



ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΤΟΥ ΤΕΧΝΙΤΗ
Φ Υ Σ Ι Κ Η



ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΤΟΥ ΤΕΧΝΙΤΗ

Ειδικότητες Μηχανοτεχνίτη και Ήλεκτροτεχνίτη

- 1.— *Μαθηματικά τόμοι Α', Β', Γ'.*
- 2.— *Μηχανουργική Τεχνολογία τόμοι Α', Β', Γ'.*
- 3.— *Κινητήριες Μηχανές τόμοι Α', Β'.*
- 4.— *Τεχνικό Σχέδιο τόμοι Α', Β', Γ', Δ', Ε'.*
Τετράδια Ασκήσεων Σχεδίου Α', Β'.
- 5.— *Χημεία*
- 6.— *Ηλεκτροτεχνία τόμοι Α, Β', Γ', Δ'.*
- 7.— *Φυσική*
- 8.— *Στοιχεῖα Μηχανῶν*
- 9.— *Μηχανική*
- 10.— *Tὰ 'Υλικὰ*
- 11.— *Μηχανουργικὸ Μνημόνιο*
- 12.— *Ηλεκτρολογικὸ Μνημόνιο.*

***Ηταν βαθειά ή πεποίθηση στὸν Εὐγένιο Εὐγενίδη δτι σημαντικὸς παράγων στὴν πρόοδο τοῦ Ἐθνους εἶναι ἡ ἄρτια κατάρτιση τῶν νέων τεχνιτῶν μας, σὲ συνδυασμὸ μὲ τὴν ἡθικὴν ἀγωγὴν τους.**

Τὴν πεποίθησή του αὐτὴ τὴν μετέτρεψε σὲ γενναιόφρονα πράξην εὐεργεοίας, δταρ κληροδοτοῦσε σεβαστὸ ποσὸν γιὰ τὴν σύσταση Ἰδρύματος ποὺ θὰ εἰχε σκοπὸν νὰ συμβάλῃ στὴν τεχνικὴ ἐκπαίδευση τῶν νέων.

Μὲ τὸ B. Διάταγμα τῆς 10ης Φεβρουαρίου 1956, συνεστήθη τὸ Ἰδρυμα Εὐγενίδου καὶ, κατὰ τὴν ἐπιθυμία τοῦ διαθέτον, ἐτέθη ὅπὸ τὴν διοίκηση τῆς ἀδελφῆς του κυρίας Μαρ. Σίμου. Ἀπὸ τὴν στιγμὴν ἐκείνη ἀρχισαν νὰ πραγματοποιοῦνται οἱ σκοποὶ ποὺ ώραματίσθηκε ὁ Εὐγένιος Εὐγενίδης καὶ μαζὶ ἡ πλήρωση μιᾶς ἀπὸ τὶς βασικὲς ἀνάγκες τοῦ ἔθνικοῦ μας βίου.

Κατὰ τὴν κλιμάκωση τῶν σκοπῶν του, τὸ Ἰδρυμα ἐπρόταξε τὴν ἔκδοση τεχνικῶν βιβλίων, τόσο γιὰ λόγους θεωρητικοὺς ὅσο καὶ πρακτικούς. Διέτι ἐκρίθη πρωταρχικὴ ἡ ἀνάγκη νὰ ἐφοδιασθοῦν οἱ μαθηταὶ τῶν τεχνικῶν ἐπαγγελματικῶν σχολῶν μὲ μιὰ πλήρη σειρὰ βιβλίων, ποὺ νὰ θεμελιώνη σωστὰ τὴν πρώτη τους ἐπαφὴ μὲ τὸν κύκλο τῶν οπουδῶν καὶ τῆς τέχνης τους.

Στὴν ἑκτέλεση τοῦ προγράμματος αὐτοῦ τὸ Ὑπουργεῖο Βιομηχανίας ἔδωσε πλήρη καὶ πολύτιμη τὴν συνδρομή του.

Μὲ ἀπόφαση τοῦ Ὑπουργοῦ Βιομηχανίας τὸ δλον ἔργον μελέτης, δργανώσεως καὶ πραγματοποίησεως τῶν ἔκδόσεων τοῦ Ἰδρύματος ἀνετέθη σὲ Ἐπιτροπὴν ἀπὸ δύο ἐκπροσώπους τοῦ Ἰδρύματος καὶ δύο τοῦ Συμβουλίου Ἐπαγγελματικῆς ἐκπαίδευσεως.

Οἱ συγγραφεῖς καὶ ἡ Ἐπιτροπὴ κατέβαλαν κάθε προσπάθεια γιὰ νὰ κάνουν τὸ περιεχόμενο τῶν βιβλίων δσο γίνεται πιὸ ἀπλὸ καὶ προσαρμοσμένο στὶς ἀνάγκες καὶ τὶς δυνατότητες τῶν μαθητῶν. Γι' αὐτὸν καὶ τὰ βιβλία αὐτὰ εἶναι γραμμένα στὴν ἀπλὴ νεοελληνικὴ ποὺ διδάσκεται στὰ δημοτικὰ σχολεῖα. Ἡ τιμὴ τους ώρισθη τόσο χαμηλή, ὥστε νὰ εἶναι προσιτὰ καὶ στοὺς πιὸ ἀπόρους μαθητάς.

***Ἐτοι προσφέρονται στὸ εὐρὺ κοινὸν τῶν καθηγητῶν καὶ τῶν μαθητῶν τῆς τεχνικῆς μας ἐκπαίδευσεως οἱ ἔκδόσεις τοῦ Ἰδρύματος, τῶν δποίων ἡ συμβολὴ στὴν πραγματοποίηση τοῦ σκοποῦ τοῦ Εὐγενίου Εὐγενίδου ἐκπίζεται νὰ εἶναι μεγάλη.**

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΚΔΟΣΙΩΝ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

'Αλέξανδρος Ι. Παππᾶς, Πρύτανις Ε. Μ. Πολυτεχνείου, Πρόεδρος. Γεώργιος Θ. Κακριδῆς †, καθηγητής Ε. Μ. Πολυτεχνείου, Αντιπρόεδρος. Χρυσόστομος Φ. Καβουνίδης, Τεχνικός Διευθυντής Ο. Τ. Ε., Αντιπρόεδρος. Αγγελος Καλογερᾶς, καθηγητής Ε. Μ. Πολυτεχνείου, Επιστημονικός Σύμβουλος. Νικόλαος Βασιώτης, Διευθυντής Επαγγελματικής Εκπαίδευσεως Υπουργείου Παιδείας.

Δημήτριος Γ. Νιάνιας, B. Litt. (Oxon.), Σύμβουλος και Διευθυν. Έκδόσεων.

Δημοσθένης Π. Μεγαρίτης, Γραμματεὺς τῆς Επιτροπῆς.



I Δ P Y M A E Y G E N I Δ O Y
B I B L I O Θ H K H T O Y T E X N I T H

ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ Σ. ΚΑΣΣΑΠΗ
ΕΠΙΜΕΛΗΤΟΥ ΕΘΝ. ΜΕΤΣ. ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ

Φ Y Σ I K H

A Θ H N A I
1962



Πρώτη έκτυπωση (1960) 1 — 12 000

Δεύτερη έκτυπωση (1962) 12 001 — 22 000



ΠΡΟΛΟΓΟΣ

‘Η Φυσική ἀποτελεῖ τὴν βάση ἐπάνω στὴν ὅποια κάθε τεχνικὸς διεβλεπει νὰ στηρίζῃ τὴν γνώση καὶ τὴν δράση του. Σὲ κάθε τεχνικὴ μελέτη ἡ κατασκευὴ ἀπαιτεῖται γνώση τῶν φυσικῶν φαινομένων, γιατὶ ἐφαρμόζονται φυσικοὶ νόμοι. Δὲν εἰναι ὑπερβολὴ νὰ πῆ κανεὶς δῖτι κάθε τι ποὺ κάνει ὁ Τεχνικὸς εἶναι ἐφαρμογὴ τῆς Φυσικῆς. Εἶναι λοιπὸν προφανῆς ἡ σημασία ποὺ ἔχει γιὰ τὴν παιδεία τοῦ τεχνικοῦ ἀλλὰ καὶ κάθε ἀνθρώπου, ἡ ἐπαρκῆς γνώση τῆς Φυσικῆς.

‘Η Φυσικὴ ἔχει πάρει τώρα τέτοιαν ἔκταση καὶ τόσο βάθος, ὥστε, ἐνα ἐκπαιδευτικὸ βιβλίο φυσικῆς, δύοιασδήποτε στάθμης, ὑποχρεωτικὰ πρέπει νὰ περιορισθῇ σὲ μικρὸ πεδίο φαινομένων καὶ νόμων ποὺ θὰ τὰ δέξεταί ει μόνο ὡς ἔνα δρισμένο βαθμό. ‘Η ὑποχρέωση τῆς ἐπιλογῆς αὐτῆς εἶναι πολὺ μεγαλύτερη γιὰ ἔνα στοιχειώδες βιβλίο, ὅπως τὸ βιβλίο αὐτό.

Τὸ βιβλίο τῆς Φυσικῆς ποὺ προορίζεται γιὰ τὴν τεχνικὴ ἐκπαίδευση, περιλαμβάνει τὴν Μηχανικὴ τῶν στερεῶν, τῶν ὑγρῶν καὶ τῶν ἀερίων, τὴν Μοριακὴ Φυσική, τὴν Ἀκουστική, τὴν Θερμότητα καὶ τὴν Ὁπτική.

‘Ο τρόπος σύμφωνα μὲ τὸν διποτὸ τοποθετοῦντας τὰ μέρη καὶ τὰ κεφάλαια, καθὼς καὶ ἡ ἔκταση κάθε κεφαλαίου, κρίνονται ἀρκετὰ γιὰ νὰ καλυφθοῦν οἱ ἀνάγκες γιὰ τὶς δύοις ἔπρεπεν νὰ γραφῇ αὐτὸ τὸ βιβλίο, ποὺ προορίζεται βέβαια κυρίως γιὰ τὸν τεχνίτες, ἀλλὰ ἔχει καὶ γενικότερο προορισμό.

‘Η δυοχέρεια στὴ συγγραφὴ τοῦ βιβλίουν αὐτὸν ἡταν κυρίως ἡ διατύπωση τῶν ἔννοιῶν μὲ ἀπλές ἐκφράσεις, χωρὶς νὰ θίγεται ἡ ἐπιστημονικὴ ἀκρίβεια καὶ ἡ ὀρθότητα τοῦ περιεχομένου καὶ χωρὶς τὸ κείμενο νὰ εἶναι σχολαστικὸ καὶ κουφαστικό.

‘Ετσι, μέσα στὴν κατ’ ἀνάγκη περιορισμένη ἔκτασή του, ἡ δύοια εἶναι συνάρτηση τοῦ χρόνου ποὺ διατίθεται γιὰ τὴν διασκαλία του, ἐπιδιώχθηκε νὰ ἀναπτυχθοῦν δρισμένα βασικὰ φαινόμενα καὶ νόμοι τῆς Φυσικῆς, ποὺ καθημερινὰ συναντᾶ ἡ ἀνθρώπος στὴν ζωὴ του. Κοντὰ σ’ αὐτά, στὸ βιβλίο ἀναπτύσσονται περισσότερο τὰ θέματα ποὺ ἔχουν σημαντικὸ τεχνικὸ ἔνδιαφέρον, σὰν εἰσαγωγὴ καὶ βάση γιὰ τὰ τεχνικὰ μαθήματα τῆς Μηχανικῆς, τῶν Θερμικῶν Μηχανῶν κ.τ.τ., ποὺ θὰ ἀκούση ἀργότερα ὁ μαθητής.

‘Ετσι τὰ κεφάλαια τῆς Ἀκουστικῆς καὶ τῆς Ὁπτικῆς εἶναι πολὺ συντομιώτερα ἐν σχέσει μὲ τὰ ἄλλα, γιατὶ πιστεύομε δῖτι παρουσιάζουν περιορισμένο πεδίο ἐφαρμογῆς γιὰ τὸν μηχανοτεχνίτη ἡ τὸν ἡλεκτροτεχνίτη ἡ καὶ γιὰ τὸν τεχνίτη δομικῶν κατασκευῶν.

‘Ο περιορισμένος χρόνος δικασκαλίας μᾶς ἀνάγκασε ἐπίσης νὰ μὴ περιλάβωμε στὸ βιβλίο αὐτὸ τὸ σπουδαιότατο κεφάλαιο τοῦ Ἡλεκτρισμοῦ καὶ τοῦ Μαγνητισμοῦ. Οι βασικὲς ἔννοιες, τὰ φαινόμενα καὶ οἱ νόμοι τῆς περιοχῆς

αύτης άναπτυσσονται μὲν ἀρχετή ἔκταση στὸν πρῶτο τόμο τῆς Ἡλεκτροτεχνίας τῆς «Βιβλιοθήκης τοῦ Τεχνίτη». Γι' αὐτὸν κρίθηκε περιττὸ νὰ περιληφθῇ καὶ στὸ βιβλίο αὐτὸν μιὰ νέα γενικὴ εἰσαγωγὴ στὸ κεφάλαιο τοῦ Ἡλεκτρισμοῦ — Μαγνητισμοῦ, ποὺ ἀπὸ τὴ φύση του εἶναι ἵσως τὸ δυσκολώτερο καὶ περιπλοκώτερο τῆς Φυσικῆς.

Ἡ μαθηματικὴ ἀνάπτυξη ἔχει περιορισθῆ στὸ ἐλάχιστο. Δίνονται μόνο πολὺ ἀπλοὶ τύποι, ποὺ στηρίζονται στὰ στοιχεῖα Μαθηματικῶν ποὺ ξέρει διαδικτής. Καὶ ἀρκετὲς ἀνάπτυξεις μποροῦν νὰ παραλειφθοῦν κατὰ τὴν διδασκαλία, ἀνάλογα μὲ τὴ στάθμη καὶ τὸ ἐνδιαφέρον τῆς τάξεως. Μερικὲς ἀπὸ τις ἀνάπτυξεις αὐτές, καθὼς καὶ οἱ τύποι ποὺ ξεπερνοῦν τὴν στάθμη τοῦ βιβλίου, ἔχουν τεθῆ μὲ μικρότερα γράμματα στὸ κείμενο.

Γενικὰ ἔχει καταβληθῆ κάθε δυνατὴ προσπάθεια νὰ ἐκπληρώσῃ τὸ βιβλίο τὸν σκοπό του. Κι' αὐτὸς δὲν εἶναι μόνος ἡ ἔξοικείωση μὲ δοισμένες ἔννοιες, οὕτε ἡ ἀπάντηση στὶς φυσικὲς ἀπορίες τῶν παιδιῶν ἢ τοῦ τεχνίτη ἀργότερα, ἀλλὰ ἡ εἰσαγωγὴ καὶ ἡ θεμελίωση τῆς ἔννοίας τοῦ φυσικοῦ νόμου. Μὲ τὴν ἔννοια αὐτὴ πρέπει νὰ ποτισθοῦν οἱ νεαρὲς διάνοιες, ἀν θέλωμε νὰ τοὺς δώσωμε σωστὰ θεμέλια καὶ μὲ αὐτὸν τὸ πνεῦμα πρέπει νὰ γίνη ἡ διδασκαλία: νὰ δοθῇ τὸ βάρος στὴν ὑπαρξὴ καὶ στὸ νόημα τῶν νόμων ποὺ δέπονται τὰ φυσικὰ φαινόμενα.

Στὴν συγκέντρωση τῆς ὥλης καὶ τὴν ἀρχικὴ διατύπωση τοῦ βιβλίου αὐτοῦ συνέβαλε ὁ συνάδελφος κ. Χαρ. Καράκαλος, τὸν δποῖον εὐχαριστῶ. Πολλὰ δφείλει τὸ τελικὸ κείμενο στὴν ἐπεξεργασία τοῦ κ. Ι. Α. Παππᾶ, Μηχανολόγου Ἡλεκτρολόγου, Ἐπιμελητοῦ Ε. Μ. Π., δ δποῖος ὡς συνεργάτης τοῦ Ἐπιστημονικοῦ Συμβούλου τοῦ Ἰδρύματος κατέβαλε πολὺν κόπο καὶ φροντίδα διὰ τὴν ἀρτιότητα τοῦ βιβλίου. Τὸν εὐχαριστῶ θερμότατα.

·Ο συγγραφεὺς

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Εἰσαγωγή.

Παράγρ.		Σελίδα
0-1	Φυσική, ἡ βασική θετική ἐπιστήμη	1
0-2	Τί είναι υλή	7
0-3	Μόρια, ἄτομα καὶ στοιχειώδη σωματίδια	9
0-4	Ἄπλα καὶ σύνθετα σώματα	11
0-5	Μορφές καὶ καταστάσεις τῆς υλῆς	12
0-6	Φυσικά καὶ χημικά φαινόμενα	13
0-7	Φυσικά μεγέθη	15
0-8	Μονάδες μετρήσεως τῶν φυσικῶν μεγεθῶν	16
0-9	Φυσικοὶ νόμοι	17
0-10	Τί είναι ἐνέργεια	19

ΠΡΩΤΟ ΜΕΡΟΣ

Η ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Δυνάμεις.

1-1	Τί είναι δύναμη	20
1-2	Σύνθεση καὶ ἀνάλυση δυνάμεων ποὺ ἐφαρμόζονται στὸ ἕδιο σημεῖο	25
1-3	Σύνθεση καὶ ἀνάλυση δυνάμεων ποὺ ἐφαρμόζονται σὲ διαφορετικὰ σημεῖα ἐνὸς σώματος	30
1-4	Βάρος - Κέντρο βάρους	35
1-5	Ίσορροπία τῶν σωμάτων	37
1-6	Τριβὴ δλισθήσεως	41
1-7	Τριβὴ κυλίσεως	45
1-8	Πᾶς παράγονται οἱ δυνάμεις	46

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 2

Δυνάμεις και κινήσεις.

2-1	Ήρεμία και κίνηση. Ταχύτητα και έπιτάχυνση	49
2-2	Περιστροφική κίνηση σώματος	55
2-3	Κυκλική κίνηση	57
2-4	Τί είναι περιοδική κίνηση	59
2-5	Έκκρεμές	60
2-6	Βαρύτητα	63
2-7	Πτώση τῶν σωμάτων. Έπιταχυνομένη και έπιβραδυνομένη κίνηση	66
2-8	Είδικό βάρος - Πυκνότητα	69
2-9	Άδρανεια	73
2-10	Πῶς μιά δύναμη μεταβάλλει τὴν ταχύτητα ἐνὸς σώματος	75
2-11	Όρηγή και ὅθηση δυνάμεως	77
2-12	Δράση και ἀντίδραση δυνάμεων	81
2-13	Διατήρηση τῆς ὁρμῆς	83
2-14	Φυγόκεντρος δύναμη	85

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 3

Ἡ μηχανικὴ ἐνέργεια.

3-1	Μηχανικὸ ἔργο	93
3-2	Τί είναι Ισχὺς	95
3-3	Ἐνέργεια	98

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 4

Μηχανές.

4-1	Τί είναι μηχανές	104
4-2	Βαθμὸς ἀποδόσεως	106
4-3	Ἀπλές μηχανές	105
4-4	Μοχλοὶ	108
4-5	Τροχαλίες	112
4-6	Κεκλιμένο ἐπίπεδο	115
4-7	Βαροῦλκο	117
4-8	Σφήνα	118
4-9	Κοχλίας	119
4-10	Ὀδοντωτοὶ τροχοὶ ἡ γρανάξια	121

ΔΕΥΤΕΡΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

'Ελαστικότητα.

5-1	Τί είναι έλαστικότητα και τί είναι πλαστικότητα τῶν σωμάτων	125
5-2	Είδη παραμορφώσεων - Νόμος τοῦ Χούκ	127

ΤΡΙΤΟ ΜΕΡΟΣ

ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΡΕΥΣΤΩΝ (ΥΓΡΩΝ ΚΑΙ ΑΕΡΙΩΝ)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

'Υδροστατική και άεροστατική.

6-1	Πίεση	186
6-2	Οι βασικοὶ νόμοι τῆς ύδροστατικῆς	189
6-3	'Η ἀρχὴ τοῦ Πασκάλ	141
6-4	'Η ἀρχὴ τοῦ 'Αρχιμήδη	143
6-5	Οἱ νόμοι τῆς ἀεροστατικῆς	147
6-6	'Εφαρμογὲς τῶν Νόμων τῆς στατικῆς τῶν ρευστῶν	151
6-7	Μανόμετρα καὶ βαρόμετρα. Μονάδες πιέσεως	158
6-8	'Υδραυλικὸ πιεστήριο	166
6-9	'Εφαρμογὲς τοῦ Νόμου τοῦ 'Αρχιμήδη	171

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

'Η κίνηση τῶν ρευστῶν (ύγρων καὶ άερίων).

