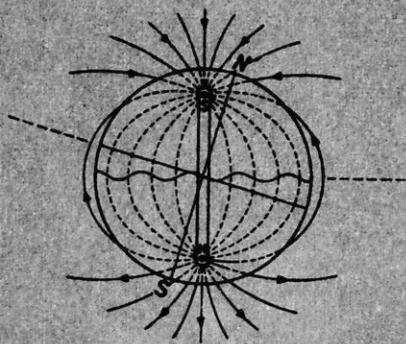


ΣΑΛΤΕΡΗ Γ. ΠΕΡΙΣΤΕΡΑΚΗ

ΦΥΣΙΚΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ

Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ



**ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ
ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ
ΕΝ ΑΘΗΝΑΙΣ 1974**

19426

ΦΥΣΙΚΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ

ΔΩΡΕΑΝ

ΣΑΛΤΕΡΗ Γ. ΠΕΡΙΣΤΕΡΑΚΗ

**ΦΥΣΙΚΗ
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ**

Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

**ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ
Α Θ Η Ν Α Ι 1974**



I. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

A' — ΚΙΝΗΣΙΣ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

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

Οὕτω τὸ λεωφορεῖον, τὸ δποῖον ἔξεκίνησεν ἀπὸ τὴν ἀφετηρίαν του καὶ πλησιάζει πρὸς τὴν στάσιν, εἰς τὴν δποίαν εύρισκομέθα, μεταβάλλον συνεχῶς θέσιν, κινεῖται. Κατὰ τὸ χρονικὸν διάστημα κατὰ τὸ δποῖον συνεχίζει τὴν κίνησίν του εἶναι κινητόν.

Κινητὰ εἶναι ἐπίσης δ ποδηλάτης, δ ὁδοῖος τρέχει εἰς τὸν ἀσφαλτο-

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

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

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

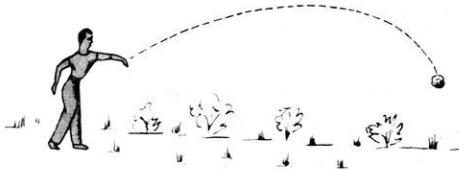
§ 2. Φαινομενικὴ καὶ πραγματικὴ κίνησις. Πολλὰς φοράς ἡ ἡρεμία διαφόρων σωμάτων εἶναι φαινομενική, δὲν συμβαίνει δηλαδὴ καὶ εἰς τὴν πραγματικότητα. Οὕτως ἐνῶ τὰ ἀντικείμενα τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς ὅπως τὰ δένδρα, αἱ οἰκίαι, οἱ βράχοι κ.λπ. προκαλοῦν τὴν ἐντύπωσιν ὅτι ἡρεμοῦν καὶ εἶναι ἀκίνητα, εἰς τὴν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

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

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

έκαστον ούράνιον σῶμα λαμβάνει συγχρόνως μέρος εἰς πολλὰς διαφορετικάς κινήσεις.

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



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

§ 4. Κινηματικὰ στοιχεῖα. Ὁρισμοί. "Οταν ἔνα σῶμα κινῆται, ἀλλάζει διαδοχικῶς θέσεις εἰς τὸν χῶρον. Ἐὰν ἐνώσωμεν τὰς διαδοχικὰς αὐτὰς θέσεις, θὰ λάβωμεν μίαν συνεχῆ γραμμήν, ή δοποία δνομάζεται τροχιὰ τοῦ κινητοῦ. "Οταν ἡ τροχιὰ είναι εὐθεῖα γραμμή, ή κίνησις δνομάζεται εὐθύγραμμος. "Οταν ἡ τροχιὰ είναι καμπύλη γραμμή, ή κίνησις δνομάζεται καμπυλόγραμμος. Μερικὴ περίπτωσις τῆς καμπυλογράμμου κινήσεως είναι ἡ κυκλικὴ κίνησις, ὅπότε τὸ κινητὸν κινεῖται ἐπὶ περιφερείας κύκλου.

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

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

§ 5. Εὐθύγραμμος δμαλὴ κίνησις. Αἱ κινήσεις, αἱ δοποῖαι ἐκτελοῦνται ἐπὶ εὐθυγράμμου τροχιᾶς, δὲν είναι δῆλαι παρόμοιαι. Οὕτως αἱ κι-

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

"**Ἔνα κινητὸν ἐκτελεῖ εὐθύγραμμον ὄμαλὴν κίνησιν, ὅταν κινηται ἐπὶ εὐθύγραμμου τροχιᾶς καὶ διανύῃ εἰς ἵσους χρόνους ἵσα διαστήματα.**

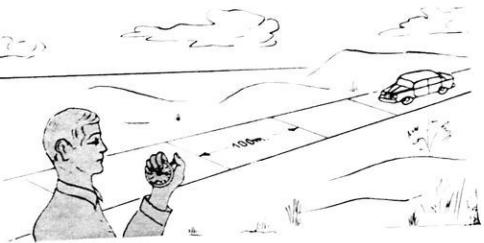
Εἰς τὸ δεξιὸν τῶν μεγάλων αὐτοκινητοδρόμων ὑπάρχουν κατὰ ἵσις ἀποστάσεις, 1000 m συνήθως, μικραὶ ἐκ τησιμέντου ἢ μαρμάρου πυραμίδες, ἐπάνω εἰς τὰς ὁποίας ἀναγράφονται εἰς χιλιόμετρα, αἱ ἀποστάσεις ἀπὸ τὴν ἀφετηρίαν. Ἀν ἔνα αὐτοκίνητον κινηται ἐπάνω εἰς τὸν αὐτοκινητόδρομον καὶ εἰς ἔνα μεγάλον εὐθύγραμμον τμῆμα τοῦ δρόμου οὕτως, ὥστε ὁ δείκτης τοῦ ταχυμέτρου του νὰ παραμένῃ εἰς τὴν ἴδιαν πάντοτε θέσιν, τὸ δῆκτημα θὰ χρειάζεται τὸν ἴδιον πάντοτε χρόνον, διὰ νὰ διανύσῃ τὴν ἀπόστασιν, ἡ ὁποία χωρίζει δύο πυραμίδας, ἔστω 1 πρῶτον λεπτόν. Τὸ αὐτοκίνητον αὐτὸ δέκτελεῖ τότε εὐθύγραμμον ὄμαλὴν κίνησιν, ἐφ' ὅσον συνεχίζει τὴν κίνησίν του ὑπὸ τὰς ἴδιας συνθήκας.

§ 6. Ταχύτης. Ὁ ρυθμὸς μὲ τὸν ὁποῖον ἐκτελεῖται μία κίνησις, ἂν γίνεται δηλαδὴ βραδέως ἢ ταχέως, χαρακτηρίζεται ἀπὸ ἔνα φυσικὸν μέγεθος, τὸ ὁποῖον δύνομάζεται ταχύτης καὶ παριστᾶται μὲ τὸ γράμμα *v*. Ἡ ταχύτης εύρισκεται εἰς ἅμεσον συσχετισμὸν μὲ τὸ διάστημα καὶ τὸν χρόνον, ὁ ὁποῖος ἀπητήθη διὰ νὰ διανυθῇ τὸ διάστημα τοῦτο. "Ωστε :

Εἰς τὴν εὐθύγραμμον ὄμαλὴν κίνησιν ὡς ταχύτητα *v* τὸ πηλίκον τοῦ διαστήματος *s* πρὸς τὸν χρόνον *t*, ἐντὸς τοῦ ὁποίου διηνθῇ τὸ διάστημα αὐτό.

$$\text{ταχύτης} = \frac{\text{διανηθὲν διάστημα}}{\text{ἀπαιτηθεὶς χρόνος}}$$

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



Διὰ νὰ προσδιορίσωμεν λοιπὸν τὴν ταχύτητα ἐνὸς σώματος, τὸ ὅποιον ἐκτελεῖ εὐθύγραμμον ὀμαλὴν κίνησιν, πρέπει νὰ μετρήσωμεν ἔνα μῆκος καὶ ἔναν χρόνον· τὸν χρόνον τὸν ὅποιον ἔχρειάσθη τὸ κινητὸν διὰ νὰ διατρέξῃ αὐτὸ τὸ μῆκος (σχ. 2). Τὸ πηλίκον τῶν δύο αὐτῶν μετρήσεων μᾶς δίδει τὴν ταχύτητα τοῦ κινητοῦ, ἡ ὅποια — καὶ αὐτὸ εἶναι χαρακτηριστικὸν διὰ τὴν εὐθύγραμμον ὀμαλὴν κίνησιν — δὲν ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὸ μῆκος τοῦ διαστήματος, τὸ ὅποιον ἐμετρήσαμε ἡ ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὸν χρόνον ἐντὸς τοῦ ὅποιον διηνύθη τὸ διάστημα αὐτό.

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

1 μέτρον ἀνὰ δευτερόλεπτον (1 m/sec)

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

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

1 ἑκατοστόμετρον ἀνὰ δευτερόλεπτον (1 cm/sec)

'Η μονάς αὐτὴ ἀνήκει εἰς τὸ Σύστημα C.G.S.

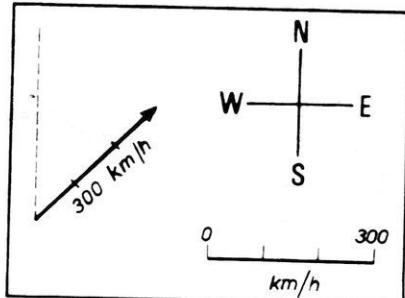
Διὰ τὰς ἀνάγκας τῆς πρακτικῆς ζωῆς χρησιμοποιοῦμεν ὡς μονάδα ταχύτητος τό :

1 χιλιόμετρον ἀνὰ ὥραν (1 km/h)

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

'Η ταχύτης τῶν πλοίων ἐκφράζεται εἰς κόμβους. Εἶναι δέ :

1 κόμβος = 1 ναυτικὸν μίλιον ἀνὰ ὥραν



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

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

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

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

Ἡ ταχύτης είναι διανυσματικὸν μέγεθος.

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

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

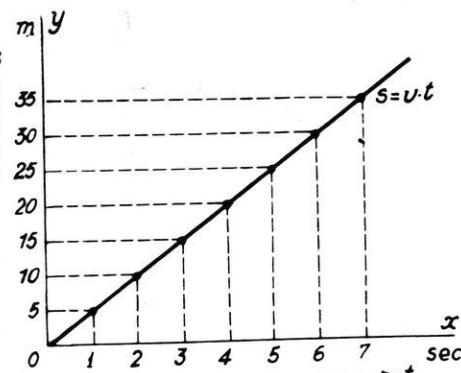
$$s = v \cdot t$$

“Ωστε :

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

§ 9. Διαγράμματα εύθυγράμμου διαστήματος - χρόνου. Διὰ νὰ παραστήσωμεν γραφικῶς τὴν σχέσιν τῆς μεταβολῆς τοῦ διαστήματος ὡς πρὸς τὸν χρόνον, θεωροῦμεν μίαν οἰανδήποτε εὐθύγραμμον ὁμαλὴν κίνησιν μὲ τυχοῦσαν ταχύτητα v , ἵστω πρὸς 5 m/sec . Μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ τύπου $s=v.t$, ὑπολογίζομεν τὰ διαστήματα, τὰ ὁποῖα διανύονται ἀπὸ τὸ κινητὸν εἰς χρόνους $0 \text{ sec.}, 1 \text{ sec.}, 2 \text{ sec.}, 3 \text{ sec.}, 4 \text{ sec.}, 5 \text{ sec.}, 6 \text{ sec.}, 7 \text{ sec.}$ 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

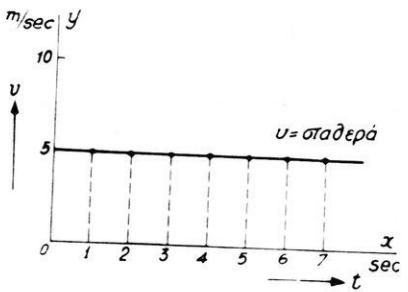


Σχ. 4. Διάγραμμα διαστήματος-χρόνου. Εὐθεῖα γραμμὴ διερχομένη ἀπὸ τὴν ἀρχὴν τῶν ἀξόνων.

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

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

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



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

χρόνων καὶ εἰς τὴν ἔνδειξιν 5 m/sec τοῦ ἄξονος (σχ. 5). Ωστε :

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

διὰ 5 m/sec. Ἐφ' ὅσον ἡ ταχύτης παραμένει σταθερὰ καὶ ἵση πρὸς 5 m/sec, τὰ διάφορα παραστατικὰ σημεῖα τοῦ ἐπιπέδου (1 sec, 5 m/sec), (2 sec, 5 m/sec), (3 sec, 5 m/sec) κ.λπ. θὰ προβάλλωνται εἰς τὸν ἄξονα τῶν ταχυτήτων, εἰς τὸ σημεῖον τὸ ἀντιστοιχοῦν εἰς τὴν ἔνδειξιν 5 m/sec. Ἐπομένως θὰ εὑρίσκωνται ἐπάνω εἰς μίαν εὐθεῖαν κάθετον πρὸς τὸν ἄξονα τῶν ταχυτήτων καὶ εἰς τὴν ἔνδειξιν 5 m/sec τοῦ ἄξονος (σχ. 5). Ωστε :

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

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

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

3. Ὄταν τὸ κινητὸν ἔχῃ εὐθύγραμμον τροχιάν καὶ ἐνῷ κι-

νεῖται, διανύει εἰς ἵσους χρόνους ἵσα διαστήματα, λέγομεν ὅτι ἐκτελεῖ εὐθύγραμμον ὁμαλὴν κίνησιν.

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

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

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

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

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

8. Ἡ ταχύτης εἶναι διανυσματικὸν μέγεθος.

9. Εἰς τὴν εὐθύγραμμον ὁμαλὴν κίνησιν ἰσχύουν οἱ ἑξῆς δύο νόμοι : α) τὸ διάνυσμα τῆς ταχύτητος παραμένει σταθερόν, β) τὰ διανύμενα διαστήματα εἶναι ἀνάλογα πρὸς τοὺς χρόνους κατὰ τοὺς ὅποιους διηνύθησαν.

AΣΚΗΣΕΙΣ

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

2. Ἔνας ποδηλάτης διανύει εἰς 4 ὥρας διάστημα 46 km. α) Πόση εἶναι ἡ ταχύτης τοῦ ποδηλάτου. β) Πόσον διάστημα διανύει εἰς 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ὥρας. γ) Νὰ παρασήσῃτε γραμμικῶς τὴν σχέσιν μεταξὺ ταχύτητος καὶ χρόνου, δ) διαστήματος καὶ χρόνου. (*Απ. 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 ἔχειάξετο μία σφαῖρα πυροβόλου ὅπλου διὰ νὰ φθάσῃ εἰς τὴν Σελήνην, ἐὰν διετίχει σταθερὰν τὴν ἀρχικήν της ταχύτητα, ἵσην μὲ 800 m/sec (*Απ. 5 ἡμέρας, 13 ὥρας, 20 πρώτα λεπτά.*)

4. Πόσον χρόνον χρειάζεται τὸ φῶς, τὸ ὅποιον ἔχει ταχύτητα 300.000 km/sec, διὰ νὰ φθάσῃ ἀπὸ τὸν "Ηλιον εἰς τὴν Γῆν, ἀν ἡ ἀπόστασις τῶν δύο ἀστρῶν εἶναι 150.000.000 km. (*Απ. 8 min καὶ 20 sec.*)

5 Λύο ποδηλάται κινοῦνται ύπό ταχύτητας $18\ 325\ m/h$ καὶ $18\ 328\ m/h$, είναι δὲ προσδεδεμένοι μὲ σχοινίους μήκους 5 m. Πόσον χρόνον θὰ κινοῦνται οἱ ποδηλάται μέχρις ότου ἐκταθῇ τὸ σχοινίον, ἀν κατὰ τὴν ἐκκίνησιν, ὃ ἔνας εὐρίσκετο πλησίον τοῦ ἄλλου.

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

7. Ἀμάξοστοιχία πρόκειται νὰ ἀνατιναχθῇ εἰς σημεῖον εἰς τὸ ὅποιον ἡ ταχύτης τῆς ἀνέρχεται εἰς $72\ km/h$. Τὸ βραδύκανστον πυραγωγὸν σχοινίουν μὲ τὸ ὅποιον θὰ γίνῃ ἡ ἀνάφλεξις τῆς ἐκρηκτικῆς ὑλῆς, ἔχει μῆκος 50 cm καὶ καίεται ύπό ταχύτητα δ cm/sec. Πόση ἀπόστασις πρέπει νὰ χωρίζῃ τὴν ἀμάξοστοιχίαν ἀπὸ τὸ συνεργείον ἀνατινάξεως τὴν στιγμὴν τῆς πυροδοτήσεως, ὥστε ἡ ἐκρηκτικής νὰ συμβῇ, διαν ἡ ἀτμομηχανὴ φθάσῃ ἐπάνω ἀπὸ τὴν ἐκρηκτικὴν ὑλὴν. (*Απ. 200 m.*)

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

B' — ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΟΣ ΟΜΑΛΩΣ ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΜΕΝΗ ΚΙΝΗΣΙΣ

§ 10. Μεταβαλλομένη κίνησις. Ἐστω διτὶ ταξιδεύομεν ἀπὸ τὰς Ἀθήνας πρὸς τὴν Θεσσαλονίκην καὶ καταγράφομεν, εἰς διαφόρους χρονικάς στιγμάς, τὰς ταχύτητας, τὰς ὅποιας δεικνύει τὸ ταχυμέτρον τοῦ αὐτοκινήτου μας. Παρατηροῦμεν τότε διτὶ δείκτης τοῦ ταχυμέτρου δὲν παραμένει συνεχῶς εἰς μίαν ωρισμένην ὑποδιαιρέσιν. Οὕτως ἡ ταχύτης είναι σχετικῶς μεγάλη εἰς τὰ εὐθύγραμμα τμῆματα τοῦ δρόμου καὶ μικροτέρα εἰς τὰς στροφὰς καὶ εἰς τὰς διασταυρώσεις. Ἐπομένως δυνάμεθα νὰ εἴπωμεν διτὶ τὸ αὐτοκίνητον μας δὲν διανύει εἰς ἴσους χρόνους ἵσα διαστήματα. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ κίνησις τοῦ αὐτοκινήτου δὲν είναι διμαλὴ ἀλλὰ μεταβαλλομένη. "Ωστε :

"Ἐνα κινητόν, τὸ δόποιον δὲν διατηρεῖ σταθερὰν ταχύτητα (κατὰ τὸ μέτρον, τὴν διεύθυνσιν ἡ τὴν φορὰν) ἐνόσω διαρκεῖ ἡ κίνησις του, ἐκτελεῖ μεταβαλλομένην κίνησιν.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

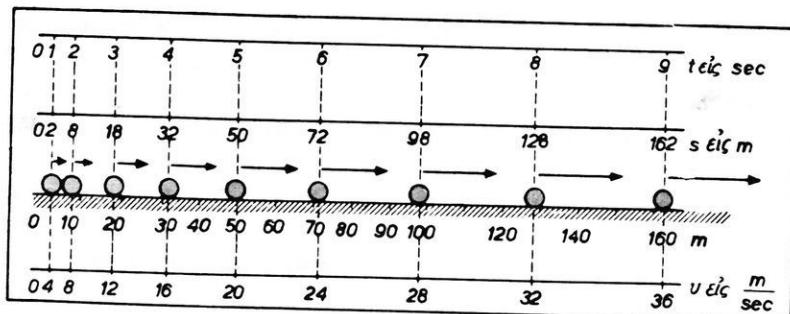
΄Εὰν ἡ σταθερὰ μεταβολὴ τῆς ταχύτητος εἶναι θετική, ὅπότε ἡ ταχύτης ὑφίσταται συνεχῆ αὔξησιν, ἡ κίνησις λέγεται εὐθύγραμμος ὄμαλῶς ἐπιταχυνομένη κίνησις. Έὰν ἡ σταθερὰ μεταβολὴ τῆς ταχύτητος εἶναι ἀρνητική, ὅπότε ἡ ταχύτης ἐλαττοῦται ἀδιακόπως, ἡ κίνησις λέγεται εὐθύγραμμος ὄμαλῶς ἐπιβραδυνομένη κίνησις.

΄Η εὐθύγραμμος ὄμαλῶς μεταβαλλομένη κίνησις εἶναι δυνατὸν νὰ περιγραφῇ μὲ ἀκρίβειαν, ἢν χρησιμοποιήσωμεν ἔνα νέον φυσικὸν μέγεθος, τὸ ὅποιον δονομάζεται ἐπιτάχυνσις καὶ παριστᾶται μὲ τὸ γράμμα γ.

΄Ορίζομεν ως ἐπιτάχυνσιν γ μιᾶς εὐθυγράμμου καὶ ὄμαλῶς μεταβαλλομένης κινήσεως, τὸ πηλίκον τῆς μεταβολῆς τῆς ταχύτητος πρὸς τὸν χρόνον, κατὰ τὸν ὅποιον συνετελέσθη ἡ μεταβολὴ αὐτῆς.

΄Αν 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 ἵση πρός :



Σχ. 6. Εύθυγραμμος όμαλως έπιταχνομένη κίνησις σφαιρας μὲ σταθερὰν έπιτάχνουσιν $\gamma = 4 \text{ m/sec}$. Δεικνύεται ἡ σχέσις χρόνου, διαστήματος καὶ ταχύτητος.

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

Έχομεν συνεπῶς τὴν ἔξῆς ἐκφραστιν τῆς έπιταχύνσεως :

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

ἢ:

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

Μονάδες έπιταχύνσεως. Ὅταν ἡ ταχύτης μετρήται εἰς μέτρα ἀνὰ δευτερόλεπτον καὶ ὁ χρόνος εἰς δευτερόλεπτα, μονάς έπιταχύνσεως εἶναι τό :

1 μέτρον ἀνὰ δευτερόλεπτον τετράγωνον (1 m/sec²)

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

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

Χρησιμοποιοῦμεν ἐπίσης καὶ τὴν μονάδα :

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

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

Ο ἀνθρώπινος δργανισμὸς ὑποφέρει τὰς μεγάλας ταχύτητας, δὲν

ἀντέχει δῆμως εἰς τὰς μεγάλας ἐπιταχύνσεις. Ὅταν ὁ ἄνθρωπος κινήται κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ ὑψους του, ὑποφέρει ἐπιταχύνσεις μέχρι 40 m/sec², διὰ πολὺ μικρὰ δὲ χρονικὰ διαστήματα καὶ μέχρις 180 m/sec². Διὰ μεγαλυτέρας τιμᾶς ἐπιταχύνσεων συμβαίνει θραυστις τῆς σπονδυλικῆς στήλης.

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

§ 13. Νόμοι τῆς εὐθυγράμμου καὶ διατομῆς ἐπιταχυνομένης κινήσεως. Πειραματικῶς εύρεθησαν οἱ ἔξῆς δύο νόμοι τῆς διατομῆς ἐπιταχυνομένης κινήσεως.

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

Ο νόμος αὐτὸς διατυπώνεται καὶ μὲ τὴν σχέσιν :

$$\mathbf{v} = \gamma \cdot \mathbf{t}$$

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 .

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

Ο νόμος αὐτὸς διατυπώνεται καὶ μὲ τὴν σχέσιν :

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

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

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

§ 14. Ἐλευθέρα πτῶσις τῶν σωμάτων. Πείραμα 1. Ἀφίνομεν νὰ πέσουν ταυτοχρόνως εἰς τὸ ἔδαφος, ἀπὸ ἔνα ὡρισμένον ὕψος, ἔνας

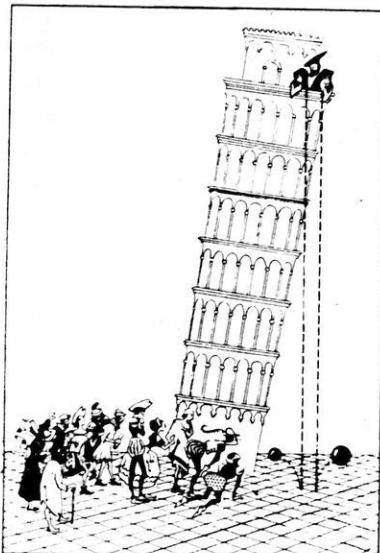
λίθος, ἔνα πτερὸν καὶ ἔνα φύλλον χάρτου. Παρατηροῦμεν ὅτι τὰ τρία αὐτὰ σώματα φθάνουν εἰς τὸ ἔδαφος, μάλιστα δὲ πρῶτος ὁ λίθος καὶ τελευταῖον τὸ φύλλον χάρτου. Οὕτω μᾶς δημιουργεῖται ἡ ἐντύπωσις, ὅτι ἡ ἐλευθέρα πτῶσις γίνεται μὲν διαφορετικὸν ρυθμὸν διὰ τὰ διάφορα σώματα καὶ σχηματίζομεν τὴν σφαλεράν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

Ο Γαλιλαῖος ἔδειξε πρῶτος ὅτι αὐτὸ δὲν είναι ἀληθὲς (σχ. 7), μολονότι δὲν δύναται κανεὶς νὰ ἀμφισβητήσῃ τὴν ὀρθότητα τῆς παρατηρήσεως. Πραγματικῶς, ὅπως ἀπέδειξεν ὁ Γαλιλαῖος, εἰς τὴν πέριπτωσιν αὐτὴν ἡ ἐλευθέρα πτῶσις, ἡ κίνησις δηλαδὴ τῶν διαφόρων σωμάτων πρὸς τὴν Γῆν, δταν τὰ σώματα ἀφεθοῦν ἐλευθερα, ἐμποδίζεται ἀπὸ ἑξωτερικὸν παράγοντας.

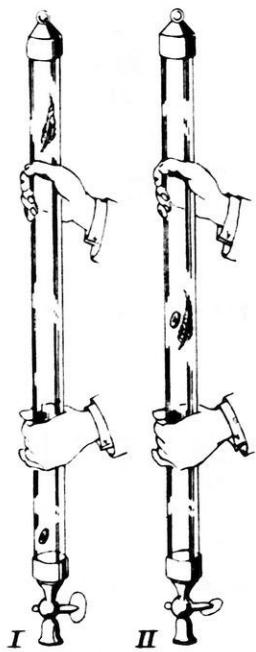
“Οπως γνωρίζομεν, ἡ πτῶσις τῶν σωμάτων είναι ἀποτέλεσμα τῆς ἐλκτικῆς δυνάμεως τὴν ὅποιαν ἀσκεῖ ἐπ’ αὐτῶν ὁ πλανήτης μας, ἔλκων αὐτὰ πρὸς τὸ κέντρον του. Ἀν δημοσιεύσωμεν νὰ μελετήσωμεν τὴν κίνησιν, τὴν ὅποιαν προκαλεῖ ἡ ἔλξις αὐτή, πρέπει νὰ ἔξουδετερώσωμεν τὰ αἴτια τὰ ὅποια τὴν ἀλλοιώνουν, κυριώτερον ἀπὸ τὰ ὅποια είναι ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀέρος.

Πείραμα 2. Ό μεγάλος Ἀγγλος Μαθηματικὸς καὶ Φυσικὸς Νεύτων (Newton, 1642-1727) ἔξετέλεσε τὸ ἀκόλουθον πείραμα.

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



Σχ. 7. Ό Γαλιλαῖος ἔμελέτησε πρῶτος τοὺς νόμους τῆς πτῶσεως τῶν σωμάτων. Πρὸς τοῦτο ἀφῆσε νὰ πέσουν ἐλευθέρως βαρεῖαι σφαῖραι ἀπὸ τὸν πύργον τῆς Πίζης.



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

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

$$v = g \cdot t$$

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

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

Ωστε :

Η ἐλευθέρα πτῶσις τῶν σωμάτων είναι εὐθύγραμμος καὶ ὁμαλῶς

σωμεν δτι τὰ δύο σώματα δὲν πίπτουν ταυτοχρόνως, τελευταῖον δὲ πίπτει τὸ πτερόν. Ἀν δμως συνδέσωμεν τὸ στόμιον τοῦ σωλῆνος, τὸ ὅποιον εἶναι ἐφωδιασμένον μὲ στρόφιγγα, μὲ μιὰν ἀεραντλίαν καὶ, ἀφοῦ ἀφαιρέσωμεν τὸν ἄέρα, ἐπαναλάβωμεν τὸ πείραμα, παρατηροῦμεν δτι καὶ τὰ δύο σώματα πίπτουν ταυτοχρόνως καὶ φθάνουν συγχρόνως εἰς τὸν πυθμένα (σχ. 8,II). Ωστε :

Εἰς τὸ κενὸν δλα τὰ σώματα πίπτουν συγχρόνως.

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

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

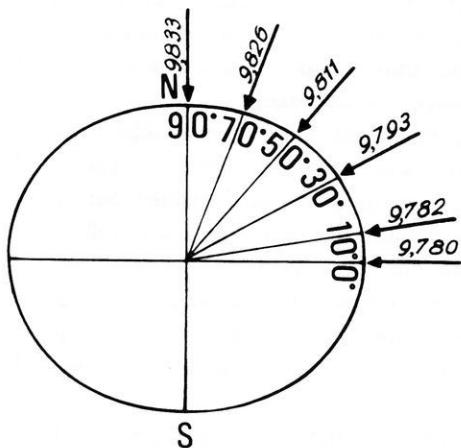
Μὲ διάφορα πειράματα εὑρέθη δτι είναι :

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

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

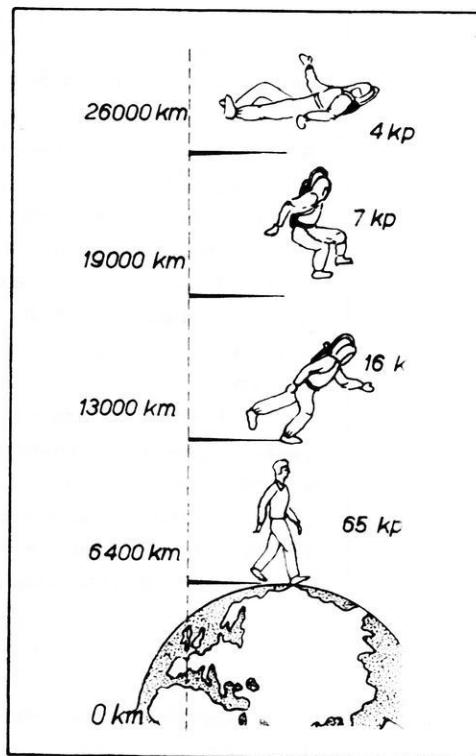
Σημείωσις 1. Άκριβεῖς μετρήσεις τῆς έπιταχύνσεως τῆς βαρύτητος ἔδωσαν διαφορετικάς τιμάς, αἱ δόποιαι εὐρέθη ὅτι ἔξαρτῶνται ἀπὸ τὸ γεωγραφικὸν πλάτος τοῦ τόπου, εἰς τὸν δόποιον γίνεται η μέτρησις. Ή έπιτάχνουσις τῆς βαρύτητος ἐλαττοῦται, ὅταν ἀπομακρύνομεθα ἀπὸ τοὺς Πόλους καὶ κινούμεθα πρὸς τὸν Ἰσημερινὸν (σχ. 9).

Ἡ έπιτάχνουσις τῆς βαρύτητος ἐλαττοῦται ἐπίσης καὶ μετὰ τοῦ ὄψους, ὅσον ἀπομακρύνομεθα δηλαδὴ ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς Γῆς, πρᾶγμα τὸ δόποιον συνεπάγεται τὴν ἐλάττωσιν τοῦ βάρους τῶν σωμάτων (σχ. 10).



Σχ. 9. Ἡ έπιτάχνουσις τῆς βαρύτητος αὐξάνεται ὅτου πλησιάζωμεν πρὸς τοὺς Πόλους.

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



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

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Ὄταν ἔνα κινούμενον σῶμα δὲν διατηρῇ σταθερὰν ταχύτητα, κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς κινήσεως του, καὶ τὴν μεταβάλητα τὸ μέτρον, τὴν διεύθυνσιν ἡ 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 δόποιον 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, ἐνῷ 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 ὄμαλῶς μεταβαλλομένη.

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

6. Ἡ ἐπιτάχυνσις γ ἴσοῦται πρὸς τὸ πηλίκον τῆς μεταβολῆς τῆς ταχύτητος ($v_2 - v_1$) ὡς πρὸς τὸν χρόνον εἰς τὸν ὅποιον 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. Οι νόμοι της εύθυγράμμου και όμαλως έπιταχυνομένης κινήσεως είναι οι έξης δύο : α) Αι ταχύτητες, τὰς όποιας ἀποκτὰ τὸ κινητὸν κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς κινήσεως, είναι ἀνάλογοι πρὸς τοὺς χρόνους, κατὰ τοὺς όποιους ἀπεκτήθησαν :

$$v = \gamma \cdot t$$

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

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

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

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

11. Ἡ ἐλευθέρα πτῶσις τῶν σωμάτων είναι περίπτωσις εύθυγράμμου και όμαλως έπιταχυνομένης κινήσεως, μὲ ἐπιτάχυνσιν 981 cm/sec^2 , ἡ όποια ὀνομάζεται ἐπιτάχυνσις τῆς βαρύτητος g.

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

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

Εἰς τοὺς δύο αὐτοὺς τύπους περιλαμβάνονται οἱ νόμοι τῆς πτῶσεως τῶν σωμάτων : α) Ἡ ἐλευθέρα πτῶσις τῶν σωμάτων είναι εὐθύγραμμος όμαλως ἐπιταχυνομένη κίνησις μὲ σταθερὰν ἐπιτάχυνσιν . β) Αἱ ταχύτητες, τὰς όποιας ἀποκτᾶ τὸ σῶμα τὸ όποιον πίπτει, είναι ἀνάλογοι πρὸς τοὺς χρόνους τῆς πτῶσεως.

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

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

9. Πόσον διάστημα διανύει εἰς 6 ὥρας ἔνα αὐτοκίνητον τὸ ὅποιον τρέχει μὲν μέσην ταχύτητα 70 km/h . (*Απ. 420 km.*)

10. Ἡ ταχύτης ἐνὸς σώματος αὐξάνεται ἐντὸς χρόνου 5 sec ἀπὸ 90 m/sec εἰς 160 m/sec . Πόση είναι ἡ ἐπιτάχυνσις τοῦ σώματος. (*Απ. 14 m/sec².*)

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

(*Απ. α' 48 cm/sec . β' $1,92 \text{ m.}$*)

12. Ἔνα αὐτοκίνητον ἐκκινεῖ ἀπὸ τὴν ἡρεμίαν καὶ κινούμενον μὲ δόμαλῶς ἐπιταχυνομένην κίνησιν ἀποκτὰ ἐντὸς 12 sec ταχύτητα 30 km/h . α) Πόση είναι ἡ ἐπιτάχυνσις τοῦ δχήματος καὶ β) πόσον τὸ διανυθὲν διάστημα κατὰ τὸν χρόνον αὐτὸν.

(*Απ. α' $0,694 \text{ m/sec}^2$. β' 50 m.*)

13. Ἔνα σῶμα ἐκκινεῖ ἀπὸ τὴν ἡρεμίαν καὶ κινεῖται μὲ σταθερὰν ἐπιτάχυνσιν 6 cm/sec^2 . Νὰ εὑρεθῇ πόσον διάστημα διήνισε τὸ κινητὸν εἰς χρόνον 20 sec .

(*Απ. 12 m.*)

14. Ἔνα σῶμα ἐκκινεῖ ἀπὸ τὴν ἡρεμίαν καὶ κινεῖται μὲ δόμαλῶς ἐπιταχυνομένην κίνησιν, ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς ὅποιας είναι 5 cm/sec^2 . Μετὰ πόσον χρόνον θὰ ἔχῃ διανύσει διάστημα 10 m.

(*Απ. 20 sec.*)

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

16. Ἔνας σιδηροδρομικὸς συρμὸς κινεῖται μὲ εὐθύγραμμον δόμαλῶς μεταβαλλομένην κίνησιν, ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς ὅποιας είναι $2/5 \text{ m/sec}^2$. Μετὰ ἀπὸ πόσον χρόνον θὰ ἔχῃ ἀποκτήσει τὴν κανονικήν τοῦ ταχύτητα 22 m/sec καὶ πόσον διάστημα θὰ ἔχῃ διανύσει ἡώς τότε.

(*Απ. α' 55 sec. β' 605 m.*)

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

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

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

(Ἀπ. 7,75 sec περὶπον, 77,46 m/sec.)

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

(Ἀπ. 2,45m.)

Γ'—ΑΔΡΑΝΕΙΑ. ΘΕΜΕΛΙΩΔΗΣ ΑΡΧΗ ΤΗΣ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ

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

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

Αἱ δυνάμεις προκαλοῦν τὰς μεταβολὰς τῆς κινητικῆς καταστάσεως τῶν σωμάτων.

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

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

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

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

'Αδράνεια δονομάζεται ἡ χαρακτηριστικὴ ἴδιότης τῆς ὕλης, συμφώνως πρὸς τὴν ὁποίαν αὐτὴ ἀντιδρᾶ εἰς πᾶσαν δύναμιν, ἐπιδιώκουσαν νὰ μεταβάλῃ τὴν κινητικήν της κατάστασιν.

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

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

Φαινομενικῶς εἰς τὴν κίνησιν τῆς σφαίρας οὐδὲν ἐξωτερικὸν αἴτιον ἀντιδρᾶ. Εἰς τὴν πραγματικότητα ὅμως ἀντιδροῦν δύο κυρίως αἴτια : ἡ τριβὴ, ἥτις προκαλεῖται ἀπὸ τὴν ἐπαφὴν τῆς σφαίρας μὲ τὸ δλιγόντερον ἡ περισσότερον ἀνώμαλον ἔδαφος, καὶ ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀέρος. Ἡ τριβὴ καὶ ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀέρος είναι δυνάμεις αἴτινες ἀντιδροῦν εἰς τὴν κίνησιν τῆς σφαίρας καὶ ὀλονέν τὴν ἐπιβραδύνουν. Ἄν δὲν ὑπῆρχον αὐταὶ αἱ δύο δυνάμεις, ἡ σφαῖρα θὰ συνέχιζε ἐπ' ἄπειρον νὰ κινηται εὐθυγράμμως καὶ ὀμαλῶς.

΄Η διαπίστωσις αύτή ἐν συνδυασμῷ μὲ τὸ γεγονός ὅτι ἔνα σῶμα ἡρεμεῖ, ἂν δὲν ἐνεργὴ καμμία δύναμις ἐπ’ αὐτοῦ, ὀδήγησαν εἰς τὴν ἀνάκλυψιν τῆς ἀρχῆς τῆς ἀδρανείας, ή ὁποία ἐκφράζει ὅτι :

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

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

§ 20. Ἀποτελέσματα τῆς ἀδρανείας.

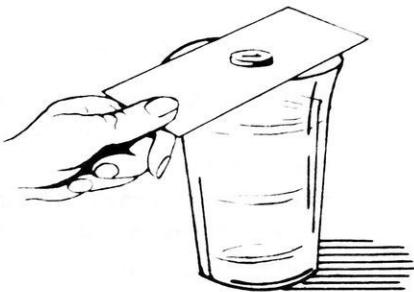
α) Ἐὰν ἔνα κινούμενον ὅχημα ἀκινητοποιηθῇ ἀποτόμως, οἱ ἐπιβάται κλίνουν πρὸς τὰ ἐμπρός, ὅσοι δὲ ἀπὸ τοὺς ὀρθίους δὲν στηρίζονται εἰς τὰς χειρολαβάς, πίπτουν ὁ ἔνας ἐπὶ τοῦ ἄλλου, διατρέχοντες κίνδυνον τραυματισμοῦ. Ἀντιθέτως ἂν ἔνας ἄπειρος ὁδηγὸς προκαλέσῃ ἀπότομον ἐκκίνησιν, οἱ ἐπιβάται πίπτουν πρὸς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

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

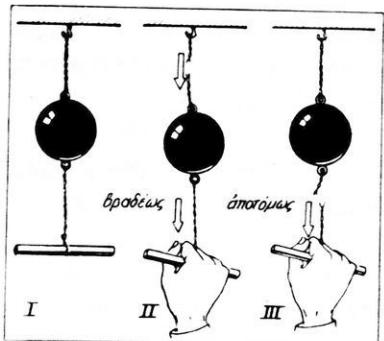
γ) Εἰς τὰ χείλη ἐνὸς ποτηρίου ὑπάρχει ἔνα τεμάχιον χαρτονίου καὶ ἐπ’ αὐτοῦ ἔνα νόμισμα (σχ. 11). Ἀν σύρωμεν βραδέως τὸ χαρτόνιον, τὸ νόμισμα θὰ παραμείνῃ εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ χαρτονίου. Ἀν δημοσιεύεται ἀποτόμως, τὸ νόμισμα δὲν θὰ παραμείνῃ ἐπὶ τοῦ χαρτονίου ἀλλὰ θὰ πέσῃ ἐντὸς τοῦ ποτηρίου. Εἰς τὴν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

δ) Δένομεν μίαν βαρεῖαν σφαῖραν μὲ λεπτὸν νῆμα, τοιοῦτον ὥστε νὰ μὴ θραύσται ἀπὸ τὸ βάρος της, καὶ τὴν στηρίζομεν εἰς τὸ ἔδαφος. Ἀν ἔλξωμεν τὸ νῆμα βραδέως καὶ μὲ προσοχὴν, ἀνυψώνομεν τὴν σφαῖραν. Ἀν δημοσιεύεται ἀποτόμως τὸ νῆμα, αὐτὸν θραύσται.

Τὰ αὐτά συμβαίνουν καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ βαρεῖα σφαῖρα εἰναι ἐξηρτημένη μὲ νῆμα ἀπὸ



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



Σχ. 12. "Αν σύρωμεν βραδέως θραύνεται τὸ ἐπάνω σχοινίον. "Αν ἔλξωμεν ἀποτόμως, τὸ κάτω σχοινίον.

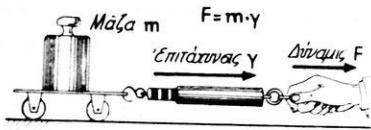
ἔνα ἀκλόνητον στήριγμα. "Αν σύρωμεν μὲ σχοινίον τὴν σφαῖραν πρὸς τὰ κάτω θὰ συμβοῦν τὰ ἑξῆς : 1) ἂν ἔλξωμεν βραδέως θὰ θραυσθῇ τὸ ἐπάνω σχοινίον, 2) ἂν ἔλξωμεν ἀποτόμως, θραύνεται ὁ κατώτερος κλάδος τοῦ σχοινίου (σχ. 12).

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

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

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

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



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

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

$$\boxed{\Delta \text{ύναμις} = \mu\ddot{\zeta}a \times \text{ἐπιτάχυνσις}}$$

$$F = m \cdot \gamma$$

“Οταν εὶς ἔνα σῶμα μὲ μᾶζαν m ἐνεργῇ ἡ ἐλκτικὴ δύναμις τῆς Γῆς, τότε ἡ δύναμις αὐτὴ προσδίδει εὶς τὸ σῶμα ἐπιτάχυνσιν γ , ή δὲ δύναμις, ἥτις ἀσκεῖται εἰς τὸ σῶμα, εἶναι ἵση μὲ τὸ βάρος του, ὅπότε ἔχομεν:

$$B = m \cdot g$$

‘Απὸ τὴν θεμελιώδη ἀρχὴν τῆς Δυναμικῆς συμπεραίνομεν τὰ ἑξῆς:

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

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

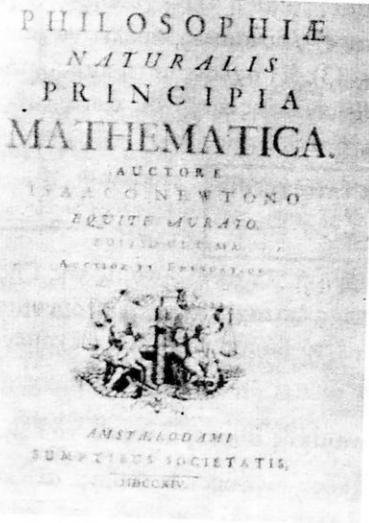
β) “Οταν μία ώρισμένη δύναμις ἀσκῆται ἐπὶ διαφόρων σωμάτων, τότε αἱ ἐπιταχύνσεις, τὰς ὁποίας προσδίδει ἡ δύναμις αὕτη, εἶναι ἀντιτερόφως ἀνάλογοι πρὸς τὴν μᾶζαν τῶν σωμάτων.

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

§ 22 ‘Ιστορικόν. 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 δόποιαν «Κάθε εὐθύγραμμος ὁμαλὴ κίνησις πρέπει νὰ διατηρῇται ἀπὸ μίαν δύναμιν. Δι’ αὐτὸ δταν παύση νὰ ἐνεργῇ ἡ δύναμις ἡ κίνησις παύει».

Τὴν ἀντίληψιν αὐτὴν κατεπολέμησε πρῶτος ὁ Γαλιλαῖος, ὁ ιδρυτὴς τῆς



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

συγχρόνου Μηχανικῆς, τῆς Φυσικῆς δηλαδὴ Ἐπιστήμης ἡτις μελετᾷ τὴν κίνησιν τῶν σωμάτων, τὰ αἵτια ἄτινα τὴν προκαλοῦν, ὡς ἐπίσης καὶ τάς ἀπαραίτητους καὶ ἀνάγκαιάς συνθήκας τῆς ἰσορροπίας. Ο Νεύτων ὁ θεμελιώτης τῆς Δυναμικῆς, τῆς Φυσικῆς δηλαδὴ Ἐπιστήμης ἡ ὅποια ἔξετάζει τὰ κινήσεις, μελετῶσα τὰς σχέσεις αἵτινες ὑφίστανται μεταξὺ δυνάμεων καὶ ἐπιταχύνσεων, συνεπλήρωσε καὶ ἀνεμόρφωσε τὴν διδασκαλίαν τοῦ Γαλιλαίου. Τὸ 1686 ἔξεδόν τὸ περιφήμον ἔργον του «Philosophiae naturalis principia mathematica» (Μαθηματικαὶ ἀρχαὶ τῆς φυσικῆς φιλοσοφίας), εἰς τὸ δόποιον περιέχονται καὶ αἱ τρεῖς βασικαὶ ἀρχαὶ τῆς Φυσικῆς, αἱ ὅποιαι εἰναι γνωσταὶ καὶ μὲ τὴν ὀνομασίαν, «ἀξιώματα τοῦ Νεύτωνος». Αἱ θεμελιώδεις ἀρχαὶ δὲν ἀποδεικνύονται θεωρητικῶς. Συμφωνοῦν δμως μὲ τὴν λογικήν. ὁδηγοῦν εἰς ὅρθα συμπεράσματα καὶ ἐπιδέχονται πειραματικὴν ἐπαλήθευσιν.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Αἱ μεταβολαὶ τῆς κινητικῆς καταστάσεως τῶν σωμάτων προκαλοῦνται ἀπὸ τὴν δρᾶσιν ἔξωτερικῶν δυνάμεων. Τὰ ύλικα σώματα ἀντιδροῦν δμως καὶ προβάλλονται ἀντίστασιν εἰς πᾶσαν δύναμιν, ἐπιδιώκουσαν νὰ μεταβάλῃ τὴν κινητικήν των καταστασιν.

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

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

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

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

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

21. Προσδιορίσατε τὴν ἐπιτάχυνσιν εἰς τὰς ἀκολούθους περιπτώσεις : α) Δύναμις $1,6 \text{ kp}$ ἐνεργεῖ ἐπὶ σώματος μᾶζης $0,8 \text{ kg}$. β) δύναμις 1 kp ἐνεργεῖ ἐπὶ σώματος μᾶζης 1 kg .

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

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

(Απ. 10 N .)

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

(Απ. 50 kg .)

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

(Απ. $88,3 \text{ N}$.)

25. Ἐρας γερανὸς ἔχει μᾶζαν 2800 kg καὶ ἐπιταχύνεται ἀπὸ ἑνα ἡλεκτροκινητῆρα, ὁ ὥποιος τοῦ ἀναπτύσσει ταχύτητα $1,8 \text{ m/sec}$ ἐντὸς χρόνου $1,5 \text{ sec}$. α) Πόση εἶναι ἡ ἐπιτάχυνσις τοῦ γερανοῦ. β) Πόση εἶναι ἡ ἐλκτικὴ δύναμις τοῦ κινητῆρος.

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

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

(Απ. $4,42 \text{ Mp}$.)

27. Πόσος χρόνος ἀπαιτεῖται διὰ νὰ προσδώσωμεν εἰς ἑνα γερανόν, βάρονς 8 100 kp , ταχύτητα 75 m/min , ἀσκοῦντες δύναμιν 860 kp .

(Απ. $1,2 \text{ sec}$.)

Δ' — ΜΗΧΑΝΙΚΑΙ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ

§ 23. Περιοδικὰ φαινόμενα. Εἰς τὴν Φύσιν συμβαίνει ἔνα πλῆθος φαινομένων, τὰ δόποια χαρακτηρίζονται ἀπὸ μίαν περιοδικήν ἐπανάληψιν. Τὰ φαινόμενα αὐτὰ δηλαδὴ δλοκληρώνονται ἐντὸς ἑνὸς ώρισμένου χρονικοῦ διαστήματος καὶ ἐπαναλαμβάνονται ἐντὸς τοῦ αὐτοῦ χρόνου καὶ μὲ τὴν ἴδιαν σειράν.

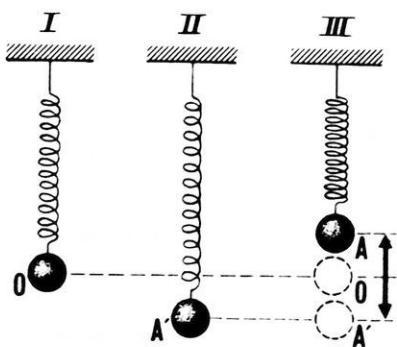
Ἡ κίνησις τῆς Σελήνης περὶ τὴν Γῆν καὶ ἡ περιστροφὴ τῶν πλανητῶν περὶ τὸν Ἡλιον, είναι περιοδικὰ φαινόμενα, διότι χρειάζονται ώρισμένον χρόνον καὶ πάντοτε τὸν αὐτὸν διὰ νὰ ἔξελιχθοῦν, ἐπαναλαμβάνονται δὲ κατόπιν κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον. "Ωστε :

Περιοδικὸν φαινόμενον δονομάζομεν τὸ φαινόμενον τὸ ὁποῖον ἔξελισσεται ἐντὸς ώρισμένου χρόνου καὶ ἐπαναλαμβάνεται ἀδιακόπως κατόπιν κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον.

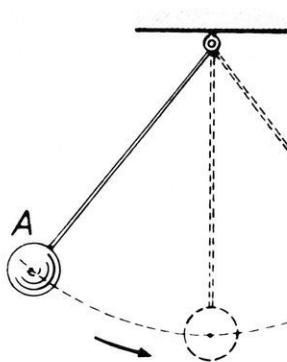
§ 24. Ταλάντωσις. **Πείραμα 1.** Θεωροῦμεν ἔνα μικρὸν σφαιρίδιον, τὸ ὁποῖον συγκρατεῖται ἀπὸ ἔνα ἐλατήριον, στερεωμένον εἰς τὸ ἄλλον ἄκρον του ἀπὸ ἔνα ἀκλόνητον σημεῖον (σχ. 15). "Οταν ἡρεμήσῃ τὸ σύστημα, διατείνομεν τὸ ἐλατήριον, ἀπομακρύνοντες τὸ σφαιρίδιον ἀπὸ τὴν θέσιν ἰσορροπίας, ἔλκοντες αὐτὸ πρὸς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

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

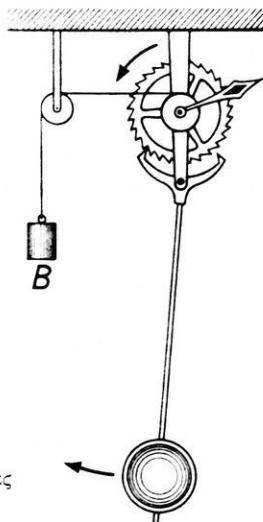
Πείραμα 2. Προσδένομεν ἔνα βαρὺ σφαιρίδιον εἰς τὸ ἄκρον ἑνὸς νήματος καὶ τὸ ἔξαρτωμεν ἀπὸ ἔνα ἀκλόνητον σημεῖον. Ἀφήνομεν τὸ σφαιρίδιον νὰ ἡρεμήσῃ εἰς τὴν θέσιν τῆς κατακορύφου καὶ ἀκολούθως τὸ ἀπομακρύνομεν ἀπὸ τὴν θέσιν ἰσορροπίας του, μεταφέροντες αὐτὸ εἰς μίαν θέσιν A (σχ. 16), καὶ ἀφήνομεν τοῦτο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



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



Σχ. 16. Κινούμενον ἀπλοῦν ἐκκρεμές.



Σχ. 17. Κινούμενον ἐκκρεμές
ώρολογίου τοίχου.

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

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

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

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

νομένου καὶ κατόπιν ώρισμένου χρόνου τὸ κινητὸν ἡρεμεῖ εἰς τὴν θέσιν ἰσορροπίας του. Αἱ ταλαντώσεις αὐτοῦ τοῦ εἴδους δονομάζονται φθίνουσαι. Αἱ αιτίαι τῆς ἔξασθενήσεώς των είναι ἡ τριβὴ καὶ ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀέρος.

*Αν προσέξωμεν τὰς ταλαντώσεις, τὰς ὁποίας ἐκτελεῖ τὸ ἐκκρεμὲς ἐνός ωρολογίου τοῦ τοίχου (σχ. 17), θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι αὗται δὲν ἔξασθενίζουν. Τοῦτο δφείλεται εἰς τὸ γεγονός ὅτι αἱ ταλαντώσεις αὗται διατηροῦνται ἀμείωτοι ἀπὸ τὸ χορδισμένον ἐλατήριον καὶ δονομάζονται δι' αὐτὸν ἀμείωτοι ταλαντώσεις.

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

α) **Άπομάκρυνσις** δονομάζεται ἡ ἀπόστασις μιᾶς τυχαίας θέσεως τοῦ ταλαντουμένου σώματος ἀπὸ τὴν θέσιν ἰσορροπίας του. Ή μεγίστη ἀπομάκρυνσις, ἡ ὁποία συμβαίνει ὅταν τὸ σῶμα εύρισκεται εἰς μίαν ἀπὸ τὰς δύο ἀκραίας θέσεις τῆς τροχιᾶς του, δονομάζεται πλάτος τῆς ταλαντώσεως.

β) **Ταλάντωσις η αιώρησις** δονομάζεται μία πλήρης ἔξέλιξις τοῦ φαινομένου, ἡ ὁποία περιλαμβάνει ἀναχώρησιν καὶ ἐπιστροφήν εἰς τὸ σημεῖον ἀναχωρήσεως τοῦ ταλαντουμένου σώματος.

γ) **Περίοδος Τ μιᾶς ταλαντώσεως** δονομάζεται ὁ χρόνος ἐντος τοῦ οποίου ἐκτελεῖται μία ταλάντωσις.

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

Μονάς συχνότητος είναι τὸ 1 Χέρτς (1 Hz) ἢ 1 κύκλος ἀνὰ δευτέρολεπτον (1 c/sec). Τὸ 1 Hz ἴσοῦται μὲ τὴν συχνότητα ἐνός 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/v. Ἀλλὰ ὁ χρόνος μιᾶς ταλαντώσεως είναι ἡ περίοδος Τ τῆς ταλαντώσεως αυτῆς. Ἐπομένως θὰ ἔχωμεν ὅτι :

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

Μὲ τὴν βοήθειαν τῶν χαρακτηριστικῶν μεγεθῶν μιᾶς ταλαντώσεως δυνάμεθα τῷρα νὰ δώσωμεν τὸν ἀκόλουθον ὄρισμὸν τῶν ἀμειώτων καὶ φθινούσῶν ταλαντώσεων :

Μία ταλαντωσὶς ὀνομάζεται ἀμείωτος ὅταν τὸ πλάτος αὐτῆς παραμένῃ ἀμετάβλητον καὶ φθινούσα ὅταν τὸ πλάτος τῆς ταλαντώσεως ἐλαττώνεται μὲ τὴν πάροδον τοῦ χρόνου.

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

Τὸ ἐκκρεμές αὐτὸ ὀνομάζεται ιδιαιτέρως φυσικὸν ἐκκρεμές.

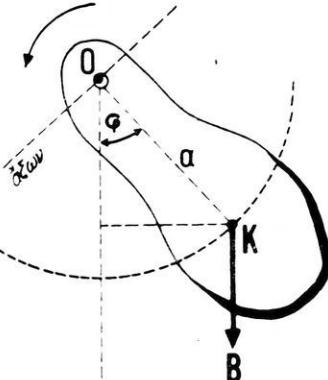
"Αν θεωρήσωμεν ὅλην τὴν μᾶζαν τοῦ ἐκκρεμοῦς συγκεντρωμένην εἰς ἔνα σημεῖον, ὅπως συμβαίνει περίποιν μὲ μίαν βαρεῖαν σφαῖραν μικρῆς ἀκτῖνος, ἡ ὅποια εἶναι ἐξηρτημένη μὲ ἔνα ἐλαφρὸν καὶ μὴ ἐκτατὸν νῆμα, ἀπὸ ἔνα ἀκλόνητον στήριγμα, τότε ἔχομεν κατασκευάσει ἔνα ἀπλοῦν ἥ μαθηματικὸν ἐκκρεμές. "Ωστε :

'Απλοῦν ἥ μαθηματικὸν ἐκκρεμές ὀνομάζεται μία διάταξις, ἡ ὅποια περιλαμβάνει μίαν μικρὰν βαρεῖαν σφαῖραν, ἐξηρτημένην μὲ ἐλαφρὸν καὶ μὴ ἐκτατὸν νῆμα ἥξ ἐνὸς ἀκλονήτου στηρίγματος.

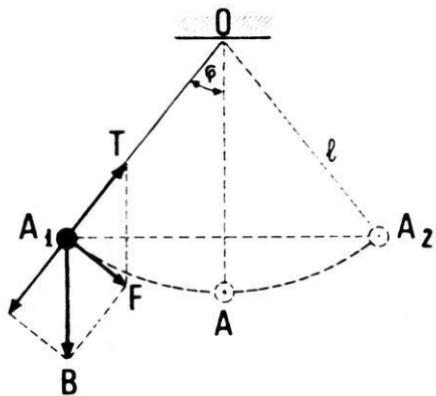
§ 28. Χαρακτηριστικὰ μεγέθη τοῦ ἐκκρεμοῦς. Ἡ ἀπόστασις τοῦ κέντρου τῆς σφαίρας ἀπὸ τὸ ἀκλόνητον σημεῖον ἐξηρτήσεως ὀνομάζεται μῆκος τοῦ ἐκκρεμοῦς καὶ παριστᾶται μὲ τὸ γράμμα ℓ (σχ. 19).

'Η γωνία φ , ἡ ὅποια σχηματίζεται ἀπὸ τὴν θέσιν ἰσορροπίας καὶ τὴν θέσιν μεγίστης ἀπομακρύνσεως, ὀνομάζεται πλάτος τοῦ ἐκκρεμοῦς.

'Ο χρόνος τὸν ὅποιον χρειάζεται τὸ ἐκκρεμές διὰ νὰ ἐπιστρέψῃ εἰς τὴν ἀκραίαν θέσιν, ἀπὸ τὴν ὅποιαν ἐξεκίνησεν, ὀνομάζεται περίοδος T τοῦ ἐκκρεμοῦς.



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



Σχ. 19. Το έκκρεμες έκτελει ταλαντώσεις ύπο την έπιφρασιν της έφαπτομενής προς την τροχιαν συνιστωσης του βάρους του.

όποια διέρχεται ύπο το κέντρον βάρους του, διέρχεται και ύπο το σημείον έξαρτησεως.

Έαν άπομακρύνομεν το έκκρεμες ύπο την θέσιν ισορροπίας του Α, μεταφέροντες αύτό εἰς μίαν θέσιν A_1 και άκολουθως το άφησομεν ελεύθερον, παρατηροῦμεν ότι εἰς την θέσιν αὐτήν δὲν ισορροπεῖ, άλλά κινεῖται διαγράφον τόξον A_1A_2 (βλ. σχ. 19).

Εἰς τὸ σφαιρίδιον τοῦ έκκρεμοῦ ἐνεργοῦν δύο δυνάμεις. Τὸ βάρος B τοῦ έκκρεμοῦ, μὲ κατακόρυφον διεύθυνσιν καὶ φορῶν πρὸς τὰ κάτω, καὶ ἡ ἀντίδρασις T τοῦ νήματος έξαρτησεως, μὲ διεύθυνσιν τὴν εὐθείαν ἡτις διέρχεται ύπο το κέντρον τῆς σφαιρᾶς καὶ τὸ άκλοντον σημείον έξαρτησεως τοῦ νήματος, καὶ φορῶν ύπο το κέντρον τῆς σφαιρᾶς πρὸς τὸ σημεῖον έξαρτησεως.

Αἱ δύο αὗται δυνάμεις δὲν ισορροποῦν, ἐφ' ὅσδον εἰναι συντρέχουσαι καὶ σχηματίζουν γωνίαν. Ἡ συνισταμένη τῶν δυνάμεων αὐτῶν κινεῖ τὸ σφαιρίδιον πρὸς τὴν θέσιν ισορροπίας. Κατὰ τὴν κάθοδον δῆμως τοῦ σφαιρίδιου, αὐξάνεται ὀλονέν ἡ γωνία τῶν B καὶ T , μὲ ἀποτέλεσμα νὰ σμικρύνεται ἡ συνισταμένη των. Εἰς τὴν θέσιν ισορροπίας αἱ B καὶ T εἰναι ἵσαι καὶ ἀντίθετοι καὶ ἡ συνισταμένη των μηδενίζεται τὸ σφαιρίδιον δῆμως, λόγῳ ἀδρανείας, συνεχίζει τὴν κίνησίν του, ὅποτε αἱ B καὶ T σχηματίζουν καὶ πάλιν γωνίαν, ἡ συνισταμένη

Η μετάβασις τόλος τοῦ έκκρεμοῦ ύπο τὴν μίαν ἀκριαν θέσιν εἰς τὴν ἄλλην καὶ ἡ ἐπιστροφὴ εἰς τὴν πρώτην ἀκριαν θέσιν, ύπο τὴν ὅποιαν ἔξεκίνησεν, δύνομάζεται πλήρης αἰώρησις ἢ ταλάντωσις, ἐνῷ ἡ μετάβασις τοῦ έκκρεμοῦ ύπο τὴν μίαν ἀκριαν θέσιν εἰς τὴν ἄλλην ἀποτελεῖ μίαν ἀπλῆν αἰώρησιν.

§ 29. Μελέτη τῆς κινήσεως τοῦ έκκρεμοῦ. Οιονδήποτε καὶ ἂν εἴναι τὸ έκκρεμές, ίσορροπεῖ ὅταν ἡ κατακόρυφος, ἡ

των δυμώς έχει τώρα άντιθετον φοράν άπό τήν φοράν τής κινήσεως. Δι' αυτὸν τὸν λόγον ἡ κίνησις ἐπιβραδύνεται καὶ παύει, δταν τὸ ἐκκρεμές φθάση εἰς τὴν συμμετρικὴν θέσιν ἀπὸ ἐκείνην ἀπὸ τῆν ὅποιαν ἔξεκίνησε.

§ 30. Νόμοι τοῦ ἀπλοῦ ἐκκρεμοῦ. Αἱ αἰωρήσεις τοῦ ἐκκρεμοῦ ἀκόλουθον 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 ἐκκρεμοῦ καὶ g ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς βαρύτητος εἰς τὸν τόπον ὅπου γίνεται ἡ αἰωρησίς.

Οἱ νόμοι τοῦ ἐκκρεμοῦ εἶναι οἱ ἀκόλουθοι :

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

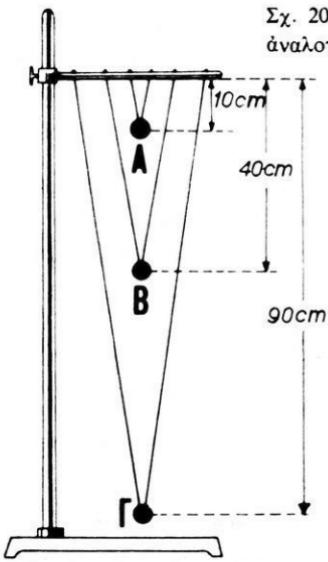
Πειραματικὴ ἀπόδειξις. Θέτομεν εἰς αἰωρησιν τὸ ἐκκρεμὲς καὶ μὲ μικρὸν πλάτος μετροῦμε μὲ τὸ χρονόμετρον τὸν χρόνον 20, π.χ., πλήρων αἰωρήσεων. Διαιροῦμε τὸν εὑρεθέντα χρόνον μὲ τὸν ἀριθμὸν τῶν πλήρων αἰωρήσεων καὶ ὑπολογίζομεν τὸν χρόνον μιᾶς πλήρους αἰωρήσεως, δηλαδὴ τὴν περίοδον τοῦ ἐκκρεμοῦ. Κατόπιν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

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

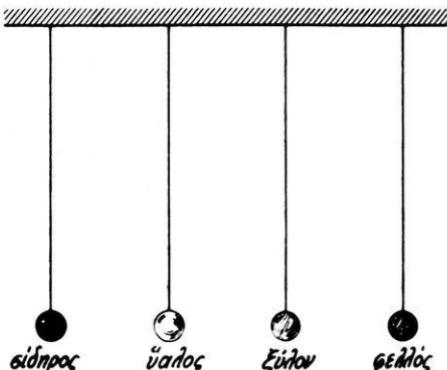
Πειραματικὴ ἀπόδειξις. Θέτομεν ταυτοχρόνως εἰς αἰωρησιν, μὲ τὸ αὐτὸ μικρὸν πλάτος, τρία ὅμοια ἐκκρεμῆ, τῶν ὥποιων τὰ μῆκη εἶναι 10 cm, 40 cm, 90 cm (σχ. 20), δηλαδὴ ὡς οἱ ἀριθμοὶ 1, 4, 9. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι ἡ περίοδος τοῦ δευτέρου ἐκκρεμοῦ εἶναι διπλασία, τοῦ δὲ τρίτου τριπλασία ἀπὸ τὴν περίοδον τοῦ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

γ) Ἡ περίοδος τοῦ ἐκκρεμοῦ εἶναι ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὴν μᾶζαν καὶ τὸ ὄλικόν, ἀπὸ τὸ ὥποιον εἶναι κατεσκευασμένον τὸ ἐκκρεμές.

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



Σχ. 21. Ἡ περίοδος τοῦ ἐκ-
κρεμοῦς είναι ὑνεξάρτητος ἀπό
τὸ ὑλικὸν κατεσκευῆς τοῦ ἐκ-
κρεμοῦς.



Πειραματική ἀπόδειξις. Ἐν ἔξαρτήσωμεν ἐξ ἐνὸς ὑποστηρίγματος διάφορα ἐκκρεμῆ μὲ τὸ αὐτὸ μῆκος, ἀπὸ διαφορετικήν ὅμως οὐσίαν κατεσκευασμένα, ὥσπες π.χ. σφαιρίδια ἀπὸ μόλυβδον, σίδηρον, ὕαλον, ἔϋλον, φελλὸν κ.λ.π. (σχ. 21) καὶ τὰ θέσωμεν ταυτοχρόνως εἰς αἱώρησιν μικροῦ πλάτους, παρατηροῦμεν ὅτι ἔχουν τὴν αὐτὴν περίοδον.

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

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

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

ισόχρονον τῶν αἰωρήσεων μικροῦ πλάτους, τὸ δῆτα δηλαδὴ αἱ αἰωρήσεις μικρῶν πλατῶν γίνονται εἰς ἵσα χρονικὰ διαστήματα, εύρισκει σπουδαίαν ἐφαρμογὴν εἰς τὴν κατασκευὴν τῶν ώρολογίων δι’ ἐκκρεμοῦς διὰ τὴν ἀκριβῆ μέτρησιν τοῦ χρόνου.

Οὐαὶ τὰ δργανα, τὰ δόποια χρησιμοποιοῦνται εἰς τὸν πρακτικὸν βίον διὰ τὴν μέτρησιν τοῦ χρόνου, λειτουργοῦν μὲ βάσιν περιοδικὰ φαινόμενα. Τὰ ώρολόγια ἀκριβείας τῶν ἀστεροκοπείων ἐργάζονται μὲ ἐκκρεμῆ, τῶν δόποιών ἡ περίοδος εἶναι 2 sec.

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

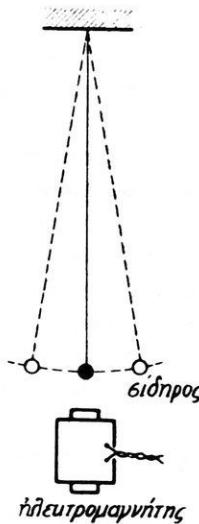
β) Μέτρησις τῆς ἐπιταχύνσεως τῆς βαρύτητος. Λύοντες τὸν τύπον τοῦ ἐκκρεμοῦς ως πρὸς g, διαδοχικῶς λαμβάνομεν:

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

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

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

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



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

ύπάρχει μία τράπεζα, ή ἐπιφάνεια τῆς ὁποίας είναι κεκαλυμμένη μὲ φιλήν ἄμμον καὶ δύναται νὰ ἀνυψώνεται μὲ εἰδικὴν διάταξιν. Ἀνυψώνομεν τὴν τράπεζαν ὥστε ἡ ἀκίς τοῦ ἐκκρεμοῦς νὰ χαράξῃ ἐπὶ τῆς ἄμμου μίαν λεπτὴν γραμμὴν καὶ ἀκολούθως τὴν καταβιβάζομεν. Μετὰ πάροδον ἀρκετοῦ χρόνου (π.χ. μιᾶς ὥρας) ἀνυψώνομεν ἐκ νέου τὴν τράπεζαν, ὅπότε παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἀκίς χαράξει διαφορετικὴν γραμμὴν ἀπὸ τὴν πρώτην ἐπὶ τῆς ἄμμου, αἱ δὲ δύο γραμμαὶ τέμνονται. Ἐφ' ὅσον ὅμως τὸ ἐπίπεδον τῶν αἰώρήσεων τοῦ ἐκκρεμοῦς δὲν μετεβλήθη, πρέπει νὰ συμπεράνωμεν ὅτι ἐστράφη τὸ δάπεδον, δηλαδὴ ὅτι ἐστράφη ἐν τῷ μεταξὺ ἡ Γῆ.

Τὸ πείραμα τοῦτο ἔξετέλεσε διὰ πρώτην φορὰν ὁ Γάλλος Φουκώ (Foucault) τὸ 1851 εἰς τὸ Πάνθεον τῶν Παρισίων, ἀπὸ τὴν δροφὴν τοῦ ὁποίου ἔξήρτησε σύρμα μήκους 67 m καὶ εἰς τὴν ἄκρην του προσήρμοσε χαλκίνην σφαίραν μάζης 28 kg.

Ἄριθμητικὴ ἐφαρμογή. Πόσον είναι τὸ μῆκος ἐνὸς ἐκκρεμοῦς, τὸ ὁποῖον διὰ μίαν ἀπλὴν αἰώρησιν χρειάζεται χρόνον 1 sec.

Λύσις. Ἐφαρμόζοντες τὸν τύπον

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

ἀφοῦ προηγουμένως ἐπιλύσωμεν αὐτὸν ὡς πρὸς l , θὰ ἔχωμεν:

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

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

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

12. Οἱ νόμοι τοῦ ἐκκρεμοῦ ἀποδεικνύονται πειραματικῶς καὶ ἐκφράζουν ὅτι ἡ περίοδος τοῦ ἐκκρεμοῦ εἶναι : α) Ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὸ πλάτος. Ὁ νόμος αὐτὸς ἐκφράζει ὅτι αἱ αἰωρήσεις μικροῦ πλάτους εἶναι ίσοχρονοι. β) Ἀνάλογος πρὸς τὴν τετραγωνικὴν ρίζαν τοῦ μήκους. γ) Ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὴν μᾶζαν καὶ τὸ ὄλικόν. δ) Ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὴν τετραγωνικὴν ρίζαν τῆς ἐπιτάχυνσεως 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 ἐνὸς ἐκκρεμοῦ, μῆκους 130 m ($g=9,81 \text{ m/sec}^2$).
(*Απ. 22,86 sec.*)

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

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

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

32. Δύο ἐκκρεμῆ ἔκτελοῦν αἰωρήσεις. "Οταν τὸ ἓνα πραγματοποιήσῃ 3 ἀπλὰς αἰωρήσεις, τὸ ἄλλον ἔκτελει 7 ἀπλὰς αἰωρήσεις. Ποῖος εἶναι ὁ λόγος τῶν μηκῶν τῶν δύο ἐκκρεμῶν.
(*Απ. 9:49.*)

Ε—ΚΥΚΛΙΚΗ ΚΙΝΗΣΙΣ

§ 32. Γενικότητες καὶ δρισμοί. α) Ἔως τώρα ἡ σχολήθημεν μὲ εύθυγράμμους κυρίως κινήσεις. Ἐνα δὲλλο εἶδος κινήσεων εἶναι αἱ κυκλικαὶ (σχ. 23).

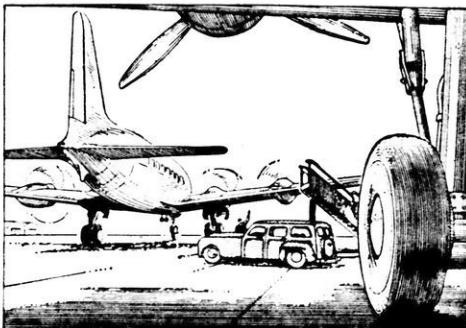
Εἰς δὲλλας τὰς μηχανάς, αἱ δροῖαι χρησιμοποιοῦν ἴμαντας διὰ τὴν μετάδοσιν τῶν κινήσεων ἡ δόδοντωτοὺς τροχούς, συμβαίνουν κυκλικαὶ κινήσεις. Αἱ κινήσεις αὗται εἶναι περιοδικαὶ εἰς τὰς δροῖας τὸ κινητὸν διαγράφει κινούμενον, περιφέρειαν κύκλου ἢ τόξον περιφερείας. Ἀπὸ τὸ πλῆθος τῶν κυκλικῶν κινήσεων ίδιαίτερον ἐνδιαφέρον παρουσιάζει ἡ κυκλικὴ ἐκείνη κίνησις, κατὰ τὴν δροῖαν τὸ κινητὸν διαγράφει ἵσα τόξα εἰς ἵσους χρόνους. Ἡ κυκλικὴ αὕτη κίνησις δνομάζεται τότε δμαλή. Ὁστε :

‘Ομαλὴ κυκλικὴ κίνησις δνομάζεται ἡ κυκλικὴ ἐκείνη κίνησις κατὰ τὴν δροῖαν τὸ κινητὸν διανύει εἰς ἵσους χρόνους ἵσα τόξα τῆς κυκλικῆς τροχιᾶς του.

β) Διὰ νὰ διανύσῃ δλοκληρον τὴν περιφέρειαν τὸ κινητόν, χρειάζεται ἔναν ώρισμένον χρόνον T , δ ὁδοῖος ἰσοῦται μὲ τὴν περίοδον τῆς κυκλικῆς κινήσεως. Ὁστε :

Περίοδος μιᾶς δμαλῆς κυκλικῆς κινήσεως δνομάζεται ὁ χρόνος κατὰ τὸν δροῖον τὸ κινητὸν δλοκληρώνει μίαν περιστροφήν.

Ἡ κίνησις τῆς Γῆς περὶ τὸν ἄξονά της εἶναι δμαλὴ κυκλικὴ κίνησις μὲ περίοδον 24 ώρῶν. Ἡ κίνησις τῆς Γῆς περὶ τὸν “Ηλιον εἶναι περίπου κυκλικὴ μὲ περίοδον ἐνὸς ἔτους.



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

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

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

"Η συχνότης ἐκφράζεται εἰς Χέρτς (Hz) ἢ κύκλους ἀνὰ δευτερόλεπτον (c/sec) ὅταν ἡ περίοδος μετρεῖται εἰς δευτερόλεπτα.

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

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

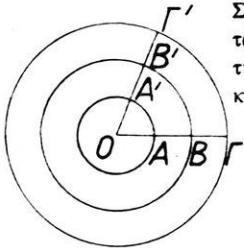
δ) **Γραμμικὴ ταχύτης.** Ἐφ' ὅσον τὸ κινητὸν διανύει εἰς ἴσους χρόνους ἵστα τόξα, συμπεραίνομεν ὅτι τὸ μῆκος τοῦ τόξου, τὸ ὅποιον διατρέχει ἐντὸς μιᾶς χρονικῆς μονάδος, θὰ εἴναι σταθερόν. Τὸ μῆκος τοῦ σταθεροῦ αὐτοῦ τόξου δονομάζεται γραμμικὴ ταχύτης τοῦ κινητοῦ.
"Ωστε :

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

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

ε) **Γωνιακὴ ταχύτης.** Ἀς θεωρήσωμεν τρία κινητὰ A, B, Γ, τὰ ὅποια κινοῦνται ὁμαλῶς ἐπὶ τριῶν ὁμοκέντρων κυκλικῶν τροχιῶν, εἰς τρόπον ὥστε νὰ εύρισκωνται πάντοτε εἰς τὴν αὐτὴν ἀκτῖνα τῆς μεγαλυτέρας περιφερείας (σχ. 24).

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



Σχ. 24. Τὰ σημεῖα Α.Β.Γ,
τὰ ὅποια εὑρίσκονται ἐπὶ
τῆς αὐτῆς στρεφομένης ἀ-
κτίνος, ἔχουν ίσας γωνια-
κὰς ταχύτητας.

Σχ. 25. Ἡ γωνιακὴ ταχύ-
της ω , ἡ γραμμικὴ ταχύτης
υ καὶ ἡ ἀκτὶς τῆς κυκλικῆς
τροχιᾶς r , συνδέονται μὲ
τὴν σχέσιν: $v = \omega \cdot r$.

Θέσεις Α', Β', Γ', αἱ δόποιαι εὑρίσκονται καὶ πάλιν ἐπὶ τῆς αὐτῆς ἀκτῆ-
νος τῆς ἔξωτερηκῆς περιφερείας.

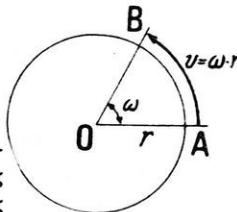
Ἐντὸς χρόνου 1 sec τὸ κινητὸν Α διέγραψε τὸ τόξον ΑΑ', τὸ κινη-
τὸν Β τὸ τόξον ΒΒ' καὶ τὸ κινητὸν Γ τὸ τόξον ΓΓ'. Τὰ ἐν λόγῳ δμῶς
τόξα δὲν ἔχουν τὸ αὐτὸ ἀνάπτυγμα, συνεπῶς τὰ τρία κινητὰ δὲν ἔχουν
τὴν αὐτὴν γραμμικὴν ταχύτητα. Ἀν θεωρήσωμεν δμῶς τὰς ἀκτίνας,
ἐπὶ τῶν δόποιων κινοῦνται τὰ τρία κινητά, αἱ ἀκτίνες αὗται διαγράφουν
ἐντὸς μιᾶς χρονικῆς μονάδος τὴν αὐτὴν γωνίαν. Ἡ γωνία αὕτη δνο-
μάζεται γωνιακὴ ταχύτης τῶν κινητῶν. Ὁστε :

Γωνιακὴ ταχύτης ω ἐνὸς κινητοῦ, τὸ δόποιον ἐκτελεῖ δμαλὴν κυ-
κλικὴν κίνησιν, δνομάζεται ἡ γωνία τὴν δόποιαν διαγράφει εἰς τὴν μο-
νάδα τοῦ χρόνου μία ἀκτὶς τοῦ κύκλου, ἡ δόποια παρακολουθεῖ τὸ κινη-
τὸν εἰς τὴν κίνησίν του.

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

§ 33. Σχέσις μεταξὺ γραμμικῆς καὶ γωνιακῆς ταχύτητος. Ἐστω
ὅτι ἔνα κινητὸν ἐκτελεῖ δμαλὴν κυκλικὴν κίνησιν, κινούμενον ἐπὶ
μιᾶς περιφερείας ἀκτίνος r . Ἐάν τὸ κινητὸν ἐντὸς χρόνου 1 sec δια-
νύσῃ τὸ τόξον AB , ἡ δὲ ἀκτὶς ἐπὶ τῆς δόποιας κινεῖται, διαγράψει τὴν
γωνίαν AOB , τότε τὸ μῆκος υ τοῦ τόξου AB ἴσουνται πρὸς τὴν γραμμι-
κὴν ταχύτητα τοῦ κινητοῦ καὶ ἡ γωνία $AOB = \omega$ εἶναι ἵση πρὸς τὴν
γωνιακήν του ταχύτητα (σχ. 25).

Ἐάν ἡ ω μετρήται εἰς ἀκτίνια, τότε τὸ τόξον ἀναπτύγματος υ ἀντι-
στοιχεῖ εἰς γωνίαν ω καὶ τόξον $2\pi r$, δηλαδὴ ὅλοκληρος ἡ περιφέρεια,
εἰς γωνίαν 2π . Εἰς τὴν ἴδιαν δμῶς περιφέρειαν τὰ τόξα καὶ αἱ ἐπίκεντροι
γωνίαι εἶναι ποσὰ ἀνάλογα. Ἐπομένως :



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

Ωστε :

Η γραμμική ταχύτης ένός κινητού έκτελούντος όμαλην κυκλικήν κίνησιν ισούται με τὸ γινόμενον τῆς γωνιακῆς ταχύτητος ἐπὶ τὴν ἀκτῖνα τῆς κυκλικῆς τροχιᾶς.

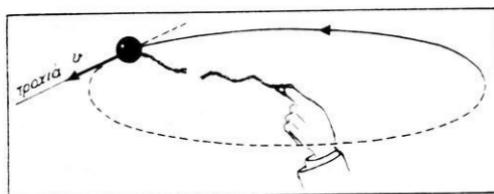
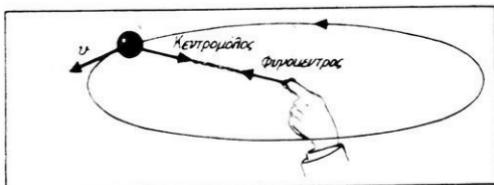
§ 34. Σχέσις μεταξὺ γωνιακῆς ταχύτητος ω καὶ συχνότητος v . Απὸ τὸν τύπον $v = \omega \cdot r$ ἔχομεν ὅτι $\omega = v/r$. Ἐξ ἄλλου ὅμως εἰναι :

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

Ωστε :

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

§ 35. Κεντρομόλος δύναμις καὶ φυγόκεντρος ἀντίδρασις. Συμφώνως πρὸς τὸ ἀξίωμα τῆς ἀδρανείας ὅταν ἐπὶ ένός σώματος δὲν ἀσκῆται οὐδεμία δύναμις, τὸ σῶμα ίσορροπεῖ ἡ κινεῖται εὐθυγράμμως καὶ όμαλῶς. Ἐπομένως ὅταν ἔνα σῶμα ἔκτελῃ κυκλικήν κίνησιν, πρέπει νὰ ἐνεργῇ ἐπ' αὐτοῦ μία δύναμις, ἡ ὁποία νὰ τὸ ἀναγκάζῃ νὰ κινηται κυκλικῶς καὶ νὰ τὸ διευθύνῃ πρὸς τὸ κέντρον τῆς περιφερείας, τὴν ὁποίαν διαγράφει τὸ σῶμα.



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

Πείραμα. Προσδένομεν εἰς τὸ ἄκρον ἐνὸς σπάγγου ἔνα λίθον καὶ, κρατοῦντες τὸ ἄλλον ἄκρον μὲ τὴν χεῖρα μας, δίδομεν εἰς τὸν λίθον κυκλικήν κίνησιν, περιστρέφοντες αὐτὸν ἐπὶ δριζοντίου ἐπιπέδου (σχ. 26, ἄνω). Ἡ δύ-

ναμις, ήτις ἔξαναγκάζει τὸν λίθον εἰς περιστροφήν, προέρχεται ἐκ τῆς χειρός μας, ἀσκεῖται ἐπὶ τοῦ λίθου διὰ μέσου τοῦ σπάγγου καὶ διευθύνεται πρὸς τὴν χεῖρα μας, πρὸς τὸ κέντρον δηλαδὴ τῆς κυκλικῆς τροχιᾶς τὴν ὅποιαν διαγράφει ὁ λίθος.

Ἡ δύναμις αὕτη δνομάζεται κεντρομόλος δύναμις. Ωστε :

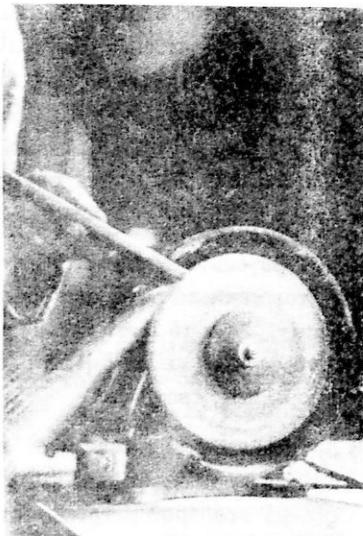
Κεντρομόλος δύναμις δνομάζεται ἡ δύναμις ἡ ὅποια ἔξαναγκάζει ἔνα σῶμα νὰ κινηθῇ ἐπὶ κυκλικῆς τροχιᾶς. ባ δύναμις αὕτη ἔχει, εἰς ἑκάστην χρονικὴν στιγμὴν, διεύθυνσιν τὴν ἀκτῖνα καὶ φοράν πρὸς τὸ κέντρον τῆς κυκλικῆς τροχιᾶς.

§ 36. Φυγόκεντρος ἀντίδρασις.
Κατὰ τὴν ἐκτέλεσιν τοῦ ἀνωτέρω

πειράματος χρειάζεται νὰ καταβάλωμεν ἀρκετὴν προσπάθειαν, διὰ νὰ συγκρατήσωμεν τὸν λίθον δ ὅποιος τείνει ὀλονὲν νὰ ἐκτιναχθῇ. Αὐτὸ δφείλεται εἰς τὸ γεγονὸς ὅτι δ λίθος, συμφώνως πρὸς τὸ ἀξίωμα δράσεως καὶ ἀντιδράσεως, προβάλλει εἰς τὴν κεντρομόλον δύναμιν ἀντίδρασιν ἵσου μέτρου καὶ ἀντιθέτου φορᾶς, ἡ ὅποια τείνει νὰ ἀπομακρύνῃ τὸν λίθον ἀπὸ τὸ κέντρον τῆς κυκλικῆς τροχιᾶς. ባ δύναμις αὕτη δνομάζεται φυγόκεντρος δύναμις.

Ἡ φυγόκεντρος δύναμις δὲν εἶναι δύναμις ἡ ὅποια ἀσκεῖται ἀπὸ ἔξωτερικὰ αἴτια εἰς τὸ σῶμα, ἀλλὰ δύναμις ἡ ὅποια, λόγῳ ἀδρανείας, ἀναπτύσσεται ἐπὶ τοῦ σώματος ἀπὸ ἀυτὸ τὸ ἴδιον τὸ σῶμα. Δι' αὐτὸ ἄν εἰς μίαν στιγμὴν θραυσθῇ ὁ σπάγγος, ἥ ἄν ἡμεῖς παύσωμεν νὰ τὸν συγκρατῶμεν, δ λίθος συνεχίζει τὴν κίνησίν του, εὐθυγράμμως καὶ δμαλῶς, ἀκολουθῶν τὴν ἐφαπτομένην τῆς τροχιᾶς εἰς τὸ σημεῖον εἰς τὸ ὅποιον εὑρίσκετο δταν ἐθραύσθη ὁ σπάγγος (σχ. 26, κάτω).

Τὸ ἴδιον φαινόμενον παρατηροῦμεν δταν παρακολουθοῦμεν τοὺς



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

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

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συμπεραίνομεν δτὶ, ἀπὸ τὴν στιγμὴν κατὰ τὴν ὁποίαν παύει νὰ ὑφίσταται ἡ κεντρομόλος, ἔξαφανίζεται καὶ ἡ φυγόκεντρος δύναμις. Ἡ ἀδράνεια ὅμως ὑποχρεώνει τὸ σῶμα νὰ συνεχίσῃ εὐθυγράμμως καὶ ὀμαλῶς τὴν κίνησίν του, μὲ τὴν ταχύτητα τὴν ὁποίαν εἶχεν ἀποκτήσει τὴν στιγμὴν κατὰ τὴν ὁποίαν ἐπαυσει νὰ ἐνεργῇ ἐπ’ αὐτοῦ ἡ κεντρομόλος δύναμις. Ὡστε :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Ἐστω Τ ἡ περίοδος. Ἐπειδὴ τὸ κινητὸν ἐντὸς χρόνου Τ διαγράφει περιφέρειαν 2πτ μὲ ἴσοταχῇ κίνησιν, θὰ ἔχῃ ταχύτητα :

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

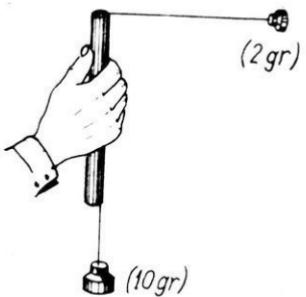
Ἐπειδὴ δὲ $v^2 = \frac{4\pi^2 \cdot r^2}{T^2}$ δ τύπος (1) τῆς § 37 θὰ λάβῃ τὴν μορφήν :

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

Ἐπομένως :

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

Οταν δηλαδὴ διατηρῆται σταθερά ἡ περίοδος ἐνὸς στρεφομένου σώματος καὶ διπλασιασθῇ, τριπλασιασθῇ κ.λπ. ἡ ἀκτὶς περιστροφῆς, τότε διπλασιάζεται, τριπλασιάζεται κ.λπ. καὶ ἡ κεντρομόλος δύναμις, ἡ ὃποια ἀναπτύσσεται εἰς τὸ σῶμα.



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

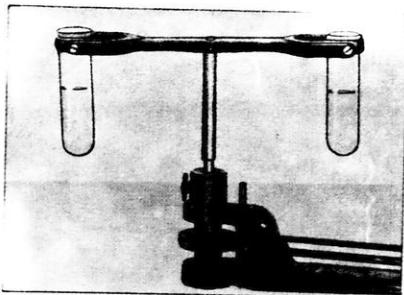
ε) Πολλὰς καὶ διαφόρους ἐφαρμογὰς εὑρίσκει ἡ φυγόκεντρος δύναμις εἰς τὸν καθημερινὸν βίον καὶ εἰς τὴν βιομηχανίαν. Αἱ φυγοκεντρικαὶ ἀντλίαι εἶναι μία ἀπὸ τὰς περισσότερον συνηθισμένας καὶ σπουδαίας ἐφαρμογάς της, ὅπως ἐπίσης καὶ οἱ φυγοκεντρικοὶ διαχωριστῆρες, οἱ δόποιοι χρησιμεύουν εἰς τὸν διαχωρισμὸν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

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

Μὲ τὴν μέθοδον αὐτὴν διαχωρίζομεν τὸ βούτυρον ἀπὸ τὸ γάλα,



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



Σχ. 30. Φυγοκεντρικός διαχωριστής.

τὴν μούργαν ἀπὸ τὸ ἐλαιόλαδον κ.λπ. Φυγοκεντρικαὶ μηχαναὶ χρησιμοποιοῦνται ἐπίσης εἰς τὰ ξηραντήρια τῶν ὑφασμάτων. Τὰ ὑφάσματα τοποθετοῦνται εἰς κατάλληλα δοχεῖα, τὰ δόποια περιστρέφονται κατόπιν μὲ μεγάλην ταχύτητα, ὅπότε τὸ ὕδωρ ἐκτινάσσεται ἀπὸ τὰς δοχεῖων καὶ οὕτω στεγνώνουν καὶ ξηραίνονται τὰ ὑφάσματα.

Άριθμητική ἐφαρμογή. Ἐνα σῶμα μάζης 100 gr, προσδένεται εἰς μίαν ἄκρην ἐνὸς νήματος, μῆκους 1 m, καὶ ἐκτελεῖ ὁμαλήν περιστροφικήν κίνησιν ἐπὶ δριζόντιον ἐπιπέδου, διαγράφον πέντε περιστροφάς ἐντὸς 5 sec. Ὑπολογίσατε τὴν τάσιν τοῦ νήματος ($\pi^2 = 10$).

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

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

Ἄντικαθιστῶντες 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 στροφάς ἐντὸς 5 sec, διὰ μίαν στροφὴν χρειάζεται 1 sec, (ἄλλα ὁ χρόνος μιᾶς περιστροφῆς ἰσοῦται μὲ τὴν περίοδον), καὶ $\pi^2 = 10$, λαμβάνομεν:

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

A N A K E Φ A Λ A I Ω S I S

1. Ἡ κυκλική κίνησις είναι περίπτωσις καμπυλογράμμου κινήσεως. Ἰδιαίτερον ἐνδιαφέρον παρουσιάζει ἡ ὁμαλὴ κυκλικὴ κίνησις, κατὰ τὴν ὅποιαν τὸ κινητὸν διανύει εἰς ἴσους χρόνους ἵσα τόξα τῆς κυκλικῆς τροχιᾶς του. Ἡ ὁμαλὴ κυκλικὴ κίνησις είναι λοιπὸν περιοδικὸν φαινόμενον, εἰς τὸ ὅποιον διακρίνομεν περίοδον καὶ συχνότητα.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

10. Ή σχέσις αὕτη έκφραζει τὸν τέταρτον νόμον, συμφώνως πρὸς τὸν ὅποιον ἡ κεντρομόλος (φυγόκεντρος) δύναμις εἶναι ἀνάλογης πρὸς τὴν ἀκτίνα περιφορᾶς, ὅταν διατηρήται σταθερὰ ἡ περίοδος.

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

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

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

33. Πόση εἶναι ἡ συχνότης ἐνὸς τροχοῦ διάμετρον 150 mm, ὅταν ἡ γραμμικὴ ταχύτης τῶν σημείων τῆς περιφερείας τοῦ εἴναι 35 m/sec. (*Απ. 4 459 στρ/min.*)

34. Πόση εἶναι ἡ μέση γραμμικὴ ταχύτης τῆς Γῆς κατὰ τὴν κίνησίν της περὶ τὸν Ἡλίον, ἄν ἡ τροχιά τῆς θεωρηθῇ κύκλος μὲ ἀκτίνα 15 · 10⁷ km, ἡ δὲ περίοδος τῆς κινήσεως ληφθῇ ἴση μὲ 365,25 μέσας ἡμιακαζ ἡμέρας. (*Απ. 30 km/sec.*)

35. "Ενας τροχὸς ἔκτελεῖ 96 στρ/min. α) Πόση εἶναι ἡ γραμμικὴ ταχύτης τοῦ τροχοῦ. β) Ἐάν ἡ γραμμικὴ ταχύτης τῶν σημείων τῆς περιφερείας τοῦ εἴναι 25 m/min, πόση εἶναι ἡ διάμετρος τοῦ τροχοῦ.

(*Απ. α' 603,28 cm/min. β' 0,0828 m.*)

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

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

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

39. Αύτοκίνητον, μὲ μᾶζαν 2 τόνων, κινεῖται ἐπὶ μᾶς καμπῆς, ἀκτίνος 200 m. Πόση πρέπει νὰ είγαι τὸ πολὺ ἡ γραμμικὴ ταχύτης τοῦ ὄχήματος, διὰ νὰ μὴ ὑπερβῇ ἡ φυγόκεντρος δύναμις τὴν τιμὴν τῶν 49 kp.

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

40. Σῶμα μάζης 50 gr ἔκτελει ὁμαλὴν κυκλικὴν κίνησιν, ἀκτίνος 40 cm, μὲ συχνότητα 3 000 στροφῶν ἀνὰ λεπτόν. Πόση είναι ἡ φυγόκεντρος δύναμις ἡ ὅποια ἀναπτύσσεται εἰς τὸ σῶμα καὶ πόσας φοράς είναι μεγαλυτέρα ἀπὸ τὸ βάρος τοῦ σώματος.
(*Απ. α' 200 kp. β' 4 000 φοράς.*)

ΣΤ' — ΠΑΓΚΟΣΜΙΟΣ ΕΛΞΙΣ

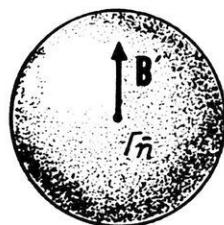
§ 41. Νόμος τῆς παγκοσμίου ἔλξεως. Ἡ γῆινη βαρύτης τὸ φαινόμενον δηλαδὴ κατὰ τὸ ὅποιον ἡ Γῆ ἔλκει πρὸς τὸ κέντρον τῆς τὰ διάφορα σώματα, τὰ δποῖα εὑρίσκονται πλησίον τῆς ἐπιφανείας τῆς, ἀποτελεῖ μίαν μερικὴν περίπτωσιν ἐνὸς πολὺ γενικωτέρου φαινομένου.

Πράγματι δὲ τὰ σώματα τοῦ Σύμπαντος ἔλκονται ἀμοιβαίως (σχ. 31). Οὕτως ἡ Γῆ ἔλκει τὴν Σελήνην καὶ ἀντιστρόφως ἡ Σελήνη ἔλκει τὴν Γῆν. Ὁ Ἡλιος ἔλκει τὴν Γῆν καὶ ἀντιστρόφως ἡ Γῆ ἔλκει τὸν Ἡλιον καὶ γενικῶς δὲ τὰ οὐράνια σώματα, δηλαδὴ τὰ ἀστρα, ἔλκονται ἀμοιβαίως.

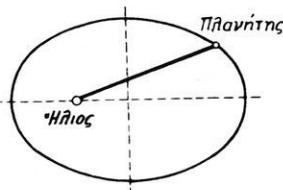
Τὸ γενικὸν φαινόμενον τῆς ἀμοιβαίας ἔλξεως τῶν οὐρανίων σωμάτων δονομάζεται παγκόσμιος ἔλξις.

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

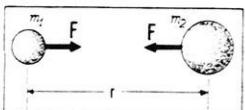
Αἱ τροχιαὶ αὗται ὁμοιάζουν μὲ δόλιγώτερον ἢ περισσότερον συμπειεσμένους κύκλους, οἵτινες δονομάζονται ἐλλείψεις (σχ. 32). Ἡ ἔλξις τοῦ κεντρικοῦ ἀστρου, περὶ τὸ ὅποιον περι-



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



Σχ. 32. Αἱ τροχιαὶ τῶν πλανητῶν περὶ τὸν Ἡλιον, είναι ἐλλείψεις.



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

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

‘Ο νόμος τῆς παγκοσμίου ἔλξεως ἐκφράζει ὅτι :

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

Μαθηματικῶς ὁ νόμος περιέχεται εἰς τὴν σχέσιν :

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

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

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

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

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

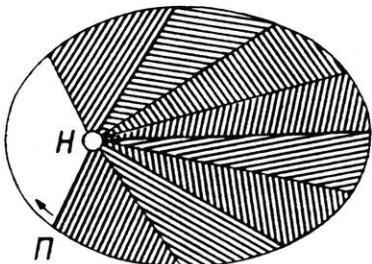
Ἡ ἡμερησία κίνησις τῆς οὐρανίου σφαίρας εἶναι φαινομενική, φαίνεται δηλαδὴ εἰς ἡμᾶς ὅτι ἐκτελεῖται κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον καὶ ὁφείλεται εἰς τὴν περιστροφὴν τῆς Γῆς περὶ τὸν ἄξονά της. Ἐδῶ συνεπῶς συμβαίνει ἔνα φαινόμενον, ἀνάλογον μ' ἐκεῖνος τὸ ὅποιον παρατηροῦμεν, ὅταν τρέχωμεν μὲν ἔνα ταχὺ αὐτοκίνητον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

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

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

Ο Γερμανοπολωνὸς μοναχὸς **Κοπέρνικος** (1473-1543) ἐμελέτησε τὰ συγγράμματα τῶν ἀρχαίων Ἑλλήνων καὶ κατόπιν πολυχρονίων παρατηρήσεων κατέληξεν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι ἡ Γῆ δὲν εἰναι κέντρον τοῦ Κόσμου, ἀλλὰ ἔνας πλανῆτης, ὃστις περιστρέφεται, ὅπως καὶ οἱ ἄλλοι πλανῆται, περὶ τὸν Ἡλιον, τὸν ὅποιον ἐθεώρησεν ώς κέντρον τοῦ Σύμπαντος. Ἡ νέα διδασκαλία ὠνομάσθη **Κοπερνίκειον** ἢ **Ἡλιοκεντρικὸν Σύστημα**.

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



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

τῶν πλανητῶν ἀπὸ τὸν "Ηλιον δὲν διατηροῦνται σταθεραί.

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

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

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

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

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

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

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

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

Οἱ νόμοι τοῦ Κεπλέρου εἶναι οἱ ἀκόλουθοι τρεῖς:

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

Αἱ ἐλλειψεις αὗται παρουσιάζουν μικρὰν διαφορὰν ἀπὸ τὸν κύκλον. "Ενεκα δόμως τῶν ἐλλειπτικῶν τροχιῶν των αἱ ἀπόστασεις τῶν πλανητῶν ἀπὸ τὸν "Ηλιον δὲν διατηροῦνται σταθεραί.

§ 43. Τὰ μέλη τοῦ ἥλιακοῦ μας συστήματος. Ὁ Ἡλιος, οἱ πλανῆται καὶ οἱ δορυφόροι τῶν καὶ ἔνας ἄγνωστος ἀριθμὸς κομητῶν καὶ μετεωριτῶν ἀποτελοῦν τὸ ἥλιακὸν σύστημά μας.

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

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

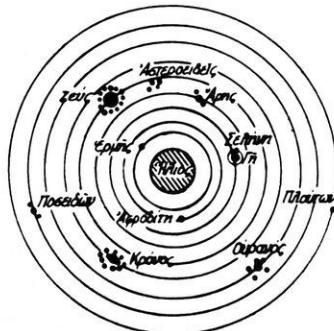
Οἱ ἐσωτερικοὶ πλανῆται κατὰ σειρὰν ἀποστάσεώς των ἀπὸ τὸν Ἡλιον εἶναι οἱ ἔξης: Ἐρμῆς, Ἀφροδίτη, Γῆ, Ἀρης.

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

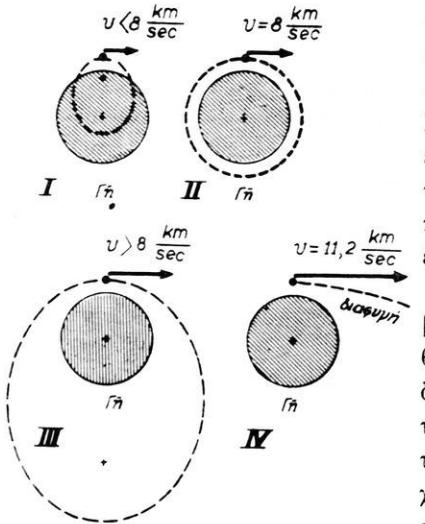
Οἱ ἔξωτερικοὶ πλανῆται εἶναι οἱ: Ζεύς, Κρόνος, Οὐρανός, Ποσειδῶν καὶ Πλούτων.

Οἱ κομῆται καὶ οἱ μετεωρῖται ἀνήκουν κατὰ ἔνα μέρος εἰς τὸ ἥλιακόν μας σύστημα. Αἱ τροχιαὶ τῶν περιοδικῶν κομητῶν, ἐκείνων δηλαδὴ οἱ δόποιοι ἐμφανίζονται κατὰ ώρισμένα χρονικά διαστήματα, εἶναι πολὺ συμπεπιεσμέναι ἐλλείψεις.

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



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



Σχ. 36. Τό είδος τῆς τροχιάς ἐνός σώματος, τὸ δόποιον βάλλεται δριζοντίως, ἔξαρτάται ἀπὸ τὴν ἀρχικήν του ταχύτητα.

χύτης ἐκτοξεύσεως διὰ τὴν δόποιαν τὸ σῶμα δὲν ἐπαναπίπτει ἐπὶ τῆς Γῆς. Ἡ ταχύτης αὕτη δονομάζεται ταχύτης διαφυγῆς καὶ εἰναι ἵση πρὸς $8 \frac{\text{km}}{\text{sec}}$, ὅταν δὲν ὑπολογίζεται ή ἀντίστασις τοῦ ἀέρος (σχ. 36). Ἀν λοιπὸν ἀπὸ ἔνα ἀρκούντως ὑψηλὸν σημεῖον ἐκσφενδίσωμεν δριζοντίως ἔνα σῶμα μὲ ταχύτητα $8 \frac{\text{km}}{\text{sec}}$ τὸ σῶμα αὐτὸ δὲν θὰ ἐπαναπέσῃ ἐπὶ τῆς Γῆς, ἀλλὰ θὰ στρέφεται περὶ τὴν Γῆν εἰς κυκλικήν τροχιάν. Τὸ σῶμα τότε μεταβάλλεται εἰς τεχνητὸν δορυφόρον. Ἀν ἡ ταχύτης διαφυγῆς εἰναι μεγαλυτέρα ἀπὸ $8 \frac{\text{km}}{\text{sec}}$, ἀλλὰ μικροτέρα ἀπὸ $11,2 \frac{\text{km}}{\text{sec}}$, τὸ σῶμα διαγράφει ἐλλειπτικὴν τροχιάν. Τέλος τὸ σῶμα ἐκφεύγει ἀπὸ τὴν ἔλξιν τῆς Γῆς καὶ χάνεται εἰς τὸ Διάστημα, ὅταν ἡ ταχύτης διαφυγῆς ὑπερβῇ τὰ $11,2 \frac{\text{km}}{\text{sec}}$ (σχ. 36, IV).

Οἱ αἱώνιοι μας χαρακτηρίζεται ἀπὸ ἔντονον προσπάθειαν τοῦ ἀνθρώπου ὥπως εἰσχωρήσῃ εἰς τὰ μυστικὰ τῆς Φύσεως καὶ ἔξηγήσῃ ὅλα τὰ φυσικὰ φαινόμενα. Ἐνας ἀπὸ τοὺς τρόπους μὲ τοὺς δόποιους ἐκδηλώνεται ἡ προσπάθεια αὕτη εἰναι καὶ ἡ ἔξερεύνησις τοῦ Διαστήματος.

§ 44. Τεχνητοὶ δορυφόροι. Ὅταν ἐκσφενδίσωμεν μετὰ δυνάμεως ἔνα βαρὺ σῶμα, τότε αὐτὸ διαγράφει μίαν καμπύλην τροχιάν, τὸ κοῖλον μέρος τῆς δόποιας εἰναι ἐστραμμένον πρὸς τὴν Γῆν. Οὕτω τὸ σῶμα ἐνῷ κινεῖται, πλησιάζει ὁλονέν πρὸς τὴν Γῆν καὶ τέλος πίπτει ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας αὐτῆς.

Ἄν κατὰ τὴν ἐκσφενδόνισιν καταβάλωμεν μεγαλυτέραν δύναμιν, τὸ σῶμα θὰ διανύσῃ μεγαλυτέραν ἀπόστασιν καὶ ἄν διαθέτωμεν μίαν βλητικὴν μηχανήν, τῆς δόποιας εἰναι δυνατὸν νὰ αὐξάνωμεν τὴν ἴκανότητα ἐκτοξεύσεως, θὰ ἐπιτυγχάνωμεν ὁλονέν καὶ μεγαλυτέρας ἀποστάσεις, μεταξὺ τοῦ σημείου βολῆς καὶ τοῦ σημείου προσκρούσεως, ἐπὶ τοῦ ἐδάφους.

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

ή δοπία έπιτελείται μὲ τοὺς τεχνητοὺς δορυφόρους, διὰ τὴν ἐκτό-
ξευσιν τῶν δοπίων χρησιμοποιοῦνται εἰδικοὶ πύραυλοι.

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

Οταν δὲ πύραυλος, ἀφοῦ ἀνέλθῃ εἰς ἓνα ὠρισμένον ὑψος, κατανα-
λώσῃ τὰ καύσιμα τοῦ κατωτέρου δρόφου του, ἀποχωρίζεται τὸν δρο-
φον αὐτὸν, ἐνῷ ταυτοχρόνως πυροδοτεῖται ὁ ἐπόμενος δροφος. Ἡ
διαδικασία αὕτη συνεχίζεται μέχρις ὅτου χρησιμοποιηθοῦν ὅλοι οἱ
δροφοι, δόποτε δὲ πύραυλος ἔχει ἀνέλθη εἰς τὸ ἐπιθυμητὸν ὑψος.

Ο πολυώροφος πύραυλος ἔχει εἰς τὴν κορυφήν του τὸν δορυφόρον,
τὸν δοπίον θέτει εἰς τροχιάν περὶ τὴν Γῆν ὁ τελευταῖος δροφος. Κατὰ
τὴν πυροδότησίν του ὁ δροφος αὐτὸς ἔχει τοιαύτην θέσιν, ὥστε νὰ
ἐκτοξεύσῃ τὸν δορυφόρον παραλλήλως πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς Γῆς.

Οἱ τεχνητοὶ δορυφόροι εἶναι ἐφωδιασμένοι μὲ ἐπιστημονικὰ ὄρ-
γανα καὶ μεταδίδουν, μὲ τὴν βοήθειαν κωδικοποιημένων σημάτων,
τὰ ἀποτελέσματα διαφόρων μετρήσεων.

Ο πρῶτος τεχνητὸς δορυφόρος ἔξαπελύθη ἀπὸ τοὺς Ρώσους τὴν
4 Ὁκτωβρίου 1957 (Σποῦτνικ I). Ό ἀμέσως ἐπόμενος τεχνητὸς δορυ-
φόρος ἦτο Ἀμερικανικὸς καὶ ἔξετοξεύθη τὴν 31 Ἰανουαρίου 1958
ἀπὸ τὰς Ἡνωμένας Πολιτείας (Explorer I, Ἐξερευνητής I). Σήμερον
πλέον ἐκτελοῦνται καὶ ἐπηνδρωμέναι πτήσεις, κατὰ τὴν διάρκειαν
τῶν δοπίων πραγματοποιοῦνται ἐκπληκτικὰ πειράματα, ὅπως τὸ βά-
δισμα εἰς τὸ Διάστημα, ή προσέγγισις τῶν διαστημοπλοίων, ή πτῆσις
των εἰς σχηματισμὸν κ.λπ.

Οἱ τεχνητοὶ δορυφόροι προσφέρουν ἔξ ἄλλου μεγάλας ὑπηρεσίας
εἰς τὴν Μετεωρολογίαν, διὰ τὴν πρόγνωσιν τοῦ καιροῦ, καὶ εἰς τὰς
τηλεπικοινωνίας.

1. Ή γηίνη βαρύτης είναι μερική περίπτωσις ένός γενικώτερου φαινομένου, τὸ ὅποιον ὀνομάζεται παγκόσμιος ἔλξις καὶ συμφώνως πρὸς τὸ ὅποιον τὰ οὐράνια σώματα ἔλκονται ἀμοιβαίως. Παρ’ ὅλα αὐτά, τὰ ἄστρα δὲν ἀλληλοσυγκρούονται, διότι κινοῦνται κατὰ κλειστάς καμπύλας τροχιάς, αἵτινες ὁμοιάζουν μὲ συμπεισμένους κύκλους καὶ ὀνομάζονται ἐλλείψεις, περὶ ἄλλα κεντρικά ἄστρα. Ή ἔλξις τοῦ κεντρικοῦ ἄστρου ἐνεργεῖ ως κεντρομόλος δύναμις τοῦ περιστρεφομένου.

2. Συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τῆς παγκοσμίου ἔλξεως, τὸν ὅποιον ἀνεκάλυψεν ὁ Νεύτων, ἡ ἐλκτικὴ δύναμις F , ἥτις ἀναπτύσσεται μεταξὺ δύο σωμάτων μὲ μάζας m_1 καὶ m_2 , τὰ ὅποια εὑρίσκονται εἰς ἀπόστασιν r μεταξύ των, είναι ἀνάλογος πρὸς τὸ γινόμενον τῶν μαζῶν καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἀποστάσεως τῶν δύο σωμάτων. Δηλαδή :

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

ὅπου τὸ k είναι μία σταθερὰ ποσότης, ἡ ὅποια ὀνομάζεται σταθερὰ τῆς παγκοσμίου ἔλξεως.

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

4. Κατὰ τὴν ἀρχαιότητα ἐπίστευναν ὅτι ἡ Γῆ ἀποτελεῖ τὸ κέντρον τοῦ Κόσμου. Ο Κοπέρνικος κατόπιν πολυετῶν μελετῶν καὶ παρατηρήσεων κατέληξεν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι κέντρον τοῦ Κόσμου είναι ὁ Ἡλιος, οἱ δὲ πλανῆται, ὅπως καὶ ἡ Γῆ, στρέφονται περὶ τὸν Ἡλιον. Τὴν θεωρίαν τοῦ Κοπερνίκου ἐτελειοποίησεν ὁ Κέπλερος, ὁ ὅποιος ἀνεκάλυψε καὶ τοὺς νόμους, συμφώνως πρὸς τοὺς ὅποιους ἐκτελεῖται ἡ κίνησις τῶν πλανητῶν περὶ τὸν

Ήλιον. Σήμερον οἱ ἀστρονόμοι πιστεύουν ὅτι τὸ ἡλιακόν μας σύστημα εἶναι ἔνα ἀπὸ τὰ ἀπειράριθμα ἀνάλογα συστήματα τοῦ Σύμπαντος.

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

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

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

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

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

43. "Ενα σῶμα ζυγίζει ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς $100\,kp$. α) Πόσον είναι τὸ βάρος τοῦ σώματος εἰς ὑψος $4\,000\,m$. β) Εἰς πόσον ὑψος τὸ βάρος τοῦ σώματος ἀνέχεται εἰς $99,8\,kp$. (*Ἡ ἀκτις τῆς Γῆς νὰ ληφθῇ ἵση πρὸς $6\,366\,km$.*) (*Ἄπ. α' $99,937\,kp$. β' $6\,300m$.*)

Ζ'—ΕΡΓΟΝ ΔΥΝΑΜΕΩΣ

§ 45. Γενικότητες. Έννοια τοῦ ἔργου. Ἡ Φυσικὴ εἰς πολλὰς περιπτώσεις δανείζεται, διὰ νὰ ἐκφράσῃ τὰς ἐννοίας της, λέξεις ἀπὸ τὴν καθημερινὴν ζωὴν, τὰς ὁποίας χρησιμοποιεῖ ὅμως μὲ στενωτέραν σημασίαν. Οὕτως ἡ φυσικὴ ἔννοια τοῦ ἔργου δὲν συμπίπτει εἰς ὅλας τὰς περιπτώσεις μὲ ἐκείνην τῆς καθημερινῆς ὁμιλίας. Πράγματι δὲ πολὺς κόσμος ἔννοει ἔργον τὸ ἀποτέλεσμα μᾶς κοπιώδους καὶ κουραστικῆς ἐργασίας. Δι' αὐτὸ ἄνευ ἐτέρου δὲ κοινὸς ἄνθρωπος θὰ χαρακτηρίσῃ ὡς ἔργον τὴν προσπάθειαν ἐνὸς ἀτόμου νὰ συγκρατήσῃ

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

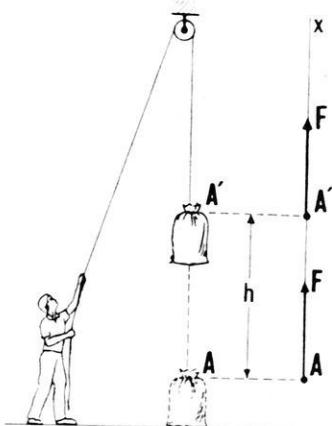
Οὕτως, ὅταν ἀνυψώνωμεν ἔνα σῶμα ἀπὸ τὸ ἔδαφος καὶ τὸ τοποθετοῦμεν ἐπὶ τῆς τραπέζης, ἐκτελοῦμεν ἔργον συμφώνως πρὸς τὴν γλῶσσαν τῆς καθημερινῆς χρήσεως καὶ τῆς Φυσικῆς.

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

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

Τὸ οὐσιώδες εἰς τὰ φαινόμενα αὐτὰ εἶναι ὅτι καταβάλλεται μία δύναμις, ἡ ὁποία μετακινεῖ ἀδιακόπως τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς της. 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. "Ωστε :

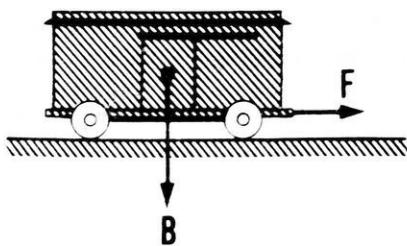


Σχ. 37. Ὁ ἐργάτης δὲ ὁ ὅποιος ἀνυψώνει τὸν σάκκον, χρησιμοποιῶν τὴν τροχαλίαν παράγει ἔργον.

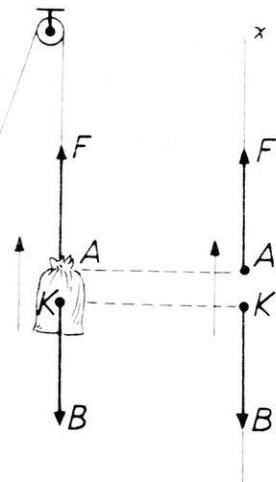
Εἰς τὴν Φυσικὴν λέγομεν ὅτι μία δύναμις παράγει ἔργον, ὅταν μετατοπίζῃ τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς της.

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

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



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



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

Ἡ κίνησις ὀφείλεται ἀποκλειστικῶς εἰς τὴν δύναμιν F , ἄρα καὶ τὸ ἔργον τὸ ὅποιον παράγεται, προέρχεται μόνον ἀπὸ τὴν δύναμιν αὐτήν. Ἐπομένως τὸ βάρος B τοῦ ὁχῆματος, ὡς πρὸς τὴν διεύθυνσιν τοῦ ὅποίου εἶναι κάθετος ἡ μετατόπισις τοῦ σώματος, δὲν παράγει ἔργον. "Ωστε :

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

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

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

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

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

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

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

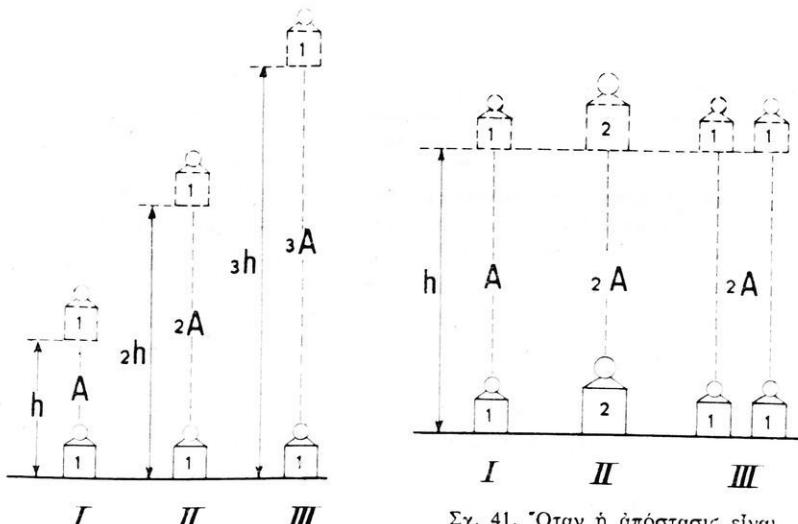
“Οταν ἡ φορὰ τῆς μετατοπίσεως καὶ ἡ φορὰ τῆς δυνάμεως εἶναι ἀντίθετοι, λέγομεν ὅτι παράγεται ἀνθιστάμενον ἔργον.

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

§ 47. Χαρακτῆρες τοῦ ἔργου. Α) Ἡ μετατόπισις συμπίπτει μὲ τὴν διεύθυνσιν τῆς δυνάμεως. 1. Μεταφέρομεν ἔνα κιβώτιον εἰς τὸν τρίτον δροφον μιᾶς πολυκατοικίας. Κατὰ τὴν μεταφορὰν αὐτὴν, ἡ δύναμις τὴν ὅποιαν καταβάλλομεν παράγει ἔνα ὠρισμένον ἔργον, τὸ ὅποιον βεβαίως θὰ εἶναι μεγαλύτερον, ἀπὸ τὸ ἔργον τὸ ὅποιον θὰ παραχθῇ, ὥν μεταφερθῇ τὸ κιβώτιον εἰς τὸν πρῶτον ἢ εἰς τὸν δεύτερον δροφον.

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

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



Σχ. 40. "Όταν ή δύναμις είναι ώρισμένη, τὸ ἔργον είναι ἀνάλογον πρὸς τὴν μετατόπισιν.

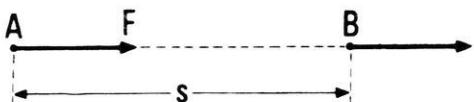
πρὸς τὸ διάστημα, τὸ ὁποῖον διανύει τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τῆς δυνάμεως κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς μετατοπίσεως.

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

Πράγματι, ἔστω Α τὸ ἔργον τὸ ὁποῖον ἀπαιτεῖται διὰ νὰ ἀνυψώσωμεν εἰς ὅψος h βάρος 1 kp (σχ. 41, I). Διὰ νὰ ἀνυψώσωμεν εἰς τὸ ἔδιον ὅψος βάρος 2 kp (σχ. 41, II), πρέπει νὰ καταβάλωμεν ἔργον ἰσοδύναμον μὲ ἐκεῖνον, τὸ ὁποῖον ἀπαιτεῖται διὰ νὰ ἀνυψωθοῦν εἰς τὸ ἔδιον ὅψος h κεχωρισμένως δύο βάρη τοῦ 1 kp ἔκαστον, δηλαδὴ ἔργον 2A (σχ. 41, III). "Ωστε :

"Όταν ή μετατόπισις είναι ώρισμένη, τὸ ἔργον είναι ἀνάλογον πρὸς τὴν σταθερὰν δύναμιν ή ὁποίᾳ τὸ παράγει.

Τύπος τοῦ ἔργου. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συμπ̄ραινομεν ὅτι τὸ ἔργον



Σχ. 42. Η δύναμις F μεταθέτει τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς της κατὰ διάστημα s καὶ παράγει ἔργον $A = F \cdot s$.
θυνσίν της (σχ. 42), είναι ἀνάλογον πρὸς τὴν δύναμιν καὶ πρὸς τὴν μετατόπισιν. Ἐπομένως δυνάμεθα νὰ γράψωμεν ὅτι :

$$A = F \cdot s$$

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

Ο τύπος αὐτὸς ἐκφράζει ὅτι :

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

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

α) Σύστημα M.K.S. Εἰς τὸ σύστημα αὐτὸ μονάς δυνάμεως είναι ἡ 1 N καὶ μονάς μήκους τὸ 1 m, μονάς δὲ ἔργου τό :

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

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

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

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

Πολλαπλάσιον τοῦ Τζούλ είναι τὸ κιλοτζούλ (1 kJ), είναι δὲ 1 kJ = 1000 J.

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

1 κιλοποντόμετρον (1 kpm)

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

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

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

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

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

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

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

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

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 εὑρίσκομεν ὅτι :

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

Άριθμητικὴ ἐφαρμογὴ. Νὰ εὐρεθῇ τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον πραγματοποιεῖ ὁ κινητὴρ ἐνός γερανοῦ, ὅταν ἀνυψώνῃ εἰς ὅψος 15 m φορτίον βάρους 1800 kp.

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

β) Σύστημα Μ.Κ.Σ. Διά νά λύσωμεν τὸ πρόβλημα εἰς τὸ σύστημα αὐτό, πρέπει νά τρέψωμεν τὰ κιλοπόντα εἰς Νιούτον.

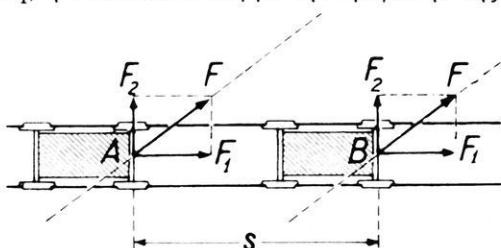
Γνωρίζομεν ὅτι $1 \text{ kp} = 9,81 \text{ N}$, ἐπομένως ἔχομεν ὅτι $1800 \text{ kp} = 1800 \cdot 9,81 \text{ N}$, δόποτε δὲ τύπος τοῦ ἔργου μᾶς δίδει :

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

Β) Ή μετατόπισις καὶ ή δύναμις ἔχουν διαφορετικάς διευθύνσεις. Εἰς τὰ προηγούμενα ύπεθέσαμεν ὅτι ή δύναμις μεταθέτει τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς της ἐπὶ τῆς εὐθείας ἐπενεργείας της. Συνήθως ὅμως ή μετακίνησις τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς μιᾶς δυνάμεως καὶ ή δύναμις ἔχουν διαφορετικάς διευθύνσεις, ὥστα π.χ. συμβαίνει εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ σιδηροδρομικοῦ ὁχήματος τοῦ σχήματος 43, τὸ ὄποιον σύρεται ἀπὸ τὸ σημεῖον A ἕως τὸ σημεῖον B , δι' ἐπενεργείας τῆς δυνάμεως F , ή διεύθυνσις τῆς ὧδος ἢ ποίας σχηματίζει γωνίαν διαφορετικήν ἀπὸ τὴν ὀρθήν, ὡς πρὸς τὴν μετατόπισιν.

Γνωρίζομεν ἐν τούτοις ὅτι ή δύναμις F δύναται νὰ ἀναλυθῇ εἰς δύο συνιστῶσας F_1 καὶ F_2 , ἀπὸ τὰς ὧδος ὧδος F_1 νὰ ἔχῃ τὴν φορὰν τῆς μετατόπισεως, ή δὲ F_2 νὰ εἴναι κάθετος πρὸς αὐτήν. Τὸ ἔργον, τὸ ὄποιον παράγει ή F κατὰ τὴν μετακίνησιν, θὰ εἴναι ἴσον μὲ τὸ ἀθροισμα τῶν ἔργων τῶν συνιστωσῶν τῆς F_1 καὶ F_2 .

Ἐπειδὴ ὅμως ή μετατόπισις γίνεται καθέτως πρὸς τὴν F_2 , τὸ ἔργον τῆς δυνάμεως αὐτῆς θὰ εἴναι μηδέν. Ἀπομένει συνεπῶς τὸ ἔργον τῆς F_1 , ή ὧδος ἢ ποία εἴναι ἴση μὲ τὴν προβολὴν τῆς δυνάμεως F ἐπὶ τὴν μετατόπισιν. "Ωστε :



Σχ. 43. Η δύναμις F , η ὧδος μετακινεῖ τὰ ὁχήματα, σχηματίζει διξειαν γωνίαν μὲ τὴν μετατόπισιν.

Τὸ ἔργον A μιᾶς δυνάμεως F , η ὧδος μετακινεῖ τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς της κατὰ διάστημα s , εἰς τρόπον ὥστε νὰ σχηματίζῃ γωνίαν μὲ τὴν διεύθυνσίν της, εἴναι ἴσον μὲ τὸ ἔρ-

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

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

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

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

A N A K E Φ A Λ A I Ω S I S

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

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

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

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

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

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

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

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

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

7. Όταν ἡ διεύθυνσις μιᾶς δυνάμεως F σχηματίζει μὲ τὴν μετατόπισιν γωνίαν διαφορετικήν ἀπὸ τὴν ὄρθην, τότε τὸ ἔργον τῆς δυνάμεως F εἶναι ἵσον μὲ τὸ ἔργον τῆς προβολῆς τῆς ἐπὶ τὴν μετατόπισιν.

AΣΚΗΣΕΙΣ

44. Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ἔργον τὸ ὅποιον θὰ καταναλωθῇ διὰ νὰ ἀνυψωθῇ καταρράφως κατά 12 m μᾶζα βάρους 125 kp. (*Απ. 1 500 kp.*)

45. Τὸ σχοινίον τὸ ὅποιον σύρει μικρὸν ἀμάξιον ἀσκεῖ δύναμιν μέτρον 100 kp. Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ἔργον τῆς κινητηρίου αὐτῆς δυνάμεως, ἐὰν τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τῆς μετατοπισθῇ κατά 20 m. (*Απ. 2 000 kp.m.*)

46. Ἔνας ἵππος σύρει μίαν ἄμαξαν ἐπὶ ὁρίζοντίου δρόμου, ἀσκῶν σταθερὰ δύναμιν μέτρον 30 kp. Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ἔργον, τὸ ὅποιον παράγει ἡ δύναμις αὐτῆς, ὅταν ἡ ἄμαξα διανύῃ ἀπόστασιν 1 km. (*Απ. 30 000 kp.m.*)

47. Διὰ νὰ ἐκπωματίσωμεν μίαν φιάλην ἀσκοῦμεν ἐπὶ τοῦ ἐκπωματισμοῦ μέσην ἐλκτικήν δύναμιν μέτρον 6 kp. Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ἔργον, τὸ ὅποιον θὰ παραχθῇ ἀπὸ τὴν δύναμιν, ἐὰν τὸ πῶμα μετακυνθῇ κατά 3 cm. (*Απ. 1,77 J περίπον.*)

48. Διὰ νὰ ἀνασύρωμεν ἀπὸ τὸ βάθος ἐνὸς φρέατος κάδον πλήρη χωμάτων, χοησιμοποιοῦμεν μηχάνημα, τὸ ὅποιον ἀσκεῖ εἰς τὸ σχοινίον μιᾶς τροχαλίας ἐλκτικήν δύναμιν μέτρον 12 kp. Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ἔργον, τὸ ὅποιον παράγεται ὅταν ὁ κάδος ἀνυψώνεται κατά 15 m (Νὰ ἐφράσετε τὸ ἔργον εἰς kp.m καὶ kJ). (*Απ. 180 kp.m, 1 766k J, περίπον.*)

49. Ἔνας ἀνελκυστήρ, τοῦ ὅποιον τὸ σινολικὸν βάρος ἴσορροπεῖται ἀπὸ ἕνα ἀντίβαρον, ἐξηπορεῖται μίαν πολυκατοικίαν, οἱ ὄφοφοι τῆς ὅποιας ἔχονται ὕψος 3 m. Ὁ ἀνελκυστήρ αὐτὸς εἰς μίαν διαδομὴν μεταφέρει : α) Ἀπὸ τὸ ἰσόγειον εἰς τὸν δεύτερον ὄφοφον 8 ἄτομα. β) Ἀπὸ τὸν δεύτερον εἰς τὸν τρίτον ὄφοφον 6 ἄτομα. γ) Ἀπὸ τὸν τρίτον εἰς τὸν τέταρτον ὄφοφον 5 ἄτομα καὶ δ) ἀπὸ τὸν τέταρτον ὄφοφον εἰς τὸν ἕκτον 2 ἄτομα. Ζητεῖται τὸ ἔργον τὸ ὅποιον παρήγαγεν ὁ κινητήρ τοῦ ἀνελκυστήρος κατὰ τὴν διαδομὴν αὐτήν, ἐὰν τὸ μέσον βάρος ἐνὸς ἀτόμου εἴναι 60 kp. (*Απ. 5 580 kp.m.*)

50. Ἔνα ὑδροηλεκτρικὸν ἐργοστάσιον τροφοδοτεῖται μὲ νῦντα ἀπὸ μίαν τε-

χρητήν λίμνην, ή έλευθέρα έπιφάνεια τῆς όποιας παρουσιάζει ύψομετροκήν διαφοράν 40 m ἀπό τοὺς ὑδροστροβίλους τοῦ ἔργου, τὸ ὄποιον παράγεται ἀπό τὸ ὕδωρ εἰς ἔκαστον δευτερόλεπτον, ἐὰν εἰς τὸ χρονικὸν αὐτὸ διάστημα κινλοφορῇ εἰς τοὺς ὑδροστροβίλους ὅγκος 100 m³ ὕδατος.

(Απ. 4 000 000 kpm.)

H' — IΣΧΥΣ

§ 48. "Εννοια τῆς ισχύος. Μέχρι τώρα ἐμελετήσαμεν τὸ ἔργον μιᾶς δυνάμεως χωρὶς νὰ ἐνδιαφερθῶμεν διὰ τὸν χρόνον ἐντὸς τοῦ όποιου παράγεται τὸ ἔργον αὐτό.

Ἡ πρακτικὴ ἀξία ὅμως ἐνὸς κινητῆρος, μιᾶς διατάξεως δηλαδὴ ἡ όποια παράγει ἔνα μηχανικὸν ἔργον. δὲν ἔχειται μόνον ἀπὸ τὸ ἔργον τὸ όποιον εἶναι εἰς θέσιν νὰ ἀποδώσῃ, ἀλλὰ καὶ ἀπὸ τὸν χρόνον ἐντὸς τοῦ όποιου δύναται νὰ ἀποδώσῃ τὸ ἔργον αὐτό. Πράγματι ἔνας οἰοσδήποτε κινητήρ, ὅταν ἐργασθῇ ἀρκετὸν χρόνον, δύναται νὰ ἀποδώσῃ οίονδήποτε ἔργον.

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

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

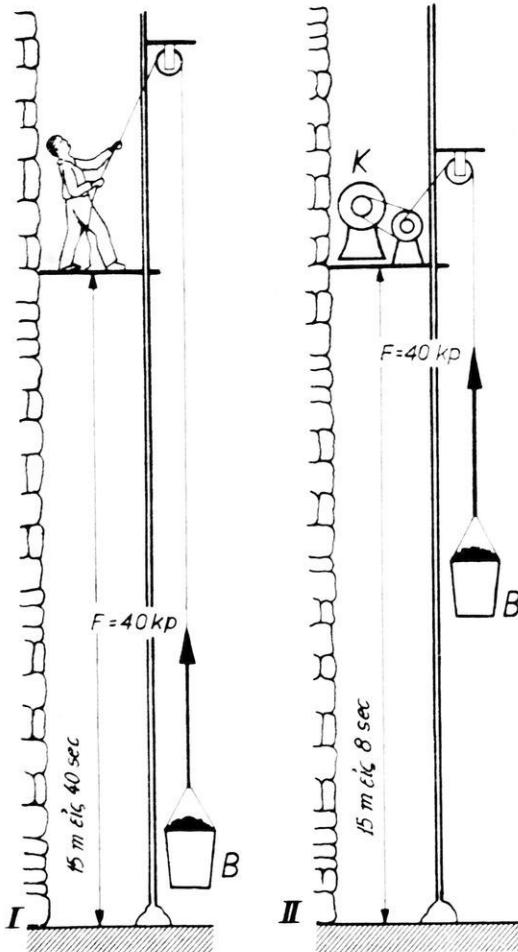
$$A = 40 \text{ kp} \times 15 \text{ m} = 600 \text{ kpm}$$

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

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

Τὰ ἀνωτέρω μᾶς ὁδηγοῦν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι ἡ ἀξία μιᾶς μηχανῆς ἐκτιμᾶται ἀπὸ τὸ ἔργον, τὸ όποιον εἶναι εἰς θέσιν νὰ ἀποδώσῃ εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου. Τὸ ἔργον αὐτὸ δονομάζεται ισχὺς τῆς μηχανῆς καὶ συμβολίζεται μὲ τὸ γράμμα N. "Ωστε :

Ίσχὺς N μιᾶς μηχανῆς δονομάζεται τὸ ἔργον A, τὸ όποιον παράγει



Σχ. 44. Ο χρόνος, τὸν ὅποιον χρειάζεται ὁ κινητήρος διά νύ ἀνυψώσῃ τὸν κάδον, εἶναι τὸ 1/5 τοῦ χρόνου, τὸν ὅποιον χρειάζεται ὁ ἐργάτης. Η ισχὺς τοῦ κινητήρος εἶναι λοιπὸν πενταπλάσια τῆς ισχύος τοῦ ἐργάτου.

ἡ μηχανὴ εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου. Δηλ.

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

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

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

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

“Ωστε :

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

Μονάδες ισχύος. Αἱ μονάδες ισχύος ὄριζονται ἀπὸ τὸν τύπον τῆς

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

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

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

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

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

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

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

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

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

I.—Τὸν **ἴππον** ἢ **ἀτμόπιππον**. Εἶναι δέ :

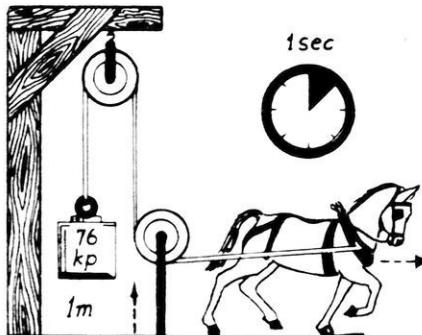
$$1 \text{ ίππος (1 Ch ή 1 PS)} = 75 \text{ kpm/sec}$$

"Ωστε :

Ἐνας κινητήρης ἔχει ισχὺν ἐνὸς ίππου, ὅταν παράγῃ ἔργον 75 kpm ἀνὰ δευτερόλεπτον.

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

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



Σχέσεις μεταξύ των μονάδων ισχύος. Γνωρίζομεν ότι $1 \text{ kpm} = 9.81 \text{ Joule}$. Έπομένως : $1 \text{ kpm/sec} = 9.81 \text{ Joule/sec}$.

Δηλαδή :

$$1 \text{ kpm/sec} = 9.81 \text{ W}$$

Από την άνωτέρω σχέσιν εύρισκομεν ότι :

$$1 \text{ Ch} = 75 \text{ kpm/sec} = 9.81 \text{ W} \cdot 75 = 736 \text{ W}$$

$$1 \text{ HP} = 76 \text{ kpm/sec} = 9.81 \text{ W} \cdot 76 = 746 \text{ W}$$

Σχ. 44a. Διά τὸν ὄρισμὸν τοῦ βρετανικοῦ ἵπου (HP).

Παραδείγματα ισχύων. Εἰς τὸν ἀκόλουθον πίνακα ἀναγράφονται αἱ τιμαὶ ισχύος εἰς ἵπους (Ch), δι' ὡρισμένας κλασσικας περιπτώσεις.

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

Άριθμητικαὶ ἐφαρμογαὶ. 1) Ένας ἵππος διατρέχει 100 m ἐντὸς 1 min καὶ ἀσκεῖ εἰς μιὰν ἄμαξαν ἐλκτικὴν δύναμιν 35 kp. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ μέση ισχὺς, τὴν ὅποιαν ἀναπτύσσει ὁ ἵππος.

Λύσις. Έντὸς 1 λεπτοῦ (1 min) ὁ ἵππος πραγματοποιεῖ ἔργον A ίσον πρός :

$$A = 35 \text{ kp} \cdot 100 \text{ m} = 3500 \text{ kpm}$$

Η μέση ισχὺς N ἐπομένως τὴν ὅποιαν ἀναπτύσσει ὁ ἵππος θὰ είναι :

$$N = \frac{A}{t} = \frac{3500 \text{ kpm}}{60 \text{ sec}}$$

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

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

2) Ένας καταρράκτης ἀποδίδει 9 000 m³ ὑδατος ἐντὸς μιᾶς ὥρας. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ισχὺς τοῦ καταρράκτου εἰς κιλοβάτ (kW), ἐὰν γνωρίζωμεν ότι τὸ ὄδωρ πίπτει ἀπὸ ὕψος 25 m.

Λύσις. Είς ένα δευτερόλεπτον δ καταρράκτης άποδιει: $9\,000/3\,600 \text{ m}^3 = 2,5 \text{ m}^3$ έωδατος.

