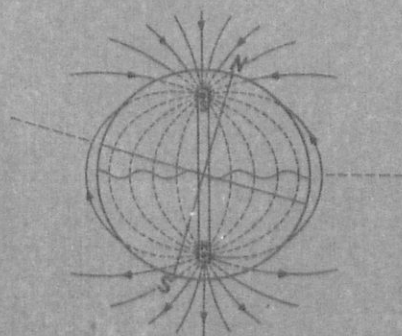


ΣΑΛΤΕΡΗ Γ. ΠΕΡΙΣΤΕΡΑΚΗ

# ΦΥΣΙΚΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ

Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ



ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ  
ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ  
ΕΝ ΑΘΗΝΑΙΣ 1969

Ε

2

Φ 25

Περὶ γραμμῶν (Σαζαρόν, Γ)



ΦΥΣΙΚΗ 5/5 = 23+

# ΦΥΣΙΚΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ

ΔΩΡΕΑ  
ΕΘΝΙΚΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ

Η ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΤΟ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΕΘΝΟΣ

Ε 2 φ 56  
Περικλής (Σαλτερή, Γ)  
(ΣΑΛΤΕΡΗ Γ.) ΠΕΡΙΣΤΕΡΑΚΗ

# ΦΥΣΙΚΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ

Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ



ΕΛΛΑΣ



ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΒΟΥΛΗΣ

ΕΔΩΡΗΣΑΤΟ

Ο.Ε.Δ.Β.

αριθ. απόθ. είσοδ.

3276

αριθ. έτους 1969

1969

21 ΑΠΡΙΛΙΟΥ

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ

ΑΘΗΝΑΙ 1969

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

002  
hne  
ET2B  
1594

ΦΥΣΙΚΗ

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ

ΥΠΟΧΡΕΩΤΙΚΗ

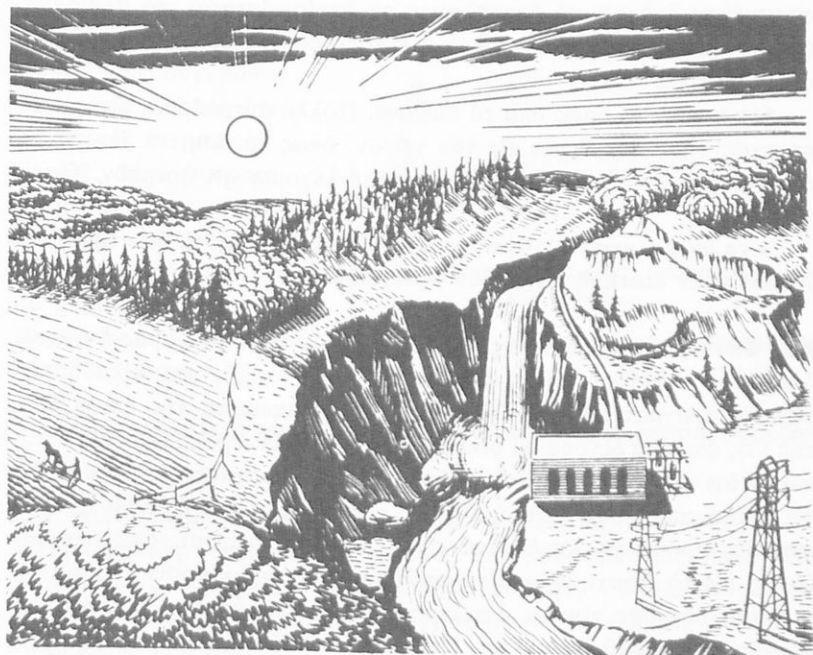
ΒΑΛΕ

ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ ΕΚΔΟΣΗ

ΕΤΕΡΟΔΟΤΗΤΟ

ΕΤΕΡΟΔΟΤΗΤΟ

ΣΤΑΘΕΡΟΙ



# Ι. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

## Α'—ΚΙΝΗΣΙΣ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

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

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

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

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

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

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

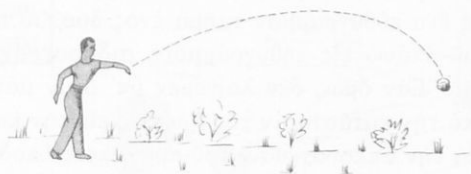
**§ 2. Φαινομενικὴ καὶ πραγματικὴ κίνησις.** Πολλὰς φορές ἡ ἡρεμία διαφόρων σωμάτων εἶναι φαινομενικὴ, δὲν συμβαίνει δηλαδὴ καὶ εἰς τὴν πραγματικότητα. Οὕτως ἐνῶ τὰ ἀντικείμενα τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς ὅπως τὰ δένδρα, αἱ οἰκίαι, οἱ βράχοι κ.λπ. προκαλοῦν τὴν ἐντύπωσιν ὅτι ἡρεμοῦν καὶ εἶναι ἀκίνητα, εἰς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

**"Ἡ ἡρεμία καὶ ἡ κίνησις εἶναι ἔννοιαι σχετικαί. "Ἐνα σῶμα κινεῖται ἢ ἡρεμεῖ ὥς πρὸς ἓνα ἄλλον σῶμα, τὸ ὅποιον θεωροῦμεν ὥς ἀκίνητον.**

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

Έκαστον οὐράνιον σῶμα λαμβάνει συγχρόνως μέρος εἰς πολλές διαφορετικὰς κινήσεις.

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



Σχ. 1. Ὁ ἐκτινασσόμενος λίθος διαγράφει καμπύλην τροχίαν.

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

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

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

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

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

νήσεις του σαλιγκάρου επάνω εις μίαν ευθείαν ράβδον, του ποδηλάτου εις ένα ευθύγραμμον τμήμα ενός δρόμου ή του σιδηροδρομικού συρμού επάνω εις ευθυγράμμους σιδηροτροχιάς, είναι πολύ διαφορετικά. Εάν όμως δεν λάβωμεν υπ' όψιν μας, πώς γίνεται ή μετάβασις από την κατάστασιν της ηρεμίας εις την κατάστασιν της κινήσεως και διά την απλούστευσιν του πράγματος υποθέσωμεν ότι εκαστον από τα ανωτέρω τρία σώματα κινείται κατά τοιοῦτον τρόπον, ώστε εις ίσους χρόνους νά διανύη ίσα διαστήματα, τότε εκτελοῦν την απλουστέραν από τὰς ευθυγράμμους κινήσεις. Εκτελοῦν ευθύγραμμον ὁμαλὴν κίνησιν. Ὡστε :

**Ἐνα κινητὸν ἐκτελεῖ ευθύγραμμον ὁμαλὴν κίνησιν, ὅταν κινῆται ἐπὶ ευθυγράμμου τροχιάς καὶ διανύη εις ίσους χρόνους ίσα διαστήματα.**

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

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

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



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

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



Διὰ νὰ προσδιορίσωμεν λοιπόν τὴν ταχύτητα ἑνὸς σώματος, τὸ ὁποῖον ἐκτελεῖ εὐθύγραμμον ὁμαλὴν κίνησιν, πρέπει νὰ μετρήσωμεν ἓνα μῆκος καὶ ἓναν χρόνον· τὸν χρόνον τὸν ὁποῖον ἐχρειάσθη τὸ κινητὸν

διὰ νὰ διατρέξῃ αὐτὸ τὸ μῆκος (σχ. 2). Τὸ πηλίκον τῶν δύο αὐτῶν μετρήσεων μᾶς δίδει τὴν ταχύτητα τοῦ κινήτου, ἡ ὁποία — καὶ αὐτὸ εἶναι χαρακτηριστικὸν διὰ τὴν εὐθύγραμμον ὁμαλὴν κίνησιν — δὲν ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ μῆκος τοῦ διαστήματος, τὸ ὁποῖον ἐμετρήσαμε ἢ ἀπὸ τὸν χρόνον ἐντὸς τοῦ ὁποῖου διηνύθη τὸ διάστημα αὐτό.

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

**1 μέτρον ἀνὰ δευτερόλεπτον (1 m/sec)**

Ἡ μονὰς αὕτῃ ἀνήκει εἰς τὰ συστήματα Μ.Κ.Σ καὶ Τεχνικὸν Σύστημα.

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

**1 ἑκατοστόμετρον ἀνὰ δευτερόλεπτον (1 cm/sec)**

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

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

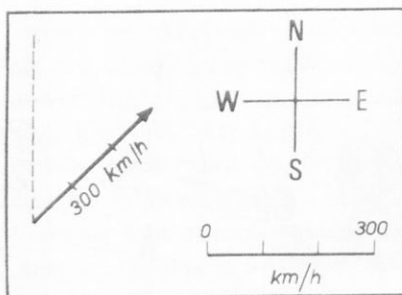
**1 χιλιόμετρον ἀνὰ ὥραν (1 km/h)**

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

Ἡ ταχύτης τῶν πλοίων ἐκφράζεται εἰς κόμβους. Εἶναι δέ :

**1 κόμβος = 1 ναυτικὸν μίλιον ἀνὰ ὥραν**

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



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

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

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

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

**Ἡ ταχύτης εἶναι διανυσματικὸν μέγεθος.**

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

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

$$s = v \cdot t$$

Ὡστε :

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

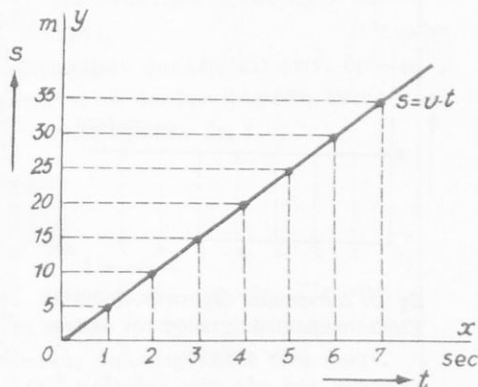
**§ 7. Ἡ ταχύτης εἶναι διανυσματικὸν μέγεθος.** Ἄς θεωρήσωμεν τέσσαρα αὐτοκίνητα, τὰ ὁποῖα ἀπομακρύνονται ἀπὸ μίαν διασταύρωσιν, ἀκολουθοῦντα διαφορετικὰς κατευθύνσεις εἰς τὴν κίνησιν των, τὰ ταχύμετρα ὁμῶς τῶν ὁποίων ἔχουν κοινὴν ἐνδειξιν, π.χ. 60 km/h.

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

**§ 9. Διαγράμματα εὐθύγραμμου ὁμαλῆς κινήσεως. α) Διάγραμμα διαστήματος - χρόνου.**

Διὰ τὴν παραστήσωμεν γραφικῶς τὴν σχέσιν τῆς μεταβολῆς τοῦ διαστήματος ὡς πρὸς τὸν χρόνον, θεωροῦμεν μίαν οἰανδήποτε εὐθύγραμμον ὁμαλὴν κίνησιν μὲ τυχοῦσαν ταχύτητα  $v$ , ἴσην ἔστω πρὸς 5 m/sec. Μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ τύπου  $s=v \cdot t$ , ὑπολογίζομεν τὰ διαστήματα, τὰ ὅποια διανύονται ἀπὸ τὸ κινητὸν εἰς χρόνους 0 sec., 1 sec., 2 sec., 3 sec. κ.λπ. καὶ καταστρώνομεν τὸν ἀκόλουθον πίνακα μετρήσεων :

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

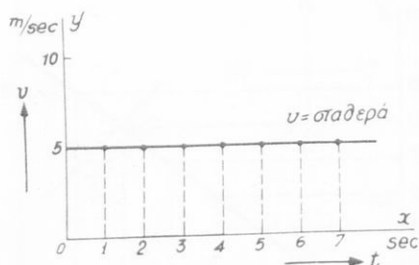


Σχ. 4. Διάγραμμα διαστήματος-χρόνου. Εὐθεῖα γραμμὴ διέρχουμένη ἀπὸ τὴν ἀρχὴν τῶν ἀξόνων.

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

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

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



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

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

διά 5 m/sec. Έφ' όσον ή ταχύτης παραμένει σταθερά και ίση πρός 5 m/sec, τά διάφορα παραστατικά σημεία του επιπέδου (1 sec, 5 m/sec), (2 sec, 5 m/sec), (3 sec, 5 m/sec) κ.λπ. θά προβάλλωνται εις τον άξονα των ταχυτήτων, εις τό σημείον τό αντίστοιχούν εις την ένδειξιν 5 m/sec. Έπομένως θά εύρίσκωνται επάνω εις μίαν εύθειαν κάθετον πρός τον άξονα των τα-

Τό διάγραμμα της ταχύτητας ως πρός τον χρόνο είναι, εις την εϑύγραμμον όμαλήν κίνησην, εύθεια παράλληλος πρός τον άξονα των χρόνων.

## ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Όταν ένα σώμα αλλάξει θέσιν εις τό διάστημα, σχετικώς πρός ένα άλλο σώμα, λέγομεν ότι τό σώμα αυτό κινείται. Τό σώμα ήρεμεί όταν διατηρή συνεχώς την ιδίαν θέσιν. Η ήρεμία επομένως και ή κίνησης είναι έννοιαι σχετικαί και άποκτούν περιεχόμενον, όταν τας αναφέρωμεν εις σώματα, τά όποία θεωρούμεν ως άκίνητα. Προσεκτικαί και λεπτομερείς παρατηρήσεις δεικνύουν ότι εις την Φύσιν ή κίνησης είναι ό κανών και ή ήρεμία ή έξαιρέσις.

2. Εις ένα κινούμενον σώμα διακρίνομεν : α) την τροχιάν, την συνεχή δηλαδή γραμμήν, την όποίαν λαμβάνομεν, όταν ένώσωμεν τας διαδοχικάς θέσεις του κινητου εις τό διάστημα, και ή όποία δύναται νά είναι εϑύγραμμος, καμπυλόγραμμος κ.λπ., β) τό διάστημα s, τό μήκος δηλαδή της τροχιάς από την άφετηρίαν της κινήσεως ως τό τέρμα αυτής, γ) τον χρόνο t, τον όποιον έχρειάσθη τό κινητόν διά νά διανύση τό διάστημα s.

3. Όταν τό κινητόν έχη εϑύγραμμον τροχιάν και ένθ κι-

νείται, διανύει εις ίσους χρόνους ίσα διαστήματα, λέγομεν ότι εκτελεεί εὐθύγραμμον ὁμαλὴν κίνησιν.

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

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

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

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

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

8. Ἡ ταχύτης εἶναι διανυσματικὸν μέγεθος.

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

## Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

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

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

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

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

5 Δύο ποδηλάται κινούνται υπό ταχύτητας  $18\,325\text{ m/h}$  και  $18\,328\text{ m/h}$ , είναι δέ προσδεμένοι με σχοινίον μήκους  $5\text{ m}$ . Πόσον χρόνον θά κινούνται οἱ ποδηλάται μέχρις ὅτου ἐκταθῇ τὸ σχοινίον, ἂν κατὰ τὴν ἐκκίνησιν, ὁ ἕνας εὐρίσκετο πλησίον τοῦ ἄλλου. ('Απ.  $1\text{ h } 40\text{ min}$ ).

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

7. Ἀμαξοστοιχία πρόκειται νὰ ἀνατιναχθῇ εἰς σημεῖον εἰς τὸ ὁποῖον ἡ ταχύτης τῆς ἀνέρχεται εἰς  $72\text{ km/h}$ . Τὸ βραδύκανστον πυραγωγὸν σχοινίον με τὸ ὁποῖον θὰ γίνῃ ἡ ἀνάφλεξις τῆς ἐκρηκτικῆς ὕλης, ἔχει μήκος  $50\text{ cm}$  καὶ καίεται ὑπὸ ταχύτητα  $5\text{ cm/sec}$ . Πόση ἀπόστασις πρέπει νὰ χωρίξῃ τὴν ἀμαξοστοιχίαν ἀπὸ τὸ συνεργεῖον ἀνατινάξεως τὴν στιγμὴν τῆς πυροδοτήσεως, ὥστε ἡ ἐκρηξις νὰ συμβῇ, ὅταν ἡ ἀτμομηχανὴ φθάσῃ ἐπάνω ἀπὸ τὴν ἐκρηκτικὴν ὕλην. ('Απ.  $200\text{ m}$ .)

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

## Β'—ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΟΣ ΟΜΑΛΩΣ ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΜΕΝΗ ΚΙΝΗΣΙΣ

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

Ἐνα κινητόν, τὸ ὁποῖον δὲν διατηρεῖ σταθερὰν ταχύτητα (κατὰ τὸ μέτρον, τὴν διεύθυνσιν ἢ τὴν φοράν) ἐνόσω διαρκεῖ ἡ κίνησις του, ἔκτελεῖ μεταβαλλομένην κίνησιν.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Ἐὰν ἡ σταθερὰ μεταβολὴ τῆς ταχύτητος εἶναι θετική, ὁπότε ἡ ταχύτης ὑφίσταται συνεχῇ αὔξεισιν, ἡ κίνησις λέγεται εὐθύγραμμος ὁμαλῶς ἐπιταχυνόμενη κίνησις. Ἐὰν ἡ σταθερὰ μεταβολὴ τῆς ταχύτητος εἶναι ἀρνητική, ὁπότε ἡ ταχύτης ἐλαττοῦται ἀδιακόπως, ἡ κίνησις λέγεται εὐθύγραμμος ὁμαλῶς ἐπιβραδυνόμενη κίνησις.

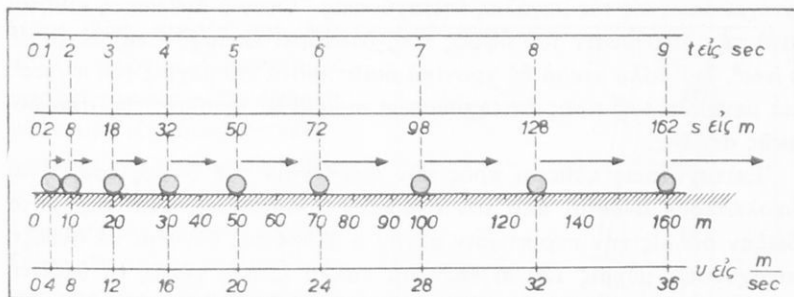
Ἡ εὐθύγραμμος ὁμαλῶς μεταβαλλομένη κίνησις εἶναι δυνατόν νὰ περιγραφῇ μὲ ἀκρίβειαν, ἂν χρησιμοποιήσωμεν ἓνα νέον φυσικὸν μέγεθος, τὸ ὁποῖον ὀνομάζεται ἐπιτάχυνσις καὶ παριστᾶται μὲ τὸ γράμμα  $\gamma$ .

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

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

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





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

$$\gamma = \frac{v_2 - v_1}{t} = \frac{20 \text{ m/sec} - 0}{5 \text{ sec}} = 4 \frac{\text{m}}{\text{sec} \cdot \text{sec}} = 4 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$$

Ἔχομεν συνεπῶς τὴν ἐξῆς ἔκφρασιν τῆς ἐπιταχύνσεως :

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

ἢ :

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

**Μονάδες ἐπιταχύνσεως.** Ὅταν ἡ ταχύτης μετρηθῇ εἰς μέτρα ἀνὰ δευτερόλεπτον καὶ ὁ χρόνος εἰς δευτερόλεπτα, μονὰς ἐπιταχύνσεως εἶναι τό :

**1 μέτρον ἀνὰ δευτερόλεπτον τετράγωνον ( $1 \text{ m/sec}^2$ )**

Αὐτὸ σημαίνει ὅτι ἡ μεταβολὴ τῆς ταχύτητος εἶναι  $1 \text{ m/sec}$  εἰς ἑκαστον δευτερόλεπτον.

Ἡ μονὰς αὕτη ἀνῆκει εἰς τὰ συστήματα Μ.Κ.Σ. καὶ Τεχνικὸν Σύστημα.

Χρησιμοποιοῦμεν ἐπίσης καὶ τὴν μονάδα :

**1 ἑκατοστόμετρον ἀνὰ δευτερόλεπτον τετράγωνον ( $1 \text{ cm/sec}^2$ ).**

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

Ὁ ἀνθρώπινος ὁργανισμὸς ὑποφέρει τὰς μεγάλας ταχύτητας, δὲν

αντέχει όμως εις τὰς μεγάλας ἐπιταχύνσεις. Ὄταν ὁ ἄνθρωπος κινῆται κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ ὕψους του, ὑποφέρει ἐπιταχύνσεις μέχρι  $40 \text{ m/sec}^2$ , διὰ πολὺ μικρὰ δὲ χρονικὰ διαστήματα καὶ μέχρις  $180 \text{ m/sec}^2$ . Διὰ μεγαλυτέρας τιμὰς ἐπιταχύνσεων συμβαίνει θραύσις τῆς σπονδυλικῆς στήλης.

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

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

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

Ὁ νόμος αὐτὸς διατυπώνεται καὶ μὲ τὴν σχέσιν :

$$v = \gamma \cdot t$$

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

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

Ὁ νόμος αὐτὸς διατυπώνεται καὶ μὲ τὴν σχέσιν :

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

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

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

**§ 14. Ἐλευθέρα πτώσις τῶν σωμάτων. Πείραμα 1.** Ἀφίνομεν νὰ πέσουν ταυτοχρόνως εἰς τὸ ἕδαφος, ἀπὸ ἑνα ὠρισμένον ὕψος, ἕνας

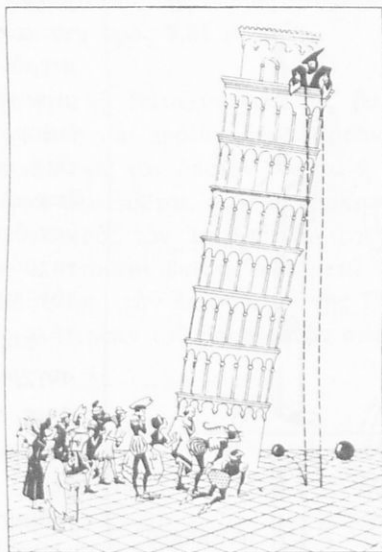
λίθος, ένα πτερὸν καὶ ἓνα φύλλον χάρτου. Παρατηροῦμεν ὅτι τὰ τρία αὐτὰ σώματα φθάνουν εἰς διαφορετικούς χρόνους εἰς τὸ ἔδαφος, μάλιστα δὲ πρῶτος ὁ λίθος καὶ τελευταῖον τὸ φύλλον χάρτου. Οὕτω μᾶς δημιουργεῖται ἡ ἐντύπωση, ὅτι ἡ ἐλευθέρα πτώσις γίνεται μὲ διαφορετικὸν ρυθμὸν διὰ τὰ διάφορα σώματα καὶ σχηματίζομεν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

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

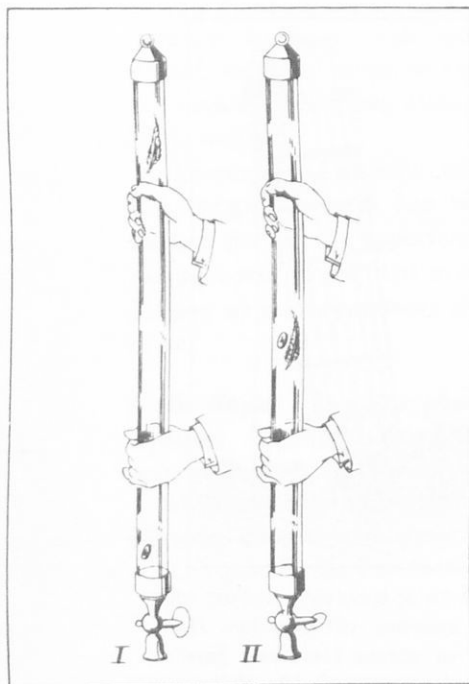
Ὅπως γνωρίζομεν, ἡ πτώσις τῶν σωμάτων εἶναι ἀποτέλεσμα τῆς ἑλκτικῆς δυνάμεως τὴν ὁποίαν ἀσκεῖ ἐπ' αὐτῶν ὁ πλανήτης μας, ἑλκων αὐτὰ πρὸς τὸ κέντρον του. Ἄν ὅμως θελήσωμεν νὰ μελετήσωμεν τὴν κίνησιν, τὴν ὁποίαν προκαλεῖ ἡ ἑλξις αὐτή, πρέπει νὰ ἐξουδετερώσωμεν τὰ αἷτια τὰ ὁποῖα τὴν ἀλλοιώνουν, κυριώτερον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

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

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



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



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

**§ 16. Τύποι τῆς ἐλευθέρως πτώσεως τῶν σωμάτων.** Ἐφ' ὅσον ἡ ἐλευθέρως πτώσις τῶν σωμάτων εἶναι εὐθύγραμμος ὁμαλῶς ἐπιταχυνόμενη κίνησις 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 διανυόμενα κατὰ τοὺς ἀντιστοίχους χρόνους  $t$ , ἀπὸ τὴν ἔναρξιν τῆς πτώσεως, θὰ παρέχωνται ἀπὸ τὸν τύπον :

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

Ὡστε :

Ἡ ἐλευθέρως πτώσις τῶν σωμάτων εἶναι εὐθύγραμμος καὶ ὁμαλῶς

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

Εἰς τὸ κενὸν ὅλα τὰ σώματα πίπτουν συγχρόνως.

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

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

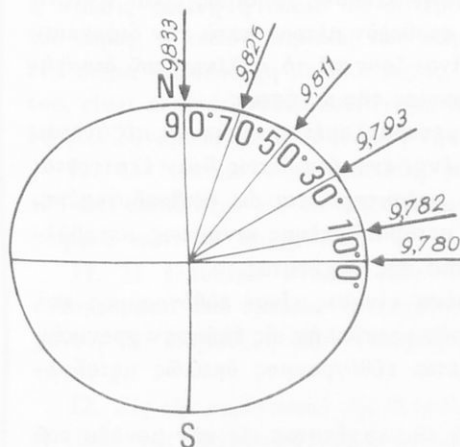
Μὲ διάφορα πειράματα εὐρέθη ὅτι εἶναι :

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

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

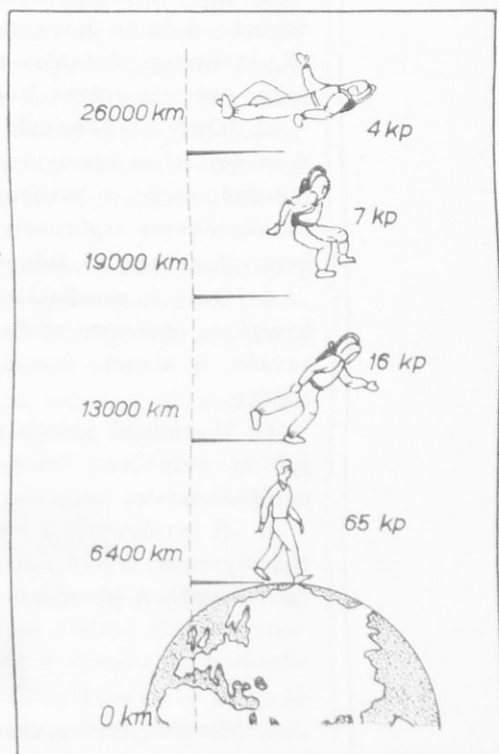
**Σημείωσις 1.** Ἀκριβεῖς μετρήσεις τῆς ἐπιταχύνσεως τῆς βαρύτητος ἔδωσαν διαφορετικὰς τιμὰς, αἱ ὁποῖαι εὐρέθη ὅτι ἐξαρτῶνται ἀπὸ τὸ γεωγραφικὸν πλάτος τοῦ τόπου, εἰς τὸν ὁποῖον γίνεταί ἡ μέτρησις. Ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς βαρύτητος ἐλαττοῦται, ὅταν ἀπομακρυνόμεθα ἀπὸ τοὺς Πόλους καὶ κινούμεθα πρὸς τὸν Ἰσημερινὸν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

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



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

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



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

## ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

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

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

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

4. "Όταν ἡ μεταβαλλομένη κίνησις εἶναι εὐθύγραμμος καὶ ἡ ταχύτης ὀφίσταται σταθερὰν μεταβολὴν εἰς ἐκάστην χρονικὴν μονάδα, ἡ κίνησις ὀνομάζεται εὐθύγραμμος ὁμαλῶς μεταβαλλομένη.

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

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

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

7. Μονάδας ἐπιταχύνσεως χρησιμοποιοῦμεν τὸ  $1 \text{ m/sec}^2$  ἢ τὸ  $1 \text{ cm/sec}^2$ .

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

$$v = \gamma \cdot t$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

**9.** Πόσον διάστημα διανύει εἰς 6 ὥρας ἓνα αὐτοκίνητον τὸ ὁποῖον τρέχει μὲ μέσῃν ταχύτητα  $70 \text{ km/h}$ . (᾿Απ.  $420 \text{ km}$ .)

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

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

**12.** Ἐνα αὐτοκίνητον ἐκκινεῖ ἀπὸ τὴν ἡρεμίαν καὶ κινούμενον μὲ ὁμαλῶς ἐπιταχυνόμενην κίνησιν ἀποκτὰ ἐντὸς  $12 \text{ sec}$  ταχύτητα  $30 \text{ km/h}$ . α) Πόση εἶναι ἡ ἐπιτάχυνσις τοῦ ὀχήματος καὶ β) πόσον τὸ διανυθὲν διάστημα κατὰ τὸν χρόνον αὐτόν. (᾿Απ. α'  $0,694 \text{ m/sec}^2$ . β'  $50 \text{ m}$ .)

**13.** Ἐνα σῶμα ἐκκινεῖ ἀπὸ τὴν ἡρεμίαν καὶ κινεῖται μὲ σταθερὰν ἐπιτάχυνσιν  $6 \text{ cm/sec}^2$ . Νὰ εὑρεθῇ πόσον διάστημα διήρυσεν τὸ κινητὸν εἰς χρόνον  $20 \text{ sec}$ . (᾿Απ.  $12 \text{ m}$ .)

**14.** Ἐνα σῶμα ἐκκινεῖ ἀπὸ τὴν ἡρεμίαν καὶ κινεῖται μὲ ὁμαλῶς ἐπιταχυνόμενην κίνησιν, ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς ὁποίας εἶναι  $5 \text{ cm/sec}^2$ . Μετὰ πόσον χρόνον θὰ ἔχη διανύσει διάστημα  $10 \text{ m}$ . (᾿Απ.  $20 \text{ sec}$ .)

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

**16.** Ἐνας σιδηροδρομικὸς συρμὸς κινεῖται μὲ εὐθύγραμμον ὁμαλῶς μεταβαλλομένην κίνησιν, ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς ὁποίας εἶναι  $2/5 \text{ m/sec}^2$ . Μετὰ ἀπὸ πόσον χρόνον θὰ ἔχη ἀποκτήσει τὴν κανονικὴν του ταχύτητα  $22 \text{ m/sec}$  καὶ πόσον διάστημα θὰ ἔχη διανύσει ἕως τότε. (᾿Απ. α'  $55 \text{ sec}$ . β'  $605 \text{ m}$ .)

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

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



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

(Ἀπ. 7,75 sec περίπου, 77,46 m/sec.)

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

(Ἀπ. 2,45 m.)

## Γ'—ΑΔΡΑΝΕΙΑ. ΘΕΜΕΛΙΩΔΗΣ ΑΡΧΗ ΤΗΣ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ

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

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

**Αἱ δυνάμεις προκαλοῦν τὰς μεταβολὰς τῆς κινητικῆς καταστάσεως τῶν σωμάτων.**

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

προσπάθειάν μας, είναι δε ή αντίδρασις των αὐτῇ τόσον ἐντονωτέρα, ὅσον ή προσπάθειά μας είναι μεγαλυτέρα. "Ωστε :

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

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

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

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

Ἡ μᾶζα ἐκφράζει τὸ μέτρον τῆς ἀδρανείας ἐνὸς σώματος.

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

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

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

**Πᾶν σῶμα διατηρεῖ τὴν κατάστασιν τῆς ἡρεμίας ἢ τῆς εὐθυγράμμου καὶ ὁμαλῆς κινήσεως, ἐνὸς οὐδεμίας δύναμις ἀσκεῖται ἐπ' αὐτοῦ.**

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

## § 20. Ἀποτελέσματα τῆς ἀδρανείας.

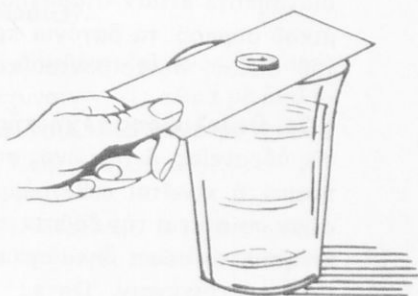
α) Ἐὰν ἓνα κινούμενον ὄχημα ἀκίνητοποιηθῇ ἀποτόμως, οἱ ἐπιβάται κλίνουν πρὸς τὰ ἔμπρός, ὅσοι δὲ ἀπὸ τοὺς ὀρθίους δὲν στηρίζονται εἰς τὰς χειρολαβὰς, πίπτουν ὁ ἓνας ἐπὶ τοῦ ἄλλου, διατρέχοντες κίνδυνον τραυματισμοῦ. Ἀντιθέτως ἂν ἓνας ἄπειρος ὁδηγὸς προκαλέσῃ ἀπότομον ἐκκίνησιν, οἱ ἐπιβάται πίπτουν πρὸς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

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

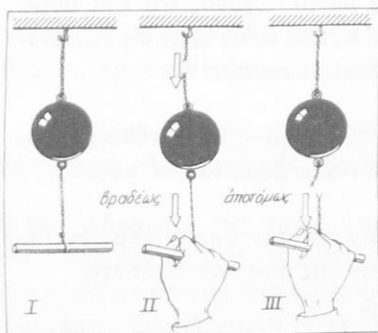
γ) Εἰς τὰ χεῖλη ἐνὸς ποτηρίου ὑπάρχει ἓνα τεμάχιον χαρτονίου καὶ ἐπ' αὐτοῦ ἓνα νόμισμα (σχ. 11). Ἄν σύρωμεν βραδέως τὸ χαρτόνιον, τὸ νόμισμα θὰ παραμείνῃ εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ χαρτονίου. Ἄν ὅμως σύρωμεν ἀποτόμως, τὸ νόμισμα δὲν θὰ παραμείνῃ ἐπὶ τοῦ χαρτονίου ἀλλὰ θὰ πέσῃ ἐντὸς τοῦ ποτηρίου. Εἰς τὴν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

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

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



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



Σχ. 12. "Αν σύρωμεν βραδέως θαυέ-  
ται το έπάνω σχοινίον. "Αν έλξωμεν  
άποτόμως, το κάτω σχοινίον.

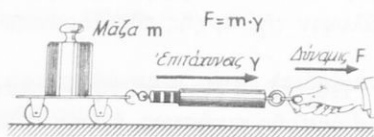
ένα άκλόνητον στήριγμα. "Αν σύρωμεν με σχοινίον την σφαίραν προς  
τά κάτω θα συμβούν τα εξής : 1) αν έλξωμεν βραδέως θα θραυσθί το  
έπάνω σχοινίον, 2) αν έλξωμεν άποτόμως, θαυέται ό κατώτερος κλά-  
δος του σχοινίου (σχ. 12).

ε) "Η άδράνεια προκαλεί πολλά από τα τροχαία δυστυχήματα.  
"Όταν δι' οίανδήποτε αίτιαν ένα μεταφορικών μέσον, κινούμενον με  
μεγάλην ταχύτητα, αναγκασθί νά σταματήση άποτόμως, οί επιβάται  
έκτινάσσονται προς τα έμπρός με άποτέλεσμα τόν τραυματισμόν τους  
καί την βλάβην ή καταστροφήν του όχήματος. "Επίσης όταν διά μίαν  
οίανδήποτε αίτιαν σταματήση άποτόμως ή μηχανή ενός σιδηροδρο-  
μικού συρμού, τα βαγόνια προσκρούουν, λόγω άδρανείας, το ένα επί  
του άλλου, συντρίβονται καί έκτροχιάζονται.

**§ 21. Θεμελιώδης άρχή της δυναμικής.** Συμφώνως προς την άρχήν  
της άδρανείας, αν επί ενός σώματος δέν άσκοῦνται δυνάμεις, το σώμα  
ήρεμεί ή κινείται ευθυγράμμως καί όμαλως. "Επομένως, ένόςω ένα  
σώμα ύφίσταται την δρᾶσιν μιᾶς δυνάμεως, θα έκτελῇ μεταβαλλομένην  
κίνησιν, το σώμα δηλαδή υπό την επίδρασιν της δυνάμεως θα άπω-  
κτήσῃ επιτάχυνσιν. "Ωστε :

"Όταν μία δύναμις ένεργῇ επί ενός σώματος, προσδίδει εἰς το σώμα  
επιτάχυνσιν.

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



Σχ. 13. "Η μᾶζα  $m$  ένός σώματος, ή  
δύναμις  $F$  ήτις άσκέιται εἰς το σώμα  
καί ή επιτάχυνσις  $\gamma$ , την όποιαν άπο-  
κτᾶ το σώμα, συνδέονται με την  
σχέσιν :  $F = m \cdot \gamma$

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

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

$$F = m \cdot \gamma$$

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

$$B = m \cdot g$$

Ἀπὸ τὴν θεμελιώδη ἀρχὴν τῆς Δυναμικῆς συμπεραίνομεν τὰ ἑξῆς:

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

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

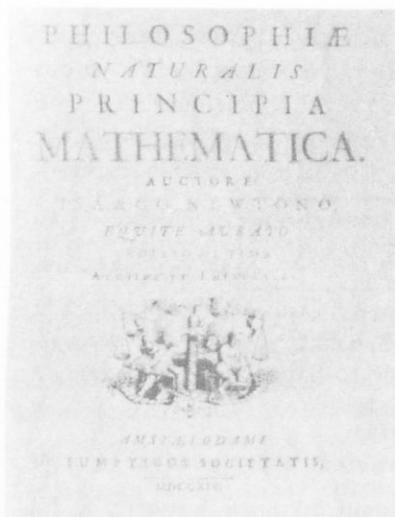
β) Ὅταν μία ὀρισμένη δύναμις ἀσκήται ἐπὶ διαφόρων σωμάτων, τότε αἱ ἐπιταχύνσεις, τὰς ὁποίας προσδίδει ἡ δύναμις αὕτη, εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογοι πρὸς τὴν μᾶζαν τῶν σωμάτων.

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

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

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

Τὴν ἀντίληψιν αὐτὴν κατεπολέμησε πρῶτος ὁ Γαλιλαῖος, ὁ ἰδρυτὴς τῆς



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

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

## ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Αἱ μεταβολαὶ τῆς κινητικῆς καταστάσεως τῶν σωμάτων προκαλοῦνται ἀπὸ τὴν δρᾶσιν ἐξωτερικῶν δυνάμεων. Τὰ ὑλικά σώματα ἀντιδρῶν ὅμως καὶ προβάλλουν ἀντίστασιν εἰς πᾶσαν δύναμιν, ἐπιδιώκουσαν νὰ μεταβάλλῃ τὴν κινητικὴν τῶν κατὰ-στασιν.

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

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

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

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

## Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

21. Προσδιορίσατε τὴν ἐπιτάχυνσιν εἰς τὰς ἀκολουθούσας περιπτώσεις : α) Δύναμις 1,6 kp ἐνεργεῖ ἐπὶ σώματος μάζης 0,8 kg· β) δύναμις 1 kp ἐνεργεῖ ἐπὶ σώματος μάζης 1 kg. (Ἀπ. α' 19,6 m/sec<sup>2</sup>. β' 9,81 m/sec<sup>2</sup>.)

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

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

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

25. Ἕνας γερανὸς ἔχει μᾶζαν 2800 kg καὶ ἐπιταχύνεται ἀπὸ ἓνα ἠλεκτροκίνητο, ὃ ὁποῖος τοῦ ἀναπτύσσει ταχύτητα 1,8 m/sec ἐντὸς χρόνου 1,5 sec. α) Πόση εἶναι ἡ ἐπιτάχυνσις τοῦ γερανοῦ. β) Πόση εἶναι ἡ ἐλκτική δύναμις τοῦ κινητήρος. (Ἀπ. α' 1,2 m/sec<sup>2</sup>. β' 342,6 Kp.)

26. Πόσον εἶναι τὸ βάρος ἐνὸς σώματος τὸ ὁποῖον ἀνυψώνεται μὲ δύναμιν 180 kp, ἡ ὁποία τοῦ προσδίδει ἐπιτάχυνσιν 0,4 m/sec<sup>2</sup>. (Ἀπ. 4,42 Mp.)

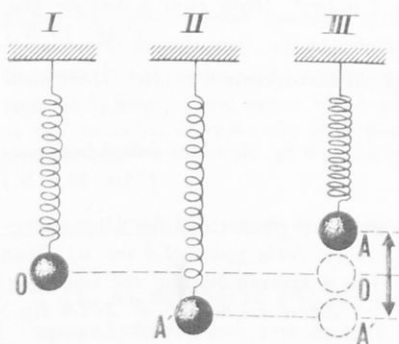
27. Πόσος χρόνος ἀπαιτεῖται διὰ νὰ προσδώσωμεν εἰς ἓνα γερανόν, βάρους 8 100 kp, ταχύτητα 75 m/min, ἀσκούντες δύναμιν 860 kp. (Ἀπ. 1,2 sec.)

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

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

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

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

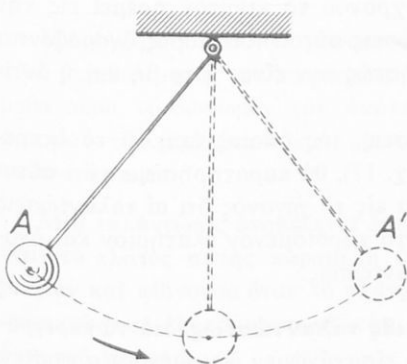


Σχ. 15. Τὸ συγκρατούμενον ἀπὸ τὸ ἐλατήριο σφαιρίδιον ἐκτελεῖ ταλάντωσιν.

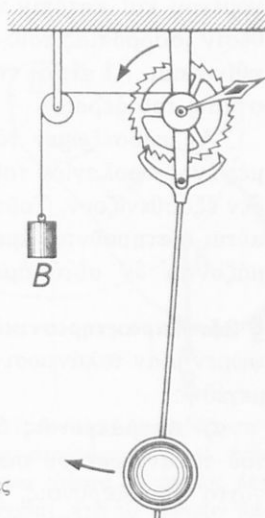
Θὰ παρατηρήσωμεν τότε μίαν παλινδρομικὴν κίνησιν τοῦ σφαιριδίου, μεταξὺ δύο ἀκραίων θέσεων Α καὶ Α', αἱ ὁποῖαι ἀπέχουν τὴν αὐτὴν ἀπόστασιν ἀπὸ τὴν θέσιν ἰσορροπίας Ο.

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





Σχ. 16. Κινούμενον άπλουν έκκρεμές.



Σχ. 17. Κινούμενον έκκρεμές  
ώρολογίου τοίχου.

πρὸς τὴν θέσιν ἰσορροπίας του, μὲ ὁλονὲν αὐξανομένην ταχύτητα διέρχεται ἀπὸ τὴν θέσιν ἰσορροπίας καὶ συνεχίζει τὴν κίνησίν του, μὲ ὁλονὲν ἐλαττωμένην ταχύτητα, μέχρις ὅτου ἀνυψωθῇ καὶ φθάσῃ εἰς μίαν θέσιν  $A'$ , συμμετρικὴν τῆς  $A$ , ὡς πρὸς τὴν κατακόρυφον ἣτις διέρχεται ἀπὸ τὴν θέσιν ἰσορροπίας. Εἰς τὴν θέσιν αὐτὴν ἡρεμεῖ ἐπιστρέφον πρὸς τὴν θέσιν  $A$  καὶ τὸ φαινόμενον συνεχίζεται.

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

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

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

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

Ἄν προσέξωμεν τὰς ταλαντώσεις, τὰς ὁποίας ἐκτελεῖ τὸ ἐκκρεμὲς ἐνὸς ὥρολογίου τοῦ τοίχου (σχ. 17), θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι αὗται δὲν ἐξασθενίζουσιν. Τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὸ γεγονὸς ὅτι αἱ ταλαντώσεις αὗται διατηροῦνται ἀμείωτοι ἀπὸ τὸ χορδισμένον ἐλατήριον καὶ ὀνομάζονται δι' αὐτὸ ἀμείωτοι ταλαντώσεις.

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

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

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

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

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

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

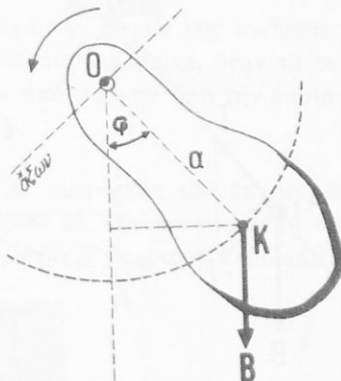
Ἐνα φαινόμενον ταλαντώσεως μὲ συχνότητα  $\nu$  ἐκτελεῖ  $\nu$  ταλαντώσεις ἐντὸς χρόνου 1 sec. Συνεπῶς διὰ μίαν ταλάντωσιν χρειάζεται χρόνον  $1/\nu$ . Ἀλλὰ ὁ χρόνος μιᾶς ταλαντώσεως εἶναι ἡ περίοδος  $T$  τῆς ταλαντώσεως αὐτῆς. Ἐπομένως θὰ ἔχωμεν ὅτι :

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

Με την βοήθειαν τῶν χαρακτηριστικῶν μεγεθῶν μιᾶς ταλαντώσεως δυνάμεθα τώρα νὰ δώσωμεν τὸν ἀκόλουθον ὀρισμὸν τῶν ἀμειώτων καὶ φθίνουσῶν ταλαντώσεων :

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

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



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

Τὸ ἐκκρεμές αὐτὸ ὀνομάζεται ἰδιαιτέρως φυσικὸν ἐκκρεμές.

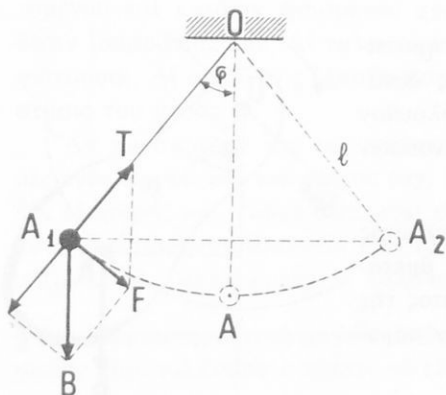
Ἄν θεωρήσωμεν ὅλην τὴν μᾶζαν τοῦ ἐκκρεμοῦς συγκεντρωμένην εἰς ἓνα σημεῖον, ὅπως συμβαίνει περίπου μετὰ μίαν βαρεῖαν σφαῖραν μικρῆς ἀκτίνος, ἡ ὁποία εἶναι ἐξηρητημένη μετὰ ἓνα ἐλαφρὸν καὶ μὴ ἐκτατὸν νῆμα, ἀπὸ ἓνα ἀκλόνητον στηρίγμα, τότε ἔχομεν κατασκευάσει ἓνα ἀπλοῦν ἢ μαθηματικὸν ἐκκρεμές. Ὡστε :

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

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

Ἡ γωνία  $\varphi$ , ἡ ὁποία σχηματίζεται ἀπὸ τὴν θέσιν ἰσορροπίας καὶ τὴν θέσιν μεγίστης ἀπομακρύνσεως, ὀνομάζεται πλάτος τοῦ ἐκκρεμοῦς.

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



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

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

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

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

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

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

**§ 29. Μελέτη τῆς κινήσεως τοῦ ἐκκρεμοῦς.** Οἷονδήποτε καὶ ἂν εἶναι τὸ ἐκκρεμές, ἰσορροπεῖ ὅταν ἡ κατακόρυφος, ἡ

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

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

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

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

Οἱ νόμοι τοῦ ἐκκρεμοῦς εἶναι οἱ ἀκόλουθοι :

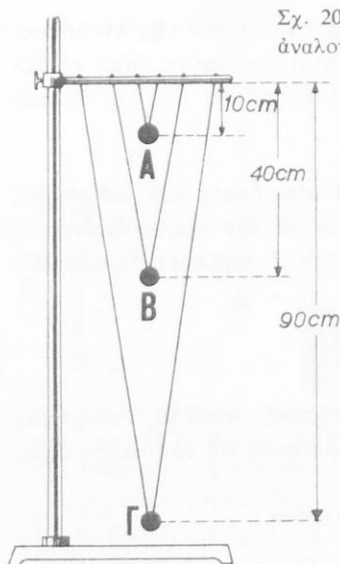
α) Ἡ περίοδος τοῦ ἐκκρεμοῦς εἶναι ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὸ πλάτος.

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

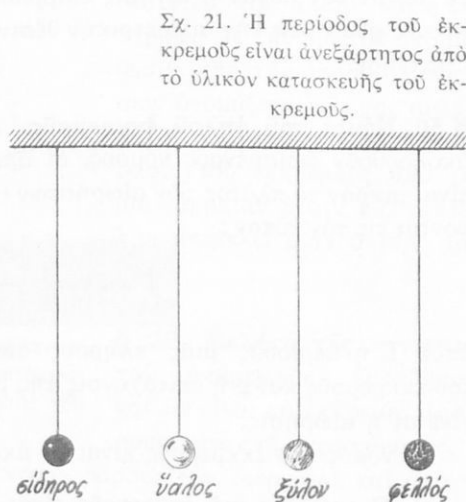
β) Ἡ περίοδος τοῦ ἐκκρεμοῦς εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν τετραγωνικὴν ρίζαν τοῦ μήκους του.

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

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



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



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

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

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

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

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

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

Ὅλα τὰ ὄργανα, τὰ ὁποῖα χρησιμοποιοῦνται εἰς τὸν πρακτικὸν βίον διὰ τὴν μέτρησιν τοῦ χρόνου, λειτουργοῦν με βάσιν περιοδικὰ φαινόμενα. Τὰ ὥρολόγια ἀκριβείας τῶν ἀστεροσκοπείων ἐργάζονται με ἐκκρεμῇ, τῶν ὁποίων ἡ περίοδος εἶναι 2 sec.

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

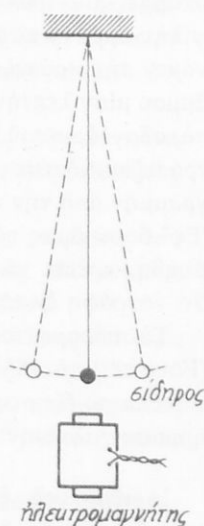
**β) Μέτρησις τῆς ἐπιταχύνσεως τῆς βαρύτητος.** Λύοντες τὸν τύπον τοῦ ἐκκρεμοῦς ὡς πρὸς  $g$ , διαδοχικῶς λαμβάνομεν:

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

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

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

Λαμβάνομεν ἓνα ἐκκρεμὲς με πολὺ μεγάλον μῆκος, τὸ σφαιρίδιον τοῦ ὁποῖου ἔχει ἀκίδα, καὶ τὸ θέτομεν εἰς αἰώρησιν. Ὑπὸ τὸ ἐκκρεμὲς



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

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

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

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

**Λύσις.** Ἐφαρμόζοντες τὸν τύπον

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

ἀφοῦ προηγουμένως ἐπιλύσωμεν αὐτὸν ὡς πρὸς  $l$ , θὰ ἔχωμεν:

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

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

## Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο Σ Ι Σ

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

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



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

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

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

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

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

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

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

9. Τὸ ἀπλοῦν ἢ μαθηματικὸν ἐκκρεμὲς εἶναι διάταξις ἡ ὁποία περιλαμβάνει μίαν μικρὰν βαρεῖαν σφαῖραν, ἐξηρητημένην μὲ ἐλαφρὸν καὶ μὴ ἐκτατὸν νῆμα ἀπὸ ἀκλόνητον στήριγμα. Ὅταν τὸ ἐκκρεμὲς ἐκτραπῇ ἐκ τῆς θέσεως τῆς ἰσορροπίας του ἐκτελεῖ ταλαντώσεις.

10. Ἄν 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 ὁποίας νὰ εἶναι κάθετος πρὸς τὸ νῆμα καὶ ἡ ἄλλη νὰ ἔχη τὸ νῆμα ὡς φορέα. Ἡ τελευταία αὐτὴ ἐξουδετεροῦται ἀπὸ τὴν ἀντίδρασιν τοῦ νήματος καὶ παραμένει ἡ ἄλλη δύναμις ἢ κάθετος πρὸς τὸ νῆμα, ἡ ὁποία ἐπιταχύνει τὸ ἐκκρεμὲς ἢ τὸ ἐπιβραδύνει, ἀναλόγως μὲ τὴν φοράν της ἐν σχέσει πρὸς τὴν κίνησιν.

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

τος, ακολουθούν ώρισμένους νόμους οι όποιοι περιλαμβάνονται εις τόν τύπον :

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

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

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

13. Τὸ ἔκκρεμὲς 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 ἔκκρεμοῦς, μήκους 130 m ( $g = 9,81 \text{ m/sec}^2$ ).  
(Ἀπ. 22,86 sec.)

29. Πόσας ἀπλὰς αιώρησεις ἐκτελεῖ ἐντὸς λεπτοῦ ἓνα ἔκκρεμὲς μήκους 1,09 m ( $g = 9,81 \text{ m/sec}^2$ ).  
(Ἀπ. 57.)

30. Πόσον εἶναι τὸ μήκος ἐνὸς ἔκκρεμοῦς, τὸ ὁποῖον ἐκτελεῖ 50 ταλαντώσεις ἐντὸς ἐνὸς λεπτοῦ ( $g = 9,81 \text{ m/sec}^2$ ).  
(Ἀπ. 0,36 m περίπου).

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

32. Δύο ἔκκρεμῇ ἐκτελοῦν αιώρησεις. Ὅταν τὸ ἓνα πραγματοποιήσῃ 3 ἀπλὰς αιώρησεις, τὸ ἄλλον ἐκτελεῖ 7 ἀπλὰς αιώρησεις. Ποῖος εἶναι ὁ λόγος τῶν μηκῶν τῶν δύο ἔκκρεμῶν.  
(Ἀπ. 9:49.)

## Ε΄—ΚΥΚΛΙΚΗ ΚΙΝΗΣΙΣ

**§ 32. Γενικότητες και όρισμοί. α)** Έως τώρα ήσυχολήθημεν με εύθυγράμμους κυρίως κινήσεις. Ένα άλλο είδος κινήσεων είναι αἱ κυκλικαὶ (σχ. 23).

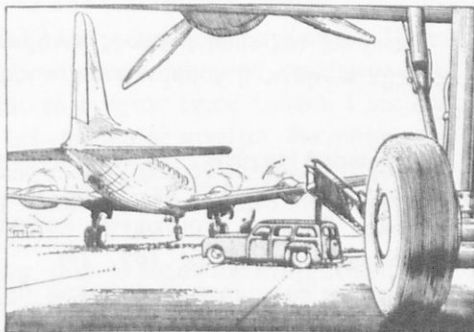
Εἰς ὅλας τὰς μηχανάς, αἱ ὁποῖαι χρησιμοποιοῦν ἱμάντας διὰ τὴν μετάδοσιν τῶν κινήσεων ἢ ὀδοντωτοὺς τροχοὺς, συμβαίνουν κυκλικαὶ κινήσεις. Αἱ κινήσεις αὗται εἶναι περιοδικαὶ εἰς τὰς ὁποίας τὸ κινητὸν διαγράφει κινούμενον, περιφέρειαν κύκλου ἢ τόξον περιφερείας. Ἀπὸ τὸ πλῆθος τῶν κυκλικῶν κινήσεων ἰδιαίτερον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

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

β) Διὰ νὰ διανύσῃ ὁλόκληρον τὴν περιφέρειαν τὸ κινητὸν, χρειάζεται ἕνα ὠρισμένον χρόνον  $T$ , ὁ ὁποῖος ἰσοῦται μετὰ τὴν περίοδον τῆς κυκλικῆς κινήσεως. Ὡστε :

Περίοδος μιᾶς ὁμαλῆς κυκλικῆς κινήσεως ὀνομάζεται ὁ χρόνος κατὰ τὸν ὁποῖον τὸ κινητὸν ὁλοκληρώνει μίαν περιστροφήν.

Ἡ κίνησης τῆς Γῆς περὶ τὸν ἄξονά της εἶναι ὁμαλὴ κυκλικὴ κίνησης μετὰ περίοδον 24 ὥρων. Ἡ κίνησης τῆς Γῆς περὶ τὸν ἥλιον εἶναι περίπου κυκλικὴ μετὰ περίοδον ἑνὸς ἔτους.



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

γ) Τὸ κινητὸν κινούμενον ὁμαλῶς εἰς τὴν κυκλικὴν τροχίαν τοῦ θά ἐκτελεῖ ἕνα ὠρισμένον ἀριθμὸν στροφῶν  $n$  εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου. Ὁ ἀριθμὸς αὐτὸς ἐκφράζει τὴν συχνότητα τοῦ κινητοῦ.  
 Ὡστε :

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

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

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

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

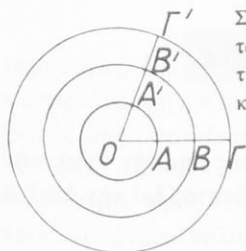
δ) **Γραμμικὴ ταχύτης.** Ἐφ' ὅσον τὸ κινητὸν διανύει εἰς ἴσους χρόνους ἴσα τόξα, συμπεραίνομεν ὅτι τὸ μῆκος τοῦ τόξου, τὸ ὁποῖον διατρέχει ἐντὸς μιᾶς χρονικῆς μονάδος, θά εἶναι σταθερόν. Τὸ μῆκος τοῦ σταθεροῦ αὐτοῦ τόξου ὀνομάζεται γραμμικὴ ταχύτης τοῦ κινητοῦ.  
 Ὡστε :

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

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

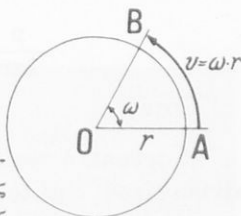
ε) **Γωνιακὴ ταχύτης.** Ἄς θεωρήσωμεν τρία κινητὰ Α, Β, Γ, τὰ ὁποῖα κινούνται ὁμαλῶς ἐπὶ τριῶν ὁμοκέντρων κυκλικῶν τροχιῶν, εἰς τρόπον ὥστε νὰ εὐρίσκωνται πάντοτε εἰς τὴν αὐτὴν ἀκτῖνα τῆς μεγαλυτέρας περιφερείας (σχ. 24).

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



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

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



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

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

**Γωνιακὴ ταχύτης  $\omega$**  ἑνὸς κινητοῦ, τὸ όποῖον ἐκτελεῖ ὁμαλὴν κυκλικὴν κίνησιν, ὀνομάζεται ἡ γωνία τὴν όποίαν διαγράφει εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου μία ἀκτίς τοῦ κύκλου, ἡ όποία παρακολουθεῖ τὸ κινητὸν εἰς τὴν κίνησίν του.

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

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

Ἐὰν ἡ  $\omega$  μετρηθῇ εἰς ἀκτίνια, τότε τὸ τόξον ἀναπτύγματος  $v$  ἀντιστοιχεῖ εἰς γωνίαν  $\omega$  καὶ τόξον  $2\pi r$ , δηλαδὴ ὁλόκληρος ἡ περιφέρεια, εἰς γωνίαν  $2\pi$ . Εἰς τὴν ἰδίαν ὁμως περιφέρειαν τὰ τόξα καὶ αἱ ἐπὶ κέντροι γωναὶ 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 :

Ἡ γραμμικὴ ταχύτης ἐνὸς κινητοῦ ἐκτελοῦντος ὁμαλὴν κυκλικὴν κίνησιν ἰσοῦται μὲ τὸ γινόμενον τῆς γωνιακῆς ταχύτητος ἐπὶ τὴν ἀκτίνα τῆς κυκλικῆς τροχιάς.

**§ 34. Σχέσεις μεταξύ γωνιακῆς ταχύτητος  $\omega$  καὶ συχνότητος  $\nu$ .**

Ἀπὸ τὸν τύπον  $v = \omega \cdot r$  ἔχομεν ὅτι  $\omega = v/r$ . Ἐξ ἄλλου ὁμως εἶναι :

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

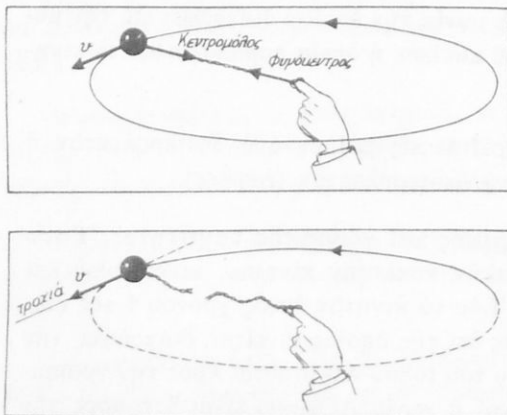
Ωστε :

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

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

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

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



Σχ. 26. Ἡ κεντρομόλος δύναμις περιστρέφει τὸν λίθον, ὁ ὁποῖος ἀντιδρᾷ μὲ τὴν φυγόκεντρον δύναμιν, ἀντίθετον πρὸς τὴν κεντρομόλον. Ὅταν θρασθῇ τὸ νήμα, ὁ λίθος κινεῖται ἀκολουθῶν τὴν ἐφαπτομένην τῆς τροχιάς.

ναμς, ήτις έξαναγκάζει τόν λίθον είς περιστροφήν, προέρχεται έκ τής χειρός μας, άσκειται έπί τοϋ λίθου διά μέσου τοϋ σπάγγου και διευθύνεται πρὸς τήν χείρα μας, πρὸς τὸ κέντρον δηλαδή τής κυκλικής τροχιάς τήν όποίαν διαγράφει ὁ λίθος.

Ἡ δύναμις αὕτη ονομάζεται κεντρομόλος δύναμις. Ὡστε :

**Κεντρομόλος δύναμις** ονομάζεται ἡ δύναμις ἡ όποία έξαναγκάζει ἓνα σῶμα νά κινηθῇ έπί κυκλικής τροχιάς. Ἡ δύναμις αὕτη ἔχει, είς έκάστην χρονικήν στιγμήν, διεύθυνσιν τήν άκτίνα και φοράν πρὸς τὸ κέντρον τής κυκλικής-τροχιάς.



Σχ. 27. Οί σπινθήρες κινουόται, λόγω άδρανείας, κατά τήν έφαπτομένην τής τροχιάς τοϋ τροχοϋ, είς τὸ σημείον είς τὸ όποίον παράγονται.

### § 36. Φυγόκεντρος αντίδρασις.

Κατά τήν έκτέλεσιν τοϋ άνωτέρω πειράματος χρειάζεται νά καταβάλωμεν άρκετήν προσπάθειαν, διά νά συγκρατήσωμεν τόν λίθον ὁ όποίος τείνει όλονέν νά έκτιναχθῇ. Αὐτὸ ὀφείλεται είς τὸ γεγονός ὅτι ὁ λίθος, συμφώνως πρὸς τὸ άξίωμα δράσεως και αντίδράσεως, προβάλλει είς τήν κεντρομόλον δύναμιν αντίδρασιν ίσου μέτρου και αντίθέτου φοράς, ἡ όποία τείνει νά άπομακρύνῃ τόν λίθον άπό τὸ κέντρον τής κυκλικής τροχιάς. Ἡ δύναμις αὕτη ονομάζεται φυγόκεντρος δύναμις.

Ἡ φυγόκεντρος δύναμις δέν εἶναι δύναμις ἡ όποία άσκειται άπό έξωτερικά αίτια είς τὸ σῶμα, αλλά δύναμις ἡ όποία, λόγω άδρανείας, αναπτύσσεται έπί τοϋ σώματος άπό αὐτὸ τὸ ἴδιον τὸ σῶμα. Δι' αὐτὸ ἂν είς μίαν στιγμήν θραυσθῇ ὁ σπάγγος, ἢ ἂν ἡμεῖς παύσωμεν νά τόν συγκρατῶμεν, ὁ λίθος συνεχίζει τήν κίνησίν του, εϋθυγράμμως και ὁμαλῶς, άκολουθῶν τήν έφαπτομένην τής τροχιάς είς τὸ σημείον είς τὸ όποίον εύρίσκετο ὅταν ἔθραύσθῃ ὁ σπάγγος (σχ. 26, κάτω).

Τὸ ἴδιον φαινόμενον παρατηροῦμεν ὅταν παρακολουθοῦμεν τοὺς

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

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

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

### § 37. Μέτρον τῆς κεντρομόλου καὶ τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως.

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

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

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

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

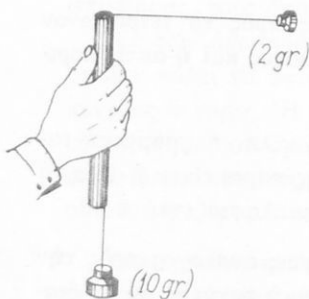
ἐπειδὴ δὲ  $v^2 = \frac{4\pi^2 \cdot r^2}{T^2}$  ὁ τύπος (1) τῆς § 37 θὰ λάβῃ τὴν μορφήν :

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

Ἐπομένως :

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

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



Σχ. 28. Πείραμα δια την  
ἐπαλήθευσιν τῶν νόμων τῆς  
κεντρομόλου δυνάμεως.

Συμφώνως πρὸς τὸν νόμον αὐτόν, ἕνα σῶμα τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται εἰς τὸν Ἰσημερινὸν τῆς Γῆς, ὑπόκειται εἰς μεγαλυτέραν φυγόκεντρον δύναμιν ἀπὸ ἕνα σῶμα τῆς ἰδίας μάζης, τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται εἰς ἄλλην περιοχὴν τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς. Καὶ τὰ δύο σώματα διαγράφουν κυκλικὰς τροχιάς μὲ τὴν ἰδίαν περίοδον, ἡ ὁποία ἰσοῦται πρὸς τὴν περίοδον περιστροφῆς τῆς Γῆς περὶ τὸν ἄξονά της, δηλαδὴ ἴσην πρὸς 24 ὥρας, ἡ κυκλικὴ τροχιά ὅμως τοῦ σώματος τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται εἰς τὸν Ἰσημερινὸν ἔχει μεγαλυτέραν ἀκτίνα.

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

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

Εἰς τὰ ἄκρα ἑνὸς νήματος, τὸ ὁποῖον ὀλισθαίνει ἐντὸς ἑνὸς ὑαλίνου σωλήνος, μήκους 25 cm περίπου, προσδένομεν δύο σταθμὰ μὲ μάζας  $m_1 = 2$  gr καὶ  $m_2 = 10$  gr. Κατόπιν ἐκτινάσσομεν τὴν μᾶζαν  $m_1$  καὶ τὴν περιστρέφομεν μὲ τυχοῦσαν, ἀλλὰ σταθερὰν περίοδον  $T$ , περὶ τὸν ὑαλινὸν σωλήνα, τὸν ὁποῖον διατηροῦμεν εἰς κατακόρυφον θέσιν. Τὸ βάρος  $B$  τῆς μάζης  $m$  ἐνεργεῖ ὡς κεντρομόλος δύναμις  $F_{κεν}$  τῆς περιστροφικῆς κινήσεως τῆς μάζης  $m$ . Τὸ νῆμα καταμερίζεται οὕτως, ὥστε ἡ ἀπόστασις τῆς μάζης  $m$  ἀπὸ τὸν σωλήνα νὰ ἔχῃ μήκος  $r$ , εἰς τρόπον ὥστε νὰ ἰσχύῃ ἡ σχέσις:

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

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

β) Εἰς τὰς στροφὰς τῶν σιδηροδρομικῶν γραμμῶν ἡ ἐξωτερικὴ γραμμὴ τοποθετεῖται ὑψηλότερον ἀπὸ τὴν ἐσωτερικὴν καὶ ὄχι εἰς τὸ ἴδιον ὀριζόντιον ἐπίπεδον, διὰ νὰ ἐξουδετερώνεται 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 καμπὰς τὴν ταχύτητα, ἐλαττώνοντες οὕτω καὶ πάλιν τὴν φυγόκεντρον δύναμιν. Μὲ τὰ μέτρα αὐτὰ ἀποσοβεῖται ὁ ἐκτροχιασμός τῆς ἀμαξοστοιχίας.

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

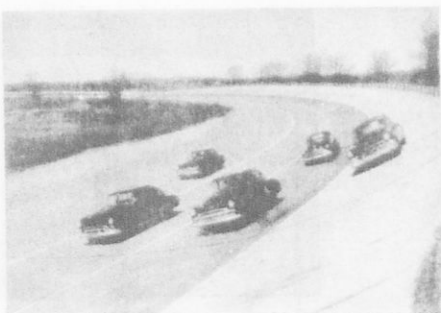
γ) Ἐξ αἰτίας τῆς φυγόκεντρος δυνάμεως οἱ τροχοὶ τῶν διαφόρων μεταφορικῶν μέσων ἐκτινάσσουν τὴν λάσπην, ἡ ὁποία προσκολλᾶται ἐπ' αὐτῶν.

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

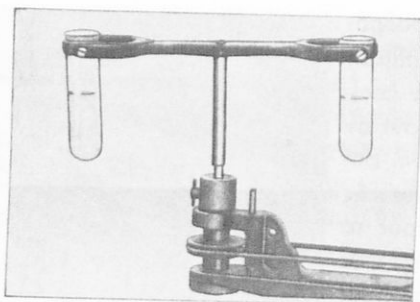
ε) Πολλὰς καὶ διαφόρους ἐφαρμογὰς εὕρισκε ἡ φυγόκεντρος δύναμις εἰς τὸν καθημερινὸν βίον καὶ εἰς τὴν βιομηχανίαν. Αἱ φυγόκεντρικαὶ ἀντλῖαι εἶναι μία ἀπὸ τὰς περισσότερον συνηθισμένας καὶ σπουδαίας ἐφαρμογὰς τῆς, ὅπως ἐπίσης καὶ οἱ φυγόκεντρικοὶ διαχωριστῆρες, οἱ ὁποῖοι χρησιμεύουν εἰς τὸν διαχωρισμὸν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

Τὸ ὑγρὸν μείγμα τοποθετεῖται ἐντὸς τοῦ διαχωριστήρος καὶ κατόπιν ἡ μηχανὴ ἀρχίζει νὰ περιστρέφεται. Τὰ συστατικά τοῦ μείγματος ἐφ' ὅσον ἔχουν διάφορον εἰδικὸν 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 καμπὰς, ὥστε τὰ ὀχήματα νὰ κλίνουν πρὸς τὸ ἐσωτερικὸν τῆς καμπύλης τροχιᾶς.



Σχ. 30. Φυγοκεντρικός διαχωριστής.

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

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

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

$$F = F_{\varphi\upsilon\gamma} = \frac{4\pi^2 m r}{T^2}$$

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

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

## ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

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

34. Πόση εἶναι ἡ μέση γραμμικὴ ταχύτης τῆς Γῆς κατὰ τὴν κίνησίν της περὶ τὸν ἥλιον, ἂν ἡ τροχιά της θεωρηθῇ κύκλος μὲ ἀκτίνα  $15 \cdot 10^7$  km, ἡ δὲ περίοδος τῆς κινήσεως ληφθῇ ἴση μὲ 365,25 μέσας ἡλιακὰς ἡμέρας. (Ἀπ. 30 km/sec.)

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

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

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

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

**39.** Αυτοκίνητον, με μάζαν 2 τόννων, κινείται ἐπὶ μιᾷ καμπῇ, ἀκτίνος 200 m. Πόση πρέπει νὰ εἶναι τὸ πολὺ ἢ γραμμικὴ ταχύτης τοῦ οχήματος, διὰ νὰ μὴ ὑπερβῇ ἡ φυγόκεντρος δύναμις τὴν τιμὴν τῶν 49 kp.

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

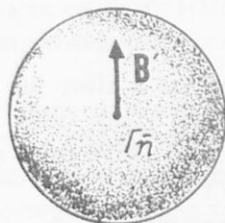
**40.** Σῶμα μάζης 50 gr ἐκτελεῖ ὁμαλὴν κυκλικὴν κίνησιν, ἀκτίνος 40 cm, με συχνότητα 3 000 στροφῶν ἀνὰ λεπτόν. Πόση εἶναι ἡ φυγόκεντρος δύναμις ἡ ὁποία ἀναπτύσσεται εἰς τὸ σῶμα καὶ πόσας φορὰς εἶναι μεγαλυντέρα ἀπὸ τὸ βάρος τοῦ σώματος.

(᾿Απ. α' 200 kp. β' 4 000 φορὰς.)

## ΣΤ' — ΠΑΓΚΟΣΜΙΟΣ ΕΛΞΙΣ

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

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

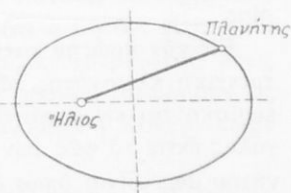


Σχ. 31. Ἡ Γῆ ἔλκει τὰ διάφορα σώματα πρὸς τὸ κέντρον της.

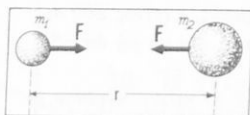
Τὸ γενικὸν φαινόμενον τῆς ἀμοιβαίας ἑλξεως τῶν οὐρανίων σωμάτων ὀνομάζεται παγκόσμιος ἑλξις.

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

Αἱ τροχιαί αὗται ὁμοιάζουν με ὀλιγώτερον ἢ περισσότερον συμπεπρισμένους κύκλους, οἵτινες ὀνομάζονται ἐλλείψεις (σχ. 32). Ἡ ἑλξις τοῦ κεντρικοῦ ἁστρου, περὶ τὸ ὁποῖον περι-



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



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

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

Ό νόμος τής παγκοσμίου έλξεως εκφράζει ότι :

Ή έλκτική δύναμις  $F$ , ή όποία αναπτύσσεται μεταξύ δύο μαζών  $m_1$  καί  $m_2$ , αί όποίαι εύρίσκονται εις απόστασιν  $r$ , είναι ανάλογος πρός τό γινόμενον των μαζών καί αντιστρόφως ανάλογος πρός τό τετράγωνον τής απόστάσεως των.

Μαθηματικώς ό νόμος περιέχεται εις τήν σχέσιν :

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

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

**§ 42. Κίνησις των πλανητών. Ό έναστρος ούρανός.** Αν ρίψωμεν ένα προσεκτικόν βλέμμα εις τόν νυκτερινόν ούρανόν, παρατηρούμεν έναν μεγάλον αριθμόν άστρων, τά όποία δυνάμεθα νά ιδώμεν μέ γυμνόν όφθαλμόν καί τά όποία κατατάσσομεν εις δύο μεγάλας κατηγορίας.

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



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

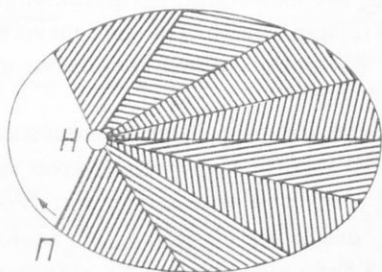
Ἡ ἡμερησία κίνησις τῆς οὐρανίου σφαίρας εἶναι φαινομενικὴ, φαίνεται δηλαδὴ εἰς ἡμᾶς ὅτι ἐκτελεῖται κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον καὶ ὀφείλεται εἰς τὴν περιστροφὴν τῆς Γῆς περὶ τὸν ἄξονά της. Ἐδῶ συνεπῶς συμβαίνει ἓνα φαινόμενον, ἀνάλογον μ' ἐκεῖνος τὸ ὅποιον παρατηροῦμεν, ὅταν τρέχωμεν μὲ ἓνα ταχὺ αὐτοκίνητον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

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

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

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

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



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

Οἱ νόμοι τοῦ Κεπλέρου εἶναι οἱ ἀκόλουθοι τρεῖς :

α) Οἱ πλανῆται περιστρέφονται περὶ τὸν ἥλιον, διαγράφοντες ἑλλειπτικὰς τροχιάς.

Αἱ ἑλλείψεις αὗται παρουσιάζουν μικρὰν διαφορὰν ἀπὸ τὸν κύκλον. Ἔνεκα ὁμως τῶν ἑλλειπτικῶν τροχιῶν τῶν αἰ ἀποστάσεις τῶν πλανητῶν ἀπὸ τὸν ἥλιον δὲν διατηροῦνται σταθεραί.

β) Ἡ ἀκτίς ἡ ὁποία συνδέει τὸν ἥλιον καὶ τὸν πλανήτην διαγράφει εἰς ἴσους χρόνους ἴσα ἐμβαδὰ (σχ. 34).

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

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

Μὲ τὸν νόμον αὐτὸν δυνάμεθα νὰ ὑπολογίσωμεν τὴν μέσιν ἀπόστασιν ἑνὸς πλανήτου ἀπὸ τὸν ἥλιον, ὅταν γνωρίζωμεν τὴν περίοδον τῆς περιφορᾶς του.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

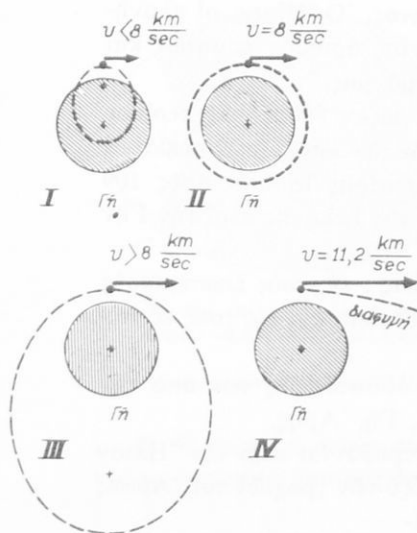
Οἱ ἐξωτερικοὶ πλανῆται εἶναι οἱ : Ζεὺς, Κρόνος, Οὐρανός, Ποσειδῶν καὶ Πλούτων.

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

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



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



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

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

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

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

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

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

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

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

Όταν ὁ πύραυλος, ἀφοῦ ἀνέλθῃ εἰς ἕνα ὠρισμένον ὕψος, κατανα-  
λώσῃ τά καύσιμα τοῦ κατωτέρου ὀρόφου του, ἀποχωρίζεται τόν ὄρο-  
φον αὐτόν, ἐνῶ ταυτοχρόνως πυροδοτεῖται ὁ ἐπόμενος ὄροφος. Ὁ  
διαδικασία αὕτη συνεχίζεται μέχρις ὅτου χρησιμοποιηθοῦν ὅλοι οί  
ὄροφοι, ὁπότε ὁ πύραυλος ἔχει ἀνέλθῃ εἰς τό ἐπιθυμητόν ὕψος.

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

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

Ὁ πρῶτος τεχνητός δορυφόρος ἐξαπελύθη ἀπό τούς Ρώσσους τήν  
4 Ὀκτωβρίου 1957 (Σπουδνικ Ι). Ὁ ἀμέσως ἐπόμενος τεχνητός δορυ-  
φόρος ἦτο Ἀμερικανικός καί ἐξετοξεύθη τήν 31 Ἰανουαρίου 1958  
ἀπό τάς Ἑνωμένας Πολιτείας (Explorer Ι, Ἐξερευνητής Ι). Σήμερα  
πλέον ἐκτελοῦνται καί ἐπὶ ἡδρώμεναι πτήσεις, κατά τήν διάρκειαν  
τών όποίων πραγματοποιοῦνται ἐκπληκτικά πειράματα, ὅπως τό βά-  
δισμα εἰς τό Διάστημα, ἡ προσέγγισις τών διαστημοπλοίων, ἡ πτήσις  
των εἰς σχηματισμόν κ.λπ.

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

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

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

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

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

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

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

Ήλιον. Σήμερον οί αστρονόμοι πιστεύουν ὅτι τὸ ἡλιακόν μας σύστημα εἶναι ἓνα ἀπὸ τὰ ἀπειράριθμα ἀνάλογα συστήματα τοῦ Σύμπαντος.

5. Οἱ μικροὶ πλανῆται, οἵτινες στρέφονται περὶ ἓνα μεγάλω-  
τερον πλανήτην καὶ τὸν παρακολουθοῦν συγχρόνως εἰς τὴν περι-  
φορὰν του περὶ τὸν Ήλιον, λέγονται δορυφόροι. Ἡ Σελήνη π.χ.  
εἶναι δορυφόρος τῆς Γῆς.

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

## Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

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

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

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

## Ζ'—ΕΡΓΟΝ ΔΥΝΑΜΕΩΣ

§ 45. Γενικότητες. Ἐννοια τοῦ ἔργου. Ἡ Φυσικὴ εἰς πολλὰς περι-  
πτώσεις δανείζεται, διὰ νὰ ἐκφράσῃ τὰς ἐννοίας της, λέξεις ἀπὸ τὴν  
καθημερινὴν ζωὴν, τὰς ὁποίας χρησιμοποιεῖ ὁμοῦς μὲ στενωτέραν  
σημασίαν. Οὕτως ἡ φυσικὴ ἐννοια τοῦ ἔργου δὲν συμπίπτει εἰς ὅλας  
τὰς περιπτώσεις μὲ ἐκείνην τῆς καθημερινῆς ὁμιλίας. Πράγματι ὁ  
πολὺς κόσμος ἐννοεῖ ἔργον τὸ ἀποτέλεσμα μιᾶς κοπιώδους καὶ κουρα-  
στικῆς ἐργασίας. Δι' αὐτὸ ἄνευ ἑτέρου ὁ κοινὸς ἄνθρωπος θὰ χαρα-  
κτηρίσῃ ὡς ἔργον τὴν προσπάθειαν ἑνὸς ἀτόμου νὰ συγκρατήσῃ

δι' ένα χρονικόν διάστημα ένα βάρος με ἀνέβητον καὶ ὀριζοντίαν τὴν χεῖρα του. Ἀπὸ φυσικῆς ὁμως ἀπόψεως τὴν περί ὧσιν αὐτὴν δὲν ἐπραγματοποιήθη οὐδὲν ἔργον. Εἰς ἄλλας περιπτώσεις ὁμως ὑπάρχει ταύτισις τῶν δύο ἐννοιῶν.

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

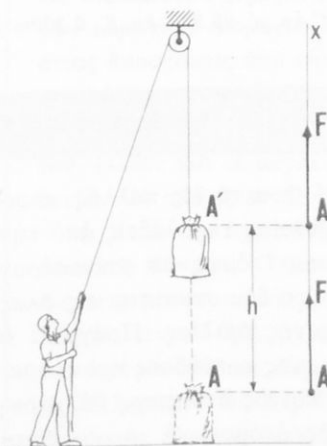
Τὸ ἴδιον συμβαίνει ὅταν ἕνας ἵππος σύρῃ μίαν ἄμαξαν ἢ ἕνας ἐργάτης μὲ τὴν βοήθειαν μιᾶς τροχαλίας ἀνυψώῃ ἕνα φορτίον (σχ. 37).

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

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

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

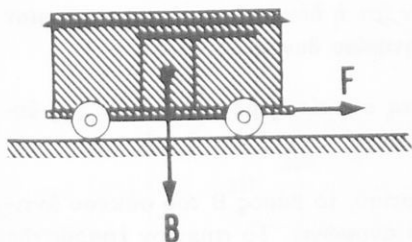
**Εἰς τὴν Φυσικὴν λέγομεν ὅτι μία δύναμις παράγει ἔργον, ὅταν μετατοπίσῃ τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τῆς.**



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

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





Σχ. 38. Τό βάρος  $B$  τοῦ ὀχήματος, τὸ ὁποῖον κινεῖται ὁριζοντίως, δὲν παράγει ἔργον.

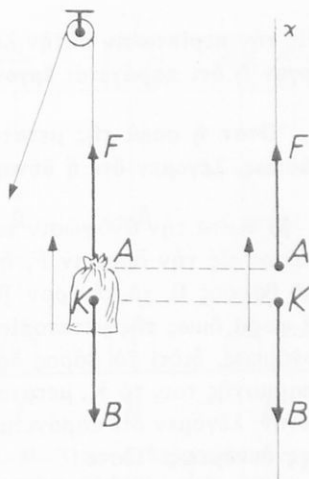
Ἡ κίνησις ὀφείλεται ἀποκλειστικῶς εἰς τὴν δύναμιν  $F$ , ἄρα καὶ τὸ ἔργον τὸ ὁποῖον παράγεται, προέρχεται μόνον ἀπὸ τὴν δύναμιν αὐτήν. Ἐπομένως τὸ βάρος  $B$  τοῦ ὀχήματος, ὡς πρὸς τὴν διεύθυνσιν τοῦ ὁποῖου εἶναι κάθετος ἢ μετατόπισις τοῦ σώματος, δὲν παράγει ἔργον. Ὡστε :

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

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

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

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



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

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

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

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

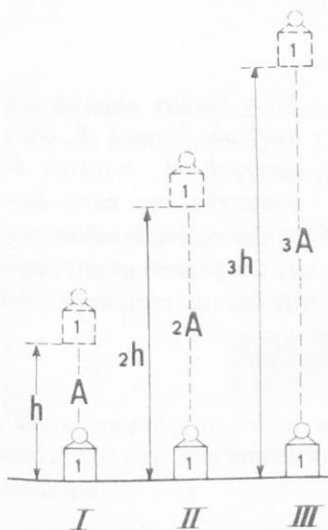
Ὅταν ἡ **φορὰ** τῆς μετατοπίσεως καὶ ἡ **φορὰ** τῆς δυνάμεως εἶναι ἀντίθετοι, λέγομεν ὅτι παράγεται **ἀνθιστάμενον ἔργον**.

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

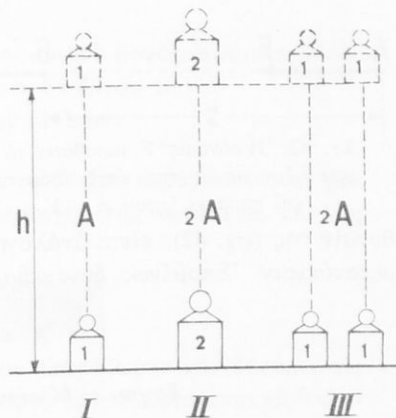
**§ 47. Χαρακτῆρες τοῦ ἔργου.** Α) Ἡ μετατόπισις συμπίπτει μὲ τὴν διεύθυνσιν τῆς δυνάμεως. 1. Μεταφέρομεν ἓνα κιβώτιον εἰς τὸν τρίτον ὄροφον μιᾶς πολυκατοικίας. Κατὰ τὴν μεταφορὰν αὐτὴν, ἡ δύναμις τὴν ὁποίαν καταβάλλομεν παράγῃ ἓνα ὀρισμένον ἔργον, τὸ ὁποῖον βεβαίως θὰ εἶναι μεγαλύτερον, ἀπὸ τὸ ἔργον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

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

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



Σχ. 40. Όταν η δύναμη είναι ώρι-  
σμένη, το έργο είναι ανάλογον  
πρός την μετατόπισιν.



Σχ. 41. Όταν η απόστασις είναι  
ώρισμένη, το έργο είναι ανάλο-  
γον προς την δύναμιν.

πρός το διάστημα, το όποιον διανύει το σημείον εφαρμογής τῆς δυνά-  
μεως κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς μετατοπίσεως.

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

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

Ὅταν ἡ μετατόπισις εἶναι ὥρισμένη, τὸ ἔργον εἶναι ἀνάλογον  
πρὸς τὴν σταθερὰν δύναμιν ἣ ὁποία τὸ παράγει.

Τύπος τοῦ ἔργου. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι τὸ ἔργον



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

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

$$A = F \cdot s$$

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

Ὁ τύπος αὐτὸς ἐκφράζει ὅτι :

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

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

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

$$1 \text{ Τζούλ (1 Joule, 1 J)}$$

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

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

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

Πολλαπλάσιον τοῦ Τζούλ εἶναι τὸ κιλοτζούλ (1 kJ), εἶναι δὲ 1 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 :

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

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

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

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

γ) **Σύστημα C.G.S.** Εἰς τὸ σύστημα αὐτό, εἰς τὸ ὁποῖον μονὰς δυνάμεως εἶναι ἡ 1 δύνῃ (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 σημεῖον ἐφαρμογῆς της κατὰ 1 cm, ἐπὶ τοῦ φορέως της. Δηλαδή εἶναι :

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

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

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

Δηλαδή :

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

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

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

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

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

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

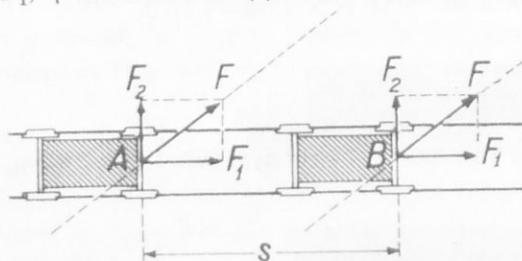
Γνωρίζομεν ὅτι  $1 \text{ kp} = 9,81 \text{ N}$ , ἐπομένως ἔχομεν ὅτι  $1800 \text{ kp} = 1800 \cdot 9,81 \text{ N}$ , ὁπότε ὁ τύπος τοῦ ἔργου μᾶς δίδει :

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

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

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

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



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

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

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

$$A = F_1 \cdot s$$

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

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

#### Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

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

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

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

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

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

$$A = F \cdot s$$

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

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

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

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

## Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

44. Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ἔργον τὸ ὁποῖον θὰ καταναλωθῇ διὰ νὰ ἀνιψωθῇ κατακορύφως κατὰ 12 m μᾶζα βάρους 125 kp. (Ἀπ. 1 500 kp.)

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

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

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

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

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

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



κινητήν λίμνην, ἢ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τῆς ὁποίας παρῳσιάζει ὑψομετρικὴν διαφορὰν 40 m ἀπὸ τοὺς ὑδροστροβίλους τοῦ ἐργοστασίου. Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον παράγεται ἀπὸ τὸ ὕδωρ εἰς ἕκαστον δευτερολέπτον, ἐὰν εἰς τὸ χρονικὸν αὐτὸ διάστημα κινητοφορῇ εἰς τοὺς ὑδροστροβίλους ὄγκος 100 m<sup>3</sup> ὕδατος.

(᾿Απ. 4 000 000 kpm.)

## Η' — Ι Σ Χ Υ Σ

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

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

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

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

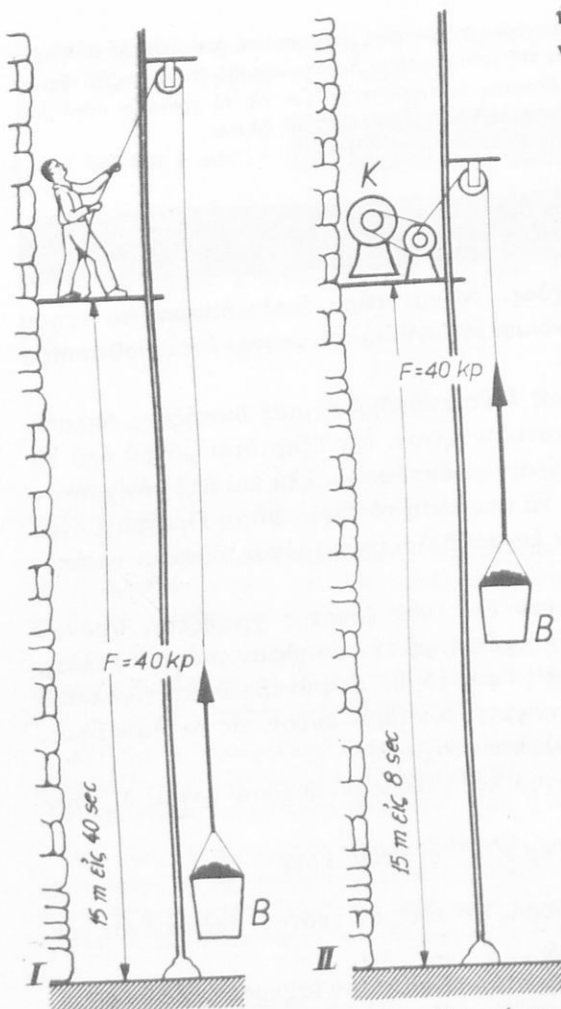
$$A = 40 \text{ kp} \times 15 \text{ m} = 600 \text{ kpm}$$

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

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

Τὰ ἀνωτέρω μᾶς ὡδηγοῦν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι ἡ ἀξία μιᾶς μηχανῆς ἐκτιμᾶται ἀπὸ τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον εἶναι εἰς θέσιν νὰ ἀποδώσῃ εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου. Τὸ ἔργον αὐτὸ ὀνομάζεται ἰσχύς τῆς μηχανῆς καὶ συμβολίζεται μετὰ τὸ γράμμα N. Ὡστε :

Ἡ ἰσχύς N μιᾶς μηχανῆς ὀνομάζεται τὸ ἔργον A, τὸ ὁποῖον παράγει



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

ἡ μηχανὴ εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου. Δηλ.

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

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

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

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

Ὡστε :

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

**Μονάδες ἰσχύος.** Αἱ μονάδες ἰσχύος ὀρίζονται ἀπὸ τὸν τύπον τῆς

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

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

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

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

Ἐπομένως ἂν εἰς τὸν τύπον τῆς ἰσχύος ἐκφράζωμεν τὸ ἔργον εἰς Τζοῦλ καὶ τὸν χρόνον εἰς δευτερόλεπτα, ἡ ἰσχύς 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 σύστημα αὐτὸ μονὰς ἔργου εἶναι τὸ κιλοποντόμετρον καὶ χρόνου τὸ δευτερόλεπτον, μονὰς δὲ ἰσχύος τό :

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

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

I.—Τὸν ἵππον ἢ ἀτμόῖππον. Εἶναι δέ :

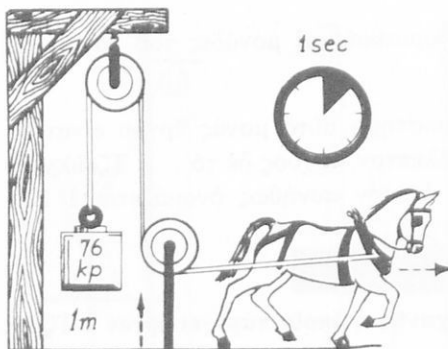
$$1 \text{ ἵππος (1 Ch ἢ 1 PS)} = 75 \text{ kpm/sec}$$

Ὡστε :

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

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

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



Σχ. 44α. Διά τον όρισμόν του βρεταν-  
νικού ίππου (HP).

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

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

Από την ανωτέρω σχέσιν εύρι-  
σκομεν ότι :

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

$$736 \text{ W}$$

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

$$746 \text{ W}$$

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

|                        |         |       |        |         |
|------------------------|---------|-------|--------|---------|
| Ανθρωπος               | από     | 1/30  | μέχρις | 1/10    |
| Ίππος                  | »       | 1/2   | μέχρις | 3/4     |
| Ηλεκτρικόν ψυγείον     | »       | 1/4   | μέχρις | 1/3     |
| Ατμομηχανή             | »       | 1 000 | μέχρις | 6 000   |
| Πύραυλος               | άνω των |       |        | 100 000 |
| Μηχανή πλοίου          | μέχρις  |       |        | 150 000 |
| Ηλεκτρικόν έργοστάσιον | μέχρις  |       |        | 700 000 |

**Αριθμητικά εφαρμογαί.** 1) Ένας ίππος διατρέχει  $100 \text{ m}$  εντός  $1 \text{ min}$  και  
άσκει είς μίαν άμαξαν έλκτικήν δύναμιν  $35 \text{ kp}$ . Νά υπολογισθή ή μέση ισχύς,  
τήν όποίαν αναπτύσσει ό ίππος.

Λύσις. Έντός  $1$  λεπτού ( $1 \text{ min}$ ) ό ίππος πραγματοποιεί έργον  $A$  ίσον πρός :

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

Η μέση ισχύς  $N$  έπομένως τήν όποίαν αναπτύσει ό ίππος θά είναι :

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

Δηλαδή  $N = 58,3 \text{ kpm/sec}$  ή είς άτμοίππους :

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

2) Ένας καταρράκτης άποδίδει  $9 000 \text{ m}^3$  ύδατος έντός μιās ώρας. Νά υπολο-  
γισθή ή ισχύς του καταρράκτου είς κιλοβάτ ( $\text{kW}$ ), εάν γνωρίζωμεν ότι τό ύδωρ πί-  
πτει από ύψος  $25 \text{ m}$ .

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

Το βάρος των  $2,5\text{ m}^3$  είναι  $2\,500\text{ kp}$ . Το έργο  $A$ , το όποιον πραγματοποιείται από το πέτον υδωρ έντός ένός δευτερολέπτου, θά είναι έπομένως :

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

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

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

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

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

**Λύσις.** Έντός ένός δευτερολέπτου το αυτοκίνητον διανύει απόστασιν :

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

Άρα το έργο  $A$  το όποιον πραγματοποιείται έντός ένός δευτερολέπτου από την δύναμιν του κινητήρος είναι :

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

Η ισχύς έπομένως  $N$  του κινητήρος είναι :

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

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

**Άλλαι μονάδες έργου.** Άν τόν τύπον  $N = A/t$  της ισχύος λύσωμεν ως πρὸς  $A$ , λαμβάνομεν :

$$A = N \cdot t$$

Όστε :

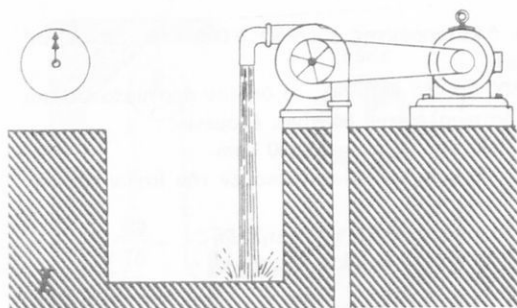
Το έργο  $A$  το όποιον παράγει μία μηχανή ισχύος  $N$ , έργαζομένη επί χρόνον  $t$ , είναι ίσον πρὸς το γινόμενον της ισχύος επί τόν χρόνον λειτουργίας της μηχανής.

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

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

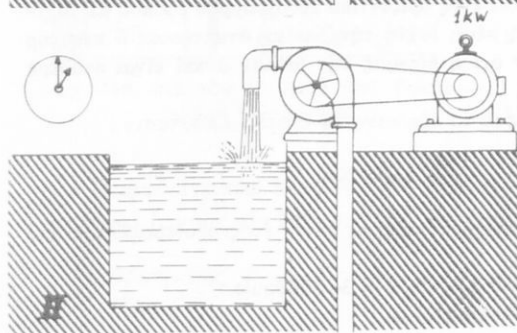
$$1\text{ Wh} = 1\text{ W} \times 1\text{ h}$$

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



έντός μιας ώρας (1 h) από  
μια μηχανή ισχύος ενός  
Bάτ (1 W). Πολλαπλάσιον  
της βατώρας είναι ή κιλο-  
βατώρα (1 kWh) (σχ. 45),  
είναι δέ :

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



β) Σχέσις Τζούλ και  
βατώρας. Έφ' όσον τó  
1 W αντιστοιχεί εις παρα-  
γωγήν έργου 1 Joule/sec,  
συμπεραίνομεν ότι :

$$1 \text{ Wh} = 1 \text{ W} \cdot 3600 \text{ sec} =$$

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

$$1 \text{ Joule} \cdot 3600 = 3600 \text{ Joule}.$$

Όστε :

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

Σχ. 45. Ένας κινητήρ ισχύος 1 kW πα-  
ράγει, όταν έργασθῇ επί μίαν ώραν, έρ-  
γον μιάς κιλοβατώρας.

Πρέπει νά προσέξωμεν  
ιδιαίτερώς εις τó ότι τά

Bάτ και τά κιλοβάτ είναι μονάδες ισχύος, ενώ ή βαιώρα και ή κιλο-  
βατώρα μονάδες έργου.

## Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Η ισχύς ενός κινητήρος όρίζεται ώς τó έργον τó όποιον  
πραγματοποιεί ό κινητήρ εις τήν μονάδα τού χρόνου (συγκεκρι-  
μένως εις 1 sec).

2. Τó κιλοποντόμετρον ανά δευτερόλεπτον (1 kpm/sec) είναι  
ή ισχύς ενός κινητήρος, ό όποιος πραγματοποιεί έργον 1 kpm  
έντός χρονικού διαστήματος 1 sec.

3. Ό ατμόίππος (1 Ch) είναι ή ισχύς ενός κινητήρος, ό όποιος  
πραγματοποιεί έργον 75 kpm έντός χρονικού διαστήματος 1 sec.

4. Ό βρετανικός ίππος (1 HP) είναι ή ισχύς ενός κινητήρος,

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

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

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

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

7. Η βατώρα είναι το έργον το όποιον παράγει μία μηχανή ισχύος 1 W, όταν έργασθῇ επί μίαν ώραν. Η κιλοβατώρα είναι πολλαπλάσιόν της. Είναι δέ :  $1 \text{ kWh} = 1\,000 \text{ Wh}$ .

## Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

51. Να ύπολογισθῇ εἰς kpm/sec, εἰς Ch καὶ kW ή ισχύς ήτις αναπτύσσεται από έναν ἵππον, ἐὰν γνωρίζωμεν ὅτι κινεῖται με ταχύτητα 4 km/h καὶ ἀσκει ἐλκτικήν δύναμιν 30 kp. (Ἀπ. 33,3 kpm/sec, 0,44 Ch, 0,324 kW.)

52. Ένας γερανός δύναται νά υψώσῃ φορτίον βάρους 2 Mp εἰς ὕψος 12 m, ἐντός χρόνου 24 sec. Να ύπολογισθῇ (εἰς Ch καὶ kW) ή ισχύς ή όποία αναπτύσσεται από τόν κινητήρα τοῦ γερανοῦ. (Ἀπ. 13,3 Ch, 9,81 kW.)

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

54. Ένα αὐτοκίνητον κινεῖται ἐπὶ ὀριζοντίου δρόμου με ταχύτητα 72 km/h. Με αὐτήν τήν ταχύτητα ή συνισταμένη τῆς ἀντιστάσεως τοῦ ἀέρος καὶ τῶν δυνάμεων τριβῆς ἔχει μέτρον 30 kp. Να ύπολογισθῇ με τὰς προϋποθέσεις αὐτάς ή ισχύς τήν όποίαν ἀναπτύσσει ὁ κινητήρ τοῦ αὐτοκινήτου. (Ἀπ. 600 kpm/sec.)

55. Ὁ κινητήρ ενός αὐτοκινήτου παρέχει εἰς ὀριζόντιον δρόμον ισχύν 12 Ch. Τό αὐτοκίνητον κινεῖται με ταχύτητα 90 km/h. Να ύπολογισθῇ ή συνολική δύναμις ή όποία ἀντιτίθεται εἰς τήν κίνησιν τοῦ αὐτοκινήτου. (Ἀπ. 36 kp.)

56. Μία δεξαμενή περιέχει 1 500 λίτρα ὕδατος καὶ τροφοδοτεῖται ἀπό ἕνα φρέαρ με τήν βοήθειαν μιᾶς ἀντλίας. Η ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ ὕδατος ἐντός τοῦ φρεάτος εὐρίσκεται εἰς βάθος 12 m ἀπό τὸ ἀνοιγμα, ἀπό τὸ όποιον εἰσέρχεται τὸ ὕδωρ εἰς τήν δεξαμενήν. Να ύπολογισθῇ : α) Τό έργον τὸ όποιον πρέπει νά παραχθῇ ἀπό τόν

κινητήρα της άντλίας δια να γεμίση ή δεξαμενή με ύδωρ. β) 'Η ισχύς τήν οποίαν πρέπει να αναπτύξη ή κινητήρ οὔτως, ὥστε ή ἐργασία αὐτή να ἐκτελεσθῇ ἐντός ήμισείας ὥρας. (Τό ἔργον να ἀποδοθῇ εἰς kJ καί kWh.)

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

57. "Ενας ἄνθρωπος βάρους 75 kp ἀνέρχεται τρέχων μίαν κλίμακα κατακορύφου ὕψους 4,50 m ἐντός χρονικοῦ διαστήματος 5 sec. Να ὑπολογισθῇ ή ισχύς τήν ὅποιαν ἀνέπτυξεν ὁ ἄνθρωπος.

(Απ. 67,5 kpm/sec, 0,9 Ch.)

58. "Ενας καταρράκτης ἀποδίδει 9 000 m<sup>3</sup> ὕδατος τήν ὥραν. Να ὑπολογισθῇ ή ισχύς του εἰς kW, ἐάν γνωρίζωμεν ὅτι τό ὕψος ἀπό τό ὅποιον πίπτουν τὰ ὕδατα εἶναι 25 m.

(Απ. 613 kW περίπου.)

## Θ' — ΕΝΕΡΓΕΙΑ

**§ 49. Γενικότητα.** Ἐννοία τῆς ἐνεργείας. Τὰ φυσικά σώματα ἔχουν, διὰ διαφόρους λόγους, τήν ἱκανότητα να παράγουν ἔργον, ὅταν τοὺς δοθοῦν αἱ κατάλληλοι προϋποθέσεις καί εὔρεθοῦν ὑπὸ εἰδικὰς συνθήκας.

"Όταν ἓνα σῶμα δι' οἰονδήποτε λόγον κατέχη τήν δυνατότητα παραγωγῆς ἔργου, λέγομεν ὅτι τό σῶμα περικλείει ἐνέργειαν.

'Η ἐνέργεια, τήν ὅποιαν περικλείει ἓνα σῶμα, ἐκτιμᾶται με τό ἔργον τό ὅποιον εἶναι εἰς θέσιν να ἀποδώσῃ δι' αὐτόν τόν λόγον μετρεῖται καί ὑπολογίζεται με τὰς γνωστάς μονάδας τοῦ ἔργου.

'Αναλόγως ὁμως με τήν προέλευσίν της ή ἐνέργεια ἔχει διαφόρους ὀνομασίας.

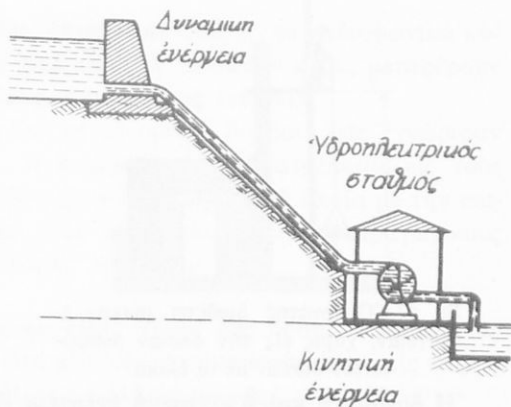
**§ 50. Διάφοροι μορφαί ἐνεργείας. α)** Τό ὕδωρ ἑνὸς ὑδροφράγματος κατέχει λόγω τῆς θέσεώς του ἐνέργειαν. Πράγματι ἂν τό ὕδωρ αὐτό ἀφεθῇ να ρεῦση ἐντός καταλήλων σωλήνων, δύναται να κινήση τοὺς ὑδροστροβίλους, οἱ ὅποιοι εὐρίσκονται εἰς τήν βάσιν τοῦ φράγματος (σχ. 46).

"Ενα συμπεπιεσμένον ἐλατήριον ἂν ἀφεθῇ ἐλεύθερον να ἀποσυσπειρωθῇ, δύναται να ἐκτινάξῃ μακράν μίαν μικράν σφαῖραν. Τό συσπειρωμένον ἐλατήριον περικλείει ἐπομένως, λόγω τῆς καταστάσεως του, ἐνέργειαν ή ὅποια εἰς τήν κατάλληλον στιγμήν μεταβάλλεται εἰς ἔργον.



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

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



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

$$E_{δυν} = B \cdot h$$

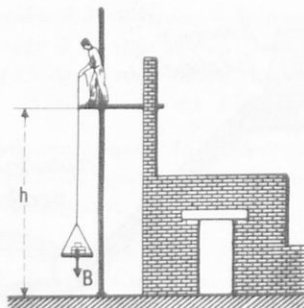
Πράγματι διὰ νὰ ἀνυψωθῇ τὸ σῶμα εἰς ὕψος  $h$ , ἡσκήθη ἐπ' αὐτοῦ δύναμις ἴση μὲ τὸ βάρος τοῦ  $B$ , ἡ ὁποία κατὰ τὴν ἀνύψωσιν παρήγαγεν ἔργον  $A$  ἴσον μὲ :  $A = B \cdot h$ . Τὸ ἔργον ἀκριβῶς αὐτὸ ἀπεθηκεύθη εἰς τὸ σῶμα ὑπὸ μορφήν δυναμικῆς ἐνεργείας.

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

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

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

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



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

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

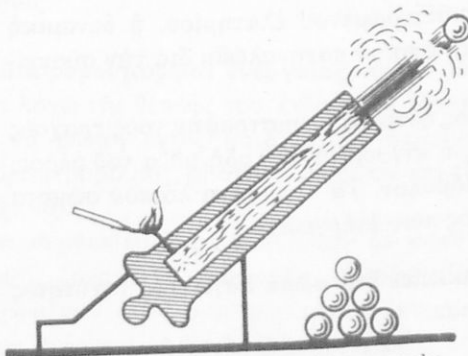
Ἐξ αἰτίας τῆς κινητικῆς ἐνεργείας τὴν ὁποίαν ἔχει ἕνας ποδηλάτης, εἶναι εἰς θέσιν νὰ συνεχίσῃ ἐπ' ὀλίγον τὴν κίνησίν του χωρὶς νὰ ἐνεργῇ ἐπὶ τῶν ποδοπλήκτρων (πετάλια).

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

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

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

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



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

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

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

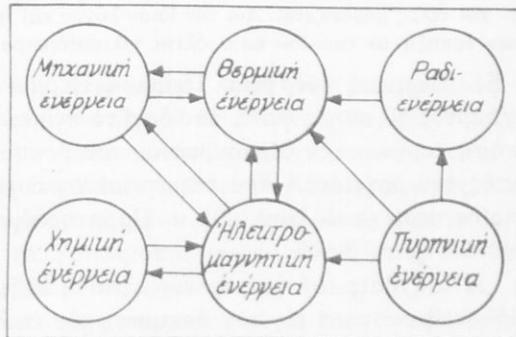
στ) Κατὰ τὰ τελευταῖα ἔτη αἱ «ἀτομικαὶ βόμβαι» μᾶς ἐγνώρισαν τὴν **πυρηνικὴν ἐνέργειαν**. Ἡ ἐνέργεια αὕτῃ μετατρέπεται εἰς τοὺς ἀτομικοὺς ἀντιδραστήρας εἰς θερμικὴν ἐνέργειαν, ἡ ὁποία μὲ τὴν σειρὰν τῆς μετατρέπεται εἰς τοὺς ἀτομικοὺς ἠλεκτροπαραγωγικοὺς σταθμοὺς καὶ δίδει ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

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

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

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

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



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

**§ 52. Μηχανικὴ ἐνέρ-**

γεια. Σχέσις μεταξύ δυναμικῆς καὶ κινητικῆς ἐνεργείας ἑνὸς σώματος. Ἐνα σῶμα ἢ σύστημα σωμάτων δύναται νὰ ἔχῃ μόνον κινητικὴν ἢ μόνον δυναμικὴν ἐνέργειαν. Δυνατὸν ὅμως νὰ κατέχῃ ταυτοχρόνως καὶ κινητικὴν καὶ δυναμικὴν ἐνέργειαν.

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

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

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

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

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

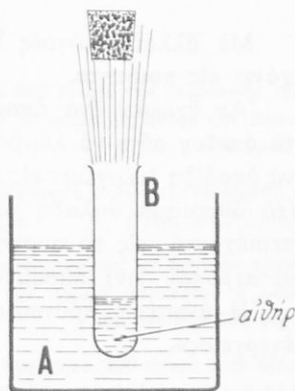
**§ 53. Θερμικὴ ἐνέργεια. Πείραμα.** Θερμαίνομεν τὸ δοχεῖον Α τοῦ σχήματος 50 οὕτως ὥστε, τὸ ὕδωρ τὸ περιεχόμενον εἰς αὐτὸ νὰ ἀποκτήσῃ περίπου τὴν θερμοκρασίαν τοῦ βρασμοῦ. Θέτομεν ἀκολουθῶς ἐντὸς τοῦ δοχείου Α ἓνα πωματισμένον δοκιμαστικὸν σωλῆνα Β, ὁ ὁποῖος περιέχει ὀλίγον αἰθέρα. Παρατηροῦμεν τότε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

Ἡ ἐξήγησις τοῦ φαινομένου εἶναι ἡ ἑξῆς. Τὸ θερμὸν ὕδωρ μετεβίβασε θερμότητα εἰς τὸν δοκιμαστικὸν σωλῆνα μὲ ἀποτέλεσμα νὰ ἐξαερωθῇ ὁ αἰθήρ. Οἱ ἄτμοι τοῦ αἰθέρος ἤσκησαν πιέζουσιν δυνάμιν εἰς τὸ πῶμα καὶ τὸ ἐξετίναξαν.

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

Ὡστε :

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



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

**§ 54. Μονάδες ἐνεργείας.** Ἀνεφέρθη ὅτι ἡ ἐνέργεια ἑνὸς σώματος ἢ ἑνὸς συστήματος, οἷα σδὴποτε μορφῆς, εἶναι δυνατόν νὰ ἐκτιμηθῇ μὲ τὸ ἔργον, εἰς τὸ ὁποῖον δύναται νὰ μετατραπῇ. Ἡ διαπίστωσις αὕτη μᾶς ὁδηγεῖ εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι ἡ ἐνέργεια καὶ τὸ ἔργον εἶναι φυσικὰ μεγέθη τῆς ἰδίας φυσικῆς ὑποστάσεως, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον ἔχει ὡς συνέπειαν νὰ μετρῶνται μὲ τὰς ἰδίας μονάδας.

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

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

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

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

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

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

#### ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

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

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

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

4. Ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια, τὴν ὁποίαν κατέχει ἓνα σῶμα ἢ ἓνα σύστημα σωμάτων, εἶναι ἡ ἐνέργεια τὴν ὁποίαν ἔχει ἀποθηκευμένην ἐξ αἰτίας τῆς θέσεως ἢ τῆς καταστάσεώς του τὸ σῶμα ἢ τὸ σύστημα.

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

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

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

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

## Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

**59.** Ένα σώμα βάρους  $15 \text{ kp}$  έχει ανηφωθῇ κατὰ  $200 \text{ m}$  ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς Γῆς. Νὰ εὐρεθῇ ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια τὴν ὁποίαν ἔχει τὸ σῶμα εἰς αὐτὴν τὴν θέσιν.  
( $\text{Ἀπ. } 3\,000 \text{ kpm.}$ )

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

**61.** Ένας λίθος ἔχει μᾶζαν  $20 \text{ gr}$  καὶ βάλλεται κατακορύφως μὲ ἀρχικὴν ταχύτητα  $200 \text{ m/sec}$ . Νὰ εὐρεθῇ ἡ κινητικὴ ἐνέργεια, τὴν ὁποίαν ἀπέκτησεν ὁ λίθος κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς βολῆς.  
( $\text{Ἀπ. } 40\,000\,000 \text{ erg.}$ )

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

**63.** Μία σφύρα βάρους  $100 \text{ kp}$  ἀνηφοῦται κατὰ  $2,8 \text{ m}$  καὶ ἀκολούθως πίπτει ἐλευθέρως ἐπὶ ἐνὸς καρφίου. Νὰ εὐρεθῇ ἡ ἐνέργεια τῆς σφύρας κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς κρούσεως.  
( $\text{Ἀπ. } 280 \text{ kpm.}$ )

## II. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ

### Ι'—ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΕΙΣ ΘΕΡΜΙΚΗΝ

**§ 56. Αί τριβαί ἐλευθερώνουν θερμότητα.** "Όταν ἀνοίγωμεν ὀπήν εἰς ἓνα ξύλον, τὸ διατρητικὸν ὄργανον (τρυνάνι) τὸ ὁποῖον χρησιμοποιοῦμεν θερμαίνεται. "Όταν τροχίζωμεν ἓνα ἐργαλεῖον μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ σφυριδοχάρτου, παρατηροῦμεν ὅτι ἐκτινάσσονται πολυάριθμοι σπινθῆρες ἀπὸ τὸ σημεῖον ἐπαφῆς τοῦ ἐργαλείου μὲ τὸν σφυριδοτροχόν, νῶ τροχὸς καὶ ἐργαλεῖον θερμαίνονται. "Όταν τὸν χεῖμῶνα αἱ χεῖρες μας εἶναι ψυχραί, τὰς προστρίβωμεν τὴν μίαν ἐπὶ τῆς ἄλλης διὰ νὰ θερμανθοῦν. "Όταν θέλωμεν νὰ ἀνάψωμεν ἓνα πυρεῖον, τὸ τρίβωμεν εἰς τὴν πλευρικὴν ἐπιφάνειαν τοῦ κυτίου του. Οἱ ἄγριοι χρησιμοποιοῦν ἀκόμη διὰ τὸ ἄναμμα τῆς πυρᾶς δύο ξηρὰ ξύλα, τὰ ὁποῖα προστρίβουν μέχρις ὅτου πυρακτωθοῦν (σχ. 51).

"Ωστε :

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



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

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



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

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

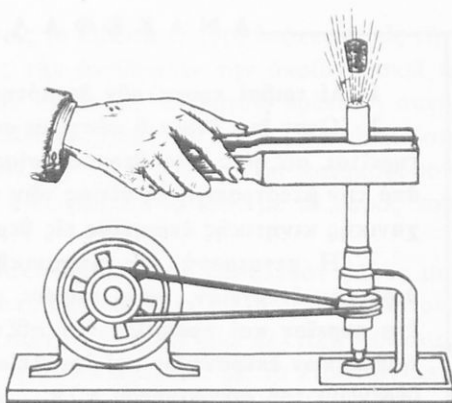
Ὡστε :

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

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

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

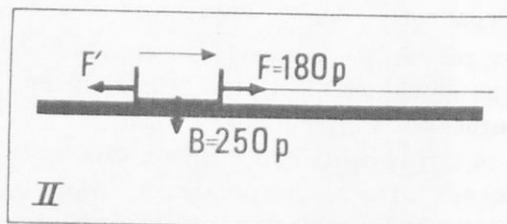
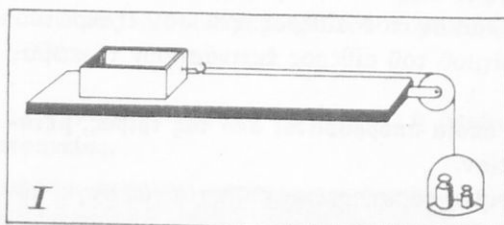
Δι' αὐτὸν τὸν λόγον εἰς τὰ μηχανουργικὰ ἐργαστήρια, ὅταν πρόκειται νὰ κατεργασθοῦν σκληρὰ μέταλλα μὲ μεταλλικὰ ἐργαλεῖα, διαβρέχουν, κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς ἐργασίας, συνεχῶς τὸ ἐργαλεῖον μὲ σαπωνοδιάλυμα, ψύχοντες τὸ μέταλλον μὲ αὐτὸ τὸν τρόπον καὶ ἀποτρέποντες τὴν ἐρυθροπύρωσιν του, ὅποτε ὑπάρχει πιθανότης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



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

1. Αί τριβαί προκαλοῦν θερμότητα.
2. Ὄταν ἓνα σῶμα ἢ σύστημα σωμάτων κινῆται, τότε παρατηρεῖται αὐξησης τῆς θερμοκρασίας του, ἢ ὅποια προέρχεται ἀπὸ τὴν μετατροπὴν, ἐξ αἰτίας τῶν τριβῶν, ἐνὸς μέρους τῆς μηχανικῆς κινητικῆς ἐνεργείας εἰς θερμικὴν.
3. Ἡ μετατροπὴ τῆς μηχανικῆς κινητικῆς ἐνεργείας εἰς θερμικὴν ἐνέργειαν, λόγω τριβῶν, μᾶς ἐπιτρέπει νὰ ἀνάψωμεν ἓνα πυρεῖον καὶ προκαλεῖ τὴν αὐξησην τῆς θερμοκρασίας τῶν τριβομένων ἐπιφανειῶν καὶ ἐργαλείων, τοῦ τυμπάνου τῶν πεδῶν (φρένων) τοῦ αὐτοκινήτου κ.λπ.

# ΙΑ'— ΤΡΙΒΗ. ΜΗΧΑΝΙΚΟΝ ΙΣΟΔΥΝΑΜΟΝ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΔΟΣ



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

| Βάρος               | Βάρος σταθμῶν δίσκου        |                         |
|---------------------|-----------------------------|-------------------------|
| κιβωτίου<br>B εἰς p | Ἀνώμαλος ἐπιφάνεια, F εἰς p | Λεῖα ἐπιφάνεια, f εἰς p |
| 250                 | 180                         | 70                      |
| 500                 | 360                         | 140                     |
| 750                 | 540                         | 210                     |
| 1000                | 720                         | 280                     |

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

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

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

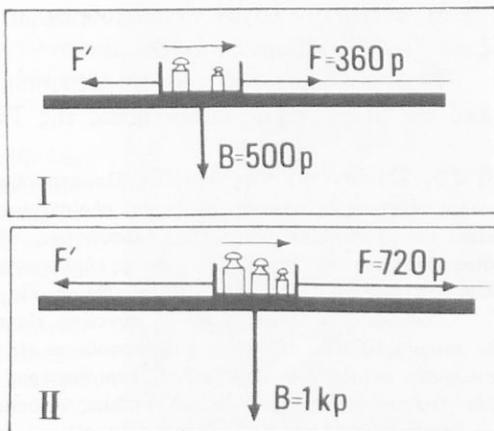
$$F/B = 0,72 \text{ καὶ } f/B = 0,28$$

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

Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω καταλήγομεν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι :

Ἡ τριβὴ ὀλισθήσεως :

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



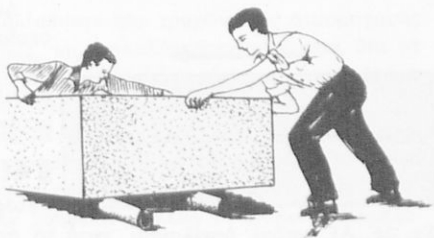
Σχ. 54. Ἡ τριβὴ ὀλισθήσεως εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ βάρος τοῦ σώματος τὸ ὁποῖον ὀλισθαίνει.

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

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

Ἡ τριβὴ ὀλισθήσεως καταναλίσκει περισσότερον ἔργον ἀπὸ τὴν τριβὴν κυλίσεως.

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



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

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

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

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

Ὁ δεῦτερος παράγων, ὁ ὁποῖος συντείνει εἰς τὴν ἐμφάνισιν τῆς τριβῆς, εἶναι αἱ παραμορφώσεις, αἱ ὁποῖαι δημιουργοῦνται εἰς τὰς δύο ἐπιφανείας, ὅταν αὐταὶ πιέζονται μεταξύ των. Βεβαίως τὰς περισσοτέρας φορὰς αὐταὶ αἱ παραμορφώσεις δὲν γίνονται ἀντιληπτὰι, δὲν παύουν ὁμῶς νὰ ὑπάρχουν.

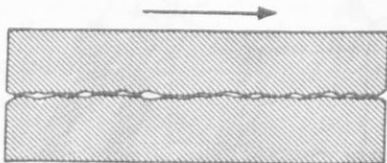
Ἡ τριβὴ δύο ἐπιφανειῶν ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα τὴν ἐξομάλυνσιν τῶν ἀνωμαλιῶν των. Ἐνα μέρος τῆς ἐνέργειας τὴν ὁποίαν παρέχομεν εἰς μίαν μηχανήν, καταναλίσκεται καὶ ἀπορροφᾶται ἀπὸ τὰς δυνάμεις τριβῆς καὶ μετατρέπεται εἰς θερμικὴν ἐνέργειαν, ἡ ὁποία μᾶς εἶναι ἀχρηστος.

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

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

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

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



**§ 61. Τρόποι ἐλαττώσεως ἢ αὐξήσεως τῶν τριβῶν.** Ἐς ἐπ' ἀνέλθωμεν εἰς

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

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

Διά νά έλαττώσωμεν την τριβήν έπαλείφωμεν τās έπιφανείας, αί όποiai εύρίσκονται εις έπαφήν, με λιπαντικάς ουσίας. Διά νά μη καταστραφούν λόγω τριβής τά μέταλλα, τά όποια έφάπτονται μεταξύ των εις τόν μηχανισμόν, π.χ., ενός αυτοκινήτου, εις μέν την μηχανήν τοποθετούμεν ειδικόν έλαιον, λιπαίνωμεν δε τó σύστημα όδηγήσεως και τούς άξονας των τροχών.

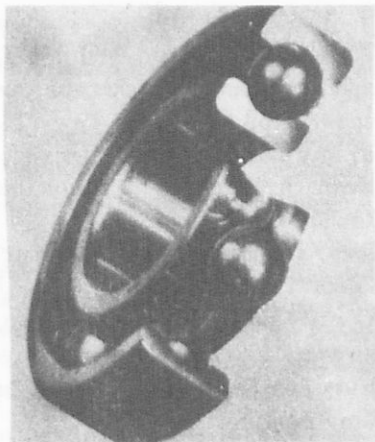
Ένα ποδήλατον με λεπιπασμένους τούς άξονας των τροχών του τρέχει καλότερον και ταχύτερον από ένα άλλον του όποιου είναι αλίπαντα και ξηρά τά κινούμενα μέρη. Ένας κινητήρ, ό όποιος λειτουργεί χωρίς νά λιπαίνεται, άχρηστεύεται πολύ συντόμως.

Σημαντικώς έλαττούται ή τριβή όταν, όπως άνεφέραμεν, μετατρέψωμεν την όλίσθησιν εις κύλισιν. Αυτό επιτυγχάνεται με παρεμβολήν, μεταξύ των δύο τριβομένων με όλίσθησιν έπιφανειών, μικρών κυλινδρικών στελεχών, επί των όποιων επικάθεται τó μετατοπιζόμενον βαρύ άντικείμενον. Τά κυλινδρικά στελέχη είναι κάθετα πρός την έλκουσαν δύναμιν.

Έφαρμογήν αυτής της παρατηρήσεως άποτελεί ή κατασκευή των ένσφαιρων τριβέων (κοινώς ρουλεμάν), οί όποιοι έχουν μεγάλας έφαρμογάς εις την Τεχνικήν. Άπλουδ παράδειγμα της έφαρμογής των έχομεν εις τó ποδήλατον. Οί άξονες των τροχών του ποδηλάτου δέν έφάπτονται άπ' ευθείας εις τά περιαξονιά των, αλλά με παρεμβολήν ένσφαιρων τριβέων. Οί ένσφαιροι τριβείς περιλαμβάνουν μικράς χαλυβδίνους σφαίρας, αί όποiai παρεμβάλλονται εις τās τριβομένας έπιφανείας (σχ. 57).

Άντιθέτως διά νά άποφύγωμεν την όλίσθησιν των τροχών μιάς άτμομηχανής επάνω εις τās σιδηροδρομικάς γραμμάς, τās επικαλύπτομεν με άμμον, διά νά αυξήσωμεν την τραχύτητά των. Διά μίαν άνάλογον αίτίαν ρίπτομεν άμμον επάνω εις έναν δρόμον ό όποιος έχει καλυφθί από παγοκρυστάλλους.

Αί σιαγόνες των πεδών (φρένων) εις τά αυτοκίνητα και οί δίσκοι των συμπλεκτών (άμπαγιας) είναι έφωδιασμένοι με ειδικάς μηχανικάς διατάξεις, αί όποiai αυξάνουν την τριβήν. Όσον περισσότερον συμπιέζονται μεταξύ των δύο επιφάνειαι αί όποiai έφάπτονται, είτε με την βοήθειαν μοχλών οί όποιοι πολλαπλασιάζουν τās μεταξύ των δυνάμεις (φρένα), είτε με την βοήθειαν ισχυρών ελατηρίων (συμπλέκτης), τόσον ή τριβή ή όποια άναπτύσσεται μεταξύ των δύο αυτών έπιφανειών αυξάνεται.



