήσωμεν μίαν ἔντυπον σελίδα, παρατηροῦμεν ὅτι δυνάμεθα νά ἀναγνώσωμεν ἀνέτως τὸ ἔντυπον, ὅταν αὐτὸ εὔρισκεται εἰς τὴν περιοχὴν τοῦ κιτρινοπρασίνου φωτός, ἐπειδὴ εἰς τὴν



Σχ. 266. Ἀνάλυσις τοῦ λευκοῦ φωτός διὰ μέσου πρῖσματος.



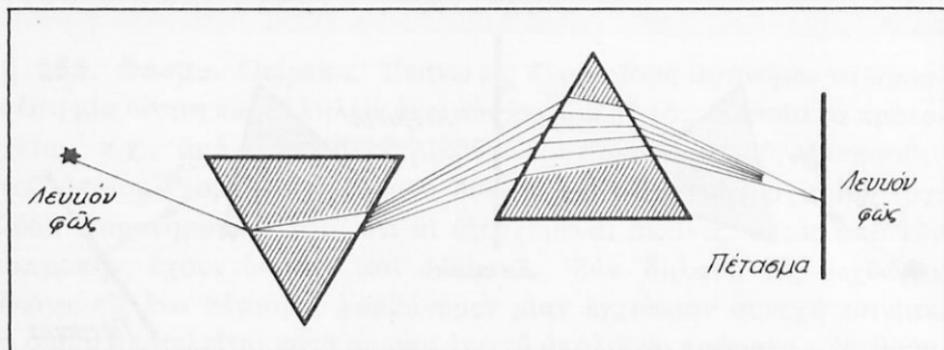
Σχ. 267. Τὰ ἀπλᾶ χρώματα τοῦ φάσματος δὲν ἀναλύονται.

περιοχὴν αὐτὴν παρατηρεῖται ἡ μεγαλύτερα φωτεινότης τοῦ φάσματος. Ἀντιθέτως αἱ δύο ἄκραιαι περιοχαὶ τοῦ ἐρυθροῦ καὶ τοῦ ἰώδους εἶναι σκοτειναὶ καὶ μὲ μεγάλην δυσκολίαν δυνάμεθα νὰ ἀναγνώσωμεν τὸ ἔντυπον.

Ἄν μετακινήσωμεν κατὰ μῆκος τοῦ φάσματος, ἓνα εὐαῖσθητον θερμόμετρον, τὸ ὄργανον δεικνύει τὴν ὑψηλοτέραν θερμοκρασίαν εἰς τὴν ἐρυθρὰν περιοχὴν. Ἄν ἀφήσωμεν τὸ φάσμα νὰ προσβάλη μίαν συνηθισμένην φωτογραφικὴν πλάκα καὶ ὕστερον τὴν ἐμφανίσωμεν, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ἡ πλάξ προσβάλλεται ἐντονώτερον εἰς τὴν ἰώδη περιοχὴν. Ἡ προσβολὴ δὲ τῆς φωτογραφικῆς πλακὸς ἐλαττοῦται ὅσον προχωροῦμεν πρὸς τὴν ἐρυθρὰν περιοχὴν, εἰς τὴν ὁποίαν ἡ πλάξ δὲν προσβάλλεται καθόλου. Δι' αὐτὸν τὸν λόγον εἰς τὰ φωτογραφικὰ ἐργαστήρια χρησιμοποιοῦν ὅταν ἐργάζωνται, ἐρυθρὸν φωτισμόν.

Ἡ ἐγχρωμος ταινία τὴν ὁποίαν ἐσχημάτισε τὸ λευκὸν φῶς, μετὰ τὴν ἐξοδὸν τοῦ ἀπὸ τὸ πρῖσμα καὶ ἀφοῦ συνήντησε τὸ πέτασμα, ὀνομάζεται ἰδιαιτέρως *ὄρατὸν φάσμα*, ἐπειδὴ διεγείρει τὸν ὀφθαλμόν, ὁ ὁποῖος εἶναι τὸ αἰσθητήριον τῆς ὄρασεως. Τὸ φάσμα ἐν τούτοις ἐκτείνεται καὶ πέραν τῆς ὄρατῆς περιοχῆς καὶ ἡ μὲν περιοχὴ, ἡ εὐρισκομένη πέραν ἀπὸ τὸ ἐρυθρὸν, ὀνομάζεται *ὑπέρορθρος περιοχὴ*, ἐκεῖνη δὲ ἣτις εὐρίσκεται πέραν ἀπὸ τὸ ἰώδες *ὑπεριώδης περιοχὴ*.

§ 257. Ἐξήγησις τῆς ἀναλύσεως τοῦ φωτός. Ἡ ἀνάλυσις τοῦ λευκοῦ φωτός μετὰ τὴν διέλευσίν του μέσα ἀπὸ ἓνα πρῖσμα, ἀποδει-



Σχ. 268. Ἀνασύνθεσις τοῦ φωτός.

κνύει ὅτι τὸ φῶς αὐτὸ δὲν εἶναι ἀπλοῦν ἀλλὰ σύνθετον. Πράγματι τὸ λευκὸν φῶς ἀποτελεῖται ἀπὸ ἀκτῖνας ἀπειραρίθμων χρωμάτων, αἱ ὁποῖαι ὑφίστανται ἐκτροπὴν καὶ ἀποχωρίζονται, ὅταν ἐξέλθουν ἀπὸ τὸ πρίσμα. Τὴν μικροτέραν ἐκτροπὴν ὑφίστανται αἱ ἐρυθραὶ ἀκτῖνες, τὴν δὲ μεγαλυτέραν αἱ ἰώδεις. Ἐν τούτοις ἡ διάκρισις τῶν χρωμάτων τοῦ φάσματος, μὲ διαφοροῦς ὀνομασίας, εἶναι αὐθαίρετος, ἐπειδὴ μεταξὺ τῶν χρωμάτων αὐτῶν ὑπάρχουν πολλαὶ ἀποχρώσεις, ἡ δὲ μετάβασις ἀπὸ τὸ ἓνα χρῶμα εἰς τὸ ἄλλο, γίνεται βαθμιαίως.