Τὸ βάρος τῶν 2,5 m³ είναι 2 500 kp. Τὸ ἔργον A, τὸ δόπιον πραγματοποιεῖται ἀπὸ τὸ πῆπτον ὑδωρ ἐντὸς ἑνὸς δευτερολέπτου, θὰ είναι ἐπομένως:

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

Η αντίστοιχος ισχὺς είναι 62 500 kpm/sec. Μετατρέπομεν την ισχὺν είς kW. Ούτως έχουμε :

N = (62 500 kpm/sec . 9,81) W. Δηλαδή :

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

3) Ένα αυτοκίνητο κινείται έπειτα ένας δρόμου με ταχύτητα 72 km/h. Να υπολογισθή η μέση ισχύς την όποιαν άναπτύσσει ο κινητήρας του αυτοκινήτου, έπειτα γνωρίζωμεν ότι η δύναμις την όποιαν άσκει είναι σταθερά και έχει μέτρον 1840 Νιούτον.

Λύπτε. Ἐντὸς ἑνὸς δευτερολέπτου τὸ αὐτοκίνητον διανύει ἀπόστασιν :

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

"Αρα τὸ ἔργον Α τὸ δόπιον πραγματοποιεῖται ἐντὸς ἑνὸς δευτερολέπτου ἀπὸ τὴν δύναμιν τοῦ κινητῆρος εἶναι:

$$A = 1840 \text{ N} \cdot 20 \text{ m} = 36800 \text{ Joule.}$$

Ἡ Ἰσραὴλ ἐπομένως Ν τοῦ κινητῆρος εἶναι:

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

N = 50 Ch.

"Αλλαι μονάδες έργου. "Αν τὸν τύπον $N = A/t$ τῆς ισχύος λύ- σωμεν ώς πρὸς A , λαμβάνομεν:

$$\mathbf{A} = \mathbf{N} \cdot \mathbf{t}$$

"Ωστε :

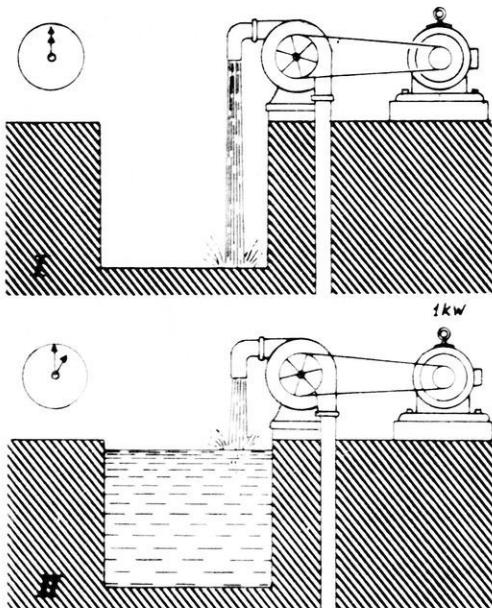
Τὸ ἔργον Α τὸ ὄποιον παράγει μία μηχανὴ ἰσχύος Ν, ἐργαζομένη ἐπὶ χρόνου t , είναι ίσον πρὸς τὸ γινόμενον τῆς ἰσχύος ἐπὶ τὸν χρόνον λειτουργίας τῆς μηχανῆς.

¹ Απὸ τὸν ἀνωτέρῳ τύπον τοῦ ἔργου συμπεραίνομεν, ἄλλωστε, ὅτι δυνάμεθα νὰ δρίσωμεν νέας μονάδας ἔργου, μὲ τὴν βοήθειαν τῶν μονάδων τῆς ἴσχυός καὶ τοῦ χρόνου.

a) Βατώρα (1 Wh). Ή μονάς αυτή δρίζεται από τὸν ἀνωτέρω τύπον του έργου δταν $N=1$ W και $t=1$ h. Δηλαδή :

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

•Ωστε: 'Η βατώρα (1 Wh) είναι τὸ ἔργον τὸ δποῖον παράγεται



Σχ. 45. Ένας κινητήρος ισχύος 1 kW παράγει, όταν έργασθη έπι μίαν ώραν, έργον μιᾶς κιλοβατώρας.

Βάτ και τὰ κιλοβάτ είναι μονάδες ισχύος, ένων ή βαιώρα και ή κιλοβατώρα μονάδες έργου.

έντος μιᾶς ώρας (1 h) άπό μίαν μηχανήν ισχύος ένδος Βάτ (1 W). Πολλαπλάσιον τῆς βατώρας είναι ή κιλοβατώρα (1 kWh) (σχ. 45), είναι δέ :

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

β) Σχέσις Τζόνλ και βατώρας. Έφ' ὅσον τὸ 1 W ἀντιστοιχεῖ εἰς παραγωγὴν έργου 1 Joule/sec, συμπεραίνομεν ότι :

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

"Ωστε :

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

Πρέπει νὰ προσέξωμεν ίδιαιτέρως εἰς τὸ ὅτι τὰ

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Ή ισχὺς ένως κινητήρος όριζεται ως τὸ έργον τὸ όποιον πραγματοποιεῖ ὁ κινητήρ εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου (συγκεκριμένως εἰς 1 sec).
2. Τὸ κιλοποντόμετρον ἀνὰ δευτερόλεπτον (1 kpm/sec) είναι ή ισχὺς ένως κινητήρος, ὁ όποιος πραγματοποιεῖ έργον 1 kpm έντος χρονικού διαστήματος 1 sec.
3. Ό ατμόπιπος (1 Ch) είναι ή ισχὺς ένως κινητήρος, ὁ όποιος πραγματοποιεῖ έργον 75 kpm έντος χρονικού διαστήματος 1 sec.
4. Ό βρετανικὸς ίππος (1 HP) είναι ή ισχὺς ένως κινητήρος,

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

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

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

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

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

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

51. Νὰ ὑπολογισθῇ εἰς kpm/sec , εἰς Ch καὶ kW ἡ ισχὺς ἡτις ἀναπτύσσεται ἀπὸ ἑναν ἵππου, ἐὰν γνωῷς ωμεν ὅτι κινεῖται μὲ ταχύτητα 4 km/h καὶ ἀσκεῖ ἐλκυστικὴν δύναμιν 30 kp . ($\text{Ap. } 33,3 \text{ kpm/sec}, 0,44 \text{ Ch}, 0,324 \text{ kW}.$)

52. Ἔνας γερανὸς δύναται νὰ ὑψώσῃ φορτίον βάρους 2 Mp εἰς ὕψος 12 m , ἐντὸς χρόνου 24 sec . Νὰ ὑπολογισθῇ (εἰς Ch καὶ kW) ἡ ισχὺς ἡ όποια ἀναπτύσσεται ἀπὸ τὸν κινητῆρα τοῦ γερανοῦ. ($\text{Ap. } 13,3 \text{ Ch}, 9,81 \text{ kW}.$)

53. Ἔνας ποδηλάτης κινεῖται ἐπὶ ὁριζοντίου δρόμου μὲ ταχύτητα 18 km/h . Μὲ αὐτὴν τὴν ταχύτητα ἡ συνισταμένη τῶν δυνάμεων αἱ όποιαι ἀντιτίθενται εἰς τὴν πορείαν τοῦ καὶ τὴν όποιαν πρέπει νὰ ὑπερνικήσῃ, ἔχει μέτρον $1,2 \text{ kp}$. Ζητεῖται ἡ ισχὺς τὴν όποιαν ἀναπτύσσει ὁ ποδηλάτης. ($\text{Ap. } 6 \text{ kpm/sec.}$)

54. Ἔνας αὐτοκινήτος κινεῖται ἐπὶ ὁριζοντίου δρόμου μὲ ταχύτητα 72 km/h . Μὲ αὐτὴν τὴν ταχύτητα ἡ συνισταμένη τῆς ἀντιστάσεως τοῦ ἀέρος καὶ τῶν δυνάμεων τριβῆς ἔχει μέτρον 30 kp . Νὰ ὑπολογισθῇ μὲ τὰς προυποθέσεις αὐτὰς ἡ ισχὺς τὴν όποιαν ἀναπτύσσει ὁ κινητῆρα τοῦ αὐτοκινήτου. ($\text{Ap. } 600 \text{ kpm/sec.)}$

55. Ὁ κινητῆρας ἐνὸς αὐτοκινήτου παρέχει εἰς δριζόντιον δρόμον ισχὺν 12 Ch . Τὸ αὐτοκίνητον κινεῖται μὲ ταχύτητα 90 km/h . Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ συνολικὴ δύναμις ἡ όποια ἀντιτίθεται εἰς τὴν κίνησιν τοῦ αὐτοκινήτου. ($\text{Ap. } 36 \text{ kp.)}$

56. Μία δεξαμενὴ περιέχει $1\,500$ λίτρα ὄγδατος καὶ τροφοδοτεῖται ἀπὸ ἓνα φρέατος μὲ τὴν βοήθειαν μιᾶς ἀντλίας. Ἡ ἐλευθέρᾳ ἐπιφάνειᾳ τοῦ ὄγδατος ἐντὸς τοῦ φρέατος εὑρίσκεται εἰς βάθος 12 m ἀπὸ τὸ ἄνοιγμα, ἀπὸ τὸ όποιον εἰσέρχεται τὸ ὄγδαρ εἰς τὴν δεξαμενήν. Νὰ ὑπολογισθῇ : a) Τὸ έργον τὸ όποιον πρέπει νὰ παραχθῇ ἀπὸ τὸν

κινητήρα της άντλίας διὰ να γεμίσῃ ή δεξαμενὴ μὲ ὄδωρ. β) 'Η ισχὺς τὴν ὅποιαν πρέπει νὰ ἀναπτύξῃ ὁ κινητὴρ οὐτως, ὥστε ἡ ἐργασία αὐτὴ νὰ ἐκτελεσθῇ ἐντὸς ἡμισείας ὥρας. (Τὸ ἐργον νὰ ἀποδοθῇ εἰς kJ καὶ kWh .)

(γ Απ. 176,6 kJ ; 0,05 kWh περίπον. β' 98,1 Watt.)

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

(γ Απ. 67,5 kpm/sec ; 0,9 Ch.)

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

(γ Απ. 613 kW περίπον.)

Θ—ΕΝΕΡΓΕΙΑ

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

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

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

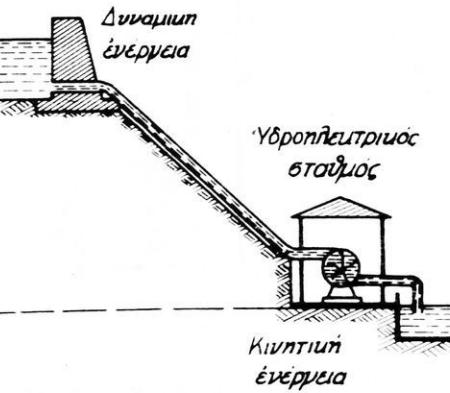
'Αναλόγως δμως μὲ τὴν προέλευσιν τῆς ἡ ἐνέργεια ἔχει διαφόρους δόνομασίας.

§ 50. Διάφοροι μορφαὶ ἐνεργείας. **a)** Τὸ ὄδωρ ἐνὸς ὄντροφράγματος κατέχει λόγω τῆς θέσεώς του ἐνέργειαν. Πράγματι ἂν τὸ ὄδωρ αὐτὸ ἀφεθῇ νὰ ρεύσῃ ἐντὸς καταλλήλων σωλήνων, δύναται νὰ κινήσῃ τοὺς ὄντροφροβίλους, οἱ ὅποιοι εύρισκονται εἰς τὴν βάσιν τοῦ φράγματος (σχ. 46).

"Ένα συμπεπιεσμένον ἐλατήριον ἂν ἀφεθῇ ἐλεύθερον νὰ ἀποσυπειρωθῇ, δύναται νὰ ἐκτινάξῃ μακρὰν μίαν μικρὰν σφαῖραν. Τὸ συσπειρωμένον ἐλατήριον περικλείει ἐπομένως, λόγῳ τῆς καταστάσεως του, ἐνέργειαν ἡ ὅποια εἰς τὴν κατάλληλον στιγμὴν μεταβάλλεται εἰς ἔργον.

Ή ένέργεια τήν όποιαν περικλείει ένα σῶμα λόγω θέσεως ή καταστάσεως δονομάζεται δυναμική ένέργεια.

Από τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ότι η δυναμική ένέργεια, τήν όποιαν περικλείει τὸ σῶμα, θὰ είναι ἵση μὲ τὸ ἔργον τὸ ὄποιον ἀπητήθη διὰ νὰ ἔλθῃ τὸ σῶμα εἰς τὴν θέσιν ή τὴν κατάστασιν εἰς τὴν όποιαν εύρισκεται. Οὕτως ἔνα σῶμα βάρους B , τὸ ὄποιον μεταφέρεται εἰς ὑψος h ἀπὸ τὸ δάπεδον, ἔχει, ὡς πρὸς τὸ δάπεδον, δυναμικήν ένέργειαν (Ε_{δυν}) ἵσην μέ :



Σχ. 46. Τὸ ῦδωρ τοῦ ဉδροφράγματος περικλείει δυναμικὴν ένέργειαν, ή όποια τελικῶς κινεῖ τοὺς ဉδροστροβίλους ἐνὸς ἔργοστασίου.

$$\mathbf{E}_{\text{δυν}} = \mathbf{B} \cdot \mathbf{h}$$

Πράγματι διὰ νὰ ἀνυψωθῇ τὸ σῶμα εἰς ὑψος h , ἡσκήθη ἐπ’ αὐτοῦ δύναμις ἵση μὲ τὸ βάρος τοῦ B , ή όποια κατὰ τὴν ἀνύψωσιν παρήγαγεν ἔργον A ἵσον μέ : $A = B \cdot h$. Τὸ ἔργον ἀκριβῶς αὐτὸ ἀπεθηκεύθη εἰς τὸ σῶμα ὑπὸ μορφὴν δυναμικῆς ἐνεργείας.

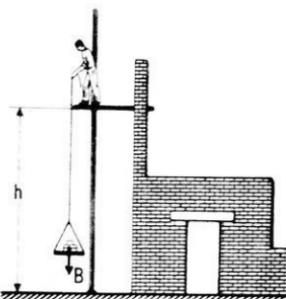
Εἰς τὴν περίπτωσιν ἐνὸς συσπειρωμένου ἐλατηρίου, ή δυναμικὴ ένέργεια είναι ἵση μὲ τὸ ἔργον τὸ ὄποιον κατηναλώθη διὰ τὴν συσπείρωσίν του.

Ἡ κινουμένη μᾶζα τοῦ ဉδατος θέτει εἰς περιστροφὴν τοὺς τροχοὺς ἐνὸς ဉδροστροβίλου. Ο ἄνεμος, ή κινουμένη δηλαδὴ μᾶζα τοῦ ἀέρος, κινεῖ τὸ ἴστιοφόρον ἢ τὸν ἀνεμόμυλον. Τὰ κινούμενα λοιπὸν σώματα περικλείονται λόγῳ τῆς ταχύτητος των ένέργειαν.

Ἡ ένέργεια τὴν όποιαν περικλείει ένα σῶμα λόγω τῆς ταχύτητός του δονομάζεται κινητικὴ ένέργεια.

“Οπως ἀποδεικνύεται, ή κινητικὴ ένέργεια ($E_{\text{κιν}}$) ἐνὸς σώματος μάζης m καὶ ταχύτητος v δίδεται ἀπὸ τὸν τύπον :

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



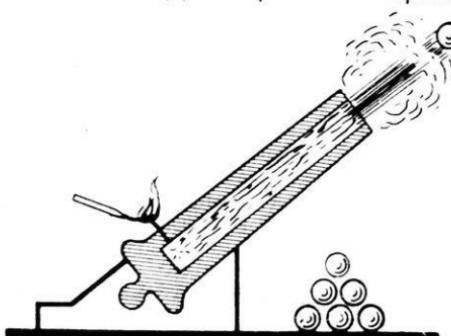
Σχ. 47. Ο έργατης διαθέτει μυκήν ενέργειαν, χάρις εἰς τὴν ὅποιαν ἀνυψώνειτὸν δίσκον μὲ τὰ ὄλικά.

Η δυναμική καὶ ή κινητική ενέργεια είναι δύο μορφαὶ τῆς μηχανικῆς ενέργειας.

β) Ἔνας έργατης δύναται χρησιμοποιῶν τὴν δύναμιν τῶν μυώνων του, νὰ μεταφέρῃ ἢ νὰ ἀνυψώσῃ, μὲ τὴν βοήθειαν μιᾶς καταλλήλου διατάξεως, ὄλικά. Ο έργατης διαθέτει **μυκήν ενέργειαν** (σχ. 47).

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

δ) Η ενέργεια τὴν ὅποιαν περικλείει ἔνα σῶμα λόγω τῆς θερμικῆς του καταστάσεως ὀνομάζεται **θερμικὴ ενέργεια**. Η ενέργεια τῆς μορφῆς αὐτῆς ἀποδίδεται, π.χ., κατὰ τὴν καῦσιν ἐνὸς σώματος.



Σχ. 48. Ὄταν πυροδοτηθῇ τὸ ἐκρηκτικὸν γέμισμα, ἀπελευθερώνεται χημικὴ ενέργεια, ἡ ὅποια παράγει μηχανικὸν ἔργον.

ε) Ἀλλαι μορφαὶ ενέργειας είναι ἡ **ἤλεκτρικὴ ενέργεια**, ἥτις παράγεται ἀπὸ εἰδικὰς μηχανανὰς (ἐναλλακτήρες τῶν σταθμῶν ἤλεκτροπαραγωγῆς), ἡ **φωτεινὴ ενέργεια**, ἡ **μαγνητικὴ ενέργεια** κ.λπ.

Αἱ διάφοροι ἀκτινοβολίαι, ὅπως αἱ ἀκτῖνες Χ, τὰ ραδιοφωνικὰ κύματα, αἱ ἀκτινοβολίαι τῶν ραδιενεργῶν σωμάτων κ.λπ., μεταφέρουν ἐνέργειαν, ἡ ὅποια ὀνομάζεται ἀκτινοβόλος ἐνέργεια.

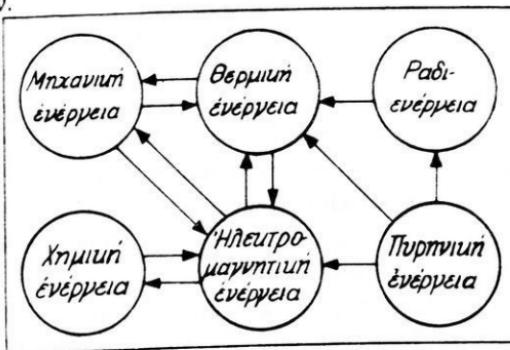
στ) Κατὰ τὰ τελευταῖα ἔτη αἱ «ἀτομικαὶ βόμβαι» μᾶς ἐγνώρισαν τὴν πυρηνικὴν ἐνέργειαν. Ἡ ἐνέργεια αὐτὴ μετατρέπεται εἰς τοὺς ἀτομικοὺς ἀντιδραστήρας εἰς θερμικὴν ἐνέργειαν, ἡ ὅποια μὲ τὴν σειράν της μετατρέπεται εἰς τοὺς ἀτομικοὺς ἡλεκτροπαραγωγικοὺς σταθμοὺς καὶ δίδει ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

§ 51. Μετατροπai τῆς ἐνέργειας. "Οταν μᾶς δοθῇ ἐνέργεια μιᾶς ώρισμένης μορφῆς, είναι δύνατὸν νὰ τὴν μετατρέψωμεν, εἰς ἕνα ἢ περισσότερα στάδια, εἰς ἐνέργειαν ἄλλης μορφῆς.

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

Ἡ ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια δύναται ἐπίσης νὰ μετατραπῇ εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν καὶ νὰ κινήσῃ μίαν ἀμάξοστοιχίαν ἢ εἰς φωτεινήν ἐνέργειαν ἢ εἰς θερμικὴν ἐνέργειαν.

Εἰς τὸ σχῆμα 49 διδέται μία γενικὴ εἰκὼν τῶν σπουδαιότερων μορφῶν ἐνέργειας καὶ αἱ δύνατότητες μετατροπῆς των ἀπὸ τὴν μίαν μορφὴν εἰς τὴν ἄλλην, πρᾶγμα τὸ ὅποιον παριστάνει ἡ φορὰ τῶν βελῶν.



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

§ 52. Μηχανικὴ ἐνέρ-

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

Πράγματι ἔνα σῶμα τὸ ὁποῖον κινεῖται ἐπὶ ἐνὸς ὄριζοντίου ἐπιπέδου ἔχει, ὡς πρὸς τὸ ἐπίπεδον αὐτὸ μηδενικήν δυναμικήν ἐνέργειαν. Τὸ σῶμα ὅμως λόγω τῆς ταχύτητός του ἔχει κινητικήν ἐνέργειαν.

Ἐνα σῶμα τὸ ὁποῖον εὑρίσκεται ἐπὶ τῆς τραπέζης, ἔχεις ὡς πρὸς τὸ δάπεδον δυναμικήν ἐνέργειαν καὶ ἐφ' ὅσον ἡρεμεῖ ἔχει μηδενικήν κινητικήν ἐνέργειαν. Ἀν τὸ σῶμα πέσῃ, τότε λόγω τῆς κινήσεώς του ἀποκτᾶ κινητικήν ἐνέργειαν. Κατὰ τὴν πτῶσιν του ὅμως πρὸς τὸ δάπεδον, χάνει δόλονεν ὑψος καὶ ἐπομένως ἐλαττοῦται ἡ δυναμική του ἐνέργεια. ἐνδι παραλλήλως αὐξάνεται ἡ ταχύτης του, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον ἔχει ὡς συνέπειαν νὰ αὐξάνεται ἡ κινητική του ἐνέργεια.

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

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

Παρατήρησις. Ὄταν ἡ κινητική ἐνέργεια ἐνὸς σώματος μετατρέπεται μερικῶς ἢ ὅλικῶς εἰς ἔργον, ἡ ταχύτης του σώματος ἐλαττοῦται (ἢ μηδενίζεται). Οὕτως ἡ ταχύτης τοῦ ποδῆλατιστοῦ, δ ὁποῖος χάρις εἰς τὴν κινητικήν του ἐνέργειαν ἀνέρχεται εἰς μίαν ἀνήφορικήν ὁδὸν, χωρὶς νὰ κινῇ τά ποδόπληκτρα, ἐλαττοῦται δόλονεν καὶ τέλος μηδενίζεται. Διά τὸν ίδιον λόγον καὶ ἡ μάζα τοῦ σφυρίου ἀκινητεῖ, ὅταν ἐμπήξῃ τὸ καρφίον κατ' ὀλίγα χιλιοστόμετρα ἐντὸς τοῦ ξύλου.

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

Ἡ ἔξήγησις τοῦ φαινομένου είναι ἡ ἔξῆς. Τὸ θερμὸν ὕδωρ μετεβίβασε θερμότητα εἰς τὸν δοκιμαστικὸν σωλῆνα μὲ ἀποτέλεσμα νὰ ἔξαερωθῇ ὁ αιθέρης. Οἱ ἀτμοὶ τοῦ αιθέρος ἡσκησαν πιέζουσαν δύναμιν εἰς τὸ πῶμα καὶ τὸ ἔξετίναξαν.

Ἐφ' ὅσον τὸ πῦρα ἔξεσφενδονίσθη, αἱ πιέζουσαι δυνάμεις παρήγαγον ἔργον (διότι μετεκινήθη τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς των). Δηλαδὴ 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.

"Ωστε :

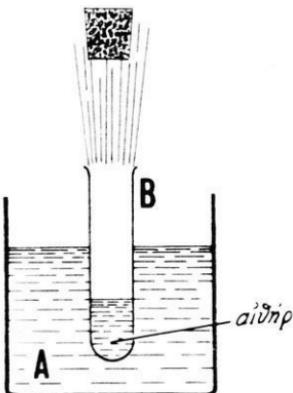
Ἡ θερμικὴ ἐνέργεια, τὴν ὁποίαν ἀποδίδει ἔνα ψυχόμενον σῶμα, δύναται νὰ μετατραπῇ εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν.

§ 54. Μονάδες ἐνέργειας. Ἀνεφέρθη ὅτι ἡ ἐνέργεια ἐνὸς σώματος ἡ ἐνὸς συστήματος, οἵασδήποτε μορφῆς, εἶναι δυνατὸν νὰ ἐκτιμήθῃ μὲ τὸ ἔργον, εἰς τὸ ὅποιον δύναται νὰ μετατραπῇ. Ἡ διαπίστωσις αὐτὴ μᾶς ὀδηγεῖ εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι ἡ ἐνέργεια καὶ τὸ ἔργον είναι φυσικά μεγέθη τῆς ιδίας φυσικῆς ὑποστάσεως, πρᾶγμα τὸ ὅποιον ἔχει ως συνέπειαν νὰ μετρῶνται μὲ τὰς ιδίας μονάδας.

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

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

§ 55. Ὑποβάθμισις τῆς ἐνέργειας. Ἀρχὴ τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνέργειας. Ἡ θερμικὴ ἐνέργεια είναι ἀπὸ ὅλας τὰς μορφὰς τῆς ἐνέργειας ἡ δυσκολώτερον μετατρεπομένη εἰς ἄλλην μορφὴν. Κατὰ τὴν μετατροπὴν δὲ θερμικῆς ἐνέργειας εἰς ἐνέργειαν ἄλλης μορφῆς, παραμένει πάντοτε ὑπὸ θερμικὴν μορφὴν ἔνα ὑπόλοιπον ἐνέργειας, τὸ ὅποιον δὲν δυνάμεθα νὰ χρησιμοποιήσωμεν. Ἀντιθέτως αἱ ἄλλαι μορφαὶ ἐνέργειας μετατρέπονται, σχετικῶς εὐκόλως, ἡ μία εἰς τὴν ἄλλην. Ἐπειδὴ δημοσιεύεται εἰς θερμότητα, λέγομεν ὅτι κατὰ τὴν μετατροπὴν τῆς ἐνέργειας συμβαίνει ὑποβάθμισις.



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

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

Ἄν εἶχομεν ἔνα ἀπομονωμένον σύστημα, ἔνα σύστημα δηλαδὴ
τὸ ὅποιον οὐτε νὰ λαμβάνῃ ἀπὸ τὸ περιβάλλον του ἐνέργειαν, οὐτε
νὰ ἀποδίδῃ ἐνέργειαν εἰς αὐτό, τότε ή δύλική ἐνέργεια τοῦ συστήματος
(τὸ ἄθροισμα δηλαδὴ τῶν διαφόρου μορφῆς ἐνέργειῶν, αἱ ὁποῖαι
περιέχονται εἰς τὸ σύστημα, οἵαιδηποτε καὶ ἂν είναι αἱ ἐσωτερικαὶ
μετατροπαὶ των), παραμένει σταθερά.

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

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

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

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

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

4. Ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια, τὴν ὅποιαν κατέχει ἔνα σῶμα η
ἔνα σύστημα σωμάτων, είναι η ἐνέργεια τὴν ὅποιαν ἔχει ἀποθη-
κευμένην ἐξ αἰτίας τῆς θέσεως η τῆς καταστάσεώς του τὸ σῶμα
η τὸ σύστημα.

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

6. Ἡ κινητικὴ καὶ η δυναμικὴ ἐνέργεια είναι δύο μορφαὶ
τῆς μηχανικῆς ἐνέργειας.

7. Ἡ ἐνέργεια ἀναλόγως μὲ τὴν προέλευσίν της ὑποδιαι-
ρεῖται εἰς μηχανικὴν (δυναμικὴν η κινητικήν), μυϊκήν, χημικήν,
φωτεινήν, θερμικήν, ἀκτινοβόλον, ἡλεκτρικήν, μαγνητικήν,
πυρηνικήν κ.λπ.

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

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

59. Ἐνα σῶμα βάρους 15 kp ἔχει ἀνυψωθῆ κατὰ 200 m ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς Γῆς. Νὰ εύρεθη ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια τὴν ὅποιαν ἔχει τὸ σῶμα εἰς αὐτήν τὴν θέσιν.
($\text{Απ. } 3\,000 \text{ kpm.}$)

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

61. Ἐνας λίθος ἔχει μάζαν 20 gr καὶ βάλλεται κατακούφως μὲ ἀρχικὴν ταχύτητα 20 m/sec. Νὰ εύρεθη ἡ κινητικὴ ἐνέργεια, τὴν ὅποιαν ἀτέκτησεν ὁ λίθος κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς βολῆς.
($\text{Απ. } 40\,000\,000 \text{ erg.}$)

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

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

II. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ

I.—ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΕΙΣ ΘΕΡΜΙΚΗΝ

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

"Ωστε :

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



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

Πείραμα. "Ἐνα κυλινδρικὸν δρειχάλκινον δοχεῖον περιέχει αἰθέρα ἔως τὸ μέσον, φράσσεται δὲ μὲ ἔνα πῶμα ἀπὸ φελλόν. Μὲ τὴν βοήθειαν ἐνὸς στροφάλου στρέφομεν τὸν κύλινδρον, ἐνῶ συγχρόνως ἐμποδίζομεν τὴν περιστροφὴν του μὲ μίαν ξυλολαβίδα (σχ. 52). Παρατηροῦμεν τότε ὅτι τὸ πῶμα ἐντὸς δλίγου ἐκτινάσσεται.

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

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

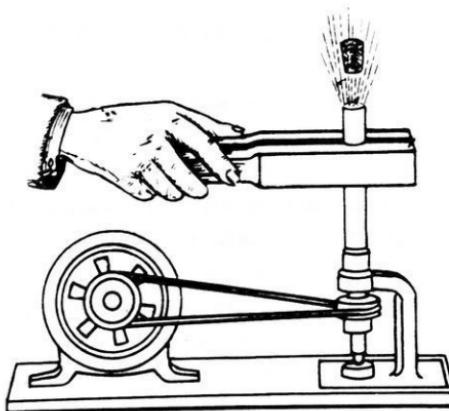
Ωστε :

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

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

Ἐφαρμογαὶ. Τὸ τύμπανον τῶν πεδῶν (φρένων) τῶν τροχῶν τοῦ αὐτοκινήτου θερμαίνεται, ὅταν πεδίζωμεν. Ἔνα μέρος τῆς κινητικῆς ἐνέργειας τοῦ δχῆματος μετατρέπεται εἰς θερμικὴν ἐνέργειαν.

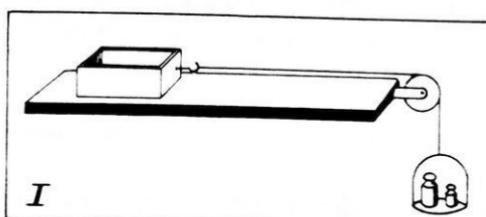
Δι’ αὐτὸν τὸν λόγον εἰς τὰ μηχανουργικὰ ἔργαστήρια, ὅταν πρόκειται νὰ κατεργασθοῦν σκληρὰ μέταλλα μὲν μεταλλικὰ ἔργαλεῖα, διαβρέχουν, κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς ἔργασίας, συνεχῶς τὸ ἔργαλεῖον μὲν σαπωνοδιάλυμα, ψύχοντες τὸ μέταλλον μὲν αὐτὸν τὸν τρόπον καὶ ἀποτρέποντες τὴν ἐρυθροπύρωσιν του, ὅπότε ὑπάρχει πιθανότης καταστροφῆς τοῦ ἔργαλείου.



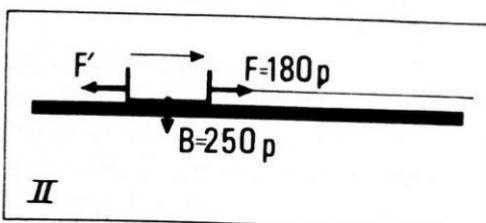
Σχ. 52. Ἡ τριβὴ τῆς ξυλολαβίδος ἐπὶ τοῦ μεταλλικοῦ σωλῆνος ἀναπτύσσει θερμότητα ἡ ὁποία ἔξαερώνει τὸν αἰθέρα τοῦ σωλῆνος

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

ΙΑ' — ΤΡΙΒΗ. ΜΗΧΑΝΙΚΟΝ ΙΣΟΔΥΝΑΜΟΝ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΔΟΣ



I



II

Σχ. 53. Διάταξις διὰ τὴν μελέτην τῆς τριβῆς κατὰ τὴν δριζοντίαν δὲισθησιν (I). Συνολικὸν βάρος 250 p μετακινεῖται μὲ δριζόντιον δύναμιν 180 p (II).

§ 57. Η 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 δὲισθαίνῃ τὸ κιβώτιον ἐπὶ τῆς δριζοντίας σανίδος, δόποτε σημειώνομεν τὸ βάρος τῶν σταθμῶν, διὰ τὸ ὅποιον ἥρχισεν ἡ δὲισθησις καὶ ἔστω ὅτι αὐτὸ εἶναι 180 p. Εἰς τὸ κιβώτιον ἀσκεῖται ἐπομένως μία δριζόντια δύναμις $F = 180$ p (σχ. 53, II).

α) "Οταν δὲν ἀσκῆται ἐλξις εἰς τὸ κιβώτιον, αὐτὸν ὑπόκειται εἰς τὴν δρᾶσιν τοῦ βάρους του καὶ εἰς τὴν ἀντίδρασιν τὴν ὅποιαν ἀσκεῖ ἡ σανίς. Ἐφ' ὅσον δὲ τὸ κιβώτιον παραμένει ἀκίνητον, πρέπει ἡ συνισταμένη τῶν δυνάμεων, αἱ ὅποιαι ἐνεργοῦν ἐπ' αὐτοῦ, νὰ εἶναι ἵση πρὸς μηδέν. Ἡ ἀντίδρασις συνεπῶς τῆς σανίδος ἔχει κατακόρυφον διεύθυνσιν καὶ φορὰν πρὸς τὰ ἄνω, μέτρον δὲ ἵσον μὲ τὸ βάρος τοῦ κιβωτίου.

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

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

'Απὸ τὸ ἀνωτέρω πείραμα συμπεραίνομεν ὅτι, ὅταν ἀσκῆται εἰς τὸ κιβώτιον μία ὄριζοντία ἐλκτικὴ δύναμις F < 180 p, τὸ κιβώτιον ὑπόκειται εἰς τὴν δρᾶσιν μιᾶς ἄλλης δυνάμεως F', ἵσης ως πρὸς τὸ μέτρον μὲ τὴν F, ἄλλα ἀντιθέτου φορᾶς ἀπὸ ἐκείνην. Ἡ δύναμις αὐτὴ F' ἀσκεῖται ἀπὸ τὴν ὄριζόντιον σανίδα εἰς τὸ κιβώτιον. Εὐθὺς ως ἡ ὄριζόντιος ἐλκτικὴ δύναμις F γίνη ἵση πρὸς 180 p, ἀρχεται ἡ δλίσθησις τοῦ κιβωτίου. Ἡ δύναμις ἐπομένως F', ἡ ὅποια ἀναφαίνεται ὅταν ἀσκηθῇ μία ὄριζόντιος δύναμις F εἰς τὸ κιβώτιον, δὲν δύναται μὲ τὰς συνθήκας τοῦ πειράματος, νὰ ἀποκτήσῃ μέτρον μεγαλύτερον τῶν 180 p.

Αὐτὴ ἡ ἀνθισταμένη εἰς τὴν κίνησιν τοῦ κιβωτίου δύναμις, δφείλεται εἰς τὴν τριβὴν τῆς ἔξωτερηκῆς ἐπιφανείας τῆς βάσεως τοῦ κιβωτίου, ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς ὄριζοντίας σανίδος καὶ δνομάζεται δύναμις τριβῆς ἡ ἀπλῶς τριβή. Ἐπομένως :

"Οταν ἔνα σῶμα κινηται, εἰς τρόπον ὥστε νὰ εὑρίσκεται συνεχῶς εἰς ἐπαφὴν μὲ ἔνα ἄλλο σῶμα, ἀναπτύσσεται μία δύναμις, ἡ ὅποια ἀντιτίθεται πρὸς ἐκείνην ἡ ὅποια κινεῖ τὸ σῶμα. Ἡ ἀντιτίθεμένη εἰς τὴν κίνησιν δύναμις, δνομάζεται τριβή.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Από τὰ άνωτέρω καταλήγομεν εἰς τὸ συμπέρασμα διτι :

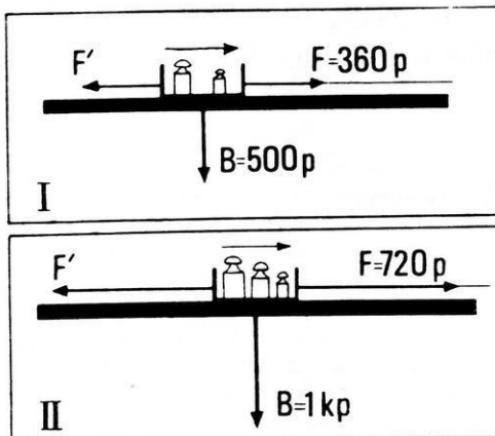
Ἡ τριβὴ δὲ λισθήσεως :
 α) Εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν κάθετον δύναμιν, τὴν ὅποιαν ἀσκεῖ ἡ τριβουσσα ἐπιφάνεια (κιβώτιον) ἐπὶ τῆς τριβομένης ἐπιφανείας (σανίς). Ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τῶν τριβομένων ἐπιφανειῶν. γ) Εἶναι ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὸ ἐμβαδὸν τῶν προστριβομένων ἐπιφανειῶν. δ) Ὁπως ἀποδεικνύεται, ἀπὸ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

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

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

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

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



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



Σχ. 55. Ἡ τριβὴ κυλίσεως ἔχουδετεροῦται εὐκολώτερον ἀπὸ τὴν τριβὴν δὲ λισθήσεως

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

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

§ 60. Συνέπειαι τῆς τριβῆς. Παρατηροῦμεν διτὶ ὅσον περισσότερον ἀνώμαλοι εἶναι αἱ ἐπιφάνειαι, αἱ δόποιαι εὐρίσκονται ἐν ἐπαφῇ, τὸσον μεγαλύτεραι εἶναι καὶ αἱ δυνάμεις τῆς τριβῆς δὲσθισθεως. Ἡ τριβὴ αὐτὴ ὄφειλεται εἰς τὰς ἀνωμαλίας τῶν δύο ἐπιφανειῶν, αἵτινες εὐρίσκονται εἰς ἐπαφήν. Αὐται αἱ ἀνωμαλίαι ἐμπλέκονται μεταξὺ τῶν καὶ ἀντιτίθενται εἰς τὴν κίνησιν (σχ. 56).

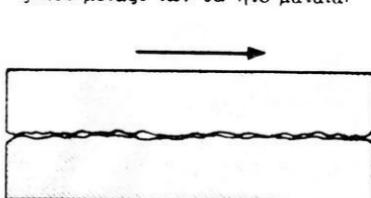
Οἱ δεύτεροι παράγων, ὁ δόποιος συντείνει εἰς τὴν ἐμφανισιν τῆς τριβῆς, εἶναι αἱ παραμορφώσεις, αἱ δόποιαι δημιουργοῦνται εἰς τὰς δύο ἐπιφανείας, δταν αὐται πιέζωνται μεταξύ τῶν. Βεβαίως τὰς περισσοτέρας φοράς αὐται αἱ παραμορφώσεις δὲν γίνονται ἀντιληπται, δὲν παύουν δῆμως νά ὑπάρχουν.

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

Παραλλήλως δῆμως ἡ τριβὴ δημιουργεῖ καὶ χρήσιμα ἀποτελέσματα. Ἔνα σῶμα, π.χ., τὸ δόποιον εὐρίσκεται ἐπὶ ἐνός κεκλιμένου ἐπιπέδου, παραμένει ἀκίνητον καὶ δὲν δὲσθαινει πρός τὰ κατώτερα σημεία τοῦ ἐπιπέδου, ἐξ αἰτίας τῶν δυνάμεων τριβῆς.

Χωρὶς τὰς δυνάμεις τριβῆς θὰ μᾶς ἡτο ἀδύνατον νά σταθῶμεν δρθιοι καὶ νά περιπατήσωμεν. Γνωρίζομεν διτὶ τὸν χειμῶνα, μᾶς εἶναι πολὺ δύσκολον νά περιπατήσωμεν ἐπάνω εἰς παγοκρυστάλλους. Ἐπίστης δὲν θὰ ἡτο δυνατὸν νά κρατήσωμεν ἔνα ἀντικείμενον εἰς τὰς χειράς μας, ἀφοῦ τὰ πάντα θὰ ἡσαν δὲσθηρά.

Αν δὲν ὑπῆρχε τριβὴ, θὰ μᾶς ἡτο ἀδύνατον νά κατασκευάσωμεν δι. τιδήποτε. Ἐὰν δὲν ὑπῆρχε τριβὴ δὲν θὰ ὑπῆρχον καὶ ἀνωμαλίαι εἰς τὴν ἐπιφάνειαν π.χ. τοῦ καρφίου καὶ εἰς τὴν σανίδα, δόποτε τὸ καρφίον δὲν θὰ συνεκρατείτο εἰς τὴν δύπην τῆς σανίδος. Δηλαδὴ πᾶσα ἀπόπειρα διά νά συνδέσωμεν δύο τεμάχια ξύλου μεταξύ τῶν θὰ ἡτο ματαια.



Δυνάμεις τριβῆς εἶναι καὶ ἐκεῖναι αἱ δόποιαι ἀσκοῦνται ἀπὸ τὰς πέδας εἰς τοὺς τροχοὺς τῶν αὐτοκινήτων καὶ μᾶς ἐπιτρέπουν νά σταματήσωμεν τὰ ὄχηματα ή νά μετριάσωμεν τὴν ταχύτητά των.

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

Σχ. 56. Αἱ τριβαι διφείλονται κατὰ τὸ ἀρχικὸν μας πείραμα διά τὴν μελέτην ἔνα μέρος εἰς τὰς ἀνωμαλίας τῶν τῆς τριβῆς, χρησιμοποιοῦντες μίαν λείαν ἐπιφανειῶν τῶν σωμάτων. σανίδα, μὲ τὴν διαφοράν διτὶ τὴν ἔχομεν

έπιστρώσει μὲ σαπωνοδιάλυμα. Παρατηρούμεν τότε ὅτι, ἀν καὶ ἐρματίζωμεν τὸ κιβώτιον μὲ 1 000 ρ. ἄρκεῖ μια ὄριζοντια δύναμις 120 ρ διὰ νά προκαλέσῃ ὀλίσθησιν τοῦ κιβωτίου.

Διὰ νά ἐλαττώσωμεν τὴν τριβὴν ἐπαλείφομεν τάς ἐπιφανείας, αἱ ὄποιαι εὐρίσκονται εἰς ἐπαφήν, μὲ λιπαντικάς οὐσίας. Διὰ νά μὴ καταστραφοῦν λόγῳ τριβῆς τὰ μέταλλα, τὰ ὄποια ἐφάπτονται μεταξὺ τῶν εἰς τὸν μηχανισμόν, π.χ., ἐνός αὐτοκινήτου, εἰς μὲν τὴν μηχανήν τοποθετοῦμεν εἰδικὸν ἔλαιον. Λιπαίνομεν δὲ τὸ σύστημα ὀδηγήσεως καὶ τοὺς ἄξονας τῶν τροχῶν.

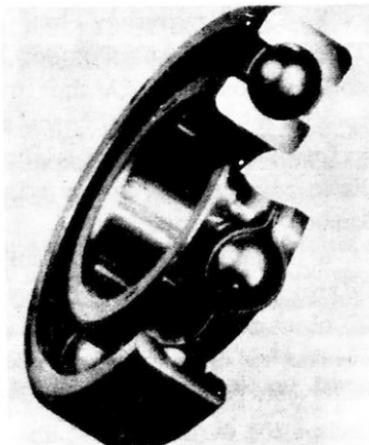
Ἐνα ποδῆλατον μὲ λειπασμένους τοὺς ἄξονας τῶν τροχῶν του τρέχει καλύτερον καὶ ταχύτερον ἀπὸ ἔνα ἄλλον τοῦ ὄποιου εἶναι ἀλίπαντα καὶ ξηρά τὰ κινούμενα μέρη. Ἐνας κινητήρ, ὁ ὄποιος λειτουργεῖ χωρὶς νά λιπαίνεται, ἀχρηστεύεται πολὺ συντόμως.

Σημαντικῶς ἐλαττοῦται ἡ τριβὴ διαν, ὥπως ἀνεφέραμεν, μετατρέψωμεν τὴν ὀλίσθησιν εἰς κύλισιν. Αὐτὸ ἐπιτυγχάνεται μὲ παρεμβολὴν, μεταξὺ τῶν δύο τριβομένων μὲ ὀλίσθησιν ἐπιφανειῶν, μικρῶν κυλινδρικῶν στελεχῶν, ἐπὶ τῶν ὄποιών ἐπικάθηται τὸ μεταποιζόμενον βαρύ ἀντικείμενον. Τὰ κυλινδρικά στελέχη εἶναι κάθετα πρὸς τὴν ἐλκουσαν δύναμιν.

Ἐφαρμογὴν αὐτῆς τῆς παρατηρήσεως ἀποτελεῖ ἡ κατασκευὴ τῶν ἐνσφαίρων τριβέων (κοινῶς ρουλεμάν), οἱ ὄποιοι ἔχουν μεγάλας ἐφαρμογάς εἰς τὴν Τεχνικὴν. Ἀπλούν παράδειγμα τῆς ἐφαρμογῆς των ἔχομεν εἰς τὸ ποδῆλατον. Οἱ ἄξονες τῶν τροχῶν τοῦ ποδῆλατου δὲν ἐφάπτονται ἀτεύθειας εἰς τὰ περιαξόνιά των, ἀλλὰ μὲ παρεμβολὴν ἐνσφαίρων τριβέων. Οἱ ἐνσφαίροι τριβεῖς περιλαμβάνουν μικράς χαλυβδίνους σφαίρας, αἱ ὄποιαι παρεμβάλλονται εἰς τὰς τριβομένας ἐπιφανείας (σχ. 57).

Ἀντιθέτως διὰ νά ἀποφύγωμεν τὴν ὀλίσθησιν τῶν τροχῶν μιᾶς ἀτμομηχανῆς ἐπάνω εἰς τὰς σιδηροδρομικάς γραμμάς, τὰς ἐπικαλύπτομεν μὲ ἄμμον, διὰ νά αὐξήσωμεν τὴν τραχύτητα τῶν. Διὰ μίαν ἀνάλογον αλίτιαν ρίπτομεν ἄμμον ἐπάνω εἰς ἔναν δρόμον ὁ ὄποιος ἔχει καλυφθῆ ἀπὸ παγοκρυστάλλους.

Αἱ σιαγόνες τῶν πεδῶν (φρένων) εἰς τὰ αὐτοκίνητα καὶ οἱ δίσκοι τῶν συμπλεκτῶν (άμπραγιάς) εἶναι ἐφωδιασμένοι μὲ εἰδικάς μηχανικάς διατάξεις, αἱ ὄποιαι αὐξάνουν τὴν τριβὴν. Οσον περισσότερον συμπλέζονται μεταξὺ τῶν δύο ἐπιφανειαι αἱ ὄποιαι ἐφάπτονται, εἴτε μὲ τὴν βοήθειαν μοχλῶν οἱ ὄποιοι πολλαπλασιάζουν τὰς μεταξὺ τῶν δυνάμεις (φρένα), εἴτε μὲ τὴν βοήθειαν ἰσχυρῶν ἐλατηρίων (συμπλέκτης), τόσον ἡ τριβὴ ἡ ὄποια ἀναπτύσσεται μεταξὺ τῶν δύο αὐτῶν ἐπιφανειῶν αὐξάνεται.



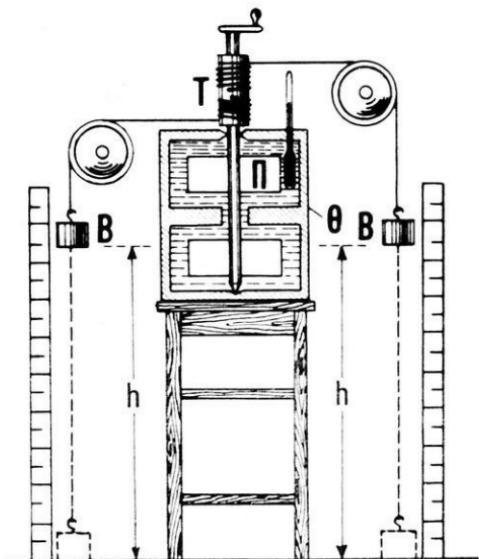
Σχ. 57. Ἐνσφαίροι τριβεῖς (ρουλεμάν).

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

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

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

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



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

κρασίας. Τό μηχανικὸν ἔργον τὸ δποῖον παράγεται κατὰ τὴν πτῶσιν τῶν βαρῶν, εἰναι ἐκεῖνο τὸ δποῖον μετατρέπεται εἰς θερμότητα ἐξ αἰτίας τῶν τριβῶν.

Ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, ἡ δποία ἐλευθεροῦται, εὑρίσκεται ἀν μετρήσωμεν τὴν αὐξησιν τῆς θερμοκρασίας καὶ ἀν γνωρίζωμεν τὴν μᾶζαν τοῦ ὄδατος, ἡ δποία περιέχεται εἰς τὸ θερμιδόμετρον.

γ) Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. Εἰς μίαν σειρὰν πειραμάτων μὲ τὴν διάταξιν τῆς συσκευῆς Τζάουλ, ἔγιναν αἱ ἀκόλουθοι μετρήσεις : 1) Ὁλικὸν ισοδύναμον εἰς ὄδωρ 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) Ανύψωσις τῆς θερμοκρασίας = 1,1 °C. Νὰ εὑρεθῇ τὸ μηχανικὸν ισοδύναμον τῆς θερμίδος, ἡ ἀριθμητικὴ σχέσις ισότητος, δηλαδὴ, μεταξὺ θερμίδος καὶ Joule.

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

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

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

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

Ἄρα τὸ ἔργον Α τὸ δποῖον 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 δποίαν μετατρέπεται τὸ μηχανικὸν ἔργον τῆς πτώσεως τῶν σωμάτων, εἶναι ἵση μὲ ἐκείνην ἡ δποία ἀνύψωσε τὴν θερμοκρασίαν τοῦ θερμιδομέτρου κατὰ 1,1 °C καὶ ἡ δποία δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν :

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

Δηλαδὴ :

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

δπου K ἡ δλικὴ θερμοχωρητικότης τοῦ δργάνου.

Ἄρα μηχανικὴ ἐνέργεια 14 126,4 Joule μετετράπη εἰς ισοδύναμον θερμικὴν ἐνέργειαν 3 377 cal. Ἐπομένως σκεπτόμενοι ἀντιστρόφως, δυνάμεθα νὰ υπολογίσωμεν τὸ ἔργον τὸ δποῖον δύναται νὰ παραχθῇ ἀπὸ θερμικὴν ἐνέργειαν 1 cal, δπότε θὰ ἔχωμεν δτι : 3 377 cal ισοδυναμοῦν μὲ 14 126,4 Joule καὶ 1 cal ισοδυναμεῖ μὲ 14 126,4/3 377 Joule.

Δηλαδὴ :

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

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

Συμπέρασμα. Πολυάριθμοι μετρήσεις ἔδειξαν δτι ἀναφαίνεται ποσό-

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

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

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

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

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

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

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

$$Q = J \cdot A$$

ὅπου J τὸ μηχανικὸν ἰσοδύναμον τῆς θερμίδος.

A N A K E Φ A Λ A I Ω S I S

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

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

3. Η δύναμις τῆς τριβῆς ἔξαρταται ἀπὸ τὴν φύσιν τῶν δύο ἐπιφανειῶν καὶ εἶναι ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὴν τρίβουσαν ἐπιφάνειαν καὶ τὴν ταχύτητα τῆς μετατοπίσεως, διὰ μικράς ταχύτητας.

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

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

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

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

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

64. Μὲ ποῖα ποσὰ μηχανικῆς ἐνέργειας ἀντιστοιχοῦν: α) 0,0117 kcal, β) 234 kcal, γ) 0,14 kcal.
(Απ. 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 ἀκόλουθως εἰς Joule η ἐνέργεια τὴν ὅποιαν δύναται νὰ ἀποδώσῃ η καῦσις μείγματος 1 kg ἄνθρακος ἐὰν περέχῃ 90% ἄνθρακα.

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

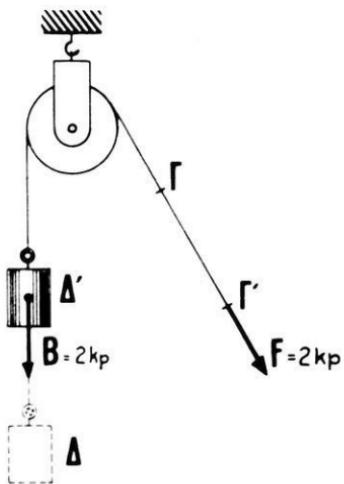
66. Νὰ εὑρεθῇ εἰς Joule η ἐνέργεια η ὅποια ἀπαιτεῖται διὰ νὰ αὐξηθῇ η θερμοκρασία 1 200 gr ὑδατος ἀπὸ τὸν 15 °C εἰς τὸν 80 °C

(Απ. $Q = 326\ 040 \text{ Joule.}$)

67. "Ενα τετραγωνικὸν πρίσμα ἀπὸ σίδηρον ἔχει διαστάσεις 8 cm · 5 cm · 3 cm καὶ εἰώσκεται ἐπάρω εἰς ἓνα ὁρίζοντιον ἐπίπεδον. Τὸ πρίσμα σύρεται ὁρίζοντιος ἀπὸ ἓνα σχοινίον, τὸ ὅποιον, ἀφοῦ διέλθῃ ἀπὸ μίαν τροχαλίαν σιγκρατεῖ ἔναν δίσκον. Τὸ πρίσμα εἶναι τοποθετημένον εἰς τὸ ὁρίζοντιον ἐπίπεδον μὲ τὴν μεγαλυτέραν ἀπὸ τὰς ἔδρας τον καὶ τίθεται εἰς κάνησιν, ὅταν ὁ δίσκος ἔχῃ φορτίον μάζης 620 gr. α) Νὰ εὑρεθῇ τὸ ἐλάχιστον βάρος, τὸ ὅποιον θὰ πρέπει νὰ φέρῃ ὁ δίσκος διὰ νὰ κινηθῇ τὸ πρίσμα, ὅταν θὰ εἶναι τοποθετημένον μὲ τὰς ἄλλας δύο ἔδρας τον. β) Θέτομεν ἐπὶ τὸν πρίσματος, ὅταν εἶναι τοποθετημένον μὲ τὴν μεγαλυτέραν ἔδραν τον, μᾶζαν βάρονς 2 kp. Νὰ εὑρεθῇ τὸ βάρος τοῦ ἐλαχίστου φορτίου διὰ τὸ ὅποιον θὰ κινηθῇ τὸ πρίσμα.
(Απ. α' 620 p. β' 936 p. γ 1940,6 p.)

ΙΒ'—ΔΙΑΤΗΡΗΣΙΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΕΙΣ ΤΑΣ ΑΠΛΑΣ ΜΗΧΑΝΑΣ

§ 63. Γενικότητες. Εἰς προηγούμενα κεφάλαια ώμιλήσαμε διὰ τὴν ἀρχὴν τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνέργειας, η ὅποια ίσχύει εἰς ἓνα ἀπομονωμένον σύστημα. Έδω θὰ ἀσχοληθῶμεν μὲ τὴν διατήρησιν τῆς



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

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

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

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

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

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

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

Ἐπομένως :

κινητήριον ἔργον = ἀνθιστάμενον ἔργον

Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν λέγομεν ὅτι συμβαίνει διατήρησις τοῦ ἔργου.

Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι :

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

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

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

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

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

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

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

Ἐπομένως :

κινητήριον ἔργον = ἀνθιστάμενον ἔργον

Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν λέγομεν ὅτι συμβαίνει διατήρησις τοῦ ἔργου.

Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι :

Εἰς μίαν ἀπλῆν μηχανήν, ή ὅποια λειτουργεῖ χωρὶς τριβάς, τὸ κινητήριον καὶ τὸ ἀνθιστάμενον ἔργον εἶναι ἴσα. Τὸ συμπέρασμα αὐτὸς ἐκφράζομεν λέγοντες δὴ τὴν ἔργον διατήρησιν τῆς μηχανικῆς ἐνέργειας.

Κλασικὸν παράδειγμα διατηρήσεως τῆς μηχανικῆς ἐνέργειας μᾶς δίδει τὸ λεγόμενον «γιό - γιό», (σχ. 60).

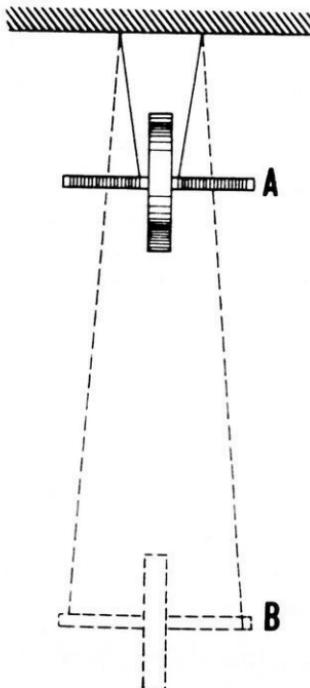
Οταν δὲ σφόδρα οὐκ εἰς τὸ ἀνώτερον σημεῖον τῆς διαδρομῆς του, τὰ νήματα εἶναι πεπλεγμένα περὶ τὸν ἄξονά του. 'Εφ' δοσον εὑρίσκεται εἰς ἔνα ὠρισμένον ὑψος ἀπὸ τὸ κατώτερον σημεῖον, εἰς τὸ ὅποιον μεταφέρεται δταν ἐκτυλιχθοῦν τὰ νήματα, κατέχει ὠρισμένην δυναμικήν ἐνέργειαν. Οταν ἀφεθῇ νὰ πέσῃ, ὅποτε τὰ νήματα ἐκτυλίσσονται τοῦ προσδίδουν ἐκτὸς ἀπὸ τὴν κατακόρυφον κίνησιν, τὴν ὅποιαν ἔχει ἐξ αἰτίας τῆς πτώσεως, καὶ μίαν περιστροφικὴν κίνησιν. Η περιστροφικὴ αὕτη κίνησις γίνεται δλονὲν ταχυτέρα.

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

Ἐνόσω δὲ σφόδρα οὐκ κατέρχεται, ή δυναμική του ἐνέργεια ἐλαττοῦται, ἐνῷ η κινητική του ἐνέργεια αὐξάνεται. Οταν ἀρχίσῃ νὰ ἀνέρχεται η ταχύτης περιστροφῆς του ἐλαττοῦται, ἐπομένως καὶ η κινητική του ἐνέργεια. Οταν ἀνέρχεται ὅμως ἀρχίζει νὰ ἐπανακτᾷ τὴν δυναμικὴν ἐνέργειαν.

Απὸ τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν λοιπὸν δτι η μηχανικὴ ἐνέργεια τοῦ συστήματος παραμένει σταθερά. Παρατηροῦμεν ἐπίσης δτι δὲ σφόδρα οὐκ κατὰ τὴν ἀνοδόν του δὲν φθάνει εἰς τὸ σημεῖον ἐκεῖνο ἀπὸ τὸ ὅποιον ἔξεκίνησεν, ἀλλὰ χαμηλότερον, πρᾶγμα τὸ ὅποιον σημαίνει δτι ὑπάρχουν ἄλλαι δυνάμεις, αἱ ὅποιαι δψειλοῦνται εἰς τριβάς, καὶ ἐναντιώνονται εἰς τὴν κίνησιν του. Επομένως ἔνα μέρος τῆς δυναμικῆς ἐνέργειας τοῦ σφοδροῦ μετατρέπεται, λόγῳ τῶν τριβῶν, εἰς θερμικὴν ἐνέργειαν, η ὅποια διασπείρεται εἰς τὸν περιβάλλοντα ἀέρα.

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



Σχ. 60. Κατὰ τὴν κάθοδόν του δὲ περιστρεφόμενος σφόδρα οὐκ εἶναι δυναμικὴν ἐνέργειαν, αὐξάνει δὲ δυνάμεις τὴν κινητικήν του ἐνέργειαν.

τριβής, τάς όποιας δυνάμεθα νὰ περιορίσωμεν, δχι ὅμως καὶ νὰ ἔξαφανίσωμεν. Οὕτως ἔχομεν τριβὴν τῆς τροχαλίας μὲ τὸν ἄξονά της, τριβὴν τοῦ σχοινίου τὸ όποιον περιβάλλει τὴν αὐλακα τῆς τροχαλίας, τριβὴν τοῦ σώματος τὸ όποιον δλισθαίνει ἐπάνω εἰς τὸ κεκλιμένον ἐπίπεδον κ.λπ. Δι’ αὐτὸν τὸν λόγον τὸ κινητήριον ἔργον εἶναι μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀνθιστάμενον, ὅταν εἰς τὸ τελευταῖον δὲν συνυπολογίσωμεν καὶ τὸ ἔργον τῶν τριβῶν.

‘Η διαπίστωσις αὕτη ὡδήγησε τοὺς φυσικοὺς ἐπιστήμονας εἰς τὸν δρισμὸν ἐνὸς νέου μεγέθους, τὸ όποιον ὀνομάζεται **ἀπόδοσις**.

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

‘Απόδοσις η μιᾶς ἀπλῆς μηχανῆς ὀνομάζεται ὁ λόγος τοῦ ἀποδιδόμενου ἀπὸ τὴν μηχανὴν ἔργου, πρὸς τὸ ἔργον τὸ όποιον προσφέρεται εἰς τὴν μηχανὴν.

‘Η ἀπόδοσις ἐκφράζεται μὲ δεκαδικὸν κλάσμα, ἢ ἐπὶ τοῖς ἑκατὸν (%), δόποτε εἶναι ἀριθμὸς ὁ όποιος περιλαμβάνεται μεταξὺ 0 καὶ 100.

A N A K E F A L A I Ω S I S

1. Εἰς τὴν ἴδανικὴν περίπτωσιν κατὰ τὴν όποιαν μία ἀπλὴ μηχανὴ λειτουργεῖ χωρὶς τριβάς, τὸ ἔργον τῆς κινητήριου δυνάμεως (κινητήριον ἔργον) καὶ τὸ ἔργον τῆς ἀνθιστάμενης δυνάμεως (ἀνθιστάμενον ἔργον) εἶναι ἴσα. Αὐτὸ ἀκριβῶς ἐννοοῦμεν λέγοντες ὅτι ἔχομεν διατήρησιν τῆς μηχανικῆς ἐνεργείας.

2. ‘Εξ αἰτίας τῶν τριβῶν, κυρίως, τὸ προσφερόμενον εἰς μίαν μηχανὴν ἔργον, δὲν εἶναι ἴσον μὲ τὸ ὠφέλιμον ἔργον, τὸ όποιον ἀποδίδει ἡ μηχανὴ.

3. ‘Ο λόγος τοῦ ἀποδιδομένου ἀπὸ τὴν μηχανὴν ἔργου, πρὸς τὸ ἔργον τὸ όποιον προσφέρεται εἰς αὐτὴν, ἐκφράζει τὴν ἀπόδοσίν της.

4. ‘Η ἀπόδοσις μιᾶς μηχανῆς εἶναι πάντοτε μικροτέρα τῆς

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

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

68. "Ενα κεκλιμένον ἐπίπεδον AB ἔχει μῆκος 6 m, ἡ δὲ ὑφομετρικὴ διαφορὰ τῶν A καὶ B είναι 2 m. "Ενα σῶμα βάρους 150 kp ἀνυψώνεται ἀπὸ τὸ σημεῖον A εἰς τὸ B καὶ πρὸς τὸν σκοπὸν αὐτὸν καταβάλλομεν σταθερὰν δύναμιν, παράλληλον πρὸς τὸ κεκλιμένον ἐπίπεδον καὶ μέτρου 60 kp. Νὰ ύπολογισθῇ τὸ κινητήριον καὶ τὸ ἀνθιστάμενον ἔργον, ὥπως ἐπίσης καὶ ἡ ἀπόδοσις τοῦ κεκλιμένου ἐπίπεδου. ($\gamma' \text{ Ap. } 360 \text{ kp}, 300 \text{ kp, } \eta = 0,83.$)

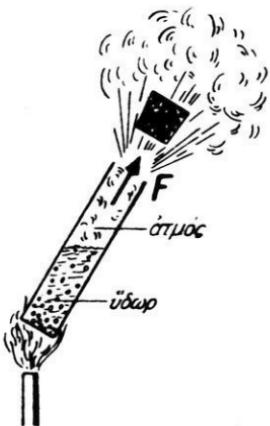
69. "Ενα πολύσπαστον (σύστημα τροχαλιῶν ἀπὸ τὰς ὁποίας διέρχεται ἔνα κοινὸν σχοινίον) χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν ἀνύφωσιν σώματος βάρους 180 kp. Εἰς τὸ ἄλλον ἄκρον τοῦ σκοινίου ἀσκοῦμεν μίαν κινητήριον δύναμιν μέτρου 36 kp. Τὸ σῶμα ἀνῆλθε κατὰ 1,2 m ὅταν ἡμεῖς ἐσύραμε 7,2 m σχοινίον. α) Νὰ ύπολογισθῇ τὸ ἔργον τῆς ἀνθιστάμενής δυνάμεως. β) Νὰ ύπολογισθῇ τὸ ἔργον τῆς κινητήριον δυνάμεως. Διατί τὰ δύο αὐτὰ ἔργα είναι διαφορετικά; γ) Νὰ ενρεθῇ ἡ ἀπόδοσις τῆς ἀπλῆς μηχανῆς. ($\gamma' \text{ Ap. } \alpha' 259,2 \text{ kpm. } \beta' 216 \text{ kpm. } \gamma' \eta = 0,83.$)

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

§ 66. Ἡ θερμότης μετατρέπεται εἰς μηχανικὸν ἔργον. Εἶδομεν εἰς ἔνα ἀπὸ τὰ προηγούμενα κεφάλαια, κατὰ ποῖον τρόπον ἡ μηχανικὴ ἐνέργεια δύναται νὰ μετατραπῇ εἰς θερμικὴν ἐνέργειαν. Εἰς τὸ κεφάλαιον αὐτὸν θὰ ἔξετάσωμεν τὸ ἀντίστροφον φαινόμενον. Δηλαδὴ πῶς ἡ θερμικὴ ἐνέργεια είναι δυνατὸν νὰ μετατραπῇ εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν.

Πείραμα 1. Θερμαίνομεν ἔνα πωματισμένον μεταλλικὸν δοχεῖον, τὸ δόποιον περιέχει δλίγον ὕδωρ καὶ τὸ πᾶμα τοῦ δόποιου ἔχομεν λιπάνει ἐλαφρῶς, διὰ νὰ δλισθαίνῃ μὲ εὐκολίαν (σχ. 61). Παρατηροῦμεν δτι, μετά ἀπὸ μικρὸν χρονικὸν διάστημα, τὸ πᾶμα ἐκτινάσσεται ὀρμητικῶς, ἐνῷ συγχρόνως διαφεύγει ἀπὸ τὸν σωλῆνα μία ποσότης ἀτμοῦ.

Ἡ ἐκτόξευσις αὐτὴ δφείλεται εἰς τὴν πιέζουσαν δύναμιν F , ἡ δποία ἀσκεῖται ἀπὸ τὸν ἀτμὸν ἐπὶ τοῦ πῶματος καὶ ἡ δποία παρήγαγεν οὕτως ἔνα ώρισμένον μηχανικὸν ἔργον.



Σχ. 61. Μετατροπή τῆς θερμότητος εἰς μηχανικὸν ἔργον. Οἱ θερμοὶ ὑδρατμοὶ ἀσκοῦν πιεζούσας δυνάμεις εἰς τὸ πῦρμα καὶ τὸ ἐκτι- ἄέρα ἐπὶ τοῦ ἐμβόλου, παράγουν μηχανικὸν νάσσουν βιαιῶς.

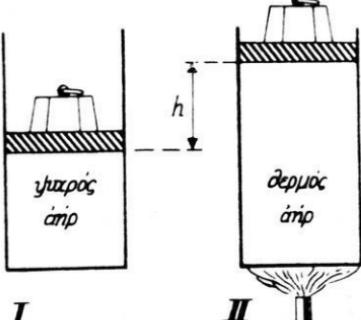
Ἄκριβῶς τὸ ἴδιον φαινόμενον συμβαίνει καὶ εἰς μίαν ἀτμομηχανήν. Τὸ ὕδωρ ἀτμοποιεῖται μέσα εἰς ἔνα λέβητα, χάρις εἰς τὴν θερμότητα τὴν ὅποιαν παρέχει μία ἑστία. Ὁ ἀτμὸς ὠθεῖ τὸ ἐμβόλον τῆς μηχανῆς καὶ οὕτω παράγεται ὡρισμένον ἔργον.

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

Πείραμα 2. Ἐνας κατακόρυφος κύλινδρος περιέχει ἄέρα, ὁ δόποιος συμπιέζεται ἀπὸ ἔνα βάρος, τοποθετημένον ἐπάνω εἰς ἔνα ἐμβόλον. Ἐὰν θερμάνωμεν τὸν ἄέρα, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι τὸ ἐμβόλον καὶ τὸ βάρος, ὑψώνονται κατὰ ἔνα ὑψος h (σχ. 62). Δηλαδὴ αἱ πιέζουσαι δυνάμεις, αἱ ὅποιαι ἀσκοῦνται ἀπὸ τὸν εἰς τὸ πῦρμα καὶ τὸ ἐκτι- ἄέρα ἐπὶ τοῦ ἐμβόλου, παράγουν μηχανικὸν νάσσουν βιαιῶς. Ἑτοί τὸ ἔργον παράγεται ἐξ αἰτίας τῆς θερμότητος, ἡ ὅποια ἀποδίδεται ἀπὸ τὴν ἑστίαν εἰς τὸν κύλινδρον ἄέρα.

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

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



Σχ. 62. Αἱ πιέζουσαι δυνάμεις τοῦ θερμοῦ ἄέρου παράγουν μηχανικὸν ἔργον καὶ ἀνψώνουν τὸ ἐμβόλον μὲ τὸ σῶμα.

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

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω παραδειγμάτων συμπεραίνομεν ὅτι :

Ἡ θερμότης δύναται νὰ μετατραπῇ εἰς μηχανικὸν ἔργον.

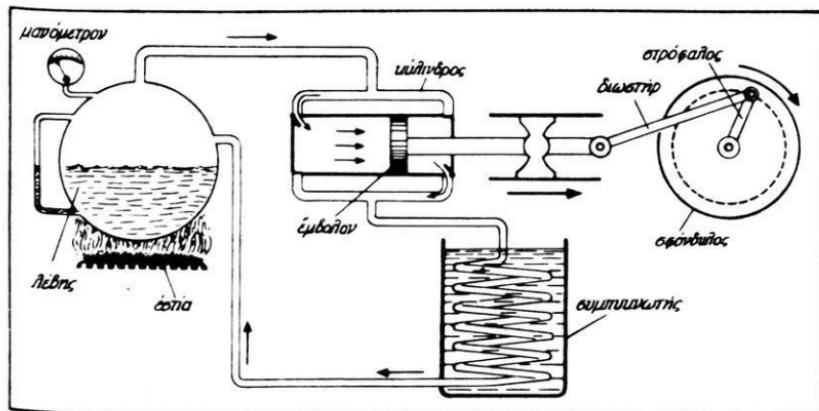
§ 67. Άτμομηχανή. "Οπως είδομεν εἰς τὴν προηγουμένην παράγραφον, ἡ ἀτμομηχανὴ εἶναι μία θερμικὴ μηχανὴ, ἡ ὅποια μετατρέπει εἰς ἔργον ἕνα μέρος τῆς θερμότητος, τὸ ὅποιον προσλαμβάνει ἀπὸ τὸ ὄντωρ, τὸ περιεχόμενον ἐντὸς λέβητος (καζάνι).

Άρχὴ τῆς λειτουργίας καὶ περιγραφή. Τὸ πείραμα, μὲ τὸ μεταλλικὸν δοχεῖον τὸ περιέχον ὄντωρ, τὸ ὅποιον ἀφοῦ ἐθερμάνθη ἔξετίναξε τὸ πῶμα (βλ. σχ. 61), ἐξηγεῖ τὴν ἀρχὴν τῆς λειτουργίας μιᾶς ἀτμομηχανῆς. Δηλαδὴ :

Ἡ πίεσις τοῦ ἀτμοῦ, ὁ ὅποιος παράγεται ἀπὸ τὸ ὄντωρ, ἐντὸς κλειστοῦ δοχείου, εἶναι ἵκανὴ νὰ μετατοπίσῃ ἑνὸς σῶμα.

Ο ἀτμὸς ὁ παραγόμενος ἐντὸς τοῦ λέβητος, δόηγεῖται εἰς τὸν κύλινδρον, εἰς τὸν ὅποιον ὑπάρχει ἔνα κινητὸν ἔμβολον. Ο ἀτμὸς ὥθει τὸ ἔμβολον αὐτό, τὸ ὅποιον κινεῖται παλινδρομικῶς μέσα εἰς τὸν κύλινδρον. Αὐτὴ ἡ ἀδιάκοπος παλινδρόμησις τοῦ ἔμβολου μετατρέπεται εἰς περιστροφικὴν κίνησιν, μὲ τὴν βοήθειαν μιᾶς μηχανικῆς διατάξεως ἡ ὅποια ὀνομάζεται σύστημα διωστῆρος - στροφάλου (σχ. 63).

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



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

έμβολου. Ό άτμος άφοῦ χρησιμοποιηθῇ εἰς τὸν κύλινδρον, διαφεύγει εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν ἥ δόηγεται εἰς ἕναν συμπυκνωτήν, ἀπὸ ὅπου ἐπαναφέρεται εἰς τὸν λέβητα.

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

§ 68. Ἡ ἀπόδοσις μιᾶς ἀτμομηχανῆς. Ἡ ἰσχὺς μιᾶς ἀτμομηχανῆς, τὸ ἔργον δηλαδὴ τὸ δόποιον ἀποδίδει ἀνά δευτερόλεπτον, ἔξαρταται ἀπὸ τὸ ἔργον τὸ δόποιον παράγεται εἰς μίαν διαδρομὴν τοῦ ἐμβόλου καὶ ἀπὸ τὸ πλήθος τῶν διαδρομῶν αὐτῶν εἰς ἔκαστον 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 ἥ ἐστια της 7 000 kcal/sec, κατὰ μέσον δρον.

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

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

Τὸ ἀποδιδόμενον ἀπὸ τὴν ἀτμομηχανὴν ἔργον ἀνά δευτερόλεπτον εἶναι :

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

Ἄπὸ τὸ ἀνωτέρῳ παράδειγμα κατανοοῦμεν διὰ τὴν ἀξιολόγησιν μιᾶς ἀτμομηχανῆς δὲν εἶναι μόνον ἡ ἰσχὺς ἀλλὰ καὶ ἡ ἀπόδοσίς της.

Ἀπόδοσις η μιᾶς ἀτμομηχανῆς δονομάζεται ὁ λόγος τοῦ ἔργου, τὸ δόποιον παράγει ἡ μηχανὴ ἐντὸς ὡρισμένου χρονικοῦ διαστήματος, πρὸς τὸ ἔργον τὸ ἰσοδύναμον πρὸς τὴν θερμότητα, ἡ ὁποία προσφέρεται ὑπὸ τῆς ἐστίας κατὰ τὸ ἴδιον χρονικὸν διάστημα.

Ἡ ἀπόδοσις η τῆς ἀτμομηχανῆς τοῦ παραδείγματος μας θὰ εἶναι ἐπομένως:

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

Οπως παρατηροῦμεν, ἡ ἀπόδοσις τῆς ἀτμομηχανῆς τὴν δόποιαν περιεγράψαμεν εἶναι πολὺ μικρά, συγκεκριμένως τῆς τάξεως τῶν 0,10. Αὐτὸ συμβαίνει διότι ἔνα μικρὸν μόνον ποσοστὸν τῆς θερμότητος, ἡ ὁποία παράγεται ἀπὸ τὴν ἐστίαν, μετατρέπεται εἰς μηχανικὸν ἔργον. Τὸ μεγαλύτερον μέρος αὐτῆς τῆς θερμότητος χάνεται, εἴτε δι' ἀκτινοβολίας, εἴτε μὲ τὰ ἀέρια τῆς καύσεως, εἴτε μὲ τὸν ἄτμὸν δόποιος διαφεύγει ἀπὸ τὸν κύλινδρον.

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

προτού τὸ ἐμβόλον διατρέξῃ ὅλην τὴν διαδρομήν του. Ὁ ἀτμός ὁ ὁποῖος ὑπάρχει τότε μέσα εἰς τὸν κύλινδρον συνεχίζει νὰ ὠθῇ τὸ ἐμβόλον καὶ κατά τὸ ὑπόλοιπον τμῆμα τῆς διαδρομῆς του. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον, ὁ δύκος τοῦ ἀτμοῦ αὐξάνεται καὶ ἐπομένως ἐλατοῦται ἡ πίεσίς του. Λέγομεν τότε ὅτι ὁ ἀτμός ἔξετονώθη.

Εἰς τάς τελευταίου τύπου ἀτμομηχανάς ἐκτονώνομεν τὸν ἀτμὸν ὃσον τὸ δυνατὸν περισσότερον. Ἡ ίδια ποσότης τοῦ ἀτμοῦ ἐκτονοῦται εἰς πολλοὺς διαδοχικοὺς κυλίνδρους μὲ συνεχῶς αὐξανομένας διαμέτρους. Αἱ ἀτμομηχαναὶ αὗται δονομάζονται πολλαπλῆς ἐκτονώσεως.

Ἐπίσης ἀντὶ νὰ ἀφήσωμεν τὸν ἀτμὸν νὰ διαφύγῃ εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν, τὸν ὁδηγοῦμεν εἰς Ἑνα συμπυκνωτήν. Ὁ συμπυκνωτής εἶναι ἔνα μεταλλικὸν δοχεῖον, χωρὶς ἀέρα, μέσα εἰς τὸ ὅποιον συμπυκνοῦται καὶ ὑγροποιεῖται ὁ ἀτμός, εὐθὺς ὡς ἐξέλθῃ ἀπὸ τοὺς κυλίνδρους. Ἡ θερμοκρασία του διατηρεῖται σταθερά εἰς τὴν περιοχὴν τῶν 40 °C. Ἡ πίεσις εἰς τὸν συμπυκνωτὴν θά εἶναι βεβαίως ἵση πρὸς τὴν τάσιν τῶν κεκορεσμένων ὑδρατμῶν εἰς αὐτὴν τὴν θερμοκρασίαν ($0,1 \text{ kp/cm}^2$). Εἶναι δηλαδὴ μικροτέρα ἀπὸ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν. Τὸ ἔργον ἐπομένως, τὸ ὅποιον παράγεται εἰς μίαν διαδρομὴν τοῦ ἐμβόλου θά εἶναι μεγαλύτερον, ἀπὸ τὸ ἔργον τὸ ὅποιον θά παρήγετο, ἐάν οἱ ἀτμοὶ διωχτεύοντο εἰς τὸν ἀτμοσφαιρικὸν ἀέρα.

Ο συμπυκνωτής ὅμως εἶναι βαρύς καὶ ἀπαιτεῖ μεγάλην ποσότητα ὄντας διά τὴν ψῦξιν. Αὐτὸς εἶναι ὁ κυριώτερος λόγος διά τὸν ὅποιον αἱ ἀτμομηχαναὶ τῶν σιδηροδρομικῶν συρμῶν δὲν διαθέτουν συμπυκνωτήν.

A N A K E Φ A Λ A I Ω S I S

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

2. Ἡ ἀτμομηχανὴ περιλαμβάνει ἔνα λέβητα, ὁ ὁποῖος παρέχει εἰς ἔναν κύλινδρον ἀτμοὺς ὑπὸ πίεσιν. Ἡ πιέζουσα δύναμις τοῦ ἀτμοῦ ἐνεργεῖ διαδοχικῶς καὶ εἰς τὰς δύο συνήθως ὅψεις τοῦ ἐμβόλου, ἡ παλινδρομικὴ κίνησις τοῦ ὅποιου μετατρέπεται εἰς περιστροφικὴν κίνησιν, μὲ τὴν βοήθειαν ἐνὸς συστήματος διωστῆρος - στροφάλου.

3. Ἡ ἀπόδοσις μιᾶς ἀτμομηχανῆς ὁρίζεται ὡς τὸ πηλίκον τοῦ ἔργου τὸ ὅποιον ἀπέδωσεν ἡ ἀτμομηχανὴ, ἐντὸς ώρισμένου χρονικοῦ διαστήματος, πρὸς τὸ ἰσοδύναμον ἔργον τῆς θερμότητος, τὸ ὅποιον ἀπηλευθερώθη ἀπὸ τὴν ἐστίαν, κατὰ τὸ ἴδιον χρονικὸν διάστημα.

4. Η άπόδοσις μιᾶς άτμομηχανῆς είναι μικρά. Κυμαίνεται περὶ τὸ 0,1 (η 10%). Βελτιώνομεν τὴν άπόδοσιν, ἐὰν ἐκμεταλλευθῶμεν τὴν ἐκτόνωσιν τῶν ἀτμῶν καὶ χρησιμοποιήσωμεν συμπυκνωτήν.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

70. Τὸ ἔμβολον μιᾶς ἀτμομηχανῆς ἔχει διατομὴν ἐμβαδοῦ 250 cm^2 . Ο ἀτμὸς εἰσέρχεται εἰς τὸν κύλινδρον μὲ πίεσιν 12 kp/cm^2 καὶ ἔξερχεται ἀμέσως εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ δύναμις ἡ ὅποια ὠθεῖ τὸ ἔμβολον. Δίδεται ἡ ἀτμόσφαιρικὴ πίεσις ἵση πόδις 1 kp/cm^2 .

(Απ. 2 750 kp.)
71. Τὸ ἔμβολον μιᾶς ἀτμομηχανῆς διπλῆς ἐνεργείας, ἔχει διάμετρον 20 cm . Ο ἀτμὸς εἰσέρχεται εἰς τὸν κύλινδρον μὲ πίεσιν 12 kp/cm^2 . Ακολούθως διοχετεύεται εἰς ἓνα συμπικνωτήν, ὅπου ἡ πίεσις είναι $0,2 \text{ kp/cm}^2$. Η διαδοχὴ τοῦ ἐμβόλου είναι 60 cm . Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ἔγον, τὸ ὅποιον παράγεται κατὰ μίαν πλήρη διαδρομὴν ἀπὸ τὴν δύναμιν μὲ τὴν ὅποιαν ὁ ἀτμὸς ὠθεῖ τὸ ἔμβολον.

(Απ. 4 446 kp.)

72. Κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς κατασκευῆς τῶν θεμελίων μιᾶς γεφύρας ἐνὸς ποταμοῦ, διὰ νὰ ἐμπῆξωμεν πασσάλους εἰς τὸν βιθόν του, χρησιμοποιοῦμεν μίαν ἀτμοκίνητον σφῆραν. Αὐτὴ ἀποτελεῖται ἀπὸ μίαν βαρείαν μᾶζαν βάρους 500 kp , ἡ ὅποια ἀνυψοῦται ἀπὸ ἓνα κατακόρυφον ἔμβολον, τὸ ὅποιον κινεῖται μέσα εἰς ἓναν κύλινδρον, ἐμβαδοῦ διατομῆς 150 cm^2 , καὶ πίπτει εἰνθὺς ὡς ὁ ἀτμὸς διαφύγῃ εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἐλαχίστη πίεσις τοῦ ἀτμοῦ, διὰ τὴν ὅποιαν δύναται νὰ ὑφασθῇ ἡ μᾶζα τῆς σφῆρας.

(Απ. 4,3 kp/cm².)

73. Η ἴσχυς ἡ ὅποια ἀποδίδεται ἀπὸ τὸν κινητήριον ἄξονα μιᾶς ἀτμομηχανῆς, είναι 96 Ch . Η ἀτμομηχανὴ καταναλίσκει 76 kg κανσίμον ἀνὰ ὥραν. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀπόδοσις τῆς μηχανῆς, ἐὰν γνωρίζωμεν ὅτι ἡ θερμότης καύσεως τοῦ ἄνθρακος είναι $7\,500 \text{ kcal/kg}$

(Απ. η = 11%).

ΙΔ' — ΜΗΧΑΝΑΙ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΛΥΣΕΩΣ

§ 69. Γενικότητες. Οἱ πρῶτοι κινητῆρες ἐκρήξεως ἔχρησιμοποιήθησαν εἰς τὴν βιομηχανίαν ἀπὸ τὸ 1860. Η συνεχῆς τελειοποίησίς των ἐπέτρεψεν εἰς τὸν ἄνθρωπον, ἐκτὸς πολλῶν ἄλλων ἐφαρμογῶν, τὴν κατασκευὴν τοῦ αὐτοκινήτου καὶ τὴν πραγματοποίησιν τῶν ἀεροσυγκοινωνιῶν.

§ 70. Μηχαναὶ ἐκρήξεως. 1) Αρχὴ καὶ λειτουργία, α) Πείραμα. Εισάγομεν μερικὰς σταγόνας βενζίνης μέσα εἰς ἓνα φιαλίδιον, τὸ

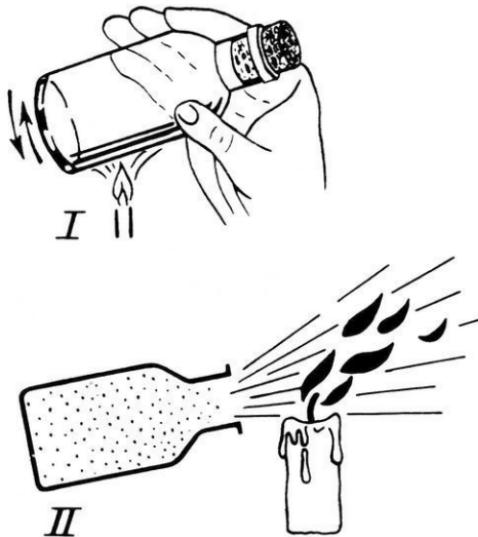
πωματίζομεν και τὸ θερμαίνομεν ἐλαφρῶς ὥστε νὰ παραχθοῦν ἀτμοὶ βενζίνης (σχ. 64, I). Ἐκπωματίζομεν ἀκολουθῶς ταχέως τὸ φιαλίδιον και τὸ πλησιάζομεν εἰς μίαν φλόγα. Παράγεται τότε μία μικρὰ ἔκρηξις, ἡ ὁποία δφείλεται εἰς τὴν ταχυτάτην καυσιν τῆς βενζίνης (σχ. 64, II).

Εἰς τὸ πείραμα αὐτὸ παρατηροῦμεν ὅτι ἡ καῦσις είναι σχεδὸν στιγμιαία και ὅτι ἡ θερμότης ἡ ὁποία παράγεται, ὑψώνει τὴν θερμοκρασίαν τῶν ἀερίων τῆς καύσεως. Εάν ἡ καῦσις πραγματοποιήθηται εἰς τὸ ἐσωτερικὸν ἐνὸς κλειστοῦ δοχείου, τὰ ἀέρια δύνανται νὰ ἀποκτήσουν πολὺ μεγάλην πίεσιν και νὰ κινήσουν ἔνα ἔμβολον. Αὐτὴ εἶναι ἡ ἀρχὴ τῶν κινητήρων ἐκρήξεως. Δηλαδή :

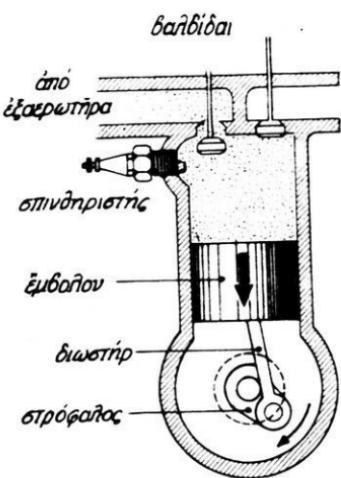
Εἰς ἔνα κινητῆρα ἐκρήξεως, ἔνα μέρος τῆς θερμότητος, τὸ ὁποῖον ἐλευθεροῦται ἀπὸ τὸ καύσιμον, μετατρέπεται εἰς μηχανικὸν ἔργον.

β) Περιγραφὴ τῆς μηχανῆς. Εἰς ἔνα κινητῆρα ἐκρήξεως, τὸ μείγμα τῶν ἀτμῶν τοῦ καυσίμου και τοῦ ἀέρος εἰσάγεται εἰς τὸν θάλαμον ἐκρήξεως, ὁ ὁποῖος εὑρίσκεται εἰς τὸ ἀνώτερον τμῆμα τοῦ κυλίνδρου (σχ. 65).

Ἡ ἀνάφλεξις τοῦ μείγματος αὐτοῦ γίνεται μὲ ἔνα **ηλεκτρικὸν σπινθηριστήν** (μπουζί). Ἡ πίεσις τῶν ἀερίων, τὰ ὁποῖα παράγονται ἀπὸ τὴν καῦσιν, ὠθεῖ τὸ ἔμβολον. Ἔνας διωστήρ συνδέει τὸν κύλινδρον μὲ ἔνα **στρόφαλον**, ὁ ὁποῖος εἶναι στερεὰ συνδεδεμένος εἰς τὸν ἄξονα τοῦ κινητῆρος και οὕτως ἡ παλινδρομικὴ κίνησις τοῦ ἔμβολου μετατρέπεται εἰς κυκλικὴν κίνησιν. Ἡ εἰσοδος και ἡ ἔξοδος τῶν ἀε-



Σχ. 64. Ἡ βενζίνη ἔξαεροῦται (I). Ἡ ταχεῖα καῦσις τοῦ μείγματος τῶν ἀτμῶν τῆς βενζίνης και τοῦ ἀέρος προκαλεῖ ἔκρηξιν (II).



Σχ. 65. Τομή μηχανῆς ἐσωτερικῆς καυσεως.

μῆς του. Παρασυρόμενον ἀκολούθως ἀπὸ τὴν κίνησιν τοῦ ἄξονος κατέρχεται (σχ. 66, I). Ἡ βαλβὶς ἐξαγωγῆς κλείει καὶ ἀνοίγει ἡ βαλβὶς εἰσαγωγῆς, δόποτε τὸ ἀέριον μεῖγμα εἰσάγεται εἰς τὸν κύλινδρον.

Τος χρόνος : Συμπίεσις. Εὐθὺς ως τὸ ἔμβολον κατέλθῃ εἰς τὸ κατώτερον ἄκρον τῆς διαδρομῆς του, ἡ βαλβὶς εἰσαγωγῆς κλείει. Τὸ ἔμβολον παρασυρόμενον ἀνέρχεται καὶ συμπιέζει τὸ ἀέριον μεῖγμα (σχ. 66, II). Αὐτὸ θερμαίνεται κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς συμπιέσεως, δὸγκος του ἐλαττοῦται καὶ τέλος γίνεται ίσος μὲ τὸν δύκον τοῦ θαλάμου τῆς καύσεως.

Τος χρόνος : Ἐκρηξις καὶ ἐκτόνωσις. Ὁ σπινθηριστής λειτουργεῖ καὶ τὸ ἀέριον μεῖγμα ἀναφλέγεται καὶ ἐκρήγνυται. Τὰ ἀέρια τῆς καύσεως ἀποκτοῦν ὑψηλὴν θερμοκρασίαν, ἐπειδὴ ὅμως αἱ δύο βαλβίδες παραμένουν κλεισταῖ, δὲν ἔχουν χῶρον διαφυγῆς καὶ ἀποκτοῦν σχεδὸν ἀκαριαίως μεγάλην πίεσιν, ἐξ αἰτίας τῆς ὅποιας ὥθουν ίσχυρῶς τὸ ἔμβολον πρὸς τὸ κατώτατον σημεῖον τῆς διαδρομῆς του καὶ τοιουτορόπως τὰ ἀέρια ἐκτονοῦνται (σχ. 66, III). Ἡ φάσις αὐτὴ ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν ἀπόδοσιν ἔργου ἀπὸ τὴν μηχανῆν.

ρίων πραγματοποιεῖται μὲ τὴν βοήθειαν δύο βαλβίδων, αἱ ὅποιαι ἀνοίγουν αὐτομάτως. Ὁ ἔξαερωτὴρ (καρμπυρατὴρ) ἔξασφαλίζει τὴν ἔξαερωσιν τοῦ καυσίμου καὶ τὴν ἀνάμιξίν του μὲ ἀέρα, ὑπὸ καταλλήλους ἀναλογίας, διὰ νὰ ἔχωμεν πλήρη καῦσιν.

2) Λειτουργία. Περιγραφὴ τοῦ τετραχρόνου κύκλου. Ἡ λειτουργία ἐνὸς κινητῆρος ἐκρήξεως δόλοκληροῦνται εἰς τέσσαρας διαφορετικὰς φάσεις. Αὐτὸ ἀκριβῶς ἐκφράζομεν ὅταν λέγωμεν ὅτι ὁ κινητήρ εἶναι τετράχρονος.

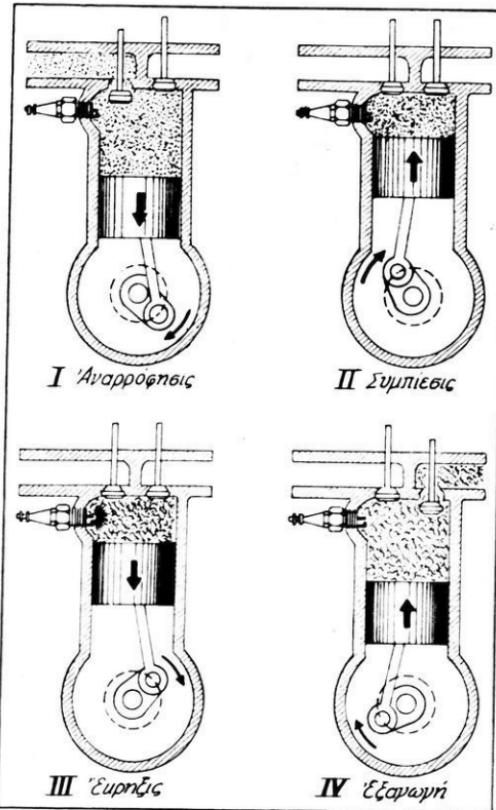
Ιος χρόνος : Αναρρόφησις. Ὑποθέτομεν ὅτι ὁ κινητήρ λειτουργεῖ καὶ θεωροῦμεν ὅτι τὸ ἔμβολον εύρισκεται εἰς τὸ ἀνώτερον σημεῖον τῆς διαδρο-

4ος χρόνος : Έξαγωγή.

‘Η βαλβίς έξαγωγής άνοιγει. Ή αιτίας της ταχύτητος τήν όποιαν άπέκτησεν εις τήν προηγουμένην φάσιν, τὸ ἔμβολον συνεχίζει τήν κίνησίν του πρὸς τὰ ἄνω, μὲ ἀποτέλεσμα νὰ ἐκδιώκῃ τὰ ἀέρια τῆς καύσεως (σχ. 66, IV). Οταν τὸ ἔμβολον φθάσῃ εἰς τὸ ὑψηλότερον σημεῖον τῆς διαδρομῆς του, ή βαλβίς έξαγωγῆς κλείει καὶ αἱ ἴδιαι λειτουργίαι ἐπαναλαμβάνονται μὲ τήν ίδιαν ἀκολουθίαν.

Τὸ σύνολον τῶν τεσσάρων αὐτῶν χρόνων ἀποτελεῖ ἕνα κύκλον.

Κατὰ τήν διάρκειαν ἑνὸς κύκλου τὸ ἔμβολον ἐκτελεῖ δύο παλινδρομῆσεις καὶ κατὰ συνέπειαν ὁ ἄξων τοῦ κινητῆρος ἐκτελεῖ δύο περιστροφάς. Παρατηροῦμεν ὅμως ὅτι τὸ ἔμβολον ὑπόκειται εἰς τήν δρᾶσιν πιεζουσῶν δυνάμεων μόνον κατὰ τήν διάρκειαν τοῦ τρίτου χρόνου. Δηλαδὴ ὁ κύκλος περιλαμβάνει ἕνα μόνον κινητήριον χρόνον. Καὶ κατὰ τοὺς ἄλλους τρεῖς χρόνους, ὁ κινητήρος συνεχίζει τήν λειτουργίαν του, ἀποδίδων κινητικήν ἐνέργειαν εἰς τὰ κινητὰ μέρη τῆς μηχανῆς, τῶν όποιων ἡ ταχύτης τείνει νὰ ἐλαττωθῇ. Διὰ νὰ ἀποφύγωμεν τήν ἀπότομον αὔξησιν τῆς ταχύτητος μετὰ ἀπὸ ἐκάστην ἔκρηξιν, συνδέομεν στερεῶς εἰς τὸν ἄξονα τοῦ κινητῆρος ἕνα σφόνδυλον. Ο σφόνδυλος εἶναι ἕνας βαρὺς μεταλλικὸς δίσκος ὁ ὅποιος ἔξ αιτίας τῆς ἀδρανείας του ρυθμίζει τήν κίνησιν.



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

Μέχρι στιγμής έξηγήσαμεν τὴν λειτουργίαν ἐνὸς κινητῆρος, ὑποθέτοντες διὰ εὑρίσκεται εἰς κίνησιν. Διὰ νὰ ἀρχίσῃ νὰ λειτουργῇ μία μηχανὴ ἢ ὅποια ἡρεμεῖ, εἶναι ἀπαραίτητον νὰ εἰσαχθῇ μία «δόσις» ἀερίου μείγματος, ἢ ὅποια νὰ συμπιεσθῇ, ώστε νὰ δημιουργηθῇ ἢ πρώτη ἔκρηξις. Αὐτὸ γίνεται συνήθως μὲ τὴν βοήθειαν μιᾶς ἡλεκτρικῆς διατάξεως, ἢ ὅποια ὀνομάζεται ἐκκινητής.

Οι κινητῆρες τῶν αὐτοκινήτων ἀποτελοῦνται συνήθως ἀπὸ τέσσαρας κυλίνδρους. Ὄταν δὲ πρῶτος κύλινδρος διαγράφῃ τὸν 1ον χρόνον τοῦ κύκλου, δὲ δεύτερος κύλινδρος διαγράφει τὸν 2ον χρόνον, δὲ τρίτος τὸν 3ον χρόνον καὶ δὲ τέταρτος τὸν 4ον χρόνον. Μὲ αὐτὸν τὸν τρόπον ὑπάρχει πάντοτε ἔνας κινητήριος χρόνος διὰ τὸ σύστημα τῶν τεσσάρων κυλίνδρων, οἱ ὅποιοι ἐργάζονται συγχρόνως. Τὰ διάφορα ἔμβολα συνδέονται εἰς τὸν ἴδιον ἄξονα, δὲ ὅποιος τοιουτοτρόπως κινεῖται κανονικάτερον. Εἰς τὰς περιπτώσεις τῶν κινητήρων αὐτῶν μειούνται ἢ σημασία τῶν σφρονδύλων.

·Ἀπὸ δὴ τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν διὰ :

·Ο κινητὴρ ἐκρήξεως μετατρέπει εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν ἔνα μέρος τῆς θερμικῆς ἐνέργειας, ἢ ὅποια προέρχεται ἀπὸ τὴν καῦσιν ἐνὸς μίγματος ἀερίου καυσίμου καὶ ἀέρος. ·Ο κινητὴρ ἐκρήξεως εἶναι συνεπῶς ἔνας θερμικός κινητὴρ ἐσωτερικῆς καύσεως.

§ 71. Ἀπόδοσις τῶν κινητήρων ἐκρήξεως. Ἡ ἀπόδοσις τῶν κινητήρων ἐκρήξεως δριζεται δύως καὶ εἰς τὰς ἀτμομηχανάς. Είναι δηλαδὴ δὲ λόγος τοῦ ἔργου τὸ δοποῖον πραγματοποιεῖται ἀπὸ τὸν κινητήρα εἰς ἔνα ὠρισμένον χρονικὸν διάστημα, πρὸς τὸ ἰσοδύναμον μηχανικὸν ἔργον τῆς θερμότητος, τὴν δοποίαν ἀποδίδει τὸ καύσιμον κατὰ τὸ ἴδιον χρονικὸν διάστημα.

Ἡ ἀπόδοσις ἐνὸς κινητῆρος ἐκρήξεως κυμαίνεται γενικῶς μεταξὺ τῶν τιμῶν 0,25 καὶ 0,30, καὶ εἶναι ἐπομένως σημαντικῶς μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν ἀπόδοσιν τῶν ἀτμομηχανῶν.

§ 72. Κινητῆρες καύσεως. Κινητῆρες Ντῆζελ. Οι κινητῆρες καύσεως χρησιμοποιοῦν ώς καύσιμα, ὑγρὰ διλιγάτερον πτητικὰ ἀπὸ τὴν βενζίνην (δηλαδὴ ὑγρὰ τὰ δόπια δὲν ἔξαερονται τόσον εὐκόλως ώς ἐκείνη), δύως εἶναι τὰ βαρέα ἔλαια (δηλαδὴ μεγάλης πυκνότητος ἐν σχέσει πρὸς τὴν βενζίνην), προερχόμενα ἀπὸ τὴν ἀπόσταξιν τοῦ ἀκαθάρτου πετρελαίου. Ἡ λειτουργία τῶν κινητήρων καύσεως ἡ κινητήρων Ντῆζελ, διαφέρει αἰσθητῶς ἀπὸ τὴν λειτουργίαν τῶν κοινῶν κινητήρων ἐκρήξεως.

Μέσα εἰς τὸν κύλινδρον εἰσάγεται καθαρὸς ἀέρος. Τὸ ἔμβολον συμπιέζει ἵσχυρὸς τὸν ἀέρα αὐτὸν, μέχρις διου ἀποκτήσῃ θερμοκρασίαν 550° C περίπου. Τότε ἀκριβῶς εἰσάγεται τὸ καύσιμον ὑπὸ μορφὴν νέφους λεπτότατα καταμερισμένων σταγονιδίων καὶ ὑπὸ πίεσιν. Τὰ σταγονίδια τοῦ καυσίμου ἀναφλέγονται ἀφ' ἔνατῶν (λόγῳ τῆς μεγάλης θερμοκρασίας τοῦ ἀέρος, δὲ δοποίος ὑπάρχει εἰς τὸν κύλινδρον) καὶ ἡ πίεσις τῶν ἀερίων τὰ δόπια προκύπτουν ἀπὸ τὴν καῦσιν ὥθετι τὸ ἔμβολον βιαίως πρὸς τὰ κάτω.

Παρατηροῦμεν διὰ εἰς τοὺς κινητήρας Ντῆζελ δὲν συμβαίνει ἔξαερωσις καὶ

μίσις τοῦ καυσίμου μὲ τὸν ἀέρα, δπως εἰς τὰς μηχανάς ἐκρήξεως. Συνεπῶς ἔνας κινητὴρ Ντῆζελ δὲν περιλαμβάνει οὔτε ἑξαερωτήρα (καρμπυρατέρ), οὔτε διάταξιν ἀναφλέξεως (μπουζι).

Ἡ ἀπόδοσίς του δύναται νὰ φθάσῃ καὶ τὰ 40% (δηλαδὴ $\eta = 0,40$). Ὑπερτερεῖ συνεπῶς εἰς ἀπόδοσιν ἀπὸ δλας τὰς ἄλλας θερμικάς μηχανάς. Ἐξ ἄλλου ἐπειδὴ δο κινητήρος αὐτὸς καταναλίσκει καύσιμα πολὺ εὐθυνότερα ἀπὸ τὰ καύσιμα τὰ δοποῖα καταναλίσκουν ὅλοι κινητήρες (ἀτμομηχαναί, βενζινοκινητήρες), ἡ χρῆσις του εἶναι πολὺ οἰκονομική.

Εἰς τὰς νεωτέρας ναυπηγικάς κατασκευάς, ἀντικαθιστοῦν δόλονέν περισσότερον τὰς ἀτμομηχανάς μὲ μεγάλους κινητήρας Ντῆζελ. Ἡ ίσχὺς αὐτῶν τῶν κινητήρων δύναται νὰ φθάσῃ τοὺς 30 000 Ch. Πολυάριθμα φορτηγά καθώς καὶ κοινά αὐτοκίνητα τουρισμοῦ κινοῦνται μὲ κινητήρας Ντῆζελ. Σήμερον πλέον καὶ οἱ σιδηροδρομικοὶ συρμοὶ κινοῦνται μὲ κινητήρας Ντῆζελ, ἡ χρῆσις τῶν δοποῖων συμπληρώνει τὰ κενά τῶν ἡλεκτρικῶν κινητήρων εἰς τὴν προστάθειαν τοῦ ἀνθρώπου νὰ ὑπερνικήσῃ τὰς δυσκολίας τῶν μεταφορῶν.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Ἔνα μεῖγμα ἀέρος καὶ ἀερίου καυσίμου, ὑπὸ κατάλληλον ἀναλογίαν, δύναται νὰ ἀναφλεγῇ καὶ νὰ ὑποστῇ ἐκρηξιν, παράγον ἀέρια ὑψηλῆς θερμοκρασίας.

2. Ὁ κινητήρος ἐκρήξεως εἶναι κινητήρος ἐσωτερικῆς καύσεως, ὁ δοποῖος μετατρέπει εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν τὴν θερμικὴν ἐνέργειαν, ἡ δοποία προέρχεται ἀπὸ τὴν καύσιν ἐνὸς μείγματος ἀέρος καὶ ἀερίου καυσίμου. Τὸ ἀέριον καύσιμον εἰσάγεται εἰς τὸν κύλινδρον τοῦ κινητῆρος, δῆπον μὲ τὴν βοήθειαν ἐνὸς σπινθηριστοῦ ἀρχίζει ἡ καῦσις τοῦ μείγματος.

3. Ὁ κινητήρος ἐκρήξεως τίθεται εἰς λειτουργίαν εἴτε μὲ τὴν χειρα (μανιβέλα), εἴτε μὲ τὴν βοήθειαν ἐνὸς ἡλεκτρικοῦ ἐκκινητοῦ.

4. Ἡ μηχανὴ Ντῆζελ εἶναι ἔνας κινητήρος ἐσωτερικῆς καύσεως, ὁ δοποῖος χρησιμοποιεῖ ὑγρὰ καύσιμα δλιγώτερον πτητικὰ ἀπὸ τὴν βενζίνην. Τὸ καύσιμον εἰσάγεται εἰς τὸν κύλινδρον ὑπὸ μορφὴν νέφους σταγονιδίων καὶ ἀναφλέγεται προοδευτικῶς ἀφ' ἑαυτοῦ.

5. Ἡ βασικὴ τεχνικὴ διαφορὰ μεταξὺ τῶν κινητήρων ἐκρήξεως καὶ τῶν κινητήρων καύσεως (Ντῆζελ) εἶναι ὅτι : Εἰς μὲν τοὺς κινητήρας ἐκρήξεως τὸ ὑγρὸν καύσιμον (βενζίνη) εἰσάγεται

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

6. Οἱ κινητῆρες ἐκρήξεως καὶ καύσεως, ἔχουν τὴν κοινὴν δνομασίαν κινητῆρες ἐσωτερικῆς καύσεως, ἐπειδὴ ἡ καῦσις τοῦ καυσίμου μείγματος, ἡ ὅποια θὰ προσφέρῃ τὴν ἀπαραίτητον ποσότητα θερμότητος, γίνεται μέσα εἰς τὴν μηχανήν, ἐνῶ ἀντιθέτως εἰς τὰς ἀτμομηχανὰς ἡ θερμότης προσφέρεται ἐκ τῶν ἔξω (ἐστία) εἰς τὸν λέβητα.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

74. Ἐνας κινητὴρ ἐκρήξεως, ἵσχυος 1 Ch, καταναλίσκει κατὰ μέσον ὕδον, 220 gr. βενζίνης εἰς μίαν ὥραν. Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἀπόδοσις τῆς μηχανῆς. Δίδεται ἡ θερματικὴ ἵσχυς τῆς βενζίνης ὅτι είναι ἴση πρὸς 11 000 kcal/kg.

(Απ. η = 0,26.)

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

(Απ. 14% περίπου.)

76. Ἐνας βενζινοκινητὴρ ἔχει ἵσχυν 300 Ch καὶ καταναλίσκει 70 kg βενζίνης ἀνὰ ὥραν. Ἐὰν ἡ θερμότης καύσεως τῆς βενζίνης είναι 11 000 kcal/kg, νὰ εὑρεθῇ ὁ συντελεστής ἀπόδοσεως τῆς μηχανῆς.

(Απ. 0,24.)

77. Ἐνας κινητὴρ ἐκρήξεως, ἵσχυος 1 000 Ch, χρησιμοποιεῖ ὡς καύσιμον βενζίνην, τῆς ὅποιας ἡ θερμότης καύσεως είναι 10 000 kcal/kg. Ἐὰν ὁ κινητὴρ ἔχῃ ἀπόδοσιν 30%, νὰ εὑρεθῇ ἡ ὥραια κατανάλωσις εἰς βενζίνην.

(Απ. 210 kg/h.)

ΙΕ' — ΠΥΡΑΥΛΟΙ

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

Πείραμα. Ἐπὶ ἑνὸς ἀμαξίου ὑπάρχει ἔνα χαλύβδινον δοχεῖον πλῆρες ἀερίου ὑπὸ μεγάλην πίεσιν (σχ. 67). Εὐθὺς ὡς ἀνοίξωμεν τὴν στρόφιγγα τοῦ δοχείου, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ἐκρέει δρμητικῶς

άέριον, ἐνῷ συγχρόνως τὸ ἀμάξιον μὲ τὸ δοχεῖον κινεῖται κατὰ τὴν ἀντίθετον φοράν τῆς ἐκροής τοῦ ἀερίου. Τοῦτο συμβαίνει διότι τὸ περιωρισμένον ἀέριον ἀσκεῖ εἰς τὰ ἐσωτερικὰ τοιχώματα τοῦ δοχείου δυνάμεις, αἱ ὅποιαι ἴσορροποῦν μεταξύ των, δταν τὸ δοχεῖον είναι κλειστόν. Εὐθὺς ὡς ἀνοίξω-

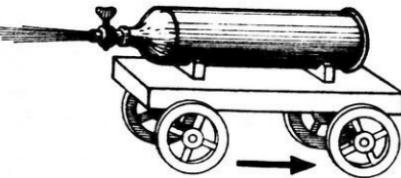
μεν δῆμας τὴν στρόφιγγα, ἡ δύναμις ἡ ὅποια ἐνήργει εἰς τὸ ἀνοικτὸν πλέον σημεῖον τοῦ δοχείου παύει νὰ ὑπάρχῃ. Κατὰ συνέπειαν δὲν ἴσορροπεῖται πλέον, ἡ κατὰ μέτρον ἵση ἀλλὰ ἀντιθέτου φορᾶς δύναμις, ἡ ὅποια ἀσκεῖται εἰς τὸ ἀκριβῶς ἀπέναντι τμῆμα τοῦ τοιχώματος τοῦ δοχείου.

Αὐτὴ ἡ δύναμις, ἡ ὅποια ἔπαυσε νὰ ἴσορροπῆται, παρασύρει τὸ σύστημα ἀμαξίου - δοχείου εἰς κίνησιν ἀντιθέτου φορᾶς πρὸς τὴν φοράν ἐκροής τοῦ ἀερίου.

Αὐτὴ εἶναι ἡ ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τῶν κινητήρων ἀντιδράσεως.

§ 74. Πύραυλοι. Ο κινητὴρ ἀντιδράσεως εἶναι ὁ πλέον ἀπλοῦς καὶ ὁ παλαιότερος πύραυλος. "Ολοι γνωρίζομεν τὰ πυροτεχνήματα. Ἡ κόνις τὴν ὅποιαν περιέχουν ἀποτελεῖ ἔνα μεῖγμα ἀπὸ καύσιμα καὶ μίαν ἄλλην ὅλην, ἡ ὅποια ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς θερμότητος, τῆς ἀναπτυσσομένης κατὰ τὴν καύσιν, ἀποσυντίθεται καὶ ἀποδίδει δξυγόνον ἡ εὑφλεκτὸν ύλικόν. Τὸ καύσιμον καὶ τὸ εὑφλεκτὸν ύλικὸν ἀντιδροῦν εἰς τὸν θάλαμον τῆς καύσεως καὶ παράγουν μίαν ὡρισμένην ποσότητα ἀερίου. Τὸ ἀέριον ἀποκτᾶ μεγάλην θερμοκρασίαν καὶ ἐκτονοῦται βιαίως. Ὡς συνέπειαν αὐτῆς τῆς λειτουργίας ἔχομεν τὴν κίνησιν τοῦ πυροτεχνήματος πρὸς τὴν ἀντιθέτον φοράν τῆς πορείας τῶν ἐκτονουμένων ἀερίων.

Οι πύραυλοι (σχ. 68) χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν μεταφορὰν ἀντικειμένων εἰς μεγάλην ἀπόστασιν, ἡ εἰς μέγα ὑψος. Μεταφέρουν καύσιμα καὶ εὑφλεκτὸν ύλικόν. Ἡ προώθησίς των δύναται νὰ συνεχισθῇ καὶ ἐκτὸς τῆς γηίνης ἀτμοσφαίρας, γεγονὸς τὸ ὅποιον δίδει τὴν δυνατότητα εἰς τὸν πύραυλον νὰ ἀποκτήσῃ μεγάλην ταχύτητα.

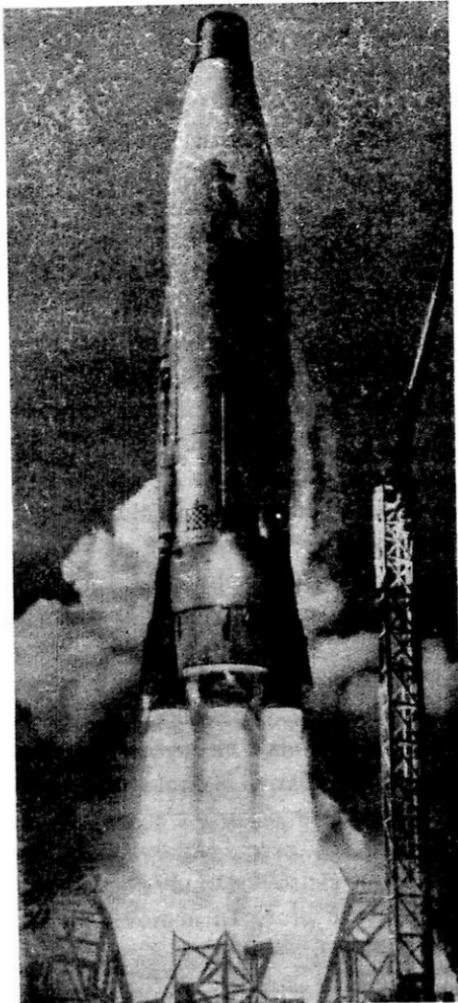


Σχ. 67. Ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τῶν κινητήρων ἀντιδράσεως. Τὸ ἀμάξιον κινεῖται μὲ φοράν ἀντιθέτον πρὸς τὴν φοράν ἐξόδου τῶν ἀερίων.

"Οταν τὰ καύσιμα καιὶ ἡ εὐφλεκτος ὅλη ἔξαντληθοῦν, δο πύραυλος ἔξακολουθεῖ νὰ κινήται καιὶ δύναται νὰ διανύσῃ μεγάλας ἀποστάσεις, ἔξ αἰτίας τῆς κινητικῆς ἐνέργειας, τὴν ὅποιαν ἔχει ἥδη ἀποκτήσει. Βλήματα, τὰ δο ποῖα προωθοῦνται ἀπὸ πυραύλους, δύνανται νὰ πέσουν ἐπὶ τοῦ ἑδάφους εἰς ἀπόστασιν πολλῶν χιλιάδων χιλιομέτρων ἀπὸ τὴν θέσιν βολῆς.

"Ο πύραυλος χρησιμοπιεῖται σήμερον εὐρύτατα εἰς τὰς διαστημικὰς ἐρεύνας. Διὰ νὰ τεθῇ ἔνας τεχνητὸς δορυφόρος ἡ ἔνα διαστημόπλοιον εἰς τροχιάν, χρησιμοποιοῦνται πύραυλοι, διότι μόνον αὐτοὶ ἔχουν τὴν δυνατότητα νὰ ἀποκτήσουν ταχύτητα μεγαλυτέραν τῆς ταχύτητος διαφυγῆς. Πολλὰ σύγχρονα ἀεροπλάνα φέρουν πυραύλους, τοὺς ὅποιους χρησιμοποιοῦν διὰ περιωρισμένων χρονικὸν διάστημα, εἰδικῶς κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς ἀπογειώσεως.

§ 75. Στροβιλοκινητῆρες ἀντιδράσεως. "Αλλοι κινητῆρες ἀντιδράσεως εἰναι οἱ διαφόρων τύπων προωστικοὶ κινητῆρες τῶν ἀεριωθουμένων ἀεροπλάνων. Θὰ περιγράψωμεν ἀπὸ αὐτοὺς



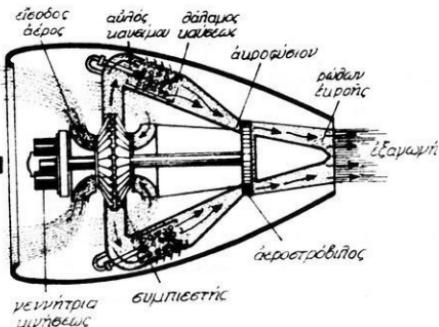
Σχ. 68. Κατακόρυφος ἐκτόξευσις πυραύλου. Τὸ μῆκος του εἰναι 24 m, ἡ ὄλικὴ του μᾶζα 110 000 kg ἐκ τῶν ὅποιων 100 000 kg καυσίμων. Τὰ ἀέρια προϊόντα τῆς καύσεως ἐκτινάσσονται μὲ ταχύτητα τῆς τάξεως τῶν 2 500 m/sec. Ἡ προωστικὴ του δύναμις εἰναι 170 000 kp περίπου.

ένα εύρυτατα χρησιμοποιούμενον είς την πολιτικήν άεροπορίαν κινητήρα, δόποιος δύναμάζεται έξι αιτίας της κατασκευής του στροβιλοκινητήρα αντιδράσεως (σχ. 69).

Εις τους στροβιλοκινητήρας τὸ καύσιμον εἰσέρχεται εἰς τὸν θάλαμον τῆς καύσεως ἀπὸ μίαν βαλβίδα καὶ ἔρχεται εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸν ἀτμοσφαιρικὸν ἄέρα, δόποιος ἔχει εἰσαχθῆ ἑκεῖ. Μετὰ τὴν καύσιν, τὰ καυσαέρια λόγῳ τῆς μεγάλης θερμοκρασίας τῶν ἀποκτοῦν μεγάλην πίεσιν, ἐκτονοῦνται μὲ μεγάλην ταχύτητα καὶ διαφεύγουν ἀπὸ τὸ δόπισθιον μέρος τοῦ κινητῆρος, μὲ ἀποτέλεσμα νὰ προκαλοῦν κίνησιν τοῦ ἀεροπλάνου πρὸς τὴν ἀντίθετον κατεύθυνσιν.

Διὰ νὰ είναι ἡ καύσις πλέον ἔντονος πρέπει ὁ ἀτμοσφαιρικὸς ἄηρ, ὁ ἐρχόμενος εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸ καύσιμον, νὰ ἔχῃ συμπιεσθῆ. Δι' αὐτὸ καὶ τὰ ἀέρια τῆς καύσεως κατὰ τὴν ἐκτόνωσίν των διεγείρουν ἔνα ἀεριοστρόβιλον, δόποιος θέτει εἰς κίνησιν ἓνα συμπιεστήν. Ὁ συμπιεστής ἀπορροφεῖ ἀπὸ τὸ ἐμπρόσθιον μέρος τοῦ κινητῆρος μάζας ἀτμοσφαιρικοῦ ἄέρος καὶ τὰς συμπιέζει, προτοῦ τὰς φέρει εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸ καύσιμον.

Ἡ μεγάλη ὑπεροχὴ τῶν στροβιλοκινητήρων ἀντιδράσεως ἔναντι τῶν συνηθισμένων κινητήρων, διφεύλεται εἰς τὸ γεγονός διτὶ εἰς τους στροβιλοκινητήρας ἀντιδράσεως τὰ κινούμενα μεταξὺ τῶν μέρη είναι πολὺ διλιγώτερα ἀπὸ διτὶ εἰς τους κοι-



Σχ. 69. Κινητήρη ἀεριωθουμένου ἀεροπλάνου.



Σχ. 70. Ἀεριωθουμένον ἀεροπλάνον Μπόϊκ 707 - 320 C μεταφορικῆς ἱκανότητος 150 ἐπιβατῶν. ἔχει 4 μηχανάς. Πρωστική δύναμις ἐκάστου κινητῆρος 8 150 kp. Μεγίστη ταχύτης ἄνω τῶν 1 000 km/h. Ἀκτις δράσεως 9 600 km. Ὅψος πτήσεως 7 500 m ἕως 12 500 m.

νούς κινητήρας. Δι' αύτό και αι άπωλειαι ένεργειας έξι αιτίας τών τριβών περιορίζονται σημαντικώς με άποτέλεσμα νά έχωμεν αυξήσιν τής άποδόσεως.

Μέ στροβιλοκινητήρας άντιδράσεως είναι έφωδιασμένα τά γνωστά άεροσκάφη τύπου Μπόϊγκ (σχ. 70), Καραβέλας (Caravelle), και άλλα.

Η πιέζουσα δύναμις τών άεριων ένδος άεροσκάφους τύπου Μπόϊγκ φθάνει μέχρις 7 000 kp.

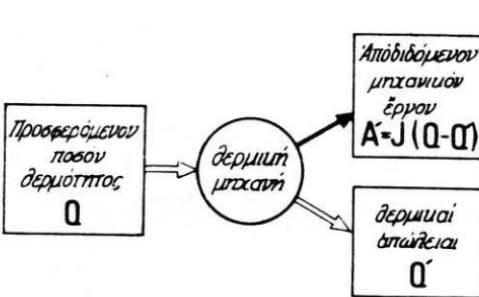
§ 76. Άποδοσις θερμομηχανῆς. Η άποδοσις τών θερμικῶν μηχανῶν είναι μικρά. Είδομεν εἰς τά προηγούμενα κεφάλαια ότι η άποδοσις μιᾶς άτμομηχανῆς είναι 10% περίπου, ή δὲ άποδοσις ένδος κινητήρος έκρηξεως 30% περίπου.

Έκ πρώτης δψεως θά έκπλαγμεν από τήν μικράν τιμήν τής άποδόσεως, ή όποια δμως έξηγεται άρκετά εύκολως.

Πράγματι εἰς μίαν άτμομηχανήν ο άτμος, ο όποιος άποχωρει από τὸν κύλινδρον, έχει ύψηλήν θερμοκρασίαν και τοιουτοτρόπως μία μεγάλη ποσότης θερμότητος χάνεται εἰς τὸ έξωτερικὸν περιβάλλον. Τὸ ίδιον συμβαίνει και με τὰς μηχανάς έκρηξεως. Πολλαὶ θερμιδες χάνονται με τὰ άερια τῆς καύσεως, τὰ όποια έξερχονται από τοὺς κυλίνδρους εἰς τὴν άτμοσφαιραν, ἐνῷ ἔνα ἄλλο μέρος τῆς θερμότητος άποδίδεται εἰς τὸ ψυγείον τοῦ κινητῆρος και κατόπιν διασπείρεται εἰς τὸν περιβάλλοντα ἀέρα.

Εἰς δόλους άνεξαιρέτως τοὺς θερμικοὺς κινητῆρας ή θερμότης παρέχεται από μίαν θερμήν δεξαμενήν (λέβης, θάλαμος έκρηξεως). Εστω Q ή ποσότης τῆς θερμότητος, ή όποια προσφέρεται εἰς ἔνα ώρισμένον χρονικὸν διάστημα. Μέρος αὐτῆς τῆς θερμότητος, έστω Q', άποδίδεται εἰς τὸ έξωτερικὸν περιβάλλον (ἢ εἰς τὸν αμπυκνωτὴν προκειμένου περὶ άτμομηχανῶν), τὸ όποιον ὀνομάζομεν ψυχράν δεξαμενήν.

Η διαφορὰ Q - Q' είναι ἑκείνη ή όποια μετατρέπεται εἰς μηχανικὸν ἔργον (σχ. 71). Τὸ ἔργον αὐτὸ A' θά είναι :



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

Ἐπειδὴ τὸ μηχανικὸν ισοδύναμον τῆς θερμότητος, τὴν όποιαν προσφέρει η θερμικὴ δεξαμενή, είναι A = J · Q, η άποδοσις η = A'/A θά είναι ἵση πρός :



Μεγίστη άποδοσις. Ο σαι τελειοποιήσεις και ὃν γίνουν εἰς την κατασκευὴν τῶν θερμικῶν μηχανῶν, είναι ἀδύ-

νατον νὰ ύπερβῃ η ἀπόδοσις ἔνα ώρισμένον δριον, τὸ ὅποιον ὀνομάζεται μεγίστη ἀπόδοσις.

Ἐάν θ_1 °C είναι η θερμοκρασία τῆς θερμῆς δεξαμενῆς (τῆς πηγῆς δηλαδὴ ή δοποία τροφοδοτεῖ μὲ θερμότητα τὴν μηχανήν) καὶ θ_2 °C η θερμοκρασία τῆς ψυχρᾶς δεξαμενῆς, ὅπως ἀπόδεικνύεται, η μεγίστη ἀπόδοσις η μεγάλης θερμικῆς μηχανῆς είναι ίση πρός :

$$\Delta \eta = \frac{\theta_1 - \theta_2}{\theta_1 + \theta_2}$$

Δηλαδή :

"Οσον ύψηλοτέρα είναι η θερμοκρασία τῆς θερμῆς δεξαμενῆς, τόσον μεγαλυτέρα είναι η μεγίστη ἀπόδοσις τῆς θερμικῆς μηχανῆς.

A N A K E F Α Λ Α I Ω S I S

1. Ἐνα ρευστόν, περιωρισμένον ἐντὸς ἐνὸς δοχείου, ἀσκεῖ εἰς τὰ τοιχώματα τοῦ δοχείου πιέζουσας δυνάμεις, αἱ ὅποιαι ἵσορροποῦνται μεταξύ τῶν. Ἐάν δημος ἀφαιρεθῇ ἔνα τμῆμα τοῦ δοχείου, τότε η πιέζουσα δύναμις, η ἀντίθετος πρὸς αὐτὸ τὸ τμῆμα, δὲν ἵσορροπεῖται πλέον καὶ τὸ δοχεῖον τείνει νὰ κινηθῇ μὲ φοράν ἀντίθετον ἀπὸ ἐκείνην τῆς ἐκροῆς τοῦ ὑγροῦ.

2. Όνομάζομεν κινητῆρα ἀντιδράσεως, ἔνα κινητῆρα ὃ ὅποιος δημιουργεῖ τὴν κίνησιν χωρὶς μηχανικὴν παρεμβολήν, χρησιμοποιῶν τὴν δύναμιν η ὅποια ἀναπτύσσεται ἐξ αἰτίας τῆς ἀντιδράσεως. Η δύναμις αὐτὴ δημιουργεῖται ἀπὸ τὴν ἐκτόνωσιν τῶν ἀερίων τῆς καύσεως, τὰ ὅποια ἐκτοξεύονται μὲ μεγάλην ταχύτητα. Ο κινητήρα ἀντιδράσεως δὲν περιλαμβάνει οὔτε διωστῆρας, οὔτε στροφάλους. Η ἐνέργεια η ὅποια παράγεται ἀπὸ τὴν καύσιν χρησιμοποιεῖται ἀμέσως διὰ τὴν προώθησιν τοῦ όχηματος, τὸ ὅποιον είναι συνδεδεμένον μὲ τὸν κινητῆρα.

3. Ο πύραυλος περιέχει καύσιμον καὶ εὑφλεκτα ὄλικά, δύναται δὲ νὰ κινηθῇ καὶ ἐκτὸς τῆς ἀτμοσφαίρας.

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

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

δπου Q ή ποσότης θερμότητος, ή όποια προσφέρεται έντος ένως ώρισμένου χρονικού διαστήματος εἰς τὴν μηχανήν καὶ Q' ή ποσότης θερμότητος ή όποια διπορροφεῖται έντος τοῦ αὐτοῦ χρονικού διαστήματος ἀπὸ τὸ περιβάλλον.

5. Ἡ μεγίστη ἀπόδοσις η_{μεγ} μιᾶς θερμικῆς μηχανῆς δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν :



δπου θ_1 ή θερμοκρασία τῆς θερμῆς δεξαμενῆς καὶ θ_2 ή θερμοκρασία τῆς ψυχρᾶς δεξαμενῆς.

III. ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ

§ 77. Εἴδη ἥχων. Ο ἀνθρωπος ἐπικοινωνεῖ μὲ τὴν Φύσιν χρησιμοποιῶν τὰς αἰσθήσεις του, μεταξὺ τῶν ὅποιων περιλαμβάνεται καὶ ἡ ἀκοή. Αἰσθητήριον ὅργανον τῆς ἀκοῆς εἶναι τὸ οὖς (αὐτί), μὲ τὸ ὅποιον ἀκούομεν τοὺς κωδωνισμούς, τὰ σαλπίσματα, τὰ μελωδικὰ ἄσματα, τοὺς κελαηδισμούς τῶν πτηνῶν, τὴν συναυλίαν μιᾶς ὁρχήστρας, τὰς φωνὰς τῶν συμμαθητῶν μας, τοὺς θορύβους ἐνὸς ἐργοστασίου κ.λπ. "Ολα τὰ ἀνωτέρω εἶναι ἥχοι." Ωστε :

"**Ὕχος εἶναι πᾶν ὅ,τι γίνεται ἀντιληπτὸν μὲ τὸ αἰσθητήριον ὅργανον τῆς ἀκοῆς.**

Οι ἥχοι διακρίνονται συνήθως εἰς ἀπλοῦς ἥχους ἢ τόνους, εἰς συνθέτους ἥχους ἢ φθόγγους καὶ εἰς θορύβους ἢ κρότους.

'Ο ἀπλοῦς ἥχος ἢ τόνος παράγεται ἀπὸ ὡρισμένα ἐργαστηριακὰ ὅργανα καὶ δὲν εἶναι οὔτε εὐχάριστος, οὔτε δυσάρεστος εἰς τὴν ἀκοήν.

Οι σύνθετοι ἥχοι ἢ φθόγγοι παράγονται ἀπὸ τὰ μουσικὰ ὅργανα καὶ τὴν ἀνθρωπίνην φωνήν, μᾶς προκαλοῦν δὲ εὐχάριστον συναίσθημα. Εἶναι μεῖγμα πολλῶν τόνων.

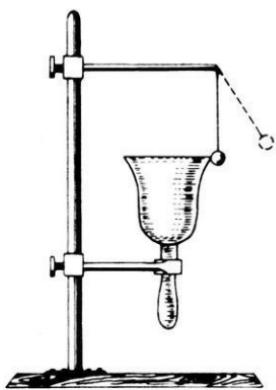
'Ο θόρυβος παράγεται κατὰ τὴν συγκέντρωσιν πολλῶν ἀνθρώπων, κατὰ τὴν κίνησιν τῶν φύλλων ἐνὸς δένδρου, κατὰ τὸ σχίσιμον ἐνὸς τεμαχίου χάρτου κ.λπ.

'Ο κρότος εἶναι δυνατὸς ἥχος, μικρᾶς χρονικῆς διαρκείας καὶ προκαλεῖ δυσάρεστον συναίσθημα.

§ 78. Παραγωγὴ τοῦ ἥχου. Πείραμα. Στερεώνομεν τὸ ἔνα ἄκρον μιᾶς χαλυβδίνης ράβδου εἰς ἔνα μηχανικὸν συσφιγκτῆρα (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 κινήται περιοδικῶς περὶ τὴν ἀρχικήν της θέσιν, ἡ, ὥπως λέγομεν, νὰ ἐκτελῇ παλμικὰς κινήσεις, τὰς ὅποιας δὲν δυνάμεθα νὰ παρακολουθήσωμεν μὲ τὸν ὀφθαλμόν, ἐπειδὴ ἐκτελοῦν-



Σχ. 72. Η χαλυβδίνη ράβδος πάλλεται και παράγει ήχον.



Σχ. 73. Αἱ παλμικαὶ κινήσεις τοῦ κώδωνος, ὁ ὅποῖος ἡχεῖ, προκαλοῦν ἀναπήδησιν τοῦ σφαιρι-

δίου τοῦ ἐκκρεμοῦς.

ται μὲ μεγάλην ταχύτητα. Ή χαλυβδίνη ράβδος πάλλεται (δονεῖται), ἐνῷ συγχρόνως παράγει ήχον.

Τὸ ἴδιον φαινόμενον εἰναι δυνατὸν νὰ παρατηρήσωμεν καὶ εἰς μίαν καλῶς τεταμένην χορδὴν, ὅταν ἀπομακρύνωμεν μὲ τὸ δάκτυλον τὸ μέσον τῆς καὶ κατόπιν τὸ ἀφήσωμεν ἐλεύθερον.

Ἄν ἐγγίσωμεν μὲ τὴν χεῖρα τὴν παλλομένην χαλυβδίνην ράβδον ἢ τὴν παλλομένην χορδὴν, παύει ἡ παλμικὴ κίνησις καὶ σταματᾷ ὁ ήχος. Ωστε :

Οἱ ἥχοι προκαλοῦνται ἀπὸ σώματα τὰ οποῖα πάλλονται ἀπὸ κάποιαν αἰτίαν.

Αἱ δονήσεις τῶν σωμάτων, τὰ οποῖα παράγουν ηχους, δὲν εἰναι πάντοτε ὄραται. Τὸ σχῆμα 73 ἐξηγεῖ τὸν τρόπον, μὲ τὸν οποῖον δυνάμεθα νὰ ἀντιληφθῶμεν τὰς παλμικὰς κινήσεις ἐνὸς σώματος, τὸ οποῖον παράγει ήχον. Ὅταν κτυπήσωμεν τὸν κώδωνα μὲ μίαν σφυραν, τὸ σφαιρίδιον τοῦ ἐκκρεμοῦς, τὸ οποῖον ἐγγίζει εἰς τὸν κώδωνα, ἀρχίζει νὰ ἀναπηδᾷ Εὐθὺς ὡς ἐγγίσωμεν ὅμως τὴν χεῖρα εἰς τὸν κώδωνα, τὸ σφαιρίδιον ἀκινητεῖ, ἐπειδὴ παύουν αἱ δονήσεις.

§ 79. Διάδοσις τοῦ ήχου. Ἡχητικὰ κύματα.

Διὰ νὰ προκαλέσουν ἐντύπωσιν εἰς τὸ οὖς αἱ ἡχητικαὶ δονήσεις ἐνὸς σώματος πρέπει νὰ μεταφερθοῦν μέχρις αὐτό. Ή μεταφορὰ δύναται νὰ γίνῃ ἀπὸ ἔνα ἐλαστικὸν μέσον, (ὅπως π.χ. ὁ ἄήρ, τὸ ξύλον, τὸ ὄδωρ), τὸ οποῖον νὰ διεγείρεται εἰς παλμικὴν κίνησιν καὶ νὰ τὴν μεταδίδῃ ἀπὸ μορίου εἰς μόριον.

Ἄς θεωρήσωμεν τὴν χαλυβδίνην ράβδον

τοῦ προηγουμένου πειράματος. Αὕτη, καθώς πάλλεται, ώθει τὰ μόρια τοῦ ἀέρος τὰ ὅποια εἶναι πλησίον της, προκαλοῦσα μὲ αὐτὸν τὸν τρόπον ἄλλοτε πύκνωσιν καὶ ἄλλοτε ἀραιώσιν τῶν μορίων τοῦ ἀέρος. Καθὼς δῆμως τὰ γειτονικά πρὸς τὴν ράβδον μόρια τοῦ ἀέρος πυκνώνουν ἢ ἀραιώνουν, ώθουμενα ἀπὸ τὴν ράβδον, ώθοῦν καὶ αὐτὰ ἐν συνεχείᾳ τὰ γειτονικά των μόρια, καὶ ἐκεῖνα πάλιν τὰ γειτονικά των καὶ τοιουτορόπως ἡ δόνησις μεταδίδεται εἰς τὸν χῶρον.

Τὸ ᾴδιον συμβαίνει μὲ τὴν διάδοσιν τῶν κυμάτων τοῦ ὕδατος εἰς μίαν ἥρεμον λίμνην, ὅταν ρίψωμεν ἐντὸς αὐτῆς ἔνα λίθον (σχ. 74).

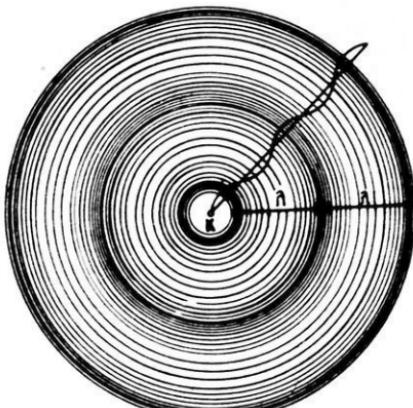
Μὲ τὸν ᾴδιον τρόπον γίνεται ἡ μετάδοσις τοῦ ἥχου εἰς οίονδήποτε στερεόν, ὑγρὸν ἢ ἀέριον σῶμα.

Τὸ σῆμα 75 παριστᾶ τὰ πυκνώματα καὶ τὰ ἀραιώματα τῶν μορίων τοῦ ἀέρος, τὰ ὅποια μεταδίδονται ὅπως τὰ κύματα εἰς τὸ ὕδωρ. Δι’ αὐτὸν τὸν λόγον τὰ δονομάζομεν ἥχητικά κύματα. "Ωστε :

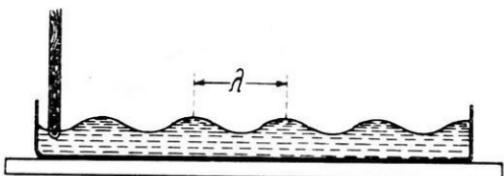
Τὰ ἥχητικά κύματα ἀποτελοῦνται ἀπὸ πυκνώματα καὶ ἀραιώματα μορίων τοῦ ἀέρος, ὅπως τὰ κύματα τοῦ ὕδατος ἀποτελοῦνται ἀπὸ ὑψώματα καὶ κοιλώματα.



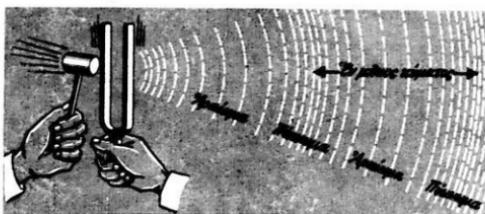
Σχ. 74. Ἡ πτῶσις τοῦ λίθου, εἰς τὰ ὕδατα μιᾶς λίμνης, προκαλεῖ ὕδατικά κύματα, τὰ ὅποια διαδίδονται εἰς ὅλην τὴν ἐπιφάνειαν τῆς λίμνης.