7-1	Παροχὴ καὶ ταχύτητα ρευστῶν ποὺ ρέουν	177
7-2	Ταχύτητα ροῆς ρευστῶν	178
7-3	'Η πίεση μέσα στὰ κινούμενα ρευστά (ύγρα καὶ άερια)	179
7-4	Τριβὲς μέσα στὰ ρευστά	182
7-5	Συμπεράσματα ἀπὸ τὸν Νόμο τοῦ Μπερνούγι. Στροβιλισμοὶ	184
7-6	'Αντλίες	187
7-7	Σίφων	195

ΤΕΤΑΡΤΟ ΜΕΡΟΣ

ΜΟΡΙΑΚΗ ΦΥΣΙΚΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

8-1	Κινήσεις τῶν μορίων	196
8-2	Διάχυση	198
8-3	"Ωσμωση	200
8-4	Διαλύματα	201
8-5	Δυνάμεις μεταξὺ τῶν μορίων	204
8-6	Τριχοειδή φαινόμενα	206
8-7	'Επιφανειακή τάση	209

ΠΕΜΠΤΟ ΜΕΡΟΣ

ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

9-1	Τί είναι δ' ἡχος	210
9-2	Τρόπος μεταδόσεως τοῦ ἡχου	212
9-3	Ταχύτητα μεταδόσεως τοῦ ἡχου	214
9-4	Χαρακτηριστικὰ τοῦ ἡχου	219
9-5	'Ανάκλαση τοῦ ἡχου - 'Ηχώ καὶ ἀντήχηση	221
9-6	Συντονισμός	223
9-7	Πηγές τοῦ ἡχου - Μονοικά δργανα	225

ΕΚΤΟ ΜΕΡΟΣ

ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

10-1	Γενικά γιὰ τὴν θερμότητα	229
10-2	Παραγωγὴ καὶ πηγὲς τῆς θερμότητας	232

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 11

11-1 Διαστολές και συστολές τῶν σωμάτων	235
11-2 Συντελεστής γραμμικῆς διαστολῆς	235
11-3 Τί είναι τὰ θερμόμετρα	239

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 12

Μέτρηση τῆς θερμότητας - Ειδικὴ θερμότητα.

12-1 Μονάδες θερμότητας	246
12-2 Ειδικὴ θερμότητα	247

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 13

Θερμότητα και ἔργο.

13-1 Τὸ πρῶτο θερμοδυναμικὸ ἀξίωμα	249
13-2 Τὸ δεύτερο θερμοδυναμικὸ ἀξίωμα	252
13-3 Θερμικὲς μηχανὲς	252

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 14

Μεταβολές τῆς καταστάσεως τῶν σωμάτων.

14-1 Τήξη και πήξη, ἔξαέρωση και ὑγροποίηση τῶν σωμάτων	259
14-2 Θερμότητα τήξεως και θερμότητα ἔξαερώσεως	261
14-3 Ἀπόσταξη	263

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 15

Μετάδοση τῆς θερμότητας.

15-1 Μετάδοση δι' ἀγωγῆς	266
15-2 Μετάδοση διὰ μεταφορᾶς	268
15-3 Μετάδοση δι' ἀκτινοβολίας	271

Ο Γ Δ Ο Ο Μ Ε Ρ Ο Σ

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 16

'Οπτική.

16 - 1	Τί είναι φῶς	273
16 - 2	Πῶς διαδίδεται τὸ φῶς	276
16 - 3	Πῶς ἀνακλᾶται τὸ φῶς	278
16 - 4	Πῶς διαθλᾶται τὸ φῶς	282
16 - 5	'Οπτικά δργανα	285
16 - 6	Πῶς ἀναλύεται τὸ φῶς	291
16 - 7	Διάφορα ἄλλα ὀπτικὰ φαινόμενα	294

Ε Ι Σ Α Γ Ω Γ Η

0.1 Φυσική, ή βασική θετική έπιστημη.

1. "Αν συγχρέωμε τὸν τεχνικὸν πολιτισμὸν τῆς ἐποχῆς μας μὲ τὸν τεχνικὸν πολιτισμὸν παλαιοτέρων ἐποχῶν, θὰ δοῦμε δτὶς ἡ ἐποχὴ μας ἔχει σημειώσει τεράστια ἐξέλιξη καὶ καταπληκτικὴ πρόοδο. Ή πρόδος αὐτὴ ἀρχισε τὸν περασμένο αἰώνα, ἀλλὰ ἔδωσε τοὺς καρπούς της στὴ δική μας ἐποχὴ καὶ μάλιστα τὰ τελευταῖα 40 η 50 χρόνια.

Γιὰ νὰ τὸ δοῦμε αὐτὸν καθαρά, ἀς πάρωμε μερικὲς γενικὲς περιπτώσεις τῆς τεχνικῆς ἐξελίξεως τῆς σημερινῆς ἐποχῆς.

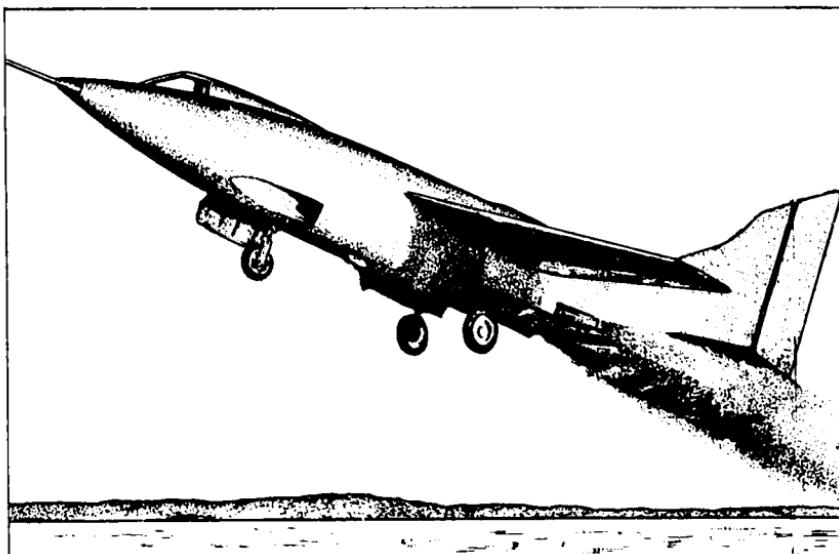
Τὰ σημερινὰ μεταφορικὰ καὶ συγκοινωνιακὰ μέσα (ἀεροπλάνα, πλοῖα, σιδηρόδρομοι, αὐτοκίνητα) ἐπιτυγχάνουν ταχύτητες, ποὺ δὲν συγχρίνονται μὲ τὶς ταχύτητες ποὺ ἀνέπτυσσαν τὰ μέσα αὐτὰ στὶς ἀρχὲς τοῦ αἰώνα μας.

"Αλλοτε τὴν ταχύτητα τῶν 50 χιλιομέτρων τὴν ὥρα τὴν νόμιζαν γιὰ μεγάλο κατόρθωμα. Τώρα ἔχομε ἀεροπλάνα ποὺ ἔπερνοῦν τὰ 1 200 χιλιόμετρα τὴν ὥρα, δηλαδὴ ἀεροπλάνα μὲ ταχύτητες ποὺ ἔπερνοῦν τὴν ταχύτητα τοῦ ὕχου στὸν ἀέρα (ນπερηγητικὲς ταχύτητες). Ἐπίσης τὶς ταχύτητες τῶν σημερινῶν βλημάτων δὲν θὰ μποροῦσαν ποτὲ νὰ τὶς φαντασθοῦν οἱ ἀνθρώποι τῶν παλαιοτέρων γενεῶν.

Τὰ μέσα ἐπικοινωνίας (τηλέφωνα, τηλέγραφος, ραδιόφωνο) ἔχουν ἐπίσης προοδεύσει σὲ βαθμὸν ἐκπληκτικό.

"Αλλοτε ἡ συνεννόηση μεταξὺ τῶν ἀνθρώπων γινόταν μὲ πρωτόγονα μέσα, δηλαδὴ φωτιὲς η ἀγγελιαφόρους. Σήμερα δύο ἀνθρώποι, ποὺ ἀπέχουν μεταξύ τους χιλιάδες χιλιόμετρα, μποροῦν νὰ συνομιλοῦν μὲ κάθε ἀνεση καὶ εύκολία, χάρη στὰ τελειοποιημένα μέσα ἐπικοινωνίας. Οἱ πιλότοι τῶν ἀεροπλάνων π.χ. μπο-

ροῦν, καθώς πετοῦν, νὰ συνομιλοῦν διαρκῶς μὲ τὴν βάση τους, σὰν νὰ βρίσκωνται πολὺ κοντά, χρησιμοποιώντας τὸ ἀσύρματο τηλέφωνο.



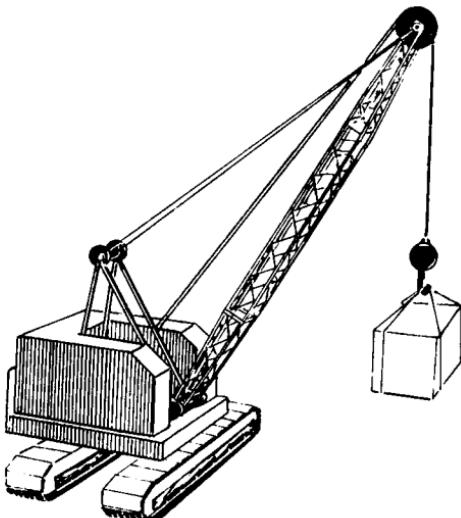
Σχ. 0·1 α.

Πυραυλοκίνητο ἀεροπλάνο, μὲ τὸ δόποιο οἱ ἄνθρωποι ταξιδεύουν μὲ ταχύτητα ποὺ ἔπειρνα τὴν ταχύτητα τοῦ ἥχου. Ἡ πρόοδος αὐτὴ δφείλεται στοὺς φυσικοὺς καὶ στοὺς εἰδικευμένους μηχανικούς, μηχανολόγους καὶ χημικούς.

Τὰ μηχανικὰ μέσα τῆς ἐποχῆς μᾶς προκαλοῦν ἐπίσης κατάπληξη. Καθημερινὰ βλέπομε π.χ. τεράστιους γερανοὺς ποὺ ἐργάζονται μὲ ἀπόλυτη ἀκρίβεια καὶ ἀσφάλεια, μὲ ἓνα μόνο χειριστή, καὶ ποὺ ἀνυψώνουν καὶ μετατοπίζουν βάρη πολλῶν ἑκατοντάδων τόννων. Μιὰ ἐπίσκεψη σὲ σύγχρονο ναυπηγεῖο ἢ ἄλλες βαρειές βιομηχανίες εἶναι ἀρκετὴ γιὰ νὰ μᾶς κάνῃ ν' ἀντιληφθοῦμε καὶ νὰ θυμάσωμε τὰ κατορθώματα τῆς σύγχρονης τεχνολογίας.

Βέβαια, μπροστά σ' αύτή τήν ἀπότομη ἀνάπτυξη δ ἄνθρωπος διατυπώνει τὸ ἔρωτημα: « ποὺ ἀραγε δφείλεται αὐτὸ τὸ θαῦμα; ».

Χωρὶς δισταγμὸ πρέπει νὰ ἀπαντήσωμε, δτι γε τεχνικὴ πρόοδος ποὺ σημειώθηκε στὸν προγρούμενο αἰώνα καὶ συνεχίζεται



Σχ. 0·1 β. Κινητὸς γερανὸς γιὰ μεγάλα βάρη.

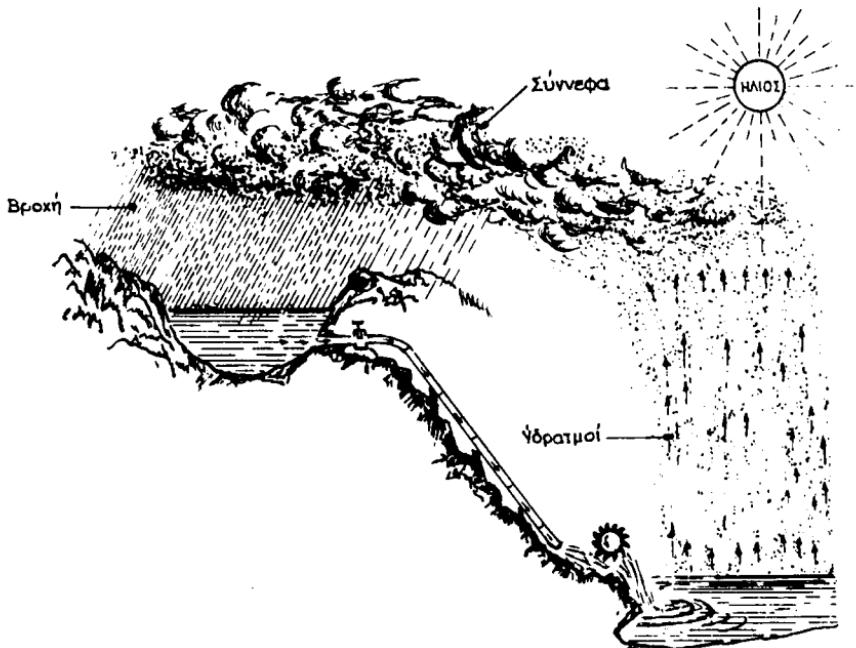
στὸ δικό μας μὲ δλοένα ταχύτερο ρυθμό, δφείλεται στήν ἀνάπτυξη τῆς Φυσικῆς Ἐπιστήμης.

Μὲ τήν βούθεια τῆς Φυσικῆς ὁ ἄνθρωπος γνωρίζει διαρκῶς καὶ πιὸ βαθειὰ τοὺς νόμους τῆς Φύσεως καὶ ἀνακαλύπτει τοὺς τρόπους μὲ τοὺς ὅποιους μπορεῖ νὰ τοὺς χρησιμοποιήσῃ, γιὰ νὰ καλυτερέυσῃ διαιρὰ τῇ ζωῇ του.

*Ετσι, ἀν οἱ ἄνθρωποι ἀξιοποιήσουν τὶς τεράστιες ποσότητες ἐνεργείας καὶ χρησιμοποιήσουν συστηματικὰ γιὰ εἰρηνικοὺς σκοποὺς τὰ ἀπέραντα ἀποθέματα πρώτων ύλων, ποὺ βρίσκονται στήν Φύση, ἀσφαλῶς δλοι θὰ ζήσουν μιὰ ζωὴ πιὸ ἀνετη καὶ πιὸ εὐτυχισμένη.

2. Μὲ δσα εἴπαμε ὡς τίρα, εἰναι εὔκολο νὰ παραδεχθοῦμε

δτι ζούμε στὸν αἰώνα τῶν μεγάλων τεχνικῶν προόδων καὶ ἀνακαλύψεων τῆς Φυσικῆς καὶ δτι κανεὶς ἄνθρωπος δὲν μπορεῖ πιὰ νὰ μείνη ἀδιάφορος μπροστὰ στὸ γεγονὸς αὐτό. Δὲν εἶναι δμως μόνο ἡ περιέργεια καὶ ἡ ἐπιθυμία γιὰ μάθηση ποὺ μᾶς ὀθεῖ στὴν μελέτη τῆς Φυσικῆς, ἀλλὰ καὶ ἡ ἀνάγκη νὰ μποροῦμε νὰ χειρί-

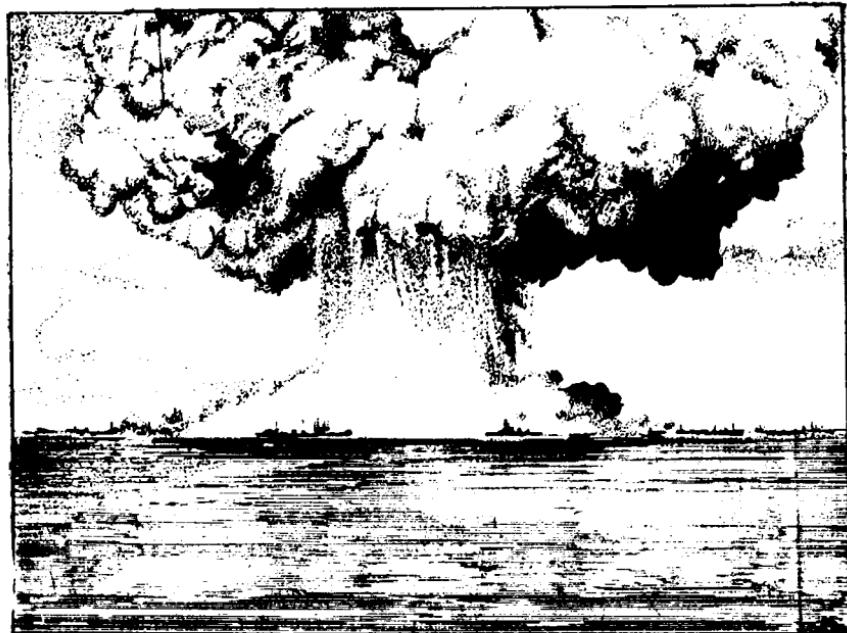


Σχ. 0·1 γ. Σχηματικὴ παράσταση ὑδροηλεκτρικῆς ἔγκαταστάσεως.
Οἱ ὑδροηλεκτρικὲς ἔγκαταστάσεις χρησιμοποιοῦν τὶς ὑδατοπτώσεις τῶν ποταμῶν καὶ τῶν λιμνῶν γιὰ νὰ παράγουν μεγάλες ποσότητες ἡλεκτρικῆς ἐνέργειας καὶ νὰ ἀρδεύουν συγχρόνως τεράστιες ἕκτάσεις, ποὺ ἡταν ἀλλοτε ἄγονες. Στὴν χώρᾳ μας τὰ τελευταῖα χρόνια ἔγινε μεγάλη πρόοδος στὸν τομέα τῆς παραγωγῆς ἡλεκτρικῆς ἐνέργειας μὲ ὑδατοπτώσεις.

ζώμαστε μὲ σωστὸ τρόπο τὶς συσκευὲς καὶ τὶς μηχανὲς ποὺ συναντοῦμε σὲ κάθε βῆμα μας στὴν καθημερινὴ ζωὴ.

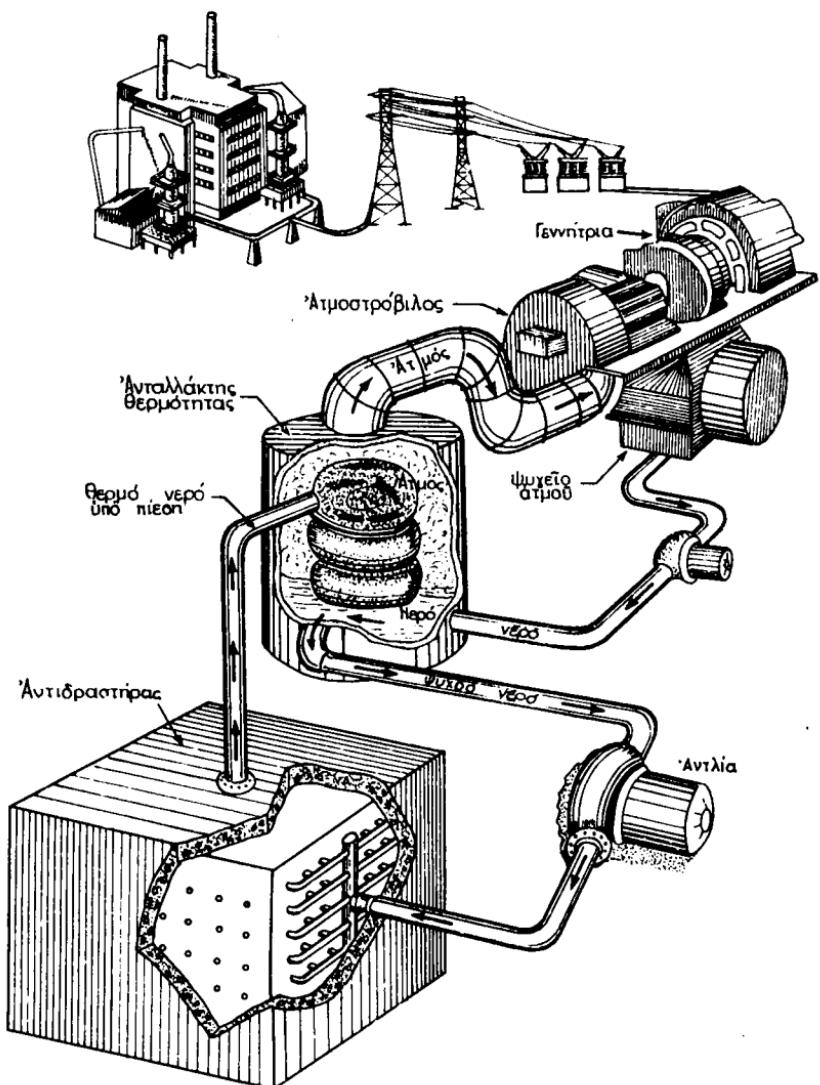
Ἐτοι, κάθε ἄνθρωπος σήμερα θέλει νὰ γνωρίζῃ τὸ πᾶς καὶ

τὸ γιατὶ γιὰ κάθε τεχνικὸ μέσο ἥ δργανο. Καθένας θέλει νὰ μάθῃ πῶς ἐργάζεται τὸ ραδιόφωνο, πῶς πετοῦν τὰ ἀεροπλάνα, τί εἶναι καὶ πῶς λειτουργοῦν οἱ ἡλεκτρικὲς συσκευές, τί εἶναι τὸ ραντάρ, πῶς ἐργάζονται οἱ ἀτμομηχανὲς καὶ οἱ βενζινομηχανὲς, τί εἶναι δ ἡχητικὸς κινηματογράφος, τί εἶναι ἡ πυρηνικὴ ἐνέργεια, ἡ ἀτομικὴ βόμβα κ.ἄ.