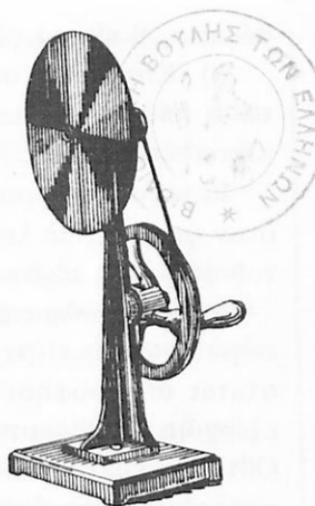
§ 258. Ἀνασύνθεσις τοῦ λευκοῦ φωτός. Ἄν ἀναμείξωμεν καταλλήλως τὰ χρώματα τοῦ φάσματος, δυνάμεθα νὰ ἀνασχηματίσωμεν τὸ λευκὸν φῶς. Ὁ Νεύτων ἐχρησιμοποίησε διὰ τὸν σκοπὸν αὐτὸν δύο ὅμοια πρίσματα, ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα 268.

Ἀπομακρυνθὲν φασματικὸν χρῶμα	ἐρυθρὸν	πορτο- καλλό- χρουν	κίτρινον	πράσινον	κυανοῦν	ἰώδες
Ἐπόλοιπον χρῶμα ἀναμείξεως	πράσινον	ἰώδες	κυανοῦν	ἐρυθρὸν	κίτρινον	πορτο- καλλό- χρουν

Τὸ ἴδιον δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν ἂν στηριχθῶμεν εἰς τὸ φαινόμενον τῆς διαρκείας τῆς ὀπτικῆς ἐντυπώσεως. Εἰς τὸ φαινόμενον δηλαδὴ συμφώνως πρὸς τὸ ὅποιον ὁ ἐρεθισμὸς τοῦ ὀφθαλμοῦ δὲν εἶναι ἄκα-

ριαίος, ἀλλὰ διαρκεῖ περίπου 0,1 sec., ἀφοῦ παύση ἢ αἰτία, ἢ ὁποία τὸν προεκάλεσε (μεταίσθημα).

Οὕτω δυνάμεθα νὰ προκαλέσωμεν ἀνάμειξιν τῶν χρωμάτων ἐντὸς τοῦ ὀφθαλμοῦ μας μὲ τὴν ἀκόλουθον μέθοδον. Λαμβάνομεν ἓνα δίσκον ἀπὸ χαρτόνιον, ἐπάνω εἰς τὸν ὁποῖον ἔχουν ἐπικολληθῆ κυκλικοὶ τομεῖς ὄλων τῶν χρωμάτων τοῦ φάσματος (σχ. 269). Τὸ μέγεθος τῶν τομέων αὐτῶν καὶ τὰ χρώματά των ἐκλέγονται οὕτως, ὥστε νὰ ἀνταποκρίνωνται ὅσον τὸ δυνατόν περισσότερον πρὸς τὴν ἔκτασιν τῶν εἰς τὸ ὄρατὸν φάσμα. Ἐὰν περιστρέψωμεν καταλλήλως τὸν δίσκον αὐτόν, ἢ ἐπιφάνειά του μᾶς φαίνεται λευκῆ.



Σχ. 269. Ἀνασύνθεσις τοῦ φωτὸς μὲ τὸν δίσκον τοῦ Νεύτωνος.

§ 259. Μεῖξις τῶν χρωμάτων. Ἐὰν εἰς τὸ πείραμα τῆς ἀνασυνθέσεως τοῦ λευκοῦ φωτὸς μὲ τὰ δύο πρίσματα ἐμποδίσωμεν ἓνα ἀπὸ τὰ ἀπλᾶ χρώματα, νὰ εἰσέλθῃ μαζὶ μὲ τὰ ἄλλα εἰς τὸ δεύτερον πρίσμα, τὰ ὑπόλοιπα χρώματα ὅταν συντεθοῦν δὲν θὰ δώσουν λευκὸν φῶς. Τὸ χρῶμα τοῦ φωτὸς τὸ ὁποῖον θὰ προκύψῃ τότε, θὰ ἐξαρτηθῆ ἀπὸ τὸ ἀπομακρυνθὲν φῶς. Πάντοτε ὅμως, ὅταν αὐτὸ συνδυασθῆ μὲ τὸ ἀφαιρεθὲν χρῶμα, θὰ δώσῃ λευκὸν φῶς.

Ὅταν δύο χρώματα δίδουν, ἀφοῦ συντεθοῦν, λευκὸν φῶς, ὀνομάζονται **συμπληρωματικὰ χρώματα**. Οὕτω τὸ ἀπλοῦν κίτρινον εἶναι συμπληρωματικὸν τοῦ κυανοῦ (γαλάζιου). Εἰς τὸν ἀνωτέρω πίνακα δίδονται ζεύγη συμπληρωματικῶν χρωμάτων.

Λευκὸν ἢ καὶ φαιὸν (γκρίζο) χρῶμα εἶναι δυνατόν νὰ παραχθῆ μὲ συνδυασμὸν ἐρυθροῦ, πρασίνου καὶ κυανοῦ φωτὸς. Ἐπίσης τὰ διάφορα ἄλλα χρώματα τοῦ φάσματος δύνανται νὰ παραχθοῦν μὲ σύνθεσιν φωτὸς ἀπὸ τὰ τρία χρώματα, ὑπὸ καταλλήλους ἀναλογίας. Ἐπειδὴ τὰ ἀνωτέρω συμβαίνουν μόνον μὲ τὰ τρία αὐτὰ χρώματα, δι' αὐτὸν τὸν λόγον τὰ χρώματα αὐτὰ ὀνομάζονται **πρωτεύοντα χρώματα**.

§ 260. Χρώματα τῶν σωμάτων. Τὰ χρώματα τῶν διαφόρων σωμάτων ὀφείλονται εἰς τὴν ἰκανότητα ἀνακλάσεως ἢ ἀπορροφήσεως τοῦ φωτὸς, τὸ ὁποῖον προσπίπτει ἐπ' αὐτῶν, ἂν εἶναι ἑτερόφωτα

σώματα, ἢ εἰς τὸ φῶς τὸ ὁποῖον ἐκπέμπουν αὐτά, ἂν εἶναι αὐτόφωτα.