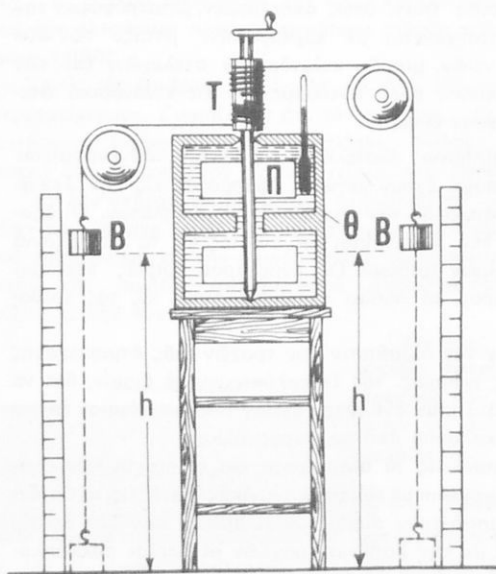
Σχ. 57. Ένσφαιροι τριβείς (ρουλεμάν).

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

**α) Περιγραφή τῆς συσκευῆς.** Ἐντὸς ἐνὸς θερμιδομέτρου  $\Theta$  βυθίζεται ἓνας κατακόρυφος ἄξων, ἐφωδιασμένος μὲ πτερύγια  $\Pi$  (σχ. 58). Ὁ ἄξων αὐτὸς συνδέεται μὲ ἓνα κυλινδρικὸν τύμπανον  $T$ , τὸ ὁποῖον δύναται νὰ περιστραφῇ περὶ τὸν γεωμετρικὸν του ἄξονα μὲ τὴν βοήθειαν δύο βαρῶν  $B$  καὶ  $B$ , τὰ ὁποῖα πίπτουν συγχρόνως καὶ ἀπὸ τὸ ἴδιον ὕψος  $h$ .

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

ἡ ἀνάδευσις γίνεται πλέον ἔντονος μὲ τὴν βοήθειαν δύο ἀκινήτων περυγίων, τὰ ὁποῖα εἶναι στερεωμένα εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῖχώμα τοῦ θερμιδομέτρου. Ἡ τριβὴ τοῦ ὕδατος μὲ τὰ πτερύγια παράγει θερμότητα, ἡ ὁποία αὐξάνει τὴν θερμοκρασίαν τοῦ ὕδατος ἐντὸς τοῦ θερμιδομέτρου. Δεδομένου ὅτι αὕτη ἡ αὔξησις τῆς θερμοκρασίας εἶναι πολὺ μικρά, πρέπει νὰ ἐκτελέσωμεν μίαν ὁλόκληρον σειρὰν διαδοχικῶν πτώσεων τῶν βαρῶν (περίπου εἰκοσι) διὰ νὰ ἔχωμεν αἰσθητὴν αὔξησιν τῆς θερμο-



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



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

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

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

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

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

Ἐπειδὴ δὲ 1 kpm = 9,81 Joule, ἔχομεν:

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

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

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

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

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

Δηλαδή:

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

ὅπου K ἡ ὀλικὴ θερμοχωρητικότης τοῦ ὀργάνου.

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

Δηλαδή:

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

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

**Συμπέρασμα.** Πολυάριθμοι μετρήσεις ἔδειξαν ὅτι ἀναφαίνεται ποσό-

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

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

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

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

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

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

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

$$Q = J \cdot A$$

ὅπου J τὸ μηχανικὸν ἰσοδύναμον τῆς θερμίδος.

## Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο Σ Ι Σ

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

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

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

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

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

των μερών των μηχανών. Αύξάνομεν τὰς δυνάμεις τῆς τριβῆς κατασκευάζοντες τραχυτέρας τὰς ἐπιφανείας ἐπαφῆς ἢ συμπιέζοντες αὐτὰς ἰσχυρῶς.

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

## Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

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

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



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

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

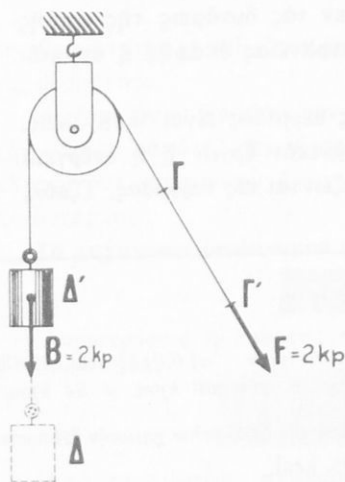
66. Νὰ εὑρεθῇ εἰς Joule ἡ ἐνέργεια ἡ ὁποία ἀπαιτεῖται διὰ νὰ ἀνξηθῇ ἡ θερμοκρασία 1 200 gr ὕδατος ἀπὸ τοὺς 15 °C εἰς τοὺς 80 °C

(Ἀπ.  $Q = 326\,040 \text{ Joule.}$ )

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

## ΙΒ'—ΔΙΑΤΗΡΗΣΙΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΕΙΣ ΤΑΣ ΑΠΛΑΣ ΜΗΧΑΝΑΣ

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



Σχ. 59. Τὸ κινητήριον ἔργον  
 $A_1 = F \cdot (\Gamma\Gamma')$  καὶ τὸ ἀνθι-  
 στάμενον  $A_2 = B \cdot (\Delta\Delta')$   
 εἶναι ἴσα.

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

**§ 64. Παράδειγμα διατηρήσεως  
 μηχανικῆς ἐνεργείας. Τροχαλία. Κι-  
 νητήριον καὶ ἀνθιστάμενον ἔργον.**  
 Θεωροῦμεν τὴν τροχαλίαν τοῦ σχή-  
 ματος 59 ἀπηλλαγμένην ἀπὸ τριβᾶς  
 καὶ ἀκλονήτως τοποθετημένην.

Ἀνυψώνομεν, χρησιμοποιοῦντες  
 τὴν τροχαλίαν αὐτήν, ἓνα σῶμα βά-  
 ρους 2 kp οὕτως, ὥστε τὸ κέντρον βά-  
 ρους τοῦ νὰ μετατοπισθῇ ἀπὸ τὸ ση-  
 μεῖον Δ εἰς τὸ σημεῖον Δ'. Διὰ νὰ γίνη  
 αὐτὸ θὰ πρέπει νὰ ἀσκήσωμεν εἰς τὴν  
 ἄλλην ἄκρην τοῦ σχοινοῦ μίαν δύνα-  
 μιν F, ἴσην κατὰ μέτρον πρὸς τὸ βά-  
 ρος B τοῦ σώματος, τῆς ὁποίας τὸ

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

Ἡ δύναμις F παράγει, καθὼς γνωρίζωμεν, ἔργον κινητηρίου δυνά-  
 μεως A τὸ ὅποιον εἶναι 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 εἶναι :

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

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

Ἐπομένως :

$$\text{κινητήριον ἔργον} = \text{ἀνθιστάμενον ἔργον}$$

Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν λέγομεν ὅτι συμβαίνει διατήρησις τοῦ  
 ἔργου.

Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι :

Εἰς μίαν ἀπλὴν μηχανήν, ἡ ὁποία λειτουργεῖ χωρὶς τριβάς, τὸ κινητήριον καὶ τὸ ἀνθιστάμενον ἔργον εἶναι ἴσα. Τὸ συμπέρασμα αὐτὸ ἐκφράζομεν λέγοντες ὅτι ἔχομεν διατήρησιν τῆς μηχανικῆς ἐνεργείας.

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

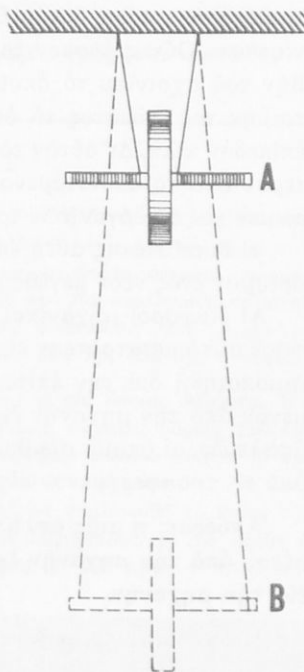
Ὅταν ὁ σφόνδυλος Α εὐρίσκεται εἰς τὸ ἀνώτερον σημεῖον τῆς διαδρομῆς του, τὰ νήματα εἶναι πεπλεγμένα περὶ τὸν ἄξονά του. Ἐφ' ὅσον εὐρίσκεται εἰς ἕνα ὠρισμένον ὕψος ἀπὸ τὸ κατώτερον σημεῖον, εἰς τὸ ὁποῖον μεταφέρεται ὅταν ἐκτυλιχθῶν τὰ νήματα, κατέχει ὠρισμένην δυναμικὴν ἐνέργειαν. Ὅταν ἀφεθῇ νὰ πέσῃ, ὁπότε τὰ νήματα ἐκτυλίσσονται τοῦ προσδίδουν ἐκτός ἀπὸ τὴν κατακόρυφον κίνησιν, τὴν ὁποίαν ἔχει ἐξ αἰτίας τῆς πτώσεως, καὶ μίαν περιστροφικὴν κίνησιν. Ἡ περιστροφικὴ αὕτη κίνησις γίνεται ὁλονὲν ταχύτερα.

Ὅταν ὁ σφόνδυλος φθάσῃ εἰς τὸ κάτω ἄκρον τῆς διαδρομῆς του, συνεχίζει νὰ περιστρέφεται κατὰ τὴν ἰδίαν φοράν, με ἀποτελεσματὰ νήματα νὰ ἀρχίσουν νὰ περιτυλίγωνται εἰς τὸν ἄξονά του καὶ οὕτως ἀρχίζει νὰ ἀνέρχεται.

Ἐνὸς ὁ σφόνδυλος κατέρχεται, ἡ δυναμικὴ του ἐνέργεια ἐλαττοῦται, ἐνῶ ἡ κινητικὴ του ἐνέργεια αὐξάνεται. Ὅταν ἀρχίσῃ νὰ ἀνέρχεται ἡ ταχύτης περιστροφῆς του ἐλαττοῦται, ἐπομένως καὶ ἡ κινητικὴ του ἐνέργεια. Ὅταν ἀνέρχεται ὁμως ἀρχίζει νὰ ἐπανακτᾷ τὴν δυναμικὴν ἐνέργειαν.

Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν λοιπὸν ὅτι ἡ μηχανικὴ ἐνέργεια τοῦ συστήματος παραμένει σταθερά. Παρατηροῦμεν ἐπίσης ὅτι ὁ σφόνδυλος κατὰ τὴν ἀνοδὸν του δὲν φθάνει εἰς τὸ σημεῖον ἐκεῖνο ἀπὸ τὸ ὁποῖον ἐξεκίνησεν, ἀλλὰ χαμηλότερον, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον σημαίνει ὅτι ὑπάρχουν ἄλλαι δυνάμεις, αἱ ὁποῖαι ὀφείλονται εἰς τριβάς, καὶ ἐναντιώνονται εἰς τὴν κίνησιν του. Ἐπομένως ἕνα μέρος τῆς δυναμικῆς ἐνεργείας τοῦ σφονδύλου μετατρέπεται, λόγω τῶν τριβῶν, εἰς θερμικὴν ἐνέργειαν, ἡ ὁποία διασπείρεται εἰς τὸν περιβάλλοντα ἀέρα.

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



Σχ. 60. Κατὰ τὴν καθόδον του ὁ περιστρεφόμενος σφόνδυλος χάνει δυναμικὴν ἐνέργειαν, αὐξάνει ὁμως τὴν κινητικὴν του ἐνέργειαν.

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

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

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

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

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

## Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

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

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

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

4. Ἡ ἀπόδοσις μιᾶς μηχανῆς εἶναι πάντοτε μικρότερα τῆς

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

## ΑΣΚΗΣΕΙΣ

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

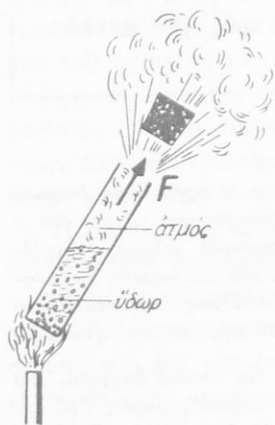
69. Ἐνα πολύσπαστον (σύστημα τροχαλιῶν ἀπὸ τὰς ὁποίας διέρχεται ἓνα κοινὸν σχοινίον) χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν ἀνύψωσιν σώματος βάρους  $180\text{ kp}$ . Εἰς τὸ ἄλλον ἄκρον τοῦ σχοινίου ἀσχοῦμεν μίαν κινητήριον δύναμιν μέτρον  $36\text{ kp}$ . Τὸ σῶμα ἀνῆλθε κατὰ  $1,2\text{ m}$  ὅταν ἡμεῖς ἐσύραμε  $7,2\text{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

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

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

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

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

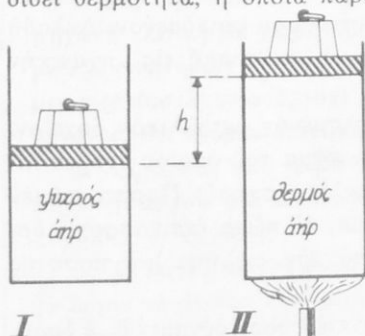


Σχ. 61. Μετατροπή της θερμότητας εις μηχανικόν ἔργον. Οἱ θερμοὶ ὑδατμοὶ ἀσκοῦν πιεζούσας δυνάμεις εἰς τὸ πῶμα καὶ τὸ ἐκτινάσσουσιν βιαίως.

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

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

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



Σχ. 62. Αἱ πιεζούσαι δυνάμεις τοῦ θερμοῦ ἀέρος παράγουν μηχανικόν ἔργον καὶ ἀνυψῶνουν τὸ ἐμβόλον μὲ τὸ σῶμα.

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

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

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

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

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω παραδειγμάτων συμπεραίνομεν ὅτι :

**Ἡ θερμότης δύναται νὰ μετατραπῇ εἰς μηχανικόν ἔργον.**



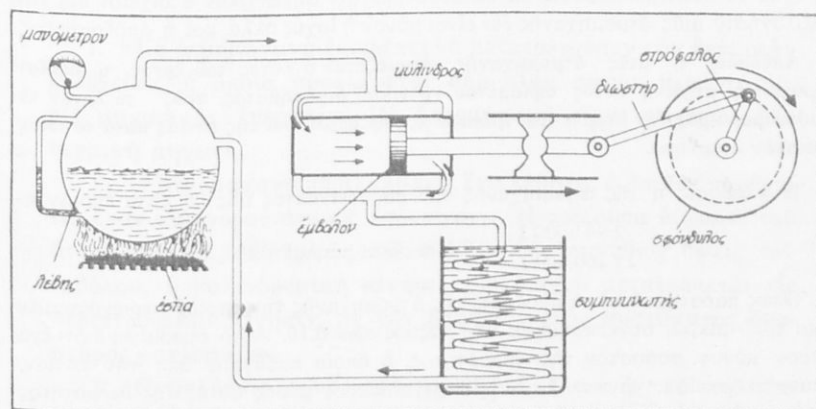
**§ 67. Ἀτμομηχανή.** Ὅπως εἶδομεν εἰς τὴν προηγουμένην παράγραφον, ἡ ἀτμομηχανή εἶναι μία θερμικὴ μηχανή, ἡ ὁποία μετατρέπει εἰς ἔργον ἓνα μέρος τῆς θερμότητος, τὸ ὁποῖον προσλαμβάνει ἀπὸ τὸ ὕδωρ, τὸ περιεχόμενον ἐντὸς λέβητος (καζάνι).

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

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

Ὁ ἀτμὸς ὁ παραγόμενος ἐντὸς τοῦ λέβητος, ὀδηγεῖται εἰς τὸν κύλινδρον, εἰς τὸν ὁποῖον ὑπάρχει ἓνα κινητὸν ἔμβολον. Ὁ ἀτμὸς ὥθει τὸ ἔμβολον αὐτό, τὸ ὁποῖον κινεῖται παλινδρομικῶς μέσα εἰς τὸν κύλινδρον. Αὕτῃ ἡ ἀδιάκοπος παλινδρόμησις τοῦ ἐμβόλου μετατρέπεται εἰς περιστροφικὴν κίνησιν, μὲ τὴν βοήθειαν μιᾶς μηχανικῆς διατάξεως ἡ ὁποία ὀνομάζεται σύστημα διωστήρος - στροφάλου (σχ. 63).

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



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

έμβολου. Ο ατμός αφού χρησιμοποιηθῇ εἰς τὸν κύλινδρον, διαφεύγει εἰς τὴν ατμόσφαιραν ἢ ὀδηγεῖται εἰς ἕναν συμπυκνωτήν, ἀπὸ ὅπου ἐπαναφέρεται εἰς τὸν λέβητα.

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

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

Ἡ ἰσχὺς τῶν συγχρόνων μηχανῶν κυμαίνεται μεταξὺ 4 000 ἱππῶν καὶ 6 000 ἱππῶν.

Διὰ νὰ λειτουργήσῃ μία ἀτμομηχανὴ ἰσχύος ἔστω 4 000 Ch, πρέπει νὰ ἀποδίδῃ ἡ ἔστις τῆς 7 000 kcal/sec, κατὰ μέσον ὄρον.

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

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

Τὸ ἀποδιδόμενον ἀπὸ τὴν ἀτμομηχανὴν ἔργον ἀνὰ δευτερόλεπτον εἶναι :

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

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

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

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

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

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

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

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

Εἰς τὰς τελευταίους τύπους ἀτμομηχανὰς ἐκτονώνομεν τὸν ἀτμὸν ὅσον τὸ δυνατόν περισσότερον. Ἡ ἰδίᾳ ποσότης τοῦ ἀτμοῦ ἐκτονουται εἰς πολλοὺς διαδοχικοὺς κυλίνδρους μὲ συνεχῶς αὐξανόμενας διαμέτρους. Αἱ ἀτμομηχαναὶ αὗται ὀνομάζονται πολλαπλῆς ἐκτονώσεως.

Ἐπίσης ἀντὶ νὰ ἀφήσωμεν τὸν ἀτμὸν νὰ διαφύγῃ εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν, τὸν ὀδηγοῦμεν εἰς ἓνα συμπυκνωτήν. Ὁ συμπυκνωτὴς εἶναι ἓνα μεταλλικὸν δοχεῖον, χωρὶς ἀέρα, μέσα εἰς τὸ ὁποῖον συμπυκνουται καὶ ὑγροποιεῖται ὁ ἀτμὸς, εὐθὺς ὡς ἐξέλθῃ ἀπὸ τοὺς κυλίνδρους. Ἡ θερμοκρασία του διατηρεῖται σταθερά εἰς τὴν περιοχὴν τῶν  $40^{\circ}\text{C}$ . Ἡ πίεσις εἰς τὸν συμπυκνωτὴν θὰ εἶναι βεβαίως ἴση πρὸς τὴν τάσιν τῶν κεκορεσμένων ὕδρατμῶν εἰς αὐτὴν τὴν θερμοκρασίαν ( $0,1 \text{ kp/cm}^2$ ). Εἶναι δηλαδὴ μικροτέρα ἀπὸ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν. Τὸ ἔργον ἐπομένως, τὸ ὁποῖον παράγεται εἰς μίαν διαδρομὴν τοῦ ἐμβόλου θὰ εἶναι μεγαλύτερον, ἀπὸ τὸ ἔργον τὸ ὁποῖον θὰ παρήγετο, ἂν οἱ ἀτμοὶ διωχτεῦντο εἰς τὸν ἀτμοσφαιρικὸν ἀέρα.

Ὁ συμπυκνωτὴς ὅμως εἶναι βαρὺς καὶ ἀπαιτεῖ μεγάλην ποσότητα ὕδατος διὰ τὴν ψύξιν. Αὐτὸς εἶναι ὁ κυριώτερος λόγος διὰ τὸν ὁποῖον αἱ ἀτμομηχαναὶ τῶν σιδηροδρομικῶν συρμῶν δὲν διαθέτουν συμπυκνωτήν.

## Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

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

2. Ἡ ἀτμομηχανὴ περιλαμβάνει ἓνα λέβητα, ὁ ὁποῖος παρέχει εἰς ἓναν κύλινδρον ἀτμοὺς ὑπὸ πίεσιν. Ἡ πιέζουσα δύναμις τοῦ ἀτμοῦ ἐνεργεῖ διαδοχικῶς καὶ εἰς τὰς δύο συνήθως ὀψεις τοῦ ἐμβόλου, ἡ παλινδρομικὴ κίνησις τοῦ ὁποῖου μετατρέπεται εἰς περιστροφικὴν κίνησιν, μὲ τὴν βοήθειαν ἐνὸς συστήματος διωστήρος - στροφάλου.

3. Ἡ ἀπόδοσις μιᾶς ἀτμομηχανῆς ὀρίζεται ὡς τὸ πηλίκον τοῦ ἔργου τὸ ὁποῖον ἀπέδωσεν ἡ ἀτμομηχανή, ἐντὸς ὥρισμένου χρονικοῦ διαστήματος, πρὸς τὸ ἰσοδύναμον ἔργον τῆς θερμότητος, τὸ ὁποῖον ἀπηλευθερώθη ἀπὸ τὴν ἐστίαν, κατὰ τὸ ἴδιον χρονικὸν διάστημα.

4. Ἡ ἀπόδοσις μιᾶς ἀτμομηχανῆς εἶναι μικρά. Κυμαίνεται περὶ τὸ 0,1 (ἢ 10%). Βελτιώνομεν τὴν ἀπόδοσιν, ἐὰν ἐκμεταλλευθῶμεν τὴν ἐκτόνωσιν τῶν ἀτμῶν καὶ χρησιμοποιήσωμεν συμπυκνωτήν.

## ΑΣΚΗΣΕΙΣ

70. Τὸ ἔμβολον μιᾶς ἀτμομηχανῆς ἔχει διατομὴν ἑμβადοῦ  $250 \text{ cm}^2$ . Ὁ ἀτμὸς εἰσέρχεται εἰς τὸν κύλινδρον μὲ πίεσιν  $12 \text{ kp/cm}^2$  καὶ ἐξέρχεται ἀμέσως εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ δύναμις ἡ ὁποία ὠθεῖ τὸ ἔμβολον. Δίδεται ἡ ἀτμοσφαιρική πίεσις ἴση πρὸς  $1 \text{ kp/cm}^2$ . (Ἀπ. 2 750 kp.)

71. Τὸ ἔμβολον μιᾶς ἀτμομηχανῆς διπλῆς ἐνεργείας, ἔχει διάμετρον 20 cm. Ὁ ἀτμὸς εἰσέρχεται εἰς τὸν κύλινδρον μὲ πίεσιν  $12 \text{ kp/cm}^2$ . Ἀκολούθως διοχετεύεται εἰς ἓνα συμπυκνωτήν, ὅπου ἡ πίεσις εἶναι  $0,2 \text{ kp/cm}^2$ . Ἡ διαδρομὴ τοῦ ἐμβόλου εἶναι 60 cm. Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον παράγεται κατὰ μίαν πλήρη διαδρομὴν ἀπὸ τὴν δύναμιν μὲ τὴν ὁποίαν ὁ ἀτμὸς ὠθεῖ τὸ ἔμβολον.

(Ἀπ. 4 446 kpm.)

72. Κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς κατασκευῆς τῶν θεμελιῶν μιᾶς γεφύρας ἐνὸς ποταμοῦ, διὰ τὰ ἐμπήξωμεν πασσάλους εἰς τὸν βυθὸν του, χρησιμοποιοῦμεν μίαν ἀτμοκίνητον σφύραν. Αὕτη ἀποτελεῖται ἀπὸ μίαν βαρεῖαν μᾶζαν βάρους 500 kp, ἡ ὁποία ἀννψοῦται ἀπὸ ἓνα κατακόρυφον ἔμβολον, τὸ ὁποῖον κινεῖται μέσα εἰς ἓναν κύλινδρον, ἑμβადοῦ διατομῆς  $150 \text{ cm}^2$ , καὶ πίπτει εὐθὺς ὡς ὁ ἀτμὸς διαφύγῃ εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἐλαχίστη πίεσις τοῦ ἀτμοῦ, διὰ τὴν ὁποίαν δύναται νὰ ὑψωθῇ ἡ μᾶζα τῆς σφύρας.

(Ἀπ. 4,3  $\text{kp/cm}^2$ .)

73. Ἡ ἰσχὺς ἡ ὁποία ἀποδίδεται ἀπὸ τὸν κινητήριον ἄξονα μιᾶς ἀτμομηχανῆς, εἶναι 96 Ch. Ἡ ἀτμομηχανὴ καταναλίσκει 76 kg καυσίμου ἀνὰ ὥραν. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀπόδοσις τῆς μηχανῆς, ἐὰν γνωρίζωμεν ὅτι ἡ θερμότης καύσεως τοῦ ἀνθρακος εἶναι 7 500 kcal/kg

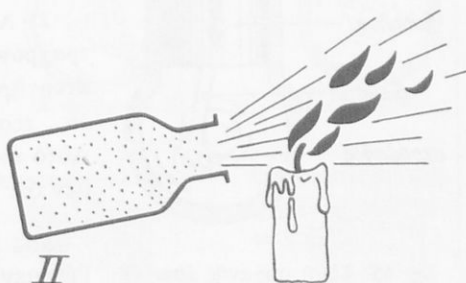
(Ἀπ.  $\eta = 11\%$ .)

## ΙΑ—ΜΗΧΑΝΑΙ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΕΩΣ

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

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

πωματίζομεν καὶ τὸ θερμαίνομεν ἐλαφρῶς ὥστε νὰ παραχθοῦν ἀτμοὶ βενζίνης (σχ. 64, I). Ἐκπωματίζομεν ἀκολούθως ταχέως τὸ φιαλίδιον καὶ τὸ πλησιάζομεν εἰς μίαν φλόγα. Παράγεται τότε μία μικρὰ ἔκρηξις, ἡ ὁποία ὀφείλεται εἰς τὴν ταχυτάτην καύσιν τῆς βενζίνης (σχ. 64, II).



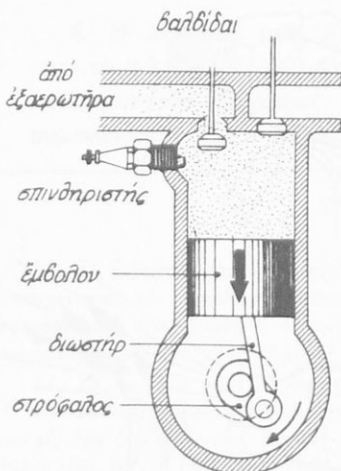
Εἰς τὸ πείραμα αὐτὸ παρατηροῦμεν ὅτι ἡ καύσις εἶναι σχεδὸν στιγμιαία καὶ ὅτι ἡ θερμότης ἡ ὁποία παράγεται, ὑψώνει τὴν θερμοκρασίαν τῶν ἀερίων τῆς καύσεως. Ἐὰν ἡ καύσις πραγματοποιηθῇ εἰς τὸ ἐσωτερικὸν ἑνὸς κλειστοῦ δοχείου, τὰ ἀέρια δύνανται νὰ ἀποκτήσουν πολὺ μεγάλην πίεσιν καὶ νὰ κινήσουν ἓνα ἔμβολον. Αὕτῃ εἶναι ἡ ἀρχὴ τῶν κινητήρων ἐκρήξεως. Δηλαδή :

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

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

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

Ἡ ἀνάφλεξις τοῦ μείγματος αὐτοῦ γίνεται μὲ ἓνα **ἠλεκτρικὸν σπινθηριστὴν** (μπουζί). Ἡ πίεσις τῶν ἀερίων, τὰ ὁποῖα παράγονται ἀπὸ τὴν καύσιν, ὥθει τὸ **ἔμβολον**. Ἐνας **διωστήρ** συνδέει τὸν κύλινδρον μὲ ἓνα **στρόφαλον**, ὁ ὁποῖος εἶναι στερεὰ συνδεδεμένος εἰς τὸν ἄξονα τοῦ κινητήρος καὶ οὕτως ἡ παλινδρομικὴ κίνησις τοῦ ἐμβόλου μετατρέπεται εἰς κυκλικὴν κίνησιν. Ἡ εἰσοδος καὶ ἡ ἐξοδος τῶν ἀε-



Σχ. 65. Τομή μηχανής έσω-  
τερικής καύσεως.

ρίων πραγματοποιείται με την βοή-  
θειαν δύο βαλβίδων, αί όποιαί ανοί-  
γουν αυτόμάτως. 'Ο εξαερωτήρ (καρ-  
μπυρατέρ) εξασφαλίζει την εξαέρωσιν  
του καυσίμου και την ανάμιξιν του με  
άερα, υπό καταλλήλους αναλογίας,  
διά νά έχωμεν πλήρη καύσιν.

**2) Λειτουργία. Περιγραφή του τε-  
τραχρόνου κύκλου.** 'Η λειτουργία ενός  
κινητήρος εκρήξεως ολοκληροῦται  
εἰς τέσσαρας διαφορετικές φάσεις.  
Αὐτό ἀκριβῶς ἐκφράζομεν ὅταν λέγω-  
μεν ὅτι ὁ κινητήρ εἶναι τετράχρονος.

**1ος χρόνος : 'Αναρρόφησης.** Ὑπο-  
θέτομεν ὅτι ὁ κινητήρ λειτουργεῖ καί  
θεωροῦμεν ὅτι τὸ ἔμβολον εὐρίσκεται  
εἰς τὸ ἀνώτερον σημεῖον τῆς διαδρο-  
μῆς του. Παρασυρόμενον ἀκολουθῶς ἀπὸ τὴν κίνησιν τοῦ ἄξονος  
κατέρχεται (σχ. 66, I). 'Η βαλβὶς ἐξαγωγῆς κλείει καὶ ἀνοίγει ἡ βαλ-  
βὶς εἰσαγωγῆς, ὁπότε τὸ ἀέριον μείγμα εἰσάγεται εἰς τὸν κύλινδρον.

**2ος χρόνος : Συμπίεσις.** Εὐθὺς ὡς τὸ ἔμβολον κατέλθῃ εἰς τὸ κα-  
τώτερον ἄκρον τῆς διαδρομῆς του, ἡ βαλβὶς εἰσαγωγῆς κλείει. Τὸ  
ἔμβολον παρασυρόμενον ἀνέρχεται καὶ συμπιέζει τὸ ἀέριον μείγμα  
(σχ. 66, II). Αὐτὸ θερμαίνεται κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς συμπίεσεως,  
ὁ ὄγκος του ἐλαττοῦται καὶ τέλος γίνεται ἴσος με τὸν ὄγκον τοῦ θα-  
λάμου τῆς καύσεως.

**3ος χρόνος : Ἐκρηξὶς καὶ ἐκτόνωσις.** Ὁ σπινθηριστής λειτουρ-  
γεῖ καὶ τὸ ἀέριον μείγμα ἀναφλέγεται καὶ ἐκρήγνυται. Τὰ ἀέρια τῆς  
καύσεως ἀποκτοῦν ὑψηλὴν θερμοκρασίαν, ἐπειδὴ ὁμως αἱ δύο βαλ-  
βίδες παραμένουν κλεισταί, δὲν ἔχουν ὥρον διαφυγῆς καὶ ἀποκτοῦν  
σχεδὸν ἀκαριαίως μεγάλην πίεσιν, ἐξ αἰτίας τῆς ὁποίας ὠθοῦν ἰσχυ-  
ρῶς τὸ ἔμβολον πρὸς τὸ κατώτατον σημεῖον τῆς διαδρομῆς του καὶ  
τοιουτοτρόπως τὰ ἀέρια ἐκτονοῦνται (σχ. 66, III). 'Η φάσις αὕτῃ ἀντι-  
στοιχεῖ εἰς τὴν ἀπόδοσιν ἔργου ἀπὸ τὴν μηχανήν.

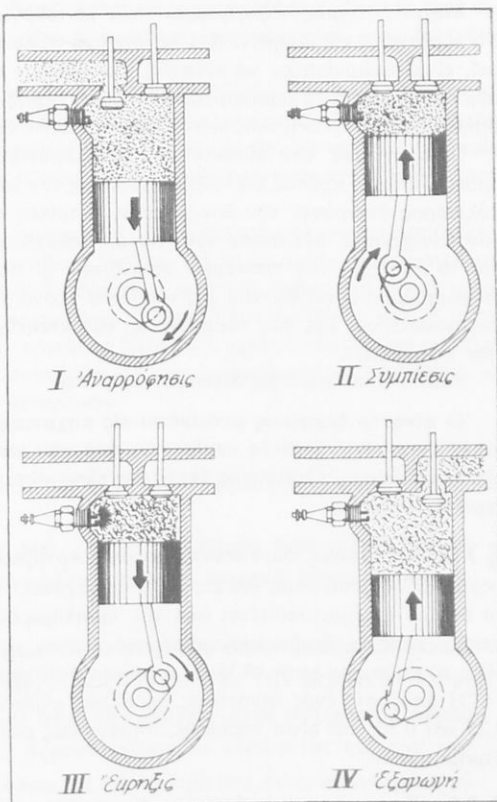
#### 4ος χρόνος : Έξαγωγή.

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

Τὸ σύνολον τῶν τεσσάρων αὐτῶν χρόνων ἀποτελεῖ ἓνα κύκλον.

Κατὰ τὴν διάρκειαν ἐνὸς κύκλου τὸ ἔμβολον ἐκτελεῖ δύο παλινδρομήσεις καὶ κατὰ συνέπειαν ὁ ἄξων τοῦ κινητήρος ἐκτε-

λεῖ δύο περιστροφάς. Παρατηροῦμεν ὅμως ὅτι τὸ ἔμβολον ὑπόκειται εἰς τὴν δρᾶσιν πιεζουσῶν δυνάμεων μόνον κατὰ τὴν διάρκειαν τοῦ τρίτου χρόνου. Δηλαδή ὁ κύκλος περιλαμβάνει ἓνα μόνον κινητήριον χρόνον. Καὶ κατὰ τοὺς ἄλλους τρεῖς χρόνους, ὁ κινητήρ συνεχίζει τὴν λειτουργίαν του, ἀποδίδων κινητικὴν ἐνέργειαν εἰς τὰ κινητὰ μέρη τῆς μηχανῆς, τῶν ὁποίων ἡ ταχύτης τείνει νὰ ἐλαττωθῇ. Διὰ νὰ ἀποφύγωμεν τὴν ἀπότομον αὐξήσιν τῆς ταχύτητος μετὰ ἀπὸ ἐκάστην ἐκρηξίν, συνδέομεν στερεῶς εἰς τὸν ἄξονα τοῦ κινητήρος ἓνα σφόνδυλον. Ὁ σφόνδυλος εἶναι ἓνας βαρὺς μεταλλικὸς δίσκος ὁ ὁποῖος ἐξ αἰτίας τῆς ἀδρανείας του ρυθμίζει τὴν κίνησιν.



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

Μέχρι στιγμής εξηγήσαμεν την λειτουργίαν ενός κινητήρος, υποθέτοντες ότι εύρεσκειται εις κίνησιν. Διὰ νὰ ἀρχίσῃ νὰ λειτουργῇ μία μηχανὴ ἢ ὁποία ἡρεμεί, εἶναι ἀπαραίτητον νὰ εἰσαχθῇ μία «δόσις» ἀερίου μίγματος, ἢ ὁποία νὰ συμπιεσθῇ, ὥστε νὰ δημιουργηθῇ ἡ πρώτη ἐκρηξις. Αὐτὸ γίνεται συνήθως μετὰ τὴν βοήθειαν μιᾶς ἡλεκτρικῆς διατάξεως, ἢ ὁποία ὀνομάζεται ἐκκινήτης.

Οἱ κινητῆρες τῶν αὐτοκινήτων ἀποτελοῦνται συνήθως ἀπὸ τέσσαρας κυλίνδρους. Ὅταν ὁ πρῶτος κύλινδρος διαγράφῃ τὸν 1ον χρόνον τοῦ κύκλου, ὁ δεύτερος κύλινδρος διαγράφει τὸν 2ον χρόνον, ὁ τρίτος τὸν 3ον χρόνον καὶ ὁ τέταρτος τὸν 4ον χρόνον. Μὲ αὐτὸν τὸν τρόπον ὑπάρχει πάντοτε ἓνας κινητήριος χρόνος διὰ τὸ σύστημα τῶν τεσσάρων κυλίνδρων, οἱ ὅποιοι ἐργάζονται συγχρόνως. Τὰ διάφορα ἔμβολα συνδέονται εἰς τὸν ἴδιον ἄξονα, ὁ ὁποῖος τοιοιυτρόπως κινεῖται κανονικώτερον. Εἰς τὰς περιπτώσεις τῶν κινητῶν αὐτῶν μειοῦται ἡ σημασία τῶν σφονδύλων.

Ἀπὸ ὅλα τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι :

Ὁ κινητὴρ ἐκρήξεως μετατρέπει εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν ἓνα μέρος τῆς θερμικῆς ἐνεργείας, ἢ ὁποία προέρχεται ἀπὸ τὴν καυσίν ἐνὸς μίγματος ἀερίου καυσίμου καὶ ἀέρος. Ὁ κινητὴρ ἐκρήξεως εἶναι συνεπὺς ἓνας θερμικὸς κινητὴρ ἐσωτερικῆς καύσεως.

**§ 71. Ἀπόδοσις τῶν κινητῶν ἐκρήξεως.** Ἡ ἀπόδοσις τῶν κινητῶν ἐκρήξεως ὀρίζεται ὅπως καὶ εἰς τὰς ἀτμομηχανάς. Εἶναι δηλαδὴ ὁ λόγος τοῦ ἔργου τὸ ὁποῖον πραγματοποιεῖται ἀπὸ τὸν κινητῆρα εἰς ἓνα ὠρισμένον χρονικὸν διάστημα, πρὸς τὸ ἰσοδύναμον μηχανικὸν ἔργον τῆς θερμότητος, τὴν ὁποίαν ἀποδίδει τὸ καύσιμον κατὰ τὸ ἴδιον χρονικὸν διάστημα.

Ἡ ἀπόδοσις ἐνὸς κινητήρος 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.** Οἱ κινητῆρες καύσεως χρησιμοποιοῦν ὡς καύσιμα, ὑγρὰ ὀλιγώτερον πτητικὰ ἀπὸ τὴν βενζίνη (δηλαδὴ ὑγρὰ τὰ ὁποία δὲν ἐξαεροῦνται τόσον εὐκόλως ὡς ἐκείνη), ὅπως εἶναι τὰ βαρέα ἔλαια (δηλαδὴ μεγάλης πυκνότητος ἐν σχέσει πρὸς τὴν βενζίνη), προερχόμενα ἀπὸ τὴν ἀπόσταξιν τοῦ ἀκαθάρτου πετρελαίου. Ἡ λειτουργία τῶν κινητῶν καύσεως ἢ κινητῶν Ντῆζελ, διαφέρει αἰσθητῶς ἀπὸ τὴν λειτουργίαν τῶν κοινῶν κινητῶν ἐκρήξεως.

Μέσα εἰς τὸν κύλινδρον εἰσάγεται καθαρὸς ἀήρ. Τὸ ἔμβολον συμπίεζει ἰσχυρῶς τὸν ἀέρα αὐτόν, μέχρις ὅτου 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' ἑαυτῶν (λόγῳ τῆς μεγάλης θερμοκρασίας τοῦ ἀέρος, ὁ ὁποῖος ὑπάρχει εἰς τὸν κύλινδρον) καὶ ἡ πίεσις τῶν ἀερίων τὰ ὁποία προκύπτουν ἀπὸ τὴν καυσίν ὥθει τὸ ἔμβολον βιαίως πρὸς τὰ κάτω.

Παρατηροῦμεν ὅτι εἰς τοὺς κινητῆρας Ντῆζελ δὲν συμβαίνει ἐξαέρωσις καὶ



μειξίς τοῦ καυσίμου μὲ τὸν ἀέρα, ὅπως εἰς τὰς μηχανὰς ἐκρήξεως. Συνεπῶς ἕνας κινητὴρ Ντῆζελ δὲν περιλαμβάνει οὔτε ἑξαερωτῆρα (καρμπυρατέρ), οὔτε διάταξιν ἀναφλέξεως (μπουζί).

Ἡ ἀπόδοσις τοῦ δύναται νὰ φθάσῃ καὶ τὰ 40% (δηλαδὴ  $\eta = 0,40$ ). Ὑπερτερεῖ συνεπῶς εἰς ἀπόδοσιν ἀπὸ ὅλας τὰς ἄλλας θερμικὰς μηχανὰς. Ἐξ ἄλλου ἐπειδὴ ὁ κινητὴρ αὐτὸς καταναλίσκει καύσιμα πολὺ εὐθυνότερα ἀπὸ τὰ καύσιμα τὰ ὅποια καταναλίσκουν ἄλλοι κινητῆρες (ἀτμομηχαναί, βενζινοκινητῆρες), ἡ χρήσις του εἶναι πολὺ οἰκονομικὴ.

Εἰς τὰς νεωτέρας ναυπηγικὰς κατασκευάς, ἀντικαθιστοῦν ὁλονὲν περισσότερον τὰς ἀτμομηχανὰς μὲ μεγάλους κινητῆρας Ντῆζελ. Ἡ ἰσχὺς αὐτῶν τῶν κινητῆρων δύναται νὰ φθάσῃ τοὺς 30 000 Ch. Πολυάριθμα φορτηγὰ καθὼς καὶ κοινὰ αὐτοκίνητα τουρισμοῦ κινουνται μὲ κινητῆρας Ντῆζελ. Σήμερον πλέον καὶ οἱ σιδηροδρομικοὶ συρμοὶ κινουνται μὲ κινητῆρας Ντῆζελ, ἡ χρήσις τῶν ὁποίων συμπληρώνει τὰ κενὰ τῶν ἡλεκτρικῶν κινητῶν εἰς τὴν προσπάθειαν τοῦ ἀνθρώπου νὰ ὑπενικήσῃ τὰς δυσκολίας τῶν μεταφορῶν.

## Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Ἐνα μείγμα ἀέρος καὶ ἀερίου καυσίμου, ὑπὸ κατάλληλον ἀναλογίαν, δύναται νὰ ἀναφλεγῇ καὶ νὰ ὑποστῇ ἔκρηξιν, παράγον ἀέρια ὑψηλῆς θερμοκρασίας.

2. Ὁ κινητὴρ ἐκρήξεως εἶναι κινητὴρ ἐσωτερικῆς καύσεως, ὁ ὁποῖος μετατρέπει εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν τὴν θερμικὴν ἐνέργειαν, ἡ ὁποία προέρχεται ἀπὸ τὴν καύσιν ἑνὸς μείγματος ἀέρος καὶ ἀερίου καυσίμου. Τὸ ἀέριον καύσιμον εἰσάγεται εἰς τὸν κύλινδρον τοῦ κινητῆρος, ὅπου μὲ τὴν βοήθειαν ἑνὸς σπινθηριστοῦ ἀρχίζει ἡ καύσις τοῦ μείγματος.

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

4. Ἡ μηχανὴ Ντῆζελ εἶναι ἕνας κινητὴρ ἐσωτερικῆς καύσεως, ὁ ὁποῖος χρησιμοποιοῖ ὑγρὰ καύσιμα ὀλιγώτερον πτητικὰ ἀπὸ τὴν βενζίνη. Τὸ καύσιμον εἰσάγεται εἰς τὸν κύλινδρον ὑπὸ μορφήν νέφους σταγονιδίων καὶ ἀναφλέγεται προοδευτικῶς ἀφ' αὐτοῦ.

5. Ἡ βασικὴ τεχνικὴ διαφορὰ μεταξὺ τῶν κινητῶν ἐκρήξεως καὶ τῶν κινητῶν καύσεως (Ντῆζελ) εἶναι ὅτι : Εἰς μὲν τοὺς κινητῆρας ἐκρήξεως τὸ ὑγρὸν καύσιμον (βενζίνη) εἰσάγεται

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

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

## Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

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

(Ἀπ.  $\eta = 0,26$ .)

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

(Ἀπ. 14% περίπου.)

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

(Ἀπ. 0,24.)

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

(Ἀπ. 210 kg/h.)

## ΙΕ' — ΠΥΡΑΥΛΟΙ

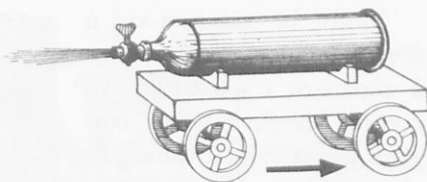
**§ 73.** Ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τῶν κινητήρων ἀντιδράσεως. Οἱ πύραυλοι ἀποτελοῦν ἐφαρμογὴν τῶν κινητήρων ἀντιδράσεως. Θὰ ἐξετάσωμεν πρῶτον τὴν ἀρχὴν τῆς λειτουργίας αὐτῶν τῶν κινητήρων.

**Πείραμα.** Ἐπὶ ἐνὸς ἀμαξίου ὑπάρχει ἓνα χαλύβδινον δοχεῖον πλήρες ἀερίου ὑπὸ μεγάλῃν πίεσιν (σχ. 67). Εὐθὺς ὡς ἀνοίξωμεν τὴν στρόφιγγα τοῦ δοχείου, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ἐκρέει ὀρμητικῶς

ἀέριον, ἐνῶ συγχρόνως τὸ ἀμάξιον μὲ τὸ δοχεῖον κινεῖται κατὰ τὴν ἀντίθετον φορὰν τῆς ἐκροῆς τοῦ ἀερίου. Τοῦτο συμβαίνει διότι τὸ περιορισμένον ἀέριον ἀσκεῖ εἰς τὰ ἐσωτερικὰ τοιχώματα τοῦ δοχείου δυνάμεις, αἱ ὁποῖαι ἰσορροποῦν μεταξὺ των, ὅταν τὸ δοχεῖον εἶναι κλειστόν. Εὐθὺς ὡς ἀνοίξωμεν ὅμως τὴν στρόφιγγα, ἡ δύναμις ἡ ὁποία ἐνήργει εἰς τὸ ἀνοικτὸν πλέον σημεῖον τοῦ δοχείου παύει νὰ ὑπάρχῃ. Κατὰ συνέπειαν δὲν ἰσορροπεῖται πλέον, ἢ κατὰ μέτρον ἴση ἀλλὰ ἀντιθέτου φορᾶς δύναμις, ἡ ὁποία ἀσκεῖται εἰς τὸ ἀκριβῶς ἀπέναντι τμήμα τοῦ τοιχώματος τοῦ δοχείου.

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

Αὕτη εἶναι ἡ ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τῶν κινητῶν ἀντιδράσεως.



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

**§ 74. Πύραυλοι.** Ὁ κινητὴρ ἀντιδράσεως εἶναι ὁ πλέον ἀπλοῦς καὶ ὁ παλαιότερος πύραυλος. Ὅλοι γνωρίζομεν τὰ πυροτεχνήματα. Ἡ κόνις τὴν ὁποίαν περιέχουν ἀποτελεῖ ἓνα μείγμα ἀπὸ καύσιμα καὶ μίαν ἄλλην ὕλην, ἡ ὁποία ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς θερμότητος, τῆς ἀναπτυσσομένης κατὰ τὴν καύσιν, ἀποσυντίθεται καὶ ἀποδίδει ὀξυγόνον ἢ εὐφλεκτον ὑλικόν. Τὸ καύσιμον καὶ τὸ εὐφλεκτον ὑλικόν ἀντιδρῶν εἰς τὸν θάλαμον τῆς καύσεως καὶ παράγουν μίαν ὠρισμένην ποσότητα ἀερίου. Τὸ ἀέριον ἀποκτᾷ μεγάλην θερμοκρασίαν καὶ ἐκτονοῦται βιαίως. Ὡς συνέπειαν αὐτῆς τῆς λειτουργίας ἔχομεν τὴν κίνησιν τοῦ πυροτεχνήματος πρὸς τὴν ἀντίθετον φορὰν τῆς πορείας τῶν ἐκτονουμένων ἀερίων.

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

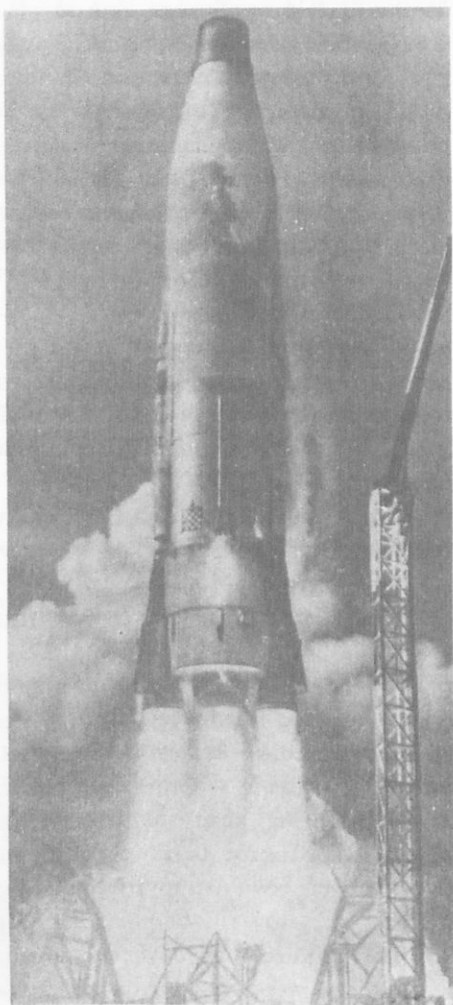
Όταν τὰ καύσιμα καὶ ἡ εὐφλεκτος ὕλη ἐξαντληθοῦν, ὁ πύραυλος ἐξακολουθεῖ νὰ κινῆται καὶ δύναται νὰ διανύσῃ μεγάλας ἀποστάσεις, ἐξ αἰτίας τῆς κινητικῆς ἐνεργείας, τὴν ὁποίαν ἔχει ἤδη ἀποκτήσει. Βλήματα, τὰ ὁποῖα προωθοῦνται ἀπὸ πυραύλους, δύναται νὰ πέσουν ἐπὶ τοῦ ἐδάφους εἰς ἀπόστασιν πολλῶν χιλιάδων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

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

### § 75. Στροβιλοκινητῆρες ἀντιδράσεως.

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

Θὰ περιγράψωμεν ἀπὸ αὐτοὺς



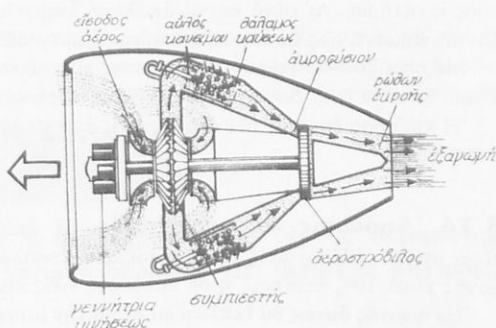
Σχ. 68. Κατακόρυφος ἐκτόξευσις πυραύλου. Τὸ μήκος του εἶναι 24 m, ἡ ὅλική του μᾶζα 110 000 kg ἐκ τῶν ὁποίων 100 000 kg καυσίμων. Τὰ ἀέρια προϊόντα τῆς καύσεως ἐκτινάσσονται μὲ ταχύτητα τῆς τάξεως τῶν 2 500 m/sec. Ἡ προωστικὴ τοῦ δύναμις εἶναι 170 000 kp περίπου.

Ένα ευρύτατα χρησιμοποιούμενον εις τὴν πολιτικὴν ἀεροπορίαν κινητήρα, ὁ ὁποῖος ὀνομάζεται ἐξ αἰτίας τῆς κατασκευῆς του **στροβιλοκινητήρ ἀντιδράσεως** (σχ. 69).

Εἰς τοὺς στροβιλοκινητήρας τὸ καύσιμον εἰσέρχεται εἰς τὸν θάλαμον τῆς καύσεως ἀπὸ μίαν βαλβίδα καὶ ἔρχεται εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸν ἀτμοσφαιρικὸν ἀέρα, ὁ ὁποῖος ἔχει εἰσαχθῇ ἐκεῖ. Μετὰ τὴν καύσιν, τὰ καυσαέρια λόγφ τῆς μεγάλης θερμοκρασίας των ἀποκτοῦν μεγάλην πίεσιν, ἐκτονοῦνται μὲ μεγάλην ταχύτητα καὶ διαφεύγουν ἀπὸ τὸ ὀπίσθιον μέρος τοῦ κινητήρος, μὲ ἀποτέλεσμα νὰ προκαλοῦν κίνησιν τοῦ ἀεροπλάνου πρὸς τὴν ἀντίθετον κατεύθυνσιν.

Διὰ νὰ εἶναι ἡ καύσις πλέον ἔντονος πρέπει ὁ ἀτμοσφαιρικὸς ἀήρ, ὁ ἐρχόμενος εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸ καύσιμον, νὰ ἔχη συμπιεσθῇ. Δι' αὐτὸ καὶ τὰ αἲρια τῆς καύσεως κατὰ τὴν ἐκτόνωσιν των διεγείρουν ἓνα ἀεριοστρόβιλον, ὁ ὁποῖος θέτει εἰς κίνησιν ἓνα συμπιεστήν. Ὁ συμπιεστής ἀπορροφεῖ ἀπὸ τὸ ἐμπρόσθιον μέρος τοῦ κινητήρος μάζας ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος καὶ τὰς συμπιέζει, προτοῦ τὰς φέροι εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸ καύσιμον.

Ἡ μεγάλη ὑπεροχὴ τῶν στροβιλοκινητῆρων ἀντιδράσεως ἐναντι τῶν συνηθισμένων κινητῆρων, ὀφείλεται εἰς τὸ γεγονὸς ὅτι εἰς τοὺς στροβιλοκινητήρας ἀντιδράσεως τὰ κινούμενα μεταξύ των μέρη εἶναι πολὺ ὀλιγώτερα ἀπὸ ὅτι εἰς τοὺς κοι-



Σχ. 69. Κινητήρ ἀεριοθουμένου ἀεροπλάνου.



Σχ. 70. Ἀεριοθούμενον ἀεροπλάνον Μπόϊγκ 707 - 320 C μεταφορικῆς ἱκανότητος 150 ἐπιβατῶν. Ἔχει 4 μηχανάς. Προωστικὴ δύναμις ἐκάστου κινητήρος 8 150 κp. Μεγίστη ταχύτης ἄνω τῶν 1 000 km/h. Ἀκτὶς δρᾶσεως 9 600 km. Ὑψος πτήσεως 7 500 m ἕως 12 500 m.

νους κινητήρας. Δι' αυτό και αί απόλειαί ἐνεργείας ἐξ αἰτίας τῶν τριβῶν περιορίζονται σημαντικῶς μὲ ἀποτέλεσμα νὰ ἔχωμεν αὐξησιν τῆς ἀποδόσεως.

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

Ἡ πιέζουσα δύναμις τῶν ἀερίων ἐνὸς ἀεροσκάφους τύπου Μπόιγκ φθάνει μέχρις 7 000 kp.

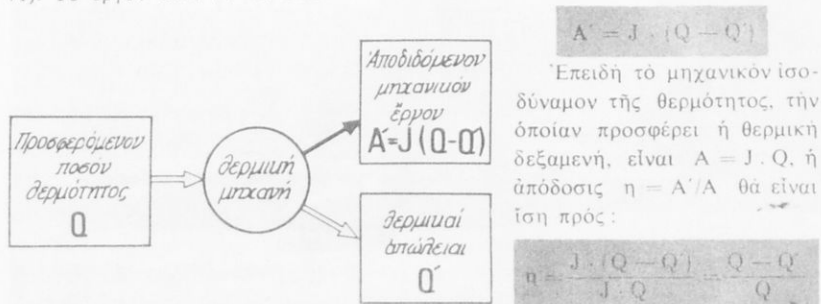
**§ 76. Ἀπόδοσις θερμομηχανῆς.** Ἡ ἀπόδοσις τῶν θερμικῶν μηχανῶν εἶναι μικρά. Εἶδομεν εἰς τὰ προηγούμενα κεφάλαια ὅτι ἡ ἀπόδοσις μιᾶς ἀτμομηχανῆς εἶναι 10% περίπου, ἡ δὲ ἀπόδοσις ἐνὸς κινητήρος ἐκρήξεως 30% περίπου.

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

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

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

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



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

**Μεγίστη ἀπόδοσις.** Ὅσαι τελειοποιήσεις καὶ ἀν γίνωνται εἰς τὴν κατασκευὴν τῶν θερμικῶν μηχανῶν, εἶναι ἀδύ-

νατον να υπερβή ή απόδοσις ένα ώρισμένον όριον, τὸ όποϊον όνομάζεται με-  
γίστη απόδοσις.

Ἐάν  $\theta_1$  °C εἶναι ή θερμοκρασία τής θερμής δεξαμενής (τής πηγής δηλαδή ή  
όποία τροφοδοτεῖ με θερμότητα τήν μηχανήν) καί  $\theta_2$  °C ή θερμοκρασία τής ψυχρᾶς  
δεξαμενής, όπως άποδεικνύεται, ή μεγίστη απόδοσις η  $\eta_{μεγ}$  μιᾶς θερμικῆς μηχανῆς  
εἶναι ἴση πρός :

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

Δηλαδή :

Ἵσον ύψηλότερα εἶναι ή θερμοκρασία τής θερμής δεξαμενής,  
τόσον μεγαλύτερα εἶναι ή μεγίστη απόδοσις τής θερμικῆς μηχανῆς.

## ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Ἐνα ρευστόν, περιωρισμένον ἐντὸς ἑνὸς δοχείου, ἄσκει  
εἰς τὰ τοιχώματα τοῦ δοχείου πιεζούσας δυνάμεις, αἱ όποῖαι  
ἰσορροποῦνται μεταξύ των. Ἐάν ὅμως ἀφαιρεθῇ ἕνα τμήμα τοῦ  
δοχείου, τότε ή πιέζουσα δύναμις, ή ἀντίθετος πρός αὐτὸ τὸ  
τμήμα, δὲν ἰσορροπεῖται πλέον καί τὸ δοχεῖον τείνει νά κινηθῇ  
με φοράν ἀντίθετον ἀπὸ ἐκείνην τής ἐκροῆς τοῦ ὑγροῦ.

2. Ὀνομάζομεν κινητήρα ἀντιδράσεως, ἕνα κινητήρα ὁ  
όποῖος δημιουργεῖ τήν κίνησιν χωρὶς μηχανικὴν παρεμβολήν,  
χρησιμοποιοῦν τήν δύναμιν ή όποία ἀναπτύσσεται ἐξ αἰτίας  
τῆς ἀντιδράσεως. Ἡ δύναμις αὐτή δημιουργεῖται ἀπὸ τήν ἐκ-  
τόνωσιν τῶν ἀερίων τῆς καύσεως, τὰ όποῖα ἐκτοξεύονται με  
μεγάλην ταχύτητα. Ὁ κινητήρ ἀντιδράσεως δὲν περιλαμβάνει  
οὔτε διωστήρας, οὔτε στροφάλους. Ἡ ἐνέργεια ή όποία παρά-  
γεται ἀπὸ τήν καύσιν χρησιμοποιεῖται ἀμέσως διὰ τήν προώθη-  
σιν τοῦ ὀχήματος, τὸ όποῖον εἶναι συνδεδεμένον με τὸν κινη-  
τήρα.

3. Ὁ πύραυλός περιέχει καύσιμον καί εὐφλεκτα ὑλικά,  
δύναται δὲ νά κινηθῇ καί ἐκτὸς τῆς ἀτμοσφαιρας.

4. Ἡ απόδοσις η μιᾶς θερμομηχανῆς δίδεται ἀπὸ τήν σχέσιν :

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

όπου  $Q$  ή ποσότης θερμότητας, ή όποία προσφέρεται έντός ένός ώρισμένου χρονικού διαστήματος είς τήν μηχανήν και  $Q'$  ή ποσότης θερμότητας ή όποία απορροφείται έντός του αύτου χρονικού διαστήματος από τò περιβάλλον.

5. Ή μεγίστη απόδοσις  $\eta_{\mu\epsilon\gamma}$  μιᾶς θερμικῆς μηχανῆς δίδεται ἀπό τήν σχέσιν :

$$\eta_{\mu\epsilon\gamma} = \frac{\theta_1 - \theta_2}{\theta_1 + 273}$$

όπου  $\theta_1$  ή θερμοκρασία τῆς θερμῆς δεξαμενῆς και  $\theta_2$  ή θερμοκρασία τῆς ψυχρᾶς δεξαμενῆς.



### III. ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ

#### ΙΣΤ'—Ο ΗΧΟΣ

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

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

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

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

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

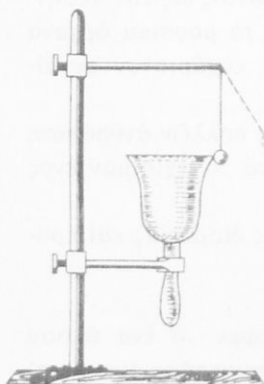
Ὁ θόρυβος παράγεται κατὰ τὴν συγκέντρωσιν πολλῶν ἀνθρώπων, κατὰ τὴν κίνησιν τῶν φύλλων ἐνὸς δένδρου, κατὰ τὸ σχίσιμον ἐνὸς τεμαχίου χάρτου κ.λπ.

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

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



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



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

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

Τὸ ἴδιον φαινόμενον εἶναι δυνατόν νὰ παρατηρήσωμεν καὶ εἰς μίαν καλῶς τεταμένην χορδὴν, ὅταν ἀπομακρύνωμεν μὲ τὸ δάκτυλον τὸ μέσον της 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 ἦχος. Ὡστε :

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

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

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

Ἄς θεωρήσωμεν τὴν χαλυβδίνην ράβδον

τοῦ προηγουμένου πειράματος. Αὕτη, καθὼς πάλ-  
 λεται, ὠθεῖ τὰ μόρια τοῦ  
 ἀέρος τὰ ὁποῖα εἶναι πλη-  
 σίον της, προκαλοῦσα μὲ  
 αὐτὸν τὸν τρόπον ἄλλοτε  
 πύκνωσιν καὶ ἄλλοτε ἀ-  
 ραιώσιν τῶν μορίων τοῦ  
 ἀέρος. Καθὼς ὁμῶς τὰ γει-  
 τονικά πρὸς τὴν ράβδον  
 μόρια τοῦ ἀέρος πυκνώ-  
 νουν ἢ ἀραιώνουν, ὠθού-  
 μενα ἀπὸ τὴν ράβδον, ὠ-  
 θοῦν καὶ αὐτὰ ἐν συνεχείᾳ  
 τὰ γειτονικά των μόρια,  
 καὶ ἐκεῖνα πάλιν τὰ γειτο-  
 νικά των καὶ τοιοῦτοτρό-  
 πως ἡ δόνησις μεταδίδεται  
 εἰς τὸν χῶρον.

Τὸ ἴδιον συμβαίνει μὲ  
 τὴν διάδοσιν τῶν κυμά-  
 των τοῦ ὕδατος εἰς μίαν  
 ἤρεμον λίμνην, ὅταν ρί-  
 ψωμεν ἐντὸς αὐτῆς ἓνα  
 λίθον (σχ. 74).

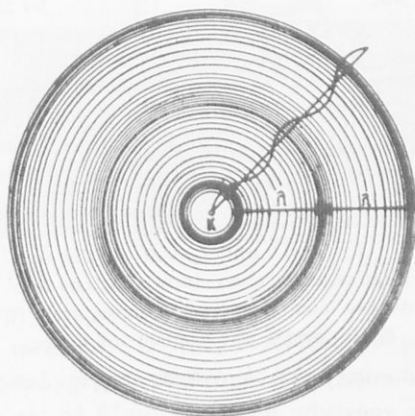
Μὲ τὸν ἴδιον τρόπον  
 γίνεται ἡ μετάδοσις τοῦ  
 ἤχου εἰς οἰονδήποτε στε-  
 ρεόν, ὑγρὸν ἢ ἀέριον σῶμα.

Τὸ σῆμα 75 παριστᾷ τὰ πυκνώματα καὶ τὰ ἀραιώματα τῶν μορίων  
 τοῦ ἀέρος, τὰ ὁποῖα μεταδίδονται ὅπως τὰ κύματα εἰς τὸ ὕδωρ. Δι'  
 αὐτὸν τὸν λόγον τὰ ὀνομάζομεν ἡχητικά κύματα. Ὡστε :

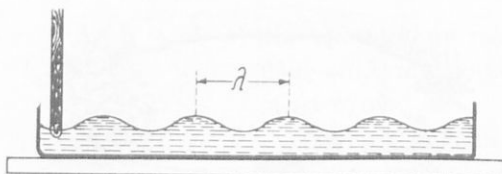
Τὰ ἡχητικά κύματα ἀποτελοῦνται ἀπὸ πυκνώματα καὶ ἀραιώματα  
 μορίων τοῦ ἀέρος, ὅπως τὰ κύματα τοῦ ὕδατος ἀποτελοῦνται ἀπὸ ὑψώ-  
 ματα καὶ κοιλώματα.



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



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



Σχ. 76. Τα υδάτινα κύματα αποτελούνται από υψώματα και κοιλώματα. Ἡ απόστασις δύο γειτονικῶν υψωμάτων ἢ κοιλωμάτων εἶναι ἴση πρὸς τὸ μήκος κύματος.



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

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

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

**§ 80. Ταχύτης διαδόσεως τοῦ ἤχου.** Ἡ μετάδοσις τοῦ ἤχου δὲν εἶναι ἀκαριαία. Ἐὰν ἀπὸ μίαν ὀρισμένην ἀπόστασιν παρατηροῦμεν ἓνα ὄπλον, τὸ ὁποῖον ἐκπυρσοκροτεῖ, βλέπομεν πρῶτον τὴν λάμψιν καὶ μετὰ παρέλευσιν ὀρισμένου χρόνου ἀκούομεν καὶ τὸν κρότον, μολονότι καὶ τὰ δύο φαινόμενα παράγονται συγχρόνως. Αὐτὸ ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι ὁ ἤχος χρειάζεται πολὺ περισσότερον χρόνον διὰ νὰ διανύσῃ τὸ διάστημα, τὸ ὁποῖον μᾶς χωρίζει ἀπὸ τὸ ἐκπυρσοκροτοῦν ὄπλον.

Ἀπὸ ἀκριβεῖς μετρήσεις εὐρέθῃ ὅτι ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ ἤχου εἰς τὸν ἀέρα, εἰς θερμοκρασίαν 15 °C, εἶναι ἴση πρὸς 340 m/sec.

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

Εἰς τὰ κύματα τοῦ ὕδατος ὀνομάζομεν μήκος κύματος ( $\lambda$ ) τὴν ἀπόστασιν δύο γειτονικῶν κορυφῶν ἢ δύο γειτονικῶν κοιλωμάτων (σχ. 76).

Εἰς τὰ ἡχητικὰ κύματα μήκος κύματος ( $\lambda$ ) ὀνομάζεται ἡ ἀπόστασις δύο γειτονικῶν πυκνωμάτων ἢ δύο γειτονικῶν ἀραιωμάτων (σχ. 77).

Ἐνα ἄλλο μέγεθος τὸ ὁποῖον χαρακτηρίζει τὸν ἤχον εἶναι ἡ συχνότης του.

**Συχνότης τοῦ ἤχου ὀνομάζεται ὁ ἀριθμὸς τῶν ἡχητικῶν κυμάτων, τὰ ὁ-**

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

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

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

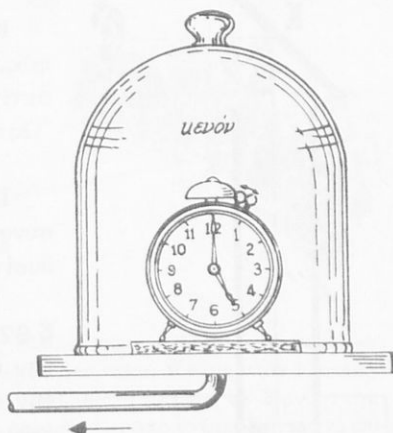
Ὁ ἤχος δὲν διαδίδεται εἰς τὸ κενόν. Ὁ ἤχος διαδίδεται μὲ μεγαλύτεραν ταχύτητα εἰς τὰ στερεά, μὲ μικροτέραν εἰς τὰ ὑγρά καὶ μὲ ἀκόμη πλέον μικρὰν ταχύτητα εἰς τὰ ἀέρια.

Ἀποδεικνύεται ὅτι ἡ ταχύτης  $v$  διαδόσεως τῶν ἠχητικῶν κυμάτων, τὸ μῆκος κύματος  $\lambda$  καὶ ἡ συχνότης  $\nu$  τοῦ ἤχου συνδέονται μὲ τὴν σχέσιν :

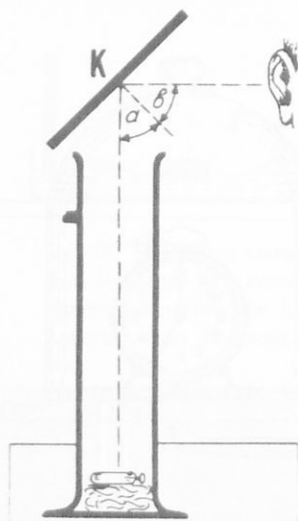
$$v = \lambda \cdot \nu$$

Ὅταν ἡ συχνότης  $\nu$  ἐκφράζεται εἰς Χέρτς καὶ τὸ μῆκος κύματος  $\lambda$  εἰς μέτρα, ἡ ταχύτης  $v$  εὐρίσκεται εἰς μέτρα ἀνὰ δευτερόλεπτον.

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



Σχ. 78. Ὁ ἤχος δὲν διαδίδεται εἰς τὸ κενόν. Ὅταν ἀφαιρεθῇ ὁ ἀὴρ τοῦ κώδωνος τῆς ἀεραντλίας ὁ κώδων τοῦ ὀρολογίου παύει νὰ ἀκούγεται.



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

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

**Διὰ νὰ προκληθῇ ἡχώ πρέπει τὸ ἐμπόδιον νὰ ἀπέχῃ 17 μέτρα τοῦλάχιστον ἀπὸ τὸν παρατηρητήν.**

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

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

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

**Τὰ ἡχητικὰ κύματα ἀνακλῶνται, ὅταν συναντήσουν ἓνα ἐμπόδιον κατὰ τὴν διάδοσίν των.**

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

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

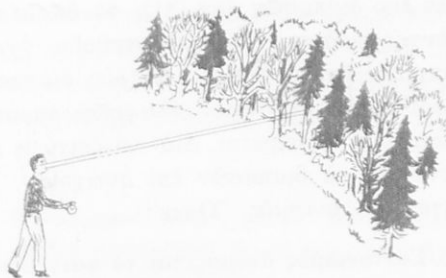
Τὴν ἡχώ καὶ τὴν ἀντήχησιν προσέχουν ἰδιαίτερος οἱ μηχανικοὶ, οἱ ὁποῖοι κατασκευάζουν αἰθούσας θεάτρων, κινηματογράφων, διαλέξεων κ.λπ., ὥστε νὰ δύναται κανεὶς νὰ ἀκούῃ αἰσθητῶς καὶ μὲ εὐκρίνειαν ἀπὸ οἰονδήποτε σημείου τῆς αἰθούσης.

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

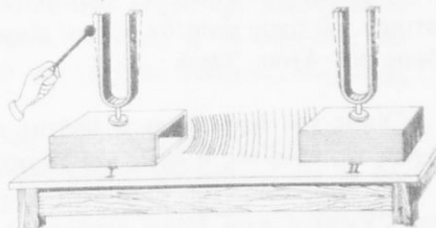
**§ 83. Συντονισμός.** Τὸ διαπασῶν ἀποτελεῖται ἀπὸ μίαν χαλυβδίνην πρισματικὴν ράβδον, τὸ ἄνω μέρος τῆς ὁποίας ἔχει διαμορφωθῇ εἰς σχῆμα U (σχ. 81). Διεγείρεται συνήθως μὲ ἐλαφρὰν κρούσιν τῶν σκελῶν του, ὁπότε αὐτὰ πάλλονται. Ἐπειδὴ ὁ παραγόμενος ἡχος εἶναι ἀδύνατος, τὸ ὄργανον τοποθετεῖται ἐπὶ καταλλήλου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

Τὰ διαπασῶν παράγουν ὠρισμένους τόνους.

**Πείραμα.** Ἄς θεωρήσω-



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



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

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

Συντονισμός ὀνομάζεται τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ ὅποιον ἓνα σῶμα, τὸ ὅποιον δύναται νὰ παράγῃ ἤχον, διεγείρεται ὅταν δονῇται πλησίον αὐτοῦ ἓνα ἄλλο σῶμα, τὸ ὅποιον παράγει ἤχον τῆς ἰδίας συχνότητος.

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

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

**Ἀκουστότης εἶναι ἡ ιδιότης μὲ τὴν ὁποίαν διακρίνομεν τοὺς ἤχους εἰς δυνατοὺς ἢ ἀσθενεῖς.**

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

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

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

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

Τὸ ἀνθρώπινον οὖς ἀδυνατεῖ νὰ ἀκούσῃ ὅλους τοὺς ἤχους. Τὰ



δρια τῶν ἀκουστῶν ἤχων περιλαμβάνονται μεταξύ 16 Hz καὶ 24 000 Hz περίπου. Οἱ ἤχοι μὲ συχνότητα μικροτέραν τῶν 16 Hz λέγονται ὑπόηχοι, ἐνῶ οἱ ἤχοι μὲ συχνότητα μεγαλυτέραν τῶν 24 000 Hz ὑπέρηχοι. Οἱ ὑπέρηχοι χρησιμοποιοῦνται κατὰ τὰ τελευταῖα ἔτη εἰς τὴν τεχνικήν καὶ εἰς τὴν ἱατρικήν.

γ) **Χροιά τοῦ ἤχου.** Ἄν ἀκούσωμεν μίαν νόταν ἀπὸ βιολίον καὶ τὴν ἰδίαν νόταν ἀπὸ σαξόφωνον, ἐννοοῦμεν ὅτι οἱ δύο αὐτοὶ ἤχοι, μολονότι ἔχουν τὴν ἰδίαν ἀκουστότητα καὶ τὸ ἴδιον ὕψος, δηλαδὴ τὴν ἰδίαν συχνότητα, εἶναι διαφορετικοί. Λέγομεν τότε ὅτι οἱ δύο αὐτοὶ ἤχοι ἔχουν διαφορετικὴν χροιάν. Ὡστε :

Χροιά εἶναι ἡ ιδιότης μὲ τὴν ὁποίαν διακρίνομεν δύο ἤχους τῆς ἰδίας ἀκουστότητος καὶ τοῦ ἰδίου ὕψους, ὅπως ἐπίσης καὶ τὸ ἠχογόνον σώμα τὸ ὁποῖον παράγει τὸν ἤχον.

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

## Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Ὅ,τι γίνεται ἀντιληπτὸν μὲ τὸ οὖς εἶναι ἤχος. Οἱ ἤχοι προκαλοῦνται ἀπὸ σώματα τὰ ὁποῖα εὐρίσκονται εἰς παλμικὴν κίνησιν. Ἡ παλμικὴ κίνησις τοῦ σώματος προκαλεῖ πυκνώματα καὶ ἀραιώματα τῶν μορίων τοῦ ἀέρος, τὰ ὁποῖα διαδίδονται εἰς τὸν γειτονικὸν ἀέρα καὶ τοιουτοτρόπως δημιουργοῦνται τὰ ἠχητικὰ κύματα. Ἡ ἀπόστασις δύο γειτονικῶν πυκνωμάτων ἢ ἀραιωμάτων ὀνομάζεται μῆκος κύματος, ἡ δὲ συχνότης τῆς ἠχογόνου πηγῆς, δηλαδὴ τοῦ παλλομένου σώματος, συχνότης τῶν ἠχητικῶν κυμάτων.

2. Ὁ ἤχος δὲν διαδίδεται εἰς τὸ κενόν. Μὲ μεγαλυτέρας ταχύτητας διαδίδεται εἰς τὰ στερεὰ καὶ μὲ μικροτέρας εἰς τὰ ἀέρια. Ἡ ταχύτης διαδόσεως, τὸ μῆκος κύματος  $\lambda$  καὶ ἡ συχνότης  $\nu$  τοῦ ἤχου, συνδέονται μὲ τὴν σχέσιν :

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

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

4. Ἡ ἠχώ καὶ ἡ ἀντήχησις ἔχουν ἰδιαιτέραν σημασίαν εἰς τὴν κατασκευὴν ἐκκλησιῶν, κινηματογραφικῶν αἰθουσῶν, θεάτρων κ.λπ.

5. Ὁ συντονισμὸς εἶναι τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ ὅποιον ἓνα σῶμα δύναται νὰ διεγερθῇ καὶ νὰ παράγῃ ἦχον, ὅταν δονῇται πλησίον αὐτοῦ ἓνα ἄλλον σῶμα, τὸ ὅποιον παράγει ἦχον τῆς ἰδίας συχνότητος.

6. Ἡ ἀκουστότης, τὸ ὕψος καὶ ἡ χροιά εἶναι τὰ τρία χαρακτηριστικὰ γνωρίσματα τῶν ἡχων.

## Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

78. Ἐνα διαπασῶν ἐκτελεῖ 440 παλμοὺς εἰς ἓνα δευτερόλεπτον. Πόσος εἶναι ὁ χρόνος μιᾶς πλήρους ταλαντώσεώς του. (Ἀπ. 0,00227 sec.)

79. Πόσων Χέρτς (Hz) συχνότητα ἔχει ἓνας τόνος, ὁ ὁποῖος εἰς 7 sec ἐκτελεῖ 499 ταλαντώσεις. (Ἀπ. 71 Hz.)

80. Εἰς πόσῃ ἀπόστασιν εὐρίσκεται ἓνα καταιγιδόφορον νέφος, ὅταν ἡ βροντὴ ἀκούεται 4 sec μετὰ τὴν πτώσιν τοῦ κεραυνοῦ. Ὁ ἦχος διαδίδεται μὲ ταχύτητα 340 m/sec καὶ τὸ φῶς διὰ μικρὰς ἀποστάσεις ἀκαριαίως. (Ἀπ. 1 360 m.)

81. Πόσον εἶναι τὸ βάθος τῆς θαλάσσης ὅταν, κατὰ μίαν ἠχοβόλησιν, ἐμετρήθῃ χρόνος 0,68 sec. Δίδεται ὅτι ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ ἡχου εἰς τὸ θαλάσσιον ὕδωρ εἶναι 1 425 m/sec.

82. Πόσον μακρὰν ἀπὸ τὴν ἀκτὴν εὐρίσκεται ἓνα πλοῖον, ἂν ἓνα ὑποθαλάσσιον σῆμα λαμβάνεται 5 sec ἐνωρίτερον ἀπὸ ἓνα ταυτόχρονον σῆμα εἰς τὸν ἀέρα (ταχύτης ἡχου εἰς τὸν ἀέρα 340 m/sec καὶ εἰς τὸ θαλάσσιον ὕδωρ 1 425 m/sec.) (Ἀπ. 2 233 m.)

83. Ἐνας ἄνθρωπος εὐρίσκεται εἰς μίαν ἀπόστασιν ἀπὸ ἓνα εμπόδιον καὶ κρανγάζει. Ἀφοῦ περάσουν 2,4 sec, ἀκούει τὸν ἦχον τῆς φωνῆς του, ἡ ὁποία ἀνεκλάσθη εἰς τὸ εμπόδιον. Πόση εἶναι ἡ ἀπόστασις τοῦ ἀνθρώπου ἀπὸ τὸ εμπόδιον, ἂν ἡ ταχύτης τοῦ ἡχου εἰς τὸν ἀέρα ἀνέρχεται εἰς 340 m/sec. (Ἀπ. 408 m.)

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

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

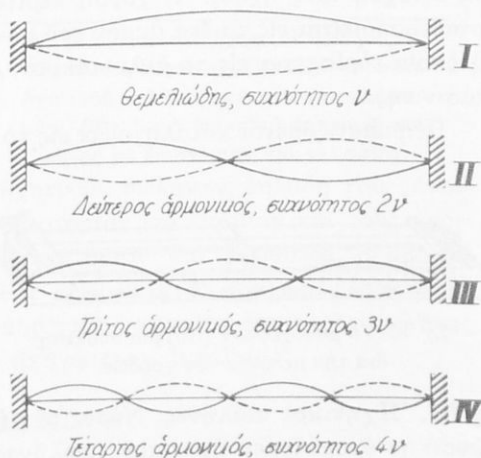
86. Πόσον εἶναι τὸ μῆκος κύματος τοῦ τόνου ὁ ὁποῖος ἔχει συχνότητα 440 Hz εις τὸν ἀέρα. Ταχύτης ἤχου εις τὸν ἀέρα 340 m/sec. (Ἀπ. 0,775 m.)

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

## ΙΖ' — ΗΧΗΤΙΚΑΙ ΠΗΓΑΙ

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

Ἄν σταθεροποιήσωμεν τὸ μέσον τῆς χορδῆς με τὸν δάκτυλόν μας, ἢ θέσωμεν εις τὸ σημεῖον αὐτὸ ἓνα ξύλινον ὑποστήριγμα καὶ διεγείρωμεν πάλιν τὴν χορδὴν, παρατηροῦμεν τότε ὅτι ὁλόκληρος ἡ χορδὴ ταλαντεύεται (σχ. 82, II). Εἰς τὴν περίπτωσιν ὁμως αὐτὴν ἡ χορδὴ παράγει ἤχον με διπλασίαν συχνότητα. Ἄναλόγως δυνάμεθα νὰ ἐξαναγκάσωμεν τὴν χορδὴν, νὰ παράγῃ ἤχον με τριπλασίαν συχνότητα (σχ. 82, III) ἢ τετραπλασίαν συχνότητα (σχ. 82, IV). Ὁ ἤχος τὸν ὁποῖον ἀποδίδει ἡ χορδὴ, ὅταν πάλλεται



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

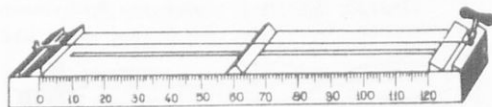
ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 82, I, ὀνομάζεται θεμελιώδης ἦχος ἢ πρῶτος ἁρμονικός, ἐνῶ ὅταν πάλλεται ὅπως εἰς τὰς περιπτώσεις II, III, IV τοῦ ἰδίου σχήματος, ὁ παραγόμενος ἦχος λέγεται ἀνώτερος ἁρμονικός καὶ ἰδιαίτερος δεύτερος ἁρμονικός, τρίτος ἁρμονικός, κ.λπ. Ὡστε :

Ὅταν ἐλαττώσωμεν τὸ μῆκος μιᾶς χορδῆς εἰς τὸ  $1/2$ ,  $1/3$ ,  $1/4$ , κ.λπ. τοῦ ἀρχικοῦ τῆς μήκους, ἐνῶ συγχρόνως διατηρήσωμεν σταθερὰν τὴν τάσιν, τὴν ὁποίαν ἀσκοῦμεν ἐπ' αὐτῆς, τότε ἡ συχνότης τῶν παραγομένων ἡχῶν εἶναι ἀντιστοίχως διπλασία, τριπλασία, τετραπλασία κ.λπ. τῆς ἀρχικῆς συχνότητος.

Οἱ μουσικοὶ ἦχοι ἢ φθόγγοι ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἑνα ἰσχυρὸν θεμελιώδη καὶ πολλοὺς ἄλλους ἀνωτέρους ἁρμονικούς, οἱ ὅποιοι διαμορφώνουν τὴν χροίαν τοῦ φθόγγου.

**§ 86. Νόμος τῶν χορδῶν.** Τοὺς νόμους τῶν χορδῶν δυνάμεθα νὰ μελετήσωμεν μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ μονοχόρδου (σχ. 83). Αὐτὸ ἀποτελεῖται ἀπὸ ἑνα ξύλινον κιβώτιον (ἀντηχείον) τὸ ὁποῖον προορίζεται νὰ ἐνισχύη τοὺς ἦχους. Ἡ χορδὴ περιτυλίσσεται εἰς ἕνα ἄξονα καὶ σταθεροποιεῖται εἰς τὸ ἕνα ἄκρον τοῦ μονοχόρδου, μὲ μίαν δὲ κλειδα, ἢ ὁποία εὐρίσκεται εἰς τὸ ἄλλον ἄκρον, δυνάμεθα νὰ ρυθμίζωμεν τὴν τάσιν τῆς.

Πειραματιζόμενοι καταλήγομεν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι :



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

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

**§ 87. Ἡχητικοὶ σωλήνες.** Νόμος τῶν ἡχητικῶν σωλῆνων. Εἰς τὴν Φυσικὴν ὀνομάζομεν ἡχητικούς σωλήνας, κυλινδρικούς ἢ πρισματικούς σωλήνας ἀπὸ ξύλου ἢ μέταλλον, εἰς τοὺς ὁποίους προσφυσῶμεν ρεῦμα ἀέρος, ἀπὸ τὸ στόμιον καὶ προκαλοῦμεν κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ταλάντωσιν τοῦ ἀέρος, τὸν ὁποῖον περιέχει ὁ σωλὴν.

Οἱ ἡχητικοὶ σωλῆνες εἶναι εἴτε ἀνοικτοὶ (σχ. 84), εἴτε κλειστοί.

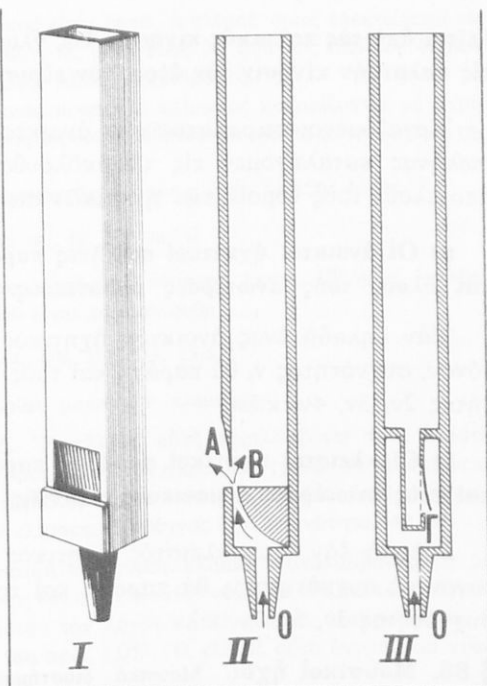
Εἰς τὸν ἀνοικτὸν σωλῆνα τοῦ σχήματος 84, II, ὁ ἀήρ εἰσέρχεται ἀπὸ τὸ ἐπιστόμιον Ο καὶ ἐξέρχεται ἀπὸ τὸ στόμιον Β. Εἰς τὸ χεῖλος Α δημιουργεῖται διατάραξις τῆς στήλης τοῦ ἀέρος, ὅπως ἀκριβῶς συμβαίνει καὶ εἰς τὴν σφυρίκτραν, καὶ τοιούτοτρόπως προκαλεῖται δόνησις τοῦ ἀέρος, ὁ ὁποῖος εὐρίσκεται εἰς τὴν κοιλότητα.

Εἰς τὸν ἀνοικτὸν σωλῆνα τοῦ σχήματος 84, III, ὁ ἀήρ εἰσχωρεῖ ἀπὸ τὸ στόμιον Ο καὶ διεγείρει εἰς παλμικὴν κίνησιν τὴν γλωσσίδα Γ.

Ὅτι συμβαίνει μὲ τὰ ἀνωτέρω δύο εἶδη ἀνοικτῶν ἡχητικῶν σωλῆνων, 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 σωλῆνων. Οἱ σωλῆνες αὗτοὶ διαφέρουν ἀπὸ τοὺς ἀνοικτοὺς ἡχητικοὺς σωλῆνας κατὰ τὸ ὅτι εἶναι κλείστοι εἰς τὸ ἀνώτερον ἄκροντων.

Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι :

Εἰς τοὺς ἡχητικοὺς σωλῆνας μὲ ἐπιστόμιον καὶ στόμιον ὁ τόνος προκαλεῖται ἀπὸ τὰς ἀπ' εὐθείας παλμικὰς κινήσεις τοῦ ἀέρος. Εἰς τοὺς ἡχητικοὺς σωλῆνας μὲ ἐπιστόμιον καὶ γλωσσίδα ὁ τόνος προκα-



Σχ. 84. Ἀνοικτοὶ ἡχητικοὶ σωλῆνες. (I) Ἐξωτερικὴ ἐμφάνισις. (II) Τομὴ ἀνοικτοῦ ἡχητικοῦ σωλῆνος μὲ ἐπιστόμιον καὶ στόμιον. (III) Τομὴ ἀνοικτοῦ ἡχητικοῦ σωλῆνος μὲ ἐπιστόμιον καὶ γλωσσίδα.

λειτουργία από τὰς παλμικὰς κινήσεις τῆς γλωσσίδος, αἱ ὁποῖαι διεγείρουν εἰς παλμικὴν κίνησιν τὸν ἀέρα, τὸν εὐρισκόμενον εἰς τὸν σωλῆνα.

Ἐργαζόμενοι πειραματικῶς μὲ ἀνοικτοὺς καὶ κλειστοὺς ἡχητικοὺς σωλῆνας καταλήγομεν εἰς τὰ ἀκόλουθα συμπεράσματα, τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦν τοὺς νόμους τῶν ἡχητικῶν σωλῆνων.

**α) Οἱ ἀνοικτοὶ ἡχητικοὶ σωλῆνες παράγουν ἓνα θεμελιώδη τόνον καὶ ὅλους τοὺς ἀνωτέρους ἁρμονικοὺς.**

Ἐὰν δηλαδή ἓνας ἀνοικτὸς ἡχητικὸς σωλῆν παράγῃ θεμελιώδη τόνον, συχνότητος  $\nu$ , θὰ παράγῃ καὶ τοὺς τόνους τοὺς ἔχοντας συχνότητας  $2\nu$ ,  $3\nu$ ,  $4\nu$ , κ.λπ.

**β) Οἱ κλειστοὶ ἡχητικοὶ σωλῆνες παράγουν ἓνα θεμελιώδη τόνον καὶ τοὺς ἀνωτέρους ἁρμονικοὺς περιττῆς τάξεως.**

Δηλαδή ἐὰν ἓνας κλειστὸς ἡχητικὸς σωλῆν παράγῃ θεμελιώδη τόνον μὲ συχνότητα  $\nu$ , θὰ παράγῃ καὶ τοὺς τόνους οἱ ὅποιοι ἔχουν συχνότητας  $3\nu$ ,  $5\nu$ ,  $7\nu$ , κ.λπ.

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

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

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

Οί φθόγγοι της βασικής κλίμακος είναι όκτώ, ή κλίμαξ όμως επεκτείνεται εις υψηλότερους καί χαμηλότερους φθόγγους με όγδόας. Ό φθόγγος από τόν όποιον άρχίζει ή μουσική κλίμαξ ονομάζεται βάσις της κλίμακος.

Αί συχνότητες των φθόγγων μιάς μουσικής κλίμακος καθορίζονται με ακρίβειαν, όταν ορισθῇ ἡ συχνότης ἐνὸς οἰουδήποτε φθόγγου καὶ τὰ μουσικὰ διαστήματα.

Τὰ ὀνόματα τῶν φθόγγων τῆς μουσικῆς κλίμακος εἶναι τὰ ἑξῆς ἑπτὰ :

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

Τὰ διαστήματα δευτέρας, τρίτης, τετάρτης, πέμπτης, ἑκτης, ἑβδόμης, λογιζόμενα ἀπὸ τοῦ  $\phi_0$  καὶ ἄνωθεν αὐτοῦ εἶναι τὰ ἀκόλουθα :

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

Υπάρχουν διάφοροι κατηγορίες μουσικῶν κλιμάκων :

α) Διατονική ή φυσική κλίμαξ. Ἡ κλίμαξ αὐτὴ περιλαμβάνει τρία διαφο-  
ρετικὰ διαστήματα, σχετικῶς ὡς πρὸς δύο διαδοχικοὺς φθόγγους: τὰ διαστήματα  
9/8 καὶ 10/9, τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται τόνοι καὶ τὸ διάστημα 16/15 τὸ ὁποῖον ὀνομά-  
ζεται ἡμιτόνιον. Εἰς τὴν βασικὴν κλίμακα, ὁ φθόγγος ἔχει συχνότητα 440 Hz.

β) Χρωματική κλίμαξ. Ἡ βασικὴ διατονικὴ κλίμαξ ἐπαναλαμβανομένη μὲ ὀγδόας, ὑψηλότερον ἢ χαμηλότερον, δὲν εἶναι δυνατόν νὰ ἐπαρκέσῃ διὰ τὰς ἀνάγκας τῆς συγχρόνου Μουσικῆς. Δι' αὐτὸν τὸν λόγον κατεσκευάσαν μίαν κλίμακα, ἡ ὁποία περιλαμβάνει 12 ἡμιτόνια ἴσα πρὸς 1,059. Ἡ κλίμαξ αὕτη ὀνομάζεται χρωματικῇ.

Ἄν προσεξώμεν τὰ πληκτρα τοῦ κλειδοκουμβάλου (πιάνου), θά παρατηρήσωμεν ὅτι εἶναι λευκά καί μαύρα. Τὰ μαύρα πληκτρα ἀντιστοιχοῦν εἰς τοὺς φθόγγους τῶν ὁποίων ἡ προσθήκη ἐδμοιούργησε τὴν χρωματικὴν κλίμακα. Διὰ τὰ ἐπιτύχουν οἱ μουσικοὶ τὴν κατασκευὴν τῆς κλίμακος ἡτς διετηρήσαν τὸν φθόγγον la τῆς βασικῆς κλίμακος εἰς τὴν συχνότητα τῶν 440 Hz, παρήλλαξαν ὁμως ὀλίγον τὰς συχνότητας τῶν ἄλλων φθόγγων.

§ 90. Μουσικά όργανα. Τα μουσικά όργανα παράγουν ευχαρίστους ήχους, χωρίζονται δὲ εἰς τρεῖς κυρίως κατηγορίας.

α) Τὰ ἔγχορδα. Αὐτὰ εἶναι ὄργανα τὰ ὁποῖα ἔχουν χορδὰς, ὅπως τὸ βιολίον, ἡ βιόλα, τὸ βιολοντσέλλον καὶ τὸ κοντραμπάσον. Εἰς τὰ ὄργανα αὐτὰ ὁ ἦχος παράγεται καθὼς σύρμεν τὸ δοξάριον ἐπάνω εἰς τὰς χορδὰς. Ἄλλα ἔγχορδα εἶναι ἡ κιθάρα καὶ τὸ μαντολίον. Οἱ ἦχοι εἰς τὰ ὄργανα αὐτὰ παράγονται καθὼς ἔλκομεν τὰς χορδὰς μὲ τὸ δάκτυλον ἢ τὰς πλῆττομεν μὲ ἓνα μικρὸν τρίγωνον.

Τὸ ὕψος τοῦ ἤχου εἰς ὅλα τὰ ἀνωτέρω ἔγχορδα ρυθμίζεται ἀπὸ τὸ σημεῖον εἰς τὸ ὁποῖον πιέζομεν τὴν χορδὴν μὲ τὰ δάκτυλα τῆς ἁριστερᾶς χειρὸς.

Ἡ ἄρπα εἶναι ἓνα ἄλλο ἐγχορδον ὄργανον, με πολλές χορδὰς, αἱ ὁποῖα ἤχου, ὅταν τὰς ἐλκωμεν με τὰ δάκτυλα καὶ ἐκάστη ἀπὸ τὰς ὁποίας παράγει ὠρισμένον

ήχων. Χορδὰς αἱ ὁποῖαι παράγουν ὠρισμένον ἦχον ἔχει καὶ τὸ κλειδοκύμβαλον. Ἐνας μηχανισμὸς μοχλῶν συνδέει τὰ πληκτρα τὰ ὁποῖα πιέζομεν μὲ τὰ δάκτυλα, μὲ εἰδικὰ κατακόρυφα πληκτρα, τὰ ὁποῖα κρούουν τὰς χορδὰς.

β) Τὰ πνευστά. Τοιαῦτα ὄργανα εἶναι ἡ σάλπιγξ, ἡ τρόμπα, τὸ τρομπόνιον, τὸ κόρνον, τὸ κλαρίνον, τὸ φλάουτον, τὸ σαξόφωνον, κ.λπ. Τὰ ὄργανα αὐτὰ παράγουν ἦχον ὅταν φυσῶμεν ἀέρα εἰς ὠρισμένην θέσιν ἐντὸς αὐτῶν. Εἰς ἄλλα ἀπὸ αὐτὰ τὰ ὄργανα, π.χ. εἰς τὴν τρόμπαν, ὁ ἦχος παράγεται ἀπὸ τὰ χεῖλη ἐκείνου ὁ ὁποῖος παίζει τὸ ὄργανον, ἐνῶ εἰς ἄλλα, ὅπως εἰς τὸ κλαρίνον, ἀπὸ μίαν γλωσσίδα, ἡ ὁποία πάλλεται καθὼς φυσῶμεν. Εἰς τὰ χάλκινα πνευστά, ὅπως λέγονται αἱ τρόμποι, τὸ τρομπόνιον, τὸ κόρνον, κ.λπ., τὸ ὕψος τοῦ φθόγγου ἐπιτυγχάνεται μὲ τὴν βοήθειαν κλειδιῶν ἢ ἐμβόλων (πιστονιῶν), μὲ τὰ ὁποῖα μικραίνουν ἢ μεγαλώνουν ὠρισμένους σωλήνας, οἱ ὁποῖοι εὐρίσκονται εἰς τὸ σῶμα τοῦ ὄργανου, ἐν συνδυασμῷ πρὸς τὸν ἀέρα τὸν ὁποῖον φυσῶμεν μὲ πίεσιν. Εἰς τὰ ξύλινα πνευστά, ὅπως εἰς τὸ κλαρίνον, εἰς τὰ φλάουτα καὶ εἰς τὰ σαξόφωνα, ὁ ἦχος μεταβάλλεται ὅταν ἀνοίγωμεν ἢ κλείωμεν ὠρισμένας ὁπὰς, αἱ ὁποῖαι ὑπάρχουν εἰς τὸ σῶμα τοῦ ὄργανου.

γ) Τὰ κρουστά. Αὐτὰ εἶναι ὄργανα εἰς τὰ ὁποῖα ὁ ἦχος παράγεται ὅταν τὰ κρούωμεν (κτυπῶμεν) εἰς ὠρισμένην θέσιν. Κρουστά εἶναι τὰ τύμπανα, τὸ ξυλόφωνον, τὸ τρίγωνον, κ.λπ.

Αἱ ὀρχήστραι ἀποτελοῦνται ἀπὸ πολλὰ ὄργανα καὶ τῶν τριῶν κατηγοριῶν καὶ τοιοιουτρόπως διὰ συνδυασμοῦ τῶν ἡχῶν τοὺς ὁποῖους παράγουν, ἀποδίδουν μίαν μουσικὴν σύνθεσιν κατὰ τὸν καλῦτερον τρόπον.

## ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Ἐλαττοῦντες τὸ μῆκος μιᾶς χορδῆς, αὐξάνομεν τὴν συχνότητα τῶν παραγομένων ἡχῶν. Ἐλαττοῦντες τὸ μῆκος τῆς χορδῆς εἰς τὸ  $1/v$  τοῦ ἀρχικοῦ καὶ διατηροῦντες σταθεράν τὴν τάσιν, τὴν ὁποίαν ἀσκοῦμεν ἐπ' αὐτῆς, παράγομεν ἦχον μὲ συχνότητα  $v$  - πλασίαν τοῦ ἀρχικοῦ.

2. Ἡ συχνότης τοῦ τόνου τὸν ὁποῖον παράγει μία χορδή, ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ μῆκος, τὸ πάχος καὶ τὸ ὑλικὸν τῆς χορδῆς, ὅπως ἐπίσης καὶ ἀπὸ τὴν τάσιν τὴν ὁποίαν ἀσκοῦμεν ἐπὶ τῆς χορδῆς.

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



ήχητικούς σωλήνες με επιστόμιον καὶ γλωσσίδα ἀπὸ τοὺς παλ-  
μοὺς τῆς γλωσσίδος.

4. Οἱ ἀνοικτοὶ ἤχητικοὶ σωλήνες παράγουν ἓνα θεμελιώδη  
τόνον καὶ ὅλους τοὺς ἀνωτέρους ἁρμονικοὺς του, ἐνῶ οἱ κλει-  
στοὶ ἓνα θεμελιώδη καὶ τοὺς ἀνωτέρους ἁρμονικοὺς περιττῆς  
τάξεως.

5. Μουσικὸν διάστημα δύο ἤχων ὀνομάζεται ὁ λόγος τῶν  
συχνότητων των.

6. Ἡ μουσικὴ κλίμαξ ἀποτελεῖται ἀπὸ σειρὰν ὀρισμένων  
μουσικῶν φθόγγων, οἱ ὁποῖοι χωρίζονται μεταξύ των μὲ ὀρι-  
σμένα μουσικὰ διαστήματα.

7. Ἡ διατονικὴ ἢ φυσικὴ κλίμαξ περιλαμβάνει 5 τόνους δύο  
εἰδῶν καὶ 2 ἡμιτόνια. Ἡ χρωματικὴ κλίμαξ περιλαμβάνει 12  
ἡμιτόνια. Βασικὸς φθόγγος εἰς τὰς δύο κλίμακας εἶναι τὸ la μὲ  
συχνότητα 440 Hz.

8. Τὰ μουσικὰ ὄργανα εἶναι ἑγχόρδα, πνευστὰ καὶ κρουστά.

## Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

88. Πόση εἶναι ἡ συχνότης τοῦ βασικοῦ τόνου, τοῦ ὁποῖου ὁ ἁρμονικὸς ἔκτης  
τάξεως ἔχει συχνότητα 1 200 Hz. ('Απ. 171,4 Hz.)

89. "Ενας τόνος ἔχει συχνότητα 264 Hz. Ποῖαι εἶναι αἱ συχνότητες τῆς ἀμέσως  
ἐπομένης ὀγδόης, πέμπτης καὶ τετάρτης. ('Απ. 528 Hz, 396 Hz, 352 Hz).

# IV. ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

## ΙΗ'—ΣΥΣΤΑΣΙΣ ΤΗΣ ΥΛΗΣ. ΜΟΡΙΑ ΚΑΙ ΑΤΟΜΑ

§ 91. Ἡ διαιρετότης τῆς ὕλης. Ἄν παρατηρήσωμεν ἓνα τεμάχιον ψαμμίτου, θὰ ἴδωμεν ὅτι ἀποτελεῖται ἀπὸ μίαν πλειάδα μικρῶν κόκκων, συγκεκολλημένων μεταξύ των καὶ ὁρατῶν μὲ γυμνὸν ὄφθαλμόν.

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

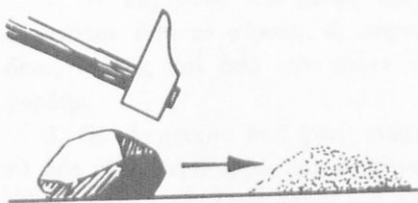
Ἄν ἐξετάσωμεν ἕκαστον κόκκον μὲ φακόν, θὰ διαπιστώσωμεν ὅτι ὅλοι ἔχουν τὴν ἰδίαν ἐμφάνισιν. Ἐντονον δηλαδὴ λάμπιν καὶ ἔδρας αἱ ὁποῖαι σχηματίζουν μεταξύ των γωνίας, περισσότερον ἢ ὀλιγώτερον ὀξείας.

**Πείραμα.** Λαμβάνομεν ἓνα φιαλίδιον μὲ πυκνὸν θειϊκὸν ὀξὺ καὶ ρίπτομεν μίαν σταγόνα ἀπὸ τὸ ὀξὺ αὐτὸ μέσα εἰς ἓνα δοκιμαστικὸν σωλῆνα μὲ ὕδωρ. Τὸ διάλυμα τὸ ὁποῖον προκύπτει, μολονότι εἶναι πολὺ ἀραιόν, ἐρυθραίνει ἐν τούτοις τὸ βάμμα τοῦ ἡλιοτροπίου. Ἀραιώνομεν ἀκόμη τὸ διάλυμα τοῦ ὀξέος, προσθέτοντες ὀλίγον ὕδωρ. Καὶ τὸ νέον ἀραιότερον διάλυμα ἐξακολουθεῖ νὰ ἐρυθραίνῃ τὸ βάμμα τοῦ ἡλιοτροπίου.

Ὅπως ὁ ψαμμίτης, οὕτω καὶ τὸ θειϊκὸν ὀξὺ διηρέθη εἰς μικρότατα σωματίδια, τὰ ὁποῖα ὁμως διετήρησαν τὰς χαρακτηριστικὰς ιδιότητας τοῦ ὀξέος. Ἐρυθραίνουν δηλαδὴ τὸ βάμμα τοῦ ἡλιοτροπίου.

Τίθεται ὁμως τώρα τὸ ἐρώτημα: Δυνάμεθα νὰ διαιρῶμεν ἐπ' ἄπειρον τὰ σωματίδια, ἐνὸς ὕλικου χωρὶς νὰ ἐξαφανισθοῦν αἱ ιδιότητες τῆς οὐσίας;

Ἡ ἀπάντησις εἰς τὸ ἀνωτέ-



Σχ. 85. Ὅταν θρυμματισθῇ ὁ ψαμμίτης σχηματίζει σωρὸν ἄμμου.

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

Τὸ **μόριον** εἶναι ἡ μικροτέρα ποσότης ἐνὸς χημικῶς καθαροῦ σώματος, ἡ ὁποία δύναται νὰ ὑπάρχῃ καὶ νὰ διατηρῇ τὰς χαρακτηριστικὰς ιδιότητας αὐτοῦ τοῦ σώματος.

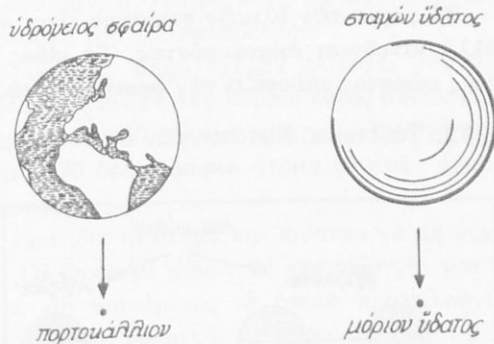
**§ 92. Τὰ μόρια.** Τὰ μόρια εἶναι ὑλικά σωματίδια μὲ πολὺ μικρὸν μέγεθος. Διὰ νὰ ἀντιληφθῶμεν τὴν μικρότητα τῶν μορίων, ἄς ἐπιχειρήσωμεν τὸν ἐπόμενον παραλληλισμὸν.

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

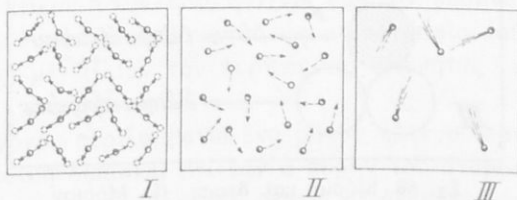
Τὰ μόρια ἐνὸς χημικῶς καθαροῦ σώματος, ὅπως π.χ. τὸ ὀξυγόνον, ὁ χαλκός, τὸ ὕδωρ, ἡ σάκχαρις κ.λπ., εἶναι ὅμοια μεταξὺ τῶν, ἐνῶ τὰ μόρια τῶν μειγμάτων, ὅπως ὁ ἀήρ, τὸ γάλα κ.λπ., εἶναι διαφόρετικά.

Ὅπως γνωρίζωμεν ἀπὸ τὰ μαθήματα τῆς προηγούμενης τάξεως, τὰ μόρια οἷουδὴποτε σώματος δὲν ἡρεμοῦν, ἀλλὰ κινεῖνται ἀκαταπαύστως. Εἰς τὰ στερεὰ ἡ κίνησις αὐτὴ εἶναι ταλάντωσις μὲ πολὺ μικρὸν πλάτος, διότι τὰ μόρια τῶν σωμάτων αὐτῶν εἶναι πολὺ πλησίον τὸ ἓνα εἰς τὸ ἄλλον (σχ. 87, I).

Τὰ μόρια τῶν ὑγρῶν



Σχ. 86. Τὸ μόριον τοῦ ὕδατος καὶ ἡ σταγὼν ὕδατος εὐρίσκονται εἰς τὴν ἀναλογίαν πορτοκαλλίου καὶ ὑδρόγειου σφαίρας.



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

εύρισκονται εις μεγαλυτέρας μεταξύ των αποστάσεις (ἐν σχέσει με τὰς αποστάσεις τῶν μορίων τῶν στερεῶν) καὶ κινούνται πλέον ζωηρῶς τὸ ἓνα ὡς πρὸς τὸ ἄλλον, διατηρῶντα σταθερὰς τὰς ἀποστάσεις των. Ἐνα μόριον ὑγροῦ, δηλαδή, κινεῖται ἐν σχέσει πρὸς τὰ ἄλλα μόρια, μέσα εἰς τὴν μᾶζαν τοῦ ὑγροῦ, διατηρεῖ ὁμως σταθερὰν ἀπόστασιν ἀπὸ τὰ γειτονικά του μόρια (σχ. 87, II).

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

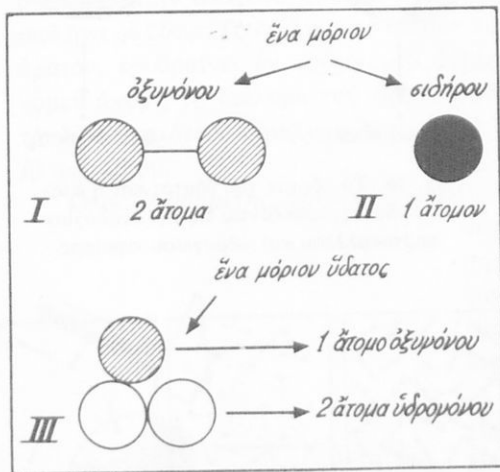
Αἱ ταχύτητες μετὰς ὁποίας κινούνται τὰ μόρια τῶν ἀερίων εἶναι ἀρκετὰ μεγάλαι. Εἰς τὸ διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος ἡ μέση ταχύτης τῶν μορίων εἶναι ἴση μετὰ 1 440 km/h, ἴση δηλαδή πρὸς τὴν ταχύτητα τῶν ἀεριωθουμένων ἀεροπλάνων ἐνῶ τῶν μορίων τοῦ ὕδρογόνου εἶναι ἀκόμη μεγαλυτέρα καὶ φθάνει τὰ 7 200 km/h. Ὡστε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

Τὰ μόρια τῶν ὑλικῶν σωμάτων εἶναι ἀπείρως μικρά. Δὲν ἡρεμοῦν ἀλλὰ κινούνται ἀκαταπαύστως. Τὸ εἶδος τῆς κινήσεως τῶν μορίων ἐνὸς σώματος καθορίζει τὴν φυσικὴν κατάστασιν τοῦ σώματος.

**§ 93. Τὰ ἄτομα.** Κατόπιν τῶν ὧσων εἶπομεν ἀνωτέρῳ, δὲν πρέπει νὰ νομισθῇ ὅτι τὰ μόρια ἀ-

ποτελοῦν τὸ ἀδιαίρετον πλέον τμήμα τῆς ὕλης. Πράγματι τὰ σωματίδια αὐτὰ σχηματίζονται ἀπὸ μικρότερα ἀκόμη ὑλικά συστατικά, τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται ἄτομα.

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



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

αποτελείται από δύο όμοια μεταξύ των άτομα όξυγόνου, τὸ μόριον τοῦ ὕδατος, τὸ ὁποῖον εἶναι σύνθετον σῶμα, περιλαμβάνει συνδεδεμένα μεταξύ των, δύο άτομα ὕδρογόνου καὶ ἓνα άτομον όξυγόνου (σχ. 88).

Τὰ άτομα σπανίως ἀπαντοῦν εἰς ἐλευθέραν κατάστασιν, ἐκτός ἀπὸ τὴν περίπτωσιν τῶν λεγομένων εὐγενῶν αερίων (ἀργόν, κρυπτόν, νέον, ξένον, ἥλιον καὶ ραδόνιον). Εἰς ὠρισμένας ἄλλας περιπτώσεις, ὅπου τὸ μόριον ἑνὸς στοιχείου ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓνα άτομον, ὅπως συμβαίνει μὲ τὰ μέταλλα, τὰ άτομα αὐτὰ δὲν εἶναι ἐλεύθερα, ἀλλὰ σχηματίζουν κανονικὰ διατεταγμένα συγκροτήματα, τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται κρύσταλλοι.

Ἐφ' ὅσον τὰ άτομα εἶναι κατὰ κάποιον τρόπον ὑποδιαίρεσις τῶν μορίων, συμπεραίνομεν ὅτι ἔχουν μικρότερον ἀκόμη μέγεθος.

Ἄν φαντασθῶμεν τὸ ἀπλούστερον άτομον, δηλαδὴ τὸ άτομον τοῦ στοιχείου ὕδρογόνου, ὡς σφαῖραν, ἡ σφαῖρα αὐτὴ θὰ εἶχε διάμετρον ἴσην πρὸς δέκα ἑκατομμυριοστὰ τοῦ χιλιοστομέτρου.

Εἰς τὰς ἠλεκτρονικὰς λυχνίας, ὅπου ἔχομεν ἐπιτύχει «ύψηλόν κενόν», ὅπως λέγομεν, (δηλαδὴ ἡ πίεσις τοῦ αερίου ἐντὸς αὐτῶν εἶναι τῆς τάξεως τοῦ ἑκατομμυριοστοῦ τοῦ χιλιοστομέτρου ὕδραργυρικῆς στήλης), παραμένουν ἀκόμη 270 ἑκατομμύρια άτομα εὐγενῶν αερίων εἰς ἕκαστον κυβικόν ἑκατοστόμετρον.

Μέχρι σήμερον οὐδεὶς ἔχει ἰδεῖ τὰ άτομα καὶ πιθανὸν νὰ μὴ δυνηθῶμεν ποτὲ νὰ τὰ ἴδωμεν. Οἱ Φυσικοὶ μόνον τὰ φαντάζονται καὶ τὰ περιγράφουν, στηριζόμενοι εἰς φαινόμενα, τὰ ὁποῖα προκαλοῦνται ὑπὸ εἰδικὰς συνθήκας καὶ τὰ ὁποῖα δύνανται νὰ παρακολουθήσουν.

**§ 94. Σύστασις τοῦ ατόμου.** Ἐνα άτομον οἶοι δὴποτε στοιχείου ἀποτελεῖται ἀπὸ τὸν κεντρικὸν πυρῆνα, εἰς τὸν ὁποῖον εἶναι συγκεντρωμένη ὅλη σχεδὸν ἡ μᾶζα τοῦ ατόμου καὶ ἀπὸ τὰ ἠλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα περιστρέφονται εἰς ἑλλειπτικὰς ἢ κυκλικὰς τροχιάς περὶ τὸν πυρῆνα. Τὸ άτομον δηλαδὴ εἶναι δυνατόν νὰ θεωρηθῇ ὡς μικρογραφία τοῦ ἡλιακοῦ μας συστήματος, μὲ Ἡλίον τὸν πυρῆνα καὶ πλανήτας τὰ ἠλεκτρόνια.

Τὸ άτομον τοῦ ὕδρογόνου περιλαμβάνει ἓνα μόνον ἠλεκτρόνιον (σχ. 89). Ἡ ἀτομικὴ Φυσικὴ διδάσκει ὅτι ἂν ὁ πυρῆν τοῦ ατόμου τοῦ ὕδρογόνου εἶχε διάμετρον ἑνὸς ἑκατοστομέτρου, τὸ ἠλεκτρόνιον τοῦ θὰ περιστρέφετο περὶ τὸν πυρῆνα εἰς ἀπόστασιν 410 μέτρων.



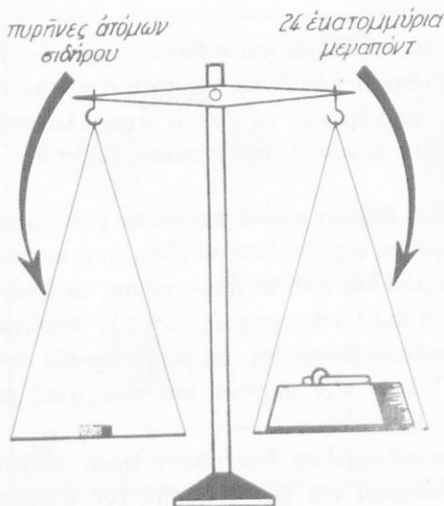
Σχ. 89. Άτομον υδρογόνου.

Τὸ ἄτομον τοῦ στοιχείου οὐρανίου, περιλαμβάνει 92 ἤλεκτρονια. Ἐὰν παραστήσωμεν τὸν πυρῆνα τοῦ οὐρανίου μὲ ἓνα πορτοκάλλιον, τὰ πλησιέστερα ἤλεκτρονια θὰ περιστρέφονται εἰς ἀπόστασιν 100 m ἀπὸ τὸν πυρῆνα, ἐνῶ τὰ πλεον ἄπομακρυσμένα εἰς ἀπόστασιν 1500 m. Ἡ ἀτομικὴ Φυσικὴ διδάσκει ἀκόμη ὅτι ἡ μᾶζα τοῦ ἤλεκτρονίου εἶναι μόλις ἴση μὲ τὸ  $1/2\,000$  περίπου τῆς μάζης τοῦ πυρῆνος τοῦ ἀτόμου τοῦ υδρογόνου.

Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι :

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

β) Εἰς τὸν συνολικὸν χώρον τοῦ ἀτόμου, μικρὸν ποσοστὸν καταλαμβάνει ἡ ὕλη. Τὸ μεγαλύτερον τμήμα τοῦ ἀτομικοῦ χώρου εἶναι κενόν, τὰ δὲ ἤλεκτρονια κινοῦνται εἰς ἑλλειπτικὰς ἢ κυκλικὰς τροχιάς περὶ τὸν πυρῆνα καὶ εἰς τεραστίας, συγκριτικῶς ἀποστάσεις.



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

Ἄν ἡδυνάμεθα νὰ κατασκευάσωμεν ἓνα μικρὸν πλακίδιον μὲ μέγεθος ἴσον πρὸς ἐκεῖνο τῶν πλακιδίων τῆς σακχάρως, χρησιμοποιοῦντες ὡς ὕλικὸν συμπαγεῖς πυρῆνας ἀτόμων σιδήρου, χωρὶς κενὸν χώρον, τὸ βάρος τοῦ μικροῦ αὐτοῦ πλακιδίου θὰ ἦτο ἴσον μὲ 24 ἑκατομμύρια μεγαπόντ. Τὸ παράδειγμα αὐτὸ δίδει μίαν εἰκόνα τοῦ κενοῦ τὸ ὁποῖον παρεμβάλλεται εἰς τὴν δομὴν τῆς ὕλης (σχ. 90).

1. Μόριον ονομάζομεν τὴν μικροτέραν ποσότητα τῆς ὕλης ἐνὸς σώματος, ἢ ὁποία δύναται νὰ ὑπάρξῃ εἰς ἐλευθέραν κατάστασιν καὶ νὰ διατηρῇ τὰς ιδιότητες τοῦ σώματος αὐτοῦ.

2. Τὰ μόρια ἔχουν πολὺ μικρὰς διαστάσεις καὶ εὐρίσκονται εἰς ἀδιάκοπον κίνησιν, τὸ εἶδος τῆς ὁποίας καθορίζει τὰς φυσικὰς καταστάσεις τῆς ὕλης.

3. Τὸ ἄτομον εἶναι ἡ μικρότερα ποσότης τῆς ὕλης ἐνὸς ἀπλοῦ σώματος.

4. Ἀπὸ τὴν σύνδεσιν ὁμοειδῶν ἀτόμων προκύπτουν τὰ μόρια τῶν ἀπλῶν σωμάτων.

5. Τὰ μόρια τῶν ἀπλῶν σωμάτων ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἁνομοιοειδῆ ἄτομα.

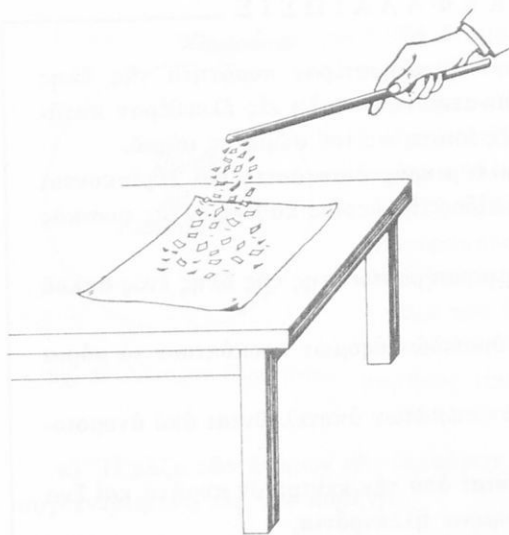
6. Τὰ ἄτομα ἀποτελοῦνται ἀπὸ τὸν κεντρικὸν πυρῆνα καὶ ἓνα ἢ περισσότερα περιστρεφόμενα ἠλεκτρόνια.

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

## 16'—ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ ΑΤΟΜΟΥ. ΠΥΡΗΝΕΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΑ

**§ 95. Ἡλεκτρισμός. Πείραμα.** Τρίβομεν μίαν ράβδον ἀπὸ ἐβονίτην (ὁ ὁποῖος εἶναι ἓνα συνθετικὸν ὕλικόν) μὲ μάλλινον ἢ μεταξωτὸν ὕφασμα ἢ δέρμα γαλῆς καὶ κατόπιν πλησιάζομεν τὴν ράβδον εἰς πολὺ ἐλαφρὰ καὶ μικρὰ τεμάχια χάρτου. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι τὰ τεμάχια αὐτὰ ἔλκονται ἀπὸ τὴν ράβδον καὶ προσκολλῶνται εἰς τὴν ἐπιφάνειάν της (σχ. 91). Τὸ ἴδιον ἀκριβῶς συμβαίνει ἐὰν τρίψωμεν μὲ μάλλινον ὕφασμα μίαν υαλινὴν ράβδον κ.λπ.

Αὕτη ἡ περίεργος ἐκ πρώτης ὄψεως ιδιότης ἦτο γνωστὴ κατὰ τὴν ἀρχαιότητα. Ὁ **Θαλῆς ὁ Μιλήσιος** εἶχε παρατηρήσει ὅτι ὅταν ἔτριβε ἓνα τεμάχιον ἠλέκτρου (κοινῶς κεχριμπάρι) μὲ ἓνα ὕφασμα, τὸ ἠλεκτρον ἀπέκτα τὴν ιδιότητα νὰ ἔλκῃ πολὺ ἐλαφρὰ σώματα, ὅπως τρίχας, πούπουλα, κ.λπ. Ἡ ιδιότης αὕτη τῶν σωμάτων ὠνομάσθη **ἠλεκτρισμός**.



Σχ. 91. Μετά την τριβήν της με ξηρόν μάλλινον ύφασμα, ἡ ράβδος τοῦ ἔβονίτου ἔλκει μικρά τεμάχια χάρτου.

Τὰ σώματα τὰ ὁποῖα ἀποκτοῦν τὴν ιδιότητα τοῦ ἠλεκτρισμοῦ λέγομεν ὅτι εἶναι ἠλεκτρισμένα ἢ ὅτι εἶναι φορτισμένα ἠλεκτρικῶς. Ἡ διαδικασία δέ, μετὴν ὁποῖαν ἀποκτοῦν τὴν ιδιότητα τοῦ ἠλεκτρισμοῦ τὰ σώματα, ὀνομάζεται ἠ-λέκτρισις.

Ἐνα ἠλεκτρισμένον σῶμα λέγομεν ὅτι ἔχει **ἠλεκτρικὰ φορτία**. Τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον δὲν εἶναι ὁρατόν, ἢ δὲ παρουσία του διαπιστοῦται μόνον ἀπὸ τὰ ἀποτελέσματα τὰ ὁποῖα προκαλεῖ.

Τὰ σώματα τὰ ὁποῖα δὲν ἔχουν ἠλεκτρικὰ φορτία λέγομεν ὅτι εἶναι ἠλεκτρικῶς οὐδέτερα.

## § 96. Θετικὸς καὶ ἀρνητικὸς ἠλεκτρισμός. Ἡλεκτρικὸν ἔκκρεμές.

α) Αἱ δυνάμεις αἱ ὁποῖαι ἐνεφανίσθησαν μετὴν τριβὴν τῆς ράβδου τοῦ ἔβονίτου καὶ προεκάλεσαν τὴν ἔλξιν τοῦ χάρτου εἶναι πολὺ μικραῖ.

Εἶναι εὐκολώτερον νὰ μελετήσωμεν τὰ ἠλεκτρικὰ φαινόμενα χρησιμοποιοῦντες τὸ **ἠλεκτρικὸν ἔκκρεμές**, μίαν συσκευὴν δηλαδὴ ἢ ὁποῖα ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓνα ἐλαφρὸν σφαιρίδιον φελλοῦ ἢ ἄντεριώ-νης τῆς ἀκταίας (ψύχαν κουφοξυλιᾶς), τὸ ὁποῖον κρέμεται ἀπὸ ἓνα λεπτὸν μετάξινον νῆμα, προσδεδεμένον εἰς ἓνα λεπτὸν κατάλληλον ὑποστήριγμα (σχ. 92).

**Πείραμα.** Πλησιάζομεν εἰς τὸ ἠλεκτρικὸν ἔκκρεμές μίαν ράβδον ἀπὸ ἔβονίτην, ἢ ὁποῖα προηγουμένως ἔχει τριφθῇ μετὰ μάλλινον ύφασμα. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι τὸ σφαιρίδιον τοῦ ἔκκρεμοῦς ἔλκεται ἀπὸ τὴν ράβδον, εὐθὺς δὲ ὡς ἔλθῃ εἰς ἐπαφὴν μετ' αὐτῆς ἀπωθεῖται καὶ ἀπομακρύνεται ἀπὸ αὐτὴν, παραμένον εἰς μίαν ὥρισμένην ἀπόστασιν (σχ. 92 I, II).



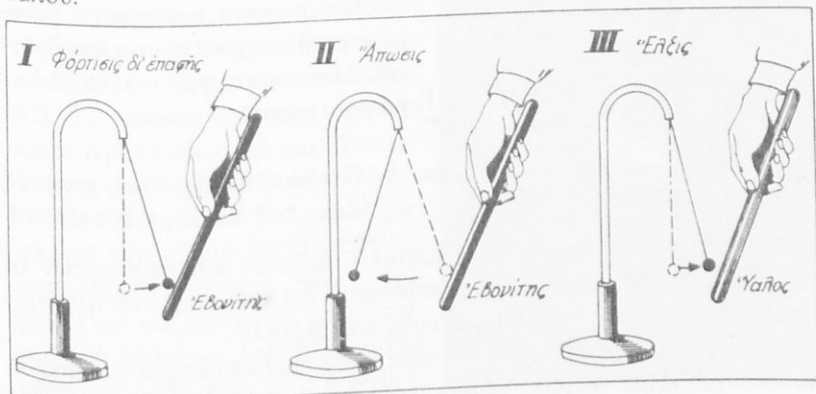
Όταν τὸ σφαιρίδιον ἤλθεν εἰς ἐπαφὴν μὲ τὴν ράβδον τοῦ ἐβονίτου, παρέλαβεν ἓνα μέρος ἀπὸ τὰ ἠλεκτρικὰ φορτία τῆς ράβδου καὶ ἠλεκτρίσθη. Ἐπομένως ὁ ἠλεκτρισμένος ἐβονίτης ἀπωθεῖ τὸ ἠλεκτρικὸν ἔκκρεμές, τὸ ὁποῖον ἠλεκτρίσθη κατὰ τὴν ἐπαφὴν του μὲ αὐτόν.

