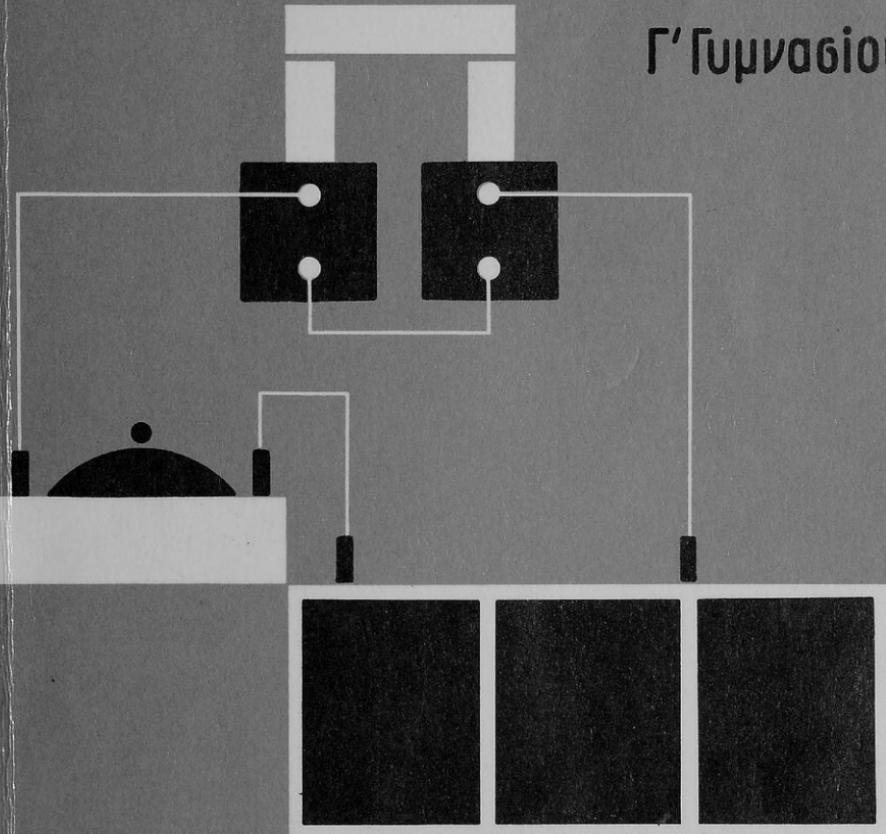


Σαλτερή Γ. Περιστέραυ

Φυσική πειραματική



ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ

AΘHNΑ 1978

42196
18-6-2007

ΦΥΣΙΚΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ
Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

ΟΡΓΑΝΩΜΕΝΟΣ ΚΛΑΣΣΟΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΑΙΓΑΙΟΣ ΜΗΓΑΛΑΣΣΟΣ Αριδαίων Η νεαλίνη θε

ΗΛΙΤΑΜΑΨΗ ΗΛΙΚΥΦ

ΥΟΠΛΙΝΗΣ Τ.

Tὸ βιβλίο μεταγλωττίσθηκε ἀπό τὴν Z. Μελᾶ - Ἰωαννίδη, Χημικό, καὶ τὸ φιλόλογο K. Μικρούδη, Ἐπιθεωρητὴν M.E..

ΣΑΛΤΕΡΗ Γ. ΠΕΡΙΣΤΕΡΑΚΗ

ΦΥΣΙΚΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ

Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

Ι. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

§ 1. Ήρεμος και μίνηση. Άναβοντει αλλά
καταπέπει προς τα διαπεριφερούμενα δια ρυθμό^ν περιποτα μίλλουν θέμα, σχετικά με
ταύτα σημεία. Αλλά τότε, επειδή σημειώνεται
απόλυτη αναπότομη κατά τη διεργασίας λειτουργία.

Έτσος το λειτουργεί, που γενιένται άπο
την διεργασία, είναι κατ. Εργατική πρώτη τη
περίοδο, δικού περιστρέφεται, αλλάζονται οι
πολιτικού-θετικού λειτουργίες. Θερινή γρανική περίοδος
συνεχίζεται την είναι που, είναι
περιγραφή.

Κανονικά είναι τοποθετούμενος στην

Πολλά σημειώνονται παραπάνω συνεχίζεται
την ίδια έτοι μέση, που η τέτα βρούν,
το λείπει, εί τοποθετείται πάνω στην πόλη.
Το περιστρέφεται άλλη έτοι μέση, που
παραπάνω στην πόλη.

Τον ίδια στιγματικό πολιτικό περιοδο
είναι άλλη πόλη, κατ. δικού που περιβο
τέλη συνεχίζεται πάνω.

§ 2. Φυσικές περιστροφές της περιοδού

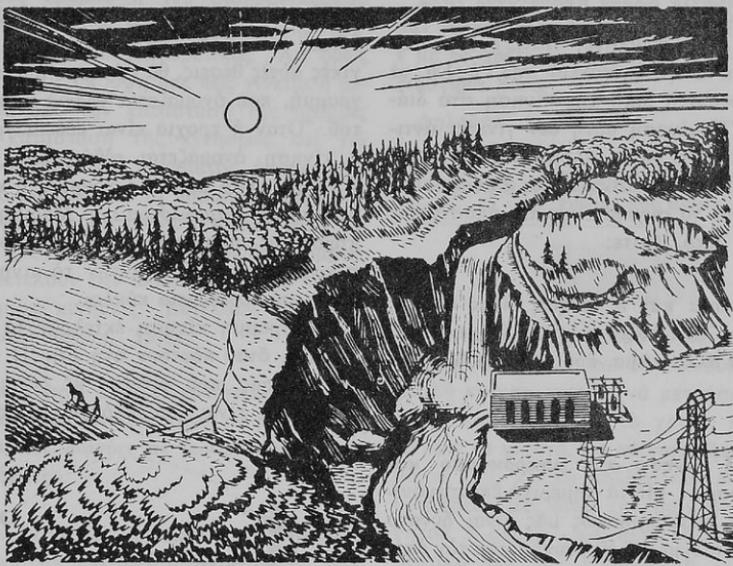
ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ

ΑΘΗΝΑ 1978

Η ΚΙΤΑΜΑΡΕΠ Η ΚΙΖΥΦ

ΥΟΚΑΙΜΥΤ Τ

Ο ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΛΟΓΟΤΥΠΟΣ
Επίσημος Λογότυπος της Δημοκρατίας της Ελλάς



I. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

A' — ΚΙΝΗΣΗ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

§ 1. Ἡρεμία καὶ κίνηση. "Ἄντες μιὰ ματιὰ γύρω μας, θὰ παρατηρήσουμε ὅτι μερικά σώματα ἀλλάζουν θέση, σχετικὰ μὲν ἄλλα σώματα. Λέμε τότε ὅτι τὰ σώματα αὐτὰ κινοῦνται καὶ τὰ δυνομάζουμε κινητά.

"Ετσι τὸ λεωφορεῖο, ποὺ ἔκεινησε ἀπό τὴν ἀφετηρία του καὶ ἔρχεται πρὸς τὴν στάση, ὅπου βρισκόμαστε, ἀλλάζοντας ἀδιάκοπα θέση, κινεῖται. "Οσο χρονικὸ διάστημα συνεχίζει τὴν κίνησή του, εἶναι κινητό.

Κινητά είναι ἐπίσης ὁ ποδηλάτης ποὺ τρέχει στὸν ἀσφαλτοστρωμένο δρόμο, τὸ ἀεροπλάνο ποὺ πετᾶ, τὸ πλοϊο ποὺ ταξιδεύει, ὁ πύραυλος ἄμα ἐκτοξευτεῖ κλπ.

Δὲν κινοῦνται δῆμος δῆλα τὰ σώματα.

Πολλὰ ἀντικείμενα διατηροῦν συνεχῶς τὴν ίδια θέση στὸ χόρο, δπως τὰ γύρο βουνά, τὰ δέντρα, τὰ σπίτια, οἱ βράχοι κλπ. Τὰ σώματα αὐτά λέμε ὅτι ἡρεμοῦν.

"Ωστε:

"Ἐνα σῶμα κινεῖται, ὅταν ἀλλάζει θέσεις στὸ διάστημα, καὶ ἡρεμεῖ, ὅταν διατηρεῖ τὴν ίδια συνεχῶς θέση.

§ 2. Φαινομενικὴ καὶ πραγματικὴ κίνηση. Πολλές φορὲς ἡ ἡρεμία διαφόρων σωμάτων είναι φαινομενική, δὲν συμβαίνει δηλαδὴ καὶ στὴν πραγματικότητα. "Ετσι ἐνῶ τὰ ἀντικείμενα στὴν ἐπιφάνεια τῆς Γῆς, δπως τὰ δέντρα, τὰ σπίτια, οἱ βράχοι κλπ.

μᾶς δίνουν τὴν ἐντύπωσην ὅτι ἡρεμοῦν καὶ εἶναι ἀκίνητα, στὴν πραγματικότητα κινοῦνται. Αὐτὸς συμβαίνει γιατί, ἐνδέ μένουν ἀκλόνητα στὴν ἐπιφάνειά της, ἡ Γῆ τὰ παρασύρει στὴ δική της κίνηση στὸ διάστημα. Ἡ κίνηση αὐτὴ δὲν γίνεται ἀντιληπτή σὲ μᾶς, γιατὶ ἀπλούστατα δὲν ὑπάρχει κοντά στὸν πλανήτη μας ἔνα ἀκίνητο σῶμα, γιὰ νὰ συγκρίνουμε τὶς ἀποστάσεις μας ἀπὸ αὐτό. Ὁστε:

“Ἡ ἡρεμία καὶ ἡ κίνηση εἰναι ̄ννοιες σχετικές. Ἔνα σῶμα κινεῖται ἡ ἡρεμεῖ ὡς πρὸς ἔνα ἄλλο σῶμα, ποὺ τὸ θεωροῦμε ἀκίνητο.

§ 3. Ἡ κίνηση στὸ μακρόκοσμο καὶ μικρόκοσμο. Μὲ τὰ σημερινὰ ἐπιστημονικὰ μέσα παρατηρήσεως μᾶς εἶναι δυνατὸ νὰ μελετήσουμε καὶ ἔξερευνήσουμε τὸν ἀπέραντο κόσμο τοῦ σύμπαντος (*μακρόκοσμος*) καὶ τὸν μικροσκοπικὸ κόσμο τῶν μορίων καὶ τῶν ἀτόμων τῆς ψύλης (*μικρόκοσμος*). Τὰ οὐράνια σώματα, πλανῆτες, ἀπλανῆτες, κομῆτες, νεφελώματα κλπ. βρίσκονται σὲ μιὰν ἀδιάκοπη κίνηση. Οἱ πλανῆτες στρέφονται γύρω ἀπὸ τοὺς κεντρικοὺς ἥλιους. Οἱ κομῆτες ἄλλοτε περιφέρονται στὸ διάστημα καὶ ἄλλοτε πλησιάζουν κάποιον ἥλιο καὶ γίνονται μέλη τῆς πλανητικῆς του οἰκογένειας. Οἱ ἥλιοι κινοῦνται παρασύροντας στὴ δική τους κίνηση τὸν πλανῆτες, ποὺ τοὺς ἀκολουθοῦν. Ἐτσι κάθε οὐράνιο σῶμα συμμετέχει σὲ πολλές διαφορετικές κινήσεις.

Στὸ μικρόκοσμο ὀλες οἱ διαπιστώσεις μας ὀδηγοῦν στὸ συμπέρασμα ὅτι τὰ μόρια, τὰ ἄτομα, τὰ ἡλεκτρόνια κλπ. βρίσκονται σὲ μιὰν ἀδιάκοπη καὶ περίπλοκη κίνηση. Ὁστε:

Στὴ Φύση ἡ κίνηση ἀποτελεῖ τὸν κανόνα, ἡ ἡρεμία τὴν ἔξαίρεση.

§ 4. Κινηματικὰ στοιχεῖα. Ὁρισμοί. Οταν ἔνα σῶμα κινεῖται, ἀλλάζει διαδοχικὰ θέσεις στὸ χώρο. Ἐν ἐνώσουμε τὶς διαδοχικὲς αὐτὲς θέσεις, θὰ πάρουμε μιὰ συνεχὴ γραμμή, ποὺ ὀνομάζεται τροχιά τοῦ κινητοῦ. “Οταν ἡ τροχιά εἰναι εὐθεία γραμμή, ἡ κίνηση δυνομάζεται εὐθύγραμμη. Ὁταν ἡ τροχιά εἰναι καμπύλη γραμμή, ἡ κίνηση δυνομάζεται καμπυλόγραμμη. Μερικὴ περίπτωση τῆς καμπυλόγραμμῆς κινήσεως εἶναι ἡ κυκλικὴ κίνηση· σ' αὐτὴν τὸ κινητὸ κινεῖται σὲ περιφέρεια κύκλου.

Ἐὐθύγραμμη κίνηση ἐκτελοῦν τὰ βαριά σώματα, ὅταν πέφτουν στὴ Γῆ. Ἡ τροχιά μᾶς πέτρας, ποὺ πετοῦμε μὲ δύναμη μακριά μας, εἶναι καμπυλόγραμμη (σχ. 1).



Σχ. 1. Ἡ πέτρα ποὺ ρίχνομε διαγράφει καμπύλη τροχιά.

Κυκλικὴ κίνηση ἐκτελοῦν τὰ διάφορα σημεῖα τῆς περιφέρειας ἐνὸς τροχοῦ ποὺ στρέφεται. Τὸ μῆκος τῆς τροχιᾶς τοῦ κινητοῦ, ἀπὸ τὴν ἀφετηρία τῆς κινήσεως ὃς τὸ τέρμα, λέγεται διάστημα καὶ παριστάνεται συμβολικὰ μὲ τὸ γράμμα σ. Ἡ ἀφετηρία τῆς κινήσεως λέγεται καὶ ἀρχὴ τῶν διαστημάτων. Ἔνα κινητό, γιὰ νὰ διανύσει ἔνα δρισμένο τμῆμα τῆς τροχιᾶς του, χρειάζεται χρόνο. Ὁ χρόνος μᾶς κινήσεως μετρίεται ἀπὸ τὴν ἔναρξη τῆς κινήσεως ὃς τὸ τέλος της καὶ παριστάνεται μὲ τὸ γράμμα τ.

§ 5. Εὐθύγραμμη δύμαλή κίνηση. Οἱ κινήσεις ποὺ γίνονται πάνω σὲ εὐθύγραμμη τροχιά δὲν εἶναι ὀλες ἴδεις. Ἐτσι οἱ κινήσεις τοῦ σαλίγκαρου πάνω σ' ἔνα ἵστο ραβδί, τοῦ ποδηλάτη στὸ εὐθύγραμμο τμῆ-

μα ένδος δρόμου ή τοῦ σιδηροδρομικοῦ συρμοῦ πάνω σε εὐθύγραμμες σιδηροτροχίες, εἶναι πολὺ διαφορετικές. Ἐν δώμας δὲν λάβουμε υπ' ὄψη μας πῶς γίνεται ἡ μετάβαση ἀπὸ τὴν κατάσταση τῆς ἡρεμίας στὴν κατάσταση τῆς κινήσεως καὶ γιὰ ἀπλούστευση τοῦ πράγματος ὑποθέσουμε πῶς τὸ καθένα ἀπὸ τὰ παραπάνω τρία σώματα κινεῖται μὲ τέτοιον τρόπο, ὥστε σὲ ἵσους χρόνους νὰ διανύει ἵσα διαστήματα, τότε ἐκτελοῦν τὴν ἀπλούστερη ἀπὸ τίς εὐθύγραμμες κινήσεις. Ἐκτελοῦν εὐθύγραμμη ὁμαλὴ κίνηση. "Ωστε:

"Ενα κινητὸ ἐκτελεῖ εὐθύγραμμη ὁμαλὴ κίνηση, ὅταν κινεῖται πάνω σε εὐθύγραμμη τροχιὰ καὶ διανύει σὲ ἵσους χρόνους ἵσα διαστήματα.

Στὴν ἄκρη τῶν μεγάλων αὐτοκινητόδρομων ὑπάρχουν κατὰ ἵσες ἀποστάσεις, 1000 π. συνήθως, μικρές τσιμεντένιες ἢ μαρμάρινες στήλες, πάνω στὶς ὁποῖες εἰναι γραμμένες σὲ χιλιόμετρα οἱ ἀποστάσεις ἀπὸ τὴν ἀφετηρία. Ἐν ἔνα αὐτοκίνητο κινεῖται πάνω στὸν αὐτοκινητόδρομο καὶ σ' ἔνα μεγάλο εὐθύγραμμο τμῆμα τοῦ δρόμου ἔτισ, ὥστε ὁ δεικτῆς τοῦ ταχυμέτρου του νὰ παραμένει στὴν ἴδια πάντα θέση, θὰ χρειάζεται τὸν ἴδιο πάντοτε χρόνο, γιὰ νὰ διανύσει τὴν ἀπόσταση ποὺ χωρίζει δυὸ στήλες, ἔστω 1 πρῶτο λεπτό. Τὸ αὐτοκίνητο αὐτὸ ἐκτελεῖ εὐθύγραμμη ὁμαλὴ κίνηση, δσο συνεχίζει τὴν κίνησή του μὲ τὶς ἴδιες συνθῆκες.

§ 6. Ταχύτητα. Ο ρυθμὸς ποὺ παρουσιάζει μιὰ κίνηση, δηλαδὴ ἡ βραδύτητα ἢ γρηγοράδα της χαρακτηρίζεται ἀπὸ ἔνα φυσικὸ μέγεθος, ποὺ λέγεται ταχύτητα καὶ παριστάνεται μὲ τὸ γράμμα v . Ἡ ταχύτητα βρίσκεται σὲ ἀμεσο συσχετισμὸ μὲ τὸ διάστημα καὶ τὸ χρόνο, ποὺ ἀπαιτήθηκε γιὰ νὰ διανυθεῖ τὸ διάστημα αὐτό.

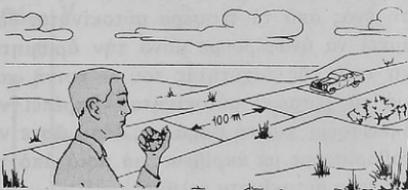
Στὴν εὐθύγραμμη ὁμαλὴ κίνηση δρίζομε σὰν ταχύτητα υ τὸ πηλίκο τοῦ διαστήματος σ μὲ τὸ χρόνο t , στὸν ὅποιο διανύθηκε τὸ διάστημα αὐτό.

Δηλαδή:

$$\text{ταχύτητα} = \frac{\text{διάστημα ποὺ διανύθηκε}}{\text{χρόνος ποὺ ἀπαιτήθηκε}}$$

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

Γιὰ νὰ προσδιορίσουμε λοιπὸν τὴν ταχύτητα ἐνὸς σώματος, ποὺ ἐκτελεῖ εὐθύγραμμη ὁμαλὴ κίνηση, πρέπει νὰ μετρήσουμε ἔνα μῆκος καὶ ἔνα χρόνο, τὸ χρόνο ποὺ χρειάστηκε τὸ κινητό, γιὰ νὰ διατρέξει αὐτὸ τὸ μῆκος (σχ. 2). Τὸ πηλίκο τῶν δύο αὐτῶν μετρήσεων μᾶς δίνει τὴν ταχύτητα τοῦ κινητοῦ, ἡ ὅποια — καὶ αὐτὸ εἶναι χαρακτηριστικό γιὰ τὴν εὐθύγραμμη ὁμαλὴ κίνηση — δὲν ἔξαρταται ἀπὸ τὸ μῆκος τοῦ διαστήματος ποὺ μετρήσαμε καὶ τὸ χρόνο, στὴ διάρκεια τοῦ ὅποιου διανύθηκε τὸ διάστημα αὐτό.



Σχ. 2. Ἡ ταχύτητα δρίζεται σὰν πηλίκο τοῦ διαστήματος μὲ τὸ χρόνο, στὸν ὅποιο διανύθηκε. Τὸ αὐτοκίνητο τοῦ σχήματος ἔχει ταχύτητα 100 m/sec.

Μονάδες ταχύτητας. "Οταν τὸ διάστημα μετριέται σὲ μέτρα καὶ ὁ χρόνος σὲ δευτερόλεπτα, μονάδα ταχύτητας εἶναι τό:

1 μέτρο τὸ δευτερόλεπτο (1 m/sec)

Ἡ μονάδα αὐτὴ ἀνήκει στὰ συστήματα M.K.S. καὶ στὸ Τεχνικὸ Σύστημα.

Ἀν δῶμας τὸ διάστημα μετριέται σὲ ἔκα-

τοστόμετρα και ό χρόνος σε δευτερόλεπτα, τότε μονάδα ταχύτητας είναι τό:

1 έκατοστόμετρο τὸ δευτερόλεπτο (1 cm/sec)

Η μονάδα αυτή άνήκει στὸ σύστημα C.G.S.

Γιὰ τὶς ἀνάγκες τῆς πρακτικῆς ζωῆς χρησιμοποιοῦμε σὰν μονάδα ταχύτητας τό:

1 χιλιόμετρο τὴν ὥρα (1 km/h)

Ἐτσι, ὅταν λέμε πώς ἡ ταχύτητα ἐνὸς αὐτοκινήτου είναι 60 km/h, ἐννοοῦμε ὅτι τὸ αὐτοκίνητο αὐτὸ σὲ χρόνο μιᾶς ὥρας διανύει διάστημα 60 km.

Ἡ ταχύτητα τῶν πλοίων ἐκφράζεται σὲ κόμβους:

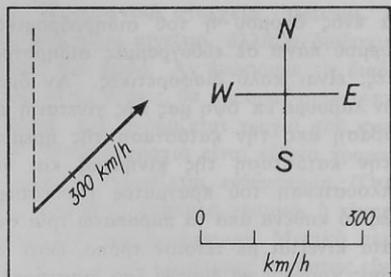
1 κόμβος = 1 ναυτικὸ μίλι τὴν ὥρα.

§ 7. Ἡ ταχύτητα είναι διανυσματικὸ μέγεθος. Ἀς θεωρήσουμε τέσσερα αὐτοκίνητα, ποὺ ἀπομακρύνονται ἀπὸ μιὰ διασταύρωση ἀκολουθώντας διαφορετικὲς φορὲς στὴν κίνησή τους, τὰ ταχύμετρά τους δημιουργοῦν δῆλα τὴν ἴδια ταχύτητα, 60 km/h.

Ἄν θέλουμε νὰ περιγράψουμε τὴν κίνηση ἐνὸς ἀπὸ τὰ τέσσερα αὐτοκίνητα, δὲν ἀρκεῖ νὰ ἀναφέρουμε μόνο τὴν ἀριθμητικὴ τιμὴ τῆς ταχύτητάς του — κοινὴ καὶ γιὰ τὰ τέσσερα αὐτοκίνητα — πρέπει νὰ δηλώσουμε καὶ τὴ φορά της ἔστι, ὥστε νὰ καθορίσουμε μὲ ἀκρίβεια γιὰ ποιό ἀπὸ τὰ τέσσερα αὐτοκίνητα μιλάμε.

Γιὰ νὰ κατανοήσουμε ἐπίσης τὸ πράγμα, ἃς ἀναρωτήθοῦμε τί σημαίνει ἡ δήλωση: «Ἐνα ἀεροπλάνο πέρασε πετώντας μὲ ταχύτητα 500 km/h πάνω ἀπὸ τὸ παρατηρητήριο». Είναι φανερὸ πώς ἡ κίνηση τοῦ ἀεροπλάνου δὲν καθορίζεται μὲ σαφήνεια, γιατὶ δὲν ἀναφέρεται ἡ διεύθυνση καὶ ἡ φορά τῆς κινήσεώς του.

Ἡ ταχύτητα ἀνήκει, λοιπόν, στὰ φυσικὰ ἐκεῖνα μεγέθη, ποὺ χρειάζονται γιὰ τὸν πλήρη καθορισμό τους τὴν ἔνδειξη



Σχ. 3. Ἡ ταχύτητα είναι διανυσματικὸ μέγεθος. Στὸ σχῆμα ἔχει μέτρο 300 km/h καὶ φορά βορειο-ανατολική.

ἐνὸς μέτρου, μιᾶς διευθύνσεως καὶ μιᾶς φορᾶς (σχ. 3). "Ωστε:

Ἡ ταχύτητα είναι διανυσματικὸ μέγεθος.

§ 8. Νόμοι τῆς εὐθύγραμμης ὁμαλῆς κινήσεως. α) Νόμος τῆς ταχύτητας. Στὴν εὐθύγραμμη ὁμαλὴ κίνηση τὸ διάγνυσμα τῆς ταχύτητας παραμένει σταθερὸ κατὰ τὸ μέτρο, τὴ διεύθυνση καὶ τὴ φορά.

β) Νόμος τοῦ διαστήματος. Ἀγ ἐπιλύσουμε τὸν τύπο τῆς ταχύτητας ὡς πρὸς σπαίρνομε:

$$s = v \cdot t$$

"Ωστε:

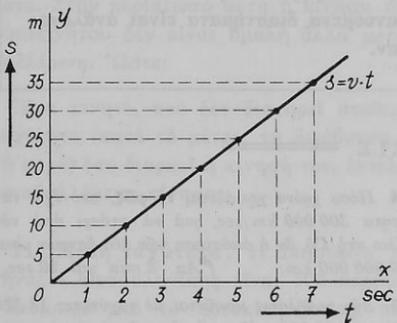
Κατὰ τὴν εὐθύγραμμη καὶ ὁμαλὴ κίνηση τὰ διαστήματα είναι ἀνάλογα μὲ τοὺς χρόνους, στοὺς ὅποιους διανύθηκαν.

§ 9. Διαγράμματα εὐθύγραμμης ὁμαλῆς κινήσεως. α) Διάγραμμα διαστήματος - χρόνου. Γιὰ νὰ παραστήσουμε γραφικὰ τὴ σχέση τῆς μεταβολῆς τοῦ διαστήματος σὲ συνάρτηση μὲ τὸ χρόνο, θεωροῦμε μιὰ ὅποιαδήποτε εὐθύγραμμη ὁμαλὴ κίνηση ποὺ ἔχει, ἃς πούμε, ταχύτητα v , ἵση ἔστω πρὸς 5 m/sec. Μὲ τὴ βοήθεια τοῦ τύπου $s = v \cdot t$, ὑπολογίζομε τὰ διαστήματα ποὺ διανύονται ἀπὸ τὸ κινητὸ σὲ

χρόνους 0 sec, 1 sec, 2 sec, 3 sec κλπ. και καταστρώνομε τὸν ἀκόλουθο πίνακα μετρήσεων.

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

Παίρνομε δύο δρθιγώνιους ἄξονες και στὸν δριζόντιο Οχ ἀναφέρομε τοὺς χρόνους (sec), ἐνῷ στὸν κατακόρυφο Ογ τὰ διαστήματα (m). Ο Οχ εἶναι ὁ ἄξονας τῶν χρόνων και ὁ Ογ ὁ ἄξονας τῶν διαστημάτων. Διαλέγομε κατάλληλη κλίμακας ἀντιστοιχίας γιὰ τὸν κάθε ἄξονα, γιὰ τὸν Οχ π.χ. 1 cm γιὰ 1 sec και γιὰ τὸν Ογ 1 cm γιὰ 5 m. "Υστερα δρίζουμε τὰ παραστατικὰ σημεῖα τοῦ ἐπιπέδου ποὺ ἀντιστοιχοῦν στὰ ζεύγη (0 sec, 0 m), (1 sec, 5 m), (2 sec, 10 m), (3 sec, 15 m) κλπ. Τέλος ἐνώνομε μὲ συνεχὴ γραμμὴ τὰ παραστατικὰ αὐτὰ σημεῖα. Παρατηροῦμε δτὶ ἡ γραμμὴ αὐτὴ εἶναι εὐθεία, ποὺ περνᾶ ἀπὸ τὴν ἀρχὴ τῶν ἄξονων (σχ. 4). "Ωστε:

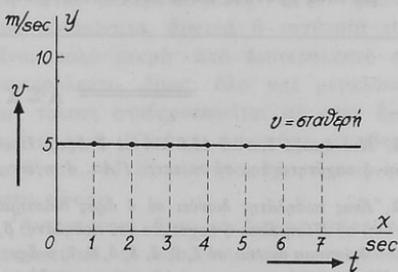


Σχ. 4. Διάγραμμα διαστήματος - χρόνου. Εὐθεία γραμμὴ ποὺ περνᾶ ἀπὸ τὴν ἀρχὴ τῶν ἄξονων.

Τὸ διάγραμμα τοῦ διαστήματος, σὲ συνάρτηση πρὸς τὸ χρόνο, στὴν εὐθύγραμμῃ δμαλῇ κίνηση, εἶναι εὐθεία γραμμή, ἡ δποια περνᾶ ἀπὸ τὴν ἀρχὴ τῶν ἄξονων.

β) Διάγραμμα ταχύτητας - χρόνου. Παίρνομε και πάλι δύο δρθιγώνιους ἄξονες, τὸν δριζόντιο Οχ, ἄξονα τῶν χρόνων και τὸν κατακόρυφο Ογ, ἄξονα τῶν ταχυτήτων και δριζόμε κατάλληλες κλίμακες ἀντιστοιχίας στὸν δύο ἄξονες, ἔστω 1 cm γιὰ 1 sec και 3 cm γιὰ 5 m/sec. "Οσο ἡ ταχύτητα μένει σταθερὴ και ἵση πρὸς 5 m/sec, τὰ διάφορα παραστατικὰ σημεῖα τοῦ ἐπιπέδου (1 sec, 5 m/sec), (2 sec, 5 m/sec), (3 sec, 5 m/sec) κλπ. Θὰ προβάλλουνται στὸν ἄξονα τῶν ταχυτήτων στὸ σημεῖο ποὺ ἀντιστοιχεῖ στὴν ἐνδεική 5 m/sec. "Επομένως θὰ βρίσκουνται πάνω σὲ μιὰν εὐθεία κάθετη πρὸς τὸν ἄξονα τῶν ταχυτήτων και στὴν ἐνδεική 5 m/sec τοῦ ἄξονα (σχ. 5). "Ωστε:

Τὸ διάγραμμα τῆς ταχύτητας, σὲ συνάρτηση πρὸς τὸ χρόνο, εἶναι στὴν εὐθύγραμμῃ δμαλῇ κίνηση εὐθεία παράλληλη μὲ τὸν ἄξονα τῶν χρόνων.



Σχ. 5. Διάγραμμα ταχύτητας - χρόνου. Εὐθεία παράλληλη μὲ τὸν ἄξονα τῶν χρόνων.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. "Οταν ἔνα σῶμα ἀλλάζει θέση στὸ διάστημα, σχετικὰ μὲ ἔνα ἄλλο σῶμα, λέμε δτὶ τὸ σῶμα κινεῖται. Τὸ σῶμα ἡρεμεῖ, ὅταν διατηρεῖ συνεχῶς τὴν ἴδια θέση.

Η ήρεμία, έπομένως, και η κίνηση είναι ξννοιες σχετικές και άποκτοι περιεχόμενο, όταν τις αναφέρουμε σε σώματα, πού τά θεωρούμε άκινητα. Προσεκτικές και λεπτομερεῖς παρατηρήσεις δείχνουν ότι στη Φύση η κίνηση είναι δι κανόνας και η ήρεμία η έξαρτεση.

2. Σὲ ένα κινούμενο σῶμα διακρίνομε: α) τὴν τροχιά, τὴν συνεχὴ δηλαδὴ γραμμή, ποὺ σχηματίζουμε, όταν ένωσούμε τὶς διαδοχικὲς θέσεις τοῦ κινητοῦ στὸ διάστημα. Ή γραμμὴ αὐτὴ μπορεῖ νὰ είναι εὐθύγραμμη, καμπυλόγραμμη κλπ., β) τὸ διάστημα s, τὸ μῆκος δηλαδὴ τῆς τροχιᾶς ἀπὸ τὴν ἀφετηρία τῆς κινήσεως ὡς τὸ τέρμα τῆς καὶ γ) τὸ χρόνο t, ποὺ χρειάστηκε τὸ κινητὸ νὰ διανύσει τὸ διάστημα s.

3. "Οταν τὸ κινητὸ έχει εὐθύγραμμη τροχιά καὶ, ἐνδὲ κινεῖται, διανύει σὲ ίσους χρόνους ίσα διαστήματα, λέμε ότι ἐκτελεῖ εὐθύγραμμη δημαλὴ κίνηση.

4. Ταχύτητα v, στὴν εὐθύγραμμη δημαλὴ κίνηση, δρίζομε τὸ πηλικό τοῦ διαστήματος s, ποὺ διανύθηκε σὲ χρόνο t, μὲ τὸ χρόνο t. Έπομένως θὰ έχουμε:

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

5. Ή ταχύτητα μετριέται σὲ m/sec ή σὲ cm/sec. Στὴν πρακτικὴ ζωὴ μετριέται σὲ km/h, ἐνδὲ ή ταχύτητα τῶν πλοίων ἐκφράζεται σὲ κόμβους, σὲ ναυτικὰ δηλαδὴ μῆλια τὴν ὥρα.

6. "Αν λόσουμε τὴν έξισωση τῆς ταχύτητας ὡς πρὸς s, παίρνομε: $s = v \cdot t$.

7. Ή ίδια έξισωση όταν λυθεῖ ὡς πρὸς t, δίνει: $t = s/v$.

8. Ή ταχύτητα είναι διανυσματικὸ μέγεθος.

9. Στὴν εὐθύγραμμη δημαλὴ κίνηση ίσχουν οἱ έξης δύο νόμοι: α) τὸ διάνυσμα τῆς ταχύτητας παραμένει σταθερό, β) τὰ διανυόμενα διαστήματα είναι ἀνάλογα μὲ τοὺς χρόνους κατὰ τοὺς ὅποιους διανύθηκαν.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Μιὰ ἄμαξα διανύει 43,2 km σὲ 3 δρες. Ποιά είναι η ταχύτητα τῆς σὲ m/sec; (*Απ. 4 m/sec.*)

2. "Ενας ποδηλάτης διανύει σὲ 4 δρες διάστημα 46 km. α) Πόση είναι η ταχύτητα τοῦ ποδηλάτη; β) Πόσο διάστημα διανύει σὲ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 δρες; γ) Νὰ παρασήσετε γραφικὰ τὴν σχέση μεταξὺ ταχύτητας καὶ χρόνου, δ) διαστήματος καὶ χρόνου. (*Απ. α) 11,5 km/h. β) 11,5 km, 23 km, 34,5 km, 46 km, 57,5 km, 69 km, 80,5 km, 92 km.*)

3. Ή μέση ἀπόσταση Σελήνης — Γῆς είναι 384 000 km. Πόσο χρόνο θὰ κρειαζόταν μᾶλα σφαίρα πυροβόλου δύπλου, γιὰ νὰ φτάσει στὴν Σελήνη, ἀν διατηροῦσε σταθερὴ τὴν ἀρχικὴ τῆς ταχύτητα, ἵση μὲ 800 m/sec; (*Απ. 5 ἡμέρες, 13 δρες, 20 πρῶτα λεπτά.*)

4. Πόσο χρόνο χρειάζεται τὸ φῶς, ποὺ έχει ταχύτητα 300 000 km/sec, γιὰ νὰ φτάσει ἀπὸ τὸ "Ηλίο στὴ Γῆ, ἀν η ἀπόσταση τῶν δύο διστῶν είναι 150 000 000 km; (*Απ. 8 min καὶ 20 sec.*)

5. Δύο ποδηλάτες κινοῦνται μὲ ταχύτητες 18 325 m/h καὶ 18 328 m/h, καὶ είναι δεμένοι μὲ σκοινὶ μήκους 5 m. Πόσο χρόνο θὰ κινοῦνται οἱ ποδηλάτες ώστότον τεντωθεῖ τὸ σκοινό, ἀν στὴν ἐκκίνησης ὁ ἔνας βρισκόταν πλάι στὸν ἄλλο; (*Απ. 1 h 40 min.*)

6. Σὲ πόσο χρόνο διατρέχει ἔνας συρμὸς μήκους 120 m, ποὺ κινεῖται μὲ ταχύτητα 18 m/sec, μᾶλα γέφυρα μήκους 600 m; (*Απ. 40 sec.*)

7. "Ενα τραίνο πρόκειται νὰ ἀνατιναχτεῖ σὲ ἑνα σημεῖο ὅπου η ταχύτητά του είναι 72 km/h. Τὸ

βραδύκανστο πυραγωγὸ σκοινὶ ποὺ θὰ προκαλέσει τὴν ἀνάφλεξη τῆς ἐκρηκτικῆς ὑλῆς, ἔχει μῆκος 50 cm καὶ καλύπτει μὲ ταχύτητα 5 cm/sec. Πόση ἀπόσταση πρέπει νὰ χωρέει τὸ τραίνο ἀπὸ τὸ συνεργεῖο ἀνατινάξεως τῇ στιγμῇ τῆς πυροδοτήσεως, ὅπερ εἶναι ἡ ἐκρηκτικὴ ὑλὴ;

('Απ. 200 m.)

8. Ἀπὸ δύο τόπους ποὺ ἀπέχουν 12 km ξειροῦ συγχρόνως, γιὰ νὰ συναντηθοῦν, ἔνας ποδηλάτης καὶ ἕνας πεζός. Οἱ ταχύτητες εἰναι 15 km/h τοῦ ποδηλάτη καὶ 5 km/h τοῦ πεζοῦ. Πότε θὰ συναντηθοῦν καὶ ποῦ βρίσκεται τὸ σημεῖο συναντήσεώς των; ('Απ. α' 36 min. β' 9 km ἀπὸ τὴν ἀφηρία τοῦ ποδηλάτη.)

B' — ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΗ ΟΜΑΛΑ ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΜΕΝΗ ΚΙΝΗΣΗ

§ 10. Μεταβαλλόμενη κίνηση. Ἐστω διτὶ ταξιδεύομε ἀπὸ τὴν Ἀθήνα στὴ Θεσσαλονίκη καὶ καταγράφομε σὲ διάφορες χρονικὲς στιγμὲς τὶς ταχύτητες, ποὺ μᾶς δείχνει τὸ ταχύμετρο τοῦ αὐτοκινήτου μας. Παρατηροῦμε τότε πῶς ὁ δείχτης τοῦ ταχυμέτρου δὲν μένει συνεχῶς σὲ μιὰ δρισμένη ὑποδιάρεση. Ἐτσι ἡ ταχύτητα εἶναι σχετικὰ μεγάλη στὰ εὐθύγραμμα τμήματα τοῦ δρόμου καὶ μικρότερη στὶς στροφές καὶ στὶς διασταυρώσεις. Ἐπομένως μποροῦμε νὰ ποῦμε πῶς τὸ αὐτοκίνητό μας δὲν διανύει σὲ ἵσους χρόνους ἵσα διαστήματα. Στὴν περίπτωση αὐτὴ ἡ κίνηση τοῦ αὐτοκινήτου δὲν εἶναι ὁμαλὴ ἀλλὰ μεταβαλλόμενη. "Ωστε:

"Ἐνα κινητό, ποὺ δὲν διατηρεῖ σταθερὴ ταχύτητα (κατὰ τὸ μέτρο, τὴ διεύθυνση ή τὴ φορὰ) ὅσο διαρκεῖ ἡ κίνησή του, ἐκτελεῖ μεταβαλλόμενη κίνηση.

§ 11. Μέση ταχύτητα. Ἡ ἀπόσταση Ἀθήνας - Θεσσαλονίκης εἶναι 500 περίπου χιλιόμετρα καὶ τὸ αὐτοκίνητό μας, ποὺ κινεῖται μὲ μεταβαλλόμενη κίνηση, τὴν διανύει, ἔστω, σὲ 10 ὥρες.

"Ἄς φανταστοῦμε πῶς ἔνα ἄλλο αὐτοκίνητο ξεκινᾶ ἀπὸ τὴν Ἀθήνα ταυτόχρονα μὲ τὸ δικό μας καί, κινούμενο μὲ ταχύτητα σταθεροῦ μέτρου, φτάνει σύγχρονα μὲ μᾶς στὴ Θεσσαλονίκη. Ἡ ταχύτητα τοῦ δεύτερου αὐτοῦ αὐτοκινήτου, ποὺ θὰ ἔχει σταθερὸ μέτρο:

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

λέγεται μέση ταχύτητα τοῦ δικοῦ μας αὐτοκινήτου, ποὺ κινεῖται μὲ μεταβαλλόμενη κίνηση. "Ωστε:

Μέση ταχύτητα ἔνδος κινητοῦ, ποὺ κινεῖται μὲ μεταβαλλόμενη κίνηση, ὀνομάζεται ἡ σταθερὴ ταχύτητα ἔνδος ἄλλου κινητοῦ, ποὺ διανύει τὸ ἴδιο διάστημα μὲ τὸ πρῶτο κινητὸ καὶ στὸν ἴδιο μὲ ἐκεῖνο χρόνο.

§ 12. Εὐθύγραμμη ὁμαλὰ μεταβαλλόμενη κίνηση. Ἐπιτάχυνση. Οἱ περισσότερες κινήσεις ποὺ παρατηροῦμε στὴ Φύση εἰναι μεταβαλλόμενες. "Οταν ξεκινᾶ ἔνα αὐτοκίνητο, ἀρχικὰ ἡ ταχύτητά του εἶναι πολὺ μικρή· ἀπὸ δευτερόλεπτο σὲ δευτερόλεπτο, ὁμως, δῦλο καὶ μεγαλώνει καὶ τελικὰ σταθεροποιεῖται σὲ μιὰν δρισμένη τιμή. "Ωστότου ἀποχήσει σταθερὴ ταχύτητα, τὸ αὐτοκίνητο ἔχει ἐπιταχνόμενη κίνηση.

"Αντίστροφα, ὅταν τὸ ὄχημα πρέπει νὰ σταματήσει, τὸ σταμάτημα δὲν γίνεται ἀπότομα. Ὁ ὀδηγός, χρησιμοποιώντας κατάλληλα τὶς τροχοπέδες, ἐλαττώνει δύλοντα τὴν ταχύτητα καὶ τελικὰ τὴ μηδενίζει. Ἀπὸ τὴ χρονικὴ στιγμὴ ποὺ ἀρχίζει ἡ ἐλάττωση τῆς ταχύτητας, ώστου τὸ ὄχημα ἡρεμήσει, ἐκτελεῖ ἐπιβραδυνόμενη κίνηση.

"Ἡ ἐπιταχνόμενη καὶ ἡ ἐπιβραδυνόμενη κίνηση εἶναι δύο περιπτώσεις μεταβαλλόμενης κινήσεως.

Όπως άναφέραμε σὲ προηγούμενη παράγραφο, στή μεταβαλλόμενη κίνηση τὸ διάνυσμα τῆς ταχύτητας δὲν μένει σταθερό, ἀλλὰ μεταβάλλεται. Ἐνα διάνυσμα διμος μπορεῖ νά μεταβληθεῖ κατά τρεῖς τρόπους: α) μὲν μεταβολὴ τοῦ μέτρου του, β) μὲν μεταβολὴ τῆς φορᾶς του, γ) μὲν σύγχρονη μεταβολὴ μέτρου καὶ φορᾶς.

Ἄπο τὶς τρεῖς περιπτώσεις μεταβολῆς τοῦ διανύσματος τῆς ταχύτητας θὰ περιοριστοῦμε σ' ἑκείνη, ποὺ μεταβάλλεται μόνο τὸ μέτρο, ἐνδή ἡ διεύθυνση καὶ ἡ φορὰ διατηροῦνται σταθερές. Αὐτὸ συμβαίνει π.χ. σὲ ἔνα αὐτοκίνητο, ποὺ κινεῖται σ' ἔναν εὐθύγραμμο δρόμο. Καὶ σ' αὐτὴν διμος τὴν περίπτωση ὑπάρχουν πολλές δυνατότητες. Ἐμεῖς θὰ περιοριστοῦμε στὴν ὑποπερίπτωση ἑκείνη, ὅπου ἡ ταχύτητα μεταβάλλεται σὲ ἵσους χρόνους μὲ τὸ ἴδιο μέτρο. Σὲ χρόνους, π.χ. κάθε 5 sec, μεταβάλλεται πάντοτε κατὰ 12 m/sec. Ἡ κίνηση αὐτὴ δονμάζεται εὐθύγραμμη ὀμαλὰ μεταβαλλόμενη.

“Ωστε:

Εὐθύγραμμη, ὀμαλὰ μεταβαλλόμενη δονμάζεμε τὴν κίνηση, στὴν δοποία οἱ μεταβολές τῆς ταχύτητας είναι ἵσες σὲ ἵσους χρόνους.

“Αν ἡ σταθερὴ μεταβολὴ τῆς ταχύτητας

είναι θετική, ἢν δηλαδὴ ἡ ταχύτητα ὀλοένα αὐξάνεται, η κίνηση λέγεται εὐθύγραμμη ὀμαλὰ ἐπιταχυνόμενη κίνηση. Ἀν ἡ σταθερὴ μεταβολὴ τῆς ταχύτητας είναι ἀρνητική, ἢν δηλαδὴ ἡ ταχύτητα ἐλαττώνεται ἀδιάκοπα, η κίνηση λέγεται εὐθύγραμμη ὀμαλὰ ἐπιβραδυνόμενη κίνηση.

Ἡ εὐθύγραμμη ὀμαλὰ μεταβαλλόμενη κίνηση είναι δυνατὸ νά περιγραφεῖ μὲ ἀκρίβεια, ἢν χρησιμοποιήσουμε ἔνα νέο φυσικὸ μέγεθος, ποὺ δονμάζεται ἐπιτάχυνση καὶ παριστάνεται μὲ τὸ γράμμα γ.

Ορίζομε ως ἐπιτάχυνση γ μιᾶς εὐθύγραμμης καὶ ὀμαλὰ μεταβαλλόμενης κινήσεως τὸ πηλίκο τῆς μεταβολῆς τῆς ταχύτητας μὲ τὸ χρόνο, ποὺ χρειάστηκε γιὰ νά γίνει ἡ μεταβολὴ αυτῆ.

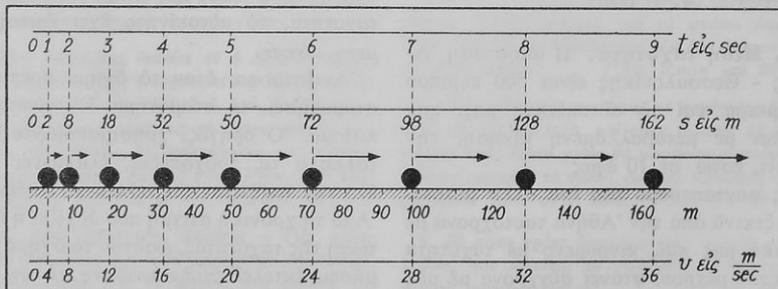
Ἀν ἐπομένως μέσα σὲ χρονικὸ διάστημα $t = 5 \text{ sec}$ ἡ ταχύτητα μεταβλήθηκε ἀπὸ τὴν τιμὴ $v_1 = 0 \text{ m/sec}$ στὴν τιμὴ $v_2 = 20 \text{ m/sec}$ (σχ. 6), ἐπειδὴ ἡ μεταβολὴ τῆς ταχύτητας είναι:

$$v_2 - v_1 = 20 \text{ m/sec} - 0 \text{ m/sec} = 20 \text{ m/sec}$$

ἡ ἐπιτάχυνση γ θὰ είναι ἵση μέ:

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

Ἐχομε συνεπῶς τὴν ἑξῆς ἔκφραση τῆς ἐπιταχύνσεως:



Σχ. 6. Εὐθύγραμμη ὀμαλὰ ἐπιταχυνόμενη κίνηση μιᾶς σφαίρας μὲ σταθερὴ ἐπιτάχυνση $\gamma = 4 \text{ m/sec}^2$. Δείχνεται ἡ σχέση χρόνου, διαστήματος καὶ ταχύτητας.

$$\text{έπιταχνυση} = \frac{\text{μεταβολή τῆς ταχύτητας}}{\text{χρόνος ποὺ ἀπαιτήθηκε}}$$

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

Μονάδες έπιταχνυσεως. "Όταν ή ταχύτητα μετριέται σε μέτρα τὸ δευτερόλεπτο καὶ ὁ χρόνος σὲ δευτερόλεπτα, μονάδα έπιταχνυσεως είναι τό:

**1 μέτρο τὸ δευτερόλεπτο τετράγωνο
(1 m/sec²).**

Αὐτὸ σημαίνει ὅτι ή μεταβολή τῆς ταχύτητας είναι 1 m/sec σὲ κάθε δευτερόλεπτο.

'Η μονάδα αὐτὴ ἀνήκει στὰ συστήματα M.K.S. καὶ *Τεχνικὸ Σύστημα*.

Χρησιμοποιούμε ἐπίσης καὶ τὴ μονάδα:

1 έκατοστόμετρο τὸ δευτερόλεπτο τετράγωνο (1 em/sec²).

'Η μονάδα αὐτὴ ἀνήκει στὸ *Σύστημα C.G.S.*

'Ο ἀνθρώπινος δργανισμὸς ἀνέχεται τὶς μεγάλες ταχύτητες δὲν ἀντέχει δῆμος στὶς μεγάλες έπιταχνύσεις. "Όταν ὁ ἀνθρωπὸς κινεῖται κατὰ τὴ διεύθυνση τοῦ ὑψους του, ἀντέχει σὲ έπιταχνύσεις ὡς 40 m/sec², γιὰ πολὺ μικρὰ χρονικὰ διαστήματα ἀντέχει καὶ ὡς 180 m/sec². Σὲ μεγαλύτερες τιμές έπιταχνυσεως παθαίνει κατάγματα στὴ σπονδυλικὴ στήλῃ.

'Επιταχνύσεις κάθετες πρὸς τὴ διεύθυνση τοῦ ὑψους του είναι εὐκολότερα ὑποφερτὲς ἀπὸ τὸν ἀνθρωπὸ. Μετρήσεις καὶ πειράματα ἔδειξαν ὅτι στὴν περίπτωση αὐτὴ ὁ ἀνθρωπὸς μπορεῖ νὰ ἀντέξει σὲ έπιταχνύσεις ὡς 120 m/sec², γιὰ πολλὰ λεπτά, χωρὶς νὰ πάθει βλάβες τὸ κυκλοφοριακὸ σύστημα ἢ νὰ ἔχει ἀπώλεια τῶν αἰσθήσεων.

§ 13. Νόμοι τῆς εὐθύγραμμῆς καὶ ὁμαλὰ έπιταχνυόμενῆς κινήσεως. Πειρα-

ματικὰ βρέθηκαν οἱ ἔξῆς δύο νόμοι τῆς ὁμαλὰ έπιταχνυόμενῆς κινήσεως:

α) Νόμος τῶν ταχυτήτων. Οἱ ταχύτητες είναι ἀνάλογες πρὸς τοὺς χρόνους, κατὰ τοὺς ὁποίους ἀποκτήθηκαν.

"Ο νόμος αὐτὸς διατυπώνεται καὶ μὲ τὴ σχέση:

$$v = \gamma \cdot t$$

ὅπου γ είναι ἡ έπιταχνυση τῆς κινήσεως, t ὁ χρόνος τῆς κινήσεως καὶ v ἡ ταχύτητα τοῦ κινητοῦ στὸ τέλος τοῦ χρόνου t.

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

"Ο νόμος αὐτὸς διατυπώνεται καὶ μὲ τὴν ἔξισωση:

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

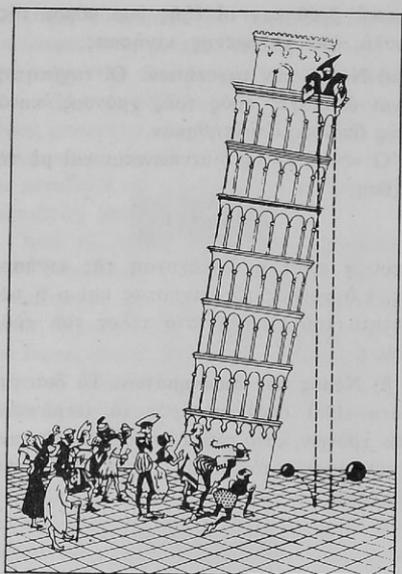
ὅπου γ είναι ἡ έπιταχνυση τῆς κινήσεως, t ὁ χρόνος τῆς κινήσεως καὶ s τὸ διάστημα ποὺ διανύθηκε στὸ χρόνο αὐτὸ.

Σημείωση. Οἱ παραπάνω δύο ἔξισώσεις ισχύουν γιὰ τὴν περίπτωση ποὺ τὸ κινητὸ ξεκινᾶ ἀπὸ τὴν ἥρεμία, μὲ ἀρχικὴ δηλαδὴ ταχύτητα μηδενική.

§ 14. Ελεύθερη πτώση τῶν σωμάτων.

Πείραμα 1. Αφήνομε νὰ πέσουν ταυτοχρόνα στὸ ἔδαφος ἀπὸ ἔνα δρισμένο ὑψος μία πέτρα, ἔνα φτερὸ καὶ ἔνα φύλλο χαρτί. Παρατηροῦμε ὅτι τὰ τρία αὐτὰ σώματα φτάνουν σὲ διαφορετικοὺς χρόνους στὸ ἔδαφος: πρώτη φτάνει ἡ πέτρα καὶ τελευταῖο τὸ φύλλο τὸ χαρτί. "Ετσι μᾶς δημιουργεῖται ἡ ἐντύπωση ὅτι ἡ ἐλεύθερη πτώση γίνεται μὲ διαφορετικὸ ρυθμό, γιὰ τὰ διάφορα σώματα καὶ σχηματίζομε τὴ σφαλερὴ ἐντύπωση ὅτι τὰ βαρύτερα σώματα πέφτουν γρηγορότερα πρὸς τὴ Γῆ.

"Ο *Γαλιλαῖος* ἔδειξε πρῶτος πῶς αὐτὸ δὲν είναι σωστὸ (σχ. 7). Πραγματικά, δπως



Σχ. 7. Ὁ Γαλιλαῖος μελέτησε πρῶτος τοὺς νόμους τῆς πτώσης τῶν σωμάτων, ἀφήνοντας νὰ πέσουν ἐλεύθερα βαριές σφαῖρες ἀπὸ τὸν πύργο τῆς Πίζας.

ἀπόδειξε ὁ Γαλιλαῖος, στὴν περίπτωση αὐτὴ ἡ ἐλεύθερη πτώση, ἡ κίνηση δηλαδὴ τῶν διαφόρων σωμάτων πρὸς τὴν Γῆ, δταν τὰ σώματα ἀφεθοῦν ἐλεύθερα, ἐμποδίζεται ἀπὸ ἔχωτερικοὺς παράγοντες.

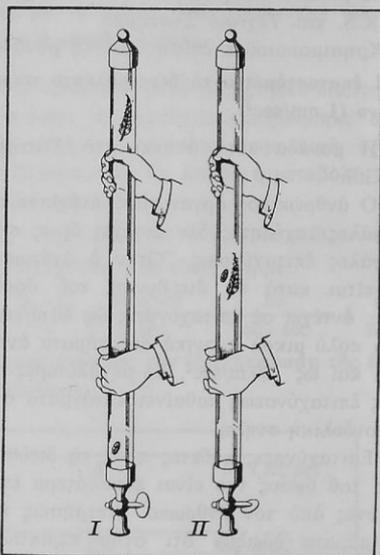
“Οπως γνωρίζομε, ἡ πτώση τῶν σωμάτων εἶναι ἀποτέλεσμα τῆς ἐλκτικῆς δυνάμεως ποὺ ἀσκεῖ σ’ αὐτὰ ὁ πλανήτης μας, ἔλκοντάς τα πρὸς τὸ κέντρο του. Ἀν δημοσιεύεται τὴν κίνηση ποὺ προκαλεῖ ἡ ἔλξη αὐτῇ, πρέπει νὰ ἔξουδετερώσουμε τὰ αἴτια ποὺ τὴν ἄλλοιώνουν, ἀνάμεσα στὰ ὄποια κυριότερο εἶναι ἡ ἀντίσταση τοῦ ἀέρα.

Πείραμα 2. Ὁ μεγάλος Ἀγγλος Μαθηματικός καὶ Φυσικός Νεύτων (1642 - 1727) ἐκτέλεσε τὸ ἀκόλουθο πείραμα:

Μέσα σ’ ἔνα γυάλινο κυλινδρικὸ σωλήνα, μήκουν 2 m περίπου, κλειστὸ στὰ δύο ἄκρα

τον, βάζομε διάφορα σώματα, δπως π.χ. ἔνα φτερό κι’ ἔνα νόμισμα (σχ. 8,I). Ἀν μέσα στὸ σωλήνα ὑπάρχει ἀέρας καὶ ἀναστρέψουμε ἀπότομα τὸν σωλήνα, θὰ παρατηρήσουμε, δτι τὰ δύο σώματα δὲν πέφτουν ταυτόχρονα, ἀλλὰ πρῶτα τὸ νόμισμα καὶ μετὰ τὸ φτερό. Ἀν δημοσιεύεται τὸ στόμιο τοῦ σωλήνα, ποὺ εἶναι ἐφοδιασμένο μὲ στρόφιγγα, μὲ μιάν ἀεραντλία καὶ, ἀφοῦ ἀφαιρέσουμε τὸν ἀέρα, ἐπαναλάβουμε τὸ πείραμα, παρατηροῦμε δτι καὶ τὰ δύο σώματα πέφτουν ταυτόχρονα καὶ φτάνουν σύγχρονα στὸν πυθμένα (σχ. 8,II). “Ωστε:

Στὸ κενὸ δόλα τὰ σώματα πέφτουν συγχρόνως.



Σχ. 8. Μὲ τὸν σωλήνα τὸν Νεύτωνα ἀποδεικνύομε τὴν ταυτόχρονη πτώση τῶν σωμάτων.

§ 15. Ἐπιτάχυνση τῆς βαρύτητας. Ἡ ἐλεύθερη πτώση τῶν σωμάτων εἶναι, δπως ἀποδεικνύεται, περίπτωση εὐθύγραμμης καὶ ὅμολα ἐπιτάχυνόμενης κινήσεως.

Ἡ ἐπιτάχυνση τῆς κινήσεως αὐτῆς δνο-

μάζεται έπιταχνση της βαρύτητας και παριστάνεται μὲ τὸ γράμμα g.

Μὲ διάφορα πειράματα βρέθηκε ὅτι είναι:

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

§ 16. Ἐξισώσεις τῆς ἐλεύθερης πτώσης τῶν σωμάτων. Ἀφοῦ ἡ ἐλεύθερη πτώση τῶν σωμάτων είναι εὐθύγραμμη διμαλὰ ἐπιταχνύμενη κίνηση μὲ ἐπιτάχνση g, οἱ ταχύτετες τῆς κινήσεως αὐτῆς στοὺς διάφορους χρόνους τῆς πτώσης θὰ δίνονται ἀπὸ τὴν ἔξισωση:

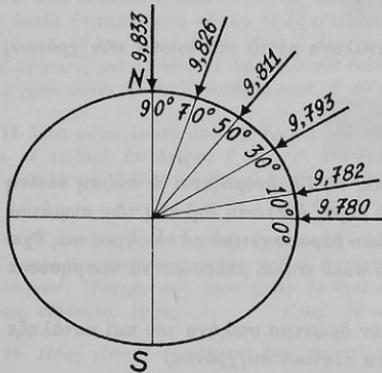
$$v = g \cdot t$$

ἐνδιαστήματα, ποὺ διανύθηκαν στοὺς ἀντίστοιχους χρόνους t, ἀπὸ τὴν ἔναρξη τῆς πτώσης, ἀπὸ τὴν ἔξισωση:

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

Ωστε:

Ἡ ἐλεύθερη πτώση τῶν σωμάτων είναι εὐθύγραμμη διμαλὰ ἐπιταχνύμενη κίνηση, ἡ σταθερὴ ἐπιτάχνση τῆς ὁποίας ὀνομάζεται ἐπιτάχνση τῆς βαρύτητας και είναι ἵση μὲ 9,81 m/sec².

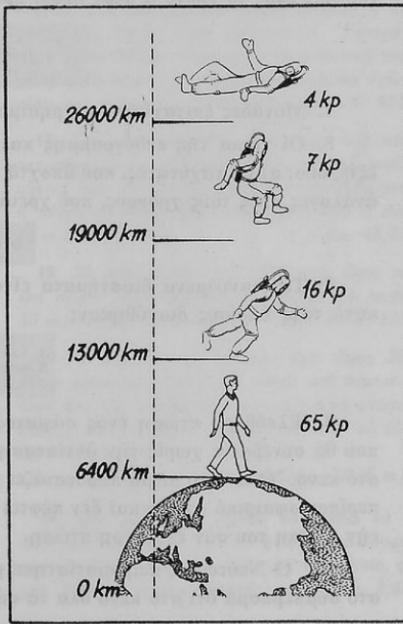


Σχ. 9. Ἡ ἐπιτάχνση τῆς βαρύτητας αὐξάνεται, ὅταν πλησιάζουμε πρὸς τοὺς Πόλους.

Σημείωση 1. Ἀκριβεῖς μετρήσεις τῆς ἐπιταχνύσεως τῆς βαρύτητας ἔδωσαν διαφορετικὲς τιμές, ποὺ βρέθηκε ὅτι ἔξαρτῶνται ἀπὸ τὸ γεωγραφικὸ πλάτος τοῦ τόπου, δηποὺ γίνεται ἡ μέτρηση. Ἡ ἐπιτάχνση τῆς βαρύτητας ἐλαττώνεται ὅσο ἀπομακρύνομαστε ἀπὸ τοὺς Πόλους και κατευθυνόμαστε πρὸς τὸν Ἰσημερινὸν (σχ. 9).

Ἡ ἐπιτάχνση τῆς βαρύτητας ἐλαττώνεται ἐπίσης και μὲ τὸ ὕψος, ὅσο ἀπομακρύνομαστε δηλαδὴ ἀπὸ τὴν ἐπιφάνεια τῆς Γῆς, πράγμα ποὺ συνεπάγεται τὴν ἐλάττωση τοῦ βάρους τῶν σωμάτων μὲ τὸ ὕψος (σχ. 10).

Σημείωση 2. Οἱ νόμοι τῆς ἐλεύθερης πτώσης τῶν σωμάτων ἰσχύουν κατὰ προσέγγιση και γιὰ σώματα ποὺ πέφτουν μέσα στὸν ἀτμοσφαιρικὸ ἀέρα, μὲ τὴν προϋπόθεση ὅμως, ὅτι δὲν είναι πολὺ μεγάλο τὸ



Σχ. 10. Ἡ ἐλάττωση τῆς ἐπιταχνύσεως μὲ τὸ ὕψος ἔχει ὡς συνέπεια τὴν ἐλάττωση τοῦ βάρους τῶν σωμάτων.

1. "Οταν ένα σώμα πού κινεῖται δέν διατηρεῖ σταθερή ταχύτητα, όσο διαρκεῖ ή κίνησή του, άλλα τή μεταβάλλει κατά τό μέτρο, τή διεύθυνση ή τή φορά, λέμε ότι έκτελει μεταβαλλόμενη κίνηση.

2. Στή μεταβαλλόμενη κίνηση, χρήσιμο είναι νά ξέρουμε τή μέση ταχύτητα πού διατηρεῖ σταθερό μέτρο όσο διαρκεῖ ή κίνηση. Τό σταθερό μέτρο είναι ίσο μὲ τό πηλίκο τού διαστήματος μὲ τό χρόνο διάρκειας τής κινήσεως.

3. "Οταν ή ταχύτητα μιᾶς μεταβαλλόμενης κινήσεως αιδένεται, ή κίνηση είναι έπιταχυνόμενη, ένδι αντίθετα όταν έλαττώνεται ή ταχύτητα, ή κίνηση χαρακτηρίζεται ώς έπιτραπένομενη. Σὲ όποια δήποτε περίπτωση μεταβαλλόμενης κινήσεως, μεταβάλλεται άδιάκοπα τό διάνυσμα τής ταχύτητας.

4. "Οταν ή μεταβαλλόμενη κίνηση είναι εύθυγραμμη καὶ ή ταχύτητα παρουσιάζει σταθερή μεταβολή στήν κάθε χρονική μονάδα, ή κίνηση όνομάζεται εύθυγραμμη όμαλά μεταβαλλόμενη.

5. Ή σταθερή μεταβολή τής ταχύτητας στή μονάδα τού χρόνου όνομάζεται έπιτάχυνση τής εύθυγραμμης καὶ όμαλά μεταβαλλόμενης κινήσεως.

6. Ή έπιταχυνση γ είναι ίση μὲ τό πηλίκο τής μεταβολής τής ταχύτητας ($v_2 - v_1$) πρὸς τό χρόνο t, στὸν όποιο πραγματοποιήθηκε ή μεταβολὴ αὐτή:

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

7. Μονάδες έπιταχύνσεως χρησιμοποιοῦμε τό 1 m/sec ή τό 1 cm/sec².

8. Οι νόμοι τής εύθυγραμμης καὶ όμαλά έπιταχυνόμενης κινήσεως είναι οι έξης δύο: a) Οι ταχύτητες, ποὺ ἀποχτᾶ τό κινητό στή διάρκεια τής κινήσεως, είναι άναλογες πρὸς τοὺς χρόνους, ποὺ χρειάστηκαν γιὰ νά ἀποχτηθοῦν:

$$v = \gamma \cdot t$$

β) Τὰ διανυόμενα διαστήματα είναι άναλογα μὲ τὰ τετράγωνα τῶν χρόνων, κατὰ τοὺς όποίους διανύθηκαν:

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

9. Έλεύθερη πτώση ένός σώματος πρὸς τή Γῆ όνομάζεται ή πτώση ἐκείνη πού θὰ συνέβαινε χωρὶς τήν ἀντίσταση τοῦ ἀέρα, ή πτώση δηλαδὴ τῶν σωμάτων στὸ κενό. "Οταν ένα σώμα παρουσιάζει μεγάλο βάρος σχετικά μὲ τὸν ὅγκο του, έχει περίπου σφαιρικὸ σχῆμα καὶ δέν πέφτει ἀπὸ πολὺ ψηλά, μποροῦμε νά θεωρήσουμε τήν πτώση του σάν έλεύθερη πτώση.

10. Ό Νεύτωνας πειραματίστηκε μὲ τόν όμώνυμο σωλήνα του καὶ κατάληξε στὸ συμπέρασμα ότι στὸ κενὸ δλα τὰ σώματα πέφτουν συγχρόνως.

11. Ή έλεύθερη πτώση τῶν σωμάτων είναι περίπτωση εύθυγραμμης καὶ όμαλά έπιταχυνόμενης κινήσεως, μὲ έπιτάχυνση 981 cm/sec². Ή έπιτάχυνση αὐτή όνομάζεται έπιτάχυνση τής βαρύτητας g.

12. Στήν περίπτωση της έλευθερης πτώσης τῶν σωμάτων οι έξισώσεις τῆς ταχύτητας καὶ τοῦ διαστήματος παίρνουν ἀντίστοιχα τὴ μορφή:

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

Στὶς δυό αὐτὲς έξισώσεις περιλαμβάνονται οἱ νόμοι τῆς πτώσης τῶν σωμάτων:

α) Ἡ έλευθερη πτώση τῶν σωμάτων εἶναι εὐθύγραμμη ὅμαλὰ ἐπιταχυνόμενη κίνηση μὲ σταθερὴ ἐπιτάχυνση g . β) Οἱ ταχύτητες, ποὺ ἀποχτᾶ τὸ σῶμα ποὺ πέφτει, εἶναι ἀνάλογες μὲ τοὺς χρόνους τῆς πτώσης. γ) Τὰ διανυόμενα διαστήματα εἶναι ἀνάλογα μὲ τὰ τετράγωνα τῶν χρόνων τῆς πτώσης.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

9. Πόσο διάστημα διανύει σὲ 6 ὥρες ἑνα αὐτοκίνητο ποὺ τρέχει μὲ μέση ταχύτητα 70 km/h ; ($\text{Απ. } 420 \text{ km.}$)

10. Ἡ ταχύτητα ἐνὸς σώματος αὐδάνεται μέσα σὲ χρόνο 5 sec ἀπὸ 90 m/sec σὲ 160 m/sec . Πόση εἶναι ἡ ἐπιτάχυνση τοῦ σώματος; ($\text{Απ. } 14 \text{ m/sec}^2$.)

11. Ἐπάνω σ' ἑνα κεκλιμένο ἐπίπεδο κυλᾶ πόδις τὰ κάτω ἑνα σῶμα ἔτσι, ὥστε σὲ κάθε δευτερόπετο ἡ ταχύτητά τον νὰ αὐδάνεται 6 cm/sec . Πόση εἶναι ἡ ταχύτητα τοῦ σώματος 8 δευτερόπετα ὑστερα ἀπὸ τὴν ἐναρξη τῆς κινήσεως καὶ πόσο διάστημα ἔχει διανύσει τὸ σῶμα στὸ χρόνο αὐτὸν; ($\text{Απ. } \alpha' 48 \text{ cm/sec. } \beta' 1,92 \text{ m.}$)

12. Ἐνα αὐτοκίνητο ξεκινᾶ ἀπὸ τὴν ἡρεμία καὶ μὲ ὅμαλὰ ἐπιταχυνόμενη κίνηση σὲ 12 sec ἀποχτᾶ ταχύτητα 30 km/h . α) Πόση εἶναι ἡ ἐπιτάχυνση τοῦ όχιματος καὶ β) πόσο τὸ διάστημα ποὺ διάνυσε στὸ χρόνο αὐτὸν; ($\text{Απ. } \alpha' 0,694 \text{ m/sec}^2. \beta' 50 \text{ m.}$)

13. Ἐνα σῶμα ξεκινᾶ ἀπὸ τὴν ἡρεμία καὶ κινεῖται μὲ σταθερὴ ἐπιτάχυνση 6 cm/sec^2 . Νὰ βρεθεῖ πόσο διάστημα διάνυσε τὸ κινητὸ σὲ χρόνο 20 sec . ($\text{Απ. } 12 \text{ m.}$)

14. Ἐνα σῶμα ξεκινᾶ ἀπὸ τὴν ἡρεμία καὶ κινεῖται μὲ ὅμαλὰ ἐπιταχυνόμενη κίνηση, καὶ μὲ ἐπιτάχυνση 5 cm/sec^2 . $"\text{Υστερα ἀπὸ πόσο χρόνο θὰ ἔχει διανύσει διάστημα } 10 \text{ m; } (\text{Απ. } 20 \text{ sec.})$

15. Πόση εἶναι ἡ ἐπιτάχυνση ἐνὸς συρμοῦ, ποὺ

ξεκινᾶ ἀπὸ τὴν ἡρεμία καὶ μὲ ἐπιτάχυνση σταθερὴ διανύει σὲ χρόνο 1 min διάστημα 540 m , καὶ πόση εἶναι ἡ ταχύτητα τοῦ συρμοῦ τῇ στιγμῇ ἔκεινῃ; ($\text{Απ. } 0,3 \text{ m/sec}^2, 18 \text{ m/sec.}$)

16. Ἐνας σιδηροδρομικὸς συρμὸς κινεῖται μὲ εὐθύγραμμη ὅμαλὰ μεταβαλλόμενη κίνηση, ἡ ἐπιτάχυνση τῆς ὄποιας εἶναι $2/5 \text{ m/sec}^2$. $"\text{Υστερα ἀπὸ πόσο χρόνο θὰ ἔχει ἀποχτῆσει τὴν κανονικὴ τοῦ ταχύτητα } 22 \text{ m/sec καὶ πόσο διάστημα θὰ ἔχει διανύσει ως τότε; } (\text{Απ. } \alpha' 55 \text{ sec. } \beta' 605 \text{ m.})$

17. Γιὰ νὰ ὑπολογίσουμε τὸ ὕψος ἐνὸς πύργου, μετροῦμε τὸ χρόνο πτώσης μιᾶς πέτρας, ποὺ βρίσκεται ἵσος μὲ $3,6 \text{ sec}$. Μὲ πόση ταχύτητα συναντᾶ ἡ πέτρα τὸ ἔδαφος καὶ πόσο ὕψος ἔχει ὁ πύργος; ($g = 9,81 \text{ m/sec}^2$). ($\text{Απ. } 63,57 \text{ m.}$)

18. Σὲ πόσο χρόνο καὶ ἀπὸ πόσο ὕψος πέφτει ἑρα σῶμα, διὰντα τὸ ἔδαφος μὲ ταχύτητα 50 m/sec ; ($g = 10 \text{ m/sec}^2$). ($\text{Απ. } 5 \text{ sec, } 125 \text{ m.}$)

19. Ο πύργος τοῦ $"\text{Αἴρφελ}$ ἔχει ὕψος 300 m . Πόσο χρειάζεται μιὰ πέτρα ποὺ πέφτει ἐλεύθερα ἀπὸ τὴν κορυφὴ τοῦ πύργου γιὰ νὰ φτάσει στὸ ἔδαφος καὶ μὲ πόση ταχύτητα συναντᾶ τὸ ἔδαφος; ($g = 10 \text{ m/sec}^2$). ($\text{Απ. } 7,75 \text{ sec περίπου, } 77,46 \text{ m/sec.}$)

20. Ἀπὸ ποιό ὕψος πρέπει νὰ ἀφεθεῖ νὰ πέσει ἐλεύθερα ἑνα ἄτομο, γιὰ νὰ φτάσει στὸ ἔδαφος μὲ τὴν ταχύτητα τῶν 7 m/sec , μὲ τὴν ὄποια φθάνει στὴ $\Gamma\gamma$ ἑνας ἀλεξιπτωτιστής; ($\text{Απ. } 2,45 \text{ m.}$)

Γ' — ΑΔΡΑΝΕΙΑ. ΘΕΜΕΛΙΩΔΗΣ ΑΡΧΗ ΤΗΣ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ

§ 17. Γενικότητες. Γιά νά μετακινήσουμε ἔνα σῶμα ποὺ ἡρεμεῖ, είναι ἀπαραίτητο, δύως μᾶς είναι γνωστό, νά τὸ τραβήξουμε, νά τὸ ὠθήσουμε ἢ νά ἐπιδράσουμε πάνω σ' αὐτὸ μὲ κάποιον ἄλλο τρόπο. Τὸ ἴδιο συμβαίνει καὶ μὲ τὰ σώματα ποὺ κινοῦνται. Δὲν σταματοῦν, δὲν ἐπιταχύνουν οὔτε ἐπιβραδύνουν τὴν κίνησή τους, ἀν δὲν ἐνεργήσει ἐπάνω τους ἔνα ἔξωτερικὸ αἴτιο, μιὰ δύναμη.

Πραγματικά, γιὰ νά κινήσουμε ἔνα σῶμα ποὺ ἡρεμεῖ ἡ γιά νά τροποποιήσουμε κατὰ δύοιδήποτε τρόπο τὴν κίνηση ἐνὸς σώματος ποὺ κινεῖται, πρέπει νά ἀσκήσουμε σ' αὐτὸ μία δύναμη. "Ωστε:

Οἱ δυνάμεις προκαλοῦν τὶς μεταβολές στὴν κινητικὴ κατάσταση τὸν σωμάτων.

"Οπως δύως μᾶς είναι ἐπίσης γνωστὸ ἀπὸ τὸ ἀξίωμα δράσεως καὶ ἀντιδράσεως, δταν σ' ἔνα σῶμα ἀσκοῦμε μία δρισμένη δύναμη τὸ σῶμα ἀντιδρᾶ μὲ δύναμη ἵσου μέτρου καὶ ἀντίθετης φορᾶς, πράγμα ποὺ γίνεται ἅμεσα ἀντιληπτό, δταν είμαστε ἐμεῖς ἐκεῖνοι που ἀσκοῦμε τὴ δύναμη. "Οσο μεγαλύτερη προσπάθεια καταβάλλομε, γιά νά κινήσουμε π.χ. ἔνα μικρὸ ἀντοκίνητο, ποὺ ἔπαθε βλάβη ὁ κινητήρας του, σπρώχνοντάς το, τόσο μεγαλύτερη ἀντίσταση νιώθομε νά προβάλλει τὸ ἀντοκίνητο. Τὸ ἴδιο συμβαίνει καὶ μὲ σώματα ποὺ κινοῦνται ἀσκώντας ἐπάνω τους μιὰ δύναμη ἐπιδιώκομε νά τὰ σταματήσουμε ἢ νά τροποποιήσουμε τὴν κινητική τους κατάσταση. Τὰ σώματα ποὺ κινοῦνται παρουσιάζουν καὶ αὐτὰ μιὰν ἀντιδραση στὴν προσπάθεια μας καὶ είναι ἡ ἀντιδρασή τους αὐτὴ τόσο ἐντονότερη, δσο ἡ προσπάθεια μας είναι μεγαλύτερη. "Ωστε:

Τὰ ὄλικὰ σώματα ἀντιστέκονται σε κάθε δύναμη ποὺ ἐπιδιώκει τὴ μεταβολὴ στὴν κινητικὴ τους κατάσταση.

§ 18. Ἀδράνεια τῆς ὕλης. Ἀπὸ δσα μάθαμε φτάνομε στὸ συμπέρασμα ὅτι δὲν είναι δυνατὸ νὰ πάθει δποιαδήποτε κινητικὴ μεταβολὴ ἡ ὕλη, ἀν δὲν δεχεται τὴν ἐπίδραση κάποιας δυνάμεως. Τὸ συμπέρασμα αὐτὸ τὸ ἐκφράζομε λέγοντας ὅτι ἡ ὕλη είναι ἀδράνης ἡ δτι ἡ ὕλη παρουσιάζει ἀδράνεια. Ἡ ἀδράνεια ἐκδηλώνεται καὶ μὲ τὴν ἀντιδραση ποὺ προβάλλει ἡ ὕλη σε κάθε ἀλλαγὴ τῆς κινητικῆς της καταστάσεως. Μποροῦμε λοιπὸν νά πούμε ὅτι:

'Ἀδράνεια είναι ἡ χαρακτηριστικὴ ἰδιότητα τῆς ὕλης νὰ ἀντιστέκεται σε κάθε δύναμη ποὺ ἐπιδιώκει νὰ μεταβάλει τὴν κινητική της κατάσταση.

Παρατήρηση. Ἀπὸ τὴν πεῖρα μας γνωρίζομε ὅτι, δσο μεγαλύτερη μάζα ἔχει ἔνα σῶμα, τόσο ἐντονότερη ἀδράνεια παρουσιάζει. Μποροῦμε συνεπῶς νὰ συμπεράνουμε ὅτι:

'Ἡ μάζα ἐκφράζει τὸ μέτρο τῆς ἀδράνειας ἐνὸς σώματος.

§ 19. Ἀρχὴ τῆς ἀδράνειας. Ἀν κυλίσουμε στὸ δάπεδο τοῦ δωματίου μας μία σφαίρα, παρατηροῦμε ὅτι μὲ τὴν πάροδο τοῦ χρόνου ἡ ταχύτητά της ἐλαττώνεται καὶ τελικὰ ἡ σφαίρα σταματᾷ. Μὲ τὴν ἴδια ὅθηση ἡ σφαίρα διανύει μεγαλύτερο διάστημα, ἀν τὸ δάπεδο είναι περισσότερο λειτο.

Φαινομενικὰ στὴν κίνηση τῆς σφαίρας κανένα ἔξωτερικὸ αἴτιο δὲν ἀντιδρᾶ. Στὴν πραγματικότητα δύως ἀντιδροῦν δύο κυρίως αἴτια: ἡ τριβή, ποὺ προκαλεῖται ἀπὸ τὴν ἐπαφὴ τῆς σφαίρας μὲ τὸ λιγότερο ἥ περισσότερο ἀνώμαλο ἔδαφος, καὶ ἡ ἀντίσταση τοῦ ἀέρα. Ἡ τριβὴ καὶ ἡ ἀντίσταση τοῦ ἀέρα είναι δυνάμεις ποὺ ἀντιδροῦν στὴν κίνηση τῆς σφαίρας καὶ δλοένα τὴν ἐπιβραδύνουν. Ἡν δὲν ὑπῆρχαν, αὐτές οἱ δύο

δυνάμεις, ή σφαίρα θὰ συνέχιζε νὰ κινεῖται εὐθύγραμμα καὶ διμαλά, χωρὶς νὰ σταματᾶ ποτὲ.

Ἡ διαπίστωση αὐτὴ σὲ συνδυασμὸ μὲ τὸ γεγονός ὅτι ἔνα σῶμα ἡρεμεῖ, ἀν δὲν ἐνεργεῖ καμία δύναμη ἐπάνω του, δόδγησαν στὴ διατύπωση τῆς ἀρχῆς τῆς ἀδράνειας, ποὺ λέγει ὅτι:

Κάθε σῶμα διατηρεῖ τὴν κατάσταση τῆς ἡρεμίας ἢ τῆς εὐθύγραμμης καὶ διμαλῆς κινήσεως, ὅσο δὲν ἀσκεῖται ἐπάνω του καμία δύναμη.

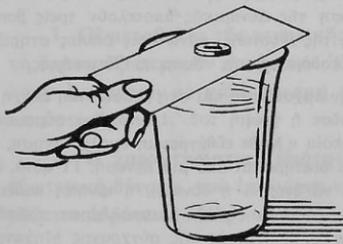
Ἡ ἀρχὴ τῆς ἀδράνειας διατυπώθηκε γιὰ πρώτη φορὰ ἀπὸ τὸν Γαλιλαῖο καὶ πῆρε τὴν δριστικὴ μορφὴ της ἀπὸ τὸν Νεύτωνα.

§ 20. Ἀποτελέσματα τῆς ἀδράνειας.

α) Ἐν ἔνα δῆχτα ποὺ κινεῖται σταματήσει ἀπότομα, οἱ ἐπιβάτες κλίνουν πρὸς τὰ ἐμπρός καὶ ὅσοι ἀπὸ τοὺς ὄρθιους δὲν στηρίζονται στὶς χειρολαβές πέφτουν ὁ ἔνας ἐπάνω στὸν ἄλλο, διατρέχοντας κίνδυνο τραυματισμοῦ. Ἀντίθετα, ἀν ἔνας ἄπειρος δόδγης προκαλέσει ἀπότομο ἔκεινημα, οἱ ἐπιβάτες πέφτουν πρὸς τὰ πίσω.

β) Ὁταν πρόκειται νὰ κατεβεῖ κανεὶς ἀπὸ δῆχτα ποὺ κινεῖται, πρέπει, ἐνδ πηδᾶ, νὰ κλίνει τὸ σῶμα του πρὸς τὰ πίσω, γιὰ νὰ μὴν πέσει καὶ χτυπήσει στὸ ἔδαφος.

γ) Στὰ χειλή ἑνὸς ποτηριοῦ ὑπάρχει ἔνα κομμάτι χαρτού καὶ ἐπάνω σ' αὐτὸ ἔνα νό-



Σχ. 11. Ἐξαιτίας τῆς ἀδράνειας παρασύρεται καὶ τὸ νόμισμα στὴν ἀργὴ κίνηση τοῦ χαρτονιοῦ.

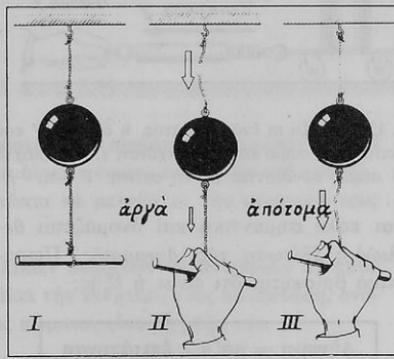
μισμα (σχ. 11). Ἐν τραβήξουμε σιγά - σιγά τὸ χαρτόνι, τὸ νόμισμα θὰ παρασύρθει καὶ θὰ μείνει στὴν ἐπιφάνεια τοῦ χαρτονιοῦ.

Ἐν δημοσίᾳ τὸ σύρουμε ἀπότομα, τὸ νόμισμα δὲ θὰ παρασύρθει, ἀλλὰ θὰ πέσει μέσα στὸ ποτήρι. Στὴν περίπτωση αὐτὴ ἡ ἀδράνεια τῆς ὕλης ἐκδηλώνεται ἐντονότερα.

δ) Δένομε μιὰ βαριά σφαίρα μὲ ἔνα λεπτὸ καὶ δυνατὸ νῆμα, ὥστε νὰ μὴ σπάει ἀπὸ τὸ βάρος της, καὶ τὴν ἀκουμποῦμε στὸ ἔδαφος. Ἐν τραβήξουμε τὸ νῆμα ἀργὰ καὶ μὲ προσοχὴ, ἀνυψώνομε τὴ σφαίρα. Ἐν δημοσίᾳ τραβήξουμε ἀπότομα τὸ νῆμα, αὐτὸ κόβεται.

Ἀνάλογα συμβαίνουν καὶ στὴν περίπτωση ποὺ ἡ βαριά σφαίρα είναι κρεμασμένη μὲ νῆμα ἀπὸ ἔνα ἀκλόνητο στήριγμα. Ἐν τραβήξουμε μὲ νῆμα τὴ σφαίρα πρὸς τὰ κάτω, θὰ συμβοῦν τὰ ἔξης: 1) ἐν τραβήξουμε ἀργά, θὰ κοπεῖ τὸ ἐπάνω νῆμα· 2) ἐν τραβήξουμε ἀπότομα, κόβεται τὸ κατώτερο τμῆμα τοῦ νήματος (σχ. 12).

ε) Ἡ ἀδράνεια προκαλεῖ πολλὰ ἀπὸ τὰ τροχαῖα δυστυχήματα. Ὁταν γιὰ δροιαδήποτε αἰτία ἔνα μεταφορικὸ μέσο, ποὺ κινεῖται μὲ μεγάλη ταχύτητα, ἀναγκαστεῖ νὰ σταματήσει ἀπότομα, οἱ ἐπιβάτες τινάζονται ἀπότομα πρὸς τὰ ἐμπρός, μὲ ἀποτέλεσμα τὸν τραυματισμό τους καὶ τὴ βλάβη ἡ κα-



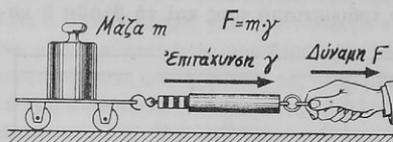
Σχ. 12. Ἐν τραβήξουμε ἀργά, κόβεται τὸ ἐπάνω νῆμα. Ἐν τραβήξουμε ἀπότομα, τὸ κάτω νῆμα.

ταστροφή του δχήματος. Έπισης δταν γιά μιά δποιαδήποτε αίτια σταματήσει άπότομα ή μηχανή ένος τραίνου, τά βαγόνια έξαιτιας τής άδράνειας δέν σταματούν ταυτόχρονα με τη μηχανή κι έτσι χτυπά τό ένα έπάνω στό άλλο, συντρίβονται και έκτροχιάζονται.

§ 21. Θεμελιώδης έξισωση τής Δυναμικής. Σύμφωνα με την άρχη τής άδράνειας, ἀν σὲ ένα σδμα δέν άσκοῦνται δυνάμεις, τό σδμα ήρεμει ή κινεῖται εύθυγραμμα καὶ δμαλά. Έπομένως δσο ένα σδμα δέχεται τη δράση μιᾶς δυνάμεως, ή κίνησή του θά είναι μεταβαλλόμενη, τό σδμα δηλαδή με τη δράση τής δυνάμεως θά άποχτήσει έπιτάχυνση. Ωστε:

"Οταν μία δύναμη ένεργει πάνω σ' ένα σδμα, προσδίδει στό σδμα έπιτάχυνση.

'Από τα παραπάνω συμπεραίνομε δτι ή δύναμη F, πού ένεργει πάνω σ' ένα σδμα, ή μάζα m του σώματος και ή έπιτάχυνση γ, πού άποχτα τό σδμα άπο τη δράση τής δυνάμεως, πρέπει νά συνδέονται με μιὰ δρισμένη σχέση (σχ. 13). Η σχέση αυτή



Σχ. 13. Η μάζα m ένος σώματος, ή δύναμη F πού άσκεται στό σδμα και ή έπιτάχυνση γ, πού άποχτα τό σδμα, συνδέονται με τη σχέση: $F = m \cdot \gamma$.

είναι πολὺ σημαντική και δνομάζεται θεμελιώδης έξισωση τής Δυναμικής. Πειραματικά βρίσκεται δτι είναι ή έξης:

$$\text{Δύναμη} = \text{μάζα} \times \text{έπιτάχυνση}$$

$$F = m \cdot \gamma$$

"Οταν σὲ ένα σδμα μὲ μάζα m ένεργει ή έλκτική δύναμη τής Γής, ή δύναμη άυτή δίνει στό σδμα έπιτάχυνση g, και ή δύναμη πού άσκεται στό σδμα είναι ίση με τό βάρος του. Ή τιμή της είναι:

$$B = m \cdot g$$

"Από τή θεμελιώδη έξισωση τής Δυναμικής συμπεραίνομε τά έξης:

α) "Οταν σ' ένα σδμα ένεργησουν διάφορες δυνάμεις, τό σδμα άποχτα έπιτάχυνσεις άναλογες με τις δυνάμεις πού τις προκαλούν.

Άντο σημαίνει δτι, ἀν σ' ένα σδμα άσκεται μία δύναμη F και προκαλέσει έπιτάχυνση γ, μία δύναμη διπλάσια τής F θά προκαλέσει διπλάσια έπιτάχυνση κ.λπ.

β) "Οταν μία δρισμένη δύναμη άσκεται σε διάφορα σώματα, τότε οι έπιτάχυνσεις πού δίνει ή δύναμη άυτή είναι άντιστροφα άναλογες πρός τή μάζα τῶν σωμάτων.

Δηλαδή ἀν μία δρισμένη δύναμη F άσκεται σὲ ένα σδμα μάζας m και προσδίδει στό σδμα έπιτάχυνση γ, σὲ σδμα μὲ διπλάσια μάζα θά προσδίδει τή μισή έπιτάχυνση. Σὲ σδμα μὲ τριπλάσια μάζα, έπιτάχυνση ίση με τό 1/3 τής γ κλπ.

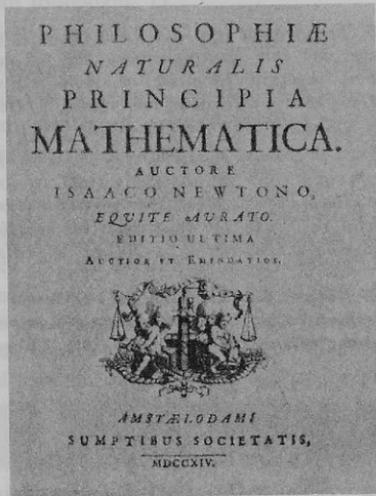
§ 22. Ιστορικό. Η άρχη τής δράσεως και άντιδράσεως, ή άρχη τής άδράνειας και ή θεμελιώδης έξισωση τής Δυναμικής άποτελούν τρείς βασικές άρχες τής Φυσικής, πάνω στις οποίες στηρίζεται τό οικοδόμημα τής Φυσικής Έπιστήμης.

Στήν άρχαιοτητα και στή μεσαιωνική έποχη έπικρατούσε ή γνώμη τού 'Αριστοτέλη, σύμφωνα με την οποία «Κάθε εύθυγραμμη άμαλή κίνηση, πρέπει νά διατηρεῖται άπο μιᾶ δύναμη. Γι' αύτο, δταν πάψει νά ένεργει ή δύναμη, ή κίνηση παύει».

Τήν άντιληψη αύτη καταπολέμησε πρότος ο Γαλιλαῖος, ο δύρτης τής σύγχρονης Μηχανικής, τής Φυσικής δηλαδή Έπιστήμης πού μελετᾶ τήν κίνηση τῶν σωμάτων, τά αίτια πού τήν προκαλούν, δπως έπισης και τις άπαραίτητες και άναγκατες

συνθήκες της Ισορροπίας. 'Ο Νεύτωνας, ο θεμελιώτης της Δυναμικής, της Φυσικής δηλαδή ἐπιστήμης που δέξεται τις κινήσεις, μελετώντας τις σχέσεις που ισχύουν ανάμεσα στις δυνάμεις και τις ἐπιταχύνσεις, συμπλήρωσε και ανάμερωσε τη διδασκαλία του Γαλιλαίου. Το 1686 ἐκδόθηκε τὸ περίφημο ἔργο του «Philosophiae naturalis principia

mathematica» (Μαθηματικές ἀρχές τῆς φυσικῆς φιλοσοφίας), διόπου περιέχονται και οι τρεῖς βασικές ἀρχές της Φυσικῆς, ποὺ είναι γνωστές και μὲ τὴν δόνυμαστια «ἀξιώματα τοῦ Νεύτωνος». Οι θεμελιώδεις ἀρχές δὲν ἀποδεικνύονται θεωρητικά. Συμφωνοῦν δμως μὲ τὴ λογική, δόηγοῦν σὲ σωστά συμπεράσματα καὶ ἐπιδέχονται πειραματικὴ ἐπαλήθευση.



Σχ. 14. Ο διάσημος Μαθηματικός, Φυσικός καὶ Φιλόσοφος Sir Isaac Newton (1642 - 1727) καὶ τὸ δεξιόφυλλο τοῦ περίφημου βιβλίου του (σὲ ἐκδοση τοῦ 1714).

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Οἱ μεταβολὲς τῆς κινητικῆς καταστάσεως τῶν σωμάτων προκαλοῦνται ἀπὸ τὴ δράση ἔξωτερικῶν δυνάμεων. Ὡστόσο τὰ ὑλικὰ σώματα ἀντιδροῦν καὶ προβάλλουν ἀντίσταση σὲ κάθε δύναμη ποὺ ἐπιδιώκει νὰ μεταβάλει τὴν κινητική τους κατάσταση.

2. Ἡ χαρακτηριστικὴ ἴδιότητα τῶν ὑλικῶν σωμάτων νὰ ἀντιδροῦν σὲ κάθε ἔξωτερικὴ δύναμη, ποὺ ἐπιδιώκει νὰ μεταβάλει τὴν κινητική τους κατάσταση, δονάζεται ἀδράνεια. Μέτρο τῆς ἀδράνειας ἐνὸς σώματος είναι ἡ μάζα του.

3. Ἡ ἀρχὴ τῆς ἀδράνειας ἐκφράζει ὅτι κάθε σῶμα συνεχίζει νὰ διατηρεῖ τὴν κινητική του κατάσταση τῆς ἡρεμίας ή τῆς εὐθύγραμμης καὶ ὁμαλῆς κινήσεως, ὅσο δὲν ἐνεργεῖ καμία δύναμη στὸ σῶμα.

4. Όταν μία δύναμη ένεργει \vec{F} στο σώμα, μεταβάλλει την κινητική κατάσταση του σώματος, προσδίδοντας σ' αυτό έπιτάχυνση.

5. Η μάζα m ένδει σώματος, ή δύναμη F που ένεργει στο σώμα και ή έπιτάχυνση γ , ποὺ άποχτα τὸ σῶμα ἀπὸ τὴ δράση τῆς δυνάμεως, συνδέονται μὲ τὴ σχέση: $F = m \cdot \gamma$ ποὺ ἐκφράζει τὴ θεμελιώδη ἔξισωση τῆς Δυναμικῆς.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

21. Νὰ προσδιορίσετε τὴν έπιτάχυνση στὶς ἀκόλουθες περιπτώσεις: α) Δύναμη 1,6 kp ένεργει σὲ σῶμα μάζας 0,8 kg. β) δύναμη 1 kp ένεργει σὲ σῶμα μάζας 1 kg. (*Απ. α' 19,6 m/sec². β' 9,81 m/sec².*)

22. Μάζα 5 kg κινεῖται μὲ έπιτάχυνση 2 m/sec². Πόση είναι ή δύναμη ποὺ ένεργει στὸ σῶμα; (*Απ. 10 N.*)

23. Δύναμη 300 N προσδίδει σ' ἕνα σῶμα έπιτάχυνση 6 m/sec². Πόση είναι ή μάζα τοῦ σώματος; (*Απ. 50 kg.*)

24. Πόσο είναι τὸ βάρος ἔνδει σώματος μάζας 9 kg, σὲ τόπο ὅπου η έπιτάχυνση τῆς βαρύτητας είναι $g = 9,81 m/sec^2$; (*Απ. 88,3 N.*)

25. Ἐνας γερανός ἔχει μάζα 2 800 kg καὶ έπιτάχυνεται ἀπὸ ἔναν ήλεκτροκινητήρα, ποὺ τοῦ ἀναπτύσσει ταχύτητα 1,8 m/sec σὲ χρόνο 1,5 sec α) Πόση είναι η έπιτάχυνση τοῦ γερανοῦ; β) Πόση είναι η ἐλκτικὴ δύναμη τοῦ κινητήρα;

(*Απ. α' 1,2 m/sec². β' 342,6 kp.*)

26. Πόσο είναι τὸ βάρος ἔνδει σώματος ποὺ ἀνυψώνεται μὲ δύναμη 180 kp, η δποια τοῦ προσδίδει έπιτάχυνση 0,4 m/sec²; (*Απ. 4,42 Mp.*)

27. Πόσος χρόνος ἀπαιτεῖται γιὰ νὰ δώσουμε σὲ ἔνα γερανό, βάρους 8 100 kp, ταχύτητα 75 m/min, ἀσκώντας δύναμη 860 kp; (*Απ. 1,2 sec.*)

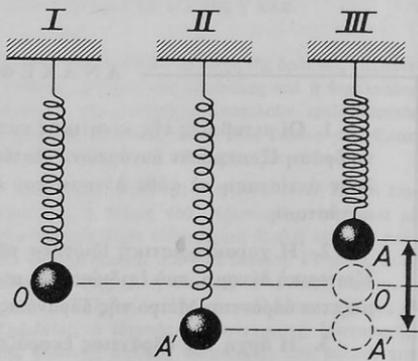
Δ' — ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ

§ 23. Περιοδικὰ φαινόμενα. Στὴ Φύση συμβαίνουν ἔνα πλήθος φαινόμενα, ποὺ χαρακτηρίζονται ἀπὸ μία περιοδικὴ έπανάληψη. Τὸ φαινόμενο δηλαδὴ ολοκληρώνεται σ' ἕνα δρισμένο χρονικὸ διάστημα καὶ ὅστερα ἐπαναλαμβάνεται στὸν ἴδιο χρόνο καὶ κατὰ τὸν αὐτὸν τρόπο.

Ἡ κίνηση τῆς Σελήνης γύρω ἀπὸ τὴ Γῆ καὶ η περιστροφὴ τῶν πλανητῶν γύρω ἀπὸ τὸν "Ηλιο είναι περιοδικὰ φαινόμενα, γιατὶ χρειάζονται δρισμένο χρόνο καὶ πάντα τὸν ἴδιο, γιὰ νὰ ἔξειλιχθοῦν, καὶ ἐπαναλαμβάνονται κατόπι κατὰ τὸν ἴδιο τρόπο. Ωστε:

Περιοδικὸ φαινόμενο δονομάζομε τὸ φαινόμενο ποὺ ἔξειλιστεται μέσα σὲ ὄρισμένο χρόνο καὶ ἐπαναλαμβάνεται ἀδιάκοπα κατόπι μὲ τὸν ἴδιο τρόπο.

§ 24. Ταλάντωση. Πείραμα 1. Θεωροῦμε ἔνα μικρὸ σφαιρίδιο, ποὺ συγκρατεῖται ἀπὸ ἔνα ἐλατήριο, στερεωμένο στὸ ἄλλο

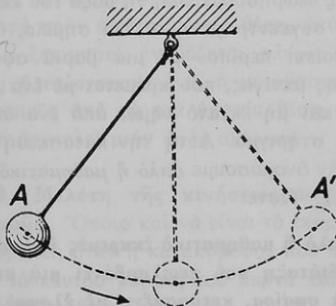


Σχ. 15. Τὸ συγκρατούμενο ἀπὸ τὸ ἐλατήριο σφαιρίδιο ἐκτελεῖ ταλάντωση.

άκρο του άπό ένα άκλόνητο σημείο (σχ. 15). "Όταν ήρεμήσει τό σύστημα, τεντώνομε τό έλατήριο, τραβώντας το πρός τά κάτω και άπομακρύνοντας τό σφαιρίδιο άπό τη θέση ισορροπίας του. Θά παρατηρήσουμε τότε μιά παλινδρομική κίνηση τού σφαιριδίου, άναμεσα σε δύο άκραιες θέσεις Α και Α', που άπέχουν τήν ίδια άπόσταση άπό τη θέση ισορροπίας Ο.

Πείραμα 2. Δένομε ένα βαρύ σφαιρίδιο στό άκρο ένδος νήματος και τό κρεμούμε άπό ένα άκλόνητο σημείο. 'Αφήνομε τό σφαιρίδιο νά ήρεμήσει στή θέση τήν κατακόρυφη και υστερά τό άπομακρύνομε άπό τή θέση ισορροπίας του, φέρνοντάς το σε μιά θέση Α (σχ. 16) και άφήνοντάς το κατόπιν άλευθερο. Τό σφαιρίδιο κινεῖται τότε πρός τή θέση ισορροπίας του, μέ δόλο-ένα αύξανόμενη ταχύτητα, περνά άπό αυτή και συνεχίζει τήν κίνησή του μέ δόλονα άλαττούμενη ταχύτητα, ώστουν άνυψωθεί και φτάσει σε μιά θέση Α', συμμετρική τής Α ως πρός τήν κατακόρυφο πού περνά άπό τή θέση ισορροπίας. Στή θέση αυτή σταματά έπιστρέφοντας πρός τή θέση Α και τό φαινόμενο συνεχίζεται.

Είναι βέβαιο πώς και στίς δύο περιπτώσεις πρόκειται γιά μεταβαλλόμενες κινήσεις, γιατί ή ταχύτητα μεταβάλλει δσο



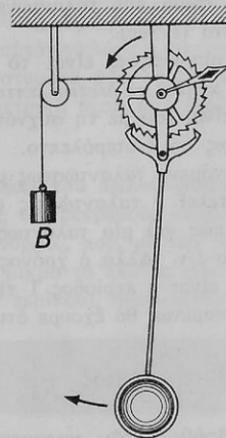
Σχ. 16. Κινούμενο άπλο έκκρεμές.

διαρκεῖ τό φαινόμενο, και άριθμητική τιμή και διεύθυνση. Τό ίδιαίτερο δμως χαρακτηριστικό στίς κινήσεις αύτού του είδους είναι ότι, τά σώματα έκτελούν περιοδική κίνηση άναμεσα σε δύο άκραια σημεία τῆς τροχιᾶς τους. Σ' αύτά τά σημεία μηδενίζεται στιγμαία ή ταχύτητα. Κινήσεις αύτού του είδους δνομάζονται ταλαντώσεις. "Ωστε:

Ταλαντώσεις δνομάζονται περιοδικές παλινδρομικές κινήσεις, πού έκτελούνται άναμεσα σε δύο άκραιες θέσεις τῆς τροχιᾶς ένδος κινητού.

§ 25. 'Αμείωτη και φθίνουσα ταλάντωση. Τά παραπάνω πειράματα δείχνουν ότι οι ταλαντώσεις έξασθενίζουν κατά τήν έξέλιξη του φαινομένου και υστερά άπό δρισμένο χρόνο τό κινητό ήρεμει στή θέση ισορροπίας του. Οι ταλαντώσεις αύτού του είδους δνομάζονται φθίνουσες. Αιτία τής έξασθενήσεώς τους είναι ή τριβή και ή άντισταση του άέρα.

"Αν προσέξουμε τίς ταλαντώσεις που έκτελει τό έκκρεμές ένδος ρολογιού τού τοίχου (σχ. 17), θά παρατηρήσουμε ότι δὲν



Σχ. 17. Κινούμενο έκκρεμές ρολογιού τοίχου.

έξασθενίζουν. Αύτό διφείλεται στὸ δι τοιούτοις αὐτές διατηροῦνται ἀμείωτες ἀπὸ τὸ κουρδισμένο ἐλατήριο καὶ δύνομάζονται γι' αὐτὸ ἀμείωτες ταλαντώσεις.

§ 26. Χαρακτηριστικὰ μεγέθη μιᾶς ταλαντώσεως. Γιὰ νὰ περιγράψουμε μιὰ ταλάντωση, πρέπει νὰ μᾶς γίνουν γνωστὰ δύναμενα φυσικὰ μεγέθη:

α) **Ἀπομάκρυνση** δύνομάζεται ἡ ἀπόσταση μιᾶς τυχαίας θέσης τοῦ σώματος ποὺ ταλαντεύεται ἀπὸ τὴ θέση ἴσορροπίας του. 'Η μέγιστη ἀπομάκρυνση, ποὺ παρατηρεῖται διτὸ σῶμα βρίσκεται σὲ μιὰν ἀπὸ τις δύο ἀκραίες θέσεις τῆς τροχιᾶς του, δύνομάζεται πλάτος τῆς ταλαντώσεως.

β) **Ταλάντωση ἢ αἰώρηση** δύνομάζεται μιὰ πλήρης ἔξελιξη τοῦ φαινομένου, ποὺ περιλαμβάνει ἀναχώρηση καὶ ἐπιστροφὴ στὸ σημεῖο ἀναχωρήσεως τοῦ σώματος ποὺ ταλαντεύεται.

γ) **Περίοδος Τ μιᾶς ταλαντώσεως** δύνομάζεται ὁ χρόνος μέσα στὸν διποῖο γίνεται μιὰ ταλάντωση.

δ) **Συχνότητα ν μιᾶς ταλαντώσεως** δύνομάζεται ὁ ἀριθμὸς τῶν ταλαντώσεων, ποὺ ἐκτελεῖ τὸ σῶμα ποὺ ταλαντεύεται σὲ 1 δευτερόλεπτο (1 sec).

Μονάδα συχνότητας εἶναι τὸ 1 Χέρτς (1 Hz) ἢ 1 κύκλος τὸ δευτερόλεπτο (1/sec). Γό 1 Hz εἶναι ἵσο μὲ τὴ συχνότητα μιᾶς ταλαντώσεως τὸ δευτερόλεπτο.

"Ἐνα φαινόμενο ταλαντώσεως μὲ συχνότητα ν ἐκτελεῖ ν ταλαντώσεις σὲ χρόνο 1 sec. Συνεπῶς γιὰ μία ταλάντωση χρειάζεται χρόνο 1/v. 'Αλλὰ ὁ χρόνος μιᾶς ταλαντώσεως εἶναι ἡ περίοδος Τ τῆς ταλαντώσεως. 'Επομένως θὰ ἔχουμε δῖτο:

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

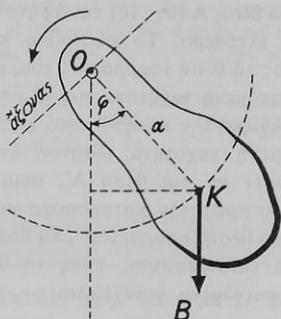
Μὲ τὴ βοήθεια τῶν χαρακτηριστικῶν μεγεθῶν μιᾶς ταλαντώσεως μποροῦμε τώ-

ρα νὰ δώσουμε τὸν ἀκόλουθο δρισμὸ τῶν ἀμείωτων καὶ φθινούσῶν ταλαντώσεων:

Μία ταλάντωση δύνομάζεται ἀμείωτη, ὅταν τὸ πλάτος τῆς παραμένει ἀμετάβλητο, ἐνῷ, ὅταν τὸ πλάτος τῆς ἐλαττώνεται μὲ τὴν πάροδο τοῦ χρόνου, δύνομάζεται φθινούσα.

§ 27. Τὸ ἐκκρεμές. Στὴ Φυσικὴ δύναμιζομένης κάθε βαρὺ σῶμα ποὺ μπορεῖ νὰ κινηθεῖ γύρω ἀπὸ ἕναν δριζόντιο ἄξονα, διόποιος δὲν περνᾷ ἀπὸ τὸ κέντρο βάρους τοῦ σώματος (σχ. 18).

Τὸ ἐκκρεμές αὐτὸ δύνομάζεται ιδιαίτερα φυσικὸ ἐκκρεμές.



Σχ. 18. Φυσικὸ ἐκκρεμές: στερεό, ποὺ στρέφεται γύρω ἀπὸ δριζόντιο ἄξονα, ποὺ δὲν περνᾷ ἀπὸ τὸ κέντρο βάρους του.

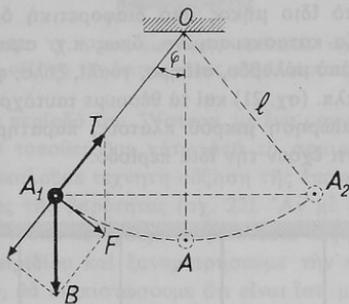
"Ἄς θεωρήσουμε δῆλη τὴ μάζα τοῦ ἐκκρεμοῦς συγκεντρωμένη σ' ἔνα σημεῖο, διποῖς συμβαίνει περίπου μὲ μιὰ βαριὰ σφαίρα μικρῆς ἀκτίνας, ποὺ κρέμεται μὲ ἔνα ἐλαφρὸ καὶ μὴ ἐκτατὸ νῆμα, ἀπὸ ἔνα ἀκλόνητο στήριγμα. Αύτῃ τὴν κατασκευὴν μας θὰ τὴν δύνομάσουμε ἀπλὸ ἢ μαθηματικὸ ἐκκρεμές. "Ωστε:

"Ἀπλὸ ἢ μαθηματικὸ ἐκκρεμές δύνομάζομε μιὰ διάταξη ποὺ περιλαμβάνει μιὰ μικρὴ βαριὰ σφαίρα, κρεμασμένη μὲ ἐλαφρὸ καὶ μὴ ἐκτατὸ νῆμα ἀπὸ ἔνα ἀκλόγητο στήριγμα.

§ 28. Χαρακτηριστικά μεγέθη τοῦ μαθηματικοῦ ἐκκρεμοῦς. Ἡ ἀπόσταση τοῦ κέντρου τῆς σφαίρας ἀπὸ τὸ ἀκλόνητο σημεῖο ἔξαρτήσεως δνομάζεται μῆκος τοῦ ἐκκρεμοῦς καὶ παριστάνεται μὲ τὸ γράμμα l (σχ. 19).

Ἡ γωνία φ, ποὺ σχηματίζεται ἀπὸ τὴν θέση ἰσορροπίας καὶ τὴν θέση μέγιστης ἀπομακρύνσεως, δνομάζεται πλάτος τοῦ ἐκκρεμοῦς.

Ο χρόνος ποὺ χρειάζεται τὸ ἐκκρεμές γιὰ νὰ ἐπιστρέψει στὴν ἀκραία θέση, ἀπὸ τὴν ὅποια ἔκεινησε, δνομάζεται περίοδος Τ τοῦ ἐκκρεμοῦς.



Σχ. 19. Τὸ ἐκκρεμές ἐκτελεῖ ταλαντώσεις μὲ τὴν ἐπίδραση τῆς συνιστάσας τοῦ βάρους του, ἡ ὅποια ἐφάπτεται στὴν τροχιά.

Ἡ μετάβαση τέλος τοῦ ἐκκρεμοῦς ἀπὸ τὴν μία ἀκραία θέση στὴν ἄλλη καὶ ἡ ἐπιστροφὴ στὴν πρώτη ἀκραία θέση, ἀπὸ τὴν ὅποια ἔκεινησε, δνομάζεται πλήρης αἰώνηση ἢ ταλάντωση, ἐνῶ ἡ μετάβαση τοῦ ἐκκρεμοῦς ἀπὸ τὴν μία ἀκραία θέση στὴν ἄλλη ἀποτελεῖ μιὰν ἀπλὴ αἰώνηση.

§ 29. Μελέτη τῆς κινήσεως τοῦ ἐκκρεμοῦς. "Οποιο καὶ νὰ εἶναι τὸ ἐκκρεμές, ἰσορροπεῖ, δταν ἡ κατακόρυφος ποὺ περνᾶ ἀπὸ τὸ κέντρο βάρους του περνᾶ καὶ ἀπὸ τὸ σημεῖο ἔξαρτήσεως.

Ἄν ἀπομακρύνουμε τὸ ἐκκρεμές ἀπὸ τὴν

θέση ἰσορροπίας του Α, φέρνοντάς το σὲ μία θέση A_1 καὶ ὑστερα τὸ ἀφήσουμε ἐλεύθερο, παρατηροῦμε δτι στὴ θέση αὐτῇ δὲν ἰσορροπεῖ, ἀλλὰ κινεῖται διαγράφοντας τόξο $A_1 A_2$ (βλ. σχ. 19).

Στὸ σφαιρίδιο τοῦ ἐκκρεμοῦς ἐνεργοῦν δύο δυνάμεις: α) Τὸ βάρος B τοῦ ἐκκρεμοῦς, μὲ κατακόρυφη διεύθυνση καὶ φορὰ πρὸς τὰ κάτω, καὶ β) ἡ ἀντίδραση T τοῦ νήματος ἔξαρτήσεως, μὲ διεύθυνση τὴν εὐθεία ποὺ περνᾶ ἀπὸ τὸ κέντρο τῆς σφαίρας καὶ ἀπὸ τὸ ἀκλόνητο σημεῖο ἔξαρτήσεως τοῦ νήματος, καὶ φορὰ ἀπὸ τὸ κέντρο τῆς σφαίρας πρὸς τὸ σημεῖο ἔξαρτήσεως.

Οἱ δύο αὐτὲς δυνάμεις δὲν ἰσορροποῦν, ἀφοῦ εἶναι συντρέχουσες καὶ σχηματίζουν γωνία. Ἡ συνισταμένη τῶν δυνάμεων αὐτῶν κινεῖ τὸ σφαιρίδιο πρὸς τὴ θέση ἰσορροπίας. "Οσο δμως κατεβαίνει τὸ σφαιρίδιο, τόσο μεγαλώνει ἡ γωνία τῶν B καὶ T , μὲ ἀποτέλεσμα νὰ μικραίνει ἡ συνισταμένη τους. Στὴ θέση ἰσορροπίας οἱ B καὶ T εἶναι ἵσες καὶ ἀντίθετες καὶ ἡ συνισταμένη τους μηδενίζεται, τὸ σφαιρίδιο δμως ἔξαιτιας τῆς ἀδράνειας συνεχίζει τὴν κίνησή του, ὅπότε οἱ B καὶ T σχηματίζουν καὶ πάλι γωνία, ἡ συνισταμένη τους δμως ἔχει τάρα ἀντίθετη φορὰ ἀπὸ τὴ φορὰ τῆς κίνησεως. Γι' αὐτὸν τὸ λόγο ἡ κίνηση ἐπιβραδύνεται καὶ σταματᾷ, δταν τὸ ἐκκρεμές φτάσει στὴ συμμετρικὴ θέση ἀπὸ ἐκείνη ποὺ ἔκεινησε.

§ 30. Νόμοι τοῦ ἀπλοῦ ἐκκρεμοῦς. Οἱ αἰωρήσεις τοῦ ἐκκρεμοῦς ἀκολουθοῦν δρισμένους νόμους, ποὺ, μὲ τὴν προϋπόθεση δτι εἶναι μικρὸ τὸ πλάτος τῶν αἰωρήσεων (ἴσαμε 3^o περίπου), περιλαμβάνονται στὴν ἔξισωση:

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

δπου T ἡ περίοδος μιᾶς πλήρους αἰωρήσεως, $\pi = 3,14$, l τὸ μῆκος τοῦ ἐκκρεμοῦς

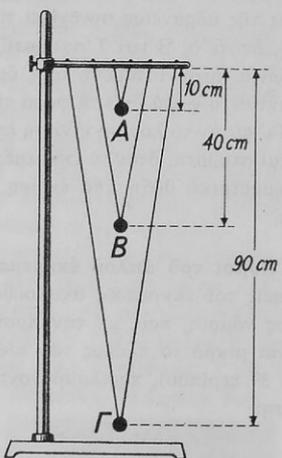
καὶ γὰρ ἡ ἐπιτάχυνση τῆς βαρύτητας στὸν τόπο ὅπου γίνεται ἡ αἰώρηση.

Οἱ νόμοι τοῦ ἑκκρεμοῦ, δπως βγαίνουν ἀπὸ τὴν παραπάνω ἔξισωση καὶ γιὰ μικρὰ πλάτη αἰώρησεων, εἰναι οἱ ἀκόλουθοι:

α) Ἡ περίοδος τοῦ ἑκκρεμοῦ εἰναι ἀνεξάρτητη ἀπὸ τὸ πλάτος.

Πειραματικὴ ἀπόδειξη. Θέτομε τὸ ἑκκρεμὲς σὲ αἰώρηση μὲ μικρὸ πλάτος καὶ μὲ τὸ χρονόμετρο μετροῦμε τὸ χρόνο 20, π.χ., πλήρων αἰώρησεων. Διαιροῦμε τὸ χρόνο αὐτὸ μὲ τὸν ἀριθμὸ τῶν πλήρων αἰώρησεων καὶ ὑπολογίζομε τὸ χρόνο μιᾶς πλήρους αἰώρησεως, δηλαδὴ τὴν περίοδο τοῦ ἑκκρεμοῦ. Κατόπι μὲ τὸν ἴδιο τρόπο ὑπολογίζομε τὴν περίοδο τοῦ ἑκκρεμοῦς γιὰ ἔνα ἄλλο μικρὸ πλάτος, διαφορετικὸ ἀπὸ τὸ πρᾶτο. Συγκρίνοντας τοὺς χρόνους τῶν δύο περιόδων τοὺς βρίσκομε περίπου ἴσους.

β) Ἡ περίοδος τοῦ ἑκκρεμοῦ εἰναι ἀνάλογη μὲ τὴν τετραγωνικὴ ρίζα τοῦ μῆκους του.

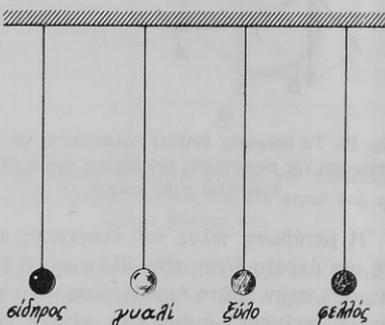


Σχ. 20. Γιὰ τὴν ἀπόδειξη τῆς σχέσης ἀναλογίας τῆς περιόδου τοῦ ἑκκρεμοῦς πρὸς τὴν τετραγωνικὴ ρίζα τοῦ μῆκους του.

Πειραματικὴ ἀπόδειξη. Θέτομε ταυτόχρονα σὲ αἰώρηση, μὲ τὸ ἴδιο μικρὸ πλάτος, τρία ὅμοια ἑκκρεμή, ποὺ ἔχουν μῆκη 10 cm, 40 cm, 90 cm (σχ. 20), δηλαδὴ δπως οἱ ἀριθμοὶ 1, 4, 9. Παρατηροῦμε τότε δτὶ ἡ περίοδος τοῦ δεύτερου ἑκκρεμοῦς εἰναι διπλάσια καὶ τοῦ τρίτου τριπλάσια ἀπὸ τὴν περίοδο τοῦ πρώτου ἑκκρεμοῦς.

γ) Ἡ περίοδος τοῦ ἑκκρεμοῦς εἰναι ἀνεξάρτητη ἀπὸ τὴν μάζα καὶ τὸ ύλικὸ ποὺ ἀποτελοῦν τὸ ἑκκρεμές.

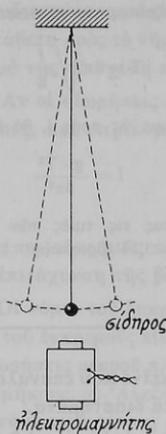
Πειραματικὴ ἀπόδειξη. Ἀν κρεμάσουμε ἀπὸ ἕνα ὑποστήριγμα διάφορα ἑκκρεμή μὲ τὸ ἴδιο μῆκος ἀπὸ διαφορετικὴ δμως οὐσία κατασκευασμένα, δπως π.χ. σφαιρίδια ἀπὸ μόλυβδο, σίδηρο, γυαλί, ξύλο, φελλὸ κλπ. (σχ. 21) καὶ τὰ θέσουμε ταυτόχρονα σὲ αἰώρηση μικροῦ πλάτους, παρατηροῦμε δτὶ ἔχουν τὴν ἴδια περίοδο.



Σχ. 21. Ἡ περίοδος τοῦ ἑκκρεμοῦς εἰναι ἀνεξάρτητη ἀπὸ τὸ ύλικὸ ποὺ εἰναι κατασκευασμένο τὸ ἑκκρεμές.

δ) Ἡ περίοδος τοῦ ἑκκρεμοῦς εἰναι ἀντιστρόφως ἀνάλογη μὲ τὴν τετραγωνικὴ ρίζα τῆς ἐπιτάχυνσεως τῆς βαρύτητας.

Πειραματικὴ ἀπόδειξη. Θέτομε σὲ αἰώρηση ἔνα ἑκκρεμὲς μὲ σιδερένιο σφαιρίδιο καὶ μὲ τὸ χρονόμετρο προσδιορίζομε



Σχ. 22. Ο ηλεκτρομαγνήτης προκαλεῖ τεχνητή αύξηση της έπιταχυνσεως της βαρύτητας.

τὴν περίοδό του. "Υστερα, μὲ ἔνα μαγνήτη, ποὺ τοποθετοῦμε κάτω ἀπὸ τὸ σφαιρίδιο, προκαλοῦμε τεχνητὴ αὔξηση τῆς έπιταχυνσεως τῆς βαρύτητας (σχ. 22)." Αν μὲ αὐτὸ τὸν τρόπο πετύχουμε τετραπλάσια ἔλξη τοῦ σφαιριδίου καὶ ξαναμετρήσουμε τὴν περίοδο, θὰ διαπιστώσουμε διτὶ εἰναι ἵση μὲ τὸ μισό τῆς ἀρχικῆς περιόδου.

§ 31. Έφαρμογές τοῦ ἐκκρεμοῦς. **α)** **Μέτρηση τοῦ χρόνου.** Τὸ ἰσόχρονο τῶν αἰωρήσεων μικροῦ πλάτους, τὸ διτὶ δηλαδὴ οἱ αἰωρήσεις μικρῶν πλατῶν γίνονται σὲ ἵσα χρονικά διαστήματα, βρίσκει σπουδαία ἐφαρμογὴ στὴν κατασκευὴ τῶν ρολογιῶν μὲ ἐκκρεμές γιὰ τὴν ἀκριβὴ μέτρηση τοῦ χρόνου.

"Ολα τὰ ὅργανα ποὺ χρησιμοποιοῦνται στὸν πρακτικὸ βίο γιὰ τὴ μέτρηση τοῦ χρόνου λειτουργοῦν μὲ βάση περιοδικὰ φαινόμενα. Τὰ ρολόγια ἀκριβείας τῶν ἀστεροσκοπίων λειτουργοῦν μὲ ἐκκρεμή, ποὺ ἔχουν περίοδο ἵση μὲ 2 sec.

Τὰ ρολόγια τῆς τοσέπης ἥ τοῦ χειροῦ ἔχουν στὸ μηχανισμό τους ἔνα τροχίσκο,

ποὺ μὲ τὴν ἐπίδραση ἑνὸς σπειροειδοῦς ἐλατηρίου ἐκτελεῖ ταλαντώσεις γύρω ἀπὸ τὸν ἄξονά του. Ἀλλὰ καὶ τὰ κάθε εἰδούς ρολόγια περιέχουν στὸ μηχανισμό τους εἰδικές διατάξεις, ποὺ ἐκτελοῦν ταλαντώσεις. "Ετσι τὰ ηλεκτρικὰ ρολόγια χρησιμοποιοῦν ταλαντώσεις ηλεκτρικῆς ἀκριβείας ρολόγια μὲ χαλαζία περιέχουν ἔναν κρύσταλλο ἀπὸ χαλαζία ποὺ διεγείρεται ηλεκτρικὰ σὲ ταλαντώσεις περιόδου 1/60 000 sec.

β) **Μέτρηση τῆς έπιταχύνσεως τῆς βαρύτητας.** Λύνοντας τὴν ἔξισωση τοῦ ἐκκρεμοῦς ως πρὸς g, παίρνομε:

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

Γιὰ νὰ ὑπολογίσουμε λοιπὸν τὴν ἔπιταχυνση g τῆς βαρύτητας σ' ἔνα τόπο, ἀρκεῖ νὰ γνωρίζουμε τὸ μῆκος ἑνὸς ἐκκρεμοῦς καὶ τὴν περίοδό του.

γ) **Απόδειξη τῆς περιστροφῆς τῆς Γῆς.** Τὸ ἐπίπεδο, πάνω στὸ δόποιο γίνονται οἱ αἰωρήσεις τοῦ ἐκκρεμοῦς, μένει σταθερό.

Παίρνομε ἔνα ἐκκρεμές μὲ πολὺ μακρὺ σύρμα καὶ βαριὰ σφαίρα, ποὺ ἔχει στὸ κάτω της μέρος μιὰ αἰχμὴ καὶ προκαλοῦμε τὴν αἰωρήση του. Η αἰχμὴ, σὲ κάθε πέρασμά της ἀπὸ τὴ θέση ἰσορροπίας, χαράζει μιὰ γραμμὴ σ' ἔνα δριζόντιο ἐπίπεδο στρωμένο μὲ ἄμμο. Ἄφου ἐπαναλάβουμε τὸ πείραμα πολλὲς φορές, διακόπτομε τὶς αἰωρήσεις καὶ παρατηροῦμε διτὶ οἱ γραμμὲς ποὺ χάραξε ἡ αἰχμὴ δὲν συμπίπτουν, ἀλλὰ τέμνονται. Ἄφου οἱ αἰωρήσεις τοῦ ἐκκρεμοῦς γίνονται στὸ ἴδιο πάντα ἐπίπεδο, φτάνομε στὸ συμπέρασμα διτὶ δὲν στράφηκε τὸ ἐπίπεδο αἰωρήσεως, ἀλλὰ στράφηκε τὸ δριζόντιο ἐπίπεδο, διόπου σημειώθηκαν ἀπὸ τὴν αἰχμὴ οἱ γραμμὲς καὶ ἐπομένως διτὶ ἡ Γῆ περιστρέφεται.

Τὸ πείραμα αὐτὸ δύκανε γιὰ πρώτη φορά

(1851) δι Γάλλος Φουκώ (Foucault) θέλοντας ν' ἀποδείξει τὴν περιστροφική κίνηση τῆς Γῆς. Ὁ Φουκώ κρέμασε τὸ μεγάλο του ἐκκρεμές (μῆκος σύρματος 67 m, βάρος σφαιρίας 28 kg) ἀπὸ τὸ θόλο τοῦ Πανθέου στὸ Παρίσι.

Ἄριθμητική ἐφαρμογή. Πόσο είναι τὸ μῆκος ἐκκρεμοῦς ποὺ γιὰ μιὰ ἀπλῆ αἰώρηση χρεάζεται χρόνο 1 sec;

Λύση. Ἐφαρμόζοντας τὴν ἑξίσωση

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

ἀφοῦ τῇ λύσουμε ὡς πρός l , θὰ ἔχουμε:

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

'Αντικαθιστώντας τὶς τιμὲς τῶν $g = 9,81 \text{ m/sec}^2$, $T = 2 \text{ sec}$, $\pi = 3,14$ βρίσκομε: $l = 0,994 \text{ m}$.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Περιοδικὸ φαινόμενο ὁνομάζεται τὸ φαινόμενο ἐκεῖνο ποὺ ἐπαναλαμβάνεται συνεχῶς κατὰ τὸν ἴδιο ἀκριβῆς τρόπο καὶ σὲ ἵσα χρονικὰ διαστήματα.

2. Οἱ περιοδικὲς παλινδρομικὲς κινήσεις, ποὺ γίνονται ἀνάμεσα σὲ δυὸ ἀκραίες θέσεις τῆς τροχιᾶς ἐνὸς κινητοῦ, ὁνομάζονται ταλαντώσεις.

3. Ἡ κίνηση τῶν πλανητῶν γύρῳ ἀπὸ τὸν "Ηλίο είναι περιοδικὸ φαινόμενο. Ἡ κίνηση τῆς προβολῆς ἐνὸς σημείου, ποὺ διαγράφει μὲ σταθερὴ ταχύτητα μιὰ περιφέρεια κύκλου ἐπάνω σὲ μιὰ διάμετρο τοῦ κύκλου, είναι ταλάντωση.

4. "Οταν ἡ ταλάντωση συνεχίζεται, χωρὶς ἔξασθενηση, ὁνομάζεται ὄμειτη. Οἱ ταλαντώσεις ποὺ ἔξασθενίζουν μὲ τὴν πάροδο τοῦ χρόνου λέγονται φθίνουσες.

5. Μιὰ τυχαία ἀπόσταση τοῦ ταλαντεύομενου σώματος ἀπὸ τὴ θέση ἰσορροπίας του λέγεται ἀπομάκρυνση. Ἡ μέγιστη ἀπομάκρυνση ὁνομάζεται πλάτος τῆς ταλαντώσεως.

6. Αἰώρηση ἡ ταλάντωση ὁνομάζομε μία πλήρη ἔξελιξη τοῦ φαινομένου. Περίοδος Τ μιᾶς ταλαντώσεως ὁνομάζεται ὁ χρόνος ποὺ χρειάζεται γιὰ νὰ γίνει μία αἰώρηση, ἐνῷ συχνότητα τῆς ταλαντώσεως ὁ ἀριθμὸς τῶν αἰωρήσεων ποὺ γίνονται σὲ 1 sec.

7. Ἡ περίοδος μετριέται σὲ δευτερόλεπτα καὶ ἡ συχνότητα σὲ Χέρτς (Hz) ἡ κύκλους τὸ δευτερόλεπτο (c/sec).

8. Ἡ περίοδος Τ καὶ ἡ συχνότητα ν είναι ἀριθμοὶ ἀντίστροφοι καὶ συνδέονται μὲ τὴ σχέση:

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

9. Τὸ ἀπλὸ ἡ μαθηματικὸ ἐκκρεμές είναι διάταξη ποὺ περιλαμβάνει μιὰ μικρὴ βαριὰ σφαίρα, κρεμασμένη μὲ ἐλαφρὸ καὶ μὴ ἐκτατὸ νῆμα ἀπὸ ἀκλόνητο στήριγμα. "Οταν ἀπομακρύνουμε ἔνα ἐκκρεμές ἀπὸ τὴ θέση τῆς ἰσορροπίας του καὶ τὸ ἀφῆσουμε ἔπειτα ἐλεύθερο νὰ κινηθεῖ, ἐκτελεῖ ταλαντώσεις.

10. "Ἄν θεωρήσουμε τὸ ἐκκρεμές σὲ μιὰ θέση διαφορετικὴ ἀπὸ τὴ θέση ἰσορροπίας του, τότε μποροῦμε νὰ ἀναλύσουμε τὸ βάρος τοῦ σφαιριδίου σὲ δυὸ δυνάμεις, τὴν μία κάθετη πρὸς τὸ νῆμα καὶ τὴν ἄλλη νὰ ἔχει τὸ νῆμα γιὰ φορέα. Ἡ τελευταία

αὐτὴν ἔξουσιες τερώνεται ἀπὸ τὴν ἀντίδραση τοῦ νήματος καὶ ἀπομένει ή ὅλη δύναμη, ή κάθετη πρὸς τὸ νῆμα, ποὺ ἐπιταχύνει τὸ ἐκκρεμὲς ή τὸ ἐπιβραδύνει, ἀνάλογα μὲ τὴν φορὰ τῆς σὲ σχέση πρὸς τὴν κίνηση.

11. Ἀν οἱ αἰωρήσεις τοῦ ἐκκρεμοῦς ἔχουν μικρὸ πλάτος, ἀκολουθοῦν ὄρισμένους νόμους, ποὺ περιλαμβάνονται στὴν ἔξισωση:

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

ὅπου T = περίοδος μιᾶς πλήρους αἰωρήσεως, $\pi = 3,14$, l = μῆκος τοῦ ἐκκρεμοῦς καὶ g η ἐπιτάχυνση τῆς βαρύτητας στὸν τόπο τοῦ πειράματος.

12. Οἱ νόμοι τοῦ ἐκκρεμοῦς ἀποδεικνύνται πειραματικὰ καὶ ἐκφράζουν ὅτι η περίοδος τοῦ ἐκκρεμοῦς εἶναι: α) Ἀνεξάρτητη ἀπὸ τὸ πλάτος. Ο νόμος αὐτὸς ὁρίζει ὅτι οἱ αἰωρήσεις μικροῦ πλάτους εἶναι ἴσοχρονες. β) Ἀνάλογη μὲ τὴν τετραγωνικὴ ρίζα τοῦ μήκους. γ) Ἀνεξάρτητη ἀπὸ τὴν μάζα καὶ τὸ ὑλικό. δ) Ἀντιστρόφως ἀνάλογη μὲ τὴν τετραγωνικὴ ρίζα τῆς ἐντάσεως τῆς βαρύτητας.

13. Τὸ ἐκκρεμές χρησιμοποιεῖται στὴ μέτρηση τοῦ χρόνου, στὴ μέτρηση τῆς ἐπιταχύνσεως τῆς βαρύτητας, στὴν ἀπόδειξη τῆς περιστροφικῆς κινήσεως τῆς Γῆς κ.λ.π.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

28. Πόση είναι η περίοδος ἐνὸς ἐκκρεμοῦς, μήκους 130 m; ($g = 9,81 \text{ m/sec}^2$) ('Απ. 22,86 sec.)

29. Πόσες ἀπλές αἰωρήσεις ἐκτελεῖ σὲ ἔνα λεπτό ἐνα ἐκκρεμές μήκους 1,09 m; ($g = 9,81 \text{ m/sec}^2$). ('Απ. 57.)

30. Πόσο είναι τὸ μῆκος ἐνὸς ἐκκρεμοῦς, ποὺ ἐκτελεῖ 50 ταλαντώσεις σὲ ἔνα λεπτό; ($g = 9,81 \text{ m/sec}^2$). ('Απ. 0,36 m περίπτων.)

31. Ποιά είναι η τιμὴ τῆς ἐπιταχύνσεως τῆς βαρύτητας στὸν Ἰσημερινό, ἀν ἔνα ἐκκρεμές μήκους 991,03 mm ἔχει περίοδο 2 sec;

('Απ. $g = 9,771 \text{ m/sec}^2$.)

32. Δύο ἐκκρεμῆ ἐκτελοῦν αἰωρήσεις. "Οταν τὸ ἔνα πραγματοποιεῖται 3 ἀπλές αἰωρήσεις, τὸ ὅλο ἐκτελεῖ 7 ἀπλές αἰωρήσεις. Ποιός είναι ὁ λόγος ποὺ ἔχουν τὰ μήκη τῶν δύο ἐκκρεμῶν;" ('Απ. 9:49.)

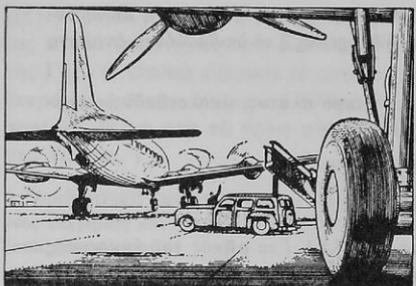
Ε — ΚΥΚΛΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ

§ 32. Ὁμαλὴ κυκλικὴ κίνηση. Ὁρισμοί. Ως τώρα ἀσχοληθήκαμε μὲ εὐθύγραμμες κυρίως κινήσεις. Ἔνας ὅλος εἰδος κινήσεων είναι οἱ κυκλικὲς. (σχ. 23).

Σὲ δλες τὶς μηχανὲς ποὺ χρησιμοποιοῦνται ιμάντες γιὰ τὴ μετάδοση τῶν κινήσεων ἡ δοδοντωτὸς τροχοὺς γίνονται κυκλικὲς κινήσεις. Οἱ κινήσεις αὐτὲς είναι περιοδικές, κατὰ τὶς ὁποῖες τὸ κινητὸ διαγράφει, καθὼς κινεῖται, περιφέρεια κύκλου ή τόξο περι-

φέρειας. Ἀπὸ τὸ πλῆθος τῶν κυκλικῶν κινήσεων ίδιαίτερο ἐνδιαφέρον παρουσιάζει η κυκλικὴ κίνηση, κατὰ τὴν ὁποία τὸ κινητὸ διαγράφει ἵσα τόξα σὲ ἵσους χρόνους. Στὴν περίπτωση αὐτὴ η κυκλικὴ κίνηση δονομάζεται ὅμαλή. "Ωστε:

‘Ομαλὴ κυκλικὴ κίνηση δονομάζεται η κυκλικὴ κίνηση, κατὰ τὴν ὁποία τὸ κινητὸ διαννεῖ σὲ ἵσους χρόνους ἵσα τόξα τῆς κυκλικῆς τροχιᾶς του.



Σχ. 23. Στὰ διάφορα μεταφορικά μέσα ἐκμεταλλευόμαστε τὴν κυκλικὴν κίνησην τῶν τροχῶν.

α) Για νά διανύσει δόλοκληρη τήν περιφέρεια τό κινητό, χρειάζεται ένα δρισμένο χρόνο Τ, δ όποιος είναι ίσος με τήν περίοδο τής κυκλικής κινήσεως. "Ωστε:

Περίοδος μιᾶς ομαλῆς κυκλικῆς κινήσεως δονομάζεται ὁ χρόνος κατὰ τὸν ὅποιο τὸ κινητὸ δόλοκληρώνει μιὰ περιστροφή.

‘Η κίνηση τῆς Γῆς γύρω ἀπὸ τὸν ἄξονά της εἶναι δύμαλή κυκλικὴ κίνηση μὲν περίοδο 24 ὥρῶν. ‘Η κίνηση τῆς Γῆς γύρω ἀπὸ τὸν “Ηλιο” εἶναι περίπου κυκλικὴ μὲν περίοδο ἐνὸς ἔτους.

β) Τὸ κινητό, ἄν κινεῖται ὁμαλὰ στὴν κυκλική τροχιά του, θὰ ἐκτελεῖ ἔναν ὀρισμένο ἀριθμὸ στροφῶν ν στὴν μονάδα τοῦ χρόνου. "Ο ἀριθμὸς αὐτὸς ἐκφράζει τὴν συνχρότητα τῆς κινήσεως. "Ωστε:

Συχνότητα ένος κινητού, που έκτελεῖ όμαλή κίνηση, όνομάζεται ό αριθμός των περιστροφών του κινητού σε μία χρονική μονάδα.

‘Η συχνότητα έκφραζεται σε *Xέρτς* (Hz) ή κύκλους το δευτερόλεπτο (c/sec), όταν ή περίοδος μετριέται σε δευτερόλεπτα.

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

γ) **Γραμμική ταχύτητα.** Άφοι τὸ κινητὸ διανεί σὲ ἰσους χρόνους ἵσα τόξα, συμπεραίνομε διτὸ μῆκος τοῦ τόξου, ποὺ διατρέχει σὲ μία χρονικὴ μονάδα, θὰ είναι σταθερό. Τὸ μῆκος τοῦ σταθεροῦ αὐτοῦ τόξου δύνομάζεται γραμμικὴ ταχύτητα τοῦ κινητοῦ. **Ωστε:**

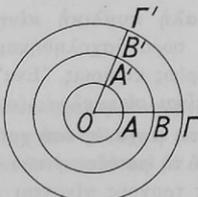
Γραμμική ταχύτητα υ ένδος κινητού, ποὺ
έκτελει διμαλή κυκλική κίνηση, δυνομάζεται
τὸ μῆκος (ἀνάπτυγμα) τοῦ τόξου, ποὺ διανύει
τὸ κινητὸ σὲ μία χρονικὴ μονάδα.

$$\text{Αρα: } v = \frac{\mu\eta\kappa\sigma \tau\acute{o}\xi\sigma\sigma}{\chi\rho\acute{o}\nu\sigma} \quad \text{η} \quad v = \frac{s}{t}$$

“Οπως στὶς εὐθύγραμμες κινήσεις, ἔτσι
καὶ στὴν ὁμαλὴ κυκλικὴ κίνηση ἡ γραμμι-
κὴ ταχύτητα μετριέται μὲ τὶς ἴδιες μονάδες.

δ) Γωνιακή ταχύτητα. "Ας θεωρήσουμε τρία κινητά Α, Β, Γ, που κινοῦνται διαλά σε τρεις δόμοκεντρες κυκλικές τροχιές έτσι, ώστε νὰ βρίσκονται πάντοτε στήν ίδια άκτινα τῆς μεγαλύτερης περιφέρειας (σγ. 24).

Ἐστω διὰ τὰ κινητὰ βρίσκονται ἀρχικά ἐπάνω στὴν Ἰδια ἀκτίνα τῆς ἔξωτερικῆς περιφέρειας, τὸ Α κινούμενο ἐπάνω στὴν μικρότερη περιφέρεια καὶ τὸ Γ στὴ μεγαλύτερη, καὶ διὰ σὲ χρόνο 1 sec, ἀφοῦ ἔσκινήσουν ταυτόχρονα καὶ τὰ τρία, μεταφέρονται στὶς θέσεις Α', Β', Γ', ποὺ βρίσκονται καὶ πάλι στὴν Ἰδια ἀκτίνα τῆς ἔξωτερικῆς περιφέρειας.



Σχ. 24. Τὰ σημεῖα Α, Β, Γ, ποὺ βρίσκονται πάνω στὴν Ἰδια στρεφόμενη ἀκτίνα, ἔχουν ἵσες γωνιακές ταχύτητες.

Σὲ χρόνο 1 sec τὸ κινητὸ Α διάγραψε τὸ τόξο ΑΑ', τὸ κινητὸ Β τὸ τόξο ΒΒ' καὶ τὸ κινητὸ Γ τὸ τόξο ΓΓ'. Τὰ τόξα ὅμως αὐτὰ δὲν ἔχουν τὸ ἴδιο ἀνάπτυγμα, συνεπῶς τὰ τρία κινητὰ δὲν ἔχουν τὴν ἴδια γραμμικὴ ταχύτητα. Ἀν θεωρήσουμε ὅμως τὶς ἀκτίνες, ἐπάνω στὶς δόποις κινοῦνται τὰ τρία κινητά, οἱ ἀκτίνες αὐτὲς διαγράφουν σὲ μιὰ χρονικὴ μονάδα τὴν ἴδια γωνία. Ἡ γωνία αὐτὴ δονομάζεται γωνιακὴ ταχύτητα τῶν κινητῶν.

“Ωστε:

Γωνιακὴ ταχύτητα ω ἐνὸς κινητοῦ, τὸ δόποιο ἐκτελεῖ ὁμαλὴ κυκλικὴ κίνηση, δονομάζεται ἡ γωνία ποὺ διαγράφει στὴ μονάδα τοῦ χρόνου μιὰ ἀκτίνα τοῦ κύκλου, ἡ δόποια παρακολουθεῖ τὸ κινητό.

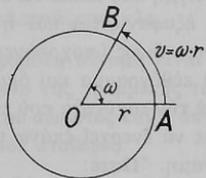
Ἐπομένως:

$$\text{γωνιακὴ ταχύτητα} = \frac{\text{γωνία στροφῆς}}{\text{χρόνος}}$$

$$\text{ἢ } \omega = \frac{\Phi}{t}$$

Ἡ γωνιακὴ ταχύτητα μετρίεται σὲ μοῖρες τὸ δευτερόλεπτο ἢ συνηθέστερα σὲ ἀκτίνια τὸ δευτερόλεπτο (rad/sec).

§ 33. Σχέση μεταξὺ τῆς γραμμικῆς καὶ τῆς γωνιακῆς ταχύτητας. Ἐστω διὰ ένα κινητὸ ἐκτελεῖ ὁμαλή κυκλικὴ κίνηση ἐπάνω σὲ μία περιφέρεια μὲ ἀκτίνα γ. Ἀν τὸ κινητὸ σὲ χρόνο 1 sec διανύσει τὸ τόξο AB, καὶ ἡ ἀκτίνα ἐπάνω στὴν δόποια κινεῖται



Σχ. 25. Ἡ γωνιακὴ ταχύτητα ω, ἡ γραμμικὴ ταχύτητα υ καὶ ἡ ἀκτίνα τῆς κυκλικῆς τροχιᾶς r, συνδέονται μὲ τὴ σχέση: $\upsilon = \omega \cdot r$.

διαγράψει τὴν γωνία AOB, τὸ μῆκος υ τοῦ τόξου AB εἶναι ἡ γραμμικὴ ταχύτητα τοῦ κινητοῦ καὶ ἡ γωνία AOB = ω ἡ γωνιακὴ του ταχύτητα (σχ. 25).

Ἄν ἡ ω μετριέται σὲ ἀκτίνια, τότε τόξο ἀναπτύγματος υ ἀντιστοιχεῖ σὲ γωνία ω, καὶ τόξο 2π, δηλαδὴ διλόκληρη ἡ περιφέρεια, σὲ γωνία 2π. Στὴν ἴδια ὅμως περιφέρεια τὰ τόξα καὶ οἱ ἐπίκεντρες γωνίες εἶναι ποσά ἀνάλογα. Ἐπομένως:

$$\frac{\upsilon}{2\pi r} = \frac{\omega}{2\pi} \quad \text{ἢ } \frac{\upsilon}{r} = \omega \quad \text{ἢ } \upsilon = \omega \cdot r$$

“Ωστε:

Ἡ γραμμικὴ ταχύτητα εἶναι ἵση μὲ τὸ γινόμενο τῆς γωνιακῆς ταχύτητας ἐπὶ τὴν ἀκτίνα τῆς κυκλικῆς τροχιᾶς.

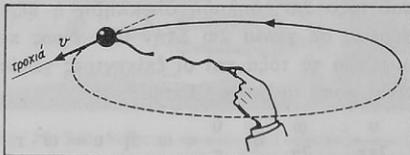
§ 34. Σχέση μεταξὺ γωνιακῆς ταχύτητας ω καὶ συγχρόνης ταχύτητας ν. Ἀπὸ τὴν ἔξισωση $\upsilon = \omega \cdot r$, ἔχομε διὰ $\omega = \upsilon/r$. Ἀλλὰ καὶ $\omega = \frac{2\pi r}{T}$, ἐπομένως καταλήγομε σὲ $\omega = \frac{2\pi r}{T} \cdot \frac{1}{r} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi v$.

“Ωστε:

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

§ 35. Κεντρομόλα δύναμη καὶ φυγόκεντρη ἀντίδραση. Σύμφωνα μὲ τὸ ἀξιωματικὸν ἀδράνειας, διανύεται σὲ σῶμα δὲν ἀσκεῖται καμία δύναμη, τὸ σῶμα ἰσορροπεῖ ἡ κινεῖται εὐθύγραμμα καὶ ὁμαλά. Ἐπομένως διανύεται σὲ σῶμα ἀκτελεῖ κυκλικὴ κίνηση, πρέπει νὰ ἐνεργεῖ ἐπάνω του μιὰ δύναμη, ποὺ νὰ τὸ ἀναγκάζει νὰ κινεῖται κυκλικά καὶ νὰ τὸ διευθύνει πρὸς τὸ κέντρο τῆς περιφέρειας, ποὺ διαγράφει τὸ σῶμα.

Πείραμα. Δένομε στὸ ἄκρο ἐνὸς σπάγγου μιὰ πέτρα καὶ, κρατώντας τὸ ἄλλο ἄκρο μὲ τὸ χέρι μας, δίνομε στὴ πέτρα κυκλικὴ κίνηση, περιστρέφοντάς την σὲ ὁρίζοντο ἐπίπεδο (σχ. 26, ἄνω). Ἡ δύναμη ποὺ ἔχειαναγκάζει τὴν πέτρα σὲ περιστροφὴ προ-



Σχ. 26. Η κεντρομόλα δύναμη περιστρέφει τὴν πέτρα, ποὺ ἀντιδρᾶ μὲ τὴν φυγόκεντρη δύναμη, ἀντίθετη πρὸς τὴν κεντρομόλα. Οταν κοπεῖ ὁ σπάγγος, ἡ πέτρα κινεῖται ἀκολουθώντας τὴν ἐφαπτομένη τῆς τροχιᾶς.

έρχεται ἀπὸ τὸ χέρι μας, ἀσκεῖται στὴν πέτρα μὲ τὸ σπάγγο καὶ διευθύνεται πρὸς τὸ χέρι μας, πρὸς τὸ κέντρο δηλαδὴ τῆς κυκλικῆς τροχιᾶς ποὺ διαγράφει ἡ πέτρα. Η δύναμη αὐτὴ δονομάζεται κεντρομόλα δύναμη. "Ωστε:

Κεντρομόλα δύναμη δονομάζεται ή δύναμη ποὺ ἔξαναγκάζει ἔνα σῶμα νὰ κινηθεῖ ἐπάνω σὲ κυκλικὴ τροχιά. Η δύναμη αὐτὴ ἔχει, σὲ κάθε χρονικὴ στιγμή, διεύθυνση τὴν ἀκτίνα καὶ φορὰ πρὸς τὸ κέντρο τῆς κυκλικῆς τροχιᾶς.

§ 36. Φυγόκεντρη ἀντίδραση. "Οταν ἑκτελοῦμε τὸ παραπάνω πείραμα, χρειάζεται νὰ καταβάλουμε ἀρκετὴ προσπάθεια γιὰ νὰ συγκρατήσουμε τὴν πέτρα, ποὺ τείνει διοένα νὰ ἐκτιναχτεῖ. Αὐτὸ δοφείλεται στὸ γεγονός διτὶ ἡ πέτρα, σύμφωνα μὲ τὸ ἀξίωμα δράσεως καὶ ἀντιδράσεως, προβάλλει στὴν κεντρομόλα δύναμη ἀντίδρασην μέτρου καὶ ἀντίθετης φορᾶς, ἡ ὁποία τείνει νὰ ἀπομακρύνει τὴν πέτρα ἀπὸ τὸ κέντρο τῆς κυκλικῆς τροχιᾶς. Η δύναμη αὐτὴ δονομάζεται φυγόκεντρη δύναμη.

Η φυγόκεντρη δύναμη δὲν εἶναι δύναμη ποὺ ἀσκεῖται ἀπὸ ἔξωτερικὰ αἴτια στὸ σῶμα,



Σχ. 27. Οἱ σπινθῆρες κινοῦνται ἔξαιτίας τῆς ἀδράνειας, κατὰ τὴν ἐφαπτομένη τῆς τροχιᾶς τοῦ τροχοῦ, στὸ σημεῖο ποὺ παράγονται.

ἀλλὰ δύναμη ἡ ὁποία ἔξαιτίας τῆς ἀδράνειας ἀναπτύσσεται στὸ σῶμα ἀπὸ τὸ ἴδιο τὸ σῶμα. Γι' αὐτό, ὅν σὲ μιὰ στιγμὴ κοπεῖ ὁ σπάγγος ἡ ἀν ἐμεῖς τὸν ἀφῆσουμε, ἡ πέτρα συνεχίζει τὴν κίνησή της, εὐθύγραμμα καὶ ὀμαλά, ἀκολουθώντας τὴν ἐφαπτομένη τῆς τροχιᾶς στὸ σημεῖο ποὺ βρισκόταν, ὅταν κόπηκε ὁ σπάγγος (σχ. 26, κάτω).

Τὸ ἴδιο φαινόμενο παρατηροῦμε, ὅταν παρακολουθοῦμε τοὺς σπινθῆρες ποὺ προκαλεῖ ὁ σμυριδοτροχὸς (σχ. 27).

'Απὸ τὰ παραπάνω συμπεραίνομε διτὶ, ἀπὸ τὴ στιγμὴ ποὺ παύει νὰ ἐνεργεῖ ἡ κεντρομόλα, ἔξαφανίζεται καὶ ἡ φυγόκεντρη. Η ἀδράνεια δύμως ὑποχρεώνει τὸ σῶμα νὰ συνεχίσει εὐθύγραμμα καὶ ὀμαλὰ τὴν κίνησή του, μὲ τὴν ταχύτητα ποὺ είχε τὴ στιγμὴ ποὺ ἐπαψε νὰ ἐνεργεῖ ἐπάνω του ἡ κεντρομόλα δύναμη. "Ωστε:

Η φυγόκεντρη δύναμη ἀναπτύσσεται σ' ἔνα σῶμα ποὺ κινεῖται κυκλικὰ σὰν ἀντίδραση τοῦ σώματος πρὸς τὴν κεντρομόλα.

Έχει τὸ ίδιο μέτρο μὲ τὴν κεντρομόλα καὶ ἀντίθετη φορά, τείνει δηλαδὴ νὰ ἀπομακρύνει τὸ σῶμα ἀπὸ τὸ κέντρο τῆς κυκλικῆς τροχιᾶς.

§ 37. Μέτρο τῆς κεντρομόλας καὶ τῆς φυγόκεντρης δυνάμεως. Ἀν ἔνα σῶμα, μάζας m , κινεῖται διαγράφοντας κυκλική τροχιὰ ἀκτίνας r , μὲ σταθεροῦ μέτρου γραμμική ταχύτητα v , τότε, δημοσιεύεται, τὸ μέτρο τῆς κεντρομόλας δυνάμεως F_{kev} δίνεται ἀπὸ τὴν ἐξίσωση:

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

Ἐπειδὴ ὅμως ἡ φυγόκεντρη F_{fuy} καὶ ἡ κεντρομόλα δύναμη F_{kev} ἔχουν ἵσα μέτρα, θὰ ἔχουμε:

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

§ 38. Νόμοι τῆς κεντρομόλας δυνάμεως. Ἀπὸ τὴν ἐξίσωση (1) τῆς προηγούμενης παραγράφου προκύπτουν οἱ ἐξῆς νόμοι τῆς κεντρομόλας δυνάμεως:

α) Ἡ κεντρομόλα δύναμη είναι ἀνάλογη μὲ τὴν μάζα τοῦ κινητοῦ, διατηρεῖται καὶ ἡ γραμμική ταχύτητα τοῦ καὶ ἡ ἀκτίνα περιστροφῆς παραμένουν σταθερές.