Σχ. 0·18. 'Υποβρύχια ἔκρηξη πυρηνικῆς βόμβας.'

'Εξ ἄλλου, δ καθένας θέλει νὰ μπορῇ νὰ ἔξηγήσῃ τὰ φυσικὰ φαινόμενα (τὸν κεραυνό, τὴν πτώση τῶν σωμάτων, τοὺς σεισμούς, τὰ ρεύματα τῆς θάλασσας κλπ.) ἥ νὰ καταλάβῃ τί εἶναι οἱ ἀδρατες ἀκτίνες Χ ποὺ χρησιμοποιοῦν οἱ γιατροί, τί εἶναι τὰ ἡλεκτρόνια κ.ἄ. Σ' δλα αὐτὰ τὰ ἐρωτήματα καὶ σὲ πολλὰ ὅλλα ἀπαντᾶ μιὰ ἐπιστήμη: 'Η Φυσική.'



Σχ. 0·Ι·ε. Ψυρηνικό έργοστάσιο.

Άντιδραστήρας και έγκατάσταση παραγωγής ηλεκτρικής ένεργειας.

Η κατασκευή των «άτομικών βομβών» και οι «θερμοπυρηνικές έκρηκτες», άλλα και ή λειτουργία των «άντιδραστήρων», πού χρησιμοποιούνται για ειρηνικούς σκοπούς, βασίζονται στὸ φυσικὸ φαινόμενο τῆς διασπάσεως τῶν πυρήνων τῶν άτόμων, ποὺ ἀποτελεῖ τὴν πιὸ συνταρακτικὴ ἀνακάλυψη στὸν αἰώνα μας.

3. Πολλοί καὶ διάσημοι ἐπιστήμονες, καθὼς καὶ πλήθος ἀπὸ ἀφανεῖς καὶ σεμνοὺς ἔρευνητές, συνετέλεσαν στὴν ἀνάπτυξη τῆς Φυσικῆς καὶ δημιούργησαν ἔτσι τὸ θαυμάσιο οἰκοδόμημά της, ποὺ μᾶς δίνει σήμερα τὴν δυνατότητα νὰ σκεπτώμαστε ἐπιστημονικὰ καὶ νὰ ἐφραμόζωμε τοὺς νόμους τῆς Φύσεως, γιὰ νὰ ζοῦμε μιὰ δλοένα καὶ πιὸ ἀνετη ζωή. "Ολες οἱ τεχνικὲς ἐπιστημες στηρίζονται στὴν Φυσικὴ καὶ τελικὰ ἡ ἐξήγηση κάθε φαινομένου γίνεται μὲ βάση τοὺς νόμους τῆς Φύσεως.

"Η μεγάλη ἐξέλιξη καὶ ἀνάπτυξη τῆς Τεχνικῆς ἀνάγκασε τοὺς ἐπιστήμονες νὰ χωρίσουν τὴν Φυσικὴ σὲ μέρη, ποὺ σιγὰ-σιγὰ ξεχώρισαν ἀπ' αὐτὴν καὶ ἔγιναν εἰδικοὶ τεχνικοὶ κλάδοι. "Ετοι διαμορφώθηκε ἡ Ἡλεκτροτεχνία, ἡ Ραδιοτεχνία, ἡ Μηχανολογία, ἡ Ναυπηγικὴ καὶ οἱ ἄλλοι κλάδοι, ποὺ σὲ συνδυασμὸ μὲ τὴν Χημεία, ἀποτελοῦν σήμερα τὴν βάση γιὰ κάθε βιομηχανικὴ πρόσδο. Μόνος μὲ τὸν τρόπο αὐτό, δηλαδὴ μὲ τὸ διαχωρισμὸ τοῦ ἑνὸς κλάδου ἀπ' τὸν ἄλλον καὶ τὴν δημιουργία εἰδικευμένων ἐπιστημόνων καὶ τεχνικῶν, εἶναι δυνατὸ νὰ ἀντιμετωπίσῃ ὁ ἀνθρώπος τὴν τεράστια ἔκταση τῆς σημερινῆς τεχνικῆς καὶ τὶς ἀνάγκες τῆς καθημερινῆς ζωῆς.

"Ἐτοι, δικαίεσαι πρέπει νὰ διαλέξῃ τὴν εἰδικότητά του καὶ νὰ ἀφοσιωθῇ σ' αὐτὴν μὲ ἀγάπη, ὑπομονὴ καὶ σοβαρότητα. Στὴν προσπάθεια γιὰ τὴν πρόσδο πρέπει δλοὶ νὰ συμβάλλουν. Ἐργάζόμενος ἡ καλένγας στὴν εἰδικότητά του καὶ προσφέροντας δ, τι μπορεῖ, συντελεῖ στὴν γενικὴ πρόσδο τῆς ζωῆς καὶ στὴν ψυχικὴ καὶ πνευματικὴ ἀνύψωση τῶν ἀνθρώπων.

0·2 Τί είναι ψλη.

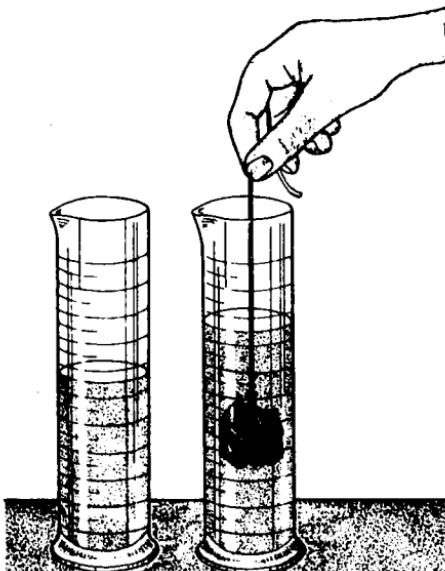
"Ο καλύτερος τρόπος γιὰ νὰ δρίσωμε τί είναι ψλη είναι νὰ ἀναφέρωμε μερικὰ παραδείγματα. Ὁ ἀέρας, τὰ ξύλα, δ πάγος, τὰ μέταλλα ἀποτελοῦνται ἀπὸ ψλη. "Ολα τὰ ἀντικείμενα, δηλαδὴ τὰ σώματα ποὺ μᾶς περιβάλλουν, ἀποτελοῦνται ἀπὸ ψλη. Μπο-

ροῦμε λοιπὸν νὰ ποῦμε δτὶ ὑλικὸ σῶμα εἶναι κάθε τι ποὺ κατέχει χῶρο (δηλαδὴ ὅγκο), ἔχει μάζα (ποὺ τὴ θεωροῦμε σὰν τὸ ποσὸ τῆς ὕλης ποὺ ἔχει τὸ σῶμα) καὶ ἐπομένως ἔχει βάρος.

Ἡ ὕλη ἔχει καὶ ἔνα ἄλλο βασικὸ χαρακτηριστικό, τὴν ἀδράνειαν. Γιὰ τὴν ἀδράνειαν ὅμως θὰ μιλήσωμε ἀργότερα (βλέπε παράγραφο 1·8).

Ιδιότητες τῆς ὕλης.

“Ολὰ τὰ ὑλικὰ σώματα ἔχουν δρισμένες κοινὲς ιδιότητες. Εξαμε πρὶν δτὶ οἱ βασικὲς ιδιότητες τῆς ὕλης, δηλαδὴ τῶν ὑλικῶν



Σχ. 0·2 α.

Ἡ ιδιότητα τοῦ ἀδιαχωρήτου φαίνεται στὸ σχῆμα αὐτό. Τὸ στερεὸ ἀντικείμενο ποὺ βάζομε μέσα στὸ δοχεῖο ἐκτοπίζει νερό, γιατὶ καὶ τὰ δυό μαζὶ δὲν μποροῦν νὰ κατέχουν τὸν ἴδιο χῶρο.

ἰωμάτων, εἶναι δ ὅγκος καὶ τὸ βάρος. Υπάρχουν δημοκρατίες ποὺ χαρακτηρίζουν τὰ ὑλικὰ σώματα. Τέτοιες

εἰναι: ἡ σκληρότητα, ἡ πυκνότητα, ἡ ἐλαστικότητα, τὸ πορῶδες, τὸ ἀδιαχώρητο (σχ. 0·2 α) κλπ.

Γιὰ τὶς ἰδιότητες τῆς ὑλῆς θὰ μιλήσωμε σὲ ἄλλα Κεφάλαια τοῦ βιβλίου, ὅταν θὰ γνωρίσωμε δρισμένα φαινόμενα καὶ θὰ περιγράψωμε διάφορα πειράματα.

0·3 Μόρια, ἄτομα καὶ στοιχειώδη σωματίδια.

Τὰ ὑλικὰ σώματα μποροῦμε νὰ τὰ χωρίσωμε, νὰ τὰ διαιρέωμε μὲ διάφορα μέσα σὲ πολὺ μικρὰ κομμάτια.

Τὰ πιὸ μικρὰ κομματάκια στὰ διποῖα μποροῦμε νὰ χωρίσωμε ἔνα σῶμα εἰναι τὰ μόρια. Τὰ μόρια διατηροῦν δλες τὶς ἰδιότητες ποὺ εἶχε τὸ ἀρχικὸ σῶμα. Τὰ μόρια ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἄτομα. "Ολα τὰ μόρια ἔνδει σώματος εἰναι: ἵδια καὶ ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἵζες ποσότητες ἀτόμων.

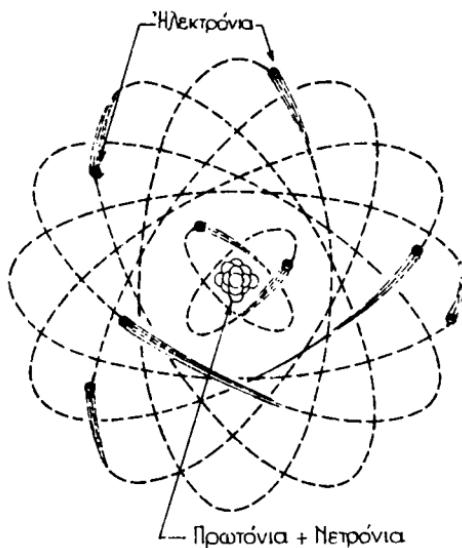
Λέμε δτι δ χωρισμὸς ἔνδει σώματος σὲ μόρια ἐπιτυγχάνεται μὲ φυσικὰ μέσα, ἐνῷ δ χωρισμὸς τῶν μορίων σὲ ἄτομα ἐπιτυγχάνεται μὲ χημικὰ μέσα.

Τὰ τελευταῖα χρόνια, μὲ τὶς μεθόδους ποὺ χρησιμοποιεῖ ἡ ἀτομικὴ, καὶ ἡ πυρηνικὴ, Φυσικὴ, βρέθηκε δτι καὶ τὰ ἄτομα ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἄλλα, ἀκόμη μικρότερα συστατικά, τὰ πρωτόνια τὰ νετρόνια καὶ τὰ ηλεκτρόνια. Τὰ πρωτόνια καὶ τὰ νετρόνια ἀποτελοῦν τοὺς πυρήνες τῶν ἀτόμων. Γύρω ἀπ' αὐτοὺς γυρίζουν τὰ ηλεκτρόνια (σχ. 0·3 α).

Τὸ ἄτομο π.χ. τοῦ στοιχείου ποὺ λέγεται ὑδρογόνο, εἰναι τὸ ἀπλούστερο ἀπὸ δλα τὰ ἄτομα, καὶ ἀποτελεῖται ἀπὸ ἔνα πρωτόνιο, ποὺ εἰναι δ πυρήνας του, καὶ ἀπὸ ἔνα ηλεκτρόνιο. Τὸ ἄτομο τοῦ δξυγόνου ἀποτελεῖται ἀπὸ τὸν πυρήνα του (ποὺ περιλαμβάνει δκτὼ πρωτόνια καὶ δκτὼ νετρόνια) καὶ ἀπὸ δκτὼ ηλεκτρόνια. Τὰ ηλεκτρόνια τόσο τοῦ ὑδρογόνου δσο καὶ τοῦ δξυγόνου στριφογυρίζουν γύρω ἀπὸ τοὺς πυρήνες. Ἐκτὸς ἀπὸ τὰ πρωτόνια,

τὰ νετρόνια καὶ τὰ ήλεκτρόνια, ὑπάρχουν καὶ ἄλλα σωμάτια ποὺ
ἐξετάζει γῇ Πυρηνικῇ Φυσικῇ.

Τὰ σωματῖδια αὐτά, δηλαδὴ τὰ πρωτόνια, τὰ νετρόνια καὶ
τὰ ήλεκτρόνια, συγκροτοῦν (σχηματίζουν) 100 περίπου εἴδη ἀτό-
μων ποὺ λέγονται χημικὰ στοιχεῖα. "Ωστε, ἔχομε 100 περίπου



Σχ. 0·3 α.

Αύτὸ τὸ σχῆμα δείχνει σχηματικὰ ἕνα ἄτομο ὁξυγόνου.
Τὰ ἄτομα τοῦ κανονικοῦ ὁξυγόνου ἔχουν 8 ήλεκτρόνια,
8 πρωτόνια καὶ 8 νετρόνια.

χημικὰ στοιχεῖα, ἀπὸ τὰ δποῖς τὰ περισσότερα εἰναι πολὺ σπά-
νια στὸ φλοιὸ τῆς γῆς. Τὰ πιὸ ἀφθονα εἰναι τὸ ὁξυγόνο, τὸ πυ-
ρίτιο, τὸ ἀργίλιο, ὁ σίδηρος, τὸ ἀσθέτιο κλπ.

Μιὰ ἀπὸ τὶς βασικὲς ἀρχὲς τῆς Φυσικῆς εἰναι γῇ ἀρχὴ τῆς
διατηρήσεως τῆς ὕλης. Σύμφωνα μὲ τὴν ἀρχὴν αὐτὴν, γῇ ὕλη οὔτε
μπορεῖ νὰ δημιουργηθῇ ἀπὸ τὸ τίποτε οὔτε μπορεῖ νὰ ἐξαφανι-
σθῇ. Μπορεῖ διως νὰ ἀλλάξῃ μορφή.

0·4. Ἀπλὰ καὶ σύνθετα σώματα.

“Οταν ἔνα σῶμα ἀποτελῆται ἀπὸ ἔνδος εἴδους ἄτομα, λέγεται ἀπλὸ σῶμα. “Ἐνα κομμάτι καθαροῦ σιδήρου ἀποτελεῖται μόνον ἀπὸ ἄτομα σιδήρου. “Ἐνα κομμάτι καθαροῦ χαλκοῦ ἐπίσης ἀποτελεῖται μόνον ἀπὸ ἄτομα χαλκοῦ. ‘Ο ὑδράργυρος τῶν θερμομέτρων ἀποτελεῖται καὶ αὐτὸς ἀποκλειστικὰ ἀπὸ ἄτομα ὑδραργύρου.

Στὴ Φύση, δημοσί, εἶναι σπάνια τὰ ἀπλὰ σώματα, δηλαδὴ τὰ σώματα ποὺ ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἔνδος εἴδους ἄτομα. Τὸ μεγάλο πλῆθος τῶν σωμάτων ποὺ ὑπάρχουν στὴ Φύση εἶναι σύνθετα σώματα. Τὰ σύνθετα σώματα ἀποτελοῦνται ἀπὸ μόρια, ποὺ ἔχουν δύο ή περισσότερα εἰδῆ ἀτόμων, τὰ δόποια εἶναι κατάλληλα συνδυασμένα (ένωμένα χημικά, σπως λέμε), δηλαδὴ ἀποτελοῦνται ἀπὸ σύνθετα μόρια. Γι’ αὐτὸς ὁνομάζονται: σύνθετα σώματα ή χημικὲς ἐνώσεις.

Τὸ νερὸ π.χ. εἶναι σύνθετο σῶμα (χημικὴ ἔνωση), γιατὶ κάθε μόριό του ἀποτελεῖται ἀπὸ ἔνα ἄτομο δξυγόνου καὶ ἀπὸ δύο ἄτομα ὑδρογόνου, ποὺ εἶναι ένωμένα χημικὰ (σχ. 0·4α). Τὸ οἰνόπνευμα εἶναι ἐπίσης σύνθετο σῶμα, γιατὶ κάθε μόριό του ἀποτελεῖται ἀπὸ ἄνθρακα, δξυγόνο καὶ ὑδρογόνο (σχ. 0·4β), ποὺ εἶναι χημικὲς ένωμένα μεταξύ τους.

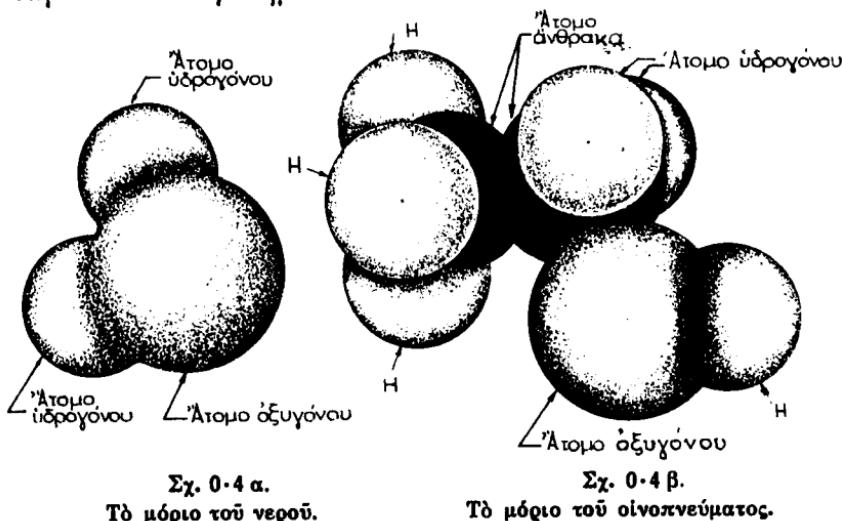
(Ι) χημικὲς ένώσεις διαφέρουν ριζικὰ ἀπὸ τὰ ἀπλὰ σώματα ποὺ τὶς ἀποτελοῦν, γιατὶ οἱ ιδιότητες τῶν χημικῶν ένώσεων είναι ἐντελῶς διαφορετικὲς ἀπὸ τὶς ιδιότητες τῶν ἀπλῶν σωμάτων ἀπὸ τὰ δόποια ἀποτελοῦνται. Τὸ νερὸ π.χ. διαφέρει ριζικὰ ἀπὸ τὸ δξυγόνο καὶ τὸ ὑδρογόνο ποὺ τὸ ἀποτελοῦν καὶ τὸ οἰνόπνευμα είναι ἐντελῶς διαφορετικὸ σῶμα ἀπὸ τὸν ἄνθρακα, τὸ δξυγόνο καὶ τὸ ὑδρογόνο, ἀπὸ τὰ δόποια ἀποτελεῖται.

Στὴ φύση δημοσί, ἐκτὸς ἀπὸ τὰ ἀπλὰ καὶ σύνθετα σώματα, ὑπάρχουν καὶ τὰ μύγματα. Τὰ μύγματα ἀποτελοῦνται ἀπὸ διαφο-

ρετικά σώματα ποὺ είναι άπλως άνακατωμένα, χωρὶς νὰ είναι καὶ ένωμένα χημικά (δηλαδὴ μὲ χημικὸ τρόπο).

Ο διτυοσφαιρικὸς δέρας είναι μίγμα ποὺ ἀποτελεῖται κυρίως ἀπὸ μόρια δξυγόνου καὶ ἀζώτου, ποὺ δὲν είναι ένωμένα χημικὰ μεταξύ τους. Ωστε, ἄλλα είναι τὰ μίγματα καὶ ἄλλα σὶ χημικὲς ένώσεις.

Η Ἐπιστήμη ποὺ ἀσχολεῖται ίδιαίτερα μὲ τὶς ένώσεις τῶν σωμάτων είναι ἡ Χημεία.



0.5 Μορφὲς καὶ καταστάσεις τῆς ὕλης.

Τὰ 100 περίπου χημικὰ στοιχεῖα συνδυάζονται κατὰ διαφόρους τρόπους καὶ δημιουργοῦν τὴν ὕλη. Τὴν ὕλη τὴν βλέπομε γύρω μας σὲ διάφορες καταστάσεις. Βλέπομε, δηλαδὴ, ὅτι ἄλλα ὑλικὰ σώματα βρίσκονται σὲ στερεή, ἄλλα σὲ ύγρῃ καὶ ἄλλα σὲ δέρια κατάσταση.