α) Ἐτερόφωτα σώματα. Τὸ χρῶμα τῶν ἑτεροφώτων σωμάτων ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν ἐκλεκτικὴν ἀπορρόφησιν τοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον προσπίπτει ἐπ' αὐτῶν.

Εἰς τὴν περίπτωσιν κατὰ τὴν ὁποίαν ἓνα σῶμα φαίνεται λευκόν, ὅταν φωτισθῇ μὲ λευκὸν φῶς, τότε τὸ σῶμα αὐτὸ λαμβάνει τὸ χρῶμα τοῦ φωτός μὲ τὸ ὁποῖον φωτίζεται.

Διαφανῆ σώματα. Ὅταν τὸ λευκὸν φῶς διέρχεται ἀπὸ διάφορα σώματα, ὅπως εἶναι π.χ. αἱ διάφοροι ἐγχρωμοὶ ὑάλινοι πλάκες, ὑφίσταται ἀπορρόφησιν ὀρισμένων ἀκτίνων του, ἐνῶ αἱ ὑπόλοιποι, αἱ ἐξερχόμεναι δίδουν εἰς τὸ σῶμα τὸ χαρακτηριστικόν του χρῶμα. Οὕτω μία ὑάλος φαίνεται πρασίνῃ ἐπειδὴ ἀπὸ τὸ λευκὸν φῶς τὸ ὁποῖον προσπίπτει ἐπ' αὐτῆς, ἐπιτρέπει νὰ διέρχωνται μόνον αἱ πράσιναι ἀκτῖνες. Εἰς αὐτὸ τὸ φαινόμενον ὀφείλεται καὶ τὸ χρῶμα τῶν διαφόρων ἐγχρώμων διαλυμάτων.

Ἄδιαφανῆ σώματα. Διὰ νὰ ἴδωμεν ἓνα ἄδιαφανὲς σῶμα, πρέπει νὰ προσέσῃ ἐπ' αὐτοῦ φῶς, τὸ ὁποῖον κατόπιν, ἀφοῦ ἀνακλασθῇ ἢ διαχυθῇ, νὰ συνινηθῇ τὸν ὀφθαλμόν μας. Ἄναλόγως μὲ τὸ ὑλικὸν τῆς ἐπιφανείας τοῦ σώματος εἶναι δυνατὸν κατὰ τὴν διάχυσιν, νὰ ἀπορροφηθοῦν ὀρισμένα ἀκτῖνες, ὅποτε διαχέονται μόνον αἱ ὑπόλοιποι, αἱ ὁποῖαι καὶ καθορίζουν τὸ χρῶμα τῆς ἐπιφανείας ἀπὸ τὴν ὁποίαν διαχέονται.

Οὕτως ἓνα ἐχρωμον ὑφασμα φαίνεται κυανοῦν, ὅταν φωτίζεται μὲ λευκὸν φῶς, ἐπειδὴ μόνον αἱ κυαναὶ ἀκτῖνες διαχέονται, ἐνῶ αἱ ὑπόλοιποι ἀπορροφῶνται. Τὸ ὑφασμα αὐτὸ ἂν φωτισθῇ μὲ μονόχρουν φῶς, διάφορον ἀπὸ κυανοῦν, θὰ φαίνεται βεβαίως μέλαν (μαῦρο).

Ἄν ἓνα σῶμα ἀπορροφεῖ ὅλα τὰ χρώματα χωρὶς νὰ ἀνακλᾷ ἢ νὰ διαχέῃ οὐδέν, ὀνομάζεται **μέλαν σῶμα** (μαῦρο). Τοιοῦτον σῶμα, π.χ., εἶναι ἡ αἰθάλη. Ἀντιθέτως, ἂν τὸ σῶμα δὲν ἀπορροφεῖ οὐδέν χρῶμα, ἀλλὰ ἀνακλᾷ ὅλα τὰ χρώματα, ὀνομάζεται **λευκὸν σῶμα**. Τὰ σώματα τὰ ὁποῖα ἀπορροφῶν ὅλα τὰ χρώματα, ὄχι ὅμως κατὰ τὸ ἴδιον ποσοστόν, ὀνομάζονται **φαιὰ σώματα** (γκρίζα).

β) Αὐτόφωτα σώματα. Τὸ φῶς τῶν αὐτοφώτων σωμάτων ἐξαρτᾶται ἀπὸ διαφόρους παράγοντας, π.χ. ἀπὸ τὴν θερμοκρασίαν των, ὅπως συμβαίνει μὲ τὰ πυρακτωμένα σώματα, ἀπὸ τὰς χημικὰς ἀντιδράσεις αἱ ὁποῖα συμβαίνουν εἰς αὐτά, ὅπως εἰς τὰς φλόγας κλπ.

1. Όταν μία δέσμη ακτίνων λευκοῦ φωτός προσπέση ἐπὶ ἐνὸς ὑαλίνου πρίσματος, ἀναλύεται μετὰ τὴν ἔξοδόν της ἀπὸ τὸ πρίσμα καὶ σχηματίζει ἐπάνω εἰς ἓνα πέτασμα, μίαν ἔγχρωμον ταινίαν, ἢ ὁποία ὀνομάζεται φάσμα.

2. Τὰ ἀκραῖα χρώματα τοῦ φάσματος ἐρυθρὸν καὶ ἰώδες, ὀρίζουν τὴν ὁρατὴν περιοχὴν του. Τὸ φάσμα ὅμως ἐκτείνεται καὶ πέραν ἀπὸ τὸ ἰώδες χρῶμα (ὑπεριώδης περιοχὴ) καὶ πέραν ἀπὸ τὸ ἐρυθρὸν (ὑπερύθρος περιοχὴ).

3. Ἡ ἀνάλυσις τοῦ λευκοῦ φωτός ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι τὸ φῶς αὐτὸ εἶναι σύνθετον καὶ ἀποτελεῖται ἀπὸ ἀκτίνας αἱ ὁποῖαι ὑφίστανται διαφορετικὴν ἐκτροπὴν, ὅταν διέλθουν μέσα ἀπὸ ἓνα πρίσμα.

4. Τὸ ἀναλελυμένον φῶς δύναται νὰ ἀνασυντεθῇ καὶ νὰ ἐπανασχηματίσῃ λευκὸν φῶς.