“Οταν δηλαδὴ ἡ μάζα τοῦ στρεφόμενου σώματος γίνει διπλάσια, τριπλάσια κλπ., ἐνῷ συγχρόνως παραμένουν σταθερές ἡ γραμμική ταχύτητα καὶ ἡ ἀκτίνα περιστροφῆς, τότε καὶ ἡ κεντρομόλα δύναμη διπλασιάζεται, τριπλασιάζεται κλπ.

β) Ἡ κεντρομόλα δύναμη είναι ἀνάλογη μὲ τὸ τετράγωνο τῆς γραμμικῆς ταχύτητας, διατηρεῖται καὶ ἡ μάζα τοῦ σώματος καὶ ἡ ἀκτίνα περιστροφῆς μένουν σταθερές.

“Οταν δηλαδὴ διπλασιαστῇ, τριπλασιαστῇ κλπ. ἡ γραμμική ταχύτητα τοῦ σώματος, ἐνῷ ἡ ἀκτίνα περιστροφῆς παραμέ-

νει ἡ ἴδια, ἡ κεντρομόλα δύναμη τετραπλασιάζεται, ἐννεαπλασιάζεται κλπ.

γ) Ἡ κεντρομόλα δύναμη είναι ἀντιστρόφως ἀνάλογη μὲ τὴν ἀκτίνα, διατηρεῖται καὶ ἡ γραμμική ταχύτητα τοῦ σώματος καὶ ἡ γραμμική ταχύτητά του διατηροῦνται σταθερές.

“Οταν δηλαδὴ ἔνα σῶμα ἐκτελεῖ ὁμαλὴ κυκλικὴ κίνηση καὶ διατηρώντας σταθερὴ τὴν γραμμική τοῦ ταχύτητα διπλασιάσει, τριπλασιάσει κλπ. τὴν ἀκτίνα περιστροφῆς του, ἡ κεντρομόλα δύναμη γίνεται ἵση μὲ τὸ ἔνα δεύτερο, τὸ ἔνα τρίτο κ.λπ. τῆς ἀρχικῆς τιμῆς της.

Ἡ ἐξίσωση τῆς φυγόκεντρης καὶ τῆς κεντρομόλας δυνάμεως δὲν περιέχει τὸ χρόνο ποὺ χρειάζεται γιὰ νὰ γίνει μιὰ περιστροφὴ τοῦ κινητοῦ, δηλαδὴ τὴν περίοδο τῆς κινήσεως.

Ἐστω T ἡ περίοδος. Ἐπειδὴ τὸ κινητὸ σὲ χρόνο T διαγράφει περιφέρεια $2\pi r$ μὲ λισταχὴ κίνηση, θὰ ἔχει ταχύτητα:

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

καὶ ἐπειδὴ $v^2 = \frac{4\pi^2 \cdot r^2}{T^2}$ ἡ ἐξίσωση (1) τῆς

§ 37 θὰ πάρει τὴν μορφή: $F_{\text{kev}} = \frac{4\pi^2 \cdot m \cdot r}{T^2}$

‘Επομένως:

δ) Ἡ κεντρομόλα δύναμη είναι ἀνάλογη μὲ τὴν ἀκτίνα περιστροφῆς, διατηρεῖται σταθερή.

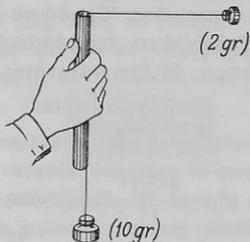
“Οταν δηλαδὴ διατηρεῖται σταθερὴ ἡ περίοδος ἐνὸς σώματος ποὺ στρέφεται καὶ διπλασιαστεῖ, τριπλασιαστεῖ κλπ. ἡ ἀκτίνα περιστροφῆς, τότε διπλασιάζεται, τριπλασιάζεται κλπ. καὶ ἡ κεντρομόλα δύναμη, ποὺ ἀναπτύσσεται στὸ σῶμα.

Σύμφωνα μὲ τὸ νόμο αὐτὸν ἔνα σῶμα ποὺ βρίσκεται στὸν Ἰσημερινὸ τῆς Γῆς, ὑπόκειται σὲ μεγαλύτερη φυγόκεντρη δύναμη ἀπὸ ἔνα σῶμα τῆς ἴδιας μάζας, ποὺ βρί-

σκεται σε ἄλλη περιοχή τῆς ἐπιφάνειας τῆς Γῆς. Καὶ τὰ δύο σώματα διαγράφουν κυκλικές τροχιές μὲ τὴν ἴδια περίοδο, ποὺ εἶναι ἵση μὲ τὴν περίοδο περιστροφῆς τῆς Γῆς γύρω ἀπὸ τὸ ἅξονά της, δηλαδὴ ἵση μὲ 24 ὥρες, ἡ κυκλική τροχιά δῶμας τοῦ σώματος ποὺ βρίσκεται στὸν Ἰσημερινό ἔχει μεγαλύτερη ἀκτίνα.

Σημείωση. Οἱ νόμοι τῆς κεντρομόλας δυνάμεως ἰσχύουν καὶ γιὰ τὴ φυγόκεντρη δύναμη.

§ 39. Πειραματική ἀπόδειξη τῶν νόμων τῆς κεντρομόλας καὶ τῆς φυγόκεντρης δυνάμεως. Ἡ ἀλήθεια τῶν νόμων τῆς κεντρομόλας καὶ τῆς φυγόκεντρης δυνάμεως ἀποδεικνύεται μὲ τὸ ἀκόλουθο πείραμα (σχ. 28).



Σχ. 28. Πείραμα γιὰ τὴν ἀλήθευση τῶν νόμων τῆς κεντρομόλας δυνάμεως.

Στὶς ἄκρες ἐνὸς σπάγγου, ποὺ γλιστρᾶ μέσα σ' ἕνα γυάλινο σωλήνα μήκους 25 cm περίποι, δένομε δύο σταθμά μὲ μάζες: $m_1 = 2 \text{ gr}$ καὶ $m_2 = 10 \text{ gr}$. "Υστερα τινάζομε τὴ μάζα m_1 καὶ τὴν περιστρέφομε μὲ τυχαία ἀλλὰ σταθερὴ περίοδο T , γύρω ἀπὸ τὸν γυάλινο σωλήνα, ποὺ τὸν κρατοῦμε σε κατακόρυφη θέση. Τὸ βάρος B τῆς μάζας m_2 ἐνεργεῖ σὰν κεντρομόλα δύναμη F_{kev} τῆς περιστροφικῆς κινήσεως τῆς μάζας m_1 . 'Ο σπάγγος μοιράζεται ἔτσι, ὥστε ἡ ἀπόσταση τῆς μάζας m_1 ἀπὸ τὸν σωλήνα νὰ ἔχῃ

μῆκος r , σὲ τρόπο ποὺ νὰ ἰσχύει ἡ σχέση:

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

§ 40. Φαινόμενα καὶ ἑφαρμογές τῆς κεντρομόλας δυνάμεως. α) Οἱ ἴπεται, οἱ ποδηλάτες καὶ οἱ δρομεῖς στὶς στροφές τῶν δρόμων κλίνουν τὸ σῶμα πρὸς τὸ κέντρο τῆς κυκλικῆς τροχιᾶς τους, γιὰ νὰ μὴν ἀνατραποῦν ἔξαιτίας τῆς φυγόκεντρης δυνάμεως, ποὺ ἀναπτύσσεται στὸ σῶμα τους.

β) Στὶς στροφές τῶν σιδηροδρομικῶν γραμμῶν ἡ ἑσωτερικὴ γραμμὴ τοποθετεῖται πηλότερα ἀπὸ τὴν ἄλλη, δηλαδὴ σὲ ἄλλο δριζόντιο ἐπίπεδο, γιὰ νὰ ἔξουδετερώνεται ἡ φυγόκεντρη δύναμη, μὲ τὴν κλίση τῆς ἀτμομηχανῆς καὶ τῶν βαγονιῶν πρὸς τὸ ἑσωτερικὸ τῆς κυκλικῆς τροχιᾶς. 'Επίσης οἱ δόηγοι τῶν σιδηροδρομικῶν συρμῶν μετριάζουν στὶς καμπές τὴν ταχύτητα, ἐλαττώνοντας ἔτσι τὴ φυγόκεντρη δύναμη. Μὲ τὰ μέτρα αὐτὰ ἀποφεύγεται ὁ ἐκτροχιασμός τοῦ τραίνου.

'Ανάλογα μέτρα παίρνονται καὶ στὶς καμπές τῶν αὐτοκινητόδρομων (σχ. 29).

γ) Ἐξαιτίας τῆς φυγόκεντρης δυνάμεως οἱ τροχοὶ τῶν διαφόρων μεταφορικῶν μέσων τινάζουν μακριὰ τὴ λάσπη ποὺ κολλᾶ ἐπάνω τους.



Σχ. 29. Οἱ αὐτοκινητόδρομοι κατασκευάζονται μὲ ἀνυψώσεις στὶς καμπές, ὥστε τὰ ὀχηματα νὰ κλίνουν πρὸς τὸ ἑσωτερικὸ τῆς καμπύλης τροχιᾶς.

δ) Ή Γῇ είναι ἔξογκωμένη στὸν Ἰστημερινό, δπου ἡ φυγόκεντρη δύναμη ποὺ ἀναπτύσσεται ἀπὸ τὴν ἡμερήσια περιστροφὴ τοῦ πλανῆτη μας γύρω ἀπὸ τὸν ἄξονά του είναι μεγαλύτερη, καὶ συμπιεσμένη στοὺς Πόλους.

ε) Πολλὲς καὶ διάφορες ἐφαρμογὲς βρίσκει ἡ φυγόκεντρη δύναμη στὸν καθημερινὸν βίο καὶ στὴ βιομηχανίᾳ. Οἱ φυγοκεντρικὲς ἀντλίες είναι μιὰ ἀπὸ τὶς πιὸ συνηθισμένες καὶ τὶς πιὸ σπουδαῖες ἐφαρμογές της, δπως ἐπίσης καὶ οἱ φυγοκεντρικοὶ διαχωριστῆρες, ποὺ χρησιμεύουν στὸ διαχωρισμὸν ἀνακατεμένων ὑγρῶν μὲ διαφορετικὰ εἰδικὰ βάρη, καθὼς ἐπίσης καὶ στὸ διαχωρισμὸν ὑγρῶν μειγμάτων, ποὺ περιέχουν στερεὰ συστατικά.

Τὸ ὑγρὸ μειγμὰ τοποθετεῖται μέσα στὸ διαχωριστήρα καὶ κατόπιν ἡ μηχανὴ ἀρχίζει νὰ περιστρέφεται. Τὰ συστατικὰ τοῦ

μείγματος, ἀφοῦ ἔχουν διαφορετικὰ εἰδικὰ βάρη, ἀναπτύσσουν διαφορετικὴ φυγόκεντρη δύναμη καὶ διαχωρίζονται. Τὰ πιὸ βαριὰ τινάζονται πρὸς τὰ ἔξω, τὰ ἐλαφρότερα πιὸ μέσα (σχ. 30).

Μὲ τὴ μέθοδο αὐτὴ διαχωρίζομε τὸ βούτυρο ἀπὸ τὸ γάλα, τὴ μούργα ἀπὸ τὸ λάδι κλπ. Φυγοκεντρικὲς μηχανὲς χρησιμοποιοῦνται ἐπίσης στὰ ἔηραντήρια τῶν ὑφασμάτων. Τὰ ὑφάσματα τοποθετοῦνται σὲ κατάλληλα δοχεῖα, ποὺ περιστρέφονται κατόπι μὲ μεγάλη ταχύτητα. Τὸ νερὸ χτυπᾶ μὲ δύναμη στὰ διάτρητα τοιχώματα τῶν δοχείων καὶ ἔφεύγει ὁρμητικὰ ἀπὸ τὶς τρύπες ἀφήνοντας τὰ ὑφάσματα σχεδὸν στεγνά.

Ἄριθμητικὴ ἐφαρμογὴ. Ἔνα σόδαμα μὲ μάζα 100 gr είναι δεμένο στὴ μιὰ ἄκρη ἐνὸς νήματος μήκους 1 m καὶ ἐκτελεῖ ὅμαλὴ περιστροφικὴ κίνηση σὲ ὄριζόντιο ἐπίπεδο, διαγράφοντας πέντε στροφὲς σὲ χρόνο 5 sec. Νὰ ὑπολογίσετε τὴν τάση τοῦ νήματος. (Τὸ $\pi^2 \simeq 9,87$ νὰ τὸ πάρετε ἵσο μὲ 10).

Λύση: Ή τάση F τοῦ νήματος είναι ἵση μὲ τὴ φυγόκεντρη δύναμη F_{φυγ} τῆς περιστροφικῆς κινήσεως. Ἐπομένως θὰ είναι:

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

Ἀντικαθιστώντας στὴν ἔξισωση αὐτὴ τὰ δεδομένα τοῦ προβλήματος, στὸ *Σύστημα M.K.S.*, δηλαδὴ m = 100 gr = 0,1 kg, r = 1 m, T = 1 sec, (γιατὶ, ἀφοῦ κάνει 5 στροφές σὲ 5 sec, γιὰ μιὰ στροφὴ χρειάζεται 1 sec, ἀλλὰ ὁ χρόνος μιᾶς περιστροφῆς είναι ἵσος μὲ τὴν περίοδο) καὶ $\pi^2 = 10$, βρίσκομε:

$$F = \frac{4 \cdot 10 \cdot 0,1 \cdot 1}{1^2} = 4 \text{ Νιούτον.}$$

Σχ. 30. Φυγοκεντρικὸς διαχωριστήρας.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Ἡ κυκλικὴ κίνηση είναι περίπτωση καμπυλόγραμμης κινήσεως. Ἰδιαίτερο ἐνδιαφέρον παρουσιάζει ἡ ὅμαλὴ κυκλικὴ κίνηση, κατὰ τὴν ὥποια τὸ κινητὸ διανύει σὲ ἰσους χρόνους ἵσα τόξα τῆς κυκλικῆς τροχιᾶς του. Ἡ ὅμαλὴ κυκλικὴ κίνηση είναι λοιπὸν περιοδικὸ φαινόμενο καὶ γι' αὐτὸν χαρακτηρίζεται ἀπὸ ὄρισμένη περίοδο καὶ ἀντίστοιχη συχνότητα.

2. Γραμμικὴ ταχύτητα ὡν μιᾶς ὅμαλῆς κυκλικῆς κινήσεως ὀνομάζομε τὸ μῆκος τοῦ τόξου, ποὺ διανύει τὸ κινητὸ στὴ μονάδα τοῦ χρόνου. Ἡ γραμμικὴ ταχύτητα μετρίεται σὲ m/sec ἢ em/sec ἢ km/h κ.λ.π.

3. Γωνιακή ταχύτητα ω μιᾶς όμαλῆς κυκλικῆς κινήσεως ὀνομάζεται ή γωνία ποὺ διαγράφει στὴ μονάδα τοῦ χρόνου μιὰ ἀκτίνα τοῦ κύκλου, παρακολουθώντας τὸ κινητὸ στὴν κίνησή του. Ἡ γωνιακή ταχύτητα μετριέται σὲ μοῖρες τὸ δευτερόλεπτο. Ἡ ἀκτίνια τὸ δευτερόλεπτο.

4. Ἡ γραμμική ταχύτητα ν, ἡ γωνιακή ταχύτητα ω καὶ ἡ ἀκτίνα γ τῆς κυκλικῆς τροχιᾶς συνδέονται μὲ τὴ σχέσην: $v = \omega \cdot r$.

5. Ἐνα σῶμα κινεῖται ἀκολουθώντας κυκλική τροχιά, γιατὶ ἀσκεῖται ἐπάνω του μιὰ δύναμη, ποὺ διευθύνεται σταθερὰ πρός τὸ κέντρο τῆς κυκλικῆς τροχιᾶς καὶ ὀνομάζεται κεντρομόλα δύναμη.

6. Ἡ κεντρομόλα δύναμη προκαλεῖ, σὰν ἀντίδραση τοῦ σώματος, τὴ φυγόκεντρη δύναμη, ποὺ ἔχει τὸ ἴδιο μέτρο μὲ τὴν κεντρομόλα καὶ ἀντίθετη φορὰ ἀπὸ ἑκείνῃ τείνει δηλαδὴ ἡ φυγόκεντρη νὰ ἀπομακρύνει τὸ σῶμα ἀπὸ τὸ κέντρο τῆς κυκλικῆς τροχιᾶς.

7. Σ' ἔνα σῶμα μὲ μάζα m , ποὺ κινεῖται ὄμαλὰ σὲ κυκλική τροχιὰ ἀκτίνας r καὶ ἔχει γραμμική ταχύτητα v , ἐνεργεῖ κεντρομόλα δύναμη $F_{\text{κεν}}$. Τὸ σῶμα ἔξαλλου ἀντιδρᾶ μὲ φυγόκεντρη δύναμη $F_{\text{φυγ}}$. Γιὰ τὰ μέτρα τῶν δυνάμεων αὐτῶν ἴσχυει ἡ σχέση:

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

8. Ἀπὸ τὴν παραπάνω ἔξισωση βγαίνουν οἱ νόμοι τῆς κεντρομόλας (φυγόκεντρης) δυνάμεως. Σύμφωνα μὲ αὐτούς, ἡ κεντρομόλα (φυγόκεντρη) δύναμη εἶναι α) ἀνάλογη μὲ τὴν μάζα τοῦ κινητοῦ, ὅταν ἡ γραμμική ταχύτητα καὶ ἡ ἀκτίνα περιφορᾶς μένουν σταθερές. β) ἀνάλογη μὲ τὸ τετράγωνο τῆς γραμμικῆς ταχύτητας, ὅταν ἡ μάζα τοῦ σώματος καὶ ἡ ἀκτίνα περιφορᾶς μένουν σταθερές. γ) ἀντιστρόφως ἀνάλογη μὲ τὴν ἀκτίνα περιφορᾶς, ὅταν ἡ μάζα καὶ ἡ γραμμική ταχύτητα μένουν σταθερές.

9. Ἡ ἔξισωση τῆς κεντρομόλας (φυγόκεντρης) δυνάμεως, ἀν ἀντικαταστήσουμε τὸ v μὲ τὸ $\dot{\theta}$ τοῦ τοῦ $2\pi/T$, γίνεται:

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

10. Ἡ σχέση αὐτὴ ἐκφράζει τὸν τέταρτο νόμο, σύμφωνα μὲ τὸν ὅποιο ἡ κεντρομόλα (φυγόκεντρη) δύναμη εἶναι ἀνάλογη μὲ τὴν ἀκτίνα περιφορᾶς, ὅταν διατηρεῖται σταθερὴ ἡ περίοδος.

11. Πολλὰ φαινόμενα ὀφείλονται στὴν κεντρομόλα δύναμη, ὅπως τὸ τίναγμα τῆς λάσπης ἀπὸ τοὺς τροχοὺς τῶν αἰτοκινήτων, ἡ ἔξογκωση τῆς Γῆς στὸν Ἰσημερινό, ἡ κλίση τῶν δρομέων, ἵππεων, ποδῆλατιστῶν κλπ. πρὸς τὸ κοῖλο τῆς καμπῆς. Γιὰ νὰ ἔξουδετερωθεῖ ἡ φυγόκεντρη δύναμη στὶς στροφὲς τῶν σιδηροδρομικῶν γραμμῶν, κατασκευάζεται ψηλότερη ἡ ἔξωτερική γραμμή.

12. Ἡ φυγόκεντρη δύναμη βρίσκει καὶ βιομηχανικὲς ἐφαρμογές, ὅπως εἶναι οἱ φυγοκεντρικὲς ἀντλίες, οἱ φυγοκεντρικοὶ διαχωριστῆρες, οἱ φυγοκεντρικοὶ ξηραντῆρες κλπ.

33. Πόση είναι ή συχνότητα ένδος τροχού διαμέτρου 150 mm, όταν ή γραμμική ταχύτητα τῶν σημείων τῆς περιφέρειάς του είναι 35 m/sec;
(Απ. 4 459 στρ./min.)

34. Πόση είναι ή μέση γραμμική ταχύτητα τῆς Γῆς κατά τὴν κίνησή της γύρω ἀπὸ τὸν "Ηλίῳ, ἀν ή τροχιά τῆς θεωρηθεῖ σὰν κύκλος μὲ ἀκτίνα 15·10⁷ km καὶ τὴν περίοδο τῆς κινήσεως τὴν πάρονμε ἵστη μὲ 365,25 μέσες ἡμέρας; (Απ. 30 km/sec.)

35. "Ενας τροχός κάνει 96 στροφές/min. α) Πόση είναι ή γραμμική ταχύτητα τοῦ τροχοῦ; β) "Αν ή γραμμική ταχύτητα τῶν σημείων τῆς περιφέρειάς του είναι 25 m/min, πόση είναι ή διάμετρος τοῦ τροχοῦ; (Απ. α' 603,28 cm/min. ή 0,0828 m.)

36. "Ενας τροχός έχει διάμετρο 20 cm καὶ κάνει 1 200 στροφές/min. Πόση είναι ή ταχύτητα ένδος σημείου τῆς περιφέρειας τοῦ τροχοῦ;
(Απ. 12,56 m/sec.)

37. Οἱ τροχοὶ ένδος αὐτοκινήτου ἔχον διάμετρο 550 mm. Πόσες στροφές τὸ λεπτό κάνοντι οἱ τροχοί, όταν τὸ αὐτοκίνητο κινεῖται μὲ ταχύτητα 80 km/h; (Απ. 773 στρ./min.)

38. Πόση κεντρομόλα δύναμη πρέπει νὰ ἀσκηθεῖ σ' ἓνα αὐτοκίνητο βάροντς 1 200 kp, γιὰ νὰ περάσει μιὰ καμπή ένδος δρόμου ἀκτίνας 40 m μὲ ταχύτητα 24 km/h; (Απ. 136 kp περίπου.)

39. Αὐτοκίνητο μὲ μάζα 2 τόννων κινεῖται σὲ μιὰ καμπή ἀκτίνας 200 μ. Πόση πρέπει νὰ είναι τὸ πολὺ ή γραμμική ταχύτητα τοῦ δρήματος, γιὰ νὰ μὴν ξεπεράσει ή φυγόκεντρη δύναμη τὴν τιμὴ τῶν 49 kp; (Απ. 25,2 km/h = 7,07 m/sec περίπου.)

40. Σῶμα μάζας 50 gr κάνει διμάλη κυκλικὴ κίνηση ἀκτίνας 40 cm μὲ συχνότητα 3 000 στροφές τὸ λεπτό. Πόση είναι ή φυγόκεντρη δύναμη ποὺ ἀναπτύσσεται στὸ σῶμα καὶ πόσες φορές είναι μεγαλύτερη ἀπὸ τὸ βάρος τοῦ σώματος;
(Απ. α' 200 kp. β' 4 000 φορές.)

ΣΤ' — ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΕΛΞΗ

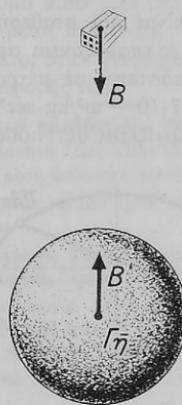
§ 41. Νόμος τῆς παγκόσμιας Ἐλξης. Ἡ γήινη βαρύτητα, ή δύναμη δηλαδὴ μὲ τὴν δοποίᾳ ή Γῆ ἔλκει πρὸς τὸ κέντρο τῆς τὰ διάφορα σώματα, ποὺ βρίσκονται κοντά στὴν ἐπιφάνεια τῆς, ἀποτελεῖ μερικὴ περίπτωση ένδος πολὺ γενικότερου φαινομένου.

Πραγματικὰ δλα τὰ σώματα τοῦ Σύμπαντος ἔλκονται ἀμοιβαίᾳ (σχ. 31), δηλαδὴ ἔλκεται τὸ ἔνα ἀπὸ τὸ ἄλλο. Ἔτσι ή Γῆ ἔλκει τὴ Σελήνη καὶ ἀντίστροφα ή Σελήνη ἔλκει τὴ Γῆ. Ο "Ηλιος ἔλκει τὴ Γῆ καὶ ἀντίστροφα ή Γῆ ἔλκει τὸν "Ηλιο καὶ γενικὰ δλα τὰ οὐράνια σώματα, δηλαδὴ τὰ ἀστέρια, ἔλκονται ἀμοιβαίᾳ.

Τὸ γενικὸ φαινόμενο τῆς ἀμοιβαίας Ἐλξης τῶν οὐράνιων σωμάτων δονομάζεται παγκόσμια Ἐλξη.

Παρ' δλη τὴν ἀμοιβαία Ἐλξη τους, τὰ οὐράνια σώματα δὲν πέφτουν τὸ ἔνα ἐπάνω

στὸ ἄλλο, ἐπειδὴ κινοῦνται, ἀκολουθώντας κλειστὲς καμπύλες τροχιές, καθὼς περιστρέφονται γύρω ἀπὸ ἄλλα κεντρικὰ ἄστρα.



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

Οι τροχιές αυτές μοιάζουν με λιγότερο ή περισσότερο συμπιεσμένους κύκλους, που δύναμένονται έλλειψεις (σχ. 32). Η έλξη του κεντρικού ἀστρου, που γύρω του περιφέρεται μιά διμάδα άπο μικρότερα, ένεργει σάν κεντρομόλα δύναμη της κινήσεως. Την ίδια της παγκόσμιας έλξης συνέλαβε πρώτος ο Νεύτωνας και διατύπωσε μαθηματικά τό μέτρο F της έλκτικής δυνάμεως, ή όποια άναπτύσσεται άνάμεσα σε δύο σώματα με μάζες m_1 και m_2 , που βρίσκονται σε απόσταση r τό ένα άπο τό άλλο (σχ. 33).

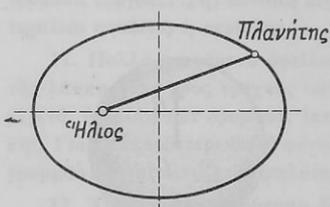
Ο νόμος της παγκόσμιας έλξης έκφραζει ότι:

Η έλκτική δύναμη F , που άναπτύσσεται άνάμεσα σε δύο μάζες m_1 και m_2 , όταν τις χωρίζει απόσταση r , είναι άναλογη με τό γινόμενο τῶν μαζῶν και άντιστρόφως άναλογη με τό τετράγωνο της αποστάσεώς τους.

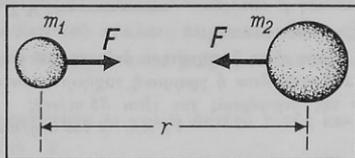
Μαθηματικά ο νόμος έκφραζεται στή σχέση:

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

ὅπου τό k είναι μία σταθερή ποσότητα. "Όταν οι μάζες έκφραζονται σε χιλιόγραμμα και ή απόσταση σε μέτρα, ή k έχει τιμή $k = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kg} \cdot \text{sec}^2$ και ή δύναμη F υπολογίζεται σε Νιούτον (N).



Σχ. 32. Οι τροχιές τῶν πλανητῶν γύρω άπο τὸν Ήλιο είναι έλλειψεις.



Σχ. 33. Άναμεσα σε δύο μάζες m_1 και m_2 , που άπειχουν απόσταση r , άναπτύσσονται έλκτικές δυνάμεις.

§ 42. Κίνηση τῶν πλανητῶν. Ο έναστρος οὐρανός. "Αν ρίξουμε μιά προσεχτική ματιά στό νυκτερινό οὐρανό, παρατηρούμε ένα μεγάλο πλήθος άπο ἀστρα, που μπορούμε νά δούμε με γυμνό μάτι και πού τὰ κατατάσσομε σε δύο μεγάλες κατηγορίες.

Στήν πρώτη κατηγορία άνήκουν οι ἀπλανεῖς ἀστέρες, που είναι ή συντριπτική πλειονότητα τῶν οὐράνιων σωμάτων. Είναι ἀστρα που βρίσκονται σε τεράστιες αποστάσεις άπο τή Γῆ μας, τόσο μεγάλες, που τό φῶς τους χρειάζεται χρόνια για νά φτάσει στὸν πλανήτη μας. Είναι δύος ο "Ηλιος" μας, κι δταν τὰ κοιτοῦμε, τρεμοσβήνουν (μαρμαρίουν), παρουσιάζουν, δύως λέμε: στίλβη. Η δύναμισία τους διφείλεται στὸ γεγονός δτι τὰ ἀστρα αὐτὰ διατηροῦν σταθερές, για ένα γήινο παρατηρητή, άποστάσεις μέσα στὸ χρονικό διάστημα μιᾶς άνθρωπινης ζωῆς. Έπομένως δὲν πλανῶνται, δὲν μετακινοῦνται δηλαδὴ στὸν οὐράνιο θόλο. Παρακολουθοῦν τή φαινομενική κίνηση τῆς οὐράνιας σφαίρας σάν νά ήταν κολλημένα στὸ έσωτερικό τῆς.

Η ήμερήσια κίνηση τῆς οὐράνιας σφαίρας είναι φαινομενική, φαίνεται δηλαδὴ σὲ μᾶς δτι γίνεται ἔτσι, ἐνῷ πραγματικά διφείλεται στήν περιστροφή τῆς Γῆς γύρω άπο τὸν ἄξονά της. Εδῶ συνεπῶς συμβαίνει ένα φαινόμενο άναλογο μὲ αὐτὸ πού παρατηροῦμε, δταν τρέχουμε μὲ ένα γρήγορο αὐτοκίνητο σ' έναν άνοιχτό κάμπο. Ενῷ έμεις προσπερνοῦμε τρέχοντας τὰ δέντρα και τὰ σπίτια, που βρίσκονται δίπλα στὸ

δρόμο, μᾶς δημιουργεῖται ή ἐντύπωση πώς τὰ δέντρα καὶ τὰ σπίτια κινοῦνται ταχύτατα πρὸς τὸ μέρος μας.

Στὴ δεύτερη κατηγορίᾳ ἀνήκουν οἱ πλανῆτες. Αὐτοὶ ἀποτελοῦν τὴν συντριπτικὴν μειονότητα τῶν ἄστρων, ἀφοῦ οἱ μεγάλοι εἰναι μόλις ἐννέα. Εἶναι ἀστέρια ἀνάλογα μὲ τὴ Γῆ μας, δὲν ἔχουν δικό τους φῶς, ἀλλὰ ἀντανακλοῦν τὸ φῶς τοῦ Ἡλιου. Δὲν διατηροῦν σταθερές θέσεις, ἀλλὰ κινοῦνται, πλανῶνται, ἀνάμεσα στοὺς ἀπλανεῖς.

Στὴν ἀρχαίᾳ τητα, ἐκτὸς ἀπὸ μερικὲς φωτεινές ἔξαιρεσις, δῆπος π.χ. ὁ Ἀρίσταρχος ὁ Σάμιος (γύρω στὰ 250 π.Χ.), οἱ ἄνθρωποι πίστευαν διτὶ ἡ οὐράνια σφαίρα στρέφεται μαζὶ μὲ δλα τὰ ἄστρα γύρω ἀπὸ τὴ Γῆ, ἡ δοπία ἀποτελοῦσε, σύμφωνα μὲ τὴν ἀντίληψή τους, τὸ κέντρο τοῦ κόσμου. Ἡ διδασκαλία αὐτὴ λέγεται Γεωκεντρικὸ Σύστημα.

Ο Γερμανοπολωνὸς μοναχὸς **Κοπέρνικος** (1473 - 1543) μελέτησε τὰ συγγράμματα τῶν ἀρχαίων Ἐλλήνων καὶ βοτερα ἀπὸ πολυχρόνιες παρατηρήσεις κατάληξε στὸ συμπέρασμα διτὶ ἡ Γῆ δὲν εἰναι κέντρο τοῦ κόσμου, ἀλλὰ ἔνας πλανῆτης, ποὺ περιστρέφεται, δῆπος καὶ οἱ ἀλλοὶ πλανῆτες, γύρω ἀπὸ τὸν Ἡλιο, ποὺ τὸν θεώρησε ως τὸ κέντρο τοῦ Σύμπαντος. Ἡ νέα διδασκαλία δονομάστηκε *Κοπερνίκειο* ἢ *Ἡλιοκεντρικὸ Σύστημα*.

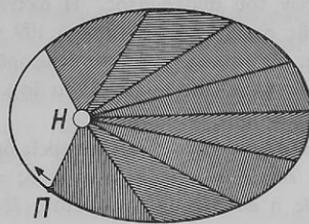
Τὴ διδασκαλία τοῦ Κοπέρνικου συμπλήρωσε ὁ Γερμανὸς ἀστρονόμος **Κέπλερος** (1571 - 1630), ποὺ ἀνακάλυψε καὶ τοὺς νόμους τῆς κινήσεως τῶν πλανητῶν γύρω ἀπὸ τὸν Ἡλιο.

Οἱ νόμοι τοῦ Κέπλερου εἰναι οἱ ἀκόλουθοι τρεῖς:

α) Οἱ πλανῆτες περιστρέφονται γύρω ἀπὸ τὸν Ἡλιο διαγράφοντας ἐλλειπτικὲς τροχιές.

Οἱ ἐλλείψεις αὐτὲς παρουσιάζουν μικρὴ διαφορὰ ἀπὸ τὸν κύκλο. Ωστόσο, ἔχαιτας τῶν ἐλλειπτικῶν τροχιῶν τους, οἱ ἀποστάσεις τῶν πλανητῶν ἀπὸ τὸν Ἡλιο δὲν διατηροῦνται σταθερές.

β) Ἡ ἀκτίνα ποὺ συνδέει τὸν Ἡλιο καὶ τὸν πλανῆτη διαγράφει σὲ ἴσους χρόνους ίσα ἐμβαδὰ (σχ. 34).



Σχ. 34. Γιὰ τὴν κατανόηση τοῦ δεύτερου νόμου τοῦ Κέπλερου.

Ἄπὸ τὸ νόμο αὐτὸ συμπεραίνομε διτὶ ἡ ταχύτητα περιστροφῆς τοῦ πλανῆτη δὲν εἰναι σταθερή. Ὁταν βρίσκεται μακρύτερα ἀπὸ τὸν Ἡλιο, κινεῖται καὶ ἀργότερα.

γ) Τὰ τετράγωνα τῶν περιόδων δύο πλανητῶν εἰναι ἀνάλογα μὲ τοὺς κύβους τῶν μέσων ἀποστάσεών τους ἀπὸ τὸν Ἡλιο.

Μὲ τὸ νόμο αὐτὸ μποροῦμε νὰ ὑπολογίσουμε τὴ μέση ἀπόσταση ἐνὸς πλανῆτη ἀπὸ τὸν Ἡλιο, δταν γνωρίζουμε τὴν περίοδο τῆς περιφορᾶς του.

Ἀριθμητικὸ παράδειγμα. Ἡ περίοδος περιφορᾶς τοῦ πλανῆτη Ἀρη εἰναι 687 γήνες μέρες. Πόση εἰναι ἡ μέση ἀπόστασή του ἀπὸ τὸν Ἡλιο.

Ἄνση. Σύμφωνα μὲ τὸν τρίτο νόμο τοῦ Κέπλερου θὰ ἔχουμε:

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

Ἄλλα εἰναι γνωστὸ διτὶ ἡ περίοδος περιφορᾶς Γῆς = 365 μέρες καὶ ἡ περίοδος περιφορᾶς Άρη = = 687 μέρες, διτὶ ἀκτίνα περιφορᾶς Γῆς = $150 \cdot 10^8$ km καὶ ἀκτίνα περιφορᾶς Άρη = x. Ἐπομένως θὰ εἰναι:

$$\frac{365^2}{687^2} = \frac{(150 \cdot 10^8)^3}{x^3} \Delta\eta. \quad x = 228 \cdot 10^8 \text{ km.}$$

§ 43. Τὰ σώματα τοῦ ἥλιακοῦ μας συστήματος. Ὁ "Ἥλιος, οἱ πλανῆτες καὶ οἱ δορυφόροι τους καὶ ἔνας ἄγνωστος ἀριθμὸς ἀπὸ κομῆτες καὶ μετεωρίτες ἀποτελοῦν τὸ ἥλιακό μας σύστημα.

Ο "Ἥλιος εἶναι τὸ κεντρικὸ σῶμα μὲν μάζα 800 φορές περίπου μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν συνολικὴν μάζα δλων τῶν ὑπόλοιπων σωμάτων τοῦ συστήματος. Ἡ ἀκτίνα τῆς ἥλιακῆς σφαίρας εἶναι ἵση μὲ 109 γήινες ἀκτίνες, ἐνῶ ἡ ἀκτίνα τῆς περιφορᾶς τῆς Σελήνης γύρω ἀπὸ τὴν Γῆ εἶναι ἵση μὲ 60 περίπου γήινες ἀκτίνες.

Οἱ πλανῆτες χωρίζονται σὲ τρεῖς ὁμάδες: στοὺς ἐσωτερικοὺς πλανῆτες, στοὺς πλανητειδεῖς ἢ ἀστεροειδεῖς καὶ στοὺς ἐξωτερικοὺς πλανῆτες.

Οἱ ἐσωτερικοὶ πλανῆτες ὡς πρὸς τὴν σειρὰ ἀποστάσεών τους ἀπὸ τὸν "Ἥλιο εἶναι οἱ ἔξηις: Ἔρημῆς, Ἀφροδίτη, Γῆ, Ἀρης.

Οἱ πλανητειδεῖς ἢ ἀστεροειδεῖς περιστρέφονται γύρω ἀπὸ τὸν "Ἥλιο καὶ στὸ χῶρο ποὺ βρίσκεται ἀνάμεσα στὶς τροχιές τοῦ "Ἀρη καὶ τοῦ Δία (σχ. 35). Ὡς σήμερα εἶναι γνωστοὶ 2 000 περίπου. Κανένας ἀπὸ αὐτοὺς δὲν φτάνει τὸ μέγεθος τῆς Σελή-

νης καὶ ἡ διάμετρος μερικῶν εἶναι μικρότερη ἀπὸ 10 χιλιόμετρα.

Οἱ ἐξωτερικοὶ πλανῆτες εἶναι οἱ: Δίας (Ζεύς), Κρόνος, Οὐρανός, Ποσειδῶν καὶ Πλούτων.

Οἱ κομῆτες καὶ οἱ μετεωρίτες ἀνήκουν κατὰ ἔνα μέρος στὸ ἥλιακό μας σύστημα, Οἱ τροχιές τῶν περιοδικῶν κομητῶν, ἐκείνων δηλαδὴ ποὺ κάνουν τὴν ἐμφάνισή τους σὲ δρισμένα χρονικὰ διαστήματα, εἶναι πολὺ συμπιεσμένες ἐλλείψεις.

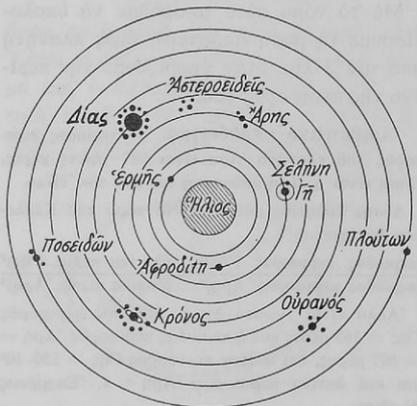
Ἡ Γῆ, ὁ πλανήτης ποὺ κατοικοῦμε, ἀνήκει στοὺς ἐσωτερικοὺς πλανῆτες καὶ ἔχει ἔνα δορυφόρο, τὴν Σελήνη. Οἱ δορυφόροι εἶναι μικροὶ πλανῆτες, ποὺ στρέφονται γύρω ἀπὸ ἄλλους πλανῆτες, ἐνῶ ταυτόχρονα τοὺς ἀκολουθοῦν στὴν περιστροφὴ γύρω ἀπὸ τὸν "Ἥλιο.

§ 44. Τεχνητοὶ δορυφόροι. "Οταν ἐκσφενδονίσουμε μὲ δύναμη ἔνα βαρὺ σῶμα, αὐτὸ διαγράφει μιὰ καμπύλη τροχιά, ποὺ τὸ κοῖλο μέρος τῆς εἶναι στραμμένο πρὸς τὴν Γῆ. "Ετοι τὸ σῶμα ἀπὸ κάποια στιγμὴ καὶ ἔπειτα κινεῖται πλησιάζοντας διοένα τὴν Γῆ καὶ τέλος πέφτει ἐπάνω στὴν ἐπιφάνεια τῆς.

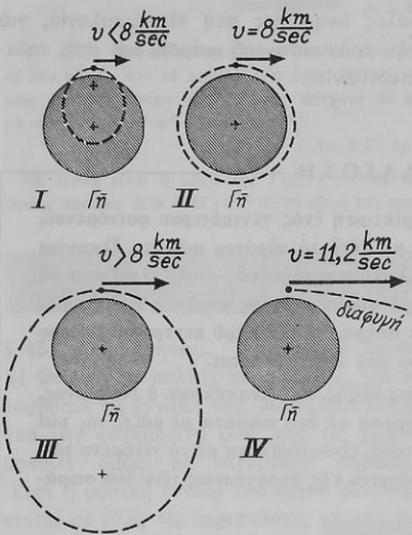
"Αν κατὰ τὴν ἐκσφενδόνιση καταβάλουμε μεγαλύτερη δύναμη, τὸ σῶμα θὰ πέσει σὲ μεγαλύτερη ἀπόσταση, κι ἂν διαθέτουμε μιὰ βλητικὴ μηχανή, τέτοια ὡστε νὰ μποροῦμε νὰ αὐξάνουμε τὴ δύναμη ἐκτοξεύσεως, θὰ πετυχαίνουμε διοένα καὶ μεγαλύτερες ἀποστάσεις ἀνάμεσα στὸ σημεῖο βολῆς καὶ στὸ σημεῖο προσκρούσεως ἐπάνω στὸ ἔδαφος.

Αὐξάνοντας τὴ δύναμη ἐκτοξεύσεως μεγαλώνομε τὴν ταχύτητα ἐκτοξεύσεως.

"Υπάρχει μιὰ ταχύτητα ἐκτοξεύσεως, μὲ τὴν δόπια τὸ σῶμα δὲν ξαναπέφτει στὴ Γῆ. "Η ταχύτητα αὐτὴ δονομάζεται ταχύτητα διαφυγῆς καὶ εἶναι ἵση μὲ 8 km/sec, ὅταν δὲν ὑπολογίζεται ἡ ἀντίσταση τοῦ ἀέρα (σχ. 36). "Αν λοιπὸν ἀπὸ ἔνα ἀρκετὰ ψηλὸ



Σχ. 35. Τὰ οὐράνια σώματα ποὺ ἀποτελοῦν τὸ ἥλιακό μας σύστημα.



Σχ. 36. Τὸ εἰδος τῆς τροχιᾶς ἐνὸς σώματος, που βάλλεται δριζόντια, ἔξαρταται ἀπὸ τὴν ἀρχικὴν του ταχύτητα.

σημεῖο ἐκσφενδονίσουμε δριζόντια ἔνα σῶμα μὲ ταχύτητα 8 km/sec, τὸ σῶμα αὐτὸ δὲν ἔναντιέται στὴ Γῆ, ἀλλὰ στρέφεται γύρω ἀπὸ τὴ Γῆ σὲ κυκλικὴ τροχιά. Τὸ σῶμα τότε γίνεται τεχνητὸς δορυφόρος. Ὡν τὴν ταχύτητα διαφυγῆς εἶναι μεγαλύτερη ἀπὸ 8 km/sec, ἀλλὰ μικρότερη ἀπὸ 11,2 km/sec, τὸ σῶμα διαγράφει ἐλλειπτικὴ τροχιά. Τέλος τὸ σῶμα ἔξεφυγει ἀπὸ τὴν ἔλξη τῆς Γῆς καὶ χάνεται στὸ Διάστημα, δὲν τὴν ταχύτητα διαφυγῆς ἔσπεράσει τὰ 11,2 km/sec (σχ. 36, IV).

Ο αἰώνας μας χαρακτηρίζεται ἀπὸ ἔντονη προσπάθεια τοῦ ἀνθρώπου νὰ εἰσχωρήσει στὰ μυστικὰ τῆς Φύσης καὶ νὰ ἔξηγήσει ὅλα τὰ φυσικὰ φαινόμενα. "Ἐνας ἀπὸ τοὺς τρόπους ποὺ δείχνουν τὴν προσπάθεια αὐτὴ εἶναι καὶ ἡ ἔξερευνηση τοῦ Διαστήματος, ποὺ γίνεται μὲ τοὺς τεχνητοὺς δορυφόρους: γιὰ τὴν ἑκτόξευσή τους χρησιμοποιοῦνται εἰδικοὶ πύραυλοι.

Ἡ πρώτη σοβαρὴ προσπάθεια κατασκευῆς πυραύλων ἔγινε κατὰ τὰ τέλη τοῦ Β' Παγκοσμίου Πολέμου, δὲν οἱ Γερμανοὶ μηχανικοὶ κατασκεύασαν τὶς λεγόμενες ἴπτάμενες βόμβες τύπου V - 2. Μετὰ τὸ τέλος τοῦ πολέμου οἱ πύραυλοι V - 2 χρησιμοποιήθηκαν γιὰ καθαρὰ ἐπιστημονικοὺς σκοπούς, δὲν ἦταν ὅμως σὲ θέση νὰ ἀναπτύξουν τὴν ταχύτητα διαφυγῆς καὶ νὰ ἀποδεσμευτοῦν ἀπὸ τὴ γήινη ἔλξη. Τὸ πρόβλημα λύθηκε μιὰ δεκαετία περίπου ἀργότερα, δὲν Ἀμερικανοὶ καὶ Ρώσσοι ἐπιστήμονες, ἐργαζόμενοι ξεχωριστά, κατασκεύασαν πολυώροφους πυραύλους, ἡ ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τῶν ὅποιών εἶναι ἡ ἀκόλουθη:

"Οταν ὁ πύραυλος ἀνεβεῖ σὲ ἔνα δρισμένο ὑψος καὶ καταναλώσει τὰ καύσιμα τοῦ κατώτερου δρόφου του, τότε ἀποχωρίζεται τὸ δροφο ἀυτό, ἐνῶ ταυτόχρονα πυροδοτεῖται ὁ ἐπόμενος δροφος. Ἡ διαδικασία αὐτὴ συνεχίζεται, ὥστου χρησιμοποιηθοῦν δλοὶ οἱ δροφοι, ὅπότε ὁ πύραυλος ἔχει ἀνεβεῖ στὸ ἐπιθυμητὸ ὑψος.

"Ο πολυώροφος πύραυλος ἔχει στὴν κορυφὴ του τὸ δορυφόρο, ποὺ τὸν θέτει σὲ τροχιὰ γύρω ἀπὸ τὴ Γῆ δ τελευταῖος δροφος. Κατὰ τὴν πυροδότησή του ὁ δροφος αὐτὸς ἔχει τέτοια θέση, ὥστε νὰ ἐκτοξεύσει τὸ δορυφόρο παράληλα πρὸς τὴν ἐπιφάνεια τῆς Γῆς.

Οι τεχνητοὶ δορυφόροι εἶναι ἐφοδιασμένοι μὲ ἐπιστημονικὰ ὅργανα καὶ μεταδίδουν, μὲ τὴ βοήθεια κωδικοποιημένων σημάτων, τὰ ἀποτελέσματα διαφόρων μετρήσεων.

"Ο πρῶτος τεχνητὸς δορυφόρος ἔξαπολύθηκε ἀπὸ τοὺς Ρώσους στὶς 4 Ὁκτωβρίου 1957 (Σπούντνικ I). Ο ἀμέσως ἐπόμενος τεχνητὸς δορυφόρος ἦταν Ἀμερικανικὸς καὶ ἐκτοξεύτηκε στὶς 31 Ιανουαρίου 1958 ἀπὸ τὶς Ἕνωμένες Πολιτεῖες (Explorer I, 'Εξερευνητῆς I). Σήμερα πιὰ γίνονται καὶ ἐπανδρωμένες πτήσεις. Κατὰ τὴν διάρκεια τῶν πτήσεων αὐτῶν πραγματοποιοῦνται ἐκπληκτικὰ πειράματα, δπως τὸ βάδισμα στὸ

Διάστημα, ή προσέγγιση τῶν διαστημοπλοίων, ή πτήση τους σὲ σχηματισμό κ.λπ. Οἱ τεχνητοὶ δορυφόροι προσφέρουν με-

γάλες ύπηρεσίες στὴ Μετεωρολογία, γιὰ τὴν πρόγνωση τοῦ καιροῦ, καὶ στὶς τηλεπικοινωνίες.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Ἡ γήινη βαρύτητα εἶναι μερικὴ περίπτωση ἐνὸς γενικότερου φαινομένου, ποὺ ὀνομάζεται παγκόσμια ἔλξη. Σύμφωνα μὲ αὐτὸ τὰ οὐράνια σώματα ἔλκονται ἀμοιβαῖα. Παρ' δλα αὐτά, τὰ ἄστρα δὲν ἀλληλοσυγκρούονται, γιατὶ κινοῦνται σὲ κλειστὲς καμπύλες τροχιές, ποὺ μοιάζουν μὲ συμπιεσμένους κύκλους καὶ ὀνομάζονται ἐλλειψεις, γύρῳ ἀπὸ ἄλλα κεντρικὰ ἄστρα. Ἡ ἔλξη τοῦ κεντρικοῦ ἄστρου ἐνεργεῖ σὰν κεντρομόλα δύναμη τοῦ ἄστρου ποὺ περιστρέφεται.

2. Σύμφωνα μὲ τὸ νόμο τῆς παγκόσμιας ἔλξης, ποὺ ἀνακάλυψε ὁ Νεύτωνας, ἡ Ἐλκτικὴ δύναμη F , ποὺ ἀναπτύσσεται ἀνάμεσα σὲ δύο σώματα μὲ μάζες m_1 καὶ m_2 ὅταν βρίσκονται σὲ ἀπόσταση r μεταξύ τους, εἶναι ἀνάλογη μὲ τὸ γινόμενο τῶν μαζῶν καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογη μὲ τὸ τετράγωνο τῆς ἀποστάσεως τῶν δύο σωμάτων. Δηλαδή:

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

ὅπου τὸ k εἶναι μία σταθερὴ ποσότητα, ποὺ τὴν δονομάζομε σταθερὴ τῆς παγκόσμιας ἔλξης.

3. Τὰ ἀστέρια τοῦ οὐρανοῦ εἶναι κυρίως ἀπλανῆτες καὶ πλανῆτες. Οἱ ἀπλανῆτες, ποὺ ἀποτελοῦν τὴ συντριπτικὴ πλειονότητα τῶν οὐράνιων σωμάτων, εἶναν σὰν τὸν Ἡλίο μας, ἀπέχουν τεράστιες ἀποστάσεις ἀπὸ τὴ Γῆ μας καὶ στὸ σύντομο διάστημα μιᾶς ἀνθρώπινης ζωῆς φαίνονται σὰν νὰ μήν τῶν έχουν μετακινηθεῖ ἐπάνω στὴν οὐράνια σφαίρα. Οἱ πλανῆτες στρέφονται γύρῳ ἀπὸ τὸν Ἡλίο καὶ οἱ μεγάλοι ἀπὸ αὐτοὺς εἶναι, μαζὶ μὲ τὴ Γῆ, ἐννέα. Αὐτοὶ κινοῦνται σχετικὰ μὲ τοὺς ἀπλανῆτες.

4. Στὴν ἀρχαιότητα πίστευαν ὅτι ἡ Γῆ ἀποτελεῖ τὸ κέντρο τοῦ κόσμου. Ὁ Κοπέρνικος ὑστερα ἀπὸ πολυετεῖς μελέτες καὶ παρατηρήσεις, ἔφτασε στὸ συμπέρασμα, ὅτι τὸ κέντρο τοῦ κόσμου εἶναι ὁ Ἡλίος καὶ ὅτι οἱ πλανῆτες, δῆπος καὶ ἡ Γῆ, στρέφονται γύρῳ ἀπὸ τὸν Ἡλίο. Τὴ θεωρία τοῦ Κοπέρνικου τελειοποίησε ὁ Κέπλερος ποὺ ἀνακάλυψε καὶ τοὺς νόμους τῆς περιφορᾶς τῶν πλανητῶν γύρῳ ἀπὸ τὸν Ἡλίο. Σήμερα οἱ ἀστρονόμοι πιστεύουν ὅτι τὸ ἥλιακό μας σύστημα εἶναι ἕνα ἀπὸ τὰ ἀπειράτιμα ἀνάλογα συστήματα τοῦ Σύμπαντος.

5. Οἱ μικροὶ πλανῆτες, ποὺ στρέφονται γύρῳ ἀπὸ ἕνα μεγαλύτερο πλανήτη καὶ τὸν ἀκολουθοῦν συγχρόνως στὴν περιφορᾶ του γύρῳ ἀπὸ τὸν Ἡλίο, λέγονται δορυφόροι. Ἡ Σελήνη π.χ. εἶναι δορυφόρος τῆς Γῆς.

6. Τὰ τελευταῖα χρόνια οἱ ἐπιστήμονες ἐκτόξευσαν τεχνητοὺς δορυφόρους γιὰ τὴν ἔξερεύνηση τοῦ Διαστήματος, ὅπως ἐπίσης καὶ γιὰ πρακτικοὺς τηλεπικοινωνιακοὺς σκοπούς. Οἱ τεχνητοὶ δορυφόροι εἶναι ἐπίσης οἱ πρόδρομοι τῶν διαστημοπλοίων.

41. Πόση έλκτική δύναμη άναπτνεται άνάμεσα σε δύο πλοία, πού τό καθένα έχει μάζα 20 000 τόνους και τά κέντρα βάρους τους απέχουν 60 m; ($k = 6,67 \cdot 10^{-11} m^3 \cdot kg^{-1} \cdot sec^{-2}$).

('Απ. 0,74 kp.)

42. Πόση είναι ή μάζα της Γης; ('Ακτίνα της γήινης σφαίρας $R = 6,37 \cdot 10^6 m$, σταθερή της παγ-

κόσμιας έλξης $k = 6,67 \cdot 10^{-11} m^3 \cdot kg^{-1} \cdot sec^{-2}$).
('Απ. 5,97 $\cdot 10^{24} kg$.)

43. Ένα σῶμα ζηγίζει στήν έπιφάνεια της Γης 100 kp. a) Πόσο είναι τό βάρος τού σώματος σε γήφος 4 000 m; β) Σὲ πόσο υψος τό βάρος τού σώματος φτάνει τά 99,8 kp; ('Η άκτινα της Γης νά ληφθει ιση με 6 366 km). ('Απ. α' 99,937 kp. β' 6 300 m.)

Z — ΕΡΓΟ ΔΥΝΑΜΕΩΣ

§ 45. Γενικότητες. Έννοια τοῦ έργου. Ή Φυσική σε πολλές περιπτώσεις, γιὰ νὰ έκφρασει τὶς έννοιες της, δανείζεται λέξεις ἀπὸ τὴν καθημερινὴ ζωὴ, ποὺ τὶς χρησιμοποιεῖ δμως μὲ στενότερη σημασία. Ήτσι η φυσικὴ έννοια τοῦ έργου δὲν συμπίπτει σὲ δλες τὶς περιπτώσεις μὲ τὴν έννοια τοῦ έργου στὴν καθημερινὴ δμιλία. Πραγματικὰ δ πολὺς κόσμος ἐννοεῖ έργο τὸ ἀπότελεσμα μιᾶς κοπιαστικῆς καὶ κουραστικῆς έργασίας. Γ' αὐτὸ δχωρὶς ἄλλο δ κοινὸς ἀνθρώπως θὰ χαρακτηρίσει σὰν έργο τὴν προσπάθεια ἐνὸς ἀτόμου νὰ κρατήσει γιὰ ένα χρονικὸ διάστημα ένα βάρος μὲ ἀκίνητο καὶ δριζόντι τὸ χέρι του. Απὸ φυσικὴ δμως ἀποψη στὴν περίπτωση αὐτὴ δὲν πραγματοποιήθηκε κανένα έργο. Σὲ ἄλλες δμως περιπτώσεις υπάρχει ταύτιση τῶν δύο έννοιῶν.

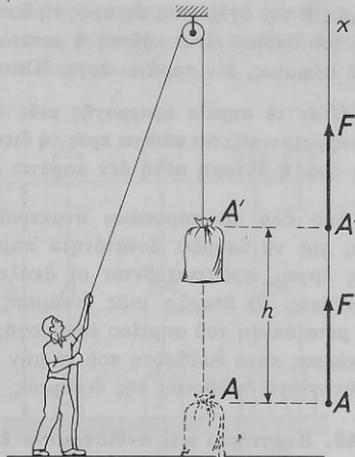
Ήτσι, δταν σηκώνουμε ένα σῶμα ἀπὸ τὸ ἔδαφος καὶ τὸ τοποθετοῦμε ἐπάνω στὸ τραπέζι, ἐκτελοῦμε έργο, σύμφωνα μὲ τὴ γλώσσα της καθημερινῆς χρήσης καὶ της Φυσικῆς.

Τὸ ίδιο συμβαίνει, δταν ένα ἄλογο σέρνει μιὰν ἄμαξα ή ένας έργατης μὲ τὴ βοήθεια μιᾶς τροχαλίας ἀνυψώσει ένα φορτίο (σχ.37).

Τὸ ἄλογο ἀσκεῖ, μὲ τὴ ζεύξη, μιὰ δύναμη στὴν ἄμαξα καὶ δ ἐργάτης, γιὰ νὰ ἀνυψώσει τὸ φορτίο, ἀσκεῖ μιὰ δύναμη στὸ σκοινί, ποὺ μεταβιβάζεται στὸ φορτίο ποὺ ἀνυψώνεται.

Τὸ βασικὸ στὰ φαινόμενα αὐτὰ είναι δτι καταβάλλεται μιὰ δύναμη, ποὺ μετακινεῖ ἀδιάκοπα τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς της. Στὴν περίπτωση π.χ. τοῦ έργατη ποὺ ἀνυψώνει τὸ φορτίο, τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς της δυνάμεως μετατοπίστηκε ἀπὸ τὸ σημεῖο A στὸ A'. Τότε λέμε δτι η δύναμη παράγει έργο. Ήστε:

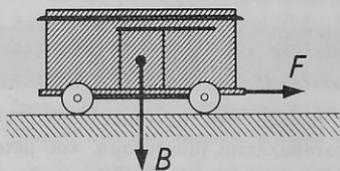
Στὴ Φυσικὴ λέμε δτι μιὰ δύναμη παράγει έργο, δταν μετατοπίζει τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς της.



Σχ. 37. Ό έργατης, ποὺ ἀνυψώνει τὸ σακί χρησιμοποιώντας τὴν τροχαλία, παράγει έργο.

Δέν πρέπει άστόδο νά νομίζουμε ότι για δόπιαδήποτε διεύθυνση της μετακινήσεως του σημείου έφαρμογής της δυνάμεως παράγεται έργο. Πραγματικά, ας θεωρήσουμε τό ακόλουθο παράδειγμα:

Ένα σιδηροδρομικό όχημα (σχ. 38) κινεῖται έπάνω σε δριζόντιες ράγιες. Αν δὲν



Σχ. 38. Τὸ βάρος B τοῦ όχηματος ποὺ κινεῖται δριζόντια δὲν παράγει έργο.

ἀσκεῖται έπάνω του καμιά άλλη δύναμη, έκτος ἀπὸ τὸ βάρος του B, θὰ μένει άκινητο. Αν ἀσκήσουμε μιὰ δριζόντια δύναμη F στὸ όχημα, αὐτὸς θὰ κινεῖται δριζόντια καὶ ή δύναμη F θὰ παράγει έργο.

Ἡ κίνηση διφείλεται ἀποκλειστικά στὴ δύναμη F, ἄρα καὶ τὸ έργο ποὺ παράγεται προέρχεται μόνο ἀπὸ τὴ δύναμη αὐτῆς. Τὸ βάρος B τοῦ όχηματος, ὡς πρὸς τὴ διεύθυνση τοῦ ὅποιου εἰναι κάθετη ἡ μετατόπιση τοῦ σώματος, δὲν παράγει έργο. Ωστε:

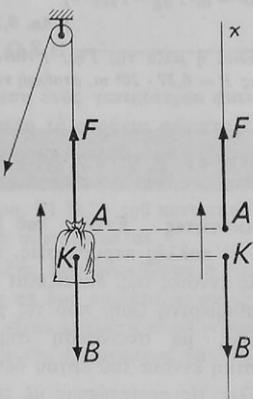
“Οταν τὸ σημεῖο έφαρμογῆς μιᾶς δυνάμεως μετατοπίζεται κάθετα πρὸς τὴ διεύθυνσή της, ή δύναμη αὐτῆς δὲν παράγει έργο.

‘Απὸ δὴ τὰ παραπάνω συμπεραίνομε δτι, γιὰ νά υπάρξει δυνατότητα παραγωγῆς έργου, προαιπατοῦνται οἱ ἀκόλουθες συνθῆκες: α) Ὕπαρξη μιᾶς δυνάμεως καὶ β) μετατόπιση τοῦ σημείου έφαρμογῆς τῆς δυνάμεως κατὰ διεύθυνση ποὺ νά μήν εἰναι κάθετη στὴ διεύθυνση τῆς δυνάμεως.

§ 46. Κινητήριο καὶ ἀνθιστάμενο έργο.

“Οταν δὲργάτης τραβᾷ τὸ σκοινὶ τῆς τροχαλίας, στὸ σακὶ ἀσκοῦνται δύο κατακόρυφες ἵσες καὶ ἀντίθετες δυνάμεις: Τὸ

βάρος του B, μὲ διεύθυνση πρὸς τὰ κάτω, καὶ ή ἐλκτικὴ δύναμη F, ποὺ τὴν ἀσκεῖ μὲ τὸ σκοινὶ ὁ ἐργάτης καὶ ποὺ κατευθύνεται πρὸς τὰ πάνω (σχ. 39).



Σχ. 39. Τὸ σακὶ ποὺ ἀνυψώνεται δέχεται τὴ δράση δύο ἀντίθετων δυνάμεων.

α) “Οταν τὸ φορτίο ἀνυψώνεται, τὸ σημεῖο έφαρμογῆς A τῆς F μετατοπίζεται πρὸς τὰ πάνω, κατὰ τὴ φορὰ δηλαδὴ τῆς δυνάμεως. Στὴν περίπτωση αὐτῇ λέμε ὅτι η δύναμη παράγει κινητήριο έργο ή ὅτι παράγεται έργο κινητήριας δυνάμεως. Ωστε:

“Οταν η φορὰ τῆς μετατοπίσεως συμπίπτει μὲ τὴ φορὰ τῆς δυνάμεως, λέμε ὅτι η δύναμη παράγει κινητήριο έργο.

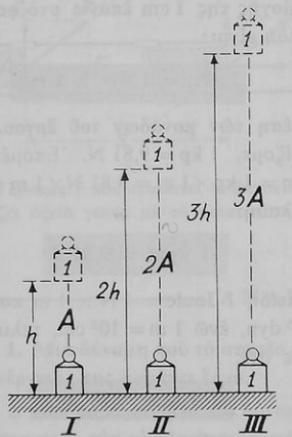
β) “Οταν ἀνυψώνουμε τὸ φορτίο, τὸ βάρος B τοῦ σακιοῦ ἀντιστέκεται στὴ δύναμη F ποὺ τὸ ἀνυψώνει. Τὸ σημεῖο έφαρμογῆς τοῦ βάρους B, δηλαδὴ τὸ κέντρο βάρους K, μετατοπίζεται ἐπίσης. Ἡ φορὰ δύως τῆς μετατοπίσεως εἰναι ἀντίθετη πρὸς τὴ φορὰ τῆς δυνάμεως, γιατὶ τὸ βάρος κατευθύνεται πρὸς τὰ κάτω, ἐνῶ τὸ σημεῖο έφαρμογῆς του K μετατοπίζεται πρὸς τὰ πάνω. Στὴν περίπτωση αὐτῇ λέμε ὅτι παράγεται ἀνθιστάμενο έργο ή έργο ἀνθιστάμενης δυνάμεως. Ωστε:

Όταν ή φορά τής μετατοπίσεως και ή φορά τής δυνάμεως είναι άντιθετες, λέμε ότι παράγεται άνθιστάμενο έργο.

γ) Άντιστροφα, ἀν κρατώντας τὸ σκοινὶ κατεβάζουμε σιγὰ - σιγὰ τὸ σακὶ, τότε τὸ βάρος Β θὰ παράγει κινητήριο έργο, ἐνῶ ή δύναμη F άνθιστάμενο έργο.

§ 47. Χαρακτῆρες τοῦ έργου. A) Η μετατόπιση συμπίπτει μὲ τὴ κατεύθυνση τῆς δυνάμεως. 1. Μεταφέρομε ἔνα κιβώτιο στὸν τρίτο ὅροφο μιᾶς πολυκατοικίας. Στὴ μεταφορὰ αὐτῇ ή δύναμη ποὺ καταβάλλομε παράγει ἔνα ὄρισμένο έργο, τὸ δόποιο θὰ είναι βέβαια μεγαλύτερο ἀπὸ τὸ έργο ποὺ θὰ παραχθεῖ, ἀν μεταφερθεῖ τὸ κιβώτιο στὸν πρῶτο ή στὸν δεύτερο ὅροφο.

Ἄς παραστήσουμε μὲ Α τὸ έργο ποὺ ἀπαιτεῖται, γιὰ νὰ ἀνυψώσουμε ἔνα βάρος 1 kp σὲ ὕψος h (σχ. 40, I). Γιὰ νὰ ἀνυψώσουμε τὸ ἴδιο βάρος σὲ διπλάσιο ὕψος 2h (σχ. 40, II), πρέπει νὰ καταβάλλομε έργο ίσοδύναμο μὲ ἑκεῖνο ποὺ ἀπαιτεῖται, γιὰ νὰ ἀνυψωθοῦν στὸ ἴδιο ὕψος h χωριστά δύο βάρη τοῦ 1 kp τὸ καθένα, δηλαδὴ 2A. Γιὰ νὰ τὸ ἀνυψώσουμε σὲ ὕψος 3h, θὰ χρειαστοῦμε έργο 3A (σχ. 40, III) κ.ο.κ.



Σχ. 40. Όταν ή δύναμη είναι ὄρισμένη, τὸ έργο είναι ἀνάλογο μὲ τὴ μετατόπιση.

Ωστε:

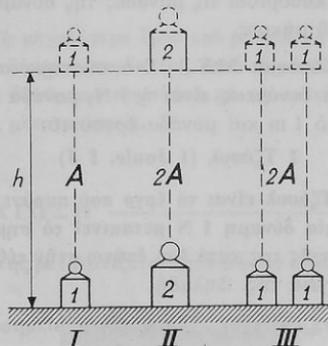
Τὸ έργο ποὺ παράγει μιὰ σταθερὴ δύναμη είναι ἀνάλογο πρὸς τὸ διάστημα, ποὺ διανύει τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς τῆς δυνάμεως στὴ διάρκεια τῆς μετατοπίσεως.

2. Δύο ἐργάτες ἀνεβάζουν σὲ μιὰν ἀποθήκη δύο βαριὰ σακιά, διαφορετικοῦ ὅμως βάρους. Ο πρῶτος μεταφέρει σακὶ βάρους 25 kp καὶ ὁ δεύτερος σακὶ 50 kp. Είναι λογικὸ νὰ βγάζουμε τὸ συμπέρασμα ὅτι ὁ ἐργάτης ποὺ μεταφέρει τὸ σακὶ μὲ τὸ διπλάσιο βάρος, δηλαδὴ τὸ σακὶ τῶν 50 kp, παράγει διπλάσιο έργο ἀπὸ τὸ έργο ποὺ παράγει ὁ ἄλλος ἐργάτης.

Πραγματικά, ἔστω Α τὸ έργο ποὺ ἀπαιτεῖται, γιὰ νὰ ἀνυψώσουμε σὲ ὕψος h ἔνα βάρος 1 kp (σχ. 41, I). Γιὰ νὰ ἀνυψώσουμε στὸ ἴδιο ὕψος ἔνα βάρος 2 kp (σχ. 41, II), πρέπει νὰ καταβάλλομε έργο ίσοδύναμο μὲ ἑκεῖνο ποὺ ἀπαιτεῖται, γιὰ νὰ ἀνυψωθοῦν στὸ ἴδιο ὕψος h χωριστά δύο βάρη τοῦ 1 kp τὸ καθένα, δηλαδὴ έργο 2A (σχ. 41, III).

Ωστε:

Όταν ή μετατόπιση είναι ὄρισμένη, τὸ έργο είναι ἀνάλογο μὲ τὴ σταθερὴ δύναμη ποὺ τὸ παράγει.



Σχ. 41. Όταν ή ἀπόσταση είναι ὄρισμένη, τὸ έργο είναι ἀνάλογο μὲ τὴ δύναμη.

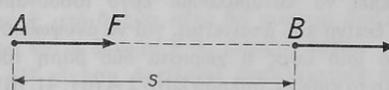
Έξισωση τοῦ ἔργου. Ἀπὸ τὰ παραπάνω συμπεραίνομε διτὶ τὸ ἔργο A, ποὺ παράγει μία σταθερὴ δύναμη F, δταν μετακινεῖ τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς της κατὰ διάστημα s, σὲ κατεύθυνση ποὺ συμπίπτει μὲ τὴ κατεύθυνσή της (σχ. 42), είναι ἀνάλογο μὲ τὴ δύναμη καὶ μὲ τὴ μετατόπιση. Ἐπομένως μποροῦμε νά γράψουμε διτὶ:

$$A = F \cdot s$$

$$\text{Έργο} = \text{δύναμη} \times \text{μετατόπιση}$$

Ἡ ἔξισωση αὐτὴ ἐκφράζει διτὶ:

Τὸ ἔργο μιᾶς δυνάμεως F, ποὺ μετατοπίζει τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς της ἐπάνω στὴν εὐθεία ἐπενέργειά της, είναι ίσο μὲ τὸ γινόμενο τοῦ μέτρου τῆς δυνάμεως ἐπὶ τὸ μῆκος τῆς μετατοπίσεως.



Σχ. 42. Ἡ δύναμη F μεταθέτει τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς της κατὰ διάστημα s καὶ παράγει ἔργο $A = F \cdot s$.

Μονάδες ἔργου. Οἱ μονάδες ἔργου δρίζονται ἀπὸ τὴν ἔξισωση $A = F \cdot s$, ἀφοῦ ἔχομε καθορίσει τὶς μονάδες τῆς δυνάμεως καὶ τοῦ μῆκους.

α) Σύστημα M.K.S. Στὸ σύστημα αὐτὸ μονάδα δυνάμεως είναι ή 1 N, μονάδα μήκους τὸ 1 m καὶ μονάδα ἔργου τὸ:

1 Τζάουλ (1 Joule, 1 J)

Τὸ Τζάουλ είναι τὸ ἔργο ποὺ παράγεται, δταν μία δύναμη 1 N μετακινεῖ τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς της κατὰ 1 m ἐπάνω στὴν εὐθεία ἐπενέργειά της. Δηλαδή:

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

Ωστε, δταν στὴν ἔξισωση τοῦ ἔργου ἐκφράζουμε τὴ δύναμη σὲ μονάδες Νιούτον

καὶ τὴ μετατόπιση σὲ μέτρα, τὸ ἔργο βρίσκεται σὲ Τζάουλ.

Πολλαπλάσιο τοῦ Τζάουλ είναι τὸ κιλοτζάουλ (1 kJ). Τὸ 1 kJ = 1 000 J.

β) Τεχνικό Σύστημα. Στὸ σύστημα αὐτὸ μονάδα δυνάμεως είναι τὸ 1 kp, μονάδα μήκους τὸ 1 m καὶ μονάδα ἔργου τό:

1 κιλοποντόμετρο (1 kpm)

Τὸ κιλοποντόμετρο είναι τὸ ἔργο ποὺ παράγεται, δταν μία δύναμη 1 kp μετακινεῖ τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς της κατὰ 1 m ἐπάνω στὴν εὐθεία ἐπενέργειά της. Δηλαδή:

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

Ωστε, δταν στὴν ἔξισωση τοῦ ἔργου ἐκφράζουμε τὴ δύναμη σὲ κιλοπόντρα καὶ τὴ μετατόπιση σὲ μέτρα, τὸ ἔργο βρίσκεται σὲ κιλοποντόμετρα.

γ) Σύστημα C.G.S. Στὸ σύστημα αὐτὸ, δπου μονάδα δυνάμεως είναι ή 1 δύνη (1 dyn) καὶ μονάδα μήκους τὸ 1 cm, μονάδα ἔργου ἔχομε τό: 1 ἔργο (1 erg).

Τὸ ἔργο είναι τὸ ἔργο ποὺ παράγεται, δταν μία δύναμη 1 dyn μεταθέτει τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς της 1 cm ἐπάνω στὸ φορέα της. Δηλαδή είναι:

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

Σχέση τῶν μονάδων τοῦ ἔργου. Καθὼς γνωρίζομε, 1 kp = 9,81 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 $1 \text{ N} = 10^5 \text{ dyn}$, ἐνδὴ $1 \text{ m} = 10^2 \text{ cm}$, τελικῶς βρίσκομε διτὶ:

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

Άριθμητική ἐφαρμογή. Νά βρεθεῖ τὸ ἔργο ποὺ πραγματοποιεῖ ὁ κινητήρας ἐνὸς γερανοῦ, δταν ἀνυψώνει σὲ ὕψος 15 m φορτίο βάρους 1800 kp.

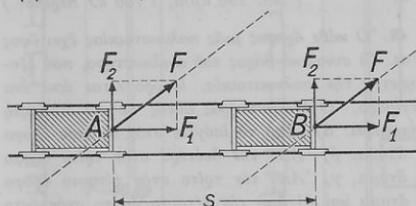
Λύση. α) **Τεχνικό Σύστημα.** Αντικαθιστώντας τά δεδομένα τοῦ προβλήματος στην έξισωση $A = F \cdot s$, δηλαδὴ $F = 1\,800 \text{ kp}$ καὶ $s = 15 \text{ m}$, βρίσκομε $A = 1\,800 \text{ kp} \cdot 15 \text{ m} = 27\,000 \text{ kpm}$.

β) **Σύστημα M.K.S.** Γιὰ νὰ λύσουμε τὸ πρόβλημα στὸ σύστημα αὐτό, πρέπει νὰ τρέψουμε τὰ κιλοπόντα σὲ Νιούτον.

Γνωρίζομε δτὶ $1 \text{ kp} = 9,81 \text{ N}$, ἐπομένως ἔχομε δτὶ $1\,800 \text{ kp} = 1\,800 \cdot 9,81 \text{ N}$, δόποε ή ἔξισωση τοῦ ἔργου μᾶς δίνει:

$$A = 1\,800 \cdot 9,81 \text{ N} \cdot 15 \text{ m} = 264\,870 \text{ Joule}.$$

Β) Ή μετατόπιση καὶ ή δύναμη ἔχουν διαφορετικές διευθύνσεις. Στὰ προηγούμενα ὑπόθεσαμε δτὶ ή δύναμη μεταθέτει τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς της ἐπάνω στὴν εὐθεία ἐπενέργειάς της. Πολὺ συχνὰ δῶμας ή μετακίνηση τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς μιᾶς δυνάμεως καὶ ή δύναμη ἔχουν διαφορετικές κατεύθυνσεις, ὅπως π.χ. συμβαίνει στὴν περίπτωση τοῦ σιδηροδρομικοῦ βαγονιοῦ τοῦ σχήματος 43, τὸ όποιο σύρεται ἀπὸ τὸ σημεῖο A στὸ σημεῖο B ἀπὸ τὴ δύναμη F. Ή κατεύθυνση τῆς δυνάμεως σχηματίζει γωνία διαφορετική ἀπὸ τὴν δρθὴ ώς πρὸς τὴ μετατόπιση.



Σχ. 43. Η δύναμη F ποὺ μετακινεῖ τὰ βαγόνια σχηματίζει δξεία γωνία μὲ τὴ μετατόπιση.

Ωστόσο γνωρίζομε δτὶ ή δύναμη F μπορεῖ νὰ ἀναλυθεῖ σὲ δύο συνιστῶσες, F_1 καὶ F_2 , ἀπὸ τὶς δόποις ή F_1 νὰ ἔχει τὴ φορὰ τῆς μετατοπίσεως καὶ ή F_2 νὰ είναι κάθετη μὲ αὐτῇ. Τὸ ἔργο ποὺ παράγει ή F κατὰ τὴ μετακίνηση θὰ είναι ίσο μὲ τὸ ἀθροισμα τῶν ἔργων ποὺ παράγουν οἱ συνιστῶσες της F₁ καὶ F₂.

Ἐπειδὴ ὅμως η μετατόπιση γίνεται κάθετα πρὸς τὴν F₂, τὸ ἔργο τῆς δυνάμεως αὐτῆς θὰ είναι μηδέν. Απομένει συνεπῶς τὸ ἔργο τῆς F₁, ποὺ είναι ίση μὲ τὴν προβολὴ τῆς δυνάμεως F ἐπάνω στὴ μετατόπιση. Ωστε:

Τὸ ἔργο A μιᾶς δυνάμεως F, ποὺ μετακινεῖ τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς της κατὰ διάστημα s, ἔτσι ὡστε νὰ σχηματίζει γωνία μὲ τὴ κατεύθυνση της, είναι ίσο μὲ τὸ ἔργο ποὺ παράγει η προβολὴ F₁ τῆς δυνάμεως F ἐπάνω στὴ μετατόπιση.

Δηλαδή:

$$A = F_1 \cdot s$$

Ἐπειδὴ η προβολὴ F₁ τῆς F είναι μικρότερη ἀπὸ αὐτὴ καὶ ἐλαττώνεται, δσο μεγαλώνει η γωνία ποὺ σχηματίζει η δύναμη μὲ τὴν μετατόπιση, συμπεραίνομε δτὶ:

Τὸ μεγαλύτερο ἔργο ποὺ μπορεῖ νὰ δώσει μία δύναμη παράγεται, ὅταν η κατεύθυνση τῆς δυνάμεως συμπίπτει μὲ τὴ κατεύθυνση τῆς μετατοπίσεως.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

- Μιὰ δύναμη ποὺ τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς της μετατοπίζεται ἐπάνω στὴν εὐθεία ἐπενέργειάς της παράγει ἔργο.
- Δὲν παράγει ἔργο μιὰ δύναμη, ὅταν τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς της μετατοπίζεται κάθετα πρὸς τὴν εὐθεία ἐπενέργειάς της.
- Μιὰ δύναμη παράγει κινητήριο ἔργο, ὅταν η φορὰ τῆς μετατοπίσεως τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς της συμπίπτει μὲ τὴ φορὰ τῆς δυνάμεως.

4. Μιὰ δύναμη παράγει άνθιστάμενο έργο, όταν ή φορά τῆς μετατοπίσεως τοῦ σημείου έφαρμογῆς της καὶ ή φορά τῆς δυνάμεως είναι ἀντίθετες.

5. "Όταν τὸ σημεῖο έφαρμογῆς μιᾶς σταθερῆς δυνάμεως F μετατοπίζεται πάνω στὴν εὐθεία ἐπενέργειάς της κατὰ s , ὑπολογίζεται τὸ έργο τῆς F ἀπὸ τὴν ἔξισωση:

$$A = F \cdot s$$

6. Μιὰ δύναμη μέτρου 1 kp, ποὺ τὸ σημεῖο έφαρμογῆς της μετατοπίζεται 1 m ἐπάνω στὴν εὐθεία ἐπενέργειας τῆς δυνάμεως, παράγει έργο 1 kpm (1 κιλοποντόμετρον). Μιὰ δύναμη μέτρου 1 N, ποὺ τὸ σημεῖο έφαρμογῆς της μετατοπίζεται 1 m ἐπάνω στὴν εὐθεία ἐπενέργειας τῆς δυνάμεως, παράγει έργο 1 Joule (1 Τζάουλ). Ισχύει ή σχέση:

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

7. "Όταν ή κατεύθυνση μιᾶς δυνάμεως F σχηματίζει μὲ τὴ μετατόπιση γωνία διαφορετική ἀπὸ τὴν ὀρθή, τότε τὸ έργο τῆς δυνάμεως F είναι ἵσο μὲ τὸ έργο τῆς προβολῆς τῆς ἐπάνω στὴ μετατόπιση.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

44. Νὰ ὑπολογιστεῖ τὸ έργο ποὺ θὰ καταναλωθεῖ γάλα νὰ ἀντιφθεῖ κατακόρυφα 12 m μάζα βάρους 125 kp. (*Απ. 1 500 kp.*) τὸ έργο ποὺ παράγεται, όταν ὁ κάδος ἀνεβαίνει 15 m. (Νὰ ἐκφράσετε τὸ έργο σὲ kpm καὶ kJ. (*Απ. 180 kpm, 1 766 kJ περίπου.*)

45. Τὸ σκοινὶ ποὺ σύρει ἕνα μικρὸ βαγόνι ἀσκεῖ δύναμη μέτρου 100 kp. Νὰ ὑπολογιστεῖ τὸ έργο τῆς κινητήριας αὐτῆς δυνάμεως, ἀν τὸ σημεῖο έφαρμογῆς τῆς μετατόπιστε 20 m. (*Απ. 2 000 kpm.*)

46. "Εγα ἀλογο σύρει μιὰν ἄμαξα ἐπάνω σὲ ὅριζόντιο δρόμο, ἀσκώντας σταθερή δύναμη μέτρου 30 kp. Νὰ ὑπολογιστεῖ τὸ έργο ποὺ παράγει ἡ δύναμη αὐτῆς, όταν η ἄμαξα διανύει ἀπόσταση 1 km. (*Απ. 30 000 kp.m.*)

47. Γιὰ νὰ βγάλουμε τὸ πῶμα μιᾶς φιάλης, ἀσκοῦμε ἐπάνω στὸν ἐκπλωματικὴ μέση ἐλκτικὴ δύναμη μέτρου 6 kp. Νὰ ὑπολογιστεῖ τὸ έργο ποὺ θὰ παραχθεῖ ἀπὸ τὴ δύναμη, ἀν τὸ πῶμα μετακινηθεῖ 3 cm. (*Απ. 1,77 J περίπου.*)

48. Γιὰ νὰ ἀνεβάσουμε ἀπὸ τὸ βάθος ἐνὸς πηγαδοῦ ἔναν κάδο γεμάτο χώματα, χρησιμοποιοῦμε μηχανῆμα, ποὺ ἀσκεῖ στὸ σκοινὶ μιᾶς τροχαλίας σταθερὴ ἐλκτικὴ δύναμη μέτρου 12 kp. Νὰ ὑπολογιστεῖ

49. "Ο κάδες δρόφος μιᾶς πολυκατοικίας ἔχει ὑψος 3 m. Τὸ συνολικὸ βάρος τοῦ ἀνελκυστήρα, ποὺ ἔχει πηγετεῖ τὴν πολυκατοικία, ἴσορροπεται ἀπὸ ἔνα ἀντίβαθμο. 'Ο ἀνελκυστήρας αὐτὸς σὲ μιὰ διαδρομὴ μεταφέρει: α) Ἀπὸ τὸ ἵστορειο στὸν δεύτερο δρόφο 8 ἀτομα. β) Ἀπὸ τὸν δεύτερο στὸν τρίτο δρόφο 6 ἀτομα. γ) Ἀπὸ τὸν τρίτο στὸν τέταρτο δρόφο 5 ἀτομα καὶ δ) ἀπὸ τὸν τέταρτο δρόφο στὸν ἑκτὸ 2 ἀτομα. Ζητεῖται τὸ έργο ποὺ ἔδωσε ὁ κινητήρας τοῦ ἀνελκυστήρα κατὰ τὴ διαδρομὴ αὐτῆς, ἀν τὸ μέσο βάρος ἐνὸς ἀτόμου είναι 60 kp. (*Απ. 5.580 kpm.*)

50. "Εγα ὑδροηλεκτρικὸ έργοστάσιο τροφοδοτεῖται μὲ νερὸ ἀπὸ μιὰ τεχνητὴ λίμνη. 'Η ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τῆς λίμνης παρουσιάζει ὑφομετρικὴ διαφορὰ 40 m ἀπὸ τοὺς ὑδροστρόβιλους τοῦ έργοστάσιον. Νὰ ὑπολογιστεῖ τὸ έργο ποὺ παράγεται ἀπὸ τὸ νερὸ σὲ κάθε δευτερόλεπτο. ἀν στὸ χρονικὸ αὐτὸ διάστημα κυκλοφορεῖ στοὺς ὑδροστρόβιλους δύκος 100 m³ νεροῦ. (*Απ. 4 000 000 kp.m.*)

§ 48. "Εννοια τῆς ισχύος. Ός τώρα μελετήσαμε τὸ ἔργο μιᾶς δυνάμεως, χωρὶς νὰ ἐνδιαφερθοῦμε γιὰ τὸ χρόνο ποὺ χρειάστηκε γιὰ νὰ γίνει τὸ ἔργο αὐτό.

"Η πρακτικὴ ἀξία δύμως ἐνὸς κινητήρα, μιᾶς διατάξεως δηλαδὴ ποὺ παράγει ἕνα μηχανικὸ ἔργο, δὲν ἔξαρταται μόνο ἀπὸ τὸ ἔργο ποὺ μπορεῖ νὰ ἀποδώσει, ἀλλὰ καὶ ἀπὸ τὸν χρόνο ποὺ χρειάζεται γιὰ νὰ ἀπο-

δώσει τὸ ἔργο αὐτό. Πραγματικὰ ἔνας ὁποιοσδήποτε κινητήρας δταν ἐργαστεῖ ἀρκετὸ χρόνο, μπορεῖ νὰ ἀποδώσει ὅποιοσδήποτε ἔργο.

Παράδειγμα. Υποθέτομε δτι ἔνας ἐργάτης χρειάζεται 40 δευτερόλεπτα γιὰ νὰ ἀνεβάσει, μὲ τὴ βοήθεια μιᾶς τροχαλίας, ἔναν κάδο 40 kp βάρους σὲ μιὰ σκαλωσιά ὑψους 15 m. Ἔνα ἀναβατόριο, ποὺ λειτουργεῖ μὲ κινητήρα, ἀνυψώνει τὸν ἴδιο κάδο στὸ ἴδιο ὑψος, ἀλλὰ σὲ χρόνο 8 δευτερολέπτων (σχ. 44).

"Ο ἐργάτης καὶ ὁ κινητήρας κατανάλωσαν τὸ ἴδιο ἔργο A, ἵσο μέ:

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

ὅ κινητήρας δύμως σὲ πέντε φορὲς μικρότερο χρόνο ἀπὸ ἑκεῖνον ποὺ χρειάστηκε ὁ ἐργάτης.

Γ' αὐτὸ λέμε δτι ὁ κινητήρας εἶναι πιὸ ισχυρὸς ἀπὸ τὸν ἐργάτη, ἢ δτι ἡ ισχὺς τοῦ κινητήρα εἶναι μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν ισχὺ τοῦ ἐργάτη.

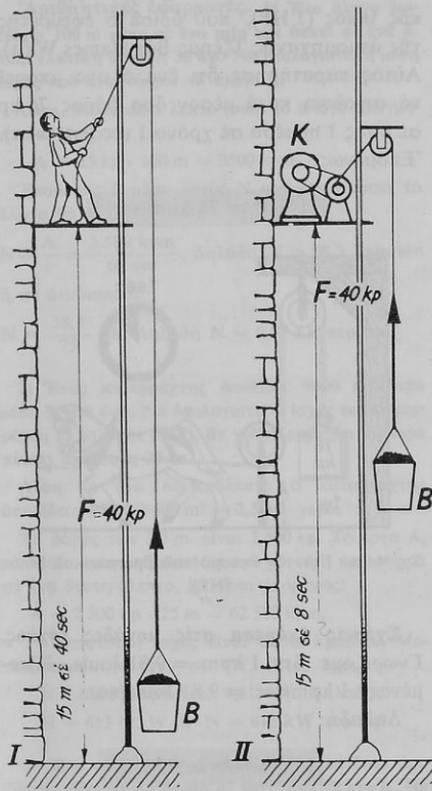
Τὰ παραπάνω μᾶς δόηγοῦν στὸ συμπέρασμα δτι ἡ ἀξία μιᾶς μηχανῆς ἐκτιμᾶται ἀπὸ τὸ ἔργο ποὺ εἶναι σὲ θέση νὰ ἀποδώσει στὴ μονάδα τοῦ χρόνου. Τὸ ἔργο αὐτὸ δονομάζεται ισχὺς τῆς μηχανῆς καὶ συμβολίζεται μὲ τὸ γράμμα N. "Ωστε:

"Ισχὺς N μιᾶς μηχανῆς δονομάζεται τὸ ἔργο A ποὺ παράγει ἡ μηχανὴ στὴ μονάδα τοῦ χρόνου.

Δηλαδὴ:

$$\text{Ισχὺς} = \frac{\text{Ἐργο}}{\text{Χρόνος}} \quad N = \frac{A}{t}$$

Σχέση ἀνάμεσα σὲ ισχύ, δύναμη καὶ ταχύτητα μετατοπίσεως στὴν παραγωγὴ μηχανικοῦ ἔργου. 'Απὸ τὴ γνωστὴ σχέση $N = A/t$, ἐπειδὴ $A = F \cdot s$ καὶ $s/t = v$, παίρνομε:



Σχ. 44. "Ο χρόνος ποὺ χρειάζεται ὁ κινητήρας γιὰ νὰ ἀνυψώσει τὸν κάδο εἶναι τὸ 1/5 τοῦ χρόνου ποὺ χρειάζεται ὁ ἐργάτης. 'Η ισχὺς τοῦ κινητήρα εἶναι λοιπὸν πενταπλάσια ἀπὸ τὴν ισχὺ τοῦ ἐργάτη.

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

Ωστε:

Στήν παραγωγή μηχανικοῦ ἔργου ή ισχύς τῆς μηχανῆς είναι ίση μὲ τὸ γινόμενο τῆς δυνάμεως ποὺ παράγει τὸ ἔργο ἐπὶ τὴν ταχύτητα μεταποίεσως.

Μονάδες ισχύος. Οἱ μονάδες ισχύος ὀρίζονται ἀπὸ τὴν ἔξισωση τῆς ισχύος, ἀφοῦ προηγουμένως καθοριστοῦν οἱ μονάδες τοῦ ἔργου καὶ τοῦ χρόνου.

α) Σύστημα M.K.S. Στὸ σύστημα αὐτὸ μονάδα ἔργου είναι τὸ 1 Τζάουλ, χρόνου τὸ 1 δευτερόλεπτο καὶ μονάδα ισχύος τὸ:

1 Τζάουλ τὸ δευτερόλεπτο (1 Joule/sec)

ποὺ συνήθως δονομάζεται **1 Βάτ (1 Watt, 1 W).** Ωστε:

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

Τὸ Βάτ είναι ή ισχὺς μιᾶς μηχανῆς, ποὺ παράγει ἔργο 1 Τζάουλ σὲ κάθε δευτερόλεπτο.

Ἐπομένως ἂν στήν ἔξισωση τῆς ισχύος ἐκφράζουμε τὸ ἔργο σὲ Τζάουλ καὶ τὸ χρόνο σὲ δευτερόλεπτα, ή ισχὺς θὰ βρίσκεται σὲ Βάτ. Πολλαπλάσιο τοῦ Βάτ είναι τὸ κιλοβάτ (1 kW) καὶ συγκεκριμένα:

$$1 \text{ kW} = 1.000 \text{ W}$$

β) Τεχνικὸ Σύστημα. Στὸ σύστημα αὐτὸ μονάδα ἔργου είναι τὸ κιλοποντόμετρο, χρόνου τὸ δευτερόλεπτο καὶ μονάδα ισχύος τό:

**1 κιλοποντόμετρο τὸ δευτερόλεπτο
(1 kpm/sec)**

γ) **Άλλες μονάδες ισχύος.** Τὸ Βάτ καὶ τὸ κιλοποντόμετρο είναι μικρὲς μονάδες γιὰ τὶς ἀνάγκες τῆς καθημερινῆς ζωῆς Γι'

αὐτὸ στήν Τεχνικὴ κυρίως χρησιμοποιοῦν καὶ τὶς ἀκόλουθες μονάδες:

I. Τὸν ίππο ἢ ἀτμόπιπτο, ποὺ εἶναι:

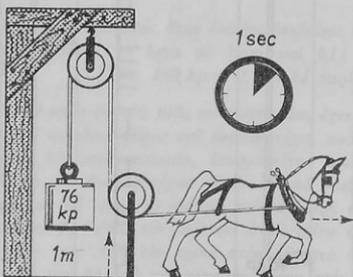
$$1 \text{ ίππος (1 Ch ή 1 PS)} = 75 \text{ kpm/sec}$$

Ωστε:

Ἐνας κινητήρας ἔχει ισχὺ ἑνὸς ίππου, δταν παράγει ἔργο 75 kpm τὸ δευτερόλεπτο.

II. Στὶς ἀγγλοσαξονικὲς χῶρες χρησιμοποιεῖται σὰν μονάδα ισχύος ὁ βρεττανικὸς ίππος (1 HP), ποὺ ὅριεται ὡς ἐφευρέτης τῆς ἀτμομηχανῆς Τζέημς Βάτ (James Watt). Αὐτὸς παρατήρησε ὅτι ἔνα ἀλογο μπορεῖ νὰ σηκώσει κατὰ μέσον ὅρο βάρος 76 kp σὲ ὕψος 1 m μέσα σὲ χρόνο 1 sec (σχ. 44 a). Επομένως:

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



Σχ. 44 a. Γιὰ τὸν ὄρισμὸ τοῦ βρεττανικοῦ ίππου (HP).

Σχέσεις ἀνάμεσα στὶς μονάδες ισχύος. Γνωρίζουμε ὅτι $1 \text{ kpm} = 9,81 \text{ Joule}$. Επομένως: $1 \text{ kpm/sec} = 9.81 \text{ Joule/sec}$.

Δηλαδή:

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

Ἄπὸ τὴν παραπάνω σχέση βρίσκομε ὅτι:

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

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

Παραδείγματα ίσχυων. Στὸν παρακάτω πίνακα ἀναγράφονται οἱ τιμὲς ίσχύος σὲ ίπους (Ch), σὲ δρισμένες κλασικὲς περιπτώσεις.

"Ανθρωπος	ἀπὸ 1/30 μέχρι 1/10
"Αλόγο	» 1/2 μέχρι 3/4
"Ηλεκτρικὸ ψυγεῖο ..	» 1/4 μέχρι 1/3
"Ατμομηχανὴ	» 1 000 μέχρι 6 000
Πύρωντος	ἄνω τῶν 100 000
Μηχανὴ πλοίου	ἴως 150 000
"Ηλεκτρικὸ ἐργοστάσιο	ἴως 700 000

'Αριθμητικὲς ἐφαρμογές. 1) Ένα ἄλογο διατρέχει 100 m μέσα σὲ ἔνα μίν καὶ ἀσκεῖ σὲ ἔνα ἀμάξι ἑλκτικὴ δύναμη 35 kp. Νὰ ὑπολογιστεῖ ἡ μέση ίσχὺς ποὺ ἀναπτύσσει τὸ ἄλογο.

Ἄστη. Μέσα σὲ 1 λεπτὸ (min) τὸ ἄλογο πραγματοποιεῖ ἔργο A:

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

Ἐπομένως ἡ μέση ίσχὺς N ποὺ ἀναπτύσσει τὸ ἄλογο θὰ είναι:

$$N = \frac{A}{t} = \frac{3.500 \text{ kpm}}{60 \text{ sec}}. \text{ Δηλαδὴ } N = 58,3 \text{ kpm/sec}$$

ἡ σὲ ἀτμοπόπους:

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

2) Ένας καταρράχτης ἀποδίδει 9000 m³ νερὸ μέσα σὲ μιὰ ὥρα. Νὰ ὑπολογιστεῖ ἡ ίσχὺς τοῦ καταρράχτη σὲ κιλοβάτ (kW), ὥν γνωρίζουμε ὅτι τὸ νερὸ πέφτει ἀπὸ ύψος 25 m.

Ἄστη. Σὲ ἔνα δευτερόλεπτο ὁ καταρράχτης ἀποδίδει: 9 000/3 600 m³ = 2,5 m³ νερὸ.

Τὸ βάρος τῶν 2,5 m είναι 2 500 kp. Τὸ ἔργο A, τὸ δόπιο πραγματοποιεῖται ἀπὸ τὸ νερὸ ποὺ πέφτει σὲ ἔνα δευτερόλεπτο, θὰ είναι ἐπομένως:

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

Ἡ ἀντίστοιχη ίσχὺς είναι 62 500 kpm/sec. Μετατρέπουμε τὴν ίσχὺν σὲ kW. Ἐτοι ἔχουμε:

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

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

3) Ένα αὐτοκίνητο κινεῖται ἐπάνω σὲ ἔναν ὁρίζοντιο εὐθύγραμμο δρόμῳ μὲ ταχὺτη 72 km/h. Νὰ ὑπολογιστεῖ ἡ μέση ίσχὺς ποὺ ἀναπτύσσει ὁ κινητῆρας τοῦ αὐτοκινήτου, ὥν γνωρίζουμε ὅτι ἡ δύναμη ποὺ ἀσκεῖ είναι σταθερὴ καὶ ἔχει μέτρο 1840 Νιούτον (1840 N).

Λύση. Σὲ ἔνα δευτερόλεπτο τὸ αὐτοκίνητο διανύει ἀπόσταση:

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

Τὸ ἔργο A ποὺ πραγματοποιεῖται σὲ ἔνα δευτερόλεπτο ἀπὸ τὴ δύναμη τοῦ κινητῆρα είναι:

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

Ἡ ίσχὺς ἐπομένως N τοῦ κινητῆρα είναι:

$$N = 36 800 \text{ Watt καὶ } N = \frac{36 800}{736} \text{ Ch. Δηλαδὴ: }$$

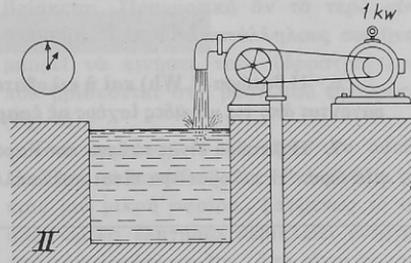
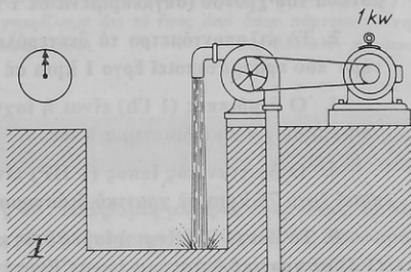
$$N = 50 \text{ Ch}$$

Άλλες μονάδες ἔργου. Άν τὸν τύπο N = A/t τῆς ίσχύος λύσουμε ως πρὸς A, παίρνομε:

$$A = N \cdot t$$

"Ωστε:

Τὸ ἔργο A ποὺ παράγει μία μηχανὴ ίσχύος N, ποὺ ἐργάζεται γιὰ χρόνο t, είναι ίσο μὲ τὸ γινόμενο τῆς ίσχύος ἐπὶ τὸ χρόνο λειτουργίας τῆς μηχανῆς.



Σχ. 45. Ένας κινητῆρας ίσχύος 1 kW παράγει, διαταντὶ ἐργαστεῖ μιὰ ὥρα, ἔργο μιᾶς κιλοβάτωρας.

Από την παραπάνω έξισωση τοῦ έργου συμπεραίνουμε, ἀλλωστε, ὅτι μποροῦμε νὰ όρισουμε καινούριες μονάδες έργου μὲ τὴ βοήθεια τῶν μονάδων τῆς ίσχύος καὶ τοῦ χρόνου:

α) Βατώρα (1 Wh). Ή μονάδα αὐτὴ ὥριζεται ἀπὸ τὴν παραπάνω έξισωση τοῦ έργου, ὅταν $N = 1 \text{ W}$ καὶ $t = 1 \text{ h}$. Δηλαδή:

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

“Ωστε: Ή βατώρα (1 Wh) εἶναι τὸ έργο ποὺ παράγεται σὲ μιὰ ὥρα (1 h) ἀπὸ μιὰ μηχανὴ ίσχύος ἐνὸς Βάτ (1 W).

Πολλαπλάσιο τῆς βατώρας εἶναι ἡ κιλοβατώρα (1 kWh) (σχ. 45):

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

β) Σχέση Τζάουλ καὶ βατώρας. Αφοῦ τὸ 1 W ἀντιστοιχεῖ σὲ παραγωγὴ έργου 1 Joule/sec, ἐπόμενο εἶναι ὅτι:

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

“Ωστε:

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

Πρέπει νὰ προσέξουμε ιδιαίτερα ὅτι τὸ Βάτ καὶ τὸ κιλοβάτ εἶναι μονάδες ίσχύος, ἐνῷ ἡ βατώρα καὶ ἡ κιλοβατώρα εἶναι μονάδες έργου.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Ίσχὺς ἐνὸς κινητήρα ὥριζεται τὸ έργο ποὺ πραγματοποιεῖ ὁ κινητήρας στὴ μονάδα τοῦ χρόνου (συγκεκριμένα σὲ 1 sec).
2. Τὸ κιλοποντόμετρο τὸ δευτερόλεπτο (1 kpm/sec) εἶναι ἡ ίσχὺς ἐνὸς κινητήρα ποὺ πραγματοποιεῖ έργο 1 kpm σὲ χρονικὸ διάστημα 1 sec.
3. Ο ἀτμοίποιος (1 Ch) εἶναι ἡ ίσχὺς ἐνὸς κινητήρα, ποὺ πραγματοποιεῖ έργο 75 kpm σὲ χρονικὸ διάστημα 1 sec.
4. Ο βρεττανικὸς ἵππος (1 HP) εἶναι ἡ ίσχὺς ἐνὸς κινητήρα, ποὺ πραγματοποιεῖ έργο 76 kpm σὲ χρονικὸ διάστημα 1 sec.
5. Τὸ Βάτ (1 W) εἶναι ἡ ίσχὺς ἐνὸς κινητήρα, ποὺ πραγματοποιεῖ έργο 1 Τζάουλ (1 J) σὲ χρονικὸ διάστημα 1 sec. Έπομένως ίσχύει ἡ σχέση:

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

6. Η βατώρα (1 Wh) καὶ ἡ κιλοβατώρα (1 kWh) εἶναι μονάδες έργου, ποὺ παράγονται ἀπὸ τὶς μονάδες ίσχύος μὲ ἐφαρμογὴ τῆς έξισθσεως: $A = N \cdot t$.
7. Η βατώρα εἶναι τὸ έργο ποὺ παράγει μιὰ μηχανὴ ίσχύος 1 W, ὅταν ἐργαστεῖ μία ὥρα. Η κιλοβατώρα εἶναι πολλαπλάσιο τῆς: $1 \text{ kWh} = 1000 \text{ Wh}$.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

51. Νά υπολογιστεῖ σὲ $kpm/sec.$, σὲ Ch καὶ σὲ kW ἡ ίσχυς ποὺ ἀναπτύσσεται ἀπὸ ἑνὸς ἀλογοῦ, ἢν γνωρίζουμε ὅτι κινεῖται μὲ ταχύτητα $4 km/h$ καὶ ἀσκεῖ ἐλκτικὴ δύναμη $30 kp$.

(*Απ. 33,3 kpm/sec, 0,44 Ch, 0,324 kW.*)

52. "Ενας γερανὸς μπορεῖ νὰ ἀνεβάσει φροτίο βάρους $2 Mp$ σὲ ὄψος $12 m$, σὲ χρόνο $24 sec$. Νά υπολογιστεῖ (σὲ Ch καὶ kW) ἡ ίσχυς ποὺ ἀναπτύσσεται ἀπὸ τὸν κινητήρα τοῦ γερανοῦ.

(*Απ. 13,3 Ch, 9,91 kW.*)

53. "Ενας ποδηλάτης κινεῖται σὲ δριζόντιο δρόμο μὲ ταχύτητα $18 km/h$. Μὲ αὐτὴ τὴν ταχύτητα ἡ συνισταμένη τῶν δυνάμεων ποὺ ἀντιστέκεται στὴν πορεία τον καὶ τὴν ὅποια πρέπει νὰ ἀπενεγκῆσει ἔχει μέτρο $1,2 kp$. Ζητεῖται ἡ ίσχυς ποὺ ἀναπτύσσει δὲ ποδηλάτης.

(*Απ. 6 kpm/sec.*)

54. "Ενας αὐτοκάνητος κινεῖται σὲ δριζόντιο δρόμο μὲ ταχύτητα $72 km/h$. Μὲ αὐτὴ τὴν ταχύτητα ἡ συνισταμένη τῆς ἀντιστάσεως τοῦ ἀέρα καὶ τῶν δυνάμεων τριβῆς ἔχει μέτρο $30 kp$. Νά υπολογιστεῖ μὲ τὶς πρώτωθέσεις αὐτὲς ἡ ίσχυς ποὺ ἀναπτύσσει δὲ κινητήρας τοῦ αὐτοκανήτου.

(*Απ. 600 kpm/sec.*)

55. "Ο κινητήρας ἐνός αὐτοκινήτου παρέχει, σὲ

δριζόντιο δρόμο, ίσχὺ $12 Ch$. Τὸ αὐτοκάνητο κινεῖται μὲ ταχύτητα $90 km/h$. Νά υπολογιστεῖ ἡ συνολικὴ δύναμη ποὺ ἀντιστέκεται στὴν κίνηση τοῦ αὐτοκανήτου.

(*Απ. 36 kp.*)

56. Μία δεξαμενὴ ἔχει χωρητικότητα $1\,500 λίτρων$ καὶ τροφοδοτεῖται μὲ νερό ἀπὸ ἕνα πηγάδι μὲ τὴν βοήθεια μας ἀντλίας. Ἡ ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ στὸ πηγάδι βρίσκεται σὲ βάθος $12 m$ ἀπὸ τὸ ἀνοιγμά, ἀπὸ δπον μπαίνει τὸ νερό στὴ δεξαμενή. Νά υπολογιστοῦν: α) Τὸ ἔργο ποὺ πρέπει νὰ παραχθεῖ ἀπὸ τὸν κινητήρα τῆς ἀντλίας, γιὰ νὰ γεμίσει ἡ δεξαμενὴ μὲ νερό. β) Ἡ ίσχυς ποὺ πρέπει νὰ ἀναπτύξει ὁ κινητήρας, ὥστε ἡ ἐγγαίνια αὐτὴ νὰ τελειώσει σὲ μισή ώρα. (Τὸ ἔργο νὰ ἐκφραστεῖ σὲ kJ καὶ kWh).

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

57. "Ενας ἀνθρώπος βάρους $75 kp$ ἀνεβαίνει τρέχοντας μία σκάλα κατακόρυφον ὄψος $4,50 m$ σὲ χρονικὸ δάστημα $5 sec$. Νά υπολογιστεῖ ἡ ίσχυς ποὺ ἀναπτύξει ὁ ἀνθρώπος.

(*Απ. 67,5 kpm/sec, 0,9 Ch.*)

58. "Ενας καταρράκτης ἀποδίδει $9\,000 m^3$ νερὸ τὴν ώρα. Νά υπολογιστεῖ ἡ ίσχυς του σὲ kW , ἀν γνωρίζουμε ὅτι τὸ ὄψος ἀπὸ δπον πέφτον τὰ νερὰ είναι $25 m$.

(*Απ. 613 kW περίπου.*)

Θ' — ΕΝΕΡΓΕΙΑ

§ 49. Γενικότητες. "Εννοια τῆς ἐνέργειας. Τὰ φυσικὰ σώματα ἔχουν, γιὰ διαφορετικοὺς λόγους, τὴν ίκανότητα νὰ παράγουν ἔργο, σταν τοὺς δοθοῦν οἱ κατάλληλες προϋποθέσεις καὶ βρεθοῦν σὲ εἰδικές συνθήκες.

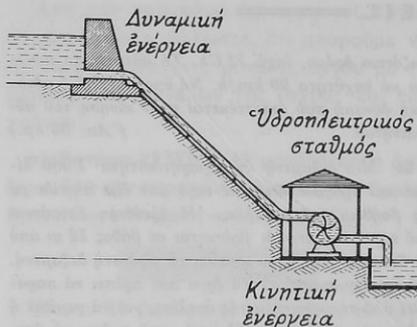
"Οταν ἔνα σῶμα γιὰ ὅποιδήποτε λόγο ἔχει τὴ δυνατότητα παραγωγῆς ἔργου, λέμε ὅτι τὸ σῶμα περικλείει ἐνέργεια.

"Η ἐνέργεια ποὺ περικλείει ἔνα σῶμα ἐκτιμᾶται μὲ τὸ ἔργο ποὺ μπορεῖ νὰ δώσει· γι' αὐτὸν τὸ λόγο μετριέται καὶ υπολογίζεται μὲ τὶς γνωστὲς μονάδες τοῦ ἔργου.

"Ανάλογα ὅμως μὲ τὴν προέλευσή της ή ἀνέργεια ἔχει διάφορες δονομασίες.

§ 50. Διάφορες μορφὲς ἐνέργειας. α) Μηχανικὴ ἐνέργεια. Τὸ νερὸ ἐνὸς ὑδροφράγματος περιέχει ἐνέργεια ἀπὸ τὴ θέση ὅπου βρίσκεται. Πραγματικὰ ἀν τὸ νερὸ αὐτὸ ἀφεθεῖ νὰ τρέξει σὲ κατάλληλους σωλῆνες, μπορεῖ νὰ κινηθεῖ τοὺς ὑδροστρόβιλους ποὺ βρίσκονται στὴ βάση τοῦ φράγματος (σχ. 46).

"Ενα συμπιεσμένο ἐλατήριο ἀν ἀφεθεῖ ἐλεύθερο νὰ τεντωθεῖ, μπορεῖ νὰ τινάξει μακριὰ μιὰ μικρὴ σφαίρα. Έπομένως τὸ συσπειρωμένο ἐλατήριο περικλείει ἐνέργεια ἀπὸ τὴν κατάστασή του, ὅσο είναι συμπιεσμένο. Ή ἐνέργεια αὐτὴ στὴν κατάλληλη στιγμὴ μεταβάλλεται σὲ ἔργο.



Σχ. 46. Τὸ νερὸ τοῦ ὑδροφράγματος περικλείει δυναμικὴ ἐνέργεια, ποὺ τελικὰ κινεῖ τοὺς ὑδροστρόβιλους ἐνὸς ἐργοστασίου.

Ἡ ἐνέργεια ποὺ περικλείει ἔνα σῶμα ποὺ βρίσκεται σὲ ὀρισμένη θέσῃ ἢ ὀρισμένη κατάσταση ὀνομάζεται δυναμικὴ ἐνέργεια.

Ἄπο τὰ παραπάνω συμπεραίνομε, ὅτι ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια ποὺ περικλείει τὸ σῶμα θὰ εἰναι ἵση μὲ τὸ ἔργο ποὺ ἀπαιτήθηκε, γιὰ νὰ ἔλθει τὸ σῶμα στὴ θέση ἢ τὴν κατάσταση ποὺ βρίσκεται. Ἔτσι ἔνα σῶμα βάρους B , ποὺ μεταφέρεται σὲ ὑψος h ἀπὸ τὸ δάπεδο, ἔχει σχετικὰ μὲ τὸ δάπεδο δυναμικὴ ἐνέργεια E_{dyv} ἵση μέ:

$$E_{\text{dyv}} = B \cdot h$$

Πραγματικὰ γιὰ νὰ ἀνεβαστεῖ τὸ σῶμα σὲ ὑψος h , ἀσκήθηκε ἐπάνω του μία δύναμη ἵση μὲ τὸ βάρος του B , ἢ ὁποία κατὰ τὴν ἀνύψωση πρόσφερε ἔργο A ἵσο μέ: $A = B \cdot h$. Τὸ ἔργο ἀκριβῶς αὐτὸ ἀποθηκεύτηκε στὸ σῶμα μὲ μορφὴ δυναμικῆς ἐνέργειας.

Στὴν περίπτωση ἐνὸς συσπειρωμένου ἐλατηρίου ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια εἶναι ἵση μὲ τὸ ἔργο ποὺ καταναλώθηκε γιὰ τὴ συσπείρωσή του.

Ἡ μάζα τοῦ νεροῦ ποὺ πέφτει ἀπὸ ὑψος θέτει σὲ περιστροφὴ τοὺς τροχοὺς τοῦ ὑδροστρόβιλου. Ὁ ἄνεμος, ἡ κινούμενη δηλαδὴ μάζα ἀέρα, κινεῖ τὸ ἴστιοφόρο ἢ τὸν

ἀνεμόμυλο. Τὰ σώματα λοιπὸν ποὺ κινοῦνται διαθέτουν ἐνέργεια χάρη στὴν ταχύτητά τους.

Ἡ ἐνέργεια ποὺ περικλείει ἔνα σῶμα χάρη στὴν ταχύτητά του ὀνομάζεται κινητικὴ ἐνέργεια.

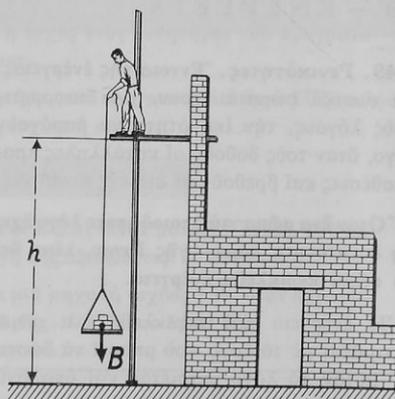
Τὰ πειράματα καὶ οἱ ὑπολογισμοὶ μᾶς παρέχουν τὴ σχέση ποὺ συνδέει τὴν κινητικὴ ἐνέργεια E_{kin} ἐνὸς σώματος μὲ τὴ μάζα του π καὶ μὲ τὴν ταχύτητά του v :

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

Μὲ τὴν κινητικὴ ἐνέργεια ποὺ ἔχει ἔνας ποδηλάτης μπορεῖ νὰ συνεχίσει γιὰ λίγο τὴν κίνησή του χωρὶς νὰ ἐνεργεῖ στὰ πετάλια.

Ἡ δυναμικὴ καὶ ἡ κινητικὴ ἐνέργεια εἶναι δύο μορφὲς τῆς μηχανικῆς ἐνέργειας.

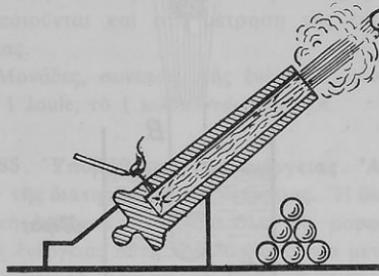
β) Ἐνας ἐργάτης μπορεῖ, χρησιμοποιώντας τὴ δύναμη τῶν μυώνων του, νὰ μεταφέρει ἢ νὰ ἀνεβάσει ὅλικά, μὲ τὴ βοήθεια



Σχ. 47. Ὁ ἐργάτης διαθέτει μωκῆ ἐνέργεια καὶ χάρη σ' αὐτὴ ἀνεβάσει τὸ δίσκο μὲ τὰ ὄλικά.

μιᾶς κατάλληλης διατάξεως. Ό έργατης διαθέτει μυϊκή ένέργεια (σχ. 47).

γ) Τὸ ἐκρηκτικὸ γέμισμα ἐνὸς πυροβόλου ὅπλου περιέχει ἐνέργεια. Πραγματικά, ὅταν πυροδοτηθεῖ, εἶναι σὲ θέση νὰ ἔκτινάξει τὸ βλῆμα σὲ ἀρκετὴ ἀπόσταση, ποὺ κυμαίνεται ἀνάλογα μὲ τὸ εἶδος τοῦ ὅπλου καὶ τὴν ποσότητα τοῦ ἐκρηκτικοῦ γεμίσματος. Ἐπειδὴ ἡ ἐνέργεια αὐτὴ εἶναι ἀποτέλεσμα διαφόρων χημικῶν ἀντιδράσεων, δύνομά·
ζεται χημικὴ ἐνέργεια (σχ. 48).



Σχ. 48. Ὅταν πυροδοτηθεῖ τὸ ἐκρηκτικὸ γέμισμα, ἐλευθερώνεται χημικὴ ἐνέργεια, ποὺ παράγει μηχανικὸ ἔργο.

δ) Ἡ ἐνέργεια ποὺ περιέχει ἔνα σῶμα ἔξαιτιας τῆς θερμικῆς του καταστάσεως δύνομάζεται θερμικὴ ἐνέργεια. Ἡ ἐνέργεια τῆς μορφῆς αὐτῆς ἀποδίδεται ὅσο και·
γεται τὸ σῶμα.

ε) Ἀλλες μορφές ἐνέργειας εἶναι ἡ ἡ·
λεκτρικὴ ἐνέργεια, ποὺ παράγεται ἀπὸ εἰ·
δικές μηχανές (ἐναλλακτῆρες τῶν σταθμῶν ἡλεκτροπαραγωγῆς), ἡ φωτεινὴ ἐνέργεια,
ἡ μαγνητικὴ ἐνέργεια κλπ.

Οἱ διάφορες ἀκτινοβολίες, ὅπως οἱ ἀκτίνες X, τὰ ραδιοφωνικὰ κύματα, οἱ ἀκτινο·
βολίες τῶν ραδιενεργῶν σωμάτων κλπ., με·
ταφέρουν ἐνέργεια, ποὺ δύνομάζεται ἀκτινο·
βόλα ἐνέργεια.

στ) Τὰ τελευταῖα χρόνια οἱ «ἀτομικὲς βόμβες» μιᾶς ἔκαναν νὰ γνωρίσουμε τὴν πυρηνικὴ ἐνέργεια. Ἡ ἐνέργεια αὐτὴ μετα-

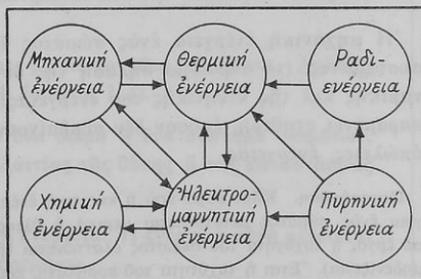
τρέπεται στοὺς ἀτομικοὺς ἀντιδραστῆρες σὲ θερμικὴ ἐνέργεια, ή δοπία μὲ τὴ σειρά της μετατρέπεται στοὺς ἀτομικοὺς ἡλεκτροπαραγωγικοὺς σταθμοὺς καὶ δίνει ἡ·
λεκτρικὴ ἐνέργεια.

§ 51. Μετατροπὲς τῆς ἐνέργειας. Ὅταν μιᾶς δοθεῖ ἐνέργεια μιᾶς ὄρισμένης μορφῆς, εἶναι δυνατὸ νὰ τὴ μετατρέψουμε, σὲ ἔνα ἡ περισσότερα στάδια, σὲ ἐνέργεια ἄλλης μορφῆς.

Ἡ ἐνέργεια δὲν δημιουργεῖται οὔτε κα·
ταστρέφεται, ἀλλὰ ἀπλῶς μετασχηματίζεται. Ἐτσι ὁ γαιάνθρακας, ποὺ περιέχει χημικὴ ἐνέργεια, ὅταν καεῖ, δίνει θερμικὴ ἐνέργεια, ή δοπία μεταβάλλει τὸ νερὸ ἐνὸς καζανιοῦ σὲ ἀτμό. Ὁ ἀτμὸς αὐτὸς μὲ ἔνα παλινδρόμο ἔμβολο κινεῖ τελικὰ τοὺς τρο·
χοὺς μιᾶς ἀτμομηχανῆς ἢ περιστρέφει ἔναν κινητήρα, δίνοντας ἔτσι μηχανικὴ ἐνέρ·
γεια. Τέλος ὁ κινητήρας μπορεῖ νὰ θέσει σὲ λειτουργία μιὰ ἡλεκτρογεννήτρια, με·
τατρέποντας τὴ μηχανικὴ σὲ ἡλεκτρικὴ
ἐνέργεια.

Ἡ ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια μπορεῖ ἐπίσης νὰ μετατραπεῖ σὲ μηχανικὴ ἐνέργεια καὶ νὰ κινήσει ἔνα τραίνο, ἢ σὲ φωτεινὴ ἐνέργεια ἢ σὲ θερμικὴ ἐνέργεια.

Τὸ σχῆμα 49 δίνει μιὰ γενικὴ εἰκόνα γιὰ τὶς σπουδαιότερες μορφές ἐνέργειας καὶ



Σχ. 49. Οἱ σπουδαιότερες μορφές ἐνέργειας καὶ οἱ πιὸ συνηθισμένες δυνατότητες μετατροπῆς τους.

για τις δυνατότητες μετατροπής τους άπο τη μιά μορφή στήν αλλη, σπως τις δείχνει ή φορά τῶν βελών.

§ 52. Μηχανική ένέργεια. Σχέση άναμεσα στή δυναμική και στήν κινητική ένέργεια ένός σώματος. "Ένα σῶμα ή σύστημα σωμάτων μπορεῖ νά έχει μόνο κινητική ή μόνο δυναμική ένέργεια. Μπορεῖ όμως νά έχει ταυτόχρονα και κινητική και δυναμική ένέργεια.

Πραγματικά, ένα σῶμα πού κινεῖται σ' ένα όριζόντιο έπιπεδο έχει σχετικά μέ το έπιπεδο αυτό μηδενική δυναμική ένέργεια. Τὸ σῶμα όμως έχαιτίας τῆς ταχύτητάς του έχει κινητική ένέργεια.

"Ένα σῶμα πού βρίσκεται έπάνω στὸ τραπέζι έχει ως πρὸς τὸ δάπεδο δυναμική ένέργεια, και, ὅσο ήρεμεῖ, έχει μηδενική κινητική ένέργεια. "Αν όμως ἀφήσουμε τὸ σῶμα νά πέσει, μέ τὴν κίνησή του ἀποχτᾶ κινητική ένέργεια. Κατὰ τὴν πτώση του όμως πρὸς τὸ δάπεδο ὀλοένα και χάνει ψψος, ἐπομένως ἐλαττώνεται ή- δυναμική του ένέργεια, ενῷ παράλληλα αὐξάνεται ή ταχύτητά του, πράγμα πού σημαίνει διτι μεγαλώνει ή κινητική του ένέργεια.

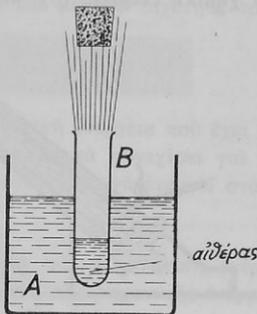
"Η αὐξομείωση τῶν δύο μορφῶν τῆς μηχανικῆς ένέργειας, ἐφόσον δὲν συμβαίνουν ἀπώλειες, γίνεται κατὰ τέτοιον τρόπο, ὡστε τὸ ἄθροισμά τους νά παραμένει σταθερό. "Ωστε:

"Η μηχανική ένέργεια ένός σώματος ή συστήματος, (τὸ ἄθροισμα δηλαδὴ τῆς δυναμικῆς και τῆς κινητικῆς του ένέργειας), παραμένει σταθερή, ἐφόσον δὲν συμβαίνουν ἀπώλειες ένέργειας.

Παρατήρηση. Κάθε φορά πού ή κινητική ένέργεια ένός σώματος μετατρέπεται μερικά ή ὀλικά σὲ ἔργο, ή ταχύτητα τοῦ σώματος ἐλαττώνεται (ή μηδενίζεται). "Έτσι ή ταχύτητα τοῦ ποδηλάτη, ποὺ χάρη στήν κινητική του ένέργεια αἱνετάνει σὲ μιὰν ἀνηφόρα χωρὶς νά κινεῖ τὰ πετάλια, ἐλαττώνεται ὀλοένα και τέλος μηδενίζεται. Γιά τὸν ίδιο

λόγο και ή μάζα τοῦ σφυριοῦ ἀκινητεῖ, δταν μπήξει τὸ καρφί λίγα χιλιοστόμετρα μέσα στὸ ζύλο.

§ 53. Θερμική ένέργεια. Πείραμα. Θερμαίνομε τὸ δοχεῖο A τοῦ σχήματος 50 ἔτσι, ὥστε τὸ νερὸ πού περιέχεται σ' αὐτὸ νά ἀποχτήσει περίπου τὴ θερμοκρασία τοῦ βρασμοῦ. Βάζομε τώρα μέσα στὸ δοχεῖο A ἔναν πωματισμένο δοκιμαστικὸ σωλήνα B, ποὺ περιέχει λίγον αἰθέρα. Παρατηροῦμε τότε διτι τὸ πῦμα ἐκσφενδονίζεται βίαια.



Σχ. 50. Η θερμότητα, πού τὸ νερὸ πρόσφερε στὸν αἰθέρα, παράγει μηχανικό ἔργο. Τὸ ζεστὸ νερὸ περιέχει θερμική ένέργεια.

"Η ἔξηγηση τοῦ φαινομένου είναι ή έξῆς: Τὸ θερμὸ νερὸ μεταβίβασε θερμότητα στὸν δοκιμαστικὸ σωλήνα, μέ ἀποτέλεσμα νά έχαιρωθεῖ ὁ αἰθέρας. Οἱ ἀτμοὶ τοῦ αἰθέρα ἀσκήσαν μία πιέζουσα δύναμη στὸ πῦμα και τὸ ἐκτίναξαν.

"Αφοῦ τὸ πῦμα ἐκσφενδονίστηκε, οἱ πιέζουσες δυνάμεις ἀπόδωσαν ἔργο (γιατὶ μετακινήθηκε τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς τους). Δηλαδὴ τὸ ζεστὸ νερὸ μεταβιβάζοντας θερμότητα στὸν αἰθέρα τοῦ δημιούργησε τὴ δυνατότητα παραγωγῆς ἔργου. Αὐτὸ σημαίνει διτι τὸ νερό, ἔχαιτίας τῆς θερμικῆς του καταστάσεως, περιεῖχε ένέργεια. "Ωστε:

"Η θερμική ένέργεια ποὺ ἀποδίδει ένα σῶμα ποὺ ψύχεται μπορεῖ νά μετατραπεῖ σὲ μηχανική ένέργεια.

§ 54. Μονάδες ένέργειας. Άναφέραμε ότι ή ένέργεια είναί σώματος ή ένας συστήματος, όποιασδήποτε μορφής, είναι δυνατό νά έκτιμηθεί με τό εργο στό δύο μπορεῖ νά μετατραπεῖ. Ή διαπίστωση αυτή μᾶς δόδηγει στό συμπέρασμα ότι ή ένέργεια και τό εργο είναι φυσικά μεγέθη τῆς ίδιας φυσικής υποστάσεως, πράγμα που έχει γιά συνέπεια νά μετριούνται με τις ίδιες μονάδες.

Άφού λοιπόν έχομε δύοις τις μονάδες τού εργού, οι μονάδες αύτες θά χρησιμοποιούνται και στή μέτρηση τῆς ένέργειας.

Μονάδες, συνεπῶς, τῆς ένέργειας είναι τό 1 Joule, τό 1 κιλοποντόμετρο κλπ.

§ 55. Υποβάθμιση τῆς ένέργειας. Άρχη τῆς διατηρήσεως τῆς ένέργειας. Ή θερμική ένέργεια είναι άπο δλες τις μορφές τῆς ένέργειας αυτή που δυσκολότερα μετατρέπεται σε άλλη μορφή. Κατά τή μετατρο-

πή της σε ένέργεια αλλης μορφής μένει πάντοτε ένα ύπόλοιπο θερμικής ένέργειας, που δὲν μπορούμε νά τό χρησιμοποιήσουμε. Αντίθετα οι άλλες μορφές ένέργειας μετατρέπονται σχετικά εύκολα ή μία στήν άλλη. Επειδή δμως στής μετατροπές αύτες ένα μέρος ένέργειας μετασχηματίζεται σε θερμότητα, λέμε ότι στή μετατροπή τῆς ένέργειας συμβαίνει **υποβάθμιση**.

Μέ άλλα λόγια, ή ένέργεια διατηρεῖται σε ποσότητα, άλλα χάνει σε ποιότητα.

Άν είχαμε ένα άπομονωμένο σύστημα, ένα σύστημα δηλαδή τό δύο ουτε νά παίρνει άπο τό περιβάλλον του ένέργεια ουτε νά άποδιδει ένέργεια σ' αύτό, τότε ή διλική ένέργεια τού συστήματος (τό άθροισμα δηλαδή τών διαφόρων μορφῶν ένέργειας, που περιέχονται στό σύστημα, άποιεσδήποτε κι αὖ είναι οι έσωτερικές μετατροπές τους) παραμένει σταθερή.

Η παραπάνω πρόταση δνομάζεται **άρχη τῆς διατηρήσεως τῆς ένέργειας**.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Ένα σῶμα ή ένα σύστημα σωμάτων έχει ένέργεια, όταν είναι ίκανό νά παράγει έργο.
2. Η ένέργεια που περιέχει ένα σῶμα έκτιμάται άπο τήν ποσότητα τού εργού που μπορεῖ νά άποδώσει.
3. Οι μονάδες τῆς ένέργειας είναι οι ίδιες με τις μονάδες τού εργού. Δηλαδή τό κιλοποντόμετρο (1 kpm) και τό Τζάουλ (1 Joule ή 1 J).
4. Η δυναμική ένέργεια, που περιέχει ένα σῶμα ή ένα σύστημα σωμάτων, είναι ή ένέργεια που έχει άποθηκευμένη έξαιτίας τῆς θέσης ή τῆς καταστάσεως του τό σῶμα ή τό σύστημα.
5. Ένα σῶμα που κινεῖται έχει κινητική ένέργεια. Η ένέργεια αυτή μετριέται άπο τό έργο που άποδίδει τό σῶμα, ώστουν ηρεμήσει.
6. Η κινητική και ή δυναμική ένέργεια είναι δύο μορφές τῆς μηχανικής ένέργειας.

7. Ή ένέργεια άνάλογα με τη προέλευσή της διακρίνεται σε μηχανική (δυναμική ή κινητική), μυϊκή, χρηματική, φωτεινή, θερμική, άκτινοβόλα, ηλεκτρική, μαγνητική, πυρηνική κλπ.

8. Η ένέργεια ούτε δημιουργεῖται ούτε καταστρέφεται, ἀλλὰ άπλως μετατρέπεται άπό μια σε ἄλλη μορφή. Ή μετατροπή τῆς ένέργειας γίνεται μὲ σύγχρονο ύποβιθασμό της.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

59. Ένα σῶμα βάρους 15 kp έχει άνυψωσθεί 200 m από τὴν ἐπιφάνεια τῆς Γῆς. Νὰ βρεθεῖ ἡ δυναμικὴ ένέργεια ποὺ έχει τὸ σῶμα σ' αὐτὴ τῇ θέσῃ.

('Απ. 3 000 kpm.)

60. Σῶμα μάζας 200 kg κινεῖται μὲ σταθερὴ ταχύτητα 2 m/sec. Νὰ βρεθεῖ ἡ κινητικὴ ένέργεια ποὺ έχει ἀποχτήσει τὸ σῶμα.

('Απ. 400 Joule ή 40,7 kpm.)

61. Μία πέτρα έχει μάζα 20 gr καὶ βάλλεται καταρόρνα μὲ ἀρχικὴ ταχύτητα 20 m/sec. Νὰ βρεθεῖ ἡ κινητικὴ ένέργεια. ('Απ. 40 000 000 erg.)

62. Μία δρίδια πυροβόλου βάρους 1 250 kp έχει ταχύτητα 800 m/sec, ὅταν βγάνει ἀπό τὸ στόμιο τοῦ πυροβόλου. Νὰ υπολογιστεῖ ἡ κινητικὴ ένέργεια τοῦ βλήματος α) σὲ μονάδες τοῦ σωτήματος M.K.S. καὶ β) σὲ μονάδες τοῦ Τεχνικοῦ Συντήματος.

('Απ. 400 000 000 Joule. β' 40 775 000 kpm.)

63. Μία σφόδρα βάρους 100 kp άνυψωνται 2,8 m καὶ ἔπειτα πέρφει ἐλεύθερα πάνω σὲ ἓνα καρφί. Νὰ βρεθεῖ ἡ ένέργεια τῆς σφόδρας κατὰ τὴ στιγμὴ τῆς κρούσης.

('Απ. 280 kpm.)

II. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ

I' — ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΘΕΡΜΙΚΗ

§ 56. Οι τριβές έλευθερώνουν θερμότητα.

"Όταν άνοιγουμε τρύπα σε ένα ξύλο, τὸ τρυπάνι ποὺ χρησιμοποιοῦμε θερμαίνεται. "Όταν τροχίζουμε ένα έργαλείο μὲ τὴ βοήθεια τοῦ σμυριδοτροχοῦ, παρατηροῦμε δτὶ τινάζονται πολυάριθμοι σπινθῆρες ἀπὸ τὸ σημεῖο ἐπαφῆς τοῦ έργαλείου μὲ τὸ σμυριδοτροχό, ἐνῶ τροχός καὶ έργαλείο θερμαίνονται. "Όταν τὸ χειμώνα τὰ χέρια μας εἰναι κρύα, τὰ τρίβουμε τὸ ένα μὲ τὸ ἄλλο, γιὰ νὰ ζεσταθοῦν. "Όταν θέλουμε νὰ ἀνάψουμε ένα σπίρτο, τὸ τρίβουμε στὴν πλευρικὴ ἐπιφάνεια τοῦ κουτιοῦ του. Οἱ ἄγριοι χρησιμοποιοῦν ἀκόμη γιὰ τὸ ἀναμμα τῆς φωτιᾶς δύο ξερὰ ξύλα, ποὺ τὰ τρίβουν ἀναμεταξύ τους, ὥσπου νὰ πυρακτωθοῦν(σχ. 51).



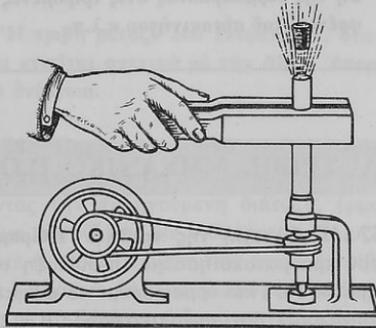
Σχ. 51. Στοὺς πρωτόγονους λαούς, ποὺ ἀγνοοῦν τὰ σπίρτα, τὸ ἀναμμα τῆς φωτιᾶς γίνεται μὲ τὴν τριβὴ δύο ξερῶν ξύλων.

"Ωστε:

Οι τριβές παράγουν θερμότητα, ποὺ θερμαίνει τὶς ἐπιφάνειες ποὺ τρίβονται.

Πείραμα. "Ένα κυλινδρικὸ δρειχάλκινο δοχεῖο εἶναι γεμάτο αἰθέρα ώς τὴ μέση καὶ βουλωμένο μὲ ένα πῦρα ἀπὸ φελλό. Μὲ τὴ βοήθεια ἐνὸς στροφάλου στρέφομε τὸν κύλινδρο, ἐνῶ ταυτόχρονα ἐμποδίζομε λίγο τὴν περιστροφὴ του μὲ μιὰ ξυλολαβίδα (σχ. 52). Παρατηροῦμε τότε δτὶ τὸ πῦρα σὲ λίγο ἐκτινάσσεται.

"Οσο στρέφεται ἔλευθερο τὸ δρειχάλκινο δοχεῖο, μιὰ δύναμη μικροῦ μέτρου ἀρκεῖ γιὰ νὰ τὸ διατηρεῖ σὲ κίνηση. "Όταν



Σχ. 52. Η τριβὴ τῆς ξυλολαβίδας ἐπάνω στὸ μεταλλικὸ δοχεῖο ἀναπτύσσει θερμότητα ποὺ ἔξερνει τὸν ἀιθέρα τοῦ δοχείου.

δύναμης έμποδίζεται από τὴν ξυλολαβίδα, πρέπει νά καταβάλουμε μεγαλύτερη δύναμη, δηλαδή νά δώσουμε περισσότερο ἔργο.

Στὴ δύναμη ποὺ προκαλεῖ τὴν περιστροφὴν τοῦ κυλινδρικοῦ δοχείου, ἀντιστέκεται μιὰ ἄλλη ποὺ προκαλεῖται από τὴν τριβὴν τῆς ξυλολαβίδας στὸ δοχεῖο. Ἡ ἐνέργεια ποὺ ἀπορροφᾶται από τὴν τριβὴν μετατρέπεται σὲ θερμικὴ ἐνέργεια, ποὺ ὑψώνει τὴν θερμοκρασία τοῦ αἰθέρα καὶ τὸν ἔξαερωνται. Οἱ πιέζουσες δυνάμεις τοῦ ἀτμοῦ τοῦ αἰθέρα πετοῦν μὲ δρμὴ τὸ πῦρο.

“Ωστε:

Ἡ μηχανικὴ ἐνέργεια ποὺ ἀπορροφᾶται απὸ τὶς τριβὲς μετατρέπεται σὲ θερμικὴ ἐνέργεια.

”Ο, τι συμβαίνει μὲ τὶς τριβὲς παρατηρεῖται καὶ κατὰ τὶς συγκρούσεις τῶν διαφόρων σωμάτων. Καὶ στὶς περιπτώσεις αὐτὲς ἔχομε σχεδὸν πάντοτε ἐμφάνιση θερμότητας.

Ἐφαρμογές. Τὸ τύμπανο τῶν φρένων στοὺς τροχοὺς τοῦ αὐτοκινήτου θερμαίνεται, ὅταν φρενάρουμε. Ἔνα μέρος τῆς κινητικῆς ἐνέργειας τοῦ δχήματος μετατρέπεται σὲ θερμικὴ ἐνέργεια.

Γ’ αὐτὸν τὸ λόγο στὰ μηχανουργικὰ ἐργαστήρια ὅταν πρόκειται νὰ κατεργαστοῦν σκληρὰ μέταλλα μὲ μεταλλικὰ ἐργαλεῖα, βρέχουν κατὰ τὴ διάρκεια τῆς ἐργασίας συνεχῶς τὸ ἐργαλεῖο μὲ σαπωνοδιάλυμα, ψύχοντάς το μὲ αὐτὸν τὸν τρόπο καὶ ἀποτρέποντας τὴν ἐρυθροπύρωσή του, ἔξαιτίας τῆς όποιας θὰ μποροῦσε καὶ νὰ καταστραφεῖ τὸ ἐργαλεῖο.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Οἱ τριβὲς προκαλοῦν θερμότητα.

2. “Οταν ἔνα σῶμα ἡ σύνστημα σωμάτων κινεῖται, παρατηρεῖται αὔξηση τῆς θερμοκρασίας του, ποὺ προέρχεται απὸ τὴ μετατροπή, ἔξαιτίας τῶν τριβῶν, ἐνὸς μέρους τῆς μηχανικῆς κινητικῆς ἐνέργειας σὲ θερμική.

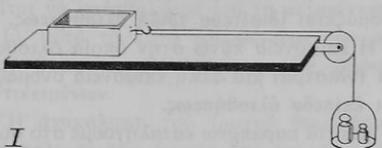
3. Ἡ μετατροπὴ τῆς μηχανικῆς κινητικῆς ἐνέργειας σὲ θερμικὴ ἐνέργεια, ἔξαιτίας τῆς τριβῆς, μᾶς ἐπιτρέπει νὰ ὑπάψουμε ἔνα σπίρτο καὶ προκαλεῖ τὴν αὔξηση τῆς θερμοκρασίας στὶς τριβόμενες ἐπιφάνειες τῶν ἐργαλείων, στὸ τύμπανο τῶν φρένων τοῦ αὐτοκινήτου κ.λ.π.

ΙΑ΄ ΤΡΙΒΗ. ΜΗΧΑΝΙΚΟ ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΔΑΣ

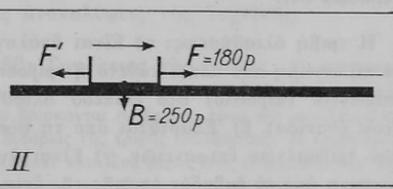
§ 57. ‘Ἡ δύναμη τῆς τριβῆς. Πείραμα. Αφοῦ πραγματοποίουμε τὴ διάταξη τοῦ σχήματος 53, Ι καὶ ἐρματίσουμε τὸ κιβώτιο, ὕστε νὰ ἀποχήσει συνολικὸ βάρος $B = 250$ p, φορτίζομε προσεχτικὰ τὸ δίσκο, ὧστον ἀρχίσει νὰ γλιστρᾶ τὸ κιβώτιο ἐπάνω στὴν δριζόντια σανίδα. Σημειώνομε

τὸ βάρος ποὺ είχαν τὰ σταθμὰ τὴ στιγμὴν ποὺ ἀρχισε ἡ δλίσθηση καὶ ἔστω ὅτι βρίσκομε 180 p. Στὸ κιβώτιο ἀσκεῖται τώρα μιὰ δριζόντια δύναμη $F = 180$ p (σχ. 53, II).

α) ”Οταν δὲν ἀσκεῖται ἔλξη στὸ κιβώτιο, αὐτὸν ὑπόκειται στὴ δράση τοῦ βάρους του καὶ στὴν ἀντίδραση ποὺ ἀσκεῖ ἡ σανίδα.



I



II

Σχ. 53. Διάταξη για τή μελέτη τής τριβής κατά τήν οριζόντια δλίσθηση (I). Συνολικό βάρος 250 p μετακινεῖται με οριζόντια δύναμη 180 p (II).

Έφόσον τὸ κιβώτιο μένει ἀκίνητο, πρέπει ἡ συνισταμένη τῶν δυνάμεων ποὺ ἐνεργοῦν ἐπάνω του νὰ εἰναι ἵση μὲ μηδέν. Ἡ ἀντίδραση συνεπῶς τῆς σανίδας ἔχει κατακόρυφη διεύθυνση, φορὰ πρὸς τὰ ἐπάνω καὶ μέτρο ἵσο μὲ τὸ βάρος τοῦ κιβώτιου.

β) Τοποθετοῦμε στὸ δίσκο σταθμὰ μὲ συνολικό βάρος μικρότερο ἀπὸ τὰ 180 p., δόποτε παρατηροῦμε δτὶ τὸ σῶμα μένει ἀκίνητο. Καὶ στὴν περίπτωση δμως αὐτῇ ὑπάρχει μιὰ ἐλκτικὴ δύναμη, ἵση μὲ τὸ βάρος τῶν σταθμῶν ἡ δύναμη αὐτὴ ἀσκεῖται στὸ κιβώτιο ἀπὸ τὸ οριζόντιο σκοινί. Ἀφοῦ δμως τὸ κιβώτιο ἀκίνητει, συμπεραίνουμε δτὶ ὑπάρχει καὶ μιὰ ἄλλη δύναμη F' , ἀντίθετη πρὸς τὴν ἐλκτικὴ, ἡ ὁποία ἐνεργεῖ στὸ κιβώτιο καὶ ἔξουδετερώνει τὴν ἐλκτικὴ δύναμη.

γ) Φορτίζομε τὸ δίσκο μὲ σταθμὰ βάρους 180 p καὶ τότε ξαναρχίζει ἡ δλίσθηση τοῦ κιβώτιου.

Ἄπο τὸ παραπάνω πείραμα συμπεραίνομε δτὶ, δτὸν ἀσκεῖται στὸ κιβώτιο μιὰ οριζόντια ἐλκτικὴ δύναμη $F < 180$ p, τὸ κιβώτιο δέχεται τὴ δράση μιᾶς ἄλλης δυνάμεως F' , ἵσης σὲ μέτρο μὲ τὴν F , ἄλλᾳ

ἀντίθετης φορᾶς ἀπὸ ἐκείνη. Ἡ δύναμη αὐτὴ F' ἀσκεῖται ἀπὸ τὴν οριζόντια σανίδα στὸ κιβώτιο. Μόλις ἡ οριζόντια ἐλκτικὴ δύναμη F γίνει ἵση μὲ 180 p, ἀρχίζει ἡ δλίσθηση τοῦ κιβώτιου. Ἡ δύναμη ἐπομένως F' , ποὺ ἐμφανίζεται, δτὸν ἀσκηθεῖ μιὰ οριζόντια δύναμη F στὸ κιβώτιο, δὲν μπορεῖ, μὲ τὶς συνθῆκες τοῦ πειράματος, νὰ ἀποχήσει μέτρο μεγαλύτερο ἀπὸ τὰ 180 p.

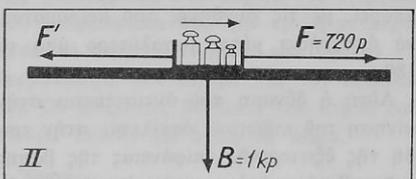
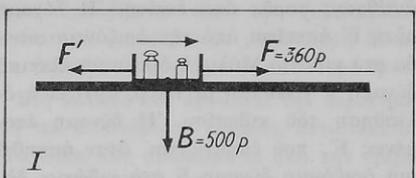
Αὐτὴ ἡ δύναμη ποὺ ἀντιστέκεται στὴν κίνηση τοῦ κιβώτιου δφείλεται στὴν τριβὴ τῆς ἔξωτερικῆς ἐπιφάνειας τῆς βάσης τοῦ κιβώτιου ἐπάνω στὴν ἐπιφάνεια τῆς οριζόντιας σανίδας καὶ ὀνομάζεται δύναμη τριβῆς ἢ ἀπλῶς τριβή. Ἐπομένως:

"Οταν ἔνα σῶμα κινεῖται μὲ τρόπο ποὺ νὰ βρίσκεται συνεχῶς σὲ ἐπαφὴ μὲ ἔνα ἄλλο σῶμα, τότε ἀναπτύσσεται μιὰ δύναμη ποὺ ἀντιστέκεται στὴ δύναμη ποὺ κινεῖ τὸ σῶμα. Ἡ δύναμη ποὺ ἀντιστέκεται στὴν κίνηση δονομάζεται τριβή.

Ἡ τριβὴ ἀπορροφᾷ ἐνέργεια. Ἡ δύναμη τῆς τριβῆς F' , τῆς ὁποίας τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς μετατοπίστηκε ἐπάνω στὴν εὐθεία ἐπενέργειάς της, ἔδωσε ἔργο, τὸ ὁποῖο ἀπορρόφησε ἔνα μέρος τῆς δυναμικῆς ἐνέργειας τοῦ φορτισμένου δίσκου. Ὁστε:

Ἡ τριβὴ μεταξὺ δύο ἐπιφανειῶν, δτὸν ἡ μιὰ κινεῖται σχετικὰ μὲ τὴν ἄλλη, ἀπορροφᾷ ἐνέργεια.

§ 58. Παράγοντες ἀπὸ τοὺς ὁποίους ἔχαρτάται ἡ τριβή. Πείραμα. Χρησιμοποιώντας τὴν προηγούμενη διάταξη, ἐρματίζομε τὸ κιβώτιο μὲ διαφορετικά βάρη, δόποτε ἡ κάθετη δύναμη ποὺ ἀσκεῖ ἡ τριβουσα ἐπιφάνεια θὰ εἰναι διαφορετική, ἀνάλογα μὲ τὸ βάρος τοῦ ἔρματος, καὶ καταγράφομε τὸ ἐλάχιστο φορτίο ποὺ πρέπει νὰ ὑπάρχει στὸ δίσκο σὲ κάθε περίπτωση, γιὰ νὰ ἀρχίσει δλίσθηση τοῦ κιβώτιου



Σχ. 54. Η τριβή διλισθήσεως είναι ανάλογη πρός τό βάρος του σώματος που διλισθαίνει.

(σχ. 54, I, II). Κατόπιν έπαναλαμβάνουμε τό πείραμα χρησιμοποιώντας για όριζόντιο έπιπεδο μιά πολὺ λεία σανίδα. Στόν άκολουθο πίνακα αναγράφονται τὰ ἀποτελέσματα τῶν μετρήσεών μας.

Βάρος κιβωτίου Β σε p	Βάρος σταθμῶν δίσκου 'Ανώμαλη έπιφάνεια, F σε p	Λεία έπιφάνεια, f σε p
250	180	70
500	360	140
750	540	210
1000	720	280

Απὸ τὸν παραπάνω πίνακα παρατηροῦμε ὅτι οἱ λόγοι F/B καὶ f/B εἰναι σταθεροί. Μὲ τὰ συγκεκριμένα δεδομένα τοῦ πίνακα ἔχουμε ὅτι:

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

Αν ἐπαναλάβουμε τὸ πείραμα βάζοντας διαδοχικὰ τὶς διάφορες ἔδρες τοῦ κιβωτίου σὲ ἐπαφὴ μὲ τὴ σανίδα, θὰ πάρουμε τὰ ἴδια ἀποτελέσματα, δηλαδή:

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

Η τριβὴ ποὺ μελετήσαμε ἐμφανίζεται, ὅταν μία έπιφάνεια διλισθαίνει (γλιστρᾶ)

πάνω σὲ μιὰν ἄλλην έπιφάνεια, καὶ γι' αὐτὸ δονομάζεται ιδιαίτερα τριβὴ διλισθήσεως.

Η έπιφάνεια πάνω στὴν ὥποια διλισθαίνει (γλιστρᾶ) μιὰ ἄλλη έπιφάνεια δονομάζεται έπιπεδο διλισθήσεως.

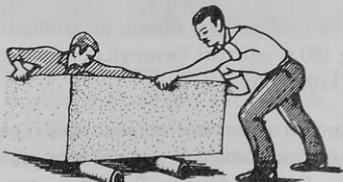
Απὸ τὰ παραπάνω καταλήγουμε στὸ συμπέρασμα ὅτι:

Η τριβὴ διλισθήσεως: α) Εἶναι ἀνάλογη μὲ τὴ δύναμη ποὺ ἀσκεῖ κάθετα ἡ τριβούσα έπιφάνεια (κιβώτιο) στὸ έπιπεδο διλισθήσεως (σανίδα). β) Ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴ φύση τῶν τριβομένων έπιφανειῶν. γ) Εἶναι ἀνεξάρτητη ἀπὸ τὸ ἐμβαδὸν ἐπαφῆς τῆς έπιφάνειας ποὺ τρίβει καὶ δ) εἶναι ἀνεξάρτητη ἀπὸ τὴν ταχύτητα μετατοπίσεως (ὅπως ἀποδεικνύεται ἀπὸ πειράματα καὶ ἀκριβεῖς μετρήσεις).

§ 59. Τριβὴ κυλίσεως. Τριβὴ δὲν ἀναφαίνεται μόνο ὅταν ἔνα σῶμα γλιστρᾶ ἐπάνω σ' ἔνα ἄλλο, ἄλλὰ καὶ ὅταν κυλᾶ ἐπάνω σ' ἔνα ἄλλο.

Η τριβὴ ποὺ παράγεται στὴν περίπτωση αὐτὴ δονομάζεται τριβὴ κυλίσεως.

Η τριβὴ διλισθήσεως καταναλώνει περισσότερο ἔργο ἀπὸ τὴν τριβὴ κυλίσεως. Γι' αὐτὸν τὸ λόγο, ὅταν θέλουμε νὰ μετακινήσουμε ἔνα βαρὺ ἀντικείμενο, τοποθετοῦμε κάτω ἀπὸ αὐτὸν δύο μακριὰ κυλινδρικὰ ξύλα καὶ σπρώχομε τὸ ἀντικείμενο, μετατρέποντας τὴν τριβὴ διλισθήσεως σὲ τριβὴ κυλίσεως (σχ. 55). Παρατηροῦμε τότε ὅτι δσο μεγαλύτερη είναι ἡ διάμετρος τῶν κυλινδρικῶν.



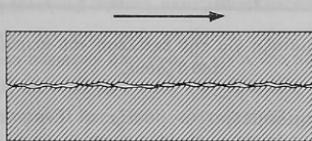
Σχ. 55. Η τριβὴ κυλίσεως ἔξουδετερώνεται εὐκολότερα ἀπὸ τὴν τριβὴ διλισθήσεως.

κῶν ξύλων, τόσο μικρότερη δύναμη ἀπαιτεῖται νά καταβάλουμε για τή μετακίνηση.

Γι' αὐτὸ τὸ λόγο τοποθετοῦμε τροχούς στὴ βάση στηρίξεως διαφόρων βαριδών ἀντικειμένων.

Ἡ ἀνακάλυψη τοῦ τροχοῦ θεωρήθηκε, καὶ πολὺ σωστά, ώς μία ἀπὸ τίς μεγαλύτερες ἀνακαλύψεις τῆς Τεχνικῆς.

§ 60. Συνέπειες τῆς τριβῆς. Παρατηροῦμε ὅτι ὅσο περισσότερο ἀνώμαλες εἰναι οἱ ἐπιφάνειες ποὺ βρίσκονται σὲ ἐπαφή, τόσο πιὸ μεγάλες εἰναι οἱ δυνάμεις τῆς τριβῆς ὀλισθήσεως. Ἡ τριβὴ αὐτὴ ὀφείλεται κατὰ ἔνα μέρος στὶς ἀνώμαλες τῶν δύο ἐπιφανειῶν ποὺ βρίσκονται σὲ ἐπαφή. Αὐτές οἱ ἀνώμαλες μπλέκονται μεταξύ τους καὶ ἀντιστέκονται στὴν κίνηση (σχ. 56).



Σχ. 56. Οἱ τριβές ὀφείλονται κατὰ ἔνα μέρος στὶς ἀνώμαλες τῶν ἐπιφανειῶν τῶν σωμάτων.

Ο δεύτερος παράγοντας ποὺ συντείνει στὴν ἐμφάνιση τῆς τριβῆς εἰναι οἱ παραμορφώσεις ποὺ δημιουργοῦνται στὶς δύο ἐπιφάνειες, δταν αὐτές συμπιέζονται μεταξύ τους. Βέβαια τὶς περισσότερες φορές αὐτές οἱ παραμορφώσεις δὲν γίνονται ἀντιληπτές, ὥστόσ οὖτος δὲν παύουν νά ύπαρχουν.