Πολλὰ σώματα δημιῶσ, δταν μεταβληθῇ ἡ θερμοκρασία τους ἢ ἡ ἡ πίεσή τους, μποροῦν νὰ μεταβάλουν τὴν κατάστασή τους καὶ νὰ ἔμφανισθοῦν ἄλλοτε σὰν στερεά, ἄλλοτε σὰν ύγρὰ καὶ ἄλλοτε

σὸν ἀέρια. Τὸ νερὸ π.χ., δταν ἡ θερμοκρασία του φθάση ἐπάνω ἀπὸ 100 βαθμοὺς Κελσίου, βράζει καὶ γίνεται ἀτμός, ἐνῶ, δταν ἡ θερμοκρασία του κατέβη κάτω ἀπὸ τὸ βαθμὸ 0, γίνεται πάγος. Ο πάγος, τὸ νερὸ καὶ δ ἀτμὸς εἶναι σώματα πού, ἀν καὶ ἀποτελοῦνται ἀπὸ τὴν ἕδια ὥλη, δηλαδὴ ἀπὸ μόρια ποὺ ἔχουν ἐνα ἀτομο ὅξυγόνου καὶ δύο ἀτομα ὑδρογόνου, βρίσκονται δμως σὲ διαφορετική κατάσταση. Ο πάγος βρίσκεται σὲ στερεὴ κατάσταση, δηλαδὴ εἶναι στερεὸ σῶμα καὶ ἔχει ὁρισμένο σχῆμα καὶ δγκο. Τὸ νερὸ βρίσκεται σὲ ὑγρὴ κατάσταση καὶ ἔχει ὁρισμένο δγκο, ἄλλὰ δχι ὁρισμένο σχῆμα, ἀφοῦ παίρνει τὸ σχῆμα τοῦ δοχείου στὸ δοποῖο τὸ βάζομε κάθε φορά. Ο ἀτμὸς εἶναι ἀέριο σῶμα. Δὲν ἔχει οὐτε ὁρισμένο σχῆμα οὐτε ὁρισμένο δγκο, ἀφοῦ μπορεῖ νὰ ἀπλωθῇ ἀπεριόριστα ἀν τὸν ἀφήσωμε ἐλεύθερο.

Μποροῦμε νὰ κάνωμε τὰ σώματα νὰ μεταβοῦν ἀπὸ τὴ στερεὴ κατάσταση στὴν ὑγρὴ καὶ στὴν ἀέρια, δίνοντάς τους θερμότητα, δηλαδὴ θερμαίνοντάς τα. Ἀντίστροφα, ἀφαιρώντας θερμότητα, δηλαδὴ φύχοντάς τα, μποροῦμε νὰ τὰ κάνωμε νὰ περάσουν ἀπὸ τὴν ἀέρια κατάσταση στὴν ὑγρὴ καὶ τὴν στερεή. Ο ἀτμοσφαιρικὸς ἀέρας, ἀν φυχθῇ καὶ πιεσθῇ, παίρνει τὴν ὑγρὴ μορφή.

Ανάμεσα στὶς τρεῖς καταστάσεις ποὺ ἀναφέραμε ὑπάρχουν καὶ ἐνδιάμεσες. Ἐτοι, ἡ πίσσα, τὸ κερί καὶ ἄλλα παρόμοια σώματα εἶναι σὲ κατάσταση μεταξὺ στερεοῦ καὶ ὑγροῦ.

0·6 Φυσικὰ καὶ χημικὰ φαινόμενα.

Κάθε μεταβολὴ ποὺ συμβαίνει στὴ Φύση τὴν λέμε φαινόμενο. Ἡ ἔξατμιση, ἡ βροχή, δ ἀνεμος, ἡ τρικυμία, δ κεραυνός, ἡ πτώση ἐνδεσών σώματος, εἶναι φαινόμενα. Φαινόμενο ἐπίσης εἶναι ἡ καύση τῶν ἔνδιων, τοῦ πετρελαίου καὶ γενικὰ δλων τῶν καυσίμων, ἡ ζύμωση τοῦ μούστου, τὸ σάπισμα (ἡ σήψη), τὸ σκούριασμα (δξεῖδωση) κλπ.

Τὰ πρῶτα φαινόμενα, ποὺ ἀναφέραμε, δὲν ἔχουν καμμιὰ σχέση μὲ τὰ μόρια τῶν σωμάτων, μ' ἄλλα λόγια τὰ φαινόμενα αὐτὰ ἀφήνουν τὰ μόρια τῶν σωμάτων ἀθικτα. "Οταν ἔνα σῶμα πέφτῃ, δὲν ἀλλάζουν τὰ μόρια τῆς ὑλῆς του. Ό αἰτιοσφαίρικὸς ἀέρας εἴτε μένει ἀκίνητος εἴτε κινεῖται (δηλαδὴ φυσικὸς ἄνεμος) διατηρεῖ τὰ ἕδια συστατικὰ (κυρίως τὸ δέινγόνο καὶ τὸ ἄξιοτο) καὶ μάλιστα στὶς ἕδιες ἀναλογίες.

"Αν δημος ἔξετάσωμε τὴν καύση, δηλαδὴ ἐν ἔξετάσωμε ἔνα σῶμα ὅταν καλεῖται, βλέπομε ὅτι συμβαίνουν ριζικὲς ἀλλαγὲς στὰ μόρια του. Τὰ προϊόντα ποὺ προέρχονται ἀπὸ τὴν καύση δὲν ἔχουν τὴν ἀρχικὴ μορφὴ ποὺ ἔχει τὸ σῶμα ποὺ κάγκε.

Γενικά, ὅταν σὲ ἔνα φαινόμενο τὰ μόρια μένουν ἀθικτα, δηλαδὴ δὲν ἀλλάζουν, λέμε ὅτι πρόκειται γιὰ φυσικὸ φαινόμενο, ἐνῷ ὅταν τὰ μόρια ἀλλάζουν, λέμε ὅτι πρόκειται γιὰ χημικὸ φαινόμενο. "Ετσι π.χ., ἡ πτώση ἐνὸς σώματος καὶ ἡ κίνηση, τοῦ ἀτημοσφαιρικοῦ ἀέρα είναι φαινόμενα φυσικά. Ἐνῷ ἡ καύση, ὅπως εἰπαμε προγραμμένως, καὶ ἡ σήψη είναι φαινόμενα χημικά.

Φυσικὰ καὶ χημικὰ φαινόμενα συμβαίνουν συνεχῶς στὴν Φύση. "Ετσι π.χ. τὰ πετρώματα τοῦ ἐδάφους μὲ τὴν πάροδο τῶν χιώνων ἀλλοιώνονται, ὁ στεγρος ἔξειδώνυται (σκουριάζει) ἐπιφανειακὰ καὶ μὲ τὴν πάροδο τοῦ χρέους μεταβάλλεται δόλσηληρος σὲ σκουριά. Αὐτὰ είναι χημικὰ φαινόμενα. "Αντίθετα, ἡ ἀστραπή, δηλαδὴ ὁ ἥλεκτρικὸς σπινθήρας ποὺ παράγεται ἀνάμεσα σὲ δυὸ ἥλεκτρισμένα σύννεφα, ἡ ἡ τύξη τοῦ πάγου καὶ τοῦ χιονιοῦ είναι φυσικὰ φαινόμενα. "Ομοία, φυσικὰ φαινόμενα είναι ἡ διάλυση, τῆς ζάχαρης, ἡ ἀλάτι, θά δοῦμε ὅτι στὸ νερό, μέσα στὸ διαλύσαμε ζάχαρη, ἡ ἀλάτι, θά δοῦμε ὅτι στὸ βάθος τοῦ δοχείου θὰ μείνῃ, ἡ ζάχαρη, ἡ τὸ ἀλάτι, καὶ μάλιστα στὴν ἕδια ποεύτητα ποὺ ἡταν ὅταν τὰ ρίξαμε μείσα στὸ νερό.

Ἡ ζωὴ τῶν φυτῶν καὶ τῶν ζώων εἶναι μιὰ σειρὰ ἀπὸ φυσικὲς καὶ χημικὲς μεταβολές.

Γρέπει νὰ προσθέσωμε ἐδῶ ὅτι σύμερα ἡ ἐπιστήμη δὲν ξεχωρίζει μόνο φυσικὰ καὶ χημικὰ φαινόμενα, ἀλλὰ τριῶν εἰδῶν φαινόμενα ποὺ συμβαίνουν στὴ Φύση: α) τὰ φυσικά, β) τὰ χημικὰ καὶ γ) τὰ πυρηνικὰ φαινόμενα. Στὰ φυσικὰ φαινόμενα, ὅπως εἴπαμε, τὰ μόρια μένουν ἀθικτα. Στὰ χημικὰ τὰ μόρια ἀλλάζουν, ἀλλὰ τὰ ἀτομα μένουν τὰ ἔδια. Στὰ πυρηνικὰ φαινόμενα ἀλλάζουν τὰ ἀτομα, ἀλλάζει καὶ ἡ σύνθεση τοῦ πυρήνα τῶν ἀτόμων.

Εἴπαμε ὅ/cs τώρα τί εἶναι φυσικὰ φαινόμενα. Μποροῦμε ὅμως νὰ ἐρωτήσωμε πότε καὶ πῶς συμβαίνουν τὰ φαινόμενα αὐτά.

Γενικὰ μποροῦμε νὰ ποῦμε ὅτι τὰ φυσικὰ φαινόμενα συμβαίνουν στὴ φύση, ὅταν ἡ ἐνέργεια ἀλλάζῃ μορφές. Τώρα τί εἶναι ἐνέργεια καὶ ποιές εἶναι οἱ μορφὲς ποὺ παίρνει ὅταν ἀλλάζῃ, αἰστὸ θὰ τὸ ἔξετάσωμε ἀργότερα, στὸ τέλος τοῦ Κεφαλαίου αὐτοῦ.

0.7 Φυσικά μεγέθη.

Φυσικὸ μέγεθος εἶναι κάθε τι ποὺ μπορεῖ νὰ μετρηθῇ.

Ο ἄνθρωπος, γιὰ νὰ καταλήξῃ στὴ σωστὴ γνώση ἐνὸς φαινούμενου, χρειάζεται νὰ κάνῃ πειράματα καὶ μετρήσεις. Μετρήσεις κάνομε κάθε μέρα. Π.χ. μετροῦμε τὸ βάρος τῶν σωμάτων, τὴν ταχύτητα μὲ τὴν ὁποία τρέχουν τὰ αὐτοκίνητα, τὰ ἀεροπλάνα κλπ. Ακόμη μετροῦμε τὴν ταχύτητα ποὺ ἔχει τὸ φῶς, δ ἥχος. Ἐπίσης πολὺ συχνὰ χρειάζεται νὰ μετροῦμε τὸν σγκο ποὺ ἔχουν τὰ σώματα, τὸν χρόνο ποὺ χρειάζεται γιὰ νὰ γίνη κάτι, π.χ. νὰ φθάσῃ ἐνα βλῆμα ἀπὸ ἐνα μέρος σὲ ἐνα ἄλλο. Ἐπίσης συχνότατα μετροῦμε τὴν δύναμη ποὺ χρειάζεται π.χ. γιὰ νὰ μετακινηθῇ ἐνα σῆμα κλπ. Ολα αὐτὰ ποὺ μποροῦμε νὰ τὰ μετρήσωμε, δηλαδή, τὸ βάρος, τὸν σγκο, τὸν χρόνο, τὴν δύναμη κλπ. τὰ λέμε φυσικὰ μεγέθη.

Τὸ ἀποτέλεσμα ποὺ βρίσκομε δταν μετροῦμε τὰ φυσικὰ μεγέθη τὸ γράφομε μὲ ἀριθμοὺς καὶ μονάδες μετρήσεως. Ἔτσι π.χ. λέμε δτι τὸ βάρος ἐνὸς σώματος εἰναι 10 χιλιόγραμμα καὶ γράφομε σύντομα $B = 10 \text{ kg}$. Ο δγκος ἐνὸς διαρκεῖ ἔνα μάθημα εἰναι 45 λεπτὰ καὶ γράφομε $t = 45 \text{ min}$. Ο ἀθλητὴς ἔτρεξε τὰ 100 m σὲ 11 δευτερόλεπτα. Τὸ χρονικὸ αὐτὸ διάστημα τὸ γράφομε $t = 11 \text{ sec}$. Ολα αὐτά, βάρος, δγκος, χρόνος εἰναι φυσικὰ μεγέθη ποὺ τὰ μετρήσαμε καὶ τὰ ἐκφράσαμε μὲ ἀριθμούς.

0·8 Μονάδες μετρήσεως τῶν φυσικῶν μεγεθῶν.

Φυσικὰ γιὰ κάθε μέγεθος χρησιμοποιοῦμε τὴν κατάλληλη μονάδα. Τὸν χρόνο π.χ. τὸν μετροῦμε μὲ τὴν μονάδα ποὺ λέγεται δευτερόλεπτο (sec), μὲ τὸ πρῶτο λεπτὸ (min) ἢ τὴν ὥρα (h).

Τὸ μῆκος τὸ μετροῦμε παίρνοντας γιὰ μονάδα τὸ μέτρο (m), τὸ ἑκατοστόμετρο (cm), τὸ χιλιόμετρο (km) κλπ. Οἱ Ἀγγλοι καὶ οἱ Ἀμερικανοὶ χρησιμοποιοῦν γιὰ μονάδα μήκους τὴν γυάρδα (yd), τὸ πόδι (ft), τὴν ἵντσα (in).

Γιὰ νὰ μετρήσωμε μιὰ ἐπιφάνεια (ἐμβαδόν), χρησιμοποιοῦμε σὰν μονάδα μιὰ δρισμένη ἐπιφάνεια, π.χ. τὸ τετραγωνικὸ χιλιόμετρο (km^2), τὸ στρέμμα, τὸ τετραγωνικὸ μέτρο (m^2) κλπ.

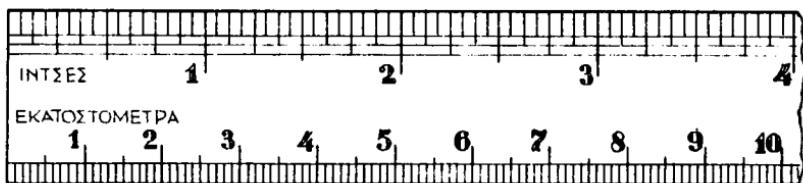
Τὸ βάρος τὸ μετροῦμε μὲ μονάδα τὸ χιλιόγραμμο (ἢ κιλό, kg), ποὺ εἰναι τὸ βάρος ἐνὸς κυβικοῦ δεκατομέτρου (λίτρο, dm^3) νεροῦ ἀποσταγμένου. Τὸ λίτρο (κυβικὸ δεκατόμετρο) εἰναι ἔνας κύβος ποὺ ἔχει ἀκμὴ 10 ἑκατοστόμετρα.

Γιὰ νὰ μετρήσωμε τὴν ταχύτητα, χρησιμοποιοῦμε μιὰ δρισμένη μονάδα ποὺ παίρνομε σὰν μονάδα ταχύτητος, π.χ. τὸ χιλιόμετρο ἀνὰ ὥρα (km/h).

Τὶς διάφορες μονάδες μετρήσεως τὶς χρησιμοποιοῦμε συνεχῶς στὴν καθημερινή, μας ζωὴ, δταν λέμε π.χ. δτι ἡ ζωὴ ἐνὸς

ἀνθρώπου διαρκεῖ 80 χρόνια, δὲ δρόμος ἔχει μῆκος 14 χιλιόμετρα, τὸ ἀτμόπλοιο ταξιδεύει μὲ ταχύτητα 14 μίλια τὴν ὥρα, ἐνώ
ἀρνὶ ζυγίζει 30 κιλά, κλπ.

Στὰ διάφορα Κεφάλαια τῆς Φυσικῆς θὰ γνωρίσωμε γιὰ κάθε
μέγεθος τὶς σπουδαιότερες μονάδες, καθὼς καὶ τὶς βασικές μεθόδους
μετρήσεως.



Σχ. 0·8 α.

Μία ἵντσα (*in*) ἰσοῦται μὲ 2,54 ἑκατοστόμετρα ($1\text{ in} = 2,54\text{ cm}$). "Ενα ἑκατοστόμετρο εἶναι περίου ἴσο μὲ τὰ τέσσερα δέκατα τῆς ἵντσας
($1\text{ cm} = 0,4\text{ ίντσα}$).

0·9 Φυσικοί Νόμοι.

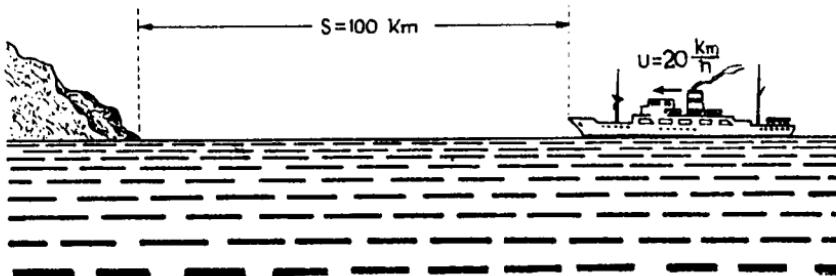
Τὰ φυσικὰ φαινόμενα ἀκολουθοῦν δρισμένους νόμους, τοὺς
φυσικοὺς νόμους. Οἱ φυσικοὶ νόμοι ἐκφράζονται σχέσεις ἀνάμεσα
σὲ φυσικὰ μεγέθη.

"Η ἐπιστήμη ἀνακάλυψε τοὺς φυσικοὺς νόμους μὲ τὶς παρατηρήσεις, μὲ τὰ πειράματα καὶ μὲ τὶς μετρήσεις. Τὰ πειράματα
καὶ τὶς μετρήσεις μπορεῖ δὲ καθένας νὰ ἐπαναλάβῃ δισες φορὲς
θέλει, ὅταν βέβαια ὑπάρχουν τὰ κατάλληλα ὅργανα καὶ οἱ κατάλληλες
συσκευές.

Τοὺς φυσικοὺς νόμους εἶναι χρήσιμο πολλὲς φορὲς νὰ τοὺς
ἐκφράζωμε μὲ ἀριθμητικὲς σχέσεις καὶ τύπους, γιὰ νὰ διευκολυνθού-
μαστε στοὺς ἀριθμητικοὺς ὑπολογισμοὺς ποὺ θέλομε νὰ κάνωμε.

Πολλὲς φορές, ἐπίσης, τοὺς φυσικοὺς νόμους τοὺς ἐκφράζομε
ιὲ γραφικὲς παραστάσεις, δηλαδὴ καμπύλες, γιὰ νὰ μποροῦμε νὰ
τοὺς κατχνοῦμε καλύτερα καὶ νὰ τοὺς πάρακολουθοῦμε πιὸ ἀνετα.

Είπαμε προηγουμένως ότι οι φυσικοί νόμοι έκφραζούν (μὲ άριθμοὺς) τὶς σχέσεις ποὺ ὑπάρχουν ἀνάμεσα στὰ φυσικὰ μεγέθη. "Ας ἀναφέρωμε τώρα ἐνα παράδειγμα. Γιὰ νὰ διανύσωμε ἐνα διάστημα, πρέπει νὰ κινηθοῦμε μὲ κάποια ταχύτητα καὶ νὰ διαθέσωμε κάποιο χρόνο. Τὸ διάστημα, ὁ χρόνος καὶ ἡ ταχύτητα εἰναι φυσικὰ μεγέθη. "Αν ἡ ταχύτητα μας εἰναι σταθερή, δπως συμβαίνει π.χ. δταν ἐνα ἀτμόπλοιο ταξιδεύη σὲ ἥραμη θάλασσα, τότε τὸ διάστημα (s) ποὺ διανύομε εἰναι ἀνάλογο μὲ τὴν ταχύ-



Σχ. 0.9 α.

"Ο χρόνος ποὺ θὰ χρειασθῇ τὸ πλοϊο γιὰ νὰ διανύσῃ τὴν ἀπόσταση s , ποὺ εἰναι ἵση μὲ 100 χιλιόμετρα, ἔξαρταται ἀπὸ τὴν ταχύτητα μὲ τὴν δύναμι τὸ πλοϊο ταξιδεύει. "Αν ἡ ταχύτητα εἰναι 20 χιλιόμετρα τὴν ὥρα, θὰ χρειασθῇ, 5 ὥρες.

$$t = \frac{s}{v} = \frac{100 \text{ km}}{\frac{\text{km}}{\text{h}}} = 5 \text{ h}$$

τητα (v) καὶ ἀνάλογο μὲ τὸν χρόνο (t). Δηλαδή, τὸ διάστημα s οὐσιῶς μὲ τὸ γινόμενο τῆς ταχύτητας ἐπὶ τὸν χρόνο. Αὐτὸς εἰναι ἔνας φυσικὸς νόμος, δ νόμος τῆς ἰσοταχοῦς κινήσεως.

"Οπως βλέπομε, δ νόμος αὐτὸς ἔκφραζει τὴν σχέση μεταξὺ τῶν φυσικῶν μεγεθῶν ποὺ εἰναι τὸ διάστημα, ὁ χρόνος καὶ ἡ ταχύτητα. "Αντὶ νὰ διατυπώσωμε τὸ νόμο μὲ λόγια, εἰναι πολὺ πιὸ εύκολο νὰ χρησιμοποιήσωμε σύμβολα καὶ νὰ γράψωμε τὸν τύπο $s = v \cdot t$ (βλ. σχ. 0.9 α.).

Τοὺς νόμους ποὺ ἀναφέρονται στὶς κινήσεις θὰ ἔξετάσωμε λεπτομερῶς στὰ παρακάτω κεφάλαια τῆς Μηχανικῆς.

0·10 Τι είναι ένέργεια.

Τὸ φῶς, ἡ θερμότητα, τὸ γῆλεκτρικὸ ρεῦμα, δὲν μποροῦν θὰ θεωρηθοῦν ὡς ὅλη. Εἶναι ἐνέργεια. Ἡ ἐνέργεια συνδέεται στενά μὲ τὴν ὅλη. Αὐτὸς εἶναι εὕκολο νὰ τὸ καταλάβωμε. Δὲν μποροῦμε π.χ. νὰ φαντασθοῦμε φῶς (ποὺ εἶναι δπως εἰπαμε ἐνέργεια) χωρὶς νὰ ὑπάρχῃ σῶμα ποὺ νὰ τὸ ἐκπέμπη. Δὲν μποροῦμε νὰ ἀκούσωμε ἥχο χωρὶς νὰ ὑπάρχῃ σῶμα ποὺ νὰ παράγη ἀντὸν τὸν ἥχο.