5. Δύο χρώματα δίδοντα λευκὸν φῶς, ὅταν συντεθοῦν, λέγονται συμπληρωματικὰ χρώματα. Τὸ ἐρυθρὸν, τὸ πράσινον καὶ τὸ κυανοῦν χρῶμα εἶναι δυνατόν νὰ δώσουν, ὅταν συντεθοῦν ὑπὸ καταλλήλους ἀναλογίας, λευκὸν ἢ φαιὸν χρῶμα ὅπως ἐπίσης καὶ αἰονδῆποτε χρῶμα τοῦ φάσματος καὶ ὀνομάζονται πρωτεύοντα χρώματα.

6. Τὰ χρώματα τῶν σωμάτων ὀφείλονται εἰς τὴν ἰκανότητα ἀνακλάσεως ἢ ἀπορροφήσεως τοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον προσπίπτει ἐπ' αὐτῶν, ἂν εἶναι ἑτερόφωτα, ἢ εἰς τὸ φῶς τὸ ὁποῖον ἐκπέμπουν αὐτὰ τὰ ἴδια, ἂν εἶναι αὐτόφωτα.

ΜΗ' — ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΑ

§ 261. Γενικότητες. Γνωρίζομεν ἐκ πείρας, ὅτι ὅταν παρατηροῦμεν μὲ γυμνὸν ὀφθαλμὸν καὶ μὲ τὰς ἰδίας συνθήκας, δύο γειτονικὰς ἐπιφανείας παρομοίας φύσεως, δυνάμεθα νὰ ἐκτιμήσωμεν ἂν δέχονται τὸν ἴδιον φωτισμόν, ἐπειδὴ τότε θὰ παρουσιάζουν τὴν ἴδιαν φωτεινότητα.

Αἱ διάφοροι φωτειναὶ πηγαὶ ἐκπέμπουν εἰς τὸν χῶρον φῶς, τὸ

ὁποῖον συναντᾷ εἰς τὴν πορείαν του τὰ διάφορα ἀντικείμενα, τὰ ὁποῖα οὕτω φωτίζονται καὶ γίνονται ὁρατά.

Προκειμένου περὶ τῶν φωτεινῶν πηγῶν μᾶς ἐνδιαφέρει νὰ γνωρίζωμεν τὴν *φωτεινὴν ἰσχὺν* (ἢ φωτεινὴν ἔντασίν των), ὅσον ἀφορᾷ ὁμως τὰς ἐπιφανείας τῶν φωτιζομένων σωμάτων μᾶς ἐνδιαφέρει νὰ γνωρίζωμεν τὸν *φωτισμὸν* των.

Ἔοι θὰ ἔχωμεν παρατηρήσει ὅτι αἱ φωτειναὶ πηγαὶ εἶναι σώματα ἔχοντα ὑψηλὴν θερμοκρασίαν, γεγονόςς τὸ ὁποῖον ἀποδεικνύει ὅτι ὑπάρχει σχέσις μεταξὺ φωτὸς καὶ θερμότητος. Ἔχομεν ἐπίσης παρατηρήσει ὅτι ἓνα σῶμα τὸ ὁποῖον φωτίζεται, θερμαίνεται. Αὐτὸ ἀποδεικνύει ὅτι τὸ φῶς εἶναι μία μορφή ἐνεργείας, ἢ ὁποῖα ὀνομάζεται *φωτεινὴ ἐνέργεια*.

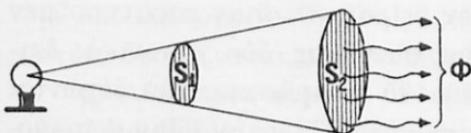
§ 262. Φωτεινὴ ροή. Μία φωτεινὴ πηγὴ ἐκπέμπει φωτεινὴν ἐνέργειαν πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις. Ἄν θεωρήσωμεν ἓνα κῶνον, ὁ ὁποῖος νὰ ἔχη κέντρον τὴν πηγὴν, τότε αὐτὴ ἐκπέμπει ἀδιακόπως φωτεινὴν ἐνέργειαν ἐντὸς τοῦ κῶνου (σχ. 270). Ἄν λοιπὸν ὀνομάσωμεν E τὴν φωτεινὴν ἐνέργειαν, τὴν ὁποῖαν ἐκπέμπει ἡ πηγὴ ἐντὸς τοῦ κῶνου καὶ εἰς χρονικὸν διάστημα t , τότε τὸ πηλίκον :

$$\Phi = \frac{E}{t}$$

καλοῦμεν *φωτεινὴν ροήν*. Ἐπομένως :

Φωτεινὴ ροὴ Φ ὀνομάζεται ἡ φωτεινὴ ἐνέργεια, ἢ ὁποῖα διέρχεται εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου, ἀπὸ ἓνα ὠρισμένον κῶνον ἔχοντα κορυφὴν τὴν φωτεινὴν πηγὴν.

$$\text{φωτεινὴ ροή} = \frac{\text{φωτεινὴ ἐνέργεια}}{\text{χρόνος}}$$



§ 263. Φωτεινὴ ἰσχὺς ἢ ἔντασις μιᾶς φωτεινῆς πηγῆς. Ἡ φωτεινὴ ἰσχὺς εἶναι ἓνα φυσικὸν μέγεθος χαρακτηρίζον τὰς φωτεινάς πηγάς, ἂν ἀκτινοβολοῦν δηλαδὴ ἐντονώτερον ἢ ἀμυδρότερον.

σχ. 270. Ἄπὸ τὰς διατομᾶς S_1 καὶ S_2 διέρχεται ἡ ἰδία φωτεινὴ ροὴ Φ .

Ἄς θεωρήσωμεν μίαν φωτεινὴν πηγὴν καὶ μίαν στερεὰν γωνίαν, ἔχουσαν τὴν κορυφὴν τῆς ἐπὶ τῆς φωτεινῆς πηγῆς. Ἐντὸς τῆς στερεᾶς γωνίας Ω ἐκπέμπεται ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγὴν φωτεινὴ ροὴ Φ . Τὸ πηλίκον I τῆς φωτεινῆς ροῆς Φ πρὸς τὴν στερεὰν γωνίαν Ω , ἐντὸς τῆς ὁποίας διαδίδεται, ὀνομάζεται φωτεινὴ ἰσχὺς ἢ ἔντασις τῆς πηγῆς.