Ἡ τριβὴ δύο ἐπιφανειῶν ἔχει ώς ἀποτέλεσμα τὴν ἔξομάλυνση τῶν ἀνώμαλιῶν τους. Ἔνα μέρος τῆς ἐνέργειας ποὺ παρέχομε σὲ μιὰ μηχανή, καταναλώντας καὶ ἀπόρροφαί τοι ἀπὸ τὶς δυνάμεις τριβῆς καὶ μετατρέπεται σὲ θερμική ἐνέργεια, ή δόποια μᾶς είναι ἀχρηστη.

Παράλληλα δύμως ἡ τριβὴ δημιουργεῖ καὶ χρῆσιμα ἀποτελέσματα. Ἔνα σῶμα π.χ., ποὺ βρίσκεται ἐπάνω σὲ ἔνα κεκλιμένο ἐπίπεδο, μένει ἀκίνητο καὶ δὲν γιλιστρά πρός τὰ κατώτερα σημεῖα τοῦ ἐπιπέδου ἔξαιτιας τῶν δυνάμεων τριβῆς.

Χωρὶς τὶς δυνάμεις τριβῆς θὰ μᾶς ήταν ἀδύνατο νά σταθοῦμε δροτοι καὶ νά περπατήσουμε. Γνωρίζουμε δτὶ τὸ χειμώνα, δταν κάνει παγωνιά, μᾶς είναι πολὺ δύσκολο νά περπατήσουμε ἐπάνω σὲ παγοκρύσταλλους καὶ συχνὰ γλιστροῦμε καὶ πέφτομε.

Ἐπίστης δὲν θὰ ήταν δυνατό νά κρατήσουμε ἔνα ἀντικείμενο στὰ χέρια μας, ἀφοῦ τὰ πάντα θὰ γλιστροῦσαν.

Ἄν δὲν ὑπῆρχε τριβὴ, θὰ μᾶς ήταν ἀδύνατο νά κατασκευάσουμε ὅτιδηποτε. Ἄν δὲν ὑπῆρχε τριβὴ, δὲν θὰ ὑπῆρχαν καὶ ἀνομαλίες στὴν ἐπιφάνεια π.χ. τοῦ καρφιοῦ καὶ στὴ σανίδα, ὅποτε τὸ καροὶ δὲν θὰ στερεώνταν στὴ τρύπα τῆς σανίδας. Δηλαδὴ καθεὶ ἀπόπειρα γιὰ νά συνδέσουμε δυὸ κομμάτια ἔνδιο μεταξύ τους θὰ ήταν μάταιη.

Δυνάμεις τριβῆς είναι καὶ ἑκείνες ποὺ ἀσκοῦνται ἀπὸ τὰ φρένα στοὺς τροχούς τῶν αὐτοκινήτων καὶ μᾶς ἐπιτρέπουν νά σταματήσουμε τὰ ὄχηματα ἢ νά μετριάσουμε τὴν ταχύτητα τους.

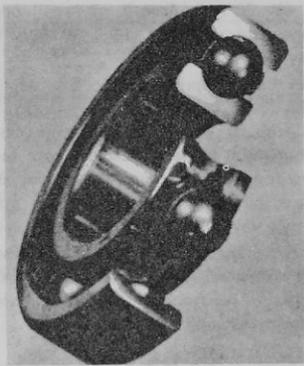
§ 61. Τρόποι ἐλαττώσεως ἢ αὔξήσεως τῶν τριβῶν. Ἀς ξαναγυρίσουμε στὸ ἀρχικό μας πείραμα γιὰ τὴ μελέτη τῆς τριβῆς, χρησιμοποιώντας μιὰ λεια σανίδα, μὲ τὴ διαφορὰ ὅτι τὴν ἔχομε ἐπιστράσσει μὲ σπανοδιάλυμα. Παρατηροῦμε τότε δτὶ, ἀν καὶ ἐρματίζουμε τὸ κιβώτιο μὲ 1 000 p, ἀρκεῖ μιὰ ὀριζόντια δύναμη 120 p γιὰ νά προκαλέσει ὀλίσθηση τοῦ κιβωτίου.

Γιὰ νά ἐλαττώσουμε τὴν τριβὴ ἀλείφουμε τὶς ἐπιφάνειες ποὺ βρίσκονται σὲ ἐπαφὴ μὲ λιπαντικὲς οδσίες. Γιὰ νά μὲν καταστραφοῦν ἀπὸ τὴν τριβὴ τὰ μέταλλα ποὺ βρίσκονται σ' ἐπαφὴ μεταξύ τους στὸν μηχανισμὸ π.χ. ἐνὸς αὐτοκινήτου, στὴ μηχανὴ βάζομε εἰδικὸ λάδι καὶ λαδώνωμε τὸ σύστημα ὀδηγήσεως καὶ τοὺς ἄξονες τῶν τροχῶν.

Ἔνα ποδήλατο μὲ καλολαδωμένους τοὺς ἄξονες τῶν τροχῶν του τρέχει καλύτερα καὶ γρηγορότερα ἀπὸ ἔνα ἄλλο, τοῦ ὅποιου είναι ἀλλάτωνα καὶ ζερὰ τὰ κινούμενα μέρη του. Ἔνας κινητήρας ποὺ λειτουργεῖ χωρὶς νά λαδώνεται ἀχρηστεύεται πολὺ γρήγορα.

Σημαντικὰ ἐλαττώνεται ἡ τριβὴ, ὅταν, ὅπως ἀναφέραμε, μετατρέψουμε τὴν ὀλίσθηση σὲ κύλιση. Αὐτὸ τὸ πετυχαίνουμε παρεμβάλλοντας ἀνάμεσα στὶς δύο ἐπιφάνειες ποὺ τρίβονται μὲ ὀλίσθηση μικρὰ κυλινδρικὰ στελέχη, πάνω στὰ ὅποια ἀκομμῆπ τὸ μετατοπιζόμενο βαρὺ ἀντικείμενο. Τὰ κυλινδρικά στελέχη είναι κάθετα πρὸς τὴ δύναμη ποὺ ἔλκει.

Ἐφαρμογὴ αὐτῆς τῆς παρατηρήσεως είναι ἡ κατασκευὴ τῶν ἔνσφαιρων τριβέων (κοινῶς ρουλέμαν), ποὺ ἔχουν μεγάλες ἐφαρμογές στὴν Τεχνική. Ἀπλὸ παράδειγμα τῆς ἐφαρμογῆς τους ἔχουμε στὸ ποδήλατο. Οἱ ἄξονες τῶν τροχῶν τοῦ ποδηλάτου δὲν ἀκομμοῦν ἄμεσα στὰ περιασόνια τους, ἀλλὰ μὲ παρεμβολὴ ἔνσφαιρων τριβέων. Οἱ



Σχ. 57. Ένσφαιροι τριβείς (ρουλεμάν)

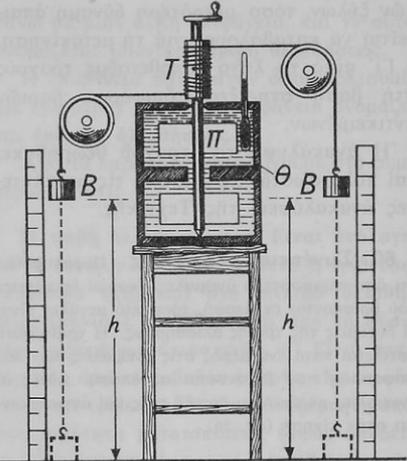
ένσφαιροι τριβείς περιέχουν μικρές χαλύβδινες σφαίρες, πού παρεμβάλλονται άναμεσα στις τριβόμενες έπιφάνειες (σχ. 57).

Αντίθετα, γιά νά αποφύγουμε τήν δλίσθηση τῶν τροχῶν μιᾶς άτμομηχανῆς ἐπάνω στὶς σιδηροδρομικές γραμμές, τις ἐπικαλύπτουμε μὲ ἄμμο, γιά νά αὐξήσουμε τήν τραχύτητά τους. Γιά μιάν ἀνάλογη αιτία ρίχνουμε ἄμμο ἐπάνω σὲ ἔναν δρόμο, πού ἔχει καλυφθεῖ μὲ παγοκρύσταλλους.

Τὰ σαγόνια τῶν φρένων στά αὐτοκίνητα καὶ οἱ δίσκοι τῶν συμπλεκτῶν (ἀμπραγίας) εἰναι ἐφοδιασμένα μὲ εἰδικές μηχανικὲς διατάξεις, πού αὐξάνουν τήν τριβήν. "Οσο περισσότερο συμπλέζονται μεταξὺ τους δύο ἐπιφάνειες πού ἐφάπτονται,— εἴτε μὲ τή βοήθεια μοχλῶν, πού πολλαπλασιάζουν τὶς μεταξὺ τους δυνάμεις (φρένα), εἴτε μὲ τή βοήθεια ίσχυρῶν ἑλατηρίων (συμπλέκτης),— τόσο ἡ τριβή πού ἀναπτύσσεται ἀνάμεσα στὶς δύο αὐτές ἐπιφάνειες αὐξάνεται.

§ 62. Μηχανικὸ ισοδύναμο τῆς θερμίδας. Πείραμα τοῦ Τζάουλ. Ό "Αγγλος Φουστικός Τζάουλ (James Prescott Joule) εἰναι ὁ πρῶτος πού μελέτησε συστηματικὰ τὸ φαινόμενο τῆς μετατροπῆς τοῦ μηχανικοῦ ἔργου σὲ θερμότητα καὶ βρῆκε τήν ποσοτικὴ σχέση ἀνάμεσα στὶς μονάδες τῆς μηχανικῆς καὶ τῆς θερμικῆς ἐνέργειας. Γιά νά κάνει τὰ πειράματά του, χρησιμοποίησε τήν ἀκόλουθη συσκευήν:

a) Πειργραφὴ τῆς συσκευῆς. Μέσα σὲ



Σχ. 58. Διάταξη γιά τήν ἐκτέλεση τοῦ πειράματος τοῦ Τζάουλ.

ένα θερμιδόμετρο Θ βυθίζεται ἔνας κατακόρυφος ἄξονας ἐφοδιασμένος μὲ πτερύγια Π (σχ. 58). Αὐτὸς ὁ ἄξονας συνδέεται μὲ ἔνα κυλινδρικό τύμπανο Τ, πού μπορεῖ νά περιστραφεῖ γύρω ἀπό τὸν γεωμετρικό του ἄξονα μὲ τὴ βοήθεια δύο βαρῶν B καὶ B, τὰ ὅποια πέφτουν συγχρόνως καὶ ἀπό τὸ ἴδιος ύψος h.

b) Λειτουργία τῆς συσκευῆς. "Οταν πέφτουν τὰ βάρη, τὸ τύμπανό περιστρέφεται καὶ παρασύρει στήν κίνησή του τὸν ἄξονα μὲ τὰ πτερύγια, τὰ ὅποια τότε ἀνακατεύονται τὸ νερό τοῦ θερμιδομέτρου. Αὐτὸς τὸ ἀνακάτωμα γίνεται πιὸ ἔντονο μὲ τὴ βοήθεια δύο ἀκίνητων πτερυγίων, πού εἰναι στερεωμένα στὸ ἐσωτερικὸ τείχωμα τοῦ θερμιδομέτρου. Ή τριβὴ τοῦ νεροῦ μὲ τὰ πτερύγια παράγει θερμότητα, πού αὐξάνει τὴ θερμοκρασία τοῦ νεροῦ στὸ θερμιδόμετρο. Επειδὴ δώμας αὐτῇ ἡ αὐξηση τῆς θερμοκρασίας εἰναι πολὺ μικρή, πρέπει νά ἐκτελέσουμε μιὰ ὀλόκληρη σειρά διαδοχικῶν πτώσεων τῶν βαρῶν (περίπου είκοσι), γιά νά ἔχουμε αἰσθητὴ αὐξηση τῆς θερμοκρα-

σίας. Τὸ μηχανικὸ ἔργο ποὺ παράγεται μὲ τὴν πτώση τῶν βαρῶν εἰναι ἐκεῖνο ποὺ μετατρέπεται σὲ θερμότητα ἐξαιτίας τῶν τριβῶν.

Ἡ ποσότητα τῆς θερμότητας ποὺ ἐλεύθερωθήκει βρίσκεται, ἀν μετρήσουμε τὴν αὐξηση τῆς θερμοκρασίας καὶ ἀν γνωρίζουμε τὴ μάζα τοῦ νεροῦ ποὺ περιέχεται στὸ θερμιδόμετρο.

γ) Ἐριθμητικὸ παράδειγμα: Σὲ μιὰ σειρὰ περιφράστων μὲ τὴ διάταξη τῆς συσκευῆς Τζάουλ ἔγιναν οἱ ἀκόλουθοι μετρήσεις: 1) Ὁλικὸ ισοδύναμο σὲ νερὸ τοῦ θερμιδόμετρου = 3070 cal/grad. 2) Κοινὸ βάρος τῶν δύο σωμάτων ποὺ κατεβαίνουν = 12 kp. 3) Ὅψος τῆς πτώσης = 3 m. 4) Ἐριθμὸς τῶν πτώσεων 20. 5) Ὅψωση τῆς θερμοκρασίας = 1,1 °C. Νὰ βρεθεῖ τὸ μηχανικὸ ισοδύναμο τῆς θερμίδας, ἡ ἀριθμητικὴ σχέση ίστοτε, δηλαδὴ, μεταξὺ θερμίδας καὶ Joule.

Ἄνση. Τὸ ἔργο ποὺ παράγεται σὲ μιὰ πτώση τῶν δύο σωμάτων ἀπὸ όψος h είναι τοῦ μέ:

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

Και ἐπειδὴ 1 kp = 9,81 Joule, ἔχομε:

$$2B \cdot h = 72 \cdot 9,81 Joule = 706,32 Joule$$

Ἄρα τὸ ἔργο A ποὺ ἀντιστοιχεῖ σὲ 20 δομοὶς πτώσεις θὰ είναι:

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

Ἡ ποσότητα τῆς θερμότητας Q, στὴν ὥσπερ πετατρέπεται τὸ μηχανικὸ ἔργο τῆς πτώσης τῶν σωμάτων, είναι ἵση μὲ ἀυτὴ ποὺ ἀνύψωσε τὴ θερμοκρασία τοῦ θερμιδόμετρου κατὰ 1,1 °C. Ἡ ποσότητα ἀυτὴ δίνεται ἀπὸ τὴ σχέση:

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

Δηλαδὴ:

$$Q = 3.377 \text{ cal}$$

ὅπου K ἡ ὄλικὴ θερμοχωρητικὴτα τοῦ ὄργανου.

Ἄρα μηχανικὴ ἐνέργεια 14 126,4 Joule μετατράπηκε σὲ ισοδύναμη θερμικὴ ἐνέργεια 3 377 cal. Ἐπομένως, ἀν σκεφτοῦμε ἀντίστροφα, μποροῦμε

νὰ ὑπολογίσουμε τὸ ἔργο ποὺ μπορεῖ νὰ παραχθεῖ ἀπὸ θερμικὴ ἐνέργεια 1 cal, ὅποτε θὰ ἔχουμε ὅτι: 3 377 cal ισοδύναμον μὲ 14 126,4 Joule,

1 cal ισοδύναμει μὲ 14 126,4/3 377 Joule.

Δηλαδὴ:

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

Γιὰ νὰ ἀποχήσουμε ἐπομένως θερμικὴ ἐνέργεια 1 θερμίδας, πρέπει νὰ καταναλώσουμε μηχανικὴ ἐνέργεια 4,18 Joule.

Συμπέρασμα. Πολυνάριθμες μετρήσεις ἔδειξαν ὅτι ἀναφαίνεται ποσότητα θερμότητας 1 cal κάθε φορὰ ποὺ μηχανικὸ ἔργο 4,18 Joule μετατρέπεται σὲ θερμότητα.

Ἀντίστροφα, παίρνομε ἔργο 4,18 Joule κάθε φορὰ ποὺ ποσότητα θερμότητας ἵση μὲ 1 cal μετατρέπεται δλοκληρωτικὰ σὲ μηχανικὸ ἔργο. Τίς διαπιστώσεις αὐτὲς ἐκφράζομε λέγοντας ὅτι:

Τὸ μηχανικὸ ισοδύναμο μιᾶς θερμίδας είναι 4,18 Joule. Δηλαδὴ:

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

Ἀντίστροφα, ἡ ποσότητα τῆς θερμότητας ποὺ ἀντιστοιχεῖ σὲ ἕνα Joule είναι:

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

Ἀπὸ τὰ παραπάνω συμπεραίνομε ὅτι, ἀν ἔχουμε δύο ισοδύναμα ποσά ἐνέργειας Q σὲ θερμίδες καὶ A σὲ Joule, αὐτὰ συνδέονται μὲ τὴ σχέση:

$$Q = J \cdot A$$

ὅπου J τὸ μηχανικὸ ισοδύναμο τῆς θερμίδας.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Σὲ κάθε σῶμα ποὺ κινεῖται πάνω σὲ ἔνα ἄλλο σῶμα ἐμφανίζονται δυνάμεις τριβῆς, ποὺ ἔχουν φορὰ ἀντίθετη στὴ φορὰ τῆς μετακινήσεως.

2. Ἡ ἀνθιστάμενη δύναμη (δύναμη τριβῆς) είναι ἀνάλογη μὲ τὴν κατακόρυφη δύναμη, ποὺ ἀσκεῖται ἀπὸ τὴν τρίβουσα ἐπιφάνεια ἐπάνω στὴν τριβόμενη ἐπιφάνεια.

3. Ή δύναμη της τριβής έξαρταται άπο τή φύση τῶν δύο έπιφανειῶν καὶ εἰναι ἀνεξάρτητη ἀπὸ τὴν τρίβουσα ἐπιφάνεια καὶ τὴν ταχύτητα τῆς μετατοπίσεως.

4. Οἱ δυνάμεις τῆς τριβῆς ἀπορροφοῦν ἐνέργεια. Ή ἐνέργεια αὐτὴ μετατρέπεται σὲ θερμότητα.

5. Ή χρήση λιπαντικῶν οὐσιῶν (λάδι, λίπος κλπ.) καὶ ἔνσφαιρων τριβέων ἐλαττώνει τὶς δυνάμεις τῆς τριβῆς τῶν κινητῶν μερῶν τῶν μηχανῶν. Αὐξάνομε τὶς δυνάμεις τῆς τριβῆς κάνοντας τραχύτερες τὶς ἐπιφάνειες ἐπαφῆς ή συμπιέζοντάς τις δυνατά.

6. Τὸ μηχανικὸ ἴσοδόναμο τῆς θερμίδας εἶναι 4,18 Joule. Μιὰ ποσότητα θερμότητας, ἔνα μηχανικὸ ἔργο ή ἡ ἐνέργεια ἐνὸς συστήματος μποροῦν νὰ ἐκφράζονται σὲ θερμίδες, Τζάουλ, κιλοποντόμετρα κ.λ.π.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

64. Μὲ ποὺ μηχανικὴς ἐνέργειας ἀτιστοιχῶν: α) 0,0117 kcal, β) 234 kcal, γ) 0,14 kcal; (*Απ. α' 4,87 kpm. β' 100 000 kpm. γ' 64 kpm.*)

65. Η τέλεια καώση τοῦ ἄνθρακα δίνεται ἀπὸ τὴν ἀκόλουθη χημικὴ ἔξισσωση:



Νὰ ὑπολογιστεῖ σὲ θερμίδες καὶ ἔπειτα σὲ Joule ἡ ἐνέργεια ποὺ μπορεῖ νὰ ἀποδῷσει ἡ καώση 1 kg κάλβουνου, ἢν περιέχει 90 % ἄνθρακα.

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

66. Νὰ βρεθεῖ σὲ Joule ἡ ἐνέργεια ποὺ ζειάζεται γιὰ νὰ αἰξηθεῖ ἡ θερμοκρασία 1 200 gr νεροῦ ἀπὸ τοὺς 15 °C στοὺς 80 °C.

(*Απ. Q = 326 040 Joule.*)

67. "Εγα τετραγωνικὸ πρόσιμα ἀπὸ σίδερο ἔχει διαστάσεις 8 cm · 5 cm · 3 cm καὶ βρίσκεται ἐπάνω σὲ ἓνα δριζόντιο ἐπίπεδο. Τὸ πρόσιμα σύρεται δριζόντια ἀπὸ ἓνα σκοινί, πού, ἀφοῦ περάσει ἀπὸ μία τροχαλία, συγκρατεῖ ἓνα δίσκο. Τὸ πρόσιμα εἶναι τοποθετημένο στὸ δριζόντιο ἐπίπεδο μὲ τὴ μεγαλύτερη ἀπὸ τὶς ἔδρες του καὶ μπαίνει σὲ κίνηση, ὅταν ὁ δίσκος ἔχει φροτίο μάζας 620 gr. α) Νὰ βρεθεῖ τὸ ἐλάχιστο βάρος, πού θὰ πρέπει νὰ βάλονται στὸ δίσκο, γιὰ νὰ κανθηθεῖ τὸ πρόσιμα, ὅταν θὰ είναι τοποθετημένο μὲ τὶς ἀλλες δύο ἔδρες του. β) Βάζομε ἐπάνω στὸ πρόσιμα, ὅταν εἶναι τοποθετημένο μὲ τὴ μεγαλύτερη ἔδρα του, μάζα βάρους 2 kp. Νὰ βρεθεῖ τὸ βάρος τοῦ ἐλάχιστου φροτίου ποὺ ζειάζεται γιὰ νὰ κυνηθεῖ τὸ πρόσιμα.

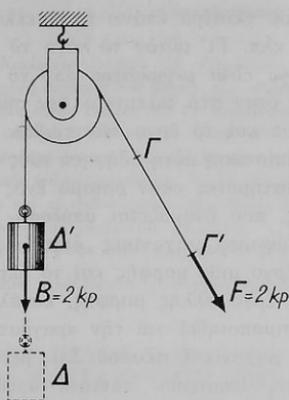
(*Απ. α' 620 gr. β' 936 p., 1940,6 p.)*

ΙΒ' — ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΙΣ ΑΠΛΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ

§ 63. Γενικότητες. Σὲ προηγούμενα κεφάλαια μιλήσαμε γιὰ τὴν ἀρχὴ τῆς διατήρησεως τῆς ἐνέργειας ποὺ ἰσχύει σὲ ἔνα ἀπομονωμένο σύστημα. Ἐδῶ θὰ ἀσχοληθοῦμε μὲ τὴ διατήρηση τῆς ἐνέργειας σὲ μιὰν ἀπλὴ μηχανὴ καὶ θὰ περιοριστοῦμε στὴ διατήρηση τῆς μηχανικῆς ἐνέργειας.

§ 64. Παράδειγμα διατηρήσεως μηχανικῆς ἐνέργειας. Τροχαλία. Κινητήριο καὶ ἀνθιστάμενο ἔργο. Θεωροῦμε τὴν τροχαλία τοῦ σχήματος 59 ἀπαλλαγμένη ἀπὸ τριβές καὶ ἀκλόνητα τοποθετημένη.

'Ανυψώνομε, χρησιμοποιῶντας τὴν τροχαλία αὐτὴ, ἔνα σῶμα βάρους 2 kp ἔτσι,



Σχ. 59. Τὸ κινητήριο ἔργο $A_1 = F \cdot (\Gamma\Gamma')$ καὶ τὸ ἀνθιστάμενο $A_2 = B \cdot (\Delta\Delta')$ εἶναι ἵσα.

ώστε τὸ κέντρο βάρους του νὰ μετατοπιστεῖ ἀπὸ τὸ σημεῖο Δ στὸ σημεῖο Δ' . Γιὰ νὰ γίνει αὐτό, θὰ πρέπει νὰ ἀσκήσουμε στὴν ἄλλῃ ἄκρῃ τοῦ σκοινιοῦ μιὰ δύναμη F , ἵση κατὰ μέτρο μὲ τὸ βάρος B τοῦ σώματος. Τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς τῆς F μετατοπίζεται ἀπὸ τὸ σημεῖο Γ στὸ σημεῖο Γ' .

Ἡ δύναμη F παράγει, καθὼς ξέρομε, ἔργο κινητήριας δυνάμεως A_1 , ποὺ εἶναι ἵσο μέ:

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

Τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς τοῦ βάρους B μετατοπίζεται ἀντίθετα πρὸς τὴν φορά του. Ἐπομένως τὸ βάρος θὰ δώσει ἔργο ἀνθιστάμενης δυνάμεως A_2 καὶ θὰ εἶναι:

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

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

Ἐπομένως:

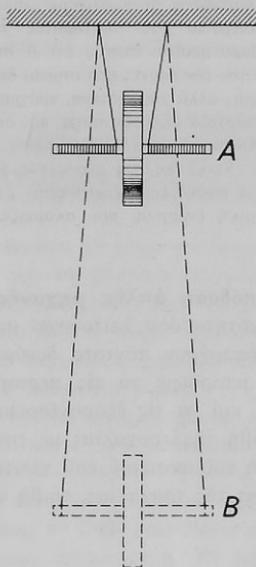
$$\text{κινητήριο ἔργο} = \text{ἀνθιστάμενο ἔργο}$$

Στὴν περίπτωση αὐτὴ λέμε ὅτι συμβαίνει διατήρηση τοῦ ἔργου.

Ἄπὸ τὰ παραπάνω συμπεραίνομε ὅτι:

Σὲ μιὰν ἀπλὴ μηχανή, ποὺ λειτουργεῖ χωρὶς τριβές, τὸ κινητήριο καὶ τὸ ἀνθιστάμενο ἔργο εἶναι ἵσα. Τὸ συμπέρασμα αὐτὸ ἐκφράζομε λέγοντας ὅτι ξέχουμε διατήρηση τῆς μηχανικῆς ἐνέργειας.

Κλασσικὸ παράδειγμα διατηρήσεως τῆς μηχανικῆς ἐνέργειας μᾶς δίνει τὸ λεγόμενο «γιο - γιό», (σχ. 60).



Σχ. 60. Κατὰ τὴν κάθοδό του ὁ περιστρεφόμενος σφόνδυλος A χάνει δυναμικὴ ἐνέργεια, αἰνέανει ὅμως τὴν κινητικὴ του ἐνέργεια.

“Οταν ὁ σφόνδυλος A βρίσκεται στὸ ἀνάτερο σημεῖο τῆς διαδρομῆς του, τὰ νῆματα εἶναι τυλιγμένα γύρω ἀπὸ τὸν ἄξονά του. Ἐφόσον βρίσκεται σὲ ἔνα δρισμένο ὑψος ἀπὸ τὸ κατώτερο σημεῖο, ὃπου μεταφέρεται, διταν ἔστευτον τὰ νῆματα, περιέχει δρισμένη δυναμικὴ ἐνέργεια. Τὸν ἀφῆνομε νὰ πέσει, ὅποτε τὰ νῆματα ἔστευτονται καὶ τοῦ δίνουν ἑκτὸς ἀπὸ τὴν κατακόρυφη κίνηση, ποὺ έχει ἀξιάς τῆς πτώσης, καὶ μία περιστροφικὴ κίνηση. Ἡ περιστροφικὴ αὐτὴ κίνηση γίνεται ὀλοένα ταχύτερη.

“Οταν ὁ σφόνδυλος φτάσει στὸ κάτω ἄκρο τῆς διαδρομῆς του, συνεχίζει νὰ περιστρέφεται κατὰ τὴν ίδια φορά, μὲ ἀποτέλεσμα τὰ νῆματα νὰ ἀρχι-

σουν νά τυλίγονται στὸν ἄξονά του καὶ ἔτσι ἀρχίζει πάλι νά ἀνεβαίνει.

Όσο ὁ σφόδρυλος κατεβαίνει, ή δυναμική του ἐνέργεια ἐλαττώνεται, ἐνώ ή κινητική του ἐνέργεια αὐξάνεται. "Οταν ἀρχίσει νά ἀνεβαίνει, ή ταχύτητα περιστροφῆς του ἐλαττώνεται, ἐπομένως καὶ ή κινητική του ἐνέργεια. "Οταν ἀνεβαίνει δύμως, ἀρχίζει νά ἀποχτᾶ πάλι τὴ δυναμική του ἐνέργεια.

Από τὰ παραπάνω συμπεραίνομε λοιπὸν ὅτι ή μηχανική ἐνέργεια τοῦ συστήματος παραμένει σταθερή. Παρατροδύμε ἐπίσης ὅτι ὁ σφόδρυλος στὴν ἄνοδό του δὲν φτάνει στὸ σημεῖο ἑκεῖνο ἀπὸ δους ἔκεινης, ἀλλὰ χαμηλότερα, πράγμα που σημαίνει ὅτι ὑπάρχουν ἄλλες δυνάμεις, ποὺ ὀφείλονται σὲ τριβές. Οἱ δυνάμεις αὐτὲς ἐναντιώνονται στὴν κίνησή του. Ἐπομένως ἔνα μέρος τῆς δυναμικῆς ἐνέργειας τοῦ σφοδρύλου μετατρέπεται μὲ τὶς τριβὲς σὲ θερμική ἐνέργεια, ποὺ σκορπίζεται στὸν ἀέρα.

§ 65. **Απόδοση ἀπλῆς μηχανῆς.** Στὴν πραγματικότητα ὅσο λειτουργεῖ μιὰ ἀπλὴ μηχανή, ὑπάρχουν πάντοτε δυνάμεις τριβῆς, ποὺ μποροῦμε νά τὶς περιορίσουμε, δχλὶ ὅμως καὶ νά τὶς ἔξαφανίσουμε. "Ετσι ἔχομε τριβὴν τῆς τροχαλίας μὲ τὸν ἄξονά της, τριβὴν τοῦ σκοινιοῦ ποὺ περιτυλίγεται στὸ αὐλάκι τῆς τροχαλίας, τριβὴν τοῦ σώ-

ματος ποὺ γλιστρᾶ ἐπάνω στὸ κεκλιμένο ἐπίπεδο κλπ. Γι' αὐτὸν τὸ λόγο τὸ κυνηγήσιο ἔργο εἶναι μεγαλύτερο ἀπὸ τὸ ἀνθιστάμενο, ὅταν στὸ τελευταῖο δὲν συνυπολογίσουμε καὶ τὸ ἔργο τῶν τριβῶν.

Η διαπίστωση αὐτὴ δόδήγησε τοὺς φυσικοὺς ἐπιστήμονες στὸν ὄρισμὸν ἑνὸς νέου μεγέθους, ποὺ δονομάζεται **ἀπόδοση**.

Οἱ διάφορες μηχανικὲς διατάξεις δέχονται ἔργο μιᾶς μορφῆς καὶ τὸ μετατρέπουν σὲ ἔργο ἄλλης μορφῆς, κατάλληλο νά χρησιμοποιηθεῖ γιὰ τὴν πραγματοποίηση ἑνὸς μηχανικοῦ σκοποῦ. Στὶς μετατροπές αὐτὲς ὑπάρχουν πάντοτε ἀπώλειες. Γι' αὐτὸν καὶ τὸ ἔργο ποὺ ἀποδίδεται ἀπὸ τὴ μηχανὴ εἶναι πάντα μικρότερο ἀπὸ τὸ ἔργο ποὺ τῆς προσφέρεται.

Απόδοση η μιᾶς ἀπλῆς μηχανῆς ὀνομάζεται ὁ λόγος τοῦ ἔργου ποὺ δίνει μιὰ μηχανὴ πρὸς τὸ ἔργο ποὺ προφέρεται στὴ μηχανὴ.

Η ἀπόδοση ἐκφράζεται μὲ δεκαδικὸ κλάσμα ἢ ἐπὶ τοῖς ἑκατὸ (%) , ὅπότε εἶναι ἀριθμὸς ποὺ περιλαμβάνεται μεταξὺ 0 καὶ 100.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Στὴν ἰδανικὴ περίπτωση, κατὰ τὴν ὅποια μία ἀπλὴ μηχανὴ λειτουργεῖ χωρὶς τριβές, τὸ ἔργο τῆς κινητήριας δυνάμεως (κινητήριο ἔργο) καὶ τὸ ἔργο τῆς ἀνθιστάμενης δυνάμεως (ἀνθιστάμενο ἔργο) εἶναι ἴσα. Αὐτὸν ἀκριβῶς ἐννοοῦμε, ὅταν λέμε ὅτι ἔχουμε διατήρηση τῆς μηχανικῆς ἐνέργειας.

2. Ἐξαιτίας τῶν τριβῶν, κυρίως, τὸ ἔργο ποὺ προσφέρεται σὲ μιὰ μηχανὴ δὲν εἶναι ἴσο μὲ τὸ ὀφέλιμο ἔργο ποὺ ἀποδίδει ἡ μηχανὴ.

3. Ο λόγος τοῦ ἔργου ποὺ ἀποδίδεται ἀπὸ τὴ μηχανὴ πρὸς τὸ ἔργο ποὺ προσφέρεται στὴ μηχανὴ ἐκφράζει τὴν ἀπόδοσή της.

4. Η ἀπόδοση μιᾶς μηχανῆς εἶναι πάντοτε μικρότερη ἀπὸ τὴ μονάδα καὶ ὅσο περισσότερο πλησιάζει πρὸς τὴ μονάδα, τόσο οἰκονομικότερη εἶναι ἡ μηχανὴ.

68. Κεκλιμένο έπιπεδο AB έχει μήκος 6 m. Η ύφρωμετρική διαφορά των ακρων του A και B είναι 2 m. Ένα σῶμα βάρους 150 kp ανυψώνεται από τὸ σημεῖο A στὸ B καὶ γιὰ τὸ σκοπό αὐτὸ καταβάλλομε σταθερὴ δύναμη, παράλληλη πρὸς τὸ κεκλιμένο έπιπεδο και μέτρου 60 kp. Νὰ υπολογιστεῖ τὸ κινητήριο και τὸ ἀνθιστάμενο ἔργο, δηνας ἐπίσης καὶ ἡ ἀπόδοση τοῦ κεκλιμένου έπιπεδου.

(Απ. 360 kpm, 300 kpm, $\eta = 0,83$.)

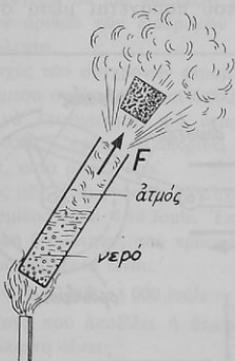
69. Ένα πολύσπαστο (σύστημα τροχαλιῶν ἀπὸ

τὶς ὁποῖες περνᾶ ἔνα κοινὸ σκονί) χρησιμοποιεῖται γιὰ τὴν ἀνύψωση σῶματος βάρους 180 kp. Στὸ ἄλλο ἄκρο τοῦ σκονιοῦ ἀσκοῦμε μὰ κινητήρια δύναμη μέτρου 36 kp. Τὸ σῶμα ἀνέβηκε 1,2 m, ὅταν ἐμεῖς τραβήξαμε 7,2 m σκονί. α) Νὰ υπολογιστεῖ τὸ ἔργο τῆς ἀνθιστάμενης δυνάμεως. β) Νὰ υπολογιστεῖ τὸ ἔργο τῆς κινητήριας δυνάμεως. Γιατὶ τὰ δύο αὐτὰ ἔργα εἶναι διαφορετικά; γ) Νὰ βρεθεῖ ἡ ἀπόδοση τῆς ἀπλῆς μηχανῆς.

(Απ. α' 259,2 kpm, β' 216 kpm, γ' $\eta = 0,83$.)

ΙΙ' — ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ. ΑΤΜΟΜΗΧΑΝΗ

§ 66. Ή θερμότητα μετατρέπεται σὲ μηχανικὸ ἔργο. Εἰδαμε σὲ ἔνα ἀπὸ τὰ προηγούμενα κεφάλαια πᾶς ἡ μηχανικὴ ἐνέργεια μπορεῖ νὰ μετατραπεῖ σὲ θερμικὴ ἐνέργεια. Στὸ κεφάλαιο αὐτὸ θὰ ἔξετάσουμε τὸ ἀντίστροφο φαινόμενο. Δηλαδὴ πῶς η θερμικὴ ἐνέργεια εἶναι δυνατὸ νὰ μετατραπεῖ σὲ μηχανικὴ ἐνέργεια.



Σχ. 61. Μετατροπὴ τῆς θερμότητας σὲ μηχανικὸ ἔργο. Οἱ θερμοὶ ὑδρατμοὶ ἀσκοῦν πιέζουσες δυνάμεις στὸ πῶμα και τὸ ἐκτινάσσουν ὄρμητικά.

Πείραμα 1. Θερμαίνομε ἔνα πωματισμένο μεταλλικὸ δοχεῖο, ποὺ περιέχει λίγο νερό

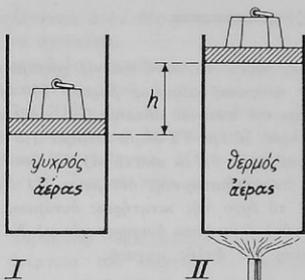
και τοῦ ὁποίου τὸ πῶμα τὸ ἔχομε λιπάνει ἐλαφρά, γιὰ νὰ γλιστρᾶ μὲ εὐκολία (σχ. 61). Παρατηροῦμε ὅτι μετὰ ἀπὸ λίγο χρονικὸ διάστημα τὸ πῶμα πετάγεται ὄρμητικά, ἐνῶ συγχρόνως ξεφεύγει ἀπὸ τὸ σωλήνα μιὰ ποσότητα ἀτμοῦ.

Ἡ ἑκτόξευση αὐτὴ δοφείλεται στὴν πιέζουσα δύναμη F , ποὺ ἀσκήθηκε ἀπὸ τὸν ἀτμὸ πάνω στὸ πῶμα και ἡ ὁποία ἀπόδωσε ἔτσι ἔνα ὄρισμένο μηχανικὸ ἔργο.

Ἄκριβῶς τὸ ἴδιο φαινόμενο συμβαίνει και σὲ μιὰν ἀτμομηχανή. Τὸ νερὸ ἀτμοποιεῖται μέσα σὲ ἔνα λεβῆτα, χάρη στὴ θερμότητα ποὺ δίνει μία ἑστία. Ο ἀτμὸς σπρώχνει τὸ ἔμβολο τῆς μηχανῆς και ἔτσι παράγεται ὄρισμένο ἔργο.

Ἄκριβεῖς μετρήσεις ἔδειξαν ὅτι ἔνα μέρος τῆς θερμότητας ποὺ δίνει τὸ καύσιμο μετατρέπεται σὲ ἔργο.

Πείραμα 2. Ένας κατακόρυφος κύλινδρος περιέχει ἀέρα, ποὺ πιέζεται ἀπὸ ἔνα βάρος τοποθετημένο ἐπάνω σὲ ἔνα ἔμβολο. Ἄν θερμάνουμε τὸν ἀέρα, θὰ παρατηρήσουμε ὅτι τὸ ἔμβολο, μαζὶ μὲ τὸ βάρος, ὑψώνεται κατὰ ἔνα ὑψος h (σχ. 62). Δηλαδὴ οἱ πιέζουσες δυνάμεις ποὺ ἀσκοῦνται ἀπὸ τὸν ἀέρα πάνω στὸ ἔμβολο



Σχ. 62. Οι πιέζουσες δυνάμεις του θερμού αέρα παράγουν μηχανικό έργο και άνωψιν το έμβολο με το σώμα.

παράγουν μηχανικό έργο. Αντὸ τὸ ἔργο παράγεται ἐξαιτίας τῆς θερμότητας, ποὺ ἀποδίδεται ἀπὸ τὴν ἐστία στὸν περιορισμένο μέσα στὸν κύλινδρο αέρα.

Πάνω σ' αὐτὴ τὴν ἀρχὴ βασίζεται καὶ ἡ λειτουργία τῶν μηχανῶν ἐκρήξεως.

Ἡ καύση, συνήθως ἀτμῶν βενζίνης, μέσα στὸν κύλινδρο, ἀποδίδει θερμότητα, ποὺ παράγει τὸ ἀπαιτούμενο γιὰ τὴν κίνηση τοῦ ἐμβόλου έργο.

Ἡ ἀτμομηχανὴ καὶ ἡ μηχανὴ ἐκρήξεως (ἢ μηχανὴ ἐσωτερικῆς καύσης) δονομάζον-

ται θερμικὲς μηχανὲς ἢ θερμικοὶ κινητῆρες ἀπὸ τὸ γεγονός ὅτι ὡς πηγὴ ἐνέργειας χρησιμοποιοῦν τὴν θερμότητα.

Ἄπο τὰ παραπάνω παραδείγματα συμπεραίνομε ὅτι:

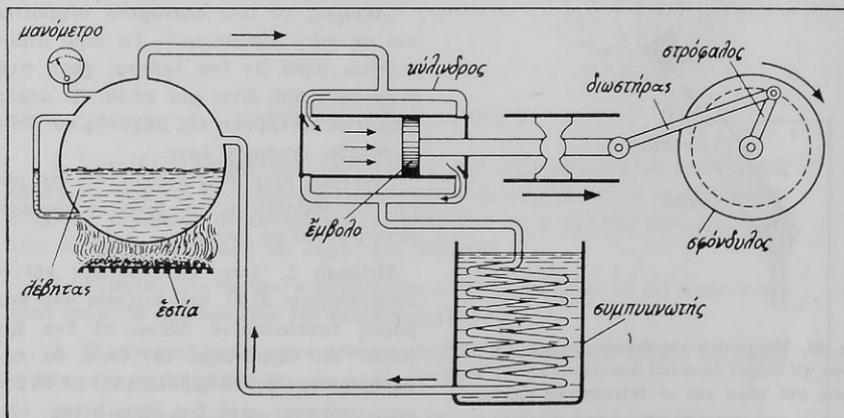
Ἡ θερμότητα μπορεῖ νὰ μετατραπεῖ σὲ μηχανικὸ έργο.

§ 67. Ἐτοιμηχανὴ. Ὁπως εἴδαμε στὴν προηγούμενη παράγραφο, ἡ ἀτμομηχανὴ είναι μιὰ θερμικὴ μηχανὴ, ποὺ μετατρέπει σὲ έργο ἕνα μέρος τῆς θερμότητας, ποὺ παίρνει ἀπὸ τὸ νερὸ ἐνὸς λέβητα.

Ἀρχὴ τῆς λειτουργίας καὶ περιγραφή. Τὸ πείραμα τοῦ μεταλλικοῦ δοχείου μὲ τὸ νερὸ τὸ ὅποιο, δταν ζεστάθηκε τίναξε μακριὰ τὸ πόδια (βλ. σχ. 61), ἐξηγεῖ τὴν ἀρχὴ τῆς λειτουργίας μιᾶς ἀτμομηχανῆς. Δηλαδή:

Ἡ πίεση τοῦ ἀτμοῦ, ποὺ παράγεται ἀπὸ τὸ νερὸ μέσα σὲ ἕνα κλειστὸ δοχεῖο, είναι ίκανη νὰ μετατοπίσει ἕνα σῶμα.

Ο ἀτμὸς ποὺ παράγεται μέσα στὸ λέ-



Σχ. 63. Τομὴ ἀτμομηχανῆς. Φαίνεται ὁ λέβητας, ὁ κύλινδρος, ὁ συμπυκνωτής καὶ τὸ σύστημα διωστήρα - στροφάλου γιὰ τὴ μετατροπὴ μιᾶς παλινδρομικῆς κινήσεως σὲ περιστροφική.

βητα, προχωρεῖ σὲ έναν κύλινδρο, δπου ύπάρχει ένα κινητό ξεμβολο. Ὁ ἀτμὸς σπρώχνει τὸ ξεμβολο αὐτὸ ποὺ κινεῖται παλινδρομικὰ (έμπρὸς - πίσω) μέσα στὸν κύλινδρο. Αὐτὴ ἡ ἀδιάκοπη παλινδρόμηση τοῦ ξεμβόλου μετατρέπεται σὲ περιστροφικὴ κίνηση μὲ τὴ βοήθεια μιᾶς μηχανικῆς διατάξεως, ποὺ δυνομάζεται σύστημα διωστήρα-στροφάλον (σχ. 63).

Ἡ ἀτμομηχανὴ χαρακτηρίζεται σὰν ἀτμομηχανὴ διπλῆς ἐνέργειας, δταν ὁ ἀτμὸς ἐπιδρᾶ ἀλληλοδιαδόχως σὲ κάθε μιὰ ἀπὸ τὶς ὄψεις τοῦ ἔμβολου. Ὁ ἀτμός ἀφοῦ χρησιμοποιηθεῖ στὸν κύλινδρο, διώχνεται στὴν ἀτμόσφαιρα ἢ διοχετεύεται σὲ ένα συμπυκνωτὴ, ἀπὸ δπου ξαναστέλνεται στὸ λέβητα.

Ἡ ἀνακάλυψη τῆς ἀτμομηχανῆς ὁδήγησε στὴν κατασκευὴ τῶν σιδηροδρόμων καθώς καὶ στὴ μηχανοποίηση τῶν διαφόρων ἐργασιῶν.

§ 68. Ἀπόδοση μιᾶς ἀτμομηχανῆς. Ἡ ἰσχὺς μιᾶς ἀτμομηχανῆς, τὸ ἔργο δηλαδὴ ποὺ ἀποδίδει στὸ δευτερόλεπτο, ἔξαρταται ἀπὸ τὸ ἔργο ποὺ παράγεται σὲ μιὰ διαδρομὴ τοῦ ξεμβόλου καὶ ἀπὸ τὸν ἀριθμὸ τῶν διαδρομῶν αὐτῶν σὲ κάθε δευτερόλεπτο.

Ἡ ἰσχὺς τῶν σύγχρονων ἀτμομηχανῶν κυμαίνεται ἀνάμεσα στοὺς 4 000 καὶ 6 000 ἵππους.

Γιὰ νὰ λειτουργήσει μιὰ ἀτμομηχανὴ ἰσχύος ἐστω 4 000 Ch, πρέπει νὰ ἀποδίδει ἡ ἐστία τῆς 7 000 kcal/sec, κατὰ μέσον δρο.

Ὅπος μιᾶς εἶναι γνωστό, τὸ μηχανικὸ ἰσοδύναμο τῆς θερμίδας εἶναι 4,18 Joule. Ἐπομένως τὸ ἔργο σὲ μορφὴ θερμότητας ποὺ προσφέρει ἡ ἐστία στὸ κάθε δευτερόλεπτο εἶναι:

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

Τὸ ἔργο ποὺ ἀποδίδει ἡ ἀτμομηχανὴ στὸ ένα δευτερόλεπτο εἶναι:

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

Ἄπο τὸ παραπάνω παράδειγμα καταλαβαίνουμε δτὶ σημαντικὸ στοιχεῖο γιὰ τὴν ἀξιολόγηση μιᾶς ἀτμομηχανῆς δὲν εἶναι μόνο ἡ ἰσχὺς ἀλλὰ καὶ ἡ ἀπόδοσὶ τῆς.

Ἀπόδοση ἡ μιᾶς ἀτμομηχανῆς δυνομάζεται τὸ λόγο τοῦ ἔργου, ποὺ παράγει ἡ μηχανὴ σ' ἔνα δρισμένῳ

χρονικὸ διάστημα, πρὸς τὸ ἔργο τὸ ἰσοδύναμο μὲ τὴ θερμότητα, ποὺ προσφέρεται ἀπὸ τὴν ἐστία στὸ ἴδιο χρονικὸ διάστημα.

Ἐπομένως ἡ ἀπόδοση ἡ τῆς ἀτμομηχανῆς τοῦ παραδείγματός μας θὰ εἶναι:

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

Ὅπως παρατηροῦμε, ἡ ἀπόδοση τῆς ἀτμομηχανῆς ποὺ περιγράψαμε εἶναι πολὺ μικρή, συγκεκριμένα τῆς τάξης τῶν 0,1. Αὐτὸ συμβαίνει, γιατὶ ἔνα μικρὸ μόνο ποσόστο τῆς θερμότητας ποὺ παράγεται ἀπὸ τὴν ἐστία μετατρέπεται σὲ μηχανικὸ ἔργο. Τὸ μεγαλύτερο μέρος αὐτῆς τῆς θερμότητας χάνεται, εἴτε μὲ ἀκτινοβολία εἴτε μὲ τὰ ἀέρια τῆς καύσης εἴτε μὲ τὸν ἀτμὸ ποὺ ξεφεύγει ἀπὸ τὸν κύλινδρο.

Ἡ ἀπόδοση μιᾶς ἀτμομηχανῆς βελτιώνεται μὲ κατάλληλες τροποποίησεις καὶ διατάξεις. Ἔτσι διακόπτουμε τὴν εἰσόδο τῶν ἀτμῶν στὸν κύλινδρο προτοῦ τὸ ξεμβολο διατρέξει δὴ τὴ διαδρομὴ τοῦ. Ὁ ἀτμὸς ποὺ ὑπάρχει τώρα μέσα στὸν κύλινδρο συνεχίζει νᾶ σπρώχνει τὸ ξεμβολο στὸ ὑπόλοιπο τμῆμα τῆς διαδρομῆς τοῦ. Μὲ αὐτὸ τὸν τρόπο ὁ δύκος τοῦ ἀτμοῦ αὐξάνεται καὶ ἐλαττώνεται ἡ πίεση του. Λέμε τότε δτὶ ὁ ἀτμὸς ἐκτονώθηκε.

Στὶς ἀτμομηχανὲς τελευταίου τύπου ἐκτονώνομε τὸν ἀτμὸ δσο τὸ δυνατὸ περισσότερο. Ἡ ίδια ποσότητα τοῦ ἀτμοῦ ἐκτονώνεται σὲ πολλοὺς διαδοχικοὺς κυλίνδρους μὲ συνεχῶς μεγαλύτερες διαμέτρους. Οἱ ἀτμομηχανὲς αὐτὲς δυνομάζονται πολλαπλῆς ἐκτονώσεως.

Ἐπίσης ἀντὶ νὰ ἀφήσουμε τὸν ἀτμὸ νὰ διαφύγει στὴν ἀτμόσφαιρα, τὸν δόηγονμε σὲ ένα συμπυκνωτὴ. Ὁ συμπυκνωτὴς εἶναι ένα μεταλλικὸ δοχεῖο χωρὶς ἀέρα, μέσα στὸ δὲ ποτὸ συμπυκνώτεται καὶ ὑγροποιεῖται ὁ ἀτμός, μόλις βγαίνει ἀπὸ τοὺς κυλίνδρους. Ἡ θερμοκρασία του διατηρεῖται σταθερὴ στὴν περιοχὴ τῶν 40°C. Ἡ πίεση στὸν συμπυκνωτὴ θὰ εἶναι βέβαια ἵση μὲ τὴν τάση τῶν κορεσμένων ὑδρατμῶν σ' αὐτὴ τὴ θερμοκρασία (0,1 kp/cm²). Εἶναι δηλαδὴ μικρότερη ἀπὸ τὴν ἀτμόσφαιρικὴ πίεση. Τὸ ἔργο ἐπομένως ποὺ παράγεται σὲ μιὰ διαδρομὴ τοῦ ξεμβόλου θὰ εἶναι μεγαλύτερο ἀπὸ τὸ ἔργο ποὺ θὰ παραγόταν, ἀν οἱ ἀτμοὶ διοχετεύονταν στὸν ἀτμόσφαιρικὸν ἀέρα.

Ὁ συμπυκνωτὴς δόμος εἶναι βαρὺς καὶ χρειάζεται ποσότητα νεροῦ γιὰ τὴν ψύξη. Αὐτὸς εἶναι ὁ κυριότερος λόγος γιὰ τὸν δόπονον οἱ ἀτμομηχανὲς τῶν σιδηροδρομικῶν συρμάτων δὲν ἔχουν συμπυκνωτὴ.

1. Μία άτμομηχανή μᾶς ἐπιτρέπει νὰ μετατρέψουμε τὴ θερμικὴ ἐνέργεια, ποὺ προσφέρεται ἀπὸ μιὰ πηγὴ θερμότητας, σὲ μηχανικὴ ἐνέργεια. Ἡ άτμομηχανὴ εἶναι συνεπῶς μιὰ θερμικὴ μηχανή.

2. Μία άτμομηχανὴ περιλαμβάνει ἔνα λέβητα, ποὺ παρέχει σὲ ἔναν κύλινδρο ἀτμοὺς μὲ πίεση. Ἡ πιέζουσα δύναμη τοῦ ἀτμοῦ ἐνεργεῖ διαδοχικὰ καὶ στὶς δύο συνήθως ὄψεις τοῦ ἐμβόλου. Ἡ παλιγδρομικὴ κίνηση τοῦ ἐμβόλου μετατρέπεται σὲ περιστροφική, μὲ τὴ βοήθεια ἐνὸς συστήματος διωστήρα-στροφάλου.

3. Ἡ ἀπόδοση μᾶς άτμομηχανῆς εἶναι τὸ πλήκτο τοῦ ἔργου, ποὺ ἀπόδωσε ἡ άτμομηχανὴ σὲ ἔνα δρισμένο χρονικὸ διάστημα, πρὸς τὸ ἰσοδύναμο ἔργο τῆς θερμότητας, ποὺ ἀπελευθερώθηκε ἀπὸ τὴν ἐστία στὸ ἴδιο χρονικὸ διάστημα.

4. Ἡ ἀπόδοση μᾶς άτμομηχανῆς εἶναι μικρή. Κυμαίνεται γύρω ἀπὸ τὸ 0,1 (ἡ 10%). Βελτιώνουμε τὴν ἀπόδοση, ἂν ἐκμεταλλευτοῦμε τὴν ἐκτόνωση τῶν ἀτμῶν καὶ χρησιμοποιήσουμε συμπυκνωτή.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

70. Τὸ ἐμβόλο μᾶς άτμομηχανῆς ἔχει διατομὴ ἐμβαδοῦ 250 cm^2 . Ὁ ἀτμὸς μπαίνει στὸν κύλινδρο μὲ πίεση 12 kp/cm^2 καὶ βγαίνει ἀμέσως στὴν ἀτμόσφαιρα. Νὰ ὑπολογιστεῖ ἡ δύναμη ποὺ σπρώχνει τὸ ἐμβόλο. Δίνεται ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεση ἵση 1 kp/cm^2 .

(Απ. 2 750 kp.)

71. Τὸ ἐμβόλο μᾶς άτμομηχανῆς διπλῆς ἐνέργειας ἔχει διάμετρο 20 cm . Ὁ ἀτμὸς μπαίνει στὸν κύλινδρο μὲ πίεση 12 kp/cm^2 . Υστερα διοχετεύεται σὲ ἔνα συμπυκνωτή, δύον ἡ πίεση εἶναι $0,2 \text{ kp/cm}^2$. Ὁ διαδρομὴ τοῦ ἐμβόλου εἶναι 60 cm . Νὰ ὑπολογιστεῖ τὸ ἔργο ποὺ παράγεται σὲ μὰ πλήση διαδρομῆς ἀπὸ τὴ δύναμη μὲ τὴν ὄποια ὁ ἀτμὸς σπρώχνει τὸ ἐμβόλο.

(Απ. 4 446 kpmt.)

72. Γιὰ νὰ στερεώσουμε στὸ βυθὸ τοὺς πασσάλους,

δταν κατασκενάζουμε τὰ θεμέλια τῆς γέφυρας ἐνὸς ποταμοῦ χρησιμοποιοῦμε μιὰν ἀτμοκίνητη σφράγιδα. Λάτη ἀποτελείται ἀπὸ μιὰ βαριὰ μάζα βάρους 500 kp , ἡ οποία ἀνηφόρεται ἀπὸ ἓνα κατακόρυφο ἐμβόλο. Τὸ ἐμβόλο κινεῖται μέσα σ' ἔναν κύλινδρο, ἐμβαδοῦ διατομῆς 150 cm^2 , καὶ πέφτει, μόδις ὁ ἀτμὸς ξεφύγει στὴν ἀτμόσφαιρα. Νὰ ὑπολογιστεῖ ἡ ἐλάχιστη πίεση τοῦ ἀτμοῦ ποὺ μπορεῖ νὰ ύφεσει τὴ μάζα τῆς σφράγιδας.

(Απ. 4,3 kp/cm².)

73. Ἡ λαχὼς ποὺ ἀποδίδεται ἀπὸ τὸν κινητήριο ἀξονοῦ μᾶς άτμομηχανῆς εἶναι 96 Ch . Ἡ άτμομηχανὴ καταναλώνει 76 kg καύσιμο κάθε ὥρα. Νὰ ὑπολογιστεῖ ἡ ἀπόδοση τῆς μηχανῆς, ἀν γνωρίζουμε δτι ἡ θερμότητα καύσης τοῦ ἀνθρακοῦ εἶναι $7\,500 \text{ kcal/kg}$.

(Απ. η = 11 %.)

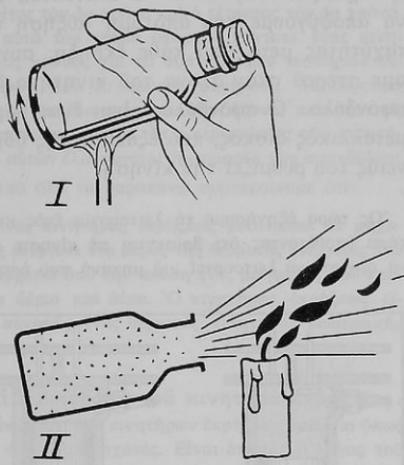
ΙΔ' — ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ

§ 69. Γενικότητες. Οἱ πρῶτοι κινητῆρες ἐκρήξεως χρησιμοποιήθηκαν στὴ βιομηχανία ἀπὸ τὸ 1860. Ἡ συνεχῆς τελειοποίησή τους ἐπέτρεψε στὸν ἀνθρωπο, ἀνάμεσα σὲ πολλές ἄλλες ἐφαρμογές, τὴν κα-

τασκευὴ τοῦ αὐτοκινήτου καὶ τὴν πραγματοποίηση τῶν ἀεροσυγκοινωνιῶν.

§ 70. Μηχανές ἐκρήξεως. 1) Ἀρχὴ καὶ λειτουργία. α) Πείραμα. Στάζομε μερικὲς

σταγόνες βενζίνας μέσα σε ένα φιαλίδιο, τό πωματίζουμε και τό θερμαίνουμε έλαφρά, ώστε νά παραχθούν άτμοι βενζίνας (σχ. 64, I). Ξεβουλώνομε γρήγορα τό φιαλίδιο και τό πλησιάζουμε σε μιά φλόγα. Γίνεται τότε μιά μικρή έκρηξη, πού δφείλεται στήν ταχύτατη καύση της βενζίνας (σχ. 64, II).

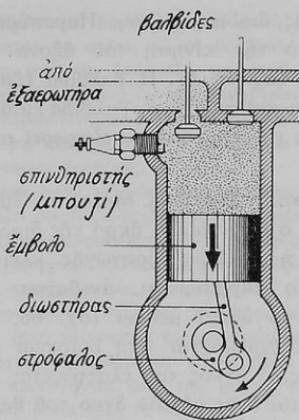


Σχ. 64. Ή βενζίνα έξαερώνεται (I). Ή γρήγορη καύση τού μείγματος τῶν άτμων της βενζίνας μὲ τὸν ἀέρα γίνεται μὲ έκρηξη (II).

Στό πείραμα αύτό παρατηροῦμε δτι ή καύση είναι σχεδόν στιγμαία και δτι ή θερμότητα πού παράγεται ύψωνει τή θερμοκρασία τῶν ἀερίων της καύσης. Αν ή καύση πραγματοποιεῖται στό έσωτερικό ένδος κλειστού δοχείου, τά ἀέρια μποροῦν νά υποχτήσουν πολὺ μεγάλη πίεση και νά κινήσουν ένα έμβολο. Αυτή είναι ή ἀρχὴ τῶν κινητήρων έκρηξεως. Δηλαδή:

Σὲ ένα κινητήρα έκρηξεως ένα μέρος τῆς θερμότητας πού ἐλευθερώνεται ἀπό τό καύσιμο μετατρέπεται σε μηχανικό ἔργο.

β) Πειριγραφὴ τῆς μηχανῆς. Σ' έναν κινητήρα έκρηξεως τό μείγμα τῶν άτμων τού καύσιμου και τού ἀέρα διοχετεύεται στό



Σχ. 65. Τομὴ μηχανῆς έσωτερικῆς καύσης.

θάλαμο έκρηξεως, πού βρίσκεται στό ἀνώτερο τμῆμα τοῦ κυλίνδρου (σχ. 65).

Ἡ ἀνάφλεξῃ τοῦ μείγματος αὐτοῦ γίνεται μὲ ἓναν ἡλεκτρικὸ σπινθηριστή (μπουζή). Ἡ πίεση τῶν ἀερίων πού παράγονται ἀπό τήν καύση σπρώχνει τό έμβολο. Ἔνας διωστήρας συνδέει τὸν κύλινδρο μὲ ἓνα στρόφαλο, ὃ ὅποιος είναι στερεὰ συνδεμένος στὸν ἕξοντα τοῦ κινητήρα και ἔτσι ἡ παλινδρομικὴ κίνηση τοῦ ἐμβόλου μετατρέπεται σὲ κυκλικὴ κίνηση. Ἡ εἰσόδος και ἡ ἔξοδος τῶν ἀερίων γίνεται μὲ τή βοήθεια δύο βαλβίδων, πού ἀνοιγοκλείνουν αὐτόματα. Ὁ έξαερωτήρας (καρμπυρατέρ) έξασφαλίζει τήν έξαερωση τοῦ καύσιμου και τήν ἀνάμειξή του μὲ ἀέρα σὲ κατάλληλες ἀναλογίες, γιὰ νά έχουμε πλήρη καύση.

2) Λειτουργία. Πειριγραφὴ τοῦ τετράχρονου κύκλου. Ἡ λειτουργία ἐνδός κινητήρα έκρηξεως ὀλοκληρώνεται σὲ τέσσερεις διαφορετικὲς φάσεις. Αὐτὸς ἀκριβῶς έκφράζομε, ὅταν λέμε δτι ὁ κινητήρας είναι τετράχρονος.

Ιος χρόνος: Ἀναρρόφηση. Ὑποθέτομε δτι ὁ κινητήρας λειτουργεῖ και θεωροῦμε δτι τό έμβολο βρίσκεται στό ἀνώτερο

σημείο τῆς διαδρομῆς του. Παρασύρεται ἐπειτα ἀπὸ τὴν κίνηση τοῦ ἄξονα καὶ κατεβαίνει (σχ. 66, I). Ἡ βαλβίδα ἔξαγωγῆς κλείνει καὶ ἀνοίγει ἡ βαλβίδα εἰσαγωγῆς, δόποτε τὸ ἀέριο μεῖγμα εἰσχωρεῖ στὸν κύλινδρο.

2ος χρόνος: Συμπίεση. Μόλις τὸ ἔμβολο φτάσει στὸ κατώτερο ἄκρο τῆς διαδρομῆς του, ἡ βαλβίδα εἰσαγωγῆς κλείνει. Τὸ ἔμβολο παρασύρεται, ἀνεβαίνει καὶ συμπιέζει τὸ ἀέριο μεῖγμα (σχ. 66, II). Τὸ μεῖγμα θερμαίνεται στὴ διάρκεια τῆς συμπιέσεως, δο ὅγκος του ἐλαττώνεται καὶ τέλος γίνεται ἴσος μὲ τὸν ὄγκο τοῦ θαλάμου τῆς καύσης.

3ος χρόνος: Ἐκρηξη καὶ ἑκτόνωση. Ὁ σπινθηριστής λειτουργεῖ καὶ τὸ ἀέριο μεῖγμα ἀναφλέγεται μὲ ἔκρηξη. Τὰ ἀέρια τῆς καύσης ἀποχοῦντὸν ὑψηλὴ θερμοκρασία, ἐπειδὴ ὅμως οἱ δύο βαλβίδες μένουν κλειστὲς, δὲν ἔχουν χῶρο διαφυγῆς καὶ ἀποχτοῦν σχεδὸν ἀκαριαῖα μεγάλη πίεση, ἔξαιτιας τῆς ὁδοίας σπρώχνουν δυνατὰ τὸ ἔμβολο πρὸς τὸ κατώτερο σημεῖο τῆς διαδρομῆς του καὶ ἔτσι τὰ ἀέρια ἐκτονώνονται (σχ. 66, III). Ἡ φάση αὐτὴ ἀντιστοιχεῖ στὴν ἀπόδοση ἔργου ἀπὸ τὴ μηχανή.

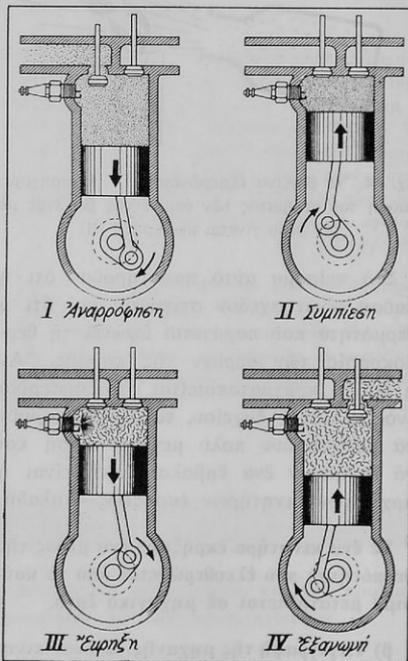
4ος χρόνος: Ἐξαγωγή. Ἡ βαλβίδα ἔξαγωγῆς ἀνοίγει. Ἐξαιτίας τῆς ταχύτητας ποὺ πῆρε στὴν προηγούμενη φάση τὸ ἔμβολο συνεχίζει τὴν κίνησή του πρὸς τὰ ἐπάνω μὲ ἀποτέλεσμα νὰ διώχνει τὰ ἀέρια τῆς καύσης (σχ. 66, IV). Ὄταν τὸ ἔμβολο φτάσει στὸ ψηλότερο σημεῖο τῆς διαδρομῆς του, ἡ βαλβίδα ἔξαγωγῆς κλείνει καὶ οἱ ἴδιες λειτουργίες ἐπαναλαμβάνονται μὲ τὴν ἴδια ἀκόλουθια.

Τὸ σύνολο τῶν τεσσάρων αὐτῶν χρόνων ἀποτελεῖ ἔναν κύκλο.

Κατὰ τὴ διάρκεια ἐνὸς κύκλου τὸ ἔμβολο κάνει δύο παλινδρομῆσεις καὶ συνεπῶς ὁ ἄξονας τοῦ κινητήρα κάνει δύο περιστροφές. Παρατηροῦμε δῆμως ὅτι στὸ ἔμ-

βολο ἐνεργοῦν πιεζούσες δυνάμεις μόνο στὴ διάρκεια τοῦ τρίτου χρόνου. Δηλαδὴ ὁ κύκλος περιλαμβάνει ἕνα μόνο κινητήριο χρόνο. Καὶ στοὺς ἄλλους τρεῖς χρόνους ὁ κινητήρας συνεχίζει τὴ λειτουργία του, ἀποδίδοντας κινητικὴ ἐνέργεια στὰ κινητὰ μέρη τῆς μηχανῆς, ἀλλὰ ἡ ταχύτητά τους τείνει νὰ ἐλαττωθεῖ. Γιὰ νὰ ἀποφύγουμε τὴν ἀπότομη αὔξηση τῆς ταχύτητας μετὰ ἀπὸ κάθε ἔκρηξη, συνδέομε στερεὰ στὸν ἄξονα τοῦ κινητήρα ἔνα σφόνδυλο. Ὁ σφόνδυλος εἶναι ἔνας βαρὺς μεταλλικὸς δίσκος, ποὺ ἔξαιτιας τῆς ἀδράνειας του ρυθμίζει τὴν κίνηση.

Ὦς τώρα ἔξηγήσαμε τὴ λειτουργία ἐνὸς κινητήρα ὑπόθετοντας ὅτι βρίσκεται σὲ κίνηση. Γιὰ νὰ ἀρχίσει νὰ λειτουργεῖ μιὰ μηχανὴ ποὺ ἡρεμεῖ,



Σχ. 66. Οἱ τέσερεις φάσεις τῆς λειτουργίας ἐνὸς τετράχρονου κινητήρα.

είναι άπαραιτητο νά τής χορηγηθεί μιά ποσότητα
άεριου μείγματος, ή όποια νά συμπιεστεί, ώστε νά
δημιουργηθεί η πρώτη έκρηξη. Αύτό γίνεται συ-
νήθως με τη βοήθεια μιάς ηλεκτρικής διατάξεως,
που δύνωμέται έκκινητής.

Οι κινητήρες τῶν αὐτοκινήτων άποτελούνται
συνήθως ἀπό τέσερεις κυλίνδρους. "Οταν ὁ πρώ-
τος κύλινδρος διαγράφει τὸν 1ο χρόνο τοῦ κύκλου,
ὁ δεύτερος κύλινδρος διαγράφει τὸ 2ο χρόνο,
ὁ τρίτος τὸν 3ο χρόνο και ὁ τέταρτος τὸν 4ο χρόνο.
Μὲ αὐτὸν τὸν τρόπο ὑπάρχει πάντοτε ἔνας κινη-
τήριος χρόνος γιὰ τὸ σύστημα τῶν τεσσάρων κυ-
λίνδρων, ποὺ ἐργάζονται σύγχρονα. Τὰ διάφορα
ἔμβολα συνδέονται στὸν ίδιο ἄξονα, ποὺ ἔτσι κι-
νεῖται κανονικότερα. Στὶς περιπτώσεις τῶν κινητή-
ρων αὐτῶν ἐλαττώνεται ή σημασία τῶν σφραγίδων.

'Από δὴ τὰ παραπάνω συμπεραίνομε ὅτι:

"Ἐνας κινητήρας ἐκρήξεως μετατρέπει σὲ μηχα-
νική ἐνέργεια ἓνα μέρος τῆς θερμικῆς ἐνέργειας ποὺ
προέρχεται ἀπό τὴν καύση ἑνὸς μείγματος ἀπό καύ-
σιμο ἀέριο και ἀέρα. Ο κινητήρας ἐκρήξεως εί-
ναι συνεπῶς ἔνας θερμικὸς κινητήρας ἐσωτερικῆς
καύσης.

§ 71. Ἀπόδοση τοῦ κινητήρα ἐκρήξεως.
Ἡ ἀπόδοση τῶν κινητήρων ἐκρήξεως ὅριζεται ὡς ποσὸς
και στὶς ἀτμομηχανές. Elvai δηλαδὴ ὁ λόγος τοῦ
ἔργου, ποὺ πραγματοποιεῖται ἀπό τὸν κινητήρα
σε ἕνα ὀρισμένο χρονικὸ διάστημα, πρὸς τὸ ἴσο-
δύναμο μηχανικὸ ἔργο τῆς θερμότητας, ποὺ ἀπό-
διδεῖ τὸ καύσιμο στὸ ίδιο χρονικὸ διάστημα.

Ἡ ἀπόδοση ἑνὸς κινητήρα ἐκρήξεως κυμαίνε-
ται γενικά ἀνάμεσα στὶς τιμὲς 0,25 και 0,30, είναι
έπομένως σημαντικά μεγαλύτερη ἀπό τὴν ἀπόδοση
τῶν ἀτμομηχανῶν.

**§ 72. Κινητήρες καύσης. Κινητήρες Ντῆ-
ζελ.** Οι κινητήρες καύσης χρησιμοποιοῦν γιὰ
καύσιμα ὑγρά λιγότερο πτητικά ἀπό τὴ βενζίνη
(δηλαδὴ ὑγρά ποὺ δὲν ἔχαρωνται τόσο εὔκολα),

ὅπως είναι τὰ βαριά ζλαια (δηλαδὴ μεγάλης πυ-
κνότητας σὲ σχέση με τὴ βενζίνη), ποὺ προέρ-
χονται ἀπὸ τὴν ἀπόσταξη τοῦ ἀκάθαρτου πετρε-
λαίου. Ἡ λειτουργία τῶν κινητήρων καύσης ἡ
κινητήρων Ντῆζελ, ὅπως ὀνομάζονται διαφορετικά,
διαφέρει αἰσθητά ἀπὸ τὴ λειτουργία τῶν κοινῶν
κινητήρων ἐκρήξεως.

Μέσα στὸν κύλινδρο βάζομε καθαρὸ ἀέρα. Τὸ
ἔμβολο συμπιέζει ἰσχυρὰ τὸν ἀέρα αὐτὸν, ὥστοι
ἀποχήσης θερμοκρασία 550° C περιπου. Τότε ἀκρι-
βῶς χορηγοῦμε τὸ καύσιμο σᾶν σύννεφο ἀπὸ λεπτό-
τατα καταμερισμένα σταγονίδια και μὲ πίεση. Τὰ
σταγονίδια τοῦ καύσιμου ἀναφλέγονται ἀπὸ μόνα
τους (ἀπὸ τὴν ὑψηλὴν θερμοκρασία τοῦ ἀέρα ποὺ
ὑπάρχει στὸν κύλινδρο) και ἡ πίεση τῶν ἀερίων
ποὺ προέρχονται ἀπὸ τὴν καύση σπρώχνει τὸ
ἔμβολο βίαια πρὸς τὰ κάτω.

Παραποτέμοις διτὶ στοὺς κινητήρες Ντῆζελ δὲν
συμβαίνει ἔξαερωση και ἀνάμειξη τοῦ καύσιμου μὲ
τὸν ἀέρα, ὅπως στὶς μηχανές ἐκρήξεως. Συνεπῶς
ἐνας κινητήρας Ντῆζελ δὲν περιλαμβάνει οὔτε
ἔξαερωτήρα (καρμπυρατέρ), οὔτε διάταξη ἀναφλέ-
γεων (ιπτουζί).

Ἡ ἀπόδοση τοῦ μπορεῖ νά φτάσει και στά 40%
(δηλαδὴ $\eta = 0,40$). Υπερτερεὶ δηλαδὴ σὲ ἀπόδοση
ἀπὸ δὲς τὶς ἀλλες θερμικές μηχανές. Ἐξάλλου
ἐπειδὴ ὁ κινητήρας αὐτὸς καταναλώνει καύσιμα
πολὺ φτηνότερα ἀπὸ τὰ καύσιμα ποὺ καταναλώ-
νουν ἄλλοι κινητήρες (ἀτμομηχανές, βενζίνοκινη-
τήρες) ἡ χρήση τοῦ είναι πολὺ οἰκονομική.

Στὶς νεώτερες ναυπηγικές κατασκευές ἀντικα-
θιστοῦν δὲλο και περισσότερο τὶς ἀτμομηχανές
μὲ μεγάλους κινητήρες Ντῆζελ. Ἡ ἵσχυς αὐτῶν
τῶν κινητήρων μπορεῖ νά φτάσει τοὺς 30 000 Ch.
Πολυάριθμα φορτηγά καθὼς και κοινὰ αὐτοκίνη-
τα τουρισμοῦ κινοῦνται μὲ κινητήρες Ντῆζελ.
Σήμερα πιὰ και οἱ σιδηροδρομικοὶ συρμοὶ κι-
νοῦνται μὲ κινητήρες Ντῆζελ. Ἡ χρήση τοὺς
συμπληρώνει τὰ κενὰ τῶν ηλεκτρικῶν κινητήρων
στὶν προσπάθεια τοῦ ἀνθρώπου νά υπερνικήσει
τὶς δυσκολίες τῶν μεταφορῶν.

A N A K E Φ A Λ A I Ω S H

1. Ἐνα μείγμα ἀέρα και ἀερίου καυσίμου σὲ κατάλληλη ἀναλογία μπορεῖ νά
ἀναφλεξτεὶ μὲ ἐκρήξη, δημιουργώντας ἀέρια ὑψηλῆς θερμοκρασίας.

2. Ἐνας κινητήρας ἐκρήξεως είναι κινητήρας ἐσωτερικῆς καύσης, ποὺ μετα-
τρέπει σὲ μηχανική ἐνέργεια τὴ θερμική ἐνέργεια, ποὺ προέρχεται ἀπὸ τὴν καύση
ἑνὸς μείγματος ἀέρα και ἀερίου καυσίμου. Τὸ ἀέριο καύσιμο εἰσάγεται στὸν κύ-

λινδρο τοῦ κινητήρα, ὅπου μὲ τὴ βοήθεια ἐνὸς σπινθηριστῆ ἀρχίζει ἡ καύση τοῦ μείγματος.

3. "Ἐνας κινητήρας ἐκρήξεως μπαίνει σὲ λειτουργία εἴτε μὲ τὸ χέρι (μανιφέλα) εἴτε μὲ τὴ βοήθεια ἐνὸς ηλεκτρικοῦ ἐκκινητῆ.

4. Ἡ μηχανὴ Ντῆζελ είναι ἔνας κινητήρας ἐσωτερικῆς καύσης, ποὺ χρησιμοποιεῖ ύγρα καύσιμα λιγότερο πτητικά ἀπὸ τὴ βενζίνα. Τὸ καύσιμο αὐτὸς εἰσάγεται στὸν κύλινδρο μὲ μορφὴ σύννεφου ἀπὸ σταγονίδια καὶ ἀναφλέγεται προοδευτικά ἀπὸ μόνο του.

5. Ἡ βασικὴ τεχνικὴ διαφορὰ ἀνάμεσα στὸν κινητῆρες ἐκρήξεως καὶ στὸν κινητῆρες καύσης (Ντῆζελ) είναι ὅτι: Στὸν κινητῆρες ἐκρήξεως τὸ ύγρο καύσιμο (βενζίνα) εἰσάγεται στὸν κύλινδρο σὲ ἀερία κατάσταση καὶ ἀποτελεῖ μεῖγμα μὲ τὸν ἀτμοσφαιρικὸν ἀέρα, ἐνῷ στὸν κινητῆρες Ντῆζελ τὸ ύγρὸ καύσιμο εἰσάγεται στὸν κύλινδρο σὲ ύγρη κατάσταση, μὲ μορφὴ σύννεφου ἀπὸ σταγονίδια, λεπτότατα καταμερισμένα.

6. Οἱ κινητῆρες ἐκρήξεως καὶ καύσης ἔχουν τὴν κοινὴ δύνομασία κινητῆρες ἐσωτερικῆς καύσης, ἐπειδὴ ἡ καύση τοῦ καύσιμου μείγματος, ποὺ θὰ προσφέρει τὴν ἀπαραίτητη ποσότητα θερμότητας, γίνεται μέσα στὴ μηχανὴ, ἐνῷ ἀντίθετα στὶς ἀτμομηχανὲς ἡ θερμότητα προσφέρεται ἀπὸ ἔξω (ἔστια) στὸ λέβητα.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

74. "Ἐνας κινητήρας ἐκρήξεως, ἰσχύος 1 Ch, καταναλῶνται κατὰ μέσον ὅρο 220 gr βενζίνα σὲ μιὰ ὥρα. Νὰ βρεθεῖ ἡ ἀπόδοση τῆς μηχανῆς. Γνωρίζομε ὅτι ἡ θερμαντικὴ ἰσχὺς τῆς βενζίνας είναι 11 000 kcal/kg.
(Απ. η = 0,26.)

75. Μία μηχανὴ ἐσωτερικῆς καύσης καταναλά-
νει 8 λίτρα βενζίνας κάθε ὥρα. Ἐν τῇ βενζινομηχανῇ
έχει ἰσχὺ 14 Ch, νὰ βρεθεῖ ἡ ἀπόδοση τῆς μηχανῆς.
Δίνεται ἡ θερμότητα καύσης τῆς βενζίνας: 8 000
kcal/l.
(Απ. 14 % περίπου.)

76. "Ἐνας βενζινοκινητήρας ἔχει ἰσχὺ 300 Ch καὶ καταναλῶνται 70 kg βενζίνα κάθε ὥρα. Ἐν τῇ θερμότητα καύσης τῆς βενζίνας είναι 11 000 kcal/kg, νὰ βρεθεῖ ὁ συντελεστής ἀποδόσεως τῆς μηχανῆς.
(Απ. 0,24.)

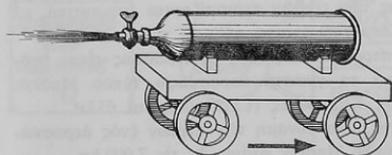
77. "Ἐνας κινητήρας ἐκρήξεως ἰσχύος 1 000 Ch χρησιμοποιεῖ γιὰ καύσιμο τὴ βενζίνα, τῆς ὁποίας ἡ θερμότητα καύσης είναι 10 000 kcal/kg. Ἐν τῷ κινητήρᾳ ἔχει ἀπόδοση 30 %, νὰ βρεθεῖ ἡ φραΐα κατανάλωση σὲ βενζίνα.
(Απ. 210 kg/h.)

§ 73. Ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τῶν κινητήρων ἀντιδράσεως. Οἱ πύραυλοι ἀποτελοῦν ἐφαρμογὴ τῶν κινητήρων ἀντιδράσεως. Θά ἔξετάσουμε πρῶτα τὴν ἀρχὴ τῆς λειτουργίας αὐτῶν τῶν κινητήρων.

Πείραμα. Ἐπάνω σὲ ἔνα βαγονάκι ύπάρχει ἔνα χαλύβδινο δοχεῖο γεμάτο μὲ ἀέριο σὲ μεγάλη πίεση (σχ. 67). Μόλις ἀνοίξουμε τὴ στρόφιγγα τοῦ δοχείου, θὰ παρατηρήσουμε ὅτι ἐκρέει (ξεφεύγει) ὄρμητικὰ ἀέριο, ἐνῷ συγχρόνως τὸ βαγονάκι μὲ τὸ δοχεῖο κινεῖται μὲ ἀντίθετη φορὰ ἀπὸ τὴν ἐκροή τοῦ ἀερίου. Αὐτὸ συμβαίνει, ἐπειδὴ τὸ περιορισμένο ἀέριο ἀσκεῖ στά ἐσωτερικά τοιχώματα τοῦ δοχείου δυνάμεις, ποὺ ἰσορροποῦν μεταξύ τους, ὅταν τὸ δοχεῖο είναι κλειστό. Μόλις δμως ἀνοίξουμε τὴ στρόφιγγα, ἡ δύναμη ποὺ ἐνεργοῦσε στὸ ἀνοιχτὸ τώρα σημεῖο τοῦ δοχείου παύει νὰ ὑπάρχει. Κατὰ συνέπεια δὲν ἰσορροπεῖται πιὰ ἡ δύναμη ποὺ είναι ἵση κατὰ μέτρο ἀλλὰ ἀντίθετης φορᾶς καὶ ποὺ ἀσκεῖται στὸ ἀκριβῶς ἀπέναντι τμῆμα τοῦ τοιχώματος.

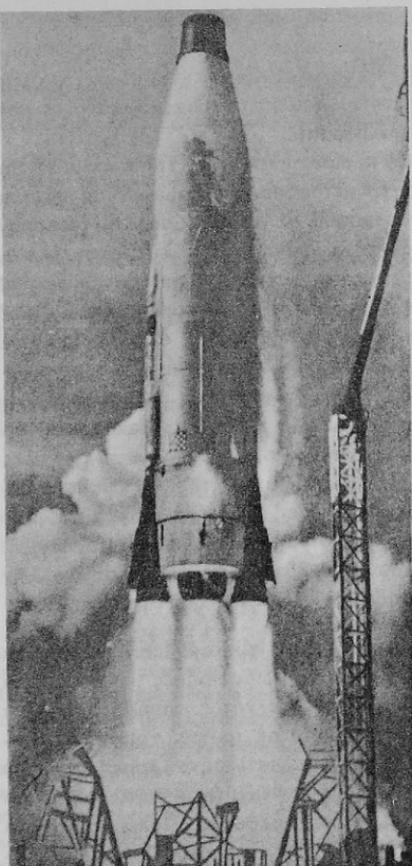
Αὐτὴ ἡ δύναμη, ποὺ ἔπαψε νὰ ἰσορροπεῖται, παρασύρει τὸ σύστημα βαγονάκι - δοχεῖο σὲ κίνηση ἀντίθετης φορᾶς πρὸς τὴ φορὰ ἐκροῆς τοῦ ἀερίου.

Αὐτὴ είναι ἡ ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τῶν κινητήρων ἀντιδράσεως.



Σχ. 67. Ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τῶν κινητήρων ἀντιδράσεως. Τὸ βαγονάκι κινεῖται μὲ φορὰ ἀντίθετη πρὸς τὴ φορὰ ἔξοδου τῶν ἀερίων.

§ 74. Πύραυλοι. Οἱ κινητήρες ἀντιδράσεως εἰναι ὁ πιὸ ἀπλὸς καὶ ὁ παλαιότερος πύραυλος. "Ολοι γνωρίζομε τὰ πυροτεχνήματα. Ἡ σκόνη ποὺ περιέχουν είναι



Σχ. 68. Κατακόρυφη ἐκτόξευση πυραύλου. Τὸ μῆκος του είναι 24 m, ἡ δόλικὴ του μάζα 110 000 kg. Ἀπὸ αὐτὰ τὰ 100 000 kg είναι καύσιμα. Τὰ ἀέρια προιόντα τῆς καύσης ἐκτινάσσονται μὲ ταχύτητα τῆς τάξης τῶν 2 500 m/sec. Ἡ πρωστικὴ του δύναμη είναι 170 000 kp περίπου.

ένα μείγμα άπο καύσιμα και μιάν αλλη ψλη, ή όποια μὲ τὴν ἐπίδραση τῆς θερμότητας ποὺ ἀναπτύσσεται κατὰ τὴν καύση παθαίνει ἀποσύνθεση καὶ ἀποδίδει δξυγόνο ἥ εὐφλεκτο ψλικό. Τὸ καύσιμο καὶ τὸ εὐφλεκτὸ ψλικὸ ἀντιδροῦν στὸν θάλαμο τῆς καύσης καὶ παράγουν μιὰ δρισμένη ποστήτη αέριον. Τὸ ἀέριο φτάνει σὲ ὑψηλὴ θερμοκρασία καὶ ἔκτονώνεται βίαια. Ὡς συνέπεια αὐτῆς τῆς λειτουργίας ἔχομε τὴν κίνηση τοῦ πυροτεχνήματος πρὸς τὴν ἀντίθετη φορὰ τῆς πορείας τῶν ἀερίων ποὺ ἔκτονώνονται.

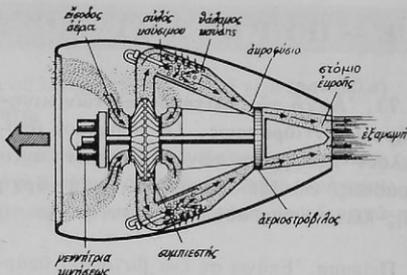
Οἱ πύραυλοι (σχ. 68) χρησιμοποιοῦνται γιὰ τὴ μεταφορὰ ἀντικειμένων σὲ μεγάλη ἀπόσταση ἥ σὲ μεγάλο ψύφος. Μεταφέρουν μαζὶ τους καύσιμα καὶ εὐφλεκτὸ ψλικό. Ἡ προώθησή τους μπορεῖ νὰ συνεχιστεῖ καὶ ἔξω ἀπὸ τὴ γήινη ἀτμόσφαιρα καὶ αὐτὸ δίνει τὴ δυνατότητα στὸν πύραυλο νὰ ἀποχτήσει μεγάλη ταχύτητα.

Ὄταν τὰ καύσιμα καὶ ἡ εὐφλεκτὴ ψλη ἔξαντληθοῦν, δὸ πύραυλος ἔξακολουθεῖ νὰ κινεῖται καὶ μπορεῖ νὰ διανύσει μεγάλες ἀπόστασεις, ἔξαιτιας τῆς κινητικῆς ἐνέργειας, ποὺ ἔχει ἀποκτήσει. Βλήματα, ποὺ προωθοῦνται ἀπὸ πυραύλους, μποροῦν νὰ πέσουν στὸ ἔδαφος σὲ ἀπόσταση πολλῶν χιλιάδων χιλιομέτρων ἀπὸ τὴ θέση βολῆς.

Ὁ πύραυλος χρησιμοποιεῖται σήμερα εὐρύτατα στὶς διαστημικὲς ἔρευνες. Γιὰ νὰ μπεῖ ἔνας τεχνητὸς δορυφόρος ἥ ἔνα διαστημόπλοιο σὲ τροχιά, χρησιμοποιοῦνται πύραυλοι, γιατὶ μόνον αὐτοὶ μποροῦν νὰ ἀποχτήσουν ταχύτητα μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν ταχύτητα διαφυγῆς. Πολλὰ σύγχρονα ἀεροπλάνα ἔχουν πυραύλους ποὺ τοὺς χρησιμοποιοῦν γιὰ περιορισμένο χρονικὸ διάστημα, εἰδικὰ δὸσ διαρκεῖ ἥ ἀπογείωση.

§ 75. Στροβιλοκινητῆρες ἀντιδράσεως.

Ἄλλοι κινητῆρες ἀντιδράσεως εἰναι οἱ διαφόρων τύπων πρωτοτοιχοὶ κινητῆρες τῶν ἀεριωθουμένων ἀεροπλάνων.



Σχ. 69. Κινητήρας ἀεριωθούμενου ἀεροπλάνου.

Θά περιγράψουμε ἀπὸ αὐτοὺς ἔναν κινητήρα, ποὺ χρησιμοποιεῖται στὸν πολιτικὴ ἀεροπορία εὐρύτατα καὶ ὀνομάζεται ἔξαιτιας τῆς κατασκευῆς του στροβιλοκινητῆρας ἀντιδράσεως (σχ. 69).

Στοὺς στροβιλοκινητῆρες τὸ καύσιμο μπαίνει στὸ θάλαμο τῆς καύσης ἀπὸ μιὰ βαλβίδα καὶ ἔρχεται σὲ ἐπαφὴ μὲ τὸν ἀτμοσφαιρικὸ ἀέρα, ποὺ ἔχει καὶ αὐτὸς εἰσαχθεῖ ἔκει. Μετὰ τὴν καύση τὰ καυσαέρια ἀπὸ τὴ μεγάλη θερμοκρασία τους ἀπόστον μεγάλη πίεση, ἔκτονώνονται μὲ μεγάλη ταχύτητα καὶ ἔσεργονται ἀπὸ τὸ πίσω μέρος τοῦ κινητῆρα, μὲ ἀποτέλεσμα νὰ προκαλοῦν κίνηση τοῦ ἀεροπλάνου πρὸς τὴν ἀντίθετη κατεύθυνση.

Γιὰ νὰ είναι ἡ καύση πιὸ ἔντονη, πρέπει ὁ ἀτμοσφαιρικὸς ἀέρας ποὺ ἔρχεται σὲ ἐπαφὴ μὲ τὸ καύσιμο νὰ ἔχει συμπιεστεῖ. Γι' αὐτὸ καὶ τὰ ἀερία τῆς καύσης κατὰ τὴν ἐκτόνωσή τους κινοῦν ἔναν αεριστρόβιλο, ποὺ θέτει καὶ αὐτὸς σὲ κίνηση ἔνα συμπιεστή. 'Ο συμπιεστής ἀπόρροφα ἀπὸ τὸ ἐμπρός μέρος τοῦ κινητήρα μάζες ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρα καὶ τὶς συμπιέζει προτοῦ τὶς φέρει σὲ ἐπαφὴ μὲ τὸ καύσιμο.

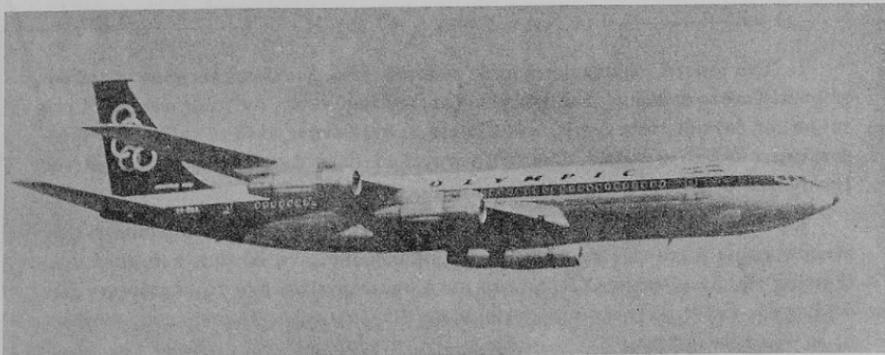
Ἡ μεγάλη ὑπεροχὴ τῶν στροβιλοκινητῶν ἀντιδράσεως ἀπὸ τοὺς συνθισμένους κινητῆρες, διέβλεπει στὸ διτὶ σ' αὐτοὺς τὰ κινούμενα μεταξὺ τους μέρη εἰναι πολὺ λιγότερα ἀπὸ δύο στοὺς κοινοὺς κινητῆρες. Γι' αὐτὸ καὶ οἱ ἀπώλειες ἐνέργειας ἔξαιτιας τῶν τριβῶν περιορίζονται σημαντικά, μὲ ἀποτέλεσμα νὰ ἔχουμε αὐξηση τῆς ἀπόδοσεως.

Μὲ στροβιλοκινητῆρες ἀντιδράσεως είναι ἐφοδιασμένα τὰ γνωστὰ ἀεροσκάφη τύπου Μπόϊκ (σχ. 70), Καραβέλας (Caravelle), καὶ ἄλλα.

Ἡ πιέζουστα δύναμι τῶν ἀερίων ἐνὸς ἀεροσκάφους τύπου Μπόϊκ φτάνει ως τὶς 7 000 kp.

§ 76. Ἀπόδοση θερμομηχανῆς.

Ἡ ἀπόδοση τῶν θερμικῶν μηχανῶν εἰναι μικρή. Εἰδαμε στὰ προηγούμενα κεφάλαια διτὶ ἡ ἀπόδοση μιᾶς ἀτμομηχα-



Σχ. 70. Αεριωθούμενο αεροπλάνο Μπόϊγκ 707 - 320 C μεταφορικής ίκανότητας 150 έπιβατων. Έχει 4 μηχανές. Πρωστική δύναμη κάθε κινητήρα 8 150 kp. Μέγιστη ταχύτητα πάνω από 1 000 km/h. Ακτίνα δράσης 9 600 km. Υψος πτήσης 7 500 m ως 12 500 m.

νής είναι 10% περίπου και ή άποδοση ένδος κινητήρα έκρηξεως 30% περίπου.

Η πρώτη ματιά θα μᾶς κάνει ν' άπορησουμε με την μικρή τιμή της άποδοσεως, θα λυθεί δώμας άρκετα εύκολα ή άπορία μας άμεσως παρακάτω.

Πραγματικά σε μιαν άτμομηχανή ό ατμός που βγαίνει από τὸν κύλινδρο έχει υψηλή θερμοκρασία και έτσι μία μεγάλη ποσότητα θερμότητας χάνεται στὸ έξωτερικό περιβάλλον. Τὸ ίδιο συμβαίνει και μὲ τὶς μηχανές έκρηξεως. Πολλές θερμίδες χάνονται μὲ τὰ άερια τῆς καύσης, που βγαίνουν απὸ τὸν κυλίνδρους στὴν άτμοσφαιρα, ἐνῶ ἔνα ἄλλο μέρος τῆς θερμότητας άποδίδεται στὸ ψυγεῖο τὸν κινητήρα και κατόπι διασπείρεται στὸν περιβάλλονα ἀέρα;

Σὲ δόλους ἀνέξαιρέως τοὺς θερμικοὺς κινητήρες ή θερμότητα παρέχεται ἀπὸ μία θερμὴ δεξαμενὴ (λέβητας, θάλαμος έκρηξεως). Εστω Q ή ποσότητα

τῆς θερμότητος που προσφέρεται σὲ ἔνα ορισμένο χρονικό διάστημα. Μέρος αὐτῆς τῆς θερμότητας, έστω Q' , άποδίδεται στὸ έξωτερικό περιβάλλον (ἢ στὸ συμπυκνωτὴ στὴν περίπτωση τῆς άτμομηχανῆς), που τὸ ονομάζομε ψυχρὴ δεξαμενή.

Η διαφορὰ $Q - Q'$ είναι ἑκείνη που μετατρέπεται σὲ μηχανικὸ έργο (σχ. 71). Τὸ έργο αὐτὸ Α' θὰ είναι:

$$A' = J \cdot (Q - Q')$$

Ἐπειδὴ τὸ μηχανικὸ ισοδύναμο τῆς θερμότητας που προσφέρει ή θερμικὴ δεξαμενὴ είναι $A = J \cdot Q$, η άποδοση $\eta = A'/A$ θὰ είναι ἵση μὲ:

$$\eta = \frac{J \cdot (Q - Q')}{J \cdot Q} = \frac{Q - Q'}{Q}$$

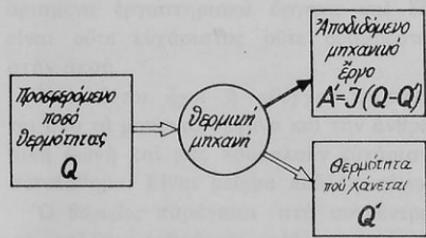
Μέγιστη άποδοση. Οσες τελειοποιήσεις κι' ἀν γίνουν στὴν κατασκευὴ τῶν θερμικῶν μηχανῶν, είναι ἀδύνατο νὰ ξεπεράσει η άποδοση ἔνα ορισμένο δριο, ποὺ τὸ ονομάζομε μέγιστη άποδοση.

Ἄν $\theta_1^{\circ}\text{C}$ είναι η θερμοκρασία τῆς θερμῆς δεξαμενῆς (τῆς πηγῆς δηλαδὴ ποὺ τροφοδοτεῖ μὲ θερμότητα τὴ μηχανῆ) και $\theta_2^{\circ}\text{C}$ η θερμοκρασία τῆς ψυχρῆς δεξαμενῆς, δῶς απὸδεικνύεται, η μέγιστη άποδοση ημεγ μᾶς θερμικῆς μηχανῆς είναι ἵση μὲ:

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

Δηλαδὴ:

Οσο ύψηλότερη είναι η θερμοκρασία τῆς θερμῆς δεξαμενῆς, τόσο μεγαλύτερη είναι η μέγιστη άποδοση τῆς θερμικῆς μηχανῆς.



Σχ. 71. Ένα μέρος τοῦ ποσοῦ θερμότητας που δίνει η έστια χάνεται στὴ μετατροπὴ τῆς θερμότητας σὲ μηχανικὸ έργο.

1. Ἐνα ρευστό, περιορισμένο μέσα σὲ ἔνα δοχεῖο, ἀσκεῖ στὰ τοιχώματα τοῦ δοχείου πιέζουσες δύναμεις, ποὺ ίσορροποῦνται μεταξύ τους. Ἀν ὅμως ἀφαιρεθεῖ ἔνα τμῆμα τοῦ δοχείου, τότε ἡ πιέζουσα δύναμη, ἡ ἀντίθετη σ' αὐτὸ τὸ τμῆμα, δὲν ίσορροπεῖται πιὰ καὶ τὸ δοχεῖο τείνει νὰ κινηθεῖ μὲ φορὰ ἀντίθετη ἀπὸ τὴ φορὰ τῆς ἐκροῆς τοῦ ὑγροῦ.

2. Ὁνομάζομε κινητήρα ἀντιδράσεως, ἔναν κινητήρα, ποὺ δημιουργεῖ τὴν κίνηση χωρὶς μηχανικὴ παρεμβολή, χρησιμοποιώντας τὴ δύναμη ποὺ παράγεται ἔξαιτίας τῆς ἀντιδράσεως. Ἡ δύναμη αὐτὴ δημιουργεῖται ἀπὸ τὴν ἐκτόνωση τῶν ἀερίων τῆς καύσης, ποὺ ἐκτοξεύονται μὲ μεγάλη ταχύτητα. Ὁ κινητήρας ἀντιδράσεως δὲν περιλαμβάνει οὔτε διωστῆρες οὔτε στροφάλους. Ἡ ἐνέργεια ποὺ παράγεται ἀπὸ τὴν καύση χρησιμοποιεῖται ἀμέσως γιὰ τὴν προώθηση τοῦ ὄχηματος, ποὺ εἶναι συνδεμένο μὲ τὸν κινητήρα.

3. Ὁ πύραυλος περιέχει καύσιμα καὶ εὑφλεκτα ὄλικὰ καὶ μπορεῖ νὰ κινηθεῖ καὶ ἔξω ἀπὸ τὴν ἀτμόσφαιρα.

4. Ἡ ἀπόδοση η μιᾶς θερμομηχανῆς δίνεται ἀπὸ τὴ σχέση:

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

ὅπου Q ἡ ποσότητα θερμότητας ποὺ προσφέρεται σὲ ἔνα δημιουργένο χρονικὸ διάστημα στὴ μηχανὴ καὶ Q' ἡ ποσότητα θερμότητας ποὺ ἀπορροφᾶται στὸ ἴδιο χρονικὸ διάστημα ἀπὸ τὸ περιβάλλον.

5. Ἡ μέγιστη ἀπόδοση $\eta_{μεγ}$ μιᾶς θερμικῆς μηχανῆς δίνεται ἀπὸ τὴ σχέση:

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

ὅπου θ_1 ἡ θερμοκρασία τῆς θερμῆς δεξαμενῆς καὶ θ_2 ἡ θερμοκρασία τῆς ψυχρῆς δεξαμενῆς.

III. ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ

ΙΣΤ — Ο ΗΧΟΣ

§ 77. Ειδη ηχων. Ό ανθρωπος επικοινωνει με τη Φύση χρησιμοποιώντας τις αίσθησεις του. 'Ανάμεσα σ' αυτές είναι και ή ακοή. Αισθητήριο όργανο της ακοής είναι τό αυτί, που με αυτό ακούμε τα κουδουνίσματα, τα σαλπίσματα, τα μελωδικά τραγούδια, τό κελάδημα των πουλιών, τη συναυλία μιας δρχήστρας, τις φωνές τῶν συμμαθητῶν μας, τοὺς θορύβους ἐνὸς ἐργοστασίου, κλπ. "Όλα τα παραπάνω είναι ηχοι. "Ωστε

"Ηχος είναι κάθε τι ποὺ γίνεται ἀντιληπτό με τό αισθητήριο όργανο της ακοής.

Οι ηχοι διακρίνονται συνήθως σὲ ἀπλοὺς ηχοὺς ἢ τόνους, σὲ σύνθετους ηχοὺς ἢ φθόγγους και σὲ θορύβους και κρότους.

Ο ἀπλὸς ηχος ἢ τόνος παράγεται ἀπὸ ὁρισμένα ἐργαστηριακὰ όργανα και δὲν είναι οὕτε εὐχάριστος οὕτε δυσάρεστος στὴν ακοή.

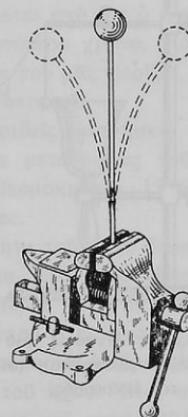
Οι σύνθετοι ηχοι ἢ φθόγγοι παράγονται ἀπὸ τὰ μουσικὰ όργανα και τὴν ἀνθρώπινη φωνὴ και μᾶς προκαλοῦν εὐχάριστο συναίσθημα. Είναι μεῖγμα πολλῶν τόνων.

Ο θορύβος παράγεται στὴ συγκέντρωση πολλῶν ἀνθρώπων, στὴ κίνηση τῶν φύλλων ἐνὸς δέντρου, στὸ σκίσιμο ἐνὸς φύλλου χαρτιοῦ κ.λπ.

Ο κρότος είναι δυνατὸς ηχος μικρῆς

χρονικῆς διάρκειας και μᾶς προκαλεῖ δυσάρεστο συναίσθημα.

§ 78. Παραγωγὴ τοῦ ηχου. Πείραμα. Στερεώνομε τὸ ἔνα ἄκρο ἐνὸς χαλύβδινου ραβδιοῦ σὲ μιὰ μέγγενη (σχ. 72). Κατόπιν ἀπομακρύνομε μὲ τὸ χέρι μας τὸ ἄλλο ἄκρο ἀπὸ τῇ θέσῃ του και τὸ ἀφήνομε ἐλεύθερο. Παρατηροῦμε τότε ὅτι τὸ ραβδὶ ἀρχίζει νὰ κινεῖται περιοδικὰ γύρω ἀπὸ τὴν ἀρχικὴ του θέση, ἥ, δπως λέμε, νὰ ἐκτελεῖ παλμικὲς κινήσεις, ποὺ δημοσιεύεται μὲ τὶς παρακολουθήσουμε μὲ



Σχ. 72. Τὸ χαλύβδινο ραβδὶ πάλλεται και παράγει ηχο.

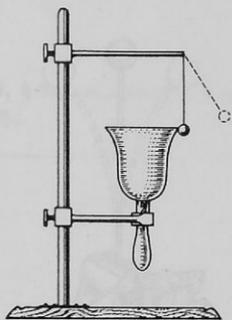
τὸ μάτι, ἐπειδὴ γίνονται μὲ μεγάλη ταχύτητα. Τὸ χαλύβδινο ραβδὶ πάλλεται (*δονεῖται*), ἐνῶ σύγχρονα παράγει ἥχο.

Τὸ ἴδιο φαινόμενο εἶναι δυνατὸ νὰ τὸ παρατηρήσουμε καὶ σὲ μιὰ καλὰ τεντωμένη χορδὴ, ὅταν ἀπομακρύνονται μὲ τὸ δάχτυλό μας τὸ μέσο τῆς καὶ κατόπι τὸ ἀφήσουμε ἐλεύθερο.

“Αν ἀγγίξουμε μὲ τὸ χέρι μας τὸ χαλύβδινο ραβδὶ ποὺ πάλλεται ἢ τὴ χορδὴ ποὺ δονεῖται, παύει ἡ παλμικὴ κίνηση καὶ σταματᾶ ὁ ἥχος. “Ωστέ:

Οἱ ἥχοι προκαλοῦνται ἀπὸ σώματα ποὺ πάλλονται ἀπὸ κάποια αἰτία.

Οἱ δονήσεις τῶν σωμάτων ποὺ παράγονται ἥχους δὲν εἶναι πάντοτε ὄρατές. Τὸ σχῆμα 73 ἐξηγεῖ πῶς μποροῦμε νὰ ἀντιληφθοῦμε τὶς παλμικὲς κινήσεις ἐνὸς σώματος ποὺ παράγει ἥχο. “Οταν χτυπήσουμε τὸ κουδούνι μὲ ἔνα σφυρὶ, τὸ σφαιρίδιο τοῦ ἐκκρεμοῦν ποὺ ἐγγίζει στὸ κουδούνι ἀρχίζει νὰ ἀναπηδᾶ. Μόλις ὅμως ἀκουμπήσουμε τὸ χέρι μας στὸ κουδούνι, τὸ σφαιρίδιο ἀκινητεῖ, ἐπειδὴ παύουν οἱ δονήσεις.



Σχ. 73. Οἱ παλμικὲς κινήσεις τοῦ κουδουνιοῦ ποὺ ἥχει προκαλοῦν ἀναπηδηση τοῦ σφαιριδίου τοῦ ἐκκρεμοῦν.

§ 79. Διάδοση τοῦ ἥχου. Ἡχητικὰ κύματα.

Γιὰ νὰ προκαλέσουν ἐντύπωση στὸ

αὐτὶ οἱ ἡχητικὲς δονήσεις ἐνὸς σώματος, πρέπει νὰ φτάσουν ὡς αὐτό. Ἡ μεταφορὰ μπορεῖ νὰ γίνει ἀπὸ ἕνα ἐλαστικὸ μέσο, (ὅπως π.χ. ὁ ἀέρας, τὸ ἔνυλο, τὸ νερό), ποὺ νὰ διεγείρεται σὲ παλμικὴ κίνηση καὶ νὰ τὴ μεταδίδει ἀπὸ μόριο σὲ μόριο.

“Ἄς θεωρήσουμε τὸ χαλύβδινο ραβδὶ τοῦ προηγούμενου πειράματος. Αὐτὸ καθὼς πάλλεται, σπρώχνει τὰ μόρια τοῦ ἀέρα ποὺ εἶναι δίπλα του, προκαλώντας μὲ αὐτὸ τὸν τρόπο ἄλλοτε πύκνωση κι ἄλλοτε ἀραιότητα τῶν μορίων τοῦ ἀέρα. Ὁπως δημιουργεῖ τὰ γειτονικὰ πρός τὸ ραβδὶ μόρια τοῦ ἀέρα πυκνώνουν ἢ ἀραιώνουν, καθὼς σπρώχνονται ἀπὸ τὸ ραβδὶ, σπρώχνουν μὲ τὴ σειρά τους τὰ διπλανά τους μόρια, κ' ἐκεῖνα πάλι τὰ διπλανά τους κ' ἔτσι ἡ δονήση μεταδίδεται στὸ χῶρο.

Τὸ ἴδιο γίνεται μὲ τὴ διάδοση τῶν κυμάτων τοῦ νεροῦ σὲ μιὰ ἡρεμητικὴ λίμνη, διατάξουμε μέσα μία πέτρα (σχ. 74).



Σχ. 74. Ἡ πτώση τῆς πέτρας στὰ ἡρεμα νερὰ μιᾶς λίμνης προκαλεῖ ὑδατικά κύματα, ποὺ διαδίδονται σὲ ὅλη τὴν ἐπιφάνεια τῆς λίμνης.

Μὲ τὸν ἴδιο τρόπο γίνεται ἡ μετάδοση τοῦ ἥχου σ' ὄποιοδήποτε στερεό, ὑγρὸ ἢ ἀέριο σῶμα.

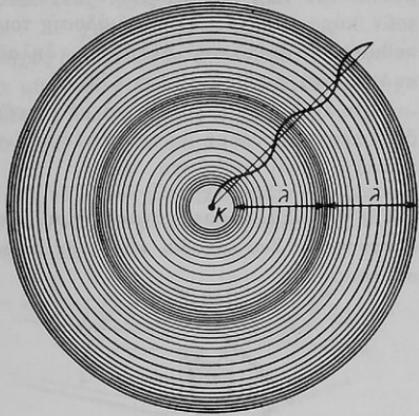
Τὸ σχῆμα 75 μᾶς δείχνει παραστατικὰ πῶς εἶναι τὰ πυκνώματα καὶ τὰ ἀραιώματα τῶν μορίων τοῦ ἀέρα, ποὺ μεταδίδονται σὰν τὰ κύματα στὸ νερό. Γι' αὐτὸν τὸ λόγο τὰ δονομάζομε ἡχητικὰ κύματα.

“Ωστέ:

Τὰ ἡχητικὰ κύματα ἀποτελοῦνται ἀπὸ πυκνώματα καὶ ἀραιώματα μορίων τοῦ ἀέρα, δημιουργούμενα ἀποτελοῦνται ἀπὸ ὑψώματα καὶ κοιλώματα.

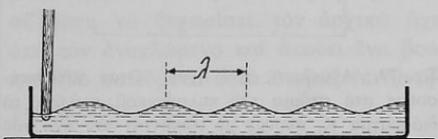
Συχνότητα τοῦ ήχου όνομάζομε τὸν ἀριθμὸν τῶν ἡχητικῶν κυμάτων ποὺ παράγει ἡ ἡχογόνα πηγή, δηλαδὴ τὸ σῶμα ποὺ πάλλεται.

Ἡ συχνότητα τοῦ ήχου εἶναι ἴδια μὲ τὴ συχνότητα τῆς ἡχογόνας πηγῆς καὶ μετρέεται σὲ Χέρτς (Hz) ἢ κύκλους τὸ δευτερόλεπτο (c/sec), ποὺ εἶναι τὸ ἴδιο πράγμα.



Σχ. 75. Ἡχητικὰ σφαιρικὰ κύματα, ποὺ διαδίδονται στὸ χῶρο ἀπὸ μιὰ μικρὴ ἡχητικὴ πηγὴ Κ. Διακρίνονται τὰ πυκνάματα καὶ τὰ ἀραιάματα τῶν μορίων τοῦ ἀέρα. Ἡ ἀπόσταση δύο γειτονικῶν πυκνωμάτων (ἢ ἀραιωμάτων) κατὰ τὴ διεύθυνση τῆς ἀκτίνας ισοῦται μὲ τὸ μῆκος κύματος.

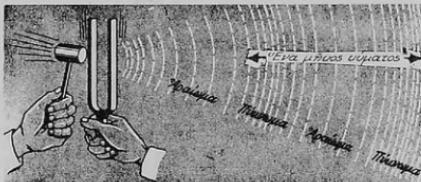
Στὰ κύματα τοῦ νεροῦ όνομάζομε μῆκος κύματος (λ) τὴν ἀπόσταση δύο γειτονικῶν κορυφῶν ἢ δύο γειτονικῶν κοιλωμάτων (σχ. 76).



Σχ. 76. Τὰ ὑδάτινα κύματα ἀποτελοῦνται ἀπὸ ύψωμάτων καὶ κοιλώματων. Ἡ ἀπόσταση δύο γειτονικῶν ύψωμάτων ἢ κοιλωμάτων εἶναι ἵση μὲ τὸ μῆκος κύματος.

Στὰ ἡχητικὰ κύματα μῆκος κύματος (λ) όνομάζομε τὴν ἀπόσταση δύο γειτονικῶν πυκνωμάτων ἢ δύο γειτονικῶν ἀραιωμάτων (σχ. 77).

Ἐναὶ ἄλλο μέγεθος ποὺ χαρακτηρίζει τὸν ηχον εἶναι ἡ συχνότητά τού.



Σχ. 77. Τὸ μῆκος κύματος ἐνὸς ἡχητικοῦ κύματος εἶναι ἴσο μὲ τὴν ἀπόσταση δύο γειτονικῶν πυκνωμάτων (ἢ ἀραιωμάτων) τῶν μορίων τοῦ ἀέρα.

§ 80. Ταχύτητα μεταδόσεως τοῦ ήχου. Ἡ μετάδοση τοῦ ήχου δὲν εἶναι ἀκαριαία. Ἐν ἀπὸ μιὰ ὁρισμένη ἀπόσταση παρατηροῦμε ἔνα ὅπλο ποὺ ἐκπυρσοκροτεῖ, βλέπομε πρῶτα τὴν λάμψη κι ὕστερα ἀπὸ λίγο ἀκοῦμε καὶ τὸν κρότο, μολονότι καὶ τὰ δύο φαινόμενα παράγονται σύγχρονα. Αὐτὸ διφείλεται στὸ ὅτι ὁ ηχος χρειάζεται πολὺ περισσότερο χρόνο, γιὰ νὰ διανύσει τὸ διάστημα ποὺ μᾶς χωρίζει, ἀπὸ τὸ ὅπλο ποὺ ἐκπυρσοκροτεῖ.

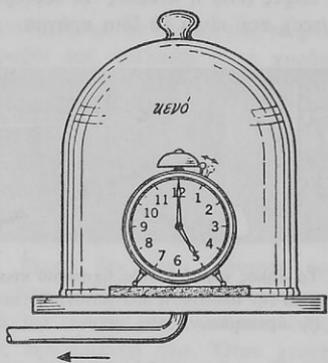
Ἄπὸ ἀκριβεῖς μετρήσεις βρέθηκε ὅτι ἡ ταχύτητα μεταδόσεως τοῦ ηχου στὸν ἀέρα, σὲ θερμοκρασία 15°C , εἶναι ἴση μὲ 340 m/sec .

Ἡ ταχύτητα τοῦ ηχου διαφέρει ἀπὸ σῶμα σὲ σῶμα. Στὰ ὑγρὰ εἶναι μεγαλύτερη παρὰ στὰ ἀέρια καὶ στὰ στερεά εἶναι μεγαλύτερη παρὰ στὰ ὑγρά.

Ἡ θερμοκρασία ἐπιδρᾷ στὴν ταχύτητα διαδόσεως τοῦ ηχου. Ἐτσι στοὺς 0°C εἶναι 331 m/sec καὶ στοὺς 20°C 343 m/sec στὸν ἀέρα. Στὴ συνηθισμένη θερμοκρασία ἡ ταχύτητα τοῦ ηχου στὸ νερὸ εἶναι

1 450 m/sec, στὸ ξύλο 3 000—4 000 m/sec, στὰ μέταλλα ἀπὸ 3 000 ως 5 000 m/sec.

Ο ἥχος δὲν μεταδίδεται στὸ κενό, ἀφοῦ, γιὰ νὰ μεταφερθεῖ ἀπὸ τὸ σῶμα ποὺ δονεῖται ως τὸ αὐτὶ μας, χρειάζεται κάποιο ἄλλο σῶμα, γιὰ νὰ μεταφέρει τὶς κυμάνσεις (σχ. 78). "Ωστε:



Σχ. 78. Ο ἥχος δὲν μεταδίδεται στὸ κενό. "Όταν ἀφαιρεθεῖ ὁ ἀέρας τοῦ κουδουνιοῦ τῆς ἀεραντλίας, τὸ κουδούνι τοῦ ρολογιοῦ παύει νὰ ἀκούγεται.

Ο ἥχος δὲν μεταδίδεται στὸ κενό. Ο ἥχος μεταδίδεται μὲ μεγαλύτερη ταχύτητα στὰ στερεά, μὲ μικρότερη στὰ ὑγρά καὶ πιὸ μικρὴ ἀκόμη ταχύτητα στὰ ἀέρια.

Αποδεικνύεται ὅτι ἡ ταχύτητα υ διαδόσεως τῶν ἡχητικῶν κυμάτων, τὸ μῆκος κύματος λ καὶ ἡ συχνότητα ν τοῦ ἥχου συνδέονται μὲ τὴ σχέση:

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

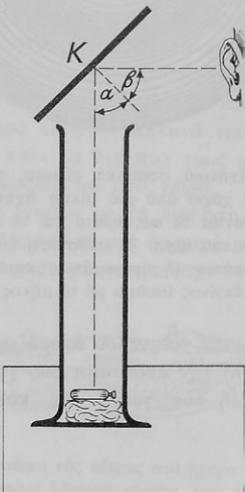
"Όταν ἡ ν ἐκφράζεται σὲ Χέρτς καὶ τὸ λ σὲ μέτρα, ἡ ταχύτητα υ βρίσκεται σὲ μέτρα τὸ δευτερόλεπτο.

§ 81. Ἀνάκλαση τοῦ ἥχου. Ἡχός. "Αν σταθοῦμε σὲ μιὰν ἀπόσταση ἀπὸ ἔναν τοῖχο καὶ φωνάζουμε, ξανακοῦμε υστερα ἀπὸ ἔνα μικρὸ χρονικὸ διάστημα τὴ φωνὴ μας, ποὺ ἔρχεται ἀπὸ τὸν τοῖχο. Τὸ φαι-

νόμενο αὐτὸ λέγεται ἥχῳ καὶ διφείλεται στὸ δι τὰ ἡχητικὰ κύματα, δταν συναντοῦν κάποιο ἐμπόδιο στὴ διάδοσή τους, πλαθαίνουν ἀνάκλαση, ἀλλάζουν δηλαδὴ κατεύθυνση διαδόσεως (σχ. 79).

Κάτι ἀνάλογο συμβαίνει καὶ μὲ τὸ φῶς, σταν πέσει μιὰ δέσμη ἀπὸ φωτεινές ἀκτίνες ἐπάνω σ' ἔναν καθρέφτη. "Ωστε:

Τὰ ἡχητικὰ κύματα ἀνακλῶνται, δταν συναντήσουν ἔνα ἐμπόδιο κατὰ τὴν διάδοσή τους.

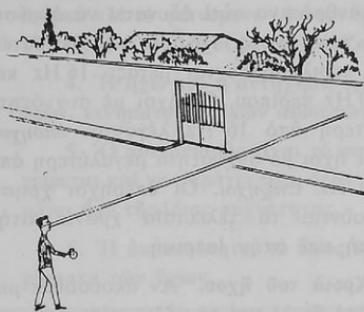


Σχ. 79. Ἀνάκλαση τοῦ ἥχου. "Όταν τοποθετήσουμε στὸ στόμιο τοῦ κυλινδρικοῦ σωλήνα τὸ διάφραγμα K, ἀκοῦμε μὲ εὐκρίνεια τὸν ἥχο τοῦ ρολογιοῦ.

§ 82. Ἀντήχηση. Γιὰ νὰ διακρίνουμε τὴν ἥχῳ, πρέπει νὰ στεκόμαστε σὲ ἀρκετὴ ἀπόσταση ἀπὸ τὸ ἐμπόδιο, ὅπου ἀνακλῶνται τὰ ἡχητικὰ κύματα. Η ἀπόσταση αὐτὴ πρέπει νὰ είναι τέτοια, ώστε ὁ ἥχος ποὺ ἀνακλᾶται νὰ φτάσει στὸ αὐτὶ μας, ἀφοῦ περάσει χρονικὸ διάστημα ὅχι μικρότερο ἀπὸ τὸ 0,1 τοῦ δευτερολέπτου, ἀπὸ τότε ποὺ παράχθηκε ὁ κυρίως ἥχος (σχ. 80). Αὐτὸ γίνεται, ἐπειδὴ τόσος χρόνος χρειά-

ζεται, για να φύγει ή εντύπωση που προκαλεῖ ζένας ήχος ύστερα από την παύση του. Σε χρονικό διάστημα σύμφωνα με την παύση του, ο ήχος διανύει 34 m στόχη αέρα. Τό διάστημα αυτό θα διανυθεί από τον κυρίως ήχο και τὸν άνακλώμενο. Ό καθένας τους λοιπόν έχει νά διανύσει 17 m. Ωστε:

Γιὰ νὰ προκληθεῖ ηχό, πρέπει τὸ ἐμπόδιο νὰ άπεχει 17 μέτρα τουλάχιστο απὸ τὸν παρατηρητή.



Σχ. 80. Γιά νὰ προκληθεῖ ηχό, πρέπει νὰ έχουμε ἀπόσταση τουλάχιστο 17 m απὸ τὸ ἐμπόδιο ή ο ήχος νὰ διανύει τὴν ἀπόσταση μας απὸ τὸ ἐμπόδιο και νὰ ἐπιστρέψει σὲ χρόνο μεγαλύτερο απὸ 0,1 sec.

Ἄν τὸ ἐμπόδιο βρίσκεται σὲ ἀπόσταση μικρότερη απὸ 17 m, τὸ αὐτὶ μας δὲν εἰναι σὲ θέση νὰ ξεχωρίσει τὸν άρχικὸ ήχο απὸ τὸν άνακλώμενο και ἀκούει ζένα βουητό. Τὸ φαινόμενο αυτὸ δονομάζεται ἀντήχηση. Ωστε:

‘Αντήχηση εἰναι τὸ φαινόμενο, κατὰ τὸ ὅποιο, ὅταν βρισκόμαστε μπροστὰ σ’ ζένα ἐμπόδιο, σὲ ἀπόσταση μικρότερη απὸ 17 m, δὲν ἀκοῦμε καθαρὰ τὸν άνακλώμενο ηχο.

‘Αντήχηση παρατηροῦμε σὲ μερικὲς ἐκκλησίες, στὶς ὅποιες ψάλλει ζένας μονάχα ψάλτης καὶ η φωνὴ του ἀντηχεῖ, δημιουργώντας τὴν εντύπωση δτι βουζεῖ ολόκληρη η ἑκκλησία. Ή ἀντήχηση εἰναι εὐχάριστη, ὅταν ἀκοῦμε μουσική, ἐνῶ εἰναι δυσάρεστη, ὅταν ἀκοῦμε ὄμιλία, ἐπειδὴ συγ-

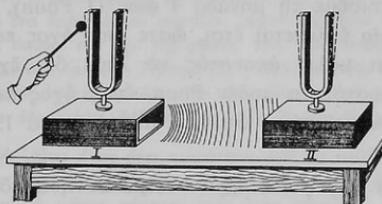
χέονται οἱ συλλαβῆς καὶ δὲν ξεχωρίζομε τὶ λέει ὁ ὄμιλητής.

Τὸ ηχὸ καὶ τὴν ἀντήχηση προσέχουν ιδιαίτερα οἱ μηχανικοὶ ποὺ κατασκευάζουν αἴθουσες θεάτρων, κινηματογράφων, διαλέξεων κλπ., ὡστε νὰ μπορεῖ κανεὶς νὰ ἀκούει ἀρκετὰ δυνατὰ καὶ μὲ εὐκρίνεια, απὸ δποιοδηποτε σημεῖο τῆς αἴθουσας.

Τὸ ἀρχαίο θέατρο τῆς Ἐπιδαύρου θεωρεῖται θαῦμα ἀκουστικῆς τέχνης, ἀφοῦ μπορεῖ κανεὶς νὰ ἀκούσει καὶ τὸν ψιθύρους τῶν ἥθοποιῶν, απὸ τὶς πιὸ ψηλές θέσεις.

§ 83. Συντονισμός. Τὸ διαπασῶν ἀποτελεῖται απὸ μία χαλύβδινη πρισματικὴ ράβδο, τὸ ἐπάνω μέρος τῆς ὅποιας έχει διαμορφωθεῖ σὲ σχῆμα U (σχ. 81). Διεγείρεται συνήθως μὲ ἐλαφρὸ κτύπημα τῶν σκελῶν του, ὅπότε αὐτὰ πάλλονται. Ἐπειδὴ ὅμως δ παραγόμενος ηχος εἰναι ἀδύνατος, τὸ τοποθετοῦμε ἐπάνω σὲ κατάλληλο ξύλινο κυβότιο (ἀντηχεῖο), ἀνοιχτὸ στὴ μιὰ πλευρά του, κ’ ἔτσι ο ηχος ἐνισχύεται.

Τὰ διαπασῶν παράγουν δρισμένους τόνους.



Σχ. 81. Συντονισμός. Τὸ διαπασῶν (II) διεγείρεται, ἐπειδὴ διεγείρεται τὸ δμοιό του διαπασῶν (I).

Πείραμα. Ας θεωρήσουμε δύο διαπασῶν (σχ. 81), τὰ ὅποια εἰναι ἐντελῶς ὅμοια καὶ ἐπομένως παράγουν, ὅταν διεγερθοῦν, ηχο τῆς ἴδιας συχνότητας. Αν διεγείρουμε τὸ ζένα ἀπὸ τὰ δύο διαπασῶν, ὡστε νὰ παράγει ηχο, ἀφοῦ τὸ κτυπήσουμε ἐλαφρά, παρατηροῦμε δτι καὶ τὸ δεύτερο διαπασῶν διεγείρεται. Γιὰ νὰ ἐπιτύχει καλλίτερα τὸ

πείραμα, τοποθετούμε τὰ διαπασῶν ἐπάνω σὲ ἀντηχεῖα. Τὸ φαινόμενο αὐτὸ δονομάζεται συντονισμός. "Ωστε:

Συντονισμὸς δονομάζεται τὸ φαινόμενο, κατὰ τὸ ὅποιο ἔνα σῆμα ποὺ μπορεῖ νὰ παράγει ἥχο διεγέρεται, ὅταν δονεῖται κοντὰ του ἔνα ἄλλο σῶμα, ποὺ παράγει ἥχο τῆς ἴδιας συχνότητας.

§ 84. Χαραχτηριστικὰ γνωρίσματα τῶν ἥχων. Κάθε ἥχος ἔχει τρεῖς ἰδιότητες, μὲ τὶς ὁποῖες μποροῦμε νὰ τὸν ξεχωρίσουμε ἀπὸ τοὺς ἄλλους. Οἱ ἰδιότητες αὐτὲς δονομάζονται χαραχτήρες τοῦ ἥχου καὶ εἰναι ἡ ἀκουστότητα, τὸ ὑψος καὶ ἡ χροιά.

a) **'Ακουστότητα.** Γνωρίζομε ὅτι ἔνας ἥχος μπορεῖ νὰ εἰναι δυνατὸς ἢ ἀσθενής, νὰ ἔχει δηλαδή, ὅπως λέμε συνήθως, μεγάλη ἢ μικρὴ ἔνταση. "Ωστε:

'Ακουστότητα εἰναι ἡ ἰδιότητα τοῦ ἥχου, ποὺ μᾶς ἐπιτρέπει νὰ διακρίνουμε τοὺς ἥχους σὲ δυνατοὺς ἢ ἀσθενεῖς.

Γιὰ τὴ μέτρηση ἀκουστοτήτων, χρησιμοποιοῦμε τὴ μονάδα 1 φὼν (1 Phon), ἡ ὁποία ἐκλέγεται ἔτσι, ὥστε ἔνας ἥχος ποὺ εἰναι μόλις ἀκουστός νὰ λέμε ὅτι ἔχει ἀκουστότητα μηδὲν Phon, ἔνας ἥχος ποὺ προκαλεῖ πόνο, ὅτι ἔχει ἀκουστότητα 130 Phon.

b) **"Υψος τοῦ ἥχου.** Λέμε συνήθως ὅτι οἱ γυναικεῖς ἔχουν ὑψηλὴ φωνὴ, ἐνῶ οἱ ἄντρες ἔχουν χαμηλή. "Ενα ἄλλο λοιπὸν χαραχτηριστικὸ τοῦ ἥχου εἰναι τὸ νὰ διακρίνεται ἀν εἰναι ὑψηλὸς ἢ χαμηλός. 'Η

ἰδιότητα αὐτὴ λέγεται ὑψος τοῦ ἥχου. "Ωστε:

"Υψος τοῦ ἥχου εἰναι ἡ ἰδιότητά του ποὺ μᾶς ἐπιτρέπει νὰ διακρίνουμε τοὺς ἥχους σὲ ὑψηλοὺς ἢ δεξεῖς καὶ χαμηλοὺς ἢ βαρεῖς.

Τὸ ὑψος τοῦ ἥχου ἔξαρταται ἀποκλειστικά ἀπὸ τὴ συχνότητά του. Υψηλοὶ ἥχοι ἔχουν μεγάλη συχνότητα καὶ χαμηλοὶ ἥχοι μικρὴ συχνότητα.

Τὸ ἀνθρώπινο αὐτὶ ἀδυνατεῖ νὰ ἀκούσει δῆλους τοὺς ἥχους. Τὰ δρια τῶν ἀκουστῶν ἥχων περιλαμβάνονται μεταξὺ 16 Hz καὶ 24 000 Hz περίπου. Οἱ ἥχοι μὲ συχνότητα μικρότερη ἀπὸ 16 Hz λέγονται ὑπόχοι, ἐνῶ οἱ ἥχοι μὲ συχνότητα μεγαλύτερη ἀπὸ 24 000 Hz ὑπέρχοι. Οἱ ὑπέρηχοι χρησιμοποιοῦνται τὰ τελευταῖα χρόνια στὴν τεχνικὴ καὶ στὴν Ιατρικὴ.

γ) **Χροιά τοῦ ἥχου.** "Αν ἀκούσουμε μιὰ νότα ἀπὸ βιολὶ καὶ τὴν ἴδια νότα ἀπὸ σαξόφωνο, καταλαβαίνομε δότι οἱ δύο αὐτοὶ ἥχοι, ἀν καὶ ἔχουν τὴν ἴδια ἀκουστότητα καὶ τὸ ἴδιο ὑψος, δηλ. τὴν ἴδια συχνότητα, εἰναι διαφορετικοί. Λέμε τότε δότι οἱ δύο αὐτοὶ ἥχοι ἔχουν διαφορετικὴ χροιά. "Ωστε:

Χροιά εἰναι ἡ ἰδιότητα τοῦ ἥχου, ποὺ μᾶς ἐπιτρέπει νὰ διακρίνουμε δότι ἥχους τῆς ἴδιας ἀκουστότητας καὶ τοῦ ἴδιου ὑψους, καθὼς ἐπίσης καὶ τὸ ἥχογόνο σῶμα ποὺ παράγει τὸν ἥχο.

Τὶς φωνὲς τῶν ἀνθρώπων τὶς ξεχωρίζομε ἀπὸ τὸ διαφορετικὸ τους ὑψος, κυρίως ὅμως ἀπὸ τὴ διαφορετικὴ τους χροιά.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Κάθε τι ποὺ γίνεται ἀντιληπτὸ μὲ τὸ αὐτὶ εἰναι ἥχος. Οἱ ἥχοι προκαλοῦνται ἀπὸ σῶματα ποὺ βρίσκονται σὲ παλμικὴ κίνηση. Ή παλμικὴ κίνηση τοῦ σῶματος προκαλεῖ πυκνώματα καὶ ἀραιώματα τῶν μορίων τοῦ ἀέρα. Αὐτὰ τὰ πυκνώματα καὶ ἀραιώματα διαδίδονται στὸν γειτονικὸ ἀέρα καὶ ἔτσι δημιουργοῦνται τὰ ἡχητικὰ κύματα. Ή ἀπόσταση δύο γειτονικῶν πυκνωμάτων ἢ ἀραιωμάτων δονομάζεται

μῆκος κύματος καὶ ή συχνότητα τῆς ήχογόνας πηγῆς, δηλαδὴ τοῦ σώματος που πάλλεται, συχνότητα τῶν ήχητικῶν κυμάτων.

2. Ὁ ήχος δὲν μεταδίδεται στὸ κενό. Μὲ μεγαλύτερες ταχύτητες μεταδίδεται στὰ στερεά καὶ μὲ μικρότερες στὰ ἀέρια. Ἡ ταχύτητα διαδόσεως, τὸ μῆκος κύματος λ καὶ ή συχνότητα ν τοῦ ήχου συνδέονται μὲ τὴ σχέση:

$$v = \lambda \cdot n$$

3. Τὰ ήχητικὰ κύματα, ὅταν συναντήσουν ἐμπόδιο στὴ διάδοσή τους, ἀνακλῶνται ἀλλάζοντας πορεία διαδόσεως. Ἀν ἔνα ἐμπόδιο βρίσκεται σὲ ἀπόσταση μεγαλύτερη ἀπὸ 17 μέτρα, ὁ παραπηρῆτης ξεχωρίζει τὸν ἀνακλώμενο ήχο ἀπὸ τὸν ἀρχικὸ καὶ τὸ φαινόμενο λέγεται ήχω. Ἀν δημοσίη ἀπόσταση εἰναι μικρότερη ἀπὸ 17 μέτρα, οἱ δύο ήχοι δὲν ξεχωρίζονται καὶ τὸ φαινόμενο λέγεται ἀντήχηση.

4. Ἡ ήχω καὶ ή ἀντήχηση ἔχουν ίδιαίτερη σημασία στὴν κατασκευὴ ἐκκλησιῶν, κινηματογραφικῶν αἰθουσῶν, θεάτρων κλπ.

5. Ὁ συντονισμός εἶναι τὸ φαινόμενο κατὰ τὸ ὄποιο ἔνα σῶμα μπορεῖ νὰ διεγείρεται καὶ νὰ παράγει ήχο, ὅταν δονεῖται κοντὰ σ' αὐτὸν ἕνα ἄλλο σῶμα, ποὺ παράγει ήχο τῆς ίδιας συχνότητας.

6. Ἡ ἀκουστότητα, τὸ ὑψος καὶ ή χροιά εἶναι τὰ τρία χαραχτηριστικὰ γνωρίσματα τῶν ήχων.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

78. Ἐνα διαπασῶν ἐκτελεῖ 440 παλμοὺς σὲ ἔνα δευτερόλεπτο. Πόσος χρόνος χρειάζεται γιὰ μία ταλάντωσή του; (*Απ. 0,002 27 sec.*)

79. Πόσων Χέρτς (Hz) συχνότητα ἔχει ἔνας τόνος, ποὺ σὲ 7 sec ἐκτελεῖ 499 ταλαντώσεις; (*Απ. 71 Hz.*)

80. Σὲ πόση ἀπόσταση βρίσκεται ἔνα καταγιδόφροδο σύννεφο, ὅταν ἡ βροντὴ ἀκούγεται 4 sec ὑστερα ἀπὸ τὴν πτώση τοῦ κεφαλοῦ; Ὁ ήχος διαδίδεται μὲ ταχύτητα 340 m/sec καὶ τὸ φῶς, γιὰ μικρὲς ἀποστάσεις, ἀκαριαῖα. (*Απ. 1 360 m.*)

81. Πόσο εἶναι τὸ βάθος τῆς θάλασσας, ὅταν, σὲ ἥκιοβδληση, μετρήθηκε χρόνος 0,68 sec; Λίνεται ταχύτητα διαδόσεως τοῦ ήχου στὸ θαλασσινὸν νερό 1 425 m/sec. (*Απ. 484,5 m.*)

82. Πόσο μαρωνά ἀπὸ τὴν ἀκτὴν εἶναι πλοιοί, ἂν ἔνα ἵποθαλάσσιο σῆμα φτάνει σὲ μᾶς 5 sec νωρίτερα ἀπὸ ἔνα ταυτόχρονο σῆμα στὸν ἄρεα; (*Ταχύτητα ηχου στὸν ἄρεα 340 m/sec καὶ στὸ θαλασσινὸν νερὸ 1 425 m/sec.*) (*Απ. 2 233 m.*)

83. Ἐνας ἀνθρωπος βρίσκεται σὲ μιὰν ἀπόσταση ἀπὸ ἔνα ἐμπόδιο καὶ φωνάζει. Ἀφοῦ περάσουν 2,4 sec, ἀκούει τὸν ήχο τῆς φωνῆς του, ποὺ ἀνακλάστηκε στὸ ἐμπόδιο. Πόση εἶναι ἡ ἀπόσταση τοῦ ηχου στὸν ἄρεα εἶναι 340 m/sec; (*Απ. 408 m.*)

84. Ἐνας ήχος ἔχει συχνότητα 100 Hz καὶ διαδίδεται στὸν ἄρεα μὲ ταχύτητα 340 m/sec. Πόσο εἶναι τὸ μῆκος κύματος τοῦ ηχου αὐτοῦ; (*Απ. 3,4 m.*)

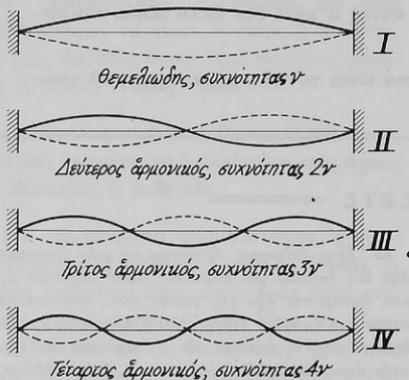
85. Τὸ μῆκος κύματος ἐνὸς ηχου μὲ συχνότητα 100 Hz, ποὺ διαδίδεται στὸ νερό, εἶναι 10 m. Πόση εἶναι ἡ ταχύτητα διαδόσεως τοῦ ηχου αὐτοῦ στὸ νερό; (*Απ. 1 000 m/sec.*)

86. Πόσο εἶναι τὸ μῆκος κύματος τοῦ τόνου ποὺ ἔχει συχνότητα 440 Hz στὸν ἄρεα; Λίνεται ἡ ταχύτητα διαδόσεως τοῦ ηχου στὸν ἄρεα: 340 m/sec. (*Απ. 0,775 m.*)

87. Σὲ πόση ἀπόσταση βρίσκεται ἔνα ἐμπόδιο, διαδόσεως τοῦ ηχου στὸν ἄρεα; (*Απ. 51 m.*)

§ 85. Χορδές. Άρμονικοί ήχοι. Αν διεγέρουμε μιά χορδή σε παλμική κίνηση, χτυπώντας την έλαφρά στὸ μέσο, παρατηροῦμε ότι όλα τὰ σημεῖα τῆς ταλαντεύονται γύρω ἀπὸ τὴν ἀρχική τους θέση καὶ ότι ἡ χορδὴ παρουσιάζει τὴν μορφὴν ποὺ δείχνει τὸ σχῆμα 82, I.

Αν σταθεροποιήσουμε τὸ μέσο τῆς χορδῆς μὲ τὸ δάκτυλό μας ἢ βάλουμε στὸ σημεῖο αὐτὸν ἔνα ξύλινο υποστήριγμα καὶ διεγέρουμε πάλι τὴν χορδὴν, παρατηροῦμε τότε πῶς δόλκληρη ἡ χορδὴ ταλαντεύεται (σχ. 82, II). Στὴν περίπτωση δημοσιεύεται (σχ. 82, III) η συχνότητα τῶν παραγόμενων ήχων εἶναι ἀντίστοιχα διπλάσια, τριπλάσια, τετραπλάσια κλπ. τῆς ἀρχικῆς.



Σχ. 82. Ταλάντωση μιᾶς χορδῆς μὲ τὴν θεμελιώδη συχνότητα (I) καὶ τοὺς τρεῖς πρώτους ἀνώτερους άρμονικοὺς (II, III, IV).

Τὴν ἡ χορδὴν παράγει ήχο μὲ διπλάσια συχνότητα (σχ. 82, II). Ἀνάλογα μποροῦμε νὰ ἀναγκάσουμε τὴν χορδὴν νὰ παράγει ήχο μὲ τριπλάσια συχνότητα (σχ. 82, III) ἢ τετραπλάσια συχνότητα (σχ. 82, IV).

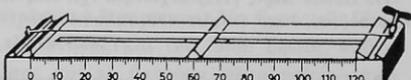
Ο ήχος ποὺ ἀποδίδει ἡ χορδὴ, ὅταν πάλεται ὥπως δείχνει τὸ σχῆμα 82, I, δονομάζεται θεμελιώδης ήχος ἢ πρῶτος άρμονικός, ἐνῶ, ὅταν πάλεται ὥπως στὶς περιπτώσεις II, III, IV τοῦ ἴδιου σχήματος, λέγεται

ἀνώτερος άρμονικός καὶ ἰδιαίτερα δεύτερος άρμονικός, τρίτος άρμονικός κλπ. Ωστε:

“Οταν ἐλαττώνουμε τὸ μῆκος μιᾶς χορδῆς στὸ 1/2, 1/3, 1/4, κλπ. τοῦ ἀρχικοῦ μήκους, ἐνῷ ταυτόχρονα διατηροῦμε σταθερὴ τὴν τάση ποὺ ἀσκοῦμε ἐπάνω τῆς, τότε ἡ συχνότητα τῶν παραγόμενων ήχων εἶναι ἀντίστοιχα διπλάσια, τριπλάσια, τετραπλάσια κλπ. τῆς ἀρχικῆς.

Οἱ μουσικοὶ ήχοι ἢ γρόγγοι ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἔνα ισχυρὸ θεμελιώδη καὶ πολλοὺς ἄλλους ἀνώτερους άρμονικούς. ποὺ διαμορφώνουν τὴν χροιά τοῦ φθόγγου.

§ 86. Νόμος τῶν χορδῶν. Τοὺς νόμους τῶν χορδῶν μποροῦμε νὰ μελετήσουμε μὲ τὴν βοήθεια τοῦ μονοχόρδου (σχ. 83). Τὸ ὄργανο αὐτὸν ἀποτελεῖται ἀπὸ ἔνα ξύλινο κιβώτιο (ἀντηχεῖο), ποὺ ἔχει τὴν ἰδιότητα νὰ ἐνισχύει τοὺς ήχους. Ἡ χορδὴ περιτυλίγεται σ' ἔνα ἄξονα καὶ σταθεροποιεῖται στὸ ἔνα ἄκρο τοῦ μονοχόρδου, ἐνῷ μὲ ἔνα κλειδί, ποὺ βρίσκεται στὸ ἄλλο ἄκρο, μποροῦμε νὰ ρυθμίζουμε τὴν τάση τῆς.



Σχ. 83. Τὸ μονοχόρδο εἶναι μιὰ συσκευὴ γιὰ τὴν μελέτη τῶν χορδῶν.

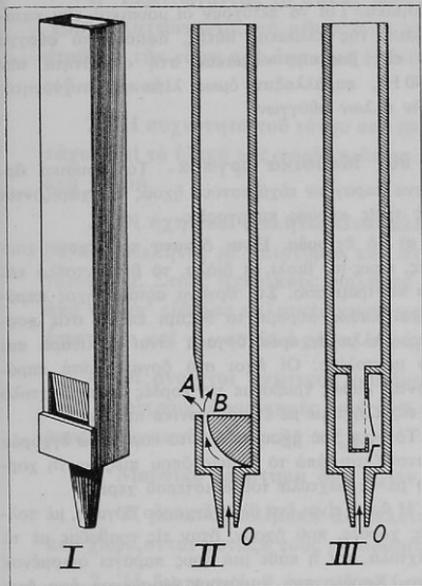
Μὲ πειράματα καταλήγομε στὸ συμπέρασμα ότι:

“Η συχνότητα ἐνὸς τόνου ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὸ μῆκος, τὸ πάχος καὶ τὸ ὑλικὸ τῆς χορδῆς, ὥπως ἐπίστης καὶ ἀπὸ τὴν τάση ποὺ ἀσκοῦμε στὴν χορδὴν.

§ 87. Ήχητικοὶ σωλήνες. Νόμος τῶν ἡχητικῶν σωλήνων. Στὴ Φυσικὴ ὁνο-

μάζωμε ήχητικούς σωλήνες, κυλινδρικούς
ή πρισματικούς σωλήνες άπό ξύλο ή μέ-
ταλλο, στους δροίους φυσοῦμε ρεῦμα άέρα
άπό τὸ στόμιο καὶ προκαλοῦμε μ' αὐτὸ
τὸν τρόπο ταλάντωση τοῦ ἀέρα ποὺ περιέ-
χει ὁ σωλήνας.

Οἱ ἡχητικοὶ σωλήνες εἰναι εἴτε ἀνοι-
χτοὶ (σχ. 84) εἴτε κλειστοί.



Σχ. 84. Ἀνοιχτοὶ ἡχητικοὶ σωλήνες: (I) Ἐξωτε-
ρικὴ ἐμφάνιση. (II). Τομὴ ἀνοιχτοῦ ἡχητικοῦ σω-
λήνα μὲ ἐπιστόμιο καὶ στόμιο (III). Τομὴ ἀνοι-
χτοῦ ἡχητικοῦ σωλήνα μὲ ἐπιστόμιο καὶ μὲ
γλωσσίδα.

Στὸν ἀνοιχτὸν σωλήνα τοῦ σχήματος
84, II ὁ ἀέρας μπαίνει ἀπὸ τὸ ἐπιστόμιο
Ο καὶ βγαίνει ἀπὸ τὸ στόμιο Β. Στὸ χειλός
Α Δημιουργεῖται διατάραξη τῆς στήλης
τοῦ ἀέρα, ὅπως ἀκριβῶς συμβαίνει καὶ
στὴ σφυρίχτρα, καὶ ἔτσι προκαλεῖται δό-
νηση τοῦ ἀέρα ποὺ βρίσκεται στὴν κοιλό-
τητα. Στὸν ἀνοιχτὸν σωλήνα τοῦ σχήμα-
τος 84, III ὁ ἀέρας εἰσχωρεῖ ἀπὸ τὸ στόμιο

Ο καὶ διεγείρει σὲ παλμικὴ κίνηση τὴ
γλωσσίδα Γ.

"Ο, τι συμβαίνει μὲ τὰ παραπάνω δύο εἰδὴ
ἀνοιχτῶν ἡχητικῶν σωλήνων, δηλαδὴ τοὺς
ἀνοιχτοὺς ἡχητικοὺς σωλήνες μὲ ἐπιστόμιο
καὶ στόμιο καὶ τοὺς ἀνοιχτοὺς ἡχητικοὺς
σωλήνες μὲ ἐπιστόμιο καὶ γλωσσίδα, συμ-
βαίνει καὶ μὲ τὰ δύο ἀντίστοιχα εἰδὴ τῶν
κλειστῶν ἡχητικῶν σωλήνων. Οἱ σωλήνες
αὐτοὶ διαφέρουν ἀπὸ τοὺς ἀνοιχτοὺς ἡχη-
τικούς σωλήνες στὸ διτὶ εἰναι κλειστοὶ
στὸ ἀνώτερο ἄκρο τους..

'Απὸ τὰ παραπάνω συμπεραίνομε διτὶ:

Στοὺς ἡχητικοὺς σωλήνες μὲ ἐπιστόμιο
καὶ στόμιο ὁ τόνος προκαλεῖται ἀπὸ τὶς
ἀπ' εὐθείας παλμικὲς κινήσεις τοῦ ἀέρα.
Στοὺς ἡχητικοὺς σωλήνες μὲ ἐπιστόμιο
καὶ γλωσσίδα ὁ τόνος προκαλεῖται ἀπὸ τὶς
παλμικὲς κινήσεις τῆς γλωσσίδας, ποὺ διε-
γείρουν σὲ παλμικὴ κίνηση τὸν ἀέρα ποὺ
βρίσκεται στὸ σωλήνα.

'Ἐργαζόμενοι πειραματικὰ μὲ ἀνοιχτοὺς
καὶ κλειστοὺς ἡχητικοὺς σωλήνες κατα-
λήγομε στὰ ἀκόλουθα συμπεράσματα, ποὺ
ἀποτελοῦν τοὺς νόμους τῶν ἡχητικῶν σω-
λήνων:

α) Οἱ ἀνοικτοὶ ἡχητικοὶ σωλήνες παρά-
γουν ἔνα θεμελιώδη τόνο καὶ ὅλους τοὺς
ἀνώτερους ἀρμονικούς.

"Αν δηλαδὴ ἔνας ἀνοιχτὸς ἡχητικὸς
σωλήνας παράγει θεμελιώδη τόνο συχνό-
τητας ν, θὰ παράγει καὶ τοὺς τόνους ποὺ
ἔχουν συχνότητες 2ν, 3ν, 4ν, κλπ.

β) Οἱ κλειστοὶ ἡχητικοὶ σωλήνες παρά-
γουν ἔνα θεμελιώδη τόνο καὶ τοὺς ἀνώτερους
ἀρμονικούς περιττῆς τάξης.

Δηλαδὴ ἂν ἔνας κλειστὸς ἡχητικὸς σω-
λήνας παράγει θεμελιώδη τόνο μὲ συχνό-
τητα ν, θὰ παράγει καὶ τοὺς τόνους ποὺ
ἔχουν συχνότητες 3ν, 5ν, 7ν κλπ.

§ 88. Μουσικοὶ ἥχοι. Μουσικά διαστήματα. "Οταν οἱ συχνότητες δύο ἥχων, ποὺ τοὺς ἀκοῦμε ταυτόχρονα, βρίσκονται μεταξύ τους σὲ ἀπλὴ ἀριθμητικὴ σχέση, μᾶς προκαλοῦν γενικά εὐχαριστο συναίσθημα. Ἡ Μουσικὴ χρησιμοποεῖ δρισμένες ἀπλές ἀριθμητικές σχέσεις, μεταξύ τῶν συχνοτήτων τῶν ἥχων, ποὺ ὀνομάζονται μουσικά διαστήματα. Οἱ μουσικοὶ ἥχοι εἰναι φθόγγοι και παράγονται ἀπὸ τὰ μουσικά σῆγανα. Τὸ ὑποκεμενικὸν συναίσθημα, ποὺ μᾶς δημιουργεῖται, δταν ἀκοῦμε δύο τόνους, ἔξαρταί μανό ἀπὸ τὸ μουσικὸ διάστημα τους και δχι ἀπὸ τὴν ἀπόλυτη τιμὴ τῶν συχνοτήτων τους.

"Οταν δύο φθόγγοι ακούνονται σύγχρονα ἡ διαδοχικὰ και προκαλοῦν εὐχάριστο συναίσθημα, λέμε δτι ἀποτελοῦν συμφωνία: ἀν τὸ συναίσθημα είναι δυσάρεστο, ἀποτελοῦν παραφωνία. "Οταν τὸ διάστημα είναι 1:1, δταν δηλαδὴ ἀκοῦμε δύο φθόγγοντς τῆς ίδιας συχνοτήτας, ἔχουμε τὴν καλύτερη συμφωνία και τὸ μουσικὸ διάστημα λέγεται πρώτη. "Αν τὸ διάστημα είναι 2:1, ὅποτε ὁ δξέτερος φθόγγος ἔχει διπλάσια συχνότητα, τὸ διάστημα λέγεται ὄγδοη. Στὴ Μουσικὴ χρησιμοποιοῦμε ἐπίσης διαστήματα δευτέρας, τρίτης, τετάρτης κλπ. και ἥχους μὲ συχνότητες ἀπὸ 40 Hz μέχρι 4 000 Hz.

§ 89. Μουσικὴ κλίμακα. "Ετσι ὀνομάζεται μιὰ σειρὰ φθόγγων, ποὺ χρησιμοποιοῦνται στὴ Μουσικὴ και χωρίζονται μεταξύ τους μὲ δρισμένα μουσικά διαστήματα.

Οἱ φθόγγοι τῆς βασικῆς κλίμακας είναι ὀχτώ, ἡ κλίμακα δμως ἐπεκτείνεται σὲ ὑψηλότερους και χαμηλότερους φθόγγους μὲ ὅδος. "Ο φθόγγος ἀπὸ τὸν ὅπιο ἀρχίζει ἡ μουσικὴ κλίμακα ὀνομάζεται βάση τῆς κλίμακας.

Οἱ συχνότητες τῶν φθόγγων μιᾶς μουσικῆς κλίμακας καθορίζονται μὲ ἀκρίβεια, δταν ὀριστεῖ ἡ συχνότητα ἐνός ὅποιουδήποτε φθόγγου και τὰ μουσικὰ διαστήματα.

Τὰ δόνομάτα τῶν φθόγγων τῆς μουσικῆς κλίμακας είναι τὰ ἔξης ἐπτά:

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

Ύπαρχουν διάφορες κατηγορίες μουσικῶν κλίμακων:

a) Διατονικὴ ἡ φυσικὴ κλίμακα. Ἡ κλίμακα αὐτὴ ἀποτελεῖται ἀπὸ τρία διαφορετικὰ διαστήματα, σχετικά μὲ δύο διαδοχικοὺς φθόγγους: τὰ διαστήματα 9/8 και 10/9, ποὺ ὀνομάζονται τόνοι και τὸ διάστημα 16/15 ποὺ ὀνομάζεται ἡμιτόνιο. Στὴ βασικὴ κλίμακα ὁ φθόγγος la ἔχει συχνότητα 440 Hz.

b) Χρωματικὴ κλίμακα. Ἡ βασικὴ διατονικὴ κλίμακα ποὺ ἐπαναλαμβάνεται μὲ ὅδος, ὑψηλότερα ἡ χαμηλότερα, δὲν είναι δυνατὸ νὰ ἐπαρκέσει στὶς ἀνάγκες τῆς σύγχρονης Μουσικῆς. Γ' αὐτὸ τὸ λόγο κατασκεύασαν μία κλίμακα ποὺ ἀποτελεῖται ἀπὸ 12 ημιτόνια οἵσα μὲ 1,059. Ἡ κλίμακα αὐτὴ ὀνομάζεται χρωματική.