Αὐτὸς λοιπὸν ποὺ πρέπει νὰ γνωρίζωμε, δταν μιλοῦμε γιὰ ἐνέργεια, εἶναι δτι : Ἡ ἐνέργεια μπορεῖ νὰ ἐκδηλωθῇ μόνο σὲ συνδυασμὸ μὲ ὄλικὰ σώματα.

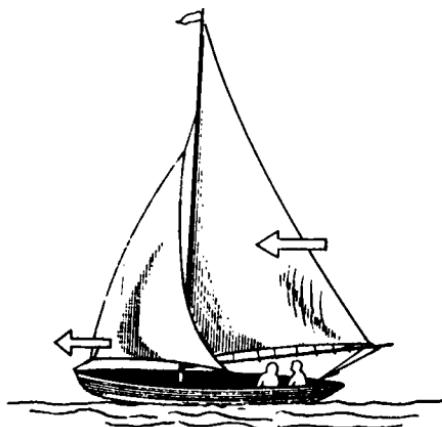
Τὸ ἄλλο ποὺ πρέπει νὰ γνωρίζωμε εἶναι δτι ἡ ἐνέργεια παρουσιάζεται μὲ πολλὲς μορφές: Παρουσιάζεται π.χ. ὡς μηχανικὴ ἐνέργεια, ποὺ ἔχει ἐνας τροχὸς ποὺ περιστρέφεται, ὡς θερμικὴ ἐνέργεια, ποὺ ἔχει δ ἀτμὸς μιᾶς ἀτμομηχανῆς, ὡς γῆλεκτρικὴ ἐνέργεια, ποὺ παράγει μιὰ γῆλεκτρογεννήτρια, ὡς φωτεινὴ ἐνέργεια μιᾶς λάμπας κλπ.

Τέλος πρέπει νὰ ξέρωμε δτι δπως γιὰ τὴν ὅλη ἔται καὶ γιὰ τὴν ἐνέργεια ίσχύει ἡ ἀρχὴ τῆς διατηρήσεως (ἀρθαρσίας) τῆς ἐνέργειας. Δηλαδή, ἡ ἐνέργεια δὲν εἶναι δυνατὸ νὰ δημιουργηθῇ ἀπὸ τὸ τίποτε, οὔτε εἶναι δυνατὸ νὰ καταστραφῇ καὶ νὰ ἐξαφανισθῇ. Τὰ τελευταῖα χρόνια βρέθηκε δτι ἡ ὅλη καὶ ἡ ἐνέργεια εἶναι κατὰ βάθος τὸ ἴδιο πρᾶγμα καὶ πολλὲς φορὲς ἡ ὅλη ἐκδηλώνεται σὰν ἐνέργεια. Αὐτὸ π.χ. συμβαίνει στὴν περίπτωση τῆς ἀτομικῆς βρύσεως καὶ τῶν πυρηνικῶν ἀντιδραστήρων, δπου ἡ ὅλη μετασχηματίζεται καὶ ἐκδηλώνεται σὰν ἐνέργεια. 'Αλλὰ γι' αὐτὸς τὸ θέμα θὰ μιλήσωμε περισσότερο στὴν παράγραφο 3·3.

ΠΡΩΤΟ ΜΕΡΟΣ
Η ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ
ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι
ΔΥΝΑΜΕΙΣ

1.1 Τι είναι δύναμη.

“Όταν προσπαθοῦμε νὰ σπρώξωμε ἕνα βάρος ἀντικείμενο, ἐφαρμόζομε ἐπάνω του μιὰ δύναμη ποὺ μπορεῖ, ὅταν γίνη ἀρκετὰ μεγάλη, νὰ τὸ κινήσῃ. Τὸ βάρος ποὺ τραβᾶ κάθε σῶμα πρὸς τὴν Γῆ είναι μιὰ δύναμη. Ο ἀνεμος ἐφαρμόζει δύναμη στὸ πανὶ τῆς βάρκας καὶ ἔτσι τὴν κινεῖ (σχ. 1·1 α).” Όταν συ-

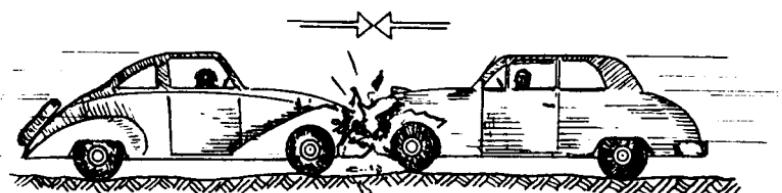


Σχ. 1·1 α.

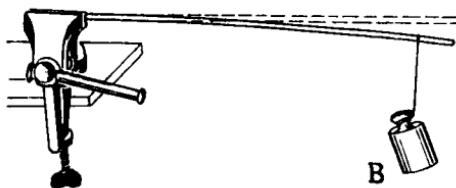
κρούωνται δύο αὐτοκίνητα, ἀναπτύσσονται δυνάμεις ποὺ παραμορφώνουν τὸ σχῆμα τους καὶ σταματοῦν τὴν κίνησή τους (σχ. 1·1 β). Στὰ ἔργοστάσια χρησιμοποιοῦνται πρέσσεις ποὺ ἀναπτύσ-

σουν μεγάλες δυνάμεις γιατί νὰ διαμορφώσουν μεταλλικὴ ἀντικείμενα στὸ σχῆμα ποὺ θέλομε.

Οἱ δυνάμεις, λοιπόν, ἔχουν τὴν ἰδιότητα νὰ προκαλῶν ἢ νὰ μεταβάλλουν τὶς κινήσεις. Ἐχουν ἐπίσης τὴν ἰδιότητα νὰ μεταβάλλουν τὰ σχήματα τῶν σωμάτων (σχ. 1·1 γ, 1·1 δ καὶ 1·1 ε).



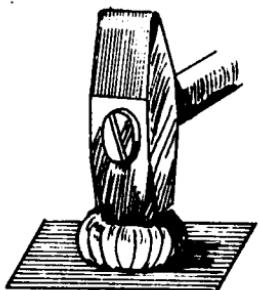
Σχ. 1·1 β.



Σχ. 1·1 γ.

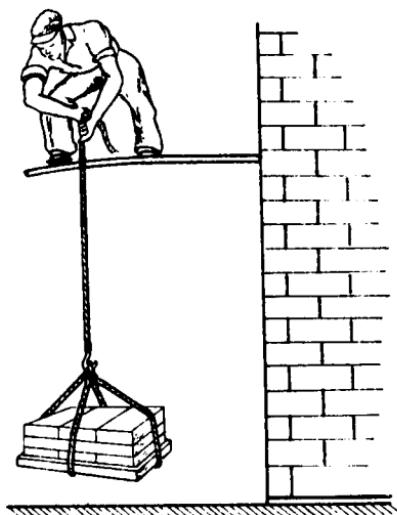
Τὸ βάρος Β ποὺ είναι μία δύναμη παραμορφώνει (κάμπτει) τὸ ἔλασμα στὴ ἄκρη τοῦ ὅποιου κρέμεται.

Γιὰ νὰ μετροῦμε τὶς δυνάμεις, χρησιμοποιοῦμε πολὺ συχνὰ ἐνα πολὺ ἀπλὸ δργανό, τὸ δυναμόμετρο, ποὺ στὴν καθημερινὴ γλῶσσα τὸ λέμε κανταράκι. Τὸ κανταράκι ἔχει ἐνα ἔλατήριο ποὺ παραμορφώνεται ἀνάλογα μὲ τὴν δύναμη ποὺ τὸ τραβᾷ (σχ. 1·1 ζ). Στὸ περίβλημά του είναι χαραγμένη μιὰ κλίμακα μὲ διαιρέσεις. Μπροστὰ ἀπὸ τὶς διαιρέσεις αὐτὲς κινεῖται ἐνας δείκτης ποὺ βρίσκεται σὲ ἐπαφὴ μὲ τὸ ἔλατήριο, ἀπὸ τὸ δποῖο κρεμοῦμε τὸ βάρος ποὺ ζυγίζομε.



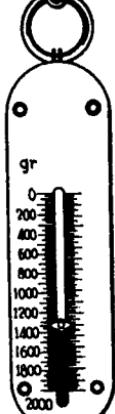
Σχ. 1·1 δ.

Τὸ σφυρὶ ἐφαρμόζει μιὰ δύναμη
ἐπάνω στὸ σῶμα ποὺ κτυπᾶ.



Σχ. 1·1 ε.

Ο ἀνθρώπος μὲ τὸ βάρος του καὶ
μὲ τὸ βάρος ποὺ κρατᾶ μὲ τὸ σχοι-
νὶ μεταβάλλει τὴν θέση τῆς σανίδας,
στὴν ὅποια στηρίζεται.



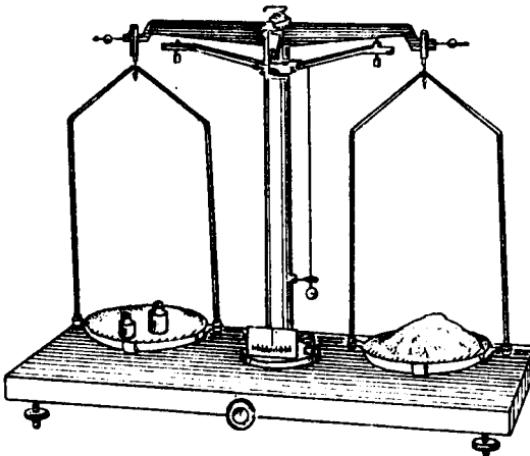
Σχ. 1·1 ζ.

Τὸ ἔλατήριο, ποὺ βρίσκεται μέσα
στὸ περίβλημα τοῦ ὁργάνου, ἀλλά-
ζει μορφὴ (παραμορφώνεται) ἀνάλο-
γα μὲ τὴ δύναμη ποὺ τὸ τεντώνει.

Μποροῦμε νὰ μετρήσωμε ἐπίσης δυνάμεις μὲ μιὰ ζυγαριά
(σχ. 1·1 η).

Συνήθως γιὰ νὰ μετρήσωμε τις δυνάμεις χρησιμοποιοῦμε διάφορες μονάδες βάρους.

Τὸ χιλιόγραμμο βάρους (*kg*) εἶναι μιὰ μονάδα μετρήσεως τῶν δυνάμεων. Ἐνα χιλιόγραμμο βάρους εἶναι περίπου ἵσο μὲ τὸ βάρος νεροῦ ποὺ ἔχει ὅγκο δσο ἔνας κύβος μὲ ἀκμὴ 10 ἑκατοστόμετρα, δηλαδὴ ὅγκο ἵσο μὲ ἔνα κυβικὸ δεκατόμετρο (*λίτρο*, 1 dm^3).



Σχ. 1·1 η.

Μετροῦμε μὲ ζυγαριὰ μιὰ δύναμη (ένα βάρος) συγκρίνοντάς την μὲ μιὰ γνωστὴ δύναμη ποὺ εἶναι συνήθως ἔνα δρισμένο βάρος

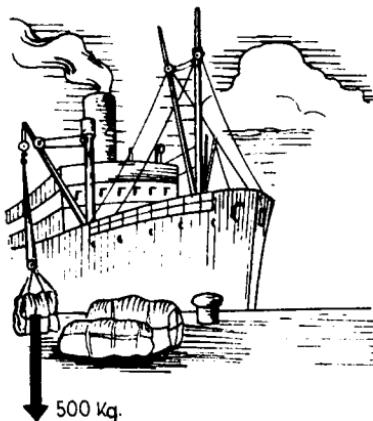
Γιὰ νὰ προσδιορίσωμε ἐντελῶς μιὰ δύναμη, δὲν μᾶς εἶναι ἀρκετὸ νὰ μετρήσωμε τὴ δύναμη αὐτῆ, μὲ βάση μιὰ μονάδα, καὶ νὰ βροῦμε τὸ μέγεθός της (τὴν ἔνταση ἢ τὴν ἀριθμητικὴ της τιμὴ, δπως λέμε). Πρέπει νὰ ξέρωμε καὶ δύο ἄλλα χαρακτηριστικά της: α) πρὸς τὰ ποὺ διευθύνεται ἡ δύναμη αὐτῆ, δηλαδή, πρέπει νὰ ξέρωμε τὴ διεύθυνσή της, καὶ β) τὴ φορά της.

Κάθε δύναμη συμβολίζεται μὲ ἔνα βέλος (σχ. 1·1θ). Ἡ ἀρχὴ τοῦ βέλους δείχνει τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς τῆς δυνάμεως, τὸ στέλεχος τοῦ βέλους τὴν διεύθυνση, τὸ μῆκος του (μὲ κάποια

κλίμακα) τὸ μέγεθος τῆς δυνάμεως αὐτῆς καὶ τὸ ἄκρο τοῦ βέλους, τὴ φορά.

Τὰ μεγέθη ἐκεῖνα, δπως εἰναι π.χ. ἡ δύναμη, ποὺ γιὰ νὰ τὰ περιγράψωμε πρέπει νὰ ἀναφέρωμε ὅχι μόνο τὴν ἀριθμητικὴ τιμὴ τους, ἀλλὰ καὶ τὴν διεύθυνση καὶ τὴ φορά τους, δνομάζονται διανυσματικὰ ἢ ἀπλῶς ἀνυσματικὰ μεγεθύη.

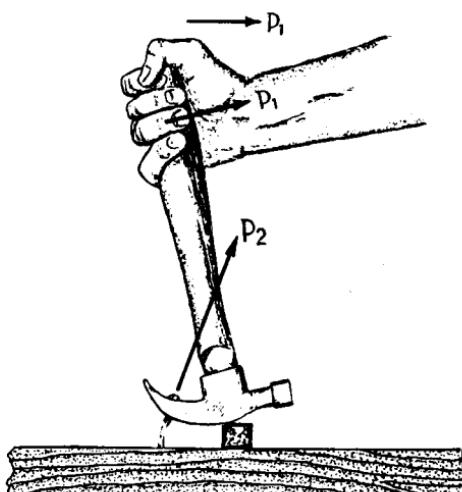
Παραθέτομε τώρα σὲ σχήματα δύο παραδείγματα ἀπὸ τὴν καθημερινὴ ζωὴ. Στὸ βίντσι, ποὺ φαίνεται στὸ σχῆμα 1·1 θ, ἡ δύναμη, ποὺ τεντώνει τὸ σχοινὶ εἶναι 500 χιλιόγραμμα, δηλαδὴ



Σχ. 1·1 θ.

μισδες τόννος, καὶ ἔχει φορὰ ἀπὸ ἐπάνω πρὸς τὰ κάτω. Ἡ δύναμη αὐτὴ ἐφαρμόζεται στὴν ἄκρη τοῦ σχοινιοῦ καὶ ἔχει μέγεθος ἵσο μὲ τὸ βάρος τοῦ φορτίου ποὺ κρέμεται ἀπὸ τὸ σχοινί.

Στὸ σχῆμα 1·1 ι ἡ δύναμι P_1 , ποὺ πρέπει νὰ ἐφαρμόσωμε στὴν ἄκρη τοῦ σφυριοῦ γιὰ νὰ ἀποσπάσωμε τὸ καρφὶ ἀπὸ τὸ ἔύλο, προέρχεται ἀπὸ τοὺς μῆνς τοῦ χεριοῦ μας καὶ διευθύνεται πρὸς τὰ δεξιά. Τὸ σφυρὶ πάλι, καθὼς τὸ τραβοῦμε μὲ τὴν P_1 , ἀσκεῖ ἐπάνω στὸ κεφάλῃ τοῦ καρφιοῦ ἀλλη δύναμη, τὴν P_2 , ποὺ διευθύνεται πρὸς τὰ ἐπάνω.



Σχ. 1·1·.

1·2 Σύνθεση και άνάλυση δυνάμεων που έφαρμόζονται στὸ ἕδιο σημεῖο.

Ἡ δύναμη ἐνδὲ μόνον ἀνθρώπου δὲν εἶναι ἀρκετὴ γιὰ νὰ μετακινήσῃ ἔνα αὐτοκίνητο, ποὺ παρουσιάζει βέβαια μεγάλη ἀντίσταση. Ἐν δημοσίᾳ τὸ σπρώξουν πολλοὶ ἀνθρωποὶ συγχρόνως, τὸ αὐτοκίνητο θὰ κινηθῇ. Τοῦτο θὰ συνέβαινε και ὅταν μιὰ μόνο ἀλλὰ πολὺ μεγαλύτερη δύναμη ἐφαρμοζόταν σ' αὐτό.

Αὐτὸ σημαίνει ὅτι πολλὲς μικρὲς δυνάμεις μποροῦν νὰ προστεθοῦν καὶ νὰ ὑπερνικήσουν μιὰ μεγάλη ἀντίσταση.

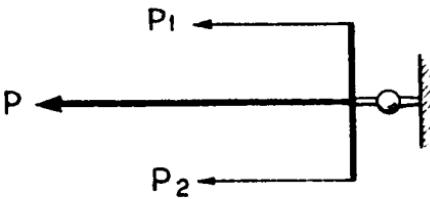
Τὸ ἀποτέλεσμα ποὺ προκαλοῦν δύο ἢ περισσότερες δυνάμεις, ὅταν ἐνεργοῦν συγχρόνως στὸ ἕδιο σημεῖο ἐνδὲ σώματος, μπορεῖ νὰ τὸ ἐπιτύχῃ μία μόνο δύναμη. Ἡ δύναμη αὐτὴ δονομάζεται συνισταμένη δύναμη και μπορεῖ νὰ ἀντικαταστήσῃ τὶς ἄλλες, τὶς μικρότερες, ποὺ λέγονται συνιστῶσες δυνάμεις.

Ἡ ἀντικατάσταση πολλῶν δυνάμεων (συνιστωσῶν) ἀπὸ μιὰ συνισταμένη δύναμη λέγεται σύνθεση δυνάμεων.

— "Ἄν δύο δυνάμεις ἐφαρμόζωνται στὸ ἕδιο σημεῖο και ἔχουν

τὴν ἕδια διεύθυνση (σχ. 1 · 2 α), τότε ἡ συνισταμένη τους είναι ἵση μὲ τὸ ἀθροισμα τῶν δυνάμεων αὐτῶν καὶ ἔχει καὶ τὴν διεύθυνση ποὺ ἔχουν οἱ δύο αὐτές συνιστώσες δυνάμεις, ἐπως ἀκριβῶς φαίνεται στὸ σχῆμα.

— "Αν δύο δυνάμεις ἔχουν ἀντίθετη διεύθυνση, τότε ἡ συνισταμένη τους ἔχει τὴν διεύθυνση τῆς μεγαλύτερης ἀπὸ τις δύο καὶ είναι ἵση μὲ τὴν διαφορά τους. Τὸ σῶμα, στὸ δόποιο ἐφαρμόζονται αὐτές οἱ δυνάμεις, θὰ κινηθῇ στὴν περίπτωση αὐτὴ δπως δείχνει τὸ ἀσπρό (χονδρό) βέλος στὸ σχῆμα 1 · 2 β, δηλαδή, θὰ ἀκολουθήσῃ τὴν διεύθυνση τῆς μεγαλύτερης.



Σχ. 1 · 2 α.

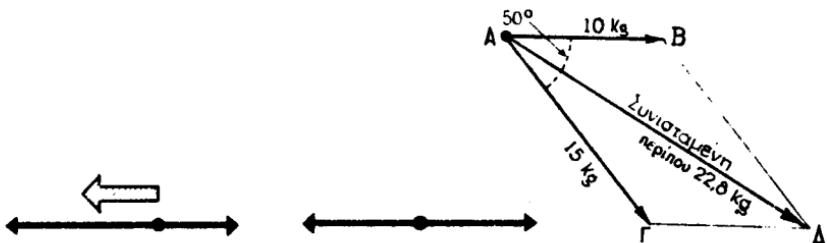
Η μεγάλη δύναμη (P) μπορεῖ νὰ φέρῃ τὸ ἕδιο ἀποτέλεσμα ποὺ φέρουν οἱ δύο μικρὲς μαζύ (P_1 καὶ P_2).

— "Οταν δύο δυνάμεις είναι ἀντίθετες καὶ ἵσες, τότε τὸ σῶμα δὲν κινεῖται ἀλλὰ ἴσορροπεῖ (σχ. 1 · 2 γ).

— "Αν οἱ συνιστώσες δυνάμεις σχηματίζουν γωνία, τότε ἡ συνισταμένη είναι ἡ διαγώνιος ἐνδὸς παραλληλογράμμου, ποὺ ἔχει πλευρὲς τὶς συνιστώσες δυνάμεις (σχ. 1 · 2 δ, 1 · 2 ε, 1 · 2 ζ καὶ 1 · 2 η). Τὸ σῶμα θὰ κινηθῇ κατὰ τὴ διεύθυνση τῆς συνισταμένης αὐτῆς.

Η συνισταμένη P τῶν δύο δυνάμεων P_1 καὶ P_2 , ποὺ ἔξασκοῦν οἱ ἀνθρωποι, φαίνεται στὸ σχῆμα 1 · 2 η. Τὸ δένδρο θὰ πέσῃ κατὰ τὴν διεύθυνση τῆς P .