Σχ. 75. Ἡχητικά σφαιρικά κύματα, τὰ ὅποια διαδίδονται εἰς τὸν χῶρον ἀπὸ μίαν μικράν ἥχητικήν πηγήν Κ. Διακρίνονται τὰ πυκνώματα καὶ τὰ ἀραιώματα τῶν μορίων τοῦ ἀέρος. Ἡ ἀπόστασις δύο γειτονικῶν πυκνωμάτων (ἢ ἀραιωμάτων) κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς ἀκτίνος ἰσούται πρὸς τὸ μῆκος κύματος.



Σχ. 76. Τὰ ύδατινα κύματα ἀποτελοῦνται ἀπὸ ύψωμάτα καὶ κοιλώματα. Ἡ ἀπόστασις δύο γειτονικῶν ύψωμάτων ἢ κοιλωμάτων εἶναι ίση πρὸς τὸ μῆκος κύματος.



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

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

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

§ 80. Ταχύτης διαδόσεως τοῦ ἡχου. Ἡ μετάδοσις τοῦ ἡχου δὲν εἶναι ἀκαριαία. Ἐάν ἀπὸ μίαν ώρισμένην ἀπόστασιν παρατηροῦμεν ἔνα ὅπλον, τὸ ὁποῖον ἐκπυρσοκροτεῖ, βλέπομεν πρῶτον τὴν λάμψιν καὶ μετὰ παρέλευσιν ώρισμένου χρόνου ἀκούομεν καὶ τὸν κρότον, μολονότι καὶ τὰ δύο φαινόμενα παράγονται συγχρόνως. Αὐτὸ δοφείλεται εἰς τὸ ὅτι ὁ ἡχος χρειάζεται πολὺ περισσότερον χρόνον διὰ νὰ διανύσῃ τὸ διάστημα, τὸ ὁποῖον μᾶς χωρίζει ἀπὸ τὸ ἐκπυρσοκροτοῦν ὅπλον.

Ἀπὸ ἀκριβεῖς μετρήσεις εὑρέθη ὅτι ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ ἡχου εἰς τὸν ἀέρα, εἰς θερμοκρασίαν 15 °C, εἶναι ίση πρὸς 340 m/sec.

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

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

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

Ἐνα ἄλλο μέγεθος τὸ δοποῖον χαρακτηρίζει τὸν ἡχον εἶναι ἡ συχνότης του.

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

είναι μεγαλυτέρα παρά εις τὰ άέρια καὶ εις τὰ στερεά είναι μεγαλυτέρα παρά εις τὰ ύγρά.

Ἡ θερμοκρασία ἐπιδρᾶ εἰς τὴν ταχύτητα διαδόσεως τοῦ ἥχου. Οὕτως εἰς τοὺς 0°C είναι 331 m/sec καὶ εἰς τοὺς 20°C 343 m/sec εἰς τὸν ἄέρα. Εἰς τὴν συνθησιμένην θερμοκρασίαν ἡ ταχύτης τοῦ ἥχου εἰς τὸ ὅδωρ είναι 1 450 m/sec, εἰς τὸ ξύλον 3 000—4 000 m/sec, εἰς τὰ μέταλλα ἀπὸ 3 000 μέχρι 5 000 m/sec.

Ο ἥχος δὲν διαδίδεται εἰς τὸ κενόν, ἐφ' ὅσον διὰ νὰ μεταφερθῇ ἀπὸ τὸ σῶμα τὸ ὁποῖον δονεῖται ἔως τὸ αἰσθητήριον τῆς ἀκοῆς χρειάζεται κάποιο ἄλλο σῶμα, διὰ νὰ μεταφέρῃ τὰς κυμάνσεις (σχ. 78). "Ωστε :

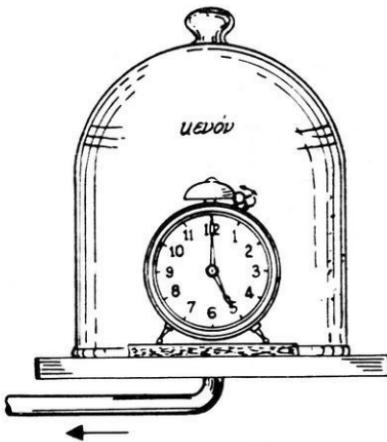
Ο ἥχος δὲν διαδίδεται εἰς τὸ κενόν. Ο ἥχος διαδίδεται μὲν μεγαλυτέραν ταχύτητα εἰς τὰ στερεά, μὲν μικρότεραν εἰς τὰ ύγρά καὶ μὲν ἀκόμη πλέον μικρὰν ταχύτητα εἰς τὰ ἄέρια.

Αποδεικνύεται ὅτι ἡ ταχύτης υ διαδόσεως τῶν ἡχητικῶν κυμάτων, τὸ μῆκος κύματος λ καὶ ἡ συχνότης ν τοῦ ἥχου συνδέονται μὲ τὴν σχέσιν :

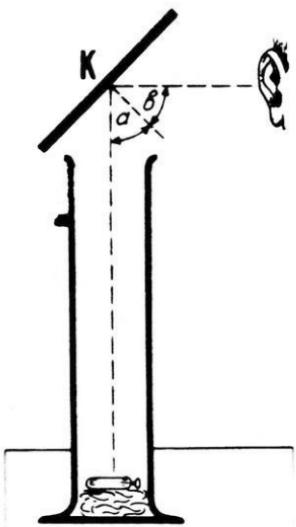
$$v = \lambda \cdot n$$

"Οταν ἡ συχνότης ν ἐκφράζεται εἰς Χέρτς καὶ τὸ μῆκος κύματος λ εἰς μέτρα, ἡ ταχύτης υ εὑρίσκεται εἰς μέτρα ἀνὰ δευτερόλεπτον.

§ 81. Ἀνάκλασις τοῦ ἥχου. Ἡχώ. Ἀν σταθῶμεν εἰς μίαν ώρισμένην ἀπόστασιν ἀπὸ ἕνα τοῖχον καὶ φωνάξωμεν, ἀκούομεν καὶ πάλιν μετ' δλίγον τὴν φωνήν μας, ἡ ὁποία ἔρχεται ἀπὸ τὸν τοῖχον. Τὸ φαινόμενον τοῦτο λέγεται ἡχώ καὶ ὀφείλεται εἰς τὸ γεγονός ὅτι τὰ ἡχητικά κύματα, ὅταν συναντοῦν κάποιο ἐμπόδιον εἰς τὴν διάδοσίν των, ὑφίστανται ἀνάκλασιν, ἀλλάζουν δηλαδὴ διεύθυνσιν διαδόσεως (σχ. 79).



Σχ. 78. Ό ἥχος δὲν διαδίδεται εἰς τὸ κενόν. "Οταν ἀφαιρεθῇ ὁ ἀήρ τοῦ κάδωνος τῆς ἀεραντλίας ὁ κάδων τοῦ ὀρολογίου παύει νὰ ἀκούγεται.



Σχ. 79. Άνακλασις τοῦ ἥχου. Ὄταν τοποθετήσωμεν εἰς τὸ στόμιον τοῦ κυλινδρικοῦ σωλήνος τὸ διάφραγμα K, ἀκούομεν μὲν εὐκρίνειαν τὸν ἥχον τοῦ ὡρολογίου.

χρειάζεται διὰ νὰ παύσῃ ὑφισταμένη ἡ ἐντύπωσις, τὴν ὁποὶαν προκαλεῖ ἔνας ἥχος μετὰ τὴν παῦσιν του. Εἰς χρονικὸν διάστημα ὅμως 0,1 sec ὁ ἥχος διανύει 34 m εἰς τὸν ἀέρα. Τὸ διάστημα αὐτὸν θὰ διανυθῇ ἀπὸ τὸν κυρίως ἥχον καὶ τὸν ἀνακλώμενον. Ἔκαστος ἐξ αὐτῶν λοιπὸν ἔχει νὰ διανύσῃ 17 m. Ὡστε :

Διὰ νὰ προκληθῇ ἥχὼ πρέπει τὸ ἐμπόδιον νὰ ἀπέχῃ 17 μέτρα τοὺλάχιστον ἀπὸ τὸν παρατηρητήν.

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

‘Αντήχησις ὀνομάζεται τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ ὄποιον, ὅταν εύρισκώμεθα ἔμπροσθεν ἐμποδίου, εἰς ἀπόστασιν μικροτέραν ἀπὸ 17 m, δὲν ἀκούομεν εὐκρινῶς τὸν ἀνακλώμενον ἥχον.

Κάτι ἀνάλογον συμβαίνει καὶ μὲ τὸ φῶς, ὅταν προσπέσῃ μία δέσμη φωτεινῶν ἀκτίνων ἐπάνω εἰς ἔναν καθρέπτην.
“Ωστε :

Τὰ ἡχητικὰ κύματα ἀνακλῶνται, ὅταν συναντήσουν ἔνα ἐμπόδιον κατὰ τὴν διάδοσίν των.

§ 82. Ἀντήχησις. Διὰ νὰ διακρίνωμεν τὴν ἥχῳ πρέπει νὰ ίσταμεθα εἰς ἀρκετὴν ἀπόστασιν ἀπὸ τὸ ἐμπόδιον, ἐπὶ τοῦ ὁποίου ἀνακλῶνται τὰ ἡχητικὰ κύματα. Ἡ ἀπόστασις αὐτὴ πρέπει νὰ είναι τοιαύτη, ὥστε ὁ ἀνακλώμενος ἥχος νὰ φθάσῃ εἰς τὸ αἰσθητήριον τῆς ἀκοῆς μετὰ πάροδον χρονικοῦ διαστήματος ὥχι μικροτέρου ἀπὸ τὸ 0,1 τοῦ δευτερολέπτου, ἀφ’ ὅτου παρήχθη ὁ κυρίως ἥχος (σχ. 80). Καὶ τοῦτο διότι τόσος χρόνος

(σχ. 80). Καὶ τοῦτο διότι τόσος χρόνος

Αντήχησιν παρατηροῦμεν εἰς μερικάς ἐκκλησίας, εἰς τὰ ὅποιας ψάλλει ἔνας μόνον ψάλτης, ή δὲ φωνή του ἀντηχεῖ καὶ δημιουργεῖ τὴν ἀντύπωσιν ὅτι «βουίζει» ὀλόκληρος ἡ ἐκκλησία. Ἡ ἀντήχησις εἶναι εὐχάριστος ὅταν ἀκούωμεν μουσικὴν καὶ δυσάρεστος ὅταν ἀκούωμεν ὄμιλίαν, ἐπειδὴ συγχέονται αἱ συλλαβαὶ καὶ δὲν δυνάμεθα νὰ ἐννοήσωμεν τί λέγει ὁ ὄμιλητής.

Τὴν ἥχῳ καὶ τὴν ἀντήχησιν προσέχουν ιδιαιτέρως οἱ μηχανικοί, οἱ ὅποιοι κατασκευάζουν αἰθούσας θεάτρων, κινηματογράφων, διαλέξεων κ.λπ., ώστε νὰ δύνανται κανεὶς νὰ ἀκούῃ αἰσθητῶς καὶ μὲ εὐκρίνειαν ἀπὸ οίονδήποτε σημεῖον τῆς αἰθούσης.

Τὸ ἀρχαῖον θέατρον τῆς Ἐπιδαύρου θεωρεῖται θαῦμα ἀκουστικῆς τέχνης, ἀφοῦ δύνανται κανεὶς νὰ ἀκούῃ καὶ τοὺς ψιθύρους τῶν ἡθοποιῶν, ἀπὸ τὰς πλέον ἀπομεμακρυσμένας ὑψηλάς θέσεις.

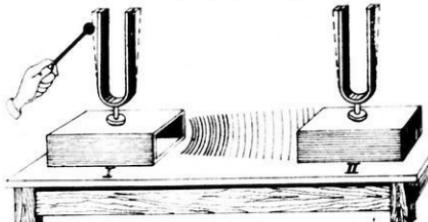
§ 83. Συντονισμός. Τὸ διαπασῶν ἀποτελεῖται ἀπὸ μίαν χαλυβδίνην πρισματικὴν ράβδον, τὸ ἄνω μέρος τῆς ὅποιας ἔχει διαμορφωθῆ ἐις σχῆμα U (σχ. 81). Διεγείρεται συνήθως μὲ ἐλαφράν κροῦσιν τῶν σκελῶν του, ὅποτε αὐτὰ πάλλονται. Ἐπειδὴ ὁ παραγόμενος ἥχος εἶναι ἀδύνατος, τὸ ὅργανον τοποθετεῖται ἐπὶ καταλλήλου ξυλίνου κιβωτίου (ἀντηχείον), ἀνοικτοῦ εἰς τὴν μίαν πλευράν του, ὅποτε ὁ ἥχος ἐνισχύεται.

Τὰ διαπασῶν παράγουν ὡρισμένους τόνους.

Πείραμα. Ἡς θεωρήσω-



Σχ. 80. Διά νὰ προκληθῇ ἥχω πρέπει νὰ ἔχωμεν ἀπόστασιν τουλάχιστον 17 m ἀπὸ τὸ ἐμπόδιον, ἢ ὁ ἥχος νὰ διανύῃ τὴν ἀπόστασιν μας ἀπὸ τὸ ἐμπόδιον καὶ νὰ ἐπιστρέψῃ ἐντὸς χρόνου μεγαλυτέρου 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 δόποια εἶναι ἐντελᾶς ὅμοια καὶ ἐπομένως παράγουν, δταν διεγερθοῦν, ἥχον τῆς ἰδίας συχνότητος. "Αν διεγείρωμεν τὸ ἔνα ἀπὸ τὰ δύο διαπασῶν, ὥστε νὰ παράγῃ ἥχον, ἀφοῦ τὸ κτυπήσωμεν ἐλαφρῶς, παρατηροῦμεν δτι καὶ τὸ δεύτερον διαπασῶν διεγείρεται. Διὰ νὰ ἐπιτύχῃ καλλίτερον τὸ πείραμα, τοποθετοῦμεν τὰ διαπασῶν ἐπὶ ἀντιχείων. Τὸ φαινόμενον αὐτὸν δνομάζεται συντονισμός. "Ωστε :

Συντονισμὸς δνομάζεται τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ δόποιον ἔνα σῶμα, τὸ δόποιον δύναται νὰ παράγῃ ἥχον, διεγείρεται δταν δονήται πλησίον αὐτοῦ ἔνα ἄλλο σῶμα, τὸ δόποιον παράγει ἥχον τῆς ἰδίας συχνότητος.

§ 84. Χαρακτηριστικὰ γνωρίσματα τῶν ἥχων. Οἱ ἥχοι ἔχουν τρεῖς ἰδιότητας μὲ τὰς δόποιας δυνάμεθα νὰ τοὺς διακρίνωμεν ἀπὸ τοὺς ἄλλους. Αἱ ἰδιότητες αὐταὶ δνομάζονται χαρακτῆρες τοῦ ἥχου καὶ εἶναι ἡ ἀκουστότης, τὸ ὑψος καὶ ἡ χροιά.

α) Ἀκουστότης. Γνωρίζομεν δτι ἔνας ἥχος δύναται νὰ εἶναι δυνατὸς ἢ ἀσθενής, νὰ ἔχῃ δηλαδή, δπως λέγωμεν συνήθως, μεγάλην ἢ μικρὰν ἔντασιν. "Ωστε :

'Ἀκουστότης εἶναι ἡ ἰδιότης μὲ τὴν ὁποίαν διακρίνομεν τοὺς ἥχους εἰς δυνατοὺς ἢ ἀσθενεῖς.

Διὰ τὴν μέτρησιν ἀκουστοτήτων χρησιμοποιοῦμεν τὴν μονάδα **1 φών** (1 Phon), ἡ δόποια ἐκλέγεται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε ἔνας ἥχος δ ὁδοῖος εἶναι μόλις ἀκουστός, νὰ ἔχῃ ἀκουστότητα μηδὲν Phon καὶ ἔνας ἥχος δ ὁδοῖος προκαλεῖ πόνον 130 Phon.

β) Ὑψος τοῦ ἥχου. Λέγομεν συνήθως δτι αἱ γυναίκες ἔχουν «ύψηλὴν» φωνὴν ἐνῶ οἱ ἄνδρες «χαμηλὴν». "Ενα ἄλλο λοιπὸν χαρακτηριστικὸν τοῦ ἥχου εἶναι ἂν δ ἥχος εἶναι ύψηλὸς ἢ χαμηλὸς καὶ λέγεται ὑψος τοῦ ἥχου. "Ωστε :

"Ὕψος τοῦ ἥχου εἶναι ἡ ἰδιότης μὲ τὴν ὁποίαν διακρίνομεν τοὺς ἥχους εἰς ύψηλοὺς ἢ δξεῖς καὶ χαμηλοὺς ἢ βαρεῖς.

Τὸ ὑψος τοῦ ἥχου ἐξαρτᾶται ἀποκλειστικῶς ἀπὸ τὴν συχνότητά του. "Ὕψηλοι ἥχοι ἔχουν μεγάλην συχνότητα καὶ χαμηλοὶ ἥχοι μικρὰν συχνότητα.

Τὸ ἀνθρώπινον οὖς ἀδυνατεῖ νὰ ἀκούσῃ δλους τοὺς ἥχους. Τὰ

δρια τῶν ἀκουστῶν ήχων περιλαμβάνονται μεταξὺ 16 Hz καὶ 24 000 Hz περίπου. Οἱ ήχοι μὲ συχνότητα μικροτέραν τῶν 16 Hz λέγονται ύπό-ηχοι, ἐνώ οἱ ήχοι μὲ συχνότητα μεγαλύτεραν τῶν 24 000 Hz ύπερηχοι. Οἱ ύπερηχοι χρησιμοποιοῦνται κατὰ τὰ τελευταῖα ἔτη εἰς τὴν τεχνι-κήν καὶ εἰς τὴν ιατρικήν.

γ) **Χροιὰ τοῦ ήχου.** "Αν ἀκούσωμεν μίαν νόταν ἀπὸ βιολίον καὶ τὴν ίδιαν νόταν ἀπὸ σαξόφωνον, ἐννοοῦμεν διτὶ οἱ δύο αὐτοὶ ήχοι, μολονότι ἔχουν τὴν ίδιαν ἀκουστότητα καὶ τὸ ίδιον ὑψος, δηλαδὴ τὴν ίδιαν συχνότητα, εἶναι διαφορετικοί. Λέγομεν τότε διτὶ οἱ δύο αὐτοὶ ήχοι ἔχουν διαφορετικὴν χροιάν. "Ωστε :

Χροιὰ εἶναι ή ίδιότης μὲ τὴν ὅποιαν διακρίνομεν δύο ήχους τῆς ίδιας ἀκουστότητος καὶ τοῦ ίδιου ὕψους, δπως ἐπίσης καὶ τὸ ήχογόνον σῶμα τὸ ὅποιον παράγει τὸν ήχον.

Τὰς φωνὰς τῶν ἀνθρώπων τὰς διακρίνομεν ἀπὸ τὸ διάφορον ὕψος των, κυρίως δμως ἀπὸ τὴν διαφορετικήν των χροιάν.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. "Οἱ τι γίνεται ἀντιληπτὸν μὲ τὸ οὖς εἶναι ήχος. Οἱ ήχοι προκαλοῦνται ἀπὸ σώματα τὰ δποῖα εὑρίσκονται εἰς παλμικὴν κίνησιν. Ή παλμικὴ κίνησις τοῦ σώματος προκαλεῖ πυκνώματα καὶ ἀραιώματα τῶν μορίων τοῦ ἀέρος, τὰ δποῖα διαδίδονται εἰς τὸν γειτονικὸν ἀέρα καὶ τοιουτοτρόπως δημιουργοῦνται τὰ ηχητικὰ κύματα. Ή ἀπόστασις δύο γειτονικῶν πυκνωμάτων ή ἀραιωμάτων δνομάζεται μῆκος κύματος, ή δὲ συχνότης τῆς ήχογόνου πηγῆς, δηλαδὴ τοῦ παλλομένου σώματος, συχνότης τῶν ηχητικῶν κυμάτων.

2. "Ο ήχος δὲν διαδίδεται εἰς τὸ κενόν. Μὲ μεγαλυτέρας ταχύτητας διαδίδεται εἰς τὰ στερεὰ καὶ μὲ μικροτέρας εἰς τὰ ἀέρια. Ή ταχύτης διαδόσεως, τὸ μῆκος κύματος λ καὶ ή συχνότης ν τοῦ ήχου, συνδέονται μὲ τὴν σχέσιν :



3. Τὰ ἡχητικά κύματα, ὅταν συναντήσουν ἐμπόδιον εἰς τὴν διάδοσίν των, ἀνακλῶνται μεταβάλλοντα πορείαν διαδόσεως. Ἐν ἑνα ἐμπόδιον εὑρίσκεται εἰς ἀπόστασιν μεγαλυτέραν ἀπὸ 17 μέτρα, ὁ παρατηρητής διακρίνει τὸν ἀνακλώμενον ἥχον ἀπὸ τὸν ἀρχικὸν καὶ τὸ φαινόμενον λέγεται ἥχω. Ἐν δικαίῳ ἡ ἀπόστασις εἶναι μικροτέρα ἀπὸ 17 μέτρα, οἱ δύο ἥχοι δὲν διαχωρίζονται καὶ τὸ φαινόμενον λέγεται ἀντίχησις.

4. Ἡ ἥχω καὶ ἡ ἀντίχησις ἔχουν ἰδιαιτέραν σημασίαν εἰς τὴν κατασκευὴν ἐκκλησιῶν, κινηματογραφικῶν αἰθουσῶν, θεάτρων κ.λ.π.

5. Ὁ συντονισμὸς εἶναι τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ ὅποιον ἔνα σῶμα δύναται νὰ διεγερθῇ καὶ νὰ παράγῃ ἥχον, ὅταν δονῆται πλησίον αὐτοῦ ἔνα ἄλλον σῶμα, τὸ ὅποιον παράγει ἥχον τῆς ἴδιας συχνότητος.

6. Ἡ ἀκουστότης, τὸ ὑψος καὶ ἡ χροιά εἶναι τὰ τρία χαρακτηριστικὰ γνωρίσματα τῶν ἥχων.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

78. Ἔνα διαπασῶν ἐκτελεῖ 440 παλμοὺς εἰς ἔνα δευτερόλεπτον. Πόσος εἶναι ο χρόνος μιᾶς πλήρους ταλαντώσεως του. (*Απ. 0,00227 sec.*)

79. Πόσων Χερτς (Hz) συχνότητα ἔχει ἔνας τόνος, ὁ ὅποιος εἰς 7 sec ἐκτελεῖ 499 ταλαντώσεις. (*Απ. 71 Hz.*)

80. Εἰς πόσην ἀπόστασιν εὑρίσκεται ἔνα καταγιδοφόρον νέφος, ὅταν ἡ βροντὴ ἀκούεται 4 sec μετά τὴν πτῶσιν τοῦ κεραυνοῦ. Ὁ ἥχος διαδίδεται μὲ ταχύτητα 340 m/sec καὶ τὸ φῶς διὰ μικρὰς ἀπόστασεis ἀκομαίως. (*Απ. 1 360 m.*)

81. Πόσον εἶναι τὸ βάθος τῆς θαλάσσης ὅταν, κατὰ μίαν ἡχοβόλησην, ἐμετρήθη χρόνος 0,68 sec. Διδεται ὅτι ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ ἥχου εἰς τὸ θαλάσσιον ὕδωρ εἶναι 1 425 m/sec. (*Απ. 484,5 m.*)

82. Πόσον μακρὰν ἀπὸ τὴν ἀκτὴν εὑρίσκεται ἔνα πλοῖον, ἀν ἔνα ὑποθαλάσσιον σῆμα λαμβάνεται 5 sec ἐνωρίτερον ἀπὸ ἔνα ταυτόχρονον σῆμα εἰς τὸν ἀέρα (ταχύτης ἥχου εἰς τὸν ἀέρα 340 m/sec καὶ εἰς τὸ θαλάσσιον ὕδωρ 1 425 m/sec.) (*Απ. 2 233 m.*)

83. Ἔνας ἀνθρωπος εὑρίσκεται εἰς μίαν ἀπόστασιν ἀπὸ ἔνα ἐμπόδιον καὶ κραγάξει. Ἀφοῦ περάσουν 2,4 sec, ἀκούει τὸν ἥχον τῆς φωνῆς του, ἡ ὅποια ἀνεκλάσθη εἰς τὸ ἐμπόδιον. Πόση εἶναι ἡ ἀπόστασις τοῦ ἀνθρώπου ἀπὸ τὸ ἐμπόδιον, ἀν ἡ ταχύτης τοῦ ἥχου εἰς τὸν ἀέρα ἀνέρχεται εἰς 340 m/sec. (*Απ. 408 m.*)

84. "Ενας ήχος έχει συχνότητα 100 Hz και διαδίδεται εἰς τὸν ἀέρα μὲ ταχύτητα 340 m/sec. Πόσον είναι τὸ μῆκος κύματος τοῦ ηχού αὐτοῦ. ("Απ. 3,4 m.)

85. Τὸ μῆκος κύματος ἐνὸς ηχού μὲ συχνότητα 100 Hz , ὁ ὅποιος διαδίδεται εἰς τὸ ὄχημα, είναι 10 m. Πόση είναι ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ ηχού αὐτοῦ εἰς τὸ ὄχημα. ("Απ. 1 000 m/sec.)

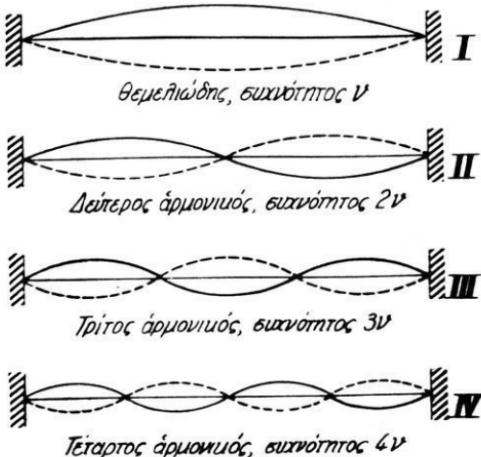
86. Πόσον είναι τὸ μῆκος κύματος τοῦ τόνου ὁ ὅποιος έχει συχνότητα 440 Hz εἰς τὸν ἀέρα. Ταχύτης ηχού εἰς τὸν ἀέρα 340 m/sec. ("Απ. 0,775 m.)

87. Εἰς πόσην ἀπόστασιν εὐρίσκεται ἔνα ἑιπόδιον, ὅταν ἀκούωμεν τρισύλλαβον ηχώ.

IΙ' — Η ΧΗΤΙΚΑΙ ΠΗΓΑΙ

§ 85. Χορδαί. Άρμονικοὶ ηχοί. Αν διεγείρωμεν μίαν χορδὴν εἰς παλμικὴν κίνησιν, κτυπῶντες αὐτὴν ἐλαφρῶς εἰς τὸ μέσον, παρατηροῦμεν ὅτι ὅλα τὰ σημεῖα τῆς ταλαντεύονται περὶ τὴν ἀρχικήν των θέσιν, ἡ δὲ χορδὴ παρουσιάζει τὴν μορφὴν τὴν ὅποιαν δεικνύει τὸ σχῆμα 82, I.

Αν σταθεροποιήσωμεν τὸ μέσον τῆς χορδῆς μὲ τὸν δάκτυλόν μας, ἡ θέσωμεν εἰς τὸ σημεῖον αὐτὸν ἔνα ξύλινον ὑποστήριγμα καὶ διεγείρωμεν πάλιν τὴν χορδὴν, παρατηροῦμεν τότε ὅτι ὀλόκληρος ἡ χορδὴ ταλαντεύεται (σχ. 82, II). Εἰς τὴν περίπτωσιν δύμως αὐτὴν ἡ χορδὴ παράγει ηχον μὲ διπλασίαν συχνότητα. Αναλόγως δυνάμεθα νὰ ἔξαναγκάσωμεν τὴν χορδὴν, νὰ παράγῃ ηχον μὲ τριπλασίαν συχνότητα (σχ. 82, III) ἡ τετραπλασίαν συχνότητα (σχ. 82, IV). Ο ηχος τὸν ὅποιον ἀποδίδει ἡ χορδὴ, ὅταν πάλλεται



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

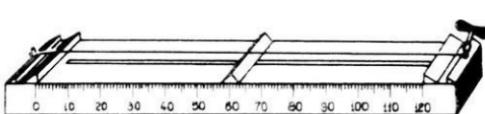
ώς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 82, Ι, ὀνομάζεται θεμελιώδης ἡχος ἡ πρῶτος ἀρμονικός, ἐνῷ ὅταν πάλλεται ὅπως εἰς τὰς περιπτώσεις II, III, IV τοῦ ἴδιου σχήματος, ὁ παραγόμενος ἡχος λέγεται ἀνώτερος ἀρμονικός καὶ ἴδιαιτέρως δεύτερος ἀρμονικός, τρίτος ἀρμονικός, κ.λπ. "Ωστε :

"Οταν ἔλαττώσωμεν τὸ μῆκος μιᾶς χορδῆς εἰς τὸ 1/2, 1/3, 1/4, κ.λπ. τοῦ ἀρχικοῦ της μήκους, ἐνῷ συγχρόνως διατηρήσωμεν σταθερὰν τὴν τάσιν, τὴν ὅποιαν ἀσκοῦμεν ἐπ' αὐτῆς, τότε ἡ συχνότης τῶν παραγομένων ἥχων εἶναι ἀντιστοίχως διπλασία, τριπλασία, τετραπλασία κ.λπ. τῆς ἀρχικῆς συχνότητος.

Οἱ μουσικοὶ ἥχοι ἢ φθόγγοι ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἕνα ἰσχυρὸν θεμελιώδη καὶ πολλοὺς ἄλλους ἀνωτέρους ἀρμονικούς, οἱ διοῖοι 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 ἕνα ξύλινον κιβώτιον (ἀντηχεῖον) τὸ διόποιον προορίζεται νὰ ἐνισχύῃ τοὺς ἥχους. Ἡ χορδὴ περιτυλίσσεται εἰς ἕνα ἄξονα καὶ σταθεροποιεῖται εἰς τὸ ἕνα ἄκρον τοῦ μονοχόρδου, μὲ μίαν δὲ κλειδὰ, ἡ διόποια εύρισκεται εἰς τὸ ἄλλον ἄκρον, δυνάμεθα νὰ ρυθμίζωμεν τὴν τάσιν τῆς.

Πειραματιζόμενοι καταλήγομεν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι :



Σχ. 83. Τὸ μονόχορδον εἶναι μία συσκευὴ διά τὴν μελέτην τῶν χορδῶν.

Ἡ συχνότης ἐνὸς τόνου ἔξαρταται ἀπὸ τὸ μῆκος, τὸ πάχος καὶ τὸ ὄντικόν τῆς χορδῆς, ὡς ἐπίσης καὶ ἀπὸ τὴν τάσιν τὴν ὅποιαν ἀσκοῦμεν εἰς τὴν χορδήν.

§ 87. Ἡχητικοὶ σωλῆνες. Νόμος τῶν ἡχητικῶν σωλήνων. Εἰς τὴν Φυσικὴν ὀνομάζομεν ἡχητικοὺς σωλῆνας, κυλινδρικοὺς ἡ πρισματικοὺς σωλῆνας ἀπὸ ξύλου ἢ μέταλλον, εἰς τοὺς διόποιους προσφυσῶμεν ρεῦμα ἀέρος, ἀπὸ τὸ στόμιον καὶ προκαλοῦμεν κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ταλάντωσιν τοῦ ἀέρος, τὸν διόποιον περιέχει ὁ σωλήν.

Οἱ ἡχητικοὶ σωλῆνες εἰναι εἴτε ἀνοικτοὶ (σχ. 84), εἴτε κλειστοί.

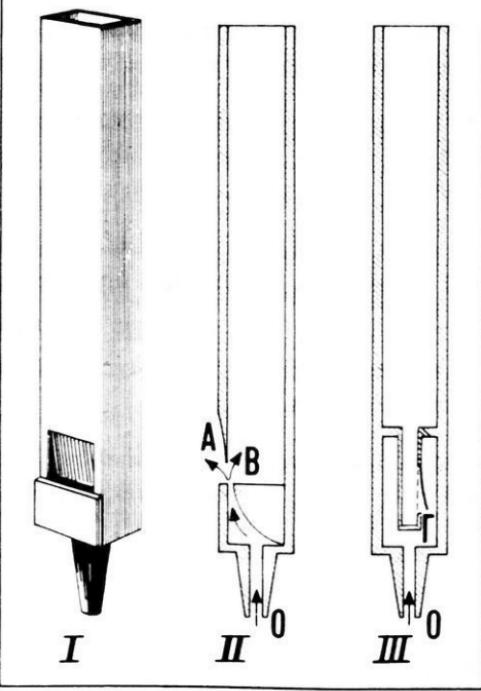
Εἰς τὸν ἀνοικτὸν σωλῆνα τοῦ σχήματος 84, II, ὁ ἄηρ εἰσέρχεται ἀπὸ τὸ ἐπιστόμιον Ο καὶ ἔξερχεται ἀπὸ τὸ στόμιον Β. Εἰς τὸ χεῖλος Α δημιουργεῖται διατάραξις τῆς στήλης τοῦ ἀέρος, ὥσπερ ἀκριβῶς συμβαίνει καὶ εἰς τὴν σφυρίτραν, καὶ τοιούτορόπως προκαλεῖται δόνησις τοῦ ἀέρος, ὁ ὅποιος εὑρίσκεται εἰς τὴν κοιλότητα.

Εἰς τὸν ἀνοικτὸν σωλῆνα τοῦ σχήματος 84, III, ὁ ἄηρ εἰσχωρεῖ ἀπὸ τὸ στόμιον Ο καὶ διεγείρει εἰς παλμικὴν κίνησιν τὴν γλωσσίδα Γ.

Οὐτὶ συμβαίνει μὲ τὰ ἀνωτέρω δύο εἶδη ἀνοικτῶν ἡχητικῶν σωλήνων, δηλαδὴ τοὺς ἀνοικτοὺς ἡχητικοὺς σωλῆνας μὲ ἐπιστόμιον καὶ στόμιον καὶ τοὺς ἀνοικτοὺς ἡχητικοὺς σωλῆνας μὲ ἐπιστόμιον καὶ γλωσσίδα, συμβαίνει καὶ μὲ τὰ δύο ἀντίστοιχα εἶδη τῶν κλειστῶν ἡχητικῶν σωλήνων. Οἱ σωλῆνες αὐτοὶ διαφέρουν ἀπὸ τοὺς ἀνοικτοὺς ἡχητικοὺς σωλῆνας κατὰ τὸ ὅτι εἰναι κλειστοὶ εἰς τὸ ἀνώτερον ἄκροντων.

Απὸ τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι :

Εἰς τοὺς ἡχητικοὺς σωλῆνας μὲ ἐπιστόμιον καὶ στόμιον ὁ τόνος προκαλεῖται ἀπὸ τὰς ἀπ' εὐθείας παλμικάς κινήσεις τοῦ ἀέρος. Εἰς τοὺς ἡχητικοὺς σωλῆνας μὲ ἐπιστόμιον καὶ γλωσσίδα ὁ τόνος προκα-



Σχ. 84. Ἀνοικτοὶ ἡχητικοὶ σωλῆνες. (I) Ἐξωτερικὴ ἐμφάνισις. (II) Τομὴ ἀνοικτοῦ ἡχητικοῦ σωλῆνος μὲ ἐπιστόμιον καὶ στόμιον. (III) Τομὴ ἀνοικτοῦ ἡχητικοῦ σω-

λῆνος μὲ ἐπιστόμιον καὶ γλωσσίδα.

λείται άπό τάς παλμικάς κινήσεις τῆς γλωσσίδος, αἱ ὁποῖαι διεγείρουν εἰς παλμικὴν κίνησιν τὸν ἀέρα, τὸν εύρισκόμενον εἰς τὸν σωλῆνα.

Ἐργαζόμενοι πειραματικῶς μὲ ἀνοικτοὺς καὶ κλειστοὺς ἡχητικοὺς σωλῆνας καταλήγομεν εἰς τὰ ἀκόλουθα συμπεράσματα, τὰ ὅποια ἀποτελοῦν τοὺς νόμους τῶν ἡχητικῶν σωλήνων.

α) Οἱ ἀνοικτοὶ ἡχητικοὶ σωλῆνες παράγουν ἔνα θεμελιώδη τόνον καὶ δλους τοὺς ἀνωτέρους ἀρμονικούς.

Ἐάν δηλαδὴ ἔνας ἀνοικτὸς ἡχητικὸς σωλὴν παράγῃ θεμελιώδη τόνον, συχνότητος ν, θὰ παράγῃ καὶ τοὺς τόνους τοὺς ἔχοντας συχνότητας 2ν, 3ν, 4ν, κ.λπ.

β) Οἱ κλειστοὶ ἡχητικοὶ σωλῆνες παράγουν ἔνα θεμελιώδη τόνον καὶ τοὺς ἀνωτέρους ἀρμονικούς περιττῆς τάξεως.

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

§ 88. Μουσικοὶ ἥχοι. Μουσικά διαστήματα. Ὄταν αἱ συχνότητες δύο ἥχων, τοὺς ὁποίους ἀκούομεν ταυτοχρόνως, εὐρίσκωνται μεταξύ των εἰς ἄπλην ἀριθμητικὴν σχέσιν, μᾶς προκαλοῦν γενικῶς εὐχάριστον συναίσθημα. Ἡ Μουσικὴ χρησιμοποιεῖ ὠρισμένας ἀπλὰς ἀριθμητικὰς σχέσεις, μεταξύ τῶν συχνοτήτων τῶν ἥχων, αἱ ὁποῖαι ὀνομάζονται μουσικά διαστήματα. Οἱ μουσικοὶ ἥχοι εἰναι φθόγγοι καὶ παράγονται ἀπὸ τὰ μουσικά δργανα. Τὸ ὑποκειμενικὸν συναίσθημα, τὸ ὁποῖον μᾶς δημιουργεῖται, δταν ἀκούωμεν δύο τόνους, ἔξαρταται μόνον ἀπὸ τὸ μουσικὸν διάστημά των καὶ δχι ἀπὸ τὴν ἀπόλυτον τιμὴν τῆς συχνότητός των.

Ὄταν δύο φθόγγοι ἀκούωνται συγχρόνως ἢ διαδοχικῶς καὶ προκαλοῦν εὐχάριστον συναίσθημα, λέγομεν δτι ἀποτελοῦν συμφωνίαν, ἐνῶ ἂν τὸ συναίσθημα εἰναι δυσάρεστον ἀποτελοῦν παραφωνίαν. Ὄταν τὸ διάστημα είναι 1 : 1, δταν δηλαδὴ ἀκούωμεν δύο φθόγγους τῆς ίδιας συχνότητος, ἔχομεν την καλυτέραν συμφωνίαν καὶ τὸ μουσικὸν διάστημα λέγεται πρώτη. Ἐάν τὸ διάστημα είναι 2 : 1, ὃποτε ὁ δξύτερος φθόγγος ἔχει διπλασίαν συχνότητα, τὸ διάστημα λέγεται δγδόνη. Εἰς τὴν Μουσικὴν χρησιμοποιοῦμεν ἐπίσης διαστήματα δευτέρας, τρίτης, τετάρτης κ.λπ. καὶ ἥχους μὲ συχνότητας ἀπὸ 40 Hz μέχρι 4 000 Hz.

§ 89. Μουσικὴ κλίμαξ. Οὔτως ὀνομάζεται μία σειρὰ φθόγγων, οἱ ὁποῖοι χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν Μουσικὴν καὶ χωρίζονται μεταξύ των μὲ ὠρισμένα μουσικά διαστήματα.

Οι φθόγγοι της βασικής κλίμακος είναι δύκτω, ή κλίμαξ δύμως ἐπεκτείνεται εἰς ὑψηλοτέρους και χαμηλοτέρους φθόγγους μὲ δύδοας. Ο φθόγγος ἀπὸ τὸν δύοπον ἀρχίζει ή μουσική κλίμαξ δύνομάζεται βάσις τῆς κλίμακος.

Αἱ συχνότητες τῶν φθόγγων μιᾶς μουσικῆς κλίμακος καθορίζονται μὲ ἀκρίβειαν, ὅταν δρισθῇ ή συχνότης ἐνὸς οίουδήποτε φθόγγου καὶ τὰ μουσικὰ διαστήματα.

Τὰ δύνοματα τῶν φθόγγων τῆς μουσικῆς κλίμακος είναι τὰ ἔξης ἐπτά :

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

Τὰ διαστήματα δευτέρας, τρίτης, τετάρτης, πέμπτης, ἕκτης, ἑβδόμης, λογιζόμενα ἀπὸ τοῦ do καὶ ἄνωθεν αὐτοῦ είναι τὰ ἀκόλουθα :

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

Ὑπάρχουν διάφοροι κατηγορίαι μουσικῶν κλίμακων :

α) Διατονικὴ ἡ φυσικὴ κλίμαξ. Ἡ κλίμαξ αὐτὴ περιλαμβάνει τρία διαφορετικὰ διαστήματα, σχετικῶς ὡς πρὸς δύο διαδοχικοὺς φθόγγους : τὰ διαστήματα 9/8 καὶ 10/9, τὰ δύοπα δύνομάζονται τόνοι καὶ τὸ διάστημα 16/15 τὸ δύοπον δύνομάζεται ἡμιτόνιον. Εἰς τὴν βασικὴν κλίμακα, δὲ φθόγγος ἔχει συχνότητα 440 Hz.

β) Χρωματικὴ κλίμαξ. Ἡ βασικὴ διατονικὴ κλίμαξ ἐπαναλαμβανομένη μὲ δύδοας, ὑψηλότερον ἡ χαμηλότερον, δὲν είναι δυνατὸν νὰ ἐπαρκέσῃ διὰ τὰς ἀνάγκας τῆς συγχρόνου Μουσικῆς. Δι᾽ αὐτὸν τὸν λόγον κατεσκεύασαν μίαν κλίμακα, ἡ δύοπα περιλαμβάνει 12 ἡμιτόνια ἵσα πρὸς 1,059. Ἡ κλίμαξ αὐτὴ δύνομάζεται χρωματικὴ.

Ἄν προσέξωμεν τὰ πλ.ἡκτρα τοῦ κλειδοκυμβάλου (πιάνου), θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι είναι λευκά καὶ μαῦρα. Τὰ μαῦρα πλ.ἡκτρα ἀντιστοιχοῦν εἰς τοὺς φθόγγους ἐκείνους τῶν δύοπίων ἡ προσθήκη ἐδημούργησε τὴν χρωματικὴν κλίμακα. Διὰ νὰ ἐπιτύχουν οἱ μουσικοὶ τὴν κατασκευὴν τῆς κλίμακος αὐτῆς διετήρησαν τὸν φθόγγον la τῆς βασικῆς κλίμακος εἰς τὴν συχνότητα τῶν 440 Hz, παρήλλαξαν δύμως δλίγον τὰς συχνότητας τῶν ἄλλων φθόγγων.

§ 90. Μουσικὰ δργανα. Τὰ μουσικὰ δργανα παράγουν εὐχαρίστους ἥχους, χωρίζονται δὲ εἰς τρεῖς κυρίως κατηγορίας.

α) Τὰ ἔγχορδα. Αὐτὰ είναι δργανα τὰ δύοπα ἔχουν χορδάς, δπως τὸ βιολίον, ἡ βιόλα, τὸ βιολοντσέλον καὶ τὸ κοντραμπάσον. Εἰς τὰ δργανα αὐτὰ ὁ ἡχος παράγεται καθὼς σύρομεν τὸ δοξάριον ἐπάνω εἰς τὰς χορδάς. Ἀλλα ἔγχορδα είναι ἡ κιθάρα καὶ τὸ μαντολίνον. Οἱ ἥχοι εἰς τὰ δργανα αὐτὰ παράγονται καθὼς ἔλκομεν τὰς χορδάς μὲ τὸ δάκτυλον ἡ τὰς πλήττομεν μὲ ἔνα μικρὸν τρίγωνον.

Τὸ ὑψος τοῦ ἥχου εἰς ὅλα τὰ ἀνωτέρω ἔγχορδα ρυθμίζεται ἀπὸ τὸ σημεῖον εἰς τὸ δύοπον πιέζομεν τὴν χορδὴν μὲ τὰ δάκτυλα τῆς ἀριστερᾶς χειρός.

Ἡ ἄρπα είναι ἔνα ἄλλο ἔγχορδον δργανον, μὲ πολλὰς χορδάς, αἱ δύοπα ἥχοιν, ὅταν τὰς ἔλκωμεν μὲ τὰ δάκτυλα καὶ ἐκάστη ἀπὸ τὰς δύοπας παράγει ώρισμένον

ήχον. Χορδάς αἱ ὁποῖαι παράγουν ώρισμένον ἥχον ἔχει καὶ τὸ κλειδοκύμβαλον. Ἐνας μηχανισμὸς μοχλῶν συνδέει τὰ πλήκτρα τὰ ὁποῖα πιέζομεν μὲ τὰ δάκτυλα, μὲ εἰδικά κατακόρυφα πλήκτρα, τὰ ὁποῖα κρούουν τὰς χορδάς.

β) Τὰ πνευστά. Τοιαῦτα δργανα είναι ἡ σάλπιγξ, ἡ τρόμπα, τὸ τρομπόνιον, τὸ κόρνον, τὸ κλαρίνον, τὸ φλάουτον, τὸ σαξόφωνον, κ.λ.π. Τὰ δργανα αὐτὰ παράγουν ἥχον δταν φυσδμεν ἀέρα εἰς ώρισμένην θέσιν ἐντός αὐτῶν. Εἰς ἄλλα ἀπὸ αὐτὰ τὰ δργανα, π.χ. εἰς τὴν τρόμπαν, ὁ ἥχος παράγεται ἀπὸ τὰ χειλη ἑκείνου ὁ ὁποῖος παῖζει τὸ δργανον, ἐνῶ εἰς ἄλλα, ὅπως εἰς τὸ κλαρίνον, ἀπὸ μίαν γλωσσίδα, ἡ ὁποία πάλλεται καθώς φυσδμεν. Εἰς τὰ χάλκινα πνευστά, ὅπως λέγονται αἱ τρόμπαι, τὸ τρομπόνιον, τὸ κόρνον, κ.λ.π., τὸ նպօս τοῦ φθόγγου ἐπιτυγχάνεται μὲ τὴν βοήθειαν κλειδιῶν ἢ ἐμβόλων (πιστονιῶν), μὲ τὰ ὄποια μικραίνουν ἡ μεγαλώνουν ώρισμένους σωλῆνας, οἱ ὁποῖοι εύρισκονται εἰς τὸ σῶμα τοῦ δργάνου, ἐν συνδυασμῷ πρὸς τὸν ἀέρα τὸν ὁποῖον φυσδμεν μὲ πίεσιν. Εἰς τὰ չուլա πνευστά, ὅπως εἰς τὸ κλαρίνον, εἰς τὰ φλάουτα καὶ εἰς τὰ σαξόφωνα, ὁ ἥχος μεταβαλλεται δταν ἀνοίγωμεν ἢ κλείωμεν ώρισμένας ὀπάς, αἱ ὁποῖαι ὑπάρχουν εἰς τὸ σῶμα τοῦ δργάνου.

γ) Τὰ κρουστά. Αὐτά είναι δργανα εἰς τὰ ὁποῖα ὁ ἥχος παράγεται δταν τὰ κρούωμεν (κτυπδμεν) εἰς ώρισμένην θέσιν. Κρουστά είναι τὰ τύμπανα, τὸ չուլόφωνον, τὸ τρίγωνον, κ.λ.π.

Αἱ ὁρχῆστραι ἀποτελοῦνται ἀπὸ πολλὰ δργανα καὶ τῶν τριῶν κατηγοριῶν καὶ τοιουτοτρόπως διὰ συνδυασμοῦ τῶν ἥχων τοὺς ὁποίους παράγουν, ἀποδίδουν μίαν μουσικὴν σύνθεσιν κατά τὸν καλύτερον τρόπον.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Ἐλαττοῦντες τὸ μῆκος μιᾶς χορδῆς, αὐξάνομεν τὴν συχνότητα τῶν παραγομένων ἥχων. Ἐλαττοῦντες τὸ μῆκος τῆς χορδῆς εἰς τὸ $1/v$ τοῦ ἀρχικοῦ καὶ διατηροῦντες σταθερὰν τὴν τάσιν, τὴν ὁποίαν ἀσκοῦμεν ἐπ’ αὐτῆς, παράγομεν ἥχον μὲ συχνότητα v - πλασίαν τοῦ ἀρχικοῦ.

2. Ἡ συχνότης τοῦ τόνου τὸν ὁποῖον παράγει μία χορδή, ἔξαρταται ἀπὸ τὸ μῆκος, τὸ πάχος καὶ τὸ ὑλικὸν τῆς χορδῆς, ὅπως ἐπισημαντησαν καὶ ἀπὸ τὴν τάσιν τὴν ὁποίαν ἀσκοῦμεν ἐπὶ τῆς χορδῆς.

3. Οἱ ἥχητικοὶ σωλῆνας είναι κλειστοὶ καὶ ἀνοικτοί. Καὶ τὰ δύο εἰδῆ περιλαμβάνουν σωλῆνας μὲ ἐπιστόμιον καὶ στόμιον καὶ σωλῆνας μὲ ἐπιστόμιον καὶ γλωσσίδα. Εἰς τοὺς ἥχητικοὺς σωλῆνας μὲ ἐπιστόμιον καὶ στόμιον ὁ τόνος προκαλεῖται ἀπὸ τὰς ἀπ’ εὐθείας παλμικὰς κινήσεις τοῦ ἀέρος, ἐνῶ εἰς τοὺς

ήχητικούς σωληνας μὲ ἐπιστόμιον καὶ γλωσσίδα ἀπὸ τοὺς παλμοὺς τῆς γλωσσίδος.

4. Οἱ ἀνοικτοὶ ήχητικοὶ σωληνες παράγουν ἔνα θεμελιώδη τόνον καὶ δλους τοὺς ἀνωτέρους ἀρμονικούς του, ἐνῷ οἱ κλειστοὶ ἔνα θεμελιώδη καὶ τοὺς ἀνωτέρους ἀρμονικοὺς περιττῆς τάξεως.

5. Μουσικὸν διάστημα δύο ηχων δυνομάζεται ὁ λόγος τῶν συχνοτήτων των.

6. Ἡ μουσικὴ κλῖμαξ ἀποτελεῖται ἀπὸ σειρὰν ώρισμένων μουσικῶν φθόγγων, οἱ ὅποιοι χωρίζονται μεταξύ των μὲ ώρισμένα μουσικὰ διαστήματα.

7. Ἡ διατονικὴ ἡ φυσικὴ κλῖμαξ περιλαμβάνει 5 τόνους δύο εἰδῶν καὶ 2 ἡμιτόνια. Ἡ χρωματικὴ κλῖμαξ περιλαμβάνει 12 ἡμιτόνια. Βασικὸς φθόγγος εἰς τὰς δύο κλίμακας εἶναι τὸ la μὲ συχνότητα 440 Hz.

8. Τὰ μουσικὰ ὅργανα εἶναι ἔγχορδα, πνευστὰ καὶ κρουστά.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

88. Πόση εἶναι ἡ συχνότης τοῦ βασικοῦ τόνου, τοῦ ὅποιον ὁ ἀρμονικὸς ἔκτης τάξεως ἔχει συχνότητα 1 200 Hz. (*Απ. 171,4 Hz.*)

89. Ἐνας τόνος ἔχει συχνότητα 264 Hz. Ποιαi εἶναι αἱ συχνότητες τῆς ἀμέσως ἐπομένης ὄγδοης, πέμπτης καὶ τετάρτης. (*Απ. 528 Hz, 396 Hz, 352 Hz.*)

IV. ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

ΙΗ' — ΣΥΣΤΑΣΙΣ ΤΗΣ ΥΛΗΣ. ΜΟΡΙΑ ΚΑΙ ΑΤΟΜΑ

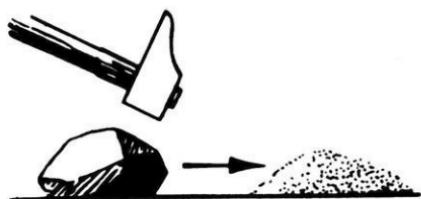
§ 91. Ἡ διαιρετότης τῆς υλης. Ἀν παρατηρήσωμεν ἔνα τεμάχιον ψαμμίτου, θὰ ᾔδωμεν ὅτι ἀποτελεῖται ἀπὸ μίαν πλειάδα μικρῶν κόκκων, συγκεκολλημένων μεταξύ των καὶ ὁρατῶν μὲν γυμνὸν ὄφθαλμόν.

Θρυμματίζομεν τὸ τεμάχιον τοῦ ψαμμίτου κτυπῶντες αὐτὸ μὲ μίαν σφῦραν. Οἱ μικροὶ κόκκοι διαχωρίζονται μεταξύ των καὶ δημιουργοῦν ἔνα σωρὸν ἄμμου (σχ. 85).

Ἀν ἔξετάσωμεν ἔκαστον κόκκον μὲ φακόν, θὰ διαπιστώσωμεν ὅτι ὅλοι ἔχουν τὴν ἴδιαν ἐμφάνισιν. Ἐντονον δηλαδὴ λάμψιν καὶ ἔδρας αἱ ὁποῖαι σχηματίζουν μεταξύ των γωνίας, περισσότερον ἡ δλιγάτερον δξείας.

Πείραμα. Λαμβάνομεν ἔνα φιάλιδιον μὲ πυκνὸν θειϊκὸν δξὺ καὶ ρίπτομεν μίαν σταγόνα ἀπὸ τὸ δξὺ αὐτὸ μέσα εἰς ἔνα δοκιμαστικὸν σωλῆνα μὲ ὕδωρ. Τὸ διάλυμα τὸ ὅποῖον προκύπτει μολονότι είναι πολὺ ἀραιόν, ἐρυθραίνει ἐν τούτοις τὸ βάμμα τοῦ ἡλιοτροπίου. Ἀραιώνομεν ἀκόμη τὸ διάλυμα τοῦ δξέος, προσθέτοντες δλίγον ύδωρ. Καὶ τὸ νέον ἀραιότερον διάλυμα ἔξακολουθεῖ νὰ ἐρυθραίνῃ τὸ βάμμα τοῦ ἡλιοτροπίου.

“Οπως ὁ ψαμμίτης, οὕτω καὶ τὸ θειϊκὸν δξὺ διηρέθη εἰς μικρότατα σωματίδια, τὰ ὁποῖα ὅμως διετήρησαν τὰς χαρακτηριστικὰς ἰδιότητας τοῦ δξέος. Ἐρυθραίνουν δηλαδὴ τὸ βάμμα τοῦ ἡλιοτροπίου.



Σχ. 85. Ὄταν θρυμματίσθῃ ὁ ψαμμίτης σχηματίζει σωρὸν ἄμμου.

Τίθεται ὅμως τώρα τὸ ἐρώτημα: Δυνάμεθα νὰ διαιρῶμεν ἐπ’ ἄπειρον τὰ σωματίδια ἐνὸς ύλικοῦ χωρίς νὰ ἔξαφανισθοῦν αἱ ἰδιότητες τῆς οὐσίας;

Ἡ ἀπάντησις εἰς τὸ ἀνωτέ-

ρω ἔρωτημα είναι ἀρνητική. Ἡ διαιρεσις αὐτὴ ἔχει ἔνα δριον καὶ τὸ δριον αὐτὸν καθορίζει τὸ μόριον τῆς οὐσίας. Ὁστε :

Τὸ μόριον είναι ἡ μικροτέρα ποσότης ἐνὸς χημικῶς καθαροῦ σώματος, ἡ ὁποία δύναται νὰ ὑπάρχῃ καὶ νὰ διατηρῇ τὰς χαρακτηριστικὰς ἴδιότητας αὐτοῦ τοῦ σώματος.

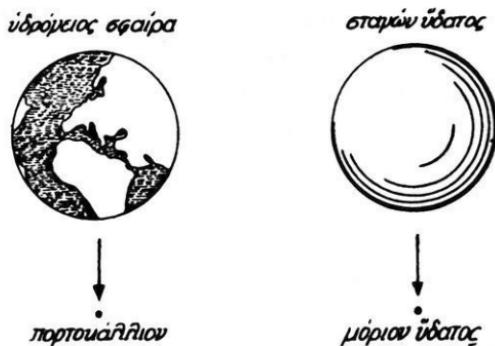
§ 92. Τὰ μόρια. Τὰ μόρια είναι ὄλικὰ σωματίδια μὲ πολὺ μικρὸν μέγεθος. Διὰ νὰ ἀντιληφθῶμεν τὴν μικρότητα τῶν μορίων, ὅς ἐπιχειρήσωμεν τὸν ἐπόμενον παραλληλισμόν.

Θεωροῦμεν μίαν σταγόνα ὕδατος καὶ τὴν ὑδρόγειον σφαῖραν. Ὅ, τι είναι ἔνα πορτοκάλιον διὰ τὴν Γῆν, είναι καὶ ἔνα μόριον ὕδατος διὰ τὴν σταγόνα τοῦ ὕδατος (σχ. 86).

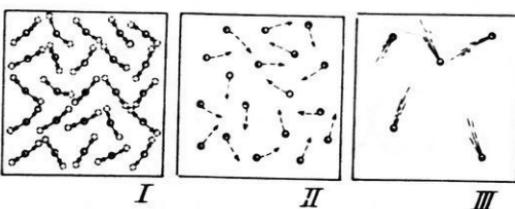
Τὰ μόρια ἐνὸς χημικῶς καθαροῦ σώματος, δπως π.χ. τὸ δξυγόνον, δ χαλκός, τὸ ὕδωρ, ἡ σάκχαρις κ.λ.π., είναι δμοια μεταξύ των, ἐνδ τὰ μόρια τῶν μειγμάτων, δπως δ ἀήρ, τὸ γάλα κ.λ.π., είναι διαφόρετικά.

Ὅπως γνωρίζωμεν ἀπὸ τὰ μαθήματα τῆς προηγουμένης τάξεως, τὰ μόρια οίουδήποτε σώματος δὲν ἥρεμοῦν, ἀλλὰ κινοῦνται ἀκαταπαύστως. Εἰς τὰ στερεὰ ἡ κίνησις αὐτὴ είναι ταλάντωσις μὲ πολὺ μικρὸν πλάτος, διότι τὰ μόρια τῶν σωμάτων αὐτῶν είναι πολὺ πλησίον τὸ ἔνα εἰς τὸ ἄλλον (σχ. 87, I).

Τὰ μόρια τῶν ὑγρῶν



Σχ. 86. Τὸ μόριον τοῦ ὕδατος καὶ ἡ σταγών ὕδατος εὑρίσκονται εἰς τὴν ἀναλογίαν πορτοκαλίου καὶ ὑδρογείου σφαίρας.



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

εύρισκονται εἰς μεγαλυτέρας μεταξύ των ἀποστάσεις (ἐν σχέσει μὲ τὰς ἀποστάσεις τῶν μορίων τῶν στερεῶν) καὶ κινοῦνται πλέον ζωηρῶς τὸ ἔνα ως πρὸς τὸ ἄλλον, διατηρῶντα σταθεράς τὰς ἀποστάσεις των. Ἐνα μόριον ὑγροῦ, δηλαδή, κινεῖται ἐν σχέσει πρὸς τὰ ἄλλα μόρια, μέσα εἰς τὴν μᾶζαν τοῦ ὑγροῦ, διατηρεῖ δῆμας σταθερὰν ἀπόστασιν ἀπὸ τὰ γειτονικά του μόρια (σχ. 87, II).

Τὰ μόρια τέλος τῶν ἀερίων κινοῦνται ως ἐλαστικαὶ σφαῖραι, ταχύτατα καὶ ἀτάκτως πρὸς δῆλας τὰς διευθύνσεις (σχ. 87, III). Ἀποτέλεσμα τῆς κινήσεως αὐτῆς είναι ἡ ἐκτόνωσις τῶν ἀερίων καὶ ἡ πίεσίς των.

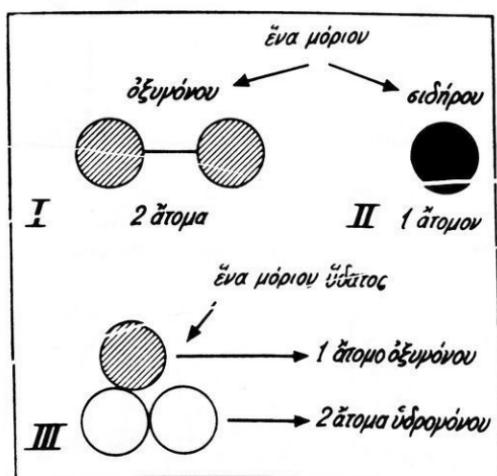
Αἱ ταχύτητες μὲ τὰς ὁποίας κινοῦνται τὰ μόρια τῶν ἀερίων είναι ἀρκετά μεγάλαι. Εἰς τὸ διοξείδιον τοῦ ἄνθρακος ἡ μέση ταχύτης τῶν μορίων είναι ἵση μὲ 1 440 km/h, ἵση δηλαδὴ πρὸς τὴν ταχύτητα τῶν ἀεριωθουμένων ἀεροπλάνων ἐνῶ τῶν μορίων τοῦ ὑδρογόνου είναι ἀκόμη μεγαλυτέρα καὶ φθάνει τὰ 7 200 km/h. Ὡστε :

Τὰ μόρια τῶν ὑλικῶν σωμάτων είναι ἀπείρως μικρά. Δὲν ἡρεμοῦν ἀλλὰ κινοῦνται ἀκαταπαύστως. Τὸ εἶδος τῆς κινήσεως τῶν μορίων ἐνδὸς σώματος καθορίζει τὴν φυσικὴν κατάστασιν τοῦ σώματος.

§ 93. Τὰ ἄτομα. Κατόπιν τῶν ὅσων εἴπομεν ἀνωτέρω, δὲν πρέπει νὰ

νομισθῇ ὅτι τὰ μόρια ἀποτελοῦν τὸ ἀδιαίρετον πλέον τμῆμα τῆς ὕλης. Πράγματι τὰ σωματίδια αὐτὰ σχηματίζονται ἀπὸ μικρότερα ἀκόμη ὑλικὰ συστατικά, τὰ ὁποῖα δυομάζονται ἄτομα.

Προκειμένου περὶ ἀπλῶν σωμάτων, τὰ μόρια αὐτῶν ἀποτελοῦνται ἀπὸ δύοις δῆ τοι μόρια. Τὰ μόρια τῶν συνθέτων σωμάτων δύμως ἀποτελοῦν ται ἀπὸ διαφορετικὰ μεταξύ των ἄτομα. Οὕτως, ἐνῶ τὸ μόριον τοῦ ὁξυγόνου, τὸ ὄποιον είναι ἀπλοῦν σῶμα,



Σχ. 88. Μόρια καὶ ἄτομα. (I) Μόριον ὁξυγόνου, (II) μόριον σιδήρου, (III) μόριον ὑδατος.

ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο ὅμοια μεταξύ των ἄτομα δξυγόνου, τὸ μόριον τοῦ ὑδατος, τὸ όποιον εἶναι σύνθετον σῶμα, περιλαμβάνει συνδεδεμένα μεταξύ των, δύο ἄτομα ὑδρογόνου καὶ ἔνα ἄτομον δξυγόνου (σχ. 88).

Τὰ ἄτομα σπανίως ἀπαντοῦν εἰς ἐλευθέραν κατάστασιν, ἐκτὸς ἀπὸ τὴν περίπτωσιν τῶν λεγομένων εὐγενῶν ἀερίων (ἀργόν, κρυπτόν, νέον, ξένον, ἥλιον καὶ ραδόνιον). Εἰς ώρισμένας ἀλλας περιπτώσεις, ὅπου τὸ μόριον ἐνὸς στοιχείου ἀποτελεῖται ἀπὸ ἔνα ἄτομον, ὅπως συμβαίνει μὲ τὰ μέταλλα, τὰ ἄτομα αὐτὰ δὲν εἶναι ἐλεύθερα, ἀλλὰ σχηματίζουν κανονικὰ διατεταγμένα συγκροτήματα, τὰ δποῖα δνομάζονται κρύσταλλοι.

Ἐφ' ὅσον τὰ ἄτομα εἶναι κατὰ κάποιον τρόπον ὑποδιαίρεσις τῶν μορίων, συμπεραίνομεν ὅτι ἔχουν μικρότερον ἀκόμη μέγεθος.

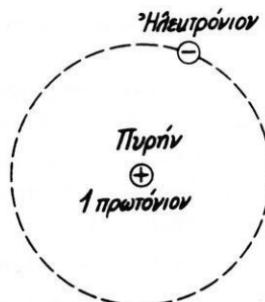
Ἄν φαντασθῶμεν τὸ ἀπλούστερον ἄτομον, δηλαδὴ τὸ ἄτομον τοῦ στοιχείου ὑδρογόνου, ὡς σφαῖραν, ἡ σφαῖρα αὐτὴ θὰ εἴχε διάμετρον ἵσην πρὸς δέκα ἑκατομμυριοστά τοῦ χιλιοστομέτρου.

Εἰς τὰς ἡλεκτρονικὰς λυχνίας, ὅπου ἔχομεν ἐπιτύχει «ψψηλὸν κενόν», ὅπως λέγομεν, (δηλαδὴ ἡ πίεσις τοῦ ἀερίου ἐντὸς αὐτῶν εἶναι τῆς τάξεως τοῦ ἑκατομμυριοστοῦ τοῦ χιλιοστομέτρου ὑδραργυρικῆς στήλης), παραμένουν ἀκόμη 270 ἑκατομμύρια ἄτομα εὐγενῶν ἀερίων εἰς ἔκαστον κυβικὸν ἑκατοστόμετρον.

Μέχρι σήμερον οὐδεὶς ἔχει ἴδει τὰ ἄτομα καὶ πιθανὸν νὰ μὴ δυνηθῶμεν ποτὲ νὰ τὰ ἴδωμεν. Οἱ Φυσικοὶ μόνον τὰ φαντάζονται καὶ τὰ περιγράφουν, στηριζόμενοι εἰς φαινόμενα, τὰ δποῖα προκαλοῦνται ὑπὸ εἰδικὰς συνθήκας καὶ τὰ δποῖα δύνανται νὰ παρακολουθήσουν.

§ 94. Σύστασις τοῦ ἀτόμου. Ἐνα ἄτομον οίουδήποτε στοιχείου ἀποτελεῖται ἀπὸ τὸν κεντρικὸν πυρῆνα, εἰς τὸν δποῖον εἶναι συγκεντρωμένη ὅλη σχεδὸν ἡ μᾶζα τοῦ ἀτόμου καὶ ἀπὸ τὰ ἡλεκτρόνια, τὰ δποῖα περιστρέφονται εἰς ἐλλειπτικὰς ἡ κυκλικὰς τροχιὰς περὶ τὸν πυρῆνα. Τὸ ἄτομον δηλαδὴ εἶναι δυνατὸν νὰ θεωρηθῇ ὡς μικρογραφία τοῦ ἡλιακοῦ μας συστήματος, μὲ Ἡλιον τὸν πυρῆνα καὶ πλανήτας τὰ ἡλεκτρόνια.

Τὸ ἄτομον τοῦ ὑδρογόνου περιλαμβάνει ἔνα μόνον ἡλεκτρόνιον (σχ. 89). Ἡ ἀτομικὴ Φυσικὴ διδάσκει ὅτι ἐὰν διάμετρον ἐνὸς ἑκατοστομέτρου, τὸ ἡλεκτρόνιόν του θὰ περιεστρέψετο περὶ τὸν πυρῆνα εἰς ἀπόστασιν 410 μέτρων.

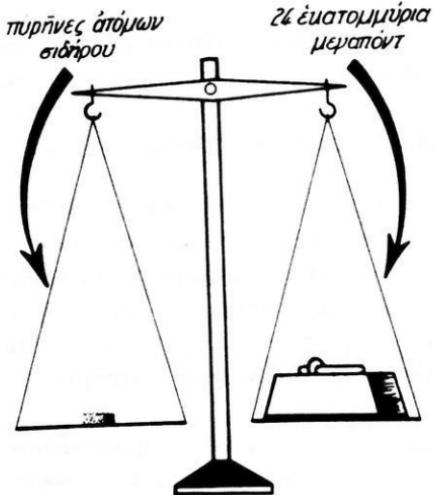


Σχ. 89. Άτομον ύδρογόνου.

Τὸ ἄτομον τοῦ στοιχείου οὐρανίου, περιλαμβάνει 92 ἡλεκτρόνια. Ἐὰν παραστήσωμεν τὸν πυρῆνα τοῦ οὐρανίου μὲν ἔνα πορτοκάλλιον, τὰ πλησιέστερα ἡλεκτρόνια θὰ περιστρέφωνται εἰς ἀπόστασιν 100 m ἀπὸ τὸν πυρῆνα, ἐνῷ τὰ πλέον ἀπομεμακρυσμένα εἰς ἀπόστασιν 1500 m. Ἡ ἀτομικὴ Φυσικὴ διδάσκει ἀκόμη ὅτι ἡ μᾶζα τοῦ ἡλεκτρονίου εἶναι μόλις ἵση μὲ τὸ 1/2 000 περίποι τῆς μάζης τοῦ πυρῆνος τοῦ ἀτόμου τοῦ ύδρογόνου.

Ἄπο τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι:

- a) Ἡ μᾶζα τῶν ἀτόμων τῶν διαφόρων στοιχείων εἶναι, ὅλη σχεδόν, συγκεντρωμένη εἰς τὸν πυρῆνα.
- β) Εἰς τὸν συνολικὸν χῶρον τοῦ ἀτόμου, μικρὸν ποσοστὸν καταλαμβάνει ἡ ὑλὴ. Τὸ μεγαλύτερον τμῆμα τοῦ ἀτομικοῦ χώρου εἶναι κενόν, τὰ δὲ ἡλεκτρόνια κινοῦνται εἰς ἐλλειπτικὰς ἡ κυκλικὰς τροχιὰς περὶ τὸν πυρῆνα καὶ εἰς τεραστίας, συγκριτικῶς ἀποστάσεις.



Σχ. 90. Ο ἀτομικὸς χῶρος περιλαμβάνει ἕνα πολὺ μεγάλο κενόν μέρος.

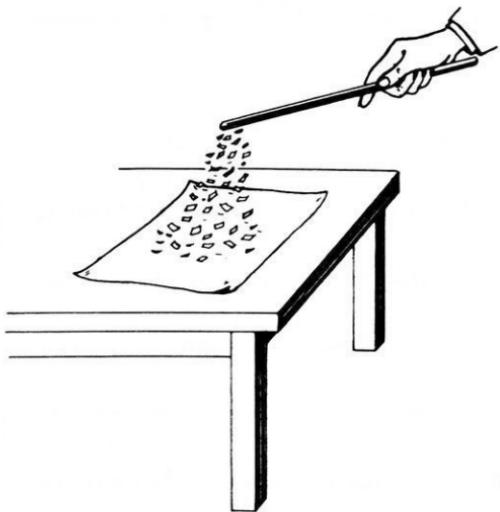
Ἄν ηδυνάμεθα νὰ κατασκευάσωμεν ἔνα μικρὸν πλακίδιον μὲ μέγεθος ἵσον πρὸς ἐκεῖνο τῶν πλακιδίων τῆς σακχάρεως, χρησιμοποιοῦντες ὡς ὑλικὸν συμπαγεῖς πυρῆνας ἀτόμων σιδήρου, χωρὶς κενὸν χῶρον, τὸ βάρος τοῦ μικροῦ αὐτοῦ πλακιδίου θὰ ἥτο ἵσον μὲ 24 έκατομμύρια μεγαπόντ. Τὸ παράδειγμα αὐτὸ δίδει μίαν εἰκόνα τοῦ κενοῦ τὸ διοῖν παρεμβάλλεται εἰς τὴν δομὴν τῆς ὑλῆς (σχ. 90).

1. Μόριον όνομάζομεν τήν μικροτέραν ποσότητα τῆς ὑλῆς ἐνὸς σώματος, ή ὅποια δύναται νὰ ὑπάρξῃ εἰς ἐλευθέραν κατάστασιν καὶ νὰ διατηρῇ τὰς ἴδιότητας τοῦ σώματος αὐτοῦ.
2. Τὰ μόρια ἔχουν πολὺ μικράς διαστάσεις καὶ εὑρίσκονται εἰς ἀδιάκοπον κίνησιν, τὸ εἶδος τῆς ὁποίας καθορίζει τὰς φυσικὰς καταστάσεις τῆς ὑλῆς.
3. Τὸ ἄτομον εἶναι ἡ μικροτέρα ποσότης τῆς ὑλῆς 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 ἕνα ἡ περισσότερα περιστρεφόμενα ἡλεκτρόνια.
7. Ἡ μᾶζα τοῦ ἡλεκτρονίου εἶναι περίπου ἵση μὲ τὸ 1/2 000 τῆς μάζης τοῦ πυρῆνος τοῦ ἀτόμου τοῦ ὑδρογόνου. Ἡ μᾶζα ἐπομένως τοῦ ἀτόμου εὑρίσκεται συγκεντρωμένη εἰς τὸν πυρῆνα του.

ΙΘ'—ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ ΑΤΟΜΟΥ. ΠΥΡΗΝΕΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΑ

§ 95. Ἡλεκτρισμός. Πείραμα. Τρίβομεν μίαν ράβδον ἀπὸ ἐβονίτην (ό ὅποῖος εἶναι ἔνα συνθετικὸν ὑλικὸν) μὲ μάλλινον ἢ μεταξωτὸν ὑφασμα ἢ δέρμα γαλῆς καὶ κατόπιν πλησιάζομεν τὴν ράβδον εἰς πολὺ ἐλαφρὰ καὶ μικρά τεμάχια χάρτου. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι τὰ τεμάχια αὐτὰ ἔλκονται ἀπὸ τὴν ράβδον καὶ προσκολλῶνται εἰς τὴν ἐπιφάνειάν της (σχ. 91). Τὸ ἴδιον ἀκριβῶς συμβαίνει ἐὰν τρίψωμεν μὲ μάλλινον ὑφασμα μίαν ύαλινην ράβδον κ.λπ.

Αὐτὴ ἡ περίεργος ἐκ πρώτης ὅψεως ἴδιότης ἡτο γνωστὴ κατὰ τὴν ἀρχαιότητα. Ὁ Θαλῆς ὁ Μιλήσιος εἶχε παρατηρήσει ὅτι ὅταν ἔτριβε ἔνα τεμάχιον ἡλέκτρου (κοινῶς κεχριμπάρι) μὲ ἔνα ὑφασμα, τὸ ἡλεκτρον ἀπέκτα τὴν ἴδιότητα νὰ ἔλκῃ πολὺ ἐλαφρὰ σώματα, ὅπως τρίχας, πούπουλα, κ.λπ. Ἡ ἴδιότης αὐτὴ τῶν σωμάτων ὠνομάσθη ἡλεκτρισμός.



Σχ. 91. Μετά τὴν τριβὴν τῆς μὲ ἔηρὸν μάλλινον ὑφασμα, ἡ ράβδος τοῦ ἐβονίτου ἔλκει μικρὰ τεμάχια χάρτου.

Δὲν ἔχουν ἡλεκτρικὰ φορτία λέγομεν ὅτι εἰναι ἡλεκτρικῶς οὐδέτερα.

§ 96. Θετικὸς καὶ ἀρνητικὸς ἡλεκτρισμός. Ἡλεκτρικὸν ἐκκρεμές.
α) Αἱ δυνάμεις αἱ ὅποιαι ἐνεφανίσθησαν μὲ τὴν τριβὴν τῆς ράβδου τοῦ ἐβονίτου καὶ προεκάλεσαν τὴν ἔλξιν τοῦ χάρτου εἰναι πολὺ μικραί.

Εἰναι εὐκολώτερον νὰ μελετήσωμεν τὰ ἡλεκτρικὰ φαινόμενα χρησιμοποιοῦντες τὸ ἡλεκτρικὸν ἐκκρεμές, μίαν συσκευὴν δηλαδὴ ἡ ὅποια ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕνα ἐλαφρὸν σφαιρίδιον φελλοῦ ἢ διντεριώνης τῆς ἀκταίας (ψύχαν κουφοζυλιᾶς), τὸ ὅποιον κρέμαται ἀπὸ ἕνα λεπτὸν μετάξινον νῆμα, προσδεδεμένον εἰς ἕνα λεπτὸν κατάλληλον ὑποστήριγμα (σχ. 92).

Πείραμα. Πλησιάζομεν εἰς τὸ ἡλεκτρικὸν ἐκκρεμές μίαν ράβδον ἀπὸ ἐβονίτην, ἡ ὅποια προηγουμένως ἔχει τριφθῆ μὲ μάλλινον ὑφασμα. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι τὸ σφαιρίδιον τοῦ ἐκκρεμοῦ ἔλκεται ἀπὸ τὴν ράβδον, εὐθὺς δὲ ὡς ἐλθῇ εἰς ἐπαφὴν μετ' αὐτῆς ἀπωθεῖται καὶ ἀπομακρύνεται ἀπὸ αὐτῆν, παραμένον εἰς μίαν ὥρισμένην ἀπόστασιν (σχ. 92 I, II).

Τὰ σώματα τὰ ὅποια ἀποκτοῦν τὴν ἴδιότητα τοῦ ἡλεκτρισμοῦ λέγομεν ὅτι εἰναι ἡλεκτρισμένα ἢ ὅτι εἰναι φορτισμένα ἡλεκτρικῶς. Ἡ διαδικασία δέ, μὲ τὴν ὅποιαν ἀποκτοῦν τὴν ἴδιότητα τοῦ ἡλεκτρισμοῦ τὰ σώματα, δονομάζεται ἡλέκτρισις.

Ἐνα ἡλεκτρισμένον σῶμα λέγομεν ὅτι ἔχει ἡλεκτρικὰ φορτία. Τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον δὲν εἰναι ὄρατόν, ἡ δὲ παρουσία του διαπιστοῦται μόνον ἀπὸ τὰ ἀποτελέσματα τὰ ὅποια προκαλεῖ.

Τὰ σώματα τὰ ὅποια δὲν ἔχουν ἡλεκτρικὰ φορτία λέγομεν ὅτι εἰναι ἡλεκτρικῶς οὐδέτερα.

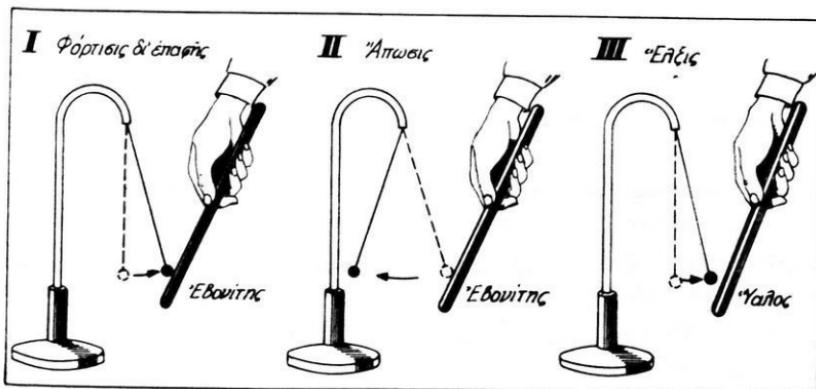
Όταν τὸ σφαιρίδιον ἡλθεν εἰς ἐπαφήν μὲ τὴν ράβδον τοῦ ἔβονίτου, παρέλαβεν ἔνα μέρος ἀπὸ τὰ ἡλεκτρικὰ φορτία τῆς ράβδου καὶ ἡλεκτρίσθη. Ἐπομένως δ ἡλεκτρισμένος ἔβονίτης ἀπωθεῖ τὸ ἡλεκτρικὸν ἐκκρεμές, τὸ ὅποιον ἡλεκτρίσθη κατὰ τὴν ἐπαφήν του μὲ αὐτόν.

Τὰ ἴδια ἀκριβῶς φαινόμενα θὰ παρατηρήσωμεν, ἂν ἐκτελέσωμεν τὸ ἴδιον πείραμα, χρησιμοποιοῦντες ἡλεκτρισμένην ράβδον ἀπὸ ὕαλου ἢ ἄλλο κατάλληλον ὑλικόν. "Ωστε :

Ἐνα ἡλεκτρισμένον σῶμα A, ἀσκεῖ ἀπωστικὴν δύναμιν ἐπὶ ἐνὸς ἄλλου σώματος B, τὸ ὅποιον ἡλεκτρίσθη ἐξ αἰτίας τῆς ἐπαφῆς του μὲ τὸ A.

β) Θεωροῦμεν ἐκ νέου τὸ ἡλεκτρικὸν ἐκκρεμές, τὸ ὅποιον ἡλεκτρίζομεν μὲ μίαν ράβδον ἀπὸ ἔβονίτην, ὅπως εἰς τὸ προηγούμενον πείραμα. Εάν κατόπιν πλησιάσωμεν εἰς τὸ ἐκκρεμές αὐτὸ μίαν ἡλεκτρισμένην ράβδον ἀπὸ ὕαλου, θὰ παρατηρήσωμεν ἔλξιν τοῦ ἐκκρεμοῦς ἀπὸ τὴν ὕαλινην ἡλεκτρισμένην ράβδον (σχ. 92, III). Δηλαδὴ ἐνῶ ὁ ἡλεκτρισμένος ἔβονίτης ἀπωθεῖ τὸ φορτισμένον ἐκκρεμές, ἡ ἡλεκτρισμένη ὕαλος τὸ ἔλκει.

Συμπεραίνομεν ἐπομένως ὅτι δι' ὁ ἡλεκτρισμός, δ ὅποιος παρουσιάσθη εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἔβονίτου, δημιουργεῖ τὰ ἀντίθετα ἀποτελέσματα ἀπὸ τὸν ἡλεκτρισμόν, δ ὅποιος παρουσιάσθη εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς ὕαλου.



Σχ. 92. Τὸ σφαιρίδιον, τὸ ὅποιον ἐφορτίσθη δι' ἐπαφῆς ἀπὸ τὴν ράβδον τοῦ ἔβονίτου, ἀπωθεῖται κατόπιν ἀπὸ αὐτήν, ἐνῶ ἐλκεται ἀπὸ τὴν ἡλεκτρισμένην ὕαλινην ράβδον.

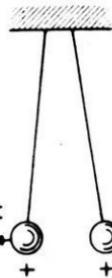
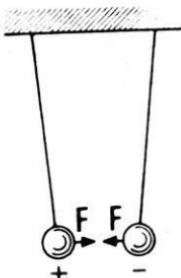
Οῦτω δυνάμεθα νὰ εἰπωμεν ὅτι :

Πᾶν ἡλεκτρισμένον σῶμα συμπεριφέρεται εἴτε ως ἡλεκτρισμένη οὐλος, εἴτε ως ἡλεκτρισμένος ἐβονίτης.

Ἄπὸ τὰ ἀνωτέρω καταλήγομεν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι ὑπάρχουν δύο διαφορετικά εἰδη ἡλεκτρισμοῦ. Ὁ ἡλεκτρισμὸς ὁ ὁποῖος ἀναφαίνεται εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς οὐλοῦ καὶ ὁ ὁποῖος χαρακτηρίζεται ως θετικὸς ἡλεκτρισμὸς (σύμβολον +) καὶ ὁ ἡλεκτρισμὸς ὁ ὁποῖος παρουσιάζεται εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἐβονίτου καὶ ὁ ὁποῖος χαρακτηρίζεται ως ἀρνητικὸς ἡλεκτρισμὸς (σύμβολον —).

§ 97. Νόμος τῆς ἔλξεως καὶ ἀπώσεως τῶν ἡλεκτρικῶν φορτίων. Δύο σώματα τὰ ὁποῖα εἶναι ἀμφότερα φορτισμένα μὲν θετικὸν ἡλεκτρισμὸν ἢ ἀμφότερα μὲν ἀρνητικὸν ἡλεκτρισμόν, λέγομεν ὅτι φέρουν διμόνυμα ἡλεκτρικὰ φορτία.

*Αν τὸ ἕνα ἔχῃ θετικὸν καὶ τὸ ἄλλο ἀρνητικὸν ἡλεκτρισμόν, τότε λέγομεν ὅτι φέρουν ἑτερώνυμα φορτία.



Τὰ προηγούμενα πειράματα μᾶς ἐπιτρέπουν νὰ διατυπώσωμεν τὸν ἀκόλουθον νόμον :

Δύο σώματα φορτισμένα μὲν διμόνυμα ἡλεκτρικὰ φορτία ἀπωθοῦνται. Δύο σώματα φορτισμένα μὲν ἑτερώνυμα φορτία ἔλκονται.

Σχ. 93. Τὰ ἑτερώνυμα φορτία ἔλκονται
(I), τὰ διμόνυμα ἀπωθοῦνται (II).

‘Ο νόμος αὐτὸς εἶναι γνωστὸς
(I), τὰ διμόνυμα ἀπωθοῦνται (II).
ώς νόμος τοῦ Κουλόμπ (Coulomb).

§ 98. Πυρήν καὶ ἡλεκτρόνια. Κατόπιν μελετῶν καὶ πειραμάτων οἱ Φυσικοὶ ὀδηγήθησαν εἰς τὴν διαπίστωσιν ὅτι ἡ ἴδιότης τοῦ ἡλεκτρισμοῦ εἶναι συνέπεια τῆς κατασκευῆς τοῦ ἀτόμου.

“Ολα τὰ ἄτομα κατέχουν ἔναν κεντρικὸν πυρῆνα ὅλης, ἡ κατασκευὴ τοῦ ὁποίου εἶναι γενικῶς περίπλοκος.

‘Ο πυρήν τῶν ἀτόμων ἀποτελεῖται ἀπὸ σωματίδια φορτισμένα μὲν θετικὸν ἡλεκτρισμόν, τὰ ὁποῖα δνομάζονται πρωτόνια καὶ ἀπὸ ἀφόρ-

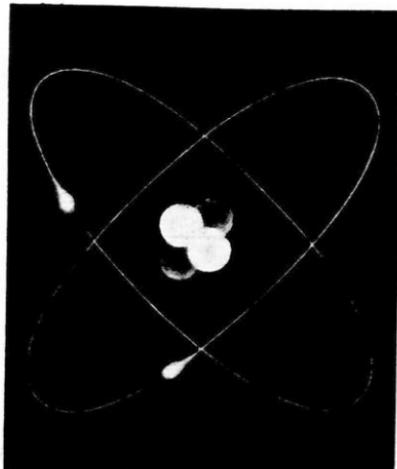
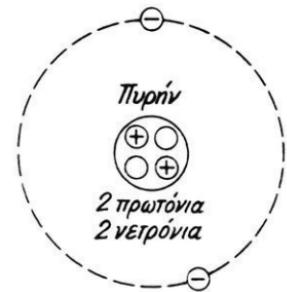
τιστα σωματίδια, δηλαδή ήλεκτρικώς ούδέτερα, τὰ δόποια δνομάζονται νετρόνια. Οὕτω, π.χ., εἰς τὸν πυρῆνα τοῦ ἀτόμου τοῦ ύδρογόνου, τὸ δόποιον ἀποτελεῖ τὸ ἀπλούστερον ἄτομον, ὑπάρχει 1 πρωτόνιον καὶ οὐδὲν νετρόνιον, ἐνῶ εἰς τὸν πυρῆνα τοῦ ήλιου ὑπάρχουν 2 πρωτόνια καὶ 2 νετρόνια (σχ. 94, I, II).

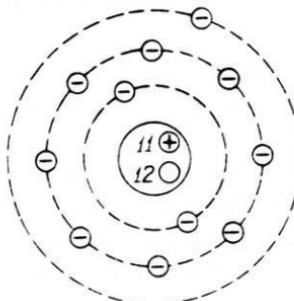
Τὰ ήλεκτρόνια διατάσσονται κατὰ διάδας καὶ περιστρέφονται περὶ τὸν πυρῆνα εἰς διαφορετικάς τροχιάς.⁹ Οσα ήλεκτρόνια κινοῦνται εἰς τροχιάς τῆς ίδιας ἀκτίνος, λέγομεν διτάνης τῆς ίδιας φλοιού. Τὰ ήλεκτρόνια εἰναι ἀρνητικῶς φορτισμένα σωματίδια. Τὸ ἀρνητικὸν φορτίον ἐνὸς ήλεκτρονίου εἰναι ἴσον ἡ τοῦ ἀριθμητικῶς μὲ τὸ θετικὸν φορτίον ἐνὸς πρωτονίου. Ἐπειδὴ δὲ τὸ ἄτομον εἰναι ήλεκτρικῶς ούδέτερον, ὁ ἀριθμὸς τῶν πρωτονίων εἰναι ἴσος μὲ τὸν ἀριθμὸν τῶν ήλεκτρονίων του. Τοιουτοτρόπως τὸ ἄτομον τοῦ ήλιου ἔχει πυρῆνα μὲ δύο πρωτόνια, περὶ τὸν δόποιον περιστρέφονται δύο ηλεκτρόνια, τὰ δόποια σχηματίζουν ἕνα φλοιόν. Τὸ ἄτομον τοῦ νατρίου ἔχει πυρῆνα μὲ 11 πρωτόνια, περὶ τὸν δόποιον περιστρέφονται 11 ηλεκτρόνια, κατανεμημένα εἰς τρεῖς φλοιοὺς (σχ. 95). Τὸ ἄτομον τοῦ οὐρανίου ἔχει πυρῆνα μὲ 92 πρωτόνια καὶ 46 νετρόνια, περιλαμβάνει δὲ 92 ηλεκτρόνια.

Τὰ ήλεκτρόνια τοῦ ἔξωτάτου φλοιοῦ καθορίζουν καὶ ἔξηγοῦν τὰς χημικάς ἀντιδράσεις τῶν στοιχείων καὶ φαινόμενα ώς ὁ ήλεκτρισμός, ἡ διέλευσις τοῦ ήλεκτρικοῦ ρεύματος μέσα ἀπὸ τοὺς ἀγωγούς, ἡ ηλεκτρόλυσις, κ.λπ. "Ωστε :

Σχ. 94. Συγκρότησις τοῦ ἀτόμου τοῦ ήλιου (I). Τὰ δύο περιστρεφόμενα ηλεκτρόνια σχηματίζουν ἕνα φλοιόν (II).

Τὸ ἄτομον οίσουδήποτε στοιχτρόνια σχηματίζουν ἕνα φλοιόν.





Σχ.95. Τὸ ἀτομὸν τοῦ νατρίου.

χείου ἀποτελεῖται ἀπὸ τὸν κεντρικὸν πυρῆνα καὶ τὰ περιστρεφόμενα ἡλεκτρόνια. Ὁ πυρὴν ἀπαρτίζεται ἀπὸ πρωτόνια, τὰ ὅποια εἶναι θετικῶς φορτισμένα σωματίδια καὶ ἀπὸ νετρόνια, τὰ ὅποια εἶναι ἡλεκτρικῶς οὐδέτερα. Τὰ ἡλεκτρόνια εἶναι ἀρνητικῶς φορτισμένα καὶ τόσα ὄσα καὶ τὰ πρωτόνια τοῦ πυρῆνος. Περιστρέφονται περὶ τὸν πυρῆνα κατὰ ὄμάδας εἰς ώρισμένας τροχιάς, σχηματίζοντα φλοιούς. Ὁ ἔξωτας φλοιὸς τῶν ἡλεκτρονίων καθορίζει τὴν χημικὴν συμπεριφορὰν τοῦ ἀτόμου καὶ ἔχηγει ώρισμένα φαινόμενα.

Σημείωσις. Οἱ περισσότεροι ἀπὸ τοὺς πυρῆνας τῶν διαφόρων στοιχείων εἶναι σταθεροί. Ωρισμένοι ὅμως πυρῆνες, δῆπος οἱ πυρῆνες τοῦ στοιχείου ραδίου καὶ τοῦ οὐρανίου, παρουσιάζουν ἀστάθειαν ἡ ὅποια ὀφείλεται εἰς τὴν πολύπλοκον κατασκευὴν τῶν καὶ δι' αὐτῶν τὸν λόγον διασπᾶνται.

Εἶναι δυνατὸν νά συμβῇ φυσικῶς καὶ ἀβιαστῶς ἐκπομπὴ σωματιδίων ἀπὸ τὸν πυρῆνα ὅπως ἐπίσης καὶ μετατροπὴ νετρονίων εἰς πρωτόνια. Αὕτα τὰ φαινόμενα χαρακτηρίζονται γενικῶς μὲ τὸν ὄρον «ραδιενέργεια» καὶ καταλήγουν εἰς τὴν διάσπασιν τῆς ὕλης ἡ ὅποια πραγματοποιεῖται πολὺ βραδέως.

Διά νά διασπασθῇ π.χ. μία ώρισμένη ποσότης ραδίου καὶ νά ἀπομείνῃ ἡ ήμίσεια τῆς ἀρχικῆς ἀπαιτοῦνται 1 600 ἑτη ἐνῷ διά νά ἀπομείνῃ ἡ ήμίσεια ποσότης ἀπὸ ώρισμένην μᾶζαν οὐρανίου ἀπαιτοῦνται 4.5 δισεκατομμύρια ἑτη.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Ὡρισμέναι οὐσίαι ὅπως ἡ ὕαλος, τὰ πλαστικὰ ὄλικά, κ.λπ., δύνανται ἔξι αἵτιας τῆς τριβῆς νά ἡλεκτρισθοῦν.
2. Υπάρχουν δύο εἰδῆ ἡλεκτρισμοῦ. Ὁ θετικὸς ἡλεκτρισμός, ὁ ὅποιος ἀναφαίνεται εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς ὕάλου, καὶ ὁ ἀρνητικός, ὁ ὅποιος παρουσιάζεται εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἐβονίτου, δταν τρίψωμεν τὰ σώματα αὐτὰ μὲ ἔνα μᾶλλινον ὄφασμα.
3. Δύο σώματα φορτισμένα μὲ ὄμώνυμα ἡλεκτρικὰ φορτία ἀπωθοῦνται. Δύο σώματα φορτισμένα μὲ ἔτερώνυμα φορτία ἐλκούνται.

4. Ένα ᾱτομον ένός στοιχείου άποτελεῖται άπὸ τὸν πυρῆνα καὶ τὰ περιστρεφόμενα περὶ αὐτὸν ἡλεκτρόνια.

5. Ο πυρὴν περιέχει πρωτόνια, τὰ ὅποια εἶναι σωματίδια φορτισμένα μὲ θετικὸν ἡλεκτρισμὸν καὶ νετρόνια τὰ ὅποια εἶναι ἀφόρτιστα σωματίδια.

6. Τὸ ἡλεκτρόνιον φέρει ἀρνητικὸν ἡλεκτρισμόν, οἰσον πρὸς τὸν θετικὸν ἡλεκτρισμὸν ἔνος πρωτονίου. Τὸ ᾱτομον ἔχει τόσα ἡλεκτρόνια, ὅσα καὶ πρωτόνια. Συνεπῶς ἐμφανίζεται ἡλεκτρικῶς οὐδέτερον.

7. Τὰ ἡλεκτρόνια περιφέρονται κατὰ ὁμάδας εἰς ώρισμένας τροχιὰς περὶ τὸν πυρῆνα.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

90. Τὸ μικρόμετρον (1 μm) εἶναι μιὰ πολὺ μικρὰ μονάς μετρήσεως μῆκονς καὶ εἶναι $1 \text{ μm} = 10^{-3} \text{ mm}$. Νὰ ἀποδοθῇ ἡ τιμὴ αὐτῆς τῆς μονάδος εἰς ἑκατοστόμετρο καὶ μέτρα. ($\text{Απ. } 10^{-4} \text{ cm}, 10^{-6} \text{ m.}$)

91. Τὸ Ἀγγίστρεμ ($1 \text{ Ångström}, 1 \text{ Å}$) εἶναι μονὰς μῆκονς μικροτέρᾳ ἀπὸ τὸ μικρόμετρον. Εἶναι δὲ $1 \text{ Å} = 10^{-4} \text{ μm}$. Νὰ ἀποδοθῇ ἡ τιμὴ αὐτῆς τῆς μονάδος εἰς ἑκατοστόμετρο καὶ μέτρα. Τὰ ἀποτελέσματα νὰ ἐκφρασθοῦν μὲ τὴν χρησιμοποίησιν δογμάτων τοῦ δέκα. ($\text{Απ. } 1 \text{ Å} = 10^{-8} \text{ cm} = 10^{-10} \text{ m.}$)

92. Εἰς τὸ αἷμα ἔνος ὑγειοῦς ἀτόμου περιέχονται $25 \cdot 10^{12}$ ἐρυθρὰ αἵμοσφαίρια, τὰ ὅποια ἔχουν διάμετρον 7 μμ. Ποίον θὰ ἦτο τὸ μῆκος εἰς χιλιόμετρα τῶν ἐρυθρῶν αἵμοσφαιρίων τοῦ αἵματος ἔνος ἀνθρώπου, ἐὰν ἐποπθετοῦντο εἰς σειρὰν τὸ ἔνα κατόπιν τοῦ ἄλλου. ($\text{Απ. } 175\,000 \text{ km.}$)

93. Τὸ σῶμα τοῦ ἀνθρώπου περιέχει 5 λίτρα αἵματος, μέσα εἰς τὸ ὅποιον ὑπάρχουν $25 \cdot 10^{12}$ ἐρυθρὰ αἵμοσφαίρια. α) Νὰ ἀπολογισθῇ ὁ ἀριθμὸς τῶν αἵμοσφαιρίων, τὰ ὅποια ὑπάρχουν εἰς 1 cm^3 αἵματος. (Τὸ ἐρυθρὸν αἵμοσφαίριον δύναται νὰ θεωρηθῇ ως κύβος ἀκμῆς 2 μμ). β) Νὰ ἐνέρθῃ τὸ ὄφος τοῦ κυλίνδρου, ὁ ὅποιος θὰ κατεσκενάζετο ἐὰν στηνεσφενδόντο τὸ ἔνα ἐπὶ τοῦ ἄλλου ὅλα τὰ ἐρυθρὰ αἵμοσφαίρια, τὰ ὅποια περιέχονται εἰς ἔνα κυρβικὸν ἑκατοστὸν αἵματος. ($\text{Απ. } \alpha' 5 \cdot 10^6, \beta' 10 \text{ km.}$)

94. Διὰ νὰ πραγματοποιήσωμεν τὸ μῆκος ἔνος ἑκατοστομέτρου, πρέπει νὰ τοποθετήσωμεν εἰς εἰθείαν γραμμὴν 40 ἑκατομμύρια μόρια ὑδρογόνου, τὰ ὅποια θεωροῦμεν σφαιρικά. Νὰ ἀπολογισθῇ εἰς ἑκατοστόμετρο ἡ διάμετρος ἔνος μορίου ὑδρογόνου. Ἡ τιμὴ τῆς διαμέτρου νὰ ἐκφρασθῇ μὲ τὴν χρησιμοποίησιν δογμάτων τοῦ δέκα μὲ ἀρνητικούς ἐκθέτας. ($\text{Απ. } 25 \cdot 10^{-9} \text{ cm.}$)

95. Εἰς τὸ ᾱτομον ὑδρογόνου, τὸ ἡλεκτρόνιον κινεῖται περὶ τὸν πυρῆνα ἀκολούθων κυκλικὴν τροχιὰν ἀκτίνος 55 ἑκατομμυριοστῶν τοῦ μικρομέτρου (γράφομεν 55 μμτ). Εἴναι παραστήσωμεν μῆκος 1 cm μὲ μῆκος 500 km, πόση θὰ ἦτο ἡ διάμετρος τῆς περιφερείας, ἡ ὅποια θὰ παρίστανε τὴν τροχιὰν τοῦ ἡλεκτρόνιον. ($\text{Απ. } 5,5 \text{ mm.}$)

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

§ 99. Γενικότητες. "Όταν έξητάσαμεν τὰ φαινόμενα τῆς ἡλεκτρίσεως, τὰ δόποια προκαλοῦνται μὲ τὴν τριβήν, ἀνεφέραμεν ὅτι τὰ φαινόμενα αὐτὰ διφείλονται εἰς τὰ ἡλεκτρικὰ φορτία, τὰ δόποια παραμένουν εἰς τὴν ἔξωτερικὴν ἐπιφάνειαν τῶν τριβομένων σωμάτων.

Μὲ καταλλήλους συνθήκας καὶ προϋποθέσεις τὰ ἡλεκτρικὰ φορτία εἰναι δυνατὸν νὰ μετακινηθοῦν.

"Η ἀπὸ οἰανδήποτε αἰτίαν μετακίνησις ἡλεκτρικῶν φορτίων παράγει ἡλεκτρικὸν ρεῦμα. "Ωστε :

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

§ 100. Πηγαὶ ἡ γεννήτριαι ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Αὗται χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν παραγωγὴν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος καὶ εἰναι αἱ ἔξης :

a) Τὰ ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα τὰ δόποια χρησιμοποιοῦνται κυρίως διὰ τὴν τροφοδότησιν μικρῶν φορητῶν ἡλεκτρικῶν συσκευῶν (φανάρια τσέπης, συσκευαὶ βαρηκόων, φορητὰ ραδιόφωνα, κ.λπ.). Πολλὰ ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα, καταλλήλως συνδεδεμένα, σχηματίζουν ἡλεκτρικὴν στήλην (σχ. 96).

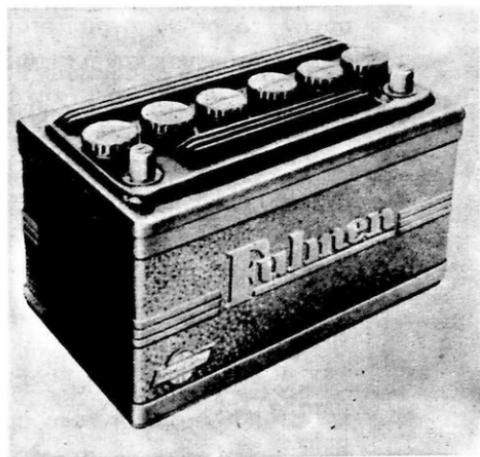


Σχ. 96. Ἡλεκτρικὴ στήλη. συρμάτων, ἡ δύο ἐλασμάτων, τὰ δόποια δύνομά-

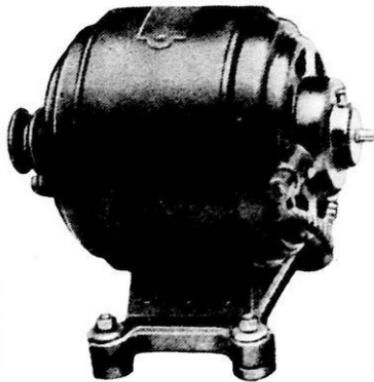
b) Οἱ ἡλεκτρικοὶ συσσωρευταὶ οἱ δόποιοι χρησιμοποιοῦνται εἰς τὰ αὐτοκίνητα, εἰς τὰ ὑποβρύχια διὰ νὰ τὰ κινοῦν ὅταν ἔχουν καταδυθῆ, εἰς τὰ ραδιόφωνα, κ.λπ. Πολλοὶ ἡλεκτρικοὶ συσσωρευταί, καταλλήλως συνδεδεμένοι σχηματίζουν συστοιχίαν συσσωρευτῶν (σχ. 97).

γ) Αἱ ἡλεκτρικαὶ δυναμογεννήτριαι, αἱ δόποιαι ἀποτελοῦν τὰς σπουδαιοτέρας πηγὰς τροφοδοσίας ἡλεκτρικοῦ ρεύματος (σχ. 98).

Εἰς οἰονδήποτε τύπον ἡλεκτρικῆς πηγῆς ὑπάρχουν συνήθως τὰ ἄκρα δύο στελεχῶν, ἡ



Σχ. 97. Ήλεκτρικός συσσωρευτής.



Σχ. 98. Έξωτερική έμφανσις δυναμογεννητρίας.

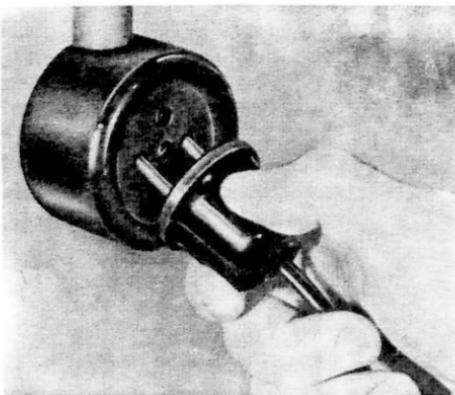
ζονται πόλοι τῆς πηγῆς. Ὁ ένας ἀπὸ τοὺς πόλους δονομάζεται θετικὸς πόλος καὶ σημειώνεται μὲ τὸ σύμβολον (+), ἐνῷ ὁ ἄλλος ἀρνητικὸς πόλος καὶ σημειώνεται μὲ τὸ σύμβολον (-).

§ 101. Συνεχὲς καὶ ἐναλλασσόμενον ἡλεκτρικὸν ρεῦμα. Αἱ πηγαὶ τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος διακρίνονται εἰς δύο μεγάλας κατηγορίας: α) εἰς τὰς πηγάς συνεχοῦς ρεύματος καὶ β) εἰς τὰς πηγάς ἐναλλασσομένου ρεύματος.

“Οταν οἱ πόλοι μιᾶς ἡλεκτρικῆς πηγῆς διατηροῦν ἀμετάβλητον τὸ σημεῖον τῶν (παραμένουν δηλαδὴ θετικὸς ὁ θετικὸς πόλος καὶ ἀρνητικὸς ὁ ἀρνητικὸς πόλος, ὅσον χρονικὸν διάστημα ἐργάζεται καὶ τροφοδοτεῖ μὲ ρεῦμα ἡ πηγή), τότε ἡ φορὰ τοῦ ρεύματος μέσα εἰς ἔνα ἀγωγόν, δ ὁποῖος συνδέει τοὺς πόλους τῆς πηγῆς, διατηρεῖται σταθερά. Αὐτὸ τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα δονομάζεται συνεχὲς καὶ ἡ πηγὴ ἡ ὁποίᾳ τὸ παράγει πηγὴ συνεχοῦς ρεύματος.

Τὰ ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα, οἱ συσσωρευταὶ καὶ αἱ γεννήτριαι ώρισμένου τύπου παράγουν συνεχὲς ρεῦμα.

“Οταν δῆμος οἱ πόλοι τῆς πηγῆς ἐναλλάσσουν τὸ σημεῖον τῶν, (γίνονται δηλαδὴ διαδοχικῶς καὶ διαρκῶς θετικοὶ καὶ ἀρνητικοί), τότε καὶ ἡ φορὰ τοῦ ρεύματος μεταβάλλεται περιοδικῶς, ἀκολουθοῦσα τὴν περιοδικότητα τῆς μεταβολῆς τῶν πόλων. Εἰς τὴν περίπτωσιν



Σχ. 99. Ρευματοδότης (πρίζα) και ρευματολήπτης.

Τά έναλλασσόμενα ρεύματα διακρίνονται εἰς ρεύματα χαμηλής συχνότητος και εἰς ρεύματα ύψηλής συχνότητος.

Τά χαμηλής συχνότητος βιομηχανικά έναλλασσόμενα ρεύματα τῆς Εύρωπης ὅπως είναι τό ρεύμα τοῦ ήλεκτρικοῦ δικτύου τροφοδοσίας τῶν πόλεων, έχουν συχνότητα 50 Hz. Έντός δηλαδὴ χρόνου 1 sec ἀλλάζουν 50 φοράς πολικότητα οἱ πόλοι τῆς γεννητρίας, ή ὅποια παράγει τό ρεύμα.

§ 102. Ήλεκτρικὸν κύκλωμα. Πείραμα. Μὲ τρία ὅμοια χάλκινα σύρματα συνδέομεν ἔνα συσσωρευτήν, ἔνα διακόπτην καὶ ἔνα μικρὸν λαμπτῆρα, ὡς ἔξῆς : Συνδέομεν τὸν θετικὸν πόλον τοῦ συσσωρευτοῦ μὲ τὸν ἔνα ἀκροδέκτην τοῦ λαμπτῆρος, χρησιμοποιοῦντες τό ἔνα σύρμα. Μὲ τὸ δεύτερον σύρμα συνδέομεν τὸν ἄλλον ἀκροδέκτην τοῦ λαμπτῆρος μὲ τὸν διακόπτην, ἔχοντες τὸν διακόπτην ἀνοικτόν, καὶ μὲ τὸ τρίτον σύρμα ἐνώνομεν τὸν διακόπτην μὲ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τοῦ συσσωρευτοῦ. Ή σύνδεσις αὐτὴ ἀποτελεῖ ἔνα ηλεκτρικὸν κύκλωμα.

Κλείομεν τὸν διακόπτην, ὅπότε ὁ λαμπτήρ φωτοβολεῖ. Αὐτὸ συμβαίνει διότι κυκλοφορεῖ ηλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς τὸ κύκλωμα. Τὸ ρεῦμα κυκλοφορεῖ χάρις εἰς τὰ χάλκινα σύρματα, τὰ ὅποια ἄγουν, δηλαδὴ μεταφέρουν τὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα καὶ δὲ ἀυτὸ δονομάζονται ἀγωγοὶ συνδέσεως. Τὸ ρεῦμα θερμαίνει τὸ νῆμα τοῦ λαμπτῆρος, τὸ ὅποιον οὕτω φωτοβολεῖ. Τὸ ηλεκτρικὸν κύκλωμα εἶναι τώρα κλειστὸν (σχ. 100, I).

Ανοίγομεν τὸν διακόπτην, ὅπότε ὁ λαμπτήρ σβένυται. Αὐτὸ συμ-

αύτὴν τὸ ρεῦμα ὀνομάζεται ἐναλλασσόμενον καὶ ἡ πηγὴ, ἡ ὅποια τὸ παράγει, πηγὴ ἐναλλασσομένου ρεύματος.

Οἱ ρευματοδόται (πρίζες) (σχ. 99) είναι ήλεκτρικαὶ πηγαὶ. Ἀν ὅμως παρέχουν ἐναλλασσόμενον ρεῦμα, δὲν εἴμεθα εἰς θέσιν νά διακρίνωμεν τὸν θετικὸν καὶ τὸν ἀρνητικὸν πόλον, ἐπειδὴ οἱ πόλοι μεταβάλλουν διαρκῶς σημεῖον.

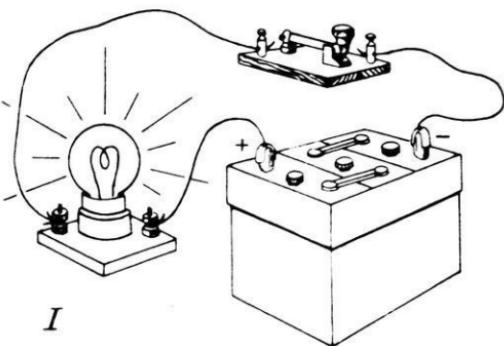
βαίνει διότι μὲ τὸ ἄνοιγμα τοῦ διακόπτου ἔπαινε νὰ κυκλοφορῇ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς τὸ κύκλωμα. Ὅστε δταν ὁ λαμπτήρ φωτισθῆ, χρησιμοποιεῖ καὶ ἐπομένως καταναλίσκει ἡλεκτρικὸν ρεῦμα.

Αἱ πολυποίκιλοι συσκευαί, αἱ δόποιαι λειτουργοῦν διὰ καταναλώσεως ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ὅνομάζονται ἡλεκτρικοὶ καταναλωταί.

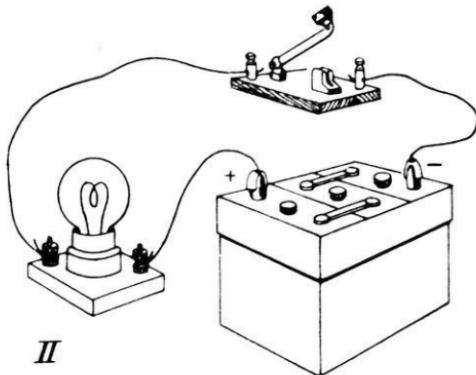
Ὄταν εἰς ἕνα ἡλεκτρικὸν κύκλωμα δέν κυκλοφορῇ ρεῦμα, λέγομεν ὅτι τὸ ἡλεκτρικὸν κύκλωμα εἶναι ἀνοικτὸν (σχ. 100, II.)

Ἄπὸ τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι :

Τὸ ἡλεκτρικὸν κύκλωμα περιλαμβάνει μίαν ἡλεκτρικὴν πηγήν, ἕνα ἡ περισσοτέρους καταναλωτάς, ἕνα διακόπτην καὶ τοὺς ἀγωγοὺς συνδέσεως. Τὸ κύκλωμα διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, ὅταν εἰς οὐδὲν σημεῖον του παρουσιάζει διακοπήν.



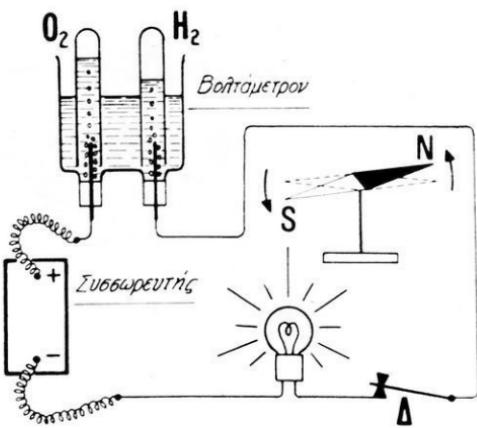
I



II

Σχ. 100. Ἡλεκτρικὸν κύκλωμα. (I) Κλειστὸν καὶ (II) ἀνοικτόν.

§ 103. Ἀποτελέσματα τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Πείραμα. Χρησιμοποιοῦντες χάλκινα σύρματα (καλώδια) συνδέομεν ἐν σειρᾷ, (δηλαδὴ τὴν μίαν συσκευὴν κατόπιν τῆς ἄλλης), ἕνα συσσωρευτήν, ἕνα λαμπτήρα, ἕνα διακόπτην καὶ ἕνα βολτáμετρον μὲ διάλυμα σόδας



Σχ. 101. Διά την σπουδὴν τῶν ἀποτελεσμάτων τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

Κλείομεν ἀκολούθως τὸν διακόπτην, ὅπότε παρατηροῦμεν τὰ ἔξῆς φαινόμενα :

α) Ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἀποκλίνει καὶ δὲν εἶναι πλέον παράλληλος πρὸς τὸν χάλκινον ἀγωγὸν συνδέσεως.

β) Ὁ λαμπτήρ ἀνάπτει. Τὸ μετάλλινον νῆμα τοῦ λαμπτήρος πυρακτοῦται καὶ φωτοβολεῖ.

γ) Εἰς τὰ ἡλεκτρόδια τοῦ βολταμέτρου ἐλευθεροῦνται ἀέρια.

Όταν συμβαίνουν τὰ ἀνωτέρω φαινόμενα, εἰς τὸ κύκλωμα κυκλοφορεῖ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα.

Ἄνοιγομεν τὸν διακόπτην. Αὐτομάτως τὰ φαινόμενα τὰ ὅποια παρετηρήσαμεν διακόπτονται, ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἀναλαμβάνει παράλληλον θέσιν πρὸς τὸ χάλκινον σύρμα, ὁ λαμπτήρ σβένυται καὶ ἡ παραγωγὴ ἀερίων εἰς τὰ ἡλεκτρόδια παύει. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα δὲν κυκλοφορεῖ πλέον εἰς τὸ κύκλωμα.

Ἄπὸ τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι :

Ἡ κυκλοφορία ἡλεκτρικοῦ ρεύματος εἰς ἔνα κλειστὸν κύκλωμα προκαλεῖ :

α) Θερμικὰ ἀποτελέσματα. Θερμαίνει δηλαδὴ τοὺς ἀγωγούς, τοὺς ὅποιους διαρρέει. Οὕτω θερμαίνει καὶ πυρακτώνει τὸ σύρμα τοῦ λαμπτήρος, τὸ δόποιον φωτοβολεῖ.

καὶ ἡλεκτρόδια ἀπὸ σίδη. Ρον. Τὸ χάλκινον σύρμα τοῦ ἀγωγοῦ συνδέσεως τοποθετεῖται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε ἔνα τμῆμα του νὰ εἴναι παράλληλον πρὸς μίαν μαγνητικὴν βελόνην (σχ. 101).

Όταν εἶναι ἀνοικτὸν τὸ κύκλωμα, οὐδὲν φαινόμενον παρατηρεῖται, οὔτε εἰς τὸ βολτάμετρον, οὔτε εἰς τὸν λαμπτήρα, ἐνῶ ἡ μαγνητικὴ βελόνη παραμένη παράλληλος πρὸς τὸ χάλκινον σύρμα.

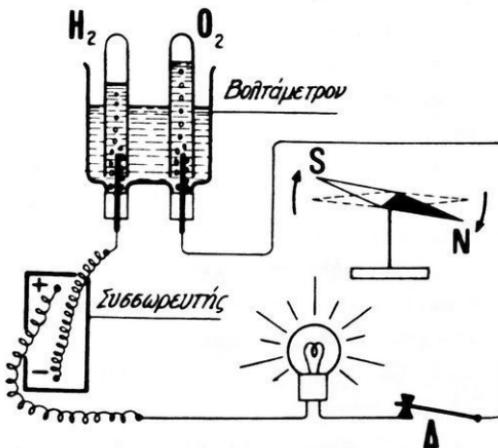
β) Μαγνητικά άποτελέσματα. Έκτρέπει μίαν μαγνητικήν βελόνην άπο τὴν ἀρχικήν της θέσιν.

γ) Χημικά άποτελέσματα. Ἐλευθερώνει ἀέρια εἰς τὰ ἡλεκτρόδια ἐνὸς βολταμέτρου, τὸ ὁποῖον περιέχει ὑδατικὸν διάλυμα σόδας.

Ἐκτὸς ἀπὸ τὰ ἀποτελέσματα αὐτά, τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, δταν διέλθῃ ἀπὸ τὸ ἀνθρώπινον σῶμα ἢ τὸ σῶμα τῶν ζώων, ἀλλοιώνει τὰ κύτταρα καὶ δύναται νὰ προκαλέσῃ καὶ τὸν θάνατον (ἡλεκτροπληξία). Ἐξ ἄλλου, δταν διέρχεται ἀπὸ καταλλήλους μηχανᾶς (ἡλεκτροκινητῆρας), δύναται νὰ τὰς κινήσῃ. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα δταν κυκλοφορήσῃ μέσα ἀπὸ ἡραιωμένα ἀέρια τὰ ἀναγκάζει νὰ φωτοβολήσουν (σωλήνες φωτεινῶν διαφημήσεων, λαμπτήρες φθορισμοῦ).

§ 104. Φορὰ τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Εἰς τὸ προηγούμενον πείραμα σημειοῦμεν τὸ ἡλεκτρόδιον εἰς τὸ ὁποῖον παράγεται ἡ μικροτέρα ποσότης ἀερίου. Τὸ ἡλεκτρόδιον αὐτὸν είναι συνδεδεμένον μὲ τὸν θετικὸν πόλον τοῦ συσσωρευτοῦ. Σημειοῦμεν ἐπίσης τὴν φορὰν τῆς ἀποκλίσεως τῆς μαγνητικῆς βελόνης.

Πείραμα. Διακόπτομεν τὸ κύκλωμα, γεμίζομεν καὶ τοὺς δύο ἀνεστραμμένους δύγκομετρικοὺς σωλήνας τῶν ἡλεκτροδίων μὲ ὑδατικὸν διάλυμα σόδας καὶ ἀφοῦ ἐναλλάξωμεν τοὺς ἀκροδέκτας τῶν ἀγωγῶν συνδεσεῶς μὲ τοὺς πόλους τοῦ συσσωρευτοῦ, ἐπαναλαμβάνομεν τὸ πείραμα (σχ. 102), δόποτε διαπιστώνομεν ὅτι: α) Ὁ λαμπτήρος φωτοβολεῖ ὡς καὶ προηγουμένως. β) Ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἀποκλίνει, ἀλλὰ ἀντιθέτως ἀπὸ τὴν προηγουμένην φοράν. γ) Εἰς τὸ βολτάμετρον τὸ ἡλεκτρό-



Σχ. 102. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἔχει ὡρισμένην φοράν.

διον, εἰς τὸ ὄποιον ἐλευθεροῦται ἡ μικροτέρα ποσότης ἀερίου, εἶναι καὶ πάλιν ἐκεῖνο τὸ ὄποιον εἶναι συνδεδεμένον μὲ τὸν θετικὸν πόλον.

Ἄπο τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι :

Τὰ χημικὰ καὶ μαγνητικὰ ἀποτελέσματα τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ἀλλάζουν φοράν, ὅταν ἐναλλάξωμεν τοὺς πόλους τῆς πηγῆς εἰς τὸ κύκλωμα καὶ συνεπῶς οἱ δύο πόλοι μιᾶς ἡλεκτρικῆς πηγῆς δὲν εἶναι ἰσοδύναμοι, τὸ δὲ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἔχει ὠρισμένην φοράν.

“Οπως λέγομεν, τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα κυκλοφορεῖ ἀπὸ τὸν θετικὸν πόλον πρὸς τὸν ἀρνητικόν, 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 ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ἐκτὸς τῆς ἡλεκτρικῆς πηγῆς δὲν γίνεται εἰς τὴν πραγματικότητα ἀπὸ τὸν θετικὸν πρὸς τὸν ἀρνητικὸν πόλον. Ἡ φορὰ αὐτὴ δύνομάζεται συμβατικὴ φορά.

A N A K E Φ A Λ A I Ω S I S

1. Οἰαδήποτε μετακίνησις ἡλεκτρικῶν φορτίων ἀποτελεῖ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα.

2. Αἱ πηγαὶ τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος δύνανται νὰ τροφοδοτήσουν μὲ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα μίαν ἐγκατάστασιν.

3. Αἱ ἡλεκτρικαὶ πηγαὶ ἔχουν δύο πόλους, τὸν θετικὸν (+) καὶ τὸν ἀρνητικὸν (-) πόλον.

4. Τὸ ἡλεκτρικὸν κύκλωμα περιλαμβάνει τὴν ἡλεκτρικήν πηγήν, τὰ ἀγωγὰ σύρματα, τοὺς καταναλωτάς, τὰ ὅργανα μετρήσεως καὶ τὸν διακόπτην.

5. Ἡ διέλευσις ἡλεκτρικοῦ ρεύματος διὰ μέσου ἐνὸς κλειστοῦ κυκλώματος δύναται νὰ προκαλέσῃ θερμικά, μαγνητικά καὶ χημικά ἀποτελέσματα.

6. Οἱ πόλοι μιᾶς ἡλεκτρικῆς πηγῆς δὲν εἶναι ἰσοδύναμοι. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἔχεισμένην φοράν. Ἡ φορὰ αὐτὴ εἶναι ἀπὸ τὸ θετικὸν πρὸς τὸν ἀρνητικὸν πόλον ἐκτὸς τῆς πηγῆς (συμβατικὴ φορὰ) καὶ ἀπὸ τὸν ἀρνητικὸν πρὸς τὸν θετικὸν πόλον ἐντὸς τῆς πηγῆς.

**ΚΑ'—ΑΓΩΓΑ ΚΑΙ ΜΟΝΩΤΙΚΑ ΣΩΜΑΤΑ.
ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΡΕΥΜΑ
ΕΙΣ ΤΟΥΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΥΣ ΑΓΩΓΟΥΣ**

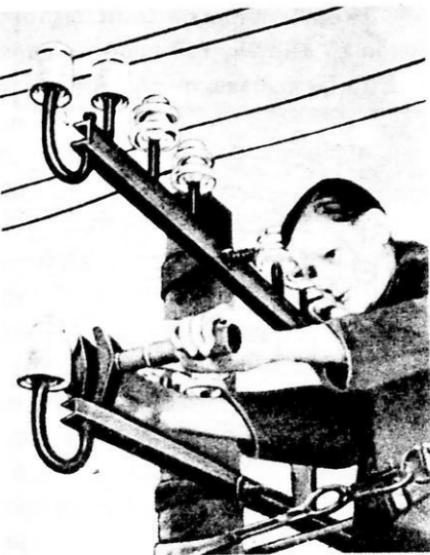
§ 105. Άγωγοι καὶ μονωταί. Πείραμα. Άντικαθιστῶμεν τὰ χάλκινα σύρματα τοῦ κυκλώματος, μὲ τὸ ὅποιον διαπιστώσαμεν τὰ θερμικά, μαγνητικά καὶ χημικά ἀποτελέσματα τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος (βλ. σχ. 101) μὲ σύρματα ἀπὸ ἐλαστικὸν κόμι (καουτσούκ) ή ἀπὸ ἔνα πλαστικὸν υλικὸν καὶ κλείομεν τὸν διακόπτην, ὅπότε διαπιστοῦμεν ὅτι : α) δ λαμπτήρ δὲν ἀνάπτει, β) ἡ μαγνητικὴ βελόνη δὲν ἀποκλίνει καὶ γ) ἀέρια δὲν ἐκλύονται εἰς τὰ ἡλεκτρόδια.

'Εφ' ὅσον οὐδὲν φαινόμενον παρατηρεῖται εἰς τὸ κύκλωμα, συμπεραίνομεν ὅτι δὲν κυκλοφορεῖ εἰς αὐτὸν ρεῦμα, πρᾶγμα τὸ ὅποιον ὀφείλεται εἰς τὴν φύσιν τῶν ἀγωγῶν συνδέσεως, τῶν ἐλαστικῶν δηλαδὴ ἢ πλαστικῶν συρμάτων.

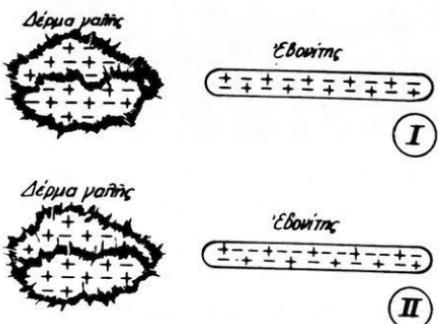
Τὰ χάλκινα σύρματα, ἐπομένως, ἐπιτρέπουν εἰς τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα νὰ διέλθῃ μέσα ἀπὸ τὴν μᾶξαν των, ἐνῶ τὰ ἐλαστικὰ ή πλαστικὰ σύρματα ὅχι. Δι' αὐτὸν λέγομεν ὅτι ὁ χαλκὸς εἶναι **καλὸς ἀγωγὸς** ή ἀπλῶς **ἀγωγὸς** τοῦ ἡλεκτρισμοῦ, ἐνῶ τὸ ἐλαστικὸν κόμι **κακὸς ἀγωγὸς** τοῦ ἡλεκτρισμοῦ ή **μονωτής**.

Τὰ μέταλλα εἶναι ἀγωγοὶ τοῦ ἡλεκτρισμοῦ, ή ὔαλος, τὸ ὕψιλον, ή πορσελάνη (σχ. 103), τὸ ἀπεσταγμένον ὔδωρ, τὸ πετρέλαιον, κλπ., εἶναι μονωταί. "Ωστε :

"Όλα τὰ σώματα δὲν ἐπιτρέπουν εἰς τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἀν διέλθῃ μέσα ἀπὸ τὴν μᾶξαν των. 'Υπάρχουν ἀγωγὰ σώματα, ὅπως τὰ μέταλλα, καὶ μονωτικὰ σώματα, ὅπως τὸ καουτσούκ.



Σχ. 103. Μονωταὶ ἀπὸ πορσελάνην εἰς τὸ τηλεφωνικὸν δίκτυον.

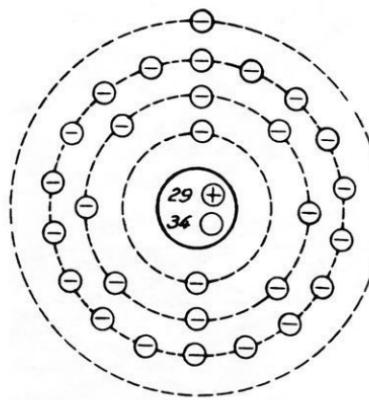


Σχ. 104. Διά τὴν ἔξηγησιν τῆς ἡλεκτρίσεως τοῦ ἐβονίτου. (I) Πρὶν ἀπὸ τὴν τριβὴν τὰ θετικὰ καὶ ἀρνητικὰ φορτία τοῦ δέρματος καὶ τῆς ράβδου εἰναι ἴσα. (II) Μετὰ τὴν τριβὴν εἰς τὸ δέρμα πλεονάζουν θετικὰ καὶ εἰς τὸν ἐβονίτην ἀρνητικὰ φορτία.

φορτίον τῶν περιστρεφομένων ἡλεκτρονίων.

Ἐὰν μὲ τὴν τριβὴν ἀποσπάσωμεν ἡλεκτρόνια ἀπὸ μερικὰ ἄτομα ἐνὸς ὑλικοῦ, παρουσιάζεται εἰς αὐτὸν πλεόνασμα θετικῶν φορτίων, ἐπειδὴ τὸ φορτίον τοῦ πυρῆνος παραμένει ἀμετάβλητον.

Εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς ράβδου τοῦ ἐβονίτου ἔχομεν νὰ παρατηρήσωμεν τὰ ἔξῆς: Πρὶν τρίψωμεν τὴν ράβδον μὲ τὸ δέρμα τῆς γαλῆς, αὐτὴ εἰχεν ἰσάριθμα θετικὰ καὶ ἀρνητικὰ φορτία, πρᾶγμα τὸ ὅποιον συνέβαινε καὶ μὲ τὸ δέρμα. Κατὰ τὴν τριβὴν ὅμως, τὸ δέρμα τῆς γαλῆς ἀπώλεσε μερικὰ ἡλεκτρόνια, τὰ ὅποια παρέλαβεν ὁ ἐβονίτης (σχ. 104). Τοιουτοτρόπως τὸ δέρμα ἐφορτίσθη μὲ θετικὸν ἡλεκτρισμὸν δὲ ἐβονίτης μὲ ἀρνητικὸν ἡλεκτρισμόν. Ἐπομένως συμπεραίνομεν ὅτι:



Σχ. 105. Σχηματικὴ παράστασις ἄτομου χαλκοῦ.

§ 106. Ἐξήγησις τῆς ἡλεκτρίσεως. Ἀν τρίψωμεν τὸ ἄκρον μιᾶς ράβδου ἀπὸ ἐβονίτην μὲ δέρμα γαλῆς, θὰ ἀναφανοῦν, διπος γνωρίζομεν, εἰς τὸ τριβόμενον μέρος τῆς ράβδου, ἀρνητικὰ ἡλεκτρικὰ φορτία, τὰ ὅποια ἔλκουν μικρὰ τεμάχια χάρτου (βλ. σχ. 91).

Ἡ ἔξηγησις τοῦ φαινομένου εἶναι ἀπλὴ εἰς τὸν γνώστην τῆς κατασκευῆς τοῦ ἀτόμου.

Τὸ ἄτομον εἶναι ἡλεκτρικῶς οὐδέτερον, ἐφ' ὅσον τὸ θετικὸν φορτίον τοῦ πυρῆνος εἶναι ἀριθμητικῶς ἴσον μὲ τὸ ἀρνητικὸν

Τὰ σώματα τὰ ὅποια εἶναι φορτισμένα μὲ θετικὸν ἡλεκτρισμὸν

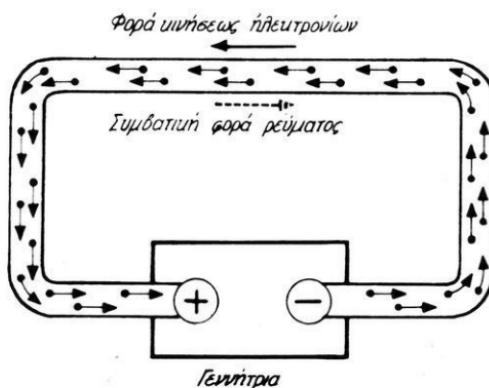
παρουσιάζουν έλλειμμα ή λεκτρονίων, ένω αντιθέτως τὰ σώματα τὰ έχοντα άρνητικόν ή λεκτρισμὸν παρουσιάζουν πλεόνασμα ή λεκτρονίων.

§ 107. Τὸ ήλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς τοὺς μεταλλικοὺς ἀγωγούς. Τὰ μέταλλα εἰναι ἀγωγοὶ τοῦ ήλεκτρισμοῦ. Εάν μελετήσωμεν τὴν κατασκευὴν τῶν ἀτόμων τῶν μετάλλων, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι εἰς τὸν ἔξωτατον φλοιὸν κινεῖται ἔνας ἀριθμὸς ήλεκτρονίων (συνήθως 1, 2 ή 3 ήλεκτρόνια). Οὕτως τὸ ἄτομον τοῦ χαλκοῦ π.χ. τὸ ὅποιον περιλαμβάνει 29 ήλεκτρόνια (σχ. 105) ἔχει ἔνα μόνον περιφερόμενον ήλεκτρόνιον εἰς τὴν ἔξωτάτην τροχιάν. Τὸ ἀπομεμονωμένον αὐτὸ ήλεκτρόνιον εἰναι

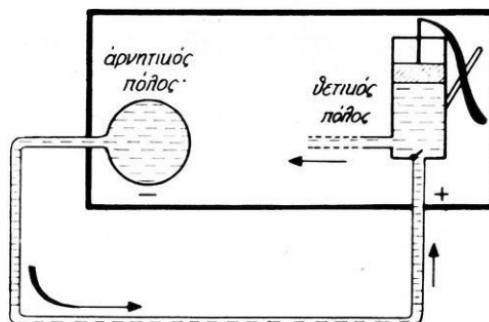
σχετικῶς ἀπομεμακρυσμένον ἀπὸ τὸν πυρῆνα, ὁ διόποιος δὲν δύναται νὰ τὸ συγκρατήσῃ ἵσχυρῶς. Δι' αὐτὸν τὸν λόγον ἀποσπᾶται μὲ εὐκολίαν ἀπὸ τὸ ἄτομον τοῦ χαλκοῦ καὶ μεταβάλλεται εἰς ἐλεύθερον ήλεκτρόνιον.

Ἐνα τεμάχιον χαλκοῦ ή ἔνα τεμάχιον ἐνὸς ἄλλου μετάλλου περικλείει, ἐπομένως, μίαν ποσότητα ἐλευθέρων ήλεκτρονίων, τὰ διόποια μετακινοῦνται μέσα εἰς τὴν μᾶζαν τοῦ μετάλλου, κατὰ ἐντελῶς ἀκανόνιστον τρόπον.

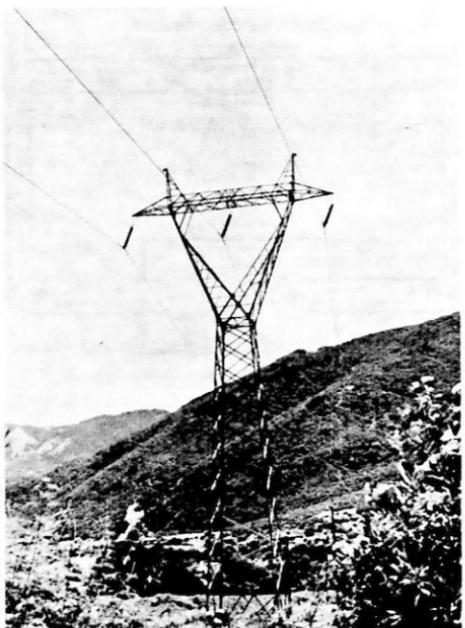
Ἐάν συνδέσωμεν τοὺς πόλους μιᾶς ήλεκτρικῆς γεννητρίας (π.χ. ἐνὸς συσσωρευτοῦ) μὲ ἔνα μεταλλικὸν σύρμα, τότε ἔχομεν ἔνα ἀπλοῦν



Σχ. 106. Ό θετικὸς πόλος τῆς πηγῆς ἔλκει τὰ ήλεκτρόνια τοῦ μετάλλου, ἐνῷ δ ἀρνητικὸς τὰ ἀπωθεῖ.



Σχ. 107. Η ήλεκτρικὴ πηγὴ λειτουργεῖ ὡς ἀντλία ήλεκτρονίων.



Σχ. 107, α. Γραμμαὶ μεταφορᾶς ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ἀπὸ τὸ ἐργοστάσιον παραγωγῆς εἰς τοὺς τόπους καταναλώσεως, ἐκ τῶν χρησιμοποιουμένων εἰς τὸν Ἑλληνικὸν Ἐθνικὸν Δίκτυον (ΔΕΗ). Τὰ ἀγωγὰ σύρματα εἰναι κατεσκευασμένα ἀπὸ ἀργιλίον μὲν χαλύβδινον δῶμας πυρῆνα καὶ ἔξαρτῶνται ἀπὸ τὰ ὑποστηρίγματα τῶν μεταλλικῶν στύλων μὲν καταλλήλους μονωτάς.

γματικὴ φορὰ ἐπομένως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ἔξω ἀπὸ τὴν ἡλεκτρικὴν πηγὴν, εἰναι ἀπὸ τὸν ἀρνητικὸν πρὸς τὸν θετικὸν πόλον. Ἡ φορὰ αὐτὴ λέγεται ἡλεκτρονικὴ φορὰ καὶ εἰναι ἀντίθετος πρὸς τὴν συμβατικὴν φοράν. Ὁστε :

‘**Ἡ πραγματικὴ φορὰ τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος μέσα εἰς τοὺς ρευματοφόρους μεταλλικοὺς ἀγωγοὺς εἰναι ἀπὸ τὸν ἀρνητικὸν πρὸς τὸν θετικὸν πόλον καὶ ὀνομάζεται ἡλεκτρονικὴ φορά.** Ἡ ἡλεκτρονικὴ φορὰ εἰναι ἀντίθετος πρὸς τὴν συμβατικὴν φοράν.

ἡλεκτρικὸν κύκλωμα (σχ. 106). Ὁ θετικὸς πόλος τῆς πηγῆς ἔλκει τὰ ἐλεύθερα ἡλεκτρόνια τοῦ μετάλλου, ἐνῶ δὲ ἀρνητικὸς πόλος τὰ ἀπωθεῖ. Μὲ αὐτὸν τὸν τρόπον δημιουργεῖται μία ἀδιάκοπος κυκλοφορία ἡλεκτρονίων μέσα εἰς τὸ μεταλλικὸν σύρμα. Ἡ ἡλεκτρικὴ πηγὴ λειτουργεῖ συνεπῶς ὡς μία « ἀντλία ἡλεκτρονίων » (σχ. 107). Ὁστε :

Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα μέσα εἰς τοὺς μεταλλικοὺς ἀγωγούς ὀφεῖλεται εἰς τὴν μετακίνησιν τῶν ἐλευθέρων ἡλεκτρονίων.

Σ 108. Ἡλεκτρονικὴ φορὰ τοῦ ρεύματος. Ὄταν ἐνώσωμεν τὸνθετικὸν καὶ τὸν ἀρνητικὸν πόλον μιᾶς γεννητρίας, προκαλεῖται μετακίνησις ἡλεκτρονίων μέσα εἰς τὸν μεταλλικὸν ἀγωγόν, ἀπὸ τὸν ἀρνητικὸν πρὸς τὸν θετικὸν πόλον (βλ. σχ. 106). Ἡ πραγματικὴ φορὰ ἐπομένως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ἔξω ἀπὸ τὴν ἡλεκτρικὴν πηγὴν, εἰναι ἀπὸ τὸν ἀρνητικὸν πρὸς τὸν θετικὸν πόλον.