"Αν προσέξουμε τὰ πλήκτρα τοῦ πιάνου, θὰ παρατηρήσουμε δτι είναι ἀστρα και μαδρα. Τὰ μαδρα πλήκτρα ἀντιστοιχοῦν στοὺς φθόγγους ἐκείνους ποὺ ἡ προσθήτη τους δημιουργησε τὴ χρωματικὴ κλίμακα. Γιὰ νὰ πετύχουν οἱ μουσικοὶ τὴν κατασκευὴ τῆς κλίμακας αὐτῆς, ἄφησαν τὸ φθόγγο la τῆς βασικῆς κλίμακας στὴ συχνότητα τῶν 440 Hz, παράλληλα ζαν δμως λίγο τὶς συχνότητες τῶν ἄλλων φθόγγων.

§ 90. Μουσικὰ ὅργανα. Τὰ Μουσικὰ ὅργανα παράγουν εὐχάριστους ἥχους και χωρίζονται σὲ τρεις κυρίως κατηγορίες.

a) Τὰ ἔγχορδα. Είναι ὅργανα ποὺ ἔχουν χορδές, ὅπως τὸ βιολί, ή βιόλα, τὸ βιολοντσέλο και τὸ κοντραπάσο. Στὰ ὅργανα αὐτὰ ὡ ἥχος παράγεται καθὼς σύρομε τὸ δοξάρι ἐπάνω στὶς χορδές. "Άλλα ἔγχορδα ὅργανα είναι ή κιθάρα και τὸ μαντολίνο. Οἱ ἥχοι στὰ ὅργανα αὐτὰ παράγονται καθὼς τραβοῦμε τὶς χορδὲς μὲ τὸ δάχτυλο ή τὶς πλήγτομε μὲ ἔνα τριγωνικὸ πενάκι.

Τὸ θύρος τοῦ ἥχου σὲ δλα τὰ παραπάνω ἔγχορδα κανονίζεται ἀπὸ τὸ σημεῖο δπου πιέζομε τὴ χορδὴ μὲ τὰ δάχτυλα τοῦ ἀριστεροῦ χεριοῦ.

"Η ἄρρα είναι ἔνα ἄλλο ἔγχορδο δργανο, μὲ πολλὲς χορδές, ποὺ ἥχον, δταν τὶς τραβοῦμε μὲ τὰ δάχτυλα, και ὡ κάθε μιὰ τους παράγει δρισμένον ἥχο. Χορδὲς ποὺ παράγουν δρισμένον ἥχο, δταν φυσοῦμε ἀέρα σὲ δρισμένη θέση μέσα σ' αὐτὰ. Σὲ ἄλλα ἀπὸ αὐτὰ τὰ ὅργανα, π.χ. στὴν τρόμπα, ὡ ἥχος παράγεται ἀπὸ τὰ χειλὶς εκείνου ποὺ παίζει τὸ ὅργανο, ἐνῶ σὲ ἄλλα, δπως στὸ κλαρίνο, ἀπὸ μιὰ γλωσσίδα, ποὺ πάλλεται καθὼς φυσοῦμε. Στὰ χάλκινα πνευστά, δπως λέγονται οἱ τρόμπες, τὸ τρομπόν, τὸ κόρνο κλπ., τὸ ψυρός τοῦ φθόγγου δίνεται μὲ τὴ βοήθεια κλειδιῶν ὡ ἐμβόλων (πιστονιῶν), μὲ τὰ ὅπια μικράνουν ὡ μεγαλώνουν δρισμένους σωλῆνες τοῦ ὅργανου, σὲ συνδυασμὸ μὲ τὸν ἀέρα ποὺ φυσοῦμε μὲ πίεση.

Στά ξύλινα πνευστά, όπως στό κλαρίνο, στά φλά-
ουντα και στά σαξόφωνα, ό ήχος άλλαζε, όταν
άνοιγουμε ή κλείνουμε όρισμένες τρύπες, πού ύπάρ-
χουν στό σώμα τού όργανου.

γ) Τά κρουστά. Στά όργανα αυτά ο ήχος παρά-
γεται, όταν τά χτυπήσουμε (κρουύσουμε) σε όρι-

σμένη θέση. Τέτοια όργανα είναι τά τύμπανα, τό⁸⁸
ξυλόφωνο, τό τρίγωνο κ.λπ.

Οι όρχηστρες άποτελούνται άπο πολλά όργανα
και τῶν τριῶν κατηγοριῶν και έτσι, συνδυάζοντας
τοὺς ήχους πού παράγονται, άποδίδουν μιά μου-
σική σύνθεση μέ τὸν καλύτερο τρόπο.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. 'Ελαττώνοντας τὸ μῆκος μιᾶς χορδῆς αὐξάνομε τὴ συχνότητα τῶν ηχων.
Ἐτσι, ἐλαττώνοντας τὸ μῆκος τῆς χορδῆς στὸ 1/v τοῦ ἀρχικοῦ καὶ διατηρώντας
σταθερὴ τὴν τάση ποὺ ἀσκοῦμε ἐπάνω της, παράγομε ήχο μὲ συχνότητα ν-πλάσια
τοῦ ἀρχικοῦ.

2. 'Η συχνότητα τοῦ τόνου ποὺ παράγει μία χορδὴ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ μῆκος, τὸ
πάχος καὶ τὸ ύλικὸ τῆς χορδῆς, ὥπως ἐπίσης καὶ ἀπὸ τὴν τάση ποὺ ἀσκοῦμε ἐπάνω
στὴ χορδῆ.

3. Οἱ ηχητικοὶ σωλῆνες είναι κλειστοί καὶ ἀνοιχτοί. Καὶ τὰ δύο εἰδη περιλαμ-
βάνουν σωλῆνες μὲ ἐπιστόμιο καὶ στόμιο καθὼς καὶ σωλῆνες μὲ ἐπιστόμιο καὶ
γλωσσίδα. Στοὺς ηχητικοὺς σωλῆνες μὲ ἐπιστόμιο καὶ στόμιο ὁ τόνος προκαλεῖται
ἀπὸ τὶς ἀτ' εὐθείας παλμικὲς κινήσεις τοῦ ἀέρα, ἐνῶ στοὺς ηχητικοὺς σωλῆνες μὲ
ἐπιστόμιο καὶ γλωσσίδα ὁ τόνος παράγεται ἀπὸ τοὺς παλμοὺς τῆς γλωσσίδας.

4. Οἱ ἀνοιχτοί ηχητικοὶ σωλῆνες παράγουν ἔνα θεμελιώδη τόνο καὶ ὅλους
τοὺς ἀνώτερους ἀρμονικοὺς τούς, ἐνῶ οἱ κλειστοί ἔνα θεμελιώδη καὶ τοὺς ἀνώτε-
ρους ἀρμονικοὺς περιττῆς τάξης.

5. Μουσικό διάστημα δύο ηχων ὀνομάζεται ὁ λόγος τῶν συχνοτήτων τους.

6. 'Η μουσικὴ κλίμακα ἀποτελεῖται ἀπὸ σειρὰς ὀρισμένων μουσικῶν φθόγγων,
ποὺ χωρίζονται μεταξὺ τοὺς μὲ ὀρισμένα μουσικὰ διαστήματα.

7. 'Η διατονικὴ ἡ φυσικὴ κλίμακα περιλαμβάνει 5 τόνους δύο εἰδῶν καὶ 2
ἡμιτόνια. 'Η χροματικὴ κλίμακα περιλαμβάνει 12 ἡμιτόνια. Βασικὸς φθόγγος στὶς
δύο κλίμακες είναι τὸ la μὲ συχνότητα 440 Hz.

8. Τὰ μουσικὰ όργανα είναι ἔγχορδα, πνευστά καὶ κρουστά.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

88. Πόση είναι ἡ συχνότητα τοῦ βασικοῦ τόνου,
ὅταν ὁ ἀρμονικός τού ἔκτης τάξης ἔχει συχνότητα
1 200 Hz;

('Απ. 171,4 Hz.)

89. "Ἐνας τόνος ἔχει συχνότητα 264 Hz. Ποιές
είναι οἱ συχνότητες τῆς ἀμέσως ἐπόμενης ὀρδόνης,
πέμπτης καὶ τετάρτης;

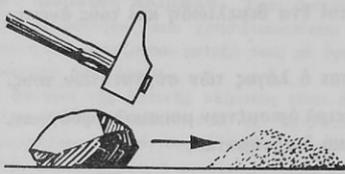
('Απ. 528 Hz, 396 Hz, 352 Hz.)

IV. ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ-ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

ΙΗ' — ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΥΛΗΣ. ΜΟΡΙΑ ΚΑΙ ΑΤΟΜΑ

§ 91. **Η διαιρετότητα τῆς υλής.** Άν παρατηρήσουμε ἔνα κομμάτι ψαμμίτη, θὰ δοῦμε ὅτι ἀποτελεῖται ἀπὸ μία πλειάδα μικρῶν κόκκων, συγκολλημένων μεταξύ τους καὶ δρατῶν μὲ γυμνό μάτι.

Θρυμματίζομε τὸ κομμάτι τοῦ ψαμμίτη χτυπώντας το μὲ ἔνα σφυρί. Οἱ μικροὶ κόκκοι κχωρίζονται μεταξύ τους καὶ δημιουργοῦν ἔνα σωρὸ ἀπὸ ἄμμο (σχ. 85).



Σχ. 85. Όταν θρυμματίστει ὁ ψαμμίτης, σχηματίζει σωρὸ ἀπὸ ἄμμο.

Άν ἐξετάσουμε τὸν κάθε κόκκο μὲ ἔνα φακό, θὰ διαπιστώσουμε ὅτι ὅλοι ἔχουν τὴν ἴδια ἐμφάνιση. "Ἐντονη δηλαδὴ λάμψη καὶ ἔδρες ποὺ σχηματίζουν μεταξύ τους γωνίες, περισσότερο ἢ λιγότερο δέξεταις.

Πείραμα. Παίρνομε ἔνα φιαλίδιο μὲ πυκνὸ θεικὸ δέξι καὶ ρίχνομε μιὰ σταγόνα ἀπὸ τὸ δέξι αὐτὸ μέσα σ' ἔνα δοκιμαστικὸ σωλήνα μὲ νερό. Τὸ διάλυμα ποὺ προκύπτει, μολονότι πολὺ ἀραιό, κοκκινίζει τὸ βάμμα τοῦ ἡλιοτροπίου. 'Αραιώ-

νομε ἀκόμη τὸ διάλυμα τοῦ δέξιος προσθέτοντας λίγο νερό. Καὶ τὸ καινούριο ἀραιότερο διάλυμα ἔξακολονθεῖ νὰ κοκκινίζει τὸ βάμμα τοῦ ἡλιοτροπίου.

"Οπως ὁ ψαμμίτης, ἔτσι καὶ τὸ θεικὸ δέξι διαιρέθηκε σὲ μικρότατα σωματίδια, τὰ διόποια ὅμως διατήρησαν τὶς χαρακτηριστικὲς ἴδιότητες τοῦ δέξιος. Κοκκινίζουν δηλαδὴ τὸ βάμμα τοῦ ἡλιοτροπίου.

Προβάλλει ὅμως τώρα τὸ ἐρώτημα: Μποροῦμε νὰ διαιροῦμε ἐπ' ἄπειρο τὰ σωματίδια ἐνὸς ὑλικοῦ, χωρὶς νὰ ἔξαφανιστοῦν οἱ ἴδιότητες τῆς οὐσίας;

"Η ἀπάντηση στὸ παραπάνω ἐρώτημα είναι ἀρνητική. Ή διαίρεση αὐτὴ ἔχει ἔνα δριο καὶ τὸ δριο αὐτὸ καθορίζει τὸ μόριο τῆς οὐσίας. "Ωστε:

Τὸ μόριο είναι ἡ μικρότερη ποσότητα ἐνὸς χημικῶς καθαροῦ σώματος, ποὺ μπορεῖ νὰ ὑπάρχει σὲ ἐλεύθερη κατάσταση καὶ νὰ διατηρεῖ τὶς χαρακτηριστικὲς ἴδιότητες αὐτοῦ τοῦ σώματος.

§ 92. **Τὰ μόρια.** Τὰ μόρια είναι ὑλικὰ σωματίδια μὲ πολὺ μικρὸ μέγεθος. Γιὰ νὰ ἀντιληφθοῦμε τὴν μικρότητα τῶν μορίων, ἀς κάνουμε τὸν ἐπόμενο παραλληλισμό.

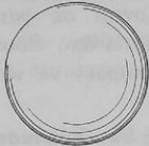
Θεωροῦμε μία σταγόνα νερὸ καὶ τὴν ὑδρόγειο σφαίρα. "Ο, τι είναι ἔνα πορτοκάλι γιὰ τὴ Γῆ, είναι καὶ τὸ ἔνα μόριο τοῦ νεροῦ γιὰ τὴ σταγόνα τοῦ γεροῦ (σχ. 86).

ύδρομειος σφαίρα



πορτοκάλι

σταγόνα νερού



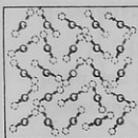
μόριο νεροῦ

Σχ. 86. Τὸ μόριο τοῦ νεροῦ καὶ ἡ σταγόνα τοῦ νεροῦ βρίσκονται στὴν ἀνάλογίᾳ πορτοκαλιοῦ καὶ ύδρογείου σφαίρας.

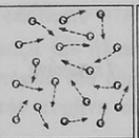
Τὰ μόρια ἐνὸς χημικῶς καθαροῦ σώματος, ὅπως εἰναι π.χ. τὸ δέξυγόνο, ὁ χαλκός, τὸ νερό, ἡ ζάχαρη, εἰναι ὅμοια μεταξύ τους, ἐνῷ τὰ μόρια τῶν μειγμάτων, ὅπως ὁ ἄερας, τὸ γάλα κλπ., εἰναι διαφορετικά.

"Οπως γνωρίζομε ἀπὸ τὰ μαθήματα τῆς προηγούμενης τάξης, τὰ μόρια ὅποιουδήποτε σώματος δὲν ἡρεμοῦν, ἀλλὰ κινοῦνται ἀκατάπαυστα. Στὰ στερεὰ ἡ κίνηση αὐτὴ εἰναι ταλάντωση μὲ πολὺ μικρὸ πλάτος, γιατὶ τὰ μόρια τῶν σωμάτων αὐτῶν εἰναι πολὺ κοντά τὸ ἔνα στὸ ἄλλο (σχ. 87,I)

Τὰ μόρια τῶν ὑγρῶν βρίσκονται σὲ μεγαλύτερες μεταξύ τους ἀποστάσεις (σὲ σχέση μὲ τὶς ἀποστάσεις τῶν μορίων τῶν στερεῶν) καὶ κινοῦνται πιὸ ζωηρὰ τὸ ἔνα ώς πρὸς τὸ ἄλλο, διατηρώντας σταθερές τὶς ἀποστάσεις τους. "Ενα μόριο ὑγροῦ δηλαδὴ κινεῖται σὲ σχέση πρὸς τὰ ἄλλα μόρια, μέσα στὴ μάζα τοῦ ὑγροῦ, διατηρώντας ὅμως σταθερὴ ἀπόσταση ἀπὸ τὰ γειτονικά του μόρια (σχ. 87, II).



I



II



III

Σχ. 87. Γιὰ τὴν ἐξήγηση τῆς δομῆς στερεῶν (I), ὑγρῶν (II) καὶ ἀερίων (III).

Τὰ μόρια τέλος τῶν ἀερίων κινοῦνται σὰν ἐλαστικὲς σφαίρες, ταχύτατα καὶ ἀταχτα πρὸς δλες τὶς διευθύνσεις (σχ. 87, III). Ἀποτέλεσμα τῆς κινήσεως αὐτῆς εἰναι ἡ ἐκτόνωση τῶν ἀερίων καὶ ἡ πίεσή τους.

Οἱ ταχύτητες μὲ τὶς ὁποῖες κινοῦνται τὰ μόρια τῶν ἀερίων εἰναι ἀρκετά μεγάλες. Στὸ διοξείδιο τοῦ ἄνθρακα ἡ μέση ταχύτητα τῶν μορίων εἰναι ἵση μὲ 1 440 km/h, ἵση δηλαδὴ μὲ τὴν ταχύτητα τῶν ἀεριωθούμενων ἀεροπλάνων, ἐνῷ τῶν μορίων τοῦ ὑδρογόνου εἰναι ἀκόμα μεγαλύτερη καὶ φτάνει τὰ 7 200 km/h.

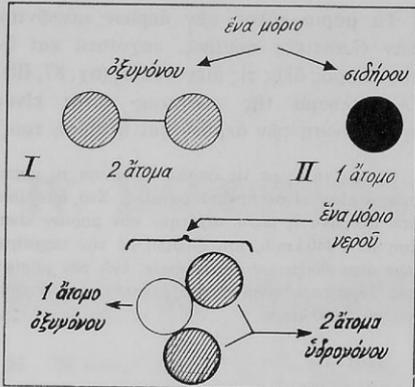
"Ωστε :

Τὰ μόρια τῶν ὑλικῶν σωμάτων εἰναι πάρα πολὺ μικρά. Δὲν ἡρεμοῦν, ἀλλὰ κινοῦνται ἀκατάπαυστα. Τὸ εἶδος τῆς κινήσεως τῶν μορίων ἐνὸς σώματος καθορίζει τὴ φυσικὴ κατάσταση τοῦ σώματος.

§ 93. Τὰ ἄτομα. "Υστερα ἀπὸ ὅσα εἴπαμε παραπάνω, δὲν πρέπει νὰ νομιστεῖ ὅτι τὰ μόρια ἀποτελοῦν τὸ ἀδιαίρετο πιὰ τμῆμα τῆς ὥλης. Πραγματικά τὰ σωματίδια αὐτὰ σχηματίζονται ἀπὸ μικρότερα ἀκόμη ὑλικὰ συστατικά, ποὺ τὰ ὀνομάζομε **ἄτομα**.

Τῶν ἀπλῶν σωμάτων τὰ μόρια ἀποτελοῦνται ἀπὸ ὅμοια μεταξύ τους ἄτομα. Τὰ μόρια τῶν συνθέτων σωμάτων ὅμως ἀποτελοῦνται ἀπὸ διαφορετικὰ μεταξύ τους ἄτομα. "Ετοι, ἐνῷ τὸ μόριο τοῦ δέξυγονου, ποὺ εἰναι ἀπλὸ σῶμα, ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο ὅμοια μεταξύ τους ἄτομα δέξυγονου, τὸ μόριο τοῦ νεροῦ, ποὺ εἰναι σύνθετο σῶμα, περιλαμβάνει, συνδεμένα μεταξύ τους, δύο ἄτομα ὑδρογόνου καὶ ἔνα ἄτομο δέξυγόνο (σχ. 88). "Ωστε: τὸ ἄτομο εἰναι ἡ μικρότερη ποσότητα ἐνὸς στοιχείου ἡ ὁποία μπορεῖ νὰ ὑπάρχει σὲ ἔνα μόριο.

Τὰ ἄτομα σπάνια ὑπάρχουν σὲ ἐλεύθερη κατάσταση, ἐκτὸς ἀπὸ τὴν περίπτωση τῶν ἀερίων ποὺ ὀνομάζονται εὐγενὴ ἀέρια (ἀργό,



Σχ. 88. Μόρια και ἄτομα. (I) Μόριο δξυμόνου, (II) μόριο σιδήρου, (III) μόριο νεροῦ.

κρυπτό, νέο, ξένο, ήλιο και ραδόνιο). Σὲ όρισμένες ἄλλες περιπτώσεις, όπου τὸ μόριο ἐνὸς στοιχείου ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕνα ἄτομο, ὅπως συμβαίνει μὲ τὰ μέταλλα, τὰ ἄτομα αὐτὰ δὲν εἰναι ἐλεύθερα, ἀλλὰ σχηματίζουν κανονικά διαταγμένα συγκροτήματα, ποὺ ὀνομάζονται κοίσταλλοι.

Ἄφοῦ τὰ ἄτομα εἰναι κατὰ κάποιον τρόπο ὑποδιαίρεση τῶν μορίων, συμπεραίνομε ὅτι ἔχουν πάρα πολὺ μικρὸ μέγεθος.

Ἄν φανταστοῦμε τὸ ἀπλούστερο ἄτομο, δηλαδὴ τὸ ἄτομο τοῦ στοιχείου ύδρογόνου, σὰν σφαίρα, η σφαίρα αὐτὴ θὰ είχε διάμετρο ἵση πρὸς δέκα ἑκατομμυριοστὰ τοῦ χιλιοστομέτρου.

Στὶς ἡλεκτρονικὲς λυχνίες, όπου ἔχομε ἐπιτύχει «ύψηλὸ κενό», ὅπως λέμε, (ἐννοοῦμε ὅτι η πίεση τοῦ ἀερίου μέσα σ' αὐτὲς εἰναι τῆς τάξης τοῦ ἑκατομμυριοστοῦ τοῦ χιλιοστομέτρου ύδραργυρικῆς στήλης), παραμένουν ἀκόμη 270 ἑκατομμύρια ἄτομα εὑγενῶν ἀερίων σὲ κάθε κυβικὸ ἑκατοστόμετρο.

Μέχρι σήμερα κανεὶς δὲν ἔχει δεῖ τὰ ἄτομα και πιθανὸν νὰ μήν μπορέσουμε ποτὲ νὰ τὰ δοῦμε. Οἱ Φυσικοὶ μόνο τὰ φαντά-

ζονται και τὰ περιγράφουν, γιατὶ βασίζονται σὲ φαινόμενα ποὺ προκαλοῦνται κάτω ἀπὸ εἰδικές συνθῆκες και τὰ δόποια μποροῦν νὰ τὰ παρακολουθήσουν.

§ 94. Σύσταση τοῦ ἀτόμου. "Ἐνα ἄτομο δοποιουδήποτε στοιχείου ἀποτελεῖται ἀπὸ τὸν κεντρικὸ πυρήνα, ὅπου είναι συγκεντρωμένη ὅλη σχεδὸν η μάζα τοῦ ἀτόμου, και ἀπὸ τὰ ἡλεκτρόνια, ποὺ περιστρέφονται σὲ ἐλλεπιτκές η κυκλικές τροχιές γύρω ἀπὸ τὸν πυρήνα. Τὸ ἄτομο δηλαδὴ μπορεῖ νὰ θεωρηθεῖ σὰν μικρογραφία τοῦ ἡλιακοῦ μας συστήματος, μὲ Ήλιο τὸν πυρήνα και πλανῆτες τὰ ἡλεκτρόνια.

Τὸ ἄτομο τοῦ ύδρογόνου ἔχει ἔνα μόνο ἡλεκτρόνιο (σχ. 89). Η Ἀτομικὴ Φυσικὴ διδάσκει ὅτι, ἂν ὁ πυρήνας τοῦ ἀτόμου τοῦ ύδρογόνου είχε διάμετρο ἐνὸς ἑκατοστομέτρου, τὸ ἡλεκτρόνιό του θὰ περιστρέφοταν γύρω ἀπὸ τὸν πυρήνα σὲ ἀπόσταση 410 μέτρων.

Τὸ ἄτομο τοῦ στοιχείου οὐρανίου, ἔχει 92 ἡλεκτρόνια. "Αν παραστήσουμε τὸν πυρήνα τοῦ οὐρανίου μὲ ἔνα πορτοκάλι, τὰ πλησιέστερα ἡλεκτρόνια θὰ περιστρέφονται σὲ ἀπόσταση 100 m ἀπὸ τὸν πυρήνα, ἐνῶ τὰ πιὸ ἀπομακρυσμένα σὲ ἀπόσταση 1 500 m. Η Ἀτομικὴ Φυσικὴ διδάσκει ἀκόμη ὅτι η μάζα τοῦ ἡλεκτρονίου είναι μόλις ἵση μὲ τὸ 1/2 000 περίπου τῆς μάζας τοῦ πυρήνα τοῦ ἀτόμου τοῦ ύδρογόνου.



Σχ. 89. Ἀτομο ύδρογόνου.

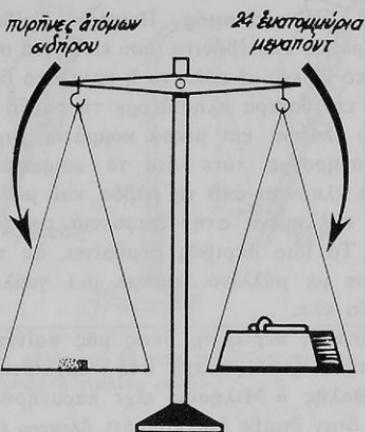
Από τά παραπάνω συμπεραίνομε ότι:

a) Ή μάζα τῶν ἀτόμων τῶν διαφόρων στοιχείων είναι, ὅλη σχεδόν, συγκεντρωμένη στὸν πυρῆνα.

β) Στὸ συνολικὸ χῶρο τοῦ ἀτόμου μικρὸ ποσοστὸ κατέχει ἡ ὑλὴ. Τὸ μεγαλύτερο τμῆμα τοῦ ἀτομικοῦ χώρου είναι κενὸ καὶ τὰ ἡλεκτρόνια κινοῦνται σὲ ἐλλειπτικὲς ἢ κυκλικὲς τροχιές γύρω ἀπὸ τὸν πυρῆνα σὲ τεράστιες, συγκριτικὰ μὲ τὶς διαστάσεις τοῦ πυρῆνα, ἀποστάσεις.

Ἄν μπορούσαμε νὰ κατασκευάσουμε ἔνα μικρὸ πλακίδιο μὲ μέγεθος ἵσο μὲ τὸ μέγεθος τῶν πλακιδίων τῆς ζάχαρης, χρησιμοποιώντας σὰν ὑλικὸ συμπαγεῖς πυρῆνες ἀτόμων σιδήρου, χωρὶς κενὸ χῶρο, τὸ βάρος τοῦ μικροῦ αὐτοῦ πλακιδίου θὰ ἦταν ἵσο μὲ 24 ἑκατομμύρια μεγαπόντ. Τὸ παράδειγμα αὐτὸ μᾶς δίνει μιὰ εἰκόνα τοῦ κε-

νοῦ ποὺ παρεμβάλλεται στὴν δομὴ τῆς ὑλῆς (σχ. 90).



Σχ. 90. Ο ἀτομικὸς χῶρος περιλαμβάνει ἔνα πολὺ μεγάλο κενὸ μέρος. Τὸ πιὸ πάνω σχέδιο είναι ἀπλῶς ἐνδεικτικὸ καὶ δὲν ἐκφράζει ποσοτικὲς σχέσεις.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Μόριο ὀνομάζομε τὴ μικρότερη ποσότητα τῆς ὑλῆς ἐνὸς σώματος, ποὺ μπορεῖ νὰ ὑπάρξει σὲ ἐλεύθερη κατάσταση καὶ νὰ διατηρεῖ τὶς ἰδιότητες τοῦ σώματος αὐτοῦ.
2. Τὰ μόρια ἔχουν πολὺ μικρὲς διαστάσεις καὶ βρίσκονται σὲ ἀδιάκοπη κίνηση. Τὸ εἶδος τῆς κινήσεως τῶν μορίων καθορίζει τὶς φυσικὲς καταστάσεις τῆς ὑλῆς.
3. Τὸ ἄτομο είναι ἡ μικρότερη ποσότητα τῆς ὑλῆς ἐνὸς ἀπλοῦ σώματος.
4. Ἀπὸ τὴ σύνδεση ἀτόμων προκύπτουν τὰ μόρια τῶν ἀπλῶν σωμάτων.
5. Τὰ μόρια τῶν σύνθετων σωμάτων ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἀνόμοια μεταξύ τους ἄτομα.
6. Τὰ ἄτομα ἀποτελοῦνται ἀπὸ τὸν κεντρικὸ πυρῆνα καὶ ἔνα ἡ περισσότερα ἡλεκτρόνια, ποὺ περιστρέφονται γύρω τοῦ.
7. Ή μάζα τοῦ ἡλεκτρονίου είναι περίπου ἵση μὲ τὸ 1/2000 τῆς μάζας τοῦ πυρῆνα τοῦ ἀτόμου τοῦ ὑδρογόνου. Ή μάζα ἐπομένως τοῦ ἀτόμου βρίσκεται συγκεντρωμένη στὸν πυρῆνα τοῦ.

ΙΘ' — ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ ΑΤΟΜΟΥ, ΠΥΡΗΝΕΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΑ

§ 95. **Ήλεκτρισμός.** Πείραμα. Τρίβομε μία ράβδο ἀπό ἐβονίτη (πού είναι ἔνα συνθετικό υλικό) μὲ μάλλινο ἥ μεταξωτὸ ὄφασμα καὶ ὑστερα πλησιάζομε τὴν ράβδο σὲ πολὺ ἐλαφρὰ καὶ μικρὰ κομμάτια χαρτί. Παρατηροῦμε τότε ὅτι τὰ κομματάκια αὐτὰ ἔλκονται ἀπὸ τὴν ράβδο καὶ μένουν σὰν κολλημένα στὴν ἐπιφάνεια τῆς (σχ. 91). Τὸ ἴδιο ἀκριβῶς συμβαίνει, ἢν τρίψουμε μὲ μάλλινο ὄφασμα μιὰ γυάλινη ράβδο κλπ.

Αὐτὴ ἡ περίεργη, ὅπως μᾶς φαίνεται, ἰδιότητα ἡταν γνωστὴ στὴν ἀρχαιότητα. Ὁ Θαλῆς ὁ Μιλήσιος εἶχε παρατηρήσει ὅτι, ὅταν ἔτριβε ἔνα κομμάτι ἡλεκτρὸ (κεχριμπάρι) μὲ ἔνα ὄφασμα, τὸ ἡλεκτρὸ ἀποχτοῦσε τὴν ἰδιότητα νὰ ἔλκει πολὺ ἐλαφρὰ σώματα, ὅπως τρίχες, πούπουλα κλπ. Ἡ ἰδιότητα αὐτὴ τῶν σωμάτων δυναμάστηκε ἡλεκτρισμός.

Τὰ σώματα ποὺ ἀποχτοῦν τὴν ἰδιότητα

τοῦ ἡλεκτρισμοῦ λέμε ὅτι είναι ἡλεκτρισμένα ἢ ὅτι είναι φορτισμένα ἡλεκτρικῶς. Ἡ διαδικασία ποὺ χρειάζεται γιὰ νὰ ἀποχτήσουν τὴν ἰδιότητα τοῦ ἡλεκτρισμοῦ τὰ σώματα δυνούνται ἡλέκτριση.

Ἐνα ἡλεκτρισμένο σῶμα λέμε ὅτι ἔχει ἡλεκτρικὰ φορτία. Τὸ ἡλεκτρικὸ φορτίο δὲν είναι δρατό· ἡ παρουσία του διαπιστώνεται μόνο ἀπὸ τὰ ἀποτελέσματα ποὺ προκαλεῖ.

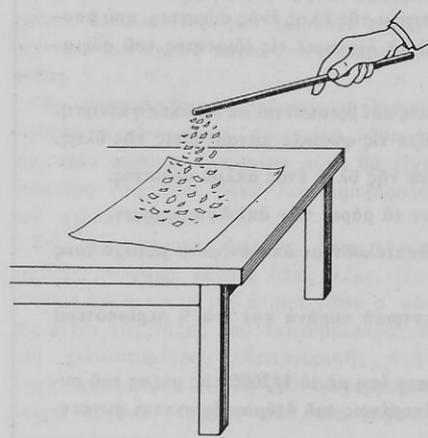
Τὰ σώματα ποὺ δὲν ἔχουν ἡλεκτρικὰ φορτία λέμε ὅτι είναι ἡλεκτρικῶς οὐδέτερα.

§ 96. **Θετικὰ καὶ ἀρνητικὰ ἡλεκτρικὰ φορτία.** Ἡλεκτρικὸ ἐκκρεμές. α) Οἱ δυνάμεις ποὺ ἐμφανίστηκαν μὲ τὴν τριβὴ στὴν ράβδο τοῦ ἐβονίτη καὶ προκάλεσαν τὴν ἔλξη τοῦ χαρτοῦ είναι πολὺ μικρές.

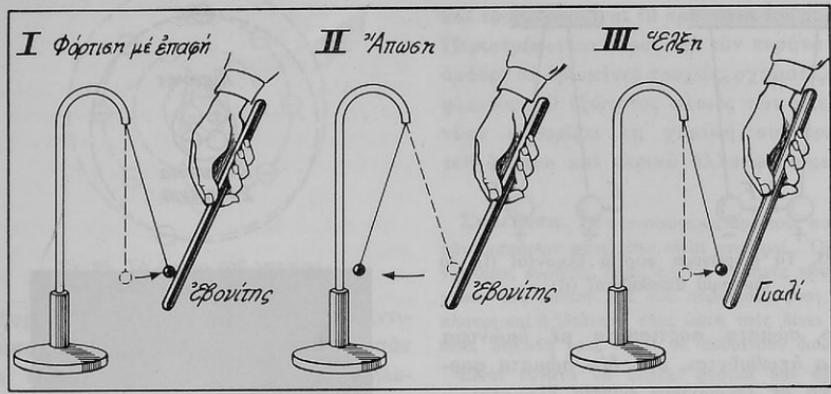
Είναι πιὸ εύκολο νὰ μελετήσουμε τὰ ἡλεκτρικὰ φαινόμενα χρησιμοποιώντας τὸ ἡλεκτρικὸ ἐκκρεμές, μιὰ συσκευὴ δηλαδὴ ποὺ ἀποτελεῖται ἀπὸ ἔνα ἐλαφρὸ σφαιρίδιο ἀπὸ φελλὸ ἥ ψύχα κουφοξύλιας, τὸ ὃποιο κρέμεται ἀπὸ ἔνα λεπτὸ μετάξινο νήμα, δεμένο σ' ἔνα κατάλληλο στήριγμα (σχ. 92).

Πείραμα. Πλησιάζομε στὸ ἡλεκτρικὸ ἐκκρεμές μιὰ ράβδο ἀπὸ ἐβονίτη, ποὺ προηγουμένως τὴν ἔχομε τρίψει μὲ μάλλινο ὄφασμα. Παρατηροῦμε τότε ὅτι τὸ σφαιρίδιο τοῦ ἐκκρεμοῦ ἔλκεται ἀπὸ τὴν ράβδο καὶ ὅτι, μόλις ἀκουμπήσει ἐπάνω τῆς, ἀπωθεῖται καὶ ἀπομακρύνεται ἀπὸ αὐτῆς, παραμένοντας σὲ μιὰ δρισμένη ἀπόσταση (σχ. 92 I, II).

Οταν τὸ σφαιρίδιο ἀκούμπησε στὴ ράβδο τοῦ ἐβονίτη, πῆρε ἔνα μέρος ἀπὸ τὰ ἡλεκτρικὰ φορτία τῆς ράβδου καὶ ἡλεκ-



Σχ. 91. Ὅστερα ἀπὸ τὴν τριβὴ τῆς μὲ ξηρὸ μάλλινο ὄφασμα, ἡ ράβδος τοῦ ἐβονίτη ἔλκει μικρὰ κομμάτια χαρτί.



Σχ. 92. Τὸ σφαιρίδιο, ποὺ φορτίστηκε μὲ ἐπαφὴ ἀπὸ τὴν ράβδο τοῦ ἑβονίτη, ἀπωθεῖται κατόπιν ἀπὸ αὐτῆν, ἐνῶ ἔλκεται ἀπὸ τὴν ἡλεκτρισμένη γυάλινη ράβδο.

τρίστηκε. Ἐπομένως ὁ ἡλεκτρισμένος ἑβονίτης ἀπωθεῖ (σπρώχνει πίσω) τὸ ἡλεκτρικὸν ἐκκρεμές, ποὺ ἡλεκτρίστηκε κατὰ τὴν ἐπαφὴν του μὲ αὐτὸν.

Τὰ ἴδια ἀκριβῶς φαινόμενα θὰ παρατηρήσουμε, ἂν κάνουμε τὸ ἴδιο πείραμα χρησιμοποιώντας ἡλεκτρισμένη ράβδο ἀπὸ γυαλὶ ἢ ἄλλο κατάλληλο ὄντικό. "Οστε:

"Ἐνα ἡλεκτρισμένο σῶμα Α ἀσκεῖ ἀπωθητικὴ δύναμη σὲ ἔνα ἄλλο σῶμα, Β, ποὺ ἡλεκτρίστηκε ἔξαιτίας τῆς ἐπαφῆς του μὲ τὸ Α.

β) "Ἄς παρατηρήσουμε πάλι τὸ ἡλεκτρικὸν ἐκκρεμές· τὸ ἡλεκτρίζουμε μὲ μιὰ ράβδο ἀπὸ ἑβονίτη, δῆν τὸ προηγούμενο πείραμα. "Αν κατόπι πλησιάσουμε στὸ ἐκκρεμές αὐτὸ μιὰν ἡλεκτρισμένη ράβδο ἀπὸ γυαλὶ, θὰ παρατηρήσουμε ἔλξη τοῦ ἐκκρεμοῦς ἀπὸ τὴ γυάλινη ἡλεκτρισμένη ράβδο (σχ. 91, III). Δηλαδὴ ἐνῶ ὁ ἡλεκτρισμένος ἑβονίτης ἀπωθεῖ τὸ φορτισμένο ἐκκρεμές, τὸ ἡλεκτρισμένο γυαλὶ τὸ ἔλκει.

Συμπεραίνομε ἐπομένως ὅτι ὁ ἡλεκτρισμός, ποὺ παρουσιάστηκε στὴν ἐπιφάνεια τοῦ ἑβονίτη, δημιουργεῖ τὰ ἀντίθετα ἀποτελέσματα ἀπὸ τὸν ἡλεκτρισμό, ποὺ παρουσιάστηκε στὴν ἐπιφάνεια τοῦ γυαλιοῦ.

"Ετσι μποροῦμε νὰ ποῦμε ὅτι:

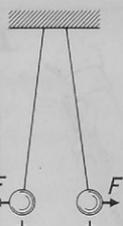
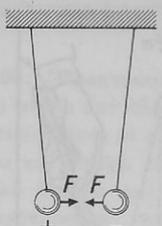
Κάθε ἡλεκτρισμένο σῶμα συμπεριφέρεται εἰτε σὰν ἡλεκτρισμένο γυαλὶ εἰτε σὰν ἡλεκτρισμένος ἑβονίτης.

"Απὸ τὰ παραπάνω καταλήγομε στὸ συμπέρασμα ὅτι ὑπάρχουν δύο διαφορετικὰ εἰδῆ ἡλεκτρισμοῦ. "Ο ἡλεκτρισμὸς ποὺ ἐμφανίζεται στὴν ἐπιφάνεια τοῦ γυαλιοῦ καὶ τὸν ὁνομάζομε θετικὸ ἡλεκτρισμὸ (σύμβολο +) καὶ ὁ ἡλεκτρισμὸς ποὺ παρουσιάζεται στὴν ἐπιφάνεια τοῦ ἑβονίτη καὶ τὸν ὁνομάζομε ἀρνητικὸ ἡλεκτρισμὸ (σύμβολο —).

§ 97. Νόμος τῆς ἔλξης καὶ ἀπώσεως (ἀπωθήσεως) τῶν ἡλεκτρικῶν φορτίων. Δύο σώματα ποὺ εἶναι καὶ τὰ δύο φορτισμένα μὲ θετικὸ ἡλεκτρισμὸ ἢ καὶ τὰ δύο μὲ ἀρνητικὸ ἡλεκτρισμὸ λέμε ὅτι φέρουν διμάνυμα ἡλεκτρικὰ φορτία.

"Αν τὸ ἔνα ἔχει θετικὸ καὶ τὸ ἄλλο ἀρνητικὸν ἡλεκτρισμό, τότε λέμε ὅτι φέρουν ἑτερώνυμα φορτία.

Τὰ προηγούμενα πειράματα μᾶς ἐπιτρέπουν νὰ διατυπώσουμε τὸν ἀκόλουθο νόμο:



Σχ. 93. Τὰ ἑτερώνυμα φορτία ἔλκονται (I), τὰ ὁμώνυμα ἀπωθοῦνται (II).

Δύο σώματα φορτισμένα μὲν ὁμώνυμα φορτία ἀπωθοῦνται, ἐνῷ δύο σώματα φορτισμένα μὲν ἑτερώνυμα φορτία ἔλκονται.

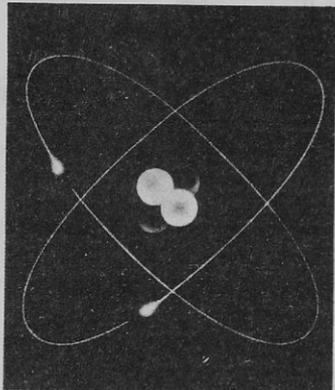
Οὐ νόμος αὐτὸς εἶναι γνωστὸς ως νόμος τοῦ Κουλόμπ (Coulomb).

§ 98. Πυρήνας καὶ ἡλεκτρόνια. "Υστερα ἀπὸ μελέτες καὶ πειράματα οἱ Φυσικοὶ ὀδηγῆθηκαν στὴ διαπίστωση ὅτι η̄ ἰδιότητα τοῦ ἡλεκτρισμοῦ εἶναι συνέπεια τῆς κατασκευῆς τοῦ ἀτόμου.

"Ολα τὰ ἄτομα ἀποτελοῦνται ἀπὸ Ἑναν κεντρικὸ πυρήνα ὥλης, ποὺ η̄ δομή του εἶναι περίπλοκη, καὶ ἀπὸ ὀρισμένον ἀριθμὸν ἡλεκτρονίων.

"Ο πυρήνας τῶν ἀτόμων ἀποτελεῖται κυρίως ἀπὸ σωματίδια φορτισμένα μὲ θετικὸ ἡλεκτρισμό, ποὺ τὰ ὀνομάζομε πρωτόνια, καὶ ἀπὸ ἀφόρτιστα σωματίδια, δηλαδὴ ἡλεκτρικῶς οὐδέτερα, ποὺ τὰ ὀνομάζομε νετρόνια. "Ἐτσι, π.χ., στὸν πυρήνα τοῦ ἀτόμου τοῦ ὑδρογόνου, ποὺ ἔχει τὸ ἀπλούστερο ἄτομο, ὑπάρχει 1 πρωτόνιο καὶ κανένα νετρόνιο, ἐνῷ στὸν πυρήνα τοῦ ἡλίου ὑπάρχουν 2 πρωτόνια καὶ 2 νετρόνια (σχ. 94, I, II).

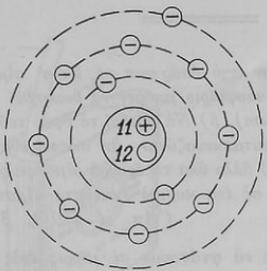
Τὰ ἡλεκτρόνια διατάσσονται κατὰ ὁμάδες ποὺ περιστρέφονται γύρω ἀπὸ τὸν πυρήνα σὲ διαφορετικὲς τροχιές. "Οσα ἡλεκτρόνια κινοῦνται σὲ τροχιές τῆς ἴδιας ἀκτίνας λέμε ὅτι ἀνήκουν στὸν ἴδιο φλοιό. Τὰ ἡλεκτρόνια εἶναι ἀρνητικὰ φορτισμέ-



Σχ. 94. Συγκρότηση τοῦ ἀτόμου τοῦ ἡλίου (I). Τὰ δύο ἡλεκτρόνια ποὺ περιστρέφονται ἀνήκουν στὸν ἴδιο φλοιό (II).

να σωματίδια. Τὸ ἡλεκτρικὸ φορτίο ἐνὸς ἡλεκτρονίου εἶναι ἵσο ἀριθμητικά μὲ τὸ θετικὸ φορτίο ἐνὸς πρωτονίου. Καὶ ἐπειδὴ δ ἀριθμὸς τῶν πρωτονίων εἶναι ἵσος μὲ τὸν ἀριθμὸ τῶν ἡλεκτρονίων του, τὸ ἄτομο εἶναι ἡλεκτρικῶς οὐδέτερο. "Ἐτσι τὸ ἄτομο τοῦ ἡλίου ἔχει πυρήνα μὲ δύο πρωτόνια καὶ γύρω ἀπὸ αὐτὸν περιστρέφονται δύο ἡλεκτρόνια ποὺ ἀνήκουν στὸν ἴδιο φλοιό. Τὸ ἄτομο τοῦ νατρίου ἔχει πυρήνα μὲ 11 πρωτόνια γύρω ἀπὸ αὐτὸν περιστρέφονται 11 ἡλεκτρόνια μοιρασμένα σὲ τρεῖς φλοιοὺς (σχ. 95). Τὸ ἄτομο τοῦ οὐρανίου ἔχει πυρήνα μὲ 92 πρωτόνια καὶ 46 νετρόνια, ποὺ γύρω του περιφέρονται 92 ἡλεκτρόνια.

Τὰ ἡλεκτρόνια τοῦ ἔξωτατου φλοιοῦ



Σχ. 95. Τὸ ἄτομο τοῦ νατρίου.

καθορίζουν και ἔξηγοιν τὶς χημικὲς ἀντιδράσεις τῶν στοιχείων και φαινόμενα σάν τὸν ἡλεκτρισμό, τὸ πέρασμα τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος μέσα ἀπὸ τοὺς ἀγωγούς, τὴν ἡλεκτρόλυσην κλπ. Ὡστε:

Τὸ ἄτομο ὃποιουδήποτε στοιχείου ἀποτελεῖται ἀπὸ τὸν κεντρικὸν πυρῆνα και ἀπὸ τὰ ἡλεκτρόνια, ποὺ περιστρέφονται γύρῳ τοῦ. Ὁ πυρῆνας ἀπαρτίζεται ἀπὸ πρωτόνια, ποὺ εἰναι θετικὰ φορτισμένα σωματίδια, και ἀπὸ νετρόνια, ποὺ εἰναι ἡλεκτρικῶς οὐδέτερα.

Τὰ ἡλεκτρόνια εἰναι ἀρνητικὰ φορτισμένα και τόσα, ὅσα εἰναι τὰ πρωτόνια τοῦ πυρῆνα. Περιστρέφονται γύρῳ ἀπὸ τὸν πυρῆνα κατὰ ὅμαδες σὲ ὄρισμένες τροχιές, σχηματίζοντας φλοιούς. Ὁ ἐξώτατος φλοιός τῶν ἡλεκτρονίων καθορίζει τὴν χημικὴν συμπεριφορὰ τοῦ ἀτόμου και μερικὰ ἄλλα φαινόμενα.

Σημείωση. Οἱ περισσότεροι ἀπὸ τοὺς πυρῆνες τῶν διαφόρων στοιχείων εἰναι σταθεροί. Ὁρισμένοι δύμως πυρῆνες, σπως π.χ. οἱ πυρῆνες τῶν στοιχείων τοῦ ραδίου και τοῦ οὐρανίου, εἰναι πολύπλοκοι και ἡ ιδιότητά τους αὐτὴ τοὺς δίνει ἀστάθεια, δηλαδὴ τοὺς κάνει νὰ παθαίνουν διάσπαση.

Εἶναι δυνατὸ νὰ συμβεῖ φυσικὰ και ἀβίαστα ἑκπομπὴ σωματιδίων ἀπὸ τὸν πυρῆνα, σπως π.χ. οἱ πυρῆνες και μετατροπὴ νετρονίων σὲ πρωτόνια. Αὐτὰ τὰ φαινόμενα χαρακτηρίζονται γενικὰ μὲ τὸν ὄρο «ραδιενέργεια» και καταλήγουν στὴ διάσπαση τῆς ὥλης, ποὺ εἰναι βραδύτατη.

Γιὰ νὰ διασπαστεῖ π.χ. μία δρισμένη ποσότητα ραδίου και νὰ ἀπομείνει ἡ μισή τῆς ἀρχικῆς, ἀπαιτοῦνται 1 600 χρόνια, ἐνῶ γιὰ νὰ ἀπομείνει ἡ μισὴ ποσότητα ἀπὸ δρισμένη μάζα οὐρανίου, ἀπαιτοῦνται 4,5 δισεκατομμύρια χρόνια.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Ὁρισμένες οὐδίσεις, σπως τὸ γυαλί, τὰ πλαστικὰ όλικὰ κλπ. μποροῦν ἔξαιτίας τῆς τριβῆς νὰ ἡλεκτρισθοῦν.

2. Ὑπάρχουν δύο εἰδη ἡλεκτρισμοῦ. Ὁ θετικός ἡλεκτρισμός, ποὺ ἀναφαίνεται στὴν ἐπιφάνεια τοῦ γυαλιοῦ, και ὁ ἀρνητικός, ποὺ παρουσιάζεται στὴν ἐπιφάνεια τοῦ ἔβονίτη, ὅταν τρίψουμε τὰ σώματα αὐτὰ μὲ ἔνα μάλλινο ὑφασμα.

3. Δύο σώματα φορτισμένα μὲ ὄμδυνμα φορτία ἀπωθοῦνται, ἐνῷ δύο σώματα φορτισμένα μὲ ἐτερώνυμα φορτία ἔλκονται.

4. "Ενα ἄτομο ἐνὸς στοιχείου ἀποτελεῖται ἀπὸ τὸν πυρῆνα και τὰ ἡλεκτρόνια ποὺ περιστρέφονται γύρῳ τοῦ.

5. Ὁ πυρῆνας περιέχει πρωτόνια, ποὺ εἰναι σωματίδια φορτισμένα μὲ θετικὸ ἡλεκτρισμό, και νετρόνια, ποὺ εἰναι ἀφόρτιστα σωματίδια.

6. Τὸ ἡλεκτρόνιο φέρει ἀρνητικὸ ἡλεκτρισμό, ἵσον πρὸς τὸν θετικὸ ἡλεκτρισμὸ ἐνὸς πρωτονίου. Τὸ ἄτομο ἔχει τόσα ἡλεκτρόνια, ὅσα και πρωτόνια. Συνεπῶς ἐμφανίζεται ἡλεκτρικῶς οὐδέτερο.

7. Τὰ ἡλεκτρόνια περιφέρονται κατὰ ὅμαδες σὲ ὄρισμένες τροχιές γύρῳ ἀπὸ τὸν πυρῆνα.

90. Τὸ μικρόμετρο (1 μμ) είναι μία πολὺ μικρή μονάδα μετρήσεως μήκους καὶ είναι $1 \mu\text{m} = 10^{-3}$ μμ. Νὰ ἀποδώσετε τὴν τιμὴν αὐτῆς τῆς μονάδας σὲ ἑκατοστόμετρα καὶ μέτρα.

('Απ. 10^{-4} cm, 10^{-6} m.)

91. Τὸ "Αγγστρόμ (1 Å)" είναι μία μονάδα μήκους μικρότερη ἀπὸ τὸ μικρόμετρο. Είναι $1 \text{\AA} = 10^{-8}$ μμ. Νὰ ἀποδώσετε τὴν τιμὴν αὐτῆς τῆς μονάδας σὲ ἑκατοστόμετρα καὶ μέτρα. Τὰ ἀποτελέσματα νὰ ἔχουν ποιηθεῖ δινάμενων τοῦ δέκα.

('Απ. $1 \text{\AA} = 10^{-8}$ cm = 10^{-10} m.)

92. Στὸ αἷμα ἐνὸς ὅγνος ἀνθρώπου περιέχονται $25 \cdot 10^{12}$ ἐρυθρὰ αἵμοσφαίρα, ποὺ ἔχον δάματρο $7 \mu\text{m}$ τὸ καθένα. Πούθ θὰ ἡταν τὸ μῆκος σὲ χιλιόμετρα τῶν ἐρυθρῶν αἵμοσφαίρων τοῦ αἵματος ἐνὸς ἀνθρώπου, ἀν τὰ τοποθετούσαμε στὴ σειρὰ τὸ ἔνα μετὰ τὸ ἄλλο;

('Απ. 175 000 km.)

93. Τὸ σῶμα τοῦ ἀνθρώπου περιέχει 5 λίτρα αἷματος. Μέσα σ' αὐτὸν ὅπάρχουν $25 \cdot 10^{12}$ ἐρυθρὰ αἵμοσφαίρα. α) Νὰ ὑπολογιστεῖ ὁ ἀριθμὸς τῶν αἵ-

μοσφαίρων ποὺ ὑπάρχουν σὲ 1cm^3 αἷματος. (Τὸ ἐρυθρὸν αἵμοσφαίρον πορεῖται νὰ θεωρηθεῖ σὰν κύβος ἀκμῆς 2 μμ). β) Νὰ βρεθεῖ τὸ ὅψος τοῦ κυλίνδρου ποὺ θὰ κατασκευάζεται, ἵνα συσσωρεύεται τὸ ἔνα ἐπάνω στὸ ἄλλο ὅπλα τὰ ἐρυθρὰ αἵμοσφαίρα ποὺ περιέχονται σὲ ἔνα κυβικὸ ἑκατοστὸ αἷματος.

('Απ. α' $5 \cdot 10^8$, β' 10 km.)

94. Γιὰ νὰ φτάσουμε σὲ μῆκος ἐνὸς ἑκατοστόμετρον, πρέπει νὰ τοποθετήσουμε σὲ εὐθεῖα γραμμὴ 40 ἑκατομμύρια μόρια ὑδρογόνου, ποὺ τὰ θεωροῦμε σφαιρικά. Νὰ ὑπολογιστεῖ σὲ ἑκατοστόμετρα ἡ διάμετρος μορίου ὑδρογόνου. Ἡ τιμὴ τῆς διάμετρου νὰ ἐφραστεῖ μὲ τὴ χρησιμοποίηση δινάμεων τοῦ δέκα μὲ ἀρνητικοὺς ἑκθέτες.

('Απ. $25 \cdot 10^{-9}$ cm.)

95. Σὲ ἔνα ἄιρον ὑδρογόνου ἔνα ἡλεκτρόνιο κινεῖται γύρω ἀπὸ τὸν πυρήνα ἀκολουθῶντας κυκλικὴν τροχιὰ ποὺ ἔχει ἀκτίνα 55 ἑκατομμυριοστὰ τοῦ μικρομέτρου (γράφομε: 55 μμ). Ἀν παραστήσουμε μῆκος 1cm μὲ μῆκος 500km , πόση θὰ είναι ἡ διάμετρος τῆς περιφέρειας, ποὺ θὰ παριστάνει τὴν τροχιὰ τοῦ ἡλεκτρονίου;

('Απ. 5,5 mm.)

Κ' — ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΡΕΥΜΑ. ΦΟΡΑ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

§ 99. **Γενικότητες.** "Οταν ἔξετάσαμε τὰ φαινόμενα τῆς ἡλεκτρίσεως τὰ ὅποια προκαλεῖ ἡ τριβή, ἀναφέραμε διτὶ τὰ φαινόμενα αὐτὰ ὀφείλονται στὰ ἡλεκτρικὰ φορτία, ποὺ παραμένουν στὴν ἔξωτερη ἐπιφάνεια τῶν σωμάτων ποὺ τριβονται.

Μὲ κατάλληλες συνθῆκες καὶ προϋποθέσεις τὰ ἡλεκτρικὰ φορτία είναι δυνατὸ νὰ μετακινηθοῦν.

Ἡ μετακίνηση, ἀπὸ ὅποιαιδήποτε αἰτίᾳ, ἡλεκτρικῶν φορτίων παράγει ἡλεκτρικὸ ρεῦμα.

"Ωστε:

'Ηλεκτρικὸ ρεῦμα παράγεται, ὅταν ἀπὸ ὅποιαιδήποτε αἰτίᾳ γίνει μετακίνηση ἡλεκτρικῶν φορτίων.

§ 100. Πηγὲς ἢ γεννήτριες ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Οἱ γεννήτριες χρησιμοποιοῦνται γιὰ τὴν παραγωγὴ τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος καὶ είναι οἱ ἔξης:

a) Τὰ ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα, ποὺ χρησιμοποιοῦνται κυρίως γιὰ τὴν τροφοδότηση μικρῶν φορητῶν ἡλεκτρικῶν συσκευῶν (φανάρια τσέπης, συσκευές βαρήκων, φορητὰ ραδιόφωνα κλπ.). Πολλὰ ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα, κατάλληλα συνδέμενα, σχηματίζουν ἡλεκτρικὴ στήλη (σχ. 96).

b) Οἱ ἡλεκτρικοὶ συσσωρευτές, ποὺ χρησιμοποιοῦνται στὰ αὐτοκίνητα, στὰ ὑποβρύχια, γιὰ νὰ τὰ κινοῦν, δταν ἔχουν καταδύθει, στὰ ραδιόφωνα κλπ. Πολλοὶ ἡλεκτρικοὶ συσσωρευτές, κατάλληλα συν-



Σχ. 96. Ήλεκτρική στήλη.

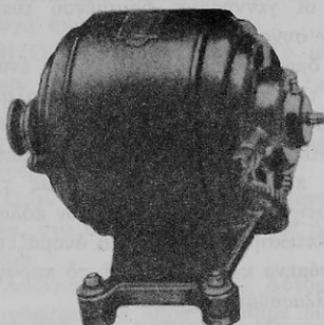
δεμένοι, σχηματίζουν συστοιχία συσσωρευτῶν (σχ. 97).



Σχ. 97. Ήλεκτρικός συσσώρευτής.

γ) Οι ήλεκτρικές δυναμογεννήτριες, ποὺ ἀποτελοῦν τις σπουδαιότερες πηγὲς τροφοδοσίας ήλεκτρικοῦ ρεύματος (σχ. 98).

Σὲ ὅποιονδήποτε τύπῳ ηλεκτρικῆς πηγῆς ὑπάρχουν συνήθως τὰ ἄκρα δύο στελεχῶν ἢ συρμάτων ἢ δύο ἐλασμάτων, τὰ δύοια δονομάζονται πόλοι τῆς πηγῆς. Όνεις ἀπὸ τοὺς πόλους δονομάζεται θετικὸς πόλος καὶ σημειώνεται μὲ τὸ σύμβολο (+), ἐνῶ δὲ ἄλλος ἀρνητικὸς πόλος καὶ σημειώνεται μὲ τὸ σύμβολο (-).



Σχ. 98. Έξωτερική ἐμφάνιση δυναμογεννήτριας.

§ 101. Συνεχὲς καὶ ἐναλλασσόμενο ἡλεκτρικὸ ρεῦμα. Οἱ πηγὲς τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος διακρίνονται σὲ δύο μεγάλες κατηγορίες: α) στὶς πηγὲς συνεχοῦς ρεύματος καὶ β) στὶς πηγὲς ἐναλλασσόμενον ρεύματος.

“Οταν οἱ πόλοι μιᾶς ηλεκτρικῆς πηγῆς κρατοῦν ἀμετάβλητο τὸ σημεῖο τους, (παραμένουν δηλαδὴ θετικὸς ὁ θετικὸς πόλος καὶ ἀρνητικὸς ὁ ἀρνητικὸς πόλος, ὅσο χρονικὸ διάστημα ἐργάζεται καὶ τροφοδετεῖ μὲ ρεῦμα ἡ πηγή), τότε ἡ φορὰ τοῦ ρεύματος μέσα σ’ ἔναν ἀγωγό, ποὺ συνδέει τοὺς πόλους τῆς πηγῆς διατηρεῖται σταθερή. Τὸ ηλεκτρικὸ ρεῦμα αὐτὸ δονομάζεται συνεχὲς καὶ ἡ πηγὴ ποὺ τὸ παράγει πηγὴ συνεχοῦς ρεύματος.



Σχ. 99. Ρευματοδότης (πρίζα) καὶ ρευματολήπτης (φίς).

Τὰ ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα, οἱ συσσωρευτὲς καὶ οἱ γεννήτριες δρισμένου τύπου παράγοντα συνεχὲς ρεῦμα.

“Οταν δημως οἱ πόλοι τῆς πηγῆς ἐναλλάσσουν τὸ σημεῖο τους, (γίνονται δηλαδὴ διαδοχικὰ καὶ διαρκῶς θετικοὶ καὶ ἀρνητικοὶ), τότε καὶ ἡ φορὰ τοῦ ρεύματος μεταβάλλεται περιοδικῶς, ἀκολουθώντας τὴν περιοδικότητα τῆς μεταβολῆς τῶν πόλων. Στήν περίπτωση αὐτῆς τὸ ρεῦμα δονομάζεται ἐναλλασσόμενο καὶ ἡ πηγὴ ποὺ τὸ παράγει πηγὴ ἐναλλασσόμενον ρεῦματος.

Οἱ ρευματοδότες (πρίζες) (σχ. 99) εἰναι ἡλεκτρικὲς πηγές. “Αν δημως παρέχουν ἐναλλασσόμενο ρεῦμα, δὲν εἴμαστε σὲ θέση νὰ ξεχωρίσουμε τὸν θετικὸν καὶ τὸν ἀρνητικὸν πόλο, ἐπειδὴ οἱ πόλοι ἀλλάζουν διαρκῶς σημεῖο.

Τὰ ἐναλλασσόμενα ρεύματα διακρίνονται σὲ ρεύματα ζωμῆλῆς συχνότητας καὶ ρεύματα ὑψηλῆς συχνότητας.

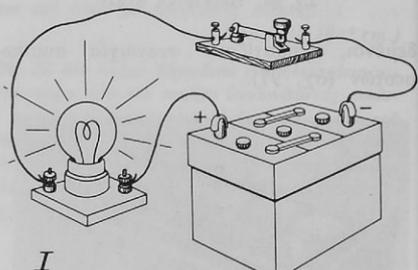
Τὰ ζωμῆλῆς συχνότητας βιομηχανικά ἐναλλασσόμενα ρεύματα τῆς Εὐρώπης, δῆπος εἰναι τὸ ρεῦμα τοῦ ἡλεκτρικοῦ δικτύου τροφοδοσίας τῶν πόλεων, ἔχουν συχνότητα 50 Hz. Μέσα δηλαδὴ σὲ χρόνο 1 sec ἀλλάζουν 50 φορές πολικότητα οἱ πόλοι τῆς γεννήτριας, ποὺ παράγει τὸ ρεῦμα.

§ 102. Ἑλεκτρικὸ κύκλωμα. Πείραμα.
Μὲ τρία ὅμοια χάλκινα σύρματα συνδέομε ἔνα συσσωρευτή, ἔνα διακόπτη καὶ ἔνα μικρὸ λαμπτήρα ως ἔξης: Συνδέομε τὸν θετικὸ πόλο τοῦ συσσωρευτῆ μὲ τὸν ἔνα ἀκροδέκτη τοῦ λαμπτήρα, χρησιμοποιώντας τὸ ἔνα σύρμα. Μὲ τὸ δεύτερο σύρμα συνδέομε τὸν ἄλλο ἀκροδέκτη τοῦ λαμπτήρα μὲ τὸ διακόπτη, ἔχοντας τὸ διακόπτη ἀνοιχτό, καὶ μὲ τὸ τρίτο σύρμα ἐνώνομε τὸ διακόπτη μὲ τὸν ἀρνητικὸ πόλο τοῦ συσσωρευτῆ. “Η σύνδεση αὐτὴ ἀποτελεῖ ἔνα ἡλεκτρικὸ κύκλωμα.

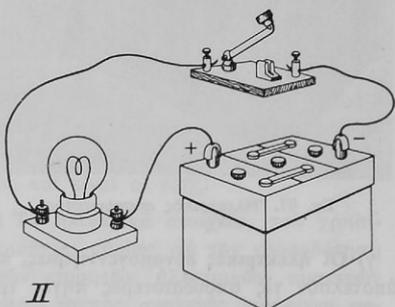
Κλείνομε τὸ διακόπτη, δῆπος ὁ λαμπτήρας φωτοβολεῖ. Αὐτὸ συμβαίνει, γιατὶ κυκλοφορεῖ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα στὸ κύκλωμα. Τὸ ρεῦμα κυκλοφορεῖ χάρη στὰ χάλκινα

σύρματα, τὰ δῆποια ἄγονη, δηλαδὴ μεταφέρουν τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα, καὶ γι' αὐτὸ δονομάζονται ἀγωγοὶ συνδέσεως. Τὸ ρεῦμα θερμαίνει τὸ νῆμα τοῦ λαμπτήρα καὶ τὸ κάνει νὰ φωτοβολεῖ. Τὸ ἡλεκτρικὸ κύκλωμα εἶναι τώρα κλειστό (σχ. 100, I).

‘Ανοιγόμε τὸ διακόπτη, δῆπος ὁ λαμπτήρας σβήνει. Αὐτὸ συμβαίνει, γιατὶ μὲ τὸ ἀνοιγμα τοῦ διακόπτη ἔπαψε νὰ κυκλοφορεῖ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα στὸ κύκλωμα. “Ωστὲ, δταν δ λαμπτήρας φωτοβολεῖ, χρησιμοποιεῖ καὶ, ἐπομένως, καταναλώνει ἡλεκτρικὸ ρεῦμα.



I



II

Σχ. 100. Ἑλεκτρικὸ κύκλωμα. (I) Κλειστό καὶ (II) ἀνοιχτό.

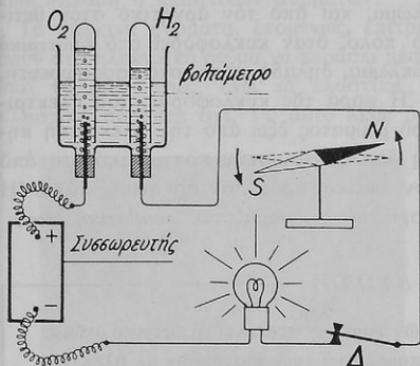
Οἱ πολυποίκιλες συσκευές ποὺ λειτουργοῦν καταναλώνοντας ἡλεκτρικὸ ρεῦμα δονομάζονται ἡλεκτρικοὶ καταγαλωτές.

“Οταν σ' ἔνα ἡλεκτρικὸ κύκλωμα δὲν κυκλοφορεῖ ρεῦμα, λέμε ὅτι τὸ ἡλεκτρικὸ κύκλωμα εἶναι ἀνοιχτό (σχ. 100, II).

Από τὰ παραπάνω συμπεραίνομε διτι:

Ἐνα ηλεκτρικό κύκλωμα περιλαμβάνει μὲν ηλεκτρικὴ πηγή, ἔναν ἡ περισσότερους καταναλωτές, ἔνα διακόπτη καὶ τοὺς ἀγωγοὺς συνδέσεως. Τὸ κύκλωμα διαρρέεται ἀπὸ ηλεκτρικὸ ρεῦμα, ὅταν σὲ κανένα σημεῖο του δὲν παρουσιάζει διακοπή.

§ 103. Ἀποτελέσματα τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος. Πείραμα. Χρησιμοποιώντας χάλκινα σύρματα (καλώδια) συνδέομε σὲ σειρά, (δηλαδὴ τῇ μιᾷ συσκευῇ ὑστερα ἀπὸ τὴν ἄλλη), ἔνα συσσωρευτή, ἔνα λαμπτήρα, ἔνα διακόπτη καὶ ἔνα βολταμέτρο μὲ διάλυμα σόδας καὶ ηλεκτρόδια ἀπὸ σίδερο. Τὸ χάλκινο σύρμα τοῦ ἀγωγοῦ συνδέσεως τὸ τοποθετοῦμε κατὰ τέτοιο τρόπο, ὅτε ἔνα τμῆμα του νὰ είναι παράλληλο μὲ μιὰ μαγνητικὴ βελόνα (σχ. 101).



Σχ. 101. Γιὰ τὴ σπουδὴ τῶν ἀποτελέσματων τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος.

Οταν είναι ἀνοιχτὸ τὸ κύκλωμα, κανένα φαινόμενο δὲν παρατηρεῖται οὔτε στὸ βολταμέτρο οὔτε στὸ λαμπτήρα, ἐνῷ ἡ μαγνητικὴ βελόνα μένει παράλληλη μὲ τὸ χάλκινο σύρμα.

Κλείνομε τώρα τὸ διακόπτη, ὅπότε παρατηροῦμε τὰ ἔξης φαινόμενα:

α) Ἡ μαγνητικὴ βελόνα ἀποκλίνει καὶ

δὲν είναι πιὰ παράλληλη μὲ τὸν χάλκινο ἀγωγὸ συνδέσεως.

β) Ὁ λαμπτήρας ἀνάβει. Τὸ μετάλλινο νῆμα τοῦ λαμπτήρα πυραχτώνεται (πυρώνει) καὶ φωτοβοιλεῖ.

γ) Στὰ ηλεκτρόδια τοῦ βολταμέτρου ἐλευθερώνονται ἀέρια.

Οταν συμβαίνουν τὰ παραπάνω φαινόμενα, στὸ κύκλωμα κυκλοφορεῖ ηλεκτρικὸ ρεῦμα.

Ἀνοίγομε τὸ διακόπτη. Αὐτομάτως τὰ φαινόμενα ποὺ παρατηρήσαμε διακόπτονται, ἡ μαγνητικὴ βελόνα ξαναπαίρνει παράλληλη θέση μὲ τὸ χάλκινο σύρμα, ὁ λαμπτήρας σβήνει καὶ ἡ παραγωγὴ ἀερίων στὰ ηλεκτρόδια σταματᾷ. Τὸ ηλεκτρικὸ ρεῦμα δὲν κυκλοφορεῖ πιὰ στὸ κύκλωμα.

Ἄπὸ τὰ παραπάνω συμπεραίνομε διτι:

Ἡ κυκλοφορία ηλεκτρικοῦ ρεύματος σὲ ἔνα κλειστὸ κύκλωμα προκαλεῖ:

α) Θερμικὰ ἀποτελέσματα. Θερμαίνει δηλαδὴ τοὺς ἀγωγοὺς ποὺ διαρρέει. Ἔτοι θερμαίνει καὶ πυραχτώνει τὸ σύρμα τοῦ λαμπτήρα, τὸ ὅποιο φωτοβοιλεῖ.

β) Μαγνητικὰ ἀποτελέσματα. Ἐκτρέπει μιὰ μαγνητικὴ βελόνα ἀπὸ τὴν ἀρχικὴ της θέσην.

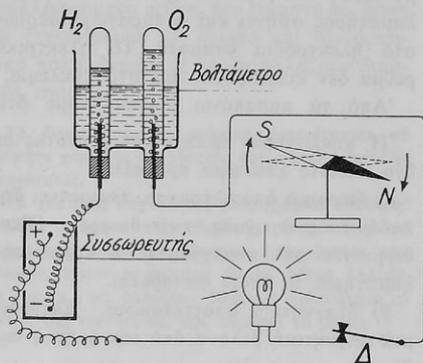
γ) Χημικὰ ἀποτελέσματα. Ἐλευθερώνει ἀέρια στὰ ηλεκτρόδια ἐνὸς βολταμέτρου, ποὺ περιέχει ύδατικὸ διάλυμα σόδας.

Ἐκτὸς ἀπὸ τὰ ἀποτελέσματα αὐτά, τὸ ηλεκτρικὸ ρεῦμα, ὅταν περάσει μέσα ἀπὸ τὸ ἀνθρώπινο σῶμα ἢ τὸ σῶμα τῶν ζώων, ἀλλοιώνει τὰ κύτταρα καὶ μπορεῖ νὰ προκαλέσει καὶ τὸ θάνατο (ηλεκτροπληγα). Μπορεῖ ἀκόμη, ὅταν περνᾷ μέσα ἀπὸ κατάλληλες μηχανές (ηλεκτροκινητήρες), νὰ τὶς κινήσει. Τὸ ηλεκτρικὸ ρεῦμα ὅταν κυκλοφορήσει μέσα ἀπὸ ἀραιωμένα ἀέρια, τὰ ἀναγκάζει νὰ φωτοβοιλήσουν (σωλῆνες φωτεινῶν διαφημίσεων, λαμπτήρες φθορισμοῦ).

§ 104. Φορὰ τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος. Στὸ προηγούμενο πείραμα σημειώνομε τὸ

ήλεκτροδιό, δύον παράγεται ή μικρότερη ποσότητα άερίου. Τό ήλεκτρόδιο αύτό είναι συνδέμενό με τὸν θετικό πόλο τοῦ συσσωρευτῆ. Σημειώνομε ἐπίσης τὴ φορά τῆς ἀποκλίσεως τῆς μαγνητικῆς βελόνας.

Πείραμα. Διακόπτομε τὸ κύκλωμα, γεμίζομε καὶ τοὺς δύο ἀναστραμμένους διγομετρικοὺς σωλήνες τῶν ήλεκτροδίων μὲ θόλατικὸ διάλυμα σόδας καὶ ἀφοῦ ἐναλλάξουμε τοὺς ἀκροδέκτες (ἀλλάξουμε τὴ θέση τοῦ ἔνδος μὲ τοῦ ἄλλου καὶ ἀντίστροφα) τῶν ἀγωγῶν συνδέσεως μὲ τοὺς πόλους τοῦ συσσωρευτῆ, ἐπαναλαμβάνομε τὸ πεί-



Σχ. 102. Τὸ ήλεκτρικὸ ρεῦμα ἔχει ὀρισμένη φορά.

ραμα (σχ. 102), ὅποτε διαπιστώνομε ὅτι: α) Ὁ λαμπτήρας φωτοβολεῖ ὅπως καὶ πρῶτα. β) Ἡ μαγνητικὴ βελόνα ἀποκλίνει, ἀλλὰ πρὸς τὸ ἀντίθετο μέρος ἀπὸ τὴν προηγούμενη φορά. γ) Στὸ βολτάμετρο τὸ ήλεκτρόδιο, δύον ἐλευθερώνεται τὸ λιγότερο ἀέριο, είναι καὶ πάλι ἐκεῖνο ποὺ είναι συνδέμενό μὲ τὸ θετικὸ πόλο.

Ἄπὸ τὰ παραπάνω συμπεραίνομε ὅτι:

α) Τὰ χημικὰ καὶ τὰ μαγνητικὰ ἀποτελέσματα τοῦ ήλεκτρικοῦ ρεύματος ἀλλάξουν φορά, ὅταν ἐναλλάξουμε τοὺς πόλους τῆς πηγῆς στὸ κύκλωμα καὶ, συνεπῶς, οἱ δύο πόλοι μιᾶς ήλεκτρικῆς πηγῆς δὲν εἰναι ἰσοδύναμοι. β) Τὸ ήλεκτρικὸ ρεῦμα ἔχει ὀρισμένη φορά.

“Οπως λέμε, τὸ ήλεκτρικὸ ρεῦμα κυκλοφορεῖ ἀπὸ τὸν θετικὸ πόλο στὸν ἀρνητικὸ πόλο, ὅταν κυκλοφορεῖ στὸ ἐσωτερικὸ κύκλωμα, καὶ ἀπὸ τὸν ἀρνητικὸ στὸν θετικὸ πόλο, ὅταν κυκλοφορεῖ στὸ ἐσωτερικὸ κύκλωμα, δηλαδὴ μέσα στὸ συσσωρευτῆ.

Ἡ φορὰ τῆς κυκλοφορίας τοῦ ήλεκτρικοῦ ρεύματος ἔξω ἀπὸ τὴν ήλεκτρικὴ πηγὴ δὲν γίνεται στὴν πραγματικότητα ἀπὸ τὸν θετικὸ πρὸς τὸν ἀρνητικὸ πόλο. Ἡ φορὰ αὐτὴ ὀνομάζεται συμβατικὴ φορά.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Ἡ δοπιαδήποτε μετακίνηση ηλεκτρικῶν φορτίων ἀποτελεῖ ηλεκτρικό ρεῦμα.
2. Οἱ πηγὲς τοῦ ήλεκτρικοῦ ρεύματος μποροῦν νὰ τροφοδοτήσουν μὲ ηλεκτρικὸ ρεῦμα μιὰ ἐγκατάσταση.
3. Οἱ ηλεκτρικὲς πηγὲς ἔχουν δύο πόλους, τὸν θετικὸ (+) καὶ τὸν ἀρνητικὸ (-) πόλο.
4. Τὸ ηλεκτρικὸ κύκλωμα περιλαμβάνει τὴν ηλεκτρικὴ πηγὴ, τὰ ἀγωγὰ συρμata, τοὺς καταναλωτές, τὰ ὅργανα μετρήσεως καὶ τὸ διακόπτη.
5. Ἡ διέλευση ηλεκτρικοῦ ρεύματος μέσα ἀπὸ ἓνα κλειστὸ κύκλωμα μπορεῖ νὰ προκαλέσει θερμικά, μαγνητικὰ καὶ χημικὰ ἀποτελέσματα.
6. Οἱ πόλοι μιᾶς ηλεκτρικῆς πηγῆς δὲν εἰναι ἰσοδύναμοι. Τὸ ηλεκτρικὸ ρεῦμα ἔχει ὀρισμένη φορά. Ἡ φορὰ αὐτὴ είναι ἀπὸ τὸν θετικὸ πρὸς τὸν ἀρνητικὸ πόλο ἔξω ἀπὸ τὴν πηγὴ (συμβατικὴ φορὰ) καὶ ἀπὸ τὸν ἀρνητικὸ πρὸς τὸν θετικὸ πόλο μέσα στὴν πηγὴ.

ΚΑ' — ΑΓΩΓΑ ΚΑΙ ΜΟΝΩΤΙΚΑ ΣΩΜΑΤΑ. ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΡΕΥΜΑ ΣΤΟΥΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΥΣ ΑΓΩΓΟΥΣ

§ 105. **Άγωγοι καὶ μονωτές. Πείραμα.** Αντικαθιστοῦμε τὰ χάλκινα σύρματα τοῦ κυκλώματος, μὲ τὸ δόποιο διαπιστώσαμε τὰ θερμικά, μαγνητικά καὶ χημικά ἀποτελέσματα τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος (βλ. σχ. 101) μὲ σύρματα ἀπὸ ἐλαστικὸ κόμι (καουτσούκ) ἢ ἀπὸ ἔνα πλαστικὸ ὄλικο καὶ κλείνομε τὸ διακόπτη. Διαπιστώνομε τότε διτὶ: α) δὲ λαμπτήρας δὲν ἀνάβει, β) ἡ μαγνητικὴ ζελόνα δὲν ἀποκλίνει καὶ γ) ἀέρια δὲν ἀπελευθερώνονται στὰ ηλεκτρόδια.

Αφοῦ κανένα φαινόμενο δὲν παρατηρεῖται στὸ κύκλωμα, ἀν καὶ τοῦτο εἶναι κλειστό, συμπεραίνομε διτὶ δὲν κυκλοφορεῖται αὐτὸ ρεῦμα, πράγμα ποὺ διφείλεται στὴ φύση τῶν ἀγωγῶν συνδέσεως, τῶν ἐλαστικῶν δηλαδὴ ἢ πλαστικῶν συρμάτων.

Τὰ χάλκινα σύρματα, ἐπομένως, ἐπιτρέπουν στὸ ηλεκτρικὸ ρεῦμα νὰ περάσει μέσα ἀπὸ τὴ μάζα τοὺς, ἐνῷ τὰ ἐλαστικὰ ἢ πλαστικά σύρματα ὅχι. Γι' αὐτὸ λέμε διτὶ

ὅ χαλκὸς εἶναι καλὸς ἀγωγὸς ἢ ἀπλῶς ἀγωγὸς τοῦ ηλεκτρισμοῦ, ἐνῷ τὸ ἐλαστικὸ κόμι κακὸς ἀγωγὸς τοῦ ηλεκτρισμοῦ ἢ μονωτής.

Τὰ μέταλλα εἶναι ἀγωγοὶ τοῦ ηλεκτρισμοῦ, ἐνῷ τὸ γυαλί, τὸ ξύλο, ἡ πορσελάνη (σχ. 103), τὸ ἀποσταγμένο νερό, τὸ πετρέλαιο κλπ. εἶναι μονωτές. "Ωστε:

"Ολα τὰ σώματα δὲν ἐπιτρέπουν στὸ ηλεκτρικὸ ρεῦμα νὰ περάσει μέσα ἀπὸ τὴ μάζα τοὺς. "Υπάρχουν ἀγωγὰ σώματα, δημοσία τὰ μέταλλα, καὶ μονωτικὰ σώματα, δημοσία τὰ καουτσούκ.

§ 106. **Ἐξήγηση τῆς ηλεκτρίσεως.** Αντρίψουμε τὸ ἄκρο μιᾶς ράβδου ἀπὸ ἔβονίτη μὲ δέρμα, θὰ ἐμφανιστοῦν στὸ μέρος τῆς ράβδου ποὺ τρίψαμε ἀρνητικὰ ηλεκτρικὰ φορτία, ποὺ ἔλκουν μικρὰ κομμάτια χαρτί (βλ. σχ. 91).

"Η ἐξήγηση τοῦ φαινομένου εἶναι ἀπλὴ στὸ γνώστη τῆς δομῆς τοῦ ἀτόμου.

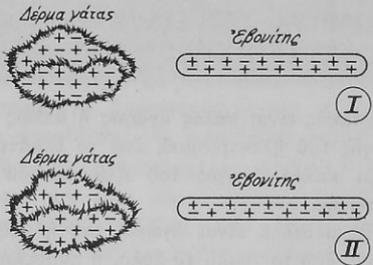
Τὸ ἄτομο εἶναι ηλεκτρικῶς οὐδέτερο, ἀφοῦ τὸ θετικὸ φορτίο τοῦ πυρήνα εἶναι ἀριθμητικὰ ἵσο μὲ τὸ ἀρνητικὸ φορτίο τῶν ηλεκτρονίων ποὺ περιφέρονται γύρω του.

"Αν μὲ τὴν τριβὴ ἀποσπάσουμε ηλεκτρόνια ἀπὸ μερικὰ ἄτομα ἐνὸς ὄλικοῦ, παρουσιάζεται σ' αὐτὸ πλεόνεσμα θετικῶν φορτίων, ἐπειδὴ τὸ φορτίο τοῦ πυρήνα παραμένει ἀμετάβλητο.

Στὴν περίπτωση τῆς ράβδου τοῦ ἔβονίτη ἔχουμε νὰ παρατηρήσουμε τὰ ἔξης. Πρὶν τὴν τρίψουμε μὲ τὸ δέρμα, εἶχε ἴσαριθμα θετικὰ καὶ ἀρνητικὰ φορτία, πράγμα ποὺ συνέβαινε καὶ μὲ τὸ δέρμα. Κατὰ τὴν τριβὴ ὅμως τὸ δέρμα ἔχασε μερικὰ ηλεκτρόνια, ποὺ τὰ πῆρε ὁ ἔβονίτης



Σχ. 103. Μονωτές ἀπὸ πορσελάνη στὸ τηλεφωνικὸ δίκτυο.

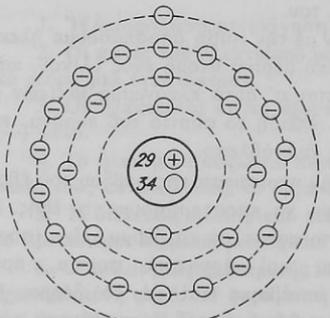


Σχ. 104. Γιά την έξήγηση της ήλεκτρισμένων του έβονίτη. (I) Πριν από την τριβή τά θετικά και άρνητικά φορτία του δέρματος και της ράβδου είναι ίσα. (II). Μετά την τριβή στο δέρμα πλεονάζουν θετικά και στον έβονίτη άρνητικά φορτία.

(σχ. 104). "Ετσι το δέρμα φορτίστηκε μὲ θετικὸ ήλεκτρισμό, ἐνῶ ὁ έβονίτης μὲ ἀρνητικὸ ήλεκτρισμό. Ἐπομένως συμπεραίνομε ὅτι:

Τὰ σώματα ποὺ εἰναι φορτισμένα μὲ θετικὸ ήλεκτρισμὸ παρουσιάζουν ἔλλειμμα ήλεκτρονίων, ἐνῶ ἀντίθετα τὰ σώματα ποὺ ἔχουν ἀρνητικὸ ήλεκτρισμὸ παρουσιάζουν πλεόνασμα ήλεκτρονίων.

§ 107. Τὸ ήλεκτρικὸ ρεῦμα στοὺς μεταλλικοὺς ἀγωγούς. Τὰ μέταλλα εἰναι ἀγωγοὶ τοῦ ήλεκτρισμοῦ. Ἀν μελετήσουμε τὴν κατασκευὴ τῶν ἀτόμων τῶν μετάλλων, θὰ παρατηρήσουμε ὅτι στὸν έξώτατο φλοιὸ

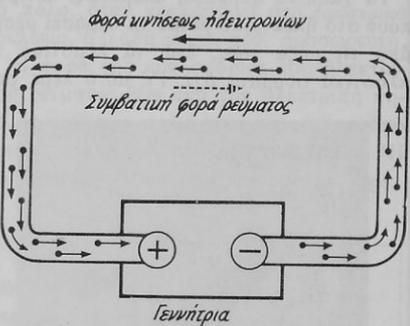


Σχ. 105. Σχηματικὴ παράσταση ἀτόμου χαλκοῦ.

κινεῖται ἔνας μικρὸς ἀριθμὸς ήλεκτρονίων (συνήθως 1, 2, ή 3 ήλεκτρονία). Ἐτσι τὸ ἄτομο τοῦ χαλκοῦ, π.χ. ποὺ περιλαμβάνει 29 ήλεκτρόνια (σχ. 105), ἔχει ἔνα μόνο ήλεκτρόνιο ποὺ περιφέρεται στὴν έξώτατη τροχιά. Τὸ ἀπομονωμένο αὐτὸ ήλεκτρόνιο εἶναι σχετικὰ ἀπομακρυσμένο ἀπὸ τὸν πυρήνα, ὁ οποῖος δὲν μπορεῖ νὰ τὸ συγκρατήσει ίσχυρά. Γι' αὐτὸ τὸ λόγο χωρίζεται μὲ εὐκολία ἀπὸ τὸ ἄτομο τοῦ χαλκοῦ καὶ γίνεται ἐλεύθερο ηλεκτρόνιο.

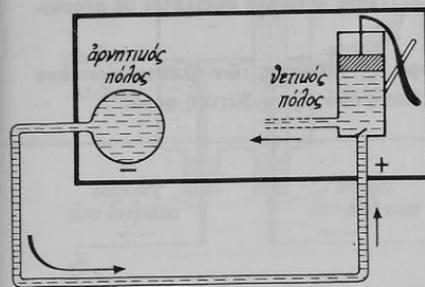
"Ἐνα κομμάτι χαλκοῦ ἡ ἔνα κομμάτι ἐνὸς ἄλλου μετάλλου περικλείουν ἐπομένως ἔναν ἀριθμὸ ἐλεύθερων ηλεκτρονίων, ποὺ κινοῦνται μέσα στὴ μάζα τοῦ μετάλλου ἐντελῶς ἀκανόνιστα.

"Ἀν συνδέσουμε τοὺς πόλους μιᾶς ηλεκτρικῆς γεννήτριας (π.χ. ἐνὸς συσσωρευτῆ) μὲ ἔνα μεταλλικὸ σύρμα, θὰ σχηματίσουμε ἔνα ἀπλὸ ηλεκτρικὸ κύκλωμα (σχ. 106). Ὁ θετικὸς πόλος τῆς πηγῆς ἔλκει



Σχ. 106. Ὁ θετικὸς πόλος τῆς πηγῆς ἔλκει τὰ ήλεκτρόνια τοῦ μετάλλου, ἐνῶ ὁ ἀρνητικὸς τὰ ἀπωθεῖ.

τὰ ἐλεύθερα ηλεκτρόνια τοῦ μετάλλου, ἐνῶ ὁ ἀρνητικὸς τὰ ἀπωθεῖ. Μ' αὐτὸ τὸν τρόπο δημιουργεῖται μιὰ ἀδιάκοπη κυκλοφορία ηλεκτρονίων μέσα στὸ μεταλλικὸ σύρμα. Ἡ ηλεκτρικὴ πηγὴ λειτουργεῖ συνεπῶς σὰν μιὰ «ἀντλία ηλεκτρονίων» (σχ. 107). "Ωστε:



Σχ. 107. Η ήλεκτρική πηγή λειτουργεῖ σάν άντλια ήλεκτρονίων.

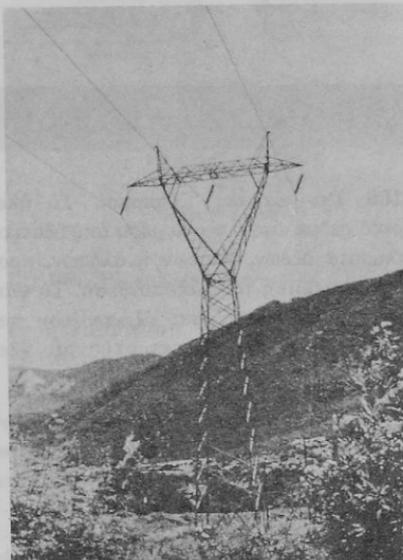
Τὸ ήλεκτρικὸ ρεῦμα μέσα στοὺς μεταλλικοὺς ἀγωγοὺς διφεύλεται στὴ μετακίνηση τῶν ήλεκτρονίων.

§ 108. Πραγματικὴ καὶ συμβατικὴ φορὰ τοῦ ρεύματος. "Οταν ἐνώσουμε τὸν θετικὸ καὶ τὸν ἀρνητικὸ πόλο μιᾶς γεννήτριας, προκαλοῦμε μετακίνηση ήλεκτρονίων μέσα στὸν μεταλλικὸ ἀγωγό, ἀπὸ τὸν ἀρνητικὸ πρὸς τὸν θετικὸ πόλο (βλ. σχ. 106). Η πραγματικὴ φορὰ ἐπομένως τοῦ ήλεκτρικοῦ ρεύματος, ἔξω ἀπὸ τὴν ήλεκτρικὴν πηγή, εἶναι ἀπὸ τὸν ἀρνητικὸ πρὸς τὸν θετικὸ πόλο. Η φορὰ αὐτὴ λέγεται ηλεκτρονικὴ φορὰ καὶ εἶναι, ὅπως βλέπομε, ἀντίθετη ἀπὸ τὴ συμβατικὴ φορά. "Ωστε:

Η πραγματικὴ φορὰ τοῦ ήλεκτρικοῦ ρεύματος μέσα στοὺς ρευματοφόρους μεταλλικοὺς ἀγωγοὺς εἶναι ἀπὸ τὸν ἀρνητικὸ πρὸς τὸν θετικὸ πόλο καὶ δύνομάζεται ηλε-

κτρονικὴ φορά. Η ηλεκτρονικὴ φορὰ εἶναι ἀντίθετη ἀπὸ τὴ συμβατικὴ φορά.

Γνωρίζομε διτὶ ἡ ταχύτητα μεταδόσεως τῶν ηλεκτρικῶν φαινομένων εἶναι ἵση μὲ 300 000 km/sec. Ἡ ταχύτητα ὥστόσο μετακινήσεως τῶν ήλεκτρονίων εἶναι πολὺ μικρὴ καὶ κυμαίνεται γύρω στὰ 0,5 m/h.



Σχ. 107, α. Γραμμὲς μεταφορᾶς ηλεκτρικοῦ ρεύματος ἀπὸ τὸ ἐργοστάσιο παραγωγῆς στοὺς τόπους καταναλώσεως. Τέτοιες χρησιμοποιεῖ τὸ Ἑλληνικὸ Έθνικὸ Δίκτυο (ΔΕΗ). Τὰ ἀγωγὰ σύρματα εἶναι κατασκευασμένα ἀπὸ ἀργίλιο μὲ χαλύβδινο ὅμιος πυρήνα καὶ εἶναι ἔξαρτημένα ἀπὸ τὰ στηρίγματα τῶν μεταλλικῶν στύλων μὲ κατάλληλους μονωτές.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. "Ολα τὰ σώματα δὲν ἐπιτρέπουν τὸ πέρασμα τοῦ ήλεκτρικοῦ ρεύματος μέσα ἀπὸ τὴ μάζα τους.
2. Τὰ σώματα ποὺ ἀφήνουν τὸ ήλεκτρικὸ ρεῦμα νὰ περάσει μέσα ἀπὸ τὴ μάζα τους, ὅπως τὰ μέταλλα, λέγονται ἀγωγοί, ἐνῶ ἐκεῖνα ποὺ δὲν ἀφήνουν, ὅπως τὸ ξύλο, λέγονται μονωτές.
3. Τὰ θετικὰ ηλεκτρισμένα σώματα ἔχουν ἔλλειμμα ηλεκτρονίων. Τὰ ἀρνητικὰ ηλεκτρισμένα σώματα ἔχουν πλεόνασμα ηλεκτρονίων.

4. Τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα μέσα στοὺς μεταλλικοὺς ἀγωγοὺς ὀφείλεται σὲ μετακίνησην ἡλεκτρονίων.

5. Ἡ ἡλεκτρονικὴ φορά, δηλαδὴ ἡ φορὰ τοῦ ρεύματος τῶν ἡλεκτρονίων ἀπὸ τὸν ἀρνητικὸ πρός τὸ θετικὸ πόλο, εἶναι ἀντίθετη ἀπὸ τὴν συμβατικὴ φορά.

ΚΒ' — ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΗ. ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΣΠΟΥΔΗ. IONTA

§ 109. Γενικότητες. Ὁρισμοί. Τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα ὅταν περνᾷ μέσα ἀπὸ ὄνδατικὰ διαλύματα δέξεων, βάσεων ἢ ἀλάτων, προκαλεῖ τὴν χημικὴν τοὺς ἀποσύνθεσην. Τὸ φαινόμενο αὐτὸν δονομάζεται ἡλεκτρόλυση καὶ τὰ διαλύματα ποὺ ἡλεκτρολύνονται ἡλεκτρολύτες. Ὁστε:

'Ἡλεκτρόλυση εἶναι ἡ ἀποσύνθεση, ποὺ παθαίνουν τὰ δέξα, οἱ βάσεις καὶ τὰ ἄλατα, ὅταν περάσει ἡλεκτρικὸ ρεῦμα μέσα ἀπὸ τὰ ὄνδατικά τοὺς διαλύματα.

Ἡ ἡλεκτρόλυση γίνεται μέσα σὲ ἀπλὲς συσκευές, ποὺ δονομάζονται **βολτάμετρα**.

Τὸν πυθμένα τοῦ δοχείου τοῦ βολταμέτρου διατρυποῦν σὲ δυό σημεῖα δύο μεταλλικά, συνήθως, ἐλάσματα, τὰ **ἡλεκτρόδια**. Τὰ ἔξω ἀπὸ τὸ δοχεῖο ἄκρα τῶν ἡλεκτροδίων συνδέονται μὲ τοὺς πόλους μιᾶς πηγῆς συνεχοῦς ρεύματος. Πολλὲς φορὲς τὰ ἡλεκτρόδια περιβάλλονται ἀπὸ ἀναστραμμένους δοκιμαστικοὺς σωλήνες, διόπου συλλέγονται ἀέρια προϊόντα.

Τὸ ἡλεκτρόδιο ποὺ συνδέεται μὲ τὸν θετικὸ πόλο λέγεται **ἄνοδος** (+), ἐνῷ τὸ ἡλεκτρόδιο ποὺ συνδέεται μὲ τὸν ἀρνητικὸ πόλο τῆς πηγῆς **κάθοδος** (-). Σὲ ἄλλα βολτάμετρα τὰ ἡλεκτρόδια μπαίνουν ἀπὸ τὸ ἀνοιχτὸ ἐπάνω μέρος τοῦ δοχείου καὶ βυθίζονται στὸ ἡλεκτρολυτικὸ διάλυμα.

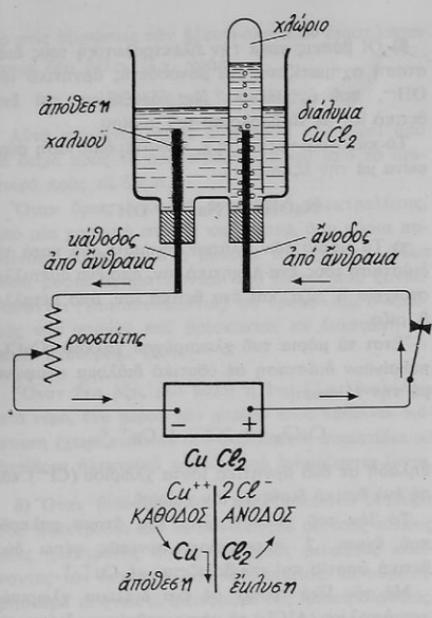
Ὑπάρχουν καὶ βολτάμετρα ποὺ ἀποτελοῦνται ἀπὸ σωλήνα σὲ σχῆμα υ, ἀπὸ τὰ ἀνοιχτὰ σκέλη τοῦ δοπίου μπαίνουν τὰ ἡλεκτρόδια.

Στὸ κύκλωμα τοῦ βολταμέτρου τοποθετεῖται ἔνας διακόπτης, γιὰ νὰ μποροῦμε νὰ ἀνοίγουμε καὶ νὰ κλείνουμε τὸ κύκλωμα, καθὼς κι ἔνας φοοστάτης, γιὰ νὰ ρυθμίζουμε τὸ ρεῦμα τοῦ κυκλώματος.

§ 110. Ποιοτικοὶ νόμοι τῆς ἡλεκτρολύσεως. Πείραμα. α) Κλείνομε τὸ διακόπτη τοῦ κυκλώματος ἐνὸς βολταμέτρου μὲ ἡλεκτρόδια ἀπὸ ἄνθρακα καὶ ἡλεκτρολυτικὸ ὑγρὸ διάλυμα χλωριούχου χαλκοῦ ($CuCl_2$), ὅποτε παρατηροῦμε διτὶ στὴν ἄνοδο ἐμφανίζονται φυσαλίδες ἀερίου. Τὸ ἀέριο αὐτὸν ἔχει ἀποπνικτικὴ δοσμὴ καὶ κιτρινοπράσινο χρῶμα. Πρόκειται γιὰ χλώριο (σχ. 108). Ἐνῷ συμβαίνουν αὐτὰ στὴν ἄνοδο, ἡ κάθοδος σκεπάζεται μὲ ἔνα κόκκινο στρῶμα χαλκοῦ.

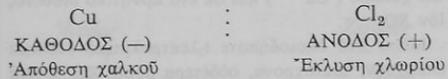
Χαρακτηριστικὸ τῆς ἡλεκτρολύσεως εἶναι διτὶ κανένα ἀπολύτως φαινόμενο δὲν παρατηρεῖται στὴ μάζα τοῦ ἡλεκτρολυτικοῦ ὑγροῦ, ποὺ ὑπάρχει ἀνάμεσα στὰ ἡλεκτρόδια.

Γιὰ νὰ ἐμφανιστοῦν στὴν ἄνοδο καὶ στὴν κάθοδο τὰ παραπάνω προϊόντα, σημαίνει διτὶ ὁ χλωριούχος χαλκός, ποὺ ὑπάρ-



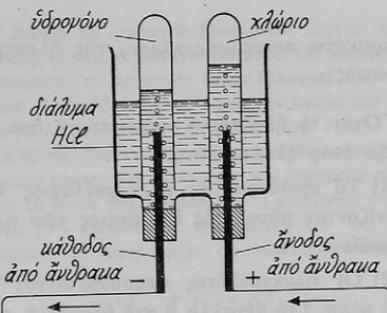
Σχ. 108. Ήλεκτρόλυση διαλύματος χλωριούχου χαλκού.

χει στὸ διάλυμα, διασπάστηκε κατὰ τὸ σχῆμα:



β) "Αν ἀντικαταστήσουμε διαδοχικὰ στὸ προηγούμενο πείραμα τὸ διάλυμα τοῦ χλωριούχου χαλκοῦ (CuCl_2) μὲ διαλύματα διαφορετικῶν ἀλάτων, (νιτρικοῦ ἀργύρου, θειικοῦ νικελίου, χλωριούχου χρυσοῦ κλπ.) θὰ παρατηρήσουμε ὅτι πάντοτε στὴν κάθοδο δημιουργεῖται μιὰ μεταλλικὴ ἀπόθεση (ἀργύρου, νικελίου, χρυσοῦ κλπ.). Τὸ ὑπόλοιπο τοῦ μορίου διευθύνεται πρὸς τὴν ἄνοδο. Δηλαδὴ στὴν περίπτωση τῆς ήλεκτρολύσεως τοῦ νιτρικοῦ ἀργύρου (AgNO_3) ὁ ἀργυρος ἀποτίθεται στὴν κάθοδο, ἐνδὴ ἡ ρίζα NO_3^- πηγαίνει στὴν ἄνοδο.

γ) Στὴ βιομηχανίᾳ γίνεται ηλεκτρόλυση τῆς βάσης τοῦ νατρίου (NaOH) σὲ



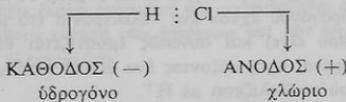
Σχ. 109. Ήλεκτρόλυση διαλύματος υδροχλωρίου.

ὑγρὴ κατάσταση. Κατὰ τὴν ηλεκτρόλυση τὸ νάτριο μαζεύεται στὴν κάθοδο. "Ολες οἱ ἄλλες βάσεις ἀποσυνθέτονται μὲ παρόμοιο τρόπο.

δ) "Αν ηλεκτρολύσουμε ἔνα διάλυμα υδροχλωρικοῦ δξέος (HCl), θὰ παρατηρήσουμε ὅτι στὰ δύο ηλεκτρόδαια ἐμφανίζονται φυσαλλίδες, πράγμα ποὺ σημαίνει ὅτι ἐλευθερώνονται ἀέρια (σχ. 109).

Πραγματικά στὴν ἄνοδο ἐλευθερώνεται χλωρίο, ἐνῶ στὴν κάθοδο ἐλευθερώνεται ἔνα εὐφλεκτὸ ἀέριο, τὸ υδρογόνο.

Τὸ υδροχλωρικὸ δξύ (HCl) μποροῦμε νὰ ποῦμε λοιπὸν ὅτι παθαίνει ἀποσύνθεση σύμφωνα μὲ τὸ σχῆμα:



Γενικά, ὅλα τὰ δξέα ἀποσυνθέτονται μὲ παρόμοιο τρόπο καὶ τὸ υδρογόνο τους ἐλευθερώνεται στὴν κάθοδο.

Απὸ τὰ παραπάνω πειράματα καὶ διαπιστώσεις μποροῦμε νὰ διατυπώσουμε τοὺς

παρακάτω ποιοτικούς νόμους τής ήλεκτρολύσεως:

"Οταν τὸ ἡλεκτρικὸ δέδμα περνᾷ ἀπὸ τὴν μάζα ἐνὸς ἡλεκτρολύτη:

1) Τὰ προϊόντα τῆς ἡλεκτρολύσεως ἐμφανίζονται μόνο στὶς ἐπιφάνειες τῶν ἡλεκτροδίων.

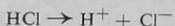
2) Οἱ ἡλεκτρολύτες ἀποσυνθέτονται σὲ δύο μέρη. Στὸ μέταλλο ἢ στὸ ὑδρογόνο, ποὺ ἐμφανίζονται στὴν κάθοδο, καὶ στὸ ὑπόλοιπο τμῆμα τοῦ μορίου, ποὺ κατευθύνεται στὴν ἄνοδο.

§ 111. Θεωρία τῶν ίόντων. Γιὰ νὰ ἔξηγήσει τὰ φαινόμενα αὐτὰ δὲ Σουνδός Φυσικὸς Ἀρένιος (Αρρηνίους), πρότεινε τὸ 1887 τὴν «Θεωρία τῆς ἡλεκτρολυτικῆς διαστάσεως» ἢ «Θεωρία τῶν ίόντων».

Όταν διαλύουμε σὲ νερὸ δένα δέξυ, μιὰ βάση ἡ ἔνας, τότε ἔνα μέρος τῶν μορίων τῶν σωμάτων αὐτῶν παθαίνει αὐτόμata διάσταση, διασπάται δηλαδὴ σὲ δύο φορτισμένα μὲ ἀντίθετα ἡλεκτρικὰ φορτία σωματίδια, ποὺ δύνομάζονται ίόντα.

a) Τὰ δέξει παθαίνουν διάσταση ἔτσι, ὥστε τὸ ὑδρογόνο νὰ σχηματίσει θετικὰ ίόντα, ποὺ τὰ συμβολίζουμε μὲ H^+ , καὶ τὸ ὑπόλοιπο τοῦ μορίου ἀρνητικά ίόντα.

Τὸ ὑδροχλωρικὸ δέξυ, π.χ. παθαίνει διάσταση σύμφωνα μὲ τὸ σχῆμα:

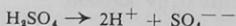


Στὸ ἄτομο τοῦ χλωρίου ἔχει προσκολληθεῖ ἔνα πάρα πάνω ἡλεκτρόνιο καὶ σχηματίστηκε μὲ αὐτὸ τὸ τρόπο ἔνα ἀρνητικὸ μονοσθενὲς ἵὸν χλωρίου, ποὺ συμβολίζεται μὲ Cl^- .

Τὸ σημεῖο (—) στὸ ἄτομο τοῦ χλωρίου μπαίνει γιὰ νὰ συμβολίζει καὶ νὰ μάς θυμίζει ὅτι τὸ ἵὸν τοῦ χλωρίου ἔχει ἀρνητικὸ ἡλεκτρικὸ φορτίο. Τὸ ἄτομο τοῦ ὑδρογόνου ἔχεις ἔνα ἡλεκτρόνιο (τὸ μοναδικὸ ποι εἰχε) καὶ συνεπῶς ἐμφανίζεται θετικά φορτισμένο, σχηματίζοντας ἔνα θετικὸ ἵὸν ὑδρογόνου, ποὺ συμβολίζεται μὲ H^+ .

Τὰ ἡλεκτρικὰ φορτία τῶν δύο αὐτῶν εἰδῶν τῶν ίόντων εἶναι ίσα καὶ ἀντίθετα.

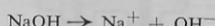
Τὸ θειικὸ δέξυ παθαίνει διάσταση σύμφωνα μὲ τὸ σχῆμα:



δίνοντας δύο θετικὰ ίόντα ὑδρογόνου καὶ ἔνα ἀρνητικὸ δισθενὲς ἵὸν SO_4^{2-}

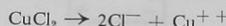
β) Οἱ βάσεις κατὰ τὴν ἡλεκτρολυτικὴ τους διάσταση σχηματίζουν ἔνα μονοσθενὲς ἀρνητικὸ ἵὸν OH^- , ποὺ ὀνομάζεται ἵὸν ὑδροξυλίου, καὶ ἔνα θετικὸ ἵὸν μὲ τὸ ὑπόλοιπο τοῦ μορίου.

Τὸ καυστικὸ νάτριο, π.χ. παθαίνει διάσταση σύμφωνα μὲ τὴν ἔξισωση:



γ) Τὰ μόρια τῶν ἀλάτων σχηματίζουν κατὰ τὴν διάστασή τους ἔνα ἀρνητικὸ ἵὸν, ἀπὸ ἔνα ἀμέταλλο στοιχεῖο ἢ ρίζα, καὶ ἔνα θετικὸ ἵὸν, ἀπὸ μέταλλο ἢ ρίζα.

Έτσο τὰ μόρια τοῦ χλωριούχου χαλκοῦ ($CuCl_2$) παθαίνουν διάσταση σὲ ὑδατικὸ διάλυμα σύμφωνα μὲ τὴν ἔξισωση:



δηλαδὴ σὲ δύο ἀρνητικὰ ίόντα χλωρίου (Cl^-) καὶ σὲ ἔνα θετικό δισθενὲς ἵὸν χαλκοῦ.

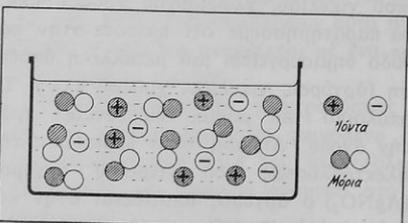
Τὸ ἵὸν τοῦ χαλκοῦ εἶναι ἔνα ἄτομο χαλκοῦ, ποὺ ἔχασε 2 ἡλεκτρόνια, συνεπῶς φέρει δύο θετικὰ φορτία καὶ συμβολίζεται μὲ Cu^{2+} .

Μέσα στὸν ἴδιο τρόπο σὲ ἔνα διάλυμα χλωριούχου ἀργιλίου ($AlCl_3$) τὰ μόρια παθαίνουν διάσταση σὲ 3 ίόντα χλωρίου (Cl^-) καὶ σὲ ἔνα θετικό τρισθενὲς ἵὸν ἀργιλίου (Al^{3+}) ποὺ φέρει τρία θετικὰ φορτία.

Σὲ ἔνα διάλυμα θειικού χαλκοῦ ($CuSO_4$) τὰ μόρια παθαίνουν διάσταση σὲ ἔνα θετικό δισθενὲς ἵὸν χαλκοῦ (Cu^{2+}) καὶ σὲ ἔνα ἀρνητικό δισθενὲς ἵὸν SO_4^{2-} .

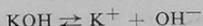
Μέσα στὸ ὅπιοδήποτε ἡλεκτρολυτικὸ διάλυμα ὑπάρχουν, ταυτόχρονα, οὐδέτερα μόρια καὶ θετικά καὶ ἀρνητικά ίόντα σὲ ἵσο ἀριθμό (τὰ δύο τελευταῖα) (σχ. 110), ποὺ κινούνται ἀπαχτά μέσα στὴ μάζα τοῦ ἡλεκτρολυτικοῦ υγροῦ.

Μερικά ἀπὸ τὰ ίόντα ἀντιδροῦν μεταξύ τους καὶ ξανασχηματίζουν οὐδέτερα μόρια. Γ' αὐτὸν τὸ λό-



Σχ. 110. Σὲ ἔνα ἡλεκτρολυτικὸ διάλυμα ὑπάρχουν οὐδέτερα μόρια τοῦ ἡλεκτρολύτη καὶ ισάριθμα θετικά καὶ ἀρνητικά ίόντα.

γο στις έξισώσεις τῶν ἡλεκτρολυτικῶν διαστάσεων
έχουμε δύο βέλη, Π.χ. γράφομε:



Αὐτὸ σημαίνει ότι ή ἀντίδραση προχωρεῖ ἀπό τὰ δεξιά πρὸς τὰ ἄριστερά, ἀλλὰ καὶ ἀπὸ τὰ ἄριστερά πρὸς τὰ δεξιά.

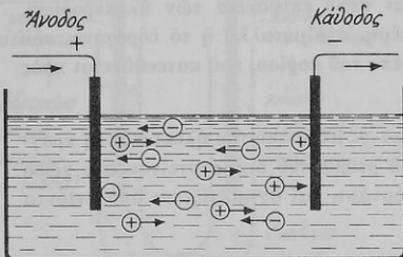
"Οταν δύως διαλυθεῖ ἐντελῶς ὁ ἡλεκτρολύτης, ἀπὸ μία χρονική στιγμὴ καὶ ἔπειτα, δύσα μόρια παθαίνουν διάσταση στὴ μονάδα τοῦ χρόνου, ἀλλὰ τόσα μόρια σχηματίζονται ἀπὸ λόντα, ποὺ ζαναγυρίζεις (ἐπανασυνδέονται) σὲ τρόπο ποὺ ὁ ἀριθμός τῶν μορίων ποὺ βρίσκονται σὲ διάσταση νά μένει σταθερός. "Ωστε:

"Οταν ἔνα δέζν, μιὰ βάση ἡ ἔνα ἄλας διαλύνεται στὸ νερό, ἔνα μέρος τῶν μορίων τους παθαίνει διάσταση (χωρίζεται) σὲ δύο φορτισμένα σωματίδια μὲ ἀντίθετα ἡλεκτρικά φορτία, ποὺ δυομάζονται λόντα.

δ) "Οταν βυθίσουμε στὸ ἡλεκτρολυτικὸ διάλυμα δύο ἡλεκτρόδια καὶ τὰ συνδέσονμε μὲ τοὺς πόλους μιᾶς ἡλεκτρικῆς πηγῆς συνεχοῦς ρεύματος κλεινοντας τὸν διακόπτη τοῦ κυκλώματος, θὰ παρατηρήσουμε τὰ γνωστὰ φαινόμενα τῆς ἡλεκτρολύσεως.

Αὐτὸ συμβαίνει, ἔπειδη τὰ λόντα ποὺ κινοῦνται ἄταχτα μέσα στὴ μάζα τοῦ ἡλεκτρολυτικοῦ διαλύματος προσανατολίζονται πιά, διακόπτοντας τὴν ἄταχτη κίνησή τους.

Αὐτόματα τὰ θετικά λόντα ἔλκονται ἀπὸ τὸ ἀρνητικό ἡλεκτρόδιο καὶ κατευθύνονται πρὸς αὐτό.



Σχ. 111. Εξήγηση τοῦ περάσματος τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος μέσα ἀπὸ ἔναν ἡλεκτρολύτη.

Καὶ ἔπειδὴ τὸ ἀρνητικό ἡλεκτρόδιο λέγεται καὶ κάθοδος, τὰ θετικά λόντα δυομάζονται καὶ κατιόντα.

Ἄντιθετα, τὰ ἀρνητικά λόντα ἔλκονται ἀπὸ τὸ θετικό ἡλεκτρόδιο, δηλαδὴ ἀπὸ τὴν ἄνοδο καὶ γι' αὐτὸ τὸ λόγο λέγονται καὶ ἀνιόντα (σχ. 111).

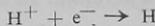
Τὰ λόντα, εἰτε ἀνιόντα εἰναι αὐτὰ εἰτε κατιόντα, φτάνουν κάποτε στὰ ἡλεκτρόδια καὶ ἐκφορτίζονται. Ἐτι τὸ ἀνιόν τοῦ χλωρίου (Cl^-) φτάνοντας στὴν ἄνοδο (+) ἀποδίδει τὸ ἡλεκτρόνιο ποὺ τοῦ περισσεύει καὶ ξαναγυρίζει σὲ οὐδέτερη ἀτομικὴ κατάσταση:



δου ποὺ μὲ e^- συμβολίζομε τὸ ἡλεκτρόνιο.

"Υστερα δύο ἄτομα χλωρίου συνδέονται μεταξύ τους καὶ δίνουν ἔνα μόριο ἀερίου χλωρίου (Cl_2), ποὺ ἔτσι ἐλευθερώνεται στὴν ἄνοδο.

Τὰ κατιόντα πάλι φτάνουν στὴν κάθοδο (-) καὶ πάρινον τὰ ἡλεκτρόδια ποὺ τοὺς λείπουν, γιὰ νὰ περιπέσουν κι αὐτὰ σὲ οὐδέτερη κατάσταση. Τὸ κατιόν υδρογόνο, H^+ , π.χ., παίρνει ἔνα ἡλεκτρόνιο (e^-) καὶ γίνεται οὐδέτερο ἄτομο υδρογόνου:



"Επειτα συνδέονται δύο ἄτομα υδρογόνου καὶ σχηματίζουν ἔνα μόριο ἀερίου υδρογόνου, ποὺ μὲ αὐτὸν τὸν τρόπο ἐλευθερώνεται στὴν κάθοδο.

Πρέπει νὰ τονίσεται δι τὰ λόντα χλωρίου Cl^- καὶ υδρογόνου H^+ ἔχουν τελείως διαφορετικὲς ίδιοτητές ἀπὸ τὰ στοιχεῖα χλωρίο καὶ υδρογόνο. Γι' αὐτὸν τὸ λόγο δὲν γίνονται ἀντιληπτά σὰν ἀέρια μέσα στὸ διάλυμα.

"Οπως παρατηροῦμε, μέσα στὴ μάζα τοῦ ἡλεκτρολυτικοῦ υγροῦ καὶ στὸ χῶρο ποὺ περιορίζεται ἀπὸ τὰ ἡλεκτρόδια ἔχουμε κίνηση θετικῶν καὶ ἀρνητικῶν φορτίων, δηλαδὴ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα. Τὸ ρεῦμα αὐτὸ εἶναι σύνθετο καὶ σχηματίζεται ἀπὸ τὰ θετικὰ κατιόντα, ποὺ πηγαίνουν πρὸς τὴν κάθοδο, καὶ τὰ ἀρνητικά ἀνιόντα, ποὺ κινοῦνται πρὸς τὴν ἄνοδο. "Ωστε:

Σὲ ἔνα ἡλεκτρολυτικὸ διάλυμα τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα ἔχει διπλὴ υπόσταση καὶ σχηματίζεται ἀπὸ τὴν ἀντίθετη κίνηση τῶν ἀνιόντων καὶ τῶν κατιόντων τοῦ ἡλεκτρολύτη.

1. Ήλεκτρόλυση λέμε τὸ φαινόμενο τῆς ἀποσυνθέσεως ποὺ παθαίνουν διάφορες οὐσίες, δύταν περάσει μέσα ἀπὸ τὰ ὑδατικά τους διαλύματα ἡλεκτρικὸ ρεῦμα.

2. Τὰ σώματα ποὺ μποροῦν νὰ ὑποστοῦν ἡλεκτρόλυση ὀνομάζονται ἡλεκτρολύτες. Τὰ δέξα, οἱ βάσεις καὶ τὰ ἄλατα, σὲ ὑγρὴ μορφὴ ἢ σὲ ὑδατικὰ διαλύματα, ἀποτελοῦν ἡλεκτρολύτες.

3. Η συσκευή, μέσα στὴν ὁποία πραγματοποιεῖται ἡ ἡλεκτρόλυση, ὀνομάζεται βιολτάμετρο καὶ ἀποτελεῖται, συνήθως, ἀπὸ ἔνα δοχεῖο, μέσα στὸ ὅποιο βρίσκεται ὁ ἡλεκτρολύτης. Στὴ βάση τοῦ δοχείου ὑπάρχουν δύο μεταλλικὰ στελέχη, ποὺ ὀνομάζονται ἡλεκτρόδια. Τὰ ἡλεκτρόδια συνδέονται μὲ τὴν ἡλεκτρικὴ πηγὴ καὶ σκεπάζονται μὲ ἀναστραμμένους γυάλινους σωλήνες. "Ἄλλοτε πάλι τὰ ἡλεκτρόδια βυθίζονται ἀπὸ τὸ ἐπάνω μέρος τοῦ δοχείου μέσα στὸν ἡλεκτρολύτη.

4. Τὸ θετικὸ ἡλεκτρόδιο λέγεται ἄνοδος καὶ τὸ ἀρνητικὸ κάθοδος.

5. Οἱ ἡλεκτρολύτες παθαίνουν διάσταση σὲ ἴοντα, δηλαδὴ σὲ σωματίδια ἡλεκτρικὰ φορτισμένα. Τὰ θετικὰ ἴοντα λέγονται κατιόντα καὶ τέτοια εἶναι τὸ ὑδρογόνο καὶ τὰ μέταλλα. Τὰ ἀρνητικὰ ἴοντα ὀνομάζονται ἀνιόντα.

6. Τὰ ἴοντα, ποὺ ὑπάρχουν στὸν ἡλεκτρολύτη καὶ κινοῦνται ἄταχτα μέσα στὴ μάζα του, προσανατολίζονται, μόλις συνδεθοῦν τὰ ἡλεκτρόδια μὲ τοὺς πόλους τῆς ἡλεκτρικῆς πηγῆς συνεχοῦς ρεύματος. Τότε τὰ ἀνιόντα (ἀρνητικὰ ἴοντα) πηγαίνουν πρὸς τὴν ἄνοδο (θετικὸς πόλος), ἐνῶ τὰ κατιόντα (θετικὰ ἴοντα) πρὸς τὴν κάθοδο (ἀρνητικὸς πόλος). "Ἐτσι ἀρχίζει ἡ ἡλεκτρόλυση.

7. Οἱ ποιοτικοὶ νόμοι τῆς ἡλεκτρολύσεως εἶναι οἱ ἔξης: α) Τὰ προϊόντα τῆς ἡλεκτρολυτικῆς ἀποσυνθέσεως ἐμφανίζονται στὴν ἐπιφάνεια τῶν ἡλεκτροδίων. β) Ὁ ἡλεκτρολύτης διαχωρίζεται σὲ δύο μέρη, στὸ μέταλλο ἢ τὸ ὑδρογόνο, ποὺ ἐλευθερώνονται στὴν κάθοδο, καὶ στὸ ὑπόλοιπο τοῦ μορίου, ποὺ κατευθύνεται πρὸς τὴν ἄνοδο.

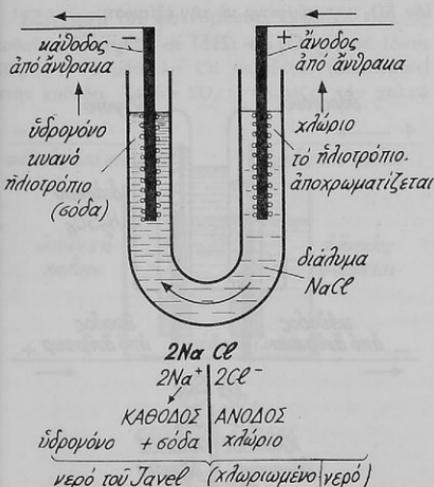
8. Τὸ πέρασμα τοῦ ἡλεκτρολυτικοῦ ρεύματος μέσα ἀπὸ τὸν ἡλεκτρολύτη πραγματοποιεῖται χάρη στὰ ἴοντα. Ἐπομένως τὸ ρεῦμα ποὺ δημιουργεῖται στὸ χρόνο ἀνάμεσα στὰ δύο ἡλεκτρόδια ἔχει διπλὴ ὑπόσταση καὶ σχηματίζεται ἀπὸ ἀνιόντα καὶ κατιόντα, ποὺ κινοῦνται ἀντίθετα.

ΚΓ' — ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΗ. ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΥΣΕΣ ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΤΙΑΡΑΣΕΙΣ

§ 112. Γενικότητες. Κατά τὴν ἡλεκτρόλυσην ἐνὸς ἡλεκτρολύτη συμβαίνουν συνήθως και δευτερέουσες χημικές ἀντιδράσεις. Στὴν πραγματικότητα τὰ προϊόντα τῆς ἀποσυνθέσεως μποροῦν, κάτω ἀπὸ δρισμένες συνήθεις, νὰ ἀντιδράσουν χημικῶς, εἴτε μὲ τὸ νερὸ τοῦ διαλύματος εἴτε μὲ τὰ ἡλεκτρόδια τοῦ βολταμέτρου.

Γιά νά ἀντιληφθούμε τὸ μηχανισμὸ τῶν δευτερεουσῶν ἀντιδράσεων, θὰ θεωρήσουμε τὰ παρακάτω χαρακτηριστικά παραδείγματα ἥλεκτρολύσεως.

§ 113. Ι.) Ἡλεκτρόλυση διαλύματος χλωριούχου νατρίου. Πείραμα. Βάζομε διάλυμα χλωριούχου νατρίου μέσα σὲ ἔνα βολτάμετρο μὲ ήλεκτρόδια ἀπὸ ἄνθρακα καὶ προσθέτομε λίγο κόκκινο βάμμα τοῦ ἥλιοτροπίου. Συνδέομε τὸ βολτάμετρο μὲ μιὰ ἡλεκτρικὴ πηγὴ συνεχοῦς ρεύματος καὶ

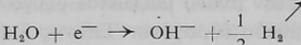


Σχ. 112. Ἡλεκτρόλυση διαλύματος χλωριούχου νατοίου.

παρατηροῦμε ὅτι ἐλευθερώνονται ἀέρια στὰ δύο πλεκτρόδια (σγ. 112).

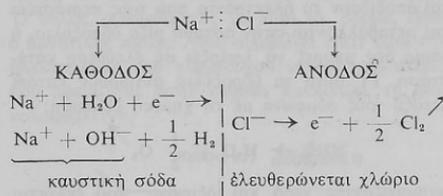
Στὴν ἄνοδο ἐλευθερώνεται ἀέριο χλωρίο, ποὺ ἔχει ἀποπνικτική δύσμη καὶ ἀποχρωματίζει τὸ κόκκινο βάμμα τοῦ ἡλιοτροπίου. Στὴν κάθοδο, ὅπου ἐκλύνεται ὑδρογόνο, τὸ βάμμα τοῦ ἡλιοτροπίου παίρνει κυανὸ γρῶμα.

Εξήγηση τού φαινομένου. Τό διάλυμα τού χλωριούχου νατρίου παθαίνει διάσταση σε ίόντα Na^+ και Cl^- . Τά ίόντα Cl^- πηγαίνουν πρός τήν ανοδο, δηπού χάνουν τό ήλεκτρικό τους φορτίο και σηκωματίζουν άπομα χλωρίου και αυτά δημηυρογόνα μόρια άεριου χλωρίου (Cl_2). Τά ίόντα Na^+ πηγαίνουν πρός τήν κάθοδο. Ή κάθοδος δώμας άποδιδει ήλεκτρόνια (e⁻) στά γειτονικά της μόρια τού νερού (H_2O), που μέ αυτό τόν τρόπο παθαίνουν διάσταση, σύμφωνα μέ τήν παρακάτω χημική εξίσωση:

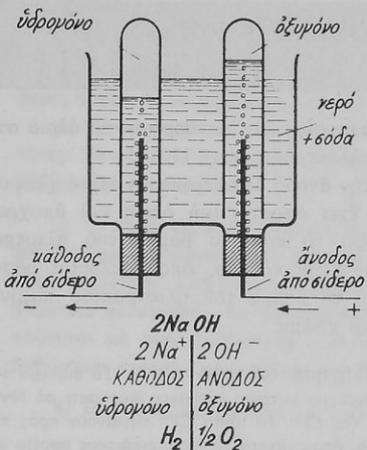


Δηλαδή έχουμε άπειρυθρωστή ύδρογόνου. Τά iόντα OH^- μαζί με τά iόντα Na^+ δημιουργούν γύρω από την κάθοδο ένα διάλυμα καυστικής σόδας. Χάρη στήν καυστική σόδα γίνεται κυανό τό βάμμα τού λιτοποιού.

Τὴν ἡλεκτρόλυση αὐτὴ μποροῦμε νὰ παραστήσουμε σχηματικά ως ἔξης:



II) Ἡλεκτρόλυση διαλύματος καυστικῆς σόδας (NaOH). Πείραμα. Στὸ βολτάμετρο τοῦ σχήματος 113, ποὺ ἔχει γιὰ ἡλεκτρόδια ἐλάσματα εἴτε ἀπὸ νικέλιο εἴτε ἀπὸ λευκόχρυσο (πλατίνα), βάζομε νερό, ὅπου ἔχομε προσθέσει λίγη καυστικὴ σόδα (NaOH). Τὰ ἡλεκτρόδια τὰ σκε-

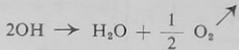


Σχ. 113. Ήλεκτρόλυση διαλύματος καυστικής σόδας.

πάζομε μὲν ἀναστραμμένους δοκιμαστικοὺς σωλῆνες.

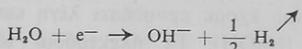
Κλείνομε τὸ διακόπτη καὶ παρατηροῦμε ὅτι στὴν ἄνοδο μαζεύεται δέξυγόνιο, ἐνῷ στὴν κάθοδο ὑδρογόνο. Ἐπίσης διαπιστώνομε ὅτι ὁ δγκος τοῦ ὑδρογόνου εἶναι διπλάσιος ἀπὸ τὸν δγκο τοῦ δέξυγόνου.

Ἐξήγηση τοῦ φαινομένου. Ἡ καυστική σόδα (NaOH) βρίσκεται σὲ διάστασι. Στὸ διάλυμα δηλαδὴ ὑπάρχουν ίόντα Na^+ καὶ ίόντα OH^- . Τὰ ίόντα OH^- διευθύνονται πρὸς τὴν ἄνοδο, ὅπου καὶ ἀποδίδουν τὸ ηλεκτρόνιο ποὺ τοὺς πειρισσεύει καὶ μεταβάλλονται στὴν ἀσταθὴ ρίζαν ὑδροξύλιο, ἡ ὁποία δὲν μπορεῖ νὰ ὑπάρξει σὲ ἐλεύθερη κατάσταση. Γι' αὐτὸ τὰ ὑδροξύλια ἀντιδροῦν κατόπι μεταξὺ τους σύμφωνα μὲ τὴ χημικὴ ἔξισωση:



σχηματίζοντας νερὸν καὶ δέξυγόνιο, ποὺ ἐκλύνεται στὴν ἄνοδο.

Τὰ ίόντα τοῦ Na^+ , δπως καὶ στὴν ηλεκτρόλυση τοῦ NaCl , πραγίνουν πρὸς τὴν κάθοδο. Ἡ κάθοδος ἀποδίδει ηλεκτρόνια (e^-) στὰ μόρια τοῦ νεροῦ καὶ ἔτει ἐλευθερώνεται ὑδρογόνο, ἐνῷ ταυτόχρονα παράγονται ίόντα ὑδροξύλιον σύμφωνα μὲ τὴ γνωστή μας ἀντιδραστική:



Τὰ ίόντα τοῦ Na^+ καὶ τοῦ OH^- ἐνώνονται καὶ ξανασχηματίζουν τὴ βάση τοῦ νατρίου. Ἀντίθετα, τὸ νερὸν παθαίνει ἀποσύνθεση καὶ ἀποδίδει ὑδρογόνο καὶ δέξυγόνιο.

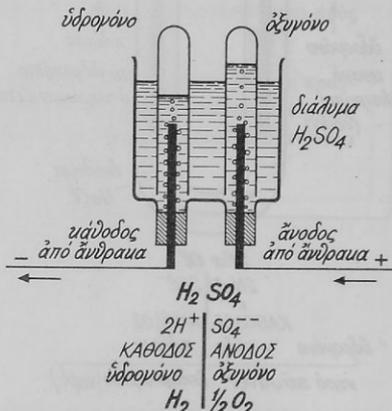
Ἄπο τὰ παραπάνω συμπεραίνομε ὅτι:

Τὸ φαινόμενο ἔξελισσεται μὲ τέτοιον τρόπο, ὥστε νὰ δημιουργεῖται ἡ ἐντύπωση ὅτι παθαίνει ἀποσύνθεση μονάχα τὸ νερό.

III) Ἡλεκτρόλυση διαλύματος θειεικοῦ δέξεος. Πείραμα. Ἀντικαθιστοῦμε στὸ βιολάμπετρο τοῦ προηγούμενου πειράματος τὸ διάλυμα τῆς καυστικῆς σόδας μὲ ἀραιό διάλυμα θειεικοῦ δέξεος (H_2SO_4). Τὰ ηλεκτρόδια τοῦ βιολάμπετρου πρέπει νὰ εἶναι ἀπρόσβηλητα ἀπὸ τὸ δέξ, δπως εἶναι π.χ. μιὰ ράβδος ἄνθρακα ἢ ἔνα ἔλασμα λευκόχρυσου.

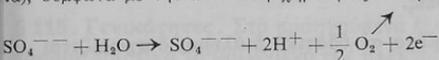
Τὰ προϊόντα τῆς ηλεκτρολύσεως εἰναι τὰ ίδια μὲ τὰ προϊόντα τῆς ηλεκτρολύσεως τοῦ διαλύματος τῆς καυστικῆς σόδας. Δηλαδὴ ἐμφανίζεται ὑδρογόνο στὴν κάθοδο, διπλάσιου δγκου ἀπὸ τὸ δέξγονο ποὺ ἐμφανίζεται στὴν ἄνοδο (σχ. 114).

Ἐξήγηση τοῦ φαινομένου. Τὸ θειεικὸ δέξ (H_2SO_4) χωρίζεται σὲ δύο ίόντα H^+ καὶ σὲ ἔνα ιόν SO_4^{2-} — σύμφωνα μὲ τὴν ἔξισωση:

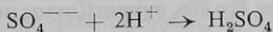


Σχ. 114. Ήλεκτρόλυση διαλύματος θειεικοῦ δέξεος

Τό ίδιο SO_4^{--} πηγαίνει πρός την ανοδού και δημιουργεί ιόνισμό του νερού (προκαλεί δηλαδή ίόντα), σύμφωνα μὲ τὴν ἀκόλουθη χημικὴ ἔξιστωση:



ὅποτε τὰ ιόντα SO_4^{--} καὶ H^+ ἀντιδροῦν καὶ σχηματίζουν θειικὸ δέξι:



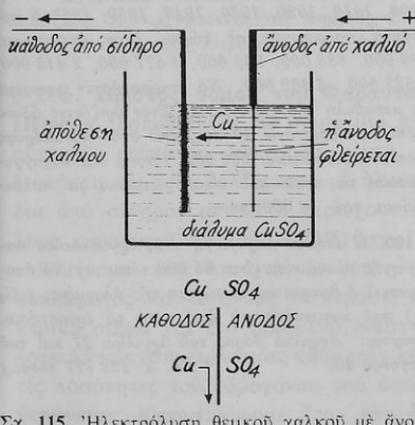
Μὲ αὐτὸ τὸν τρόπο τὸ θειικὸ δέξι ἔμαγεννιεται στὴν ανοδο καὶ ἐλευθερώνεται δέγυγόνο, ἐνῶ καταναλώνεται νερό. Ὁπως καὶ στὸ προηγούμενο παράδειγμα:

Τὸ φαινόμενο ἔξελίσσεται κατὰ τέτοιον τρόπο, ὥστε νὰ δημιουργεῖται ή ἐντύπωση πῶς παθαίνει ἀποσύνθεση μονάχο τὸ νερό.

IV. Ἡλεκτρόλυση θειικοῦ χαλκοῦ μὲ ανοδο ἀπὸ χαλκό. **Πείραμα.** Ἡλεκτρολύομε διάλυμα θειικοῦ χαλκοῦ (CuSO_4) χρησιμοποιώντας ώς ανοδο ἔνα ἔλασμα ἀπὸ χαλκὸ καὶ ώς κάθοδο ἔναν ὅποιον δήποτε ἀγωγό, π.χ. μιὰ ράβδο ἀπὸ ἄνθρακα.

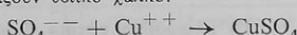
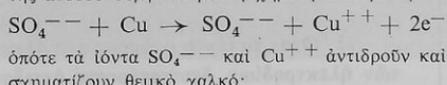
Οταν κλείσουμε τὸ διακόπτη, δὲν παρατηρεῖται ἔκλυση ἀερίου, η χάλκινη ὅμως ανοδος ἀρχίζει νὰ φθείρεται (σχ. 115).

Ἐξήγηση τοῦ φαινομένου. Ο θειικὸς χαλκὸς παθαίνει διάσταση σὲ ιόντα Cu^+ καὶ σὲ ιόντα SO_4^{--} . Τὸ μέταλλο Cu μαζεύεται (ἀποτίθεται) στὴν κάθοδο. Τὸ ίδιο SO_4^{--} ιονίζει τὸν χαλκὸ



Σχ. 115. Ἡλεκτρόλυση θειικοῦ χαλκοῦ μὲ ανοδο ἀπὸ χαλκό.

τῆς ἀνόδου σύμφωνα μὲ τὴν χημικὴ ἀντίδραση:



“Οπως παρατηροῦμε:

Τὸ φαινόμενο ἔξελίσσεται μὲ τέτοιον τρόπο, ὥστε τελικὰ νὰ γίνεται μεταφορὰ χαλκοῦ ἀπὸ τὴν ανοδο στὴν κάθοδο.

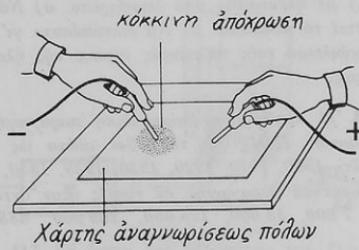
‘Η ανοδος φθείρεται σιγὰ – σιγὰ σὰν νὰ διαλυόταν. Γι’ αὐτὸ καὶ συχνὰ ὄνομάζεται διαλύνμενη ἀνοδος.

‘Αντίθετα, η κάθοδος σκεπάζεται ἀπὸ ἔνα στρῶμα χαλκοῦ, που τὸ πάχος του αἰδενέται προσδετικά, που περνά ἡ ώρα.

Παρατήρηση. Τὰ παραπάνω παραδείγματα δείχνουν τὴ σημασία ποὺ ἔχει ἡ φύση τῶν ἡλεκτροδίων ποὺ χρησιμοποιοῦνται στὴν πορεία μιᾶς ἡλεκτρολύσεως.

§ 114. Ἀναγνώριση τοῦ εἴδους τῶν πόλων μιᾶς πηγῆς συνεχοῦς ρεύματος. Βυθίζομε ἔνα κομμάτι διηθητικὸ χαρτὶ σὲ διάλυμα χλωριούχου νατρίου (NaCl), ὅπου ἔχομε προσθέσει μερικὲς σταγόνες φαινολοφθαλεΐνη. ‘Αφοῦ τὸ στραγγίσουμε, τὸ τοποθετοῦμε σὲ μιὰ πλάκα ἀπὸ γυαλὶ καὶ σύρομε ἐπάνω του δύο καλόδια ἀπὸ χαλκὸ μὲ ἀπογυμνωμένα ἄκρα, συνδεμένα στοὺς ἀκροδέκτες τῆς πηγῆς (σχ. 116). Κανονίζουμε ὥστε η ἀπόσταση ἀνάμεσα στὰ δύο ἄκρα τοῦ καλώδιου νὰ μένει 2 cm ἥως 3 cm.

Τὸ ἔνα ἀπὸ τὸ δύο ἄκρα χαραίζεται κατὰ τὴν διαδορή μια τοποθετούμε στὸ χαρτὶ μία κόκκινη γραμμῇ. ‘Ο πόλος, ὃ συνδεμένος μὲ αὐτὸ τὸ σύρμα, είναι ὁ ἀρνητικὸς πόλος. Αὐτὸ συμβαίνει γιατὶ κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυση του χλωριούχου νατρίου τὸ νάτριο ποὺ ἀφανίζεται στὴν κάθοδο κοκκινίζει τὴ φαινολοφθαλεΐνη.



Σχ. 116. Ἀναγνώριση τῶν πόλων. ‘Ο ἀρνητικὸς πόλος κοκκινίζει τὴ φαινολοφθαλεΐνη.

1. Όταν τὰ ίόντα φτάσουν στὰ ήλεκτρόδια, προκαλούνται, άνάλογα μὲ τὴν φύση τῶν ήλεκτροδίων, δευτερεύουσες ἀντιδράσεις.

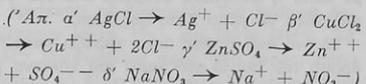
2. Τὸ χλωροῦχο νάτριο, ὅταν βρεθεῖ μέσα σὲ ὄδατικὸ διάλυμα, διαχωρίζεται σὲ ἀνιότα χλωρίου καὶ κατιόντα νατρίου. Τὰ ἀνιόντα Cl^- πηγαίνουν στὴν ἄνοδο καί, ὅταν ἡ ἄνοδος εἰναι ἀπρόσβλητη ἀπὸ τὸ χλωρίο, ἐκφορτίζονται, μεταβάλλονται δηλαδὴ σὲ ἄπομα χλωρίου, ποὺ ἐνώνονται μεταξύ τους δύο δύο, σχηματίζοντας μόρια χλωρίου. Ἐτσι τελικά στὴν ἄνοδο ἐκλύεται χλωρίο. Στὴν κάθοδο σχηματίζονται καυστικὴ σόδα καὶ ὑδρογόνο.

3. Κατὰ τὴν ήλεκτρόλυσην καυστικῆς σόδας ἡ θειικοῦ δέξιος, σὲ βολτάμετρο μὲ ήλεκτρόδια λευκόχρυσου, ὁ ήλεκτρολύτης ποὺ διασπᾶται ξανασχηματίζεται. Τὸ φαινόμενο ἔξελίσσεται μὲ τέτοιον τρόπο, ὥστε νὰ δημιουργεῖται ἡ ἐντύπωση πώς παθαίνει ἀποσύνθεση μονάχα τὸ νερό.

4. Στὴν ήλεκτρόλυση θειικοῦ χαλκοῦ, μὲ ἄνοδο ἀπὸ χαλκό, συμβαίνει μεταφορὰ χαλκοῦ ἀπὸ τὴν ἄνοδο στὴν κάθοδο.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

96. Νὰ καθοριστοῦν οἱ θεμελιώδεις ἀντιδράσεις στὶς ήλεκτρολύσεις τῶν παραπάτω διαλυμάτων:
α) Διάλυμα χλωριούχου ὀργάνου ($AgCl$). β) Διάλυμα χλωριούχου χαλκοῦ ($CuCl_2$). γ) Διάλυμα θειικοῦ φενδάγχυρου ($ZnSO_4$). δ) Διάλυμα νιτρικοῦ νατρίου ($NaNO_3$).



97. Δύο βολτάμετρα συνδεμένα σὲ σειρὰ διαρρέοντα ἀπὸ ήλεκτρικῷ ρεῦμα. Τὸ πρῶτο περιέχει διάλυμα θειικοῦ χαλκοῦ ($CuSO_4$) καὶ ἄνοδο ἀπὸ χαλκό, ἐνῶ τὸ δεύτερο διάλυμα θειικοῦ δέξιος (H_2SO_4) μὲ ήλεκτρόδια ἀπὸ λευκόχρυσο. α) Νὰ σχεδιαστεῖ τὸ κύκλωμα. β) Νὰ διατυπώσεται γ' αὐτὸ τὸ κύκλωμα τοὺς ποιοτικοὺς νόμους τῆς ήλεκτρολύσεως.

98. Η παγκόσμια βιομηχανικὴ παραγωγὴ τοῦ ἀλουμινίου ἔξελίχτηκε τὸν 20ὸν αἰώνα ὡς ἔξῆς: Τὰ ἔτη 1900, 1910, 1920, 1930, 1939, 1950, 1956 ἡ ποσότητα παραγωγῆς σὲ τόνους ἦταν ἀντίστοιχα: 7 000, 43 000, 125 000, 269 000, 688 000,

1 500 000, 3 374 000. Νὰ παραστήσετε γραφικὰ τὶς μεταβολὲς τῆς παραγωγῆς. Στὸν ὄριζόντιο ἔξοντα 1 cm νὰ ἀντιστοχεῖ μὲ 10 ἔτη, ἐνῶ στὸν κατακόρυφο ἔξοντα 1 cm νὰ ἀντιστοχεῖ σὲ 500 000 τόνους. Νὰ στρογγυλέψετε τὰ ποσά τὰ πλησιέστερα στὰ πολλαπλάσια τοῦ 50 000 τόνου.

99. Η παγκόσμια παραγωγὴ τοῦ χαλκοῦ τὸν 20ὸν αἰώνα ἔξελίχτηκε ὡς ἔξῆς: Στὰ ἀκόλουθα ἔτη: 1900, 1910, 1920, 1930, 1940, 1950, 1957 ἡ ποσότητα παραγωγῆς σὲ τόνους ἦταν ἀντίστοιχα: 499 000, 888 000, 949 000, 1 577 000, 2 413 000, 2 522 000, 3 462 000. Νὰ παραστήσετε γραφικὰ τὴν μεταβολὴν τῆς παραγωγῆς. Στὸν ὄριζόντιο ἔξοντα 1 cm νὰ παριστάνει 10 ἔτη, ἐνῶ στὸν κατακόρυφο 1 cm νὰ παριστάνει 500 000 τόνους. Νὰ στρογγυλέντοντα τὰ ποσά ποὺ εἶναι γειτονικά μὲ πολλαπλάσια τοῦ 50 000 τόνου.

100. Η ἔτησα παραγωγὴ ἐνὸς ἐργοστασίου παραγωγῆς ἀλουμινίου εἶναι 65 000 τόνοι. α) Νὰ υπολογιστεῖ ἡ θεωρητικὴ ποσότητα τῆς ἀλουμινίου (Al_2O_3) ποὺ καταναλώνεται ἀπὸ αὐτὸ τὸ ἐργοστάσιο. Δίνονται: Ἀτομικὸ βάρος τοῦ ἀργιλίου 27 καὶ τοῦ δευτεργόνου 16. ('Ap. α' 122 777 τόνοι.)

ΚΔ' — ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΗ. ΝΟΜΟΙ ΤΟΥ ΦΑΡΑΝΤΑΙΥ. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

§ 115. Γενικότητες. Στὰ προηγούμενα ἔξετάσμε ποιοτικά τὸ φαινόμενο τῆς ηλεκτρολύσεως. Θά μελετήσουμε τὸ ὕδιο φαινόμενο τώρα καὶ ποσοτικά μὲ τὴ βοήθεια τῶν δύο νόμων τῆς ηλεκτρολύσεως, ποὺ είναι γνωστοὶ μὲ τὸ ὄνομα τοῦ διάσημου Ἀγγλου Φυσικοῦ **Φάρανταιου** (Michael Faraday).



MICHAEL FARADAY (1791 - 1867)

Διάσημος Ἀγγλος Φυσικός καὶ Χημικός, ὀνομαστὸς γιὰ τὴ μεγάλῃ πειραματικῇ του ἰκανότητᾳ.

§ 116. Πρῶτος νόμος τοῦ Φάρανταιου.

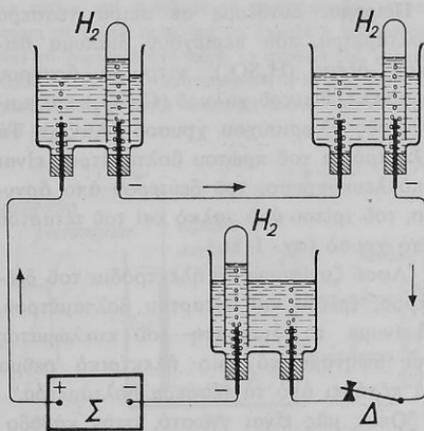
Πείραμα. Τοποθετοῦμε σὲ σειρὰ μιὰ πηγὴ συνεχοῦς ρεύματος, ἔνα συστωρευτή, ἔνα διακόπτη καὶ τρία βολτάμετρα μὲ ηλεκτρόδια ἀπὸ σίδηρο, τὰ δόποῖα περιέχονταν διάλυμα καυστικοῦ νατρίου (NaOH) (σχ. 117).

Κλείνομε τὸν ἀνοιχτὸν διακόπτη τοῦ κυκλώματος καὶ ἀφήνομε νὰ περάσει ηλεκτρικὸ ρεῦμα γιὰ ἔνα δρισμένο διάστημα, ἐστω 15 min, σημειώνοντας κάθε τρία λεπτὰ τὶς ποσότητες τοῦ ὑδρογόνου ποὺ ἀπελευθερώνεται. Καταστρώνομε ἔτσι τὸν ἀκόλουθο πίνακα:

Χρόνος ποὺ περνάει ρεῦμα σὲ min	Όγκος ὑδρογόνου σὲ cm ³		
	1 ^ο βολτάμε- τρο	2 ^ο βολτάμε- τρο	3 ^ο βολτάμε- τρο
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

Μελετώντας τὸν παραπάνω πίνακα διαπιστώνομε διτὶ: α) Οἱ δγκοι τοῦ ὑδρογόνου, ποὺ ἀπελευθερώνονται στὸ ὕδιο χρονικὸ διάστημα στὰ τρία βολτάμετρα, είναι ἴσοι. β) Οἱ δγκοι τοῦ ὑδρογόνου, ποὺ ἀπελευθερώνονται σὲ καθένα ἀπὸ τὰ βολτάμετρα, είναι ἀνάλογοι πρὸς τὸ χρόνο ποὺ κράτησε τὸ πέρασμα τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος.

Ἄπὸ τὰ παραπάνω συμπεραίνομε διτὶ:



Σχ. 117. Οἱ δγκοι τοῦ ὑδρογόνου ποὺ ἀπελευθερώνονται στὸν ὕδιο χρόνο στὰ τρία βολτάμετρα είναι ἴσοι.

I. Η ήλεκτρολυτική δράση του ήλεκτρικού ρεύματος, στὸ ἴδιο ήλεκτρολυτικὸ διάλυμα, είναι ἡ ἴδια σὲ δλα τὰ σημεῖα τοῦ κυκλώματος.

II. Η ήλεκτρολυτική δράση ἐνὸς ὄρισμένου ήλεκτρικού ρεύματος είναι ἀνάλογη πρὸς τὸ χρόνο ποὺ διαρκεῖ τὸ πέρασμα τοῦ ρεύματος, δηλαδὴ πρὸς τὴν ποσότητα τοῦ ήλεκτρισμοῦ ποὺ πέρασε ἀπὸ τὸ βολτάμετρο.

Δεύτερος νόμος τοῦ Φάρανται. Γραμμοῖσοδύναμο ἰόντος. Ή ἐπαλήθευση τοῦ δεύτερου νόμου τῆς ήλεκτρολύσεως προϋποθέτει τὴν ἐκτέλεση πολὺ ἀκριβῶν μετρήσεων καὶ τὴ γνώση ὄρισμένων βασικῶν χημικῶν καὶ φυσικῶν ἐννοιῶν, δπως εἶναι τὸ ἀτομικὸ βάρος ἐνὸς στοιχείου, τὸ σθένος ἐνὸς ἰόντος, τὸ γραμμοῖσοδύναμο ἐνὸς στοιχείου καὶ τὸ γραμμοῖσοδύναμο ἐνὸς ἰόντος.

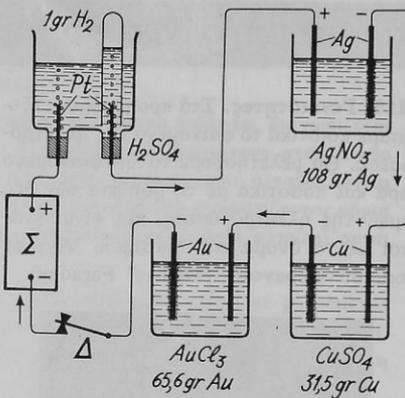
Θύ περιοριστοῦμε στὸν δρισμὸ μόνο τοῦ γραμμοῖσοδύναμου ἐνὸς ἰόντος.

Γραμμοῖσοδύναμο ἐνὸς ἰόντος ὀνομάζεται ποσότητα μάζας τοῦ ἰόντος σὲ γραμμάρια, ἵση μὲ τὸ πηλικὸ τοῦ γραμμοῖσοδύναμου τοῦ στοιχείου πρὸς τὸ σθένος τοῦ ἰόντος.

Πείραμα. Συνδέομε σὲ σειρά τέσσερα βολτάμετρα, ποὺ περιέχουν διάλυμα θειικοῦ δξέος (H_2SO_4), νιτρικοῦ ἀργύρου ($AgNO_3$), θειικοῦ χαλκοῦ ($CuSO_4$) καὶ τρισθενοῦς χλωριούχου χρυσοῦ ($AuCl_3$). Τὰ ήλεκτρόδια τοῦ πρώτου βολταμέτρου είναι ἀπὸ λευκόχρυσο, τοῦ δεύτερου ἀπὸ ἀργυρό, τοῦ τρίτου ἀπὸ χαλκό καὶ τοῦ τέταρτου ἀπὸ χρυσό (σχ. 118).

Αφοῦ ζυγίσουμε τὰ ήλεκτρόδια τοῦ δεύτερου, τρίτου καὶ τέταρτου βολταμέτρου, κλείνομε τὸ διακόπτη τοῦ κυκλώματος καὶ ἀφήνομε τὸ ἴδιο ήλεκτρικὸ ρεῦμα νὰ περάσει ἀπὸ τὰ τέσσερα βολτάμετρα.

Οπως μᾶς εἶναι γνωστό, στὴν κάθοδο τοῦ πρώτου βολταμέτρου μποροῦμε νὰ μαζέψουμε ὑδρογόνο, στὴν κάθοδο τοῦ δεύτερου βολταμέτρου θὰ ἀποτεθεῖ στρῶ-



Σχ. 118. Γιὰ τὸν δεύτερο ποσοτικὸ νόμο τῆς ήλεκτρολύσεως.

μα ἀργύρου, στὴν κάθοδο τοῦ τρίτου βολταμέτρου στρῶμα χαλκοῦ καὶ στὴν κάθοδο τοῦ τέταρτου βολταμέτρου στρῶμα χρυσοῦ.

Ἄν λοιπὸν ζυγίσουμε τὰ τρία τελευταῖα ήλεκτρόδια, ἀφοῦ τελειώσει ἡ ήλεκτρολύση, θὰ τὰ βροῦμε βαρύτερα. Ἔτσι θὰ διαπιστώσουμε, π.χ., πῶς γιὰ 1 mgr ὑδρογόνου, ποὺ ἐλεύθερωθῆκε στὴν κάθοδο τοῦ πρώτου βολταμέτρου, ἀποτέθηκαν:

α) 108 mgr ἀργύρου = 108/1 mgr Ag στὴν κάθοδο τοῦ δεύτερου βολταμέτρου,

β) 31,5 mgr χαλκοῦ = 31,5/2 mgr Cu στὴν κάθοδο τοῦ τρίτου βολταμέτρου καὶ

γ) 65,66 mgr χρυσοῦ = 65,66/3 mgr Au στὴν κάθοδο τοῦ τέταρτου βολταμέτρου.