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

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

β) Θεωροῦμεν ἐκ νέου τὸ ἠλεκτρικὸν ἔκκρεμές, τὸ ὁποῖον ἠλεκτρίζομεν μὲ μίαν ράβδον ἀπὸ ἐβονίτην, ὅπως εἰς τὸ προηγούμενον πείραμα. Ἐὰν κατόπιν πλησιάσωμεν εἰς τὸ ἔκκρεμές αὐτὸ μίαν ἠλεκτρισμένην ράβδον ἀπὸ ὕαλον, θὰ παρατηρήσωμεν ἔλξιν τοῦ ἔκκρεμοῦς ἀπὸ τὴν ὑαλίνην ἠλεκτρισμένην ράβδον (σχ. 92, ΙΙΙ). Δηλαδή ἐνῶ ὁ ἠλεκτρισμένος ἐβονίτης ἀπωθεῖ τὸ φορτισμένον ἔκκρεμές, ἡ ἠλεκτρισμένη ὕαλος τὸ ἔλκει.

Συμπεραίνομεν ἐπομένως ὅτι ὁ ἠλεκτρισμός, ὁ ὁποῖος παρουσιάσθη εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἐβονίτου, δημιουργεῖ τὰ ἀντίθετα ἀποτελέσματα ἀπὸ τὸν ἠλεκτρισμόν, ὁ ὁποῖος παρουσιάσθη εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς ὕαλου.



Σχ. 92. Τὸ σφαιρίδιον, τὸ ὁποῖον ἐφορτίσθη δι' ἐπαφῆς ἀπὸ τὴν ράβδον τοῦ ἐβονίτου, ἀπωθεῖται κατόπιν ἀπὸ αὐτὴν, ἐνῶ ἔλκεται ἀπὸ τὴν ἠλεκτρισμένην ὑαλίνην ράβδον.

Οὕτω δυνάμεθα νὰ εἰπωμεν ὅτι :

Πᾶν ἠλεκτρισμένον σῶμα συμπεριφέρεται εἴτε ὡς ἠλεκτρισμένη ὑάλος, εἴτε ὡς ἠλεκτρισμένος ἐβονίτης.

Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω καταλήγομεν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι ὑπάρχουν δύο διαφορετικὰ εἶδη ἠλεκτρισμοῦ. Ὁ ἠλεκτρισμὸς ὁ ὁποῖος ἀναφάνεται εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς ὑάλου καὶ ὁ ὁποῖος χαρακτηρίζεται ὡς θετικὸς ἠλεκτρισμὸς (σύμβολον  $+$ ) καὶ ὁ ἠλεκτρισμὸς ὁ ὁποῖος παρουσιάζεται εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἐβονίτου καὶ ὁ ὁποῖος χαρακτηρίζεται ὡς ἀρνητικὸς ἠλεκτρισμὸς (σύμβολον  $-$ ).

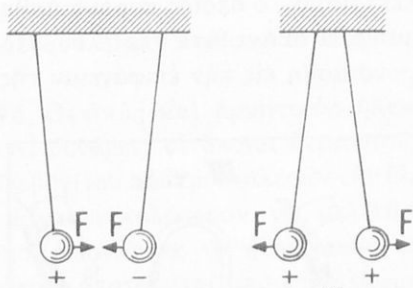
### § 97. Νόμος τῆς ἑλξεως καὶ ἀπώσεως τῶν ἠλεκτρικῶν φορτίων.

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

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

Τὰ προηγούμενα πειράματα μᾶς ἐπιτρέπουν νὰ διατυπώσωμεν τὸν ἀκόλουθον νόμον :

Δύο σώματα φορτισμένα μὲ ὁμώνυμα ἠλεκτρικὰ φορτία ἀπωθοῦνται. Δύο σώματα φορτισμένα μὲ ἐτερόνυμα φορτία ἑλκονται.



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

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

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

Ὅλα τὰ ἄτομα κατέχουν ἓναν κεντρικὸν πυρῆνα ὕλης, ἢ κατασκευὴ τοῦ ὁποίου εἶναι γενικῶς περίπλοκος.

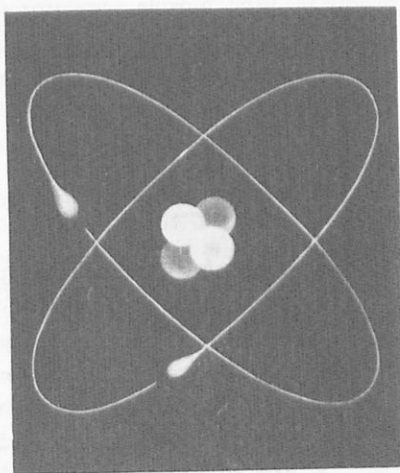
Ὁ πυρὴν τῶν ἀτόμων ἀποτελεῖται ἀπὸ σωματίδια φορτισμένα μὲ θετικὸν ἠλεκτρισμὸν, τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται πρωτόνια καὶ ἀπὸ ἀφόρ-

τιστα σωματίδια, δηλαδή ηλεκτρικῶς οὐδέτερα, τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται νετρόνια. Οὕτω, π.χ., εἰς τὸν πυρῆνα τοῦ ἀτόμου τοῦ ὕδρογόνου, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ τὸ ἀπλούστερον ἄτομον, ὑπάρχει 1 πρωτόνιον καὶ οὐδὲν νετρόνιον, ἐνῶ εἰς τὸν πυρῆνα τοῦ ἡλίου ὑπάρχουν 2 πρωτόνια καὶ 2 νετρόνια (σχ. 94, I, II).

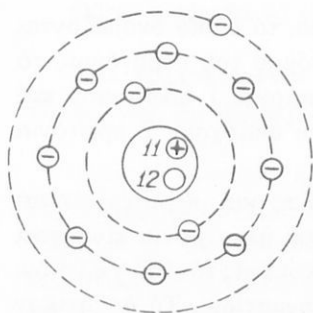
Τὰ ηλεκτρόνια διατάσσονται κατὰ ὁμάδας καὶ περιστρέφονται περὶ τὸν πυρῆνα εἰς διαφορετικὰς τροχιάς. Ὅσα ηλεκτρόνια κινοῦνται εἰς τροχιάς τῆς ἰδίας ἀκτίνος, λέγομεν ὅτι ἀνήκουν εἰς τὸν ἴδιον φλοιόν. Τὰ ηλεκτρόνια εἶναι ἀρνητικῶς φορτισμένα σωματίδια. Τὸ ἀρνητικὸν φορτίον ἐνὸς ηλεκτρονίου εἶναι ἴσον ἀριθμητικῶς μὲ τὸ θετικὸν φορτίον ἐνὸς πρωτονίου. Ἐπειδὴ δὲ τὸ ἄτομον εἶναι ηλεκτρικῶς οὐδέτερον, ὁ ἀριθμὸς τῶν πρωτονίων εἶναι ἴσος μὲ τὸν ἀριθμὸν τῶν ηλεκτρονίων του. Τοιοῦτοτρόπως τὸ ἄτομον τοῦ ἡλίου ἔχει πυρῆνα μὲ δύο πρωτόνια, περὶ τὸν ὁποῖον περιστρέφονται δύο ηλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα σχηματίζουν ἓνα φλοιόν. Τὸ ἄτομον τοῦ νατρίου ἔχει πυρῆνα μὲ 11 πρωτόνια, περὶ τὸν ὁποῖον περιστρέφονται 11 ηλεκτρόνια, κατανεμημένα εἰς τρεῖς φλοιούς (σχ. 95). Τὸ ἄτομον τοῦ οὐρανίου ἔχει πυρῆνα μὲ 92 πρωτόνια καὶ 46 νετρόνια, περιλαμβάνει δὲ 92 ηλεκτρόνια.

Τὰ ηλεκτρόνια τοῦ ἐξωτάτου φλοιοῦ καθορίζουν καὶ ἐξηγοῦν τὰς χημικὰς ἀντιδράσεις τῶν στοιχείων καὶ φαινόμενα ὡς ὁ ηλεκτρικὸς ρεύματος μέσα ἀπὸ τοὺς ἀγωγούς, ἢ ηλεκτρόλυσις, κ.λπ. Ὡστε :

**Τὸ ἄτομον οἰοῦδήποτε στοι-**



Σχ. 94. Συγκρότησις τοῦ ἀτόμου τοῦ ἡλίου (I). Τὰ δύο περιστρεφόμενα ηλεκτρόνια σχηματίζουν ἓνα φλοιόν (II).



Σχ.95.Το άτομο του νατρίου.

συμπεριφοράν τοῦ ατόμου καὶ ἐξηγεῖ ὠρισμένα φαινόμενα.

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

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

Εἶναι δυνατόν νὰ συμβῇ φυσικῶς καὶ ἀβιάστως ἐκπομπὴ σωματιδίων ἀπὸ τὸν πυρῆνα ὅπως ἐπίσης καὶ μετατροπὴ νετρονίων εἰς πρωτόνια. Αὐτὰ τὰ φαινόμενα χαρακτηρίζονται γενικῶς μὲ τὸν ὄρον «ραδιενέργεια» καὶ καταλήγουν εἰς τὴν διάσπασιν τῆς ὕλης ἢ ὁποῖα πραγματοποιεῖται πολὺ βραδῶς.

Διὰ νὰ διασπασθῇ π.χ. μία ὠρισμένη ποσότης ραδίου καὶ νὰ ἀπομείνῃ ἡ ἡμίσεια τῆς ἀρχικῆς ἀπαιτοῦνται 1 600 ἔτη ἐνὸς διὰ νὰ ἀπομείνῃ ἡ ἡμίσεια ποσότης ἀπὸ ὠρισμένην μάζαν οὐρανίου ἀπαιτοῦνται 4,5 δισεκατομμύρια ἔτη.

## ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Ὁρισμένοι οὐσαὶ ὅπως ἡ ὕαλος, τὰ πλαστικὰ ὑλικά, κ.λπ., δύνανται ἐξ αἰτίας τῆς τριβῆς νὰ ἠλεκτρισθοῦν.

2. Ὑπάρχουν δύο εἶδη ἠλεκτρισμοῦ. Ὁ θετικὸς ἠλεκτρισμός, ὁ ὁποῖος ἀναφαίνεται εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς ὕαλου, καὶ ὁ ἀρνητικὸς, ὁ ὁποῖος παρουσιάζεται εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἐβονίτου, ὅταν τρίψωμεν τὰ σώματα αὐτὰ μὲ ἓνα μάλλινον ὕφασμα.

3. Δύο σώματα φορτισμένα μὲ ὁμώνυμα ἠλεκτρικὰ φορτία ἀπωθοῦνται. Δύο σώματα φορτισμένα μὲ ἑτερόνυμα φορτία ἑλκονται.

4. Ένα άτομον ενός στοιχείου αποτελείται από τὸν πυρήνα καὶ τὰ περιστρεφόμενα περὶ αὐτὸν ἠλεκτρόνια.

5. Ὁ πυρὴν περιέχει πρωτόνια, τὰ ὁποῖα εἶναι σωματίδια φορτισμένα μὲ θετικὸν ἠλεκτρισμὸν καὶ νετρόνια τὰ ὁποῖα εἶναι ἀφόρτιστα σωματίδια.

6. Τὸ ἠλεκτρόνιον φέρει ἀρνητικὸν ἠλεκτρισμὸν, ἴσον πρὸς τὸν θετικὸν ἠλεκτρισμὸν ἑνὸς πρωτονίου. Τὸ άτομον ἔχει τόσα ἠλεκτρόνια, ὅσα καὶ πρωτόνια. Συνεπῶς ἐμφανίζεται ἠλεκτρικῶς οὐδέτερον.

7. Τὰ ἠλεκτρόνια περιφέρονται κατὰ ὁμάδας εἰς ὠρισμένας τροχιάς περὶ τὸν πυρὴνα.

## ΑΣΚΗΣΕΙΣ

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

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

92. Εἰς τὸ αἷμα ἑνὸς ὕγιου ἀτόμου περιέχονται  $25 \cdot 10^{12}$  ἐρυθρὰ αἰμοσφαίρια, τὰ ὁποῖα ἔχουν διάμετρον  $7 \mu\text{m}$ . Ποῖον θὰ ἦτο τὸ μῆκος εἰς χιλιόμετρα τῶν ἐρυθρῶν αἰμοσφαιρίων τοῦ αἵματος ἑνὸς ἀνθρώπου, ἐὰν ἐποθετοῦντο εἰς σειρὰν τὸ ἓνα κατ'ὅλιν τοῦ ἄλλου.  
(Ἀπ.  $175\,000 \text{ km}$ .)

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

94. Διὰ νὰ πραγματοποιήσωμεν τὸ μῆκος ἑνὸς ἑκατοστομέτρου, πρέπει νὰ τοποθετήσωμεν εἰς εὐθεῖαν γραμμὴν 40 ἑκατομμύρια μόρια ὕδρογόνου, τὰ ὁποῖα θεωροῦμεν σφαιρικά. Νὰ ὑπολογισθῇ εἰς ἑκατοστόμετρα ἡ διάμετρος ἑνὸς μορίου ὕδρογόνου. Ἡ τιμὴ τῆς διαμέτρου νὰ ἐκφραστῇ μὲ τὴν χρησιμοποίησιν δυνάμεων τοῦ δέκα μὲ ἀρνητικοὺς ἐκθέτας.  
(Ἀπ.  $25 \cdot 10^{-9} \text{ cm}$ .)

95. Εἰς τὸ άτομον ὕδρογόνου, τὸ ἠλεκτρόνιον κινεῖται περὶ τὸν πυρὴνα ἀκολουθῶν κυκλικὴν τροχίαν ἀκτίνας  $55$  ἑκατομμυριοστών τοῦ μικρομέτρου (γράφουμεν  $55 \mu\text{m}$ ). Ἐὰν παραστήσωμεν μῆκος  $1 \text{ cm}$  μὲ μῆκος  $500 \text{ km}$ , πόση θὰ ἦτο ἡ διάμετρος τῆς περιφερείας, ἡ ὁποία θὰ παρίστανε τὴν τροχίαν τοῦ ἠλεκτρονίου.  
(Ἀπ.  $5,5 \text{ mm}$ .)

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

**§ 99. Γενικότητες.** "Όταν εξητάσαμεν τὰ φαινόμενα τῆς ἡλεκτρίσεως, τὰ ὁποῖα προκαλοῦνται μὲ τὴν τριβὴν, ἀνεφέραμεν ὅτι τὰ φαινόμενα αὐτὰ ὀφείλονται εἰς τὰ ἡλεκτρικὰ φορτία, τὰ ὁποῖα παραμένουν εἰς τὴν ἐξωτερικὴν ἐπιφάνειαν τῶν τριβομένων σωμάτων.

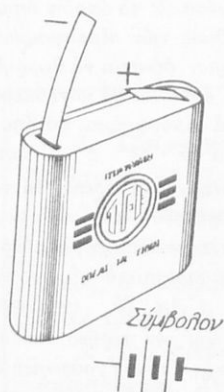
Μὲ καταλλήλους συνθήκας καὶ προϋποθέσεις τὰ ἡλεκτρικὰ φορτία εἶναι δυνατόν νὰ μετακινηθοῦν.

Ἡ ἀπὸ οἰανδήποτε αἰτίαν μετακίνησις ἡλεκτρικῶν φορτίων παράγει ἡλεκτρικὸν ρεῦμα. "Ωστε :

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

**§ 100. Πηγαι ἢ γεννήτραι ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.** Αὗται χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν παραγωγὴν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος καὶ εἶναι αἱ ἑξῆς :

α) Τὰ ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα τὰ ὁποῖα χρησιμοποιοῦνται κυρίως διὰ τὴν τροφοδοτήσιν μικρῶν φορητῶν ἡλεκτρικῶν συσκευῶν (φανάρια τσέπης, συσκευαὶ βαρηκόνων, φορητὰ ραδιόφωνα, κ.λπ.). Πολλὰ ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα, καταλλήλως συνδεδεμένα, σχηματίζουν ἡλεκτρικὴν στήλην (σχ. 96).

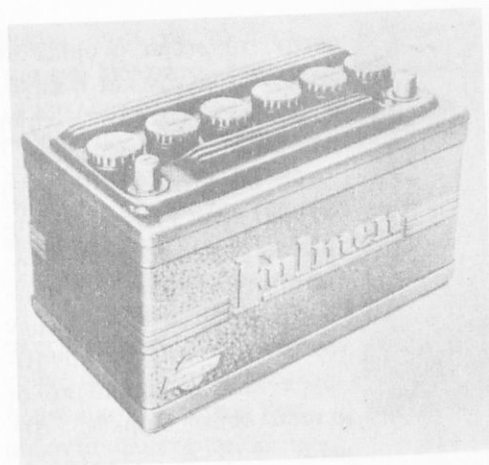


β) Οἱ ἡλεκτρικοὶ συσσωρευταὶ οἱ ὁποῖοι χρησιμοποιοῦνται εἰς τὰ αὐτοκίνητα, εἰς τὰ ὑποβρύχια διὰ νὰ τὰ κινοῦν ὅταν ἔχουν καταδυθῇ, εἰς τὰ ραδιόφωνα, κ.λπ. Πολλοὶ ἡλεκτρικοὶ συσσωρευταί, καταλλήλως συνδεδεμένοι σχηματίζουν συστοιχίαν συσσωρευτῶν (σχ. 97).

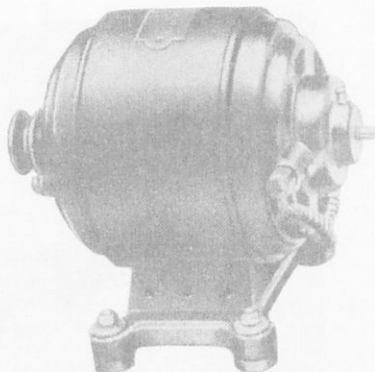
γ) Αἱ ἡλεκτρικαὶ δυναμογεννήτραι, αἱ ὁποῖαι ἀποτελοῦν τὰς σπουδαιότερας πηγὰς τροφοδοσίας ἡλεκτρικοῦ ρεύματος (σχ. 98).

Εἰς οἰονδήποτε τύπον ἡλεκτρικῆς πηγῆς ὑπάρχουν συνήθως τὰ ἄκρα δύο στελεχῶν, ἢ

Σχ. 96. Ἡλεκτρικὴ στήλη. συρμάτων, ἢ δύο ἐλασμάτων, τὰ ὁποῖα ὀνομά-



Σχ. 97. Ήλεκτρικὸς συσσωρευτής.



Σχ. 98. Ἐξωτερικὴ ἐμφάνις δυναμογεννητρίας.

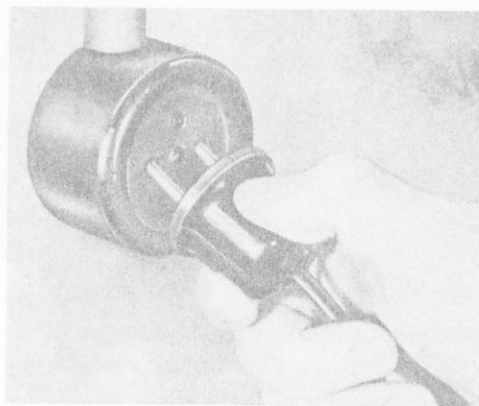
ζονται πόλοι τῆς πηγῆς. Ὁ ἓνας ἀπὸ τοὺς πόλους ὀνομάζεται **θετικὸς πόλος** καὶ σημειώνεται μὲ τὸ σύμβολον (+), ἐνῶ ὁ ἄλλος **ἀρνητικὸς πόλος** καὶ σημειώνεται μὲ τὸ σύμβολον (—).

**§ 101. Συνεχὲς καὶ ἐναλλασσόμενον ἡλεκτρικὸν ρεῦμα.** Αἱ πηγαὶ τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος διακρίνονται εἰς δύο μεγάλας κατηγορίας: α) εἰς τὰς πηγὰς συνεχοῦς ρεύματος καὶ β) εἰς τὰς πηγὰς ἐναλλασσομένου ρεύματος.

Ὅταν οἱ πόλοι μιᾶς ἡλεκτρικῆς πηγῆς διατηροῦν ἀμετάβλητον τὸ σημεῖον των (παραμένουν δηλαδὴ θετικὸς ὁ θετικὸς πόλος καὶ ἀρνητικὸς ὁ ἀρνητικὸς πόλος, ὅσον χρονικὸν διάστημα ἐργάζεται καὶ τροφοδοτεῖ μὲ ρεῦμα ἢ πηγῇ), τότε ἡ φορὰ τοῦ ρεύματος μέσα εἰς ἓνα ἄγωγόν, ὁ ὁποῖος συνδέει τοὺς πόλους τῆς πηγῆς, διατηρεῖται σταθερά. Αὐτὸ τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ὀνομάζεται συνεχὲς καὶ ἡ πηγὴ ἢ ὁποία τὸ παράγει πηγὴ συνεχοῦς ρεύματος.

Τὰ ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα, οἱ συσσωρευταὶ καὶ αἱ γεννήτριαι ὀρισμένου τύπου παράγουν συνεχὲς ρεῦμα.

Ὅταν ὅμως οἱ πόλοι τῆς πηγῆς ἐναλλάσσουν τὸ σημεῖον των, (γίνονται δηλαδὴ διαδοχικῶς καὶ διαρκῶς θετικοὶ καὶ ἀρνητικοί), τότε καὶ ἡ φορὰ τοῦ ρεύματος μεταβάλλεται περιοδικῶς, ἀκολουθοῦσα τὴν περιοδικότητα τῆς μεταβολῆς τῶν πόλων. Εἰς τὴν περίπτωσιν



Σχ. 99. Ρευματοδότης (πρίζα) και ρευματολήπτης.

αὐτὴν τὸ ρεῦμα ὀνομάζεται ἐναλλασσόμενον καὶ ἡ πηγή, ἡ ὁποία τὸ παράγει, πηγὴ ἐναλλασσόμενου ρεύματος.

Οἱ ρευματοδοταὶ (πρίζες) (σχ. 99) εἶναι ἠλεκτρικαὶ πηγαί. Ἐν ὅμως παρέχουν ἐναλλασσόμενον ρεῦμα, δὲν εἴμεθα εἰς θέσιν νὰ διακρίνωμεν τὸν θετικὸν καὶ τὸν ἀρνητικὸν πόλον, ἐπειδὴ οἱ πόλοι μεταβάλλουν διαρκῶς σημεῖον.

Τὰ ἐναλλασσόμενα ρεύματα διακρίνονται εἰς ρεύματα χαμηλῆς συχνότητος καὶ εἰς ρεύματα ὑψηλῆς συχνότητος.

Τὰ χαμηλῆς συχνότητος βιομηχανικὰ ἐναλλασσόμενα ρεύματα τῆς Εὐρώπης ὅπως εἶναι τὸ ρεῦμα τοῦ ἠλεκτρικοῦ δικτύου τροφοδοσίας τῶν πόλεων, ἔχουν συχνότητα 50 Hz. Ἐντὸς δηλαδὴ χρόνου 1 sec ἀλλάζουν 50 φορές πολικότητα οἱ πόλοι τῆς γεννητρίας, ἡ ὁποία παράγει τὸ ρεῦμα.

**§ 102. Ἡλεκτρικὸν κύκλωμα. Πείραμα.** Μὲ τρία ὅμοια χάλκινα σύρματα συνδέομεν ἓνα συσσωρευτὴν, ἓνα διακόπτην καὶ ἓνα μικρὸν λαμπτήρα, ὡς ἐξῆς : Συνδέομεν τὸν θετικὸν πόλον τοῦ συσσωρευτοῦ μὲ τὸν ἓνα ἀκροδέκτην τοῦ λαμπτήρος, χρησιμοποιοῦντες τὸ ἓνα σύρμα. Μὲ τὸ δεῦτερον σύρμα συνδέομεν τὸν ἄλλον ἀκροδέκτην τοῦ λαμπτήρος μὲ τὸν διακόπτην, ἔχοντες τὸν διακόπτην ἀνοικτόν, καὶ μὲ τὸ τρίτον σύρμα ἐνώνομεν τὸν διακόπτην μὲ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τοῦ συσσωρευτοῦ. Ἡ σύνδεσις αὕτῃ ἀποτελεῖ ἓνα **ἠλεκτρικὸν κύκλωμα**.

Κλείομεν τὸν διακόπτην, ὅποτε ὁ λαμπτήρ φωτοβολεῖ. Αὐτὸ συμβαίνει διότι κυκλοφορεῖ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς τὸ κύκλωμα. Τὸ ρεῦμα κυκλοφορεῖ χάρις εἰς τὰ χάλκινα σύρματα, τὰ ὁποῖα ἄγουν, δηλαδὴ μεταφέρουν τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα καὶ δι' αὐτὸ ὀνομάζονται ἄγωγοι συνδέσεως. Τὸ ρεῦμα θερμαίνει τὸ νῆμα τοῦ λαμπτήρος, τὸ ὁποῖον οὕτω φωτοβολεῖ. Τὸ ἠλεκτρικὸν κύκλωμα εἶναι τώρα κλειστὸν (σχ. 100, I).

Ἀνοίγομεν τὸν διακόπτην, ὅποτε ὁ λαμπτήρ σβέννυται. Αὐτὸ συμ-



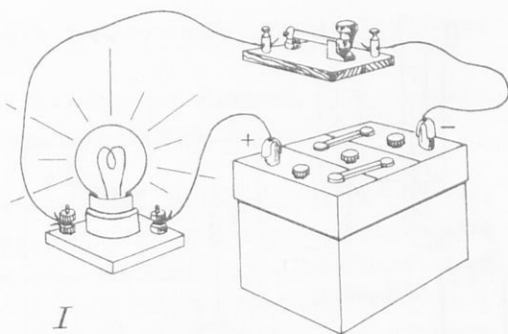
βαίνει διότι με τὸ ἄνοιγμα τοῦ διακόπτου ἔπαυσε νὰ κυκλοφορῇ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς τὸ κύκλωμα. Ὡστε ὅταν ὁ λαμπτήρ φωτοβολῇ, χρησιμοποιεῖ καὶ ἐπομένως καταναλίσκει ἡλεκτρικὸν ρεῦμα.

Αἱ πολυποίκιλοι συσκευαί, αἱ ὁποῖαι λειτουργοῦν διὰ καταναλώσεως ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ὀνομάζονται ἡλεκτρικοὶ καταναλωταί.

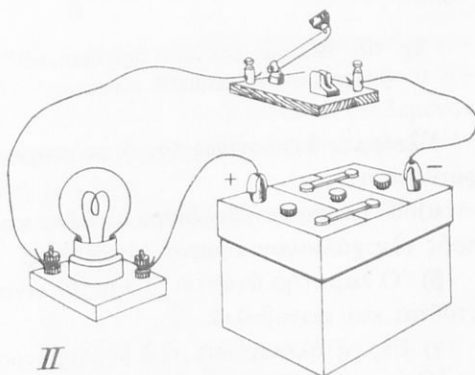
Ὅταν εἰς ἓνα ἡλεκτρικὸν κύκλωμα δὲν κυκλοφορῇ ρεῦμα, λέγομεν ὅτι τὸ ἡλεκτρικὸν κύκλωμα εἶναι ἀνοικτὸν (σχ. 100, II.)

Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι:

Τὸ ἡλεκτρικὸν κύκλωμα περιλαμβάνει μίαν ἡλεκτρικὴν πηγὴν, ἓνα ἢ περισσοτέρους καταναλωτάς, ἓνα διακόπτην καὶ τοὺς ἀγωγοὺς συνδέσεως. Τὸ κύκλωμα διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, ὅταν εἰς οὐδὲν σημεῖον τοῦ παρουσιάζει διακοπήν.



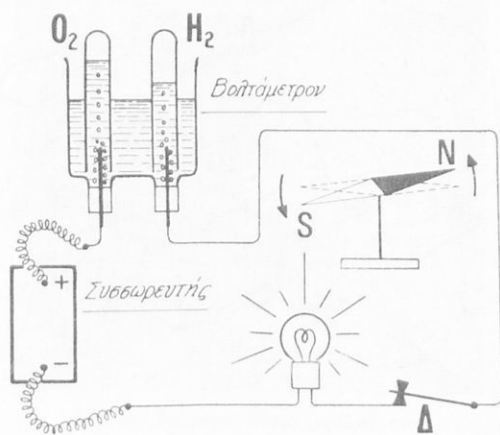
I



II

Σχ. 100. Ἡλεκτρικὸν κύκλωμα. (I) Κλειστόν καὶ (II) ἀνοικτὸν.

**§ 103. Ἀποτελέσματα τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Πείραμα.** Χρησιμοποιοῦντες χάλκινα σύρματα (καλώδια) συνδέομεν ἐν σειρά, (δηλαδή τὴν μίαν συσκευὴν κατόπιν τῆς ἄλλης), ἓνα συσσωρευτὴν, ἓνα λαμπτήρα, ἓνα διακόπτην καὶ ἓνα βολτάμετρον μετὰ διάλυμα σόδας



Σχ. 101. Διά την σπουδήν των αποτελεσμάτων του ηλεκτρικού ρεύματος.

καί ηλεκτρόδια ἀπὸ σίδηρον. Τὸ χάλκινον σύρμα τοῦ ἀγωγοῦ συνδέσεως τοποθετεῖται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε ἓνα τμήμα του νὰ εἶναι παράλληλον πρὸς μίαν μαγνητικὴν βελόνην (σχ. 101).

Ὅταν εἶναι ἀνοικτὸν τὸ κύκλωμα, οὐδὲν φαινόμενον παρατηρεῖται, οὔτε εἰς τὸ βολτάμετρον, οὔτε εἰς τὸν λαμπτήρα, ἐνῶ ἡ μαγνητικὴ βελόνη παραμένει παράλληλος πρὸς τὸ χάλκινον σύρμα.

Κλείομεν ἀκολούθως τὸν διακόπτην, ὅποτε παρατηροῦμεν τὰ ἐξῆς φαινόμενα :

α) Ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἀποκλίνει καὶ δὲν εἶναι πλέον παράλληλος πρὸς τὸν χάλκινον ἀγωγὸν συνδέσεως.

β) Ὁ λαμπτήρ ἀνάπτει. Τὸ μετάλλινον νῆμα τοῦ λαμπτήρος πυρακτοῦται καὶ φωτοβολεῖ.

γ) Εἰς τὰ ηλεκτρόδια τοῦ βολταμέτρου ἐλευθεροῦνται ἀέρια.

Ὅταν συμβαίνουν τὰ ἀνωτέρω φαινόμενα, εἰς τὸ κύκλωμά κυκλοφορεῖ ηλεκτρικὸν ρεῦμα.

Ἀνοίγομεν τὸν διακόπτην. Ἀυτομάτως τὰ φαινόμενα τὰ ὁποῖα παρατηρήσαμεν διακόπτονται, ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἀναλαμβάνει παράλληλον θέσιν πρὸς τὸ χάλκινον σύρμα, ὁ λαμπτήρ σβέννυται καὶ ἡ παραγωγή ἀερίων εἰς τὰ ηλεκτρόδια παύει. Τὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα δὲν κυκλοφορεῖ πλέον εἰς τὸ κύκλωμα.

Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι :

Ἡ κυκλοφορία ηλεκτρικοῦ ρεύματος εἰς ἓνα κλειστὸν κύκλωμα προκαλεῖ :

α) **Θερμικὰ ἀποτελέσματα.** Θερμαίνει δηλαδὴ τοὺς ἀγωγούς, τοὺς ὁποίους διαρρέει. Οὕτω θερμαίνει καὶ πυρακτώνει τὸ σύρμα τοῦ λαμπτήρος, τὸ ὁποῖον φωτοβολεῖ.

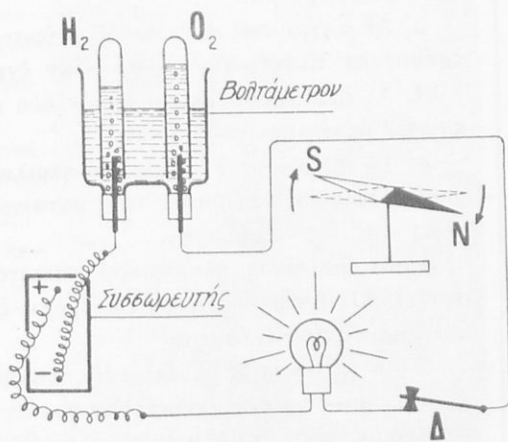
β) Μαγνητικά αποτελέσματα. Ἐκτρέπει μίαν μαγνητικὴν βελόνην ἀπὸ τὴν ἀρχικὴν τῆς θέσιν.

γ) Χημικά αποτελέσματα. Ἐλευθερώνει ἀέρια εἰς τὰ ἠλεκτρόδια ἐνὸς βολταμέτρου, τὸ ὁποῖον περιέχει ὕδατικὸν διάλυμα σόδας.

Ἐκτὸς ἀπὸ τὰ ἀποτελέσματα αὐτά, τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ὅταν διέλθῃ ἀπὸ τὸ ἀνθρώπινον σῶμα ἢ τὸ σῶμα τῶν ζώων, ἀλλοιώνει τὰ κύτταρα καὶ δύναται νὰ προκαλέσῃ καὶ τὸν θάνατον (ἠλεκτροπληξία). Ἐξ ἄλλου, ὅταν διέρχεται ἀπὸ καταλλήλους μηχανάς (ἠλεκτροκινητήρας), δύναται νὰ τὰς κινήσῃ. Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ὅταν κυκλοφορήσῃ μέσα ἀπὸ ἡραιωμένα ἀέρια τὰ ἀναγκάζει νὰ φωτοβολήσουν (σωλῆνες φωτεινῶν διαφημῆσεων, λαμπτήρες φθορισμοῦ).

**§ 104. Φορὰ τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.** Εἰς τὸ προηγούμενον πείραμα σημειοῦμεν τὸ ἠλεκτρόδιον εἰς τὸ ὁποῖον παράγεται ἡ μικροτέρα ποσότης ἀερίου. Τὸ ἠλεκτρόδιον αὐτὸ εἶναι συνδεδεμένον μὲ τὸν θετικὸν πόλον τοῦ συσσωρευτοῦ. Σημειοῦμεν ἐπίσης τὴν φορὰν τῆς ἀποκλίσεως τῆς μαγνητικῆς βελόνης.

**Πείραμα.** Διακόπτομεν τὸ κύκλωμα, γεμίζομεν καὶ τοὺς δύο ἀνεστραμμένους ὀγκομετρικοὺς σωλῆνας τῶν ἠλεκτροδίων μὲ ὕδατικὸν διάλυμα σόδας καὶ ἀφοῦ ἐναλλάξωμεν τοὺς ἀκροδέκτας τῶν ἀγωγῶν συνδέσεως μὲ τοὺς πόλους τοῦ συσσωρευτοῦ, ἐπαναλαμβάνομεν τὸ πείραμα (σχ. 102), ὁπότε διαπιστώνομεν ὅτι: α) Ὁ λαμπτήρ φωτοβολεῖ ὡς καὶ προηγούμενος. β) Ἡ μαγνητικὴ βελὸνὴ ἀποκλίνει, ἀλλὰ ἀντιθέτως ἀπὸ τὴν προηγουμένην φορὰν. γ) Εἰς τὸ βολτάμετρον τὸ ἠλεκτρό-



Σχ. 102. Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἔχει ὀρισμένην φορὰν.

διον, εις τὸ ὁποῖον ἐλευθεροῦται ἡ μικροτέρα ποσότης ἀερίου, εἶναι καὶ πάλιν ἐκεῖνο τὸ ὁποῖον εἶναι συνδεδεμένον μὲ τὸν θετικὸν πόλον.

Ἀπὸ 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 ὀρισμένην φοράν.

Ὅπως 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 φορά τῆς κυκλοφορίας τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ἐκτὸς τῆς ἡλεκτρικῆς πηγῆς δὲν γίνεται εἰς τὴν πραγματικότητα ἀπὸ τὸν θετικὸν πρὸς τὸν ἀρνητικὸν πόλον. Ἡ φορά αὕτη ὀνομάζεται συμβατικὴ φορά.

## Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Οἱ ἀδήποτε μετακινήσεις ἡλεκτρικῶν φορτίων ἀποτελεῖ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα.

2. Αἱ πηγαὶ τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος δύνανται νὰ τροφοδοτήσουν μὲ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα μίαν ἐγκατάστασιν.

3. Αἱ ἡλεκτρικαὶ πηγαὶ ἔχουν δύο πόλους, τὸν θετικὸν (+) καὶ τὸν ἀρνητικὸν (—) πόλον.

4. Τὸ ἡλεκτρικὸν κύκλωμα περιλαμβάνει τὴν ἡλεκτρικὴν πηγὴν, τὰ ἀγωγὰ σύρματα, τοὺς καταναλωτάς, τὰ ὄργανα μετρήσεως καὶ τὸν διακόπτην.

5. Ἡ διέλευσις ἡλεκτρικοῦ ρεύματος διὰ μέσου ἐνὸς κλειστοῦ κυκλώματος δύναται νὰ προκαλέσῃ θερμικά, μαγνητικὰ καὶ χημικὰ ἀποτελέσματα.

6. Οἱ πόλοι μιᾶς ἡλεκτρικῆς πηγῆς δὲν εἶναι ἰσοδύναμοι. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἔχει ὀρισμένην φοράν. Ἡ φορά αὕτη εἶναι ἀπὸ τὸ θετικὸν πρὸς τὸν ἀρνητικὸν πόλον ἐκτὸς τῆς πηγῆς (συμβατικὴ φορά) καὶ ἀπὸ τὸν ἀρνητικὸν πρὸς τὸν θετικὸν πόλον ἐντὸς τῆς πηγῆς.

## ΚΑ'—ΑΓΩΓΑ ΚΑΙ ΜΟΝΩΤΙΚΑ ΣΩΜΑΤΑ. ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΡΕΥΜΑ ΕΙΣ ΤΟΥΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΥΣ ΑΓΩΓΟΥΣ

**§ 105. Ἀγωγοὶ καὶ μονωταί. Πείραμα.** Ἀντικαθιστῶμεν τὰ χάλκινα σύρματα τοῦ κυκλώματος, μὲ τὸ ὁποῖον διαπιστώσαμεν τὰ θερμικά, μαγνητικά καὶ χημικά ἀποτελέσματα τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος (βλ. σχ. 101) μὲ σύρματα ἀπὸ ἐλαστικὸν κόμι (καουτσούκ) ἢ ἀπὸ ἓνα πλαστικὸν ὑλικὸν καὶ κλείομεν τὸν διακόπτην, ὅποτε διαπιστοῦμεν ὅτι : α) ὁ λαμπτήρ δὲν ἀνάπτει, β) ἡ μαγνητικὴ βελὼνῃ δὲν ἀποκλίνει καὶ γ) αἱρῖα δὲν ἐκλύονται εἰς τὰ ἡλεκτρόδια.

Ἐφ' ὅσον οὐδὲν φαινόμενον παρατηρεῖται εἰς τὸ κύκλωμα, συμπεραίνομεν ὅτι δὲν κυκλοφορεῖ εἰς αὐτὸ ρεῦμα, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον ὀφείλεται εἰς τὴν φύσιν τῶν ἀγωγῶν συνδέσεως, τῶν ἐλαστικῶν δηλαδὴ ἢ πλαστικῶν συρμάτων.

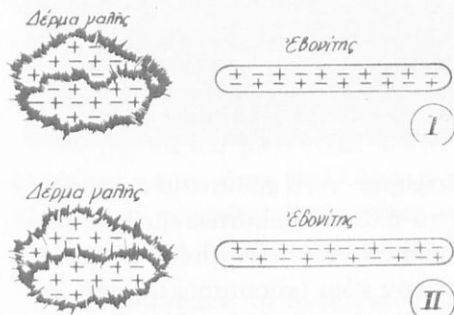
Τὰ χάλκινα σύρματα, ἐπομένως, ἐπιτρέπουν εἰς τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα νὰ διέλθῃ μέσα ἀπὸ τὴν μᾶζαν των, ἐνῶ τὰ ἐλαστικά ἢ πλαστικά σύρματα ὄχι. Δι' αὐτὸ λέγομεν ὅτι ὁ χαλκὸς εἶναι καλὸς ἀγωγὸς ἢ ἀπλῶς ἀγωγὸς τοῦ ἡλεκτρισμοῦ, ἐνῶ τὸ ἐλαστικὸν κόμι κακὸς ἀγωγὸς τοῦ ἡλεκτρισμοῦ ἢ μονωτής.

Τὰ μέταλλα εἶναι ἀγωγοὶ τοῦ ἡλεκτρισμοῦ, ἡ ὕαλος, τὸ ξύλον, ἡ πορσελάνη (σχ. 103), τὸ ἀπεσταγμένον ὕδωρ, τὸ πετρέλαιον, κλπ., εἶναι μονωταί. Ὡστε :

Ὅλα τὰ σώματα δὲν ἐπιτρέπουν εἰς τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα νὰ διέλθῃ μέσα ἀπὸ τὴν μᾶζαν των. Ὑπάρχουν ἀγωγὰ σώματα, ὅπως τὰ μέταλλα, καὶ μονωτικά σώματα, ὅπως τὸ καουτσούκ.



Σχ. 103. Μονωταὶ ἀπὸ πορσελάνην εἰς τὸ τηλεφωνικὸν δίκτυον.

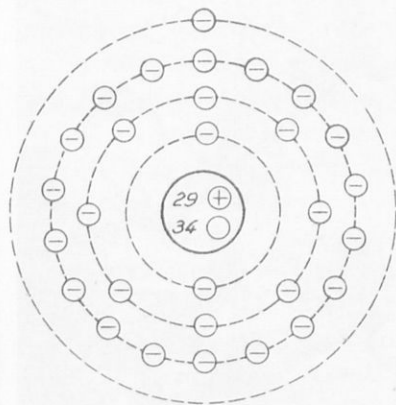


Σχ. 104. Διά την εξήγησιν τῆς ἡλεκτρίσεως τοῦ ἐβονίτου. (I) Πρὶν ἀπὸ τὴν τριβὴν τὰ θετικὰ καὶ ἀρνητικὰ φορτία τοῦ δέρματος καὶ τῆς ράβδου εἶναι ἴσα. (II) Μετὰ τὴν τριβὴν εἰς τὸ δέρμα πλεονάζουν θετικὰ καὶ εἰς τὸν ἐβονίτην ἀρνητικὰ φορτία.

φορτίον τῶν περιστρεφόμενων ἡλεκτρονίων.

Ἐὰν μὲ τὴν τριβὴν ἀποσπᾶσμεν ἡλεκτρόνια ἀπὸ μερικὰ ἄτομα ἐνὸς ὕλικου, παρουσιάζεται εἰς αὐτὸ πλεόνασμα θετικῶν φορτίων, ἐπειδὴ τὸ φορτίον τοῦ πυρῆνος παραμένει ἀμετάβλητον.

Εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς ράβδου τοῦ ἐβονίτου ἔχομεν νὰ παρατηρή-



Σχ. 105. Σχηματικὴ παράστασις ἀτόμου χαλκοῦ.

## § 106. Ἐξήγησις τῆς ἡλεκτρίσεως.

Ἄν τρίψωμεν τὸ ἄκρον μιᾶς ράβδου ἀπὸ ἐβονίτην μὲ δέρμα γαλῆς, θὰ ἀναφανοῦν, ὅπως γνωρίζομεν, εἰς τὸ τριβόμενον μέρος τῆς ράβδου, ἀρνητικὰ ἡλεκτρικὰ φορτία, τὰ ὁποῖα ἔλκουν μικρὰ τεμάχια χάρτου (βλ. σχ. 91).

Ἡ ἐξήγησις 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

σομεν τὰ ἐξῆς: Πρὶν τρίψωμεν τὴν ράβδον μὲ τὸ δέρμα τῆς γαλῆς, αὐτὴ εἶχεν ἰσάριθμα θετικὰ καὶ ἀρνητικὰ φορτία, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον συνέβαινε καὶ μὲ τὸ δέρμα. Κατὰ τὴν τριβὴν ὅμως, τὸ δέρμα τῆς γαλῆς ἀπώλεσε μερικὰ ἡλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα παρέλαβεν ὁ ἐβονίτης (σχ. 104). Τοιουτοτρόπως τὸ δέρμα ἐφορτίσθη μὲ θετικὸν ἡλεκτρισμὸν ὁ δὲ ἐβονίτης μὲ ἀρνητικὸν ἡλεκτρισμὸν. Ἐπομένως συμπεραίνομεν ὅτι:

Τὰ σώματα τὰ ὁποῖα εἶναι φορτισμένα μὲ θετικὸν ἡλεκτρισμὸν

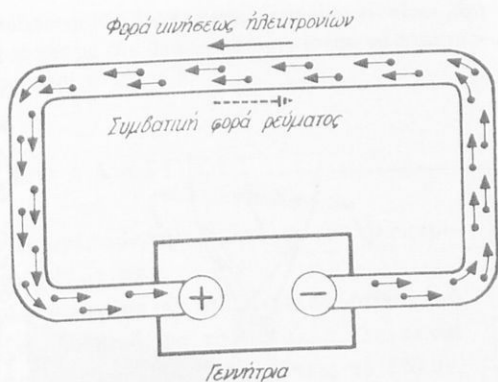
παρουσιάζουν έλλειμμα ηλεκτρονίων, ενώ αντίθετως τα σώματα τα έχοντα αρνητικόν ηλεκτρισμόν παρουσιάζουν πλεόνασμα ηλεκτρονίων.

**§ 107.** Το ηλεκτρικόν ρεύμα εἰς τοὺς μεταλλικούς ἀγωγούς. Τὰ μέταλλα εἶναι ἀγωγοὶ τοῦ ηλεκτρισμοῦ. Ἐάν μελετήσωμεν τὴν κατασκευὴν τῶν ἀτόμων τῶν μετάλλων, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι εἰς τὸν ἐξώτατον φλοιὸν κινεῖται ἕνας ἀριθμὸς ηλεκτρονίων (συνήθως 1, 2 ἢ 3 ηλεκτρόνια). Οὕτως τὸ ἄτομον τοῦ χαλκοῦ π.χ. τὸ ὁποῖον περιλαμβάνει 29 ηλεκτρόνια (σχ. 105) ἔχει ἕνα μόνον περιφερόμενον ηλεκτρόνιον εἰς τὴν ἐξωτάτην τροχίαν. Τὸ ἀπομεμονωμένον αὐτὸ ηλεκτρόνιον εἶναι

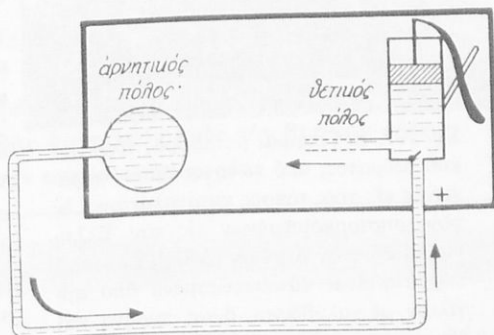
σχετικῶς ἀπομεμακρυσμένον ἀπὸ τὸν πυρῆνα, ὁ ὁποῖος δὲν δύναται νὰ τὸ συγκρατήσῃ ἰσχυρῶς. Δι' αὐτὸν τὸν λόγον ἀποσπᾶται μὲ εὐκολίαν ἀπὸ τὸ ἄτομον τοῦ χαλκοῦ καὶ μεταβάλλεται εἰς ἐλεύθερον ηλεκτρόνιον.

Ἐνα τεμάχιον χαλκοῦ ἢ ἕνα τεμάχιον ἐνὸς ἄλλου μετάλλου περικλείει, ἐπομένως, μίαν ποσότητα ἐλευθέρων ηλεκτρονίων, τὰ ὁποῖα μετακινοῦνται μέσα εἰς τὴν μᾶζαν τοῦ μετάλλου, κατὰ ἐντελῶς ἀκανόνιστον τρόπον.

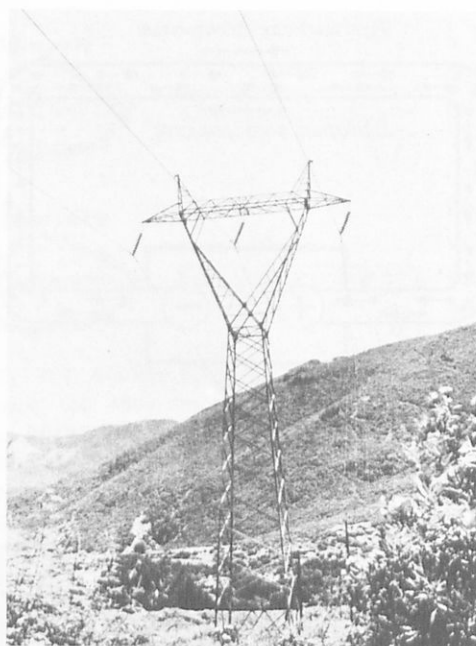
Ἐάν συνδέσωμεν τοὺς πόλους μιᾶς ηλεκτρικῆς γεννητριᾶς (π.χ. ἐνὸς συσσωρευτοῦ) μὲ ἕνα μεταλλικὸν σύρμα, τότε ἔχομεν ἕνα ἀπλούς



Σχ. 106. Ὁ θετικὸς πόλος τῆς πηγῆς ἔλκει τὰ ηλεκτρόνια τοῦ μετάλλου, ἐνῶ ὁ ἀρνητικὸς τὰ ἀπωθεῖ.



Σχ. 107. Ἡ ηλεκτρικὴ πηγὴ λειτουργεῖ ὡς ἀντλία ηλεκτρονίων.



Σχ. 107, α. Γραμμιαί μεταφορᾶς ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ἀπὸ τὸ ἐργοστάσιον παραγωγῆς εἰς τοὺς τόπους καταναλώσεως, ἐκ τῶν χρησιμοποιουμένων εἰς τὸν Ἑλληνικὸν Ἐθνικὸν Δίκτυον (ΔΕΗ). Τὰ ἀγωγὰ σύρματα εἶναι κατεσκευασμένα ἀπὸ ἀργίλιον μὲ χαλύβδινον ὅμως πυρήνα καὶ ἐξαρτῶνται ἀπὸ τὰ ὑποστηρίγματα τῶν μεταλλικῶν στύλων μὲ καταλλήλους μονωτάς.

πραγματικὴ φορὰ ἐπομένως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ἔξω ἀπὸ τὴν ἡλεκτρικὴν πηγὴν, εἶναι ἀπὸ τὸν ἀρνητικὸν πρὸς τὸν θετικὸν πόλον. Ἡ φορὰ αὕτῃ λέγεται ἡλεκτρονικὴ φορὰ καὶ εἶναι ἀντίθετος πρὸς τὴν συμβατικὴν φορὰν. Ὡστε :

Ἡ πραγματικὴ φορὰ τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος μέσα εἰς τοὺς ρευματοφόρους μεταλλικοὺς ἀγωγοὺς εἶναι ἀπὸ τὸν ἀρνητικὸν πρὸς τὸν θετικὸν πόλον καὶ ὀνομάζεται ἡλεκτρονικὴ φορὰ. Ἡ ἡλεκτρονικὴ φορὰ εἶναι ἀντίθετος πρὸς τὴν συμβατικὴν φορὰν.

ἡλεκτρικὸν κύκλωμα (σχ. 106). Ὁ θετικὸς πόλος τῆς πηγῆς ἔλκει τὰ ἐλεύθερα ἡλεκτρόνια τοῦ μετάλλου, ἐνῶ ὁ 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). Ὡστε :

Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα μέσα εἰς τοὺς μεταλλικοὺς ἀγωγοὺς ὀφείλεται εἰς τὴν μετακίνησιν τῶν ἐλευθέρων ἡλεκτρονίων.

**§ 108. Ἡλεκτρονικὴ φορὰ τοῦ ρεύματος.** Ὅταν ἐνώσωμεν τὸν θετικὸν καὶ τὸν ἀρνητικὸν πόλον μιᾶς γεννητρίδας, προκαλεῖται μετακίνησις ἡλεκτρονίων μέσα εἰς τὸν μεταλλικὸν ἀγωγόν, ἀπὸ τὸν ἀρνητικὸν πρὸς τὸν θετικὸν πόλον (βλ. σχ. 106). Ἡ πρα-



Γνωρίζομεν ὅτι ἡ ταχύτης διαδόσεως τῶν ἡλεκτρικῶν φαινομένων εἶναι ἴση με  $300\,000\text{ km/sec}$ . Ἡ ταχύτης ἐν τούτοις μετὰ τὴν ὁποίαν μετακινοῦνται τὰ ἡλεκτρόνια εἶναι πολὺ μικρὰ καὶ κυμαίνεται περὶ τὰ  $0,5\text{ m/h}$ .

## ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Ὅλα τὰ σώματα δὲν ἐπιτρέπουν τὴν διέλευσιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος μέσα ἀπὸ τὴν μᾶζαν τῶν.

2. Τὰ σώματα τὰ ὁποῖα ἀφήνουν τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα νὰ διέλθῃ μέσα ἀπὸ τὴν μᾶζαν τους, ὅπως τὰ μέταλλα, λέγονται ἀγωγοί, ἐνῶ ἐκεῖνα τὰ ὁποῖα δὲν τὸ ἀφήνουν, ὅπως τὸ ξύλον, μονωταί.

3. Τὰ 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 φορὰ, δηλαδὴ ἡ φορὰ τοῦ ρεύματος τῶν ἡλεκτρονίων γίνεται ἀπὸ τὸν ἀρνητικὸν πρὸς τὸν θετικὸν πόλον, καὶ εἶναι ἀντίθετος πρὸς τὴν συμβατικὴν φορὰν.

## ΚΒ'—ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΙΣ. ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΣΠΟΥΔΗ. ΙΟΝΤΑ

**§ 109. Γενικότητες. Ὁρισμοί.** Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ὅταν διέρχεται μέσα ἀπὸ ὕδατικά διαλύματα ὀξέων, βάσεων ἢ ἀλάτων, προκαλεῖ τὴν χημικὴν τῶν ἀποσύνθεσιν. Τὸ φαινόμενον αὐτὸ ὀνομάζεται ἡλεκτρόλυσις, τὰ δὲ διαλύματα τὰ ὁποῖα ἡλεκτρολύονται λέγονται ἡλεκτρολύται. Ὡστε :

Ἡλεκτρόλυσις ὀνομάζεται τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ ὁποῖον τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα προκαλεῖ χημικὴν ἀποσύνθεσιν τῶν ὕδατικῶν διαλυμάτων τῶν ὀξέων, βάσεων ἢ ἀλάτων, ὅταν κυκλοφορῇ μέσα εἰς τὴν μᾶζαν τῶν.

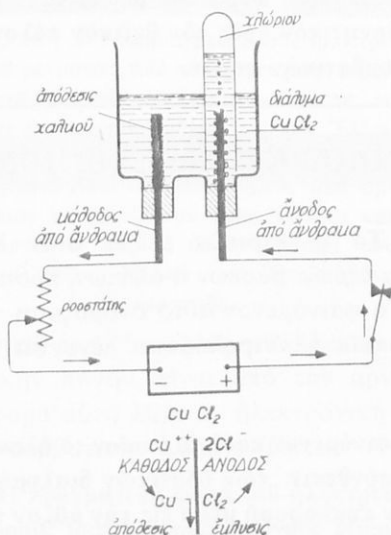
Ἡ ἡλεκτρόλυσις ἐργαστηριακῶς γίνεται μέσα εἰς ἀπλᾶς συσκευάς, αἱ ὁποῖαι ὀνομάζονται **βολτάμετρα**.

Αυτά είναι συνήθως δοχεία εις σχῆμα κυλίνδρου, εις τὸν πυθμένα των ὁποίων ὑπάρχουν δύο μεταλλικά ὡς ἐπὶ τὸ πλεῖστον ἐλάσματα, τὰ ὁποῖα συνδέονται με τοὺς πόλους μιᾶς πηγῆς συνεχοῦς ρεύματος καὶ ὀνομάζονται **ἠλεκτρόδια**. Πολλάκις τὰ ἠλεκτρόδια περιβάλλονται ἀπὸ ἀνεστραμμένους δοκιμαστικούς σωλήνας, μέσα εις τοὺς ὁποίους συλλέγονται ἀέρια προϊόντα.

Τὸ ἠλεκτρόδιον τὸ ὁποῖον συνδέεται με τὸν θετικὸν πόλον λέγεται **ἄνοδος (+)**, ἐνῶ τὸ ἠλεκτρόδιον τὸ συνδεόμενον με τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς πηγῆς **κάθοδος (-)**. Εἰς ἄλλα βολτάμετρα τὰ ἠλεκτρόδια εἰσέρχονται ἀπὸ τὸ ἀνοικτὸν ἄνω μέρος τοῦ δοχείου καὶ βυθίζονται εἰς τὸ ἠλεκτρολυτικὸν διάλυμα.

Ὑπάρχουν καὶ βολτάμετρα τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦνται ἀπὸ ὑοειδῆ σωλήνα, ἐκ των ἀνοικτῶν σκελῶν τοῦ ὁποίου εἰσέρχονται τὰ ἠλεκτρόδια.

Εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ βολταμέτρου τοποθετεῖται ἓνας διακόπτης, με τὸν ὁποῖον ἀνοίγομεν καὶ κλείομεν τὸ κύκλωμα, καὶ ἓνας ροοστάτης διὰ νὰ ρυθμίζωμεν τὸ ρεῦμα τοῦ κυκλώματος.



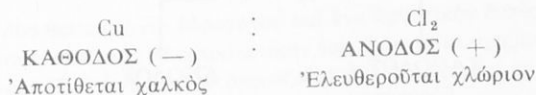
Σχ. 108. Ἠλεκτρόλυσις διαλύματος χλωριούχου χαλκοῦ.

**§ 110. Ποιοτικοὶ νόμοι τῆς ἠλεκτρολύσεως. Πείραμα.** α) Κλείομεν τὸν διακόπτην τοῦ κυκλώματος ἑνὸς βολταμέτρου με ἠλεκτρόδια ἀπὸ ἄνθρακα καὶ ἠλεκτρολυτικὸν ὑγρὸν διάλυμα χλωριούχου χαλκοῦ ( $\text{CuCl}_2$ ), ὅποτε παρατηροῦμεν ὅτι εἰς τὴν ἄνοδον ἐμφανίζονται φυσαλίδες ἀερίου. Τὸ ἀέριον αὐτὸ ἔχει ἀποπνυκτικὴν ὁσμὴν καὶ κιτρινοπράσινον χρῶμα. Πρόκειται περὶ χλωρίου (σχ. 108). Ἐνῶ συμβαίνουν αὐτὰ εἰς τὴν

άνοδον, ή κάθοδος έπικαλύπτεται μέ ένα έρυθρόν στρώμα χαλκού.

Χαρακτηριστικόν τής ηλεκτρολύσεως είναι ότι ουδέν απολύτως φαινόμενον παρατηρείται εις την μάζαν του ηλεκτρολυτικού υγρού, τὸ ὁποῖον ὑπάρχει μεταξύ τῶν ηλεκτροδίων.

Διὰ τὰ ἐμφανισθῶν εις την ἄνοδον καὶ εις την κάθοδον τὰ ἄνω-τέρω προϊόντα, σημαίνει ότι ὁ χλωριούχος χαλκός, ὁ ὁποῖος ὑπάρχει εις τὸ διάλυμα, διεσπᾶσθη κατὰ τὸ σχῆμα :

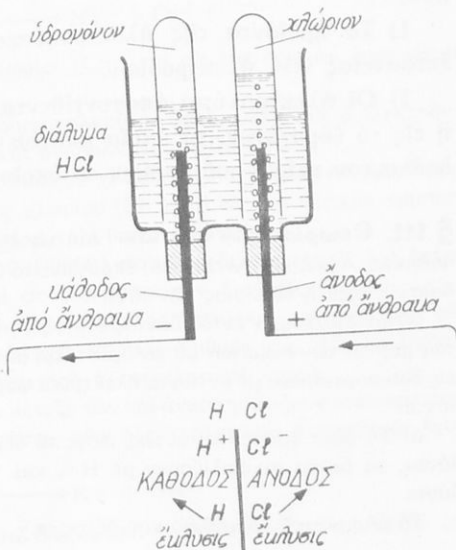


β) Ἐὰν ἀντικαταστήσωμεν διαδοχικῶς εις τὸ προηγούμενον πείραμα τὸ διάλυμα τοῦ χλωριούχου χαλκοῦ (CuCl<sub>2</sub>) μέ διαλύματα διαφορετικῶν ἀλάτων (νιτρικοῦ ἀργύρου, θειικοῦ νικελίου, χλωριούχου χρυσοῦ κλπ.), θὰ παρατηρήσωμεν ότι πάντοτε εις την κάθοδον δημιουργεῖται μία μεταλλικὴ ἀπόθεσις (ἀργύρου, νικελίου, χρυσοῦ κλπ.).

Τὸ ὑπόλοιπον τοῦ μορίου διευθύνεται πρὸς την ἄνοδον. Δηλαδή εις την περίπτωσιν τής ηλεκτρολύσεως τοῦ νιτρικοῦ ἀργύρου (AgNO<sub>3</sub>) ὁ ἀργυρὸς ἀποτίθεται εις την κάθοδον, ἐνῶ ἡ ρίζα NO<sub>3</sub> ὁδεύει πρὸς την ἄνοδον.

γ) Εἰς την βιομηχανίαν γίνεται ηλεκτρόλυσις τής βάσεως τοῦ νατρίου (NaOH) εις ὑγρὰν κατάστασιν. Κατὰ την ηλεκτρόλυσιν τὸ νάτριον ἀποτίθεται εις την κάθοδον. Ὅσαι αἱ ἄλλαι βάσεις ἀποσυντίθενται κατὰ ὅμοιον τρόπον.

δ) Ἐὰν ηλεκτρολύσωμεν ἓνα διάλυμα ὕδροχλωρικοῦ ὀξέος (HCl), θὰ παρατηρή-

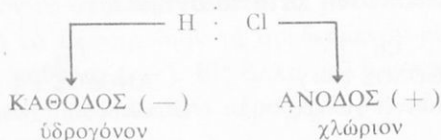


Σχ. 109. Ἡλεκτρόλυσις διαλύματος ὕδροχλωρίου.

σωμεν ὅτι εἰς τὰ δύο ἠλεκτρόδια ἐμφανίζονται φουσαλλίδες, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον σημαίνει ὅτι ἐλευθεροῦνται ἀέρια (σχ. 109).

Πράγματι εἰς τὴν ἄνοδον ἐλευθεροῦται χλώριον, ἐνῶ εἰς τὴν κάθοδον ἐλευθεροῦται ἓνα εὐφλεκτον ἀέριον, τὸ ὕδρογόνον.

Τὸ ὕδροχλωρικὸν ὀξύ (HCl) δυνάμεθα νὰ εἰπώμεν λοιπὸν ὅτι ἀποσυντίθεται κατὰ τὸ σχῆμα :



Γενικῶς ὅλα τὰ ὀξέα ἀποσυντίθενται κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον καὶ τὸ ὕδρογόνον τῶν ἐλευθεροῦται εἰς τὴν κάθοδον.

Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω πειράματα καὶ διαπιστώσεις, δυνάμεθα νὰ διατυπώσωμεν τοὺς ἀκολουθοῦς ποιοτικὸς νόμους τῆς ἠλεκτρολύσεως.

Ὅταν τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα διέρχεται ἀπὸ τὴν μᾶζαν ἐνὸς ἠλεκτρολύτου :

1) Τὰ προϊόντα τῆς ἠλεκτρολύσεως ἐμφανίζονται μόνον εἰς τὰς ἐπιφανείας τῶν ἠλεκτροδίων.

2) Οἱ ἠλεκτρολύται ἀποσυντίθενται εἰς δύο μέρη. Εἰς τὸ μέταλλον ἢ εἰς τὸ ὕδρογόνον, τὰ ὁποῖα ἀποτίθενται εἰς τὴν κάθοδον καὶ εἰς τὸ ὑπόλοιπον τμῆμα τοῦ μορίου, τὸ ὁποῖον ὀδεύει πρὸς τὴν ἄνοδον

**§ 111. Θεωρία τῶν ἰόντων.** Διὰ νὰ ἐξηγήσῃ τὰ φαινόμενα αὐτὰ ὁ Σουηδὸς Φυσικὸς Ἀρένιους (Arrhenius) ἐπρότεινε τὸ 1887 τὴν «θεωρίαν τῆς ἠλεκτρολυτικῆς διαστάσεως» ἢ «θεωρίας τῶν ἰόντων».

Ὅταν διαλύωμεν ἐντὸς ὕδατος ἓνα ὀξύ, μίαν βάσιν ἢ ἓνα ἄλας, τότε ἓνα μέρος τῶν μορίων τῶν σωμάτων αὐτῶν ὑφίσταται αὐτομάτως διάστασιν, διασπᾶται δηλαδὴ εἰς δύο φορτισμένα μὲ ἀντίθετα ἠλεκτρικὰ φορτία σωματίδια, τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται ἰόντα.

α) Τὰ ὀξέα διίστανται οὕτως, ὥστε τὸ ὕδρογόνον αὐτῶν νὰ σχηματίσῃ θετικὰ ἰόντα, τὰ ὁποῖα συμβολίζομεν μὲ  $\text{H}^+$ , καὶ τὸ ὑπόλοιπον τοῦ μορίου ἀρνητικὰ ἰόντα.

Τὸ μόριον τοῦ ὕδροχλωρικοῦ ὀξέος, π.χ., διίσταται κατὰ τὸ σχῆμα :



Εἰς τὸ ἄτομον τοῦ χλωρίου ἔχει προσκολληθῇ ἓνα ἐπὶ πλέον ἠλεκτρόνιον καὶ

προέκυψε κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ἓνα ἀρνητικὸν μονοσθενὲς ἰὸν χλωρίου, τὸ ὁποῖον παριστάνεται μὲ  $\text{Cl}^-$ .

Τὸ σημεῖον  $(-)$  εἰς τὸ ἄτομον τοῦ χλωρίου τίθεται διὰ νὰ συμβολίζῃ καὶ νὰ ὑπενθυμίζῃ ὅτι τὸ ἰὸν τοῦ χλωρίου ἔχει ἀρνητικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον. Τὸ ἄτομον τοῦ ὑδρογόνου ἀπώλεσε ἓνα ἠλεκτρόνιον (τὸ μοναδικὸν τὸ ὁποῖον εἶχε) καὶ συνεπῶς ἐμφανίζεται θετικῶς φορτισμένον, σχηματίζον ἓνα θετικὸν ἰὸν ὑδρογόνου.

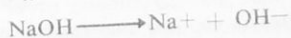
Τὰ ἠλεκτρικὰ φορτία τῶν δύο αὐτῶν εἰδῶν τῶν ἰόντων εἶναι ἴσα καὶ ἀντίθετα. Τὸ μόριον τοῦ θειικοῦ ὀξέος διίσταται κατὰ τὸ σχῆμα :



σχηματίζον δύο θετικὰ ἰόντα ὑδρογόνου καὶ ἓνα ἀρνητικὸν δισθενὲς ἰὸν  $\text{SO}_4^{--}$ .

β) Αἱ βάσεις κατὰ τὴν ἠλεκτρολυτικὴν τῶν διαστάσεων σχηματίζουν μονοσθενῆ ἀρνητικὰ ἰόντα  $\text{OH}^-$ , τὸ ὁποῖον ὀνομάζεται ἰὸν ὑδροξυλίου καὶ θετικὰ ἰόντα μὲ τὸ ὑπόλοιπον τοῦ μορίου.

Τὸ καυστικὸν νάτριον, π.χ., διίσταται κατὰ τὴν ἐξίσωσιν :



γ) Τὰ μόρια τῶν ἀλάτων σχηματίζουν κατὰ τὴν διάστασιν τῶν ἓνα ἀρνητικὸν ἰὸν, ἀπὸ ἓνα ἀμέταλλον στοιχεῖον ἢ ἠλεκτραρνητικὴν ρίζαν, καὶ ἓνα θετικὸν ἰὸν, ἀπὸ μέταλλον ἢ ἠλεκτροθετικὴν ρίζαν.

Τοιοῦτοτρόπως τὰ μόρια τοῦ χλωριούχου χαλκοῦ ( $\text{CuCl}_2$ ) διίστανται εἰς διάλυμα κατὰ τὴν ἐξίσωσιν :



δηλαδή εἰς δύο ἀρνητικὰ ἰόντα χλωρίου ( $\text{Cl}^-$ ) καὶ εἰς ἓνα θετικὸν δισθενὲς ἰὸν χαλκοῦ.

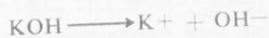
Τὸ ἰὸν τοῦ χαλκοῦ εἶναι ἓνα ἄτομον χαλκοῦ, τὸ ὁποῖον ἀπώλεσε 2 ἠλεκτρόνια, συνεπῶς φέρει δύο θετικὰ φορτία καὶ συμβολίζεται μὲ  $\text{Cu}^{++}$ .

Κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον, εἰς ἓνα διάλυμα χλωριούχου ἀργιλίου ( $\text{AlCl}_3$ ) τὰ μόρια διίστανται εἰς 3 ἰόντα μονοσθενοῦς χλωρίου ( $\text{Cl}^-$ ) καὶ εἰς ἓνα θετικὸν τρισθενὲς ἰὸν ἀργιλίου ( $\text{Al}^{+++}$ ) τὸ ὁποῖον φέρει τρία θετικὰ φορτία.

Εἰς ἓνα διάλυμα θειικοῦ χαλκοῦ ( $\text{CuSO}_4$ ) τὰ μόρια διίστανται εἰς ἓνα θετικὸν δισθενὲς ἰὸν χαλκοῦ ( $\text{Cu}^{++}$ ) καὶ εἰς ἓνα ἀρνητικὸν δισθενὲς ἰὸν  $\text{SO}_4^{--}$ .

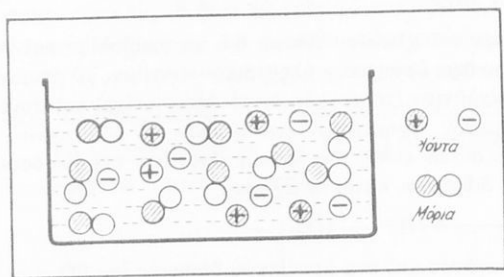
Ἐντὸς οἰουδήποτε ἠλεκτρολυτικοῦ διαλύματος ὑπάρχουν, ταυτοχρόνως, οὐδέτερα μόρια καὶ θετικὰ καὶ ἀρνητικὰ ἰόντα εἰς ἴσον ἀριθμὸν (σχ. 110), τὰ ὁποῖα κινεῖται ἀτάκτως μέσα εἰς τὴν μάζαν τοῦ ἠλεκτρολυτικοῦ ὑγροῦ.

Μερικὰ ἀπὸ τὰ ἰόντα ἀντιδρῶν μεταξύ τῶν καὶ ἀνασχηματίζουν οὐδέτερα μόρια. Δι' αὐτὸν τὸν λόγον εἰς τὰς ἐξισώσεις τῶν ἠλεκτρολυτικῶν διαστάσεων ἔχομεν δύο βέλη· π.χ. γράφομεν :



Αὐτὸ σημαίνει ὅτι ἡ ἀντίδρασις ὀδεύει ἀπὸ τὰ δεξιὰ πρὸς τὰ ἀριστερά, ἀλλὰ καὶ ἀπὸ τὰ ἀριστερά πρὸς τὰ δεξιὰ.

Ὅταν ὁμως διαλυθῇ ἐντελῶς ὁ ἠλεκτρολύτης, ἀπὸ μίαν χρονικὴν στιγμήν καὶ



Σχ. 110. Είς ένα ηλεκτρολυτικόν διάλυμα υπάρχουν ουδέτερα μόρια του ηλεκτρολύτου και ισάριθμα θετικά και αρνητικά ιόντα.

των διίσταται (άποσυντίθεται) εις δύο φορτισμένα σωματίδια με αντίθετα ηλεκτρικά φορτία, τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται **ιόντα**.

δ) Ὄταν βυθίσωμεν εἰς ηλεκτρολυτικόν διάλυμα δύο ηλεκτρόδια καὶ τὰ συνδέσωμεν με τοὺς πόλους μιᾶς ηλεκτρικῆς πηγῆς συνεχοῦς ρεύματος κλείοντες τὸν διακόπτην τοῦ κυκλώματος, θὰ παρατηρήσωμεν τὰ γνωστά φαινόμενα τῆς ηλεκτρολύσεως.

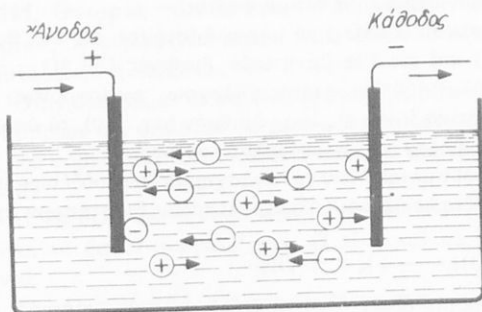
Αὐτὸ συμβαίνει ἐπειδὴ τὰ ιόντα, τὰ ὁποῖα κινοῦνται ἀτάκτως μέσα εἰς τὴν μᾶζαν τοῦ ηλεκτρολυτικοῦ διαλύματος, προσανατολίζονται πλέον, διακόπτοντα τὴν ἄτακτον κίνησίν των.

Αὐτομάτως τὰ θετικά ιόντα ἔλκονται ἀπὸ τὸ ἀρνητικὸν ηλεκτρόδιον καὶ διευθύνονται πρὸς αὐτό. Ἐπειδὴ δὲ τὸ ἀρνητικὸν ηλεκτρόδιον λέγεται καὶ **κάθοδος**,

τὰ θετικά ιόντα ὀνομάζονται καὶ **κατιόντα**.

Ἀντιθέτως τὰ ἀρνητικά ιόντα ἔλκονται ἀπὸ τὸ θετικὸν ηλεκτρόδιον, δηλαδή ἀπὸ τὴν **ἄνοδον** καὶ δι' αὐτὸν τὸν λόγον λέγονται καὶ **ἀνιόντα** (σχ. 111).

Τὰ ιόντα, εἴτε ἀνιόντα εἶνε αὐτὰ εἴτε κατιόντα, φθάνουν τέλος εἰς τὰ ηλεκτρόδια καὶ ἐκφορτίζονται. Οὕτως τὸ ἀνιὸν τοῦ χλωρίου ( $\text{Cl}^-$ ) φθάνον εἰς τὴν ἄνοδον (+) ἀποδίδει τὸ ηλεκτρόνιον τὸ ὁποῖον τοῦ



Σχ. 111. Ἐξήγησις τῆς διελεύσεως τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος μέσα ἀπὸ ἕναν ηλεκτρολύτην.

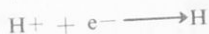
περισσεύει και μεταπίπτει εις ουδετέραν ατομικήν κατάστασιν :



όπου με  $e^-$  συμβολίζομεν τὸ ηλεκτρόνιον.

Ἀκολουθῶς δύο άτομα χλωρίου συνδέονται μεταξύ των και δίδουν ἓνα μόριον αερίου χλωρίου ( $\text{Cl}_2$ ), τὸ ὁποῖον τοιουτοτρόπως ἐλευθερώνεται εις τὴν ἀνοδον.

Τὰ κατιόντα πάλιν φθάνουν εις τὴν κάθοδον ( $-$ ) και ἀποσποῦν ἀπὸ αὐτὴν τὰ ηλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα ἔχουν ἀπολέσει, διὰ νὰ περιπέσουν και αὐτὰ εις τὴν ουδετέραν κατάστασιν. Τὸ κατιὸν ὑδρογόνου, π.χ.,  $\text{H}^+$ , προσλαμβάνει ἓνα ηλεκτρόνιον ( $e^-$ ) και γίνεται ουδέτερον ἄτομον ὑδρογόνου :



Ἀκολουθῶς συνδέονται δύο ἄτομα ὑδρογόνου και σχηματίζουν ἓνα μόριον αερίου ὑδρογόνου, τὸ ὁποῖον κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ἐλευθερώνεται εις τὴν κάθοδον.

Πρέπει νὰ τονισθῇ ὅτι τὰ ἰόντα χλωρίου  $\text{Cl}^-$  και ὑδρογόνου  $\text{H}^+$  ἔχουν τελείως διαφορετικὰς ιδιότητες ἀπὸ τὰ στοιχεῖα χλώριον και ὑδρογόνον. Δι' αὐτὸν τὸν λόγον δὲν γίνονται ἀντιληπτὰ ὡς ἄερια μέσα εις τὸ διάλυμα.

Ὅπως παρατηροῦμεν, μέσα εις τὴν μᾶζαν τοῦ ηλεκτρολύτικου ὑγροῦ και εις τὸν ὥρον ὁ ὁποῖος περιορίζεται ἀπὸ τὰ ηλεκτρόδια, ἔχομεν κινήσιν θετικῶν και ἀρνητικῶν φορτίων, δηλαδὴ ηλεκτρικὸν ρεῦμα. Τὸ ρεῦμα αὐτὸ εἶναι σύνθετον και σχηματίζεται ἀπὸ τὰ θετικὰ κατιόντα, τὰ ὁποῖα δεύουν πρὸς τὴν κάθοδον, και ἀπὸ τὰ ἀρνητικὰ ἀνιόντα, τὰ ὁποῖα κινοῦνται πρὸς τὴν ἀνοδον. Ὡστε :

Εἰς ἓνα ηλεκτρολύτικὸν διάλυμα, τὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα ἔχει διπλὴν ὑπόστασιν και σχηματίζεται ἀπὸ τὴν ἀντίθετον κινήσιν τῶν ἀνιόντων και τῶν κατιόντων τοῦ ηλεκτρολύτου.

## ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Ἡλεκτρόλυσις ὀνομάζεται τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ ὁποῖον τὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα ἀποσυνθέτει ὠρισμένα ὕδατικά διαλύματα, ὅταν κυκλοφορῇ μέσα εις τὴν μᾶζαν των.

2. Τὰ σώματα τὰ ὁποῖα εἶναι δυνατὸν νὰ ὑποστοῦν ἡλεκτρόλυσιν, ὀνομάζονται ἡλεκτρολύται. Τὰ ὀξέα, αἱ βάσεις και τὰ ἅλατα, εις ὑγρὰν μορφήν ἢ εις ὕδατικά διαλύματα, ἀποτελοῦν ἡλεκτρολύτας.

3. Ἡ συσκευὴ μέσα εις τὴν ὁποίαν πραγματοποιεῖται ἡ ἡλεκτρόλυσις, ὀνομάζεται βολτάμετρον και ἀποτελεῖται, συνήθως, ἀπὸ ἓνα δοχεῖον, μέσα εις τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται ὁ ἡλεκτρολύτης. Εἰς τὴν βάσιν τοῦ δοχείου ὑπάρχουν δύο μεταλλικὰ στελέχη, τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται ἡλεκτρόδια, συνδέονται με τὴν ηλεκτρικὴν

πηγήν και καλύπτονται με άνεστραμμένους υαλίινους σωλήνας. Άλλοτε πάλιν τὰ ηλεκτρόδια βυθίζονται από τὸ ἄνω μέρος τοῦ δοχείου μέσα εἰς τὸν ηλεκτρολύτην.

4. Τὸ θετικὸν ηλεκτρόδιον λέγεται ἄνοδος καὶ τὸ ἀρνητικὸν κάθοδος.

5. Οἱ ηλεκτρολύται διίστανται εἰς ἰόντα, δηλαδὴ εἰς φορτισμένα ηλεκτρικῶς σωματίδια. Τὰ θετικὰ ἰόντα λέγονται κατιόντα καὶ τοιαῦτα εἶναι τὸ ὕδρογόνον καὶ τὰ μέταλλα. Τὰ ἀρνητικὰ ἰόντα ὀνομάζονται ἀνιόντα.

6. Τὰ ἰόντα, τὰ ὁποῖα ὑπάρχουν εἰς τὸν ηλεκτρολύτην καὶ κινοῦνται ἀτάκτως μέσα εἰς τὴν μάζαν του, προσανατολίζονται, εὐθὺς ὡς συνδεοῦν τὰ ηλεκτρόδια με τοὺς πόλους τῆς ηλεκτρικῆς πηγῆς συνεχοῦς ρεύματος, καὶ τὰ μὲν ἀνιόντα (ἀρνητικὰ ἰόντα) ὁδεοῦν πρὸς τὴν ἄνοδον (θετικὸς πόλος), τὰ δὲ κατιόντα (θετικὰ ἰόντα) πρὸς τὴν κάθοδον (ἀρνητικὸς πόλος). Οὕτως ἀρχίζει ἡ ηλεκτρόλυσις.

7. Οἱ ποιοτικοὶ νόμοι τῆς ηλεκτρολύσεως εἶναι οἱ ἑξῆς : α) Τὰ προϊόντα τῆς ηλεκτρολυτικῆς ἀποσυνθέσεως ἐμφανίζονται εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῶν ηλεκτροδίων. β) Ὁ ηλεκτρολύτης ἀποσυντίθεται εἰς δύο μέρη, εἰς τὸ μέταλλον ἢ τὸ ὕδρογόνον, τὰ ὁποῖα ἐλευθερώνονται εἰς τὴν κάθοδον, καὶ εἰς τὸ ὑπόλοιπον τοῦ μορίου, τὸ ὁποῖον διευθύνεται πρὸς τὴν ἄνοδον.

8. Ἡ διέλευσις τοῦ ηλεκτρολυτικοῦ ρεύματος μέσα ἀπὸ τὸν ηλεκτρολύτην πραγματοποιεῖται χάρις εἰς τὰ ἰόντα. Ἐπομένως τὸ ρεῦμα τὸ ὁποῖον δημιουργεῖται εἰς τὸν χῶρον, μεταξὺ τῶν ηλεκτροδίων, ἔχει διπλὴν ὑπόστασιν καὶ σχηματίζεται ἀπὸ ἀνιόντα καὶ κατιόντα, τὰ ὁποῖα κινοῦνται ἀντιθέτως.

## ΚΓ—ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΙΣ. ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΥΣΑΙ ΧΗΜΙΚΑΙ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ

§ 112. Γενικότητες. Κατὰ τὴν ηλεκτρόλυσιν ἑνὸς ηλεκτρολύτου συμβαίνουν συνήθως καὶ δευτερεύουσαι χημικαὶ ἐντιδράσεις. Εἰς τὴν πραγματικότητα τὰ προϊόντα τῆς ἀποσυνθέσεως δύνανται, ὑπὸ ὥρισμένας συνθήκας, νὰ ἀντιδράσουν χημικῶς, εἴτε με τὸ ὕδωρ τοῦ διαλύματος, εἴτε με τὰ ηλεκτρόδια τοῦ βολταμέτρου.

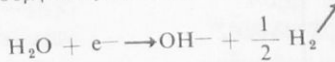


Διὰ τὰ ἀντιληφθῶμεν τὸν μηχανισμόν τῶν δευτερευουσῶν ἀντιδράσεων, θὰ θεωρήσωμεν τὰ κατωτέρω χαρακτηριστικὰ παραδείγματα ἠλεκτρολύσεως.

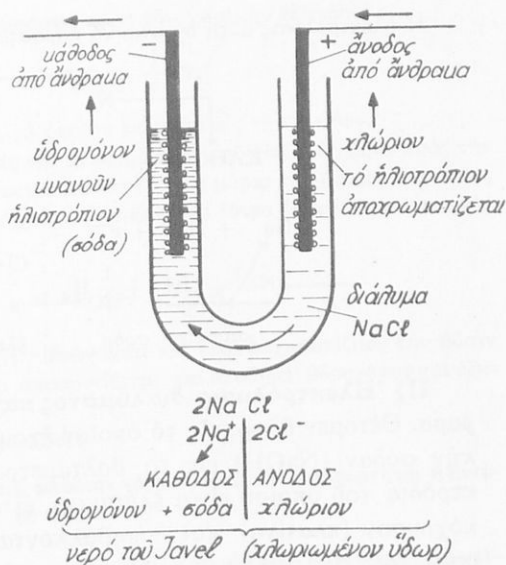
**§ 113. Ι) Ἡλεκτρόλυσις διαλύματος χλωριούχου νατρίου. Πείραμα.** Θέτομεν διάλυμα χλωριούχου νατρίου μέσα εἰς ἓνα βολτάμετρον μὲ ἠλεκτρόδια ἀπὸ ἄνθρακα καὶ προσθέτομεν ὀλίγον ἐρυθρὸν βάμμα τοῦ ἡλιοτροπίου. Συνδέομεν τὸ βολτάμετρον μὲ μίαν ἠλεκτρικὴν πηγὴν συνεχοῦς ρεύματος καὶ παρατηροῦμεν ὅτι ἐλευθερώνονται ἀέρια εἰς τὰ δύο ἠλεκτρόδια (σχ. 112).

Εἰς τὴν ἄνοδον ἐλευθερώνεται ἀέριον χλώριον, τὸ ὁποῖον ἔχει ἀποπνικτικὴν ὁσμὴν καὶ ἀποχρωματίζει τὸ ἐρυθρὸν βάμμα τοῦ ἡλιοτροπίου. Εἰς τὴν κάθοδον εἰς τὴν ὁποίαν ἐκλύεται ὑδρογόνον, τὸ βάμμα τοῦ ἡλιοτροπίου ἐπανακτᾷ τὸ κυανοῦν τοῦ χρώμα.

**Ἐξήγησις τοῦ φαινομένου.** Τὸ διάλυμα τοῦ χλωριούχου νατρίου διίσταται εἰς ἰόντα  $\text{Na}^+$  καὶ  $\text{Cl}^-$ . Τὰ ἰόντα  $\text{Cl}^-$  ὁδεύουν πρὸς τὴν ἄνοδον, ὅπου ἐκφορτίζονται καὶ σχηματίζουν ἄτομα χλωρίου καὶ αὐτὰ δημιουργοῦν μόρια ἀερίου χλωρίου ( $\text{Cl}_2$ ). Τὰ ἰόντα  $\text{Na}^+$  ὁδεύουν πρὸς τὴν κάθοδον. Ἡ κάθοδος ὁμως ἀποδίδει ἠλεκτρόνια ( $e^-$ ) εἰς τὰ γειγνόμενα τῆς μόρια τοῦ ὕδατος ( $\text{H}_2\text{O}$ ), τὰ ὁποῖα κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον, διίστανται, συμφώνως πρὸς τὴν ἀκόλουθον χημικὴν ἐξίσωσιν :

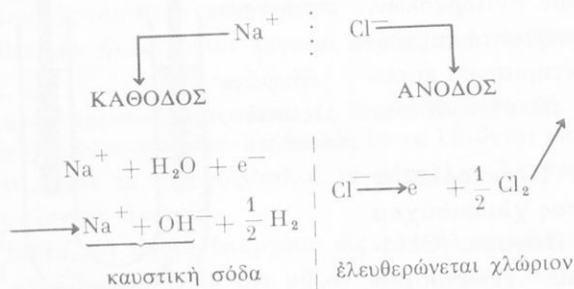


Δηλαδή ἔχομεν ἀπελευθέρωσιν ὑδρογόνου. Τὰ ἰόντα  $\text{OH}^-$  ὁμοῦ μετὰ τῶν ἰόντων  $\text{Na}^+$  δημιουργοῦν περὶ τὴν κάθοδον διάλυμα καυστικῆς σόδας. Χάρis εἰς τὴν καυστικὴν σόδα ἐπαναχρωματίζεται κυανοῦν τὸ βάμμα τοῦ ἡλιοτροπίου.

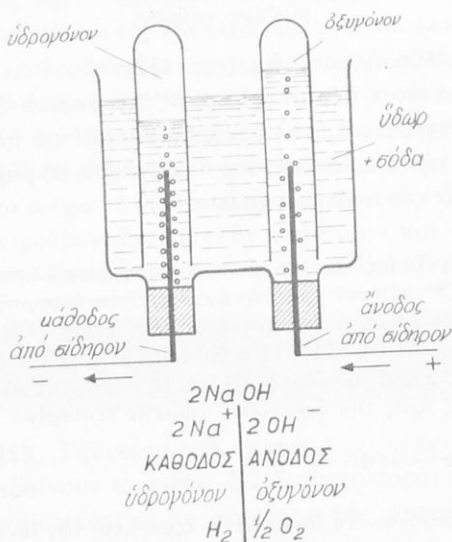


Σχ. 112. Ἡλεκτρόλυσις διαλύματος χλωριούχου νατρίου.

Ἡ ἠλεκτρόλυσις αὕτη δύναται νὰ παρασταθῇ σχηματικῶς ὡς ἑξῆς :



**II) Ἡλεκτρόλυσις διαλύματος καυστικῆς σόδας (NaOH). Πείραμα.** Θέτομεν ὕδωρ, εἰς τὸ ὁποῖον ἔχομεν προσθέσει ὀλίγην καυστικὴν σόδα (NaOH), εἰς τὸ βολτάμετρον τοῦ σχήματος 113, τὰ ἠλεκτρόδια τοῦ ὁποίου εἶναι ἐλάσματα, εἴτε ἀπὸ νικέλιον, εἴτε ἀπὸ λευκόχρυσον (πλατίνα) καὶ περιβάλλονται ἀπὸ ἀνεστραμμένους δοκιμαστικούς σωλήνες.

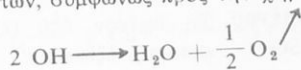


Σχ. 113. Ἡλεκτρόλυσις διαλύματος καυστικῆς σόδας.

Κλείομεν τὸν διακόπτην καὶ παρατηροῦμεν ὅτι εἰς τὴν ἄνοδον συλλέγεται ὀξυγόνο, ἐνῶ εἰς τὴν κάθοδον ὑδρογόνο. Ἐπίσης διαπιστώνομεν ὅτι ὁ ὄγκος τοῦ ὑδρογόνου εἶναι διπλάσιος ἀπὸ τὸν ὄγκον τοῦ ὀξυγόνου.

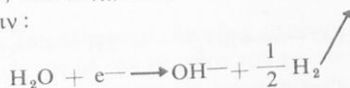
**Ἐξήγησις τοῦ φαινομένου.** Ἡ καυστικὴ σόδα (NaOH) εὐρίσκεται εἰς διάστασιν. Εἰς τὸ διάλυμα δηλαδὴ ὑπάρχουν ἰόντα  $\text{Na}^+$  καὶ ἰόντα  $\text{OH}^-$ . Τὰ ἰόντα  $\text{OH}^-$  διευσθύνονται πρὸς τὴν ἄνοδον, ὅπου καὶ ἀποδίδουν τὸ πλεονάζον ἠλεκτρόνιον των καὶ μεταπίπτουν εἰς τὴν ἀσταθὴ ρίζαν ὑδροξύλιον, ἡ ὁποία δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ ὑπάρξῃ εἰς ἐλευθέραν κατάστασιν. Δι' αὐτὸ τὰ ὑδροξύλια

αντιδρούν κατόπιν μεταξύ των, συμφώνως πρὸς τὴν χημικὴν ἐξίσωσιν :



σχηματίζοντα ὕδωρ καὶ ὀξυγόνον, τὸ ὁποῖον ἐκλύεται εἰς τὴν ἄνοδον.

Τὰ ἰόντα τοῦ  $\text{Na}^+$ , ὅπως καὶ εἰς τὴν ἠλεκτρόλυσιν τοῦ  $\text{NaCl}$ , ὀδεύουν πρὸς τὴν κάθοδον. Ἡ κάθοδος ἀποδίδει ἠλεκτρόνια ( $e^-$ ) εἰς τὰ μόρια τοῦ ὕδατος καὶ οὕτως ἐλευθερώνεται ὕδρογόνον, ἐνῶ συγχρόνως παράγονται ἰόντα ὑδροξυλίου κατὰ τὴν γνωστὴν μας ἀντίδρασιν :



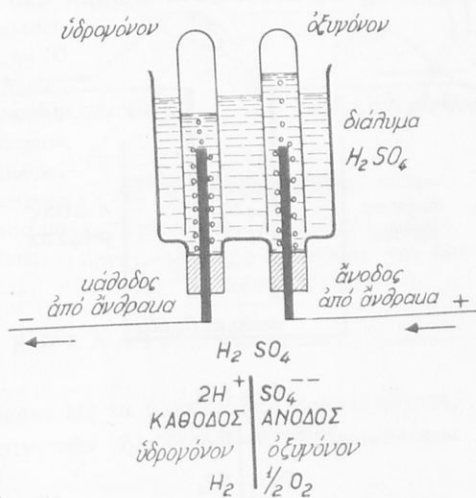
Τὰ ἰόντα τοῦ  $\text{Na}^+$  καὶ τοῦ  $\text{OH}^-$  ἐνώνονται καὶ ἐπανασχηματίζουν τὴν βάσιν τοῦ νατρίου. Ἀντιθέτως τὸ ὕδωρ ἀποσυντίθεται καὶ ἀποδίδει ὕδρογόνον καὶ ὀξυγόνον.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι :

Τὸ φαινόμενον ἐξελίσσεται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε νὰ δημιουργηθῇ ἡ ἐντόπισις ὅτι ἀποσυντίθεται μόνον τὸ ὕδωρ.

**III) Ἡλεκτρόλυσις διαλύματος θεϊκοῦ ὀξέος. Πείραμα.** Ἀντικαθιστῶμεν εἰς τὸ βολτάμετρον τοῦ προηγουμένου πειράματος τὸ διάλυμα τῆς καυστικῆς σόδας με ἀραιὸν διάλυμα θεϊκοῦ ὀξέος ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Τὰ ἠλεκτρόδια τοῦ βολταμέτρου πρέπει νὰ εἶναι κατεσκευασμένα ἐξ ὑλικοῦ τὸ ὁποῖον νὰ εἶναι ἀπρόσβλητον ἀπὸ τὸ ὀξύ, π.χ. ἀπὸ ράβδον ἄνθρακος ἢ λευκοχρύσου.

Τὰ προϊόντα τῆς ἠλεκτρολύσεως εἶναι τὰ ἴδια με ἐκεῖνα τῆς ἠλεκτρολύσεως τοῦ διαλύματος τῆς καυστικῆς σόδας. Δηλαδή ἐμφανίζεται ὕδρογόνον εἰς τὴν κάθοδον, διπλασίου ὄγκου ἀπὸ τὸ ὀξύγονον τὸ ὁποῖον ἐμφανίζεται εἰς τὴν ἄνοδον (σχ. 114).



Σχ. 114. Ἡλεκτρόλυσις διαλύματος θεϊκοῦ ὀξέος.

**Ἐξήγησις τοῦ φαινομένου.** Τὸ θεικὸν ὀξύ ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) διίσταται εἰς δύο ἰόντα  $\text{H}^+$  καὶ εἰς ἓνα ἰὸν  $\text{SO}_4^{--}$  κατὰ τὴν ἐξίσωσιν:



Τὸ ὑδρογόνον ( $\text{H}_2$ ) ἐλευθερώνεται εἰς τὴν κάθοδον. Τὸ ἰὸν  $\text{SO}_4^{--}$  ὀδεύει πρὸς τὴν ἄνοδον καὶ δημιουργεῖ ἰονισμόν τοῦ ὕδατος (προκαλεῖ δηλαδὴ ἰόντα), συμφώνως πρὸς τὴν ἀκόλουθον χημικὴν ἐξίσωσιν:



ὁπότε τὰ ἰόντα  $\text{SO}_4^{--}$  καὶ  $\text{H}^+$  ἀντιδρῶν καὶ σχηματίζουν θεικὸν ὀξύ:

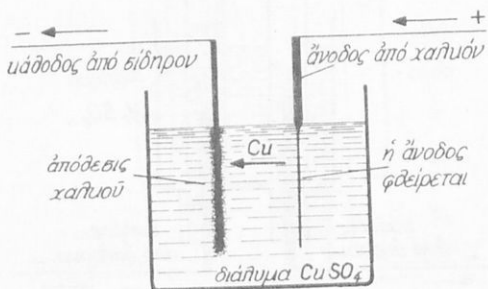


Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον τὸ θεικὸν ὀξύ ἀναπαράγεται εἰς τὴν ἄνοδον καὶ ἐλευθερώνεται ὀξυγόνον, ἐνῶ καταναλίσκεται ὕδωρ. Ὅπως καὶ εἰς τὸ προηγούμενον παράδειγμα:

Τὸ φαινόμενον ἐξελίσσεται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε νὰ δημιουργηθῇ ἡ ἐντύπωσις ὅτι ἀποσυντίθεται μόνον τὸ ὕδωρ.

#### IV) Ἡλεκτρόλυσις θειικοῦ χαλκοῦ με ἄνοδον ἀπὸ χαλκόν.

**Πείραμα.** Ἡλεκτρολύομεν διάλυμα θειικοῦ χαλκοῦ ( $\text{CuSO}_4$ ) χρησιμοποιοῦντες ὡς ἄνοδον ἓνα ἔλασμα ἀπὸ χαλκὸν καὶ ὡς κάθοδον ἓνα οἰονδήποτε ἀγωγόν, π.χ. μίαν ράβδον ἀπὸ ἄνθρακα.



“Ὅταν κλείσωμεν τὸν διακόπτην δὲν παρατηρεῖται πλέον ἐκκλισις ἀερίου, ἡ χαλκίνη ὁμως ἄνοδος ἀρχίζει νὰ φθείρεται (σχ. 115).

#### Ἐξήγησις τοῦ φαινομένου.

Ὁ θεικὸς χαλκὸς διίσταται εἰς ἰόντα ( $\text{Cu}^{++}$  καὶ εἰς ἰόντα  $\text{SO}_4^{--}$ ). Τὸ μέταλλον  $\text{Cu}$  ἀποτίθεται εἰς τὴν κάθοδον. Τὸ ἰὸν  $\text{SO}_4^{--}$  ἰονίζει τὸν χαλκὸν τῆς ἁνόδου συμφώνως πρὸς τὴν χημικὴν ἀντίδρασιν:



Σχ. 115. Ἡλεκτρόλυσις θειικοῦ χαλκοῦ με ἄνοδον ἀπὸ χαλκόν.

όποτε τὰ ἰόντα  $\text{SO}^{--}$  καὶ  $\text{Cu}^{+}$  ἀντιδρῶν καὶ σχηματίζουν θεικὸν χαλκόν :

$$\text{SO}_4^{--} + \text{Cu}^{+} + \text{---} \longrightarrow \text{CuSO}_4$$

“Ὅπως παρατηροῦμεν :

Τὸ φαινόμενον ἐξελίσσεται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε τελικῶς νὰ πραγματοποιητὰ μεταφορὰ χαλκοῦ ἀπὸ τὴν ἄνοδον εἰς τὴν κάθοδον.

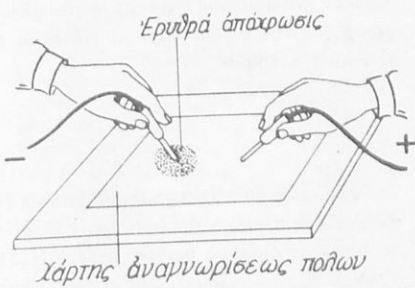
Ἡ ἄνοδος φθείρεται βραδέως ὡς ἂν διελύετο. Δι’ αὐτὸ ὀνομάζεται συνήθως *διαλυομένη ἄνοδος*.

Ἀντιθέτως ἡ κάθοδος ἐπικαλύπτεται ἀπὸ ἓνα στρώμα χαλκοῦ, τὸ πάχος τοῦ ὁποίου αὐξάνεται προοδευτικῶς μὲ τὴν ἀπόδοσιν τοῦ χρόνου.

Παρατήρησις. Τὰ ἀνωτέρω παραδείγματα δεικνύουν τὴν σημασίαν τὴν ὁποίαν ἔχει ἡ φύσις τῶν χρησιμοποιουμένων ἠλεκτροδίων εἰς τὴν πορείαν μιᾶς ἠλεκτρολύσεως.

**§ 114. Ἀναγνώρισις τοῦ εἶδους τῶν πόλων μιᾶς πηγῆς συνεχοῦς ρεύματος.** Βυθίζομεν ἓνα τεμάχιον διηθητικοῦ χάρτου εἰς διάλυμα χλωριούχου νατρίου ( $\text{NaCl}$ ), εἰς τὸ ὁποῖον ἔχομεν προσθέσει μερικὰς σταγόνας φαινολοφθαλείνης. Ἀφοῦ τὸ στραγγίσωμεν, τὸ τοποθετοῦμεν εἰς μίαν ὑαλίνην πλάκα καὶ ὀλισθαίνομεν ἐπ’ αὐτοῦ δύο καλῶδια ἀπὸ χαλκὸν μὲ ἀπογεγυμνωμένα ἄκρα, συνδεδεμένα εἰς τοὺς ἀκροδέκτας τῆς πηγῆς (σχ. 116). Ρυθμίζομεν δὲ ὥστε ἡ ἀπόστασις μεταξὺ τῶν δύο ἄκρων τοῦ καλωδίου νὰ εἶναι 2 cm ἕως 3 cm.

Τὸ ἓνα ἀπὸ τὰ δύο ἄκρα χαράσσει, ἐπὶ τοῦ χάρτου, μίαν ἐρυθρὰν γραμμὴν. Ὁ πόλος, ὁ συνδεδεμένος μὲ αὐτὸ τὸ σύρμα, εἶναι ὁ ἀρνητικὸς. Κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν τοῦ χλωριούχου νατρίου, τὸ νάτριον, ἐμφανίζεται εἰς τὴν κάθοδον καὶ ἐρυθραίνει τὴν φαινολοφθαλείνην. Τὸ πείραμα ἐπιτυγχάνει ἐπίσης καὶ διὰ χρησιμο-



σχ. 116. Ἀναγνώρισις τῶν πόλων. Ὁ ἀρνητικὸς πόλος ἐρυθραίνει τὴν φαινολοφθαλείνην.

## ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Ὅταν τὰ ἰόντα φθάσουν εἰς τὰ ἠλεκτρόδια, προκαλοῦνται, ἀναλόγως πρὸς τὴν φύσιν τῶν ἠλεκτροδίων, δευτερεύουσαι ἀντιδράσεις.

2. Τὸ χλωριούχον νάτριον, διίσταται εἰς ὕδατικὸν διάλυμα, εἰς ἀνιόντα χλωρίου καὶ κατιόντα νατρίου. Τὰ ἀνιόντα  $\text{Cl}^{-}$

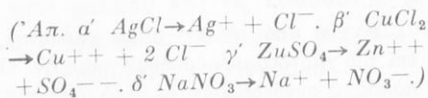
όδεύουν προς την άνοδον, όταν δὲ αὐτὴ εἶναι ἀπρόσβλητος ἀπὸ τὸ χλώριον, ἐκφορτίζονται, μεταβάλλονται εἰς ἄτομα χλωρίου καὶ αὐτὰ ἐνώνονται ματαξὺ των ἀνὰ δύο, σχηματίζοντα μόρια χλωρίου. Οὕτω τελικῶς εἰς τὴν ἄνοδον ἐκλύεται χλώριον. Εἰς τὴν κάθοδον σχηματίζονται καυστικὴ σόδα καὶ ὕδρογόνον.

3. Κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν καυστικῆς σόδας ἢ θειικοῦ ὀξέος, εἰς βολτάμετρον μὲ ἠλεκτρόδια λευκοχρύσου, ὁ διασπώμενος ἠλεκτρολύτης ἀναγεννᾶται. Τὸ φαινόμενον ἐξελίσσεται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε νὰ δημιουργηθῇ ἡ ἐντύπωσις ὅτι ἀποσυντίθεται μόνον τὸ ὕδωρ.

4. Κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν θειικοῦ χαλκοῦ, μὲ ἄνοδον ἀπὸ χαλκόν, συμβαίνει μεταφορὰ χαλκοῦ ἀπὸ τὴν ἄνοδον εἰς τὴν κάθοδον.

## Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

96. Νὰ καθωρισθοῦν αἱ θεμελιώδεις ἀντιδράσεις εἰς τὰς ἠλεκτρολύσεις τῶν ἀκολούθων διαλυμάτων : α) Διάλυμα χλωριούχου ἀργύρου ( $\text{AgCl}$ ). β) Διάλυμα χλωριούχου χαλκοῦ ( $\text{CuCl}_2$ ). γ) Διάλυμα θειικοῦ ψευδαργύρου ( $\text{ZnSO}_4$ ). δ) Διάλυμα νιτρικοῦ νατρίου ( $\text{NaNO}_3$ ).



97. Δύο βολτάμετρα, συνδεδεμένα ἐν σειρᾷ, διαρρέονται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. Τὸ πρῶτον περιέχει διάλυμα θειικοῦ χαλκοῦ ( $\text{CuSO}_4$ ) καὶ ἄνοδον ἀπὸ χαλκόν, ἐνῶ τὸ δεύτερον διάλυμα θειικοῦ ὀξέος ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) μὲ ἠλεκτρόδια ἀπὸ λευκοχρυσόν. α) Νὰ σχεδιασθῇ τὸ κύκλωμα. β) Νὰ διατυπωθοῦν δι' αὐτὸ τὸ κύκλωμα οἱ ποιοτικοὶ νόμοι τῆς ἠλεκτρολύσεως.

98. Ἡ παγκόσμιος βιομηχανικὴ παραγωγὴ τοῦ ἀλουμινίου κατὰ τὸν 20ὸν αἰῶνα μετεβλήθη ὡς ἑξῆς : Κατὰ τὰ ἔτη 1900, 1910, 1920, 1930, 1939, 1950, 1956 ἡ ποσότης παραγωγῆς εἰς τόννους, ἤτο ἀντιστοίχως : 7 000, 43 000, 125 000, 269 000, 688 000, 1 500 000, 3 374 000. Νὰ παρασταθῇ γραφικῶς ἡ μεταβολὴ τῆς παραγωγῆς. Εἰς τὸν ὀριζόντιον ἄξονα 1 cm νὰ ἀντιστοιχῇ πρὸς 10 ἔτη, ἐνῶ εἰς τὸν κατακόρυφον ἄξονα 1 cm νὰ ἀντιστοιχῇ εἰς 500 000 τόννους. Νὰ στρογγυλευθοῦν τὰ ποσὰ τὰ πλησιέστερα πρὸς τὰ πολλαπλάσια τοῦ 50 000 τόννοι.

99. Ἡ παγκόσμιος παραγωγὴ χαλκοῦ κατὰ τὸν 20ὸν αἰῶνα μετεβλήθη ὡς ἑξῆς : Κατὰ τὰ ἀκόλουθα ἔτη : 1900, 1910, 1920, 1930, 1940, 1950, 1957 ἡ ποσότης παραγωγῆς εἰς τόννους ἤτο ἀντιστοίχως : 499 000, 888 000, 949 000, 1 577 000,

2 413 000, 2 522 000, 3 462 000. Νά παρασταθῇ γραφικῶς ἡ μεταβολὴ τῆς παραγωγῆς. Εἰς τὸν ὁριζόντιον ἄξονα 1 cm νά ἀντιστοιχῇ 10 ἔτη, ἐνῶ εἰς τὸν κατακόρυφον 1 cm νά ἀντιστοιχῇ 500 000 τόννοις. Νά στρογγυλεθοῦν τὰ ποσὰ τὰ γειτονικά πρὸς τὰ πολλαπλάσια τοῦ 50 000 τόννοι.

**100.** Ἡ ἑτησία παραγωγὴ ἐνὸς ἐργοστασίου παραγωγῆς ἀλουμινίου εἶναι 65 000 τόννοι. α) Νά υπολογισθῇ ἡ θεωρητικὴ ποσότης τῆς ἀλουμίνης ( $Al_2O_3$ ) ἡ ὁποία καταναλίσκεται ἀπὸ αὐτὸ τὸ ἐργοστάσιον. Δίδονται : Ἀτομικὸν βάρος τοῦ ἀργιλίου 27 καὶ τοῦ ὀξυγόνου 16. (Ἀπ. α' 122 .777 τόννοι).

## ΚΑ'— ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΙΣ. ΝΟΜΟΙ ΤΟΥ ΦΑΡΑΝΤΑΪ. ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ

**§ 115. Γενικότητες.** Εἰς τὰ προηγούμενα ἐξητάσαμεν ποιοτικῶς τὸ φαινόμενον τῆς ἠλεκτρολύσεως. Θὰ μελετήσωμεν τὸ ἴδιον φαινόμενον καὶ ποσοτικῶς μετὰ τὴν βοήθειαν τῶν δύο νόμων τῆς ἠλεκτρολύσεως, οἱ ὅποιοι εἶναι γνωστοὶ μετὰ τὸ ὄνομα τοῦ διασήμευ Ἄγγλου Φυσικοῦ Φάρανταιῦ (Michael Faraday).

**§ 116. Πρῶτος νόμος τοῦ Φάρανταιῦ. Πείραμα.** Τοποθετοῦμεν ἐν σειρᾷ μίαν πηγὴν συνεχοῦς ρεύματος, ἓνα συσσωρευτήν, ἓνα διακόπτην καὶ τρία βολτάμετρα μετὰ ἠλεκτρόδια ἀπὸ σίδηρον, τὰ ὅποια περιέχουν διάλυμα καυστικοῦ νατρίου ( $NaOH$ ) (σχ. 117).

Κλείομεν τὸν ἀνοικτὸν διακόπτην τοῦ κυκλώματος καὶ ἀφήνομεν νὰ διέλθῃ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα δι' ἓνα ὥρισμένον διάστημα, ἔστω 15 min, σημειοῦντες ἀνὰ τρία λεπτὰ τὰς ποσότητας τοῦ ὕδρογόνου, αἱ ὁποῖαι ἀπελευθερώνονται. Καταστρώνομεν τοιοῦτοτρόπως τὸν ἀκόλουθον πίνακα.



**MICHAEL FARADAY (1791 - 1867)**  
Διάσημος Ἄγγλος Φυσικὸς καὶ Χημικὸς, ὀνομαστὸς διὰ τὴν μεγάλην πειραματικὴν του ἱκανότητα.

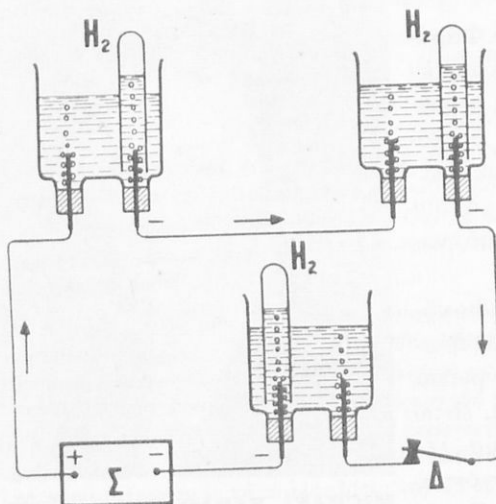
| Χρόνος<br>διελεύσεως<br>ρεύματος<br>εις min | Όγκος υδρογόνου εις cm <sup>3</sup> |                         |                         |
|---------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                                             | 1ον<br>βολτάμε-<br>τρον             | 2ον<br>βολτάμε-<br>τρον | 3ον<br>βολτάμε-<br>τρον |
| 0                                           | 0                                   | 0                       | 0                       |
| 3                                           | 0,5                                 | 0,5                     | 0,5                     |
| 6                                           | 1                                   | 1                       | 1                       |
| 9                                           | 1,5                                 | 1,5                     | 1,5                     |
| 12                                          | 2                                   | 2                       | 2                       |
| 15                                          | 2,5                                 | 2,5                     | 2,5                     |

Μελετώντες τόν ανωτέρω πίνακα διαπιστώνομεν ὅτι : α) Οἱ ὄγκοι τοῦ υδρογόνου, τὸ ὅποιον ἀπελευθερώνεται εἰς τὸ ἴδιον χρονικὸν διάστημα εἰς τὰ τρία βολτάμετρα, εἶναι ἴσοι. β) Οἱ ὄγκοι τοῦ υδρογόνου, τὸ ὅποιον ἀπελευθερώνεται εἰς ἕκαστον ἀπὸ τὰ βολτάμετρα, εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τὴν χρονικὴν διάρκειαν τῆς διελεύσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι :

I. Ἡ ἡλεκτρολυτικὴ δράσις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, εἰς τὸ ἴδιον ἡλεκτρολυτικὸν διάλυμα, εἶναι ἡ ἴδια εἰς ὅλα τὰ σημεῖα τοῦ κυκλώματος.

II. Ἡ ἡλεκτρολυτικὴ δράσις ἐνὸς ὠρισμένου ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν χρονικὴν διάρκειαν διελεύσεως τοῦ ρεύματος, δηλαδὴ πρὸς τὴν ποσότητα τοῦ ἡλεκτρισμοῦ ἢ ὅποια διήλθεν ἀπὸ τὸ βολτάμετρον.



Σχ. 117. Οἱ ὄγκοι τοῦ υδρογόνου, τὸ ὅποιον ἐλευθερώνεται εἰς τὸν ἴδιον χρόνον καὶ εἰς τὰ τρία βολτάμετρα εἶναι ἴσοι.



**Δεύτερος νόμος του Φάρανταιού. Γραμμοϊσοδύναμον ιόντος.** Ἡ ἐπαλήθευσις τοῦ δευτέρου νόμου τῆς ἠλεκτρολύσεως προϋποθέτει τὴν ἐκτέλεσιν πολὺ ἀκριβῶν μετρήσεων καὶ τὴν γνῶσιν ὀρισμένων βασικῶν χημικῶν καὶ φυσικῶν ἐννοιῶν, ὅπως εἶναι τὸ ἀτομικὸν βάρος ἐνὸς στοιχείου, τὸ σθένος ἐνὸς ιόντος, τὸ γραμμοάτομον ἐνὸς στοιχείου καὶ τὸ γραμμοϊσοδύναμον ἐνὸς ιόντος.

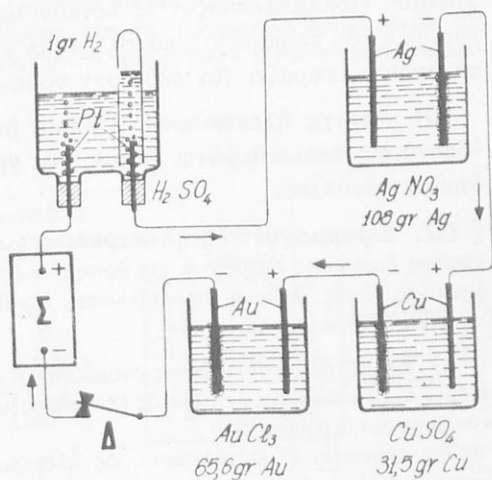
Θὰ περιορισθῶμεν εἰς τὸν ὅρισμόν μόνον τοῦ γραμμοϊσοδυναμοῦ ἐνὸς ιόντος.

**Γραμμοϊσοδύναμον ἐνὸς ιόντος** ὀνομάζεται ποσότης μάζης τοῦ ιόντος, ἐκπεφρασμένη εἰς γραμμάρια καὶ ἴση ἀριθμητικῶς πρὸς τὸ πηλίκον τοῦ γραμμοατόμου τοῦ στοιχείου πρὸς τὸ σθένος τοῦ ιόντος.

**Πείραμα.** Συνδέομεν ἐν σειρά ἑξή τεσσάρα βολτάμετρα, τὰ ὅποια περιέχουν διάλυμα θειικοῦ ὀξέος ( $H_2SO_4$ ), νιτρικοῦ ἀργύρου ( $AgNO_3$ ), θειικοῦ χαλκοῦ ( $CuSO_4$ ) καὶ τρισθενοῦς χλωριούχου χρυσοῦ ( $AuCl_3$ ). Τὰ ἠλεκτρόδια τοῦ πρώτου βολταμέτρου εἶναι ἀπὸ λευκόχρυσον, τοῦ δευτέρου ἀπὸ ἄργυρον, τοῦ τρίτου ἀπὸ χαλκὸν καὶ τοῦ τετάρτου ἀπὸ χρυσοῦ (σχ. 118).

Ἀφοῦ ζυγίσωμεν τὰ ἠλεκτρόδια τοῦ δευτέρου, τρίτου καὶ τετάρτου βολταμέτρου, κλείομεν τὸν διακόπτην τοῦ κυκλώματος καὶ ἀφήνομεν τὸ ἴδιον ἠλεκτρικὸν ρεῦμα νὰ διέλθῃ ἀπὸ τὰ τεσσάρα βολτάμετρα.

Ὅπως μᾶς εἶναι γνωστόν, εἰς τὴν κάθοδον τοῦ πρώτου βολταμέτρου δυνάμεθα νὰ συλλέξωμεν ὕδρογόνον, εἰς τὴν κάθοδον τοῦ δευτέρου βολταμέτρου θὰ ἀποτεθῇ στρῶμα ἀργύρου, εἰς τὴν κάθοδον τοῦ τρίτου βολταμέ-



Σχ. 118. Διὰ τὸν δεῦτερον ποσοτικὸν νόμον τῆς ἠλεκτρολύσεως.

τρου στρώμα χαλκού και εις την κάθοδον του τετάρτου βολταμέτρου στρώμα χρυσοῦ.

Ἄν συνεπῶς ζυγίσωμεν τὰ τρία τελευταῖα ἠλεκτρόδια, ἀφοῦ ἔχει περατωθῇ πλέον ἢ ἠλεκτρόλυσις, θὰ τὰ εὕρωμεν βαρύτερα. Οὕτω θὰ διαπιστώσωμεν, π.χ., ὅτι διὰ 1 mgr ὕδρογόνου, τὸ ὁποῖον ἠλευθερώθη εις τὴν κάθοδον τοῦ πρώτου βολταμέτρου, ἔναπετέθησαν :

α) 108 mgr ἀργύρου = 108/1 mgr Ag εις τὴν κάθοδον τοῦ δευτέρου βολταμέτρου.

β) 31,5 mgr χαλκοῦ = 63/2 mgr Cu εις τὴν κάθοδον τοῦ τρίτου βολταμέτρου, καὶ

γ) 65,7 mgr χρυσοῦ = 197/3 mgr Au εις τὴν κάθοδον τοῦ τετάρτου βολταμέτρου.

Ἐπειδὴ ὅμως ὁ ἄργυρος εἶναι μονοσθενὴς καὶ ἔχει ἀτομικὸν βάρος 108, ὁ χαλκὸς δισθενὴς καὶ ἔχει ἀτομικὸν βάρους 63 καὶ ὁ χρυσοῦς τρισθενὴς μὲ ἀτομικὸν βάρος 197, συμπεραίνομεν ὅτι τὰ πηλίκια :

$$\frac{108}{1} \text{ gr Ag}, \quad \frac{63}{2} \text{ gr Cu}, \quad \frac{197}{3} \text{ gr Au}$$

ἐκφράζουν τὰ γραμμοῖσδύναμα τῶν μετάλλων ἀργύρου, χαλκοῦ καὶ χρυσοῦ. Πολλαπλασιάζοντες λοιπὸν ἐπὶ 1 000 τὰ ἀριθμητικὰ ἀποτελέσματα τοῦ πειράματος, καταλήγομεν εἰς τὸ ἀκόλουθον συμπέρασμα, τὸ ὁποῖον ἐκφράζει τὸν δεῦτερον νόμον τοῦ Φάρανταιν. :

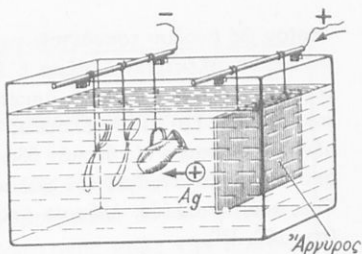
Ἡ ποσότης ἠλεκτρισμοῦ, ἡ ὁποία ἀπελευθερώνει ἓνα γραμμάριον ὕδρογόνου, ἀπελευθερώνει ἐπίσης ἓνα γραμμοῖσδύναμον ἰόντος οἷου-δῆποτε μετάλλου.

**§ 117. Ἐφαρμογαὶ τῆς ἠλεκτρολύσεως.** Ἡ ἠλεκτρόλυσις εὐρίσκει πολλὰ καὶ διαφόρους ἐφαρμογὰς εἰς ὀρισμένους τομεῖς τῆς Τεχνικῆς καὶ τῆς Βιομηχανίας, ὅπως εἶναι ἡ ἐπιμετάλλωσις, ἡ γαλβανοπλαστική, ἡ ἠλεκτρομεταλλουργία, ἡ ἠλεκτροχημεία κλπ.

α) **Ἐπιμετάλλωσις.** Οὕτως ὀνομάζεται ἡ μέθοδος μὲ τὴν ὁποίαν περικαλύπτομεν ἠλεκτρολυτικῶς μεταλλικὰς ἐπιφανείας μὲ ἄλλα μέταλλα, ὅπως π.χ. μὲ χαλκόν, ἄργυρον, χρυσόν, κλπ.

Ἄν πρόκειται δι' ἐπιχάλκωσιν, ὥς ἠλεκτρολυτικὸν ὑγρὸν χρησιμοποιοῦμεν ὕδατικὸν διάλυμα θεικοῦ χαλκοῦ, ὥς κάθοδος τὸ ἀντικείμενον, τὸ ὁποῖον θὰ ἐπιχαλκώσωμεν, καὶ ὥς ἄνοδον μίαν χαλκίνην πλάκα. Ὅπως γνωρίζομεν, εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν μεταφέρεται χαλκὸς ἀπὸ τὴν ἄνοδον εἰς τὴν κάθοδον καὶ ἐπικάθηται κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον εἰς τὸ ἀντικείμενον, τὸ ὁποῖον θέλομεν νὰ ἐπιχαλκώσωμεν.

Εἰς τὴν ἐπαργύρωσιν ὡς ἠλεκτρολυτικὸν ὑγρὸν χρησιμοποιοῦμεν διάλυμα νιτρικοῦ ἀργύρου, ὡς κάθοδον τὸ ἀντικείμενον τὸ ὁποῖον πρόκειται νὰ ἐπαργυρωθῇ καὶ ὡς ἄνοδον πλάκα ἀπὸ ἄργυρον. Ὅταν κλείσωμεν τὸ κύκλωμα, δημιουργεῖται μεταφορὰ ἀργύρου ἀπὸ τὴν ἄνοδον εἰς τὴν κάθοδον καὶ τοιουτοτρόπως ἐπαργυρῶνεται τὸ ἀντικείμενον (σχ. 119).



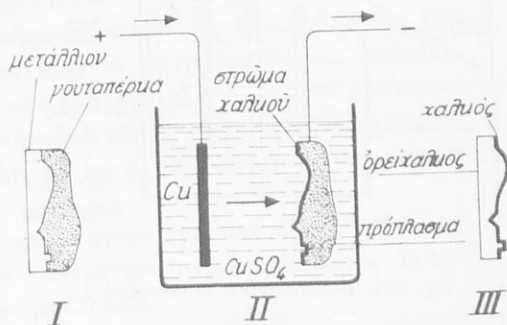
Γενικῶς εἰς τὴν ἐπιμετάλλωσιν, χρησιμοποιοῦμεν ὡς ἠλεκτρολυτικὸν ὑγρὸν διάλυμα καταλλήλου ἁλατος τοῦ μετάλλου μὲ τὸ ὁποῖον θέλωμεν νὰ ἐπικαλύψωμεν τυχὸν ἀντικείμενον, ἔστω μὲ ἄλλας χρωμίου ἂν πρόκειται νὰ ἐκτελέσωμεν ἐπιχρωμίωσιν, ὡς κάθοδον τὸ ἀντικείμενον καὶ ὡς ἄνοδον πλάκα καθαροῦ μετάλλου (δηλαδὴ πλάκα χρωμίου).

Σχ. 119. Διάταξις ἐπιμεταλλώσεως. Τὴν κάθοδον ἀποτελοῦν τὰ πρὸς ἐπιμετάλλωσιν ἀντικείμενα.

Ἡ ἐπιμετάλλωσις χρησιμοποιεῖται εἰς τὴν κοσμηματοποιίαν (ἐπαργύρωσις, ἐπιχρῶσιν), ὅπως ἐπίσης εἰς τὴν Τεχνικὴν καὶ εἰς τὴν Βιομηχανίαν, διὰ τὴν προστάσιαν ὀρίσμένων μεταλλικῶν ἀντικειμένων ἀπὸ τὴν ὀξειδῶσιν ἢ διὰ νὰ προσδώσωμεν εἰς αὐτὰ μίαν μόνιμον στιλπνότητα.

**β) Γαλβανοπλαστική.** Χρησιμεύει κυρίως εἰς τὴν παραγωγὴν χαλκίνων ἐκμαγείων καὶ ἐπιτρέπει τὴν ἀναπαραγωγὴν μικρῶν ἀγαλμάτων, μεταλλίων, τυπογραφικῶν κλισέ, φωτογραφικῶν δίσκων, κλπ. καὶ γενικώτερον ἀντικειμένων, τῶν ὁποίων ἡ ἐπιφάνεια παρουσιάζει μίαν ἀνάγλυφον μορφήν, ἡ ὁποία πρέπει νὰ ἀποδοθῇ μὲ πιστότητα.

Εἰς τὴν γαλβανοπλαστικὴν ἐργαζόμεθα ὡς ἐξῆς. Θερμαίνομεν γουτταπέρκαν, ἡ ὁποία γίνεται τότε εὐπλαστός καὶ λαμβάνομεν τὸ ἄρνητικὸν ἀποτύπωμα τῆς ὄψεως τοῦ ἀντικειμένου, ἔστω ἐνὸς μετάλλου (σχ. 120, I). Ἀφήνομεν κατόπιν τὴν γουτταπέρκαν νὰ ψυχθῇ καὶ νὰ ἐπαναποκτήσῃ τὴν σκληρότητά της, τὴν περικαλύπτομεν μὲ λεπτὸν στρώμα γραφίτου, διὰ νὰ τὴν καταστήσωμεν ἀγώγιμον εἰς τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῖμα, καὶ τὴν χρησιμοποιοῦμεν ὡς κάθοδον εἰς διάλυμα θεϊκοῦ χαλκοῦ, εἰς τὸ

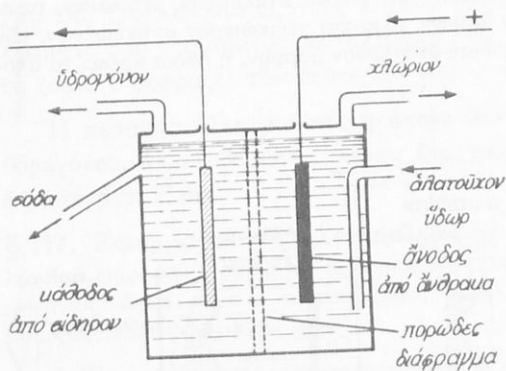


Σχ. 120. Γαλβανοπλαστική. (I) Ἐκμαγεῖον τοῦ ἀντικειμένου. (II) Ἐπιχάλκωσις. (III) Ἀντίγραφον.