Ὡστε :

Φωτεινὴ ἰσχὺς ἢ ἔντασις μιᾶς φωτεινῆς πηγῆς ὀνομάζεται τὸ πηλίκον τῆς φωτεινῆς ροῆς Φ , ἢ ὁποία ἐκπέμπεται ἐντὸς μιᾶς στερεᾶς γωνίας Ω , ἐχούσης τὴν κορυφὴν τῆς ἐπὶ τῆς πηγῆς, πρὸς τὴν στερεὰν γωνίαν Ω .

Δηλαδή :

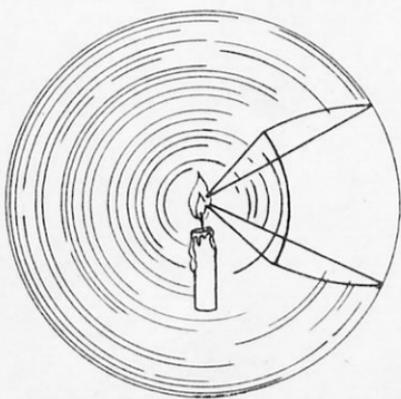
$$I = \frac{\Phi}{\Omega}$$

Μονάδες φωτεινῆς ροῆς καὶ φωτεινῆς ἰσχύος. Ὡς μονάδα φωτεινῆς ροῆς χρησιμοποιοῦμεν τὸ Λοῦμεν (**1 Lumen**) (σχ. 271).

Μονὰς φωτεινῆς ἰσχύος εἶναι τὸ νέον ἢ διεθνὲς κηρίον (**1 NK**).

Τὸ νέον κηρίον ἔχει φωτεινὴν ἰσχύον ἴσην μὲ τὸ $1/60$ τῆς φωτεινῆς ἰσχύος, ἢ ὁποία ἐκπέμπεται ἀπὸ ἐπιφάνειαν ἑνὸς τετραγωνικοῦ ἑκατοστομέτρου (τελείως μέλανος σώματος), τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται εἰς τὴν θερμοκρασίαν τήξεως τοῦ λευκοχρύσου (1770°C).

§ 264. Φωτισμὸς ἐπιφανείας. Ὅταν ἐπὶ μιᾶς ἐπιφανείας προσπίπτῃ φῶς, λέγομεν ὅτι ἡ ἐπιφάνεια φωτίζεται. Ἄν θεωρήσωμεν μίαν ἐπιφάνειαν μὲ ἔμβαστον S , ἢ ὁποία φωτίζεται ὁμοιομόρφως ἀπὸ τὴν φωτεινὴν ροὴν Φ μιᾶς πηγῆς, τότε :



Ὄνομάζομεν φωτισμὸν B μιᾶς ἐπιφανείας, ἔμβαστοῦ S , τὸ πηλίκον τῆς φωτεινῆς ροῆς Φ , ἢ ὁποία προσπίπτει

Σχ. 271. Διὰ τὴν κατανόησιν τῆς μονάδος τῆς φωτεινῆς ροῆς 1 Lumen.

ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ὁμοιομόρφως, πρὸς τὸ ἔμβαδὸν Σ τῆς ἐπιφανείας αὐτῆς.

Δηλαδή :

$$B = \frac{\Phi}{S}$$

Μονὰς φωτισμοῦ. Ἐάν εἰς τὸν ἀνωτέρω τύπον ἡ Φ εἶναι ἴση μὲ **1 Lumen** καὶ ἡ S μὲ 1 m^2 , τότε τὸ B ἰσοῦται μὲ τὴν μονάδα τοῦ φωτισμοῦ, ἡ ὁποία ὀνομάζεται **Λουξ** (1 Lux). Ὡστε :

$$1 \text{ Lux} = \frac{1 \text{ Lumen}}{1 \text{ m}^2}$$

Ὁ φωτισμὸς μιᾶς ἐπιφανείας ἔμβαδου 1 m^2 εἶναι ἴσος πρὸς 1 Lux , ὅταν ἡ ἐπιφάνεια φωτίζεται ὁμοιομόρφως μὲ φωτεινὴν ροὴν 1 Lumen .

Ὁ φωτισμὸς ἑνὸς χώρου εἰς τὸν ὁποῖον πρόκειται νὰ γίνῃ μία ἐργασία, ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ εἶδος τῆς ἐργασίας. Δι' ἀνάγνωσιν ἀπαιτεῖται σχετικῶς μεγαλύτερος φωτισμὸς παρὰ δι' ἄλλας ἐργασίας. Ὁ φωτισμὸς τὴν ἡμέρα εἰς τὸ ὑπαιθρον εἶναι περίπου 20.000 Lux , ἐνῶ μέσα εἰς ἕνα δωμάτιον 1.000 Lux .

§ 265. Φωτόμετρα. Τὰ φωτόμετρα εἶναι ὄργανα χρησιμοποιούμενα διὰ τὴν μέτρησιν τοῦ φωτισμοῦ. Ἀποτελοῦνται συνήθως ἀπὸ ἕνα φωτοστοιχείον, τὸ ὁποῖον ὅταν φωτίζεται, παράγει ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸν φωτισμὸν τὸν ὁποῖον δέχεται τὸ φωτοστοιχείον, τὸ ὁποῖον συνδέεται μὲ ἕνα εὐπαθὲς γαλ-



Σχ. 272. Φωτόμετρον μὲ φωτοστοιχείον.

βανόμετρον (σχ. 272), καὶ αὐτὸ μετρεῖ τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος τοῦ προκαλουμένου ἀπὸ τὸ φωτοστοιχείον. Εἶναι δὲ βαθμολογημένον κατὰ τοιοῦτον τρόπον ὥστε οἱ ἔνδειξις του νὰ δίδουν τὸν φωτισμὸν ἀπ' εὐθείας εἰς Lux.