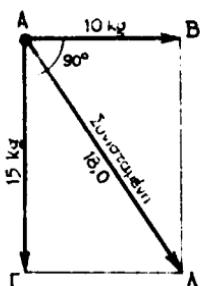
'Απ' δσα εἴπαμε ὡς τώρα καὶ ἀπὸ τὰ σχῆματα ποὺ παραθέσαμε, συμπεραίνομε δτὶ δύο δυνάμεις δὲν ἔχουν πάντα γιὰ συνισταμένη μιὰ δύναμη ποὺ είναι μεγαλύτερη ἀπ' αὐτές, ἀλλὰ μπο-



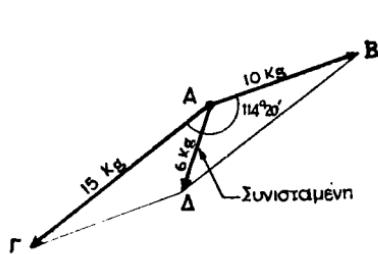
Σχ. 1·2 β.

Σχ. 1·2 γ

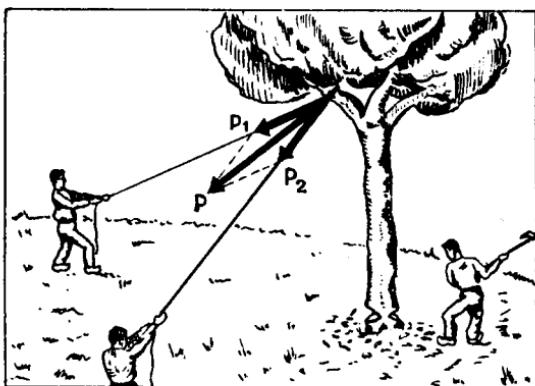
Σχ. 1·2 δ.



Σχ. 1·2 ε.



Σχ. 1·2 ζ.

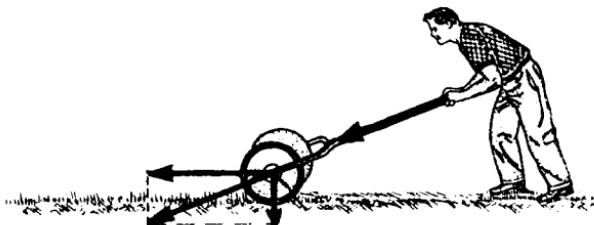


Σχ. 1·2 η.

ροῦν νὰ δώσουν σὰν συνισταμένη μιὰ δύναμη ποὺ νὰ είναι πιὸ μικρὴ ἀπὸ τὶς ἔδιες (σχ. 1·2 ζ), ἢ ἀκόμα, μποροῦν καὶ νὰ ἔξουδετερώσουν ἡ μία τὴν ἄλλη (σχ. 1·2 γ), δηλαδὴ νὰ δώσουν συνισταμένη μηδενική.

“Οπως άντικαθιστώντας πολλάς δυνάμεις (συνιστῶσες) μὲ μία (τὴν συνισταμένη) κάνομε σύνθεση τῶν δυνάμεων, ἔτοι εἶναι δυνατὸν νὰ ἀναλύσωμε μιὰ δύναμη σὲ δύο η περισσότερες δυνάμεις (συνιστῶσες). Δηλαδὴ μποροῦμε μία δύναμη ποὺ ἐφαρμόζεται σ’ ἕνα σῶμα νὰ τὴν ἀντικαταστήσωμε μὲ δύο η περισσότερες δυνάμεις, ποὺ προκαλοῦν κχὶ αὐτές τὸ ἰδιο ἀποτέλεσμα μὲ τὴν ἀρχική. ‘Η ἀντικατάσταση αὐτῇ λέγεται ἀνάλυση δυνάμεων.

“Οταν ἔχωμε μία δύναμη ποὺ πρόκειται νὰ τὴν ἀναλύσωμε, καὶ ξέρωμε τὶς κατευθύνσεις ποὺ πρέπει νὰ ἔχουν οἱ συνιστῶσες, σχηματίζομε ἔνα παραλληλόγραμμο ποὺ οἱ πλευρές του εἶναι οἱ δυνάμεις στὶς διοποῖες ἀναλύεται η ἀρχικὴ (πλευρές του, δηλαδὴ, εἶναι οἱ συνιστῶσες) καὶ διαγώνιός του εἶναι η συνισταμένη, δηλαδὴ ἔκείνη ποὺ πρέπει νὰ ἀναλύσωμε (σχ. 1·2θ).



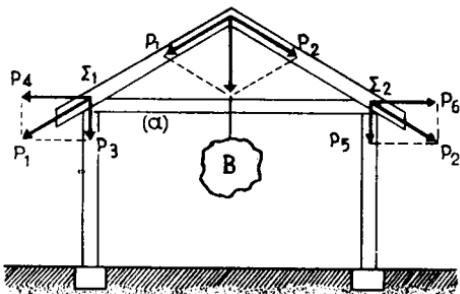
Σχ. 1·2θ.

‘Η δύναμη, ποὺ ἀσκεῖ δ ἄνθρωπος ἐπάνω στὸν κύλινδρο, μπορεῖ νὰ ἀναλυθῇ σὲ μιὰ κατακόρυφη καὶ μιὰ δριζόντια συνιστώσα. ‘Η δριζόντια κάνει τὸν κύλινδρο νὰ προχωρήσῃ, ἐνῶ η κατακόρυφη πιέζει ἀπλῶς τὸ χῶμα μαξὶ μὲ τὸ βάρος τοῦ κυλίνδρου.

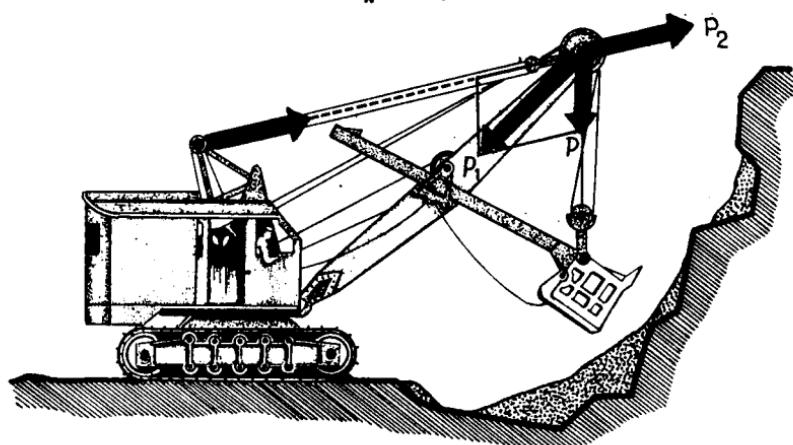
Φυσικὰ δλες αὐτές οἱ δυνάμεις μποροῦν νὰ μετρηθοῦν. Συνήθως τὶς μετροῦμε σὲ χιλιόγραμμα. Τὰ μεγέθη τους βρίσκονται ἀπὸ τὰ τρίγωνα ποὺ σχηματίζονται σὲ κάθε περίπτωση.

“Ας πάρωμε ἔνα πολὺ συνηθισμένο παράδειγμα: τὶς δυνάμεις ποὺ ἀναπτύσσονται στὶς στέγες τῶν σπιτιῶν (σχ. 1·2ι). Βλέπομε ὅτι τὸ βάρος Β, ποὺ εἶναι κρεμασμένο ἀπὸ τὴν κορυφὴ τῆς στέ-

γης, ἀναλύεται σὲ δύο δυνάμεις τὴν P_1 καὶ τὴν P_2 , ποὺ μεταφέρονται στὰ σημεῖα ὅπου στηρίζεται ἡ στέγη στοὺς τοίχους. Ἀλλὰ καὶ αὐτές οἱ δυνάμεις ἀναλύονται ἡ κάθε μιὰ τους σὲ δύο ἄλλες. Δηλαδὴ ἡ P_1 ἀναλύεται στὴν P_3 καὶ P_4 καὶ ἡ P_2 ἀναλύεται στὶς P_5 καὶ P_6 . Οἱ P_4 καὶ P_6 εἰναι δριζόντιες καὶ τείνουν νὰ ἀνοιξουν



Σχ. 1·2 i.



Σχ. 1·2 ii.

τὴν στέγη. Γι' αὐτὸν τὸ λόγο πρέπει τὰ σημεῖα Σ_1 καὶ Σ_2 νὰ συνδέωνται μεταξύ τους στερεὰ (π.χ. μὲ ἔνα δοκάρι (α) ποὺ θὰ δέχεται τὶς δυνάμεις αὐτές). Τὸ ἄθροισμα τῶν κατακορύφων δυνάμεων P_3 καὶ P_5 ισοῦται μὲ τὸ βάρος B .

Άλλο ένα παράδειγμα: Τὸ βάρος P τοῦ φτυαριοῦ, ποὺ κρέμεται ἀπὸ τὸν ἐκσκαφέα (σχ. 1·2κ), ἀναλύεται σὲ μιὰ δύναμη P_1 , ποὺ πιέζει τὸν βραχίονα τοῦ ἐκσκαφέα, καὶ σὲ μιὰ ἄλλη P_2 , ποὺ τεντώνει τὸ συρματόσχοινο ποὺ τὸν συγκρατεῖ.

Τὰ ἔξαρτήματα τοῦ ἐκσκαφέα ἔχουν τέτοια διάταξη, ώστε τὸ μεγάλο φτυάρι μαζὲν μὲ τὸ χῶμα ἀνεβαίνει, καθὼς τυλίγεται τὸ συρματόσχοινο ἐπάνω σὲ ένα κύλινδρο ποὺ βρίσκεται ἐπάνω στὴ βάση τοῦ ἐκσκαφέα.

1·3 Σύνθεση καὶ ἀνάλυση δυνάμεων ποὺ ἐφαρμόζονται σὲ διαφορετικὰ σημεῖα ἐνὸς σώματος.

Στὸ προηγούμενο Κεφάλαιο μάθαμε πῶς γίνεται ἡ σύνθεση καὶ ἡ ἀνάλυση δυνάμεων ποὺ ἐφαρμόζονται στὸ ἕδιο σημεῖο ἐνὸς σώματος. Τώρα θὰ μάθωμε πῶς γίνεται ἡ σύνθεση καὶ ἡ ἀνάλυση τῶν δυνάμεων ποὺ ἐφαρμόζονται σὲ διαφορετικὰ σημεῖα ἐνὸς σώματος.

Σύνθεση.

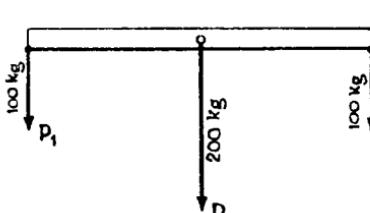
Διὸ παράλληλες δυνάμεις ποὺ ἐφαρμόζονται ἐπάνω σὲ διαφορετικὰ σημεῖα ἐνὸς σώματος συντίθενται ως ἔξῆς:

‘Η συνισταμένη τους εἶναι πάντοτε ἵση μὲ τὸ ἀλγεθρικὸ δύθροισμα ποὺ ἔχουν οἱ δύο συνιστῶσες παράλληλες δυνάμεις.

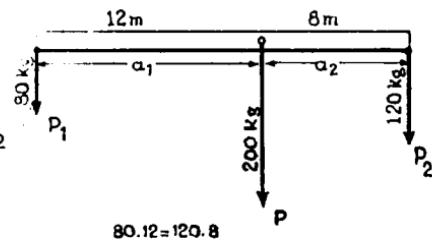
‘Η θέση τῆς συνισταμένης θὰ ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὸ μέγεθος τῶν παραλλήλων δυνάμεων. Ἔτσι, ἂν οἱ δύο δυνάμεις εἶναι ἵσες, ἡ συνισταμένη βρίσκεται στὸ μέσο τῆς ἀποστάσεως ποὺ τὶς χωρίζει (σχ. 1·3α). ‘Αν, δημοσ., οἱ δυνάμεις αὐτὲς δὲν εἶναι ἵσες, τότε ἡ συνισταμένη ἐφαρμόζεται πιὸ κοντά στὴν μεγαλύτερη (σχ. 1·3β). Στὴν περίπτωση αὐτὴν ἔχομε τὴν σχέση:

$$\frac{\alpha_1}{\alpha_2} = \frac{P_2}{P_1}$$

(δηλαδή οι αποστάσεις τής συνισταμένης από κάθε δύναμη είναι ίσες αντιστρόφως άναλογες πρὸς τὰ μεγέθη τῶν δυνάμεων). Π.χ. ἂν ἡ P_3 , ήταν διπλάσια ἀπὸ τὴν P_1 , ἡ ἀπόσταση α_3 , δηλαδὴ ἡ ἀπόσταση τῆς συνισταμένης P ἀπὸ τὴν P_2 , θὰ ήταν τὸ μισὸ τῆς ἀπόστάσεως τῆς P ἀπὸ τὴν P_1 .

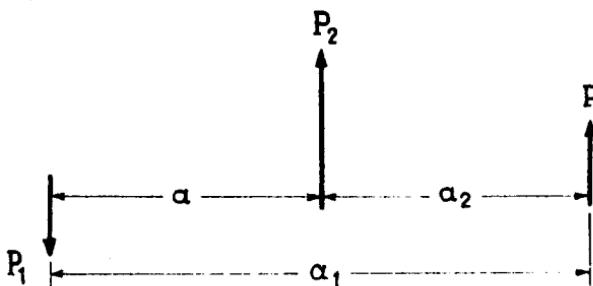


Σχ. 1·3α.



Σχ. 1·3β.

Δύο παράλληλες δυνάμεις ποὺ ἔχουν ἀντίθετες διευθύνσεις (ἀντίρροπες) συντίθενται σὲ μιὰ συνισταμένη ποὺ ἔχει μέγεθος τὴν διαφορὰ τῶν δύο συνιστώσων, εἰναι παράλληλη πρὸς αὐτές,



Σχ. 1·3γ.

ἔχει τὴν διεύθυνση τῆς μεγαλύτερης, καὶ ἐφαρμόζεται ἔξω ἀπὸ τὶς δυνάμεις καὶ ἀπὸ τὴν μεριὰ τῆς πὸ μεγάλης ἀπ' αὐτές. Οἱ αποστάσεις τῆς ἀπὸ τὶς συνιστώσες εἰναι πάλι ἀντιστρόφως άναλογες πρὸς τὸ μέγεθός τους· δηλαδὴ ἔχομε (σχ. 1·3γ)

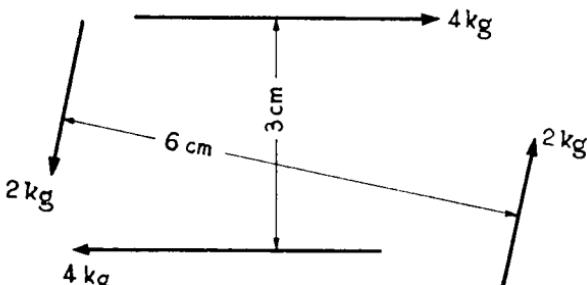
$$\frac{\alpha_1}{\alpha_2} = \frac{P_2}{P_1} \quad \text{δηλαδὴ } \alpha_1 \cdot P_1 = \alpha_2 \cdot P_2,$$

"Αν οι δύο δυνάμεις έχουν τὸ ἕδιο μέγεθος, τότε δὲν μποροῦμε νὰ τὶς ἀντικαταστήσωμε μὲ μιὰ μοναδικὴ συνισταμένη. Στὴν περίπτωση αὐτὴ λέμε ότι οἱ δυνάμεις ἀποτελοῦν ζεῦγος (σχ. 1·3 δ καὶ 1·3 ε)." "Οταν πάνω σ' ἓνα σῶμα δρᾶ ἔνα ζεῦγος, τότε αὐτὸ περιστρέφεται γύρω ἀπὸ τὸν ἑαυτό του. Δηλαδή, ἐνῶ ἡ δύναμη μετατοπίζει κατὰ τὴν διεύθυνσή της τὸ σῶμα ἐπάνω στὸ δρόιο δρᾶ καὶ ἔτσι τὸ μεταθέτει, τὸ ζεῦγος δυνάμεων κάνει τὸ σῶμα νὰ περιστρέψεται.

"Όνομάζομε ροπὴ ἐνδὸς ζεύγους δυνάμεων τὸ γινόμενο τοῦ μεγέθους μιᾶς ἀπὸ τὶς δυνάμεις ἐπὶ τὴν ἀπόσταση ποὺ ὑπάρχει ἀνάμεσά τους (σχ. 1·3 δ). Δηλαδή:

$$\text{ΡΟΠΗ} = \Delta\text{ΥΝΑΜΗ} \cdot \text{ΑΠΟΣΤΑΣΗ}$$

$$\eta M = P \cdot a$$

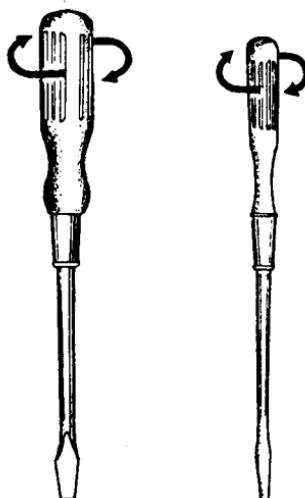


Σχ. 1·3 δ.

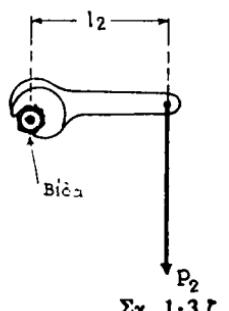
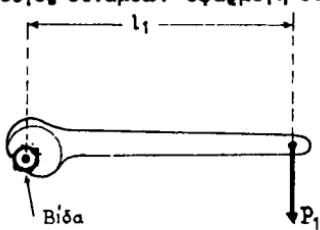
Δύο ζεύγη, ποὺ ἔχουν τὴν ἕδια ροπὴ ἀλλὰ τείνουν νὰ περιστρέψουν τὸ σῶμα, ἐπάνω στὸ δρόιο, κατὰ ἀντίθετες φορές, ίσορροποῦν καὶ τὸ σῶμα δὲν γυρίζει καθόλου. "Ετσι τὰ δύο ζεύγη ποὺ εἰκονίζονται στὸ σχῆμα 1·3 δ ίσορροποῦν, διότι ἔχουν ἀντίθετες φορές καὶ οἱ ροπές τους εἶναι ίσες, δηλαδή,

$$4 \text{ kg} \cdot 3 \text{ cm} = 2 \text{ kg} \cdot 6 \text{ cm}$$

"Η ἀνάλυση μιᾶς δυνάμεως σὲ δύο ἀλλες παράλληλες δυνάμεις, ποὺ ἐφαρμόζονται σὲ διαφορετικὰ σημεῖα ἐνδὸς σώματος, γί-



Σχ. 1·3 ε. Ζεῦγος δυνάμεων - έφαρμογή στὰ κατσαβίδια.

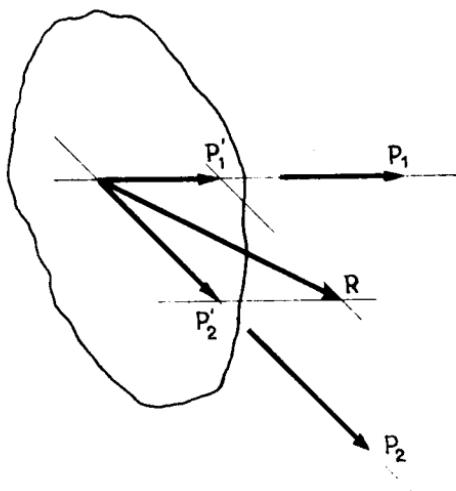


Σχ. 1·3 ζ.

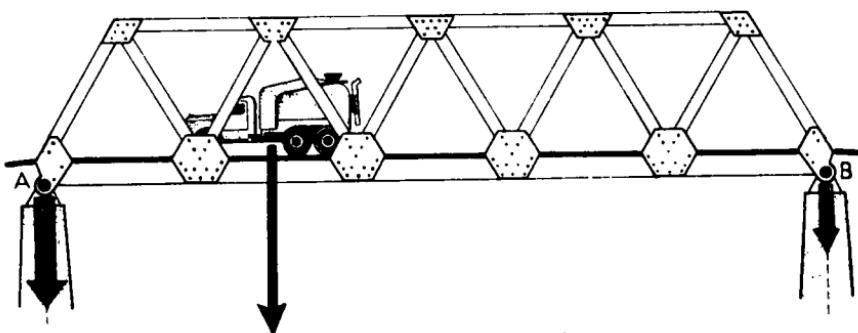
Ροπή έφαρμόζουμε όταν χρησιμοποιοῦμε ένα κλειδί. Γιά νά έχωμε τήν ίδια ροπή μὲ τὰ δύο κλειδιά, πρέπει νά έφαρμόσωμε μεγαλύτερη δύναμη στὸ κλειδὶ ποὺ έχει μικρότερο βραχίονα.

νεται: μὲ τὸν ἵδιο τρόπο. Δηλαδή, ή δύναμη P (σχ. 1·3 β) μπορεῖ νὰ ἀναλυθῇ στὶς δυνάμεις P_1 καὶ P_2 .