όποιον ως άνοδον τοποθετούμεν πλάκα από καθαρόν χαλκόν. Κατόπιν αφήνομεν νά διέλθῃ ἡλεκτρικόν ρεύμα δ' ἓνα ἄρκετον χρονικόν διάστημα, ὁπότε ἐναποτίθεται ἓνα στρώμα χαλκοῦ, ἄρκετοῦ πάχους, εἰς τὸ ἀρνητικόν ἀποτύπωμα τοῦ μεταλλίου (σχ. 120 II). Ἀκολουθῶς διακόπτομεν τὸ ρεύμα καὶ βυθίζομεν τὸ ἐπιχαλκωμένον ἀποτύπωμα εἰς θερμὸν ὕδωρ, ὁπότε τήκεται ἡ γουταπέρκα καὶ ἀποχωρίζεται ἀπὸ αὐτὴν τὸ στρώμα τοῦ χαλκοῦ, ἐπὶ τοῦ ὁποίου εἶναι ἀποτυπωμένη ἡ θετικὴ ὄψις τοῦ μεταλλίου, ἡ ὁποία ἀποτελεῖ τοιοῦτοτρόπως πιστὸν ἐκείνου ἀντίγραφον (σχ. 120, III).

**γ) Ἡλεκτρομεταλλουργία.** Διάφορα μέταλλα παρασκευάζονται ἡλεκτρολυτικῶς ἀπὸ τὰ ἅλατά των, τὰ ὀξειδιά των, ἢ τὰ ὑδροξείδιά των. Μὲ τὴν μέθοδον αὐτὴν κατορθώνομεν νά παρασκευάσωμεν μέταλλα εἰς μεγάλον βαθμὸν καθαρότητος. Οὕτω παρασκευάζομεν ἀργίλιον (ἀλουμίνιον) μὲ βαθμὸν καθαρότητος 99 μέχρις 99,8% ἀπὸ ἀλουμίναν (ὀξειδίου τοῦ ἀργιλίου  $Al_2O_3$ ), νάτριον ἀπὸ καυστικὴν σόδαν (ὑδροξείδιον τοῦ νατρίου  $NaOH$ ), μαγνήσιον ἀπὸ χλωριοῦχον μαγνήσιον ( $MgCl_2$ ), ψευδάργυρον ἀπὸ θεικόν ψευδάργυρον ( $ZnSO_4$ ), κλπ.

**δ) Ἡλεκτροχημεία.** Πολυάριθμα σώματα παρασκευάζονται βιομηχανικῶς μὲ ἡλεκτρολυτικὴν μέθοδον. Οὕτως ἡλεκτρολύοντες διάλυμα καυστικῆς σόδας καὶ χρησιμοποιοῦντες ἡλεκτρόδια ἀπὸ σίδηρον, παρασκευάζομεν ὑδρογόνον καὶ ὀξυγόνον.



Σχ. 121. Βιομηχανικὴ παρασκευὴ τῆς σόδας.

Ἡλεκτρολύοντες ὕδατικὸν διάλυμα μαγειρικοῦ ἁλατος ( $NaCl$ ), λαμβάνομεν χλωρίον εἰς τὴν ἄνοδον καὶ καυστικὴν σόδαν εἰς τὴν κάθοδον. Διὰ νά ἀποτρέψωμεν τὴν ἐπαφὴν τοῦ χλωρίου μὲ τὴν σόδαν, χρησιμοποιοῦμεν εἰδικὰ βολτᾶμετρα (σχ. 121), τὰ ὁποῖα χωρίζονται εἰς δύο μέρη ἀπὸ ἓνα πορώδες διάφραγμα. Τὸ διάλυμα τῆς σόδας συλλέγεται καὶ κατόπιν συμπυκνώνεται μὲ ἐξάμισιν.

Ἐάν ἀφαιρέσωμεν τὸ διάφραγμα καὶ ἀφήσωμεν εἰς ἐπαφὴν τὸ διαλελυμένον χλωρίον καὶ τὴν σόδαν, λαμβάνομεν τὸ λεγόμενον ὕδωρ τοῦ Ζαβέλ (eau de Javel).

1. Οἱ ποσοτικοὶ νόμοι τῆς ἠλεκτρολύσεως εἶναι γνωστοὶ συνήθως ὡς νόμοι τοῦ Φάρανταϊῦ.

2. Ὁ πρῶτος νόμος τῆς ἠλεκτρολύσεως ἐκφράζει ὅτι : Ἡ ἠλεκτρολυτικὴ δρᾶσις ἐνὸς ἠλεκτρικοῦ ρεύματος εἶναι ἡ ἰδίᾳ εἰς ὅλα τὰ σημεία τοῦ κυκλώματος καὶ ἀνάλογος πρὸς τὴν ποσότητα τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἡ ὁποία διαρρέει τὸ βολτάμετρον.

3. Ὁ δεῦτερος νόμος τῆς ἠλεκτρολύσεως ἐκφράζει ὅτι : Ὅταν ἓνα ὠρισμένον ἠλεκτρικὸν ρεῦμα διαρρέει διαφορετικούς ἠλεκτρολύτας, ἡ μᾶζα τοῦ μετάλλου ἢ τοῦ ὑδρογόνου, τὰ ὁποῖα ἐλευθερώνονται εἰς τὴν κάθοδον ἐκάστου βολταμέτρου, εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ γραμμοῖσοδύναμον τοῦ ἰόντος τοῦ μετάλλου.

4. Ἡ ἠλεκτρόλυσις εὐρίσκει πολλὰς καὶ ποικίλλας ἐφαρμογὰς, ὅπως εἶναι ἡ ἐπιμετάλλωσις, ἡ γαλβανοπλαστική, ἡ ἠλεκτρομεταλλουργία καὶ ἡ ἠλεκτροχημεία.

5. Ἡ ἐπιμετάλλωσις χρησιμοποιεῖται εἰς τὴν κοσμηματοποιῖαν καὶ χρυσοχοίαν διὰ τὴν ἐπικάλυψιν διαφόρων κοσμημάτων με στρῶμα χρυσοῦ (ἐπιχρύσωσις) ἢ ἀργύρου (ἐπαργύρωσις) καὶ εἰς τὴν Τεχνικὴν διὰ τὴν προφύλαξιν ὠρισμένων μετάλλων ἀπὸ τὴν ὀξειδωσιν. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἐκτελοῦμεν ἐπιμετάλλωσιν με ἀνοξειδῶτα μέταλλα, ὅπως εἶναι τὸ νικέλιον καὶ τὸ χρώμιον. Εἰς τὴν ἐπιμετάλλωσιν ἠλεκτρολύομεν ἓνα ἄλλας τοῦ μετάλλου, με τὸ ὁποῖον πρόκειται νὰ ἐπικαλύψωμεν ἓνα ἀντικείμενον, χρησιμοποιοῦντες τὸ ἀντικείμενον ὡς κάθοδον, ἐνῶ ὡς ἄνοδον τοποθετοῦμεν καθαρὰν πλάκαν ἐκ τοῦ μετάλλου.

6. Ἡ γαλβανοπλαστικὴ εἶναι εἶδος ἐπιχαλκώσεως καὶ ἐπιτρέπει τὴν ἀναπαραγωγὴν, με μεγάλην πιστότητα, ἀναγλύφων ἐπιφανειῶν.

7. Εἰς τὴν ἠλεκτρομεταλλουργίαν παρασκευάζομεν μέταλλα, με πολὺν μεγάλον βαθμὸν καθαρότητος, ἠλεκτρολύοντες ἅλατα, ὀξειδία ἢ ὑδροξειδία τῶν μετάλλων.

8. Εἰς τὴν ἠλεκτροχημείαν παρασκευάζομεν πολυάριθμα σώματα βιομηχανικῶς με ἠλεκτρολυτικὴν μέθοδον, ὅπως ὑδρογόνον, ὀξυγόνον, χλώριον, καυστικὴν σόδα κλπ.

**ΚΕ'—ΠΟΣΟΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ. ΜΟΝΑΣ ΚΟΥΛΟΜΠ.  
ΕΝΤΑΣΙΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ.  
ΜΟΝΑΣ ΑΜΠΕΡ.**

**§ 118. Ποσότης ηλεκτρισμοῦ. Πείραμα.** Συνδέομεν ἐν σειρᾷ τρία διαφορετικὰ βολτάμετρα, τὰ ὅποια περιέχουν ἀραιὸν ὕδατικὸν διάλυμα θειικοῦ ὀξέος ( $H_2SO_4$ ) καὶ ἔχουν ἠλεκτρόδια ἀπρόσβλητα ἀπὸ τὸ ὀξύ (π.χ. ἀπὸ λευκόχρυσον) (σχ. 122).

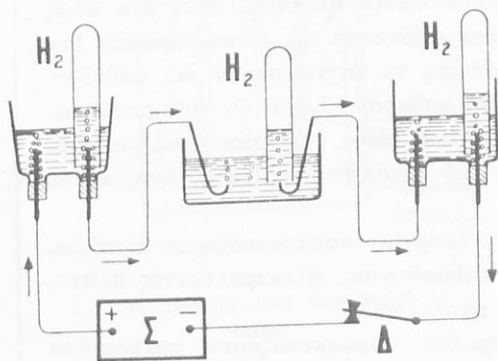
Τὰ βολτάμετρα διαφέρουν πολὺ εἰς τὰς διαστάσεις καὶ εἰς τὴν μορφήν, τόσον τῶν δοχείων ὅσον καὶ τῶν ἠλεκτροδίων, καθὼς καὶ εἰς τὰς ἀποστάσεις μεταξὺ τῶν ἠλεκτροδίων. Ἡ ποσότης ἐπίσης τοῦ ὀξυνισμένου ὕδατος δὲν εἶναι ἡ ἴδια καὶ εἰς τὰ τρία βολτάμετρα.

Καλύπτομεν τὰς καθόδους τῶν βολταμέτρων μὲ ὀγκομετρικοὺς σωλῆνας καὶ κλείομεν τὸ κύκλωμα. Καθὼς γνωρίζομεν ἀπελευθερώνεται ὕδρογόνον, τὸ ὁποῖον συλλέγεται εἰς τοὺς ἀνεστραμμένους ὀγκομετρικοὺς σωλῆνας.

Μετὰ ἀπὸ μικρὸν χρονικὸν διάστημα διακόπτομεν τὸ κύκλωμα, ὁπότε παρατηροῦμεν ὅτι οἱ ὄγκοι τοῦ ὕδρογόνου, οἱ ὅποιοι ἀπελευθερώθησαν εἰς ἕκαστον βολτάμετρον, εἶναι ἴσοι.

Ἐὰν πραγματοποιήσωμεν ἕνα ἀνάλογον μὲ τὸ ἀνωτέρω πείραμα, χρησιμοποιήσωμεν ὡς ἠλεκτρολύτην νιτρικὸν ἄργυρον ( $AgNO_3$ ) καὶ μὲ τελείως διαφορετικὰ βολτάμετρα, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι αἱ ποσότητες τοῦ ἀργύρου, αἱ ὁποῖαι ἀποτίθενται εἰς τὰς καθόδους καὶ τῶν τριῶν βολταμέτρων εἶναι καὶ πάλιν ἴσαι.

Ἐπίσης ἐὰν χρησιμοποιήσωμεν βολτάμετρα μὲ ἠλεκτρολύτην θειικὸν χαλκὸν ( $CuSO_4$ ), θὰ διαπιστώσωμεν ὅτι αἱ μᾶζαι τοῦ χαλκοῦ, αἱ ὁποῖαι ἀπο-



Σχ. 122. Οἱ ὄγκοι τοῦ ὕδρογόνου, οἱ ὅποιοι ἐλευθερώνονται ἀπὸ τὰ τρία βολτάμετρα εἶναι ἴσοι.

τίθενται εις τὰς καθόδους εἶναι καὶ πάλιν ἴσαι μεταξύ των.

**§ 119. Ἐξήγησις τοῦ φαινομένου.** Ἐννοία τῆς ποσότητος τοῦ ἠλεκτρισμοῦ. Εἰς τὰ τρία βολτάμετρα τοῦ προηγουμένου πειράματος ἡ ἀπελευθέρωσις τοῦ ὑδρογόνου ὀφείλεται εἰς τὴν διέλευσιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

Ἐφ' ὅσον οἱ ὄγκοι τοῦ ὑδρογόνου, τὸ ὁποῖον συλλέγεται εἰς τοὺς ὀγκομετρικοὺς σωλῆνας, ἢ αἱ μᾶζαι τῶν μετάλλων, αἱ ὁποῖαι ἀποτίθενται εἰς τὴν κάθοδον εἶναι ἴσα, εἶναι λογικὸν νὰ ὑποθέσωμεν ὅτι αὐτὸ συμβαίνει διότι τὰ βολτάμετρα διαρρέονται, ἀπὸ τὴν ἰδίαν ποσότητα ἠλεκτρισμοῦ. Δηλαδή ἡ ποσότης ἠλεκτρισμοῦ εἶναι ἐκείνη ἡ ὁποία καθορίζει τὸν ὄγκον τοῦ ὑδρογόνου, ὁ ὁποῖος ἀπελευθερώνεται, ἢ τὴν μᾶζαν τοῦ μετάλλου ἣτις ἀποτίθεται εἰς τὴν κάθοδον.

Δι' αὐτὸ λέγομεν ὅτι :

Ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ἡ ὁποία μεταφέρεται ἀπὸ τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸν ὄγκον τοῦ ὑδρογόνου, τὸ ὁποῖον ἀπελευθερώνεται, ἢ πρὸς τὴν μᾶζαν τοῦ μετάλλου, τὸ ὁποῖον ἀποτίθεται εἰς τὴν κάθοδον.

Δηλαδή ὅταν ὁ ὄγκος τοῦ ὑδρογόνου ἢ ἡ μᾶζα τοῦ μετάλλου εἶναι διπλασία, τριπλασία, τετραπλασία, κλπ. αὐτὸ σημαίνει ὅτι ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ἡ ὁποία διῆλθεν ἀπὸ τὸ βολτάμετρον, εἶναι δύο, τρεῖς, τέσσαρας φορές μεγαλύτερα, κλπ.

Μονάδες τῆς ποσότητος τοῦ ἠλεκτρισμοῦ. Ὡς μονὰς διὰ τὴν μέτρησιν τῆς ποσότητος τοῦ ἠλεκτρισμοῦ χρησιμοποιεῖται τό :

### 1 Κουλόμπ (1 Coulomb, 1Cb)

Τὸ 1 Κουλόμπ (1 Cb) εἶναι ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ἡ ὁποία, ὅταν διέλθῃ μέσα ἀπὸ ἓνα βολτάμετρον μὲ νιτρικὸν ἄργυρον ( $\text{AgNO}_3$ ), ἀποθέτει εἰς τὴν κάθοδον ποσότητα 1,118 mgr ἄργυρου.

**Ἀριθμητικὴ ἐφαρμογή.** Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ἡ ὁποία ἀποθέτει 0,274 gr ἄργυρου εἰς τὴν κάθοδον ἑνὸς βολταμέτρου μὲ νιτρικὸν ἄργυρον.

**Λύσις.** Ἐφ' ὅσον τὰ 1,118 mgr ἄργυρου ἐλευθερώνονται εἰς τὴν κάθοδον ἀπὸ 1 Cb, τὰ 0,274 gr = 274 mgr θὰ ἐλευθερώνονται ἀπὸ ποσότητα ἠλεκτρισμοῦ ἴσην πρὸς :

$$\frac{274}{1,118} \text{ Cb} = 245 \text{ Cb}$$



**§ 120.** "Έντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Πολλὰς φορές χρειάζεται νὰ γνωρίζωμεν τὴν *παροχὴν* μιᾶς σωληνώσεως εἰς τὸ δίκτυον ὑδρεύσεως ἢ εἰς τὸ δίκτυον τοῦ φωταερίου. Ἐνδιαφέρει δηλαδὴ νὰ γνωρίζωμεν πόσα κυβικὰ μέτρα ὕδατος ἢ αἰρίου διέρχονται ἀπὸ μίαν τυχαίαν διατομὴν τοῦ δικτύου εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου.

Ἀναλόγως πρὸς τὰ ἀνωτέρω τὴν ἡλεκτρικὴν παροχὴν ἐνὸς ἀγωγοῦ ὁ ὁποῖος διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, ὀνομάζομεν **έντασιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος** καὶ τὴν συμβολίζομεν μὲ *i*.

Ἡ έντασις *i* τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει ἓνα ἀγωγόν, εἶναι ἡ ἰδίᾳ εἰς ὅλα τὰ σημεῖα ἐνὸς ἀπλοῦ κλειστοῦ κυκλώματος.

**Μονὰς έντάσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.** Ἡ μονὰς έντάσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος εἶναι τὸ **1 Ἀμπέρ (Ampère)** καὶ συμβολίζεται μὲ **1 A** ἢ **1 Amp**.

Τὸ **1 Ἀμπέρ (1 A, 1 Amp)** εἶναι ἴσον μὲ τὴν έντασιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον ἐντὸς ἐνὸς δευτερολέπτου ἀποθέτει εἰς τὴν κάθοδον ἐνὸς βολταμέτρου μὲ νιτρικὸν ἄργυρον, μᾶζαν **1,118 mgr** ἀργύρου.

Ἀπὸ τὸν ἀριθμὸ τῆς μονάδος Ἀμπέρ παρατηροῦμεν ὅτι τὸ **1 Ἀμπέρ** δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς ἡ έντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον μεταφέρει ἐντὸς ἐνὸς δευτερολέπτου ποσότητα ἡλεκτρισμοῦ ἴσην πρὸς **1 Κουλόμπ**.

Ὑποπολλαπλάσιον τῆς μονάδος Ἀμπέρ εἶναι τὸ **1 μιλιαμπέρ (1 milliampère)**, τὸ ὁποῖον συμβολίζεται μὲ **1 mA** καὶ τὸ **1 μικροαμπέρ (1 microampère)**, τὸ ὁποῖον συμβολίζεται μὲ **1 μA**. Εἶναι δέ :

$$1 \text{ mA} = \frac{1}{1.000} \text{ A} = 10^{-3} \text{ A}$$

$$1 \text{ μA} = \frac{1}{1\,000\,000} \text{ A} = 10^{-6} \text{ A}$$

**§ 121.** Σχέσις μεταξὺ ποσότητος ἡλεκτρισμοῦ καὶ έντάσεως ρεύματος. Ἐφ' ὅσον ἡλεκτρικὸν ρεῦμα έντάσεως **1 Ἀμπέρ** μεταφέρει ἐντὸς ἐνὸς δευτερολέπτου ποσότητα ἡλεκτρισμοῦ ἴσην πρὸς **1 Κουλόμπ**, ἡλεκτρικὸν ρεῦμα έντάσεως *i* Ἀμπέρ θὰ μεταφέρῃ ἐντὸς χρόνου *t* δευτερολέπτων ποσότητα ἡλεκτρισμοῦ *q* Κουλόμπ, ἡ ὁποία θὰ εἶναι ἴση πρὸς :

$$q = i \cdot t$$



**Ἀριθμητικὸν παράδειγμα.** Πόσον ἠλεκτρικὸν φορτίον μεταφέρει ἐντὸς χρόνου 2 min ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 5 A.

**Λύσις.** Ἀπὸ τὴν σχέσιν  $q = i \cdot t$ , ἀντικαθιστῶντες τὰ σύμβολα μὲ τὰς τιμὰς των, δηλαδὴ  $i = 5A$ ,  $t = 2 \text{ min} = 2 \cdot 60 \text{ sec} = 120 \text{ sec}$ , λαμβάνομεν :

$$q = 5 \cdot 120 \text{ Cb} = 600 \text{ Cb}.$$

**§ 122. Σύστημα μονάδων M.K.S.A.** Ἐὰν εἰς τὰς θεμελιώδεις μονάδας τοῦ συστήματος M.K.S. προσθέσωμεν ὡς θεμελιώδη μονάδα καὶ τὸ Ἀμπέρ, δημιουργεῖται ἓνα γενικώτερον σύστημα μονάδων, τὸ ὁποῖον περιλαμβάνει καὶ τὰς μονάδας τὰς ὁποίας χρησιμοποιοῦμεν εἰς τὸν Ἠλεκτρισμὸν καὶ ὀνομάζεται **Σύστημα M.K.S.A.** ἢ **Σύστημα Τζιόρτζι (Giorgi)**.

Τὸ σύστημα αὐτὸ τῶν μονάδων βασίζεται εἰς τὰς τέσσαρας θεμελιώδεις μονάδας : μέτρον, χιλιόγραμμα, δευτερόλεπτον καὶ Ἀμπέρ.

**§ 123. Ποσότης ἠλεκτρισμοῦ ἀπαραίτητος διὰ τὴν ἀπελευθέρωσιν ἑνὸς γραμμοῖσοδυνάμου οἰουδήποτε μετάλλου.** Ἀπὸ τὸν ὅρισμὸν τῆς μονάδος διὰ τὴν ποσότητα τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, γνωρίζομεν ὅτι 1 Cb ἐλευθερῶνει 1,118 mgr (0,001 118 gr) ἀργύρου εἰς μίαν ἠλεκτρόλυσιν διαλύματος νιτρικοῦ ἀργύρου ( $\text{AgNO}_3$ ).

Ἐπομένως διὰ νὰ ἀπελευθερωθῇ ἓνα γραμμοῖσοδύναμον ἀργύρου, δηλαδὴ μᾶζα 108 gr τοῦ μετάλλου, πρέπει νὰ διέλθῃ ποσότης ἠλεκτρισμοῦ ἴση πρὸς :

$$q = \frac{108}{0,001\,118} \text{ Cb} = 96\,500 \text{ Cb}$$

Αὕτῃ ἡ ἰδίᾳ ποσότης ἠλεκτρισμοῦ ἀπελευθερῶνει ἐπίσης 64/2 gr = 32 gr χαλκοῦ, 197/3 gr = 65,6 gr χρυσοῦ ἢ 1 gr ὕδρογόνου, δηλαδὴ ποσότητος ἴσας πρὸς ἓνα γραμμοῖσοδύναμον τῶν ἀντιστοιχῶν μετάλλων ἢ ἓνα γραμμάριον ὕδρογόνου. Ὡστε :

Ποσότης ἠλεκτρισμοῦ ἴση πρὸς 96 500 Cb ἀπελευθερῶνει εἰς τὴν καθόδον, κατὰ τὴν διάρκειαν μιᾶς ἠλεκτρολύσεως, μᾶζαν ἴσην πρὸς ἓνα γραμμοῖσοδύναμον οἰουδήποτε μετάλλου ἢ ἓνα γραμμάριον ὕδρογόνου.

**§ 124. Γενίκευσις.** Τύπος τοῦ Φάρανταϊῦ. Ὑποθέτομεν ὅτι ἠλεκτρι-

κὸν ρεῦμα ἐντάσεως  $i$  Ἀμπέρ διαρρέει, ἐπὶ χρονικὸν διάστημα  $t$  sec, ἓνα βολτάμετρον. Θὰ ὑπολογίσωμεν τὴν μᾶζαν  $m$ , εἰς γραμμάρια, τοῦ μετάλλου τὸ ὁποῖον ἀποτίθεται εἰς τὴν κάθοδον, γνωρίζοντες τὸ ἀτομικὸν βάρος  $A$  τοῦ μετάλλου καὶ τὸ σθένος  $n$  τοῦ ἰόντος του.

Γνωρίζομεν ὅτι ποσότης ἡλεκτρισμοῦ ἴση πρὸς 96 500 Cb ἀπελευθερώνει εἰς τὴν κάθοδον ἑνὸς βολταμέτρου ἓνα γραμμοῖσοδύναμον τοῦ μετάλλου, δηλαδὴ μᾶζαν ἴσην πρὸς  $A)n$  γραμμάρια.

Ἐπομένως 1 Cb ἀπελευθερώνει μᾶζαν ἴσην πρὸς :

$$\frac{1}{96\,500} \cdot \frac{A}{n} \text{ gr}$$

καὶ συνεπῶς ποσότης ἡλεκτρισμοῦ  $q$  Cb θὰ ἀποθέσῃ μᾶζαν  $m$  τοῦ μετάλλου ἴσην πρὸς :

$$m = \frac{1}{96\,500} \cdot \frac{A}{n} \cdot q$$

Ἐπειδὴ ὁμως ἰσχύει ἡ σχέσις  $q = i \cdot t$ , ὁ ἀνωτέρω τύπος γράφεται καὶ ὡς ἑξῆς :

$$m = \frac{1}{96\,500} \cdot \frac{A}{n} \cdot i \cdot t$$

**§ 125. Ἀμπερώρα.** Ἄλλη μονὰς ποσότητος ἡλεκτρισμοῦ. Τὸ Κουλόμπ εἶναι μία πολὺ μικρὰ μονάδα καὶ δ' αὐτὸν τὸν λόγον εἰς τὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς προτιμῶμεν νὰ χρησιμοποιῶμεν ὡς μονάδα ποσότητος ἡλεκτρισμοῦ τὴν 1 ἄμπερόμετρον (1 Ah).

Ἡ ἄμπερώρα (1 Ah) εἶναι ἴση μὲ τὴν ποσότητα τοῦ ἡλεκτρισμοῦ, ἡ ὁποία μεταφέρεται ἐντὸς μιᾶς ὥρας ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ἐντάσεως ἑνὸς Ἀμπέρ.

Ἐπομένως θὰ εἶναι :

$$1 \text{ Ah} = 1 \text{ A} \cdot 1 \text{ h} = 1 \cdot \text{A} \cdot 3\,600 \text{ sec} = 3\,600 \text{ Cb.}$$

Δηλαδή :

$$1 \text{ Ah} = 3\,600 \text{ Cb}$$

Οὕτω λέγομεν, π.χ. ὅτι ἓνας συσσωρευτὴς ἔχει χωρητικότητα 90 Ah, ἂν εἶναι εἰς θέσιν νὰ τροφοδοτηθῇ μὲ ρεῦμα 3 A ἐπὶ 30 h ἓνα κύκλωμα ἢ νὰ τροφοδοτῇ μὲ ρεῦμα 9 A ἐπὶ 10 h, κλπ.

**Ἀριθμητικὸν παράδειγμα.** Συσσωρευτὴς παράγει ρεῦμα ἐντάσεως 2,4 A ἐπὶ 15 συνεχεῖς ὥρας. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ χωρητικότης τοῦ συσσωρευτοῦ εἰς ἀμπερ-ὥρας (δηλαδὴ ἡ ποσότης τοῦ ἡλεκτρισμοῦ τὸν ὁποῖον εἶναι εἰς θέσιν νὰ ἀποδώσῃ).

Λύσις. Ἀντικαθιστῶντες εἰς τὸν τύπον  $q = i \cdot t$ , (ὅπου  $q$  ἡ ποσότης τοῦ ἡλεκτρισμοῦ τὴν ὁποίαν εἶναι εἰς θέσιν νὰ ἀποδώσῃ ὁ συσσωρευτὴς,  $i$  ἡ ἔντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματός του καὶ  $t$  ὁ χρόνος εἰς ὥρας, ἐντὸς τοῦ ὁποίου ἀποδίδεται τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον) τὰ σύμβολα μὲ τὰς ἀριθμητικὰς τῶν τιμὰς, λαμβάνομεν:

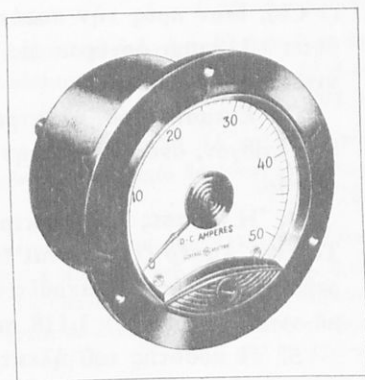
$$q = i \cdot t = 2,4A \cdot 15 h = 36 Ah$$

**§ 126. Μέτρησις τῆς ἐντάσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἀμπερόμετρα.** Ἡ ἔντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος δύναται νὰ μετρηθῇ βεβαίως μὲ ἓνα βολτάμετρον νιτρίκου ἀργύρου.

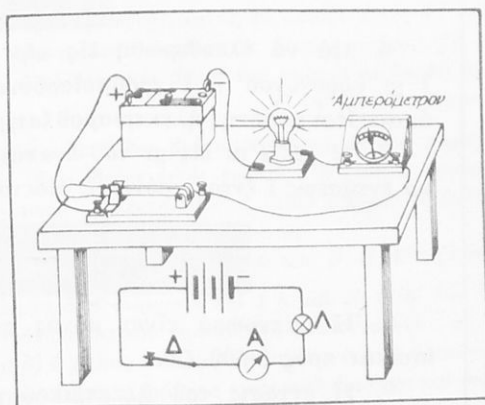
Ἡ ἐργασία αὕτη ὅμως δὲν εἶναι οὔτε σύντομος, οὔτε εὐκόλος. Πρέπει νὰ ζυγίσωμεν τὴν κάθοδον πρὶν καὶ μετὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν, νὰ γνωρίζωμεν τὴν διάρκειαν τῆς ἡλεκτρολύσεως καὶ νὰ ἐκτελέσωμεν ὑπολογισμούς.

Δι' αὐτὸν τὸν λόγον προτιμῶμεν ἓνα ἄλλον εἶδος ὀργάνων μὲ ἀπ' εὐθείας ἀνάγνωσιν, τῶν ὁποίων ἡ λειτουργία στηρίζεται εἰς τὰ μαγνητικὰ ἢ θερμικὰ ἀποτελέσματα τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Τὰ ὄργανα αὐτὰ ονομάζονται **ἀμπερόμετρα** (σχ. 123).

Τὰ ἀμπερόμετρα παρεμβάλλονται, ὅπως λέγομεν εἰς τὸ κύκλωμα, τοποθετοῦνται δηλαδὴ ἐν σει-



Σχ. 123. Ἐξωτερικὴ ὄψις συνήθους ἀμπερομέτρου.



Σχ. 124. Εἰς οἰανδήποτε θέσιν τοῦ κυκλώματος παρεμβληθῇ, τὸ ἀμπερόμετρον παρέχει τὴν ἰδίαν ἔνδειξιν.

ρᾶ ὁμοῦ μὲ τὰς διαφόρους συσκευὰς (βολτάμετρα, διακόπτας, κινητήρας, κλπ.), ὅπως δεικνύεται εἰς τὸ σχ. 124.

### ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Ἡ ποσότης τοῦ ἡλεκτρισμοῦ εἶναι μετρήσιμον μέγεθος.
2. Μονὰς ποσότητος τοῦ ἡλεκτρισμοῦ εἶναι τὸ Κουλόμπ (1 Cb), ἴσον πρὸς τὴν ποσότητα τοῦ ἡλεκτρισμοῦ ἡ ὁποία ἀποθέτει 1,118 mgr ἀργύρου εἰς τὴν κάθοδον ἑνὸς βολταμέτρου μὲ νιτρικὸν ἄργυρον.
3. Ἐντασιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει ἓνα ἀγωγόν, ὀνομάζομεν τὴν παροχὴν τοῦ ἀγωγοῦ εἰς ἡλεκτρικὰ φορτία.
4. Ἡ ἔντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος μετρεῖται εἰς Ἄμπερ. Τὸ ἓνα Ἄμπερ (1 A) εἶναι ἴσον μὲ τὴν ἔντασιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον ἀποθέτει εἰς τὴν κάθοδον ἑνὸς βολταμέτρου μὲ νιτρικὸν ἄργυρον 1,118 mgr ἀργύρου ἀνὰ δευτερόλεπτον.
5. Ἡ ποσότης τοῦ ἡλεκτρισμοῦ εἰς Κουλόμπ, ἡ ὁποία μεταφέρεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως  $i$  Ἄμπερ ἐντὸς χρόνου  $t$  sec, δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν :

$$q = i \cdot t$$

6. Διὰ νὰ ἐλευθερωθῇ εἰς τὴν κάθοδον ἑνὸς βολταμέτρου 1 gr ὕδρογόνου ἢ 1 γραμμοῖσοδύναμον οἰοῦδήποτε μετάλλου, ἀπαιτεῖται ποσότης ἡλεκτρισμοῦ ἴση μὲ 96 500 Cb.

7. Ἡ μᾶζα  $m$  εἰς gr τοῦ ἐναποτιθεμένου μετάλλου ἀπὸ ρεῦμα ἐντάσεως  $i$  ἐντὸς χρόνου  $t$ , δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν

$$m = \frac{1}{96\,500} \cdot \frac{A}{n} \cdot i \cdot t$$

8. Ἡ ἀμπερώρα εἶναι μονὰς ποσότητος ἡλεκτρισμοῦ καὶ ἴσουται πρὸς 3 600 Cb.

9. Ἡ ἔντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος μετρεῖται μὲ ἓνα ἀμπερόμετρον, τὸ ὁποῖον συνδέεται πάντοτε ἐν σειρᾷ μὲ τὰς ἄλλας συσκευὰς τοῦ κυκλώματος.

**101.** "Ένα βολτάμετρον περιέχει νιτρικόν άργυρον. Έάν κατά την ηλεκτρόλυσιν αποτίθεται εις την κάθοδον 3,6 gr άργύρου, να υπολογισθῇ ἡ ποσότης τοῦ ηλεκτρισμοῦ, ἡ ὁποία διαρρέει τὸ βολτάμετρον (ατομικὸν βάρος άργύρου 108).  
(<sup>ο</sup>Απ. 3216,6 Gb.)

**102.** Να υπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον ἐντὸς μᾶς ὥρας ἀποθέτει 19 gr άργύρου εις την κάθοδον ἐνὸς βολταμέτρον, περιέχοντος νιτρικὸν άργυρον.  
(<sup>ο</sup>Απ. 4,7 περίπου.)

**103.** Να υπολογισθῇ ὁ χρόνος ὁ ὁποῖος ἀπαιτεῖται διὰ τὰ ἀποτεθοῦν 9 gr άργύρου, εις την κάθοδον ἐνὸς βολταμέτρον, ἐάν ηλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 10 A διέρχεται ἀπὸ διάλυμα νιτρικοῦ άργύρου.  
(<sup>ο</sup>Απ. 804 sec.)

**104.** Μία συστοιχία συσσωρευτῶν ἔχει χωρητικότητα 90 Ah καὶ εἶναι φορτισμένη κατὰ τὰ 3/5. Να εὔρεθῇ ἐπὶ πόσον χρόνον ἡ συστοιχία θὰ δύναται νὰ παρέχῃ ηλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 4,5 A.  
(<sup>ο</sup>Απ. 12 h.)

**105.** "Ένα βολτάμετρον περιέχει ὀξυρισμένον ὕδωρ καὶ διαρρέεται ἀπὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 1,5 A. α) Να υπολογισθῇ ἡ ποσότης τοῦ ηλεκτρισμοῦ, ἡ ὁποία διαρρέει τὸ βολτάμετρον ἐντὸς 45 min. β) Να υπολογισθῇ ὁ ὄγκος τοῦ ὕδρογονου, τὸ ὁποῖον ἐλευθερώνεται εις τὸ βολτάμετρον ἐντὸς 45 min (ὑπὸ κανονικὰς συνθήκας).  
(<sup>ο</sup>Απ. α' 4 050 Gb β' 470 cm<sup>3</sup>.)

**106.** Να υπολογισθῇ ἡ μᾶζα τοῦ άργύρου, ὁ ὁποῖος θὰ ἀποτεθῇ εις την κάθοδον ἐνὸς βολταμέτρον, τὸ ὁποῖον περιέχει διάλυμα νιτρικοῦ άργύρου, ἐάν διέλθῃ ηλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 5 A ἐπὶ 20 min.  
(<sup>ο</sup>Απ. 6,7 gr.)

**107.** Να εὔρεθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον ἐντὸς 23 min ἀπέθεσεν 7,2 gr χαλκοῦ κατὰ την ηλεκτρόλυσιν διαλύματος θεϊκοῦ χαλκοῦ. Τὸ ἰὸν τοῦ χαλκοῦ νὰ θεωρηθῇ δισθενές καὶ τὸ ατομικὸν βάρος τοῦ χαλκοῦ νὰ ληφθῇ ἴσον πρὸς 63.  
(<sup>ο</sup>Απ. 16 A περίπου.)

**108.** "Ηλεκτρικὸν ρεῦμα διέρχεται ἀπὸ ἓνα βολτάμετρον, τὸ ὁποῖον περιέχει νιτρικὸν άργυρον, καὶ ἀποθέτει εις την κάθοδον ἐντὸς χρόνον 2 h μᾶζαν άργύρου 16,099 2 gr α) Να υπολογισθῇ ἡ ποσότης ηλεκτρισμοῦ, ἡ ὁποία διαρρέει τὸ βολτάμετρον β) Να υπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος.  
(<sup>ο</sup>Απ. α' 14 384,6 Gb. β' 2 A περίπου.)

**109.** "Ηλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 5 A διέρχεται ἐπὶ 1 h καὶ 20 min ἀπὸ ἓνα βολτάμετρον, τὸ ὁποῖον περιέχει διάλυμα θεϊκοῦ χαλκοῦ. Να υπολογισθοῦν : α) Ἡ μᾶζα τοῦ ἀποτιθεμένου χαλκοῦ καὶ β) ὁ χρόνος ὁ ὁποῖος ἀπαιτεῖται διὰ τὰ ἀποτεθοῦν 12 gr άργύρου, ὅταν τὸ βολτάμετρον περιέχῃ διάλυμα νιτρικοῦ άργύρου καὶ διαρρέεται ἀπὸ τὸ ἴδιον ηλεκτρικὸν ρεῦμα, ἐντάσεως 5 A. (<sup>ο</sup>Ατομικὸν βάρος χαλκοῦ 64 ρέεται ἀπὸ τὸ ἴδιον ηλεκτρικὸν ρεῦμα, ἐντάσεως 5 A. (<sup>ο</sup>Ατομικὸν βάρος χαλκοῦ 64 καὶ άργύρου 108. σθένος τοῦ ἰόντος τοῦ χαλκοῦ 2 καὶ τοῦ ἰόντος τοῦ άργύρου 1.)  
(<sup>ο</sup>Απ. α' 7,95 gr. β' 2 144,4 sec.)

**110.** Ἡλεκτρικὸν ρεῖμα ἐντάσεως  $2\text{ A}$  διαρρέει ἐπὶ  $10\text{ h}$  δύο βολτάμετρα, συνδεμένα ἐν σειρᾷ. Τὸ ἓνα περιέχει διάλυμα θεϊκοῦ χαλκοῦ καὶ τὸ ἄλλο νιτρικοῦ ἀργύρου (ἀτομικὸν βάρος χαλκοῦ  $64$ , σθένος ἰόντος  $2$ . Ἀτομικὸν βάρος ἀργύρου  $108$ , σθένος ἰόντος  $1$ ). α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ μᾶζα τοῦ χαλκοῦ, ὁ ὁποῖος ἀπετέθη εἰς τὴν κάθοδον τοῦ πρώτου βολταμέτρου. β) Ἐκ τοῦ προηγουμένου ἀποτελέσματος καὶ χρησιμοποιοῦντες μόνον τὸ ἀτομικὸν βάρος καὶ τὰ σθένη, νὰ ὑπολογίσετε τὴν μᾶζαν τοῦ ἀργύρου, ὁ ὁποῖος ἀποτίθεται εἰς τὴν κάθοδον τοῦ δευτέρου βολταμέτρου.  
(Ἀπ. α'  $m = 23,87\text{ gr}$  β'  $77,35\text{ gr}$ .)

**111.** Θέλομεν νὰ καλύψωμεν μὲ στρῶμα νικελίου πάχους  $0,1\text{ mm}$  ἓνα μεταλλικὸν ἀντικείμενον, τὸ ὁποῖον ἔχει ἐπιφάνειαν  $116\text{ cm}^2$ . Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τὸ ὁποῖον χρησιμοποιοῦμεν εἶναι  $2,5\text{ A}$ . Νὰ ὑπολογισθῇ ὁ χρόνος, ὅστις ἀπαιτεῖται δι' αὐτὴν τὴν ἐργασίαν. Πυκνότης νικελίου:  $8,8\text{ gr/cm}^3$ , ἀτομικὸν βάρος  $59$  καὶ σθένος ἰόντος  $2$ .  
(Ἀπ.  $13\text{ }357\text{ sec}$  περίπου.)

**112.** Πρόκειται νὰ ἐπιχαλκώσωμεν καὶ τὰς δύο ὄψεις μιᾶς τραπεζοειδοῦς πλάκας, αἱ βάσεις τῆς ὁποίας ἔχουν μῆκη  $3\text{ dm}$  καὶ  $20\text{ cm}$ , καὶ ὕψος  $150\text{ mm}$ . Τὸ πάχος τοῦ ἐπιθυμητοῦ χαλκίνου στρώματος θὰ εἶναι  $0,1\text{ mm}$ . α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ μᾶζα τοῦ χαλκοῦ, ὁ ὁποῖος θὰ πρέπει νὰ ἀποτεθῇ εἰς τὴν πλάκα. β) Νὰ καθορισθῇ ἡ ποσότης τοῦ ἡλεκτρισμοῦ, ἡ ἀναγκαία διὰ τὴν ἐπιχάλκωσιν. γ) Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἔντασις τοῦ παρεχομένου ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ἐὰν εἴναι γνωστὸν ὅτι ἡ ἐπιχάλκωσις θὰ διαρκέσῃ  $5\text{ h}$ . Δίδονται: ἡ πυκνότης τοῦ χαλκοῦ  $8,8\text{ gr/cm}^3$ , τὸ ἀτομικὸν  $63,6$ . Τὸ ἰὸν τοῦ χαλκοῦ νὰ ληφθῇ δισθενές.  
(Ἀπ. α'  $66\text{ gr}$  β'  $200\text{ }283\text{ Gb}$ , περίπου. γ'  $11,1\text{ A}$ , περίπου.)

## ΚΣΤ'—ΘΕΡΜΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

ΑΝΤΙΣΤΑΣΙΣ ΑΓΩΓΟΥ. ΜΟΝΑΣ ΟΗΜ. ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΤΖΑΟΥΛΑ

**§ 127. Γενικότητες.** Ἡ θέρμανσις ἑνὸς ἡλεκτρικοῦ σιδέρου ὀφείλεται εἰς τὴν διέλευσιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῖμα προκαλεῖ ἐπίσης τὴν πυράκτωσιν τοῦ νήματος ἑνὸς λαμπτήρος. Αὐτὸ τὸ φαινόμενον εἶναι γενικώτερον:

Πᾶς ἀγωγὸς ὁ ὁποῖος διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῖμα θερμαίνεται.

Τὰ χάλκινα σύρματα τῶν ἡλεκτρικῶν ἐγκαταστάσεων θερμαίνονται κατὰ τὴν διέλευσιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος· εἰς τὴν περίπτωσιν

ὅμως αὐτὴν ἢ αὐξήσεις τῆς θερμοκρασίας εἶναι ἀσήμαντος καὶ δὲν γίνεται εὐκόλως αἰσθητή.

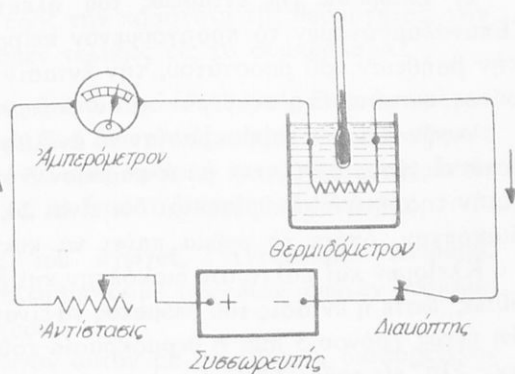
**§ 128. Πειραματικὴ σπουδὴ τῶν θερμικῶν ἀποτελεσμάτων τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.** Τὰ θερμικὰ ἀποτελέσματα τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ἐμελέτησεν πρῶτος ὁ Ἄγγλος Φυσικὸς Τζάουλ (Joule), δι' αὐτὸν ἀκριβῶς τὸν λόγον πολλὰς φορὰς ἡ θέρμανσις ἐνὸς ἀγωγοῦ κατὰ τὴν διέλευσιν ἡλεκτρικοῦ ρεύματος συνηθίζεται νὰ χαρακτηρίζεται ὡς *φαινόμενον Τζάουλ*.

Ἡ ποσότης τῆς θερμότητος ἡ ὁποία ἀναπτύσσεται εἰς ἕνα ἀγωγὸν ἢ εἰς μίαν ἡλεκτρικὴν συσκευὴν, ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸν χρόνον κατὰ τὸν ὁποῖον τὸ ρεῦμα διαρρέει τὸν ἀγωγὸν καὶ ἀπὸ τὴν ἔντασιν 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 ἕνα χάλκινον σύρμα.

**1) Ἐπίδρασις τοῦ χρόνου. Πείραμα.** Πραγματοποιούμεν 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 σειρά εἰς τὸ κύκλωμα, ἐπιτρέπει μὲ τὴν βοήθειαν ἐνὸς ροοστάτου νὰ ρυθμίζωμεν τὴν ἔντασιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἡ ρύθμισις γίνεται πρὸ τῆς ἐνάρξεως τοῦ πειράματος, ἔστω δὲ 2A ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος.

Μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ θερμομέτρου, τὸ 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<br>εἰς min             | 0    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    |
|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Θερμο-<br>κρασία<br>εἰς °C    | 19,8 | 20,7 | 21,7 | 22,6 | 23,6 | 24,6 |
| Αὐξησης<br>θερμοκρ.<br>εἰς °C | 0,9  | 1    | 0,9  | 1    | 1    |      |

Ἀπὸ τὴν μελέτην τοῦ πίνακος συμπεραίνομεν ὅτι ἡ θερμοκαρίσα τοῦ πετρελαίου ἀνυψώνεται κατὰ μέσον ὅρον 1 °C ἀνὰ λεπτόν, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον μᾶς ὁδηγεῖ εἰς τὴν παραδοχὴν ὅτι ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, ἡ ὁποία ἐκλύεται ἐντὸς τοῦ ἀγωγοῦ, αὐξάνεται κανονικῶς κατὰ τὴν διάρκειαν τοῦ πειράματος. Ἐπομένως :

Ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, ἡ ὁποία ἐκλύεται ἐντὸς ἑνὸς ἀγωγοῦ, ἐξ αἰτίας τῆς διελεύσεως 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, μετὰ τὴν βοήθειαν τοῦ ροοστάτου, τὴν ἔντασιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος οὕτως, ὥστε νὰ ἔχῃ σταθερὰν τιμὴν, ἔστω  $i = 1$  A.

Ἀφήνομεν τὴν θερμοκρασίαν νὰ ἀνέλθῃ εἰς μίαν ὀρισμένην τιμὴν, ἔστω εἰς τοὺς 23 °C, καὶ μετὰ πάροδον 5 min σημειώνομεν τὴν νέαν τιμὴν τῆς, ἡ ὁποία εὐρίσκεται ὅτι εἶναι 24,2 °C. Ἀνοίγομεν τότε τὸν διακόπτην, ὁπότε τὸ ρεῦμα παύει νὰ κυκλοφορῇ εἰς τὸ κύκλωμα.

Κλείομεν καὶ πάλιν τὸν διακόπτην καὶ ρυθμίζομεν τὸν ροοστάτην οὕτως, ὥστε ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος νὰ εἶναι 2A, ὁπότε παρατηροῦμεν ὅτι ἐντὸς χρόνου 5 min ἡ θερμοκρασία τοῦ πετρελαίου ἀνῆλθεν ἀπὸ τοὺς 23°C εἰς τοὺς 27,8°C.

Ἀνοίγομεν καὶ πάλιν τὸν διακόπτην καὶ ἐπαναλαμβάνομεν τὸ ἴδιον πείραμα μετὰ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 3A καὶ παρατηροῦμεν ὅτι ἐντὸς χρόνου 5 min ἡ θερμοκρασία ἀνῆλθεν ἀπὸ τοὺς 23°C εἰς τοὺς 33,8°C.



Με τὰς ἀνωτέρω ἐνδείξεις καταστρώνομεν τὸν ἀκόλουθον πίνακα :

| Ἔντασις $i$ εἰς A                                     | 1          | 2          | 3          |
|-------------------------------------------------------|------------|------------|------------|
| $t=0 \text{ min}$<br>Θερμοκρασία<br>$t=5 \text{ min}$ | 23<br>24,2 | 23<br>27,8 | 23<br>38,8 |
| Αὐξησης τῆς θερμο-<br>κρασίας εἰς $^{\circ}\text{C}$  | 1,2        | 4,8        | 10,8       |

Ἀπὸ τὸν πίνακα συμπεραίνομεν ὅτι : α) Ἡ ἀνύψωσις τῆς θερμοκρασίας εἶναι  $1,2^{\circ}\text{C}$ , ὅταν ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι 1A. β) Ἡ ἀνύψωσις τῆς θερμοκρασίας εἶναι  $4,8^{\circ}\text{C}$ , ὅταν ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι 2A. γ) Ἡ ἀνύψωσις τῆς θερμοκρασίας εἶναι  $10,8^{\circ}\text{C}$ , ὅταν ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι 3A. Ἐπειδὴ ὁμῶς εἶναι :

$$1,2 = 1,2 \cdot 1 = 1,2 \cdot 1^2$$

$$4,8 = 1,2 \cdot 4 = 1,2 \cdot 2^2$$

$$10,8 = 1,2 \cdot 9 = 1,2 \cdot 3^2$$

παρατηροῦμεν ὅτι ἡ αὐξησης τῆς θερμοκρασίας εἶναι εἰς πᾶσαν περίπτωσιν ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἐπειδὴ ὁμῶς δι' ἕνα ὀρισμένον σῶμα ἡ αὐξησης τῆς θερμοκρασίας του εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ποσότητα τῆς θερμότητος, τὴν ὁποίαν ἀπορροφεῖ, καταλήγομεν τελικῶς εἰς τὸ συμπέρασμα :

Ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, ἡ ὁποία ἐκλύεται ἐντὸς ἐνὸς ὀρισμένου χρονικοῦ διαστήματος μέσα εἰς ἕνα ἄγωγόν ἐξ αἰτίας τῆς διελεύσεως ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸν ἄγωγόν.

3) Ἐπίδρασις τῆς φύσεως τοῦ ἄγωγοῦ. Ἀντίστασις. Πείραμα. Τὰ ἀνωτέρω πειράματα ἐξετελέσθησαν μετὰ τὸν ἴδιον ἄγωγόν βυθισμένον μέσα εἰς τὸ θερμιδόμετρον.

Ἀντικαθιστῶμεν τὸν ἄγωγόν αὐτὸν μετὰ ἕνα ἄλλον, διαφορετικόν ἀπὸ τὸν πρῶτον εἰς ὑλικὸν κατασκευῆς, εἰς τὸ μῆκος καὶ εἰς τὸ πάχος. Μετροῦμεν ἀκολούθως τὴν ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας διὰ διέλευσιν ρεύματος ἐντάσεως ἔστω 2A καὶ ἐπὶ χρονικὸν διάστημα 5 min εἰς τὸν δεῦτερον ἄγωγόν, ὅποτε εὐρίσκομεν ἔστω  $14,4^{\circ}\text{C}$  ἀνύψωσιν τῆς θερμο-

κρασίας, ἐνῶ εἰς τὸν πρῶτον ἄγωγόν εἶχομεν παρατηρήσει, μὲ τὰς ἰδίας συνθήκας, ἀνύψωσιν  $4,8^{\circ}\text{C}$ .

Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι ἡ ἀνύψωσις τῆς θερμοκρασίας εἰς τὸν δεύτερον ἄγωγόν εἶναι τρεῖς φορές μεγαλυτέρα ἀπὸ ὅτι εἰς τὸν πρῶτον ἄγωγόν, πᾶγμα τὸ ὁποῖον σημαίνει, ὅτι ἡ θερμότης ἡ ὁποία ἐκλύεται εἰς τὸν δεύτερον ἄγωγόν εἶναι τριπλασία ἀπὸ τὴν θερμότητα τὴν ἐκλυομένην εἰς τὸν πρῶτον ἄγωγόν.

Τὰ συμπεράσματά μας αὐτὰ ἐκφράζομεν λέγοντες ὅτι ἡ ἀντίστασις τοῦ δευτέρου ἄγωγου εἶναι τριπλασία ἀπὸ τὴν ἀντίστασιν τοῦ πρώτου ἄγωγου. Ὡστε :

**Ἡ ἀντίστασις ἑνὸς ἄγωγου εἶναι ἓνα φυσικὸν μέγεθος, τὸ ὁποῖον χαρακτηρίζει τὸν ἄγωγόν εἰς τὸ φαινόμενον τοῦ Τζάουλ.**

Ἀπὸ τὸ ἀνωτέρω πείραμα συμπεραίνομεν συνεπῶς ὅτι ἡ ἀντίστασις τοῦ ἄγωγου εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ποσότητα τῆς θερμότητος ἡ ὁποία ἐκλύεται ἐντὸς τοῦ ἄγωγου.

Ἀντιστρέφοντες ἐπομένως τὸν συλλογισμόν δυνάμεθα νὰ εἰπώμεν ὅτι :

**Ἡ ποσότης τῆς θερμότητος ἡ ὁποία ἐκλύεται ἐντὸς ἑνὸς ἄγωγου κατὰ τὴν διέλευσιν ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ ἄγωγου καὶ εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἄγωγου.**

Ἡ ἐκλυσίς θερμότητος, κατὰ τὴν διέλευσιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ἐξηγεῖται ὡς ἑξῆς :

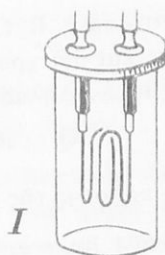
Τὰ ἡλεκτρόνια τὰ ὁποία μετακινῶνται μέσα εἰς τὰ ἀγωγὰ σύρματα, συναντοῦν μίαν ὀρισμένην δυσκολίαν κατὰ τὴν κίνησιν τῶν μεταξὺ τῶν ἀτόμων τοῦ μετάλλου. Αἱ κρούσεις καὶ αἱ «τριβαὶ» αἱ ὁποῖαι ἀναπτύσσονται, ἔχουν ὡς ἀποτέλεσμα τὴν ἐκλυσιν τῆς θερμότητος.

Ἡ θερμότης συνεπῶς, ἡ ὁποία παράγεται ἐντὸς ἑνὸς ἄγωγου κατὰ τὴν διέλευσιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ὀφείλεται εἰς τὴν ἀντίστασιν τὴν ὁποίαν προβάλλει ὁ ἄγωγός κατὰ τὴν κίνησιν τῶν ἐλευθέρων ἡλεκτρονίων.

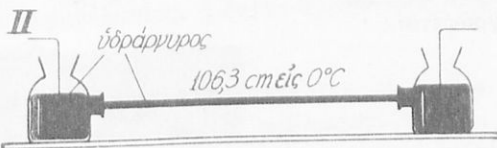
**Μονὰς ἀντιστάσεως.** Ἡ ἀντίστασις ἑνὸς ἄγωγου μετρεῖται εἰς μονάδας Ὡμ ( $1\text{ Ohm}$ ,  $1\ \Omega$ ), ὀνομασία ἡ ὁποία ἐδόθη πρὸς τιμὴν τοῦ Γερμανοῦ Φυσικοῦ καὶ Μαθηματικοῦ Georg Simon Ohm (1787-1850).

**Τὸ Ὡμ ( $1\ \Omega$ ) εἶναι ἶσον μὲ τὴν ἀντίστασιν ἑνὸς ἄγωγου, ἐντὸς τοῦ**

ὁποίου ἐκλύεται ἀνὰ δευτερόλεπτον ποσότης θερμότητος ἰσοδύναμος πρὸς 1 Joule, ὅταν ὁ ἀγωγὸς διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 1 Ampere.



Αἱ μετρήσεις ἡλεκτρικῶν ἀντιστάσεων δύνανται νὰ γίνωνται μὲ σύγκρισιν πρὸς ἓνα πρότυπον Ὠμ. Δι' αὐτὸν τὸν λόγον κατεσκεύασαν μίαν πρότυπον ἀντίστασιν ἴσην μὲ ἓνα Ὠμ (σχ. 126). Οὕτω τὸ Ὠμ παριστᾶται ἀπὸ τὴν ἀντίστασιν μιᾶς κυλινδρικῆς στήλης ὑδραργύρου, μήκους 106,3 cm καὶ πάχους 1 mm<sup>2</sup> εἰς θερμοκρασίαν 0 °C.



Σχ. 126. Πραγματοποιήσις προτύπου ἀντιστάσεως 1 Ὠμ.

Τὸ Μεγάλῳ (1 MΩ) εἶναι πολλαπλασία μονὰς τοῦ 1 Ὠμ, ἔχομεν δὲ ὅτι :

$$1 \text{ M}\Omega = 10^6 \Omega$$

**§ 129. Νόμος τοῦ Τζάουλ.** Τὰ συμπεράσματα τῶν πειραμάτων τὰ ὁποῖα ἐξετελέσαμεν εἰς τὴν προηγουμένην παράγραφον συγκεντρώνονται εἰς τὴν ἀκόλουθον γενικὴν διατύπωσιν, ἥ ὁποία φέρει τὴν ὀνομασίαν νόμος τοῦ Τζάουλ.

Ἡ ποσότης τῆς θερμότητος ἡ ὁποία ἐκλύεται ἐντὸς ἐνὸς ἀγωγοῦ, ὁ ὁποῖος διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, εἶναι ἀνάλογος : α) πρὸς τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀγωγοῦ, β) πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἐντάσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, καὶ γ) πρὸς τὸν χρόνον διελεύσεως τοῦ ρεύματος αὐτοῦ

**Τύπος τοῦ Τζάουλ.** Συμφώνως πρὸς τὸν ὅρισμόν τῆς ἀντιστάσεως, ἡ θερμότης ἡ ὁποία ἐκλύεται ἐντὸς ἐνὸς ἀγωγοῦ ἀντιστάσεως 1 Ω, κατὰ τὴν διέλευσιν ρεύματος ἐντάσεως 1 A καὶ διὰ χρονικὸν διάστημα 1 sec, εἶναι ἰσοδύναμος μὲ 1 Joule.

Ἐπομένως, ἡ ποσότης Q τῆς θερμότητος, ἡ ὁποία ἐκλύεται ἐντὸς

ένος άγωγού αντίστασεως  $R \text{ Ohm}$ , ό οποίος διαρρέεται από ρεύμα έντάσεως  $i \text{ Amperé}$  και διά χρονικόν διάστημα  $t \text{ sec}$ , θά είναι ισοδύναμος πρός  $R \cdot i^2 \cdot t \text{ Joule}$ . Δηλαδή :

$$Q = R \cdot i^2 \cdot t \text{ Joule}$$

Έπειδή όμως ή ποσότης τής θερμότητος έκφράζεται συνηθέστερον εις θερμίδας (cal) και  $1 \text{ Joule} = \frac{1}{4,18} \text{ cal} = 0,24 \text{ cal}$ , ό άνωτέρω τύπος γράφεται :

$$Q = \frac{1}{4,18} R \cdot i^2 \cdot t \text{ cal}$$

ή

$$Q = 0,24 \cdot R \cdot i^2 \cdot t \text{ cal}$$

**Άριθμητικά έφαρμογαί.** 1. Μία ηλεκτρική αντίστασις  $100 \Omega$  διαρρέεται από ρεύμα έντάσεως  $5 \text{ A}$  επί χρόνον  $10 \text{ min}$ . Νά εύρεθί τó ποσόν τής θερμότητος εις  $\text{Joule}$  και εις  $\text{cal}$ , τó όποιον έκλύεται έντός τού χρονικού αύτου διαστήματος.

Λύσις. Έκ τού τύπου :

$$Q = R \cdot i^2 \cdot t \text{ Joule}$$

δι' άντικαταστάσεως τών δεδομένων, ήτοι :

$R = 100 \Omega$ ,  $i = 5 \text{ A}$  και  $t = 10 \text{ min} = 10 \cdot 60 \text{ sec} = 600 \text{ sec}$ , λαμβάνομεν :

$$Q = 100 \cdot 5^2 \cdot 600 \text{ Joule} = 1,5 \cdot 10^6 \text{ Joule}.$$

Έπειδή δέ  $1 \text{ Joule} = 0,24 \text{ cal}$ , θά έχωμεν :

$$Q = 1,5 \cdot 10^6 \text{ Joule} = 1,5 \cdot 10^6 \cdot 0,24 \text{ cal ή}$$

$$Q = 3,6 \cdot 10^5 \text{ cal} = 360 \text{ kcal}.$$

2. Ένας ηλεκτρικός λαμπτήρ διαρρέεται από ηλεκτρικόν ρεύμα έντάσεως  $0,4 \text{ A}$  και είναι βυθισμένος μέσα εις ένα θερμιδόμετρον, τó όποιον περιέχει  $450 \text{ gr. ύδατος}$ . Μετά από χρονικόν διάστημα  $3 \text{ min}$  και  $20 \text{ sec}$ , ή αύξησις τής θερμοκρασίας τού ύδατος είναι  $4,8^\circ \text{C}$ . Νά εύρεθί ή αντίστασις τού ηλεκτρικού λαμπτήρος.

Λύσις. Η ποσότης  $Q$  τής θερμότητος ήτις έκλύεται, είναι ίση μέ :

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta \theta, \text{ ή :}$$

$$Q = 450 \cdot 4,8 \text{ cal} = 2160 \text{ cal}$$

Έφαρμόζοντες άλλωστε τόν τύπον τού Τζάουλ έχομεν ότι:  $Q = 0,24 \cdot R \cdot i^2 \cdot t$ , και θέτοντες  $Q = 2160 \text{ cal}$ ,  $i = 0,4 \text{ A}$  και  $t = 3 \text{ min } 20 \text{ sec} = 200 \text{ sec}$ , εύρίσκομεν τελικώς :

$$R = 282 \Omega, \text{ περίπου}$$

## Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο Σ Ι Σ

1. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα θερμαίνει τοὺς ἀγωγούς, μέσα ἀπὸ τοὺς ὁποίους διέρχεται (Θερμότης Τζάουλ).

2. Ἡ πειραματικὴ σπουδὴ τῶν θερμικῶν ἀποτελεσμάτων τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος γίνεται μὲ ἓνα τμήμα ἀγωγοῦ σύρματος, βυθισμένου ἐντὸς ἐνὸς θερμιδομέτρου μὲ πετρέλαιον. Μετροῦμε τότε τὴν ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας, ἡ ὁποία προκαλεῖται ἀπὸ τὴν διέλευσιν τοῦ ρεύματος.

3. Ἡ ἀντίστασις ἐνὸς ἀγωγοῦ εἶναι μέγεθος τὸ ὁποῖον χαρακτηρίζει τὸν ἀγωγὸν ἀναφορικῶς πρὸς τὸ φαινόμενον Τζάουλ. Ἡ ἀντίστασις μετρεῖται εἰς μονάδας Ὠμ. Τὸ Ὠμ (1 Ω, 1 Ohm) εἶναι ἴσον μὲ τὴν ἀντίστασιν ἐνὸς ἀγωγοῦ, εἰς τὸν ὁποῖον ἐκλύεται ἀνὰ δευτερόλεπτον ποσότης θερμότητος ἰσοδύναμος μὲ 1 Joule, ὅταν ὁ ἀγωγὸς διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 1 A.

4. Ὁ νόμος τοῦ Τζάουλ ἐκφράζει ὅτι : Ἡ ποσότης θερμότητος, ἡ ὁποία ἐκλύεται μέσα εἰς ἓνα ἀγωγόν, ὁ ὁποῖος διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, εἶναι ἀνάλογος α) πρὸς τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀγωγοῦ, β) πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, καὶ γ) πρὸς τὸν χρόνον διελεύσεως τοῦ ρεύματος.

5. Ἡ μαθηματικὴ ἔκφρασις τοῦ νόμου τοῦ Τζάουλ εἶναι ἡ ἀκόλουθος :

$$Q = 0,24 \cdot R \cdot i^2 \cdot t$$

Ὅταν ἡ ἀντίστασις R ἐκφράζεται εἰς μονάδας Ὠμ, ἡ ἔντασις  $i$  εἰς μονάδας Ἀμπέρ καὶ ὁ χρόνος  $t$  εἰς δευτερόλεπτα, ἡ ποσότης θερμότητος  $Q$  εὐρίσκεται εἰς θερμίδας.

## Ἀ Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

113. Ἐνας ἡλεκτρικὸς θερμαντὴρ ἔχει ἀντίστασιν 30 Ω, διαρρέεται δὲ ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 4 A. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, ἡ ὁποία ἐλευθερώνεται ἐντὸς 5 min. (Ἀπ. 34,56 kcal.)

114. Ἐνας ἀγωγὸς εἶναι βυθισμένος μέσα εἰς ἓνα θερμιδόμετρον μὲ ὕδωρ. Τὸ

ισοδύναμον εις ὕδωρ τοῦ θερμοδομέτρου εἶναι  $500 \text{ cal/grad}$ . Ἐὰν διέλθῃ ἀπὸ τὸν ἀγωγὸν ρεῖμα ἐντάσεως  $1,5 \text{ A}$  καὶ ἐπὶ δύο πρῶτα λεπτά, ἡ θερμοκρασία τοῦ ὕδατος ἀνέρχεται κατὰ  $2,5 \text{ }^\circ\text{C}$ . Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀγωγοῦ. (Ἀπ.  $19,44 \text{ } \Omega$ .)

**115.** Ἐντὸς θερμοδομέτρου, θερμοχωρητικότητος  $20 \text{ cal/grad}$ , τὸ ὁποῖον περιέχει  $480 \text{ gr}$  ὕδατος, βυθίζομεν ἓνα σύρμα, τὸ ὁποῖον ἔχει ἀντίστασιν  $8 \text{ } \Omega$  καὶ τροφοδοτοῦμεν ἐπὶ  $3 \text{ min}$  καὶ  $29 \text{ sec}$  μὲ ἡλεκτρικὸν ρεῖμα. Ἡ θερμοκρασία τοῦ ὕδατος ἀνέρχεται κατὰ  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Νὰ ὑπολογισθοῦν : α) Ἡ ποσότης τῆς θερμότητος ἡ ὁποία ἡλευθερώθη κατὰ τὴν διέλευσιν τοῦ ρεύματος καὶ ἡ ἀντίστοιχος ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια. β) Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος. (Ἀπ. α'  $Q = 10\,000 \text{ cal}$ ,  $A = 41\,800 \text{ Joule}$ . β'  $5 \text{ A}$ .)

**116.** Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῖμα, τὸ ὁποῖον παράγει μία ἡλεκτρικὴ γεννήτρια, διαρρέει ἓνα κύκλωμα. Τὸ κύκλωμα αὐτὸ ἀποτελεῖται ἀπὸ μίαν ἀντίστασιν  $20 \text{ } \Omega$ , εἰς τὴν ὁποίαν ἡλευθερώνονται  $460 \text{ cal}$  ἀνὰ λεπτόν, καὶ ἓνα βολτάμετρον μὲ θεϊκὸν χαλκόν. Ζητοῦνται : α) Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, καὶ β) ἡ μᾶζα τοῦ χαλκοῦ, ὁ ὁποῖος ἀποτίθεται εἰς τὴν κάθοδον ἐντὸς  $10$  πρώτων λεπτῶν. Ἀτομικὸν βάρος χαλκοῦ  $64$ . Ὁ χαλκὸς νὰ θεωρηθῇ δισθενής. (Ἀπ. α'  $1,27 \text{ A}$ . β'  $0,25 \text{ gr}$ .)

**117.** Ρεῖμα ἐντάσεως  $3 \text{ A}$  διαρρέει ἐπὶ  $8$  πρῶτα λεπτά ἓνα ἀγωγὸν ἀντιστάσεως  $3,5 \text{ } \Omega$ . Ἡ ἀντίστασις εἶναι βυθισμένη ἐντὸς  $1$  λίτρον ὕδατος ἀρχικῆς θερμοκρασίας  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ . α) Νὰ ὑπολογισθῇ εἰς  $\text{Joule}$  ἡ θερμότης ἡ ὁποία ἀποδίδεται εἰς τὸ ὕδωρ. β) Νὰ εὐρεθῇ ἡ τελικὴ θερμοκρασία τοῦ ὕδατος. (Ὑποθέτομεν ὅτι τὸ ἰσοδύναμον εἰς ὕδωρ τοῦ δοχείου εἶναι μηδέν). (Ἀπ. α'  $Q = 15\,120 \text{ J}$ . β'  $23,6 \text{ }^\circ\text{C}$ .)

## ΚΖ'—ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ. ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΙΣΧΥΣ

**§ 130.** Ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια. α) Ἡ θερμότης, ἡ ὁποία ἐκλύεται ἐντὸς ἐνὸς ἀγωγοῦ κατὰ τὴν διέλευσιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, εἶναι μία μορφή ἐνεργείας.

Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῖμα, τὸ ὁποῖον προκαλεῖ τὴν ἐμφάνισιν τῆς θερμότητος αὐτῆς, εἶναι μία ἄλλη μορφή ἐνεργείας, τὴν ὁποίαν ὀνομάζομεν ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν. Αὕτῃ 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 ἰσοδύναμος μὲ  $R \cdot i^2 \cdot t \text{ Joule}$ .

Κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον ἰσοδυναμοῦμεν τὴν ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν εἰς  $\text{Joule}$ , μὲ μηχανικὴν ἐνέργειαν  $A$  καὶ γράφομεν :

$$A = R \cdot i^2 \cdot t \text{ Joule}$$

**Ἀριθμητική ἐφαρμογή.** Ἐνας λαμπτήρ πυρακτώσεως με ἀντίστασιν  $410 \Omega$ , διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεύμα, ἐντάσεως  $0,3 \text{ A}$ . Πόσῃν ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν καταναλίσκει ὁ λαμπτήρ ἐντὸς χρόνου  $10 \text{ min}$ .

Λύσις. Ἀπὸ τὸν τύπον  $A = R \cdot i^2 \cdot t$ , ἀντικαθιστώντες τὰ σύμβολα με τὰς τιμὰς 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) Περίπτωσης ἑνὸς βολταμέτρου ἢ ἑνὸς ἠλεκτρικοῦ κινητήρος.** Ὅπως οἱ ἀγωγοί, οὕτω καὶ τὸ βολτάμετρον ἢ ὁ ἠλεκτρικὸς κινητήρ (μία μηχανὴ δηλαδὴ ἥτις λειτουργεῖ με παροχὴν ἠλεκτρικοῦ ρεύματος), θερμαίνονται κατὰ τὴν διέλευσιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια ἡ ὁποία μετατρέπεται εἰς θερμικὴν ἐνέργειαν εἶναι ἴση πρὸς  $R \cdot i^2 \cdot t \text{ Joule}$ .

Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ὅμως, διασπῶν τὸν ἠλεκτρολύτην ἑνὸς βολταμέτρου, παράγει καὶ χημικὴν ἐνέργειαν, ἐνῶ ὅταν στρέφῃ ἓνα κινητήρα, παράγει καὶ μηχανικὴν ἐνέργειαν.

Ἡ ἔκφρασις συνεπῶς  $R \cdot i^2 \cdot t$  δὲν ἀντιπροσωπεύει παρὰ ἓνα μέρος  $A'$  τῆς συνολικῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας  $A$ , ἡ ὁποία καταναλίσκεται εἰς τὰς συσκευὰς αὐτάς. Μία ἄλλη ποσότης ἐνεργείας  $A''$ , γενικῶς σπουδαιότερα ἀπὸ τὴν  $A'$ , μετατρέπεται εἰς χημικὴν ἢ μηχανικὴν ἐνέργειαν.

Ἡ συνολικὴ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια  $A$ , ἡ ὁποία καταναλίσκεται εἰς τὰς περιπτώσεις αὐτάς, εἶναι συνεπῶς ἴση με τὸ ἄθροισμα τῆς  $A'$  καὶ τῆς  $A''$ . Δηλαδή:

$$A = A' + A'' \quad \text{ἢ} \quad A = R \cdot i^2 \cdot t + A''$$

**§ 131 Ἠλεκτρικὴ ἰσχὺς.** Ἡ ἠλεκτρικὴ ἰσχὺς μιᾶς συσκευῆς εἶναι ἴση με τὴν ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν, τὴν ὁποίαν καταναλίσκει ἡ συσκευὴ ἐντὸς ἑνὸς δευτερολέπτου καὶ ἐκφράζεται εἰς:

**Τζάουλ ἀνὰ δευτερόλεπτον (Joule/sec), δηλαδὴ εἰς Βάτ (W).**

Χρησιμοποιοῦμεν ἀκόμη καὶ τὸ πολλαπλάσιον τοῦ Βάτ τὸ **κιλοβάτ (1kW)** καί, ὅπως γνωρίζομεν ἰσχύει ἡ σχέσις:

$$1 \text{ kW} = 1.000 \text{ W}$$

Ἐπειδὴ ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια  $A$ , ἡ ὁποία καταναλίσκεται ὑπὸ μορφήν θερμότητος ἐντὸς χρόνου  $t$ , εἶναι ἴση πρὸς:  $A = R \cdot i^2 \cdot t$ , ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια ἡ ὁποία καταναλίσκεται ἐντὸς ἑνὸς δευτερο-

μπορείται, κατά μέσον όρον, 2 ώρας και 30 λεπτά ανά ημέραν. Να υπολογίσετε το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας, την οποία καταναλίσκει εντός ενός μηνός (30 ημέραι) ή συσκευή, γνωστού όντος ότι ή κιλοβατώρα στοιχίζει 1,5 δρχ.

Λύσις. Ή συσκευή χρησιμοποιείται συνολικώς  $2,5 \cdot 30 = 75$  ώρας ανά μήνα.

Αντικαθιστώντες τα δεδομένα εις τόν τύπον  $A = N \cdot t$ , δηλαδή  $N = 1\,200\text{ W}$  και  $t = 75\text{ h}$ , λαμβάνομεν :

$$A = 1\,200\text{ W} \times 75\text{ h} = 90\,000\text{ Wh} = 90\text{ kWh.}$$

Ή μηνιαία δαπάνη  $\Delta$  συνεπώς της συσκευής θά είναι :

$$\Delta = 90 \cdot 1,5\text{ δρχ.} = 135\text{ δρχ.}$$

## Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Το ηλεκτρικόν ρεύμα είναι μία μορφή ενέργειας, ή οποία ονομάζεται ηλεκτρική ενέργεια.

2. Ή ποσότης θερμότητος  $A$ , ή οποία εκλύεται από το ηλεκτρικόν ρεύμα, είναι ισοδύναμος πρὸς  $R \cdot i^2 \cdot t$  Joule. Ή ηλεκτρική ενέργεια συνεπώς εκφράζεται εις μονάδας Τζουλ από τόν τύπον :

$$A = R \cdot i^2 \cdot t$$

3. Ή ηλεκτρική ισχύς μιᾶς συσκευής ονομάζεται ή ηλεκτρική ενέργεια τήν οποίαν καταναλίσκει ή συσκευή αὐτή ανά δευτερόλεπτον.

4. Ή ηλεκτρική ισχύς  $N$  εκφράζεται εις Βάτ (W) και κιλοβάτ (kW), δίδεται δέ από τήν σχέσιν :

$$N = R \cdot i^2$$

Όταν ή αντίστασις  $R$  εκφράζεται εις Ωμ και ή έντασις  $i$  εις Άμπέρ, ή ισχύς  $N$  εύρίσκεται εις Βάτ.

5. Ή βατώρα (1 Wh) είναι πρακτική μονάς ηλεκτρικής ενέργειας και ίσοῦται με τήν ενέργειαν τήν οποίαν καταναλίσκει εντός μιᾶς ώρας ένας άγωγός, ό οποίος διαρρέεται από ρεύμα ισχύος ενός Βάτ. Πολλαπλάσιον της βατώρας είναι ή κιλοβατώρα.



## Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

**118.** Μία ηλεκτρική θερμάστρα έχει δύο βαθμίδας, μίαν των 2 000 Watt και μίαν των 1 200 Watt. Κατά την διάρκειαν 2,5 h λειτουργεί επί 20 min η βαθμὶς των 2 000 Watt και τὸν ὑπόλοιπον χρόνον ἡ βαθμὶς των 1 200 Watt. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ δαπάνη ἐὰν ἡ 1 kWh κοστίζει 1,5 δρχ. (Ἀπ. 5 δρχ.)

**119.** Ἡ θέρμανσις ἐνὸς δωματίου ἀπαιτεῖ ποσότητα θερμότητος ἴσην πρὸς 4 000 kcal ἀνὰ ὥραν. Γνωρίζομεν ἐπὶ πλέον ὅτι 1 kg ἀνθρακίτου ἀποδίδει κατὰ τὴν καύσιν του, ποσότητα θερμότητος ἴσην πρὸς 7 000 kcal, ἀπὸ τὴν ὁποίαν ὅμως μόνον τὰ 40% χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν θέρμανσιν. α) Νὰ ζητεῖται νὰ εὑρεθῇ πόσον θὰ κοστίσῃ διὰ μίαν ὥραν λειτουργίας ἡ θέρμανσις τῆς αἰθούσης αὐτῆς, ἐὰν ὁ ἀνθρακίτης πωλῆται πρὸς 2,5 δρχ. τὸ 1 kg. β) Νὰ εὑρεθῇ τὸ κόστος τῆς θερμάνσεως, ἐὰν διὰ τὴν θέρμανσιν χρησιμοποιεῖται ηλεκτρικὸν ρεῦμα καὶ ἡ μία κιλοβατώρα κοστίζῃ 1,5 δρχ. Εἰς τὴν περιπτώσιν αὐτὴν θεωροῦμεν ὅτι ὅλη ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, ἡ ὁποία παράγεται, ἀποδίδεται εἰς τὴν αἰθουσαν. (Ἀπ. α' 3,6 δρχ. β' 7 δρχ. περίπου.)

**120.** Ἐνας ηλεκτρικὸς θερμαντὴρ ἰσχύος 720 Watt θερμαίνει ὥρισμένην ποσότητα ὕδατος ἐπὶ 30 min. α) Νὰ ὑπολογισθῇ εἰς Joule ἡ ἐνέργεια ἡ ὁποία καταναλίσκεται καὶ ἡ ἀντίστοιχος θερμότης εἰς θερμίδας. β) Μὲ τὴν προϋπόθεσιν ὅτι μόνον τὰ 60% τῆς θερμότητος ἡ ὁποία παράγεται ἀπὸ τὸν θερμαντὴρα χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν θέρμανσιν τοῦ ὕδατος, νὰ ὑπολογισθῇ ἡ τελικὴ θερμοκρασία ὕδατος μᾶζης 2 800 gr, ἀρχικῆς θερμοκρασίας 10 °C ἐὰν θερμαίνωνται ἐπὶ 30 min. Ὑποθέτομεν ὅτι ἡ θερμοχωρητικότης τοῦ δοχείου εἶναι ἀμελητέα. (Ἀπ. α' 1 296 000 J, 308 571 cal. β' 76,1 °C.)

**121.** Ἐνας θερμοσίφων ἔχει ἰσχὴν 1 kW καὶ διαρρέεται ἀπὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 8 A. α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀντίστασις τοῦ θερμοσίφωνος. β) Ἐὰν περιέχῃ 100 l ὕδατος, πόσος χρόνος ἀπαιτεῖται διὰ νὰ ἀυξηθῇ ἡ θερμοκρασία τοῦ ὕδατος αὐτοῦ ἀπὸ τοὺς 10 °C εἰς τοὺς 80 °C (Ἀπ. α' 16 Ω περίπου. β' 8 h.)

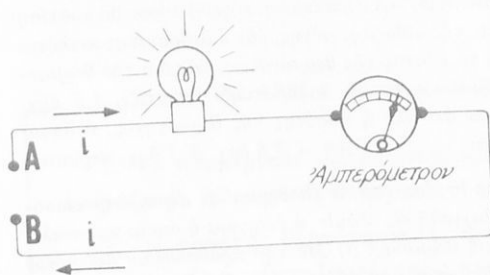
**122.** Ἐνας ηλεκτρικὸς βραστήρ καταναλίσκει ἰσχὴν 500 Watt. Τὸ ρεῦμα τὸ ὁποῖον τὸν διαρρέει ἔχει ἔντασιν 4 A. α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀντίστασις τοῦ βραστήρος. β) Νὰ ὑπολογισθῇ ὁ χρόνος ὅστις ἀπαιτεῖται διὰ νὰ βράσῃ 1/2 l ὕδατος ἀρχικῆς θερμοκρασίας 20 °C, μὲ τὴν προϋπόθεσιν ὅτι δὲν ἔχομεν ἀπώλειαν θερμότητος. γ) Εἰς τὴν πραγματικότητα ἀπαιτοῦνται 10 πρῶτα λεπτά. Νὰ ὑπολογισθοῦν αἱ ἀπώλειαι. (Ἀπ. α' 31 Ω περίπου, β' 5,5 min. γ' 45%.)

**123.** Ἐνας βραστήρ ἀπὸ ἀλουμίνιον ἔχει μᾶζαν 700 gr καὶ περιέχει 1 l ὕδατος εἰς θερμοκρασίαν 20 °C. Ἡ ἀντίστασις τοῦ βραστήρος διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα ἐντάσεως 5 A. Εἰς τὰ 10 πρῶτα λεπτά ἡ θερμοκρασία τοῦ ὕδατος ἀνέρχεται εἰς 90 °C. Ἡ εἰδικὴ θερμότης τοῦ ἀλουμινίου εἶναι : 0,22 cal/gr·grad. Νὰ ὑπολογισθοῦν α) Ἡ ποσότης τῆς θερμότητος ἡ ὁποία ἀπερροφήθη κατὰ τὴν θέρμανσιν. β) Ἡ ἰσχύς τοῦ βραστήρος καὶ γ) ἡ ἀντίστασις τοῦ βραστήρος. (Ἀπ. α' 80 780 cal. β' 565,5 W. γ' 22,6 Ω.)

## ΚΗ'—ΔΙΑΦΟΡΑ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ. ΜΟΝΑΣ ΒΟΛΤ

§ 132. Έννοια της διαφορᾶς δυναμικοῦ. α) Πείραμα. Συνδέομεν ἓνα ἠλεκτρικὸν λαμπτήρα εἰς τοὺς δύο ἀκροδέκτας Α καὶ Β ἐνὸς ρευματοδότη (πρίζα). Ἐνα ἀμπερόμετρον παρεμβάλλεται εἰς τὸ κύκλωμα διὰ νὰ δεικνύῃ τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος (σχ. 128).

Μὲ λαμπτήρα ἰσχύος 75 W εὐρίσκομεν ἔντασιν ρεύματος ἴσην πρὸς 0,34 A. Μὲ λαμπτήρα ἰσχύος 40 W τὸ ἀμπερόμετρον δεικνύει ρεῦμα ἐντάσεως 0,18 A. Ἀφαιροῦμεν τὸν λαμπτήρα καὶ τοποθετοῦμεν εἰς τὴν θέσιν τοῦ ἓνα σίδερο σιδερώματος ἰσχύος 300 W. Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ κύκλωμα, εἶναι τώρα 1,36 A.



Σχ. 128. Διὰ τὴν ἔννοιαν τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ

Εἰς ἐκάστην ἀπὸ τὰς τρεῖς ἀνωτέρω περιπτώσεις ἔχομεν διαφορετικὴν ἰσχὺν

τοῦ ἠλεκτρικοῦ καταναλωτοῦ καὶ διαφορετικὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον τὸν διαρρέει· ὁ λόγος ὅμως τῆς ἠλεκτρικῆς ἰσχύος, ἥτις καταναλίσκεται μεταξὺ τῶν σημείων Α καὶ Β τοῦ κυκλώματος καὶ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ τμήμα αὐτοῦ τοῦ κυκλώματος, εἶναι σταθερὸς <sup>(1)</sup>.

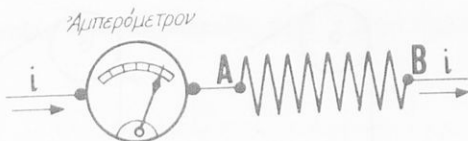
Πράγματι ἔχομεν ὅτι :

$$\frac{75}{0,34} = 220, \frac{40}{0,18} = 220, \frac{300}{1,36} = 220.$$

Ὁ σταθερὸς αὐτὸς λόγος χαρακτηρίζει αὐτὸ τὸ ὁποῖον ὀνομάζομεν **διαφορὰν δυναμικοῦ ἢ ἠλεκτρικὴν τάσιν** μεταξὺ τῶν δύο ἀκροδεκτῶν τοῦ ρευματολήπτου.

(1) Ἡ ἰσχύς ἢ ὁποία καταναλίσκεται μεταξὺ τῶν σημείων Α καὶ Β, εἶναι πρακτικῶς ἴση μὲ τὴν ἰσχὺν τῶν λαμπτήρων ἢ τοῦ ἠλεκτρικοῦ σιδερώματος, διότι ἡ ἰσχύς ἢ ὁποία καταναλίσκεται ἀπὸ τὸ ἀμπερόμετρον καὶ τὰ ἀγωγὰ σύρματα εἶναι ἀσήμαντος.

β) Ὡς θεωρήσωμεν γενικότερον τὸν ἄγωγόν AB, ὁ ὁποῖος ἀποτελεῖ μέρος ἑνὸς κυκλώματος, τὸ ὁποῖον διαρρέεται μὲ ρεῦμα ἐντάσεως  $i$  Ἀμπέρ, ἔστω δὲ ὅτι ἡ ἰσχύς ἥτις καταναλίσκεται μεταξύ τῶν σημείων A καὶ B εἶναι  $N$  Βάτ (σχ. 129). Μὲ τὰς ἀνωτέρω προϋποθέσεις λέγομεν ὅτι :



Σχ. 129. Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ  $U$  μεταξύ τῶν σημείων A καὶ B εἶναι ἴση πρὸς  $N.i$ .

Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξύ τῶν σημείων A καὶ B ἑνὸς κυκλώματος ἔχει ὡς μέτρον τὸ πηλίκον τῆς ἰσχύος, ἥτις καταναλίσκεται μεταξύ τῶν δύο αὐτῶν σημείων τοῦ κυκλώματος, πρὸς τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ κύκλωμα.

Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ ἢ (ἡλεκτρικὴ) τάσις μεταξύ δύο σημείων A καὶ B, συμβολίζεται γενικῶς μὲ τὸ γράμμα  $U$  ἢ μὲ  $U_A - U_B$ . Συμφώνως πρὸς τὰ ἀνωτέρω συνεπῶς θὰ ἔχωμεν ὅτι :

$$U = \frac{N}{i}$$

$$\text{διαφορὰ δυναμικοῦ (τάσις)} = \frac{\text{ἰσχύς}}{\text{ἐντασις ρεύματος}}$$

**§ 133. Ἐξήγησις διαφορᾶς δυναμικοῦ.** Ὡς ἐπανεέλθωμεν εἰς τὸ πείραμα τῆς ἀρχῆς τοῦ κεφαλαίου τῆς § 132.

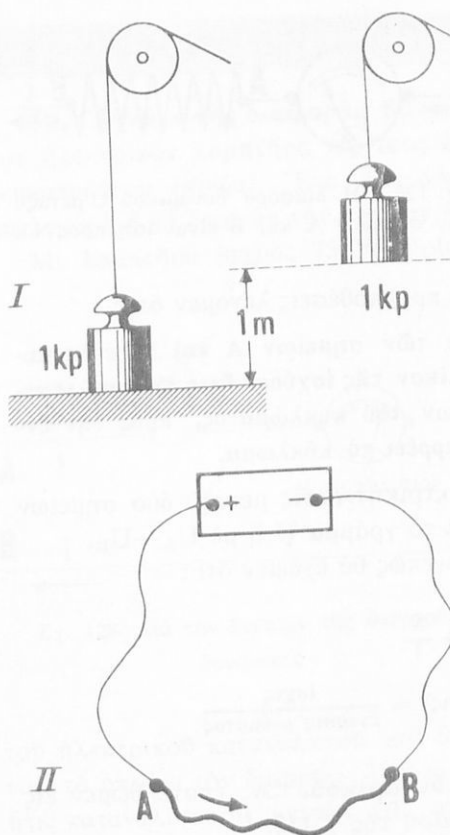
Ὅταν συνδέσωμεν τὸν λαμπτήρα ἰσχύος 75 W εἰς τὸ κύκλωμα, τότε ἐντὸς χρονικοῦ διαστήματος ἑνὸς δευτερολέπτου δαπανᾶται μεταξύ τῶν σημείων A καὶ B (βλ. σχ. 128) ἐνέργεια 75 Joule, ἐνῶ εἰς τὸ ἴδιον χρονικὸν διάστημα τὸ ρεῦμα τῶν 0,34 A μεταφέρει ποσότητα ἡλεκτρισμοῦ 0,34 Cb.

Μὲ ἄλλους λόγους διὰ τὴν μεταφερθῆ 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 τὴν κατανοήσωμεν καλλίτερον τὸ θέμα θὰ θεωρήσωμεν τὸ ἀκόλουθον μηχανικὸν ἀνάλογον.

Ὅταν θέλωμεν νὰ ἀνυψώσωμεν ἕνα σῶμα, ἀπὸ τὸ ἔδαφος μέχρις



Σχ. 130. Μηχανικόν ανάλογον διὰ τὴν κατανόησιν τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ 1 Volt.

δυναμικοῦ καθορίζεται καὶ ἡ σχετικὴ μονάς, ἡ ὁποία ὀνομάζεται **1 Βόλτ (1 Volt, 1 V)** πρὸς τιμὴν τοῦ Ἰταλοῦ Φυσικοῦ Ἀλεξάνδρου Βόλτα (Alessandro Volta) (1745-1827).

Τὸ Βόλτ (1 V) εἶναι ἴσον μὲ τὴν διαφορὰν τοῦ ἡλεκτρικοῦ δυναμικοῦ, τὸ ὁποῖον ἐπικρατεῖ μεταξὺ δύο σημείων ἐνὸς ἀγωγοῦ, ὃ ὁποῖος διαρρέεται ἀπὸ σταθερὸν ρεῦμα ἐντάσεως 1 Ἀμπέρ (1 A) καὶ καταναλίσκει ἰσχὴν 1 Βάτ (1 W) μεταξὺ τῶν δύο αὐτῶν σημείων.

Μερικαὶ τιμαὶ διαφορᾶς δυναμικοῦ. Παραθέτομεν μερικὰς τιμὰς

ἐνὸς ὀρισμένου ὕψους, πρέπει νὰ δαπανήσωμεν μηχανικὴν ἐνέργειαν. Κατ' ἀναλογίαν, ὅταν μεταφέρωμεν ἡλεκτρικὰ φορτία μέσα εἰς ἕνα ἀγωγόν, πρέπει νὰ δαπανήσωμεν ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

Τὸ ἀνάλογον τῆς διαφορᾶς στάθμης εἰς τὴν Μηχανικὴν εἶναι ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τὸν Ἠλεκτρισμόν. Οὕτως, ὅταν ἀνυψώσωμεν ἕνα σῶμα βάρους 1 kp μέχρις ὕψους 1 m, δαπανῶμεν ἔργον 1 kpm. Ὅταν μεταφέρωμεν ἡλεκτρικὸν φορτίον 1 Cb, ἀπὸ ἕνα σημεῖο A εἰς ἕνα σημεῖον B ἐνὸς ἀγωγοῦ, ὥστε νὰ δαπανηθῇ ἔργον 1 Joule, τότε μεταξὺ τῶν σημείων A καὶ B ὑφίσταται διαφορὰ δυναμικοῦ 1 Volt (σχ. 130).

**§ 134. Βόλτ. Μονὰς διαφορᾶς δυναμικοῦ.** Ἀπὸ τὸν τύπον ὀρισμοῦ τῆς διαφορᾶς

ηλεκτρικής τάσεως μεταξύ των άκροδετών των πόλων ώρισμένων ηλεκτρικών πηγών :

|                                 |          |
|---------------------------------|----------|
| Ήλεκτρικόν στοιχείον            | 1 - 2 V  |
| Ήλεκτρική στήλη (φανάρι τσέπης) | 4,5 V    |
| Συστοιχία συσσωρευτών           | 6 - 12 V |

Μεταξύ των δύο συρμάτων ενός ρευματοδότης επικρατεί τάσις 110 V ή 220 V, αναλόγως πρὸς τὴν τάσιν τοῦ ηλεκτρικοῦ δικτύου. Αἱ τιμαὶ αὗται συνήθως μεταβάλλονται κατὰ μερικά Βόλτ. Δι' αὐτὸν τὸν λόγον ἡ τάσις ἐνὸς δικτύου παροχῆς ηλεκτρικοῦ ρεύματος 110 V, π.χ. μειώνεται εἰς ὁρισμένας περιπτώσεις καὶ φθάνει τὰ 105 V ἢ καὶ τὰ 100 V ἀκόμη.

Ἡ τάσις συνήθως εἰς τὰ σύρματα μιᾶς γραμμῆς μεταφορᾶς εἶναι ἄρκεται ἑκατοντάδες χιλιάδων Βόλτ (220 000 V ἢ 380 000 V).

Ἐννοοῦμεν τώρα τὴν σημασίαν τῆς ἀναγραφῆς ὁρισμένων ἐνδείξεων ἐπὶ τῶν λαμπτήρων φωτισμοῦ ἢ ἐπὶ τῶν διαφόρων συσκευῶν. Οὕτως αἱ ἐνδείξεις 100 W, 220 V τὰς ὁποίας εἶναι δυνατόν νὰ διαβάσωμεν εἰς ἓνα λαμπτήρα, ἔχουν τὴν ἔννοιαν ὅτι ὁ λαμπτήρ αὐτὸς λειτουργεῖ κανονικῶς, ὅταν συνδεθῇ εἰς δίκτυον τάσεως 220 V. Ἡ ἰσχὺς τὴν ὁποίαν καταναλίσκει τότε ὁ λαμπτήρ εἶναι 100 W.

Ἄν συνδέσωμεν τὸν ἀνωτέρω λαμπτήρα εἰς σημεῖα ἐνὸς κυκλώματος, τὰ ὁποῖα παρουσιάζουν διαφορὰν δυναμικοῦ 12 V, τὸ σπείραμα δὲν θὰ πυρακτωθῇ καὶ ὁ λαμπτήρ θὰ παραμείνῃ σβυστός. Ἡ ἐνέργεια τὴν ὁποίαν ἀπορροφεῖ τὸ σύρμα πυρακτώσεως εἶναι ἐλαχίστη.

Ἄν ὁμως συνδέσωμεν εἰς δίκτυον 220 V ἓνα λαμπτήρα, κατεσκευασμένον διὰ νὰ λειτουργῇ εἰς δίκτυον 12 V, αὐτὸς καίεται ἀμέσως καὶ καταστρέφεται. Ἡ ἐνέργεια, ἡ ὁποία ἀπελευθερώνεται εἰς τὸ σύρμα πυρακτώσεως, εἶναι πολὺ μεγάλη καὶ προκαλεῖ τήξιν τοῦ σύρματος.

**§ 135.** Ἐκφράσεις τῆς ἰσχύος καὶ τῆς ηλεκτρικῆς ἐνεργείας, αἱ ὁποῖαι καταναλίσκονται μέσα εἰς ἓνα ἄγωγόν. Γνωρίζομεν ὅτι ἡ ηλεκτρικὴ ἰσχὺς, ἡ ὁποία καταναλίσκεται ἀπὸ τὴν θερμότητα Τζάουλ, μέσα εἰς ἓνα ἄγωγόν, ἀντιστάσεως  $R$ , δίδεται ἀπὸ τὸν τύπον:  $N = R \cdot i^2$  (βλ. § 131, σελ. 136).

Ἀπὸ τὴν σχέσιν  $U = N/i$ , (ἡ ὁποία εὐρίσκεται ἀπὸ τὴν  $N = R \cdot i^2$ ,

Όταν θέσωμεν  $R=U/i$ ), λύοντες ως πρὸς  $N$  λαμβάνομεν μίαν ἄλλην ἔκφρασιν τῆς ἰσχύος :

$$N = U \cdot i$$

Όταν ἡ τάσις  $U$  ἐκφράζεται εἰς Βόλτ καὶ ἡ ἔντασις  $i$  εἰς Ἀμπέρ, ἡ ἰσχύς  $N$  εὐρίσκεται εἰς Βάτ.

**Ἀριθμητικαὶ ἐφαρμογαί.** 1. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἰσχύς ἐνὸς ἠλεκτρικοῦ λαμπήρος, ὁ ὁποῖος διαρρέεται ἀπὸ ρεῖμα ἐντάσεως 0,45 A, ὅταν ἡ τάσις εἰς τὰ ἄκρα τῶν συρμάτων, τὰ ὁποῖα καταλήγουν εἰς τὸν λαμπτήρα, εἶναι 220 V.

Λύσις. Ἀντικαθιστῶντες εἰς τὸν τύπον :  $N = U \cdot i$  τὰς τιμὰς τῶν δεδομένων τοῦ προβλήματος, δηλαδὴ  $U = 220$  V καὶ  $i = 0,45$  A, λαμβάνομεν :

$$N = 220 \text{ U} \cdot 0,45 \text{ A} = 99 \text{ W}.$$

2. Ἐνα ἠλεκτρικὸ σίδερο, ἰσχύος 400 W τροφοδοτεῖται μὲ ἠλεκτρικὸν ρεῖμα τάσεως 110 V. Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τὸ ὁποῖον τὸ διαρρέει.

Λύσις. Λύοντες τὸν τύπον  $N = U \cdot i$  ὡς πρὸς  $i$  λαμβάνομεν :  $i = N/U$  καὶ ἀντικαθιστῶντες εἰς αὐτὸν τὰ δεδομένα τοῦ προβλήματος ἔχομεν :

$$i = \frac{400 \text{ W}}{110 \text{ U}} = 3,63 \text{ A}.$$

**§ 136. Ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια.** Γνωρίζομεν ὅτι ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια  $A$ , ἡ ὁποία καταναλίσκεται ἀπὸ τὴν θερμότητα Τζάουλ μέσα εἰς ἓνα ἄγωγόν, δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν :  $A = R \cdot i^2 \cdot t$ . Ἐπειδὴ ὁμως τὸ γινόμενον  $R \cdot i$  εἶναι ἴσον μὲ τὴν ἰσχὺν  $N$  καὶ αὕτῃ πάλιν ἰσοῦται μὲ  $U \cdot i$ , ὁ ἀνωτέρω τύπος λαμβάνει τελικῶς τὴν μορφήν :

$$A = U \cdot i \cdot t$$

Όταν ἡ τάσις  $U$  ἐκφράζεται εἰς Βόλτ, ἡ ἔντασις  $i$  εἰς Ἀμπέρ καὶ ὁ χρόνος  $t$  εἰς δευτερόλεπτα, ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια  $A$  εὐρίσκεται εἰς Τζάουλ. Ἐὰν ὁμως ὁ χρόνος ἐκφράζεται εἰς ὥρας, ἡ ἐνέργεια  $A$  εὐρίσκεται εἰς βατώρας (Wh).

**§ 137. Ἄλλη ἐκφρασις τοῦ νόμου τοῦ Τζάουλ.** Ἡ ἐνέργεια  $A = U \cdot i \cdot t$  Joule εἶναι ἰσοδύναμος πρὸς τὴν ἀκόλουθον ποσότητα θερμότητος εἰς θερμίδας :

$$Q = 0,24 \cdot U \cdot i \cdot t$$

**Αριθμητική εφαρμογή.** Να υπολογισθῇ εἰς κιλοβατώρας ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια, ἡ ὁποία καταναλίσκεται ἐντὸς 5 ὥρων ἀπὸ μίαν ἠλεκτρικὴν θερμάστραν, ἡ ὁποία λειτουργεῖ μὲ τάσιν 110 V καὶ διαρέρεται ἀπὸ ρεῦμα ἐντάσεως 4 Ἀμπέρ.

**Λύσις.** Ἀντικαθιστῶντες εἰς τὸν τύπον  $A = U \cdot i \cdot t$  τὰς τιμὰς τῶν δεδομένων τοῦ προβλήματος, δηλαδὴ :

$$U = 110 \text{ V}, i = 4 \text{ A}, t = 5 \text{ h, λαμβάνομεν :}$$

$$A = 110 \cdot 4 \cdot 5 \text{ Wh} = 2\,200 \text{ Wh} = \mathbf{2,2 \text{ kWh.}}$$

**§ 138. Πρόσθεσις τάσεων.** Μία ἠλεκτρικὴ θερμάστρα, ἓνας λαμπτήρ καὶ ἓνας ροοστάτης (μία μεταβλητὴ δηλαδὴ ἀντίστασις) εἶναι συνδεδεμένα ἐν σειρᾷ εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ παραστατικοῦ σχήματος 131 καὶ διαρρέονται ἀπὸ τὸ ἴδιον ρεῦμα, τὸ ὁποῖον ἔχει ἐναντι ἰ.

Ἐστὼ  $U_1$  ἡ τάσις εἰς τοὺς ἀκροδέκτας A καὶ B τῆς θερμάστρας  $U_2$  ἡ τάσις εἰς τοὺς ἀκροδέκτας B καὶ Γ τοῦ λαμπτήρος καὶ  $U_3$  ἡ τάσις εἰς τὰ σημεῖα Γ καὶ Δ τοῦ ροοστάτου.

Ἐκάστη ἀπὸ τὰς τρεῖς αὐτὰς συσκευὰς καταναλίσκει ἠλεκτρικὴν ἰσχὺν:  $N_1 = U_1 \cdot i$  ἡ θερμάστρα,  $N_2 = U_2 \cdot i$  ὁ λαμπτήρ καὶ  $N_3 = U_3 \cdot i$  ὁ ροοστάτης.

Ἐὰν ἐκφράσωμεν μὲ  $U$  τὴν τάσιν εἰς τὰ ἀκράια σημεῖα A καὶ Δ, τότε ἡ ὅλική ἰσχὺς  $N$ , ἡ ὁποία καταναλίσκεται μεταξὺ αὐτῶν, εἶναι ἴση πρὸς :

$$N = U \cdot i$$

Ἡ ἰσχὺς ὅμως  $N$  εἶναι ἴση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἰσχύων, αἱ ὁποῖαι καταναλίσκονται ἀπὸ τὰς τρεῖς συσκευὰς :

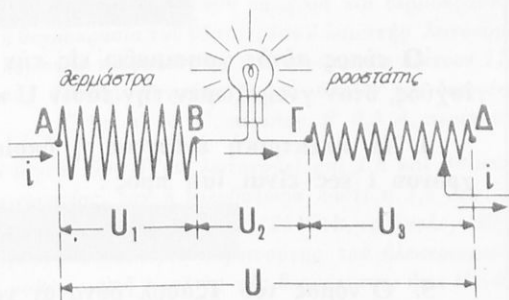
$$N = N_1 + N_2 + N_3$$

Ἡ σχέσις αὐτὴ γράφεται καὶ ὡς ἐξῆς :

$$U \cdot i = U_1 \cdot i + U_2 \cdot i + U_3 \cdot i$$

ὁπότε, ἀπλοποιούντες μὲ τὸ  $i$ , τελικῶς λαμβάνομεν ὅτι :

$$\mathbf{U = U_1 + U_2 + U_3}$$



Σχ. 131. Αἱ ἠλεκτρικαὶ τάσεις προστίθενται ὅταν εἶναι διαδοχικαί.

“Ωστε :

“Όταν διάφοροι συσκευαί (ή αντιστάσεις) είναι συνδεδεμένοι εν σειρά, τότε αί τάσεις, αί όποίαι επικρατοῦν εἰς τὰ ἄκρα των, δύνανται νὰ προστεθοῦν.

## Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ ἢ ἠλεκτρικὴ τάσις  $U$  μεταξύ δύο σημείων  $A$  καὶ  $B$  ἐνὸς κυκλώματος, τὸ όποῖον διαρρέεται ἀπὸ ρεύμα, ἔχει μέτρον ἴσον μὲ τὸ πηλίκον τῆς ἠλεκτρικῆς ἰσχύος  $N$ , ἢ όποία δαπανᾶται μεταξύ τῶν  $A$  καὶ  $B$ , πρὸς τὴν ἔντασιν  $i$  τοῦ ρεύματος. Δηλαδή εἶναι :

$$U = \frac{N}{i}$$

2. Μονὰς διαφορᾶς δυναμικοῦ εἶναι τὸ Βόλτ ( $1\text{ V}$ ). Τὸ Βόλτ εἶναι ἴσον μὲ τὴν ἠλεκτρικὴν τάσιν ἢ όποία επικρατεῖ μεταξύ δύο σημείων ἐνὸς ἄγωγου, ὃ όποῖος διαρρέεται ἀπὸ σταθερὸν ἠλεκτρικὸν ρεύμα, ἐντάσεως ἐνὸς Ἀμπέρ, ὅταν μεταξύ τῶν δύο αὐτῶν σημείων δαπανᾶται ἠλεκτρικὴ ἰσχύς ἐνὸς Βάτ.

3. Ἀπὸ τὸν τύπον  $U = N/i$ , λύοντες ὡς πρὸς  $N$ , λαμβάνομεν ὅτι :

$$N = U \cdot i \text{ Watt}$$

Ὁ τύπος αὐτὸς χρησιμεύει εἰς τὴν εὕρεσιν τῆς ἠλεκτρικῆς ἰσχύος, ὅταν γνωρίζωμεν τὴν τάσιν  $U$  καὶ τὴν ἔντασιν  $i$ .

4. Ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια ἢ όποία καταναλίσκεται ἐντὸς χρόνου  $t$  sec εἶναι ἴση πρὸς :

$$A = U \cdot i \cdot t \text{ Joule}$$

5. Ὁ νόμος τοῦ Τζάουλ δύνανται νὰ ἐκφρασθῇ καὶ μὲ τὴν σχέσιν :

$$Q = 0,24 \cdot U \cdot i \cdot t \text{ cal}$$



6. Όταν περισσότεραι από μίαν αντίστασεις είναι συνδεδεμένοι εν σειρά, τότε αί διαφοραί του ηλεκτρικού δυναμικού εις τὰ ἄκρα ἑκάστης ἀντιστάσεως προστίθενται.

## Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

**124.** Ἀγωγὸς ἀντιστάσεως  $20,9 \Omega$  διαρρέεται ἀπὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως  $2,5 \text{ A}$ . α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ηλεκτρικὴ ἰσχὺς, ἥτις καταναλίσκεται ἀπὸ τὸ σύρμα. β) Πόση εἶναι ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα τῆς ἀντιστάσεως.  
(Ἀπ. α'  $130,6 \text{ W}$ . β'  $52,2 \text{ V}$ .)

**125.** Ἐντὸς ἑνὸς θερμιδομέτρου βυθίζομεν ἕνα ἀγωγὸν ηλεκτρικοῦ ρεύματος. Εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ ἐπικρατεῖ διαφορὰ δυναμικοῦ  $10 \text{ Volt}$ . Ἡ ἔντασις τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸν ἀγωγὸν εἶναι  $5 \text{ A}$ . α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἰσχὺς, ἥτις καταναλίσκεται ἀπὸ τὴν ἀντίστασιν. β) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀντίστασις καὶ γ) νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, ἡ ὁποία ἀποδίδεται εἰς τὸ θερμιδόμετρον ἐντὸς  $6$  πρώτων λεπτῶν). ( $1 \text{ Joule} = 0,24 \text{ cal}$ .)  
(Ἀπ. α'  $50 \text{ W}$ . β'  $2 \Omega$ . γ'  $4320 \text{ cal}$ .)

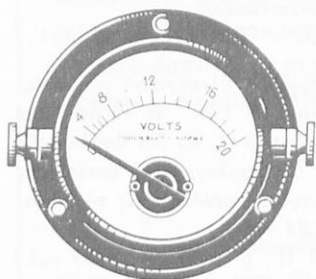
**126.** Ἡ θέρμανσις ἑνὸς διαμερίσματος ἀπαιτεῖ  $1\,000\,000 \text{ cal}$  ἀνὰ ὥραν. Αὐτὸ τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος παρέχεται ἀπὸ μίαν ηλεκτρικὴν θερμάστραν, ἡ ὁποία λειτουργεῖ ὑπὸ διαφορὰν δυναμικοῦ  $220 \text{ Volt}$ . α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἰσχὺς ἡ ὁποία ἀπορροφεῖται ἀπὸ τὴν θερμάστραν. β) Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὴν ἀντίστασιν τῆς θερμάστρας.  
(Ἀπ. α'  $1166,6 \text{ W}$ . β'  $5,3 \text{ A}$ , περίπου.)

**127.** Ἐνας ηλεκτρικὸς λαμπτήρ ἰσχύος  $60 \text{ B}\alpha\tau$  βυθίζεται εἰς ἕνα θερμιδόμετρον μὲ ὕδωρ, τὸ ὁποῖον ἔχει θερμοχωρητικότητα  $500 \text{ cal/grad}$  καὶ θερμοκρασίαν  $17^\circ \text{C}$ . α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ τελικὴ θερμοκρασία τοῦ ὕδατος, ἐὰν ὁ λαμπτήρ λειτουργῇ ἐπὶ  $15$  πρώτα λεπτά. β) Ἐὰν ὁ λαμπτήρ τροφοδοτῆται ἀπὸ ηλεκτρικὸν δίκτυον  $110 \text{ Volt}$ , νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον τὸν διαρρέει.  
(Ἀπ. α'  $43^\circ \text{C}$ , περίπου. β'  $0,5 \text{ A}$ , περίπου.)

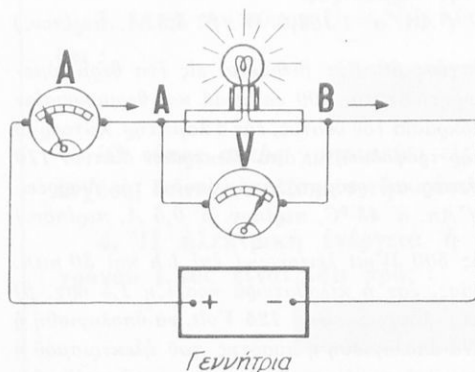
**128.** Ἐνα ηλεκτρικὸ σίδερο ἰσχύος  $500 \text{ Watt}$  λειτουργεῖ ἐπὶ  $1 \text{ h}$  καὶ  $30 \text{ min}$ . α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ δαπάνη λειτουργίας, ἐὰν ἡ κιλοβατώρα κοστίζῃ  $1,5 \text{ δρχ}$ . β) Ἐὰν ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα τῆς λήψεως εἶναι  $125 \text{ Volt}$ , νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος. γ) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ποσότης τοῦ ηλεκτρισμοῦ ἡ ὁποία διέρχεται ἀπὸ τὸ σίδερο, καθὼς καὶ ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, ἥτις ἐλευθερῶνεται κατὰ τὴν διάρκειαν τοῦ σιδερώματος.  
(Ἀπ. α'  $1,125 \text{ δρχ}$ . β'  $4 \text{ A}$ . γ'  $21\,600 \text{ Cb}$ ,  $648 \text{ kcal}$ .)

## ΒΟΛΤΟΜΕΤΡΟΝ. ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΟΗΜ

**§ 139. Βολτόμετρον.** Αἱ διαφοραὶ δυναμικοῦ δύο σημείων ἐνὸς ἡλεκτρικοῦ κυκλώματος, μετροῦνται μὲ εἰδικὰ ὄργανα, τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται βολτόμετρα (σχ. 132) καὶ τὰ ὁποῖα εἶναι βαθμολογημένα εἰς μονάδας Βόλτ.



Σχ. 132. Ἐξωτερικὴ ἐμφάνισις βολτομέτρου.



Σχ. 133. Σύνδεσις βολτομέτρου διὰ τὴν μέτρησιν τῆς τάσεως εἰς τὰ ἅκρα ἐνὸς λαμπτήρος.

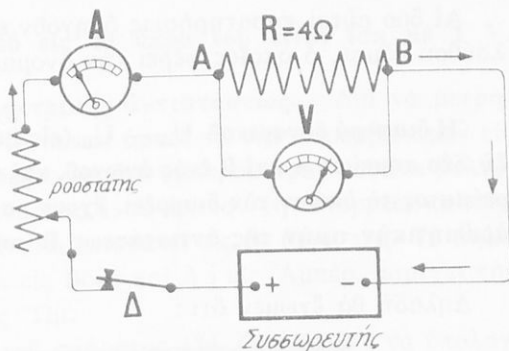
Ὅταν θέλωμεν νὰ μετρήσωμεν τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ μεταξὺ δύο σημείων Α καὶ Β ἐνὸς κυκλώματος, δὲν διακόπτομεν τὸ κύκλωμα, διὰ νὰ παρεμβάλωμεν τὸ ὄργανον, ὅπως γίνεται εἰς τὴν περίπτωσιν ἐνὸς ἄμπερομέτρου, ἀλλὰ συνδέομεν τοὺς ἀκροδέκτας τοῦ βολτομέτρου μὲ τὰ σημεῖα Α καὶ Β τοῦ κυκλώματος προκαλοῦντες, ὅπως λέγομεν, μίαν διακλάδωσιν (σχ. 133).

Ἄν τὸ κύκλωμα διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, ὁ δείκτης τοῦ ὀργάνου θὰ κινηθῇ καὶ θὰ σταματήσῃ ἐμπρὸς ἀπὸ μίαν ἐνδειξιν, ἣ ὁποίαν παρέχει εἰς μονάδας Βόλτ τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ, ἥτις ἐπικρατεῖ μεταξὺ τῶν δύο αὐτῶν σημείων. Ὡστε :

Τὸ βολτόμετρον εἶναι ὄργανον τὸ ὁποῖον μετρεῖ τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ δύο σημείων Α καὶ Β ἐνὸς κυκλώματος, τὸ ὁποῖον διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα. Τὸ ὄργανον αὐτὸ τοποθετεῖται κατὰ διακλάδωσιν· συνδέομεν δηλαδὴ τοὺς ἀκροδέκτας του μὲ τὰ σημεῖα

Α και Β χωρίς να διακόψωμεν τὸ κύκλωμα.

**§ 140. Νόμος τοῦ "Ωμ (Ohm).** Πραγματοποιούμεν τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 134, καί, μεταξὺ τῶν σημείων Α καὶ Β τοῦ κυκλώματος αὐτοῦ, παρεμβάλλομεν ἓνα σύρμα, π.χ. ἀπὸ σιδηρονικέλιον, γνωστῆς ἀντίστασεως, ἔστω π.χ.,  $4\Omega$ .



Σχ. 134. Διὰ τὴν πειραματικὴν ἐπαλήθευσιν τοῦ νόμου τοῦ "Ωμ.

Ἐνα ἄμπερόμετρον, τὸ ὁποῖον παρεμβάλλεται ἐν σειρά εἰς τὸ κύκλωμα (διακόπτομεν δηλαδὴ τὸ κύκλωμα εἰς τὸ σημεῖον τοποθετησέως του), δεικνύει τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος καὶ ἓνα βολτόμετρον, συνδεδεμένον κατὰ διακλάδωσιν εἰς τὰ σημεία Α καὶ Β, τὴν διαφορὰν τοῦ δυναμικοῦ, ἡ ὁποία ἐπικρατεῖ εἰς τὰ δύο αὐτὰ σημεία.

**Πείραμα.** Κλείομεν τὸν διακόπτην τοῦ κυκλώματος καί, ρυθμίζοντες καταλλήλως τὸν ροοστάτην, πειραματιζόμεθα μὲ τάσεις 1V, 2V, 3V, 4V, 5V καὶ εἰς ἐκάστην ἀπὸ τὰς περιπτώσεις αὐτὰς σημειώνομεν τὴν ἀντίστοιχον ἔντασιν τοῦ ρεύματος καὶ ὑπολογίζομεν τὸν λόγον  $(U_A - U_B)/i$ , ὁπότε σχηματίζομεν τὸν ἀκόλουθον πίνακα:

|                         |      |     |      |   |      |
|-------------------------|------|-----|------|---|------|
| $U_A - U_B$<br>εἰς Βόλτ | 1    | 2   | 3    | 4 | 5    |
| $i$<br>εἰς Ἀμπέρ        | 0,25 | 0,5 | 0,75 | 1 | 1,25 |
| $\frac{U_A - U_B}{i}$   | 4    | 4   | 4    | 4 | 4    |

Ἀπὸ τὸν ἀνωτέρω πίνακα παρατηροῦμεν: α) ὅτι ὁ λόγος  $(U_A - U_B)/i$  εἶναι σταθερὸς καὶ ἴσος πρὸς 4.

β) Ὅτι ὁ λόγος αὐτὸς εἶναι ἀριθμητικῶς ἴσος μὲ τὴν ἀντίστασιν ΑΒ, τὴν ὁποίαν παρενεβάλομεν εἰς τὸ κύκλωμα.

Αί δύο αὐταὶ παρατηρήσεις ὁδηγοῦν εἰς τὴν διατύπωσιν τοῦ ἀκολουθοῦ νόμου, ὁ ὁποῖος φέρει τὴν ὀνομασίαν νόμος τοῦ Ὠμ (Ohm).

Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ  $U_A - U_B$  (εἰς Βόλτ), ἡ ὁποία ἐπικρατεῖ μεταξὺ δύο σημείων Α καὶ Β ἐνὸς ἀγωγοῦ, καὶ ἡ ἔντασις  $i$  (εἰς Ἀμπέρ) τοῦ ρεύματος τὸ ὁποῖον τὸν διαρρέει, ἔχουν σταθερὸν λόγον, ἴσον μὲ τὴν ἀριθμητικὴν τιμὴν τῆς ἀντιστάσεως  $R$  τοῦ ἀγωγοῦ (εἰς Ὠμ).

Δηλαδή θὰ ἔχωμεν ὅτι :

$$\frac{U_A - U_B}{i} = R \quad \text{ἢ} \quad U_A - U_B = R \cdot i$$

Εἰς τοὺς ἀνωτέρω τύπους τὰ ( $U_A - U_B$ ),  $R$ ,  $i$  ἐκφράζονται ἀντιστοίχως εἰς Βόλτ, Ὠμ καὶ Ἀμπέρ.

Πολλὰς φορὰς ἀντὶ  $U_A - U_B$  γράφομεν ἀπλῶς  $U$ , ὅποτε ὁ τύπος γίνεταί :

$$\frac{U}{i} = R$$

Διὰ τὴν ἀπομνημόνευσιν τοῦ νόμου τοῦ Ὠμ χρησιμοποιεῖται τὸ τρίγωνον τοῦ σχήματος 134α, μέσα εἰς τὰς γωνίας τοῦ ὁποῖου τοποθετοῦνται τὰ σύμβολα τῆς ἐντάσεως καὶ τῆς ἀντιστάσεως.

Διὰ νὰ εὐρωμεν τὴν σχέσιν μὲ τὴν ὁποίαν συνδέεται ἓνα ἀπὸ τὰ τρία αὐτὰ μέγεθη μὲ τὰ ἄλλα δύο, καλύπτομεν τὸ μέγεθος αὐτὸ μὲ τὸν δάκτυλον, ὅποτε τὸ σχῆμα τὸ ὁποῖον ἀποτελοῦν τὰ ἄλλα δύο ἐκφράζει τὴν ζητουμένην σχέσιν.



Σχ. 134 α. Διὰ τὴν ἀπομνημόνευσιν τοῦ νόμου τοῦ Ohm.

Ἄλλος ὁρισμὸς τῆς μονάδος Ὠμ. Ἡ μονὰς τῆς ἠλεκτρικῆς ἀντιστάσεως 1 Ω δύναται νὰ ὁρισθῇ καὶ ὡς ἐξῆς, ἂν κάμωμεν χρῆσιν τοῦ νόμου τοῦ Ὠμ :

Τὸ 1 Ω εἶναι ἴσον μὲ τὴν ἀντίστασιν τὴν ὁποίαν παρουσιάζει ἓνας ἀγωγός, διαρρέομενος ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 1 Α,

ὅταν ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα τοῦ εἶναι ἴση μὲ 1 V.

**§ 141. Μέτρησις μιᾶς ἡλεκτρικῆς ἀντιστάσεως.** Διὰ νὰ μετρήσωμεν μίαν ἡλεκτρικὴν ἀντίστασιν, ἀρκεῖ νὰ τὴν παρεμβάλωμεν εἰς ἓνα κύκλωμα καὶ νὰ μετρήσωμεν μὲ ἓνα ἀμπερόμετρον καὶ ἓνα βολτόμετρον τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος,  $i$ , τὸ ὁποῖον τὴν διαρρέει καὶ τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ  $U$ , ἡ ὁποία ἐπικρατεῖ εἰς τὰ ἄκρα τῆς. Τὸ πηλίκον  $U : i$ , ὅταν ἡ  $U$  δίδεται εἰς Βόλτ καὶ ἡ  $i$  εἰς Ἀμπέρ, παρέχει τὴν τιμὴν τῆς ἀντιστάσεως εἰς  $\Omega\mu$ .

Οὕτως εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 134, ἂν θέλωμεν νὰ ὑπολογίσωμεν τὴν ἀντίστασιν  $AB$ , μετροῦμεν τὰς ἐνδείξεις τοῦ ἀμπερομέτρου ( $A$ ) καὶ τοῦ βολτομέτρου ( $V$ ), τὰ ὁποῖα συνδέονται εἰς τὸ κύκλωμα αὐτό, τὸ πηλίκον δὲ τῆς ἐνδείξεως τοῦ βολτομέτρου εἰς Βόλτ καὶ τοῦ ἀμπερομέτρου εἰς Ἀμπέρ, δίδει τὴν τιμὴν τῆς ἀντιστάσεως εἰς  $\Omega\mu$ .

Ἄν ὁμως θέλωμεν νὰ ἔχωμεν μίαν ἀκριβεστέραν τιμὴν τῆς ἀντιστάσεως, ἐκτελοῦμεν περισσοτέρας μετρήσεις καὶ λαμβάνομεν τὸν μέσον ὅρον τῶν μετρήσεων.

**§ 142. Ἄλλαι ἐκφράσεις τοῦ νόμου τοῦ Τζάουλ.** Ὅταν ἓνα ἡλεκτρικὸν ρεῦμα διαρρῇ μίαν ἀντίστασιν, τὴν θερμαίνει. Ἡ θερμότης ἡ ὁποία ἐκλύεται, ὅταν διέρχεται τὸ ρεῦμα, ἐκφράζεται εἰς μονάδας Τζούλ ἢ θερμίδας ἀπὸ τοὺς τύπους:

$$A = R \cdot i^2 \cdot t \text{ Joule ἢ } Q = 0,24 \cdot R \cdot i^2 \cdot t \text{ cal.}$$

εἰς τοὺς ὁποίους τὰ  $R$ ,  $i$ ,  $t$  δίδονται εἰς  $\Omega\mu$ , Ἀμπέρ καὶ δευτερόλεπτα ἀντίστοιχως.

Τὸ γινόμενον ὁμως  $R \cdot i^2 \cdot t$  γράφεται:  $R \cdot i^2 \cdot t = (R \cdot i) \cdot (i \cdot t)$ . Ἐπειδὴ δὲ  $R \cdot i = U$  καὶ  $i \cdot t = q$  (ποσότης ἡλεκτρισμοῦ), αἱ ἀνωτέρω τύποι λαμβάνουν τὰς μορφάς:

$$A = U \cdot i \cdot t \text{ Joule ἢ } Q = 0,24 \cdot U \cdot i \cdot t \text{ cal}$$

ἢ τὰς μορφάς:

$$A = U \cdot q \text{ Joule ἢ } Q = 0,24 \cdot U \cdot q \text{ cal}$$

Εἰς τοὺς δύο τελευταίους τύπους τὸ  $q$  ἐκφράζεται εἰς μονάδας Κουλόμπ ( $Cb$ ).

Τέλος ἡ ἡλεκτρικὴ ἰσχὺς ἡ ὁποία καταναλίσκεται ἀπὸ τὸ φαινόμενον Τζάουλ δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν:

$$N = U \cdot i$$

τὴν ὁποίαν ἔχομεν εὑρεῖ καὶ εἰς προηγούμενον κεφάλαιον (βλ. § 135).

1. Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ ἥτις ὑφίσταται μεταξὺ δύο σημείων Α καὶ Β ἐνὸς ἀγωγοῦ, ὁ ὁποῖος διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, δύναται νὰ μετρηθῇ μὲ ἓνα βολτόμετρον, τὸ ὁποῖον συνδέεται κατὰ διακλάδωσιν μὲ τὰ σημεῖα Α καὶ Β.

2. Ὁ νόμος τοῦ Ὠμ (Ohm) ἐκφράζει ὅτι : Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ  $U$  (εἰς Βόλτ) μεταξὺ δύο σημείων Α καὶ Β ἐνὸς ἀγωγοῦ, ὁ ὁποῖος διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα ἐντάσεως  $i$  (εἰς Ἀμπέρ), πρὸς τὴν ἔντασιν αὐτὴν, ἔχει σταθερὸν λόγον, ὁ ὁποῖος ἰσοῦται ἀριθμητικῶς πρὸς τὴν ἀντίστασιν  $R$  τοῦ ἀγωγοῦ (εἰς Ὠμ). Δηλαδὴ ἰσχύει ἡ σχέσις :

$$\frac{U}{i} = R$$

ἢ

$$U = R \cdot i$$

3. Τὸ ἓνα Ὠμ εἶναι ἴσον πρὸς τὴν ἀντίστασιν ἐνὸς ἀγωγοῦ, ὁ ὁποῖος διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα ἐνὸς Ἀμπέρ, ὅταν εἰς τὰ ἄκρα του ἐπικρατεῖ διαφορὰ δυναμικοῦ ἐνὸς βόλτ.

4. Διὰ νὰ μετρήσωμεν τὴν ἀντίστασιν ἐνὸς ἀγωγοῦ ΑΒ, ἀρκεῖ νὰ μετρήσωμεν τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ ἢ ὁποία ὑφίσταται εἰς τὰ ἄκρα του, ὅταν διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα, μὲ τὴν βοήθειαν ἐνὸς βολτομέτρου καὶ τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος τὸ ὁποῖον τὸν διαρρέει, χρησιμοποιοῦντες ἓνα ἀμπερόμετρον, ἀκολουθῶν δὲ νὰ ὑπολογίσωμεν τὸ πηλίκον τῶν μετρήσεων τῆς τάσεως πρὸς τὴν ἔντασιν.

## Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

**129.** Ἐνα ἀγωγὸν σύρμα ἀντιστάσεως  $5 \Omega$ , διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως  $1,2 \text{ A}$ . Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν δύο ἄκρων τοῦ σύρματος. (Ἀπ.  $6 \text{ V}$ .)

**130.** Ἐνας ἀγωγὸς διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως  $1,5 \text{ A}$ . Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ εἶναι  $5,4 \text{ Volt}$ . Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀγωγοῦ. (Ἀπ.  $3,6 \Omega$ .)

**131.** Τὸ θερμαντικὸν σῶμα ἐνὸς ἡλεκτρικοῦ βραστήρος ἔχει ἀντίστασιν  $60 \Omega$ .

Ὁ βραστήρ λειτουργεῖ μὲ διαφορὰν δυναμικοῦ 120 Volt. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸν βραστήρα. (Ἀπ. 2 A.)