Γνωρίζομεν διτής διαδόσεως τῶν ἡλεκτρικῶν φαινομένων είναι ίση μὲ 300 000 km/sec. Ἡ ταχύτης ἐν τούτοις μὲ τὴν ὅποιαν μετακινοῦνται τὰ ἡλεκτρόνια είναι πολὺ μικρά καὶ κυμαίνεται περὶ τὰ 0,5 m).h.

A N A K E Φ A Λ A I Ω S I S

1. "Ολα τὰ σώματα δὲν ἐπιτρέπουν τὴν διέλευσιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος μέσα ἀπὸ τὴν μᾶζαν των.
2. Τὰ σώματα τὰ ὅποια ἀφήνουν τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα νὰ διέλθῃ μέσα ἀπὸ τὴν μᾶζαν τους, ὅπως τὰ μέταλλα, λέγονται ἀγωγοί, ἐνῷ ἐκεῖνα τὰ ὅποια δὲν τὸ ἀφήνουν, ὅπως τὸ ξύλον, μονωταί.
3. Τὰ ἡλεκτρισμένα θετικῶς σώματα ἔχουν ἔλλειμμα ἡλεκτρονίων. Τὰ ἡλεκτρισμένα ἀρνητικῶς σώματα ἔχουν πλεόνασμα ἡλεκτρονίων.
4. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα μέσα εἰς τοὺς μεταλλικοὺς ἀγωγοὺς ὀφείλεται εἰς μετακίνησιν τῶν ἐλευθέρων ἡλεκτρονίων.
5. Ἡ ἡλεκτρονικὴ φορά, δηλαδὴ ἡ φορὰ τοῦ ρεύματος τῶν ἡλεκτρονίων γίνεται ἀπὸ τὸν ἀρνητικὸν πρὸς τὸν θετικὸν πόλον, καὶ είναι ἀντίθετος πρὸς τὴν συμβατικὴν φοράν.

ΚΒ— ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΙΣ. ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΣΠΟΥΔΗ. ΙΟΝΤΑ

§ 109. Γενικότητες. Ὁρισμοί. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ὅταν διέρχεται μέσα ἀπὸ ὑδατικὰ διαλύματα δξέων, βάσεων ἢ ἀλάτων, προκαλεῖ τὴν χημικήν των ἀποσύνθεσιν. Τὸ φαινόμενον αὐτὸν ὀνομάζεται ἡλεκτρόλυσις, τὰ δὲ διαλύματα τὰ ὅποια ἡλεκτρολύονται λέγονται ἡλεκτρολύται. "Ωστε :

"Ἡλεκτρόλυσις ὀνομάζεται τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ ὅποιον τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα προκαλεῖ χημικὴν ἀποσύνθεσιν τῶν ὑδατικῶν διαλυμάτων τῶν δξέων, βάσεων ἢ ἀλάτων, ὅταν κυκλοφορῇ μέσα εἰς τὴν μᾶζαν των.

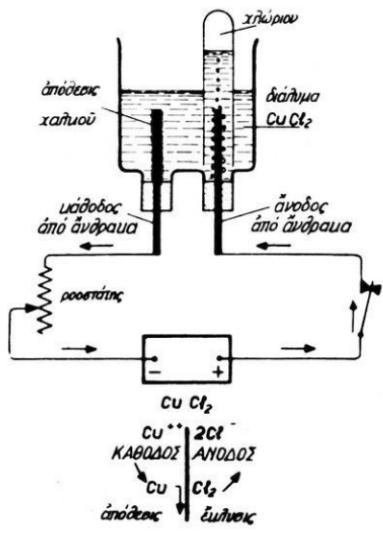
"Ἡ ἡλεκτρόλυσις ἐργαστηριακῶς γίνεται μέσα εἰς ἀπλᾶς συσκευάς, αἱ ὅποιαι ὀνομάζονται βολτάμετρα.

Αὐτὰ είναι συνήθως δοχεῖα εἰς σχῆμα κυλίνδρου, εἰς τὸν πυθμένα τῶν όποιων ύπάρχουν δύο μεταλλικά ὡς ἐπὶ τὸ πλείστον ἐλάσματα, τὰ όποια συνδέονται μὲ τοὺς πόλους μιᾶς πηγῆς συνεχοῦς ρεύματος καὶ δονομάζονται **ἡλεκτρόδια**. Πολλάκις τὰ ἡλεκτρόδια περιβάλλονται ἀπὸ ἀνεστραμμένους δοκιμαστικοὺς σωλῆνας, μέσα εἰς τοὺς όποιους συλλέγονται ἄερια προϊόντα.

Τὸ ἡλεκτρόδιον τὸ ὄποιον συνδέεται μὲ τὸν θετικὸν πόλον λέγεται **ἄνοδος** (+), ἐνῶ τὸ ἡλεκτρόδιον τὸ συνδεόμενον μὲ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς πηγῆς **κάθοδος** (-). Εἰς ἄλλα βολτάμετρα τὰ ἡλεκτρόδια εἰσέρχονται ἀπὸ τὸ ἀνοικτόν ἄνω μέρος τοῦ δοχείου καὶ βυθίζονται εἰς τὸ ἡλεκτρολυτικὸν διάλυμα.

‘Υπάρχουν καὶ βολτάμετρα τὰ ὅποια ἀποτελοῦνται ἀπὸ ὑοειδῆ σωλῆνα, ἐκ τῶν ἀνοικτῶν σκελῶν τοῦ ὅποίου εἰσέρχονται τὰ ἡλεκτρότροδια.

Εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ βολταμέτρου τοποθετεῖται ἕνας διακόπτης, μὲ τὸν ὃποῖον ἀνοίγομεν καὶ κλείσμεν τὸ κύκλωμα, καὶ ἕνας ροοστάτης διὰ νὰ ρυθμίζωμεν τὸ ρεῦμα τοῦ κυκλώματος.



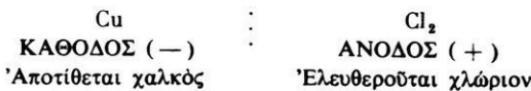
Σχ. 108. Ἡλεκτρόλυσις διαλύματος
χλωριούχου χαλκοῦ.

§ 110. Ποιοτικοί νόμοι τῆς ἡλεκτρολύσεως. Πεί-
ραμα. α) Κλείομεν τὸν διακόπτην τοῦ κυκλώματος ἐνὸς βολταμέτρου μὲν ἡλεκτρόδια ἀπὸ ἄνθρακα καὶ ἡλεκτρολυτικὸν ὑγρὸν διάλυμα χλωριούχου χαλκοῦ ($CuCl_2$), ὁπότε παρατηροῦμεν ὅτι εἰς τὴν ἄνοδον ἐμφανίζονται φυσαλίδες ἀερίου. Τὸ ἀέριον αὐτὸν ἔχει ἀποπνυκτικὴν δύνην καὶ κιτρινοπράσινον χρῶμα. Πρόκειται περὶ χλωρίου (σχ. 108). Ἐνδιαφέρονται αὐτὰ εἰς τὴν

άνοδον, ή κάθοδος έπικαλύπτεται μὲν ἔνα ἐρυθρὸν στρῶμα χαλκοῦ.

Χαρακτηριστικὸν τῆς ἡλεκτρολύσεως εἶναι δτὶ οὐδὲν ἀπολύτως φαινόμενον παρατηρεῖται εἰς τὴν μᾶζαν τοῦ ἡλεκτρολυτικοῦ ὑγροῦ, τὸ ὅποιον ὑπάρχει μεταξὺ τῶν ἡλεκτροδίων.

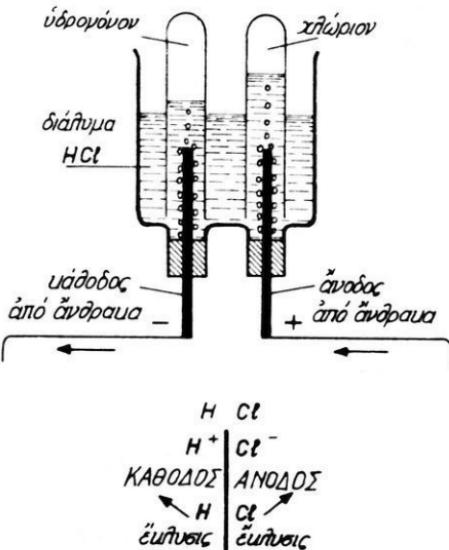
Διὰ νὰ ἐμφανισθοῦν εἰς τὴν ἄνοδον καὶ εἰς τὴν κάθοδον τὰ ἀνωτέρω προϊόντα, σημαίνει δτὶ ὁ χλωριούχος χαλκός, ὁ δποῖος ὑπάρχει εἰς τὸ διάλυμα, διεσπάσθη κατὰ τὸ σχῆμα :



β) Ἐὰν ἀντικαταστήσωμεν διαδοχικῶς εἰς τὸ προηγούμενον πείραμα τὸ διάλυμα τοῦ χλωριούχου χαλκοῦ (CuCl_2) μὲ διαλύματα διαφορετικῶν ἀλάτων (νιτρικοῦ ἀργύρου, θειϊκοῦ νικελίου, χλωριούχου χρυσοῦ κλπ.), θὰ παρατηρήσωμεν δτὶ πάντοτε εἰς τὴν κάθοδον δημιουργεῖται μία μεταλλικὴ ἀπόθεσις (ἀργύρου, νικελίου, χρυσοῦ κλπ.). Τὸ ὑπόλοιπον τοῦ μορίου διευθύνεται πρὸς τὴν ἄνοδον. Δηλαδὴ εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς ἡλεκτρολύσεως τοῦ νιτρικοῦ ἀργύρου (AgNO_3) ὁ ἀργυρος ἀποτίθεται εἰς τὴν κάθοδον, ἐνῷ ή ρίζα NO_3^- δόδευει πρὸς τὴν ἄνοδον.

γ) Εἰς τὴν βιομηχανίαν γίνεται ἡλεκτρόλυσις τῆς βάσεως τοῦ νατρίου (NaOH) εἰς ὑγρὰν κατάστασιν. Κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν τὸ νάτριον ἀποτίθεται εἰς τὴν κάθοδον. "Ολαι αἱ ἄλλαι βάσεις ἀποσυντίθενται κατὰ ὅμοιον τρόπον.

δ) Ἐὰν ἡλεκτρολύσωμεν ἔνα διάλυμα ὑδροχλωρικοῦ δξέος (HCl), θὰ παρατηρή-

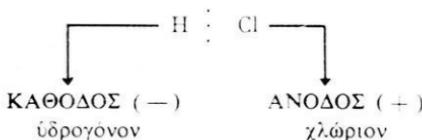


Σχ. 109. Ἡλεκτρόλυσις διαλύματος ὑδροχλωρίου.

σωμεν ὅτι εἰς τὰ δύο ήλεκτρόδια ἐμφανίζονται φυσαλλίδες, πρᾶγμα τὸ δόποιον σημαίνει ὅτι ἐλευθεροῦνται ἀέρια (σχ. 109).

Πράγματι εἰς τὴν ἄνοδον ἐλευθεροῦνται χλώριον, ἐνῷ εἰς τὴν κάθοδον ἐλευθεροῦνται ἔνα εὔφλεκτον ἀέριον, τὸ ὑδρογόνον.

Τὸ ὑδροχλωρικὸν δξύ (HCl) δυνάμεθα νὰ εἴπωμεν λοιπὸν ὅτι ἀποσυντίθεται κατὰ τὸ σχῆμα :



Γενικῶς ὅλα τὰ δξέα ἀποσυντίθενται κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον καὶ τὸ ὑδρογόνον τῶν ἐλευθεροῦνται εἰς τὴν κάθοδον.

Ἄπὸ τὰ ἀνωτέρω πειράματα καὶ διαπιστώσεις, δυνάμεθα νὰ διατυπώσωμεν τοὺς ἀκολούθους ποιοτικοὺς νόμους τῆς ήλεκτρολύσεως.

“Οταν τὸ ήλεκτρικὸν ρεῦμα διέρχεται ἀπὸ τὴν μᾶξαν ἐνὸς ήλεκτρολύτου :

1) Τὰ προϊόντα τῆς ήλεκτρολύσεως ἐμφανίζονται μόνον εἰς τὰς ἐπιφανείας τῶν ήλεκτροδίων.

2) Οἱ ήλεκτρολύται ἀποσυντίθενται εἰς δύο μέρη. Εἰς τὸ μέταλλον ἥ εἰς τὸ ὑδρογόνον, τὰ ὅποια ἀποτίθενται εἰς τὴν κάθοδον καὶ εἰς τὸ ὑπόλοιπον τμῆμα τοῦ μορίου, τὸ ὅποιον ὀδεύει πρὸς τὴν ἄνοδον

§ 111. Θεωρία τῶν ιόντων. Διὰ νὰ ἔξηγήσῃ τὰ φαινόμενα αὐτά ὁ Σουηδὸς Φυσικός Ἀρένιος (Arrhenius) ἐπρότεινε τὸ 1887 τὴν «θεωρία τῆς ήλεκτρολυτικῆς διαστάσεως» ἥ «θεωρίας τῶν ιόντων».

“Οταν διαλύωμεν ἐντός ὅδατος ἔνα δξύ, μίαν βάσιν ἥ ἔνα ἄλας, τότε ἔνα μέρος τῶν μορίων τῶν σωμάτων αὐτῶν ὑφίσταται αὐτομάτως διάστασιν, διασπάται δηλαδὴ εἰς δύο φορτισμένα μὲ ἀντίθετα ήλεκτρικά φορτία σωματίδια, τὰ ὅποια ὀνομάζονται ιόντα.

a) Τὰ δξέα διστανται οὕτως, ώστε τὸ ὑδρογόνον αὐτῶν νὰ σχηματίσῃ θετικά ιόντα, τὰ ὅποια συμβολίζομεν μὲ H^+ , καὶ τὸ ὑπόλοιπον τοῦ μορίου ἀρνητικά ιόντα.

Τὸ μόριον τοῦ ὑδροχλωρικοῦ δξέος, π.χ., δισταται κατὰ τὸ σχῆμα :



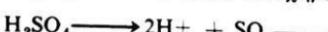
Εἰς τὸ ἄτομον τοῦ χλωρίου ἔχει προσκολληθῆ ἔνα ἐπὶ πλέον ήλεκτρόνιον καὶ

προέκυψε κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ἔνα ἀρνητικὸν μονοσθενὲς ίὸν χλωρίου, τὸ ὅποῖον παριστάνεται μὲ Cl⁻.

Τὸ σημεῖον (—) εἰς τὸ ἄτομον τοῦ χλωρίου τίθεται διὰ νὰ συμβολίζῃ καὶ νὰ ὑπενθυμίζῃ διτὸ τὸ ίὸν τοῦ χλωρίου ἔχει ἀρνητικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον. Τὸ ἄτομον τοῦ ὑδρογόνου ἀπώλεσε ἔνα ἡλεκτρόνιον (τὸ μοναδικὸν τὸ ὅποῖον εἶχε) καὶ συνεπῶς ἐμφανίζεται θετικὸς φορτισμένον, σχηματίζον ἔνα θετικὸν ίὸν ὑδρογόνου.

Τὰ ἡλεκτρικὰ φορτία τῶν δύο αὐτῶν εἰδῶν τῶν ίόντων εἶναι ίσα καὶ ἀντίθετα.

Τὸ μόριον τοῦ θειϊκοῦ ὁξέος δισταται κατὰ τὸ σχῆμα :



σχηματίζον δύο θετικά ίόντα ὑδρογόνου καὶ ἔνα ἀρνητικὸν δισθενὲς ίὸν SO₄²⁻ —

β) Αἱ βάσεις κατὰ τὴν ἡλεκτρολυτικήν των διάστασιν σχηματίζουν μονοσθενή ἀρνητικά ίόντα OH⁻, τὸ ὅποῖον ὀνομάζεται ίὸν ὑδροξυλίου καὶ θετικά ίόντα μὲ τὸ ὑπόλοιπον τοῦ μορίου.

Τὸ καυστικὸν νάτριον, π.χ., δισταται κατὰ τὴν ἔξισωσιν :



γ) Τὰ μόρια τῶν ἀλάτων σχηματίζουν κατὰ τὴν διάστασιν των ἔνα ἀρνητικὸν ίόν, ἀπὸ ἔνα ἀμέταλλον στοιχεῖον ἢ ἡλεκτραρνητικήν ρίζαν, καὶ ἔνα θετικὸν ίόν, ἀπὸ μέταλλον ἢ ἡλεκτροθετικήν ρίζαν.

Τοιουτοτρόπως τὰ μόρια τοῦ χλωριούχου χαλκοῦ (CuCl₂) διστανται εἰς διάλυμα κατὰ τὴν ἔξισωσιν :



δηλαδὴ εἰς δύο ἀρνητικά ίόντα χλωρίου (Cl⁻) καὶ εἰς ἔνα θετικὸν δισθενὲς ίὸν χαλκοῦ.

Τὸ ίὸν τοῦ χαλκοῦ εἶναι ἔνα ἄτομον χαλκοῦ, τὸ ὅποῖον ἀπώλεσε 2 ἡλεκτρόνια, συνεπῶς φέρει δύο θετικὰ φορτία καὶ συμβολίζεται μὲ Cu²⁺.

Κατὰ τὸν ίδιον τρόπον, εἰς ἔνα διάλυμα χλωριούχου ἀργιλίου (AlCl₃) τὰ μόρια διστανται εἰς 3 ίόντα μονοσθενούς χλωρίου (Cl⁻) καὶ εἰς ἔνα θετικὸν τρισθενές ίὸν ἀργιλίου (Al³⁺) τὸ ὅποῖον φέρει τρία θετικὰ φορτία.

Εἰς ἔνα διάλυμα θειϊκοῦ χαλκοῦ (CuSO₄) τὰ μόρια διστανται εἰς ἔνα θετικὸν δισθενὲς ίὸν χαλκοῦ (Cu²⁺) κοι εἰς ἔνα ἀρνητικὸν δισθενὲς ίὸν SO₄²⁻.

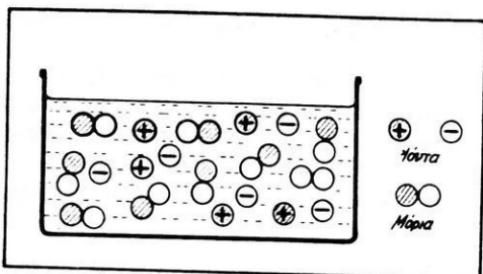
'Εντὸς οἰουδήποτε ἡλεκτρολυτικοῦ διαλύματος ὑπάρχουν, ταυτοχρόνως, οὐδέτερα μόρια καὶ θετικά καὶ ἀρνητικά ίόντα εἰς ίσον ἀριθμὸν (σχ. 110), τὰ ὅποια κινοῦνται ἀτάκτως μέσα εἰς τὴν μᾶζαν τοῦ ἡλεκτρολυτικοῦ ὑγροῦ.

Μερικά ἀπὸ τὰ ίόντα ἀντιδροῦν μεταξύ των καὶ ἀνασχηματίζουν οὐδέτερα μόρια. Δι' αὐτὸν τὸν λόγον εἰς τὰς ἔξισώσεις τῶν ἡλεκτρολυτικῶν διαστάσεων ἔχομεν δύο βέλη· π.χ. γράφομεν :



Αὐτὸ σημαίνει διτὸ τὸ ίόντα ἀντιδροῦν διδεύει ἀπὸ τὰ δεξιὰ πρὸς τὰ ἀριστερά, ἀλλὰ καὶ ἀπὸ τὰ ἀριστερά πρὸς τὰ δεξιά.

*Οταν ὅμως διαλυθῇ ἐντελῶς ὁ ἡλεκτρολύτης, ἀπὸ μίαν χρονικήν στιγμὴν και



Σχ. 110. Εις ένα ήλεκτρολυτικόν διάλυμα ύπαρχουν ουδέτερα μόρια τού ήλεκτρολύτου και ισάριθμα θετικά και άρνητικά ίόντα.

των δισταται (άποσυντίθεται) εις δύο φορτισμένα σωματίδια μὲ άντιθετα ήλεκτρικά φορτία, τὰ δόποια όνομάζονται ίόντα.

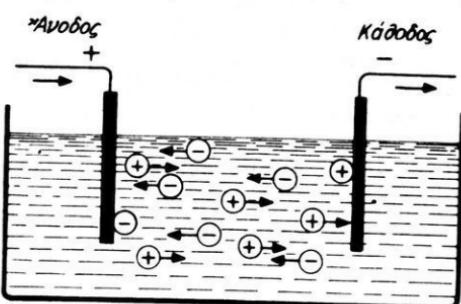
δ) Οταν βυθίσωμεν εις ήλεκτρολυτικόν διάλυμα δύο ήλεκτρόδια και τὰ συνδέσωμεν μὲ τοὺς πόλους μιᾶς ήλεκτρικῆς πηγῆς συνεχοῦς ρεύματος κλεισίοντες τὸν διακόπτην τοῦ κυκλώματος, θά παρατηρήσωμεν τὰ γνωστὰ φαινόμενα τῆς ήλεκτρολύσεως.

Αὐτὸ δυμβαίνει επειδή τὰ ίόντα, τὰ δόποια κινοῦνται ἀτάκτως μέσα εις τὴν μᾶζαν τοῦ ήλεκτρολυτικοῦ διαλύματος, προσανατολίζονται πλέον, διακόπτοντα τὴν ἄτακτον κίνησίν των.

Αὐτομάτως τὰ θετικά ίόντα ἔλκονται ἀπὸ τὸ άρνητικὸν ήλεκτρόδιον και διευθύνονται πρὸς αὐτό. Ἐπειδὴ δὲ τὸ άρνητικὸν ήλεκτρόδιον λέγεται και κάθοδος, τὰ θετικά ίόντα όνομάζονται και κατιόντα.

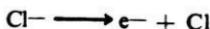
Αντιθέτως τὰ άρνητικά ίόντα ἔλκονται ἀπὸ τὸ θετικὸν ήλεκτρόδιον, δηλαδὴ ἀπὸ τὴν ἀνοδον και δὶ' αὐτὸν τὸν λόγον λέγονται και ἀνιόντα (σχ. 111).

Τὰ ίόντα, εἴτε ἀνιόντα είναι αὐτά εἴτε κατιόντα, φθάνουν τέλος εἰς τὰ ήλεκτρόδια και ἐκφορτίζονται. Οὕτως τὸ ἀνιὸν τοῦ χλωρίου (Cl^-) φθάνον εις τὴν ἀνοδον (+) ἀποδίδει τὸ ήλεκτρόνιον τὸ δόποιον τοῦ



Σχ. 111. Έξήγησις τῆς διελεύσεως τοῦ ήλεκτρικοῦ ρεύματος μέσα ἀπὸ έναν ήλεκτρολύτην.

περισσεύει καὶ μεταπίπτει εἰς οὐδετέραν ἀτομικήν κατάστασιν :



ὅπου μὲν e^- συμβολίζομεν τὸ ἡλεκτρόνιον.

Ἄκολούθως δύο ἄτομα χλωρίου συνδέονται μεταξύ των καὶ δίδουν ἔνα μόριον ἀερίου χλωρίου (Cl_2), τὸ δόποιον τοιουτοτρόπως ἐλευθερώνεται εἰς τὴν ἄνοδον.

Τὰ κατιόντα πάλιν φθάνουν εἰς τὴν κάθοδον (—) καὶ ἀποσποῦν ἀπὸ αὐτήν τὰ ἡλεκτρόνια, τὰ δόπια ἔχουν ἀπολέσει, διὰ νὰ περιπέσουν καὶ αὐτὰ εἰς τὴν οὐδετέραν κατάστασιν. Τὸ κατιόν ύδρογόνον, π.χ., H^+ , προσλαμβάνει ἔνα ἡλεκτρόνιον (e^-) καὶ γίνεται οὐδέτερον ἄτομον ύδρογόνον :



Ἄκολούθως συνδέονται δύο ἄτομα ύδρογόνου καὶ σχηματίζουν ἔνα μόριον ἀερίου ύδρογόνου, τὸ δόποιον κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ἐλευθερώνεται εἰς τὴν κάθοδον.

Πρέπει νὰ τονισθῇ ὅτι τὰ ίόντα χλωρίου Cl^- καὶ ύδρογόνου H^+ ἔχουν τελείως διαφορετικάς ιδιότητας ἀπὸ τὰ στοιχεία χλώριον καὶ ύδρογόνον. Δι’ αὐτὸν τὸν λόγον δὲν γίνονται ἀντιληπτά ὡς ἀέρια μέσα εἰς τὸ διάλυμα.

“Οπως παρατηροῦμεν, μέσα εἰς τὴν μᾶζαν τοῦ ἡλεκτρολυτικοῦ ύγρου καὶ εἰς τὸν χῶρον δὲ δόποιος περιορίζεται ἀπὸ τὰ ἡλεκτρόδια, ἔχομεν κίνησιν θετικῶν καὶ ἀρνητικῶν φορτίων, δηλαδὴ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα. Τὸ ρεῦμα αὐτὸν είναι σύνθετον καὶ σχηματίζεται ἀπὸ τὰ θετικὰ κατιόντα, τὰ δόπια διεύνουν πρὸς τὴν κάθοδον, καὶ ἀπὸ τὰ ἀρνητικὰ ἀνιόντα, τὰ δόπια κινοῦνται πρὸς τὴν ἄνοδον. Ωστε :

Εἰς ἔνα ἡλεκτρολυτικὸν διάλυμα, τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἔχει διπλῆν ὑπόστασιν καὶ σχηματίζεται ἀπὸ τὴν ἀντίθετον κίνησιν τῶν ἀνιόντων καὶ τῶν κατιόντων τοῦ ἡλεκτρολύτου.

A N A K E Φ A Λ A I Ω S I S

1. Ἡλεκτρόλυσις δονομάζεται τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ δόποιον τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἀποσυνθέτει ώρισμένα ὑδατικὰ διαλύματα, δταν κυκλοφορῇ μέσα εἰς τὴν μᾶζαν των.

2. Τὰ σώματα τὰ δόπια είναι δυνατὸν νὰ ὑποστοῦν ἡλεκτρόλυσιν, δονομάζονται ἡλεκτρολύται. Τὰ δέξα, αἱ βάσεις καὶ τὰ ἄλατα, εἰς ὑγρὰν μορφὴν ἡ εἰς ὑδατικὰ διαλύματα, ἀποτελοῦν ἡλεκτρολύτας.

3. Ἡ συσκευὴ μέσα εἰς τὴν δόπιαν πραγματοποιεῖται ἡ ἡλεκτρόλυσις, δονομάζεται βολτάμετρον καὶ ἀποτελεῖται, συνήθως, ἀπὸ ἔνα δοχεῖον, μέσα εἰς τὸ δόποιον εὑρίσκεται ὁ ἡλεκτρολύτης. Εἰς τὴν βάσιν τοῦ δοχείου ύπάρχουν δύο μεταλλικὰ στελέχη, τὰ δόπια δονομάζονται ἡλεκτρόδια, συνδέονται μὲ τὴν ἡλεκτρικὴν

πηγὴν καὶ καλύπτονται μὲ ἀνεστραμμένους ὑαλίνους σωλῆνας.
Ἄλλοτε πάλιν τὰ ἡλεκτρόδια βυθίζονται ἀπὸ τὸ ἄνω μέρος τοῦ
δοχείου μέσα εἰς τὸν ἡλεκτρολύτην.

4. Τὸ θετικὸν ἡλεκτρόδιον λέγεται ἄνοδος καὶ τὸ ἀρνητικὸν
κάθοδος.

5. Οἱ ἡλεκτρολύται διίστανται εἰς ιόντα, δηλαδὴ εἰς φορτι-
σμένα ἡλεκτρικῶς σωματίδια. Τὰ θετικὰ ιόντα λέγονται κατιόντα
καὶ τοιαῦτα είναι τὸ ὑδρογόνον καὶ τὰ μέταλλα. Τὰ ἀρνητικὰ
ιόντα δύνομάζονται ἀνιόντα.

6. Τὰ ιόντα, τὰ ὅποια ὑπάρχουν εἰς τὸν ἡλεκτρολύτην καὶ
κινοῦνται ἀτάκτως μέσα εἰς τὴν μᾶζαν του, προσανατολίζονται,
εὐθὺς ως συνδεθοῦν τὰ ἡλεκτρόδια μὲ τοὺς πόλους τῆς ἡλεκτρικῆς
πηγῆς συνεχοῦς ρεύματος, καὶ τὰ μὲν ἀνιόντα (ἀρνητικὰ ιόντα)
δύενονται πρὸς τὴν ἄνοδον (θετικὸς πόλος), τὰ δὲ κατιόντα (θετικὰ
ιόντα) πρὸς τὴν κάθοδον (ἀρνητικὸς πόλος). Οὕτως ἀρχίζει ἡ
ἡλεκτρολύτσις.

7. Οἱ ποιοτικοὶ νόμοι τῆς ἡλεκτρολύτεως είναι οἱ ἔξης :
α) Τὰ προιόντα τῆς ἡλεκτρολυτικῆς ἀποσυνθέσεως ἐμφανίζονται
εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῶν ἡλεκτροδίων. β) Ὁ ἡλεκτρολύτης ἀπο-
συντίθεται εἰς δύο μέρη, εἰς τὸ μέταλλον ἢ τὸ ὑδρογόνον, τὰ ὅποια
ἐλευθερώνονται εἰς τὴν κάθοδον, καὶ εἰς τὸ ὑπόλοιπον τοῦ μορίου,
τὸ ὅποιον διευθύνεται πρὸς τὴν ἄνοδον.

8. Ἡ διέλευσις τοῦ ἡλεκτρολυτικοῦ ρεύματος μέσα ἀπὸ τὸν
ἡλεκτρολύτην πραγματοποιεῖται χάρις εἰς τὰ ιόντα. Ἐπομένως
τὸ ρεῦμα τὸ ὅποιον δημιουργεῖται εἰς τὸν χῶρον, μεταξὺ τῶν ἡλε-
κτροδίων, ἔχει διπλῆν ὑπόστασιν καὶ σχηματίζεται ἀπὸ ἀνιόντα
καὶ κατιόντα, τὰ ὅποια κινοῦνται ἀντιθέτως.

ΚΓ—ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΙΣ. ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΥΣΑΙ ΧΗΜΙΚΑΙ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ

§ 112. Γενικότητες. Κατὰ τὴν ἡλεκτρολύτσιν ἐνὸς ἡλεκτρολύτου
συμβαίνουν συνήθως καὶ δευτερεύουσαι χημικαὶ ἀντιδράσεις. Εἰς τὴν
πραγματικότητα τὰ προιόντα τῆς ἀποσυνθέσεως δύνανται, ὑπὸ ὥρι-
σμένας συνθήκας, νὰ ἀντιδράσουν χημικῶς, εἴτε μὲ τὸ ὑδωρ τοῦ δια-
λύματος, εἴτε μὲ τὰ ἡλεκτρόδια τοῦ βολταμέτρου.

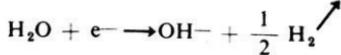
Διὰ νὰ ἀντιληφθῶμεν τὸν μηχανισμὸν τῶν δευτερευουσῶν ἀντιδράσεων, θὰ θεωρήσωμεν τὰ κατωτέρω χαρακτηριστικὰ παραδείγματα ἡλεκτρολύσεως.

§ 113. I) Ἡλεκτρόλυσις διαλύματος χλωριούχου νατρίου. Πείραμα. Θέτομεν διάλυμα χλωριούχου νατρίου μέσα εἰς ἕνα βολτáμετρον μὲν ἡλεκτρόδια ἀπὸ ἄνθρακα καὶ προσθέτομεν δλίγον ἐρυθρὸν βάμμα τοῦ ἡλιοτροπίου. Συνδέομεν τὸ βολτáμετρον μὲ μίαν ἡλεκτρικὴν πηγὴν συνεχοῦς ρεύματος καὶ παρατηροῦμεν ὅτι ἐ-

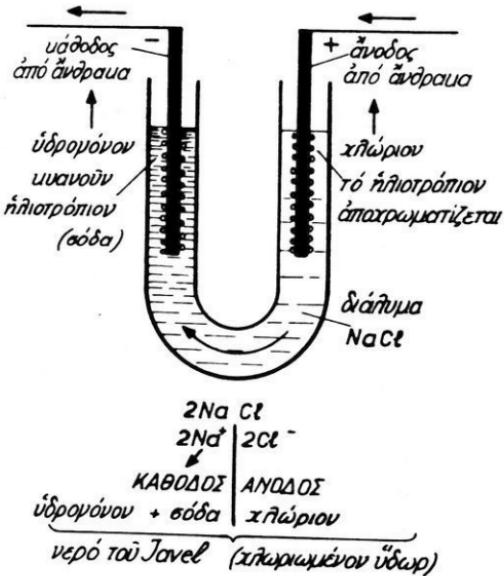
λευθερώνονται ἀέρια εἰς τὰ δύο ἡλεκτρόδια (σχ. 112).

Εἰς τὴν ἄνοδον ἔλευθερώνεται ἀέριον χλώριον, τὸ δόποιον ἔχει ἀποπνικτικὴν δσμὴν καὶ ἀποχρωματίζει τὸ ἐρυθρὸν βάμμα τοῦ ἡλιοτροπίου. Εἰς τὴν κάθοδον εἰς τὴν ὅποιαν ἐκλύεται ὑδρογόνον, τὸ βάμμα τοῦ ἡλιοτροπίου ἐπανακτᾶ τὸ κυανοῦν του χρῶμα.

Ἐξήγησις τοῦ φαινομένου. Τὸ διάλυμα τοῦ χλωριούχου νατρίου δισταται εἰς ίόντα Na^+ καὶ Cl^- . Τὰ ίόντα Cl^- διδέουν πρὸς τὴν ἄνοδον, δπου ἐκφορτίζονται καὶ σχηματίζουν ἄτομα χλωρίου καὶ αὐτὰ δημιουργοῦν μόρια ἀερίου χλωρίου (Cl_2). Τὰ ίόντα Na^+ διδέουν πρὸς τὴν κάθοδον. Ή κάθοδος δμως ἀποδίδει ἡλεκτρόνια (e^-) εἰς τὰ γειτονικά τῆς μόρια τοῦ ὑδατος (H_2O), τὰ δποῖα κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον, διστανται, συμφώνως πρὸς τὴν ἀκόλουθον χημικὴν ἔξισωσιν :

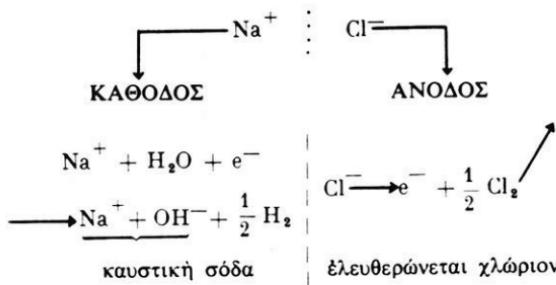


Δηλαδὴ ἔχομεν ἀπελευθέρωσιν ὑδρογόνου. Τὰ ίόντα OH^- δμοῦ μετὰ τῶν ίόντων Na^+ δημιουργοῦν περὶ τὴν κάθοδον διάλυμα καυστικῆς σόδας. Χάρις εἰς τὴν καυστικὴν σόδαν ἐπαναχρωματίζεται κυανοῦν τὸ βάμμα τοῦ ἡλιοτροπίου.

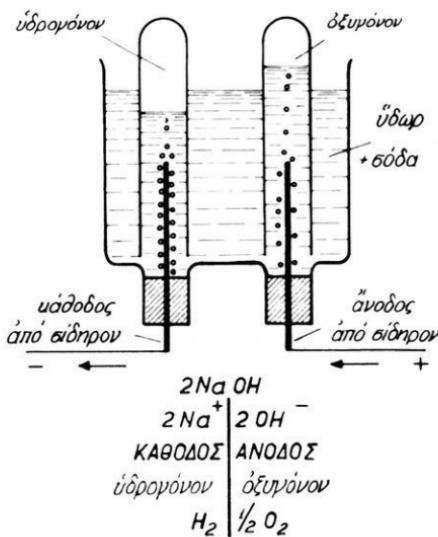


Σχ. 112. Ἡλεκτρόλυσις διαλύματος χλωριούχου νατρίου.

Η ήλεκτρόλυσις αυτη δύναται να παρασταθῇ σχηματικῶς ως ἔξις:



II) Ήλεκτρόλυσις διαλύματος καυστικῆς σόδας (NaOH). Πείραμα. Θέτομεν υδωρ, εἰς τὸ ὁποῖον ἔχομεν προσθέσει ὀλίγην καυστικήν σόδαν (NaOH), εἰς τὸ βολτάμετρον τοῦ σχήματος 113, τὰ ἡλεκτρόδια τοῦ ὁποίου εἶναι ἐλάσματα, εἴτε ἀπὸ νικέλιον, εἴτε ἀπὸ λευκόχρυσον (πλατίνα) καὶ περιβάλλονται ἀπὸ ἀνεστραμμένους δοκιμαστικοὺς σωλῆνας.



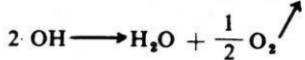
Σχ. 113. Ήλεκτρόλυσις διαλύματος καυστικῆς σόδας.

Κλείομεν τὸν διακόπτην καὶ παρατηροῦμεν ὅτι εἰς τὴν ἄνοδον συλλέγεται δξυγόνον, ἐνῷ εἰς τὴν κάθοδον ύδρογόνον. Ἐπίσης διαπιστώνομεν ὅτι ὁ δγκος τοῦ ύδρογόνου εἶναι διπλάσιος ἀπὸ τὸν δγκον τοῦ δξυγόνου.

Ἐξήγησις τοῦ φαινομένου.

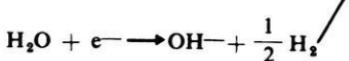
Ἡ καυστικὴ σόδα (NaOH) εύρισκεται εἰς διάστασιν. Εἰς τὸ διαλύμα δηλαδὴ ὑπάρχουν ίόντα Na^+ καὶ ίόντα OH^- . Τὰ ίόντα OH^- διευθύνονται πρὸς τὴν ἄνοδον, ὅπου καὶ ἀποδίδουν τὸ πλεονάζον ἡλεκτρόνιόν των καὶ μεταπίπτουν εἰς τὴν ἀσταθῆ ρίζαν ύδροξύλιον, ἡ ὁποία δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ ὑπάρξῃ εἰς ἔλευθεραν κατάστασιν. Δι' αὐτὸν τὰ ύδροξύλια

άντιδροιν κατόπιν μεταξύ των, συμφώνως πρὸς τὴν γηγεικὴν ἔξισθεν :



σχηματίζοντα ὄδωρ καὶ δξυγόνον, τὸ δποῖον ἐκλύεται εἰς τὴν ἄγοδον.

Τὰ ίόντα τοῦ Na^+ , δπως καὶ εἰς τὴν ἡλεκτρόλυσιν τοῦ NaCl , δέδευνον πρὸς τὴν κάθοδον. Ἡ κάθοδος ἀποδίδει ἡλεκτρόνια (e^-) εἰς τὰ μόρια τοῦ θύματος καὶ οὕτως ἐλεύθερωνται ὑδρογόνον, ἐνῷ συγχρόνως παράγονται ίόντα ὑδροξυλίου κατὰ τὴν γνωστήν μας ἀντίδρασιν:



Τὰ λόγια τοῦ Na^+ καὶ τοῦ OH^- ἐνώνυμοται καὶ ἐπανασχηματίζουν τὴν βάσιν τοῦ νατρίου. Ἀντιθέτως τὸ ίδιον ἀποσυντίθεται καὶ ἀποδίδει ίδρογόνον καὶ δξύονον.

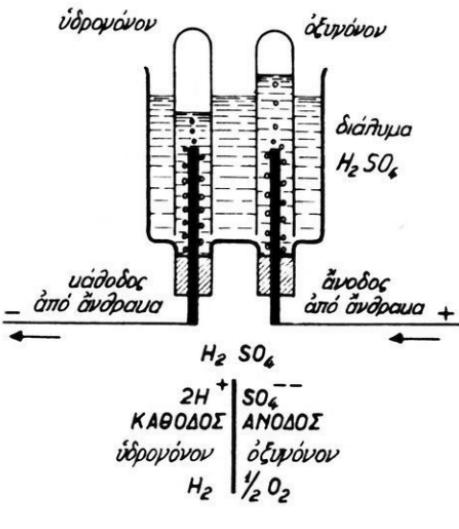
Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συμπεραίγομεν ὅτι :

Τό φαινόμενον ἔξελισσεται κατά τοιούτον τρόπον, ώστε νὰ δημιουργήται η ἐντύπωσις διὰ ἀποσυντίθεται μόνον τὸ ῦδωρ.

III) Ἡλεκτρόλυσις διαλύματος θειϊκοῦ δξέος. Πείραμα. Ἀντικαθιστῶμεν εἰς τὸ βολτάμετρον τοῦ προηγουμένου πειράματος τὸ διάλυμα τῆς καυστικῆς σόδας

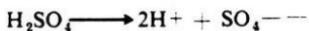
με άραιον διάλυμα θειϊκοῦ δξέος (H_2SO_4). Τὰ ἡλεκτρόδια τοῦ βολταμέτρου πρέπει νὰ είναι κατεσκευασμένα ἐξ υλικοῦ τὸ δόποῖον νὰ είναι ἀπρόσβλητον ἀπὸ τὸ δξύ, π.χ. ἀπὸ ράβδον ἄνθρακος ἢ λευκοχρύσου.

Τὰ προϊόντα τῆς ἡλεκτρολύσεως είναι τὰ ἴδια μὲν ἐκεῖνα τῆς ἡλεκτρολύσεως τοῦ διαλύματος τῆς καυστικῆς σόδας. Δηλαδὴ ἐμφανίζεται ὑδρογόνον εἰς τὴν κάθοδον, διπλασίου δγκου ἀπὸ τὸ ὁξυγόνον τὸ ὄποιον ἐμφανίζεται εἰς τὴν ἀνοδον (σχ. 114).



Σχ. 114. Ἡλεκτρόλυσις διαλύματος θειϊκοῦ ὅξεος.

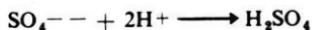
Έξήγησις τοῦ φαινομένου. Τὸ θειϊκὸν δέξι (H₂SO₄) διίσταται εἰς δύο ιόντα H⁺ καὶ εἰς ἕνα ιὸν SO₄²⁻ — κατὰ τὴν έξίσωσιν::



Τὸ ύδρογόνον (H₂) ἐλευθερώνεται εἰς τὴν κάθοδον. Τὸ ιὸν SO₄²⁻ — ὀδεύει πρὸς τὴν ἄνοδον καὶ δημιουργεῖ ιονισμὸν τοῦ θειϊκοῦ (προκαλεῖ δηλαδὴ ιόντα), συμφώνως πρὸς τὴν ἀκόλουθον χημικὴν έξίσωσιν:



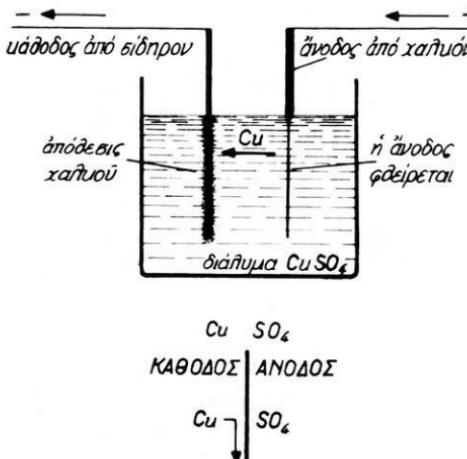
ὅπότε τὰ ιόντα SO₄²⁻ καὶ H⁺ ἀντιδροῦν καὶ σχηματίζουν θειϊκὸν δέξι:



Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον τὸ θειϊκὸν δέξι ἀναπαράγεται εἰς τὴν ἄνοδον καὶ ἐλευθερώνεται δέξιγόνον, ἐνῷ καταναλίσκεται θειϊκὸν δέξι. Ὁπως καὶ εἰς τὸ προηγούμενον παράδειγμα:

Τὸ φαινόμενον ἔξελίσσεται κατὰ τοιούτον τρόπον, ὅστε νὰ δημιουργῆται ἡ ἐντύπωσις διὰ ἀποσυντίθεται μόνον τὸ θειϊκὸν δέξι.

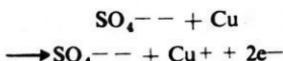
IV. Ἡλεκτρόλυσις θειϊκοῦ χαλκοῦ μὲν ἄνοδον ἀπὸ χαλκὸν.
Πείραμα. Ἡλεκτρολύμεν διάλυμα θειϊκοῦ χαλκοῦ (CuSO₄) χρησιμοποιοῦντες ως ἄνοδον ἕνα ἔλασμα ἀπὸ χαλκὸν καὶ ως κάθοδον ἕνα οίονδήποτε ἀγωγόν, π.χ. μίαν ράβδον ἀπὸ ἄνθρακα.



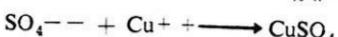
Σχ. 115. Ἡλεκτρόλυσις θειϊκοῦ χαλκοῦ μὲν ἄνοδον ἀπὸ χαλκόν.

"Οταν κλείσωμεν τὸν διακόπτην δὲν παρατηρεῖται πλέον ἔκλυσις ἀερίου, ἡ χαλκίνη δημως ἄνοδος ἀρχίζει νὰ φθείρεται (σχ. 115).

Έξήγησις τοῦ φαινομένου. Ο θειϊκὸς χαλκὸς διίσταται εἰς ιόντα Cu⁺⁺ καὶ εἰς ιόντα SO₄²⁻. Τὸ μέταλλον Cu ἀποτίθεται εἰς τὴν κάθοδον. Τὸ ιὸν SO₄²⁻ ιονίζει τὸν χαλκὸν τῆς ἄνοδου συμφώνως πρὸς τὴν χημικὴν ἀντίδρασιν:



δόποτε τὰ ιόντα SO_4^{2-} καὶ Cu^+ + ἀντιδροῦν καὶ σχηματίζουν θειϊκὸν χαλκόν :



*Οπως παρατηροῦμεν :

Τὸ φαινόμενον ἐξελίσσεται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε τελικῶς νὰ πραγματοποιῆται μεταφορὰ χαλκοῦ ἀπὸ τὴν ἄνοδον εἰς τὴν κάθοδον.

Ἡ ἄνοδος φθείρεται βραδέως ὡς ἔὰν διελύετο. Δι' αὐτὸ δονομάζεται συνήθως διαλυμένη ἄνυδρος.

*Ἀντιθέτως ἡ κάθοδος ἐπικαλύπτεται ἀπὸ ἕνα στρῶμα χαλκοῦ, τὸ πάχος τοῦ ὅποιον αὐξάνεται προοδευτικῶς μὲ τὴν πάροδον τοῦ χρόνου.

Παρατήρησις. Τὰ ἀνωτέρω παραδείγματα δεικνύουν τὴν σημασίαν τὴν δόποιαν ἔχει ἡ φύσις τῶν χρησιμοποιουμένων ἡλεκτροδίων εἰς τὴν πορείαν μιᾶς ἡλεκτρολύσεως.

§ 114. Ἀναγνώρισις τοῦ εἰδούς τῶν πόλων μιᾶς πηγῆς συνεχούς ρεύματος. Βυθίζομεν ἔνα τεμάχιον διηθητικοῦ χάρτου εἰς διάλυμα χλωριούχου νατρίου (NaCl), εἰς τὸ ὅποιον ἔχομεν προσθέσει μερικάς σταγόνας φαινολοφθαλεΐνης. Ἀφοῦ τὸ στραγγίσωμεν, τὸ τοποθετοῦμεν εἰς μίαν ὑαλίνην πλάκα καὶ ὀλισθαίνομεν ἐπ' αὐτοῦ δύο καλώδια ἀπὸ χαλκοῦ μὲ ἀπογεγυμνωμένα ἄκρα, συνδεδεμένα εἰς τοὺς ἄκροδέκτας τῆς πηγῆς (σχ. 116). Ρυθμίζομεν δὲ ὥστε ἡ ἀπόστασις μεταξὺ τῶν δύο ἄκρων τοῦ καλωδίου νὰ είναι 2 cm ἥως 3 cm.

Τὸ ἔνα ἀπὸ τὰ δύο ἄκρα χαράσσει, ἐπὶ τοῦ χάρτου, μίαν ἐρυθράν γραμμήν. Ὁ πόλος, ὁ συνδεδεμένος μὲ αὐτὸ τὸ σύρμα, εἶναι ὁ ἀρνητικός. Κατὰ τὴν ἡλεκτρολύσιν τοῦ χλωριούχου νατρίου, τὸ νάτριον, ἐμφανίζεται εἰς τὴν κάθοδον καὶ ἐρυθραίνει τὴν φαινολοφθαλεΐνην. Τὸ πείραμα ἐπιτυγχάνει ἐπίσης καὶ διὰ χρησιμοποιήσεως διαλύματος θειϊκῆς κινίνης.



Σχ. 116. Ἀναγνώρισις τῶν πόλων. Ὁ ἀρνητικός πόλος ἐρυθραίνει τὴν φαινολοφθαλεΐνην.

A N A K E Φ A Λ A I Ω S I S

1. Ὄταν τὰ ιόντα φθάσουν εἰς τὰ ἡλεκτρόδια, προκαλοῦνται, ἀναλόγως πρὸς τὴν φύσιν τῶν ἡλεκτροδίων, δευτερεύουσαι ἀντιδράσεις.

2. Τὸ χλωριούχον νάτριον, διῆσταται εἰς ὄνταρικὸν διάλυμα, εἰς ἀνιόντα χλωρίου καὶ κατιόντα νατρίου. Τὰ ἀνιόντα Cl^-

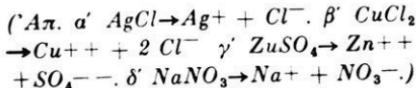
όδευον πρὸς τὴν ἄνοδον, δταν δὲ αὐτὴ εἶναι ἀπρόσβλητος ἀπὸ τὸ χλωρίον, ἐκφορτίζονται, μεταβάλλονται εἰς ἄτομα χλωρίου καὶ αὐτὰ ἐνώνονται ματαξύ των ἀνὰ δύο, σχηματίζοντα μόρια χλωρίου. Οὕτω τελικῶς εἰς τὴν ἄνοδον ἐκλύεται χλωρίον. Εἰς τὴν κάθοδον σχηματίζονται καυστικὴ σόδα καὶ υδρογόνον.

3. Κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν καυστικῆς σόδας ἡ θειίκου δξέος, εἰς βολτάμετρον μὲν ἡλεκτρόδια λευκοχρύσου, ὁ διασπώμενος ἡλεκτρολύτης ἀναγεννᾶται. Τὸ φαινόμενον ἔξελίσσεται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε νὰ δημιουργῆται ἡ ἐντύπωσις ὅτι ἀποσυντίθεται μόνον τὸ ὑδωρ.

4. Κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν θειίκου χαλκοῦ, μὲν ἄνοδον ἀπὸ χαλκόν, συμβαίνει μεταφορὰ χαλκοῦ ἀπὸ τὴν ἄνοδον εἰς τὴν κάθοδον.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

96. Νὰ καθωρισθοῦν αἱ θεμελιώδεις ἀντιδράσεις εἰς τὰς ἡλεκτρολύσεις τῶν ἀκολούθων διαλυμάτων : α) Διάλυμα χλωριούχου ἀργύρου ($AgCl$). β) Διάλυμα χλωριούχου χαλκοῦ ($CuCl_2$). γ) Διάλυμα θειίκου ψευδαργύρου ($ZnSO_4$). δ) Διάλυμα νιτρικοῦ νατρίου ($NaNO_3$).



97. Δύο βολτάμετρα, συνδεδεμένα ἐν σειρᾷ, διαρρέονται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῖμα. Τὸ πρῶτον περιέχει διάλυμα θειίκου χαλκοῦ ($CuSO_4$) καὶ ἄνοδον ἀπὸ χαλκόν, ἐνῶ τὸ τὸ δεύτερον διάλυμα θειίκου δξέος (H_2SO_4) μὲν ἡλεκτρόδια ἀπὸ λευκόχρυσον. α) Νὰ σχεδιασθῇ τὸ κύκλωμα. β) Νὰ διατυπωθοῦν δ' αὐτὸν τὸ κύκλωμα οἱ ποιοτικοὶ νόμοι τῆς ἡλεκτρολύσεως.

98. Ἡ παγκόσμιος βιομηχανικὴ παραγωγὴ τοῦ ἀλονμινίου κατὰ τὸν 20ὸν αἰῶνα μετεβλήθη ὡς ἔξης : Κατὰ τὰ ἔτη 1900, 1910, 1920, 1930, 1939, 1950, 1956 ἡ ποσότης παραγωγῆς εἰς τόνους, ἥτο 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 τὸ δριζόντιον δξονα 1 cm νὰ ἀντιστοιχεῖ πρὸς 10 ἔτη, ἐνῶ εἰς τὸν κατακόρυφον δξονα 1 cm νὰ ἀντιστοιχῇ εἰς 500 000 τόνους. Νὰ στρογγυλευθοῦν τὰ ποσὰ τὰ πλησιέστερα πρὸς τὰ πολλαπλάσια τοῦ 50 000 τόνοι.

99. Ἡ παγκόσμιος παραγωγὴ χαλκοῦ κατὰ τὸν 20ὸν αἰῶνα μετεβλήθη ὡς ἔξης : Κατὰ τὰ ἀκόλουθα ἔτη : 1900, 1910, 1920, 1930, 1940, 1950, 1957 ἡ ποσότης παραγωγῆς εἰς τόνους ἥτο ἀντιστοίχως : 499 000, 888 000, 949 000, 1 577 000,

2 413 000, 2 522 000, 3 462 000. Νὰ παρασταθῆ γραφικῶς ἡ μεταβολὴ τῆς παραγωγῆς. Εἰς τὸν ὄριζόντιον δξονα 1 cm νὰ ἀντιστοιχῇ 10 ἑτη, ἐνῶ εἰς τὸν κατακόρυφον 1 cm νὰ ἀντιστοιχῇ 500 000 τόννους. Νὰ στρογγυλευθοῦν τὰ ποσά τὰ γειτονικὰ πρὸς τὰ πολλαπλάσια τοῦ 50 000 τόννοι.

100. Ἡ ἑτησία παραγωγὴ ἐνὸς ἐργοστασίου παραγωγῆς ἀλουμινίου εἶναι 65 000 τόννοι. α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ θεωρητικὴ ποσότης τῆς ἀλουμίνας (Al_2O_3) ἡ ὥποια καταναλίσκεται ἀπὸ αὐτὸ τὸ ἐργοστάσιον. Δίδονται : Ἀτομικὸν βάρος τοῦ ἀργιλίου 27 καὶ τοῦ δεξιγόρου 16. (Α.π. α' 122 .777 τόννοι).

ΚΛ.— ΗΛΕΚΤΡΟΔΥΣΙΣ, ΝΟΜΟΙ ΤΟΥ ΦΑΡΑΝΤΑΪ. ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ

§ 115. Γενικότητες. Εἰς τὰ προηγούμενα ἐξητάσαμεν ποιοτικῶς τὸ φαινόμενον τῆς ἡλεκτρολύσεως. Θὰ μελετήσωμεν τὸ ἴδιον φαινόμενον καὶ ποσοτικῶς μὲ τὴν βοήθειαν τῶν δύο νόμων τῆς ἡλεκτρολύσεως, οἱ ὥποιοι εἶναι γνωστοὶ μὲ τὸ ὄνομα τοῦ διασήμου Ἀγγλου Φυσικοῦ Φάρανται (Michael Faraday).

§ 116. Πρῶτος νόμος τοῦ Φάρανται. Πείραμα. Τοποθετοῦμεν ἐν σειρᾷ μίαν πηγὴν συνεχοῦς ρεύματος, ἔνα συσσωρευτήν, ἔνα διακόπτην καὶ τρία βολτάμετρα μὲ ἡλεκτρόδια ἀπὸ σίδηρον, τὰ ὥποια περιέχουν διάλυμα καυστικοῦ νατρίου ($NaOH$) (σχ. 117).

Κλείομεν τὸν ἀνοικτὸν διακόπτην τοῦ κυκλώματος καὶ ἀφήνομεν νὰ διέλθῃ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα δι' ἔνα ώρισμένον διάστημα, ἔστω 15 min, σημειοῦντες ἀνὰ τρία λεπτὰ τὰς ποσότητας τοῦ ὑδρογόνου, αἱ ὥποιαι ἀπελευθερώνονται. Καταστρώνομεν τοιουτοτρόπως τὸν ἀκόλουθον πίνακα.



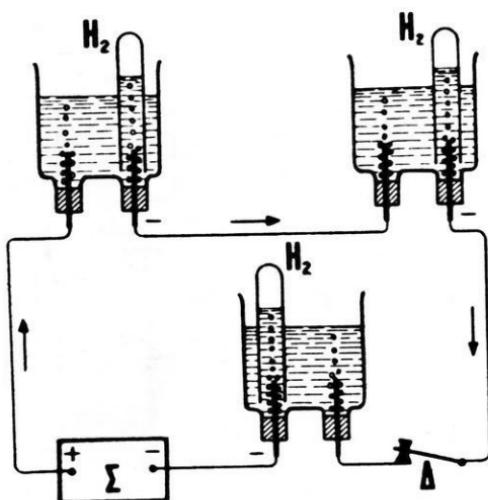
MICHAEL FARADAY (1791 - 1867)
Διάσημος Ἀγγλος Φυσικός καὶ Χημικός, δινομαστός διά τὴν μεγάλην πειραματικήν του ίκανότητα.

Χρόνος διελεύσεως ρεύματος είς min	'Ογκος άνδρογόνου είς cm ²		
	1ον βολτάμε- τρον	2ον βολτάμε- τρον	3ον βολτάμε- τρον
0	0	0	0
3	0,5	0,5	0,5
6	1	1	1
9	1,5	1,5	1,5
12	2	2	2
15	2,5	2,5	2,5

Μελετώντες τὸν ἀνωτέρῳ πίνακα διαπιστώνομεν δτι : α) Οἱ δγκοὶ τοῦ άνδρογόνου, τὸ δποῖον ἀπελευθερώνεται εἰς τὸ ἴδιον χρονικὸν διάστημα εἰς τὰ τρία βολτάμετρα, είναι ἵσοι. β) Οἱ δγκοὶ τοῦ άνδρογόνου, τὸ δποῖον ἀπελευθερώνεται εἰς ἔκαστον ἀπὸ τὰ βολτάμετρα, είναι ἀνά-

λογοὶ πρὸς τὴν χρονικὴν διάρκειαν τῆς διελεύσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

'Απὸ τὰ ἀνωτέρῳ συμπερίνομεν δτι :



Σχ. 117. Οἱ δγκοὶ τοῦ άνδρογόνου, τὸ δποῖον ἐλευθερώνεται εἰς τὸν ἴδιον χρόνον καὶ εἰς τὰ τρία βολτάμετρα είναι ἵσοι.

I. Ἡ ἡλεκτρολυτικὴ δρᾶσις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, εἰς τὸ ἴδιον ἡλεκτρολυτικὸν διάλυμα, είναι ἡ ἴδια εἰς δλα τὰ σημεῖα τοῦ κυκλώματος.

II. Ἡ ἡλεκτρολυτικὴ δρᾶσις ἐνὸς ώρισμένου ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, είναι ἀνάλογος πρὸς τὴν χρονικὴν διάρκειαν διελεύσεως τοῦ ρεύματος, δηλαδὴ πρὸς τὴν ποσότητα τοῦ ἡλεκτρισμοῦ ἡ δποία διῆλθεν ἀπὸ τὸ βολτάμετρον.

Δεύτερος νόμος τοῦ Φάρανται. Γραμμοῖσοδύναμον ίόντος. Ἡ ἐπαλήθευσις τοῦ δευτέρου νόμου τῆς ἡλεκτρολύσεως προϋποθέτει τὴν ἐκτέλεσιν πολὺ ἀκριβῶν μετρήσεων καὶ τὴν γνῶσιν ὥρισμένων βασικῶν χημικῶν καὶ φυσικῶν ἐννοιῶν, διπλῶς εἰναι τὸ ἀτομικὸν βάρος ἐνὸς στοιχείου, τὸ σθένος ἐνὸς ίόντος, τὸ γραμμοάτομον ἐνὸς στοιχείου καὶ τὸ γραμμοῖσοδύναμον ἐνὸς ίόντος.

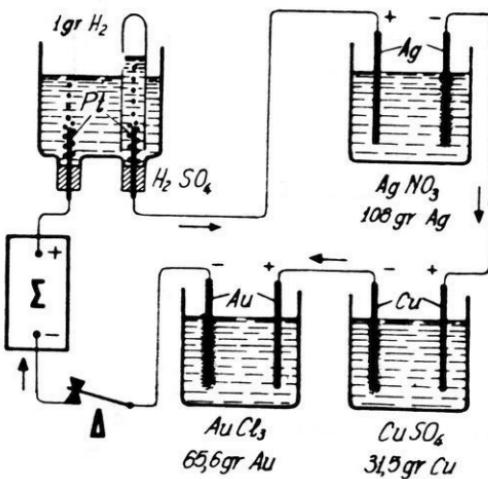
Θὰ περιορισθῶμεν εἰς τὸν δρισμὸν μόνον τοῦ γραμμοῖσοδυνάμου ἐνὸς ίόντος.

Γραμμοῖσοδύναμον ἐνὸς ίόντος δύναμάζεται ποσότης μάζης τοῦ ίόντος, ἐκπεφρασμένη εἰς γραμμάρια καὶ ίση ἀριθμητικῶς πρὸς τὸ πηλίκον τοῦ γραμμοάτομου τοῦ στοιχείου πρὸς τὸ σθένος τοῦ ίόντος.

Πείραμα. Συνδέομεν ἐν σειρᾷ τέσσαρα βολτάμετρα, τὰ δοπιὰ περιέχουν διάλυμα θειϊκοῦ δξέος (H_2SO_4), νιτρικοῦ ἀργύρου ($AgNO_3$), θειϊκοῦ χαλκοῦ ($CuSO_4$) καὶ τρισθενοῦς χλωριούχου χρυσοῦ ($AuCl_3$). Τὰ ἡλεκτρόδια τοῦ πρώτου βολταμέτρου εἰναι ἀπὸ λευκόχρυσον, τοῦ δευτέρου ἀπὸ ἀργυρον, τοῦ τρίτου ἀπὸ χαλκὸν καὶ τοῦ τετάρτου ἀπὸ χρυσὸν (σχ. 118).

Αφοῦ ζυγίσωμεν τὰ ἡλεκτρόδια τοῦ δευτέρου, τρίτου καὶ τετάρτου βολταμέτρου, κλείομεν τὸν διακόπτην τοῦ κυκλώματος καὶ ἀφήνομεν τὸ ίδιον ἡλεκτρικὸν ρεῦμα νὰ διέλθῃ ἀπὸ τὰ τέσσαρα βολτάμετρα.

Οπως μᾶς εἰναι γνωστόν, εἰς τὴν κάθοδον τοῦ πρώτου βολταμέτρου δυνάμεθα νὰ συλλέξωμεν ὑδρογόνον, εἰς τὴν κάθοδον τοῦ δευτέρου βολταμέτρου θὰ ἀποτεθῇ στρῶμα ἀργύρου, εἰς τὴν κάθοδον τοῦ τρίτου βολταμέ-



Σχ. 118. Διά τὸν δεύτερον ποσοτικὸν νόμον τῆς ἡλεκτρολύσεως.

τρου στρῶμα χαλκοῦ καὶ εἰς τὴν κάθοδον τοῦ τετάρτου βολταμέτρου στρῶμα χρυσοῦ.

Ἄν συνεπῶς ζυγίσωμεν τὰ τρία τελευταῖα ἡλεκτρόδια, ἀφοῦ ἔχει περατωθῆ πλέον ἡ ἡλεκτρόλυσις, θὰ τὰ εὕρωμεν βαρύτερα. Οὕτω θὰ διαπιστώσωμεν, π.χ., ὅτι διὰ 1 mgr ὑδρογόνου, τὸ ὅποιον ἡλευθερώθη εἰς τὴν κάθοδον τοῦ πρώτου βολταμέτρου, ἐναπετέθησαν :

α) 108 mgr ἄργυρου = 108/1 mgr Ag εἰς τὴν κάθοδον τοῦ δευτέρου βολταμέτρου.

β) 31,5 mgr χαλκοῦ = 63/2 mgr Cu εἰς τὴν κάθοδον τοῦ τρίτου βολταμέτρου, καὶ

γ) 65,7 mgr χρυσοῦ = 197/3 mgr Au εἰς τὴν κάθοδον τοῦ τετάρτου βολταμέτρου.

Ἐπειδὴ ὅμως ὁ ἄργυρος εἶναι μονοσθενής καὶ ἔχει ἀτομικὸν βάρος 108, ὁ χαλκὸς δισθενής καὶ ἔχει ἀτομικὸν βάρος 63 καὶ ὁ χρυσὸς τρισθενής μὲν ἀτομικὸν βάρος 197, συμπεραίνομεν ὅτι τὰ πηλίκα :

$$\frac{108}{1} \text{ gr Ag}, \quad \frac{63}{2} \text{ gr Cu}, \quad \frac{197}{3} \text{ gr Au}$$

ἐκφράζουν τὰ γραμμοῖσοδύναμα τῶν μετάλλων ἄργυρου, χαλκοῦ καὶ χρυσοῦ. Πολλαπλασιάζοντες λοιπὸν ἐπὶ 1 000 τὰ ἀριθμητικὰ ἀποτέλεσματα τοῦ πειράματος, καταλήγομεν εἰς τὸ ἀκόλουθον συμπέρασμα, τὸ ὅποιον ἐκφράζει τὸν δεύτερον νόμον τοῦ Φάρανται.

Ἡ ποσότης ἡλεκτρισμοῦ, ἡ ὅποια ἀπελευθερώνει ἔνα γραμμάριον ὑδρογόνου, ἀπελευθερώνει ἐπίσης ἔνα γραμμοῖσοδύναμον ίόντος οίουδήποτε μετάλλου.

§ 117. Ἐφαρμογαὶ τῆς ἡλεκτρολύσεως. Ἡ ἡλεκτρόλυσις εὑρίσκει πολλὰς καὶ διαφόρους ἐφαρμογάς εἰς ὡρισμένους τομεῖς τῆς Τεχνικῆς καὶ τῆς Βιομηχανίας, ὥπως εἶναι ἡ ἐπιμετάλλωσις, ἡ γαλβανοπλαστική, ἡ ἡλεκτρομεταλλουργία, ἡ ἡλεκτροχημεία κλπ.

α) Ἐπιμετάλλωσις. Οὕτως ὀνομάζεται ἡ μέθοδος μὲ τὴν ὅποιαν περικαλύπτομεν ἡλεκτρολυτικῶς μεταλλικάς ἐπιφανείας μὲ ἄλλα μέταλλα, ὥπως π.χ. μὲ χαλκόν, ἄργυρον, χρυσόν, κλπ.

Ἄν πρόκειται δι' ἐπιχάλκωσιν, ὡς ἡλεκτρολυτικὸν ὑγρὸν χρησιμοποιοῦμεν ὑδατικὸν διάλυμα θειϊκοῦ χαλκοῦ, ὡς κάθοδος τὸ ἀντικείμενον, τὸ ὅποιον θὰ ἐπιχάλκωσμεν, καὶ ὡς ἄνοδον μίαν χαλκίνην πλάκα. Ὁπως γνωρίζομεν, εἰς τὴν περιπτωσιν αὐτὴν μεταφέρεται χαλκὸς ἀπὸ τὴν ἄνοδον εἰς τὴν κάθοδον καὶ ἐπικάθηται κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον εἰς τὸ ἀντικείμενον, τὸ ὅποιον θέλομεν νὰ ἐπιχαλκώσωμεν.

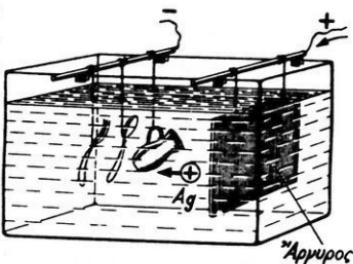
Εις τὴν ἐπαργύρωσιν ὡς ἡλεκτρολυτικὸν ὑγρὸν χρησιμοποιοῦμεν διάλυμα νιτρικοῦ ἀργύρου, ὡς κάθοδον τὸ ἀντικείμενον τὸ δόποιον πρόκειται νὰ ἐπαργυρωθῇ καὶ ὡς ἄνοδον πλάκα ἀπὸ ἀργυροῦ. Ὄταν κλείσωμεν τὸ κύκλωμα, δημιουργεῖται μεταφορὰ ἀργύρου ἀπὸ τὴν ἄνοδον εἰς τὴν κάθοδον καὶ τοιουτοτρόπως ἐπαργυρώνεται τὸ ἀντικείμενον (σχ. 119).

Γενικῶς εἰς τὴν ἐπιμετάλλωσιν, χρησιμοποιοῦμεν ὡς ἡλεκτρολυτικὸν ὑγρὸν διάλυμα καταλλήλου ἄλατος τοῦ μετάλλου μὲ τὸ δόποιον θέλωμεν νὰ ἐπικαλύψωμεν τυχὸν ἀντικείμενον, ἐστω μὲ ἄλας χρωμίου ἢν πρόκειται νὰ ἐκτελέσωμεν ἐπιχρωμίωσιν, ὡς κάθοδον τὸ ἀντικείμενον καὶ ὡς ἄνοδον πλάκα καθαροῦ μετάλλου (δηλαδὴ πλάκα χρωμίου).

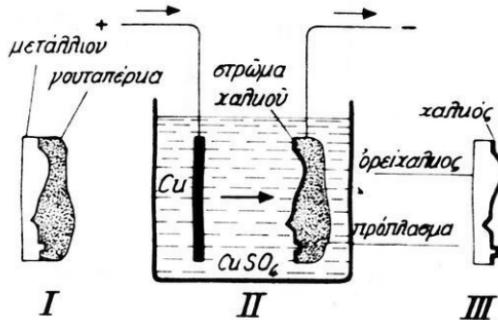
Ἡ ἐπιμετάλλωσις χρησιμοποιεῖται εἰς τὴν κοσμηματοποίην (ἐπαργύρωσις, ἐπιχρύσωσις), δῆπος ἐπίσης εἰς τὴν Τεχνικὴν καὶ εἰς τὴν Βιομηχανίαν, διὰ τὴν προστασίαν ὥρισμένων μεταλλικῶν ἀντικειμένων ἀπὸ τὴν δξείδωσιν ἢ διὰ νὰ προσδώσωμεν εἰς αὐτά μίαν μόνιμον στιλπνότητα.

β) Γαλβανοπλαστική. Χρησιμεύει κυρίως εἰς τὴν παραγωγὴν χαλκίνων ἐκμαγείων καὶ ἐπιτρέπει τὴν ἀναπαραγωγὴν μικρῶν ἀγαλμάτων, μεταλλίων, τυπογραφικῶν κλισέ, φωνογραφικῶν δίσκων, κλπ. καὶ γενικώτερον ἀντικειμένων, τῶν δοπίων ἢ ἐπιφάνεια παρουσιάζει μίαν ἀνάγλυφον μορφήν, ἢ δοπία πρέπει νὰ ἀποδοθῇ μὲ πιστότητα.

Εἰς τὴν γαλβανοπλαστικὴν ἐργαζόμεθα ὡς ἔξης. Θερμαίνομεν γουταπέρκαν, ἢ δοπία γίνεται τότε εὐπλαστος καὶ λαμβάνομεν τὸ ἀρνητικὸν ἀποτύπωμα τῆς δψεως τοῦ ἀντικειμένου, ἐστω ἐνὸς μεταλλίου (σχ. 120, I). Ἀφήνομεν κατόπιν τὴν γουταπέρκαν νὰ ψυχθῇ καὶ νὰ ἐπαναποκτήσῃ τὴν σκληρότητά της, τὴν περικαλύπτομεν μὲ λεπτὸν στρῶμα γραφίτου, διὰ νὰ τὴν καταστήσωμεν ἀγώγιμον εἰς τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, καὶ τὴν χρησιμοποιοῦμεν ὡς κάθοδον εἰς διάλυμα θειϊκοῦ χαλκοῦ, εἰς τὸ



Σχ. 119. Διάταξις ἐπιμετάλλωσεως. Τὴν κάθοδον ἀποτελοῦν τὰ πρὸς ἐπιμετάλλωσιν ἀντικείμενα.

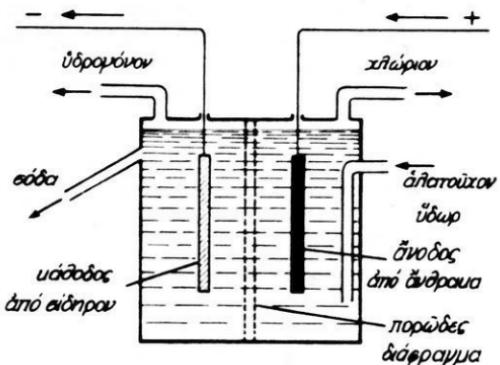


Σχ. 120. Γαλβανοπλαστική. (I) Ἐκμαγεῖον τοῦ ἀντικειμένου. (II) Ἐπιχάλκωσις. (III) Ἀντίγραφον.

όποιον ώς ανοδον τοποθετούμεν πλάκα άπό καθαρὸν χαλκόν. Κατόπιν άφήνομεν νά διέλθῃ ήλεκτρικὸν ρεῦμα δι' ἓνα ἀρκετὸν χρονικὸν διάστημα, δόποτε ἐναποτίθεται ἔνα στρῶμα χαλκοῦ, ἀρκετοῦ πάχους, εἰς τὸ ἀρνητικὸν ἀποτύπωμα τοῦ μεταλλίου (σχ. 120 II). Ἀκολούθως διακόπτομεν τὸ ρεῦμα καὶ βυθίζομεν τὸ ἐπιχαλκωμένον ἀποτύπωμα εἰς θερμὸν ὕδωρ, δόποτε τήκεται ἡ γουταπέρκα καὶ ἀποχωρίζεται ἀπὸ αὐτῆν τὸ στρῶμα τοῦ χαλκοῦ, ἐπὶ τοῦ ὅποιον εἶναι ἀποτυπωμένη ἡ θετικὴ δύσις τοῦ μεταλλίου, ἡ δόποια ἀποτελεῖ τοιουτορόπως πιστὸν ἐκείνου ἀντίγραφον (σχ. 120, III).

γ) Ἡλεκτρομεταλλουργία. Διάφορα μέταλλα παρασκευάζονται ήλεκτρολυτικῶς ἀπὸ τὰ ἄλατα των, τὰ δξειδία των, ἡ τὰ ὑδροξειδία των. Μέ την μέθοδον αὐτήν κατορθώνομεν νά παρασκευάσωμεν μέταλλα εἰς μεγάλον βαθμὸν καθαρότητος. Οὕτω παρασκευάζομεν ἀργιλίον (ἄλουμινον) μὲ βαθμὸν καθαρότητος 99 μέχρις 99,8% ἀπὸ ἄλουμιναν (δξειδοῖς τοῦ ἀργιλίου Al_2O_3), νάτριον ἀπὸ καυστικὴν σόδαν (ὑδροξειδίον τοῦ νατρίου NaOH), μαγνήσιον ἀπὸ χλωριούχον μαγνήσιον (MgCl_2), ψευδάργυρον ἀπὸ θειϊκὸν ψευδάργυρον (ZnSO_4), κλπ.

δ) Ἡλεκτροχημεία. Πολυάριθμα σώματα παρασκευάζονται βιομηχανικῶς μὲ ήλεκτρολυτικήν μέθοδον. Οὕτως ήλεκτρολύνοντες διάλυμα καυστικῆς σόδας και χρησιμοποιοῦντες ήλεκτρόδια ἀπὸ σίδηρον, παρασκευάζομεν ὑδρογόνον και δξυγόνον.



Σχ. 121. Βιομηχανική παρασκευὴ τῆς σόδας.

εἰς ἐπαφὴν τὸ διαλελυμένον χλώριον καὶ τὴν σόδαν, λαμβάνομεν τὸ λεγόμενον ὕδωρ τοῦ Ζαβέλ (eau de Javel).

Ἡλεκτρολύνοντες ὑδατικὸν διάλυμα μαγειρικοῦ ἄλατος (NaCl), λαμβάνομεν χλώριον εἰς τὴν ανοδον καὶ καυστικὴν σόδαν εἰς τὴν κάθοδον. Διὰ νά ἀποτρέψωμεν τὴν ἐπαφὴν τοῦ χλωρίου μὲ τὴν σόδαν, χρησιμοποιοῦμεν εἰδικὰ βολτάμετρα (σχ. 121), τὰ δόποια χωρίζονται εἰς δύο μέρη ἀπὸ ἔνα πορώδες διάφραγμα. Τὸ διάλυμα τῆς σόδας συλλέγεται καὶ κατόπιν συμπυκνώνεται μὲ ἔξατμισιν.

Ἐὰν ἀφαιρέσωμεν τὸ διάφραγμα καὶ ἀφήσωμεν

1. Οι ποσοτικοί νόμοι τῆς ἡλεκτρολύσεως είναι γνωστοὶ συνήθως ως νόμοι τοῦ Φάρανταιϋ.

2. Ὁ πρῶτος νόμος τῆς ἡλεκτρολύσεως ἐκφράζει ὅτι : 'Η ἡλεκτρολυτικὴ δρᾶσις ἐνὸς ἡλεκτρικοῦ ρεύματος είναι ἡ ἴδια εἰς ὅλα τὰ σημεῖα τοῦ κυκλώματος καὶ ἀνάλογος πρὸς τὴν ποσότητα τοῦ ἡλεκτρισμοῦ ἡ ὅποια διαρρέει τὸ βολτάμετρον.

3. Ὁ δεύτερος νόμος τῆς ἡλεκτρολύσεως ἐκφράζει ὅτι : "Οταν ἔνα ωρισμένον ἡλεκτρικὸν ρεῦμα διαρρέει διαφορετικοὺς ἡλεκτρολύτας, ἡ μᾶζα τοῦ μετάλλου ἡ τοῦ ὑδρογόνου, τὰ ὅποια ἐλευθερώνονται εἰς τὴν κάθοδον ἐκάστου βολταμέτρου, είναι ἀνάλογος πρὸς τὸ γραμμοῖσοδύναμον τοῦ ιόντος τοῦ μετάλλου.

4. Ἡ ἡλεκτρόλυσις εύρισκε πολλὰς καὶ ποικίλλας ἐφαρμογάς, ὅπως είναι ἡ ἐπιμετάλλωσις, ἡ γαλβανοπλαστική, ἡ ἡλεκτρομετάλλουργία καὶ ἡ ἡλεκτροχημεία.

5. Ἡ ἐπιμετάλλωσις χρησιμοποιεῖται εἰς τὴν κοσμηματοποιίαν καὶ χρυσοχοῖαν διὰ τὴν ἐπικάλυψιν διαφόρων κοσμημάτων μὲ στρῶμα χρυσοῦ (ἐπιχρύσωσις) ἢ ἀργύρου (ἐπαργύρωσις) καὶ εἰς τὴν Τεχνικὴν διὰ τὴν προφύλαξιν ωρισμένων μετάλλων ἀπὸ τὴν δξείδωσιν. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἐκτελοῦμεν ἐπιμετάλλωσιν μὲ ἀνοξείδωτα μέταλλα, ὅπως είναι τὸ νικέλιον καὶ τὸ χρώμιον. Εἰς τὴν ἐπιμετάλλωσιν ἡλεκτρολύμεν ἔνα ἄλλα τοῦ μετάλλου, μὲ τὸ ὅποιον πρόκειται νὰ ἐπικαλύψωμεν ἔνα ἀντικείμενον, χρησιμοποιοῦντες τὸ ἀντικείμενον ως κάθοδον, ἐνῷ ως ἄνοδον τοποθετοῦμεν καθαρὰν πλάκαν ἐκ τοῦ μετάλλου.

6. Ἡ γαλβανοπλαστικὴ είναι εἰδος ἐπιχαλκώσεως καὶ ἐπιτρέπει τὴν ἀναπαραγωγὴν, μὲ μεγάλην πιστότητα, ἀναγλύφων ἐπιφανειῶν.

7. Εἰς τὴν ἡλεκτρομεταλλουργίαν παρασκευάζομεν μέταλλα, μὲ πολὺ μεγάλον βαθμὸν καθαρότητος, ἡλεκτρολύνοντες ἄλατα, δξείδια ἡ ὑδροξείδια τῶν μετάλλων.

8. Εἰς τὴν ἡλεκτροχημείαν παρασκευάζομεν πολυάριθμα σώματα βιομηχανικῶς μὲ ἡλεκτρολυτικὴν μέθοδον, ὅπως ὑδρογόνον, δξυγόνον, χλωρίον, καυστικὴν σόδαν κλπ.

§ 118. Ποσότης ήλεκτρισμού. Ηείραμα. Συνοεομεν εν σειρᾳ τρια διαφορετικα βολτάμετρα, τὰ όποια περιέχουν ἀραιὸν ὑδατικὸν διάλυμα θειϊκοῦ δξέος (H_2SO_4) και ἔχουν ήλεκτρόδια ἀπρόσβλητα ἀπὸ τὸ δξὺ (π.χ. ἀπὸ λευκόχρυσον) (σχ. 122).

Τὰ βολτάμετρα διαφέρουν πολὺ εἰς τὰς διαστάσεις και εἰς τὴν μορφήν, τόσον τῶν δοχείων ὅσον και τῶν ήλεκτροδίων, καθώς και εἰς τὰς ἀποστάσεις μεταξὺ τῶν ήλεκτροδίων. Ή ποσότης ἐπίσης τοῦ δξυνισμένου ὑδατος δὲν εἶναι ἡ ιδία και εἰς τὰ τρία βολτάμετρα.

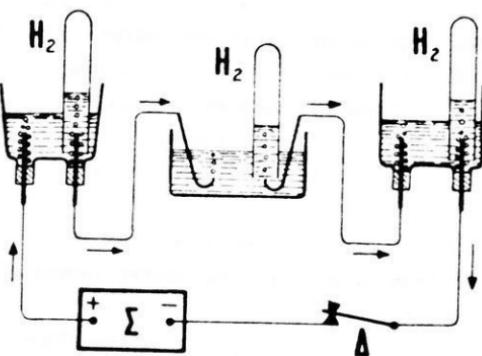
Καλύπτομεν τὰς καθόδους τῶν βολταμέτρων μὲ δγκομετρικοὺς σωλῆνας και κλείομεν τὸ κύκλωμα. Καθώς γνωρίζομεν ἀπελευθερώνεται ὑδρογόνον, τὸ όποιον συλλέγεται εἰς τοὺς ἀνεστραμμένους δγκομετρικοὺς σωλῆνας.

Μετὰ ἀπὸ μικρὸν χρονικὸν διάστημα διακόπτομεν τὸ κύκλωμα, ὅποτε παρατηροῦμεν ὅτι οἱ δγκοι τοῦ ὑδρογόνου, οἱ όποιοι ἀπελευθερώθησαν εἰς ἔκαστον βολτάμετρον, εἶναι ίσοι.

Ἐάν πραγματοποιήσωμεν ἔνα ἀνάλογον μὲ τὸ ἀνώτερῳ πείραμα,

χρησιμοποιήσωμεν ὡς ήλεκτρολύτην νιτρικὸν ἄργυρον ($AgNO_3$) και μὲ τελείως διαφορετικὰ βολτάμετρα, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι αἱ ποσότητες τοῦ ἄργυρου, αἱ όποιαι ἀποτίθενται εἰς τὰς καθόδους και τῶν τριῶν βολταμέτρων εἶναι και πάλιν ίσαι.

Ἐπίσης ἔαν χρησιμοποιήσωμεν βολτάμετρα μὲ ήλεκτρολύτην θειϊκὸν χαλκὸν ($CuSO_4$), θὰ διαπιστώσωμεν ὅτι αἱ μᾶζαι τοῦ χαλκοῦ, αἱ όποιαι ἀπο-



Σχ. 122. Οἱ δγκοι τοῦ ὑδρογόνου, οἱ όποιοι ἐλευθερώνονται ἀπὸ τὰ τρία βολτάμετρα εἶναι ίσοι.

τίθενται εἰς τὰς καθόδους εἶναι καὶ πάλιν ἵσαι μεταξύ των.

§ 119. Έξήγησις τοῦ φαινομένου. Έννοια τῆς ποσότητος τοῦ ήλεκτρισμοῦ. Εἰς τὰ τρία βολτάμετρα τοῦ προηγουμένου πειράματος ἡ ἀπελευθέρωσις τοῦ ὑδρογόνου δφείλεται εἰς τὴν διέλευσιν τοῦ ήλεκτρικοῦ ρεύματος.

Ἐφ' ὅσον οἱ δγκοι τοῦ ὑδρογόνου, τὸ δποῖον συλλέγεται εἰς τοὺς δγκομετρικοὺς σωλῆνας, ἡ αἱ μᾶζαι τῶν μετάλλων, αἱ δποῖαι ἀποτίθενται εἰς τὴν κάθοδον εἶναι ἵσα, εἶναι λογικὸν νὰ ὑποθέσωμεν ὅτι αὐτὸ συμβαίνει διότι τὰ βολτάμετρα διαρρέονται, ἀπὸ τὴν ίδιαν ποσότητα ήλεκτρισμοῦ. Δηλαδὴ ἡ ποσότης ήλεκτρισμοῦ εἶναι ἐκείνη ἡ δποία καθορίζει τὸν δγκον τοῦ ὑδρογόνου, δ ὁποῖος ἀπελευθερώνεται, ἡ τὴν μᾶζαν τοῦ μετάλλου ἥτις ἀποτίθεται εἰς τὴν κάθοδον.

Δι' αὐτὸ λέγομεν ὅτι :

Ἡ ποσότης τοῦ ήλεκτρισμοῦ, ἡ δποία μεταφέρεται ἀπὸ τὸ ήλεκτρικὸν ρεῦμα, εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸν δγκον τοῦ ὑδρογόνου, τὸ δποῖον ἀπελευθερώνεται, ἡ πρὸς τὴν μᾶζαν τοῦ μετάλλου, τὸ δποῖον ἀποτίθεται εἰς τὴν κάθοδον.

Δηλαδὴ ὅταν ὁ δγκος τοῦ ὑδρογόνου ἡ ἡ μᾶζα τοῦ μετάλλου εἶναι διπλασία, τριπλασία, τετραπλασία, κλπ. αὐτὸ σημαίνει ὅτι ἡ ποσότης τοῦ ήλεκτρισμοῦ, ἡ δποία διῆλθεν ἀπὸ τὸ βολτάμετρον, εἶναι δύο, τρεῖς, τέσσαρας φοράς μεγαλυτέρα, κλπ.

Μονάδες τῆς ποσότητος τοῦ ήλεκτρισμοῦ. Ὡς μονάς διὰ τὴν μέτρησιν τῆς ποσότητος τοῦ ήλεκτρισμοῦ χρησιμοποιεῖται τό :

1 Κουλόμπ (1 Coulomb, 1Cb)

Τὸ 1 Κουλόμπ (1 Cb) εἶναι ἡ ποσότης τοῦ ήλεκτρισμοῦ, ἡ ὁποία, ὅταν διέλθῃ μέσα ἀπὸ ἔνα βολτάμετρον μὲ νιτρικὸν ἄργυρον (AgNO_3), ἀποθέτει εἰς τὴν κάθοδον ποσότητα 1,118 mgr ἄργυρου.

Άριθμητικὴ ἐφαρμογή. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ποσότης τοῦ ήλεκτρισμοῦ, ἡ ὁποία ἀποθέτει 0,274 gr ἄργυρου εἰς τὴν κάθοδον ἐνός βολταμέτρου μὲ νιτρικὸν ἄργυρον.

Λύσις. Ἐφ' ὅσον τὰ 1,118 mgr ἄργυρου ἐλευθερώνονται εἰς τὴν κάθοδον ἀπὸ 1 Cb, τὰ 0,274 gr = 274 mgr θὰ ἐλευθερώνονται ἀπὸ ποσότητα ήλεκτρισμοῦ Ἰσην πρός :

$$\frac{274}{1,118} \text{ Ch} = 245 \text{ Ch}$$

§ 120. Ἐντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Πολλάς φοράς χρειάζεται νὰ γνωρίζωμεν τὴν παροχὴν μιᾶς σωληνώσεως εἰς τὸ δίκτυον ὑδρεύσεως ἢ εἰς τὸ δίκτυον τοῦ φωταερίου. Ἐνδιαφέρει δηλαδὴ νὰ γνωρίζωμεν πόσα κυβικά μέτρα ὕδατος ἢ ἀερίου διέρχονται ἀπὸ μίαν τυχαίαν διατομὴν τοῦ δικτύου εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου.

Ἄναλόγως πρὸς τὰ ἀνωτέρω τὴν ἡλεκτρικήν παροχὴν ἐνὸς ἀγωγοῦ ὃ ὅποιος διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, δονομάζομεν ἔντασιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος καὶ τὴν συμβολίζομεν μὲ i.

Ἡ ἔντασις ι τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον διαρρέει ἔνα ἀγωγόν, εἶναι ἡ ίδια εἰς ὅλα τὰ σημεῖα ἐνὸς ἀπλοῦ κλειστοῦ κυκλώματος.

Μονάς ἔντάσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἡ μονάς ἔντάσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος εἶναι τὸ 1 Ἀμπέρ (Ampère) καὶ συμβολίζεται μὲ 1 A ἢ 1 Amp.

Τὸ 1 Ἀμπέρ (1 A, 1 Amp) εἶναι ίσον μὲ τὴν ἔντασιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον ἐντὸς ἐνὸς δευτερολέπτου ἀποθέτει εἰς τὴν κάθοδον ἐνὸς βολταμέτρου μὲ νιτρικὸν ἄργυρον, μᾶζαν 1,118 mgr ἄργυρου.

Ἀπὸ τὸν ἀριθμὸ τῆς μονάδος Ἀμπέρ παρατηροῦμεν ὅτι τὸ 1 Ἀμπέρ δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς ἡ ἔντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον μεταφέρει ἐντὸς ἐνὸς δευτερολέπτου ποσότητα ἡλεκτρισμοῦ ίσην πρὸς 1 Κουλόμπ.

Ὑποπολλαπλάσιον τῆς μονάδος Ἀμπέρ εἶναι τὸ 1 μιλιαμπέρ (1 milliampère), τὸ ὅποιον συμβολίζεται μὲ 1 mA καὶ τὸ 1 μικροαμπέρ (1 microampère), τὸ ὅποιον συμβολίζεται μὲ 1 μΑ. Εἶναι δέ :

$$1 \text{ mA} = \frac{1}{1.000} \text{ A} = 10^{-3} \text{ A}$$

$$1 \text{ } \mu\text{A} = \frac{1}{1.000.000} \text{ A} = 10^{-6} \text{ A}$$

§ 121. Σχέσις μεταξὺ ποσότητος ἡλεκτρισμοῦ καὶ ἔντάσεως ρεύματος. Ἐφ' ὅσον ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 1 Ἀμπέρ μεταφέρει ἐντὸς ἐνὸς δευτερολέπτου ποσότητα ἡλεκτρισμοῦ ίσην πρὸς 1 Κουλόμπ, ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως i Ἀμπέρ θὰ μεταφέρῃ ἐντὸς χρόνου t δευτερολέπτων ποσότητα ἡλεκτρισμοῦ q Κουλόμπ, ἡ ὅποια θὰ εἶναι ίση πρὸς :



Άριθμητικὸν παράδειγμα. Πόσον ἡλεκτρικὸν φορτίον μεταφέρει ἐντὸς χρόνου 2 min ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 5 A.

Αύσις. Ἀπὸ τὴν σχέσιν $q = i \cdot t$, ἀντικαθιστῶν τὰ σύμβολα μὲ τὰς τιμάς των, δηλαδὴ $i = 5A$, $t = 2 \text{ min} = 2 \cdot 60 \text{ sec} = 120 \text{ sec}$, λαμβάνομεν :

$$q = 5 \cdot 120 \text{ Cb} = 600 \text{ Cb.}$$

§ 122. Σύστημα μονάδων M.K.S.A. Εὰν εἰς τὰς θεμελιώδεις μονάδας τοῦ συστήματος M.K.S. προσθέσωμεν ὡς θεμελιώδη μονάδα καὶ τὸ Ἀμπέρ, δημιουργεῖται ἔνα γενικώτερον σύστημα μονάδων, τὸ ὅποιον περιλαμβάνει καὶ τὰς μονάδας τὰς ὧδιας χρησιμοποιοῦμεν εἰς τὸν Ἡλεκτρισμὸν καὶ ὄνομάζεται **Σύστημα M.K.S.A.** ἢ **Σύστημα Τζιόρτζι (Giorgi)**.

Τὸ σύστημα αὐτὸ τῶν μονάδων βασίζεται εἰς τὰς τέσσαρας θεμελιώδεις μονάδας : μέτρον, χιλιόγραμμον, δευτερόλεπτον καὶ Ἀμπέρ.

§ 123. Ποσότης ἡλεκτρισμοῦ ἀπαραίτητος διὰ τὴν ἀπελευθέρωσιν ἐνὸς γραμμοῖσοδυνάμου οίουδήποτε μετάλλου. Ἀπὸτὸν ὀρισμὸν τῆς μονάδος διὰ τὴν ποσότητα τοῦ ἡλεκτρισμοῦ, γνωρίζομεν ὅτι 1 Cb ἐλευθερώνει $1,118 \text{ mgr}$ ($0,001\ 118 \text{ gr}$) ἀργύρου εἰς μίαν ἡλεκτρόλυσιν διαλύματος νιτρικοῦ ἀργύρου (AgNO_3).

Ἐπομένως διὰ νὰ ἀπελευθερωθῇ ἔνα γραμμοῖσοδύναμον ἀργύρου, δηλαδὴ $m = 108 \text{ gr}$ τοῦ μετάλλου, πρέπει νὰ διέλθῃ ποσότης ἡλεκτρισμοῦ ἵση πρός :

$$q = \frac{108}{0,001\ 118} \text{ Cb} = 96\ 500 \text{ Cb}$$

Αὐτὴ ἡ ἴδια ποσότης ἡλεκτρισμοῦ ἀπελευθερώνει ἐπίσης $64/2 \text{ gr} = 32 \text{ gr}$ χαλκοῦ, $197/3 \text{ gr} = 65,6 \text{ gr}$ χρυσοῦ ἢ 1 gr ὑδρογόνου, δηλαδὴ ποσότητας ἵσας πρὸς ἔνα γραμμοῖσοδύναμον τῶν ἀντιστοίχων μετάλλων ἡ ἔνα γραμμάριον ὑδρογόνου. "Ωστε :

Ποσότης ἡλεκτρισμοῦ ἵση πρὸς $96\ 500 \text{ Cb}$ ἀπελευθερώνει εἰς τὴν κάθοδον, κατὰ τὴν διάρκειαν μιᾶς ἡλεκτρολύσεως, μᾶζαν ἵσην πρὸς ἔνα γραμμοῖσοδύναμον οίουδήποτε μετάλλου ἢ ἔνα γραμμάριον ὑδρογόνου.

§ 124. Γενίκευσις. Τύπος τοῦ Φάρανταιϋ. Ὅποθέτομεν ὅτι ἡλεκτρι-

κὸν ρεῦμα ἐντάσεως i 'Αμπέρ διαρρέει, ἐπὶ χρονικὸν διάστημα t sec, ἔνα βολτάμετρον. Θὰ ὑπολογίσωμεν τὴν μᾶζαν m, εἰς γραμμάρια, τοῦ μετάλλου τὸ ὅποῖον ἀποτίθεται εἰς τὴν κάθοδον, γνωρίζοντες τὸ ἀτομικὸν βάρος A τοῦ μετάλλου καὶ τὸ σθένος n τοῦ ιόντος του.

Γνωρίζομεν διτὶ ποσότης ἡλεκτρισμοῦ ĩση πρὸς 96 500 Cb ἀπελευθερώνει εἰς τὴν κάθοδον ἐνὸς βολταμέτρου ἔνα γραμοῖσοδύναμον τοῦ μετάλλου, δηλαδὴ μᾶζαν ĩσην πρὸς A)π γραμμάρια.

'Επομένως 1 Cb ἀπελευθερώνει μᾶζαν ĩσην πρὸς :

$$\frac{1}{96\,500} \cdot \frac{A}{n} \text{ gr}$$

καὶ συνεπῶς ποσότης ἡλεκτρισμοῦ q Cb θὰ ἀποθέσῃ μᾶζαν m τοῦ μετάλλου ĩσην πρὸς :

$$m = \frac{1}{96\,500} \cdot \frac{A}{n} \cdot q$$

'Επειδὴ ὅμως ĩσχύει ἡ σχέσις q = i.t, ὁ ἀνωτέρω τύπος γράφεται καὶ ὡς ἔξῆς :

$$m = \frac{1}{96\,500} \cdot \frac{A}{n} \cdot i \cdot t$$

§ 125. Ἀμπερώρα. Ἀλλη μονὰς ποσότητος ἡλεκτρισμοῦ. Τὸ Κουλόμπ εἶναι μία πολὺ μικρὰ μονὰς καὶ δ' αὐτὸν τὸν λόγον εἰς τὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς προτιμῶμεν νὰ χρησιμοποιῶμεν ὡς μονάδα ποσότητος ἡλεκτρισμοῦ τὴν 1 ἀμπερόμετρον (1 Ab).

Ἡ ἀμπερώρα (1 Ah) εἶναι ĩση μὲ τὴν ποσότητα τοῦ ἡλεκτρισμοῦ, ἡ ὥποια μεταφέρεται ἐντὸς μιᾶς ὥρας ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ἐντάσεως ἐνὸς Ἀμπέρ.

'Επομένως θὰ εἶναι :

$$1 \text{ Ah} = 1 \text{ A} \cdot 1 \text{ h} = 1 \cdot A \cdot 3\,600 \text{ sec} = 3\,600 \text{ Cb.}$$

Δηλαδή :

$$1 \text{ Ah} = 3\,600 \text{ Cb}$$

Οὗτοι λέγομεν, π.χ. ὅτι ἔνας συσσωρευτὴς ἔχει χωρητικότητα 90 Ah, ἐὰν εἶναι εἰς θέσιν νὰ τροφοδοτηθῇ μὲ ρεῦμα 3 A ἐπὶ 30 h ἔνα κύκλωμα ἢ νὰ τὸ τροφοδοτῇ μὲ ρεῦμα 9 A ἐπὶ 10 h, κλπ.

Άριθμητικὸν παράδειγμα. Συσσωρευτὴς παράγει ρεῦμα ἐντάσεως 2,4 Α ἐπὶ 15 συνεχεῖς ὥρας. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ χωρητικότης τοῦ συσσωρευτοῦ εἰς ἀμπερώρας (δῆλαδὴ ἡ ποσότης τοῦ ἡλεκτρισμοῦ τὸν ὅποιον εἶναι εἰς θέσιν νὰ ἀποδώσῃ).

Λύσις. Ἀντικαθιστῶντες εἰς τὸν τύπον $q = i \cdot t$, (ὅπου q ἡ ποσότης τοῦ ἡλεκτρισμοῦ τὴν ὅποιαν εἶναι εἰς θέσιν νὰ ἀποδώσῃ ὁ συσσωρευτής, i ἡ ἐντάσης τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματός του καὶ t ὁ χρόνος εἰς ὥρας, ἐντὸς τοῦ ὅποιου ἀποδίδεται τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον) τὰ σύμβολα μὲ τὰς ἀριθμητικὰς τῶν τιμάς, λαμβάνομεν:

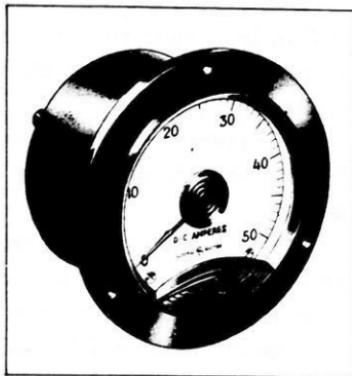
$$q = i \cdot t = 2,4 \text{ A} \cdot 15 \text{ h} = 36 \text{ Ah}$$

§ 126. Μέτρησις τῆς ἐντάσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἀμπερόμετρα. Ἡ ἐντάσης τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος δύναται νὰ μετρηθῇ βεβαίως μὲ ἔνα βολτάμετρον νιτρικοῦ ἀργύρου.

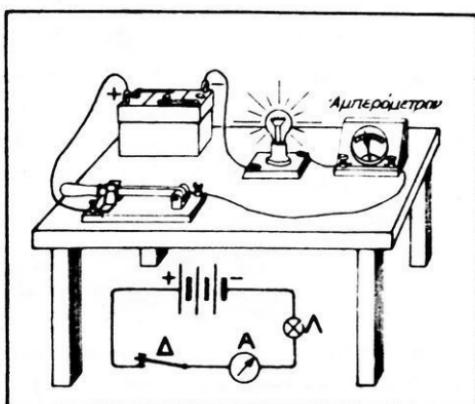
Ἡ ἐργασία αὐτὴ ὅμως δὲν εἶναι οὔτε σύντομος, οὔτε εὐκολος. Πρέπει νὰ ζυγίσωμεν τὴν κάθοδον πρὶν καὶ μετά τὴν ἡλεκτρόλυσιν, νὰ γνωρίζωμεν τὴν διάρκειαν τῆς ἡλεκτρολύσεως καὶ νὰ ἐκτελέσωμεν ὑπολογισμούς.

Δι’ αὐτὸν τὸν λόγον προτιμῶμεν ἔνα ἄλλον εἶδος ὀργάνων μὲ ἀπ’ εὐθείας ἀνάγνωσιν, τῶν ὅποιων ἡ λειτουργία στηριζεται εἰς τὰ μαγνητικὰ ἡ θερμικὰ ἀποτελέσματα τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Τὰ ὅργανα αὐτὰ ὀνομάζονται **ἀμπερόμετρα** (σχ. 123)

Τὰ ἀμπερόμετρα παρεμβάλλονται, ὅπως λέγομεν εἰς τὸ κύκλωμα, τοποθετοῦνται δῆλαδὴ ἐν σει-



Σχ. 123. Ἐξωτερικὴ ὄψις συνήθους ἀμπερομέτρου.



Σχ. 124. Εἰς οἰανδήποτε θέσιν τοῦ κυκλώματος παρεμβληθῇ, τὸ ἀμπερόμετρον παρέχει τὴν ίδιαν ἐνδείξιν.

ρᾶς όμοιος μὲ τὰς διαφόρους συσκευάς (βολτάμετρα, διακόπτας, κινητήρας, κλπ.), ὅπως δεικνύεται εἰς τὸ σχ. 124.

A N A K E Φ A Λ A I Ω S I S

1. Ἡ ποσότης τοῦ ἡλεκτρισμοῦ είναι μετρήσιμον μέγεθος.
2. Μονάς ποσότητος τοῦ ἡλεκτρισμοῦ είναι τὸ Κουλόμπ (1 Cb), ἵσον πρὸς τὴν ποσότητα τοῦ ἡλεκτρισμοῦ ἡ ὁποία ἀποθέτει 1,118 mgr ἀργύρου εἰς τὴν κάθοδον ἐνὸς βολταμέτρου μὲ νιτρικὸν ἄργυρον.
3. Ἐντασιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει ἔνα ἀγωγόν, ὀνομάζομεν τὴν παροχὴν τοῦ ἀγωγοῦ εἰς ἡλεκτρικὰ φορτία.
4. Ἡ Ἐντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος μετρεῖται εἰς Ἀμπέρ. Τὸ ἔνα Ἀμπέρ (1 A) είναι ἵσον μὲ τὴν Ἐντασιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον ἀποθέτει εἰς τὴν κάθοδον ἐνὸς βολταμέτρου μὲ νιτρικὸν ἄργυρον 1,118 mgr ἀργύρου ἀνὰ δευτερόλεπτον.
5. Ἡ ποσότης τοῦ ἡλεκτρισμοῦ εἰς Κουλόμπ, ἡ ὁποία μεταφέρεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως i Ἀμπέρ ἐντὸς χρόνου t sec, δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν :

$$q = i \cdot t$$

6. Διὰ νὰ ἐλευθερωθῇ εἰς τὴν κάθοδον ἐνὸς βολταμέτρου 1 gr ὑδρογόνου ἡ 1 γραμμοῖσοδύναμον οίουδήποτε μετάλλου, ἀπαιτεῖται ποσότης ἡλεκτρισμοῦ ἵση μὲ 96 500 Cb.

7. Ἡ μᾶζα m εἰς gr τοῦ ἐναποτιθεμένου μετάλλου ἀπὸ ρεῦμα ἐντάσεως i ἐντὸς χρόνου t, δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν

$$m = \frac{1}{36 500} \cdot \frac{A}{t} \cdot i \cdot t$$

8. Ἡ ἀμπερωρά είναι μονάς ποσότητος ἡλεκτρισμοῦ καὶ ἰσοῦται πρὸς 3 600 Cb.

9. Ἡ Ἐντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος μετρεῖται μὲ ἔνα ἀμπερόμετρον, τὸ ὁποῖον συνδέεται πάντοτε ἐν σειρᾷ μὲ τὰς ἄλλας συσκευάς τοῦ κυκλώματος.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

101. "Ενα βολτάμετρον περιέχει νιτρικὸν ἀργυρον. Ἐὰν κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν ἀποτίθενται εἰς τὴν κάθοδον 3,6 gr ἀργύρου, νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ποσότης τοῦ ἡλεκτρο-σμοῦ, ἡ ὁποίᾳ διαρρέει τὸ βολτάμετρον (ἀτομικὸν βάρος ἀργύρου 108).

(*Απ. 3216,6 Gb.*)

102. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον ἐντὸς μιᾶς ὥρας ἀποθέτει 19 gr ἀργύρου εἰς τὴν κάθοδον ἐνὸς βολταμέτρου, περιέχοντος νιτρι-κὸν ἀργυρον.

(*Απ. 4,7 περίπου.*)

103. Νὰ ὑπολογισθῇ ὁ χρόνος ὁ ὅποιος ἀπαιτεῖται διὰ νὰ ἀποτεθοῦν 9 gr ἀργύ-ρου, εἰς τὴν κάθοδον ἐνὸς βολταμέτρου, ἐὰν ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 10 A διέρ-χεται ἀπὸ διάλυμα νιτρικοῦ ἀργύρου.

(*Απ. 804 sec.*)

104. Μία συστοιχία συσσωρευτῶν ἔχει χωρητικότητα 90 Ah καὶ εἶναι φορτι-σμένη κατὰ τὰ 3/5. Νὰ εὑρεθῇ ἐπὶ πόσον χρόνον ἡ συστοιχία θὰ δύναται νὰ παρέχῃ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 4,5 A.

(*Απ. 12 h.*)

105. "Ενα βολτάμετρον περιέχει δξυνισμένον ὕδωρ καὶ διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρι-κὸν ρεῦμα ἐντάσεως 1,5 A. α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ποσότης τοῦ ἡλεκτρισμοῦ, ἡ ὁποία διαρρέει τὸ βολτάμετρον ἐντὸς 45 min. β) Νὰ ὑπολογισθῇ ὁ δύκος τοῦ ὑδρογόνου, τὸ ὅποιον ἐλευθερώνεται εἰς τὸ βολτάμετρον ἐντὸς 45 min (ὑπὸ κανονικάς συνθήκας).

(*Απ. α' 4 050 Gb β' 470 cm³.*)

106. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ μᾶζα τοῦ ἀργύρου, ὁ ὅποιος θὰ ἀποτεθῇ εἰς τὴν κάθοδον ἐνὸς βολταμέτρου, τὸ ὅποιον περιέχει διάλυμα νιτρικοῦ ἀργύρου, ἐὰν διέλθῃ ἡλεκτρι-κὸν ρεῦμα ἐντάσεως 5 A ἐπὶ 20 min.

(*Απ. 6,7 gr.*)

107. Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον ἐντὸς 23 min ἀπέθεσεν 7,2 gr χαλκοῦ κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν διαλύματος θεικοῦ χαλκοῦ. Τὸ ἴὸν τοῦ χαλκοῦ νὰ θεωρηθῇ δισθενὲς καὶ τὸ ἀτομικὸν βάρος τοῦ χαλκοῦ νὰ ληφθῇ ἵσον πρὸς 63.

(*Απ. 16 A περίπου.*)

108. Ἡλεκτρικὸν ρεῦμα διέρχεται ἀπὸ ἓνα βολτάμετρον, τὸ ὅποιον περιέχει νιτρικὸν ἀργυρον, καὶ ἀποθέτει εἰς τὴν κάθοδον ἐντὸς χρόνου 2 h μᾶζαν ἀργύρου 16,099 2 gr α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ποσότης ἡλεκτρισμοῦ, ἡ ὁποίᾳ διαρρέει τὸ βολτά-μετρον β) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

(*Απ. α' 14 384,6 Gb. β' 2 A περίπου.*)

109. Ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 5 A διέρχεται ἐπὶ 1 h καὶ 20 min ἀπὸ ἓνα βολτάμετρον, τὸ ὅποιον περιέχει διάλυμα θεικοῦ χαλκοῦ. Νὰ ὑπολογισθῶν : α) Ἡ μᾶζα τοῦ ἀποτιθεμένου χαλκοῦ καὶ β) ὁ χρόνος ὁ ὅποιος ἀπαιτεῖται διὰ νὰ ἀποτεθοῦν 12 gr ἀργύρου, ὅταν τὸ βολτάμετρον περιέχει διάλυμα νιτρικοῦ ἀργύρου καὶ διαρ-ρέεται ἀπὸ τὸ ἴὸν τὸν ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, ἐντάσεως 5 A. (*Ατομικὸν βάρος χαλκοῦ 64 καὶ ἀργύρου 108. σθένος τοῦ ἴοντος τοῦ χαλκοῦ 2 καὶ τοῦ ἴοντος τοῦ ἀργύρου 1.*)

(*Απ. α' 7,95 gr. β' 2 144,4 sec.*)

110. Ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 2 A διαρρέει ἐπὶ 10 h δύο βολτάμετρα, συνδεδέμενα ἐν σειρᾷ. Τὸ ἔνα περιέχει διάλυμα θειίκου χαλκοῦ καὶ τὸ ἄλλο νιτρικοῦ ἀργύρου (ἀτομικὸν βάρος χαλκοῦ 64, σθένος ἴόντος 2. Ἀτομικὸν βάρος ἀργύρου 108, σθένος ἴόντος 1). α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ μᾶζα τοῦ χαλκοῦ, ὃ ὅποιος ἀπετέθῃ εἰς τὴν κάθοδον τοῦ πρώτου βολταμέτρου. β) Ἐκ τοῦ προηγουμένου ἀποτελέσματος καὶ χρησιμοποιοῦντες μόνον τὸ ἀτομικὸν βάρος καὶ τὰ σθένη, νὰ ὑπολογίσετε τὴν μᾶζαν τοῦ ἀργύρου, ὃ ὅποιος ἀποτίθεται εἰς τὴν κάθοδον τοῦ δευτέρου βολταμέτρου.

(Ἀπ. α' $m = 23,87$ gr β' $77,35$ gr.)

111. Θέλομεν νὰ καλύψωμεν μὲ στρῶμα νικελίου πάχονς $0,1$ mm ἔνα μεταλλικὸν ἀντικείμενον, τὸ ὅποιον ἔχει ἐπιφάνειαν 116 cm^2 . Ἡ ἐντασις τοῦ ρεύματος τὸ ὅποιον χρησιμοποιοῦμεν είναι $2,5$ A. Νὰ ὑπολογισθῇ ὁ χρόνος, ὅστις ἀπαιτεῖται δι' αὐτήν τὴν ἐργασίαν. Πυκνότης νικελίου: $8,8 \text{ gr/cm}^3$, ἀτομικὸν βάρος 59 καὶ σθένος ἴόντος τοῦ 2.

(Ἀπ. $13\ 357$ sec περίπον.)

112. Πρόκειται νὰ ἐπιχαλκώσωμεν καὶ τὰς δύο ὅψεις μιᾶς τραπεζοειδοῦς πλάκας, αἱ βάσεις τῆς ὅποιας ἔχουν μήκη 3 dm καὶ 20 cm, καὶ ὑψος 150 mm. Τὸ πάχος τοῦ ἐπιθυμητοῦ χαλκίνου στρῶματος θὰ είναι $0,1$ mm. α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ μᾶζα τοῦ χαλκοῦ, ὃ ὅποιος πρέπει νὰ ἀποτελῇ εἰς τὴν πλάκα. β) Νὰ καθορισθῇ ἡ ποσότης τοῦ ἡλεκτρισμοῦ, ἡ ἀναγκαία διὰ τὴν ἐπιχάλκωσιν. γ) Νὰ εύρεθῃ ἡ ἐντασις τοῦ παρεχομένου ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ἐὰν είναι γνωστὸν ὅτι ἡ ἐπιχάλκωσις θὰ διαρκέσῃ 5 h. Δίδονται: ἡ πυκνότης τοῦ χαλκοῦ $8,8 \text{ gr/cm}^3$, τὸ ἀτομικόν του βάρος $63,6$. Τὸ ἀὸν τοῦ χαλκοῦ νὰ ληφθῇ δισθενές.

(Ἀπ. α' 66 gr β' $200\ 283$ Gb, περίπον. γ' $11,1$ A, περίπον.)



ΑΝΤΙΣΤΑΣΙΣ ΑΓΩΓΟΥ. ΜΟΝΑΣ ΟΗΜ. ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΤΖΑΟΥΛΑ

§ 127. Γενικότητες. Η θέρμανσις ἐνὸς ἡλεκτρικοῦ σιδέρου ὀφείλεται εἰς τὴν διέλευσιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῖμα προκαλεῖ ἐπίσης τὴν πυράκτωσιν τοῦ νήματος ἐνὸς λαμπτῆρος. Αὐτὸ τὸ φαινόμενον είναι γενικώτερον:

Πᾶς ἀγωγὸς ὃ ὅποιος διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα θερμαίνεται.

Τὰ χάλκινα σύρματα τῶν ἡλεκτρικῶν ἐγκαταστάσεων θερμαίνονται κατὰ τὴν διέλευσιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος· εἰς τὴν περίπτωσιν

δμως αὐτὴν ἡ αὔξησις τῆς θερμοκρασίας εἶναι ἀσήμαντος καὶ δὲν γίνεται εὐκόλως αἰσθητή.

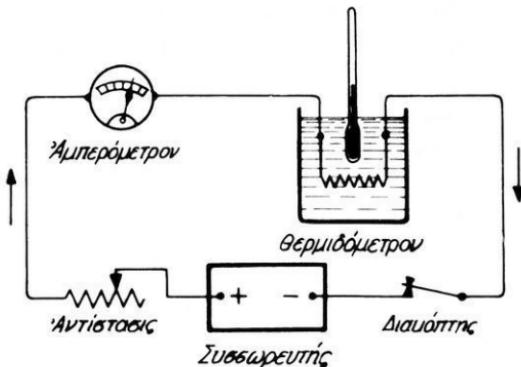
§ 128. Πειραματικὴ σπουδὴ τῶν θερμικῶν ἀποτελεσμάτων τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Τὰ θερμικὰ ἀποτελέσματα τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ἐμελέτησεν πρῶτος ὁ Ἀγγλος Φυσικὸς Τζάουλ (Joule), δι’ αὐτὸν ἀκριβῶς τὸν λόγον πολλὰς φοράς ἡ θέρμανσις ἐνὸς ἀγωγοῦ κατὰ τὴν διέλευσιν ἡλεκτρικοῦ ρεύματος συνηθίζεται νὰ χαρακτηρίζεται ὡς φαινόμενον Τζάουλ.

Ἡ ποσότης τῆς θερμότητος ἡ ὁποία ἀναπτύσσεται εἰς ἓνα ἀγωγὸν ἢ εἰς μίαν ἡλεκτρικὴν συσκευὴν, ἔχεται ἀπὸ τὸν χρόνον κατὰ τὸν ὁποῖον τὸ ρεῦμα διαρρέει τὸν ἀγωγὸν καὶ ἀπὸ τὴν ἑντασιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Μεταβάλλεται ὅμως ἀπὸ τὴν μίαν συσκευὴν εἰς τὴν ἄλλην. Οὕτως ἐνῶ εἶναι πολὺ σημαντικὴ εἰς μίαν ἡλεκτρικὴν θερμάστραν, εἶναι ἐντελῶς ἀσήμαντος εἰς ἓνα χάλκινον σύρμα.

1) Ἐπίδρασις τοῦ χρόνου. **Πείραμα.** Πραγματοποιοῦμεν τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 125 καὶ βυθίζομεν ἐντὸς ἐνὸς θερμιδομέτρου, τὸ ὁποῖον περιέχει 200 gr πετρελαίου, ἕνα πολὺ λεπτὸν ἀγωγὸν σύρμα ἀπὸ σιδηρονικέλιον.

Τὸ ἀμπερόμετρον, τὸ ὁποῖον ἔχομεν συνδέσει ἐν σειρᾷ εἰς τὸ κύκλωμα, ἐπιτρέπει μὲ τὴν βοήθειαν ἐνὸς ροοστάτου νὰ ρυθμίζωμεν τὴν ἑντασιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἡ ρύθμισις γίνεται πρὸ τῆς ἐνάρξεως τοῦ πειράματος, ἔστω δὲ 2A ἡ ἑντασις τοῦ ρεύματος.

Μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ θερμομέτρου, τὸ ὁποῖον εἶναι βυθισμένον ἐντὸς τοῦ πετρελαίου, σημειώνωμεν ἀνὰ λεπτὸν τὴν θερμο-



Σχ. 125. Διὰ τὴν πειραματικὴν σπουδὴν τῶν θερμικῶν ἀποτελεσμάτων τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

κρασίαν τοῦ πετρελαίου, σχηματίζοντες τὸν ἀκόλουθον πίνακα :

Χρόνος εἰς min	0	1	2	3	4	5
Θερμο- κρασία εἰς °C	19,8	20,7	21,7	22,6	23,6	24,6
Αδεησις θερμοκρ. εἰς °C	0,9	1		0,9	1	1

’Απὸ τὴν μελέτην τοῦ πίνακος συμπεραίνομεν διτὶ ἡ θερμοκρασία τοῦ πετρελαίου ἀνυψώνεται κατὰ μέσον ὅρον 1 °C ἀνὰ λεπτόν, πρᾶγμα τὸ δόπιον μᾶς δύνηγει εἰς τὴν παραδοχὴν διτὶ ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, ἡ δόπια ἐκλύνεται ἐντὸς τοῦ ἀγωγοῦ, αὐξάνεται κανονικῶς κατὰ τὴν διάρκειαν τοῦ πειράματος. ’Επομένως :

’Η ποσότης τῆς θερμότητος, ἡ δόπια ἐκλύνεται ἐντὸς ἑνὸς ἀγωγοῦ, ἔξ αιτίας τῆς διελεύσεως ἡλεκτρικοῦ ρεύματος σταθερᾶς ἐντάσεως, εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν χρονικὴν διάρκειαν τῆς διελεύσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

2) ’Ἐπίδρασις τῆς ἐντάσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Πείραμα. ’Ἐπαναλαμβάνομεν τὸ προηγούμενον πείραμα, ἀφοῦ ρυθμίσωμεν, μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ ροοστάτου, τὴν ἐντασιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος οὕτως, ὥστε νὰ ἔχῃ σταθερὰν τιμήν, ἔστω $i=1$ A.

’Αφήνομεν τὴν θερμοκρασίαν νὰ ἀνέλθῃ εἰς μίαν ὡρισμένην τιμήν, ἔστω εἰς τοὺς 23 °C, καὶ μετὰ πάροδον 5 min σημειώνομεν τὴν νέαν τιμήν της, ἡ δόπια εὑρίσκεται διτὶ εἶναι 24,2 °C. ’Ανοίγομεν τότε τὸν διακόπτην, ὅπότε τὸ ρεῦμα παύει νὰ κυκλοφορῇ εἰς τὸ κύκλωμα.

Κλείομεν καὶ πάλιν τὸν διακόπτην καὶ ρυθμίζομεν τὸν ροοστάτην οὕτως, ὥστε ἡ ἐντασις τοῦ ρεύματος νὰ εἶναι 2A, ὅπότε παρατηροῦμεν διτὶ ἐντὸς χρόνου 5 min ἡ θερμοκρασία τοῦ πετρελαίου ἀνῆλθεν ἀπὸ τοὺς 23°C εἰς τοὺς 27,8°C.

’Ανοίγομεν καὶ πάλιν τὸν διακόπτην καὶ ἐπαναλαμβάνομεν τὸ ἴδιον πείραμα μὲ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 3A καὶ παρατηροῦμεν διτὶ ἐντὸς χρόνου 5 min ἡ θερμοκρασία ἀνῆλθεν ἀπὸ τοὺς 23°C εἰς τοὺς 33,8°C.

Με τὰς ἀνωτέρω ἐνδείξεις καταστρώνομεν τὸν ἀκόλουθον πίνακα :

Ἐντασις i εἰς A	1	2	3
Θερμοκρασία $t=0 \text{ min}$ $t=5 \text{ min}$	23 24,2	23 27,8	23 38,8
Αὐξησις τῆς θερμοκρασίας εἰς $^{\circ}\text{C}$	1,2	4,8	10,8

Ἄπο τὸν πίνακα συμπεραίνομεν ὅτι : α) Ἡ ἀνύψωσις τῆς θερμοκρασίας είναι $1,2^{\circ}\text{C}$, δταν ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος είναι 1A. β) Ἡ ἀνύψωσις τῆς θερμοκρασίας είναι $4,8^{\circ}\text{C}$, δταν ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος είναι 2A. γ) Ἡ ἀνύψωσις τῆς θερμοκρασίας είναι $10,8^{\circ}\text{C}$, δταν ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος είναι 3A. Ἐπειδὴ ὅμως είναι :

$$1,2 = 1,2 \cdot 1 = 1,2 \cdot 1^2$$

$$4,8 = 1,2 \cdot 4 = 1,2 \cdot 2^2$$

$$10,8 = 1,2 \cdot 9 = 1,2 \cdot 3^2$$

παρατηροῦμεν ὅτι ἡ αὐξησις τῆς θερμοκρασίας είναι εἰς πᾶσαν περίπτωσιν ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἐντάσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἐπειδὴ ὅμως δὶ’ ἔναν ώρισμένον σῶμα ἡ αὐξησις τῆς θερμοκρασίας του είναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ποσότητα τῆς θερμότητος, τὴν διόποιαν ἀπορροφεῖ, καταλήγομεν τελικῶς εἰς τὸ συμπέρασμα :

Ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, ἡ διόποια ἐκλύεται ἐντὸς ἐνὸς ώρισμένου χρονικοῦ διαστήματος μέσα εἰς ἔνα ἀγωγὸν ἐξ αἰτίας τῆς διελεύσεως ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, είναι ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἐντάσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ διόποιον διαρρέει τὸν ἀγωγόν.

3) Ἐπίδρασις τῆς φύσεως τοῦ ἀγωγοῦ. Ἀντίστασις. Πείραμα. Τὰ ἀνωτέρω πειράματα ἔξετελέσθησαν μὲ τὸν ἴδιον ἀγωγὸν βυθισμένον μέσα εἰς τὸ θερμιδόμετρον.

Ἀντικαθιστῶμεν τὸν ἀγωγὸν αὐτὸν μὲ ἔνα ἄλλον, διαφορετικὸν ἀπὸ τὸν πρῶτον εἰς ύλικὸν κατασκευῆς, εἰς τὸ μῆκος καὶ εἰς τὸ πάχος. Μετροῦμεν ἀκολούθως τὴν ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας διὰ διέλευσιν ρεύματος ἐντάσεως ἔστω 2A καὶ ἐπὶ χρονικὸν διάστημα 5 min εἰς τὸν δεύτερον ἀγωγόν, διόπτε εὑρίσκομεν ἔστω $14,4^{\circ}\text{C}$ ἀνύψωσιν τῆς θερμο-

κρασίας, ένω εἰς τὸν πρῶτον ἀγωγὸν εἴχομεν παρατηρήσει, μὲ τὰς
Ιδίας συνθήκας, ἀνύψωσιν 4,8°C.

’Απὸ τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι ἡ ἀνύψωσις τῆς θερμοκρασίας
εἰς τὸν δεύτερον ἀγωγὸν εἶναι τρεῖς φοράς μεγαλυτέρα ἀπὸ ὅτι εἰς τὸν
πρῶτον ἀγωγόν, πρᾶγμα τὸ δόποιον σημαίνει, ὅτι ἡ θερμότης ἡ δόποια
ἐκλύεται εἰς τὸν δεύτερον ἀγωγὸν εἶναι τριπλασία ἀπὸ τὴν θερμότητα
τὴν ἐκλυομένην εἰς τὸν πρῶτον ἀγωγόν.

Τὰ συμπεράσματα μας αὐτὰ ἐκφράζομεν λέγοντες ὅτι ἡ ἀντίστασις
τοῦ δευτέρου ἀγωγοῦ εἶναι τριπλασία ἀπὸ τὴν ἀντίστασιν τοῦ πρώτου
ἀγωγοῦ. ’Ωστε :

’Η ἀντίστασις ἐνὸς ἀγωγοῦ εἶναι ἔνα φυσικὸν μέγεθος, τὸ δόποιον
χαρακτηρίζει τὸν ἀγωγὸν εἰς τὸ φαινόμενον τοῦ Τζάουλ.

’Απὸ τὸ ἀνωτέρω πείραμα συμπεραίνομεν συνεπῶς ὅτι ἡ ἀντίστα-
σις τοῦ ἀγωγοῦ εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ποσότητα τῆς θερμότητος
ἡ δόποια ἐκλύεται ἐντὸς τοῦ ἀγωγοῦ.

’Αντιστρέφοντες ἐπομένως τὸν συλλογισμὸν δυνάμεθα νὰ εἰπωμεν
ὅτι :

’Η ποσότης τῆς θερμότητος ἡ δόποια ἐκλύεται ἐντὸς ἐνὸς ἀγωγοῦ
κατὰ τὴν διέλευσιν ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ἔξαρταται ἀπὸ τὴν φύσιν
τοῦ ἀγωγοῦ καὶ εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀγωγοῦ.

’Η ἐκλυσίς θερμότητος, κατὰ τὴν διέλευσιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ἔξη-
γειται ώς ἔξης :

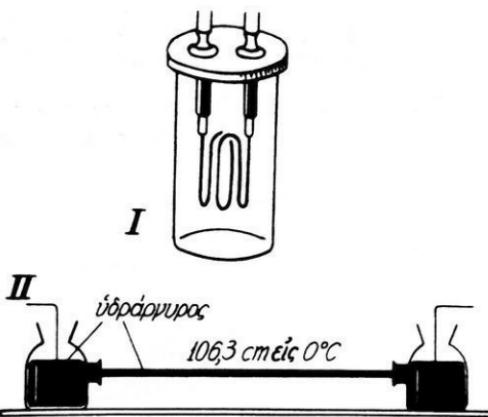
Τὰ ἡλεκτρόνια τὰ δόποια μετακινοῦνται μέσα εἰς τὰ ἀγωγὰ σύρματα, συναντοῦν
μίαν ὠρισμένην δυσκολίαν κατὰ τὴν κίνησίν των μεταξὺ τῶν ἀτόμων τοῦ μετάλλου.
Αἱ κρούσεις καὶ αἱ «τριβαῖ» αἱ δόποιαι ἀναπτύσσονται, ἔχουν ώς ἀποτέλεσμα τὴν
ἐκλυσίν τῆς θερμότητος.

’Η θερμότης συνεπῶς, ἡ δόποια παράγεται ἐντὸς ἐνὸς ἀγωγοῦ κατὰ τὴν διέλευσιν
τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ὀφείλεται εἰς τὴν ἀντίστασιν τὴν δόποιαν προβάλλει
ὁ ἀγωγὸς κατὰ τὴν κίνησιν τῶν ἐλευθέρων ἡλεκτρονίων.

Μονάς ἀντιστάσεως. ’Η ἀντίστασις ἐνὸς ἀγωγοῦ μετρεῖται εἰς
μονάδας Όμ (1 Ohm, 1 Ω), δονομασία ἡ δόποια ἐδόθη πρὸς τιμὴν τοῦ
Γερμανοῦ Φυσικοῦ καὶ Μαθηματικοῦ Georg Simon Ohm (1787-1850).

Τὸ Όμ (1 Ω) εἶναι ίσον μὲ τὴν ἀντίστασιν ἐνὸς ἀγωγοῦ, ἐντὸς τοῦ

όποιου έκλινεται άνα δευτερόλεπτον ποσότης θερμότητος ισοδύναμος πρὸς 1 Joule, ὅταν ὁ ἀγωγὸς διαρρέεται ἀπὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 1 Ampere.



Σχ. 126. Πραγματοποίησις προτύπου ἀντίστασεως 1 "Ωμ.

Αἱ μετρήσεις ηλεκτρικῶν ἀντίστασεων δύνανται νὰ γίνωνται μὲ σύγκρισιν πρὸς ἔνα πρότυπον "Ωμ. Δι' αὐτὸν τὸν λόγον κατεσκεύασαν μίαν πρότυπον ἀντίστασιν Ισηνὴ μὲ ἔνα "Ωμ (σχ. 126). Οὕτω τὸ "Ωμ παριστάται ἀπὸ τὴν ἀντίστασιν μιᾶς κυλινδρικῆς στήλης ύδραργύρου, μήκους 106,3 cm καὶ πάχους 1 mm² εἰς θερμοκρασίαν 0 °C.

Τὸ Μεγκώμ (1 MΩ) εἶναι πολλαπλασία μονὰς τοῦ 1 "Ωμ, ἔχομεν δὲ ὅτι :

$$1 \text{ M}\Omega = 10^6 \text{ } \Omega$$

§ 129. Νόμος τοῦ Τζάουλ. Τὰ συμπεράσματα τῶν πειραμάτων τὰ ὅποια ἔξετελέσαμεν εἰς τὴν προηγουμένην παράγραφον συγκεντρώνονται εἰς τὴν ἀκόλουθον γενικὴν διατύπωσιν, ἡ ὅποια φέρει τὴν δονομασίαν νόμος τοῦ Τζάουλ.

Ἡ ποσότης τῆς θερμότητος ἡ ὅποια ἔκλινεται ἐντὸς ἐνὸς ἀγωγοῦ, δὸς ποῖος διαρρέεται ἀπὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα, εἶναι ἀνάλογος : α) πρὸς τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀγωγοῦ, β) πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἐντάσεως τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος, καὶ γ) πρὸς τὸν χρόνον διελεύσεως τοῦ ρεύματος αὐτοῦ

Τύπος τοῦ Τζάουλ. Συμφώνως πρὸς τὸν δρισμὸν τῆς ἀντίστασεως, ἡ θερμότης ἡ ὅποια ἔκλινεται ἐντὸς ἐνὸς ἀγωγοῦ ἀντιστάσεως 1 Ω, κατὰ τὴν διέλευσιν ρεύματος ἐντάσεως 1 A καὶ διὰ χρονικὸν διάστημα 1 sec, εἶναι ισοδύναμος μὲ 1 Joule.

"Επομένως, ἡ ποσότης Q τῆς θερμότητος, ἡ ὅποια ἔκλινεται ἐντὸς

ένος άγωγού άντιστάσεως R Ohm, ό όποιος διαρρέεται άπό ρεύμα έντασεως i Ampére και διά χρονικόν διάστημα t sec, θὰ είναι ίσοδύναμος πρὸς $R \cdot i^2 \cdot t$ Joule. Δηλαδή :

$$Q = R \cdot i^2 \cdot t \text{ Joule}$$

Έπειδὴ σμῶς ἡ ποσότης τῆς θερμότητος ἐκφράζεται συνηθέστερον εἰς θερμίδας (cal) καὶ 1 Joule = $\frac{1}{4,18}$ cal = 0,24 cal, ό άνωτέρω τύπος γράφεται :

$$Q = \frac{1}{4,18} R \cdot i^2 t \text{ cal}$$

ἢ

$$Q = 0,24 \cdot R \cdot i^2 t \text{ cal}$$

Άριθμητικαὶ ἔφαρμογαί. 1. Μία ηλεκτρικὴ ἀντίστασις 100 Ω διαρρέεται ἀπό ρεύμα έντασεως 5 A ἐπὶ χρόνον 10 min. Νὰ εὑρεθῇ τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος εἰς Joule καὶ εἰς cal, τὸ όποιον ἐκλύεται ἐντὸς τοῦ χρονικοῦ αὐτοῦ διαστήματος.

Ἄνσις. Ἐκ τοῦ τύπου :

$$Q = R \cdot i^2 \cdot t \text{ Joule}$$

δι' ἀντικαταστάσεως τῶν δεδομένων, ἦτοι :

$$R = 100\Omega, i = 5A \text{ καὶ } t = 10 \text{ min} = 10 \cdot 60 \text{ sec} = 600 \text{ sec, λαμβάνομεν :}$$

$$Q = 100 \cdot 5^2 \cdot 600 \text{ Joule} = 1,5 \cdot 10^6 \text{ Joule.}$$

Έπειδὴ δὲ 1 Joule = 0,24 cal, θὰ ἔχωμεν :

$$Q = 1,5 \cdot 10^6 \text{ Joule} = 1,5 \cdot 10^6 \cdot 0,24 \text{ cal } \eta$$

$$Q = 3,6 \cdot 10^5 \text{ cal} = 360 \text{ kcal.}$$

2. Ἐνας ηλεκτρικὸς λαμπτῆρος διαρρέεται ἀπὸ ηλεκτρικὸν ρεύμα έντασεως 0,4 A καὶ είναι βυθισμένος μέσα εἰς ἔνα θερμιδόμετρον, τὸ όποιον περιέχει 450 gr. ὕδατος. Μετὰ ἀπὸ χρονικὸν διάστημα 3 min καὶ 20 sec, ἡ αὔξησις τῆς θερμοκρασίας τοῦ ὕδατος είναι 4,8 °C. Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἀντίστασις τοῦ ηλεκτρικοῦ λαμπτῆρος.

Ἄνσις. Ἡ ποσότης Q τῆς θερμότητος ἥτις ἐκλύεται, είναι ἵση μέ :

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta, \eta :$$

$$Q = 450 \cdot 4,8 \text{ cal} = 2160 \text{ cal}$$

Ἐφαρμόζοντες ἄλλωστε τὸν τύπον τοῦ Τζάουλ ἔχομεν δτι: $Q = 0,24 \cdot R \cdot i^2 \cdot t$, καὶ θέτοντες $Q = 2160 \text{ cal}$, $i = 0,4 \text{ A}$ καὶ $t = 3 \text{ min} 20 \text{ sec} = 200 \text{ sec}$, εύρισκομεν τελικῶς :

$$R = 282 \Omega, \text{ περίπου}$$

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα θερμαίνει τοὺς ἀγωγούς, μέσα ἀπὸ τοὺς ὅποιους διέρχεται (Θερμότης Τζάουλ).

2. Ἡ πειραματικὴ σπουδὴ τῶν θερμικῶν ἀποτελεσμάτων τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος γίνεται μὲν ἔνα τμῆμα ἀγωγοῦ σύρματος, βυθισμένου ἐντὸς ἐνὸς θερμιδομέτρου μὲν πετρέλαιον. Μετροῦμε τότε τὴν ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας, ἡ ὅποια προκαλεῖται ἀπὸ τὴν διέλευσιν τοῦ ρεύματος.

3. Ἡ ἀντίστασις ἐνὸς ἀγωγοῦ εἶναι μέγεθος τὸ ὅποιον χαρακτηρίζει τὸν ἀγωγὸν ἀναφορικῶς πρὸς τὸ φαινόμενον Τζάουλ. Ἡ ἀντίστασις μετρεῖται εἰς μονάδας Ὁμ. Τὸ Ὁμ (1 Ω, 1 Ohm) εἶναι ἵσον μὲ τὴν ἀντίστασιν ἐνὸς ἀγωγοῦ, εἰς τὸν ὅποιον ἐκλύεται ἀνά δευτερόλεπτον ποσότης θερμότητος ισοδύναμος μὲ 1 Joule, δταν ὁ ἀγωγὸς διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 1 A.

4. Ὁ νόμος τοῦ Τζάουλ ἐκφράζει διτὶ : Ἡ ποσότης θερμότητος, ἡ ὅποια ἐκλύεται μέσα εἰς ἔνα ἀγωγόν, ὁ ὅποιος διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, εἶναι ἀνάλογος α) πρὸς τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀγωγοῦ, β) πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, καὶ γ) πρὸς τὸν χρόνον διελεύσεως τοῦ ρεύματος.

5. Ἡ μαθηματικὴ ἐκφρασις τοῦ νόμου τοῦ Τζάουλ εἶναι ἡ ἀκόλουθος :

$$Q = 0,24 \cdot R \cdot i^2 \cdot t$$

Οταν ἡ ἀντίστασις R ἐκφράζεται εἰς μονάδας Ὁμ, ἡ ἐντασις i εἰς μονάδας Ἀμπέρ καὶ ὁ χρόνος τ εἰς δευτερόλεπτα, ἡ ποσότης θερμότητος Q εὑρίσκεται εἰς θερμίδας.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

113. "Ενας ἡλεκτρικὸς θερμαντήρ ἔχει ἀντίστασιν 30 Ω, διαρρέεται δὲ ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 4 A. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, ἡ ὅποια ἐλευθερώνεται ἐντὸς 5 min. ("Απ. 34,56 kcal.)

114. "Ενας ἀγωγὸς εἶναι βυθισμένος μέσα εἰς ἔνα θερμιδόμετρον μὲν ὅδωρ. Τὸ

ἰσοδύναμον εἰς ὕδωρ τοῦ θερμιδομέτρου εἶναι 500 cal/grad . Ἐάν διέλθῃ ἀπὸ τὸν ἄγωγὸν ρεῦμα ἐντάσεως $1,5$ Α καὶ ἐπὶ δύο ποῶτα λεπτά, ἡ θερμοκρασία τοῦ ὕδατος ἀνέρχεται κατὰ $2,5^{\circ}\text{G}$. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀντίστασις τοῦ ἄγωγοῦ. ($\text{Απ. } 19,44 \Omega$.)