Ἐπειδὴ δῆμως ὁ ἀργυρος εἶναι μονοσθενῆς καὶ ἔχει ἀτομικὸ βάρος 108, ὁ χαλκὸς δισθενῆς καὶ ἔχει ἀτομικὸ βάρος 63 καὶ ὁ χρυσὸς τρισθενῆς μὲ ἀτομικὸ βάρος 197, συμπεραίνομε ὅτι τὰ πηλίκα:

$$\frac{108}{1} \text{ gr Ag}, \frac{63}{2} \text{ gr Cu}, \frac{197}{3} \text{ gr Au}$$

ἐκφράζουν τὰ γραμμοῖσοδύναμα τῶν μετάλλων ἀργύρου, χαλκοῦ καὶ χρυσοῦ. Πολλαπλασιάζοντας λοιπὸν μὲ τὸ 1000 τὰ ἀριθμητικὰ ἀποτελέσματα τοῦ πειράματος, κα-

ταλήγουμε στό ἀκόλουθο συμπέρασμα, πού ἐκφράζει τὸν δεύτερο νόμο τοῦ Φάρανται:

‘Η ποσότητα ἡλεκτρισμοῦ ποὺ ἀπελευθερώνει ἔνα γραμμάριο ὑδρογόνου ἀπελευθερώνει ἐπίσης ἔνα γραμμοῖσοδύναμο ἰόντος ὃποιουδήποτε μετάλλου.

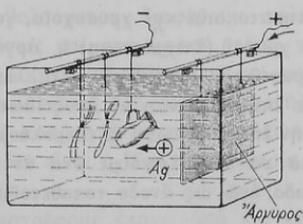
§ 117. Ἐφαρμογές τῆς ἡλεκτρολύσεως. ‘Η ἡλεκτρόλιση βρίσκει πολλές καὶ διάφορες ἐφαρμογές σὲ δρισμένους τομεῖς τῆς Τεχνικῆς καὶ τῆς Βιομηχανίας, δπως είναι ἡ ἐπιμετάλλωση, ἡ γαλβανοπλαστική, ἡ ἡλεκτρομεταλλουργία, ἡ ἡλεκτροχρηματεύση κλπ.

α) Ἐπιμετάλλωση. ‘Ετσι ὀνομάζεται ἡ μέθοδος μὲ τὴν ὁποία περικαλύπτομε ἡλεκτρολυτικά μεταλλικές ἐπιφάνειες μὲ ἄλλα μετάλλα, δπως π.χ. μὲ χαλκό, ἄργυρο, χρυσό κλπ.

‘Αν πρόκειται γιὰ ἐπιχάλωση, ὡς ἡλεκτρολυτικὸν ὑγρὸν χρησιμοποιοῦμε ὑδατικὸ διάλυμα θειούκου χαλκοῦ, ὡς κάθοδο τὸ ἀντικείμενο ποὺ θὰ ἐπιχαλώσουμε καὶ ὡς ἄνοδο μιὰ χάλκινη πλάκα. ‘Οπως γνωρίζουμε, στὴν περίπτωση αὐτὴ μεταφέρεται χαλκός ἀπὸ τὴν ἄνοδο στὴν κάθοδο καὶ ἐπικάθεται κατ’ αὐτὸν τὸν τρόπο στὸ ἀντικείμενο ποὺ θέλουμε νὰ ἐπικαλώσουμε.

Στὴν ἐπαργύρωση, ὡς ἡλεκτρολυτικὸν ὑγρὸ χρησιμοποιοῦμε διάλυμα νιτρικοῦ ἄργυρου, ὡς κάθοδο τὸ ἀντικείμενο ποὺ πρόκειται νὰ ἐπαργυρωθεῖ καὶ ὡς ἄνοδο πλάκα ἀπὸ ἄργυρο. ‘Οταν κλείσουμε τὸ κύκλωμα, γίνεται μεταφορά ἄργυρου ἀπὸ τὴν ἄνοδο στὴν κάθοδο καὶ ἔτσι ἐπαργυρώνεται τὸ ἀντικείμενο (σχ. 119).

Γενικά στὴν ἐπιμετάλλωση χρησιμοποιοῦμε ὡς ἡλεκτρολυτικὸν ὑγρὸ διάλυμα κατάλληλου ἀλατος τοῦ μετάλλου μὲ τὸ δόποιο θέλομε νὰ ἐπικαλύψουμε κάπιο ἀντικείμενο, ἔτσι μὲ ἄλις χρωμίου, ἄν-



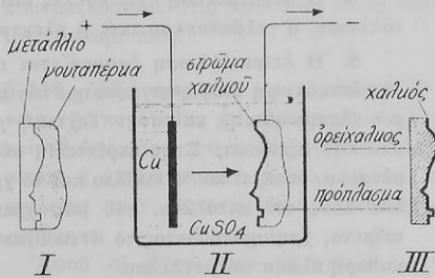
Σχ. 119. Διάταξη ἐπιμετάλλωσεως. Τὴν κάθοδο ἀποτελοῦν τὰ πρὸς ἐπιμετάλλωση ἀντικείμενα.

πρόκειται νὰ ἐκτελέσουμε ἐπιχρωμίωση, ὡς κάθοδο τὸ ἀντικείμενο καὶ ὡς ἄνοδο πλάκα καθαροῦ μετάλλου (δηλαδὴ πλάκα χρωμίου).

‘Η ἐπιμετάλλωση χρησιμοποιεῖται στὴν κοσμηματοποιία (ἐπαργύρωση, ἐπιχρύσωση), δπως ἐπίσης στὴν Τεχνικὴ καὶ στὴ Βιομηχανία (ἐπινικέλωση, ἐπιχρωμίωση) γιὰ τὴν προστασία δρισμένων μεταλλικῶν ἀντικειμένων, ἀπὸ τὴν δξειδώση ἢ γιὰ νὰ τὸν δώσουμε μιὰ μόνιμη γυαλάδα.

β) Γαλβανοπλαστική. Χρησιμεύει κυρίως στὴν παραγωγὴ χάλκινων ἔκμαγειών καὶ ἐπιτρέπει τὴν ἀναπαραγωγὴ μικρῶν ἀγαλμάτων, μεταλλίων, τυπογραφικῶν κλισέ, φωνογραφικῶν δίσκων κλπ. καὶ γενικότερα ἀντικειμένων τῶν δροίων ἡ ἐπιφάνεια παρουσιάζει μιὰν ἀνάγλυφη μορφὴ ποὺ πρέπει νὰ ἀποδοθεῖ μὲ πιστοτήτα.

Στὴ γαλβανοπλαστικὴ ἐργαζόμαστε ὡς ἔξης: θερμαίνομε γουσταπέρκα, ποὺ γίνεται τότε μαλακὴ καὶ εὐπλαστη, καὶ παίρνομε τὸ ἀρνητικὸ ἀποτύπωμα τῆς ὄψης τοῦ ἀντικειμένου, ἔστω ἐνὸς μεταλλίου (σχ. 120, I). ‘Αφήνομε κατόπιν τὴν γουσταπέρκα νὰ κρύψει καὶ νὰ ἔαναγίνεται σκληρή, καὶ τὴν σκεπάζομε μὲ λεπτὸ στρῶμα γραφίτη, γιὰ νὰ τὴν κάνουμε ἔτσι ἀγάλμη ποτὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα, καὶ τὴν χρησιμοποιοῦμε γιὰ κάθοδο σὲ διάλυμα θειούκου χαλκοῦ, δπως γιὰ ἄνοδο τοποθετοῦμε πλάκα ἀπὸ καθαρὸ χαλκό. Κατόπιν ἀφήνομε νὰ περάσει ἡλεκτρικὸ ρεῦμα γιὰ ἕνα ἀρκετὸ χρονικὸ διάστημα καὶ ἔτσι νὰ ἀποτελεῖ ἔνα στρῶμα χαλκοῦ, ἀρκετοῦ πάχους, στὸ ἀρνητικὸ ἀποτύπωμα τοῦ μεταλλίου (σχ. 120, II). ‘Υστερα διακόπτομε τὸ ρεῦμα καὶ βιθίζομε τὸ ἐπιχαλκωμένο ἀποτύπωμα σὲ ζεστὸ νερό, γιὰ νὰ λιώσει ἡ γουσταπέρκα καὶ νὰ χωριστεῖ ἀπὸ αὐτὴ τὸ στρῶμα τοῦ χαλκοῦ, δπως ἐπάνω είναι ἀποτυπωμένη ἡ θετικὴ ὄψη τοῦ μεταλλίου, ἡ ὁποία ἀποτελεῖ πιστό του ἀντίγραφο (σχ. 120, III).

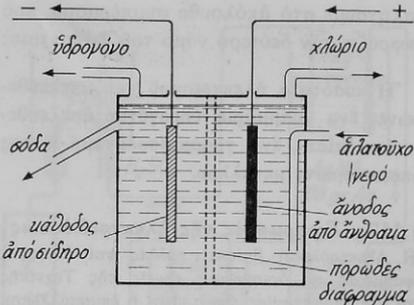


Σχ. 120. Γαλβανοπλαστική. (I) Ἐκμαγεῖο τοῦ ἀντικειμένου. (II) Ἐπιχαλκωση. (III). Ἀντίγραφο.

γ) Ήλεκτρομεταλλουργία. Διάφορα μέταλλα παρασκευάζονται ήλεκτρολυτικά άπό τά άλατά τους, τά δξειδία τους ή τά ύδροξειδία τους. Με τή μέθοδο αύτή κατορθώνουμε νά παρασκευάσουμε μέταλλα με μεγάλο βαθμό καθαρότητας. Έτσι παρασκευάζουμε άργυρό (άλουμινο) με βαθμό καθαρότητας 99% ώς 99,8% άπό άλουμίνιο (δξειδίο τού άργυρίου Al_2O_3), νάτριο άπό καυστική σόδα (ύδροξειδίο τού νατρίου $NaOH$), μαγνήσιο άπό χλωριούχο μαγνήσιο ($MgCl_2$), ψευδάργυρο άπό θειικό ψευδάργυρο ($ZnSO_4$) κλπ.

δ) Ήλεκτροχημεία. Πολυάριθμα σώματα παρασκευάζονται βιομηχανικά με ήλεκτρολυτική μέθοδο. Έτσι, ήλεκτρολύνοντας διάλυμα καυστικής σόδας και χρησιμοποιώντας ήλεκτροδία άπό σίδηρο, παρασκευάζουμε υδρογόνο και δξεγόνιο.

Ήλεκτρολύνοντας άδαματικό διάλυμα μαγειρικού άλατος ($NaCl$), παίρνομε χλώριο στήν ανόδο και καυστική σόδα στήν κάθοδο. Γιά νά αποφύγουμε τήν έπαφή τού χλωρίου με τή σόδα, χρησιμοποιούμε ειδικά βολταμέτρα (σχ. 121), που χω-



Σχ. 121. Βιομηχανική παρασκευή τής σόδας.

ρίζονται σε δύο μέρη άπό ένα πορώδες διάφραγμα. Το διάλυμα τής σόδας συλλέγεται και επειτα συμπυκνώνεται μέ έξατμιστρ.

Άν άφαιρέσουμε τό διάφραγμα και άφήσουμε σε έπαφη τό διαλυμένο χλώριο και τή σόδα, παίρνομε τό λεγόμενο νερό τοῦ Ζαβέλ (eau de Javel).

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Οι ποσοτικοί νόμοι τής ήλεκτρολύσεως είναι γνωστοί συνήθως ώς νόμοι τού Φάρανται.

2. Ό πρωτος νόμος τής ήλεκτρολύσεως έκφράζει ότι: Ή ήλεκτρολυτική δράση ένός ήλεκτρικού ρεύματος είναι ή ίδια σε δλα τά σημεία τού κυκλώματος και άναλογη πρός τήν ποσότητα τού ήλεκτρισμού πού διαρρέει τό βολτάμετρο.

3. Ό δευτερος νόμος τής ήλεκτρολύσεως έκφράζει ότι: "Οταν ένα όρισμένο ήλεκτρικό ρεύμα διαρρέει διαφορετικούς ήλεκτρολύτες, ή μάζα τού μετάλλου ή τού υδρογόνου, πού έλευθερώνονται στήν κάθοδο κάθε βολταμέτρου, είναι άναλογη πρός τό γραμμοίσοδύναμο τού ίοντος τού μετάλλου.

4. Ή ήλεκτρόλυση έχει πολλές και ποικίλες έφαρμογές, δπως είναι ή έπιμετάλλωση, ή γαλβανοπλαστική, ή ήλεκτρομεταλλουργία και ή ήλεκτροχημεία.

5. Ή έπιμετάλλωση έφαρμόζεται στήν κοσμηματοποιία και χρυσοχοΐα, γιά τήν έπικάλυψη διαφόρων κοσμημάτων με στρώμα χρύσου (έπιχρύσωση) ή άργυρου (έπαργύρωση), και στήν Τεχνική γιά τήν προφύλαξη όρισμένων μετάλλων άπό την δξειδώση. Στήν περίπτωση αύτή κάνομε έπιμετάλλωση με άνοξειδιώτα μετάλλα, δπως είναι τό νικέλιο και τό χρώμιο. Στήν έπιμετάλλωση ήλεκτρολύσημε ένα άλας τού μετάλλου, πού μᾶς χρειάζεται γιά νά έπικαλύψουμε ένα άντικείμενο, χρησιμοποιώντας τό άντικείμενο ώς κάθοδο, ένω ώς άνοδο τοποθετούμε καθαρή πλάκα τού μετάλλου.

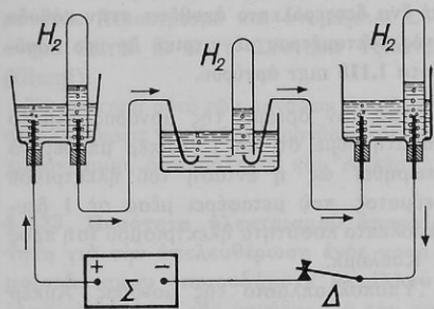
6. Ή γαλβανοπλαστική είναι ένα είδος έπιχαλκώσεως και έπιτρέπει τήν άναπαραγωγή με μεγάλη πιστότητα άναγλυφων έπιφανειῶν.

7. Στήνη ήλεκτρομεταλλουργία παρασκευάζουμε μέταλλα με πολὺ μεγάλο βαθμὸ καθαρότητας, ήλεκτρολύνοντας ἄλατα, δξείδια ἡ ύδροξείδια τῶν μετάλλων.

8. Στήνη ήλεκτροχημεία παρασκευάζουμε πολυάριθμα σώματα βιομηχανικῶς, μὲ ήλεκτρολυτικὴ μέθοδο, σπως ύδρογόνο, δξυγόνο, χλώριο, καυστικὴ σόδα κλπ.

ΚΕ' — ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ. ΜΟΝΑΔΑ ΚΟΥΛΟΜΠΙ. ΕΝΤΑΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ. ΜΟΝΑΔΑ ΑΜΠΕΡ

§ 118. Ποσότητα ήλεκτρισμοῦ. Πείραμα. Συνδέομε σὲ σειρὰ τρία διαφορετικὰ βολτάμετρα, τὰ δποῖα περιέχουν ἀραιό διαλύμα θειικοῦ δξέος (H_2SO_4) καὶ ἔχουν ήλεκτρόδια ἀπρόσβλητα ἀπὸ τὸ δξέν (π.χ. ἀπὸ λευκόχρυσο) (σχ. 122).



Σχ. 122. Οἱ δγκοὶ τοῦ ύδρογόνου ποὺ ἐλευθερώνονται ἀπὸ τὰ τρία βολτάμετρα εἰναι ἵσοι.

Τὰ βολτάμετρα διαφέρουν πολὺ στὶς διαστάσεις καὶ στὴ μορφῇ, τόσο τῶν δοχείων, δσο καὶ τῶν ήλεκτροδίων, καθὼς καὶ στὶς ἀποστάσεις ποὺ χωρίζουν τὰ ήλεκτρόδια. Ή ποσότητα ἐπίσης τοῦ δξυνισμένου νεροῦ δὲν εἶναι ἡ ἴδια καὶ στὰ τρία βολτάμετρα.

Ἀναστρέφομε ἐπάνω ἀπὸ τὶς καθόδους τῶν βολταμέτρων τρεῖς δγκομετρικοὺς σωλῆνες γεμισμένους μὲ διάλυμα ἀραιοῦ θειικοῦ δξέος, δμοιο μὲ τὸ διάλυμα ποὺ περιέ-

χουν τὰ δοχεῖα, καὶ κλείνομε τὸ κύκλωμα. Καθὼς γνωρίζομε, ἀπελευθερώνεται ύδρογόνο, ποὺ συλλέγεται στοὺς ἀναστραμμένους δγκομετρικοὺς σωλῆνες.

Μετὰ ἀπὸ μικρὸ χρονικὸ διάστημα διακόπτομε τὸ κύκλωμα καὶ παρατηροῦμε ὅτι οἱ δγκοὶ τοῦ ύδρογόνου, ποὺ ἀπελευθερώθηκαν σὲ κάθε ἔνα ἀπὸ τὰ βολτάμετρα, εἰναι ἵσοι.

Ἄν πραγματοποιήσουμε ἔνα ἀνάλογο μὲ τὸ παραπάνω πείραμα, χρησιμοποιῶντας σὰν ήλεκτρολύτη νιτρικὸ ἀργυροῦ ($AgNO_3$) καὶ μὲ τελείως διαφορετικὰ βολτάμετρα, θὰ παρατηρήσουμε ὅτι οἱ ποσότητες τοῦ ἀργύρου ποὺ μαζεύονται στὶς καθόδους καὶ τῶν τριῶν βολταμέτρων εἰναι ἵσες.

Ἐπίσης ἂν χρησιμοποιήσουμε βολτάμετρα μὲ ήλεκτρολύτη θειικὸ χαλκὸ ($CuSO_4$), θὰ διαπιστώσουμε ὅτι οἱ μάζες τοῦ χαλκοῦ ποὺ μαζεύονται στὶς καθόδους εἰναι πάλι ἵσες μεταξύ τους.

§ 119. Εξήγηση τοῦ φαινομένου. Εννοια τῆς ποσότητας τοῦ ήλεκτρισμοῦ. Στὰ τρία βολτάμετρα τοῦ προηγούμενου πειράματος ἡ ἀπελευθέρωση τοῦ ύδρογόνου δφείλεται στὸ πέρασμα τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος.

Ἄφοιοι οἱ δγκοὶ τοῦ ύδρογόνου, ποὺ συλλέγονται στοὺς δγκομετρικοὺς σωλῆνες, ἡ οἱ μάζες τῶν μετάλλων, ποὺ ἀποθέτονται στὴν κάθοδο, εἰναι ἵσα, εἰναι λογικὸ νὰ

νύποθέσουμε ότι αύτό συμβαίνει, έπειδή τά βολτάμετρα διαρρέονται άπό την ίδια ποσότητα ήλεκτρισμού. Δηλαδή ή ποσότητα ήλεκτρισμού είναι έκεινη που καθορίζει τὸν δύκο τοῦ θύρων ποὺ άπελευθερώνεται ή τὴ μάζα τοῦ μετάλλου ποὺ μαζεύεται στὴν κάθοδο. Γι' αύτὸν λέμε ότι:

'Η ποσότητα τοῦ ήλεκτρισμοῦ, ποὺ μεταφέρεται άπό τὸ ήλεκτρικὸ ρεῦμα, είναι άναλογη πρὸς τὸν δύκο τοῦ θύρων ποὺ άπελευθερώνεται η πρὸς τὴ μάζα τοῦ μετάλλου ποὺ μαζεύεται στὴν κάθοδο.

Δηλαδή, σταν ὁ δύκος τοῦ θύρων ή μάζα τοῦ μετάλλου είναι διπλάσια, τριπλάσια, τετραπλάσια κλπ., αύτὸν σημαίνει ότι ή ποσότητα τοῦ ήλεκτρισμοῦ ποὺ πέρασε άπό τὸ βολτάμετρο είναι δύο, τρεῖς, τέσσερεις φορὲς μεγαλύτερη κλπ.

Μονάδες τῆς ποσότητας τοῦ ήλεκτρισμοῦ. Ως μονάδα γιὰ τὴ μέτρηση τῆς ποσότητας τοῦ ήλεκτρισμοῦ χρησιμοποιοῦμε τὸ 1 Κουλόμπ (1 Coulomb, 1 Cb).

Τὸ 1 Κουλόμπ (1 Cb) είναι ή ποσότητα τοῦ ήλεκτρισμοῦ, ποὺ, σταν περάσει άπό ἔνα βολτάμετρο μὲ νιτρικὸ ἄργυρο (AgNO_3), άποθέτει στὴν κάθοδο ποσότητα 1,118 mgr ἀργύρου.

'Αριθμητικὴ ἐφαρμογὴ. Νὰ οὐπολογιστεῖ ἡ ποσότητα τοῦ ήλεκτρισμοῦ, ποὺ άποθέτει 0,274 gr ἀργύρου στὴν κάθοδο ἐνὸς βολταμέτρου μὲ νιτρικὸ ἄργυρο.

Λύση. 'Αφοῦ τὰ 1,118 mgr ἀργύρου ἐλευθερώνονται στὴν κάθοδο άπό 1 Cb, τὰ 0,274 gr = 274 mgr θὰ ἐλευθερώνονται άπό ποσότητα ήλεκτρισμοῦ ἵση πρὸς:

$$\frac{274}{1,118} \text{ Cb} = 245 \text{ Cb}$$

§ 120. "Ενταση τοῦ ήλεκτρικοῦ ρεύματος. Πολλὲς φορὲς μᾶς χρειάζεται νὰ γνωρίζουμε τὴν παροχὴ μιᾶς σωληνώσεως στὸ δίκτυο θύρων ή στὸ δίκτυο τοῦ φωτα-

ερίου. Μᾶς ἐνδιαφέρει δηλαδὴ νὰ γνωρίζουμε πόσα κυβικὰ μέτρα νερὸ ἢ ἀέριο περνοῦν άπό μιὰ τυχαία διατομὴ τοῦ δικτύου, στὴ μονάδα τοῦ χρόνου.

'Ανάλογα καὶ τὴν ήλεκτρικὴν παροχὴν ἐνὸς ἀγωγοῦ, ποὺ διαρρέεται άπό ήλεκτρικὸ ρεῦμα, τὴν δονομάζομε ἐνταση τοῦ ήλεκτρικοῦ ρεύματος καὶ τὴ συμβολίζομε μὲ i.

Η ἐνταση i τοῦ ήλεκτρικοῦ ρεύματος, ποὺ διαρρέει ἔναν ἀγωγό, είναι ή ίδια σὲ δλα τὰ σημεῖα ἐνὸς ἀπλοῦ κλειστοῦ κυκλώματος.

Μονάδα ἐντάσεως τοῦ ήλεκτρικοῦ ρεύματος. Η μονάδα ἐντάσεως τοῦ ήλεκτρικοῦ ρεύματος είναι τὸ 1 'Αμπερ (Ampère) καὶ συμβολίζεται μὲ 1 A ή 1 Amp.

Τὸ 1 'Αμπερ (1 A, 1 Amp) είναι ἵση μὲ τὴν ἐνταση τοῦ ήλεκτρικοῦ ρεύματος ποὺ μέσα σὲ ἔνα δευτερόλεπτο άποθέτει στὴν κάθοδο ἐνὸς βολταμέτρου μὲ νιτρικὸ ἄργυρο ποσότητα 1,118 mgr ἀργύρου.

Άπό τὸν δρισμὸ τῆς μονάδας 'Αμπερ παρατηροῦμε ότι τὸ 1 'Αμπερ μπορεῖ νὰ θεωρηθῇ ὡς ή ἐνταση τοῦ ήλεκτρικοῦ ρεύματος, ποὺ μεταφέρει μέσα σὲ 1 δευτερόλεπτο ποσότητα ήλεκτρισμοῦ ἵση πρὸς 1 Κουλόμπ.

Υποπολλαπλάσιο τῆς μονάδας 'Αμπερ είναι τὸ 1 μιλιαμπέρ (1 milliampère), ποὺ συμβολίζεται μὲ 1 mA καὶ τὸ 1 μικρο-αμπέρ (1 microampère), τὸ όποιο συμβολίζεται μὲ 1 μΑ. Ἐτσι ἔχομε:

$$1 \text{ mA} = \frac{1}{1000} \text{ A} = 10^{-3} \text{ A}$$

$$1 \text{ μΑ} = \frac{1}{1000000} \text{ A} = 10^{-6} \text{ A}$$

§ 121. Σχέση μεταξὺ ποσότητας ήλεκτρισμοῦ καὶ ἐντάσεως ρεύματος. 'Αφοῦ ήλεκτρικὸ ρεῦμα ἐντάσεως 1 'Αμπερ μεταφέρει μέσα σὲ 1 δευτερόλεπτο ποσότητα ήλεκτρισμοῦ ἵση πρὸς 1 Κουλόμπ, ή-

λεκτρικό ρεῦμα έντάσεως i 'Αμπέρ θά μεταφέρει σε χρόνο t δευτερολέπτων ποσότητα ήλεκτρισμού q Κουλόμπ, που θά είναι ίση μέ:

$$q = i \cdot t$$

Άριθμητικό παράδειγμα: Πόσο ήλεκτρικό φορτίο μεταφέρει σε χρόνο 2 min ήλεκτρικό ρεῦμα έντάσεως 5 A;

Λύση. Από τη σχέση $q = i \cdot t$, άντικαθιστώντας τά σύμβολα με τις τιμές τους, δηλαδή $i = 5 A$, $t = 2 \text{ min} = 2 \cdot 60 \text{ sec} = 120 \text{ sec}$, έχουμε:

$$q = 5 \cdot 120 \text{ Cb} = 600 \text{ Cb}$$

§ 122. Σύστημα μονάδων M.K.S.A. Άν στις θεμελιώδεις μονάδες τοῦ συστήματος M.K.S. προσθέσουμε ως θεμελιώδη μονάδα καὶ τὸ 'Αμπέρ, δημιουργεῖται ένα γενικότερο σύστημα μονάδων, που περιλαμβάνει καὶ τις μονάδες ποὺ χρησιμοποιοῦμε στὸν 'Ηλεκτρισμό καὶ δύναμέται **Σύστημα M. K. S. A.** ή **Σύστημα Τζιόρτζι (Giorgi).**

Τὸ σύστημα αὐτὸ τὸν μονάδων βασίζεται στις τέσσερεις θεμελιώδεις μονάδες: μέτρο, χιλιόγραμμο, δευτερόλεπτο καὶ 'Αμπέρ.

§ 123. Ποσότητα ήλεκτρισμοῦ ἀπαραίτητη γιὰ τὴν ἀπελευθέρωση ένδος γραμμοῖσοδύναμου δόπιουδήποτε μετάλλου. Άπο τὸν δρισμὸ τῆς μονάδας γιὰ τὴν ποσότητα τοῦ ήλεκτρισμοῦ, γνωρίζομε διτὶ 1 Cb ἐλευθερώνει 1,118 mgr (0,001 118 gr) ἀργύρου σὲ μιὰ ήλεκτρόλυση, διαλύματος νιτρικοῦ ἀργύρου (AgNO_3).

Έπομένως γιὰ νὰ ἀπελευθερωθεῖ ένα γραμμοῖσοδύναμο ἀργύρου, δηλαδὴ μάζα 108 gr τοῦ μετάλλου, πρέπει νὰ περάσει ποσότητα ήλεκτρισμοῦ ίση μέ:

$$q = \frac{108}{0,001 118} \text{ Cb} = 96\,500 \text{ Cb}$$

Αὐτὴ ή ίδια ποσότητα ήλεκτρισμοῦ ἀπελευθερώνει ἐπίσης $64/2 \text{ gr} = 32 \text{ gr}$ χαλκό,

$197/3 \text{ gr} = 65,6 \text{ gr}$ χρυσὸ ή 1 gr οὐδρογόνο, δηλαδὴ ποσότητες ίσες πρὸς ένα γραμμοῖσοδύναμο τῶν ἀντίστοιχων μετάλλων ή ένα γραμμάριο οὐδρογόνο. Ωστε:

Ποσότητα ήλεκτρισμοῦ ίση πρὸς 96 500 Cb ἀπελευθερώνει στὴν κάθοδο, στὴ διάρκεια μιᾶς ήλεκτρολύσεως, μάζα ίση μὲ ένα γραμμαῖσοδύναμο ὅποιουδήποτε μετάλλου ή ένα γραμμάριο οὐδρογόνο.

§ 124. Γενίκευση. Τύπος τοῦ Φάρανταιον. Υποθέτομε διτὶ ήλεκτρικό ρεῦμα έντάσεως i 'Αμπέρ διαρρέει, γιὰ χρονικὸ διάστημα t sec, ένα βολτάμετρο. Θὰ ύπολογίσουμε τὴ μάζα π σὲ γραμμάρια τοῦ μετάλλου ποὺ μαζεύεται στὴν κάθοδο, γνωρίζοντας τὸ ἀτομικὸ βάρος A τοῦ μετάλλου καὶ τὸ σθένος π τοῦ ίόντος του.

Μάθαμε διτὶ ποσότητα ήλεκτρισμοῦ ίση πρὸς 96 500 Cb ἀπελευθερώνει στὴν κάθοδο ένδος βολταμέτρου ένα γραμμοῖσοδύναμο τοῦ μετάλλου, δηλαδὴ μάζα ίση μὲ A/n γραμμάρια.

Ἐπομένως 1 Cb ἀπελευθερώνει μάζα ίση μέ:

$$\frac{1}{96\,500} \cdot \frac{A}{n} \text{ gr}$$

καὶ συνεπῶς ποσότητα ήλεκτρισμοῦ q Cb θὰ ἀποθέσει μάζα π τοῦ μετάλλου ίση μέ:

$$m = \frac{1}{96\,500} \cdot \frac{A}{n} \cdot q$$

'Επειδὴ ὅμως ίσχύει ή σχέση $q = i \cdot t$, ή παραπάνω ἔξισωση γράφεται καὶ ως ἔξις:

$$m = \frac{1}{96\,500} \cdot \frac{A}{n} \cdot i \cdot t$$

§ 125. 'Αμπερώρα. Άλλη μονάδα ποσότητας ήλεκτρισμοῦ. Τὸ Κουλόμπ είναι μιὰ πολὺ μικρὴ μονάδα καὶ γι' αὐτὸν τὸ λόγο στὶς πρακτικὲς ἐφαρμογές προτιμοῦμε νὰ

χρησιμοποιούμε ώς μονάδα ποσότητος ή-λεκτρισμού την **1 άμπερώρα** (1 Ah).

Mία άμπερώρα (1 Ah) είναι ίση με την ποσότητα του ήλεκτρισμού, που μεταφέρεται σε μάν ώρα ήποτε ήλεκτρικό ρεύμα έντάσεως ένδεικνυτής.

Έπομένως θά είναι:

$$1 \text{ Ah} = 1 \text{ A} \cdot 1 \text{ h} = 1 \text{ A} \cdot 3600 \text{ sec} = 3600 \text{ Cb}$$

Cb. Δηλαδή:

$$\boxed{1 \text{ Ah} = 3600 \text{ Cb}}$$

Έτσι, λέμε π.χ. διτι ένας συσσωρευτής έχει χωρητικότητα 90 Ah, άν τον είναι σε θέση νά τροφοδοτεί μέρευμα 3 A για 30 h ένα κύκλωμα ή νά τροφοδοτεί μέρευμα 9 A για 10 h κλπ.

Άριθμητικό παράδειγμα. Ένας συσσωρευτής παράγει μέρευμα έντάσεως 2,4 A άδιάκοπα 15 ώρες. Νά υπολογίσετε τη χωρητικότητα του συσσωρευτή σε άμπερώρες, δηλαδή την ποσότητα του ήλεκτρισμού που είναι σε θέση νά άποδώσει.

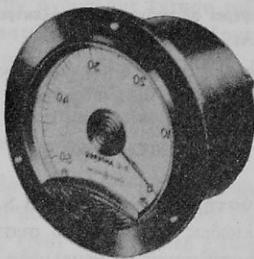
Λύση. Άντικαθιστώντας στόν τύπο $q = i \cdot t$, (όπου q η ποσότητα του ήλεκτρισμού, που είναι σε θέση νά άποδώσει συσσωρευτής, i η ένταση του ήλεκτρικού μέρευματός του και t ο χρόνος σε ώρες, μέσα στόν όποιο άποδίδεται το ήλεκτρικό φορτίο) τά σύμβολα με τις άριθμητικές τους τιμές, παίρνουμε:

$$q = i \cdot t = 2,4 \text{ A} \cdot 15 \text{ h} = 36 \text{ Ah}$$

§ 126. Μέτρηση της έντάσεως του ήλεκτρικού μέρευματος. Άμπερόμετρο. Ή ένταση του ήλεκτρικού μέρευματος μπορεί νά μετρηθεί βέβαια μέρευμα ένα βολτάμετρο νιτρικού άργυρου.

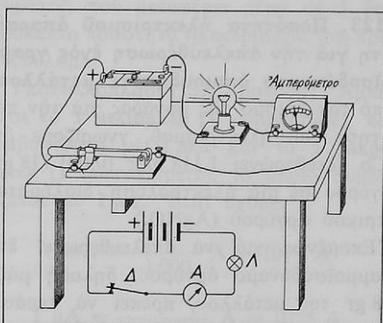
Η έργασία αυτή δύναται είναι σύντομη και εύκολη. Πρέπει νά ζυγίσουμε την κάθοδο πρίν και μετά την ήλεκτρικότητα, νά γνωρίζουμε τη διάρκεια της ήλεκτρολύσεως και νά κάνουμε υπολογισμούς.

Γι' αυτόν τό λόγο προτιμούμε ένα άλλο είδος δργάνων με διάθεσης άναγνωσης, τῶν όποιων οί ένδειξεις προκαλούνται από μαγνητικά ή θερμικά άποτελέσματα του ήλεκτρικού μέρευματος. Τά δργανα αυτά δονούμενται άμπερόμετρα (σχ. 123).



Σχ. 123. Έξωτερική οψη συνηθισμένου άμπερομέτρου.

Τά άμπερόμετρα παρεμβάλλονται, δημοσιεύονται, σειρά μαζί με τις διάφορες συσκευές (βολτάμετρα, διακόπτες, κινητήρες κ.λπ.), δημοσιεύονται στό σχήμα 124.



Σχ. 124. Σε όποιαδήποτε θέση του κυκλώματος παρεμβληθεί τό άμπερόμετρο, δείχνει την ίδια ένδειξη.

1. Η ποσότητα του ήλεκτρισμού είναι μετρήσιμο μέγεθος.
2. Μονάδα ποσότητας του ήλεκτρισμού είναι το Κουλόμπ (1 Cb), ίσο με την ποσότητα του ήλεκτρισμού που αποθέτει 1,118 mgr ἀργύρου στη κάθοδο ἐνὸς βολταμέτρου μὲν νιτρικὸ ἄργυρο.
3. Ἐνταση του ήλεκτρικοῦ ρεύματος, ποὺ διαρρέει ἐναν ἀγωγό, δονομάζομε τὴν παροχὴ του ἀγωγοῦ σὲ ήλεκτρικὰ φορτία.
4. Η ἔνταση του ήλεκτρικοῦ ρεύματος μετρίεται σὲ Ἀμπέρ. Τὸ ἔνα Ἀμπέρ (1A) είναι ίσο μὲ τὴν ἔνταση του ήλεκτρικοῦ ρεύματος, ποὺ αποθέτει στὴν κάθοδο ἐνὸς βολταμέτρου μὲ νιτρικὸ ἄργυρο 1,118 mgr ἀργύρου σὲ κάθε δευτερόλεπτο.
5. Η ποσότητα του ήλεκτρισμού σὲ Κουλόμπ, ποὺ μεταφέρεται ἀπὸ ήλεκτρικὸ ρεῦμα ἐντάσεως ī Ἀμπέρ σὲ χρόνο t sec, δίνεται ἀπὸ τὴ σχέση:

$$q = i \cdot t$$

6. Γιὰ νὰ ἔλευθερωθεῖ στὴν κάθοδο ἐνὸς βολταμέτρου 1 gr ὑδρογόνου ἢ 1 γραμμοῖσοδύναμο ὅποιουδήποτε μετάλλου, χρειάζεται ποσότητα ήλεκτρισμοῦ ίση μὲ 96 500 Cb.
7. Η μάζα m σὲ gr του μετάλλου ποὺ μαζεύεται ἀπὸ ρεῦμα ἐντάσεως ī σὲ χρόνο t δίνεται ἀπὸ τὴ σχέση:

$$m = \frac{1}{96\,500} \cdot \frac{A}{n} \cdot i \cdot t$$

8. Η ἀμπερώρα είναι μονάδα ποσότητας ήλεκτρισμοῦ καὶ είναι ίση μὲ 3 600 Cb.
9. Η ἔνταση ἐνὸς ήλεκτρικοῦ ρεύματος μετρίεται μὲ ἀμπερόμετρο, ποὺ συνδέεται πάντοτε σὲ σειρὰ μὲ τὶς ἄλλες συσκευές του κυκλώματος.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

101. "Ενα βολτάμετρο περιέχει νιτρικὸ ἄργυρο. Αν κατὰ τὴν ήλεκτρόληνη ἀποθέτονται στὴν κάθοδο 3,6 gr ἀργύρου, νὰ ὑπολογιστεῖ ἡ ποσότητα του ήλεκτρισμοῦ ποὺ πέρασε ἀπ' τὸ βολτάμετρο (ἀτομικὸ βάρος ἀργύρου 108). (*'Απ. 3216,6 Cb.)*

102. Νὰ ὑπολογιστεῖ ἡ ἔνταση του ήλεκτρικοῦ ρεύματος, ποὺ σὲ μὰ ὥρα ἀποθέτει 19 gr ἀργύρου στὴν κάθοδο ἐνὸς βολταμέτρου, ποὺ περιέχει νιτρικὸ ἄργυρο. (*'Απ. 4,7 A περίπου.)*

103. Νὰ ὑπολογιστεῖ ὁ χρόνος ποὺ ἀπαιτεῖται γιὰ νὰ μαζευτὸν 9 gr ἀργύρου, στὴν κάθοδο ἐνὸς βολταμέτρου, ἀν ήλεκτρικὸ ρεῦμα ἐντάσεως 10 A περνᾶ ἀπὸ διάλυμα νιτρικοῦ ἀργύρου. (*'Απ. 804 sec.)*

104. Μία συστοιχία συσσωρευτῶν ἔχει χωρητικότητα 90 Ah καὶ είναι φορτισμένη κατὰ τὰ 3/5. Νὰ βρεθεῖ πόσο χρόνο ἡ συστοιχία θὰ μπορεῖ νὰ δίνει ήλεκτρικὸ ρεῦμα ἐντάσεως 4,5 A. (*'Απ. 12 h.)*

105. Ἔγα βολτάμετρο περιέχει δξυνισμένο νερό καὶ διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα ἐντάσεως 1,5 Α. α) Νὰ ὑπολογιστεῖ ἡ ποσότητα τοῦ ἡλεκτρισμοῦ ποὺ περνᾷ ἀπὸ τὸ βολτάμετρο σὲ 45 min. β) Νὰ ὑπολογιστεῖ ὁ δῆκος τοῦ ὑδρογόνου ποὺ ἐλεύθερωνται στὸ βολτάμετρο σὲ 45 min (σὲ κανονικές συνθήκες). (*Απ. α' 4 050 Cb. β' 470 cm³.*)

106. Νὰ ὑπολογιστεῖ ἡ μάζα τοῦ ἀργύρου ποὺ θὰ ἀποτελεῖ στὴν κάθοδο ἐνὸς βολταμέτρου, ποὺ περιέχει διάλυμα νιτρικοῦ ἀργύρου ἀν περάσει ἡλεκτρικὸ ρεῦμα ἐντάσεως 5 A ἐπὶ 20 min. (*Απ. 6,7 gr.*)

107. Νὰ βρεθεῖ ἡ ἔνταση τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ποὺ σὲ 23 min ἐλευθερώσει 7,2 gr καλκὸ κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυση διαλύματος θεικοῦ καλκοῦ. Τὸ λὸν τοῦ καλκοῦ νὰ θεωρηθεῖ διστονές καὶ τὸ ἀτομικὸ βάρος τοῦ καλκοῦ νὰ ληφθεῖ ἵστο μὲ 63.

(*Απ. 16 A περίπτων.*)

108. Ἡλεκτρικὸ ρεῦμα διέρχεται ἀπὸ ἔνα βολτάμετρο, ποὺ περιέχει νιτρικὸ ἀργύρο, καὶ ἀποθέτει στὴν κάθοδο σὲ 2 h μάζα ἀργύρου 16,0992 gr. α) Νὰ ὑπολογιστεῖ ἡ ποσότητα ἡλεκτρισμοῦ ποὺ διαρρέει τὸ βολτάμετρο. β) Νὰ ὑπολογιστεῖ ἡ ἔνταση τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

(*Απ. α' 14 384,6 Cb. β' 2 A περίπτων.*)

109. Ἡλεκτρικὸ ρεῦμα ἐντάσεως 5 A περγᾶ ἐπὶ 1 h καὶ 20 min ἀπὸ ἔνα βολτάμετρο, ποὺ περιέχει διάλυμα θεικοῦ καλκοῦ. Νὰ ὑπολογιστοῦν. α) Ἡ μάζα τοῦ καλκοῦ ποὺ μαζεύεται καὶ β) ὁ χρόνος ποὺ ἀπαιτεῖται γιὰ νὰ μαζευτοῦν 12 gr ἀργύρου, διταν τὸ βολτάμετρο περιέχει διάλυμα νιτρικοῦ ἀργύρου καὶ διαρρέεται ἀπὸ τὸ ίδιο ἡλεκτρικὸ ρεῦμα, ἐντάσεως 5 A. (*Ατομικὸ βάρος καλκοῦ 64 καὶ ἀργύρου 108. σθένος τοῦ λόντος τοῦ καλκοῦ 2 καὶ τοῦ λόντος τοῦ ἀργύρου 1.*)

(*Απ. α' 7,95 gr. β' 2 144,4 sec.*)

110. Ἡλεκτρικὸ ρεῦμα ἐντάσεως 2 A περγᾶ ἐπὶ 10 h ἀπὸ δύο βολτάμετρα συνδεμένα σὲ σειρὰ. Τὸ ἔνα ἔχει διάλυμα θεικοῦ καλκοῦ καὶ τὸ ἄλλο νιτρικοῦ ἀργύρου (ἀτομικὸ βάρος καλκοῦ 64, σθένος λόντος 2. Ἀτομικὸ βάρος ἀργύρου 108, σθένος λόντος 1). α) Νὰ ὑπολογιστεῖ ἡ μάζα τοῦ καλκοῦ ποὺ μαζεύτηκε στὴν κάθοδο τοῦ πρώτου βολταμέτρου. β) Ἄπὸ τὸ προηγούμενο ἀποτέλεσμα καὶ χρησιμοποιώντας μόνο τὸ ἀτομικὸ βάρος καὶ τὰ σθένη, νὰ ὑπολογιστεῖ ἡ μάζα τοῦ ἀργύρου ποὺ μαζεύεται στὴν κάθοδο τοῦ δευτέρου βολταμέτρου.

(*Απ. α' m = 23,87 gr. β' 77,35 gr.*)

111. Θέλουμε νὰ καλύψουμε μὲ στρῶμα ἀπὸ νικέλιο πάχονς 0,1 mm ἔνα μεταλλικὸ ἀντικείμενο, ποὺ ἔχει ἑπτάφαντα 116 cm². Ή ἔνταση τοῦ ρεύματος ποὺ χρησιμοποιοῦμε είναι 2,5 A. Νὰ ὑπολογιστεῖ ὁ χρόνος ποὺ ἀπαιτεῖται γι' αὐτὴ τὴν ἐργασία. Πυκνότητα νικελού: 8,8 gr/cm³, ἀτομικὸ βάρος 59 καὶ σθένος τοῦ λόντος τοῦ 2.

(*Απ. 13 337 sec περίπτων.*)

112. Πρόβλεπται νὰ ἐπιχαλκώσουμε καὶ τὶς δύο ὑφεις μιᾶς τραπέζοειδος πλάκας. Οἱ βάσεις τῆς πλάκας ἔχουν μῆκος 3 dm καὶ 20 cm καὶ τὸ ὕψος της είναι 150 mm. Τὸ πάχος τοῦ κάλυμμον στρῶματος θὰ είναι 0,1 mm. α) Νὰ ὑπολογιστεῖ ἡ μάζα τοῦ καλκοῦ ποὺ θὰ φρέπει νὰ καλύψει τὴν πλάκα. β) Νὰ καθοριστεῖ ἡ ποσότητα τοῦ ἡλεκτρισμοῦ ἡ ἀναγκαῖα γιὰ τὴν ἐπιχαλκωσή. γ) Νὰ βρεθεῖ ἡ ἔνταση τοῦ παρεχόμενον ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ἀν είναι γνωστὸ δῆμος ἡ ἐπιχαλκωσή θὰ διαρκέσει 5 h. Δίνοντας: ἡ πυκνότητα τοῦ καλκοῦ 8,8 gr/cm³, τὸ ἀτομικὸ τοῦ βάρος 63,6. Τὸ ίὸν τοῦ καλκοῦ νὰ ληφθεῖ διστονές.

(*Απ. α' 66 gr. β' 200 283 Cb περίπτων,*

γ' 11,1 A περίπτων.)

ΚΣΤ' — ΘΕΡΜΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΑΓΩΓΟΥ. ΜΟΝΑΔΑ ΟΗΜ. ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΤΖΑΟΥΛΑ.

§ 127. Γενικότητες. Ή θέρμανση ένδος ήλεκτρικού σίδερου δφείλεται στὸ πέρασμα τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος. Τὸ ηλεκτρικὸ ρεῦμα προκαλεῖ ἐπίσης τὴν πυράκτωση τοῦ νήματος ένδος λαμπτήρα. Αὐτὸ τὸ φαινόμενο εἶναι γενικότερο:

Κάθε ἀγωγὸς ποὺ διαρρέεται ἀπὸ ηλεκτρικὸ ρεῦμα θερμαίνεται.

Τὰ χάλκινα σύρματα τῶν ηλεκτρικῶν ἐγκαταστάσεων θερμαίνονται μὲ τὸ πέρασμα τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος: στὴν περίπτωση δημοσίου αὐτὴ ἡ αὔξηση τῆς θερμοκρασίας εἶναι ἀσήμαντη καὶ δὲν γίνεται εὔκολα αἰσθητή.

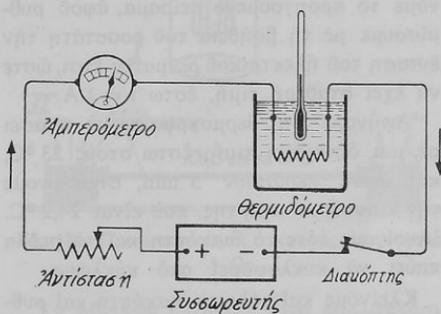
§ 128. Πειραματικὴ σπουδὴ τῶν θερμικῶν ἀποτελεσμάτων τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος. Τὰ θερμικὰ ἀποτελέσματα τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος ἐμελέτησε πρῶτος ὁ "Ἄγγιλος Φυσικὸς Τζάονλ (Joule)", γ' αὐτὸν ἀκριβῶς τὸ λόγο πολλὲς φορὲς τὴ θέρμανση ένδος ἀγωγοῦ, ὅταν τὸν διαρρέει ηλεκτρικὸ ρεῦμα, συνηθίζομε νὰ τὴ λέμε φαινόμενο Τζάονλ.

Ἡ ποσότητα τῆς θερμότητας, ποὺ ἀναπτύσσεται σὲ ἔναν ἀγωγὸ ἢ σὲ μιὰ ηλεκτρικὴ συσκευὴ, ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὸ χρόνο ποὺ διαρκεῖ τὸ πέρασμα τοῦ ρεύματος ἀπὸ τὸν ἀγωγὸ καὶ ἀπὸ τὴν ἔνταση τοῦ ρεύματος. Μεταβάλλεται δημοσία ἀπὸ τὴ μιὰ συσκευὴ στὴν ἄλλη. Ἔτσι, ένῶ εἶναι πολὺ σημαντικὴ σὲ μιὰν ηλεκτρικὴ θερμάστρα, εἶναι ἐντελῶς ἀσήμαντη σὲ ἔνα χάλκινο σύρμα.

1) Ἐπίδραση τοῦ χρόνου. Πείραμα. Πραγματοποιοῦμε τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 125 καὶ βυθίζομε σὲ ἔνα θερμιδόμετρο,

ποὺ περιέχει 200 gr πετρέλαιο, ἕνα πολὺ λεπτὸ ἀγωγὸ σύρμα ἀπὸ σιδηρονικέλιο.

Τὸ ἀμπερόμετρο, τὸ δποτὸ ἔχομε συνδέει σὲ σειρὰ στὸ κύκλωμα, μᾶς ἐπιτρέπει μὲ τὴ βοήθεια ένδος φροστάτη νὰ ρυθμίζομε τὴν ἔνταση τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἡ ρύθμιση γίνεται πρὶν ἀρχίσουμε τὸ πέρασμα, ἔστω δὲ 2 A ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος.



Σχ. 125. Γιὰ τὴν πειραματικὴ σπουδὴ τῶν θερμικῶν ἀποτελεσμάτων τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος.

Μὲ τὴ βοήθεια τοῦ θερμομέτρου, ποὺ εἶναι βυθισμένο στὸ πετρέλαιο, σημειώνομε κάθε λεπτὸ τὴ θερμοκρασία τοῦ πετρελαίου, σηχματίζοντας τὸν παρακάτω πίνακα:

Χρόνος σὲ min	0	1	2	3	4	5
Θερμοκρασία σὲ °C	19,8	20,7	21,7	22,6	23,6	24,6
Αὔξηση θερμοκρ. σὲ °C	0,9	1	0,9	1	1	

Ἀπὸ τὴ μελέτη τοῦ πίνακα συμπεραίνομε δτὶ ἡ θερμοκρασία τοῦ πετρελαίου

νψώνεται κατά μέσο δρο 1^oC σε κάθε λεπτό, πράγμα που μᾶς οδηγεῖ στήν παραδοχή ότι ή ποσότητα τής θερμότητας που έκλινεται μέσα στὸν άγωγό, αὐξάνεται κανονικά στή διάρκεια τοῦ πειράματος. Έπομένως:

‘Η ποσότητα τής θερμότητας ποὺ ἐκλίνεται σὲ ἔναν άγωγό, ἀπὸ τὸ πέρασμα ἡλεκτρικοῦ ρεύματος σταθερῆς ἐντάσεως, εἶναι ἀνάλογη πρὸς τὴ χρονικὴ διάρκεια τοῦ περάσματος τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

2) Ἐπίδραση τῆς ἐντάσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Πείραμα. Ἐπαναλαμβάνομε τὸ προηγούμενο πείραμα, ἀφοῦ ρυθμίσουμε μὲ τὴ βοήθεια τοῦ ροοστάτη τὴν ἐνταση τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ἔτσι, ὥστε νὰ ἔχει σταθερὴ τιμὴ, ἔστω i = 1 A.

Αφήνομε τὴ θερμοκρασία νὰ φτάσει σὲ μιὰ δρισμένη τιμὴ, ἔστω στὸν 23 °C, καὶ, ἀφοῦ περάσουν 5 min, σημειώνομε τὴν καινούρια τιμὴ τῆς, ποὺ εἶναι 24,2 °C. Ανοίγομε τότε τὸ διακόπτη καὶ τὸ ρεῦμα παύει νὰ κυκλοφορεῖ στὸ κύκλωμα.

Κλείνομε καὶ πάλι τὸ διακόπτη καὶ ρυθμίζομε τὸ ροοστάτη ἔτσι, ὥστε ἡ ἐνταση τοῦ ρεύματος νὰ εἶναι 2 A. Παρατηροῦμε τότε ότι σὲ χρόνο 5 min ἡ θερμοκρασία τοῦ πετρελαίου ἀνέβηκε ἀπὸ τὸν 23 °C στὸν 27,8 °C.

Ανοίγομε καὶ πάλι τὸ διακόπτη, ἐπαναλαμβάνομε τὸ ἰδιο πείραμα μὲ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα ἐντάσεως 3 A καὶ παρατηροῦμε ότι μέσα σὲ χρόνο 5 min ἡ θερμοκρασία ἀνέβηκε ἀπὸ τὸν 23 °C στὸν 33,8 °C.

Μὲ τὶς παραπάνω ἐνδείξεις καταστρώνομε τὸν ἀκόλουθο πίνακα:

*Ἐνταση i σὲ A	1	2	3
Θερμοκρασία t=0 min	23	23	23
t=5 min	24,2	27,8	33,8
Αὔξηση τῆς θερμοκρασίας σὲ °C	1,2	4,8	10,8

’Απὸ τὸν πίνακα συμπεραίνομε ότι: α) Η ἀνύψωση τῆς θερμοκρασίας εἶναι 1,2 °C, δταν ἡ ἐνταση τοῦ ρεύματος εἶναι 1 A. β) Η ἀνύψωση τῆς θερμοκρασίας εἶναι 4,8° C, δταν ἡ ἐνταση τοῦ ρεύματος εἶναι 2 A. γ) Η ἀνύψωση τῆς θερμοκρασίας εἶναι 10,8 °C, δταν ἡ ἐνταση τοῦ ρεύματος εἶναι 3 A. Ἐπειδὴ δμως εἶναι:

$$1,2 = 1,2 \cdot 1 = 1,2 \cdot 1^2$$

$$4,8 = 1,2 \cdot 4 = 1,2 \cdot 2^2$$

$$10,8 = 1,2 \cdot 9 = 1,2 \cdot 3^2$$

παρατηροῦμε ότι ἡ αὔξηση τῆς θερμοκρασίας εἶναι σὲ κάθε περίπτωση ἀνάλογη πρὸς τὸ τετράγωνο τῆς ἐντάσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἐπειδὴ δμως γιὰ ἔνα δρισμένο σῶμα ἡ αὔξηση τῆς θερμοκρασίας του εἶναι ἀνάλογη πρὸς τὴν ποσότητα τῆς θερμότητας ποὺ ἀπορροφᾷ, καταλήγομε τελικὰ στὸ συμπέρασμα ότι:

‘Η ποσότητα τῆς θερμότητας, ποὺ σὲ ὄρισμένο χρόνο ἐκλίνεται μέσα σὲ ἔνα άγωγὸ ἔξαιτιας τοῦ περάσματος ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, εἶναι ἀνάλογη πρὸς τὸ τετράγωνο τῆς ἐντάσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ποὺ διαρρέει τὸν άγωγό.

3) Ἐπίδραση τῆς φύσης τοῦ άγωγοῦ. Αντίσταση. Πείραμα. Τὰ παραπάνω πειράματα ἐκτελέστηκαν μὲ τὸν ἰδιο άγωγὸ υθισμένο μέσα στὸ θερμιδόμετρο.

Αντικαθιστοῦμε τὸν άγωγὸ αὐτὸ μὲ ἔναν ἄλλο διαφορετικὸ ἀπὸ τὸν πρῶτο στὸ ὄλικὸ κατασκευῆς, στὸ μῆκος καὶ στὸ πάχος. Μετροῦμε τώρα τὴν ἀνύψωση τῆς θερμοκρασίας γιὰ πέρασμα ρεύματος ἐντάσεως ἔστω 2 A καὶ γιὰ χρονικὸ διάστημα 5 min στὸν δεύτερο άγωγὸ καὶ βρίσκομε ἔστω 14,4 °C ὑψωση τῆς θερμοκρασίας, ἐνῶ στὸν πρῶτο άγωγὸ εἴχαμε βρεῖ, μὲ τὶς ἰδιες συνθῆκες, ὑψωση 4,8 °C.

’Απὸ τὰ παραπάνω συμπεραίνομε ότι η ὑψωση τῆς θερμοκρασίας στὸν δεύτερο άγωγὸ εἶναι τρεῖς φορὲς μεγαλύτερη ἀπὸ

διπλάνων πρώτο άγωγό, πράγμα που σημαίνει διπλάνων πρώτο άγωγό, πράγμα που σημαίνει διπλάνων πρώτο άγωγό.

Τα συμπεράσματά μας αντάπτουν την άγωγό, που σημαίνει διπλάνων πρώτο άγωγό, είναι τριπλάσια από τη θερμότητα που εκλύεται στον πρώτο άγωγό.

Τα συμπεράσματά μας αντάπτουν την άγωγό, που σημαίνει διπλάνων πρώτο άγωγό, είναι τριπλάσια από την άγωγό, που σημαίνει διπλάνων πρώτο άγωγό. "Ωστε:

"Η άντισταση ένδος άγωγού είναι ένα φυσικό μέγεθος, που χαρακτηρίζει τὸν άγωγό στὸ φαινόμενο τοῦ Τζάουλ.

"Από τὸ παραπάνω πείραμα συμπεραίνουμε συνεπῶς διπλάνων πρώτο άγωγό, είναι άναλογη πρός τὴν ποσότητα τῆς θερμότητας που εκλύεται στον άγωγό.

"Αντιστρέφοντας ἐπομένως τὸ συλλογισμὸν μποροῦμε νὰ ποῦμε διπλάνων πρώτο άγωγό, είναι άναλογη πρός τὴν άντισταση τοῦ άγωγού.

"Η ποσότητα τῆς θερμότητας, που εκλύεται σὲ έναν άγωγό μὲ τὸ πέρασμα ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ἔχει ταῦτα από τὴν φύση τοῦ άγωγού καὶ είναι άναλογη πρός τὴν άντισταση τοῦ άγωγού.

"Η εκλύση θερμότητας στὸ πέρασμα τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, δίχειται ὡς ἔξις:

Τὰ ἡλεκτρόνια που μετακινοῦνται μέσα στὰ άγωγά σύρματα συναντῶν μιαν δρισμένην δυοκολία κατὰ τὴν κίνησή τους ἀνάμεσα στὰ ἄτομα τοῦ μετάλλου. Οἱ κρούσεις καὶ οἱ «τριβές» που ἀναπτύσσονται ἔχουν σὰν ἀποτέλεσμα τὴν εκλύση τῆς θερμότητας.

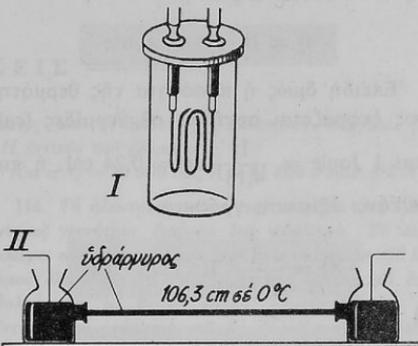
"Η θερμότητα συνεπῶς, που παράγεται σὲ έναν άγωγό στὸ πέρασμα τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, διφείλεται στὴν άντισταση που προβάλλει δ ἀγωγὸς στὴν κίνηση τῶν ἡλεκτρονίων.

Μονάδα άντιστάσεως. "Η άντισταση ένδος άγωγού μετριέται σὲ μονάδες "Ωμ (1 Ohm, 1 Ω), δύναμασια ποὺ δόθηκε γιὰ νὰ τιμηθεῖ δ Γερμανὸς Φυσικὸς καὶ Μαθηματικὸς Georg Simon Ohm (1787 - 1850).

Τὸ "Ωμ (1 Ω) είναι ίσο μὲ τὴν άντισταση ένδος άγωγού, στὸν δποῖο εκλύεται κάθε

δευτερόλεπτο ποσότητα θερμότητας ίσοδύναμη μὲ 1 Joule, διπλάνων πρώτο άγωγός διαρρέεται απὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα έντασεως 1 Ampère.

Οἱ μετρήσεις ἡλεκτρικῶν ἀντιστάσεων μποροῦν νὰ γίνονται μὲ σύγκριση πρὸς ἓνα "Ωμ. Γι' αὐτὸν τὸ λόγο κατασκευάσαν μιὰ πρότυπη άντισταση ἵση μὲ ἓνα "Ωμ (σχ. 126). "Ετσι τὸ "Ωμ παριστάνεται απὸ τὴν άντισταση μιᾶς κυλινδρικῆς στήλης ιδραργύρου, μήκους 106,3 cm καὶ τομῆς 1 mm² σὲ θερμοκρασία 0 °C.



Σχ. 126. Πραγματοποίηση πρότυπης άντιστάσεως 1 "Ωμ.

Τὸ Μεγκώμ (1 MΩ) είναι πολλαπλάσια μονάδα τοῦ 1 "Ωμ καὶ ἔχομε:

$$1 \text{ M}\Omega = 10^6 \Omega$$

§ 129. Νόμος τοῦ Τζάουλ. Τὰ συμπεράσματα τῶν πειραμάτων που κάναμε στὴν προηγούμενη παράγραφο συγκεντρώνονται στὴν ἀκόλουθη γενικὴ διατύπωση, ποὺ φέρει τὴν δύναμιαν νόμος τοῦ Τζάουλ.

"Η ποσότητα τῆς θερμότητος που εκλύεται σὲ έναν άγωγό, διπλάνων πρώτο άγωγό, είναι άναλογη: α) πρὸς τὴν άντισταση τοῦ άγωγού, β) πρὸς τὸ τετράγωνο τῆς έντασεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος καὶ γ) πρὸς τὸ χρόνο ποὺ διαρκεῖ τὸ πέρασμα τοῦ ρεύματος.

Τύπος τοῦ Τζάουλ. Σύμφωνα μὲ τὸν διατύπωσην τῆς άντιστάσεως, ή θερμότητα ποὺ

έκλνεται σὲ έναν άγωγό άντιστάσεως $1\ \Omega$, όταν τὸν περνᾶ ρεῦμα έντάσεως $1\ A$ καὶ γιὰ χρονικὸ διάστημα $1\ sec$ εἶναι ίσοδύναμη μὲ $1\ Joule$.

Έπομένως ἡ ποσότητα Q τῆς θερμότητας ποὺ έκλνεται σὲ έναν άγωγό άντιστάσεως $R\ Ohm$, όταν διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα έντάσεως $i\ Ampere$ καὶ γιὰ χρονικὸ διάστημα $t\ sec$, θὰ εἶναι ίσοδύναμη μὲ $R \cdot i^2 \cdot t\ Joule$. Δηλαδὴ:

$$Q = R \cdot i^2 \cdot t\ Joule$$

Ἐπειδὴ θμως ἡ ποσότητα τῆς θερμότητος έκφράζεται συνήθως σὲ θερμίδες (cal) καὶ $1\ Joule = \frac{1}{4,18}\ cal = 0,24\ cal$, ἡ παραπάνω ἔξισωση γράφεται:

$$Q = \frac{1}{4,18} R \cdot i^2 \cdot t\ cal$$

η

$$Q = 0,24 \cdot R \cdot i^2 \cdot t\ cal$$

Αριθμητικὲς ἔφαρμογές. 1. Μία ηλεκτρικὴ άντισταση $100\ \Omega$ διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα έντάσεως $5\ A$ ἐπὶ $10\ min$. Νά βρεθεῖ τὸ ποσὸν τῆς θερμότητας σὲ

Joule καὶ σὲ cal, τὸ όποῖον έκλνεται στὸ χρονικὸ αὐτὸ διάστημα.

Άνση: Ἀπὸ τὸν τύπο:

$$Q = R \cdot i^2 \cdot t\ Joule$$

ἀντικαθιστώντας τὰ δεδομένα:

$R = 100\ \Omega$, $i = 5\ A$ καὶ $t = 10\ min = 10 \cdot 60\ sec = 600\ sec$, παίρνομε:

$$Q = 100 \cdot 5^2 \cdot 600\ Joule = 1,5 \cdot 10^6\ Joule$$

Ἐπειδὴ θμως $1\ Joule = 0,24\ cal$, θὰ έχουμε:

$$Q = 1,5 \cdot 10^6\ Joule = 1,5 \cdot 10^6 \cdot 0,24\ cal$$

$$Q = 3,6 \cdot 10^5\ cal = 360\ kcal.$$

2. Ένας ηλεκτρικὸς λαμπτήρας διαρρέεται ἀπὸ ηλεκτρικὸ ρεῦμα έντάσεως $0,4\ A$ καὶ εἶναι βυθισμένος μέσα σὲ ένα θερμιδόμετρο, που περίεχε $450\ g$ νεροῦ. Μετὰ ἀπὸ χρονικὸ διάστημα $3\ min$ καὶ $20\ sec$, ἡ αύξηση τῆς θερμοκρασίας τοῦ νεροῦ εἶναι $4,8^\circ C$. Νά βρεθεῖ ἡ άντισταση τοῦ ηλεκτρικοῦ λαμπτήρα.

Άνση: Ἡ ποσότητα Q τῆς θερμότητας ποὺ έκλύεται εἶναι ίση μὲ: $Q = m \cdot c \cdot \Delta \theta$:

$$Q = 450 \cdot 1 \cdot 4,8\ cal = 2\ 160\ cal$$

Ἐφαρμόζοντας τὴν ἔξισωση τοῦ Τζάουλ έχομε διτ: $Q = 0,24 \cdot R \cdot i^2 \cdot t$, καὶ βάζοντας $Q = 2\ 160\ cal$, $i = 0,4\ A$ καὶ $t = 3\ min\ 20\ sec = 200\ sec$, βρίσκομε τελικά:

$$R = 282\ \Omega \text{ περίπου}$$

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Τὸ ηλεκτρικὸ ρεῦμα θερμαίνει τοὺς άγωγοὺς μέσα ἀπὸ τοὺς όποίους περνᾶ (Θερμότητα Τζάουλ).

2. Ἡ πειραματικὴ σπουδὴ τῶν θερμικῶν ἀποτελεσμάτων τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος γίνεται μὲ ένα τμῆμα άγωγοῦ σύρματος, βυθισμένου σ' ένα θερμιδόμετρο μὲ πετρέλαιο. Μετροῦμε τότε τὴν άνυψωση τῆς θερμοκρασίας, ποὺ προκαλεῖται ἀπὸ τὸ πέρασμα τοῦ ρεύματος.

3. Ἡ άντισταση ἑνὸς άγωγοῦ εἶναι μέγεθος ποὺ χαρακτηρίζει τὸν άγωγὸ άναφορικὰ μὲ τὸ φαινόμενο Τζάουλ. Ἡ άντισταση μετρίεται σὲ μονάδες "Ωμ. Τὸ "Ωμ ($1\ \Omega$, $1\ Ohm$) εἶναι ίσο μὲ τὴν άντισταση ἑνὸς άγωγοῦ, διόπου έκλνεται κάθε δευτερόλεπτο ποσότητα θερμότητας ίσοδύναμη μὲ $1\ Joule$, όταν ὁ άγωγὸς διαρρέεται ἀπὸ ηλεκτρικὸ ρεῦμα έντάσεως $1\ A$.

4. Ὁ νόμος τοῦ Τζάουλ έκφράζει διτ: Ἡ ποσότητα θερμότητας ποὺ έκλνεται μέσα σ' έναν άγωγό, ἄμα περνᾶ ἀπὸ αὐτὸν ηλεκτρικὸ ρεῦμα, εἶναι ἀνάλογη πρὸς

τὴν ἀντίσταση τοῦ ἀγωγοῦ, πρὸς τὸ τετράγωνο τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος καὶ πρὸς τὸ χρόνο διόδου τοῦ ρεύματος.

5. Ἡ μαθηματικὴ ἔκφραση τοῦ νόμου τοῦ Τζάουλ εἶναι ἡ ἀκόλουθη:

$$Q = 0,24 \cdot R \cdot i^2 \cdot t$$

"Οταν ἡ ἀντίσταση R ἔκφραζεται σὲ μονάδες Ὁμ, ἡ ἐνταση ἵ σὲ μονάδες Ἀμπέρ καὶ ὁ χρόνος t σὲ δευτερόλεπτα, ἡ ποσότητα θερμότητας Q βρίσκεται σὲ θερμίδες.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

113. Ἔνας ἡλεκτρικὸς θερμαντήρας ἔχει ἀντίσταση 30Ω καὶ διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα ἐντάσεως $4 A$. Νὰ ὑπολογιστεῖ ἡ ποσότητα τῆς θερμότητας ποὺ ἐλευθερώνεται σὲ $5 min$.

(Απ. 34,66 kcal.)

114. Ἔνας ἀγωγὸς εἶναι βιθυσμένος μέσα σὲ ἓνα θερμιδόμετρο μὲν νερό. Τὸ ἰσοδίναμο σὲ νερὸ τοῦ θερμιδόμετρον εἶναι $500 cal/grad$. Ἐν τοῖς περάσει ἀπὸ τὸν ἀγωγὸ ρεῦμα ἐντάσεως $1,5 A$ καὶ γιὰ δύο πρῶτα λεπτά, ἡ θερμοκρασία τοῦ νεροῦ ἀνεβαίνει κατὰ $2,5 ^\circ C$. Νὰ ὑπολογιστεῖ ἡ ἀντίσταση τοῦ ἀγωγοῦ.

(Απ. 19,44 Ω .)

115. Σὲ ἕνα θερμιδόμετρο, θερμοκρατική τατας $20 cal/grad$, ποὺ περιέχει $480 gr$ νερό, βιθυζόμενος σὲ σύρμα, ποὺ ἔχει ἀντίσταση 8Ω , καὶ τροφοδοτοῦμε γιὰ $3 min$ καὶ $29 sec$ μὲ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα. Ἡ θερμοκρασία τοῦ νεροῦ ἀνεβαίνει κατὰ $20 ^\circ C$. Νὰ ὑπολογιστοῦν: α) Ἡ ποσότητα τῆς θερμότητας ποὺ ἐλευθερώθηκε ἀπὸ τὸ πέρασμα τοῦ ρεύ-

ματος καὶ ἡ ἀντίστοιχη ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια. β) Ἡ ἐνταση τοῦ ρεύματος.

(Απ. α' $Q = 10\,000 cal$, $A = 41\,800 Joule$, β' $5 A$.)

116. Τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα ποὺ παράγει μιὰ ἡλεκτρικὴ γεννήτρια διαρρέει ἐνα κύκλωμα. Τὸ κύκλωμα αὐτὸ ἀποτελεῖται ἀπὸ μιὰν ἀντίσταση 20Ω , διόπι ἐλευθερώνονται $460 cal$ κάθε λεπτό, καὶ ἔνα βολτάμετρο μὲ θεικὸ χαλκό. Ζητοῦνται: α) Ἡ ἐνταση τοῦ ρεύματος καὶ β) ἡ μάξα τοῦ χαλκοῦ ποὺ μοιεύεται στὴν κάβοδο σὲ 10 πρῶτα λεπτά. Ἀτομικὸ βάρος τοῦ χαλκοῦ 64 . Ὁ χαλκός νὰ θεωρηθῇ δισθενής. (Απ. α' $1,27 A$, β' $0,25 gr$.)

117. Ρεῦμα ἐντάσεως $3 A$ διαρρέει ἐπὶ 8 πρῶτα λεπτά ἔναν ἀγωγὸ ἀντιστάσεως $3,5 \Omega$. Ἡ ἀντίσταση εἶναι βιθυσμένη μέσα σὲ 1 λίτρο νερὸ ἀρχικῆς θερμοκρασίας $20 ^\circ C$. α) Νὰ ὑπολογιστεῖ σὲ Joule ἡ θερμότητα ποὺ ἀποδίδεται στὸ νερό. β) Νὰ βρεθεῖ ἡ τελικὴ θερμοκρασία τοῦ νεροῦ. ($\Upsilon_{θερμ}$ τονιμε στὶ τὸ ἰσοδίναμο σὲ νερὸ τοῦ δοχείου εἶναι μηδέν). (Απ. α' $Q = 15\,120 J$, β' $23,6 ^\circ C$.)

KZ' — ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ. ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΙΣΧΥΣ

§ 130. **'Ηλεκτρική ένέργεια.** α) Η θερμότητα πού δικλύεται σ' έναν άγωγό, δταν τὸν διαρρέει ήλεκτρικό ρεῦμα, είναι μιά μορφὴ ένέργειας.

Τὸ ήλεκτρικό ρεῦμα, ποὺ προκαλεῖ τὴν έμφάνιση τῆς θερμότητας αὐτῆς, είναι μιά ἄλλη μορφὴ ένέργειας, ποὺ τὴν δυομάζουμε ήλεκτρική ένέργεια. Η ήλεκτρική ένέργεια μετατρέπεται σὲ θερμική ένέργεια.

Στὸ προτιγόνυμενο κεφάλαιο ἀναφέραμε δτὶ ή ποσότητα θερμότητας $Q = 0,24 R \cdot i^2 \cdot t$ cal είναι ίσοδύναμη μὲ $R \cdot i^2 \cdot t$ Joule.

Μὲ τὸν ἴδιο τρόπο τὴν ήλεκτρική ένέργεια A σὲ Joule τὴν κάνομε ίσοδύναμη μὲ μηχανική ένέργεια καὶ γράφομε:

$$A = R \cdot i^2 \cdot t \text{ Joule}$$

'Αριθμητική ἔφαρμογή. Ένας λαμπτήρας πυρακτώσεως μὲ ἀντίσταση 410 Ω, διαρρέεται ἀπό ήλεκτρικό ρεῦμα, ἐντάσεως 0,3 A. Πόση ήλεκτρική ένέργεια καταναλώνει ὁ λαμπτήρας σὲ χρόνο 10 min.

Δύνη. Ἀπό τὸν τύπο $A = R \cdot i^2 \cdot t$, ἀντικαθιστῶντας τὰ σύμβολα μὲ τὶς τιμές τους, δηλαδὴ $R = 410 \Omega$, $i = 0,3 \text{ A}$, $t = 10 \text{ min} = 10 \cdot 60 \text{ sec} = 600 \text{ sec}$, παίρνομε.

$$A = 410 \cdot (0,3)^2 \cdot 600 \text{ Joule} = 22\,140 \text{ Joule.}$$

β) Περίπτωση ἐνὸς βολταμέτρου ἢ ἐνὸς ήλεκτρικοῦ κινητήρα. "Οπως οἱ ἀγωγοί, ἔτσι καὶ τὸ βολταμέτρο ἢ ὁ ήλεκτρικὸς κινητήρας (μιὰ μηχανὴ δηλαδὴ ποὺ λειτουργεῖ μὲ παροχὴ ήλεκτρικοῦ ρεύματος) θερμαίνονται, δταν περνᾶ ἀπ' αὐτὰ ήλεκτρικό ρεῦμα. Η ήλεκτρική ένέργεια ποὺ μετατρέπεται σὲ θερμικὴ ένέργεια είναι $R \cdot i^2 \cdot t$ Joule.

Τὸ ήλεκτρικό ρεῦμα δμως, διασπώντας τὸν ήλεκτρολύτη ἐνὸς βολταμέτρου, παράγει καὶ χημικὴ ένέργεια, ἐνῶ, δταν στρέφει ἔναν κινητήρα, παράγει καὶ μηχανικὴ ένέργεια.

Η ἐκφραση συνεπῶς $R \cdot i^2 \cdot t$ δὲν ἀντιπροσωπεύει παρὰ ἔνα μέρος A' τῆς συνολικῆς ήλεκτρικῆς ένέργειας A, ποὺ καταναλώνεται στὶς συσκευὲς αὐτές. Μιὰ ἄλλη ποσότητα ένέργειας A'', γενικὰ σπουδαιότερη ἀπὸ τὴν A', μετατρέπεται σὲ χημικὴ ἢ μηχανικὴ ένέργεια.

Ἐπομένως ἡ συνολικὴ ήλεκτρικὴ ένέργεια A, ποὺ καταναλώνεται στὶς περιπτώσεις αὐτές, είναι ἵση μὲ τὸ ὅθροισμα τῆς A' καὶ τῆς A''. Δηλαδή:

$$A = A' + A'' \quad \text{ἢ} \quad A = R \cdot i^2 \cdot t + A''$$

§ 131. **'Ηλεκτρικὴ ισχὺς.** Η ήλεκτρικὴ ισχὺς μιᾶς συσκευῆς είναι ἵση μὲ τὴν ήλεκτρικὴ ένέργεια ποὺ καταναλώνει ἡ συσκευὴ σὲ ἔνα δευτέρολεπτο καὶ ἐκφράζεται σὲ:

Τέσσαρου ἀνὰ δευτέρολεπτο (Joule/sec), δηλαδὴ σὲ Βάτ (W).

Χρησιμοποιοῦμε ἀκόμη καὶ τὸ πολλαπλάσιο τοῦ Βάτ τὸ κιλοβάτ (1 kW) καὶ, δπως γνωρίζομε, ίσχύει ἡ σχέση:

$$1 \text{ kW} = 1\,000 \text{ W}$$

Ἐπειδὴ ἡ ήλεκτρικὴ ένέργεια A, ποὺ καταναλώνεται μὲ μορφὴ θερμότητας σὲ χρόνο t, είναι ἵση μὲ: $A = R \cdot i^2 \cdot t$, ἡ ήλεκτρικὴ ένέργεια ποὺ καταναλώνεται σὲ ἔνα δευτέρολεπτο, δηλαδὴ ἡ ήλεκτρικὴ ισχὺς N, θὰ δίνεται ἀπὸ τὴν ἔξισωση:

$$N = \frac{A}{t} = \frac{R \cdot i^2 \cdot t}{t} = R \cdot i^2. \text{ Δηλαδὴ:}$$

$$N = R \cdot i^2$$

"Οταν ἡ R ἐκφράζεται σὲ "Ωμ καὶ ἡ i σὲ 'Αμπέρ, τότε ἡ ίσχὺς βρίσκεται σὲ Βάτ.

Η ήλεκτρικὴ ισχὺς ἐνὸς ήλεκτρικοῦ καταναλωτῆ σημειώνεται συνήθως ἐπάνω στὴ συσκευὴ μαζὶ μὲ ἄλλες χρήσιμες ἐνδείξεις γιὰ τὴ λειτουργία του.

Άριθμητικά παραδείγματα: 1. Νὰ υπολογιστεῖται η ηλεκτρική ισχύς ενός λαμπτήρα, αντιστάσεως 500Ω , που τὸν διαρρέει ρεύμα έντασεως $0,8$ A.

Άστη. Αντικαθιστώντας στὸν τύπο $N = R \cdot i^2$ τὰ δεδομένα τοῦ προβλήματος παίρνουμε:

$$N = 500 \cdot 0,8^2 W = 320 W$$

2. Μιὰ ηλεκτρικὴ συσκευή, ποὺ ἔχει ισχὺ ιση μὲ 1440 W, ἔχει άντισταση 10Ω . Πόση είναι η ένταση τοῦ ρεύματος ποὺ διαρρέει τὴ συσκευή;

Άστη. Απὸ τὸν τύπο $N = R \cdot i^2$, λύνοντας ὡς

$$\text{πρὸς } i \text{ παίρνομε } i = \sqrt{\frac{N}{R}}$$

Αντικαθιστώντας τὰ δεδομένα βρίσκομε:

$$i = \sqrt{\frac{1440}{10}} = \sqrt{144} = 12 A$$

Πρακτικὴ μονάδα ηλεκτρικῆς ένέργειας. Τὸ Τζάουλ (1 Joule) είναι πολὺ μικρὴ μονάδα ένέργειας. Γι' αὐτὸν τὸ λόγο στὶς τρέχουσες ἀνάγκες χρησιμοποιοῦμε μιὰ μεγαλύτερη μονάδα, τὴν:

1 βατώρα (1 Wh)

καὶ τὸ πολλαπλάσιό της

1 κιλοβατώρα (1 kWh)

Έχομε λοιπόν: $1 \text{ kWh} = 1000 \text{ Wh}$ καὶ

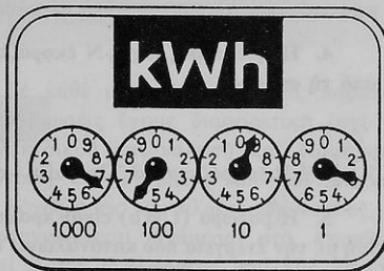
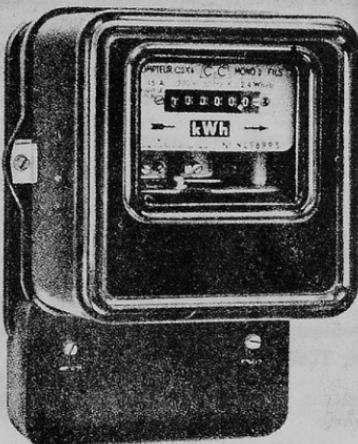
$$1 \text{ Wh} = 3600 \text{ Joule}$$

Η μονάδα βατώρα (1 Wh) είναι ίση μὲ τὴν ένέργεια ποὺ καταναλώνεται σὲ μιὰ ώρα μέσα σὲ ἔναν ἀγωγό ή μιὰ συσκευή, ὅταν η ισχὺς τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος είναι ένα Βάτ (1 W).

Άν λύσουμε τὴν έξισωση τῆς ισχύος ὡς πρὸς A, παίρνουμε: $A = N \cdot t$.

Όταν η ισχὺς N ἐκφράζεται σὲ Βάτ καὶ δὲ χρόνος t σὲ ώρες, η ηλεκτρικὴ ισχὺς N βρίσκεται σὲ βατώρες, (Wh). Βατώρες βρίσκουμε ἐπίσης, ἀν ἐκφράσουμε σὲ ώρες τὸ χρόνο στὴν έξισωση: $A = R \cdot i^2 \cdot t$.

Ή ενδειξῃ τῆς ηλεκτρικῆς ένέργειας ποὺ καταναλώνεται ἀπὸ τὶς διάφορες συσκευές



Σχ. 127. Μετρητὴς ηλεκτρικῆς ένέργειας (κοινῶς ρολόι ηλεκτρικοῦ). *Ενδειξῃ: 6 593 kWh.

μιᾶς ηλεκτρικῆς ἐγκαταστάσεως δίνεται ἀπὸ εἰδικὰ ὅργανα, ποὺ τὰ όνομάζομε μετρητὲς ηλεκτρικῆς ένέργειας (σχ. 127).

Τέτοιους μετρητὲς τοποθετοῦν στὰ σπίτια ποὺ χρησιμοποιοῦν ηλεκτρικὸ ρεῦμα καὶ κάθε μήνα η κάθε δίμηνο, μὲ βάση τὶς ένδειξεις τοῦ μετρητῆ, γίνεται η πληρωμὴ τῆς δξίας τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος ποὺ καταναλώθηκε.

Άριθμητικὴ ἐφαρμογὴ. Μιὰ ηλεκτρικὴ συσκευή, ισχύος 1200 W, χρησιμοποιεῖται, κατὰ μέσον δροῦ, 2 ώρες καὶ 30 λεπτά κάθε μέρα. Νὰ υπολογιστεῖται τὸ κόστος τῆς ηλεκτρικῆς ένέργειας ποὺ καταναλώνει σὲ ένα μήνα (30 ήμέρες), γνωρίζοντας ὅτι η κιλοβατώρα στοιχίζει 1,5 δρχ.

Λύση. Η συσκευή χρησιμοποιείται συνολικά $2,5 \cdot 30 = 75$ δρες τό μήνα.

Αντικαθιστώντας τα δεδομένα στήν εξίσωση $A = N \cdot t$, δηλαδή $N = 1\,200$ W και $t = 75$ h παίρνουμε:

$$A = 1\,200 \text{ W} \times 75 \text{ h} = 90\,000 \text{ Wh} = 90 \text{ kWh.}$$

Η μηνιαία δαπάνη Δ συνεπώς της συσκευής θα είναι:

$$\Delta = 90 \cdot 1,5 = 135 \text{ δρχ.}$$

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Το ηλεκτρικό ρεῦμα είναι μιά μορφή ένέργειας, που ονομάζεται ηλεκτρική ένέργεια.

2. Η ποσότητα θερμότητας A, που έκλινεται από το ηλεκτρικό ρεῦμα, είναι ισοδύναμη με $R \cdot i^2 \cdot t$ Joule. Η ηλεκτρική ένέργεια συνεπώς έκφραζεται σε μονάδες Τζούλι από την εξίσωση:

$$A = R \cdot i^2 \cdot t$$

3. Ηλεκτρική ίσχυν μιάς συσκευής ονομάζομε την ηλεκτρική ένέργεια που καταναλώνει ή συσκευή αυτή σε κάθε δευτερόλεπτο.

4. Η ηλεκτρική ίσχυς N έκφραζεται σε Βάτ (W) ή κιλοβάτ (kW) και δίνεται από τη σχέση:

$$N = R \cdot i^2$$

"Οταν ή R έκφραζεται σε Όμη και ή i σε 'Αμπερ, ή ίσχυς N βρίσκεται σε Βάτ.

5. Η βατώρα (1 Wh) είναι πρακτική μονάδα ηλεκτρικής ένέργειας και είναι ίση με την ένέργεια που καταναλώνει σε μια ώρα ένας άγωνός, όταν διαρρέεται από ρεῦμα ίσχυός ένδος Βάτ. Πολλαπλάσιο της βατώρας είναι ή κιλοβατώρα.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

118. Μια ηλεκτρική θερμάστρα έχει δύο βαθμίδες, μία των 2 000 Watt και μία των 1 200 Watt. Στη δάρκεια 2,5 h λειτουργεί 20 min ή βαθμίδα των 2 000 Watt και τὸν ίπλολοπο χρόνο ή βαθμίδα των 1 200 Watt. Νά ψόλογιστε ή δαπάνη, άν ή 1 kWh κοστίζει 1,5 δρχ. (*Απ. 5 δρχ.*)

β) Νά βρεθεί το κόστος της θερμάσσεως, όντα για τη θέρμαση χρησιμοποιείται ηλεκτρικό ρεῦμα και ή μία κιλοβατώρα κοστίζει 1,5 δρχ. Στην περίπτωση αυτή θεωρούμε ότι άλη ή ποσότητα της θερμάστης ποδ παράγεται αποδίδεται στήν αίθουσα.

(*Απ. α' 3,6 δρχ., β' 7 δρχ. περίπου.*)

119. Η θέρμαση ένδος δωματίου δαπαιτεί ποσότητα θερμάστης ίση με 4 000 kcal την ώρα. Γνωρίζουμε έπισης ότι 1,5 kg άνθρακτη αποδίδει κατά την καύση του ποσότητα θερμάστης ίση με 7 000 kcal· από αυτήν δώμας μέρος τά 40% χρησιμοποιούνται για τη θέρμαση. α) Νά βρεθεί πόσο θά κοστίσει μία ώρα λειτουργίας ή θέρμαση της αίθουσας αυτής, άν ο άνθρακατης πουλιέται 2,5 δρχ. το 1 kg.

β) Νά βρεθεί το κόστος της θερμάσσεως, όντα για 30 min. α) Νά ψόλογιστε σε Joule ή ένέργεια ποδ καταναλώνεται και ή άντλοτοιχη θερμάστη σε θερμίδες. β) Μέ την προϋπόθεση ότι μόνο τα 60% της θερμάστης ποδ παράγεται από το θερμάστηρα χρησιμοποιούνται για τη θέρμαση τον νερού, νά ψόλογιστε ή τελική θερμοκρασία νερού μάζας 2 800

gr, άρχικής θερμοκρασίας 10°C , ἀν θερμαίνονται 30 min . Υποθέτουμε ότι ή θερμοκωδητικότητα τού δοχείου είναι άμελητέα.
('Απ. α' $1\ 296\ 000\text{ J}$, $308\ 571\text{ cal}$. β' $76,1^{\circ}\text{C}$.)

121. "Ενας θερμοσίφωνας ἔχει ίσχυ 1 kW καὶ διαρρέεται ἀπό ήλεκτρικό φεύγοντας 8 A . α) Νά ψηφιστούμε τὴν θερμοκρασίαν τοῦ θερμοσίφωνα. β) Αν περιέχει 100 l νερό, πόσος χρόνος χρειάζεται γιὰ νὰ αύξησει ή θερμοκρασία τοῦ νεροῦ ἀπό τοὺς 10°C στοὺς 80°C . ('Απ. α' $16\ \Omega$ περίπου. β' 8 h .)

122. "Ενας ηλεκτρικὸς βραστήρας καταναλώνει ίσχυν 500 Watt . Τὸ φεῦγον ποὺ τὸν διαρρέει ἔχει ἔνταση 4 A . α) Νά ψηφιστούμε τὴν θερμοκρασίαν τοῦ βραστήρα. β) Νά ψηφιστούμε ὁ χρόνος ποὺ χρειά-

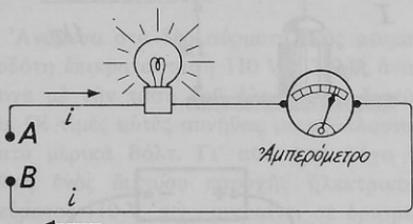
ζεται γιὰ νὰ βράσει $1/2\text{ l}$ νεροῦ ἀρχικῆς θερμοκρασίας 20°C , μὲ τὴν προϋπόθεσην ότι δὲν ἔχομε ἀπώλειες θερμότητας. γ) Στὴν πραγματικότητα χρειάζονται 10 πρότατα λεπτά . Νά ψηφιστούμε οἱ ἀπώλειες. ('Απ. α' $31\ \Omega$ περίπου. β' $5,5\text{ min}$. γ' 45% .)

123. "Ενας βραστήρας ἀπὸ ἀλουμινίου ἔχει μάζα 700 gr καὶ περιέχει 1 l νερὸ σὲ θερμοκρασία 20°C . Η ἀντίσταση τοῦ βραστήρα διαρρέεται ἀπὸ φεῦγον ἔντασεως 5 A . Στὰ 10 πρώτα λεπτά ή θερμοκρασία τοῦ νεροῦ φτάνει τοὺς 90°C . Η εἰδικὴ θερμότητα τοῦ ἀλουμινίου είναι: α) $0,22\text{ cal/gr. grad}$. Νά ψηφιστούμε: α) Η ποσότητα τῆς θερμότητας ποὺ ἀπορροφήθηκε κατὰ τὴν θερμασην. β) Η ίσχυς τοῦ βραστήρα καὶ γ) η ἀντίσταση τοῦ βραστήρα.

('Απ. α' $80\ 780\text{ cal}$. β' $565,5\text{ W}$. γ' $22,6\ \Omega$.)

ΚΗ' — ΔΙΑΦΟΡΑ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ. ΜΟΝΑΔΑ ΒΟΛΤ

§ 132. "Εννοια τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ. α) Πείραμα. Συνδέομε ἔναν ηλεκτρικὸν λαμπτήρα στοὺς δύο ἀκροδέκτες A καὶ B ἐνὸς ρευματοδότη (πρίζα). Ενα ἀμπερόμετρο παρεμβάλλεται στὸ κύκλωμα, γιὰ νὰ δείχνει τὴν ἔνταση τοῦ ρεύματος (σχ. 128).



Σχ. 128. Γιὰ τὴν εννοια τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ.

Μὲ λαμπτήρα ίσχυος 75 W βρίσκομε ἔνταση ρεύματος ίση μὲ $0,34\text{ A}$. Μὲ λαμπτήρα ίσχυος 40 W τὸ ἀμπερόμετρο δείχνει ρεῦμα ἔντασεως $0,18\text{ A}$. Αφαιροῦμε τὸ λαμπτήρα καὶ τοποθετοῦμε στὴ θέση του ἔνα σίδερο σιδερώματος ίσχυος 600 W . Η ἔνταση τοῦ ρεύματος ποὺ διαρρέει τὸ κύκλωμα είναι τῶρα $1,36\text{ A}$.

Σὲ κάθε μιὰν ἀπὸ τὶς τρεῖς παραπάνω περιπτώσεις ἔχομε διαφορετικὴ ίσχὺν τοῦ ηλεκτρικοῦ καταναλωτῆ καὶ διαφορετικὴ ἔνταση τοῦ ρεύματος ποὺ τὸν διαρρέει, ὁ λόγος ὅμως τῆς ηλεκτρικῆς ίσχύος, ποὺ καταναλώνεται ἀνάμεσα στὰ σημεῖα A καὶ B τοῦ κυκλώματος, καὶ τῆς ἔντασεως τοῦ ρεύματος, ποὺ διαρρέει τὸ τμῆμα αὐτὸ τοῦ κυκλώματος, είναι σταθερός (¹).

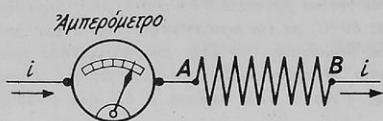
Πραγματικὰ ἔχομε ότι:

$$\frac{75}{0,34} = 220, \frac{40}{0,18} = 220, \frac{300}{1,36} = 220.$$

Ο σταθερὸς αὐτὸς λόγος χαρακτηρίζει αὐτὸ ποὺ δονομάζομε διαφορὰ δυναμικοῦ ή τάση ἀνάμεσα στοὺς δύο ἀκροδέκτες τοῦ ρευματολήπτη.

β) Ας θεωρήσουμε γενικότερα τὸν ἀγωγὸ AB , ὁ δοποῖος ἀποτελεῖ μέρος ἐνὸς κυ-

(1) Η ίσχὺς ποὺ καταναλώνεται ἀνάμεσα στὰ σημεῖα A καὶ B είναι πρακτικὰ ίση μὲ τὴν ίσχὺν τῶν λαμπτήρων ἢ τοῦ ηλεκτρικοῦ σιδερού, γιατὶ η ίσχὺς ποὺ καταναλώνεται ἀπὸ τὸ ἀμπερόμετρο καὶ τὰ ἀγωγὰ σύρματα είναι ἀσήμαντη.



Σχ. 129. Η διαφορά δυναμικού U άνάμεσα στά σημεία A και B είναι ίση με N · i.

κλώματος, που διαρρέεται μὲ ρεύμα έντάσεως i Αμπέρ καὶ έστω δι τὴν ισχὺν ποὺ καταναλώνεται άνάμεσα στὰ σημεῖα A καὶ B είναι N Βάτ (σχ. 129). Μὲ τὶς παραπάνω προϋποθέσεις λέμε διτοῦ:

Η διαφορά δυναμικού άνάμεσα στὰ σημεῖα A καὶ B ένδικ κυκλώματος ἔχει ώς μέτρο τὸ πηλικό τῆς ισχύος, ποὺ καταναλώνεται άνάμεσα στὰ δύο αὐτὰ σημεῖα τοῦ κυκλώματος, πρὸς τὴν ένταση τοῦ ρεύματος ποὺ διαρρέει τὸ κύκλωμα.

Η διαφορά δυναμικού ή τάση άνάμεσα σὲ δύο σημεῖα A καὶ B συμβολίζεται γενικὰ μὲ τὸ γράμμα U ή μὲ $U_A - U_B$.

Σύμφωνα μὲ τὰ παραπάνω θὰ έχουμε διτοῦ:

$$U = \frac{N}{i}$$

διαφορά δυναμικού (τάση) = $\frac{\text{ισχύς}}{\text{ένταση ρεύματος}}$

§ 133. Εξήγηση τῆς διαφορᾶς δυναμικού. Ας ξαναγυρίσουμε στὸ πείραμα τῆς άρχῆς τοῦ κεφαλαίου τῆς § 132.

Οταν συνδέσουμε τὸ λαμπτήρα ισχύος 75 W στὸ κύκλωμα, τότε σὲ χρονικὸ διάστημα ένδικ δευτερολέπτου ξοδεύεται άνάμεσα στὰ σημεῖα A καὶ B (βλ. σχ. 128) ένέργεια 75 Joule, ένδικ στὸ ίδιο χρονικὸ διάστημα τὸ ρεύμα τῶν 0,34 A μεταφέρει ποσότητα ήλεκτρισμοῦ 0,34 Cb.

Μὲ ἄλλα λόγια, γιὰ νὰ μεταφερθεῖ ποσότητα ήλεκτρισμοῦ 0,34 Cb ἀπὸ τὸν άκρο-

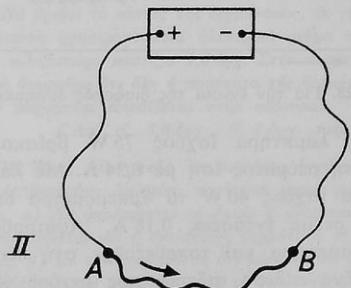
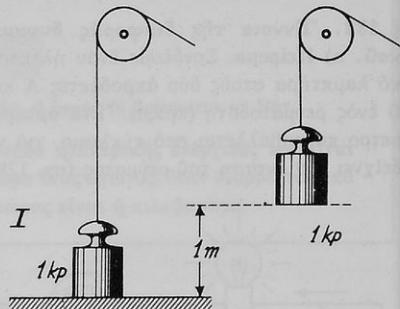
δέκτη A στὸν άκροδέκτη B, καταναλώνεται ήλεκτρικὴ ένέργεια 75 Joule.

Γιὰ ποιὸν διμος λόγο ξοδεύεται αὐτὴ η ένέργεια;

Γιὰ νὰ καταλάβουμε καλλίτερα τὸ θέμα, θὰ θεωρήσουμε τὸ άκόλουθο μηχανικὸ άνάλογο.

Όταν θέλουμε νὰ άνεβάσουμε ένα σῶμα ἀπὸ τὸ έδαφος σὲ ένα δρισμένο ύψος, πρέπει νὰ ξοδέψουμε μηχανικὴ ένέργεια. Κατὰ παρόμοιο τρόπο, οταν μεταφέρουμε ήλεκτρικὰ φορτία μέσα σ' έναν άγωγό, πρέπει νὰ ξοδέψουμε ήλεκτρικὴ ένέργεια.

Τὸ άνάλογο τῆς διαφορᾶς στάθμης στὴ Μηχανικὴ είναι ή διαφορά δυναμικοῦ στὸν Ήλεκτρισμό. Ετσι, οταν άνεβάζουμε ένα σῶμα βάρους 1 kp σὲ ύψος 1 m, ξοδεύομε έργο 1 kpm. Όταν μεταφέρουμε ήλεκτρικὴ ένέργεια



Σχ. 130. Μηχανικὸ άνάλογο γιὰ τὴν κατανόηση τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ 1 Volt.

λεκτρικό φορτίο 1 Cb άπό ένα σημείο A σε ένα σημείο B ένδος άγωγού, ώστε νά ξοδευτεῖ έργο 1 Joule, μεταξύ τῶν σημείων A και B οπάρχει διαφορά δυναμικού 1 Volt (σχ. 130).

§ 134. Βόλτ. Μονάδα διαφορᾶς δυναμικοῦ.
Απὸ τὸν δρισμὸν τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ καθορίζεται καὶ ἡ σχετικὴ μονάδα, ποὺ δυνομάζεται **1 Βόλτ** (1 Volt, 1 V), γιὰ νὰ τιμηθεῖ ὁ Ιταλὸς Φυσικὸς Ἀλέξανδρος Βόλτα (Alessandro Volta) (1745 - 1827).

Τὸ Βόλτ (1 V) εἶναι ίσο μὲ τὴ διαφορὰ τοῦ ήλεκτρικοῦ δυναμικοῦ, ποὺ οπάρχει ἀνάμεσα σὲ δύο σημεῖα ένδος άγωγοῦ, ποὺ διαρρέεται ἀπὸ σταθερὸ ρεῦμα ἐντάσεως **1 Αμπέρ** (1 A) καὶ καταναλώνει ισχὺν **1 Βάτ** (1 W) ἀνάμεσα στὰ δύο αὐτὰ σημεῖα.

Μερικὲς τιμὲς διαφορᾶς δυναμικοῦ. Παραθέτομε μερικὲς τιμὲς ήλεκτρικῆς τάσης ἀνάμεσα στοὺς ἀκροδέκτες τῶν πόλων δρισμένων ήλεκτρικῶν πηγῶν:

'Ηλεκτρικό στοιχεῖο	1 - 2 V
'Ηλεκτρική στήλη (φανάρι τσέπης) ...	4,5 V
Συστοιχία συσσωρευτῶν	6 - 12 V

Ἀνάμεσα στὰ δύο σύρματα ένδος ρευματοδότη ἐπικρατεῖ τάση 110 V ή 220 V, ἀνάλογα μὲ τὴν τάση τοῦ ήλεκτρικοῦ δικτύου. Οἱ τιμὲς αὐτὲς συνήθως μεταβάλλονται κατὰ μερικὰ Βόλτ. Γ' αὐτὸν τὸ λόγο η τάση ένδος δικτύου παροχῆς ήλεκτρικοῦ ρεύματος 110 V, π.χ., μικραίνει σὲ δρισμένες περιπτώσεις καὶ φτάνει τὰ 105 V ή καὶ τὰ 100 V ἄκομη.

Ἡ τάση συνήθως στὰ σύρματα μιᾶς γραμμῆς μεταφορᾶς εἶναι ἀρκετὲς ἑκατοντάδες χιλιάδες Βόλτ (220 000 V ή 380 000 V).

Καταλαβαίνομε τῷρα τὴ σημασία τῆς ἀναγραφῆς ορισμένων ἐνδείξεων ἐπάνω στοὺς λαμπτῆρες φωτισμοῦ ή στὶς διάφορες συσκευές. Ἐτσι οἱ ἐνδείξεις 100 W, 220 V, ποὺ εἶναι δυνατὸ νὰ διαβάσουμε σὲ ένα λαμ-

πτήρα, ἔχουν τὴν ἔννοιαν ὅτι ὁ λαμπτήρας αὐτὸς λειτουργεῖ κανονικά, δταν συνδεθεῖ σὲ δίκτυο τάσεως 220 V. Ἡ ισχὺς ποὺ καταναλώνει τότε ὁ λαμπτήρας εἶναι 100 W.

"Αν συνδέσουμε τὸν παραπάνω λαμπτήρα σὲ σημεῖα ένδος κυκλώματος, ποὺ παρουσιάζουν διαφορὰ δυναμικοῦ 12 V, τὸ σπείραμα δὲν θὰ πυρακτωθεῖ καὶ ὁ λαμπτήρας θὰ παραμείνει σβηστός. Ἡ ἐνέργεια ποὺ ἀπορροφᾷ τὸ σύρμα πυρακτώσεως εἶναι ἐλάχιστη.

"Αν ὅμως συνδέσουμε σὲ δίκτυο 220 V ένα λαμπτήρα κατασκευασμένο γιὰ νὰ λειτουργεῖ σὲ δίκτυο 12 V, αὐτὸς καίγεται ἀμέσως καὶ καταστρέφεται. Ἡ ἐνέργεια ποὺ ἀπελευθερώνεται στὸ σύρμα πυρακτώσεως εἶναι πολὺ μεγάλη καὶ προκαλεῖ τήξη τοῦ σύρματος.

§ 135. Ἐκφράσεις τῆς ισχύος καὶ τῆς ήλεκτρικῆς ἐνέργειας, ποὺ καταναλώνονται μέσα σ' ἔναν άγωγό. "Εχομε μάθει ὅτι ἡ ήλεκτρικὴ ισχὺς ποὺ καταναλώνεται ἀπὸ τὴ θερμότητα Τζάουλ, μέσα σ' ἔναν άγωγό, ἀντιστάσεως R, δίνεται ἀπὸ τὸν τύπο: $N = R \cdot i^2$ (βλ. § 131, σελ. 136).

"Απὸ τὴ σχέση $U = N/i$, (ποὺ βρίσκεται ἀπὸ τὴν $N = R \cdot i^2$, δταν θέσουμε $R = U/i$) λύνοντας ως πρὸς N φτάνομε σὲ μιὰν ἄλλη ἔκφραση τῆς ισχύος:

$$N = U \cdot i$$

"Οταν η τάση U ἐκφράζεται σὲ Βόλτ καὶ η ἔνταση i σὲ Αμπέρ, η ισχὺς N βρίσκεται σὲ Βάτ.

Άριθμητικὲς ἔφαρμογές. 1. Νὰ υπολογιστεῖ η ισχὺς ένός ήλεκτρικοῦ λαμπτήρα, ποὺ διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα ἐντάσεως 0,45 A, δταν η τάση στὰ ἄκρα τῶν συρμάτων, ποὺ καταλήγουν στὸ λαμπτήρα, εἶναι 220 V.

Άνση. Ἀντικαθιστῶντας στὸν τύπο: $N = U \cdot i$ τὶς τιμὲς τῶν δεδομένων τοῦ προβλήματος, δηλαδὴ $U = 220$ V καὶ $i = 0,45$ A, παίρνομε:

$$N = 220 \cdot 0,45 = 99 \text{ W}$$

2. Ένα ήλεκτρικό σίδερο, ισχύος 400 W, τροφοδοτείται με ήλεκτρικό ρεύμα πού έχει τάση 110 V. Πόση είναι η ένταση του ρεύματος πού τὸ διαρρέει;

Λύση. Λύνοντας τὸν τύπο $N = U \cdot i$ ώς πρός i παίρνομε: $i = N/U$ και ἀντικαθιστώντας σ' αὐτὸν τὰ δεδομένα του προβλήματος έχομε:

$$i = \frac{400}{110} = 3,63 \text{ A}$$

§ 136. Ήλεκτρική ένέργεια. Γνωρίζομε διτι ή ήλεκτρική ένέργεια A , ποὺ καταναλώνεται ἀπὸ τὴ θερμότητα Τζάουλ μέσα σ' ἕναν ἀγωγό, δίνεται ἀπὸ τὴ σχέση: $A = R \cdot i^2$. t. Επειδὴ δμως τὸ γινόμενο $R \cdot i^2$ είναι ἵσο μὲ τὴν ισχὺ N και αὐτὴ πάλι είναι ἵση μὲ $U \cdot i$, η παραπάνω ἐξίσωση παίρνει τελικὰ τὴ μορφή:

$$A = U \cdot i \cdot t$$

"Οταν ή τάση U ἐκφράζεται σὲ Βόλτ, ή ένταση i σὲ Άμπερ και ὁ χρόνος t σὲ δευτερόλεπτα, ή ήλεκτρική ένέργεια A βρίσκεται σὲ Τζάουλ. "Αν δμως ὁ χρόνος ἐκφράζεται σὲ δρες, ή ένέργεια A βρίσκεται σὲ βατῶρες (Wh).

§ 137. "Αλλη ἔκφραση τοῦ νόμου τοῦ Τζάουλ. "Η ένέργεια $A = U \cdot i \cdot t$ Joule είναι ισοδύναμη μὲ τὴν ἀκόλουθη ποσότητα θερμότητας σὲ θερμίδες:

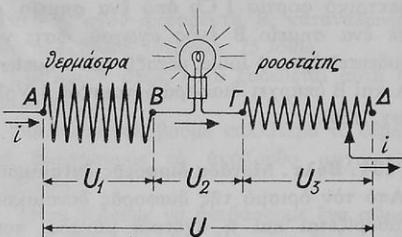
$$Q = 0,24 \cdot U \cdot i \cdot t$$

'Αριθμητική ἔφαρμογή. Νὰ υπολογιστεῖ σὲ κιλοβατῶρες ή ήλεκτρική ένέργεια ποὺ καταναλώνεται σὲ 5 δρες ἀπὸ μιὰ ήλεκτρικὴ θερμάστρα, ποὺ λειτουργεῖ μὲ τάση 110 V και διαρρέεται ἀπὸ ρεύμα εντάσεως 4 Αμπέρ.

Λύση. Ἀντικαθιστώντας στὸν τύπο $A = U \cdot i \cdot t$ τὶς τιμὲς τὸν δεδομένων τοῦ προβλήματος, δηλαδὴ: $U = 110 \text{ V}$, $i = 4 \text{ A}$, $t = 5 \text{ h}$, παίρνομε:

$$A = 110 \cdot 4 \cdot 5 \text{ Wh} = 2\,200 \text{ Wh} = 2,2 \text{ kWh}$$

§ 138. Πρόσθεση τάσεων. Μιὰ ήλεκτρικὴ θερμάστρα, ἔνας λαμπτήρας και ἔνας ροοστάτης (μιὰ μεταβλητὴ δηλαδὴ ἀντίσταση)



Σχ. 131. Οι ήλεκτρικὲς τάσεις προσθέτονται, δταν είναι διαδοχικές.

είναι συνδεμένα σὲ σειρά στὸ κύκλωμα τοῦ παραστατικοῦ σχήματος 131 και διαρρέονται ἀπὸ τὸ ίδιο ρεύμα, ποὺ έχει ἔνταση i .

"Εστω U_1 ή τάση στοὺς ἀκροδέκτες A και B τῆς θερμάστρας, U_2 ή τάση στοὺς ἀκροδέκτες B και Γ τοῦ λαμπτήρα και U_3 ή τάση στὰ σημεῖα Γ και Δ τοῦ ροοστάτη.

Κάθε μιὰ ἀπὸ τὶς τρεῖς αὐτὲς συσκευὲς καταναλώνει ήλεκτρικὴ ισχύ: $N_1 = U_1 \cdot i$ ή θερμάστρα, $N_2 = U_2 \cdot i$ δ λαμπτήρας και $N_3 = U_3 \cdot i$ δ ροοστάτης.

"Αν ἐκφράσουμε μὲ U τὴν τάση στὰ ἀκροῖα σημεῖα A και Δ , τότε ή διλκὴ ισχὺς N , ποὺ καταναλώνεται ἀνάμεσα σὲ αὐτὰ, είναι ἵση μὲ:

$$N = U \cdot i$$

"Η ισχὺς δμως N είναι ἵση μὲ τὸ ἀθροισμα τῶν ισχύων ποὺ καταναλώνονται ἀπὸ τὶς τρεῖς συσκευές:

$$N = N_1 + N_2 + N_3$$

"Η σχέση αὐτὴ γράφεται και ὡς ἔξῆς:

$$U \cdot i = U_1 \cdot i + U_2 \cdot i + U_3 \cdot i$$

και ἀπλοποιώντας μὲ τὸ i τελικὰ παίρνομε δτι:

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

"Ωστε:

"Οταν διάφορες συσκευὲς (ἢ ἀντίστασεις) είναι συνδεμένες σὲ σειρά, τότε οι τάσεις ποὺ ἐπικρατοῦν στὰ ὄκρα τους προσθέτονται.

1. Η διαφορά δυναμικού \dot{U} ή ηλεκτρική τάσης U άναμεσα σε δύο σημεία A και B ένδει κυκλώματος, που διαρρέεται από ρεύμα, έχει μέτρο \dot{U} με τὸ πηλίκο τῆς ηλεκτρικῆς ίσχυος N , που ξοδεύεται άναμεσα στὰ A καὶ B , πρὸς τὴν ἔντασην i τοῦ ρεύματος. Δηλαδὴ εἶναι:

$$U = \frac{N}{i}$$

2. Μονάδα διαφορᾶς δυναμικοῦ εἶναι τὸ Βόλτ (1 V). Τὸ Βόλτ εἶναι \dot{U} μὲ τὴν ηλεκτρική τάση ποὺ ὑπάρχει άναμεσα σε δύο σημεῖα ένδει ἀγωγοῦ, που διαρρέεται από σταθερὸ ηλεκτρικὸ ρεῦμα ἐντάσεως ένδει Ἀμπέρ, ὅταν άναμεσα στὰ δύο αὐτὰ σημεῖα ξοδεύεται ηλεκτρικὴ ίσχυς ένδεις Βάτ.

3. Απὸ τὴν ἔξισωση $U = N/i$ λύνοντας ως πρὸς N παίρνομε:

$$N = U \cdot i \quad \text{Watt}$$

Ἡ ἔξισωση αὐτὴ χρησιμεύει γιὰ νὰ βρίσκουμε τὴν ηλεκτρικὴ ίσχυν, δταν γνωρίζουμε τὰ U καὶ i .

4. Η ηλεκτρικὴ ἐνέργεια A ποὺ καταναλώνεται μέσα σὲ χρόνο t sec εἶναι \dot{A} ση μέ:

$$A = U \cdot i \cdot t \quad \text{Joule}$$

5. Ο νόμος τοῦ Τζάουλ μπορεῖ νὰ ἐκφραστεῖ καὶ μὲ τὴ σχέση:

$$Q = 0,24 \cdot U \cdot i \cdot t \quad \text{cal}$$

6. "Οταν περισσότερες ἀπὸ μία ἀντιστάσεις εἶναι συνδεμένες σὲ σειρά, τότε οἱ διαφορὲς τοῦ ηλεκτρικοῦ δυναμικοῦ στὰ ἄκρα τῆς κάθε μιᾶς ἀντιστάσεως προσθέτονται.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

124. Αγωγὸς ἀντιστάσεως $20,9 \Omega$ διαρρέεται απὸ ηλεκτρικὸ ρεῦμα ἐντάσεως $2,5 A$. α) Νὰ υπολογιστεῖ \dot{U} ηλεκτρικὴ ίσχυς ποὺ καταναλώνεται απὸ τὸ σύρμα. β) Πόση εἶναι \dot{U} διαφορὰ δυναμικοῦ στὰ ἄκρα τῆς ἀντιστάσεως; ($\text{Ap. } \alpha' 130,6 W. \beta' 52,2 V.$)

ποὺ ἀποδίδεται στὸ θερμιδόμετρο σὲ 6 πρῶτα λεπτὰ ($1 \text{ Joule} = 0,24 \text{ cal}$).

($\text{Ap. } \alpha' 50 W. \beta' 2 \Omega. \gamma' 4320 \text{ cal.}$)

125. Σὲ ἓνα θερμιδόμετρο βιβλίζουμε ἕναν ἀγωγὸ ηλεκτρικοῦ ρεύματος. Στὰ ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ ἐπικρατεῖ διαφορὰ δυναμικοῦ 10 Volt . Ἡ ἔνταση τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος ποὺ διαρρέει τὸν ἀγωγὸ εἶναι $5 A$. α) Νὰ υπολογιστεῖ \dot{U} ισχὺς ποὺ καταναλώνεται απὸ τὴν ἀντιστάση. β) Νὰ υπολογιστεῖ \dot{U} ισχὺς ποὺ διαρρέει τὴν ἀντιστάση καὶ γ) νὰ υπολογιστεῖ \dot{U} ποσότητα τῆς θερμάτητας

126. Ἡ θερμαση ἔνδει διαμερίσματος ἀπαιτεῖ $1\,000\,000 \text{ cal}$ κάθε μιὰ ὥρα. Αὐτὸ τὸ ποσὸ τῆς θερμότητας παρέχεται απὸ μιὰ ηλεκτρικὴ θερμάστρα, ποὺ λειτουργεῖ μὲ διαφορὰ δυναμικοῦ 220 Volt . α) Νὰ υπολογιστεῖ \dot{U} ισχὺς ποὺ ἀπορροφᾶται απὸ τὴ θερμάστρα. β) Νὰ βρεθεῖ \dot{U} ἔνταση τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος ποὺ διαρρέει τὴν ἀντιστάση τῆς θερμάστρας. ($\text{Ap. } \alpha' 1\,166,6 W. \beta' 5,3 A$ περίπου.)

127. Ένας ήλεκτρικός λαμπτήρας ίσχυος 60 Watt βυθίζεται σε ένα θερμόδεμέρο με νερό, πού έχει θερμοχωρητικότητα 500 cal/grad και θερμοκαρασία 17°C . α) Νά υπολογιστεί η τελική θερμοκαρασία του νερού, όπου διατίθεται ο λαμπτήρας λειτουργεί 15 ποδάτα λεπτά. β) Αν διατίθεται το φορτίο του λαμπτήρα 110 Volt νά υπολογιστεί η ένταση του ήλεκτρικού διάτυπου.

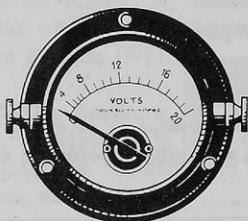
(Απ. α' 43°C περίπου. β' $0,5 \text{ A}$ περίπου.)

128. Ένα ηλεκτρικό σίδερο ίσχυος 500 Watt λειτουργεί $1 \text{ h } 30 \text{ min}$. α) Νά υπολογιστεί η δαπάνη λειτουργίας, όπου η κιλοβατώρα χωστίζει $1,5 \text{ δρχ}$. β) Αν η διαφορά δυναμικού στά άκρο της λήψης είναι 125 Volt , νά υπολογιστεί η ένταση του ήλεκτρικού φεύγματος. γ) Νά υπολογιστεί η ποσότητα του ηλεκτρισμού πού περνά από το σίδερο, καθώς και η ποσότητα θερμότητας πού έλευθερονετεί στη διάρκεια του σιδερώματος.
(Απ. α' $1,125 \text{ δρχ}$, β' 4 A , γ' $21 \text{ }600 \text{ Cb}, 648 \text{ kcal.})$

ΚΘ' — ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ ΔΙΑΦΟΡΑΣ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ

ΒΟΛΤΟΜΕΤΡΟ. ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΟΗΜ

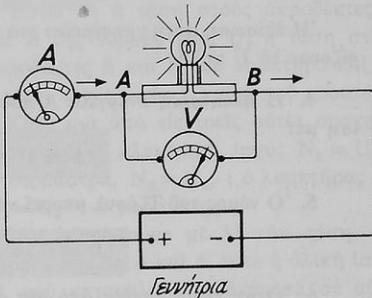
§ 139. Βολτόμετρο. Οι διαφορές δυναμικού δύο σημείων ένδος ήλεκτρικού κυκλώματος μετριούνται με ειδικά δργανα, πού δυνομάζονται **βολτόμετρα** (σχ. 132) και είναι βαθμολογημένα σε μονάδες Βόλτ.



Σχ. 132. Εξωτερική έμφανιση βολτομέτρου.

Όταν θέλουμε νά μετρήσουμε τη διαφορά δυναμικού άναμεσα σε δύο σημεία Α και Β ένδος κυκλώματος, δεν διακόπτομε το κύκλωμα, για νά παρεμβάλουμε το δργανό, όπως γίνεται στήν περίπτωση ένδος άμπερομέτρου, αλλά συνδέομε τους άκροδέκτες του βολτομέτρου με τά σημεία Α και Β του κυκλώματος, προκαλώντας, όπως λέμε, μιά διακλάδωση (σχ. 133).

Άν το κύκλωμα διαρρέεται από ήλεκτρικό ρεύμα, ό δεικτης του δργανού θά κινηθεί και θά σταματήσει έμπρος από μιά ξενδει-



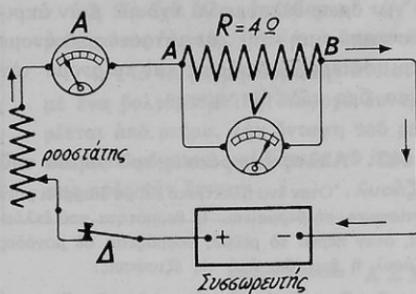
Σχ. 133. Σύνδεση βολτομέτρου για τη μέτρηση της τάσης στά άκρα ένδος λαμπτήρα.

ξη, ή όποια παρέχει σε μονάδες Βόλτ τη διαφορά δυναμικού πού υπάρχει άναμεσα στά δύο αύτά σημεία.

Ωστε:

Το βολτόμετρο είναι ένα δργανό πού μετρά την διαφορά δυναμικού δύο σημείων Α και Β ένδος κυκλώματος, πού διαρρέεται από ρεύμα. Το δργανό αύτο τοποθετείται σε διακλάδωση, συνδέομε δηλαδή τους άκροδέκτες του με τά σημεία Α και Β, χωρίς νά διακόψουμε το κύκλωμα.

§ 140. Νόμος τοῦ "Ομ" (Ohm). Πραγματοποιούμε το κύκλωμα του σχήματος 134,



Σχ. 134. Γιά την πειραματική έπαλήθευση του νόμου του "Ωμ."

δπου άναμεσα στά σημεία A και B τού κυκλώματος παρεμβάλλομε ένα σύρμα, π.χ. άπο σιδηρονικέλιο, γνωστής άντιστάσεως, έστω π.χ. 4Ω .

"Ενα άμπερόμετρο, πού παρεμβάλλεται σε σειρά στό κύκλωμα (διακόπτομε δηλαδή τό κύκλωμα στό σημείο τοποθετήσεως του) μᾶς δείχνει την ένταση τού ρεύματος, και ένα βολτόμετρο, πού συνδέεται μὲ διακλάδωση στά σημεία A και B, τή διαφορά τού δυναμικού πού διάρχει στά δύο αντά σημεία.

Πείραμα. Κλείνομε τό διακόπτη τού κυκλώματος καὶ, ρυθμίζοντας κατάλληλα τό ροοστάτη, πειραματίζομαστε μὲ τάσεις 1 V , 2 V , 3 V , 4 V , 5 V . Σὲ κάθε μιὰν άπο τίς περιπτώσεις αντές σημειώνομε την άντιστοιχη ένταση τού ρεύματος, υπολογίζομε τό λόγο $U_A - U_B / i$ καὶ σχηματίζομε τόν άκολουθο πίνακα:

$U_A - U_B$ σὲ Βόλτ	1	2	3	4	5
i σὲ 'Αμπέρ	0,25	0,5	0,75	1	1,25
$\frac{U_A - U_B}{i}$	4	4	4	4	4

'Από τόν παραπάνω πίνακα παρατηροῦμε: a) δτι δ λόγος $(U_A - U_B) / i$ είναι σταθερός καὶ ίσος πρός 4.

b) "Οτι δ λόγος αντός είναι άριθμητικά ίσος μὲ τήν άντιστασή AB, πού παρεμβάλλαμε στό κύκλωμα.

Οι δύο αντές παρατηρήσεις δδηγούν στή διατύπωση τού παρακάτω νόμου, πού φέρει τήν ονομασία νόμος τού "Ωμ (Ohm).

"Η διαφορά δυναμικού $U_A - U_B$ (σὲ Βόλτ), πού διάρχει άναμεσα σὲ δύο σημεία A καὶ B ένδις άγωγον, καὶ ή ένταση i (σὲ 'Αμπέρ) τού ρεύματος πού τόν διαρρέει, έχουν σταθερό λόγο, ίσον μὲ τήν άριθμητική τιμή τής άντιστάσεως R τού άγωγον (σὲ "Ωμ).

Δηλαδή θά έχουμε:

$$\frac{U_A - U_B}{i} = R \quad \text{η} \quad U_A - U_B = R \cdot i$$

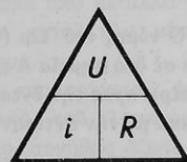
Στίς παραπάνω έξισώσεις τά $(U_A - U_B)$, R, i έκφράζονται άντιστοιχα σὲ Βόλτ, "Ωμ καὶ 'Αμπέρ.

Πολλές φορές άντι γιά $U_A - U_B$ γράφομε άπλως U καὶ δ τύπος γίνεται:

$$\frac{U}{i} = R$$

Γιά τήν άπομνημόνευση τού νόμου τού "Ωμ χρησιμοποιεῖται τό τρίγωνο τού σχήματος 134,α. Μέσα στίς γωνίες τού τοποθετούνται τά σύμβολα τής τάσεως, τής έντάσεως καὶ τής άντιστάσεως.

Γιά νά βρούμε τή σχέση μὲ τήν δοία συνδέεται ένα άπο τά τρία μεγέθη μὲ τά άλλα δύο, καλύπτομε τό μέγεθος αντό μὲ τό δάχτυλο καὶ τότε τό σχήμα πού σχηματίζουν τά άλλα δύο έκφράζει τή ζητούμενη σχέση.



Σχ. 134, α. Γιά τήν άπομνημόνευση τού νόμου τού Ohm.

"Αλλος δρισμός της μονάδας "Ωμ. Ή μονάδα της ήλεκτρικής άντιστασεως 1 Ω μπορεί να δριστεῖ καὶ ώς έξης, ἢν κάνουμε χρήση τοῦ νόμου τοῦ "Ωμ:

Τὸ 1 Ω εἶναι ἵσο μὲ τὴν ἀντίσταση ποὺ παρουσιάζει ἔνας ἀγωγός, ὁ ὁποῖος διαρρέεται μὲ ρεῦμα ἐντάσεως 1 A, ὅταν ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ στὰ ἄκρα του εἶναι ἵση μὲ 1 V.

§ 141. Μέτρηση μιᾶς ήλεκτρικῆς ἀντίστασεως. Γιὰ νὰ μετρήσουμε μιὰν ήλεκτρικὴν ἀντίστασην, ἀρκεῖ νὰ τὴν παρεμβάλουμε σ' ἔνα κύκλωμα καὶ νὰ μετρήσουμε μὲ ἔνα ἀμπερόμετρο καὶ ἔνα βολτόμετρο τὴν ἐνταση τοῦ ρεύματος ι ποὺ τὴ διαρρέει καὶ τὴ διάφορὰ δυναμικοῦ U, ποὺ ὑπάρχει στὰ ἄκρα της. Τὸ πηλίκο U: i, ὅταν ἡ U δίνεται σὲ Βόλτ καὶ ἡ i σὲ 'Αμπέρ, δίνει τὴν τιμὴ τῆς ἀντίστασεως σὲ "Ωμ.

Ἐτσι στὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 134, ἢν θέλουμε νὰ ὑπολογίσουμε τὴν ἀντίσταση AB, μετροῦμε τὶς ἐνδείξεις τοῦ ἀμπερόμετρου (A) καὶ τοῦ βολτομέτρου (V) ποὺ παρεμβάλλονται στὸ κύκλωμα. Τὸ πηλίκο τῆς ἐνδείξεως τοῦ βολτομέτρου σὲ Βόλτ καὶ τοῦ ἀμπερομέτρου σὲ 'Αμπέρ δίνει τὴν τιμὴ τῆς ἀντίστασεως σὲ "Ωμ.

Αν δημοσιεύεις νὰ ἔχουμε μιὰν ἀκριβέστερη τιμὴ τῆς ἀντίστασεως, κάνομε περισσότερες μετρήσεις καὶ παίρνομε τὸν μέσο δρο τῶν μετρήσεων.

§ 142. "Αλλες ἐκφράσεις τοῦ νόμου τοῦ Τζάουλ." Οταν ἔνα ήλεκτρικὸ ρεῦμα διαρρέει μιὰν ἀντίσταση, τὴ θερμαίνει. Ή θερμότητα ποὺ ἐκλύεται, διαν περνά τὸ ρεῦμα, ἐκφράζεται σὲ μονάδες Τζάουλ ἡ θερμίδες ἀπὸ τὶς ἔξισώσεις:

$$A = R \cdot i^2 \cdot t \text{ Joule} \quad \text{ἢ} \quad Q = 0,24 \cdot R \cdot i^2 \cdot t \text{ cal}$$

ὅπου τὰ R, i, t δίνονται σὲ "Ωμ, 'Αμπέρ καὶ δευτερόλεπτα ἀντίστοιχως.

Τὸ γινόμενο δμος R · i² · t γράφεται: R · i² · t = (R · i) · (i · t). 'Επειδὴ R · i = U καὶ i · t = q (ποσότητα ήλεκτρισμοῦ), οἱ παραπάνω ἔξισώσεις παίρνουν τὶς μορφές:

$$A = U \cdot i \cdot t \text{ Joule} \quad \text{ἢ} \quad Q = 0,24 \cdot U \cdot i \cdot t \text{ cal}$$

ἢ τὶς μορφές:

$$A = U \cdot q \text{ Joule} \quad \text{ἢ} \quad Q = 0,24 \cdot U \cdot q \text{ cal}$$

Στὶς δύο τελευταῖς ἔξισώσεις τὸ q ἐκφράζεται σὲ μονάδες Κουλόμπ (Cb).

Τέλος ἡ ήλεκτρικὴ ίσχυς ποὺ καταναλώνεται ἀπὸ τὸ φαινόμενο Τζάουλ δίνεται μὲ τὴ σχέση:

$$N = U \cdot i$$

ποὺ ἔχομε βρεῖ καὶ σὲ προηγούμενο κεφάλαιο (βλ. § 135).

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Η διαφορὰ δυναμικοῦ ποὺ ὑπάρχει ἀνάμεσα σὲ δύο σημεῖα A καὶ B ἐνὸς ἀγωγοῦ, ὁ ὁποῖος διαρρέεται ἀπὸ ήλεκτρικὸ ρεῦμα, μπορεῖ νὰ μετρηθεῖ μὲ ἔνα βολτόμετρο, ποὺ συνδέεται κατὰ διακλάδωση μὲ τὰ σημεῖα A καὶ B.

2. Ο νόμος τοῦ "Ωμ (Ohm) ἐκφράζει ὅτι: "Η διαφορὰ δυναμικοῦ U (σὲ Βόλτ) ἀνάμεσα σὲ δύο σημεῖα A καὶ B ἐνὸς ἀγωγοῦ, ποὺ διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα ἐντάσεως i (σὲ 'Αμπέρ), πρὸς τὴν ἐνταση αὐτὴ ἔχει σταθερὸ λόγο. Ο λόγος αὐτὸς εἶναι ἵσος ἀριθμητικὰ μὲ τὴν ἀντίσταση R τοῦ ἀγωγοῦ (σὲ "Ωμ). Δηλαδὴ ίσχύει ἡ σχέση:

$$\frac{U}{i} = R \quad \text{ἢ} \quad U = R \cdot i$$

3. Τὸ ἔνα "Ωμ εἶναι ἵστο μὲ τὴν ἀντίσταση ἐνδὸς ἀγωγοῦ, ποὺ διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα ἐνδὸς Ἀμπέρ, ὅταν στὰ ἄκρα του ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ ἐνὸς Βόλτης.

4. Γιὰ νὰ μετρήσουμε τὴν ἀντίσταση ἐνδὸς ἀγωγοῦ AB, ἀρκεῖ νὰ μετρήσουμε μὲ ἔνα βολτόμετρο τὴν διαφορὰ δυναμικοῦ ποὺ ὑπάρχει στὰ ἄκρα του, ὅταν διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα, τὴν ἔνταση τοῦ ρεύματος ποὺ τὸν διαρρέει, χρησιμοποιοῦντας ἔνα ἀμπερόμετρο, καὶ ὅπερα νὰ υπολογίσουμε τὸ πηλίκο τῶν μετρήσεων τῆς τάσης πρὸς τὴν ἔνταση.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

129. "Ἐνα ἀγωγὸς σύρμα ἀντιστάσεως 5 Ω, διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸ φεῦμα ἐντάσεως 1,2 A. Νὰ υπολογιστεῖ ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν δύο ἄκρων τοῦ σύρματος. ("Απ. 6 V.)

130. "Ἐνας ἀγωγὸς διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸ φεῦμα ἐντάσεος 1,5 A. Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ στὰ ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ εἶναι 5,4 Volt. Νὰ υπολογιστεῖ ἡ ἀντίσταση τοῦ ἀγωγοῦ. ("Απ. 3,6 Ω.)

131. Τὸ θερμαντικὸ σῶμα ἐνδὸς ἡλεκτρικοῦ βραστήρα ἔχει ἀντίσταση 60 Ω. Ὁ βραστήρας λειτουργεῖ μὲ διαφορὰ δυναμικοῦ 120 Volt. Νὰ υπολογιστεῖ ἡ ἔνταση τοῦ ἡλεκτρικοῦ φεύματος ποὺ διαρρέει τὸ βραστήρα. ("Απ. 2 A.)

132. "Ἐνα μεταλλικὸ σύρμα διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸ φεῦμα ἐντάσεως 0,5 A, ὅταν τοποθετηθεῖ ἀνάμεσα στοὺς ἀκροδέκτες μᾶς γεννητρίας, στοὺς δύο πόλοὺς ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ 12 Volt. α) Νὰ υπολογιστεῖ ἡ ἀντίσταση τοῦ σύρματος. β) Νὰ υπο-

λογιστεῖ ἡ ἡλεκτρικὴ λογής ποὺ καταναλώνεται ἀπὸ τὸ σύρμα καὶ γίνεται ἀντιληπτὴ μὲ μօρφὴ θερμότητας. ("Απ. α' 24 Ω. β' 6 W.)

133. "Ἐνα ἡλεκτρικὸ σίδεο ἔχει μάζα 1 kg καὶ καταναλώνει λογὴ 300 Watt, ὅταν λειτουργεῖ μὲ διαφορὰ δυναμικοῦ 110 Volt. Ζητοῦνται: α) Ἡ ἔνταση τοῦ ἡλεκτρικοῦ φεύματος, ποὺ διαρρέει τὸ σίδεο. β) Ἡ τιμὴ τῆς ἀντιστάσεως ποὺ περιέχει. γ) Ὁ χρόνος ποὺ χρειάζεται γιὰ νὰ ἀνεβάσουμε τὴ θερμοκαστία τῆς συσκευῆς ἀπὸ τοὺς 15 °C στοὺς 65 °C. Εἰδοκὴ θερμότητα σιδήρου 0,11 cal/gr. grad. ("Απ. α' 2,7 A, περίπου. β' 41 Ω, περίπου. γ' 77 sec.)

134. Σ' ἔνα ἡλεκτρικὸ λαμπτήρα ἀναγράφονται τὰ ἀκόλουθα: 120 Volt, 60 Watt. α) Νὰ υπολογιστεῖ ἡ ἔνταση τοῦ ἡλεκτρικοῦ φεύματος ποὺ διαρρέει τὸ λαμπτήρα. β) Νὰ βρεθεῖ ἡ ἀντίσταση τοῦ μεταλλικοῦ τήματος τοῦ λαμπτήρα. ("Απ. α' 0,5 A. β' 240 Ω.)

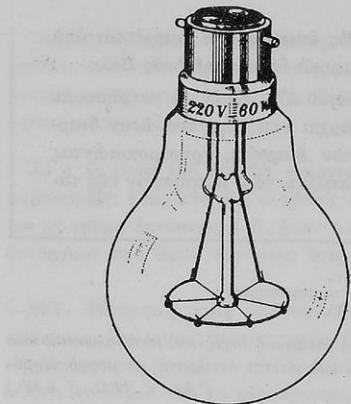
Α' — ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΤΟΥ ΤΖΑΟΥΛΑ. ΦΩΤΙΣΜΟΣ - ΘΕΡΜΑΝΣΗ

§ 143. Ἡλεκτροφωτισμός. Σπουδαία ἐφαρμογὴ τοῦ θερμικοῦ ἀποτελέσματος τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος εἶναι ἡ χρησιμοποίησή του στὸ φωτισμό.

Γιὰ τὸ σκοπὸ αὐτὸς χρησιμοποιοῦνται εἰδικοὶ γυάλινοι λαμπτήρες, στοὺς δύο πόλοὺς τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα διαρρέει ἔνα σπειροφαρματικὸ σύρμα δύστηκτου μετάλλου,

(συνήθως σύρμα ἀπὸ μέταλλο βολφράμιο) τοποθετημένο κατάλληλα μέσα στὸ γυάλινο περίβλημα.

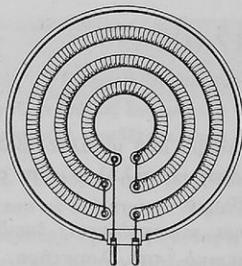
Τὸ σύρμα πυρακτώνεται, ἐπειδὴ ὅμως στὸ ἐστωτερικὸ τοῦ λαμπτήρα ὑπάρχει ἀδρανὲς ἀέριο, συνήθως ἄζωτο ἢ ἀργό, σὲ πολὺ μικρὴ πίεση, δὲν καίγεται ἀλλὰ φωτοβολεῖ (σχ. 135).



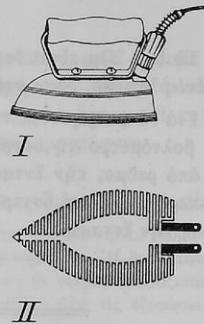
Σχ. 135. Λαμπτήρας φωτισμού.

§ 144. Ἡλεκτρικὴ θέρμανση. α) Οἰκιακὲς συσκευές. Μία ἡλεκτρικὴ θερμάστρα, ἕνα σίδερο σιδερώματος, ἔνας ἡλεκτρικὸς βραστήρας κλπ. περιλαμβάνουν ἔνα σύρμα, μεγάλης ἀντιστάσεως, ἀνοιξείδωτο, ποὺ τὸ δόνομάζομε γενικὰ θερμαντικὴ ἀντίσταση. "Οταν τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα διαρρέει τὸ σύρμα, αὐτὸ ἐρυθροπυρώνεται καὶ ἀκτινοβολεῖ θερμότητα.

Στὶς ἡλεκτρικὲς θερμάστρες, στοὺς ἡλεκτρικοὺς θερμαντῆρες καὶ στὶς ἡλεκτρικὲς κουζίνες τὸ σύρμα είναι συνήθως περιτυλιγμένο ἐλικοειδῶς καὶ τοποθετημένο στὶς αἴλακες ἐνὸς μονωτικοῦ ὑπόβαθρου (σχ. 136).



Σχ. 136. Θερμανόμενη πλάκα μὲ κυκλικὸ ἀγωγὸ σύρμα.



χ. 137. Ἡλεκτρικὸ σίδερο (I) καὶ διάταξη τοῦ σύρματος θερμάνσεώς του (II).

Στὸ ἡλεκτρικὸ σίδερο (σχ. 137, I) ἡ θερμαντικὴ ἀντίσταση ἔχει τὸ σχῆμα μιᾶς στενῆς ταινίας καὶ εἰναι στερεωμένη ἐπάνω σὲ ἔνα φύλλο ἀπὸ μαρμαρογύια (κοινῶς μίκα), ποὺ εἰναι ἔνας πολὺ καλὸς μονωτὴς (σχ. 137, II).

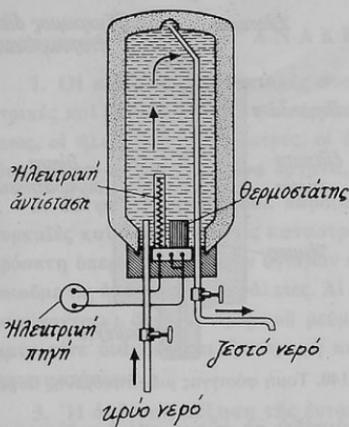
Στὸν ἡλεκτρικὸν βραστήρες τὸ σύρμα είναι περιτυλιγμένο συνήθως μὲ ὑαλοβάμβακα ἢ ἀμίαντο.

Ἡ ἡλεκτρικὴ θέρμανση είναι πολὺ εὔχρηστη καὶ ρυθμίζεται εύκολα, είναι καθαρὴ καὶ ὑγιεινή, συγχρόνως δμως καὶ δαπανηρή.

β) Ἡλεκτρικοὶ φοῦρνοι. Οἱ ἡλεκτρικοὶ φοῦρνοι, ποὺ χρησιμοποιοῦμε στὰ διάφορα ἐργαστήρια, περιλαμβάνουν ἔνα σύρμα περιτυλιγμένο γύρῳ ἀπὸ ἔναν κύλινδρο μονωτικὸ καὶ γυαλιστερό. Ὁ κύλινδρος είναι γυαλιστερὸς ἔτσι, ὅταν ἡ θερμότητα ποὺ πέφτει ἐπάνω του νὰ ἀνακλᾶται στὸ γύρω χῶρο καὶ νὰ μὴν ἀπορροφᾶται ἀπὸ αὐτὸν καὶ χάνεται. "Ἐνα μονωτικὸ περιβλήμα προστατεύει τὸ φοῦρνο ἀπὸ τὶς ἀπώλειες τῆς θερμότητος στὸ περιβάλλον.

γ) Ἡλεκτρικοὶ θερμοσίφωνες. Είναι συσκευές ποὺ παρέχουν ζεστὸ νερὸ γιὰ τὶς διάφορες οἰκιακές ἀνάγκες.

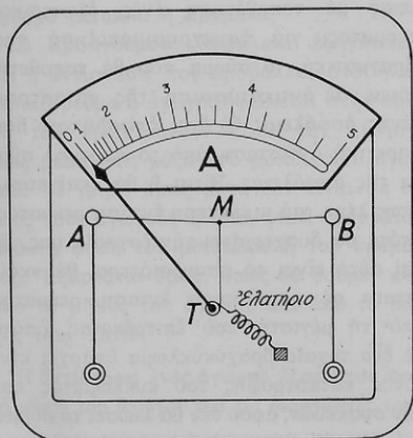
Τὸ κρύο νερὸ μπαίνει στὸ δοχεῖο τοῦ θερμοσίφωνα ἀπὸ τὸ κάτω μέρος καὶ θερμαίνεται μὲ μιὰν ἡλεκτρικὴ ἀντίσταση. Τὸ θερμανόμενο νερὸ κινεῖται πρὸς τὸ ἐπάνω μέρος τοῦ δοχείου. "Οταν ἀνοίξει μία βρύση ζεστοῦ νεροῦ σὲ ἔνα διαμέρισμα τοῦ σπιτιοῦ, τότε ἀπὸ τὴ βρύση αὐτὴ τρέχει



Σχ. 137, α. Ήλεκτρικός θερμοσίφωνας.

ζεστό νερό. Τὸ ζεστὸ αὐτὸ νερὸ κυκλοφορεῖ χάρη στὸν ἀγωγὸ ζεστοῦ νεροῦ, ποὺ βρίσκεται στὴν κορυφὴ τοῦ δοχείου (σχ. 137, α).

§ 145. Θερμικό ἀμπερόμετρο. Τὸ δρυγανό αὐτὸ (σχ. 138) ἀποτελεῖται ἀπὸ ἔνα λεπτὸ μεταλλικὸ σύρμα AMB ἀπὸ λευκόχρυσο ἢ ἄργυρο, ποὺ διαρρέεται ἀπὸ τὸ ηλεκτρικὸ ρεῦμα, τοῦ δοποὶ θέλομε νὰ μετρήσουμε τὴν ἔνταση. Τὸ σύρμα μένει τεντωμένο μὲ τὴ βοήθεια ἐνὸς ἐλατηρίου,



Σχ. 138. Θερμικό ἀμπερόμετρο.

συνδεμένου στὸ σημεῖο M μὲ ἔνα εὐλύγιστο μεταλλικὸ σύρμα, ποὺ περνᾶ ἀπὸ μιὰ μικρὴ τροχαλία T.

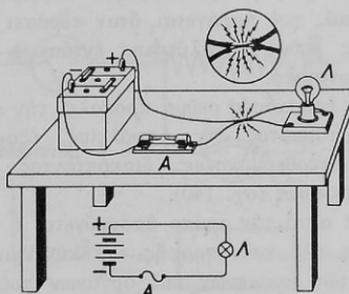
Ἡ θέρμανση τοῦ σύρματος AMB, ἔξαιτιας τῆς περάσματος τοῦ ρεύματος, προκαλεῖ διαστολὴ. Ἡ ἐπιμήκυνση τοῦ σύρματος AMB, ἔξαιτιας τῆς διαστολῆς, προκαλεῖ στροφὴ τῆς τροχαλίας καὶ τῆς βελόνας ποὺ εἶναι στερεὰ συνδεμένη μὲ αὐτὴ.

Ἡ διαστολὴ τοῦ σύρματος καὶ συνεπῶς ἡ ἀπόκλιση τῆς βελόνας εἶναι τόσο μεγαλύτερη, δοῦ ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος εἶναι πιὸ μεγάλῃ.

Τὸ δρυγανό βαθμολογεῖται σὲ σύγκριση μὲ ἔνα συνηθισμένου τύπου ἀμπερόμετρο.

§ 146. Βραχυκύκλωμα. Ὅταν ἔνα ἀγωγὸ σύρμα διαρρέεται ἀπὸ ηλεκτρικὸ ρεῦμα, καθὼς γνωρίζομε, θερμαίνεται καὶ ἐπομένως ὑψώνεται ἡ θερμοκρασία του, ἐνῶ συγχρόνως ἔνα μέρος τῆς θερμότητας ποὺ παράγεται διασπείρεται στὸ περιβάλλον. Τελικὰ ὁ ἀγωγὸς ἀποχτᾷ μιὰ σταθερὴ θερμοκρασία.

Μία ἀπότομη αὔξηση τῆς ἔντασεως τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος προκαλεῖ ἀπότομη αὔξηση τῆς θερμοκρασίας τοῦ ἀγωγοῦ σύρματος καὶ δημιουργεῖ κίνδυνο καταστροφῆς τοῦ μονωτικοῦ ὑλικοῦ ποὺ περιβάλλει τὸν ἀγωγό, καθὼς καὶ τῶν διαφόρων



Σχ. 139. Ὅταν ἔνωθοιν δύο γυμνὰ καλώδια, προκαλεῖται βραχυκύκλωμα. Στὸ κάτω μέρος συμβολικὴ παράσταση τοῦ κυκλώματος.

συσκευῶν, ποὺ εἶναι συνδεμένες στὸ κύκλωμα.

Γί' αὐτὸ πρέπει νὰ ἐλέγχουμε συχνὰ τὴν κατάσταση τῶν μονωτικῶν περιβλημάτων τῶν ἀγωγῶν, γιατί, ἢν δύο ἀπογυμνωμένα σύρματα ἔλθουν σὲ ἐπαφὴ μεταξὺ τοὺς (σχ. 139), προκαλεῖται ἀπότομη αὔξηση τῆς ἐντάσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, μὲ ἀποτέλεσμα τὴν πρόκληση διαφόρων καταστροφῶν. Αὐτὸ τὸ φαινόμενο δνομάζεται βραχυκύκλωμα. "Ωστε:

Βραχυκύκλωμα δνομάζεται ἡ ἀπότομη αὔξηση τῆς ἐντάσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ποὺ διαρρέει ἔνα κύκλωμα, ἡ ὥσπεια προκαλεῖται ἀπὸ διάφορες αἰτίες καὶ μπορεῖ νὰ ἔχει καταστρεπτικὰ ἀποτελέσματα γιὰ τὶς ἡλεκτρικὲς συσκευὲς τοῦ κυκλώματος.

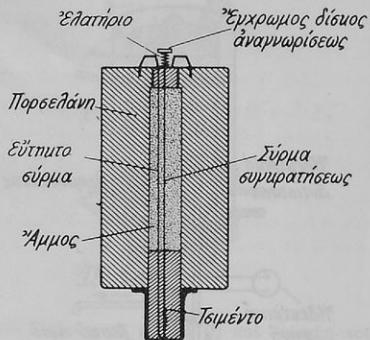
§ 147. 'Ασφάλειες. 'Η πιὸ συνηθισμένη ἀπὸ τὶς αἰτίες ποὺ προκαλοῦν τὴν ἀπότομη αὔξηση τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος σ' ἔνα κύκλωμα εἶναι τὰ βραχυκύκλωματα. Γιὰ νὰ ἀποφύγουμε τὰ βραχυκύκλωματα, παρεμβάλλομε σὲ σειρὰ μέσα στὸ κύκλωμα ἡλεκτρικὲς ἀσφάλειες. Οἱ ἀσφάλειες αὐτὲς εἶναι λεπτὰ καὶ εὐτηκτα μικροῦ μήκους σύρματα, ποὺ εἶναι κλεισμένα σὲ κατάλληλες θήκες.

'Η λειτουργία τῶν ἀσφαλειῶν στηρίζεται στὴ μεγάλη ποσότητα θερμότητας Τζάουλ, ποὺ παράγεται, ὅταν περάσει ἀπὸ αὐτὲς ρεῦμα μεγαλύτερης ἐντάσεως ἀπὸ τὸ κανονικό.

Τὸ ἐπικίνδυνο ρεῦμα προκαλεῖ τὴν τήξην τοῦ σύρματος τῆς ἀσφάλειας, ἔξαιτίας τῆς ὑπερθερμάνσεως, διακόπτοντας ἔτσι τὸ κύκλωμα (σχ. 140).

Μὲ αὐτὸ τὸν τρόπο ἀποφύγεται ὁ κίνδυνος τῆς καταστροφῆς τοῦ κυκλώματος καὶ τῶν συσκευῶν καὶ δργάνων ποὺ τὸ ἀποτελοῦν.

Σὲ κάθε ἀσφάλεια ἀναγράφεται ἡ μέγιστη στη ἐνταση σὲ Ἀμπέρ, στὴν ὥσπεια μπορεῖ



Σχ. 140. Τομὴ φύσιγγας μιᾶς τηκόμενης ἀσφάλειας, νὰ ἀντέξει τὸ σύρμα τῆς ἀσφάλειας χωρὶς νὰ λιώσει.

'Η τηκόμενη ἀσφάλεια παρουσιάζει τὸ μειονέκτημα ὅτι, ἀφοῦ καταστραφεῖ, δὲν μπορεῖ νὰ ξαναχρησιμοποιηθεῖ πιά. Παρουσιάζει δμως τὸ πλεονέκτημα ὅτι καταστρέφεται ἀμέσως, μόλις ἡ ἐνταση τοῦ ρεύματος ζεπεράσει τὴν κανονικὴ τιμὴ, καὶ προστατεύει διποσδήποτε τὶς ἐγκαταστάσεις.

Γί' αὐτὸ τὸ λόγο ἀπαγορεύεται, γιατὶ εἶναι ἐπικίνδυνο γιὰ τὶς ἐγκαταστάσεις μας, ἡ ἐπισκευὴ μιᾶς καταστρεμένης ἀσφάλειας μὲ τοποθέτηση ἐνὸς ἔξωτερικοῦ σύρματος, γιὰ ξαναχρησιμοποίηση τῆς. Πραγματικά, τὸ σύρμα ποὺ θὰ τοποθετήσουμε σὲ ἀντικατάσταση τῆς καταστρεμένης ἀσφάλειας θὰ ἔχει ὄπωσδήποτε διαφορετικὴ ἀντίσταση ἀπὸ τὸ πρότυπο σύρμα τῆς ἀσφάλειας. "Ἔτσι ἡ θὰ «καίγεται», δπως λέμε, γιὰ μικρότερη ἐνταση ρεύματος, ὅποτε θὰ δυσχεραίνει τὴν ἐργασία μας, ἡ, καὶ αὐτὸ εἶναι τὸ σπουδαιότερο, θὰ «καίγεται» σὲ μεγαλύτερη ἐνταση ρεύματος ἀπὸ τὴν μέγιστη ποὺ ἐπιτρέπεται, ὅποτε σὲ ἔνα τυχαῖο βραχυκύκλωμα ὑπάρχει κίνδυνος καταστροφῆς τοῦ κυκλώματος καὶ τῶν συσκευῶν, ἀφοῦ δὲν θὰ λιώσει τὸ σύρμα καὶ δὲν θὰ διακοπεῖ ἡ παροχὴ ρεύματος στὸ κύκλωμα.

1. Οι περισσότερες οίκιακές συσκευές φωτισμού και θερμάνσεως είναι ήλεκτρικές και βασίζονται στὸ φαινόμενο Τζάουλ. Τέτοιες είναι οἱ λαμπτήρες πυρακτώσεως, οἱ ήλεκτρικές θερμάστρες, οἱ ήλεκτρικές κουζίνες, οἱ θερμοσίφωνας κλπ. Τὸ ίδιο γίνεται καὶ μὲ δρισμένα ὅργανα, ὅπως τὸ θερμικὸ ἀμπερόμετρο.

2. Τὸ φαινόμενο Τζάουλ παρουσιάζει καὶ κινδύνους. Γιὰ νὰ ἀποφεύγουμε τὶς πυρκαϊὲς καὶ γενικότερα τὶς καταστροφὲς ποὺ μποροῦν νὰ προκύψουν ἀπὸ μιὰν ἀπρόποτη ὑπερθέμανση τῶν ἀγωγῶν καὶ τῶν συσκευῶν ἐνὸς κυκλώματος, χρησιμοποιοῦμε τὶς ήλεκτρικές ἀσφάλειες. Αἱ ἀσφάλειες είναι λεπτὰ σύρματα, ποὺ τήκονται («καίγονται»), ὅταν ἡ τιμὴ τοῦ ρεύματος ξεπεράσει τὴν ἀνεκτὴ ἀπὸ τὸ κύκλωμα τιμὴν τότε διακόπτεται ἡ παροχὴ καὶ ἀποφεύγεται ὁ κίνδυνος καταστροφῆς τῆς ἔγκαταστάσεως.

3. Ἡ ἀπότομη αὔξηση τῆς ἐντάσεως τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος σὲ ἕνα κύκλωμα δονομάζεται βραχυκύκλωμα καὶ ἔχει καταστρεπτικές συνέπειες.

4. Είναι πολὺ ἐπικίνδυνο νὰ ἐπισκευάζουμε μιὰ καταστρεμμένη ἀσφάλεια μὲ τοποθέτηση ἐξωτερικοῦ σύρματος, γιὰ νὰ ξαναχρησιμοποιηθεῖ.

ΛΑ' — ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΣΠΟΥΔΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΣ ΕΝΟΣ ΑΓΩΓΟΥ

§ 148. Γενικότητες. Οἱ ήλεκτρικοὶ ἀγωγοὶ είναι συνήθως σύρματα μεταλλικά, κυλινδρικά καὶ δμογενή, κατασκευασμένα ἀπὸ καθαρὰ μεταλλα καὶ κράματα.

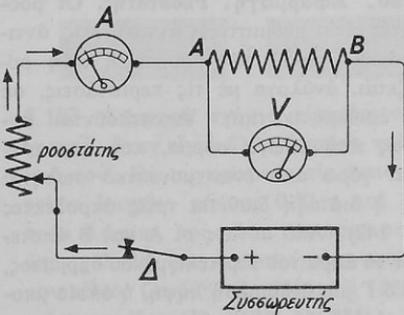
Σὲ προηγούμενο κεφάλαιο ἐξηγήσαμε διτὶ ἡ ἀντίσταση ποὺ προβάλλει στὸ ηλεκτρικὸ ρεῦμα ὁ ἀγωγὸς διφείλεται στὴν τριβὴ τῶν ηλεκτρονίων κατὰ τὴν κίνησή τους μέσα στὴ μάζα τοῦ μεταλλικοῦ ἀγωγοῦ. Ἡ τριβὴ δμως αὐτὴ δὲν είναι σὲ δλονυς τοὺς ἀγωγοὺς ἡ ἴδια, γιατὶ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴ φύση τοῦ μετάλλου ἢ τοῦ κράματος. Ἐξαρτᾶται δμως, σπως θὰ δοῦμε, καὶ ἀπὸ τὸ μῆκος τοῦ ἀγωγοῦ καὶ ἀπὸ τὸ πάχος του. «Ωστε:

Ἡ ἀντίσταση ἐνὸς ἀγωγοῦ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴ φύση τοῦ ἀγωγοῦ καὶ τὶς διαστάσεις του.