**132.** "Ἐνα μεταλλικὸν σύρμα διαρρέεται ἀπὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 0,5 A, ὅταν τοποθετηθῇ μεταξὺ τῶν ἀκροδεκτῶν μιᾶς γεννητορίας, εἰς τοὺς ὁποίους ἐπικρατεῖ διαφορὰ δυναμικοῦ 12 Volt. α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀντίστασις τοῦ σύρματος. β) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ηλεκτρικὴ ἰσχὺς ἡ ὁποία καταναλίσκεται ἀπὸ τὸ σύρμα καὶ γίνεται ἀντιληπτὴ ὑπὸ μορφήν θερμότητος. (Ἀπ. α' 24 Ω. β' 6 W.)

**133.** "Ἐνα ηλεκτρικὸ σίδερο ἔχει μᾶζαν 1 kg καὶ καταναλίσκει ἰσχὴν 300 Watt, ὅταν λειτουργῇ μὲ διαφορὰν δυναμικοῦ 110 Volt. Ζητοῦνται : α) Ἡ ἔντασις τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ σίδερο. β) Ἡ τιμὴ τῆς ἀντιστάσεως τὴν ὁποίαν περιέχει. γ) Ὁ χρόνος ὅστις ἀπαιτεῖται διὰ νὰ ἀννψώσωμεν τὴν θερμοκρασίαν τῆς συσκευῆς ἀπὸ τοὺς 15 °C εἰς τοὺς 65 °C. Εἰδικὴ θερμότης σιδήρου 0,11 cal/gr · grad. (Ἀπ. α' 2,7 A, περίπου. β' 41 Ω, περίπου, γ' 77 sec.)

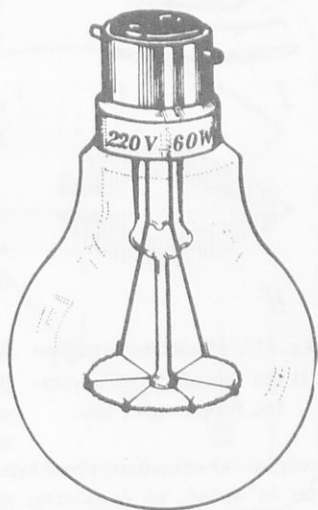
**134.** Εἰς ἓνα ηλεκτρικὸν λαμπτήρα ἀναγράφονται τὰ ἀκόλουθα : 120 Volt, 60 Watt : α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸν λαμπτήρα. β) Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἀντίστασις τοῦ μεταλλικοῦ νήματος τοῦ λαμπτήρος. (Ἀπ. α' 0,5 A. β' 240 Ω.)

## Λ'—ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΤΟΥ ΤΖΑΟΥΛΑ. ΦΩΤΙΣΜΟΣ. ΘΕΡΜΑΝΣΙΣ

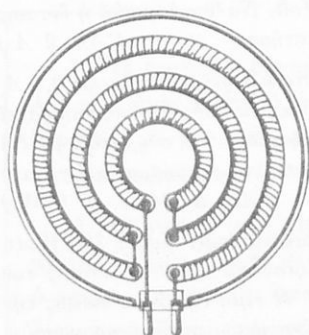
**§ 143.** Ἡλεκτροφωτισμός. Σπουδαία ἐφαρμογὴ τοῦ θερμικοῦ ἀποτελέσματος τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος εἶναι ἡ χρησιμοποίησις του εἰς τὸν φωτισμόν.

Διὰ τὸν σκοπὸν αὐτὸν χρησιμοποιοῦνται εἰδικοὶ ὑάλινοι λαμπτήρες, εἰς τοὺς ὁποίους τὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα διαρρέει ἓνα σπείρωμα ἀπὸ σύρμα δυστήκτου μετάλλου, (συνήθως σύρμα ἀπὸ μέταλλον βολφράμιον), τοποθετημένου καταλλήλως μέσα εἰς τὸ ὑάλινον περίβλημα.

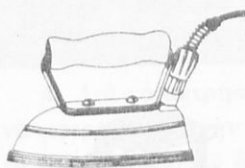
Τὸ σύρμα πυρακτώνεται, ἐπειδὴ ὁμως εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ λαμπτήρος ὑπάρχει ἀδρανὲς ἀέριον, συνήθως ἄζωτον ἢ ἄργον, ὑπὸ πολὺ μικρὰν πίεσιν, δὲν καίεται ἀλλὰ φωτοβολεῖ (σχ. 135).



Σχ. 135. Λαμπτήρ φωτισμοῦ.



Σχ. 136. Θερμαινομένη πλάξ με κυκλικόν άγωγόν σύρμα.



I



II

Σχ. 137. Ήλεκτρικόν σίδερο (I) και διάταξις του σύρματος θερμάνσεώς του.

**§ 144. Ήλεκτρική θέρμανσις. α) Οικιακαί συσκευαί.** Μία ήλεκτρική θερμάστρα, ένα σίδερο σιδερώματος, ένας ήλεκτρικός βραστήρ, κλπ. περιλαμβάνουν ένα σύρμα, μεγάλης αντίστασεως, άνοξειδωτον τό όποϊον όνομάζομεν γενικώς *θερμαντικήν αντίστασιν*. "Όταν διαρρή το ήλεκτρικόν ρεύμα τό σύρμα, αυτό έρυθροπυρώνεται και άκτινοβολεί θερμότητα.

Είς τās ήλεκτρικās θερμτσάρας, είς τούς ήλεκτρικούς θερμαντήρας και είς τās ήλεκτρικās κουζίνας, τό σύρμα είναι συνήθως περιελιγμένον έλικοειδώς και τοποθετημένον είς τās αΰλακας ενός μονωτικού υποβάθρου (σχ. 136).

Είς τό ήλεκτρικόν σίδερο (σχ. 137, I) ή θερμαντική αντίστασις έχει τό σχήμα μίās στενής ταινίας και είναι στερεωμένη επάνω είς ένα φύλλον από μαρμαρυγίαν (κοινώς μίκα), ό όποϊος είναι ένας πολύ καλός μονωτής (σχ. 137, II).

Είς τούς ήλεκτρικούς βραστήρας τό σύρμα είναι περιελιγμένον συνήθως με ύαλοβάμβακα ή άμίαντον.

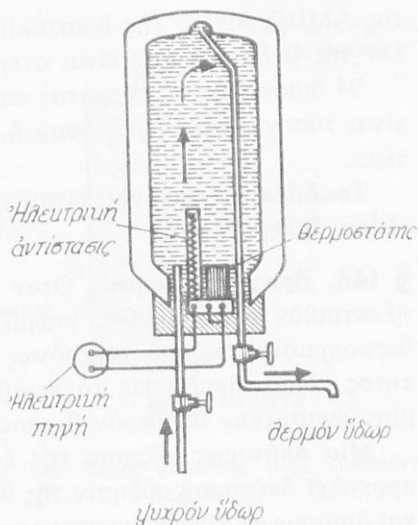
Ή ήλεκτρική θέρμανσις είναι πολύ εύχρηστος και ρυθμίζεται εύκόλως, είναι καθαρά και ύγιεινή, συγχρόνως όμως και δαπανηρά.

**β) Ήλεκτρικοί κλίβανοι.** Οί ήλεκτρικοί κλίβανοι τούς όποϊους χρησιμοποιούμεν είς τās διάφορα έργαστήρια, περιλαμβάνουν ένα σύρμα περιελιγμένον περί ένα μονωτικόν και λείον κύλινδρον. Ο κύλινδρος είναι λείος είς τρόπον ώστε ή θερμότης, ή όποία προσπίπτει επ' αυτόν, νά ανακλάται είς τόν περιβάλλοντα χώρον και νά μὴ άπορροφείται από τόν κύλινδρον και χάνεται. Ένα μονωτικόν περίβλημα προστατεύει τόν κλίβανον από τās άπωλείας τής θερμότητος είς τό περιβάλλον.



γ) **Ήλεκτρικοί θερμοσίφωνες.** Αυτοί είναι συσκευαί αι όποίαι παρέχουν θερμόν ύδωρ διά τας διαφόρους οικιακάς ανάγκας.

Τό ψυχρόν ύδωρ εισχωρεί εις τό δοχείον του θερμοσίφωνος από τό κάτω μέρος και θερμαίνεται με μίαν ηλεκτρικήν αντίστασιν. Τό θερμαινόμενον ύδωρ κινείται προς τό επάνω μέρος του δοχείου. Όταν ανοίξη μία στρόφιγξ κρουνοῦ θερμοῦ ύδατος εις ένα διαμέρισμα τής οικίας, τότε από τόν κρουνόν αυτόν εκρέει θερμόν ύδωρ. Τό θερμόν αυτό ύδωρ κυκλοφορεί χάρις εις τόν άγωγόν θερμοῦ ύδατος ό όποίος εύρίσκεται εις τήν κορυφήν του δοχείου (σχ. 137, α).

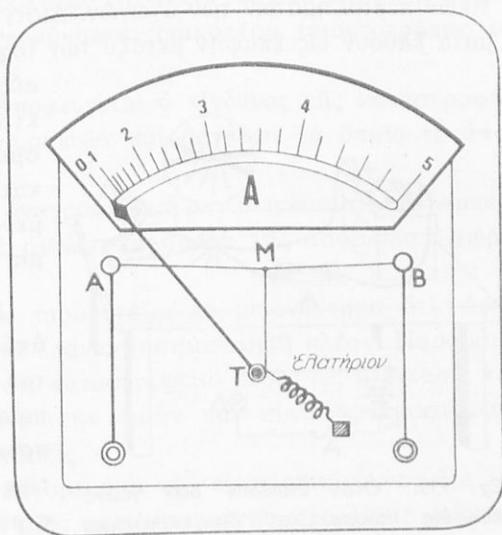


Σχ. 137 α. Ήλεκτρικός θερμοσίφων.

#### § 145. Θερμικόν άμπερόμετρον.

Τό όργανον αυτό (σχ. 138) άποτελείται από ένα λεπτόν μεταλλικόν σύρμα AMB εκ λευκοχρύσου ή άργύρου, διαρρεόμενον από τό ηλεκτρικόν ρεύμα του όποίου θέλομεν νά μετρήσωμεν τήν έντασιν. Τό σύρμα διατηρεΐται τεταμένον με τήν βοήθειαν ενός έλατηρίου, συνδεδεμένου εις τό σημείον Μ με ένα εύλύγιστον μεταλλικόν νήμα, τό όποϊον διέρχεται από μίαν μικράν τροχαλίαν Τ.

Η θερμάνσις του σύρματος AMB, εξ αίτίας τής διελεύσεως του ρεύματος, προκαλεΐ διαστολήν. Η επιμήκυνσις του σύρματος



Σχ. 138. Θερμικόν άμπερόμετρον.

τος ΑΜΒέξ αιτίας της διαστολής, προκαλεί στροφήν της τροχαλίας καὶ τῆς βελόνης, ἥτις εἶναι στερεῶς συνδεδεμένη με αὐτήν.

Ἡ διαστολὴ τοῦ σύρματος καὶ συνεπῶς ἡ ἀπόκλισις τῆς βελόνης εἶναι τόσον μεγαλύτερα, ὅσον ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι ὑψηλότερα.

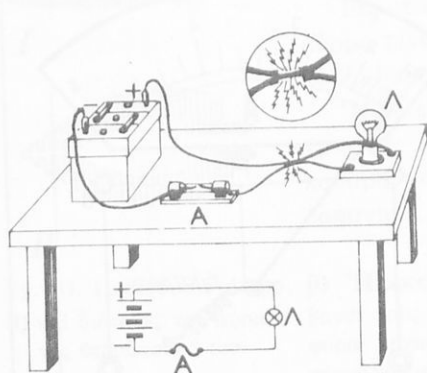
Τὸ ὄργανον βαθμολογεῖται ἐν συγκρίσει με ἓνα συνηθισμένου τύπου ἀμπερόμετρον.

**§ 146. Βραχυκύκλωμα.** Ὅταν ἓνα ἄγωγόν σύρμα διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, καθὼς γνωρίζομεν, θερμαίνεται καὶ ὑψώνεται ἢ θερμοκρασία του, ἐνῶ συγχρόνως ἓνα μέρος τῆς παραγομένης θερμότητος διασπείρεται εἰς τὸ περιβάλλον. Τελικῶς ὁ ἄγωγὸς ἀποκτᾷ μίαν ὀρισμένην σταθερὰν θερμοκρασίαν.

Μία ἀπότομος αὔξησις τῆς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος προκαλεῖ ἀπότομον αὔξησιν τῆς θερμοκρασίας τοῦ ἄγωγου σύρματος καὶ δημιουργεῖ κίνδυνον καταστροφῆς τοῦ μονωτικοῦ ὑλικοῦ, τὸ ὁποῖον περιβάλλει τὸν ἄγωγόν, ὡς καὶ τῶν διαφόρων συσκευῶν, αἱ ὁποῖαι εἶναι συνδεδεμέναι εἰς τὸ κύκλωμα.

Δι' αὐτὸ πρέπει νὰ ἐλέγχωμεν συχνάκις τὴν κατάστασιν τῶν μονωτικῶν περιβλημάτων τῶν ἄγωγῶν. Διότι ἐὰν δύο ἀπογυμνωμένα σύρματα ἔλθουν εἰς ἐπαφὴν μεταξύ των (σχ. 139), προκαλεῖται ἀπότομος

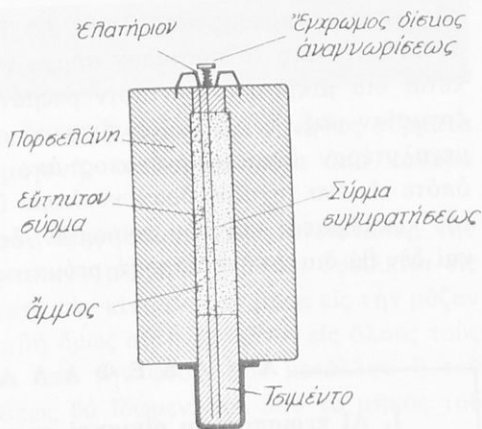
αὔξησις τῆς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος με ἀποτέλεσμα τὴν πρόκλησιν διαφόρων καταστροφῶν. Αὐτὸ τὸ φαινόμενον ὀνομάζεται **βραχυκύκλωμα**. Ὡστε :



Σχ. 139. Ὅταν ἐνωθοῦν δύο γυμνά καλῶδια προκαλεῖται βραχυκύκλωμα. Εἰς τὸ κάτω μέρος συμβολικὴ παράστασις τοῦ κυκλώματος.

**Βραχυκύκλωμα** ὀνομάζεται ἡ ἀπότομος αὔξησις τῆς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει ἓνα κύκλωμα, ἢ προκαλουμένη ἀπὸ διαφόρους αἰτίας καὶ δυναμένη νὰ ἔχῃ καταστρεπτικὰ ἀποτελέσματα διὰ τὰς διαφόρους ἠλεκτρικὰς συσκευὰς τοῦ κυκλώματος.

**§ 147. Ἀσφάλεια.** Διὰ τὴν προλάβωμεν τὴν καταστροφὴν ἑνὸς κυκλώματος, ἀπὸ ρεῦμα μεγάλης ἐντάσεως, τὸ ὁποῖον εἶναι δυνατόν νὰ προκληθῇ ἀπὸ διαφόρους αἰτίαι, ἢ πλεον συνηθισμένη ἀπὸ τὰς ὁποίας εἶναι τὸ βραχυκύκλωμα, τοποθετοῦμεν ἐν σειρᾷ πρὸς τοὺς ἀγωγούς, λεπτὰ εὐτήκτα σύρματα μικροῦ μήκους, τὰ ὁποῖα εἶναι κλεισμένα εἰς καταλλήλους θήκας καὶ ὀνομάζονται **ἤλεκτρικα ἀσφάλεια**.



Σχ. 140. Τομὴ φύσιγγος μιᾶς τηκομένης ἀσφαλείας.

Ἡ λειτουργία τῶν ἀσφαλειῶν στηρίζεται εἰς τὴν μεγάλην θερμότητα Τζάουλ, ἥτις παράγεται ὅταν διέλθῃ ἀπὸ αὐτὰς ρεῦμα μεγαλυτέρας ἐντάσεως ἀπὸ τὴν κανονικὴν.

Τὸ ἐπικίνδυνον ρεῦμα προκαλεῖ τὴν *τῆξιν* τοῦ σύρματος τῆς ἀσφαλείας ἐξ αἰτίας τῆς ὑπερθερμάνσεως, διακόπτον τοιοῦτοτρόπως τὸ κύκλωμα (σχ. 140).

Μὲ αὐτὸν τὸν τρόπον ἀποφεύγεται ὁ κίνδυνος τῆς καταστροφῆς τοῦ κυκλώματος καὶ τῶν συσκευῶν καὶ ὀργάνων τὰ ὁποῖα τὸ ἀποτελοῦν.

Εἰς ἐκάστην ἀσφάλειαν ἀναγράφεται ἡ μεγίστη ἔντασις εἰς Ἀμπέρ, εἰς τὴν ὁποίαν δύναται νὰ ἀνθέξῃ τὸ σύρμα τῆς ἀσφαλείας, χωρὶς νὰ τακῇ.

Ἡ τηκομένη ἀσφάλεια παρουσιάζει τὸ μειονέκτημα ὅτι, ἀφοῦ καταστραφῇ, δὲν δύναται νὰ ἐπαναχρησιμοποιηθῇ πλέον. Παρουσιάζει ὅμως τὸ πλεονέκτημα ὅτι καταστρέφεται εὐθὺς ὡς ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ὑπερβῇ τὴν κανονικὴν τιμὴν καὶ συνεπῶς προστατεύει ὁποσδήποτε τὰς ἐγκαταστάσεις.

Δι' αὐτὸν τὸν λόγον ἀπαγορεύεται καὶ εἶναι ἐπικίνδυνος διὰ τὰς ἐγκαταστάσεις ἢ ἐπισκευὴ μιᾶς κατεστραμμένης ἀσφαλείας μὲ τοποθέτησιν ἑνὸς ἐξωτερικοῦ σύρματος δι' ἐπαναχρησιμοποίησιν τῆς. Πράγματι τὸ σύρμα τὸ ὁποῖον θὰ τοποθετήσωμεν εἰς ἀντικατάστασιν

τῆς κατεστραμμένης ἀσφαλείας θὰ ἔχη ὁποσδήποτε διαφορετικὴν ἀντίστασιν ἀπὸ τὸ πρότυπον σύρμα τῆς ἀσφαλείας. Οὕτως ἢ θὰ τήκεται διὰ μικροτέραν ἔντασιν ρεύματος, ὁπότε θὰ δυσχεραίνει τὴν ἐργασίαν μας, ἢ, καὶ αὐτὸ εἶναι τὸ σπουδαιότερον, θὰ τήκεται εἰς μεγαλυτέραν ἔντασιν ρεύματος ἀπὸ τὴν μεγίστην ἐπιτρεπομένην, ὁπότε εἰς ἓνα τυχαῖον βραχυκύκλωμα ὑπάρχει κίνδυνος καταστροφῆς τοῦ κυκλώματος καὶ τῶν συσκευῶν, ἐφ' ὅσον δὲν θὰ τακῇ τὸ σύρμα καὶ δὲν θὰ διακοπῇ ἡ παροχὴ ρεύματος εἰς τὸ κύκλωμα.

## Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Αἱ περισσότεραι οἰκιακαὶ συσκευαὶ φωτισμοῦ καὶ θερμάνσεως εἶναι ἠλεκτρικαὶ καὶ ἐκμεταλλεύονται τὸ φαινόμενον Τζάουλ, ὅπως π.χ. οἱ λαμπτήρες πυρακτώσεως, αἱ ἠλεκτρικαὶ θερμάστραι, αἱ ἠλεκτρικαὶ κουζίνας, οἱ θερμοσίφωνες, κλπ. Τὸ ἴδιον πρᾶγμα συμβαίνει καὶ μὲ ὠρισμένα ὄργανα, ὅπως τὸ θερμικὸν ἀμπερόμετρον.

2. Τὸ φαινόμενον Τζάουλ παρουσιάζει καὶ κινδύνους. Διὰ νὰ ἀποφεύγωμεν τὰς πυρκαϊὰς καὶ γενικώτερον τὰς καταστροφὰς αἱ ὁποῖαι δύνανται νὰ προκύψουν ἀπὸ μίαν ἀπρόοπτον ὑπερθερμανσιν τῶν ἀγωγῶν καὶ τῶν συσκευῶν ἑνὸς κυκλώματος, χρῆσιμοποιοῦμεν τὰς ἠλεκτρικὰς ἀσφαλείας. Αὗται εἶναι λεπτὰ σύρματα, τὰ ὁποῖα τήκονται, ὅταν ἡ τιμὴ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος ὑπερβῇ τὴν ἐπιτρεπομένην τιμὴν, ὁπότε διακόπτεται ἡ παροχὴ καὶ ἀποτρέπεται ὁ κίνδυνος καταστροφῆς τῆς ἐγκαταστάσεως.

3. Ἡ ἀπότομος αὔξησις τῆς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος εἰς ἓνα κύκλωμα, ὀνομάζεται βραχυκύκλωμα καὶ ἔχει καταστρεπτικὰς συνεπείας.

4. Εἶναι πολὺ ἐπικίνδυνον νὰ ἐπισκευάζωμεν μίαν κατεστραμμένην ἀσφάλειαν μὲ τοποθέτησιν ἐξωτερικοῦ σύρματος δι' ἐπαναχρησιμοποίησιν τῆς.

## ΛΑ' — ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΣΠΟΥΔΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΣ ΕΝΟΣ ΑΓΩΓΟΥ

**§ 148. Γενικότητες.** Οί ηλεκτρικοί άγωγοί είναι συνήθως σύρματα μεταλλικά, κυλινδρικά και όμογενή, κατασκευασμένα από καθαρά μέταλλα ή κράματα.

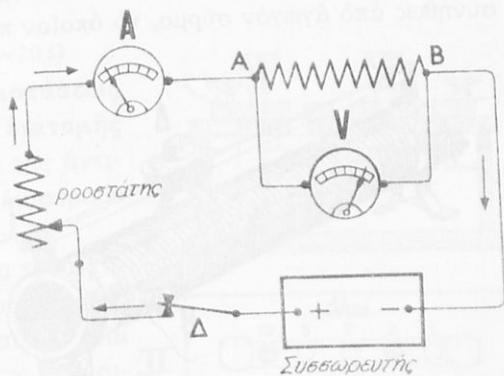
Είς προηγούμενον κεφάλαιον έξηγήσαμεν ότι ή αντίστασις, την όποιαν προβάλλει είς τό ηλεκτρικόν ρεύμα ό άγωγός, όφείλεται είς την τριβήν των ηλεκτρονίων κατά την κίνησίν των μέσα είς την μάζαν του μεταλλικού άγωγού. Ή τριβή όμως αυτή δέν είναι είς όλους τούς άγωγούς ή ίδια και έξαρτάται από την φύσιν του μετάλλου ή του κράματος. Έξαρτάται όμως, όπως θά ίδωμεν, και από τό μήκος του άγωγού και από τό πάχος του. Ωστε :

Ή αντίστασις ενός άγωγού έξαρτάται από την φύσιν του άγωγού και τας γεωμετρικάς διαστάσεις του.

**§ 149. Μεταβολή τής αντίστάσεως ενός άγωγού λόγω του μήκους του.** Θά συγκρίνωμεν τας αντίστάσεις άγωγών κατασκευασμένων από τό ίδιον ύλικόν, οί όποιοί έχουν την ίδίαν διατομήν (πάχος), διαφορετικά όμως μήκη.

**Πείραμα.** Πραγματοποιούμεν τό κύκλωμα του σχήματος 141 και αντικαθιστώμεν διαδοχικώς μεταξύ των σημείων Α και Β τας αντίστάσεις τας όποιας πρόκειται νά συγκρίνωμεν.

Χρησιμοποιούμεν, π.χ., τρία σύρματα σιδηρονικελίου, (δηλαδή άγωγούς τής ίδίας φύσεως), με διάμετρον 0,5 mm, (δηλαδή με την ίδίαν διατομήν), τά μήκη των όποιων είναι 1 m, 2 m και 3 m.



Σχ. 141. Κύκλωμα διά την μελέτην τής μεταβολής τής αντίστάσεως ενός άγωγού συναρτήσει του μήκους.

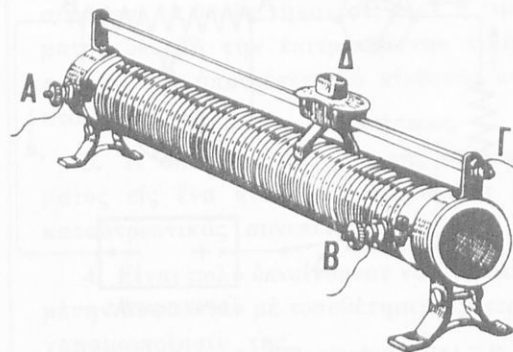
Με την βοήθειαν ενός ροοστάτου, ρυθμίζομεν τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος οὕτως, ὥστε νὰ εἶναι ἡ ἰδία εἰς ἐκάστην περίπτωσιν, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον διευκολύνει τὴν σύγκρισιν. Τὰ ἀποτελέσματα τῶν μετρήσεων μας ἀναγράφονται εἰς τὸν ἀκόλουθον πίνακα.

|                     |   |                 |                  |
|---------------------|---|-----------------|------------------|
| Μήκος (m)           | 1 | 2               | 3                |
| Έντασις (A)         | 2 | 2               | 2                |
| Διαφ. δυναμικοῦ (U) | 8 | 16              | 24               |
| $R = U/i$ (Ω)       | 4 | $8 = 2 \cdot 4$ | $12 = 3 \cdot 4$ |

“Ὅπως παρατηροῦμεν ὅταν διπλασιάζεται ἢ τριπλασιάζεται τὸ μήκος τοῦ ἀγωγοῦ, διπλασιάζεται ἢ τριπλασιάζεται, ἀντιστοίχως, καὶ ἔντασις του. “Ὡστε :

Ἡ ἀντίστασις ἐνὸς ἀγωγοῦ σύρματος, κατεσκευασμένου ἀπὸ ἓνα ὀρισμένον ὕλικόν, τὸ ὁποῖον ἔχει σταθερὰν διατομήν, εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ μήκος τοῦ σύρματος.

**§ 150. Ἐφαρμογή. Ροοστάτης.** Οἱ ροοστάται εἶναι ρυθμιστικαὶ ἀντιστάσεις, ἀντιστάσεις δηλαδὴ τῶν ὁποίων ἡ τιμὴ ρυθμίζεται, ἀναλόγως πρὸς τὰς περιστάσεις, εἰς μίαν ἐπιθυμητὴν τιμήν. Ἀποτελοῦνται συνήθως ἀπὸ ἀγωγὸν σύρμα, τὸ ὁποῖον περιελίσσεται περὶ ἓνα μονω-



Σχ. 142. Ροοστάτης (ρυθμιστικὴ ἀντίστασις) με δρομέα Δ.

τικὸν σωλῆνα, ὅλη δὲ ἡ διάταξις διαθέτει τρεῖς ἀκροδέκτας (σχ. 142). Ἀπὸ αὐτοὺς οἱ Α καὶ Β ἀποτελοῦν τὰ ἄκρα τοῦ περιελιγμένου σύρματος, ἐνῶ ὁ Γ μίαν ἐνδιάμεσον λήψιν, ἡ ὁποία δύναται νὰ μεταβάλληθῇ, ὅταν μετακινήσωμεν τὸν δρομέα Δ. Πράγματι τὸ σημεῖον Γ καὶ ὁ δρομέας Δ συνδέονται μετὸ μεταλλικὸν ἀγωγὸν.

στέλεχος (σχ. 143), το ό-  
ποιον παρουσιάζει άσ-  
ημαντον άντίστασιν.

Ο ροοστάτης συνδέε-  
ται έν σειρᾷ με τὸ κύ-  
κλωμα από τὸ άκρον του  
Α καί τήν ένδιάμεσον λή-  
ψιν Γ. Όταν μετακινήσω-

μεν τὸν δρομέα, Δ, μεταβάλλομεν τήν άντίστασιν καί ρυθμίζομεν  
τοιουτοτρόπως τήν έντασιν τοῦ ρεύματος, τὸ όποιον διαρρέει τὸ  
κύκλωμα μεταξύ μιᾶς έλαχίστης τιμῆς, (όταν ὁ δρομεύς εύρίσκεται  
εις τὸ Β, ὁπότε τὸ ρεύμα διαρρέει ὅλην τήν άντίστασιν), καί μιᾶς  
μεγίστης, (όταν ὁ δρομεύς εύρίσκεται εις τὸ Α, ὁπότε ὅλη ἡ άντί-  
στασις είναι έξω από τὸ κύκλωμα)

Άλλος τύπος ρυθμιζομένης άντιστάσεως είναι τὸ κιβώτιον άντιστάσεων ἢ,  
ὅπως άλλέως λέγεται, ἡ ρυθμιστικὴ άντίστασις μετά γόμφων (σχ. 144).

Εἰς τήν άντίστασιν τοῦ τύπου αὐτοῦ, ἡ ρύθμισις επιτυγχάνεται με τήν χρῆσιν  
μεταλλικῶν γόμφων, οἱ ὅποιοι εισάγονται εις καταλλήλους ὑποδοχὰς καί θέτουν  
οὕτως έκτός κυκλώματος τὰς άντιστάσεις, αἱ ὁποῖαι εύρίσκονται κάτω από τὰς ὑπο-  
δοχὰς.

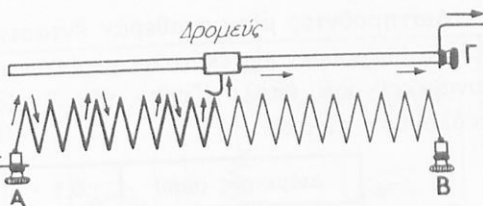
Εἰς τὸ σχῆμα 144 είναι έκτός κυκλώματος αἱ άντιστάσεις 10 Ω καί 2 Ω καί  
ἀπομένουν πρὸς χρῆσιν αἱ ἄλλαι άντιστάσεις 5 Ω, 2 Ω καί 1 Ω.

Αν εἶχον έξαχθῇ ὅλοι οἱ γόμφοι, θά ἐχρησιμοποιούγντο ὅλαι αἱ άντιστάσεις  
δηλαδὴ :

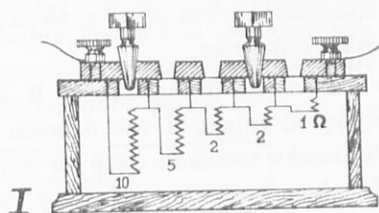
$$10 \Omega + 5 \Omega + 2 \Omega + 2 \Omega + 1 \Omega = 20 \Omega$$

**§ 151. Μεταβολὴ τῆς άντιστάσεως  
ἀγωγοῦ συναρτῆσει τῆς διατομῆς  
του.** Θὰ συγκρίνωμεν τώρα τὰς άντι-  
στάσεις ἀγωγῶν οἱ ὅποιοι διαφέρουν  
μόνον εις τήν διατομήν των.

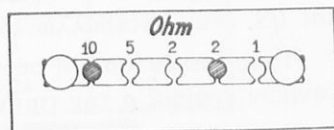
**Πείραμα.** Εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ σχῆ-  
ματος 141 ἀντικαθιστῶμεν διαδοχικῶς,  
μεταξὺ τῶν σημείων Α καί Β, τρία  
ίσομήκη ἀγωγὰ σύρματα, π.χ. ἀπὸ σι-  
δηρονικέλιον, με κοινὸν μήκος 1 m,  
τὰ ὁποῖα ἔχουν διαμέτρους 0,5 mm,  
1 mm καί 2 mm.



Σχ. 143. Πορεία τοῦ ρεύματος έντός τοῦ  
ροοστάτου.



I



II

Σχ. 144. Κιβώτιον άντιστάσεων  
ρυθμισμένον διὰ 8 Ω.

Διατηρούντες μίαν σταθεράν έντασιν ρεύματος, ίσην έστω πρὸς 0,5 A, μετροῦμεν εἰς ἑκάστην περίπτωση τὴν ἀντίστοιχον διαφορὰν δυναμικοῦ καὶ ὑπολογίζομεν τὴν ἀντίστασιν καταστρώνοντες τὸν ἀκόλουθον πίνακα :

|                          |          |         |       |
|--------------------------|----------|---------|-------|
| Διάμετρος (mm)           | 0,5      | 1       | 2     |
| Τομὴ (mm <sup>2</sup> )  | $\pi/16$ | $\pi/4$ | $\pi$ |
| Έντασις (A)              | 0,5      | 0,5     | 0,5   |
| Διαφορὰ<br>δυναμικοῦ (U) | 2        | 0,5     | 0,125 |
| $R = U/i$ ( $\Omega$ )   | 4        | 1       | 0,250 |

“Ὅπως παρατηροῦμεν, ὅταν ἡ διατομὴ γίνῃ 4 φορές μεγαλύτερα :

$$\left( \frac{\pi}{4} = 4 \cdot \frac{\pi}{16} \text{ καὶ } \pi = 4 \cdot \frac{\pi}{4} \right)$$

ἡ ἀντίστασις γίνεται τέσσαρας φορές μικρότερα ( $1=4:4$ , καὶ  $0,25=1:4$ ). “Ὡστε :

“Ἡ ἀντίστασις ἑνὸς ἄγωγου, κατασκευασμένου ἀπὸ ὀρισμένου ὕλικον καὶ ὁ ὁποῖος ἔχει σταθερὸν μήκος, εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὴν διατομὴν του.

**§ 152. Σχέσις μεταξὺ ἀντιστάσεως, μήκους καὶ διατομῆς ἑνὸς ἄγωγου.** Γνωρίζομεν ὅτι, ὅταν ἓνα μέγεθος εἶναι ἀνάλογον πρὸς δύο ἀλλανεξάρτητα μεγέθη, τὸ μέγεθος αὐτὸ εἶναι ἀνάλογον καὶ πρὸς τὸ γινόμενόν των.

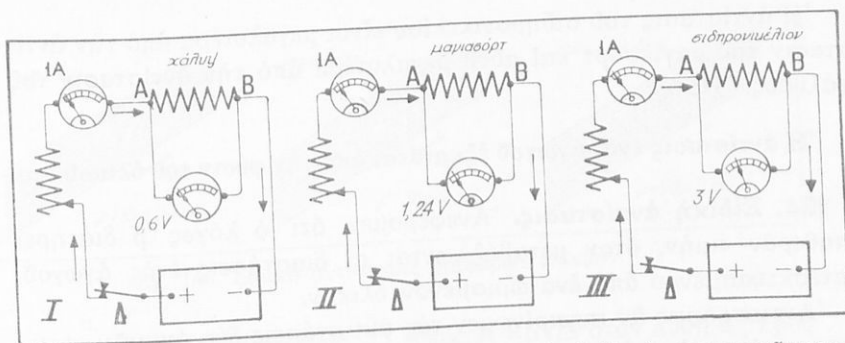
Συνεπῶς ἡ ἀντίστασις  $R$  ἑνὸς ἄγωγου ἐφ’ ὅσον εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ μήκος  $l$  τοῦ ἄγωγου καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὴν διατομὴν του  $S$  ἢ, ὅπερ τὸ αὐτό, ἀνάλογος πρὸς τὸ  $1/S$  τοῦ ἄγωγου, θὰ εἶναι ἀνάλογος καὶ πρὸς τὸ γινόμενον  $l \cdot 1/S$ , δηλαδὴ πρὸς τὸ  $l/S$ .

Αὐτὸ σημαίνει ὅτι ὑφίσταται ἓνας σταθερὸς λόγος μεταξὺ τῶν  $R$  καὶ  $l/S$ , ὅταν μεταβάλλωνται μόνον αἱ διαστάσεις.

“Ἐχει ἐπικρατήσῃ ἡ συνήθεια διεθνῶς νὰ παριστάνωμεν μὲ τὸ ἐλληνικὸν γράμμα  $\rho$  τὴν τιμὴν τοῦ λόγου αὐτοῦ. “Ὡστε εἶναι :

$$R / \frac{l}{S} = \rho \quad \text{ἢ} \quad R = \rho \cdot \frac{l}{S}$$





Σχ. 145. Ἡ ἀντίστασις ἑνὸς ἀγωγοῦ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ ὕλικὸν κατασκευῆς του.

**§ 153. Μεταβολὴ τῆς ἀντιστάσεως ἑνὸς ἀγωγοῦ λόγω τῆς φύσεως τοῦ ὕλικου του.** Θὰ συγκρίνωμεν τὰς ἀντιστάσεις τριῶν ἀγωγῶν, μήκους 0,50 m καὶ διαμέτρου 0,4 mm, οἱ ὅποιοι εἶναι κατεσκευασμένοι ἀπὸ χάλυβα, μαγνησόρτ (χαλκοψευδαργυρονικέλιον, Cu 60%, Zn 25%, Ni 15%) καὶ σιδηρονικέλιον (Fe 75%, Ni 25%). Οἱ ἀγωγοὶ δηλαδὴ διαφέρουν μόνον κατὰ τὸ ὕλικὸν τῆς κατασκευῆς των.

**Πείραμα.** Εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 141 ἀντικαθιστῶμεν διαδοχικῶς μεταξὺ τῶν σημείων Α καὶ Β, τὰ σύρματα τὰ ὅποια ἀνεφέρομεν (σχ. 145).

Κλείομεν τὸν διακόπτην, διατηροῦμεν μίαν σταθερὰν ἔντασιν ρεύματος, ἴσην ἔστω πρὸς 1Α, μετὰ τὴν βοήθειαν τοῦ ροοστάτου, μετροῦμεν εἰς ἐκάστην περίπτωσιν τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ καὶ ὑπολογίζομεν τὴν ἀντίστοιχον ἀντίστασιν, καταστρώνοντες τὸν ἀκόλουθον πίνακα μετὰ τὰς μετρήσεις καὶ τοὺς ὑπολογισμούς μας.

| Φύσις τοῦ ἀγωγοῦ | χάλυψ | μαγνησόρτ | σιδηρο-<br>νικέλιον |
|------------------|-------|-----------|---------------------|
| Διαφ. δυναμ. (V) | 0,6   | 1,24      | 3                   |
| Ἔντασις (A)      | 1     | 1         | 1                   |
| $R = U/i$ (Ω)    | 0,6   | 1,24      | 3                   |

Ὅπως παρατηροῦμεν, τὰ τρία σύρματα, μολονότι ἔχουν τὰς ἰδίας γεωμετρικὰς διαστάσεις, παρουσιάζουν διαφορετικὰς ἀντιστάσεις εἰς τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα.

Ἡ ἀντίστασις τοῦ σιδηρονικελίου εἶναι μεγαλύτερα ἀπὸ τὴν ἀντίστασιν τοῦ μαγιεσόρτ καὶ αὐτὴ μεγαλύτερα ἀπὸ τὴν ἀντίστασιν τοῦ χάλυβος. Ὡστε :

Ἡ ἀντίστασις ἐνὸς ἀγωγοῦ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ ὕλικου του.

**§ 154. Εἰδικὴ ἀντίστασις.** Ἀνεφέρομεν ὅτι ὁ λόγος  $\rho$  διατηρεῖ σταθερὰν τιμὴν, ὅταν μεταβάλλωνται αἱ διαστάσεις ἐνὸς ἀγωγοῦ, κατεσκευασμένου ἀπὸ ἑνα ὀρισμένον ὕλικόν.

Ἀντιστρόφως ἂν συγκρίνωμεν τὰς ἀντιστάσεις δύο ἀγωγῶν, κατεσκευασμένων ἀπὸ διαφορετικὰ ὕλικά, οἱ ὁποῖοι ὁμῶς παρουσιάζουν τὰς ἰδίας γεωμετρικὰς διαστάσεις, θὰ ἔχωμεν :

$$R_1 = \rho_1 \cdot \frac{l}{S} \text{ καὶ } R_2 = \rho_2 \cdot \frac{l}{S}$$

Οὕτως, ἂν πειραματισθῶμεν μὲ μεταλλικοὺς ἀγωγοὺς ἀπὸ σιδηρονικέλιον καὶ σίδηρον, μὲ τὰς ἰδίας γεωμετρικὰς διαστάσεις, θὰ διαπιστώσωμεν ὅτι ὁ ἀγωγὸς ἀπὸ τὸ σῦρμα τοῦ σιδηρονικελίου παρουσιάζει ὀκταπλασίαν ἀντίστασιν ἀπὸ τὸν σιδηροῦν ἀγωγόν.

Ὁ συντελεστὴς  $\rho$ , ὁ ὁποῖος ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ ὕλικου κατασκευῆς τοῦ ἀγωγοῦ, ὀνομάζεται εἰδικὴ ἀντίστασις τοῦ ἀγωγοῦ.

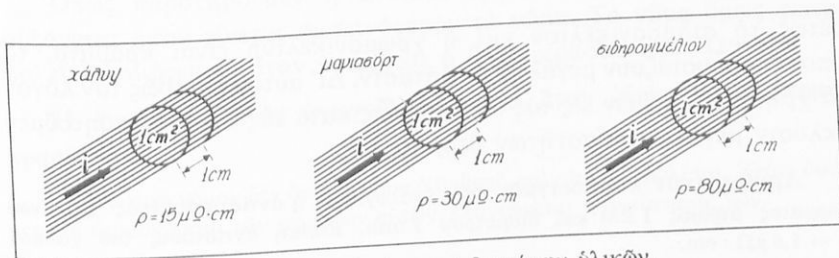
Ὑπολογισμὸς τῆς εἰδικῆς ἀντιστάσεως. Εἰς τὸν τύπον  $R = \rho \cdot l/S$  ἐκφράζομεν τὸ μῆκος τοῦ ἀγωγοῦ εἰς ἑκατοστόμετρα, τὴν διατομὴν του εἰς τετραγωνικὰ ἑκατοστόμετρα καὶ τὴν ἀντίστασιν του εἰς μονάδας  $\Omega\mu$ .

Ἐὰν εἰς τὸν ἀνωτέρω τύπον θέσωμεν  $l = 1 \text{ cm}$ ,  $S = 1 \text{ cm}^2$ , εὐρίσκομεν ὅτι :

$$R = \rho$$

Ὡστε :

Ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις ἐνὸς ἀγωγοῦ εἶναι ἀριθμητικῶς ἴση πρὸς τὴν ἀντίστασιν ἐνὸς κυλίνδρου, κατεσκευασμένου ἀπὸ τὸν ἀγωγὸν αὐτόν, ὁ ὁποῖος ἔχει μῆκος  $1 \text{ cm}$  καὶ διατομὴν  $1 \text{ cm}^2$  (εἰς θερμοκρασίαν  $15^\circ\text{C}$ ) (σχ. 146).



Σχ. 146. Ειδική αντίστασις διαφόρων υλικών.

**Μονάς ειδικής αντιστάσεως.** 'Ο τύπος  $R = \rho \cdot l / S$  όταν λυθῇ ὡς πρὸς  $\rho$  δίδει :

$$\rho = R \cdot \frac{S}{l}$$

Ἐὰν θέσωμεν  $R = 1 \Omega$ ,  $S = 1 \text{ cm}^2$  καὶ  $l = 1 \text{ cm}$ , εὐρίσκομεν τὴν μονάδα τῆς ειδικῆς αντιστάσεως. Ὡστε :

Ἡ μονάς ειδικῆς αντιστάσεως εἶναι ἴση μὲ τὴν ειδικὴν αντίστασιν ἐνὸς υλικοῦ, τὸ ὁποῖον εἰς κυλινδρικὸν ἄγωγόν, μήκους  $1 \text{ cm}$  καὶ διατομῆς  $1 \text{ cm}^2$ , παρουσιάζει αντίστασιν  $1 \Omega$ .

Ἡ μονάς αὕτῃ ὀνομάζεται ὠμ-ἑκατοστόμετρον ( $\Omega \cdot \text{cm}$ ).

Συνήθως χρησιμοποιοῦμεν τὸ ὑποπολλαπλάσιον τῆς μονάδος αὐτῆς, τὸ μικρο-ὠμ-ἑκατοστόμετρον ( $\mu\Omega \cdot \text{cm}$ ), ἵσον μὲ τὸ ἓνα ἑκατομμυριοστὸν τῆς βασικῆς μονάδος.

Δηλαδή εἶναι :

$$1 \Omega \cdot \text{cm} = 10^6 \mu\Omega \cdot \text{cm}$$

**Παρατήρησις.** Οἱ καλοὶ ἄγωγοὶ εἶναι σώματα τὰ ὁποῖα ἔχουν πολὺ μικρὰν τιμὴν ειδικῆς αντιστάσεως (ἄργυρος, χαλκός, ἄργίλιον). Ἀντι-

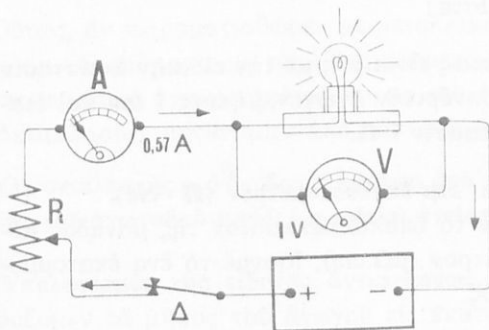
| Παράδειγμα ειδικῶν αντιστάσεων διαφόρων υλικῶν<br>καὶ κραμάτων εἰς $\mu\Omega \cdot \text{cm}$ |     |                |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|----------------|-----|
| Ἀργυρὸς                                                                                        | 1,5 | Μαγνησόρτ      | 30  |
| Χαλκός                                                                                         | 1,6 | Κοινοκράντη    | 50  |
| Σίδηρος                                                                                        | 10  | Σιδηρονικέλιον | 80  |
| Νικέλιον                                                                                       | 12  | Υδράργυρος     | 94  |
| Μόλυβδος                                                                                       | 20  | Χρωμονικελίνη  | 137 |

θέτως τὸ σιδηρονικέλιον καὶ ἡ χρωμονικελίνη εἶναι κράματα, τὰ ὁποῖα παρουσιάζουν μεγάλην ἀντίστασιν. Δι' αὐτὸν ἀκριβῶς τὸν λόγον τὰ χρησιμοποιοῦμεν εἰς τὰς περιπτώσεις κατὰ τὰς ὁποίας ἐπιζητοῦμεν ἔκλυσιν μεγάλων ποσοτήτων θερμότητος.

**Ἀριθμητικὸν παράδειγμα.** Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀντίστασις ἑνὸς χαλκίνου σύρματος μήκους 1 km καὶ διαμέτρου 1 mm. Εἰδικὴ ἀντίστασις τοῦ χαλκοῦ  $\rho = 1,6 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ .

**Λύσις.** Ἀντικαθιστῶμεν εἰς τὸν τύπον  $R = \rho \cdot l / S$  τὰ δεδομένα τοῦ προβλήματος, δηλαδή:  $\rho = 1,6 \mu\Omega \cdot \text{cm} = 1,6 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$ ,  $l = 1000 \text{ m} = 100\,000 \text{ cm} = 10^5 \text{ cm}$ ,  $S = \pi \cdot 0,05^2 = 0,0025 \cdot \pi \text{ cm}^2$  (διότι ἐφ' ὅσον ἡ διάμετρος εἶναι 1 mm = 0,1 cm, ἡ ἀκτίς θὰ εἶναι 0,05 cm), θὰ ἔχωμεν:

$$R = \frac{1,6 \cdot 10^{-6} \cdot 10^5}{0,0025 \cdot \pi} = \frac{0,16}{0,00785} = 20,3 \Omega$$



Σχ. 147. Ἡ ἀντίστασις τοῦ σύρματος αὐξάνεται μετὰ τῆς θερμοκρασίας.

**§ 155. Μεταβολὴ τῆς ἀντιστάσεως μετὰ τῆς θερμοκρασίας.** Πραγματοποιοῦμεν τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 147, ἡ ἀντίστασις τοῦ ὁποίου ἀποτελεῖται ἀπὸ τὸ νῆμα πυρακτώσεως τοῦ λαμπτήρος.

Ρυθμίζομεν τὸν ροοστάτην οὕτως, ὥστε νὰ ἔχωμεν κατὰ τὴν ἀρχὴν τοῦ πειράματος τάσιν 1 V εἰς τὰ ἄκρα τοῦ λαμπτήρος. Ἀκολουθῶς αὐξάνομεν

προοδευτικῶς τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, μέχρις ὅτου ὁ λαμπτήρ ἀποκτήσῃ τὴν κανονικὴν του φωτεινὴν ἰσχύν.

Σημειοῦντες διὰ διαφόρους τιμὰς τῆς ἐντάσεως τὰς ἀντιστοίχους τιμὰς τῆς τάσεως, ὑπολογίζομεν τὴν ἀντίστασιν καὶ κατασερῶνομεν τὸν ἀκόλουθον πίνακα:

|                          |      |     |     |
|--------------------------|------|-----|-----|
| Ἐντασις (A)              | 0,57 | 1   | 1,2 |
| Διαφ. δυναμικοῦ (V)      | 1    | 3,8 | 6   |
| Ἀντίστασις $R = U/i$ (Ω) | 1,7  | 3,8 | 5   |

Όπως παρατηρούμεν ή αντίστασις του νήματος πυρακτώσεως αυξάνεται όσον γίνεται φωτεινότερον τὸ νήμα. Τὸ νήμα όμως φωτοβολεῖ έντονότερον, όταν υψώνεται ή θερμοκρασία του. Ὡστε :

Ἡ αντίστασις ένδὸς αγωγοῦ αυξάνεται όταν υψώνεται ή θερμοκρασία του.

Τὸν άνωτέρω νόμον δέν άκολουθοῦν ὁ άνθραξ καί οἱ ήλεκτρολύται. Ὅταν υψώνεται ή θερμοκρασία τῶν σωμάτων αὐτῶν, έλαττώνεται ή αντίστασις τῶν.

## Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Ἡ αντίστασις ένδὸς αγωγοῦ εξαρτᾶται ἀπὸ τήν φύσιν τοῦ αγωγοῦ καί τὰς διαστάσεις του.

2. Ἡ αντίστασις ένδὸς αγωγοῦ σύρματος εἶναι : α) ἀνάλογος πρὸς τὸ μήκος του, β) ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τήν διατομήν του, καί γ) εξαρτᾶται ἀπὸ τὸ ὕλικόν κατασκευῆς τοῦ αγωγοῦ.

3. Ἡ εἰδική αντίστασις  $\rho$  ένδὸς αγωγοῦ σύρματος εἶναι ἀριθμητικῶς ἴση πρὸς τήν αντίστασιν ένδὸς ὕλικου, τὸ ὁποῖον εἰς κυλινδρικόν αγωγόν, μήκους  $1 \text{ cm}$  καί διατομῆς  $1 \text{ cm}^2$ , παρουσιάζει αντίστασιν  $1 \Omega$ .

4. Μεταξὺ τῆς ἀντιστάσεως  $R$ , τῆς εἰδικῆς ἀντιστάσεως  $\rho$ , τοῦ μήκους  $l$  καί τῆς διατομῆς  $S$  ένδὸς αγωγοῦ, ὑφίσταται ή σχέσις:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S}$$

5. Μονὰς εἰδικῆς ἀντιστάσεως εἶναι τὸ  $1 \Omega \cdot \text{cm}$ .

6. Ἡ αντίστασις ένδὸς αγωγοῦ αυξάνεται, όταν υψώνεται ή θερμοκρασία του. Τὸ ἀντίθετον συμβαίνει μὲ τὸν άνθρακα καί τοὺς ήλεκτρολύτας.

## Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

135. Σύρμα ἀπὸ σιδηρονικέλιον ἔχει μήκος  $10 \text{ cm}$  καί έμβαδὸν διατομῆς  $0,2 \text{ mm}^2$ . Ἡ εἰδική αντίστασις τοῦ σιδηρονικελίου εἶναι  $30 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ . Νά ὕπολογισθῇ ή αντίστασις τοῦ σύρματος. (Ἀπ.  $R=0,15 \Omega$ .)

136. Ἡ αντίστασις μὲ τήν ὁποίαν θερμαίνεται ἓνα ήλεκτρικὸ σίδερο εἶναι  $40 \Omega$ . Διὰ νά τήν αντικαταστήσωμεν χρησιμοποιοῦμεν σύρμα έμβαδοῦ διατομῆς  $0,005$

$\text{cm}^2$  και ειδικής αντίστασης  $50 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ . Να υπολογισθῇ τὸ μήκος τοῦ σύρματος, τὸ ὁποῖον πρέπει νὰ χρησιμοποιήσωμεν. (Ἀπ. 10 m.)

**137.** Να υπολογισθῇ εἰς τετραγωνικά χιλιοστά τὸ ἐμβαδὸν τῆς διατομῆς ἐνὸς ἀγωγοῦ, ὁ ὁποῖος ἔχει ἀντίστασιν  $0,1 \Omega$ . καὶ μήκος  $12,56 \text{ m}$ . Ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις τοῦ μετάλλου ἀπὸ τὸ ὁποῖον εἶναι κατεσκευασμένος ὁ ἀγωγὸς εἶναι  $40 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ . (Ἀπ.  $50,24 \text{ mm}^2$ .)

**138.** "Ενα καλὸδίου ἀπὸ χαλκὸν ἔχει εἰδικὴν ἀντίστασιν  $\rho = 1,6 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ , κυκλικὴν διατομὴν διαμέτρου  $1 \text{ mm}$  καὶ μήκος  $50 \text{ m}$ . α) Να υπολογίσετε τὴν ἀντίστασιν του. β) Να υπολογίσετε τὴν ποσότητα τῆς θερμότητος, ἡ ὁποία ἐλευθερώνεται, ἐὰν ἐπὶ  $1 \omega\text{ραν}$  τὸ καλὸδίου διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως  $0,5 \text{ A}$ . (Ἀπ. α'  $1 \Omega$ , περίπου. β'  $214,2 \text{ cal}$ , περίπου).

**139.** Να εὐρεθῇ τὸ μήκος σύρματος, τὰ ἄκρα τοῦ ὁποῖου ὅταν συνδεθοῦν μὲ πηγὴν τάσεως  $120 \text{ V}$  διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως  $2 \text{ A}$ . Δίδονται : Ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις τοῦ σύρματος :  $\rho = 30 \mu\Omega \cdot \text{cm}$  καὶ ἡ διάμετρος τῆς κυκλικῆς διατομῆς τοῦ καλὸδίου  $d = 0,1 \text{ mm}$ . (Ἀπ.  $1,5 \text{ m}$ , περίπου.)

**140.** "Ενα καλὸδίου ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ἔχει μήκος  $5 \text{ m}$ , ἐμβαδὸν διατομῆς  $1 \text{ mm}^2$ , ἡ δὲ ἀντίστασις του εἶναι  $4 \Omega$ . α) Να υπολογίσετε τὴν ἀντίστασιν ἐνὸς καλὸδίου ἀπὸ τὸ ἴδιον ὑλικόν, τῆς ἰδίας διατομῆς, ἀλλὰ μήκους  $12 \text{ m}$ . β) Να υπολογίσετε τὴν ἀντίστασιν ἐνὸς καλὸδίου, ἀπὸ τὸ ἴδιον πάλιν ὑλικόν, μήκους  $5 \text{ m}$  ἀλλὰ ἐμβαδὸς διατομῆς  $3 \text{ mm}^2$ . γ) Να υπολογίσετε τὴν εἰδικὴν ἀντίστασιν τοῦ κράματος, τὸ ὁποῖον χρησιμοποιοῦμεν διὰ τὴν κατασκευὴν αὐτῶν τῶν καλὸδίων. (Ἀπ. α'  $9,6 \Omega$ . β'  $1,33 \Omega$ . γ'  $80 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ .)

**141.** "Ενα κύκλωμα περιλαμβάνει συνδεδεμένας ἐν σειρᾷ τὰς ἀκολουθούσας συσκευάς : Μίαν γεννήτριαν, ἓνα ἀμπερόμετρον καὶ μίαν ἀντίστασιν. α) Να υπολογίσετε τὴν τιμὴν τῆς ἀντιστάσεως  $R$ , γνωρίζοντες ὅτι ἀποτελεῖται ἀπὸ σύρμα μὲ διάμετρον  $0,4 \text{ mm}$ , μήκος  $78,5 \text{ cm}$  καὶ εἰδικὴν ἀντίστασιν  $80 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ . β) "Ενα βολτόμετρον συνδεδεμένον εἰς τὰ ἄκρα τῆς ἀντιστάσεως  $R$  δεικνύει διαφορὰν δυναμικοῦ  $20 \text{ Volt}$ . Ποία θὰ εἶναι ἡ ἔνδειξις τοῦ ἀμπερομέτρου. (Ἀπ. α'  $5 \Omega$ . β'  $4 \text{ A}$ )

## ΑΒ' — ΣΥΝΔΕΞΙΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ

**§ 156. Γενικότητες.** "Οταν περισσότεραι τῆς μιᾶς ἀντιστάσεις παρατίθενται εἰς ἓνα κύκλωμα, εἰς τρόπον ὥστε νὰ διαρρέωνται ἀπὸ τὸ ἴδιον ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, λέγομεν ὅτι αἱ ἀντιστάσεις αὗται εἶναι συνδεδεμένας ἐν σειρᾷ.

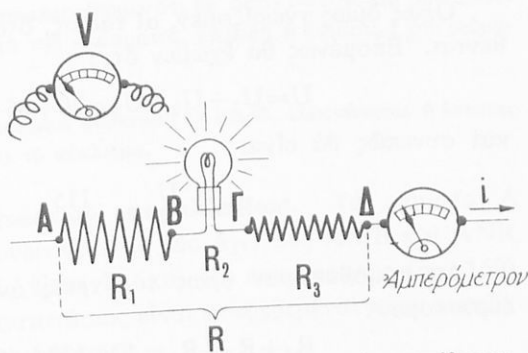
Ὑπάρχει ὅμως καὶ ἓνας ἄλλος τρόπος συνδέσεως ἀντιστάσεως, κατὰ τὸν ὁποῖον αἱ ἀντιστάσεις σχηματίζουν διακλαδώσεις καὶ δὲν

διαρρέονται από το ίδιο ρεύμα. Η σύνδεσις αὐτὴ λέγεται σύνδεσις κατὰ διακλάδωσιν ἢ ἐν παραλλήλῳ.

**§ 157. Σύνδεσις ἐν σειρᾷ. Πείραμα.** Συνδέομεν μερικὲς ἡλεκτρικὰς ἀντιστάσεις ἐν σειρᾷ, π.χ. μίαν

ἡλεκτρικὴν θερμάστραν, ἓνα λαμπτήρα καὶ ἓνα ροοστάτην (σχ. 148), καὶ τὰς τροφοδοτοῦμεν μετ' ἡλεκτρικὸν ρεύμα, τὴν ἔντασιν τοῦ ὁποίου, ἔστω  $i = 0,5$  A, μετρεῖ ἓνα ἀμπερόμετρον. Διὰ νὰ ὑπολογίσωμεν τὴν ἀντίστασιν ἐκάστης συσκευῆς κεχωρισμένως, μετροῦμεν μετ' ἓνα βολτόμετρον τὴν τάσιν, ἣ ὁποία ἐπικρατεῖ εἰς τὰ ἄκρα τῆς καὶ ἀκολουθῶς ἐφαρμόζομεν τὸν τύπον  $R = U/i$ .

Σχ. 148. Αἱ ἀντιστάσεις ἐν σειρᾷ προστίθενται.



Μετροῦντες τὰς τάσεις αἵτινες ἐπικρατοῦν εἰς τὰ σημεῖα A, B, Γ, Δ, εὐρίσκομεν ὅτι :

$$U_A - U_B = U_1 = 20 \text{ V}, \quad U_B - U_\Gamma = U_2 = 65 \text{ V}, \\ U_\Gamma - U_\Delta = U_3 = 30 \text{ V}.$$

Συνεπῶς θὰ ἔχωμεν :

$$R_1 = \frac{U_1}{i} = \frac{20}{0,5} = 40 \, \Omega$$

$$R_2 = \frac{U_2}{i} = \frac{65}{0,5} = 130 \, \Omega$$

$$R_3 = \frac{U_3}{i} = \frac{30}{0,5} = 60 \, \Omega.$$

Ἡ ἀντίστασις R τῶν τριῶν συσκευῶν, ὅταν θεωρηθοῦν ὡς μία διάταξις, ἢ ἀντίστασις δηλαδὴ ἡ ὁποία περιλαμβάνεται μεταξὺ τῶν σημείων A καὶ Δ τοῦ κυκλώματος, ὀνομάζεται ὀλικὴ ἀντίστασις τῶν τριῶν συσκευῶν καὶ ὑπολογίζεται μετ' ἐφαρμογὴν τοῦ τύπου  $R = U/i$ , ὅπου μετ' U παριστᾶται ἡ τάσις μεταξὺ τῶν σημείων A καὶ Δ, δηλαδὴ ἡ  $U_A - U_\Delta$ .

Όπως όμως γνωρίζομεν, αἱ τάσεις, ὅταν εἶναι διαδοχικαί, προστίθενται. Ἐπομένως θὰ ἔχωμεν ὅτι :

$$U = U_1 + U_2 + U_3 = 20 + 65 + 30 = 115V$$

καὶ συνεπῶς θὰ εἶναι :

$$R = \frac{U}{i} = \frac{115}{0,5} = 230 \Omega.$$

Ἄν προσθέσωμεν ὁμῶς τὰς τρεῖς ἀντιστάσεις  $R_1$ ,  $R_2$  καὶ  $R_3$ , εὐρίσκομεν :

$$R_1 + R_2 + R_3 = 40 + 130 + 60 = 230 \Omega.$$

Ὡστε θὰ ἀληθεύῃ ἡσχέσις :

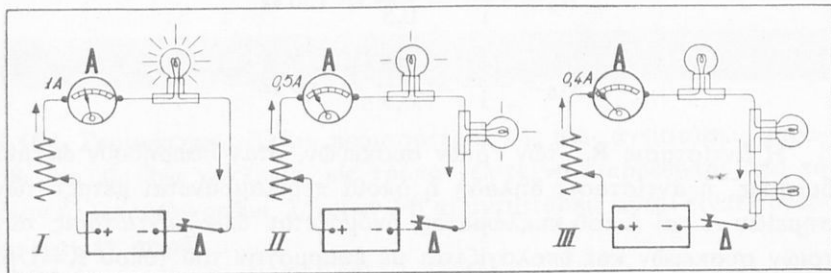
$$R_{ολ} = R_1 + R_2 + R_3$$

Ἡ ἰσότης εἰς τὴν ὁποίαν κάτελήξαμεν ἐκφράζει ὅτι :

Ἡ ὁλικὴ ἀντίστασις ( $R_{ολ}$ ) μιᾶς ὁμάδος ἀντιστάσεων, αἱ ὁποῖαι εἶναι συνδεδεμένοι ἐν σειρᾷ, εἶναι ἴση μὲ τὸ ἄθροισμα αὐτῶν τῶν ἀντιστάσεων.

**§ 158. Μεταβολὴ τῆς ἐντάσεως. Πείραμα.** Εἰς ἓνα ἡλεκτρικὸν κύκλωμα συνδεδεμένον ἐν σειρᾷ ἓναν ροοστάτην, ἓνα ἀμπερόμετρον καὶ ἓνα λαμπτήρα. Ρυθμιζομεν τὸν ροοστάτην, ὥστε νὰ ἔχωμεν ἔντασιν ρεύματος 1 A καὶ κατόπιν συνδεδεμένον εἰς τὸ κύκλωμα δεῦτερον καὶ τρίτον λαμπτήρα ἐν σειρᾷ (σχ. 149). Παρατηροῦμεν τὰ ἑξῆς : α) Ἡ φωτεινὴ ἰσχὺς τῶν λαμπτήρων ἐξασθενίζει, β) ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ἐλαττώνεται.

Ἐφ' ὅσον αἱ συσκευαὶ συνδέονται ἐν σειρᾷ, αὐξάνεται ἡ ὁλικὴ ἀντίστασις τοῦ



Σχ. 149. Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ἐλαττώνεται, ὅταν προσθέσωμεν εἰς τὸ κύκλωμα ἀντιστάσεις ἐν σειρᾷ.



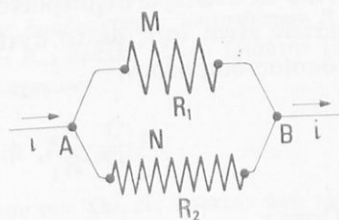
κυκλώματος, αλλά όταν ο παρονομαστής ενός κλάσματος μεγαλώνει, μικραίνει η τιμή του κλάσματος. Έπομένως συμπεραίνουμε ότι έφ' όσον  $i = U/R$  και μεγαλώνει ή αντίστασις  $R$ , μικραίνει ή τιμή του κλάσματος, δηλαδή ή έντασις  $i$  του ρεύματος. Όστε :

Όταν συνδέωμεν εις ένα κύκλωμα συσκευάς εν σειρά, ελαττώνεται ή έντασις του ρεύματος, το όποιον διαρρέει το κύκλωμα.

**§ 159. Σύνδεσις αντιστάσεων παραλλήλως.** Τα σημεία  $A$  και  $B$  ενός κυκλώματος συνδέονται με δύο άγωγους  $AMB$  και  $ANB$ , των οποίων αι αντιστάσεις είναι  $R_1$  και  $R_2$  αντίστοιχως (σχ. 150). Λέγομεν ότι αι δύο αυται αντιστάσεις είναι συνδεδεμένοι κατά διακλάδωσιν ή παραλλήλως. Γενικότερον :

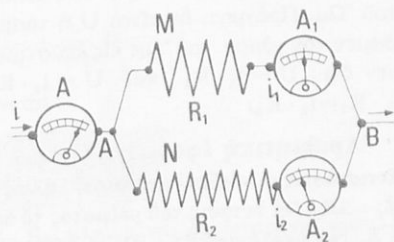
Δύο ή περισσότεραι αντιστάσεις είναι συνδεδεμένοι κατά διακλάδωσιν ή παραλλήλως, όταν τα άκρα των καταλήγουν εις δύο κοινά σημεία του κυκλώματος.

**§ 160. Έντασις των διακλαδιζομένων ρευμάτων.** α) Το κύριον ρεύμα, έντάσεως  $i$ , το όποιον κυκλοφορεί εις το κύκλωμα, διακλαδίζεται εις το σημείον  $A$  και σχηματίζει δύο ρεύματα, με έντασεις  $i_1$  και  $i_2$ , τα όποια διαρρέουν τας δύο διακλαδιζομένας αντιστάσεις. Τα ρεύματα αυτά ένώνονται και πάλιν εις το σημείον  $B$  (σχ. 151).



Σχ. 150. Αντιστάσεις συνδεδεμένοι παραλλήλως.

Αν μετρήσωμεν την έντασιν  $i$  του κυρίου ρεύματος με το άμπερόμετρον  $A$  και τα έντασεις  $i_1$  και  $i_2$  με τα άμπερόμετρα  $A_1$  και  $A_2$  θα διαπιστώσωμεν ότι :



Σχ. 151. Το άθροισμα των έντασεων των διακλαδιζομένων ρευμάτων ισούται προς την έντασιν του κυρίου ρεύματος.

Η έντασις  $i$  του κυρίου ρεύματος είναι ίση με το άθροισμα των έντασεων  $i_1$  και  $i_2$  των διακλαδιζομένων ρευμάτων.

Δηλαδή έχουμε ότι :  $i = i_1 + i_2$

**β) Κατανομή του κυρίου ρεύματος εις τὰς παρρλήλους ἀντιστάσεις.** Ἐστω ὅτι αἱ παράλληλοι ἀντιστάσεις τοῦ προηγούμενου σχήματος ἔχουν τιμὰς  $R_1 = 30 \, \Omega$  καὶ  $R_2 = 90 \, \Omega$ , δηλαδή :

$$R_1 = \frac{1}{3} R_2 \quad \eta \quad \frac{R_1}{R_2} = \frac{1}{3}$$

Μὲ τὰ ἀμπερόμετρα  $A_1$  καὶ  $A_2$  μετροῦμε τὰς ἐντάσεις τῶν ἀντιστοίχων ρευμάτων  $i_1$  καὶ  $i_2$  καὶ εὐρίσκομεν ὅτι :  $i_1 = 0,6 \, A$  καὶ  $i_2 = 0,2 \, A$ .

Ὅπως παρατηροῦμεν τὸ ρεῦμα  $i_1$  εἶναι τριπλάσιον ἀπὸ τὸ ρεῦμα  $i_2$ . Διήλαδὴ :

$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{3}{1}$$

Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι ὁ λόγος τῶν ἐντάσεων τῶν δύο ρευμάτων εἶναι ἴσος μὲ τὸ ἀντίστροφον τοῦ λόγου τῶν ἀντιστάσεων τὰς ὁποίας διαρρέουν.

$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{R_2}{R_1}, \quad \eta \quad i_1 \cdot R_1 = i_2 \cdot R_2$$

Ὡστε :

**Αἱ ἐντάσεις τῶν διακλαδιζομένων ρευμάτων εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογοι πρὸς τὰς ἀντιστάσεις τὰς ὁποίας διαρρέουν.**

**Παρατήρησις.** Ὁ ἀνωτέρω τύπος  $i_1 \cdot R_1 = i_2 \cdot R_2$  εἶναι συνέπεια τοῦ νόμου τοῦ Ὠμ. Πράγματι ἂν εἶναι  $U$  ἡ τάσις μεταξὺ τῶν σημείων  $A$  καὶ  $B$  καὶ ἐφαρμόσωμεν τὸν νόμον τοῦ Ὠμ εἰς ἐκάστην ἀπὸ τὰς παραλλήλους ἀντιστάσεις, θὰ ἔχωμεν ὅτι :  $U = i_1 \cdot R_1$  καὶ  $U = i_2 \cdot R_2$ , ἀπὸ τὰς ὁποίας συμπεραίνομεν ὅτι :  $i_1 \cdot R_1 = i_2 \cdot R_2$ .

**Ἀριθμητικὴ ἐφαρμογή :** Ἐνα ἠλεκτρικὸν ρεῦμα διακλαδίζεται εἰς δύο ἀντιστάσεις συνδεδεμένας παραλλήλως καὶ τῶν ὁποίων αἱ τιμαὶ εἶναι :  $R_1 = 50 \, \Omega$ ,  $R_2 = 3R_1$ . Ἡ ἐνταση τοῦ ρεύματος τὸ ὁποῖον διαρρέει τὴν πρώτην ἀντίστασιν εἶναι  $3 \, A$ . Νὰ ὑπολογισθοῦν : α) Ἡ ἐνταση τοῦ ρεύματος τὸ ὁποῖον διαρρέει τὴν ἀντίστασιν  $R_2$  καὶ β) ἡ ἐνταση τοῦ κυρίου ρεύματος.

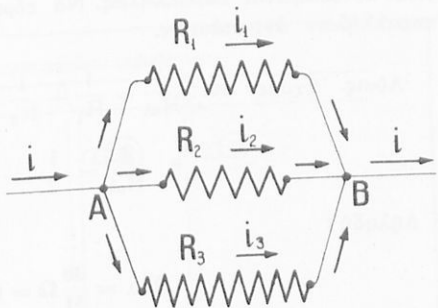
**Λύσις.** α) Ἐφ' ὅσον ἡ  $R_2$  εἶναι τριπλασία τῆς  $R_1$  θὰ ἔχωμεν ὅτι :  $R_2 = 3 \cdot 50 \, \Omega = 150 \, \Omega$ .

Εφαρμόζοντας τον 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) Έπειδή  $i = i_1 + i_2$  θα έχωμεν ότι :

$$i = 3 + 1 = 4 \text{ A.}$$



**§ 161.** Υπολογισμός της ολικής αντίστασης μιας ομάδος αντιστάσεων, συνδεδεμένων Σχ.152. Άγωγοι συνδεδεμένοι παραλλήλως, παραλλήλως.

Ολική αντίστασις ( $R_{ολ}$ ) μιας ομάδος αντιστάσεων  $R_1, R_2, R_3$ , κλπ., συνδεδεμένων παραλλήλως μεταξύ των σημείων A και B, ονομάζεται ή αντίστασις, ή όποια όταν τοποθετηθή εις την θέσιν αυτών των αντιστάσεων, δέν μεταβάλλει ούτε την έντασιν  $i$  του κυρίου ρεύματος, ούτε την τάσιν ή όποια επικρατεί εις τα σημεία A και B.

Έστω  $R_{ολ}$  ή ολική αντίστασις μιας ομάδος τριών αντιστάσεων  $R_1, R_2, R_3$ , συνδεδεμένων παραλλήλως (σχ. 152). Η  $R_{ολ}$  πρέπει να έχη τοιαύτην τιμήν ώστε, συμφώνως προς τον νόμον του Ωμ, να έχωμεν :

$$U = R_{ολ} \cdot i \quad \text{ή} \quad i = \frac{U}{R_{ολ}}$$

Αν εφαρμόσωμεν άλλωστε τον νόμον του Ωμ, εις έκαστην από τας παραλλήλους αντιστάσεις, θα έχωμεν ότι :

$$U = R_1 \cdot i_1 \quad \text{ή} \quad i_1 = \frac{U}{R_1}, \quad U = R_2 \cdot i_2 \quad \text{ή} \quad i_2 = \frac{U}{R_2}, \quad U = R_3 \cdot i_3 \quad \text{ή} \quad i_3 = \frac{U}{R_3}.$$

Έπειδή όμως  $i = i_1 + i_2 + i_3$  θα ισχύη ή σχέσις :

$$\frac{U}{R_{ολ}} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3}$$

ή όποια άπλοποιείται με τό  $U$  και γίνεται :

$$\frac{1}{R_{ολ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Όταν μία ομάδα αντιστάσεων  $R_1, R_2, R_3$ , κλπ., είναι συνδεδεμένη παραλλήλως, τό αντίστροφον  $1/R_{ολ}$  της ολικής των αντιστάσεως  $R_{ολ}$  είναι ίσον με τό άθροισμα των αντιστρώφων  $1/R_1, 1/R_2, 1/R_3$  κλπ. των παραλλήλων αντιστάσεων.

Αριθμητική εφαρμογή : Τρεις αντιστάσεις  $R_1 = 2 \Omega, R_2 = 3 \Omega, R_3 = 5 \Omega$

είναι συνδεδεμένοι **παραλλήλως**. Να εύρεθῇ ἡ ὅλική ἀντίστασις  $R_{ολ}$  τῶν τριῶν **παραλλήλων ἀντιστάσεων**.

Λύσις. Ἔχομεν ὅτι :

$$\frac{1}{R_{ολ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$\text{ἢ } \frac{1}{R_{ολ}} = \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{5}, \quad \frac{1}{R_{ολ}} = \frac{31}{30}$$

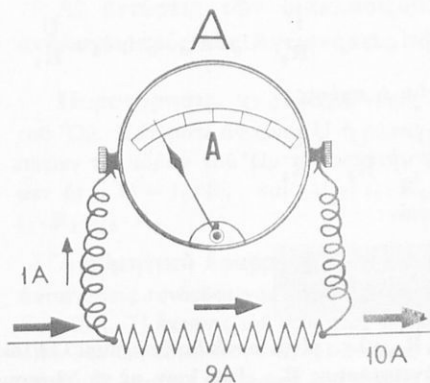
Δηλαδή :

$$R_{ολ} = \frac{30}{31} \Omega = 0,97 \Omega.$$

**§ 162. Διακλάδωσις ἀμπερομέτρου.** Τὰ ἀμπερόμετρα κατασκευάζονται συνήθως εἰς τρόπον ὥστε νὰ δύνανται νὰ χρησιμοποιηθοῦν μέχρι μιᾶς ὀρισμένης ἐντάσεως ρεύματος.

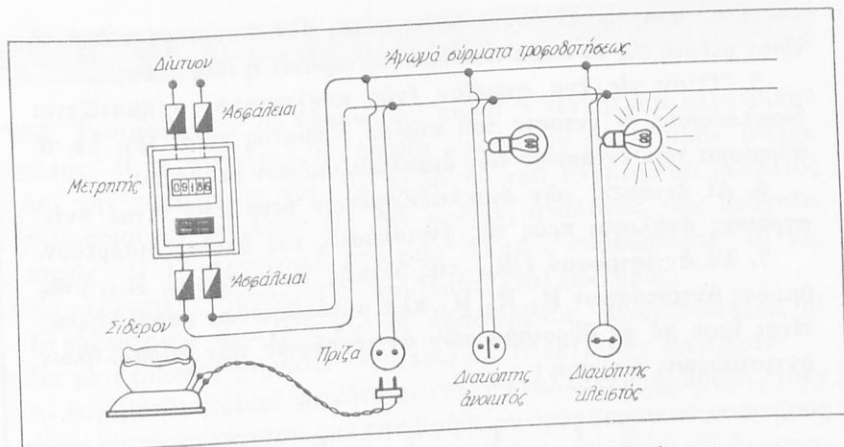
Δυνάμεθα ὅμως μὲ ἓνα ἀμπερόμετρον νὰ μετρήσωμεν καὶ ρεύματα μεγαλυτέρας ἐντάσεως, ἀπὸ ἐκείνην διὰ τὴν ὁποίαν κατασκευάσθη τὸ ὄργανον, ἔαν συνδέσωμεν μίαν κατάλληλον ἀντίστασιν **παραλλήλως** (κατὰ διακλάδωσιν) πρὸς αὐτό.

Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἓνα μέρος τοῦ ὅλικου ρεύματος διαρρέει τὸ ἀμπερόμετρον, τὸ δὲ ὑπόλοιπον τὴν **παράλληλον ἀντίστασιν**, ἡ ὁποία ὀνομάζεται **διακλάδωσις τοῦ ἀμπερομέτρου** (σχ. 153). Ἐνα ἀμπερόμετρον διακλαδισμένον, π.χ., εἰς τὸ δέκατον εἶναι ἓνα ὄργανον ἀπὸ τὸ ὁποῖον διέρχεται τὸ 1/10 τοῦ κυρίου ρεύματος. Ἐάν τὸ ὄργανον ἔχῃ μίαν μόνον κλίμακα καὶ ὁ δείκτης του δεικνύει π.χ. 2 A, τότε ἡ ἐντασις τοῦ κυρίου ρεύματος εἶναι 20 A.



Σχ. 153. Ἀμπερόμετρον διακλαδισμένον εἰς τὸ δέκατον.

**§ 163. Ἡλεκτρικὴ οἰκιακὴ ἐγκατάστασις.** Εἰς τὸ σχῆμα 154 παριστᾶται ἡ διάταξις διανομῆς ρεύματος μὲ δύο ἀγωγούς. Ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια χορηγεῖται ἀπὸ τὸ γενικὸν δίκτυον διανομῆς καὶ πρὶν χρησιμοποιηθῇ διέρχεται ἀπὸ τὸν μετρητὴν. Τὸ ρεῦμα ἐπίσης διαρρέει διαφόρους ἀσφαλείας, πρὶν καὶ μετὰ ἀπὸ τὸν μετρητὴν, καί, ἀφοῦ διέλθῃ ἀπὸ τὸν γενικὸν διακόπτην, διοχετεύεται μὲ **παχέα σύρματα** εἰς τοὺς διαφόρους **χώρους τῆς ἐγκαταστάσεως**.



Σχ. 154. Κύκλωμα ηλεκτρικής οικιακής εγκαταστάσεως.

Αί διάφοροι συσκευαί καί οί λαμπτήρες συνδέονται παραλλήλως μέ τά σύρματα τροφοδοτήσεως, εἰς ἕκαστον δέ λαμπτήρα συνδυάζεται καί ἕνας διακόπτης. Ἡ παράλληλος σύνδεσις παρουσιάζει τὸ πλεονέκτημα ὅτι δυνάμεθα νά χρησιμοποιῶμεν τοὺς λαμπτήρας ἢ τὰς συσκευαὺς ἀνεξαρτήτως τήν μίαν ἀπὸ τήν ἄλλην.

## ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Δύο ἢ περισσότεραι ἀντιστάσεις εἶναι συνδεδεμέναι ἐν σειρᾷ ὅταν διαρρέωνται ἀπὸ τὸ ἴδιον ρεύμα.

2. Ἡ ὅλική ἀντίστασις  $R_{ολ}$  μιᾶς ὁμάδος ἀντιστάσεων  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ , κλπ. συνδεδεμένων ἐν σειρᾷ, εἶναι ἰση μέ τὸ ἄθροισμα τῶν ἀντιστάσεων τῆς ὁμάδος. Δηλαδή :

$$R_{ολ} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

3. Ἡ σύνδεσις ἀντιστάσεων ἐν σειρᾷ προκαλεῖ μείωσιν τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος τοῦ κυκλώματος.

4. Δύο ἢ περισσότεραι ἀντιστάσεις εἶναι συνδεδεμέναι παραλλήλως, ὅταν τὰ ἄκρα των καταλήγουν εἰς δύο κοινὰ σημεία

του κυκλώματος. Αί αντιστάσεις αυτές δεν διαρρέονται από το ίδιο ρεύμα, εις τὰ ἄκρα των ὅμως ἐπικρατεῖ ἡ ἰδία τάσις.

5. Ὄταν εἰς ἓνα σημεῖον ἑνὸς κυκλώματος σχηματίζεται διακλάδωσις, ἡ ἔντασις τοῦ κυρίου ρεύματος εἶναι ἴση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἐντάσεων τῶν διακλαδιζομένων ρευμάτων.

6. Αἱ ἐντάσεις τῶν διακλαδιζομένων ρευμάτων εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογοι πρὸς τὰς ἀντιστάσεις τὰς ὁποίας διαρρέουν.

7. Τὸ ἀντίστροφον  $1/R_{ολ}$  τῆς ὅλικῃς ἀντιστάσεως  $R_{ολ}$ , μιᾶς ὁμάδος ἀντιστάσεων  $R_1, R_2, R_3$ , κλπ. συνδεδεμένων παραλλήλως, εἶναι ἴσον μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἀντιστρόφων τῶν παραλλήλων ἀντιστάσεων. Δηλαδή :

$$\frac{1}{R_{ολ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

## Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

**142.** Ἐνας θερμοσίφων περιέχει τρεῖς ἀντιστάσεις  $R_1=20 \Omega$ ,  $R_2=30 \Omega$  καὶ  $R_3=60 \Omega$ . Ὁ θερμοσίφων λειτουργεῖ μὲ διαφορὰν δυναμικοῦ  $110 \text{ Volt}$ . Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ὅλική του ἀντίστασις εἰς τὰς ἀκολουθοῦσας περιπτώσεις : α) Καὶ αἱ τρεῖς ἀντιστάσεις συνδέονται ἐν σειρᾷ. β) Ἡ ἀντίστασις  $R_1$  εἶναι συνδεδεμένη ἐν σειρᾷ μὲ τὸ σύστημα τῶν ἀντιστάσεων  $R_2$  καὶ  $R_3$ , αἱ ὁποῖαι εἶναι συνδεδεμένοι μεταξύ των παραλλήλως. γ) Αἱ τρεῖς ἀντιστάσεις εἶναι συνδεδεμένοι παραλλήλως. Νὰ σχεδιασθοῦν καὶ αἱ τρεῖς περιπτώσεις. (Ἀπ. α'  $110 \Omega$ . β'  $40 \Omega$ . γ'  $10 \Omega$ .)

**143.** Νὰ μελετηθοῦν ὅλαι αἱ δυναταὶ περιπτώσεις συνδέσεως τριῶν ἀντιστάσεων  $1 \Omega$ ,  $2 \Omega$  καὶ  $3 \Omega$ . (Ἀπ. α'  $6 \Omega$ . β'  $0,54 \Omega$ . γ'  $2,2 \Omega$ . δ'  $2,75 \Omega$  καὶ ε'  $3,66 \Omega$ .)

**144.** Ἐνα ἀμπερόμετρον ἔχει ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν  $0,05 \Omega$ , δύναται δὲ νὰ μετρήσῃ ἡλεκτρικὰ ρεύματα μέχρις ἐντάσεως  $1 \text{ A}$ . Θέλομε νὰ τὸ χρησιμοποιήσωμεν διὰ τὴν μέτρησιν ρευμάτων ἐντάσεως μέχρι  $10 \text{ A}$ . α) Νὰ εὐρεθῇ ἡ ἀντίστασις τῆς διακλαδώσεως τὴν ὁποίαν πρέπει νὰ χρησιμοποιήσωμεν. β) Νὰ εὐρεθῇ ἡ συνολικὴ ἀντίστασις ἀμπερομέτρου-διακλαδώσεως. (Ἀπ. α'  $0,006 \Omega$ , περίπου. β'  $0,005 \Omega$ , περίπου.)

**145.** Ἐνα βολτόμετρον εἶναι κατεσκευασμένον ὥστε νὰ δύναται νὰ μετρήσῃ τάσις μέχρι  $30 \text{ Volt}$ . Ἡ ἐσωτερικὴ του ἀντίστασις εἶναι  $2500 \Omega$ . Ἐπιθυμοῦμε νὰ τὸ χρησιμοποιήσωμεν διὰ τὴν μέτρησιν διαφορᾶς δυναμικοῦ μέχρι  $240 \text{ Volt}$ . Ποίαν διάταξιν πρέπει νὰ νιοθετήσωμεν καὶ ποίαν ἀντίστασιν πρέπει νὰ χρησιμοποιήσωμεν. (Ἀπ. Σύνδεσιν ἀντιστάσεως  $R$  ἐν σειρᾷ,  $R=17500 \Omega$ .)

**§ 164. Γενικότητες.** Αί ηλεκτρικαὶ πηγαὶ ἢ γεννήτριαι ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, εἶναι συσκευαὶ αἱ ὁποῖαι ἀποδίδουν ἡλεκτρικὸν ρεῦμα.

Διὰ τὴν παραγωγὴν καὶ τὴν παροχὴν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος χρησιμοποιοῦμεν σήμερον εἰς τὴν πρᾶξιν, ἀναλόγως τῶν ἀναγκῶν ὡς πηγὰς : 1) Τὰ ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα· 2) τοὺς συσσωρευτάς· 3) τὰς δυναμοηλεκτρικὰς γεννητρίας καὶ τοὺς ἐναλλακτῆρας.

Τὰ ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα καὶ οἱ συσσωρευταὶ εἶναι διατάξεις αἱ ὁποῖαι μετατρέπουν χημικὴν ἐνέργειαν εἰς ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

Αἱ δυναμοηλεκτρικαὶ γεννήτριαι καὶ οἱ ἐναλλακτῆρες λειτουργοῦν συνήθως εἰς τὰ ἐργοστάσια, μὲ τὴν βοήθειαν ἑνὸς θερμικοῦ κινητήρος ἢ ἑνὸς ὑδροστροβίλου. Αἱ γεννήτριαι αὗται μετατρέπουν εἰς ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν τὴν μηχανικὴν ἐνέργειαν, τὴν ὁποίαν τοὺς προσφέρει ὁ κινητήρ.

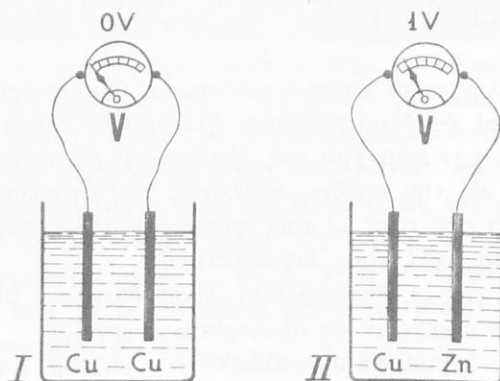
Ἡ ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια, ἡ ὁποία χρησιμοποιεῖται εἰς τὰς οἰκιακὰς καὶ τὰς βιομηχανικὰς ἐγκαταστάσεις καὶ ἡ ὁποία διανέμεται χάρις εἰς τὸ ἡλεκτρικὸν δίκτυον, παράγεται εἰς τοὺς ἡλεκτροπαραγωγικοὺς σταθμούς, ὅπου εἶναι ἐγκατεστημέναι αἱ γεννήτριαι παραγωγῆς ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ὅπως ἐπίσης οἱ στρόβιλοι ἢ οἱ κινητῆρες οἷτινες τὰς θέτουν εἰς λειτουργίαν.

**Γενικῶς ἡ ἡλεκτρογεννήτρια πραγματοποιεῖ μετατροπὴν μιᾶς μορφῆς ἐνεργείας εἰς ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν.**

Ἐκάστη γεννήτρια συνεχοῦς ρεύματος περιλαμβάνει δύο ἀκροδέκτας ἢ πόλους, τὸν θετικὸν πόλον (+) καὶ τὸν ἀρνητικὸν πόλον (—), μεταξὺ τῶν ὁποίων ὑφίσταται μία ὠρισμένη διαφορὰ δυναμικοῦ.

Ὅταν οἱ δύο πόλοι ἐνωθοῦν μὲ ἕνα ἀγωγὸν σύρμα, ὁ ἀρνητικὸς πόλος, ὁ ὁποῖος ἔχει πλεόνασμα ἡλεκτρονίων, ἀπωθεῖ ταῦτα καὶ τὰ ἀποδίδει εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα. Ὁ θετικὸς πόλος ἔλκει τὰ ἡλεκτρόνια. Εἰς αὐτὸ ἀκριβῶς τὸ φαινόμενον τῆς ἑλξεως καὶ τῆς ἀπώσεως τῶν ἡλεκτρονίων ἀπὸ τοὺς δύο πόλους ὀφείλεται τὸ συνεχὲς ἡλεκτρικὸν ρεῦμα.

**§ 165. Ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον τοῦ Βόλτα (Volta). Πείραμα 1.** Βυθίζομεν δύο λεπτὰ χάλκινα ἐλάσματα χωρὶς αὐτὰ νὰ ἐφάπτονται



Σχ. 155. Δύο ηλεκτρόδια διαφορετικής φύσεως παρουσιάζουν διαφοράν δυναμικού.

**Πείραμα 2.** Ἀντικαθιστῶμεν τὸ ἓνα χάλκινον ἔλασμα μὲ ἓνα ἔλασμα ἀμαλγαμωμένου ψευδαργύρου (1), τὸ ὁποῖον τοιοῦτοτρόπως δὲν προσβάλλεται χημικῶς ἀπὸ τὸ θεϊκὸν ὀξὺ (σχ. 155, II).

Παρατηροῦμεν τότε ὅτι δὲν συμβαίνει οὐδεμία χημικὴ ἀντίδρασις καὶ δι' αὐτὸν τὸν λόγον τὸ θεϊκὸν ὀξὺ δὲν προσβάλλει τὸν ἀμαλγαμωμένον ψευδάργυρον, ὅπως ἐπίσης ὅτι ὁ δείκτης τοῦ βολτομέτρου ἀποκλίνει καὶ δεικνύει περίπου 1 Volt.

Ἐάν ἀκολουθῶς πλησιάσωμεν ἢ ἀπομακρύνωμεν μεταξύ των τὰ δύο ηλεκτρόδια, ἡ θέσις τοῦ δείκτου δὲν μεταβάλλεται, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον σημαίνει ὅτι :

Ὑπάρχει μία διαφορά δυναμικοῦ μεταξύ τῶν δύο διαφορετικῶν μεταλλικῶν ἐλασμάτων, δηλαδή μεταξύ δύο ηλεκτροδίων διαφορετικῆς φύσεως, ἡ ὁποία εἶναι ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὴν ἀπόστασιν ἧτις τὰ χωρίζει.

Ἡ ὅλη διάταξις, ἡ ὁποία ἀποτελεῖται ἀπὸ τὰ δύο διαφορετικὰ ηλεκτρόδια, βυθισμένα μέσα εἰς τὸ ὀξυνισμένον ὕδωρ ὁμοῦ μὲ τὸ δοχεῖον, ὀνομάζεται **ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον**.

Ἡ διαφορά δυναμικοῦ ἧτις ἐπικρατεῖ μεταξύ τῶν ηλεκτροδίων

μεταξύ των, εἰς ἀραιὸν διάλυμα θεϊκοῦ ὀξέος (ὀξυνισμένον ὕδωρ) καὶ τὰ συνδέομεν μὲ τοὺς ἀκροδέκτας ἑνὸς βολτομέτρου, ὁπότε παρατηροῦμεν ὅτι ὁ δείκτης τοῦ ὀργάνου δὲν ἀποκλίνει καὶ ὅτι οὐδεμία χημικὴ ἀντίδρασις παρατηρεῖται.

Τὸ θεϊκὸν ὀξὺ ἡραιομένον καὶ ἐν «ψυχρῷ» δὲν προσβάλλει τὸν χαλκὸν (σχ. 155, I).

(1) Ὁ ἀμαλγαμωμένος ψευδάργυρος παρασκευάζεται ἂν τρίψωμεν μὲ στουπὶ ἓνα τεμάχιον καθαροῦ ψευδαργύρου μέσα εἰς διάλυμα, τὸ ὁποῖον περιέχει ὕδραργυρον καὶ ὀξυνισμένον ὕδωρ ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).



του στοιχείου, όταν δέν τροφοδοτῆται τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα μὲ ρεῦμα, δύναται νὰ μετρηθῇ μὲ ἓνα βολτόμετρον. Αὕτῃ ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ ὀνομάζεται **ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις** τοῦ στοιχείου.

**Πείραμα 3.** Κλείομεν τὸ κύκλωμα τῆς στήλης μὲ ἓνα ἀγωγὸν σύρμα καὶ παρεμβάλλομεν ἓνα ἀμπερόμετρον εἰς τὸ κύκλωμα (σχ. 156). Παρατηροῦμεν ὅτι :

α) Ὁ δείκτης τοῦ ἀμπερομέτρου ἀποκλίνει, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον σημαίνει ὅτι ὁ ἀγωγὸς διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα.

Ἀπὸ τὴν διεύθυνσιν τῆς ἀποκλίσεως τοῦ δείκτου τοῦ ἀμπερομέτρου συμπεραίνομεν ὅτι τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα διαρρέει τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα, κινούμενον ἀπὸ τὸ ἔλασμα τοῦ χαλκοῦ πρὸς τὸ ἔλασμα τοῦ ψευδαργύρου.

β) Ἐμφανίζονται φυσαλλίδες ἀερίου, αἱ ὁποῖαι ἐπικάθηνται εἰς τὸ ἔλασμα τοῦ χαλκοῦ, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον σημαίνει ὅτι συμβαίνει μία χημικὴ ἀντίδρασις. Αἱ φυσαλλίδες αὗται εἶναι φυσαλλίδες ὕδρονου.

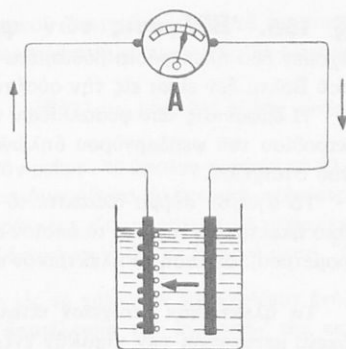
Ἄλλωστε καὶ ὁ ψευδάργυρος προσβάλλεται καί, ἐὰν τὸ πείραμα παραταθῇ, τὸ ἔλασμα τοῦ ψευδαργύρου ἀρχίζει νὰ διαλύεται βραδέως.

γ) Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ἐλαττῶνεται ταχύτατα.

Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω πειράματα συμπεραίνομεν ὅτι :

Μεταξὺ δύο ἠλεκτροδίων διαφορετικῆς φύσεως, τὰ ὁποῖα εἶναι βυθισμένα εἰς ἀραιὸν διάλυμα θεϊκοῦ ὀξέος, ἐμφανίζεται μία διαφορὰ δυναμικοῦ. Ἡ διάταξις αὕτη ἀποτελεῖ ἓνα ἠλεκτρικὸν στοιχεῖον. Ἡ διαφορὰ τοῦ δυναμικοῦ ἥτις ἐπικρατεῖ μεταξὺ τῶν δύο ἠλεκτροδίων, όταν δέν τροφοδοτῆται μὲ ρεῦμα τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα, ὀνομάζεται **ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις** τοῦ στοιχείου.

Ὅταν συνδέομεν τὰ δύο ἠλεκτρόδια μὲ ἓνα ἀγωγὸν σύρμα, τότε κυκλοφορεῖ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα.



Σχ. 156. Ἡλεκτρικὸν ρεῦμα μὲ ἐλαττωμένην ἔντασιν διαρρέει τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα.

**§ 166. Ἐξήγησις τῶν φαινομένων. Ἠλεκτρόλυσις.** Ἐφ' ὅσον ἔχομεν δύο ἠλεκτρόδια βυθισμένα εἰς ἀραιὸν διάλυμα θεϊκοῦ ὀξέος, τὸ στοιχεῖον τοῦ Βόλτα δὲν εἶναι εἰς τὴν οὐσίαν τίποτε ἄλλο παρὰ ἓνα βολτάμετρον.

Ἡ ἐμφάνισις τῶν φυσαλλίδων τοῦ ὑδρογόνου καὶ ἡ βραδεία διάλυσις τοῦ ἠλεκτροδίου τοῦ ψευδαργύρου δηλώνουν ὅτι συμβαίνουν χημικαὶ ἀντιδράσεις ἐντὸς τοῦ στοιχείου.

Τὸ ἀγωγὸν σύρμα ἄλλωστε τὸ ὁποῖον συνδέει τὰ δύο ἠλεκτρόδια, διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ ὁποῖον ἀποδίδει ἔργον (ἀπόκλισις τοῦ δείκτου τοῦ ἀμπερομέτρου). Δηλαδή τὸ ἠλεκτρικὸν στοιχεῖον ἀποδίδει ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν. Ὡστε:

Τὸ ἠλεκτρικὸν στοιχεῖον εἶναι μία ἀπλή γεννήτρια ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ἡ ὁποία μετατρέπει τὴν χημικὴν ἐνέργειαν εἰς ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

Πολλὰ ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα καταλλήλως συνδεδεμένα, σχηματίζουν ἠλεκτρικὴν στήλην.

**§ 167. Πόλωσις τῶν ἠλεκτροδίων.** Εἰς τὴν § 165 ἐγνωρίσαμεν ὅτι,

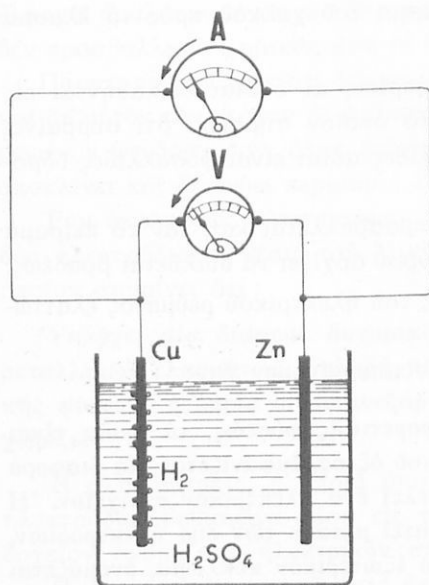
ὅταν ἓνα ἠλεκτρικὸν στοιχεῖον τροφοδοτεῖ ἓνα ἐξωτερικὸν κύκλωμα, τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐλαττώνεται ταχύτατα καὶ ἐντὸς μικροῦ χρονικοῦ διαστήματος μηδανίζεται (σχ. 157).

Ἀνασύρομεν τὸ χάλκινον ἠλεκτρόδιον, τὸ σπογγίζομεν προσεκτικῶς καὶ τὸ ἐπαναβυθίζομεν εἰς τὸ διάλυμα, συνεχίζοντες τὸ πείραμα.

Ἐάν καθαρίσωμεν τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ χαλκίνου ἠλεκτροδίου, τρίβοντες αὐτὴν μέσα εἰς ὕδωρ μὲ ἓνα πετρόν, διὰ νὰ ἀπομακρύνωμεν τὰς φυσαλλίδας τοῦ ὑδρογόνου, καὶ τὸ ἐπανατοποθετήσωμεν εἰς τὴν θέσιν του, παρατηροῦμεν πάλιν ὅτι ἡ ἐντάσις τοῦ ρεύματος αὐξάνεται.

Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι ἡ αἰτία τῆς ἐλαττώσεως τῆς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος εἶναι οἱ φυσαλλίδες τοῦ ὑδρογόνου, αἱ ὁποῖαι εἶχον καλύψει τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ χαλκίνου ἠλεκτροδίου.

Αἱ φυσαλλίδες τοῦ ὑδρογόνου τροποποιοῦν τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ χαλκίνου ἐλάσματος, μεταβάλλουσai



Σχ. 157. Πόλωσις τῶν ἠλεκτροδίων ἀπὸ τὸν σχηματισμὸν φυσαλλίδων ὑδρογόνου εἰς τὸ ἠλεκτρόδιον τοῦ χαλκοῦ.

τοιουτοτρόπως την κατασκευήν του ηλεκτρικού στοιχείου. Αυτό το τροποποιημένον ηλεκτρικόν στοιχείον παρουσιάζει μικροτέραν ηλεκτρεγερτικήν δύναμιν από ὅ,τι τὸ ἀρχικόν.

Αἱ φυμαλλίδες τοῦ ὑδρογόνου ἄλλωστε προβάλλουν μίαν ἐπὶ πλέον ἀντίστασιν εἰς τὴν διέλευσιν τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος.

Δι' αὐτοὺς τοὺς δύο λόγους τὸ ηλεκτρικόν ρεύμα, τὸ ὁποῖον παρέχει τὸ ηλεκτρικόν στοιχείον **πολώνεται**, τὸ δὲ φαινόμενον ὀνομάζεται **ηλεκτρικὴ πόλωση**.

Τὸ φαινόμενον τῆς πολώσεως ἐξουδετερώνεται εἴτε μὲ μηχανικὰ μέσα (καθαρισμός μὲ ἓνα πτερόν τῶν φυμαλλίδων τοῦ ὑδρογόνου) εἴτε μὲ χημικὰ μέσα :

Ὁ σχηματισμός φυμαλλίδων ὑδρογόνου εἰς τὸ χάλκινον ηλεκτρόδιον ἐνὸς ηλεκτρικοῦ στοιχείου, προκαλεῖ πόλωσιν, μὲ ἀποτέλεσμα τὴν διακοπὴν τῆς παροχῆς ηλεκτρικοῦ ρεύματος.

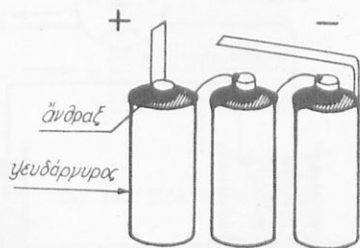
**§ 168. Στήλη φανοῦ.** Ἡ ηλεκτρικὴ στήλη (σχ. 158), τὴν ὁποίαν χρησιμοποιοῦμεν εἰς τοὺς φανούς τῆς τσέπης, εἶναι συνδυασμός τριῶν στοιχείων συνδεδεμένων ἐν σειρᾷ. Δύο χάλκινα ἑλάσματα, τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦν τοὺς πόλους, ἐξέρχονται ἀπὸ τὸ ἄνω μέρος τῆς στήλης.

Τὸ μικρότερον ἑλάσμα τὸ ὁποῖον εἶναι ὁ θετικὸς πόλος, συνδέεται μὲ τὸ κεντρικὸν ραβδίον ἄνθρακος τοῦ ἐνὸς ἀκραίου στοιχείου. Τὸ μεγαλύτερον ἑλάσμα, ὁ ἀρνητικὸς πόλος, εἶναι συγκεκολλημένον εἰς τὸ περίβλημα ἀπὸ ψευδάργυρον, τοῦ ἄλλου ἀκραίου στοιχείου (σχ. 158).

Ἐὰν ἀνοίξωμεν ἓνα στοιχείον, θὰ παρατηρήσωμεν τὰ ἐξῆς : α) Τὸ ἀρνητικὸν ηλεκτρόδιον, τὸ ὁποῖον εἶναι τὸ μεταλλικὸν περίβλημα ἀπὸ ψευδάργυρον. β) Τὸ θετικὸν ηλεκτρόδιον, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖται ἀπὸ τὴν κεντρικὴν ράβδον ἐξ ἄνθρακος. γ) Τὸν ηλεκτρολύτην, ὁ ὁποῖος εἶναι πολτὸς χλωριούχου ἀμμωνίου ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ). δ) Τὸ ἀντιπολωτικὸν ὑλικόν, τὸ ὁποῖον εἶναι ὑπεροξειδίου τοῦ μαγγανίου ( $\text{MnO}_2$ ) καὶ περιβάλλει τὴν ράβδον τοῦ ἄνθρακος.

Αὐτὸ τὸ εἶδος τοῦ ηλεκτρικοῦ στοιχείου ὀνομάζεται **ξηρὸν στοιχείον**.

Ἡ χημικὴ ἀντίδρασις μεταξὺ τοῦ ψευδαργύρου καὶ τοῦ χλωριούχου ἀμμωνίου προκαλεῖ τὴν ἔκλυσιν χημικῆς ἐνεργείας, ἥ ὁποία μετατρέπεται ἀκο-  
λούθως εἰς ηλεκτρικὴν ἐνέργειαν.



Σχ.158. Ξηρὰ στήλη διὰ φανὸν τσέπης.

Τὸ ὕδρογόνον τὸ ὁποῖον παράγεται κατὰ τὴν διάρκειαν αὐτῆς τῆς ἀντιδράσεως, ἐνώνεται μὲ τὸ ὀξυγόνον τοῦ ἀντιπολωτικοῦ ὕλικου ( $MnO_2$ ) καὶ ἐξαφανίζεται. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ἀποφεύγεται ἡ πόλωσις τῆς στήλης.

Ἐκαστον ξηρὸν στοιχεῖον ἔχει ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν 1,5 Volt. Ἐπομένως ὁ συνδυασμὸς τῶν τριῶν αὐτῶν στοιχείων διὰ τὸν σχηματισμὸν τῆς στήλης τοῦ συνηθισμένου φανοῦ τῆς τσέπης, θὰ ἔχη ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν 4,5 Volt.

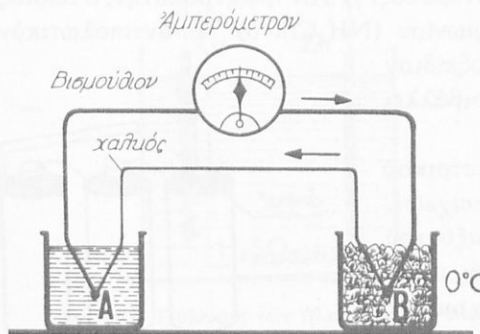
**§ 169. Θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον. Πείραμα.** Λαμβάνομεν δύο μεταλλικὰ σύρματα διαφορετικῆς φύσεως, π.χ. ἀπὸ βισμούθιον καὶ χαλκόν, καὶ συγκολλῶμεν τὰ ἄκρα των, παρεμβάλλοντες ἓνα πολὺ εὐαίσθητον ἀμπερόμετρον.

Βυθίζομεν τὴν μίαν συγκόλλησιν εἰς ἓνα δοχεῖον μὲ πάγον, θερμοκρασίας  $0^{\circ}C$  καὶ τὴν ἄλλην εἰς ἔλαιον ὑψηλῆς θερμοκρασίας. Παρατηροῦμεν ὅτι ἀναφαίνεται ἓνα ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ἡ ἔντασις τοῦ ὁποίου εἶναι τόσον μεγαλυτέρα, ὅσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ διαφορὰ τῆς θερμοκρασίας τῶν δύο συγκολλήσεων (σχ. 159).

Εἰς αὐτὸ τὸ εἶδος τοῦ στοιχείου, ἡ θερμικὴ ἐνέργεια (ποσότης τῆς θερμότητος ἡ ὁποία ἀποδίδεται εἰς τὴν συγκόλλησιν, ἥτις εὐρίσκεται εἰς τὸ δοχεῖον μὲ τὸ ἔλαιον), μετατρέπεται εἰς ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν. Ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος τὸ ὁποῖον δημιουργεῖται εἶναι πολὺ μικρά, δι' αὐτὸ καὶ τὸ θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον δὲν χρησιμοποιεῖται εἰς τὴν βιομηχανίαν ὡς πηγὴ ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας.

Τὸ θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον εὐρίσκει ἐφαρμογὴν εἰς τὴν κατασκευὴν εὐαίσθητων θερμομέτρων, ὅποτε τὸ ἀμπερόμετρον εἶναι βαθμολογημένον εἰς βαθμοὺς Κελσίου. Ὡστε :

Αἱ ἠλεκτρικαὶ γεννήτριαι δὲν παράγουν ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν ἀλλὰ μετατρέπουσιν εἰς ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν :



Σχ. 159. Θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον.

α) Τὴν μηχανικὴν ἐνέργειαν (π.χ. δυναμοηλεκτρικαὶ γεννήτριαι, ἐναλλακτῆρες).

β) Τὴν χημικὴν ἐνέργειαν (π.χ. ἠλεκτρικαὶ στήλαι, συσσωρευταί).

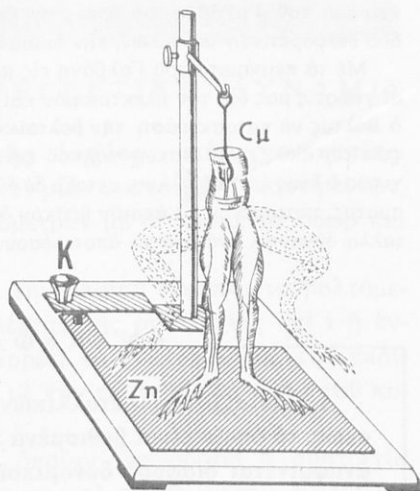
γ) Τὴν θερμικὴν ἐνέργειαν (π.χ. ἐναλλακτῆρες, θερμοηλεκτρικὰ στοιχεῖα).

**§ 170. Ἱστορικόν.** Ἡ ἀνακάλυψις τῶν ηλεκτρικῶν στοιχείων, τὰ ὁποῖα εἶναι ἕνας σπουδαῖος σταθμὸς εἰς τὴν χρησιμοποίησιν τοῦ ηλεκτρισμοῦ διὰ πρακτικὰς ἐφαρμογὰς, στηρίζεται εἰς μίαν σειρὰν πειραμάτων, τὰ ὁποῖα ἐξετέλεσεν τὸ 1789 ὁ καθηγητὴς τῆς Ἀνατομίας εἰς τὸ Πανεπιστήμιον τῆς Βολωνίας Γαλβάνης (Luigi Galvani, 1737-1798). Ἀπὸ τὰ πειράματα αὐτὰ θὰ περιγράψωμεν τὸ ἀκόλουθον, ἐξ αἰτίας τῆς μεγάλης καὶ ἱστορικῆς τοῦ σημασίας.

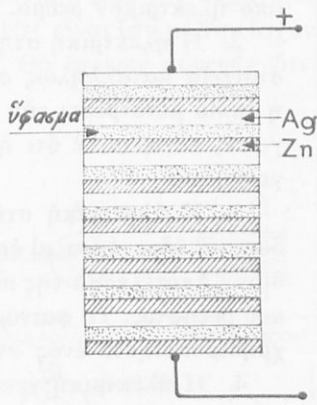
Ὁ Γαλβάνης ἀνέταμε ἕνα βάτραχον, τοῦ ἀφαίρεσε τὸ δέριμα, ἐκράτησε τὰ ὀπίσθια σκέλη καὶ τὸ παρασκεύασμα ἐξήρτησε ἀπὸ τὰ ἰσχυρὰ νεύρα μὲ ἕνα χάλκινον ἔλασμα (σχ. 160). Εἰς τὸ ἔλασμα αὐτὸ εἶχε προσαρμώσει καταλλήλως εἰς τὸ ἕνα του ἄκρον ἕνα ἔλασμα ἀπὸ ψευδάργυρον, ὁπότε παρατήρησε μὲ ἐκπληξιν ὅτι, ὅταν ἤγγιζε μὲ τὸ ἔλασμα τοῦ ψευδαργύρου τὸ ἕνα σκέλος τοῦ νεύρου παρασκευάσματος τοῦ βατράχου, συνέβαινε σύσπασις τῶν μυῶνων τῶν σκελῶν τοῦ βατράχου.

Διὰ νὰ ἐξηγήσῃ τὸ φαινόμενον αὐτὸ ὁ Γαλβάνης ὑπέθεσεν ὅτι ἡ σύσπασις τῶν μυῶνων ὀφείλεται εἰς τὸν ζωϊκὸν ηλεκτρισμόν, ὁ ὁποῖος συμμετέχει εἰς τὰ φαινόμενα τῆς ζωῆς καὶ διατρεῖται ἐπ' ὀλίγον μετὰ τὸν θάνατον.

Τὰ ἀνωτέρω ἔγιναν ταχέως γνωστὰ εἰς πλεονέκτονον κύκλον ἐπιστημόνων, μεταξὺ τῶν ὁποίων ἦτο καὶ ὁ ἐπίσης Ἰταλὸς διάσημος Φυσικὸς Βόλτας (Alessandro Volta, 1745 - 1827), καθηγητῆς τῆς Φυσικῆς εἰς τὸ Πανεπιστήμιον τῆς Παβίας, ὁ ὁποῖος καὶ ἔδωκε τὴν ὀρθὴν ἐρμηνείαν εἰς τὸ



Σχ. 160. Ὅταν πιέσωμεν τὸ κομβίον Κ, ἐπέρχεται ἐπαφὴ τῶν ἐλασμάτων ἀπὸ χαλκὸν καὶ ψευδάργυρον καὶ οἱ μυῶνες τοῦ βατράχου συσπῶνται.



Σχ. 161. Βολταϊκὴ στήλη.

πείραμα του Γαλβάνη, με βάσιν τὴν θεωρίαν τοῦ ἡλεκτρισμοῦ ἐξ ἐπαφῆς μεταξύ δύο διαφορετικῶν μετάλλων, τὴν ὁποίαν αὐτὸς ὁ ἴδιος ὁ Βόλτας διεμόρφωσε.

Μὲ τὰ πειράματα τοῦ Γαλβάνη εἰς παρασκευάσματα βατράχων, ἐπλουτίσθησαν αἱ γνώσεις μας διὰ τὸν ἡλεκτρισμὸν καὶ μὲ βάσιν τὰς ἐρεῦνας ἐκεῖνας κατ'ὀρθωσεν ὁ Βόλτας τὴν κατασκευάσει τὴν **βολταϊκὴν στήλην**. Ἡ στήλη αὕτη (σχ. 161) ἀποτελεῖται ἀπὸ ζεύγη δίσκων χαλκοῦ καὶ ἀργύρου, οἱ ὁποῖοι τοποθετοῦνται διαδοχικῶς ὁ ἓνας ἐπὶ τοῦ ἄλλου, μεταξύ δὲ δύο δίσκων παρεμβάλλεται ἓνα στρῶμα ὑφάσματος, ποτισμένον μὲ ἀραιὸν θεϊκὸν ὀξὺ ἢ διάλυμα ἁλατος. Ὅλα σχεδὸν τὰ μέταλλα δύνανται ἀνὰ δύο νὰ ἀποτελέσουν στήλην τοῦ Βόλτα.

## ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Μεταξύ δύο μεταλλικῶν ηλεκτροδίων διαφορετικῆς φύσεως, τὰ ὁποῖα εἶναι βυθισμένα εἰς ἀραιὸν διάλυμα θεϊκοῦ ὀξέος, ἀναφαίνεται διαφορά δυναμικοῦ. Ἡ διάταξις ἀποτελεῖ ηλεκτρικὸν στοιχεῖον. Ἡ διαφορά τοῦ δυναμικοῦ ἥτις ἐπικρατεῖ μεταξύ δύο ηλεκτροδίων, ὅταν δὲν τροφοδοτῆται μὲ ρεῦμα τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα, ὀνομάζεται ηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ στοιχείου.

Ἐὰν συνδέσωμεν τὰ δύο ηλεκτρόδια μὲ ἓνα ἀγωγὸν σύρμα, πραγματοποιοῦμεν ἓνα ἀπλοῦν κύκλωμα, τὸ ὁποῖον διαρρέεται ἀπὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα.

2. Ἡ ηλεκτρικὴ στήλη περιλαμβάνει περισσότερα ηλεκτρικὰ στοιχεῖα καταλλήλως συνδεδεμένα καὶ ἀποτελεῖ μίαν διάταξιν ἢ ὁποία μετατρέπει τὴν χημικὴν ἐνέργειαν εἰς ηλεκτρικὴν ἐνέργειαν, λέγομεν δὲ ὅτι ἡ ηλεκτρικὴ στήλη εἶναι μία ηλεκτρικὴ γεννήτρια.

3. Ἡ ηλεκτρικὴ στήλη πολώνεται ἐξ αἰτίας τῶν φουσαλλίδων τοῦ ὕδρογόνου, αἱ ὁποῖαι ἐπικάθηνται εἰς τὸ θετικὸν ηλεκτρόδιον. Ἀποτέλεσμα τῆς πολώσεως εἶναι ἡ ἐλάττωσις τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος. Τὸ φαινόμενον τῆς πολώσεως ἀποτρέπεται μὲ τὴν χρησιμοποίησιν ἐνὸς ἀντιπολωτικοῦ ὕλικου (ὀξειδωτικοῦ).

4. Ἡ ηλεκτρικὴ γεννήτρια δὲν δημιουργεῖ ηλεκτρικὴν ἐνέργειαν. Ἀπλῶς μετατρέπει ἄλλας μορφὰς ἐνεργείας εἰς ηλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

## ΗΛΕΚΤΡΕΓΕΡΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΙΣ

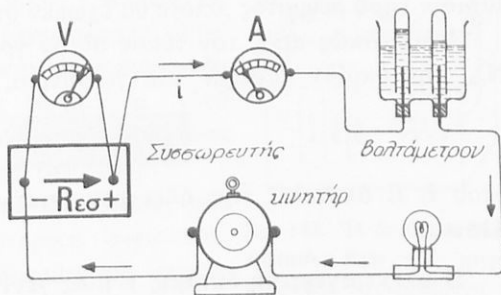
**§ 171.** Έννοια τῆς ἡλεκτρικῆς ἰσχύος μιᾶς γεννητρίας. Θεωροῦμεν ἓνα κύκλωμα περιλαμβάνον μίαν συστοιχίαν συσσωρευτῶν, ἓνα λαμπτήρα φωτισμοῦ, ἓνα βολτόμετρον με ὀξυνισμένον ὕδωρ καὶ ἓνα μικρὸν κινητῆρα (σχ. 162).

Ἐστω  $U$  ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ, τὴν ὁποίαν δεικνύει τὸ βολτόμετρον, συνδεδεμένον εἰς τοὺς ἀκροδέκτας τῆς συστοιχίας καὶ  $i$  ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ κύκλωμα. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ τάσις  $U$  εἶναι ἴση με τὴν τάσιν εἰς τὰ ἄκρα τοῦ κυκλώματος.

Ἡ ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια με τὴν ὁποίαν τροφοδοτεῖ ἡ συστοιχία τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα, μετατρέπεται: α) εἰς θερμικὴν ἐνέργειαν, μέσα εἰς ὁλόκληρον τὸ κύκλωμα, καὶ ἰδιαίτερος μέσα εἰς τὸν λαμπτήρα· β) εἰς χημικὴν ἐνέργειαν, μέσα εἰς τὸ βολτάμετρον, καὶ γ) εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν, μέσα εἰς τὸν κινητῆρα.

Ὀνομάζομεν  $Ne_x$  τὴν ἐνέργειαν ἡ ὁποία καταναλίσκεται ἀνὰ δευτερόλεπτον ἀπὸ τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα, δηλαδὴ ἀπὸ τὸν λαμπτήρα, τὸ βολτάμετρον καὶ τὸν κινητῆρα, ὁπότε ἡ  $Ne_x$  εἶναι ἴση με τὴν ἰσχύν, ἥτις δαπανᾶται ἀπὸ τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα. Θὰ ἔχωμεν συνεπῶς ὅτι:  $Ne_x = U \cdot i$ .

Τὸ ρεῦμα ὅμως δὲν κυκλοφορεῖ μόνον εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα. Συνεχίζει τὴν κυκλοφορίαν του καὶ μέσα εἰς τὴν πηγὴν χάρις εἰς κατάλληλα ἡλεκτρολυτικὰ διαλύματα ἢ ἀγωγὰ σύρματα. Εἶναι συνεπῶς λογικὸν νὰ παραδεχθῶμεν ὅτι τὸ ρεῦμα συναντᾷ καὶ κατὰ τὴν κίνησίν του αὐτὴν μίαν ἀντίστασιν, ἐξ αἰτίας τῆς ὁ-



Σχ. 162. Διὰ τὴν σπουδὴν τῆς ὁλικῆς ἰσχύος μιᾶς γεννητρίας.



ποιάς εκλύεται θερμότης. Ἡ ἀντίστασις αὐτὴ  $R_{εσ}$ , τὴν ὁποίαν συναντᾷ τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα κατὰ τὴν κίνησίν του μέσα εἰς τὴν πηγὴν, λέγεται **ἐσωτερικὴ ἀντίστασις**.

Ἐστω  $N_{εσ}$  ἡ ἐνέργεια ἡ ὁποία καταναλίσκεται ἀπὸ τὸ φαινόμενον Τζάουλ ἀνὰ δευτερόλεπτον μέσα εἰς τὴν γεννήτριαν, ὅποτε θὰ ἔχωμεν ὅτι:  $N_{εσ} = R_{εσ} \cdot i^2$ .

Ἀπὸ ὅσα ἀναφέραμε, καταλήγομεν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι ἡ ὁλικὴ ἐνέργεια, ἡ ὁποία παρέχεται ἀπὸ τὴν γεννήτριαν ἀνὰ δευτερόλεπτον:

- α) μετετράπη εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα εἰς ἐνέργειαν διαφόρων μορφῶν  $N_{εξ}$ ·
- β) κατηναλώθη εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τῆς γεννητρίας εἰς θερμικὴν ἐνέργειαν  $N_{εσ}$ .

Ἐπομένως δυνάμεθα νὰ γράψωμεν ὅτι:

$$N = N_{εξ} + N_{εσ} \quad \text{ἢ} \quad N = U \cdot i - R_{εσ} \cdot i^2$$

Αἱ δύο αὐταὶ ἐκφράσεις ὁρίζουν τὴν **ισχὺν μιᾶς γεννητρίας**. Ὡστε:

Ἡ ἡλεκτρικὴ **ισχύς μιᾶς γεννητρίας** εἶναι ἴση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν **ισχύων** αἱ ὁποῖαι καταναλίσκονται ἀπὸ τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα καὶ εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τῆς γεννητρίας.

**§ 172. Ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις μιᾶς γεννητρίας.** Διὰ νὰ ὑπολογίσωμεν τὴν **ισχὺν**  $N_{εξ}$ , ἡ ὁποία καταναλίσκεται εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα, μετροῦμε τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ  $U$  εἰς τοὺς ἀκροδέκτας τῆς πηγῆς, ἡ ὁποία εἶναι ἡ ἴδια μὲ τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα τοῦ κυκλώματος, ὅταν αὐτὸ διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα, καὶ τὴν ἔντασιν  $i$  τοῦ ρεύματος, ὅποτε θὰ ἔχωμεν ὅτι:  $N_{εξ} = U \cdot i$ .

Ἀναλογικῶς πρὸς τὸν τύπον αὐτὸν γράφομεν ὅτι ἡ ὁλικὴ **ισχύς**  $N_{ολ}$ , τὴν ὁποίαν παρέχει μία γεννήτρια, δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν:

$$N_{ολ} = E \cdot i$$

ὅπου ἡ  $E$  ἀποτελεῖ τὴν ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν τῆς γεννητρίας. Ὡστε:

Ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις  $E$  μιᾶς γεννητρίας εἶναι ἴση μὲ τὸ πηλίκον τῆς συνολικῆς **ισχύος** τῆς γεννητρίας πρὸς τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος τὸ ὁποῖον αὐτὴ παράγει.



Ἡ ηλεκτρεγερτική δύναμις  $E$  εἶναι συνεπῶς μέγεθος τῆς ἰδίας φύσεως μετὰ τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ. Δι' αὐτὸν τὸν λόγον ἀκριβῶς μετρεῖται εἰς Βόλτ. Ἡ ἐνδειξις ἥτις εἶναι ἀναγεγραμμένη ἐπάνω εἰς μίαν ηλεκτρικὴν στήλην, π.χ. 4,5 V, ἀναφέρεται εἰς τὴν ηλεκτρεγερτικὴν δύναμιν τῆς στήλης.

**Ἀριθμητικὴ ἐφαρμογή.** Ἡ ηλεκτρεγερτικὴ δύναμις μιᾶς συστοιχίας συσσωρευτῶν αὐτοκινήτου εἶναι 6 Βόλτ. Ὄταν ἡ συστοιχία λειτουργῇ κατὰ τὴν ἐκκίνησιν τοῦ ὀχήματος, ἀποδίδει ηλεκτρικὸν ρεῖμα ἐντάσεως 200 A. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἰσχὺς τῆς γεννητρίας.

Λύσις. Ἐφαρμόζομεν τὴν σχέσιν:  $N = E \cdot i$ .

Ἀντικαθιστώντας τὰ σύμβολα μετὰ τὰς τιμὰς τῶν εὐρίσκομεν:

$$N = 6 \text{ V} \cdot 200 \text{ A} = 1200 \text{ Watt.}$$

**§ 173. Ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια μιᾶς γεννητρίας.** Ἐὰν μία γεννητρία, ἡλεκτρικῆς ἰσχύος  $N$  Watt, ἀποδίδῃ ηλεκτρικὸν ρεῖμα σταθερᾶς ἐντάσεως  $i$  ἐπὶ χρόνον  $t$  sec, ἡ ηλεκτρικὴ ἐνέργεια  $A$  ἡ ὁποία ἀπεδόθη εἰς αὐτὸν τὸν χρόνον εἶναι ἴση πρὸς:  $A = N \cdot t$ .

Ἐπειδὴ ὁμοῦ  $N = E \cdot i$ , ἡ ἀνωτέρω σχέσις γράφεται:

$$A = E \cdot i \cdot t$$

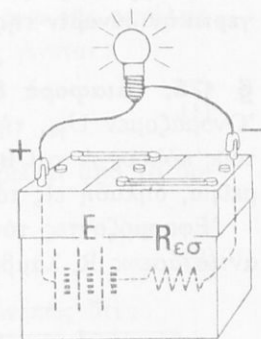
ἡ δὲ ηλεκτρικὴ ἐνέργεια  $A$  ἐκφράζεται εἰς μονάδας Τζούλ (Joule).

**§ 174. Νόμος τοῦ Ὠμ εἰς πλῆρες κύκλωμα.**

Ἄς θεωρήσωμεν ἓνα ηλεκτρικὸν κύκλωμα εἰς τὸ ὁποῖον οἱ καταναλωταὶ (ἀντιστάσεις) μετατρέπουν ὅλην τὴν ηλεκτρικὴν ἐνέργειαν, τὴν ὁποίαν προσλαμβάνουν εἰς θερμότητα. Αὐτὸ τὸ κύκλωμα ἐπομένως δὲν θὰ περιλαμβάνῃ οὔτε βολτάμετρον, οὔτε κινητῆρα (σχ. 163).

Ἐστῶσαν  $R$  ἡ συνολικὴ ἀντίστασις τῶν καταναλωτῶν,  $R_{\text{εσ}}$  ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις καὶ  $E$  ἡ ηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς γεννητρίας,  $i$  δὲ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τὸ ὁποῖον ἀποδίδει ἡ γεννητρία.

Ἡ ἰσχὺς ἥτις κατανάλισκεται εἰς τὸ ἐξω-



Σχ. 163. Ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις  $R_{\text{εσ}}$  τῆς πηγῆς θεωρεῖται συνδεδεμένη ἐν σειρά πρὸς τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἐξωτερικοῦ κυκλώματος.