"Οταν οἱ δυνάμεις ποὺ ἐφαρμόζονται σὲ διαφορετικὰ σημεῖα ἐνὸς σώματος οὐτοὶ εἴναι παράλληλες, προεκτένονται τὶς εἰδεῖς τῶν



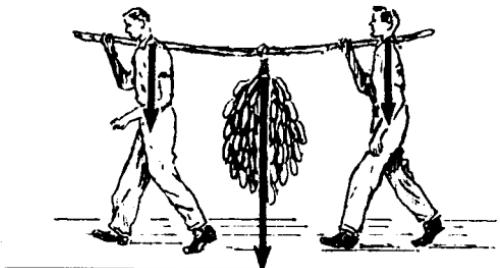
Σχ. 1·3 η.



Σχ. 1·3 θ.

Καθὼς τὸ αὐτοκίνητο προχωρεῖ ἀπὸ τὰ δεξιά πρὸς τὰ ἀριστερά, τὸ δεξιὸ βάθρο Β δέχεται συνεχῶς μικρότερη δύναμη καὶ τὸ ἀριστερὸ Α συνεχῶς μεγαλύτερη. "Οταν τὸ αὐτοκίνητο βρίσκεται στὴ μέση τῆς γέφυρας, τὸ βάρος μοιράζεται ἐξ ἵου στὰ δύο βάθρα.

δυνάμεων αὐτῶν, ἔως ὅτου γί μία νὰ κόψῃ τὴν ἄλλη, καὶ τὶς μεταφέρομε στὸ σημεῖο τομῆς τους. Κατόπιν τὶς συνθέτομε μὲ τὴν γνωστὴ μέθοδο τοῦ παραλληλογράμμου (παραγρ. 1·2) καὶ βρίσκομε τὴν σιγνικτατιένη (σχ. 1·3 η).



Σχ. 1·3 i.

Τὸ βάρος τοῦ φορτίου ἀναλύεται σὲ δύο συνιστῶσες παράλληλες: στὶς δινάμεις (βάρη) ποὺ σηκώνουν οἱ ἄνθρωποι.



Σχ. 1·3 κ.

Τὰ βάρη τῶν δύο δίσκων ἔχουν συνισταμένη τὸ συνολικὸ βάρος ποὺ σηκώνει ὁ ἄνθρωπος.

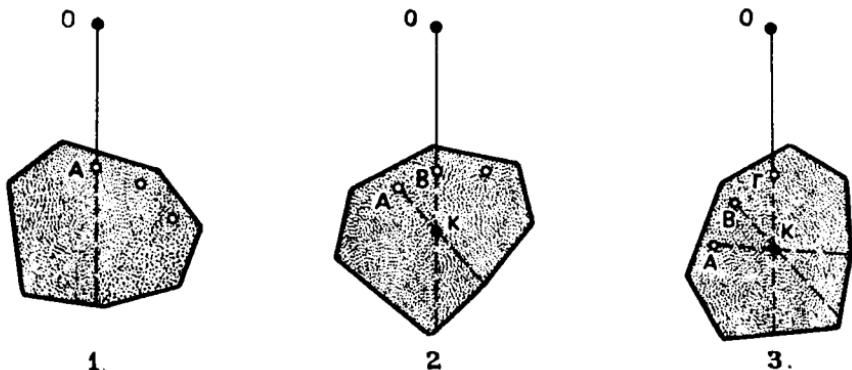
1·4 Βάρος - Κέντρο βάρους.

Τὸ βάρος ἐνὸς σώματος εἶναι ἡ δύναμη μὲ τὴν δποίᾳ ἡ Γῆ ἔλκει (τραβᾶ) τὸ σῶμα αὐτό. Ἡ κατεύθυνση τῆς δυνάμεως αὐτῆς εἶναι πρὸς τὸ κέντρο τῆς Γῆς, δηλαδὴ εἶναι κατακόρυφη.

Τὸ βάρος ἐκδηλώνεται σὲ δλη τὴν ἔκταση κάθε σώματος, ἀφοῦ κάθε μόριο τοῦ σώματος ἔχει βάρος. Γιὰ εύκολία, ὅμως,

Θεωροῦμε ὅτι τὸ βάρος συγκεντρίνεται σὲ ἐνα ὄρισμένο σημεῖο τοῦ σώματος. Τὸ σημεῖο ἀκριβῶς αὐτό, στὸ ὅποιο δεχθεῖται ὅτι εἶναι συγκεντρωμένο ὅλο τὸ βάρος τοῦ σώματος, λέγεται κέντρο βάρους.

Ἡ θέση ὅπου βρίσκεται τὸ κέντρο βάρους ἐνδέ σώματος ἔξαρται ἀπὸ τὸν τρόπο μὲ τὸν ὅποιο τὸ ύλικὸ εἶναι μοιρασμένο μέσα στὸ σώμα. Σὲ σώματα μὲ ἀπλὰ γεωμετρικὰ (κανονικὰ) σχήματα (ὅπως εἶναι ἡ σφαίρα, ὁ κύλινδρος, ὁ κύβος κλπ.), διατάσσεται καμποτένα ἀπὸ ύλικὸ διοικηγενές, τὸ κέντρο βάρους βρίσκεται στὸ κέντρο τῆς (γεωμετρικῆς) συμμετρίας τοῦ.



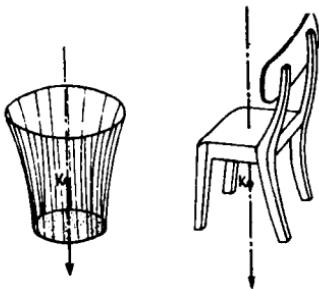
Σχ. 1·4 α.

Μποροῦμε μὲ πείραμα νὰ βροῦμε τὸ κέντρο βάρους ἐνδέ σώματος ἐπιπέδου, π.χ. ἐνὸς φύλλου ἀπὸ λαμαρίνα ἢ ἀπὸ χαρτόνι, ὡς ἔνγρις (σχ. 1·4 α): Κρεμοῦμε μὲ νῆμα τὸ σώμα ἀπὸ ἓνα ὅποιο διέγραψε σημεῖο του, π.χ. τὸ *A*, καὶ χαράζομε ἐπάνω στὸ σώμα αὐτὸ τὴν διεύθυνση τοῦ νήματος (σχ. 1·4 α, [1]). Ἐπαναλαμβάνομε τὸ ἴδιο, κρεμώντας τὸ σώμα ἀπὸ ἓνα ἄλλο ὅποιο διέγραψε σημεῖο του, π.χ. τὸ *B* (σχ. 1·4 α, [2]). Τὸ σημεῖο *K*, ὃπου τέμνονται οἱ προεκτάσεις τοῦ νήματος εἶναι τὸ κέντρο βάρους. Ἀν ἐπαναλάβομε τὸ ἴδιο πείραμα, κρεμώντας τὸ σώμα ἀπὸ ἓνα τρίτο ση-

μεῖο, π.χ. τὸ Γ (σχ. 1·4 α [3]), θὰ δοῦμε ὅτι ἡ προέκταση τοῦ νήματος περνᾷ καὶ πάλι ἀπὸ τὸ σημεῖο K , δπου τέμνονται καὶ οἱ δύο προηγούμενες. Μὲ τὸν τρόπο αὐτὸν ἐπαληθεύομε τὴν θέση τοῦ κέντρου βάρους τοῦ σώματος.

Στὴν περίπτωση ποὺ τὸ σῶμα ἔχει σημαντικὸ ὄγκο, π.χ. στὴν περίπτωση μᾶς πέτρας ἢ ἐνδὲ βιβλίου κλπ., γιὰ νὰ βροῦμε τὸ κέντρο βάρους, ἐργαζόμαστε μὲ παρόμοιο τρόπο, κρεμώντας δηλαδὴ τὸ σῶμα ἀπὸ διάφορα σημεῖα του καὶ βρίσκοντας τὸ σημεῖο στὸ δποῖο τέμνονται οἱ προεκτάσεις τοῦ νήματος ἐξαρτήσεως.

Τὸ κέντρο βάρους μπορεῖ νὰ βρίσκεται καὶ ἔξω ἀπὸ τὸ ἕδιο τὸ σῶμα. Αὐτὸν συμβαίνει π.χ. σὲ ἓνα δακτυλῖδι, σὲ ἓνα κάθισμα ἢ ἓνα καλάθι κλπ. (1·4 β.).



Σχ. 1·4 β.

1·5 Ισορροπία τῶν σωμάτων.

Ἐνα σῶμα λέμε ὅτι ισορροπεῖ στατικά, δταν τὸ ἀφήνωμε ἐλεύθερο καὶ μένει ἀκίνητο.

Ὑπάρχουν τρία εἰδη στατικῆς ισορροπίας: ἡ ἀσταθῆς ισορροπία, ἡ εὐσταθῆς καὶ ἡ ἀδιάφορος.

Ἡ θέση στὴν δποία βρίσκεται: τὸ κέντρο βάρους ἐνδὲ σώματος κανονίζει καὶ τὸ εἰδος τῆς ισορροπίας τοῦ σώματος αὐτοῦ. Ήτα μελετήσωμε τὶς περιπτώσεις αὐτὲς χωριστὰ τὴν κάθε μία.

Ἄς ἔξετάσωμε μιὰ σφαίρα, ποὺ ισορροπεῖ πρῶτα ἐπάνω σὲ μιὰ ἐπιφάνεια κυρτὴ (σχ. 1·5 α [I]), ὅστερα ἐπάνω σὲ μιὰ κοίλη

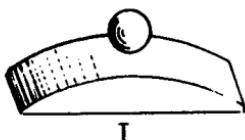
ἐπιφάνεια (σχ. 1·5 α [II]) καὶ τέλος σὲ μιὰ ἐπιφάνεια ἐπίπεδη (σχ. 1·5 α [III]).

"Αν τὴν μετακινήσωμε λίγο πρὸς τὰ δεξιὰ η πρὸς τ' ἀριστερά, τὸ κέντρο βάρους τῆς σφαίρας, δηλαδὴ τὸ σημεῖο ποὺ ἐφαρμόζεται, ὅπως εἴπαμε, τὸ βάρος τῆς:

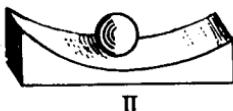
— στὴν περίπτωση I κατεβαίνει,

— στὴν περίπτωση II ριζεῖται,

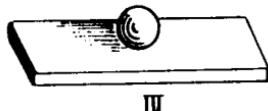
— στὴν περίπτωση III κινεῖται δριζόντια (οὔτε ἀνεβαίνει οὔτε κατεβαίνει).



I



II



III

Σχ. 1·5 α.

Βλέπομε ἐπίσης ὅτι ἂν, μετὰ τὴν μικρὴ μετακίνηση, ποὺ τῆς δύναμης, ἀφήσωμε τὴν σφαίρα ἐλεύθερη, ὅπότε ἐνεργεῖ μόνο τὸ βάρος της:

— στὴν περίπτωση I δὲν γυρίζει στὴν ἀρχική της θέση, ἀλλὰ κυλᾶ πρὸς τὰ κάτω καὶ ἀποικιάρυνται: ἀπὸ τὴν θέση, ἵσορροπίας.

— στὴν περίπτωση II γυρίζει στὴν ἀρχική της θέση ποὺ εἶναι ἡ χαμηλότερη, ἀπὸ ὅλες τις θέσεις ποὺ μπορεῖ νὰ πάρῃ.

— στὴν περίπτωση III μένει ἀκίνητη ἐκεὶ ποὺ τὴν ἀφήσαμε.

"Αν λοιπόν, μετακινώντας λίγο ἐνα σῶμα ἀπὸ τὴν θέση τῆς ἵσορροπίας του, τὸ κέντρο βάρους του κατεβαίνη, τὸ σῶμα δὲν γυρίζει πιὰ στὴν θέση αὐτῆς. Λέμε τότε ὅτι τὸ σῶμα βρίσκεται σὲ ἀσταθῆ ἴσορροπία.

"Αν, μετακινώντας τὸ σῶμα λίγο, τὸ κέντρο βάρους του ἀνεβαίνη, τότε τὸ σῶμα ἔχαγυρίζει πάλι στὴν θέση ἱσορροπίας. Λέμε τότε ὅτι βρίσκεται σὲ εὐσταθῆ ἴσορροπία.

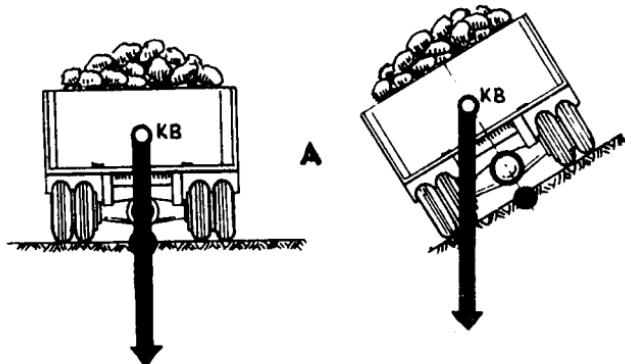
"Αν πάλι, μετακινώντας το λίγο, τὸ κέντρο βάρους δὲν ἀλλάξῃ στάθμη, τὸ σῶμα μένει στὴ νέα θέση χωρὶς νὰ τείνῃ νὰ κινηθῇ. Λέμε τότε ὅτι βρίσκεται σὲ ἀδιάφορη ισορροπία.

Απὸ ὅσα εἰδαμε ὡς τώρα, καταλαβαίνομε ὅτι, ὅταν θέλωμε ἔνα σῶμα νὰ ἔχῃ μεγαλύτερη εὐστάθεια πρέπει νὰ μεταφέρωμε, τὸ κέντρο βάρους του ὃσο μποροῦμε χαμηλώτερα πρὸς τὴν βάση του. Αὐτὸ γίνεται: ἂν π.χ. ἀλλάξωμε τὸ σχῆμα του, ὥστε τὸ ὄλικὸ τὰ ἀνώτερα μέρη νὰ συγκεντρωθῇ χαμηλά: μποροῦμε λ.χ. νὰ μεγαλώσωμε καταλλήλως τὴν βάση, τοῦ σώματος. "Ετσι τὸ σῶμα εἴτε δὲν ἀνατρέπεται εἴτε ἀνατρέπεται πολὺ δύσκολα, γιατὶ γιὰ νὰ ἀνατραπῇ ἔνα σῶμα, πρέπει νὰ βρεθῇ σὲ τέτοια θέση, ὥστε ἡ κατακόρυφη ποὺ ἀρχίζει ἀπὸ τὸ κέντρο βάρους του νὰ περνᾷ ἔξω ἀπὸ τὴν βάση στηρίζεως του. "Οταν, λοιπόν, ἀλλάξωμε τὸ σχῆμα τοῦ σώματος ἔτσι, ὥστε τὸ κέντρο βάρους του νὰ είναι στὰ χαμηλότερα μέρη του καὶ νὰ μεγαλώσωμε τὴν βάση του, τότε ἡ κατακόρυφη ποὺ ἀρχίζει ἀπὸ τὸ κέντρο βάρους πολὺ δύσκολα μπορεῖ νὰ βρεθῇ ἔξω ἀπὸ τὴν βάση, γι' αὐτὸ καὶ τὸ σῶμα ἀνατρέπεται πολὺ δύσκολα. Αὐτὸ τὸ ἔχουν πάντα ὑπ' ὅψη τους οἱ κατασκευασταὶ κτιρίων, αὐτοκινήτων, πλοίων τραίνων κλπ.

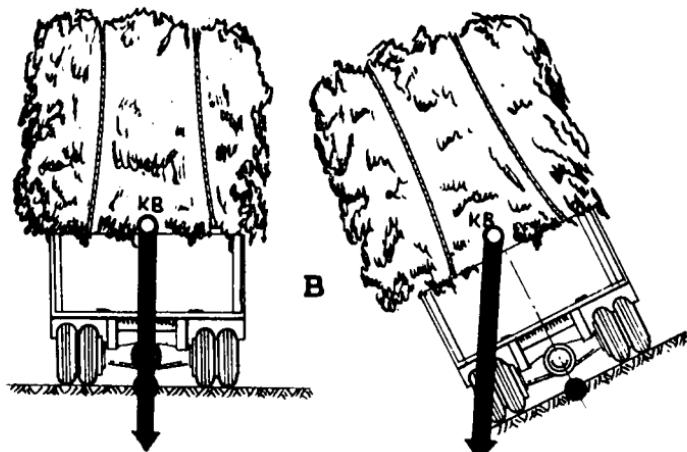
"Ενα πλοίο π.χ. ὅταν ἔχῃ φορτίο σιδήρου ποὺ βρίσκεται στὸ βάθος τοῦ σκάφους, ταξιδεύει χωρὶς νὰ κινδυνεύῃ νὰ ἀνατραπῇ (δηλαδὴ ἔχει εὐστάθῃ ισορροπία), διότι τὸ κέντρο βάρους είναι χαμηλά. 'Αντίθετα, ἔνα ἐλαφρότερο φορτίο (λ.χ. ἀπὸ μπαμπάκι, ξυλεία καὶ ιδίως ἀνθρώπους γῇ ζῶα) ποὺ γεμίζει δλο τὸ κύτος (ἀμπάρι) καὶ τὸ κατάστρωμα, δίνει στὸ σκάφος μικρότερη εὐστάθεια. Τὸ ίδιο συμβαίνει καὶ στὰ αὐτοκίνητα.

Στὰ σχήματα 1·5 β καὶ 1·5 γ φαίνεται ὅτι στὸ ίδιο αὐτοκίνητο, ποὺ είναι φορτωμένο μὲ τὸ ίδιο συνολικὸ βάρος, ἀλλὰ ἀπὸ διαφορετικὰ ὄλικὰ (Α καὶ Β), τὸ κέντρο βάρους βρίσκεται κάθε φορά σὲ διαφορετικὸ ὅψος. Τὸ αὐτοκίνητο, ποὺ τρέχει σὲ δρόμο μὲ ἐγκάρσια κλίση, κινδυνεύει περισσότερο νὰ ἀνατραπῇ, ὅταν είναι

φορτωμένος ζπιώς ετήγη περίπτωση Β (σχ. 1·5 γ). Η ανατροπή, σε δρόμο ήτε έγκαρσια κλίση, θα γίνη δταν ή κατακόρυφη πού περνά από τὸ κέντρο βάρους (δηλαδή και ή δύναμη πού παριστά-



Σχ. 1·5 β.



Σχ. 1·5 γ.

νε: τὸ βάρος) περάση ξένῳ απὸ τὴν βάση τοῦ αὐτοκινήτου, ζπιώς φαίνεται: σὲ σχῆμα 1·5 γ, καθὼς ἐπίσης και στὴν περίπτωση, τῆς καρέκλας (σχ. 1·5 δ).



Σχ. 1·58.

Τὸ κάθισμα θὰ ἀνατραπῇ, ὅταν ἡ κατακόρυφη ἀπὸ τὸ
κέντρο βάρους περνᾷ ἕξω ἀπὸ τὴν βάση τοῦ.

1·6 Τριβὴ ὄλισθήσεως.

“Οταν ἔνα σῶμα στηρίζεται ἐπάνω σ’ ἔνα δριζόντιο ἐπίπεδο, γιὰ νὰ ἀρχίσῃ νὰ κινῆται, χρειάζεται νὰ ἐφαρμόσωμε μιὰ δύναμη ἐπάνω του. Μ’ ἀλλα λόγια, γιὰ νὰ κινηθῇ τὸ σῶμα πρέπει νὰ ὑπερικήσωμε μιὰ ἀντίσταση γιὰ τὸν λόγο αὐτὸ ἐφαρμόσωμε ἐπάνω του μιὰ δύναμη ποὺ ὑπερικᾶ τὴν ἀντίσταση κι’ ἔτσι τὸ σῶμα κινεῖται. Ή ἀντίσταση αὐτὴ είναι ἐπίσης μιὰ δύναμη ποὺ τὴν ἀσκεῖ τὸ ἐπίπεδο στηρίξεως ἐπάνω στὸ σῶμα καὶ ἐνεργεῖ ἐπάνω στὴν ἐπιφάνεια (σχ. 1·6 α) στὴν δύοις τὰ δύο σώματα ἐφάπτονται. Ή δύναμη αὐτὴ λέγεται δύναμη τριβῆς.

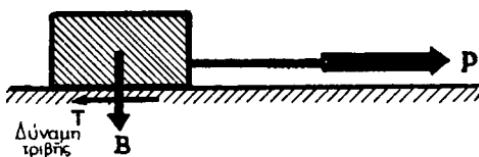
Τὸ φαινόμενο τῆς τριβῆς είναι γενικὸ στὴν Φύση. “Οπου ὑλικὰ σώματα ἔρχονται σὲ ἐπαφὴ μεταξύ τους ἔχει ἐμφανίζονται καὶ τριβές.

Δύναμη τριβῆς δύομάδομε γενικὰ κάθε δύναμη ποὺ ἀντιστέκεται στὴν κίνηση ἐνὸς σώματος, ὅταν αὐτὸ ἔρχεται σὲ ἐπαφὴ μὲ ἔνα ἄλλο σῶμα. Ή δύναμη τριβῆς ἔξαρταται ἀπὸ τὸ βάρος τοῦ σώματος καὶ ἀπὸ τὸ εἶδος καὶ τὴν φύση τῶν ἐπιφανειῶν ποὺ ἐφάπτονται.