§ 266. Νόμοι τοῦ φωτισμοῦ. Ὁ φωτισμὸς B τὸν ὁποῖον δέχεται μία ἐπιφάνεια S, ἐξαρτᾶται ἀπὸ τοὺς ἀκολουθοῦντας παράγοντας : α) ἀπὸ τὴν φωτεινὴν ἰσχὺν τῆς πηγῆς, β) ἀπὸ τὴν ἀπόστασιν τῆς ἐπιφανείας ἐκ τῆς φωτεινῆς πηγῆς καὶ γ) ἀπὸ τὴν γωνίαν προσπτώσεως τῶν ἀκτίνων.

1ος νόμος. Ὁ φωτισμὸς B, τὸν ὁποῖον δέχεται μία ἐπιφάνεια S, τοποθετημένη εἰς ὄρισμένην ἀπόστασιν ἀπὸ μίαν φωτεινὴν πηγὴν καὶ εἰς τοιαύτην θέσιν ὥστε νὰ δέχεται καθέτως τὰς ἀκτίνας, εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν φωτεινὴν ἰσχὺν I τῆς πηγῆς.

Συμφώνως πρὸς τὸν νόμον αὐτὸν, ἂν τοποθετήσωμεν ἔμπροσθεν ἑνὸς φωτομέτρου δύο ὁμοίους λαμπτήρας, τὸ ὄργανον θὰ δείξῃ διπλασίαν ἔνδειξιν ἀπὸ ἐκείνην ἢ ὁποία ἀντιστοιχεῖ εἰς ἓνα λαμπτήρα.

2ος νόμος. Ὁ φωτισμὸς B, ὁ προκαλούμενος ἀπὸ μίαν σημειακὴν φωτεινὴν πηγὴν, μὲ ὄρισμένην φωτεινὴν ἔντασιν I, ἐπὶ μιᾷ ἐπιφανείας S, ἐπὶ τῆς ὁποίας προσπίπτουν καθέτως αἱ ἀκτίνες τῆς, εἶναι ἀντιστροφῶς ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἀποστάσεως r τῆς ἐπιφανείας ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγὴν.

Διὰ νὰ ἀποδείξωμεν αὐτὸν τὸν νόμον, τοποθετοῦμεν ἓνα φωτόμετρον ἔμπροσθεν μιᾷς φωτεινῆς πηγῆς καὶ εἰς ὄρισμένην ἀπόστασιν, ὅποτε τὸ ὄργανον θὰ δώσῃ μίαν ἔνδειξιν, ἢ ὁποία θὰ παρέχῃ τὸν φωτισμὸν τὸν ὁποῖον δέχεται τὸ φωτόμετρον. Ἄν κατόπιν διπλασιάσωμεν, τριπλασιάσωμεν, τετραπλασιάσωμεν, κλπ., τὴν ἀπόστασιν τοῦ φωτομέτρου ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγὴν, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ὁ φωτισμὸς γίνεται 4, 9, 16, κλπ., φοράς μικρότερος.

Ὁ πρῶτος καὶ ὁ δεῦτερος νόμος τοῦ φωτισμοῦ περιέχονται εἰς τὸν τύπον :

$$B = \frac{I}{r^2}$$

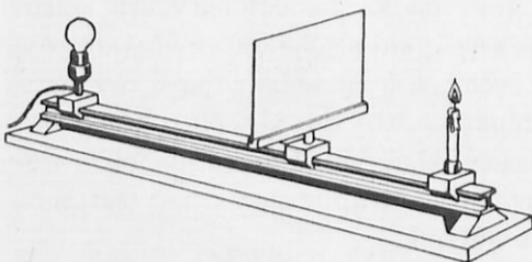
3ος νόμος. Ὁ φωτισμὸς μιᾶς ἐπιφανείας ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸν προσανατολισμὸν της, σχετικῶς πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῶν ἀκτίνων.

Πράγματι ἂν κρατοῦμεν τὸ φωτόμετρον εἰς ἀπόστασιν ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγὴν καὶ στρέφομεν τὸ ὄργανον, ὥστε νὰ μεταβάλλωμεν τὴν κλίσιν τῆς φωτιζομένης ἐπιφανείας του, παρατηροῦμεν ὅτι ὁ φωτισμὸς γίνεται μέγιστος, ὅταν προσπίπτουν καθέτως αἱ φωτειναὶ ἀκτῖνες. Ὅταν ὅμως αἱ φωτειναὶ ἀκτῖνες προσπίπτουν πλαγίως, ὁ φωτισμὸς γίνεται μικρότερος, ἐλαττώνονται δηλαδὴ αἱ ἐνδείξεις τοῦ ὄργανου.

§ 267. Τύπος τῶν ἴσων φωτισμῶν. Διὰ νὰ συγκρίνωμεν τὰς φωτεινάς ἰσχύς I_1 καὶ I_2 δύο φωτεινῶν πηγῶν, φωτίζομεν καθέτως μίαν ἐπιφάνειαν, διαδοχικῶς μὲ ἐκάστην ἀπὸ τὰς πηγάς, φέροντες αὐτὴν εἰς ἀποστάσεις r_1 καὶ r_2 τοιαύτας, ὥστε ὁ φωτισμὸς νὰ εἶναι καὶ εἰς τὰς δύο περιπτώσεις ὁ ἴδιος.

Αὐτὸ ἐπιτυγχάνεται ἀπλούστερον ἂν αἱ δύο φωτειναὶ πηγαὶ εὑρίσκονται εἰς μίαν ὀρισμένην ἀπόστασιν μεταξύ των, ἐνῶ εἰς τὸ ἐνδιάμεσον μετακινεῖται, στηριγμένον εἰς κατάλληλον πλαίσιον, ἓνα φύλλον χάρτου, τὸ ὁποῖον ἔχει μίαν κηλίδα ἀπὸ ἔλαιον (σχ. 273). Ὅταν, ἀφοῦ μετακινήσωμεν καταλλήλως τὸν ἐλαιωμένον χάρτην, ἐξαφανίσωμεν τὴν κηλίδα, ἔχομεν ἐπιτύχει ἰσοφωτισμὸν τῶν δύο ὄψεων τοῦ χάρτου.