τερικὸν κύκλωμα, ἐξ αἰτίας τοῦ φαινομένου Τζάουλ, εἶναι ἴση πρὸς  $R \cdot i^2$ . Ἐξ ἄλλου ἡ ἰσχύς ἡ ὁποία καταναλίσκεται ἀπὸ τὴν ἰδίαν τὴν γεννήτριαν, ἐξ αἰτίας πάλιν τοῦ φαινομένου Τζάουλ, εἶναι ἴση πρὸς  $R_{εσ} \cdot i^2$  (μὲ τὴν προυπόθεσιν βεβαίως ὅτι ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τῆς γεννητρίας μετατρέπει ὅλην τὴν ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν, τὴν ὁποίαν λαμβάνει εἰς θερμότητα Τζάουλ).

Ἐπομένως ἡ ὁλικὴ ἰσχύς  $N_{ολ} = E \cdot i$ , ἥτις ἀποδίδεται ἀπὸ τὴν γεννήτριαν, θὰ εἶναι :

$$N_{ολ} = E \cdot i = R \cdot i^2 + R_{εσ} \cdot i^2$$

Δηλαδή :

$$E = R \cdot i + R_{εσ} \cdot i$$

ἢ

$$E = (R + R_{εσ}) \cdot i$$

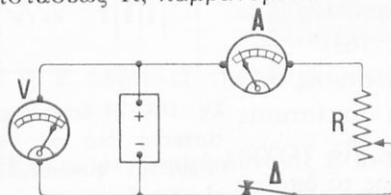
Ἡ ἀνωτέρω σχέσις ἐκφράζει ποσοστικῶς τὸν νόμον τοῦ Ὠμ εἰς πλήρες κύκλωμα.

Ὡστε :

Τὸ γινόμενον τοῦ ἀθροίσματος τῆς ἐξωτερικῆς καὶ τῆς ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως ἑνὸς πλήρους ἠλεκτρικοῦ κυκλώματος ἐπὶ τὴν ἔντασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον τὸ διαρρέει, ἰσοῦται μὲ τὴν ἠλεκτρογερτικὴν δύναμιν τῆς γεννητρίας, ἥτις ὑπάρχει εἰς τὸ κύκλωμα.

**§ 175. Διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα μιᾶς γεννητρίας.** Ὀνομάζομεν  $U_{γεν}$  τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ, ἡ ὁποία ἐπικρατεῖ εἰς τοὺς πόλους Α καὶ Β τῆς γεννητρίας (σχ. 164), ὅταν διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα, δηλαδή εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἐξωτερικοῦ κυκλώματος.

Ἐφαρμόζοντες τὸν νόμον τοῦ Ὠμ εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα, ἀντιστάσεως  $R$ , λαμβάνομεν :



Σχ. 164. Διὰ τὴν σπουδὴν τῆς τάσεως εἰς τοὺς πόλους μιᾶς γεννητρίας.

$$U_{γεν} = R \cdot i$$

Ἐπομένως ἡ σχέσις

$$E = R \cdot i + R_{εσ} \cdot i$$

γράφεται :

$$E = U_{γεν} + R_{εσ} \cdot i, \text{ ἢ :}$$

$$U_{γεν} = E - R_{εσ} \cdot i$$

Τὸ γινόμενον  $R_{εσ} \cdot i$  ὀνομάζεται ὠμικὴ πτώσις τάσεως ἐντὸς τῆς γεννητρίας.

**§ 176. Μέτρησις τῆς ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως μιᾶς γεννητρίας.** Διὰ νὰ μετρήσωμεν τὴν ἡλεκτρεγερτικὴν δυνάμιν μιᾶς γεννητρίας συνδέομεν τοὺς δύο πόλους τῆς γεννητρίας μὲ τοὺς ἀκροδέκτας ἑνὸς βολτομέτρου (σχ. 165).

Τὰ βολτόμετρα ἔχουν πολὺ μεγάλην ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν, εἰς τρόπον ὥστε τὸ ρεῦμα, τὸ ὁποῖον διαρρέει αὐτὰ τὰ ὄργανα, νὰ εἶναι ἀσήμαντον.

Ἐὰν  $R$  εἶναι ἡ ἀντίστασις τοῦ βολτομέτρου,  $R_{εσ}$  ἡ ἀντίστασις τῆς πηγῆς καὶ  $i$  ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον προκαλεῖται ἀπὸ τὴν σύνδεσιν τῶν πόλων μὲ τοὺς ἀκροδέκτας τοῦ βολτομέτρου, θὰ ἔχωμεν :

$$E = R \cdot i + R_{εσ} \cdot i$$

Ἐπειδὴ ὅμως ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις  $R_{εσ}$  τῆς γεννητρίας εἶναι πολὺ μικρὰ καὶ δυνάμεθα νὰ τὴν παραλείψωμεν, λόγῳ τῆς μεγάλης ἀντιστάσεως  $R$  τοῦ βολτομέτρου, ἡ ἀνωτέρω σχέσις γίνεται :

$$E = R \cdot i, \text{ περίπου} \quad (1)$$

Ἀλλὰ ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ  $U_{γεν}$  ἡ ὁποία μετρεῖται ἀπὸ τὸ ὄργανον, εἶναι συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τοῦ Ὡμ :

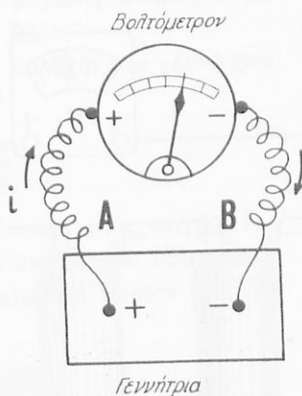
$$U_{γεν} = R \cdot i \quad (2)$$

Ἀπὸ τὰς σχέσεις (1) καὶ (2) συμπεραίνομεν συνεπῶς ὅτι :

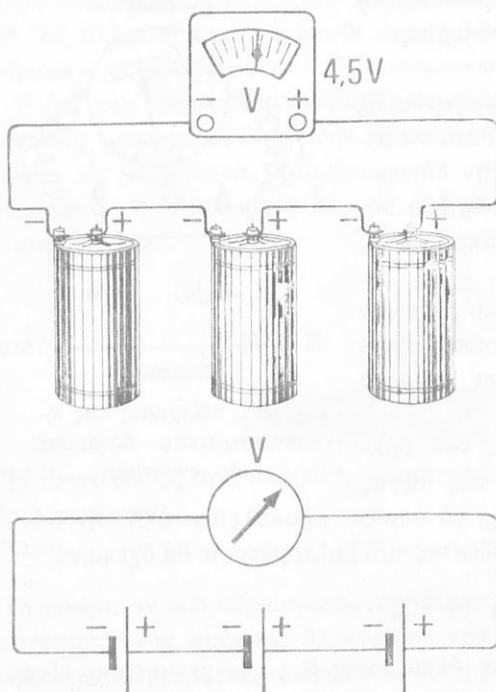
$$E = U_{γεν}, \text{ περίπου.}$$

Ὡστε :

Τὸ βολτόμετρον δεικνύει τὴν ἡλεκτρεγερτικὴν δυνάμιν τῆς γεννητρίας, ὅταν οἱ ἀκροδέκται του συνδέωνται μὲ τοὺς πόλους τῆς πηγῆς, χωρὶς νὰ τροφοδοτῆται καὶ τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα.



Σχ. 165. Μέτρησις τῆς ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως μιᾶς γεννητρίας.



Σχ. 166. Συνδεσμολογία τριών ηλεκτρικών πηγών εν σειρά. Είς τὸ κάτω μέρος συμβολικὴ παράστασις.

Ὅταν συνδέσωμεν ἐν σειρά πολλὰς ηλεκτρικὰς πηγὰς, ἡ ηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς συστοιχίας εἶναι ἴση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ηλεκτρεγερτικῶν δυνάμεων τῶν πηγῶν.

**§ 177. Σύνδεσις ἡλεκτρικῶν πηγῶν.** Οἱ συσσωρευταί, τὰ ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα καὶ αἱ ἡλεκτρικαὶ στήλαι συγνάκις συνδέονται μεταξύ τῶν, ὁπότε σχηματίζονται συστοιχίαι.

Διὰ νὰ κατασκευάσωμεν μίαν συστοιχίαν ἡλεκτρικῶν πηγῶν, συνδέομεν μὲ ἀγωγὸν τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς πρώτης πηγῆς μὲ τὸν θετικὸν πόλον τῆς δευτέρας πηγῆς καὶ συνεχίζομεν κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον μέχρι τῆς τελευταίας πηγῆς, τὴν ὁποίαν διαθέτομεν. Οὕτως ἀπομένουν ἐλεύθεροι ὁ θετικὸς πόλος τῆς πρώτης πηγῆς καὶ ὁ ἀρνητικὸς πόλος τῆς τελευταίας (σχ. 166), οἱ ὅποιοι ἀποτελοῦν τοὺς πόλους τῆς συστοιχίας. Ὁ τρόπος αὐτὸς συνδέσεως ἡλεκτρικῶν πηγῶν λέγεται σύνδεσις ἐν σειρά.

Ὅπως δυνάμεθα μὲ ἓνα βολτόμέτρον νὰ ἐξακριβώσωμεν :

## ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Ἡ ὁλικὴ ἰσχὺς  $N$  μιᾶς γεννητρίας δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν :

$$N = I \cdot E$$

ὅπου  $E$  ἡ ηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς γεννητρίας καὶ  $I$  ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον δύνανται νὰ χορηγήσῃ ἡ γεννήτρια.

Ψηφιοποιήθηκε ἀπὸ τὸ Ἰνστιτούτο Εκπαιδευτικῆς Πολιτικῆς

2. Ἡ ηλεκτρεγερτικὴ δύναμις εἶναι μέγεθος ἀνάλογον μὲ τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ καὶ μετρεῖται εἰς Βόλτ.

3. Ἡ ηλεκτρικὴ ἐνέργεια τὴν ὁποῖαν παρέχει μία γεννήτρια εἰς χρόνον  $t$  δίδεται ἀπὸ τὸν τύπον :

$$A = E \cdot I \cdot t$$

4. Ἐὰν  $E$  εἶναι ἡ ηλεκτρεγερτικὴ δύναμις μιᾶς πηγῆς,  $R_{\epsilon\sigma}$  ἡ ἐσωτερικὴ ἀντιστάσεως τῆς,  $R$  ἡ ἀντίστασις τοῦ ἐξωτερικοῦ κυκλώματος καὶ  $i$  ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τὸ ὁποῖον χορηγεῖ ἡ πηγὴ, ἰσχύει ἡ σχέσις :

$$I = (R + R_{\epsilon\sigma}) \cdot E$$

Ἡ σχέσις αὕτη ἐκφράζει τὸν νόμον τοῦ Ὡμ εἰς πλήρες κύκλωμα.

5. Ὄταν συνδεδωμεν ἡλεκτρικὰς πηγὰς ἐν σειρᾷ, τότε ἡ ηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς συστοιχίας εἶναι ἴση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ηλεκτρεγερτικῶν δυνάμεων τῶν πηγῶν.

## Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

**146.** Μία στήλη χορηγεῖ ρεῦμα  $0,75 \text{ A}$  ἐπὶ  $6$  συνεχῶς ὥρας. α) Νὰ ὑπολογισθῇ εἰς  $Ah$  καὶ ἀκολουθῶς εἰς  $Ch$ , ἡ ποσότης τοῦ ηλεκτρισμοῦ ἡ ὁποία ἀποδίδεται. β) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἐλάττωσις τῆς μάζης τοῦ ηλεκτροδίου ἀπὸ ψευδάργυρον. (Ἀτομικὸν βάρος  $Zn = 65$ , σθένος ἰόντος  $Zn^{++} = 2$ ).  
(Ἀπ. α'  $4,5 \text{ Ah}$ ,  $16 \text{ } 200 \text{ Ch}$ . β'  $5,5 \text{ gr}$ , περίπου).

**147.** Δυναμοηλεκτρικὴ γεννήτρια (δυναμὸ) χορηγεῖ ρεῦμα  $1 \text{ } 000 \text{ A}$  μὲ διαφορὰν δυναμικοῦ  $500 \text{ Volt}$ . Νὰ ὑπολογισθῇ εἰς  $\text{Watt}$  καὶ ἀτμοίππους ἡ ἰσχύς τῆς μηχανῆς.  
(Ἀπ.  $500 \text{ } 000 \text{ W}$ ,  $679 \text{ Ch}$ , περίπου.)  
( $1 \text{ Ch} = 736 \text{ Watt}$ .)

**148.** Μία δυναμοηλεκτρικὴ γεννήτρια παρουσιάζει εἰς τοὺς πόλους τῆς διαφορὰν δυναμικοῦ  $125 \text{ Volt}$  καὶ ἔχει ἰσχὴν  $10 \text{ kW}$ . Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον δύναται νὰ χορηγήσῃ ἡ γεννήτρια.  
(Ἀπ.  $80 \text{ A}$ .)

**149.** Δυναμοηλεκτρικὴ γεννήτρια λειτουργεῖ μὲ τὴν βοήθειαν κινητῆρος ἐσωτερικῆς καύσεως. Ἡ ἰσχύς τοῦ κινητῆρος εἶναι  $8 \text{ Ch}$  καὶ ἡ ὀλικὴ ἀπόδοσις  $85\%$ . α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἰσχύς τῆς δυναμοηλεκτρικῆς μηχανῆς, β) Ἐὰν ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τοὺς πόλους εἶναι  $125 \text{ Βόλτ}$ , νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον δύναται νὰ χορηγήσῃ ἡ γεννήτρια αὐτή.  
(Ἀπ.  $40 \text{ A}$ .)

**150.** Μία ηλεκτρική στήλη έχει ηλεκτρεγερτική δύναμη 10 Volt, εσωτερικήν αντίστασιν  $3 \Omega$  και χορηγεί τὸ ρεύμα της εἰς ἓνα καταναλωτὴν ἀντιστάσεως  $5 \Omega$ . Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ κύκλωμα. (Ἀπ. 1,25 A.)

**151.** Μία ηλεκτρική στήλη έχει ηλεκτρεγερτικὴν δύναμιν 4,5 Βόλτ. Ὄταν ἐνώσωμεν τοὺς δύο πόλους τῆς στήλης μετ' ἓνα ἀγωγὸν σύρμα, ἀντιστάσεως  $2,5 \Omega$ , κυκλοφορεῖ ρεύμα ἐντάσεως 1,25 A. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ εσωτερικὴ ἀντίστασις τῆς στήλης. (Ἀπ. 1,1  $\Omega$ .)

**152.** Οἱ δύο πόλοι μιᾶς ηλεκτρικῆς στήλης, εσωτερικῆς ἀντιστάσεως  $1 \Omega$ , εἶναι ἠνωμένοι μετ' ἓνα μεταλλικὸν καλώδιον ἀντιστάσεως  $5 \Omega$ . Ἐνα ἄμπερόμετρον, συνδεδεμένον ἐν σειρᾷ, δεκνύει 2 A. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς στήλης. (Ἀπ. 12 V.)

**153.** Οἱ δύο πόλοι μιᾶς ηλεκτρικῆς στήλης εἶναι συνδεδεμένοι μετ' ἓνα ἀγωγὸν ἀντιστάσεως  $3 \Omega$  καὶ ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ των εἶναι 1,5 Volt. Ὄταν τὸ κύκλωμα εἶναι ἀνοικτόν, ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἶναι 2 Volt. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ εσωτερικὴ ἀντίστασις τῆς στήλης. (Ἀπ. 9  $\Omega$ .)

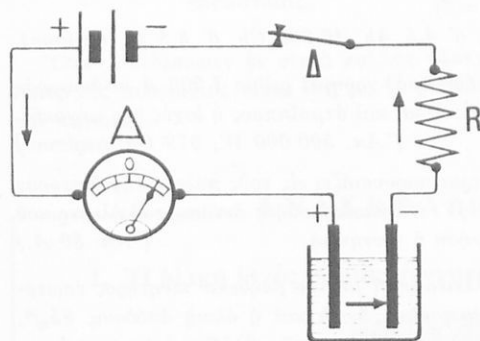
## ΛΕ΄ — ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΑΙ

### § 178. Ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τῶν συσσωρευτῶν μολύβδου.

**Πείραμα 1.** Πραγματοποιούμεν τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 167. Τὸ βολτάμετρον περιέχει διάλυμα θειικοῦ ὀξέος, τὰ δὲ ηλεκτρόδια εἶναι μολύβδιναι πλάκες.

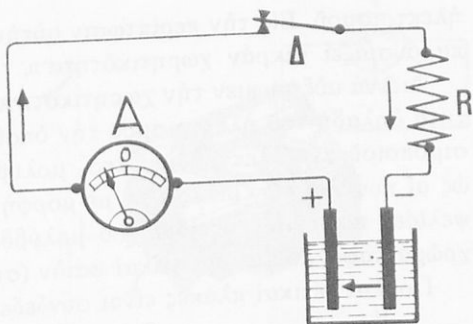
Ἐάν κλείσωμεν τὸν διακόπτην, τότε ἡ ηλεκτρικὴ πηγὴ τροφοδοτεῖ τὸ κύκλωμα μετ' ηλεκτρικὸν ρεύμα, ὃ δὲ δείκτης τοῦ ἄμπερομέτρου ἀποκλείνει πρὸς τὰ δεξιὰ.

Ἀφήνομεν ἐπ' ὀλίγον κλειστὸν τὸ κύκλωμα καὶ ἀκολουθῶς ἀνοίγομεν τὸν διακόπτην Δ, ὁπότε διακόπτεται ἡ παροχὴ τοῦ ρεύματος καὶ ὁ δείκτης τοῦ ἄμπερομέτρου ἐπανέρχεται εἰς τὸ μηδὲν τῆς κλίμακος.



Σχ. 167. Τὸ βολτάμετρον διαρρέεται ἀπὸ ηλεκτρικὸν ρεύμα.

**Πείραμα 2.** Ἀφαιροῦμεν τὴν ἠλεκτρικὴν πηγὴν τοῦ προηγουμένου κυκλώματος καὶ κλείομεν τὸν διακόπτην (σχ. 168). Παρατηροῦμεν τότε ὅτι ὁ δείκτης τοῦ ἀμπερομέτρου ἀποκλείνει πρὸς τὰ ἀριστερά, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον ἀποδεικνύει ὅτι ἓνα ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, μὲ ἀντίθετον φοράν ἀπὸ τὸ προηγούμενον, διαρρέει τὸ κύκλωμα. Αὐτὸ τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα παράγεται ἀπὸ τὸ βολτάμετρον, τὸ ὁποῖον ἔχει μεταβληθῇ εἰς ἠλεκτρικὴν πηγὴν.



Σχ. 168. Τὸ βολτάμετρον τροφοδοτεῖ τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα μὲ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα.

**Ἐξήγησις τοῦ φαινομένου.** α) Εἰς τὸ πρῶτον πείραμα συμβαίνει ἠλεκτρολύσις τοῦ διαλύματος τοῦ θειικοῦ ὀξέος μὲ πολυπλόκους δευτερευούσας ἀντιδράσεις εἰς τὰ ἠλεκτρόδια. Δυνάμεθα ὅμως νὰ παρατηρήσωμεν τὸ φαιὸν χρῶμα, τὸ ὁποῖον ἀποκτᾷ ἡ ἄνοδος. Τὸ χρῶμα αὐτὸ ὀφείλεται εἰς τὸ ὀξειδίων τοῦ μολύβδου, τὸ ὁποῖον ἐπικάθεται ἐπ' αὐτῆς. Ἡ ἠλεκτρικὴ δηλαδὴ ἐνέργεια, ἣτις προσλαμβάνεται ἀπὸ τὸ βολτάμετρον, μετατρέπεται εἰς χημικὴν ἐνέργειαν.

β) Εἰς τὸ δεύτερον πείραμα συμβαίνουν εἰς τὸ βολτάμετρον δευτερεύουσαι χημικαὶ ἀντιδράσεις, ἀντίστροφαι ἀπὸ τὰς προηγούμενας καὶ τὸ φαιὸν χρῶμα τῆς ἀνόδου ἐξαφανίζεται βραδέως. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ χημικὴ ἐνέργεια ἡ ὁποία ἐκλύεται ὅσον διαρκοῦν αἱ χημικαὶ ἀντιδράσεις, μετατρέπεται εἰς ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

Τὸ φαινόμενον συνεπῶς ἐξελίσσεται ὥς ἐὰν εἶχε συσσωρευθῇ (ἀποθηκευθῇ) εἰς τὸ βολτάμετρον ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια, ἡ ὁποία ἀποδίδεται κατόπιν. Αὐτὸς εἶναι ὁ λόγος διὰ τὸν ὁποῖον αἱ γεννήτριαι αὐτοῦ τοῦ εἶδους ὀνομάζονται **συσσωρευταί**.

Τὰ δύο πειράματα, τὰ ὁποῖα περιεγράψαμεν, ἀντιστοιχοῦν εἰς τὴν φόρτισιν καὶ τὴν ἐκφόρτισιν τοῦ συσσωρευτοῦ.

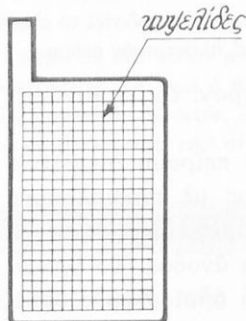
**§ 179. Περιγραφή ἑνὸς συνηθισμένου συσσωρευτοῦ.** Τὸ βολτάμετρον μὲ τὰ μολύβδινα ἠλεκτρόδια, ἐκφορτίζεται πολὺ ταχέως. Αὐτὸ ὀφείλεται εἰς τὸ γεγονός ὅτι ἀποθηκεύει πολὺ μικρὰν ποσότητα

ήλεκτρισμοῦ. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν λέγομεν ὅτι «ὁ συσσωρευτὴς παρουσιάζει μικρὰν χωρητικότητα».

Διὰ νὰ αὐξήσωμεν τὴν χωρητικότητα τοῦ συσσωρευτοῦ, τὴν ποσότητα δηλαδὴ τοῦ ἡλεκτρισμοῦ τὴν ὁποῖαν δύναται νὰ ἀποδώσῃ, χρησιμοποιοῦμεν ἡλεκτρόδια ἀπὸ μολυβδίνους πλάκας, ἐσκαμμένας ὡς αἱ κυψέλαι τῶν μελισσῶν, μὲ μορφὴν πλέγματος (σχ. 169). Αἱ κυψελίδες περιέχουν ὀξείδια τοῦ μολύβδου· αἱ θετικαὶ πλάκες ἔχουν χρῶμα καφέ, ἐνῶ αἱ ἀρνητικαὶ φαιὸν (σταχτὺ) πρὸς τὸ κυανοῦν.

Πολλαὶ θετικαὶ πλάκες εἶναι συνδεδεμέναι μεταξύ των καὶ τὸ αὐτὸ συμβαίνει μὲ τὰς ἀρνητικὰς πλάκας (σχ. 169). Τὸ σύστημα αὐτὸ τῶν θετικῶν καὶ ἀρνητικῶν πλακῶν τοποθετεῖται μέσα εἰς ἓνα δοχεῖον ἀπὸ μονωτικὸν ὕλικόν (ὑάλος, ἐβονίτης, πλαστικαὶ ὑλαι, κλπ.) τὸ ὁποῖον περιέχει διάλυμα θειικοῦ ὀξέος (σχ. 170).

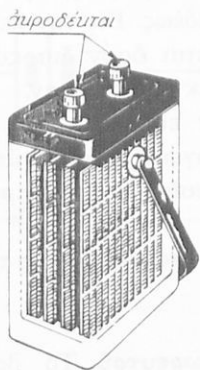
Διὰ νὰ ἀποφύγωμεν τὰ βραχυκυκλώματα τοποθετοῦμε μεταξύ τῶν θετικῶν καὶ ἀρνητικῶν πλακῶν, φύλλα ἀπὸ πορῶδες μονωτικὸν ὕλικόν (ὑαλοβάμβαξ, πορῶδες ἐλαστικόν).



Σχ. 169. Πιλάξ συσσωρευτοῦ

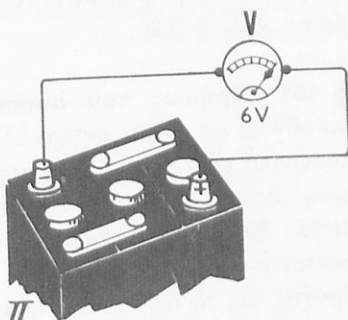
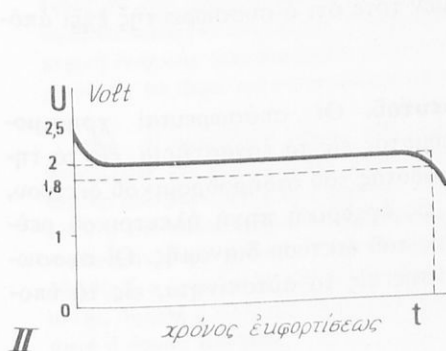
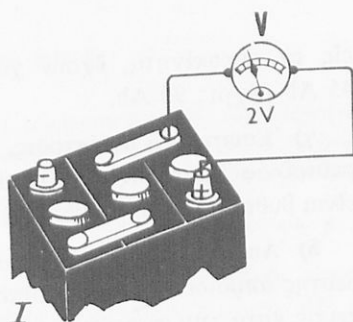
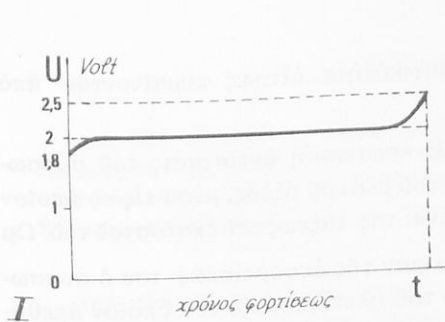
**§ 180. Χαρακτηριστικὰ μεγέθη ἑνὸς συσσωρευτοῦ.** α) Ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις. Χρησιμοποιοῦντες ἓνα βολτόμετρον μετροῦμε τὴν ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν  $E$  ἑνὸς συσσωρευτοῦ μολύβδου καὶ τὴν εὐρίσκομεν περίπου ἴσην πρὸς 2 V. Ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ αὐτὴ δύναμις εἶναι ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὰς διαστάσεις καὶ τὸ σχῆμα τοῦ συσσωρευτοῦ.

Ὅταν φορτίζεται ὁ συσσωρευτὴς, ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ του δύναμις αὐξάνεται προοδευτικῶς καὶ φθάνει τὰ 2,5 V περίπου (σχ. 171, I). Εὐθὺς ὡς ἀρχίση ἡ ἐκφόρτισις, ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ὑφίσταται ἀπότομον πτώσιν καὶ κατέρχεται εἰς τὰ 2 V. Εἰς τὴν τιμὴν αὐτὴν παραμένει σταθερὰ κατὰ τὸ μεγαλύτερον χρονικὸν διάστημα τῆς ἐκφορτίσεως.



Σχ. 170. Συσσωρευτὴς μολύβδου.





Σχ. 171. Καμπύλη φορτίσεως (I) και εκφόρτισεως (II) ενός συσσωρευτού.

Σχ. 172. (I). Μέτρησης της τάσεως εις τούς άκροδέκτας ενός στοιχείου και (II) εις τούς άκροδέκτας μιάς συστοιχίας τριών συσσωρευτών.

Εις τὸ τέλος τῆς εκφόρτισεως ἡ ηλεκτρεγερτικὴ δύναμις πίπτει ἀποτόμως κάτω ἀπὸ τὰ 2 V (σχ. 171, II).

Εἰς τὴν πρακτικὴν χρησιμοποιούμεν **συστοιχίας** συσσωρευτῶν, αἱ ὁποῖαι ἀποτελοῦνται συνήθως ἀπὸ τρία ἢ ἕξ στοιχεῖα συσσωρευτῶν, συνδεδεμένα ἐν σειρᾷ, ὅποτε ἡ ηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς συστοιχίας ἀνέρχεται εἰς  $3 \times 2 = 6$  V ἢ  $6 \times 2 = 12$  V (σχ. 172). Τὰ τρία ἢ ἕξ αὐτὰ στοιχεῖα περιέχονται εἰς ἓνα κοινὸν δοχεῖον, τὸ ὁποῖον χωρίζεται εἰς δύο ἢ τρία διαμερίσματα.

**β) Χωρητικότης.** Ὡς χωρητικότης ἑνὸς συσσωρευτοῦ ὀρίζομεν τὴν ποσότητά τοῦ ηλεκτρισμοῦ, τὴν ὁποίαν δύναται νὰ ἀποδώσῃ ὁ συσσωρευτὴς κατὰ τὴν εκφόρτισιν.

Ἡ χωρητικότης ἑνὸς συσσωρευτοῦ ἐκφράζεται συνήθως εἰς ἀμπερώρας (Ah).

Αἱ συστοιχεῖαι τῶν συσσωρευτῶν, οἱ ὁποῖοι χρησιμοποιοῦνται

εις τὰ αὐτοκίνητα, ἔχουν χωρητικότητα αἵτινες κυμαίνονται ἀπὸ 45 Ah μέχρις 90 Ah.

γ) Ἑσωτερικὴ ἀντίστασις. Ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τοῦ συσσωρευτοῦ ὀφείλεται εἰς τὸ διάλυμα τοῦ θεϊκοῦ ὀξέος, μέσα εἰς τὸ ὁποῖον εἶναι βυθισμένοι αἱ πλάκες, καὶ εἶναι τῆς τάξεως τοῦ ἑκατοστοῦ τοῦ Ὡμ

δ) Ἀπόδοσις. Κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς ἐκφορτίσεώς του ὁ συσσωρευτὴς ἀποδίδει τὰ 90% περίπου τοῦ ἡλεκτρισμοῦ, τὸν ὁποῖον ἀπεθήκευσε κατὰ τὴν φόρτισιν. Λέγομεν τότε ὅτι ὁ συσσωρευτὴς ἔχει ἀπόδοσιν 90% ἢ 0,90.

**§ 181. Χρήσεις τοῦ συσσωρευτοῦ.** Οἱ συσσωρευταὶ χρησιμοποιοῦνται ὡς πηγαὶ συνεχοῦς ρεύματος εἰς τὰ ἐργαστήρια, εἰς τὰ τηλεφωνικὰ κέντρα, εἰς τοὺς σηματοδότας τοῦ σιδηροδρομικοῦ δικτύου, κλπ. Ἐπίσης χρησιμοποιοῦνται ὡς ἐφεδρική πηγὴ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, διὰ τὴν περίπτωσιν βλάβης τοῦ δικτύου διανομῆς. Οἱ συσσωρευταὶ εὐρίσκουν ἐφαρμογὴν ἐπίσης εἰς τὰ αὐτοκίνητα, εἰς τὰ ὑποβρύχια, εἰς τὰ ἀεροπλάνα κλπ.

## ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Οἱ συσσωρευταὶ εἶναι πηγαὶ συνεχοῦς ρεύματος, αἱ ὁποῖαι μετατρέπουν χημικὴν ἐνέργειαν εἰς ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

2. Διὰ νὰ λειτουργήσῃ ὁ συσσωρευτὴς πρέπει προηγουμένως νὰ φορτισθῇ. Ἡ φόρτισις συνίσταται εἰς τὴν μετατροπὴν τῆς ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας, τὴν ὁποίαν προσλαμβάνει ὁ συσσωρευτὴς, εἰς χημικὴν ἐνέργειαν. Κατὰ τὴν ἐκφόρτισιν συμβαίνει τὸ ἀντίθετον.

3. Ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἑνὸς συσσωρευτοῦ μολύβδου εἶναι περίπου 2 V. Εἰς τὴν πρακτικὴν συνδέομεν ἓν σειρᾶ δύο ἢ περισσότερα στοιχεῖα καὶ σχηματίζομεν συστοιχίας.

4. Ἡ χωρητικότης τῶν συσσωρευτῶν, ἡ ποσότης δηλαδή τοῦ ἡλεκτρισμοῦ τὸν ὁποῖον δύνανται νὰ ἀποδώσουν κατὰ τὴν ἐκφόρτισιν, μετρεῖται εἰς ἀμπερώρας.

5. Οἱ συσσωρευταὶ χρησιμοποιοῦνται ὡς πηγαὶ συνεχοῦς ρεύματος.

## Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

**154.** Μία συστοιχία συσσωρευτῶν ἔχει χωρητικότητα 150 Ah. Περιορίζομεν τὴν ἐκφόρτισιν εἰς τὰ 80% αὐτῆς τῆς χωρητικότητος. α) Πόσῃ ποσότητι ἡλεκτρισμοῦ δυνάμεθα νὰ λάβωμεν. β) Ἐὰν ἡ διάρκεια τῆς ἐκφορτίσεως εἶναι 5 h νὰ εὐρεθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον ἀποδίδεται.  
(Ἀπ. α' 432 000 Cb. β' 24 A)

**155.** Θέλομεν νὰ ἐπαναφορτίσωμεν μίαν συστοιχίαν συσσωρευτῶν χωρητικότητος 90 Ah, χρησιμοποιοῦντες ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 9 A. α) Ἐπὶ πόσας ὥρας θὰ πρέπει νὰ φορτίζεται ἡ συστοιχία. β) Νὰ εὐρεθῇ εἰς βατώρας (Wh) ἡ ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια, ἥτις παρέχεται ἀπὸ τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, ἐὰν ἡ διαφορά τοῦ δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα τοῦ συσσωρευτοῦ εἶναι 6,6 Volt. (Ἀπ. α' 10 h. β' 594 Wh.)

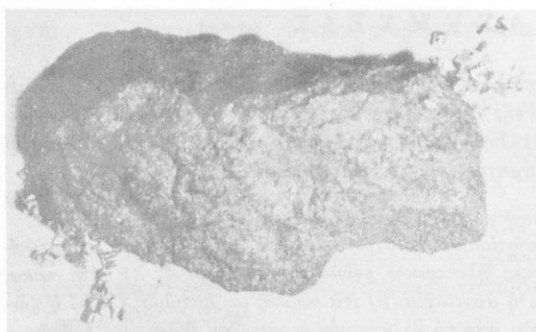
**156.** Αἱ μολύβδιναί πλάκες μιᾶς συστοιχίας συσσωρευτῶν ἔχουν βάρος 100 kp. Φορτίζομεν τὸν συσσωρευτὴν χρησιμοποιοῦντες ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 0,5 A ἀνὰ kp μολύβδου. α) Ἐὰν ἡ φόρτισις διαρκῇ 12 h, νὰ εὐρεθῇ ἡ ποσότης τοῦ ἡλεκτρισμοῦ ἡ ὁποία ἀπλητήθη δι' αὐτὴν τὴν φόρτισιν. β) Κατόπιν ἐκφορτίζομεν αὐτὴν τὴν συστοιχίαν ἐντὸς χρόνον 10 h, ἀποδίδοντες ρεῦμα ἡλεκτρικὸν ἐντάσεως 50 A. Νὰ εὐρεθῇ ἡ χωρητικότης τῆς συστοιχίας. γ) Νὰ εὐρεθῇ ἡ ἀπόδοσις τῆς συστοιχίας αὐτῆς, δηλαδὴ ἡ τιμὴ τοῦ λόγου τῆς χωρητικότητος πρὸς τὴν ποσότητα τοῦ ἡλεκτρισμοῦ ὃ ὁποῖος ἀπεδόθη.  
(Ἀπ. α' 600 Ah. β' 500 Ah. γ' 83%)

**157.** Ἡ συστοιχία τῶν συσσωρευτῶν (μπαταρία) ἐνὸς αὐτοκινήτου φέρει μίαν μικρὰν πλάκα ἐπάνω εἰς τὴν ὁποίαν ἀναγράφονται τὰ ἑξῆς: Χωρητικότης: 75 Ah. Κανονικὴ ἔντασις φορτίσεως: 7,5 A. Μεγίστη ἐπιτρεπομένη ἔντασις κατὰ τὴν φόρτισιν 12,5 A. Νὰ ἐπολογίσετε: α) Τὸν κανονικὸν χρόνον καθὼς καὶ τὸν ἐλάχιστον χρόνον φορτίσεως. β) Τὸν χρόνον ὃ ὁποῖος θὰ ἀπαιτηθῇ διὰ τὴν ἐκφόρτισιν, ἐὰν τὸ ρεῦμα ἐκφορτίσεως ἔχει ἔντασιν 1,5 A. γ) Τὴν χωρητικότητα εἰς Cb.  
(Ἀπ. α' 10 h, 6 h. β' 50 h. γ' 270 000 Cb.)

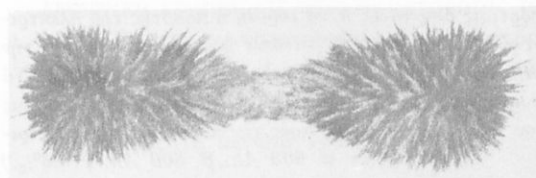
## ΛΣΤ'— ΜΑΓΝΗΤΑΙ. ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΠΥΞΙΣ

**§ 182. Φυσικοὶ μαγνῆται.** Ἀπὸ τὴν ἀρχαιότητα, πρὸ 2 500 περὶπου ἐτῶν, ἦτο γνωστὸν ὅτι ἓνα ὠρισμένον ὄρυκτον τοῦ σιδήρου, ὁ μαγνητίτης ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), ἔχει τὴν ιδιότητα νὰ ἔλκη ἀντικείμενα κατεσκευασμένα ἀπὸ σίδηρον, ὅχι ὅμως καὶ ἀπὸ ξύλον ἢ χαλκόν.

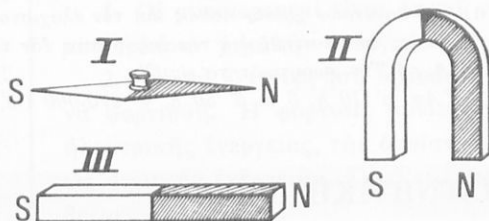
**Πείραμα.** Βυθίζομεν ἓνα τεμάχιον μαγνητίτου ἐντὸς ρινισμάτων σιδήρου. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι, ὅταν τὸ ἀνασύρωμεν, παραμένει ἐπ' αὐτοῦ προσκολλημένος ἓνας μεγάλος ἀριθμὸς ρινισμάτων (σχ. 173).



Σχ. 173. Ὁ μαγνητίτης ἔλκει τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου.



Σχ. 174. Εἰς τοὺς τεχνητοὺς μαγνήτας ἡ ἑλκτική δύναμις ἐντοπίζεται κυρίως εἰς τὰ ἄκρα.



Σχ. 175. Μορφαὶ τεχνητῶν μαγνητῶν.

Εἰς τοὺς τεχνητοὺς μαγνήτας ἡ ἑλκτικὴ ἱκανότης ἐντοπίζεται εἰς τὰ ἄκρα, τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται *πόλοι* τοῦ μαγνήτου. Οὕτω ἕνας τεχνητὸς μαγνήτης ἔχει δύο πόλους (σχ. 174).

Εἰς τοὺς τεχνητοὺς μαγνήτας δίδονται διάφορα σχήματα, ὅπως εἶναι ἡ μαγνητικὴ βελόνη, ὁ πεταλοειδὴς μαγνήτης καὶ ὁ ραβδοφόρος μαγνήτης (σχ. 175).

Αὕτῃ ἡ ιδιότης τοῦ μαγνητίτου, νὰ ἑλκῃ τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου, ὀνομάζεται **μαγνητισμός**. Λέγομεν δὲ ὅτι ὁ μαγνητίτης εἶναι μαγνητισμένος καὶ ὅτι ἀποτελεῖ ἕνα φυσικὸν μαγνήτην.

Ὅλα τὰ σώματα τὰ ὁποῖα ἑλκονται ἀπὸ τὸν μαγνήτην ὀνομάζονται **μαγνητικὰ σώματα**. Ὡστε :

Ὁ μαγνητίτης εἶναι ἕνα ὀρυκτόν, τὸ ὁποῖον ἔχει τὴν ἱκανότητα νὰ ἑλκῃ τὰ διάφορα σιδηρὰ ἀντικείμενα.

**§ 183. Τεχνητοὶ μαγνήται.** Ἐὰν λάβωμεν μίαν ράβδον ἀπὸ χάλυβα καὶ τὴν προστρίψωμεν μὲ ἕνα φυσικὸν μαγνήτην, παρατηροῦμεν ὅτι μαγνητίζεται καὶ αὕτῃ καὶ γίνεται **τεχνητὸς μαγνήτης**.

Οί τεχνητοί μαγνήται είναι *μόνιμοι μαγνήται*, δυνάμεθα όμως νά πραγματοποιήσωμεν καί *παροδικούς* μαγνήτας, μαγνήτας δηλαδή, οἵτινες, ἀφοῦ μαγνητισθοῦν, ἀποβάλλουν μετ' ὀλίγον τὸν μαγνητισμὸν τῶν. Οὕτως, ἂν λάβωμεν μίαν ράβδον ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον (ὄχι χάλυβα) καὶ τὴν προστρίψωμεν μὲ ἓνα φυσικὸν μαγνήτην, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι, ἐνῶ μαγνητίζεται, μετ' ὀλίγον ἀποβάλλει πάλιν τὸν μαγνητισμὸν τῆς.

Σήμερον ἐκτὸς ἀπὸ τὸν χάλυβα, διὰ νὰ κατασκευάσουν ἰσχυροὺς μονίμους μαγνήτας μὲ μικρὰν μᾶζαν, χρησιμοποιοῦν εἰδικὰ κράματα μετάλλων, ὅπως εἶναι τὸ κράμα *Ἀλνίκο* (Alnico), ἀποτελούμενον ἀπὸ ἀλουμίνιον (Al, νικέλιον (Ni), κοβάλτιον (Co), καθὼς ἐπίσης καὶ ἀπὸ χαλκὸν καὶ σίδηρον.

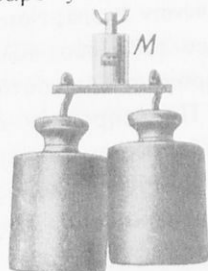
Τὸ σχῆμα 176 δεικνύει ἓνα τοιοῦτον μαγνήτην, ὁ ὁποῖος δύναται νὰ συγκρατήσῃ βάρος τεσσαρακονταπλάσιον τοῦ βάρους του.

**Πείραμα.** Κόπτομεν εἰς δύο τεμάχια μίαν μαγνητισμένην ράβδον ἀπὸ χάλυβα. Παρατηροῦμεν ὅτι τὰ δύο αὐτὰ τεμάχια, τὰ ὁποῖα προέκυψαν, ἐξακολουθοῦν νὰ εἶναι ἕκαστον μαγνήτης μὲ δύο πόλους. Ἐὰν ἐξακολουθήσωμεν τὸν τεμαχισμόν, εἰς ἕκαστον ἀπὸ τὰ τεμάχια, τὰ ὁποῖα θὰ προκύπτουν, θὰ ἔχωμεν πάλιν δύο μαγνητικοὺς πόλους (σχ. 177).

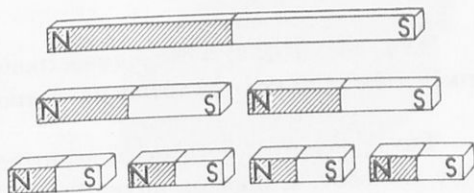
Δηλαδή:

Εἶναι ἀδύνατον νὰ ἀπομονώσωμεν ἓνα μαγνητικὸν πόλον. Οἷοσδὴ-ποτε μαγνήτης, ὅσον μικρὸς καὶ ἂν εἶναι, περιλαμβάνει πάντοτε δύο πόλους.

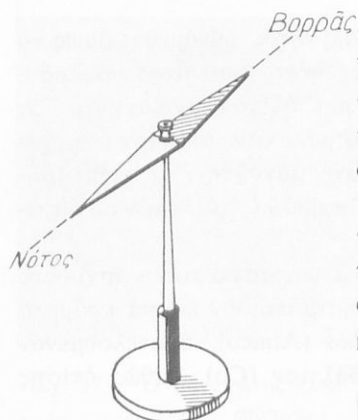
**§ 184. Ἐπίδρασις τῆς Γῆς ἐπὶ τῆς μαγνητικῆς βελόνης.** Πείραμα. Στηρίζομεν μίαν μαγνητικὴν βελόνην, μαγνήτην δηλαδή εἰς σχῆμα ἐπιμήκους ρόμβου, ἀπὸ τὸ κέντρον βάρους τῆς ἐφ' ἑνὸς κατα-



Σχ. 176. Τεχνητὸς μαγνήτης Ἀλνίκο. Συγκρατεῖ βάρος 40 πλάσιον τοῦ βάρους του



Σχ. 177. Ἐκαστον τεμάχιον, τὸ ὁποῖον προκύπτει ἀπὸ τὸν τεμαχισμόν μιᾶς μαγνητικῆς ράβδου, εἶναι τέλειος μαγνήτης.



Σχ. 178. Ἡ μαγνητικὴ βελόνη προσανατολίζεται κατὰ τὴν διεύθυνσιν Βορρᾶς-Νότος.

κορύφου αἰχμηροῦ ἄξονος (σχ. 178). Ἐὰν ἀφήσωμεν τὴν βελόνην νὰ ἡρεμήσῃ παρατηροῦμεν ὅτι ἀρχικῶς ταλαντεύεται, κατόπιν δὲ προσανατολίζεται εἰς μίαν ὀρισμένην διεύθυνσιν.

Ἡ διεύθυνσις αὐτὴ καθορίζεται ἀπὸ τὸν μεγάλον (διαμήκη) ἄξονα τῆς μαγνητικῆς βελόνης. Ἡ διεύθυνσις αὐτοῦ τοῦ ἄξονος ἔχει περίπου τὴν διεύθυνσιν Βορρᾶς - Νότος.

Ἐὰν ἀπομακρύνωμεν τὴν μαγνητικὴν βελόνην ἀπὸ αὐτὴν τὴν θέσιν ἰσορροπίας τῆς, παρατηροῦμεν ὅτι, ἀφοῦ ταλαντευθῇ, ἐπανέρχεται εἰς τὴν ἀρχικὴν θέσιν. Ἐπιχειροῦμεν τώρα νὰ ἀντιστρέψωμεν τοὺς δύο πόλους τῆς μαγνητικῆς βελόνης ἐπιτυχάνοντες ἰσορροπίαν. Δι' αὐτὸ τὴν περιστρέφωμεν κατὰ  $180^\circ$  περὶ τὸν ἄξονά τῆς. Παρατηροῦμεν ὅτι αὐτὸ εἶναι ἀδύνατον. Εὐθὺς ὡς τὴν ἀφήσωμεν ἐλευθέραν, ἐπανέρχεται εἰς τὴν ἀρχικὴν τῆς θέσιν οὕτως, ὥστε ὁ ἴδιος πάντοτε πόλος νὰ στρέφεται πρὸς τὸν Βορρᾶν.

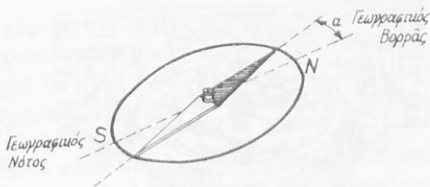
Συμπεραίνομεν λοιπὸν ὅτι οἱ δύο πόλοι τῆς μαγνητικῆς βελόνης δὲν εἶναι ὅμοιοι.

Δι' αὐτὸν τὸν λόγον ὀρίζομεν ὡς βόρειον μαγνητικὸν πόλον (καὶ σημειώνομεν μὲ τὸ γράμμα N, ἀπὸ τὴν λέξιν Nord=Βορρᾶς), τὸν πόλον ὁ ὁποῖος στρέφεται πρὸς τὸν γεωγραφικὸν Βορρᾶν, νότιον δὲ μαγνητικὸν πόλον τὸν πόλον τῆς βελόνης ὁ ὁποῖος στρέφεται πρὸς τὸν γεωγραφικὸν Νότον (καὶ σημειώνομεν μὲ τὸ γράμμα S, ἀπὸ τὴν λέξιν Sud Νότος). Ὡστε :

**Ἕνας μαγνήτης ἔχει δύο διαφορετικοὺς πόλους : τὸν βόρειον μαγνητικὸν πόλον (N) καὶ τὸν νότιον μαγνητικὸν πόλον (S).**

Ἐὰν ὁ μαγνήτης δύναται νὰ περιστραφῇ ἐλευθέρως εἰς τὸ ὀριζόντιον ἐπίπεδον, ὁ βόρειος μαγνητικὸς πόλος προσανατολίζεται πρὸς τὸν γεωγραφικὸν Βορρᾶν καὶ ὁ νότιος μαγνητικὸς πόλος πρὸς τὸν γεωγραφικὸν Νότον τῆς Γῆς.

**§ 185. Διάκρισις μαγνητικών πόλων.** Διὰ νὰ διακρίνωμεν μεταξύ των τούς δύο πόλους ενός μαγνήτου, χρωματίζομεν τὸν βόρειον μαγνητικὸν πόλον συνήθως με ἐρυθρὸν χρῶμα ἢ ἀναγράφομεν ἐπ' αὐτοῦ τὸ γράμμα N.



Σχ. 179. Διὰ τὴν ἔννοιαν τῆς μαγνητικῆς ἀποκλίσεως.

**§ 186. Μαγνητικὴ ἀπόκλι-**

**σις.** Ἡ διεύθυνσις τὴν ὁποίαν ἔχει ἡ μαγνητικὴ βελὸνῃ εἰς ἓνα ὠρισμένον τόπον καθορίζει τὸν **μαγνητικὸν μεσημβρινὸν** τοῦ τόπου. Εἰς τὴν πραγματικότητά αὐτῇ ἡ διεύθυνσις διαφέρει ὀλίγον ἀπὸ τὴν γεωγραφικὴν διεύθυνσιν Βορρᾶ - Νότου (γεωγραφικὸς μεσημβρινός).

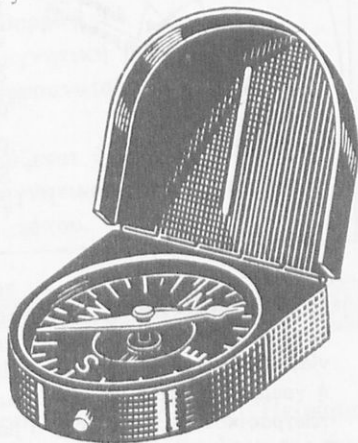
Αὗται αἱ δύο διευθύνσεις σχηματίζουν μεταξύ των μίαν γωνίαν, ἡ ὁποία ἀνομάζεται **ἀπόκλισις** (σχ. 179).

Ἐὰν ὁ βόρειον πόλος μιᾶς μαγνητικῆς βελόνης εὐρίσκεται ἀριστερὰ ἀπὸ τὸν γεωγραφικὸν μεσημβρινόν, ἡ ἀπόκλισις ὀνομάζεται **ἀνοδική**. Εἰς τὴν ἀντίθετον περίπτωσιν ἡ ἀπόκλισις ὀνομάζεται **ἀνατολική**.

Ἡ ἀπόκλισις δὲν παραμένει σταθερὰ εἰς ἓνας ὠρισμένον τόπον ἀλλὰ μεταβάλλεται ἀπὸ τοῦ ἐνὸς ἔτους εἰς τὸ ἄλλο.

**Μαγνητικὴ ἀπόκλισις** εἰς ἓνα τόπον ὀνομάζεται ἡ ὀξεία γωνία, ἡ ὁποία σχηματίζεται ἀπὸ τὰς διευθύνσεις τοῦ μαγνητικοῦ καὶ τοῦ γεωγραφικοῦ μεσημβρινοῦ τοῦ τόπου.

**§ 187. Μαγνητικὴ πυξίς.** Ἡ πυξίς ἀποτελεῖται ἀπὸ μίαν μαγνητικὴν βελόνην, ἡ ὁποία στηρίζεται ἐπὶ ἐνὸς κατακορύφου αἰχμηροῦ ἄξονος. Τὸ ὅλον σύστημα εὐρίσκεται μέσα εἰς ἓνα προστατευτικὸν περίβλημα (σχ. 180). Μία κατάλληλος διάταξις ἐπιτρέπει νὰ ἀκινητοποιοῦμεν τὴν μαγνητικὴν βελόνην.



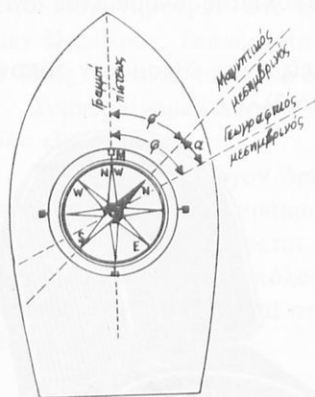
Σχ. 180. Συνήθης μαγνητικὴ πυξίς.



Σχ. 181. Ναυτική πυξίς με εξάρτησιν Καρντάνου.

εἰς τὴν ἀεροπορίαν, διαφέρουν ἀπὸ τὰς κοινὰς πυξίδας. Ἡ διαφορὰ εἶναι ὅτι τὸ κιβώτιον τὸ ὁποῖον τὰς περιέχει, στηρίζεται κατὰ ἕναν εἰδικὸν τρόπον (σύστημα Καρντάνου, Cardano), μετὴν βοήθειαν τοῦ ὁποῖου ἡ μαγνητικὴ βελὼνη παραμένει πάντοτε ὀριζοντία, παρ' ὅλους τοὺς κλυδωνισμοὺς τοῦ σκάφους (σχ. 181).

Ἡ μαγνητικὴ βελὼνη εἶναι προσηρμοσμένη οὕτως, ὥστε νὰ ἀποτελῇ διάμετρον ἑνὸς γωνιομετρικοῦ κύκλου, ἐπάνω εἰς τὸν ὁποῖον ἔχουν σημειωθῇ τὰ κύρια καὶ τὰ δευτερεύοντα σημεῖα τοῦ ὀρίζοντος.



Σχ. 182. Καθορισμὸς τῆς πορείας τοῦ πλοίου. Ἡ γωνία, τὴν ὁποίαν σχηματίζει ἡ γραμμὴ πίστewος μετὸν γεωγραφικὸν μεσημβρινόν, διορθώνεται συμφώνως πρὸς τὴν ἀπόκλισιν.

Ἡ πυξίς εἶναι ὄργανον πολὺ χρήσιμον διὰ τὸν καθορισμὸν τῆς πορείας εἰς μέρη ὅπου δὲν ὑπάρχουν σημεῖα, ἀπὸ τὰ ὁποῖα νὰ δυνάμεθα νὰ ὀδηγηθῶμεν, ὅπως π.χ. εἰς ἕνα ἄγνωστον τόπον, ἀπομακρυσμένον ἀπὸ πολιτισμένης περιοχᾶς ἢ εἰς ἕνα δάσος.

Αἱ πυξίδες, αἱ ὁποῖαι χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν ναυσίπλοϊαν καὶ

ὁ γωνιομετρικὸς αὐτὸς κύκλος ὀνομάζεται **ἀνεμολόγιον**.

Τὰ τέσσαρα κύρια σημεῖα καθορίζονται ἀπὸ τὰ γράμματα N (Βορρᾶς), E (Ἀνατολή), S (Νότος), W (Δύσις). Αἱ ἐνδιάμεσοι ἐνδείξεις σημειώνονται μετὰ ἀκόλουθα ζεύγη γραμμάτων: NE (Βορειοανατολικῶς), SE (Νοτιοανατολικῶς), SW (Νοτιοδυτικῶς) καὶ NW (Βορειοδυτικῶς).

Ἐπὶ τῆς θήκης τῆς πυξίδος χαράσσεται μία γραμμὴ, ἡ ὁποία συμπίπτει μετὸν διαμήκη ἀξονα τοῦ πλοίου καὶ ἡ ὁποία ὀνομάζεται *γραμμὴ πίστewος*.

Ὅταν τὸ πλοῖον στρέφεται, στρέφεται ἐπίσης καὶ ἡ γραμμὴ πίστewος μετ' αὐτοῦ, ἀλλὰ ἡ βελὼνη καὶ τὸ ἀνεμολόγιον παραμένουν πάντοτε εἰς τὴν ἰδίαν θέσιν.

Διὰ νὰ χαράξωμεν τὴν πορείαν ἑνὸς πλοίου,



καθορίζομεν πρῶτον εἰς τὸν ναυτικὸν χάρτην τὴν γωνίαν φ μεταξὺ γεωγραφικοῦ μεσημβρινοῦ καὶ τῆς διευθύνσεως τὴν ὁποίαν πρόκειται νὰ ἀκολουθήσῃ τὸ πλοῖον. Ἡ γωνία αὕτῃ διορθώνεται ὅταν ληφθῇ ὑπ' ὄψιν ἡ ἀπόκλισις α καὶ οὕτω καθορίζεται μία νέα γωνία φ', ἡ ὁποία σχηματίζεται ἀπὸ τὸν μαγνητικὸν μεσημβρινὸν καὶ τὴν γραμμὴν πίστεως τοῦ πλοίου.

Ἀκολουθῶς μὲ τὸ πηδάλιον στρέφεται τὸ πλοῖον μέχρις ὅτου ἡ γραμμὴ πίστεως σχηματίσῃ, μὲ τὸν Βορρᾶν τοῦ ἀνεμολογίου τῆς πυξίδος, τὴν ὑπολογισθεῖσαν γωνίαν φ', ἡ ὁποία μένει πλέον σταθερά καὶ ρυθμίζει τὴν πορείαν τοῦ σκάφους (σχ. 182).

## ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Ὁ μαγνήτης παρουσιάζει τὴν ιδιότητα νὰ ἔλκῃ τὰ σιδηρᾶ καὶ τὰ χαλύβδινα ἀντικείμενα.

2. Οἱ μόνιμοι τεχνητοὶ μαγνήται εἶναι κατεσκευασμένοι ἀπὸ χάλυβα ἢ διάφορα κράματα, ὅπως εἶναι 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 εἶναι ἐλεύθερος νὰ περιστραφῇ εἰς τὸ ὀριζόντιον ἐπίπεδον, βόρειος μαγνητικὸς πόλος εἶναι ἐκεῖνος ὁ ὁποῖος διευθύνεται πρὸς τὸν γεωγραφικὸν Βορρᾶν.

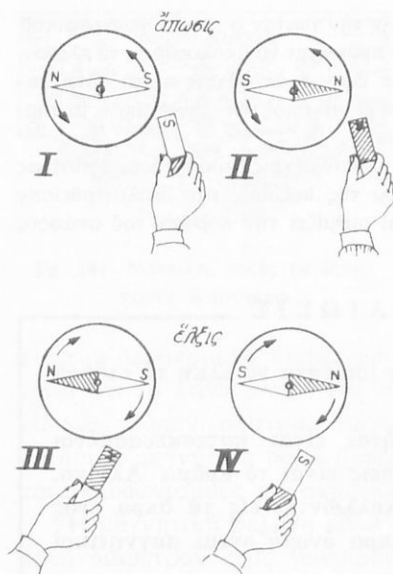
5. Ἡ πυξίς εἶναι βασικῶς μία μαγνητικὴ βελόνη, στρεπτή περὶ κατακόρυφον ἄξονα, ἡ ὁποία προσανατολίζεται κατὰ τὴν διεύθυνσιν Βορρᾶς - Νότος.

6. Ἀπόκλισις εἰς ἓνα τόπον ὀνομάζεται ἡ γωνία, ἥτις σχηματίζεται ἀπὸ τὰς διευθύνσεις τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ καὶ τοῦ γεωγραφικοῦ μεσημβρινοῦ τοῦ τόπου.

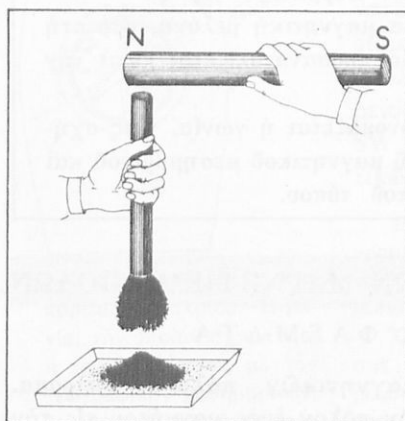
## ΛΖ' — ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΙΣ ΤΩΝ ΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΟΛΩΝ

### ΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΦΑΣΜΑΤΑ

§ 188. Ἀμοιβαία ἐπενέργεια μαγνητικῶν πόλων. Πείραμα. Πλησιάζομεν τὸν νότιον μαγνητικὸν πόλον ἐνὸς μαγνήτου εἰς τὸν νότιον πόλον μιᾶς μαγνητικῆς βελόνης. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι ὁ



Σχ. 183. Οἱ ὁμώνυμοι μαγνητικοὶ πόλοι ἀπωθοῦνται καὶ οἱ ἐτερόνυμοι ἔλκονται.



Σχ. 184. Μαγνήτισις ἐξ ἐπιδράσεως. μίαν μαγνητικὴν βελόνην, ὅτι τὸ

νότιος πόλος τῆς μαγνητικῆς βελόνης ἀπωθεῖται καὶ ἡ βελόνη στρέφεται ἀποτόμως (σχ. 183, I). Ἀκριβῶς τὸ ἴδιον ἀποτέλεσμα παρατηρεῖται καὶ ἐὰν πλησιάσωμεν τὸ βόρειον μαγνητικὸν πόλον τοῦ μαγνήτου εἰς τὸν βόρειον πόλον τῆς μαγνητικῆς βελόνης (σχ. 183, II).

Ἐὰν ἀντιθέτως πλησιάσωμεν τὸν βόρειον μαγνητικὸν πόλον τοῦ μαγνήτου εἰς τὸν νότιον πόλον τῆς μαγνητικῆς βελόνης, ἐμφανίζεται ἑλξις μεταξύ των. Ἐλξις ἐμφανίζεται ἐπίσης καὶ ἐὰν πλησιάσωμεν τὸν νότιον πόλον τοῦ μαγνήτου εἰς τὸν βόρειον πόλον τῆς μαγνητικῆς βελόνης (σχ. 183, III).

Ἀπὸ τὸ πείραμα αὐτὸ συμπεραίνομεν συνεπῶς ὅτι :

**Οἱ ὁμώνυμοι μαγνητικοὶ πόλοι ἀπωθοῦνται, ἐνῶ οἱ ἐτερόνυμοι μαγνητικοὶ πόλοι ἔλκονται.**

**§ 189. Μαγνήτισις ἐξ ἐπιδράσεως. Πείραμα.** Ὅταν ἓνα τεμάχιον μαλακοῦ σιδήρου τοποθετηθῇ πολὺ πλησίον εἰς ἓνα μαγνήτην, τότε μολονότι τὸ τεμάχιον τοῦ μαλακοῦ σιδήρου δὲν ἐφάπτεται εἰς τὸν μαγνήτην, ἀποκτᾷ ἐν τούτοις τὴν ἱκανότητα νὰ ἔλκη τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου (σχ. 184). Δηλαδή ὁ μαλακὸς σίδηρος μετεβλήθη καὶ αὐτὸς εἰς μαγνήτην.

Δυνάμεθα νὰ διαπιστώσωμεν με

ἄκρον τοῦ μαλακοῦ σιδήρου, τὸ ὁποῖον εὑρίσκεται ἔναντι τοῦ βορείου μαγνητικοῦ πόλου τοῦ μαγνήτου, ἔγινε νότιος μαγνητικὸς πόλος, ἐνῶ τὸ ἄλλον του ἄκρον βόρειος μαγνητικὸς πόλος. Αὐτὴ ἡ μαγνήτις, τὴν ὁποίαν ἀπέκτησεν ὁ μαλακὸς σίδηρος, εὐθὺς ὡς εὐρέθη πλησίον ἐνὸς μονίμου μαγνήτου, ὀνομάζεται **μαγνήτις ἐξ ἐπιδράσεως ἡ μαγνήτις ἐξ ἐπαγωγῆς**.

Αὐτὸ τὸ φαινόμενον μᾶς ἐπιτρέπει νὰ ἐξηγήσωμεν τοὺς θυσάνους ἀπὸ ρινίσματα σιδήρου, οἱ ὁποῖοι σχηματίζονται εἰς τοὺς πόλους τοῦ μαγνήτου. Τὰ τεμαχίδια δηλαδὴ τῶν ρινισμάτων γίνονται μικροὶ μαγνήται ἐξ ἐπιδράσεως καὶ ἔλκονται ἀμοιβαίως.

Ἀπομακρύνομεν κατόπιν τὸν μόνιμον μαγνήτην ἀπὸ τὸ τεμάχιον τοῦ μαλακοῦ σιδήρου. Παρατηροῦμεν ὅτι τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου καταπίπτουν. Δηλαδὴ ὁ μαλακὸς σίδηρος ἔχασε τὴν μαγνήτισίν του. Συμπεραίνομεν ἐπομένως ὅτι :

**Ἡ μαγνήτις ἐξ ἐπιδράσεως τοῦ μαλακοῦ σιδήρου εἶναι πρόσκαιρος.**

Ἐπαναλαμβάνομεν τὸ ἴδιον πείραμα χρησιμοποιοῦντες ἓνα τεμάχιον χάλυβος. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι καὶ αὐτὸς μαγνητίζεται, ὅταν πλησιάσωμεν τὸν μόνιμον μαγνήτην· ἐὰν ὁμως ἀπομακρύνωμεν τὸν μόνιμον μαγνήτην, ὁ χάλυψ δὲν ἀποβάλλει τὴν μαγνήτισίν του καὶ ἔξακολουθεῖ νὰ συγκρατῇ τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου. Δηλαδὴ ἡ μαγνήτις τοῦ χάλυβος εἶναι **μόνιμος**.

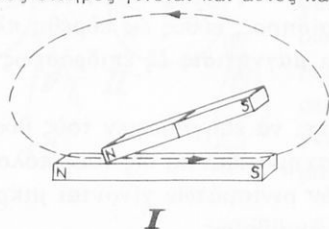
Οὕτως ἐξηγεῖται ὁ λόγος διὰ τὸν ὁποῖον οἱ τεχνητοὶ μαγνήται κατασκευάζονται ἀπὸ χάλυβα. Ὡστε :

**Ἡ μαγνήτις ἐξ ἐπιδράσεως τοῦ χάλυβος εἶναι μόνιμος.**

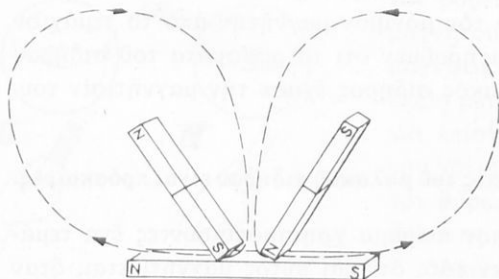
**§ 190. Στοιχειώδεις τρόποι μαγνητίσεως. α) Μαγνήτις δι' ἀπλῆς ἐπαφῆς.** Κατὰ τὴν μέθοδον αὐτὴν εἰς τὴν ράβδον ἣτις πρόκειται νὰ μαγνητισθῇ, ἐφάπτομεν μὲ κλίσιν τὸν βόρειον πόλον ἐνὸς μαγνήτου (σχ. 185, I). Κατόπιν μετακινοῦμεν προστρέβοιτες τὸν μαγνήτην, ὅπως δεικνύει ἡ ἐστιγμένη γραμμὴ, δηλαδὴ ὅπως ὅταν κτενίζώμεθα, καὶ οὕτως ἡ χαλυβδίνη ράβδος γίνεται καὶ αὐτὴ μαγνήτης.

**β) Μαγνήτις διὰ διπλῆς ἐπαφῆς.** Χρησιμοποιοῦμεν μὲ τὴν μέθοδον αὐτὴν δύο μόνιμους μαγνήτας, τοὺς ὁποίους τοποθετοῦμεν ἐπάνω εἰς τὴν ράβδον, τὴν ὁποίαν θὰ μαγνητίσωμεν, καὶ μετατοπίζομεν τοὺς μαγνήτας πολλὰς φορές, ὅπως δεικνύει τὸ σχ. 185, II, ἀκολουθοῦντες τὰς ἐστιγμένας γραμμάς.

γ) Μαγνήτισις ἐξ ἐπιδράσεως. Ὅπως ἀναφέρομεν ἀνωτέρω, ἐάν μία ράβδος ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον τοποθετηθῇ πλησίον ἐνὸς ἰσχυροῦ μονίμου μαγνήτου, ὁ μαλακὸς σίδηρος γίνεται καὶ αὐτὸς παροδικὸς μαγνήτης.

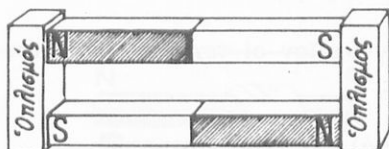


**I**

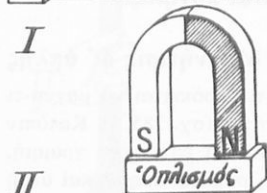


**II**

Σχ. 185. Μαγνήτισις με προστριβὴν ἐνὸς μαγνήτου (I) καὶ δύο μαγνητῶν (II).



**I**



**II**

Σχ. 186. Τρόπος διατηρήσεως μαγνητῶν.

κατὰ μεγάλο τμήμα τοῦ χώρου ὁ ὁποῖος τὸν περιβάλλει.

Ἐάν φέρωμεν μίαν μαγνητικὴν βελόνην πλησίον ἐνὸς μονίμου μαγνήτου, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ βελόνη ἀποκλίνει. Ἄλλωστε ἐάν εἰς

## δ) Μαγνήτισις δι' ἤλε-

κτρικοῦ ρεύματος. Ἰσχυροὺς μαγνήτας κατασκευάζομεν με τοποθετήσιν χαλυβδίνων ράβδων ἐντὸς πηνίων, τὰ ὁποῖα διαρρέονται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, ὅπως θὰ μελετήσωμεν εἰς ἐπόμενα κεφάλαια.

## § 191. Διατήρησις τῶν μαγνητῶν.

Εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ μαλακοῦ σιδήρου, ἡ ἐξαφάνισις τῶν μαγνητικῶν πόλων γίνεται εἰς χρονικὸν διάστημα κλάσματος τοῦ δευτερολέπτου, ἐνῶ δι' ὠρισμένους χάλυβας, ἡ ἐξαφάνισις τῶν πόλων γίνεται εἰς χρονικὸν διάστημα πολλῶν ἐτῶν.

Διὰ νὰ παρεμποδίσωμεν τὴν ἀπομαγνήτισιν μονίμων μαγνητῶν, τοὺς διατάσσομεν ὅπως δεικνύεται εἰς τὸ σχ. 186, κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε οἱ ἑτερόνυμοι μαγνητικοὶ πόλοι νὰ εὐρίσκωνται ὁ ἓνας ἐναντι τοῦ ἄλλου, τοποθετοῦντες ἐν ἐπαφῇ πρὸς τοὺς πόλους τεμάχια μαλακοῦ σιδήρου, τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται ὀπλισμοί (σχ. 186).

## § 192. Μαγνητικὸν πεδὶον ἐνὸς μαγνήτου.

Ἐκαστος μαγνήτης ἀ-

σκεῖ τὴν ἐπίδρασίν του εἰς ἓνα ἀρ-

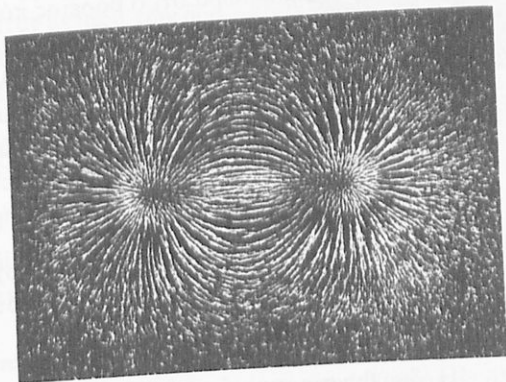
τὸν μαγνήτην πλησιάσωμεν ρινίσματα σιδήρου παρατηροῦμεν ὅτι αὐτὰ ἔλκονται.

Συμπεραίνομεν λοιπὸν ὅτι εἰς τὸν γειτονικὸν τοῦ μαγνήτου χῶρον, παρουσιάζονται μαγνητικαὶ δυνάμεις.

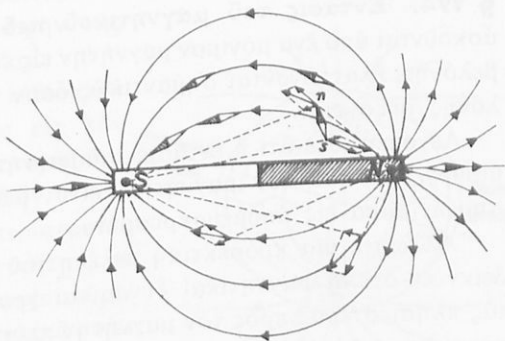
Ὁνομάζομεν μαγνητικὸν πεδῖον τὴν περιοχὴν τοῦ χώρου, ἐντὸς τῆς ὁποίας ἐκδηλώνονται μαγνητικαὶ δυνάμεις.

**§ 193. Μαγνητικὸν φάσμα ἐνὸς εὐθυγράμμου μαγνήτου.**  
Εἰς ἓνα τεμάχιον χαρτονίου διασπείρομεν ρινίσματα σιδήρου. Διατηροῦμεν τὸ χαρτόνιον ὀριζόντιον καὶ τοποθετοῦμεν κάτωθεν αὐτοῦ ἓνα ραβδόμορφον μαγνήτην. Τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου τότε διατάσσονται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε νὰ σχηματίζουν καμπύλας γραμμὰς με ἀρχὴν καὶ τέλος τοὺς δύο πόλλους τοῦ μαγνήτου (σχ. 187). Αὐταὶ αἱ καμπύλαι γραμμαὶ ὀνομάζονται **μαγνητικαὶ δυνάμικαὶ γραμμαί**. Τὸ σύνολον δὲ αὐτῶν τῶν γραμμῶν ὀνομάζεται **μαγνητικὸν φάσμα** τοῦ μαγνήτου.

Ἐὰν λάβωμεν μίαν μικρὰν μαγνητικὴν βελόνην καὶ τὴν μετακινήσωμεν κατὰ μῆκος



Σχ. 187. Μαγνητικὸν φάσμα ραβδόμορφου μαγνήτου.



Σχ. 188. Ἡ μαγνητικὴ βελόνη παραμένει συνεχῶς ἐφαπτομένη κατὰ μῆκος μιάς δυνάμικης μαγνητικῆς γραμμῆς.

μιάς μαγνητικής δυναμικής γραμμής, παρατηρούμεν ὅτι ὁ διαμήκης ἄξων τῆς βελόνης παραμένει συνεχῶς ἐφαπτόμενος εἰς τὴν δυναμικὴν γραμμὴν (σχ. 188). Δυνάμεθα ἐπομένως νὰ εἰπώμεν ὅτι :

**Μαγνητικὴ δυναμικὴ γραμμὴ εἶναι ἡ γραμμὴ ἐκείνη εἰς ἑκαστον σημεῖον τῆς ὁποίας ἐφάπτεται ὁ διαμήκης ἄξων τῆς μαγνητικῆς βελόνης.**

Ἐὰς θεωρήσωμεν τώρα ὅτι ὁ βόρειος πόλος τῆς μαγνητικῆς βελόνης δύναται νὰ μετακινηθῇ ἐλευθέρως. Θὰ παρατηρήσωμεν τότε ὅτι ἀπωθεῖται ἀπὸ τὸν βόρειον μαγνητικὸν πόλον τοῦ μονίμου μαγνήτου, ἐνῶ συγχρόνως ἔλκεται ἀπὸ τὸν νότιον μαγνητικὸν πόλον του, ἀκολουθῶν τὴν δυναμικὴν γραμμὴν μὲ φοράν ἀπὸ τὸν Βορρᾶν (N) πρὸς τὸν Νότον (S). Οὕτω λέγομεν ὅτι ἡ φορά αὐτὴ εἶναι ἡ φορά κατὰ τὴν ὁποίαν διαγράφεται ἡ δυναμικὴ μαγνητικὴ γραμμὴ. Ὡστε :

**Αἱ μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαὶ ἐξέρχονται ἀπὸ τὸν Βόρειον μαγνητικὸν πόλον καὶ εἰσέρχονται εἰς τὸν Νότιον πόλον τοῦ ραβδομόρφου μαγνήτους.**

Ἡ διεύθυνσις καὶ ἡ φορά τῶν δυναμικῶν γραμμῶν καθορίζουν τὴν διεύθυνσιν καὶ τὴν φοράν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς ἑκαστον σημεῖον τοῦ χώρου.

**§ 194. Ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου.** Αἱ δυνάμεις, αἵτινες ἀσκοῦνται ἀπὸ ἓνα μόνιμον μαγνήτην εἰς τοὺς πόλους μιᾶς μαγνητικῆς βελόνης, ἐλαττώνονται σημαντικῶς ὅσον ἡ ἀπόστασις μαγνήτου - βελόνης αὐξάνεται.

Λέγομεν τότε ὅτι ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ ὁποῖον δημιουργεῖται ἀπὸ τὸν μαγνήτην, εἶναι μεγαλυτέρα εἰς πλησιέστερα σημεῖα παρὰ εἰς 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. Αὕτῃ ἡ παρατήρησις εἶναι γενικὴ καὶ μᾶς ὁδηγεῖ εἰς τὸ ἀκόλουθον συμπέρασμα :

**Τὸ μαγνητικὸν πεδῖον εἰς ἓνα ὀρισμένον σημεῖον ἔχει τόσον με-**

γαλυτέραν ἔντασιν, ὅσον πυκνότεραι εἶναι αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἰς τὴν περιοχὴν αὐτοῦ τοῦ σημείου.

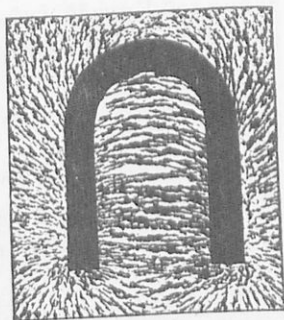
Ἄς θεωρήσωμεν τὸ μαγνητικὸν φάσμα ἐνὸς πεταλοειδοῦς μαγνήτου (σχ. 189). Αἱ μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἰς τὸν χώρον ὁ ὁποῖος παρεμβάλλεται μεταξὺ τῶν δύο πόλων τοῦ μαγνήτου, εἶναι εὐθεῖαι παράλληλοι καὶ ἰσαπέχουσαι. Λέγομεν τότε ὅτι εἰς αὐτὴν τὴν περιοχὴν τὸ μαγνητικὸν πεδίον εἶναι ὁμογενές ἢ ἄλλῶς ὅτι ἡ ἔντασίς του εἶναι σταθερά. Ὡστε :

Ἔνα μαγνητικὸν πεδίον εἶναι ὁμογενές, ὅταν εἰς ἕκαστον σημεῖον του ἡ ἔντασίς του διατηρῆται σταθερά.

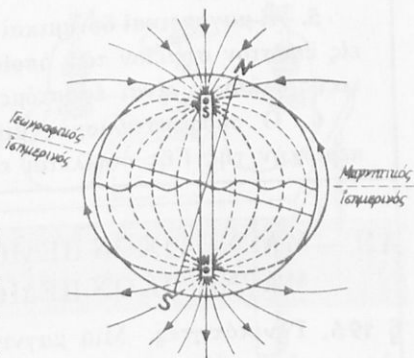
**§ 195. Μαγνητικὸν πεδίον τῆς γῆς.** Καθὼς γνωρίζομεν, ἔαν ἀφήσωμεν μίαν μαγνητικὴν βελόνην νὰ ἰσορροπήσῃ, ὁ διαμήκης ἄξων τῆς θὰ προσανατολισθῇ, πάντοτε, ἀκολουθῶν τὴν διεύθυνσιν Βορρᾶς - Νότος. Ἐφ' ὅσον πλησίον τῆς μαγνητικῆς βελόνης δὲν ὑπάρχει κανεὶς ἄλλος μαγνήτης, συμπεραίνομεν ὅτι διὰ νὰ προσανατολιζέται αὕτη, θὰ ὑπάρχῃ εἰς τὴν περιοχὴν τῆς Γῆς ἕνα μαγνητικὸν πεδίον.

Αὐτὸ τὸ μαγνητικὸν πεδίον, τὸ ὁποῖον ὑπάρχει μονίμως εἰς τὴν περιοχὴν τῆς Γῆς, ὀνομάζεται γῆινον μαγνητικὸν πεδίον.

Δηλαδή, ἡ Γῆ συμπεριφέρεται ὡς ἕνας τεράστιος μαγνήτης, οἱ μαγνητικοὶ πόλοι τοῦ ὁποῖου εὐρίσκονται πλησίον τῶν πολικῶν περιοχῶν τῆς (σχ. 190). Ὁ ἕνας ἀπὸ τοὺς μαγνητικοὺς πόλους τῆς Γῆς σχ. 190. Τὸ γῆινον μαγνητικὸν πεδίον. εὐρίσκεται πλησίον τοῦ βορείου ἢ Γῆ συμπεριφέρεται ὡς τεράστιος γεωγραφικοῦ πόλου, εἰς τὸ βόρειον



Σχ. 189. Φάσμα πεταλοειδοῦς μαγνήτου.



σχ. 190. Τὸ γῆινον μαγνητικὸν πεδίον. εὐρίσκεται πλησίον τοῦ βορείου ἢ Γῆ συμπεριφέρεται ὡς τεράστιος γεωγραφικοῦ πόλου, εἰς τὸ βόρειον



τμήμα τοῦ Καναδά, ἐνῶ ὁ ἄλλος μαγνητικὸς πόλος τῆς Γῆς εὐρίσκεται πλησίον τοῦ νοτίου γεωγραφικοῦ πόλου, εἰς τὴν Γῆν τῆς Βικτωρίας.

## ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Μεταξὺ δύο πόλων δύο διαφορετικῶν μαγνητῶν, ἀσκεῖται ἑλκτική δύναμις ἢ ἀπωστική δύναμις, ἐὰν οἱ πόλοι εἶναι ἐτερόνυμοι ἢ ὁμώνυμοι. Δηλαδή, δύο ὁμώνυμοι μαγνητικοὶ πόλοι ἀπωθοῦνται ἐνῶ δύο ἐτερόνυμοι ἔλκονται.

2. Ὄταν μία ράβδος μαλακοῦ σιδήρου τοποθετῆται πλησίον ἐνὸς μονίμου μαγνήτου, μαγνητίζεται ἐξ ἐπιδράσεως. Ἡ μαγνήτισις τοῦ μαλακοῦ σιδήρου εἶναι πρόσκαιρος. Κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον μία ράβδος ἀπὸ χάλυβα, ὅταν τοποθετηθῇ πλησίον ἐνὸς μονίμου μαγνήτου, μαγνητίζεται. ἡ μαγνήτισις ὅμως τοῦ χάλυβος εἶναι μόνιμος.

3. Μαγνητικὸν πεδίον ὀνομάζομεν τὴν περιοχὴν τοῦ χώρου εἰς τὴν ὁποίαν ἐμφανίζονται μαγνητικαὶ δυνάμεις.

4. Τὸ μαγνητικὸν φάσμα ἐνὸς μαγνήτου σχηματίζεται ἂν διασπείρωμεν ρινίσματα σιδήρου ἐπὶ ἐνὸς τεμαχίου χαρτονίου ἢ ὑάλου, κάτω ἀπὸ τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται ὁ μαγνήτης. Τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου διατάσσονται κατὰ μῆκος ὀρισμένων καμπυλῶν ἢ εὐθειῶν γραμμῶν, αἱ ὁποῖαι ὀνομάζονται μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαί.

5. Αἱ μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαί εἶναι αἱ γραμμαί ἐκεῖναι, εἰς ἕκαστον σημεῖον τῶν ὁποίων ὁ διαμήκης ἄξων τῆς μαγνητικῆς βελόνης εἶναι ἐφαπτόμενος.

6. Ὁ προσανατολισμὸς μιᾶς μαγνητικῆς βελόνης εἰς τὴν περιοχὴν τῆς Γῆς ὀφείλεται εἰς τὸ γήινον μαγνητικὸν πεδίον.

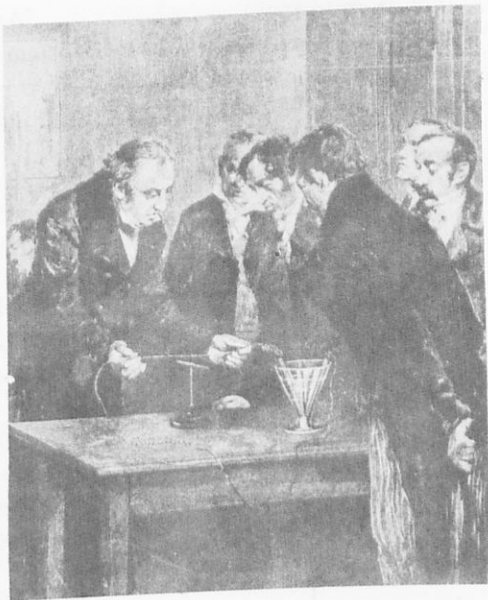
## ΛΗ'—ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΟΥ ΑΓΩΓΟΥ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ ΣΩΛΗΝΟΕΙΔΟΥΣ

**§ 196. Γενικότητες.** Μία μαγνητικὴ βελὼνῃ ἡ ὁποία τοποθετεῖται πλησίον ἐνὸς εὐθυγράμμου ἀγωγοῦ, ὁ ὁποῖος διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἀποκλίνει. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐπομένως δημιουργεῖ μαγνητικὸν πεδίον γύρω ἀπὸ τοὺς ἀγωγούς τοὺς ὁποίους διαρρέει.

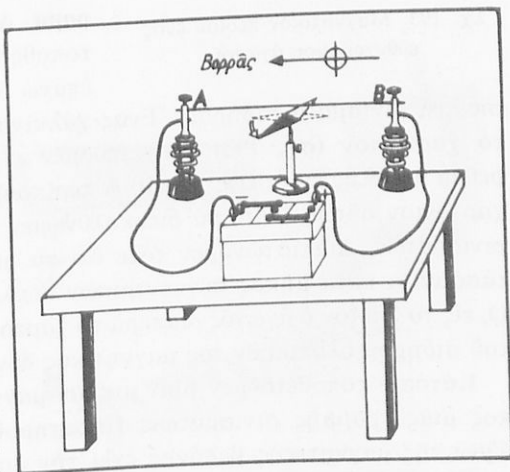


**§ 197. α) Εὐθύγραμμος ἄγωγος. Πείραμα τοῦ Ἑρστετ (Oersedt).** Λαμβάνομεν μίαν μαγνητικὴν βελόνην καὶ τὴν ἀφήνομεν νὰ ἰσορροπήσῃ. Καθὼς παρατηροῦμεν, ἡρεμεῖ εἰς τὴν θέσιν διὰ τὴν ὁποίαν ὁ διαμήκης ἄξων τῆς ἔχει τὴν διεύθυνσιν Βορρᾶς - Νότος. Κατόπιν τοποθετοῦμεν ἐπάνω ἀπὸ τὴν μαγνητικὴν βελόνην ἓνα εὐθύγραμμον ἄγωγόν AB, παράλληλον πρὸς τὸν διαμήκη ἄξονά τῆς, καὶ διαβιβάζομεν εἰς τὸν ἄγωγόν ἡλεκτρικὸν ρεῦμα. Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἀποκλίνει κατὰ μίαν ὠρισμένην γωνίαν (σχ. 191).

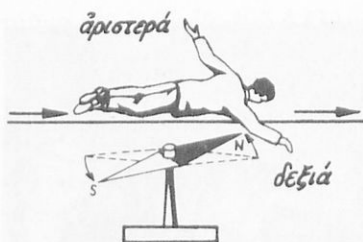
Ἐὰν αὐξήσωμεν κατόπιν τὴν ἔντασιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸν ἄγωγόν, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἀπόκλισις τῆς βελόνης αὐξάνεται καὶ ὅταν ἡ ἔντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος αὐξηθῇ ἀκόμη περισσότερον, ἡ ἀπόκλισις πλησιάζει τὰς  $90^\circ$ , δηλαδὴ ἡ βελόνη τείνει νὰ διαταχθῇ καθέτως πρὸς τὸν ἄγωγόν.



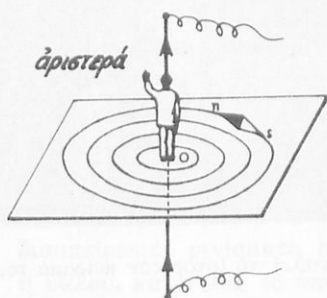
Ὁ Ἑρστετ ἐκτελεῖ τὸ ἱστορικὸν πείραμά του.



Σχ. 191. Πείραμα τοῦ Ἑρστετ. Ὅταν διέλθῃ ρεῦμα, ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἀποκλίνει.



Σχ. 192. Κανών του παρατηρητού του Άμπέρ.



Σχ. 193. Μαγνητικόν πεδίον ενός εὐθυγράμμου ἀγωγού.

Ἄν ἀλλάζωμεν τὴν φορὰν τοῦ ρεύματος, μεταβάλλεται καὶ ἡ διεύθυνσις ἀποκλίσεως τῆς μαγνητικῆς βελόνης.

**§ 198. Κανὼν τοῦ Ἀμπέρ.** Ἡ φορὰ τῆς ἀποκλίσεως εὐρίσκεται μετὸν ἀκόλουθον κανόνα τοῦ Ἀμπέρ:

Ὁ βόρειος πόλος (N) μιᾶς μαγνητικῆς βελόνης ἀποκλίνει πρὸς τὰ ἀριστερὰ τοῦ παρατηρητοῦ, ὁ ὁποῖος εἶναι τοποθετημένος ἐπὶ τοῦ ἀγωγού, εἰς τρόπον ὥστε τὸ ἤλεκτρικὸν ρεῦμα νὰ τὸν διαρρέῃ ἀπὸ τοὺς πόδας πρὸς τὴν κεφαλὴν (σχ. 192).

**§ 199. Μελέτη τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ παραγομένου περὶ ἓνα εὐθύγραμμον ἀγωγόν. Πείραμα.** Λαμβάνομεν ἓνα χαρτόνιον, τοποθετημένον ὀριζοντίως εἰς τὴν ἐπάνω ὀψιν τοῦ ὁποίου ἔχομεν δια-

σπείρει ρινίσματα σιδήρου. Ἐνας χάλκινος ἀγωγὸς διαπερᾷ καθέτως τὸ χαρτόνιον (σχ. 193) Διοχετεύομεν εἰς τὸν ἀγωγὸν ἡλεκτρικὸν ρεῦμα μεγάλης ἐντάσεως (6 - 10 A περίπου) καὶ κτυπῶμεν ἐλαφρῶς τὸ χαρτόνιον οὕτως, ὥστε νὰ διευκολύνωμεν τὸν προσανατολισμὸν τῶν ρινισμάτων. Διαπιστώνομεν τότε ὅτι τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου διατάσσονται κατὰ μῆκος συγκεντρικῶν κύκλων μετὰ κέντρον τὸ σημεῖον O, εἰς τὸ ὁποῖον ὁ ἀγωγὸς διαπερᾷ τὸ χαρτόνιον. Τὰ ρινίσματα δηλαδὴ τοῦ σιδήρου ὑλοποιοῦν τὰς μαγνητικὰς δυναμικὰς γραμμὰς.

Κατόπιν τοποθετοῦμεν μίαν μικρὰν μαγνητικὴν βελόνην κατὰ μῆκος μιᾶς γραμμῆς ρινισμάτων. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι ὁ διαμήκης ἄξων τῆς μαγνητικῆς βελόνης ἔχει τὴν διεύθυνσιν τῆς ἐφαπτομένης εἰς τὴν γραμμὴν τῶν ρινισμάτων. Ὁ βόρειος πόλος τῆς μαγνητικῆς βελόνης μᾶς δίδει τὴν φορὰν τῶν μαγνητικῶν δυναμικῶν γραμμῶν.

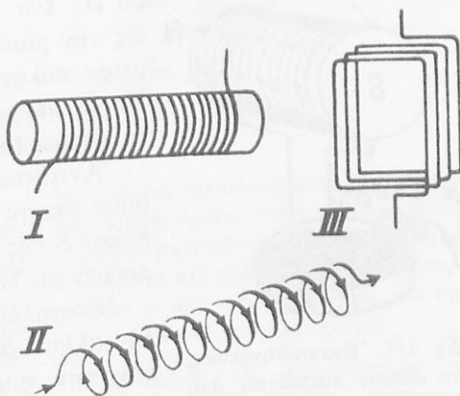
Ἐὰν χρησιμοποιοῦμεν τὸν κανόνα τοῦ Ἀμπέρ, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἀριστερὰ χεὶρ τοῦ παρατηρητοῦ μᾶς δίδει τὴν φοράν, κατὰ τὴν ὁποίαν διαγράφονται αἱ μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαῖ. Ἐὰν ἀλλάξωμεν τὴν φοράν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ διεύθυνσις τῆς μαγνητικῆς βελόνης παραμένει ἡ ἴδια, ἡ φορά της ὁμως ἀντιστρέφεται. Ὡστε :

Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ ὁποῖον διαρρέει ἓνα ἐκθύγραμμον ἄγωγόν, δημιουργεῖ περὶ αὐτὸν μαγνητικὸν πεδῖον, τὸ ὁποῖον εἶναι κάθετον ἐπὶ τὸν ἄγωγόν. Αἱ μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαῖ εἶναι συγκεντρικοὶ κύκλοι. Ἡ φορά κατὰ τὴν ὁποίαν διαγράφονται ἀντιστρέφεται ὅταν τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἀλλάξῃ φοράν.

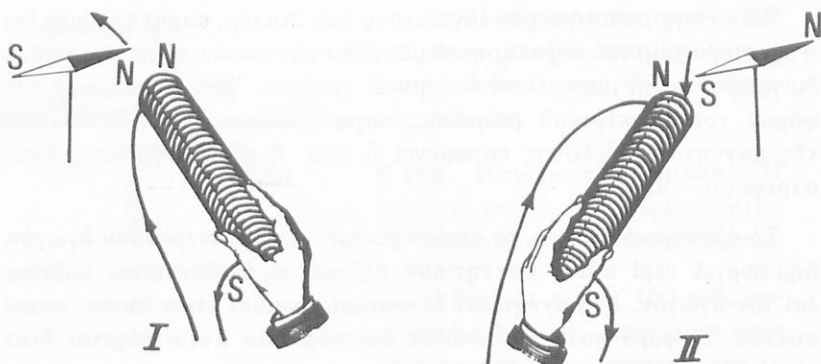
**§ 200. Σωληνοειδές.** Τὸ σωληνοειδές εἶναι μία εἰδικὴ μορφή ἄγωγου, ὃ ὁποῖος κατασκευάζεται ἐὰν περιελίξωμεν ἑλικοειδῶς μὲ ἄγωγόν σύρμα τὴν ἐπιφάνειαν ἑνὸς κυλίνδρου (σχ. 194, I) Ἐὰν τὸ σύρμα παρουσιάσῃ ἀρκετὴν ἀκαμψίαν, μετὰ ἀπὸ τὴν περιέλιξιν δυνάμεθα νὰ ἀπομακρύνωμεν τὸν κύλινδρον. Ἐὰν τὸ ἄγωγόν σύρμα εἶναι γυμνόν, αἱ σπείραι δὲν πρέπει νὰ ἐφάπτονται, διότι θὰ δημιουργηθῇ βραχυαὶ σπείραι δὲν πρέπει νὰ ἐφάπτονται, διότι θὰ δημιουργηθῇ ὅταν διέλθῃ κύκλωμα (σχ. 194, II) καὶ τὸ σωληνοειδές θὰ καταστραφῇ ὅταν διέλθῃ ρεῦμα.

Διὰ νὰ ἐξοικονομήσωμεν χῶρον καὶ διὰ μεγαλυτέραν ἀσφάλειαν, κατὰ τὴν κατασκευὴν ἑνὸς σωληνοειδοῦς, χρησιμοποιοῦμεν μονωμένον σύρμα. Τότε πλέον δυνάμεθα νὰ περιελίξωμεν διαδοχικῶς τὸ σύρμα εἰς ἀλλεπαλλήλους στρώσεις.

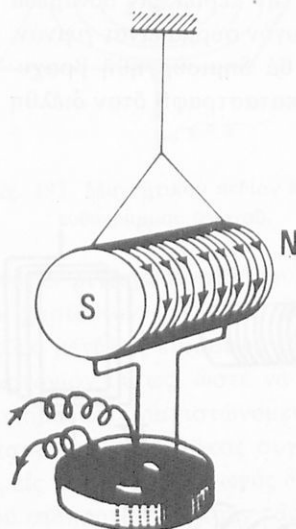
Τὸ μήκος ἑνὸς σωληνοειδοῦς εἶναι μέγας ἐν σχέσει πρὸς τὴν διάμετρον τοῦ κυλίνδρου, εἰς τὸν ὁποῖον περιελίσσεται τὸ ἄγωγόν σύρμα. Ἀντι-



Σχ. 194. Σωληνοειδές : (I) μὲ πυρήνα καὶ (II) χωρὶς πυρήνα. (III) Πλαίσιον.



Σχ. 195. Τὸ σωληνοειδές, τὸ ὁποῖον διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα, παρουσιάζει νότιον καὶ βόρειον πόλον εἰς τὰ ἅκρα του.



Σχ. 196. Ἐνα σωληνοειδές, τὸ ὁποῖον διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα, προσανατολίζεται εἰς τὸ μαγνητικὸν πεδίου τῆς Γῆς.

θέτως ἓνα ἐπίπεδον πλαίσιον ἔχει πολὺ μικρὸν μῆκος. Ἡ διατομή τοῦ ἐπιπέδου πλαισίου εἶναι συνήθως τετραγωνικὴ (σχ. 194, III).

**Πείραμα.** Διοχετεύομεν ἡλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς ἓνα σωληνοειδές καὶ πλησιάζομεν εἰς τὴν μίαν ἀπὸ τὰς ἅκρας του τὸν βόρειον πόλον N μιᾶς μαγνητικῆς βελόνης. Παρατηροῦμεν τότε ἡ ὅτι βελὼνὴ ἀπωθεῖται βιαίως (σχ. 195, I).

Ἀντιθέτως ἐὰν πλησιάσωμεν εἰς τὴν ἰδίαν ἅκρην τοῦ σωληνοειδοῦς τὸν νότιον πόλον S τῆς μαγνητικῆς βελόνης, παρατηροῦμεν ὅτι ἔλκεται ἐντόνως (σχ. 195, II).

Ἐπαναλαμβάνομεν τὸ ἴδιον πείραμα εἰς τὴν ἄλλην ἅκρην τοῦ σωληνοειδοῦς. Αὐτὴν τὴν φορὰν ὁ βόρειος πόλος N τῆς μαγνητικῆς βελόνης ἔλκεται ἐνῶ ὁ νότιος πόλος S ἀπωθεῖται. Ἀπὸ τὸ ἀνωτέρω πείραμα συμπεραίνομεν ὅτι :

Ένα σωληνοειδές, όταν διαρρέεται από ηλεκτρικόν ρεύμα, συμπεριφέρεται ως ένας ραβδόμορφος μαγνήτης.

**Πείραμα.** Έξαρτῶμεν ένα σωληνοειδές δι' ἑνὸς μεταξωτοῦ νήματος. Τὰ δύο ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ σύρματος ἐφάπτονται ἐλεφρῶς εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ὑδραργύρου, ὁ ὁποῖος εὑρίσκεται ἐντὸς δύο συγκεντρικῶν αὐλακίων (σχ. 196). Κλείομεν τὸν διακόπτην καὶ παρατηροῦμεν ὅτι τὸ σωληνοειδές περιστρέφεται περὶ τὸ νήμα καὶ σταθεροποιεῖται εἰς τὴν διεύθυνσιν Βορρᾶς - Νότος.

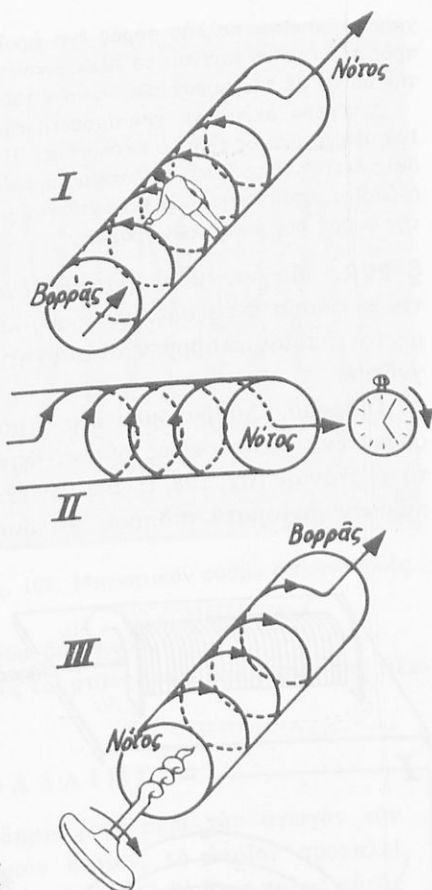
Ἐάν τώρα ἀναστρέψωμεν τὴν φοράν τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος, παρατηροῦμεν ὅτι τὸ σωληνοειδές στρέφεται κατὰ γωνίαν  $180^\circ$ .

Ὡστε :

Τὸ σωληνοειδές προσανατολίζεται ὅπως καὶ οἱ μαγνήται ἐντὸς τοῦ γηγίνου μαγνητικοῦ πεδίου.

**§ 201. Ἀναγνώρισις τοῦ βορείου καὶ τοῦ νοτίου πόλου ἑνὸς σωληνοειδοῦς.** Ὁ καθορισμὸς τῶν πόλων ἑνὸς σωληνοειδοῦς δύναται νὰ γίνῃ μὲ τὸν κανόνα τοῦ Ἀμπέρ. Ὁ παρατηρητὴς πρέπει νὰ εἶναι ἐξαπλωμένος εἰς μίαν σπείραν καὶ νὰ βλέπῃ πρὸς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ σωληνοειδοῦς, τὸ δὲ ρεύμα νὰ εἰσέρχεται ἀπὸ τοὺς πόδας του καὶ νὰ ἐξέρχεται ἀπὸ τὴν κεφαλὴν του (σχ. 197, I). Τότε ὁ βόρειος πόλος εὑρίσκεται ἀριστερά του.

Ἐπίσης διὰ τὸν καθορισμὸν τοῦ βορείου καὶ νοτίου πόλου τοῦ σωληνοειδοῦς



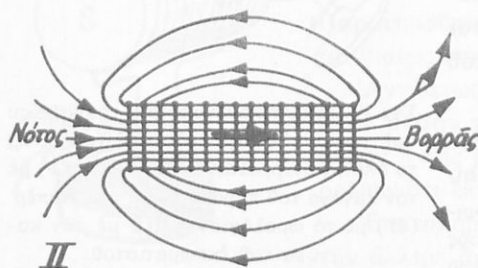
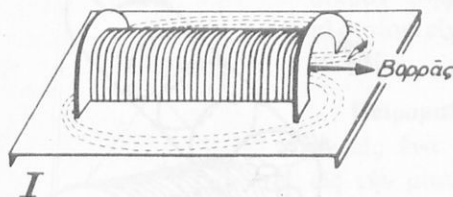
Σχ. 197. Διὰ τὴν ἀναγνώρισιν τῆς βορείου καὶ νοτίου ὁψευς ἑνὸς σωληνοειδοῦς, τὸ ὁποῖον διαρρέεται ἀπὸ ρεύμα : (I) μὲ τὸν κανόνα τοῦ παρατηρητοῦ τοῦ Ἀμπέρ (II) μὲ τὸ ὥρολόγιον, (III) μὲ τὸν κανόνα τοῦ ἐκπωματιστοῦ.

χρησιμοποιείται πολλές φορές ένα ωρολόγιον. Ὁ νότιος πόλος εἶναι ὁ πόλος πρὸς τὸν ὁποῖον κινεῖται τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ὅταν τὸ βλέπωμεν νὰ ἔχη φορὰν τὴν αὐτὴν μὲ τὴν φορὰν τῶν δεικτῶν τοῦ ωρολογίου (σχ. 197, II).

Δυνάμεθα ἀκόμη νὰ χρησιμοποιήσωμεν τὸν κανόνα τοῦ ἐκπωματιστοῦ (σχ. 193, III), ὁ ὁποῖος εἶναι ὁ ἀκόλουθος. Ἡ νοτία ὄψις ἐνὸς σωληνοειδοῦς εἶναι ἡ ὄψις ἐκείνη ἔμπροσθεν τῆς ὁποίας πρέπει νὰ τοποθετήσωμεν ἕνα ἐκπωματιστὴν, ὁ ὁποῖος, ὅταν περιστρέφεται κατὰ τὴν φορὰν τοῦ ρεύματος, νὰ κοχλιοῦται κατὰ τὴν φορὰν τῶν δυναμικῶν γραμμῶν.

**§ 202. Μαγνητικὸν φάσμα ἐνὸς σωληνοειδοῦς.** Τὸ μαγνητικὸν φάσμα ἐνὸς σωληνοειδοῦς λαμβάνεται κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον μὲ τὸν ὁποῖον ἐλάβομεν τὸ μαγνητικὸν φάσμα τοῦ ραβδοφόρου μαγνήτου.

**Πείραμα.** Λαμβάνομεν ἕνα τεμάχιον χαρτονίου καὶ κατασκευάζομεν ἕνα σωληνοειδὲς οὕτως, ὥστε αἱ σπείραι του νὰ διαπερνοῦν τὸ χαρτόνιον (σχ. 198, I). Εἰς τὴν ἐπάνω ὄψιν τοῦ χαρτονίου διασκορπίζομεν ρινίσματα σιδήρου καὶ διοχετεύομεν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς



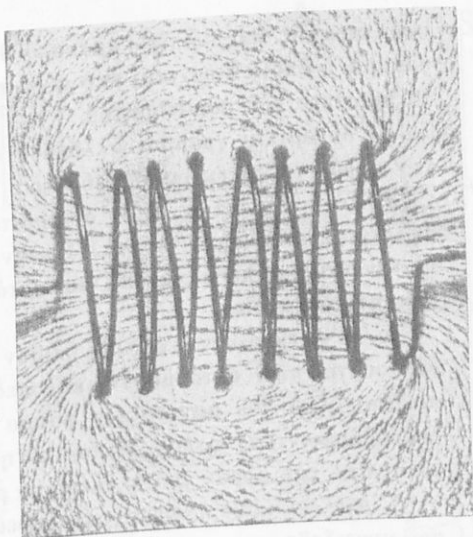
σχ. 198. Ἡ μικρὰ μαγνητικὴ βελὼνη δεικνύει τὴν φορὰν τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν (I). Δυναμικαὶ μαγνητικαὶ γραμμαὶ εἰς τὸν ἔξω καὶ εἰς τὸν μέσα χῶρον ἐνὸς σωληνοειδοῦς (II).

τὸ σωληνοειδὲς. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου διατάσσονται κατὰ μῆκος ὀρισμένων γραμμῶν, αἱ ὁποῖαι ὁμοιάζουν μὲ τὰς μαγνητικὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ ραβδομόρφου μαγνήτου.

Αἱ μαγνηταικαὶ δηλαδὴ δυναμικαὶ γραμμαὶ ἐξέρχονται ἀπὸ τὴν βορείαν ὄψιν, κατόπιν καμπυλώνονται καὶ εἰσέρχονται εἰς τὴν νοτίαν ὄψιν τοῦ σωληνοειδοῦς. Εἶναι κλεισταὶ γραμμαὶ καὶ εἰς τὸ ἔσωτερικὸν τοῦ σωληνοειδοῦς γίνονται εὐθεῖαι παράλληλοι μεταξύ των, μὲ φορὰν ἀπὸ τὸν νότιον πρὸς τὸν βορειον πόλον (σχ. 198, II καὶ 199).

Ἐάν τώρα μετακινήσωμεν μίαν μικράν μαγνητικὴν βελόνην εἰς τὸ μαγνητικὸν πεδίον ἑνὸς σωληνοειδοῦς, διαπιστώνομεν ὅτι ὁ διαμήκης ἄξων αὐτῆς λαμβάνει πάντοτε τὴν διεύθυνσιν τῆς ἐφαπτομένης τῶν δυναμικῶν γραμμῶν. Εἰς τὸ ἐσωτερικὸν δὲ τοῦ σωληνοειδοῦς ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἔχει διεύθυνσιν παράλληλον πρὸς τὸν ἄξονά του.

Ὡστε :



Ἐνα σωληνοειδές, τὸ ὁποῖον διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, συμπεριφέρεται ὡς μαγνήτης μὲ πόλους τὰ δύο ἄκρα του.

Ἡ πολικότης τοῦ σωληνοειδοῦς ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φοράν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

Σχ. 199. Μαγνητικὸν φάσμα σωληνοειδοῦς.

## ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα δημιουργεῖ περὶ τὸν ἄγωγόν τὸν ὁποῖον διαρρέει, ἓνα μαγνητικὸν πεδίον, τὸ ὁποῖον προκαλεῖ ἀπόκλισιν εἰς μίαν μαγνητικὴν βελόνην. Ὁ βόρειος πόλος αὐτῆς τῆς μαγνητικῆς βελόνης ἀποκλίνει πρὸς τὰ ἀριστερά ἑνὸς παρατηρητοῦ, ὁ ὁποῖος εἶναι ἐξαπλωμένος ἐπὶ τοῦ ἄγωγου καὶ βλέπει τὴν μαγνητικὴν βελόνην κάτω ἀπὸ τὸν ἄγωγόν, ἐνῶ τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα εἰσέρχεται ἀπὸ τοὺς πόδας καὶ ἐξέρχεται ἀπὸ τὴν κεφαλὴν του (κανὼν τοῦ Ἀμπέρ).

2. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ ὁποῖον διαρρέει ἓνα εὐθύγραμμον ἄγωγόν, δημιουργεῖ περὶ αὐτὸν μαγνητικὸν πεδίον, κάθετον ἐπὶ τὸν ἄγωγόν. Αἱ μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι συγκεντρικοὶ κύκλοι. Ἡ φορά κατὰ τὴν ὁποίαν διαγράφονται, ὁρίζεται ἀπὸ τὸν παρατηρητὴν τοῦ Ἀμπέρ. Συγκεκριμένως δὲ ὅταν ὁ



παρατηρητής τοῦ Ἀμπέρ παρακολούθη ἓνα 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 ὡς μαγνήτης. Ἐμφανίζει μίαν βορείαν καὶ μίαν νοτίαν ὧσιν καὶ προσανατολίζεται κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου.

4. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ ὁποῖον διαρρέει ἓνα σωληνοειδές, δημιουργεῖ περὶ αὐτὸ μαγνητικὸν πεδίου, τὸ ὁποῖον ὅταν ὑλοποιῇται δίδει ἓνα 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 βορείον καὶ νότιον ὧσιν ἑνὸς σωληνοειδοῦς, χρησιμοποιοῦμεν συνήθως τὸν κανόνα τοῦ Ἀμπέρ.

## ΛΗ' — ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΑΙ

**§ 203. Γενικότητες. Ἀρχὴ τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου.** Εἰς προηγούμενα μαθήματα εἶχομεν ἀναφέρειν ὅτι, ὅταν ἓνα τεμάχιον μαλακοῦ σιδήρου τοποθετηθῇ εἰς τὸ μαγνητικὸν πεδίου ἑνὸς μαγνήτου, μαγνητίζεται προσκαίρως. Ὅταν δηλαδὴ ἀπομακρύνωμεν τὸ τεμάχιον τοῦ μαλακοῦ σιδήρου ἀπὸ τὸ μαγνητικὸν πεδίου, ὁ μαλακὸς σίδηρος παύει νὰ εἶναι μαγνήτης. Γνωρίζομεν ἐπίσης ὅτι ἓνα σωληνοειδές, ὅταν διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, ἰσοδυναμεῖ μὲ μαγνήτην καὶ δημιουργεῖ ἓνα μαγνητικὸν πεδίου, ὅμοιον μὲ ἐκεῖνο τοῦ ραβδομόρφου μαγνήτου. Τὰς δύο αὐτὰς κεχωρισμένας διαπιστώσεις τὰς ἐκμεταλλεῦόμεθα διὰ νὰ κατασκευάσωμεν τοὺς ἡλεκτρομαγνήτας.

Ὁ ἡλεκτρομαγνήτης ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓνα σωληνοειδές, τὸ ὁποῖον περιέχει ἓνα πυρῆνα ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον, κυλινδρικοῦ συνήθως σχήματος.

**Πείραμα.** Διαβιβάζομεν ἡλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς τὸ σωληνοειδές, ὁπότε ὁ πυρὴν τοῦ μαλακοῦ σιδήρου μαγνητίζεται καὶ ἀποκτᾷ τὴν ἱκανότητα νὰ ἔλκη τὰ ρινίσματα τοῦ μαλακοῦ σιδήρου (σχ. 200).



Ἐάν πλησιάσωμεν διαδο-  
χικῶς μίαν μαγνητικὴν βελό-  
νην εἰς τὰ δύο ἄκρα τοῦ πυ-  
ρῆνος, διαπιστώνομεν ὅτι ὁ  
πυρὴν παρουσιάζει ἕνα βό-  
ρειον καὶ ἕνα νότιον μαγνη-  
τικὸν πόλον.

Ἐάν ἀλλάξωμεν τὴν φορὰν  
τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ἡ  
πολικότης τοῦ πυρῆνος ἀντι-  
στρέφεται.

Διακόπτομεν τὸ κύκλωμα,  
ὁπότε παρατηροῦμεν ὅτι τὰ  
ρινίσματα τοῦ σιδήρου κατα-  
πίπτουν ἀμέσως ὁ πυρὴν  
ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον ἀπο-  
βάλλει ἀμέσως τὴν μαγνήτι-  
σίν του.

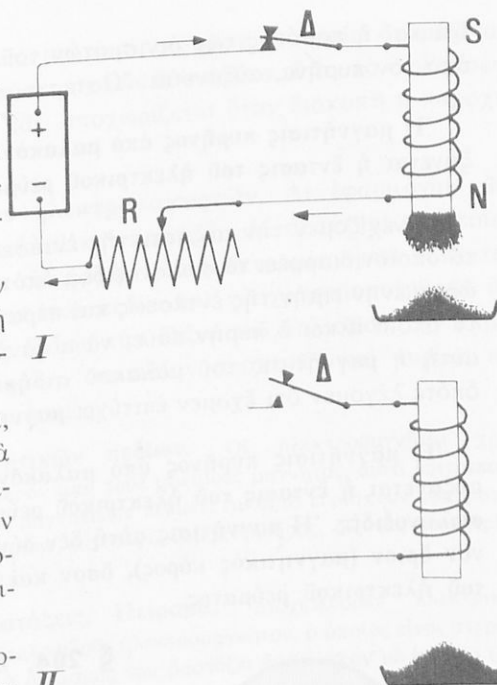
Εἶναι δυνατόν πολλὰς φο-  
ρὰς νὰ παραμείνουν προσκε-  
κολλημένα εἰς τὸν πυρῆνα  
μερικὰ ρινίσματα σιδήρου.  
Αὐτὸ ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι ὁ πυρὴν δὲν ἀποτελεῖται ἀπὸ τελείως καθα-  
ρὸν σίδηρον, ἀλλὰ περιέχει καὶ προσμίξεις χάλυβος. Ὡστε :

Ὁ ἡλεκτρομαγνήτης εἶναι ἕνας πρόσκαιρος μαγνήτης, ὁ ὁποῖος  
ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕνα σωληνοειδές, περιέχον ἕνα πυρῆνα ἀπὸ μαλακὸν  
σίδηρον.

Ἡ διέγερσις τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου προκαλεῖται ἀπὸ τὴν διέλευσιν  
ἡλεκτρικοῦ ρεύματος διὰ μέσου τοῦ σωληνοειδοῦς.

Ὁ ἡλεκτρομαγνήτης παρουσιάζει δύο πόλους καὶ ἡ πολικότης του  
ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φορὰν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

**Πείραμα.** Διοχετεύομεν ἡλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς τὸ σωληνοειδές  
(σχ. 200) καὶ μετὰ τὴν βοήθειαν τοῦ ροοστάτου R αὐξάνομεν προοδευ-  
τικῶς τὴν ἔντασιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Παρατηροῦμεν τότε



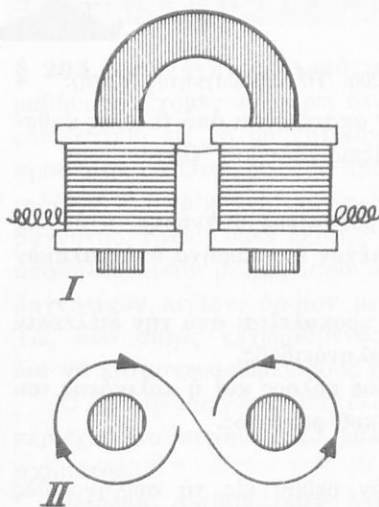
Σχ. 200. Ἡλεκτρομαγνήτης (ἀρχή).

ὅτι καὶ ἡ ποσότης τῶν ρινισμάτων τοῦ σιδήρου, τὰ ὁποῖα ἔλκονται ἀπὸ τὸν πυρῆνα, αὐξάνεται. Ὡστε :

**Ἡ μαγνήτισις πυρῆνος ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον αὐξάνεται, ὅταν αὐξάνεται ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.**

Συνεχίζομεν τὴν αὔξησιν τῆς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ σωληνοειδές, ὁπότε παρατηροῦμεν ὅτι ἀπὸ μίαν ὠρισμένην τιμὴν τῆς ἐντάσεως καὶ πέραν, ἡ ποσότης τῶν ρινισμάτων τὰ ὁποῖα ἔλκει ὁ πυρὴν παύει νὰ αὐξάνεται. Συμπεραίνομεν τότε ὅτι αὕτη ἡ μαγνήτισις τοῦ μαλακοῦ σιδήρου εἶναι ἡ μεγίστη δυνατή, ὁπότε λέγομεν ὅτι ἔχομεν ἐπιτύχει **μαγνητικὸν κόρον**. Ὡστε :

**Ἡ μαγνήτισις πυρῆνος ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον αὐξάνεται, καθὼς αὐξάνεται ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ σωληνοειδές. Ἡ μαγνήτισις αὕτη δὲν δύναται νὰ ὑπερβῇ ἓνα ὠρισμένον ὄριον (μαγνητικὸς κόρος), ὅσον καὶ ἂν αὐξήσωμεν τὴν ἔντασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.**



Σχ. 201. Πεταλοειδῆς ἠλεκτρομαγνήτης.

**§ 204. Διάφορα εἶδη ἠλεκτρομαγνητῶν.** Ὁ ἠλεκτρομαγνήτης τὸν ὁποῖον ἐχρησιμοποίησαμεν εἰς τὴν ἀνάπτυξιν τῆς προηγουμένης παραγράφου, ἦτο ἐπιμήκης καὶ ραβδόμορφος. Συνήθως ὅμως χρησιμοποιοῦμεν καὶ πεταλοειδῆς ἠλεκτρομαγνήτας (σχ. 201). Εἰς αὐτὸ τὸ εἶδος τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου οἱ δύο πόλοι εὐρίσκονται πολὺ πλησίον ἀλλήλων, με ἀποτέλεσμα ἡ ἑλξις νὰ εἶναι πολὺ ἰσχυρά.

Ἐκαστον σκέλος τοῦ πεταλοειδοῦς πυρῆνος φέρει μίαν περιέλιξιν. Αἱ περιελίξεις τῶν δύο σκελῶν πρέπει νὰ γίνωνται κατὰ ἀντιθέτους φοράς (σχ. 201, II) οὕτως, ὥστε τὰ ἐλεύθερα ἄκρα τοῦ πυρῆνος νὰ εἶναι ἐτερόνυμοι μαγνητικοὶ πόλοι.

Μία ράβδος ή πλάξ από μαλακόν σίδηρον, ή όποία όνομάζεται όπλισμός, έλκεται από τώ σύστημα τών δύο πόλων, όταν τώ σωληνοειδές διαρρέεται από ρεύμα και αποχωρίζεται όταν διακοπή ή παροχή τού ρεύματος.

**§ 205. Έφαρμογαί τών ηλεκτρομαγνητών.** Αί εφαρμογαί τών ηλεκτρομαγνητών είναι πολλάί και ποικίλαι. Αί συσκευαί αί όποίαι κατασκευάζονται μέ βάσιν τήν άρχήν τών ηλεκτρομαγνητών δύνανται νά παράγουν ισχυρά μαγνητικά πεδία και νά χρησιμοποιηθούν ως άνυψωτικά διατάξεις. Έξ άλλου τήν έλξιν τού όπλισμοϋ τήν εκμεταλλευόμεθα εις μίαν μεγάλην ποικιλίαν συσκευών και κυρίως εις τάς συσκευάς αυτόματοποιήσεως.

**α) Παραγωγή μαγνητικών πεδίων.** Οί ηλεκτρομαγνήται χρησιμοποιοϋνται πολύ περισσότερον από τούς μονίμους μαγνήτας, διότι επιτρέπουν τήν πραγματοποιήσιν ισχυρών μαγνητικών πεδίων. Δι' αυτό εύρίσκουν εφαρμογάς εις τα διάφορα έργαστήρια έρευνών, εις τούς δυναμοκινητήρας, εις τάς γεννητριάς έναλλασσομένου ρεύματος, κλπ.

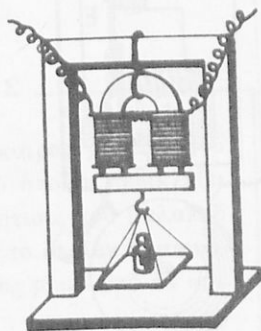
**β) Άνυψωτικά διατάξεις. Πείραμα.** Διοχετεύομεν ηλεκτρικόν ρεύμα εις τώ σπείραμα ενός πεταλοειδοϋς ηλεκτρομαγνήτου, ό όποίος είναι στερεωμένος εις ένα πλαίσιον, ενώ ό όπλισμός του βαστάζει ένα δίσκον μέ φορτία (σχ. 202). Φορτίζομεν διαδοχικώς τόν δίσκον μέ φορτία μεγαλυτέρου συνεχώς βαρους, μέχρις ότου ό όπλισμός αποχωρισθί από τόν ηλεκτρομαγνήτην.

Αυξάνομεν προοδευτικώς τήν έντασιν τού ηλεκτρικού ρεύματος, τώ όποίον διαρρέει τόν ηλεκτρομαγνήτην. Παρατηρούμεν τότε ότι ή φέρουσα δύναμις, δηλαδή ή έλκτική ικανότης, αυξάνεται μέχρι μιάς ώρισμένης τιμής. Η μέγιστη φέρουσα δύναμις άντιστοιχεί εις τόν μαγνητικόν κόρον.

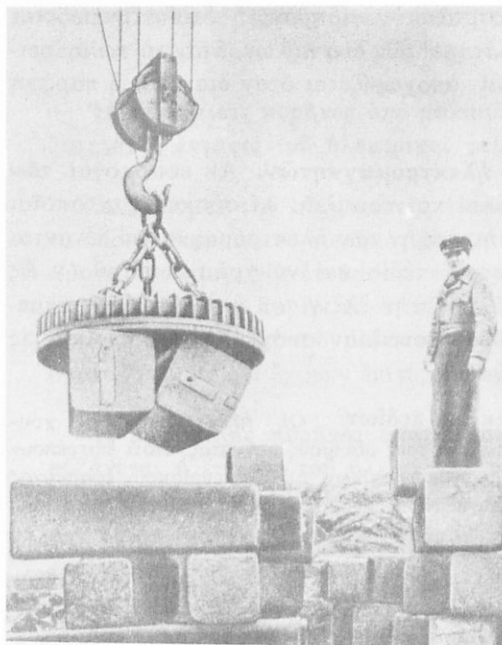
Τήν φέρουσαν δύναμιν ηλεκτρομαγνήτου δυνάμεθα επίσης νά αυξήσωμεν, εάν πολλαπλασιάσωμεν τόν αριθμόν τών περιελίξεων τού σωληνοειδοϋς.

Έφαρμογήν τών άνωτέρω αποτελοϋν αί συσκευαί άνυψώσεως, όπως ό ηλεκτρομαγνητικός γερανός (σχ. 203), αίτινες/χρησιμοποιοϋνται διά τήν άνύψωσιν και μεταφοράν βαρέων σιδηρών και χαλυβδίνων άντικειμένων.

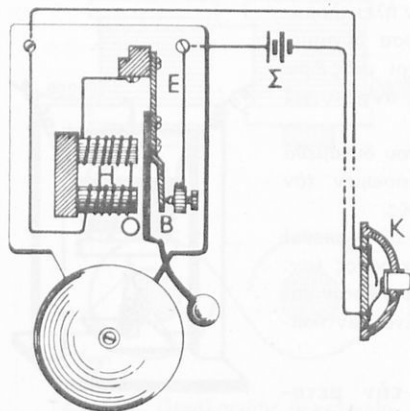
**γ) Συσκευαί χρησιμοποιούσαι τήν μετατόπισιν τού όπλισμοϋ.** Η στιγμιαία μετατόπισις τού όπλισμοϋ ενός ηλεκτρομαγνήτου, υπό τήν επίδρασιν



Σχ. 202. Φέρουσα δύναμις ηλεκτρομαγνήτου.



Σχ. 203. Ήλεκτρομαγνητικός γερανός με φέρουσαν δύναμιν 2 500 κρ.



Σχ. 204. Ήλεκτρικός κώδων.

του ηλεκτρικού ρεύματος, μās επιτρέπει νā ενεργοποιήσωμεν διαφόρους μηχανισμούς. Αυτή ή διάταξις παρουσιάζει τὸ πλεονέκτημα ὅτι δύναται νā ἐλεγχθῇ ἀπὸ μακρὰν μετὰ ἀπλᾶς συνδέσεις ἀγωγῶν συρμάτων. Οὕτως ὁ ἠλεκτρομαγνήτης ἀποτελεῖ τὴν βάσιν τῆς λειτουργίας ἐνὸς μεγάλου ἀριθμοῦ συσκευῶν ὅπως αἱ ἀκόλουθοι.

### 1) Ήλεκτρικὸς κώδων.

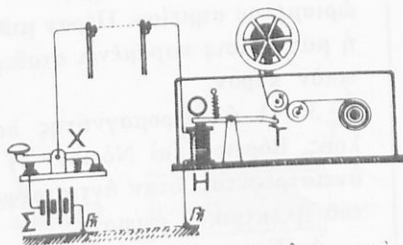
Ἐνας ηλεκτρικὸς κώδων (σχ. 204) ἀποτελεῖται ἀπὸ ἑναν ἠλεκτρομαγνήτην H, τοῦ ὁποῖου ὁ ὀπλισμὸς O, ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον, εἶναι στερεωμένος ἐπὶ ἐνὸς ἐλαστικοῦ χαλυβδίνου ἐλάσματος EB. Τὸ ἔλασμα αὐτὸ στηρίζεται μετὰ τὴν μίαν ἄκρην του εἰς τὴν βάσιν τῆς συσκευῆς. Ὄταν πιεζώμεν τὸ κομβίον K, τὸ κύκλωμα κλείει καὶ τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα διαρρέει τὸν ἠλεκτρομαγνήτην, μετὰ ἀποτελέ-

σμα νā ἔλκεται ὁ ὀπλισμὸς καὶ τὸ σφυρίον του νā κτυπᾷ τὸν κώδων. Συγχρόνως τὸ ἄκρον B τοῦ ἐλάσματος ἀποχωρίζεται ἀπὸ τὸν κοχλίαν, εἰς τὸν ὁποῖον ἐφάπτεται καὶ τὸ κύκλωμα διακόπτεται. Ἡ ἔλξις σταματᾷ καὶ τὸ ἐλαστικὸν χαλυβδίνον ἔλασμα ἐπαναφέρει τὸν ὀπλισμὸν εἰς τὴν ἀρχικὴν υτο θέσιν, ὁπότε ἐπανακλείει τὸ κύκλωμα καὶ τὸ φαινόμενον ἐπαναλαμβάνεται.