115. Ἐντὸς θερμιδομέτρου, θερμοχωρητικότητος 20 cal/grad , τὸ όποιον περιέχει 480 gr ὕδατος, βινθίζομεν ἔνα σύρμα, τὸ όποιον ἔχει ἀντίστασιν 8Ω καὶ τροφοδοτούμεν ἐπὶ 3 min καὶ 29 sec μὲν ἡλεκτρικὸν ρεῦμα. Ἡ θερμοκρασία τοῦ ὕδατος ἀνέρχεται κατὰ 20°G . Νὰ ὑπολογισθοῦν : α) Ἡ ποσότης τῆς θερμότητος ἡ όποια ἡλεκτρούθη κατὰ τὴν διέλευσιν τοῦ ρεύματος καὶ β) ἡ ἀντίστοιχος ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια. β) Ἡ ἑταῖς τοῦ ρεύματος. ($\text{Απ. } \alpha' Q = 10\,000 \text{ cal}, A = 41\,800 \text{ Joule}, \beta' 5 \text{ A}.$)

116. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ όποιον παράγει μία ἡλεκτρικὴ γεννήτουμα, διαρρέει ἔνα κύκλωμα. Τὸ κύκλωμα αὐτὸ ἀποτελεῖται ἀπὸ μίαν ἀντίστασιν 20Ω , εἰς τὴν όποιαν ἐλεινθερώνονται 460 cal ἀνά λεπτόν, καὶ ἔνα βολτάμετρον μὲν θεικὸν χαλκόν. Ζητοῦνται : α) Ἡ ἑταῖς τοῦ ρεύματος, καὶ β) ἡ μᾶζα τοῦ χαλκοῦ, ὡς όποιος ἀποτίθεται εἰς τὴν κάθοδον ἐντὸς 10 πρώτων λεπτῶν. Ἀτομικὸν βάρος χαλκοῦ 64 . Ὁ χαλκὸς νὰ θεωρηθῇ δισθενής. ($\text{Απ. } \alpha' 1,27 \text{ A}, \beta' 0,25 \text{ gr}.$)

117. Ρεῦμα ἐντάσεως 3 A διαρρέει ἐπὶ 8 ποῶτα λεπτὰ ἔνα ἄγωγὸν ἀντίστασέως $3,5 \Omega$. Ἡ ἀντίστασις εἶναι βινθισμένη ἐντὸς 1 λίτρου ὕδατος ἀρχικῆς θερμοκρασίας 20°G . α) Νὰ ὑπολογισθῇ εἰς Joule ἡ θερμότης ἡ όποια ἀποδίδεται εἰς τὸ ὕδωρ. β) Νὰ εὑρεθῇ ἡ τελικὴ θερμοκρασία τοῦ ὕδατος. ($\text{Υποθέτομεν ὅτι τὸ } i\text{-ἰσοδύναμον εἰς }\bar{\delta}\text{ ὕδωρ τοῦ δοχείου εἶναι μηδέν}.$) ($\text{Απ. } \alpha' Q = 15\,120 \text{ J}, \beta' 23,6^{\circ}\text{G}.$)

KZ—ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ. ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΙΣΧΥΣ

§ 130. Ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια. α) Ἡ θερμότης, ἡ όποια ἐκλύεται ἐντὸς ἐνὸς ἄγωγοῦ κατὰ τὴν διέλευσιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, εἶναι μία μορφὴ ἐνέργειας.

Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ όποιον προκαλεῖ τὴν ἐμφάνισιν τῆς θερμότητος αὐτῆς, εἶναι μία ἄλλη μορφὴ ἐνέργειας, τὴν όποιαν δονομάζομεν ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν. Αὐτὴ ἡ ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια μετατρέπεται εἰς θερμικὴν ἐνέργειαν.

Εἰς τὸ προηγούμενον κεφάλαιον ἀνεφέραμεν ὅτι ἡ ποσότης θερμότητος $Q=0,24 \cdot R \cdot i^2 \cdot t \text{ cal}$ εἶναι ισοδύναμος μὲν $R \cdot i^2 \cdot t \text{ Joule}$.

Κατὰ τὸν ᾱδιον τρόπον ισοδυναμοῦμεν τὴν ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν εἰς Joule, μὲν μηχανικὴν ἐνέργειαν Α καὶ γράφομεν :

$$\boxed{A = R \cdot i^2 \cdot t \cdot \text{Joule}}$$

Αριθμητική έφαρμογή. Ένας λαμπτήρ πυρακτώσεως μὲ ἀντίστασιν 410Ω , διαρρέεται ἀπὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα, ἐντάσεως $0,3 \text{ A}$. Πόσην ηλεκτρικὴν ἐνέργειαν καταναλίσκει ὁ λαμπτήρ ἐντὸς χρόνου 10 min .

Άστις. Απὸ τὸν τύπον $A = R \cdot i^2 \cdot t$, ἀντικαθιστῶντες τὰ σύμβολα μὲ τὰς τιμάς των, δηλαδὴ $R = 410 \Omega$, $i = 0,3 \text{ A}$, $t = 10 \text{ min} = 10 \cdot 60 \text{ sec} = 600 \text{ sec}$, λαμβάνομεν:

$$A = 410 \cdot (0,3)^2 \cdot 600 \text{ Joule} = 22\,140 \text{ Joule}.$$

β) Περίπτωσις ἐνὸς βολταμέτρου ἢ ἐνὸς ηλεκτρικοῦ κινητῆρος. Όπως οἱ ἀγωγοί, οὕτω καὶ τὸ βολτάμετρον ἢ ὁ ηλεκτρικὸς κινητήρος (μία μηχανὴ δηλαδὴ ἡτις λειτουργεῖ μὲ παροχὴν ηλεκτρικοῦ ρεύματος), θερμαίνονται κατὰ τὴν διέλευσιν τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος. Η ηλεκτρικὴ ἐνέργεια ἢ ὁποία μετατρέπεται εἰς θερμικὴν ἐνέργειαν εἶναι ἵση πρὸς $R \cdot i^2 \cdot t \text{ Joule}$.

Τὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα ὅμως, διασπῶν τὸν ηλεκτρολύτην ἐνὸς βολταμέτρου, παράγει καὶ χημικὴν ἐνέργειαν, ἐνῷ ὅταν στρέφῃ ἔνα κινητῆρα, παράγει καὶ μηχανικὴν ἐνέργειαν.

Η ἔκφρασις συνεπῶς $R \cdot i^2 \cdot t$ δὲν ἀντιπροσωπεύει παρὰ ἔνα μέρος Α' τῆς συνολικῆς ηλεκτρικῆς ἐνέργειας Α, ἢ ὁποία καταναλίσκεται εἰς τὰς συσκευὰς αὐτάς. Μία ἄλλη ποσότης ἐνέργειας Α'', γενικῶς σπουδαιοτέρα ἀπὸ τὴν Α', μετατρέπεται εἰς χημικὴν ἢ μηχανικὴν ἐνέργειαν.

Η συνολικὴ ηλεκτρικὴ ἐνέργεια Α, ἢ ὁποία καταναλίσκεται εἰς τὰς περιπτώσεις αὐτάς, εἶναι συνεπῶς ἵση μὲ τὸ ἄθροισμα τῆς Α' καὶ τῆς Α''. Δηλαδὴ :

$$A = A' + A'' \quad \text{ἢ} \quad A = R \cdot i^2 \cdot t + A''$$

§ 131 Ήλεκτρικὴ ἴσχυς. Η ηλεκτρικὴ ἴσχυς μιᾶς συσκευῆς εἶναι ἵση μὲ τὴν ηλεκτρικὴν ἐνέργειαν, τὴν ὁποίαν καταναλίσκει ἢ συσκευὴ ἐντὸς ἐνὸς δευτερολέπτου καὶ ἐκφράζεται εἰς :

Τζάουλ ἀνὰ δευτερόλεπτον (Joule/sec), δηλαδὴ εἰς Βάτ (W).

Χρησιμοποιοῦμεν ἀκόμη καὶ τὸ πολλαπλάσιον τοῦ Βάτ τὸ κιλοβάτ (1kW) καὶ, ὅπως γνωρίζομεν ἴσχυει ἡ σχέσις :

$$1 \text{ kW} = 1.000 \text{ W}$$

Ἐπειδὴ ἡ ηλεκτρικὴ ἐνέργεια Α, ἢ ὁποία καταναλίσκεται ὑπὸ μορφὴν θερμότητος ἐντὸς χρόνου t , εἶναι ἵση πρὸς : $A = R \cdot i^2 \cdot t$, ἡ ηλεκτρικὴ ἐνέργεια ἢ ὁποία καταναλίσκεται ἐντὸς ἐνὸς δευτερο-

λέπτου, δηλαδή ή ηλεκτρική ισχὺς N , θὰ δίδεται ἀπὸ τὸν τύπον :

$$N = \frac{A}{t} = \frac{R \cdot i^2 \cdot t}{t} = R \cdot t^2. \text{ Δηλαδή :}$$

$$\boxed{N = R \cdot i^2}$$

"Οταν ή R έκφραζεται εἰς Όμ και ή i εἰς Αμπέρ, τότε ή ισχὺς εύρισκεται εἰς Βάτ.

"Η ηλεκτρική ισχὺς ἐνὸς καταναλωτοῦ ἀναγράφεται συνήθως ἐπὶ τῆς συσκευῆς, μαζὶ μὲ ἄλλας χρησίμους ἐνδείξεις διὰ τὴν λειτουργίαν του.

'Αριθμητικά παραδείγματα. 1. Νὰ ύπολογισθῇ ή ηλεκτρική ισχὺς ἐνὸς λαμπτήρος, ἀντιστάσεως 500Ω , ὁ δόποιος διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα ἐντάσεως $0,8 \text{ A.}$

Λύσις. Ἀντικαθιστῶντες εἰς τὸν τύπον $N = R \cdot i^2$ τὰ δεδομένα τοῦ προβλήματος λαμβάνομεν :

$$N = 500 \cdot 0,8^2 \text{ W} = 320 \text{ W.}$$

2. Μία ηλεκτρική συσκευὴ τῆς ὁποίας ή ισχὺς είναι ίση μὲ 1.440 W , ἔχει ἀντιστάσιν 10Ω . Πόση είναι ή ἐντασίς τοῦ ρεύματος, τὸ δόποιον διαρρέει τὴν συσκευήν.

Λύσις. Ἀπὸ τὸν τύπον $N = R \cdot i^2$, λύοντες ως πρὸς i λαμβάνομεν :

$$i = \sqrt{\frac{N}{R}}.$$

Ἀντικαθιστῶντες τὰ δεδομένα εύρισκομεν :

$$i = \sqrt{\frac{1440}{10}} = \sqrt{144} = 12 \text{ A.}$$

Πρακτικὴ μονάς ηλεκτρικῆς ἐνεργείας. Τὸ Τζάουλ (1 Joule) είναι πολὺ μικρὰ μονάς ἐνεργείας. Δι' αὐτὸν τὸν λόγον εἰς τὰς τρεχούσας ἀνάγκας χρησιμοποιοῦμεν μίαν μεγαλυτέραν μονάδα, τὴν :

1 βατώραν (1 Wh)

καὶ τὸ πολλαπλάσιόν της :

1 κιλοβατώραν (1 kWh)

Είναι δέ : $1 \text{ kWh} = 1.000 \text{ Wh}$,
καὶ :

$$1 \text{ Wh} = 3.600 \text{ Joule}$$

Η μονάς βατώρα (ή βατώριον, 1 Wh) είναι ίση με τὴν ἐνέργειαν ἡ ὁποία καταναλίσκεται ἐντὸς μιᾶς ὥρας ἐντὸς ἐνὸς ἀγωγοῦ ἢ μιᾶς συσκευῆς, ὅταν ἡ ἰσχὺς τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος είναι ἐνὸς Βάτ (1 W).

Αν λύσωμεν τὸν τύπον τῆς ἰσχύος ώς πρὸς A, λαμβάνομεν: $A = N \cdot t$.

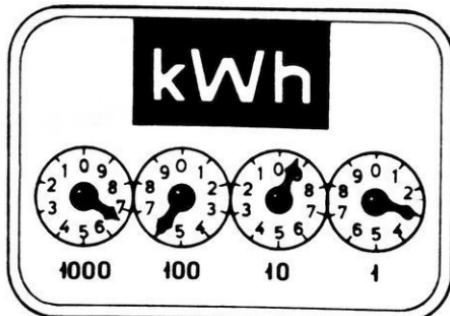
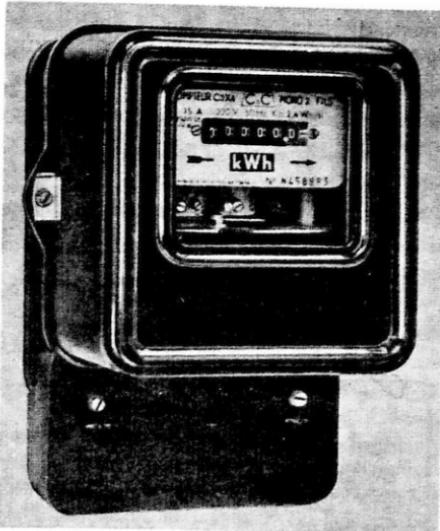
Οταν ἡ ἰσχὺς N ἐκφράζεται εἰς Βάτ καὶ ὁ χρόνος t εἰς ὥρας, ἡ ἡλεκτρικὴ ἰσχὺς N εὑρίσκεται εἰς βατώρας (Wh). Βατώρας εὑρίσκομεν ἐπίσης ἂν ἐκφράσωμεν εἰς ὥρας τὸν χρόνον εἰς τὸν τύπον :

$$A = R \cdot i^2 \cdot t.$$

Η ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια ἡ ὁποία καταναλίσκεται ἀπὸ τὰς διαφόρους συσκευὰς μιᾶς ἡλεκτρικῆς ἐγκαταστάσεως, παρέχεται ἀπὸ εἰδικὰ δργανα, τὰ ὅποια ὀνομάζομεν μετρητὰς ἡλεκτρικῆς ἐνέργειας (σχ.127).

Τοιούτους μετρητὰς ἐγκαθιστοῦν εἰς τὰς οἰκιας, αἱ ὅποιαι χρησιμοποιοῦν ἡλεκτρικὸν ρεῦμα καὶ κατὰ μῆνα, μὲ βάσιν τὰς ἐνδείξεις τοῦ μετρητοῦ, γίνεται ἡ πληρωμὴ τῆς ἀξίας τοῦ καταναλωθέντος ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

Άριθμητικὴ ἔφαρμογή. Μία ἡλεκτρικὴ συσκευή, ἰσχύος 1.200W, χρησ-



Σχ. 127. Μετρητὴς ἡλεκτρικῆς ἐνέργειας (κοινῶς ρολὸι ἡλεκτρικοῦ). Ἐνδειξις: 6 593 kWh.

μοποιεῖται, κατά μέσον δρον, 2 ώρας και 30 λεπτά άνα ήμέραν. Να υπολογίσετε τὸ κόστος τῆς ηλεκτρικῆς ἐνέργειας, τὴν δόπιαν καταναλίσκει ἐντὸς ἑνὸς μηνὸς (30 ήμέραι) ή συσκευή, γνωστοῦ δητοῦ διτή ή κιλοβατώρα στοιχίει 1,5 δρχ.

Λύσις. Ή συσκευή χρησιμοποιεῖται συνολικῶς $2,5 \cdot 30 = 75$ ώρας άνα μῆνα.

Αντικαθιστῶντες τὰ δεδομένα εἰς τὸν τύπον $A = N \cdot t$, δηλαδὴ $N = 1\,200$ 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 συνεπῶς τῆς συσκευῆς θὰ είναι :

$$\Delta = 90 \cdot 1,5 \text{ δρχ.} = 135 \text{ δρχ.}$$

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Τὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα είναι μία μορφὴ ἐνέργειας, ή ὅποια ὀνομάζεται ηλεκτρικὴ ἐνέργεια.

2. Η ποσότης θερμότητος A, ή ὅποια ἐκλύεται ἀπὸ τὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα, είναι ίσοδύναμος πρὸς $R \cdot i^2 \cdot t$ Joule. Η ηλεκτρικὴ ἐνέργεια συνεπῶς ἐκφράζεται εἰς μονάδας Τζούλ ἀπὸ τὸν τύπον :

$$A = R \cdot i^2 \cdot t$$

3. Η ηλεκτρικὴ ίσχὺς μιᾶς συσκευῆς ὀνομάζεται ή ηλεκτρικὴ ἐνέργεια τὴν δόπιαν καταναλίσκει ή συσκευή αὐτῇ άνα δευτερόλεπτον.

4. Η ηλεκτρικὴ ίσχὺς N ἐκφράζεται εἰς Βάτ (W) και κιλοβάτ (kW), δίδεται δὲ ἀπὸ τὴν σχέσιν :

$$N = R \cdot i^2$$

Όταν ή ἀντίστασις R ἐκφράζεται εἰς Όμη και ή ἔντασις i εἰς Αμπέρ, ή ίσχὺς N εὑρίσκεται εἰς Βάτ.

5. Η βατώρα (1 Wh) είναι πρακτικὴ μονάς ηλεκτρικῆς ἐνέργειας και ίσονται μὲ τὴν ἐνέργειαν τὴν δόπιαν καταναλίσκει ἐντὸς μιᾶς ώρας ἔνας ἀγωγός, ο ὅποιος διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα ισχύος ἑνὸς Βάτ. Πολλαπλάσιον τῆς βατώρας είναι ή κιλοβατώρα.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

118. Μία ήλεκτρική θερμάστρα έχει δύο βαθμίδας, μίαν τῶν 2 000 Watt και μίαν τῶν 1 200 Watt. Κατά τὴν διάρκειαν 2,5 h λειτουργεῖ ἐπὶ 20 min ή βαθμίς τῶν 2 000 Watt και τὸν υπόλοιπον χρόνον ή βαθμίς τῶν 1 200 Watt. Νὰ υπολογισθῇ η δαπάνη ἐὰν ή 1 kWh κοστίζει 1,5 δρχ. (*Απ. 5 δρχ.*)

119. Ὡ θέρμανσις ἑνὸς δωματίου ἀπαιτεῖ ποσότητα θερμότητος ἵσην πρὸς 4 000 kcal ἀνὰ ὥραν. Γνωρίζομεν ἐπὶ πλέον ὅτι 1 kg ἀνθρακίτον ἀποδίδει κατὰ τὴν καῦσιν του, ποσότητα θερμότητος ἵσην πρὸς 7 000 kcal, ἀπὸ τὴν ὅποιαν ὅμως μόνον τὰ 40% χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν θέρμανσιν. α) Νὰ ζητεῖται νὰ εὑρεθῇ πόσον θὰ κοστίσῃ διὰ μίαν ὥραν λειτουργίας η θέρμανσις τῆς αἰθουσῆς αὐτῆς, ἐὰν ὁ ἀνθρακίτης πωλήται πρὸς 2,5 δρχ. τὸ 1 kg. β) Νὰ εὑρεθῇ τὸ κόστος τῆς θερμάνσεως, ἐὰν διὰ τὴν θέρμανσιν χρησιμοποιεῖται ήλεκτρικὸν φεῦμα καὶ η μία κιλοβατώρα κοστίζει 1,5 δρχ. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτῆν θεωροῦμεν ὅτι δῆλη η ποσότης τῆς θερμάνσης, η ὅποια παράγεται, ἀποδίδεται εἰς τὴν αἰθουσαν. (*Απ. α' 3,6 δρχ. β' 7 δρχ. περίπον.*)

120. Ἐνας ήλεκτρικὸς θερμαντήρος 720 Watt θερμαίνει ωρισμένη ποσότητα ὄντας ἐπὶ 30 min. α) Νὰ υπολογισθῇ εἰς Joule ἡ ἐνέργεια η ὅποια καταναλίσκεται καὶ η ἀντίστοιχος θερμότης εἰς θερμίδας. β) Μὲ τὴν προϋπόθεσιν ὅτι μόνον τὰ 60% τῆς θερμότητος η ὅποια παράγεται ἀπὸ τὸν θερμαντήρα χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν θέρμανσιν τοῦ ὄντος, νὰ υπολογισθῇ η τελική θερμοκρασία ὄντος μάζης 2 800 gr, ἀρχικῆς θερμοκρασίας 10 °C ἐὰν θερμαίνωνται ἐπὶ 30 min. Ὅποδέτομεν ὅτι η θερμοκρασία τοῦ δοχείου εἶναι ἀμελητέα. (*Απ. α' 1 296 000 J, 308 571 cal. β' 76,1 °C.*)

121. Ἐνας θερμοσίφων ἔχει ἵσχυν 1 kW και διαρρέεται ἀπὸ ήλεκτρικὸν φεῦμα ἐντάσεως 8 A. α) Νὰ υπολογισθῇ η ἀντίστασις τοῦ θερμοσίφωνος. β) Ἐὰν περιέχῃ 100 l ὄντας, πόσος χρόνος ἀπαιτεῖται διὰ νὰ αὐξηθῇ η θερμοκρασία τοῦ ὄντος αὐτοῦ ἀπὸ τοὺς 10 °C εἰς τοὺς 80 °C (*Απ. α' 16 Ω περίπον. β' 8 h.*)

122. Ἐνας ήλεκτρικὸς βραστήρος καταναλίσκει ἵσχυν 500 Watt. Τὸ φεῦμα τὸ ὅποιον τὸν διαρρέει ἔχει ἐντάσιν 4 A. α) Νὰ υπολογισθῇ η ἀντίστασις τοῦ βραστήρος. β) Νὰ υπολογισθῇ ὁ χρόνος δστις ἀπαιτεῖται διὰ νὰ βράσῃ 1) 2 l ὄντας ἀρχικῆς θερμοκρασίας 20 °C, μὲ τὴν προϋπόθεσιν ὅτι δὲν ἔχομεν ἀπώλειαν θερμότητος. γ) Εἰς τὴν πραγματικότητα ἀπαιτοῦνται 10 πρῶτα λεπτά. Νὰ υπολογισθοῦν αἱ ἀπώλειαι. (*Απ. α' 31 Ω περίπον, β' 5,5 min. γ' 45%.*)

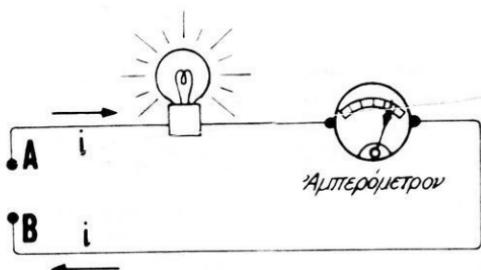
123. Ἐνας βραστήρος ἀπὸ ἀλονμίνιον ἔχει μᾶζαν 700 gr καὶ περιέχει 1 l ὄντας εἰς θερμοκρασίαν 20 °C. Ἡ ἀντίστασις τοῦ βραστήρος διαρρέεται ἀπὸ φεῦμα ἐντάσεως 5 A. Εἰς τὰ 10 πρῶτα λεπτά η θερμοκρασία τοῦ ὄντος ἀνέρχεται εἰς 90 °C. Ἡ εἰδικὴ θερμότης τοῦ ἀλονμίνιον εἶναι : 0,22 cal/gr°grad. Νὰ υπολογισθοῦν α) Ἡ ποσότης τῆς θερμότητος η ὅποια ἀπερροφήθη κατὰ τὴν θέρμανσιν. β) Ἡ ἵσχυς τοῦ βραστήρος καὶ γ) η ἀντίστασις τοῦ βραστήρος. (*Απ. α' 80 780 cal. β' 565,5 W. γ' 22,6 Ω.*)

ΚΗ'—ΔΙΑΦΟΡΑ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ. ΜΟΝΑΣ ΒΟΛΤ

§ 132. "Εννοια τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ. α) Πείραμα.

Συνδέομεν Ἑνα ἡλεκτρικὸν λαμπτήρα εἰς τοὺς δύο ἀκροδέκτας A καὶ B ἐνὸς ρευματοδότου (πρίζα). Ἐνα ἀμπερόμετρον παρεμβάλλεται εἰς τὸ κύκλωμα διὰ νὰ δεικνύῃ τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος (σχ. 128).

Μὲ λαμπτήρα ἵσχυος 75 W εύρισκομεν ἔντασιν ρεύματος ἵσην



Σχ. 128. Διὰ τὴν ἔννοιαν τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ

πρὸς 0,34 A. Μὲ λαμπτήρα ἵσχυος 40 W τὸ ἀμπερόμετρον δεικνύει ρεῦμα ἔντάσεως 0,18 A. Ἀφαιροῦμεν τὸν λαμπτήρα καὶ τοποθετοῦμεν εἰς τὴν θέσιν του Ἑνα σίδερο σιδερώματος ἵσχυος 300 W. Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τὸ ὅποιον διαρρέει τὸ κύκλωμα, εἶναι τώρα 1,36 A.

Εἰς ἑκάστην ἀπὸ τὰς τρεῖς ἀνωτέρω περιπτώσεις ἔχομεν διαφορετικὴν ἵσχυν

τοῦ ἡλεκτρικοῦ καταναλωτοῦ καὶ διαφορετικὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον τὸν διαρρέει· ὁ λόγος ὅμως τῆς ἡλεκτρικῆς ἵσχυος, ἥτις καταναλίσκεται· μεταξὺ τῶν σημείων A καὶ B τοῦ κυκλώματος καὶ τῆς ἔντασεως τοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον διαρρέει τὸ τμῆμα αὐτὸ τοῦ κυκλώματος, εἶναι σταθερός⁽¹⁾.

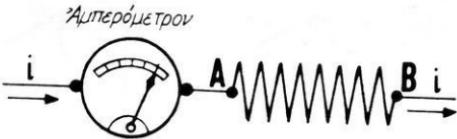
Πράγματι ἔχομεν ὅτι :

$$\frac{75}{0,34} = 220, \quad \frac{40}{0,18} = 220, \quad \frac{300}{1,36} = 220.$$

"Ο σταθερὸς αὐτὸς λόγος χαρακτηρίζει αὐτὸ τὸ ὅποιον ὀνομάζομεν διαφορὰν δυναμικοῦ ἡ ἡλεκτρικὴν τάσιν μεταξὺ τῶν δύο ἀκροδεκτῶν τοῦ ρευματολήπτου.

(1) Ἡ ἵσχυς ἡ ὅποια καταναλίσκεται μεταξὺ τῶν σημείων A καὶ B, εἶναι πρακτικῶς ἴση μὲ τὴν ἵσχυν τῶν λαμπτήρων ἡ τοῦ ἡλεκτρικοῦ σιδέρου, διότι ἡ ἵσχυς ἡ ὅποια καταναλίσκεται ἀπὸ τὸ ἀμπερόμετρον καὶ τὰ ἀγωγὰ σύρματα εἶναι ἀσήμαντος.

β) Ας θεωρήσωμεν γενικότερον τὸν ἀγωγὸν AB , ὁ ὅποιος ἀποτελεῖ μέρος ἐνὸς κυκλώματος, τὸ ὅποιον διαρρέεται μὲν ρεῦμα ἐντάσεως i . Ἀμπέρ, ἔστω δὲ ὅτι ἡ ἰσχὺς ἥτις καταναλίσκεται μεταξὺ τῶν σημείων A καὶ B εἶναι N Βάτ (σχ. 129). Μὲ τὰς ἀνωτέρω προϋποθέσεις λέγομεν ὅτι :



Σχ. 129. Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ U μεταξὺ τῶν σημείων A καὶ B εἶναι ἴση πρὸς N .i.

τῶν σημείων A καὶ B εἶναι N Βάτ (σχ. 129). Μὲ τὰς ἀνωτέρω προϋποθέσεις λέγομεν ὅτι :

Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν σημείων A καὶ B ἐνὸς κυκλώματος ἔχει ὡς μέτρον τὸ πηλίκον τῆς ἰσχύος, ἥτις καταναλίσκεται μεταξὺ τῶν δύο αὐτῶν σημείων τοῦ κυκλώματος, πρὸς τὴν ἐντασιν τοῦ ρεύματος τὸ ὅποιον διαρρέει τὸ κύκλωμα.

Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ ἡ (ἡλεκτρικὴ) τάσις μεταξὺ δύο σημείων A καὶ B , συμβολίζεται γενικῶς μὲ τὸ γράμμα U ἡ μὲ $U_A - U_B$.

Συμφώνως πρὸς τὰ ἀνωτέρω συνεπῶς θὰ ἔχωμεν ὅτι :

$$U = \frac{N}{i}$$

$$\text{διαφορὰ δυναμικοῦ (τάσις)} = \frac{\text{ἰσχὺς}}{\text{ἐντασις ρεύματος}}$$

§ 133. Ἐξήγησις διαφορᾶς δυναμικοῦ. Ἄς ἐπανέλθωμεν εἰς τὸ πείραμα τῆς ἀρχῆς τοῦ κεφαλαίου τῆς § 132.

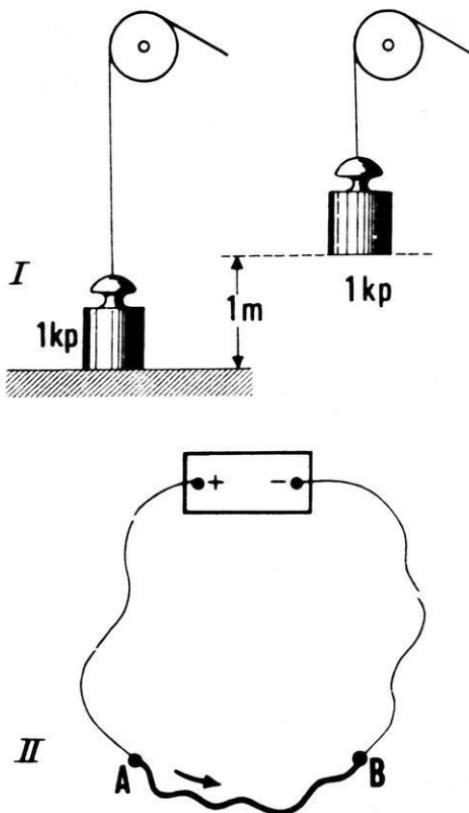
Οταν συνδέσωμεν τὸν λαμπτῆρα ἰσχύος 75 W εἰς τὸ κύκλωμα, τότε ἐντὸς χρονικοῦ διαστήματος ἐνὸς δευτερολέπτου δαπανᾶται μεταξὺ τῶν σημείων A καὶ B (βλ. σχ. 128) ἐνέργεια 75 Joule, ἐνῶ εἰς τὸ ἕδιον χρονικὸν διάστημα τὸ ρεῦμα τῶν 0,34 A μεταφέρει ποσότητα ἡλεκτρισμοῦ 0,34 Cb.

Μὲ ἄλλους λόγους διὰ νὰ μεταφερθῇ ποσότης ἡλεκτρισμοῦ 0,34 Cb ἀπὸ τὸν ἀκροδέκτην A εἰς τὸν ἀκροδέκτην B , καταναλίσκεται ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια 75 Joule.

Διὰ ποῖον ὅμως λόγον δαπανᾶται ἡ ἐνέργεια αὐτή :

Διὰ νὰ κατανοήσωμεν καλλίτερον τὸ θέμα θύμα θεωρήσωμεν τὸ ἀκόλουθον μηχανικὸν ἀνάλογον.

Οταν θέλωμεν νὰ ἀνυψώσωμεν ἔνα σῶμα, ἀπὸ τὸ ἔδαφος μέχρις



Σχ. 130. Μηχανικὸν ἀνάλογον διὰ τὴν κατανόησιν τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ 1 Volt. δυναμικοῦ καθορίζεται καὶ ἡ σχετικὴ μονάς, ἡ ὅποια ὀνομάζεται **1 Βόλτ** (**1 Volt, 1 V**) πρὸς τιμὴν τοῦ Ἰταλοῦ Φυσικοῦ Ἀλεξάνδρου Βόλτα (Alessandro Volta) (1745-1827).

Τὸ Βόλτ (**1 V**) εἶναι ἵσον μὲ τὴν διαφορὰν τοῦ ἡλεκτρικοῦ δυναμικοῦ, τὸ ὅποιον ἐπικρατεῖ μεταξὺ δύο σημείων ἐνὸς ἀγωγοῦ, ὁ ὅποιος διαρρέεται ἀπὸ σταθερὸν ρεῦμα ἐντάσεως 1 Ἀμπέρ (**1 A**) καὶ καταναλίσκει ἴσχὺν 1 Βάτ (**1 W**) μεταξὺ τῶν δύο αὐτῶν σημείων.

Μερικαὶ τιμαὶ διαφορᾶς δυναμικοῦ. Παραθέτομεν μερικὰς τιμὰς

ἐνὸς ὥρισμένου ὑψους, πρέπει νὰ δαπανήσωμεν μηχανικὴν ἐνέργειαν. Κατ' ἀναλογίαν, ὅταν μεταφέρωμεν ἡλεκτρικὰ φορτία μέσα εἰς ἓνα ἀγωγόν, πρέπει νὰ δαπανήσωμεν ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

Τὸ ἀνάλογον τῆς διαφορᾶς στάθμης εἰς τὴν Μηχανικὴν εἶναι ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τὸν Ἡλεκτρισμόν. Οὕτως, ὅταν ἀνυψώσωμεν ἓνα σῶμα βάρους 1 kp μέχρις ὑψους 1 m, δαπανῶμεν ἔργον 1 kpm. "Οταν μεταφέρωμεν ἡλεκτρικὸν φορτίον 1 Cb, ἀπὸ ἓνα σημεῖο Α εἰς ἕνα σημεῖον Β ἐνὸς ἀγωγοῦ, ὥστε νὰ δαπανῇ ἔργον 1 Joule, τότε μεταξὺ τῶν σημείων Α καὶ Β ὑφίσταται διαφορὰ δυναμικοῦ 1 Volt (σχ. 130)."

§ 134. Βόλτ. Μονὰς διαφορᾶς δυναμικοῦ.

Ἄπὸ τὸν τύπον δρισμοῦ τῆς διαφορᾶς

ήλεκτρικής τάσεως μεταξύ τῶν ἀκροδετῶν τῶν πόλων ώρισμένων ήλεκτρικῶν πηγῶν:

'Ηλεκτρικὸν στοιχεῖον	1 - 2 V
'Ηλεκτρικὴ στήλη (φανάρι τσέπης)	4,5 V
Συστοιχία συσσωρευτῶν	6 - 12 V

Μεταξύ τῶν δύο συρμάτων ἐνὸς ρευματοδότου ἐπικρατεῖ τάσις 110 V ή 220 V, ἀναλόγως πρὸς τὴν τάσιν τοῦ ήλεκτρικοῦ δικτύου. Αἱ τιμαιὶ αὗται συνήθως μεταβάλλονται κατὰ μερικὰ Βόλτ. Δι' αὐτὸν τὸν λόγον ἡ τάσις ἐνὸς δικτύου παροχῆς ήλεκτρικοῦ ρεύματος 110 V, π.χ. μειώνεται εἰς ώρισμένας περιπτώσεις καὶ φθάνει τὰ 105 V ή καὶ τὰ 100 V ἀκόμη.

Ἡ τάσις συνήθως εἰς τὰ σύρματα μιᾶς γραμμῆς μεταφορᾶς εἶναι ἀρκεταὶ ἑκατοντάδες χιλιάδων Βόλτ (220 000 V ή 380 000 V).

'Ἐννοοῦμεν τώρα τὴν σημασίαν τῆς ἀναγραφῆς ώρισμένων ἐνδείξεων ἐπὶ τῶν λαμπτήρων φωτισμοῦ ή ἐπὶ τῶν διαφόρων συσκευῶν. Οὕτως αἱ ἐνδείξεις 100 W, 220 V τάς ὅποιας εἶναι δυνατὸν νὰ διαβάσωμεν εἰς ἓνα λαμπτήρα, ἔχουν τὴν ἔννοιαν ὅτι ὁ λαμπτήρος αὐτὸς λειτουργεῖ κανονικῶς, ὅταν συνδεθῇ εἰς δίκτυον τάσεως 220 V. Ἡ ἰσχὺς τὴν ὅποιαν καταναλίσκει τότε ὁ λαμπτήρος εἶναι 100 W.

'Αν συνδέσωμεν τὸν ἀνωτέρω λαμπτήρα εἰς σημεῖα ἐνὸς κυκλώματος, τὰ ὅποια παρουσιάζουν διαφορὰν δυναμικοῦ 12 V, τὸ σπείραμα δὲν θὰ πυρακτωθῇ καὶ ὁ λαμπτήρος θὰ παραμείνῃ σβυστός. Ἡ ἐνέργεια τὴν ὅποιαν ἀπορροφεῖ τὸ σύρμα πυρακτώσεως εἶναι ἐλαχίστη.

'Αν ὅμως συνδέσωμεν εἰς δίκτυον 220 V ἓνα λαμπτήρα, κατεσκευασμένον διὰ νὰ λειτουργῇ εἰς δίκτυον 12 V, αὐτὸς καίεται ἀμέσως καὶ καταστρέφεται. Ἡ ἐνέργεια, ἡ ὅποια ἀπελευθερώνεται εἰς τὸ σύρμα πυρακτώσεως, εἶναι πολὺ μεγάλη καὶ προκαλεῖ τῆξιν τοῦ σύρματος.

§ 135. 'Εκφράσεις τῆς ἰσχύος καὶ τῆς ήλεκτρικῆς ἐνέργειας, αἱ ὅποιαι καταναλίσκονται μέσα εἰς ἓνα ἀγωγόν. Γνωρίζομεν ὅτι ἡ ήλεκτρικὴ ἰσχύς, ἡ ὅποια καταναλίσκεται ἀπὸ τὴν θερμότητα Τζάουλ, μέσα εἰς ἓνα ἀγωγόν, ἀντιστάσεως R, δίδεται ἀπὸ τὸν τύπον: $N = R \cdot i^2$ (βλ. § 131, σελ. 136).

'Απὸ τὴν σχέσιν $U = N/i$, (ἡ ὅποια εὑρίσκεται ἀπὸ τὴν $N = R \cdot i^2$,

ὅταν θέσωμεν $R=U/i$, λύοντες ως πρός N λαμβάνομεν μίαν άλλην έκφρασιν της ίσχύος :

$$N = U \cdot i$$

Όταν ή τάσις U έκφραζεται εις Βόλτ και ή έντασις i εις Αμπέρ, ή ίσχυς N εύρισκεται εις Βάτ.

Άριθμητικαί έφαρμογαί. 1. Νὰ υπολογισθῇ ή ίσχυς ένδος ηλεκτρικοῦ λαπτήρος, όποιος διαρρέεται από ρεῦμα έντασεως 0,45 A, όταν ή τάσις εις τὰ ἄκρα τῶν συρμάτων, τὰ οποῖα καταλήγουν εις τὸν λαμπτήρα, είναι 220 V.

Λύσις. Αντικαθιστῶντες εις τὸν τύπον : $N = U \cdot i$ τὰς τιμας τῶν δεδομένων τοῦ προβλήματος, δηλαδὴ $U = 220$ V και $i = 0,45$ A, λαμβάνομεν :

$$N = 220 \cdot 0,45 \text{ A} = 99 \text{ W.}$$

2. Ένα ηλεκτρικό σίδερο, ισχύος 400 W τροφοδοτεῖται μὲν ηλεκτρικὸν ρεῦμα τάσεως 110 V. Πόση είναι ή έντασις τοῦ ρεύματος τὸ οποῖον τὸ διαρρέει.

Λύσις. Λύοντες τὸν τύπον $N = U \cdot i$ ως πρός i λαμβάνομεν : $i = N/U$ και άντικαθιστῶντες εις αὐτὸν τὰ δεδομένα τοῦ προβλήματος έχομεν :

$$i = \frac{400}{110} \frac{\text{W}}{\text{V}} = 3,63 \text{ A.}$$

§ 136. "Ηλεκτρικὴ ἐνέργεια. Γνωρίζομεν δῆτα ή ηλεκτρικὴ ἐνέργεια A, ή οποία καταναλίσκεται απὸ τὴν θερμότητα Τζάουλ μέσα εἰς ἕνα ἀγωγόν, δίδεται απὸ τὴν σχέσιν : $A = R \cdot i^2 \cdot t$. Ἐπειδὴ ὅμως τὸ γινόμενον $R \cdot i$ είναι ἵσον μὲ τὴν ίσχὺν N και αὐτὴ πάλιν ίσοῦται μὲ $U \cdot i$, ότι οὐνωτέρω τύπος λαμβάνει τελικῶς τὴν μορφήν :

$$A = U \cdot i \cdot t$$

"Οταν ή τάσις U έκφραζεται εις Βόλτ, ή έντασις i εις Αμπέρ και ο χρόνος t εις δευτερόλεπτα, ή ηλεκτρικὴ ἐνέργεια A εύρισκεται εις Τζάουλ. Έὰν ὅμως ο χρόνος έκφραζεται εις ώρας, ή ἐνέργεια A εύρισκεται εις βατώρας (Wh).

§ 137. "Αλλη ἔκφρασις τοῦ νόμου τοῦ Τζάουλ. Η ἐνέργεια $A = U \cdot i \cdot t$ Joule είναι ίσοδύναμος πρὸς τὴν ἀκόλουθον ποσότητα θερμότητος εις θερμίδα :

$$Q = 0,24 \cdot U \cdot i \cdot t$$

Άριθμητική έφαρμογή. Νά ύπολογισθή είς κιλοβατώρας ή ηλεκτρική ένέργεια, ή όποια καταναλίσκεται έντος 5 ώρων άπό μίαν ηλεκτρικήν θερμάστραν, ή όποια λειτουργεῖ με τάσιν 110 V και διαρέπεται άπό ρεῦμα έντάσεως 4 Αμπέρ.

Λύσις. Άντικαθιστώντες είς τὸν τύπον $A = U \cdot i \cdot t$ τὰς τιμάς τῶν δεδομένων τοῦ προβλήματος, δηλαδή :

$$U = 110 \text{ V}, i = 4 \text{ A}, t = 5 \text{ h}, \text{λαμβάνομεν :}$$

$$A = 110 \cdot 4 \cdot 5 \text{ Wh} = 2200 \text{ Wh} = 2,2 \text{ kWh.}$$

Σ 138. Πρόσθεσις τάσεων. Μία ηλεκτρική θερμάστρα, ἔνας λαμπτήρ και ἔνας ροοστάτης (μία μεταβλητὴ δηλαδὴ ἀντίστασις) εἰναι συνδεδεμένα ἐν σειρᾷ είς τὸ κύκλωμα τοῦ παραστατικοῦ σχήματος 131 και διαρρέονται άπὸ τὸ ἴδιον ρεῦμα, τὸ όποῖον ἔχει ἔναντι i.

Ἐστω U_1 ἡ τάσις είς τοὺς ἀκροδέκτας Α και Β τῆς θερμάστρας U_2 ἡ τάσις είς τοὺς ἀκροδέκτας Β και Γ τοῦ λαμπτῆρος και U_3 ἡ τάσις είς τὰ σημεῖα Γ και Δ τοῦ ροοστάτου.

Ἐκάστη άπὸ τὰς τρεῖς αὐτὰς συσκευάς καταναλίσκει ηλεκτρικὴν ίσχυν : $N_1 = U_1 \cdot i$ ἡ θερμάστρα, $N_2 = U_2 \cdot i$ ὁ λαμπτήρ και $N_3 = U_3 \cdot i$ ὁ ροοστάτης.

Ἐὰν ἐκφράσωμεν μὲ U τὴν τάσιν είς τὰ ἀκραῖα σημεῖα Α και Δ, τότε ή διλικὴ ίσχὺς N , ή όποια καταναλίσκεται μεταξὺ αὐτῶν, εἶναι ἵση πρός :

$$N = U \cdot i$$

Ἡ ίσχὺς ὅμως N εἶναι ἵση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ίσχύων, αἱ όποιαι καταναλίσκονται άπὸ τὰς τρεῖς συσκευάς :

$$N = N_1 + N_2 + N_3$$

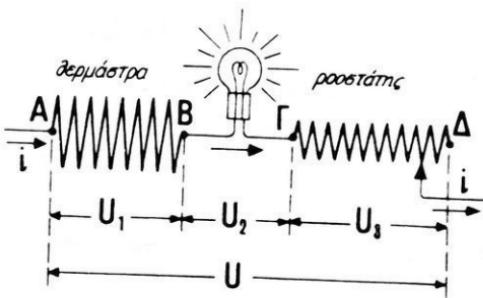
Ἡ σχέσις αὐτὴ γράφεται και ὡς ἔξης :

$$U \cdot i = U_1 \cdot i +$$

$$+ U_2 \cdot i + U_3 \cdot i$$

ὅπότε, ἀπλοποιοῦντες μὲ τὸ i , τελικῶς λαμβάνουμεν ὅτι :

$$\boxed{U = U_1 + U_2 + U_3}$$



Σχ. 131. Αἱ ηλεκτρικαὶ τάσεις προστίθενται ὅταν εἶναι διαδοχικαὶ.

"Ωστε :

"Οταν διάφοροι συσκευαὶ (ἢ ἀντιστάσεις) συνδεδεμέναι ἐν σειρᾷ, τότε αἱ τάσεις, αἱ ὁποῖαι ἐπικρατοῦν εἰς τὰ ἄκρα των, δύνανται νὰ προστεθοῦν.

A N A K E Φ A L A I Ω S I S

1. Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ ἡ ἡλεκτρικὴ τάσις U μεταξὺ δύο σημείων A καὶ B ἐνὸς κυκλώματος, τὸ ὅποιον διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα, ἔχει μέτρον ἵσον μὲ τὸ πηλίκον τῆς ἡλεκτρικῆς ἴσχυος N , ἡ ὁποία δαπανᾶται μεταξὺ τῶν A καὶ B , πρὸς τὴν ἔντασιν ἡ τοῦ ρεύματος. Δηλαδὴ εἶναι :

$$U = \frac{N}{I}$$

2. Μονάς διαφορᾶς δυναμικοῦ εἶναι τὸ Βόλτ (1 V). Τὸ Βόλτ εἶναι ἵσον μὲ τὴν ἡλεκτρικὴν τάσιν ἡ ὁποία ἐπικρατεῖ μεταξὺ δύο σημείων ἐνὸς ἀγωγοῦ, ὁ ὅποιος διαρρέεται ἀπὸ σταθερὸν ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, ἐντάσεως ἐνὸς Ἀμπέρ, ὅταν μεταξὺ τῶν δύο αὐτῶν σημείων δαπανᾶται ἡλεκτρικὴ ἴσχυς ἐνὸς Βάτ.

3. Ἀπὸ τὸν τύπον $U = N/i$, λύοντες ὡς πρὸς N , λαμβάνομεν ὅτι :

$$N = U \cdot i \text{ Watt}$$

Ο τύπος αὐτὸς χρησιμεύει εἰς τὴν εὑρεσιν τῆς ἡλεκτρικῆς ἴσχυος, ὅταν γνωρίζωμεν τὴν τάσιν U καὶ τὴν ἔντασιν i .

4. Ἡ ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια ἡ ὁποία καταναλίσκεται ἐντὸς χρόνου t sec εἶναι ἵση πρός :

$$A = U \cdot i \cdot t \text{ Joule}$$

5. Ο νόμος τοῦ Τζάουλ δύναται νὰ ἐκφρασθῇ καὶ μὲ τὴν σχέσιν :

$$Q = 0.24 \cdot U \cdot I \cdot t \text{ cal}$$

6. Όταν περισσότεραι από μίαν άντιστάσεις είναι συνδεδεμέναι έν σειρά, τότε αἱ διαφοραι τοῦ ήλεκτρικοῦ δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα ἐκάστης άντιστάσεως προστίθενται.

A S K H S E I S

124. Ἀγωγὸς άντιστάσεως $20,9 \Omega$ διαρρέεται αἱπό ηλεκτρικὸν φεῦμα ἑντάσεως $2,5 A$. α) Νὰ ὑπολογισθῇ ή ηλεκτρικὴ ίσχὺς, ητὶς καταναλίσκεται αἱπό τὸ σύρμα.
β) Πόση είναι ή διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα τῆς άντιστάσεως.

(Απ. α' $130,6 W$. β' $52,2 V$.)

125. Ἐγτὸς ἐνὸς θερμιδομέτρου βυθίζομεν ἔνα ἀγωγὸν ηλεκτρικὸν φεῦματος. Εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ ἐπικρατεῖ διαφορὰ δυναμικοῦ $10 Volt$. Ἡ ἑντασις τοῦ ηλεκτρικοῦ φεῦματος, τὸ όποιον διαρρέει τὸν ἀγωγὸν είναι $5 A$. α) Νὰ ὑπολογισθῇ ή ίσχὺς, ητὶς καταναλίσκεται αἱπό τὴν ἀντίστασιν. β) Νὰ ὑπολογισθῇ ή ἀντίστασις καὶ γ) νὰ ὑπολογισθῇ ή ποσότης τῆς θερμότητος, η όποια ἀποδίδεται εἰς τὸ θερμιδόμετρον ἑγτὸς 6 πρώτων λεπτῶν). ($1 Joule = 0,24 cal$.)

(Απ. α' $50 W$. β' 2Ω . γ' $4320 cal$.)

126. Ἡ θερμανσις ἐνὸς διαμερίσματος ἀπαιτεῖ $1\,000\,000 cal$ ἀνὰ ὥραν. Αὐτὸς τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος παρέχεται αἱπό μίαν ηλεκτρικὴν θερμάστραν, η όποια λειτουργεῖ ὑπὸ διαφορὰς δυναμικοῦ $220 Volt$. α) Νὰ ὑπολογισθῇ ή ίσχὺς η όποια ἀπορροφεῖται αἱπό τὴν θερμάστραν. β) Νὰ ενθεθῇ ή ἑντασις τοῦ ηλεκτρικοῦ φεῦματος, τὸ όποιον διαρρέει τὴν ἀντίστασιν τῆς θερμάστρας.

(Απ. α' $1\,166,6 W$. β' $5,3 A$, περίπου.)

127. Ἔνας ηλεκτρικὸς λαμπτήρος ίσχὺς $60 Watt$ βυθίζεται εἰς ἔνα θερμιδομέτρον μὲν ὑδωρ, τὸ όποιον ἔχει θερμοχωρητικήτητα $500 cal/grad$ καὶ θερμοκρασίαν $17^{\circ}C$. α) Νὰ ὑπολογισθῇ ή τελικὴ θερμοκρασία τοῦ ὑδατος, ἐὰν ὁ λαμπτήρος λειτουργῇ ἐπὶ 15 πρώτα λεπτά. β) Εάν ὁ λαμπτήρος τροφοδοτηται αἱπό ηλεκτρικὸν δίκτυον $110 Volt$, νὰ ὑπολογισθῇ ή ἑντασις τοῦ ηλεκτρικοῦ φεῦματος, τὸ όποιον τὸν διαρρέει.

(Απ. α' $43^{\circ}C$, περίπου. β' $0,5 A$, περίπου.)

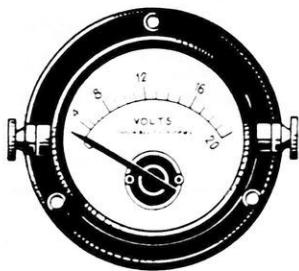
128. Ἔνα ηλεκτρικὸ σίδερο ίσχὺς $500 Watt$ λειτουργεῖ ἐπὶ $1 h$ καὶ $30 min$. α) Νὰ ὑπολογισθῇ ή δαπάνη λειτουργίας, ἐὰν ή κιλοβατωρα κοστίζῃ $1,5$ δρχ. β) ἐὰν ή διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα τῆς ληφρεως είναι $125 Volt$, νὰ ὑπολογισθῇ ή ἑντασις τοῦ ηλεκτρικοῦ φεῦματος. γ) Νὰ ὑπολογισθῇ ή ποσότης τοῦ ηλεκτρισμοῦ η όποια διερχεται αἱπό τὸ σίδερο, καθὼς καὶ η ποσότης τῆς θερμότητος, ητὶς ἐλευθερώνεται κατὰ τὴν διάρκειαν τοῦ σιδερώματος.

(Απ. α' $1,125$ δρχ. β' $4 A$. γ' $21\,600 Cb$. $648 kcal$.)

ΚΕΦ—ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΙΣ ΔΙΑΦΟΡΑΣ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ

ΒΟΛΤΟΜΕΤΡΟΝ. ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΟΗΜ

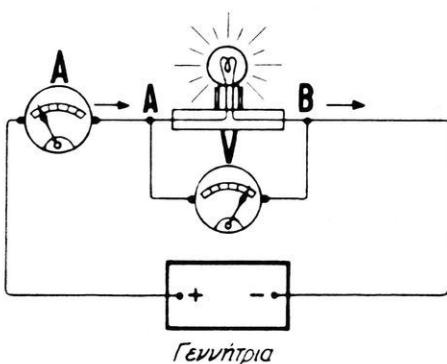
§ 139. Βολτόμετρον. Αἱ διαφοραι ὅντας δυναμικοῦ δύο σημείων ἐνὸς ἡλεκτρικοῦ κυκλώματος, μετροῦνται μὲ εἰδικὰ ὄργανα, τὰ ὅποια ὀνομάζονται βολτόμετρα (σχ. 132) καὶ τὰ ὅποια εἶναι βαθμολογημένα εἰς μονάδας Βόλτ.



Σχ. 132. Έξωτερική έμφανισις βολτομέτρου.

Όταν θέλωμεν νὰ μετρήσωμεν τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ μεταξὺ δύο σημείων Α καὶ Β ἐνὸς κυκλώματος, δὲν διακόπτομεν τὸ κύκλωμα, διὰ νὰ παρεμβάλωμεν τὸ ὄργανον, ὅπως γίνεται εἰς τὴν περίπτωσιν ἐνὸς ἀμπερομέτρου, ἀλλὰ συνδέομεν τοὺς ἀκροδέκτας τοῦ βολτομέτρου μὲ τὰ σημεῖα Α καὶ Β τοῦ κυκλώματος προκαλοῦντες, ὅπως λέγομεν, μίαν διακλάδωσιν (σχ. 133).

Ἄν τὸ κύκλωμα διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, ὁ δείκτης τοῦ ὄργανου θὰ κινηθῇ καὶ θὰ σταματήσῃ ἐμπρός ἀπὸ μίαν ἔνδειξιν, ἡ ὅποιαν παρέχει εἰς μονάδας Βόλτ τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ, ἥτις ἐπικρατεῖ μεταξὺ τῶν δύο αὐτῶν σημείων. “Ωστε :



Σχ. 133. Σύνδεσις βολτομέτρου διὰ τὴν μέτρησιν τῆς τάσεως εἰς τὰ ἄκρα ἐνὸς λαμπτήρος.

Τὸ βολτόμετρον εἶναι ὄργανον τὸ ὅποιον μετρεῖ τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ δύο σημείων Α καὶ Β ἐνὸς κυκλώματος, τὸ ὅποιον διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα. Τὸ ὄργανον αὐτὸ τοποθετεῖται κατὰ διακλάδωσιν συνδέομεν δηλαδὴ τοὺς ἀκροδέκτας του μὲ τὰ σημεῖα

Α καὶ Β χωρὶς νὰ διακόψωμεν τὸ κύκλωμα.

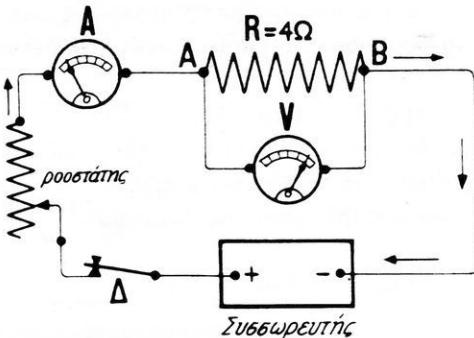
§ 140. Νόμος τοῦ "Ωμ (Ohm). Πραγματοποιοῦμεν τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 134, καὶ, μεταξὺ τῶν σημείων Α καὶ Β τοῦ κυκλώματος αὐτοῦ, παρεμβάλλομεν ἔνα σύρμα, π.χ. ἀπὸ σιδηρονικέλιον, γνωστῆς ἀντιστάσεως, ἔστω π.χ., 4Ω .

"Ἐνα ἀμπερόμετρον, τὸ ὅποιον παρεμβάλλεται ἐν σειρᾷ εἰς τὸ κύκλωμα (διικόπτομεν δηλαδὴ τὸ κύκλωμα εἰς τὸ σημεῖον τοποθετήσεως του), δεικνύει τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος καὶ ἔνα βολτόμετρον, συνδέομεν κατὰ διακλάδωσιν εἰς τὰ σημεῖα Α καὶ Β, τὴν διαφορὰν τοῦ δυναμικοῦ, ἡ ὁποία ἐπικρατεῖ εἰς τὰ δύο αὐτὰ σημεῖα.

Πείραμα. Κλείομεν τὸν διακόπτην τοῦ κυκλώματος καὶ, ρυθμίζοντες καταλλήλως τὸν ροοστάτην, πειραματίζομεθα μὲ τάσεις 1V, 2V, 3V, 4V, 5V καὶ εἰς ἑκάστην ἀπὸ τὰς περιπτώσεις αὐτὰς σημειώνομεν τὴν ἀντίστοιχον ἔντασιν τοῦ ρεύματος καὶ ὑπολογίζομεν τὸν λόγον $(U_A - U_B)/i$, ὁπότε σχηματίζομεν τὸν ἀκόλουθον πίνακα:

$U_A - U_B$ εἰς Βόλτη	1	2	3	4	5
i εἰς Αμπέρ	0,25	0,5	0,75	1	1,25
$\frac{U_A - U_B}{i}$	4	4	4	4	4

'Απὸ τὸν ἀνωτέρω πίνακα παρατηροῦμεν: **α)** ὅτι ὁ λόγος $(U_A - U_B)/i$ εἶναι σταθερὸς καὶ ἴσος πρὸς 4.
β) "Οτι ὁ λόγος αὐτὸς εἶναι ἀριθμητικῶς ἴσος μὲ τὴν ἀντίστασιν AB, τὴν ὁποίαν παρενεβάλομεν εἰς τὸ κύκλωμα.



Σχ. 134. Διά τὴν πειραματικὴν ἐπαλήθευσιν τοῦ νόμου τοῦ "Ωμ".

Αἱ δύο αὐταὶ παρατηρήσεις ὁδηγοῦν εἰς τὴν διατύπωσιν τοῦ ἀκολούθου νόμου, ὁ ὥποῖος φέρει τὴν ὀνομασίαν νόμος τοῦ Ωμ (Ohm).

Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ $U_A - U_B$ (εἰς Βόλ.τ), ἡ ὁποίᾳ ἐπικρατεῖ μεταξὺ δύο σημείων A καὶ B ἐνὸς ἀγωγοῦ, καὶ ἡ ἔντασις i (εἰς Ἀμπέρ) τοῦ ρεύματος τὸ ὥποιον τὸν διαρρέει, ἔχουν σταθερὸν λόγον, ἵσον μὲ τὴν ἀριθμητικὴν τιμὴν τῆς ἀντιστάσεως R τοῦ ἀγωγοῦ (εἰς Ωμ).

Δηλαδὴ θὰ ἔχωμεν ὅτι :

$$\frac{U_A - U_B}{i} = R \quad \text{ἢ} \quad U_A - U_B = R \cdot i$$

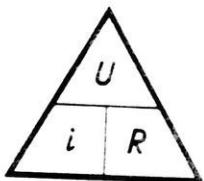
Εἰς τοὺς ἀνωτέρω τύπους τὰ ($U_A - U_B$), R, i ἐκφράζονται ἀντιστοίχως εἰς Βόλτ, Ωμ καὶ Ἀμπέρ.

Πολλὰς φοράς ἀντὶ $U_A - U_B$ γράφομεν ἀπλῶς U, ὅπότε ὁ τύπος γίνεται :

$$\frac{U}{i} = R$$

Διὰ τὴν ἀπομνημόνευσιν τοῦ νόμου τοῦ Ωμ χρήσιμοποιεῖται τὸ τρίγωνον τοῦ σχήματος 134a, μέσα εἰς τὰς γωνίας τοῦ ὥποιου τοποθετοῦνται τὰ σύμβολα τῆς ἀντιστάσεως καὶ τῆς ἀντιστάσεως.

Διὰ νὰ εὔρωμεν τὴν σχέσιν μὲ τὴν ὥποιαν συνδέεται ἔνα ἀπὸ τὰ τρία αὐτὰ μεγέθη μὲ τὰ ἄλλα δύο, καλύπτομεν τὸ μέγεθος αὐτὸ μὲ τὸν δάκτυλον, ὅπότε τὸ σχῆμα τὸ ὥποιον ἀποτελοῦν τὰ ἄλλα δύο ἐκφράζει τὴν ζητούμενην σχέσιν.



Σχ. 134 a. Διὰ τὴν ἀπομνημόνευσιν τοῦ νόμου τοῦ Ohm.

Ἄλλος ὄρισμὸς τῆς μονάδος Ωμ. Ἡ μονάς τῆς ἡλεκτρικῆς ἀντιστάσεως 1 Ω δύναται νὰ ὀρισθῇ καὶ ως ἑξῆς, ἀν κάμωμεν χρῆσιν τοῦ νόμου τοῦ Ωμ :

Τὸ 1 Ω εἶναι ἵσον μὲ τὴν ἀντίστασιν τὴν ὥποιαν παρουσιάζει ἔνας ἀγωγός, διαρρέομενος ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 1 A,

ὅταν ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα του είναι ἵση μὲ 1 V.

§ 141. Μέτρησις μιᾶς ἡλεκτρικῆς ἀντιστάσεως. Διὰ νὰ μετρήσωμεν μίαν ἡλεκτρικὴν ἀντίστασιν, ἀρκεῖ νὰ τὴν παρεμβάλωμεν εἰς ἕνα κύκλωμα καὶ νὰ μετρήσωμεν μὲ ἔνα ἀμπερόμετρον καὶ ἔνα βολτόμετρον τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, i, τὸ ὅποιον τὴν διαρρέει καὶ τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ U, ἡ ὅποια ἐπικρατεῖ εἰς τὰ ἄκρα της. Τὸ πηλίκον U : i, ὅταν ἡ U δίδεται εἰς Βόλτ καὶ ἡ i εἰς Ἀμπέρ, παρέχει τὴν τιμὴν τῆς ἀντιστάσεως εἰς "Ωμ.

Οὕτως εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 134, ἃν θέλωμεν νὰ ὑπολογίσωμεν τὴν ἀντίστασιν AB, μετροῦμεν τὰς ἐνδείξεις τοῦ ἀμπερομέτρου (A) καὶ τοῦ βολτομέτρου (V), τὰ ὅποια συνδέονται εἰς τὸ κύκλωμα αὐτό, τὸ πηλίκον δὲ τῆς ἐνδείξεως τοῦ βολτομέτρου εἰς Βόλτ καὶ τοῦ ἀμπερομέτρου εἰς Ἀμπέρ, δίδει τὴν τιμὴν τῆς ἀντιστάσεως εἰς "Ωμ.

"Αν ὅμως θέλωμεν νὰ ἔχωμεν μίαν ἀκριβεστέραν τιμὴν τῆς ἀντιστάσεως, ἐκτελοῦμεν περισσοτέρας μετρήσεις καὶ λαμβάνομεν τὸν μέσον ὄρον τῶν μετρήσεων.

§ 142. "Αλλαι ἐκφράσεις τοῦ νόμου τοῦ Τζάουλ. "Οταν ἔνα ἡλεκτρικὸν ρεῦμα διαρρέη μίαν ἀντίστασιν, τὴν θερμαίνει. Ἡ θερμότης ἡ ὅποια ἐκλύεται, ὅταν διέρχεται τὸ ρεῦμα, ἐκφράζεται εἰς μονάδας Τζάουλ ἡ θερμίδας ἀπὸ τοὺς τύπους :

$$A = R \cdot i^2 \cdot t \text{ Joule} \quad \text{ἢ} \quad Q = 0,24 \cdot R \cdot i^2 \cdot t \text{ cal.}$$

εἰς τοὺς ὅποιους τὰ R, i, t διδοῦνται εἰς "Ωμ, Ἀμπέρ καὶ δευτερόλεπτα ἀντιστοίχως.

Τὸ γινόμενον δμως R·i²·t γράφεται : R·i²·t = (R·i)·(i·t). Ἐπειδή δὲ R·i = U καὶ i·t = q (ποσότης ἡλεκτρισμοῦ), αἱ ἀνωτερω τύπο λαμβάνουν τὰς μορφάς :

$$A = U \cdot i \cdot t \text{ Joule} \quad \text{ἢ} \quad Q = 0,24 \cdot U \cdot i \cdot t \text{ cal}$$

ἢ τὰς μορφάς :

$$A = U \cdot q \text{ Joule} \quad \text{ἢ} \quad Q = 0,24 \cdot U \cdot q \text{ cal}$$

Εἰς τοὺς δύο τελευταίους τύπους τὸ q ἐκφράζεται εἰς μονάδας Κουλόμπ (Cb).

Τέλος ἡ ἡλεκτρικὴ ίσχὺς ἡ ὅποια καταναλίσκεται ἀπὸ τὸ φαινόμενον Τζάουλ δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν :

$$N = U \cdot I$$

τὴν ὅποιαν ἔχομεν εὗρει καὶ εἰς προηγούμενον κεφάλαιον (βλ. § 135).

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Ή διαφορά δυναμικοῦ ήτις ύφισταται μεταξύ δύο σημείων Α καὶ Β ἐνὸς ἀγωγοῦ, ὁ ὅποιος διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, δύναται νὰ μετρηθῇ μὲ ἔνα βολτόμετρον, τὸ ὅποιον συνδέεται κατὰ διακλάδωσιν μὲ τὰ σημεῖα Α καὶ Β.

2. Ο νόμος τοῦ "Ωμ (Ohm) ἐκφράζει ὅτι : Ή διαφορά δυναμικοῦ U (εἰς Βόλτ) μεταξύ δύο σημείων Α καὶ Β ἐνὸς ἀγωγοῦ, ὁ ὅποιος διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα ἐντάσεως i (εἰς Αμπέρ), πρὸς τὴν ἔντασιν αὐτῆν, ἔχει σταθερὸν λόγον, ὁ ὅποιος ἰσοῦται ἀριθμητικῶς πρὸς τὴν ἀντίστασιν R τοῦ ἀγωγοῦ (εἰς "Ωμ). Δηλαδὴ ἴσχυει ἡ σχέσις :

$$\frac{U}{i} = R$$

ἢ

$$U = R \cdot i$$

3. Τὸ ἔνα "Ωμ εἶναι ἵσον πρὸς τὴν ἀντίστασιν ἐνὸς ἀγωγοῦ, ὁ ὅποιος διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα ἐνὸς Αμπέρ, ὅταν εἰς τὰ ἄκρα του ἐπικρατεῖ διαφορὰ δυναμικοῦ ἐνὸς βόλτ.

4. Διὰ νὰ μετρήσωμεν τὴν ἀντίστασιν ἐνὸς ἀγωγοῦ AB , ἀρκεῖ νὰ μετρήσωμεν τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ ἡ ὅποια ύφισταται εἰς τὰ ἄκρα του, ὅταν διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα, μὲ τὴν βοήθειαν ἐνὸς βολτόμετρου καὶ τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος τὸ ὅποιον τὸν διαρρέει, χρησιμοποιοῦντες ἔνα ἀμπερόμετρον, ἀκολούθως δὲ νὰ ὑπολογίσωμεν τὸ πηλίκον τῶν μετρήσεων τῆς τάσεως πρὸς τὴν ἔντασιν.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

129. "Ενα ἀγωγὸν σύνομα ἀντίστασεως 5 Ω , διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 1,2 A. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν δύο ἄκρων τοῦ σύρματος.

(Απ. 6 V.)

130. "Ενας ἀγωγὸς διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 1,5 A. Η διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ εἶναι 5,4 Volt. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀγωγοῦ.

(Απ. 3,6 Ω .)

131. Τὸ θερμαντικὸν σῶμα ἐνὸς ἡλεκτρικοῦ βραστῆρος ἔχει ἀντίστασιν 60 Ω .

Ο βραστήρ λειτουργεί μὲ διαφοράν δυναμικοῦ 120 Volt. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος τὸ ὅποιον διαρρέει τὸν βραστῆρα. (Απ. 2 A.)

132. "Ερα μεταλλικὸν σύρμα διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 0,5 A, ὅταν τοποθετηθῇ μεταξὺ τῶν ἀκροδεκτῶν μιᾶς γεννητρίας, εἰς τοὺς ὅποιους ἐπικρατεῖ διαφορὰ δυναμικοῦ 12 Volt. α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀντίστασις τοῦ σύρματος. β) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἡλεκτρικὴ ισχὺς ἡ ὅποια καταναλίσκεται ἀπὸ τὸ σύρμα καὶ γίνεται ἀντιληπτὴ ὑπὸ μορφῆς θερμότητος. (Απ. α' 24 Ω. β' 6 W.)

133. "Ερα ἡλεκτρικὸ σίδερο ἔχει μᾶζαν 1 kg καὶ καταναλίσκει ἰσχὺν 300 Watt, ὅταν λειτουργῇ μὲ διαφοράν δυναμικοῦ 110 Volt. Ζητοῦνται: α) Ἡ ἔντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον διαρρέει τὸ σίδερο. β) Ἡ τιμὴ τῆς ἀντίστασεως τὴν ὅποιαν περιέχει. γ) Ο χρόνος ὕστις ἀπαιτεῖται διὰ νὰ ἀννηφώσωμεν τὴν θερμοκρασίαν τῆς συσκενῆς ἀπὸ τοὺς 15 °C εἰς τοὺς 65 °C. Εἰδικὴ θερμότης σιδήρου 0,11 cal gr. grad. (Απ. α' 2,7 A, περίπου. β' 41 Ω, περίπου, γ' 77 sec.)

134. Είς ἔνα ἡλεκτρικὸν λαμπτήρα ἀναγράφονται τὰ ἀκόλουθα: 120 Aolt, 60 Watt: α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον διαρρέει τὸν λαμπτήρα. β) Νὰ ενθεθῇ ἡ ἀντίστασις τοῦ μεταλλικοῦ ρεύματος τοῦ λαμπτήρος. (Απ. α' 0,5 A. β' 240 Ω.)

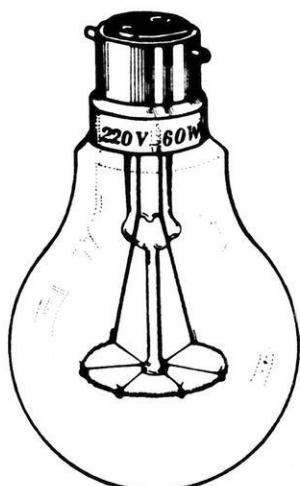
Α' — ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΤΟΥ ΤΖΑΟΥΛ.

ΦΩΤΙΣΜΟΣ. ΘΕΡΜΑΝΣΙΣ

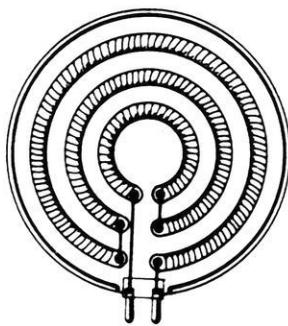
§ 143. Ἡλεκτροφωτισμός. Σπουδαία ἐφαρμογὴ τοῦ θερμικοῦ ἀποτελέσματος τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος εἶναι ἡ χρησιμοποίησίς του εἰς τὸν φωτισμόν.

Διὰ τὸν σκοπὸν αὐτὸν χρησιμοποιοῦνται εἰδικοὶ υάλινοι λαμπτήρες, εἰς τοὺς ὅποιους τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα διαρρέει ἔνα σπείρωμα ἀπὸ σύρμα δυστήκτου μετάλλου, (συνήθως σύρμα ἀπὸ μέταλλον βιολφράμιον), τοποθετημένου καταλλήλως μέσα εἰς τὸ υάλινον περίβλημα.

Τὸ σύρμα πυρακτώνεται, ἐπειδὴ ὅμως εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ λαμπτήρος ὑπάρχει ἀδρανές ἀέριον, συνήθως ἄζωτον ἢ ἀργόν, ὑπὸ πολὺ μικρὰν πίεσιν, δὲν καίεται ἀλλὰ φωτοβολεῖ (σχ. 135).



Σχ. 135. Λαμπτήρ φωτισμού.



Σχ. 136. Θερμαινομένη πλάξ με κυκλικόν άγωγόν σύρμα.



I



II

Σχ. 137. Ἡλεκτρικὸν σίδερο (I) καὶ διάταξις τοῦ σύρματος θερμάνσεώς του.

λινδρον. Ὁ κύλινδρος είναι λείος εἰς τρόπον ὥστε ἡ θερμότης, ἡ ὁποία προσπίπτει ἐπ' αὐτοῦ, νά ἀνακλᾶται εἰς τὸν περιβάλλοντα χῶρον καὶ νά μήν ἀπορροφεῖται ἀπό τὸν κύλινδρον καὶ χάνεται. Ἔνα μονωτικὸν περιβλήμα προστατεύει τὸν κλίβανον ἀπό τὰς ἀπωλείας τῆς θερμότητος εἰς τὸ περιβάλλον.

§ 144. Ἡλεκτρικὴ θέρμανσις. α) Οἰκιακὴ συσκευαί. Μία ἡλεκτρικὴ θερμάστρα, ἕνας ἡλεκτρικὸς βραστήρ, κλπ. περιλαμβάνοντι ἕνα σύρμα, μεγάλης ἀντιστάσεως, ἀνοξείδωτον τὸ ὅποιον δονομάζομεν γενικῶς θερμαντικὴν ἀντιστασιν. Ὅταν διαρρέη τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα τὸ σύρμα, αὐτὸ δέρι θροπυρώνεται καὶ ἀκτινοβολεῖ θερμότητα.

Εἰς τὰς ἡλεκτρικὰς θερμτσάρας. εἰς τοὺς ἡλεκτρικοὺς θερμαντῆρας καὶ εἰς τὰς ἡλεκτρικὰς κουζίνας, τὸ σύρμα εἶναι συνήθως περιελιγμένον ἔλικοειδῶς καὶ τοποθετημένον εἰς τὰς αὐλακας ἐνὸς μονωτικοῦ ὑποβάθρου (σχ. 136).

Εἰς τὸ ἡλεκτρικὸν σίδερο (σχ. 137, I) ἡ θερμαντικὴ ἀντιστασις ἔχει τὸ σχῆμα μιᾶς στενῆς ταινίας καὶ εἶναι στερεωμένη ἐπάνω εἰς ἕνα φύλλον ἀπὸ μαρμαρυγίαν (κοινῶς μίκα), ὁ ὅποιος εἶναι ἕνας πολὺ καλὸς μονωτής (σχ. 137, II).

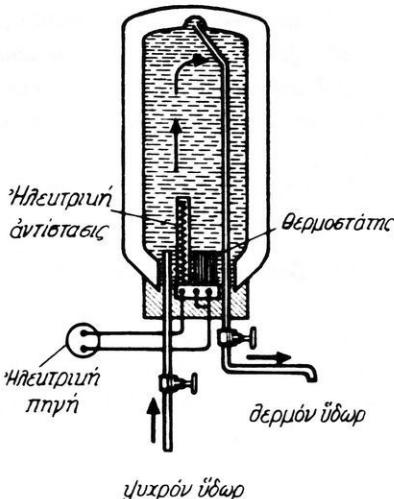
Εἰς τοὺς ἡλεκτρικοὺς βραστῆρας τὸ σύρμα εἶναι περιελιγμένον συνήθως μὲ ναλοβάμβακα ἢ ἀμίαντον.

Ἡ ἡλεκτρικὴ θέρμανσις εἶναι πολὺ εὔχρηστος καὶ ρυθμίζεται εὐκόλως, εἶναι καθαρὰ καὶ ύγιεινή, συγχρόνως ὅμως καὶ δαπανηρά.

β) Ἡλεκτρικοὶ κλίβανοι. Οἱ ἡλεκτρικοὶ κλίβανοι τοὺς ὄποιούς χρησιμοποιοῦμεν εἰς τὰ διάφορα ἔργαστρια, περιλαμβάνοντι ἕνα σύρμα περιελιγμένον περὶ ἕνα μονωτικὸν καὶ λεῖον κύλινδρον εἰς τρόπον ὥστε ἡ θερμότης, ἡ ὁποία προσπίπτει εἰς τὸν περιβάλλοντα χῶρον καὶ νά μήν ἀπορροφεῖται ἀπό τὸν κύλινδρον καὶ χάνεται. Ἔνα μονωτικὸν περιβλήμα προστατεύει τὸν κλίβανον ἀπό τὰς ἀπωλείας τῆς θερμότητος εἰς τὸ περιβάλλον.

γ) Ήλεκτρικοί θερμοσíφωνες. Αύτοι είναι συσκευαί αἱ ὅποιαι παρέχουν θερμόν υδωρ διὰ τάς διαφόρους οἰκιακάς ἀνάγκας.

Τὸ ψυχρὸν υδωρ εἰσχωρεῖ εἰς τὸ δοχεῖον τοῦ θερμοσíφωνος ἀπὸ τὸ κάτω μέρος καὶ θερμαίνεται μὲ μίαν ἡλεκτρικὴν ἀντίστασιν. Τὸ θερμαινόμενον υδωρ κινεῖται πρὸς τὸ ἐπάνω μέρος τοῦ δοχείου. Ὄταν ἀνοίξῃ μία στρόφιγξ κρουνοῦ θερμοῦ υδατος εἰς ἔνα διαμέρισμα τῆς οἰκίας, τότε ἀπὸ τὸν κρουνὸν αὐτὸν ἐκρέει θερμὸν υδωρ. Τὸ θερμὸν αὐτὸν υδωρ κυκλοφορεῖ χάρις εἰς τὸν ἀγωγὸν θερμοῦ υδατος δ ὅποιος εύρισκεται εἰς τὴν κορυφὴν τοῦ δοχείου (σχ. 137, a).



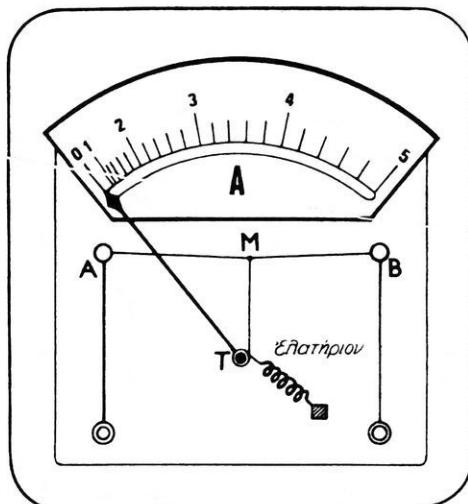
γυχρὸν υδωρ

§ 145. Θερμικὸν ἀμπερόμετρον.

Τὸ ὄργανον αὐτὸν (σχ. 138) ἀποτελεῖται ἀπὸ ἔνα λεπτὸν μεταλλικὸν σύρμα AMB ἐκ λευκοχρύσου ἢ ἀργύρου, διαρρεόμενον ἀπὸ τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα τοῦ ὅποιου θέλομεν νὰ μετρήσωμεν τὴν ἔντασιν. Τὸ σύρμα διατῆρεται τεταμένον μὲ τὴν βοήθειαν ἐνὸς ἐλατηρίου, συνδεδεμένου εἰς τὸ σημεῖον M μὲ ἔνα εὐλύγιστον μεταλλικὸν νῆμα, τὸ ὅποιον διέρχεται ἀπὸ μίαν μικρὰν τροχαλίαν T.

Ἡ θέρμανσις τοῦ σύρματος AMB, ἐξ αἰτίας τῆς διελεύσεως τοῦ ρεύματος, προκαλεῖ διαστολὴν. Ἡ ἐπιμήκυνσις τοῦ σύσρμα-

Σχ. 137 a. Ἁλεκτρικὸς θερμοσíφων.



Σχ. 138. Θερμικὸν ἀμπερόμετρον.

τος ΑΜΒέξ αιτίας τῆς διαστολῆς, προκαλεῖ στροφὴν τῆς τροχαλίας καὶ τῆς βελόνης, ἣτις εἶναι στερεῶς συνδεδεμένη μὲ αὐτήν.

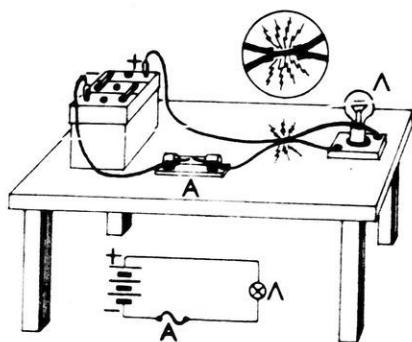
Ἡ διαστολὴ τοῦ σύρματος καὶ συνεπῶς ἡ ἀπόκλισις τῆς βελόνης εἶναι τόσον μεγαλυτέρα, ὅσον ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι ὑψηλοτέρα.

Τὸ δῆγανον βαθμολογεῖται ἐν συγκρίσει μὲ ἓνα συνηθισμένου τύπου ἀμπερόμετρον.

§ 146. Βραχυκύλωμα. Ὄταν ἔνα ἀγωγὸν σύρμα διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, καθὼς γνωρίζομεν, θερμαίνεται καὶ ὑψώνεται ἡ θερμοκρασία του, ἐνῶ συγχρόνως ἔνα μέρος τῆς παραγομένης θερμότητος διασπείρεται εἰς τὸ περιβάλλον. Τελικῶς ὁ ἀγωγὸς ἀποκτᾷ μίαν ὥρισμένην σταθερὰν θερμοκρασίαν.

Μία ἀπότομος αὔξησις τῆς ἐντάσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος προκαλεῖ ἀπότομον αὔξησιν τῆς θερμοκρασίας τοῦ ἀγωγοῦ σύρματος καὶ δημιουργεῖ κίνδυνον καταστροφῆς τοῦ μονωτικοῦ ὑλικοῦ, τὸ ὅποιον περιβάλλει τὸν ἀγωγόν, ὡς καὶ τῶν διαφόρων συσκευῶν, αἱ ὅποιαι εἶναι συνδεδεμέναι εἰς τὸ κύκλωμα.

Δι’ αὐτὸν πρέπει νὰ ἐλέγχωμεν συχνάκις τὴν κατάστασιν τῶν μονωτικῶν περιβλημάτων τῶν ἀγωγῶν. Διότι ἐὰν δύο ἀπογυμνωμένα σύρματα ἔλθουν εἰς ἐπαφὴν μεταξύ των (σχ. 139), προκαλεῖται ἀπότομος αὔξησις τῆς ἐντάσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος μὲ ἀποτέλεσμα τὴν πρόκλησιν διαφόρων καταστροφῶν. Αὐτὸν τὸ φαινόμενον δημόσιεται **βραχυκύλωμα**. Ὡστε :



Σχ. 139. Ὄταν ἐνωθοῦν δύο γυμνά καλώδια προκαλεῖται βραχυκύλωμα. Εἰς τὸ κάτω μέρος συμβολικὴ παράστασις τοῦ κυκλώματος.

Βραχυκύλωμα ὀνομάζεται ἡ ἀπότομος αὔξησις τῆς ἐντάσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον διαρρέει ἔνα κύκλωμα, ἡ προκαλουμένη ἀπὸ διαφόρους αἰτίας καὶ δυναμένη νὰ ἔχῃ καταστρεπτικὰ ἀποτελέσματα διὰ τὰς διαφόρους ἡλεκτρικὰς συσκευὰς τοῦ κυκλώματος.

§ 147. Ἀσφάλειαι. Διὰ νὰ προλάβωμεν τὴν καταστροφὴν ἐνὸς κυκλώματος, ἀπὸ ρεῦμα μεγάλης ἐντάσεως, τὸ ὅποιον εἶναι δύνατὸν νὰ προκληθῇ ἀπὸ διαφόρους αἰτίας, ή πλέον συνηθισμένη ἀπὸ τὰς ὅποιας εἶναι τὸ βραχυκύκλωμα, τοποθετοῦμεν ἐν σειρᾷ πρὸς τοὺς ἀγωγούς, λεπτὰ εὐτηκτα σύρματα μικροῦ μήκους, τὰ ὅποια εἶναι κλεισμένα εἰς καταλλήλους θήκας καὶ δύνομάζονται ἡλεκτρικαὶ ἀσφάλειαι.

Ἡ λειτουργία τῶν ἀσφαλειῶν στηρίζεται εἰς τὴν μεγάλην θερμότητα Τζάουλ, ἡτις παράγεται ὅταν διέλθῃ ἀπὸ αὐτὰς ρεῦμα μεγαλυτέρας ἐντάσεως ἀπὸ τὴν κανονικήν.

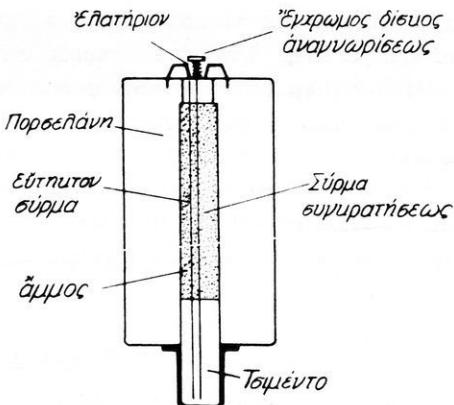
Τὸ ἐπικίνδυνον ρεῦμα προκαλεῖ τὴν τῆξιν τοῦ σύρματος τῆς ἀσφαλείας ἐξ αἰτίας τῆς ὑπερθερμάνσεως, διακόπτον τοιουτορόπως τὸ κύκλωμα (σχ. 140).

Μὲ αὐτὸν τὸν τρόπον ἀποφεύγεται ὁ κίνδυνος τῆς καταστροφῆς τοῦ κυκλώματος καὶ τῶν συσκευῶν καὶ δργάνων τὰ ὅποια τὸ ἀποτελοῦν.

Εἰς ἑκάστην ἀσφάλειαν ἀναγράφεται ἡ μεγίστη ἔντασις εἰς Ἀμπέρ, εἰς τὴν ὁποίαν δύναται νὰ ἀνθέξῃ τὸ σύρμα τῆς ἀσφαλείας, χωρὶς νὰ τακῆ.

Ἡ τηκομένη ἀσφάλεια παρουσιάζει τὸ μειονέκτημα ὅτι, ἀφοῦ καταστραφῇ, δὲν δύναται νὰ ἐπαναχρησιμοποιηθῇ πλέον. Παρουσιάζει δῆμως τὸ πλεονέκτημα ὅτι καταστρέφεται εὐθὺς ὡς ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ὑπερβῇ τὴν κανονικήν τιμὴν καὶ συνεπῶς προστατεύει ὅπωσδήποτε τὰς ἐγκαταστάσεις.

Δι’ αὐτὸν τὸν λόγον ἀπαγορεύεται καὶ εἶναι ἐπικίνδυνος διὰ τὰς ἐγκαταστάσεις ἡ ἐπισκευὴ μιᾶς κατεστραμένης ἀσφαλείας μὲ τοποθέτησιν ἐνὸς ἀξωτερικοῦ σύρματος δι’ ἐπαναχρησιμοποίησίν της. Πράγματι τὸ σύρμα τὸ ὅποιον θὰ τοποθετήσωμεν εἰς ἀντικατάστασιν



Σχ. 140. Τομὴ φύσιγγος μιᾶς τηκομένης ἀσφαλείας.

τῆς κατεστραμμένης ἀσφαλείας θὰ ἔχῃ ὁπωσδήποτε διαφορετικὴν ἀντίστασιν ἀπὸ τὸ πρότυπον σύρμα τῆς ἀσφαλείας. Οὕτως ἡ θὰ τήκεται διὰ μικροτέραν ἔντασιν ρεύματος, ὅπότε θὰ δυσχεραίνη τὴν ἐργασίαν μας, ἥ, καὶ αὐτὸς εἶναι τὸ σπουδαιότερον, θὰ τήκεται εἰς μεγαλυτέραν ἔντασιν ρεύματος ἀπὸ τὴν μεγίστην ἐπιτρεπομένην, ὅπότε εἰς ἔνα τυχαῖον βραχυκύλωμα ὑπάρχει κίνδυνος καταστροφῆς τοῦ κυκλώματος καὶ τῶν συσκευῶν, ἐφ' ὅσον δὲν θὰ τακῇ τὸ σύρμα καὶ δὲν θὰ διακοπῇ ἡ παροχὴ ρεύματος εἰς τὸ κύκλωμα.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

- 1. Αἱ περισσότεραι οἰκιακαὶ συσκευαὶ φωτισμοῦ καὶ θερμάνσεως εἶναι ἡλεκτρικαὶ καὶ ἐκμεταλλεύονται τὸ φαινόμενον Τζάουλ, ὅπως π.χ. οἱ λαμπτῆρες πυρακτώσεως, αἱ ἡλεκτρικαὶ θερμάστραι, αἱ ἡλεκτρικαὶ κουζίναι, οἱ θερμοσίφωνες, κλπ. Τὸ ίδιον πρᾶγμα συμβαίνει καὶ μὲν ὠρισμένα ὄργανα, ὅπως τὸ θερμικὸν ἀμπερόμετρον.**
- 2. Τὸ φαινόμενον Τζάουλ παρουσιάζει καὶ κινδύνους. Διὰ νὰ ἀποφεύγωμεν τὰς πυρκαϊάς καὶ γενικώτερον τὰς καταστροφὰς αἱ ὄποιαι δύνανται νὰ προκύψουν ἀπὸ μίαν ἀπρόοπτον ὑπερθέρμανσιν τῶν ἀγωγῶν καὶ τῶν συσκευῶν ἐνὸς κυκλώματος, χρησιμοποιοῦμεν τὰς ἡλεκτρικὰς ἀσφαλείας. Αὗται εἶναι λεπτὰ σύρματα, τὰ ὄποια τήκονται, ὅταν ἡ τιμὴ τῆς ἔντάσεως τοῦ ρεύματος ὑπεισθῇ τὴν ἐπιτρεπομένην τιμήν, ὅπότε διακόπεται ἡ παροχὴ καὶ ἀποτρέπεται ὁ κίνδυνος καταστροφῆς τῆς ἐγκαταστάσεως.**
- 3. Ἡ ἀπότομος αὔξησις τῆς ἔντάσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος εἰς ἔνα κύκλωμα, ὀνομάζεται βραχυκύλωμα καὶ ἔχει καταστρεπτικὰς συνεπείας.**
- 4. Εἶναι πολὺ ἐπικίνδυνον νὰ ἐπισκευάζωμεν μίαν κατεστραμμένην ἀσφάλειαν μὲν τοποθέτησιν ἐξωτερικοῦ σύρματος δι' ἐπαναχρησιμοποίησίν της.**

ΛΑ' — ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΣΠΟΥΔΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΣ ΕΝΟΣ ΑΓΩΓΟΥ

§ 148. Γενικότητες. Οι ήλεκτρικοί άγωγοι είναι συνήθως σύρματα μεταλλικά, κυλινδρικά καὶ δμογενῆ, κατασκευασμένα ἀπὸ καθαρὰ μέταλλα ἢ κράματα.

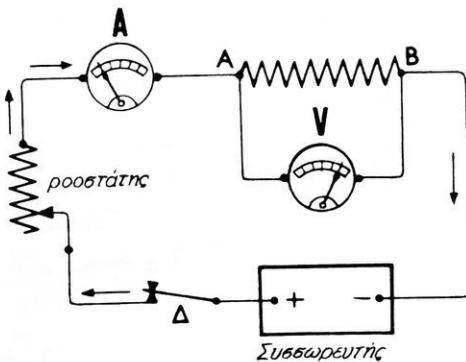
Εἰς προηγούμενον κεφάλαιον ἐξηγήσαμεν ὅτι ἡ ἀντίστασις, τὴν ὁποίαν προβάλλει εἰς τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ὁ ἄγωγός, διφεύλεται εἰς τὴν τριβὴν τῶν ἡλεκτρονίων κατὰ τὴν κίνησίν των μέσα εἰς τὴν μᾶζαν τοῦ μεταλλικοῦ ἄγωγοῦ. Ἡ τριβὴ ὅμως αὐτὴ δὲν είναι εἰς ὅλους τοὺς ἄγωγοὺς ἡ ίδια καὶ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ μετάλλου ἢ τοῦ κράματος. Ἐξαρτᾶται ὅμως, δπως θὰ ἴδωμεν, καὶ ἀπὸ τὸ μῆκος τοῦ ἄγωγοῦ καὶ ἀπὸ τὸ πάχος του. "Ωστε :

Ἡ ἀντίστασις ἐνὸς ἄγωγοῦ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ ἄγωγοῦ καὶ τὰς γεωμετρικὰς διαστάσεις του.

§ 149. Μεταβολὴ τῆς ἀντίστασεως ἐνὸς ἄγωγοῦ λόγῳ τοῦ μήκους του. Θὰ συγκρίνωμεν τὰς ἀντίστασεις ἄγωγῶν κατεσκευασμένων ἀπὸ τὸ ίδιον ύλικόν, οἱ ὁποῖοι ἔχουν τὴν ίδιαν διατομὴν (πάχος), διαφορετικά ὅμως μήκη.

Πείραμα. Πραγματοποιοῦμεν τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 141 καὶ ἀντικαθιστῶμεν διαδοχικῶς μεταξύ τῶν σημείων A καὶ B τὰς ἀντίστασεις τὰς ὁποίας πρόκειται νὰ συγκρίνωμεν.

Χρησιμοποιοῦμεν, π.χ., τρία σύρματα σιδηρονικέλιον, (δηλαδὴ ἄγωγοὺς τῆς ίδιας φύσεως), μὲ διάμετρον 0,5 mm, (δηλαδὴ μὲ τὴν ίδιαν διατομὴν), τὰ μήκη τῶν ὁποίων είναι 1 m, 2 m καὶ 3m.



Σχ. 141. Κύκλωμα διὰ τὴν μελέτην τῆς μεταβολῆς τῆς ἀντίστασεως ἐνὸς ἄγωγοῦ συναρτήσει τοῦ μήκους.

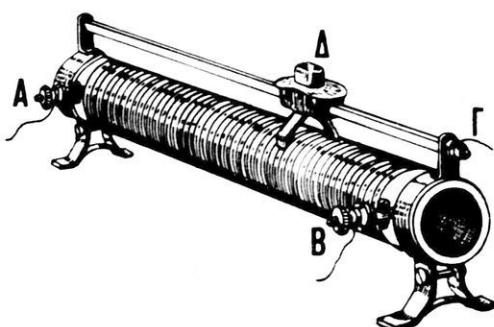
Μὲ τὴν βοήθειαν ἐνὸς ροοστάτου, ρυθμίζομεν τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος οὕτως, ὥστε νὰ εἰναι ἡ ἰδία εἰς ἑκάστην περίπτωσιν, πρᾶγμα τὸ δόποιον διευκολύνει τὴν σύγκρισιν. Τὰ ἀποτελέσματα τῶν μετρήσεών μας ἀναγράφονται εἰς τὸν ἀκόλουθον πίνακα.

Μῆκος (m)	1	2	3
Ἐντασις (A)	2	2	2
Διαφ. δυναμικοῦ (U)	8	16	24
$R = U/i (\Omega)$	4	$8 = 2 \cdot 4$	$12 = 3 \cdot 4$

”Οπως παρατηροῦμεν ὅταν διπλασιάζεται ἡ τριπλασιάζεται τὸ μῆκος τοῦ ἀγωγοῦ, διπλασιάζεται ἡ τριπλασιάζεται, ἀντιστοίχως, καὶ ἔντασίς του. ”Ωστε :

”Η ἀντίστασις ἐνὸς ἀγωγοῦ σύρματος, κατεσκευασμένου ἀπὸ ἕνα ὠρισμένον ὑλικόν, τὸ δόποιον ἔχει σταθερὰν διατομήν, εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ μῆκος τοῦ σύρματος.

§ 150. Ἐφαρμογή. Ροοστάτης. Οἱ ροοστάται εἰναι ρυθμιστικαὶ ἀντίστασεις, ἀντιστάσεις δηλαδὴ τῶν δόποιων ἡ τιμὴ ρυθμίζεται, ἀναλόγως πρὸς τὰς περιστάσεις, εἰς μίαν ἐπιθυμητὴν τιμήν. Ἀποτελοῦνται συνήθως ἀπὸ ἀγωγὸν σύρμα, τὸ δόποιον περιελίσσεται περὶ ἕνα μονωτικὸν σωλῆνα, ὅλη δὲ ἡ διάταξις διαθέτει τρεῖς ἀκροδέκτας (σχ. 142). Ἀπὸ αὐτοὺς οἱ Α καὶ Β ἀποτελοῦν τὰ ἄκρα τοῦ περιελιγμένου σύρματος, ἐνῷ ὁ Γ μίαν ἐνδιάμεσον λῆψιν, ἡ δοποία δύναται νὰ μεταβάλλῃ θέσιν, ὅταν μετακινήσωμεν τὸν δρομέα Δ. Πράγματι τὸ σημεῖον Γ καὶ ὁ δρομεὺς Δ συνδέονται μὲ τὸ μεταλλικὸν ἀγωγὸν



Σχ. 142. Ροοστάτης (ρυθμιστικὴ ἀντίστασις) μὲ δρομέα Δ.

τὸ σημεῖον Γ καὶ ὁ δρομεὺς Δ συνδέονται μὲ τὸ μεταλλικὸν ἀγωγὸν

στέλεχος (σχ. 143), τὸ ὄποιον παρουσιάζει ἀσήμαντον ἀντίστασιν.

Ο ροοστάτης συνδέεται ἐν σειρᾷ μὲ τὸ κύκλωμα ἀπὸ τὸ ἄκρον του Α καὶ τὴν ἐνδιάμεσον λῆψιν Γ. Ὅταν μετακινήσω-

μεν τὸν δρομέα, Δ, μεταβάλλομεν τὴν ἀντίστασιν καὶ ρυθμίζομεν τοιουτορόπως τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, τὸ δποῖον διαρρέει τὸ κύκλωμα μεταξὺ μιᾶς ἐλαχίστης τιμῆς, (ὅταν δ δρομεὺς εὐρίσκεται εἰς τὸ Β, δπότε τὸ ρεῦμα διαρρέει δλην τὴν ἀντίστασιν), καὶ μιᾶς μεγίστης, (ὅταν δ δρομεὺς εὐρίσκεται εἰς τὸ Α, δπότε δλη ἡ ἀντίστασις είναι ἔξω ἀπὸ τὸ κύκλωμα)

Ἄλλος τύπος ρυθμιζομένης ἀντιστάσεως είναι τὸ κιβώτιον ἀντιστάσεων ή, ὅπως ἀλλέως λέγεται, ἡ ρυθμιστικὴ ἀντίστασις μετὰ γόμφων (σχ. 144).

Εἰς τὴν ἀντίστασιν τοῦ τύπου αὐτοῦ, ἡ ρύθμισις ἐπιτυγχάνεται μὲ τὴν χρῆσιν μεταλλικῶν γόμφων, οἱ δποῖοι εισάγονται εἰς καταλήλους ὑποδοχάς καὶ θέτουν σύντος ἑκτὸς κυκλώματος τὰς ἀντιστάσεις, αἱ δποῖαι εύρισκονται κάτω ἀπὸ τὰς ὑποδοχάς.

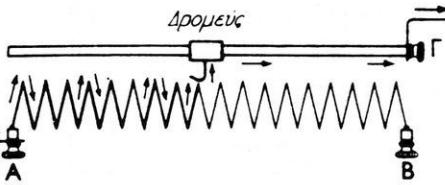
Εἰς τὸ σχῆμα 144 είναι ἑκτὸς κυκλώματος αἱ ἀντιστάσεις $10\ \Omega$ καὶ $2\ \Omega$ καὶ ἀπομένουν πρὸς χρῆσιν αἱ ἄλλαι ἀντιστάσεις $5\ \Omega$, $2\ \Omega$ καὶ $1\ \Omega$.

Αν είχον ἔχαχθη δλοι οἱ γόμφοι, θὰ ἐχρησιμοποιούντο δλαι αἱ ἀντιστάσεις δηλαδή :

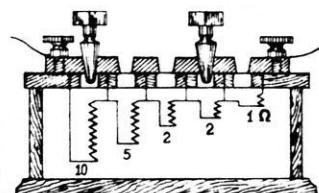
$$10\ \Omega + 5\ \Omega + 2\ \Omega + 2\ \Omega + 1\ \Omega = 20\ \Omega$$

§ 151. Μεταβολὴ τῆς ἀντιστάσεως ἀγωγοῦ συναρτήσει τῆς διατομῆς του. Θά συγκρίνωμεν τώρα τὰς ἀντιστάσεις ἀγωγῶν οἱ δποῖοι διαφέρουν μόνον εἰς τὴν διατομήν των.

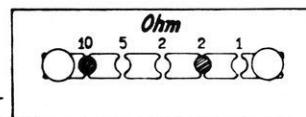
Πείραμα. Εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ σχῆματος 141 ἀντικαθιστῶμεν διαδοχικῶς μεταξὺ τῶν σημείων Α καὶ Β, τρία ἴσομήκη ἀγωγά σύρματα, π.χ. ἀπὸ σιδηρονικέλιον, μὲ κοινὸν μῆκος 1 m, ΙΙ τὰ δποῖα ἔχουν διαμέτρους 0,5 mm, 1 mm καὶ 2 mm.



Σχ. 143. Πορεία τοῦ ρεύματος ἐντὸς τοῦ ροοστάτου.



I



Σχ. 144. Κιβώτιον ἀντιστάσεων ρυθμισμένον διὰ $8\ \Omega$.

Διατηρούντες μίαν σταθεράν έντασιν ρεύματος, ίσην έστω πρὸς 0,5 A, μετροῦμεν εἰς έκαστην περίπτωσιν τὴν ἀντίστοιχον διαφορὰν δυναμικοῦ καὶ ὑπολογίζομεν τὴν ἀντίστασιν καταστρώνοντες τὸν ἀκόλουθον πίνακα :

Διάμετρος (mm)	0,5	1	2
Τομή (mm ²)	$\pi/16$	$\pi/4$	π
Έντασις (A)	0,5	0,5	0,5
Διαφορὰ δυναμικοῦ (U)	2	0,5	0,125
R = U/i (Ω)	4	1	0,250

Όπως παρατηροῦμεν, δταν ἡ διατομὴ γίνη 4 φοράς μεγαλυτέρα :

$$\left(\frac{\pi}{4} = 4 \cdot \frac{\pi}{16} \text{ καὶ } \pi = 4 \cdot \frac{\pi}{4} \right)$$

ἡ ἀντίστασις γίνεται τέσσαρας φοράς μικροτέρα (1=4:4, καὶ 0,25=1:4). Ωστε :

Ἡ ἀντίστασις ἐνὸς ἀγωγοῦ, κατεσκευασμένου ἀπὸ ώρισμένον ὄλικὸν καὶ ὁ ὅποιος ἔχει σταθερὸν μῆκος, εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὴν διατομὴν του.

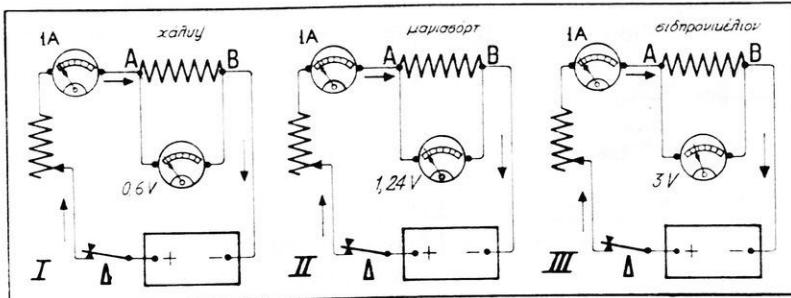
§ 152. Σχέσις μεταξὺ ἀντιστάσεως, μήκους καὶ διατομῆς ἐνὸς ἀγωγοῦ. Γνωρίζομεν ὅτι, δταν ἔνα μέγεθος εἶναι ἀνάλογον πρὸς δύο ἄλλα ἀνεξάρτητα μεγέθη, τὸ μέγεθος αὐτὸς εἶναι ἀνάλογον καὶ πρὸς τὸ γινόμενόν των.

Συνεπῶς ἡ ἀντίστασις R ἐνὸς ἀγωγοῦ ἐφ' ὅσον εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ μῆκος l τοῦ ἀγωγοῦ καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὴν διατομὴν του S η, ὅπερ τὸ αὐτὸν, ἀνάλογος πρὸς τὸ 1/S τοῦ ἀγωγοῦ, θὰ εἶναι ἀνάλογος καὶ πρὸς τὸ γινόμενον l/S, δηλαδὴ πρὸς τὸ l/S.

Αὐτὸν σημαίνει ὅτι ὑφίσταται ἔνας σταθερὸς λόγος μεταξὺ τῶν R καὶ l/S, δταν μεταβάλλωνται μόνον αἱ διαστάσεις.

Ἐχει ἐπικρατήσει ἡ συνήθεια διεθνῶς νὰ παριστάνωμεν μὲ τὸ ἑλ-ληνικὸν γράμμα ρ τὴν τιμὴν τοῦ λόγου αὐτοῦ. Ωστε εἶναι :

$$R / \frac{l}{S} = \rho \quad \text{η} \quad R = \rho \cdot \frac{l}{S}$$



Σχ. 145. Η άντιστασις ένός άγωγού εξαρτάται από το ύλικόν κατασκευής του.

§ 153. Μεταβολὴ τῆς ἀντιστάσεως ἐνὸς ἄγωγοῦ λόγῳ τῆς φύσεως τοῦ ὑλικοῦ του. Θὰ συγκρίνωμεν τὰς ἀντιστάσεις τριῶν ἄγωγῶν, μήκους 0,50 m καὶ διαμέτρου 0,4 mm, οἱ ὅποιοι εἰναι κατεσκευασμένοι ἀπὸ χάλυβα, μαγιεσόρτ (χαλκοψευδαργυρονικέλιον, Cu 60%, Zn 25%, Ni 15%) καὶ σιδηρονικέλιον (Fe 75%, Ni 25%). Οἱ ἄγωγοι δηλαδὴ διαφέρουν μόνον κατὰ τὸ ύλικόν τῆς κατασκευῆς των.

Πείραμα. Εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 141 ἀντικαθιστᾶμεν διαδοχικῶς μεταξὺ τῶν σημείων A καὶ B, τὰ σύρματα τὰ ὅποῖα ἀνεφέρομεν (σχ. 145).

Κλείομεν τὸν διακόπτην, διατηροῦμεν μίαν σταθερὰν ἔντασιν ρεύματος, ἵσην ἔστω πρὸς 1A, μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ ροοστάτου, μετροῦμεν εἰς ἑκάστην περίπτωσιν τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ καὶ ὑπολογίζομεν τὴν ἀντίστοιχον ἀντίστασιν, καταστρώνοντες τὸν ἀκόλουθον πίνακα μὲ τὰς μετρήσεις καὶ τοὺς ὑπολογισμούς μας.

Φύσις τοῦ ἄγωγοῦ	χάλυψ	μαγιεσόρτ	σιδηρονικέλιον
Διαφ. δυναμ. (V)	0,6	1,24	3
*Ἐντασις (A)	1	1	1
R = U/i (Ω)	0,6	1,24	3

"Οπως παρατηροῦμεν, τὰ τρία σύρματα, μολονότι ἔχουν τὰς ἴδιας γεωμετρικὰς διαστάσεις, παρουσιάζουν διαφορετικὰς ἀντιστάσεις εἰς τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα.

‘Η ἀντίστασις τοῦ σιδηρονικελίου εἶναι μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν ἀντίστασιν τοῦ μαγιεσόρτ καὶ αὐτὴ μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν ἀντίστασιν τοῦ χάλυβος. Ὡστε :

‘Η ἀντίστασις ἐνὸς ἀγωγοῦ ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ ὑλικοῦ του.

§ 154. Εἰδικὴ ἀντίστασις. Ἀνεφέρομεν ὅτι ὁ λόγος ρ διατηρεῖ σταθεράν τιμήν, δταν μεταβάλλωνται αἱ διαστάσεις ἐνὸς ἀγωγοῦ, κατεσκευασμένου ἀπὸ ἑνα ὠρισμένον ὑλικόν.

‘Αντιστρόφως ἂν συγκρίνωμεν τὰς ἀντιστάσεις δύο ἀγωγῶν, κατεσκευασμένων ἀπὸ διαφορετικὰ ὑλικά, οἱ δποιοι ὅμως παρουσιάζουν τὰς ίδιας 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 ίδιας γεωμετρικὰς διαστάσεις, θὰ διαπιστώσωμεν ὅτι δ ἀγωγὸς ἀπὸ τὸ σύρμα τοῦ σιδηρονικελίου παρουσιάζει δκταπλασίαν ἀντίστασιν ἀπὸ τὸν σιδηροῦν ἀγωγόν.

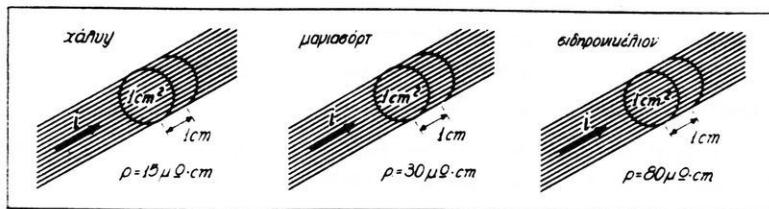
‘Ο συντελεστὴς ρ, ὁ ὄποιος ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ ὑλικοῦ κατεσκευῆς τοῦ ἀγωγοῦ, δνομάζεται εἰδικὴ ἀντίστασις τοῦ ἀγωγοῦ.

‘Υπολογισμὸς τῆς εἰδικῆς ἀντιστάσεως. Εἰς τὸν τύπον $R = \rho l/S$ ἐκφράζομεν τὸ μῆκος τοῦ ἀγωγοῦ εἰς ἑκατοστόμετρα, τὴν διατομὴν του εἰς τετραγωνικὰ ἑκατοστόμετρα καὶ τὴν ἀντίστασίν του εἰς μονάδας ‘Ωμ.

‘Εὰν εἰς τὸν ἀνωτέρω τύπον θέσωμεν $l=1 \text{ cm}$, $S=1 \text{ cm}^2$, εύρισκομεν δτι :

‘Ωστε :

‘Η εἰδικὴ ἀντίστασις ἐνὸς ἀγωγοῦ εἶναι ἀριθμητικῶς ἵση πρὸς τὴν ἀντίστασιν ἐνὸς κυλίνδρου, κατεσκευασμένου ἀπὸ τὸν ἀγωγὸν αὐτόν, δ ὄποιος ἔχει μῆκος 1 cm καὶ διατομὴν 1 cm^2 (εἰς θερμοκρασίαν 15°C) (σχ. 146).



Σχ. 146. Ειδική άντιστασις διαφόρων ύλικών.

Μονάς ειδικής άντιστάσεως. Όταν $R = \rho \cdot l / S$ δταν λυθῇ ως πρὸς ρ δίδει :

$$\rho = R \cdot \frac{S}{l}$$

Ἐάν θέσωμεν $R = 1\Omega$, $S = 1 \text{ cm}^2$ και $l = 1 \text{ cm}$, εύρισκομεν τὴν μονάδα τῆς ειδικῆς άντιστάσεως. Ὡστε :

Ἡ μονὰς ειδικῆς άντιστάσεως είναι ἵση μὲ τὴν ειδικὴν άντιστασιν ἐνὸς ύλικοῦ, τὸ δποῖον εἰς κυλινδρικὸν ἀγωγόν, μήκους 1 cm και διατομῆς 1cm², παρουσιάζει άντιστασιν 1 Ω.

Ἡ μονὰς αὐτῇ δονομάζεται **"Ωμ-έκατοστόμετρον (Ω · cm)"**.

Συνήθως χρησιμοποιοῦμεν τὸ ύποπολλαπλάσιον τῆς μονάδος αὐτῆς, τὸ μικρο-ώμ-έκατοστόμετρον ($\mu\Omega \cdot \text{cm}$), ἴσονμὲ τὸ ἔνα ἑκατομμυριοστὸν τῆς βασικῆς μονάδος.

Δηλαδὴ είναι :

$$1 \Omega \cdot \text{cm} = 10^6 \mu\Omega \cdot \text{cm}$$

Παρατήρησις. Οἱ καλοὶ ἀγωγοὶ είναι σώματα τὰ δποῖα ἔχον πολὺ μικρὰν τιμὴν ειδικῆς άντιστάσεως (ἄργυρος, χαλκός, ἀργιλίον). Ἀντι-

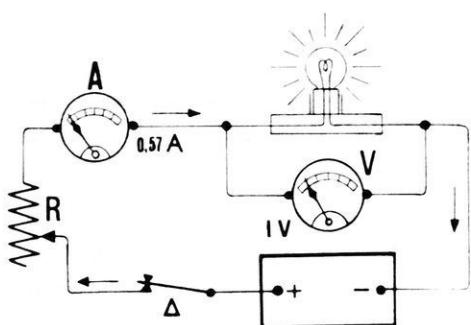
Παράδειγμα ειδικῶν άντιστάσεων διαφόρων ύλικῶν και κραμάτων εἰς μΩ · cm			
Ἄργυρος	1,5	Μαγιεσόρτ	30
Χαλκός	1,6	Κονσταντάνη	50
Σίδηρος	10	Σιδηρονικέλιον	80
Νικέλιον	12	Υδράργυρος	94
Μόλυβδος	20	Χρωμονικελίνη	137

θέτως τὸ σιδηρονικέλιον καὶ ἡ χρωμονικελίνη εἶναι κράματα, τὰ δόποια παρουσιάζουν μεγάλην ἀντίστασιν. Δι' αὐτὸν ἀκριβῶς τὸν λόγον τὰ χρησιμοποιοῦμεν εἰς τὰς περιπτώσεις κατὰ τὰς δόποιας ἐπιζητοῦμεν ἔκλυσιν μεγάλων ποσοτήτων θερμότητος.

Αριθμητικὸν παράδειγμα. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀντίστασις ἐνὸς χαλκίνου σύρματος μῆκους 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, δηλαδὴ: $\rho = 1,6 \mu\Omega \cdot \text{cm} = 1,6 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$, $l = 1000 \text{ m} = 100000 \text{ cm} = 10^5 \text{ cm}$, $S = \pi \cdot 0.05^2 = 0,0025 \cdot \pi \text{ cm}^2$ (διότι ἐφ' ὅσον ἡ διάμετρος εἶναι 1 mm = 0,1 cm, ἡ ἀκτις θὰ είναι 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 τοῦ φωτεινὴν ἰσχύν.

Σημειοῦντες διὰ διαφόρους τιμάς τῆς ἐντάσεως τὰς ἀντιστοίχους τιμάς τῆς τάσεως, ὑπολογίζομεν τὴν ἀντίστασιν καὶ καταστρώνομεν τὸν ἀκόλουθον πίνακα :

Ἐντασίς (A)	0,57	1	1,2
Διαφ. δυναμικοῦ (V)	1	3,8	6
Ἀντίστασις $R = U/i (\Omega)$	1,7	3,8	5

"Οπως παρατηροῦμεν ή άντιστασις του νήματος πυρακτώσεως αύξανεται δσον γίνεται φωτεινότερον τὸ νήμα. Τὸ νήμα δμως φωτοβολεῖ ἐντονότερον, δταν ύψωνεται ή θερμοκρασία του. "Ωστε :

‘Η άντιστασις ἐνδὸς ἀγωγοῦ αύξανεται δταν ύψωνεται ή θερμοκρασία του.

Τὸν ἀνωτέρω νόμον δὲν ἀκολουθοῦν δ ἄνθραξ καιὶ οἱ ἡλεκτρολύται. "Οταν ύψωνεται ή θερμοκρασία τῶν σωμάτων αὐτῶν, ἐλαττώνεται ή άντιστασίς των.

A N A K E F A L A I Ω S I S

1. 'Η άντιστασις ἐνδὸς ἀγωγοῦ ἔξαρταται ἀπὸ τὴν φύσιν του ἀγωγοῦ καιὶ τὰς διαστάσεις του.

2. 'Η άντιστασις ἐνδὸς ἀγωγοῦ σύρματος εἰναι : α) ἀνάλογος πρὸς τὸ μῆκος του, β) ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὴν διατομήν του, καιὶ γ) ἔξαρταται ἀπὸ τὸ ὑλικὸν κατασκευῆς του ἀγωγοῦ.

3. 'Η εἰδικὴ άντιστασις ρ ἐνδὸς ἀγωγοῦ σύρματος εἰναι ἀριθμητικῶς ἵση πρὸς τὴν άντιστασιν ἐνδὸς ὑλικοῦ, τὸ ὅποιον εἰς κυλινδρικὸν ἀγωγόν, μήκους 1 cm καιὶ διατομῆς 1 cm², παρουσιάζει άντιστασιν 1 Ω.

4. Μεταξὺ τῆς άντιστάσεως R, τῆς εἰδικῆς άντιστάσεως ρ, του μήκους l καιὶ τῆς διατομῆς S ἐνδὸς ἀγωγοῦ, ύφεσταται ή σχέσις:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S}$$

5. Μονάς εἰδικῆς άντιστάσεως εἰναι τὸ 1 Ω · cm.

6. 'Η άντιστασις ἐνδὸς ἀγωγοῦ αύξανεται, δταν ύψωνεται ή θερμοκρασία του. Τὸ άντιθετον συμβαίνει μὲ τὸν ἄνθρακα καιὶ τοὺς ἡλεκτρολύτας.

A S K H S E I S

135. Σύρμα ἀπὸ σιδηρονικέλιον ἔχει μῆκος 10 cm καιὶ ἐμβαδὸν διατομῆς 0,2 mm². 'Η εἰδικὴ άντιστασις του σιδηρονικέλιον εἰναι 30 μΩ · cm. Νὰ ώπολογισθῇ ή άντιστασις του σύρματος.

(Απ. R=0,15 Ω.)

136. 'Η άντιστασις μὲ τὴν ὅποιαν θερμαίνεται ἔνα ἡλεκτρικὸ σίδερο εἰναι 40 Ω. Διὰ νὰ τὴν άντικαταστήσωμεν χρησιμοποιοῦμεν σύρμα ἐμβαδοῦ διατομῆς 0,005

cm^2 και ειδικής άντιστάσεως $50 \mu\Omega \cdot \text{cm}$. Νά ύπολογισθῇ τὸ μῆκος τοῦ σύρματος, τὸ ὅποιον πρέπει νὰ χρησιμοποιήσωμεν.

('Απ. 10 m.)

137. Νά ύπολογισθῇ εἰς τετραγωνικά χιλιοστά τὸ ἐμβαδὸν τῆς διατομῆς ἐνὸς ἀγωγοῦ, ὁ ὅποιος ἔχει ἀντίστασιν $0,1 \Omega$. καὶ μῆκος $12,56 \text{ m}$. Ἡ ειδικὴ ἀντίστασις τοῦ μετάλλου ἀπὸ τὸ ὅποιον εἶναι κατεσκενασμένος ὁ ἀγωγὸς εἶναι $40 \mu\Omega \cdot \text{cm}$.

('Απ. $50,24 \text{ mm}^2$.)

138. "Ενα καλώδιον ἀπὸ χαλκὸν ἔχει ειδικὴν ἀντίστασιν $\varrho = 1,6 \mu\Omega \cdot \text{cm}$, κυκλικὴν διατομὴν διαμέτρου 1 mm καὶ μῆκος 50 m . α) Νά ύπολογίσετε τὴν ἀντίστασιν τοῦ. β) Νά ύπολογίσετε τὴν ποσότητα τῆς θερμότητος, ἡ̄ ὅποια ἐλευθερώνεται, ἐὰν ἐπὶ 1 οὐραν τὸ καλώδιον διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως $0,5 \text{ A}$.

('Απ. α' 1Ω , περίπου. β' $214,2 \text{ cal}$, περίπου).

139. Νά εὑρεθῇ τὸ μῆκος σύρματος, τὰ ἄκρα τοῦ ὅποιον ὅταν συνδεθοῦν μὲ πηγὴν τάσεως 120 V διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 2 A . Δίδονται: Ἡ ειδικὴ ἀντίστασις τοῦ σύρματος: $\varrho = 30 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ καὶ ἡ διάμετρος τῆς κυκλικῆς διατομῆς τοῦ καλωδίου $d = 0,1 \text{ mm}$.

('Απ. $1,5 \text{ m}$, περίπου.)

140. "Ενα καλώδιον ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ἔχει μῆκος 5 m , ἐμβαδὸν διατομῆς 1 mm^2 , ἡ δὲ ἀντίστασίς του εἶναι 4Ω . α) Νά ύπολογίσετε τὴν ἀντίστασιν ἐνὸς καλωδίου ἀπὸ τὸ ἴδιον υλικόν, τῆς ἴδιας διατομῆς, ἀλλὰ μῆκος 12 m . β) Νά ύπολογίσετε τὴν ἀντίστασιν ἐνὸς καλωδίου, ἀπὸ τὸ ἴδιον πάλιν υλικόν, μῆκος 5 m ἀλλὰ ἐμβαδὸν διατομῆς 3 mm^2 . γ) Νά ύπολογίσετε τὴν ειδικὴν ἀντίστασιν τοῦ κράματος, τὸ ὅποιον χρησιμοποιοῦμεν διὰ τὴν κατασκενήν αὐτῶν τῶν καλωδίων.

('Απ. α' $9,6 \Omega$. β' $1,33 \Omega$. γ' $80 \mu\Omega \cdot \text{cm}$)

141. "Ενα κύκλωμα περιλαμβάνει συνδεδεμένας ἐν σειρᾷ τὰς ἀκολούθους συσκενάς: Μίαν γεννήτριαν, ἑνα ἀμπερόμετρον καὶ μίαν ἀντίστασιν. α) Νά ύπολογίσετε τὴν τιμὴν τῆς ἀντίστασεως R , γνωρίζοντες δὲτι ἀποτελεῖται ἀπὸ σύρμα μὲ διάμετρον $0,4 \text{ mm}$, μῆκος $78,5 \text{ cm}$ καὶ ειδικὴν ἀντίστασιν $80 \mu\Omega \cdot \text{cm}$. β) "Ενα βολτόμετρον συνδεδεμένον εἰς τὰ ἄκρα τῆς ἀντίστασεως R δεικνύει διαφορὰν δυναμικοῦ 20 Volt . Ποία θὰ εἶναι ἡ ἔνδειξις τοῦ ἀμπερομέτρου.

('Απ. α' 5Ω . β' 4 A)

ΑΒ' — ΣΥΝΔΕΣΙΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ

§ 156. Γενικότητες. "Οταν περισσότεραι τῆς μιᾶς ἀντιστάσεις παρατίθενται εἰς ἓνα κύκλωμα, εἰς τρόπον ὥστε νὰ διαρρέωνται ἀπὸ τὸ ἴδιον ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, λέγομεν δὲτι αἱ ἀντιστάσεις αὗται εἶναι συνδεδεμέναι ἐν σειρᾷ.

"Υπάρχει δμως καὶ ἑνας ἄλλος τρόπος συνδέσεως ἀντιστάσεως, κατὰ τὸν δημοίον αἱ ἀντιστάσεις σχηματίζουν διακλαδώσεις καὶ δὲν

διαρρέονται άπό τὸ ἴδιον ρεῦμα. Ἡ σύνδεσις αὐτὴ λέγεται σύνδεσις κατὰ διακλάδωσιν ἢ ἐν παραλήλῳ.

§ 157. Σύνδεσις ἐν σειρᾷ. Πείραμα. Συνδέομεν μερικές ἡλεκτρικάς ἀντιστάσεις ἐν σειρᾷ, π.χ. μίαν ἡλεκτρικὴν θερμάστραν,

Σχ. 148. Αἱ ἀντίστασεις ἐν σειρᾷ προστίθενται.
ἔνα λαμπτῆρα καὶ ἔνα ροοστάτην (σχ. 148), καὶ τὰς τροφοδ οτοῦμεν μὲ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, τὴν ἔντασιν τοῦ ὅποιου, ἔστω $i = 0,5 \text{ A}$, μετρεῖ ἔνα ἀμπερόμετρον. Διὰ νὰ ὑπολογίσωμεν τὴν ἀντίστασιν ἐκάστης συσκευῆς κεχωρισμένως, μετροῦμεν μὲ ἔνα βολτόμετρον τὴν τάσιν, ἡ ὅποια ἐπικρατεῖ εἰς τὰ ἄκρα τῆς καὶ ἀκολούθως ἐφαρμόζομεν τὸν τύπον $R = U/i$.

Μετροῦντες τὰς τάσεις αἵτινες ἐπικρατοῦν εἰς τὰ σημεῖα A , B , Γ , Δ , εύρισκομεν ὅτι :

$$U_A - U_B = U_1 = 20 \text{ V}, \quad U_B - U_\Gamma = U_2 = 65 \text{ V}, \\ U_\Gamma - U_\Delta = U_3 = 30 \text{ V}.$$

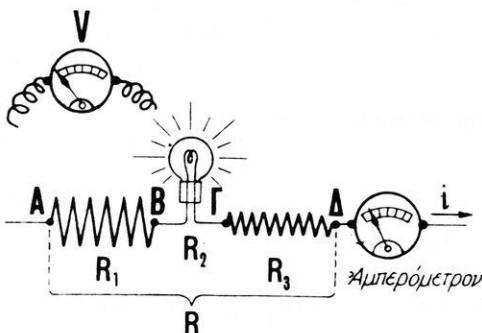
Συνεπῶς θὰ ἔχωμεν :

$$R_1 = \frac{U_1}{i} = \frac{20}{0,5} = 40 \Omega$$

$$R_2 = \frac{U_2}{i} = \frac{65}{0,5} = 130 \Omega$$

$$R_3 = \frac{U_3}{i} = \frac{30}{0,5} = 60 \Omega.$$

Ἡ ἀντίστασις R τῶν τριῶν συσκευῶν, ὅταν θεωρηθοῦν ὡς μία διάταξις, ἡ ἀντίστασις δηλαδὴ ἡ ὅποια περιλαμβάνεται μεταξὺ τῶν σημείων A καὶ Δ τοῦ κυκλώματος, δονομάζεται δλικὴ ἀντίστασις τῶν τριῶν συσκευῶν καὶ ὑπολογίζεται μὲ ἐφαρμογὴν τοῦ τύπου $R = U/i$, ὅπου μὲ U παριστᾶται ἡ τάσις μεταξὺ τῶν σημείων A καὶ Δ , δηλαδὴ ἡ $U_A - U_\Delta$.



Όπως δημοσιεύουμεν, αἱ τάσεις, δταν είναι διαδοχικαὶ, προστίθενται. Έπομένως θὰ ἔχωμεν δτι :

$$U = U_1 + U_2 + U_3 = 20 + 65 + 30 = 115V$$

καὶ συνεπῶς θὰ είναι :

$$R = \frac{U}{i} = \frac{115}{0,5} = 230 \Omega.$$

Άν προσθέσωμεν δημοσιεύουμεν τας τρεῖς άντιστάσεις R_1 , R_2 καὶ R_3 , εύρισκομεν :

$$R_1 + R_2 + R_3 = 40 + 130 + 60 = 230 \Omega.$$

Ωστε θὰ ἀληθεύῃ ἡ σχέσις :

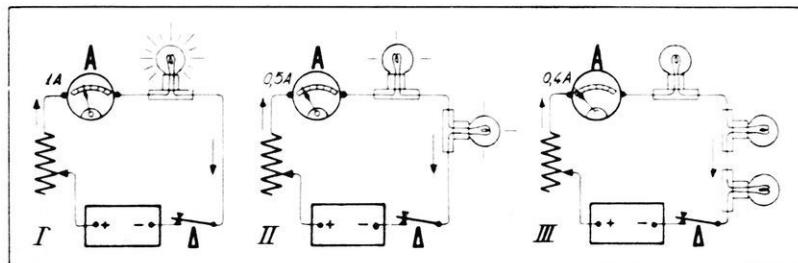
$$R_{\text{tot}} = R_1 + R_2 + R_3$$

Ή ισότης εἰς τὴν ὅποιαν κατεληξάμεν ἐκφράζει δτι:

Ή δηλική άντιστασις (P_{ohm}) μιᾶς ομάδος άντιστάσεων, αἱ ὅποιαι είναι συνδεδεμέναι ἐν σειρᾷ, είναι ίση μὲ τὸ ἄθροισμα αὐτῶν τῶν άντιστάσεων.

§ 158. Μεταβολὴ τῆς ἑντάσεως. Πείραμα. Εἰς Ἑνα κήλεκτρικὸν κύκλωμα συνδέομεν ἐν σειρᾷ Ἑναν ροοστάτην, Ἑνα ἀμπερόμετρον καὶ Ἑνα λαμπτήρα. Ρυθμίζομεν τὸν ροοστάτην, ὥστε νά ἔχωμεν ἑντασιν ρεύματος 1 A καὶ κατόπιν συνδέομεν εἰς τὸ κύκλωμα δεύτερον καὶ τρίτον λαμπτήρα ἐν σειρᾷ (σχ. 149). Παρατηροῦμεν τὰ ἔξης: α) Ή φωτεινὴ ίσχυς τῶν λαπτήρων ἔξασθενίζει, β) ή ἑντασις τοῦ ρεύματος ἔλαττώνεται.

Έφ' δσον αἱ συσκευαι συνδέονται ἐν σειρᾳ, αὐξάνεται ή δηλική άντιστασις τοῦ



Σχ. 149. Ή ἑντασις τοῦ ρεύματος ἔλαττώνεται, δταν προσθέσωμεν εἰς τὸ κύκλωμα άντιστάσεις ἐν σειρᾳ.

κυκλώματος, άλλά δταν ό παρονομαστής ένδος κλάσματος μεγαλώνη, μικραίνει ή τιμή του κλάσματος. 'Επομένως συμπεραίνομεν δτι έφ' δσον $i = U/R$ και μεγαλώνει ή άντιστασις R , μικραίνει ή τιμή του κλάσματος, δηλαδή ή έντασις ι του ρεύματος. 'Οστε :

"Όταν συνδέωμεν εις ένα κύκλωμα συσκευάς έν σιρᾶ, έλαττώνεται ή έντασις του ρεύματος, τό όποιον διαρρέει το κύκλωμα.

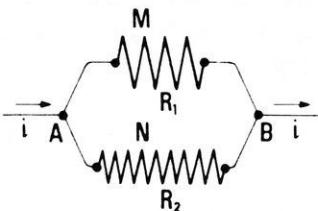
§ 159. Σύνδεσις άντιστάσεων παραλλήλως. Τα σημεῖα A και B ένδος κυκλώματος συνδέονται μὲ δύο άγωγούς AMB και ANB, τῶν όποιων αἱ άντιστάσεις είναι R_1 και R_2 άντιστοίχως (σχ. 150). Λέγομεν δτι αἱ δύο αὐταὶ άντιστάσεις είναι συνδεδεμέναι κατὰ διακλάδωσιν ή παραλλήλως. Γενικώτερον :

Δύο η περισσότεραι άντιστάσεις είναι συνδεδεμέναι κατὰ διακλάδωσιν ή παραλλήλως, δταν τὰ ἄκρα των καταλήγουν εις δύο κοινὰ σημεῖα του κυκλώματος.

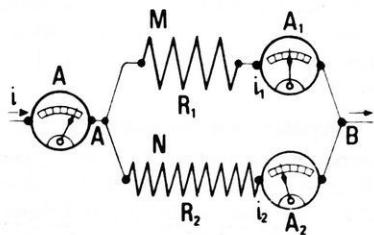
§ 160. Έντασις τῶν διακλαδιζομένων ρευμάτων. a) Τὸ κύριον ρεῦμα, έντασεως i , τὸ όποιον κυκλοφορεῖ εις τὸ κύκλωμα, διακλαδίζεται εἰς τὸ σημεῖον A και σχηματίζει δύο ρεύματα, μὲ έντασεις i_1 και i_2 , τὰ δόποια διαρρέουν τὰς δύο διακλαδιδομένας άντιστάσεις. Τὰ ρεύματα αὐτὰ ένώνονται και πάλιν εἰς τὸ σημεῖον B (σχ. 151).

"Αν μετρήσωμεν τὴν έντασιν i του κυρίου ρεύματος μὲ τὸ ἀμπερόμετρον A και τὰ έντασεις i_1 και i_2 μὲ τὰ ἀμπερόμετρα A_1 και A_2 θὰ διαπιστώσωμεν δτι :

'Η έντασις i του κυρίου ρεύματος είναι ίση μὲ τὸ ἀθροισμα τῶν έντασεων i_1 και i_2 τῶν διακλαδιζομένων ρευμάτων.



Σχ. 150. Άντιστάσεις συνδεδεμέναι παραλλήλως.



Σχ. 151. Τὸ ἀθροισμα τῶν έντασεων τῶν διακλαδιζομένων ρευμάτων ίσονται πρὸς τὴν έντασιν του κυρίου ρεύματος.

Δηλαδή έχομεν δτι : $i = i_1 + i_2$

β) Κατανομή του κυρίου ρεύματος εἰς τὰς παραλλήλους άντιστάσεις. Έστω δτι αἱ παραλλήλοι άντιστάσεις τοῦ προηγουμένου σχήματος έχουν τιμὰς $R_1 = 30 \Omega$ καὶ $R_2 = 90 \Omega$, δηλαδή :

$$R_1 = \frac{1}{3} R_2 \quad \text{ἢ} \quad \frac{R_1}{R_2} = \frac{1}{3}$$

Μὲ τὰ ἀμπερόμετρα A_1 καὶ A_2 μετροῦμε τὰς ἐντάσεις τῶν άντιστοίχων ρευμάτων i_1 καὶ i_2 καὶ εὑρίσκομεν δτι : $i_1 = 0,6 \text{ A}$ καὶ $i_2 = 0,2 \text{ A}$.

Όπως παρατηροῦμεν τὸ ρεῦμα i_1 εἶναι τριπλάσιον ἀπὸ τὸ ρεῦμα i_2 . Δήλαδή :

$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{3}{1}$$

Απὸ τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν δτι δ λόγος τῶν ἐντάσεων τῶν δύο ρευμάτων εἶναι ἵσος μὲ τὸ άντιστροφὸν τοῦ λόγου τῶν άντιστάσεων τὰς δροίας διαρρέουν.

$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{R_2}{R_1}, \quad \text{ἢ} \quad i_1 \cdot R_1 = i_2 \cdot R_2$$

Ωστε :

Αἱ ἐντάσεις τῶν διακλαδιζομένων ρευμάτων εἶναι άντιστρόφως ἀνάλογοι πρὸς τὰς άντιστάσεις τὰς δροίας διαρρέουν.

Παρατήρησις. Οἱ ἀνωτέρω τύπος $i_1 \cdot R_1 = i_2 \cdot R_2$ εἶναι συνέπεια τοῦ νόμου τοῦ Όμ. Πράγματι ἀν εἶναι U ἡ τάσις μεταξὺ τῶν σημείων A καὶ B καὶ ἔφαρμόσωμεν τὸν νόμον τοῦ Όμ εἰς ἑκάστην ἀπὸ τὰς παραλλήλους άντιστάσεις, θὰ ξωμεν δτι : $U = i_1 \cdot R_1$ καὶ $U = i_2 \cdot R_2$, ἀπὸ τὰς δροίας συμπεραίνομεν δτι : $i_1 \cdot R_1 = i_2 \cdot R_2$.

Άριθμητική ἔφαρμογή : Ενα ἡλεκτρικὸν ρεῦμα διακλαδίζεται εἰς δύο άντιστάσεις συνδεδεμένας παραλλήλως καὶ τῶν δροίων αἱ τιμαὶ εἶναι: $R_1 = 50 \Omega$, $R_2 = 3R_1$. Ή ἐντασίς τοῦ ρεύματος τὸ δροῖον διαρρέει τὴν πρώτην άντιστασιν εἶναι 3 A . Νά ύπολογισθοῦν : α) Ή ἐντασίς τοῦ ρεύματος τὸ δροῖον διαρρέει τὴν άντιστασιν R_2 καὶ β) η ἐντασίς τοῦ κυρίου ρεύματος.

Λύσις. α) Εφ' δσον ἡ R_2 εἶναι τριπλασία τῆς R_1 θὰ ξωμεν δτι : $R_2 = 3 \cdot 50 \Omega = 150 \Omega$.

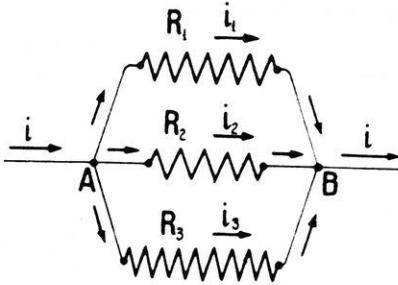
Έφαρμόζοντες τὸν τύπον $i_1 \cdot R_1 = i_2 \cdot R_2$, εύρισκομεν: $3 \cdot 50 = i_2 \cdot 150$.

Άρα :

$$i_2 = 1 \text{ A.}$$

β) Έπειδὴ $i = i_1 + i_2$ θὰ ἔχωμεν δτι:

$$i = 3 + 1 = 4 \text{ A.}$$



§ 161. Υπολογισμὸς τῆς δλικῆς ἀντιστάσεως μιᾶς δμάδος ἀντιστάσεων, συνδεδεμένων Δχ. 152. Αγωγοὶ συνδεδεμένοι παραλλήλως.

Όλικὴ ἀντίστασις ($R_{\text{ολ}}$) μιᾶς δμά.

δος ἀντιστάσεων R_1, R_2, R_3 , κλπ., συνδεδεμένων παραλλήλως μεταξὺ τῶν σημείων A και B, δυναμέται ή ἀντίστασις, ή ὅποια δταν τοποθετηθῇ εἰς τὴν θέσιν αὐτῶν τῶν ἀντιστάσεων, δὲν μεταβάλλει οὔτε τὴν έντασιν ι τοῦ κυρίου ρεύματος, οὔτε τὴν τάσιν ή ὅποια ἐπικρατεῖ εἰς τὰ σημεῖα A και B.

Ἐστω $R_{\text{ολ}}$ ή διλκὴ ἀντίστασις μιᾶς δμάδος τριῶν ἀντιστάσεων R_1, R_2, R_3 , συνδεδεμένων παραλλήλως (σχ. 152). Ή $R_{\text{ολ}}$ πρέπει νά ἔχῃ τοιαύτην τιμὴν ὥστε, συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τοῦ "Ωμ, νά ἔχωμεν :

$$U = R_{\text{ολ}} \cdot i \quad \text{ή} \quad i = \frac{U}{R_{\text{ολ}}}$$

"Αν ἔφαρμόσωμεν ἄλλωστε τὸν νόμον τοῦ "Ωμ, εἰς ἐκάστην ἀπὸ τὰς παραλλήλους ἀντιστάσεις, θὰ ἔχωμεν δτι :

$$U = R_1 \cdot i_1 \quad \text{ή} \quad i_1 = \frac{U}{R_1}, \quad U = R_2 \cdot i_2 \quad \text{ή} \quad i_2 = \frac{U}{R_2}, \quad U = R_3 \cdot i_3 \quad \text{ή} \quad i_3 = \frac{U}{R_3}.$$

Ἐπειδὴ δμῶς $i = i_1 + i_2 + i_3$ θὰ ισχύῃ ή σχέσις :

$$\frac{U}{R_{\text{ολ}}} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3}$$

ή ὅποια ἀπλοποιεῖται μὲ τὸ U καὶ γίνεται :

$$\frac{1}{R_{\text{ολ}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

"Οταν μία δμὰς ἀντιστάσεων R_1, R_2, R_3 , κλπ., είναι συνδεδεμέναι παραλλήλως, τὸ ἀντιστρόφον $1/R_{\text{ολ}}$ τῆς δλικῆς τῶν ἀντιστάσεως $R_{\text{ολ}}$ είναι ίσον μὲ τὸ διθροισμα τῶν ἀντιστρόφων $1/R_1, 1/R_2, 1/R_3$ κλπ. τῶν παραλλήλων ἀντιστάσεων.