Συμφώνως πρὸς τὸν ὄρισμὸν τοῦ φωτισμοῦ θὰ ἔχωμεν τότε ὅτι :



$$B = \frac{I_1}{r_1^2} \quad \text{καὶ} \quad B = \frac{I_2}{r_2^2}$$

ὁπότε θὰ εἶναι :

$$\frac{I_1}{r_1^2} = \frac{I_2}{r_2^2} \quad \eta \quad \frac{I_1}{I_2} = \frac{r_1^2}{r_2^2}$$

Σχ. 273. Φωτόμετρον τοῦ Bunsen. Ὅταν τὸ πέτασμα ἰσοφωτίζεται, ἐξαφανίζεται ἡ κηλὶς.

Ἐπομένως :

Ὅταν δύο φωτειναὶ πηγαὶ φωτίζουν ἐξ ἴσου μίαν ἐπιφάνειαν, μὲ κάθετον πρόσπτωσιν τῶν ἀκτίνων, τότε αἱ φωτειναὶ ἰσχύς τῶν πηγῶν

είναι ανάλογοι πρὸς τὰ τετράγωνα τῶν ἀποστάσεων των ἀπὸ τὴν φωτιζομένην ἐπιφάνειαν.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Ἡ λαμπρότης μιᾶς φωτεινῆς πηγῆς ἐκφράζεται ἀπὸ τὴν φωτεινὴν ἰσχὺν ἢ φωτεινὴν ἔντασιν τῆς πηγῆς. Προκειμένου περὶ μιᾶς φωτιζομένης ἐπιφανείας, ἐνδιαφέρει ἡ γνῶσις τοῦ φωτισμοῦ τῆς.

2. Τὸ φῶς εἶναι μία μορφή ἐνεργείας, ἡ ὁποία ὀνομάζεται φωτεινὴ ἐνέργεια.

3. Ἡ φωτεινὴ ἐνέργεια E , ἡ ὁποία διέρχεται εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου μέσα ἀπὸ ἓνα κῶνον, ἔχοντα τὴν κορυφὴν του ἐπὶ τῆς φωτεινῆς πηγῆς, ὀνομάζεται φωτεινὴ ροὴ Φ .

4. Τὸ πηλίκον τῆς φωτεινῆς ροῆς Φ , ἡ ὁποία ἐκπέμπεται μέσα εἰς μίαν στερεὰν γωνίαν Ω , ἀπὸ μίαν φωτεινὴν σημειακὴν πηγὴν, εὐρισκομένην εἰς τὴν κορυφὴν τῆς στερεᾶς γωνίας, πρὸς τὴν στερεὰν γωνίαν Ω , ὀνομάζεται φωτεινὴ ἰσχὺς I ἢ ἔντασις τῆς πηγῆς.

5. Μονὰς φωτεινῆς ροῆς εἶναι τὸ 1 Lumen καὶ φωτεινῆς ἰσχύος τὸ 1 νέον ἢ διεθνὲς κηρίον (1 NK). Τὸ πηλίκον τῆς φωτεινῆς ροῆς Φ , τὸ ὁποῖον δέχεται μία ἐπιφάνεια S , ὑπὸ κάθετον πρόσπτωσιν τῶν ἀκτίνων, πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν S , ὀνομάζεται φωτισμὸς B τῆς ἐπιφανείας.

6. Μονὰς φωτισμοῦ εἶναι τὸ 1 Lux.

7. Τὰ φωτόμετρα εἶναι ὄργανα χρησιμοποιούμενα διὰ τὴν μέτρησιν τοῦ φωτισμοῦ.

8. Ὁ φωτισμὸς B τὸν ὁποῖον δέχεται μία ἐπιφάνεια S εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἔντασιν τῆς φωτεινῆς πηγῆς, ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἀποστάσεως r τῆς ἐπιφανείας ἀπὸ τὴν πηγὴν καὶ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸν προσανατολισμὸν τῆς ἐπιφανείας σχετικῶς πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῶν ἀκτίνων. Διὰ κάθετον πρόσπτωσιν τῶν ἀκτίνων ἰσχύει ἡ σχέσις :

$$B = \frac{I}{r^2}$$

9. Όταν δύο φωτεινὰ πηγὰ με ἐντάσεις I_1 καὶ I_2 εὐρίσκονται εἰς ἀποστάσεις r_1 καὶ r_2 ἀπὸ μίαν ἐπιφάνειαν καὶ τὴν ἰσοφωτίζουν με κάθετον πρόσπτωσησιν τῶν ἀκτίνων, ἰσχύει ὁ ἀκόλουθος τύπος τοῦ ἰσοφωτισμοῦ :

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{r_1^2}{r_2^2}$$

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

184. Πόσα Lumen προσπίπτουν καθέτως ἐπάνω εἰς μίαν ἐπιφάνειαν ἐμβαδοῦ 5 m^2 , ὅταν ὁ φωτισμὸς τῆς ἐπιφανείας αὐτῆς εἶναι 12 Lux . (Ἀπ. 60 Lumen .)

185. Εἰς τὸ κέντρον μιᾶς σφαίρας, ἀκτίνος 2 m , εὐρίσκεται ἓνας μικρὸς ἠλεκτρικὸς λαμπτήρ. Νὰ εὐρεθῇ ἡ φωτεινὴ ἰσχὺς του, ἐὰν ἡ σφαῖρα δέχεται φωτισμὸν 2 Lux . (Ἀπ. 8 NK .)

186. Πόση εἶναι ἡ ἰσχὺς μιᾶς φωτεινῆς πηγῆς, ἡ ὁποία προκαλεῖ, με κάθετον πρόσπτωσησιν τῶν ἀκτίνων τῆς ἐπάνω εἰς μίαν ἐπιφάνειαν, φωτισμὸν 20 Lux , ὅταν ἡ ἐπιφάνεια ἀπέχη 6 m ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγὴν. (Ἀπ. 720 NK .)

187. Δύο φωτεινὰ πηγὰ συγκρίνονται με ἓνα φωτόμετρον. Ὅταν ἐπιτυγχάνεται ἰσοφωτισμὸς τοῦ φωτομέτρον, αἱ ἀποστάσεις τῶν φωτεινῶν πηγῶν ἀπὸ τὴν ἰσοφωτιζομένην ἐπιφάνειαν τοῦ φωτομέτρον εἶναι 30 cm καὶ 60 cm ἀντιστοίχως. Ἐὰν ἡ φωτεινὴ ἰσχὺς τῆς μικροτέρας φωτεινῆς πηγῆς εἶναι 10 NK , νὰ εὐρεθῇ ἡ φωτεινὴ ἰσχὺς τῆς ἄλλης πηγῆς. (Ἀπ. 40 NK .)