### 2) Τηλέγραφος.

Ὁ τηλεγράφος ἐπιτρέπει μετὰ τὴν χρῆσιν τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος τὴν ἀποστολὴν σημάτων εἰς μεγάλας ἀποστάσεις. Ὁ σταθμὸς ἐκπομπῆς περιλαμβάνει μίαν γεννήτριαν συνεχοῦς ρεύματος Σ (ἠλεκτρικαὶ στήλαι, συσσω-

ρευται) και ένα χειριστήριο X (σχ. 205). Ο σταθμός λήψεως αποτελείται από τον έναν ηλεκτρομαγνήτη, του οποίου ο όπλισμός είναι μία μικρά πλάξ, O, στερεωμένη εις ένα κινητόν μοχλόν. Ένα κατάλληλον ελατήριο διατηρεί τον όπλισμόν μακράν από τον πυρήνα του ηλεκτρομαγνήτου.



Σχ. 205. Μονόπλευρος τηλεγραφική ανταπόκρισις.

Όταν πιέζωμεν το χειριστήριο, ή πλάξ (όπλισμός) έλκεται, ή άκρη Γ του μοχλού ανυψώνεται και ή γραφίς, ή οποία είναι στερεωμένη, χαράσσει γραμμάς εις μίαν ταινίαν από χάρτην. Η ταινία αυτή παρασύρεται εις μίαν σταθεράν συνεχή κίνησιν με την βοήθειαν ενός ωρολογιακού μηχανισμού.

Ευθύς ως παύσωμεν να πιέζωμεν το χειριστήριο ή πλάξ παύει να έλκετάι, το ελατήριο την απομακρύνει από τον πυρήνα του ηλεκτρομαγνήτου και ή γραφίς παύει να εφάπτεται εις την χαρτίνην ταινίαν. Τό μήκος της γραμμής το όποιον χαράσσει ή γραφίς εξαρτάται από τον χρόνον κατά τον όποιον επιέζωμεν το χειριστήριο. Μία πολύ σύντομος έπαφή άποδίδει μίαν βραχείαν στιγμήν (τελεία) ενώ μία διά μαγαλύτερον χρονικόν διάστημα έπαφή, μίαν μακράν στιγμήν (γραμμή). Τα διάφορα γράμματα του αλφαβήτου μεταδίδονται με συνδυασμούς βραχειών και μακρών στιγμών (Μορσικόν αλφάβητον).

Αυτό το υπόδειγμα του τηλεγράφου έχει αντικατασταθί σήμεραν από πολυπλόκους συσκευάς, αί όποιαί άποδίδουν τά γράμματα εις την ταινίαν άπ' ευθείας με τυπογραφικούς χαρακτήρας, αντί των γραμμών και τελειών. Πάντως ή άρχή παραμένει ή ίδια.

Άλλαι χρήσεις του ηλεκτρομαγνήτου. Οί ηλεκτρομαγνήται χρησιμοποιούνται εις την μετάδοσιν των σημάτων εις τά σιδηροδρομικά δίκτυα, εις τά ηλεκτρικά ώρολόγια, εις τους ηλεκτρονόμους (ρελαί), εις τά τηλεφωνικά άκουστικά, κλπ.

## ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Ο ηλεκτρομαγνήτης είναι ένας πρόσκαιρος μαγνήτης ό οποίος αποτελείται από ένα σωληνοειδές, το όποιον περικλείει ένα πυρήνα από μαλακόν σίδηρον. Η μαγνήτισις του μαλακού σιδήρου όφείλεται εις τό μαγνητικόν πεδίο, το όποιον δημιουργείται από την διέλευσιν ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από τό σωληνοειδές.

2. Η μαγνήτισις ενός ηλεκτρομαγνήτου αύξάνεται με την αύξησιν της έντάσεως του ηλεκτρικού ρεύματος, μέχρις ενός

ώρισμένου σημείου. Πέραν μιᾶς ὀρισμένης τιμῆς τῆς ἐντάσεως, ἡ μαγνήτισις παραμένει σταθερά, ὅποτε ἔχομεν ἐπιτύχει μαγνητικὸν κόρον.

3. Ὁ ἠλεκτρομαγνήτης παρουσιάζει δύο μαγνητικοὺς πόλους, Βόρειον καὶ Νότιον. Ἡ πολικότης τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου ἀντιστρέφεται, ὅταν ἀντιστρέψωμεν τὴν φοράν τῆς διελεύσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

4. Ἐφαρμογαὶ τῆς χρήσεως τῶν ἠλεκτρομαγνητῶν ἀποτελοῦν ὁ ἠλεκτρικὸς κώδων, ὁ τηλέγραφος, αἱ ἀνυψωτικαὶ διατάξεις, κλπ.

## Μ' — ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΙΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ

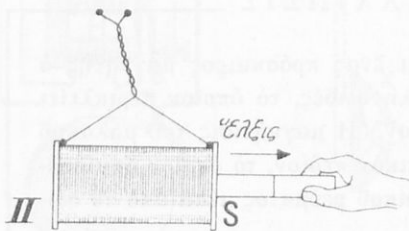
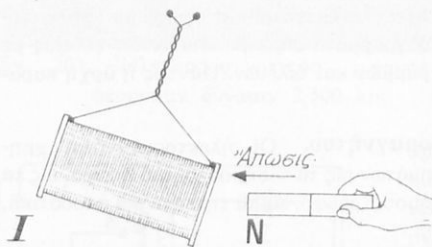
§ 206. Δραῖσις ἑνὸς μαγνήτου ἐπὶ ἑνὸς σωληνοειδοῦς. Λαμβάνομεν ἓνα σωληνοειδές, τὸ ὁποῖον ἐξαρτῶμεν ἀπὸ δύο σταθερὰ ση-

μεῖα μὲ δύο εὐκαμπτα ἀγωγὰ σύρματα. Διοχετεύομεν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς τὸ σωληνοειδές καὶ πλησιάζομεν τὸν ἓνα πόλον ἑνὸς μαγνήτου εἰς τὴν μίαν ὀψιν τοῦ σωληνοειδοῦς.

Παρατηροῦμεν τότε ὅτι τὸ σωληνοειδές ἢ ἔλκεται ἢ ἀπωθεῖται ἀπὸ τὸν μαγνήτην (σχ. 206). Ἡ ἔλξις ἢ ἡ ἀπωσις αὐτὴ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ εἶδος τοῦ πόλου τοῦ μαγνήτου τὸ ὁποῖον πλησιάζομεν.

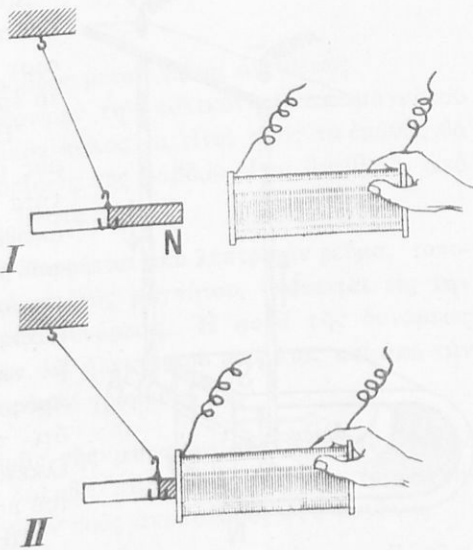
Ἀντιστρέφομεν τὴν φοράν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος εἰς τὸ σωληνοειδές, ὅποτε παρατηροῦμεν ὅτι ἡ μετατόπισις τοῦ σωληνοειδοῦς εἶναι ἀντιθέτου φοράς ἀπὸ τὴν προηγουμένην.

Ὡστε :



Σχ. 206. Τὸ ἐξηρητημένον σωληνοειδές ἀπωθεῖται ἢ ἔλκεται ἀπὸ τὸν μαγνήτην.

Όταν ένα σωληνοειδές, διαρρέομενον από ηλεκτρικόν ρεύμα, εϋρίσκεται πλησίον μιᾶς μαγνητισμένης ράβδου, μετατοπίζεται ὅπως ἕνας κινητὸς μαγνήτης.



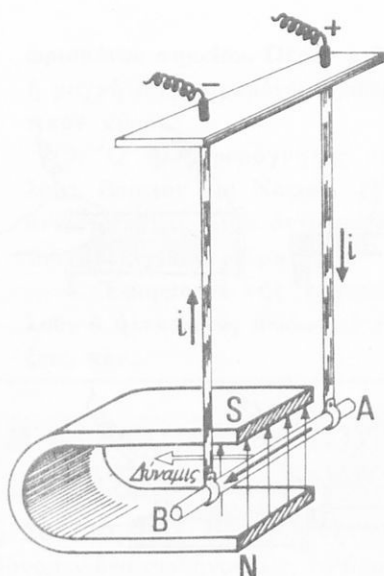
Σχ. 207. Τὸ σωληνοειδές ἔλκει τὸν μαγνήτην.

**§ 207.** Δράσις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ἐπὶ ἐνὸς μαγνήτου. Πείραμα. Λαμβάνομεν ἕνα ραβδόμορφον μαγνήτην, ὁ ὁποῖος εἶναι ἐξηρητημένος ἀπὸ ἕνα σταθερὸν σημεῖον με λεπτὸν καὶ εὐκαμπτον νῆμα (σχ. 207, I), ὁπότε, ὅπως γνωρίζομεν, διατάσσεται κατὰ τὴν διεύθυνσιν Βορρᾶς - Νότος, καὶ πλησιάζομεν εἰς τὸν βόρειον πόλον τοῦ τὴν νοτίαν ὄσιν ἐνὸς σωληνοειδοῦς. Ὁ μαγνήτης προσανατολίζεται τότε παραλλήλως πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ σωληνοειδοῦς καὶ ἔλκεται ἀσθενῶς.

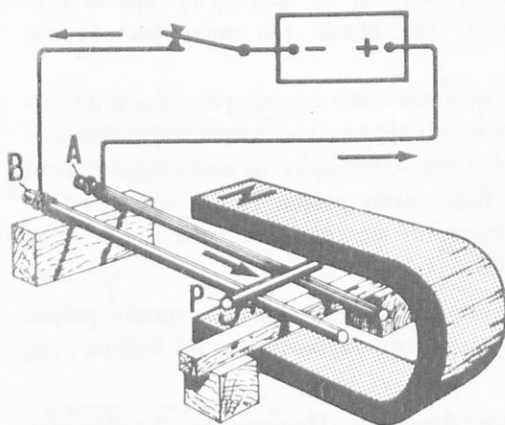
Ἐὰν πλησιάσωμεν ἀκόμη περισσότερον τὸ σωληνοειδές, ὁ μαγνήτης ἔλκεται ἰσχυρῶς καὶ εἰσέρχεται εἰς τὴν κοιλότητα τοῦ σωληνοειδοῦς (σχ. 207, II). Ἐὰν κατόπιν περιστρέψωμεν τὸ σωληνοειδές κατὰ  $180^\circ$  ἢ ἂν ἀντιστρέψωμεν τὸ ἡλεκτρικὸν ρεύμα, τότε ὁ νότιος πόλος τοῦ μαγνήτου ἔλκεται καὶ εἰσέρχεται εἰς τὴν κοιλότητα τῆς βορείας ὀψεως τοῦ σωληνοειδοῦς. Ὡστε :

Ἐνα σωληνοειδές, τὸ ὁποῖον διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεύμα, ἐπιδρᾷ εἰς μίαν κινητὴν μαγνητισμένην ράβδον, ὅπως θὰ ἐπέδρα ἕνας μόνιμος μαγνήτης.

**§ 208.** Ἡλεκτρομαγνητικὴ δύναμις. Πείραμα 1. Λαμβάνομεν ἕνα πεταλοειδῆ μαγνήτην καὶ τὸν διατάσσομεν ὅπως δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 208. Ἐνα πλαίσιον ἀπὸ χάλκινον εὐκαμπτον ἄγωγόν σύρμα τοποθετεῖται οὕτως, ὥστε ὁ κλάδος AB νὰ εἶναι κάθετος εἰς τὰς μαγνητικὰς γραμμάς.



Σχ. 208. "Ενας ρευματοφόρος άγωγός εντός ενός μαγνητικού πεδίου υφίσταται δυνάμεις.



Σχ. 209. Μετατόπισις ενός στοιχείου ηλεκτρικού ρεύματος υπό της δράσεως μιās ηλεκτρομαγνητικής δυνάμεως.

Διοχετεύομεν ηλεκτρικόν ρεύμα, όποτε παρατηρούμεν ότι τὸ πλαίσιον ἀποκλίνει καὶ ἔλκεται πρὸς τὸ ἐσωτερικόν τοῦ μαγνήτου.

Ἐπαναλαμβάνομεν τὸ πείραμά μας ἀντιστρέφοντες τὴν πολικότητα τοῦ μαγνήτου. Τὸ πλαίσιον ἀπωθεῖται τώρα πρὸς τὸ ἐξωτερικόν τοῦ μαγνήτου. Ἄν ἀντιστρέψωμεν τὴν φοράν τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος, ἀφήνοντας τὸν μαγνήτην μὲ τὸν βόρειον μαγνητικὸν πόλον πρὸς τὰ ἐπάνω, θὰ διαπιστώσωμεν ὅτι τὸ πλαίσιον ἀποκλίνει καὶ ἔλκεται πάλιν πρὸς τὸ ἐσωτερικόν τοῦ μαγνήτου.

**Πείραμα 2.** Τοποθετοῦμεν ἓνα πεταλοειδῆ μαγνήτην μεταξὺ δύο ἀγωγίμων ὀριζοντίων σιδηροτροχιῶν A καὶ B, ἐπάνω εἰς τὰς ὁποίας δύναται νὰ ὀλισθήσῃ μία ἀγώγιμος ἐλαφρὰ ράβδος P. Αὕτη ἡ ράβδος ἀποτελεῖ ἓνα στοιχεῖον ηλεκτρικοῦ ρεύματος (σχ. 209). Κλείομεν τὸν διακόπτην καὶ ρυθμίζομεν τὴν ἔντασιν τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος εἰς μίαν μεγάλην τιμὴν (π.χ. εἰς τὰ 6 A). Παρατηροῦμεν τότε ὅτι ἡ ράβδος P μετατοπίζεται εἰς τὰς σιδηροτροχιάς παραλλήλως πρὸς ἑαυτήν.

Ἄντιστρέφομεν κατόπιν τὴν φοράν τοῦ ἡλε-



κτρικού ρεύματος, όποτε ή ράβδος μετακινείται αντίθετως.

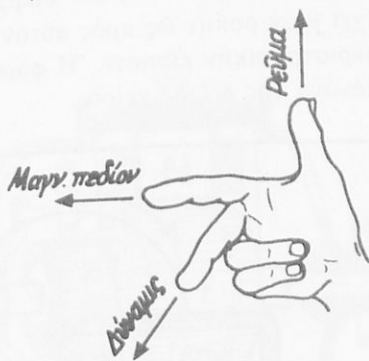
Έάν έν συνεχεία άντιστρέψωμεν τήν πολικότητα τοῦ μαγνήτου οὔτως, ὥστε ὁ νότιος μαγνητικός πόλος νά εἶναι πρὸς τὰ ἑπάνω, θά παρατηρήσωμεν ὅτι αἱ μετατοπίσεις τῆς ράβδου εἶναι αντίθετοι ἀπὸ ὅτι τήν προηγουμένην φοράν. Ὡστε :

Έάν ἓνας ἄγωγός, ὁ ὁποῖος διαρρέεται ἀπὸ λεκτρικὸν ρεῦμα, τοποθετηθῇ εἰς τὸ μαγνητικὸν πεδίου ένὸς μαγνήτου, ὑπόκειται εἰς τήν δρᾶσιν μιᾶς ἡλεκτρομαγνητικῆς δυνάμεως. Ἡ φορά τῆς δυνάμεως αὐτῆς ἐξαρτᾶται ἀπὸ τήν φοράν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος καὶ ἀπὸ τήν φοράν τῶν μαγνητικῶν δυναμικῶν γραμμῶν.

**§ 209. Καθορισμός τῆς φορᾶς τῆς μετατοπίσεως.** Δι' αὐτὸν τὸν σκοπὸν, διὰ τὸν καθορισμὸν δηλαδὴ τῆς φορᾶς τῆς ἡλεκτρομαγνητικῆς δυνάμεως, χρησιμοποιοῦμεν τοὺς ἀκολουθοῦς δύο κανόνας.

**α) Κανὼν τοῦ Ἀμπέρ.** Έάν ἓνας παρατηρητῆς εὐρίσκεται ἐξαπλωμένος ἑπάνω εἰς τὸν ἄγωγόν καὶ βλέπει κατὰ τήν φοράν τῶν μαγνητικῶν δυναμικῶν γραμμῶν, τὸ δὲ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα εἰσέρχεται ἀπὸ τοὺς πόδας του καὶ ἐξέρχεται ἀπὸ τήν κεφαλὴν του, τότε ή δύναμις ἔχει φοράν πρὸς τὰ ἄριστερά του.

**β) Κανὼν τῆς δεξιᾶς χειρὸς.** Όταν ὁ ἀντίχειρ τῆς δεξιᾶς χειρὸς ἔχει τήν διεύθυνσιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος καὶ ὁ δείκτης τήν διεύθυνσιν τῶν μαγνητικῶν δυναμικῶν γραμμῶν (μαγνητικὸν πεδίου), τότε ὁ μέσος, ἂν διαταχθῇ καθῆτως πρὸς τοὺς ἄλλους δύο, ἀποδίδει τήν φοράν τῆς μετατοπίσεως, δηλαδὴ τῆς ἡλεκτρομαγνητικῆς δυνάμεως (σχ. 210).



Σχ. 210. Ὁ κανὼν τῆς δεξιᾶς χειρὸς.

## ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Όταν πλησίον ένὸς ἐξηρητημένου διὰ νήματος σωληνοειδοῦς, τὸ ὁποῖον διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, τοποθετηθῇ

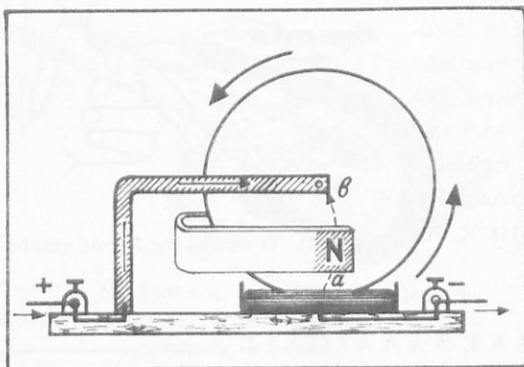
Ένας μαγνήτης, τὸ σωληνοειδὲς μετατοπίζεται καὶ συμπεριφέρεται ὡς μαγνήτης.

2. Ἐνα σωληνοειδὲς, τὸ ὁποῖον διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, ἐπιδρᾷ εἰς τὴν κινητὴν μαγνητισμένην ράβδον κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον, μὲ τὸν ὁποῖον θὰ ἐπέδρα καὶ ἕνας ραβδόμορφος μαγνήτης.

## ΜΑ' — ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

§ 210. Τροχὸς τοῦ Μπάρλοου. (Barlow). Λαμβάνομεν ἕνα συμπαγῆ χάλκινον δίσκον, τοποθετημένον εἰς τὸ διάκενον ἑνὸς μονίμου πεταλοειδοῦς μαγνήτου. Ὁ δίσκος αὐτὸς, δύναται νὰ στρέφεται περὶ ὀριζόντιον ἄξονα, διερχόμενον ἀπὸ τὸ κέντρον τοῦ β, καὶ εἶναι ὀλίγον βυθισμένος εἰς τὸν ὑδράργυρον μιᾶς λεκάνης. Ὁ ὑδράργυρος χρησιμοποιεῖται ὡς ἄγωγός, διὰ νὰ ἐπιτρέψῃ εἰς τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα νὰ κυκλοφορήσῃ, ὅπως δεικνύεται εἰς τὸ σχ. 211.

Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα αβ 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 ὡς πρὸς αὐτὸν καὶ οὕτως ὁ τροχὸς παρασύρεται εἰς περιστροφικὴν κίνησιν. Ἡ φορά τῆς δυνάμεως F καθορίζεται μὲ τὸν κανόνα τῆς δεξιᾶς χειρὸς.



Σχ. 211. Τροχὸς τοῦ Μπάρλοου.

Ἐὰν στερεώσωμεν μίαν τροχαλίαν εἰς τὸν ἄξονα β, τότε, ἐξ αἰτίας τῆς περιστροφῆς τοῦ τροχοῦ, δυνάμεθα νὰ ἀνυψώσωμεν ἕνα φορτίον, δηλαδὴ δυνάμεθα νὰ παράγωμεν μηχανικὸν ἔργον. Ὡστε :

Χρησιμοποιοῦντες κατὰ τὴν αὐτὴν ὁδὸν τὸ μαγνητικὸν πεδίον, δυνάμεθα

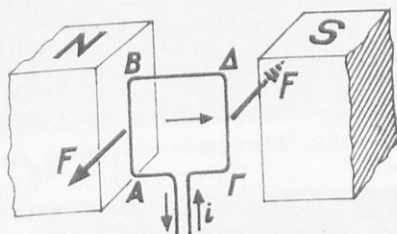
από την ηλεκτρικήν ενέργειαν νὰ παράγωμεν μηχανικὸν ἔργον. Μία παρομοία διάταξις ἀποτελεῖ τὴν ἀρχὴν τῶν ηλεκτρικῶν κινητήρων.

**§ 211.** Ἀπλοὶ ηλεκτρικοὶ κινητήρες συνεχοῦς ρεύματος. Οἱ ηλεκτρικοὶ κινητήρες βασίζονται εἰς τὴν ἀρχὴν τῆς προηγουμένης παραγράφου, μὲ μόνην τὴν διαφορὰν ὅτι ὁ ἀγωγὸς ἔχει σχῆμα πλαισίου (σχ. 212.)

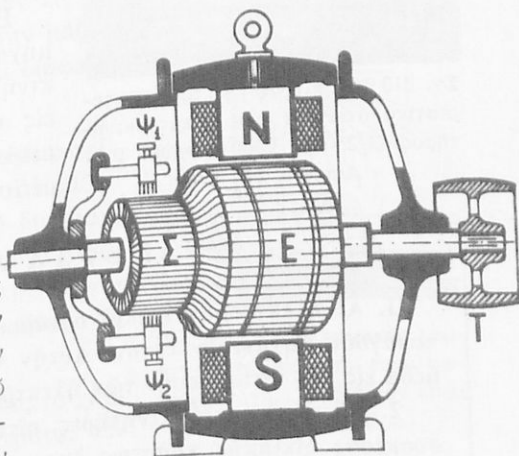
Τὸ πλαίσιον διαρρέεται ἀπὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα καὶ εὐρίσκεται μέσα εἰς τὸ μαγνητικὸν πεδίον ἐνὸς μονίμου μαγνήτου. Καθὼς γνωρίσωμεν, εἰς τὰς πλευράς AB καὶ ΓΔ τοῦ πλαισίου ἀσκοῦνται δύο δυνάμεις τοῦ ἰδίου μέτρου  $F$  ἀλλὰ ἀντιθέτου φορᾶς. Εἰς τὸ πλαίσιον συνεπῶς ἀσκεῖται ἓνα ζεῦγος δυνάμεων, ἡ ροπή τοῦ ὁποίου, ὡς πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ πλαισίου, παρασύρει τὸ πλαίσιον εἰς περιστροφικὴν κίνησιν.

Εἰς τὴν Τεχνικὴν ἀντὶ ἐνὸς πλαισίου χρησιμοποιοῦμεν πολλὰ πλαίσια, καταλλήλως περιελιγμένα καὶ μεμονωμένα μεταξὺ τῶν.

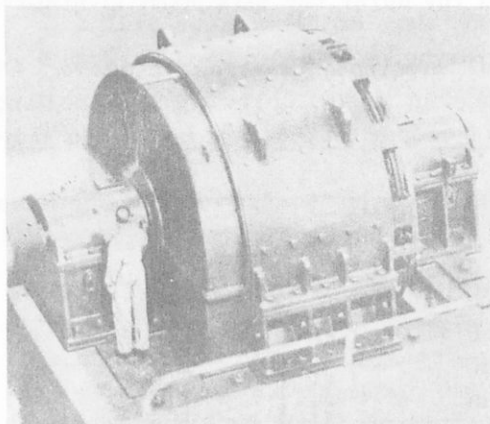
Ἐνας ηλεκτρικὸς κινητὴρ βιομηχανικῆς χρήσεως περιλαμβάνει ἓνα ηλεκτρομαγνήτην (σχ. 213), ὁ ὁποῖος ἀποτελεῖ τὸ ἀκίνητον μέρος τοῦ κινητήρος, ὀνομαζόμενον *στάτωρ*, καὶ τὸ σύστημα τῶν πλαισίων Ε ὁμοῦ μετὰ τοῦ ἄξονος περιστροφῆς, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ τὸ κινητὸν μέρος τοῦ κινητήρος, ὀνομαζόμενον *ρότωρ*.



Σχ. 212. Ἀρχὴ τῆς λειτουργίας ἐνὸς ηλεκτρικοῦ κινητήρος.



Σχ. 213. Σχεδιάγραμμα ἐνὸς κινητήρος συνεχοῦς ρεύματος.



Σχ. 213 α. Ἐξωτερικὸν ἡλεκτρικοῦ κινητήρος  
ἰσχύος 4 200 Ch.



Σχ. 213 β. Ἐπιγραφή μετὰ χαρακτηριστικὰ στοιχεῖα ἑνὸς ἡλεκτροκινητήρος. (1/25 Ch, 3 500 στρ/min, 0 - 7 Ampère, 110 Volt).

Εἰς ἕκαστον κινητήρα ὑπάρχει μία μικρὰ πλάξ, ἐπάνω εἰς τὴν ὁποίαν εἶναι ἀναγεγραμμένα διάφορα στοιχεῖα, σχετιζόμενα μετὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ κινητήρος (σχ. 213, β).

**§ 212. Ἴσχυς τῶν ἡλεκτρικῶν κινητήρων.** Οἱ ἡλεκτροκινητήρες, ἀναλόγως πρὸς τὸν προορισμὸν τῶν, κατασκευάζονται μετὰ διαφόρους τιμὰς ἰσχύων.

Οὕτω, π.χ., μία ἡλεκτρικὴ ξυριστικὴ μηχανὴ ἔχει ἰσχὺν 50 Watt, ἓνας συνηθισμένος ἀνεμιστήρ 100 Watt, μία ἡλεκτροκίνητος ραπτομηχανὴ 100 Watt ἐπίσης, κλπ.

Εἰς τὰ διάφορα ἐργαστήρια καὶ μηχανουργεῖα χρησιμοποιοῦνται κινητήρες ἰσχύος 3 ἕως 20 Ch, ἐνῶ εἰς τὰ ἡλεκτροκίνητα σιδηροδρομικὰ δίκτυα λειτουργοῦν κινητήρες μετὰ ἰσχὺν πολλῶν χιλιάδων ἵππων.

## ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Αἱ ἡλεκτρομαγνητικαὶ δυνάμεις ἔχουν τὴν ἰκανότητα νὰ παράγουν μηχανικὸν ἔργον. Αὐτὴν τὴν ιδιότητα ἐκμεταλλεῖσθε εἰς τὴν κατασκευὴν τῶν ἡλεκτρικῶν κινητήρων.

2. Οἱ ἡλεκτρικοὶ κινητήρες οἵτινες χρησιμοποιοῦνται εἰς συσκευὰς οἰκιακῆς χρήσεως ἔχουν μικρὰν ἰσχὺν, τῆς τάξεως τῶν 100 Watt. Εἰς τὰ ἐργοστάσια, εἰς τὰ μηχανουργεῖα καὶ εἰς τὰ ἐργαστήρια χρησιμοποιοῦνται κινητήρες ἰσχύος μερικῶν ἀτμοῦππων.

# V. ΟΠΤΙΚΗ

## MB' — ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΟΣ ΔΙΑΔΟΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

**§ 213. Φῶς.** Εἰς ἓνα σκοτεινὸν δωμάτιον φέρομεν ἓνα ἀνημέρον κηρίον ὅποτε βλέπομεν τὰ ἀντικείμενα τοῦ δωματίου, τὸ χρῶμα καὶ τὸ σχῆμα των. Τὸ αἶτιον, τὸ ὁποῖον ἐπέδρασεν εἰς τὸν ὀφθαλμόν μας καὶ μᾶς ἔκαμε νὰ ἴδωμεν, ὀνομάζεται **φῶς**.

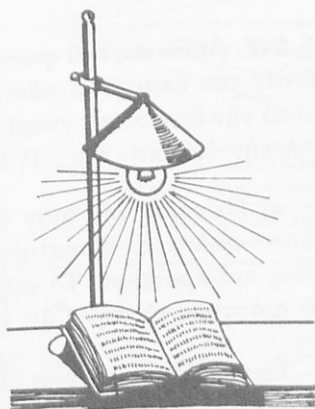
**§ 214. Φωνεῖναι πηγαί.** Τὰ σώματα τὰ ὁποῖα, ὅπως ὁ ἥλιος, ἡ φλόξ ἑνὸς κηρίου, τὸ διάπυρον σύρμα ἑνὸς ἡλεκτρικοῦ λαμπτήρος, κλπ., φωτοβολοῦν, ὀνομάζονται **αὐτόφωτα σώματα** ἢ **φωτεῖναι πηγαί**.

Τὰ σώματα τὰ ὁποῖα, ὡς ἡ Σελήνη, ὁ πίναξ τῆς τάξεως, τὰ βιβλία ἢ τὰ διάφορα ἀντικείμενα τοῦ δωματίου, κλπ., δὲν φωτοβολοῦν αὐτὰ τὰ ἴδια ἀλλὰ γίνονται ὁρατὰ ὅταν ἐπαναστέλλουν τὸ φῶς, τὸ ὁποῖον λαμβάνουν ἀπὸ φωτεινᾶς πηγᾶς, λέγονται **ἐτερόφωτα σώματα** (σχ. 214).

**§ 215. Διαφανῇ, ἡμιδιαφανῇ καὶ σκιερὰ σώματα.** Σώματα ὅπως ἡ ὕαλος, ὁ ἀήρ, τὸ ὕδωρ εἰς μικρὸν πάχος, μᾶς ἐπιτρέπουν νὰ βλέπωμεν τὰ ἀντικείμενα, τὰ ὁποῖα εὐρίσκονται ὀπισθεν αὐτῶν. Αὐτὸ συμβαίνει διότι ἐπιτρέπουν εἰς τὸ φῶς νὰ διέρχεται μέσα ἀπὸ τὴν μᾶζαν των. Τὰ σώματα αὐτὰ λέγονται **διαφανῇ σώματα**.

Ἡ γαλακτόχρους ὕαλος ἐπιτρέπει εἰς τὸ φῶς νὰ διέλθῃ μέσα ἀπὸ τὴν μᾶζαν της, χωρὶς ὅμως νὰ δύναται νὰ διακρίνῃ κανεὶς εὐδιακρίτως τὰ ἀντικείμενα τὰ ὁποῖα εὐρίσκονται ὀπισθεν αὐτῆς. Ἡ γαλακτόχρους ὕαλος εἶναι **ἡμιδιαφανὲς σῶμα**.

Ὁ τοῖχος τοῦ δωματίου μας, ὁ χάρτης, τὸ ξύλον καὶ ἄλλα σώματα, δὲν



Σχ. 214. Ὁ ἡλεκτρικὸς λαμπτήρ, ὅταν φωτίζει, εἶναι φωτεινὴ πηγὴ. Τὸ βιβλίον εἶναι ἐτερόφωτον σῶμα.



Σχ. 215. Ἡ σκιά δημιουργεῖται εἰς τὰ μὴ φωτιζόμενα τμήματα τοῦ χώρου.

ἐπιτρέπουν νὰ ἴδωμεν τὰ ἀντικείμενα τὰ ὁποῖα εὐρίσκονται ὀπισθεν αὐτῶν, διότι δὲν ἐπιτρέπουν εἰς τὸ φῶς νὰ διέλθῃ μέσα ἀπὸ τὴν μᾶζαν τῶν. Τὰ σώματα αὐτὰ ὀνομάζονται **ἀδιαφανῆ ἢ σκιερὰ σώματα.**

**§ 216. Σκιά.** Ὁ χώρος ὁ ὁποῖος εὐρίσκεται ὀπισθεν-τῶν-σκιερῶν σωμάτων καὶ δὲν φωτίζεται, μᾶς παρουσιάζεται σκοτεινὸς ἐν σχέσει πρὸς τὸν φωτιζόμενον χώρον. Ὁ χώρος αὐτὸς ὀνομάζεται **σκιά** (σχ. 215).

Ὡστε :

**Ἡ σκιά δημιουργεῖται ὀπισθεν ἐνὸς ἀδιαφανοῦς σώματος, τὸ ὁποῖον φωτίζεται.**

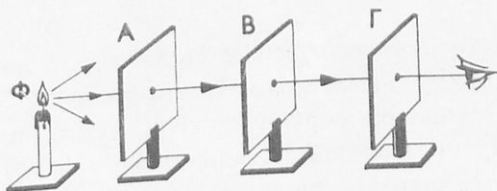
**§ 217. Διάδοσις τοῦ φωτός.** Εἰς τὸν ἥχον ἐμάθομεν ὅτι διὰ τὴν διάδοσιν τοῦ ἀπαιτεῖται πάντοτε ἓνα ὑλικόν, στερεόν, ὑγρὸν ἢ ἀέριον. Ἀπὸ τὴν θερμότητα γνωρίζομεν ὅτι αὕτη δὲν χρειάζεται ὑλικόν σῶμα διὰ τὴν διάδοσιν της. Τί θὰ συμβαίῃ ἄραγε μὲ τὸ φῶς ;

**α) Πείραμα.** Μὲ μίαν ἀεραντλίαν ἀφαιροῦμεν τὸ ἀέρα ἐνὸς υαλίνου σωλῆνος. Παρατηροῦμεν ὅτι ὁ σωλὴν παραμένει διαφανὴς ὅπως καὶ πρότερον. Τὸ φῶς τοῦ Ἡλίου καὶ τῶν ἀστρῶν ἔρχεται ἀπὸ τὸ Διάστημα εἰς τὴν Γῆν, καὶ διαπερᾷ τὸν κενὸν χώρον. Ὡστε :

**Τὸ φῶς δὲν χρειάζεται ὑλικὸν μέσον διὰ τὴν διάδοσιν του.**

**β)** Ἐνας λαμπτήρ, ὁ ὁποῖος φωτοβολεῖ εἰς τὸ μέσον ἐνὸς δωματίου, φαίνεται ἀπὸ ὅλας τὰς πλευράς του καὶ φωτίζει ὅλους τοὺς τοίχους. Τὸ φῶς τοῦ Ἡλίου κάμει νὰ φαίνονται οἱ πλανῆται, ἡ Σελήνη καὶ οἱ τεχνητοὶ δορυφόροι κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον, ἀνεξαρτήτως ἀπὸ τὴν θέσιν εἰς τὴν ὁποίαν εὐρίσκονται ὡς πρὸς τὸν Ἥλιον. Ὡστε :

Τὸ φῶς διαδίδεται πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον.



γ) Ἐάν τοποθετήσωμεν ἐπάνω εἰς μίαν τράπεζαν ἓνα ἀνημμένον κηρίον καὶ λάβωμεν τρία διαφράγματα, τὰ ὅποια νὰ ἔχουν ἑκαστον μίαν ὀπὴν εἰς τὸ ὕψος τῆς φλογὸς τοῦ κηρίου (σχ. 216) καὶ τοποθετήσωμεν τὸν ὀφθαλμόν μας εἰς κατάλληλον θέσιν, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ φλὸξ τοῦ κηρίου φαίνεται, μόνον εἰς τὴν περίπτωσιν κατὰ τὴν ὁποίαν αἱ τρεῖς ὀπαί, ἡ φλὸξ καὶ ὁ ὀφθαλμός εὐρίσκονται εἰς εὐθεῖαν γραμμὴν.

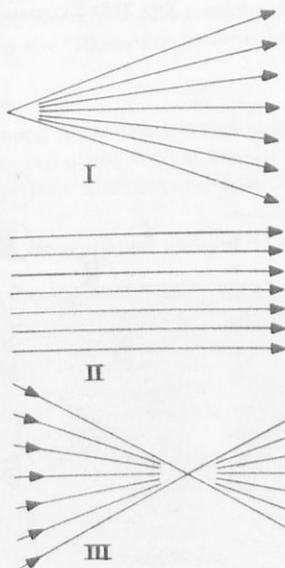
Ὡστε :

Τὸ φῶς διαδίδεται εὐθυγράμμως.

δ) Ἐάν εἰς ἓνα σκοτεινὸν δωμάτιον εἰσέλθῃ φῶς τοῦ Ἡλίου ἀπὸ ἓνα ἄνοιγμα, παρατηροῦμεν μίαν **παράλληλον φωτεινὴν δέσμην**. Ἄν τὸ ἄνοιγμα εἶναι μικρόν, π.χ. μία ὀπή μὲ διάμετρον 1 mm, ἡ δέσμη παρουσιάζεται λεπτὴ. Τοιαῦτα λεπτά φωτεινὰ δέσματα ὀνομάζονται τὴν Φυσικὴν **φωτεινὰ ἀκτίνες**.

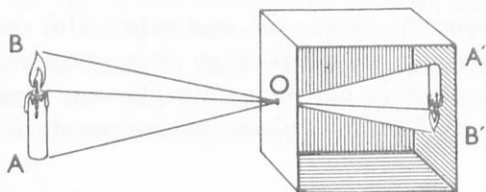
Ὅταν αἱ ἀκτίνες μιᾶς φωτεινῆς δέσμης κατευθύνονται εἰς ἓνα σημεῖον, ἡ δέσμη ὀνομάζεται **συγκλίνουσα** (σχ. 217, III). Ἀντιθέτως ὅταν αἱ ἀκτίνες μιᾶς δέσμης, ἀπομακρυνόμεναι ἢ μία, ἀπὸ τὴν ἄλλην, ἡ δέσμη ὀνομάζεται **ἀποκλίνουσα** (σχ. 217, I).

Ὅταν ἡ φωτεινὴ πηγὴ ἔχῃ μικρὰς διαστάσεις καὶ δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς φωτεινὸν σημεῖον, ἡ σκιά τῶν σωμάτων εἶναι ὁμοιόμορφος. Ὅταν ὅμως ἡ φωτεινὴ πηγὴ

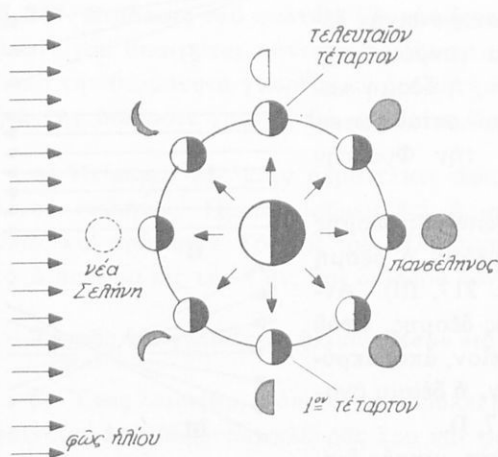


Σχ. 217. Φωτεινὰ δέσματα. (I) Ἀποκλίνουσα, (II) παράλληλος καὶ (III) συγκλίνουσα.

ἔχη μεγάλας σχετικῶς διαστάσεις, ἡ σκιά δὲν εἶναι ὁμοιόμορφος. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν τὸ μέρος τῆς σκιάς τὸ ὁποῖον περιβάλλει τὴν κεντρικὴν σκιάν καὶ εἶναι ὀλιγώτερον ἔντονον ἀπὸ αὐτὴν, ὀνομάζεται παρασκιά. Ἡ παρασκιά δὲν φωτίζεται ἀπὸ ὅλας τὰς περιοχὰς τῆς φωτεινῆς πηγῆς, ἀλλὰ μόνον ἀπὸ ὠρισμένας.



Σχ. 218. Σκοτεινὸς θάλαμος.



Σχ. 219. Αἱ φάσεις τῆς Σελήνης.

**§ 218. Ἀποτελέσματα τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός.** 1) **Σκοτεινὸς θάλαμος.** Ὁ σκοτεινὸς θάλαμος στηρίζεται εἰς τὴν εὐθύταμμον διάδοσιν τοῦ φωτός. Ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓνα κλειστὸν ἀδιαφανὲς κιβώτιον, τὸ ὁποῖον ἔχει εἰς τὸ κέντρον μιᾶς ἑδρας τοῦ μίαν μικρὰν ὀπὴν. Τὰ ἀντικείμενα, τὰ ὁποῖα εὐρίσκονται ἔμπροσθεν τῆς ὀπῆς, ἀπεικονίζονται εἰς τὴν ἀπέναντι ἀπὸ αὐτὴν ἑδραν ἀνέστραμμένα (σχ. 218).

Ἐφαρμογὴν τοῦ σκοτεινοῦ θαλάμου ἔχομεν εἰς τὴν φωτογραφικὴν μηχανήν. Εἰς τὴν θέσιν τῆς ὀπῆς ὑπάρχει φακὸς καὶ εἰς τὴν ἀπέναντι ἑδραν τοποθετεῖται ἡ φωτογραφικὴ πλᾶξ.

## 2) Σκιά καὶ παρασκιά.

Ἡ σκιά καὶ ἡ παρασκιά, διὰ τὰς ὁποίας ὁμιλήσαμεν ἀνωτέρω, ὀφείλονται εἰς τὴν εὐθύγραμμον διάδοσιν τοῦ φωτός.

## 3) Φάσεις τῆς Σελήνης.

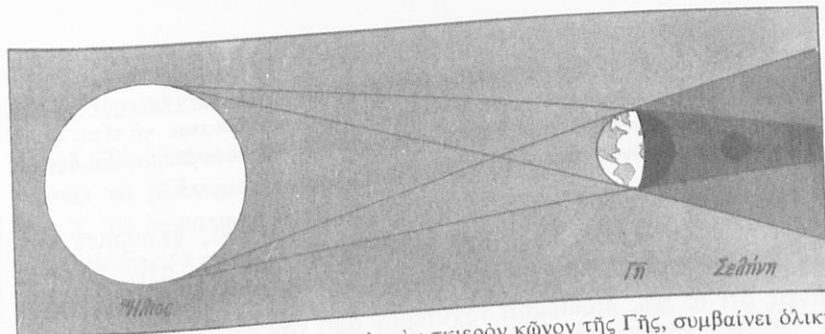
**Ἐκλείψεις τοῦ Ἡλίου καὶ**

**τῆς Σελήνης.** α) Ἡ Σελήνη εἰς τὸ διάστημα περίπου ἑνὸς μηνὸς παρουσιάζεται με διαφορετικὰς μορφάς, τὰς ὁποίας ὀνομάζομεν συνήθως *φάσεις τῆς Σελήνης*.

Ἡ ἡμίσεια σεληνιακὴ σφαῖρα, ἥτις εἶναι πάντοτε ἑστραμμένη πρὸς τὸν ἥλιον,

Ψηφιοποιήθηκε ἀπὸ τὸ Ἰνστιτούτο Εκπαιδευτικῆς Πολιτικῆς





Σχ. 220. "Όταν ἡ Σελήνη εἰσέλθῃ εἰς τὸν σκιερὸν κῶνον τῆς Γῆς, συμβαίνει ὀλική ἔκλειψις Σελήνης.

φωτίζεται συνεχῶς, ἐνῶ ἡ ἄλλη ἡμίσεια παραμένει πάντοτε σκοτεινὴ.

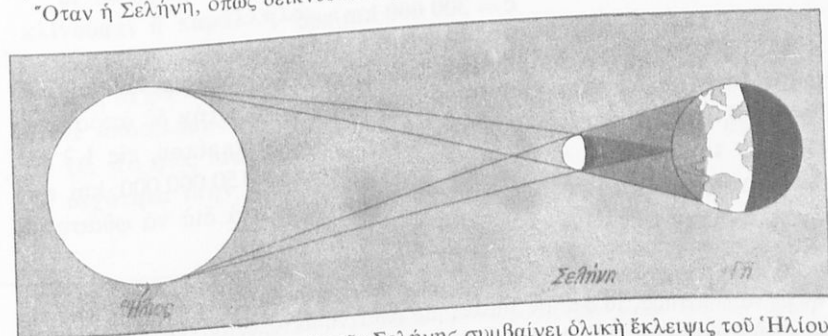
Ἐξ αἰτίας τῆς κυκλικῆς κινήσεως τῆς Σελήνης περὶ τὴν Γῆν βλέπομεν, ἀναλόγως μὲ τὴν τοποθέτησιν τοῦ Ἥλιου, τῆς Γῆς καὶ τῆς Σελήνης, ἄλλοτε ὀλόκληρον τὸ φωτισμένον τμήμα τοῦ δορυφόρου μας (πανσέληνος) καὶ ἀκολουθῶς ὅλο καὶ μικρότερον τμήμα τοῦ σεληνιακοῦ δίσκου (σχ. 219), μέχρις ὅτου ἡ Σελήνη ἐξαφανισθῇ τελείως ἀπὸ τὸν οὐρανὸν (νέα Σελήνη).

β) Ἡ Γῆ καὶ ἡ Σελήνη εἶναι σκιερὰ σώματα καὶ σχηματίζουν μίαν σκοτεινὴν κωνικὴν σκιάν. Ἡ σκιά αὐτὴ εἶναι ἡ αἰτία τῶν ἐκλείψεων τοῦ Ἥλιου καὶ τῆς Σελήνης. Πράγματι, ὅταν ἡ Σελήνη, ὅπως δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 220, εἰσέλθῃ εἰς τὸν κῶνον τῆς σκιάς τῆς Γῆς, παύει νὰ φωτίζεται ἀπὸ τὸν Ἥλιον καὶ τοιοῦτοτρόπως δὲν εἶναι πλέον ὁρατὴ.

Τὸ φαινόμενον αὐτὸ ὀνομάζεται ἔκλειψις Σελήνης.

Ἡ ἔκλειψις δύναται νὰ εἶναι ὀλική, ὅταν ὀλόκληρος ἡ Σελήνη εἰσέρχεται εἰς τὸν σκιερὸν κῶνον τῆς Γῆς ἢ μερική, ὅταν εἰσέρχεται ἓνα μέρος τῆς καὶ φωτίζεται τὸ ἄλλο. Αἱ ἐκλείψεις τῆς Σελήνης συμβαίνουν κατὰ τὴν πανσέληνον, ἡ δὲ Γῆ εὐρίσκεται τότε μεταξὺ Ἥλιου καὶ Σελήνης.

Όταν ἡ Σελήνη, ὅπως δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 221, παρεμβληθῇ μεταξὺ Ἥλιου



Σχ. 221. Ἐντὸς τῆς κυρίας σκιάς τῆς Σελήνης συμβαίνει ὀλική ἔκλειψις τοῦ Ἥλιου, ἐνῶ ἐντὸς τῆς παρασκιάς μερική ἔκλειψις.

καὶ Γῆς, δύναται νὰ καλύψῃ τὸν ἥλιον, ὅποτε λέγομεν ὅτι ἔχομεν ἔκλειψιν Ἡλίου. Ἡ ἔκλειψις Ἡλίου συμβαίνει κατὰ τὴν νέαν Σελήνην καὶ δύναται νὰ εἶναι ὀλική ἢ μερικὴ ἢ δακτυλιοειδής, ὅταν ἡ Σελήνη καλύπτῃ τὸν ἡλιακὸν δίσκον καὶ ἀφήνῃ νὰ φαίνεται μόνον ἓνας φωτεινὸς δακτύλιος.

**§ 219. Ταχύτης τοῦ φωτός.** Κατὰ τὰς καταιγίδας ἀκούομεν τὴν βροντὴν, ἀφοῦ παρέλθουν μερικὰ δευτερόλεπτα ἀπὸ τὴν στιγμὴν κατὰ τὴν ὁποίαν ἀντελήφθημεν τὴν ἀστραπὴν. Ἀπὸ αὐτὸ συμπεραίνει κανεὶς ὅτι τὸ φῶς διαδίδεται ταχύτερον ἀπὸ τὸν ἥχον.

Τὸ ὅτι ἡ διάδοσις τοῦ φωτός γίνεται μὲ ἐξαιρετικῶς μεγάλην ταχύτητα, δύναται νὰ τὸ παρατηρήσῃ κανεὶς ἂν βρεθῇ εἰς ἓνα μακρὺν δρόμον, τὴν στιγμὴν κατὰ τὴν ὁποίαν ἀνάπτουν οἱ ἠλεκτρικοὶ λαμπτήρες. Πράγματι ἐπειδὴ ἀπέχουν ἀρκετὴν ἀπόστασιν μεταξύ των οἱ φανοστάται, θὰ ἔπρεπε νὰ ἴδῃ κανεὶς μὲ κάποιαν καθυστέρησιν τὸ ἄναμμα τοῦ τελευταίου λαμπτήρος. Ἄν παρατηροῦμεν ἐν τούτοις τὸ ἄναμμα τῶν λαμπτήρων, μᾶς δημιουργεῖται ἡ ἐντύπωσις ὅτι ὅλοι ἀνάπτουν ταυτοχρόνως. Αὐτὸ ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι τὸ φῶς διαδίδεται μὲ τόσον μεγάλην ταχύτητα, ὥστε δὲν δυνάμεθα νὰ παρατηρήσωμεν τὴν διάδοσιν του παρὰ μόνον μὲ ὠρισμένα βοηθητικὰ μέσα.

Μὲ ἀκριβεῖς μετρήσεις οἱ Φυσικοὶ κατὼρθωσαν νὰ ἐξακριβώσουν ὅτι :

Ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός εἰς τὸ κενὸν καὶ περίπου εἰς τὸν ἀέρα εἶναι ἴση μὲ 300 000 χιλιόμετρα ἀνὰ δευτερόλεπτον. Δηλαδή :

$$c = 300\,000 \text{ km/sec}$$

Μὲ τὴν ταχύτητα αὐτὴν τὸ φῶς διανύει εἰς 1 δευτερόλεπτον διάστημα ἴσον μὲ 7,5 φοράς τὴν περίμετρον τῆς Γῆς, τὴν δὲ ἀπόστασιν Γῆς - Σελήνης, ἡ ὁποία εἶναι ἴση μὲ 384 000 km περίπου, εἰς 1,2 sec.

Ἀπὸ τὸν ἥλιον, ὁ ὁποῖος ἀπέχει περίπου 150 000 000 km ἀπὸ τὴν Γῆν, χρειάζεται τὸ φῶς 8 καὶ 1/3 πρῶτα λεπτὰ διὰ νὰ φθάσῃ εἰς τὸν πλανήτην μας.

Εἰς τὴν Ἀστρονομίαν μετροῦν τὰς ἀποστάσεις τῶν ἀπλανῶν ἀστέρων ἀπὸ τὴν Γῆν μὲ τὸ διάστημα, τὸ ὁποῖον διανύει μία φωτεινὴ ἀκτίς ἐντὸς ἐνὸς ἔτους. Ἡ μὴν αὕτη ὀνομάζεται ἔτος φωτός. Δηλαδή εἶναι :

1 ἔτος φωτός =  $300\,000 \text{ km} \cdot 365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 = 9,46 \cdot 10^{12} \text{ km}$  ἢ 10 δισεκατομμύρια χιλιόμετρα περίπου.

1. Τὸ αἷτιον τὸ ὁποῖον διεγείρει τὸν ὀφθαλμόν μας καὶ μᾶς κάνει νὰ βλέπωμεν ὀνομάζεται φῶς.

2. Τὰ σώματα τὰ ὁποῖα ἐκπέμπουν ἰδικόν των φῶς, ὀνομάζονται αὐτόφωτα σώματα ἢ φωτεινὰ πηγὰί. Τὰ σώματα τὰ ὁποῖα γίνονται ὁρατά, ὅταν φωτίζωνται ἀπὸ ἄλλα σώματα, ὀνομάζονται ἑτερόφωτα σώματα.

3. Τὰ σώματα, τὰ ὁποῖα ἐπιτρέπουν εἰς τὸ φῶς νὰ διέλθῃ ἀπὸ τὴν μᾶζαν των, ὀνομάζονται διαφανῆ. Τὰ ἡμιδιαφανῆ σώματα δὲν ἐπιτρέπουν νὰ ἴδωμεν τὰ ἀντικείμενα, τὰ εὐρισκόμενα, ὀπισθεν αὐτῶν, ἀφήνουν ὅμως τὸ φῶς νὰ διέλθῃ μέσα ἀπὸ τὴν μᾶζα των.

4. Τὰ ἀδιαφανῆ σώματα δὲν ἐπιτρέπουν εἰς τὸ φῶς νὰ διέλθῃ μέσα ἀπὸ τὴν μᾶζαν των. Ὅπισθεν τῶν ἀδιαφανῶν σωμάτων σχηματίζεται σκιά.

5. Ὅταν αἱ φωτεινὰ πηγὰί δὲν εἶναι φωτεινὰ σημεῖα, ἔχομεν σκιὰν καὶ παρασκιὰν.

6. Τὸ φῶς δὲν χρειάζεται ὕλικόν μέσον διὰ νὰ διαδοθῇ, διαδίδεται δὲ ἰσοτρόπως, δηλαδὴ κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις, καὶ εὐθυγράμμως.

7. Ἡ φωτεινὴ ἀκτίς εἶναι μία πολὺ λεπτὴ παράλληλος δέσμη φωτός.

8. Αἱ φωτεινὰ δέσμαι δύνανται νὰ εἶναι συγκλίνουσαι, ἀποκλίνουσαι ἢ παράλληλοι.

9. Ὁ σχηματισμὸς τῆς εἰκόνος εἰς τὸν σκοτεινὸν θάλαμον, ἢ σκιά, αἱ φάσεις τῆς Σελήνης, αἱ ἐκλείψεις Ἡλίου καὶ Σελήνης, εἶναι ἀποτελέσματα τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός.

10. Τὸ φῶς διαδίδεται εἰς τὸ κενὸν καὶ περίπου εἰς τὸν ἀέρα μὲ ταχύτητα ἴσην πρὸς :

$$c = 300\,000 \text{ km/sec}$$

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

158. Μὲ μίαν φωτογραφικὴν μηχανὴν φωτογραφίζομεν ἓναν πύργον ὕψους 40 m, ὃ ὁποῖος εὐρίσκεται 300 m μακράν. Ἐὰν τὸ βάθος τοῦ σκοτεινοῦ θαλάμου τῆς μηχανῆς εἶναι 30 cm, νὰ εὐρεθῇ τὸ ὕψος τῆς εἰκόνος, ἢ ὁποῖα θὰ ἐμφανισθῇ. (Ἀπ. 4 cm).

**159.** Μία κυκλική φωτεινή πηγή έχει διάμετρον 4 cm και εὐρίσκεται εἰς ἀπόστασιν 50 cm ἀπὸ ἓνα ἀδιαφανὴ δίσκον, διαμέτρον 20 cm. Νὰ εὐρεθοῦν αἱ διαμέτροι τῆς σκιᾶς καὶ τῆς παρασκιᾶς, αἱ ὁποῖαι θὰ ἐμφανισθοῦν εἰς μίαν ὀθόνην, ἥ ὅποια ἀπέχει 1 m ἀπὸ τὸ ἀδιαφανὲς σῶμα. (᾽Απ. 52 cm, 8 cm.)

**160.** Ἡ ἀπόστασις τῆς ὀπῆς ἐνὸς σκοτεινοῦ θαλάμου ἀπὸ τὴν ἀπέναντι ἔδραν του εἶναι 30 cm. Πόσον εἶναι τὸ ὕψος τοῦ εἰδώλου ἐνὸς ἀντικειμένου ὕψους 20 cm, τὸ ὅποιον ἀπέχει 75 cm ἀπὸ τὴν ὀπὴν. (Νὰ γίνῃ γραφικὴ λύσις τοῦ προβλήματος) (᾽Απ. 8 cm.)

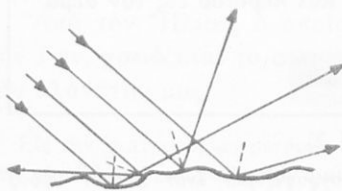
**161.** Τὸ μῆκος ἐνὸς σκοτεινοῦ θαλάμου εἶναι 24 cm. Εἰς πόσῃ ἀπόστασιν ἀπὸ τὸ ἄνοιγμα πρέπει νὰ τοποθετήσωμεν ἓνα ἀντικείμενον, διὰ νὰ σχηματισθῇ διπλασίον ὕψους εἰκὼν τοῦ ἀντικειμένου. (Νὰ γίνῃ γραφικὴ λύσις). (᾽Απ. 12 cm.)

**162.** Αἱ ἡλιακαὶ ἀκτῖνες προσπίπτουν ὑπὸ γωνίαν  $60^\circ$  εἰς τὸ ἔδαφος καὶ σχηματίζουν τὴν σκιὰν ἐνὸς δένδρου. Ἄν τὸ μῆκος τῆς σκιᾶς εἶναι 7 m, πόσον εἶναι τὸ ὕψος τοῦ δένδρου. (Νὰ γίνῃ γραφικὴ λύσις). (᾽Απ. 12 m.)

## ΜΓ' — ΑΝΑΚΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ. ΕΠΙΠΕΔΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

**§ 220. Διάχυτος καὶ κανονικὴ ἀνάκλασις τοῦ φωτός.** Ἀπὸ τὴν πείραν γνωρίζομεν ὅτι διὰ νὰ βλέπωμεν τὰ διάφορα ἀντικείμενα, πρέπει νὰ εἰσχωροῦν εἰς τοὺς ὀφθαλμούς μας φωτεινὰ ἀκτῖνες προερχόμεναι ἀπὸ τὰ ἀντικείμενα αὐτά. Αἱ ἐπιφάνειαι ὅμως τῶν περισσοτέρων ἀντικειμένων εἶναι συνήθως τραχεῖαι καὶ τὸ φῶς, τὸ ὅποιον πίπτει ἐπ' αὐτῶν, διευθύνεται κατόπιν ἀκανονίστως πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις (σχ. 222). Τὸ φαινόμενον αὐτὸ ὀνομάζεται **διάχυτος ἀνάκλασις** ἢ ἀπλῶς **διάχυσις τοῦ φωτός**. Ὡστε :

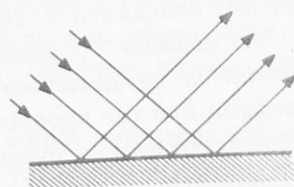
Διάχυτος ἀνάκλασις ἢ διάχυσις τοῦ φωτός ὀνομάζεται τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ ὅποιον ὅταν προσπέσῃ φῶς ἐπάνω εἰς μίαν τραχεῖαν καὶ ἀκανόνιστον ἐπιφάνειαν, διευθύνεται μετὰ τὴν πρόσπτωσίν του πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις.



Σχ. 222. Διάχυσις τοῦ φωτός.

Ἐξ αἰτίας τοῦ διαχύτου ἡλιακοῦ φωτός φωτιζόμεθα πρὶν ἀνατεῖχῃ ὁ ἥλιος (λυκαυγὲς) ἢ ὅταν ἔχει δύσει (λυκόφως),

ὅπως ἐπίσης καὶ ὅταν ἐπικρατῇ νέφωσης. Εἰς τὰς περιπτώσεις αὐτὰς τὸ φῶς φθάνει εἰς τοὺς ὀφθαλμούς μας, ἀφοῦ προσπέση διαδοχικῶς εἰς αἰωρούμενα μόρια σκόνης καὶ ἄλλα σωματίδια, τὰ ὁποῖα εὐρίσκονται εἰς τὴν ἀτμόσφαιρα καὶ ἀφοῦ ὑποστῇ ἀλλεπαλλήλους διαχύσεις.



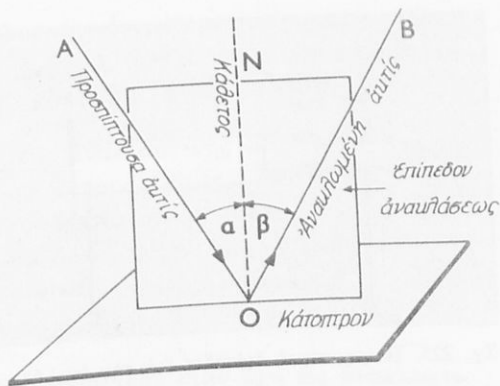
Σχ. 223. Ἀνάκλασις τοῦ φωτός.

Ἐφαρμογὴν τῆς διαχύσεως ἔχομεν εἰς τοὺς λεγομένους κρυφοὺς φωτισμοὺς τῶν αἰθουσῶν, κλπ.

Ἐὰν ἀπὸ μίαν ὀπὴν ἑνὸς σκοτεινοῦ θαλάμου δεχθῶμεν μίαν δέσμην ἡλιακῶν ἀκτίνων καὶ τὴν ἀφήσωμεν νὰ προσπέση ἐπὶ μιᾷ στυλ-πνῆς μεταλλικῆς πλακός, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι τὸ φῶς θὰ μεταβάλλῃ διεύθυνσιν διαδόσεως, χωρὶς νὰ ὑποστῇ διάχυσιν (σχ. 223). Τὸ φαινόμενον αὐτὸ ὀνομάζεται κανονικὴ ἀνάκλασις τοῦ φωτός ἢ ἀπλῶς ἀνάκλασις τοῦ φωτός. Ὡστε :

**Κανονικὴ ἀνάκλασις ἢ ἀνάκλασις τοῦ φωτός,** ὀνομάζεται τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ ὁποῖον τὸ φῶς μεταβάλλει πορείαν διαδόσεως, ὅταν συναντήσῃ εἰς τὸν δρόμον του μίαν λείαν καὶ στυλπνὴν ἐπιφάνειαν.

**§ 221. Νόμοι τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός.** Εἰς τὸ σχῆμα-224 ἡ ΑΟ δεικνύει τὴν διεύθυνσιν μιᾷ φωτεινῆς ἀκτίνος ἢ ὁποῖα συναντᾷ εἰς τὴν πορείαν τῆς μίαν λείαν καὶ στυλπνὴν ἐπίπεδον πλάκα, ἣτις ἀποτελεῖ τὴν ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν, ἐνῶ ἡ ΟΒ δεικνύει τὴν διεύθυνσιν τῆς φωτεινῆς ἀκτίνος μετὰ ἀπὸ τὴν ἀνάκλασιν. Ἡ ἀκτίς ΑΟ ἢ ὁποῖα συναντᾷ εἰς τὴν πορείαν τῆς τὴν ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν ὀνομάζεται προσπίπτουσα ἀκτίς, τὸ δὲ σημεῖον ΠΟ εἰς τὸ ὁποῖον συναντᾷ τὴν ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν,



Σχ. 224. Διὰ τὴν ἐξήγησιν τῶν νόμων τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός.

ονομάζεται *σημείον προσπτώσεως*. Ἡ  $OB$ , ἡ ὁποία ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὴν ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν ονομάζεται *ἀνακλωμένη ἀκτίς*.

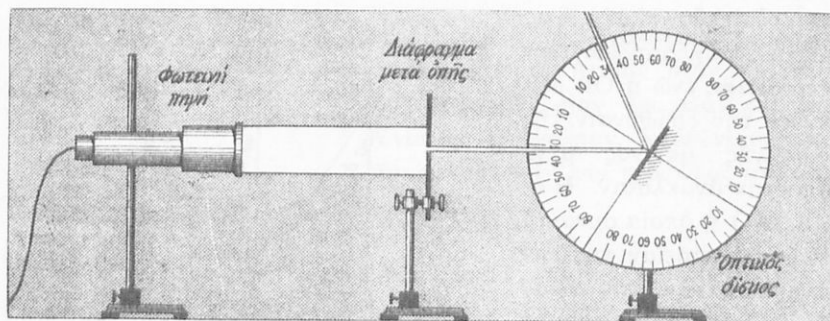
Ἄν φέρωμεν τὴν εὐθεΐαν  $ON$  κάθετον εἰς τὴν ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν, θὰ σχηματισθοῦν δύο γωνίαι. Ἡ γωνία  $AON$ , ἡ ὁποία σχηματίζεται ἀπὸ τὴν προσπίπτουσαν ἀκτίνα καὶ τὴν κάθετον εἰς τὸ σημεῖον προσπτώσεως, ονομάζεται *γωνία προσπτώσεως*· ἡ γωνία  $NOB$ , ἡ ὁποία σχηματίζεται ἀπὸ τὴν κάθετον εἰς τὸ σημείον προσπτώσεως καὶ τὴν ἀνακλωμένην ἀκτίνα, ονομάζεται *γωνία ἀνακλάσεως*. Τὸ ἐπίπεδον τὸ ὁποῖον ὀρίζεται ἀπὸ τὴν προσπίπτουσαν καὶ τὴν ἀνακλωμένην ἀκτίνα, ονομάζεται *ἐπίπεδον προσπτώσεως*.

Ἡ ἀνάκλασις τοῦ φωτὸς ἀκολουθεῖ τοὺς ἑξῆς δύο νόμους :

**1ος νόμος.** Τὸ ἐπίπεδον προσπτώσεως, τὸ ὁποῖον ὀρίζεται ἀπὸ τὴν προσπίπτουσαν καὶ τὴν ἀνακλωμένην ἀκτίνα, εἶναι κάθετον εἰς τὴν ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν.

**2ος νόμος.** Ἡ γωνία προσπτώσεως εἶναι ἴση μὲ τὴν γωνίαν ἀνακλάσεως.

**§ 222. Πειραματικὴ ἀπόδειξις τῶν νόμων τῆς ἀνακλάσεως.**  
Τὸ σχῆμα 225 δεικνύει μίαν ἀπλὴν συσκευὴν, μὲ τὴν ὁποίαν δυνάμεθα νὰ ἀποδείξωμεν ἱκανοποιητικῶς τοὺς νόμους τῆς ἀνακλάσεως. Ἀπὸ μίαν ὀπὴν ἀφήνομεν νὰ εἰσέλθῃ μία λεπτὴ παράλληλος φωτεινὴ δέσμη, ἡ τροχία τῆς ὁποίας διακρίνεται ἀπὸ τὸ φωτεινὸν ἴχνος τὸ ὁποῖον σχη-



Σχ. 225. Πειραματικὴ διάταξις διὰ τὴν ἐπαλήθευσιν τῶν νόμων τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτὸς

ματίζει ἐπάνω εἰς ἓνα λευκὸν καὶ λεπτὸν κατακόρυφον δίσκον, ὁ ὁποῖος εἶναι ὑποδιηρημένος εἰς μοίρας καὶ τοποθετημένος οὕτως, ὥστε ἡ ἐπιφάνειά του νὰ συμπίπτῃ μὲ τὴν διεύθυνσιν διαδόσεως τῆς φωτεινῆς δέσμης.

Εἰς τὸ κέντρον τοῦ δίσκου ὑπάρχει ἓνα μικρὸν κάτοπτρον. Οὕτως ἡ προσπίπτουσα ἀκτὶς ἀνακλᾶται καὶ δίδει τὴν ἀνακλωμένην ἀκτίνα, τὸ φωτεινὸν ἴχνος τῆς ὁποίας σχηματίζεται ἐπίσης ἐπάνω εἰς τὸν δίσκον.

Ἀπὸ τὴν μέτρησιν τῶν γωνιῶν προσπτώσεως καὶ ἀνακλάσεως βλέπομεν ὅτι αἱ γωνίαι αὗται εἶναι ἴσαι. Ἐφ' ὅσον δὲ τὰ ἴχνη τῶν δύο ἀκτίνων σχηματίζονται ἐπάνω εἰς τὸν κατακόρυφον δίσκον, συμπεραίνομεν ὅτι αἱ ἀκτίνες εὐρίσκονται εἰς ἐπίπεδον κάθετον πρὸς τὴν ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν (διότι ὁ κατακόρυφος δίσκος εἶναι κάθετος πρὸς τὸ ὀριζόντιον κάτοπτρον).

**§ 223. Ἀρχὴ τῆς ἀντιστροφῆς πορείας τοῦ φωτός.** Πειραματικῶς ἀποδεικνύεται ὅτι ἐὰν τὸ φῶς ἀκολουθῇ εἰς τὴν διάδοσίν του μίαν ὀρισμένην πορείαν, εἶναι δυνατόν νὰ διαδοθῇ ἀκολουθῶν καὶ τὴν ὀρίσμενην πορείαν, εἶναι δυνατόν νὰ διαδοθῇ ἀκολουθῶν καὶ τὴν ὀρίσμενην πορείαν. Οὕτως, ὅταν μία φωτεινὴ ἀκτὶς ἀνακλᾶται καὶ ἀκολουθῇ τὴν διεύθυνσιν AOB (σχ. 224), εἶναι δυνατόν νὰ διαδοθῇ καὶ κατὰ τὴν διεύθυνσιν BOA.

Ἡ ἰδιότης αὕτη τοῦ φωτός εἶναι γνωστὴ μὲ τὴν ὀνομασίαν ἀρχὴ τῆς ἀντιστροφῆς πορείας τοῦ φωτός.

**§ 224. Κάτοπτρα.** Εἰς τὴν Φυσικὴν ὀνομάζομεν κάτοπτρον πᾶσαν λείαν καὶ στιλπνὴν ἐπιφάνειαν, ἡ ὁποία ἀνακλᾶ τὸ φῶς τὸ προσπίπτον ἐπ' αὐτῆς, συμφώνως πρὸς τοὺς γνωστοὺς νόμους τῆς ἀνακλάσεως.

Ἀναλόγως μὲ τὴν μορφήν τῆς ἀνακλαστικῆς ἐπιφανείας διακρίνονται τὰ κάτοπτρα εἰς διαφόρους τύπους. Οὕτως, ἐὰν ἡ ἀνακλαστικὴ ἐπιφάνεια εἶναι ἐπίπεδος, τὸ κάτοπτρον ὀνομάζεται ἐπίπεδον (σχ. 226).

Ἄν ἡ ἀνακλαστικὴ ἐπιφάνεια εἶναι σφαιρικὴ, τὸ κάτοπτρον ὀνομάζεται σφαιρικόν. Εἰς τὴν περίπτωσιν ὅμως τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων διακρίνομεν κοῖλα καὶ κυρτὰ σφαιρικά κάτοπτρα.

Κοῖλον λέγεται τὸ σφαιρικόν κάτοπτρον ὅταν ἔχῃ ὡς ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν τὸ ἐσωτερικόν τῆς σφαίρας. Κυρτὸν λέγεται τὸ σφαι-





Σχ. 226. Ἡ ἡρεμος ἐπιφάνεια μιᾶς λίμνης ἀποτελεῖ ἐπίπεδον κάτοπτρον.

ρικὸν κάτοπτρον ὅταν ἔχη ὡς ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν τὸ ἐξωτερικὸν μέρος τῆς σφαίρας.

**§ 225. Ἐπίπεδα κάτοπτρα.** Ἄν σταθῶμεν ἐμπρὸς εἰς ἓνα ἐπίπεδον κάτοπτρον, παρατηροῦμεν ὀπίσω ἀπὸ τὴν ὑαλὸν τοῦ ἓνα ὁμοίωμα τοῦ ἑαυτοῦ μας, ὅπως ἐπίσης καὶ τῶν ἀντικειμένων τὰ ὁποῖα εὐρίσκονται ἔμπροσθεν ἀπὸ τὸ κάτοπτρον.

Ὅ,τι βλέπομεν μέσα εἰς τὸ κάτοπτρον δὲν ὑπάρχει βεβαίως εἰς τὴν πραγματικότητα, σχηματίζεται δὲ ἀπὸ τὰς ἀκτίνας, αἱ ὁποῖαι ἀφοῦ προσπέσουν εἰς τὸ κάτοπτρον ἀνακλῶνται,

συμφώνως πρὸς τοὺς νόμους τῆς ἀνακλάσεως, καὶ συναντοῦν μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῶν τοὺς ὀφθαλμούς μας. Οὕτω μᾶς δημιουργοῦν τὴν ἐντύπωσιν ὅτι προέρχονται ἀπὸ σημεῖα εὐρίσκόμενα ὀπίσω ἀπὸ τὸ κάτοπτρον καὶ τὰ ὁποῖα σχηματίζουν κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ὁμοιώματα τῶν ἀντικειμένων. Τὰ ὁμοιώματα αὐτὰ ὀνομάζονται *φανταστικά εἰδῶλα*.

Τὸ σχῆμα 227 δεικνύει τὸν σχηματισμὸν φανταστικοῦ εἰδώλου Α' ἐνὸς φωτεινοῦ σημείου Α, τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται ἔμπροσθεν ἐνὸς ἐπίπεδου κατόπτρου. Ὁ ὀφθαλμὸς συλλαμβάνει τὰς ἀνακλωμένας ἀκτίνας ΟΒ καὶ ΟΓ, αἱ ὁποῖαι προεκτινόμεναι τέμνονται εἰς τὸ Α' καὶ σχηματίζουν τοιοῦτοτρόπως τὸ φανταστικὸν εἶδωλον τοῦ σημείου Α.

Ἀπὸ τὴν μελέτην τῶν ἐπιπέδων κατόπτρων συμπεραίνομεν τὰ ἀκόλουθα.

α) Τὰ εἰδῶλα τὰ ὁποῖα δίδουν τὰ ἐπίπεδα κάτοπτρα εἶναι φαντα-

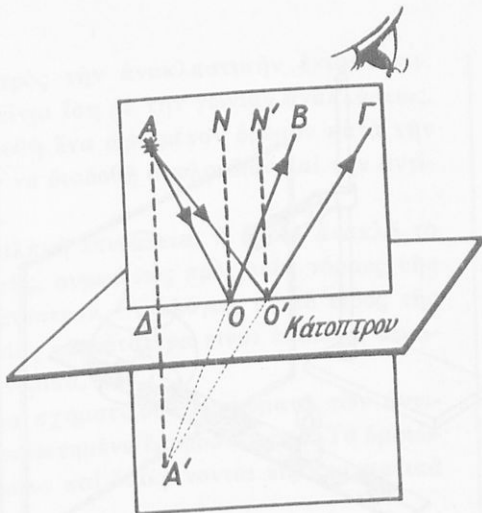


στικά, δὲν σχηματίζονται δηλαδή ἀπὸ τὰς φωτεινὰς ἀκτίνας, ἀλλὰ ἀπὸ τὰς προεκτάσεις των, καὶ εὐρίσκονται ὀπίσθεν τοῦ κατόπτρου.

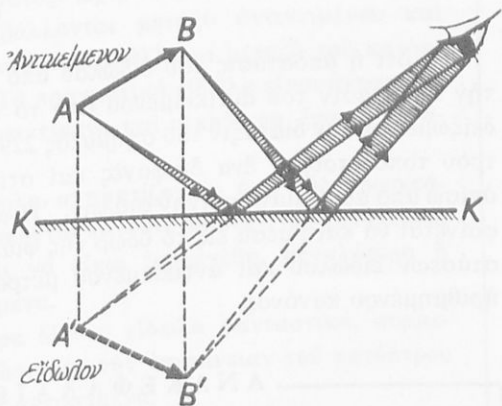
β) Τὰ εἰδῶλα εἶναι συμμετρικὰ μὲ τὰ ἀντικείμενα ὡς πρὸς τὸ ἐπίπεδον τοῦ κατόπτρου καὶ δὲν εἶναι ἐφαρμόσιμα μὲ τὰ ἀντικείμενα. Εἰδῶλα καὶ ἀντικείμενα ἔχουν μεταξύ των τὴν σχέσιν δεξιᾶς καὶ ἀριστερᾶς παλάμης.

Εἰς τὴν σχέσιν συμμετρίας εἰδώλου καὶ ἀντικειμένου ὀφείλεται τὸ γεγονός ὅτι δὲν δυνάμεθα νὰ διαβάσωμεν τὴν σελίδα ἑνὸς βιβλίου, ἢ ὅποια καθρεπτίζεται μέσα εἰς ἓνα ἐπίπεδον κάτοπτρον.

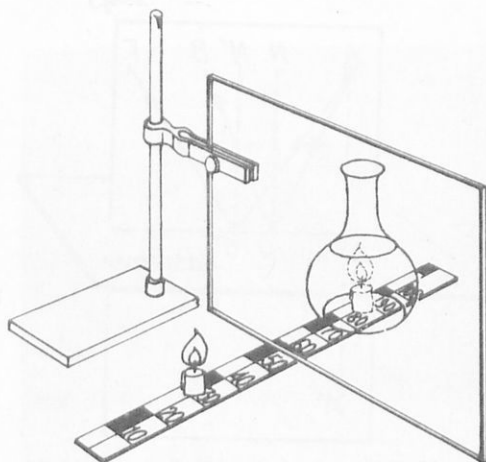
**§ 226. Ἀπεικόνισις ἀντικειμένου ὑπὸ ἐπίπεδου κατόπτρου.** Τὸ εἶδῶλον  $A'B'$  ἑνὸς ἀντικειμένου  $AB$  (σχ. 228) σχηματίζεται μὲ εὐκολίαν ἂν κατασκευάσωμεν τὰ συμμετρικὰ  $A'$  καὶ  $B'$  τῶν ἁκρῶν τοῦ ἀντικειμένου  $A$  καὶ  $B$ , ὡς πρὸς τὸ κάτοπτρον. Ἀπὸ τὸ σχῆμα φαίνεται ὅτι τὸ εἶδῶλον ἔχει ἀναστραφῆ πλευρικῶς. Δὲν εἶναι δηλαδή ἐφαρμόσιμον μὲ τὸ ἀντικείμενον, ἐπεὶδὴ τὸ ἀριστερὸν τοῦ ἀντικειμένου ἀπεικνίζεται ὡς δεξιὸν τοῦ εἰδώλου καὶ ἀντιστρόφως.



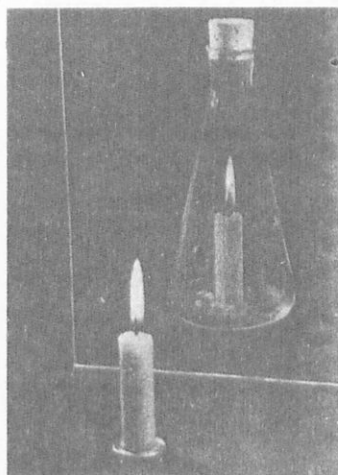
Σχ. 227. Τὸ φανταστικὸν εἶδῶλον  $A'$  τοῦ φωτεινοῦ σημείου  $A$  εἶναι συμμετρικὸν ὡς πρὸς τὸ κάτοπτρον.



Σχ. 228. Γεωμετρικὸν διάγραμμα σχηματισμοῦ τοῦ φανταστικοῦ εἰδώλου ἑνὸς ἀντικειμένου.



Σχ. 229. Τὸ εἰδῶλον καὶ τὸ ἀντικείμενον εἶναι συμμετρικὰ ὡς πρὸς τὸ κάτοπτρον.



Σχ.229,α. Φωτογραφία τοῦ ἀντικείμενου καὶ τοῦ εἰδώλου του, μιᾶς διατάξεως ὅπως τοῦ σχ. 229.

Τὸ ὅτι ἡ ἀπόστασις τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὸ κάτοπτρον εἶναι ἴση μὲ τὴν ἀπόστασιν τοῦ ἀντικείμενου ἀπὸ τὸ κάτοπτρον, δυνάμεθα νὰ τὸ δείξωμεν μὲ τὴν διάταξιν τοῦ σχήματος 229, καὶ 229α, ὅπου ἀντὶ κατόπτρου τοποθετοῦμεν ἓνα διαφανὲς καὶ στιλπνὸν τεμάχιον ὑάλου καὶ ὀπίσω ἀπὸ αὐτὸ μίαν ὑαλίνην φιάλην. Ἡ φλόξ τοῦ εἰδώλου τοῦ κηριου φαίνεται νὰ καίη μέσα εἰς τὸ ὕδωρ τῆς φιάλης, ἐνῶ ἡ ἰσότης τῶν ἀποστάσεων εἰδώλου καὶ ἀντικείμενου μετρεῖται μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ ἡριθμημένου κανόνος.

## ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Ὃταν τὸ φῶς προσπίπτῃ ἐπάνω εἰς μίαν λείαν καὶ στιλπνὴν ἐπιφάνειαν ὑφίσταται ἀνάκλασιν. Ἄν ἡ ἐπιφάνεια εἶναι τραχεῖα καὶ ἀκανόνιστος τὸ φῶς ὑφίσταται διάχυσιν. Ἐξ αἰτίας τῆς διαχύσεως ἔχομεν φῶς καὶ ὅταν δὲν φωτιζόμεθα ἀπ' εὐθείας ἀπὸ μίαν φωτεινὴν πηγὴν.

2. Ἡ ἀνάκλασις ἀκολουθεῖ τοὺς ἐξῆς δύο νόμους : α) Ἡ προσπίπτουσα καὶ ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς ὀρίζουν ἓνα ἐπίπεδον,

τὸ ὅποιον εἶναι κάθετον πρὸς τὴν ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν.  
β) Ἡ γωνία προσπτώσεως εἶναι ἴση μὲ τὴν γωνίαν ἀνακλάσεως.

3. Ὄταν τὸ φῶς ἀκολουθῇ ἓνα ὀρισμένον δρόμον κατὰ τὴν διάδοσίν του, εἶναι δυνατόν νὰ διαδοθῇ ἀκολουθῶν καὶ τὴν ἀντίστροφον ἀκριβῶς πορείαν.

4. Ἐκάστη λεῖα καὶ στιλπνὴ ἐπιφάνεια, ἡ ὁποία ἀνακλᾷ τὸ φῶς, τὸ προσπίπτον ἐπ' αὐτῆς, συμφώνως πρὸς τοὺς νόμους τῆς ἀνακλάσεως ὀνομάζεται κάτοπτρον. Ἀναλόγως μὲ τὸ εἶδος τῆς ἀνακλαστικῆς τῶν ἐπιφανείας τὰ κάτοπτρα εἶναι ἐπίπεδα, σφαιρικά (κυρτὰ ἢ κοίλα), κυλινδρικά, κλπ.

5. Τὰ διάφορα κάτοπτρα σχηματίζουν ὁμοιώματα τῶν ἀντικειμένων, τὰ ὁποῖα εἶναι τοποθετημένα ἔμπροσθέν των. Τὰ ὁμοιώματα αὐτὰ ὀνομάζονται εἰδῶλα καὶ διακρίνονται εἰς πραγματικά καὶ εἰς φανταστικά.

6. Πραγματικά λέγονται τὰ εἰδῶλα ἐκεῖνα, τὰ ὁποῖα σχηματίζονται ἀπὸ σύμπτωσιν τῶν ἀκτίνων καὶ τὰ ὁποῖα δυνάμεθα νὰ λάβωμεν ἐπὶ ἑνὸς πετάσματος. Σχηματίζονται ἔμπροσθεν τῶν κατόπτρων καὶ ἡ παρεμβάλλονται μεταξὺ ἀντικειμένου καὶ κατόπτρου ἢ τὸ ἀντικείμενον παρεμβάλλεται μεταξὺ τοῦ κατόπτρου καὶ τοῦ εἰδώλου του. Τὰ πραγματικά εἰδῶλα εἶναι ἀνεστραμμένα ἐν σχέσει πρὸς τὰ ἀντικείμενα καὶ μικρότερα, ἴσα, ἢ μεγαλύτερα ἀπὸ αὐτά.

7. Τὰ φανταστικά εἰδῶλα σχηματίζονται ἀπὸ τὰς προεκτάσεις τῶν ἀκτίνων καὶ εὐρίσκονται πάντοτε ὀπίσθεν τοῦ κατόπτρου. Εἶναι ὄρθια καὶ δύνανται νὰ εἶναι ἰσομεγέθη, μεγαλύτερα ἢ μικρότερα ἀπὸ τὰ ἀντικείμενα.

8. Τὰ ἐπίπεδα κάτοπτρα δίδουν εἰδῶλα φανταστικά, συμμετρικά μὲ τὰ ἀντικείμενα ὥς πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ κατόπτρου καὶ μὴ ἐφαρμόσιμα μὲ τὰ ἀντικείμενα.

## Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

163. Ἡ γωνία μεταξὺ μιᾶς ὀπτικῆς ἀκτίνος καὶ τῆς ἐπιφανείας, ἐπάνω εἰς τὴν ὁποίαν προσπίπτει ἡ ἀκτίς, εἶναι  $42^\circ$ . Πόση εἶναι ἡ γωνία ἀνακλάσεως. (Ἀπ.  $48^\circ$ .)

164. Ἡ γωνία προσπτώσεως μιᾶς ὀπτικῆς ἀκτίνος ἀξάνεται κατὰ  $15^\circ$ . Κατὰ πόσας μοῖρας ἀξάνεται ἡ γωνία, ἡ σχηματιζομένη ἀπὸ τὴν προσπίπτουσαν καὶ τὴν ἀνακλωμένην ἀκτίνα. (Ἀπ. 30 μοῖραι.)

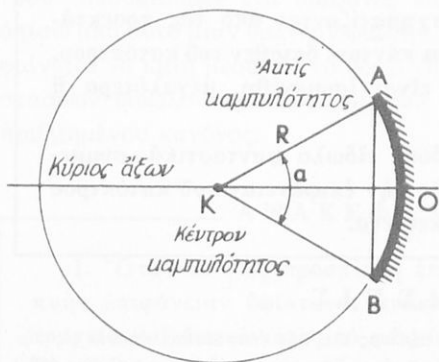
**165.** Ἡ ἀπόστασις ἐνὸς ἀντικειμένου ἀπὸ τὸ εἶδωλόν του, τὸ ὁποῖον σχηματίζεται ἐντὸς ἐνὸς ἐπιπέδου κατόπτρου, εἶναι 70 cm. Πόσον ἀπέχει τὸ ἀντικείμενον ἀπὸ τὸ κάτοπτρον. (Ἀπ. 35 cm.)

**166.** Ἐνας ἄνθρωπος, ὁ ὁποῖος εὐρίσκεται ἔμπροσθεν ἐνὸς ἐπιπέδου κατόπτρου, ἀπομακρύνεται κατὰ 1,5 m ἀπὸ τὸ κάτοπτρον. Κατὰ πόσον αὐξάνεται ἡ ἀπόστασις τοῦ ἀνθρώπου ἀπὸ τὸ εἶδωλόν του. (Ἀπ. 3 m.)

**167** Ἡ ἀνακλαστικὴ ἐπιφάνεια ἐνὸς ἐπιπέδου κατόπτρου συμπίπτει μὲ τὸ ὀριζόντιον ἐπίπεδον. Ἐνας παρατηρητής, τοῦ ὁποῖου οἱ ὀφθαλμοὶ ἀπέχον 1,50 m ἀπὸ τὸ ἔδαφος, τοποθετεῖται ὀρθοῖς εἰς ἀπόστασιν 2 m ἀπὸ τὸ κέντρον τοῦ κατόπτρου καὶ βλέπει, ἐξ ἀνακλάσεως, τὴν κορυφὴν ἐνὸς πλησίον εὐρισκομένου δένδρου εἰς τὴν διεύθυνσιν τοῦ κέντρον τοῦ κατόπτρου. Πόσον εἶναι τὸ ὕψος αὐτοῦ τοῦ δένδρου, ἂν ἡ βάσις τοῦ κορμοῦ τον ἀπέχῃ 20 m ἀπὸ τὸ κέντρον τοῦ κατόπτρου. (Ἀπ. 15m.)

## ΜΛ' — ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

**§ 227. Γενικότητες. Κοῖλα καὶ σφαιρικὰ κάτοπτρα.** Ὅταν ἡ ἀνακλαστικὴ ἐπιφάνεια ἐνὸς κατόπτρου εἶναι σφαιρικὴ, τὸ κάτοπτρον ὀνομάζεται *σφαιρικόν*. Τὸ σφαιρικόν κάτοπτρον ὀνομάζεται *κοῖλον* ὅταν ἔχη ὡς ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν τὸ ἐσωτερικόν τῆς σφαίρας καὶ *κυρτόν* ὅταν ἔχη ὡς ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν τὸ ἐξωτερικόν τῆς σφαίρας. Θεωροῦμεν μίαν τομὴν AOB ἐνὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου ἀπὸ ἓνα ἐπίπεδον διερχόμενον ἀπὸ τὸ κέντρον τῆς σφαίρας, εἰς τὴν ὁποίαν ἀνήκει τὸ κάτοπτρον, καὶ ἀπὸ τὸ μέσον τοῦ κατόπτρου (σχ. 230).

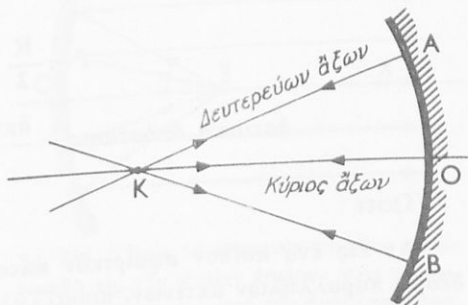


Σχ. 230. Χαρακτηριστικὰ στοιχεῖα κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου.

Τὸ σημεῖον O, τὸ ὁποῖον εἶναι καὶ τὸ γεωμετρικόν μέσον τοῦ κατόπτρου, ὀνομάζεται *κορυφὴ* τοῦ κατόπτρου, ἡ δὲ γωνία AKB ἄνοιγμα τοῦ κατόπτρου. Ἡ KO ἥτις ἰσοῦται μὲ τὴν ἀκτῖνα τῆς σφαίρας, εἰς τὴν ὁποίαν ἀνήκει τὸ κάτοπτρον, ὀνομάζεται *ἀκτὶς καμπυλότητος* τοῦ κατόπτρου καὶ παριστᾶται μὲ τὸ γράμμα R. Τὸ σημεῖον K τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ τὸ κέντρον τῆς σφαίρας, εἰς τὴν ὁποίαν ἀνήκει

τὸ κάτοπτρον, ὀνομάζεται *κέντρον καμπυλότητος* τοῦ κατόπτρου.

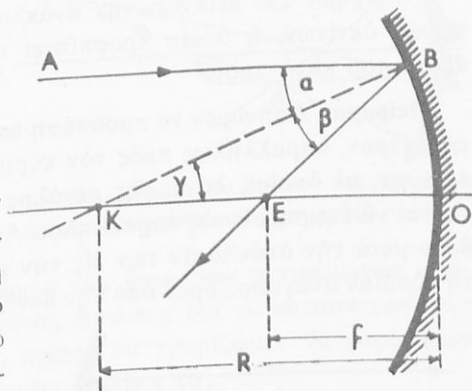
Ἡ εὐθεία OK ἥτις διέρχεται ἀπὸ τὴν κορυφὴν O τοῦ κατόπτρου καὶ τὸ κέντρον καμπυλότητός του ὀνομάζεται *κύριος ἄξων* τοῦ κατόπτρου. Πᾶσα ἄλλη εὐθεία διερχομένη ἀπὸ τὸ κέντρον καμπυλότητος καὶ ἀπὸ ἓνα τυχαῖον σημεῖον τοῦ κατόπτρου, ὀνομάζεται *δευτερεύων ἄξων* (σχ. 231).



Σχ. 231. Κύριος καὶ δευτερεύων ἄξων ἑνὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου.

## § 228. Ἑστιακὴ ἀπόστασις.

**Κυρία ἐστία.** Ἄν μία λεπτή φωτεινὴ δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων AB προσπέση παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα ἑνὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου, θὰ διέλθῃ μετὰ τὴν ἀνάκλασίν της, ἀπὸ ἓνα σημεῖον E τοῦ κυρίου ἄξου, τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται εἰς τὸ μέσον τῆς OK καὶ τὸ ὁποῖον ὀνομάζεται *κυρία ἐστία* τοῦ κατόπτρου (σχ. 232).



Σχ. 232. Ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις εἶναι ἴση πρὸς τὸ ἡμισυ τῆς ἀκτίνος καμπυλότητος R τοῦ κατόπτρου.

Ἡ ἀνάκλασις ἀκολουθεῖ καὶ ἐδῶ τοὺς γνωστοὺς νόμους της. Γωνία προσπτώσεως εἶναι ἡ ABK, σχηματιζομένη ἀπὸ τὴν προσπίπτουσαν AB καὶ τὴν κάθετον εἰς τὸ σημεῖον προσπτώσεως B, δηλαδὴ τὴν ἀκτίνα KB. Γωνία ἀνακλάσεως εἶναι ἡ KBE.

Ἐὰν ὀνομάσωμεν τὴν ἀπόστασιν OE τῆς κορυφῆς τοῦ κατόπτρου ἀπὸ τὴν κυρίαν ἐστίαν *ἐστιακὴν ἀπόστασιν* καὶ τὴν συμβολίσωμεν μὲ τὸ γράμμα  $f$  καὶ τῆς ἀκτίνος καμπυλότητος  $R$  τοῦ κατόπτρου θὰ

ἔχωμεν ὡς πρώτην ἐξίσωσιν τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων τὴν σχέσιν :

$$f = \frac{R}{2}$$

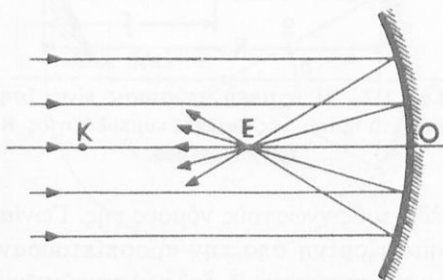
$$\text{ἐστιακὴ ἀπόστασις} = \frac{\text{ἄκτις καμπυλότητος}}{2}$$

Ὡστε :

Ἐάν εἰς ἓνα κοῖλον σφαιρικὸν κάτοπτρον προσπέσῃ μία φωτεινὴ δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων, παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα τοῦ κατόπτρου, αἱ ἀκτίνες τῆς δέσμης θὰ διέλθουν, ἀφοῦ ἀνακλασθοῦν, ἀπὸ τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ κατόπτρου, ἢ ὁποία εὑρίσκεται εἰς τὸ μέσον τῆς ἀποστάσεως τῆς ὀριζομένης μεταξὺ τῆς κορυφῆς τοῦ κατόπτρου καὶ τοῦ κέντρου καμπυλότητος.

Τὸ σχῆμα 233 δεικνύει τὴν ἀνάκλασιν δέσμης παραλλήλων φωτεινῶν ἀκτίνων, ἢ ὁποία προσπίπτει παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα τοῦ κατόπτρου.

**Πείραμα.** Ἀφήνομεν νὰ προσπέσῃ ἐπάνω εἰς ἓνα κοῖλον σφαιρικὸν κάτοπτρον, παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, μία δέσμη ἡλιακῶν ἀκτίνων, αἱ ὁποῖαι, λόγῳ τῆς μεγάλης ἀποστάσεως τοῦ Ἡλίου, δύνανται νὰ θεωρηθοῦν ὡς παράλληλοι. Αἱ ἀκτίνες αὗται θὰ συγκεντρωθοῦν μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῶν εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ κατόπτρου, τὴν ὁποίαν ἀναγνωρίζομεν ἀπὸ τὴν μεγάλην θερμότητα, ἥτις ἀναπτύσσεται ἐκεῖ, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον



Σχ. 233. Αἱ παράλληλοι πρὸς τὸν κύριον ἄξονα ἀκτίνες συγκεντρώνονται μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῶν εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν.

ὀφείλεται εἰς τὴν συγκέντρωσιν τῶν ἀκτίνων. Ἡ θερμότης αὕτη δύναται νὰ καύσῃ διάφορα ἀντικείμενα.

Συμφώνως, ἄλλωστε, πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς ἀντιστροφῆς πορείας τοῦ φωτός, μία ἀποκλίνουσα φωτεινὴ δέσμη, διερχομένη ἀπὸ τὴν κυρίαν ἐστίαν καὶ προσπίπτουσα εἰς τὸ κάτοπτρον, μεταβάλλεται

μετά την ανάκλασιν της εἰς δέσμην παραλλήλων ἀκτίνων (σχ. 234).

**§ 229. Εἶδωλα κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου.** Ἀναλόγως πρὸς τὴν θέσιν τοῦ ἀντικειμένου, ὡς πρὸς τὸ κατόπτρον καὶ τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ κατόπτρου, δυνάμεθα νὰ ἔχωμεν εἶδωλα φανταστικά ἢ πραγματικά.

Τὸ φανταστικὸν εἶδωλον εἶναι ὄρθιον καὶ μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον. Τὸ πραγματικὸν εἶναι ἀνέστραμμένον ἐν σχέσει πρὸς τὸ ἀντικείμενον καὶ μικρότερον, μεγαλύτερον ἢ ἴσον πρὸς αὐτό.

**§ 230. Πορεία τῶν ἀκτίνων αἵτινες προσπίπτουν ἐπὶ ἐνὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου.**

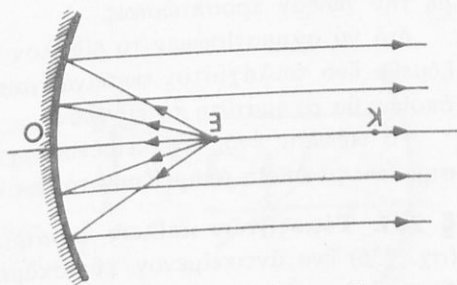
Ἐφ' ὅσον τὰ εἶδωλα τῶν διαφορῶν ἀντικειμένων σχηματίζονται ἀπὸ τὰς ἀνακλωμένας ἀκτίνας, διὰ νὰ κατασκευάσωμεν τὸ εἶδωλον ἐνὸς ἀντικειμένου πρέπει νὰ γνωρίζωμεν νὰ χαράζωμεν τὴν πορείαν ὠρισμένων φωτεινῶν ἀκτίνων (σχ. 235).

α) Ἀκτὶς παράλληλος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, ὅπως ἡ AB διέρχεται μετὰ τὴν ἀνάκλασιν της ἀπὸ τὴν κυρίαν ἐστίαν E τοῦ κατόπτρου.

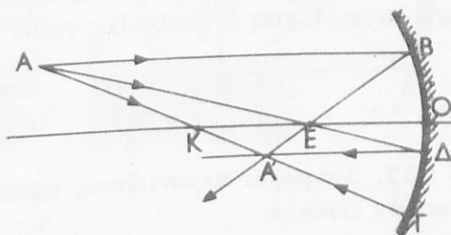
β) Ἀκτὶς διερχομένη ἀπὸ τὸ κέντρον καμπυλότητος, ὅπως ἡ AKΓ, προσπίπτει καθέτως ἐπὶ τοῦ κατόπτρου καὶ ἀνακλᾶται ἀκολουθοῦσα τὴν ἀντίστροφον πορείαν ΓΚΑ.

γ) Ἀκτὶς διερχομένη ἀπὸ τὴν κυρίαν ἐστίαν, ὅπως ἡ ΑΕΔ, ἀκολουθεῖ μετὰ τὴν ἀνάκλασιν της διεύθυνσιν παράλληλον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα.

δ) Πᾶσα ἄλλη ἀκτὶς προσπίπτουσα ἐπὶ τοῦ κατόπτρου (ὅπως



Σχ. 234. Ὅταν τὸ φωτεινὸν σημεῖον τοποθετηθῇ εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν, τότε αἱ φωτειναὶ ἀκτίνες του, μετὰ τὴν ἀνάκλασιν των, διαδίδονται παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα.



Σχ. 235. Πορεία τῶν ἀκτίνων διὰ τὸν σχηματισμὸν τοῦ εἰδώλου ἐνὸς φωτεινοῦ σημείου.

βεβαίως και αἱ προηγούμεναι) σχηματίζει γωνίαν ἀνακλάσεως ἴσην μὲ τὴν γωνίαν προσπτώσεως.

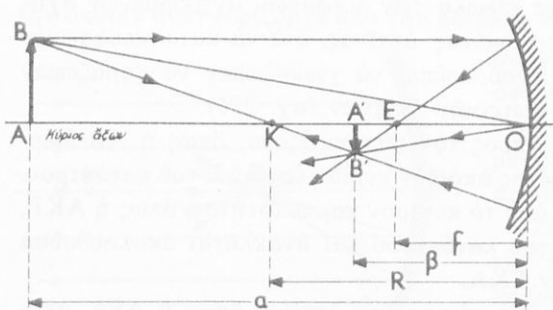
Διὰ νὰ σχηματίσωμεν τὸ εἶδωλον ἑνὸς φωτεινοῦ σημείου, χρειαζόμεθα δύο τουλάχιστον φωτεινὰς ἀκτῖνας τοῦ σημείου, ἡ τομὴ τῶν ὁποίων θὰ σχηματίσῃ τὸ εἶδωλον.

Τὸ εἶδωλον ἑνὸς ἀντικειμένου σχηματίζεται ἀπὸ τὰ εἶδωλα τῶν σημείων τὰ ὁποῖα ἀπαρτίζουν τὸ ἀντικείμενον.

**§ 231. Τύπος τῶν κοίλων σφαιρικῶν κατόπτρων.** Ἐστω AB (σχ. 236) ἕνα ἀντικείμενον, εὐρισκόμενον καθέτως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα ἑνὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου, καὶ A'B' τὸ εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου αὐτοῦ. Ἄν ὀνομάσωμεν α τὴν ἀπόστασιν OA τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τὴν κορυφὴν τοῦ κατόπτρου, β τὴν ἀπόστασιν OA' τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὴν κορυφὴν τοῦ κατόπτρου, f τὴν ἐστιακὴν ἀπόστασιν τοῦ κατόπτρου καὶ R τὴν ἀκτῖνα καμπυλότητός του, τότε, ὅπως ἀποδεικνύεται, ἰσχύει ὁ ἀκόλουθος τύπος τῶν κατόπτρων :

$$\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{f} \quad \text{ἢ} \quad \frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta} = \frac{2}{R}$$

**§ 232. Διάφοροι περιπτώσεις σχηματισμοῦ εἰδῶλων.** α) Πραγματικὸν εἶδωλον.



Σχ. 236. Αἱ ἀποστάσεις α, β, R, καὶ f συνδέονται μεταξύ των μὲ ὠρισμένην σχέσιν.

1) Ὄταν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται πέραν ἀπὸ τὸ κέντρον καμπυλότητος, τὸ εἶδωλόν του εἶναι πραγματικόν, ἀνεστραμμένον, μικρότερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον καὶ σχηματίζεται μεταξύ τῆς κυρίας ἐστίας καὶ τοῦ κέντρου καμπυλότητος τοῦ κατόπτρου (σχ. 237, 1).

2) Ὄταν τὸ ἀντικείμενον πλησιάσῃ πρὸς τὸ κέντρον καμπυλότη-

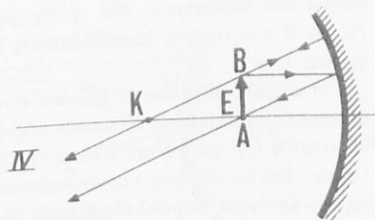
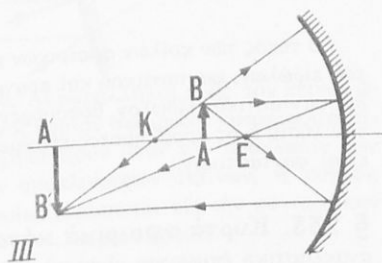
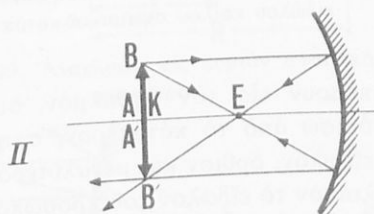
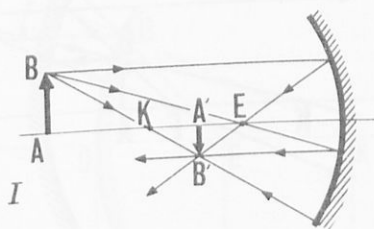


τος, πλησιάζει καὶ τὸ εἶδωλόν του πρὸς τὸ κέντρον καμπυλότητος, καὶ ὅλον ἐν μεγαλῶνει. Ὅταν τὸ ἀντικείμενον συμπέσῃ μετὰ τοῦ κέντρου καμπυλότητος καὶ τὸ εἶδωλόν του συμπίπτει μὲ τὸ κέντρον καμπυλότητος καὶ εἶναι ἴσον πρὸς τὸ ἀντικείμενον (σχ. 237, II).

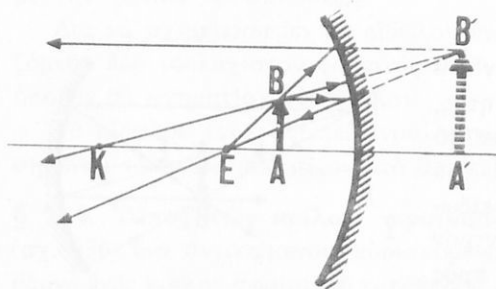
3) Ἄν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκειται μεταξὺ κέντρου καμπυλότητος καὶ κυρίας ἐστίας τοῦ κατόπτρου, τὸ εἶδωλόν του ἀντικειμένου σχηματίζεται πέραν ἀπὸ τὸ κέντρον καμπυλότητος, ἀνεστραμμένον καὶ μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον (σχ. 237, III).

4) Ὅσον προχωρεῖ τὸ ἀντικείμενον πρὸς τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ κατόπτρου, τόσο ἐν μεγαλῶνει τὸ εἶδωλόν του καὶ ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὸ κέντρον καμπυλότητος. Ὅταν τὸ ἀντικείμενον πέσῃ ἐπὶ τῆς κυρίας ἐστίας, τὸ εἶδωλόν του σχηματίζεται, ὅπως λέγομεν, εἰς τὸ ἄπειρον. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν δηλαδὴ, δὲν ἔχομεν εἶδωλόν του ἀντικειμένου. Αὐτὸ ὀφείλεται εἰς τὸ γεγονός ὅτι αἱ ἀκτίνες μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῶν σχηματίζουν παράλληλον δέσμην, δὲν τέμνονται καὶ τοιοιτοτρόπως δὲν σχηματίζεται εἶδωλόν (σχ. 237, IV).

Ἀντιστρόφως, ὅταν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται εἰς τὸ ἄπειρον, εἰς πολὺ μεγάλην ἀπόστασιν ἀπὸ τὸ κατόπτρον, τὸ εἶδωλόν του σχηματίζεται



Σχ. 237. Διάφοροι θέσεις σχηματισμοῦ εἰδώλου ἐνὸς ἀντικειμένου τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται ἔμπροσθεν ἐνὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου.



Σχ. 238. Γεωμετρική κατασκευή φανταστικού είδωλου κοίλου σφαιρικού κατόπτρου

ματίζεται ἐπὶ τῆς κυρίας ἐστίας καὶ εἶναι σημειακόν.

### β) Φανταστικὸν εἶδωλον.

Ὅταν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται μεταξὺ κυρίας ἐστίας καὶ κορυφῆς τοῦ κατόπτρου, δὲν ἔχομεν σχηματισμὸν πραγματικοῦ εἰδώλου. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν (σχ. 238) αἱ ἀκτῖνες μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῶν ἀποκλίνουν καὶ δὲν τέμνονται. Ἄν ὁμως προσ-

πέσωμεν εἰς τὸν ὀφθαλμόν, συναντῶνται εἰς τὴν προέκτασιν τῶν ὀπίσω ἀπὸ τὸ κατόπτρον, σχηματίζουσαι οὕτως ἓνα φανταστικόν εἶδωλον, ὀρθιον καὶ μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον. Διὰ τὸ ἴδιον λοιπὸν τὸ εἶδωλον τοῦ προσώπου μας ἐντὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου, πρέπει νὰ τοποθετηθῶμεν μεταξὺ τῆς κορυφῆς καὶ τῆς κυρίας ἐστίας του.

Ὁ τύπος τῶν κοίλων σφαιρικῶν κατόπτρων ἰσχύει καὶ εἰς τὰς δύο περιπτώσεις τῶν εἰδώλων, φανταστικοῦ καὶ πραγματικοῦ, μετὰ τὴν διαφορὰν ὅτι, ὅταν πρόκειται διὰ φανταστικὸν εἶδωλον, θεωροῦμεν τὴν ἀπόστασιν τοῦ β ἄρνητικήν, ἐνῶ ἂν κατὰ τὴν λύσιν ἐνὸς προβλήματος εὕρωμεν ἄρνητικὸν β, αὐτὸ σημαίνει ὅτι τὸ εἶδωλον εἶναι φανταστικόν.

**§ 233. Κυρτὰ σφαιρικὰ κάτοπτρα.** Εἰς τὰ κυρτὰ σφαιρικά κάτοπτρα ἡ ἀνακλαστικὴ ἐπιφάνεια εἶναι τὸ ἐξωτερικὸν μέρος τῆς σφαίρας.

Ἄν ἔχομεν μίαν φωτεινὴν ἀκτῖνα AB (σχ. 239), παράλληλον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα τοῦ κατόπτρου, διὰ τὸ σχηματίσωμεν τὴν ἀνακλωμένην τῆς BΓ, φέρομεν εἰς τὸ B τὴν ἀκτῖνα καμπυλότητος KB καὶ προεκτείνοντες αὐτὴν σχηματίζομεν γωνίαν  $\beta = \alpha$ .

Ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς BΓ δὲν συναντᾷ τὸν κύριον ἄξονα εἰς τὸ σημεῖον E, τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται εἰς τὸ μέσον τῆς ἀκτίνος OK, ἀλλὰ ἡ προέκτασίς της. Τὸ ἴδιον θὰ συμβῇ καὶ μετὰ πᾶσαν ἄλλην ἀκτῖνα παράλληλον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα. Ἄν λοιπὸν ἐπάνω εἰς ἓνα κυρτὸν σφαιρικὸν κάτοπτρον προσπέσῃ μία δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων, παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα τοῦ κατόπτρου, θὰ μεταβληθῇ μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῆς εἰς ἀποκλίνουσας δέσμην, αἱ προεκτάσεις τῶν ἀκτίνων τῆς ὁποίας ὁμως θὰ διέρχονται ἀπὸ τὸ μέσον E τῆς ἀκτίνος OK, τὸ ὁποῖον ὀνομάζεται καὶ πάλιν κυρία ἐστία τοῦ κατόπτρου. Ἐπειδὴ ὁμως ἡ κυρία ἐστία τοῦ κυρτοῦ

σφαιρικού κατόπτρου σχηματίζεται από τὰς προεκτάσεις τῶν ἀκτίνων καὶ εὐρίσκεται ὀπίσω ἀπὸ τὸ κατόπτρον, ὀνομάζεται φανταστικὴ κυρία ἔστια (σχ. 240).

### § 234. Εἰδῶλα κυρτῶν σφαιρικῶν κατόπτρων.

Τὰ κυρτὰ σφαιρικὰ κατόπτρα δίδουν πάντοτε φανταστικὰ εἰδῶλα, ὄρθια, μικρότερα ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον καὶ παραμορφωμένα.

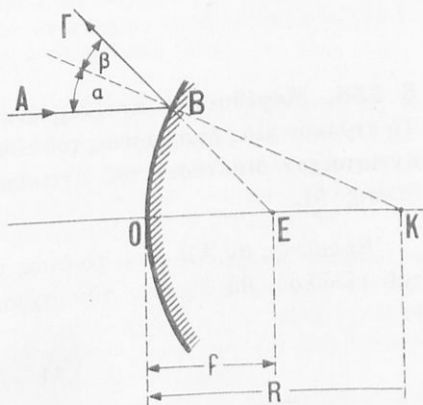
Τὸ σχῆμα 241 δεικνύει τὴν κατασκευὴν τοῦ εἰδῶλου  $A'B'$  ἐνὸς ἀντικειμένου  $AB$ , εὕρισκομένου ἔμπρὸς εἰς ἓνα κυρτὸν σφαιρικὸν κατόπτρον. Ὅπως εἰς τὰ κοίλα σφαιρικὰ κατόπτρα, οὕτως καὶ εἰς τὰ κυρτά, ἡ ἀπόστασις  $a$  τοῦ ἀντικειμένου καὶ ἡ ἀπόστασις  $\beta$  τοῦ εἰδῶλου ἀπὸ τὴν κορυφὴν τοῦ κατόπτρου, ἡ ἔστιακὴ ἀπόστασις  $f$  καὶ ἡ ἀκτίς καμπυλότητος  $R$  τοῦ κατόπτρου, συνδέονται μὲ τὰς σχέσεις :

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{f} \quad \eta$$

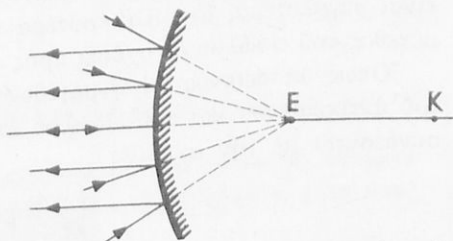
$$\frac{1}{a} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{R}$$

μὲ τὴν διαφορὰν ὅμως ὅτι τὰ  $\beta$ ,  $f$  ἢ τὸ  $R$  εἶναι πάντοτε ἀρνητικά.

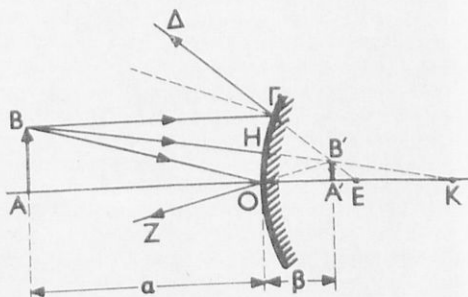
Ἐὰν κατὰ τὴν λύσιν ἐνὸς προβλήματος εὕρωμεν ἀρνητικὰς τιμὰς διὰ τὸ  $f$  ἢ τὸ  $R$ , αὐτὸ σημαίνει ὅτι τὸ κατόπτρον εἶναι κυρτόν. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν πρέπει ὅπως ὁἴσῃποτε νὰ εἶναι ἀρνητικὸν καὶ τὸ  $\beta$ . Τὸ  $a$  δὲν εἶναι ποτὲ ἀρνητικόν.



Σχ. 239. Ἀνάκλασις εἰς κυρτὸν σφαιρικὸν κατόπτρον.



Σχ. 240. Αἱ παράλληλοι πρὸς τὸν κύριον ἄξονα ἐνὸς κυρτοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου ἀκτίνες, σχηματίζουν μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῶν δέσμην ἀποκλινουσῶν ἀκτίνων, ἡ κορυφὴ τῆς ὁποίας εὐρίσκεται εἰς τὴν φανταστικὴν κυρίαν ἔστιαν.



Σχ. 241. Γεωμετρικὴ κατασκευὴ τοῦ φανταστικοῦ εἰδῶλου ἐνὸς κυρτοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου.

**§ 235.** Μεγέθυνσις ἀντικειμένου ὑπὸ σφαιρικοῦ κατόπτρου. Τὸ πηλίκον μιᾶς διαστάσεως τοῦ εἰδώλου, π.χ. τοῦ ὕψους του, πρὸς τὴν ἀντίστοιχον διάστασιν τοῦ ἀντικειμένου ὀνομάζεται γραμμικὴ μεγέθυνσις  $M$ .

Ἐπομένως ἂν  $AB$  εἶναι τὸ ὕψος τοῦ ἀντικειμένου καὶ  $A'B'$  τὸ ὕψος τοῦ εἰδώλου, θὰ ἔχωμεν τὴν σχέσιν :

$$M = \frac{A'B'}{AB}$$

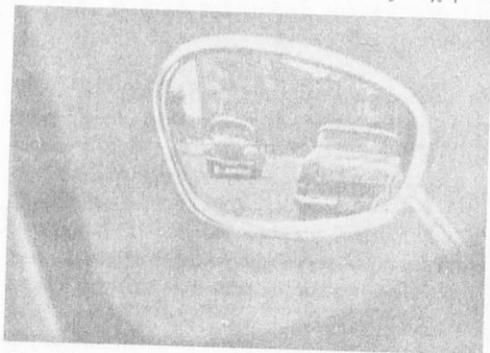
Ἀπὸ τὴν ἀνωτέρω σχέσιν φαίνεται ὅτι ἡ μεγέθυνσις δύναται νὰ εἶναι μεγαλυτέρα, ἴση ἢ μικροτέρα τῆς μονάδος, ἀναλόγως πρὸς τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου ἐν σχέσει πρὸς τὸ μέγεθος τοῦ ἀντικειμένου.

Ὅπως ἀποδεικνύεται, ἡ μεγέθυνσις καὶ αἱ ἀποστάσεις  $a$  καὶ  $\beta$  τοῦ ἀντικειμένου καὶ τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὴν κορυφὴν τοῦ κατόπτρου συνδέονται μὲ τὴν σχέσιν :

$$M = \frac{\beta}{a} \quad (1)$$

Ἡ ἀνωτέρω σχέσις (1) ἰσχύει διὰ τὰ κοῖλα καὶ τὰ κυρτὰ κάτοπτρα. Ὄταν ἡ μεγέθυνσις εἶναι ἀρνητικὴ, τὸ εἶδωλον εἶναι φανταστικόν.

Ὄταν ἡ ἀρνητικὴ μεγέθυνσις ἔχη ἀπόλυτον τιμὴν μικροτέραν τῆς μονάδος, τὸ κάτοπτρον εἶναι κυρτόν.



Σχ. 242. Οἱ ὁδηγοὶ τῶν συγκοινωνιακῶν ὀχημάτων χρησιμοποιοῦν κυρτὰ σφαιρικὰ κάτοπτρα.

### **§ 236.** Ἐφαρμογαὶ τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων.

Τὰ κοῖλα σφαιρικὰ κάτοπτρα χρησιμοποιοῦνται εἰς τὰ μικροσκοπία καὶ εἰς τοὺς προβολεῖς διὰ τὴν συγκέντρωσιν φωτισμοῦ εἰς ὥρισμένον σημείον. Τὰ κοῖλα κάτοπτρα χρησιμοποιοῦνται ἐπίσης εἰς τὸν καλλωπισμόν, διότι σχηματίζουν φανταστικὰ εἶδωλα μεγαλυτέρα ἀπὸ τὰ ἀντικείμενα.

Τὰ κυρτά κάτοπτρα χρησιμοποιούνται εἰς τὰ διάφορα μεταφορικά μέσα, ἐπειδὴ ἐπιτρέπουν εἰς τὸν ὁδηγὸν ἐνὸς ὁχήματος νὰ ἔχῃ μίαν μικρὰν εἰκόνα μιᾶς εὐρείας περιοχῆς, ἢ ὁποία ἐκτείνεται ὀπίσω ἀπὸ τὸ ὄχημα (σχ. 242).

**§ 237. Σφάλματα τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων.** Ὅσα ἀναφέρομεν, διὰ σφαιρικά κάτοπτρα εἰς τὰς προηγουμένας παραγράφους, ἰσχύουν ὅταν τὸ ἄνοιγμα τοῦ κατόπτρου εἶναι μικρόν, σχετικῶς πρὸς τὴν ἀκτίνα καμπυλότητός του καὶ τὰ ἀντικείμενα εὐρίσκονται ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος ἢ πολὺ πλησίον πρὸς αὐτόν. Ὅταν αὐτοὶ οἱ δύο ὅροι δὲν πληροῦνται, τὰ σχηματιζόμενα εἰδῶλα εἶναι ἀσαφῆ.

Ὅταν τὸ ἄνοιγμα τοῦ κατόπτρου εἶναι μεγάλον, τότε μία δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων, παράλληλος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, δὲν συγκεντρώνεται μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῆς εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ κατόπτρου. Αἱ ἀκτίνες αἱ ὁποῖαι ἀνακλῶνται μακρὰν ἀπὸ τὸ ὀπτικὸν κέντρον, τέμνουν τὸν κύριον ἄξονα πλησιέστερον πρὸς τὸ κάτοπτρον. Τὸ σφάλμα αὐτὸ ὀνομάζεται **σφαιρικὴ ἔκτροπή**.

Ὅταν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται εἰς ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν κύριον ἄξονα, τότε αἱ προσπίπτουσαι ἀκτίνες σχηματίζουν μίαν αἰσθητὴν γωνίαν μὲ τὸν κύριον ἄξονα τοῦ κατόπτρου. Αὐτὸς ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα νὰ σχηματίζωνται ἀντὶ ἐνὸς δύο εἰδῶλα, κάθετα τὸ ἓνα ὡς πρὸς τὸ ἄλλο. Τὸ σφάλμα αὐτὸ ὀνομάζεται **ἀστιγματικὴ ἔκτροπή**.

## ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Τὰ στοιχεῖα ἐνὸς σφαιρικοῦ κατόπτρου εἶναι τὸ κέντρον καμπυλότητος  $K$ , ἡ ἀκτίς καμπυλότητος  $R$ , ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις  $f$  καὶ τὸ ἄνοιγμα τοῦ κατόπτρου.

2. Μεταξὺ τῆς ἀποστάσεως  $\alpha$  τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τὴν κορυφὴν ἐνὸς σφαιρικοῦ κατόπτρου, τῆς ἀποστάσεως  $\beta$  τοῦ εἰδῶλου ἀπὸ τὴν κορυφὴν τοῦ κατόπτρου καὶ τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως  $f$  ἰσχύει ἡ σχέση:

$$\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{f}$$

Τὸ  $\alpha$  εἶναι πάντοτε θετικόν, τὸ  $\beta$  καὶ τὸ  $f$  δυνατόν νὰ εἶναι θετικά ἢ ἀρνητικά. Ὅταν τὸ  $\beta$  εἶναι ἀρνητικόν, τὸ εἰδῶλον εἶναι φανταστικόν. Ὅταν τὸ  $f$  εἶναι ἀρνητικόν, τὸ κάτοπτρον εἶναι κυρτόν. Μεταξὺ τῶν  $f$  καὶ  $R$  ὑφίσταται ἡ σχέση:

$$f = \frac{R}{2}$$

3. Τα κοίλα κάτοπτρα έχουν πραγματικήν κυρίαν έστίαν. Μία δέσμη, δηλαδή, παραλλήλων ακτίνων, παράλληλος προς τόν κύριον άξονα (τήν εϋθειαν ήτις διέρχεται από τò κέντρον καμπυλότητος καί τήν κορυφήν τοϋ κατόπτρου), μεταβάλλεται μετά τήν ανάκλασίν της εἰς συγκλίνουσαν δέσμην, αἱ ακτίνες τῆς ὁποίας συναντῶνται ἐπὶ τοϋ κυρίου άξονος καί καθορίζουν τήν κυρίαν έστίαν τοϋ κατόπτρου.

4. Τα κυρτά κάτοπτρα έχουν άρνητικήν κυρίαν έστίαν. Μία δέσμη παραλλήλων ακτίνων, παράλληλος προς τόν κύριον άξονα, μεταβάλλεται μετά τήν ανάκλασίν της εἰς άποκλίνουσαν δέσμην, αἱ προεκτάσεις τῶν ακτίνων τῆς ὁποίας τέμνονται εἰς τήν προέκτασιν τοϋ κυρίου άξονος, εἰς ένα σημεῖον ὀπισθεν τοϋ κατόπτρου.

5. Ἡ γραμμική μεγέθυνσις Μ, ὁ λόγος δηλαδή δύο ἀντιστοιχῶν διαστάσεων εἰδώλου καί ἀντικειμένου, δίδεται ἀπό τήν σχέσιν :

$$M = \frac{\beta}{\alpha}$$

6. Τα σφάλματα τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων εἶναι ἡ σφαιρική έκτροπή καί ἡ άστιγματική έκτροπή.

## Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

**168.** Ἐμπρός ἀπό ένα κοίλον σφαιρικόν κάτοπτρον καί εἰς ἀπόστασιν 140 cm ἀπό τήν κορυφήν του θέτομεν ένα ἀντικείμενον. Ἡ ἀπόστασις τοϋ εἰδώλου εἶναι ἴση μέ 23,3 cm. Νά εϋρεθῇ ἡ έστιακή ἀπόστασις τοϋ κατόπτρου. (Ἐπ.  $f=20$  cm.)

**169.** Ὄταν ένα φωτεινόν ἀντικείμενον τοποθετῆται εἰς ἀπόστασιν 40 cm ἀπό ένα κοίλον σφαιρικόν κάτοπτρον, σχηματίζεται πραγματικόν εἶδωλον εἰς ἀπόστασιν 20 cm ἀπὸ τήν κορυφήν τοϋ κατόπτρου. Νά εϋρεθοῦν : α) ἡ έστιακή ἀπόστασις καί β) ἡ άκτις καμπυλότητος τοϋ κατόπτρου. (Ἐπ. α' 13,33 cm. β' 26,6 cm.)

**170.** Κυρτόν κάτοπτρον, έστιακῆς ἀποστάσεως 50 cm, δίδει εἶδωλον τοϋ ὁποίου τὸ ὕψος εἶναι ἴσον πρὸς τὸ 1/4 τοϋ ὕψους τοϋ ἀντικειμένου. Εἰς ποίας ἀποστάσεις ἀπὸ τὸ κάτοπτρον εϋρίσκεται τὸ ἀντικείμενον καί τὸ εἶδωλον. (Ἐπ. 150 cm-37,5 cm.)

**171.** Ἡ άκτις καμπυλότητος ἑνὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου εἶναι 30 cm. Εἰς πόσῃν ἀποστάσει ἀπὸ τήν κορυφήν τοϋ κατόπτρου συγκεντρώνεται μία δέσμη παραλλήλων ακτίνων, παράλληλος πρὸς τόν κύριον άξονα τοϋ κατόπτρου, μετά ἀπὸ τήν ανάκλασίν της. (Ἐπ. 15 cm.)

**172.** Ἡ ἀπόστασις ἐνὸς φωτεινοῦ σημείου ἀπὸ τὴν κορυφὴν ἐνὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου εἶναι ἴση πρὸς τὰ  $2/3$  τῆς ἀκτίνος καμπυλότητος. Τὸ σημεῖον εὐρίσκεται ἐπάνω εἰς τὸν κύριον ἄξονα τοῦ κατόπτρου. Πόσον ἀπέχει τὸ εἶδωλον τοῦ φωτεινοῦ σημείου ἀπὸ τὸ κατόπτρον καὶ τί εἶδον εἶδωλον εἶναι. (Ἀπ.  $2 R$ , πραγματικόν.)

**173.** Ἀντικείμενον εὐρίσκεται εἰς ἀπόστασιν  $3f$  ἀπὸ ἑνα κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου. Εἰς πόσῃ ἀπόστασιν ἀπὸ τὸ κατόπτρον σχηματίζεται τὸ εἶδωλον τοῦ ἀντικείμενου καὶ τί εἶδον εἶδωλον εἶναι. (Ἀπ.  $3/2 f$ , πραγματικόν.)