Άριθμητικὴ ἔφαρμογή : Τρεῖς ἀντιστάσεις $R_1=2 \Omega, R_2=3 \Omega, R_3=5 \Omega$

είναι συνδεδεμέναι παραλλήλως. Νά εύρεθη ή διλική άντιστασις $R_{o\lambda}$ τών τριών παραλλήλων άντιστάσεων.

$$\text{Άνσις. Έχομεν δτι: } \frac{1}{R_{o\lambda}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$\text{ή } \frac{1}{R_{o\lambda}} = \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{5}, \quad \frac{1}{R_{o\lambda}} = \frac{31}{30}$$

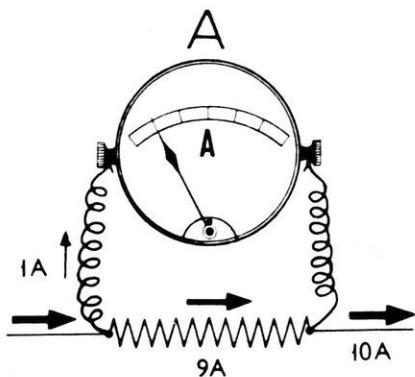
Δηλαδή :

$$R_{o\lambda} = \frac{30}{31} \Omega = 0,97 \Omega.$$

§ 162. Διακλάδωσις άμπερομέτρου. Τὰ ἀμπερόμετρα κατασκευάζονται συνήθως εἰς τρόπον ώστε νὰ δύνανται νὰ χρησιμοποιηθοῦν μέχρι μιᾶς ωριμένης ἐντάσεως ρεύματος.

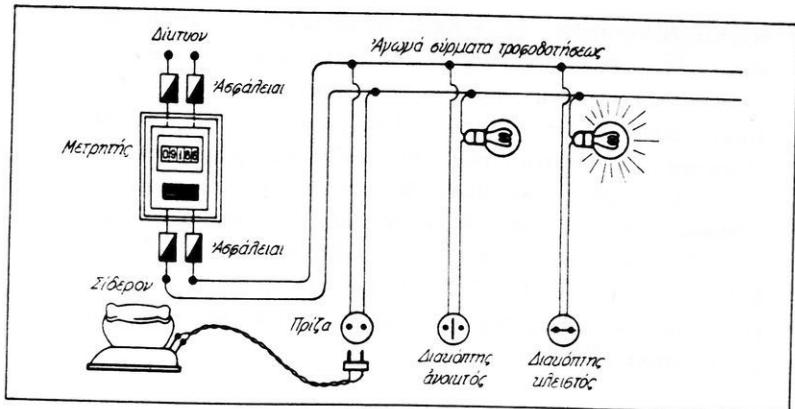
Δυνάμεθα δῆμας μὲν ἔνα ἀμπερόμετρον νὰ μετρήσωμεν καὶ ρεύματα μεγαλυτέρας ἐντάσεως, ἀπὸ ἐκείνην διά τὴν δόποιαν κατεσκευάσθη τὸ δργανον, ἐὰν συνδέσωμεν μίαν κατάλληλον ἀντίστασιν παραλλήλως (κατὰ διακλάδωσιν) πρὸς αὐτό.

Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἔνα μέρος τοῦ διλικού ρεύματος διαρρέει τὸ ἀμπερόμετρον, τὸ δὲ ὑπόλοιπον τὴν παραλλῆλον ἀντίστασιν, ἡ δόποια δονομάζεται διακλαδοσις τοῦ ἀμπερομέτρου (σχ. 153). Ἐνα ἀμπερόμετρον διακλαδισμένον, π.χ., εἰς τὸ δέκατον είναι ἔνα δργανον ἀπὸ τὸ δόποιον διέρχεται τὸ 1/10 τοῦ κυρίου ρεύματος. Ἐάν τὸ δργανον ἔχῃ μίαν μόνον κλίμακα καὶ δείκτης του δεικνύει π.χ. 2 A, τότε η ἐντασις τοῦ κυρίου ρεύματος είναι 20 A.



Σχ. 153. Ἀμπερόμετρον διακλαδισμένον εἰς τὸ δέκατον.

§ 163. Ἡλεκτρικὴ οἰκιακὴ ἐγκατάστασις. Εἰς τὸ σχῆμα 154 παριστάται ή διάταξις διανομῆς ρεύματος μὲ δύο ἀγωγούς. Ἡ ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια χορηγεῖται ἀπὸ τὸ γενικὸν δίκτυον διανομῆς καὶ πρὶν χρησιμοποιηθῇ διέρχεται ἀπὸ τὸν μετρητήν. Τὸ ρεῦμα ἐπίσης διαρρέει διαφόρους ἀσφαλείας, πρὶν καὶ μετά ἀπὸ τὸν μετρητήν, καὶ, ἀφοῦ διέλθῃ ἀπὸ τὸν γενικὸν διακόπτην, διοχετεύεται μὲ παχέα σύρματα εἰς τοὺς διαφόρους χώρους τῆς ἐγκαταστάσεως.



Σχ. 154. Κύκλωμα ηλεκτρικής οικιακής έγκαταστάσεως.

Αἱ διάφοροι συσκευαὶ καὶ οἱ λαμπτῆρες συνδέονται παραλλήλως μὲ τὰ σύρματα τροφοδοτήσεως, εἰς ἕκαστον δὲ λαμπτῆρα συνδυάζεται καὶ ἔνας διακόπτης. Ἡ παράλληλος σύνδεσις παρουσιάζει τὸ πλεονέκτημα ὅτι δυνάμεθα νὰ χρησιμοποιῶμεν τοὺς λαμπτῆρας ἢ τὰς συσκευὰς ἀνεξαρτήτως τὴν μίαν ἀπὸ τὴν ἄλλην.

A N A K E Φ A Λ A I Ω S I S

1. Δύο ἢ περισσότεραι ἀντιστάσεις εἶναι συνδεδεμέναι ἐν σειρᾶ ὅταν διαρρέωνται ἀπὸ τὸ ἴδιον ρεῦμα.
2. Ἡ δόλικὴ ἀντιστασὶς R_{ω} μιᾶς όμάδος ἀντιστάσεων R_1, R_2, R_3, \dots συνδεδεμένων ἐν σειρᾶ, εἶναι ἵση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἀντιστάσεων τῆς όμάδος. Δηλαδή :

$$R_{\omega} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

3. Ἡ σύνδεσις ἀντιστάσεων ἐν σειρᾶ προκαλεῖ μείωσιν τῆς ἑντάσεως τοῦ ρεύματος τοῦ κυκλώματος.

4. Δύο ἢ περισσότεραι ἀντιστάσεις εἶναι συνδεδεμέναι παραλλήλως, ὅταν τὰ ἄκρα των καταλήγουν εἰς δύο κοινὰ σημεῖα

τοῦ κυκλώματος. Αἱ ἀντιστάσεις αὗται δὲν διαρρέονται ἀπὸ τὸ ίδιον ρεῦμα, εἰς τὰ ἄκρα των ὅμως ἐπικρατεῖ ἡ ίδια τάσις.

5. Ὄταν εἰς ἔνα σημεῖον ἐνὸς κυκλώματος σχηματίζεται διακλαδωσις, ἡ ἐντασις τοῦ κυρίου ρεύματος εἶναι ἵση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἐντάσεων τῶν διακλαδιζομένων ρευμάτων.

6. Αἱ ἐντάσεις τῶν διακλαδιζομένων ρευμάτων εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογοι πρὸς τὰς ἀντιστάσεις τὰς ὅποιας διαρρέουν.

7. Τὸ ἀντιστροφὸν $1/R_{\text{ολ}}$ τῆς ὀλικῆς ἀντιστάσεως $R_{\text{ολ}}$, μιᾶς δομάδος ἀντιστάσεων R_1, R_2, R_3 , κλπ. συνδεδεμένων παραλλήλων, εἶναι ἵσον μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἀντιστρόφων τῶν παραλλήλων ἀντιστάσεων. Δηλαδή :

$$\frac{1}{R_{\text{ολ}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

142. Ἔνας θερμοσίφων περιέχει τρεῖς ἀντιστάσεις $R_1 = 20 \Omega$, $R_2 = 30 \Omega$ καὶ $R_3 = 60 \Omega$. Ὁ θερμοσίφων λειτουργεῖ μὲ διαφορὰν διναμικοῦ 110 Volt. Νὰ ἐπολογισθῇ ἡ ὀλικὴ τῶν ἀντιστάσεων εἰς τὰς ἀκολούθους περιπτώσεις : α) Καὶ αἱ τρεῖς ἀντιστάσεις συνδέονται ἐν σειρᾷ. β) Ἡ ἀντιστασις R_1 εἶναι συνδεδεμένη ἐν σειρᾷ μὲ τὸ σύστημα τῶν ἀντιστάσεων R_2 καὶ R_3 , αἱ ὅποιαι εἶναι συνδεδεμέναι μεταξὺ των παραλλήλων. γ) Αἱ τρεῖς ἀντιστάσεις εἶναι συνδεδεμέναι παραλλήλως. Νὰ σχεδιασθοῦν καὶ αἱ τρεῖς περιπτώσεις. (*Απ. α' 110 Ω. β' 40 Ω. γ' 10 Ω.*)

143. Νὰ μελετηθοῦν ὅλαι αἱ δυναταὶ περιπτώσεις συνδέσεως τριῶν ἀντιστάσεων 1Ω , 2Ω καὶ 3Ω . (*Απ. α' 6 Ω. β' 0,54 Ω. γ' 2,2 Ω. δ' 2,75 Ω καὶ ε' 3,66 Ω.*)

144. Ἔνα ἀμπερόμετρον ἔχει ἐσωτερικὴν ἀντιστασιν $0,05 \Omega$, δύναται δὲ νὰ μετρήσῃ ἡλεκτρικὰ ρεύματα μέχρις ἐντάσεως $1 A$. Θέλομε νὰ τὸ χρησιμοποιήσωμεν διὰ τὴν μέτρησιν ρευμάτων ἐντάσεως μέχρι $10 A$. α) Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἀντιστασις τῆς διακλαδώσεως τὴν ὅποιαν πρέπει νὰ χρησιμοποιήσωμεν. β) Νὰ εὑρεθῇ ἡ σινολικὴ ἀντιστασις ἀμπερομέτρου-διακλαδόσεως. (*Απ. α' 0,006 Ω, περίπου. β' 0,005 Ω, περίπου*)

145. Ἔνα βολτόμετρον εἶναι κατεσκενασμένον ὥστε νὰ δύναται νὰ μετρήσῃ τάσεις μέχρι 30 Volt . Ἡ ἐσωτερικὴ τὸν ἀντιστασις εἶναι $2\,500 \Omega$. Ἐπιθυμοῦμε νὰ τὸ χρησιμοποιήσωμεν διὰ τὴν μέτρησιν διαφορᾶς διναμικοῦ μέχρι 240 Volt . Ποίαν διάταξιν πρέπει νὰ νιοθετήσωμεν καὶ ποίαν ἀντιστασιν πρέπει νὰ χρησιμοποιήσωμεν. (*Απ. Σύνδεσιν ἀντιστάσεως R ἐν σειρᾷ, $R = 17\,500 \Omega$.*)

ΛΓ' — ΗΛΕΚΤΡΙΚΑΙ ΠΗΓΑΙ

§ 164. *Γενικότητες.* Αἱ ἡλεκτρικαιὶ πηγαι ἡ γεννήτριαι ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, εἰναι συσκευαι αἱ ὅποιαι ἀποδίδουν ἡλεκτρικὸν ρεῦμα.

Διὰ τὴν παραγωγὴν καὶ τὴν παροχὴν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος χρησιμοποιοῦμεν σήμερον εἰς τὴν πρᾶξιν, ἀναλόγως τῶν ἀναγκῶν ὡς πηγάς: 1) Τὰ ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα· 2) τοὺς συσσωρευτάς· 3) τὰς δυναμοηλεκτρικὰς γεννήτριας καὶ τοὺς ἐναλλακτῆρας.

Τὰ ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα καὶ οἱ συσσωρευται εἰναι διαταξεις αἱ ὅποιαι μετατρέπουν χημικὴν ἐνέργειαν εἰς ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

Αἱ δυναμοηλεκτρικαιὶ γεννήτριαι καὶ οἱ ἐναλλακτῆρες λειτουργοῦν συνήθως εἰς τὰ ἔργοστάσια, μὲ τὴν βοήθειαν ἐνὸς θερμικοῦ κινητῆρος ἢ ἐνὸς ὑδροστροβίλου. Αἱ γεννήτριαι αὗται μετατρέπουν εἰς ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν τὴν μηχανικὴν ἐνέργειαν, τὴν ὅποιαν τοὺς προσφέρει ὁ κινητήρος.

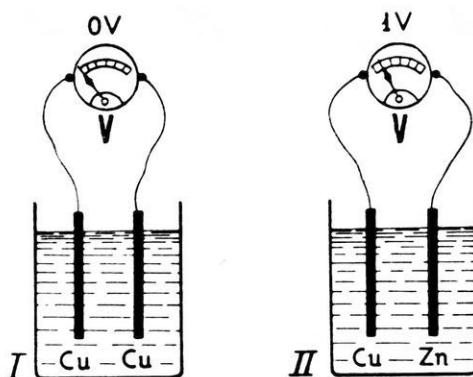
Ἡ ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια, ἡ ὅποια χρησιμοποιεῖται εἰς τὰς οἰκιακὰς καὶ τὰς βιομηχανικὰς ἐγκαταστάσεις καὶ ἡ ὅποια διανέμεται χάρις εἰς τὸ ἡλεκτρικὸν δίκτυον, παράγεται εἰς τοὺς ἡλεκτροπαραγωγικοὺς σταθμούς, ὅπου εἰναι ἐγκατεστημέναι αἱ γεννήτριαι παραγωγῆς ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ὅπως ἐπίσης οἱ στρόβιλοι ἢ οἱ κινητῆρες οἵτινες τὰς θέτουν εἰς λειτουργίαν.

Γενικῶς ἡ ἡλεκτρογεννήτρια πραγματοποιεῖ μετατροπὴν μιᾶς μορφῆς ἐνεργείας εἰς ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

Ἐκάστη γεννήτρια συνεχοῦς ρεύματος περιλαμβάνει δύο ἀκρόδεκτας ἡ πόλους, τὸν θετικὸν πόλον (+) καὶ τὸν ἀρνητικὸν πόλον (-), μεταξὺ τῶν ὅποιών ὑφίσταται μία ώρισμένη διαφορὰ δυναμικοῦ.

Οταν οἱ δύο πόλοι ἐνωθοῦν μὲ ἔνα ἀγωγὸν σύρμα, ὁ ἀρνητικὸς πόλος, ὁ ὅποιος ἔχει πλεόνασμα ἡλεκτρονίων, ἀπωθεῖ ταῦτα καὶ τὰ ἀποδίδει εἰς τὸ ἔξωτερικὸν κύκλωμα. Ὁ θετικὸς πόλος ἔλκει τὰ ἡλεκτρόνια. Εἰς αὐτὸ ἀκριβῶς τὸ φαινόμενον τῆς ἔλξεως καὶ τῆς ἀπώσεως τῶν ἡλεκτρονίων ἀπὸ τοὺς δύο πόλους ὀφείλεται τὸ συνεχὲς ἡλεκτρικὸν ρεῦμα.

§ 165. *Ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον τοῦ Βόλτα (Volta).* Πείραμα 1. Βυθίζομεν δύο λεπτὰ χάλκινα ἔλασματα χωρὶς σύντα νὰ ἐφάπτωνται



Σχ. 155. Δύο ήλεκτρόδια διαφορετικής φύσεως παρουσιάζουν διαφοράν δυναμικού.

Πείραμα 2. Άντικαθιστώμεν τὸ ἔνα χάλκινον ἔλασμα μὲν ἔνα ἀμαλγαμωμένου ψευδαργύρου (¹), τὸ δόποῖον τοιουτοτρόπως δὲν προσβάλλεται χημικῶς ἀπὸ τὸ θειϊκὸν δξὺ (σχ. 155, II).

Παρατηροῦμεν τότε ὅτι δὲν συμβαίνει οὐδεμία χημικὴ ἀντίδρασις καὶ δὶ' αὐτὸν τὸν λόγον τὸ θειϊκὸν δξὺ δὲν προσβάλλει τὸν ἀμαλγαμωμένον ψευδάργυρον, ὅπως ἐπίσης ὅτι ὁ δείκτης τοῦ βολτομέτρου ἀποκλίνει καὶ δεικνύει περίπου 1 Volt.

Ἐάν ἀκολούθως πλησιάσωμεν ἡ ἀπομακρύνωμεν μεταξὺ τῶν τὰ δύο ήλεκτρόδια, ἡ θέσις τοῦ δείκτου δὲν μεταβάλλεται, πρᾶγμα τὸ δόποῖον σημαίνει ὅτι :

‘Υπάρχει μία διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν δύο διαφορετικῶν μεταλλικῶν ἔλασμάτων, δηλαδὴ μεταξὺ δύο ήλεκτροδίων διαφορετικῆς φύσεως, ἡ ὁποία εἰναι ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὴν ἀπόστασιν ἡτις τὰ χωρίζει.

‘Η ὅλη διάταξις, ἡ ὁποία ἀποτελεῖται ἀπὸ τὰ δύο διαφορετικὰ ήλεκτρόδια, βυθισμένα μέσα εἰς τὸ δξυνισμένον ῦδωρ δμοῦ μὲ τὸ δοχεῖον, δνομάζεται ήλεκτρικὸν στοιχεῖον.

‘Η διαφορὰ δυναμικοῦ ἡτις ἐπικρατεῖ μεταξὺ τῶν ήλεκτροδίων

μεταξύ των, εἰς ἀραιὸν διάλυμα θειϊκοῦ δξέος (δξυνισμένον ῦδωρ) καὶ τὰ συνδέομεν μὲ τοὺς ἀκροδέκτας ἐνὸς βολτομέτρου, ὅπότε παρατηροῦμεν ὅτι ὁ δείκτης τοῦ ῦργανου δὲν ἀποκλίνει καὶ ὅτι οὐδεμία χημικὴ ἀντίδρασις παρατηρεῖται.

Τὸ θειϊκὸν δξὺ ἡραιωμένον καὶ ἐν «ψυχρῷ» δὲν προσβάλλει τὸν χαλκὸν (σχ. 155, I).

(1) Ὁ ἀμαλγαμωμένος ψευδάργυρος παρασκευάζεται ἂν τρίψωμεν μὲ στουπὶ ἔνα τεμάχιον καθαροῦ ψευδαργύρου μέσα εἰς διάλυμα, τὸ δόποῖον περιέχει ဉδράργυρον καὶ δξυνισμένον ῦδωρ (H_2SO_4).

τοῦ στοιχείου, δταν δὲν τροφοδοτήθηται τὸ ἔξωτερικὸν κύκλωμα μὲρεῦμα, δύναται νὰ μετρηθῇ μὲ ἔνα βολτόμετρον. Αὐτὴ ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ δνομάζεται ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ στοιχείου.

Πείραμα 3. Κλείομεν τὸ κύκλωμα τῆς στήλης μὲ ἔνα ἀγωγὸν σύρμα καὶ παρεμβάλλομεν ἔνα ἀμπερόμετρον εἰς τὸ κύκλωμα (σχ. 156). Παρατηροῦμεν ὅτι :

α) Ο δείκτης τοῦ ἀμπερομέτρου ἀποκλίνει, πρᾶγμα τὸ ὅποιον σημαίνει ὅτι ὁ ἀγωγὸς διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα.

Ἄπο τὴν διεύθυνσιν τῆς ἀποκλίσεως τοῦ δείκτου τοῦ ἀμπερομέτρου συμπεραίνομεν ὅτι τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα διαρρέει τὸ ἔξωτερικὸν κύκλωμα, κινούμενον ἀπὸ τὸ ἔλασμα τοῦ χαλκοῦ πρὸς τὸ ἔλασμα τοῦ ψευδαργύρου.

β) Ἐμφανίζονται φυσαλλίδες ἀερίου, αἱ ὅποιαι ἐπικάθηνται εἰς τὸ ἔλασμα τοῦ χαλκοῦ, πρᾶγμα τὸ ὅποιον σημαίνει ὅτι συμβαίνει μία χημικὴ ἀντίδρασις. Αἱ φυσαλλίδες αὗται εἶναι φυσαλλίδες ὑδρογόνου.

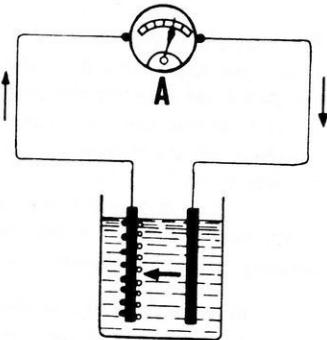
Ἄλλωστε καὶ ὁ ψευδάργυρος προσβάλλεται καί, ἐάν τὸ πείραμα παραταθῇ, τὸ ἔλασμα τοῦ ψευδαργύρου ἀρχίζει νὰ διαλύεται βραδέως.

γ) Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἔντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ἐλαττώνεται ταχύτατα.

Ἄπὸ τὰ ἀνωτέρω πειράματα συμπεραίνομεν ὅτι :

Μεταξὺ δύο ἡλεκτροδίων διαφορετικῆς φύσεως, τὰ ὅποια εἶναι βυθισμένα εἰς ἄραιὸν διάλυμα θειϊκοῦ δξέος, ἐμφανίζεται μία διαφορὰ δυναμικοῦ. Ἡ διάταξις αὐτὴ ἀποτελεῖ ἔνα ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον. Ἡ διαφορὰ τοῦ δυναμικοῦ ἡτις ἐπικρατεῖ μεταξὺ τῶν δύο ἡλεκτροδίων, δταν δὲν τροφοδοτήθηται μὲ ρεῦμα τὸ ἔξωτερικὸν κύκλωμα, ὀνομάζεται ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ στοιχείου.

Οταν συνδέωμεν τὰ δύο ἡλεκτρόδια μὲ ἔνα ἀγωγὸν σύρμα, τότε κυκλοφορεῖ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς τὸ ἔξωτερικὸν κύκλωμα.



Σχ. 156. Ἡλεκτρικὸν ρεῦμα μὲ ἐλαττουμένην ἔντασιν διαρρέει τὸ ἔξωτερικὸν κύκλωμα.

§ 166. Έξηγησις τῶν φαινομένων. Ἡλεκτρόλυσις. 'Εφ' δοσον ἔχομεν δύο ἡλεκτρόδια βυθισμένα εἰς ἀραιὸν διάλυμα θειίκον δέξος, τὸ στοιχεῖον τοῦ Βόλτα δὲν εἶναι εἰς τὴν ούσιαν τίποτε ἄλλο παρά ἓνα βολτάμετρον.

Ἡ ἐμφάνισις τῶν φυσαλίδων τοῦ ὑδρογόνου καὶ ἡ βραδεῖα διάλυσις τοῦ ἡλεκτροδίου τοῦ ψευδαργύρου δηλώνουν δτὶ συμβαίνουν χημικαὶ ἀντιδράσεις ἐντὸς τοῦ στοιχείου.

Τὸ ἀγωγόν σύρμα ἄλλωστε τὸ δόπιον συνδέεται τὰ δύο ἡλεκτρόδια, διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεύμα, τὸ δόπιον ἀποδίδει ἔργον (ἀπόκλισις τοῦ δείκτου τοῦ ἀμπερομέτρου). Δηλαδὴ τὸ ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον ἀποδίδει ἡλεκτρικήν ἐνέργειαν. "Ωστε:

Τὸ ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον εἶναι μία ἀπλῆ γεννήτρια ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ἡ δύοια μετατρέπει τὴν χημικὴν ἐνέργειαν εἰς ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

Πολλὰ ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα καταλλήλως συνδέδεμένα, σχηματίζουν ἡλεκτρικήν στήλην.

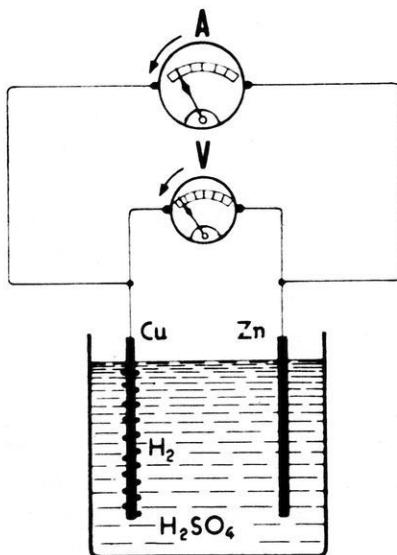
§ 167. Πόλωσις τῶν ἡλεκτροδίων. Εἰς τὴν § 165 ἐγνωρίσαμεν δτὶ, δταν ἔνα ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον τροφοδοτεῖ ἔνα ἔξωτερικὸν κύκλωμα, τὸ ἡλεκτρικὸν ρεύμα ἐλαττώνεται ταχύτατα καὶ ἐντὸς μικροῦ χρονικοῦ διαστήματος μηδανίζεται (σχ. 157).

Ἀνασύρομεν τὸ χάλκινον ἡλεκτροδίον, τὸ σπογγίζομεν προσεκτικῶς καὶ τὸ ἐπαναβυθίζομεν εἰς τὸ διάλυμα, συνεχίζοντες τὸ πείραμα.

Ἐάν καθαρίσωμεν τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ χαλκίνου ἡλεκτροδίου, τρίβοντες αὐτὴν μέσα εἰς ὑδωρ μὲν ἔνα πτερόν, διὰ νὰ ἀπομακρύνωμεν τὰς φυσαλίδας τοῦ ὑδρογόνου, καὶ τὸ ἐπαναποθετήσωμεν εἰς τὴν θέσιν του, παρατηροῦμεν πάλιν δτὶ ἡ ἐντασις τοῦ ρεύματος αὐξάνεται.

Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν δτὶ ἡ αἵτια τῆς ἐλαττώσεως τῆς ἐντάσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος εἶναι οἱ φυσαλίδες τοῦ ὑδρογόνου, αἱ δύοια είχον καλύψει τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ χαλκίνου ἡλεκτροδίου.

Αἱ φυσαλίδες τοῦ ὑδρογόνου τροποποιοῦν τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ χαλκίνου ἐλάσματος, μεταβάλλονται



Σχ. 157. Πόλωσις τῶν ἡλεκτροδίων ἀπὸ τὸν σχηματισμὸν φυσαλίδων ὑδρογόνου εἰς τὸ ἡλεκτροδίον τοῦ χαλκοῦ.

τοιουτορόπως τὴν κατασκευὴν τοῦ ἡλεκτρικοῦ στοιχείου. Αὐτὸς τὸ τροποποιημένον ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον παρουσιάζει μικροτέραν ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν ἀπό δ, τι τὸ ἄρχικον.

Αἱ φυσαλλίδες τοῦ ὑδρογόνου ἀλλωστε προβάλλουν μίαν ἐπὶ πλέον ἀντίστασιν εἰς τὴν διέλευσιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

Δι' αὐτοὺς τοὺς δύο λόγους τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ ὅποιον παρέχει τὸ ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον πολῶνται, τὸ δὲ φαινόμενον δύναμάται ἡλεκτρικὴ πολῶσις.

Τὸ φαινόμενον τῆς πολώσεως ἔξουδετερώνεται εἴτε μὲν μηχανικὰ μέσα (καθαρισμὸς μὲν ἔνα πτερὸν τῶν φυσαλλίδων τοῦ ὑδρογόνου) εἴτε μὲν χημικά μέσα. “Ωστε :

‘Ο σχηματισμὸς φυσαλλίδων ὑδρογόνου εἰς τὸ χάλκινον ἡλεκτρόδιον ἐνὸς ἡλεκτρικοῦ στοιχείου, προκαλεῖ πόλωσιν, μὲν ἀποτέλεσμα τὴν διακοπὴν τῆς παροχῆς ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

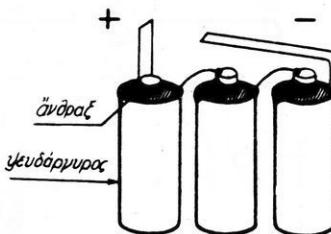
§ 168. Στήλη φανοῦ. Ἡ ἡλεκτρικὴ στήλη (σχ. 158), τὴν ὅποιαν χρησιμοποιοῦμεν εἰς τοὺς φανοὺς τῆς τσέπης, εἶναι συνδυασμὸς τριῶν στοιχείων συνδεδεμένων ἐν σειρᾷ. Δύο χάλκινα ἐλάσματα, τὰ ὅποια ἀποτελοῦν τοὺς πόλους, ἔξερχονται ἀπὸ τὸ ἄνω μέρος τῆς στήλης.

Τὸ μικρότερον ἐλασμα τὸ ὅποιον εἶναι διθετικὸς πόλος, συνδέεται μὲν τὸ κεντρικὸν ράβδιον ἄνθρακος τοῦ ἐνὸς ἀκραίου στοιχείου. Τὸ μεγαλύτερον ἐλασμα, διάρητικὸς πόλος, εἶναι συγκεκολλημένον εἰς τὸ περιβλημα ἀπὸ ψευδάργυρον, τοῦ ἄλλου ἀκραίου στοιχείου (σχ. 158).

Ἐάν ἀνοίξωμεν ἕνα στοιχεῖον, θὰ παρατηρήσωμεν τὰ ἔχῆς : α) Τὸ ἀρνητικὸν ἡλεκτρόδιον, τὸ ὅποιον εἶναι τὸ μεταλλικὸν περιβλημα ἀπὸ ψευδάργυρον. β) Τὸ θετικὸν ἡλεκτρόδιον, τὸ ὅποιον ἀποτελεῖται ἀπὸ τὴν κεντρικὴν ράβδον ἔξι ἄνθρακος. γ) Τὸν ἡλεκτρολύτην, διόποιος εἶναι πολτὸς χλωριούχου ἀμμωνίου (NH_4Cl). δ) Τὸ ἀντιπολωτικὸν ὑλικόν, τὸ ὅποιον εἶναι ὑπεροξείδιον τοῦ μαγγανίου (MnO_2) καὶ περιβάλλει τὴν ράβδον τοῦ ἀνθρακοῦ.

Αὐτὸς τὸ εἶδος τοῦ ἡλεκτρικοῦ στοιχείου δύναμέται ἔηρὸν στοιχεῖον.

Ἡ χημικὴ ἀντίδρασις μεταξὺ τοῦ ψευδάργυρου καὶ τοῦ χλωριούχου ἀμμωνίου προκαλεῖ τὴν ἔκλυσιν χημικῆς ἐνεργείας, ἡ ὅποια μετατρέπεται ἀκολούθως εἰς ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν. Σχ. 158. Ξηρὰ στήλη διὰ φανὸν τσέπης.



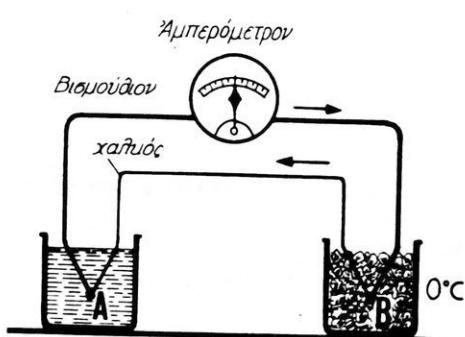
Τό ίδρογόνον τὸ ὁποῖον παράγεται κατὰ τὴν διάρκειαν αὐτῆς τῆς ἀντιδράσεως, ἐνώνεται μὲ τὸ δξυγόνον τοῦ ἀντιπολωτικοῦ ύλικου (MnO_2) καὶ ἔξαφανίζεται. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ἀποφεύγεται ἡ πόλωσις τῆς στήλης.

Ἐκαστὸν ξηρὸν στοιχεῖον ἔχει ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν 1,5 Volt. Ἐπομένως ὁ συνδυασμὸς τῶν τριῶν αὐτῶν στοιχείων διὰ τὸν σχηματισμὸν τῆς στήλης τοῦ συνηθισμένου φανοῦ τῆς τσέπης, θὰ ἔχῃ ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν 4,5 Volt.

§ 169. Θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον. Πείραμα. Λαμβάνομεν δύο μεταλλικὰ σύρματα διαφορετικῆς φύσεως, π.χ. ἀπὸ βισμούθιον καὶ χαλκόν, καὶ συγκολλῶμεν τὰ ἄκρα των, παρεμβάλλοντες ἕνα πολὺ εὐαίσθητον ἀμπερόμετρον.

Βυθίζομεν τὴν μίαν συγκόλλησιν εἰς ἕνα δοχεῖον μὲ πάγον, θερμοκρασίας 0°C καὶ τὴν ἄλλην εἰς ἔλαιον ψυηλῆς θερμοκρασίας. Παρατηροῦμεν ὅτι ἀναφαίνεται ἕνα ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, ἡ ἐντασις τοῦ ὁποίου εἶναι τόσον μεγαλυτέρα, ὃσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ διαφορὰ τῆς θερμοκρασίας τῶν δύο συγκολλήσεων (σχ. 159).

Εἰς αὐτὸν τὸ είδος τοῦ στοιχείου, ἡ θερμικὴ ἐνέργεια (ποσότης τῆς θερμότητος ἡ ὁποία ἀποδίδεται εἰς τὴν συγκόλλησιν, ἥτις εὑρίσκεται εἰς τὸ δοχεῖον μὲ τὸ ἔλαιον), μετατρέπεται εἰς ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν. Ἡ ἐντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος τὸ ὁποῖον δημιουργεῖται εἶναι πολὺ μικρά, δι' αὐτὸν καὶ τὸ θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον δὲν χρησιμοποιεῖται εἰς τὴν βιομηχανίαν ὡς πηγὴ ἡλεκτρικῆς ἐνέργειας.



Σχ. 159. Θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον.

Τὸ θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον εὑρίσκει ἐφαρμογὴν εἰς τὴν κατασκευὴν εὐαίσθητων θερμομέτρων, ὅπότε τὸ ἀμπερόμετρον εἶναι βαθμολογημένον εἰς βαθμοὺς Κελσίου.

"Ωστε :

Αἱ ἡλεκτρικαὶ γεννήτριαι δὲν παράγουν ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν ἀλλὰ μετατρέπουν εἰς ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν :

α) Τὴν μηχανικὴν ἐνέργειαν
(π.χ. δυναμοηλεκτρικαὶ γεννήτριαι,
ἐναλλακτῆρες).

β) Τὴν χημικὴν ἐνέργειαν (π.χ.
ἡλεκτρικαὶ στῆλαι, συσσωρευταί).

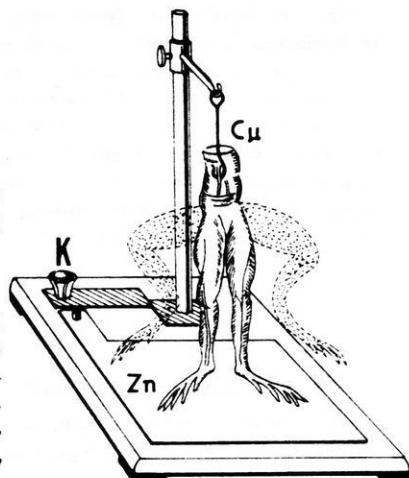
γ) Τὴν θερμικὴν ἐνέργειαν (π.χ.
ἐναλλακτῆρες, θερμοηλεκτρικά
στοιχεῖα).

§ 170. Ἰστορικόν. Ἡ ἀνακάλυψις τῶν ἡλεκτρικῶν στοιχείων, τὰ ὅποια εἰναι ἔνας σπουδαῖος σταθμὸς εἰς τὴν χρησιμοποίησιν τοῦ ἡλεκτρισμοῦ διὰ πρακτικάς ἐφαρμογάς, στηρίζεται εἰς μίαν σειρὰν πειράματων, τὰ ὅποια ἔξετέλεσεν 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 Ἰστορικῆς του σημασίας.

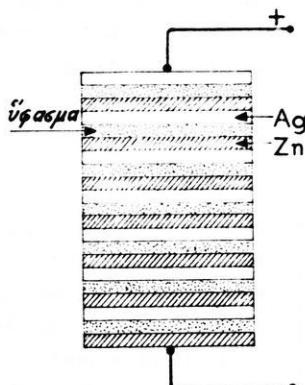
Ο Γαλβάνης ἀνέταμε ἑνα βάτραχον, τοῦ ἀφάρεσε τὸ δέρμα, ἐκράτησε τὰ ὅπισθια σκέλη καὶ τὸ παρασκεύασμα ἐξήρτησε ἀπὸ τὰ ἰσχυακὰ νεῦρα μὲ ἔνα χάλκινον ἔλασμα (σχ. 160). Εἰς τὸ ἔλασμα αὐτὸν εἰχε προσαρμόσει καταλήγως εἰς τὸ ἔνα του ἄκρον ἑνα ἔλασμα ἀπὸ ψευδάργυρου, ὅποτε παρετήρησε μὲ ἐκπληξιν διτι, διταν ἥγγιζε μὲ τὸ ἔλασμα τοῦ ψευδαργύρου τὸ ἔνα σκέλος τοῦ νωποῦ παρασκευάσματος τοῦ βατράχου, συνέβαινε σύσπασις τῶν μυώνων τῶν σκελῶν τοῦ βατράχου.

Διὰ νὰ ἔξηγήσῃ τὸ φαινόμενον αὐτὸ δ Γαλβάνης ὑπέθεσεν διτι ἡ σύσπασις τῶν μυώνων ὀφείλεται εἰς τὸν ζωϊκὸν ἡλεκτρισμόν, δ ὅποιος συμμετέχει εἰς τὰ φαινόμενα τῆς ζωῆς καὶ διατρέπεται ἐπ' ὀλίγον μετά τὸν θάνατον.

Τὰ ἀνωτέρω ἔγιναν ταχέως γνωστά εἰς πλατύτερον κύκλον ἐπιστημόνων, μεταξὺ τῶν ὅποιων ἡτο καὶ δ ἐπίσης Ἰταλὸς διάσημος Φυσικὸς Βόλτας (Allessandro Volta, 1745 - 1827), καθηγητὴς τῆς Φυσικῆς εἰς τὸ Πανεπιστήμιον τῆς Παβίας, δ ὅποιος καὶ ἔδωσε τὴν ὀρθὴν ἐρμηνείαν εἰς τὸ



Σχ. 160. Οταν πιέσωμεν τὸ κομβίον K, ἐπέρχεται ἐπαφὴ τῶν ἔλασμάτων ἀπὸ χαλκὸν καὶ ψευδάργυρον καὶ οἱ μυῶνες τοῦ βατράχου συσπῶνται.



Σχ. 161. Βολταϊκὴ στήλη.

πειράματα τοῦ Γαλβάνη, μὲ βάσιν τὴν θεωρίαν τοῦ ἡλεκτρισμοῦ ἐξ ἐπαφῆς μεταξὺ δύο διαφορετικῶν μετάλλων, τὴν δόποιαν αὐτὸς ὁ ἴδιος ὁ Βόλτας διεμόρφωσε.

Μὲ τὰ πειράματα τοῦ Γαλβάνη εἰς παρασκευάσματα βατράχων, ἐπλουτίσθησαν αἱ γνώσεις μας διά τὸν ἡλεκτρισμὸν καὶ μὲ βάσιν τάς ἀρεύνας ἔκεινας κατώρθωσεν ὁ Βόλτας νὰ κατασκευάσῃ τὴν βολταϊκὴν στήλην. Ἡ στήλη αὗτη (σχ. 161) ἀποτελεῖται ἀπὸ ζεύγη δίσκων χαλκοῦ καὶ ἀργύρου, οἱ δόποιοι τοποθετοῦνται διαδοχικῶς ὃ ἔνας ἔτι τοῦ ἄλλου, μεταξὺ δὲ δύο δίσκων παρεμβάλλεται ἔνα στρῶμα ὑφάσματος, ποτισμένον μὲ ἀραιόν θειϊκὸν ὅξεν ἢ διάλυμα ἄλατος. Ὁλα σχεδὸν τὰ μέταλλα δύνανται ἀνά δύο νὰ ἀποτελέσουν στήλην τοῦ Βόλτα.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Μεταξὺ δύο μεταλλικῶν ἡλεκτροδίων διαφορετικῆς φύσεως, τὰ ὅποια εἶναι βυθισμένα εἰς ἀραιόν διάλυμα θειϊκοῦ ὅξεος, ἀναφαίνεται διαφορὰ δυναμικοῦ. Ἡ διάταξις ἀποτελεῖ ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον. Ἡ διαφορὰ τοῦ δυναμικοῦ ἡτις ἐπικρατεῖ μεταξὺ δύο ἡλεκτροδίων, ὅταν δὲν τροφοδοτήται μὲ ρεῦμα τὸ ἔξωτερικὸν κύκλωμα, ὀνοράζεται ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ στοιχείου.

Ἐὰν συνδέσωμεν τὰ δύο ἡλεκτρόδια μὲ ἔνα ἀγωγὸν σύρμα, πραγματοποιοῦμεν ἔνα ἀπλοῦν κύκλωμα, τὸ ὅποιον διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα.

2. Ἡ ἡλεκτρικὴ στήλη περιλαμβάνει περισσότερα ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα καταλλήλως συνδεδεμένα καὶ ἀποτελεῖ μίαν διάταξιν ἡ ὅποια μετατρέπει τὴν χημικὴν ἐνέργειαν εἰς ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν, λέγομεν δὲ ὅτι ἡ ἡλεκτρικὴ στήλη εἶναι μία ἡλεκτρικὴ γεννήτρια.

3. Ἡ ἡλεκτρικὴ στήλη πολώνεται ἐξ αἰτίας τῶν φυσαλλίδων τοῦ ὑδρογόνου, αἱ δόποιαι ἐπικάθηνται εἰς τὸ θειϊκὸν ἡλεκτροδίον. Ἀποτέλεσμα τῆς πολώσεως εἶναι ἡ ἐλάττωσις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Τὸ φαινόμενον τῆς πολώσεως ἀποτρέπεται μὲ τὴν χρησιμοποίησιν ἐνὸς ἀντιπολωτικοῦ ὄλικοῦ (δξειδωτικόν).

4. Ἡ ἡλεκτρικὴ γεννήτρια δὲν δημιουργεῖ ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν. Ἀπλῶς μετατρέπει ἄλλας μορφάς ἐνέργειας εἰς ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

ΔΔ' — ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΜΙΑΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

ΗΛΕΚΤΡΕΓΕΡΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΙΣ

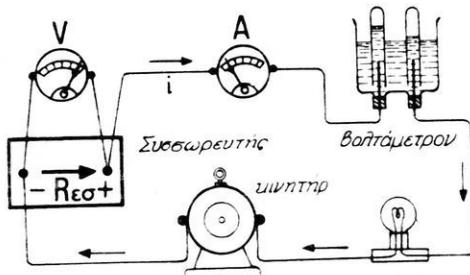
§ 171. Έννοια τῆς ήλεκτρικῆς ισχύος μιᾶς γεννητρίας. Θεωροῦμεν ἔνα κύκλωμα περιλαμβάνον μίαν συστοιχίαν συσσωρευτῶν, ἔνα λαμπτήρα φωτισμοῦ, ἔνα βολτόμετρον μὲ δξυνισμένον ὕδωρ καὶ ἔνα μικρὸν κινητήρα (σχ. 162).

Ἐστω U ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ, τὴν δποίαν δεικνύει τὸ βολτόμετρον, συνδεδεμένον εἰς τοὺς ἀκροδέκτας τῆς συστοιχίας καὶ ἡ ἐντασίς τοῦ ρεύματος, τὸ δποῖον διαρρέει τὸ κύκλωμα. Εἰς τὴν περιπτωσιν αὐτὴν ἡ τάσις U είναι ἴση μὲ τὴν τάσιν εἰς τὰ ἄκρα τοῦ κυκλώματος.

Ἡ ήλεκτρικὴ ἐνέργεια μὲ τὴν δποίαν τροφοδοτεῖ ἡ συστοιχία τὸ ἔξωτερικὸν κύκλωμα, μετατρέπεται: α) εἰς θερμικὴν ἐνέργειαν, μέσα εἰς δλόκληρον τὸ κύκλωμα, καὶ ίδιαιτέρως μέσα εἰς τὸν λαμπτήρα· β) εἰς χημικὴν ἐνέργειαν, μέσα εἰς τὸ βολτάμετρον, καὶ γ) εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν, μέσα εἰς τὸν κινητήρα.

Όνομάζομεν N εξ τὴν ἐνέργειαν ἡ δποία καταναλίσκεται ἀνὰ δευτερόλεπτον ἀπὸ τὸ ἔξωτερικὸν κύκλωμα, δηλαδὴ ἀπὸ τὸν λαμπτήρα, τὸ βολτάμετρον καὶ τὸν κινητήρα, δόποτε ἡ N εξ είναι ἴση μὲ τὴν ισχύν, ἥτις δαπανᾶται ἀπὸ τὸ ήλεκτρικὸν ρεῦμα. Θὰ ἔχωμεν συνεπῶς ὅτι: N εξ = $U \cdot i$.

Τὸ ρεῦμα δμως δὲν κυκλοφορεῖ μόνον εἰς τὸ ἔξωτερικὸν κύκλωμα. Συνεχίζει τὴν κυκλοφορίαν του καὶ μέσα εἰς τὴν πηγὴν χάρις εἰς κάταλληλα ήλεκτρολυτικὰ διαλύματα ἢ ἀγωγά σύρματα. Είναι συνεπῶς λογικὸν νὰ παραδεχθῶμεν ὅτι τὸ ρεῦμα συναντᾷ καὶ κατὰ τὴν κίνησίν του αὐτὴν μίαν ἀντίστασιν, ἐξ αιτίας τῆς ὁ-



Σχ. 162. Διά τὴν σπουδὴν τῆς ὀλικῆς ισχύος μιᾶς γεννητρίας.

ποίας έκλυεται θερμότης. Ή αντίστασις αύτή R_{eo} , την όποιαν συναντᾶ τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα κατὰ τὴν κίνησίν του μέσα εἰς τὴν πηγήν, λέγεται ἐσωτερικὴ ἀντίστασις.

Ἐστω N_{eo} ἡ ἐνέργεια ἡ ὁποία καταναλίσκεται ἀπὸ τὸ φαινόμενον Τζάουλ ἀνὰ δευτερόλεπτον μέσα εἰς τὴν γεννήτριαν, ὅπότε θὰ ἔχωμεν ὅτι : $N_{eo} = R_{eo} \cdot i^2$.

Ἄπο δσα ἀναφέραμε, καταλήγομεν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι ἡ ὀλικὴ ἐνέργεια, ἡ ὁποία παρέχεται ἀπὸ τὴν γεννήτριαν ἀνὰ δευτερόλεπτον : α) μετετράπη εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα εἰς ἐνέργειαν διαφόρων μορφῶν $N_{e\xi}$: β) κατηναλώθη εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τῆς γεννητρίας εἰς θερμικὴν ἐνέργειαν N_{eo} .

Ἐπομένως δυνάμεθα νὰ γράψωμεν ὅτι :

$$N = N_{e\xi} + N_{eo} \quad \text{ἢ} \quad N = U \cdot i + R_{eo} \cdot i^2$$

Αἱ δύο αὐταὶ ἐκφράσεις δρίζουν τὴν ἴσχὺν μιᾶς γεννητρίας. Ὡστε :

Ἡ ἡλεκτρικὴ ἴσχὺς μιᾶς γεννητρίας εἶναι ἵση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἴσχυών αἱ ὁποῖαι καταναλίσκονται ἀπὸ τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα καὶ εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τῆς γεννητρίας.

§ 172. Ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις μιᾶς γεννητρίας. Διὰ νὰ ύπολογίσωμεν τὴν ἴσχὺν $N_{e\xi}$, ἡ ὁποία καταναλίσκεται εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα, μετροῦμε τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ U εἰς τὸν ἀκροδέκτας τῆς πηγῆς, ἡ ὁποία εἶναι ἡ ἴδια μὲ τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα τοῦ κυκλώματος, ὅταν αὐτὸν διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα, καὶ τὴν ἔντασιν ι τοῦ ρεύματος, ὅπότε θὰ ἔχωμεν ὅτι : $N_{e\xi} = U \cdot i$.

Ἀναλογικῶς πρὸς τὸν τύπον αὐτὸν γράφομεν ὅτι ἡ ὀλικὴ ἴσχὺς $N_{o\lambda}$, τὴν ὁποίαν παρέχει μία γεννήτρια, δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν :

$$N_{o\lambda} = E \cdot i$$

ὅπου ἡ E ἀποτελεῖ τὴν ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν τῆς γεννητρίας.
“Ωστε :

Ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις E μιᾶς γεννητρίας εἶναι ἵση μὲ τὸ πηλικὸν τῆς συνολικῆς ἴσχύος τῆς γεννητρίας πρὸς τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος τὸ ὁποῖον αὐτὴ παράγει.

‘Η ήλεκτρεγερτική δύναμις Ε είναι συνεπώς μέγεθος της ίδιας φύσεως με την διαφοράν δυναμικού. Δι’ αυτὸν τὸν λόγον ἀκριβῶς μετρεῖται εἰς Βόλτ. ‘Η ἔνδειξις ήτις είναι ἀναγεγραμμένη ἐπάνω εἰς μίαν ήλεκτρικὴν στήλην, π.χ. 4,5 V, ἀναφέρεται εἰς τὴν ήλεκτρεγερτικὴν δύναμιν τῆς στήλης.

Άριθμητικὴ ἐφαρμογὴ. ‘Η ήλεκτρεγερτικὴ δύναμις μιᾶς συστοιχίας συσσωρευτῶν αὐτοκινήτου είναι 6 Βόλτ. ‘Οταν ἡ συστοιχία λειτουργῇ κατὰ τὴν ἐκκίνησιν τοῦ δχήματος, ἀποδίδει ηλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 200 A. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ισχὺς τῆς γεννητρίας.

Λόσις. Ἐφαρμόζομεν τὴν σχέσιν : $N = E \cdot i$.

‘Αντικαθιστῶντες τὰ σύμβολα μὲ τὰς τιμάς των εὑρίσκομεν :

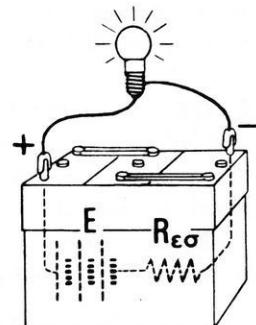
$$N = 6 \text{ V} \cdot 200 \text{ A} = 1200 \text{ Watt.}$$

§ 173. Ήλεκτρικὴ ἐνέργεια μιᾶς γεννητρίας. ‘Εὰν μία γεννητρία, ήλεκτρικῆς ισχύος N Watt, ἀποδίδῃ ηλεκτρικὸν ρεῦμα σταθερᾶς ἐντάσεως i ἐπὶ χρόνον t sec, ἡ ήλεκτρικὴ ἐνέργεια A ἡ ὅποια ἀπεδόθῃ εἰς αὐτὸν τὸν χρόνον είναι ἵση πρός : $A = N \cdot t$.

Ἐπειδὴ δύμας $N = E \cdot i$, ἡ ἀνωτέρω σχέσις γράφεται :

$$A = E \cdot i \cdot t$$

ἡ δὲ ήλεκτρικὴ ἐνέργεια A ἐκφράζεται εἰς μονάδας Τζούλ (Joule).



§ 174. Νόμος τοῦ ‘Ωμ εἰς πλῆρες κύκλωμα. ‘Ἄς θεωρήσωμεν ἔνα ηλεκτρικὸν κύκλωμα εἰς τὸ δόπιον οἱ καταναλωταὶ (ἀντιστάσεις) μετατρέπουν ὅλην τὴν ήλεκτρικὴν ἐνέργειαν, τὴν δόπιαν προσλαμβάνουν εἰς θερμότητα. Αὐτὸν τὸ κύκλωμα ἐπομένως δὲν θὰ περιλαμβάνῃ οὔτε βολτáμετρον, οὔτε κινητῆρα (σχ. 163).

Ἐστωσαν R ἡ συνολικὴ ἀντίστασις τῶν καταναλωτῶν, $R_{εσ}$ ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις καὶ E ἡ ήλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς γεννητρίας, i δὲ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τὸ δόπιον ἀποδίδει ἡ γεννητρία.

‘Η ισχὺς ήτις καταναλίσκεται εἰς τὸ ἔξω-

Σχ. 163. ‘Η ἐσωτερικὴ ἀντίστασις $R_{εσ}$ τῆς πηγῆς θεωρεῖται συνδεδεμένη ἐν σειρᾷ πρὸς τὴν ἀντίστασιν τοῦ εξωτερικοῦ κυκλώματος.

τερικὸν κύκλωμα, ἔξ αἰτίας τοῦ φαινομένου Τζάουλ, εἶναι ἴση πρὸς $R \cdot i^2$. Ἐξ ἄλλου ή ἵσχυς ή δόπια καταναλίσκεται ἀπὸ τὴν ίδιαν τὴν γεννήτριαν, ἔξ αἰτίας πάλιν τοῦ φαινομένου Τζάουλ, εἶναι ἴση πρὸς $R_{\text{es}} \cdot i^2$ (μὲ τὴν προϋπόθεσιν βεβαίως δτὶ ή ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τῆς γεννητρίας μετατρέπει δῆλην τὴν ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν, τὴν δόπιαν λαμβάνει εἰς θερμότητα Τζάουλ).

Ἐπομένως ή δόλικὴ ἵσχυς $N_{\alpha} = E \cdot i$, ήτις ἀποδίδεται ἀπὸ τὴν γεννήτριαν, θὰ εἶναι :

$$N_{\alpha} = E \cdot i = R \cdot i^2 + R_{\text{es}} \cdot i^2$$

Δηλαδὴ :

$$E = R \cdot i + R_{\text{es}} \cdot i$$

ἢ

$$E = (R + R_{\text{es}}) \cdot i$$

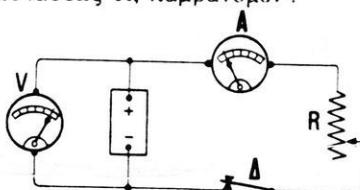
Ἡ ἀνωτέρω σχέσις ἐκφράζει ποσοστικῶς τὸν νόμον τοῦ "Ωμ εἰς πλήρες κύκλωμα.

"Ωστε :

Τὸ γινόμενον τοῦ ἀθροίσματος τῆς ἐξωτερικῆς καὶ τῆς ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως ἐνὸς πλήρους ἡλεκτρικοῦ κυκλώματος ἐπὶ τὴν ἐντασίν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ δοποῖον τὸ διαρρέει, ἰσοῦται μὲ τὴν ἡλεκτρεγρητικὴν δύναμιν τῆς γεννητρίας, ήτις ὑπάρχει εἰς τὸ κύκλωμα.

§ 175. Διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα μιᾶς γεννητρίας. Ὁνομάζομεν U_{rev} τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ, ή δόπια ἐπικρατεῖ εἰς τοὺς πόλους A καὶ B τῆς γεννητρίας (σχ. 164), δταν διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα, δηλαδὴ εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἐξωτερικοῦ κυκλώματος.

Ἐφαρμόζοντες τὸν νόμον τοῦ "Ωμ εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα, ἀντιστάσεως R , λαμβάνομεν :



Σχ. 164. Διὰ τὴν σκούδην τῆς τασεως εἰς τοὺς πόλους μιᾶς γεννητρίας.

$$U_{\text{rev}} = R \cdot i$$

Ἐπομένως ή σχέσις

$$E = R \cdot i + R_{\text{es}} \cdot i$$

γράφεται :

$$E = U_{\text{rev}} + R_{\text{es}} \cdot i, \quad \text{ἢ :}$$

$$U_{\text{rev}} = E - R_{\text{es}} \cdot i$$

Τὸ γινόμενον R_{es} . ἡ δύναμίς εται ὀμικὴ πτῶσις τάσεως ἐντὸς τῆς γεννητρίας.

§ 176. Μέτρησις τῆς ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως μιᾶς γεννητρίας. Διὰ νὰ μετρήσωμεν τὴν ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν μιᾶς γεννητρίας συνδέομεν τοὺς δύο πόλους τῆς γεννητρίας μὲ τοὺς ἀκροδέκτας ἐνὸς βολτομέτρου (σχ. 165).

Τὰ βολτόμετρα ἔχουν πολὺ μεγάλην ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν, εἰς τρόπον ὥστε τὸ ρεῦμα, τὸ δόποιον διαρρέει αὐτὰ τὰ δργανα, νὰ εἶναι ἀσήμαντον.

'Εάν R εἶναι ἡ ἀντίστασις τοῦ βολτομέτρου, R_{es} ἡ ἀντίστασις τῆς πηγῆς καὶ i ἡ ἑντασις τοῦ ρεύματος, τὸ δόποιον προκαλεῖται ἀπὸ τὴν σύνδεσιν τῶν πόλων μὲ τοὺς ἀκροδέκτας τοῦ βολτομέτρου, θὰ ἔχωμεν :

$$E = R \cdot i + R_{es} \cdot i$$

Ἐπειδὴ δῆμως ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις R_{es} τῆς γεννητρίας εἶναι πολὺ μικρὰ καὶ δυνάμεθα νὰ τὴν παραλείψωμεν, λόγῳ τῆς μεγάλης ἀντιστάσεως R τοῦ βολτομέτρου, ἡ ἀνωτέρω σχέσις γίνεται :

$$E = R \cdot i, \text{ περίπου} \quad (1)$$

Ἄλλὰ ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ U_{\gammaev} ἡ δόποια μετρεῖται ἀπὸ τὸ δργανον, εἶναι συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τοῦ "Ωμ" :

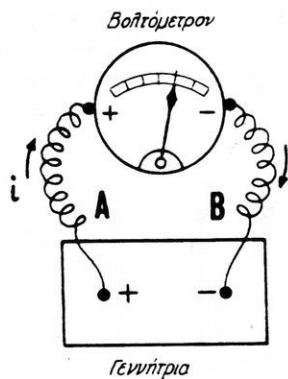
$$U_{\gammaev} = R \cdot i \quad (2)$$

Ἄπὸ τὰς σχέσεις (1) καὶ (2) συμπεραίνομεν συνεπῶς ὅτι :

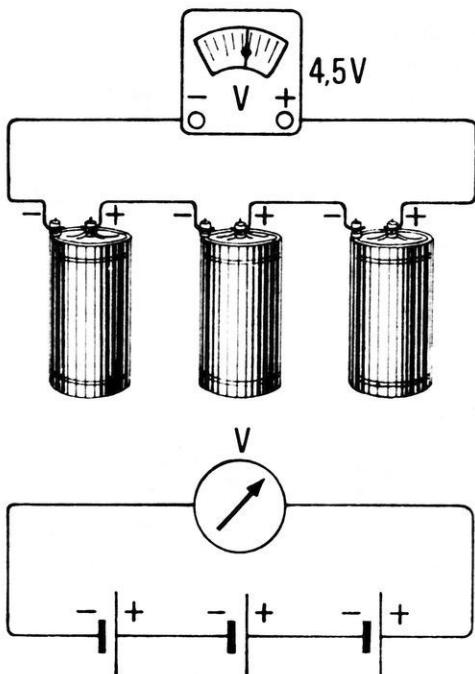
$$E = U_{\gammaev}, \text{ περίπου.}$$

"Ωστε :

Τὸ βολτόμετρον δεικνύει τὴν ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν τῆς γεννητρίας, ὅταν οἱ ἀκροδέκται τοῦ συνδέωνται μὲ τοὺς πόλους τῆς πηγῆς, χωρὶς νὰ τροφοδοτήται καὶ τὸ ἔξωτερικὸν κύκλωμα.



Σχ. 165. Μέτρησις τῆς ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως μιᾶς γεννητρίας.



Σχ. 166. Συνδεσμολογία τριών ήλεκτρικών πηγών εν σειρά. Είς τό κάτω μέρος συμβολική παράστασις.

Όταν συνδέσωμεν εν σειρά πολλάς ήλεκτρικάς πηγάς, η ήλεκτρεγερτική δύναμις της συστοιχίας είναι ίση με τὸ αθροισμα τῶν ήλεκτρεγερτικῶν δυνάμεων τῶν πηγῶν.

§ 177. Σύνδεσις ήλεκτρικῶν πηγῶν. Οι συσσωρεύται, τὰ ήλεκτρικά στοιχεῖα καὶ αἱ ήλεκτρικαὶ στῆλαι συχνάκις συνδέονται μεταξύ τῶν, δόποτε σχηματίζονται συστοιχίαι.

Διὰ νὰ κατασκευάσωμεν μίαν συστοιχίαν ήλεκτρικῶν πηγῶν, συνδέομεν μὲ ἀγωγόν τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς πρώτης πηγῆς μὲ τὸν θετικὸν πόλον τῆς δευτέρας πηγῆς καὶ συνεχίζομεν κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον μέχρι τῆς τελευταίας πηγῆς, τὴν δόποιαν διαθέτομεν. Οὕτως ἀπομένουν ἔλεύθεροι ὁ θετικὸς πόλος τῆς πρώτης πηγῆς καὶ ὁ ἀρνητικὸς πόλος τῆς τελευταίας (σχ. 166), οἱ δόποιοι ἀποτελοῦν τοὺς πόλους τῆς συστοιχίας. Ό τρόπος αὐτὸς συνδέσεως ήλεκτρικῶν πηγῶν λέγεται σύνδεσις ἐν σειρᾷ.

Οπως δυνάμεθα μὲ ἔνα βολτόμετρον νὰ ἔξακριβώσωμεν :

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Ή δόλική ἴσχὺς N μιᾶς γεννητρίας δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν :

$$N = E \cdot i$$

ὅπου E ή ήλεκτρεγερτική δύναμις τῆς γεννητρίας καὶ i ή ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ δόποιον δύναται νὰ χορηγήσῃ ἡ γεννήτρια.

2. Η ήλεκτρεγερτική δύναμις είναι μέγεθος άναλογον μὲ τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ καὶ μετρεῖται εἰς Βόλτ.

3. Η ήλεκτρική ἐνέργεια τὴν ὅποιαν παρέχει μία γεννήτρια εἰς χρόνον τὸ δίδεται ἀπὸ τὸν τύπον :

$$A = E \cdot i \cdot t$$

4. Εάν Ε είναι η ήλεκτρεγερτική δύναμις μιᾶς πηγῆς, R_{es} η ἐσωτερική ἀντιστάσεως της, R η ἀντίστασις τοῦ ἔξωτερικοῦ κυκλώματος καὶ ι η ἑντασις τοῦ ρεύματος τὸ ὅποιον χορηγεῖ η πηγή, ισχεῖ η σχέσις :

$$E = (R + R_{es}) \cdot i$$

Η σχέσις αὕτη ἐκφράζει τὸν νόμον τοῦ "Ωμ εἰς πλήρες κύκλωμα.

5. Οταν συνδέωμεν ήλεκτρικὰς πηγὰς ἐν σειρᾷ, τότε η ήλεκτρεγερτική δύναμις τῆς συστοιχίας είναι ίση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ήλεκτρεγερτικῶν δυνάμεων τῶν πηγῶν.

AΣΚΗΣΕΙΣ

146. Μία στήλη χορηγεῖ ρεῦμα $0,75\text{ A}$ ἐπὶ 6 συνεχῶς ὥρας. α) Νὰ ὑπολογισθῇ εἰς Ah καὶ ἀκολούθως εἰς Cb , η ποσότης τοῦ ήλεκτρισμοῦ η ὅποια ἀποδίδεται. β) Νὰ ὑπολογισθῇ η ἐλάττωσις τῆς μάζης τοῦ ήλεκτροδίου ἀπὸ φευδάργυρον. (*Ατομικὸν βάρος $Zn = 65$, σθένος λόντος $Zn^{++} = 2$.*)

(*Απ. α' $4,5\text{ Ah}$, $16\ 200\text{ Cb}$. β' $5,5\text{ gr}$, περίπον.*)

147. Δυναμοήλεκτρικὴ γεννήτρια (δυναμὸ) χορηγεῖ ρεῦμα $1\ 000\text{ A}$ μὲ διαφορὰν δυναμικοῦ 500 Volt . Νὰ ὑπολογισθῇ εἰς $Watt$ καὶ ἀτμοῖτπους η ισχὺς τῆς μηχανῆς. ($1\ Ch = 736\ Watt$.)

(*Απ. $500\ 000\ W$, $679\ Ch$, περίπον.*)

148. Μία δυναμοήλεκτρικὴ γεννήτρια παρουσιάζει εἰς τοὺς πόλους τῆς διαφορὰν δυναμικοῦ $125\ Volt$ καὶ ἔχει ισχὺν $10\ kW$. Νὰ ὑπολογισθῇ η ἑντασις τοῦ ήλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον δύναται νὰ χορηγήσῃ η γεννήτρια.

(*Απ. $80\ A$.*)

149. Δυναμοήλεκτρικὴ γεννήτρια λειτουργεῖ μὲ τὴν βοήθειαν κινητῆρος ἐσωτερικῆς καύσεως. Η ισχὺς τοῦ κινητῆρος είναι $8\ Ch$ καὶ η ὀλικὴ ἀπόδοσις $85,0\%$. α) Νὰ ὑπολογισθῇ η ισχὺς τῆς δυναμοήλεκτρικῆς μηχανῆς, β) Εάν η διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τοὺς πόλους είναι $125\ Volt$, νὰ ὑπολογισθῇ η ἑντασις τοῦ ήλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον δύναται νὰ χορηγήσῃ η γεννήτρια αὐτῇ.

(*Απ. $40\ A$.*)

150. Μία ήλεκτρική στήλη έχει ήλεκτρογερετικήν δύναμιν 10 Volt, έσωτερηκήν αντίστασιν 3 Ω και χορηγεῖ τὸ ρεῦμα τῆς εἰς ἓνα καταναλωτὴν αντίστασεως 5 Ω. Νὰ υπολογισθῇ ἡ ἐντασις τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ δποὶον διαρρέει τὸ κύκλωμα.

(Απ. 1,25 A.)

151. Μία ηλεκτρικὴ στήλη έχει ηλεκτρογερετικήν δύναμιν 4,5 Volt. "Οταν ἐνώσωμεν τοὺς δύο πόλους τῆς στήλης μὲ ἓνα ἀγωγὸν σύρμα, αντίστασεως 2,5 Ω, κυκλοφορεῖ ρεῦμα ἐντάσεως 1,25 A. Νὰ υπολογισθῇ ἡ ἔσωτερηκή αντίστασις τῆς στήλης.

(Απ. 1,1 Ω.)

152. Οἱ δύο πόλοι μιᾶς ηλεκτρικῆς στήλης, ἔσωτερηκῆς αντίστασεως 1 Ω, εἰναι ἥνωμένοι μὲ ἓνα μεταλλικὸν καλώδιον αντίστασεως 5 Ω. "Ἐνα ἀμπερόμετρον, συνδεδεμένον ἐν σειρᾷ, δεικνύει 2 A. Νὰ υπολογισθῇ ἡ ηλεκτρογερετικὴ δύναμις τῆς στήλης.

(Απ. 12 V.)

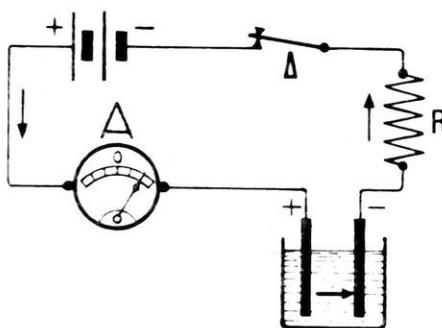
153. Οἱ δύο πόλοι μιᾶς ηλεκτρικῆς στήλης εἰναι συνδεδεμένοι μὲ ἓνα ἀγωγὸν αντίστασεως 3 Ω και ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ των εἰναι 1,5 Volt. "Οταν τὸ κύκλωμα εἰναι ἀνοικτόν, ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἰναι 2 Volt. Νὰ υπολογισθῇ ἡ ἔσωτερηκή αντίστασις τῆς στήλης.

(Απ. 9 Ω.)

ΑΕ' — ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΑΙ

§ 178. Ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τῶν συσσωρευτῶν μολύβδου.

Πείραμα 1. Πραγματοποιοῦμεν τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 167. Τὸ βολτάμετρον περιέχει διάλυμα θειϊκοῦ δξέος, τὰ δὲ ηλεκτρόδια εἰναι μολύβδιναι πλάκες.

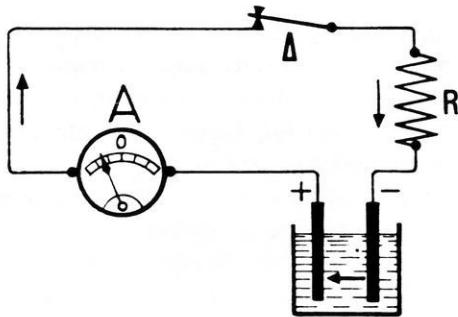


Σχ. 167. Τὸ βολτάμετρον διαρρέεται ἀπὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα.

Ἐὰν κλείσωμεν τὸν διακόπτην, τότε ἡ ηλεκτρικὴ πηγὴ τροφοδοτεῖ τὸ κύκλωμα μὲ ηλεκτρικὸν ρεῦμα, δὲ δείκτης τοῦ ἀμπερομέτρου ἀποκλείνει πρὸς τὰ δεξιά.

Ἀφήνομεν ἐπ' ὀλίγον κλειστὸν τὸ κύκλωμα και ἀκολούθως ἀνοίγομεν τὸν διακόπτην Δ, δόποτε διακόπτεται ἡ παροχὴ τοῦ ρεύματος και δὲ δείκτης τοῦ ἀμπερομέτρου ἐπανέρχεται εἰς τὸ μηδὲν τῆς κλίμακος.

Πείραμα 2. Άφαιροῦμεν τὴν ἡλεκτρικὴν πηγὴν τοῦ προηγουμένου κυκλώματος καὶ κλείομεν τὸν διακόπτην (σχ. 168). Παρατηροῦμεν τότε ὅτι ὁ δείκτης τοῦ ἀμπερομέτρου ἀποκλείει πρὸς τὰ ἀριστερά, πρᾶγμα τὸ δόποιον ἀποδεικνύει ὅτι ἔνα ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, μὲ ἀντίθετον φοράν ἀπὸ τὸ προηγούμενον, διαρρέει τὸ κύκλωμα. Αὐτὸ τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα παράγεται ἀπὸ τὸ βολτάμετρον, τὸ ὁποῖον ἔχει μεταβληθῆ εἰς ἡλεκτρικὴν πηγὴν.



Σχ. 168. Τὸ βολτάμετρον τροφοδοτεῖ τὸ ἔξωτερικὸν κύκλωμα μὲ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα.

Ἐξήγησις τοῦ φαινομένου. **a)** Εἰς τὸ πρῶτον πείραμα συμβαίνει ἡλεκτρόλυμασις τοῦ διαλύματος τοῦ θειϊκοῦ δέξεος μὲ πολυπλόκους δευτερευούσας ἀντιδράσεις εἰς τὰ ἡλεκτρόδια. Δυνάμεθα ὅμως νὰ παρατηρήσωμεν τὸ φαιὸν χρῶμα, τὸ ὁποῖον ἀποκτᾶ ἡ ἄνοδος. Τὸ χρῶμα αὐτὸ δφείλεται εἰς τὸ δξείδιον τοῦ μολύβδου, τὸ ὁποῖον ἐπικάθεται ἐπ' αὐτῆς. Ἡ ἡλεκτρικὴ δηλαδὴ ἐνέργεια, ἥτις προσλαμβάνεται ἀπὸ τὸ βολτάμετρον, μετατρέπεται εἰς χημικὴν ἐνέργειαν.

b) 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 ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

Τὸ φαινόμενον συνεπῶς ἐξελίσσεται ως ἐὰν εἴχε συσσωρευθῆ (ἀποθηκευθῆ) εἰς τὸ βολτάμετρον ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια, ἡ ὁποία ἀποδίδεται κατόπιν. Αὐτὸς εἶναι ὁ λόγος διὰ τὸν ὁποῖον αἱ γεννήτριαι αἱ ὑπὸ τοῦ εἰδούς δνομάζονται **συσσωρευταί**.

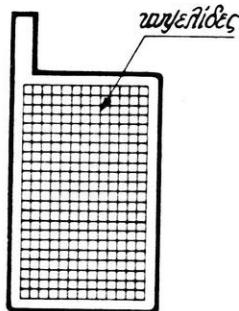
Τὰ δύο πειράματα, τὰ ὁποῖα περιεγράψαμεν, ἀντιστοιχοῦν εἰς τὴν φόρτισιν καὶ τὴν ἐκφόρτισιν τοῦ συσσωρευτοῦ.

§ 179. Περιγραφὴ ἐνὸς συνηθισμένου συσσωρευτοῦ. Τὸ βολτάμετρον μὲ τὰ μολύβδινα ἡλεκτρόδια, ἐκφορτίζεται πολὺ ταχέως. Αὐτὸ δφείλεται εἰς τὸ γεγονός ὅτι ἀποθηκεύει πολὺ μικρὰν ποσότητα

ήλεκτρισμοῦ. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν λέγομεν ὅτι «ὁ συσσωρευτὴς παρουσιάζει μικρὰν χωρητικότητα».

Διὰ νὰ αὐξήσωμεν τὴν χωρητικότητα τοῦ συσσωρευτοῦ, τὴν ποσότητα δηλαδὴ τοῦ ήλεκτρισμοῦ τὴν ὥποιαν δύναται νὰ ἀποδώσῃ, χρησιμοποιοῦμεν ήλεκτρόδια ἀπὸ μολυβδίνους πλάκας, ἐσκαμμένας ως αἱ κυψέλαι τῶν μελισσῶν, μὲ μορφὴν πλέγματος (σχ. 169). Αἱ κυψελίδες περιέχουν δόξειδια τοῦ μολύβδου· αἱ θετικαὶ πλάκες ἔχουν χρῶμα καφέ, ἐνῶ αἱ ἀρνητικαὶ φαιόν (σταχτὸν) πρὸς τὸ κυανοῦν.

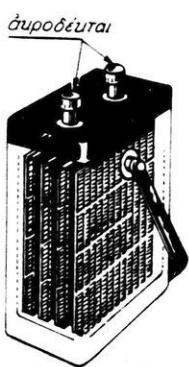
Πολλαὶ θετικαὶ πλάκες εἶναι συνδεδεμέναι μεταξύ των καὶ τὸ αὐτὸ



Σχ. 169. Πλάξ συσσωρευτοῦ

συμβαίνει μὲ τὰς ἀρνητικὰς πλάκας (σχ. 169). Τὸ σύστημα αὐτὸ τῶν θετικῶν καὶ ἀρνητικῶν πλακῶν τοποθετεῖται μέσα εἰς ἓνα δοχεῖον ἀπὸ μονωτικὸν ύλικὸν (ύαλος, ἐβονίτης, πλαστικαὶ ὄνται, κλπ.) τὸ ὅποιον περιέχει διάλυμα θειϊκοῦ δόξεος (σχ. 170).

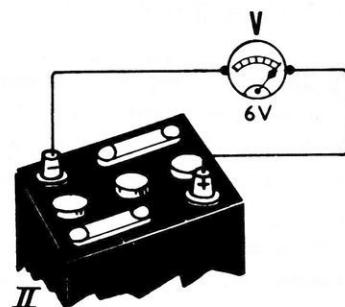
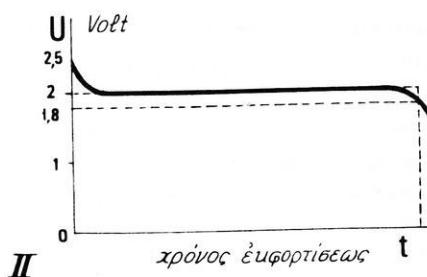
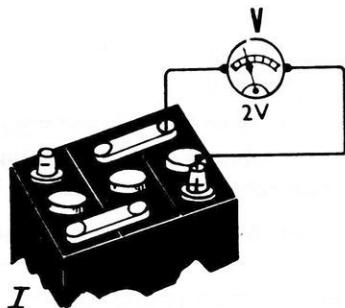
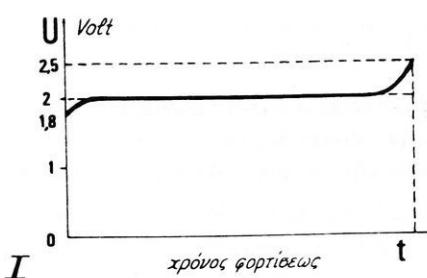
Διὰ νὰ ἀποφύγωμεν τὰ βραχυκυκλώματα τοποθετοῦμε μεταξὺ τῶν θετικῶν καὶ ἀρνητικῶν πλακῶν, φύλλα ἀπὸ πορῳδες μονωτικὸν ύλικὸν (ύαλοβάμβαξ, πορῳδες ἔλαστικόν).



Σχ. 170. Συσσωρευτῆς μολύβδου.

§ 180. Χαρακτηριστικὰ μεγέθη ἐνὸς συσσωρευτοῦ. α) Ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις. Χρησιμοποιοῦντες ἓνα βολτόμετρον μετροῦμε τὴν ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν. Ε ἐνὸς συσσωρευτοῦ μολύβδου καὶ τὴν εύρισκομεν περίπου ἵσην πρὸς 2 V. Ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ αὐτὴ δύναμις εἶναι ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὰς διαστάσεις καὶ τὸ σχῆμα τοῦ συσσωρευτοῦ.

Οταν φορτίζεται ὁ συσσωρευτής, ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ τοῦ δύναμις αὐξάνεται προοδευτικῶς καὶ φθάνει τὰ 2,5 V περίπου (σχ. 171, I). Εὐθὺς ως ἀρχίσῃ ἡ ἐκφόρτισις, ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ὑφίσταται ἀπότομον πτῶσιν καὶ κατέρχεται εἰς τὰ 2 V. Εἰς τὴν τιμὴν αὐτὴν παραμένει σταθερὰ κατὰ τὸ μεγαλύτερον χρονικὸν διάστημα τῆς ἐκφορτίσεως.



Σχ. 171. Καμπύλη φορτίσεως (I) και έκφορτίσεως (II) ένός συσσωρευτού.

Σχ. 172. (I). Μέτρησις της τάσεως εις τους άκροδέκτας ένός στοιχείου και (II) εις τους άκροδέκτας μιᾶς συστοιχίας τριών συσσωρευτῶν.

Εις τὸ τέλος τῆς ἐκφορτίσεως ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις πίπτει ἀποτόμως κάτω ἀπὸ τὰ 2 V (σχ. 171, II).

Εις τὴν πρακτικὴν χρησιμοποιοῦμεν **συστοιχίας** συσσωρευτῶν, αἱ ὅποιαι ἀποτελοῦνται συνήθως ἀπὸ τρία ἢ ἔξι στοιχεῖα συσσωρευτῶν, συνδεδεμένα ἐν σειρᾷ, δόποτε ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς συστοιχίας ἀνέρχεται εἰς $3 \times 2 = 6$ V ἢ $6 \times 2 = 12$ V (σχ. 172). Τὰ τρία ἢ ἔξι αὐτὰ στοιχεῖα περιέχονται εἰς ἕνα κοινὸν δοχεῖον, τὸ ὅποιον χωρίζεται εἰς δύο ἢ τρία διαμερίσματα.

β) Χωρητικότης. Ὡς χωρητικότητα ένός συσσωρευτοῦ δρίζομεν τὴν ποσότητα τοῦ ἡλεκτρισμοῦ, τὴν ὅποιαν δύναται νὰ ἀποδώσῃ ὁ συσσωρευτὴς κατὰ τὴν ἐκφόρτισιν.

Ἡ χωρητικότης ένός συσσωρευτοῦ ἐκφράζεται συνήθως εἰς ἀμπερώρας (Ah).

Αἱ συστοιχεῖαι τῶν συσσωρευτῶν, οἱ ὅποιοι χρησιμοποιοῦνται

εις τὰ αὐτοκίνητα, ἔχουν χωρητικότητα αἵτινες κυμαίνονται ἀπὸ 45 Ah μέχρις 90 Ah.

γ) Ἐσωτερικὴ ἀντίστασις. Ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τοῦ συσσωρευτοῦ ὀφείλεται εἰς τὸ διάλυμα τοῦ θειϊκοῦ ὀξέος, μέσα εἰς τὸ ὅποῖον εἶναι βυθισμέναι αἱ πλάκες, καὶ εἶναι τῆς τάξεως τοῦ ἑκατοστοῦ τοῦ "Ωμ

δ) Ἀπόδοσις. Κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς ἐκφορτίσεώς του ὁ συσσωρευτής ἀποδίδει τὰ 90% περίπου τοῦ ἡλεκτρισμοῦ, τὸν ὅποῖον ἀπεθήκευσε κατὰ τὴν φόρτισιν. Λέγομεν τότε ὅτι ὁ συσσωρευτής ἔχει ἀπόδοσιν 90% ἢ 0,90.

§ 181. Χρήσεις τοῦ συσσωρευτοῦ. Οἱ συσσωρευταὶ χρησιμοποιοῦνται ως πηγαὶ συνεχοῦς ρεύματος εἰς τὰ ἐργαστήρια, εἰς τὰ τηλεφωνικὰ κέντρα, εἰς τοὺς σηματοδότας τοῦ σιδηροδρομικοῦ δικτύου, κλπ. Ἐπίσης χρησιμοποιοῦνται ως ἐφεδρικὴ πηγὴ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, διὰ τὴν περίπτωσιν βλάβης τοῦ δικτύου διανομῆς. Οἱ συσσωρευταὶ εὑρίσκουν ἐφαρμογὴν ἐπίσης εἰς τὰ αὐτοκίνητα, εἰς τὰ ὑποβρύχια, εἰς τὰ ἀεροπλάνα κλπ.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Οἱ συσσωρευταὶ εἶναι πηγαὶ συνεχοῦς ρεύματος, αἱ ὄποιαι μετατρέπουν χημικὴν ἐνέργειαν εἰς ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

2. Διὰ νὰ λειτουργήσῃ ὁ συσσωρευτής πρέπει προηγουμένως νὰ φορτισθῇ. Ἡ φόρτισις συνίσταται εἰς τὴν μετατροπὴν τῆς ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας, τὴν ὅποιαν προσλαμβάνει ὁ συσσωρευτής, εἰς χημικὴν ἐνέργειαν. Κατὰ τὴν ἐκφόρτισιν συμβαίνει τὸ ἀντίθετον.

3. Ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἐνὸς συσσωρευτοῦ μολύβδου εἶναι περίπου 2 V. Εἰς τὴν πρακτικὴν συνδέομεν ἐν σειρᾷ δύο ἡ περισσότερα στοιχεῖα καὶ σχηματίζομεν συστοιχίας.

4. Ἡ χωρητικότης τῶν συσσωρευτῶν, ἡ ποσότης δηλαδὴ τοῦ ἡλεκτρισμοῦ τὸν ὅποῖον δύνανται νὰ ἀποδώσουν κατὰ τὴν ἐκφόρτισιν, μετρεῖται εἰς ἀμπερώρας.

5. Οἱ συσσωρευταὶ χρησιμοποιοῦνται ως 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) Πόση ποσότητα ἡλεκτρικοῦ δυνάμεθα νὰ λάβωμεν. β) Ἐάν ἡ διάρκεια τῆς ἐκφορτίσεως είναι 5 h νὰ ενρεθῇ ἡ ἐντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ όποιον ἀποδίεται.

('Απ. α' 432 000 Cb. β' 24 A

155. Θέλομεν νὰ ἐπαναφορτίσωμεν μίαν συστοιχίαν συσσωρευτῶν χωρητικότητος 90 Ah, χρησιμοποιοῦντες ἡλεκτρικὸν ρεύμα ἐντάσεως 9 A. α) Ἐπὶ πόσας ὥρας θὰ πρέπει νὰ φροτίζεται ἡ συστοιχία. β) Νὰ ενρεθῇ εἰς βατώρας (Wh) ἡ ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια, ἣντις παρέχεται ἀπὸ τὸ ἡλεκτρικὸν ρεύμα, ἐάν ἡ διαφορὰ τοῦ δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα τοῦ συσσωρευτοῦ είναι 6,6 Volt. ('Απ. α' 10 h. β' 594 Wh.)

156. Αἱ μολύβδιναι πλάκες μιᾶς συστοιχίας συσσωρευτῶν ἔχουν βάρος 100 kp. Φορτίζομεν τὸν συσσωρευτὴν χρησιμοποιοῦντες ἡλεκτρικὸν ρεύμα ἐντάσεως 0,5 A ἀνὰ kp μολύβδου. α) Ἐάν ἡ φόρτισις διαρκῇ 12 h, νὰ ενρεθῇ ἡ ποσότητας τοῦ ἡλεκτρικοῦ ὅποια ἀπητήθη δι' αὐτὴν τὴν φόρτισιν. β) Κατόπιν ἐκφορτίζομεν αὐτὴν τὴν συστοιχίαν ἐντὸς χρόνου 10 h, ἀποδίδοντες ρεύμα ἡλεκτρικὸν ἐντάσεως 50 A. Νὰ ενρεθῇ ἡ χωρητικότης τῆς συστοιχίας. γ) Νὰ ενρεθῇ ἡ ἀπόδοσις τῆς συστοιχίας αὐτῆς, δηλαδὴ ἡ τιμὴ τοῦ λόγου τῆς χωρητικότητος πρὸς τὴν ποσότητα τοῦ ἡλεκτρικοῦ ὅποιος ἀπεδόθη.

('Απ. α' 600 Ah. β' 500 Ah. γ' 83%).

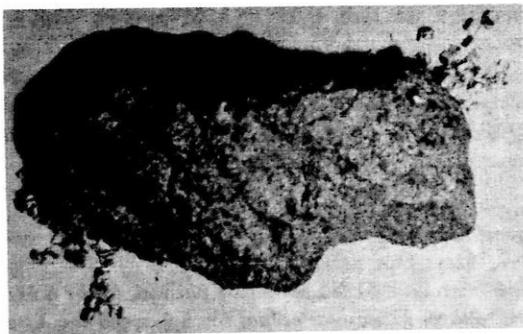
157. Ἡ συστοιχία τῶν συσσωρευτῶν (μπαταρία) ἐνὸς αὐτοκινήτου φέρει μίαν μικρὰν πλάκα ἐπάνω εἰς τὴν όποιαν ἀναγράφονται τὰ ἔξης : Χωρητικότης : 75 Ah. Κανονικὴ ἐντασις φορτίσεως : 7,5 A. Μεχίστη ἐπιτρεπομένη ἐντασις κατὰ τὴν φόρτισιν 12,5 A. Νὰ ὑπολογίσετε : α) Τὸν κανονικὸν χρόνον καθὼς καὶ τὸν ἐλάχιστον χρόνον φορτίσεως. β) Τὸν χρόνον ὃ όποιος θὰ ἀπαιτηθῇ διὰ τὴν ἐκφόρτισιν, ἐάν τὸ ρεύμα ἐκφορτίσεως ἔχει ἐντασιν 1,5 A. γ) Τὴν χωρητικότητα εἰς Cb.

('Απ. α' 10 h, 6 h. β' 50 h. γ' 270 000 Cb.)

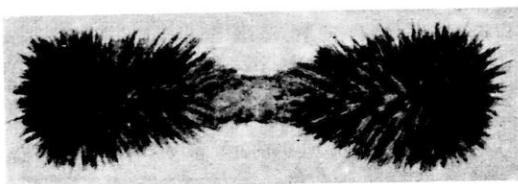
ΛΣΤ' — ΜΑΓΝΗΤΑΙ. ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΠΥΞΙΣ

§ 182. Φυσικοὶ μαγνῆται. Ἀπὸ τὴν ἀρχαιότητα, πρὸ 2 500 περίπου ἐτῶν, ἡτο γνωστὸν ὅτι ἔνα ὡρισμένον δρυκτὸν τοῦ σιδήρου, δι μαγνητίτης (Fe_3O_4), ἔχει τὴν ἰδιότητα νὰ ἔλκῃ ἀντικείμενα κατεσκευασμένα ἀπὸ σιδήρου, ὅχι ὅμως καὶ ἀπὸ ξύλου ἢ χαλκόν.

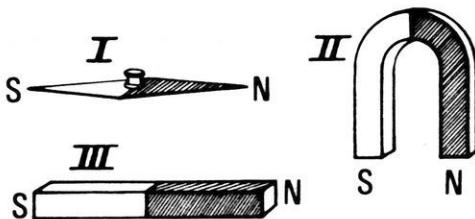
Πείραμα. Βυθίζομεν ἔνα τεμάχιον μαγνητίτου ἐντὸς ρινισμάτων σιδήρου. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι, ὅταν τὸ ἀνασύρωμεν, παραμένει ἐπ' αὐτοῦ προσκολλημένος ἔνας μεγάλος ἀριθμὸς ρινισμάτων (σχ. 173).



Σχ. 173. Ο μαγνητίτης ἔλκει τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου.



Σχ. 174. Εἰς τοὺς τεχνητοὺς μαγνήτας ἡ ἐλκτικὴ δύναμις ἐντοπίζεται κυρίως εἰς τὰ ἄκρα.



Σχ. 175. Μορφαὶ τεχνητῶν μαγνητῶν.

Εἰς τοὺς τεχνητοὺς μαγνήτας ἡ ἐλκτικὴ ίκανότης ἐντοπίζεται εἰς τὰ ἄκρα, τὰ ὅποια ὀνομάζονται πόλοι τοῦ μαγνήτου. Οὕτω ἔνας τεχνητὸς μαγνήτης ἔχει δύο πόλους (σχ. 174).

Εἰς τοὺς τεχνητοὺς μαγνήτας δίδονται διάφορα σχήματα, ὅπως είναι ἡ μαγνητικὴ βελόνη, ὁ πεταλοειδῆς μαγνήτης καὶ ὁ ραβδοφόρος μαγνήτης (σχ. 175).

Αὐτὴ ἡ ἴδιότης τοῦ μαγνητίτου, νὰ ἔλκῃ τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου, ὀνομάζεται **μαγνητισμός**. Λέγομεν δὲ ὅτι ὁ μαγνητίτης είναι μαγνητισμένος καὶ ὅτι ἀποτελεῖ ἔνα φυσικὸν μαγνήτην.

Οὐα τὰ σώματα τὰ δοποῖα ἔλκονται ἀπὸ τὸν μαγνήτην ὀνομάζονται μαγνητικὰ σώματα.
Ωστε :

Ο μαγνητίτης είναι ἔνα ὀρυκτόν, τὸ ὅποιον ἔχει τὴν ίκανότητα νὰ ἔλκῃ τὰ διάφορα σιδηρᾶ ἀντικείμενα.

§ 183. Τεχνητοὶ μαγνῆται. Εάν λάβωμεν μίαν ράβδον ἀπὸ χάλυβα καὶ τὴν προστρίψωμεν μὲ ἔνα φυσικὸν μαγνήτην, παρατηροῦμεν ὅτι μαγνητίζεται καὶ αὐτὴ καὶ γίνεται τεχνητὸς μαγνήτης.

Οι τεχνητοί μαγνήται είναι μόνιμοι μαγνήται, δυνάμεθα δμως νὰ πραγματοποιήσωμεν καὶ παροδικοὺς μαγνήτας, μαγνήτας δηλαδή, οἵτινες, ἀφοῦ μαγνητισθοῦν, ἀποβάλλουν μετ' δλίγον τὸν μαγνητισμὸν τῶν. Οὕτως, ἂν λάβωμεν μίαν ράβδον ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον (οχι χάλυβα) καὶ τὴν προστρίψωμεν μὲ ἔνα φυσικὸν μαγνήτην, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι, ἐνῷ μαγνητίζεται, μετ' δλίγον ἀποβάλλει πάλιν τὸν μαγνητισμὸν τῆς.

Σήμερον ἐκτὸς ἀπὸ τὸν χάλυβα, διὰ νὰ κατασκευάσουν ἴσχυροὺς μονίμους μαγνήτας μὲ μικρὰν μᾶζαν, χρησιμοποιοῦν εἰδικὰ κράματα μετάλλων, ὅπως είναι τὸ κράμα Ἀλνίκο (Alnico), ἀποτελούμενον ἀπὸ ἀλουμίνιον (Al), νικέλιον (Ni), κοβάλτιον (Co), καθὼς ἐπίστης καὶ ἀπὸ χαλκὸν καὶ σίδηρον.

Τὸ σχῆμα 176 δεικνύει ἔνα τοιοῦτον μαγνήτην, ὁ ὅποῖος δύναται νὰ συγκρατήσῃ βάρος τεσσαρακονταπλάσιον τοῦ βάρους του.

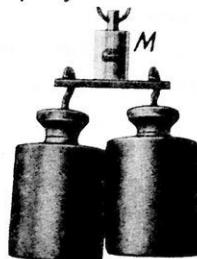
Πείραμα. Κόπτομεν εἰς δύο τεμάχια μίαν μαγνητισμένην ράβδον ἀπὸ χάλυβα.

Παρατηροῦμεν ὅτι τὰ δύο αὐτὰ τεμάχια, τὰ ὅποια προέκυψαν, ἔξακολουθοῦν νὰ είναι ἕκαστον μαγνήτης μὲ δύο πόλους. Ἐὰν ἔξακολουθήσωμεν τὸν τεμαχισμὸν, εἰς ἕκαστον ἀπὸ τὰ τεμάχια, τὰ ὅποια θὰ προκύπτουν, θὰ ἔχωμεν πάλιν δύο μαγνητικοὺς πόλους (σχ. 177).

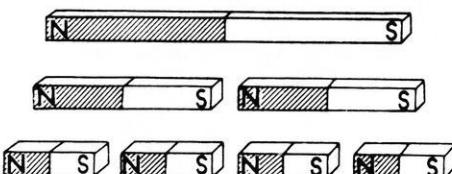
Δηλαδή :

Είναι ἀδύνατον νὰ ἀπομονώσωμεν ἔνα μαγνητικὸν πόλον. Οἰօσδηποτε μαγνήτης, ὅσον μικρὸς καὶ ἄν είναι, περιλαμβάνει πάντοτε δύο πόλους.

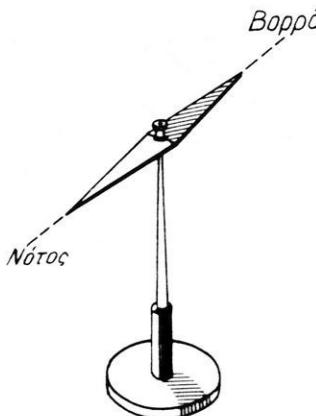
§ 184. Ἐπίδρασις τῆς Γῆς ἐπὶ τῆς μαγνητικῆς βελόνης. **Πείραμα.** Στηρίζομεν μίαν μαγνητικὴν βελόνην, μαγνήτην δηλαδὴ εἰς σχῆμα ἐπιμήκους ρόμβου, ἀπὸ τὸ κέντρον βάρους της ἐφ' ἐνὸς κατα-



Σχ. 176. Τεχνητὸς μαγνήτης Ἀλνίκο. Συγκρατεῖ βάρος 40 πλάσιον τοῦ βάρους του.



Σχ. 177. Ἔκαστον τεμάχιον, τὸ ὅποιον προκύπτει ἀπὸ τὸν τεμαχισμὸν μιᾶς μαγνητικῆς ράβδου, είναι τέλειος μαγνήτης.



Σχ. 178. Ἡ μαγνητική βελόνη πίας της, παρατηροῦμεν ὅτι, ἀφοῦ ταπροσανατολίζεται κατά τὴν διεύθυνσιν Βορρᾶς - Νότος.

Θέσιν. Ἐπιχειροῦμεν τώρα νὰ ἀντιστρέψωμεν τοὺς δύο πόλους τῆς μαγνητικῆς βελόνης ἐπιτυγχάνοντες ίσορροπίαν. Δι’ αὐτὸν περιστρέφομεν κατὰ 180° περὶ τὸν ἄξονά της. Παρατηροῦμεν ὅτι αὐτὸν εἰναι ἀδύνατον. Εὐθὺς ως τὴν ἀφήσωμεν ἐλευθέραν, ἐπανέρχεται εἰς τὴν ἀρχικήν θυνσιν Βορρᾶς-Νότος.

Συμπεραίνομεν λοιπὸν ὅτι οἱ δύο πόλοι τῆς μαγνητικῆς βελόνης δὲν εἰναι ὅμοιοι.

Δι’ αὐτὸν τὸν λόγον ὁρίζομεν ως βόρειον μαγνητικὸν πόλον (καὶ σημειώνομεν μὲ τὸ γράμμα N, ἀπὸ τὴν λέξιν Nord=Βορρᾶς), τὸν πόλον δὲ ὁποῖος στρέφεται πρὸς τὸν γεωγραφικὸν Βορρᾶν, νότιον δὲ μαγνητικὸν πόλον τὸν πόλον τῆς βελόνης δὲ ὁποῖος στρέφεται πρὸς τὸν γεωγραφικὸν Νότον (καὶ σημειώνομεν μὲ τὸ γράμμα S, ἀπὸ τὴν λέξιν Sud Νότος). Ωστε :

Ἐνας μαγνήτης ἔχει δύο διαφορετικοὺς πόλους : τὸν βόρειον μαγνητικὸν πόλον (N) καὶ τὸν νότιον μαγνητικὸν πόλον (S).

Ἐὰν δὲ μαγνήτης δύναται νὰ περιστραφῇ ἐλευθέρως εἰς τὸ ὄριζόντιον ἐπίπεδον, δὲ βόρειος μαγνητικὸς πόλος προσανατολίζεται πρὸς τὸν γεωγραφικὸν Βορρᾶν καὶ δὲ νότιος μαγνητικὸς πόλος πρὸς τὸν γεωγραφικὸν Νότον τῆς Γῆς.

Βορρᾶς κορύφου αἰχμηροῦ ἄξονος (σχ. 178). Ἐὰν ἀφήσωμεν τὴν βελόνην νὰ ἡρεμήσῃ παρατηροῦμεν ὅτι ἀρχικῶς ταλαντεύεται, κατόπιν δὲ προσανατολίζεται εἰς μίαν ώρισμένην διεύθυνσιν.

Ἡ διεύθυνσις αὐτὴ καθορίζεται ἀπὸ τὸν μεγάλον (διαμήκη) ἄξονα τῆς μαγνητικῆς βελόνης. Ἡ διεύθυνσις αὐτοῦ τοῦ ἄξονος ἔχει περίπου τὴν διεύθυνσιν Βορρᾶς - Νότος.

Ἐὰν ἀπομακρύνωμεν τὴν μαγνητικὴν βελόνην ἀπὸ αὐτὴν τὴν θέσιν ίσορρο-

πίας της, παρατηροῦμεν ὅτι, ἀφοῦ τα-

προσανατολίζεται κατὰ τὴν διεύθυνσιν Βορ-

ρρᾶς - Νότος.

Θέσιν. Ἐπιχειροῦμεν τώρα νὰ ἀντιστρέ-

ψωμεν τοὺς δύο πόλους τῆς μαγνητικῆς βελόνης ἐπιτυγχάνοντες ίσορροπίαν. Δι’ αὐτὸν τὴν περιστρέφομεν κατὰ 180° περὶ τὸν ἄξονά της. Παρατηροῦμεν ὅτι αὐτὸν εἰναι ἀδύνατον. Εὐθὺς ως τὴν ἀφήσωμεν ἐλευθέραν, ἐπανέρχεται εἰς τὴν ἀρχικήν της θέσιν οὕτως, ὥστε δὲ ἵδιος πάντοτε πόλος νὰ στρέφεται πρὸς τὸν Βορρᾶν.

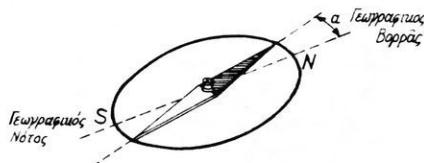
Συμπεραίνομεν λοιπὸν ὅτι οἱ δύο πόλοι τῆς μαγνητικῆς βελόνης δὲν εἰναι ὅμοιοι.

Δι’ αὐτὸν τὸν λόγον ὁρίζομεν ως βόρειον μαγνητικὸν πόλον (καὶ σημειώνομεν μὲ τὸ γράμμα N, ἀπὸ τὴν λέξιν Nord=Βορρᾶς), τὸν πόλον δὲ ὁποῖος στρέφεται πρὸς τὸν γεωγραφικὸν Βορρᾶν, νότιον δὲ μαγνητικὸν πόλον τὸν πόλον τῆς βελόνης δὲ ὁποῖος στρέφεται πρὸς τὸν γεωγραφικὸν Νότον (καὶ σημειώνομεν μὲ τὸ γράμμα S, ἀπὸ τὴν λέξιν Sud Νότος). Ωστε :

Ἐνας μαγνήτης ἔχει δύο διαφορετικοὺς πόλους : τὸν βόρειον μαγνητικὸν πόλον (N) καὶ τὸν νότιον μαγνητικὸν πόλον (S).

Ἐὰν δὲ μαγνήτης δύναται νὰ περιστραφῇ ἐλευθέρως εἰς τὸ ὄριζόντιον ἐπίπεδον, δὲ βόρειος μαγνητικὸς πόλος προσανατολίζεται πρὸς τὸν γεωγραφικὸν Βορρᾶν καὶ δὲ νότιος μαγνητικὸς πόλος πρὸς τὸν γεωγραφικὸν Νότον τῆς Γῆς.

§ 185. Διάκρισις μαγνητικών πόλων. Διὰ νὰ διακρίνωμεν μεταξὺ των τούς δύο πόλους ἐνὸς μαγνήτου, χρωματίζομεν τὸν βόρειον μαγνητικὸν πόλον συνήθως μὲ ἐρυθρὸν χρῶμα ἢ ἀναγράφομεν ἐπ' αὐτοῦ τὸ γράμμα N.



Σχ. 179. Διὰ τὴν ἔννοιαν τῆς μαγνητικῆς ἀποκλίσεως.

§ 186. Μαγνητικὴ ἀπόκλισις. Ἡ διεύθυνσις τὴν ὅποιαν ἔχει ἡ μαγνητικὴ βελόνη εἰς ἓνα ώρισμένον τόπον καθορίζει τὸν **μαγνητικὸν μεσημβρινὸν** τοῦ τόπου. Εἰς τὴν πραγματικότητα αὐτὴ ἡ διεύθυνσις διαφέρει δλίγον ἀπὸ τὴν γεωγραφικὴν διεύθυνσιν Βορρᾶ - Νότου (γεωγραφικὸς μεσημβρινός).

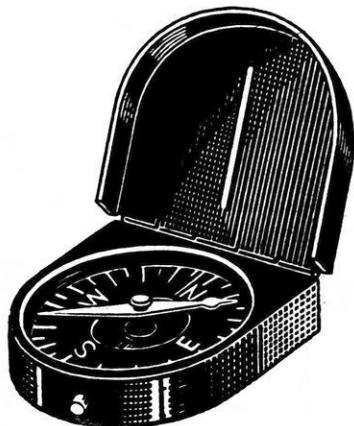
Αὐταὶ αἱ δύο διεύθυνσεις σχηματίζουν μεταξὺ των μίαν γωνίαν, ἡ ὁποία ἀνομάζεται **ἀπόκλισις** (σχ. 179).

Ἐάν ὁ βόρειον πόλος μιᾶς μαγνητικῆς βελόνης εὑρίσκεται ἀριστερὰ ἀπὸ τὸν γεωγραφικὸν μεσημβρινόν, ἡ ἀπόκλισις ὀνομάζεται **δυτικὴ**. Εἰς τὴν ἀντίθετον περίπτωσιν ἡ ἀπόκλισις ὀνομάζεται **ἀνατολικὴ**.

Ἡ ἀπόκλισις δὲν παραμένει σταθερὰ εἰς ἓνας ώρισμένον τόπον ἀλλὰ μεταβάλλεται ἀπὸ τοῦ ἐνὸς ἔτους εἰς τὸ ἄλλο.

Μαγνητικὴ ἀπόκλισις εἰς ἓν τόπον ὀνομάζεται ἡ ὀξεῖα γωνία, ἡ ὁποία σχηματίζεται ἀπὸ τὰς διεύθυνσεις τοῦ μαγνητικοῦ καὶ τοῦ γεωγραφικοῦ μεσημβρινοῦ τοῦ τόπου.

§ 187. Μαγνητικὴ πυξίς. Ἡ πυξίς ἀποτελεῖται ἀπὸ μίαν μαγνητικὴν βελόνην, ἡ ὁποία στηρίζεται ἐπὶ ἐνὸς κατακορύφου αἰχμηροῦ ἄξονος. Τὸ δὲ λόν σύστημα εὑρίσκεται μέσα εἰς ἓν προστατευτικὸν περίβλημα (σχ. 180). Μία κατάλληλος διάταξις ἐπιτρέπει νὰ ἀκινητοποιοῦμεν τὴν μαγνητικὴν βελόνην.



Σχ. 180. Συνήθης μαγνητικὴ πυξίς.



Σχ. 181. Ναυτική πυξίς μὲ έξάρτησιν Καρντάνο.

εἰς τὴν ἀεροπορίαν, διαφέρουν ἀπὸ τὰς κοινὰς πυξίδας. Ἡ διαφορὰ εἶναι ὅτι τὸ κιβώτιον τὸ ὁποῖον τὰς περιέχει, στηρίζεται κατὰ ἔναν εἰδικὸν τρόπον (σύστημα Καρντάνο, Cardano), μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ ὁποίου ἡ μαγνητικὴ βελόνη παραμένει πάντοτε ὀριζοντία, παρ' ὅλους τοὺς κλυδωνισμοὺς τοῦ σκάφους (σχ. 181).

Ἡ μαγνητικὴ βελόνη εἶναι προσηρμοσμένη οὕτως, ὥστε νὰ ἀποτελῇ διάμετρον ἐνὸς γωνιομετρικοῦ κύκλου, ἐπάνω εἰς τὸν ὁποῖον ἔχουν σημειωθῆ ἡ κύρια καὶ τὰ δευτερεύοντα σημεῖα τοῦ ὀριζοντος.

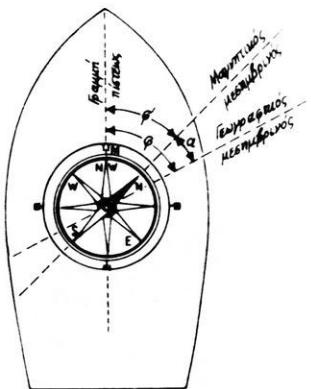
Ο γωνιομετρικὸς αὐτὸς κύκλος ὀνομάζεται ἀνεμολόγιον.

Τὰ τέσσαρα κύρια σημεῖα καθορίζονται ἀπὸ τὰ γράμματα N (Βορρᾶς), E (Ανατολή), S (Νότος), W (Δύσις). Αἱ ἐνδιάμεσοι ἐνδείξεις σημειώνονται μὲ τὰ ἀκόλουθα ζεύγη γραμμάτων: NE (Βορειοανατολικῶς), SE (Νοτιοανατολικῶς), SW (Νοτιοδυτικῶς) καὶ NW (Βορειοδυτικῶς).

Ἐπὶ τῆς θήκης τῆς πυξίδος χαράσσεται μία γραμμὴ, ἡ ὁποία συμπίπτει μὲ τὸν διαμήκη ἄξονα τοῦ πλοίου καὶ ἡ ὁποίᾳ ὀνομάζεται γραμμὴ πίστεως.

“Οταν τὸ πλοίον στρέφεται, στρέφεται ἐπίσης καὶ ἡ γραμμὴ πίστεως μετ' αὐτοῦ, ἀλλὰ ἡ βελόνη καὶ τὸ ἀνεμολόγιον παραμένουν πάντοτε εἰς τὴν ίδιαν θέσιν.

Διά νὰ χαράξωμεν τὴν πορείαν ἐνὸς πλοίου,



Σχ. 182. Καθορισμὸς τῆς πορείας τοῦ πλοίου. Ἡ γωνία, τὴν ὁποίαν σχηματίζει ἡ γραμμὴ πίστεως μὲ τὸν γεωγραφικὸν μεσημβρινόν, διορθώνεται συμφώνως πρὸς τὴν ἀπόκλισιν.

καθορίζομεν πρῶτον εἰς τὸν ναυτικὸν χάρτην τὴν γωνίαν φ μεταξὺ γεωγραφικοῦ μεσημβρινοῦ καὶ τῆς διευθύνσεως τὴν ὅποιαν πρόκειται νὰ ἀκολουθήσῃ τὸ πλοῖον. Ἡ γωνία αὐτὴ διορθώνεται δταν ληφθῇ ὑπ' ὅψιν ἡ ἀπόκλισις α καὶ οὕτω καθορίζεται μία νέα γωνία φ', ἡ ὅποια σχηματίζεται ἀπὸ τὸν μαγνητικὸν μεσημβρινὸν καὶ τὴν γραμμὴν πίστεως τοῦ πλοίου.

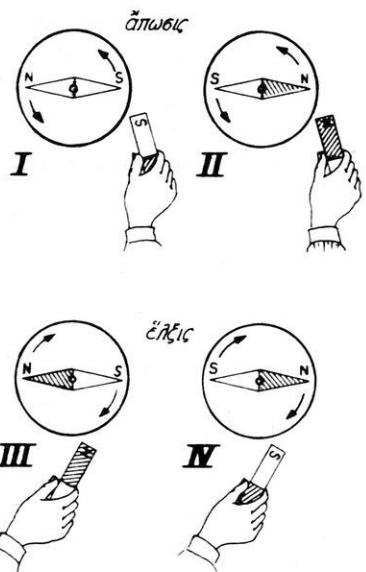
Ἄκολούθως μὲ τὸ πηδάλιον στρέφεται τὸ πλοῖον μέχρις ὅτου ἡ γραμμὴ πίστεως σχηματίσῃ, μὲ τὸν Βορρᾶν τοῦ ἀνεμολογίου τῆς πυξίδος, τὴν ὑπολογισθεῖσαν γωνίαν φ', ἡ ὅποια μένει πλέον σταθερὰ καὶ ρυθμίζει τὴν πορείαν τοῦ σκάφους (σχ. 182).

A N A K E Φ A Λ A I Ω S I S

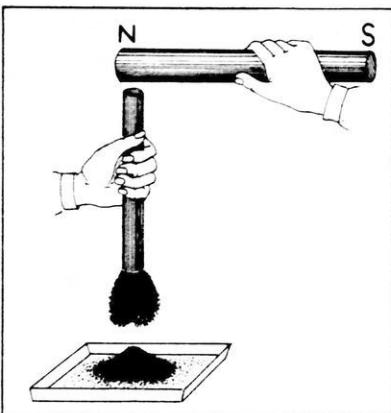
1. Ὁ μαγνήτης παρουσιάζει τὴν ιδιότητα νὰ ἔλκῃ τὰ σιδηρᾶ καὶ τὰ χαλύβδινα ἀντικείμενα.
2. Οἱ μόνιμοι τεχνητοὶ μαγνῆται εἰναι κατεσκευασμένοι ἀπὸ χάλυβα ἢ διάφορα κράματα, ὅπως εἰναι τὸ κράμα Ἀλνίκο.
3. Τὰ ρινίσματα σιδήρου προσκολλῶνται εἰς τὰ ἄκρα ἐνὸς μονίμου μαγνήτου. Αὐτὰ τὰ δύο ἄκρα ὀνομάζονται μαγνητικοὶ πόλοι.
4. Ὁ μαγνήτης ἔχει δύο διαφορετικοὺς πόλους : α) Τὸν βόρειον μαγνητικὸν πόλον, καὶ β) τὸν νότιον μαγνητικὸν πόλον. Ἐὰν ὁ μαγνήτης εἰναι ἐλεύθερος νὰ περιστραφῇ εἰς τὸ ὄριζόντιον ἐπίπεδον, βόρειος μαγνητικὸς πόλος εἰναι ἐκεῖνος ὁ ὅποιος διευθύνεται πρὸς τὸν γεωγραφικὸν Βορρᾶν.
5. Ἡ πυξίς εἰναι βασικῶς μία μαγνητικὴ βελόνη, στρεπτὴ περὶ κατακόρυφον ἄξονα, ἡ ὅποια προσανατολίζεται κατὰ τὴν διεύθυνσιν Βορρᾶς - Νότος.
6. Ἀπόκλισις εἰς ἔνα τόπον ὀνομάζεται ἡ γωνία, ἣτις σχηματίζεται ἀπὸ τὰς διευθύνσεις τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ καὶ τοῦ γεωγραφικοῦ μεσημβρινοῦ τοῦ τόπου.

ΛΖ' — ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΙΣ ΤΩΝ ΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΟΛΩΝ ΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΦΑΣΜΑΤΑ

§ 188. Ἄμοιβαία ἐπενέργεια μαγνητικῶν πόλων. Πείραμα. Πλησιάζομεν τὸν νότιον μαγνητικὸν πόλον ἐνὸς μαγνήτου εἰς τὸν νότιον πόλον μιᾶς μαγνητικῆς βελόνης. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι ὁ



Σχ. 183. Οι όμώνυμοι μαγνητικοί πόλοι άπωθούνται και οι έτερώνυμοι έλκονται.



Σχ. 184. Μαγνήτισις ἐξ ἐπιδράσεως. μίαν μαγνητικὴν βελόνην, διαπιστώσωμεν μὲ

νότιος πόλος τῆς μαγνητικῆς βελόνης ἀπωθεῖται καὶ ἡ βελόνη στρέφεται ἀποτόμως (σχ. 183, I). Ἀκριβῶς τὸ ίδιον 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 συνεπᾶς δι :

Οἱ όμώνυμοι μαγνητικοὶ πόλοι ἀπωθοῦνται, ἐνῷ οἱ έτερώνυμοι μαγνητικοὶ πόλοι έλκονται.

§ 189. Μαγνήτισις ἐξ ἐπιδράσεως. Πείραμα. Ὄταν ἔνα τεμάχιον μαλακοῦ σιδήρου τοποθετηθῆ πολὺ πλησίον εἰς ἔνα μαγνήτην, τότε μολονότι τὸ τεμάχιον τοῦ μαλακοῦ σιδήρου δὲν ἐφάπτεται εἰς τὸν μαγνήτην, ἀποκτᾷ ἐν τούτοις τὴν ίκανότητα νὰ ἔλκῃ τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου (σχ. 184). Δηλαδὴ ὁ μαλακὸς σιδηρος μετεβλήθη καὶ αὐτὸς εἰς μαγνήτην.

Δυνάμεθα νὰ διαπιστώσωμεν μὲ μίαν μαγνητικὴν βελόνην, διαπιστώσωμεν μὲ

ἄκρον τοῦ μαλακοῦ σιδήρου, τὸ ὅποῖον εύρισκεται ἔναντι τοῦ βορείου μαγνητικοῦ πόλου τοῦ μαγνήτου, ἔγινε νότιος μαγνητικὸς πόλος, ἐνῶ τὸ ἄλλον του ἄκρον βόρειος μαγνητικὸς πόλος. Αὐτὴ ἡ μαγνήτισις, τὴν ὅποιαν ἀπέκτησεν ὁ μαλακὸς σίδηρος, εὐθὺς ὡς εύρεθη πλησίον ἐνὸς μονίμου μαγνήτου, ὀνομάζεται **μαγνήτισις** ἢ **ἐπιδράσεως** ἢ **μαγνήτισις** ἢ **ἐπαγωγῆς**.

Αὐτὸ τὸ φαινόμενον μᾶς ἐπιτρέπει νὰ ἔξηγήσωμεν τοὺς θυσάνους ἀπὸ ρινίσματα σιδήρου, οἱ ὅποιοι σχηματίζονται εἰς τοὺς πόλους τοῦ μαγνήτου. Τὰ τεμαχίδια δηλαδὴ τῶν ρινίσμάτων γίνονται μικροὶ μαγνῆται ἢ **ἐπιδράσεως** καὶ ἔλκονται ἀμοιβαίως.

΄Απομακρύνομεν 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 :

΄Η μαγνήτισις ἢ ἐπιδράσεως τοῦ μαλακοῦ σιδήρου εἶναι πρόσκαιρος.

΄Επαναλαμβάνομεν τὸ ἵδιον πείραμα χρησιμοποιοῦντες ἔνα τεμάχιον χάλυβος. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι καὶ αὐτὸς μαγνητίζεται, ὅταν πλησιάσωμεν τὸν μόνιμον μαγνήτην ἐάν ὅμως ἀπομακρύνωμεν τὸν μόνιμον μαγνήτην, ὁ χάλυψ δὲν ἀποβάλλει τὴν μαγνήτισίν του καὶ ἔξακολουθεῖ νὰ συγκρατῇ τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου. Δηλαδὴ ἡ μαγνήτισις τοῦ χάλυβος εἶναι **μόνιμος**.

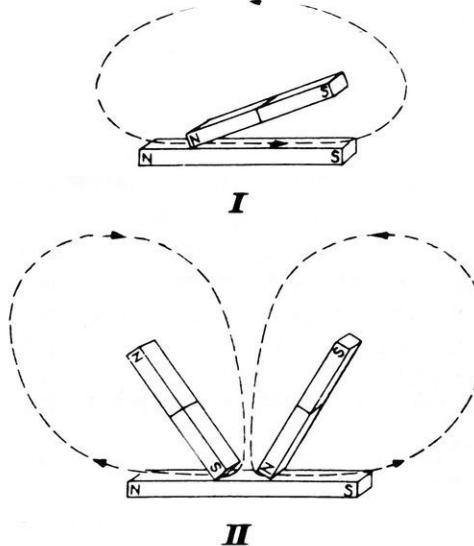
Οὕτως ἔξηγεται ὁ λόγος διὰ τὸν ὅποῖον οἱ τεχνητοὶ μαγνῆται κατασκευάζονται ἀπὸ χάλυβα. “Ωστε :

΄Η μαγνήτισις ἢ ἐπιδράσεως τοῦ χάλυβος εἶναι μόνιμος.

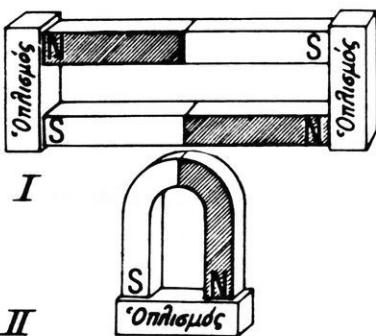
§ 190. Στοιχειώδεις τρόποι μαγνήτισεως. α) Μαγνήτισις δι’ ἀπλῆς ἐπαφῆς. Κατά τὴν μέθοδον αὐτὴν εἰς τὴν ράβδον ἥτις πρόκειται νὰ μαγνητίσθῃ, ἐφάπτομεν μὲ κλίσιν τὸν βόρειον πόλον ἐνὸς μαγνήτου (σχ. 185, I). Κατόπιν μετακινοῦμεν προστρίβοντες τὸν μαγνήτην, ὅπως δεικνύει ἡ ἐστιγμένη γραμμή, δηλαδὴ ὅπως ὅταν κτενιζόμεθα, καὶ οὕτως ἡ χαλυβδίνη ράβδος γίνεται καὶ αὐτὴ μαγνήτης.

β) Μαγνήτισις διὰ διπλῆς ἐπαφῆς. Χρησιμοποιοῦμεν μὲ τὴν μέθοδον αὐτὴν δύο μονίμους μαγνῆτας, τοὺς ὅποιους τοποθετοῦμεν ἐπάνω εἰς τὴν ράβδον, τὴν ὅποιαν θὰ μαγνητίσωμεν, καὶ μετατοπίζονται τοὺς μαγνῆτας πολλάς φοράς. ὅπως δεικνύει τὸ σχ. 185, II, ἀκολουθοῦντες τὰς ἐστιγμένας γραμμάς.

γ) Μαγνήτισις ἐξ ἐπιδράσεως. Ὅπως ἀναφέρομεν ἀνωτέρω, ἐὰν μία ράβδος ἀπὸ μαλακὸν σιδῆρου τοποθετηθῇ πλησίον ἐνὸς ἰσχυροῦ μονίμου μαγνήτου, ὁ μαλακὸς σιδῆρος γίνεται καὶ αὐτὸς παροδικὸς μαγνήτης.



Σχ. 185. Μαγνήτισις μὲ προστριβὴν ἐνὸς μαγνήτου (I) καὶ δύο μαγνητῶν (II).



Σχ. 186. Τρόπος διατηρήσεως μαγνητῶν.

Ἐὰν φέρωμεν μίαν μαγνητικὴν βελόνην πλησίον ἐνὸς μονίμου μαγνήτου, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ βελόνη ἀποκλίνει. Ἀλλωστε ἐὰν εἰς

δ) Μαγνήτισις δι' ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἰσχυροὺς μαγνήτας κατασκευάζομεν, μὲ τοποθέτησιν χάλυβδίνων ράβδων ἐντὸς πηνίων, τὰ ὅποια διαρρέονται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεύμα, ὥπως θὰ μελετήσωμεν εἰς ἐπόμενα κεφάλαια.

§ 191. Διατήρησις τῶν μαγνητῶν. Εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ μαλακοῦ σιδῆρου, ἡ ἔξαφάνισις τῶν μαγνητικῶν πόλων γίνεται εἰς χρονικὸν διάστημα κλάσματος τοῦ δευτερολέπτου, ἐνῶ δι' ὥρισμένους χάλυβας, ἡ ἔξαφάνισις τῶν πόλων γίνεται εἰς χρονικὸν διάστημα πολλῶν ἑτανῶν.

Διά νὰ παρεμποδίσωμεν τὴν ἀπομαγνήτισιν μονίμων μαγνητῶν, τοὺς διατάσσομεν ὥπως δεικνύεται εἰς τὸ σχ. 186, κατὰ τοιούτον τρόπον, ὥστε οἱ ἐτερώνυμοι μαγνητικοὶ πόλοι νὰ εύρισκωνται ὁ ἔνας ἔναντι τοῦ ἄλλου, τοποθετοῦντες ἐν ἐπαφῇ πρὸς τοὺς πόλοὺς τεμάχια μαλακοῦ σιδῆρου, τὰ ὅποια ὀνομάζονται ὄπλισμοι (σχ. 186).

§ 192. Μαγνητικὸν πεδίον ἐνὸς μαγνήτου. Ἐκαστος μαγνήτης ἀσκεῖ τὴν ἐπίδρασίν του εἰς ἔνα ἀρκετὰ μεγάλο τμῆμα τοῦ χώρου ὃ ὅποιος τὸν περιβάλλει.

Ἐὰν φέρωμεν μίαν μαγνητικὴν βελόνην πλησίον ἐνὸς μονίμου μαγνήτου, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ βελόνη ἀποκλίνει. Ἀλλωστε ἐὰν εἰς

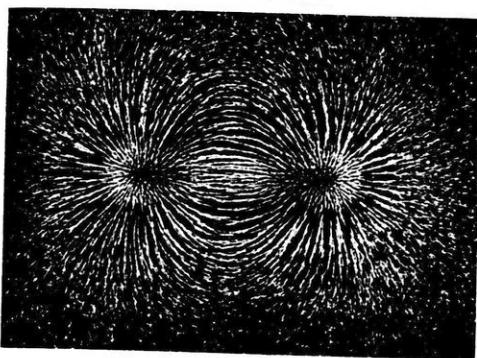
τὸν μαγνήτην πλησιάσωμεν ρινίσματα σιδήρου παρατηροῦμεν ὅτι αὐτὰ ἔλκονται.

Συμπεραίνομεν λοιπὸν ὅτι εἰς τὸν γειτονικὸν τοῦ μαγνήτου χῶρον, παρουσιάζονται μαγνητικὶ δυνάμεις.

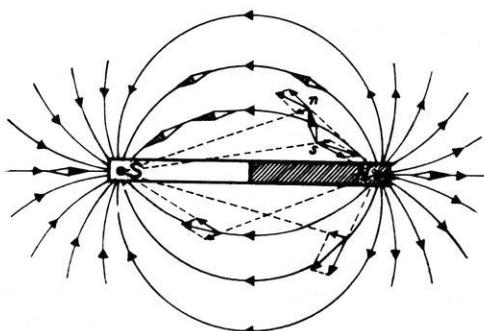
Όνομάζομεν μαγνητικὸν πεδίον τὴν περιοχὴν τοῦ χώρου, ἐντὸς τῆς ὁποίας ἐκδηλώνονται μαγνητικὶ δυνάμεις.

§ 193. Μαγνητικὸν φάσμα ἐνὸς εύθυγράμμου μαγνήτου. Εἰς ἑνα τεμάχιον χαρτονίου διασπείρομεν ρινίσματα σιδήρου. Διατηροῦμεν τὸ χαρτόνιον ὁρίζοντιον καὶ τοποθετοῦμεν κάτωθεν αὐτοῦ ἔνα ραβδόμορφον μαγνήτην. Τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου τότε διατάσσονται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε νὰ σχηματίζουν καμπύλας γραμμὰς μὲ ἀρχὴν καὶ τέλος τοὺς δύο πόλλους τοῦ μαγνήτου (σχ. 187). Αὐταὶ αἱ καμπύλαι γραμμαὶ δονομάζονται μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαί. Τὸ σύνολον δὲ αὐτῶν τῶν γραμμῶν δονομάζεται μαγνητικὸν φάσμα τοῦ μαγνήτου.

Ἐὰν λάβωμεν μίαν μικρὰν μαγνητικὴν βελόνην καὶ τὴν μετακινήσωμεν κατὰ μῆκος



Σχ. 187. Μαγνητικὸν φάσμα ραβδομόρφου μαγνήτου.



Σχ. 188. Ἡ μαγνητικὴ βελόνη παραμένει συνεχῶς ἐφαπτομένη κατὰ μῆκος μᾶς δυναμικῆς μαγνητικῆς γραμμῆς.

μιᾶς μαγνητικῆς δυναμικῆς γραμμῆς, παρατηροῦμεν ὅτι ὁ διαμήκης ἄξων τῆς βελόνης παραμένει συνεχῶς ἐφαπτόμενος εἰς τὴν δυναμικήν γραμμὴν (σχ. 188). Δυνάμεθα ἐπομένως νὰ εἴπωμεν ὅτι :

Μαγνητικὴ δυναμικὴ γραμμὴ εἶναι ἡ γραμμὴ ἐκείνη εἰς ἔκαστον σημεῖον τῆς ὁποίας ἐφάπτεται ὁ διαμήκης ἄξων τῆς μαγνητικῆς βελόνης.

Ἄς θεωρήσωμεν τώρα ὅτι ὁ βόρειος πόλος τῆς μαγνητικῆς βελόνης δύναται νὰ μετακινηθῇ ἐλευθέρως. Θά παρατηρήσωμεν τότε ὅτι ἀποθεῖται ἀπὸ τὸν βόρειον μαγνητικὸν πόλον τοῦ μονίμου μαγνήτου, ἐνῶ συγχρόνως ἔλκεται ἀπὸ τὸν νότιον μαγνητικὸν πόλον του, ἀκολουθῶν τὴν δυναμικὴν γραμμὴν μὲν φοράν ἀπὸ τὸν Βορρᾶν (Ν) πρὸς τὸν Νότον (Σ). Οὕτω λέγομεν ὅτι ἡ φορὰ αὐτὴ εἶναι ἡ φορὰ κατὰ τὴν ὁποίαν διαγράφεται ἡ δυναμικὴ μαγνητικὴ γραμμὴ. "Ωστε :

Αἱ μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαὶ ἔξερχονται ἀπὸ τὸν Βόρειον μαγνητικὸν πόλον καὶ εἰσέρχονται εἰς τὸν Νότιον πόλον τοῦ ραβδομόρφου μαγνήτους.

Ἡ διεύθυνσις καὶ ἡ φορὰ τῶν δυναμικῶν γραμμῶν καθορίζουν τὴν διεύθυνσιν καὶ τὴν φορὰν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς ἔκαστον σημεῖον τοῦ χώρου.

§ 194. Ἔντασις τοῦ μάγνητικοῦ πεδίου. Αἱ δυνάμεις, αἵτινες ἀσκοῦνται ἀπὸ ἔνα 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 ὅποιον δημιουργεῖται ἀπὸ τὸν μαγνήτην, εἶναι μεγαλυτέρα εἰς πλησιέστερα σημεῖα παρὰ εἰς ἀπομεμακρυσμένα.

Ἄλλωστε μία προσεκτικὴ μελέτη τοῦ μαγνητικοῦ φάσματος μᾶς δεικνύει ὅτι αἱ μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι πυκνότεραι εἰς τὰς πλησιεστέρας πρὸς τὸν μαγνήτην περιοχὰς παρὰ εἰς τὰ ἀπομεμακρυσμένας. Αὐτὴ ἡ παρατήρησις εἶναι γενικὴ καὶ μᾶς ὀδηγεῖ εἰς τὸ ἀκόλουθον συμπέρασμα :

Τὸ μαγνητικὸν πεδίον εἰς ἔνα ώρισμένον σημεῖον ἔχει τόσον με-

γαλυτέραν ἔντασιν, ὅσον πυκνότεραι εἰναι
αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἰς τὴν περιοχὴν
αὐτοῦ τοῦ σημείου.

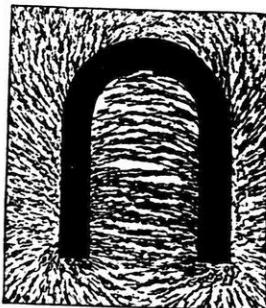
Ἄς θεωρήσωμεν τὸ μαγνητικὸν φάσμα
ἐνὸς πεταλοειδοῦς μαγνήτου (σχ. 189). Αἱ
μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἰς τὸν χῶ-
ρον ὁ ὄποιος παρεμβάλλεται μεταξὺ τῶν δύο
πόλων τοῦ μαγνήτου, εἰναι εὐθεῖαι παράλλη-
λοι καὶ ἴσταπέχουσαι. Λέγομεν τότε ὅτι εἰς
αὐτὴν τὴν περιοχὴν τὸ μαγνητικὸν πεδίον
εἰναι ὁμογενὲς ἢ ἀλλέως ὅτι ἡ ἔντασίς του
εἰναι σταθερά. "Ωστε :

"Ἐνα μαγνητικὸν πεδίον εἰναι ὁμογενές, ὅταν εἰς ἕκαστον σημεῖον
του ἡ ἔντασίς του διατηρῆται σταθερά.

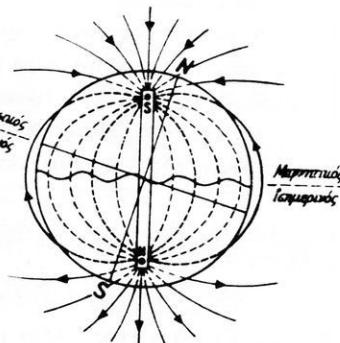
§ 195. Μαγνητικὸν πεδίον τῆς Γῆς. Καθὼς γνωρίζομεν, ἐὰν
ἀφήσωμεν μίαν μαγνητικὴν βελόνην νὰ ἴσορροπήσῃ, ὁ διαμήκης ἄξων
τῆς θὰ προσανατολισθῇ, πάντοτε, ἀκολουθῶν τὴν διεύθυνσιν Βορρᾶς -
Νότος. Ἐφ' ὅσον πλησίον τῆς μαγνητικῆς βελόνης δὲν ὑπάρχει κανεὶς
ἄλλος μαγνήτης, συμπεραίνομεν ὅτι διὰ νὰ προσανατολίζεται αὐτῇ,
θὰ ὑπάρχῃ εἰς τὴν περιοχὴν τῆς
Γῆς ἔνα μαγνητικὸν πεδίον.

Αὐτὸ τὸ μαγνητικὸν πεδίον, τὸ
ὅποιον ὑπάρχει μονίμως εἰς τὴν
περιοχὴν τῆς Γῆς, δονομάζεται
γήινον μαγνητικὸν πεδίον.

Δηλαδή, ἡ Γῆ συμπεριφέρεται
ώς ἔνας τεράστιος μαγνήτης, οἱ
μαγνητικοὶ πόλοι τοῦ ὄποιου εὑρί-
σκονται πλησίον τῶν πολικῶν πε-
ριοχῶν της (σχ. 190). Ὁ ἔνας ἀπὸ
τοὺς μαγνητικοὺς πόλους τῆς Γῆς
εὑρίσκεται πλησίον τοῦ βορείου· Ἡ Γῆ
γεωγραφικοῦ πόλου, εἰς τὸ βόρειον



Σχ. 189. Φάσμα πεταλοει-
δοῦς μαγνήτου.



Σχ. 190. Τὸ γήινον μαγνητικὸν πεδίον.
εὑρίσκεται πλησίον τοῦ βορείου· Ἡ Γῆ
συμπεριφέρεται ως τεράστιος
μαγνήτης.

τμῆμα τοῦ Καναδᾶ, ἐνῶ ὁ ἄλλος μαγνητικὸς πόλος τῆς Γῆς εὑρίσκεται πλησίον τοῦ νοτίου γεωγραφικοῦ πόλου, εἰς τὴν Γῆν τῆς Βικτώριας.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Μεταξὺ δύο πόλων δύο διαφορετικῶν μαγνητῶν, ἀσκεῖται ἐλεκτικὴ δύναμις ἡ ἀπωστικὴ δύναμις, ἐὰν οἱ πόλοι εἰναι ἐτερώνυμοι ἡ ὄμώνυμοι. Δηλαδή, δύο ὄμώνυμοι μαγνητικοὶ πόλοι ἀπωθοῦνται ἐνῶ δύο ἐτερώνυμοι ἔλκονται.
2. "Οταν μία ράβδος μαλακοῦ σιδήρου τοποθετηται πλησίον ἐνὸς μονίμου μαγνήτου, μαγνητίζεται ἐξ ἐπιδράσεως. Ἡ μαγνήτισις τοῦ μαλακοῦ σιδήρου είναι πρόσκαιρος. Κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον μία ράβδος ἀπὸ χάλυβα, ὅταν τοποθετηθῇ πλησίον ἐνὸς μονίμου μαγνήτου, μαγνητίζεται. ἡ μαγνήτισις ὅμως τοῦ χάλυβος είναι μόνιμος.
3. Μαγνητικὸν πεδίον ὀνομάζομεν τὴν περιοχὴν τοῦ χώρου εἰς τὴν ὥποιαν ἐμφανίζονται μαγνητικαὶ δυνάμεις.
4. Τὸ μαγνητικὸν φάσμα ἐνὸς μαγνήτου σχηματίζεται ἢν διασπείρωμεν ρινίσματα σιδήρου ἐπὶ ἐνὸς τεμαχίου χαρτονίου ἡ ὑάλου, κάτω ἀπὸ τὸ ὥποιον εὑρίσκεται ὁ μαγνήτης. Τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου διατάσσονται κατὰ μῆκος ώρισμένων καμπυλῶν ἡ εὐθειῶν γραμμῶν, αἱ ὥποιαι ὀνομάζονται μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαί.
5. Αἱ μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαὶ είναι αἱ γραμμαὶ ἐκεῖναι, εἰς ἔκαστον σημεῖον τῶν ὥποιων ὁ διαμήκης ἄξων τῆς μαγνητικῆς βελόνης είναι ἐφαπτόμενος.
6. Οἱ προσανατολισμὸς μιᾶς μαγνητικῆς βελόνης εἰς τὴν περιοχὴν τῆς Γῆς ὀφείλεται εἰς τὸ γήινον μαγνητικὸν πεδίον.

ΛΗ'—ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΟΥ ΑΓΩΓΟΥ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ ΣΩΛΗΝΟΕΙΔΟΥΣ

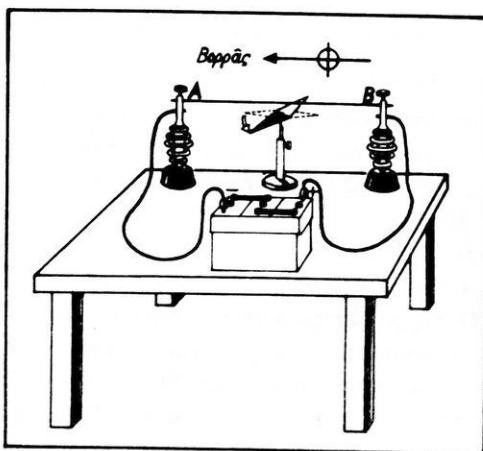
§ 196. Γενικότητες. Μία μαγνητικὴ βελόνη ἡ ὥποια τοποθετεῖται πλησίον ἐνὸς εὐθυγράμμου ἀγωγοῦ, ὁ ὥποιος διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἀποκλίνει. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐπομένως δημιουργεῖ μαγνητικὸν πεδίον γύρω ἀπὸ τοὺς ἀγωγοὺς τοὺς ὥποιους διαρρέει.

§ 197. α) Εύθυγραμμος ἀγωγός. Πείραμα τοῦ Ἐρστετ (Oersted). Λαμβάνομεν μίαν μαγνητικήν βελόνην καὶ τὴν ἀφήνομεν νὰ ἰσορροπήσῃ. Καθὼς παρατηροῦμεν, ἡρεμεῖ εἰς τὴν θέσιν διὰ τὴν ὁποίαν ὁ διαμήκης ἄξων της ἔχει τὴν διεύθυνσιν Βορρᾶς - Νότος. Κατόπιν τοποθετοῦμεν ἐπάνω ἀπὸ τὴν μαγνητικήν βελόνην ἔνα εὐθύγραμμον ἀγωγὸν AB, παράλληλον πρὸς τὸν διαμήκη ἄξονά της, καὶ διαβιβάζομεν εἰς τὸν ἀγωγὸν ἡλεκτρικὸν ρεῦμα. Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἀποκλίνει κατὰ μίαν ὠρισμένην γωνίαν (σχ. 191).

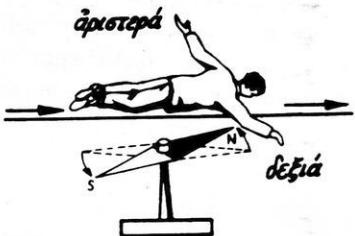
Ἐάν αὐξήσωμεν κατόπιν τὴν ἔντασιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ δόποιον διαρρέει τὸν ἀγωγόν, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἀπόκλισις τῆς βελόνης αὐξάνεται καὶ ὅταν ἡ ἔντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος αὐξηθῇ ἀκόμη περισσότερον, ἡ ἀπόκλισις πλησιάζει τὰς 90° , δηλαδὴ ἡ βελόνη τείνει νὰ διαταχθῇ καθέτως πρὸς τὸν ἀγωγόν.



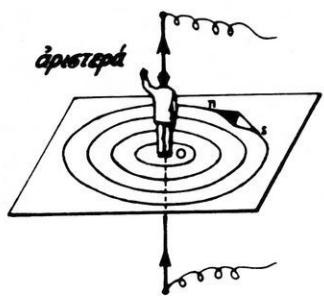
Ο Ἐρστετ ἐκτελεῖ τὸ ἱστορικὸν πείραμά του.



Σχ. 191. Πείραμα τοῦ Ἐρστετ. Ὄταν διέλθῃ ρεῦμα, ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἀποκλίνει.



Σχ. 192. Κανών τοῦ παρατηρητοῦ τοῦ Ἀμπέρ.



Σχ. 193. Μαγνητικὸν πεδίον ἐνὸς εὐθυγράμμου ἀγωγοῦ.

σπείρει ρινίσματα σιδήρου. Ἐνας χάλκινος ἀγωγὸς διαπερᾶ καθέτως τὸ χαρτόνιον (σχ. 193) Διοχετεύομεν εἰς τὸν ἀγωγὸν ἡλεκτρικὸν ρεῦμα μεγάλης ἐντάσεως (6 - 10 Α περίπου) καὶ κτυπῶμεν ἐλαφρῶς τὸ χαρτόνιον οὕτως, ὥστε νὰ διευκολύνωμεν τὸν προσανατολισμὸν τῶν ρινίσματων. Διαπιστώνομεν τότε ὅτι τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου διατάσσονται κατὰ μῆκος συγκεντρικῶν κύκλων μὲ κέντρον τὸ σημεῖον Ο, εἰς τὸ ὅποιον ὁ ἀγωγὸς διαπερᾶ τὸ χαρτόνιον. Τὰ ρινίσματα δηλαδὴ τοῦ σιδήρου ύλοποιοῦν τὰς μαγνητικὰς δυναμικὰς γραμμάς:

Κατόπιν τοποθετοῦμεν μίαν μικρὰν μαγνητικὴν βελόνην κατὰ μῆκος μᾶς γραμμῆς ρινίσματων. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι ὁ διαμήκης ἄξων τῆς μαγνητικῆς βελόνης ἔχει τὴν διεύθυνσιν τῆς ἐφαπτομένης εἰς τὴν γραμμὴν τῶν ρινίσματων. Ὁ βόρειος πόλος τῆς μαγνητικῆς βελόνης μᾶς δίδει τὴν φορὰν τῶν μαγνητικῶν δυναμικῶν γραμμῶν.

Ἄν ἀλλάξωμεν τὴν φορὰν τοῦ ρεύματος, μεταβάλλεται καὶ ἡ διεύθυνσις ἀποκλίσεως τῆς μαγνητικῆς βελόνης.

§ 198. Κανὼν τοῦ Ἀμπέρ. Ἡ φορὰ τῆς ἀποκλίσεως εὑρίσκεται μὲ τὸν ἀκόλουθον κανόνα τοῦ Ἀμπέρ:

‘Ο βόρειος πόλος (Ν) μᾶς μαγνητικῆς βελόνης ἀποκλίνει πρὸς τὰ ἀριστερὰ τοῦ παρατηρητοῦ, ὁ ὅποιος εἶναι τοποθετημένος ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ, εἰς τρόπον ὥστε τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα νὰ τὸν διαρρέῃ ἀπὸ τοὺς πόδας πρὸς τὴν κεφαλὴν (σχ. 192).

§ 199. Μελέτη τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ παραγομένου περὶ ἔνα εὐθύγραμμον ἀγωγόν. Πειραματα. Λαμβάνομεν ἔνα χαρτόνιον, τοποθετημένον ὅριζοντιώς εἰς τὴν ἐπάνω ὅψιν τοῦ ὅποιου ἔχομεν δια-

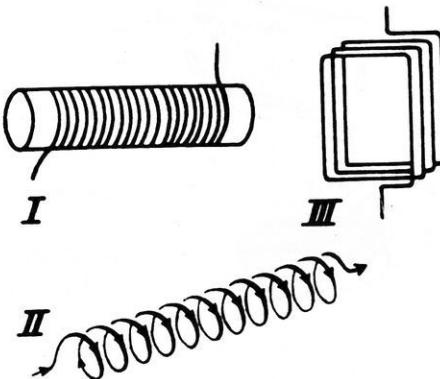
Ἐὰν χρησιμοποιήσωμεν τὸν κανόνα τοῦ Ἀμπέρ, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἀριστερὰ χείρ τοῦ παρατηρητοῦ μᾶς δίδει τὴν φοράν, κατὰ τὴν ὁποίαν διαγράφονται αἱ μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαί. Ἐὰν ἀλλάξωμεν τὴν φορὰν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ διεύθυνσις τῆς μαγνητικῆς βελόνης παραμένει ἡ ίδια, ἡ φορά της ὅμως ἀντιστρέφεται. "Ωστε :

Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ ὁποῖον διαρρέει ἔνα εὐθύγραμμον ἀγωγόν, δημιουργεῖ περὶ αὐτὸν μαγνητικὸν πεδίον, τὸ ὁποῖον εἶναι κάθετον ἐπὶ τὸν ἀγωγόν. Αἱ μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι συγκεντρικοὶ κύκλοι. Ἡ φορὰ κατὰ τὴν ὁποίαν διαγράφονται ἀντιστρέφεται ὅταν τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἀλλάζῃ φοράν.

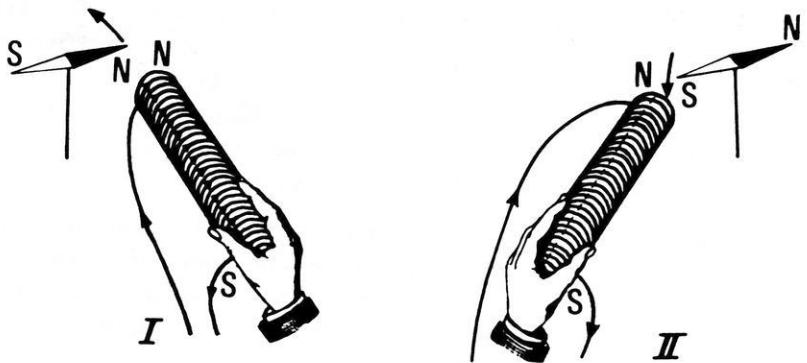
§ 200. Σωληνοειδές. Τὸ σωληνοειδὲς εἶναι μία εἰδικὴ μορφὴ ἀγωγοῦ, ὁ ὁποῖος κατασκευάζεται ἐὰν περιελίξωμεν ἐλικοειδῶς μὲ ἀγωγὸν σύρμα τὴν ἐπιφάνειαν ἐνὸς κυλίνδρου (σχ. 194, I). Ἐὰν τὸ σύρμα παρουσιάζῃ ἀρκετὴν ἀκαμψίαν, μετὰ ἀπὸ τὴν περιέλιξιν δυνάμεθα νὰ ἀπομακρύνωμεν τὸν κύλινδρον. Ἐὰν τὸ ἀγωγὸν σύρμα εἶναι γυμνόν, αἱ σπεῖραι δὲν πρέπει νὰ ἐφάπτωνται, διότι θὰ δημιουργηθῇ βραχυκύκλωμα (σχ. 194, II) καὶ τὸ σωληνοειδὲς θὰ καταστραφῇ ὅταν διέλθῃ ρεῦμα.

Διὰ νὰ ἔξοικονομήσωμεν χῶρον καὶ διὰ μεγαλυτέραν ἀσφάλειαν, κατὰ τὴν κατασκευὴν ἐνὸς σωληνοειδοῦς, χρησιμοποιοῦμεν μονωμένον σύρμα. Τότε πλέον δυνάμεθα νὰ περιελίξωμεν διαδοχικῶς τὸ σύρμα εἰς ἀλλεπαλλήλους στρώσεις.

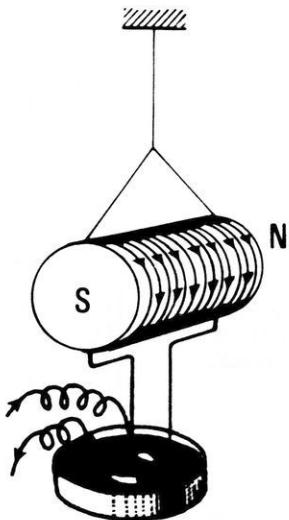
Τὸ μῆκος ἐνὸς σωληνοειδοῦς εἶναι μεγάλον ἐν σχέσει πρὸς τὴν διάμετρον τοῦ κυλίνδρου, εἰς τὸν ὁποῖον περιελίσσεται τὸ ἀγωγὸν σύρμα. Ἀντι-



Σχ. 194. Σωληνοειδές : (I) μὲ πυρῆνα καὶ (II) χωρὶς πυρῆνα. (III) Πλαίσιον.



Σχ. 195. Τὸ σωληνοειδὲς, τὸ ὅποιον διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα, παρουσιάζει νότιον καὶ βόρειον πόλον εἰς τὰ ἄκρα του.



Σχ. 196. Ἐνα σωληνοειδές, τὸ ὅποιον διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα, προσανατολίζεται εἰς τὸ μαγνητικὸν πεδίον τῆς Γῆς.

θέτως ἔνα ἐπίπεδον πλαισίον ἔχει πολὺ μικρὸν μῆκος. Ἡ διατομὴ τοῦ ἐπιπέδου πλαισίου εἶναι συνήθως τετραγωνικὴ (σχ. 194, III).

Πείραμα. Διοχετεύομεν ἡλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς ἔνα σωληνοειδὲς καὶ πλησιάζομεν εἰς τὴν μίαν ἀπὸ τὰς ἄκρας του τὸν βόρειον πόλον N μιᾶς μαγνητικῆς βελόνης. Παρατηροῦμεν τότε ἡ ὅτι βελόνη ἀπωθεῖται βιαίως (σχ. 195, I).

Ἄντιθέτως ἔὰν πλησιάσωμεν εἰς τὴν ιδίαν ἄκρην τοῦ σωληνοειδοῦς τὸν νότιον πόλον S τῆς μαγνητικῆς βελόνης, παρατηροῦμεν ὅτι ἔλκεται ἐντόνως (σχ. 195, II).

Ἐπαναλαμβάνομεν τὸ ιδιον 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 ἀνωτέρῳ πείραμα συμπεραίνομεν ὅτι :

Ένα σωληνοειδές, δταν διαρρέεται άπό ήλεκτρικὸν ρεῦμα, συμπεριφέρεται ως ἔνας ραβδός μορφος μαγνήτης.

Πείραμα. Έξαρτῶμεν ἔνα σωληνοειδές δι' ἐνὸς μεταξωτοῦ νήματος. Τὰ δύο ἄκρα του ἀγωγοῦ σύρματος ἐφάπτονται ἐλαφρῶς εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ὑδραργύρου, δ ὅποιος εὐρίσκεται ἐντὸς δύο συγκεντρικῶν αὐλακίων (σχ. 196). Κλείσομεν τὸν διακόπτην καὶ παρατηροῦμεν ὅτι τὸ σωληνοειδές περιστρέφεται περὶ τὸ νῆμα καὶ σταθεροποιεῖται εἰς τὴν διεύθυνσιν Βορρᾶς - Νότος.

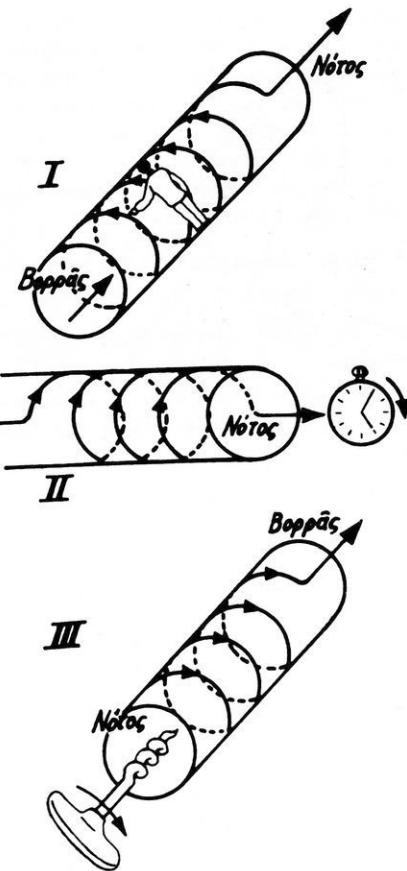
Ἐὰν τώρα ἀναστρέψωμεν τὴν φοράν τοῦ ήλεκτρικοῦ ρεύματος, παρατηροῦμεν ὅτι τὸ σωληνοειδές στρέφεται κατὰ γωνίαν 180°.

Ωστε

Τὸ σωληνοειδές προσανατολίζεται ὥπως καὶ οἱ μαγνήται ἐντὸς τοῦ γηίνου μαγνητικοῦ πεδίου.

§ 201. Αναγνώρισις τοῦ βορείου καὶ τοῦ νοτίου πόλου ἐνὸς σωληνοειδοῦς. Ο καθορισμὸς τῶν πόλων ἐνὸς σωληνοειδοῦς δύναται νὰ γίνῃ μὲ τὸν κανόνα τοῦ Αμπέρ. Ο παρατηρητής πρέπει νὰ είναι ἔξαπλωμένος εἰς μίαν σπεῖραν καὶ νὰ βλέπῃ πρὸς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ σωληνοειδοῦς, τὸ δὲ ρεῦμα νὰ εἰσέρχεται ἀπὸ τοὺς πόδας του καὶ νὰ ἔξερχεται ἀπὸ τὴν κεφαλήν του (σχ. 197, I). Τότε ὁ βόρειος πόλος εὐρίσκεται ἀριστερά του.

Ἐπίσης διὰ τὸν καθορισμὸν τοῦ βορείου καὶ νοτίου πόλου τοῦ σωληνοειδοῦς



Σχ. 197. Διὰ τὴν ἀναγνώρισιν τῆς βορείου καὶ νοτίου ὄψεως ἐνὸς σωληνοειδοῦς, τὸ ὅποιον διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα: (I) μὲ τὸν κανόνα τοῦ παρατηρητοῦ τοῦ Ἀμπέρ (II) μὲ τὸ ὠρολόγιον, (III) μὲ τὸν κανόνα τοῦ ἐκπωματιστοῦ.

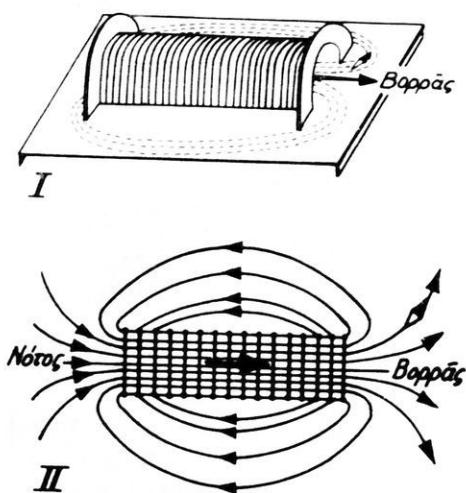
χρησιμοποιείται πολλάς φοράς ένα ώρολόγιον. Ό νότιος πόλος είναι ό πόλος πρός τὸν οποῖον κινεῖται τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, δταν τὸ βλέπωμεν νὰ ἔχῃ φοράν τὴν αὐτὴν μὲ τὴν φορὰν τῶν δεικτῶν τοῦ ώρολογίου (σχ. 197, II).

Δυνάμεθα ἀκόμη νὰ χρησιμοποιήσωμεν τὸν κανόνα τοῦ ἐκπωματιστοῦ (σχ. 193, III), ό όποιος είναι ό ἀκόλουθος. Ἡ νοτία ὅψις ἐνὸς σωληνοειδοῦς είναι ἡ ὅψις ἑκείνη ἔμπροσθεν τῆς όποιας πρέπει νὰ τοποθετήσωμεν ἐνα ἐκπωματιστήν, ό όποιος, δταν 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 όποιον ἐλάβομεν τὸ μαγνητικὸν φάσμα τοῦ ραβδοφόρου μαγνήτου.

Πείραμα. Λαμβάνομεν ἐνα τεμάχιον χαρτονίου καὶ κατασκευάζομεν ἐνα σωληνοειδὲς οὔτως, ὥστε αἱ σπεῖραι του νὰ διαπερνοῦν τὸ χαρτόνιον (σχ. 198, I). Εἰς τὴν ἐπάνω ὅψιν τοῦ χαρτονίου διασκορπίζομεν ρινίσματα σιδήρου καὶ διοχετεύομεν ἡλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς

τὸ σωληνοειδές. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου διατάσσονται κατὰ μῆκος ώρισμένων γραμμῶν, αἱ όποιαι ὁμοιάζουν μὲ τὰς μαγνητικὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ ραβδομόρφου μαγνήτου.



Σχ. 198. Ἡ μικρὰ μαγνητικὴ βελόνη δεικνύει τὴν φορὰν τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν (I). Δυναμικὰ μαγνητικὰ γραμμαὶ εἰς τὸν ἔξω καὶ εἰς τὸν μέσα χῶρον ἐνὸς σωληνοειδοῦς (II).

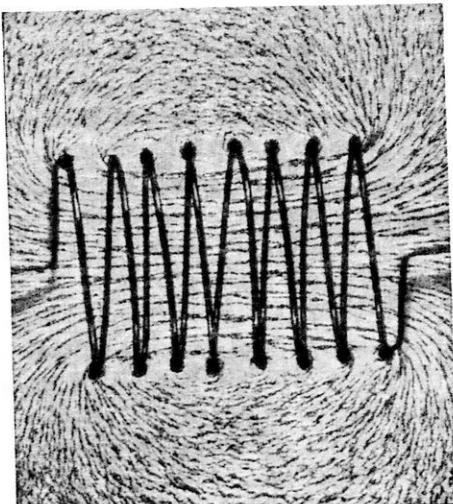
Αἱ μαγνηταικαὶ δηλαδὴ δυναμικαὶ γραμμαὶ ἔξερχονται ἀπὸ τὴν βορείαν ὅψιν, κατόπιν καμπυλώνονται καὶ εἰσέρχονται εἰς τὴν νοτίαν ὅψιν τοῦ σωληνοειδοῦς. Είναι κλεισταὶ γραμμαὶ καὶ εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ σωληνοειδοῦς γίνονται εὐθεῖαι παράλληλοι μεταξύ των, μὲ φορὰν ἀπὸ τὸν νότιον πρὸς τὸν βόρειον πόλον (σχ. 198, II καὶ 199).

Ἐὰν τώρα μετακινήσωμεν μίαν μικράν μαγνητικήν βελόνην εἰς τὸ μαγνητικὸν πεδίον ἐνὸς σωληνοειδοῦς, διαπιστώνομεν ὅτι ὁ διαμήκης ἄξων αὐτῆς λαμβάνει πάντοτε τὴν διεύθυνσιν τῆς ἐφαπτομένης τῶν δυναμικῶν γραμμῶν. Εἰς τὸ ἐσωτερικὸν δὲ τοῦ σωληνοειδοῦς ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἔχει διεύθυνσιν παράλληλον πρὸς τὸν ἄξονά του.

Ωστε :

Ἐνα σωληνοειδές, τὸ ὄποιον διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, συμπεριφέρεται ὡς μαγνήτης μὲ πόλους τὰ δύο ἄκρα του.

Ἡ πολικότης τοῦ σωληνοειδοῦς ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φορὰν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.



Σχ. 199. Μαγνητικὸν φάσμα σωληνοειδοῦς.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα δημιουργεῖ περὶ τὸν ἀγωγὸν τὸν ὄποιον διαρρέει, ἐνα μαγνητικὸν πεδίον, τὸ ὄποιον προκαλεῖ ἀπόκλισιν εἰς μίαν μαγνητικὴν βελόνην. Ὁ βόρειος πόλος αὐτῆς τῆς μαγνητικῆς βελόνης ἀποκλίνει πρὸς τὰ ἀριστερὰ ἐνὸς παρατηρητοῦ, ὁ ὄποιος εἶναι ἔξαπλωμένος ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ καὶ βλέπει τὴν μαγνητικὴν βελόνην κάτω ἀπὸ τὸν ἀγωγόν, ἐνῷ τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα εἰσέρχεται ἀπὸ τοὺς πόδας καὶ ἔξερχεται ἀπὸ τὴν κεφαλὴν του (κανὼν τοῦ Ἀμπέρ).

2. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ ὄποιον διαρρέει ἐνα εὐθύγραμμον ἀγωγόν, δημιουργεῖ περὶ αὐτὸν μαγνητικὸν πεδίον, κάθετον ἐπὶ τὸν ἀγωγόν. Αἱ μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι συγκεντρικοὶ κύκλοι. Ἡ φορὰ κατὰ τὴν ὄποιαν διαγράφονται, ὅρίζεται ἀπὸ τὸν παρατηρητὴν τοῦ Ἀμπέρ. Συγκεκριμένως δὲ ὅταν ὁ

παρατηρητής τοῦ Ἀμπέρ παρακολουθῇ ἔνα σημεῖον, ἡ δυναμικὴ γραμμὴ ἡ ὁποία διέρχεται ἀπὸ αὐτὸ τὸ σημεῖον ἔχει φορὰν πρὸς τὰ ἀριστερὰ τοῦ παρατηρητοῦ.

Αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ ἀλλάζουν φορὰν ὅταν ἀναστρέψωμεν τὴν φορὰν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

3. Τὸ σωληνοειδές, ὅταν διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, συμπεριφέρεται ως μαγνήτης. Ἐμφανίζει μίαν βορείαν καὶ μίαν νοτίαν ὄψιν καὶ προσανατολίζεται κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ γηίνου μαγνητικοῦ πεδίου.

4. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ ὁποῖον διαρρέει ἔνα σωληνοειδές, δημιουργεῖ περὶ αὐτὸ μαγνητικὸν πεδίον, τὸ ὁποῖον ὅταν ὑλοποιῆται δίδει ἔνα μαγνητικὸν φάσμα ὅμοιον μὲ τὸ φάσμα τῶν ραβδομόρφων μαγνητῶν. Ἡ πολικότης τοῦ σωληνοειδοῦς ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φορὰν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

5. Διὰ νὰ καθορίσωμεν τὴν βόρειον καὶ νότιον ὄψιν ἐνὸς σωληνοειδοῦς, χρησιμοποιοῦμεν συνήθως τὸν κανόνα τοῦ Ἀμπέρ.

ΛΗ—ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΑΙ

§ 203. Γενικότητες. Ἀρχὴ τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου. Εἰς προηγούμενα μαθήματα εἶχομεν ἀναφέρει ὅτι, ὅταν ἔνα τεμάχιον μαλακοῦ σιδήρου τοποθετηθῇ εἰς τὸ μαγνητικὸν πεδίον ἐνὸς μαγνήτου, μαγνητίζεται προσκαίρως. "Οταν δηλαδὴ ἀπομακρύνωμεν τὸ τεμάχιον τοῦ μαλακοῦ σιδήρου ἀπὸ τὸ μαγνητικὸν πεδίον, ὁ μαλακὸς σιδηρος παύει νὰ είναι μαγνήτης. Γνωρίζομεν ἐπίσης ὅτι ἔνα σωληνοειδές, ὅταν διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, ἰσοδυναμεῖ μὲ μαγνήτην καὶ δημιουργεῖ ἔνα μαγνητικὸν πεδίον, ὅμοιον μὲ ἐκεῖνο τοῦ ραβδομόρφου μαγνήτου. Τὰς δύο αὐτὰς κεχωρισμένας διαπιστώσεις τὰς ἐκμεταλλευόμεθα διὰ νὰ κατασκευάσωμεν τοὺς ἡλεκτρομαγνήτας.

Ο ἡλεκτρομαγνήτης ἀποτελεῖται ἀπὸ ἔνα σωληνοειδές, τὸ ὁποῖον περιέχει ἔνα πυρῆνα ἀπὸ μαλακὸν σιδηρον, κυλινδρικοῦ συνήθως σχήματος.

Πείραμα. Διαβιβάζομεν ἡλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς τὸ σωληνοειδές, ὅπότε ὁ πυρῆν τοῦ μαλακοῦ σιδήρου μαγνητίζεται καὶ ἀποκτᾶ τὴν ἴκανότητα νὰ ἔλκῃ τὰ ρινίσματα τοῦ μαλακοῦ σιδήρου (σχ. 200).

Έαν πλησιάσωμεν διαδοχικῶς μίαν μαγνητικήν βελόνην εἰς τὰ δύο ἄκρα τοῦ πυρῆνος, διαπιστώνομεν ὅτι ὁ πυρὴν παρουσιάζει ἔνα βόρειον καὶ ἔνα νότιον μαγνητικὸν πόλον.

Έαν ἀλλάξωμεν τὴν φορὰν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ή πολικότης τοῦ πυρῆνος ἀντιστρέφεται.

Διακόπτομεν τὸ κύκλωμα, δόπτε παρατηροῦμεν ὅτι τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου καταπίπτουν ἀμέσως Ὁ πυρὴν ἀπὸ μαλακὸν σιδῆρον ἀποβάλλει ἀμέσως τὴν μαγνήτισίν του.

Εἶναι δυνατὸν πολλὰς φοράς νὰ παραμείνουν προσκεκολλημένα εἰς τὸν πυρῆνα μερικὰ ρινίσματα σιδήρου.

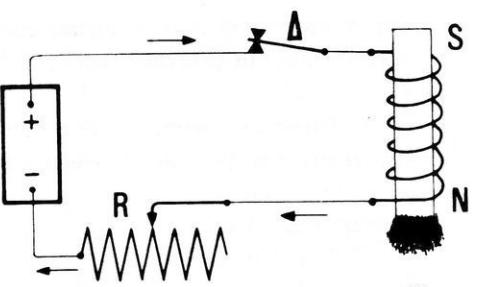
Αὐτὸ δόφείλεται εἰς τὸ ὅπερα τὸν πυρῆνα δὲν ἀποτελεῖται ἀπὸ τελείως καθαρὸν σιδῆρον, ἀλλὰ περιέχει καὶ προσμίξεις χάλυβος. "Ωστε :

Ο ἡλεκτρομαγνήτης εἶναι ἔνας πρόσκαιρος μαγνήτης, ὁ ὅποιος ἀποτελεῖται ἀπὸ ἔνα σωληνοειδές, περιέχον ἔνα πυρῆνα ἀπὸ μαλακὸν σιδῆρον.

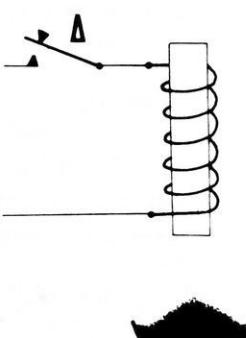
Η διέγερσις τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου προκαλεῖται ἀπὸ τὴν διέλευσιν ἡλεκτρικοῦ ρεύματος διὰ μέσου τοῦ σωληνοειδοῦς.

Ο ἡλεκτρομαγνήτης παρουσιάζει δύο πόλους καὶ ἡ πολικότης του ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φορὰν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

Πείραμα. Διοχετεύομεν ἡλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς τὸ σωληνοειδὲς (σχ. 200) καὶ μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ ροοστάτου R αἰδεῖνομεν προοδεύτικῶς τὴν ἑντασιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Παρατηροῦμεν τότε



I



II

Σχ. 200. Ἡλεκτρομαγνήτης (ἀρχή).

—



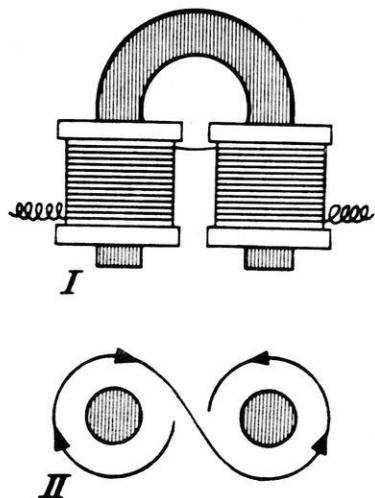
—

ὅτι καὶ ἡ ποσότης τῶν ρινισμάτων τοῦ σιδήρου, τὰ ὅποια ἔλκονται ἀπὸ τὸν πυρῆνα, αὐξάνεται. Ὡστε :

‘**Η μαγνήτισις πυρῆνος ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον αὐξάνεται, ὅταν αὐξάνεται ἡ ἐντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.**’

Συνεχίζομεν τὴν αὐξησιν τῆς ἐντάσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος τὸ ὅποιον διαρρέει τὸ σωληνοειδές, ὅπότε παρατηροῦμεν ὅτι ἀπὸ μίαν ώρισμένην τιμὴν τῆς ἐντάσεως καὶ πέραν, ἡ ποσότης τῶν ρινισμάτων τὰ ὅποια ἔλκει ὁ πυρῆνα παύει νὰ αὐξάνεται. Συμπεραίνομεν τότε ὅτι αὐτὴ ἡ μαγνήτισις τοῦ μαλακοῦ σιδήρου εἶναι ἡ μεγίστη δυνατή, ὅπότε λέγομεν ὅτι ἔχομεν ἐπιτύχει **μαγνητικὸν κόρον.**’ Ὡστε :

‘**Η μαγνήτισις πυρῆνος ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον αὐξάνεται, καθὼς αὐξάνεται ἡ ἐντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον διαρρέει τὸ σωληνοειδές.**’ Η μαγνήτισις αὐτὴ δὲν δύναται νὰ ὑπερβῇ ἕνα ώρισμένον δριον (μαγνητικὸς κόρος), ὅσον καὶ ἂν αὐξήσωμεν τὴν ἐντασιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.



Σχ. 201. Πεταλοειδῆς ἡλεκτρομαγνήτης.

§ 204. Διάφορα εἰδή ἡλεκτρομαγνητῶν. Ο ἡλεκτρομαγνήτης τὸν ὅποιον ἔχρησιμοποιήσαμεν εἰς τὴν ἀνάπτυξιν τῆς προηγουμένης παραγράφου, ἥτο ἐπιμήκης καὶ ραβδόμορφος. Συνήθως ὅμως χρησιμοποιοῦμεν καὶ πεταλοειδεῖς ἡλεκτρομαγνήτας (σχ. 201). Εἰς αὐτὸν τὸ εἰδός τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου οἱ δύο πόλοι εὑρίσκονται πολὺ πλησίον ἀλλήλων, μὲ ἀποτέλεσμα ἡ ἔλξις νὰ εἴναι πολύ ισχυρά.

Ἐκαστον σκέλος τοῦ πεταλοειδοῦς πυρῆνος φέρει μίαν περιέλιξιν. Αἱ περιελίξεις τῶν δύο σκελῶν πρέπει νὰ γίνωνται κατὰ ἀντιθέτους φοράς (σχ. 201, II) οὕτως, ὡστε τὰ ἐλεύθερα ἄκρα τοῦ πυρῆνος νὰ εἴναι ἐτερώνυμοι μαγνητικοὶ πόλοι.

Μία ράβδος ή πλάκη από μαλακὸν σίδηρον, ή όποια δύνομάζεται απόλυτος, ἔλκεται από τὸ σύστημα τῶν δύο πόλων, δταν τὸ σωληνοειδὲς διαρρέεται από ρεῦμα καὶ ἀποχωρίζεται δταν διακοπὴ ή παροχὴ τοῦ ρεύματος.

§ 205. Ἐφαρμογαὶ τῶν ἡλεκτρομαγνητῶν. Αἱ ἐφαρμογαὶ τῶν ἡλεκτρομαγνητῶν εἰναι πολλαὶ καὶ ποικίλαι. Αἱ συσκευαὶ αἱ όποιαι κατασκευάζονται μὲ βάσιν τὴν ἀρχὴν τῶν ἡλεκτρομαγνητῶν δύνανται νὰ παράγουν ισχυρὰ μαγνητικὰ πεδία καὶ νὰ χρησιμοποιηθοῖν ώς ἀνυψωτικαὶ διατάξεις. Ἐξ ἄλλου τὴν ἔλξιν τοῦ ὀπλισμοῦ τὴν ἐκμεταλλεύμεθα εἰς μίαν μεγάλην ποικιλίαν συσκευῶν καὶ κυρίως εἰς τὰς συσκευάς αὐτοματοποιήσεως.

α) Παραγωγὴ μαγνητικῶν πεδίων. Οἱ ἡλεκτρομαγνῆται χρησιμοποιοῦνται πολὺ περισσότερον ἀπὸ τοὺς μονίμους μαγνήτας, διότι ἐπιτρέπουν τὴν πραγματοποίησιν ισχυρῶν μαγνητικῶν πεδίων. Δι' αὐτὸ εύρισκουν ἐφαρμογὰς εἰς τὰ διάφορα ἔργαστρα ἐρευνῶν, εἰς τοὺς δυναμοκινητῆρας, εἰς τὰς γεννητρίας ἐναλλασσομένου ρεύματος, κλπ.

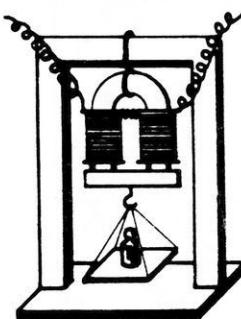
β) Ἀνυψωτικαὶ διατάξεις. Πείραμα. Διοχετεύομεν ἡλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς τὸ σπείραμα ἐνὸς πεταλοειδοῦς ἡλεκτρομαγνήτου, ὁ όποιος εἰναι στερεωμένος εἰς ἔνα πλαίσιον, ἐνῷ ὁ ὀπλισμός του βαστάζει ἔνα δίσκον μὲ φορτία (σχ. 202). Φορτίζομεν διαδοχικῶς τὸν δίσκον μὲ φορτία μεγαλυτέρου συνεχῶς βάρους, μέχρις ὅτου ὁ ὀπλισμὸς ἀποχωρισθῇ ἀπὸ τὸν ἡλεκτρομαγνήτην.

Αὖξανομεν προοδευτικῶς τὴν ἔντασιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ όποιον διαρρέει τὸν ἡλεκτρομαγνήτην. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι ἡ φέρουσα δύναμις, δηλαδὴ ἡ ἐλκτικὴ ἴκανότης, αὔξανεται μέχρι μιᾶς ὥρισμένης τιμῆς. Ἡ μεγίστη φέρουσα δύναμις ἀντιστοιχεῖ εἰς τὸν μαγνητικὸν κόρον.

Τὴν φέρουσαν δύναμιν ἡλεκτρομαγνήτου δυνάμεθα ἐπίστην νὰ αὐξήσωμεν, ἐάν πολλαπλασιάσωμεν τὸν ἀριθμὸν τῶν περιελξεών τοῦ σωληνοειδοῦς.

Ἐφαρμογὴν τῶν ἀνωτέρω ἀποτελοῦν αἱ συσκευαὶ ἀνυψώσεως, ὅπως ὁ ἡλεκτρομαγνητικὸς γερανὸς (σχ. 203), αἵτινες χρησιμοποιοῦνται διά τὴν ἀνύψωσιν καὶ μεταφορὰν βαρέων σιδηρῶν καὶ χαλυβδίνων ἀντικειμένων.

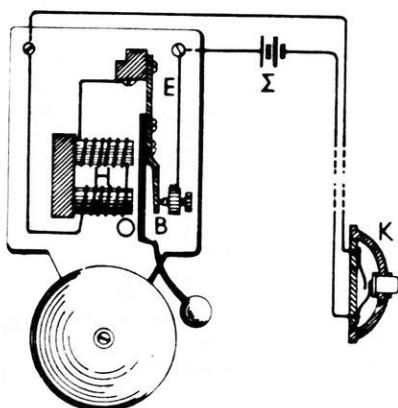
γ) Συσκευαὶ χρησιμοποιοῦσαι τὴν μετατόπισιν τοῦ ὀπλισμοῦ. Ἡ στιγμαία μετατόπισις τοῦ ὀπλισμοῦ ἐνὸς ἡλεκτρομαγνήτου, ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν



Σχ. 202. Φέρουσα δύναμις ἡλεκτρομαγνήτου.



Σχ. 203. Ήλεκτρομαγνητικός γερανός με φέρουσαν δύναμιν 2 500 kp.



Σχ. 204. Ήλεκτρικός κώδων.

τοῦ ήλεκτρικοῦ ρεύματος, μᾶς ἐπιτρέπει νὰ ἐνεργοποιήσωμεν διαφόρους μηχανισμούς. Αὐτὴ ἡ διάταξις παρουσιάζει τὸ πλευρέκτημα διτὶ δύναται νὰ ἐλεγχθῇ ἀπὸ μακράν μὲ ἀπλᾶς συνδέσεις ἀγωγῶν συρμάτων. Οὕτως δὲ ηλεκτρομαγνήτης ἀποτελεῖ τὴν βάσιν τῆς λειτουργίας ἐνὸς μεγάλου ἀριθμοῦ σκευῶν διπώς αἱ ἀκόλουθοι.

1) Ήλεκτρικὸς κώδων.

Ἐνας ηλεκτρικὸς κώδων (σχ. 204) ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕναν ηλεκτρομαγνήτην Η, τοῦ ὅποιού δὲ ὀπλισμὸς Ο, ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον, εἰναι στερεωμένος ἐπὶ ἐνὸς ἐλαστικοῦ χαλυβδίνου ἐλασματος ΕΒ. Τὸ ἔλασμα αὐτὸ στηρίζεται μὲ τὴν μίαν ἄκρην του εἰς τὴν βάσιν τῆς συσκευῆς. Ὅταν πιέζωμεν τὸ κομβίον Κ, τὸ κύκλωμα κλείει καὶ τὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα διαρρέει τὸν ηλεκτρομαγνήτην, μὲ ἀποτέλε-

σμα νὰ ἐλκεται ὁ ὀπλισμὸς καὶ τὸ σφυρίον του νὰ κτυπᾷ τὸν κώδωνα. Συγχρόνως τὸ ἄκρον Β τοῦ ἔλασματος ἀποχωρίζεται ἀπὸ τὸν κοχλίαν, εἰς τὸν ὅποιον ἐφάπτεται καὶ τὸ κύκλωμα διακόπτεται. Ή ἐλξις σταματᾷ καὶ τὸ ἐλαστικὸν χαλυβδίνον ἔλασμα ἐπαναφέρει τὸν ὀπλισμὸν εἰς τὴν ἀρχικήν υπὸ θέσιν, δόποτε ἐπανακλείει τὸ κύκλωμα καὶ τὸ φαινόμενον ἐπαναλαμβάνεται.

2) Τηλέγραφος.

Ο τηλέγραφος ἐπιτρέπει μὲ τὴν χρῆσιν τοῦ ήλεκτρικοῦ ρεύματος τὴν ἀποστολὴν σημάτων εἰς μεγάλας ἀποστάσεις. Ο σταθμὸς ἐκπομπῆς περιλαμβάνει μίαν γεννήτριαν συνεχοῦς ρεύματος Σ (ηλεκτρικαὶ στήλαι, συσσω-

ρευται) και ἔνα χειριστήριον X (σχ. 205). Ό σταθμός λήψεως ἀποτελεῖται ἀπὸ τὸν ἔναν ἡλεκτρομαγνήτην, τοῦ ὁποίου ὁ ὀπλισμὸς εἰναι μία μικρὰ πλάξ, Ο, στερεωμένη εἰς ἔνα κινητὸν μοχλὸν. Ἐνα κατάλληλον ἐλατήριον διατηρεῖ τὸν ὀπλισμὸν μακρὰν ἀπὸ τὸν πυρῆνα τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου.

Ὅταν πιέζωμεν τὸ χειριστήριον, ἡ πλάξ (όπλισμὸς) ἔλκεται, ἡ ἄκρη Γ τοῦ μοχλοῦ ἀνυψώνεται καὶ ἡ γραφίς, ἡ ὁποία εἰναι στερεωμένη, χαράσσει γραμμὰς εἰς μίαν ταινίαν ἀπὸ χάρτην. Ἡ ταινία αὐτὴ παρασύρεται εἰς μίαν σταθερὰν συνεχῆ κίνησιν μὲ τὴν βοήθειαν ἐνὸς ὠρολογιακοῦ μηχανισμοῦ.

Εὐθὺς ὡς παύσωμεν νὰ πιέζωμεν τὸ χειριστήριον ἡ πλάξ παύει νὰ ἔλκεται, τὸ ἐλατήριον τὴν ἀπομακρύνει ἀπὸ τὸν πυρῆνα τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου καὶ ἡ γραφίς παύει νὰ ἐφάπτεται εἰς τὴν χαρτίνην ταινίαν. Τὸ μῆκος τῆς γραμμῆς τὸ ὁποῖον χαράσσει ἡ γραφίς ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὸν χρόνον κατὰ τὸν ὁποῖον ἐπιέζομεν τὸ χειριστήριον. Μία πολὺ σύντομος ἐπαφὴ ἀποδίδει μίαν βραχεῖαν στιγμὴν (τελεία) ἐνῷ μία διὰ μεγαλύτερον χρονικὸν διάστημα ἐπαφή, μίαν μακρὰν στιγμὴν (γραμμή). Τὰ διάφορα γράμματα τοῦ ἀλφαβήτου μεταδίδονται μὲ συνδυασμοὺς βραχειῶν καὶ μακρῶν στιγμῶν (Μορσικὸν ἀλφάβητον).

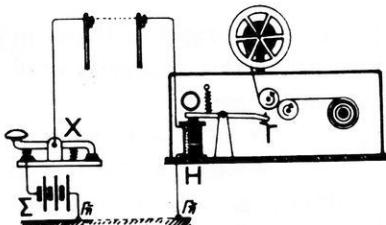
Αὐτὸ τὸ ὑπόδειγμα τοῦ τηλεγράφου ἔχει ἀντικατασταθῆ σήμερον ἀπὸ πολυπλόκους συσκευάς, αἱ ὁποῖαι ἀποδίδουν τὰ γράμματα εἰς τὴν ταινίαν ἀπ' εὐθείας μὲ τυπογραφικούς χαρακτήρας, ἀντὶ τῶν γραμμῶν καὶ τελειῶν. Πάντως ἡ ἀρχὴ παραμένει ἡ ίδια.

Ἄλλαι χρήσεις τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου. Οἱ ἡλεκτρομαγνήται χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν μετάδοσιν τῶν σημάτων εἰς τὰ σιδηροδρομικά δίκτυα, εἰς τὰ ἡλεκτρικά ὠρολόγια, εἰς τοὺς ἡλεκτρονόμους (ρελαῖ), εἰς τὰ τηλεφωνικά ἀκουστικά, κλπ.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Ό ἡλεκτρομαγνήτης εἰναι ἔνας πρόσκαιρος μαγνήτης ὁ ὁποῖος ἀποτελεῖται ἀπὸ ἔνα σωληνοειδές, τὸ ὁποῖον περικλείει ἔνα πυρῆνα ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον. Ἡ μαγνήτισις τοῦ μαλακοῦ σιδήρου ὀφείλεται εἰς τὸ μαγνητικὸν πεδίον, τὸ ὁποῖον δημιουργεῖται ἀπὸ τὴν διέλευσιν ἡλεκτρικοῦ ρεύματος μέσα ἀπὸ τὸ σωληνοειδές.

2. Ό μαγνήτισις ἐνὸς ἡλεκτρομαγνήτου αὖξανεται μὲ τὴν αὔξησιν τῆς ἐντάσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, μέχρις ἐνὸς



Σχ. 205. Μονόπλευρος τηλεγραφικὴ ἀνταπόκρισις.

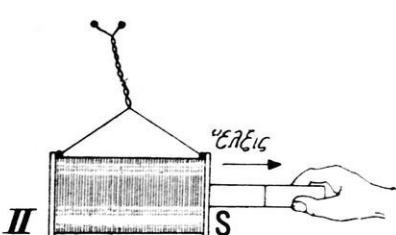
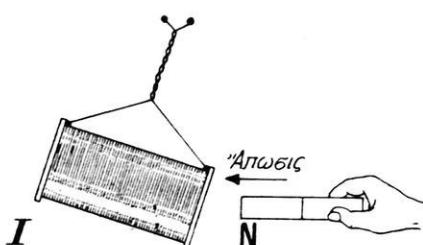
ώρισμένου σημείου. Πέραν μιᾶς ώρισμένης τιμῆς τῆς ἐντάσεως, ή μαγνήτισις παραμένει σταθερά, όπότε ἔχομεν ἐπιτύχει μαγνητικὸν κόρον.

3. Ὁ ἡλεκτρομαγνήτης παρουσιάζει δύο μαγνητικοὺς πόλους, Βόρειον καὶ Νότιον. Η πολικότης τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου ἀντιστρέφεται, ὅταν ἀντιστρέψωμεν τὴν φορὰν τῆς διελεύσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

4. Ἐφαρμογαὶ τῆς χρήσεως τῶν ἡλεκτρομαγνητῶν ἀποτελοῦν δὲ ἡλεκτρικὸς κώδων, δὲ τηλέγραφος, αἱ ἀνυψωτικαὶ διατάξεις, κλπ.

Μ' — ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΙΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ

§ 206. Δρᾶσις ἐνὸς μαγνήτου ἐπὶ ἐνὸς σωληνοειδοῦς. Λαμβάνομεν ἔνα σωληνοειδές, τὸ ὅποιον ἔξαρτωμεν ἀπὸ δύο σταθερὰ σημεῖα μὲ δύο εὔκαμπτα ἀγωγὰ σύρματα. Διοχετεύομεν ἡλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς τὸ σωληνοειδές καὶ πλησιάζομεν τὸν ἔνα πόλον ἐνὸς μαγνήτου εἰς τὴν μίαν δψιν τοῦ σωληνοειδοῦς.



Σχ. 206. Τὸ ἔξαρτημένον σωληνοειδές ἀπωθεῖται ἢ ἔλκεται ἀπὸ τὸν μαγνήτην.

Παρατηροῦμεν τότε ὅτι τὸ σωληνοειδές ἢ ἔλκεται ἢ ἀπωθεῖται ἀπὸ τὸν μαγνήτην (σχ. 206). Η ἔλξις ἢ ἡ ἀπωσις αὐτὴ ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὸ εἶδος τοῦ πόλου τοῦ μαγνήτου τὸ ὅποιον πλησιάζομεν.

Ἄντιστρέφομεν τὴν φορὰν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος εἰς τὸ σωληνοειδές, ὅπότε παρατηροῦμεν ὅτι ἡ μετατόπισις τοῦ σωληνοειδοῦς εἶναι ἀντιθέτου φορᾶς ἀπὸ τὴν προηγουμένην.

“Ωστε :

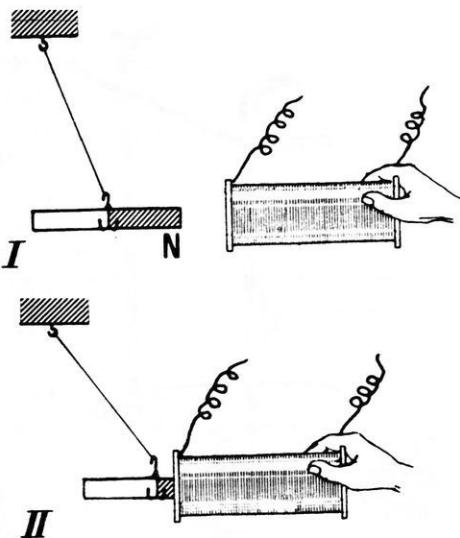
Όταν ένα σωληνοειδές, διαρρεόμενον από ήλεκτρικὸν ρεῦμα, εύρισκεται πλησίον μιᾶς μαγνητισμένης ράβδου, μετατοπίζεται ὅπως ένας κινητὸς μαγνήτης.

§ 207. Δρᾶσις τοῦ ήλεκτρικοῦ ρεύματος ἐπὶ ἐνὸς μαγνήτου. Πείραμα. Λαμβάνομεν ένα ραβδόμορφον μαγνήτην, ὁ ὅποιος εἶναι ἔξηρτημένος απὸ ἔνα σταθερὸν σημεῖον μὲ λεπτὸν καὶ εὔκαμπτον νῆμα (σχ. 207, I), ὁπότε, ὅπως γνωρίζομεν, διατάσσεται κατὰ τὴν διεύθυνσιν Βορρᾶς - Νότος, καὶ πλησιάζομεν εἰς τὸν βόρειον πόλον του τὴν νοτίαν ὅψιν ἐνὸς σωληνοειδοῦς. Ὁ μαγνήτης προσανατολίζεται τότε παραλλήλως πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ σωληνοειδοῦς καὶ ἔλκεται ἀσθενῶς.

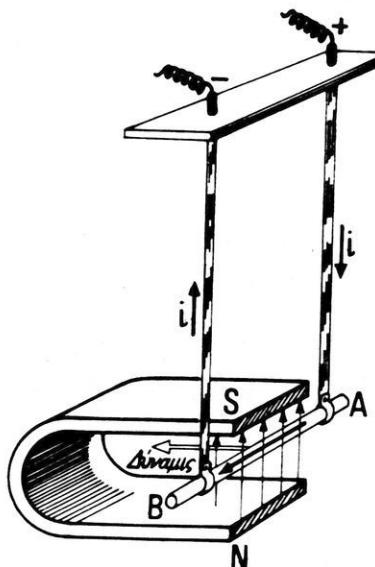
Ἐὰν πλησιάσωμεν ἀκόμη περισσότερον τὸ σωληνοειδές, ὁ μαγνήτης ἔλκεται ίσχυρῶς καὶ εἰσέρχεται εἰς τὴν κοιλότητα τοῦ σωληνοειδοῦς (σχ. 207, II). ᘾὰν κατόπιν περιστρέψωμεν τὸ σωλήνοειδές κατὰ 180° ἢ ἂν ἀντιστρέψωμεν τὸ ήλεκτρικὸν ρεῦμα, τότε ὁ νότιος πόλος τοῦ μαγνήτου ἔλκεται καὶ εἰσέρχεται εἰς τὴν κοιλότητα τῆς βορείας ὅψεως τοῦ σωληνοειδοῦς. Ὡστε :

Ἐνα σωληνοειδές, τὸ ὅποιον διαρρέεται απὸ ήλεκτρικὸν ρεῦμα, ἐπιδρᾷ εἰς μίαν κινητὴν μαγνητισμένην ράβδον, ὅπως θὰ ἐπέδρᾳ ἔνας μόνιμος μαγνήτης.

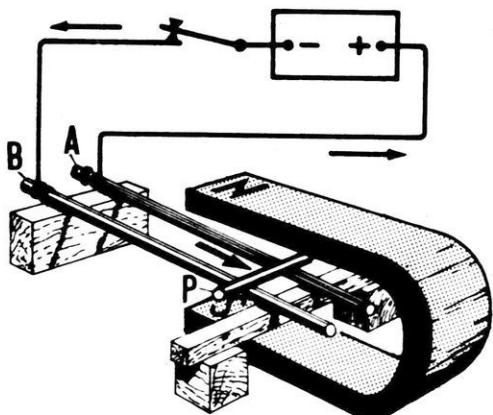
§ 208. Ἡλεκτρομαγνητικὴ δύναμις. Πείραμα 1. Λαμβάνομεν ἔνα πεταλοειδῆ μαγνήτην καὶ τὸν διατάσσομεν ὅπως δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 208. ᘾὰν πλαίσιον ἀπὸ χάλκινον εὔκαμπτον ἀγωγὸν σύρμα τοποθετεῖται οὕτως, ὥστε ὁ κλάδος AB νὰ εἶναι κάθετος εἰς τὰς μαγνητικὰς γραμμάς.



Σχ. 207. Τὸ σωληνοειδὲς ἔλκει τὸν μαγνήτην.



Σχ. 208. Ένας ρευματοφόρος άγωγός έντος ένός μαγνητικού πεδίου ύφισταται δυνάμεις.



Σχ. 209. Μετατόπισις ένός στοιχείου ήλεκτρικού ρεύματος ύπό τής δράσεως μιᾶς ήλεκτρομαγνητικής δυνάμεως.

Διοχετεύομεν ήλεκτρικόν ρεῦμα, δόποτε παρατηροῦμεν ὅτι τὸ πλαίσιον ἀποκλίνει καὶ ἔλκεται πρὸς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ μαγνήτου.

Ἐπαναλαμβάνομεν τὸ πείραμά μας ἀντιστρέφοντες τὴν πολικότητα τοῦ μαγνήτου. Τὸ πλαίσιον ἀπωθεῖται τώρα πρὸς τὸ ἐξωτερικὸν τοῦ μαγνήτου. Ἐν ἀντιστρέψωμεν τὴν φορὰν τοῦ ήλεκτρικοῦ ρεύματος, ἀφήνοντες τὸν μαγνήτην μὲ τὸν βόρειον μαγνητικὸν πόλον πρὸς τὰ ἐπάνω, θὰ διαπιστώσωμεν ὅτι τὸ πλαίσιον ἀποκλίνει καὶ ἔλκεται πάλιν πρὸς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ μαγνήτου.

Πείραμα 2. Τοποθετοῦμεν ἔνα πεταλοειδῆ μαγνήτην μεταξὺ δύο ἀγωγίμων δριζοντίων σιδηροτροχῶν Α καὶ Β, ἐπάνω εἰς τὰς ὁποίας δύναται νὰ ὀλισθήσῃ μία ἀγωγιμος ἐλαφρὰ ράβδος Ρ. Αὕτη ἡ ράβδος ἀποτελεῖ ἔνα στοιχεῖον ήλεκτρικοῦ ρεύματος (σχ. 209). Κλείσομεν τὸν διακόπτην καὶ ρυθμίζομεν τὴν ἔντασιν τοῦ ήλεκτρικοῦ ρεύματος εἰς μίαν μεγάλην τιμὴν (π.χ. εἰς τὰ 6 Α). Παρατηροῦμεν τότε ὅτι ἡ ράβδος Ρ μετατοπίζεται εἰς τὰς σιδηροτροχιὰς παραλλήλως πρὸς ἔαυτήν.

Ἀντιστρέφομεν κατόπιν τὴν φορὰν τοῦ ήλε-

κτρικοῦ ρεύματος, δόποτε ἡ ράβδος μετακινεῖται ἀντιθέτως.

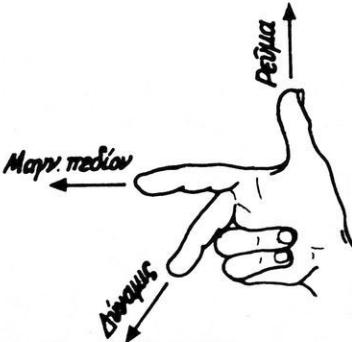
Ἐάν ἐν συνεχείᾳ ἀντιστρέψωμεν τὴν πολικότητα τοῦ μαγνήτου οὕτως, ὥστε ὁ νότιος μαγνητικὸς πόλος νὰ εἰναι πρὸς τὰ ἐπάνω, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι αἱ μετατοπίσεις τῆς ράβδου εἰναι ἀντίθετοι ἀπὸ ὅτι τὴν προηγουμένην φοράν. Ὡστε :

Ἐάν ἔνας ἀγωγός, ὁ ὁποῖος διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, τοποθετηθῇ εἰς τὸ μαγνητικὸν πεδίον ἐνὸς μαγνήτου, ὑπόκειται εἰς τὴν δρᾶσιν μιᾶς ἡλεκτρομαγνητικῆς δυνάμεως. Ἡ φορὰ τῆς δυνάμεως αὐτῆς ἔξαρταται ἀπὸ τὴν φορὰν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος καὶ ἀπὸ τὴν φορὰν τῶν μαγνητικῶν δυναμικῶν γραμμῶν.

§ 209. Καθορισμὸς τῆς φορᾶς τῆς μετατοπίσεως. Δι’ αὐτὸν τὸν σκοπόν, διὰ τὸν καθορισμὸν δηλαδὴ τῆς φορᾶς τῆς ἡλεκτρομαγνητικῆς δυνάμεως, χρησιμοποιοῦμεν τοὺς ἀκολούθους δύο κανόνας.

α) Κανὼν τοῦ Ἀμπέρ. Ἐάν ἔνας παρατηρητής εύρισκεται ἔξαπλωμένος ἐπάνω εἰς τὸν ἀγωγὸν καὶ βλέπει κατὰ τὴν φορὰν τῶν μαγνητικῶν δυναμικῶν γραμμῶν, τὸ δὲ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα εἰσέρχεται ἀπὸ τοὺς πόδας του καὶ ἔξερχεται ἀπὸ τὴν κεφαλήν του, τότε ἡ δύναμις ἔχει φορὰν πρὸς τὰ ἀριστερά του.

β) Κανὼν τῆς δεξιᾶς χειρός. Ο-
ταν δ ἀντίχειρ τῆς δεξιᾶς χειρός
ἔχει τὴν διεύθυνσιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ
ρεύματος καὶ δείκτης τὴν διεύ-
θυνσιν τῶν μαγνητικῶν δυναμικῶν
γραμμῶν (μαγνητικὸν πεδίον), τό-
τε ὁ μέσος, ἢν διαταχθῇ καθέτως
πρὸς τοὺς ἄλλους δύο, ἀποδίδει
τὴν φορὰν τῆς μετατοπίσεως, δη-
λαδὴ τῆς ἡλεκτρομαγνητικῆς δυ-
νάμεως (σχ. 210).



Σχ. 210. Ο κανὼν τῆς δεξιᾶς χειρός.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. "Οταν πλησίον ἐνὸς ἔξηρτημένου διὰ νήματος σωληνοειδοῦς, τὸ ὁποῖον διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, τοποθετηθῇ

ένας μαγνήτης, τὸ σωληνοειδὲς μετατοπίζεται καὶ συμπεριφέρεται ως μαγνήτης.

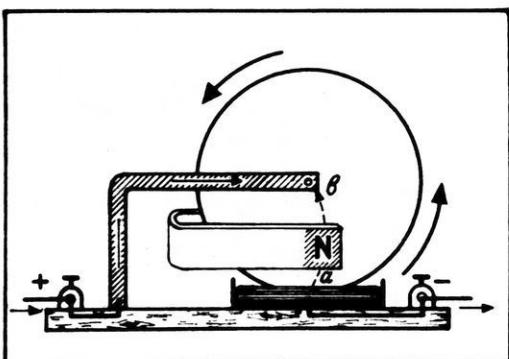
2. Ένα σωληνοειδές, τὸ ὁποῖον διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, ἐπιδρᾶ εἰς τὴν κινητὴν μαγνητισμένην ράβδον κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον, μὲ τὸν ὁποῖον θὰ ἐπέδρα καὶ ἔνας ραβδόμορφος μαγνήτης.

ΜΑ' — ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

§ 210. Τροχὸς τοῦ Μπάρλοου. (Barlow). Λαμβάνομεν ἔνα συμπαγῆ χάλκινον δίσκον, τοποθετημένον εἰς τὸ διάκενον ἑνὸς μονίμου πεταλοειδοῦς μαγνήτου. Ὁ δίσκος αὐτὸς δύναται νὰ στρέφεται περὶ ὄριζόντιον ἄξονα, διερχόμενον ἀπὸ τὸ κέντρον του β, καὶ εἰναι δόλιγον βυθισμένος εἰς τὸν ὑδράργυρον μιᾶς λεκάνης. Ὁ ὑδράργυρος χρησιμοποιεῖται ως ἀγωγός, διὰ νὰ ἐπιτρέψῃ εἰς τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα νὰ κυκλοφορήσῃ, ὥπως δεικνύεται εἰς τὸ σχ. 211.

Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα αἱ ὅταν διέρχεται ἀπὸ τὸ μαγνητικὸν πεδίον, ὑπόκειται εἰς τὴν δρᾶσιν μιᾶς ἡλεκτρομαγνητικῆς δυνάμεως F. Ἡ δύναμις αὕτη, ἐπειδὴ δὲν διέρχεται ἀπὸ τὸν ἄξονα περιστροφῆς β, ἔχει μίαν ροπὴν ως πρὸς αὐτὸν καὶ οὕτως δ τροχὸς παρασύρεται εἰς περιστροφικὴν κίνησιν. Ἡ φορὰ τῆς δυνάμεως F καθορίζεται μὲ τὸν κανόνα τῆς δεξιᾶς χειρός.

'Εάν στερεώσωμεν μίαν τροχαλίαν εἰς τὸν ἄξονα β, τότε, ἐξ αἰτίας τῆς περιστροφῆς τοῦ τροχοῦ, δυνάμεθα νὰ ἀνυψώσωμεν ἔνα φορτίον, δηλαδὴ δυνάμεθα νὰ παράγωμεν μηχανικὸν ἔργον. "Ωστε :



Σχ. 211. Τροχὸς τοῦ Μπάρλοου.

Χρησιμοποιοῦντες καταλλήλως τὸ μαγνητικὸν πεδίον, δυνάμεθα

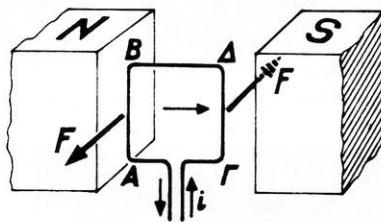
άπο τὴν ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν νὰ παράγωμεν μηχανικὸν ἔργον. Μία παρομοία διάταξις ἀποτελεῖ τὴν ἀρχὴν τῶν ἡλεκτρικῶν κινητήρων.

§ 211. Ἀπλοὶ ἡλεκτρικοὶ κινητῆρες συνεχοῦς ρεύματος. Οἱ ἡλεκτρικοὶ κινητῆρες βασίζονται εἰς τὴν ἀρχὴν τῆς προηγουμένης παραγράφου, μὲ μόνην τὴν διαφορὰν ὅτι ὁ ἀγωγὸς ἔχει σχῆμα πλαισίου (σχ. 212.)

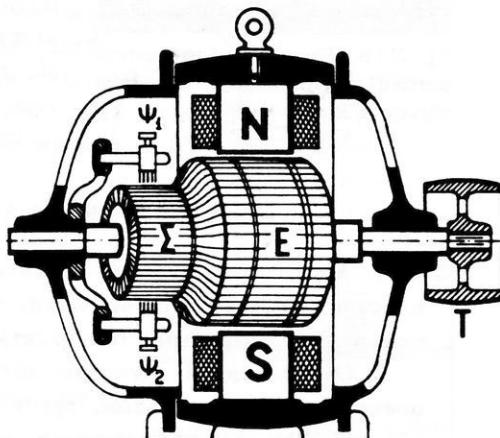
Τὸ πλαισίον διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα καὶ εὑρίσκεται μέσα εἰς τὸ μαγνητικὸν πεδίον ἐνὸς μονίμου μαγνήτου. Καθὼς γνωρίζομεν, εἰς τὰς πλευρὰς AB καὶ $ΓΔ$ τοῦ πλαισίου ἀσκοῦνται δύο δυνάμεις τοῦ ἴδιου μέτρου F ἀλλὰ ἀντιθέτου φορᾶς. Εἰς τὸ πλαισίον συνεπῶς ἀσκεῖται ἔνα ζεῦγος δυνάμεων, ἡ ροπὴ τοῦ ὅποιου, ὡς πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ πλαισίου, παρασύρει τὸ πλαισίον εἰς περιστροφικὴν κίνησιν.

Εἰς τὴν Τεχνικὴν ἀντὶ ἐνὸς πλαισίου χρησιμοποιοῦμεν πολλὰ πλαίσια, καταλλήλως περιελιγμένα καὶ μεμονωμένα μεταξύ των.

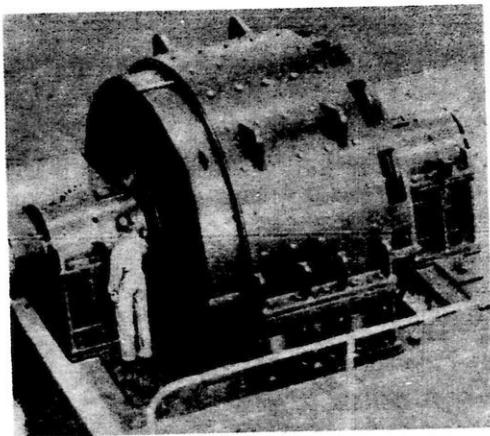
Ἐνας ἡλεκτρικὸς κινητὴρ βιομηχανικῆς χρήσεως περιλαμβάνει ἔνα ἡλεκτρομαγνήτην (σχ. 213.), ὁ ὅποιος ἀποτελεῖ τὸ ἀκίνητον μέρος τοῦ κινητῆρος, δύνομαζόμενον στάτωρ, καὶ τὸ σύστημα τῶν πλαισίων E ὁμοῦ μετὰ τοῦ ἄξονος περιστροφῆς, τὸ ὅποιον ἀποτελεῖ τὸ κινητὸν μέρος τοῦ κινητῆρος, δύνομαζόμενον ρώτωρ.



Σχ. 212. Ἀρχὴ τῆς λειτουργίας ἐνὸς ἡλεκτρικοῦ κινητῆρος.



Σχ. 213. Σχεδιάγραμμα ἐνὸς κινητῆρος συνεχοῦς ρεύματος.



Σχ. 213 α. Έξωτερικόν ήλεκτρικού κινητήρος ισχύος 4 200 Ch.



Σχ. 213 β. Επιγραφή με τὰ χαρακτηριστικά στοιχεῖα ἐνὸς ήλεκτροκινητῆρος. (1/25 Ch, 3 500 στρ./min, 0 - 7 Ampère, 110 Volt).

Εἰς ἔκαστον κινητῆρα ὑπάρχει μία μικρὰ πλάξ, ἐπάνω εἰς τὴν δόποιαν εἶναι ἀναγεγραμμένα διάφορα στοιχεῖα, σχετιζόμενα μὲ τὴν λειτουργίαν τοῦ κινητῆρος (σχ. 213, β.).

§ 212. Ἰσχὺς τῶν ἡλεκτρικῶν κινητήρων. Οἱ ἡλεκτροκινητῆρες, ἀναλόγως πρὸς τὸν προορισμὸν τῶν, κατασκευάζονται μὲ διαφόρους τιμάς ισχύων. Οὕτω, π.χ., μία ἡλεκτρικὴ

ξυριστικὴ μηχανὴ ἔχει ισχὺν 50 Watt, ἔνας συνηθισμένος ἀνεμιστήρ 100 Watt, μία ἡλεκτροκινητὸς ραπτομηχανὴ 100 Watt ἐπίσης, κλπ.

Εἰς τὰ διάφορα ἐργαστήρια καὶ μηχανουργεία χρησιμοποιοῦνται κινητῆρες ισχύος 3 ἔως 20 Ch, ἐνῶ εἰς τὰ ἡλεκτροκίνητα σιδηροδρομικά δίκτυα λειτουργοῦν κινητῆρες μὲ ισχὺν πολλῶν χιλιάδων ἵππων.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Αἱ ἡλεκτρομαγνητικαὶ δυνάμεις ἔχουν τὴν ἴκανότητα νὰ παράγουν μηχανικὸν ἔργον. Αὐτὴν τὴν ἰδιότητα ἐκμεταλλεύομεθα εἰς τὴν κατασκευὴν τῶν ἡλεκτρικῶν κινητήρων.
2. Οἱ ἡλεκτρικοὶ κινητῆρες οἵτινες χρησιμοποιοῦνται εἰς συσκευὰς οἰκιακῆς χρήσεως ἔχουν μικρὰν ισχύν, τῆς τάξεως τῶν 100 Watt. Εἰς τὰ ἐργοστάσια, εἰς τὰ μηχανουργεῖα καὶ εἰς τὰ ἐργαστήρια χρησιμοποιοῦνται κινητῆρες ισχύος μερικῶν ἀτμοῖς περισσοτέρων.

V. ΟΠΤΙΚΗ

ΜΒ' — ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΟΣ ΔΙΑΔΟΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

§ 213. Φῶς. Εἰς ἔνα σκοτεινὸν δωμάτιον φέρομεν ἔνα ἀνημμένον κηρίον ὅπότε βλέπομεν τὰ ἀντικείμενα τοῦ δωματίου, τὸ χρῶμα καὶ τὸ σχῆμα των. Τὸ αἴτιον, τὸ ὅποῖον ἐπέδρασεν εἰς τὸν δφθαλμὸν μας καὶ μᾶς ἔκαμε νὰ ἴδωμεν, δνομάζεται **φῶς**.

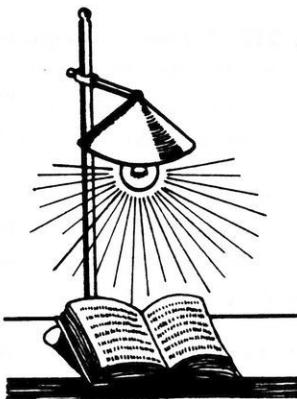
§ 214. Φωνειναὶ πηγαί. Τὰ σώματα τὰ ὅποια, ὅπως ὁ Ἡλιος, ἡ φλόξ ἐνὸς κηρίου, τὸ διάπυρον σύρμα ἐνὸς ἡλεκτρικοῦ λαμπτήρος, κλπ., φωτοβολοῦν, δνομάζονται **αὐτόφωτα σώματα ἢ φωτειναὶ πηγαί**.

Τὰ σώματα τὰ ὅποια, ώς ἡ Σελήνη, ὁ πίναξ τῆς τάξεως, τὰ βιβλία ἢ τὰ διάφορα ἀντικείμενα τοῦ δωματίου, κλπ., δὲν φωτοβολοῦν αὐτὰ τὰ ἴδια ἀλλὰ γίνονται δρατὰ δταν ἐπαναστέλλουν τὸ φῶς, τὸ ὅποῖον λαμβάνουν ἀπὸ φωτεινὰς πηγάς, λέγονται **ἐτερόφωτα σώματα** (σχ. 214).

§ 215. Διαφανῆ, ἡμιδιαφανῆ καὶ σκιερὰ σώματα. Σώματα ὅπως ἡ նալօս, ὁ ἄήρ, τὸ նծար εἰς μικρὸν πάχος, μᾶς ἐπιτρέπουν νὰ βλέπωμεν τὰ ἀντικείμενα, τὰ ὅποια εύρισκονται ὅπισθεν αὐτῶν. Αὐτὸ συμβαίνει διότι ἐπιτρέπουν εἰς τὸ φῶς νὰ διέρχεται μέσα ἀπὸ τὴν μᾶζαν των. Τὰ σώματα αὐτὰ λέγονται **διαφανῆ σώματα**.

Ἡ γαλακτόχρους նալօς ἐπιτρέπει εἰς τὸ φῶς νὰ διέλθῃ μέσα ἀπὸ τὴν μᾶζαν της, χωρὶς օμως νὰ δύναται νὰ διακρίνῃ κανεὶς εὐδιακρίτως τὰ ἀντικείμενα τὰ ὅποια εύρισκονται ὅπισθεν αὐτῆς. ቩ γαλακτόχρους նալօς εἶναι **ἡμιδιαφανὲς σῶμα**.

὾ τοῖχος τοῦ δωματίου μας, ὁ χάρτης, τὸ էնλον καὶ ἄλλα σώματα, δὲν



Σχ. 214. Ὁ ἡλεκτρικὸς λαμπτήρ, δταν φωτίζῃ, εἶναι φωτεινὴ πηγὴ. Τὸ βιβλίον εἶναι ἐτερόφωτον σῶμα.



Σχ. 215. Ή σκιά δημιουργεῖται εἰς τὰ μὴ φωτιζόμενα τμήματα τοῦ χώρου.

έπιτρέπουν νὰ ἰδωμεν τὰ ἀντικείμενα τὰ δόποια εύρισκονται ὅπισθεν αὐτῶν, διότι δὲν ἐπιτρέπουν εἰς τὸ φῶς νὰ διέλθῃ μέσα ἀπὸ τὴν μᾶξαν των. Τὰ σώματα αὐτὰ δνομάζονται ἀδιαφανῆ ή σκιερὰ σώματα.

§ 216. Σκιά. Ο χῶρος δόποιος εύρισκεται ὅπισθεν - τῶν - σκιερῶν σωμάτων καὶ δὲν φωτίζεται, μᾶς παρουσιάζεται σκοτεινὸς ἐν σχέσει πρὸς τὸν φωτιζόμενον χῶρον. Ο χῶρος αὐτὸς δνομάζεται σκιὰ (σχ. 215).

“Ωστε :

‘Η σκιὰ δημιουργεῖται ὅπισθεν ἐνὸς ἀδιαφανοῦς σώματος, τὸ δόποιον φωτίζεται.

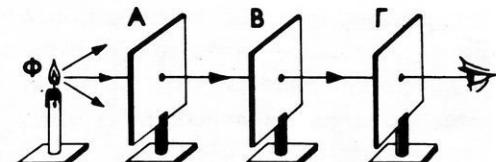
§ 217. Διάδοσις τοῦ φωτός. Εἰς τὸν ἥχον ἔμαθομεν δτι διὰ τὴν διάδοσίν του ἀπαιτεῖται πάντοτε ἐνά ύλικόν, στερεόν, ύγρὸν ή ἀέριον. Απὸ τὴν θερμότητα γνωρίζομεν δτι αὕτη δὲν χρειάζεται ύλικὸν σῶμα διὰ τὴν διάδοσίν της. Τι θὰ συμβαίνῃ ἄραγε μὲ τὸ φῶς ;

α) Πείραμα. Μὲ μίαν ἀεραντλίαν ἀφαιροῦμεν τὸ ἀέρα ἐνὸς ύλινου σωλῆνος. Παρατηροῦμεν δτι δό σωλὴν παραμένει διαφανῆς δπως 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 ύλικὸν μέσον διὰ τὴν διάδοσίν του.

β) Ἐνας λαμπτήρ, δόποιος φωτοβολεῖ εἰς τὸ μέσον ἐνὸς δωματίου, φαίνεται ἀπὸ δλας τὰς πλευράς του καὶ φωτίζει δλους τοὺς τοίχους. Τὸ φῶς τοῦ Ἡλίου κάμνει νὰ φαίνωνται οἱ πλανῆται, ή Σελήνη καὶ οἱ τεχνητοὶ δορυφόροι κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον, ἀνεξαρτήτως ἀπὸ τὴν θέσιν εἰς τὴν δόποιαν εύρισκονται ώς πρὸς τὸν Ἡλιον. “Ωστε :

Τὸ φῶς διαδίδεται πρὸς δλας τὰς διευθύνσεις κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον.



γ) Έὰν τοποθετήσωμεν ἐπάνω εἰς μίαν τράπεζαν ἔνα ἀνημμένον κηρίον καὶ λάβωμεν τρία διαφράγματα, τὰ δόποια νὰ ἔχουν ἐκαστον μίαν δόπην εἰς τὸ ὑψος τῆς φλοιογός τοῦ κηρίου (σχ. 216) καὶ τοποθετήσωμεν τὸν διφθαλμόν μας εἰς κατάλληλον θέσιν, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ φλὸξ τοῦ κηρίου φαίνεται, μόνον εἰς τὴν περίπτωσιν κατὰ τὴν δόποιαν αἱ τρεῖς δόπαι, ἡ φλὸξ καὶ ὁ διφθαλμὸς εὑρίσκονται εἰς εὐθεῖαν γραμμήν.

“Ωστε :

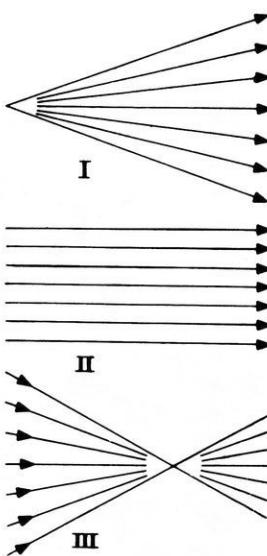
Τὸ φῶς διαδίδεται εὐθυγράμμως.

δ) Έὰν εἰς ἔνα σκοτεινὸν δωμάτιον εἰσέλθῃ φῶς τοῦ Ἡλίου ἀπὸ ἔνα ἄνοιγμα, παρατηροῦμεν μίαν παράλληλον φωτεινὴν δέσμην. Ἀν τὸ ἄνοιγμα εἶναι μικρόν, π.χ. μία δόπη μὲ διάμετρον 1 mm, ἡ δέσμη παρουσιάζεται λεπτή. Τοιαῦται λεπταὶ φωτειναὶ δέσμαι δνομάζονται εἰς τὴν Φυσικὴν φωτειναὶ ἀκτῖνες.

“Οταν αἱ ἀκτῖνες μιᾶς φωτεινῆς δέσμης κατευθύνωνται εἰς ἔνα σημεῖον, ἡ δέσμη δνομάζεται συγκλίνουσα (σχ. 217, III). Ἀντιθέτως ὅταν αἱ ἀκτῖνες μιᾶς δέσμης, ἀφοῦ συγκεντρωθοῦν εἰς ἔνα σημεῖον, ἀπομακρύνωνται ἡ μία ἀπὸ τὴν ἄλλην, ἡ δέσμη δνομάζεται ἀποκλίνουσα (σχ. 217, I).

“Οταν ἡ φωτεινὴ πηγὴ ἔχῃ μικρὰς διαστάσεις καὶ δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς φωτεινὸν σημεῖον, ἡ σκιὰ τῶν σωμάτων εἶναι δμοιόμορφος. Οταν δμως ἡ φωτεινὴ πηγὴ

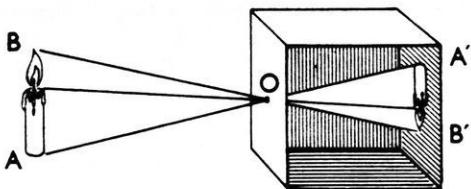
Σχ. 216. Όταν αἱ τρεῖς δόπαι εὑρίσκονται εἰς τὴν ἴδιαν εὐθεῖαν μὲ τὴν φωτεινὴν πηγὴν καὶ τὸν διφθαλμόν μας, βλέπομεν τὸ φῶς τοῦ κηρίου.



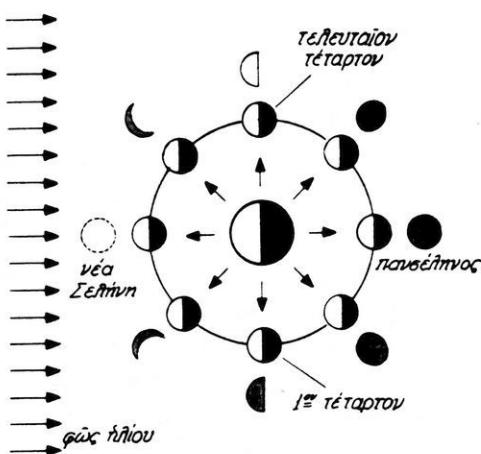
Σχ. 217. Φωτειναὶ δέσμαι.
(I) ἀποκλίνουσα, (II) παράλληλος καὶ (III) συγκλίνουσα.

έχη μεγάλας σχετικώς διαστάσεις, ή σκιά δὲν είναι όμοιόμορφος. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν τὸ μέρος τῆς σκιᾶς τὸ ὅποιον περιβάλλει τὴν κεντρικὴν σκιὰν καὶ είναι διλγώτερον ἐντονον ἀπὸ αὐτήν, δονομάζεται παρασκιά. Ἡ παρασκιά δὲν φωτίζεται ἀπὸ ὅλας τὰς περιοχὰς τῆς φωτεινῆς πηγῆς, ἀλλὰ μόνον ἀπὸ ωρισμένας.

§ 218. Ἀποτελέσματα τῆς εύθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός. 1) Σκοτεινὸς θάλαμος.



Σχ. 218. Σκοτεινὸς θάλαμος.



Σχ. 219. Αἱ φάσεις τῆς Σελήνης.

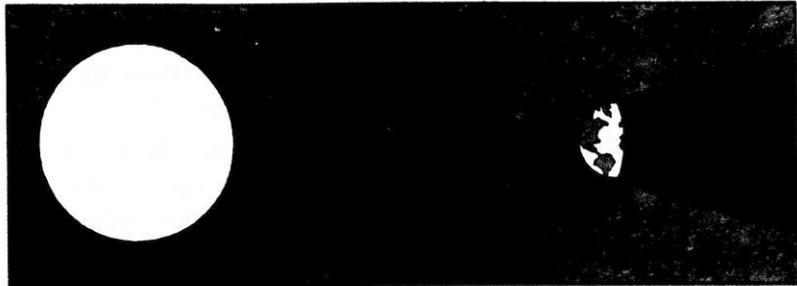
τῆς Σελήνης. Ἡ Σελήνη εἰς τὸ διάστημα περίπου ἐνὸς μηνὸς παρουσιάζεται μὲ διαφορετικὰς μορφάς, τὰς ὅποιας δονομάζομεν συνήθως φάσεις τῆς Σελήνης. Ἡ ήμίσεια σεληνιακὴ σφαῖρα, ἥτις είναι πάντοτε ἐστραμμένη πρὸς τὸν Ἡλίον,

2) Σκιὰ καὶ παρασκιά.

Ἡ σκιὰ καὶ ἡ παρασκιά, διὰ τὰς ὅποιας ὄμιλήσαμεν ἀνωτέρω, ὀφείλονται εἰς τὴν εύθυγράμμον διάδοσιν τοῦ φωτός.

3) Φάσεις τῆς Σελήνης.

Ἐκλείψεις τοῦ Ἡλίου καὶ



Σχ. 220. "Όταν ή Σελήνη εισέλθη εις τὸν σκιερὸν κῶνον τῆς Γῆς, συμβαίνει δλικὴ ἔκλειψις Σελήνης.

φωτίζεται συνεχῶς, ἐνῷ ἡ ὄλλη ἡμίσεια παραμένει πάντοτε σκοτεινή.

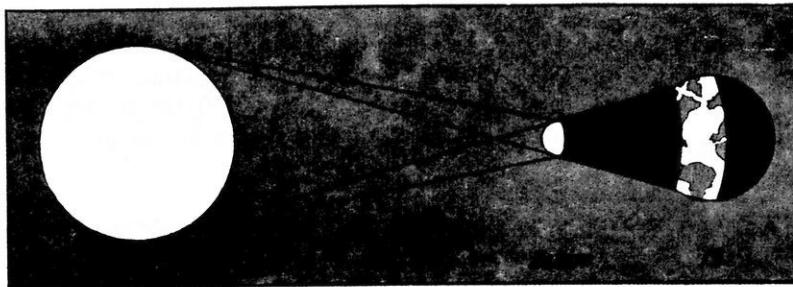
'Εξ αἰτίας τῆς κυκλικῆς κινήσεως τῆς Σελήνης περὶ τὴν Γῆν βλέπομεν, ἀναλόγως μὲ τὴν τοποθετησιν τοῦ Ἡλίου, τῆς Γῆς καὶ τῆς Σελήνης, ὄλλοτε δλόκληρον τὸ φωτισμένον τμῆμα τοῦ δορυφόρου μας (πανσέληνος) καὶ ἀκολούθως δλο καὶ μικρότερον τμῆμα τοῦ σεληνιακοῦ δίσκου (σχ. 219), μέχρις ὅτου ή Σελήνη ἔξαφανισθῇ τελείως ἀπὸ τὸν οὐρανὸν (νέα Σελήνη).

β) Ἡ Γῆ καὶ ή Σελήνη εἶναι σκιερὰ σώματα καὶ σχηματίζουν μίαν σκοτεινήν κωνικήν σκιάν. Ἡ σκιά αὐτὴ εἶναι ή αἰτία τῶν ἔκλειψεων τοῦ Ἡλίου καὶ τῆς Σελήνης. Πράγματι, ὅταν ή Σελήνη, ὥπως δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 220, εισέλθῃ εἰς τὸν κῶνον τῆς σκιᾶς τῆς Γῆς, παύει νὰ φωτίζεται ἀπὸ τὸν Ἡλιον καὶ τοιουτορόπως δὲν εἶναι πλέον δρατή.

Τὸ φαινόμενον αὐτὸ δόνομάζεται ἔκλειψις Σελήνης.

Ἡ ἔκλειψις δύναται νὰ είναι δλική, ὅταν δλόκληρος ή Σελήνη εισέρχεται εἰς τὸν σκιερὸν κῶνον τῆς Γῆς ἢ μερική, ὅταν εισέρχεται ἔνα μέρος τῆς καὶ φωτίζεται τὸ ὄλλο. Αἱ ἔκλειψεις τῆς Σελήνης συμβαίνουν κατὰ τὴν πανσέληνον, ή δὲ Γῆ εύρισκεται τότε μεταξὺ Ἡλίου καὶ Σελήνης.

"Όταν ή Σελήνη, ὥπως δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 221, παρεμβληθῇ μεταξὺ Ἡλίου



Σχ. 221. Ἐντὸς τῆς κυρίας σκιᾶς τῆς Σελήνης συμβαίνει δλικὴ ἔκλειψις τοῦ Ἡλίου, ἐνῷ ἐντὸς τῆς παρασκιᾶς μερικὴ ἔκλειψις.

καὶ Γῆς, δύναται νὰ καλύψῃ τὸν Ἡλίον, ὅπότε λέγουμεν ὅτι ἔχομεν ἐκλειψιν Ἡλίου· Ἡ ἐκλειψις Ἡλίου συμβαίνει κατά τὴν νέαν Σελήνην καὶ δύναται νὰ είναι ὀλικὴ ἡ μερικὴ ἡ δακτυλιοειδής, διτανή Σελήνη καλύπτη τὸν ἥλιακόν δίσκον καὶ ἀφήνει νὰ φαίνεται μόνον ἕνας φωτεινὸς δακτύλιος.

§ 219. Ταχύτης τοῦ φωτός. Κατὰ τὰς καταιγίδας ἀκούομεν τὴν βροντήν, ἀφοῦ παρέλθουν μερικὰ δευτερόεπτα ἀπὸ τὴν στιγμὴν κατὰ τὴν δόποιαν, ἀντελήθημεν τὴν ἀστραπήν. Ἀπὸ αὐτὸς συμπεραίνει κανεὶς δι τὸ φῶς διαδίδεται ταχύτερον ἀπὸ τὸν ἥχον.

Τὸ διάδοσις τοῦ φωτὸς γίνεται μὲν ἔξαιρετικῶς μεγάλην ταχύτητα, δύναται νὰ τὸ παρατηρήσῃ κανεὶς ἀν βρεθῆ εἰς ἔνα μακρὺν δρόμον, τὴν στιγμὴν κατὰ τὴν οποίαν ἀνάπτουν οἱ ἡλεκτρικοὶ λαμπτῆρες. Πράγματι ἐπειδὴ ἀπέχουν ἀρκετὴν ἀπόστασιν μεταξύ των οἱ φανοστάται, θὰ ἐπρεπε νὰ ἴδῃ κανεὶς μὲ κάποιαν καθυστέρησιν τὸ ἄναμμα τοῦ τελευταίου λαμπτῆρος. "Αν παρατηροῦμεν ἐν τούτοις τὸ ἄναμμα τῶν λαμπτήρων, μᾶς δημιουργεῖται ἡ ἐντύπωσις διτὶ δῆλοι ἀνάπτουν ταυτοχρόνως. Αὐτὸ διφεύλεται εἰς τὸ διαδίδεται μὲ τόσον μεγάλην ταχύτητα, ὥστε δὲν δυνάμεθα νὰ παρατηρήσωμεν τὴν διάδοσίν του παρὰ μόνον μὲ ώρισμένα βοηθητικὰ μέσα.

Με άκριβεις μετρήσεις οι Φυσικοί κατώρθωσαν να έξακριβώσουν
δτι :

΄Η ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτὸς εἰς τὸ κενὸν καὶ περίπου εἰς τὸν
άέρα είναι ίση μὲν 300 000 χιλιόμετρα ἀνὰ δευτερόλεπτον. Δηλαδή :

$$c = 300\,000 \text{ km/sec}$$

Με την ταχύτητα αυτήν τὸ φῶς διανύει εἰς 1 δευτερόλεπτον διάστημα ίσον μὲ 7,5 φορὰς τὴν περίμετρον τῆς Γῆς, τὴν δὲ ἀπόστασιν Γῆς - Σελήνης, ἡ ὁποία είναι ίση μὲ 384 000 km περίπου, εἰς 1,2 sec.

Από τὸν Ἡλιον, δ 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.

Εις τὴν Ἀστρονομίαν μετροῦν τὰς ἀπόστασεις τῶν ὅπλων ἀστέρων ἀπὸ τὴν Γῆν μὲ τὸ διάστημα, τὸ δοιοῖν διανύει μία φωτεινὴ ἀκτὶς ἐντὸς ἑνὸς ἔτους. Ἡ μονάδας αὐτὴ δυνομάζεται ἔτος φωτός. Δηλαδὴ εἶναι :

1 έτος φωτός = $300\,000 \text{ km} \cdot 365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 = 9,46 \cdot 10^{12} \text{ km}$ ή 10 δισεκατομμύρια χιλιόμετρα περίπου.

1. Τὸ αἴτιον τὸ δόποῖον διεγείρει τὸν ὀφθαλμόν μας καὶ μᾶς κάνει νὰ βλέπωμεν ὀνομάζεται φῶς.
2. Τὰ σώματα τὰ δόποια ἐκπέμπουν ἰδικόν των φῶς, ὀνομάζονται αὐτόφωτα σώματα ἡ φωτεινὴ πηγαί. Τὰ σώματα τὰ δόποια γίνονται ὄρατά, δταν φωτίζωνται ἀπὸ ἄλλα σώματα, ὀνομάζονται ἔτερόφωτα σώματα.
3. Τὰ σώματα, τὰ δόποια ἐπιτρέπουν εἰς τὸ φῶς νὰ διέλθῃ ἀπὸ τὴν μᾶζαν των, ὀνομάζονται διαφανῆ. Τὰ ἡμιδιαφανῆ σώματα δὲν ἐπιτρέπουν νὰ ἴδωμεν τὰ ἀντικείμενα, τὰ εύρισκόμενα, δπισθεν αὐτῶν, ἀφήνουν δῦμως τὸ φῶς νὰ διέλθῃ μέσα ἀπὸ τὴν μᾶζα των.
4. Τὰ ἀδιαφανῆ σώματα δὲν ἐπιτρέπουν εἰς τὸ φῶς νὰ διέλθῃ μέσα ἀπὸ τὴν μᾶζαν των. Ὁπισθεν τῶν ἀδιαφανῶν σωμάτων σχηματίζεται σκιά.
5. Ὅταν αἱ φωτεινὴ πηγαὶ δὲν εἶναι φωτεινὰ σημεῖα, ἔχομεν σκιὰν καὶ παρασκιάν.
6. Τὸ φῶς δὲν χρειάζεται ὄλικὸν μέσον διὰ νὰ διαδοθῇ, διαδίδεται δὲ ἵστορόπως, δηλαδὴ κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον πρὸς δλας τὰς διευθύνσεις, καὶ εὐθυγράμμως.
7. Ἡ φωτεινὴ ἀκτὶς εἶναι μία πολὺ λεπτὴ παράλληλος δέσμη φωτός.
8. Αἱ φωτειναι δέσμαι δύνανται νὰ εἶναι συγκλίνουσαι, ἀποκλίνουσαι ἡ παράλληλοι.
9. Ὁ σχηματισμὸς τῆς εἰκόνος εἰς τὸν σκοτεινὸν θάλαμον, ἡ σκιά, αἱ φάσεις τῆς Σελήνης, αἱ ἐκλείψεις Ἡλίου καὶ Σελήνης, εἶναι ἀποτελέσματα τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός.
10. Τὸ φῶς διαδίδεται εἰς τὸ κενὸν καὶ περίπου εἰς τὸν ἀέρα μὲ ταχύτητα ἵσην πρός :

$$c = 300\,000 \text{ km/sce}$$

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

158. Μὲ μίαν φωτογραφιὴν μηχανὴν φωτογραφίζομεν ἔναν πύργον ὅφους 40 m, ὁ δόποῖος εὑρίσκεται 300 m μακρόν. Ἐὰν τὸ βάθος τοῦ σκοτεινοῦ θαλάμου τῆς μηχανῆς εἶναι 30 cm, νὰ εὐρεθῇ τὸ ὅφος τῆς εἰκόνος, ἡ ὁποία θὰ ἐμφανισθῇ.
(Ἀπ. 4 cm).

159. Μία κυκλική φωτεινή πηγή έχει διάμετρον 4cm και εύρισκεται εἰς άπόστασιν 50cm από ένα άδιαφανή δίσκον, διαμέτρου 20 cm. Νὰ εὑρεθοῦν αἱ διάμετροι τῆς σκιᾶς καὶ τῆς παρασκιᾶς, αἱ όποιαι θὰ ἐμφανισθοῦν εἰς μίαν θόρυην, ή όποια ἀπέχει 1 m απὸ τὸ άδιαφανὲς σῶμα.

(*Απ. 52 cm, 8 cm.*)

160. Ἡ ἀπόστασις τῆς ὀπῆς ἐνὸς σκοτεινοῦ θαλάμου ἀπὸ τὴν ἀπέναντι ἔδραν τοῦ εἶναι 30 cm. Πόσον εἶναι τὸ ὑψος τοῦ εἰδώλου ἐνὸς ἀντικειμένου ὃνφους 20 cm, τὸ όποιον ἀπέχει 75 cm ἀπὸ τὴν ὀπήν. (*Νὰ γίνῃ γραφικὴ λύσις τοῦ προβλήματος*)
(*Απ. 8 cm.*)

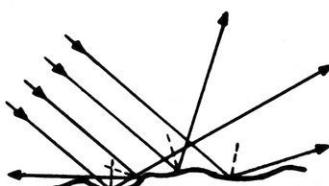
161. Τὸ μῆκος ἐνὸς σκοτεινοῦ θαλάμου εἶναι 24 cm. Εἰς πόσην ἀπόστασιν ἀπὸ ἄνοιγμα πρέπει νὰ τοποθετήσωμεν ἔνα ἀντικείμενον, διὰ νὰ σχηματισθῇ διπλασίον ὃνφους εἰκὼν τοῦ ἀντικειμένου. (*Νὰ γίνῃ γραφικὴ λύσις.*)
(*Απ. 12 cm.*)

162. Αἱ ἡλιακαὶ ἀκτῖνες προσπίπτουν ὑπὸ γωνίᾳν 60° εἰς τὸ ἔδαφος καὶ σχηματίζουν τὴν σκιὰν ἐνὸς δένδρου. Ἐν τὸ μῆκος τῆς σκιᾶς εἶναι 7 m, πόσον εἶναι τὸ ὑψος τοῦ δένδρου. (*Νὰ γίνῃ γραφικὴ λύσις.*)
(*Απ. 12 m.*)

ΜΓ' — ΑΝΑΚΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ. ΕΠΙΠΕΔΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

§ 220. Διάχυτος καὶ κανονικὴ ἀνάκλασις τοῦ -φωτός. Ἀπὸ τὴν πεῖραν γνωρίζομεν ὅτι διὰ νὰ βλέπωμεν τὰ διάφορα ἀντικείμενα, πρέπει νὰ εἰσχωροῦν εἰς τοὺς δρθαλμούς μας φωτειναὶ ἀκτῖνες προερχόμεναι ἀπὸ τὰ ἀντικείμενα αὐτά. Αἱ ἐπιφάνειαι δημος τῶν περισσοτέρων ἀντικειμένων εἶναι συνήθως τραχεῖαι καὶ τὸ φῶς, τὸ όποιον πίπτει ἐπ' αὐτῶν, διευθύνεται κατόπιν ἀκανονίστως πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις (σχ. 222). Τὸ φαινόμενον αὐτὸ δονομάζεται διάχυτος ἀνάκλασις ἢ ἀπλῶς διάχυσις τοῦ φωτός. Ὁστε :

Διάχυτος ἀνάκλασις ἢ διάχυσις τοῦ φωτός δονομάζεται τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ όποιον δταν προσπέσῃ φῶς ἐπάνω εἰς μίαν τραχεῖαν καὶ ἀκανονίστον ἐπιφάνειαν, διευθύνεται μετὰ τὴν πρόσπτωσίν του πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις.



Σχ. 222. Διάχυσις τοῦ φωτός.

Ἐξ αἰτίας τοῦ διαχύτου ἡλιακοῦ φωτός φωτιζόμεθα πρὶν ἀνατείλῃ δ Ἡλιος (λυκαυγὲς) ἢ δταν ἔχει δύσει (λυκόφως),

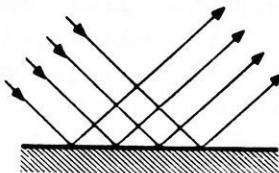
ὅπως ἐπίσης καὶ δταν ἐπικρατῇ νέφωσις.
Εἰς τὰς περιπτώσεις αὐτάς τὸ φῶς φθάνει
εἰς τοὺς ὀφθαλμούς μας, ἀφοῦ προσπέσῃ
διαδοχικῶς εἰς αἰωρούμενα μόρια σκό-
νης καὶ ἄλλα σωματίδια, τὰ δποῖα εύρι-
σκονται εἰς τὴν ἀτμόσφαιρα καὶ ἀφοῦ
ὑποστῇ ἀλλεπαλλήλους διαχύσεις.

Ἐφαρμογὴν τῆς διαχύσεως ἔχομεν εἰς τοὺς λεγομένους κρυφοὺς
φωτισμοὺς τῶν αἰθουσῶν, κλπ.

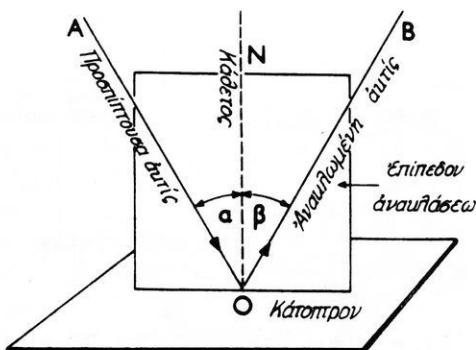
Ἐὰν ἀπὸ μίαν δπήν ἑνὸς σκοτεινοῦ θαλάμου δεχθῶμεν μίαν δέ-
σμην ἡλιακῶν ἀκτίνων καὶ τὴν ἀφῆσωμεν νὰ προσπέσῃ ἐπὶ μιᾶς στιλ-
πνῆς μεταλλικῆς πλακός, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι τὸ φῶς θὰ μεταβάλῃ
διεύθυνσιν διαδόσεως, χωρὶς νὰ ὑποστῇ διάχυσιν (σχ. 223). Τὸ φαινό-
μενον αὐτὸ δνομάζεται κανονικὴ ἀνάκλασις τοῦ φωτός ή ἀπλῶς ἀνά-
κλασις τοῦ φωτός. "Ωστε :

Κανονικὴ ἀνάκλασις η ἀνάκλασις τοῦ φωτός, δνομάζεται τὸ φαι-
νόμενον κατὰ τὸ δποῖον τὸ φῶς μεταβάλλει πορείαν διαδόσεως, δταν
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 ή δποία
συναντᾶ εἰς τὴν πορείαν
της μίαν λείαν καὶ στιλ-
πνὴν ἐπίπεδον πλάκα, ἥτις
ἀποτελεῖ τὴν ἀνακλαστικὴν
ἐπιφάνειαν, ἐνδ ἡ ΟΒ δει-
κνύει τὴν διεύθυνσιν τῆς
φωτεινῆς ἀκτίνος μετά
ἀπὸ τὴν ἀνάκλασιν. Ή ἀ-
κτίς ΑΟ ή δποία συναντᾶ
εἰς τὴν πορείαν της τὴν
ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν
δνομάζεται προσπίπτονσα
ἀκτίς, τὸ δὲ σημεῖον ΠΟ
εἰς τὸ δποῖον συναντᾶ τὴν
Σχ. 224. Διὰ τὴν ἐξήγησιν τῶν νόμων τῆς ἀνακλά-
σεως τοῦ φωτός.



Σχ. 223. Ἀνάκλασις τοῦ φωτός.



δνομάζεται σημεῖον προσπτώσεως. Ἡ ΟΒ, ἡ δποία ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὴν ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν ὁνομάζεται ἀνακλωμένη ἀκτίς.

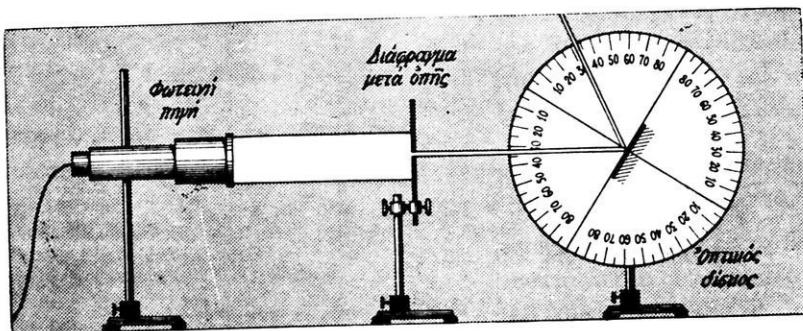
Ἄν φέρωμεν τὴν εὐθεῖαν ΟΝ κάθετον εἰς τὴν ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν, θὰ σχηματισθοῦν δύο γωνίαι. Ἡ γωνία ΑΟΝ, ἡ δποία σχηματίζεται ἀπὸ τὴν προσπίπτουσαν ἀκτῖνα καὶ τὴν κάθετον εἰς τὸ σημεῖον προσπτώσεως, δνομάζεται γωνία προσπτώσεως· ἡ γωνία ΝΟΒ, ἡ δποία σχηματίζεται ἀπὸ τὴν κάθετον εἰς τὸ σημεῖον προσπτώσεως καὶ τὴν ἀνακλωμένην ἀκτῖνα, δνομάζεται γωνία ἀνακλάσεως. Τὸ ἐπίπεδον τὸ δποῖον δρίζεται ἀπὸ τὴν προσπίπτουσαν καὶ τὴν ἀνακλωμένην ἀκτῖνα, δνομάζεται ἐπίπεδον προσπτώσεως.

Ἡ ἀνάκλασις τοῦ φωτὸς ἀκολουθεῖ τοὺς ἔξῆς δύο νόμους:

1ος νόμος. Τὸ ἐπίπεδον προσπτώσεως, τὸ δποῖον δρίζεται ἀπὸ τὴν προσπίπτουσαν καὶ τὴν ἀνακλωμένην ἀκτῖνα, 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 ἀπλῆν συσκευήν, μὲ τὴν δποίαν δυνάμεθα νὰ ἀποδείξωμεν ἰκανοποιητικῶς τοὺς νόμους τῆς ἀνακλάσεως. Ἀπὸ μίαν δπὴν ἀφήνομεν νὰ εἰσέλθῃ μία λεπτὴ παράλληλος φωτεινὴ δέσμη, ἡ τροχιὰ τῆς δποίας διακρίνεται ἀπὸ τὸ φωτεινὸν ἵχνος τὸ δποῖον σχη-



Σχ. 225. Πειραματικὴ διάταξις διὰ τὴν ἐπαλήθευσιν τῶν νόμων τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός

ματίζει έπάνω εἰς ἔνα λευκὸν καὶ λεπτὸν κατακόρυφον δίσκον, δὲ όποιος 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 ἔνα μικρὸν κάτοπτρον. Οὕτως ἡ προσπίπτουσα ἀκτὶς ἀνακλᾶται καὶ δίδει τὴν ἀνακλωμένην ἀκτῖνα, τὸ φωτεινὸν ἵχνος τῆς ὁποίας σχηματίζεται ἐπίσης ἐπάνω εἰς τὸν δίσκον.

Ἄπὸ τὴν μέτρησιν τῶν γωνιῶν προσπτώσεως καὶ ἀνακλάσεως βλέπομεν ὅτι αἱ γωνίαι αὗται εἰναι ἴσαι. Ἐφ' ὅσον δὲ τὰ ἵχνη τῶν δύο ἀκτίνων σχηματίζονται ἐπάνω εἰς τὸν κατακόρυφον δίσκον, συμπεραίνομεν ὅτι αἱ ἀκτῖνες εὑρίσκονται εἰς ἐπίπεδον κάθετον πρὸς τὴν ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν (διότι ὁ κατακόρυφος δίσκος εἶναι κάθετος πρὸς τὸ δριζόντιον κάτοπτρον).

§ 223. Ἀρχὴ τῆς ἀντιστρόφου πορείας τοῦ φωτός. Πειραματικῶς ἀποδεικνύεται ὅτι ἐὰν τὸ φῶς ἀκολουθῇ εἰς τὴν διάδοσίν του μίαν ὠρισμένην πορείαν, εἶναι δυνατὸν νὰ διαδοθῇ ἀκολουθῶν καὶ τὴν ἀντίστροφον ἀκριβῶς πορείαν. Οὕτως, δταν μία φωτεινὴ ἀκτὶς ἀνακλᾶται καὶ ἀκολουθῇ τὴν διεύθυνσιν AOB (σχ. 224), εἶναι δυνατὸν νὰ διαδοθῇ καὶ κατὰ τὴν διεύθυνσιν BOA.

Ἡ ἰδιότης αὐτὴ τοῦ φωτός εἶναι γνωστὴ μὲ τὴν δνομασίαν ἀρχὴ τῆς ἀντιστρόφου πορείας τοῦ φωτός.

§ 224. Κάτοπτρα. Εἰς τὴν Φυσικὴν δνομάζομεν κάτοπτρον πᾶσαν λείαν καὶ στιλπνὴν ἐπιφάνειαν, ἡ ὁποία ἀνακλᾷ τὸ φῶς τὸ προσπίπτον ἐπ' αὐτῆς, συμφώνως πρὸς τοὺς γνωστοὺς νόμους τῆς ἀνακλάσεως.

Ἀναλόγως μὲ τὴν μορφὴν τῆς ἀνακλαστικῆς ἐπιφανείας διακρίνονται τὰ κάτοπτρα εἰς διαφόρους τύπους. Οὕτως, ἐὰν ἡ ἀνακλαστικὴ ἐπιφάνεια εἶναι ἐπίπεδος, τὸ κάτοπτρον δνομάζεται ἐπίπεδον (σχ. 226).

Ἀν ἡ ἀνακλαστικὴ ἐπιφάνεια εἶναι σφαιρική, τὸ κάτοπτρον δνομάζεται σφαιρικόν. Εἰς τὴν περίπτωσιν δμως τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων διακρίνομεν κοῖλα καὶ κυρτὰ σφαιρικὰ κάτοπτρα.

Κοῖλον λέγεται τὸ σφαιρικὸν κάτοπτρον δταν ἔχη ώς ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν τὸ ἐσωτερικὸν τῆς σφαίρας. Κυρτὸν λέγεται τὸ σφαι-



Σχ. 226. Ἡ ἡρεμος ἐπιφάνεια μιᾶς λίμνης ἀποτελεῖ ἐπίπεδον κάτοπτρον.

ρικὸν κάτοπτρον ὅταν ἔχῃ ὡς ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν τὸ ἔξωτερικὸν μέρος τῆς σφαιρᾶς.

§ 225. Ἐπίπεδα κάτοπτρα. Ἀν σταθῶμεν ἐμπρὸς εἰς ἔνα ἐπίπεδον κάτοπτρον, παρατηροῦμεν δόπισω ἀπὸ τὴν ὕσλον του ἔνα ὅμοιώμα τοῦ ἑαυτοῦ μας, ὥπως ἐπίσης καὶ τῶν ἀντικειμένων τὰ ὅποια εύρισκονται ἐμπροσθεν ἀπὸ τὸ κάτοπτρον.

Ο, τι βλέπομεν μέσα εἰς τὸ κάτοπτρον δὲν ὑπάρχει βεβαίως εἰς τὴν πραγματικότητα, σχηματίζεται δὲ ἀπὸ τὰς ἀκτίνας, αἱ ὅποιαι ἀφοῦ προσπέσουν εἰς τὸ κάτοπτρον ἀνακλῶνται,

συμφώνως πρὸς τοὺς νόμους τῆς ἀνακλάσεως, καὶ συναντοῦν μετὰ τὴν ἀνάκλασίν των τοὺς δόφθαλμούς μας. Οὕτω μᾶς δημιουργοῦν τὴν ἐντύπωσιν ὅτι προέρχονται ἀπὸ σημεία εύρισκόμενα δόπισω ἀπὸ τὸ κάτοπτρον καὶ τὰ ὅποια σχηματίζουν κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ὅμοιώματα τῶν ἀντικειμένων. Τὰ ὅμοιώματα αὐτὰ δονομάζονται φανταστικὰ εἶδωλα.

Τὸ σχῆμα 227 δεικνύει τὸν σχηματισμὸν φανταστικοῦ εἰδῶλου Α' ἐνὸς φωτεινοῦ σημείου Α, τὸ ὅποιον εύρισκεται ἐμπροσθεν ἐνὸς ἐπιπέδου κατόπτρου. Ό δόφθαλμὸς συλλαμβάνει τὰς ἀνακλώμενας ἀκτίνας ΟΒ καὶ ΟΓ, αἱ ὅποιαι προεκτινόμεναι τέμνονται εἰς τὸ Α' καὶ σχηματίζουν τοιουτοτρόπως τὸ φανταστικὸν εἶδωλον τοῦ σημείου Α.

Ἄπὸ τὴν μελέτην τῶν ἐπιπέδων κατόπτρων συμπεραίνομεν τὰ ἀκόλουθα.

α) Τὰ εἶδωλα τὰ ὅποια δίδουν τὰ ἐπίπεδα κάτοπτρα είναι φαντα-

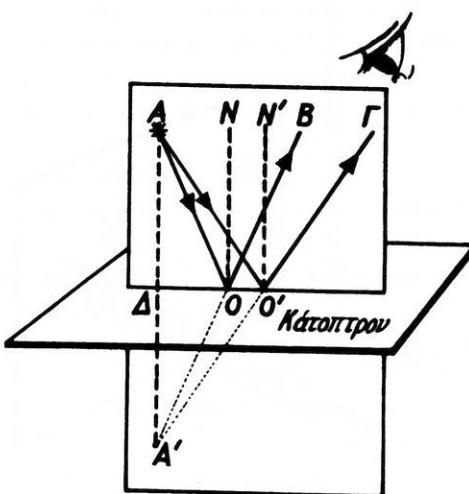
στικά, δὲν σχηματίζονται δηλαδὴ ἀπὸ τὰς φωτεινὰς ἀκτίνας, ἀλλὰ ἀπὸ τὰς προεκτάσεις τῶν, καὶ εὑρίσκονται ὅπισθεν τοῦ κατόπτρου.

β) Τὰ εἶδωλα εἰναι συμμετρικά μὲ τὰ ἀντικείμενα ώς πρὸς τὸ ἐπίπεδον τοῦ κατόπτρου καὶ δὲν εἰναι ἐφαρμόσιμα μὲ τὰ ἀντικείμενα. Εἶδωλα καὶ ἀντικείμενα ἔχουν μεταξύ των τὴν σχέσιν δεξιᾶς καὶ ἀριστερᾶς παλάμης.

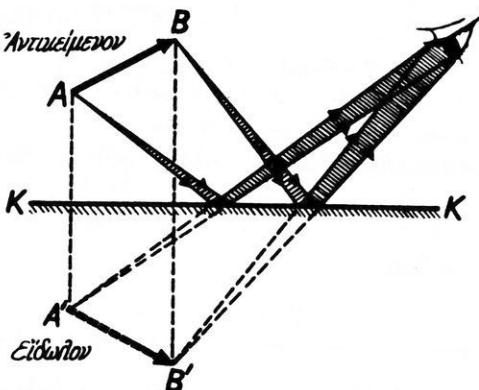
Εἰς τὴν σχέσιν συμμετρίας εἰδώλου καὶ ἀντικειμένου δῆθείλεται τὸ γεγονός διτὶ δὲν δυνάμεθα νὰ διαβάσωμεν τὴν σελίδα ἐνὸς βιβλίου, ἡ δοποία καθρεπτίζεται μέσα εἰς ἓν ἐπίπεδον κάτοπτρον.

§ 226. Ἀπεικόνισις ἀντικειμένου ὑπὸ ἐπιπέδου κατόπτρου. Τὸ εἶδωλον $A'B'$ ἐνὸς ἀντικειμένου AB (σχ. 228) σχηματίζεται μὲ εὐκολίαν ἀν κατασκευάσωμεν τὰ συμμετρικά A' καὶ B' τῶν ἄκρων τοῦ

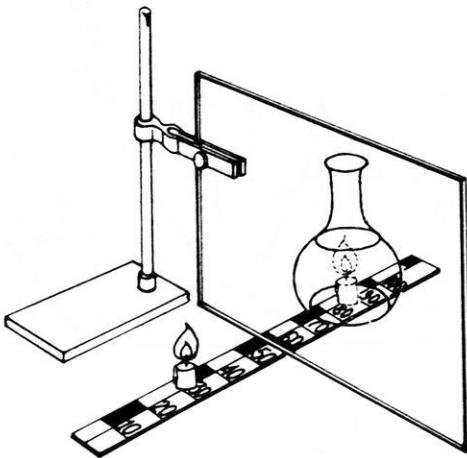
ἀντικειμένου A καὶ B , ώς πρὸς τὸ κάτοπτρον. Ἀπὸ τὸ σχῆμα φαίνεται διτὶ τὸ εἶδωλον ἔχει ἀναστραφῇ πλευρικῶς. Δὲν εἰναι δηλαδὴ ἐφαρμόσιμον μὲ τὸ ἀντικείμενον, ἐπειδὴ τὸ ἀριστερὸν τοῦ ἀντικειμένου ἀπεικονίζεται ως δεξιὸν τοῦ εἶδώλου καὶ ἀντιστρόφως.



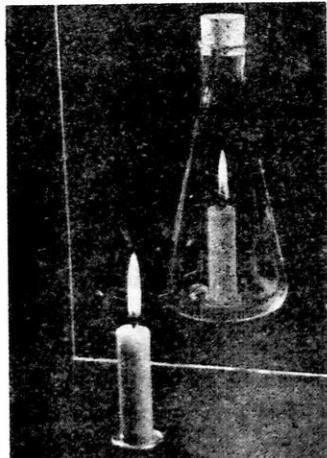
Σχ. 227. Τὸ φανταστικὸν εἶδωλον A' τοῦ φωτεινοῦ σημείου A εἰναι συμμετρικὸν ώς πρὸς τὸ κάτοπτρον.



Σχ. 228. Γεωμετρικὸν διάταγμα σχηματισμοῦ τοῦ φανταστικοῦ εἶδώλου ἐνὸς ἀντικειμένου.



Σχ. 229. Τὸ εἰδώλον καὶ τὸ ἀντικείμενον εἶναι συμμετρικὰ ὡς πρὸς τὸ κάτοπτρον.



Σχ. 229, a. Φωτογραφία τοῦ ἀντικείμενου καὶ τοῦ εἰδώλου του, μιᾶς διατάξεως ὥσπερ τοῦ σχ. 229.

Τὸ ὅτι ἡ ἀπόστασις τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὸ κάτοπτρον εἶναι ἵση μὲ τὴν ἀπόστασιν τοῦ ἀντικείμενου ἀπὸ τὸ κάτοπτρον, δυνάμεθα νὰ τὸ δεῖξωμεν μὲ τὴν διάταξιν τοῦ σχῆματος 229, καὶ 229a, ὅπου ἀντὶ κατόπτρου τοποθετοῦμεν ἔνα διαφανὲς καὶ στιλπνὸν τεμάχιον ὑάλου καὶ δπίσω ἀπὸ αὐτὸ μίαν ὑαλίνην φιάλην. Ἡ φλόξ τοῦ εἰδώλου τοῦ κηριού φαίνεται νὰ καίη μέσα εἰς τὸ ὕδωρ τῆς φιάλης, ἐνῷ ἡ ἰσότης τῶν ἀπόστασεων εἰδώλου καὶ ἀντικείμενου μετρεῖται μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ ἡριθμημένου κανόνος.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Ὄταν τὸ φῶς προσπίπτῃ ἐπάνω εἰς μίαν λείαν καὶ στιλπνὴν ἐπιφάνειαν ὑφίσταται ἀνάκλασιν. Ἀν 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 πηγῆν.

2. Ἡ ἀνάκλασις ἀκολουθεῖ τοὺς ἔξῆς δύο νόμους : a) Ἡ προσπίπτουσα καὶ ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς ὁρίζουν ἔνα ἐπίπεδον,

τὸ ὅποῖον εἶναι κάθετον πρὸς τὴν ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν.

β) Ἡ γωνία προσπτώσεως εἶναι ἵση μὲ τὴν γωνίαν ἀνακλάσεως.

3. "Οταν τὸ φῶς ἀκολουθῇ ἔνα ωρισμένον δρόμον κατὰ τὴν διάδοσίν του, εἶναι δυνατὸν νὰ διαδοθῇ ἀκολουθῶν καὶ τὴν ἀντίστροφον ἀκριβῶς πορείαν.

4. Ἐκάστη λεία καὶ στιλπνὴ ἐπιφάνεια, ἡ ὅποια ἀνακλᾶ τὸ φῶς, τὸ προστίπτον ἐπ' αὐτῆς, συμφώνως πρὸς τοὺς νόμους τῆς ἀνακλάσεως ὄνομάζεται κάτοπτρον. Ἀναλόγως μὲ τὸ εἰδος τῆς ἀνακλαστικῆς των ἐπιφανείας τὰ κάτοπτρα εἶναι ἐπίπεδα, σφαιρικὰ (κυρτὰ ἢ κοῖλα), κυλινδρικά, κ.λ.

5. Τὰ διάφορα κάτοπτρα σχηματίζουν δροιώματα τῶν ἀντικειμένων, τὰ ὅποια εἶναι τοποθετημένα ἔμπροσθέν των. Τὰ δροιώματα αὐτὰ ὄνομάζονται εἰδωλα καὶ διακρίνονται εἰς πραγματικὰ καὶ εἰς φανταστικά.

6. Πραγματικὰ λέγονται τὰ εἰδωλα ἐκεῖνα, τὰ ὅποια σχηματίζονται ἀπὸ σύμπτωσιν τῶν ἀκτίνων καὶ τὰ ὅποια δυνάμεθα νὰ λά�ωμεν ἐπὶ ἐνὸς πετάσματος. Σχηματίζονται ἔμπροσθεν τῶν κατόπτρων καὶ ἡ παρεμβάλλονται μεταξὺ ἀντικειμένου καὶ κατόπτρου ἢ τὸ ἀντικείμενον παρεμβάλλεται μεταξὺ τοῦ κατόπτρου καὶ τοῦ εἰδώλου του. Τὰ πραγματικὰ εἰδωλα εἶναι ἀνεστραμμένα ἐν σχέσει πρὸς τὰ ἀντικείμενα καὶ μικρότερα, ἵσα, ἢ μεγαλύτερα ἀπὸ αὐτά.

7. Τὰ φανταστικὰ εἰδωλα σχηματίζονται ἀπὸ τὰς προεκτάσεις τῶν ἀκτίνων καὶ εὑρίσκονται πάντοτε ὅπισθεν τοῦ κατόπτρου. Είναι ὅρθια καὶ δύνανται νὰ εἶναι ἰσομεγέθη, μεγαλύτερα ἢ μικρότερα ἀπὸ τὰ ἀντικείμενα.

8. Τὰ ἐπίπεδα κάτοπτρα δίδουν εἰδωλα φανταστικά, συμμετρικὰ μὲ τὰ ἀντικείμενα ως πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ κατόπτρου καὶ μὴ ἐφαρμόσιμα μὲ τὰ ἀντικείμενα.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

163. Ἡ γωνία μεταξὺ μιᾶς ὀπτικῆς ἀκτίνος καὶ τῆς ἐπιφανείας, ἐπάνω εἰς τὴν ὅποιαν προσπίπτει ἡ ἀκτίς, εἶναι 42° . Πόση εἶναι ἡ γωνία ἀνακλάσεως. (*Ἀπ. 48^o.*)

164. Ἡ γωνία προσπτώσεως μιᾶς ὀπτικῆς ἀκτίνος αὐξάνεται κατὰ 15° . Κατὰ πόσας μοίρας αὐξάνεται ἡ γωνία, ἡ σχηματιζομένη ἀπὸ τὴν προσπίπτονσαν καὶ τὴν ἀνακλωμένην ἀκτίνα. (*Ἀπ. 30 μοίραι.*)

165. Ἡ ἀπόστασις ἐνὸς ἀντικειμένου ἀπὸ τὸ εἰδωλόν του, τὸ ὅποιον σχηματίζεται ἐντὸς ἐνὸς ἐπιπέδου κατόπτρου, εἶναι 70 cm. Πόσον ἀπέχει τὸ ἀντικείμενον ἀπὸ τὸ κάτοπτρον. (*Απ. 35 cm.*)

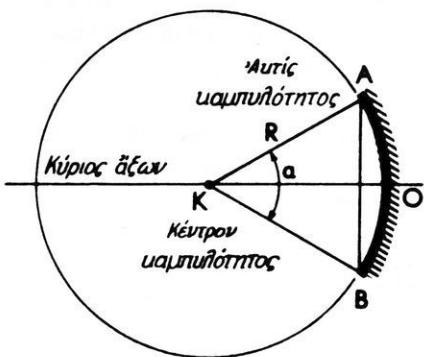
166. Ἐνας ἀνθρώπος, ὁ ὅποιος εὐρίσκεται ἐμπροσθεὶς ἐνὸς ἐπιπέδου κατόπτρου, ἀπομακρύνεται κατὰ 1,5 m ἀπὸ τὸ κάτοπτρον. Κατὰ πόσον αὐξάνεται ἡ ἀπόστασις τοῦ ἀνθρώπου ἀπὸ τὸ εἰδωλόν του. (*Απ. 3 m.*)

167. Ἡ ἀνακλαστικὴ ἐπιφάνεια ἐνὸς ἐπιπέδου κατόπτρου συμπίπτει μὲ τὸ δριζόντιον ἐπίπεδον. Ἐνας παρατηρητής, τοῦ ὅποιον οἱ ὄφθαλμοὶ ἀπέχουν 1,50 m ἀπὸ τὸ ἔδαφος, τοποθετεῖται δριμὸς εἰς ἀπόστασιν 2 m ἀπὸ τὸ κέντρον τοῦ κατόπτρου καὶ βλέπει, ἐξ ἀνακλάσεως, τὴν κορυφὴν ἐνὸς πλήσιον εὐρισκομένου δένδρου εἰς τὴν διεύθυνσιν τοῦ κέντρου τοῦ κατόπτρου. Πόσον εἶναι τὸ ὑψός αὐτοῦ τοῦ δένδρου, ἂν ἡ βάσις τοῦ κορμοῦ του ἀπέχῃ 20 m ἀπὸ τὸ κέντρον τοῦ κατόπτρου. (*Απ. 15m.*)

ΜΔ' — ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

§ 227. Γενικότητες. Κοῖλα καὶ σφαιρικὰ κάτοπτρα. Ὄταν ἡ ἀνακλαστικὴ ἐπιφάνεια ἐνὸς κατόπτρου εἶναι σφαιρική, τὸ κάτοπτρον δνομάζεται σφαιρικόν. Τὸ σφαιρικὸν κάτοπτρον δνομάζεται κοῖλον ὅταν ἔχῃ ὡς ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν τὸ ἐσωτερικὸν τῆς σφαίρας καὶ κυρτὸν ὅταν ἔχῃ ὡς ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν τὸ ἐξωτερικὸν τῆς σφαίρας. Θεωροῦμεν μίαν τομήν AOB ἐνὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου ἀπὸ ἕνα ἐπίπεδον διερχόμενον ἀπὸ τὸ κέντρον τῆς σφαίρας, εἰς τὴν ὅποιαν ἀνήκει τὸ κάτοπτρον, καὶ ἀπὸ τὸ μέσον τοῦ κατόπτρου (*σχ. 230*).

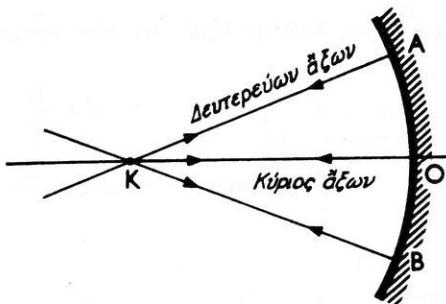
Τὸ σημεῖον O, τὸ ὅποιον είναι καὶ τὸ γεωμετρικὸν μέσον τοῦ κατόπτρου, δνομάζεται κορυφὴ τοῦ κατόπτρου, ἡ δὲ γωνία AKB ἄνοιγμα τοῦ κατόπτρου. Ἡ KO ἡτις ἴσοδται μὲ τὴν ἀκτῖνα τῆς σφαίρας, εἰς τὴν ὅποιαν ἀνήκει τὸ κάτοπτρον, δνομάζεται ἀκτίς καμπυλότητος τοῦ κατόπτρου καὶ παριστᾶται μὲ τὸ γράμμα R. Τὸ σημεῖον K τὸ δοποῖον ἀποτελεῖ τὸ κέντρον τῆς σφαίρας, εἰς τὴν ὅποιαν ἀνήκει



Σχ. 230. Χαρακτηριστικὰ στοιχεῖα κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου.

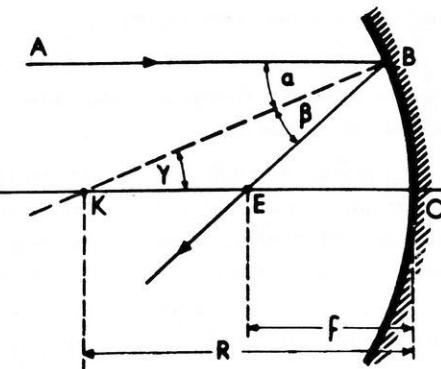
τὸ κάτοπτρον, δονομάζεται
κέντρον καμπυλότητος τοῦ
κατόπτρου.

Ἡ εὐθεῖα ΟΚ ἥτις διέρχεται ἀπὸ τὴν κορυφὴν Ο τοῦ κατόπτρου καὶ τὸ κέντρον καμπυλότητος τοῦ δονομάζεται κύριος ἄξων τοῦ κατόπτρου. Πᾶσα ἄλλη εὐθεῖα διερχομένη ἀπὸ τὸ κέντρον καμπυλότητος καὶ ἀπὸ ἔνα τυχαίον σημεῖον τοῦ κατόπτρου, δονομάζεται δευτερεύων ἄξων (σχ. 231).



Σχ. 231. Κύριος καὶ δευτερεύων ἄξων ἐνὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου.

§ 228. Ἐστιακὴ ἀπόστασις.
Κυρία ἐστία. Ἐν μίᾳ λεπτή φωτεινῇ δέσμῃ παραλλήλων ἀκτίνων AB προσπέσῃ παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα ἐνὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου, θὰ διέλθῃ μετὰ τὴν ἀνάκλασίν της, ἀπὸ ἔνα σημεῖον E τοῦ κυρίου ἄξονος, τὸ ὁποῖον εὑρίσκεται εἰς τὸ μέσον τῆς OK καὶ τὸ ὁποῖον δονομάζεται κυρία ἐστία τοῦ κατόπτρου (σχ. 232).



Σχ. 232. Ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις εἶναι ἵση πρὸς τὸ ἡμισυ τῆς ἀκτίνος καμπυλότητος R τοῦ κατόπτρου.

Ἡ ἀνάκλασις ἀκολουθεῖ καὶ ἐδῶ τοὺς γνωστοὺς νόμους της. Γωνία προσπτώσεως εἶναι ἡ ABK, σχηματίζομένη ἀπὸ τὴν προσπίπουσαν AB καὶ τὴν κάθετον εἰς τὸ σημεῖον προσπτώσεως B, δηλαδὴ τὴν ἀκτίνα KB. Γωνία ἀνακλάσεως εἶναι ἡ KBE.

Ἐὰν δονομάσωμεν τὴν ἀπόστασιν ΟΕ 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

έχωμεν ώς πρώτην έξισωσιν τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων τὴν σχέσιν:

$$f = \frac{R}{2}$$

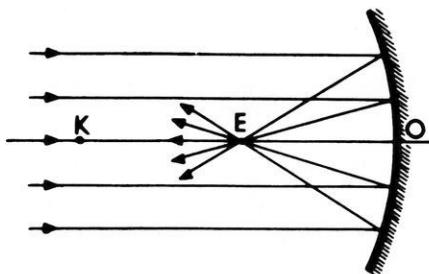
$$\text{Εστιακὴ ἀπόστασις} = \frac{\text{ἀκτίς καμπυλότητος}}{2}$$

“Ωστε :

‘Αν εἰς ἔνα 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 εὑρίσκεται εἰς τὸ μέσον τῆς ἀποστάσεως τῆς ὁρίζομένης 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 ἔνα 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 δόπιαν ἀναγνωρίζομεν ἀπὸ τὴν μεγάλην θερμότητα, ἥτις ἀναπτύσ-



Σχ. 233. Αἱ παράλληλοι πρὸς τὸν κύριον ἄξονα ἀκτῖνες συγκεντρώνονται μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῶν εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν.

σεται ἐκεῖ, πρᾶγμα τὸ δόπιον διφείλεται εἰς τὴν συγκέντρωσιν τῶν ἀκτίνων. Ἡ θερμότης αὗτὴ δύναται νὰ καύσῃ διάφορα ἀντικείμενα.

Συμφώνως, ἀλλωστε, πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς ἀντιστρόφου πορείας τοῦ φωτός, μία ἀποκλίνουσα φωτεινὴ δέσμη, διερχομένη ἀπὸ τὴν κυρίαν ἐστίαν καὶ προσπίπτουσα εἰς τὸ κάτοπτρον, μεταβάλεται

μετά τὴν ἀνάκλασίν της εἰς δέσμην παραλλήλων ἀκτίνων (σχ. 234).

§ 229. Εἰδώλα κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου. Ἀναλόγως πρὸς τὴν θέσιν τοῦ ἀντικειμένου, ὡς πρὸς τὸ κάτοπτρον καὶ τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ κατόπτρου, δυνάμεθα νὰ ἔχωμεν εἰδώλα φανταστικὰ ἢ πραγματικά.

Τὸ φανταστικὸν εἰδώλον εἶναι δρθιον καὶ μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον. Τὸ πραγματικὸν εἶναι ἀνεστραμμένον ἐν σχέσει πρὸς τὸ ἀντικείμενον καὶ μικρότερον, μεγαλύτερον ἢ ἵσον πρὸς αὐτό.

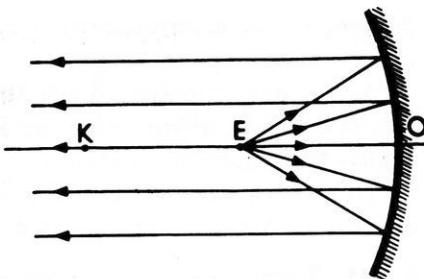
§ 230. Πορεία τῶν ἀκτίνων αἰτινες προσπίπτουν ἐπὶ ἐνὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου. Ἐφ' ὅσον τὰ εἰδώλα τῶν διαφόρων ἀντικειμένων σχηματίζονται ἀπὸ τὰς ἀνακλωμένας ἀκτίνας, διὰ νὰ κατασκευάσωμεν τὸ εἰδώλον ἐνὸς ἀντικειμένου πρέπει νὰ γνωρίζωμεν νὰ χαράζωμεν τὴν πορείαν ὠρισμένων φωτεινῶν ἀκτίνων (σχ. 235).

α) Ἀκτὶς παράλληλος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, ὥπως ἡ ΑΒ διέρχεται μετὰ τὴν ἀνάκλασίν της ἀπὸ τὴν κυρίαν ἐστίαν Ε τοῦ κατόπτρου.

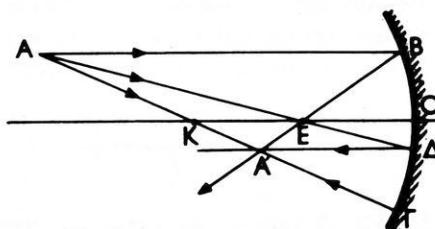
β) Ἀκτὶς διερχομένη ἀπὸ τὸ κέντρον καμπυλότητος, ὥπως ἡ ΑΚΓ, προσπίπτει καθέτως ἐπὶ τὸν κατόπτρον καὶ ἀνακλᾶται ἀκολουθοῦσα τὴν ἀντίστροφον πορείαν ΓΚΑ.

γ) Ἀκτὶς διερχομένη ἀπὸ τὴν κυρίαν ἐστίαν, ὥπως ἡ ΑΕΔ, ἀκολουθεῖ μετὰ τὴν ἀνάκλασίν της διεύθυνσιν παράλληλον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα.

δ) Πᾶσα ἄλλη ἀκτὶς προσπίπτουσα ἐπὶ τὸν κατόπτρον (ὅπως



Σχ. 234. Ὄταν τὸ φωτεινὸν σημεῖον τοποθετηθῇ εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν, τότε αἱ φωτειναὶ ἀκτῖνες του, μετὰ τὴν ἀνάκλασίν των, διαδίδονται παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα.



Σχ. 235. Πορεία τῶν ἀκτίνων διὰ τὸν σχηματισμὸν τοῦ εἰδώλου ἐνὸς φωτεινοῦ σημείου.

βεβαίως και αἱ προηγούμεναι) σχηματίζει γωνίαν ἀνακλυσεως ίσην μὲ τὴν γωνίαν προσπτώσεως.

Διὰ νὰ σχηματίσωμεν τὸ εἰδῶλον ἐνὸς φωτεινοῦ σημείου, χρεια-
ζόμεθα δύο τουλάχιστον φωτεινάς ἀκτῖνας τοῦ σημείου, ἡ τομὴ τῶν
ὅποιων θὰ σχηματίσῃ τὸ εἰδῶλον.

Τὸ εἰδῶλον ἐνὸς ἀντικειμένου σχηματίζεται ἀπὸ τὰ εἰδῶλα τῶν
σημείων τὰ ὅποια ἀπαρτίζουν τὸ ἀντικείμενον.

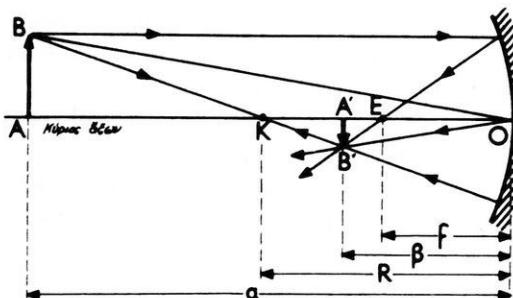
§ 231. Τύπος τῶν κοίλων σφαιρικῶν κατόπτρων. Ἐστω AB (σχ. 236) ἔνα ἀντικείμενον, εὐρισκόμενον καθέτως πρὸς τὸν κύριον
ἄξονα ἐνὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου, καὶ $A'B'$ τὸ εἰδῶλον τοῦ ἀντι-
κειμένου αὐτοῦ. Ἀν δονομάσωμεν αἱ τὴν ἀπόστασιν OA τοῦ ἀντι-
κειμένου ἀπὸ τὴν κορυφὴν τοῦ κατόπτρου, β τὴν ἀπόστασιν OA' τοῦ
εἰδώλου ἀπὸ τὴν κορυφὴν τοῦ κατόπτρου, f τὴν ἐστιακὴν ἀπόστασιν
τοῦ κατόπτρου καὶ R τὴν ἀκτῖνα καμπυλότητός του, τότε, ὅπως ἀπο-
δεικνύεται, ἴσχυει ὁ ἀκόλουθος τύπος τῶν κατόπτρων:

$$\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{f} \quad \text{ἢ} \quad \frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta} = \frac{2}{R}$$

**§ 232. Διάφοροι περιπτώσεις σχηματισμοῦ εἰδώλων. a) Πραγ-
ματικὸν εἰδωλον.**

1) Ὁταν τὸ ἀντικεί-
μενον εὑρίσκεται πέραν
ἀπὸ τὸ κέντρον καμπυ-
λότητος, τὸ εἰδῶλόν
του εἶναι πραγματικόν,
ἀνεστραμμένον, μικρό-
τερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμε-
νον καὶ σχηματίζεται
μεταξὺ τῆς κυρίας ἐ-
στίας καὶ τοῦ κέντρου
καμπυλότητος τοῦ κα-
τόπτρου (σχ. 237, I).

2) Ὁταν τὸ ἀντικεί-
μενον πλησιάζῃ πρὸς
τὸ κέντρον καμπυλότη-



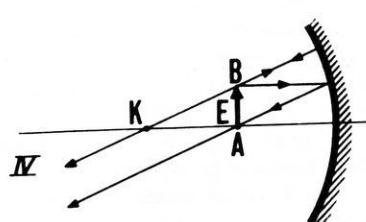
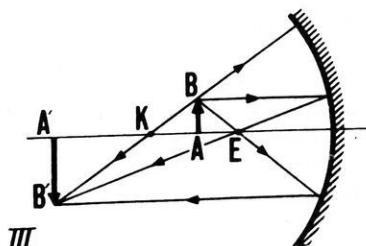
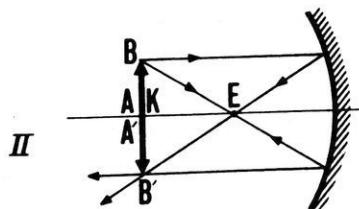
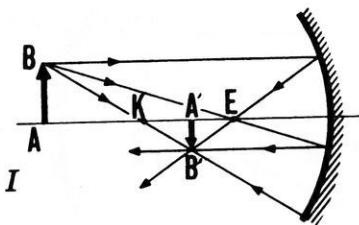
Σχ. 236. Αἱ ἀποστάσεις α , β , R , καὶ f συνδέονται
μεταξύ τῶν μὲ ὥρισμένην σχέσιν.

τος, πλησιάζει καὶ τὸ εἰδωλόν του πρὸς τὸ κέντρον καμπυλότητος, καὶ ὀλονὲν μεγαλώνει. "Οταν τὸ ἀντικείμενον συμπέσῃ μετὰ τοῦ κέντρου καμπυλότητος καὶ τὸ εἰδωλόν του συμπίπτει μὲ τὸ κέντρον καμπυλότητος καὶ εἶναι ἴσον πρὸς τὸ ἀντικείμενον (σχ. 237, II).

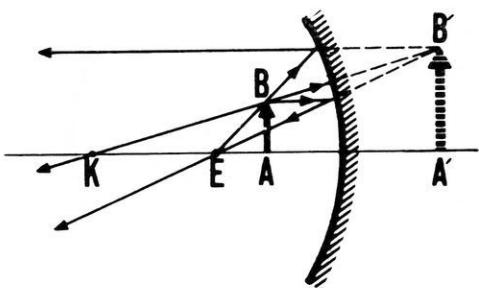
3) "Αν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται μεταξὺ κέντρου καμπυλότητος καὶ κυρίας ἐστίας τοῦ κατόπτρου, τὸ εἰδωλόν τοῦ ἀντικειμένου σχηματίζεται πέραν ἀπὸ τὸ κέντρον καμπυλότητος, ἀνεστραμμένον καὶ μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον (σχ. 237, III).

4) "Οσον προχωρεῖ τὸ ἀντικείμενον πρὸς τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ κατόπτρου, τόσον μεγαλώνει τὸ εἰδωλόν του καὶ ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὸ κέντρον καμπυλότητος. "Οταν τὸ ἀντικείμενον πέσῃ ἐπὶ τῆς κυρίας ἐστίας, τὸ εἰδωλόν του σχηματίζεται, ὅπως λέγομεν, εἰς τὸ ἄπειρον. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν δηλαδή, δὲν ἔχομεν εἰδωλον τοῦ ἀντικει μένου. Αὐτὸ δοφείλεται εἰς τὸ γεγονός ὅτι αἱ ἀκτῖνες μετὰ τὴν ἀνάκλασίν των σχηματίζουν παράλληλον δέσμην, δὲν τέμνονται καὶ τοιουτορόπως δὲν σχηματίζεται εἰδωλόν (σχ. 237, IV).

"Αντιστρόφως, ὅταν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται εἰς τὸ ἄπειρον, εἰς πολὺ μεγάλην ἀπόστασιν ἀπὸ τὸ κάτοπτρον, τὸ εἰδωλόν του σχη-



Σχ. 237. Διάφοροι θέσεις σχηματισμού εἰδώλου ἐνὸς ἀντικειμένου τὸ δόποιον εὐρίσκεται ἐμπροσθεν ἐνὸς κοιλού σφαιρικοῦ κατόπτρου.



Σχ. 238. Γεωμετρική κατασκευή φανταστικού ειδώλου κοίλου σφαιρικού κατόπτρου

ματίζεται ἐπὶ τῆς κυρίας ἐστίας καὶ εἶναι σημειακόν.

β) Φανταστικὸν εἰδώλον.

Οταν τὸ ἀντικείμενον εὑρίσκεται μεταξὺ κυρίας ἐστίας καὶ κορυφῆς τοῦ κατόπτρου, δὲν ἔχομεν σχηματισμὸν πραγματικοῦ εἰδώλου. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν (σχ. 238) αἱ ἀκτῖνες μετὰ τὴν ἀνάκλασίν των ἀποκλίνουν καὶ δὲν τέμνονται. Ἀν δῆμως προσ-

πέσουν εἰς τὸν δόφθαλμόν, συναντῶνται εἰς τὴν προέκτασίν των δόπιστα ἀπὸ τὸ κάτοπτρον, σχηματίζουσαι οὕτως ἓνα φανταστικὸν εἰδώλον, ὅρθιον καὶ μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον. Διὰ νὰ ἴδωμεν λοιπὸν τὸ εἰδώλον τοῦ προσώπου μας ἐντὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου, πρέπει νἄ τοποθετηθῶμεν μεταξὺ τῆς κορυφῆς καὶ τῆς κυρίας ἐστίας του.