188. Εἰς πόσον ὕψος ἐπάνω ἀπὸ μίαν τράπεζαν, πρέπει νὰ εὐρίσκεται ἓνας λαμπτήρ 100 NK , διὰ νὰ προκαλῇ φωτισμὸν 50 Lux . (Ἀπ. 141 cm .)

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ



I. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ		Σελ.
Α΄.	Κίνησις τῶν σωμάτων	5
Β΄.	Εὐθύγραμμος ὀμαλῶς μεταβαλλομένη κίνησις	14
Γ΄.	Ἄδράνεια. Θεμελιώδης ἀρχὴ τῆς Δυναμικῆς	25
Δ΄.	Μηχανικαὶ ταλαντώσεις	32
Ε΄.	Κυκλικὴ κίνησις	43
ΣΤ΄.	Παγκόσμιος ἔλξις	55
Ζ΄.	Ἔργον δυνάμεως	63
Η΄.	Ἴσχυς	73
Θ΄.	Ἐνέργεια	80
II. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ		
Γ.	Μετατροπὴ τῆς μηχανικῆς ἐνεργείας εἰς θερμικὴν ...	88
ΙΑ΄.	Τριβή. Μηχανικὸν ἰσοδύναμον τῆς θερμίδος	90
ΙΒ΄.	Διατήρησις τῆς ἐνεργείας εἰς τὰς ἀπλᾶς μηχανὰς ...	99
ΙΓ΄.	Μετατροπὴ τῆς θερμικῆς ἐνεργείας εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν. Ἀτμομηχανή	103
ΙΔ΄.	Μηχαναὶ ἐσωτερικῆς καύσεως	108
ΙΕ΄.	Πύραυλοι	114
III. ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ		
ΙΣΤ΄.	Ὁ ἦχος	121
ΙΖ΄.	Ἦχητικαὶ πηγαὶ	131
IV. ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ - ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ		
ΙΗ΄.	Σύστασις τῆς ὕλης. Μόρια καὶ ἄτομα	138
ΙΘ΄.	Κατασκευὴ τοῦ ἀτόμου. Πυρῆνες καὶ ἠλεκτρόνια ...	143
Κ΄.	Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. Φορὰ καὶ ἀποτελέσματα τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος	150
ΚΑ΄.	Ἄγωγά καὶ μονωτικὰ σώματα. Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς τοὺς μεταλλικοὺς ἀγωγούς	157
ΚΒ΄.	Ἠλεκτρόλυσις. Ποιοτικὴ σπουδὴ. Ἴοντα	161

ΚΓ΄.	Ἡλεκτρόλυσις. Δευτερεύουσαι χημικαὶ ἀντιδράσεις ..	168
ΚΔ΄.	Ἡλεκτρόλυσις. Νόμοι τοῦ Φάρανταιν. Ἐφαρμογαὶ ...	175
ΚΕ΄.	Ποσότης ἡλεκτρισμοῦ. Μονὰς Κουλόμπ. Ἐντασις ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Μονὰς Ἄμπερ	182
ΚΣΤ΄.	Θερμικὰ ἀποτελέσματα τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος	190
ΚΖ΄.	Ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια. Ἡλεκτρικὴ ἰσχὺς	198
ΚΗ΄.	Διαφορὰ δυναμικοῦ. Μονὰς Βόλτ	204
ΚΘ΄.	Πρακτικὴ μέτρησις διαφορᾶς δυναμικοῦ	212
Λ΄.	Ἐφαρμογαὶ τοῦ νόμου τοῦ Τζάουλ. Φωτισμὸς - Θέρμανσις	217
ΛΑ΄.	Πειραματικὴ σπουδὴ τῆς ἀντιστάσεως ἑνὸς ἀγωγοῦ ..	223
ΛΒ΄.	Σύνδεσις ἀντιστάσεων	232
ΛΓ΄.	Ἡλεκτρικαὶ πηγαὶ	241
ΛΔ΄.	Ἡλεκτρικὴ ἰσχὺς μιᾶς γεννητρίας	249
ΛΕ΄.	Συσσωρευταὶ	256
ΛΣΤ΄.	Μαγνηταί. Μαγνητικὴ πύξις	261
ΛΖ΄.	Ἀλληλεπίδρασις τῶν μαγνητικῶν πόλων	267
ΛΗ΄.	Μαγνητικὸν πεδίου εὐθυγράμμου ἀγωγοῦ καὶ μαγνητικὸν πεδίου σωληνοειδοῦς	274
ΛΘ΄.	Ἡλεκτρομαγνηταί	282
Μ΄.	Ἀλληλεπίδρασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος καὶ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου	288
ΜΑ΄.	Ἡλεκτρικοὶ κινητῆρες	292

V. ΟΠΤΙΚΗ

ΜΒ΄.	Εὐθύγραμμος διάδοσις τοῦ φωτός	295
ΜΓ΄.	Ἀνάκλασις τοῦ φωτός. Ἐπίπεδα κάτοπτρα	302
ΜΔ΄.	Σφαιρικὰ κάτοπτρα	310
ΜΕ΄.	Διάθλασις τοῦ φωτός	321
ΜΣΤ΄.	Πρίσματα καὶ φακοὶ	327
ΜΖ΄.	Ἀνάλυσις τοῦ φωτός	340
ΜΗ΄.	Φωτομετρία	345



ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΦΗΣΙΣ : ΒΑΣΙΛΙΚΗΣ ΑΓΓΕΛΙΔΟΥ



ΕΚΔΟΣΙΣ Γ', 1970 (V) ΑΝΤΙΤΥΠΑ 80.000 - ΣΥΜΒΑΣΙΣ 1975 / 31-3-1970

Έκτύπωση - Βιβλιοδεσία : Ίω. Καμπανῆς Α.Ε. - Φιλαδελφείας 4 - Ἀθήναι 110



0020557630

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΒΟΥΛΗΣ