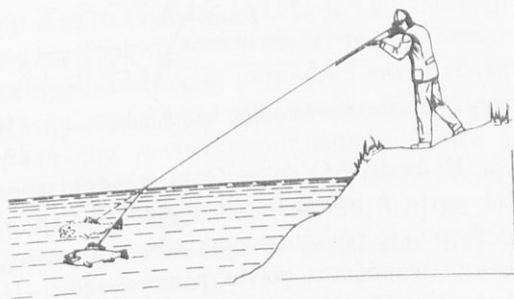
**174.** Ἀντικείμενον, ὕψους  $4\text{ cm}$ , εὐρίσκεται εἰς ἀπόστασιν  $15\text{ cm}$  ἀπὸ ἑνα κυρτοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου, ἐστιακῆς ἀποστάσεως  $5\text{ cm}$ . Εἰς ποίαν ἀπόστασιν ἀπὸ τὸ κατόπτρον θὰ σχηματισθῇ τὸ εἶδωλον καὶ ποῖον θὰ εἶναι τὸ μέγεθός του. (Ἀπ.  $-3,75\text{ cm}$ ,  $1\text{ cm}$ .)

## ΜΕ—ΔΙΑΘΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

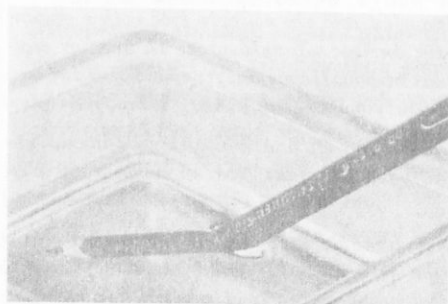
**§ 238. Γενικότητες.** Ὅταν μία δέσμη μονοχρώων φωτεινῶν ἀκτίνων προσπέσῃ πλαγίως εἰς τὴν ἐπίπεδον ἐπιφάνειαν διαχωρισμοῦ δύο διαφορετικῶν διαφανῶν σωμάτων, ὅπως, π.χ., εἰς τὴν διαχωριστικὴν ἐπιφάνειαν ἀέρος καὶ ὕδατος, ἓνα μέρος ἀπὸ τὸ φῶς ἀνακλᾶται, ἐνῶ ἓνα ἄλλο μέρος εἰσχωρεῖ εἰς τὸ δεύτερον διαφανὲς σῶμα. Αἱ φωτεινὰ ὅμως ἀκτῖνες αἰτνες δὲν ἀνεκλάσθησαν, ἀλλὰ εἰσεχώρησαν εἰς τὸ δεύτερον διαφανὲς σῶμα - τὸ ὕδωρ εἰς τὴν περίπτωσίν μας - δὲν ἀκολουθοῦν τὴν εὐθύγραμμον διάδοσίν των, ἀλλὰ κάμπτονται καὶ πλησιάζουν τὴν κάθετον εἰς τὸ σημεῖον προσπτώσεως τῆς διαχωριστικῆς ἐπιφανείας. Τὸ φαινόμενον αὐτὸ ὀνομάζεται διάθλασις τοῦ φωτός. Ὡστε :

Διάθλασις ὀνομάζεται τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ ὁποῖον τὸ φῶς μεταβάλλει διεύθυνσιν διαδόσεως, ὅταν διακόπτῃ τὴν διάδοσίν του εἰς ἓνα διαφανὲς μέσον διὰ τὴν συνεχίση εἰς ἓνα ἄλλον διαφανὲς μέσον.

Ἐξ αἰτίας τῆς δια-



Σχ. 243. Ἐξ αἰτίας τῆς διαθλάσεως ὁ ἰχθύς φαίνεται ὑψηλότερον ἐντὸς τοῦ ὕδατος.

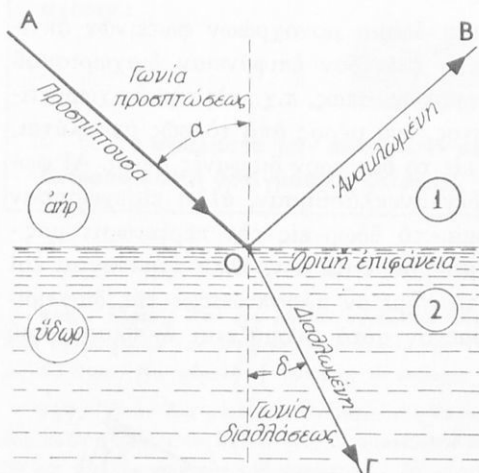


Σχ. 244. Ἐξ αἰτίας τῆς διαθλάσεως ἡ μολυβδὶς φαίνεται κεκαμμένη.

θλάσεως τοῦ φωτός, οἱ ἰχθύες φαίνονται ὑψηλότερον εἰς τὸ ὕδωρ ἀπὸ τὴν πραγματικὴν τῶν θέσιν (σχ. 243) καὶ ἡ βυθισμένη εἰς τὸ ὕδωρ μολυβδὶς κεκαμμένη (σχ. 244).

**§ 239. Νόμοι τῆς διαθλάσεως.** Ἐστω μία λεπτὴ μονόχρους φωτεινὴ δέσμη ΑΟ, ἣτις προσπίπτει πλαγίως εἰς τὴν ἐπίπεδον διαχωριστικὴν ἐπιφάνειαν ἀέρος καὶ ὕδατος (σχ. 245.)

Συμφώνως πρὸς ὅσα ἀνεφέρομεν, ἓνα μέρος τοῦ φωτός ἀνακλᾶται, ἀκολουθοῦν τὴν διεύθυνσιν τῆς ἀκτίνος ΟΒ καὶ ἓνα μέρος εἰσχωρεῖ εἰς τὸ δεύτερον διαφανὲς μέσον, τὸ ὕδωρ, κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς ἀκτίνος ΟΓ καὶ διαθλάται. Ἡ ἀκτὶς ΟΓ ἐκτρέπεται ἀπὸ τὴν ἀρχικὴν διεύθυνσιν διαδόσεως τοῦ φωτός καί, εἰς τὴν περίπτωσίν μας, πλησιάζει πρὸς τὴν κάθετον εἰς τὸ σημεῖον προσπτώσεως Ο τῆς διαχωριστικῆς ἐπιφανείας ὕδατος-ἀέρος.



Σχ. 245. Διὰ τὴν σπουδὴν τῆς διαθλάσεως.

Ἡ ἀκτὶς ΑΟ ὀνομάζεται **προσπίπτουσα** καὶ ἡ ΟΓ **διαθλωμένη**. Ἡ γωνία ἢ σχηματιζομένη ἀπὸ τὴν προσπίπτουσαν ἀκτῖνα καὶ τὴν κάθετον εἰς τὴν διαχωριστικὴν ἐπιφάνειαν, εἰς τὸ σημεῖον προσπτώσεως, ὀνομάζεται **γωνία προσπτώσεως**. Ἡ γωνία, ἢ σχηματιζομένη ἀπὸ τὴν κάθετον καὶ τὴν διαθλωμένην ἀκτῖνα, ὀνομάζεται **γωνία διαθλάσεως**.



Όταν ή διαθλωμένη άκτις πλησιάζη πρὸς τὴν κάθετον, ὅπως εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς διαδόσεως τοῦ φωτὸς ἀπὸ τὸν ἀέρα εἰς τὸ ὕδωρ, τὸ δεύτερον διαφανὲς μέσον, τὸ ὕδωρ εἰς τὴν περίπτωσίν μας, λέγεται *διαθλαστικώτερον* ἢ *ὀπτικῶς πυκνότερον* ἀπὸ τὸ πρῶτον. Ἄν ὅμως ή διαθλωμένη άκτις ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὴν κάθετον, τότε τὸ δεύτερον διαφανὲς μέσον λέγεται *ὀπτικῶς ἀραιότερον* ἀπὸ τὸ πρῶτον.

Τὸ ἐπίπεδον, τὸ ὀριζόμενον ἀπὸ τὴν προσπίπτουσαν καὶ τὴν διαθλωμένην άκτίνα, ὀνομάζεται *ἐπίπεδον διαθλάσεως*.

Ἡ διάθλασις τοῦ φωτὸς ἀκολουθεῖ τοὺς ἐξῆς δύο νόμους :

**1ος νόμος.** Τὸ ἐπίπεδον διαθλάσεως, τὸ ὁποῖον ὀρίζεται ἀπὸ τὴν προσπίπτουσαν καὶ τὴν διαθλωμένην άκτίνα, εἶναι κάθετον εἰς τὴν διαχωριστικὴν ἐπιφάνειαν τῶν δύο διαφανῶν μέσων.

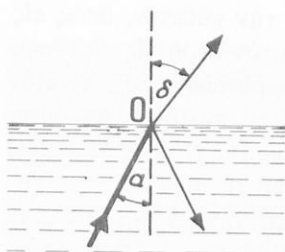
**2ος νόμος.** Ὅταν φωτεινὰ άκτίνες μονοχρώου φωτὸς διαδίδονται πλαγίως ἀπὸ ἓνα διαφανὲς μέσον Α εἰς ἓνα ἄλλο Β, διαθλῶνται καὶ πλησιάζουν πρὸς τὴν κάθετον, ὅταν τὸ δεύτερον διαφανὲς μέσον Β εἶναι ὀπτικῶς πυκνότερον ἀπὸ τὸ πρῶτον Α. Τὸ ἀντίθετον συμβαίνει ὅταν τὸ φῶς διαδίδεται ἀπὸ ὀπτικῶς πυκνότερον εἰς ὀπτικῶς ἀραιότερον μέσον.

Όταν τὸ φῶς προσπίπτῃ καθέτως εἰς τὴν ἐπιφάνειαν διαχωρισμοῦ δύο ὀπτικῶν μέσων, δὲν ὑφίσταται διάθλασιν καὶ συνεχίζει τὴν εὐθύγραμμον διάδοσίν του εἰς τὸ δεύτερον μέσον.

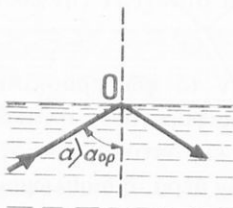
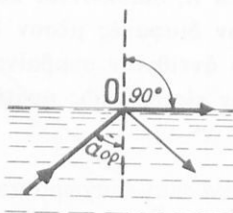
**§ 240. Ὅρικὴ γωνία. Ὅλικὴ ἀνάκλασις.** Ὅταν τὸ φῶς προσπίπτῃ πλαγίως εἰς τὴν ἐπιφάνειαν διαχωρισμοῦ δύο διαφορετικῶν ὀπτικῶν μέσων καὶ διαδίδεται ἀπὸ ὀπτικῶς πυκνότερον, εἰς ὀπτικῶς ἀραιότερον διαφανὲς σῶμα, ὅπως π.χ. ἀπὸ τὸ ὕδωρ εἰς τὸν ἀέρα, ή διαθλωμένη άκτις ἀπομακρύνεται, ὅπως γνωρίζομεν, ἀπὸ τὴν κάθετον (σχ. 246).

Όταν μεγαλῶνῃ ή γωνία προσπτώσεως α, μεγαλῶναι καὶ ή γωνία διαθλάσεως δ, ή ὁποία εἰς τὴν περίπτωσιν τὴν ὁποίαν ἐξετάζομεν εἶναι πάντοτε μεγαλύτερα ἀπὸ τὴν γωνίαν προσπτώσεως. Ὅταν ή γωνία προσπτώσεως λάβῃ μίαν ὀρισμένην τιμήν, τὴν ὁποίαν ὀνομάζομεν *ὀρικτὴν γωνίαν* ( $\alpha_{or}$ ), ή γωνία διαθλάσεως γίνεται ἴση μὲ 90° καὶ ή διαθλωμένη άκτις διαδίδεται ἐπάνω εἰς τὴν ἐπιφάνειαν διαχωρισμοῦ τῶν δύο ὀπτικῶν μέσων (σχ. 247, I).

Όταν ή γωνία προσπτώσεως ὑπερβῇ τὴν ὀρικτὴν γωνίαν ( $\alpha > \alpha_{or}$ ),



Σχ. 246. "Όταν τὸ φῶς διαδίδεται ἀπὸ ὀπτικῶς πυκνότερον εἰς ὀπτικῶς ἀραιότερον διαφανὲς μέσον, ἡ διαθλωμένη ἀκτὶς ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὴν κάθετον.



Σχ. 247. "Όταν ἡ γωνία προσπτώσεως ὑπερβῇ τὴν ὀρικήν, συμβαίνει ὀλικὴ ἀνάκλασις.

δὲν ὑπάρχει πλέον διαθλωμένη ἀκτὶς, ἀλλὰ συμβαίνει μόνον ἀνάκλασις (σχ. 247, II).

Τὸ φαινόμενον αὐτὸ ὀνομάζεται *ὀλικὴ ἀνάκλασις* τοῦ φωτός καὶ παρατηρεῖται μόνον ὅταν τὸ φῶς διαδίδεται πλαγίως ἀπὸ ἓνα πυκνότερον πρὸς ἓνα ἀραιότερον μέσον. Ὡστε :

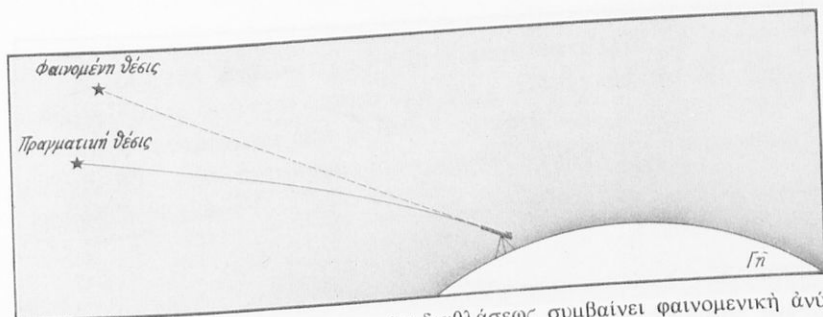
Ὀλικὴ ἀνάκλασις ὀνομάζεται τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ ὅποιον τὸ φῶς, ὅταν διαδίδεται πλαγίως ἀπὸ ὀπτικῶς πυκνότερον πρὸς ὀπτικῶς ἀραιότερον διαφανὲς μέσον, ὑφίσταται μόνον ἀνάκλασιν, ὅταν ἡ γωνία προσπτώσεως ὑπερβῇ μίαν ὠρισμένην τιμήν, χαρακτηριστικὴν διὰ τὰ δύο ὀπτικὰ μέσα, ἡ ὁποία ὀνομάζεται ὀρική γωνία.

Ἐκτεταμένη χρήσις τοῦ φαινομένου τούτου γίνεται εἰς τοὺς φωτιζομένους πίδακας τῶν ἀναβρυτηρίων, εἰς τοὺς ὁποίους παρατηροῦμεν χρωματιστὰς καμπύλας φλέβας ὕδατος.

### § 241. Ἀποτελέσματα τῆς διαθλάσεως.

Όταν μία φωτεινὴ ἀκτὶς, ἥτις προέρχεται ἀπὸ κάποιον ἀστέρα, εἰσχωρῇ εἰς τὴν γήινην ἀτμόσφαιραν, διέρχεται ἀπὸ στρώματα αἰέρος, τῶν ὁποίων αὐξάνεται συνεχῶς ἡ ὀπτικὴ πυκνότης. Διὰ τὸν λόγον αὐτὸν ἡ ἀκτὶς ὅλονεν καμπυλοῦται. Όταν φθάσῃ εἰς τὸν ὀφθαλμόν μας, νομίζομεν ὅτι προέρχεται ἀπὸ τὴν προέκτασιν τοῦ τελευταίου τμήματός της, με ἀποτέλεσμα νὰ βλέπομεν τὸν ἀστέρα ὑψηλότερον ἀπὸ τὴν θέσιν εἰς τὴν ὁποίαν πραγματικῶς εὐρίσκεται (σχ. 248). Οὕτω βλέπομεν τὸν ἥλιον πρὶν ἀκόμῃ ἀνατελεῖν καὶ ἐξακολουθοῦμε νὰ τὸν βλέπομε ἐνῶ ἔχει δύσει.

Ἐνα ἄλλο φαινόμενον ὀφειλόμενον εἰς τὴν ἀτμοσφαιρικὴν διάθλασιν, εἶναι ὁ λεγόμενος *ἀντικατοπτρισμός*. Διὰ νὰ συμβῇ τὸ φαινόμενον αὐτὸ πρέπει ὁ ἀῆρ εὐρίσκόμενος πλησίον τοῦ ἐδάφους, νὰ εἶναι ὀπτικῶς ἀραιότερος ἀπὸ τὰ ὑπερκείμενα αἰρία στρώματα. Αὐτὸ συμβαίνει ὅταν εἶναι πολὺ θερμὸν τὸ ἔδαφος, ὁπότε

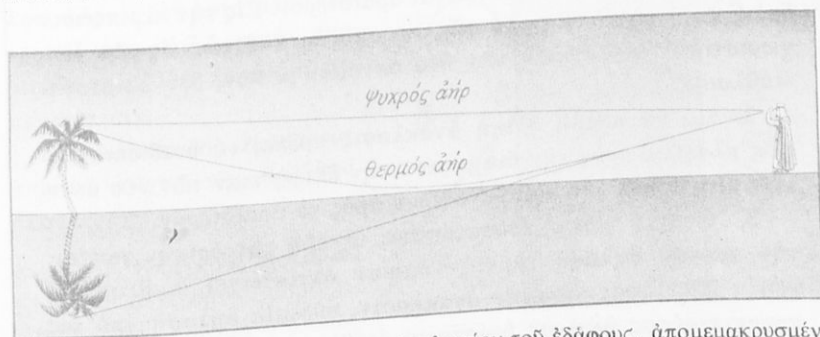


Σχ. 248. Ἐξ αἰτίας τῆς ἀτμοσφαιρικῆς διαθλάσεως συμβαίνει φαινομενικὴ ἀνύψωσις τῶν ἀστρῶν.

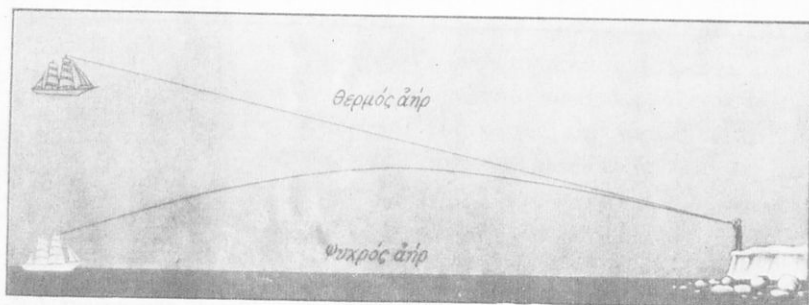
ὁ ἀήρ διατάσσεται κατὰ στρώματα, τῶν ὁποίων ἡ πυκνότης αὐξάνεται ὅσον ἀπομακρυνόμεθα ἀπὸ τὸ ἔδαφος. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν τὸ φῶς τὸ προερχόμενον ἀπὸ τὸ ὑψηλότερον σημεῖον ἑνὸς ἀντικειμένου, π.χ. ἐνὸς δένδρου, φθάνει εἰς τὸν ὀφθαλμὸν τοῦ παρατηρητοῦ, ὅπως δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 249. Τοιοῦτοτρόπως αὐτὸς βλέπει τὸ ἀντικείμενον, ὅπως εἶναι εἰς τὴν πραγματικὴν του θέσιν καὶ ἀνεστραμμένον, ὥσάν νά ὑπῆρχε ἐπίπεδον κάτοπτρον μεταξὺ ἀντικειμένου καὶ παρατηρητοῦ.

Τὸ φαινόμενον αὐτὸ παρατηρεῖται συνήθως εἰς τὰς ἐρήμους, ὅπου τὰ καραβάνια βλέπουν ὀάσεις λόγῳ ἀντικατοπτρισμοῦ καὶ ἐξαπατῶνται. Τὸ ἴδιον συμβαίνει καὶ εἰς τοὺς μαύρους ἀσφαλτοστρωμένους αὐτοκινητοδρόμους, ὅπου δημιουργεῖται ἡ ἐντύπωσις ὅτι εἰς μεγάλην ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν παρατηρητὴν ἔχει καταβρεχθῆ τὸ ὁδόστρωμα.

Ὅταν ὁ ἀήρ ὁ εὐρισκόμενος πλησίον τοῦ ἔδαφους εἶναι ψυχρότερος, καὶ ἐπομένως πυκνότερος ἀπὸ τὰ στρώματα, τὰ εὐρισκόμενα ἐπάνω ἀπὸ αὐτόν, δημιουργεῖται πολλὰς φορές ἡ ἐντύπωσις ὅτι διάφορα ἀντικείμενα, ὅπως π.χ. ἓνα μακρινὸν πλοῖον, μετεωρίζονται εἰς τὸν ὀρίζοντα (σχ. 250).



Σχ. 249. Ὅταν ὁ ἀήρ εἶναι πολὺ θερμὸς πλησίον τοῦ ἔδαφους, ἀπομακρυσμένα ἀντικείμενα φαίνονται, λόγῳ ἀντικατοπτρισμοῦ, ἀνεστραμμένα.



Σχ. 250. "Όταν ο αήρ, ο εύρισκόμενος πλησίον του εδάφους είναι ψυχρός, απομακρυσμένα αντικείμενα φαίνονται υψηλότερον από την πραγματικήν των θέσιν.

"Ενα άλλο φαινόμενον, όφειλόμενον εις την διάθλασιν, είναι ή φαινομενική ανύψωσις τών αντικειμένων, τών εύρισκομένων μέσα εις ένα υγρόν, όταν τὰ βλέπομεν πλαγίως, όπως π.χ. οί ιχθύες (βλ. σχ. 243).

## ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. "Όταν τὸ φῶς διαδίδεται πλαγίως ἀπὸ ἑνα διαφανὲς μέσον εἰς ἄλλον, ὑφίσταται διάθλασιν. Τὸ φαινόμενον αὐτὸ ἀκολουθεῖ τοὺς ἐξῆς δύο νόμους : α) Τὸ ἐπίπεδον διαθλάσεως, τὸ ὀριζόμενον ἀπὸ τὴν προσπίπτουσαν καὶ τὴν διαθλωμένην ἀκτῖνα, εἶναι 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 εἶναι πυκνότερον ἀπὸ τὸ πρῶτον. Ἀντιθέτως ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὴν κάθετον ὅταν εἶναι ἀραιότερον. Εἰς τὴν περίπτωσιν ὅμως κατὰ τὴν ὁποίαν τὸ φῶς προσπίπτει καθέτως εἰς τὴν διαχωριστικὴν ἐπιφάνειαν τῶν δύο ὀπτικῶν μέσων, δὲν ὑφίσταται διάθλασιν.

2. Διὰ τὴν συμβῆ ὀλικὴ ἀνάκλασις πρέπει νὰ διαδίδεται τὸ φῶς πλαγίως πρὸς τὴν διαχωριστικὴν ἐπιφάνειαν τῶν δύο ὀπτικῶν μέσων καὶ ἀπὸ τὸ πυκνότερον πρὸς τὸ ἀραιότερον.

3. "Όταν ἡ γωνία προσπτώσεως ὑπερβῇ τὴν ὀρικήν γωνίαν, τὴν γωνίαν δηλαδὴ εἰς τὴν ὁποίαν ἀντιστοιχεῖ διαθλαστικὴ γωνία  $90^\circ$ , ἔχομεν ὀλικὴν ἀνάκλασιν, οὐδεμίαν δηλαδὴ ἀπὸ τὰς προσπιπτούσας ἀκτῖνας ὑφίσταται διάθλασιν, ἀλλὰ ἀνακλῶνται ὅλαι.

4. Εἰς τὴν ἀτμοσφαιρικὴν διάθλασιν ὀφείλεται τὸ γεγονός ὅτι ὁ ἥλιος φαίνεται ἐπάνω ἀπὸ τὸν ὀρίζοντα πρὶν ἀκόμη ἀνατεῖλαι καὶ παραμένει ἐπάνω ἀπὸ αὐτὸν ἐνῶ ἔχει δόσει.

5. Ὁ ἀντικατοπτρισμὸς ἐπίσης ὀφείλεται εἰς τὴν ἀτμοσφαιρικὴν διάθλασιν.

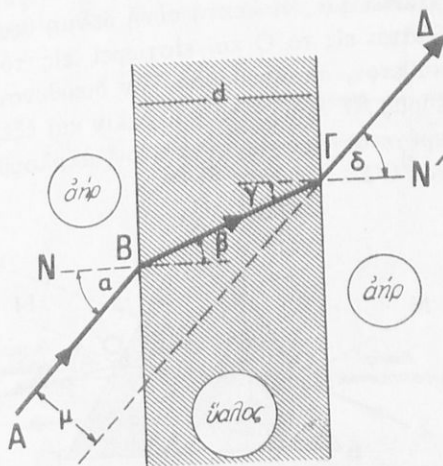
## ΜΕΤ'— ΠΡΙΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΦΑΚΟΙ

**§ 242.** Διάθλασις διὰ μέσου πλακὸς με παραλλήλους ἑδρας. Ἐστω μία ὑαλίνη πλάξ με παραλλήλους ἑδρας, ἐπάνω εἰς τὴν ὁποίαν προσπίπτει με γωνίαν  $\alpha$  μία φωτεινὴ ἀκτὶς AB (σχ. 251). Ἡ ἀκτὶς διαθλάται εἰς τὸ σημεῖον B, πλησιάζει πρὸς τὴν κάθετον, ἐφ' ὅσον διαδίδεται ἀπὸ τὸν ἀέρα πρὸς τὴν ὑαλον, δηλαδὴ ἀπὸ ὀπτικῶς ἀραιότερου πρὸς ὀπτικῶς πυκνότερον σῶμα, ἀκολουθοῦσα τὴν διεύθυνσιν τῆς ἀκτίνος ΒΓ. Εἰς τὸ σημεῖον Γ διαθλάται καὶ πάλιν, ἀλλὰ τώρα ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὴν κάθετον, ἐπειδὴ διαδίδεται ἀπὸ ὀπτικῶς πυκνότερου πρὸς ὀπτικῶς ἀραιότερον μέσον, ἀκολουθοῦσα τὴν διεύθυνσιν τῆς ἀκτίνος ΓΔ. Αἱ δύο ὀπτικαὶ ἀκτίνες, ἡ προσπίπτουσα AB καὶ ἡ ἐξερχομένη ΓΔ εἶναι παράλληλοι, ἡ ΓΔ ὅμως ἔχει μετατοπισθῇ ὡς πρὸς τὴν AB. Ὡστε :

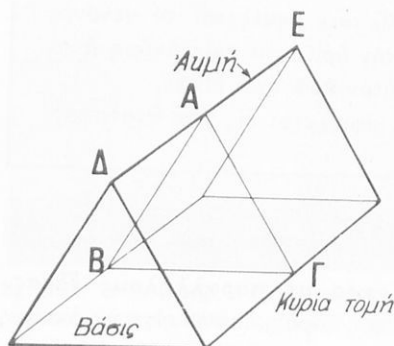
Ὅταν μία φωτεινὴ ἀκτὶς διαθλάται διὰ μέσου μιᾶς ὑαλίνης πλακὸς με παραλλήλους ἑδρας, δὲν ὑφίσταται ἐκτροπὴν ἀπὸ τὴν ἀρχικὴν τῆς διεύθυνσιν ἀλλὰ παράλληλον μετατόπισιν.

Ἡ μετατόπισις ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ πάχος τῆς ὑαλίνης πλακός.

**§ 243.** Ὀπτικὸν πρίσμα. Εἰς τὴν Φυσικὴν ὀνομάζομεν ὀπτικὸν πρίσμα ἢ ἀπλῶς πρίσμα, ἓνα διαφανὲς μέσον περιοριζόμενον ἀπὸ δύο ἐπι-



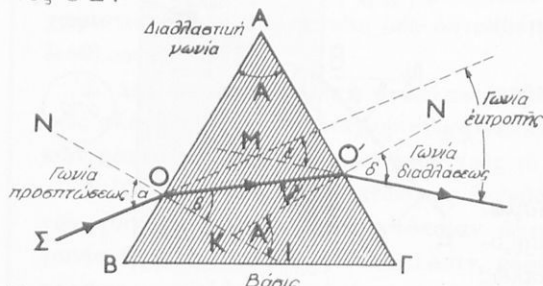
Σχ. 251. Διάθλασις διὰ μέσου πλακιδίου με παραλλήλους ἑδρας.



Σχ. 252. Πρίσμα και κυρία τομή του πρίσματος.

εις τὸ πρίσμα, ὥστε ἡ κυρία τομή του νὰ εἶναι τρίγωνον. Ἡ ἔδρα τοῦ τριγωνικοῦ πρίσματος, ἡ ἔναντι τῆς ἀκμῆς του, ὀνομάζεται βάσις τοῦ πρίσματος.

**§ 244. Διάθλασις διὰ μέσου πρίσματος.** Ὡς θεωρήσωμεν ὅτι εἰς τὴν τὴν κυρίαν τομήν ΒΑΓ ἐνὸς πρίσματος (σχ. 253) προσπίπτει μία λεπτή μονόχρους φωτεινὴ δέσμη ΣΟ ἐπάνω εἰς τὴν ἔδραν ΒΑ, μὲ γωνίαν προσπτώσεως  $\alpha$ . Ἡ λεπτή αὐτὴ δέσμη θεωρουμένη περίπου ὡς ἀκτίς, διαθλάται εἰς τὸ Ο καὶ εἰσχωρεῖ εἰς τὸ πρίσμα πλησιάζουσα πρὸς τὴν κάθετον, ἀκολουθοῦσα τὴν διεύθυνσιν ΟΟ'. Εἰς τὸ σημεῖον Ο' τῆς ἔδρας ΑΓ διαθλάται καὶ πάλιν καὶ ἐξέρχεται εἰς τὸν ἀέρα, ἐνῶ ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὴν κάθετον, ἀκολουθοῦσα τὴν διεύθυνσιν τῆς ἀκτίνος Ο'Σ'.



Σχ. 253. Πορεία μιᾶς φωτεινῆς ἀκτίνος διὰ μέσου πρίσματος.

πέδους ἔδρας, αἱ ὁποῖαι σχηματίζουν διέδρον γωνίαν (σχ. 252).

Ἡ τομή τῶν δύο ἐπιπέδων ἐδρῶν τῶν περιοριζουσῶν τὸ πρίσμα, ὀνομάζεται ἀκμή τοῦ πρίσματος, ἡ δὲ ἀντίστοιχος ἐπίπεδος γωνία τῆς διέδρου, τὴν ὁποίαν σχηματίζουν αἱ δύο ἔδραι τοῦ πρίσματος, ὀνομάζεται *διαθλαστικὴ γωνία* τοῦ πρίσματος. Πᾶσα τομή τοῦ πρίσματος κάθετος πρὸς τὴν ἀκμὴν του, ὀνομάζεται *κυρία τομή* τοῦ πρίσματος. Συνήθως δίδεται τοιαύτη μορφή

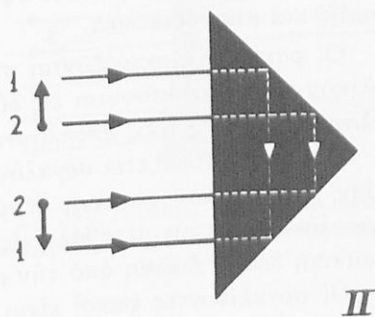
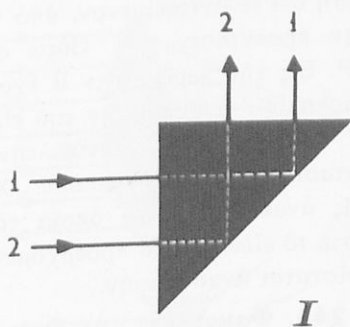
ὥπως παρατηροῦμεν, ἡ ἐξερχομένη ἀκτίς πλησιάζει πρὸς τὴν βάσιν τοῦ πρίσματος καὶ ὑφίσταται ἐκτροπὴν ἀπὸ τὴν ἀρχικὴν τῆς διεύθυνσιν. Ἡ ἐκτροπὴ αὐτὴ καθορίζεται ἀπὸ τὴν γωνίαν  $\epsilon$ , ἡ ὁποία σχηματίζεται

ἀπὸ τὴν προέκτασιν τῆς προσι-  
πτούσης καὶ τῆς ἐξερχομένης ἀκτί-  
νος καὶ ὀνομάζεται *γωνία ἐκτροπῆς*.

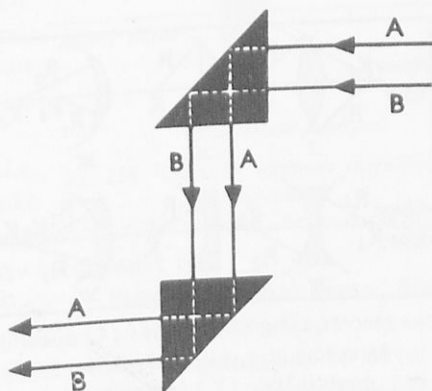
**§ 243. Πρίσματα ὀλικῆς ἀνα-  
κλάσεως.** Εἰς τὸ φαινόμενον τῆς  
ὀλικῆς ἀνακλάσεως στηρίζεται ἡ  
λειτουργία διαφόρων διατάξεων, αἱ  
ὁποῖαι χρησιμοποιοῦν κατάλληλα  
πρίσματα. Ἡ κυρία τομὴ τῶν πρι-  
σμάτων αὐτῶν εἶναι ὀρθογώνιον ἰ-  
σοσκελὲς τρίγωνον. Αἱ διατάξεις  
αὐταὶ χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν  
κατασκευὴν ὀρισμένων ὀπτικῶν  
ὀργάνων, ὅπως εἶναι τὰ περισκό-  
πια τῶν ὑποβρυχίων, κλπ.

Εἰς τὸ σχῆμα 254 δεικνύονται  
δύο πρίσματα ὀλικῆς ἀνακλάσεως.  
Εἰς τὴν περίπτωσιν I αἱ ὀπτικαὶ ἀ-  
κτίνες προσπίπτουν καθέτως εἰς  
μίαν κάθετον ἑδραν τοῦ πρίσματος  
καὶ δὲν ὑφίστανται διάθλασιν, συν-  
εχίζουσαι τοιοῦτοτρόπως εὐθυ-  
γράμμως τὴν διάδοσιν των διὰ  
μέσου τοῦ πρίσματος. Ὅταν  
συναντήσουν τὴν ὑποτείνουσαν  
ἑδραν τοῦ πρίσματος, δὲν δια-  
θλῶνται, ἐπεὶδὴ προσπίπτουν με-  
γωνίαν μεγαλυτέραν τῆς ὀρικῆς.  
Ἀνακλῶνται λοιπὸν καὶ προσι-  
πτοῦν καθέτως εἰς τὴν ἄλλην  
κάθετον ἑδραν τοῦ πρίσματος,  
ὁπότε ἐξερχονται χωρὶς νὰ ὑπο-  
στοῦν διάθλασιν.

Ἄν ὁ ὀφθαλμὸς συλλάβῃ  
τὰς ἐξερχομένας ἀκτίνες, θὰ νο-



Σχ. 254. Πρίσματα ὀλικῆς ἀνακλάσεως.



Σχ. 255. Ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τοῦ πε-  
ρισκοπίου.

μίση ότι τὸ ἀντικείμενον, ἀπὸ τὸ ὁποῖον προέρχονται, εὐρίσκεται εἰς τὴν προέκτασιν των. Οὕτω συμβαίνει ἐκτροπὴ τῶν ἀκτίνων κατὰ  $90^\circ$ . Εἰς τὴν περίπτωσιν II ἔχομεν δύο ὀλικὰς ἀνακλάσεις, αἱ ὁποῖαι προκαλοῦν ἀναστροφὴν τοῦ εἰδώλου.

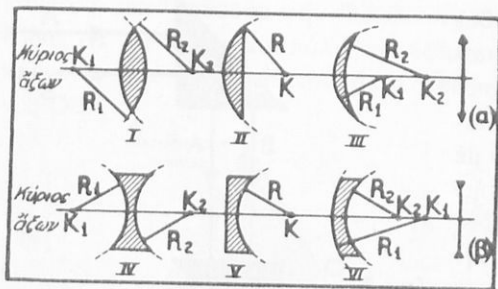
Τὸ σχῆμα 255 δεικνύει τὴν ἀρχὴν ἐπὶ τῆς ὁποίας στηρίζεται ἡ κατασκευὴ τοῦ *περισκοπίου*. Χρησιμοποιοῦνται δύο πρίσματα ὀλικῆς ἀνακλάσεως, τὰ ὁποῖα τοποθετοῦνται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε τὸ εἶδωλον, τὸ προερχόμενον ἀπὸ τὴν διπλὴν ἀνάκλασιν νὰ μὴν ὑφίσταται ἀναστροφὴν.

**§ 246. Φακοί.** Εἰς τὴν Φυσικὴν ὀνομάζομεν φακόν, πᾶν διαφανὲς σῶμα περιοριζόμενον ὑπὸ δύο σφαιρικῶν ἐπιφανειῶν ἢ ὑπὸ μιᾶς σφαιρικῆς καὶ μιᾶς ἐπιπέδου.

Οἱ φακοὶ κατασκευάζονται συνήθως ἀπὸ ὕαλον ἢ ἄλλον διαφανὲς ὕλικόν καὶ κατατάσσονται εἰς δύο μεγάλας κατηγορίας, εἰς τοὺς *συγκλίνοντας* καὶ εἰς τοὺς *ἀποκλίνοντας* φακοὺς.

Ὁ φακὸς ὀνομάζεται *συγκλίνων*, ὅταν μεταβάλλῃ εἰς συγκλίνουσαν μίαν παράλληλον φωτεινὴν δέσμην, προσπίπτουσαν ἐπ' αὐτοῦ, καὶ *ἀποκλίνων* ὅταν τὴν μεταβάλλῃ εἰς ἀποκλίνουσαν, ἀφοῦ ἡ παραλλήλως φωτεινὴ δέσμη διέλθῃ ἀπὸ τὴν μᾶζαν του.

Οἱ συγκλίνοντες φακοὶ εἶναι παχεῖς εἰς τὸ μέσον καὶ λεπτοὶ εἰς τὰ ἄκρα, ἐνῶ οἱ ἀποκλίνοντες εἶναι παχεῖς εἰς τὰ ἄκρα καὶ λεπτοὶ εἰς τὸ μέσον.



Σχ. 256. Τὰ εἶδη τῶν φακῶν : (I) ἀμφίκυρτος, (II) ἐπιπεδόκυρτος, (III) συγκλίνων μηνίσκος, (IV) ἀμφίκοιλος, (V) ἐπιπεδόκοιλος, (VI) ἀποκλίνων μηνίσκος. (α) Συμβολικὴ παράστασις συγκλίνοντος καὶ (β) ἀποκλίνοντος φακοῦ.

Αἱ ἀκτῖνες  $R_1$  καὶ  $R_2$  τῶν δύο σφαιρῶν, εἰς τὰς ὁποίας ἀνήκουν αἱ ἐπιφάνειαι τοῦ φακοῦ, ὀνομάζονται *ἀκτῖνες καμπυλότητος* τοῦ φακοῦ. Ὅταν ὁ φακὸς ἀποτελεῖται ἀπὸ μίαν σφαιρικὴν καὶ μίαν ἐπίπεδον ἐπιφάνειαν, ἔχει μίαν ἀκτῖνα καμπυλότητος.

Εἰς τὸ σχῆμα 256 δεικνύονται τὰ διάφορα εἶδη τῶν συγκλινόντων καὶ ἀποκλινόντων φακῶν.



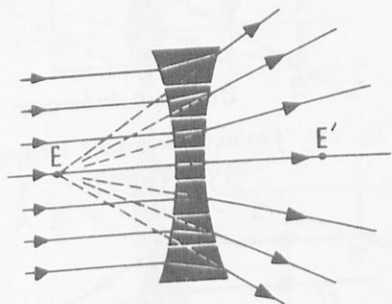
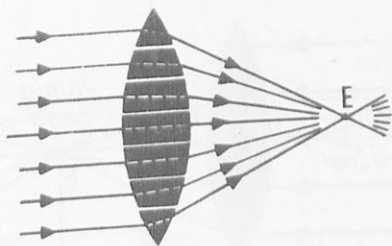
Ἡ εὐθεΐα, ἡ διερχομένη ἀπὸ τὰ κέντρα καμπυλότητος τῶν δύο σφαιρικῶν ἐπιφανειῶν τοῦ φακοῦ, ὀνομάζεται κύριος ἄξων τοῦ φακοῦ. Ὅταν ἡ μία ἀπὸ τὰς δύο ἐπιφανείας εἶναι ἐπίπεδος, ὁ κύριος ἄξων τοῦ φακοῦ διέρχεται ἀπὸ τὸ ἓνα κέντρον καμπυλότητος καὶ εἶναι κάθετος εἰς τὴν ἐπίπεδον ἐπιφάνειαν. Πᾶσα τομὴ τοῦ φακοῦ, περιέχουσα τὸν κύριον ἄξονά του, ὀνομάζεται *κυρία τομή*.

Διὰ νὰ σπουδάσωμεν τὴν διάδοσιν τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων διὰ μέσου ἑνὸς φακοῦ, θεωροῦμεν ὅτι ὁ φακὸς ἀποτελεῖται ἀπὸ συνδυασμὸν πολλῶν μικρῶν πρισμάτων, τὰ ὁποῖα δὲν ἔχουν ὅμως σταθεράν διαθλαστικὴν γωνίαν. Ἡ διαθλαστικὴ γωνία τῶν πρισμάτων αὐτῶν μεταβάλλεται ἀπὸ τὸ μέσον τοῦ φακοῦ πρὸς τὰ ἄκρα του. Τὸ σχῆμα 257 δεικνύει κατὰ ποῖον τρόπον δυνάμεθα νὰ φαντασθῶμεν τὸν φακὸν ὡς συνδυασμὸν πολλῶν μικρῶν πρισμάτων.

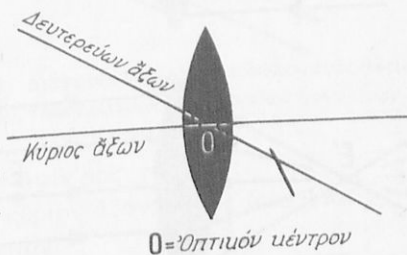
Οἱ φακοὶ τοὺς ὁποίους θὰ μελετήσωμεν, ὑποθέτομεν ὅτι εἶναι πολὺ λεπτοί. Ὅτι τὸ πάχος των, δηλαδή, εἶναι πολὺ μικρόν, ὅταν συγκριθῇ μετὰ τὰς ἀκτῖνας καμπυλότητος τῶν ἐπιφανειῶν των.

Ὅταν οἱ φακοὶ ἔχουν μικρὸν πάχος, θεωροῦμεν ὅτι ὁ κύριος ἄξων τέμνει τὸν φακὸν εἰς ἓνα σημεῖον, τὸ ὁποῖον ὀνομάζομεν *ὀπτικὸν κέντρον* τοῦ φακοῦ. Οἰαδήποτε εὐθεΐα ἥτις διέρχεται ἀπὸ τὸ ὀπτικὸν κέντρον καὶ δὲν συμπίπτει μετὰ τὸν κύριον ἄξονα, ὀνομάζεται *δευτερεύων ἄξων* τοῦ φακοῦ (σχ. 258).

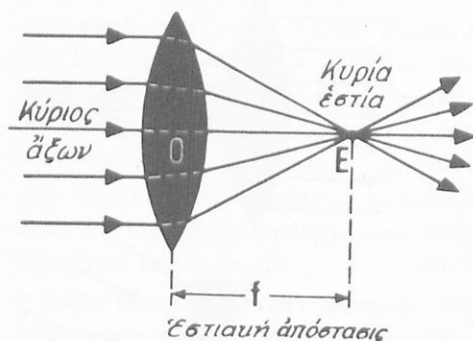
Ὅταν μία ἀκτίς διέρχεται ἀπὸ τὸ ὀπτικὸν κέντρον τοῦ φακοῦ,



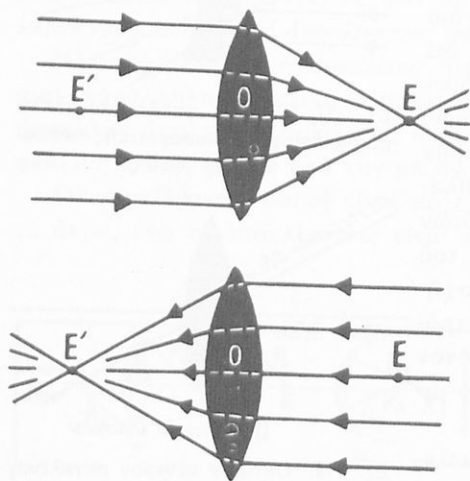
Σχ. 257. Σύνθεσις φακῶν ἀπὸ πολλὰ μικρὰ πρίσματα διαφορετικῆς διαθλαστικῆς γωνίας.



Σχ. 258. Ὀπτικὸν κέντρον συγκλίνοντος φακοῦ.



Σχ. 259. Έστιακή απόσταση ενός συγκλίνοντος φακού.



Σχ. 260. Αί παράλληλοι άκτίνες συγκεντρώνονται εις τās δύο κυρίας έστίας του φακού.

συνεχίζει την διάδοσίν της χωρίς νά διαθλασθῇ.

**§ 247. Συγκλίνοντες φακοί.** Κυρία έστία. Ἐάν μία δέσμη παραλλήλων άκτίνων, προσπέση παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα ἑνὸς συγκλίνοντος φακοῦ, μετὰ τὴν ἐξοδὸν τῆς ἀπὸ τὸν φακόν, θά μεταβληθῇ εἰς συγκλίνουσαν δέσμην, αἱ άκτίνες τῆς ὁποίας θά διέλθουν ἀπὸ ἑνα σημεῖον Ε, τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος τοῦ φακοῦ καὶ ὀνομάζεται *κυρία έστία*. Ἡ ἀπόστασις ΟΕ τῆς κυρίας έστίας ἀπὸ τὸ ὀπτικὸν κέντρον Ο τοῦ φακοῦ, ὀνομάζεται *έστιαυή απόστασις* τοῦ φακοῦ (σχ. 259).

Ἐνῶ τὰ κάτοπτρα εἶναι μονόπλευρα, οἱ φακοὶ εἶναι δίπλευροι. Δι' αὐτὸ εἰς ἕκαστον φακὸν ἔχομεν δύο έστίας, μίαν πρὸς τὰ δεξιὰ καὶ μίαν πρὸς τὰ ἀριστερά (σχ. 260). Αἱ δύο έστία εὐρίσκονται εἰς ἴσας ἀποστάσεις ἀπὸ τὸν φακόν, ὅταν ὁ φακὸς περιβάλεται ἀπὸ τὸ ἴδιον ὀπτικὸν μέσον.

Ἐννοεῖται ὅτι συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς ἀντιστροφῆς πορεύει τὸ φῶς, ὅταν εἰς μίαν έστίαν ἑνὸς συγκλίνοντος φακοῦ, τοποθετηθῇ ἕνα φωτεινὸν σημεῖον, αἱ άκτίνες αἱ ὁποῖαι ἐκκινοῦν ἀπὸ αὐτὴν, μετὰ τὴν διέλευσίν των μέσα ἀπὸ τὸν φακόν, μεταβάλλονται εἰς παράλληλον δέσμην.

**§ 248. Εἰδῶλα συγκλινόντων φακῶν.** Διὰ νὰ σχηματίσωμεν τὸ εἰδῶλον ἑνὸς ἀντικειμένου, τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται ἔμπροσθεν ἑνὸς συγκλίνοντος φακοῦ, ἄρκει νὰ σχηματίσωμεν τὰ εἰδῶλα τῶν διαφόρων σημείων τοῦ ἀντικειμένου.

Ὅπως εἰς τὴν περίπτωσιν τῶν κατόπτρων, εἰς τὰ ὁποῖα ὁ σχηματισμὸς τοῦ εἰδῶλου ἑνὸς φωτεινοῦ σημείου γίνεται ἀπὸ τὴν τομὴν δύο ἀκτίνων, οὕτω καὶ εἰς τοὺς φακοὺς, τὸ εἰδῶλον ἑνὸς φωτεινοῦ σημείου σχηματίζεται εἰς τὴν τομὴν δύο ἀκτίνων, μετὰ τὴν ἐξοδὸν τῶν ἀπὸ τὸν φακόν.

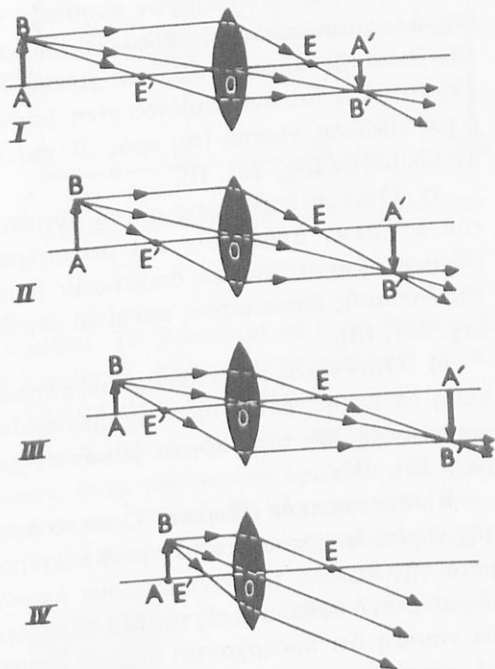
Διὰ τὴν κατασκευὴν τῶν εἰδῶλων ἄρκει νὰ ἔχωμεν ὑπ' ὄψιν μας τὰ ἑξῆς :

α) Μία παράλληλος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα ἀκτὶς διέρχεται μετὰ τὴν ἐξοδὸν τῆς ἀπὸ τὴν κυρίαν ἐστίαν.

β) Μία φωτεινὴ ἀκτὶς μετὰ διεύθυνσιν δευτερεύοντος ἄξονος, δὲν οὐφίσταται διὰθλασιν.

γ) Μία φωτεινὴ ἀκτὶς διερχομένη ἀπὸ τὴν κυρίαν ἐστίαν, ἀκολουθεῖ μετὰ τὴν ἐξοδὸν τῆς διεύθυνσιν παράλληλον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα.

**Α' Πραγματικὸν εἰδῶλον.** α) Ὅταν τὸ ἀντικείμενον AB εὐρίσκεται εἰς τὸ ἓνα μέρος τοῦ φακοῦ καὶ εἰς ἀπόστασιν (AO) =  $a$ , μεγαλυτέραν ἀπὸ τὸ διπλάσιον τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως, τὸ εἰδῶλον τοῦ σχηματίζεται εἰς τὸ ἄλλον μέρος τοῦ φακοῦ, εἶναι πραγματικόν, ἀνέστραμμένον καὶ εἰς ἀπόστασιν (OA') =  $\beta$ , μεγαλυτέραν τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως καὶ μικροτέραν τοῦ διπλασίου αὐτῆς. Δηλαδή, ὅταν  $a > 2f$  θὰ εἶναι  $f < \beta < 2f$  (σχ. 261, I).



Σχ. 261. Διάφοροι θέσεις τοῦ εἰδῶλου ἑνὸς ἀντικειμένου, τοποθετημένου ἔμπροσθεν συγκλίνοντος φακοῦ.

β) Όταν τὸ ἀντικείμενον πλησιάζῃ πρὸς τὸ διπλάσιον τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως καὶ τὸ εἶδωλόν του πλησιάζει πρὸς τὸ διπλάσιον τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως καὶ γίνεται ὁλονὲν μεγαλύτερον. Όταν ἡ ἀπόστασις  $a$  τοῦ ἀντικειμένου γίνῃ ἴση πρὸς  $2f$ , τότε καὶ ἡ ἀπόστασις  $\beta$  τοῦ εἰδώλου, γίνεται ἴση πρὸς  $2f$  καὶ τὸ εἶδωλον εἶναι ἴσον μὲ τὸ ἀντικείμενον (σχ. 261, II).

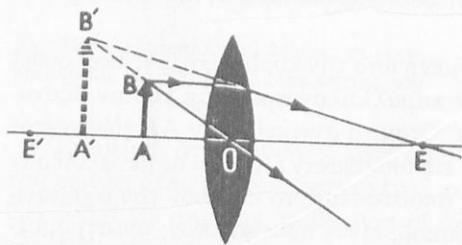
γ) Όταν ἡ ἀπόστασις  $a$  τοῦ ἀντικειμένου εἶναι μεγαλύτερα ἀπὸ τὴν ἐστιακὴν ἀπόστασιν καὶ μικροτέρα ἀπὸ τὸ διπλάσιόν της, τὸ εἶδωλον σχηματίζεται εἰς ἀπόστασιν  $\beta$  μεγαλύτεραν ἀπὸ τὸ διπλάσιον τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως καὶ εἶναι μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον, (σχ. 261, III).

δ) Όταν τέλος τὸ ἀντικείμενον, πλησιάζον πρὸς τὴν κυρίαν ἐστίαν πέσῃ ἐπ' αὐτῆς, δὲν ἔχομεν σχηματισμὸν εἰδώλου, ἐπειδὴ αἱ ἀκτῖνες μετὰ τὴν ἐξοδὸν τῶν ἀπὸ τὸν φακὸν σχηματίζουν παράλληλον δέσμην (σχ. 261, IV).

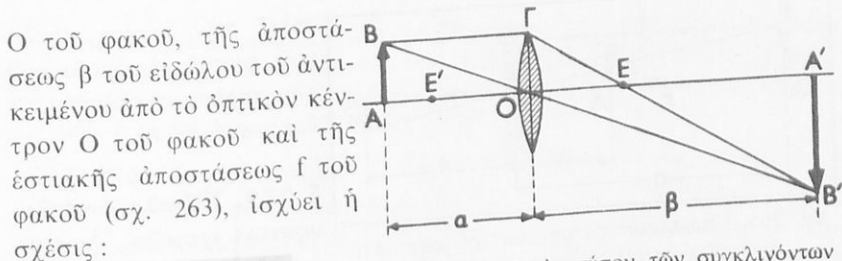
**Β' Φανταστικὸν εἶδωλον.** Όταν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται μεταξὺ τῆς κυρίας ἐστίας καὶ τοῦ ὀπτικοῦ κέντρου τοῦ φακοῦ, τότε αἱ ἀκτῖνες μετὰ τὴν ἐξοδὸν τῶν σχηματίζουν ἀποκλίνουσαν δέσμην. Ἄν ὅμως εὐρίσκεται ὁ ὀφθαλμὸς εἰς τὴν ἄλλην πλευρὰν τοῦ φακοῦ καὶ τὰς δεχθῇ, θὰ νομίσῃ ὅτι προέρχονται ἀπὸ τὸ σημεῖον εἰς τὸ ὅποιον τέμνονται αἱ προεκτάσεις τῶν. Ἐκεῖ σχηματίζεται τὸ φανταστικὸν εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου (σχ. 262). Ὡστε :

“Όταν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται μεταξὺ κυρίας ἐστίας καὶ ὀπτικοῦ κέντρου τοῦ φακοῦ, ἔχομεν φανταστικὸν εἶδωλον, τὸ ὅποιον σχηματίζεται πρὸς τὴν πλευρὰν τοῦ ἀντικειμένου. Τὸ εἶδωλον αὐτὸ εἶναι πάντοτε μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον καὶ ὄρθιον.

**§ 249. Τύπος τῶν συγκλινόντων φακῶν.** Ὅπως ἀποδεικνύεται, μεταξὺ τῆς ἀποστάσεως  $a$  τοῦ ἀντικειμένου, (τὸ ὅποιον εὐρίσκεται ἔμπροσθεν ἑνὸς συγκλίνοντος φακοῦ), ἀπὸ τὸ ὀπτικὸν κέντρον



Σχ. 262. Σχηματισμὸς φανταστικοῦ εἰδώλου ὑπὸ συγκλίνοντος φακοῦ.



Σχ. 263. Διά τὸν τύπον τῶν συγκλινόντων φακῶν.

$$\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{f}$$

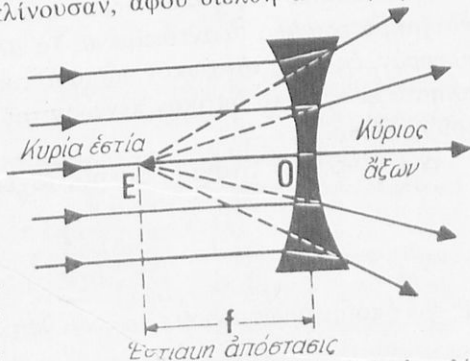
Εἰς τὸν τύπον αὐτὸν τὰ  $\alpha$  καὶ  $f$  εἶναι πάντοτε θετικοὶ ἀριθμοί. Τὸ  $\beta$  δύναται νὰ εἶναι θετικὸς ἢ ἀρνητικὸς ἀριθμὸς. Θετικὸν  $\beta$  σημαίνει πραγματικὸν εἶδωλον, ἀρνητικὸν  $\beta$  ὑποδηλώνει ὅτι τὸ εἶδωλον εἶναι φανταστικόν.

**§ 250. Μεγέθυνσις τοῦ φακοῦ.** Ἡ μεγέθυνσις  $M$  ἐνὸς φακοῦ ὀρίζεται κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον, κατὰ τὸν ὁποῖον ὀρίζεται καὶ ἡ μεγέθυνσις ἐνὸς σφαιρικοῦ κατόπτρου. Ὅπως δὲ εἰς τὴν περίπτωσιν τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων, οὕτω καὶ προκειμένου περὶ φακῶν ἰσχύει ἡ σχέσις :

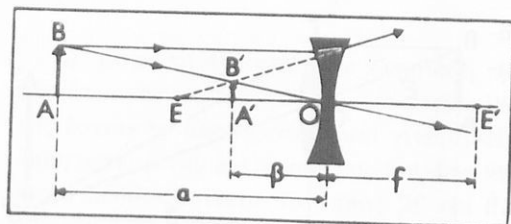
$$M = \frac{\beta}{\alpha}$$

**§ 251. Ἀποκλίνοντες φακοί.** Οἱ φακοὶ αὗτοὶ μεταβάλλουν μίαν παράλληλον δέσμην εἰς ἀποκλίνουσαν, ἀφοῦ διέλθῃ ἀπὸ τὴν μάζαν των καὶ ὑποστῇ δύο φορές διάθλασιν.

Εἰς τὸ σχῆμα 264 παριστᾶται ἕνας ἀποκλίνων φακός. Μία δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων προσπίπτει παράλληλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα τοῦ φακοῦ. Αἱ γεωμετρικαὶ προεκτάσεις τῶν ἀκτίνων τῆς δέσμης, μετὰ τὴν ἐξόδον των συναντῶνται εἰς τὸ σημεῖον  $E$ , τὸ ὁποῖον ἀπο-



Σχ. 264. Ἐστιασὴ ἀπόστασις ἐνὸς ἀποκλίνοντος φακοῦ.



Σχ. 265. Γεωμετρική κατασκευή του φανταστικού ειδώλου εις αποκλίνοντα φακόν.

τελεῖ τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ φακοῦ, ἡ ὁποία εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν εἶναι φανταστική.

**§ 252. Εἶδωλα ἀποκλινόντων φακῶν.** Ἐὰς φαντασθῶμεν ἓνα ἀντικείμενον AB ἔμπροσθεν τοῦ

ἀποκλίνοντος φακοῦ τοῦ σχήματος 265. Διὰ τὴν σχηματίσωμεν τὸ εἶδωλόν του, κατασκευάζομεν τὸ εἶδωλον τῆς κορυφῆς του B. Πρὸς τὸν σκοπὸν αὐτὸν χρειαζόμεθα δύο ἀκτίνες. Μίαν παράλληλον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, ὁπότε ἡ γεωμετρικὴ προέκτασις τῆς ἐξερχομένης τῆς θὰ διέρχεται ἀπὸ τὴν φανταστικὴν κυρίαν ἐστίαν, καὶ μίαν ἔχουσαν διεύθυνσιν δευτερεύοντος ἄξονος, ἡ ὁποία δὲν θὰ ὑποστῇ διάθλασιν.

Αἱ δύο αὗται ἐξερχόμεναι ἀκτίνες, εἶναι πάντοτε ἀποκλίνουσαι, δι' αὐτὸ δὲν συναντῶνται, καὶ οὕτω δὲν δύνανται νὰ δώσουν πραγματικὸν εἶδωλον. Ἄν ὅμως προσπέσουν καὶ αἱ δύο εἰς τὸν ὀφθαλμὸν μας, θὰ μᾶς προκαλέσουν τὴν ἐντύπωσιν ὅτι προέρχονται ἀπὸ ἓνα σημεῖον, εὐρίσκόμενον εἰς τὴν ἰδίαν πλευράν, ὡς πρὸς τὸν φακόν, μὲ τὸ ἀντικείμενον. Ἐκεῖ θὰ σχηματισθῇ τὸ φανταστικὸν εἶδωλον B' τοῦ B. Φέροντες μίαν κάθετον εὐθεῖαν B'A' εἰς τὸν ὀπτικὸν ἄξονα τοῦ φακοῦ, σχηματίζομεν τὸ εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου.

Οἱ ἀποκλίνοντες φακοὶ δίδουν πάντοτε φανταστικὰ εἶδωλα, ὀρθὰ καὶ μικρότερα ἀπὸ τὰ ἀντικείμενα. Τὰ εἶδωλα εὐρίσκονται εἰς τὴν ἰδίαν πλευράν, ὡς πρὸς τὸν φακόν, μὲ τὰ ἀντικείμενα. Ὅταν τὸ ἀντικείμενον πλησιάζει πρὸς τὸ ὀπτικὸν κέντρον τοῦ φακοῦ, αὐξάνεται τὸ μέγεθος τοῦ ειδώλου.

Διὰ τοὺς ἀποκλίνοντας φακοὺς ἰσχύει ὁ τύπος :

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{f}$$

εἰς τὸν ὁποῖον ὅμως μόνον τὸ  $a$  εἶναι θετικόν. Τὰ  $\beta$  καὶ  $f$  εἶναι ἀρνητικά.

**§ 253. Ἐφαρμογαὶ καὶ χρήσεις τῶν φακῶν.** Οἱ φακοί, ἐν συνδυασμῷ, συνήθως μὲ κάτοπτρα ὡς ἐπίσης καὶ πρίσματα, ἀποτελοῦν τὰ σπουδαιότερα μέρη τῶν

ὀπτικῶν ὀργάνων, ὅπως εἶναι τὸ ἀπλοῦν καὶ σύνθετον μικροσκόπιον, ὁ φωτογραφικὸς θάλαμος, τὸ τηλεσκόπιον, ὁ προβολεὺς, ἡ κινηματογραφικὴ μηχανή, κλπ. Μὲ εἰδικoὺς φακοὺς ἐπίσης θεραπεύονται ὀρίσμεναι βλάβαι τοῦ ἀνθρώπινου ὀφθαλμοῦ, ὁ ὁποῖος ἀποτελεῖ ἓνα εἶδος ὀπτικοῦ ὀργάνου.

**§ 254. Ἴσχυς φακοῦ.** Ἐνας φακὸς εἶναι τόσον περισσότερον συγκλίνων, ὅσον αἱ κύρια ἐστίαί του εὐρίσκονται πλησιέστερον πρὸς τὸ ὀπτικόν του κέντρον ὅσον δηλαδὴ ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ εἶναι μικροτέρα. Αὐτὸς ἀκριβῶς τὸ χαρακτηριστικὸν γνώρισμα ἑνὸς φακοῦ ἐκφράζει ἡ *ἰσχὺς τοῦ φακοῦ*.

Ἡ ἰσχὺς  $P$  ἑνὸς φακοῦ ὀρίζεται ἴση πρὸς τὸ ἀντίστροφον τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως  $f$  τοῦ φακοῦ.

Ἐπομένως θὰ ἔχωμεν ὅτι :

$$P = \frac{1}{f}$$

Ὅταν ἡ  $f$  ἐκφράζεται εἰς μέτρα, ἡ  $P$  εὐρίσκεται εἰς *διοπτρίας*.

**Ἀριθμητικὸν παράδειγμα.** Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἰσχὺς ἑνὸς φακοῦ ἀκτίνος καμπυλότητος 20 cm.

Λύσις. Ἐπειδὴ 20 cm = 0,20 m, θὰ ἔχωμεν ὅτι :

$$P = \frac{1}{0,20} = 5 \text{ διοπτρίαι.}$$

## Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Αἱ φωτειναὶ ἀκτῖνες, αἱ διαθλώμεναι ἀπὸ ὑαλίνους πλάκας μὲ παραλλήλους ἑδρας, δὲν ἐκτρέπονται ἀπὸ τὴν ἀρχικὴν των διεύθυνσιν, ἀλλὰ μετατοπίζονται μόνον παραλλήλως.

2. Τὰ ὀπτικὰ πρίσματα εἶναι διαφανῆ μέσα περιοριζόμενα ἀπὸ τὰς δύο ἑδρας μιᾶς διέδρου γωνίας.

3. Ἄν μία φωτεινὴ ἀκτὶς προσπέσῃ πλαγίως εἰς μίαν ἑδραν τοῦ πρίσματος, εἰσέρχεται εἰς τὸ πρίσμα καὶ διαθλάται. Ὅταν συναντήσῃ τὴν ἄλλην ἑδραν ἐξέρχεται ἀπὸ τὸ πρίσμα καὶ διαθλάται πάλιν. Ἡ ἐξερχομένη ἀκτὶς ἔχει ὑποστῇ ἐκτροπὴν ἀπὸ τὴν γωνίαν τὴν σχηματιζομένην ἀπὸ τὴν προσπίπτουσαν καὶ τὴν ἐξερχομένην ἀκτῖνα.

4. Τα πρίσματα όλικῆς ἀνακλάσεως ἔχουν ὡς κυρίαν τομὴν ὀρθογώνιον ἰσοσκελὲς τρίγωνον. Ὄταν μία φωτεινὴ ἀκτὶς προσπέσῃ καθέτως εἰς μίαν ἔδραν τῆς ὀρθῆς διέδρου διαθλαστικῆς γωνίας τοῦ πρίσματος, συνεχίζει τὴν διάδοσίν της χωρὶς διάθλασιν καὶ συναντῶσα τὴν ὑποτείνουσαν ὑφίσταται ὀλικὴν ἀνάκλασιν. Ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς προσπίπτει καθέτως εἰς τὴν ἄλλην ἔδραν καὶ ἐξέρχεται χωρὶς νὰ ὑποστῇ διάθλασιν.

5. Οἱ φακοὶ εἶναι διαφανῆ 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 φακοὺς. Οἱ πρῶτοι μεταβάλλουν μίαν δέσμην παραλλήλων φωτεινῶν ἀκτίνων εἰς συγκλίνουσαν καὶ οἱ δεῦτεροι εἰς ἀποκλίνουσαν.

6. Οἱ φακοὶ ἔχουν δύο συμμετρικὰς κυρίας ἐστίας καὶ δύο ἢ μίαν ἀκτίναν καμπυλότητος. Εἰς τοὺς συγκλίνοντας φακοὺς ἡ κυρία ἐστία εἶναι 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 εἶναι φανταστικὴ καὶ σχηματίζεται ἀπὸ τὰς προεκτάσεις τῶν ἀκτίνων τῆς ἐξερχομένης δέσμης.

7. Ἡ ἀπόστασις  $a$  τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τὸ ὀπτικὸν κέντρον τοῦ φακοῦ, ἡ ἀπόστασις  $\beta$  τοῦ εἰδώλου πάλιν ἀπὸ τὸ ὀπτικὸν κέντρον καὶ ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις  $f$  τοῦ φακοῦ συνδέονται μὲ τὴν σχέσιν :

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{f}$$

Τὸ  $a$  εἶναι πάντοτε θετικὸς ἀριθμὸς, τὰ  $\beta$  καὶ  $f$  δύνανται νὰ εἶναι θετικοὶ ἢ ἀρνητικοὶ ἀριθμοί. Ὄταν τὸ  $\beta$  εἶναι θετικόν, τὸ εἶδωλον εἶναι πραγματικόν. Τότε καὶ τὸ  $f$  εἶναι θετικόν καὶ ὁ φακὸς συγκλίνων. Ὄταν τὸ  $\beta$  εἶναι ἀρνητικόν τὸ εἶδωλον εἶναι φανταστικόν. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ὁ φακὸς δύναται νὰ εἶναι συγκλίνων ἢ ἀποκλίνων. Ὄταν τὸ  $f$  εἶναι ἀρνητικόν, ὁ φακὸς εἶναι ἀποκλίνων, ὅποτε καὶ τὸ  $\beta$  εἶναι ἀρνητικόν, ἐπειδὴ οἱ ἀποκλίνοντες φακοὶ δίδουν πάντοτε φανταστικὰ εἶδωλα.

8. Ὅπως καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν τῶν κατόπτρων, ἡ μεγέ-



θυνσις  $M$  ἐνὸς φακοῦ δίδεται ἀπὸ τὸν τύπον :

$$M = \frac{\beta}{\alpha}$$

9. Οἱ φακοί, τὰ κάτοπτρα καὶ τὰ πρίσματα ἀποτελοῦν τὰ σπουδαιότερα μέρη τῶν ὀπτικῶν ὀργάνων.

## Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

**175.** Ἀντικείμενον ἀπέχει 60 cm ἀπὸ συγκλίνοντα φακὸν καὶ παρέχει εἰδῶλον εἰς ἀπόστασιν 20 cm ἀπὸ τὸ ὀπτικὸν κέντρον τοῦ φακοῦ. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ. (\* Απ.  $f = 15$  cm.)

**176.** Ἀντικείμενον εὐρίσκεται εἰς ἀπόστασιν 30 cm ἀπὸ τὸ ὀπτικὸν κέντρον ἐνὸς συγκλίνοντος φακοῦ καὶ παρέχει πραγματικὸν εἰδῶλον εἰς ἀπόστασιν 120 cm ἀπὸ αὐτόν. Νὰ εὐρεθῇ 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. Ἐὰν τὸ ὕψος τοῦ ἀντικείμενου εἶναι 3,5 cm νὰ ὑπολογισθῇ ἡ θέσις τοῦ εἰδῶλου καθὼς καὶ τὸ μέγεθός του. (\* Απ.  $\beta = 17,1$  cm,  $E = 0,5$  cm.)

**178.** Ἀντικείμενον ὕψους 4 mm τοποθετεῖται εἰς ἀπόστασιν 10 cm ἀπὸ συγκλίνοντος φακοῦ, ἐστιακῆς ἀποστάσεως 12,5 cm. Νὰ εὐρεθῇ ἡ θέσις τοῦ εἰδῶλου καθὼς καὶ τὸ μέγεθός του. (\* Απ.  $\beta = 50$  cm,  $E = 20$  mm.)

**179.** Ἀντικείμενον τοποθετεῖται εἰς ἀπόστασιν 8 cm ἀπὸ ἀποκλίνοντος φακοῦ, ἐστιακῆς ἀποστάσεως 24 cm. Νὰ ὑπολογίσετε τὴν θέσιν τοῦ εἰδῶλου καὶ τὴν μεγέθυνσιν. (\* Απ. — 6 cm ἔμπροσθεν τοῦ φακοῦ,  $M = 0,75$ .)

**180.** Εἰς πόσῃ ἀπόστασιν ἀπὸ συγκεντρωτικοῦ φακοῦ ἐστιακῆς ἀποστάσεως 8 cm, πρέπει νὰ τοποθετήσωμεν ἀντικείμενον, τὸ πραγματικὸν εἰδῶλον τοῦ ὁποῖου νὰ ἔχῃ τὸ ἴδιον ὕψος μὲ τὸ ἀντικείμενον. Νὰ κατασκευάσετε γραφικῶς τὸ εἰδῶλον. (\* Απ. 16 cm.)

**181.** Ἡ φλόξ ἐνὸς κηρίου ἔχει ὕψος 1,5 cm. Τὸ κηρίον τοποθετεῖται εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν ἀποκλίνοντος φακοῦ, ἐστιακῆς ἀποστάσεως 15 cm. Νὰ εὐρεθῇ ἡ θέσις καθὼς καὶ τὸ ὕψος τοῦ εἰδῶλου τῆς φλογός, τὸ ὁποῖον σχηματίζεται. (\* Απ.  $\beta = -7,5$  cm,  $E = 0,75$  cm.)

**182.** Συγκλίνων φακὸς ἔχει ἐστιακὴν ἀπόστασιν 60 cm. Νὰ εὐρεθῇ ἡ ἰσχὺς αὐτοῦ τοῦ φακοῦ. (\* Απ.  $P = 1,66$  διοπτρίαι.)

**183.** Νὰ εὐρεθῇ ἡ ἰσχὺς ἐνὸς ἀποκλίνοντος φακοῦ ἐστιακῆς ἀποστάσεως — 2. (\* Απ. — 4 διοπτρίαι.)

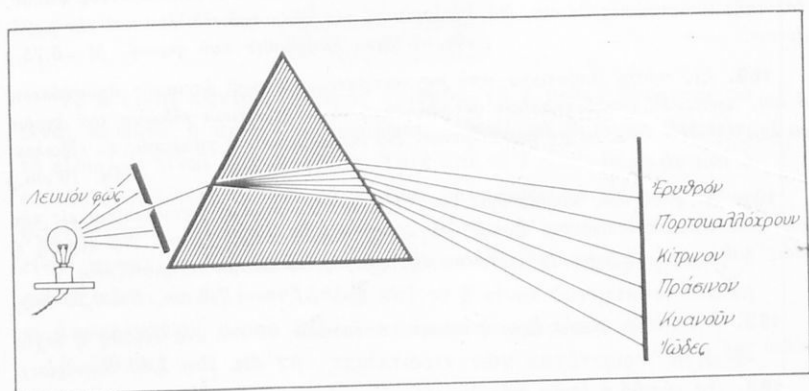
## ΜΖ' — ΑΝΑΛΥΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

**§ 255. Φάσμα. Πείραμα.** Ἐπάνω εἰς ἓνα πρίσμα ἀφήνομεν νὰ προσπέσῃ μία δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων λευκοῦ φωτός, ἡ ὁποία νὰ προέρχεται, π.χ., ἀπὸ ἓναν ἠλεκτρικὸν λαμπτήρα φωτισμοῦ, ἔμπροσθεν τοῦ ὁποίου ἔχομεν τοποθετήσῃ διάφραγμα μὲ στενὴν σχισμὴν (σχ. 266). Παρατηροῦμεν τότε ὅτι αἱ ἐξερχόμεναι ἀκτῖνες, ἐκτὸς ἀπὸ τὴν ἐκτροπὴν, ἔχουν ὑποστῇ καὶ ἀνάλυσιν. Ἐὰν δηλαδὴ τὰς δεχθῶμεν ἔπάνω εἰς ἓνα πέτασμα, λαμβάνομεν μίαν ἑγχρωμον συνεχῇ ταινίαν, ἡ ὁποία ἀποτελεῖται κατὰ σειρὰν ἀπὸ τὰ ἀκόλουθα χρώματα : ἐρυθρόν, πορτοκαλλόχρουν, κίτρινον, πράσινον, κυανοῦν καὶ ἰώδες.

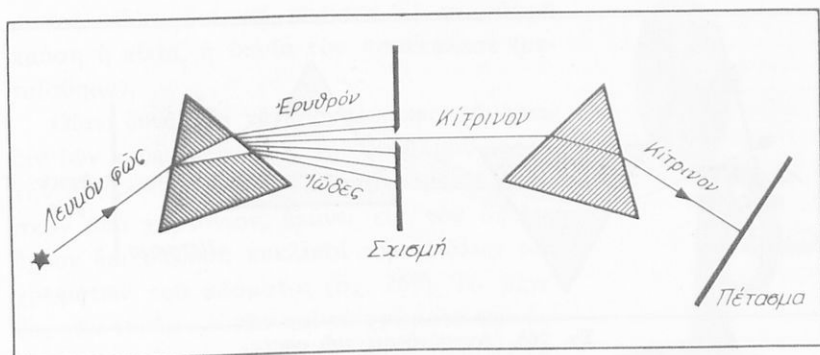
Τὸ φαινόμενον αὐτὸ ὀνομάζεται ἀνάλυσις τοῦ φωτός, ἡ δὲ ἑγχρωμος ταινία **φάσμα**.

Ὅταν ἓνα φῶς περιέχῃ ἀκτῖνας ἐνὸς μόνον χρώματος, ὀνομάζεται **μονόχρουν** ἢ **ἀπλοῦν**. Τὸ φῶς αὐτὸ δὲν ἀναλύεται ἀλλὰ παραμένει τὸ ἴδιον ὅταν διέλθῃ μέσα ἀπὸ ἓνα πρίσμα (σχ. 267).

**§ 256. Φασματικαὶ περιοχαί.** Ἄν ἔμπροσθεν τοῦ φάσματος, τοῦ προερχομένου ἀπὸ λευκὸν φῶς καὶ τὸ ὁποῖον σχηματίζεται ἔπάνω εἰς ἓνα πέτασμα, μετακινήσωμεν μίαν ἔντυπον σελίδα, παρατηροῦμεν ὅτι δυνάμεθα νὰ ἀναγνώσωμεν ἀνέτως τὸ ἔντυπον, ὅταν αὐτὸ εὐρίσκεται εἰς τὴν περιοχὴν τοῦ κιτρινοπρασίνου φωτός, ἐπειδὴ εἰς τὴν



Σχ. 266. Ἀνάλυσις τοῦ λευκοῦ φωτός διὰ μέσου πρίσματος.



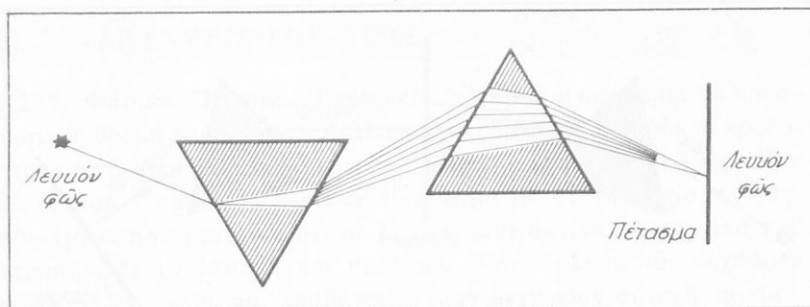
Σχ. 267. Τὰ ἀπλᾶ χρώματα τοῦ φάσματος δὲν ἀναλύονται.

περιοχὴν αὐτὴν παρατηρεῖται ἡ μεγαλύτερα φωτεινότης τοῦ φάσματος. Ἀντιθέτως αἱ δύο ἀκραῖαι περιοχαὶ τοῦ ἐρυθροῦ καὶ τοῦ ἰώδους εἶναι σκοτειναὶ καὶ μὲ μεγάλην δυσκολίαν δυνάμεθα νὰ ἀναγνώσωμεν τὸ ἔντυπον.

Ἄν μετακινήσωμεν κατὰ μῆκος τοῦ φάσματος, ἕνα εὐαίσθητον θερμόμετρον, τὸ ὄργανον δεικνύει τὴν ὑψηλοτέραν θερμοκρασίαν εἰς τὴν ἐρυθρὰν περιοχὴν. Ἄν ἀφήσωμεν τὸ φάσμα νὰ προσβάλλῃ μίαν συνηθισμένην φωτογραφικὴν πλάκα καὶ ὕστερον τὴν ἐμφανίσωμεν, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ἡ πλάξ προσβάλλεται ἐντονώτερον εἰς τὴν ἰώδη περιοχὴν. Ἡ προσβολὴ δὲ τῆς φωτογραφικῆς πλακὸς ἐλαττοῦται ὅσον προχωροῦμεν πρὸς τὴν ἐρυθρὰν περιοχὴν, εἰς τὴν ὁποίαν ἡ πλάξ δὲν προσβάλλεται καθόλου. Δι' αὐτὸν τὸν λόγον εἰς τὰ φωτογραφικὰ ἐργαστήρια χρησιμοποιοῦν ὅταν ἐργάζωνται, ἐρυθρὸν φωτισμόν.

Ἡ ἐγχρωμος ταινία τὴν ὁποίαν ἐσχημάτισε τὸ λευκὸν φῶς, μετὰ τὴν ἐξοδὸν τοῦ ἀπὸ τὸ πρίσμα καὶ ἀφοῦ συνήντησε τὸ πέτασμα, ὀνομάζεται ἰδιαιτέρως *ὄρατὸν φάσμα*, ἐπειδὴ διεγείρει τὸν ὀφθαλμόν, ὁ ὁποῖος εἶναι τὸ αἰσθητήριον τῆς ὀράσεως. Τὸ φάσμα ἐν τούτοις ἐκτείνεται καὶ πέραν τῆς ὀρατῆς περιοχῆς καὶ ἡ μὲν περιοχὴ, ἡ εὐρισκομένη πέραν ἀπὸ τὸ ἐρυθρόν, ὀνομάζεται *ὑπέρυθρος περιοχὴ*, ἐκείνη δὲ ἣτις εὐρίσκεται πέραν ἀπὸ τὸ ἰώδες *ὑπεριώδης περιοχὴ*.

**§ 257. Ἐξήγησις τῆς ἀναλύσεως τοῦ φωτός.** Ἡ ἀνάλυσις τοῦ λευκοῦ φωτός μετὰ τὴν διέλευσίν του μέσα ἀπὸ ἕνα πρίσμα, ἀποδει-



Σχ. 268. Ἀνασύνθεσις τοῦ φωτός.

κνύει ὅτι τὸ φῶς αὐτὸ δὲν εἶναι ἀπλοῦν ἀλλὰ σύνθετον. Πράγματι τὸ λευκὸν φῶς ἀποτελεῖται ἀπὸ ἀκτῖνας ἀπειραρίθμων χρωμάτων, αἱ ὁποῖαι ὑφίστανται ἐκτροπὴν καὶ ἀποχωρίζονται, ὅταν ἐξέλθουν ἀπὸ τὸ πρίσμα. Τὴν μικροτέραν ἐκτροπὴν ὑφίστανται αἱ ἐρυθραὶ ἀκτῖνες, τὴν δὲ μεγαλυτέραν αἱ ἰώδεις. Ἐν τούτοις ἡ διάκρισις τῶν χρωμάτων τοῦ φάσματος, μὲ διαφόρους ὀνομασίας, εἶναι αὐθαίρετος, ἐπειδὴ μεταξὺ τῶν χρωμάτων αὐτῶν ὑπάρχουν πολλαὶ ἀποχρώσεις, ἡ δὲ μετάβασις ἀπὸ τὸ ἓνα χρῶμα εἰς τὸ ἄλλο, γίνεται βαθμιαίως.

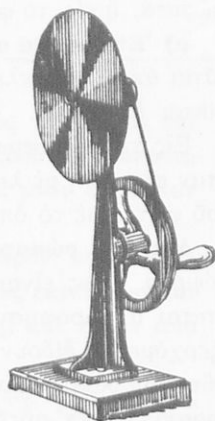
**§ 258. Ἀνασύνθεσις τοῦ λευκοῦ φωτός.** Ἄν ἀναμείξωμεν καταλλήλως τὰ χρώματα τοῦ φάσματος, δυνάμεθα νὰ ἀνασχηματίσωμεν τὸ λευκὸν φῶς. Ὁ Νεύτων ἐχρησιμοποίησε διὰ τὸν σκοπὸν αὐτὸν δύο ὅμοια πρίσματα, ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα 268.

|                                     |          |                           |          |          |          |                           |
|-------------------------------------|----------|---------------------------|----------|----------|----------|---------------------------|
| Ἀπομακρυνθὲν<br>φασματικὸν<br>χρῶμα | ἐρυθρὸν  | πορτο-<br>καλλό-<br>χρουν | κίτρινον | πράσινον | κυανοῦν  | ἰώδες                     |
| Ἐπόλοιπον<br>χρῶμα<br>ἀναμείξεως    | πράσινον | ἰώδες                     | κυανοῦν  | ἐρυθρὸν  | κίτρινον | πορτο-<br>καλλό-<br>χρουν |

Τὸ ἴδιον δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν ἂν στηριχθῶμεν εἰς τὸ φαινόμενον τῆς διαρκείας τῆς ὀπτικῆς ἐντυπώσεως. Εἰς τὸ φαινόμενον δηλαδὴ συμφώνως πρὸς τὸ ὅποιον ὁ ἐρεθισμὸς τοῦ ὀφθαλμοῦ δὲν εἶναι ἀκα-

ριαίος, ἀλλὰ διαρκεῖ περίπου 0,1 sec., ἀφοῦ παύση ἡ αἰτία, ἡ ὁποία τὸν προεκάλεσε (μεταίσθημα).

Οὕτω δυνάμεθα νὰ προκαλέσωμεν ἀνάμειξιν τῶν χρωμάτων ἐντὸς τοῦ ὀφθαλμοῦ μας μὲ τὴν ἀκόλουθον μέθοδον. Λαμβάνομεν ἓνα δίσκον ἀπὸ χαρτόνιον, ἐπάνω εἰς τὸν ὁποῖον ἔχουν ἐπικολληθῇ κυκλικοὶ τομεῖς ὅλων τῶν χρωμάτων τοῦ φάσματος (σχ. 269). Τὸ μέγεθος τῶν τομέων αὐτῶν καὶ τὰ χρώματά των ἐκλέγονται οὕτως, ὥστε νὰ ἀνταποκρίνωνται ὅσον τὸ δυνατόν περισσότερον πρὸς τὴν ἑκτασίαν των εἰς τὸ ὁρατὸν φάσμα. Ἐὰν περιστρέψωμεν καταλλήλως τὸν δίσκον αὐτόν, ἡ ἐπιφάνειά του μᾶς φαίνεται λευκή.



Σχ. 269. Ἀνασύνθεσις τοῦ φωτός μὲ τὸν δίσκον τοῦ Νεύτωνος.

**§ 259. Μεῖξις τῶν χρωμάτων.** Ἐὰν εἰς τὸ πείραμα τῆς ἀνασυνθέσεως τοῦ λευκοῦ φωτός μὲ τὰ δύο πρίσματα ἐμποδίσωμεν ἓνα ἀπὸ τὰ ἀπλᾶ χρώματα, νὰ εἰσέλθῃ μαζί μὲ τὰ ἄλλα εἰς τὸ δεύτερον πρίσμα, τὰ ὑπόλοιπα χρώματα ὅταν συντεθοῦν δὲν θὰ δώσουν λευκὸν φῶς. Τὸ χρῶμα τοῦ φωτός τὸ ὁποῖον θὰ προκύψῃ τότε, θὰ ἐξαρτηθῇ ἀπὸ τὸ ἀπομακρυνθὲν φῶς. Πάντοτε ὅμως, ὅταν αὐτὸ συνδυασθῇ μὲ τὸ ἀφαιρεθὲν χρῶμα, θὰ δώσῃ λευκὸν φῶς.

Ὅταν δύο χρώματα δίδουν, ἀφοῦ συντεθοῦν, λευκὸν φῶς, ὀνομάζονται **συμπληρωματικὰ χρώματα**. Οὕτω τὸ ἀπλοῦν κίτρινον εἶναι συμπληρωματικὸν τοῦ κυανοῦ (γαλάζιου). Εἰς τὸν ἀνωτέρω πίνακα δίδονται ζεύγη συμπληρωματικῶν χρωμάτων.

Λευκὸν ἢ καὶ φαῖον (γκρίζο) χρῶμα εἶναι δυνατόν νὰ παραχθῇ μὲ συνδυασμὸν ἐρυθροῦ, πρασίνου καὶ κυανοῦ φωτός. Ἐπίσης τὰ διάφορα ἄλλα χρώματα τοῦ φάσματος δύνανται νὰ παραχθοῦν μὲ σύνθεσιν φωτός ἀπὸ τὰ τρία χρώματα, ὑπὸ καταλλήλους ἀναλογίας. Ἐπειδὴ τὰ ἀνωτέρω συμβαίνουν μόνον μὲ τὰ τρία αὐτὰ χρώματα, δι' αὐτὸν τὸν λόγον τὰ χρώματα αὐτὰ ὀνομάζονται *πρωτεύοντα χρώματα*.

**§ 260. Χρώματα τῶν σωμάτων.** Τὰ χρώματα τῶν διαφόρων σωμάτων ὀφείλονται εἰς τὴν ἱκανότητα ἀνακλάσεως ἢ ἀπορροφήσεως τοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον προσπίπτει ἐπ' αὐτῶν, ἂν εἶναι ἑτερόφωτα

σώματα, ἢ εἰς τὸ φῶς τὸ ὁποῖον ἐκπέμπουν αὐτά, ἂν εἶναι αὐτόφωτα.

**α) Ἑτερόφωτα σώματα.** Τὸ χρῶμα τῶν ἑτεροφώτων σωμάτων ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν ἐκλεκτικὴν ἀπορρόφησιν τοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον προσπίπτει ἐπ' αὐτῶν.

Εἰς τὴν περίπτωσιν κατὰ τὴν ὁποίαν ἓνα σῶμα φαίνεται λευκόν, ὅταν φωτισθῇ μὲ λευκὸν φῶς, τότε τὸ σῶμα αὐτὸ λαμβάνει τὸ χρῶμα τοῦ φωτός μὲ τὸ ὁποῖον φωτίζεται.

**Διαφανῆ σώματα.** Ὅταν τὸ λευκὸν φῶς διέρχεται ἀπὸ διάφορα σώματα, ὅπως εἶναι π.χ. αἱ διάφοροι ἐγχρωμοὶ ὑάλιναι πλάκες, ὑφίσταται ἀπορρόφησιν ὀρισμένων ἀκτίνων του, ἐνῶ αἱ ὑπόλοιποι, αἱ ἐξερχόμεναι δίδουν εἰς τὸ σῶμα τὸ χαρακτηριστικόν του χρῶμα. Οὕτω μία ὑαλὸς φαίνεται πρασίνη ἐπειδὴ ἀπὸ τὸ λευκὸν φῶς τὸ ὁποῖον προσπίπτει ἐπ' αὐτῆς, ἐπιτρέπει νὰ διέρχωνται μόνον αἱ πράσιναι ἀκτίνες. Εἰς αὐτὸ τὸ φαινόμενον ὀφείλεται καὶ τὸ χρῶμα τῶν διαφόρων ἐγχρώμων διαλυμάτων.

**Ἄδιαφανῆ σώματα.** Διὰ νὰ ἴδωμεν ἓνα ἀδιαφανὲς σῶμα, πρέπει νὰ προσπέσῃ ἐπ' αὐτοῦ φῶς, τὸ ὁποῖον κατόπιν, ἀφοῦ ἀνακλασθῇ ἢ διαχυθῇ, νὰ συναντήσῃ τὸν ὀφθαλμόν μας. Ἀναλόγως μὲ τὸ ὑλικὸν τῆς ἐπιφανείας τοῦ σώματος εἶναι δυνατόν κατὰ τὴν διάχυσιν, νὰ ἀπορροφηθοῦν ὀρισμένοι ἀκτίνες, ὅποτε διαχέονται μόνον αἱ ὑπόλοιποι, αἱ ὁποῖαι καὶ καθορίζουν τὸ χρῶμα τῆς ἐπιφανείας ἀπὸ τὴν ὁποίαν διαχέονται.

Οὕτως ἓνα ἐχρωμον ὕφασμα φαίνεται κυανοῦν, ὅταν φωτίζεται μὲ λευκὸν φῶς, ἐπειδὴ μόνον αἱ κυαναὶ ἀκτίνες διαχέονται, ἐνῶ αἱ ὑπόλοιποι ἀπορροφῶνται. Τὸ ὕφασμα αὐτὸ ἂν φωτισθῇ μὲ μονόχρουν φῶς, διάφορον ἀπὸ κυανοῦν, θὰ φαίνεται βεβαίως μέλαν (μαῦρο).

Ἄν ἓνα σῶμα ἀπορροφεῖ ὅλα τὰ χρώματα χωρὶς νὰ ἀνακλᾷ ἢ νὰ διαχέῃ οὐδέν, ὀνομάζεται **μέλαν σῶμα** (μαῦρο). Τοιοῦτον σῶμα, π.χ., εἶναι ἡ αἰθάλη. Ἀντιθέτως, ἂν τὸ σῶμα δὲν ἀπορροφεῖ οὐδέν χρῶμα, ἀλλὰ ἀνακλᾷ ὅλα τὰ χρώματα, ὀνομάζεται **λευκὸν σῶμα**. Τὰ σώματα τὰ ὁποῖα ἀπορροφοῦν ὅλα τὰ χρώματα, ὅχι ὁμῶς κατὰ τὸ ἴδιον ποσοστὸν, ὀνομάζονται **φαιὰ σώματα** (γκρίζα).

**β) Αὐτόφωτα σώματα.** Τὸ φῶς τῶν αὐτοφώτων σωμάτων ἐξαρτᾶται ἀπὸ διαφόρους παράγοντας, π.χ. ἀπὸ τὴν θερμοκρασίαν των, ὅπως συμβαίνει μὲ τὰ πυρακτωμένα σώματα, ἀπὸ τὰς χημικὰς ἀντιδράσεις αἱ ὁποῖα συμβαίνουν εἰς αὐτά, ὅπως εἰς τὰς φλόγας κλπ.

1. Όταν μία δέσμη ακτίνων λευκοῦ φωτός προσπέση ἐπὶ ἐνὸς ὑαλίνου πρίσματος, ἀναλύεται μετὰ τὴν ἐξοδὸν τῆς ἀπὸ τὸ πρίσμα καὶ σχηματίζει ἐπάνω εἰς ἓνα πέτασμα, μίαν ἔγχρωμον ταινίαν, ἡ ὁποία ὀνομάζεται φάσμα.

2. Τὰ ἀκραῖα χρώματα τοῦ φάσματος ἐρυθρὸν καὶ ἰώδες, ὀρίζουν τὴν ὁρατὴν περιοχὴν του. Τὸ φάσμα ὅμως ἐκτείνεται καὶ πέραν ἀπὸ τὸ ἰώδες χρῶμα (ὑπεριώδης περιοχὴ) καὶ πέραν ἀπὸ τὸ ἐρυθρὸν (ὑπέρυθρος περιοχὴ).

3. Ἡ ἀνάλυσις τοῦ λευκοῦ φωτός ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι τὸ φῶς αὐτὸ εἶναι σύνθετον καὶ ἀποτελεῖται ἀπὸ ἀκτίνας αἱ ὁποῖαι ὑφίστανται διαφορετικὴν ἐκτροπὴν, ὅταν διέλθουν μέσα ἀπὸ ἓνα πρίσμα.

4. Τὸ ἀναλελυμένον φῶς δύναται νὰ ἀνασυντεθῇ καὶ νὰ ἐπανασχηματίσῃ λευκὸν φῶς.

5. Δύο χρώματα δίδοντα λευκὸν φῶς, ὅταν συντεθοῦν, λέγονται συμπληρωματικὰ χρώματα. Τὸ ἐρυθρὸν, τὸ πράσινον καὶ τὸ κυανοῦν χρῶμα εἶναι δυνατόν νὰ δώσουν, ὅταν συντεθοῦν ὑπὸ καταλλήλους ἀναλογίας, λευκὸν ἢ φαιὸν χρῶμα ὅπως ἐπίσης καὶ αἰονδήποτε χρῶμα τοῦ φάσματος καὶ ὀνομάζονται πρωτεύοντα χρώματα.

6. Τὰ χρώματα τῶν σωμάτων ὀφείλονται εἰς τὴν ἰκανότητα ἀνακλάσεως ἢ ἀπορροφήσεως τοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον προσπίπτει ἐπ' αὐτῶν, ἂν εἶναι ἐτερόφωτα, ἢ εἰς τὸ φῶς τὸ ὁποῖον ἐκπέμπουν αὐτὰ τὰ ἴδια, ἂν εἶναι αὐτόφωτα.

## ΜΗ' — ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΑ

**§ 261. Γενικότητες.** Γνωρίζομεν ἐκ πείρας, ὅτι ὅταν παρατηροῦμεν μὲ γυμνὸν ὀφθαλμὸν καὶ μὲ τὰς ἰδίας συνθήκας, δύο γειτονικὰς ἐπιφανείας παρομοίας φύσεως, δυνάμεθα νὰ ἐκτιμήσωμεν ἂν δέχωνται τὸν ἴδιον φωτισμόν, ἐπειδὴ τότε θὰ παρουσιάζουν τὴν ἰδίαν φωτεινότητα.

Αἱ διάφοροι φωτειναὶ πηγαὶ ἐκπέμπουν εἰς τὸν χῶρον φῶς, τὸ

όποιον συναντᾷ εἰς τὴν πορείαν του τὰ διάφορα ἀντικείμενα, τὰ ὁποῖα οὕτω φωτίζονται καὶ γίνονται ὁρατά.

Προκειμένου περὶ τῶν φωτεινῶν πηγῶν μᾶς ἐνδιαφέρει νὰ γνωρίζωμεν τὴν *φωτεινὴν ἰσχὺν* (ἢ φωτεινὴν ἔντασίν των), ὅσον ἀφορᾷ ὁμῶς τὰς ἐπιφανείας τῶν φωτιζομένων σωμάτων μᾶς ἐνδιαφέρει νὰ γνωρίζωμεν τὸν *φωτισμὸν* των.

Ὅλοι θὰ ἔχωμεν παρατηρήσει ὅτι αἱ φωτειναὶ πηγαὶ εἶναι σώματα ἔχοντα ὑψηλὴν θερμοκρασίαν, γεγονόςς τὸ ὁποῖον ἀποδεικνύει ὅτι ὑπάρχει σχέσις μεταξὺ φωτὸς καὶ θερμότητος. Ἐχομεν ἐπίσης παρατηρήσει ὅτι ἓνα σῶμα τὸ ὁποῖον φωτίζεται, θερμαίνεται. Αὐτὸ ἀποδεικνύει ὅτι τὸ φῶς εἶναι μία μορφή ἐνεργείας, ἡ ὁποία ὀνομάζεται *φωτεινὴ ἐνέργεια*.

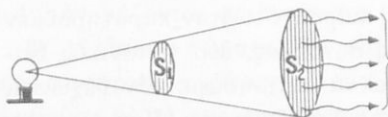
**§ 262. Φωτεινὴ ροή.** Μία φωτεινὴ πηγὴ ἐκπέμπει φωτεινὴν ἐνέργειαν πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις. Ἄν θεωρήσωμεν ἓνα κῶνον, ὃ ὁποῖος νὰ ἔχῃ κέντρον τὴν πηγὴν, τότε αὐτὴ ἐκπέμπει ἀδιακόπως φωτεινὴν ἐνέργειαν ἐντὸς τοῦ κῶνου (σχ. 270). Ἄν λοιπὸν ὀνομάσωμεν  $E$  τὴν φωτεινὴν ἐνέργειαν, τὴν ὁποίαν ἐκπέμπει ἡ πηγὴ ἐντὸς τοῦ κῶνου καὶ εἰς χρονικὸν διάστημα  $t$ , τότε τὸ πηλίκον :

$$\Phi = \frac{E}{t}$$

καλοῦμεν *φωτεινὴν ροήν*. Ἐπομένως :

Φωτεινὴ ροὴ  $\Phi$  ὀνομάζεται ἡ φωτεινὴ ἐνέργεια, ἡ ὁποία διέρχεται εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου, ἀπὸ ἓνα ὀρισμένον κῶνον ἔχοντα κορυφὴν τὴν φωτεινὴν πηγὴν.

$$\text{φωτεινὴ ροὴ} = \frac{\text{φωτεινὴ ἐνέργεια}}{\text{χρόνος}}$$



Σχ. 270. Ἀπὸ τὰς διατομὰς  $S_1$  καὶ  $S_2$  διέρχεται ἡ ἰδία φωτεινὴ ροὴ  $\Phi$ .

**§ 263. Φωτεινὴ ἰσχὺς ἢ ἔντασις** μιᾶς φωτεινῆς πηγῆς. Ἡ φωτεινὴ ἰσχὺς εἶναι ἓνα φυσικὸν μέγεθος χαρακτηρίζον τὰς φωτεινάς πηγάς, ἂν ἀκτινοβολοῦν δηλαδὴ ἐντονώτερον ἢ ἀμυδρότερον.



Ἐὰς θεωρήσωμεν μίαν φωτεινὴν πηγὴν καὶ μίαν στερεὰν γωνίαν, ἔχουσιν τὴν κορυφὴν τῆς ἐπὶ τῆς φωτεινῆς πηγῆς. Ἐντὸς τῆς στερεᾶς γωνίας  $\Omega$  ἐκπέμπεται ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγὴν φωτεινὴ ροὴ  $\Phi$ . Τὸ πηλίκον  $I$  τῆς φωτεινῆς ροῆς  $\Phi$  πρὸς τὴν στερεὰν γωνίαν  $\Omega$ , ἐντὸς τῆς ὁποίας διαδίδεται, ὀνομάζεται φωτεινὴ ἰσχὺς ἢ ἔντασις τῆς πηγῆς.

Ὡστε :

Φωτεινὴ ἰσχὺς ἢ ἔντασις μιᾶς φωτεινῆς πηγῆς ὀνομάζεται τὸ πηλίκον τῆς φωτεινῆς ροῆς  $\Phi$ , ἢ ὁποία ἐκπέμπεται ἐντὸς μιᾶς στερεᾶς γωνίας  $\Omega$ , ἐχούσης τὴν κορυφὴν τῆς ἐπὶ τῆς πηγῆς, πρὸς τὴν στερεὰν γωνίαν  $\Omega$ .

Δηλαδή :

$$I = \frac{\Phi}{\Omega}$$

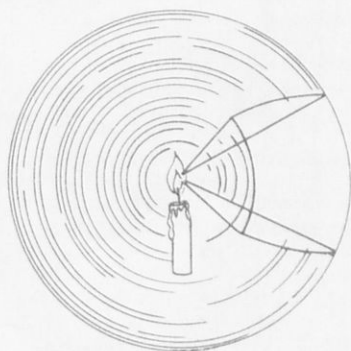
**Μονάδες φωτεινῆς ροῆς καὶ φωτεινῆς ἰσχύος.** Ὡς μονάδα φωτεινῆς ροῆς χρησιμοποιοῦμεν τὸ Λοῦμεν (**1 Lumen**) (σχ. 271).

Μονὰς φωτεινῆς ἰσχύος εἶναι τὸ νέον ἢ διεθνὲς κηρίον (**1 NK**).

Τὸ νέον κηρίον ἔχει φωτεινὴν ἰσχὺν ἴσην μὲ τὸ 1/60 τῆς φωτεινῆς ἰσχύος, ἢ ὁποία ἐκπέμπεται ἀπὸ ἐπιφάνειαν ἐνὸς τετραγωνικοῦ ἑκατοστομέτρου (τελείως μέλανος σώματος), τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται εἰς τὴν θερμοκρασίαν τήξεως τοῦ λευκοχρύσου (1770° C).

**§ 264. Φωτισμὸς ἐπιφανείας.** Ὁταν ἐπὶ μιᾶς ἐπιφανείας προσπίπτῃ φῶς, λέγομεν ὅτι ἡ ἐπιφάνεια φωτίζεται. Ἐὰν θεωρήσωμεν μίαν ἐπιφάνειαν μὲ ἐμβαδὸν  $S$ , ἢ ὁποία φωτίζεται ὁμοιομόρφως ἀπὸ τὴν φωτεινὴν ροὴν  $\Phi$  μιᾶς πηγῆς, τότε :

Ὀνομάζομεν φωτισμὸν  $B$  μιᾶς ἐπιφανείας, ἐμβαδοῦ  $S$ , τὸ πηλίκον τῆς φωτεινῆς ροῆς  $\Phi$ , ἢ ὁποία προσπίπτει



Σχ. 271. Διὰ τὴν κατανόησιν τῆς μονάδος τῆς φωτεινῆς ροῆς 1 Lumen.

ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ὁμοιομόρφως, πρὸς τὸ ἐμβαδὸν  $\Sigma$  τῆς ἐπιφανείας αὐτῆς.

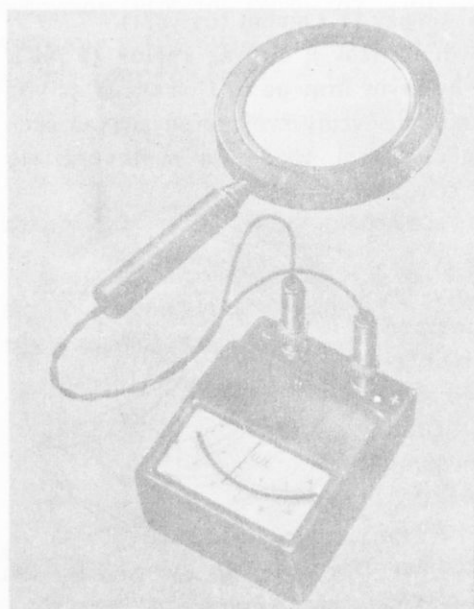
Δηλαδή :

$$B = \frac{\Phi}{S}$$

**Μονὰς φωτισμοῦ.** Ἄν εἰς τὸν ἀνωτέρω τύπον ἡ  $\Phi$  εἶναι ἴση μὲ 1 **Lumen** καὶ ἡ  $S$  μὲ 1  $\text{m}^2$ , τότε τὸ  $B$  ἰσοῦται μὲ τὴν μονάδα τοῦ φωτισμοῦ, ἡ ὁποία ὀνομάζεται **Λουξ** (1 Lux). Ὡστε :

$$1 \text{ Lux} = \frac{1 \text{ Lumen}}{1 \text{ m}^2}$$

Ὁ φωτισμὸς μιᾶς ἐπιφανείας ἐμβαδοῦ 1  $\text{m}^2$  εἶναι ἴσος πρὸς 1 Lux, ὅταν ἡ ἐπιφάνεια φωτίζεται ὁμοιομόρφως μὲ φωτεινὴν ροὴν 1 Lumen.



Σχ. 272. Φωτόμετρον μὲ φωτοστοιχείον.

Ὁ φωτισμὸς ἐνὸς χώρου εἰς τὸν ὁποῖον πρόκειται νὰ γίνη μία ἐργασία, ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ εἶδος τῆς ἐργασίας. Δι' ἀνάγνωσιν ἀπαιτεῖται σχετικῶς μεγαλύτερος φωτισμὸς παρὰ δι' ἄλλας ἐργασίας. Ὁ φωτισμὸς τὴν ἡμέρα εἰς τὸ ὑπαιθρον εἶναι περίπου 20.000 Lux, ἐνῶ μέσα εἰς ἓνα δωμάτιον 1 000 Lux.

**§ 265. Φωτόμετρα.** Τὰ φωτόμετρα εἶναι ὄργανα χρησιμοποιούμενα διὰ τὴν μέτρησιν τοῦ φωτισμοῦ. Ἀποτελοῦνται συνήθως ἀπὸ ἓνα φωτοστοιχείον, τὸ ὁποῖον ὅταν φωτίζεται, παράγει ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸν φωτισμὸν τὸν ὁποῖον δέχεται, τὸ φωτοστοιχείον, τὸ ὁποῖον συνδέεται μὲ ἓνα εὐπαθὲς γαλ-

βανόμετρον (σχ. 272), καὶ αὐτὸ μετρεῖ τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος τοῦ προκαλουμένου ἀπὸ τὸ φωτοστοιχείον. Εἶναι δὲ βαθμολογημένον κατὰ τοιοῦτον τρόπον ὥστε οἱ ἐνδείξεις του νὰ δίδουν τὸν φωτισμὸν ἀπ' εὐθείας εἰς Lux.

**§ 266. Νόμοι τοῦ φωτισμοῦ.** Ὁ φωτισμὸς B τὸν ὁποῖον δέχεται μία ἐπιφάνεια S, ἐξαρτᾶται ἀπὸ τοὺς ἀκολουθοῦντας παράγοντας : α) ἀπὸ τὴν φωτεινὴν ἰσχὺν τῆς πηγῆς, β) ἀπὸ τὴν ἀπόστασιν τῆς ἐπιφανείας ἐκ τῆς φωτεινῆς πηγῆς καὶ γ) ἀπὸ τὴν γωνίαν προσπίπτειν τῶν ἀκτίνων.

**1ος νόμος.** Ὁ φωτισμὸς B, τὸν ὁποῖον δέχεται μία ἐπιφάνεια S, τοποθετημένη εἰς ὠρισμένην ἀπόστασιν ἀπὸ μίαν φωτεινὴν πηγὴν καὶ εἰς τοιαύτην θέσιν ὥστε νὰ δέχεται καθέτως τὰς ἀκτῖνας, εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν φωτεινὴν ἰσχὺν I τῆς πηγῆς.

Συμφώνως πρὸς τὸν νόμον αὐτόν, ἂν τοποθετήσωμεν ἔμπροσθεν ἑνὸς φωτομέτρου δύο ὁμοίους λαμπτήρας, τὸ ὄργανον θὰ δεῖξῃ διπλασίαν ἐνδειξιν ἀπὸ ἐκείνην ἣ ὁποία ἀντιστοιχεῖ εἰς ἓνα λαμπτήρα.

**2ος νόμος.** Ὁ φωτισμὸς B, ὁ προκαλούμενος ἀπὸ μίαν σημειακὴν φωτεινὴν πηγὴν, μὲ ὠρισμένην φωτεινὴν ἔντασιν I, ἐπὶ μιᾷ ἐπιφανείας S, ἐπὶ τῆς ὁποίας προσπίπτουν καθέτως αἱ ἀκτῖνες τῆς, εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἀποστάσεως r τῆς ἐπιφανείας ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγὴν.

Διὰ νὰ ἀποδείξωμεν αὐτὸν τὸν νόμον, τοποθετοῦμεν ἓνα φωτόμετρον ἔμπροσθεν μιᾷς φωτεινῆς πηγῆς καὶ εἰς ὠρισμένην ἀπόστασιν, ὁπότε τὸ ὄργανον θὰ δώσῃ μίαν ἐνδειξιν, ἣ ὁποία θὰ παρέχῃ τὸν φωτισμὸν τὸν ὁποῖον δέχεται τὸ φωτόμετρον. Ἄν κατόπιν διπλασιάσωμεν, τριπλασιάσωμεν, τετραπλασιάσωμεν, κλπ., τὴν ἀπόστασιν τοῦ φωτομέτρου ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγὴν, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ὁ φωτισμὸς γίνεται 4, 9, 16, κλπ., φορὰς μικρότερος.

Ἦτο πρῶτος καὶ ὁ δεύτερος νόμος τοῦ φωτισμοῦ περιέχονται εἰς τὸν τύπον :

$$B = \frac{I}{r^2}$$

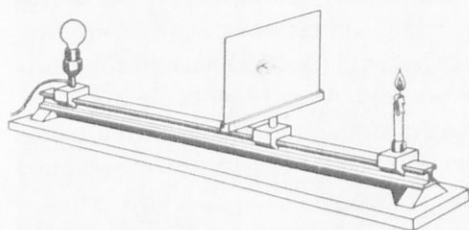
**3ος νόμος.** Ὁ φωτισμὸς μιᾶς ἐπιφανείας ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸν προσανατολισμὸν της, σχετικῶς πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῶν ἀκτίνων.

Πράγματι ἂν κρατοῦμεν τὸ φωτόμετρον εἰς ἀπόστασιν ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγὴν καὶ στρέφομεν τὸ ὄργανον, ὥστε νὰ μεταβάλλωμεν τὴν κλίσιν τῆς φωτιζομένης ἐπιφανείας του, παρατηροῦμεν ὅτι ὁ φωτισμὸς γίνεται μέγιστος, ὅταν προσπίπτουν καθέτως αἱ φωτειναὶ ἀκτῖνες. Ὅταν ὅμως αἱ φωτειναὶ ἀκτῖνες προσπίπτουν πλαγίως, ὁ φωτισμὸς γίνεται μικρότερος, ἐλαττώνονται δηλαδὴ αἱ ἐνδείξεις τοῦ ὄργανου.

**§ 267. Τύπος τῶν ἴσων φωτισμῶν.** Διὰ νὰ συγκρίνωμεν τὰς φωτεινὰς ἰσχύς  $I_1$  καὶ  $I_2$  δύο φωτεινῶν πηγῶν, φωτίζομεν καθέτως μίαν ἐπιφάνειαν, διαδοχικῶς μὲ ἐκάστην ἀπὸ τὰς πηγάς, φέροντες αὐτὴν εἰς ἀποστάσεις  $r_1$  καὶ  $r_2$  τοιαύτας, ὥστε ὁ φωτισμὸς νὰ εἶναι καὶ εἰς τὰς δύο περιπτώσεις ὁ ἴδιος.

Αὐτὸ ἐπιτυγχάνεται ἀπλούστερον ἂν αἱ δύο φωτειναὶ πηγαὶ εὐρίσκωνται εἰς μίαν ὀρισμένην ἀπόστασιν μεταξύ των, ἐνῶ εἰς τὸ ἐνδιάμεσον μετακινεῖται, στηριγμένον εἰς κατάλληλον πλαίσιον, ἓνα φύλλον χάρτου, τὸ ὁποῖον ἔχει μίαν κηλῖδα ἀπὸ ἔλαιον (σχ. 273). Ὅταν, ἀφοῦ μετακινήσωμεν καταλλήλως τὸν ἐλαιωμένον χάρτην, ἐξαφανίσωμεν τὴν κηλῖδα, ἔχομεν ἐπιτύχει ἰσοφωτισμὸν τῶν δύο ὧσεων τοῦ χάρτου.

Συμφώνως πρὸς τὸν ὅρισμὸν τοῦ φωτισμοῦ θὰ ἔχωμεν τότε ὅτι :



$$B = \frac{I_1}{r_1^2} \quad \text{καὶ} \quad B = \frac{I_2}{r_2^2}$$

ὁπότε θὰ εἶναι :

$$\frac{I_1}{r_1^2} = \frac{I_2}{r_2^2} \quad \eta \quad \frac{I_1}{I_2} = \frac{r_1^2}{r_2^2}$$

Σχ. 273. Φωτόμετρον τοῦ Bunsen. Ὅταν τὸ πέτασμα ἰσοφωτίζεται, ἐξαφανίζεται ἡ κηλὶς.

Ἐπομένως :

Ὅταν δύο φωτειναὶ πηγαὶ φωτίζουν ἐξ ἴσου μίαν ἐπιφάνειαν, μὲ κάθετον πρόσπευσιν τῶν ἀκτίνων, τότε αἱ φωτειναὶ ἰσχύες τῶν πηγῶν

είναι ανάλογοι πρὸς τὰ τετράγωνα τῶν ἀποστάσεών των ἀπὸ τὴν φω-  
τιζομένην ἐπιφάνειαν.

## ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Ἡ λαμπρότης μιᾶς φωτεινῆς πηγῆς ἐκφράζεται ἀπὸ τὴν φωτεινὴν ἰσχὺν ἢ φωτεινὴν ἔντασιν τῆς πηγῆς. Προκειμένου περὶ μιᾶς φωτιζομένης ἐπιφανείας, ἐνδιαφέρει ἡ γνῶσις τοῦ φωτισμοῦ τῆς.

2. Τὸ φῶς εἶναι μία μορφή ἐνεργείας, ἡ ὁποία ὀνομάζεται φωτεινὴ ἐνέργεια.

3. Ἡ φωτεινὴ ἐνέργεια E, ἡ ὁποία διέρχεται εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου μέσα ἀπὸ ἓνα κῶνον, ἔχοντα τὴν κορυφὴν του ἐπὶ τῆς φωτεινῆς πηγῆς, ὀνομάζεται φωτεινὴ ροὴ Φ.

4. Τὸ πηλίκον τῆς φωτεινῆς ροῆς Φ, ἡ ὁποία ἐκπέμπεται μέσα εἰς μίαν στερεὰν γωνίαν Ω, ἀπὸ μίαν φωτεινὴν σημειακὴν πηγὴν, εὐρισκομένην εἰς τὴν κορυφὴν τῆς στερεᾶς γωνίας, πρὸς τὴν στερεὰν γωνίαν Ω, ὀνομάζεται φωτεινὴ ἰσχὺς I ἢ ἔντασις τῆς πηγῆς.

5. Μονὰς φωτεινῆς ροῆς εἶναι τὸ 1 Lumen καὶ φωτεινῆς ἰσχύος τὸ 1 νέον ἢ διεθνὲς κηρίον (1 NK). Τὸ πηλίκον τῆς φωτεινῆς ροῆς Φ, τὸ ὁποῖον δέχεται μία ἐπιφάνεια S, ὑπὸ κάθετον πρόσπτωσιν τῶν ἀκτίνων, πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν S, ὀνομάζεται φωτισμὸς B τῆς ἐπιφανείας.

6. Μονὰς φωτισμοῦ εἶναι τὸ 1 Lux.

7. Τὰ φωτόμετρα εἶναι ὄργανα χρησιμοποιούμενα διὰ τὴν μέ-  
τρησιν τοῦ φωτισμοῦ.

8. Ὁ φωτισμὸς B τὸν ὁποῖον δέχεται μία ἐπιφάνεια S εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἔντασιν τῆς φωτεινῆς πηγῆς, ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἀποστάσεως r τῆς ἐπιφανείας ἀπὸ τὴν πηγὴν καὶ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸν προσανατολισμὸν τῆς ἐπιφανείας σχετικῶς πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῶν ἀκτίνων. Διὰ κάθετον πρόσπτωσιν τῶν ἀκτίνων ἰσχύει ἡ σχέσις :

$$B = \frac{I}{r^2}$$

9. Όταν δύο φωτεινὰ πηγὰ με ἐντάσεις  $I_1$  καὶ  $I_2$  εὐρίσκονται εἰς ἀποστάσεις  $r_1$  καὶ  $r_2$  ἀπὸ μίαν ἐπιφάνειαν καὶ τὴν ἰσοφωτίζουν με κάθετον πρόσπτωσιν τῶν ἀκτίνων, ἰσχύει ὁ ἀκόλουθος τύπος τοῦ ἰσοφωτισμοῦ :

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{r_1^2}{r_2^2}$$

## ΑΣΚΗΣΕΙΣ

**184.** Πόσα Lumen προσπίπτουν καθέτως ἐπάνω εἰς μίαν ἐπιφάνειαν ἐμβαδοῦ  $5 \text{ m}^2$ , ὅταν ὁ φωτισμὸς τῆς ἐπιφανείας αὐτῆς εἶναι  $12 \text{ Lux}$ . (Ἀπ.  $60 \text{ Lumen}$ .)

**185.** Εἰς τὸ κέντρον μιᾶς σφαίρας, ἀκτίνος  $2 \text{ m}$ , εὐρίσκεται ἓνας μικρὸς ἡλεκτρικὸς λαμπτήρ. Νὰ εὐρεθῇ ἡ φωτεινὴ ἰσχὺς του, ἐὰν ἡ σφαῖρα δέχεται φωτισμὸν  $2 \text{ Lux}$ . (Ἀπ.  $8 \text{ NK}$ .)

**186.** Πόση εἶναι ἡ ἰσχὺς μιᾶς φωτεινῆς πηγῆς, ἡ ὁποία προκαλεῖ, με κάθετον πρόσπτωσιν τῶν ἀκτίνων τῆς ἐπάνω εἰς μίαν ἐπιφάνειαν, φωτισμὸν  $20 \text{ Lux}$ , ὅταν ἡ ἐπιφάνεια ἀπέχῃ  $6 \text{ m}$  ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγὴν. (Ἀπ.  $720 \text{ NK}$ .)

**187.** Δύο φωτεινὰ πηγὰ συγκρίνονται με ἓνα φωτόμετρον. Ὄταν ἐπιτυγχάνεται ἰσοφωτισμὸς τοῦ φωτομέτρου, αἱ ἀποστάσεις τῶν φωτεινῶν πηγῶν ἀπὸ τὴν ἰσοφωτιζομένην ἐπιφάνειαν τοῦ φωτομέτρου εἶναι  $30 \text{ cm}$  καὶ  $60 \text{ cm}$  ἀντιστοίχως. Ἐὰν ἡ φωτεινὴ ἰσχὺς τῆς μικροτέρας φωτεινῆς πηγῆς εἶναι  $10 \text{ NK}$ , νὰ εὐρεθῇ ἡ φωτεινὴ ἰσχὺς τῆς ἄλλης πηγῆς. (Ἀπ.  $40 \text{ NK}$ .)

**188.** Εἰς πόσον ὕψος ἐπάνω ἀπὸ μίαν τράπεζαν, πρέπει νὰ εὐρίσκεται ἓνας λαμπτήρ  $100 \text{ NK}$ , διὰ νὰ προκαλῇ φωτισμὸν  $50 \text{ Lux}$ . (Ἀπ.  $141 \text{ cm}$ .)

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

## I. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

Σελ.

|      |                                                |    |
|------|------------------------------------------------|----|
| Α'.  | Κίνησις τῶν σωμάτων .....                      | 5  |
| Β'.  | Εὐθύγραμμος ὁμαλῶς μεταβαλλομένη κίνησις ..... | 14 |
| Γ'.  | Ἀδράνεια. Θεμελιώδης ἀρχὴ τῆς Δυναμικῆς .....  | 25 |
| Δ'.  | Μηχανικαὶ ταλαντώσεις .....                    | 32 |
| Ε'.  | Κυκλικὴ κίνησις .....                          | 43 |
| ΣΤ'. | Παγκόσμιος ἔλξις .....                         | 55 |
| Ζ'.  | Ἔργον δυνάμεως .....                           | 63 |
| Η'.  | Ἴσχυς .....                                    | 73 |
| Θ'.  | Ἐνέργεια .....                                 | 80 |

## II. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ

|      |                                                                            |     |
|------|----------------------------------------------------------------------------|-----|
| Γ'.  | Μετατροπὴ τῆς μηχανικῆς ἐνεργείας εἰς θερμικὴν ...                         | 88  |
| ΙΑ'. | Τριβή. Μηχανικὸν ἰσοδύναμον τῆς θερμίδος .....                             | 90  |
| ΙΒ'. | Διατήρησις τῆς ἐνεργείας εἰς τὰς ἀπλὰς μηχανὰς ....                        | 99  |
| ΙΓ'. | Μετατροπὴ τῆς θερμικῆς ἐνεργείας εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν. Ἀτμομηχανὴ ..... | 103 |
| ΙΔ'. | Μηχαναὶ ἐσωτερικῆς καύσεως .....                                           | 108 |
| ΙΕ'. | Πύραυλοι .....                                                             | 114 |

## III. ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ

|       |                     |     |
|-------|---------------------|-----|
| ΙΣΤ'. | Ὁ ἦχος .....        | 121 |
| ΙΖ'.  | Ἥχητικά πηγὰί ..... | 131 |

## IV. ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ - ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

|      |                                                                                   |     |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ΙΗ'. | Σύστασις τῆς ὕλης. Μόρια καὶ ἄτομα .....                                          | 138 |
| ΙΘ'. | Κατασκευὴ τοῦ ἀτόμου. Πυρῆνες καὶ ἠλεκτρόνια ....                                 | 143 |
| Κ'.  | Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῖμα. Φορὰ καὶ ἀποτελέσματα τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος .....          | 150 |
| ΚΑ'. | Ἀγωγὰ καὶ μονωτικὰ σώματα. Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῖμα εἰς τοὺς μεταλλικοὺς ἀγωγοὺς ..... | 157 |
| ΚΒ'. | Ἠλεκτρόλυσις. Ποιοτικὴ σπουδὴ. Ἴοντα .....                                        | 161 |

|       |                                                                                    |     |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ΚΓ'.  | Ἡλεκτρόλυσις. Δευτερεύουσαι χημικαὶ ἀντιδράσεις ..                                 | 168 |
| ΚΔ'.  | Ἡλεκτρόλυσις. Νόμοι τοῦ Φάρανταιν. Ἐφαρμογαὶ ...                                   | 175 |
| ΚΕ'.  | Ποσότης ἡλεκτρισμοῦ. Μονὰς Κουλόμπ. Ἐντασις ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Μονὰς Ἀμπέρ ..... | 182 |
| ΚΣΤ'. | Θερμικὰ ἀποτελέσματα τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος .....                                 | 190 |
| ΚΖ'.  | Ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια. Ἡλεκτρικὴ ἰσχὺς .....                                          | 198 |
| ΚΗ'.  | Διαφορὰ δυναμικοῦ. Μονὰς Βόλτ .....                                                | 204 |
| ΚΘ'.  | Πρακτικὴ μέτρησις διαφορᾶς δυναμικοῦ .....                                         | 212 |
| Λ'.   | Ἐφαρμογαὶ τοῦ νόμου τοῦ Τζάουλ. Φωτισμός - Θέρμανσις                               | 217 |
| ΛΑ'.  | Πειραματικὴ σπουδὴ τῆς ἀντιστάσεως ἑνὸς ἀγωγοῦ ..                                  | 223 |
| ΛΒ'.  | Σύνδεσις ἀντιστάσεων .....                                                         | 232 |
| ΛΓ'.  | Ἡλεκτρικαὶ πηγαὶ .....                                                             | 241 |
| ΛΔ'.  | Ἡλεκτρικὴ ἰσχὺς μιᾶς γεννητρίας .....                                              | 249 |
| ΛΕ'.  | Συσσωρευταὶ .....                                                                  | 256 |
| ΛΣΤ'. | Μαγνήται. Μαγνητικὴ πυξίς .....                                                    | 261 |
| ΛΖ'.  | Ἀλληλεπίδρασις τῶν μαγνητικῶν πόλων .....                                          | 267 |
| ΛΗ'.  | Μαγνητικὸν πεδίου εὐθυγράμμου ἀγωγοῦ καὶ μαγνητικὸν πεδίου σωληνοειδοῦς .....      | 274 |
| ΛΘ'.  | Ἡλεκτρομαγνήται .....                                                              | 282 |
| Μ'.   | Ἀλληλεπίδρασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος καὶ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου .....             | 288 |
| ΜΑ'.  | Ἡλεκτρικοὶ κινητήρες .....                                                         | 292 |

## V. ΟΠΤΙΚΗ

|       |                                             |     |
|-------|---------------------------------------------|-----|
| ΜΒ'.  | Εὐθύγραμμος διάδοσις τοῦ φωτός .....        | 295 |
| ΜΓ'.  | Ἀνάκλασις τοῦ φωτός. Ἐπίπεδα κάτοπτρα ..... | 302 |
| ΜΔ'.  | Σφαιρικὰ κάτοπτρα .....                     | 310 |
| ΜΕ'.  | Διάθλασις τοῦ φωτός .....                   | 321 |
| ΜΣΤ'. | Πρίσματα καὶ φακοὶ .....                    | 327 |
| ΜΖ'.  | Ἀνάλυσις τοῦ φωτός .....                    | 340 |
| ΜΗ'.  | Φωτομετρία .....                            | 345 |





ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΦΗΣΙΣ : ΒΑΣΙΛΙΚΗΣ ΑΓΓΕΛΙΔΟΥ



ΕΚΔΟΣΙΣ Β' 1969 (VI) ΑΝΤ. 80.000 — ΣΥΜΒΑΣΙΣ 1829/23-5-69 / 1903/4-6-69  
ΕΚΤΥΠΩΣΙΣ: Α. ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ ΒΙΒΛΙΟΔΕΣΙΑ: ΙΩ. ΚΑΜΠΑΝΑΣ Ο. Ε.