§ 149. Μεταβολὴ τῆς ἀντίστασεως ἐνὸς ἀγωγοῦ ἀπὸ τὸ μῆκος του. Θὰ συγκρίνου-

με τὶς ἀντιστάσεις ἀγωγῶν κατασκευασμένων ἀπὸ τὸ ίδιο ύλικό, ποὺ ἔχουν τὴν ἴδια διατομὴν (πάχος), διαφορετικὰ δμως μῆκη.

Πείραμα. Πραγματοποιοῦμε τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 141 καὶ ἀντικαθιστοῦμε διαδοχικὰ ἀνάμεσα στὰ σημεῖα A καὶ B



Σχ. 141. Κύκλωμα γιὰ τὴ μελέτη τῆς μεταβολῆς τῆς ἀντίστασεως ἐνὸς ἀγωγοῦ σὲ συνάρτηση μὲ τὸ μῆκος.

τις άντιστάσεις που πρόκειται να συγκρίνονται.

Χρησιμοποιούμε, π.χ., τρία σύρματα σιδηρονικελίου, (δηλαδή άγωγούς της ίδιας φύσεως) με διάμετρο 0,5 mm, (δηλαδή με την ίδια διατομή) άλλα με διαφορετικά μήκη π.χ. 1 m, 2 m και 3 m.

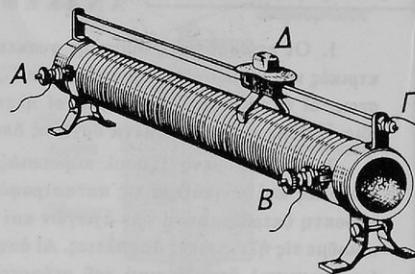
Με τη βοήθεια ένδος ροοστάτη ρυθμίζουμε την ένταση του ρεύματος έτσι, ώστε να είναι ή ίδια σε κάθε περίπτωση, πράγμα που διευκολύνει τη σύγκριση. Τὰ αποτελέσματα τῶν μετρήσεών μας άναγράφονται στὸν παρακάτω πίνακα.

Μήκος (m)	1	2	3
Ένταση (A)	2	2	2
Διαφ. δυναμικού (U)	8	16	24
R = U/i (Ω)	4	8 = 2 · 4	12 = 3 · 4

"Οπως παρατηροῦμε, δταν διπλασιάζεται τὸ μῆκος τοῦ άγωγοῦ, διπλασιάζεται ή τριπλασιάζεται, άντιστοχα, καὶ ή άντιστασή του. "Ωστε:

"Η άντισταση ένδος άγωγοῦ σύρματος, κατασκευασμένου ἀπὸ ένα δρισμένο ύλικό, ποὺ έχει σταθερή διατομή, είναι άναλογη πρὸς τὸ μῆκος τοῦ σύρματος.

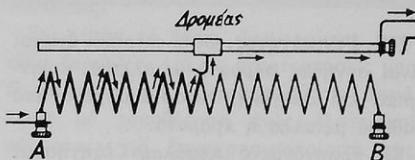
§ 150. Έφαρμογή. Ροοστάτης. Οἱ ροοστάτες είναι ρυθμιστικὲς άντιστάσεις, άντιστάσεις δηλαδὴ τῶν δόποιῶν ή τιμῆς ρυθμίζεται, άνάλογα μὲ τὶς περιστάσεις, σὲ μιὰ ἐπιθυμητὴ τιμή. Ἀποτελοῦνται συνήθως ἀπὸ άγωγὸ σύρμα, ποὺ περιτυλίγεται γύρω ἀπὸ έναν μονωτικὸ σωλήνα. δηλητὴ διάταξη διαθέτει τρεῖς ἀκροδέκτες (σχ. 142). Ἀπὸ αὐτὸὺς οἱ A καὶ B ἀποτελοῦν τὰ ἄκρα τοῦ περιτυλιγμένου σύρματος, ἐνῷ δὲ Γ μία ἐνδιάμεση λήψη, ή δόποια μπορεῖ νὰ διλλάξει θέση, δταν μετακινήσουμε τὸ δρομέα Δ. Πραγματικὰ τὸ σημεῖο Γ καὶ δὲ δρομέας Δ συνδέονται μὲ τὸ μεταλ-



Σχ. 142. Ροοστάτης (ρυθμιστικὴ άντισταση) μὲ δρομέα Δ.

λικὸ άγωγὸ στέλεχος (σχ. 143), ποὺ παρουσιάζει ἀσήμαντη άντισταση.

Ο ροοστάτης συνδέεται σὲ σειρὰ μὲ τὸ κύκλωμα ἀπὸ τὸ ἄκρο του A καὶ τὴν ἐνδιάμεση λήψη Γ. Ὁταν μετακινήσουμε τὸ δρομέα Δ, μεταβάλλομε τὴν άντισταση καὶ ρυθμίζουμε έτσι τὴν ένταση τοῦ ρεύματος, ποὺ διαρρέει τὸ κύκλωμα, ἀνάμεσα ἀπὸ μιὰν ἐλάχιστη τιμῆς, (δταν δὲ δρομέας

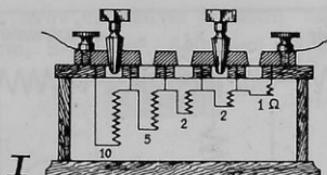


Σχ. 143. Πορεία τοῦ ρεύματος μέσα ἀπὸ τὸ ροοστάτη.

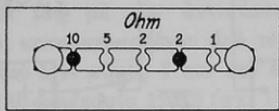
βρίσκεται στὸ B, ὅποτε τὸ ρεῦμα διαρρέει δηλητὴ διάταξη, καὶ μιὰ μέγιστη, (δταν δὲ δρομέας βρίσκεται στὸ A, δταν δηλαδὴ δηλητὴ διάταξη είναι έξω ἀπὸ τὸ κύκλωμα).

"Άλλος τύπος ρυθμιζόμενης άντιστάσεως είναι τὸ κιβώτιο άντιστάσεων ή, δπως λέγεται ἀλλιῶς, η ρυθμιστικὴ άντισταση μὲ γύμφους (σχ. 144).

Στὴν άντισταση τοῦ τύπου αὐτοῦ τὴν ρύθμιση τὴν πετυχαίνουμε μὲ τὴ χρήση μεταλλικῶν γύμφων, ποὺ μπαίνουν σὲ κατάλληλες ὑποδοχές καὶ θέτουν έξω ἀπὸ τὸ κύκλωμα τὶς άντιστάσεις ποὺ βρίσκονται κάτω ἀπὸ τὶς ὑποδοχές.



II



Σχ. 144. Κιβώτιο άντιστάσεων ρυθμισμένο για 8Ω .

Στό σχήμα 144 είναι έξω από τό κύκλωμα οι άντιστάσεις 10Ω και 2Ω και άπομένουν για χρήση οι άλλες άντιστάσεις, 5Ω , 2Ω και 1Ω . Αν ήταν βγαλμένοι δύο οι γόμφοι, θα χρησιμοποιούσαμε δλες τις άντιστάσεις, δηλαδή: $10\Omega + 5\Omega + 2\Omega + 2\Omega + 1\Omega = 20\Omega$.

§ 151. Μεταβολή τῆς άντιστάσεως ένδος άγωγού από τή διατομή του. Θά συγκρίνουμε τώρα τις άντιστάσεις άγωγών που διαφέρουν μόνο στή διατομή τους.

Πείραμα. Στό κύκλωμα τού σχήματος 141 άντικαθιστούμε διαδοχικά άνάμεσα στά σημεῖα A και B τρία ίσα σε μῆκος άγωγά σύρματα, π.χ. από σιδηρονικέλιο, μὲ κοινὸ μῆκος 1 m , ποὺ έχουν διαμέτρους $0,5\text{ mm}$, 1 mm και 2 mm .

Διατηρώντας μιὰ σταθερὴ ένταση ρεύματος, ίση έστω μὲ $0,5\text{ A}$, μετροῦμε σὲ κάθε περίπτωση τήν άντιστοιχη διαφορὰ δυναμικοῦ και ὑπολογίζομε τήν άντισταση, καταστρώνοντας τὸν ἀκόλουθο πίνακα:

Διάμετρος (mm)	0,5	1	2
Τομή (mm^2)	$\pi/16$	$\pi/4$	π
Ένταση (A)	0,5	0,5	0,5
Διαφορὰ δυναμικοῦ (U)	2	0,5	0,125
$R = U/i (\Omega)$	4	1	0,25

Όπως παρατηροῦμε, δταν ή διατομὴ γίνεται 4 φορὲς μεγαλύτερη:

$$\left(\frac{\pi}{4} = 4 \cdot \frac{\pi}{16} \text{ και } \pi = 4 \cdot \frac{\pi}{4} \right)$$

ή άντισταση γίνεται τέσσερεις φορὲς μικρότερη ($1 = 4 : 4$, και $0,25 = 1 : 4$). Ωστε:

ΤΗ άντισταση ένδος άγωγού, ποὺ είναι κατασκευασμένη από δρισμένο υλικό και έχει σταθερὸ μῆκος, είναι άντιστρόφως άνάλογη πρὸς τή διατομή του.

§ 152. Σχέση μεταξὺ άντιστάσεως, μήκους και διατομῆς ένδος άγωγού. Γνωρίζομε δτι, δταν ένα μέγεθος είναι άνάλογο πρὸς δύο άλλα άνεξάρτητα μεγέθη, τό μέγεθος αὐτὸς είναι άνάλογο και πρὸς τό γινόμενό τους.

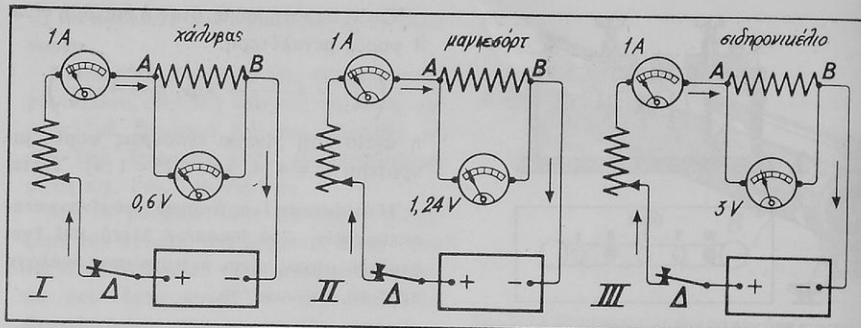
Ἐπομένως ή άντισταση R ένδος άγωγού έφόσον είναι άνάλογη πρὸς τό μῆκος l τού άγωγού και άντιστρόφως άνάλογη πρὸς τή διατομή του S ή, τό ίδιο πράγμα, άνάλογη πρὸς τό $1/S$ τού άγωγού, θά είναι άνάλογη και πρὸς τό γινόμενο $l \cdot 1/S$, δηλαδὴ πρὸς τό l/S .

Αὐτὸ σημαίνει δτι ύπαρχει ένας σταθερὸς λόγος άνάμεσα στά R και l/S , δταν μεταβάλονται μόνο οι διαστάσεις.

Ἐχει ἐπικρατήσει ή συνήθεια διεθνῶς νὰ παριστάνουμε μὲ τό Ἑλληνικὸ γράμμα ρ τήν τιμὴ τού λόγου αὐτοῦ. Ωστε είναι:

$$R / \frac{l}{S} = \rho \quad \text{η} \quad R = \rho \cdot \frac{l}{S}$$

§ 153. Διαφορὰ στήν άντισταση τοῦ άγωγοῦ, δταν είναι άλλη ή φύση τοῦ υλικοῦ του. Θά συγκρίνουμε τις άντιστάσεις τριῶν άγωγών, μήκους $0,50\text{ m}$ και διαμέτρου $0,4\text{ mm}$, ποὺ είναι κατασκευασμένοι από χάλυβα, μαγιεσδόρτ (χαλκοψευδαργυρονικέλιο, Cu 60%, Zn 25%, Ni 15%) και σιδηρονικέλιο (Fe 75%, Ni 25%). Οι άγωγοι δηλαδὴ διαφέρουν μονάχα κατά τό υλικό τῆς κατασκευῆς τους.



Σχ. 145. Η άντισταση ένδος άγωγού ξεπερνάεται από το υλικό κατασκευής του.

Πείραμα. Στὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 141 άντικαθιστοῦμε διαδοχικὰ άνάμεσα στὰ σημεῖα A καὶ B τὰ σύρματα ποὺ ἀναφέραμε (σχ. 145).

Κλείνομε τὸ διακόπτη, διατηροῦμε μιὰ σταθερὴ ἔνταση ρεύματος, ἵση ἔστω μὲ 1 A, μὲ τὴν βοήθεια τοῦ ροοστάτη, μετροῦμε σὲ κάθε περίπτωση τὴν διαφορὰ δυναμικοῦ καὶ ὑπολογίζομε τὴν άντιστοιχὴν άντιστασην, καταστρέψοντας τὸν ἀκόλουθο πίνακα μὲ τὶς μετρήσεις καὶ τὸν ὑπολογισμοὺς μας.

Φύση τοῦ άγωγοῦ	χάλυβας	μαγιεσδρτ	σιδηρονικέλιο
Διαφ. δυναμ. (V)	0,6	1,24	3
*Ενταση (A)	1	1	1
R = U/i (Ω)	0,6	1,24	3

Όπως παρατηροῦμε, τὰ τρία σύρματα, ἀν καὶ έχουν τὶς ἴδιες γεωμετρικὲς διαστάσεις, παρουσιάζουν διαφορετικὲς άντιστάσεις στὸ ηλεκτρικὸ ρεῦμα.

Η άντισταση τοῦ σιδηρονικέλιον εἶναι μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν άντισταση τοῦ μαγιεσδρτ καὶ αὐτὴ μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν άντισταση τοῦ χάλυβα. "Ωστε:

"Η άντισταση ένδος άγωγού ξεπερνάεται απὸ τὴ φύση τοῦ υλικοῦ του.

§ 154. Εἰδικὴ άντισταση. Άναφέραμε ὅτι ὁ λόγος ρ διατηρεῖ σταθερὴ τιμὴ, ὅταν ἀλλάζουν οἱ διαστάσεις ένδος άγωγοῦ, κατασκευασμένου ἀπὸ ἔνα δρισμένο υλικό.

Αντίστροφα, ἀν συγκρίνουμε τὶς άντιστάσεις δύο άγωγῶν, κατασκευασμένων ἀπὸ διαφορετικὰ υλικά, ποὺ παρουσιάζουν ὅμως τὶς ἴδιες γεωμετρικὲς διαστάσεις, θὰ έχουμε:

$$R_1 = \rho_1 \cdot \frac{l}{S} \quad \text{καὶ} \quad R_2 = \rho_2 \cdot \frac{l}{S}$$

Ἐτσι, ἀν πειραματιστοῦμε μὲ μεταλλικοὺς άγωγούς, ἀπὸ σιδηρονικέλιο τὸν ἔναν καὶ ἀπὸ σίδηρο τὸν ἄλλο, μὲ τὶς ἴδιες ὅμως γεωμετρικὲς διαστάσεις καὶ στοὺς δύο, θὰ διαπιστώσουμε ὅτι ὁ άγωγὸς ἀπὸ τὸ σύρμα τοῦ σιδηρονικέλιον παρουσιάζει ὀκταπλάσια άντισταση ἀπὸ τὸν σιδερένιο άγωγό.

"Ο συντελεστής ρ, ξεπερνάεται απὸ τὴ φύση τοῦ υλικοῦ κατασκευῆς τοῦ άγωγοῦ καὶ δονομάζεται εἰδικὴ άντισταση τοῦ άγωγοῦ.

Τὸν τύπο $R = \rho \cdot l / S$ ἐκφράζομε τὸ μῆκος τοῦ άγωγοῦ σὲ ἑκατοστόμετρα, τὴ διατομὴ του σὲ τετραγωνικὰ ἑκατοστόμετρα καὶ τὴν άντιστασή του σὲ μονάδες "Ωμ.

Αν στήν παραπάνω έξισωση πάρουμε $l = 1 \text{ cm}$, $S = 1 \text{ cm}^2$, βρίσκομε ότι:

$$R = \rho$$

Ωστε:

Η ειδική άντισταση ένδος άγωγού είναι αριθμητικά ίση με την άντισταση ένδος κυλίνδρου, κατασκευασμένου άπο τὸν άγωγὸν αὐτό, ποὺ ἔχει μῆκος 1 cm καὶ διατομὴ 1 cm² (σὲ θερμοκρασία 15 °C) (σχ. 146).

Μονάδα ειδικῆς άντιστάσεως. Ο τύπος $R = \rho \cdot l / S$, δταν λυθεῖ ώς πρὸς ρ , δίνει:

$$\rho = R \cdot \frac{S}{l}$$

Αν $R = 1 \Omega$, $S = 1 \text{ cm}^2$ καὶ $l = 1 \text{ cm}$, βρίσκομε τὴν μονάδα τῆς ειδικῆς άντιστάσεως. Ωστε:

Η μονάδα ειδικῆς άντιστάσεως είναι ίση μὲ τὴν ειδικὴν άντιστασην ένδος ύλικου, τὸ δόπιον σὲ κυλινδρικὸν άγωγό, μῆκους 1 cm καὶ διατομῆς 1 cm², παρουσιάζει άντιστασὴν 1 Ω.

Η μονάδα αὐτὴ δονομάζεται **Ωμ - έκατοντόμετρο** ($\Omega \cdot \text{cm}$).

Συνήθως χρησιμοποιοῦμε τὸ υποπολλαπλάσιο τῆς μονάδας αὐτῆς, τὸ **μικρο-ώμ-έκατοστόμετρο** ($\mu\Omega \cdot \text{cm}$) ίσο μὲ τὸ ξενα έκατοντόμετρο τῆς βασικῆς μονάδας.

Δηλαδὴ είναι:

$$1 \Omega \cdot \text{cm} = 10^6 \mu\Omega \cdot \text{cm}$$

Παραδείγματα ειδικῶν άντιστάσεων διαφόρων ύλικῶν καὶ κραμμάτων σὲ $\mu\Omega \cdot \text{cm}$.			
Άργυρος	1,5	Μαγιεσδόρ	30
Χαλκός	1,6	Κονσταντάνη	50
Σίδηρος	10	Σιδηρονικέλιο	80
Νικέλιο	12	Υδράργυρος	94
Μόλυβδος	20	Χρωμονικέλινη	137

Παρατήρηση. Οἱ καλοὶ άγωγοὶ εἰναι σώματα ποὺ ἔχουν πολὺ μικρὴ τιμὴ ειδικῆς άντιστάσεως (άργυρος, χαλκός, άργιλο). Αντιθέτως τὸ σιδηρονικέλιο καὶ ἡ χρωμονικέλινη εἰναι κράματα ποὺ παρουσιάζουν μεγάλη άντισταση. Γι' αὐτὸν ἀκριβῶς τὸ λόγο τὰ χρησιμοποιοῦμε στὶς περιπτώσεις ποὺ χρειαζόμαστε ἔκλυση μεγάλων ποσοτήτων θερμότητας.

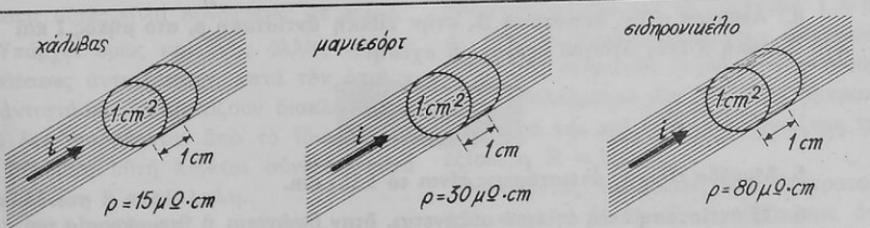
Άριθμητικὸ παράδειγμα. Νὰ υπολογιστεῖ ἡ άντισταση ένδος χάλκινου σύρματος μὲ μῆκος 1 km καὶ διάμετρο 1 mm. Ειδικὴ άντιστασὴ τοῦ χαλκοῦ $\rho = 1,6 \mu\Omega \cdot \text{cm}$.

Λόγη. Αντικαθιστώντας στὸν τύπο $R = \rho \cdot l / S$ τὰ δεδομένα τοῦ προβλήματος, δηλαδὴ:

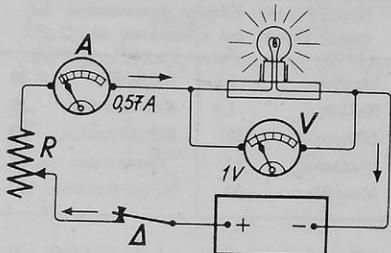
$$\rho = 1,6 \mu\Omega \cdot \text{cm} = 1,6 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}, l = 1000 \text{ m} = 100000 \text{ cm} = 10^6 \text{ cm}, S = \pi \cdot 0,05^2 = 0,0025 \cdot \pi \text{ cm}^2 \quad (\gammaιατί, ἀφοῦ ἡ διάμετρος εἰναι 1 mm = 0,1 cm, ἡ ἀκτίνα θὰ είναι 0,05 cm), \thetaὰ ἔχουμε:$$

$$R = \frac{1,6 \cdot 10^{-6} \cdot 10^6}{0,0025 \cdot \pi} = \frac{0,16}{0,00785} = 20,3 \Omega$$

§ 155. Μεταβολὴ τῆς άντιστάσεως μὲ τὴν ἀλλαγὴ τῆς θερμοκρασίας. Συναρ-



Σχ. 146. Ειδικὴ άντιστασὴ διαφόρων ύλικῶν.



Σχ. 147. Η αντίσταση του σύρματος αυξάνεται με τη θερμοκρασία

μολογούμε τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 147. Η αντίστασή του άποτελεῖται ἀπὸ τὸ νῆμα πυρακτώσεως τοῦ λαμπτήρα.

Ρυθμίζομε τὸ ροοστάτη ἔτσι, ὥστε νὰ ἔχουμε στὴν ἀρχὴ τοῦ πειράματος τάση 1 V στὶς ἄκρες τοῦ λαμπτήρα. "Υστέρα αὐξάνομε προοδευτικὰ τὴν ἑντασην τοῦ ρεύματος, ώστου ὁ λαμπτήρας ἀποχτήσει τὴν κανονική του φωτεινὴν ἰσχὺν.

Σημειώνοντας γιὰ διάφορες τιμὲς τῆς ἑντάσεως τὶς ἀντίστοιχες τιμὲς τῆς τάσης, ὑπολογίζομε τὴν ἀντίσταση καὶ καταστρώνομε τὸν ἀκόλουθο πίνακα:

Ἐνταση (A)	0,57	1	1,2
Διαφ. δυναμικοῦ (V)	1	3,8	6
'Αντίσταση $R = U/i$ (Ω)	1,7	3,8	5

"Οπως παρατηροῦμε, η ἀντίσταση τοῦ νήματος πυρακτώσεως αυξάνεται, ὅσο γίνεται φωτεινότερο τὸ νῆμα. Τὸ νῆμα δημοσιεύεται ἐντονότερα, ὅταν ὑψώνεται η θερμοκρασία του. "Ωστε:

Η αντίσταση ἐνὸς ἀγωγοῦ αυξάνεται, ὅταν ὑψώνεται η θερμοκρασία του.

Τὸ παραπάνω νόμο δέν τὸν ἀκολουθοῦν δ ἀνθρακας καὶ οἱ ἡλεκτρολύτες. "Οταν ὑψώνεται η θερμοκρασία τῶν σωμάτων αὐτῶν, ἐλαττώνεται η αντίστασή τους.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

- Η αντίσταση ἐνὸς ἀγωγοῦ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύση τοῦ ἀγωγοῦ καὶ τὶς διαστάσεις του.
- Η αντίσταση ἐνὸς ἀγωγοῦ σύρματος είναι ἀνάλογη μὲ τὸ μῆκος του, ἀντιστρόφως ἀνάλογη μὲ τὴ διατομή του καὶ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ ὄλικὸ κατασκευῆς τοῦ ἀγωγοῦ.
- Η εἰδικὴ αντίσταση ρ ἐνὸς ἀγωγοῦ σύρματος είναι ἀριθμητικὰ ἵση μὲ τὴν αντίσταση ἐνὸς ὄλικοῦ, ποὺ σὲ κυλινδρικὸ ἀγωγό, μῆκους 1 em καὶ διατομῆς 1 cm², παρουσιάζει ὀντίσταση 1 Ω .
- 'Ανάμεσα στὴν ἀντίσταση R , στὴν εἰδικὴ ἀντίσταση ρ , στὸ μῆκος l καὶ στὴ διατομὴ S ἐνὸς ἀγωγοῦ ὑπάρχει η σχέση:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S}$$

- Μονάδα εἰδικῆς ἀντιστάσεως είναι τὸ 1 $\Omega \cdot \text{em}$.

- Η αντίσταση ἐνὸς ἀγωγοῦ αυξάνεται, ὅταν ὑψώνεται η θερμοκρασία του. Τὸ ἀντίθετο συμβαίνει μὲ τὸν ἀνθρακα καὶ τοὺς ἡλεκτρολύτες.

135. Σύρμα άπό σιδηρονικέλιο έχει μήκος 10 cm και διατομή $0,2 \text{ mm}^2$. Η είδική άντισταση του σιδηρονικέλιου είναι $30 \mu\Omega \cdot \text{cm}$. Νά υπολογιστεί ή αντισταση του σύρματος. (*Απ. $R = 0,15 \Omega$.*)

136. Η αντισταση με την οποιαθερμαίνεται ένα ήλεκτρικό σύρμα είναι 40Ω . Για νά την αντικαταστήσουμε χρησιμοποιούμε σύρμα με έμβαδο διατομής $0,005 \text{ cm}^2$ και με είδικη αντισταση $50 \mu\Omega \cdot \text{cm}$. Νά υπολογιστεί το μήκος του σύρματος πον πρέπει να χρησιμοποιήσουμε. (*Απ. 40 m .*)

137. Νά υπολογιστεί σε τετραγωνικά χιλιοστά το έμβαδο της διατομής ένδος άγωγος, πον έχει αντισταση $0,1 \Omega$ και μήκος $12,56 \text{ m}$. Η είδικη αντισταση του μετάλλου άπό το δυοποι είναι κατασκευασμένος δ άγωγός είναι $40 \mu\Omega \cdot \text{cm}$. (*Απ. $50,24 \text{ mm}^2$.*)

138. "Ενα καλώδιο άπό χαλκό έχει είδικη αντισταση $\varrho = 1,6 \mu\Omega \cdot \text{cm}$, κυκλική διατομή διαμέτρου 1 mm και μήκος 50 m . α) Νά υπολογίσετε την αντιστασή του. β) Νά υπολογίσετε την ποσότητα της θερμότητας πον έλευθερώνεται άν το καλώδιο διαρρέεται 1 Δρα άπό ήλεκτρικό ρεύμα έντασεως $0,5 \text{ A}$. (*Απ. α' 1Ω , β' $214,2 \text{ cal}$, περίπου.*)

139. Νά βρεθεί το μήκος του σύρματος πον διαρρέεται άπό ήλεκτρικό ρεύμα έντασεως 2 A , δταν τά άκρα του συνδεθούν με πηγή τάσεως 120 V . Δινονται: Η είδικη αντισταση του σύρματος: $\varrho = 30 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ και ή διάμετρος της κυκλικής διατομής του καλώδιου $d = 0,1 \text{ mm}$. (*Απ. $1,5 \text{ m}$, περίπου.*)

140. "Ενα καλώδιο ήλεκτρικού φεύγματος έχει μήκος 5 m , έμβαδον διατομής 1 mm^2 και ή αντισταση του είναι 4Ω . α) Νά υπολογίσετε την αντισταση ένδος καλώδιου άπό το ίδιο ύλικό, της ίδιας διατομής, άλλα μήκους 12 m . β) Νά υπολογίσετε την αντισταση ένδος καλώδιου, άπό το ίδιο πάλι ύλικο, μήκους 5 m άλλα έμβαδον διατομής 3 mm^2 . γ) Νά υπολογίσετε την είδικη αντισταση του καρύματος πον χρησιμοποιούμε για την κατασκευή αντών των καλώδιων. (*Απ. α' $9,6 \Omega$, β' $1,33 \Omega$, γ' $80 \mu\Omega \cdot \text{cm}$.*)

141. Σέ ένα κύλωμα είναι συνδεμένες σε σειρά οι άκροι τους συσκενές: Μία γεννήτρια, ένα άμπερόμετρο και μία αντισταση. α) Νά υπολογίσετε την τιμή της αντιστάσεως R , γνωστοντας ότι άποτελείται άπό σύρμα με διατομη $0,4 \text{ mm}$, μήκος $78,5 \text{ cm}$ και είδικη αντισταση $80 \mu\Omega \cdot \text{cm}$. β) "Ενα βολτόμετρο συνδεμένο στις άκρες της αντιστάσεως R δείχνει διαφορά δυναμικού 20 Volt . Ποιά θά είναι η ένδειξη του άμπερομέτρου; (*Απ. α' 5Ω , β' 4 A .*)

ΑΒ' — ΣΥΝΔΕΣΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ

§ 156. Γενικότητες. "Οταν περισσότερες άπό μία αντιστάσεις είναι συνδεμένες σ' ένα κύκλωμα έτσι, ώστε νά διαρρέονται άπό το ίδιο ήλεκτρικό ρεύμα, λέμε ότι οι αντιστάσεις αυτές είναι συνδεμένες σε σειρά.

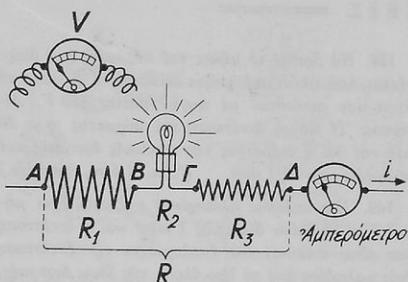
"Υπάρχει δημος και ξανας άλλος τρόπος συνδέσεως αντιστάσεων, κατά τὸν δυοποιον οι αντιστάσεις σχηματίζουν διακλαδώσεις πον δὲν διαρρέονται άπό το ίδιο ρεύμα. Η σύνδεση αυτή λέγεται σύνδεση κατά διακλαδωση ή παράλληλη.

§ 157. Σύνδεση σε σειρά. Πείραμα. Συνδέομε μερικές ήλεκτρικές αντιστάσεις σε

σειρά, π.χ. μιάν ήλεκτρική θερμάστρα, ένα λαμπτήρα και ένα ροοστάτη (σχ. 148), και τις τροφοδοτούμε με ήλεκτρικό ρεύμα. Την ένταση του ρεύματος τή μετρούμε με ένα άμπερόμετρο και τή βρίσκομε: $i = 0,5 \text{ A}$. Για νά υπολογίσουμε την αντισταση κάθε μιᾶς συσκευῆς ξεχωριστά, μετρούμε με ένα βολτόμετρο την τάση πον έπικρατει στά άκρα της και υπερια έφαρμόζομε την έξισωση $R = U/i$.

Μετρώντας τις τάσεις πον έπικρατούν στά σημεία A , B , C , D , E , F , βρίσκομε δτι:

$$U_A - U_B = U_1 = 20 \text{ V}, \quad U_B - U_G = U_2 = 65 \text{ V}, \quad U_G - U_\Delta = U_3 = 30 \text{ V}.$$



Σχ. 148. Οι άντιστάσεις σε σειρά προσθέτονται.

Συνεπώς θά έχουμε:

$$R_1 = \frac{U_1}{i} = \frac{20}{0,5} = 40 \Omega$$

$$R_2 = \frac{U_2}{i} = \frac{65}{0,5} = 130 \Omega$$

$$R_3 = \frac{U_3}{i} = \frac{30}{0,5} = 60 \Omega$$

Η άντισταση $R_{\text{ολ}}$ τῶν τριῶν συσκευῶν, δταν θεωρηθοῦν σάν μιὰ διάταξη, ή άντισταση δηλαδὴ ποὺ περιλαμβάνεται άνάμεσα στά σημεῖα Α καὶ Δ τοῦ κυκλώματος δύνομάζεται διληκή άντισταση τῶν τριῶν συσκευῶν καὶ υπολογίζεται μὲ έφαρμογὴ τοῦ τύπου $R = U/i$, δπου μὲ U παριστάνεται ή τάση άνάμεσα στά σημεῖα Α καὶ Δ, δηλαδὴ ή $U_A - U_\Delta$.

Όπως δμως γνωρίζομε, οἱ τάσεις, δταν

είναι διαδοχικές, προσθέτονται. Έπομένως θά έχουμε δτι:

$$U = U_1 + U_2 + U_3 = 20 + 65 + 30 = 115 \text{ V}$$

καὶ συνεπῶς θά είναι:

$$R = \frac{U}{i} = \frac{115}{0,5} = 230 \Omega$$

Άν προσθέσουμε δμως τις τρεῖς άντιστάσεις R_1 , R_2 καὶ R_3 , βρίσκομε:

$$R_1 + R_2 + R_3 = 40 + 130 + 60 = 230 \Omega.$$

Όστε θά άληθεύει ή σχέση:

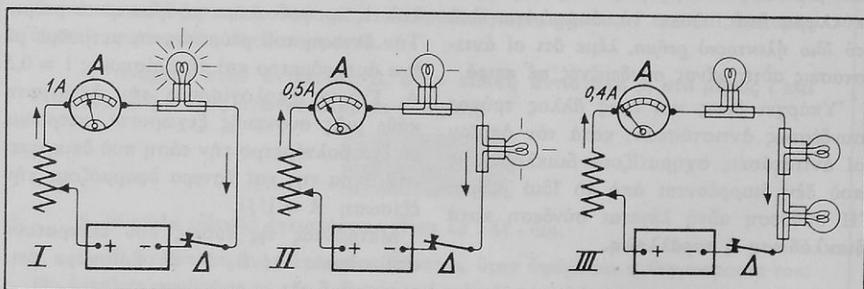
$$R_{\text{ολ}} = R_1 + R_2 + R_3$$

Ή ίσότητα στήν όποια καταλήξαμε έκφράζει δτι:

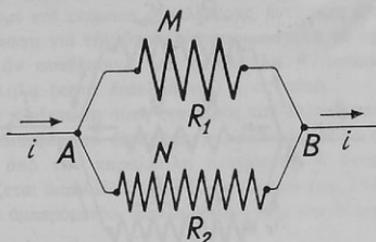
Ή διλκή άντισταση ($R_{\text{ολ}}$) μιᾶς δμάδας άντιστάσεων, ποὺ είναι συνδεμένες σε σειρά, είναι ίση μὲ τὸ αθροισμα αὐτῶν τῶν άντιστάσεων.

§ 158. Μεταβολὴ τῆς έντασεως. Πείραμα.

Σέ ενα ηλεκτρικό κύκλωμα συνδέουμε σε σειρά ένα ροοστάτη, ένα άμπερόμετρο καὶ ένα λαμπτήρα. Ρυθμίζομε τὸ ροοστάτη, ώστε νά έχουμε ένταση ρεύματος 1 A, καὶ κατόπι συνδέουμε στὸ κύκλωμα δεύτερο καὶ τρίτο λαμπτήρα σε σειρά (σχ. 149). Παρατηροῦμε τὰ έξης: α) Ή φωτεινὴ ισχὺς τῶν λαμπτήρων ξεσθενίζει, β) ή ένταση τοῦ ρεύματος έλαττώνεται.



Σχ. 149. Η ένταση τοῦ ρεύματος έλαττώνεται, δταν προσθέσουμε στὸ κύκλωμα άντιστάσεις σε σειρά.



Σχ. 150. Αντιστάσεις συνδεμένες παράλληλα.

Έφόσον οι συσκευές συνδέονται σε σειρά, αύξανεται ή διλική άντισταση του κυκλώματος, άλλα δταν δι παρονομαστής ένδος κλάσματος μεγαλώνει, μικραίνει ή τιμή του κλάσματος. Έπομένως συμπεραίνομε ότι έφόσον $i = U/R$ και μεγαλώνει ή αύξανεται R , μικραίνει ή τιμή του κλάσματος, δηλαδή ή ένταση ι του ρεύματος. "Ωστε:

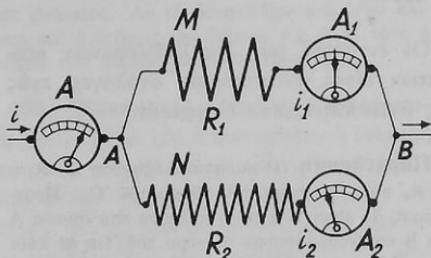
"Όταν συνδέουμε σ' ένα κύκλωμα συσκευές σε σειρά, έλαττνωνεται ή ένταση του ρεύματος που διαρρέει τό κύκλωμα.

§ 159. Σύνδεση άντιστάσεων συνδεμένων παράλληλα. Τὰ σημεῖα Α καὶ Β ἐνδὸς κυκλώματος συνδέονται μὲ δύο ἀγωγοὺς ΑΜΒ καὶ ΑΝΒ, ποὺ ἔχουν αντίστοιχα άντιστάσεις R_1 καὶ R_2 (σχ. 150). Λέμε ότι οἱ δύο αὐτές άντιστάσεις εἶναι συνδεμένες κατὰ διακλάδωση ή παράλληλα. Γενικότερα:

Δύο ή περισσότερες άντιστάσεις εἶναι συνδεμένες κατὰ διακλάδωση ή παράλληλα, δταν τὰ ἄκρα τους καταλήγουν σε δύο κοινὰ σημεῖα του κυκλώματος.

§ 160. Ένταση τῶν διακλαδιζόμενων ρευμάτων. α) Τὸ κύριο ρεῦμα, ἐντάσεως i , ποὺ κυκλοφορεῖ στὸ κύκλωμα, διακλαδίζεται στὸ σημεῖο Α καὶ σχηματίζει δύο ρεύματα, μὲ έντασεις i_1 καὶ i_2 , ποὺ διαρρέουν τὶς δύο διακλαδιζόμενες άντιστάσεις. Τὰ ρεύματα αὐτὰ ἐνώνονται καὶ πάλι στὸ σημεῖο Β (σχ. 151).

"Αν μετρήσουμε τὴν ένταση ι του κυρίου ρεύματος μὲ τὸ ἀμπερόμετρο Α καὶ τὶς έν-



Σχ. 151. Τὸ ἄθροισμα τῶν ἐντάσεων τῶν διακλαδιζόμενων ρευμάτων ισοῦται μὲ τὴν ένταση τοῦ κυρίου ρεύματος.

τάσεις i_1 καὶ i_2 μὲ τὰ ἀμπερόμετρα A_1 καὶ A_2 , θὰ διαπιστώσουμε ότι:

"Η ένταση ι τοῦ κυρίου ρεύματος εἶναι ίση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἐντάσεων i_1 καὶ i_2 τῶν διακλαδιζόμενων ρευμάτων.

$$\text{Δηλαδή } \text{Έχουμε } \text{ότι: } i = i_1 + i_2$$

β) Κατανομὴ τοῦ κυρίου ρεύματος στὶς παράλληλες άντιστάσεις. "Εστω ότι οἱ παράλληλες άντιστάσεις τοῦ προηγούμενου σχήματος ἔχουν τιμές $R_1 = 30 \Omega$ καὶ $R_2 = 90 \Omega$, δηλαδή:

$$R_1 = \frac{1}{3} R_2 \quad \text{ἢ} \quad \frac{R_1}{R_2} = \frac{1}{3}$$

Μὲ τὰ ἀμπερόμετρα A_1 καὶ A_2 μετροῦμε τὶς ἐντάσεις τῶν άντιστοιχων ρευμάτων i_1 καὶ i_2 καὶ βρίσκομε ότι: $i_1 = 0,6 \text{ A}$ καὶ $i_2 = 0,2 \text{ A}$.

Παρατηροῦμε ότι τὸ ρεῦμα i_1 εἶναι τριπλάσιο ἀπὸ τὸ ρεῦμα i_2 . Δηλαδή:

$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{3}{1}$$

"Απὸ τὰ παραπάνω συμπεραίνομε ότι δι λόγος τῶν ἐντάσεων τῶν δύο ρευμάτων εἶναι ίσος μὲ τὸ άντιστροφό τοῦ λόγου τῶν άντιστάσεων ποὺ διαρρέουν:

$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{R_2}{R_1}, \quad \text{ἢ} \quad i_1 \cdot R_1 = i_2 \cdot R_2$$

“Ωστε:

Οι έντασεις τῶν διακλαδιζόμενων ρευμάτων είναι άντιστρόφως άναλογες πρὸς τὶς άντιστάσεις ποὺ διαρρέουν.

Παρατήρηση. Ή παραπάνω έξισωση $i_1 \cdot R_1 = i_2 \cdot R_2$ είναι συνέπεια τοῦ νόμου τοῦ “Ωμ. Πραγματικά, ἂν είναι U ἡ τάση άναμεσα στὰ σημεῖα A καὶ B καὶ έφαρμόσουμε τὸ νόμο τοῦ “Ωμ σὲ κάθε μιὰν ἀπὸ τὶς παράλληλες άντιστάσεις, θὰ έχουμε δτὶ:

$$U = i_1 \cdot R_1 \text{ καὶ } U = i_2 \cdot R_2, \text{ ἀπὸ τὶς δόποις συμπεραίνομε δτὶ } i_1 \cdot R_1 = i_2 \cdot R_2.$$

Άριθμητική έφαρμογή. Ένα ηλεκτρικό ρεύμα διακλαδίζεται σὲ δύο άντιστάσεις συνδεμένες παράλληλα, ποὺ οἱ τιμές τους είναι:

$R_1 = 50 \Omega$, $R_2 = 3 R_1$. Η ένταση τοῦ ρεύματος ποὺ διαρρέει τὴν πρώτη άντιστάση είναι 3 A. Νὰ υπολογιστοῦν: α) Η ένταση τοῦ ρεύματος ποὺ διαρρέει τὴν άντιστάση R_2 καὶ β) Η ένταση τοῦ κυρίου ρεύματος.

Άστη. α) Άφοῦ ή R_2 είναι τριπλάσια τῆς R_1 , θὰ έχουμε δτὶ: $R_2 = 3 \cdot 50 = 150 \Omega$.

β) Έφαρμόζοντας τὴν έξισωση $i_1 \cdot R_1 = i_2 \cdot R_2$, βρίσκομε: $3 \cdot 50 = i_2 \cdot 150$.

$$\text{Άρα} \quad i_2 = 1 \text{ A}$$

β) Επειδὴ $i = i_1 + i_2$ θὰ έχουμε δτὶ:

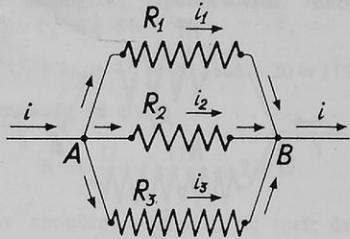
$$i = 3 + 1 = 4 \text{ A}$$

§ 161. Υπολογισμὸς τῆς δλικῆς άντιστάσεως μιᾶς διμάδας άντιστάσεων, συνδεμένων παράλληλα.

Όλικη άντισταση $R_{\text{ολ}}$ μιᾶς διμάδας άντιστάσεων R_1 , R_2 , R_3 κλπ., συνδεμένων παράλληλα άναμεσα στὰ σημεῖα A καὶ B, δοναμάζεται ή άντισταση, ἡ δοπιά, δταν τοποθετηθεῖ στὴ θέση αὐτῶν τῶν άντιστάσεων, δὲν μεταβάλλεται οὔτε τὴν ένταση i τοῦ κυρίου ρεύματος οὔτε τὴν τάση ποὺ ἐπικρατεῖ στὰ σημεῖα A καὶ B.

Έστω $R_{\text{ολ}}$ ή δλικὴ άντισταση μιᾶς διμάδας τριῶν άντιστάσεων R_1 , R_2 , R_3 , συνδεμένων παράλληλα (σχ. 152). Η $R_{\text{ολ}}$ πρέπει νὰ έχει τέτοια τιμὴ, δτε σύμφωνα μὲ τὸν νόμο τοῦ “Ωμ

$$U = R_{\text{ολ}} \cdot i \quad \text{ἢ} \quad i = \frac{U}{R_{\text{ολ}}}$$



Σχ. 152. Αγωγοὶ συνδεμένοι παράλληλα.

“Αν έφαρμόσουμε ἄλλωστε τὸ νόμο τοῦ “Ωμ σὲ κάθε μία ἀπὸ τὶς παράλληλες άντιστάσεις, θὰ έχουμε δτὶ:

$$U = R_1 \cdot i_1 \quad \text{ἢ} \quad i_1 = \frac{U}{R_1}, \quad U = R_2 \cdot i_2 \quad \text{ἢ} \quad i_2 = \frac{U}{R_2},$$

$$U = R_3 \cdot i_3 \quad \text{ἢ} \quad i_3 = \frac{U}{R_3}.$$

Επειδὴ δμως $i = i_1 + i_2 + i_3$, θὰ ισχύει ἡ σχέση:

$$\frac{U}{R_{\text{ολ}}} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3}$$

ποὺ ἀπλοποιεῖται μὲ τὸ U καὶ γίνεται:

$$\frac{1}{R_{\text{ολ}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Οταν μία άμάδα άντιστάσεων R_1 , R_2 , R_3 κλπ. είναι συνδεμένες παράλληλα, τὸ άντιστροφο $1/R_{\text{ολ}}$ τῆς δλικῆς τους άντιστάσεως $R_{\text{ολ}}$ είναι ίσο μὲ τὸ θροισμα τῶν άντιστρόφων $1/R_1$, $1/R_2$, $1/R_3$ κλπ., τῶν παράλληλων άντιστάσεων.

Άριθμητική έφαρμογή. Τρεῖς άντιστάσεις $R_1 = 2 \Omega$, $R_2 = 3 \Omega$, $R_3 = 5 \Omega$ είναι συνδεμένες παράλληλα. Νὰ βρεθεῖ ή δλικὴ άντισταση $R_{\text{ολ}}$ τῶν τριῶν παράλληλων άντιστάσεων.

$$\text{Άστη.} \quad \text{Έχομε δτὶ: } \frac{1}{R_{\text{ολ}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$\text{ἢ} \quad \frac{1}{R_{\text{ολ}}} = \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{5}, \quad \frac{1}{R_{\text{ολ}}} = \frac{31}{30}.$$

Δηλαδή:

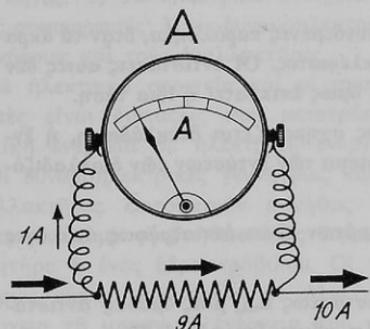
$$R_{\text{ολ}} = \frac{30}{31} \Omega = 0,97 \Omega$$

§ 162. Διακλάδωση άμπερομέτρου. Τὰ άμπερόμετρα κατασκευάζονται συνήθως έτσι, δτε νὰ μποροῦν νὰ χρησιμοποιηθοῦν μέχρι μιὰν δρισμένη ένταση ρεύματος.

Μπορούμε δημοσίευμα μὲν ένα άμπερόμετρο νὰ μετρήσουμε καὶ ρεύματα μεγαλύτερης ἐντάσεως ἀπὸ τὴν ἐντασθή γιὰ τὴν δύοια κατασκευάστηκε τὸ δρανο, ἢν συνδέσουμε μιὰ κατάλληλη ἀντίσταση παράλληλα (κατὰ διακλάδωση) πρὸς αὐτό.

Στὴν περίπτωσθ αὐτὴ ἔνα μέρος τοῦ διλικοῦ ρεύματος διαρρέει τὸ άμπερόμετρο, ἐνῶ τὸ ὑπόλοιπο περνᾶ ἀπὸ τὴν παράλληλη ἀντίσταση, ἢ δύοια νομούμαζεται διακλάδωση τοῦ άμπερομέτρου (σχ. 153).

*Ένα άμπερόμετρο διακλαδισμένο π.χ. στὸ δέκατο

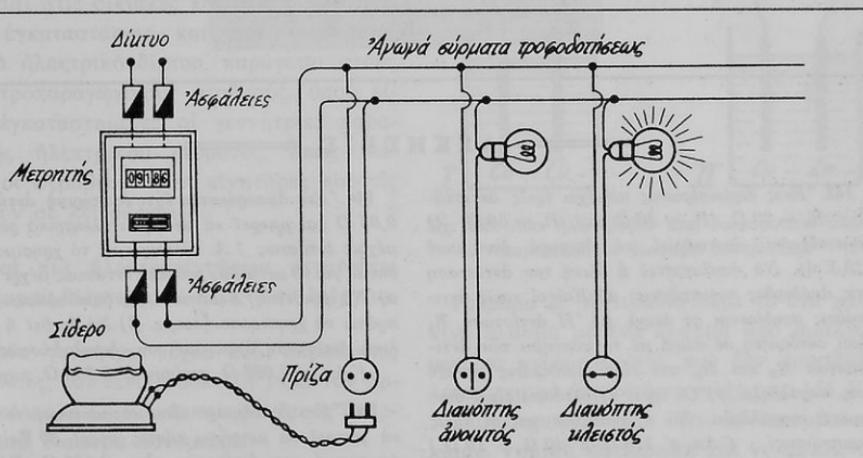


Σχ. 153. Άμπερόμετρο διακλαδισμένο στὸ δέκατο.

είναι ἔνα δργανο ἀπ' δημοσίευμα τὸ 1/10 τοῦ κυρίου ρεύματος. Ἀν τὸ δργανο ἔχει μιὰ μόνο κλίμακα καὶ δὲίκτης τοῦ δείχνει π.χ. 2 A, τότε ἡ ἐντασθή τοῦ κύριου ρεύματος είναι 20 A.

§ 163. Ἡλεκτρικὴ οἰκιακὴ ἐγκατάσταση. Στὸ σχῆμα 154 παριστάνεται ἡ διάταξη διανομῆς ρεύματος μὲ δύο ἀγωγούς. Ἡ ἡλεκτρικὴ ἐγέργεια παρέχεται ἀπὸ τὸ γενικὸ δίκτυο διανομῆς καὶ, πρὶν χρησιμοποιηθεῖ, περνᾶ ἀπὸ τὸ μετρητή. Τὸ ρεῦμα ἐπίσης διαρρέει ἀσφάλειες, πρὶν καὶ μετὰ ἀπὸ τὸ μετρητή, καὶ, ἀφοῦ περάσει ἀπὸ τὸν γενικὸ διακόπτη, διοχετεύεται μὲ χοντρὰ σύρματα στοὺς διάφορους χώρους τῆς ἐγκαταστάσεως.

Οἱ διάφορες συσκευές καὶ οἱ λαμπτήρες συνδέονται παράλληλα μὲ τὰ σύρματα τροφοδοτήσεως καὶ σὲ κάθε λαμπτήρα τοποθετεῖται καὶ ἔνας διακόπτης. Ἡ παράλληλη σύνδεση παρουσιάζει τὸ πλεονέκτημα διτὶ μπορούμε νὰ χρησιμοποιοῦμε τοὺς λαμπτήρες ἢ τὶς συσκευές ἀνεξάρτητα τὴν μία ἀπὸ τὴν ἄλλη.



Σχ. 154. Κύκλωμα ἡλεκτρικῆς οἰκιακῆς ἐγκαταστάσεως.

1. Δύο ή περισσότερες άντιστασεις είναι συνδεμένες σε σειρά, όταν διαρρέονται από το ίδιο ρεύμα.

2. Η όλικη άντισταση $R_{\text{ολ}}$ μιᾶς όμαδας άντιστάσεων R_1, R_2, R_3 κλπ., συνδεμένων σε σειρά, είναι ίση με τὸ οὐθροισμα τῶν άντιστάσεων τῆς όμαδας. Δηλαδή:

$$R_{\text{ολ}} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

3. Η σύνδεση άντιστάσεων σε σειρά προκαλεῖ έλάττωση τῆς έντασεως του ρεύματος του κυκλώματος.

4. Δύο ή περισσότερες άντιστασεις είναι συνδεμένες παράλληλα, όταν τὰ ἄκρα τους καταλήγουν σε δύο κοινὰ σημεῖα του κυκλώματος. Οἱ άντιστασεις αὐτὲς δὲν διαρρέονται από τὸ ίδιο ρεύμα, στὰ ἄκρα τους όμως ἐπικρατεῖ ή ίδια τάση.

5. "Οταν σὲ ἔνα σημεῖο ἐνὸς κυκλώματος σχηματίζεται διακλάδωση, ή ἐνταση του κυρίου ρεύματος είναι ίση με τὸ οὐθροισμα τῶν έντασεων τῶν διακλαδιζόμενων ρευμάτων.

6. Οἱ έντασεις τῶν διακλαδιζόμενων ρευμάτων είναι άντιστρόφως ἀνάλογες πρὸς τὶς άντιστασεις ποὺ διαρρέουν.

7. Τὸ άντιστρόφο 1/ $B_{\text{ολ}}$ τῆς όλικῆς άντιστάσεως $R_{\text{ολ}}$, μιᾶς όμαδας άντιστάσεων R_1, R_2, R_3 κλπ. συνδεμένων παράλληλα, είναι ίσο μὲ τὸ οὐθροισμα τῶν άντιστρόφων παράλληλων άντιστάσεων. Δηλαδή:

$$\frac{1}{R_{\text{ολ}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

142. "Ενας θερμοσίφωνας περιέχει τρεῖς άντιστάσεις $R_1 = 20 \Omega$, $R_2 = 30 \Omega$ καὶ $R_3 = 60 \Omega$. Ο θερμοσίφωνας λειτουργεῖ μὲ διαφορὰ δυναμικοῦ 110 Volt. Νὰ ύπολογιστεῖ ή δύλκῃ τὸν άντισταση στὶς ἀκόλουθες περιπτώσεις: α) Καὶ οἱ τρεῖς άντιστάσεις συνδέονται σὲ σειρά. β) Η άντισταση R_1 είναι συνδεμένη σὲ σειρά μὲ τὸ σύστημα τῶν άντιστάσεων R_2 καὶ R_3 , ποὺ είναι συνδεμένες μεταξὺ τους παράλληλα. γ) Οἱ τρεῖς άντιστάσεις είναι συνδεμένες παράλληλα. Νὰ σχεδιαστούν καὶ οἱ τρεῖς περιπτώσεις. ("Απ. α' 110 Ω. β' 40 Ω. γ' 10 Ω.)

143. Νὰ μελετηθοῦν δὲς οἱ δυνατὲς περιπτώσεις συνδέσεως τριῶν άντιστάσεων 1Ω , 2Ω καὶ 3Ω καὶ νὰ βρεθεῖ γιὰ κάθε περιπτώση, ή δύλκῃ άντισταση.

("Απ. α' 6 Ω. β' 0,54 Ω. γ' 2,2 Ω. δ' 2,75 Ω. ε' 3,66 Ω.)

144. "Εγα ἀμπεόδμετρο ἔχει ἐσωτερικὴ άντισταση $0,05 \Omega$ καὶ μπορεῖ νὰ μετρήσει ἡλεκτρικὰ φεύματα μέχρις ἐντάσεως $1 A$. Θέλουμε νὰ τὸ χρησιμοποιήσουμε γιὰ νὰ μετροῦμε φεύματα ἐντάσεως μέχρι $10 A$. α) Νὰ βρεθεῖ ή άντισταση τῆς διακλαδώσεως ποὺ πρέπει νὰ χρησιμοποιήσουμε. β) Νὰ βρεθεῖ ή συνολικὴ άντισταση ἀμπεόδμετρου - διακλαδώσεως.

("Απ. α' 0,006 Ω, περίπου. β' 0,005 Ω, περίπου.)

145. "Εγα βολτόμετρο είναι κατασκευασμένο ὥστε νὰ μπορεῖ νὰ μετρήσει τάσεις μέχρι $30 Volt$. Η ἐσωτερικὴ τὸν άντισταση είναι 2500Ω . Θέλουμε νὰ τὸ χρησιμοποιήσουμε γιὰ νὰ μετροῦμε διαφορὰ δυναμικοῦ μέχρι $240 Volt$. Ποιὰ διάταξη πρέπει νὰ νίσθεται συνδέσεως καὶ ποιά άντισταση πρέπει νὰ χρησιμοποιήσουμε;

("Απ. Σύνδεση άντιστάσεως R σὲ σειρά, $R = 17500 \Omega$.)

§ 164. Γενικότητες. Οι ηλεκτρικές πηγές ή γεννήτριες ηλεκτρικού ρεύματος είναι συσκευές που άποδίδουν ηλεκτρικό ρεύμα.

Γιά τὴν παραγωγὴ καὶ τὴν παροχὴ τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος χρησιμοποιοῦμε σήμερα στὴν πράξη, ἀνάλογα μὲ τὶς ἀνάγκες, ὡς πηγές: 1) Τὰ ηλεκτρικὰ στοιχεῖα· 2) τοὺς συσσωρευτές· 3) τὶς δυναμοηλεκτρικές γεννήτριες καὶ τοὺς ἐναλλακτῆρες.

Τὰ ηλεκτρικὰ στοιχεῖα καὶ οἱ συσσωρευτές είναι διατάξεις ποὺ μετατρέπουν χημικὴ ἐνέργεια σὲ ηλεκτρικὴ ἐνέργεια.

Οἱ δυναμοηλεκτρικές γεννήτριες καὶ οἱ ἐναλλακτῆρες λειτουργοῦν συνήθως στὰ ἔργοστάσια, μὲ τὴ βοήθεια ἐνὸς θερμικοῦ κινητῆρα ἢ ἐνὸς ὑδροστρόβιλου. Οἱ γεννήτριες αὐτές μετατρέπουν σὲ ηλεκτρικὴ ἐνέργεια τὴν μηχανικὴ ἐνέργεια ποὺ τοὺς προσφέρει ὁ κινητήρας.

Ἡ ηλεκτρικὴ ἐνέργεια, ποὺ χρησιμοποιεῖται στὶς οἰκιακὲς καὶ στὶς βιομηχανικὲς ἐγκαταστάσεις καὶ ποὺ διανέμεται μὲ τὸ ηλεκτρικὸ δίκτυο, παράγεται στοὺς ηλεκτροπαραγωγικοὺς σταθμούς, δπου είναι ἐγκαταστημένες οἱ γεννήτριες παραγωγῆς ηλεκτρικοῦ ρεύματος, ὥπως ἐπίσης οἱ στρόβιλοι ἢ οἱ κινητῆρες ποὺ τὶς βάζουν σὲ λειτουργία.

Γενικὰ μιὰ ηλεκτρογεννήτρια μετατρέπει μιὰ μορφὴ ἐνέργειας σὲ ηλεκτρικὴ ἐνέργεια.

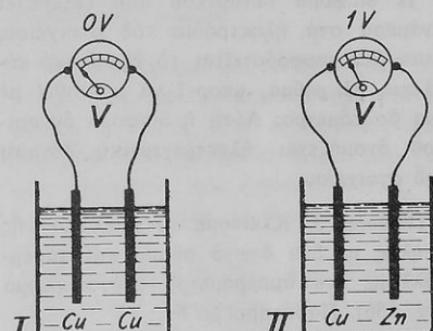
Κάθε γεννήτρια ἔχει δύο ἀκροδέκτες ἢ πόλους, τὸν θετικὸ πόλο (+) καὶ τὸν ἀρνητικὸ πόλο (-). ἀνάμεσα σ' αὐτοὺς ὑπάρχει μιὰ διαφορὰ δυναμικοῦ.

"Οταν οἱ δύο πόλοι οἱ ἐνωθοῦν μὲ ἔνα ἀγωγὸ σύρμα, ὁ ἀρνητικὸς πόλος, ποὺ ἔχει πλεόνασμα ηλεκτρονίων, τὰ ἀπωθεῖ καὶ τὰ ἀποδίδει στὸ ἔξωτερικὸ κύκλωμα. Ὁ θετικὸς πόλος τὰ ἔλκει. Σ' αὐτὸν ἀκριβῶς

τὸ φαινόμενο τῆς ἔλξης καὶ τῆς ἀπώσεως τῶν ηλεκτρονίων ἀπὸ τοὺς δύο πόλους ὀφείλεται τὸ συνεχὲς ηλεκτρικὸ ρεῦμα.

§ 165. Ήλεκτρικὸ στοιχεῖο τοῦ Βόλτα (Volta). Πείραμα 1. Βυθίζομε δύο λεπτὰ χάλκινα ἐλάσματα, χωρὶς αὐτὰ ν' ἀγγίζουν τὸ ἔνα τ' ἄλλο, σὲ ἀραιὸ διάλυμα θειικοῦ δξέος (δξυνισμένο νερὸ) καὶ τὰ συνδέομε μὲ τοὺς ἀκροδέκτες ἐνὸς βολτομέτρου, ὅπότε παρατηροῦμε δτὶ ὁ δείκτης τοῦ βολτομέτρου δὲν ἀποκλίνει καὶ δτὶ καμιὰ χημικὴ ἀντίδραση δὲν γίνεται.

Τὸ θειικὸ δξὲν ἀραιωμένο καὶ «ἐν ψυχρῷ» δὲν προσβάλλει τὸ χαλκό (σχ. 155, I).



Σχ. 155. Δύο ηλεκτρόδια ἀπὸ διαφορετικὸ ύλικό παρουσιάζουν διαφορὰ δυναμικοῦ.

Πείραμα 2. Ἀντικαθιστοῦμε τὸ ἔνα χάλκινο ἔλασμα μὲ ἔνα ἔλασμα ἀπὸ ἀμαλγαμωμένου ψευδάργυρο⁽¹⁾, ποὺ δὲν προσβάλλεται χημικὰ ἀπὸ τὸ θειικὸ δξὲν (σχ. 155, II).

Παρατηροῦμε τότε δτὶ δὲν συμβαίνει καμιὰ χημικὴ ἀντίδραση καὶ γι' αὐτὸν τὸ

(1) Ὁ ἀμαλγαμωμένος ψευδάργυρος παρασκευάζεται, ἂν τρίψουμε μὲ στούπι ἔνα κομμάτι καθαρὸ ψευδάργυρο μέσα σὲ διάλυμα ποὺ περιέχει ύδραργυρο καὶ δξυνισμένο μὲ θειικὸ δξὲν νερὸ.

λόγο τὸ θεικὸ δξὺ δὲν προσβάλλει τὸν ἀμαλγαματένο ψευδάργυρο, ὅπως ἐπίσης δτὶ καὶ δ δείκτης τοῦ βολτομέτρου ἀποκλίνει καὶ δείχνει περίπου 1 Volt.

*Αν τώρα πλησιάσουμε ἡ ἀπομακρύνουμε μεταξύ τους τὰ δύο ηλεκτρόδια, ἡ θέση τοῦ δείκτη δὲν μεταβάλλεται, πράγμα ποὺ σημαίνει δτὶ:

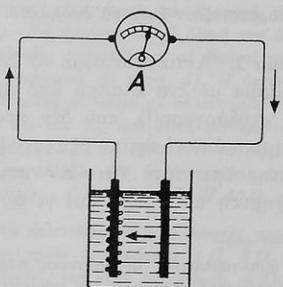
*Υπάρχει μιὰ διαφορὰ δυναμικοῦ ἀνάμεσα στὰ δύο διαφορετικὰ μεταλλικὰ ἔλασματα, δηλαδὴ ἀνάμεσα σὲ δύο ηλεκτρόδια διαφορετικοῦ ὑλικοῦ, ποὺ εἰναι ἀνεξάρτητη ἀπὸ τὴν ἀπόσταση ποὺ τὰ χωρίζει.

*Η δλη διάταξη, ποὺ ἀποτελεῖται ἀπὸ τὰ δύο διαφορετικὰ ηλεκτρόδια βυθισμένα μέσα στὸ δξυνισμένο νερό, μαζὶ μὲ τὸ δοχεῖο, δνομάζεται ηλεκτρικὸ στοιχεῖο.

*Η διαφορὰ δυναμικοῦ ποὺ ἐπικρατεῖ ἀνάμεσα στὰ ηλεκτρόδια τοῦ στοιχείου, δταν δὲν τροφοδοτεῖται τὸ ἔξωτερικὸ κύκλωμα μὲ ρεῦμα, μπορεῖ νὰ μετρηθεῖ μὲ ἔνα βολτόμετρο. Αὐτὴ ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ δνομάζεται ηλεκτρεγερτικὴ δνναμη τοῦ στοιχείου.

Πείραμα 3. Κλείνομε τὸ κύκλωμα τῆς στήλης μὲ ἔνα ἀγωγὸ σύρμα καὶ παρεμβάλλομε ἔνα ἀμπερόμετρο στὸ κύκλωμα (σχ. 156). Παρατηροῦμε δτὶ:

α) Ο δείκτης τοῦ ἀμπερομέτρου ἀποκλί-



Σχ. 156. Ηλεκτρικὸ ρεῦμα μὲ ἔνταση ποὺ μικραίνει διαρρέει τὸ ἔξωτερικὸ κύκλωμα.

νει, πράγμα ποὺ σημαίνει δτὶ ὁ ἀγωγὸς διαρρέει ἀπὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα.

*Ἀπὸ τὴ φορὰ τῆς ἀποκλίσεως τοῦ δείκτη τοῦ ἀμπερομέτρου συμπεραίνομε δτὶ τὸ ηλεκτρικὸ ρεῦμα διαρρέει τὸ ἔξωτερικὸ κύκλωμα καὶ κινεῖται ἀπὸ τὸ ἔλασμα τοῦ χαλκοῦ πρὸς τὸ ἔλασμα τοῦ ψευδάργυρου.

*Β) Ἐμφανίζονται φυσαλλίδες ἀερίου ἐπάνω στὸ ἔλασμα τοῦ χαλκοῦ, πράγμα ποὺ σημαίνει δτὶ γίνεται μία χημικὴ ἀντιδραση. Οἱ φυσαλλίδες αὐτὲς εἰναι φυσαλλίδες ὑδρογόνου.

*Ἀλλωστε καὶ δ ψευδάργυρος προσβάλλεται, καὶ ἀν τὸ πείραμα παραταθεῖ, τὸ ἔλασμα τοῦ ψευδάργυρου ἀρχίζει νὰ διαλύεται ἀργά.

*γ) Παρατηροῦμε δτὶ ἡ ἔνταση τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος ἐλαττώνεται πολὺ γρήγορα.

*Ἀπὸ τὰ παραπάνω πειράματα συμπεραίνομε δτὶ:

*Ἀνάμεσα σὲ δύο ηλεκτρόδια ἀπὸ διαφορετικοῦ ὑλικοῦ, ποὺ τὰ βυθίζομε σὲ ἀραιὸ διάλυμα θεικοῦ δξέος, ἐμφανίζεται μιὰ διαφορὰ δυναμικοῦ. *Η διάταξη αὐτὴ ἀποτελεῖ ἔνα ηλεκτρικὸ στοιχεῖο. *Η διαφορὰ τοῦ δυναμικοῦ ἀνάμεσα στὰ δύο ηλεκτρόδια, δταν τὸ στοιχεῖο δὲν τροφοδοτεῖ μὲ ρεῦμα τὸ ἔξωτερικὸ κύκλωμα, δνομάζεται ηλεκτρεγερτικὴ δνναμη τοῦ στοιχείου.

*Οταν συνδέσουμε τὰ δύο ηλεκτρόδια μὲ ἔνα ἀγωγὸ σύρμα, τότε κυκλοφορεῖ ηλεκτρικὸ ρεῦμα στὸ ἔξωτερικὸ κύκλωμα.

§ 166. Ἐξήγηση τῶν φαινομένων. Ηλεκτρόλυση. *Ἄφοις ἔχομε διό ηλεκτρόδια βυθισμένα σὲ ἀραιὸ διάλυμα θεικοῦ δξέος, τὸ στοιχεῖο τοῦ Βόλτα δὲν είναι στὴν οδσία τίποτε ἀλλο παρὰ ἔνα βολτόμετρο.

*Ἡ ἐμφάνιση τῶν φυσαλλίδων τοῦ ὑδρογόνου καὶ ἡ ἀργὴ διάλυση τοῦ ηλεκτροδίου τοῦ ψευδάργυρου δείχνουν δτὶ γίνονται χημικὲς ἀντιδράσεις μέσα στὸ στοιχεῖο.

Τό αγωγό σύρμα, σλλωστε, πού συνδέει τά δύο ήλεκτροδία, διαρρέεται άπο την ηλεκτρικό ρεύμα, πού άποδίδει έργο (άποκλιση του δείκτη του άμπερομέτρου). Δηλαδή το ηλεκτρικό στοιχείο άποδίδει ηλεκτρική ένέργεια. "Ωστε:

Τό ηλεκτρικό στοιχείο είναι μία άπλη γεννήτρια ηλεκτρικού ρεύματος, πού μετατρέπει τή χημική ένέργεια σε ηλεκτρική ένέργεια.

Πολλά ηλεκτρικά στοιχεία, κατάλληλα συνδεμένα, σχηματίζουν ηλεκτρική στήλη.

§ 167. Πόλωση τῶν ηλεκτροδίων. Στήν § 165 μάθαμε δτι, όταν ένα ηλεκτρικό στοιχείο τροφοδοτεί ένα έξωτερικό κύκλωμα, τό ηλεκτρικό ρεύμα έλαττώνεται πολὺ γρήγορα και σε μικρό χρονικό διάστημα μηδενίζεται (σχ. 157).

Βγάζουμε τό χάλκινο ηλεκτρόδιο, τό σφουγγίζουμε προσεχτικά και τό ξαναβυθίζουμε στό διάλυμα συνεχίζοντας τό πείραμα.

Άν καθαρίσουμε τήν έπιφάνεια του χάλκινου ηλεκτροδίου τρίβοντάς την μέσα σέ νερό με ένα φτερό, γιά νά άπομακρύνουμε τίς φυσαλίδες του άνδρογόνου, και τό ξαναβάλουμε στή θέση του, παρατηρούμε πάλι δτι ή ένταση του ρεύματος έχει πάλι αύξηθει.

Άπο τό παραπάνω συμπεραίνουμε δτι ή αιτία

τῆς έλαστώσεως τῆς έντασεως τού ηλεκτρικού ρεύματος είναι οι φυσαλίδες του άνδρογόνου, πού είχαν σκεπάσει τήν έπιφάνεια του χάλκινου ηλεκτροδίου.

Οι φυσαλίδες του άνδρογόνου τροποποιούν τήν έπιφάνεια του χάλκινου έλασματος, άλλοιωνοντας έτσι τό ίδιο τό ηλεκτρικό στοιχείο. Αύτο τό άλλοιωμένο ηλεκτρικό στοιχείο πάρουσιάζει μικρότερη ηλεκτρεγερτική δύναμη άπο δτι τό άρχικο.

Οι φυσαλίδες του άνδρογόνου άλλωστε προβάλλουν άκομα μιάν αντίσταση στό πέρασμα του ηλεκτρικού ρεύματος.

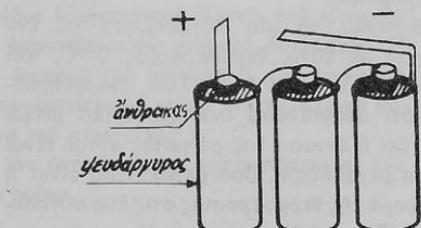
Γ' αυτούς τους δύο λόγους τό ηλεκτρικό ρεύμα πού παρέχει τό ηλεκτρικό στοιχείο έξασθενίζει. Λέμε τότε δτι τό στοιχείο πολώνεται και τό φαινόμενο αύτο τό άνομάζομε ηλεκτρική πόλωση.

Τό φαινόμενο τής πολώσεως έξουδετερώνεται είτε με μηχανικά μέσα (καθαρισμός με ένα φτερό τῶν φυσαλίδων του άνδρογόνου) είτε με χημικά μέσα. "Ωστε:

"Ο σχηματισμός φυσαλίδων άνδρογόνου στό χάλκινο ηλεκτρόδιο ένός ηλεκτρικού στοιχείου προκαλεῖ πόλωση, με άποτέλεσμα τή διακοπή της παροχής ηλεκτρικού ρεύματος.

§ 168. Στήλη φανοῦ. Ή ηλεκτρική στήλη (σχ. 158), πού χρησιμοποιούμε στά φανάρια τής τσέπης, είναι συνδυασμός τριῶν στοιχείων συνδεμένων σέ σειρά. Δύο χάλκινα έλασματα, πού άποτελούν τους πόλους, έχεισον άπο τό άπανω μέρος τῆς στήλης.

Τό μικρότερο έλασμα, πού είναι ο θετικός πόλος, συνδέεται με τό κεντρικό ραβδί άπο άνθρακα του άνδρογόνου στοιχείου. Τό μεγαλύτερο έλασμα, ο άρνητικός πόλος, είναι συγκολλημένο στό περιβλήμα άπο ψευδάργυρο, τού άλλου άκρινο στοιχείου (σχ. 158).



Σχ. 157. Πόλωση τῶν ηλεκτροδίων άπο τό σχηματισμό φυσαλίδων άνδρογόνου στό ηλεκτρόδιο του χαλκοῦ.

Σχ. 158. Ξηρή στήλη γιά φαναράκι τσέπης.

„Αν άνοιξουμε ξανά στοιχείο, θά παρατηρήσουμε τάξης μέρη: α) Τό άρνητικό ή-λεκτρόδιο, που είναι τό μεταλλικό περίβλημα άπό ψευδάργυρο. β) Τό θετικό ή-λεκτρόδιο, που άποτελείται άπό τήν κεντρική ράβδο άπό άνθρακα. γ) Τόν ήλεκτρολύτη, που είναι πολτός χλωριούχου άμμωνιου (NH_4Cl). δ) Τό άντιπολωτικό ύλικό, που είναι υπεροξείδιο τού μαγγανίου (MnO_2) και περιβάλλει τή ράβδο άπό άνθρακα.

Αντό τό είδος τού ήλεκτρικού στοιχείου δονομάζεται ξηρό στοιχείο.

Η χημική άντιδραση άναμεσα στόν ψευδάργυρο και στό χλωριούχο άμμωνιο προκαλεῖ τήν άπελευθέρωση χημικῆς ένέργειας, που μετατρέπεται σε ήλεκτρική ένέργεια.

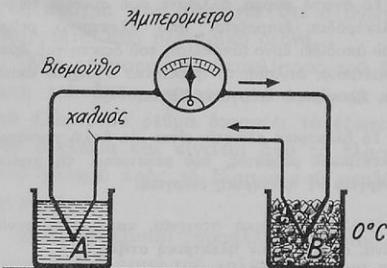
Τό ύδρογόνο που παράγεται στή διάρκεια αυτής τής άντιδρασεως ένωνεται με τό δεξιγόνο τού άντιπολωτικού ύλικου (MnO_2) και έξαφανίζεται. „Ετσι άποφεύγεται η πόλωση τής στήλης.

Κάθε ξηρό στοιχείο έχει ήλεκτρεγερτική δύναμη 1,5 Volt. Έπομένως ό συνδυασμός τών τριών αυτών στοιχείων γιά τό σχηματισμό τής στήλης τού συνθισμένου φαναριού τής τσέπης θά έχει ήλεκτρεγερτική δύναμη 4,5 Volt.

§ 169. Θερμοηλεκτρικό στοιχείο. Πείραμα. Παίρνομε δύο μεταλλικά σύρματα άπό διαφορετικό ύλικό, π.χ. άπό βισμούθιο και χαλκό, και συγκολλούμε τίς άκρες τους, παρεμβάλλοντας ξανά πολὺ εύασθητο άμπερόμετρο.

Βυθίζομε τή μία συγκόλληση σε ξανά δοχείο με πάγο, θερμοκρασίας 0°C , και τήν άλλη σε πολὺ ζεστό λάδι. Παρατηρούμε δτί άναφαίνεται ξανά ήλεκτρικό ρεύμα και δτί ή ξηταση τού ρεύματος αυτού είναι τόσο μεγαλύτερη, δσο μεγαλύτερη είναι ή διαφορά τής θερμοκρασίας στίς δύο συγκολλήσεις (σχ. 159).

Σ' αντό τό είδος τού στοιχείου ή θερμική



Σχ. 159. Θερμοηλεκτρικό στοιχείο.

ένέργεια (ποσότητα τής θερμότητας που άποδιδεται στή συγκόλληση τή βιθισμένη στό δοχείο με τό λάδι) μετατρέπεται σε ήλεκτρική ένέργεια. Ή ξηταση τού ήλεκτρικού ρεύματος που δημιουργείται είναι πολὺ μικρή, γι' αντό και τό θερμοηλεκτρικό στοιχείο δέν χρησιμοποιείται στή βιομηχανία σάν πηγή ήλεκτρικῆς ένέργειας.

Τό θερμοηλεκτρικό στοιχείο βρίσκει έφαρμογή στήν κατασκευή εύασθητων θερμομέτρων γιά τή χρήση αυτή τό άμπερόμετρο είναι βαθμολογημένο σε βαθμούς Κελσίου. „Οστε:

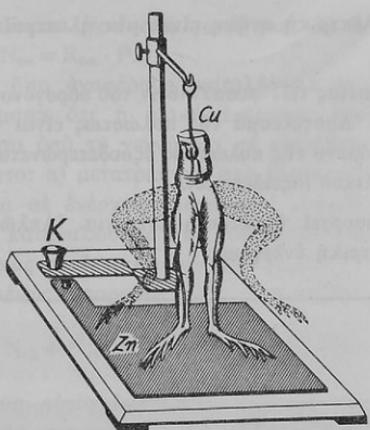
Οι ήλεκτρικές γεννήτριες δέν παράγουν ήλεκτρική ένέργεια, άλλα μετατρέπουν σε ήλεκτρική ένέργεια:

α) Τή μηχανική ένέργεια (π.χ. δυναμοηλεκτρικές γεννήτριες, εναλλακτήρες).

β) Τή χημική ένέργεια, (π.χ. ήλεκτρικές στήλες, συσσωρευτές).

γ) Τή θερμική ένέργεια (π.χ. εναλλακτήρες, θερμοηλεκτρικά στοιχεία).

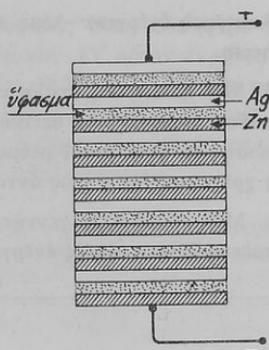
§ 170. Ιστορικό. Ή άνακλαψη τῶν ήλεκτρικῶν στοιχείων, είναι ένας σπουδαῖος σταθμός στή χρησιμοποίηση τού ήλεκτρισμού γιά πρακτικές έφαρμογές και στηρίζεται σε μάτι σειρά πειραμάτων, πού τά έκτελεσε τό 1789 ο καθηγητής τής Αντονομίας στό Πανεπιστήμιο τής Βολονίας Γαλβάνι (Luigi Galvani, 1737 - 1789). Από τά πειράματα αυτά θά περιγράψουμε τό άκολουθο, έξαιτίας τής μεγάλης και ιστορικής του σημασίας.



Σχ. 160. Όταν πιέσουμε τὸ κουμπὶ K, ἔρχονται σ' ἐπαφὴ τὰ ἑλάσματα ἀπὸ χαλκὸς καὶ ψευδάργυρο καὶ οἱ μωνῖνες τοῦ βατράχου παθαίνουν σύσπασην.

Ο Γαλβάνι ἐνέκρωσε ἔνα βάτραχο, τοῦ ἀφαίρεσε τὸ δέρμα, κράτησε τὰ πίσω σκέλη καὶ τὸ παρασκεύασμα τὸ κρέμασε ἀπὸ τὰ ισχιακά νεῦρα μὲν χάλκινο ἑλασμα (σχ. 160). Στὸ ἑλασμα αὐτὸῦ εἶχε προσαρμόσει κατάλληλα στὸ ἔνα τοῦ ἄκρου ἕνα ἑλασμα ἀπὸ ψευδάργυρο· παρατήρησε τότε μὲ ἐκπληξη διτι, δταν ἀγγίζε μὲ τὸ ἑλασμα τοῦ ψευδάργυρου τὸ ἔνα σκέλος τοῦ νωποῦ παρασκεύασματος τοῦ βατράχου, γινόταν σύσπαση τῶν μυών τῶν σκελῶν τοῦ βατράχου.

Γιά νὰ ἔξηγησει τὸ φαινόμενο αὐτὸῦ Γαλβάνι, συμπέρανε διτι ἡ σύσπαση τῶν μυώνων ὅφειλεται στὸν ζωικὸ ἡλεκτρισμό, διόπιος συμμετέχει στὰ φαινόμενα τῆς ζωῆς καὶ διατηρεῖται γιὰ λίγο ὕστερα ἀπὸ τὸ θάνατο.



Σχ. 161. Βολταϊκὴ στήλη.

Τὰ παραπάνω ἔγιναν γρήγορα γνωστὰ σὲ πλατύτερο κύκλῳ ἐπιστημόνων· ἀνάμεσα σ' αὐτοὺς ἦταν καὶ ὁ ἐπίσης Ἰταλὸς διάσημος Φυσικὸς Βόλτα (Alessandro Volta, 1745 - 1827), καθηγητὴς τῆς Φυσικῆς στὸ Πανεπιστήμιο τῆς Παβίας, ποὺ δύοσε τὴ σωστὴ ἐμρηνεία στὸ πείραμα τοῦ Γαλβάνι, μὲ βάση τήν, ἀργότερα διατυπωμένη, θεωρία του, τῆς ἡλεκτρίσεως ἐξ ἐπαφῆς ἀνάμεσα σὲ δύο διαφορετικοὺς μέταλλα.

Μὲ τὰ πειράματα τοῦ Γαλβάνι σὲ παρασκευάσματα βατράχων πλουτίστηκαν οἱ γνώσεις μας γιὰ τὸν ἡλεκτρισμὸ καὶ μὲ βάση τίς ἔρευνες ἐκεῖνες κατόρθωσε δὲ Βόλτα νὰ κατασκευάσῃ τὴ βολταϊκὴ στήλη. Ή στήλη αὐτὴ (σχ. 16) ἀποτελεῖται ἀπὸ ζεύγη δίσκων ἀπὸ χαλκὸ καὶ ἄργυρο, ποὺ τοποθετοῦνται διαδοχικὰ ὅ ἔνας ἐπάνω στὸν ἄλλο· ἀνάμεσα σὲ δύο δίσκους παρεμβάλλεται ἔνα στρῶμα ὑφάσματος, ποτισμένο μὲ ἀραιὸ θεικὸ δέξη ἢ διάλυμα ἀλάτιοῦ. Όλα σχεδὸν τὰ μέταλλα μποροῦν δύο - δύο νὰ ἀποτελέσουν στήλη τοῦ Βόλτα.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. 'Ανάμεσα σὲ δύο μεταλλικὰ ἡλεκτρόδια διαφορετικοῦ ὑλικοῦ, ποὺ εἶναι βυθισμένα σὲ ἀραιὸ διάλυμα θεικοῦ δέξεος, ἐμφανίζεται μία διαφορὰ δυναμικοῦ. Ή διάταξη ἀποτελεῖ ἡλεκτρικὸ στοιχεῖο. Ή διαφορὰ τοῦ δυναμικοῦ, ποὺ ἐπικρατεῖ ἀνάμεσα στὰ δύο ἡλεκτρόδια, δταν δὲν τροφοδοτεῖται μὲ ρεῦμα ἔνα ἡλεκτρικὸ κύλωμα, δονομάζεται ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη τοῦ στοιχείου.

"Αν συνδέσουμε τὰ δύο ἡλεκτρόδια μὲ ἔνα ἀγώγῳ σύρμα, πραγματοποιοῦμε ἔνα ἀπλὸ κύκλωμα, ποὺ τὸ διαρρέει ἡλεκτρικὸ ρεῦμα.

2. Η ἡλεκτρικὴ στήλη πειριαμβάνει περισσότερα ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα κατάλληλα συνδεμένα καὶ ἀποτελεῖ μιὰ διάταξη, ποὺ μετατρέπει τὴ χημικὴ ἐνέργεια

σε ήλεκτρική ένέργεια· λέμε τότε ότι η ήλεκτρική στήλη είναι μία ήλεκτρική γεννήτρια.

3. Μιά ήλεκτρική στήλη πολώνεται δξαιτίας τὸν φυσαλλίδων τοῦ θρογόνου ποὺ κάθονται πάνω στὸ θετικὸ ήλεκτρόδιο. Ἀποτέλεσμα τῆς πολώσεως είναι η ἐλάττωση τοῦ ήλεκτρικοῦ ρεύματος. Τὸ φαινόμενο τῆς πολώσεως δξουδετερώνεται μὲ τὴ χρησιμοποίηση ἐνὸς ἀντιπολωτικοῦ ύλικοῦ (δξειδωτικοῦ).

4. Μιά ήλεκτρική γεννήτρια δὲν δημιουργεῖ ήλεκτρική ένέργεια. Ἀπλῶς μετατρέπει ἄλλες μορφὲς ένέργειας σὲ ήλεκτρική ένέργεια.

ΑΔ' — ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΜΙΑΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

ΗΛΕΚΤΡΕΓΕΡΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ

§ 171. "Ἐννοια τῆς ήλεκτρικῆς ισχύος μιᾶς γεννήτριας. Θεωροῦμε ἔνα κύκλωμα ποὺ περιλαμβάνει μία συστοιχία συσσωρευτῶν, ἔνα λαμπτήρα φωτισμοῦ, ἔνα βολτάμετρο μὲ δξυνισμένο νερὸ καὶ ἔνα μικρὸ κινητήρα (σχ. 162).

"Ἔστω U ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ, ποὺ δείχνει τὸ βολτόμετρο, τὸ συνδεόμενο στοὺς ἀκρόδεκτες τῆς συστοιχίας, καὶ i ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος ποὺ διαρρέει τὸ κύκλωμα. Στὴν περίπτωση αὐτὴ ἡ τάση U εἰναι ἵση μὲ τὴν τάση στὰ ἄκρα τοῦ κυκλώματος.

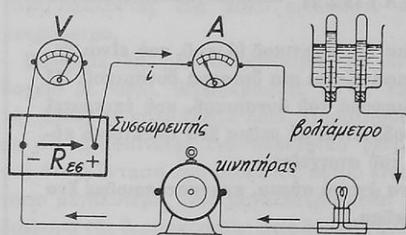
"Ἡ ήλεκτρική ένέργεια ποὺ διοχετεύει ἡ συστοιχία στὸ ἔξωτερικὸ κύκλωμα με-

τατρέπεται: α) σὲ θερμική ένέργεια, μέσα σὲ δόλόκληρο τὸ κύκλωμα καὶ ἴδιαίτερα μέσα στὸ λαμπτήρα, β) σὲ χημική ένέργεια, μέσα στὸ βολτάμετρο, καὶ γ) σὲ μηχανική ένέργεια, μέσα στὸν κινητήρα.

"Ονομάζομε $N_{\text{εε}}$ τὴν ένέργεια ποὺ καταναλώνεται σὲ κάθε δευτερόλεπτο ἀπὸ τὸ ἔξωτερικὸ κύκλωμα, δηλαδὴ ἀπὸ τὸ λαμπτήρα, τὸ βολτάμετρο καὶ τὸν κινητήρα, ὅπότε η $N_{\text{εε}}$ εἰναι ἵση μὲ τὴν ισχὺν ποὺ δαπανᾷ τὸ ήλεκτρικὸ ρεῦμα. Θὰ ἔχουμε συνεπῶς ὅτι: $N_{\text{εε}} = U \cdot i$.

"Τὸ ρεῦμα δῆμος δὲν κυκλοφορεῖ μόνο στὸ ἔξωτερικὸ κύκλωμα. Συνεχίζει τὴν κυκλοφορία του καὶ μέσα στὴν πηγή, χάρη σὲ κατάλληλα ήλεκτρολυτικὰ διαλύματα ἢ ἀγωγά σύρματα. Εἶναι λοιπὸν λογικὸ νὰ παραδεχτοῦμε ὅτι τὸ ρεῦμα συναντᾶ καὶ στὴν κίνησή του αὐτὴ μιὰν ἀντίσταση ποὺ προκαλεῖ ἔκλυση θερμόμότητας. Ἡ ἀντίσταση αὐτὴ $R_{\text{εε}}$, ποὺ τὴν συναντᾶ τὸ ήλεκτρικὸ ρεῦμα στὴν κίνησή του μέσα στὴν πηγή, λέγεται ἐσωτερικὴ ἀντίσταση.

"Ἀν $N_{\text{εε}}$ εἰναι ἡ ένέργεια ποὺ καταναλώνεται ἀπὸ τὸ φαινόμενο Τζάουλ σὲ κάθε



Σχ. 162. Γιὰ τὴ σπουδὴ τῆς ολικῆς ισχύος μιᾶς γεννήτριας.

ευτερόλεπτο μέσα στή γεννήτρια, θά είσουμε: $N_{es} = R_{es} \cdot i^2$.

Άπο όσα άναφέραμε, καταλήγομε στὸ υμέρασμα ότι ή δύναμη ενέργεια, ποὺ αρέχεται απὸ τὴ γεννήτρια σὲ κάθε δευτέρολεπτο: α) μετατράπηκε στὸ έξωτερικὸ οὐκλωμα σὲ ενέργεια διαφόρων μορφῶν εἰς, β) καταναλώθηκε στὸ ἐσωτερικὸ τῆς γεννήτριας σὲ θερμικὴ ενέργεια N_{es} .

Ἐπομένως μποροῦμε νὰ γράψουμε ότι:

$$N = N_{es} + N_{es} \quad \text{ἢ} \quad N = U \cdot i + R_{es} \cdot i^2$$

Οἱ δύο αὐτὲς ἐκφράσεις δρίζουν τὴν ισχὺ μιᾶς γεννήτριας. Ὡστε:

Ἡ ηλεκτρικὴ ισχὺς μιᾶς γεννήτριας εἶναι ίση μὲ τὸ άθροισμα τῶν ισχύων ποὺ απαναλώνονται απὸ τὸ ηλεκτρικὸ ρεῦμα στὸ έξωτερικὸ οὐκλωμα καὶ στὸ ἐσωτερικὸ ίσης γεννήτριας.

172. Ηλεκτρεγερτικὴ δύναμη μιᾶς γεννήτριας. Γιὰ νὰ υπολογίσουμε τὴν ισχὺ N_{es} , ποὺ καταναλώνεται στὸ έξωτερικὸ οὐκλωμα, μετροῦμε τὴ διαφορὰ δυναμικοῦ στοὺς ἀκροδέκτες τῆς πηγῆς, ποὺ εἶναι ίδια μὲ τὴ διαφορὰ δυναμικοῦ στὰ ἄκρα οὐκλωμάτος, δταν αὐτὸ διαρρέεται πὸ ρεῦμα, καὶ τὴν ἔνταση ἵ τοῦ ρεύματος, πότε θὰ ξήχουμε ότι: $N_{es} = U \cdot i$.

Κατ’ ἀναλογία πρὸς τὸν τύπο αὐτὸν, γράμμε ότι ή δύναμη ισχὺς N_{ol} , ποὺ παρέει μιὰ γεννήτρια, δίνεται απὸ τὴ σχέση:

$$N_{ol} = E \cdot i$$

που ή E ἀποτελεῖ τὴν ηλεκτρεγερτικὴ δύναμη τῆς γεννήτριας. Ὡστε:

Ἡ ηλεκτρεγερτικὴ δύναμη E μιᾶς γεννήτριας εἶναι ίση μὲ τὸ πηλίκο τῆς συνολικῆς σχίνος τῆς γεννήτριας πρὸς τὴν ἔνταση τοῦ ρεύματος ποὺ παράγει.

Ἡ ηλεκτρεγερτικὴ δύναμη E εἶναι συνε-

πῶς μέγεθος τῆς ίδιας φύσης μὲ τὴ διαφορὰ δυναμικοῦ. Γι’ αὐτὸν ἀκριβῶς τὸ λόγο μετρίεται σὲ Βόλτ. Ἡ ἑνδειξη ποὺ εἶναι γραμμένη ἐπάνω σὲ μιὰ ηλεκτρικὴ στήλη, π.χ. 4,5 V, ἀναφέρεται στὴν ηλεκτρεγερτικὴ δύναμη τῆς στήλης.

’Αριθμητικὴ ἐφαρμογή. Ἡ ηλεκτρεγερτικὴ δύναμη μιᾶς συστοιχίας συσσωρευτῶν αὐτοκινήτου εἶναι 6 Volt. Ὄταν ἡ συστοιχία λειτουργεῖ κατὰ τὸ ξεκίνημα τοῦ όχηματος ἀποδίδει ηλεκτρικὸ ρεῦμα ἐντάσεως 200 A. Νὰ υπολογιστεῖ ή ισχὺς τῆς γεννήτριας.

Δύση. Ἐφαρμόζουμε τὴ σχέση: $N = E \cdot i$.

’Αντικαθιστῶντας τὰ σύμβολα μὲ τὶς τιμές τους βρίσκομε:

$$N = 6 V \times 200 A = 1200 \text{ Watt}$$

§ 173. Ηλεκτρικὴ ενέργεια μιᾶς γεννήτριας. Ἀν μία γεννήτρια ηλεκτρικῆς ισχύος N Watt ἀποδίδει ηλεκτρικὸ ρεῦμα σταθερῆς ἐντάσεως γιὰ χρόνον t sec, ἡ ηλεκτρικὴ ενέργεια A ποὺ ἀποδόθηκε σ’ αὐτὸν τὸ χρόνο εἶναι ίση μὲ: $A = N \cdot t$.

Ἐπειδὴ ὅμως $N = E \cdot i$, ἡ παραπάνω σχέση γράφεται:

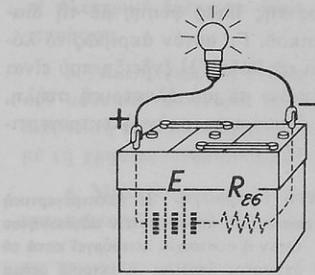
$$A = E \cdot i \cdot t$$

καὶ ἡ ηλεκτρικὴ ενέργεια A ἐκφράζεται σὲ μονάδες Τζάουλ (Joule).

§ 174. Νόμος τοῦ "Ωμ σὲ πλῆρες κύκλωμα. Ἀς θεωρήσουμε ἕνα ηλεκτρικὸ οὐκλωμα, ὃπου οἱ καταναλωτὲς (ἀντιστάσεις) μετατρέπουν σὲ θερμότητα ὅλη τὴν ηλεκτρικὴ ενέργεια ποὺ παίρνουν. Αὐτὸ τὸ οὐκλωμα ἐπομένως δὲν θὰ περιλαμβάνει οὔτε βολτάμετρο οὔτε κινητήρα (σχ. 163).

Ἐστω R ἡ συνολικὴ ἀντίσταση τῶν καταναλωτῶν, R_{es} ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίσταση, E ἡ ηλεκτρεγερτικὴ δύναμη τῆς γεννήτριας καὶ i ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος ποὺ ἀποδίδει ή γεννήτρια.

Ἡ ισχὺς ποὺ καταναλώνεται στὸ έξωτερικὸ οὐκλωμα, ἔξαιτίας τοῦ φαινομένου



Σχ. 163. Ή εσωτερική αντίσταση $R_{e\sigma}$ της πηγής θεωρεῖται συνδεμένη σε σειρά μὲ τὴν αντίσταση τοῦ εξωτερικού κυκλώματος.

Τζάουλ, είναι ἵση μὲ $R \cdot i^2$, ἐνῷ ἡ ἴσχυς ποὺ καταναλώνεται ἀπὸ τὴν ἰδια τῇ γεννήτρια, ἔξαιτίας πάλι τοῦ φαινομένου Τζάουλ, είναι ἵση μὲ $R_{e\sigma} \cdot i^2$ (μὲ τὴν προϋπόθεση βέβαια δτὶ ἡ εσωτερική αντίσταση τῆς γεννήτριας μετατρέπει δῆλη τὴν ἡλεκτρική ἐνέργεια ποὺ παίρνει σὲ θερμότητα Τζάουλ).

Ἐπομένως ἡ διλικὴ ἴσχυς $N_{o\lambda} = E \cdot i$ ποὺ ἀποδίδεται ἀπὸ τῇ γεννήτρια θὰ είναι:

$$N_{o\lambda} = E \cdot i = R \cdot i^2 + R_{e\sigma} \cdot i^2$$

Δηλαδή: $E = R \cdot i + R_{e\sigma} \cdot i$

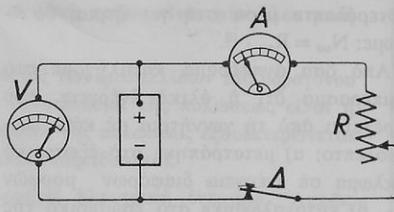
$$\text{ἢ } E = (R + R_{e\sigma}) \cdot i$$

Ἡ παραπάνω σχέση ἐκφράζει ποσοτικά τὸ νόμο τοῦ "Ωμ σὲ πλῆρες κύκλωμα.

"Ωστε:

Τὸ γινόμενο τοῦ ἀθροίσματος τῆς εξωτερικῆς καὶ τῆς εσωτερικῆς αντίστασεως ἐνὸς πλήρους ἡλεκτρικού κυκλώματος ἐπὶ τὴν ἔνταση τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ποὺ τὸ διαρρέει είναι ἵση μὲ τὴν ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη τῆς γεννήτριας ποὺ ὑπάρχει στὸ κύκλωμα.

§ 175. Διαφορὰ δυναμικῶν στὰ ἄκρα μιᾶς γεννήτριας. Ὄνομάζομε $U_{γεν}$ τὴν διαφορὰ δυναμικοῦ ποὺ ἐπικρατεῖ στὸν



Σχ. 164. Γιὰ τὴ σπουδὴ τῆς τάσης στοὺς πόλους μιᾶς γεννήτριας.

πόλους Α καὶ Β τῆς γεννήτριας (σχ. 164), ὅταν διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα, δηλαδὴ στὰ ἄκρα τοῦ εξωτερικοῦ κυκλώματος.

Ἐφαρμόζοντας τὸ νόμο τοῦ "Ωμ στὸ εξωτερικὸ κύκλωμα, αντιστάσεως R , παίρνομε:

$$U_{γεν} = R \cdot i$$

Ἐπομένως ἡ σχέση $E = R \cdot i + R_{e\sigma} \cdot i$ γράφεται $E = U_{γεν} + R_{e\sigma} \cdot i$, ἢ :

$$U_{γεν} = E - R_{e\sigma} \cdot i$$

Τὸ γινόμενο $R_{e\sigma} \cdot i$ δονομάζεται ὀμικὴ πτώση τάσης μέσα στὴ γεννήτρια.

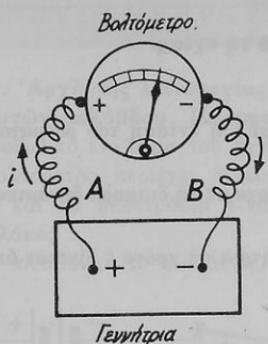
§ 176. Μέτρηση τῆς ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως μιᾶς γεννήτριας. Γιὰ νὰ μετρήσουμε τὴν ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη μιᾶς γεννήτριας, συνδέομε τοὺς δύο πόλους τῆς γεννήτριας μὲ τοὺς ἀκροδέκτες ἐνὸς βολτόμετρου (σχ. 165).

Τὰ βολτόμετρα ἔχουν πολὺ μεγάλη ἐσωτερικὴ αντίσταση, μὲ ἀποτέλεσμα τὸ ρεῦμα ποὺ τὰ διαρρέει νὰ είναι ἀσήμαντο.

Ἐὰν R είναι ἡ αντίσταση τοῦ βολτομέτρου, $R_{e\sigma}$ ἡ αντίσταση τῆς πηγῆς καὶ i ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος, ποὺ προκαλεῖται ἀπὸ τὴ σύνδεση τῶν πόλων μὲ τοὺς ἀκροδέκτες τοῦ βολτομέτρου, θὰ ἔχουμε:

$$E = R \cdot i + R_{e\sigma} \cdot i$$

Ἐπειδὴ ὅμως ἡ εσωτερικὴ αντίσταση $R_{e\sigma}$ τῆς γεννήτριας είναι πολὺ μικρὴ καὶ



χ. 165. Μέτρηση της ήλεκτρεγερτικής δυνάμεως μιάς γεννήτριας.

πορούμε νά την παραλείψουμε μπροστά τη μεγάλη άντισταση R του βολτομέτρου, παραπάνω σχέση γίνεται:

$$E = R \cdot i \text{ περίπου} \quad (1)$$

Άλλα η διαφορά δυναμικού $U_{\gamma\epsilon\nu}$, που μεριέται άπό το δργανο, είναι σύμφωνα με δύναμη του Ωμή:

$$U_{\gamma\epsilon\nu} = R \cdot i \quad (2)$$

Συνεπδς, άπό τις σχέσεις (1) και (2) διαπι- τώνομε ότι:

$$E = U_{\gamma\epsilon\nu} \text{ περίπου}$$

Όστε:

Το Βολτόμετρο δείχνει την ήλεκτρεγερτική δύναμη της γεννήτριας, όταν οι άκρο- έκτες του συνδέονται με τοὺς πόλους της πηγής, χωρὶς νά τροφοδοτεῖται και τὸ έξω- ερικό κύκλωμα.

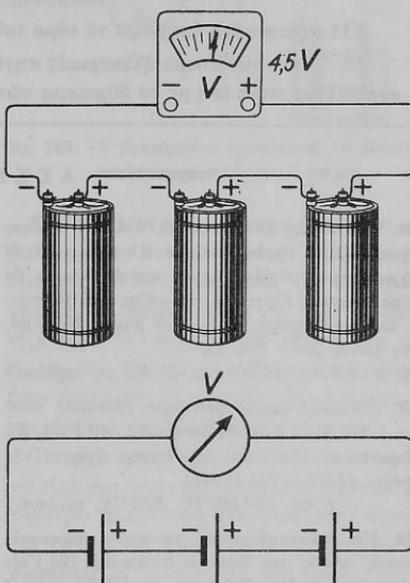
177. Σύνδεση ήλεκτρικῶν πηγῶν. Οἱ υστωρευτές, τὰ ήλεκτρικὰ στοιχεῖα καὶ ή η-

λεκτρικὲς στήλες πολὺ συχνὰ συνδέονται μεταξὺ τους, σχηματίζοντας συστοιχίες.

Γιά νά κατασκευάσουμε μία συστοιχία ήλεκτρικῶν πηγῶν, συνδέομε μὲ ἀγωγὸ τὸν ἀρνητικὸ πόλο τῆς πρώτης πηγῆς καὶ συνεχίζομε μὲ αὐτὸ τὸν τρόπο ὡς τὴν τελευταία πηγὴ ποὺ διαθέτομε. Ἐτσι μένουν ἐλεύθεροι δὲ θετικὸς πόλος τῆς πρώτης πηγῆς καὶ δὲ ἀρνητικὸς πόλος τῆς τελευταίας (σχ. 166), ποὺ ἀποτελοῦν τοὺς πόλους τῆς συστοιχίας. Ὁ τρόπος αὐτὸς συνδέσεως ήλεκτρικῶν πηγῶν λέγεται σύνδεση σὲ σειρά.

*Ωπας μποροῦμε μὲ ἔνα βολτόμετρο νά ξεκρι- βώσουμε:

"Οταν συνδέσουμε σὲ σειρά πολλὲς ήλεκτρικὲς πηγές, ή ήλεκτρεγερτικὴ δύναμη τῆς συστοιχίας είναι ίση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ήλεκτρεγερτικῶν δυνά- μεων τῶν πηγῶν.



Σχ. 166. Συνδεσμολογία τριῶν ήλεκτρικῶν πηγῶν σὲ σειρά. Στὸ κάτω μέρος συμβολικὴ παράσταση.

1. Η όλικη ίσχυς N μιᾶς γεννήτριας δίνεται ἀπὸ τὴ σχέση:

$$N = E \cdot i$$

ὅπου E ή ηλεκτρεγερτική δύναμη τῆς γεννήτριας καὶ i ή ἔνταση τοῦ ρεύματος, ποὺ μπορεῖ νὰ δώσει ή γεννήτρια.

2. Η ηλεκτρεγερτική δύναμη εἶναι μέγεθος ἀνάλογο μὲ τὴ διαφορὰ δυναμικοῦ καὶ μετριέται σὲ Βόλτ.

3. Η ηλεκτρική ἐνέργεια ποὺ παρέχει μιὰ γεννήτρια σὲ χρόνο t δίνεται ἀπὸ τὴν δύσισωση:

$$A = E \cdot i \cdot t$$

4. Αν E εἶναι ή ηλεκτρεγερτική δύναμη μιᾶς πηγῆς, R_{eq} ή ἐσωτερική ἀντίσταση τῆς, R ή ἀντίσταση τοῦ ἐσωτερικοῦ κυκλώματος καὶ i ή ἔνταση τοῦ ρεύματος ποὺ δίνει ή πηγή, ίσχυει ή σχέση:

$$E = (R + R_{\text{eq}}) \cdot i$$

Ἡ σχέση αὐτὴ ἐκφράζει τὸ νόμο τοῦ "Ομ σὲ πλῆρες κύκλωμα.

5. "Οταν συνδέουμε ηλεκτρικές πηγές σὲ σειρά, ή ηλεκτρεγερτική δύναμη τῆς συστοιχίας εἶναι ίση μὲ τὸ ὅθροισμα τῶν ηλεκτρεγερτικῶν δυνάμεων τῶν πηγῶν.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

146. Μία στήλη δίνει ρεῦμα $0,75 A$ ἀπὸ 6 δρες συνεχῶς. α) Νὰ ὑπολογιστεῖ σὲ Ah καὶ μετὰ σὲ Cb ή ποσότητα τοῦ ηλεκτρισμοῦ ποὺ ἀποδίδεται. β) Νὰ ὑπολογιστεῖ ή ἐλάττωση τῆς μιᾶς τοῦ ηλεκτροδίοντος ἀπὸ φενδάργυρο. ($\text{Ατομικὸ βάρος } Zn = 65$, σθένος λόντος $Zn^{++} = 2$).
(Απ. α' $4,5 Ah$, $16\ 200 Cb$. β' $5,5 gr$, περίπου.)

147. Δυναμοηλεκτρική γεννήτρια (δυναμό) δίνει ρεῦμα $1\ 000 A$ μὲ διαφορὰ δυναμικοῦ $500 Volt$. Νὰ ὑπολογιστεῖ σὲ $Watt$ καὶ ἀτώλτπους ή ίσχυς τῆς μηχανῆς. ($1 Ch = 736 Watt$).
(Απ. $500\ 000 W$, $679 Ch$, περίπου.)

148. Μία δυναμοηλεκτρική γεννήτρια παρουσιάζει στοὺς πόλους τῆς διαφορὰ δυναμικοῦ $125 Volt$ καὶ ἔχει ίσχυν $10 kW$. Νὰ ὑπολογιστεῖ ή ἔνταση τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος ποὺ μπορεῖ νὰ δώσει ή γεννήτρια.
(Απ. $80 A$.)

149. Δυναμοηλεκτρική γεννήτρια λειτουργεῖ μὲ τὴ βοήθεια κινητήρα ἐσωτερικῆς καύσης. Η ίσχυς τοῦ κινητήρα εἶναι $8 Ch$ καὶ ή ολική ἀπόδοση 85% . α) Νὰ ὑπολογιστεῖ ή ίσχυς τῆς δυναμοηλεκτρικῆς μηχανῆς. β) "Αν ή διαφορὰ δυναμικοῦ στοὺς πόλους εἶναι $125 Volt$, νὰ ὑπολογιστεῖ ή ἔνταση τοῦ

ηλεκτρικοῦ ρεύματος ποὺ μπορεῖ νὰ δώσει ή γεννήτρια αὐτῇ.
(Απ. α' $6,8 Cb$, β' $40 A$ περίπου.)

150. Μία ηλεκτρική στήλη ἔχει ηλεκτρεγερτική δύναμη $10 Volt$, ἐσωτερική ἀντίσταση 3Ω καὶ δίνει ρεῦμα σὲ ἕνα καταναλότη ἀντιστάσεως 5Ω . Νὰ ὑπολογιστεῖ ή ἔνταση τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος ποὺ διαφέρει τὸ κύκλωμα.
(Απ. $1,25 A$.)

151. Μία ηλεκτρική στήλη ἔχει ηλεκτρεγερτική δύναμη $4,5 Volt$. "Οταν ἐνώσουμε τοὺς δύο πόλους τῆς στήλης μὲ ἓνα ἀγωγό σύρμα ἀντιστάσεως $2,5 \Omega$, κυκλωφορεῖ ρεῦμα ἐντάσεως $1,25 A$. Νὰ ὑπολογιστεῖ ή ἐσωτερική ἀντίσταση τῆς στήλης.
(Απ. $1,1 \Omega$.)

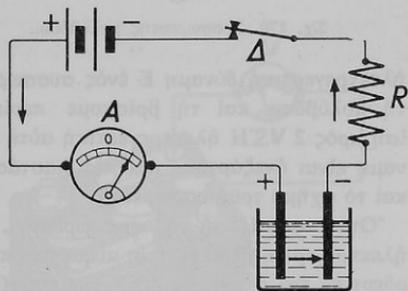
152. Οἱ δύο πόλοι μιᾶς ηλεκτρικῆς στήλης, ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως 1Ω , εἶναι ἐνωμένοι μὲ μεταλλικὸ καλώδιο, ἀντιστάσεως 5Ω . "Ἐνα ἀμπερόμετρο, συνδεμένο σὲ σειρά, δείχνει $2 A$. Νὰ ὑπολογιστεῖ ή ηλεκτρεγερτική δύναμη τῆς στήλης.
(Απ. $12 V$.)

153. Οἱ δύο πόλοι μιᾶς ηλεκτρικῆς στήλης εἶναι συνδεμένοι μὲ ἓνα ἀγωγό, ἀντιστάσεως 3Ω , καὶ ή διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξύ τους εἶναι $1,5 Volt$. "Οταν τὸ κύκλωμα εἶναι ὀνοιχτό, ή διαφορὰ δυναμικοῦ εἶναι $2 Volt$. Νὰ ὑπολογιστεῖ ή ἐσωτερική ἀντίσταση τῆς στήλης.
(Απ. 9Ω .)

| 178. Ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τῶν συσ-
τωρευτῶν μολύβδου. Πείραμα 1. Συναρ-
ιογοῦμε τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 167.
Γό βολτάμετρο περιέχει διάλυμα θεικοῦ
ὕξεος καὶ τὰ ἡλεκτρόδια εἰναι μολύβδι-
νες πλάκες.

Ἄν κλείσουμε τὸ διακόπτη, ἡ ἡλεκτρι-

δευτερεύουσεις ἀντιδράσεις στὰ ἡλεκτρό-
δια. Μποροῦμε ὅμως νὰ παρατηρήσουμε τὸ
καφὲ χρῶμα ποὺ ἀποχτᾶ ἡ ἄνοδος. Τὸ χρῶμα
αὐτὸ δόφειλεται σὲ δέξιδιο τοῦ μολύβδου
ποὺ σκέπασε τὴν ἐπιφάνειά της. Ἡ ἡλεκτρι-
κὴ δηλαδὴ ἐνέργεια ποὺ δέχεται τὸ βολ-
τάμετρο μετατρέπεται σὲ χημικὴ ἐνέργεια.



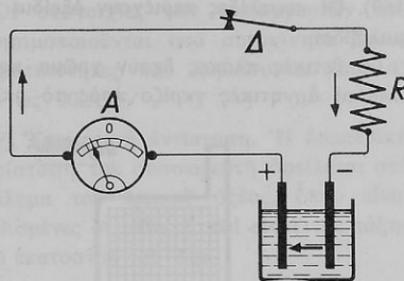
Σχ. 167. Ἡλεκτρικὸ ρεῦμα διαρρέει τὸ βολτάμετρο.

ἢ πηγὴ τροφοδοτεῖ τὸ κύκλωμα μὲ ἡλε-
κτρικὸ ρεῦμα καὶ δείκτης τοῦ ἀμπερομέ-
τρου ἀποκλίνει πρὸς τὰ δεξιά.

Ἀφήνομε γιὰ λίγο κλειστὸ τὸ κύκλωμα
καὶ ὑστερὰ ἀνοίγομε τὸ διακόπτη Δ , δι-
τότε διακόπτεται ἡ παροχὴ τοῦ ρεύματος
καὶ δείκτης τοῦ ἀμπερομέτρου ἔαναγυ-
ρίζει στὸ μηδὲν τῆς κλίμακας.

Πείραμα 2. Ἀφαιροῦμε τὴν ἡλεκτρικὴ
πηγὴ τοῦ προηγούμενου κυκλώματος καὶ
ελείνομε τὸ διακόπτη (σχ. 168). Παρατη-
ροῦμε τότε διτὶ δείκτης τοῦ ἀμπερομέ-
τρου ἀποκλίνει πρὸς τὰ ἀριστερά, πράγμα
τοῦ ἀποδεικνύει διτὶ ἔνα ἡλεκτρικὸ ρεῦμα,
μὲ ἀντίθετη φορὰ ἀπὸ τὸ προηγούμενο,
διαρρέει τὸ κύκλωμα. Αὐτὸ τὸ ἡλεκτρικὸ
ρεῦμα παράγεται ἀπὸ τὸ βολτάμετρο, ποὺ
ἔχει μεταβληθεῖ σὲ ἡλεκτρικὴ πηγὴ.

Ἐξήγηση τοῦ φαινομένου: α) Στὸ πρῶτο
πείραμα συμβαίνει ἡλεκτρόλυση τοῦ δια-
λύματος τοῦ θεικοῦ δξέος μὲ πολύπλοκες



Σχ. 168. Τὸ βολτάμετρο τροφοδοτεῖ τὸ ἐξωτερικὸ
κύκλωμα μὲ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα.

β) Στὸ δεύτερο πείραμα γίνονται στὸ
βολτάμετρο δευτερεύουσεις χημικές ἀντι-
δράσεις, ἀντίστροφες ἀπὸ τὶς προηγούμε-
νες, καὶ τὸ καφὲ χρῶμα τῆς ἀνόδου ἔξαφα-
νίζεται σιγὰ - σιγά. Στὴν περίπτωση αὐτὴ
ἡ χημικὴ ἐνέργεια ποὺ ἀπελευθερώνεται,
ὅσο διαρκοῦν οἱ χημικές ἀντιδράσεις, με-
τατρέπεται σὲ ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια.

Τὸ φαινόμενο συνεπῶς ἔξελισσεται σὰν
νὰ είχε συσσωρευτεῖ (ἀποθηκευτεῖ) στὸ βολ-
τάμετρο ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια, ποὺ ἀποδίδεται
κατόπι. Γι' αὐτὸ καὶ δονομάστηκαν συσ-
σωρευτὲς οἱ γεννήτριες τοῦ εἶδους αὐτοῦ.

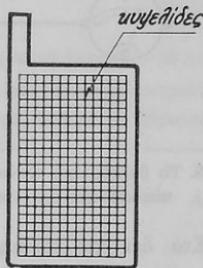
Τὰ δύο πειράματα ποὺ περιγράψαμε
ἀντιστοιχοῦν στὴ φόρτιση καὶ τὴν ἐκφόρ-
τιση τοῦ συσσωρευτῆ.

**§ 179. Περιγραφὴ ἐνὸς συνηθισμένου
συσσωρευτῆ.** Τὸ βολτάμετρο μὲ τὰ μολύβδι-
να ἡλεκτρόδια ἐκφορτίζεται (χάνει τὸ ἡ-

λεκτρικό του φορτίο) πολὺ γρήγορα. Αύτο συμβαίνει, ἐπειδή η ποσότητα τοῦ ήλεκτρισμοῦ ποὺ ἀποθηκεύει εἶναι πολὺ μικρή. Στὴν περίπτωση αὐτή λέμε δτὶ «ὅ συσσωρευτής παρουσιάζει μικρὴ χωρητικότητα».

Γιὰ νὰ αὐξήσουμε τὴ χωρητικότητα τοῦ συσσωρευτῆς, τὴν ποσότητα δηλαδὴ τοῦ ήλεκτρισμοῦ ποὺ μπορεῖ νὰ ἀποδώσει, χρησιμοποιοῦμε ήλεκτρόδια ἀπὸ μολύβδινες πλάκες, σκαμμένες σὰν τὶς κυψέλες τῶν μελισσῶν, μὲ μορφὴ πλέγματος (σχ. 169). Οἱ κυψελίδες περιέχουν δξείδια τοῦ μολύβδου.

Οἱ θετικὲς πλάκες ἔχουν χρῶμα καφέ, ἐνῶ οἱ ἀρνητικὲς γκρίζο πρὸς τὸ μπλέ.

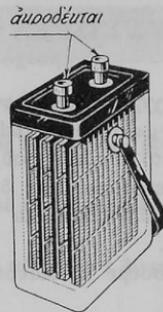


Σχ. 169. Πλάκα συσσωρευτής.

Πολλὲς θετικὲς πλάκες εἶναι συνδεμένες μεταξὺ τους· τὸ ίδιο συμβαίνει καὶ μὲ τὶς ἀρνητικὲς πλάκες (σχ. 169). Τὸ σύστημα αὐτὸ τῶν θετικῶν καὶ ἀρνητικῶν πλακῶν τοποθετεῖται μέσα σ' ἕνα δοχεῖο ἀπὸ μονωτικὸ ὄντικό (γυαλί, ἐβονίτης, πλαστικὲς үλες κλπ.) ποὺ περιέχει διάλυμα θειικοῦ δξέος (σχ. 170).

Γιὰ ν' ἀποφύγουμε τὰ βραχυκυκλώματα, τοποθετοῦμε ἀνάμεσα ἀπὸ τὶς θετικὲς καὶ ἀρνητικὲς πλάκες φύλλα ἀπὸ πορῶδες μονωτικὸ ὄντικό (ναλοβάμβακας, πορῶδες ἔλαστικό).

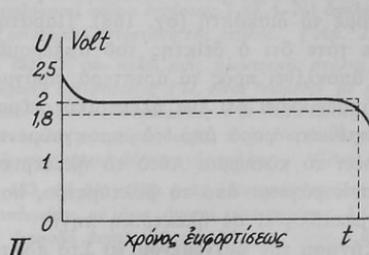
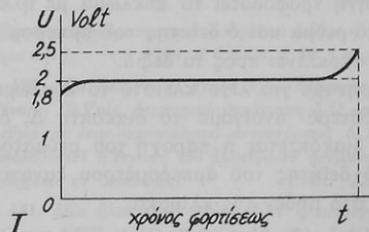
§ 180. Χαραχτηριστικὰ μεγέθη ἐνὸς συσσωρευτῆ. α) Ἁλεκτρεγερτικὴ δύναμη. Χρησιμοποιώντας ἔνα βολτόμετρο μετροῦμε τὴν



Σχ. 170. Συσσωρευτής μολύβδου.

ἥλεκτρεγερτικὴ δύναμη Ε ἐνὸς συσσωρευτῆ μολύβδου καὶ τὴ βρίσκομε περίπου ἵση πρὸς 2 V. Ἡ ἥλεκτρεγερτικὴ αὐτὴ δύναμη εἶναι ἀνεξάρτητη ἀπὸ τὶς διαστάσεις καὶ τὸ σχῆμα τοῦ συσσωρευτῆς.

Όταν φορτίζεται ο συσσωρευτής, η ἥλεκτρεγερτικὴ του δύναμη αὐξάνεται προοδευτικὰ καὶ φτάνει τὰ 2,5 V περίπου (σχ. 171, I). Μόλις ἀρχίσει η ἐκφόρτιση, η ἥ-

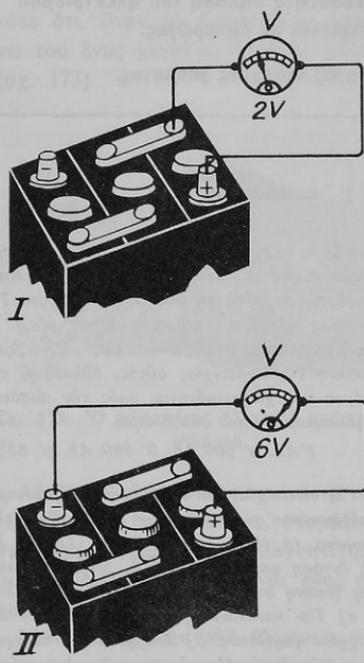


Σχ. 171. Καμπύλη φορτίσεως (I) καὶ ἐκφορτίσεως (II) ἐνὸς συσσωρευτῆ.

εκτρεγερτική δύναμη παθαίνει άπότομη πτώση και κατεβαίνει στά 2 V. Στήν τιμή ώτη παραμένει σταθερή κατά τὸ μεγαλύτερο χρονικό διάστημα τῆς ἐκφορτίσεως.

Στὸ τέλος τῆς ἐκφορτίσεως ή ἡλεκτρεγερτική δύναμη πέφτει άπότομα κάτω ἀπὸ 2 V (σχ. 171, ΙΙ).

Στὶς πρακτικὲς ἐφαρμογὲς χρησιμοποιοῦμε συχνὰ συστοιχίες συσσωρευτῶν, ποὺ ἵποτελοῦνται συνήθως ἀπὸ τρία ή ἔξη στοιχεῖα συσσωρευτῶν, συνδεμένα σὲ σει-



Σχ. 172. (I) Μέτρηση τῆς τάσης στοὺς ἀκροδέκτες ἐνὸς στοιχείου καὶ (II) στοὺς ἀκροδέκτες μιᾶς συστοιχίας τριῶν συσσωρευτῶν.

ρά· ἔχομε τότε ἡλεκτρεγερτική δύναμη τῆς συστοιχίας $3 \times 2 = 6$ V ή $6 \times 2 = 12$ V (σχ. 172). Τὰ δύο ή τρία αὐτὰ στοιχεῖα περιέχονται σὲ ἕνα κοινὸ δοχεῖο, ποὺ χωρίζεται σὲ δύο ή τρία διαμερίσματα.

β) Χωρητικότητα. Ως χωρητικότητα ἐνὸς συσσωρευτῆ δρίζομε τὴν ποσότητα τοῦ ἡλεκτρισμοῦ ποὺ μπορεῖ νὰ ἀποδώσει ὁ συσσωρευτῆς στὴν ἐκφόρτιση.

Ἡ χωρητικότητα ἐνὸς συσσωρευτῆ ἐκφράζεται συνήθως σὲ ἀμπερῶρες (Ah).

Οἱ συστοιχίες τῶν συσσωρευτῶν ποὺ χρησιμοποιοῦνται στὰ αὐτοκίνητα ἔχουν χωρητικότητες ποὺ κυμαίνονται ἀπὸ 45 Ah ὥς 90 Ah.

γ) Ἐσωτερικὴ ἀντίσταση. Ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίσταση τοῦ συσσωρευτῆ δρεῖλεται στὸ διάλυμα τοῦ θειικοῦ δξέος, δην εἰναι βυθισμένες οἱ πλάκες, καὶ εἰναι τῆς τάξης τοῦ ἑκατοστοῦ τοῦ "Ωμ.

δ) Ἀπόδοση. Κατὰ τὴ διάρκεια τῆς ἐκφορτίσεώς τοῦ ὁ συσσωρευτῆς ἀποδίδει τὰ 90% περίπου τοῦ ἡλεκτρισμοῦ ποὺ ἀποθήκευσε κατὰ τὴ φόρτιση. Λέμε τότε ὅτι ὁ συσσωρευτῆς ἔχει ἀπόδοση 90% ή 0,9.

§ 181. Χρήσεις τοῦ συσσωρευτῆ. Οἱ συσσωρευτὲς χρησιμοποιοῦνται ως πηγὲς συνεχοῦς ρεύματος στὰ ἐργαστήρια, στὰ τηλεφωνικὰ κέντρα, στοὺς σηματοδότες τοῦ σιδηροδρομικοῦ δικτύου κλπ. Ἐπίσης χρησιμοποιοῦνται ως ἐφεδρικὴ πηγὴ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, γιὰ τὴν περίπτωση βλάβης τοῦ δικτύου διανομῆς. Οἱ συσσωρευτὲς βρίσκονται συστοιχίας τριῶν συσσωρευτῶν, στὰ ὑποβρύχια, στὰ ἀεροπλάνα κλπ.

1. Οι συσσωρευτές είναι πηγές συνεχούς ρεύματος, που μετατρέπουν χημική ένέργεια σε ηλεκτρική ένέργεια.
2. Για νὰ λειτουργήσει ὁ συσσωρευτής, πρέπει προηγουμένως νὰ φορτιστεῖ. Φόρτιση είναι ή μετατροπή τῆς ηλεκτρικής ένέργειας, που δέχεται ὁ συσσωρευτής, σὲ χημική ένέργεια. Μὲ τὴν ἐκφόρτιση συμβαίνει τὸ ἀντίθετο.
3. Η ηλεκτρεγερτική δύναμη ἐνὸς συσσωρευτῆς μολύβδου είναι περίπου 2 V. Στὴν κοινὴ χρήση συνδέομε σὲ σειρὰ δύο ή περισσότερα στοιχεῖα καὶ σχηματίζομε συστοιχίες.
4. Η χωρητικότητα τῶν συσσωρευτῶν, ή ποσότητα δηλαδὴ τοῦ ηλεκτρισμοῦ που μποροῦν νὰ ἀποδώσουν στὴν ἐκφόρτιση, μετριέται σὲ ἀμπερόδρες.
5. Οι συσσωρευτές χρησιμοποιοῦνται ως πηγές συνεχούς ρεύματος.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

154. Μια συστοιχία συσσωρευτῶν ἔχει χωρητικότητα 150 Ah. Περιορίζομε τὴν ἐκφόρτιση στὰ 80% αὐτῆς τῆς χωρητικότητας. α) Πόση ποσότητα ηλεκτρισμοῦ μποροῦμε νὰ πάρουμε; β) "Αν ή διάρκεια τῆς ἐκφόρτισεως είναι 5 h, νὰ βρεθεῖ ή ἔνταση τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος ποὺ ἀποδίδεται.

('Απ. α' 432 000 Cb. β' 24 A.)

155. Θέλομε νὰ ξαναφορτίσουμε μὰ συστοιχία συσσωρευτῶν χωρητικότητας 90 Ah, χρησιμοποιώντας ηλεκτρικό ρεῦμα ἐντάσεως 9 A. α) Ἐπι πόσες δῷρες θὰ πρέπει νὰ φορτίζεται ή συστοιχία; β) Νὰ βρεθεῖ σὲ βατώρες (Wh) η ηλεκτρική ένέργεια ποὺ παρέχεται απὸ τὸ ηλεκτρικό ρεῦμα, αν ή διαφορά τοῦ δυναμικοῦ στὰ ἄκρα τοῦ συσσωρευτῆς είναι 6,6 Volt.

('Απ. α' 10 h. β' 594 Wh.)

156. Οἱ μολύβδινες πλάκες μᾶς συστοιχίας συσσωρευτῶν ἔχουν βάρος 100 kp. Φορτίζομε τὸ συσσωρευτή χρησιμοποιώντας ηλεκτρικό ρεῦμα ἐντάσεως 0,5 A στὸ kp μολύβδου. α) "Αν ή φόρτιση

διαρκεῖ 12 h, νὰ βρεθεῖ ή ποσότητα τοῦ ηλεκτρισμοῦ ποὺ ποὺ ἀπατήθηκε γ' αὐτὴ τῇ φόρτιση. β) Κατόπιν ἐκφορτίζουμε αὐτὴ τὴ συστοιχία σὲ χρόνο 10 h ἀποδίδοντας ηλεκτρικό ρεῦμα ἐντάσεως 50 A. Νὰ βρεθεῖ ή χωρητικότητα τῆς συστοιχίας. γ) Νὰ βρεθεῖ ή ἀπόδοση τῆς συστοιχίας αὐτῆς, δηλαδὴ ή τιμὴ τοῦ λόγου τῆς χωρητικότητας πρὸς τὴν ποσότητα τοῦ ηλεκτρισμοῦ ποὺ ἀποδόθηκε.

('Απ. α' 600 Ah. β' 500 Ah. γ' 83%).

157. Η συστοιχία τῶν συσσωρευτῶν (μπαταρία) ἐνὸς αὐτοκινήτου φέρει μὰ μικρὴ πλάκα, ὅπου είναι σημειωμένα τὰ ἔξῆς: Χωρητικότητα: 75 Ah. Κανονική ἔνταση φορτίσεως: 7,5 A. Μέγιστη ἐπιτρεπόμενη ἔνταση στὴ φόρτιση 12,5 A. Νὰ ὑπολογίσετε: α) Τὸν κανονικὸ χρόνο καθὼς καὶ τὸν ἐλάχιστο χρόνο φορτίσεως. β) Τὸ χρόνο ποὺ θὰ χρειαστεῖ γιὰ τὴν ἐκφόρτιση, ἀν τὸ ρεῦμα ἐκφορτίσεως ἔχει ἔνταση 1,5 A. γ) Τὴ χωρητικότητα σὲ Cb.

('Απ. α' 10 h, 6 h. β' 50 h, 270 000 Cb.)

ΑΣΤ' — ΜΑΓΝΗΤΕΣ. ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΠΥΞΙΔΑ

§ 182. Φυσικοὶ μαγνῆτες. Ἀπὸ τὴν ἀρχαιότητα, πρὶν ἀπὸ 2 500 περίπου χρόνια, ἡταν γνωστὸ διτέλεσθαι ἔνα δρισμένο δρυκτὸ τοῦ σιδήρου, διαμαγνητίτης (Fe_3O_4), ἔχει τὴν ἴδιότητα νὰ ἔλκει ἀντικείμενα κατασκευασμένα ἀπὸ σίδερο, ὅχι δῆμας καὶ ἀπὸ ξύλο ή χαλκό.

Πείραμα. Βυθίζουμε ἔνα κομμάτι μαγνητίτη σὲ ρινίσματα σιδήρου. Παρατηροῦμε τότε διτέλεσθαι, διταν τὸ ἀνασύρουμε, μένει ἐπάνω του ἔνας μεγάλος ἀριθμὸς ρινισμάτων (σχ. 173).



Σχ. 173. Ο μαγνητίτης ἔλκει τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου.

Αὐτὴ ἡ ἴδιότητα τοῦ μαγνητίτη, νὰ ἔλκει τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου, δημοάζεται μαγνητισμός. Λέμε διτέλεσθαι μαγνητίτης εἶναι μαγνητισμένος καὶ διτέλεσθαι εἶναι φυσικὸς μαγνῆτης.

Ολα τὰ σώματα ποὺ ἔλκονται ἀπὸ τὸν μαγνῆτη δημοάζονται μαγνητικὰ σώματα. "Ωστε:

Ο μαγνητίτης εἶναι ἔνα δρυκτό, ποὺ ἔχει τὴν ἴκανότητα νὰ ἔλκει τὰ διάφορα σιδερένια ἀντικείμενα.

§ 183. Τεχνητοὶ μαγνῆτες. Ἀν πάρουμε μιὰ ράβδο ἀπὸ χάλυβα καὶ τὴν τρίψουμε μὲ ἔνα φυσικὸ μαγνῆτη, παρατηροῦμε διτέλεσθαι

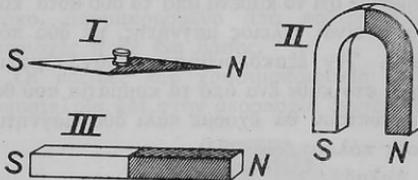
μαγνητίζεται καὶ αὐτὴ καὶ γίνεται τεχνητὸς μαγνῆτης.



Σχ. 174. Στοὺς τεχνητοὺς μαγνῆτες ἡ ἐλκτικὴ δύναμη ἐντοπίζεται κυρίως στὰ ἄκρα.

Στοὺς τεχνητοὺς μαγνῆτες ἡ ἐλκτικὴ ἴκανότητα ἐντοπίζεται στὰ ἄκρα, ποὺ τὰ δονομάζομε πόλους τοῦ μαγνῆτη. Ἐτσι εἶναι τεχνητὸς μαγνῆτης ἔχει δύο πόλους (σχ. 174).

Στοὺς τεχνητοὺς μαγνῆτες δίνονται διάφορα σχήματα, διποτες εἰναι ἡ μαγνητικὴ βελόνα, διποταλοειδῆς μαγνῆτης καὶ ὁ ραβδόμορφος μαγνῆτης (σχ. 175).



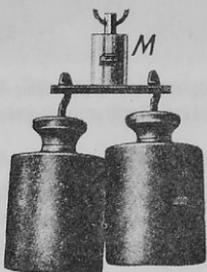
Σχ. 175. Μορφές τεχνητῶν μαγνητῶν.

Οἱ τεχνητοὶ μαγνῆτες εἶναι μόνιμοι μαγνῆτες, μποροῦμε δῆμας νὰ φτιάξουμε καὶ παροδικοὺς μαγνῆτες, μαγνητεῖς δηλαδὴ πού, ἀφοῦ μαγνητιστοῦν, χάνουν σὲ λίγο τὸ μαγνητισμό τους. Ἐτσι, διν πάρουμε μιὰ ράβδο ἀπὸ μαλακὸ σιδῆρο (ὅχι χάλυβα) καὶ τὴν τρίψουμε μὲ ἔνα φυσικὸ μαγνῆτη, θὰ παρατηρήσουμε διτέλεσθαι εἶναι μαγνητίζεται, σὲ λίγο χάνει τὸ μαγνητισμό της.

Σήμερα, ἐκτὸς ἀπὸ τὸ χάλυβα, γιὰ νὰ κατασκευάσουν ισχυροὺς μόνιμους μαγνῆ-

τες μὲ μικρὴ μάζα, χρησιμοποιοῦν εἰδικὰ κράματα μετάλλων, δῆλος εἶναι τὸ κράμα Ἀλνίκο (Alnico), ποὺ ἀποτελεῖται ἀπὸ ἀλουμίνιο (Al), νικέλιο (Ni), κοβάλτιο (Co), καθὼς ἐπίσης καὶ ἀπὸ χαλκὸς καὶ σίδηρου.

Τὸ σχῆμα 176 δείχνει ἔναν τέτοιο μαγνήτη, ποὺ μπορεῖ νὰ συγκρατήσει ἔνα βάρος σαράντα φορὲς μεγαλύτερο ἀπὸ τὸ δικό του.

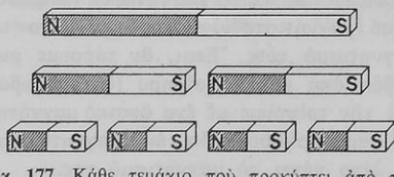


Σχ. 176. Τεχνητὸς μαγνήτης Ἀλνίκο. Συγκρατεῖ βάρος 40 πλάσιο ἀπὸ τὸ δικό του.

Πείραμα. Κόβομε σὲ δύο κομμάτια μία μαγνητισμένη ράβδο ἀπὸ χάλυβα. Παρατηροῦμε ὅτι τὸ καθένα ἀπὸ τὰ δύο αὐτὰ κομμάτια εἶναι τέλειος μαγνήτης, μὲ δύο πόλους. Ἐν ἑξακολουθήσουμε τὸν τεμαχισμό, στὸ κάθε ἔνα ἀπὸ τὰ κομμάτια ποὺ θὰ προκύπτουν θὰ ἔχουμε πάλι δύο μαγνητικοὺς πόλους (σχ. 177).

Δηλαδή:

Εἶναι ἀδύνατο νὰ ἀπομονώσουμε ἔνα μαγνητικὸ πόλο. Ὁποιοσδήποτε μαγνήτης, ὅσο μικρὸς καὶ ἂν εἴναι, ἔχει πάντα δύο πόλους.



Σχ. 177. Κάθε τεμάχιο ποὺ προκύπτει ἀπὸ τὸν τεμαχισμὸ μιᾶς μαγνητικῆς ράβδου εἶναι τέλειος μαγνήτης.

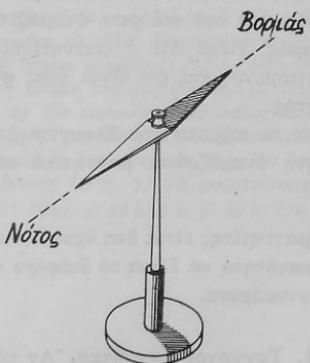
§ 184. Ἐπίδραση τῆς Γῆς στὴ μαγνητικὴ βελόνα. Πείραμα. Στηρίζομε μία μαγνητικὴ βελόνα, ἵνα μαγνήτη δηλαδὴ σὲ σχῆμα μακρόστενου ρόμβου, ἀπὸ τὸ κέντρο βάρους της πάνω σὲ ἔναν κατακόρυφο αἰχμηρὸ (μυτερὸ) ἄξονα (σχ. 178). Ἐν ἀφήσουμε τὴ βελόνα νὰ ἡρεμήσει, παρατηροῦμε διτὶ ἀρχικὰ ταλαντεύεται, ἔπειτα δύμως προσανατολίζεται σὲ μιὰ δρισμένη διεύθυνση.

Ἡ διεύθυνση αὐτὴ καθορίζεται ἀπὸ τὸ μεγάλο (διαμήκη) ἄξονα τῆς μαγνητικῆς βελόνας. Ἡ διεύθυνση αὐτοῦ τοῦ ἄξονα ἔχει περίπου τὴ διεύθυνση Βοριάς - Νότος.

Ἐν ἀπομακρύνουμε τὴ μαγνητικὴ βελόνα ἀπὸ αὐτὴ τὴ θέση ἰσορροπίας της, παρατηροῦμε διτὶ, ἀφοῦ ταλαντεύεται, ἔναν γυρίζει στὴν ἀρχικὴ ἰσορροπία της. Ἐπιχειροῦμε τώρα, ἀντιστρέφοντας τοὺς δύο πόλους τῆς μαγνητικῆς βελόνας, νὰ πετύχουμε νέα θέση ἰσορροπίας. Γι' αὐτὸ τὴν περιστρέψομε κατὰ 180° γύρω ἀπὸ τὸν ἄξονα στηρίξεώς της. Παρατηροῦμε διτὶ αὐτὸ εἶναι ἀδύνατο. Μόλις τὴν ἀφήσουμε ἐλεύθερη, ἔναν γυρίζει στὴν ἀρχικὴ της θέση, ἔτσι ὥστε δ ἴδιος πάντοτε πόλος νὰ δείχνει πρὸς τὸ Βοριά.

Συμπεραίνομε λοιπὸν διτὶ οἱ δύο πόλοι τῆς μαγνητικῆς βελόνας δὲν εἶναι δύμοιοι.

Γι' αὐτὸν τὸ λόγο δρίζομε σὰν βόρειο



Σχ. 178. Ἡ μαγνητικὴ βελόνα προσανατολίζεται κατὰ τὴ διεύθυνση Βοριάς (Βορράς) - Νότος.

μαγνητικὸ πόλο (καὶ σημειώνομε μὲ τὸ γράμμα N, ἀπὸ τὴ λέξη North = Βοριὰς) τὸν πόλο ποὺ δείχνει πρὸς τὸν γεωγραφικὸ Βοριὰ καὶ νότιο μαγνητικὸ πόλο τὸν πόλο τῆς βελόνας ποὺ δείχνει πρὸς τὸν γεωγραφικὸ Νότο (καὶ σημειώνομε μὲ τὸ γράμμα S, ἀπὸ τὴ λέξη South = Νότος).

“Ωστε:

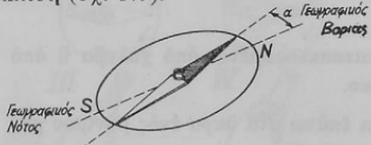
“Ενας μαγνήτης ἔχει δύο διαφορετικοὺς πόλους: τὸ βόρειο μαγνητικὸ πόλο (N) καὶ τὸ νότιο μαγνητικὸ πόλο (S).

“Αν ὁ μαγνήτης μπορεῖ νὰ περιστραφεῖ ἐλεύθερα στὸ δριζόντιο ἐπίπεδο, ὁ βόρειος μαγνητικὸς πόλος προσανατολίζεται πρὸς τὸν γεωγραφικὸ Βοριὰ καὶ ὁ νότιος μαγνητικὸς πόλος πρὸς τὸ γεωγραφικὸ Νότο τῆς Γῆς.

§ 185. Διάκριση μαγνητικῶν πόλων. Γιὰ νὰ διακρίνουμε μεταξὺ τοὺς τοὺς δύο πόλους ἑνὸς μαγνήτη, χρωματίζομε τὸ βόρειο μαγνητικὸ πόλο συνήθως μὲ κόκκινο χρῶμα ἢ σημειώνομε ἐπάνω του τὸ γράμμα N.

§ 186. Μαγνητικὴ ἀπόκλιση. Ἡ διεύθυνση ποὺ ἔχει ἡ μαγνητικὴ βελόνα σὲ ἔναν δρισμένο τόπο καθορίζει τὸν μαγνητικὸ μεσημβρινὸ τοῦ τόπου. Στὴν πραγματικότητα αὐτὴ ἡ διεύθυνση διαφέρει λίγο ἀπὸ τὴ γεωγραφικὴ διεύθυνση Βοριᾶ - Νότου (γεωγραφικὸς μεσημβρινός).

Αὐτές οἱ δύο διευθύνσεις σχηματίζουν μεταξὺ τοὺς μία γωνία, ποὺ δονομάζεται ἀπόκλιση (σχ. 179).



Σχ. 179. Γιὰ τὴν ἔννοια τῆς μαγνητικῆς ἀποκλίσεως.

“Αν ὁ βόρειος πόλος μιᾶς μαγνητικῆς βελόνας βρίσκεται ἀριστερὰ ἀπὸ τὸν γεωγραφικὸ μεσημβρινό, ἡ ἀπόκλιση δονομάζεται δυτική. Στὴν ἀντίθετη περίπτωση ἡ ἀπόκλιση δονομάζεται ἀνατολική.

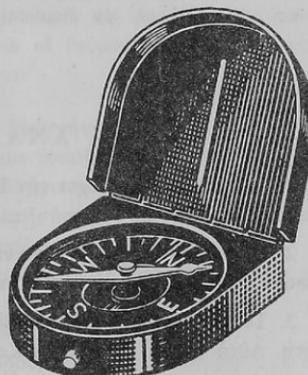
“Ἡ ἀπόκλιση δὲν μένει σταθερὴ σὲ ἔναν δρισμένο τόπο, ἀλλὰ μεταβάλλεται ἀπὸ τὸν ἔναν τόπο στὸν ἄλλο.

Μαγνητικὴ ἀπόκλιση σὲ ἔναν τόπο δονομάζομε τὴν δοξία γωνία ποὺ σχηματίζεται ἀπὸ τὶς διευθύνσεις τοῦ μαγνητικοῦ καὶ τοῦ γεωγραφικοῦ μεσημβρινοῦ.

§ 187. Μαγνητικὴ πυξίδα. Ἡ πυξίδα ἀποτελεῖται ἀπὸ μιὰ μαγνητικὴ βελόνα, ποὺ στηρίζεται σὲ ἔναν κατακόρυφο αἰχμηρὸ ἄξονα. Τὸ δὲ σύστημα βρίσκεται μέσα σὲ ἔνα προστατευτικὸ περίβλημα (σχ. 180). Μία κατάλληλη διάταξη μᾶς ἐπιτρέπει νὰ ἀκινητοποιοῦμε τὴ μαγνητικὴ βελόνα.

Ἡ πυξίδα εἶναι ὅργανο πολὺ χρήσιμο γιὰ τὸν καθορισμὸ τῆς πορείας σὲ μέρη δου τὸν δὲν ὑπάρχουν σημάδια ποὺ νὰ μᾶς καθοδηγοῦν, δῆπος π.χ. σὲ ἔναν ἄγνωστο τόπο, ἀπομακρυσμένο ἀπὸ πολιτισμένες περιοχές ἢ σὲ ἔνα δάσος.

Οἱ πυξίδες ποὺ χρησιμοποιοῦνται στὴ ναυσιπλοΐα καὶ στὴν ἀεροπορία διαφέρουν



Σχ. 180. Συνηθισμένη μαγνητικὴ πυξίδα.



Σχ. 181. Ναυτική πυξίδα με δέξαρτηση Καρντάνο.

ἀπὸ τὶς κοινές πυξίδες. Ἡ διαφορὰ εἶναι διτὶ τὸ κιβώτιο ποὺ τὶς περιέχει στηρίζεται μὲ εἰδικὸ τρόπο (σύστημα Καρντάνο, Cardano) κατάλληλο ὥστε ἡ μαγνητικὴ βελόνα νὰ μένει πάντοτε δρίζοντια, παρ' ὅλους τοὺς κλυδωνισμοὺς τῶν σκαφῶν (σχ. 181).

Ἡ μαγνητικὴ βελόνα εἶναι προσαρμοσμένη ἔτσι, ὥστε νὰ ἀποτελεῖ διάμετρο ἐνὸς γωνιομετρικοῦ κύκλου, ἐπάνω στὸν ὅποιο ἔχουν σημειωθεῖ τὰ κύρια καὶ τὰ δευτερεύοντα σημεῖα τοῦ δρίζοντα. Ὁ γωνιομετρικὸς αὐτὸς κύκλος ὀνομάζεται ἀνεμολόγιο.

Τὰ τέσσερα κύρια σημεῖα καθορίζονται ἀπὸ τὰ γράμματα N (Βοριάς), E (Ανατολῆ), S (Νότος), W (Δύση). Οἱ ἑνδιάμεσες ἐνδείξεις σημειώνονται μὲ τὰ παρακάτω ζεύγη γραμμάτων: NE (Βορειοανατολικά), SE (Νοτιοανατολικά), SW (Νοτιοδυτικά) καὶ NW (Βορειοδυτικά).

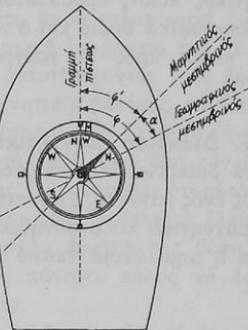
Ἐπάνω στὴ θήκη τῆς πυξίδας χαράζεται μία γραμμή, ποὺ συμπίπτει μὲ τὸν διαμήκη ἄξονα

τοῦ πλοίου καὶ ποὺ ὀνομάζεται γραμμὴ πίστεως.

Ὅταν τὸ πλοῖο στρέφεται, στρέφεται ἐπίσης καὶ ἡ γραμμὴ πίστεως μαζὸν του, ἀλλὰ ἡ βελόνα καὶ τὸ ἀνεμολόγιο μένουν πάντα στὴν ίδια θέση.

Γιὰ νὰ χαράζουμε τὴν πορεία ἐνὸς πλοίου καθορίζουμε πρῶτα στὸν ναυτικὸ χάρτη τὴ γωνία φ ἀνάμεσα στὸ γεωγραφικὸ μεσημβρινὸ καὶ τὴ διεύθυνση ποὺ πρόκειται νὰ ἀκολουθήσει τὸ πλοῖο. Ἡ γωνία αὐτὴ διορθώνεται, ὅταν ληφθεῖ ὑπόψη ἡ ἀπόκλιση καὶ ἐτοι καθορίζεται μία νέα γωνία φ', ποὺ σηματίζεται ἀπὸ τὸ μαγνητικὸ μεσημβρινὸ καὶ τὴ γραμμὴ πίστεως τοῦ πλοίου.

Υστερά, μὲ τὸ πηδάλιο στρέφεται τὸ πλοῖο, ὅπότου ἡ γραμμὴ πίστεως σηματίζεται, μὲ τὸ Βοριά τοῦ ἀνεμολογίου τῆς πυξίδας, τὴν ὑπολογισμένη γωνία φ', ποὺ μένει πιᾶ σταθερὴ καὶ ρυθμίζει τὴν πορεία τοῦ σκάφους (σχ. 182).



Σχ. 182. Καθορισμὸς τῆς πορείας τοῦ πλοίου. Ἡ γωνία ποὺ σηματίζεται ἡ γραμμὴ πίστεως μὲ τὸν γεωγραφικὸ μεσημβρινὸ διορθώνεται σύμφωνα μὲ τὴν ἀπόκλιση.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Ἔνας μαγνητης ἔχει τὴν ίδιότητα νὰ ἔλκει τὰ σιδερένια καὶ τὰ χαλύβδινα ἀντικείμενα.
2. Οἱ μόνιμοι τεχνητοὶ μαγνῆτες εἶναι κατασκευασμένοι ἀπὸ χάλυβα ἢ ἀπὸ διάφορα κράματα, ὅπως εἶναι τὸ κράμα Ἀλνίκο.
3. Τὰ ρινίσματα ἔλκονται καὶ κρατιοῦνται ἐπάνω στὰ ἄκρα ἐνὸς μόνιμου μαγνήτη. Αὐτὰ τὰ δύο ἄκρα ὀνομάζονται μαγνητικοὶ πόλοι.
4. Ἔνας μαγνητης ἔχει δύο διαφορετικοὺς πόλους: Τὸν βόρειο μαγνητικὸ πόλο καὶ τὸν νότιο μαγνητικὸ πόλο. Ἐν τῷ μαγνητης εἶναι ἐλεύθερος νὰ περιστραφεῖ στὸ

δριζόντιο ἐπίπεδο, ὁ βόρειος μαγνητικὸς πόλος εἶναι ἐκεῖνος ποὺ διευθύνεται πρὸς τὸ γεωγραφικὸν Βοριά.

5. Ἡ πυξίδα εἶναι βασικὰ μιὰ μαγνητικὴ βελόνα, ποὺ στρέφεται γύρω ἀπὸ κατακόρυφο ἄξονα, ἡ ὁποίᾳ προσανατολίζεται κατὰ τὴν διευθυνσή Βοριάς-Νότος.

6. Ἀπόκλιση σὲ ἔνα τόπο ὁνομάζομε τὴν γωνία ποὺ σχηματίζεται ἀπὸ τὶς διευθύνσεις τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ καὶ τοῦ γεωγραφικοῦ μεσημβρινοῦ τοῦ τόπου.

AΖ' — ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΟΛΩΝ

ΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΦΑΣΜΑΤΑ

§ 188. Ἀμοιβαία ἐπενέργεια μαγνητικῶν πόλων. Πείραμα. Πλησιάζομε τὸν νότιο μαγνητικὸν πόλον ἐνὸς μαγνήτη στὸν νότιο πόλο μιᾶς μαγνητικῆς βελόνας. Παρατηροῦμε τότε ὅτι ὁ νότιος πόλος τῆς μαγνητικῆς βελόνας ἀπωθεῖται καὶ ἡ βελόνα στρέφεται ἀπότομα (σχ. 183, I). Ἀκρι-

βῶς τὸ ἴδιο ἀποτέλεσμα παρατηροῦμε καὶ ἂν πλησιάσουμε τὸν βόρειο μαγνητικὸν πόλο τοῦ μαγνήτη στὸν βόρειο πόλο τῆς μαγνητικῆς βελόνας, βελόνας, ἐμφανίζεται ἔλξη μεταξύ τους. "Ελξη ἐμφανίζεται ἐπίσης καὶ ἂν πλησιάσουμε τὸν νότιο μαγνητικὸν πόλο τοῦ μαγνήτη στὸν βόρειο πόλο τῆς μαγνητικῆς βελόνας (σχ. 183, II).

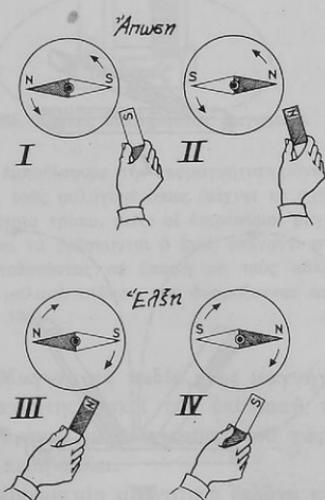
"Αν ἀντίθετα πλησιάσουμε τὸν βόρειο μαγνητικὸν πόλο τοῦ μαγνήτη στὸν νότιο πόλο τῆς μαγνητικῆς βελόνας, ἐμφανίζεται ἔλξη μεταξύ τους. "Ελξη ἐμφανίζεται ἐπίσης καὶ ἂν πλησιάσουμε τὸν νότιο μαγνητικὸν πόλο τοῦ μαγνήτη στὸν βόρειο πόλο τῆς μαγνητικῆς βελόνας (σχ. 183, III).

Ἀπὸ τὸ πείραμα αὐτὸς συμπεραίνομε ὅτι:

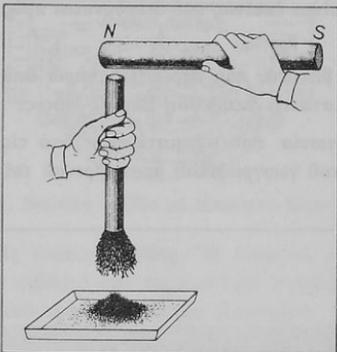
Οἱ όμώνυμοι μαγνητικοὶ πόλοι ἀπωθοῦνται, ἐνῷ οἱ ἑτερώνυμοι μαγνητικοὶ πόλοι ἔλκονται.

§ 189. Μαγνήτιση ἀπὸ ἐπίδραση. Πείραμα. "Αμα τοποθετήσουμε ἔνα κομμάτι μαλακὸ σίδηρο πολὺ κοντά σ' ἔνα μαγνήτη, θὰ παρατηρήσουμε ὅτι, μ' ὅλο ποὺ τὸ σίδηρο δὲν ἀγγίζει τὸ μαγνήτη, ἔχει ἀποχτήσει τὴν ἴκανότητα νὰ ἔλκει ρινίσματα σιδήρου. "Έχει γίνει δηλαδὴ καὶ αὐτὸς μαγνήτης (σχ. 184).