Ο τύπος τῶν κοίλων σφαιρικῶν κατόπτρων ἰσχύει καὶ εἰς τὰς δύο περιπτώσεις τῶν εἰδώλων, φανταστικοῦ καὶ πραγματικοῦ, μὲ τὴν διαφορὰν δτι, δταν πρόκειται διὰ φανταστικὸν εἰδώλον, θεωροῦμεν τὴν ἀπόστασίν του β ἀρνητικήν, ἐνῷ ἂν κατὰ τὴν λύσιν ἐνὸς προβλήματος εὑρωμεν ἀρνητικὸν β, αὐτὸ σημαίνει δτι τὸ εἰδωλον εἶναι φανταστικόν.

§ 233. Κυρτὰ σφαιρικὰ κάτοπτρα. Εἰς τὰ κυρτὰ σφαιρικὰ κάτοπτρα ἡ ἀνακλαστικὴ ἐπιφάνεια είναι τὸ ἔξωτερικὸν μέρος τῆς σφαίρας.

Ἄν εχωμεν μίαν φωτεινὴν ἀκτῖνα AB (σχ. 239), παράλληλον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα τοῦ κατόπτρου, διὰ νὰ σχηματίσωμεν τὴν ἀνακλωμένην της BG, φέρομεν εἰς τὸ B τὴν ἀκτῖνα καμπυλότητος KB καὶ προεκτείνοντες αὐτὴν σχηματίζομεν γωνίαν $\beta = \alpha$.

Ἡ ἀνακλωμένη ἀκτῖς BG δὲν συναντᾶ τὸν κύριον ἄξονα εἰς τὸ σημεῖον E, τὸ δόπιον εὑρίσκεται εἰς τὸ μέσον τῆς ἀκτίνος OK, ἀλλὰ ἡ προέκτασί της. Τὸ ἴδιον θὰ συμβῇ καὶ μὲ πᾶσαν ἀλλήλην ἀκτῖνα παράλληλον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα. Ἀν λοιπὸν ἐπάνω εἰς ἓν κυρτὸν σφαιρικὸν κάτοπτρον προσπέσῃ μία δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων, παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα τοῦ κατόπτρου, θὰ μεταβληθῇ μετὰ τὴν ἀνάκλασίν της εἰς ἀποκλίνουσαν δέσμην, αἱ προεκτάσεις τῶν ἀκτίνων τῆς ὥποιας δῆμως θὰ διέρχωνται ἀπὸ τὸ μέσον E τῆς ἀκτίνος OK, τὸ ὥποιον ὀνομάζεται καὶ πάλιν κυρίᾳ ἐστία τοῦ κατόπτρου. Ἐπειδὴ δῆμως ἡ κυρία ἐστία τοῦ κυρτοῦ

σφαιρικοῦ κατόπτρου σχηματίζεται ἀπὸ τὰς προεκτάσεις τῶν ἀκτίνων καὶ εύρισκεται διπώσ ἀπὸ τὸ κάτοπτρον, δύναμάζεται φανταστική κυρία ἔστια (σχ. 240).

§ 234. Εἴδωλα κυρτῶν

σφαιρικῶν κατόπτρων. Τὰ κυρτά σφαιρικὰ κάτοπτρα δίδουν πάντοτε φανταστικά εἰδώλα, δρθια, μικρότερα ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον καὶ παραμορφωμένα.

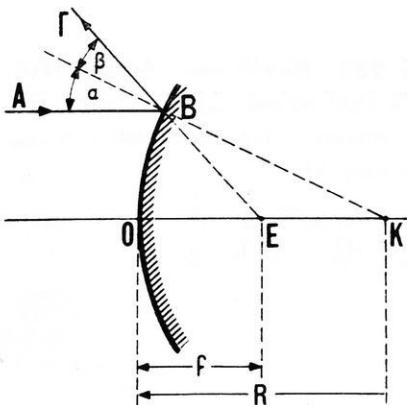
Τὸ σχῆμα 241 δεικνύει τὴν κατασκευὴν τοῦ εἰδώλου Α' Β' ἐνὸς ἀντικειμένου ΑΒ, εύρισκομένου ἐμπρὸς εἰς ἓν κυρτὸν σφαιρικὸν κάτοπτρον. Ὁπως εἰς τὰ κοῖλα σφαιρικά κάτοπτρα, οὕτως καὶ εἰς τὰ κυρτά, ἡ ἀπόστασις α τοῦ ἀντικειμένου καὶ ἡ ἀπόστασις β τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὴν κορυφὴν τοῦ κατόπτρου, ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις γ καὶ ἡ ἀκτίς καμπυλότητος Ρ τοῦ κατόπτρου, συνδέονται μὲ τὰς σχέσεις :

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

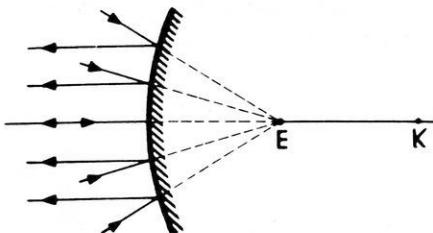
$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{R}$$

μὲ τὴν διαφορὰν ὅμως ὅτι τὰ β, γ
ἢ τὸ Β εἰναι πάντων ἀρνητικά.

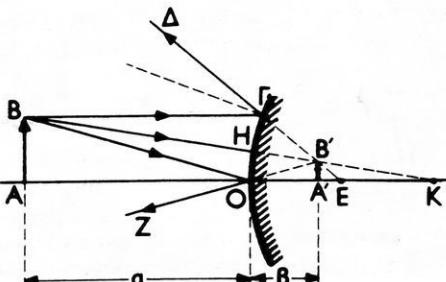
Ἐάν κατὰ τὴν λύσιν ἐνὸς προ-
βλήματος εὑρωμενός ἀρνητικάς τι-
μάς διὰ τὸ ή τὸ R, αὐτὸς σημαί-
νει διτὶ τὸ κάτοπτρον εἶναι κυρ-
τόν. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτῆς
πρέπει όπωσδήποτε νὰ εἶναι ἀρ-
νητικὸν καὶ τὸ β. Τὸ α δὲν εἶναι
ποτὲ ἀρνητικόν.



Σχ. 239. Ἀνάκλασις εἰς κυρτὸν σφαιρικὸν
κάτοπτρον.



Σχ. 240. Αἱ παράληλοι πρὸς τὸν κύριον ἄξονα ἐνὸς κυρτοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου ἀκτίνες, σχηματίζουν μετὰ τὴν ἀνάκλασιν των δέσμην ἀποκλινουσῶν ἀκτίνων, ἡ κορυφὴ τῆς ὁποίας εὑρίσκεται εἰς τὴν φανταστικὴν κυρδίαν ἔστιαν.



Σχ. 241. Γεωμετρική κατασκευή τοῦ φανταστικοῦ εἰδώλου ἐνὸς κυρτοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου.

§ 235. Μεγέθυνσις ἀντικειμένου ὑπὸ σφαιρικοῦ κατόπτρου.
Τὸ πηλίκον μιᾶς διαστάσεως τοῦ εἰδώλου, π.χ. τοῦ ὑψούς του, πρὸς τὴν ἀντίστοιχον διάστασιν τοῦ ἀντικειμένου δονομάζεται γραμμικὴ μεγέθυνσις **M**.

Ἐπομένως ἂν **AB** εἴναι τὸ ὑψός τοῦ ἀντικειμένου καὶ **A'B'** τὸ ὑψός τοῦ εἰδώλου, θὰ ἔχωμεν τὴν σχέσιν :

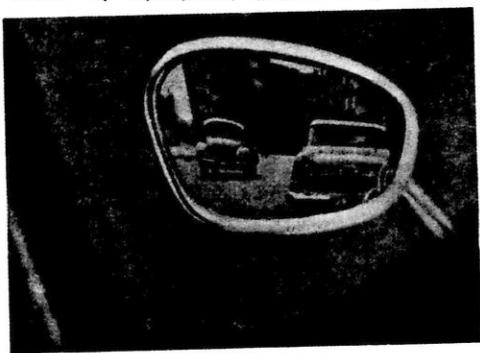
$$M = \frac{A'B'}{AB}$$

Ἄπὸ τὴν ἀνωτέρω σχέσιν φαίνεται ὅτι ἡ μεγέθυνσις δύναται νὰ είναι μεγαλυτέρα, ἵση ἡ μικροτέρα τῆς μονάδος, ἀναλόγως πρὸς τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου ἐν σχέσει πρὸς τὸ μέγεθος τοῦ ἀντικειμένου.

“Οπως ἀποδεικνύεται, ἡ μεγέθυνσις καὶ αἱ ἀποστάσεις α καὶ β τοῦ ἀντικειμένου καὶ τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὴν κορυφὴν τοῦ κατόπτρου συνδέονται μὲ τὴν σχέσιν :

$$M = \frac{\beta}{\alpha} \quad (1)$$

Ἡ ἀνωτέρω σχέσις (1) ἴσχυει διὰ τὰ κοῖλα καὶ τὰ κυρτὰ κάτοπτρα.
“Οταν ἡ μεγέθυνσις είναι ἀρνητική, τὸ εἰδώλον είναι φανταστικόν.
“Οταν ἡ ἀρνητικὴ μεγέθυνσις ἔχῃ ἀπόλυτον τιμὴν μικροτέραν τῆς μονάδος, τὸ κάτοπτρον είναι κυρτόν.



Σχ. 242. Οἱ ὁδηγοὶ τῶν συγκοινωνιακῶν ὁχημάτων χρησιμοποιοῦνται κυρτὰ σφαιρικὰ κάτοπτρα.

§ 236. Ἐφαρμογαὶ τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων.
Τὰ κοῖλα σφαιρικά κάτοπτρα χρησιμοποιοῦνται εἰς τὰ μικροσκόπια καὶ εἰς τοὺς προβολεῖς διὰ τὴν συγκέντρωσιν φωτισμοῦ εἰς ὡρισμένον σημεῖον. Τὰ κοῖλα κάτοπτρα χρησιμοποιοῦνται ἐπίσης εἰς τὸν καλλωπισμόν, διότι σχηματίζουν φανταστικὰ εἰδῶλα μεγαλύτερα ἀπὸ τὰ ἀντικείμενα.

Τὰ κυρτά κάτοπτρα χρησιμοποιοῦνται εἰς τὰ διάφορα μεταφορικά μέσα, ἐπειδὴ ἐπιτέπουν εἰς τὸν δόηγόν ἐνὸς δχήματος νὰ ἔχῃ μίαν μικράν εἰκόνα μιᾶς εὐρείας περιοχῆς, ή ὅποια ἐκτείνεται ὀπίσω ἀπὸ τὸ δχῆμα (σχ. 242).

§ 237. Σφάλματα τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων. "Οσα ἀναφέρομεν, διὰ σφαιρικά κάτοπτρα εἰς τὰς προηγουμένες παραγράφους, ἰσχύουν διατάξεις τοῦ κατόπτρου εἶναι μικρόν, σχετικῶς πρὸς τὴν ἀκτίνα καμπυλότητός του καὶ τὰ ἀντικείμενα εὐρίσκονται ἐπὶ τοῦ κύριου ἄξονος ἢ πολὺ πλησίον πρὸς αὐτόν. "Οταν αὐτοὶ οἱ δύο ὅροι δὲν πληροῦνται, τὰ σχηματιζόμενα εἰδώλα εἶναι ἀσαφῆ.

"Οταν τὸ ἄνοιγμα τοῦ κατόπτρου εἶναι μεγάλον, τότε μία δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων, παράλληλος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, δὲν συγκεντρώνεται μετά τὴν ἀνάκλασίν της εἰς τὴν κύριαν ἑστίαν τοῦ κατόπτρου. Αἱ ἀκτίνες αἱ ὁποῖαι ἀνακλῶνται μακρὰν ἀπὸ τὸ ὀπτικὸν κέντρον, τέμνουν τὸν κύριον ἄξονα πλησιέστερον πρὸς τὸ κάτοπτρον. Τὸ σφάλμα αὐτὸ δὲν ὀνομάζεται σφαιρικὴ ἐκτροπή.

"Οταν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται εἰς ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν κύριον ἄξονα, τότε αἱ προσπίτουσαι ἀκτίνες σχηματίζουν μίαν αἰσθητὴν γωνίαν μὲ τὸν κύριον ἄξονα τοῦ κατόπτρου. Αὐτὸς ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα νὰ σχηματίζωνται ἀντί ἐνὸς δύο εἰδώλων, κάθετα τὸ ἕνα ὡς πρὸς τὸ ἄλλο. Τὸ σφάλμα αὐτὸ δὲν ὀνομάζεται ἀστιγματικὴ ἐκτροπή.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Τὰ στοιχεῖα ἐνὸς σφαιρικοῦ κατόπτρου εἶναι τὸ κέντρον καμπυλότητος K , ή ἀκτίς καμπυλότητος R , ή ἐστιακὴ ἀπόστασις f καὶ τὸ ἄνοιγμα τοῦ κατόπτρου.

2. Μεταξὺ τῆς ἀπόστασεως αἱ τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τὴν κορυφὴν ἐνὸς σφαιρικοῦ κατόπτρου, τῆς ἀπόστασεως β τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὴν κορυφὴν τοῦ κατόπτρου καὶ τῆς ἐστιακῆς ἀπόστασεως f ἰσχύει η σχέσις :

$$\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{f}$$

Τὸ α εἶναι πάντοτε θετικόν, τὸ β καὶ τὸ f δυνατάδων νὰ εἶναι θετικά η ἀρνητικά. "Οταν τὸ β εἶναι ἀρνητικόν, τὸ εἰδώλον εἶναι φανταστικόν. "Οταν τὸ f εἶναι ἀρνητικόν, τὸ κάτοπτρον εἶναι κυρτόν. Μεταξὺ τῶν f καὶ R ὑφίσταται η σχέσις :

$$f = \frac{R}{2}$$

3. Τὰ κοῖλα κάτοπτρα ἔχουν πραγματικὴν κυρίαν ἐστίαν. Μία δέσμη, δηλαδή, παραλλήλων ἀκτίνων, παράλληλος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα (τὴν εὐθείαν ἣ τις διέρχεται ἀπὸ τὸ κέντρον καμπυλότητος καὶ τὴν κορυφὴν τοῦ κατόπτρου), μεταβάλλεται μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῆς εἰς συγκλίνουσαν δέσμην, αἱ ἀκτίνες τῆς ὁποίας συναντῶνται ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος καὶ καθορίζουν τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ κατόπτρου.

4. Τὰ κυρτὰ κάτοπτρα ἔχουν ἀρνητικὴν κυρίαν ἐστίαν. Μία δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων, παράλληλος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, μεταβάλλεται μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῆς εἰς ἀποκλίνουσαν δέσμην, αἱ προεκτάσεις τῶν ἀκτίνων τῆς ὁποίας τέμνονται εἰς τὴν προέκτασιν τοῦ κυρίου ἄξονος, εἰς ἓνα σημεῖον ὅπισθεν τοῦ κατόπτρου.

5. Ἡ γραμμικὴ μεγέθυνσις M , ὁ λόγος δηλαδὴ δύο ἀντιστοιχῶν διαστάσεων εἰδώλου καὶ ἀντικειμένου, δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν :

$$M = \frac{\beta}{\alpha}$$

6. Τὰ σφάλματα τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων εἰναι ἡ σφαιρικὴ ἐκτροπὴ καὶ ἡ ἀστιγματικὴ ἐκτροπὴ.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

168. Ἐμπρὸς ἀπὸ ἔνα κοῖλον σφαιρικὸν κάτοπτρον καὶ εἰς ἀπόστασιν 140 cm ἀπὸ τὴν κορυφὴν τοῦ θέτομεν ἔνα ἀντικείμενον. Ἡ ἀπόστασις τοῦ εἰδώλου εἰναι ἵση μὲ 23,3 cm. Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ κατόπτρου. (*Απ. f=20 cm.*)

169. Ὁταν ἔνα φωτεινὸν ἀντικείμενον τοποθετήται εἰς ἀπόστασιν 40 cm ἀπὸ ἔνα κοῖ�ον σφαιρικὸν κάτοπτρον, σχηματίζεται πραγματικὸν εἰδώλον εἰς ἀπόστασιν 20 cm ἀπὸ τὴν κορυφὴν τοῦ κατόπτρου. Νὰ ενρεθοῦ : α) ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις καὶ β) ἡ ἀκτίς καμπυλότητος τοῦ κατόπτρου. (*Απ. α' 13,33 cm. β' 26,6 cm.*)

170. Κυρτὸν κάτοπτρον, ἐστιακῆς ἀποστάσεως 50 cm, δίδει εἰδώλον τοῦ ὅποιον τὸ ὑψος εἰναι ἵσον πρὸς τὸ 1/4 τοῦ ὑψος τοῦ ἀντικειμένου. Εἰς ποιας ἀποστάσεις ἀπὸ τὸ κάτοπτρον ενδίσκεται τὸ ἀντικείμενον καὶ τὸ εἰδώλον. (*Απ. 150 cm-37,5 cm.*)

171. Ἡ ἀκτίς καμπυλότητος ἐνὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου εἰναι 30 cm. Εἰς πόσην ἀπόστασιν ἀπὸ τὴν κορυφὴν τοῦ κατόπτρου συγκεντρώνεται μία δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων, παράλληλος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα τοῦ κατόπτρου, μετὰ ἀπὸ τὴν ἀνάκλασιν τῆς.

172. Ἡ ἀπόστασις ἐνὸς φωτεινοῦ σημείου ἀπὸ τὴν κορυφὴν ἐνὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου είναι ἵση πρὸς τὰ 2)3 τῆς ἀκτίνος καμπυλότητος. Τὸ σημεῖον ἐνόψεις εκπέσει τὸ πάνω εἰς τὸν κύριον ἄξονα τοῦ κατόπτρου. Πόσον ἀπέχει τὸ εἴδωλον του φωτεινοῦ σημείου ἀπὸ τὸ κάτοπτρον καὶ τί εἴδους εἴδωλον είναι. (*Απ. 2 R, πραγματικόν.*)

173. Ἀντικείμενον εὑρίσκεται εἰς ἀπόστασιν 3f ἀπὸ ἔνα κοῖλον σφαιρικὸν κάτοπτρον. Εἰς πόσην ἀπόστασιν ἀπὸ τὸ κάτοπτρον σχηματίζεται τὸ εἰδώλον τοῦ ἀντικείμενου καὶ τί εἰδούς εἰδώλον είναι. (*Απ. 3/2 f, πραγματικόν.*)

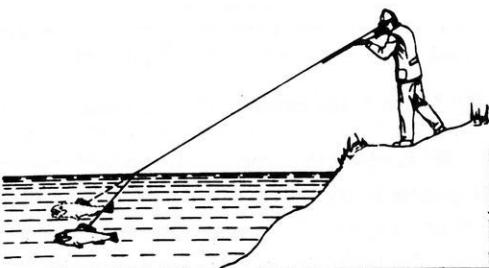
174. Ἀντικείμενον, ὅψις 4 cm, εὐρίσκεται εἰς ἀπόστασιν 15 cm ἀπὸ ἔνα κυρτὸν σφαιρικὸν κάτοπτρον, ἐστιακῆς ἀποστάσεως 5 cm. Εἰς πολὺν ἀπόστασιν ἀπὸ τὸ κάτοπτρον θὰ σχηματισθῇ τὸ εἰδώλον καὶ ποιὸν θὰ είναι τὸ μέγεθός του.

ΜΕΓΑΛΩΣΙΣ ΤΟΥ ΣΩΤΟΣ

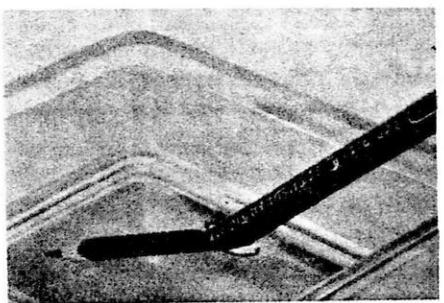
§ 238. Γενικότητες. "Όταν μία δέσμη μονοχρώων φωτεινῶν ἀκτίνων προσπέσῃ πλαγίως εἰς τὴν ἐπίπεδον ἐπιφάνειαν διαχωρισμοῦ δύο διαφορετικῶν διαφανῶν σωμάτων, δπως, π.χ., εἰς τὴν διαχωριστικήν ἐπιφάνειαν ἀέρος και ὅδατος, ἔνα μέρος ἀπὸ τὸ φῶς ἀνακλᾶται, ἐνῶ ἔνα ἄλλο μέρος εἰσχωρεῖ εἰς τὸ δεύτερον διαφανὲς σῶμα. Αἱ φωτειναὶ δῆμοι ἀκτίνες αἵτινες δὲν ἀνεκλάσθησαν, ἀλλὰ εἰσεχώρησαν εἰς τὸ δεύτερον διαφανὲς σῶμα - τὸ ὅδωρ εἰς τὴν περίπτωσίν μας - δὲν ἀκολουθοῦν τὴν εὐθύγραμμον διάδοσίν των, ἀλλὰ κάμπτονται και πλησιάζουν τὴν κάθετον εἰς τὸ σημεῖον προσπτώσεως τῆς διαχωριστικῆς ἐπιφανείας. Τὸ φαινόμενον αὐτὸ δονομάζεται διάθλασις τοῦ φωτός. "Ωστε :

Διάθλασις ὁνομάζεται τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ ὄποιον τὸ φῶς μεταβάλλει διεύθυνσιν διαδόσεως, ὅταν διακόπη τὴν διάδοσίν του εἰς ἔνας διαφανὲς μέσον διὰ νὰ τὴν συνεχίσῃ εἰς ἔνα ἄλλον διαφανὲς μέσον.

Ἐξ αἰτίας τῆς δια-



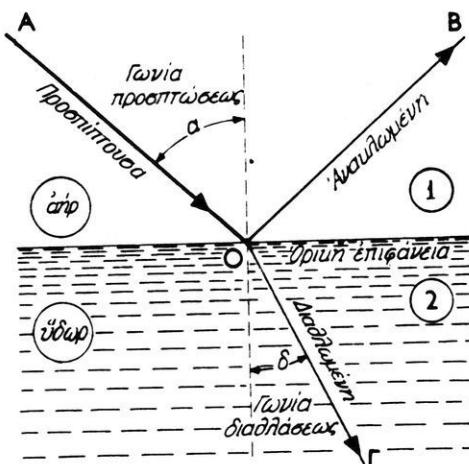
Σχ. 243. Ἐξ αἰτίας τῆς διαθλάσεως δὲ Ιχθύς φαινεται ύψηλότερον ἐντὸς τοῦ ὄδατος.



Σχ. 244. Έξ αιτίας της διαθλάσεως ή μολυβδίς φαίνεται κεκαμμένη.

θλάσεως τοῦ φωτός, οἱ ἵχθύες φαίνονται ύψηλότερον εἰς τὸ ӯδωρ ἀπὸ τὴν πραγματικήν των θέσιν (σχ. 243) καὶ ἡ βυθισμένη εἰς τὸ ӯδωρ μολυβδίς κεκαμμένη (σχ. 244).

§ 239. Νόμοι τῆς διαθλάσεως. "Εστω μία λεπτή μονόχρους φωτεινή δέσμη AO, ἥτις προσπίπτει πλαγίως εἰς τὴν ἐπίπεδον διαχωριστικήν ἐπιφάνειαν ἀέρος καὶ ӯδατος (σχ. 245)."



Σχ. 245. Διὰ τὴν σπουδὴν τῆς διαθλάσεως.

Συμφώνως πρὸς δσα ἀνεφέρομεν, ἔνα μέρος τοῦ φωτός ἀνακλᾶται, ἀκολουθοῦν τὴν διεύθυνσιν τῆς ἀκτίνος OB καὶ ἔνα μέρος εἰσχωρεῖ εἰς τὸ δεύτερον διαφανὲς μέσον, τὸ ӯδωρ, κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς ἀκτίνος OG καὶ διαθλᾶται. Ἡ ἀκτίς OG ἐκτρέπεται ἀπὸ τὴν ἀρχικὴν διεύθυνσιν διαδόσεως τοῦ φωτός καὶ, εἰς τὴν περίπτωσίν μας, πλησιάζει πρὸς τὴν κάθετον εἰς τὸ σημεῖον προσπτώσεως O τῆς διαχωριστικῆς ἐπιφανείας ӯδατος-ἀέρος.

"Ἡ ἀκτίς AO δονομάζεται προσπίπτουσα καὶ ἡ OG διαθλωμένη. Ἡ γωνία ἡ σχηματιζόμενή ἀπὸ τὴν προσπίπτουσαν ἀκτίνα καὶ τὴν κάθετον εἰς τὴν διαχωριστικὴν ἐπιφάνειαν, εἰς τὸ σημεῖον προσπτώσεως, δονομάζεται γωνία προσπτώσεως. Ἡ γωνία, ἡ σχηματιζόμενη ἀπὸ τὴν κάθετον καὶ τὴν διαθλωμένην ἀκτίνα, δονομάζεται γωνία διαθλάσεως.

"Οταν ή διαθλωμένη ἀκτὶς πλησιάζῃ πρὸς τὴν κάθετον, δπως εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς διαδόσεως τοῦ φωτὸς ἀπὸ τὸν ἀέρα εἰς τὸ ὄδωρ, τὸ δεύτερον διαφανὲς μέσον, τὸ ὄδωρ εἰς τὴν περίπτωσιν μας, λέγεται διαθλαστικώτερον ή ὁ πτικῶς πυκνότερον ἀπὸ τὸ πρῶτον. "Αν δημος ή διαθλωμένη ἀκτὶς ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὴν κάθετον, τότε τὸ δεύτερον διαφανὲς μέσον λέγεται ὁ πτικῶς ἀραιότερον ἀπὸ τὸ πρῶτον.

Τὸ ἐπίπεδον, τὸ ὄριζόμενον ἀπὸ τὴν προσπίπτουσαν καὶ τὴν διαθλωμένην ἀκτῖνα, δνομάζεται ἐπίπεδον διαθλάσεως.

Ἡ διάθλασις τοῦ φωτὸς ἀκολουθεῖ τοὺς ἔξῆς δύο νόμους :

1ος νόμος. Τὸ ἐπίπεδον διαθλάσεως, τὸ ὅποιον ὄριζεται ἀπὸ τὴν προσπίπτουσαν καὶ τὴν διαθλωμένην ἀκτῖνα, εἰναι κάθετον εἰς τὴν διαχωριστικὴν ἐπιφάνειαν τῶν δύο διαφανῶν μέσων.

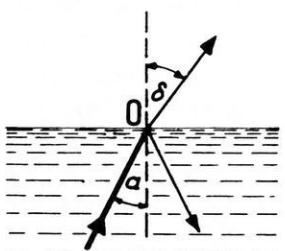
2ος νόμος. "Οταν φωτειναὶ ἀκτῖνες μονοχρώου φωτὸς διαδίδωνται πλαγίως ἀπὸ ἔνα διαφανὲς μέσον A εἰς ἔνα ἄλλο B, διαθλῶνται καὶ πλησιάζουν πρὸς τὴν κάθετον, ὅταν τὸ δεύτερον διαφανὲς μέσον B εἰναι ὁ πτικῶς πυκνότερον ἀπὸ τὸ πρῶτον A. Τὸ ἀντίθετον συμβαίνει ὅταν τὸ φῶς διαδίδεται ἀπὸ ὁ πτικῶς πυκνότερον εἰς ὁ πτικῶς ἀραιότερον μέσον.

"Οταν τὸ φῶς προσπίπτη καθέτως εἰς τὴν ἐπιφάνειαν διαχωρισμοῦ δύο ὁ πτικῶν μέσων, δὲν ὑφίσταται διάθλασιν καὶ συνεχίζει τὴν εὐθύγραμμον διάδοσίν του εἰς τὸ δεύτερον μέσον.

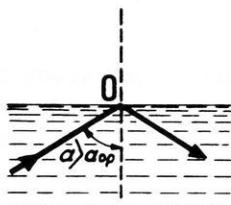
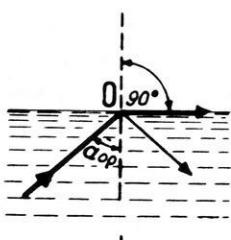
§ 240. Ὁρικὴ γωνία. Ὄλικὴ ἀνάκλασις. "Οταν τὸ φῶς προσπίπτη πλαγίως εἰς τὴν ἐπιφάνειαν διαχωρισμοῦ δύο διαφορετικῶν ὁ πτικῶν μέσων καὶ διαδίδεται ἀπὸ ὁ πτικῶς πυκνότερον, εἰς ὁ πτικῶς ἀραιότερον διαφανὲς σῶμα, δπως π.χ. ἀπὸ τὸ ὄδωρ εἰς τὸν ἀέρα, ή διαθλωμένη ἀκτὶς ἀπομακρύνεται, δπως γνωρίζωμεν, ἀπὸ τὴν κάθετον (σχ. 246).

"Οταν μεγαλώνη ἡ γωνία προσπτώσεως α, μεγαλώνει καὶ ἡ γωνία διαθλάσεως δ, ή δποία εἰς τὴν περίπτωσιν τὴν ὅποιαν ἔξετάζομεν εἰναι πάντοτε μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν γωνίαν προσπτώσεως. "Οταν ἡ γωνία προσπτώσεως λάβῃ μίαν ώρισμένην τιμήν, τὴν δποίαν δνομάζομεν δρικὴν γωνίαν (α_{ορ}), ή γωνία διαθλάσεως γίνεται ἵση μὲ 90° καὶ ἡ διαθλωμένη ἀκτὶς διαδίδεται ἐπάνω εἰς τὴν ἐπιφάνειαν διαχωρισμοῦ τῶν δύο ὁ πτικῶν μέσων (σχ. 247, I).

"Οταν ἡ γωνία προσπτώσεως ὑπερβῇ τὴν δρικὴν γωνίαν (α > α_{ορ}),



Σχ. 246. Όταν τὸ φῶς διαδίδεται ἀπὸ ὀπτικῶς πυκνότερον εἰς ὀπτικῶς ἀραιότερον διαφανές μέσον, ἡ διαθλωμένη ἀκτίς ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὴν κάθετον.



Σχ. 247. Όταν ἡ γωνία προσπτώσεως ὑπερβῇ τὴν ὄρικήν, συμβαίνει διλικὴ ἀνάκλασις.

“Ηλιον πρὶν ἀκόμη ἀνατείλῃ καὶ ἔξακολουθοῦντε νά τὸν βλέπωμεν ἐνῷ ἔχει δύσει.

“Ἐνα ἄλλο φαινόμενον διφειλόμενον εἰς τὴν ἀτμοσφαιρικὴν διάθλασιν, εἶναι διεγόμενος ἀντικατοπτρισμός. Διὰ νά συμβῇ τὸ φαινόμενον αὐτὸ πρέπει ὁ ἀῆρ εὑρισκόμενος πλησίον τοῦ ἐδάφους, νά εἶναι ὀπτικῶς ἀραιότερος ἀπὸ τὰ ὑπερκείμενα ἀέρια στρώματα. Αὐτὸ συμβαίνει ὅταν εἶναι πολὺ θερμὸν τὸ ἐδαφός, ὅποτε

δὲν ὑπάρχει πλέον διαθλωμένη ἀκτίς, ἀλλὰ συμβαίνει μόνον ἀνάκλασις (σχ. 247, II).

Τὸ φαινόμενον αὐτὸ διομάζεται διλικὴ ἀνάκλασις τοῦ φωτὸς καὶ παρατηρεῖται μόνον ὅταν τὸ φῶς διαδίδεται πλαγίως ἀπὸ ἓνα πυκνότερον πρὸς ἓνα ἀραιότερον μέσον.

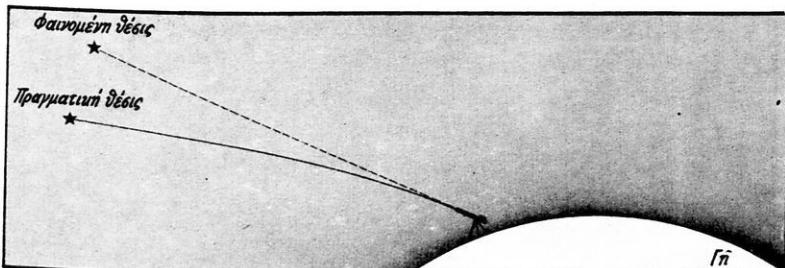
“Ωστε :

‘Ολικὴ ἀνάκλασις διομάζεται τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ όποιον τὸ φῶς, ὅταν διαδίδεται πλαγίως ἀπὸ ὀπτικῶς πυκνότερον πρὸς ὀπτικῶς ἀραιότερον διαφανές μέσον, ὑφίσταται μόνον ἀνάκλασιν, ὅταν ἡ γωνία προσπτώσεως ὑπερβῇ μίαν ώρισμένην τιμήν, χαρακτηριστικὴν διὰ τὰ δύο ὀπτικὰ μέσα, ἡ ὁποία διομάζεται ὄρικὴ γωνία.

‘Εκτεταμένη χρῆσις τοῦ φαινομένου τούτου γίνεται εἰς τοὺς φωτιζόμενους πίδακας τῶν ἀναβρυτηρίων, εἰς τοὺς ὄποιον παρατηροῦμεν χρωματιστὰς καμπύλας φλέβας ὕδατος.

§ 241. Ἀποτελέσματα τῆς διαθλάσεως.

“Οταν μία φωτεινὴ ἀκτίς, ἥτις προέρχεται ἀπὸ κάπιον ἀστέρα, εἰσχωρήσῃ εἰς τὴν γηίνην ἀτμόσφαιραν, διέρχεται ἀπὸ στρώματα ἀέρος, τῶν ὄποιων αὐξάνεται συνεχῶς ἡ ὀπτικὴ πυκνότης. Διὰ τὸν λόγον αὐτὸν ἡ ἀκτίς ὀλονέν καμπύλουται. Όταν φθάσῃ εἰς τὸν ὀφθαλμὸν μας, νομίζομεν διτὶ προέρχεται ἀπὸ τὴν προέκτασιν τοῦ τελευταίου τμήματὸς της, μὲ ἀποτέλεσμα νά βλέπωμεν τὸν ἀστέρα ὑψηλότερον ἀπὸ τὴν θέσιν εἰς τὴν ὄποιαν πραγματικῶς εὑρίσκεται (σχ. 248). Οὕτω βλέπομεν τὸν

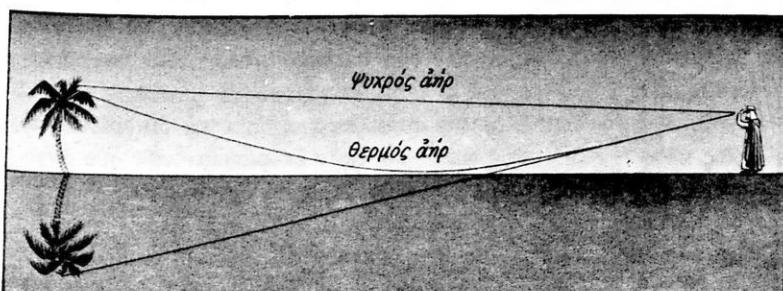


Σχ. 248. Έξ αιτίας τής άτμοσφαιρικής διαθλάσεως συμβαίνει φαινομενική άνυψωσις τῶν ἄστρων.

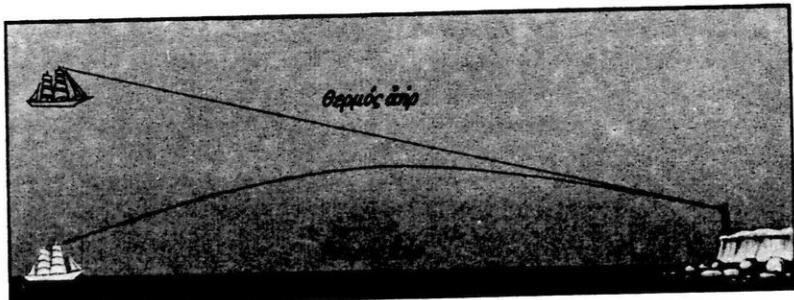
ὅ ἀήρ διατάσσεται κατὰ στρώματα, τῶν ὅποιων ἡ πυκνότης αὐξάνεται δσον ἀπομακρυνόμεθα ἀπὸ τὸ ἔδαφος. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν τὸ φῶς τὸ προερχόμενον ἀπὸ τὸ ὑψηλότερον σημείον ἐνὸς ἀντικειμένου, π.χ. ἐνὸς δένδρου, φθάνει εἰς τὸν δόφαλμὸν τοῦ παρατηρητοῦ, δπως δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 249. Τοιουτορόπως αὐτὸς βλέπει τὸ ἀντικείμενον, δπως είναι εἰς τὴν πραγματικήν του θέσιν καὶ ἀνεστραμμένον, ὥστα νὰ ὑπῆρχε ἐπίπεδον κάτοπτρον μεταξὺ ἀντικειμένου καὶ παρατηρητοῦ.

Τὸ φαινόμενον αὐτὸς παρατηρεῖται συνήθως εἰς τὰς ἐρήμους, δπου τὰ καραβάνια βλέπουν δάσεις λόγῳ ἀντικατοπτρισμού καὶ ἔξαπατῶνται. Τὸ ἴδιον συμβαίνει καὶ εἰς τοὺς μαύρους ἀσφαλτοστρωμένους ἀντοκινητοδρόμους, δπου δημιουργεῖται ἡ ἐντύπωσις δτι εἰς μεγάλην ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν παρατηρητὴν ἔχει καταβρεχθῇ τὸ δόδοστρωμα.

Όταν δ ἀήρ δ εύρισκόμενος πλησίον τοῦ ἔδαφους είναι ψυχρότερος, καὶ ἐπομένως πυκνότερος ἀπὸ τὰ στρώματα, τὰ εύρισκόμενα ἐπάνω ἀπὸ αὐτῶν, δημιουργεῖται πολλάς φοράς ἡ ἐντύπωσις δτι διάφορα ἀντικείμενα, δπως π.χ. ἔνα μακρινόν πλοῖον, μετεωρίζονται εἰς τὸν δριζόντα (σχ. 250).



Σχ. 249. "Όταν δ ἀήρ είναι πολὺ θερμός πλησίον τοῦ ἔδαφους, ἀπομεμακρυσμένα ἀντικείμενα φαίνονται, λόγῳ ἀντικατοπτρισμού, ἀνεστραμμένα.



Σχ. 250. "Οταν δ' ἄήρ, δ' εὐρισκόμενος πλησίον τού έδάφους είναι ψυχρός, ἀπομεμακρυσμένα ἀντικείμενα φαίνονται ύψηλότερον ἀπό τὴν πραγματικήν των θέσιν.

"Ενα ἄλλο φαινόμενον, ὁφειλόμενον εἰς τὴν διάθλασιν, είναι ἡ φαινομενικὴ ἀνύψωσις τῶν ἀντικειμένων, τῶν εὐρισκομένων μέσα εἰς Ἑνα ὑγρόν, δταν τὰ βλέπομεν πλαγίως, ὅπως π.χ. οἱ Ιχθύες (βλ. σχ. 243).

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. "Οταν τὸ φῶς διαδίδεται πλαγίως ἀπὸ ἔνα διαφανὲς μέσον εἰς ἄλλον, ὑφίσταται διάθλασιν. Τὸ φαινόμενον αὐτὸ ἀκολουθεῖ τοὺς ἔξῆς δύο νόμους : α) Τὸ ἐπίπεδον διαθλάσεως, τὸ ὄριζόμενον ἀπὸ τὴν προσπίπτουσαν καὶ τὴν διαθλωμένην ἀκτῖνα, είναι κάθετον πρὸς τὴν διαχωριστικὴν ἐπιφάνειαν τῶν δύο ὀπτικῶν μέσων. β) Όταν μία φωτεινὴ ἀκτὶς μονοχρώου φωτὸς ὑφίσταται διάθλασιν, πλησιάζει πρὸς τὴν κάθετον, ἐὰν τὸ δεύτερον ὀπτικὸν μέσον είναι πυκνότερον ἀπὸ τὸ πρῶτον. Ἀντιθέτως ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὴν κάθετον δταν είναι ἀραιότερον. Εἰς τὴν περίπτωσιν δημος κατὰ τὴν ὅποιαν τὸ φῶς προσπίπτει καθέτως εἰς τὴν διαχωριστικὴν ἐπιφάνειαν τῶν δύο ὀπτικῶν μέσων, δὲν ὑφίσταται διάθλασιν.

2. Διὰ νὰ συμβῇ ὀλικὴ ἀνάκλασις πρέπει νὰ διαδίδεται τὸ φῶς πλαγίως πρὸς τὴν διαχωριστικὴν ἐπιφάνειαν τῶν δύο ὀπτικῶν μέσων καὶ ἀπὸ τὸ πυκνότερον πρὸς τὸ ἀραιότερον.

3. "Οταν ἡ γωνία προσπτώσεως ὑπερβῇ τὴν ὄρικὴν γωνίαν, τὴν γωνίαν δηλαδὴ εἰς τὴν ὅποιαν ἀντιστοιχεῖ διαθλαστικὴ γωνία 90° , ἔχομεν ὀλικὴν ἀνάκλασιν, οὐδεμία δηλαδὴ ἀπὸ τὰς προσπιπτούσας ἀκτῖνας ὑφίσταται διάθλασιν, ἀλλὰ ἀνακλῶνται δλαι.

4. Εἰς τὴν ἀτμοσφαιρικὴν διάθλασιν ὁφείλεται τὸ γεγονός διτὶ ὁ Ἡλιος φαίνεται ἐπάνω ἀπὸ τὸν ὄρίζοντα πρὶν ἀκόμη ἀνατείλῃ καὶ παραμένει ἐπάνω ἀπὸ αὐτὸν ἐνδὲ ἔχει δύσει.

5. Ὁ ἀντικατοπτρισμὸς ἐπίσης ὁφείλεται εἰς τὴν ἀτμοσφαιρικὴν διάθλασιν.

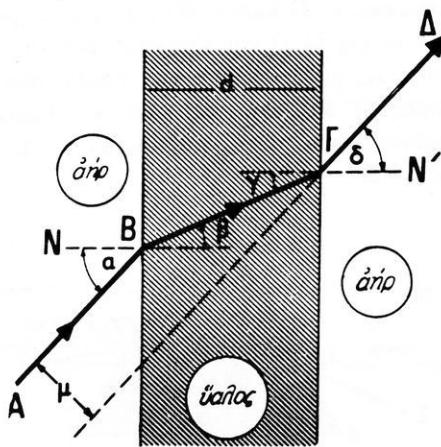
ΜΣΤ' — ΠΡΙΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΦΑΚΟΙ

§ 242. Διάθλασις διὰ μέσου πλακός μὲ παραλλήλους ἔδρας.
Ἐστω μία ὑαλίνη πλάκη μὲ παραλλήλους ἔδρας, ἐπάνω εἰς τὴν δοπίαν προσπίπτει μὲ γωνίαν α μία φωτεινὴ ἀκτὶς AB (σχ. 251). Ἡ ἀκτὶς διαθλᾶται εἰς τὸ σημεῖον B , πλησιάζει πρὸς τὴν κάθετον, ἐφ' ὅσον διαδίδεται ἀπὸ τὸν ἀέρα πρὸς τὴν ὑαλὸν, δηλαδὴ ἀπὸ διπτικῶς ἀραιότερον πρὸς διπτικῶς πυκνότερον σῶμα, ἀκολουθοῦσα τὴν διεύθυνσιν τῆς ἀκτίνος $BΓ$. Εἰς τὸ σημεῖον G διαθλᾶται καὶ πάλιν, ἀλλὰ τώρα ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὴν κάθετον, ἐπειδὴ διαδίδεται ἀπὸ διπτικῶς πυκνότερον πρὸς διπτικῶς ἀραιότερον μέσον, ἀκολουθοῦσα τὴν διεύθυνσιν τῆς ἀκτίνος $ΓΔ$. Αἱ δύο διπτικαὶ ἀκτίνες, ἡ προσπίπτουσα AB καὶ ἡ ἔξερχομένη $ΓΔ$ εἰναι παράλληλοι, ἡ $ΓΔ$ δημοσ. ἔχει μετατοπισθῆ ὡς πρὸς τὴν AB . Ὡστε :

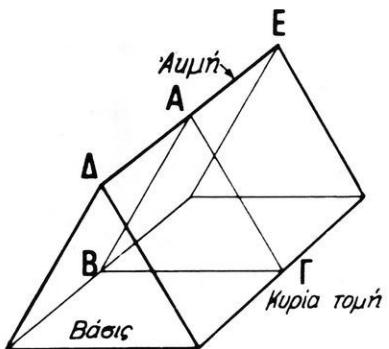
“Οταν μία φωτεινὴ ἀκτὶς διαθλᾶται διὰ μέσου μιᾶς ὑαλίνης πλακός μὲ παραλλήλους ἔδρας, δὲν ὑφίσταται ἐκτροπὴν ἀπὸ τὴν ἀρχικὴν τῆς διεύθυνσιν ἀλλὰ παράλληλον μετατόπισιν.

Ἡ μετατόπισις ἔχει τὰ τῆς ὑαλίνης πλακός.

§ 243. Ὁπτικὸν πρῆσμα.
Εἰς τὴν Φυσικὴν δονομάζομεν διπτικὸν πρῆσμα ἡ ἀπλῶς πρῆσμα, ἔνα διαφανὲς μέσον περιοριζόμενον ἀπὸ δύο ἐπι-



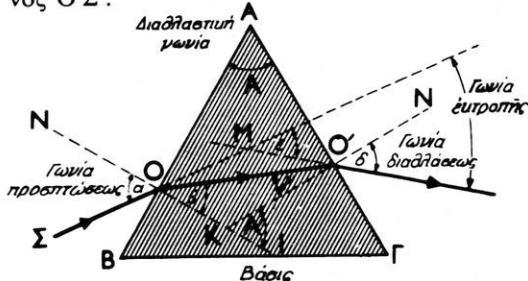
Σχ. 251. Διάθλασις διὰ μέσου πλακιδίου μὲ παραλλήλους ἔδρας.



Σχ. 252. Πρίσμα και κυρία τομή του πρίσματος.

εἰς τὸ πρίσμα, ὥστε ἡ κυρία τομή του νὰ είναι τρίγωνον. Ἡ ἔδρα τοῦ τριγωνικοῦ πρίσματος, ἡ ἔναντι τῆς ἀκμῆς του, δονομάζεται βάσις τοῦ πρίσματος.

§ 244. Διάθλασις διὰ μέσου πρίσματος. Ἀς θεωρήσωμεν ὅτι εἰς τὴν κυρίαν τομήν ΒΑΓ ἐνὸς πρίσματος (σχ. 253) προσπίπτει μία λεπτὴ μονόχρους φωτεινὴ δέσμη ΣΟ ἐπάνω εἰς τὴν ἔδραν ΒΑ, μὲ γωνίαν προσπτώσεως α. Ἡ λεπτὴ αὐτὴ δέσμη θεωρουμένη περίπου ώς ἀκτίς, διαθλάται εἰς τὸ Ο και εἰσχωρεῖ εἰς τὸ πρίσμα πλησιάζουσα πρὸς τὴν κάθετον, ἀκολουθοῦσα τὴν διεύθυνσιν ΟΟ'. Εἰς τὸ σημεῖον Ο' τῆς ἔδρας ΑΓ διαθλάται καὶ πάλιν καὶ ἔξερχεται εἰς τὸν ἀέρα, ἐνῶ ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὴν κάθετον, ἀκολουθοῦσα τὴν διεύθυνσιν τῆς ἀκτίνος ΟΣ'.



Σχ. 253. Πορεία μιᾶς φωτεινῆς ἀκτίνος διὰ μέσου πρίσματος.

πέδους ἔδρας, αἱ ὁποῖαι σχηματίζουν δίεδρον γωνίαν (σχ. 252).

Ἡ τομὴ τῶν δύο ἐπιπέδων ἔδρῶν τῶν περιορίζουσῶν τὸ πρίσμα, δονομάζεται ἀκμὴ τοῦ πρίσματος, ἡ δὲ ἀντίστοιχος ἐπίπεδος γωνία τῆς διεδρού, τὴν ὁποίαν σχηματίζουν αἱ δύο ἔδραι τοῦ πρίσματος, δονομάζεται διαθλαστικὴ γωνία τοῦ πρίσματος. Πᾶσα τομὴ τοῦ πρίσματος κάθετος πρὸς τὴν ἀκμήν του, δονομάζεται κυρία τομὴ τοῦ πρίσματος. Συνήθως δίδεται τοιαύτη μορφὴ εἰς τὸ πρίσμα, ὥστε ἡ κυρία τομή του νὰ είναι τρίγωνον. Ἡ ἔδρα τοῦ τριγωνικοῦ πρίσματος, ἡ ἔναντι τῆς ἀκμῆς του, δονομάζεται βάσις τοῦ πρίσματος.

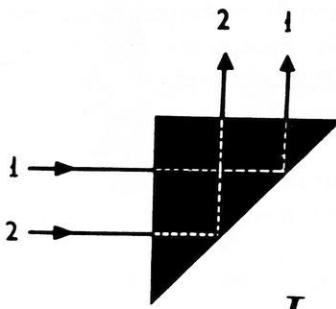
Ὅπως παρατηροῦμεν, ἡ ἔξερχομένη ἀκτίς πλησιάζει πρὸς τὴν βάσιν τοῦ πρίσματος καὶ ὑφίσταται ἐκτροπὴν ἀπὸ τὴν ἀρχικήν της διεύθυνσιν. Ἡ ἐκτροπὴ αὐτὴ καθορίζεται ἀπὸ τὴν γωνίαν ε, ἡ ὁποία σχηματίζεται

άπό τὴν προέκτασιν τῆς προσπίπτούσης καὶ τῆς ἔξερχομένης ἀκτίνος καὶ δονομάζεται γωνία ἐκτροπῆς.

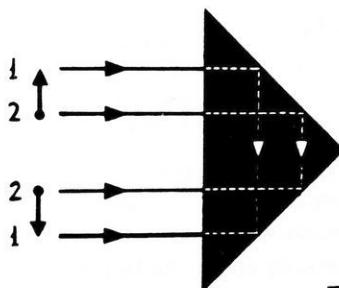
§ 243. Πρίσματα δλικῆς ἀνακλάσεως. Εἰς τὸ φαινόμενον τῆς δλικῆς ἀνακλάσεως στηρίζεται ἡ λειτουργία διαφόρων διατάξεων, αἱ ὁποῖαι χρησιμοποιοῦν κατάληλα πρίσματα. Ἡ κυρία τομὴ τῶν πρίσμάτων αὐτῶν εἶναι δρθογώνιον ἴσοσκελές τρίγωνον. Αἱ διατάξεις αὐταὶ χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν κατασκευὴν ὡρισμένων ὀπτικῶν δργάνων, ὅπως εἶναι τὰ περισκόπια τῶν ὑποβρυχίων, κλπ.

Εἰς τὸ σχῆμα 254 δεικνύονται δύο πρίσματα δλικῆς ἀνακλάσεως. Εἰς τὴν περίπτωσιν I αἱ ὀπτικαὶ ἀκτίνες προσπίπτουν καθέτως εἰς μίαν κάθετον ἔδραν τοῦ πρίσματος καὶ δὲν ὑφίστανται διάθλασιν, συν-
εχίζουσαι τοιουτοτρόπως εὐθύγράμμως τὴν διάδοσίν των διὰ μέσου τοῦ πρίσματος. Ὄταν συναντήσουν τὴν ὑποτείνουσαν ἔδραν τοῦ πρίσματος, δὲν διαθῶνται, ἐπειδὴ προσπίπτουν μὲ γωνίαν μεγαλυτέραν τῆς δρικῆς. Ἀνακλῶνται λοιπὸν καὶ προσπίπτουν καθέτως εἰς τὴν ἄλλην κάθετον ἔδραν τοῦ πρίσματος, δόποτε ἔξερχονται χωρὶς νὰ ὑποστοῦν διάθλασιν.

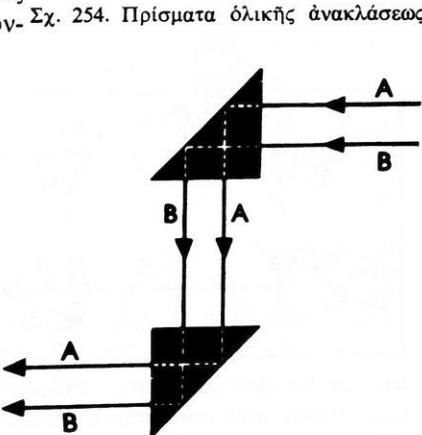
Ἄν δὲ δρθαλμὸς συλλάβῃ τὰς ἔξερχομένας ἀκτίνας, θὰ νο-



I



II



Σχ. 254. Πρίσματα δλικῆς ἀνακλάσεως.

μίση δι τὸ ἀντικείμενον, ἀπὸ τὸ ὅποιον προέρχονται, εὑρίσκεται εἰς τὴν προέκτασίν των. Οὕτω συμβαίνει ἐκτροπὴ τῶν ἀκτίνων κατὰ 90°. Εἰς τὴν περίπτωσιν II ἔχομεν δύο διλικάς ἀνακλάσεις, αἱ δομοὶ προκαλοῦν ἀναστροφὴν τοῦ εἰδώλου.

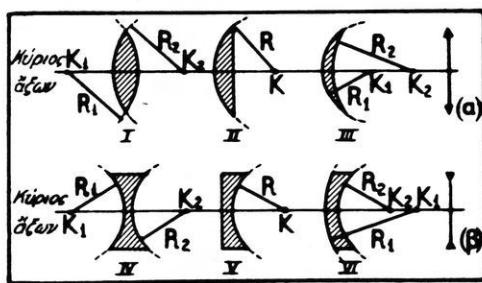
Τὸ σχῆμα 255 δεικνύει τὴν ἀρχὴν ἐπὶ τῆς δομοίας στηρίζεται ἡ κατασκευὴ τοῦ περισκοπίου. Χρησιμοποιοῦνται δύο πρίσματα διλικῆς ἀνακλάσεως, τὰ δομοὶα τοποθετοῦνται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ώστε τὸ εἰδώλον, τὸ προερχόμενον ἀπὸ τὴν διπλῆν ἀνάκλασιν νὰ μὴν ὑφίσταται ἀναστροφήν.

§ 246. Φακοί. Εἰς τὴν Φυσικὴν δονομάζομεν φακόν, πᾶν διαφανὲς σῶμα περιοριζόμενον ὑπὸ δύο σφαιρικῶν ἐπιφανειῶν ἢ ὑπὸ μιᾶς σφαιρικῆς καὶ μιᾶς ἐπιπέδου.

Οἱ φακοὶ κατασκευάζονται συνήθως ἀπὸ ὄυλον ἢ ἄλλον διαφανὲς ὄλικὸν καὶ κατατάσσονται εἰς δύο μεγάλας κατηγορίας, εἰς τοὺς συγκλίνοντας καὶ εἰς τοὺς ἀποκλίνοντας φακούς.

‘Ο φακὸς δονομάζεται συγκλίνων, ὅταν μεταβάλῃ εἰς συγκλίνουσαν μίαν παράλληλον φωτεινὴ δέσμην, προσπίπουσαν ἐπ’ αὐτοῦ, καὶ ἀποκλίνων ὅταν τὴν μεταβάλῃ εἰς ἀποκλίνουσαν, ἀφοῦ ἡ παραλήλως φωτεινὴ δέσμη διέλθῃ ἀπὸ τὴν μᾶζαν του.

Οἱ συγκλίνοντες φακοὶ εἰναι παχεῖς εἰς τὸ μέσον καὶ λεπτοὶ εἰς τὰ ἄκρα, ἐνῶ οἱ ἀποκλίνοντες εἰναι παχεῖς εἰς τὰ ἄκρα καὶ λεπτοὶ εἰς τὸ μέσον.



Σχ. 256. Τὰ εἰδη τῶν φακῶν: (I) ἀμφίκυρτος, (II) ἐπιπεδόκυρτος, (III) συγκλίνων μηνίσκος, (IV) ἀμφίκοιλος, (V) ἐπιπεδόκοιλος, (VI) ἀποκλίνων μηνίσκος. (a) Συμβολικὴ παράστασις συγκλίνοντος καὶ (β) ἀποκλίνοντος φακοῦ.

Αἱ ἀκτίνες R₁ καὶ R₂ τῶν δύο σφαιρῶν, εἰς τὰς δομοίας ἀνήκουν αἱ ἐπιφάνειαι τοῦ φακοῦ, δονομάζονται ἀκτίνες καμπυλότητος τοῦ φακοῦ. Ὅταν ὁ φακὸς ἀποτελῇται ἀπὸ μίαν σφαιρικὴν καὶ μίαν ἐπίπεδον ἐπιφάνειαν, ἔχει μίαν ἀκτίνα καμπυλότητος.

Εἰς τὸ σχῆμα 256 δεικνύονται τὰ διάφορα εἰδη τῶν συγκλίνοντων καὶ ἀποκλίνόν των φακῶν.

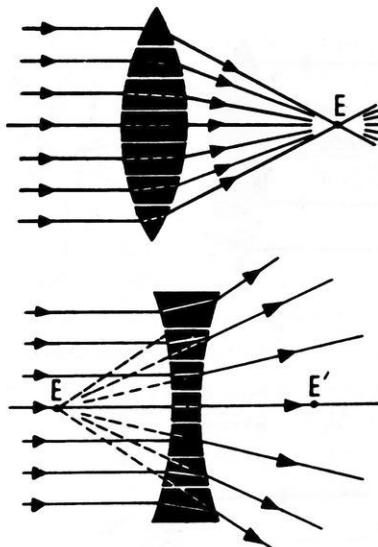
‘Η εὐθεῖα, ή διερχομένη ἀπὸ τὰ κέντρα καμπυλότητος τῶν δύο σφαιρικῶν ἐπιφανειῶν τοῦ φακοῦ, δονομάζεται κύριος ἄξων τοῦ φακοῦ. ‘Οταν ή μία ἀπὸ τὰς δύο ἐπιφανείας εἰναι ἐπίπεδος, δονομάζεται κύριος ἄξων τοῦ φακοῦ διέρχεται ἀπὸ τὸ ἔνα κέντρον καμπυλότητος καὶ εἶναι κάθετος εἰς τὴν ἐπίπεδον ἐπιφάνειαν. Πᾶσα τομὴ τοῦ φακοῦ, περιέχουσα τὸν κύριον ἄξονα του δονομάζεται κυρία τομή.

Διὰ νὰ σπουδάσωμεν τὴν διάδοσιν τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων διὰ μέσου ἐνὸς φακοῦ, θεωροῦμεν δοτι ὁ φακὸς ἀποτελεῖται ἀπὸ συνδυασμὸν πολλῶν μικρῶν πρισμάτων, τὰ δόποια δὲν ἔχουν ὅμως σταθερὰν διαθλαστικὴν γωνίαν. Ἡ διαθλαστικὴ γωνία τῶν πρισμάτων αὐτῶν μεταβάλλεται ἀπὸ τὸ μέσον τοῦ φακοῦ πρὸς τὰ ἄκρα του. Τὸ σχῆμα 257 δεικνύει κατὰ ποιὸν τρόπον δυνάμεθα νὰ φαντασθῶμεν τὸν φακὸν ως συνδυασμὸν πολλῶν μικρῶν πρισμάτων.

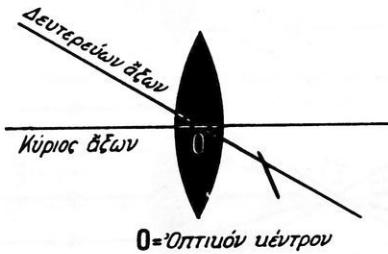
Οἱ φακοὶ τοὺς δόποιον θὰ μελετήσωμεν, ὑποθέτομεν δοτι εἶναι πολὺ λεπτοί. ‘Οτι τὸ πάχος των, δηλαδή, εἶναι πολὺ μικρόν, ὅταν συγκριθῇ μὲ τὰς ἀκτίνας καμπυλότητος τῶν ἐπιφανειῶν των.

‘Οταν οἱ φακοὶ ἔχουν μικρὸν πάχος, θεωροῦμεν δοτι δο κύριος ἄξων τέμνει τὸν φακὸν εἰς ἓν σημεῖον, τὸ δόποιον δονομάζομεν ὀπτικὸν κέντρον τοῦ φακοῦ. Οἰαδήποτε εὐθεῖα ἡτις διέρχεται ἀπὸ τὸ ὀπτικὸν κέντρον καὶ δὲν συμπίπτει μὲ τὸν κύριον ἄξονα, δονομάζεται δευτερεύων ἄξων τοῦ φακοῦ (σχ. 258).

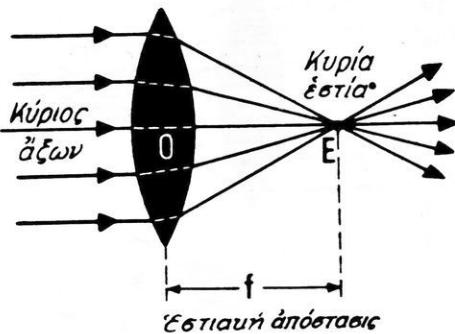
‘Οταν μία ἀκτίς διέρχεται ἀπὸ τὸ ὀπτικὸν κέντρον τοῦ φακοῦ,



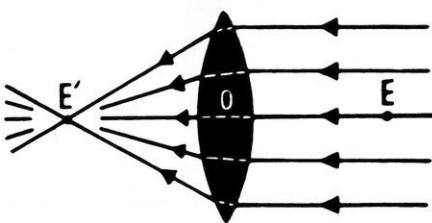
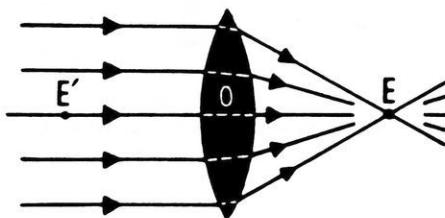
Σχ. 257. Σύνθεσις φακῶν ἀπὸ πολλὰ μικρὰ πρίσματα διαφορετικῆς διαθλαστικῆς γωνίας.



Σχ. 258. Ὁπτικὸν κέντρον συγκλίνοντος φακοῦ.



Σχ. 259. Έστιαική ἀπόστασις ἐνὸς συγκλίνοντος φακοῦ.



Σχ. 260. Αἱ παράλληλοι ἀκτίνες συγκεντρώνονται εἰς τὰς δύο κυρίας ἐστίας τοῦ φακοῦ.

Ἐννοεῖται ὅτι συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς ἀντιστρόφου πορείας τοῦ φωτός, ὅταν εἰς μίαν ἐστίαν ἐνὸς συγκλίνοντος φακοῦ, τοποθετηθῇ ἔνα φωτεινὸν σημεῖον, αἱ ἀκτίνες αἱ ὁποῖαι ἐκκινοῦν ἀπὸ αὐτῆν, μετὰ τὴν διέλευσίν των μέσα ἀπὸ τὸν φακόν, μεταβάλλονται εἰς παράλληλον δέσμην.

συνεχίζει τὴν διάδοσίν της χωρὶς νὰ διαθλασθῇ.

§ 247. Συγκλίνοντες φακοί. Κυρία ἐστία. Ἐν μίᾳ δέσμῃ παραλλήλων ἀκτίνων, προσπέσῃ παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα ἐνὸς συγκλίνοντος φακοῦ, μετὰ τὴν ἔξοδόν της ἀπὸ τὸν φακόν, θὰ μεταβληθῆ εἰς συγκλίνουσαν δέσμην, αἱ ἀκτίνες τῆς ὁποίας θὰ διέλθουν ἀπὸ ἕνα σημεῖον E , τὸ ὁποῖον εὑρίσκεται ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος τοῦ φακοῦ καὶ δονομάζεται κυρία ἐστία. Ἡ ἀπόστασις OE τῆς κυρίας ἐστίας ἀπὸ τὸ δοπτικὸν κέντρον O τοῦ φακοῦ, δονομάζεται ἔστιαικὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ (σχ. 259).

Ἐνῶ τὰ κάτοπτρα εἶναι μονόπλευρα, οἱ φακοὶ εἶναι δίπλευροι. Δι’ αὐτὸν εἰς ἔκαστον φακὸν ἔχομεν δύο ἐστίας, μίαν πρὸς τὰ δεξιά καὶ μίαν πρὸς τὰ ἀριστερά (σχ. 260). Αἱ δύο ἐστίαι εὑρίσκονται εἰς ἴσιας ἀποστάσεις ἀπὸ τὸν φακόν, ὅταν ὁ φακὸς περιβάλλεται ἀπὸ τὸ ἔδιον δοπτικὸν μέσον.

§ 248. Ειδωλα συγκλινόντων φακών. Διά νά σχηματίσωμεν τὸ εἰδωλον ἐνὸς ἀντικειμένου, τὸ ὅποιον εύρισκεται ἐμπροσθεν ἐνὸς συγκλίνοντος φακοῦ, ἀρκεῖ νά σχηματίσωμεν τὰ εἰδωλα τῶν διαφόρων σημείων τοῦ ἀντικειμένου.

Οπως εἰς τὴν περίπτωσιν τῶν κατόπτρων, εἰς τὰ ὅποια ὁ σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου ἐνὸς φωτεινοῦ σημείου γίνεται ἀπὸ τὴν τομὴν δύο ἀκτίνων, οὕτω καὶ εἰς τοὺς φακούς, τὸ εἰδωλον ἐνὸς φωτεινοῦ σημείου σχηματίζεται εἰς τὴν τομὴν δύο ἀκτίνων, μετὰ τὴν ἔξοδόν των ἀπὸ τὸν φακόν.

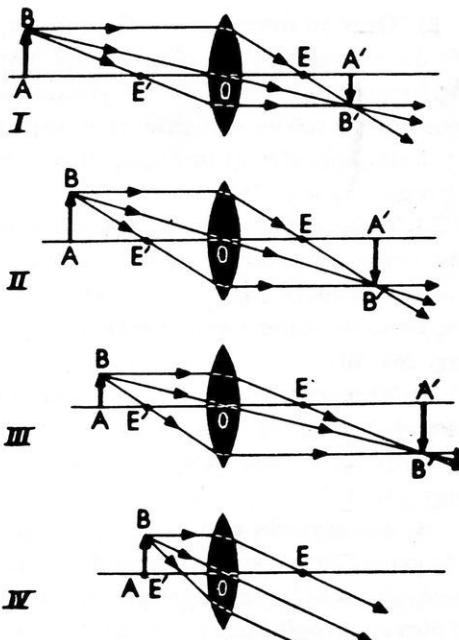
Διά τὴν κατασκευὴν τῶν εἰδώλων ἀρκεῖ νά ἔχωμεν ὑπ' ὄψιν μας τὰ ἔξης :

α) Μία παράλληλος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα ἀκτὶς διέρχεται μετὰ τὴν ἔξοδόν της ἀπὸ τὴν κυρίαν ἐστίαν.

β) Μία φωτεινὴ ἀκτὶς μὲ διεύθυνσιν δευτερεύοντος ἄξονος, δὲν ὑφίσταται διάθλασιν.

γ) Μία φωτεινὴ ἀκτὶς διερχομένη ἀπὸ τὴν κυρίαν ἐστίαν, ἀκολουθεῖ μετὰ τὴν ἔξοδόν της διεύθυνσιν παράλληλον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα.

A' Πραγματικὸν εἰδωλον. **a)** Όταν τὸ ἀντικείμενον AB εύρισκεται εἰς τὸ ἔνα μέρος τοῦ φακοῦ καὶ εἰς ἀπόστασιν (AO) = a , μεγαλυτέραν ἀπὸ τὸ διπλάσιον τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως, τὸ εἰδωλόν του σχηματίζεται εἰς τὸ ἄλλον μέρος τοῦ φακοῦ, εἶναι πραγματικόν, ἀνεστραμμένον καὶ εἰς ἀπόστασιν (OA') = β , μεγαλυτέραν τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως καὶ μικροτέραν τοῦ διπλασίου αὐτῆς. Δηλαδὴ, ὅταν $a > 2f$ θὰ είναι $f < \beta < 2f$ (σχ. 261, I).



Σχ. 261. Διάφοροι θέσεις τοῦ εἰδώλου ἐνὸς ἀντικειμένου, τοποθετημένου ἐμπροσθεν συγκλίνοντος φακοῦ.

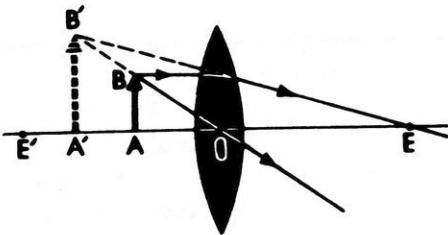
β) "Οταν τὸ ἀντικείμενον πλησιάζῃ πρὸς τὸ διπλάσιον τῆς ἑστιακῆς ἀποστάσεως καὶ τὸ εἰδωλόν του πλησιάζει πρὸς τὸ διπλάσιον τῆς ἑστιακῆς ἀποστάσεως καὶ γίνεται δόλονεν μεγαλύτερον. "Οταν ἡ ἀπόστασις α τοῦ ἀντικειμένου γίνη ἵση πρὸς 2f, τότε καὶ ἡ ἀπόστασις β τοῦ εἰδώλου, γίνεται ἵση πρὸς 2f καὶ τὸ εἰδωλον εἶναι ἵσον μὲ τὸ ἀντικείμενον (σχ. 261, II).

γ) "Οταν ἡ ἀπόστασις α τοῦ ἀντικειμένου εἶναι μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν ἑστιακήν ἀπόστασιν καὶ μικροτέρα ἀπὸ τὸ διπλάσιόν της, τὸ εἰδωλον σχηματίζεται εἰς ἀπόστασιν β μεγαλυτέραν ἀπὸ τὸ διπλάσιον τῆς ἑστιακῆς ἀποστάσεως καὶ εἶναι μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον, (σχ. 261, III).

δ) "Οταν τέλος τὸ ἀντικείμενον, πλησιάζον πρὸς τὴν κυρίαν ἑστίαν πέσῃ ἐπ' αὐτῆς, δὲν ἔχομεν σχηματισμὸν εἰδώλου, ἐπειδὴ αἱ ἀκτίνες μετὰ τὴν ἔξοδόν των ἀπὸ τὸν φακὸν σχηματίζουν παράλληλον δέσμην (σχ. 261, IV).

B' Φανταστικὸν εἰδωλον. "Οταν τὸ ἀντικείμενον εὑρίσκεται μεταξὺ τῆς κυρίας ἑστίας καὶ τοῦ διπλακοῦ κέντρου τοῦ φακοῦ, τότε αἱ ἀκτίνες μετὰ τὴν ἔξοδόν των σχηματίζουν ἀποκλίνουσαν δέσμην. "Αν δημοσ. εὑρίσκεται ὁ διφθαλμὸς εἰς τὴν ἄλλην πλευρὰν τοῦ φακοῦ καὶ τὰς δεκθῆ, θὰ νομίσῃ ὅτι προέρχονται ἀπὸ τὸ σημεῖον εἰς τὸ διποῖον τέμνονται αἱ προεκτάσεις των. 'Εκεῖ σχηματίζεται τὸ φανταστικὸν εἰδωλον τοῦ ἀντικειμένου (σχ. 262). "Ωστε :

"Οταν τὸ ἀντικείμενον εὑρίσκεται μεταξὺ κυρίας ἑστίας καὶ διπλακοῦ κέντρου τοῦ φακοῦ, ἔχομεν φανταστικὸν εἰδωλον, τὸ διποῖον σχηματίζεται πρὸς τὴν πλευρὰν τοῦ ἀντικειμένου. Τὸ εἰδωλον αὐτὸν εἶναι πάντοτε μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον καὶ δρθιον.

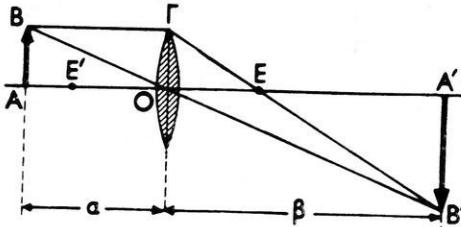


Σχ. 262. Σχηματισμὸς φανταστικοῦ εἰδώλου ὑπὸ συγκλίνοντος φακοῦ.

§ 249. Τύπος τῶν συγκλινόντων φακῶν. "Οπως ἀποδεικνύεται, μεταξὺ τῆς ἀποστάσεως α τοῦ ἀντικειμένου, (τὸ διποῖον εὑρίσκεται ἔμπροσθεν ἐνὸς συγκλίνοντος φακοῦ), ἀπὸ τὸ διπλικὸν κέντρον

Ο τοῦ φακοῦ, τῆς ἀποστάσεως β τοῦ εἰδώλου τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τὸ δότικὸν κέντρον οὐ φακοῦ καὶ τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως f τοῦ φακοῦ (σχ. 263), ισχύει ἡ σχέσις :

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$



Σχ. 263. Διά τὸν τύπον τῶν συγκλινόντων φακῶν.

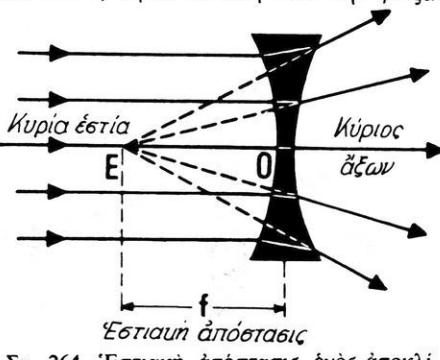
Εἰς τὸν τύπον αὐτὸν τὰ a καὶ f εἰναι πάντοτε θετικοί ἀριθμοί. Τὸ b δύναται νὰ εἰναι θετικὸς ἢ ἀρνητικὸς ἀριθμός. Θετικὸν b σημαίνει πραγματικὸν εἰδώλον, ἀρνητικὸν b ύποδηλώνει διτὶ τὸ εἰδώλον εἰναι φανταστικόν.

§ 250. Μεγέθυνσις τοῦ φακοῦ. Ἡ μεγέθυνσις M ἐνὸς φακοῦ δρίζεται κατὰ τὸν τρόπον, κατὰ τὸν όποιον δρίζεται καὶ ἡ μεγέθυνσις ἐνὸς σφαιρικοῦ κατόπτρου. Ὁπως δὲ εἰς τὴν περίπτωσιν τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων, οὕτω καὶ προκειμένου περὶ φακῶν ισχύει ἡ σχέσις :

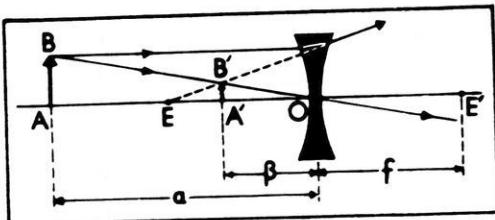
$$M = \frac{b}{a}$$

§ 251. Ἀποκλίνοντες φακοί. Οἱ φακοὶ αὐτοὶ μεταβάλλουν μίαν παράλιαν παράλληλον δέσμην εἰς ἀποκλίνουσαν, ἀφοῦ διέλθῃ ἀπὸ τὴν μᾶζαν τῶν καὶ ύποστη δύο φοράς διάθλασιν.

Εἰς τὸ σχῆμα 264 παριστάται ἔνας ἀποκλίνων φακός. Μία δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων προσπίπτει παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἀξοναν τοῦ φακοῦ. Αἱ γεωμετρικαὶ προεκτάσεις τῶν ἀκτίνων τῆς δέσμης, μετὰ τὴν εξόδον τῶν συναντῶνται εἰς τὸ σημεῖον E, τὸ ὅποιον ἀπο-



Σχ. 264. ἐστιακὴ ἀπόστασις ἐνὸς ἀποκλίνοντος φακοῦ.



Σχ. 265. Γεωμετρική κατασκευή τοῦ φανταστικοῦ εἰδώλου εἰς ἀποκλίνοντα φακόν.

τελεῖ τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ φακοῦ, ἡ ὅποια εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν είναι φανταστική.

§ 252. Εἰδωλα ἀποκλινόντων φακῶν.

Ἄς φαντασθῶμεν ἔνα ἀντικείμενον AB ἔμπροσθεν τοῦ

ἀποκλίνοντος φακοῦ τοῦ σχήματος 265. Διὰ νὰ σχηματίσωμεν τὸ εἰδώλον του, κατασκευάζομεν τὸ εἰδώλον τῆς κορυφῆς του B. Πρὸς τὸν σκοπὸν αὐτὸν χρειαζόμεθα δύο ἀκτίνας. Μίαν παράλληλον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, δόποτε ἡ γεωμετρικὴ προέκτασις τῆς ἐξερχομένης της θὰ διέρχεται ἀπὸ τὴν φανταστικὴν κυρίαν ἐστίαν, καὶ μίαν ἔχουσαν διεύθυνσιν δευτερεύοντος ἄξονος, ἡ ὅποια δὲν θὰ ὑποστῆ διάθλασιν.

Αἱ δύο αὗται ἐξερχόμεναι ἀκτίνες, είναι πάντοτε ἀποκλίνουσαι, δι’ αὐτὸ δὲν συναντῶνται, καὶ οὕτω δὲν δύνανται νὰ δώσουν πραγματικὸν εἰδώλον. Ἐν δημοσίᾳ προσπέσουν καὶ αἱ δύο εἰς τὸν διθαλμόν μας, θὰ μᾶς προκαλέσουν τὴν ἐντύπωσιν ὅτι προέρχονται ἀπὸ ἔνα σημεῖον, εὑρίσκομενον εἰς τὴν ίδιαν πλευράν, ὡς πρὸς τὸν φακόν, μὲ τὸ ἀντικείμενον. Ἐκεῖ θὰ σχηματισθῇ τὸ φανταστικὸν εἰδώλον B' τοῦ B. Φέροντες μίαν κάθετον εὐθείαν B'A' εἰς τὸν διπτικὸν ἄξονα τοῦ φακοῦ, σχηματίζομεν τὸ εἰδώλον τοῦ ἀντικείμενου.

Οἱ ἀποκλίνοντες φακοὶ δίδουν πάντοτε φανταστικὰ εἰδώλα, δρθια καὶ μικρότερα ἀπὸ τὰ ἀντικείμενα. Τὰ εἰδώλα εὑρίσκονται εἰς τὴν ίδιαν πλευράν, ὡς πρὸς τὸν φακόν, μὲ τὰ ἀντικείμενα. Ὁταν τὸ ἀντικείμενον πλησιάζει πρὸς τὸ διπτικὸν κέντρον τοῦ φακοῦ, αὐξάνεται τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου.

Διὰ τοὺς ἀποκλίνοντας φακοὺς ἴσχύει δ τύπος :

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{f}$$

εἰς τὸν ὅποιον δημοσίᾳ 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 ἐπίστης καὶ πρίματα, ἀποτελοῦν τὰ σπουδαιότερα μέρη τῶν

δπτικῶν δργάνων, δπως είναι τὸ ἀπλοῦν καὶ σύνθετον μικροσκόπιον, δ φωτογραφικός θάλαμος, τὸ τηλεσκόπιον, δ προβολεύς, ἡ κινηματογραφικὴ μηχανή, κλπ. Μέ ειδικοὺς φακοὺς επίσης θεραπεύονται ώρισμέναι βλάβαι τοῦ ἀνθρωπίνου δφθαλμοῦ, δ ὁποῖος ἀποτελεῖ ἔνα εἰδος δπτικοῦ δργάνου.

§ 254. Ἰσχὺς φακοῦ. Ἐνας φακὸς είναι τόσον περισσότερον συγκλίνων, δσον αἱ κύριαι ἐστίαι του εύρισκονται πλησιέστερον πρὸς τὸ δπτικόν του κέντρον· δσον δηλαδὴ ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ είναι μικροτέρα. Αὐτὸς ἀκριβῶς τὸ χαρακτηριστικὸν γνώρισμα ἐνὸς φακοῦ ἐκφράζει ἡ Ἰσχὺς τοῦ φακοῦ.

Ἡ Ἰσχὺς P ἐνὸς φακοῦ δρίζεται ἵση 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 εύρισκεται εἰς διοπτρίας.

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. Νὰ εύρεθῇ ἡ Ἰσχὺς ἐνὸς φακοῦ ἀκτίνος καμπυλότητος 20 cm.

Λύσις. Ἐπειδὴ 20 cm = 0,20 m, θὰ ἔχωμεν ὅτι :

$$P = \frac{1}{0,20} = 5 \text{ διοπτρίαι.}$$

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Αἱ φωτειναὶ ἀκτίνες, αἱ διαθλώμεναι ἀπὸ ὑαλίνους πλάκας μὲ παραλλήλους ἔδρας, δὲν ἐκτρέπονται ἀπὸ τὴν ἀρχικὴν τῶν διεύθυνσιν, ἀλλὰ μετατοπίζονται μόνον παραλλήλως.

2. Τὰ δπτικὰ πρίσματα είναι διαφανῆ μέσα περιοριζόμενα ἀπὸ τὰς δύο ἔδρας μιᾶς διέδρου γωνίας.

3. Ἀν μία φωτεινὴ ἀκτίς προσπέσῃ πλαγίως εἰς μίαν ἔδραν τοῦ πρίσματος, εἰσέρχεται εἰς τὸ πρίσμα καὶ διαθλᾶται. Ὅταν συναντήσῃ τὴν ἄλλην ἔδραν ἔξερχεται ἀπὸ τὸ πρίσμα καὶ διαθλᾶται πάλιν. Ἡ ἔξερχομένη ἀκτίς ἔχει ὑποστῆ ἐκτροπὴν ἀπὸ τὴν γωνίαν τὴν σχηματιζομένην ἀπὸ τὴν προσπίπτουσαν καὶ τὴν ἔξερχομένην ἀκτίνα.

4. Τὰ πρίσματα ὀλικῆς ἀνακλάσεως ἔχουν ως κυρίαν τομὴν δρθογώνιον ἰσοσκελές τρίγωνον. "Οταν μία φωτεινὴ ἀκτὶς προσπέσῃ καθέτως εἰς μίαν ἔδραν της δρθῆς διέδρου διαθλαστικῆς γωνίας τοῦ πρίσματος, συνεχίζει τὴν διάδοσίν της χωρὶς διάθλασιν καὶ συναντῶσα τὴν ὑποτείνουσαν ὑφίσταται ὀλικὴν ἀνακλασιν. Ή ἀνακλωμένη ἀκτὶς προσπίπτει καθέτως εἰς τὴν ἄλλην ἔδραν καὶ ἔξερχεται χωρὶς νὰ ὑποστῇ διάθλασιν.

5. Οἱ φακοὶ εἰναι διαφανὴ σώματα, τὰ ὁποῖα περιορίζονται ἀπὸ δύο σφαιρικὰς ἐπιφανείας ἢ μίαν σφαιρικὴν καὶ μίαν ἐπίπεδον, ὑποδιαιροῦνται δὲ εἰς δύο μεγάλας κατηγορίας, εἰς τοὺς συγκλίνοντας καὶ εἰς τοὺς ἀποκλίνοντας φακούς. Οἱ πρῶτοι μεταβάλλουν μίαν δέσμην παραλλήλων φωτεινῶν ἀκτίνων εἰς συγκλίνουσαν καὶ οἱ δεύτεροι εἰς ἀποκλίνουσαν.

6. Οἱ φακοὶ ἔχουν δύο συμμετρικὰς κυρίας ἐστίας καὶ δύο ἢ μίαν ἀκτίνας καμπυλότητος. Εἰς τοὺς συγκλίνοντας φακοὺς ἡ κυρία ἐστία εἰναι πραγματικὴ καὶ σχηματίζεται ἀπὸ τὴν δέσμην τῶν παραλλήλων ἀκτίνων, τὴν μεταβαλλομένην εἰς συγκλίνουσαν μετὰ τὴν ἔξοδόν της ἀπὸ τὸν φακόν. Εἰς τοὺς ἀποκλίνοντας φακοὺς ἡ κυρία ἐστία εἰναι φανταστικὴ καὶ σχηματίζεται ἀπὸ τὰς προεκτάσεις τῶν ἀκτίνων τῆς ἔξερχομένης δέσμης.

7. Ή ἀπόστασις α τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τὸ ὀπτικὸν κέντρον τοῦ φακοῦ, η ἀπόστασις β τοῦ εἰδώλου πάλιν ἀπὸ τὸ ὀπτικὸν κέντρον καὶ ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις f τοῦ φακοῦ συνδέονται μὲ τὴν σχέσιν :

$$\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{f}$$

Τὸ α εἰναι πάντοτε θετικὸς ἀριθμός, τὰ β καὶ f δύνανται νὰ εἰναι θετικοὶ ἢ ἀρνητικοὶ ἀριθμοί. "Οταν τὸ β εἰναι θετικόν, τὸ εἰδώλον εἰναι πραγματικόν. Τότε καὶ τὸ f εἰναι θετικὸν καὶ ὁ φακὸς συγκλίνων. "Οταν τὸ β εἰναι ἀρνητικὸν τὸ εἰδώλον εἰναι φανταστικόν. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ὁ φακὸς δύναται νὰ εἰναι συγκλίνων ἢ ἀποκλίνων. "Οταν τὸ f εἰναι ἀρνητικόν, ὁ φακὸς εἰναι ἀποκλίνων, ὅπότε καὶ τὸ β εἰναι ἀρνητικόν, ἐπειδὴ οἱ ἀποκλίνοντες φακοὶ δίδουν πάντοτε φανταστικὰ εἰδώλα.

8. "Οπως καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν τῶν κατόπτρων, η μεγέ-

Θυνσις Μ ένδος φακοῦ δίδεται άπὸ τὸν τύπον :

$$M = \frac{P}{a}$$

9. Οἱ φακοὶ, τὰ κάτοπτρα καὶ τὰ πρίσματα ἀποτελοῦν τὰ σπουδαιότερα μέρη τῶν ὀπτικῶν δργάνων.

A S K H S E I S

175. Ἀντικείμενον ἀπέχει 60 cm ἀπὸ συγκλίνοντα φακὸν καὶ παρέχει εἰδώλον εἰς ἀπόστασιν 20 cm ἀπὸ τὸ ὀπτικὸν κέντρον τοῦ φακοῦ. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ.
(*Απ. f = 15 cm.*)

176. Ἀντικείμενον εὑδίσκεται εἰς ἀπόστασιν 30 cm ἀπὸ τὸ ὀπτικὸν κέντρον ἐνὸς συγκλίνοντος φακοῦ καὶ παρέχει πραγματικὸν εἰδώλον εἰς ἀπόστασιν 120 cm ἀπὸ αὐτὸν. Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις καὶ ἡ μεγέθυνσις τοῦ φακοῦ.
(*Απ. f = 24 cm, M = 4.*)

177. Ἐμπροσθεν συγκλίνοντος φακοῦ ἐστιακῆς ἀποστάσεως 15 cm, τοποθετοῦμε ἀντικείμενον εἰς ἀπόστασιν 120 cm ἀπὸ τὸ ὀπτικὸν κέντρον τοῦ φακοῦ. Ἐάν τὸ ὑψος τοῦ ἀντικειμένου είναι 3,5 cm νὰ ὑπολογισθῇ ἡ θέσις τοῦ εἰδώλου καθὼς καὶ τὸ μέγεθός του.
(*Απ. β = 17,1 cm, E = 0,5 cm.*)

178. Ἀντικείμενον ὑψος 4 mm τοποθετεῖται εἰς ἀπόστασιν 10 cm ἀπὸ συγκλίνοντος φακοῦ, ἐστιακῆς ἀποστάσεως 12,5 cm. Νὰ εὑρεθῇ ἡ θέσις τοῦ εἰδώλου καθὼς καὶ τὸ μέγεθός του.
(*Απ. β = 50 cm, E = 20 mm.*)

179. Ἀντικείμενον τοποθετεῖται εἰς ἀπόστασιν 8 cm ἀπὸ ἀποκλίνοντος φακοῦ, ἐστιακῆς ἀποστάσεως 24 cm. Νὰ ὑπολογίσετε τὴν θέσιν τοῦ εἰδώλου καὶ τὴν μεγέθυνσιν.
(*Απ. — 6 cm ἐμπροσθεν τοῦ φακοῦ, M = 0,75.*)

180. Εἰς πόσην ἀπόστασιν ἀπὸ συγκεντρωτικοῦ φακοῦ ἐστιακῆς ἀποστάσεως 8 cm, πρέπει νὰ τοποθετήσωμεν ἀντικείμενον, τὸ πραγματικὸν εἰδώλον τοῦ ὄποιον νὰ ἔχῃ τὸ ἴδιον ὑψος μὲ τὸ ἀντικείμενον. Νὰ κατασκευάστε γραφικῶς τὸ εἰδώλον.
(*Απ. 16 cm.*)

181. Ἡ φλόξ ἐνὸς κηρίου ἔχει ὑψος 1,5 cm. Τὸ κηρίον τοποθετεῖται εἰς τὴν κνημίαν ἐστίαν ἀποκλίνοντος φακοῦ, ἐστιακῆς ἀποστάσεως 15 cm. Νὰ εὑρεθῇ ἡ θέσις καθὼς καὶ τὸ ὑψος τοῦ εἰδώλου τῆς φλογός, τὸ ὄποιον σχηματίζεται.
(*Απ. β = — 7,5 cm, E = 0,75 cm.*)

182. Συγκλίνων φακὸς ἔχει ἐστιακὴν ἀπόστασιν 60 cm. Νὰ εὑρεθῇ ἡ ισχὺς αὐτοῦ τοῦ φακοῦ.
(*Απ. P = 1,66 διοπτρώματα.*)

183. Νὰ εὑρεθῇ ἡ ισχὺς ἐνὸς ἀποκλίνοντος φακοῦ ἐστιακῆς ἀποστάσεως — 2.
(*Απ. — 4 διοπτρώματα.*)

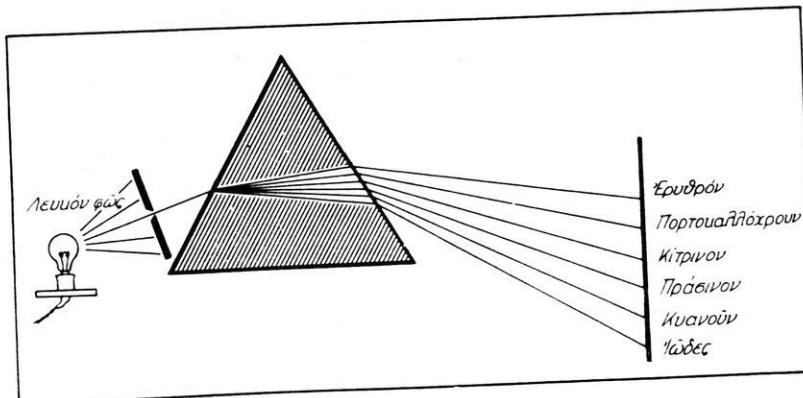
MZ' — ΑΝΑΛΥΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

§ 255. Φάσμα. Πείραμα. Ἐπάνω εἰς ἔνα πρῖσμα ἀφήνομεν νὰ προσπέσῃ μία δέσμη παρυλλήλων ἀκτίνων λευκοῦ φωτός, ἡ δούια νὰ προέρχεται, π.χ., ἀπὸ ἕναν ἡλεκτρικὸν λαμπτῆρα φωτισμοῦ, ἐμπροσθεν τοῦ ὅποιου ἔχομεν τοποθετήσει διάφραγμα μὲ στενὴν σχισμὴν (σχ. 266). Παρατηροῦμεν τότε ὅτι αἱ ἔξερχόμεναι ἀκτίνες, ἐκτὸς ἀπὸ τὴν ἐκτροπήν, ἔχουν ὑποστῆ καὶ ἀνάλυσιν. Ἐάν δηλαδὴ τὰς δεχθῶμεν ἐπάνω εἰς ἔνα πέτασμα, λαμβάνομεν μίαν ἔγχρωμον συνεχῆ ταινίαν, ἡ δούια ἀποτελεῖται κατὰ σειρὰν ἀπὸ τὰ ἀκόλουθα χρώματα : ἐρυθρόν, πορτοκαλλόχρουν, κίτρινον, πράσινον, κυανοῦν καὶ ἰᾶδες.

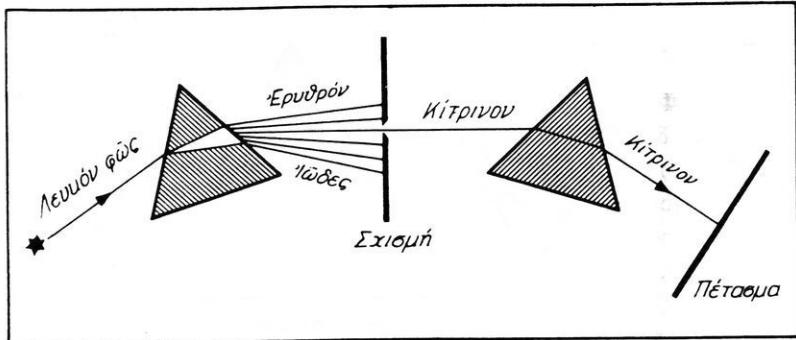
Τὸ φαινόμενον αὐτὸ δονομάζεται ἀνάλυσις τοῦ φωτός, ἡ δὲ ἔγχρωμος ταινία φάσμα.

“Οταν ἔνα φῶς περιέχῃ ἀκτίνας ἐνὸς μόνον χρώματος, δονομάζεται μονόχρονη ἢ ἀπλοῦν. Τὸ φῶς αὐτὸ δὲν ἀναλύεται ἀλλὰ παραμένει τὸ ἴδιον ὅταν διέλθῃ μέσα ἀπὸ ἔνα πρῖσμα (σχ. 267).

§ 256. Φασματικαὶ περιοχαί. Ἀν ἐμπροσθεν τοῦ φάσματος, τοῦ προερχομένου ἀπὸ λευκὸν φῶς καὶ τὸ ὅποιον σχηματίζεται ἐπάνω εἰς ἔνα πέτασμα, μετακινήσωμεν μίαν ἔντυπον σελίδα, παρατηροῦμεν ὅτι δυνάμεθα νὰ ἀναγνώσωμεν ἀνέτως τὸ ἔντυπον, ὅταν αὐτὸ εὑρίσκεται εἰς τὴν περιοχὴν τοῦ κιτρινοπρασίνου φωτός, ἐπειδὴ εἰς τὴν



Σχ. 266. Ἀνάλυσις τοῦ λευκοῦ φωτός διὰ μέσου πρίσματος.



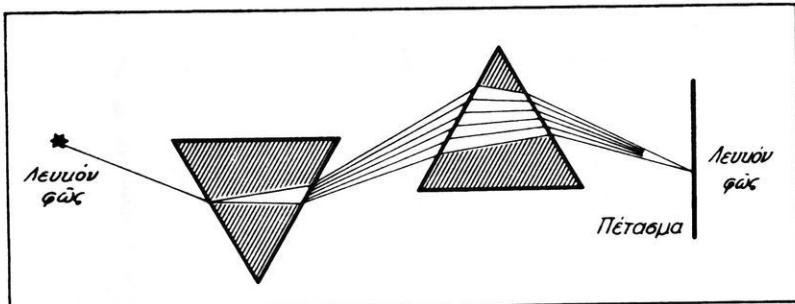
Σχ. 267. Τὰ ἀπλὰ χρώματα τοῦ φάσματος δὲν ἀναλύονται.

περιοχὴν αὐτὴν παρατηρεῖται ἡ μεγαλυτέρα φωτεινότης τοῦ φάσματος. Ἀντιθέτως αἱ δύο ἀκραῖαι περιοχαὶ τοῦ ἐρυθροῦ καὶ τοῦ ἵδου εἰναι σκοτειναὶ καὶ μὲν μεγάλην δυσκολίαν δυνάμεθα νὰ ἀναγνώσωμεν τὸ ἔντυπον.

Ἄν μετακινήσωμεν κατὰ μῆκος τοῦ φάσματος, ἔνα εὐαίσθητον θερμόμετρον, τὸ ὅργανον δεικνύει τὴν ὑψηλοτέραν θερμοκρασίαν εἰς τὴν ἐρυθρὰν περιοχὴν. Ἄν ἀφήσωμεν τὸ φάσμα νὰ προσβάλῃ μίαν συνηθισμένην φωτογραφικὴν πλάκα καὶ ὑστερὸν τὴν ἐμφανίσωμεν, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ἡ πλάκη προσβάλλεται ἐντονώτερον εἰς τὴν ἵδη περιοχὴν. Ἡ προσβολὴ δὲ τῆς φωτογραφικῆς πλακὸς ἐλαττοῦται ὥσον προχωροῦμεν πρὸς τὴν ἐρυθρὰν περιοχὴν, εἰς τὴν ὅποιαν ἡ πλάκη δὲν προσβάλλεται καθόλου. Δι’ αὐτὸν τὸν λόγον εἰς τὰ φωτογραφικὰ ἐργαστήρια χρησιμοποιοῦν ὅταν ἐργάζωνται, ἐρυθρὸν φωτισμόν.

Ἡ ἔγχρωμος ταινία τὴν ὅποιαν ἐσχημάτισε τὸ λευκὸν φῶς, μετὰ τὴν ἔξοδόν του ἀπὸ τὸ πρῆσμα καὶ ἀφοῦ συνήντησε τὸ πέτασμα, ὀνομάζεται ἴδιαιτέρως ὁρατὸν φάσμα, ἐπειδὴ διεγείρει τὸν διφθαλμόν, ὁ ὅποιος εἰναι τὸ αἰσθητῆριον τῆς ὁράσεως. Τὸ φάσμα ἐν τούτοις ἐκτείνεται καὶ πέραν τῆς ὁρατῆς περιοχῆς καὶ ἡ μὲν περιοχὴ, ἡ εὐρισκομένη πέραν ἀπὸ τὸ ἐρυθρόν, ὀνομάζεται ὑπέρουθρος περιοχή, ἐκείνη δὲ ἡτις εὑρίσκεται πέραν ἀπὸ τὸ ἵδες ὑπεριώδης περιοχή.

§ 257. Ἐξήγησις τῆς ἀναλύσεως τοῦ φωτός. Ἡ ἀνάλυσις τοῦ λευκοῦ φωτός μετὰ τὴν διέλευσίν του μέσα ἀπὸ ἔνα πρῆσμα, ἀποδει-



Σχ. 268. Ἀνασύνθεσις τοῦ φωτός.

κνύει ὅτι τὸ φῶς αὐτὸ δὲν εἶναι ἀπλοῦν ἀλλὰ σύνθετον. Πράγματι τὸ λευκὸν φῶς ἀποτελεῖται ἀπὸ ἀκτίνας ἀπειραρίθμων χρωμάτων, αἱ ὁποὶ ταὶ ὑφίστανται ἐκτροπὴν καὶ ἀποχωρίζονται, ὅταν ἔξελθουν ἀπὸ τὸ πρῆσμα. Τὴν μικροτέραν ἐκτροπὴν ὑφίστανται αἱ ἐρυθραὶ ἀκτίνες, τὴν δὲ μεγαλυτέραν αἱ ἰώδεις. Ἐν τούτοις ἡ διάκρισις τῶν χρωμάτων τοῦ φάσματος, μὲ διαφόρους δνομασίας, εἶναι αὐθαίρετος, ἐπειδὴ μεταξὺ τῶν χρωμάτων αὐτῶν ὑπάρχουν πολλαὶ ἀποχρώσεις, ἡ δὲ μετάβασις ἀπὸ τὸ ἕνα χρῶμα εἰς τὸ ἄλλο, γίνεται βαθμιαίως.

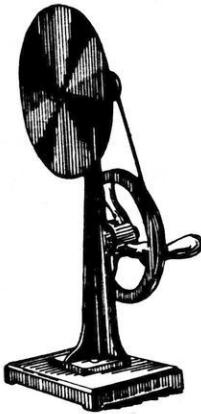
§ 258. Ἀνασύνθεσις τοῦ λευκοῦ φωτός. Ἄν αὐτοῖς ἀναμείξωμεν καταλλήλως τὰ χρώματα τοῦ φάσματος, δυνάμεθα νὰ ἀνασχηματίσωμεν τὸ λευκὸν φῶς. Ὁ Νεύτων ἔχρησιμοποίησε διὰ τὸν σκοπὸν αὐτὸν δύο ὅμοια πρίσματα, ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα 268.

'Απομακρυνθὲν φασματικὸν χρῶμα	ἐρυθρὸν	πορτοκαλλόχρουν	κίτρινον	πράσινον	κυανοῦν	ἰώδες
'Υπόλοιπον χρῶμα ἀναμείξεως	πράσινον	ἰώδες	κυανοῦν	ἐρυθρὸν	κίτρινον	πορτοκαλλόχρουν

Τὸ ἴδιον δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν ἀν στηριχθῶμεν εἰς τὸ φαινόμενον τῆς διαρκείας τῆς ὀπτικῆς ἐντυπώσεως. Εἰς τὸ φαινόμενον δηλαδὴ συμφώνως πρὸς τὸ ὅποῖον ὁ ἐρεθισμὸς τοῦ ὀφθαλμοῦ δὲν εἶναι ἀκ-

ριαῖος, ἀλλὰ διαρκεῖ περίπου 0,1 sec., ἀφοῦ παύση ἡ αἰτία, ἡ δοποία τὸν προεκάλεσε (μεταίσθημα).

Οὕτω δυνάμεθα νὰ προκαλέσωμεν ἀνάμειξιν τῶν χρωμάτων ἐντὸς τοῦ δόφθαλμοῦ μᾶς μὲ τὴν ἀκόλουθον μέθοδον. Λαμβάνομεν ἔνα δίσκον ἀπὸ χαρτόνιον, ἐπάνω εἰς τὸν ὅποιον ἔχουν ἐπικολληθῆναι 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 δυνατὸν περισσότερον πρὸς τὴν ἕκτασίν των εἰς τὸ δρατὸν φάσμα. Ἐὰν περιστρέψωμεν καταλλήλως τὸν δίσκον αὐτόν, ἡ ἐπιφάνειά του μᾶς φαίνεται λευκή.



Σχ. 269. Ἀνασύνθεσις τοῦ φωτὸς μὲ τὸν δίσκον τοῦ Νεύτωνος.

§ 259. Μεῖξις τῶν χρωμάτων. Ἐὰν εἰς τὸ πείραμα τῆς ἀνασύνθεσεως τοῦ λευκοῦ φωτὸς μὲ τὰ δύο πρίσματα ἐμποδίσωμεν ἔνα ἀπὸ τὰ ἀπλᾶ χρώματα, νὰ εἰσέλθῃ μαζὶ μὲ τὰ ἄλλα εἰς τὸ δεύτερον πρίσμα, τὰ ὑπόλοιπα χρώματα ὅταν συντεθοῦν δὲν θὰ δώσουν λευκὸν φῶς. Τὸ χρῶμα τοῦ φωτὸς τὸ ὅποιον θὰ προκύψῃ τότε, θὰ ἐξαρτηθῇ ἀπὸ τὸ ἀπομακρυνθὲν φῶς. Πάντοτε ὅμως, ὅταν αὐτὸν συνδυασθῇ μὲ τὸ ἀφαιρεθὲν χρῶμα, θὰ δώσῃ λευκὸν φῶς.

Οταν δύο χρώματα δίδουν, ἀφοῦ συντεθοῦν, λευκὸν φῶς, δνομάζονται 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 δυνατὸν νὰ παραχθῇ μὲ συνδυασμὸν ἐρυθροῦ, πρασίνου καὶ κυανοῦ φωτός. Ἐπίσης τὰ διάφορα ἄλλα χρώματα τοῦ φάσματος δύνανται νὰ παραχθοῦν μὲ σύνθεσιν φωτὸς ἀπὸ τὰ τρία χρώματα, ὑπὸ καταλλήλους ἀναλογίας. Ἐπειδὴ τὰ ἀνωτέρω συμβαίνουν μόνον μὲ τὰ τρία αὐτὰ χρώματα, δι' αὐτὸν τὸν λόγον τὰ χρώματα αὐτὰ δνομάζονται πρωτεύοντα χρώματα.

§ 260. Χρώματα τῶν σωμάτων. Τὰ χρώματα τῶν διαφόρων σωμάτων ὀφείλονται εἰς τὴν ἴκανότητα ἀνακλάσεως ἢ ἀπορρεφήσεως τοῦ φωτός, τὸ ὅποιον προσπίπτει ἐπ' αὐτῶν, ἂν εἶναι ἐτερόφωτα

σώματα, ή εἰς τὸ φῶς τὸ ὄποιον ἐκπέμπουν αὐτά, ἢν εἰναι αὐτόφωτα.

α) Ἐτερόφωτα σώματα. Τὸ χρῶμα τῶν ἑτεροφώτων σωμάτων ἔξαρταται ἀπὸ τὴν ἐκλεκτικὴν ἀπορρόφησιν τοῦ φωτός, τὸ ὄποιον προσπίπτει ἐπ' αὐτῶν.

Εἰς τὴν περίπτωσιν κατὰ τὴν ὄποιαν ἔνα σῶμα φαίνεται λευκόν, δταν φωτισθῇ μὲ λευκὸν φῶς, τότε τὸ σῶμα αὐτὸ λαμβάνει τὸ χρῶμα τοῦ φωτός μὲ τὸ ὄποιον φωτίζεται.

Διαφανῆ σώματα. "Οταν τὸ λευκὸν φῶς διέρχεται ἀπὸ διάφορα σώματα, ὅπως εἰναι π.χ. αἱ διάφοροι ἔγχρωμοι ὑάλιναι πλάκες, ὑφίσταται ἀπορρόφησιν ὡρισμένων ἀκτίνων του, ἐνδ αἱ ὑπόλοιποι, αἱ ἔξερχόμεναι δίδουν εἰς τὸ σῶμα τὸ χαρακτηριστικόν του χρῶμα. Οὕτω μία ὕαλος φαίνεται πρασίνη ἐπειδὴ ἀπὸ τὸ λευκὸν φῶς τὸ ὄποιον προσπίπτει ἐπ' αὐτῆς, ἐπιτρέπει νὰ διέρχωνται μόνον αἱ πράσιναι ἀκτίνες. Εἰς αὐτὸ τὸ φαινόμενον διφείλεται καὶ τὸ χρῶμα τῶν διαφόρων ἔγχρωμων διαλυμάτων.

Ἄδιαφανῆ σώματα. Διὰ νὰ ἴδωμεν ἔνα ἀδιαφανὲς σῶμα, πρέπει νὰ προσπέσῃ ἐπ' αὐτοῦ φῶς, τὸ ὄποιον κατόπιν, ἀφοῦ ἀνακλασθῇ ἡ διαχυθῆ, νὰ συναντήσῃ τὸν δόφθαλμόν μας. 'Αναλόγως μὲ τὸ ὑλικὸν τῆς ἐπιφανείας τοῦ σώματος εἰναι δυνατόν κατὰ τὴν διάχυσιν, νὰ ἀπορροφηθοῦν ὡρισμέναι ἀκτίνες, ὅπότε διαχέονται μόνον αἱ ὑπόλοιποι, αἱ ὄποιαι καὶ καθορίζουν τὸ χρῶμα τῆς ἐπιφανείας ἀπὸ τὴν ὄποιαν διαχέονται.

Οὕτως ἔνα ἔχρωμον ὑφασμα φαίνεται κυανοῦν, δταν φωτίζεται μὲ λευκὸν φῶς, ἐπειδὴ μόνον αἱ κυαναὶ ἀκτίνες διαχέονται, ἐνδ αἱ ὑπόλοιποι ἀπορροφῶνται. Τὸ ὑφασμα αὐτὸ ἢν φωτισθῇ μὲ μονόχρουν φῶς, διάφορον ἀπὸ κυανοῦν, θά φαίνεται βεβαίως μέλαν (μαῦρο).

"Αν ἔνα σῶμα ἀπορροφεῖ ὅλα τὰ χρώματα χωρὶς νὰ ἀνακλᾶ ἡ νὰ διαχέη οὐδέν, δνομάζεται μέλαν σῶμα (μαῦρο). Τοιοῦτον σῶμα, π.χ., εἰναι ἡ αιθάλη. 'Αντιθέτως, ἢν τὸ σῶμα δὲν ἀπορροφεῖ οὐδὲν χρῶμα, ἀλλὰ ἀνακλᾶ ὅλα τὰ χρώματα, δνομάζεται λευκὸν σῶμα. Τὰ σώματα τὰ ὄποια ἀπορροφοῦν ὅλα τὰ χρώματα, δχι δημιουργοῦνται τὸ λευκόν ποσοστόν, δνομάζονται φαιὰ σώματα (γκρίζα).

β) Αὐτόφωτα σώματα. Τὸ φῶς τῶν αὐτοφώτων σωμάτων ἔξαρταται ἀπὸ διαφόρους παράγοντας, π.χ. ἀπὸ τὴν θερμοκρασίαν των, δπως συμβαίνει μὲ τὰ πυρακτωμένα σώματα, ἀπὸ τὰς χημικὰς ἀντιδράσεις αἱ ὄποια συμβαίνουν εἰς αὐτά, δπως εἰς τὰς φλόγας κλπ.

1. Όταν μία δέσμη άκτινων λευκοῦ φωτός προσπέσῃ ἐπὶ ἐνὸς ὑαλίνου πρίσματος, ἀναλύεται μετά τὴν ἔξοδόν της ἀπὸ τὸ πρῆσμα καὶ σχηματίζει ἐπάνω εἰς ἕνα πέτασμα, μίαν ἔγχρωμον ταινίαν, ἡ ὅποια ὄνομάζεται φάσμα.

2. Τὰ ἀκραῖα χρώματα τοῦ φάσματος ἐρυθρὸν καὶ ἰῶδες, ὅριζουν τὴν ὄρατὴν περιοχήν του. Τὸ φάσμα ὅμως ἐκτείνεται καὶ πέραν ἀπὸ τὸ ἰῶδες χρῶμα (ὑπεριώδης περιοχὴ) καὶ πέραν ἀπὸ τὸ ἐρυθρὸν (ὑπέρερυθρος περιοχὴ).

3. Ή ἀνάλυσις τοῦ λευκοῦ φωτός διφείλεται εἰς τὸ ὅτι τὸ φῶς αὐτὸς εἶναι σύνθετον καὶ ἀποτελεῖται ἀπὸ ἀκτίνας αἱ ὅποιαι ὑφίστανται διαφορετικὴν ἐκτροπήν, ὅταν διέλθουν μέσα ἀπὸ ἕνα πρῆσμα.

4. Τὸ ἀναλελυμένον φῶς δύναται νὰ ἀνασυντεθῇ καὶ νὰ ἐπανασχηματίσῃ λευκὸν φῶς.

5. Δύο χρώματα δίδοντα λευκὸν φῶς, ὅταν συντεθοῦν, λέγονται συμπληρωματικὰ χρώματα. Τὸ ἐρυθρόν, τὸ πράσινον καὶ τὸ κυανοῦν χρῶμα εἶναι δυνατὸν νὰ δώσουν, ὅταν συντεθοῦν ὑπὸ καταλλήλους ἀναλογίας, λευκὸν ἡ φαιὸν χρῶμα ὅπως ἐπίσης καὶ ὁμοδήποτε χρῶμα τοῦ φάσματος καὶ ὄνομάζονται πρωτεύοντα χρώματα.

6. Τὰ χρώματα τῶν σωμάτων διφείλονται εἰς τὴν ἴκανότητα ἀνακλάσεως ἡ ἀπορροφήσεως τοῦ φωτός, τὸ ὅποιον προσπίπτει ἐπ' αὐτῶν, ἢν εἶναι ἐτερόφωτα, ἡ εἰς τὸ φῶς τὸ ὅποιον ἐκπέμπουν αὐτὰ τὰ ἴδια, ἢν εἶναι αὐτόφωτα.

ΜΗ' — ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΑ

§ 261. Γενικότητες. Γνωρίζομεν ἐκ πείρας, ὅτι ὅταν παρατηροῦμεν μὲ γυμνὸν διφθαλμὸν καὶ μὲ τὰς ἴδιας συνθήκας, δύο γειτονικὰς ἐπιφανείας παρομοίας φύσεως, δυνάμεθα νὰ ἐκτιμήσωμεν ἢν δέχωνται τὸν ἴδιον φωτισμόν, ἐπειδὴ τότε θὰ παρουσιάζουν τὴν ἴδιαν φωτεινότητα.

Αἱ διάφοροι φωτειναὶ πηγαὶ ἐκπέμπουν εἰς τὸν χῶρον φῶς, τὸ

δποίον συναντᾶ εἰς τὴν πορείαν του τὰ διάφορα ἀντικείμενα, τὰ όποια οὕτω φωτίζονται καὶ γίνονται όρατά.

Προκειμένου περὶ τῶν φωτεινῶν πηγῶν μᾶς ἐνδιαφέρει νὰ γνωρίζωμεν τὴν φωτεινὴν ἴσχὺν (ἢ φωτεινὴν ἔντασίν των), ὅσον ἀφορᾶ δόμως τὰς ἐπιφανείας τῶν φωτιζομένων σωμάτων μᾶς ἐνδιαφέρει νὰ γνωρίζωμεν τὸν φωτισμόν των.

“Ολοι θὰ ἔχωμεν παρατηρήσει ὅτι αἱ φωτειναὶ πηγαὶ εἰναι σώματα ἔχοντα ὑψηλὴν θερμοκρασίαν, γεγονὸς τὸ ὄποιον ἀποδεικνύει ὅτι ὑπάρχει σχέσις μεταξὺ φωτὸς καὶ θερμότητος. Ἐχομεν ἐπίσης παρατηρήσει ὅτι ἔνα σῶμα τὸ ὄποιον φωτίζεται, θερμαίνεται. Αὐτὸ ἀποδεικνύει ὅτι τὸ φῶς εἰναι μία μορφὴ ἐνέργειας, ἡ ὄποια ὀνομάζεται φωτεινὴ ἐνέργεια.

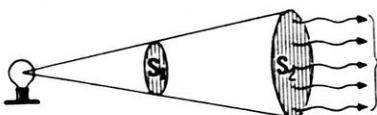
§ 262. Φωτεινὴ ροή. Μία φωτεινὴ πηγὴ ἐκπέμπει φωτεινὴν ἐνέργειαν πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις. Ἀν θεωρήσωμεν ἔνα κῶνον, ὁ ὄποιος νὰ ἔχῃ κέντρον τὴν πηγὴν, τότε αὐτὴ ἐκπέμπει ἀδιακόπως φωτεινὴν ἐνέργειαν ἐντὸς τοῦ κώνου (σχ. 270). Ἀν λοιπὸν ὀνομάσωμεν Ε τὴν φωτεινὴν ἐνέργειαν, τὴν ὄποιαν ἐκπέμπει ἡ πηγὴ ἐντὸς τοῦ κώνου καὶ εἰς χρονικὸν διάστημα t, τότε τὸ πηλίκον :

$$\Phi = \frac{E}{t}$$

καλοῦμεν φωτεινὴν ροήν. Ἐπομένως :

Φωτεινὴ ροή Φ ὀνομάζεται ἡ φωτεινὴ ἐνέργεια, ἡ ὄποια διέρχεται εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου, ἀπὸ ἔνα ώρισμένον κῶνον ἔχοντα κορυφὴν τὴν φωτεινὴν πηγὴν.

$$\text{φωτεινὴ ροή} = \frac{\text{φωτεινὴ ἐνέργεια}}{\text{χρόνος}}$$



Σχ. 270. Ἀπὸ τὰς διατομὰς S_1 καὶ S_2 διέρχεται ἡ ίδια φωτεινὴ ροή Φ .

§ 263. Φωτεινὴ ἴσχὺς ἢ ἔντασις μιᾶς φωτεινῆς πηγῆς. Ἡ φωτεινὴ ἴσχὺς εἰναι ἔνα φυσικὸν μέγεθος χαρακτηρίζον τὰς φωτεινὰς πηγάς, ἃν ἀκτινοβολοῦν δηλαδὴ ἐντονώτερον ἢ ἀμυδρότερον.

“Ας θεωρήσωμεν μίαν φωτεινήν πηγὴν καὶ μίαν στερεὰν γωνίαν, ἔχουσαν τὴν κορυφήν της ἐπὶ τῆς φωτεινῆς πηγῆς. Ἐντὸς τῆς στερεᾶς γωνίας Ω ἐκπέμπεται ἀπὸ τὴν φωτεινήν πηγὴν φωτεινὴ ροὴ Φ. Τὸ πηλίκον I τῆς φωτεινῆς ροῆς Φ πρὸς τὴν στερεάν γωνίαν Ω, ἐντὸς τῆς δόποιας διαδίδεται, δύνομάζεται φωτεινὴ ἰσχὺς ἢ ἔντασις τῆς πηγῆς.

“Ωστε :

Φωτεινὴ ἰσχὺς ἢ ἔντασις μιᾶς φωτεινῆς πηγῆς δύνομάζεται τὸ πηλίκον τῆς φωτεινῆς ροῆς Φ, ἢ δόποια ἐκπέμπεται ἐντὸς μιᾶς στερεᾶς γωνίας Ω, ἔχουσης τὴν κορυφήν της ἐπὶ τῆς πηγῆς, πρὸς τὴν στερεάν γωνίαν Ω.

Δηλαδή :

$$I = \frac{\Phi}{\Omega}$$

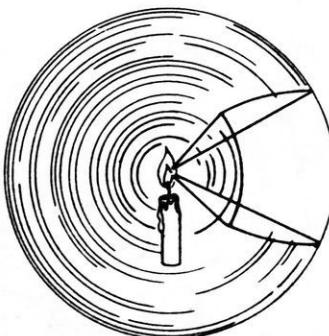
Μονάδες φωτεινῆς ροῆς καὶ φωτεινῆς ἰσχύος. ‘Ως μονάδα φωτεινῆς ροῆς χρησιμοποιοῦμεν τὸ **Λοῦμεν** (1 Lumen) (σχ. 271).

Μονάς φωτεινῆς ἰσχύος είναι τὸ νέον ἢ διεθνὲς **κηρίον** (1 NK).

Τὸ νέον κηρίον ἔχει φωτεινήν ἰσχὺν ἴσην μὲ τὸ 1/60 τῆς φωτεινῆς ἰσχύος, ἢ δόποια ἐκπέμπεται ἀπὸ ἐπιφάνειαν ἐνὸς τετραγωνικοῦ ἑκατοστομέτρου (τελείως μέλανος σώματος), τὸ δόποιον εὑρίσκεται εἰς τὴν θερμοκρασίαν τήξεως τοῦ λευκοχρύσου (1770° C.).

§ 264. Φωτισμὸς ἐπιφανείας. “Οταν ἐπὶ μιᾶς ἐπιφανείᾳς προσπίπτῃ φῶς, λέγομεν δτι ἡ ἐπιφάνεια φωτίζεται. Ἀν θεωρήσωμεν μίαν ἐπιφάνειαν μὲ ἐμβαδὸν S, ἢ δόποια φωτίζεται δύμοιομόρφως ἀπὸ τὴν φωτεινὴν ροὴν Φ μιᾶς πηγῆς, τότε :

‘Ονομάζομεν φωτισμὸν B μιᾶς ἐπιφανείας, ἐμβαδοῦ S, τὸ πηλίκον τῆς φωτεινῆς ροῆς Φ, ἢ δόποια προσπίπτει



Σχ. 271. Διά τὴν κατανόησιν τῆς μονάδος τῆς φωτεινῆς ροῆς 1 Lumen.

επὶ τῆς ἐπιφανείας ὁμοιομόρφως, πρὸς τὸ ἐμβαδὸν Σ τῆς ἐπιφανείας αὐτῆς.

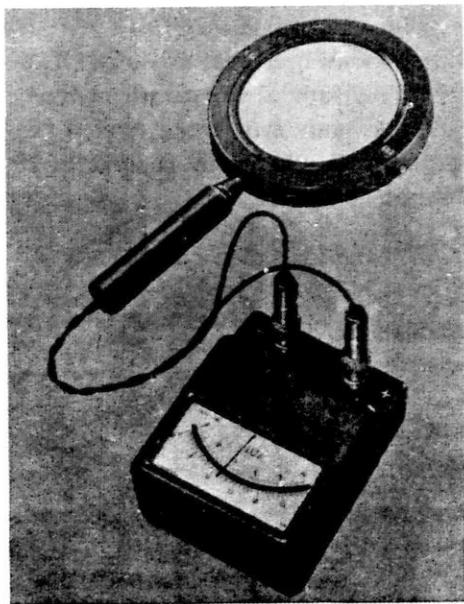
Δηλαδή :

$$\mathbf{B} = \frac{\Phi}{S}$$

Μονάς φωτισμοῦ. Ἐν εἰς τὸν ἀνωτέρω τύπον ἡ Φ εἶναι ἵση μὲ 1 Lumen καὶ ἡ S μὲ 1 m^2 , τότε τὸ B ἰσοῦται μὲ τὴν μονάδα τοῦ φωτισμοῦ, ἡ ὅποια δονομάζεται **Λοὺξ** (1 Lux). Ὡστε :

$$1 \text{ Lux} = \frac{1 \text{ Lumen}}{1 \text{ m}^2}$$

Ο φωτισμὸς μιᾶς ἐπιφανείας ἐμβαδοῦ $1 m^2$ εἶναι ἵσος πρὸς 1 Lux, δταν ἡ ἐπιφάνεια φωτίζεται ὁμοιομόρφως μὲ φωτεινὴν ροὴν 1 Lumen.



Σχ. 272. Φωτόμετρον μὲ φωτοστοιχεῖον.

Ο φωτισμὸς ἐνὸς χώρου εἰς τὸν ὅποιον πρόκειται νὰ γίνῃ μία ἔργασια, ἔχαρταται ἀπὸ τὸ εἰδὸς τῆς ἔργασιας. Δι' ἀνάγνωσιν ἀπαιτεῖται σχετικῶς μεγαλύτερος φωτισμὸς παρὰ δι' ἄλλας ἔργασιας. Ο φωτισμὸς τὴν ἡμέρα εἰς τὸ ὑπαιθρὸν εἶναι περίπου 20.000 Lux, ἐνῷ μέσα εἰς ἕνα δωμάτιον 1 000 Lux.

§ 265. Φωτόμετρα. Τὰ φωτόμετρα εἶναι δργανα χρησιμοποιούμενα διὰ τὴν μέτρησιν τοῦ φωτισμοῦ. Ἀποτελοῦνται συνήθως ἀπὸ ἕνα φωτοστοιχεῖον, τὸ ὅποιον δταν φωτίζεται, παράγει ἡλεκτρικὸν ρεῦμα. Η ἐντασις τοῦ ρεύματος εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸν φωτισμὸν τὸν ὅποιον δέχεται τὸ φωτοστοιχεῖον, τὸ ὅποιον συνδέεται μὲ ἕνα εὐπαθές γαλ-

βανόμετρον (σχ. 272), και αὐτὸ μετρεῖ τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος τοῦ προκαλουμένου ἀπὸ τὸ φωτοστοιχεῖον. Είναι δὲ βαθμολογημένον κατὰ τοιοῦτον τρόπον ὅστε οἱ ἐνδείξεις του νὰ δίδουν τὸν φωτισμὸν ἀπ' εὐθείας εἰς Lux.

§ 266. Νόμοι τοῦ φωτισμοῦ. Ὁ φωτισμὸς Β τὸν ὄποιον δέχεται μία ἐπιφάνεια S, ἔξαρτᾶται ἀπὸ τοὺς ἀκολούθους παράγοντας : α) ἀπὸ τὴν φωτεινὴν ισχὺν τῆς πηγῆς, β) ἀπὸ τὴν ἀπόστασιν τῆς ἐπιφανείας ἐκ τῆς φωτεινῆς πηγῆς καὶ γ) ἀπὸ τὴν γωνίαν προσπτώσεως τῶν ἀκτίνων.

1ος νόμος. Ὁ φωτισμὸς Β, τὸν ὄποιον δέχεται μία ἐπιφάνεια S, τοποθετημένη εἰς ὡρισμένην ἀπόστασιν ἀπὸ μίαν φωτεινὴν πηγὴν καὶ εἰς τοιαύτην θέσιν ὅστε νὰ δέχεται καθέτως τὰς ἀκτίνας, είναι ἀνάλογος πρὸς τὴν φωτεινὴν ισχὺν I τῆς πηγῆς.

Συμφώνως πρὸς τὸν νόμον αὐτὸν, ἂν τοποθετήσωμεν ἔμπροσθεν ἐνὸς φωτομέτρου δύο δόμοίους λαμπτῆρας, τὸ δργανον θὰ δεῖξῃ διπλασίαν ἐνδείξιν ἀπὸ ἐκείνην ἡ ὄποια ἀντιστοιχεῖ εἰς ἓνα λαμπτῆρα.

2ος νόμος. Ὁ φωτισμὸς Β, ὁ προκαλούμενος ἀπὸ μίαν σημειακὴν φωτεινὴν πηγήν, μὲ ὡρισμένην φωτεινὴν ἔντασιν I, ἐπὶ μιᾶς ἐπιφανείας S, ἐπὶ τῆς ὄποιας προσπίπτουν καθέτως αἱ ἀκτίνες της, είναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἀποστάσεως γ τῆς ἐπιφανείας ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγήν.

Διὰ νὰ ἀποδείξωμεν αὐτὸν τὸν νόμον, τοποθετοῦμεν ἓνα φωτόμετρον ἔμπροσθεν μιᾶς φωτεινῆς πηγῆς καὶ εἰς ὡρισμένην ἀπόστασιν, ὅπότε τὸ δργανον θὰ δώσῃ μίαν ἐνδείξιν, ἡ ὄποια θὰ παρέχῃ τὸν φωτισμὸν τὸν ὄποιον δέχεται τὸ φωτόμετρον. Ἀν κατόπιν διπλασιάσωμεν, τριπλασιάσωμεν, τετραπλασιάσωμεν, κλπ., τὴν ἀπόστασιν τοῦ φωτομέτρου ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγήν, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ὁ φωτισμὸς γίνεται 4, 9, 16, κλπ., φοράς μικρότερος.

‘Ο πρῶτος καὶ ὁ δεύτερος νόμος τοῦ φωτισμοῦ περιέχονται εἰς τὸν τύπον :

$$B = \frac{I}{r^2}$$

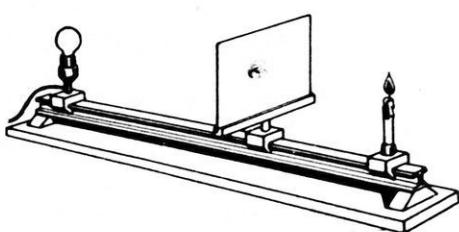
3ος νόμος. Ό ο φωτισμός μιᾶς ἐπιφανείας ἔχει τάπαι από τὸν προσανατολισμόν της, σχετικῶς πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῶν ἀκτίνων.

Πράγματι ἂν κρατοῦμεν τὸ φωτόμετρον εἰς ἀπόστασιν ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγὴν καὶ στρέφομεν τὸ δργανόν, ώστε νὰ μεταβάλλωμεν τὴν κλίσιν τῆς φωτιζομένης ἐπιφανείας του, παρατηροῦμεν ὅτι ὁ φωτισμός γίνεται μέγιστος, ὅταν προσπίπτουν καθέτως αἱ φωτειναὶ ἀκτίνες. Ὅταν δῶμας αἱ φωτειναὶ ἀκτίνες προσπίπτουν πλαγίως, ὁ φωτισμός γίνεται μικρότερος, ἐλαττώνονται δηλαδὴ αἱ ἐνδείξεις τοῦ δργάνου.

§ 267. Τύπος τῶν ἴσων φωτισμῶν. Διὰ νὰ συγκρίνωμεν τὰς φωτεινὰς ἴσχυς I_1 καὶ I_2 δύο φωτεινῶν πηγῶν, φωτίζομεν καθέτως μίαν ἐπιφάνειαν, διαδοχικῶς μὲ ἑκάστην ἀπὸ τὰς πηγάς, φέροντες αὐτὴν εἰς ἀπόστασεις r_1 καὶ r_2 τοιαύτας, ώστε ὁ φωτισμός νὰ εἴναι καὶ εἰς τὰς δύο περιπτώσεις ὁ ἴδιος.

Αὐτὸ ἐπιτυγχάνεται ἀπλούστερον ἂν αἱ δύο φωτειναὶ πηγαὶ εύρισκωνται εἰς μίαν ώρισμένην ἀπόστασιν μεταξὺ των, ἐνῷ εἰς τὸ ἐνδιάμεσον μετακινεῖται, στηριγμένον εἰς κατάλληλον πλαίσιον, ἕνα φύλλον χάρτου, τὸ δοποῖον ἔχει μίαν κηλίδα ἀπὸ ἔλαιον (σχ. 273). Ὅταν, ἀφοῦ μετακινήσωμεν καταλλήλως τὸν ἔλαιωμένον χάρτην, ἔξαφανίσωμεν τὴν κηλίδα, ἔχομεν ἐπιτύχει ἰσοφωτισμὸν τῶν δύο ὅψεων τοῦ χάρτου.

Συμφώνως πρὸς τὸν δρισμὸν τοῦ φωτισμοῦ θὰ ἔχωμεν τότε διτι :



Σχ. 273. Φωτόμετρον τοῦ Bunsen. Ὅταν τὸ πέτασμα ἰσοφωτίζεται, ἔξαφανίζεται ἡ κηλίδα.

$$B = \frac{I_1}{r_1^2} \text{ καὶ } B = \frac{I_2}{r_2^2}$$

δόποτε θὰ εἴναι :

$$\frac{I_1}{r_1^2} = \frac{I_2}{r_2^2} \text{ ή } \frac{I_1}{I_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2}$$

Ἐπομένως :

Ὅταν δῶμας φωτειναὶ πηγαὶ φωτίζουν ἐξ ἴσου μίαν ἐπιφάνειαν, μὲ κάθετον πρόσπιωσιν τῶν ἀκτίνων, τότε αἱ φωτειναὶ ἴσχυες τῶν πηγῶν

είναι άνάλογοι πρὸς τὰ τετράγωνα τῶν ἀποστάσεών των ἀπὸ τὴν φωτιζομένην ἐπιφάνειαν.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Ἡ λαμπρότης μιᾶς φωτεινῆς πηγῆς ἐκφράζεται ἀπὸ τὴν φωτεινὴν ἴσχυν ἡ φωτεινὴν ἔντασιν τῆς πηγῆς. Προκειμένου περὶ μιᾶς φωτιζομένης ἐπιφανείας, ἐνδιαφέρει ἡ γνῶσις τοῦ φωτισμοῦ τῆς.

2. Τὸ φῶς είναι μία μορφὴ ἐνέργειας, ἡ ὁποία ὀνομάζεται φωτεινὴ ἐνέργεια.

3. Ἡ φωτεινὴ ἐνέργεια Ε, ἡ ὁποία διέρχεται εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου μέσα ἀπὸ ἓνα κῶνον, ἔχοντα τὴν κορυφήν του ἐπὶ τῆς φωτεινῆς πηγῆς, ὀνομάζεται φωτεινὴ ροή Φ.

4. Τὸ πηλίκον τῆς φωτεινῆς ροῆς Φ, ἡ ὁποία ἐκπέμπεται μέσα εἰς μίαν στερεάν γωνίαν Ω, ἀπὸ μίαν φωτεινὴν σημειακὴν πηγήν, εύρισκομένην εἰς τὴν κορυφήν τῆς στερεᾶς γωνίας, πρὸς τὴν στερεάν γωνίαν Ω, ὀνομάζεται φωτεινὴ ἴσχυς I ἡ ἔντασις τῆς πηγῆς.

5. Μονάς φωτεινῆς ροῆς είναι τὸ 1 Lumen καὶ φωτεινῆς ἴσχυος τὸ 1 νέον ἡ διεθνὲς κηρίον (1 NK). Τὸ πηλίκον τῆς φωτεινῆς ροῆς Φ, τὸ ὅποιον δέχεται μία ἐπιφάνεια S, ὑπὸ κάθετον πρόσπτωσιν τῶν ἀκτίνων, πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν S, ὀνομάζεται φωτισμὸς Β τῆς ἐπιφανείας.

6. Μονάς φωτισμοῦ είναι τὸ 1 Lux.

7. Τὰ φωτόμετρα είναι ὄργανα χρησιμοποιούμενα διὰ τὴν μετρησιν τοῦ φωτισμοῦ.

8. Ὁ φωτισμὸς Β τὸν ὅποιον δέχεται μία ἐπιφάνεια S είναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἔντασιν τῆς φωτεινῆς πηγῆς, ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἀποστάσεως γ τῆς ἐπιφανείας ἀπὸ τὴν πηγὴν καὶ ἔξαρται ἀπὸ τὸν προσανατολισμὸν τῆς ἐπιφανείας σχετικῶς πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῶν ἀκτίνων. Διὰ κάθετον πρόσπτωσιν τῶν ἀκτίνων ἴσχυει ἡ σχέσις :

$$B = \frac{I}{r^2}$$

9. Όταν δύο φωτεινά πηγαὶ μὲ ἐντάσεις I_1 καὶ I_2 εὑρίσκωνται εἰς ἀποστάσεις r_1 καὶ r_2 ἀπὸ μίαν ἐπιφάνειαν καὶ τὴν ἰσοφωτίζουν μὲ κάθετον πρόσπτωσιν τῶν ἀκτίνων, ἵσχει ὁ ἀκόλουθος τύπος τοῦ ἰσοφωτισμοῦ :

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{r_1^2}{r_2^2}$$

AΣΚΗΣΕΙΣ

184. Πόσα Lumen προσπίπτον χαθέτως ἐπάνω εἰς μίαν ἐπιφάνειαν ἐμβαδοῦ $5 m^2$, ὅταν ὁ φωτισμὸς τῆς ἐπιφανείας αὐτῆς είναι $12 Lux$. (*Απ. 60 Lumen.*)

185. Εἰς τὸ κέντρον μᾶς σφαίρας, ἀκτίνος $2 m$, εὑρίσκεται ἓνας μικρὸς ἡλεκτρικὸς λαμπτήρ. Νὰ εὑρεθῇ ἡ φωτεινὴ ἵσχυς τού, ἐάν ἡ σφαίρα δέχεται φωτισμὸν $2 Lux$. (*Απ. 8 NK.*)

186. Πόση είναι ἡ ἵσχυς μᾶς φωτεινῆς πηγῆς, ἡ ὥποια προκαλεῖ, μὲ κάθετον πρόσπτωσιν τῶν ἀκτίνων τῆς ἐπάνω εἰς μίαν ἐπιφάνειαν, φωτισμὸν $20 Lux$, ὅταν ἡ ἐπιφάνεια ἀπέχῃ $6 m$ ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγῆν. (*Απ. 720 NK.*)

187. Δύο φωτεινά πηγαὶ συγκρίνονται μὲ ἓνα φωτόμετρον. "Όταν ἐπιτυγχάνεται ἰσοφωτισμὸς τοῦ φωτομέτρου, αἱ ἀποστάσεις τῶν φωτεινῶν πηγῶν ἀπὸ τὴν ἰσοφωτιζομένην ἐπιφάνειαν τοῦ φωτομέτρου είναι $30 cm$ καὶ $60 cm$ ἀντιστοίχως. Ἐάν ἡ φωτεινὴ ἵσχυς τῆς μικροτέρας φωτεινῆς πηγῆς είναι $10 NK$, νὰ εὑρεθῇ ἡ φωτεινὴ ἵσχυς τῆς ἄλλης πηγῆς. (*Απ. 40 NK.*)

188. Εἰς πόσον ὑψός ἐπάνω ἀπὸ μίαν τράπεζαν, πρεπει νὰ εὑρίσκεται ἓνας λαμπτήρ $100 NK$, διὰ νὰ προκαλῇ φωτισμὸν $50 Lux$. (*Απ. 141 cm.*)

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

I. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

	Σελ.
A'.	5
B'.	14
Γ'.	25
Δ'.	32
Ε'.	43
ΣΤ'.	55
Ζ'.	63
Η'.	73
Θ'.	80

II. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ

I'.	88
ΙΑ'.	90
ΙΒ'.	99
ΙΓ'.	103
ΙΔ'.	108
ΙΕ'	114

III. ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ

ΙΣΤ'.	121
ΙΖ'.	131

IV. ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ - ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

ΙΗ'.	138
ΙΘ'.	143
Κ'.	150
ΚΑ'.	157
ΚΒ'.	161

ΚΓ'.	'Ηλεκτρόλυσις. Δευτερεύουσαι χημικαὶ ἀντιδράσεις	168
ΚΔ'.	'Ηλεκτρόλυσις. Νόμοι τοῦ Φάρανταιν. Ἐφαρμογαὶ	175
ΚΕ'.	Ποσότης ἡλεκτρισμοῦ. Μονάς Κουλόμπ. Ἐντασις ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Μονάς Ἀμπέρ	182
ΚΣΤ'.	Θερμικὰ ἀποτελέσματα τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος	190
ΚΖ'.	'Ηλεκτρικὴ ἐνέργεια. Ἡλεκτρικὴ ἴσχυς	198
ΚΗ'.	Διαφορὰ δυναμικοῦ. Μονάς Βόλτ	204
ΚΘ'.	Πρακτικὴ μέτρησις διαφορᾶς δυναμικοῦ	212
Λ'.	'Ἐφαρμογαὶ τοῦ νόμου τοῦ Τζάουλ. Φωτισμὸς - Θέρμανσις	217
ΛΑ'.	Πειραματικὴ σπουδὴ τῆς ἀντιστάσεως ἐνὸς ἀγωγοῦ	223
ΛΒ'.	Σύνδεσις ἀντιστάσεων	232
ΛΓ'.	'Ηλεκτρικαὶ πηγαὶ	241
ΛΔ'.	'Ηλεκτρικὴ ἴσχυς μιᾶς γεννητρίας	249
ΛΕ'.	Συσσωρευταὶ	256
ΛΣΤ'.	Μαγνήται. Μαγνητικὴ πυξίς	261
ΛΖ'.	'Ἀλληλεπιδρασις τῶν μαγνητικῶν πόλων	267
ΛΗ'.	Μαγνητικὸν πεδίον εὐθυγράμμου ἀγωγοῦ καὶ μαγνητικὸν πεδίον σωληνοειδοῦς	274
ΛΘ'.	'Ηλεκτρομαγνήται	282
Μ'.	'Ἀλληλεπιδρασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος καὶ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου	288
ΜΑ'.	'Ηλεκτρικοὶ κινητῆρες	292

V. ΟΠΤΙΚΗ

ΜΒ'.	Εὐθύγραμμος διάδοσις τοῦ φωτὸς	295
ΜΓ'.	'Ανάκλασις τοῦ φωτὸς. Ἐπίπεδα κάτοπτρα	302
ΜΔ'.	Σφαιρικὰ κάτοπτρα	310
ΜΕ'.	Διάθλασις τοῦ φωτὸς	321
ΜΣΤ'.	Πρίσματα καὶ φακοὶ	327
ΜΖ'.	'Ανάλυσις τοῦ φωτὸς	340
ΜΗ'.	Φωτομετρία	345

ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΦΗΣΙΣ : ΒΑΣΙΛΙΚΗΣ ΑΓΓΕΛΙΔΟΥ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



024000019686

*Εκδοσις Γ', 1974 (IV) - *Αντίτυπα 117.000 - Σύμβασις: 2393/14-3-74

*Εκτύπωσις - Βιβλιοδεσία : I. ΔΙΚΑΙΟΣ