Μποροῦμε νὰ διαπιστώσουμε μὲ μιὰ μαγνητικὴ βελόνα, ὅτι τὸ ἄκρο τοῦ μαλακοῦ σιδήρου ποὺ βρίσκεται ἀπέναντι στὸν βό-



Σχ. 183. Οἱ διάφοροι μαγνητικοὶ πόλοι ἀπωθοῦνται καὶ οἱ ἑτερώνυμοι ἔλκονται.



Σχ. 184. Μαγνήτιση ἀπό ἐπίδραση.

ρειο μαγνητικὸ πόλο τοῦ μαγνήτη, ἔγινε νότιος μαγνητικὸς πόλος, ἐνῷ τὸ ἄλλο του ἄκρο ἔγινε βόρειος μαγνητικὸς πόλος. Αὐτὴ ἡ μαγνήτιση ποὺ ἀπόχτησε ὁ μαλακὸς σίδηρος, μόλις βρέθηκε κοντὰ σὲ ἔνα μόνιμο μαγνήτη, δύνομάζεται μαγνήτιση ἀπό ἐπίδραση ἢ μαγνήτιση ἀπό ἐπαγωγῆ.

Αὐτὸ τὸ φαινόμενο μᾶς ἐπιτρέπει νὰ ἔξηγησούμε τοὺς θυσάνους (τὶς φοῦντες) ἀπὸ ρινίσματα σιδήρου, ποὺ σχηματίζονται στοὺς πόλους τοῦ μαγνήτη. Τὰ κομματάκια δηλαδὴ τῶν ρινισμάτων γίνονται μικροὶ μαγνῆτες ἀπό ἐπίδραση καὶ ἔλκονται ἀμοιβαῖα.

Ἄπομακρύνομε κατόπι τὸν μόνιμο μαγνήτη ἀπὸ τὸ κομμάτι τοῦ μαλακοῦ σιδήρου. Παρατηροῦμε δὲ τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου πέφτουν. Δηλαδὴ ὁ μαλακὸς σίδηρος ἔχασε τὴ μαγνήτισή του. Συμπεραίνομε ἐπομένως ὅτι:

Ἡ μαγνήτιση ἀπὸ ἐπίδραση τοῦ μαλακοῦ σιδήρου εἶναι πρόσκαιρη.

Ξανακάνομε τὸ ἴδιο πείραμα χρησιμοποιώντας ἔνα κομμάτι ἀπὸ χάλυβα. Παρατηροῦμε τότε δὲ καὶ αὐτὸς μαγνήτιζεται, δταν πλησιάσουμε τὸ μόνιμο μαγνήτη δταν ὅμως ἀπομακρύνομε τὸν μόνιμο μαγνήτη, ὁ χάλυβας δὲν χάνει τὴ

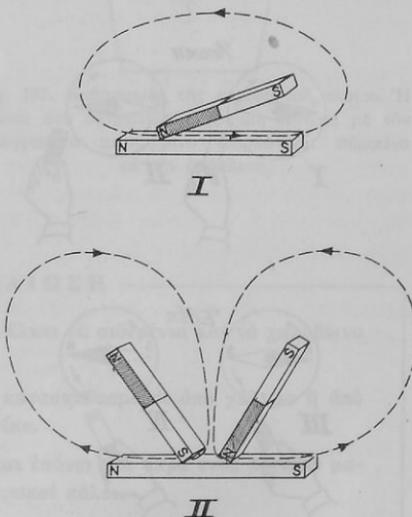
μαγνήτισή του, ἀλλὰ ἔξακολουθεῖ νὰ συγκρατεῖ τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου. Δηλαδὴ ἡ μαγνήτιση τοῦ χάλυβα εἶναι μόνιμη.

Ἐτσι ἔξηγεται γιατὶ οἱ τεχνητοὶ μαγνῆτες κατασκευάζονται ἀπὸ χάλυβα. "Ωστε:

Ἡ μαγνήτιση ἀπὸ ἐπίδραση τοῦ χάλυβα εἶναι μόνιμη.

§ 190. Στοιχειώδεις τρόποι μαγνητίσεως. **α)** **Μαγνήτιση μὲν ἀπλὴ ἐπαφῇ.** Κατὰ τὴ μέθοδο αὐτὴ στὴ ράβδο ποὺ πρόκειται νὰ μαγνητίσουμε ἐφάπτεται μὲ κλίση ὁ βόρειος πόλος ἐνὸς μαγνήτη (σχ. 185, I). Κατόπι μετακινοῦμε τριβοντας τὸ μαγνήτη στὴ ράβδο κατὰ τὴ φορά ποὺ δείχνουν τὰ βέλη, δπως δταν χτενιζόμαστε, καὶ ἐτσι ἡ χαλύβινη ράβδος γίνεται καὶ αὐτὴ μαγνήτης.

β) **Μαγνήτιση μὲ διπλὴ ἐπαφῇ.** Χρησιμοποιοῦμε κατὰ τὴ μέθοδο αὐτὴ δύο μόνιμους μαγνῆτες, τοὺς ὅποιους τοποθετοῦμε ἐπάνω στὴ ράβδο ποὺ θὰ μαγνητίσουμε, καὶ τοὺς μετατοπίζουμε πολλὲς φορές, ἀκολουθώντας τὶς τροχιδὲς ποὺ δείχνουν τὰ βέλη (σχ. 185, II).

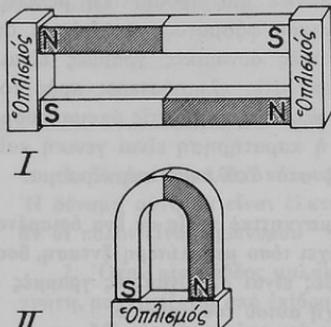


Σχ. 185. Μαγνήτιση μὲ προστριβὴ ἐνὸς μαγνήτη (I) καὶ δύο μαγνητῶν (II).

γ) Μαγνήτιση ἀπὸ ἐπίδραση. Ὅπως ἀναφέρουμε παράπονο, ἂν μία ράβδος ἀπὸ μαλακὸ σίδηρο τοποθετηθεῖ κοντά σὲ ἵσχυρὸ μόνιμο μαγνῆτη, ὁ μαλακὸς σίδηρος γίνεται καὶ αὐτὸς παροδικὸς μαγνῆτης.

δ) Μαγνήτιση μὲν ἡλεκτρικὸ ρεῦμα. Ἰσχυρὸὺς μαγνῆτες κατασκευάζομε μὲ τοποθέτηση χαλύβδινῶν ράβδων μέσα σὲ πηνία, ποὺ τὰ διαρρέει ἡλεκτρικὸ ρεῦμα, δῆλος θὰ μελετήσουμε σὲ ἐπόμενα κεφάλαια.

§ 191. Διατήρηση τῶν μαγνητῶν. Στὴν περίπτωση τοῦ μαλακοῦ σίδηρου, ἡ ἔξαφάνιση τῶν μαγνητικῶν πόλων γίνεται σὲ χρονικὸ διάστημα κλάσματος τοῦ δευτερολέπτου, ἐνῶ για δριμένους χάλυβες ἡ ἔξαφάνιση τῶν πόλων γίνεται σὲ χρονικὸ διάστημα πολλῶν ἑτῶν.



Σχ. 186. Τρόπος διατηρήσεως μαγνητῶν.

Γιὰ νὰ ἐμποδίσουμε τὴν ἀπομαγνήτιση μόνιμων μαγνητῶν, τοὺς φυλάγομε δῆλος δεῖχνει τὸ σχῆμα 186, μὲ τέτοιο τρόπῳ, ὅποτε οἱ ἑτερόνυμοι μαγνητικοὶ πόλοι νὰ βρίσκονται δὲ ένας ἀπέναντι στὸν ἄλλο, τοποθετώντας σὲ ἐπαφὴ μὲ τοὺς πόλους κομμάτια μαλακὸ σίδηρο, ποὺ ὀνομάζονται ὀπλισμοὶ (σχ. 186).

§ 192. Μαγνητικὸ πεδίο ἐνὸς μαγνῆτη. Κάθε μαγνῆτης ἀσκεῖ τὴν ἐπίδραση τοῦ σὲ ἔνα ἀρκετά μεγάλο τμῆμα τοῦ χώρου ποὺ τὸν περιβάλλει.

*Αν φέρουμε μία μαγνητικὴ βελόνα κοντὰ σὲ ἔνα μόνιμο μαγνῆτη, παρατηροῦμε δῆλη ἡ βελόνα ἀποκλίνει. *Ἀλλωστε ἀν στὸ

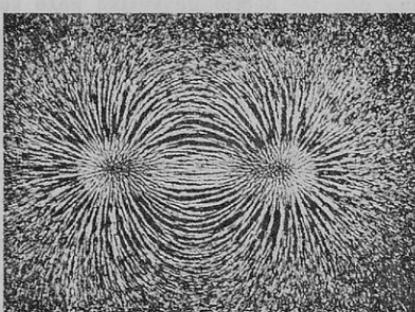
μαγνήτη πλησιάσουμε ρινίσματα σιδήρου, παρατηροῦμε δῆτι αὐτὰ ἔλκονται.

Συμπεραίνομε λοιπὸν δῆτι στὸν γειτονικὸ τοῦ μαγνῆτη χῶρο, δροῦν μαγνητικὲς δυνάμεις.

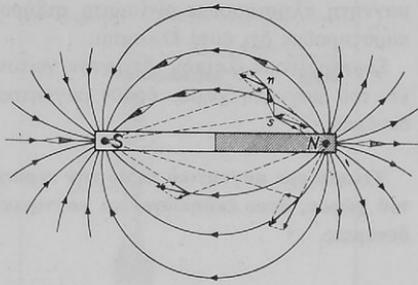
*Ονομάζομε μαγνητικὸ πεδίο τὴν περιοχὴ τοῦ χώρου, ὅπου ἐκδηλώνονται μαγνητικὲς δυνάμεις.

§ 193. Μαγνητικὸ φάσμα ἐνὸς εὐθύγραμμου μαγνῆτη. Πείραμα. Σὲ ἔνα κομμάτι χαρτόνι σκορπίζομε ρινίσματα σιδήρου. Κρατοῦμε τὸ χαρτόνι δριζόντι καὶ τοποθετοῦμε ἀπὸ τὴν κάτω ἐπιφάνεια ἔνα ραβδόμορφο μαγνῆτη. Τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου τότε διατάσσονται ἔτσι, ὥστε νὰ σχηματίζουν καμπύλες γραμμές, μὲ ἀρχὴ καὶ τέλος τοὺς δύο πόλους τοῦ μαγνῆτη (σχ. 187). Αὐτὲς οἱ καμπύλες γραμμές δονομάζονται μαγνητικὲς δυναμικὲς γραμμές, ἐνῶ τὸ σύνολο αὐτῶν τῶν γραμμῶν δονομάζεται μαγνητικὸ φάσμα τοῦ μαγνῆτη.

*Αν πάρουμε μιὰ μικρὴ μαγνητικὴ βελόνα καὶ τῇ μετακινήσουμε κατὰ μῆκος μιᾶς μαγνητικῆς δυναμικῆς γραμμῆς, παρατηροῦμε δῆτι δὲ διαμήκης ἄξονας τῆς βελόνας μένει συνεχῶς ἐφαπτόμενος στὴ δυναμικὴ γραμμὴ (σχ. 188). Μποροῦμε ἐπομένως νὰ ποῦμε δῆτι:



Σχ. 187. Μαγνητικὸ φάσμα ραβδόμορφου μαγνῆτη.



Σχ. 188. Ή μαγνητική βελόνα παραμένει συνεχώς έφαπτόμενη κατά μῆκος μιᾶς δυναμικῆς μαγνητικῆς γραμμῆς.

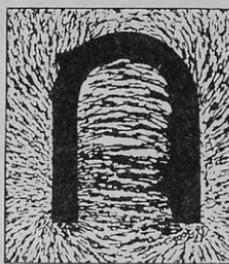
Ή μαγνητική δυναμική γραμμή είναι ή γραμμή έκεινη, στὸ κάθε σημεῖο τῆς οποίας μένει έφαπτόμενος ὁ διαμήκης αἴξονας τῆς μαγνητικῆς βελόνας.

Ἄσ θεωρήσουμε τώρα ὅτι διόρειος πόλος τῆς μαγνητικῆς βελόνας μπορεῖ νὰ μετακινηθεῖ ἐλεύθερα. Θά παρατηρήσουμε τότε ὅτι ἀπωθεῖται ἀπὸ τὸν βόρειο μαγνητικὸ πόλο τοῦ μόνιμου μαγνήτη, ἐνῶ συγχρόνως ἔλκεται ἀπὸ τὸν νότιο μαγνητικὸ πόλο του, ἀκολουθώντας τὴν δυναμική γραμμή μὲ φορὰ ἀπὸ τὸ Βοριά (N) πρὸς τὸ Νότο (S). Ἔτσι θεωροῦμε ὅτι σύμφωνα μὲ τὴ φορὰ αὐτὴ διαγράφεται καὶ ή δυναμική μαγνητική γραμμή. Ὅστε:

Οἱ μαγνητικὲς δυναμικὲς γραμμὲς βγαίνουν ἀπὸ τὸν Βόρειο μαγνητικὸ πόλο καὶ μπαίνουν στὸν Νότιο πόλο τοῦ ραβδόμορφου μαγνήτη.

Ή διεύθυνση καὶ ή φορὰ τῶν δυναμικῶν γραμμῶν καθορίζουν τὴ διεύθυνση καὶ τὴ φορὰ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου σὲ κάθε σημεῖο τοῦ χώρου.

§ 194. Ἔνταση τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Οἱ δυνάμεις ποὺ ἀσκοῦνται ἀπὸ ἓνα μόνιμο μαγνήτη στοὺς πόλους μιᾶς μαγνητικῆς βελόνας ἐλαττώνονται σημαντικά, δόσο ἡ ἀπόσταση μαγνήτη - βελόνας αὐξάνεται.



Σχ. 189. Φάσμα πεταλοειδοῦς μαγνήτη.

Λέμε τότε ὅτι ή ἔνταση τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, ποὺ δημιουργεῖται ἀπὸ τὸ μαγνήτη, είναι μεγαλύτερη σὲ κοντινὰ σημεῖα παρὰ σὲ ἀπομακρυσμένα.

Ἄλλωστε μία προσεχτικὴ μελέτη τοῦ μαγνητικοῦ φάσματος μᾶς δείχνει ὅτι οἱ μαγνητικὲς δυναμικὲς γραμμὲς είναι πυκνότερες στὶς πλησιέστερες πρὸς τὸ μαγνήτη περιοχὲς παρὰ στὶς ἀπομακρυσμένες. Αὐτὴ ή παρατήρηση είναι γενικὴ καὶ μᾶς δόηγει στὸ ἀκόλουθο συμπέρασμα:

Τὸ μαγνητικὸ πεδίο σὲ ἕνα δρισμένο σημεῖο ἔχει τόσο μεγαλύτερη ἔνταση, ὅσο πυκνότερες είναι οἱ δυναμικὲς γραμμὲς στὴν περιοχὴ αὐτοῦ τοῦ σημείου.

Ἄσ θεωρήσουμε τὸ μαγνητικὸ φάσμα ἐνὸς πεταλοειδοῦς μαγνήτη (σχ. 189). Οἱ μαγνητικὲς δυναμικὲς γραμμὲς στὸ χῶρο ἀνάμεσα στοὺς δύο πόλους τοῦ μαγνήτη είναι εὐθεῖες παράλληλες καὶ ισαπέχουσες. Λέμε τότε ὅτι σ' αὐτὴ τὴν περιοχὴ τὸ μαγνητικὸ πεδίο είναι ὁμογενὲς ή, ἀλλιῶς, διτῇ ἡ ἔντασή του είναι σταθερή. Ὅστε:

Ἐνα μαγνητικὸ πεδίο είναι ὁμογενές, ὅταν σὲ κάθε σημεῖο του η ἔντασή του διατηρεῖται σταθερή.

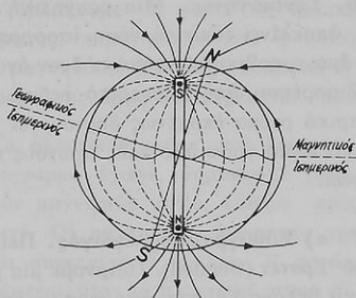
§ 195. Μαγνητικὸ πεδίο τῆς Γῆς. Καθὼς ξέρομε, ἂν ἀφήσουμε μία μαγνητικὴ βελόνα νὰ ισορροπήσει, ὁ διαμήκης αἴξονάς

της θὰ προσανατολιστεῖ, πάντοτε, ἀκολουθώντας τὴ διεύθυνση Βοριάς - Νότος. Ἀφοῦ κοντά στὴ μαγνητικὴ βελόνα δὲν ὑπάρχει κανένας ἄλλος μαγνήτης, συμπεραίνομε δτὶ, γιὰ νὰ προσανατολίζεται αὐτὴ, θὰ ὑπάρχει στὴν περιοχὴ τῆς Γῆς ἐνα μαγνητικὸ πεδίο.

Αὐτὸ τὸ μαγνητικὸ πεδίο, ποὺ ὑπάρχει μόνιμα στὴν περιοχὴ τῆς Γῆς, δύνομάζεται γήνιο μαγνητικὸ πεδίο.

Δηλαδὴ, ἡ Γῆ συμπεριφέρεται σὰν ἔνας τεράστιος μαγνήτης, ποὺ ἔχει τοὺς μαγνητικοὺς του πόλους κοντά στὶς πολικές τῆς περιοχές (σχ. 190). "Ο ἔνας ἀπὸ τοὺς μαγνητικοὺς πόλους τῆς Γῆς βρίσκεται κοντὰ στὸ βόρειο γεωγραφικὸ πόλο, στὸ βόρειο τμῆμα τοῦ Καναδᾶ, ἐνῶ ὁ ἄλλος

μαγνητικὸς πόλος τῆς Γῆς βρίσκεται κοντὰ στὸ νότιο γεωγραφικὸ πόλο, στὴ Γῆ τῆς Βικτωρίας.



Σχ. 190. Τὸ γήνιο μαγνητικὸ πεδίο. Ἡ Γῆ συμπεριφέρεται σὰν τεράστιος μαγνήτης.

A N A K E Φ A L A I Ω S H

1. 'Ανάμεσα σὲ δυὸ πόλους δυὸ διαφορετικῶν μαγνητῶν ἐνεργεῖ μιὰ δύναμη. Ἡ δύναμη αὐτὴ θὰ εἶναι ἐλκτική, ἢν οἱ πόλοι εἶναι ἐτερώνυμοι, καὶ ἀπωθητική, ἢν οἱ πόλοι εἶναι ὄμώνυμοι.

2. "Οταν μία ράβδος μαλακοῦ σιδήρου τοποθετεῖται κοντὰ σὲ ἔνα μόνιμο μαγνήτη, μαγνητίζεται ἀπὸ ἐπίδραση. Ἡ μαγνήτιση τοῦ μαλακοῦ σιδήρου εἶναι πρόσκαιρη. Μὲ τὸν ὕδιο τρόπο μία ράβδος ἀπὸ χάλυβα, ὅταν τοποθετηθεῖ κοντὰ σὲ ἔνα μόνιμο μαγνήτη, μαγνητίζεται, ἡ μαγνήτιση ὅμως τοῦ χάλυβα εἶναι μόνιμη.

3. Μαγνητικὸ πεδίο δύνομάζομε τὴν περιοχὴ τοῦ χώρου ὅπου ἐμφανίζονται μαγνητικὲς δυνάμεις.

4. Τὸ μαγνητικὸ φάσμα ἐνὸς μαγνήτη σχηματίζεται, ἀν σκορπίσουμε ρινίσματα σιδήρου σὲ ἔνα κομμάτι χαρτόνι ἢ τζάμι, κάτω ἀπὸ τὸ ὅποιο βρίσκεται ὁ μαγνήτης. Τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου διατάσσονται κατὰ μῆκος ὁρισμένων καμπυλῶν ἢ εὐθειῶν γραμμῶν, ποὺ δύνομάζονται μαγνητικὲς δυναμικὲς γραμμές.

5. Οἱ μαγνητικὲς δυναμικὲς γραμμὲς εἶναι οἱ γραμμὲς ἐκεῖνες, στὸ κάθε σημεῖο τῶν ὅποιων ὁ διαμήκης ἔξονας τῆς μαγνητικῆς βελόνας εἶναι ἐφαπτόμενος.

6. 'Ο προσανατολισμὸς μιᾶς μαγνητικῆς βελόνας στὴν περιοχὴ τῆς Γῆς δοφείλεται στὸ γήνιο μαγνητικὸ πεδίο.

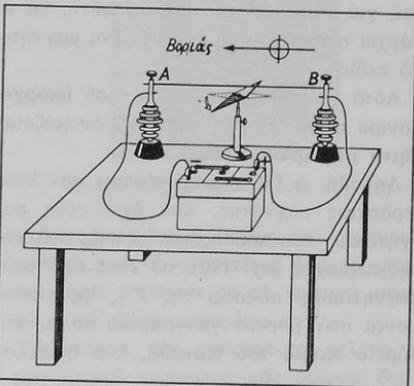
ΛΗ' — ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΟΥ ΑΓΩΓΟΥ. ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΣΩΛΗΝΟΕΙΔΟΥΣ

§ 196. Γενικότητες. Μία μαγνητική βελόνα άποκλίνει (άπό τη θέση ισορροπίας της), άμα τοποθετηθεῖ κοντά σ' έναν άγωγό που διαρρέεται άπό ηλεκτρικό ρεύμα. Τὸ ηλεκτρικὸ ρεῦμα ἐπομένως δημιουργεῖ μαγνητικὸ πεδίο γύρω ἀπὸ τοὺς ἄγωγοὺς που διαρρέει.

§ 197. α) Εύθυγραμμος ἄγωγός. Πείραμα τοῦ Ἐρστετ (Oersted). Πάρινομε μία μαγνητικὴ βελόνα καὶ τὴν ἀφήνομε νὰ ισορροπήσει. Καθὼς παρατηροῦμε, ἡρεμεῖ, δταν διαμήκης ἔξονάς της πάρει τὴ διεύθυνση Βοριάς - Νότος. Ἐπειτα τοποθετοῦμε ἐπάνω ἀπὸ τὴ μαγνητικὴ βελόνα έναν εύθυγραμμο ἄγωγό AB, παράλληλο πρὸς τὸν διαμήκη ἔξονα τῆς, καὶ διοχετεύομε στὸν ἄγωγὸ ηλεκτρικὸ ρεῦμα. Παρατηροῦμε τότε δτι ἡ μαγνητικὴ βελόνα άποκλίνει κατὰ μία δρισμένη γωνία (σχ. 191).



‘Ο Ἐρστετ ἔκτελει τὸ ιστορικὸ πείραμά του.



Σχ. 191. Πείραμα τοῦ Ἐρστετ. “Οταν περάσει ρεῦμα, ἡ μαγνητικὴ βελόνα άποκλίνει.

“Αν αὐξήσουμε κατόπι τὴν ἔνταση τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος ποὺ διαρρέει τὸν ἄγωγό, παρατηροῦμε δτι ἡ ἀπόκλιση τῆς βελόνας αὐξάνεται, καὶ δταν ἡ ἔνταση τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος αὐλέζει ἀκόμη περισσότερο, ἡ ἀπόκλιση πλησιάζει τὶς 90°, δηλαδὴ ἡ βελόνα τείνει νὰ πάρει διεύθυνση κάθετη πρὸς τὸν ἄγωγό.

“Αν ἀλλάζουμε τὴ φορά τοῦ ρεύματος, ἀλλάζει καὶ ἡ διεύθυνση ἀποκλίσεως τῆς μαγνητικῆς βελόνας.

§ 198. Κανόνας τοῦ Ἀμπέρ. Ἡ φορά τῆς ἀποκλίσεως βρίσκεται μὲ τὸν ἀκόλουθο κανόνα τοῦ Ἀμπέρ:

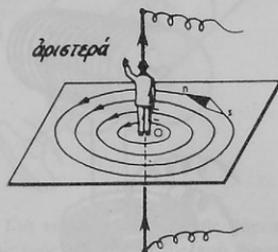


Σχ. 192. Κανόνας τοῦ παρατηρητῆ τοῦ Ἀμπέρ.

Ο βόρειος Πόλος (Ν) μιᾶς μαγνητικῆς βελόνας ἀποκλίνει πρὸς τὰ ἀριστερὰ τοῦ παρατηρητῆ, ποὺ θὰ τὸν φανταστοῦμε τοποθετημένο ἐπάνω στὸν ἀγωγὸ ἔτσι, ὥστε τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα νὰ τὸν διαρρέει ἀπὸ τὰ πόδια πρὸς τὸ κεφάλι (σχ. 192).

§ 199. Μελέτη τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου ποὺ δημιουργεῖται γύρω ἀπὸ ἔναν εὐθύγραμμο ἀγωγό. **Πείραμα.** Σκορπίζομε ρινίσματα σιδήρου ἐπάνω σ' ἕνα δριζόντιο χαρτόνι, ποὺ τὸ διαπερνᾶ κάθετα ἔνας χάλκινος ἀγωγὸς (σχ. 193). Διοχετεύομε στὸν ἀγωγὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα μεγάλης ἐντάσεως (6 - 10 Α περίπου) καὶ χτυποῦμε ἀλαφρὰ τὸ χαρτόνι ἔτσι, ὥστε νὰ διευκολύνουμε τὸν προσανατολισμὸ τῶν ρινίσμάτων. Διαπιστώνομε τότε ὅτι τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου διατάσσονται στὶς περιφέρειες ὁμόκεντρων κύκλων ποὺ ἔχουν κέντρο τὸ σημεῖο Ο, δύον δ ἀγωγὸς διαπερνᾶ τὸ χαρτόνι. Τὰ ρινίσματα δηλαδὴ τοῦ σιδήρου ὑλοποιοῦν τὶς μαγνητικὲς δυναμικὲς γραμμές.

Κατόπι τοποθετοῦμε μία μικρὴ μαγνητικὴ βελόνα κατὰ μῆκος μιᾶς γραμμῆς ρινίσμάτων. Παρατηροῦμε τότε ὅτι ὁ διαμήκης ἄξονας τῆς μαγνητικῆς βελόνας ἔχει τὴ διεύθυνση τῆς ἐφαπτομένης στὴ γραμμὴ τῶν ρινίσμάτων. Ό βόρειος πόλος τῆς μαγνητικῆς βελόνας μᾶς δίνει τὴ φορά τῶν μαγνητικῶν δυναμικῶν γραμμῶν.

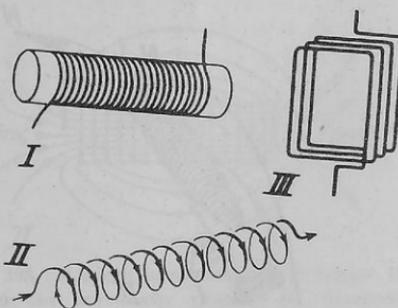


Σχ. 193. Μαγνητικὸ πεδίο ἐνὸς εὐθύγραμμου ἀγωγοῦ.

Ἄν χρησιμοποιήσουμε τὸν κανόνα τοῦ Αμπέρ, παρατηροῦμε ὅτι τὸ ἀριστερὸ χέρι τοῦ παρατηρητῆ μᾶς δίνει τὴ φορὰ ποὺ ἔχουν οἱ μαγνητικὲς δυναμικὲς γραμμές. Ἀν ἀλλάξουμε τὴ φορὰ τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, παρατηροῦμε ὅτι ἡ διεύθυνση τῆς μαγνητικῆς βελόνας παραμένει ἡ ἴδια, ἡ φορά της ὅμως ἀντιστρέφεται. Ὅστε:

Τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα, ποὺ διαρρέει ἔναν εὐθύγραμμο ἀγωγό, δημιουργεῖ γύρω ἀπὸ αὐτὸν μαγνητικὸ πεδίο, κάθετο πρὸς τὸν ἀγωγό. Οἱ μαγνητικὲς δυναμικὲς γραμμὲς εἰναι συγκεντρικοὶ κύκλοι. Ἡ φορὰ ἀντιστρέφεται, ὅταν τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα ἀλλάζει φορά.

§ 200. Σωληνοειδές. Τὸ σωληνοειδὲς εἶναι μία εἰδικὴ μορφὴ ἀγωγοῦ, ποὺ κατασκευάζεται, ὅταν τυλίξουμε γύρῳ ἀπὸ ἔναν κύλινδρο σύρμα ἀγωγὸ ἔτσι, ὥστε νὰ σχηματίσουμε κανονικὴ ἐλικοειδὴ γραμμὴ (σχ. 194, I). Ἀν τὸ σύρμα παρουσιάζει ἀρκετὴ ἀκαμψία μετὰ ἀπὸ τὸ περιτύλιγμα, μποροῦμε νὰ ἀπομακρύνουμε τὸν κύλινδρο. Ἀν τὸ ἀγωγὸ σύρμα εἶναι γυμνό, οἱ σπεῖρες δὲν πρέπει νὰ εἶναι σ' ἐπαφὴ ἡ μὲν μὲ τὴν ἄλλην, γιατὶ θὰ δημιουργηθεῖ βραχυκύλωμα (σχ. 194, II) καὶ τὸ σωληνοειδὲς θὰ καταστραφεῖ, ὅταν περάσει ρεῦμα ἀπὸ τὸ σύρμα.

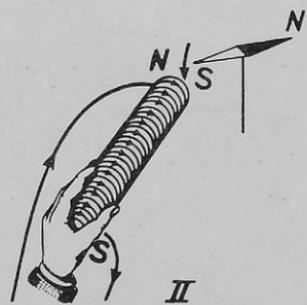
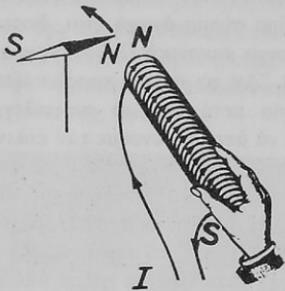


Σχ. 194. Σωληνοειδές: (I) μὲ πυρήνα καὶ (II) χωρὶς πυρήνα. (III) Πλαίσιο.

Γιά νά ξεικονομήσουμε χώρο και γιά μεγαλύτερη άσφαλεια, γιά τήν κατασκευή ένδος σωληνοειδούς χρησιμοποιούμε μονωμένο σύρμα. Τότε πιά μπορούμε και νά περιτυλίξουμε διαδοχικά τὸ σύρμα σὲ άλλεπάλληλες στρώσεις.

Τὸ μῆκος ένδος σωληνοειδούς εἶναι μεγάλο, σχετικά μὲ τὴ διάμετρο τοῦ κυλίνδρου, ὅπου περιτυλίγεται τὸ ἀγωγὸ σύρμα. Ἀντίθετα ἔνα ἐπίπεδο πλαισίο ἔχει πολὺ μικρὸ μῆκος. Ἡ διατομὴ τοῦ ἐπίπεδου πλαισίου εἶναι πολλὲς φορὲς τετραγωνικὴ (σχ. 194, III).

Πείραμα. Διοχετεύομε ἡλεκτρικὸ ρεῦμα σὲ ἔνα σωληνοειδὲς καὶ πλησιάζομε στὴ μία ἀπὸ τίς ἄκρες τοῦ βόρειο πόλο N μιᾶς μαγνητικῆς βελόνας. Παρατηροῦμε τότε ὅτι ἡ βελόνα ἀπωθεῖται βίᾳα (σχ. 195, I).



Σχ. 195. Τὸ σωληνοειδὲς ποὺ διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα παρουσιάζει νότιο καὶ βόρειο πόλο στὰ ἄκρα του.

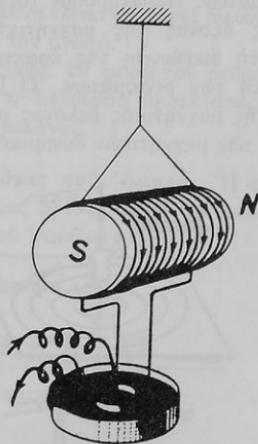
΄Αντίθετα, ἀν πλησιάσουμε στὴν ἴδια ἄκρη τοῦ σωληνοειδοῦς τὸν νότιο πόλο S τῆς μαγνητικῆς βελόνας, παρατηροῦμε ὅτι ἔλκεται ἔντονα (σχ. 195, II).

Ξανακάνομε τὸ ἴδιο πείραμα στὴν ἄλλη ἄκρη τοῦ σωληνοειδοῦς. Αὐτὴ τὴ φορὰ διόρειος πόλος N τῆς μαγνητικῆς βελόνας ἔλκεται, ἐνῶ δὲ νότιος πόλος ἀπωθεῖται. Ἀπὸ τὸ παραπάνω πείραμα συμπεραίνομε ὅτι:

΄Ενα σωληνοειδές, ὅταν διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα, συμπειφέρεται σὰν ραβδόμορφος μαγνήτης μὲ ἔνα βόρειο μαγνητικὸ πόλο N καὶ ἔνα νότιο μαγνητικὸ πόλο S.

Πείραμα. Κρεμοῦμε ἔνα σωληνοειδὲς μὲ ἔνα νῆμα ἀπὸ μετάξι. Τὰ δύο ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ σύρματος ἀγγίζουν ἐλαφρὰ τὴν ἐπιφάνεια τοῦ ὑδράργυρου ποὺ βρίσκεται σὲ δύο συγκεντρικὰ αὐλάκια (σχ. 196). Κλείνομε τὸ διακόπτη καὶ παρατηροῦμε ὅτι τὸ σωληνοειδὲς περιστρέφεται γύρω ἀπὸ τὸ νῆμα καὶ σταθεροποιεῖται στὴ διεύθυνση Βοριάς - Νότος.

΄Αν τώρα ἀναστρέψουμε τὴ φορὰ τοῦ



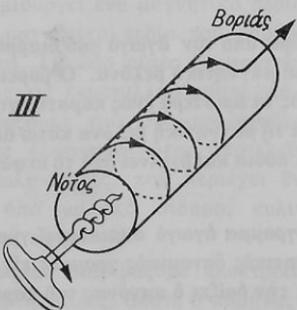
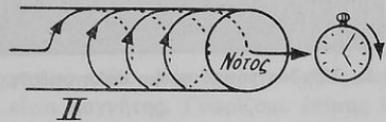
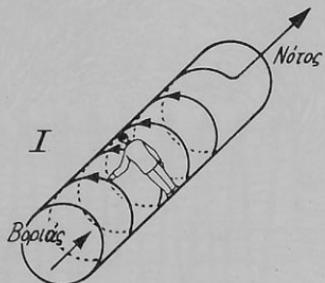
Σχ. 196. Ένα σωληνοειδές ποὺ διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα προσανατολίζεται στὸ μαγνητικὸ πεδίο τῆς Γῆς.

ήλεκτρικού ρεύματος, παρατηροῦμε ότι τὸ σωληνοειδὲς στρέφεται κατὰ γωνία 180°.

“Ωστε:

Τὸ σωληνοειδὲς προσανατολίζεται, ὅπως καὶ οἱ μαγνῆτες, στὸ γήινο μαγνητικὸ πεδίο.

§ 201. Ἀναγνώριση τοῦ βόρειου καὶ τοῦ νότιου πόλου ἐνὸς σωληνοειδοῦς.



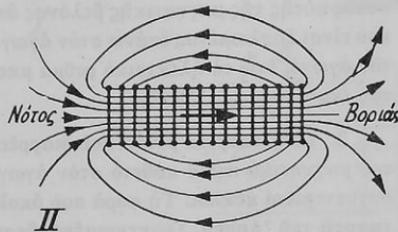
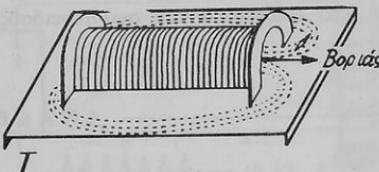
Σχ. 197. Γιά τὴν ἀναγνώριση τῆς βόρειας καὶ νότιας δψη̄ς ἐνὸς σωληνοειδοῦς ποὺ διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα: (I) μὲ τὸν κανόνα τοῦ παρατηρητῆ τοῦ Ἀμπέρ, (II) μὲ τὸ ρολόι, (III) μὲ τὸν κανόνα τοῦ ἐκπωματιστῆ.

Ο καθορισμὸς τῶν πόλων ἐνὸς σωληνοειδοῦς μπορεῖ νὰ γίνει μὲ τὸν κανόνα τοῦ Ἀμπέρ. Ο παρατηρητής πρέπει νὰ εἰναι ξαπλωμένος σὲ μία σπειρα καὶ νὰ βλέπει στὸ ἑσωτερικὸ τοῦ σωληνοειδοῦς ἔτσι ποὺ τὸ ρεῦμα νὰ μπαίνει ἀπὸ τὰ πόδια του καὶ νὰ βγαίνει ἀπὸ τὸ κεφάλι του (σχ. 197, I). Τότε ὁ βόρειος πόλος βρίσκεται ἀριστερὰ του.

Ἐπίσης γιὰ τὸν καθορισμὸ τοῦ βόρειου καὶ νότιου πόλου τοῦ σωληνοειδοῦς χρησιμοποιεῖται πολλὲς φορὲς ἔνα ρολόι. Ὁ νότιος πόλος εἰναι ὁ πόλος πρὸς τὸν ὃποιο κινεῖται τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα, δταν τὸ βλέπουμε νὰ ἔχει φορὰ ἴδια μὲ τὴ φορὰ τῶν δεικτῶν τοῦ ρολογιοῦ (σχ. 197, II).

Μποροῦμε ἀκόμη νὰ χρησιμοποιησούμε τὸν κανόνα τοῦ ἐκπωματιστῆ (σχ. 193, III): Ἡ νότια δψη̄ ἐνὸς σωληνοειδοῦς εἰναι ἡ δψη̄ ἑκείνη, μπροστὰ ἀπὸ τὴν ὁποῖα πρέπει νὰ τοποθετήσουμε ἔναν ἐκπωματιστή, ποὺ γυρίζοντας κατὰ τὴ φορὰ τοῦ ρεύματος βιδώνεται κατὰ τὴ φορὰ τῶν δυναμικῶν γραμμῶν.

§ 202. Μαγνητικὸ φάσμα ἐνὸς σωληνοειδοῦς. Τὸ μαγνητικὸ φάσμα ἐνὸς σωληνοειδοῦς τὸ παίρνομε μὲ τὸν ἴδιο τρόπο ποὺ πήραμε τὸ μαγνητικὸ φάσμα τοῦ ραβδόμορφου μαγνήτη.



Σχ. 198. Ἡ μικρὴ μαγνητικὴ βελόνα δείχνει τὴ φορὰ τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν (I). Δυναμικὲς μαγνητικὲς γραμμὲς στὸν ἔξω καὶ στὸ μέσα χῶρο ἐνὸς σωληνοειδοῦς (II).

Πείραμα. Παίρνομε ἔνα κομμάτι χαρτόνι καὶ κατασκευάζομε ἔνα σωληνοειδές ἔτσι, ὥστε οἱ σπεῖρες του νὰ διαπερνοῦν τὸ χαρτόνι (σχ. 198, I). Στὴ μία ὁψὴ τοῦ χαρτονιοῦ σκορπίζομε ρινίσματα σιδήρου καὶ διοχετεύομε ἡλεκτρικὸ ρεῦμα στὸ σωληνοειδές. Παρατηροῦμε τότε ὅτι τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου τοποθετοῦνται κατὰ μῆκος δρισμένων γραμμῶν, ποὺ μοιάζουν μὲ τὶς μαγνητικὲς δυναμικὲς γραμμὲς τοῦ ραβδόμορφου μαγνήτη.

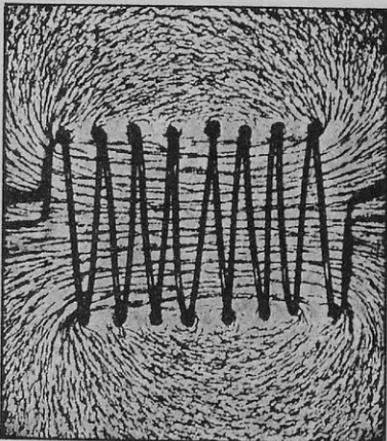
Οἱ μαγνητικὲς δηλαδὴ δυναμικὲς γραμμὲς βγαίνουν ἀπὸ τὴ βόρεια ὄψη, καμπύλωνται καὶ μπαίνουν στὴ νότια ὄψη τοῦ σωληνοειδοῦς. Εἶναι κλειστὲς γραμμὲς καὶ στὸ ἐσωτερικὸ τοῦ σωληνοειδοῦς γίνονται εὐθεῖες παράλληλες μεταξύ τους, μὲ φορὰ ἀπὸ τὸν νότιο πρὸς τὸν βόρειο πόλο (σχ. 198, II καὶ 199).

Ἄν τώρα μετακινήσουμε μία μικρὴ μαγνητικὴ βελόνα στὸ μαγνητικὸ πεδίο ἐνὸς σωληνοειδοῦς, διαπιστώνουμε ὅτι ὁ διαμήκης ἄξονάς της παίρνει πάντοτε τὴ διεύθυνση τῆς ἐφαπτομένης τῶν δυναμικῶν γραμμῶν. Στὸ ἐσωτερικὸ τοῦ σωληνοειδοῦς ἡ

μαγνητικὴ βελόνα ἔχει διεύθυνση παράλληλη πρὸς τὸν ἄξονά του. "Ωστε:

"Ἐνα σωληνοειδές ποὺ διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα συμπεριφέρεται σὰν μαγνήτης μὲ πόλους τὰ δύο ἄκρα του.

"Η πολικότητα τοῦ σωληνοειδοῦς ἔξαρταται ἀπὸ τὴ φορὰ τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.



Σχ. 199. Μαγνητικὸ φάσμα σωληνοειδοῦς.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα δημιουργεῖ πάντοτε γύρῳ ἀπὸ τὸν ἀγωγὸ ποὺ διαρρέει ἔνα μαγνητικὸ πεδίο, ποὺ προκαλεῖ ἀπόκλιση σὲ μιὰ μαγνητικὴ βελόνα. 'Ο βόρειος πόλος αὐτῆς τῆς μαγνητικῆς βελόνας ἀπόκλινει πρὸς τὰ ἀριστερὰ ἐνὸς παρατηρητῆ, ποὺ εἶναι ξαπλωμένος ἐπάνω στὸν ἀγωγὸ καὶ βλέπει τὴ μαγνητικὴ βελόνα κάτω ἀπὸ τὸν ἀγωγό, ἐνῷ τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα μπαίνει ἀπὸ τὰ πόδια καὶ βγαίνει ἀπὸ τὸ κεφάλι του (κανόνας τοῦ 'Αμπερ).

2. Τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα ποὺ διαρρέει ἔναν ενθύγραμμο ἀγωγὸ δημιουργεῖ γύρῳ του μαγνητικὸ πεδίο κάθετο στὸν ἀγωγό. Οἱ μαγνητικὲς δυναμικὲς γραμμὲς εἶναι συγκεντρικοὶ κύκλοι. Τὴ φορὰ ποὺ ἀκολουθοῦν μᾶς τὴν ὁρίζει ὁ κανόνας τοῦ παρατηρητῆ τοῦ 'Αμπερ. Συγκεκριμένα, ὅταν ὁ παρατηρητής τοῦ 'Αμπερ παρακολουθεῖ ἔνα σημεῖο, ἡ δυναμικὴ γραμμὴ ποὺ περνᾷ ἀπὸ αὐτὸ τὸ σημεῖο ἔχει φορὰ πρὸς τὰ ἀριστερά τοῦ παρατηρητῆ.

Οἱ δυναμικὲς γραμμὲς ἀλλάζουν φορά, ὅταν ἀναστρέψουμε τὴ φορὰ τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

3. Όταν ένα σωληνοειδές διαρρέεται άπό ήλεκτρικό ρεύμα, συμπεριφέρεται σάν μαγνήτης. Έμφανίζει μιά βόρεια και μιά νότια οψη και προσανατολίζεται κατά τη διεύθυνση του γήινου μαγνητικού πεδίου.

4. Τό ήλεκτρικό ρεύμα που διαρρέει ένα σωληνοειδές δημιουργεῖ γύρω του ένα μαγνητικό πεδίο, τό δποιο, όταν όλοποιείται, δίνει ένα μαγνητικό φάσμα δόμοι μὲ τό φάσμα τῶν ραβδόμορφων μαγνητῶν. Ἡ πολικότητα τοῦ σωληνοειδοῦς ἔξαρται άπό τὴ φορὰ τοῦ ήλεκτρικοῦ ρεύματος.

5. Γιὰ νὰ καθορίσουμε τὴ βόρεια καὶ τὴ νότια οψη ένος σωληνοειδοῦς, χρησιμοποιοῦμε συνήθως τὸν κανόνα τοῦ Ἀμπέρ.

ΑΘ' — ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΕΣ

§ 203. Γενικότητες. Ἐρχή τοῦ ήλεκτρομαγνήτη. Σὲ προηγούμενα μαθήματα εἰχαμε ἀναφέρει ὅτι, όταν ένα κομμάτι μαλακὸς σίδηρος τοποθετηθεῖ στὸ μαγνητικὸ πεδίο ἐνὸς μαγνήτη, μαγνητίζεται πρόσκαιρα. "Όταν δηλαδὴ ἀπομακρύνουμε τὸ κομμάτι τοῦ μαλακοῦ σίδηρου ἀπὸ τὸ μαγνητικὸ πεδίο ἢ ἂν πάψει νὰ ύπάρχει τὸ μαγνητικὸ πεδίο, ὁ μαλακὸς σίδηρος παύει νὰ είναι μαγνήτης. Γνωρίζομε ἐπίσης ὅτι ένα σωληνοειδές, όταν διαρρέεται άπό ήλεκτρικό ρεύμα, ισοδυναμεῖ μὲ μαγνήτη καὶ δημιουργεῖ ένα μαγνητικὸ πεδίο δόμοι μὲ τὸ μαγνητικὸ πεδίο τοῦ ραβδόμορφου μαγνήτη. Τις δύο αὐτές ξεχωριστές διαπιστώσεις τις ἐκμεταλλευόμαστε γιὰ νὰ κατασκευάζουμε τοὺς ηλεκτρομαγνήτες.

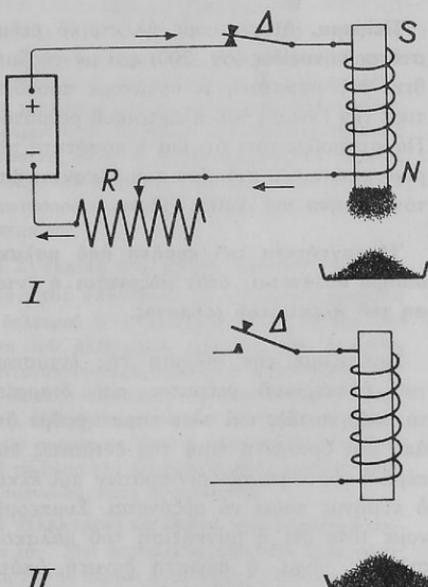
"Ἐνας ηλεκτρομαγνήτης ἀποτελεῖται ἀπὸ ένα σωληνοειδές, ποὺ περιέχει έναν πυρήνα ἀπὸ μαλακὸ σίδηρο, κυλινδρικοῦ συνήθως σχήματος.

Πείραμα. Διαβιβάζομε ηλεκτρικό ρεύμα στὸ σωληνοειδές, δπότε ὁ πυρήνας τοῦ μαλακοῦ σίδηρου μαγνητίζεται καὶ ἀποχῆται τὴν ἴκανότητα νὰ ἔλκει τὰ ρινίσματα τοῦ μαλακοῦ σίδηρου (σχ. 200).

"Ἀν πληστάσουμε διαδοχικὰ μία μαγνητικὴ βελόνα στὰ δύο ἄκρα τοῦ πυρήνα,

διαπιστώνουμε ὅτι ὁ πυρήνας παρουσιάζει ένα βόρειο καὶ ένα νότιο μαγνητικὸ πόλο.

"Ἄν ἀλλάξουμε τὴ φορὰ τοῦ ήλεκτρικοῦ ρεύματος, ἡ πολικότητα τοῦ πυρήνα ἀντιστρέφεται.



Σχ. 200. Ἡλεκτρομαγνήτης (ἀρχή).

Διακόπτομε τὸ κύκλωμα, ὅπότε παρατηροῦμε ὅτι τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου πέφτουν ἀπὸ τὸν πυρήνα ἀμέσως. Οἱ πυρῆναι ἀπὸ μαλακὸ σίδηρο χάνει ἀμέσως τὴ μαγνήτιση τοῦ.

Εἶναι δυνατὸ συχνά νὰ μείνουν κολλημένα στὸν πυρήνα μερικὰ ρινίσματα σιδήρου. Αὐτὸ δόφειλεται στὸ διτὶ ὁ πυρήνας δὲν ἀποτελεῖται ἀπὸ τελείως καθαρὸ σίδηρο, ἀλλὰ περιέχει καὶ προσμείξεις χάλυβα.
Ωστε:

Ἐνας ἡλεκτρομαγνήτης εἶναι ἔνας πρόσκαιρος μαγνήτης, ὃ διοποιεῖ ἀποτελεῖται ἀπὸ ἔνα σωληνοειδές, ποὺ περιέχει ἔναν πυρήνα ἀπὸ μαλακὸ σίδηρο.

Ἡ διέγερση τοῦ ἡλεκτρομαγνήτη προκαλεῖται ἀπὸ τὸ πέρασμα ἡλεκτρικοῦ ρεύματος μέσα ἀπὸ τὸ σωληνοειδές.

Οἱ ἡλεκτρομαγνήτης παρουσιάζει δύο πόλους καὶ ἡ πολικότητά του ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴ φορὰ τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

Πείραμα. Διοχετεύομε ἡλεκτρικὸ ρεῦμα στὸ σωληνοειδές (σχ. 200) καὶ μὲ τὴ βοήθεια τοῦ ροοστάτη R αὐξάνομε προοδευτικὰ τὴν ἐνταση τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Παρατηροῦμε τότε ὅτι καὶ ἡ ποσότητα τῶν ρινισμάτων τοῦ σιδήρου ποὺ ἔλκονται ἀπὸ τὸν πυρήνα αὐξάνεται. Ωστε :

Ἡ μαγνήτιση τοῦ πυρήνα ἀπὸ μαλακὸ σίδηρο αὐξάνεται, ὅταν αὐξάνεται ἡ ἐνταση τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

Συνεχίζομε τὴν αὐξηση τῆς ἐντάσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ποὺ διαρρέει τὸ σωληνοειδές καὶ τότε παρατηροῦμε ὅτι ἀπὸ μὰ δρισμένη τιμὴ τῆς ἐντάσεως καὶ πέρα ἡ ποσότητα τῶν ρινισμάτων ποὺ ἔλκει ὁ πυρήνας παύει νὰ αὐξάνεται. Συμπεραίνομε τότε ὅτι ἡ μαγνήτιση τοῦ μαλακοῦ σιδήρου εἶναι ἡ μέγιστη δυνατή, ὅπότε λέμε ὅτι ἔχομε ἐπιτύχει μαγνητικὸ κόρο.

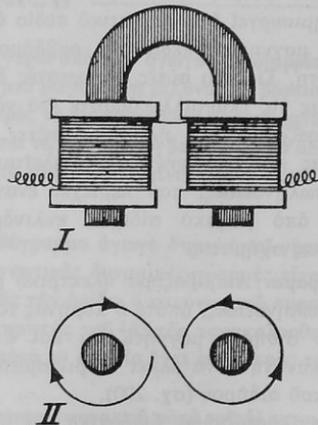
Ωστε:

Ἡ μαγνήτιση τοῦ πυρήνα ἀπὸ μαλακὸ σίδηρο αὐξάνεται, καθὼς αὐξάνεται ἡ ἐνταση τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ποὺ διαρρέει τὸ σωληνοειδές. Ἡ μαγνήτιση αὐτὴ δὲν μπορεῖ νὰ ἔπεράσει ἔνα δρισμένο δριο (μαγνητικὸ κόρος), ὅσο καὶ ἂν αὐξήσουμε τὴν ἐνταση τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

§ 204. Διάφορα εἰδη ἡλεκτρομαγνητῶν. Ὁ ἡλεκτρομαγνήτης ποὺ χρησιμοποιήσαμε στὴν ἀνάπτυξη τῆς προηγούμενης παραγράφου, ήταν ἐπιμήκης καὶ ραβδόμορφος. Ποὺ συχνὰ ὅμως χρησιμοποιοῦμε καὶ πεταλοειδῆς ἡλεκτρομαγνῆτες (σχ. 201). Σ' αὐτὸ τὸ εἰδος τοῦ ἡλεκτρομαγνήτη οἱ δύο πόλοι θίβοι κοντά ὁ ἔνας στὸν ἄλλο, μὲ ἀποτέλεσμα ἡ ἔλξη νὰ είναι πολὺ ἴσχυρή.

Κάθε σκέλος τοῦ πεταλοειδοῦς πυρήνα φέρει μιὰ περιέλιξη. Οἱ περιελίξεις τῶν δύο σκελῶν πρέπει νὰ γίνονται κατὰ ἀντίθετες φορὲς (σχ. 201, II) ἕτσι, ώστε τὰ ἐλεύθερα ἄκρα τοῦ πυρήνα νὰ είναι ἐτερώνυμοι μαγνητικοὶ πόλοι.

Μία ράβδος ἡ πλάκα ἀπὸ μαλακὸ σίδηρο, ὃ διοποιεῖται διπλισμός, ἔλκεται ἀπὸ τὸ σύστημα τῶν δύο πόλων, ὅταν τὸ σωλη-



Σχ. 201. Πεταλοειδῆς ἡλεκτρομαγνῆτης.

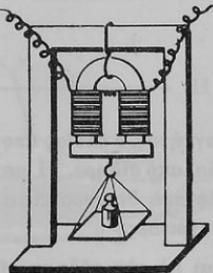
νοειδές διαρρέεται άπό ρεῦμα, καὶ ἀποχωρίζεται, δταν διακοπεῖ ἡ πάροχὴ τοῦ ρεύματος.

§ 205. Ἐφαρμογὲς τῶν ἡλεκτρομαγνητῶν. Οἱ ἐφαρμογὲς τῶν ἡλεκτρομαγνητῶν εἰναι πολλὲς καὶ διάφορες. Οἱ συσκευὲς ποὺ κατασκευάζονται μὲ βάσῃ τὴν ἀρχὴ τῶν ἡλεκτρομαγνητῶν μποροῦν νὰ παράγουν ἴσχυρὰ μαγνητικὰ πεδία καὶ νὰ χρησιμοποιοῦνται ὡς ἀνυψωτικὲς διατάξεις. Ἐξάλλου τὴν ἔλξη τοῦ ὀπλισμοῦ τὴν ἐκμεταλλεύμαστε σὲ μιὰ μεγάλη ποικιλία συσκευῶν καὶ κυρίως στὶς συσκευὲς αὐτοματοποιήσεως.

a) Παραγωγὴ μαγνητικῶν πεδίων. Οἱ ἡλεκτρομαγνητες χρησιμοποιοῦνται ποὺ περισσότερο ἀπὸ τοὺς μόνιμους μαγνῆτες, γιατὶ ἐπιτρέπουν τὴν πραγματοποίηση ἴσχυρῶν μαγνητικῶν πεδίων. Γι' αὐτὸν βρίσκουν ἐφαρμογὲς στὰ διάφορα ἐργαστήρια ἑρευνῶν, στοὺς δυναμοκινῆτρες, στὶς γεννήτριες ἐναλλασσόμενου ρεύματος κλπ.

β) Ἀνυψωτικὲς διατάξεις. Πείραμα. Διοχετεύομε ἡλεκτρικὸ ρεῦμα στὸ σπείραμα ἐνὸς πεταλοειδοῦς ἡλεκτρομαγνήτη, ποὺ εἶναι στερεωμένος σὲ πλαίσιο, ἐνδὸν ὁ ὀπλισμὸς τὸν βαστᾶ ἔνα δίσκο μὲ βάρη (σχ. 202). Φορτίζομε διαδοχικὰ τὸ δίσκο μὲ μεγαλύτερα συνεχῶς βάρη, ὡσότου ὁ ὀπλισμὸς ἀποχωρίστει ἀπὸ τὸν ἡλεκτρομαγνήτη.

Αὐξάνομε προοδευτικὰ τὴν ἵνταση τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ποὺ διαρρέει τὸν ἡλεκτρομαγνήτη. Παρατηροῦμε τότε ὅτι ἡ φέρουσα δύναμη, δηλαδὴ ἡ ἐλκτικὴ ίκανότητα, αὐξάνεται ὡς μία ὄρισμένη τιμῇ. Ἡ μέγιστη φέρουσα δύναμη ἀντιστοιχεῖ στὸν μαγνητιό κόρῳ.



Σχ. 202. Φέρουσα δύναμη ἡλεκτρομαγνήτη.



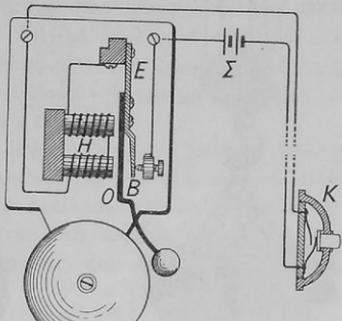
Σχ. 203. Ἡλεκτρομαγνητικὸς γερανὸς μὲ φέρουσα δύναμη 2 500 kp.

Τὴν φέρουσα δύναμη ἐνὸς ἡλεκτρομαγνήτη μποροῦμε ἐπιτσης νὰ τὴν αὐξῆσουμε, ἀν πολλαπλασιάσουμε τὸν ἀριθμὸ τῶν περιελίξεων στὸ σωληνοειδὲς.

Ἐφαρμογὴ τῶν παραπάνω ἀποτελοῦν οἱ συσκευὲς ἀνυψώσεως, ὅπως ὁ ἡλεκτρομαγνητικὸς γερανὸς (σχ. 203), ποὺ χρησιμοποιοῦνται γιὰ τὴν ἀνύψωση καὶ μεταφορὰ βαριῶν σιδερένιων καὶ χαλύβδινων ἀντικειμένων.

γ) Συσκευὲς ποὺ χρησιμοποιοῦν τὴν μετατόπιση τοῦ ὀπλισμοῦ. Ἡ στιγμαίᾳ μετατόπιση τοῦ ὀπλισμοῦ ἐνὸς ἡλεκτρομαγνήτη, μὲ τὴν ἐπιδραση τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, μᾶς ἐπιτρέπει νὰ ἐνεργοποιήσουμε διάφορους μηχανισμούς. Αὐτὴ ἡ διάταξη παρουσιάζει τὸ πλεονέκτημα ὅτι μπορεῖ νὰ ἐλεγχθεῖ ἀπὸ μακριὰ μὲ ἀπλὲς συνδεσεῖς ἀγωγῶν συρμάτων. Ἔτσι ὁ ἡλεκτρομαγνήτης ἀποτελεῖ τὴ βάση τῆς λειτουργίας ἐνὸς μεγάλου ἀριθμοῦ συσκευῶν, ὅπως οἱ ἀκόλουθες:

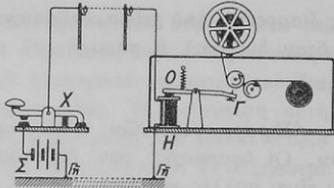
1) Ἡλεκτρικὸ κουδούνι. Ἔνα ἡλεκτρικὸ κουδούνι (σχ. 204) ἀποτελεῖται ἀπὸ ἔναν ἡλεκτρομαγνήτη H, τοῦ ὅποιου ὁ ὀπλισμὸς O ἀπὸ μαλακὸ σίδηρο εἶναι στερεομένος σὲ ἔνα ἔλαστικὸ χαλύβδινο ἔλασμα EB. Τὸ ἔλασμα αὐτὸν στηρίζεται μὲ τὴ



Σχ. 204. Ήλεκτρικό κουδούνι.

μιάν ἄκρη του στή βάση τῆς συσκευῆς. Ὄταν πιέζουμε τὸ κουμπὶ K, τὸ κύκλωμα κλίνει καὶ τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα διαρρέει τὸν ἡλεκτρομαγνήτη, μὲ ἀποτέλεσμα νὰ ἔλκεται ὁ ὀπλισμὸς καὶ τὸ σφυράκι νὰ χτυπᾷ τὸ κουδούνι. Συγχρόνως τὸ ἄκρο B τοῦ ἐλάσματος ἀποχωρίζεται ἀπὸ τὴ βίδα, διὸν ἀκουμπούνες καὶ τὸ κύκλωμα διακόπτεται. Ἡ ἔλξη σταματᾶ καὶ τὸ ἀλαστικὸ χαλύβδινο ἔλασμα ξαναφέρνει τὸν ὀπλισμὸ στὴν ἀρχικὴ του θέση, ὅποτε ξανακλείνει τὸ κύκλωμα καὶ τὸ φαινόμενο ἐπαναλαμβάνεται, δῆση ὥρᾳ πιέζομε τὸ κουμπί.

2) Τηλέγραφος. Ὁ τηλέγραφος ἐπιτρέπει μὲ τὴ χρήση τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος τὴν ἀποστολὴ σημάτων σὲ μεγάλες ἀποστάσεις. Ὁ σταθμὸς ἐκπομπῆς περιλαμβάνει μία γεννήτρια συνεχοῦς ρεύματος Σ (ἡλεκτρικὲς στήλες, συσσωρευτὲς) καὶ ἕνα χειριστήριο X (σχ. 205). Ὁ σταθμὸς λήψης ἀποτελεῖται ἀπὸ ἔναν ἡλεκτρομαγνήτη, ποὺ ἔχει ὀπλισμὸς μία μικρὴ πλάκα O, στερεωμένη σὲ ἔναν κινητὸ μοχλό. Ἔνα κατάλληλο ἐλατήριο διατηρεῖ τὸν ὀπλισμὸ μακριὰ ἀπὸ τὸν πυρήνα τοῦ ἡλεκτρομαγνήτη.



Σχ. 205. Μονόπλευρη τηλεγραφικὴ ἀνταπόκριση.

Ὅταν πιέζουμε τὸ χειριστήριο, ἡ πλάκα (όπλισμὸς) ἔλκεται, ἡ ἄκρη Γ τοῦ μοχλοῦ σηκώνεται καὶ ἡ γραφίδα ποὺ εἶναι στερεωμένη στὸ ἄκρο τοῦ μοχλοῦ χαράζει γραμμὲς σὲ μία τανία ἀπὸ χαρτί. Ἡ τανία αὐτὴ παρασύρεται σὲ μία σταθερὴ συνεχὴ κίνηση μὲ τὴ βοήθεια ἑνὸς ὀρολογιακοῦ μηχανισμοῦ.

Μόλις σταματήσει ἡ πίεση στὸ χειριστήριο, ἡ πλάκα παύει νὰ ἔλκεται, τὸ ἐλατήριο τὴν ἀπομακρύνει ἀπὸ τὸν πυρήνα τοῦ ἡλεκτρομαγνήτη καὶ ἡ γραφίδα παύει νὰ εἰναι σ' ἐπαφῇ μὲ τὴ χάρτινη τανία. Τὸ μῆκος τῆς γραμμῆς ποὺ χαράζει ἡ γραφίδα ἔξαρται ἀπὸ τὸν χρόνο ποὺ ἔξακολουθοῦμε νὰ πιέζουμε τὸ χειριστήριο. Μία πολὺ σύντομη ἐπαφὴ ἀποδίδει μία βραχεία στιγμή (τελεία), ἐνῶ, ἂν διαρκέσῃ περισσότερο ἡ ἐπαφή, ἡ γραφίδα σημειώνει μακριὰ στιγμή (γράμμη). Τὰ διάφορα γράμματα τοῦ ἀλφαριθμοῦ μεταδίδονται μὲ συνδυασμοὺς γραμμῶν καὶ στιγμῶν (Μορσικὸ ἀλφάριθμο).

Αὐτὸ τὸ ὑπόδειγμα τοῦ τηλεγράφου ἔχει ἀντικατασταθεῖ σήμερα ἀπὸ πολύτλοκες συσκευές, ποὺ ἀποδίδουν τὰ γράμματα στὴν τανία ἀπ' εὐθείας μὲ τυπογραφικοὺς χαρακτήρες, ἀντί μὲ γραμμὲς καὶ τελείες. Πάντως ἡ ἀρχὴ παραμένει ἡ ίδια.

Ἄλλες χρήσεις τοῦ ἡλεκτρομαγνήτη. Οἱ ἡλεκτρομαγνήτες χρησιμοποιοῦνται στὴ μετάδοση τῶν σημάτων στὰ σιδηροδρομικὰ δίκτυα, στὰ ἡλεκτρικὰ ρολόγια, στὸν ἡλεκτρονόμους (ρελais), στὰ τηλεφωνικὰ ἀκουστικὰ κλπ.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Ὁ ἡλεκτρομαγνήτης εἶναι ἔνας πρόσκαιρος μαγνήτης, ὁ διοῖος ἀποτελεῖται ἀπὸ ἔνα σωληνοειδές, ποὺ περιέχει ἔναν πυρήνα ἀπὸ μαλακὸ σίδηρο. Ἡ μαγνήτιση τοῦ μαλακοῦ σιδήρου διφείλεται στὸ μαγνητικὸ πεδίο ποὺ δημιουργεῖται ἀπὸ τὸ πέρασμα τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος μέσα ἀπὸ τὸ σωληνοειδές.

2. Ἡ μαγνήτιση ἑνὸς ἡλεκτρομαγνήτη αἰξάνεται μὲ τὴν αὔξηση τῆς ἐντάσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ὡς ἔνα ὄρισμένο σημεῖο. Πέρα ἀπὸ μιὰ ὄρισμένη

τιμή τῆς ἐντάσεως ή μαγνήτιση παραμένει σταθερή, καὶ τότε λέμε ὅτι φτάσαμε σὲ μαγνητικό κόρο.

3. Ἐνας ἡλεκτρομαγνήτης παρουσιάζει δύο μαγνητικοὺς πόλους, Βόρειο καὶ Νότιο. Ἡ πολικότητα τοῦ ἡλεκτρομαγνήτη ἀντιστρέφεται, ὅταν ἀντιστρέψουμε τὴ φορὰ τῆς ἐντάσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

4. Ἐφαρμογές τῆς χρήσης τῶν ἡλεκτρομαγνητῶν εἰναι τὸ ἡλεκτρικὸ κουδούνι, ὁ τηλέγραφος, οἱ ἀννψωτικὲς διατάξεις κλπ.

Μ' — ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ

§ 206. Δράση ἐνὸς μαγνήτη σὲ ἔνα σωληνοειδές. Παίρνομε ἔνα σωληνοειδές καὶ τὸ κρεμαστὸ ἀπὸ δύο σταθερὰ σημεῖα μὲ δύο εὔκαμπτα ἀγωγὰ σύρματα. Διοχετεύομε ἡλεκτρικὸ ρεῦμα στὸ σωληνοειδές καὶ πλησιάζομε τὸν ἔνα πόλο ἐνὸς μαγνήτη στὴ μία δύψη τοῦ σωληνοειδοῦς. Παρατηροῦμε τότε ὅτι τὸ σωληνοειδές ἔλκεται ἢ ἀπωθεῖται ἀπὸ τὸ μαγνήτη

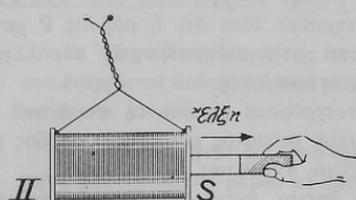
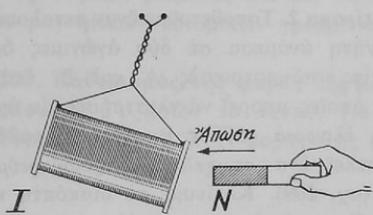
(σχ. 206). Ἡ ἔλξη ἢ ἡ ἀπωση αὐτὴ ἔξαρταται ἀπὸ τὸ εἶδος τοῦ πόλου τοῦ μαγνήτη ποὺ πλησιάζομε.

'Αντιστρέφομε τὴ φορὰ τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος στὸ σωληνοειδές, ὅπότε παρατηροῦμε ὅτι οἱ μετατοπίσεις τοῦ σωληνοειδοῦς εἰναι ἀντίθετης φορᾶς ἀπὸ τὶς προηγούμενες. "Ωστε:

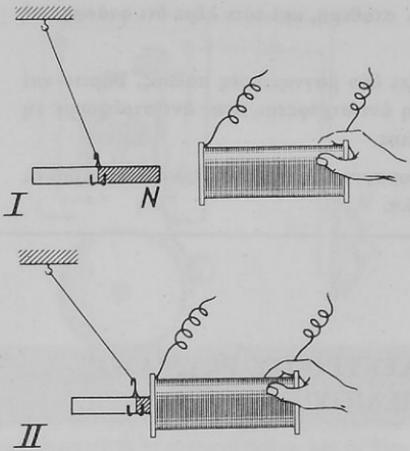
"Οταν ἔνα σωληνοειδές, ποὺ διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα, βρίσκεται κοντὰ σὲ μιὰ μαγνητισμένη ράβδο, μετατοπίζεται ὅπως ἔνας κινητὸς μαγνήτης.

§ 207. Δράση τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος σὲ ἔνα μαγνήτη. Πείραμα. Παίρνομε ἔναν ραβδόμορφο μαγνήτη, ποὺ κρέμεται ἀπὸ ἔνα σταθερὸ σημεῖο μὲ λεπτὸ καὶ εὔκαμπτο νῆμα (σχ. 207, I), δόποτε, ὅπως γνωρίζομε, παίρνει τὴ διεύθυνση Βοριάς - Νότος, καὶ πλησιάζομε στὸν βόρειο πόλο του τὴ νότια δύψη ἐνὸς σωληνοειδοῦς. 'Ο μαγνήτης προσανατολίζεται τότε παράλληλα πρὸς τὸν ἔξονα τοῦ σωληνοειδοῦς καὶ ἔλκεται ἐλαφρά.

'Αν πλησιάσουμε ἀκόμη περισσότερο τὸ σωληνοειδές, ὁ μαγνήτης ἔλκεται δυνατὰ καὶ εἰσχωρεῖ στὴν κοιλότητα τοῦ σωληνο-



Σχ. 206. Τὸ κρεμαστὸ σωληνοειδές ἀπωθεῖται ἢ ἔλκεται ἀπὸ τὸ μαγνήτη.



Σχ. 207. Τὸ σωληνοειδὲς ἔλκει τὸ μαγνήτη.

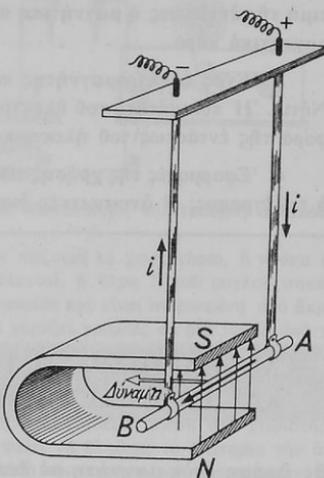
ειδοῦς (σχ. 207, II). Ὅτι κατόπι περιστρέψουμε τὸ σωληνοειδὲς κατὰ 180° ἢ ἂν ἀντιστρέψουμε τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα, τότε ὁ νότιος πόλος τοῦ μαγνήτη ἔλκεται καὶ εἰσχωρεῖ στὴν κοιλότητα τῆς βόρειας ὅψης τοῦ σωληνοειδοῦς. Ὡστε:

"Ἐνα σωληνοειδές, ποὺ διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα, ἐπιδρᾶ σὲ μιὰ κινητὴ μαγνητισμένη ράβδο, ὅπως θὰ ἐπιδροῦσε ἔνας μόνιμος μαγνήτης.

§ 208. Ἑλεκτρομαγνητικὴ δύναμη. Πείραμα 1. Παίρνομε ἔναν πεταλοειδὴ μαγνήτη καὶ τὸν τοποθετοῦμε ὅπως δείχνει τὸ σχῆμα 208. Ἐνα πλαίσιο ἀπὸ χάλκινο εὔκαμπτο ἀγωγὸ σύρμα τοποθετεῖται ἔτσι, ὅστε ὁ κλάδος AB νὰ είναι κάθετος στὶς μαγνητικὲς γραμμές.

Διοχετεύουμε ἡλεκτρικὸ ρεῦμα, ὅπότε παρατηροῦμε διτὶ τὸ πλαίσιο ἀποκλίνει καὶ ἔλκεται πρὸς τὸ ἐσωτερικὸ τοῦ μαγνήτη.

Ξανακάνομε τὸ ἴδιο πείραμα ἀντιστρέφοντας τὴν πολικότητα τοῦ μαγνήτη. Τὸ πλαίσιο ἀπωθεῖται τώρα πρὸς τὸ ἔξωτε-



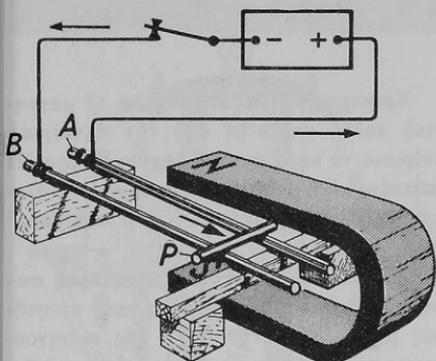
Σχ. 208. Ἔνας ρευματοφόρος ἀγωγὸς μέσα σὲ μαγνητικὸ πεδίο δέχεται τὴν ἐπιδραστὴ δύναμεων.

ρικὸ τοῦ μαγνήτη. Ὅτι ἀντιστρέψουμε τὴ φορὰ τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ἀφήνοντας τὸ μαγνήτη μὲ τὸν βόρειο μαγνητικὸ πόλο πρὸς τὰ ἐπάνω, θὰ δοῦμε διτὶ τὸ πλαίσιο ἀποκλίνει καὶ ἔλκεται πάλι πρὸς τὸ ἐσωτερικὸ τοῦ μαγνήτη.

Πείραμα 2. Τοποθετοῦμε ἔναν πεταλοειδὴ μαγνήτη ἀνάμεσα σὲ δύο ἀγώγιμες ὁριζόντιες σιδηροτροχίες A καὶ B, ἐπάνω στὶς ὁποῖες μπορεῖ νὰ γιστρήσει μία ἀγώγιμη ἐλαφριὰ ράβδος P. Αὐτὴ ἡ ράβδος ἀποτελεῖ ἔνα στοιχεῖο ἡλεκτρικοῦ ρεύματος (σχ. 209). Κλείνομε τὸ διακόπτη καὶ ρυθμίζομε τὴν ἔνταση τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος σὲ μιὰ μεγάλη τιμὴ (π.χ. στὰ 6 Α.). Παρατηροῦμε τότε διτὶ ἡ ράβδος P μετατοπίζεται στὶς σιδηροτροχίες παράλληλα πρὸς τὸν ἕαυτὸν τῆς.

Ἄντιστρέψουμε κατόπι τὴ φορὰ τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος καὶ τότε ἡ ράβδος μετακινεῖται ἀντιθέτως.

"Ἄντιστρέψουμε τὴν πολικότητα τοῦ μαγνήτη ἔτσι, ὥστε ὁ νότιος μαγνητικὸς πόλος νὰ είναι πρὸς τὰ ἐπάνω,



Σχ. 209. Μετατόπιση ένδος στοιχείου ήλεκτρικού ρεύματος με τή δράση μιᾶς ήλεκτρομαγνητικῆς δυνάμεως.

Θὰ παρατηρήσουμε ότι οἱ μετατοπίσεις τῆς ράβδου είναι ἀντίθετες ἀπὸ δ, τι τὴν προηγούμενη φορά. "Ωστε:

"Αν ἔνας ἀγωγός, ποὺ διαρρέεται ἀπὸ ηλεκτρικὸ ρεῦμα, τοποθετηθεῖ στὸ μαγνητικὸ πεδίο ἔνδος μαγνήτη, δέχεται τὴν ἐπίδραση μιᾶς ηλεκτρομαγνητικῆς δυνάμεως. Ή φορὰ τῆς δυνάμεως αὐτῆς ἔξαρταται ἀπὸ τὴν φορὰ τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος καὶ ἀπὸ τὴν φορὰ τῶν μαγνητικῶν δυναμικῶν γραμμῶν.

§ 209. Καθορισμὸς τῆς φορᾶς τῆς μετατοπίσεως. Γι' αὐτὸν τὸ σκοπό, γιὰ τὸν καθορισμὸ δηλαδὴ τῆς φορᾶς τῆς ηλε-

κτρομαγνητικῆς δυνάμεως, χρησιμοποιοῦμε τοὺς ἀκόλουθους δύο κανόνες.

α) Κανόνας τοῦ Ἀμπέρ. "Αν ἔνας παρατηρητής, ποὺ βρίσκεται ξαπλωμένος ἐπάνω στὸν ἀγωγό, κοιτάζει κατὰ τὴν φορὰ τῶν μαγνητικῶν δυναμικῶν γραμμῶν καὶ τὸ ηλεκτρικὸ ρεῦμα μπαίνει ἀπὸ τὰ πόδια του καὶ βγαίνει ἀπὸ τὸ κεφάλι του, ή δύναμη ἔχει φορὰ πρὸς τὰ ἀριστερά του.

β) Κανόνας τοῦ δεξιοῦ χεριοῦ. "Οταν δ ἀντίχειρας τοῦ δεξιοῦ χεριοῦ ἔχει τὴ διεύθυνση τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος καὶ δ δείκτης τὴ διεύθυνση τῶν μαγνητικῶν δυναμικῶν γραμμῶν (μαγνητικὸ πεδίο), τότε δ μέσος, ἀν κρατηθεῖ κάθετα πρὸς τοὺς ἄλλους δύο, δείχνει τὴ φορὰ τῆς μετατοπίσεως, δηλαδὴ τῆς ηλεκτρομαγνητικῆς δυνάμεως (σχ. 210).



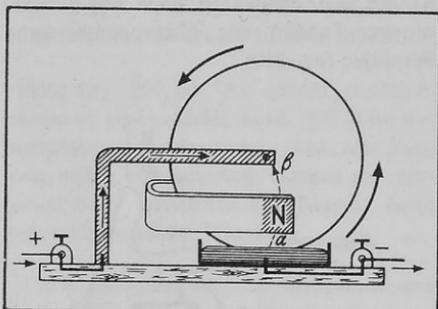
Σχ. 210. Ο κανόνας τοῦ δεξιοῦ χεριοῦ.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. "Οταν ἔνας μαγνήτης τοποθετηθεῖ κοντά σὲ ἔνα κρεμαστὸ σωληνοειδές, ποὺ διαρρέεται ἀπὸ ηλεκτρικὸ ρεῦμα, τὸ σωληνοειδὲς μετατοπίζεται καὶ συμπεριφέρεται σὰν μαγνήτης.

2. "Ενα σωληνοειδές, ποὺ διαρρέεται ἀπὸ ηλεκτρικὸ ρεῦμα, ἐπιδρᾶ σὲ μιὰ κινητὴ μαγνητισμένη ράβδο μὲ τὸν ὕδιο τρόπο, ποὺ θὰ ἐπιδροῦσε καὶ ἔνας ραβδόμορφος μαγνήτης.

§ 210. Τροχός του Μπάρλοου (Barlow). Παίρνομε ένα συμπαγή χάλκινο δίσκο, τοποθετημένο στὸ διάκενο ἐνὸς μόνιμου πεταλοειδοῦς μαγνήτη. Ο δίσκος αὐτὸς μπορεῖ νὰ στρέφεται γύρω ἀπὸ δριζόντιο ἄξονα, ποὺ περνᾶ ἀπὸ τὸ κέντρο του β καὶ εἶναι ἔλαφρὰ βυθισμένος στὸν ὑδράργυρο μιᾶς λεκάνης. Ο ὑδράργυρος χρησιμοποιεῖται σὰν ἀγωγός, γιὰ νὰ μπορέσει τὸ ηλεκτρικὸ ρεῦμα νὰ κυκλοφορήσει, ὅπως δείχνεται στὸ σχῆμα 211.



Σχ. 211. Τροχός του Μπάρλοου.

"Οταν περνᾶ τὸ ηλεκτρικὸ ρεῦμα αβ ἀπὸ τὸ μαγνητικὸ πεδίο, δέχεται τὴν ἐπίδραση μιᾶς ηλεκτρομαγνητικῆς δυνάμεως F . Ἡ δύναμη αὐτή, ἐπειδὴ δὲν περνᾶ ἀπὸ τὸν ἄξονα περιστροφῆς β , ἔχει μία ροπὴ ὡς πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ πλαισίου, παρασύρεται σὲ περιστροφικὴ κίνηση. Ἡ φορὰ τῆς δυνάμεως F καθορίζεται μὲ τὸν κανόνα τοῦ δεξιοῦ χεριοῦ.

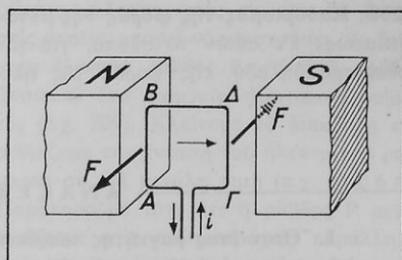
"Αν στερεώσουμε μιὰ τροχαλία στὸν ἄξονα β , τότε, ἔξαιτίας τῆς περιστροφῆς τοῦ τροχοῦ, μποροῦμε νὰ ἀνψώσουμε ἔνα φορτίο, δηλαδὴ μποροῦμε νὰ παραγάγουμε μηχανικὸ ἔργο. "Ωστε:

Χρησιμοποιώντας κατάληλα τὸ μαγνητικὸ πεδίο, μποροῦμε ἀπὸ τὴν ηλεκτρικὴ ἐνέργεια νὰ παραγάγουμε μηχανικὸ ἔργο. Ἡ διάταξη αὐτὴ ἀποτελεῖ τὴν ἀρχὴ τῶν ηλεκτρικῶν κινητήρων.

§ 211. Ἀπλοὶ ηλεκτρικοὶ κινητῆρες συνεχοῦς ρεύματος. Οἱ ηλεκτρικοὶ κινητῆρες βασίζονται στὴν ἀρχὴ τῆς προηγούμενης παραγράφου, μὲ μόνη τὴ διαφορά ὅτι ὁ ἀγωγὸς ἔχει σχῆμα πλαισίου (σχ. 212).

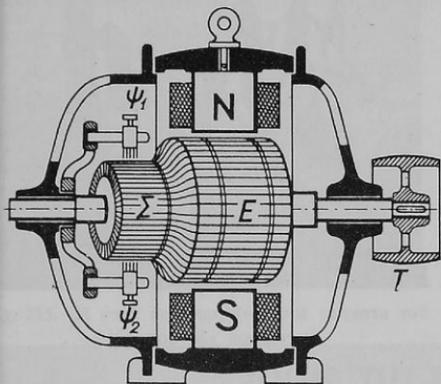
Τὸ πλαίσιο διαρρέεται ἀπὸ ηλεκτρικὸ ρεῦμα καὶ βρίσκεται μέσα στὸ μαγνητικὸ πεδίο ἐνὸς μόνιμου μαγνήτη. Καθὼς ἔρομε, στὶς πλευρὲς AB καὶ $ΓΔ$ τοῦ πλαισίου ἀσκοῦνται δύο δυνάμεις τοῦ ἴδιου μέτρου F ἀλλὰ ἀντίθετης φορᾶς. Στὸ πλαίσιο συνεπᾶς ἀσκεῖται ἔνα ζεῦγος δυνάμεων, ποὺ ἡ ροπὴ του, ὡς πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ πλαισίου, παρασύρει τὸ πλαίσιο σὲ περιστροφικὴ κίνηση.

Στὴν Τεχνικὴ ἀντὶ ἐνὸς πλαισίου χρησιμοποιοῦμε πολλὰ πλαίσια, κατάληλα περιτυλιγμένα καὶ μονωμένα μεταξύ τους.

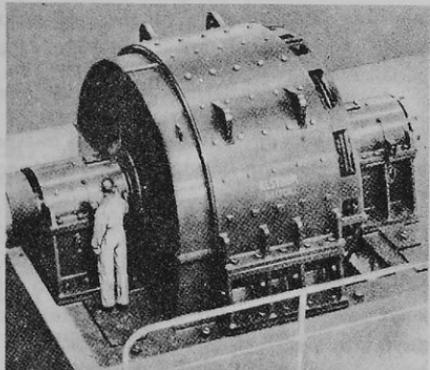


Σχ. 212. Ἀρχὴ τῆς λειτουργίας ἐνὸς ηλεκτρικού κινητήρα.

"Ενας ηλεκτρικὸς κινητήρας βιομηχανικῆς χρήσεως περιλαμβάνει ἔναν ηλεκτρομαγνήτη (σχ. 213), ποὺ ἀποτελεῖ τὸ ἀκί-



Σχ. 213. Σχεδιάγραμμα ένδος κινητήρα συνεχούς ρεύματος.



Σχ. 213, α. Έξωτερικό ήλεκτρικού κινητήρα ισχύος 4 200 Ch.

νητού μέρος τού κινητήρα και δύνομάζεται στάτωρας, και τὸ σύστημα τῶν πλαισίων Ε μαζὶ μὲ τὸν ἄξονα περιατροφῆς, ποὺ ἀποτελεῖ τὸ κινητό μέρος τοῦ κινητήρα και δύνομάζεται ωτώρας.

Σὲ κάθε κινητήρα υπάρχει μία μικρὴ πλάκα, πάνω στὴν ὧδην εἶναι σημειωμένα διάφορα στοιχεῖα σχετικὰ μὲ τὴ λειτουργία τοῦ κινητήρα (σχ. 213, β).



Σχ. 213, β. Έπιγραφὴ μὲ τὰ χαρακτηριστικὰ στοιχεῖα ένδος ηλεκτροκινητῆρα. (1/25 Ch, 3 500 στρ./min. 0 - 7 Ampere, 110 Volt).

§ 212. Ισχὺς τῶν ηλεκτρικῶν κινητήρων. Οἱ ηλεκτροκινητῆρες, ἀνάλογα μὲ τὸν προορισμό τους, κατασκευάζονται μὲ διάφορες τιμὲς ισχύων. Ἐτσι, π.χ., μιὰ ηλεκτρικὴ ξυριστικὴ μηχανὴ ἔχει ισχὺ 50 Watt, ἔνας συνηθισμένος ἀνεμιστήρας 100 Watt, μία ηλεκτροκίνητη ραπτομηχανὴ 100 Watt ἐπίσης κλπ.

Στὰ διάφορα ἐργαστήρια και μηχανουργεῖα χρησιμοποιοῦνται κινητῆρες ισχύος 3 ὥς 10 Ch, ἐνῷ στὰ ηλεκτροκίνητα σιδηροδρομικὰ δίκτυα λειτουργοῦν κινητῆρες μὲ ισχὺ πολλῶν χιλιάδων ἵππων.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Οἱ ηλεκτρομαγνητικὲς δυνάμεις ἔχουν τὴν ίκανότητα νὰ παράγουν μηχανικὸ ἔργο. Αὐτὴ τὴν ίδιότητα ἐκμεταλλεύμαστε στὴν κατασκευὴ τῶν ηλεκτρικῶν κινητήρων.

2. Οἱ ηλεκτρικοὶ κινητῆρες ποὺ χρησιμοποιοῦνται σὲ συσκευὲς οἰκιακῆς χρήσης ἔχουν μικρὴ ισχύ, τῆς τάξης τῶν 100 Watt. Στὰ ἐργοστάσια, στὰ μηχανουργεῖα και στὰ ἐργαστήρια χρησιμοποιοῦνται κινητῆρες ισχύος μερικῶν ἀτμοῖππων.

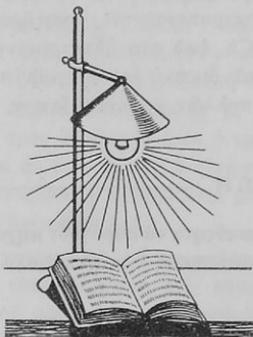
V. ΟΠΤΙΚΗ

ΜΒ' — ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΗ ΔΙΑΔΟΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

§ 213. Φῶς. Σὲ ἔνα σκοτεινὸ δωμάτιο ἔνα κερὶ ἀναμέινο μᾶς κάνει νὰ βλέπουμε τὰ γύρω μας ἀντικείμενα, τὸ χρῆμα καὶ τὸ σχῆμα τους. Τὸ αἴτιο ποὺ ἐπιδρᾶ στὸ μάτι μας ἔτσι, ὥστε νὰ βλέπουμε, δονομάζεται φῶς.

§ 214. Φωτεινὲς πηγές. Τὰ σώματα ποὺ φωτοβιοῦν, ὅπως ὁ Ἡλιος, ἡ φλόγα ἐνὸς κεριοῦ, τὸ διάπυρο σύρμα ἐνὸς ἡλεκτρικοῦ λαμπτήρα, δονομάζονται αὐτόφωτα σώματα ἢ φωτεινὲς πηγές.

Τὰ σώματα πού, ὅπως ἡ Σελήνη, ὁ πίνα-



Σχ. 214. Ὁ ἡλεκτρικὸς λαμπτήρας, ὅταν φωτίζει, είναι φωτεινὴ πηγὴ. Τὸ βιβλίο είναι ἑτερόφωτο σῶμα.

κας τῆς τάξης, τὰ βιβλία ἢ τὰ διάφορα ἀντικείμενα τοῦ δωματίου κλπ., δὲν φωτοβιοῦν αὐτὰ τὰ ἴδια, ἀλλὰ γίνονται ὀρατά, ὅταν ξαναστέλνουν τὸ φῶς ποὺ παίρνουν ἀπὸ φωτεινὲς, πηγές, λέγονται ἑτερόφωτα σώματα (σχ. 214).

§ 215. Διαφανή, ἡμιδιαφανὴ καὶ σκιερὰ σώματα. Σώματα ὅπως τὸ γυαλί, ὁ ἀέρας, τὸ νερό σὲ μικρὸ πάχος, μᾶς ἀφήνουν νὰ βλέπουμε τὰ ἀντικείμενα ποὺ βρίσκονται πίσω ἀπὸ αὐτά. Αὐτὸ συμβαίνει γιατὶ μπορεῖ τὸ φῶς νὰ περνᾷ μέσα ἀπὸ τὴ μάζα τους. Τὰ σώματα αὐτὰ λέγονται διαφανὴ σώματα.

Τὸ γαλακτόχρωμο γυαλὶ ἀφήνει τὸ φῶς νὰ περάσει μέσα ἀπὸ τὴ μάζα του, χωρὶς ὅμως νὰ μπορεῖ νὰ διακρίνει κανεὶς καθαρὰ τὰ ἀντικείμενα ποὺ βρίσκονται πίσω ἀπὸ αὐτό. Τὸ γαλακτόχρωμο γυαλὶ είναι ἡμιδιαφανὲς σῶμα.

Ο τοιχὸς τοῦ δωματίου μας, τὸ χαρτί, τὸ ξύλο καὶ ἄλλα σώματα, δὲν ἀφήνουν νὰ δοῦμε τὰ ἀντικείμενα ποὺ βρίσκονται πίσω ἀπὸ αὐτά, γιατὶ ἐμποδίζουν τὸ φῶς νὰ περάσει μέσα ἀπὸ τὴ μάζα τους. Τὰ σώματα αὐτὰ δονομάζονται ἀδιαφανὴ ἢ σκιερὰ σώματα.



Σχ. 215. Η σκιά δημιουργείται στά τμήματα του χώρου που δὲν φωτίζονται.

§ 216. Σκιά. Ό χώρος που βρίσκεται πίσω από τὰ σκιερὰ σώματα και δὲν φωτίζεται μᾶς παρουσιάζεται σκοτεινός σχετικά μὲ τὸ χώρο ποὺ φωτίζεται. Ό χώρος αὐτὸς δύναμέται σκιά (σχ. 215).

"Ωστε:

Η σκιά δημιουργείται πίσω από ἔνα ἀδιαφανὲς σῶμα ποὺ φωτίζεται.

§ 217. Διάδοση τοῦ φωτός. Μάθαμε δὴ γιὰ τὴ διάδοση τοῦ ἡχου χρειάζεται πάντοτε ἔνα ύλικὸ στερεό, υγρὸ ἢ ἀέριο. Ξέρομε ἐπίσης δὴ ἡ θερμότητα δὲν χρειάται ύλικὸ σῶμα γιὰ νὰ διαδοθεῖ. Τί νὰ συμβαίνει ἄραγε μὲ τὸ φῶς;

α) Πείραμα. Μὲ μιὰν ἀεραντλία ἀφαιροῦμε τὸν ἀέρα απὸ ἔνα γυάλινο σωλήνα. Παρατηροῦμε δὴ δ σωλήνας μένει διαφανῆς, δύνασται και πρίν. Τὸ φῶς τοῦ Ἡλίου και τῶν ἀστρων φτάνει απὸ τὸ Διάστημα στὴ Γῆ διαπερνώντας τὸν κενὸ χῶρο. "Ωστε:

Τὸ φῶς δὲν χρειάζεται ύλικὸ μέσο γιὰ νὰ διαδοθεῖ.

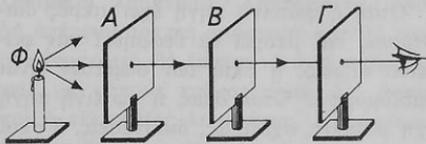
β) "Ενας λαμπτήρας, ποὺ φωτοβολεῖ στὴ μέση ἑνὸς δωματίου, φαίνεται απὸ δὲν τὶς πλευρές του και φωτίζει δλους τοὺς τοίχους. Τὸ φῶς τοῦ Ἡλίου κάνει νὰ φαί-

νονται οἱ πλανῆτες, ή Σελήνη και οἱ τεχνητοὶ δορυφόροι μὲ τὸν ἴδιο τρόπο, ἀνεξάρτητα ἀπὸ τὴ θέση ποὺ βρίσκονται ως πρὸς τὸν "Ἡλιο". "Ωστε:

Τὸ φῶς διαδίδεται πρὸς δὲν τὶς διευθύνσεις και κατὰ τὸν ἴδιο τρόπο.

γ) Υπὸ τοποθετήσουμε πάνω σὲ ἔνα τραπέζι ἔνα ἀναμμένο κερὶ και πάρουμε τρία διαφράγματα, ποὺ νὰ ἔχει τὸ καθένα μιὰ τρύπα στὸ ὑψοῦ τῆς φλόγας τοῦ κεριοῦ (σχ. 216) και βάλουμε τὸ μάτι μας σὲ κατάλληλη θέση, παρατηροῦμε δὴ ἡ φλόγα τοῦ κεριοῦ φαίνεται, μόνον ὅταν οἱ τρεῖς τρύπες, ἡ φλόγα και τὸ μάτι βρίσκονται σὲ εὐθεία γραμμή. "Ωστε:

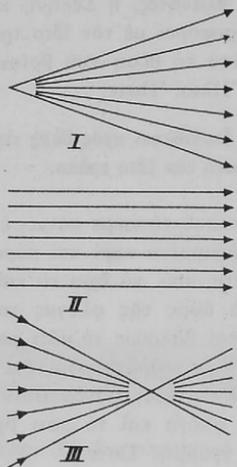
Τὸ φῶς διαδίδεται εὐθύγραμμα.



Σχ. 216. Οταν οἱ τρεῖς τρύπες βρίσκονται στὴν ἴδια εὐθεία μὲ τὴ φωτεινὴ πηγὴ και τὸ μάτι μας, βλέπομε τὸ φῶς τοῦ κεριοῦ.

δ) Υπὸ σὲ ἔνα σκοτεινὸ δωμάτιο μπεῖ φῶς τοῦ Ἡλίου απὸ ἔνα ἄνοιγμα, παρατηροῦμε μιὰ παραλλήλη φωτεινὴ δέσμη. "Αν τὸ ἄνοιγμα εἰναι πολὺ μικρό, π.χ. μία τρύπα μὲ διάμετρο 1 mm, ἡ δέσμη παρουσιάζεται λεπτή. Τέτοιες λεπτές φωτεινὲς δέσμες δύναμέται στὴ Φυσικὴ φωτεινὲς ἀκτίνες.

"Οταν οἱ ἀκτίνες μᾶς φωτεινῆς δέσμης κατευθύνονται σὲ ἔνα σημεῖο, ἡ δέσμη δύναμέται συγκλίνονσα (σχ. 217, III). 'Αντιθετα ἡ δέσμη λέγεται ἀποκλίνονσα, ὅταν οἱ ἀκτίνες τῆς, ἀφοῦ συγκεντρωθοῦν σ' ἔνα σημεῖο, ἀπομακρύνονται ἡ μιὰ ἀπὸ τὴν ἄλλη (σχ. 217, I).

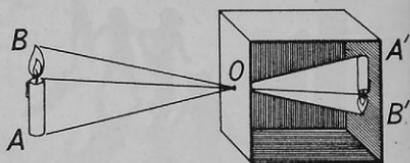


Σχ. 217. Φωτεινές δέσμες: (I) Ἀποκλίνουσα, (II) παράλληλη και (III) συγκλίνουσα.

Οταν ἡ φωτεινή πηγὴ ἔχει μικρές διαστάσεις καὶ μπορεῖ νὰ θεωρηθεῖ σὰν φωτεινὸς σημεῖο, ἡ σκιὰ τῶν σωμάτων εἶναι δύοιμορφη. "Οταν δώμας ἡ φωτεινὴ πηγὴ ἔχῃ μεγάλες, σχετικῶς, διαστάσεις, ἡ σκιὰ δὲν εἶναι δύοιμορφη. Στὴν περίπτωση αὐτὴ τὸ μέρος τῆς σκιᾶς ποὺ περιβάλλει τὴν κεντρικὴ σκιὰ καὶ εἶναι λιγότερο ἔντονο ἀπὸ αὐτὴ δύναμέται παρασκιὰ. Ἡ παρασκιὰ δὲν φωτίζεται ἀπὸ δλες τὶς περιοχὲς τῆς φωτεινῆς πηγῆς, ἀλλὰ μόνο ἀπὸ δρισμένες.

§ 218. Ἀποτελέσματα τῆς εὐθύγραμμης διαδόσεως τοῦ φωτός. 1) **Σκοτεινὸς θάλαμος.** Ὁ σκοτεινὸς θάλαμος στηρίζεται στὴν εὐθύγραμμῃ διάδοσῃ τοῦ φωτός. Ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕνα κλειστὸ ἀδιαφανὲς κιβώτιο, ποὺ ἔχει στὸ κέντρο μιᾶς ἔδρας του μιὰ μικρὴ τρύπα. Τὰ ἀντικείμενα ποὺ βρίσκονται μπροστὰ ἀπὸ τὴν τρύπα ἀπεικονίζονται στὴν ἀπέναντι ἀπὸ αὐτὴν ἔδρα ἀναστραμμένα (σχ. 218).

Ἐφαρμογὴ τοῦ σκοτεινοῦ θαλάμου ἔχομε στὴ φωτογραφικὴ μηχανή. Στὴ θέση τῆς τρύπας ὑπάρχει φακὸς καὶ στὴν ἀπέναντι ἔδρα τοποθετεῖται ἡ φωτογραφικὴ πλάκα.



Σχ. 218. Σκοτεινὸς θάλαμος.

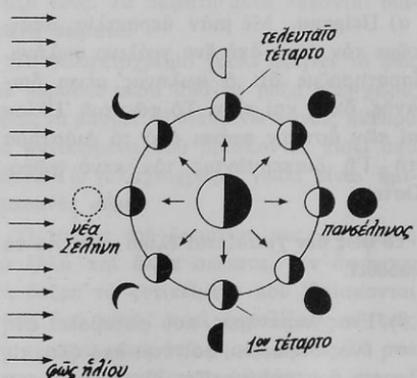
2) **Σκιὰ καὶ παρασκιά.** Ἡ σκιὰ καὶ ἡ παρασκιά, γιὰ τὶς δόποις μιλήσαμε παραπάνω, δφείλονται στὴν εὐθύγραμμῃ διάδοσῃ τοῦ φωτός.

3) **Φάσεις τῆς Σελήνης.** Ἐκλείψεις τοῦ Ἡλίου καὶ τῆς Σελήνης. α) Ἡ Σελήνη στὸ διάστημα περίπου ἐνὸς μηνὸς μᾶς παρουσιάζεται μὲ διαφορετικὲς μορφές, ποὺ τὶς δυναμάζομε συνήθως φάσεις τῆς Σελήνης.

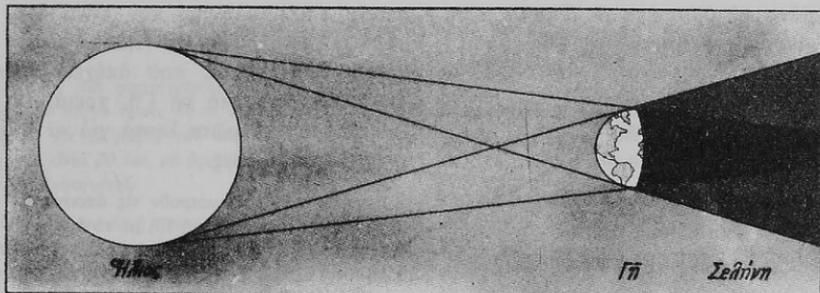
Ἡ μισὴ σεληνιακὴ σφαίρα, ποὺ είναι πάντοτε στραμμένη πρὸς τὸν Ἡλιο, φωτίζεται συνεχῶς, ἐνῷ ἡ ἄλλη μισὴ μένει πάντοτε σκοτεινὴ.

Ἐξαιτίας τῆς κυκλικῆς κινήσεως τῆς Σελήνης γύρῳ ἀπὸ τὴ Γῆ βλέπουμε ἀνάλογα μὲ τὴν τοποθέτηση τοῦ Ἡλίου, τῆς Γῆς καὶ τῆς Σελήνης, δόλοκληρο τὸ φωτισμένο τμῆμα τοῦ δορυφόρου μας (πανσέληνος) καὶ κατόπιν ὅλο καὶ μικρότερο τμῆμα τοῦ σεληνιακοῦ δίσκου (σχ. 219), ὁπότου ἡ Σελήνη πάψει νὰ φαίνεται στὸν οὐρανὸ (νέα Σελήνη).

β) Ἡ Γῆ καὶ ἡ Σελήνη είναι σκιερὰ σώματα καὶ σχηματίζουν μὰ κονικὴ σκιά. Ἡ σκιὰ αὐτὴ είναι ἡ αἰτία τῶν ἐκλείψεων τοῦ Ἡλίου καὶ τῆς Σελήνης. Πραγματικά, δταν ἡ Σελήνη, ὅπως δείχνει



Σχ. 219. Οἱ φάσεις τῆς Σελήνης.



Σχ. 220. "Όταν ή Σελήνη μπει στὸ σκιερὸ κῶνο τῆς Γῆς, γίνεται δόλικὴ ἔκλειψη Σελήνης.

τὸ σχῆμα 220, μπεῖ στὸν κῶνο τῆς σκιᾶς τῆς Γῆς, παύει νὰ φωτίζεται ἀπὸ τὸν Ἡλιο καὶ ἔτσι δὲν εἶναι πιὰ δρατή.

Τὸ φαινόμενο αὐτὸ δόνομάζεται ἔκλειψη Σελήνης.

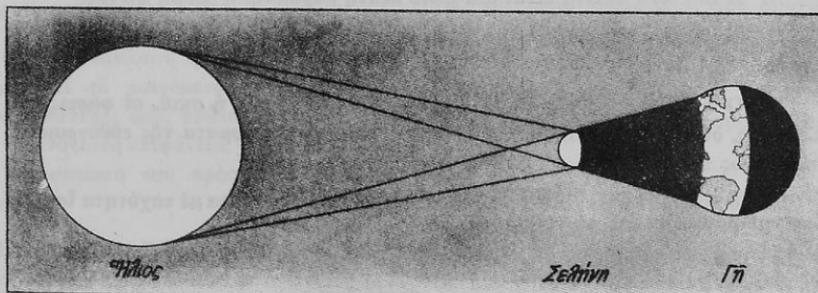
Ἡ ἔκλειψη μπορεῖ νὰ εἶναι δόλική, δαν δόλοκληρη ή Σελήνη μπαίνει στὸ σκιερὸ κῶνο τῆς Γῆς, ἢ μερική, δαν μπαίνει ἕνα μέρος τῆς μόνο καὶ φωτίζεται τὸ ἄλλο. Οἱ ἔκλειψεις τῆς Σελήνης γίνονται κατὰ τὴν πανσέληνο. Ἡ Γῆ βρίσκεται τότε ἀνάμεσα στὸν Ἡλιο καὶ στὴ Σελήνη.

Όταν ή Σελήνη, δπως δείχνει τὸ σχῆμα 221, μπεῖ ἀνάμεσα στὸν Ἡλιο καὶ στὴ Γῆ, μπορεῖ νὰ σκεπάσει τὸν Ἡλιο· τότε λέμε δτὶ ἔχομε ἔκλειψη Ἡλίου. ቩ ἔκλειψη Ἡλίου συμβαίνει κατὰ τὴν νέα Σελήνη καὶ μπορεῖ νὰ εἶναι ὀλική ἢ μερική ἢ δακτυλιοειδής, δαν ή Σελήνη σκεπάζει τὸν ἡλιακὸ δίσκο ἀφίνοντας νὰ φαίνεται μόνο ἕνας φωτεινὸς δακτύλιος.

§ 219. Ταχύτητα τοῦ φωτός. "Όταν ἔχουμε καταιγίδα, ἀκοῦμε τὴ βροντή, ἀφοῦ

περάσουν μερικὰ δευτερόλεπτα ἀπὸ τὴ στιγμὴ ποὺ εἰδαμε τὴν ἀστραπή. Ἀπὸ αὐτὸ συμπεραίνομε δτὶ τὸ φῶς διαδίδεται γρηγορότερα ἀπὸ τὸν ἥχο.

Τὸ δτὶ ή διάδοση τοῦ φωτὸς γίνεται μὲ ἔξαιρετικὰ μεγάλη ταχύτητα, μπορεῖ νὰ τὸ παρατηρήσει κανείς, ἂν βρεθεῖ σὲ ἕνα μακρὺ δρόμο τὴ στιγμὴ ποὺ ἀνάβουν οἱ ἡλεκτρικοὶ λαμπτήρες. Πραγματικά, ἐπειδὴ ἀπέχουν ἀρκετὴ ἀπόσταση μεταξύ τους οἱ φανοστάτες, θὰ ἔπρεπε νὰ ἀντιληφθεῖ κανείς μὲ κάποια καθυστέρηση δτὶ ἄναψε καὶ δ τελευταῖος λαμπτήρας. Παρακολουθώντας δμως τὸ ἄναμμα τῶν λαμπτήρων, ἔχομε τὴν ἐντύπωση δτὶ δλοὶ ἀνάβουν σύγχρονα. Αὐτὸ δφείλεται στὸ δτὶ τὸ φῶς διαδίδεται μὲ τόσο μεγάλη ταχύτητα, ποὺ δὲν μποροῦμε νὰ τὴν παρατηρήσουμε



Σχ. 221. Μέσα στὴν κυρίως σκιὰ τῆς Σελήνης συμβαίνει δόλικὴ ἔκλειψη τοῦ Ἡλίου, ἐνδ μέσα στὴν παρασκιὰ μερική ἔκλειψη.

παρά μόνο μὲ δόρισμένα βοηθητικά μέσα.

Μὲ ἀκριβεῖς μετρήσεις οἱ Φυσικοὶ ἔξα-
κριβώσαν δι:—

Ἡ ταχύτητα ε τοῦ φωτὸς στὸ κενὸν καὶ
τὸ ἴδιο περίπου καὶ στὸν ἀέρα, εἶναι ἵση μὲ
300 000 χιλιόμετρα τὸ δευτερόλεπτο. Δηλαδὴ:

$$c = 300\,000 \text{ km/sec}$$

Μὲ τὴν ταχύτητα αὐτὴ τὸ φῶς διατρέ-
χει σε 1 δευτερόλεπτο διάστημα ἵσο μὲ 7,5
φορὲς τὴν περίμετρο τῆς Γῆς, ἐνῷ τὴν ἀπό-

σταση Γῆς - Σελήνης, ποὺ εἶναι ἵση μὲ
384 000 km περίπου, σὲ 1,2 sec.

Ἄπὸ τὸν Ἡλίο, ποὺ ἀπέχει περίπου
150 000 000 km ἀπὸ τὴν Γῆ, χρειάζεται τὸ
φῶς 8 καὶ 1/3 πρᾶτα λεπτὰ γιὰ νὰ φτάσει
στὸν πλανήτη μας.

Στὴν Ἀστρονομία μετροῦν τὶς ἀποστάσεις τῶν
ἀπλανῶν ἀστέρων ἀπὸ τὴν Γῆ μὲ τὸ διάστημα ποὺ
διατρέχει μιὰ φωτεινὴ ἀκτίνα σὲ 1 χρόνο. Ἡ μονάδα
αυτὴ ὀνομάζεται ἑτος φωτός. Δηλαδὴ εἶναι:
1 ἑτος φωτός = 300 000 km · 365 · 24 · 60 · 60 =
 $9,46 \cdot 10^{12} \text{ km} \quad \& \quad 10 \text{ δισεκατομμύρια χιλιόμετρα}$
περίπου.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Τὸ αἴτιο ποὺ διεγείρει τὸ μάτι καὶ μᾶς κάνει νὰ βλέπουμε ὀνομάζεται φῶς.
2. Τὰ σώματα ποὺ ἐκπέμπουν δικό τους φῶς ὀνομάζονται αὐτόφωτα σώματα ἡ
φωτεινὲς πηγές. Τὰ σώματα ποὺ γίνονται ὀρατά, δταν φωτίζονται ἀπὸ ἄλλα σώματα,
ὄνομάζονται ἑτερόφωτα.
3. Τὰ σώματα, ποὺ ἀφήνουν τὸ φῶς νὰ περάσει ἀπὸ τὴν μάζα τους, ὀνομάζονται
διαφανή. Τὰ ἡμιδιαφανὴ σώματα δὲν ἀφήνουν νὰ δοῦμε καθαρὰ τὰ ἀντικείμενα
ποὺ βρίσκονται πίσω τους, ἀφήνουν ὅμως τὸ φῶς νὰ περάσει μέσα ἀπὸ τὴν μάζα τους.
4. Τὰ ἀδιαφανὴ σώματα δὲν ἀφήνουν τὸ φῶς νὰ περάσει μέσα ἀπὸ τὴν μάζα τους.
Πίσω ἀπὸ τὰ ἀδιαφανὴ σώματα σχηματίζεται σκιά.
5. Ὄταν οἱ φωτεινὲς πηγές δὲν εἶναι φωτεινὰ σημεῖα, ἔχομε σκιὰ καὶ παρασκιά.
6. Τὸ φῶς δὲν χρειάζεται ὄλικὸ μέσο γιὰ νὰ διαδοθεῖ· διαδίδεται ἰσότροπα,
δηλαδὴ κατὰ τὸν ἴδιο τρόπο πρὸς ὅλες τὶς διευθύνσεις, καὶ εὐθύγραμμα.
7. Ἡ φωτεινὴ ἀκτίνα εἶναι μία πολὺ λεπτὴ παράλληλη δέσμη φωτός.
8. Οἱ φωτεινὲς δέσμες μπορεῖ νὰ είνας συγκλίνουσες, ἀποκλίνουσες ἢ παράλ-
ληλες.
9. Ὁ σχηματισμὸς τῆς εἰκόνας στὸ σκοτεινὸ θάλαμο, ἡ σκιά, οἱ φάσεις τῆς
Σελήνης, οἱ ἐκλείψεις Ἡλίου καὶ Σελήνης, εἶναι ἀποτελέσματα τῆς εὐθύγραμμῆς
διαδόσεως τοῦ φωτός.
10. Τὸ φῶς διαδίδεται στὸ κενὸν καὶ περίπου ὅμοια στὸν ἀέρα μὲ ταχύτητα ἵση μὲ:

$$c = 300\,000 \text{ km/sec}$$

158. Μια μιά φωτογραφική μηχανή φωτογραφίζεμε énan πόρχο ύψους 40 m, πού βρίσκεται 300 m μακριά. *"Αν τὸ βάθος τοῦ σκοτεινοῦ θαλάμου τῆς μηχανῆς είναι 30 cm, νὰ βρεθεῖ τὸ ύψος τῆς εἰκόνας ποὺ θὰ ἐμφανιστεῖ.*

(*Απ. 4 cm.*)

159. Μία κυκλική φωτεινή πηγὴ ἔχει διάμετρο 4 cm και βρίσκεται σὲ ἀπόσταση 50 cm ἀπὸ énan ἀδιαφανή δόσο, διαμέτρου 20 cm. Νὰ βρεθῶν οἱ διάμετροι τῆς σκιᾶς και τῆς παρασκιᾶς, ποὺ θὰ ἐμφανιστοῦν σὲ μιὰ θύρη, πού ἀπέχει 1 m ἀπὸ τὸ ἀδιαφανὲς σῶμα.

(*Απ. 52 cm, 8 cm.*)

160. *"Η ἀπόσταση τῆς τρύπας énos σκοτεινοῦ θαλάμου ἀπὸ τὴν ἀπέναντι ἔδρα του είναι 30 cm.*

ΜΓ' — ΑΝΑΚΛΑΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ. ΕΠΙΠΕΔΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

§ 220. Διάχυτη και κανονική ἀνάκλαση τοῦ φωτός. Απὸ τὴν πείρα γνωρίζομε δτι, γιὰ νὰ βλέπουμε τὰ διάφορα ἀντικείμενα, πρέπει νὰ μπαίνουν στὰ μάτια μας φωτεινὲς ἀκτίνες ποὺ προέρχονται ἀπὸ τὰ ἀντικείμενα αὐτά. Οἱ ἐπιφάνειες ὅμως τῶν περισσότερων ἀντικειμένων είναι συνήθως τραχιὲς και τὸ φῶς ποὺ πέφτει ἐπάνω τους διευθύνεται κατόπιν ἀκανόνιστα πρὸς δλες τὶς διευθύνσεις (*σχ. 222*). Τὸ φαινόμενο αὐτὸ δονομάζεται διάχυτη ἀνάκλαση ή ἀπλῶς διάχυση τοῦ φωτός. *"Ωστε:*

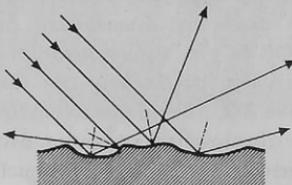
Διάχυτη ἀνάκλαση η διάχυση τοῦ φωτός δονομάζεται τὸ φαινόμενο, κατὰ τὸ δόποιο, δταν προσπέσει φῶς ἐπάνω σὲ μιὰ τραχιὰ και ἀκανόνιστη ἐπιφάνεια, διευθύνεται μετὰ τὴν πρόσπτωσή του πρὸς δλες τὶς διευθύνσεις.

Ἐξαιτίας τοῦ διάχυτου ἡλιακοῦ φωτός, φωτιζόμαστε πρὶν ἀνατείλει δ "Ηλιος (λυκανγές ή χαραυγὴ) και δταν ἔχει δύσει (λυκόφως ή σούρουπο), δπως ἐπίσης και δταν είναι συννεφιά. Στὶς περιπτώσεις αὐτὲς

Πόσο είναι τὸ ύψος τοῦ ειδώλου énos ἀντικειμένου ύψους 20 cm, ποὺ ἀπέχει 75 cm ἀπὸ τὴν τρύπα; (*Νὰ γίνει γραφικὴ λύση τοῦ προβλήματος.*) (*Απ. 8 cm.*)

161. Τὸ μῆκος énos σκοτεινοῦ θαλάμου είναι 24 cm. Σὲ πόση ἀπόσταση ἀπὸ τὸ ἀνοιγμα πρέπει νὰ τοποθετήσουμε ἔνα ἀντικείμενο, γιὰ νὰ σχηματιστεῖ εἰκόνα τοῦ ἀντικειμένου διπλάσιου ύψους; (*Νὰ γίνει γραφικὴ λύση.*) (*Απ. 12 cm.*)

162. Οἱ ἡλιακὲς ἀκτίνες προσπίπτουν (πέφτουν) μὲ γωνία 60° στὸ ἔδαφος και σχηματίζουν τὴ σκιὰ énos δέντρου. *"Αν τὸ μῆκος τῆς σκιᾶς είναι 7 m, πόσο είναι τὸ ύψος τοῦ δέντρου;* (*Νὰ γίνει γραφικὴ λύση.*) (*Απ. 12 m.*)

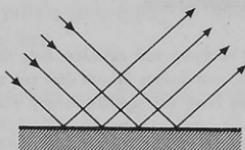


Σχ. 222. Διάχυση τοῦ φωτός.

τὸ φῶς φτάνει στὰ μάτια μας, ἀφοῦ προσπέσει διαδοχικὰ σὲ αἰωρούμενα μόρια σκόνης και ἄλλα σωματίδια, ποὺ βρίσκονται στὴν ἀτμόσφαιρα, και ἀφοῦ πάθει ἀλλεπάλληλες διαχύσεις.

Ἐφαρμογὴ τῆς διαχύσεως ἔχομε στοὺς λεγόμενους κρυφούς φωτισμοὺς τῶν αἰθουσῶν κλπ.

Αν ἀπὸ μιὰ τρύπα énos σκοτεινοῦ θάλαμου δεχτοῦμε μιὰ δέσμη ἡλιακῶν ἀκτίνων και τὴν ἀφήσουμε νὰ προσπέσει ἐπάνω σὲ μιὰ στιλπνὴ μεταλλικὴ πλάκα, θὰ παρατηρήσουμε δτι τὸ φῶς θὰ ἀλλάξει διεύθυνση διαδόσεως, χωρὶς νὰ πάθει διάχυση (*σχ. 223*). Τὸ φαινόμενο αὐτὸ δονομάζεται

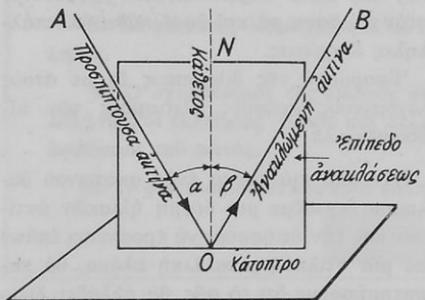


Σχ. 223. Άνάκλαση τοῦ φωτός.

κανονική άνάκλαση τοῦ φωτός ή ἀπλῶς άνάκλαση τοῦ φωτός. "Οστε:

Κανονικὴ άνάκλαση η άνάκλαση τοῦ φωτός δύναμέται τὸ φαινόμενο κατὰ τὸ δόποιο τὸ φῶς ἀλλάζει πορεία διαδόσεως, διαν συναντήσει στὸν δρόμο του μιὰ λεία καὶ στιλπνὴ ἐπιφάνεια.

§ 221. Νόμοι τῆς άνακλάσεως τοῦ φωτός. Στὸ σχῆμα 224 ή ΑΟ δείχνει τὴ διεύθυνση μιᾶς φωτεινῆς ἀκτίνας, ποὺ συναντᾶ στὴν πορείᾳ της μιὰ λεία καὶ στιλπνὴ ἐπίπεδη πλάκα, τὴν ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνεια, ἐνῷ ή ΟΒ δείχνει τὴ διεύθυνση τῆς φωτεινῆς ἀκτίνας ὑστερα ἀπὸ τὴν άνάκλαση. Ἡ ἀκτίνα ΑΟ, ἡ δόποια συναντᾶ στὴν πορείᾳ της τὴν άνακλαστικὴν ἐπιφάνεια, δύναμέται προσπίπτουσα ἀκτίνα, ἐνῷ τὸ σημεῖο Ο, διποὺ συναντᾶ τὴν άνακλαστικὴν ἐπιφάνεια, δύναμέται σημεῖο προσπτώσεως. Ἡ ΟΒ, ποὺ ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὴν άνακλαστικὴν ἐπιφάνεια, δύναμέται άνακλώμενη ἀκτίνα.



Σχ. 224. Γιὰ τὴν ἔξηγηση τῶν νόμων τῆς άνακλάσεως τοῦ φωτός.

"Αν φέρουμε τὴν εὐθεία ΟΝ κάθετη στὴν ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνεια, θὰ σχηματιστοῦν δύο γωνίες. Ἡ γωνία ΑΟΝ, ποὺ σχηματίζεται ἀπὸ τὴν προσπίπτουσα ἀκτίνα καὶ τὴν κάθετο στὸ σημεῖο προσπτώσεως, δύναμέται γωνία προσπτώσεως" ή γωνία NOB, ποὺ σχηματίζεται ἀπὸ τὴν κάθετο στὸ σημεῖο προσπτώσεως καὶ τὴν ἀνακλώμενη ἀκτίνα, δύναμέται γωνία ἀνακλάσεως. Τὸ ἐπίπεδο ποὺ δρίζεται ἀπὸ τὴν προσπίπτουσα καὶ τὴν ἀνακλώμενη ἀκτίνα δύναμέται ἐπίπεδο προσπτώσεως.

"Ἡ άνάκλαση τοῦ φωτός ἀκολουθεῖ τοὺς ἔξης δύο νόμους:

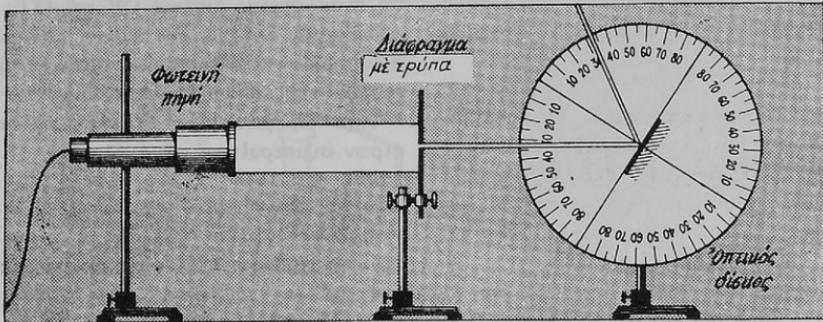
1ος Νόμος. Τὸ ἐπίπεδο προσπτώσεως, ποὺ δρίζεται ἀπὸ τὴν προσπίπτουσα καὶ τὴν ἀνακλώμενη ἀκτίνα, εἰναι κάθετο στὴν ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνεια.

2ος Νόμος. Ἡ γωνία προσπτώσεως εἰναι ἵση μὲ τὴ γωνία άνακλάσεως.

§ 222. Πειραματικὴ ἀπόδειξη τῶν νόμων τῆς άνακλάσεως. Τὸ σχῆμα 225 δείχνει μιὰν ἀπλὴ συσκευὴ, μὲ τὴν δόποια μποροῦμε νὰ ἀποδείξουμε ἴκανοποιητικὰ τοὺς νόμους τῆς άνακλάσεως. Ἀπὸ μιὰ τρύπα ἀφήνομε νὰ περάσει μιὰ λεπτὴ παράλληλη φωτεινὴ δέσμη. Ἡ τροχιὰ τῆς φαίνεται ἀπὸ τὸ φωτεινό ἵχνος ποὺ σχηματίζεται ἐπάνω σ' ἔναν λευκὸ καὶ λεπτὸ κατακόρυφο δίσκο, ποὺ φέρει ὑποδιαιρέσεις σὲ μοῖρες καὶ εἰναι τοποθετημένος ἔτσι, ὥστε ἡ ἐπιφάνεια του νὰ συμπίπτει μὲ τὴ διεύθυνση διαδόσεως τῆς φωτεινῆς δέσμης.

Στὸ κέντρο τοῦ δίσκου ὑπάρχει ἔνα μικρὸ ἐπίπεδο κάτοπτρο. "Ετσι η προσπίπτουσα ἀκτίνα ἀνακλᾶται καὶ ἡ ἀνακλώμενη ἀκτίνα δίνει τὸ φωτεινό της ἵχνος ἐπίσης ἐπάνω στὸ δίσκο.

"Ἀπὸ τὴ μέτρηση τῶν γωνιῶν προσπτώσεως καὶ άνακλάσεως βλέπομε δὴ αὐτὲς οἱ δύο γωνίες εἰναι ἴσες. Ἐξάλλου, ἀφοῦ τὰ ἵχνη τῶν δύο ἀκτίνων σχηματίζονται ἐπάνω



Σχ. 225. Πειραματική διάταξη γιὰ τὴν ἐπαλήθευση τῶν νόμων τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός.

στὸν κατακόρυφο δίσκο, συμπεραίνομε δτὶ οἱ ἀκτίνες βρίσκονται σὲ ἐπίπεδο κάθετο στὴν ἀνακλαστικὴ ἐπιφάνεια (γιατὶ ὁ κατακόρυφος δίσκος εἶναι κάθετος στὸ κάτοπτρο).

§ 223. Ἀρχὴ τῆς ἀντίστροφης πορείας τοῦ φωτός. Πειραματικὰ ἀποδεικνύεται δτὶ, ὃν τὸ φῶς ἀκολουθεῖ στὴ διάδοσή του μιὰ δρισμένη πορεία, εἶναι δυνατὸ νὰ διαδοθεῖ ἀκολουθώντας καὶ τὴν ἀντίστροφη ἀκριβῶς πορεία. Ἔτσι, ὅταν μιὰ φωτεινὴ ἀκτίνα ἀνακλᾶται καὶ ἀκολουθεῖ τὴ διεύθυνση ΑΟΒ (σχ. 224), εἶναι δυνατὸ νὰ διαδοθεῖ καὶ κατὰ τὴ διεύθυνση ΒΟΑ.

Ἡ ἴδιοτητα αὐτὴ τοῦ φωτός εἶναι γνωστὴ μὲ τὴν δονομασία ἀρχὴ τῆς ἀντίστροφῆς πορείας τοῦ φωτός.

§ 224. Κάτοπτρα. Στὴ Φυσικὴ δονομάζομε κάτοπτρο κάθε λεία καὶ στιλπνὴ ἐπιφάνεια, ἡ δοπία ἀνακλᾶ τὸ φῶς ποὺ προσπίπτει ἐπάνω τῆς σύμφωνα μὲ τοὺς γνωστοὺς νόμους τῆς ἀνακλάσεως.

Ἀνάλογα μὲ τὴ μορφὴ τῆς ἀνακλαστικῆς ἐπιφάνειας διακρίνονται τὰ κάτοπτρα σὲ διάφορους τύπους. Ἔτσι, ὃν ἡ ἀνακλαστικὴ ἐπιφάνεια εἶναι ἐπίπεδη, τὸ κάτοπτρο δονομάζεται ἐπίπεδο (σχ. 226).

Ἄν τὴ ἀνακλαστικὴ ἐπιφάνεια εἶναι σφαι-



Σχ. 226. Ἡ ἡρεμη ἐπιφάνεια μιᾶς λίμνης ἀποτελεῖ ἐπίπεδο κάτοπτρο.

ρική, τὸ κάτοπτρο δονομάζεται σφαιρικό. Στὴν περίπτωση δμῶς τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων διακρίνομε κοῖλα καὶ κυρτὰ σφαιρικὰ κάτοπτρα.

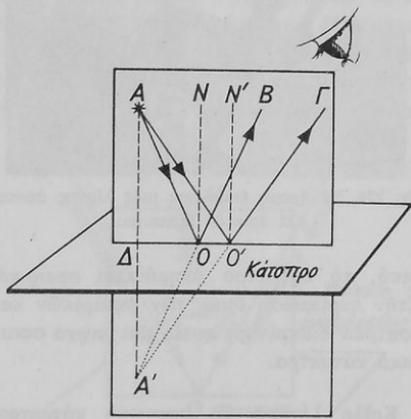
Κοῦλο λέγεται τὸ σφαιρικὸ κάτοπτρο, ὅταν ἔχει σὰν ἀνακλαστικὴ ἐπιφάνεια τὸ ἐσωτερικὸ τῆς σφαίρας. Κυρτὸ λέγεται τὸ

σφαιρικό κάτοπτρο, όταν έχει σάν άνακλαστική έπιφάνεια τὸ ἔξωτερικὸ μέρος τῆς σφαίρας.

§ 225. Ἐπίπεδα κάτοπτρα. Ἀν σταθοῦμε μπροστά σὲ ἕνα ἐπίπεδο κάτοπτρο, παρατηροῦμε πίσω ἀπὸ τὸ γυαλὶ του ἔνα διοίωμα τοῦ ἑαυτοῦ μας, ὅπως ἐπίσης καὶ τῶν ἀντικειμένων ποὺ βρίσκονται μπροστά ἀπὸ τὸ κάτοπτρο.

"Ο,τι βλέπομε μέσα στὸ κάτοπτρο, δὲν ὑπάρχει βέβαια στὴν πραγματικότητα, ἀλλὰ σχηματίζεται ἀπὸ τὶς ἀκτίνες, οἵ δόποιες, ἀφοῦ προσπέσουν στὸ κάτοπτρο, ἀνακλῶνται σύμφωνα μὲ τοὺς νόμους τῆς ἀνακλάσεως καὶ συναντοῦν κατὰ τὴν ἀνάκλασή τους τὰ μάτια μας. Ἔτσι μᾶς δημιουργοῦν τὴν ἐντύπωση ὅτι προέρχονται ἀπὸ σημεῖα ποὺ βρίσκονται πίσω ἀπὸ τὸ κάτοπτρο καὶ σχηματίζουν μὲ αὐτὸ τὸν τρόπο διοιώματα τῶν ἀντικειμένων, ποὺ τὰ δυνομάζομε φανταστικὰ εἰδῶλα.

Τὸ σχῆμα 227 δείχνει τὸ σχηματισμὸ τοῦ φανταστικοῦ εἰδώλου Α' ἐνὸς φωτεινοῦ σημείου Α, ποὺ βρίσκεται μπροστά ἀπὸ ἔνα ἐπίπεδο κάτοπτρο. Τὸ μάτι δέχεται



Σχ. 227. Τὸ φανταστικὸ εἰδώλο Α' τοῦ φωτεινοῦ σημείου Α ἐίναι συμμετρικὸ ως πρὸς τὸ κάτοπτρο.

τὶς ἀνακλώμενες ἀκτίνες ΟΒ καὶ ΟΓ, τὶς προεκτείνει καὶ τὶς βλέπει νὰ τέμνονται στὸ σημεῖο Α', ὅπου σχηματίζεται τὸ φανταστικὸ εἰδώλο τοῦ σημείου Α.

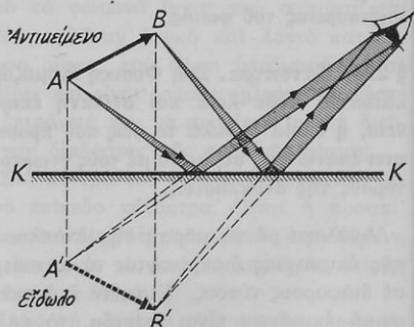
'Απὸ τὴν μελέτη τῶν ἐπίπεδων κατόπτρων συμπεραίνομε τὰ ἀκόλουθα.

a) Τὰ εἰδώλα ποὺ δίνουν τὰ ἐπίπεδα κάτοπτρα είναι φανταστικά, δὲν σχηματίζονται δηλαδὴ ἀπὸ τὶς φωτεινὲς ἀκτίνες, ἀλλὰ ἀπὸ τὶς προεκτάσεις τους, καὶ βρίσκονται πίσω ἀπὸ τὸ κάτοπτρο.

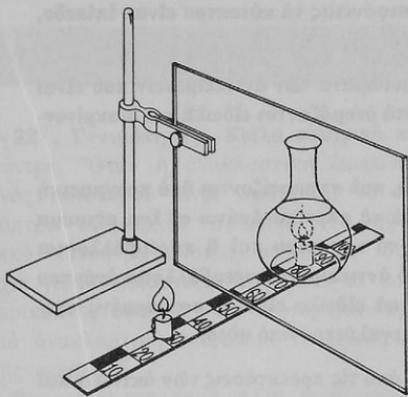
b) Τὰ εἰδώλα είναι συμμετρικὰ μὲ τὰ ἀντικείμενα ως πρὸς τὸ ἐπίπεδο τοῦ κατόπτρου καὶ δὲν είναι ἐφαρμόσιμα μὲ τὰ ἀντικείμενα. Εἰδώλα καὶ ἀντικείμενα ἔχουν μεταξὺ τους τὴν σχέση δεξιᾶς καὶ ἀριστερῆς παλάμης.

Στὴ σχέση συμμετρίας εἰδώλου καὶ ἀντικειμένου διφείλεται τὸ ὅτι δὲν μποροῦμε νὰ διαβάσουμε τὴ σελίδα ἐνὸς βιβλίου, ποὺ καθρεφτίζεται μέσα σ' ἔνα ἐπίπεδο κάτοπτρο.

§ 226. Ἀπεικόνιση ἀντικειμένου ἀπὸ ἐπίπεδο κάτοπτρο. Τὸ εἰδώλο Α'Β' ἐνὸς ἀντικειμένου ΑΒ (σχ. 228) σχηματίζεται μὲ εὐκολία, ἀν κατασκευάσουμε τὰ συμμετρικά Α' καὶ Β' τῶν ἄκρων τοῦ ἀντικειμένου.



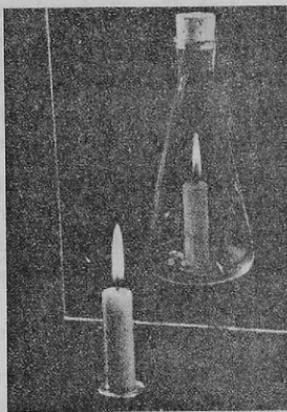
Σχ. 228. Γεωμετρικὸ διάγραμμα σχηματισμοῦ τοῦ φανταστικοῦ εἰδώλου ἐνὸς ἀντικειμένου.



Σχ. 229. Τὸ εἰδῶλο καὶ τὸ ἀντικείμενο εἶναι συμμετρικά ώς πρὸς τὸ κάτοπτρο.

vou A καὶ B, ώς πρὸς τὸ κάτοπτρο. Ἀπὸ τὸ σχῆμα φαίνεται δτὶ τὸ εἰδῶλο ἔχει ἀναστραφεῖ πλευρικά. Δὲν εἶναι δηλαδὴ ἐφαρμόσιμο μὲ τὸ ἀντικείμενο, ἐπειδὴ τὸ ἀριστερὸ τοῦ ἀντικειμένου ἀπεικονίζεται σὰν δεξιὸ τοῦ εἰδώλου καὶ ἀντίστροφα.

Τὸ δτὶ ἡ ἀπόσταση τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὸ κάτοπτρο εἶναι ἵση μὲ τὴν ἀπόσταση τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τὸ κάτοπτρο, μποροῦμε



Σχ. 229, α. Φωτογραφία τοῦ ἀντικειμένου καὶ τοῦ εἰδώλου του, μιᾶς διατάξεως ὥσπες τοῦ σχ. 229.

νὰ τὸ δεῖξουμε μὲ τὴ διάταξη τοῦ σχήματος 229, καὶ 229 α, ὅπου ἀντὶ γιὰ κάτοπτρο τοποθετοῦμε ἔνα διαφανὲς καὶ στιλπνὸ γυαλὶ καὶ πίσω ἀπὸ αὐτὸ μιὰ γυάλινῃ φιάλη. Ἡ φλόγα τοῦ εἰδώλου τοῦ κεριοῦ φαίνεται νὰ καίει μέσα στὸ νερὸ τῆς φιάλης, ἐνῶ ἡ ἴσοτητα τῶν ἀποστάσεων εἰδώλου καὶ ἀντικειμένου μετριέται μὲ τὴ βοήθεια τοῦ ἀριθμημένου κανόνα.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. "Οταν τὸ φῶς πέφτει ἐπάνω σὲ μιὰ λεία καὶ στιλπνὴ ἐπιφάνεια, παθαίνει ἀνάκλαση. Ἐν ἡ ἐπιφάνεια εἶναι τραχιὰ καὶ ἀκανόνιστη, τὸ φῶς παθαίνει διάχυση. Ἐξαιτίας τῆς διαχύσεως ἔχομε φῶς καὶ ὅταν δὲν φωτιζόμαστε ἀπ' εὐθείας ἀπὸ μία φωτεινὴ πηγὴ.

2. "Η ἀνάκλαση ἀκολουθεῖ τοὺς ἔξῆς δύο νόμους: α) Ἡ προσπίπτουσα καὶ ἡ ἀνακλώμενη ἀκτίνα δρίζουν ἔνα ἐπίπεδο, ποὺ εἶναι κάθετο στὴν ἀνακλαστικὴ ἐπιφάνεια. β) Ἡ γωνία προσπτώσεως εἶναι ἵση μὲ τὴ γωνία ἀνακλάσεως.

3. "Οταν τὸ φῶς ἀκολουθεῖ ἔναν ὄρισμένο δρόμο κατὰ τὴ διάδοσή του, εἶναι δυνατὸ νὰ διαδοθεῖ ἀκολουθώντας καὶ τὴν ἀντίστροφη ἀκριβῶς πορεία.

4. Κάθε λεία καὶ στιλπνὴ ἐπιφάνεια, ἡ ὁποία ἀνακλᾶ κανονικὰ τὸ φῶς ποὺ πέφτει σ' αὐτὴ σύμφωνα μὲ τοὺς νόμους τῆς ἀνακλάσεως, ὀνομάζεται κάτοπτρο. 'Α-

νάλογα μὲ τὸ εἰδος τῆς ἀνακλαστικῆς τους ἐπιφάνειας τὰ κάτοπτρα εἶναι ἐπίπεδα, σφαιρικὰ (κυρτὰ ἢ κοῖλα), κυλινδρικὰ κλπ.

5. Τὰ διάφορα κάτοπτρα σχηματίζουν δόμοιώματα τῶν ἀντικειμένων ποὺ εἶναι τοποθετημένα μπροστά τους. Τὰ δόμοιώματα αὐτὰ δονομάζονται εἰδωλα καὶ διακρίνονται σὲ πραγματικὰ ἢ φανταστικά.

6. Πραγματικὰ λέγονται τὰ εἰδωλα ἑκεῖνα, ποὺ σχηματίζονται ἀπὸ πραγματικὴ σύμπτωση τῶν ἀκτίνων καὶ ποὺ μποροῦμε νὰ τὰ πάρουμε ἐπάνω σὲ ἔνα πέτασμα (μικρὴ δόθονη). Σχηματίζονται μπροστὰ ἀπὸ τὸ κάτοπτρο καὶ ἢ παρεμβάλλονται ἀνάμεσα στὸ ἀντικείμενο καὶ στὸ κάτοπτρο ἢ τὸ ἀντικείμενο παρεμβάλλεται ἀνάμεσα στὸ κάτοπτρο καὶ στὸ εἰδωλό του. Τὰ πραγματικὰ εἰδωλα εἶναι ἀναστραμμένα σχετικὰ μὲ τὸ ἀντικείμενο καὶ μικρότερα, ίσα ἢ μεγαλύτερα ἀπὸ αὐτό.

7. Τὰ φανταστικὰ εἰδωλα σχηματίζονται ἀπὸ τὶς προεκτάσεις τῶν ἀκτίνων καὶ βρίσκονται πάντα πίσω ἀπὸ τὸ κάτοπτρο. Εἶναι ὅρθια καὶ μποροῦν νὰ εἶναι ίσα, μεγαλύτερα ἢ μικρότερα ἀπὸ τὰ ἀντικείμενα.

8. Τὰ ἐπίπεδα κάτοπτρα δίνουν εἰδωλα φανταστικά, συμμετρικὰ μὲ τὰ ἀντικείμενα ως πρὸς τὴν ἐπιφάνεια τοῦ κατόπτρου καὶ μὴ ἐφαρμόσιμα μὲ τὰ ἀντικείμενα.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

163. Ἡ γωνία ἀνάμεσα σὲ μιὰ διπτικὴ ἀκτίνα καὶ στὴν ἐπιφάνεια, ὃπου προσπίπτει ἡ ἀκτίνα, εἶναι 42°. Πόση εἶναι ἡ γωνία ἀνακλάσεως;

('Απ. 48.).

164. Ἡ γωνία προσπτώσεως μιᾶς διπτικῆς ἀκτίνας μεγαλώνει κατὰ 15°. Κατὰ πόσες μοῖρες μεγαλώνει ἡ γωνία, ποὺ σχηματίζεται ἀπὸ τὴν προσπτώσεως καὶ τὴν ἀνακλώμενη ἀκτίνα;

('Απ. 30 μοῖρες.)

165. Ἡ ἀπόσταση ἐνὸς ἀντικείμενον ἀπὸ τὸ εἴδωλό του, ποὺ σχηματίζεται μέσα σ' ἔνα ἐπίπεδο κάτοπτρο, εἶναι 70 cm. Πόσο ἀπέχει τὸ ἀντικείμενο ἀπὸ τὸ κάτοπτρο;

('Απ. 35 cm.)

166. Ἐνας ἄνθρωπος, ποὺ βρίσκεται μπροστὰ ἀπὸ ἔνα ἐπίπεδο κάτοπτρο, ἀπομαρφύνεται 1,50 m ἀπὸ τὸ κάτοπτρο. Πόσο αὐξάνεται ἡ ἀπόσταση τοῦ ἀνθρώπου ἀπὸ τὸ εἴδωλό του;

('Απ. 3 m.).

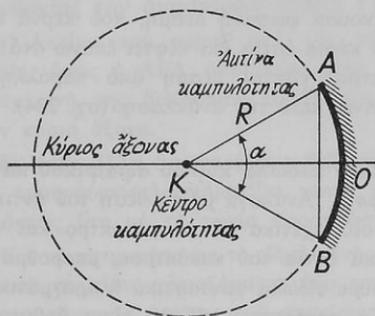
167. Ἡ ἀνακλαστικὴ ἐπιφάνεια ἐνὸς ἐπίπεδον κατόπτρου συμπίπτει μὲ τὸ δομέντιο ἐπίπεδο. Ἐνας παραπήρης, ποὺ τὰ μάτια τον ἀπέχουν 1,50 m ἀπὸ τὸ ἔδαφος, τοποθετεῖται δοθιος σὲ ἀπόσταση 2 m ἀπὸ τὸ κέντρο τοῦ κατόπτρου καὶ βλέπει μὲ ἀνάκλαση τὴν κορυφὴ ἐνὸς κοντινοῦ δέντρου στὴ διεύθυνση τοῦ κέντρου τοῦ κατόπτρου. Πόσο εἶναι τὸ ὕψος αὐτοῦ τοῦ δέντρου, ἢν ἡ βάση τοῦ κορμοῦ του ἀπέχει 20 m ἀπὸ τὸ κέντρο τοῦ κατόπτρου;

('Απ. 15 m.).

ΜΔ' — ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

§ 227. Γενικότητες. Κοίλα σφαιρικά κάτοπτρα. "Όταν ή άνακλαστική έπιφάνεια ένδος κατόπτρου είναι σφαιρική, τὸ κάτοπτρο δυνομάζεται σφαιρικό. Τὸ σφαιρικὸ κάτοπτρο δυνομάζεται κοῖλο, ὅταν ἔχει γιὰ άνακλαστικὴ έπιφάνεια τὸ ἐσωτερικὸ τῆς σφαίρας, καὶ κυρτό, ὅταν ἔχει γιὰ άνακλαστικὴ έπιφάνεια τὸ ἐξωτερικὸ τῆς σφαίρας.

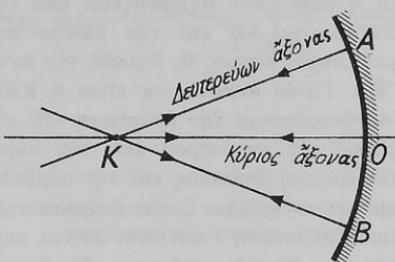
Θεωροῦμε μιὰ τομὴ AOB ένδος κοίλου σφαιρικού κατόπτρου ἀπὸ ἕνα ἐπίπεδο ποὺ περνᾶ ἀπὸ τὸ κέντρο τῆς σφαίρας, στὴν ὅποια ἀνήκει τὸ κάτοπτρο, καὶ ἀπὸ τὸ μέσο τοῦ κατόπτρου (σχ. 230).



Σχ. 230. Χαρακτηριστικὰ στοιχεῖα κοίλου σφαιρικού κατόπτρου.

Τὸ σημεῖο O , ποὺ είναι καὶ τὸ γεωμετρικὸ μέσο τοῦ κατόπτρου, δυνομάζεται κορυφὴ τοῦ κατόπτρου, καὶ ἡ γωνία AKB ἀνοιγμὰ τοῦ κατόπτρου. Ή KO , ποὺ ἴσουνται μὲ τὴν ἀκτίνη τῆς σφαίρας, στὴν ὅποια ἀνήκει τὸ κάτοπτρο, δυνομάζεται ἀκτίνη καμπυλότητας τοῦ κατόπτρου καὶ παριστάνεται μὲ τὸ γράμμα R . Τὸ σημεῖο K , ποὺ είναι τὸ κέντρο τῆς σφαίρας, στὴν ὅποια ἀνήκει τὸ κάτοπτρο, δυνομάζεται κέντρο καμπυλότητας τοῦ κατόπτρου.

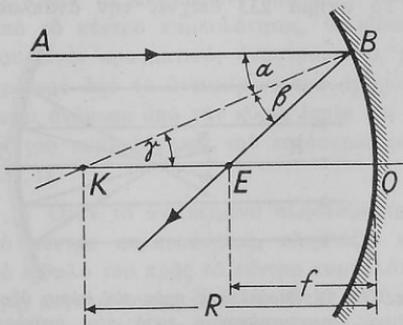
Ἡ εὐθεία OK , ποὺ περνᾶ ἀπὸ τὴν κο-



Σχ. 231. Κύριος καὶ δευτερεύων ἄξονας ένδος κοίλου σφαιρικού κατόπτρου.

ρυφὴ Ο τοῦ κατόπτρου καὶ τὸ κέντρο καμπυλότητάς του, δυνομάζεται κύριος ἄξονας τοῦ κατόπτρου. Κάθε ἀλλῃ εὐθείᾳ, ποὺ περνᾶ ἀπὸ τὸ κέντρο καμπυλότητας καὶ ἀπὸ ἕνα τυχαῖο σημεῖο τοῦ κατόπτρου, δυνομάζεται δευτερεύων ἄξονας (σχ. 231).

§ 228. Ἐστιακὴ ἀπόσταση. Κύρια ἐστία. "Αν μιὰ λεπτὴ φωτεινὴ δέσμη ἀπὸ παράλληλες ἀκτίνες AB προσπέσει παράλληλα πρὸς τὸν κύριο ἄξονα ένδος κοίλου σφαιρικού κατόπτρου, θὰ περάσει, ὑστερὰ ἀπὸ τὴν ἀνάκλασή της, ἀπὸ ἕνα σημεῖο E τοῦ κύριου ἄξονα, ποὺ βρίσκεται στὴ μέση τῆς OK καὶ τὸ δοπίο δυνομάζεται κύρια ἐστία τοῦ κατόπτρου (σχ. 232).



Σχ. 232. Ἡ ἐστιακὴ ἀπόσταση είναι ἵση μὲ τὸ μισὸ τῆς ἀκτίνας καμπυλότητας R τοῦ κατόπτρου.

‘Η ἀνάκλαση ἀκολουθεῖ καὶ ἐδῶ τοὺς γνωστοὺς νόμους της. Γωνία προσπτώσεως εἰναι ἡ ΑΒΚ, ποὺ σχηματίζεται ἀπὸ τὴν προσπίπουσα ΑΒ καὶ τὴν κάθετο στὸ σημεῖο προσπτώσεως Β, δηλαδὴ τὴν ἀκτίνα ΚΒ. Γωνία ἀνακλάσεως εἰναι ἡ ΚΒΕ.

‘Αν δονομάσουμε τὴν ἀπόσταση ΟΕ τῆς κορυφῆς τοῦ κατόπτρου ἀπὸ τὴν κύρια ἔστιακή ἀπόσταση καὶ τὴν συμβολίσουμε μὲ τὸ γράμμα f, τότε ἀνάμεσα στὴν ἔστιακή ἀπόσταση f καὶ στὴν ἀκτίνα καμπυλότητας R τοῦ κατόπτρου θὰ ἔχουμε ὡς πρώτη ἔξισωση τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων τὴν σχέση:

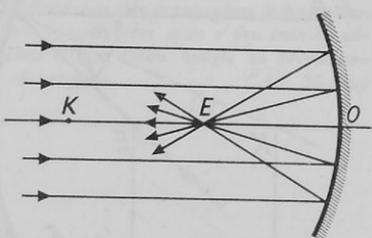
$$f = \frac{R}{2}$$

$$\text{Έστιακή ἀπόσταση} = \frac{\text{ἀκτίνα καμπυλότητας}}{2}$$

‘Ωστε:

‘Αν σὲ ἔνα κοῖλο σφαιρικὸ κάτοπτρο προσέσει μία φωτεινὴ δέσμη παράλληλων ἀκτίνων, παράλληλα πρὸς τὸν κύριο ἄξονα τοῦ κατόπτρου, οἱ ἀκτίνες τῆς δέσμης θὰ περάσουν, ἀφοῦ ἀνακλαστοῦν, ἀπὸ τὴν κύρια ἔστια τοῦ κατόπτρου, ποὺ βρίσκεται στὴ μέσῃ τῆς ἀποστάσεως κορυφῆς κατόπτρου καὶ κέντρου καμπυλότητας.

Τὸ σχῆμα 233 δείχνει τὴν ἀνάκλαση



Σχ. 233. Οἱ παράλληλες πρὸς τὸν κύριο ἄξονα ἀκτίνες συγκεντρώνονται μετὰ τὴν ἀνάκλαση τους στὴν κύρια ἔστια.

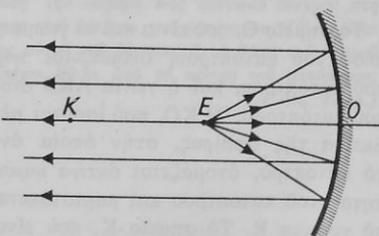
δέσμης ἀπὸ παράλληλες φωτεινὲς ἀκτίνες, ή ὅποια προσπίπτει παράλληλα πρὸς τὸν κύριο ἄξονα τοῦ κατόπτρου.

Πείραμα. Ἀφήνομε νὰ προσπέσει ἐπάνω σὲ ἔνα κοῖλο σφαιρικὸ κάτοπτρο, παράλληλα πρὸς τὸν κύριο ἄξονα, μιὰ δέσμη ἡλιακῶν ἀκτίνων, οἱ ὅποιες, ἐπειδὴ ἡ ἀπόσταση τοῦ Ἡλίου εἰναι πολὺ μεγάλη, μπορεῖ νὰ θεωρηθοῦν σὰν παράλληλες. Οἱ ἀκτίνες αὐτὲς θὰ συγκεντρωθοῦν μετὰ τὴν ἀνάκλαση τους στὴν κύρια ἔστια τοῦ κατόπτρου, τὴν ὅποια ἀναγνωρίζομε ἀπὸ τὴν μεγάλη θερμότητα ποὺ ἀναπτύσσεται ἐκεῖ, φαινόμενο ποὺ διείλεται στὴ συγκέντρωση τῶν ἀκτίνων. ‘Η θερμότητα αὐτὴ μπορεῖ νὰ κάψει διάφορα ἀντικείμενα.

Σύμφωνα, ἀλλωστε, μὲ τὴν ἀρχὴ τῆς ἀντίστροφης πορείας τοῦ φωτός, μιὰ ἀποκλίνουσα φωτεινὴ δέσμη, ποὺ περνᾶ ἀπὸ τὴν κύρια ἔστια καὶ πέφτει ἐπάνω στὸ κάτοπτρο, γίνεται δέσμη ἀπὸ παράλληλες ἀκτίνες μετὰ τὴν ἀνάκλαση. (σχ. 234).

§ 229. Εἰδωλα κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου. Ἀνάλογα μὲ τὴ θέση τοῦ ἀντικειμένου, σχετικὰ μὲ τὸ κάτοπτρο καὶ τὴν κύρια ἔστια τοῦ κατόπτρου, μποροῦμε νὰ ἔχουμε εἰδωλα φανταστικὰ ἢ πραγματικά.

Τὸ φανταστικὸ εἰδωλο εἰναι ὅρθιο καὶ μεγαλύτερο ἀπὸ τὸ ἀντικείμενο. Τὸ πραγματικὸ εἰναι ἀναστραμμένο σχετικὰ μὲ τὸ



Σχ. 234. ‘Οταν τὸ φωτεινὸ σημεῖο τοποθετηθεῖ στὴν κύρια ἔστια, τότε οἱ φωτεινὲς ἀκτίνες τους, μετὰ τὴν ἀνάκλαση τους, γίνονται παράλληλες πρὸς τὸν κύριο ἄξονα.

άντικείμενο και μικρότερο, μεγαλύτερο ή ίσο μὲ αὐτό.

§ 230. Πορεία τῶν ἀκτίνων ποὺ προσπίπτουν σὲ ἔνα κοῖλο σφαιρικὸ κάτοπτρο. Ἐφός τὰ εἰδώλα τῶν διαφόρων ἀντικειμένων σχηματίζονται ἀπὸ τις ἀνακλώμενες ἀκτίνες, γιὰ νὰ κατασκευάσουμε τὸ εἰδωλο ἐνὸς ἀντικειμένου πρέπει νὰ ξέρουμε νὰ χαράζουμε τὴν πορεία δρισμένων φωτεινῶν ἀκτίνων (σχ. 235).

α) Ἀκτίνα παράλληλη πρὸς τὸν κύριο ἄξονα, δπως ἡ AB , περνᾶ ὑστερὰ ἀπὸ τὴν ἀνάκλασή της ἀπὸ τὴν κύρια ἐστία E τοῦ κατόπτρου.

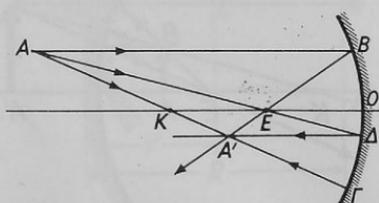
β) Ἀκτίνα ποὺ περνᾶ ἀπὸ τὸ κέντρο καμπυλότητας, δπως ἡ AKG , προσπίπτει κάθετα στὸ κάτοπτρο καὶ ἀνακλᾶται ἀκολουθῶντας τὴν ἀντίστροφη πορεία GKA .

γ) Ἀκτίνα ποὺ περνᾶ ἀπὸ τὴν κύρια ἐστία, δπως ἡ AED , ἀκολουθεῖ μετὰ τὴν ἀνάκλασή της διεύθυνση παράλληλη μὲ τὸν κύριο ἄξονα.

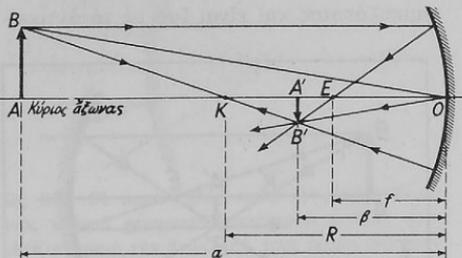
δ) Κάθε ἄλλη ἀκτίνα (δπως βέβαια καὶ οἱ προηγούμενες) σχηματίζει γωνία ἀνακλάσεως ἵση μὲ τὴ γωνία προσπτώσεως.

Γιὰ νὰ σχηματίσουμε τὸ εἰδωλο ἐνὸς φωτεινοῦ σημείου, χρειαζόμαστε δύο τουλάχιστο φωτεινὲς ἀκτίνες τοῦ σημείου, ποὺ ἡ τομή τους θὰ σχηματίσει τὸ εἰδωλο.

Τὸ εἰδωλο ἐνὸς ἀντικειμένου σχηματίζεται ἀπὸ τὰ εἰδώλα τῶν σημείων ποὺ συναποτελοῦν τὸ ἀντικείμενο.



Σχ. 235. Πορεία τῶν ἀκτίνων γιὰ τὸ σχηματισμὸ τοῦ εἰδώλου ἐνὸς φωτεινοῦ σημείου.



Σχ. 236. Οἱ ἀποστάσεις a , β , R , καὶ f συνδέονται μεταξὺ τους μὲ δρισμένη σχέση.

§ 231. Τύπος τῶν κοίλων σφαιρικῶν κατόπτρων. "Εστω AB (σχ. 236) ἔνα ἀντικείμενο, ποὺ βρίσκεται κάθετα τοποθετημένο στὸν κύριο ἄξονα ἐνὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου, καὶ $A'B'$ τὸ εἰδωλο τοῦ ἀντικειμένου αὐτοῦ. Ἐν δονομάσουμε α τὴν ἀπόσταση OA τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τὴν κορυφὴ τοῦ κατόπτρου, β τὴν ἀπόσταση OA' τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὴν κορυφὴ τοῦ κατόπτρου, f τὴν ἐστιακὴ ἀπόσταση τοῦ κατόπτρου καὶ R τὴν ἀκτίνα καμπυλότητάς του, τότε, δπως ἀποδεικνύεται, ισχύει δ ἀκόλουθος τύπος τῶν κατόπτρων:

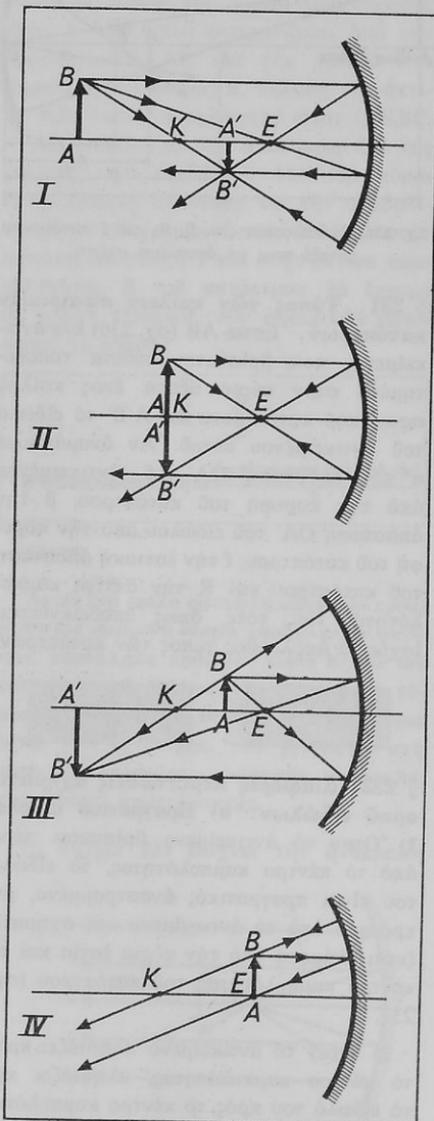
$$\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{f} \quad \text{ἢ} \quad \frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta} = \frac{2}{R}$$

§ 232. Διάφορες περιπτώσεις σχηματισμοῦ εἰδώλων. **α)** Πραγματικὸ εἰδωλο.

1) "Οταν τὸ ἀντικείμενο βρίσκεται πέρα ἀπὸ τὸ κέντρο καμπυλότητας, τὸ εἰδωλό του εἶναι πραγματικό, ἀναστραμμένο, μικρότερο ἀπὸ τὸ ἀντικείμενο καὶ σχηματίζεται ἀνάμεσα ἀπὸ τὴν κύρια ἐστία καὶ τὸ κέντρο καμπυλότητας τοῦ κατόπτρου (σχ. 237, I)."

2) "Οταν τὸ ἀντικείμενο πλησιάζει πρὸς τὸ κέντρο καμπυλότητας, πλησιάζει καὶ τὸ εἰδωλό του πρὸς τὸ κέντρο καμπυλότητας, μεγαλώνοντας δόλοένα. "Οταν τὸ ἀντικείμενο πέσει ἐπάνω στὸ κέντρο καμπυλότητας, καὶ τὸ εἰδωλό του πέφτει στὸ κέντρο

καμπυλότητας και είναι ίσο με τὸ ἀντικεί-



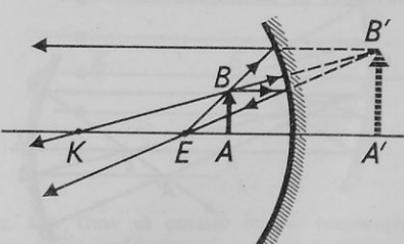
Σχ. 237. Διάφορες θέσεις σχηματισμού ειδώλου ενός ἀντικειμένου ποὺ βρίσκεται ἐμπρός σὲ ἔνα κοίλο σφαιρικό κάτοπτρο.

3) Ὅταν τὸ ἀντικείμενο βρίσκεται ἀνάμεσα στὸ κέντρο καμπυλότητας και στὴν κύρια ἐστία τοῦ κατόπτρου, τὸ εἶδωλο τοῦ ἀντικειμένου σχηματίζεται πέρα ἀπὸ τὸ κέντρο καμπυλότητας, ἀναστραμμένο και μεγαλύτερο ἀπὸ τὸ ἀντικείμενο (σχ. 237, III).

4) Ὅσο προχωρεῖ τὸ ἀντικείμενο πρὸς τὴν κύρια ἐστία τοῦ κατόπτρου, τόσο μεγαλώνει τὸ εἶδωλό του και ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὸ κέντρο καμπυλότητας. Ὅταν τὸ ἀντικείμενο πέσει ἐπάνω στὴν κύρια ἐστία, τὸ εἶδωλό του σχηματίζεται, ὅπως λέμε, στὸ ἄπειρο. Στὴν περίπτωση αὐτῇ δηλαδὴ δὲν ἔχομε εἶδωλο τοῦ ἀντικειμένου. Αὐτὸ δηφείλεται στὸ δῆτι οἱ ἀκτίνες, μετὰ τὴν ἀνάκλασή τους, σχηματίζουν παράλληλη δέσμη, δὲν τέμνονται και ἔτσι δὲν σχηματίζεται εἶδωλο (σχ. 237, IV).

Ἄντιστροφα, ὅταν τὸ ἀντικείμενο βρίσκεται στὸ ἄπειρο, σὲ πολὺ μεγάλη δηλαδὴ ἀπόσταση ἀπὸ τὸ κάτοπτρο, τὸ εἶδωλό του σχηματίζεται ἐπάνω στὴν κύρια ἐστία και είναι σημειακό.

β) Φανταστικὸ εἶδωλο. Ὅταν τὸ ἀντικείμενο βρίσκεται ἀνάμεσα στὴν κύρια ἐστία και στὴν κορυφὴ τοῦ κατόπτρου, δὲν ἔχομε σχηματισμὸ πραγματικοῦ εἰδώλου. Στὴν περίπτωση αὐτῇ (σχ. 238) οἱ ἀκτίνες μετὰ τὴν ἀνάκλασή τους ἀποκλίνουν και δὲν τέμνονται, Ὅταν δημοσιεύονται στὴν προέκτασή τους πίσω ἀπὸ τὸ κάτοπτρο, σχηματίζονται ἔτσι ἔνα



Σχ. 238. Γεωμετρικὴ κατασκευὴ φανταστικοῦ εἰδώλου κοιλού σφαιρικοῦ κατόπτρου.

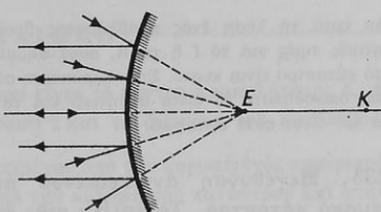
φανταστικό δρθιο είδωλο, μεγαλύτερο άπο τὸ ἀντικείμενο. Γιὰ νὰ δοῦμε λοιπὸν τὸ εἰδωλο τοῦ προσώπου μας σὲ κοιλὸ σφαιρικὸ κάτοπτρο, πρέπει νὰ τοποθετηθοῦμε ἀνάμεσα στὴν κορυφὴ καὶ τὴν κύρια ἑστία του.

Ο τύπος τῶν κοιλῶν σφαιρικῶν κατόπτρων ἰσχύει καὶ στὶς δύο περιπτώσεις τῶν εἰδῶλων, φανταστικοῦ καὶ πραγματικοῦ, μὲ τὴ διαφορὰ δτι, δταν πρόκειται γιὰ φανταστικό εἰδωλο, θεωροῦμε τὴν ἀπόστασή του β ἀρνητική, ἐνῶ ἂν κατὰ τὴ λύση ἐνὸς προβλήματος βροῦμε ἀρνητικὸ β, αὐτὸ σημαίνει δτι τὸ εἰδωλο εἶναι φανταστικό.

§ 233. Κυρτὰ σφαιρικὰ κάτοπτρα. Στὰ κυρτὰ σφαιρικὰ κάτοπτρα ή ἀνακλαστικὴ ἐπιφάνεια εἶναι τὸ ἔξωτερικὸ μέρος τῆς σφαίρας.

Αν ἔχουμε μία φωτεινὴ ἀκτίνη AB (σχ. 239) παράλληλη πρὸς τὸν κύριο ἄξονα τοῦ κατόπτρου, γιὰ νὰ σχηματίσουμε τὴν ἀνακλώμενὴ της BG, φέρνομε στὸ B τὴν ἀκτίνα καμπυλότητας KB καὶ προεκτίνοντάς την σχηματίζομε γονία $\beta = a$.

Ἡ ἀνακλώμενη ἀκτίνη BG δὲν συναντᾶ τὸν κύριον ἄξονα στὸ σημεῖο E, ποὺ βρίσκεται στὸ μέσο τῆς ἀκτίνας OK, τὸ συναντᾶ δμας ή προέκτασή της. Τὸ ίδιο θὰ συμβεῖ καὶ μὲ κάθε ἄλλῃ ἀκτίνᾳ παράλληλῃ μὲ τὸν κύριο ἄξονα. "Αν λοιπὸν ἐπάνω σ' ἔνα κυρτὸ σφαιρικὸ κάτοπτρο προσπέσει μία δέσμη μὲ παράλληλες ἀκτίνες, παράλληλα μὲ τὸν κύριο ἄξονα τοῦ κατόπτρου, θὰ μεταβληθεῖ μετὰ τὴν ἀνάκλασή της σὲ ἀποκλίνουσα δέσμη, οἱ προεκτάσεις δμως τῶν ἀκτίνων τῆς δέσμης αὐτῆς θὰ περνοῦν ἀπὸ τὸ μέσο E τῆς ἀκτίνας OK. Τὸ σημεῖο E δυο-



Σχ. 240. Οι παράλληλες πρὸς τὸν κύριο ἄξονα ἐνὸς κυρτοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου ἀκτίνες σχηματίζουν μετὰ τὴν ἀνάκλασή τους δέσμην ἀπὸ πολλίνουσες ἀκτίνες, τῆς δποίας ή κορυφὴ βρίσκεται στὴ φανταστικὴ κύρια ἑστία.

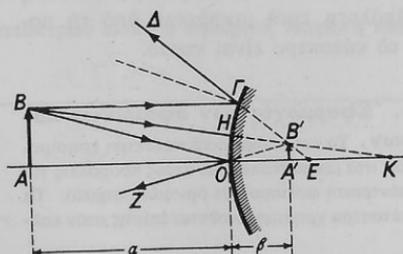
μάζεται καὶ πάλι κύρια ἑστία τοῦ κατόπτρου. Ἐπειδὴ δμας ή κύρια ἑστία τοῦ κυρτοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου σχηματίζεται ἀπὸ τὶς προεκτάσεις τῶν ἀκτίνων καὶ βρίσκεται πίσω ἀπὸ τὸ κάτοπτρο, δυναμάζεται φανταστικὴ κύρια ἑστία (σχ. 240).

§ 234. Εἰδῶλα κυρτῶν σφαιρικῶν κατόπτρων. Τὰ κυρτὰ σφαιρικὰ κάτοπτρα δίνουν πάντοτε φανταστικὰ εἰδῶλα, δρθια, μικρότερα ἀπὸ τὸ ἀντικείμενο καὶ παραμορφωμένα.

Τὸ σχῆμα 241 δείχνει τὴν κατασκευὴ τοῦ εἰδῶλου A'B' ἐνὸς ἀντικείμενου AB, ποὺ βρίσκεται ἐμπρὸς σὲ ἔνα κυρτὸ σφαιρικὸ κάτοπτρο. Ὁπως στὰ κοιλὰ σφαιρικὰ κάτοπτρα, ἔστι καὶ στὰ κυρτὰ ή ἀπόσταση α τοῦ ἀντικείμενου, ή ἀπόσταση β τοῦ εἰδῶλου ἀπὸ τὴν κορυφὴ τοῦ κατόπτρου, ή ἑστιακὴ ἀπόσταση f καὶ η ἀκτίνα καμπυλότητας R τοῦ κατόπτρου συνδέονται μὲ τὶς σχέσεις:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{f} \quad \text{καὶ} \quad \frac{1}{a} + \frac{1}{R} = \frac{2}{f}$$

μὲ τὴ διαφορὰ δμως δτι τὰ β, f καὶ R εἶναι ἀρνητικά.



Σχ. 241. Γεωμετρικὴ κατασκευὴ τοῦ φανταστικοῦ εἰδῶλου ἐνὸς κυρτοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου.

Σχ. 239. Ἀνάκλαση σὲ κυρτὸ σφαιρικὸ κάτοπτρο.

“Αν κατά τή λόση ένδος προβλήματος βρούμε άρνητικές τιμές γιά τό f ή τό R, αυτό σημαίνει ότι τό κάτοπτρο είναι κυρτό. Στήν περίπτωση αυτή πρέπει όπωσδήποτε νά είναι άρνητικό καὶ τό β. Τό α δὲν είναι ποτὲ άρνητικό.

§ 235. Μεγέθυνση άντικειμένου άπό σφαιρικό κάτοπτρο. Τό πηλίκο μιᾶς διαστάσεως τοῦ εἰδώλου, π.χ. τοῦ ύψους του, πρὸς τήν άντίστοιχη διάσταση τοῦ άντικειμένου όνομάζεται γραμμικὴ μεγέθυνση M.

Ἐπομένως ἂν AB είναι τό ύψος τοῦ άντικειμένου καὶ A'B' τό ύψος τοῦ εἰδώλου, θὰ ξέχουμε τή σχέση:

$$M = \frac{A'B'}{AB}$$

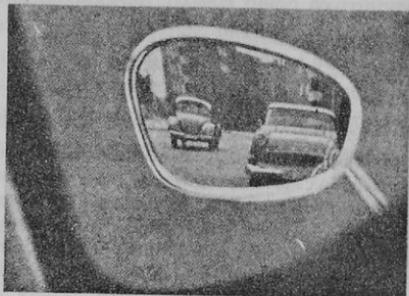
Ἄπὸ τήν παραπάνω σχέση φαίνεται ότι ή μεγέθυνση μπορεῖ νά είναι μεγαλύτερη, ίση ή μικρότερη ἀπὸ τή μονάδα, άνάλογα μὲ τό μέγεθος τοῦ εἰδώλου σὲ σχέση πρὸς τό μέγεθος τοῦ άντικειμένου.

“Οπως ἀποδεικνύεται, ή μεγέθυνση καὶ οἱ ἀποστάσεις α καὶ β τοῦ άντικειμένου καὶ τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τήν κορυφὴ τοῦ κατόπτρου συνδέονται μὲ τή σχέση:

$$M = \frac{\beta}{\alpha} \quad (1)$$

‘Η παραπάνω σχέση (1) ισχύει γιά τά κοιλα καὶ τά κυρτά κάτοπτρα. ‘Οταν ή μεγέθυνση είναι άρνητική, τό εἰδωλο είναι φανταστικό. ‘Οταν ή άρνητική μεγέθυνση ἔχει ἀπόλυτη τιμή μικρότερη ἀπὸ τή μονάδα, τό κάτοπτρο είναι κυρτό.

§ 236. Έφαρμογές τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων. Τά κοιλα σφαιρικά κάτοπτρα χρησιμοποιοῦνται στά μικροσκόπια καὶ στοὺς προβολεῖς γιά τή συγκέντρωση φωτισμοῦ σὲ δρισμένο σημεῖο. Τά κοιλα κάτοπτρα χρησιμοποιοῦνται ἐπίσης στόν καλ-



Σχ. 242. Οἱ οδηγοὶ τῶν αὐτοκινήτων χρησιμοποιοῦν κυρτά σφαιρικά κάτοπτρα.

λωπισμοῦ, γιατί σχηματίζουν φανταστικά εἰδῶλα μεγαλύτερα ἀπὸ τά άντικείμενα.

Τά κυρτά κάτοπτρα χρησιμοποιοῦνται στά διάφορα μεταφορικά μέσα, ἐπειδὴ ἐπιτέρεουν στόν οδηγὸν ἔνδος δχήματος νά βλεπει σὲ μικρὴ εἰκόνα μιὰ μεγάλη περιοχὴ, ποὺ βρίσκεται πίσω ἀπὸ τό δχημα (σχ. 242).

§ 237. Σφάλματα τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων. ‘Οσα άναφέραμε γιά τά σφαιρικά κάτοπτρα στίς προηγούμενες παραγράφους, ισχύουν δταν τό ἀνοιγμα τοῦ κατόπτρου είναι μικρό, σχετικά μὲ τήν ἀκτίνα καμπυλότητας τοῦ κατόπτρου, καὶ τά άντικείμενα βρίσκονται ἐπάνω στόν κύριο ἄξονα ή πολὺ κοντά σ' αὐτόν. ‘Οταν αὐτοὶ οἱ δύο δροὶ δὲν ισχύουν, τά εἰδῶλα ποὺ σχηματίζονται είναι ἀσφαρῆ.

‘Οταν τό ἀνοιγμα τοῦ κατόπτρου είναι μεγάλο, τότε μιὰ δέσμη ἀπὸ παράλληλες ἀκτίνες, παράλληλη πρὸς τόν κύριο ἄξονα, δὲν συγκεντρώνεται μετά τήν ἀνάκλαση τής στήν κύρια ἐστία τοῦ κατόπτρου. Οἱ ἀκτίνες ποὺ ἀνακλῶνται μακριὰ ἀπὸ τό δόπικό κέντρο τέμνουν τόν κύριο ἄξονα κοντύτερα πρὸς τό κάτοπτρο. Τό σφάλμα αὐτὸ δονομάζεται σφαιρικὴ ἐκτροπή.

‘Οταν τό άντικείμενο βρίσκεται σὲ ἀπόσταση ἀπὸ τόν κύριο ἄξονα, τότε οἱ προσπίπτουσες ἀκτίνες σχηματίζουν μιὰ αἰσθητὴ γωνία μὲ τόν κύριο ἄξονα τοῦ κατόπτρου. Αὐτὸ ἔχει ως ἀποτέλεσμα νά σχηματίζονται ἀντί ἔνα δύο εἰδῶλα, κάθετα τό ἔνα μὲ τό ἄλλο. Τό σφάλμα αὐτὸ δονομάζεται ἀστιγματικὴ ἐκτροπή.

1. Τὰ στοιχεῖα ἐνὸς σφαιρικοῦ κατόπτρου είναι τὸ κέντρο καμπυλότητος K , ἡ ἀκτίνα καμπυλότητος R , ἡ ἐστιακὴ ἀπόσταση f καὶ τὸ ἄνοιγμα τοῦ κατόπτρου.

2. Ἀνάμεσα στὴν ἀπόσταση α τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τὴν κορυφὴν ἐνὸς σφαιρικοῦ κατόπτρου, στὴν ἀπόσταση β τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὴν κορυφὴν τοῦ κατόπτρου καὶ στὴν ἐστιακὴ ἀπόσταση f ἴσχυει ἡ σχέση:

$$\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{f}$$

Τὸ α εἶναι πάντοτε θετικό, τὰ β καὶ f μπορεῖ νὰ εἶναι θετικὰ ἢ ἀρνητικά. "Οταν τὸ β εἶναι ἀρνητικό, τὸ εἰδωλον εἶναι φανταστικό. "Οταν τὸ f εἶναι ἀρνητικό, τὸ κάτοπτρο εἶναι κυρτό. Ἀνάμεσα στὸ f καὶ στὸ R ὑπάρχει ἡ σχέση:

$$f = \frac{R}{2}$$

3. Τὰ κοῖλα κάτοπτρα ἔχουν πραγματικὴ κύρια ἐστία. Μία δέσμη δηλαδὴ ἀπὸ παράλληλες ἀκτίνες, παράλληλη πρὸς τὸν κύριο ἄξονα, (τὴν εὐθεία ποὺ περνᾶ ἀπὸ τὸ κέντρο καμπυλότητας καὶ τὴν κορυφὴν τοῦ κατόπτρου) μεταβάλλεται μετὰ τὴν ἀνάκλασή της σὲ συγκλίνουσα δέσμη. Οἱ ἀκτίνες τῆς δέσμης αὐτῆς συναντιούνται ἐπάνω στὸν κύριο ἄξονα καὶ καθορίζουν τὴν κύρια ἐστία τοῦ κατόπτρου.

4. Τὰ κυρτὰ κάτοπτρα ἔχουν ἀρνητικὴ κύρια ἐστία. Μία δέσμη ἀπὸ παράλληλες ἀκτίνες, παράλληλη μὲ τὸν κύριο ἄξονα, μεταβάλλεται μετὰ τὴν ἀνάκλασή της σὲ ἀποκλίνουσα δέσμη. Οἱ προεκτάσεις τῶν ἀκτίνων τῆς δέσμης αὐτῆς τέμνονται στὴν προέκταση τοῦ κύριου ἄξονα, σὲ ἔνα σημεῖο πίσω ἀπὸ τὸ κάτοπτρο.

5. Ἡ μεγέθυνση M , ὁ λόγος δηλαδὴ δύο ἀντίστοιχων διαστάσεων εἰδώλου καὶ ἀντικειμένου, δίνεται ἀπὸ τῇ σχέσῃ:

$$M = \frac{\beta}{\alpha}$$

6. Τὰ σφάλματα τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων εἶναι ἡ σφαιρικὴ ἐκτροπὴ καὶ ἡ ἀστιγματικὴ ἐκτροπὴ.

168. Μηροστά ἀπό ἓνα κοῖλο σφαιρικὸν κάτοπτρο καὶ σὲ ἀπόσταση 140 cm ἀπὸ τὴν κορυφὴν τοῦ βάζουμε ἓνα ἀντικείμενο. Ἡ ἀπόσταση τοῦ εἰδώλου είναι ἵση μὲ 70/3 cm. Νὰ βρεθεῖ ἡ ἐστιακὴ ἀπόσταση τοῦ κατόπτρου. (*Απ. f = 20 cm.*)

169. Ὁταν ἓνα φωτεινὸν ἀντικείμενο τοποθετεῖται σὲ ἀπόσταση 40 cm ἀπό ἓνα κοῖλο σφαιρικὸν κάτοπτρο, σχηματίζεται πραγματικὸν εἰδώλον σὲ ἀπόσταση 20 cm ἀπὸ τὴν κορυφὴν τοῦ κατόπτρου. Νὰ βρεθοῦν α) ἡ ἐστιακὴ ἀπόσταση καὶ β) ἡ ἀκτίνα καμπυλότητας τοῦ κατόπτρου.

(*Απ. α' 13,33 cm. β' 26,6 cm.*)

170. Ἐνα κυρτὸν κάτοπτρο, ἐστιακῆς ἀποστάσεως 50 cm, δίνει εἰδώλο ποὺ ἔχει ὑψος ἵση μὲ τὸ 1/4 τοῦ ὑψους τοῦ ἀντικείμενου. Σὲ ποιές ἀποστάσεις ἀπὸ τὸ κάτοπτρο βρίσκονται τὸ ἀντικείμενο καὶ τὸ εῖδωλο τού; (*Απ. 150 cm, -37,5 cm.*)

171. Ἡ ἀκτίνα καμπυλότητας ἑνὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου είναι 30 cm. Σὲ πόση ἀπόσταση ἀπὸ τὴν κορυφὴν τοῦ κατόπτρου συγκεντρώνεται μιὰ

δέσμη ἀπὸ παραλληλες ἀκτίνες, παραλληλη μὲ τὸν κύριο ἄξονα τοῦ κατόπτρου, ώστερα ἀπὸ τὴν ἀνάκλασή της;

(*Απ. 15 cm.*)

172. Ἡ ἀπόσταση ἑνὸς φωτεινοῦ σημείου ἀπὸ τὴν κορυφὴν ἑνὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου είναι ἵση μὲ τὰ 2/3 τῆς ἀκτίνας καμπυλότητας. Τὸ σημεῖο βρίσκεται ἐπάνω στὸν κύριο ἄξονα τοῦ κατόπτρου. Πόσο ἀπέχει τὸ εἰδώλο τοῦ φωτεινοῦ σημείου ἀπὸ τὸ κάτοπτρο καὶ τὶ εἶδους εἰδώλο είναι;

(*Απ. 2 R, πραγματικό.*)

173. Ἐνα ἀντικείμενο βρίσκεται σὲ ἀπόσταση 3 f ἀπὸ ἓνα κοῖλο σφαιρικὸν κάτοπτρο. Σὲ πόση ἀπόσταση ἀπὸ τὸ κάτοπτρο σχηματίζεται τὸ εἰδώλο τοῦ ἀντικείμενου καὶ τὶ εἶδους εἰδώλο είναι;

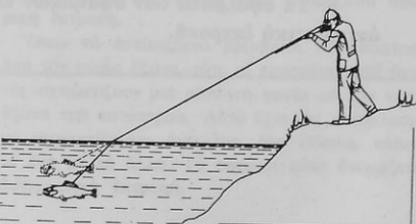
(*Απ. 3/2 f, πραγματικό.*)

174. Ἀντικείμενο ὑψους 4 cm βρίσκεται σὲ ἀπόσταση 15 cm ἀπὸ ἓνα κυρτὸν σφαιρικὸν κάτοπτρο, ἐστιακῆς ἀποστάσεως 5 cm. Σὲ ποιάν ἀπόσταση ἀπὸ τὸ κάτοπτρο θὰ σχηματιστεῖ τὸ εἰδώλο καὶ ποιό θὰ είναι τὸ μέγεθός του; (*Απ. -3,75 cm, 1 cm.*)

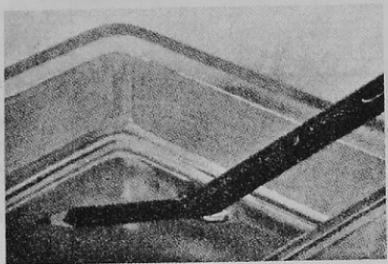
ΜΕ' — ΔΙΑΘΛΑΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

§ 238. Γενικότητες. Ὁταν μιὰ δέσμη μονόχρωμων φωτεινῶν ἀκτίνων προσπέσει πλάγια στὴν ἐπίπεδη ἐπιφάνεια διαχωρισμοῦ δύο διαφορετικῶν διαφανῶν σωμάτων, δπως π.χ. στὴ διαχωριστικὴ ἐπιφάνεια ἀέρα καὶ νεροῦ, ἔνα μέρος ἀπὸ τὸ φῶς ἀνακλᾶται, ἐνῶ ἔνα ὄλλο μέρος εἰσχωρεῖ στὸ δεύτερο διαφανές σῶμα. Οἱ φωτεινές δμως ἀκτίνες ποὺ δὲν ἀνακλάστηκαν, ἀλλὰ εἰσχώρησαν στὸ δεύτερο διαφανές σῶμα, δὲν ἀκολουθοῦν τὴν εὐθύγραμμη διάδοσή τους, ἀλλὰ λυγίζουν καὶ πλησιάζουν τὴν κάθετο στὸ σημεῖο προσπτώσεως τῆς διαχωριστικῆς ἐπιφάνειας. Τὸ φαινόμενο αὐτὸ δνομάζεται διάθλαση τοῦ φωτός. "Ωστε:

Διάθλαση λέγεται ἡ ἀλλαγὴ διευθύνσεως ποὺ παθαίνει τὸ φῶς, δταν περνᾷ ἀπὸ ἓνα διαφανὲς μέσο σὲ ἄλλο διαφανὲς μέσο, διαφορετικὸ ἀπὸ τὸ πρῶτο.



Σχ. 243. Ἐξατίας τῆς διαθλάσεως τὸ ψάρι φαίνεται ψηλότερα μέσα στὸ νερό.

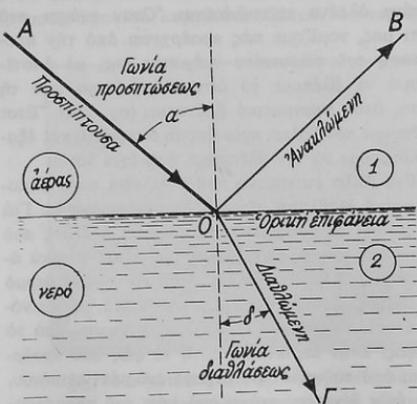


Σχ. 244. Έξαιτιας της διαθλάσεως τὸ μολύβι φαίνεται σπασμένο.

Έξαιτιας της διαθλάσεως τὸ φωτός τὰ ψάρια φαίνονται πιὸ ψηλά στὸ νερὸ ἀπὸ τὴν πραγματική τους θέση (σχ. 243) καὶ τὸ βυθισμένο στὸ νερὸ μολύβι φαίνεται σπασμένο (σχ. 244).

§ 239. Νόμοι τῆς διαθλάσεως. Εστω μιὰ λεπτὴ μονόχρωμη φωτεινὴ δέσμη ΑΟ, ποὺ πέφτει πλάγια στὴν ἐπίπεδη διαχωριστική ἐπιφάνεια ἀέρα καὶ νεροῦ (σχ. 245).

Σύμφωνα μὲ δσα εἴπαμε παραπάνω, ἔνα μέρος τοῦ φωτός ἀνακλᾶται ἀκολουθώντας τὴ διεύθυνση τῆς ἀκτίνας OB καὶ ἔνα μέρος εἰσχωρεῖ στὸ δεύτερο διαφανὲς μέσο, τὸ νερό, μὲ τὴ διεύθυνση τῆς ἀκτίνας



Σχ. 245. Γιὰ τὴ σπουδὴ τῆς διαθλάσεως.

ΟΓ καὶ διαθλᾶται. Ἡ ἀκτίνα ΟΓ ἐκτρέπεται (ἀλλάζει διεύθυνση) ἀπὸ τὴν ἀρχικὴ διεύθυνση διαδόσεως τοῦ φωτός καὶ, στὴν περίπτωσή μας, πλησιάζει πρὸς τὴν κάθετο στὸ σημεῖο προσπίπτωσεως. Ο τῆς διαχωριστικῆς ἐπιφάνειας νεροῦ - ἀέρα.

Ἡ ἀκτίνα ΑΟ δονομάζεται προσπίπτουσα καὶ ἡ ΟΓ διαθλώμενη. Ἡ γωνία ποὺ σχηματίζεται ἀπὸ τὴν προσπίπτουσα ἀκτίνα καὶ τὴν κάθετο στὴ διαχωριστική ἐπιφάνεια, στὸ σημεῖο προσπίπτωσεως, δονομάζεται γωνία προσπίπτωσεως. Ἡ γωνία ποὺ σχηματίζεται ἀπὸ τὴν κάθετο καὶ τὴ διαθλώμενη ἀκτίνα δονομάζεται γωνία διαθλάσεως.

Οταν ἡ διαθλώμενη ἀκτίνα πλησιάζει στὴν κάθετο, δπως στὴν περίπτωση τῆς διαδόσεως τοῦ φωτός ἀπὸ τὸν ἀέρα στὸ νερό, τὸ δεύτερο διαφανὲς μέσο, τὸ νερὸ στὴν περίπτωσή μας, λέγεται διαθλαστικότερο ἢ ὀπτικὰ πυκνότερο ἀπὸ τὸ πρῶτο. Ἀν δμως ἡ διαθλώμενη ἀκτίνα ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὴν κάθετο, τότε τὸ δεύτερο διαφανὲς μέσο λέγεται ὀπτικὰ ἀραιότερο ἀπὸ τὸ πρῶτο.

Τὸ ἐπίπεδο ποὺ δρίζεται ἀπὸ τὴν προσπίπτουσα καὶ τὴ διαθλώμενη ἀκτίνα δονομάζεται ἐπίπεδο διαθλάσεως.

Ἡ διάθλαση τοῦ φωτός ἀκολουθεῖ τοὺς ἔξις δύο νόμους:

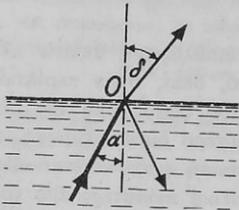
1ος Νόμος. Τὸ ἐπίπεδο διαθλάσεως, ποὺ δρίζεται ἀπὸ τὴν προσπίπτουσα καὶ τὴ διαθλώμενη ἀκτίνα, είναι κάθετο στὴ διαχωριστική ἐπιφάνεια τῶν δύο διαφανῶν μέσων.

2ος Νόμος. Οταν φωτεινὲς ἀκτίνες μονόχρωμου φωτός διαδίδονται πλάγια ἀπὸ ἔνα διαφανὲς μέσο Α σ' ἔνα ἄλλο Β, διαθλῶνται καὶ πλησιάζουν πρὸς τὴν κάθετο, ὅταν τὸ δεύτερο διαφανὲς μέσο Β είναι ὀπτικὰ πυκνότερο ἀπὸ τὸ πρῶτο Α. Τὸ ἀντίθετο συμβαίνει, ὅταν τὸ φῶς διαδίδεται ἀπὸ ὀπτικὰ πυκνότερο σὲ ὀπτικὰ ἀραιότερο μέσο.

"Οταν τὸ φῶς προσπίπτει κάθετα στὴν ἐπιφάνεια διαχωρισμοῦ δύο διπτικῶν μέσων, δὲν παθαίνει διάθλαση καὶ συνεχίζει τὴν εὐθύγραμμη διάδοσή του στὸ δεύτερο μέσο.

§ 240. Ὁρικὴ γωνία. Ὁλικὴ ἀνάκλαση.

"Οταν τὸ φῶς προσπίπτει πλάγια στὴν ἐπιφάνεια διαχωρισμοῦ δύο διαφορετικῶν διπτικῶν μέσων καὶ διαδίδεται ἀπὸ διπτικὰ πυκνότερο σὲ διπτικά ἀραιότερο διαφανὲς σῶμα, δῆπος π.χ. ἀπὸ τὸ νερὸ στὸν ἄερα, ή διαθλώμενη ἀκτίνα ἀπομακρύνεται, δῆπος γνωρίζομε, ἀπὸ τὴν κάθετο (σχ. 246).

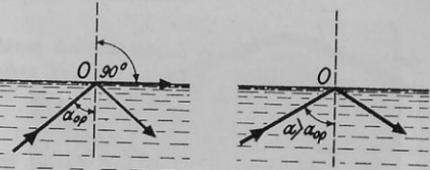


Σχ. 246. "Οταν τὸ φῶς μεταδίδεται ἀπὸ διπτικὰ πυκνότερο σὲ διπτικά ἀραιότερο διαφανὲς μέσο, ή διαθλώμενη ἀκτίνα ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὴν κάθετο.

"Οταν μεγαλώνει ἡ γωνία προσπτώσεως α , μεγαλώνει καὶ ἡ γωνία διαθλάσεως δ , ή δοπία, στὴν περίπτωση ποὺ ἔξετάζομε, είναι πάντα μεγαλύτερη ἀπὸ τὴ γωνία προσπτώσεως. "Οταν ἡ γωνία προσπτώσεως πάρει μιὰ δρισμένη τιμὴ, ποὺ τὴν δονομάζομε δρικὴ γωνία (α_{op}), ή γωνία διαθλάσεως γίνεται ἵση μὲ 90° καὶ ἡ διαθλώμενη ἀκτίνα διαδίδεται ἐπάνω στὴν ἐπιφάνεια διαχωρισμοῦ τῶν δύο διπτικῶν μέσων (σχ. 247, I).

"Οταν ἡ γωνία προσπτώσεως ἔπειράσει τὴν δρικὴ γωνία ($\alpha > \alpha_{op}$), δὲν ὑπάρχει πιὰ διαθλώμενη ἀκτίνα, γιατὶ ἡ προσπίπτουσα παθαίνει μόνο ἀνάκλαση (σχ. 247, II).

Τὸ φαινόμενο αὐτὸ δονομάζεται ὀλικὴ ἀνάκλαση τοῦ φωτὸς καὶ παρατηρεῖται μόνον δταν τὸ φῶς διαδίδεται πλάγια ἀπὸ ἕνα πυκνότερο σὲ ἕνα ἀραιότερο μέσο.



Σχ. 247. "Οταν ἡ γωνία προσπτώσεως ἔπειράσει τὴν δρικὴ, συμβαίνει δλικὴ ἀνάκλαση.

"Ωστε:

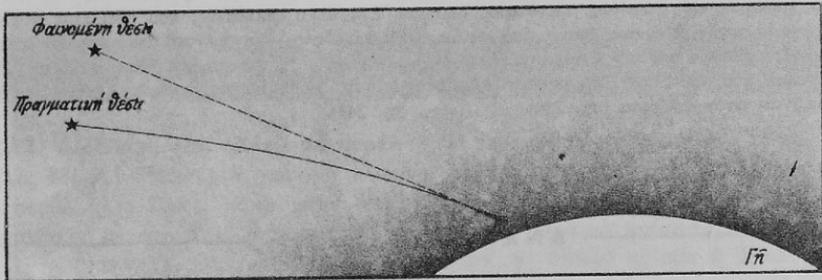
"Ολικὴ ἀνάκλαση δνομάζεται τὸ φαινόμενο κατὰ τὸ δποῖο τὸ φῶς, δταν διαδίδεται πλάγια ἀπὸ διπτικὰ πυκνότερο σὲ διπτικά ἀραιότερο διαφανὲς μέσο, παθαίνει μόνον ἀνάκλαση. Αὐτὸ συμβαίνει, δταν ἡ γωνία προσπτώσεως ἔπειράσει μιὰ δρισμένη τιμὴ, χαρακτηριστικὴ γιὰ τὰ δύο διπτικὰ μέσα, ποὺ τὴν δονομάζομε δρικὴ γωνία.

Μεγάλη χρήση τοῦ φαινομένου αὐτοῦ γίνεται στοὺς φωτιζόμενους πίδακες (συντριβάνια), δπου παρατηροῦμε χρωματιστὲς καμπύλες φλέβες νεροῦ.

§ 241. Ἀποτελέσματα τῆς διαθλάσεως.

"Οταν μία φωτεινὴ ἀκτίνα ποὺ προέρχεται ἀπὸ κάποιο ἀστέρι μπει στὴ γήινη ἀτμόσφαιρα, περνᾶ ἀπὸ στρώματα ἄερα, τῶν δποῶν αὐξάνεται συνεχῶς ἡ διπτικὴ πυκνότητα. Γι' αὐτὸν τὸ λόγῳ ἡ ἀκτίνα δλέοντα καμπύλωνται. "Οταν φτάσει στὸ μάτι μας, νομίζομε πάς προέρχεται ἀπὸ τὴν πρέκταση τοῦ τελευταίου τμήματος της, μὲ ἀποτέλεσμα νὰ βλέπομε τὸ ἀστέρι ψηλότερα ἀπὸ τὴ θέση, δπου πραγματικὰ βρίσκεται (σχ. 248). "Ετσι βλέπουμε τὸν Ἡλιο, πρὶν ἀκόμη ἀνατείλει, καὶ ἔξακολουθοῦμε νὰ τὸν βλέπουμε, ἐνδὲ ἔχει δύστει.

"Ἐνα ἄλλο φαινόμενο, ποὺ δφείλεται στὴν ἀτμόσφαιρικὴ διάθλαση, είναι δ ἀντικατοτρισμός. Γιὰ νὰ συμβεῖ τὸ φαινόμενο αὐτὸ, πρέπει ὁ ἄερας ποὺ βρίσκεται κοντὰ στὸ ἔδαφος νὰ είναι διπτικά ἀραιότερος. Αὐτὸ συμβαίνει, δταν είναι πολὺ θερμὸ τὸ ἔδαφος, δπότε σχηματίζει στρώματα, μὲ ποκνότητα ποὺ αὐξάνεται δσο ἀπομακρύνοματε ἀπὸ τὸ ἔδαφος. Στὴν περίπτωση αὐτὴ τὸ φῶς ποὺ προέρχεται ἀπὸ τὸ ψηλότερο σημεῖο ἐνδὸς ἀντικειμένου, π.χ. ἐνδὸς δέντρου, φτάνει στὸ μάτι τοῦ παρατηρητῆ, δῆπος δείχνεται στὸ σχῆμα 249. "Ετσι αὐτὸς



Σχ. 248. Ἐξαιτίας τῆς ἀτμοσφαιρικῆς διαθλάσεως συμβαίνει φαινομενική ἀνύψωση τῶν ἀστρων.

βλέπει τὸ ἀντικείμενο, δπως εἶναι στὴν πραγματικῆ του θέσῃ καὶ ἀναστραμμένο, σὰν νὰ ὑπῆρχε ἐπίπεδο κάτοπτρο ἀνάμεσα στὸ ἀντικείμενο καὶ

ἀντικατοπτρισμὸ καὶ ζεγελιοῦνται. Τὸ ἵδιο συμβαίνει καὶ στοὺς μαύρους ἀσφαλτοστρωμένους αὐτοκινητόδρομους, δπου δημιουργεῖται ἡ ἐντύ-



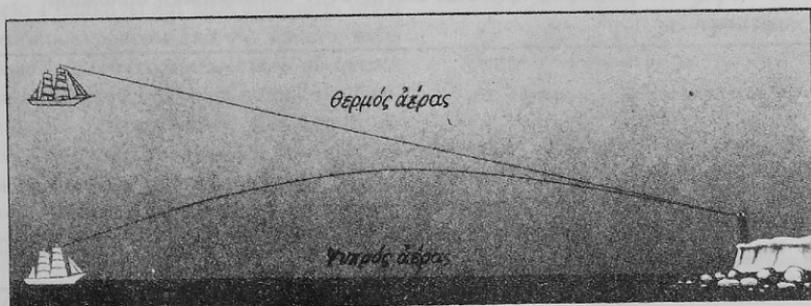
Σχ. 249. Ὄταν δὲ ἀέρας εἶναι πολὺ θερμός κοντά στὸ ἕδαφος, ἀπομακρυσμένα ἀντικείμενα φαίνονται, ἐξαιτίας τοῦ ἀντικατοπτρισμοῦ, ἀναστραμμένα.

στὸν παρατηρητή.

Τὸ φαινόμενο αὐτὸ παρατηρεῖται συνήθως στὶς ἡρήμους, δπου τὰ καραβάνια βλέπουν δάσεις ἀπὸ

πωσὶ δτι σὲ μεγάλη ἀπόσταση ἀπὸ τὸν παρατηρητὴ ἔχει καταβρεχτεὶ τὸ δόδοστρωμα.

Όταν δὲ ἀέρας ποὺ βρίσκεται κοντά στὸ ἕδαφος



Σχ. 250. Ὄταν δὲ ἀέρας ποὺ βρίσκεται κοντά στὸ ἕδαφος εἶναι ψυχρός, ἀπομακρυσμένα ἀντικείμενα φαίνονται πιὸ ψηλὰ ἀπὸ τὴν πραγματική τους θέση.

είναι ψυχρότερος καὶ ἐπομένως πυκνότερος ἀπὸ τὰ στρώματα ποὺ βρίσκονται ἐπάνω ἀπὸ αὐτῶν, δημιουργεῖται πολλὲς φορὲς ἡ ἐντύπωση πώς διάφορα ἀντικείμενα, δπως π.χ. ἔνα μακρινὸ πλοϊο, μετεωρίζονται στὸν δρίζοντα (σχ. 250).

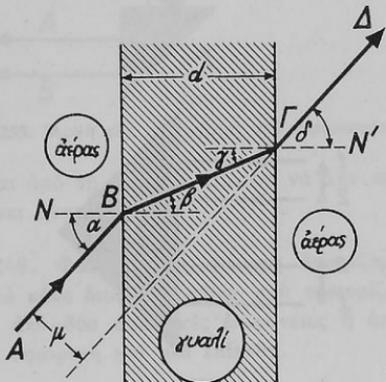
Ἐνα ἄλλο φαινόμενο, ποὺ ὀφείλεται στὴ διάθλαση, είναι ἡ φαινομενικὴ ἀνύψωση τῶν ἀντικειμένων ποὺ βρίσκονται μέσα σὲ ἔνα ύγρο, δταν τὰ κοιτάζουμε πλάγια, δπως π.χ. τὰ ψάρια (βλ. σχ. 243).

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. "Οταν τὸ φῶς διαδίδεται πλάγια ἀπὸ ἔνα διαφανὲς μέσο σὲ ἄλλο, παθαίνει διάθλαση. Τὸ φαινόμενο αὐτὸ ἀκολουθεῖ τοὺς ἔξῆς δύο νόμους: α) Τὸ ἐπίπεδο διαθλάσεως, ποὺ δρίζεται ἀπὸ τὴν προσπίπτουσα καὶ τὴ διαθλώμενη ἀκτίνα, είναι κάθετο στὴ διαχωριστικὴ ἐπιφάνεια τῶν δύο διπτικῶν μέσων. β) "Οταν μία φωτεινὴ ἀκτίνα μονόχρωμου φωτὸς παθαίνει διάθλαση, πλησιάζει πρὸς τὴν κάθετο, δταν τὸ δεύτερο διπτικὸ μέσο είναι πυκνότερο ἀπὸ τὸ πρῶτο. 'Αντίθετα ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὴν κάθετο, δταν είναι ἀραιότερο. Στὴν περίπτωση δύμως κατὰ τὴν δόποια τὸ φῶς προσπίπτει κάθετα στὴ διαχωριστικὴ ἐπιφάνεια τῶν δύο διπτικῶν μέσων, δὲν παθαίνει διάθλαση.
2. Γιὰ νὰ συμβεῖ δίλικὴ ἀνάκλαση πρέπει νὰ διαδίδεται τὸ φῶς πλάγια πρὸς τὴ διαχωριστικὴ ἐπιφάνεια τῶν δύο διπτικῶν μέσων καὶ ἀπὸ τὸ πυκνότερο πρὸς τὸ ἀραιότερο.
3. "Οταν ἡ γωνία προσπτώσεως ξεπεράσει τὴν δρικὴ γωνία, τὴ γωνία δηλαδὴ στὴν δόποια ἀντιστοιχεῖ διαθλαστικὴ γωνία 90° , ἔχομε δίλικὴ ἀνάκλαση, καμιὰ δηλαδὴ ἀπὸ τὶς προσπίπτουσες ἀκτίνες δὲν παθαίνει διάθλαση, ἀλλὰ ἀνακλῶνται δύλες.
4. Στὴν ἀτμοσφαιρικὴ διάθλαση ὀφείλεται τὸ ὅτι ὁ Ἡλιος φαίνεται ἐπάνω ἀπὸ τὸν δρίζοντα, πρὶν ἀκόμη ἀνατείλει, καὶ παραμένει ἐπάνω ἀπὸ αὐτῶν, ἀν καὶ ἔχει δύσει.
5. 'Ο ἀντικατοπτρισμὸς ὀφείλεται ἐπίσης στὴν ἀτμοσφαιρικὴ διάθλαση.

§ 242. Διάθλαση ἀπὸ πλάκα μὲ παράλληλες ἔδρες. Εστω μιὰ γυάλινη πλάκα μὲ παράλληλες ἔδρες, πάνω στὴν δοῦια προσπίπτει μὲ γωνία α μιὰ φωτεινὴ ἀ-

Ἡ μετατόπιση ἔχει τὰ πάχος τῆς γυάλινης πλάκας.



Σχ. 251. Διάθλαση μέσα ἀπὸ πλακίδιο μὲ παράλληλες ἔδρες.

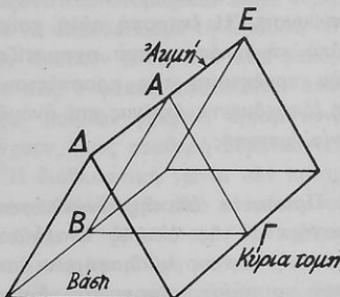
κτίνα AB (σχ. 251). Ἡ ἀκτίνα παθαίνει διάθλαση στὸ σημεῖο B καὶ πλησιάζει πρὸς τὴν κάθετο, ἀφοῦ διαδίδεται ἀπὸ τὸν ἀέρα στὸ γυαλί, δηλαδὴ ἀπὸ διπτικὰ ἀραιότερο σὲ διπτικὰ πυκνότερο σῶμα, ἀκολουθώντας τὴ διεύθυνση τῆς ἀκτίνας BG. Στὸ σημεῖο Γ παθαίνει καὶ πάλι διάθλαση, ἀλλὰ τώρα ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὴν κάθετο, ἐπειδὴ περνᾷ ἀπὸ διπτικὰ πυκνότερο σὲ διπτικὰ ἀραιότερο μέσο, ἀκολουθώντας τὴ διεύθυνση τῆς ἀκτίνας ΓΔ. Οἱ δύο διπτικὲς ἀκτίνες, ἡ προσπίπτουσα AB καὶ ἡ ἔξερχόμενη ΓΔ εἰναι παράλληλες, ἡ ΓΔ δμως ἔχει μετατοπιστεῖ ως πρὸς τὴν AB.

Όστε:

"Οταν μιὰ φωτεινὴ ἀκτίνα διαθλάται μέσα ἀπὸ μιὰ γυάλινη πλάκα μὲ παράλληλες ἔδρες, δὲν παθαίνει ἑκτροπὴ ἀπὸ τὴν ἀρχικὴ τῆς διεύθυνση, ἀλλὰ παράλληλη μετατόπιση.

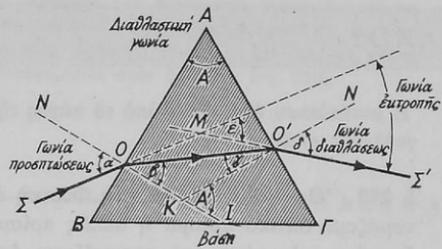
§ 243. Ὁπτικὸ πρίσμα. Στὴ Φυσικὴ δονομάζομε διπτικὸ πρίσμα ἢ ἀπλῶς πρίσμα ἵνα διαφανὲς μέσο ποὺ περιορίζεται ἀπὸ δύο ἐπίπεδες ἔδρες, οἱ δοῦες σχηματίζουν διεδρη γωνία (σχ. 252).

Ἡ τομὴ τῶν δύο ἐπίπεδων ἔδρων, ποὺ περιορίζουν τὸ πρίσμα, δονομάζεται ἀκμὴ τοῦ πρίσματος καὶ ἡ ἀντίστοιχη ἐπίπεδη γωνία τῆς διεδρης, ποὺ σχηματίζουν οἱ δύο ἔδρες, δονομάζεται διαθλαστικὴ γωνία τοῦ πρίσματος. Κάθε τομὴ τοῦ πρίσματος, κάθετη στὴν ἀκμή του, δονομάζεται κύρια τομὴ τοῦ πρίσματος. Συνήθως δίνεται τέτοια μορφὴ στὸ πρίσμα, ὥστε ἡ κύρια τομὴ του νὰ εἶναι τρίγωνο. Ἡ ἔδρα τοῦ τρι-



Σχ. 252. Πρίσμα καὶ κύρια τομὴ τοῦ πρίσματος προσπίπτουσα, ποὺ εἶναι ἀπέναντι ἀπὸ τὴν ἀκμή του, δονομάζεται βάση τοῦ πρίσματος.

§ 244. Διάθλαση μέσα ἀπὸ πρίσμα. Ἀς θεωρήσουμε δτὶ στὴν κύρια τομὴ ΒΑΓ ἐνὸς πρίσματος (σχ. 253) προσπίπτει μιὰ λεπτὴ μονόχρωμη φωτεινὴ δέσμη ΣΟ ἐπάνω στὴν ἔδρα BA, μὲ γωνία προσπτώσεως α. Ἡ



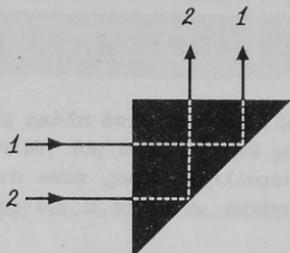
Σχ. 253. Πορεία μιᾶς φωτεινῆς ἀκτίνας μέσα ἀπό
ἕνα πρίσμα.

λεπτή αὐτὴ δέσμη, ποὺ θεωρεῖται περίπου ἀκτίνα, διαθλάται στὸ Ο καὶ εἰσχωρεῖ στὸ πρίσμα πλησιάζοντας πρὸς τὴν κάθετο κατὰ τὴ διεύθυνση ΟΟ'. Στὸ σημεῖο Ο' τῆς ἔδρας ΑΓ διαθλάται καὶ πάλι καὶ βγαίνει στὸν ἀέρα, ἐνῶ ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὴν κάθετο, ἀκολουθώντας τὴ διεύθυνση τῆς ἀκτίνας Ο'Σ'.

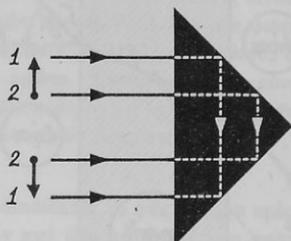
"Οπως παρατηροῦμε, ἡ ἔξερχόμενη ἀκτίνα πλησιάζει πρὸς τὴ γωνία τοῦ πρίσματος καὶ παθαίνει ἐκτροπὴ ἀπὸ τὴν ἀρχικὴ τῆς διεύθυνση. Ἡ ἐκτροπὴ αὐτὴ καθορίζεται ἀπὸ τὴ γωνία ε, ποὺ σχηματίζεται ἀπὸ τὴν προέκταση τῆς προσπίπτουσας καὶ τῆς ἔξερχόμενης ἀκτίνας καὶ δονομάζεται γωνία ἐκτροπῆς.

§ 245. Πρίσματα δίλικῆς ἀνακλάσεως. Στὸ φαινόμενο τῆς δίλικῆς ἀνακλάσεως στηρίζεται ἡ λειτουργία διαφόρων διατάξεων, ποὺ χρησιμοποιοῦν κατάλληλα πρίσματα. Ἡ κύρια τομὴ τῶν πρισμάτων αὐτῶν εἶναι δρθιόγνιο ἰσοσκελὲς τρίγωνο. Οἱ διατάξεις αὐτὲς χρησιμοποιοῦνται στὴν κατασκευὴ δρισμένων δοπτικῶν δργάνων, δπως εἶναι τὰ περισκόπια τῶν ὑποβρυχίων κλπ.

Τὸ σχῆμα 254 δείχνει δύο πρίσματα δίλικῆς ἀνακλάσεως. Στὴν περίπτωση I οἱ δοπτικὲς ἀκτίνες προσπίπτουν κάθετα σὲ μιὰ κάθετη ἔδρα τοῦ πρίσματος καὶ δὲν παθαίνουν διαθλασή, συνεχίζοντας ἔτσι εὐ-



I



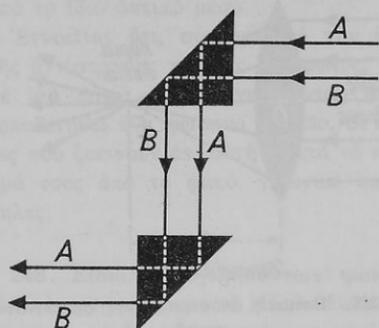
II

Σχ. 254. Πρίσματα δίλικῆς ἀνακλάσεως.

θύγραμμα τὴ διάδοσή τους μέσα στὸ πρίσμα. "Οταν συναντήσουν τὴν ὑποτείνουσα ἔδρα τοῦ πρίσματος, δὲν διαθλῶνται ἐπειδὴ προσπίπτουν μὲ γωνία μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν ὄρική. Ἀνακλῶνται λοιπὸν καὶ προσπίπτουν κάθετα στὴν ἄλλη κάθετη ἔδρα τοῦ πρίσματος, ὅποτε ἔξερχονται χωρὶς νὰ πάθουν διάθλαση.

"Αν τὸ μάτι συλλάβει τὶς ἔξερχόμενες ἀκτίνες, θὰ νομίσει δὶ τὸ ἀντικείμενο, ἀπὸ τὸ δόποιο προέρχονται, βρίσκεται στὴν προέκτασή τους. "Ετσι συμβαίνει ἐκτροπὴ τῶν ἀκτίνων κατὰ 90°. Στὴν περίπτωση II ἔχομε δύο δίλικὲς ἀνακλάσεις, οἱ δόποιες προκαλοῦν ἀναστροφὴ τοῦ εἰδώλου.

Τὸ σχῆμα 255 δείχνει τὴν ἀρχὴ πάνω στὴν δόποια στηρίζεται ἡ κατασκευὴ τοῦ περισκοπίου. Χρησιμοποιοῦνται δύο πρίσματα δίλικῆς ἀνακλάσεως, ποὺ τοποθετοῦνται ἔτσι, ὥστε τὸ εἰδώλο ποὺ προέρ-



Σχ. 255. Αρχή της λειτουργίας τού περισκοπίου.

χεται ἀπό τή διπλή ἀνάκλαση νὰ μὴν παθαίνει ἀναστροφή.

§ 246. Φακοί. Στὴ Φυσικὴ δονομάζομε φακὸ κάθε διαφανὲς σῶμα ποὺ περιορίζεται ἀπό δύο σφαιρικὲς ἐπιφάνειες ἢ ἀπὸ μιὰ σφαιρικὴ καὶ μιὰ ἐπίπεδη.

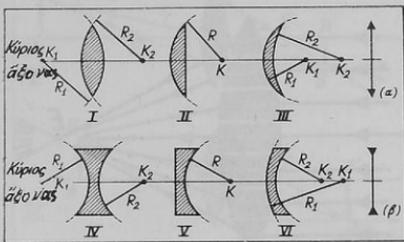
Οἱ φακοὶ κατασκευάζονται συνήθως ἀπὸ γυαλὶ ἢ ἀπὸ ἄλλο διαφανὲς όλικὸ καὶ κατατάσσονται σὲ δύο μεγάλες κατηγορίες, στοὺς συγκλίνοντες καὶ στοὺς ἀποκλίνοντες φακούς.

Ο φακὸς δονομάζεται συγκλίνων, δταν μεταβάλλει σὲ συγκλίνουσα μιὰ παράλληλη φωτεινὴ δέσμη ποὺ προσπίπτει ἐπάνω του, καὶ ἀποκλίνων, δταν τὴ μεταβάλλει σὲ ἀποκλίνουσα, ἀφοῦ περάσει ἀπὸ τὴ μάζα του.

Οἱ συγκλίνοντες φακοὶ εἰναι παχιοὶ στὸ μέσο καὶ λεπτοὶ στὰ ἄκρα, ἐνῶ οἱ ἀποκλίνοντες εἰναι παχιοὶ στὰ ἄκρα καὶ λεπτοὶ στὸ μέσο.

Οἱ ἀκτίνες R_1 καὶ R_2 τῶν δύο σφαιρῶν, στὶς δοποῖες ἀνήκουν οἱ ἐπιφάνειες τού φακοῦ, δονομάζονται ἀκτίνες καμπυλότητας τού φακοῦ. "Οταν δ φακὸς ἀποτελεῖται ἀπὸ μιὰ σφαιρικὴ καὶ μιὰ ἐπίπεδη ἐπιφάνεια, ἔχει μιὰν ἀκτίνα καμπυλότητας.

Στὸ σχῆμα 256 εἰναι σχεδιασμένα τὰ διάφορα εἰδὴ τῶν συγκλίνοντων καὶ ἀποκλίνοντων φακῶν.



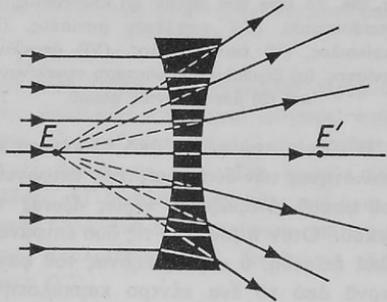
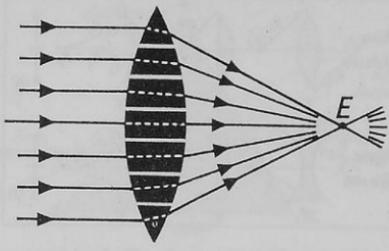
Σχ. 256. Τὰ εἰδὴ τῶν φακῶν: (I) ἀμφίνυρτος, (II) ἐπιπεδόκυρτος, (III) συγκλίνων μηνίσκος, (IV) ἀμφικοιλος, (V) ἐπιπεδόκοιλος, (VI) ἀποκλίνων μηνίσκος. (α) Συμβολικὴ παράσταση συγκλίνοντος καὶ (β) ἀποκλίνοντος φακοῦ.

"Η εὐθεία ποὺ περνᾶ ἀπὸ τὰ κέντρα καμπυλότητας τῶν δύο σφαιρικῶν ἐπιφανειῶν τού φακοῦ δονομάζεται κύριος ἀξονας τού φακοῦ. "Οταν ή μία ἀπὸ τὶς δύο ἐπιφάνειες εἰναι ἐπίπεδη, δ κύριος ἀξονας τού φακοῦ περνᾶ ἀπὸ τὸ ἔνα κέντρο καμπυλότητας καὶ εἰναι κάθετος στὴν ἐπίπεδη ἐπιφάνεια. Κάθε τομὴ τού φακοῦ ποὺ περιέχει τὸν κύριο ἀξονά του δονομάζεται κύρια τομῇ.

Γιὰ νὰ σπουδάσουμε τὴ διάδοση τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων μέσα ἀπὸ ἔνα φακό, θεωροῦμε πῶς δ φακὸς ἀποτελεῖται ἀπὸ συνδυασμὸ πολλῶν μικρῶν πρισμάτων, ποὺ δὲν ἔχουν δμως σταθερὴ διαθλαστικὴ γωνία. Η διαθλαστικὴ γωνία τῶν πρισμάτων αὐτῶν μεταβάλλεται ἀπὸ τὸ μέσο τού φακοῦ πρὸς τὰ ἄκρα του. Τὸ σχῆμα 257 δείχνει πῶς μποροῦμε νὰ φανταστοῦμε τὸ φακὸ σὰν συνδυασμὸ πολλῶν μικρῶν πρισμάτων.

Οἱ φακοὶ ποὺ θὰ μελετήσουμε ὑποθέτομε δτι εἰναι πολὺ λεπτοί. "Οτι δηλαδὴ τὸ πάχος τους εἰναι πολὺ μικρό, δταν συγκριθεῖ μὲ τὶς ἀκτίνες καμπυλότητας τῶν ἐπιφανειῶν τους.

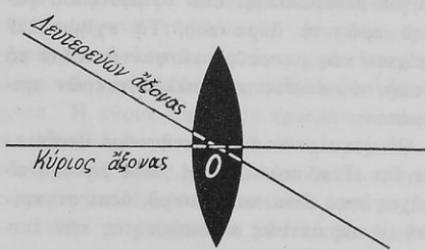
"Οταν οἱ φακοὶ ἔχουν μικρὸ πάχος, θεωροῦμε δτι δ κύριος ἀξονας τέμνει τὸ φακὸ σὲ ἔνα σημεῖο, ποὺ τὸ δονομάζομε δπτικὸ κέντρο τού φακοῦ. 'Οποιαδήποτε εὐθεία περνᾶ ἀπὸ τὸ δπτικὸ κέντρο καὶ δὲν



Σχ. 257. Σύνθεση φακών από πολλά μικρά πρίσματα διαφορετικής διαθλαστικής γωνίας.

συμπίπτει μὲ τὸν κύριο ἄξονα, δονομάζεται δευτερεύων ἄξονας τοῦ φακοῦ (σχ. 258).

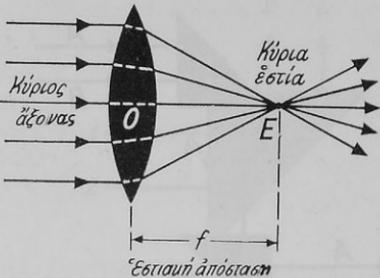
“Οταν μιὰ ἀκτίνα περνᾶ ἀπὸ τὸ δοτικό κέντρο τοῦ φακοῦ, συνεχίζει τὴ διάδοσή της χωρὶς νὰ διαθλαστεῖ.



Σχ. 258. Κύριος καὶ δευτερεύων ἄξονας ἐνὸς φακοῦ.

§ 247. Συγκλίνοντες φακοί. Κύρια ἑστία.

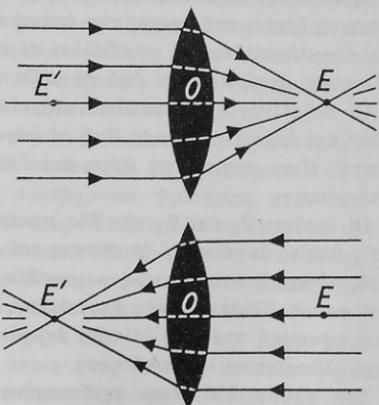
“Αν μία δέσμη ἀπὸ παράλληλες ἀκτίνες προσπέσει παράλληλα πρὸς τὸν κύριο ἄ-



Σχ. 259. Εστιακὴ ἀπόσταση ἐνὸς συγκλίνοντος φακοῦ.

ξονα ἐνὸς συγκλίνοντος φακοῦ, μετὰ τὴν ἔξοδο τῆς ἀπὸ τὸ φακό, θὰ μεταβληθεῖ σὲ συγκλίνουσα δέσμη, οἱ ἀκτίνες τῆς ὥποιας θὰ περάσουν ἀπὸ ἓνα σημεῖο E, τὸ δοτικὸ βρίσκεται ἐπάνω στὸν κύριο ἄξονα τοῦ φακοῦ καὶ δονομάζεται κύρια ἑστία. Ἡ ἀπόσταση OE τῆς κύριας ἑστίας ἀπὸ τὸ δοτικὸ κέντρο τοῦ φακοῦ, δονομάζεται ἐστιακὴ ἀπόσταση τοῦ φακοῦ (σχ. 259).

Ἐνδὲ τὰ κάτοπτρα εἰναι μονόπλευρα, οἱ φακοὶ εἰναι δίπλευροι. Γι' αὐτὸ σὲ κάθε φακὸ ἔχομε δύο ἑστίες, μιὰ πρὸς τὰ δεξιά καὶ μιὰ πρὸς τὰ ἀριστερά (σχ. 260). Οἱ δύο ἑστίες βρίσκονται σὲ ἵση ἀπόσταση



Σχ. 260. Οἱ παράλληλες ἀκτίνες συγκεντρώνονται στὶς δύο κύριες ἑστίες τοῦ φακοῦ.

άπο τὸ φακό, δταν δ φακός περιβάλλεται άπο τὸ ἴδιο δητικό μέσο.

Ἐννοεῖται διτι, σύμφωνα μὲ τὴν ἀρχὴν τῆς ἀντίστροφης πορείας τοῦ φωτός, δταν σὲ μὰ ἐστία ἐνὸς συγκλίνοντος φακοῦ τοποθετηθεῖ ἔνα φωτεινὸ σημεῖο, οἱ ἀκτίνες ποὺ ξεκινοῦν ἀπ'. αὐτήν, μετὰ τὸ πέρασμά τους ἀπὸ τὸ φακό, γίνονται παράλληλες.

§ 248. Εἰδώλα συγκλινόντων φακῶν.

Γιὰ νὰ σχηματίσουμε τὸ εἰδώλο ἐνὸς ἀντικειμένου, τὸ δηποτὸ βρίσκεται μπροστά ἀπὸ ἔνα συγκλίνοντα φακό, ἀρκεῖ νὰ σχηματίσουμε τὰ εἰδώλα τῶν διαφόρων σημείων τοῦ ἀντικειμένου.

὾πως στὴν περίπτωση τῶν κατόπτρων δ σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου ἐνὸς φωτεινοῦ σημείου γίνεται ἀπὸ τὴν τομὴν δύο ἀκτίνων, ἔτσι καὶ στὴν περίπτωση τῶν φακῶν τὸ εἰδώλο ἐνὸς φωτεινοῦ σημείου σχηματίζεται στὴν τομὴν δύο ἀκτίνων, μετὰ τὸ πέρασμά τους ἀπὸ τὸ φακό.

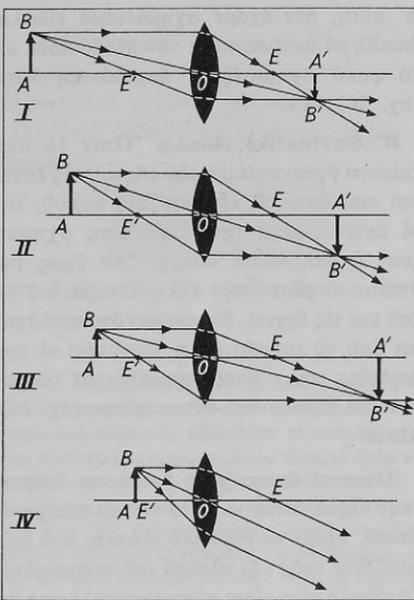
Γιὰ τὴν κατασκευὴ τῶν εἰδώλων ἀρκεῖ νὰ ἔχουμε ὑπ' ὅψη μας τὰ ἔξης:

α) Μιὰ παράλληλη πρὸς τὸν κύριο ἄξονα ἀκτίνα περνᾶ μετὰ τὴν ἔξοδό της ἀπὸ τὴν κύρια ἐστία.

β) Μιὰ φωτεινὴ ἀκτίνα μὲ διεύθυνση δευτερεύοντα ἄξονα δὲν παθαίνει διάθλαση.

γ) Μιὰ φωτεινὴ ἀκτίνα ποὺ περνᾶ ἀπὸ τὴν κύρια ἐστία ἀκολουθεῖ μετὰ τὴν ἔξοδό της διεύθυνση παράλληλη πρὸς τὸν κύριο ἄξονα.

Α' **Πραγματικὸ εἰδώλο.** **α)** "Οταν τὸ ἀντικείμενο AB βρίσκεται στὸ ἔνα μέρος τοῦ φακοῦ καὶ σὲ ἀπόσταση ($AO = a$, μεγαλύτερη ἀπὸ τὸ διπλάσιο τῆς ἐστιακῆς ἀπόστασεως, τὸ εἰδώλο τοῦ σχηματίζεται στὸ ἄλλο μέρος τοῦ φακοῦ, εἶναι πραγματικό, ἀναστραμμένο καὶ σὲ ἀπόσταση ($OA' = \beta$, μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν ἐστιακὴ ἀπόσταση καὶ μικρότερη ἀπὸ τὸ διπλάσιο τῆς ἐστια-



Σχ. 261. Διάφορες θέσεις τοῦ εἰδώλου ἐνὸς ἀντικειμένου, τοποθετημένου μπροστά σὲ συγκλίνοντα φακό.

κῆς ἀποστάσεως. Δηλαδή, δταν $a > 2f$, θὰ εἶναι $f < \beta < 2f$ (σχ. 261, I).

β) "Οταν τὸ ἀντικείμενο πλησιάζει πρὸς τὸ διπλάσιο τῆς ἐστιακῆς ἀπόστασεως, καὶ τὸ εἰδώλο τοῦ πλησιάζει πρὸς τὸ διπλάσιο τῆς ἐστιακῆς ἀπόστασεως καὶ γίνεται δλοένα μεγαλύτερο. "Οταν ἡ ἀπόσταση α τοῦ ἀντικειμένου γίνει ἵση μὲ 2f, τότε καὶ ἡ ἀπόσταση β τοῦ εἰδώλου γίνεται ἵση μὲ 2f καὶ τὸ εἰδώλο εἶναι ἵσο μὲ τὸ ἀντικείμενο (σχ. 261, II).

γ) "Οταν ἡ ἀπόσταση α τοῦ ἀντικειμένου εἶναι μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν ἐστιακὴ ἀπόσταση καὶ μικρότερη ἀπὸ τὸ διπλάσιο τῆς, τὸ εἰδώλο σχηματίζεται σὲ ἀπόσταση β μεγαλύτερη ἀπὸ τὸ διπλάσιο τῆς ἐστιακῆς ἀπόστασεως καὶ εἶναι μεγαλύτερο ἀπὸ τὸ ἀντικείμενο (σχ. 261, III).

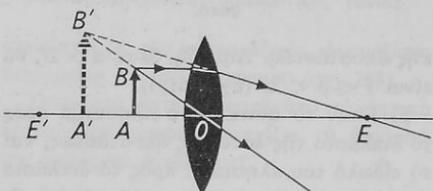
δ) "Οταν, τέλος, τὸ ἀντικείμενο, προχωρώντας πρὸς τὴν κύρια ἐστία, πέσει ἐπάνω

σ' αὐτή, δὲν ἔχομε σχηματισμὸν εἰδώλου, ἐπειδὴ οἱ ἀκτίνες μετὰ τὴν ἔξοδό τους ἀπὸ τὸ φακὸν σχηματίζουν παράλληλη δέσμη (σχ. 261, IV).

Β' Φανταστικὸν εἶδωλο. "Οταν τὸ ἀντικείμενο βρίσκεται μεταξὺ τῆς κύριας ἑστίας καὶ τοῦ ὀπτικοῦ κέντρου τοῦ φακοῦ, τότε οἱ ἀκτίνες μετὰ τὴν ἔξοδό τους σχηματίζουν ἀποκλίνουσα δέσμη. Ἐν διαστάσεις βρίσκεται τὸ μάτι στὴν ἄλλη πλευρά τοῦ φακοῦ καὶ τὶς δεχτεῖ, θὰ νομίσει ὅτι προέρχονται ἀπὸ τὸ σημεῖο δόπου τέμνονται οἱ προεκτάσεις τους. Ἐκεῖ σχηματίζεται τὸ φανταστικὸν εἶδωλο τοῦ ἀντικειμένου (σχ. 262)."

"Ωστε:

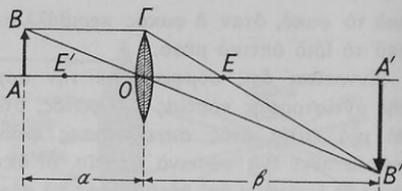
"Οταν τὸ ἀντικείμενο βρίσκεται ἀνάμεσα στὴν κύρια ἑστία καὶ στὸ ὀπτικὸν κέντρο τοῦ φακοῦ, ἔχομε φανταστικὸν εἶδωλο, ποὺ σχηματίζεται πρὸς τὴν πλευρὰ τοῦ ἀντικειμένου. Τὸ εἶδωλο ἀντὸν εἶναι πάντοτε μεγαλύτερο ἀπὸ τὸ ἀντικείμενο καὶ ὅρθιο.



Σχ. 262. Σχηματισμὸς φανταστικοῦ εἶδωλου ἀπὸ συγκλίνοντα φακό.

§ 249. Τύπος τῶν συγκλινόντων φακῶν. "Οπως ἀποδεικνύεται, μεταξὺ τῆς ἀποστάσεως α τοῦ ἀντικειμένου, ποὺ βρίσκεται μπροστὰ σὲ ἔνα συγκλίνοντα φακό, ἀπὸ τὸ ὀπτικὸν κέντρο Ο τοῦ φακοῦ, τῆς ἀποστάσεως β τοῦ εἶδωλου τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τὸ ὀπτικὸν κέντρο Ο τοῦ φακοῦ καὶ τῆς ἑστιακῆς ἀποστάσεως γ τοῦ φακοῦ (σχ. 263), ἰσχύει ἡ σχέση:

$$\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{f}$$



Σχ. 263. Γιὰ τὸν τύπο τῶν συγκλινόντων φακῶν.

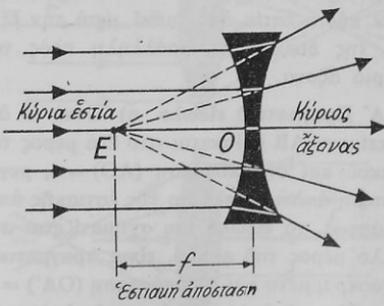
Στὴν ἔξισωση αὐτὴ τὰ α καὶ f εἰναι πάντοτε θετικοὶ ἀριθμοὶ. Τὸ β μπορεῖ νὰ είναι θετικὸς ἢ ἀρνητικὸς ἀριθμός. Θετικὸ β σημαίνει πραγματικὸ εἶδωλο, ἀρνητικὸ β ὑποδηλώνει δτὶ τὸ εἶδωλο εἶναι φανταστικό.

§ 250. Μεγέθυνση τοῦ φακοῦ. Ἡ μεγέθυνση M ἐνὸς φακοῦ δρίζεται μὲ τὸν ἴδιο τρόπο ποὺ δρίζεται ἡ μεγέθυνση ἐνὸς σφαιρικοῦ κατόπτρου. "Οπως στὴν περίπτωση τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων, ἔτσι καὶ στὴν περίπτωση τῶν φακῶν ἴσχυει ἡ σχέση:

$$M = \frac{\beta}{\alpha}$$

§ 251. Ἀποκλίνοντες φακοί. Οἱ φακοὶ αὐτοὶ μεταβάλλουν μιὰ παράλληλη δέσμη σὲ ἀποκλίνουσα, ἀφοῦ περάσει ἀπὸ τὴν μάζα τους καὶ πάθει δυὸ φορὲς διάθλαση.

Στὸ σχῆμα 264 παριστάνεται ἔνας ἀποκλίνων φακός. Μιὰ δέσμη ἀπὸ παράλληλες ἀκτίνες προσπίπτει παράλληλα πρὸς τὸ



Σχ. 264. Ἐστιακὴ ἀπόσταση ἐνὸς ἀποκλίνοντος φακοῦ.

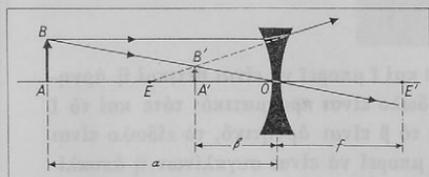
κύριο ἔξονα τοῦ φακοῦ. Οἱ γεωμετρικὲς προεκτάσεις τῶν ἀκτίνων τῆς δέσμης συναντοῦνται μετὰ τὴν ἔξοδό τους στὸ σημεῖο Ε, ποὺ εἶναι ἡ κύρια ἑστία τοῦ φακοῦ, ἡ δόπια στὴν περίπτωση αὐτὴ εἶναι φανταστική.

§ 252. Εἰδωλα ἀποκλινόντων φακῶν.

Ἄς φανταστοῦμε ἔνα ἀντικείμενο AB μπροστὰ ἀπὸ τὸν ἀποκλίνοντα φακὸ τοῦ σχήματος 265. Γιὰ νὰ σχηματίσουμε τὸ εἰδωλό του, κατασκευάζομε τὸ εἰδωλο τῆς κορυφῆς του B. Γιὰ τὸ σκοπὸ αὐτὸ δρειαζόμαστε δύο ἀκτίνες. Μιὰ παράλληλη πρὸς τὸν κύριο ἔξονα, δόποτε ἡ γεωμετρικὴ προέκταση τῆς ἐξερχόμενῆς της θὰ περνᾷ ἀπὸ τὴν φανταστικὴ κύρια ἑστία, καὶ μιὰ ποὺ νὰ ἔχει διεύθυνση δευτερεύοντος ἔξονα, ἡ δόπια δὲν θὰ ὑποστεῖ διάλλαση.

Οἱ δύο αὐτὲς διαθλασμένες ἀκτίνες εἶναι πάντοτε ἀποκλίνουσες, γ' αὐτὸ δὲν συναντοῦνται, κι' ἔτσι δὲν μποροῦν νὰ δώσουν πραγματικὸ εἰδωλο. Ἀν δύος πέσουν καὶ οἱ δύο στὸ μάτι μας, θὰ μᾶς δημιουργῆθει ἡ ἐντύπωση ὅτι προέρχονται ἀπὸ ἔνα σημεῖο ποὺ βρίσκεται στὴν ἴδια πλευρά, ώς πρὸς τὸ φακό, μὲ τὸ ἀντικείμενο. Ἐκεῖ θὰ σχηματιστεῖ τὸ φανταστικὸ εἰδωλο B' τοῦ B. Φέρνοντας μιὰ κάθετη εὐθεία B'A' στὸν ὅπτικὸ ἔξονα τοῦ φακοῦ, σχηματίζομε τὸ εἰδωλο τοῦ ἀντικειμένου.

Οἱ ἀποκλίνοντες φακοὶ δίνουν πάντοτε φανταστικὰ εἰδωλα, δρθια καὶ μικρότερα ἀπὸ τὰ ἀντικείμενα. Τὰ εἰδωλα βρίσκονται στὴν ἴδια πλευρά, ώς πρὸς τὸ φακό,



Σχ. 265. Γεωμετρικὴ κατασκευὴ τοῦ φανταστικοῦ εἰδώλου ἐνός ἀποκλίνοντος φακοῦ.

μὲ τὰ ἀντικείμενα. Ὅταν τὸ ἀντικείμενο πλησιάζει πρὸς τὸ ὅπτικὸ κέντρο τοῦ φακοῦ, αὐξάνεται τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου.

Γιὰ τοὺς ἀποκλίνοντες φακοὺς ἰσχύει ἡ ἐξίσωση:

$$\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{f}$$

ὅπου δύος μόνο τὸ α εἶναι θετικό. Τὰ β καὶ f εἶναι ἀρνητικά.

§ 253. Ἐφαρμογὲς καὶ χρήσεις τῶν φακῶν. Οἱ φακοὶ, σὲ συνδιασμὸ πολλές φορὲς μὲ κάτοπτρα καὶ πρίσματα, ἀποτελοῦν τὰ σπουδαιότερα μέρη τῶν ὀπτικῶν ὁργάνων, δύος εἶναι τὸ ἀπλὸ καὶ σύνθετο μικροκόπιο, ὁ φωτογραφικὸ θάλαμος, τὸ τηλεσκόπιο, ὁ προβολέας, ἡ κινηματογραφικὴ μηχανὴ κλπ. Μὲ εἰδίκοις φακοὺς ἐπίστις ἔσουδετερώντωνται ὄρισμένα ἀλλατώματα τοῦ ἀνθρώπινου ματοῦ, τὸ ὅποιο ἀποτελεῖ ἔνα είδος ὅπτικο ὄργάνου.

§ 154. Ἰσχὺς φακοῦ. Ἔνας φακὸς εἶναι τόσο περισσότερο συγκλίνων, δσο οἱ κύριες ἑστίες του βρίσκονται κοντύτερα στὸ ὅπτικὸ του κέντρο, δσο δηλαδὴ ἡ ἑστία καὶ ἀπόσταση τοῦ φακοῦ εἶναι μικρότερη. Αὗτὸ ἀκριβῶς τὸ χαρακτηριστικὸ γνώρισμα ἐνὸς φακοῦ ἐκφράζει ἡ Ἰσχὺς τοῦ φακοῦ.

Ἡ Ἰσχὺς P ἐνὸς φακοῦ ὄριζεται ἡ ἶση μὲ τὸ ἀντίστροφο τῆς ἑστίακης ἀποστάσεως f τοῦ φακοῦ.

Ἐπομένως θὰ ἔχουμε ὅτι:

$$P = \frac{1}{f}$$

Ὅταν ἡ f ἐκφράζεται σὲ μέτρα, ἡ P βρίσκεται σὲ διοπτρίες.

Ἀριθμητικὸ παράδειγμα. Νὰ βρεθεῖ ἡ Ἰσχὺς ἐνὸς φακοῦ ἀκτίνας καμπυλότητας 20 cm.

Αύστη. Ἐπειδὴ 20 cm = 0,20 m, θὰ ἔχουμε ὅτι:

$$P = \frac{1}{0,20} = 5 \text{ διοπτρίες}$$

1. Οι φωτεινές ἀκτίνες, ποὺ διαθῶνται ἀπὸ γυάλινες πλάκες μὲ παράλληλες ἔδρες, δὲν παθαίνουν ἐκτροπὴ ἀπὸ τὴν ἀρχική τους διεύθυνση, ἀλλὰ μετατοπίζονται μόνο παράλληλα.

2. Τὰ ὅπτικὰ πρίσματα εἶναι διαφανὴ μέσα, ποὺ περιορίζονται ἀπὸ τὶς δυὸς ἔδρες μιᾶς διεδρηγ̄ γωνίας.

3. "Ἄν μιὰ φωτεινὴ ἀκτίνα προσπέσει πλάγια σὲ μιὰ ἔδρα τοῦ πρίσματος, μπαίνει στὸ πρίσμα καὶ διαθλᾶται." Οταν συναντήσει τὴν ἄλλη ἔδρα, βγαίνει ἀπὸ τὸ πρίσμα καὶ διαθλᾶται πάλι. Ἡ ἐξερχόμενη ἀκτίνα ἔχει πάθει ἐκτροπὴ ἀπὸ τὴν ἀρχικὴ τῆς διεύθυνση, ἡ ὁποία καθορίζεται ἀπὸ τὴ γωνία ποὺ σχηματίζει ἡ προσπίπτουσα μὲ τὴν ἐξερχόμενη ἀκτίνα.

4. Τὰ πρίσματα ὀλικῆς ἀνακλάσεως ἔχουν ως κύρια τομὴ ὁρθογώνιο ἰσοσκελὲς τρίγωνο. Οταν μία φωτεινὴ ἀκτίνα πέσει κάθετα σὲ μιὰ ἔδρα τῆς ὁρθῆς διεδρηγ̄ διαθλαστικῆς γωνίας τοῦ πρίσματος, συνεχίζει τὴ διάδοσή της χωρὶς διάθλαση καὶ συναντώντας τὴν ὑποτείνουσα παθαίνει ὀλικὴ ἀνάκλαση. Ἡ ἀνακλώμενη ἀκτίνα πέφτει κάθετα στὴν ἄλλη ἔδρα καὶ βγαίνει χωρὶς νὰ πάθει διάθλαση.

5. Οἱ φακοὶ εἶναι διαφανὴ σώματα, ποὺ περιορίζονται ἀπὸ δύο σφαιρικὲς ἐπιφάνειες ἡ μιὰ σφαιρικὴ καὶ μιὰ ἐπίπεδη καὶ ὑποδιαιροῦνται σὲ δύο μεγάλες κατηγορίες, στοὺς συγκλίνοντες καὶ στοὺς ἀποκλίνοντες φακούς. Οἱ πρῶτοι μεταβάλλουν μιὰ δέσμη ἀπὸ παράλληλες φωτεινές ἀκτίνες σὲ συγκλίνουσα καὶ οἱ δεύτεροι σὲ ἀποκλίνουσα.

6. Οἱ φακοὶ ἔχουν δύο συμμετρικὲς κύριες ἐστίες καὶ δύο ἡ μιὰν ἀκτίνες καμπυλότητας. Στοὺς συγκλίνοντες φακοὺς ἡ κύρια ἐστία εἶναι πραγματικὴ καὶ σχηματίζεται ἀπὸ τὴ δέσμη τῶν παράλληλων ἀκτίνων, ποὺ μεταβάλλεται σὲ συγκλίνουσα նστερα ἀπὸ τὴν ἔξοδό της ἀπὸ τὸ φακό. Στοὺς ἀποκλίνοντες φακοὺς ἡ κύρια ἐστία εἶναι φανταστικὴ καὶ σχηματίζεται ἀπὸ τὶς προεκτάσεις τῶν ἀκτίνων ποὺ βγαίνουν ἀπὸ τὸ φακό.

7. Ἡ ἀπόσταση α τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τὸ ὅπτικὸ κέντρο τοῦ φακοῦ, ἡ ἀπόσταση β τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὸ ὅπτικὸ κέντρο καὶ ἡ ἐστιακὴ ἀπόσταση f τοῦ φακοῦ συνδέονται μὲ τὴ σχέση:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

Τὸ α εἶναι πάντοτε θετικὸς ἀριθμός, τὰ β καὶ f μπορεῖ νὰ εἶναι θετικοὶ ἡ ἀρνητικοὶ ἀριθμοί. Οταν τὸ β εἶναι θετικό, τὸ εἰδώλο εἶναι πραγματικό· τότε καὶ τὸ f εἶναι θετικό καὶ ὁ φακὸς συγκλίνων. Οταν τὸ β εἶναι ἀρνητικό, τὸ εἰδώλο εἶναι φανταστικό. Στὴν περίπτωση αὐτὴ ὁ φακὸς μπορεῖ νὰ εἶναι συγκλίνων ἡ ἀποκλίνων. Οταν τὸ f εἶναι ἀρνητικό, ὁ φακὸς εἶναι ἀποκλίνων, ὅποτε καὶ τὸ β εἶναι ἀρνητικό, ἐπειδὴ οἱ ἀποκλίνοντες φακοὶ δίνουν πάντοτε φανταστικὰ εἰδώλα.

8. "Οπως και στην περίπτωση τῶν κατόπτρων, ή μεγέθυνση M ἐνδος φακοῦ δι-
νεται ἀπὸ την ἔξισωση:

$$M = \frac{\beta}{\alpha}$$

9. Οι φακοί, τὰ κάτοπτρα και τὰ πρίσματα εἰναι τὰ σπουδαιότερα μέρη τῶν
διπτικῶν ὄργανων.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

175. "Ερα ἀντικείμενο ἀπέχει 60 cm ἀπὸ ἓνα συγ-
κλίνοντα φακό και δίνει εἰδώλο σὲ ἀπόσταση 20 cm
ἀπὸ τὸ δύπτικό κέντρο τοῦ φακοῦ. Νὰ ὑπολογιστεῖ
ἡ ἔστιακή ἀπόσταση τοῦ φακοῦ.

('Απ. $f = 15$ cm.)

176. "Ερα ἀντικείμενο βρίσκεται σὲ ἀπόσταση
30 cm ἀπὸ τὸ δύπτικό κέντρο ἐνδος συγκλίνοντος φα-
κοῦ και δίνει πραγματικό εἰδώλο σὲ ἀπόσταση 120 cm
ἀπὸ αὐτὸν. Νὰ βρεθεῖ ἡ ἔστιακή ἀπόσταση και
ἡ μεγέθυνση τοῦ φακοῦ. ('Απ. $f = 24$ cm, $M = 4$.)

177. 'Εμπρός ἀπὸ ἓνα συγκλίνοντα φακό, μὲ
ἔστιακή ἀπόσταση 15 cm, τοποθετοῦμε ἓνα ἀντικεί-
μενο σὲ ἀπόσταση 120 cm ἀπὸ τὸ δύπτικό κέντρο
τοῦ φακοῦ. "Ατ τὸ ύψος τοῦ ἀντικειμένου είναι 3,5
cm, νὰ ὑπολογιστεῖ ἡ θέση τοῦ εἰδώλου καθὼς και
τὸ μέγεθός του. ('Απ. $\beta = 17,1$ cm, $E = 0,5$ cm.)

178. "Ερα ἀντικείμενο ύψους 4 mm τοποθετεῖται
σὲ ἀπόσταση 10 cm ἀπὸ ἓνα συγκλίνοντα φακό,
μὲ ἔστιακή ἀπόσταση 12,5 cm. Νὰ βρεθεῖ ἡ θέση
τοῦ εἰδώλου καθὼς και τὸ μέγεθός του.

('Απ. $\beta = 50$ cm, $E = 20$ mm.)

179. "Ερα ἀντικείμενο τοποθετεῖται σὲ ἀπόσταση

8 cm ἀπὸ ἓνα ἀποκλίνοντα φακό μὲ ἔστιακή ἀπό-
σταση 24 cm. Νὰ ὑπολογίσετε τὴ θέση τοῦ εἰδώλου
και τὴ μεγέθυνση.

('Απ. -6 cm μιτροστά ἀπὸ τὸ φακό, $M = 0,75$.)

180. Σὲ πόση ἀπόσταση ἀπὸ ἓνα συγκεντρωτικό
φακό, μὲ ἔστιακή ἀπόσταση 8 cm, πρέπει νὰ τοπο-
θετησουμε ἓνα ἀντικείμενο, ώστε τὸ πραγματικό εἰ-
δώλο του νὰ ἔχει τὸ ἕιδος ύψος μὲ τὸ ἀντικείμενο;
Νὰ κατασκευάσετε γραφικά τὸ εἰδώλο.

('Απ. 16 cm.)

181. "Η φλόγα ἐνδος κεριοῦ ἔχει ύψος 1,5 cm. Τὸ
κερί τοποθετεῖται στὴν κύρια ἔστια ἐνδος ἀποκλίνο-
ντος φακοῦ, μὲ ἔστιακή ἀπόσταση 15 cm. Νὰ βρεθεῖ
ἡ θέση καθὼς και τὸ ύψος τοῦ εἰδώλου ποὺ σχημα-
τίζεται. ('Απ. $\beta = -7,5$ cm, $E = -0,75$ cm.)

182. "Ερας συγκλίνων φακὸς ἔχει ἔστιακή ἀπό-
σταση 60 cm. Νὰ βρεθεῖ ἡ λσχὺς αὐτοῦ τοῦ φακοῦ.
('Απ. $P = 1,66$ διοπτρίες.)

183. Νὰ βρεθεῖ ἡ λοχὺς ἐνδος ἀποκλίνοντος φακοῦ
μὲ ἔστιακή ἀπόσταση -25 cm.

('Απ. -4 διοπτρίες.)

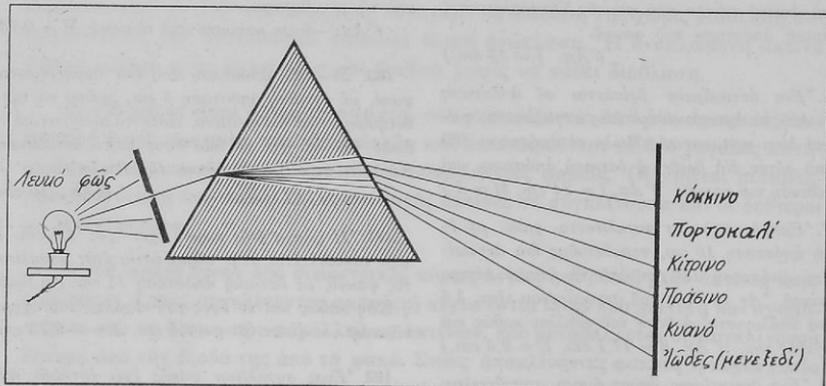
MZ — ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

§ 255. Φάσμα. Πείραμα. Ἐπάνω σὲ ἔνα πρίσμα ἀφήνομε νὰ πέσει μιὰ δέσμη ἀπὸ παράλληλες ἀκτίνες λευκοῦ φωτός, ή ὅποια νὰ προέρχεται, π.χ., ἀπὸ ἔναν ἡλεκτρικὸν λαμπτήρα φωτισμοῦ, μπροστὰ ἀπὸ τὸν δῆμο τοῦ φωτός εἶχομε τοποθετήσει ἔνα διάφραγμα μὲν μιὰ στενὴ σχισμὴ (σχ. 266). Παρατηροῦμε τότε ὅτι οἱ ἐξερχόμενες ἀκτίνες, ἐκτὸς ἀπὸ τὴν ἐκτροπή, ἔχουν πάθει καὶ ἀνάλυσην. Ἀν δηλαδὴ τὶς δεχτοῦμε πάνω σ' ἔνα διάφραγμα, παίρνομε μία ἔγχρωμη συνεχὴ

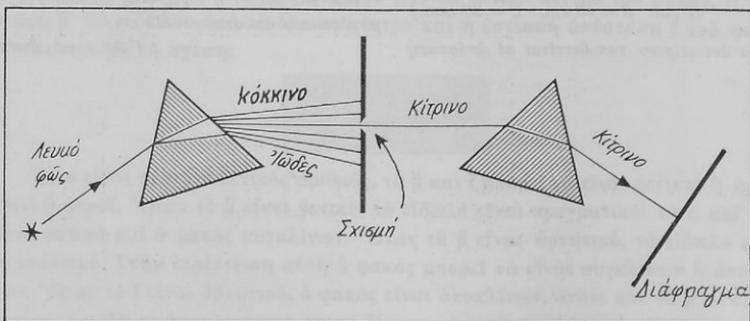
ταινία, ποὺ ἀποτελεῖται κατὰ σειρὰ ἀπὸ τὰ ἀκόλουθα χρώματα: κόκκινο, πορτοκαλί, κίτρινο, πράσινο, κυανὸν καὶ ἵδες (μενεζέδι).

Τὸ φαινόμενο αὐτὸν δονομάζεται ἀνάλυση τοῦ φωτός καὶ ἡ ἔγχρωμη ταινία φάσμα.

Οταν ἔνα φᾶς περιέχει ἀκτίνες ἐνὸς μόνον χρώματος, δονομάζεται μονόχρωμο ἢ ἀπλό. Τὸ φᾶς αὐτὸν δὲν ἀναλύεται ἀλλὰ μένει τὸ ἴδιο, ὅταν περάσει μέσα ἀπὸ πρίσμα (σχ. 267).



Σχ. 266. Ἀνάλυση τοῦ λευκοῦ φωτός μέσα ἀπὸ πρίσμα.



Σχ. 267. Τὰ ἀπλὰ χρώματα τοῦ φάσματος δὲν ἀναλύονται.

§ 256. Φασματικές περιοχές. Ἐν μπροστά ἀπὸ τὸ φάσμα, ποὺ προέρχεται ἀπὸ λευκὸ φῶς καὶ τὸ δόποιο σχηματίζεται ἐπάνω σ' ἔνα διάφραγμα, μετακινήσουμε μιὰν ἔντυπη σελίδα, παρατηροῦμε δὲ μποροῦμε νὰ διαβάσουμε ἄνετα τὸ ἔντυπο, ὅταν αὐτὸ βρίσκεται στὴν περιοχὴ τοῦ κιτρινοπράσινου φωτός, ἐπειδὴ στὴν περιοχὴν αὐτὴν παρατηρεῖται ἡ μεγαλύτερη φωτεινότητα τοῦ φάσματος. Ἀντίθετα οἱ δύο ἀκραίες περιοχές τοῦ κόκκινου καὶ τοῦ ἰώδουν εἶναι σκοτεινές καὶ μὲ μεγάλῃ δυσκολίᾳ μποροῦμε νὰ διαβάσουμε τὸ ἔντυπο.

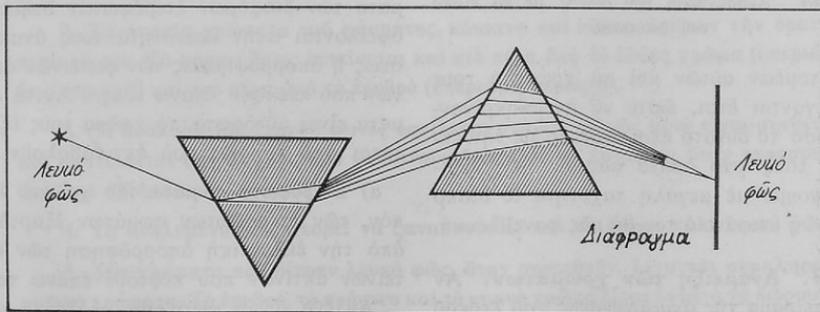
Ἄν μετακινήσουμε κατὰ μῆκος τοῦ φάσματος ἔνα εὐαίσθητο θερμόμετρο, τὸ δργανό δείχνει τὴν ὑψηλότερη θερμοκρασία στὴν κόκκινη περιοχὴ. Ἀν ἀφῆσουμε τὸ φάσμα νὰ προσβάλει μιὰ συνηθισμένη φωτογραφικὴ πλάκα καὶ ὑστερα τὴν ἐμφανίσουμε, θὰ παρατηρήσουμε δὲ τὴν ἀπόστασιν τῆς φωτογραφικῆς πλάκας ἐλαττώνεται δόσο προχωροῦμε πρὸς τὴν κόκκινη περιοχὴ, ὅπου ἡ πλάκα δὲν προσβάλλεται καθόλου. Γι' αὐτὸ στὰ φωτογραφικὰ ἐργαστήρια χρησιμοποιοῦν, ὅταν ἐργάζονται, κόκκινο φωτισμό.

Ἡ ἔγχρωμη ταινία, ποὺ σχηματίσε τὸ λευκὸ φῶς ἐπάνω στὸ διάφραγμα μετά τὴν ἔξοδο του ἀπὸ τὸ πρίσμα, δύνομάζεται ἴδιαίτερα ὁρατὸ φάσμα, ἐπειδὴ ἐρεθίζει τὸ μάτι,

ποὺ εἶναι τὸ αἰσθητήριο τῆς ὄράσεως. Τὸ φάσμα ὠστόσο ἀπλώνεται καὶ πιὸ πέρα ἀπὸ τὴν δρατὴ περιοχὴν. Ἡ περιοχὴ ποὺ βρίσκεται πέρα ἀπὸ τὸ κόκκινο (ἐρυθρὸ) δύνομάζεται ὑπέροχη περιοχή, ἐνῶ ἐκείνη ποὺ εἶναι πέρα ἀπὸ τὸ ἴδες ὑπεριώδης περιοχή.

§ 157. Ἐξήγηση τῆς ἀναλύσεως τοῦ φωτός. Ἡ ἀνάλυση τοῦ λευκοῦ φωτὸς υστερα ἀπὸ τὸ πέρασμά του μέσα ἀπὸ ἔνα πρίσμα, ἀποδεικνύει δὲ τὸ φῶς αὐτὸ δὲν εἶναι ἀπλὸ ἀλλὰ σύνθετο. Πραγματικὰ τὸ λευκὸ φῶς ἀποτελεῖται ἀπὸ ἀκτίνες ἀπειράριθμων χρωμάτων, ποὺ παθαίνουν διαφορετικὴ ἐκτροπὴ καὶ χωρίζονται, ὅταν βγοῦν ἀπὸ τὸ πρίσμα. Τὴ μικρότερη ἐκτροπὴ παθαίνουν οἱ κόκκινες ἀκτίνες καὶ τὴ μεγαλύτερη οἱ ἰώδεις. Ωστόσο ἡ διάκριση τῶν χρωμάτων τοῦ φάσματος μὲ διάφορες δύνομασίες εἶναι αὐθαίρετη, ἐπειδὴ ἀνάμεσα στὰ χρώματα αὐτὰ ὑπάρχουν πολλὲς ἀποχρώσεις καὶ τὸ πέρασμα ἀπὸ τὸ ἔνα χρώμα στὸ ἄλλο εἶναι βαθμιαῖο.

§ 258. Ἀνασύνθεση τοῦ λευκοῦ φωτός. Ἡ ἀναμείξουμε κατάλληλα τὰ χρώματα τοῦ φάσματος, μποροῦμε νὰ ἔνασχηματίσουμε τὸ λευκὸ φῶς. Ὁ Νεύτωνας χρησιμοποίησε γιὰ τὸ σκοπὸ αὐτὸ δύο δμοια πρίσματα, ὥπως δείχνει τὸ σχῆμα 268.

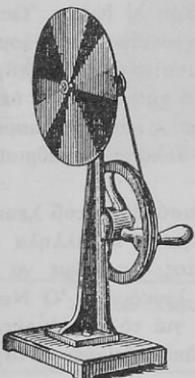


Σχ. 268. Ἀνασύνθεση τοῦ φωτός.

Χρώμα πού λείπει	κόκκινο	πορτοκαλί	κίτρινο	πράσινο	κυανό	Ιώδες
Τύπολοιπο χρῆμα ἀναμειξεως	πράσινο	Ιώδες	κυανό	κόκκινο	κίτρινο	πορτοκαλί

Τὸ ἔδιο μποροῦμε νὰ πετύχουμε, ἀν στη-
ριχτοῦμε στὸ φαινόμενο τῆς διάρκειας τῆς
δητικῆς ἐντυπώσεως. Στὸ φαινόμενο δη-
λαδὴ σύμφωνα μὲ τὸ ὅποιο ὁ ἑρεθισμὸς
τοῦ ματιοῦ δὲν εἶναι ἀκαριαῖος, ἀλλὰ διαρ-
κεῖ περίπου 0,1 sec, ἀφοῦ πάψει ἡ αἰτία ποὺ
τὸν προκάλεσε (μετασθήμα).

Ἐτσι μποροῦμε νὰ προκαλέσουμε ἀνά-
μειξη τῶν χρωμάτων μέσα στὸ μάτι μας
μὲ τὴν ἑξῆς μέθοδο. Παίρνομε ἕνα δίσκο
ἀπὸ χαρτόνι, ἐπάνω στὸν ὅποιο ἔχουν κολ-
ληθεῖ κυκλικοὶ τομεῖς τῶν κυριότερων χρω-
μάτων τοῦ φάσματος (σχ. 269). Τὸ μέγεθος



Σχ. 269. Ἀνασύνθεση τοῦ φωτὸς μὲ τὸ δίσκο τοῦ Νεύτωνα.

τῶν τομέων αὐτῶν καὶ τὰ χρώματά τους
διαλέγονται ἔτσι, ὅστε νὰ ἀνταποκρίνον-
ται ὅσο τὸ δυνατὸ περισσότερο μὲ τὴν ἔκ-
τασή τους στὸ ὄρατο φάσμα. "Αν περι-
στρέψουμε μὲ μεγάλη ταχύτητα τὸ δίσκο
αὐτὸν, ἥ ἐπιφάνειά του θὰ μᾶς φανεῖ λευκή.

§ 259. Ἀνάμειξη τῶν χρωμάτων. Ἀν
στὸ πείραμα τῆς ἀνασυνθέσεως τοῦ λευκοῦ

φωτὸς μὲ τὰ δύο πρίσματα ἐμποδίσουμε ἔνα
ἀπὸ τὰ ἀπλὰ χρώματα νὰ μπεῖ μαζὶ μὲ τὰ
ἄλλα στὸ δεύτερο πρίσμα, θὰ παρατηρή-
σουμε ὅτι τὰ ὑπόλοιπα χρώματα, στὴ σύν-
θεσῃ, δὲν θὰ μᾶς δώσουν λευκὸ φῶς. Οὕτε
θὰ εἴναι δημοσίο τὸ σύνθετο αὐτὸ φῶς,
ἄν, ἀντὶ νὰ ἀφαιρέσουμε τὸ δένα, ἀφαιρέσουμε
ἄλλο χρῶμα. Πάντως, δ.τι καὶ νὰ είναι, θὰ
ξαναδώσει λευκό, ἀμα τὸ συνδυάσουμε πάλι
μὲ τὸ χρῆμα ποὺ τοῦ είχαμε ἀφαιρέσει.

"Οταν δύο χρώματα δίνουν, ἀφοῦ συν-
τεθοῦν, λευκὸ φῶς, δύνομάζονται συμπλη-
ρωματικὰ χρώματα. Ἐτσι τὸ ἀπλὸ κίτρινο
είναι συμπληρωματικὸ τοῦ κυανοῦ. Στὸν
παραπάνω πίνακα δίνονται ζεύγη συμπλη-
ρωματικῶν χρωμάτων.

Λευκὸ ἥ καὶ γκρίζο χρῆμα είναι δυνατὸ
νὰ παραχθεῖ μὲ συνδυασμὸ κόκκινου, πρά-
σινου καὶ κυανοῦ φωτὸς. Ἐπίσης τὰ διά-
φορα ἄλλα χρώματα τοῦ φάσματος, μπο-
ροῦν νὰ παραχθοῦν μὲ σύνθεση φωτὸς ἀπὸ
τὰ τρία αὐτὰ χρώματα, σὲ κατάλληλες ἀνα-
λογίες. Ἐπειδὴ τὰ παραπάνω συμβαίνουν
μόνο μὲ αὐτὰ τὰ τρία χρώματα, γ' αὐτὸ
καὶ δύνομάζονται πρωτεύοντα χρώματα.

§ 260. Χρώματα τῶν σωμάτων. Τὰ χρώ-
ματα τῶν διαφόρων ἐτερόφωτων σωμάτων
διφείλονται στὴν ἰκανότητά τους ἀνακλά-
σεως ἥ ἀπορροφήσεως τῶν φωτεινῶν ἀκτί-
νων ποὺ πέφτουν ἐπάνω τους. "Αν τὰ σώ-
ματα είναι αὐτόφωτα, τὸ χρῆμα τους ἑξαρ-
τάται ἀπὸ τὸ φῶς ποὺ ἀκτινοβιοῦν.

α) Ἐτερόφωτα σώματα. Τὸ χρῆμα, λοι-
πόν, τῶν ἐτερόφωτων σωμάτων ἔξαρτάται
ἀπὸ τὴν ἐκλεκτικὴ ἀπορρόφηση τῶν φω-
τεινῶν ἀκτίνων ποὺ πέφτουν ἐπάνω τους.

"Αν ἔνα σῶμα φωτίζεται μὲ λευκὸ φῶς

καὶ τὸ βλέπουμε κι ἐμεῖς λευκό, θὰ πεῖ δτι
ἡ ἐπιφάνειά του διαχέει ἢ ἀντανακλᾶ ἀκτί-
νες δμοιες μ' αὐτὲς ποὺ δέχεται, γι' αὐτὸ^ν
καὶ παίρνει τὸ χρῆμα τοῦ φωτὸς μὲ τὸ όποιο
φωτίζεται.

Διαφανὴ σώματα. "Οταν τὸ λευκὸ φῶς
περνᾶ ἀπὸ διάφορα διαφανὴ σώματα, δ-
πως εἶναι π.χ. οἱ διάφορες ἔγχρωμες γυά-
λινες πλάκες, παθαίνει ἀπορρόφηση ὁρι-
σμένων ἀκτίνων του, ἐνδὲ οἱ ὑπόλοιπες ποὺ
τὸ διαπερνοῦν δίνουν στὸ σῶμα τὸ χαρα-
κτηριστικό του χρῆμα. "Ετσι ἔνα γυαλί
φαίνεται πράσινο, ἐπειδὴ ἀπὸ τὸ λευκὸ
φῶς ποὺ πέφτει ἐπάνω του ἀφήνει νὰ περ-
νοῦν μόνον οἱ πράσινες ἀκτίνες. Τὸ ἕδιο
συμβαίνει καὶ μὲ τὰ ἔγχρωμα διαλύματα·
παρουσιάζουν τὸ χρῆμα τῶν ἀκτίνων ποὺ
τὰ διαπερνοῦν.

Άδιαφανὴ σώματα. Γιὰ νὰ δοῦμε ἔνα ἀ-
διαφανὲς σῶμα, πρέπει νὰ πέσει στὴν ἐπι-
φάνειά του φῶς, πού, ἀφοῦ πάθει ἀνάκλαση
ἢ διάθλαση, θὰ φτάσει στὸ μάτι μας. "Αν
ἀπὸ τὴν ἐπιφάνεια ἐνὸς σώματος ἀπορρο-
φηθοῦν ἐκλεκτικὰ οἱ ἀκτίνες ὁρισμένων
χρωμάτων, θὰ φτάσουν στὸ μάτι μας μόνο
οἱ ὑπόλοιπες. Αὐτὲς λοιπὸν καὶ θὰ καθο-

ρίσουν τὸ χρῆμα τοῦ σώματος. "Ωστε τὸ
χρῆμα ποὺ παρουσιάζει ἔνα σῶμα ἐξαρτᾶ-
ται ἀπὸ τὴν φύση τῆς ἐπιφάνειάς του.

"Ετσι ἔνα ἔγχρωμο ὑφασμα φαίνεται κυα-
νό, ὅταν φωτίζεται μὲ λευκὸ φῶς, ἐπειδὴ
μόνο οἱ κυανὲς ἀκτίνες διαχέονται, ἐνδὲ
οἱ ὑπόλοιπες ἀπορροφῶνται. Τὸ ὑφασμα
αὐτό, ἀν φωτιστεῖ μὲ μονόχρωμο φῶς, δια-
φορετικὸ ἀπὸ τὸ κυανό, θὰ φαίνεται βέ-
βαια μαῦρο.

"Αν ἔνα σῶμα ἀπορροφᾷ δλα τὰ χρώμα-
τα χωρὶς νὰ ἀνακλᾶ ἢ νὰ διαχέει κανένα,
δνομάζεται μελανὸ σῶμα (μαῦρο). Τέτοιο
σῶμα π.χ. εἶναι ή αιθάλη. 'Αντίθετα, ἀν
τὸ σῶμα δὲν ἀπορροφᾷ κανένα χρῆμα,
ἀλλὰ ἀνακλᾶ δλα τὰ χρώματα, δνομάζεται
λευκὸ σῶμα. Τὰ σώματα ποὺ ἀπορρο-
φοῦν δλα τὰ χρώματα, δχι δμως κατὰ τὸ
ἕδιο ποσοστό, δνομάζονται φαιὰ σώματα
(γκρίζα).

β) Αντόφωτα σώματα. Τὸ φῶς τῶν αὐτό-
φωτων σωμάτων ἐξαρτᾶται ἀπὸ διάφορους
παράγοντες, π.χ. ἀπὸ τὴ θερμοκρασία τους,
ὅπως συμβαίνει μὲ τὰ πυρακτωμένα σώ-
ματα, ἀπὸ τὶς χημικὲς ἀντιδράσεις ποὺ συμ-
βαίνουν σ' αὐτά, δπως στὶς φλόγες, κλπ.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. "Οταν μιὰ δέσμη ἀκτίνων λευκοῦ φωτὸς προσπέσει σ' ἔνα γυάλινο πρίσμα,
ἀναλύεται μετὰ τὴν ἔξοδο της ἀπὸ τὸ πρίσμα καὶ σχηματίζει ἐπάνω σ' ἔνα παραπέ-
τασμα μιὰ ἔγχρωμη ταινία, ποὺ δνομάζεται φάσμα.
2. Τὰ ἀκραία χρώματα τοῦ φάσματος, κόκκινο καὶ ἰῶδες, δρίζουν τὴν ὄρατὴν
περιοχὴν του. Τὸ φάσμα δμως ἐκτείνεται καὶ πιὸ πέρα ἀπὸ τὸ ἰῶδες χρῆμα (ὑπεριώ-
δης περιοχὴ) καὶ πιὸ πέρα ἀπὸ τὸ ἐρυθρό (ὑπέρυθρη περιοχὴ).
3. "Η ἀνάλυση τοῦ λευκοῦ φωτὸς δφείλεται στὸ δτι τὸ φῶς αὐτὸ εἶναι σύνθετο
καὶ ἀποτελεῖται ἀπὸ ἀκτίνες ποὺ παθαίνουν διαφορετικὴ ἐκτροπή, ὅταν περάσουν
ἀπὸ ἔνα πρίσμα.
4. Τὸ ἀναλυμένο φῶς μπορεῖ νὰ ξανασυντεθεῖ καὶ νὰ δώσει πάλι λευκὸ φῶς.
5. Δύο χρώματα ποὺ δίνουν λευκὸ φῶς, ὅταν συντεθοῦν, λέγονται συμπληρω-
ματικὰ χρώματα. Τὸ ἐρυθρό, τὸ πράσινο καὶ τὸ κυανὸ χρῆμα εἶναι δυνατὸ νὰ δώσουν,

ὅταν τὰ συνθέσουμε σὲ κατάλληλες ἀναλογίες, λευκὸ ή γκρίζο χρῶμα, ὥπως ἐπίσης καὶ ὅποιοδήποτε χρῶμα τοῦ φάσματος καὶ ὀνομάζονται πρωτεύοντα χρώματα.

6. Τὰ χρώματα τῶν σωμάτων διφείλονται στὴν ἴκανότητα ἀνακλάσεως ή ἀπορροφήσεως τοῦ φωτός, τὸ ὅποιο πέφτει ἐπάνω τους, ἢν εἰναι ἑτερόφωτα, ή στὸ φῶς ποὺ ἐκπέμπουν αὐτὰ τὰ ἴδια, ἢν εἰναι αὐτόφωτα.

ΜΗ — ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΑ

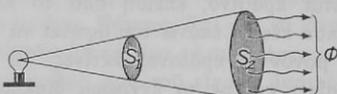
§ 261. **Γενικότητες.** Γνωρίζομε ἀπὸ πεῖρα πώς, ὅταν παρατηροῦμε μὲ γυμνὸ μάτι καὶ μὲ τὶς ἴδιες συνθῆκες δύο γειτονικὲς ἐπιφάνειες δμοιας φύσης, μποροῦμε νὰ ἐκτιμήσουμε ὃν δέχονται τὸν ἴδιο φωτισμό, ἐπειδὴ τότε θὰ παρουσιάζουν τὴν ἴδια φωτεινότητα.

Οἱ διάφορες φωτεινὲς πηγὲς ἐκπέμπουν στὸ χῶρο φῶς, ποὺ συναντᾶ στὸ δρόμο του τὰ διάφορα ἀντικείμενα, τὰ φωτίζει καὶ ἔτσι γίνονται δρατά.

“Ἄν πρόκειται γιὰ φωτεινὲς πηγὲς, μᾶς ἐνδιαφέρει νὰ γνωρίζουμε τὴ φωτεινὴ ἴσχυ (ἢ φωτεινὴ ἔντασή τους): ὅταν δμως πρόκειται γιὰ ἐπιφάνειες τῶν φωτιζόμενων σωμάτων, μᾶς ἐνδιαφέρει νὰ γνωρίζουμε τὸν φωτισμὸ τους.

“Ολοι θὰ ἔχουμε παρατηρήσει πώς οἱ φωτεινὲς πηγὲς εἶναι σώματα ποὺ ἔχουν ὑψηλὴ θερμοκρασία, γεγονὸς ποὺ ἀποδεικνύει πώς ὑπάρχει σχέση ἀνάμεσα στὸ φῶς καὶ στὴ θερμότητα. Ἐχομε ἐπίσης παρατηρήσει πώς ἔνα σῶμα ποὺ φωτίζεται, θερμαίνεται. Αὐτὸ ἀποδεικνύει ὅτι τὸ φῶς εἰναι μιὰ μορφὴ ἐνέργειας, ἢ ὅποια ὀνομάζεται φωτεινὴ ἐνέργεια.

§ 262. **Φωτεινὴ ροή.** Μιὰ φωτεινὴ πηγὴ ἐκπέμπει φωτεινὴ ἐνέργεια πρὸς ὅλες τὶς διευθύνσεις. “Ἄν θεωρήσουμε ἔναν κῶνο, ποὺ ἔχει κορυφὴ του τὴν πηγὴ, τὸ ἐσωτερι-



Σχ. 270. Ἀπὸ τὶς διατομές S_1 καὶ S_2 διέρχεται ἡ ἴδια φωτεινὴ ροή Φ .

κ τὸ κώνου θὰ δέχεται ἀδιάκοπα φωτεινὴ ἐνέργεια (σχ. 270). Σὲ χρονικὸ διάστημα τὴ ἐνέργεια αὐτὴ ἔχει τιμὴ Ε. Ὁνομάζομε φωτεινὴ ροή τὸ πηλίκο:

$$\Phi = \frac{E}{t}$$

καὶ δρίζομε ὅτι:

Φωτεινὴ ροή Φ ὀνομάζεται ἡ φωτεινὴ ἐνέργεια, ἡ ὅποια περνᾷ στὴ μονάδα τοῦ χρόνου ἀπὸ ἔναν δρισμένο κῶνο, ποὺ ἔχει κορυφὴ τὴ φωτεινὴ πηγὴ.

Δηλαδή:

$$\text{φωτεινὴ ροή} = \frac{\text{φωτ. ἐνέργεια}}{\text{χρόνος}}$$

§ 263. **Φωτεινὴ ἴσχυς** ἢ ἔνταση μιᾶς φωτεινῆς πηγῆς. Ἡ φωτεινὴ ἴσχυς εἶναι ἔνα φυσικὸ μέγεθος, ποὺ χαρακτηρίζει τὶς φωτεινὲς πηγὲς (ποὺ φανερώνει δηλαδὴ πόσο ἔντονα ἀκτινοβολοῦν οἱ πηγές).

Ἄς θεωρήσουμε μιὰ φωτεινὴ πηγὴ καὶ

μιὰ στερεὴ γωνία, ποὺ ἔχει τὴν κορυφή της ἐπάνω στὴ φωτεινὴ πηγὴ. Μέσα στὴ στερεὴ γωνία Ω ἐκπέμπεται ἀπὸ τὴ φωτεινὴ πηγὴ φωτεινὴ ροή Φ . Τὸ πηλίκο I τῆς φωτεινῆς ροῆς Φ πρὸς τὴ στερεὴ γωνία Ω , μέσα στὴν ὁποία ἐκπέμπεται, δνομάζεται φωτεινὴ ισχὺς η ἔνταση τῆς πηγῆς. "Οστε:

Φωτεινὴ ισχὺς η ἔνταση μιᾶς φωτεινῆς πηγῆς δνομάζεται τὸ πηλίκο τῆς φωτεινῆς ροῆς Φ , ἡ ὁποία ἐκπέμπεται μέσα σὲ μιὰ στερεὴ γωνία Ω , ποὺ ἔχει τὴν κορυφή της ἐπάνω στὴν πηγὴ, πρὸς τὴ στερεὴ γωνία Ω .

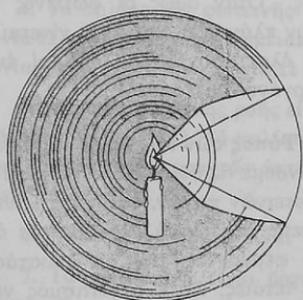
Δηλαδή:

$$I = \frac{\Phi}{\Omega}$$

Μονάδες φωτεινῆς ροῆς καὶ φωτεινῆς ισχύος. "Ως μονάδα φωτεινῆς ροῆς χρησιμοποιοῦμε τὸ **Λούμεν** (**1 Lumen**) (σχ. 271).

Μονάδα φωτεινῆς ισχύος είναι τὸ **νέο** ἡ διεθνὲς **κηρίο** (**1 NK**).

Τὸ νέο κηρίο ἔχει φωτεινὴ ισχὺν η ση μὲ τὸ $1/60$ τῆς φωτεινῆς ισχύος η ὁποία ἐκπέμπεται ἀπὸ ἐπιφάνεια ἑνὸς τετραγωνικοῦ ἑκατοστομέτρου (τελείως μελανοῦ σώματος), ποὺ βρίσκεται στὴ θερμοκρασία τῆξης τοῦ λευκόχρυσου ($1\ 770^{\circ}\text{C}$).



Σχ. 271. Γιὰ τὴν κατανόηση τῆς μονάδας τῆς φωτεινῆς ροῆς **1 Lumen**.

§ 264. Φωτισμὸς ἐπιφάνειας. "Οταν ἐπάνω σὲ μιὰ ἐπιφάνεια πέφτει φῶς, λέμε ὅτι ἡ ἐπιφάνεια φωτίζεται. "Αν θεωρήσουμε μιὰ ἐπιφάνεια μὲ ἐμβαδὸ S , ποὺ φωτίζεται δμοιόμορφα ἀπὸ τὴ φωτεινὴ ροή Φ μιᾶς πηγῆς, τότε:

'Ονομάζομε φωτισμὸ B μιᾶς ἐπιφάνειας μὲ ἐμβαδὸ S τὸ πηλίκο τῆς φωτεινῆς ροῆς Φ , ἡ ὁποία πέφτει στὴν ἐπιφάνεια δμοιόμορφα, πρὸς τὸ ἐμβαδὸ S τῆς ἐπιφάνειας αὐτῆς.

Δηλαδή:

$$B = \frac{\Phi}{S}$$

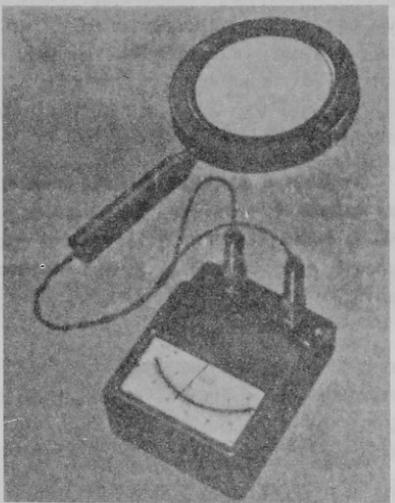
Μονάδα φωτισμοῦ. "Αν στὸν παραπάνω τύπῳ η Φ είναι η ση μὲ **1 Lumen** καὶ η S μὲ 1 m^2 , τὸ B είναι η σο μὲ τὴ μονάδα τοῦ φωτισμοῦ, ποὺ τὴν δνομάζομε **Λούξ** (**1 Lux**). "Οστε:

$$1\text{ Lux} = \frac{1\text{ Lumen}}{1\text{ m}^2}$$

'Ο φωτισμὸς μιᾶς ἐπιφάνειας μὲ ἐμβαδὸ 1 m^2 είναι η σος μὲ **1 Lux**, ὅταν ἡ ἐπιφάνεια φωτίζεται δμοιόμορφα μὲ φωτεινὴ ροὴ **1 Lumen**.

'Ο φωτισμὸς ἐνὸς χώρου, σπου πρόκειται νὰ γίνει μιὰ ἐργασία, ἔξαρταται ἀπὸ τὸ εἰδὸς τῆς ἐργασίας. Γιὰ ἀνάγνωση χρειαζόμαστε σχετικὰ μεγαλύτερο φωτισμὸ παρὰ γιὰ ἄλλες ἐργασίες. 'Ο φωτισμὸς τὴν ημέρα στὸ οπαίθρο είναι περίπου $20\ 000$ Lux, ἐνδὲ μέσα σὲ ἕνα δωμάτιο $1\ 000$ Lux.

§ 265. Φωτόμετρα. Τὰ φωτόμετρα είναι ὅργανα ποὺ χρησιμοποιοῦνται γιὰ τὴ μέτρηση τοῦ φωτισμοῦ. 'Αποτελοῦνται συγῆως ἀπὸ ἕνα φωτοστοιχεῖο καὶ ἀπὸ ἕνα εὐαίσθητο γαλβανόμετρο, συνδεμένα σὲ σειρὰ (σχ. 272). "Οταν φωτίζεται τὸ φωτοστοιχεῖο, παράγεται ἡλεκτρικὸ ρεῦμα. 'Η ἔνταση τοῦ ρεύματος αὐτοῦ είναι ἀνάλογη μὲ τὴν ἔνταση τοῦ φωτισμοῦ γιὰ εὐκολία μας λοιπὸν τὸ ὅργανο είναι βαθμολογημένο γιὰ εὐκολία μας σὲ ἐντάσεις τοῦ φωτισμοῦ καὶ δχι στὶς ἀντίστοιχες ἐντάσεις τοῦ ρεύματος ποὺ διαρρέει τὸ γαλβανόμετρο.



Σχ. 272. Φωτόμετρο μὲ φωτοστοιχεῖο.

§ 266. Νόμοι τοῦ φωτισμοῦ. Ὁ φωτισμὸς B , ποὺ δέχεται μιὰ ἐπιφάνεια S , ἔξαρτᾶται ἀπὸ τοὺς ἀκόλουθους παράγοντες: α) ἀπὸ τὴ φωτεινὴ ἰσχὺ τῆς πηγῆς, β) ἀπὸ τὴν ἀπόσταση τῆς ἐπιφάνειας ἀπὸ τὴ φωτεινὴ καὶ γ) ἀπὸ τὴ γωνία προσπτώσεως τῶν ἀκτίνων.

Ιος Νόμος. Ὁ φωτισμὸς B , ποὺ δέχεται μιὰ ἐπιφάνεια S , τοποθετημένη σὲ ὄρισμένη ἀπόσταση ἀπὸ μιὰ φωτεινὴ πηγὴ καὶ σὲ τέτοια θέση, ὥστε νὰ δέχεται κάθετα τὶς ἀκτίνες, εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴ φωτεινὴ ἰσχὺ I τῆς πηγῆς.

Σύμφωνα μὲ τὸ νόμο αὐτό, ἂν τοποθετήσουμε μπροστὰ σὲ ἔνα φωτόμετρο δύο σκοιούς λαμπτῆρες, τὸ δργανο θὰ δώσει διπλάσια ἐνδειξη ἀπὸ αὐτὴ ποὺ ἀντιστοιχεῖ σὲ ἔνα λαμπτήρα.

Σος Νόμος. Ὁ φωτισμὸς B , ποὺ προκαλεῖ μιὰ σημειακὴ φωτεινὴ πηγὴ μὲ ὄρισμένη φωτεινὴ ἔνταση I σὲ μιὰ ἐπιφάνεια S , ἐπάνω στὴν ὥοποια πέφτουν κάθετα οἱ ἀκτί-

νες τῆς, εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνο τῆς ἀποστάσεως γ τῆς ἐπιφάνειας ἀπὸ τὴ φωτεινὴ πηγὴ.

Γιὰ νὰ ἀποδείξουμε αὐτὸν τὸ νόμο, τοποθετοῦμε ἔνα φωτόμετρο μπροστὰ ἀπὸ μιὰ φωτεινὴ πηγὴ καὶ σὲ ὄρισμένη ἀπόσταση ἀπ’ αὐτὴν τὸ δργανο θὰ δώσει τότε μιὰ ἐνδειξη, ἡ ὥοποια θὰ δείχνει τὸ φωτισμὸ ποὺ δέχεται τὸ φωτόμετρο. Ἀν κατόπι διπλασιάσουμε, τριπλασιάσουμε, τετραπλασιάσουμε κ.λπ. τὴν ἀπόσταση τοῦ φωτομέτρου ἀπὸ τὴ φωτεινὴ πηγὴ, θὰ παρατηρήσουμε ὅτι ὁ φωτισμὸς γίνεται 4, 9, 16 κλπ. φορὲς μικρότερος.

Ο πρῶτος καὶ ὁ δεύτερος νόμος τοῦ φωτισμοῦ περιέχονται στὴν ἑξίσωση:

$$B = \frac{I}{r^2}$$

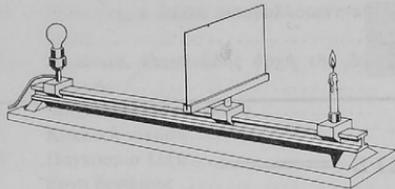
Ζος Νόμος. Ὁ φωτισμὸς μιᾶς ἐπιφάνειας ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὸν προσανατολισμὸ τῆς σχετικὰ μὲ τὴ διεύθυνση τῶν ἀκτίνων.

Πραγματικά, ἂν κρατᾶμε τὸ φωτόμετρο σὲ ἀπόσταση ἀπὸ τὴ φωτεινὴ πηγὴ καὶ στρέψουμε τὸ δργανο, ὥστε νὰ μεταβάλλουμε τὴν κλίση τῆς ἐπιφάνειας ποὺ φωτίζεται, παρατηροῦμε ὅτι ὁ φωτισμὸς γίνεται μέγιστος, ὅταν πέφτουν κάθετα οἱ φωτεινὲς ἀκτίνες. Ὁταν δύμως οἱ φωτεινὲς ἀκτίνες πέφτουν πλάγια, ὁ φωτισμὸς γίνεται μικρότερος, ἐλαττώνονται δηλαδὴ οἱ ἐνδειξεῖς τοῦ δργάνου μετρήσεως.

§ 267. Τύπος τῶν ἴσων φωτισμῶν. Γιὰ νὰ συγκρίνουμε τὶς φωτεινὲς ἐντάσεις I_1 καὶ I_2 δύο φωτεινῶν πηγῶν, φωτίζομε κάθετα μιὰ ἐπιφάνεια, διαδοχικὰ μὲ κάθε μία ἀπὸ τὶς πηγές, φέρνοντάς την σὲ ἀπόστασεις r_1 καὶ r_2 τέτοιες, ὥστε ὁ φωτισμὸς νὰ εἶναι καὶ στὶς δύο περιπτώσεις ὁ ἴδιος.

Μποροῦμε δύμως καὶ μὲ ἄλλον πολὺ ἀπλότρόπο νὰ κάνουμε τὸ πείραμα: τοποθετοῦ-

με τις δύο φωτεινές πηγές σε δρισμένη άπόσταση τη μία από την άλλη και μετακινούμε άνάμεσά τους ένα κατάλληλα στηριγμένο φύλλο χαρτί, πού έχει μιά κηλίδα άπό λάδι (σχ. 273). "Οταν, άφοϋ μετακινήσουμε κατάλληλα τὸ λαδωμένο χαρτί, πάψουμε νά διακρίνουμε τὴν κηλίδα, ἔχομε πετύχει ίσοφωτισμὸ τῶν δύο δύψεων τοῦ χαρτιοῦ.



Σχ. 273. Φωτόμετρο τοῦ Bunsen. "Οταν τὸ πέτασμα ίσοφωτίζεται, ἔξαφανίζεται ἡ κηλίδα.

Σύμφωνα μὲ τὸν δρισμὸ τοῦ φωτισμοῦ θὰ ἔχουμε τότε:

$$B = \frac{I_1}{r_1^2} \quad \text{καὶ} \quad B = \frac{I_2}{r_2^2}$$

καὶ:

$$\frac{I_1}{r_1^2} = \frac{I_2}{r_2^2} \quad \text{ἢ} \quad \frac{I_1}{I_2} = \frac{r_1^2}{r_2^2}$$

Ἐπομένως:

"Οταν δύο φωτεινές πηγὲς φωτίζουν ἐξ ισού μία ἐπιφάνεια μὲ κάθετη πρόσπτωση τῶν ἀκτίνων, τότε οἱ φωτεινές ἐντάσεις τῶν πηγῶν εἰναι ἀνάλογες μὲ τὰ τετράγωνα τῶν ἀποστάσεών τους ἀπὸ τὴν φωτιζόμενη ἐπιφάνεια.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Ἡ λαμπρότητα μιᾶς φωτεινῆς πηγῆς ἐκφράζεται ἀπὸ τὴν φωτεινὴν ίσχυν ἡ φωτεινὴ ἐνταση τῆς πηγῆς. Παρουσιάζει ἐνδιαφέρον ἡ γνώση τοῦ φωτισμοῦ μιᾶς φωτιζόμενης ἐπιφάνειας.
2. Τὸ φῶς εἶναι μία μορφὴ ἐνέργειας, ποὺ ὀνομάζεται φωτεινὴ ἐνέργεια.
3. Ἡ φωτεινὴ ἐνέργεια E, ἡ ὁποία περνᾶ στὴ μονάδα τοῦ χρόνου μέσα ἀπὸ Ἑναν κῶνο, ποὺ έχει τὴν κορυφὴν του στὴ φωτεινὴ πηγή, ὀνομάζεται φωτεινὴ ροή Φ.
4. Τὸ πηλίκο τῆς φωτεινῆς ροῆς Φ, ἡ ὁποία ἐκπέμπεται μέσα σὲ μιὰ στερεὴ γωνία Ω ἀπὸ μιὰ φωτεινὴ σημειακὴ πηγή, ποὺ βρίσκεται στὴν κορυφὴ τῆς στερεῆς γωνίας, πρὸς τὴ στερεὴ γωνία Ω ὀνομάζεται φωτεινὴ ίσχυς I ἡ ἐνταση τῆς πηγῆς.
5. Μονάδα φωτεινῆς ροῆς εἶναι τὸ 1 Lumen καὶ φωτεινῆς ἐντάσεως τὸ 1 Néo ἡ Διεθνὲς κηρίο (NK). Τὸ πηλίκο τῆς φωτεινῆς ροῆς Φ, ποὺ δέχεται μιὰ ἐπιφάνεια S μὲ κάθετη πρόσπτωση τῶν ἀκτίνων, πρὸς τὴν ἐπιφάνεια S ὀνομάζεται φωτισμὸς B τῆς ἐπιφάνειας.
6. Μονάδα φωτισμοῦ εἶναι τὸ 1 Lux.
7. Τὰ φωτόμετρα εἶναι δργανα ποὺ χρησιμοποιοῦνται γιὰ τὴ μέτρηση τοῦ φωτισμοῦ.
8. Ὁ φωτισμὸς B ποὺ δέχεται μιὰ ἐπιφάνεια S εἶναι ἀνάλογος μὲ τὴν ἐνταση τῆς φωτεινῆς πηγῆς, ἀντιστρόφως ἀνάλογος μὲ τὸ τετράγωνο τῆς ἀποστάσεως r

της έπιφάνειας από τὴν πηγὴν καὶ ἔξαρταται από τὸν προσανατολισμὸν τῆς έπιφάνειας σχετικὰ μὲ τὴ διεύθυνση τῶν ἀκτίνων. Γιὰ κάθετη πρόσπτωση τῶν ἀκτίνων ισχύει ὡς σχέση:

$$B = \frac{I}{r^2}$$

9. Ὄταν δύο φωτεινὲς πηγὲς μὲ ἐντάσεις I_1 καὶ I_2 βρίσκονται σὲ ἀποστάσεις r_1 καὶ r_2 απὸ μιὰ ἐπιφάνεια καὶ τῇ φωτίζουν ἵσα μὲ κάθετη πρόσπτωση τῶν ἀκτίνων, ισχύει ὁ ἀκόλουθος τύπος τοῦ ισοφωτισμοῦ:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{r_1^2}{r_2^2}$$

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

184. Πόσα Lumen πέφτουν κάθετα ἐπάνω σὲ μιὰ ἐπιφάνεια μὲ ἐμβαδὸν 5 m^2 , ὅταν ὁ φωτισμὸς τῆς ἐπιφάνειας αὐτῆς είναι 12 Lux;

('Απ. 60 Lumen.)

185. Στὸ κέντρο μιᾶς σφαίρας, ἀπέτινας 2 m, βρίσκεται ἵνας μικρὸς ἡλεκτρικὸς λαμπτήρας. Νὰ βρεθεῖ ἡ φωτεινὴ ισχὺς τοῦ, ἢν τὴν σφαίρα δέχεται φωτισμὸν 2 Lux.

('Απ. 8 NK.)

186. Πόση είναι ἡ ἔνταση μιᾶς φωτεινῆς πηγῆς, πὼν προκαλεῖ, μὲ κάθετη πρόσπτωση τῶν ἀκτίνων τῆς ἐπάνω σὲ μιὰ ἐπιφάνεια, φωτισμὸν 20 Lux, ὅταν ἡ ἐπιφάνεια ἀπέχει 6 m ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγὴν;

('Απ. 720 NK.)

187. Λύση. Δύο φωτεινὲς πηγὲς συγκρίνονται μὲ ἔνα φωτόμετρο. Ὄταν πενταλίνομε τὸν φωτισμὸν τοῦ φωτομέτρου, οἱ ἀποστάσεις τῶν φωτεινῶν πηγῶν ἀπὸ τὴν ισοφωτιζόμενη ἐπιφάνεια τοῦ φωτομέτρου είναι 30 cm καὶ 60 cm ἀντίστοιχα. "Ἄν ἡ φωτεινὴ ἔνταση τῆς μικρότερης φωτεινῆς πηγῆς είναι 10 NK, νὰ βρεθεῖ ἡ φωτεινὴ ἔνταση τῆς ἄλλης πηγῆς.

('Απ. 40 NK.)

188. Σὲ πόσο ὑψος ἐπάνω ἀπὸ ἔνα τραπέζι πρέπει νὰ βρίσκεται ἵνας λαμπτήρας 100 NK, γιὰ νὰ προκαλεῖ φωτισμὸν 50 Lux;

('Απ. 1,41 m.)

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

I. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

A'.	Κίνηση τῶν σωμάτων	Σελ.	5
B'.	Εύθυγραμμή διμαλά μεταβαλλόμενη κίνηση	11	
G'.	'Αδράνεια. Θεμελιώδης ἀρχὴ τῆς Δυναμικῆς	18	
D'.	Μηχανικές ταλαντώσεις	22	
E'.	Κυκλικὴ κίνηση.....	29	
ΣΤ'.	Παγκόσμια ἔλξη.....	37	
Z'.	'Εργο δυνάμεως	43	
H'.	'Ισχὺς.....	49	
Θ'.	'Ενέργεια	53	

II. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ

I'.	Μετατροπὴ τῆς μηχανικῆς ἐνέργειας σὲ θερμικὴ	59
IA'.	Τριβὴ. Μηχανικὸ ισοδύναμο τῆς θερμίδας	60
IB'.	Διατήρηση τῆς ἐνέργειας στὶς ἀπλές μηχανὲς	66
II'.	Μετατροπὴ τῆς θερμικῆς ἐνέργειας σὲ μηχανικὴ ἐνέργεια. 'Ατμομηχανὴ	69
ID'.	Μηχανὲς ἐσωτερικῆς καύσης	72
IE'.	Πύρωναι	77

III. ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ

ΙΣΤ'.	'Ο ἥχος	81
ΙΖ'.	'Ηχητικές πηγὲς	88

IV. ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ-ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

ΙΗ'.	Σύσταση τῆς ὅλης. Μόρια καὶ ἀτομα..	92
ΙΘ'.	Κατασκευὴ τοῦ ἀτόμου. Πυρῆνες καὶ ἡλεκτρόνια	96
K'.	Τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα. Φορὰ καὶ ἀποτελέσματα τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος	100
ΚΑ'.	'Αγωγὰ καὶ μονωτικὰ σώματα. Τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα στοὺς μεταλλικὸς ἀγωγοὺς	105

KΒ'.	'Ηλεκτρόλυση. Ποιοτικὴ σπουδὴ. 'Ιόντα	108
KΓ'.	'Ηλεκτρόλυση. Δευτερεύουσες χημικὲς ἀντιδράσεις	113
KΔ'.	'Ηλεκτρόλυση. Νόμοι τοῦ Φάρανται. 'Ἐφαρμογές	117
KΕ'.	Ποσότητα ἡλεκτρισμοῦ. Μονάδα Κουλόμπ. 'Ἐνταση ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Μονάδα 'Αμπέρ	121
KΣΤ'.	Θερμικὰ ἀποτελέσματα τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος	127
KΖ'.	'Ηλεκτρικὴ ἐνέργεια. 'Ηλεκτρικὴ 'Ισχὺς	132
KΗ'.	Διαφορὰ δυναμικοῦ. Μονάδα Βόλτ...	135
KΘ'.	Πρακτικὴ μέτρηση διαφορᾶς δυναμικοῦ	140
Δ'.	'Ἐφαρμογές τοῦ νόμου τοῦ Τζάουλ. Φοτισμὸς - Θέρμανση	143
ΔΑ'.	Πειραματικὴ σπουδὴ τῆς ἀντιστάσεως ἐνὸς ἀγωγοῦ	147
ΔΒ'.	Σύνδεση ἀντιστάσεως	153
ΔΓ'.	'Ηλεκτρικὲς πηγὲς	159
ΔΔ'.	'Ηλεκτρικὴ 'Ισχὺς μιᾶς γεννήτριας	164
ΔΕ'.	Συσσωρευτὲς	169
ΔΣΤ'.	Μαγνητικὴ πυξίδα	173
ΔΖ'.	'Αλληλεπιδραση τῶν μαγνητικῶν πόλων	177
ΔΗ'.	'Μαγνητικὸ πεδίο εὐθύγραμμον ἀγωγοῦ καὶ σωληνοειδοῦς	182
ΔΘ'.	'Ηλεκτρομαγνῆτες	187
Μ'.	'Αλληλεπιδραση τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος καὶ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου...	191
ΜΑ'.	'Ηλεκτρικοὶ κινητῆρες	194
V. ΟΠΤΙΚΗ		
ΜΒ'.	Εὐθύγραμμη διάδοση τοῦ φωτός.....	196
ΜΓ'.	'Ανάκλαση τοῦ φωτός. 'Ἐπίπεδα κάτοπτρα	201
ΜΔ'.	Σφαιρικὰ κάτοπτρα	207
ΜΕ'.	Διάθλαση τοῦ φωτός	214
ΜΣΤ'.	Πρίσματα καὶ φακοὶ	219
ΜΖ'.	'Ανάλυση τοῦ φωτός	228
ΜΗ'.	Φωτομετρία	232

της διεθνούς απόστασης της ελληνικής φυσικής περιοχής στην Ευρωπαϊκή και στην Διεθνή γεωγραφία. Η αρβύκη εργάστηκε στην Αρχαία Ελληνική γέωγραφη σχολή.

Α Ι Σ 1843 2001938

102	Σελίδα προτίτλου της εργασίας της Ε. Κριτικής της διεθνούς 103 περιοχής της ελληνικής γέωγραφης στην Αρχαία Ελληνική γέωγραφη σχολή
104	105
105	106
106	107
107	108
108	109
109	110
110	111
111	112
112	113
113	114
114	115
115	116
116	117
117	118
118	119
119	120
120	121
121	122
122	123
123	124
124	125
125	126
126	127
127	128
128	129
129	130
130	131
131	132
132	133
133	134
134	135
135	136
136	137
137	138
138	139
139	140
140	141
141	142
142	143
143	144
144	145
145	146
146	147
147	148
148	149
149	150
150	151
151	152
152	153
153	154
154	155
155	156
156	157
157	158
158	159
159	160
160	161
161	162
162	163
163	164
164	165
165	166
166	167
167	168
168	169
169	170
170	171
171	172
172	173
173	174
174	175
175	176
176	177
177	178
178	179
179	180
180	181
181	182
182	183
183	184
184	185
185	186
186	187
187	188
188	189
189	190
190	191
191	192
192	193
193	194
194	195
195	196
196	197
197	198
198	199
199	200
200	201
201	202
202	203
203	204
204	205
205	206
206	207
207	208
208	209
209	210
210	211
211	212
212	213
213	214
214	215
215	216
216	217
217	218
218	219
219	220
220	221
221	222
222	223
223	224
224	225
225	226
226	227
227	228
228	229
229	230
230	231
231	232
232	233
233	234
234	235
235	236
236	237
237	238
238	239
239	240
240	241
241	242
242	243
243	244
244	245
245	246
246	247
247	248
248	249
249	250
250	251
251	252
252	253
253	254
254	255
255	256
256	257
257	258
258	259
259	260
260	261
261	262
262	263
263	264
264	265
265	266
266	267
267	268
268	269
269	270
270	271
271	272
272	273
273	274
274	275
275	276
276	277
277	278
278	279
279	280
280	281
281	282
282	283
283	284
284	285
285	286
286	287
287	288
288	289
289	290
290	291
291	292
292	293
293	294
294	295
295	296
296	297
297	298
298	299
299	300
300	301
301	302
302	303
303	304
304	305
305	306
306	307
307	308
308	309
309	310
310	311
311	312
312	313
313	314
314	315
315	316
316	317
317	318
318	319
319	320
320	321
321	322
322	323
323	324
324	325
325	326
326	327
327	328
328	329
329	330
330	331
331	332
332	333
333	334
334	335
335	336
336	337
337	338
338	339
339	340
340	341
341	342
342	343
343	344
344	345
345	346
346	347
347	348
348	349
349	350
350	351
351	352
352	353
353	354
354	355
355	356
356	357
357	358
358	359
359	360
360	361
361	362
362	363
363	364
364	365
365	366
366	367
367	368
368	369
369	370
370	371
371	372
372	373
373	374
374	375
375	376
376	377
377	378
378	379
379	380
380	381
381	382
382	383
383	384
384	385
385	386
386	387
387	388
388	389
389	390
390	391
391	392
392	393
393	394
394	395
395	396
396	397
397	398
398	399
399	400
400	401
401	402
402	403
403	404
404	405
405	406
406	407
407	408
408	409
409	410
410	411
411	412
412	413
413	414
414	415
415	416
416	417
417	418
418	419
419	420
420	421
421	422
422	423
423	424
424	425
425	426
426	427
427	428
428	429
429	430
430	431
431	432
432	433
433	434
434	435
435	436
436	437
437	438
438	439
439	440
440	441
441	442
442	443
443	444
444	445
445	446
446	447
447	448
448	449
449	450
450	451
451	452
452	453
453	454
454	455
455	456
456	457
457	458
458	459
459	460
460	461
461	462
462	463
463	464
464	465
465	466
466	467
467	468
468	469
469	470
470	471
471	472
472	473
473	474
474	475
475	476
476	477
477	478
478	479
479	480
480	481
481	482
482	483
483	484
484	485
485	486
486	487
487	488
488	489
489	490
490	491
491	492
492	493
493	494
494	495
495	496
496	497
497	498
498	499
499	500
500	501
501	502
502	503
503	504
504	505
505	506
506	507
507	508
508	509
509	510
510	511
511	512
512	513
513	514
514	515
515	516
516	517
517	518
518	519
519	520
520	521
521	522
522	523
523	524
524	525
525	526
526	527
527	528
528	529
529	530
530	531
531	532
532	533
533	534
534	535
535	536
536	537
537	538
538	539
539	540
540	541
541	542
542	543
543	544
544	545
545	546
546	547
547	548
548	549
549	550
550	551
551	552
552	553
553	554
554	555
555	556
556	557
557	558
558	559
559	560
560	561
561	562
562	563
563	564
564	565
565	566
566	567
567	568
568	569
569	570
570	571
571	572
572	573
573	574
574	575
575	576
576	577
577	578
578	579
579	580
580	581
581	582
582	583
583	584
584	585
585	586
586	587
587	588
588	589
589	590
590	591
591	592
592	593
593	594
594	595
595	596
596	597
597	598
598	599
599	600
600	601
601	602
602	603
603	604
604	605
605	606
606	607
607	608
608	609
609	610
610	611
611	612
612	613
613	614
614	615
615	616
616	617
617	618
618	619
619	620
620	621
621	622
622	623
623	624
624	625
625	626
626	627
627	628
628	629
629	630
630	631
631	632
632	633
633	634
634	635
635	636
636	637
637	638
638	639
639	640
640	641
641	642
642	643
643	644
644	645
645	646
646	647
647	648
648	649
649	650
650	651
651	652
652	653
653	654
654	655
655	656
656	657
657	658
658	659
659	660
660	661
661	662
662	663
663	664
664	665
665	666
666	667
667	668
668	669
669	670
670	671
671	672
672	673
673	674
674	675
675	676
676	677
677	678
678	679
679	680
680	681
681	682
682	683
683	684
684	685
685	686
686	687
687	688
688	689
689	690
690	691
691	692
692	693
693	694
694	695
695	696
696	697
697	698
698	699
699	700
700	701
701	702
702	703
703	704

την προσπάθεια της αυτού της ημέρας θα είναι να στηρίξουμε την
επίδειξη της Ελληνικής πολιτιστικής κληρονομιάς στην παγκόσμια πολιτιστική
τοποθεσία. Το αποτέλεσμα αυτής της προσπάθειας θα είναι να δημιουργηθεί
το έργο της Ελληνικής πολιτιστικής κληρονομιάς στην παγκόσμια πολιτιστική
τοποθεσία. Η προσπάθεια της Ελληνικής πολιτιστικής κληρονομιάς στην παγκόσμια πολιτιστική τοποθεσία.



ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΚΙΝΗΤΟ ΤΗΛΕΒΙΟ - ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΑΙΓΑΙΟΥ ΚΑΙ ΜΕΣΟΜΑΡ
ΣΩ ΣΟΝΑΡΙΑ ΣΟΝΑΡΙΑ ΣΟΝΑΡΙΑ ΣΟΝΑΡΙΑ

Τά άντειπα τοῦ βιβλίου φέρουν τό κάτωθι βιβλιόσημο γιά ἀπόδειξη τῆς γνησιότητας αὐτῶν.

'Αντίτυπο στερούμενο τοῦ βιβλιοσήμου τούτου θεωρεῖται κλεψίτυπο. 'Ο διαθέτων, πωλῶν ἢ χρησιμοποιῶν αὐτό διώκεται κατά τίς διατάξεις τοῦ ἄρθρου 7 τοῦ Νόμου 1129 τῆς 15/21 Μαρτίου 1946 ('Εφ. Κυβ. 1946, Α' 108).



ΕΚΔΟΣΗ Ι' 1978 (VI) — ΑΝΤΙΤΥΠΑ 130.000 — ΣΥΜΒΑΣΗ 3057/31.5.78

ΕΚΤΥΠΩΣΗ—ΒΙΒΛΙΟΔΕΣΙΑ: Ι. ΔΟΥΡΑΚΟΣ Ο.Ε