“Η δύναμη τριβής Τ είναι ίση μὲ τὸ γινόμενο τοῦ βάρους Β τοῦ σώματος ἐπὶ ἕνα συντελεστὴ μ, δ ὅποιος λέγεται συντελεστὴς τριβῆς δλισθήσεως.

Δηλαδή ἔχομε :

$$T = \mu \cdot B$$



Σχ. 1·6 α.

Γιὰ νὰ κινήσωμε τὸ σῶμα πρέπει νὰ ἐφαρμόσωμε ἐπάνω του μιὰ δύναμη P ποὺ είναι μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν T. Τὴν στιγμὴ ποὺ ἀρχίζει ἡ δλισθήση είναι P = T.

“Οσο πιὸ ἀνώμαλες εἶναι οἱ ἐπιφάνειες ποὺ ἐφάπτονται, τέσσαρα μεγαλύτερος είναι ὁ συντελεστὴς τριβῆς καὶ, ἐπομένως, τόσο μεγαλύτερες θὰ είναι καὶ οἱ δυνάμεις τριβῆς.

“Οταν, λοιπόν, ἔνα σῶμα δλισθαίνῃ (γλυστρᾶ) ἐπάνω σ’ ἔνα ἄλλο, στὴν μεταξύ τους ἐπιφάνεια ἀναπτύσσεται τριβὴ δλισθήσεως, ἢ δποὶκα ἔξαρτᾶται ἀπὸ ἔναν συντελεστή. Τὸν συντελεστὴν αὐτὸν τὸν δνομάζομε συντελεστὴ τριβῆς δλισθήσεως.

Δηλαδή :

$\text{ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΤΡΙΒΗΣ ΟΛΙΣΘΗΣΕΩΣ} = \frac{\text{ΔΥΝΑΜΗ ΤΡΙΒΗΣ}}{\text{ΒΑΡΟΣ}} = \frac{T}{B}$
--

‘Πάρχουν πολλὲς περιπτώσεις ὅπου ἡ τριβὴ είναι μιὰ πολὺ χρήσιμη δύναμη. Ἀντίθετα σὲ πολλὲς ἄλλες περιπτώσεις ἡ τριβὴ είναι ἀνεπιθύμητη, γιατὶ γιὰ νὰ τὴν ὑπερνικήσωμε χρειάζεται νὰ καταβάλωμε μεγάλη δύναμη.

“Ἄς δοῦμε μερικὲς περιπτώσεις ὅπου ἡ τριβὴ είναι μιὰ χρήσιμη δύναμη.

Γιὰ νὰ προχωρήσῃ ἔνα ὅχημα, χρειάζονται τριβές μεταξὺ τῶν τροχῶν του καὶ τοῦ ἐδάφους, ἀλλοιῶς οἱ τροχοί του θὰ γύριζαν, δπιος λέμε, «τρελλά». καὶ αὐτὸς γίνεται δταν ἔνα αὐτοκίνητο «κολλάη», δπιος λέμε, στὴν ἄμμο ἢ στὸ χιόνι. Ή τριβὴ μεταξὺ τῶν τροχῶν καὶ τοῦ ἐδάφους εἶναι τότε πολὺ μικρὴ καὶ γι' αὐτὸς δὲν προχωρεῖ τὸ ἀμάξι. Στὶς περιπτώσεις αὐτές γιὰ νὰ αὐξήσουν τὶς τριβές τοποθετοῦν ἀλυσίδες γύρω ἀπὸ τοὺς τροχούς τῶν αὐτοκινήτων.

“Οταν δὲ ἄνθρωπος περπατᾷ, σπρώχνει μὲ τὰ πέλματά του τὸ ἐδάφος πρὸς τὰ πίσω· δταν ὅμως ἢ τριβὴ αὐτὴ δὲν εἶναι ἀρκετή, τότε γλυστρᾶ. Αὐτὸς συμβαίνει δταν περπατοῦμε ἐπάνω σὲ παρκὲ ἢ σὲ πάγο ἢ δταν περπατοῦμε μὲ πατίνια.

“Η τριβὴ, ἔξ ἄλλου, ποὺ ὑπάρχει ἀνάμεσα στὰ λουριὰ καὶ στὶς τροχαλίες εἶναι ἀπαραίτητη, γιατὶ μόνο μὲ τὴν τριβὴν αὐτὴ μεταδίδεται ἡ κίνηση ἀπὸ τὰ λουριὰ στὶς τροχαλίες καὶ ἀντίστροφα. Μάλιστα, γιὰ νὰ αὐξήσωμε τὶς τριβές τους ρίχνομε συχνὰ μεταξὺ τους σκόνη κολοφωνίου.

“Ἐπίσης, δταν δῦνηγοῦμε αὐτοκίνητο καὶ θέλωμε νὰ φρενάρωμε, ἢ τριβὴ ποὺ δημιουργεῖται κατὰ τὸ φρενάρισμα ἀνάμεσα στὶς σιαγόνες τῶν φρένων καὶ στὰ τύμπανα τῶν τροχῶν εἶναι ἀπαραίτητη. Ἀπὸ τὴν τριβὴν αὐτὴν ἔξαρτάται ἡ καλὴ λειτουργία τῶν φρένων καὶ, ἐπομένως, ἢ ζωῆ μας, δταν δῦνηγοῦμε αὐτοκίνητο ἢ ταξιδεύωμε μὲ τραίνο.

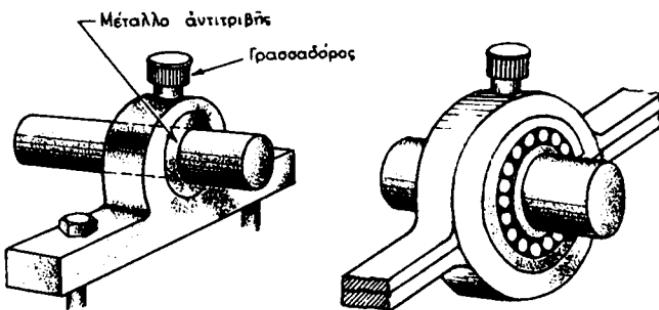
“Ας δοῦμε τώρα μερικὲς ἀλλες περιπτώσεις, δπου οἱ τριβές εἶναι ἀνεπιθύμητες, δηλαδὴ δπου πρέπει νὰ τὶς ἐλαττώνωμε.

“Οταν κινοῦνται τὰ ἔμβολα μιᾶς μηχανῆς, δταν περιστρέφωνται οἱ ἄξονες μέσα στὰ κουσινέττα, δταν κινοῦνται μεταφορικὰ μέσα (αὐτοκίνητα, ἀεροπλάνα) μέσα στὸν ἀέρα ἢ τὰ πλοῖα μέσα στὸ νερὸ κλπ., ἀναπτύσσονται τριβές. Στὶς περιπτώσεις αὐτές, καθὼς καὶ σὲ πολλὲς ἄλλες, μᾶς εἶναι ὀφέλιμο νὰ ἐλαττώνωμε τὶς τριβές αὐτὲς δσο τὸ δυνατὸ περισσότερο.

Γιὰ τὸν σκοπὸν αὐτὸν μὲ διάφορα μέσα ἐλαττώνομε τὸν συντελεστὴν τριβῆς. Αναφέρομε μερικὰ τέτοια μέσα :

α) Γιὰ νὰ μὴν ἔρχωνται σὲ ἀμεση ἐπιφάνειες τῶν σωμάτων ποὺ τρίβονται, χρησιμοποιοῦμε λιπαντικὰ ποὺ τὰ βάζομε ἀνάμεσα στὶς ἐπιφάνειες αὐτές. Τέτοια λιπαντικὰ ὑπάρχουν πάρα πολλὰ καὶ χρησιμοποιοῦνται τὸ καθένα σὲ ἴδιατερη περίπτωση (σχ. 1·6 β).

β) Κατεργαζόμαστε πολὺ προσεκτικὰ τὶς ἐπιφάνειες ποὺ ἐφάπτονται, ὥστε νὰ εἶναι ὅσο γίνεται πιὸ λεῖξ καὶ ἔτσι νὰ ἔχωμε τὸν μικρότερο δυνατὸ συντελεστὴν τριβῆς.



Σχ. 1·6 β.

Σχ. 1·6 γ.

γ) Χρησιμοποιοῦμε τὰ ρουλεμάν, δηλαδὴ μικρὰ ἀτσάλινα μπαλάκια, ποὺ μπαίνουν ἀνάμεσα στοὺς ἀξονες καὶ στὰ κουσινέτα καὶ συγκρατοῦνται μέσα σὲ κατάλληλες κοιλότητες (σχ. 1·6 γ).

δ) Γιὰ νὰ ἐλαττώνεται σημαντικὰ ἡ τριβὴ τῶν αὐτοκινήτων καὶ τῶν ἀεροπλάνων μὲ τὸν ἀέρα καὶ τῶν πλοίων μὲ τὸ νερό, δίνομε σ' αὐτὰ κατάλληλο σχῆμα, ποὺ μοιάζει μὲ τὴν μορφὴ τῶν φαριῶν ἢ τῶν πουλιῶν. Ή μορφὴ αὐτὴ δύομάζεται ἀεροδυναμικὴ ἢ ὑδροδυναμική, ἀνάλογα μὲ τὴν περίπτωση, καὶ θὰ τὴν ἴδούμε καλύτερα σὲ ἄλλο Κεφάλαιο, ὅπου θὰ ἔξετάσωμε τὴν κίνηση τῶν ρευστῶν.

1.7 Τριβή κυλίσεως.

Γιά νὰ κινήσωμε ἔνα κιθότιο ποὺ βρίσκεται ἐπάνω σὲ τροχός, πρέπει νὰ τὸ σπρόξωμε ἵστε νὰ κυλίσουν οἱ τροχοί, μὲ ἀλλὰ λέγια πρέπει νὰ ἐφαρμόσωμε ἐπάνω του μιὰ δύναμη. Ἡ δύναμη αὐτὴ εἰναι πολὺ μικρότερη ἀπὸ τὴν δύναμη ποὺ θὰ ἡταν ἀπαραίτητη γιὰ νὰ κινήσωμε τὸ ἔδιο κιθότιο, ἀν δὲν εἶχε τροχούς. Ἐπειδὴ μεσολαβοῦν οἱ τροχοί, τὸ κιθότιο δὲν σύρεται οὕτε γλυστρᾶ, ὅπως θὰ γινόταν ἀν δὲν εἶχε τροχούς. Στὴν περίπτωση, αὐτὴ λοιπὸν ἔχομε κύλιση ἀντὶ δλίσθηση (γλύνστρημα). Καὶ κατὰ τὴν κύλιση ἀναπτύσσονται τριβές. Τὴν τριβὴν αὐτὴν ποὺ ἀναπτύσσεται κατὰ τὴν κύλιση τὴν δύναμάζομε τριβὴ κυλίσεως. Ἡ τριβὴ κυλίσεως, ὅπως καὶ ἡ τριβὴ δλίσθησεως, εἶναι μιὰ δύναμη.

Γιά νὰ κινήσωμε, λοιπόν, μιὰ ρόδα, ἢ τοὺς τροχούς τοῦ κιθώτου ποὺ εἶπαμε πιὸ πάνω, πρέπει νὰ ὑπερινικήσωμε τὴν τριβὴ κυλίσεως. Ἡ δύναμη ποὺ ἐφαρμόζομε τὴν στιγμὴν ποὺ ἀρχίζει νὰ κύλιση, εἰναι ἵση μὲ τὴν δύναμη τῆς τριβῆς κυλίσεως.

Πειραιατικὰ βρίσκομε, ἀλλὰ καὶ ἐμεῖς τὸ ξέρομε ἀπὸ τὴν πείρα, ὅτι ὅσο πιὸ μεγάλο βάρος σηκώνουν οἱ τροχοί, τόσο μεγαλύτερη, δύναμιη πρέπει νὰ ἐφαρμόσωμε γιὰ νὰ κινήσωμε τὸ βάρος αὐτό. Ἐπίσης ὅσο μεγαλύτερη εἴναι ἡ ἀκτίνα ποὺ ἔχουν οἱ τροχοί, τέσσο μικρότερη, δύναμη χρειάζεται γιὰ νὰ κινήσωμε τὸ βάρος ποὺ σηκώνουν. "Ωστε ἡ δύναμη, τριβῆς κυλίσεως εἰναι ἀνάλογη μὲ τὸ βάρος *B* ποὺ φέρει κάλιτε τροχὸς καὶ ἀντιστρέψιμης ἀνάλογη μὲ τὴν ἀκτίνα του *R*.

"Ἡ δύναμη, τριβῆς κυλίσεως, δηλαδὴ, ἡ δύναμη ποὺ χρειάζεται γιὰ νὰ ἀρχίσῃ νὰ κινήται ὁ τροχὸς είναι:

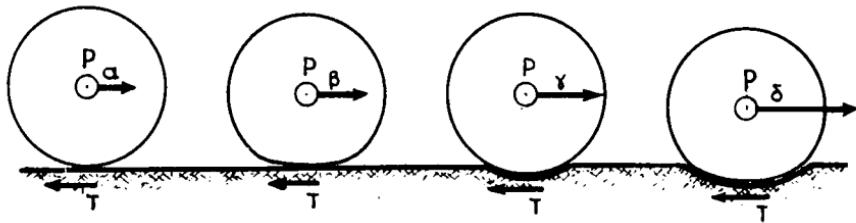
$$T = \frac{B}{R} \cdot L.$$

Τὸ *L* λέγεται: συντελεστὴς τριβῆς κυλίσεως καὶ ἐκφράζει τὴν ποιότητα καὶ τὴν κατάσταση του ὄλικου του τροχοῦ καὶ του ἐδάφους.

"Ετοι καταλαβαίνομε γιατί στοὺς ἀνώμαλους χωματόδρομους συμφέρει νὰ χρησιμοποιοῦμε τροχοφόρα (π.χ. κάρρα) μὲ μεγάλους τροχοὺς (μεγάλη διάμετρο). "Αν οἱ τροχοὶ ἐνὸς δχήματος εἰναι μαλακοὶ, ἔχουν π.χ. ἕεφούσκωτα λάστιχα χρειαζόμαστε μεγάλες δυνάμεις γιὰ νὰ κυλήσωμε τὸ σχῆμα αὐτὸ (μεγάλος συντελεστὴς τριβῆς).

'Ἐπίσης ἡ κύλιση τῶν σωμάτων ἔξαρτᾶται σημαντικὰ καὶ ἀπὸ τὴν κατάσταση τοῦ ἑδάφους.

Στὸ σχῆμα 1.7 α ἔχομε τροχοὺς καὶ ἑδάφη ποὺ τὸ καθένα ἔχει διαφορετικὴ σκληρότητα καὶ ἐλαστικότητα. Σ' δλες τὶς πε-



Σχ. 1.7 α

ριπτώσεις τόσο δ τροχὸς δσο καὶ τὸ ἑδαφος παραμορφώνονται. "(Ι)σο γι παραμόρφωση εἰναι μεγαλύτερη, τόσο καὶ ἡ κύλιση γίνεται δυσκολώτερη (δηλαδὴ δ συντελεστὴς τριβῆς κυλίσεως μεγαλύνει). 'Ἐπομένως, στὴν πρώτη περίπτωση χρειάζεται μικρότερη δύναμη γιὰ νὰ ὑπερνικηθῇ ἡ τριβὴ κυλίσεως καὶ νὰ ἀρχίσῃ ἡ κύλιση. Στὶς ἄλλες τρεῖς περιπτώσεις ἡ δύναμη αὐτὴ ποὺ χρειαζόμαστε γιὰ τὴν κύλιση δλο καὶ μεγαλώνει, εἰναι δηλαδὴ

$$P_\alpha < P_\beta < P_\gamma < P_\delta$$

1.8 Πῶς παράγονται οἱ δυνάμεις.

- (i) δυνάμεις παράγονται ἀπὸ πολλὲς αἰτίες.
- (ii) μὲς τῶν ἀνθρώπων, καθὼς καὶ τῶν ζώων, δταν κάνουν

κατάλληλες συσπάσεις παράγουν δυνάμεις. Σὲ κάθε προσπάθεια ὅμως ποὺ καταβάλλοιν οἱ μῆνι μας, γιὰ νὰ ὑπερνικήσουν μιὰν ἄλλη δύναμι, κωνραζόμαστε. Ἡ κούραση αὐτὴ προέρχεται ἀπὸ τὸ γεγονὸς ὃτι ἔσδείσμε εὑρέγεια, ποὺ εἶναι ἀποθηκευμένη στὸν δργανισμὸν μας καὶ ποὺ τὴν δαπανοῦμε γιὰ νὰ παράγομε αὐτὲς τὶς δυνάμεις.

Ἐπίσης ἔνα ἐλατήριο τεντωμένο ἢ πιεσμένο ἀποδέει δύναμιν ὃταν τὸ ἐλειθερώνωμε. Αὐτὸν ὁφείλεται στὴν ἐλαστικότητα τοῦ ὄλικοῦ τοῦ ἐλατήριού.

Τὸ βάρος ποὺ ἔχει κάθε τὸν μα εἶναι μιὰ δύναμη ποὺ διφείλεται στὴν ἐλξη τῆς γῆς. Αὐτὸν τὸ εἰδαμε καὶ στὸ Κεφάλαιο 1 (παραγγ. 4). Τέτοιες ἐλκτικὲς δυνάμεις εἶναι οἱ δυνάμεις ποὺ ὑπάρχουν ἀνάμεσα στὰ σύρανια σώματα, δπως θὰ δοῦμε παρακάτω στὸ βιβλίο αὐτὸν (Κεφ. 2 παρ. 6). Ἡ μαγνητικὴ ἐλξη καὶ ἀποιση εἶναι δυνάμεις ποὺ διφείλονται στὰ μαγνητικὰ φαινόμενα.

Τὸ πάργουν ἐπίσης δυνάμεις μεταξὺ ἡλεκτρισμένων σωμάτων ποὺ διφείλονται στὰ γήλεκτρικά τους φορτία.

Ἡ κίνηση τοῦ ἀέρα, δηλαδὴ ὁ ἀνεμος, ἐξαγεῖ δυνάμεις ἐπάνω στὶς ἐπιφάνειες ποὺ προσβάλλει. Ἐπίσης ὃταν τὸ νερὸ κινηταί (π. γ. τὸ ὄρμητικὸ ρεῦμα τὸ ποταμοῦ ἢ, τὰ κύματα τῆς θάλασσας), προκαλεῖ δυνάμεις. Ἀκόμη, ὁ ἀτμὸς ποὺ παράγεται μέσα σ' ἓνα λέβητα μπορεῖ νὰ προκαλέσῃ δυνάμεις.

Τέλος, καὶ οἱ τριβὲς προσκαλοῦν δυνάμεις ποὺ ἀντιστέκονται, ὅπως εἴπαμε, στὶς κινήσεις.

Μὲ τὰ παραδείγματα αὗτὰ ἀγαψέραμε μερικὰ μόνον εἰδη δυνάμεων.

Ἐκτὸς ἀπὸ τὶς διηγήσεις αὗτὲς πρέπει νὰ ἀναψέρωμε ἀκόμα τὶς δυνάμεις ποὺ διφείλονται στὴν ἐπιταχυνομένη ἢ ἐπιβραδυνομένη κίνηση καὶ ποὺ τὶς λέμε δυνάμεις ἀδρανείας. Ὅταν βρισκόμενας μέσα σὲ ἓνα σχήμα ποὺ φρενάρει, αἰσθανόμαστε μιὰ δύναμιν, νὰ μιὰς πρώγγη, πρὸς τὴν κατεύθυνση, ποὺ εἰγεῖ ἢ κίνηση,

δηλαδή πρὸς τὰ ἐμπρός. Ἀντίστοιχα, δταν τὸ ὅχημα ξεκινᾶ ἀπότομα, τότε αἰσθανόμαστε μιὰ δύναμη νὰ μᾶς σπρώχνῃ πρὸς τὰ πίσω. Τὰ φαινόμενα αὐτὰ δφεῖλονται στὶς δυνάμεις ἀδρανείας.

“Οταν βρισκόμαστε μέσα σὲ ἓνα ἀνελκυστήρα καὶ ἀρχίζῃ νὰ ἀνεβαίνῃ, στὶς πρῶτες στιγμές, δταν ἡ ταχύτητα τοῦ ἀνελκυστήρα μεγαλώνῃ καὶ ἔως δτου γίνη σταθερή, αἰσθανόμαστε τὸν ἔαυτό μας βαρύτερο. Ἀντίθετα, δταν ἀρχίζῃ νὰ κατεβαίνῃ, αἰσθανόμαστε τὸν ἔαυτό μας ἐλαφρότερο.” Ετσι, κάθε φορὰ ποὺ ἡ ταχύτητά



Περιπτώσεις δπου ἐκδηλώνονται δυνάμεις ἀδρανείας.

Σχ. 1·8 α.

“Οταν τὸ ἄλογο σταματήσῃ ἀπότομα, δὲ πάνες τινάζεται πρὸς τὰ ἐμπρός.

“Οταν τὸ τραίνο φρενάρῃ ἀπότομα, οἱ ἀποσκευές φεύγουν ἀπὸ τὴν θέση τους πρὸς τὰ ἐμπρός.

μας μεταβάλλεται, δηλαδή κάθε φορὰ ποὺ ἔχομε ἐπιτάχυνση, ἐμφανίζεται μιὰ δύναμη ποὺ λέγεται δύναμη ἀδρανείας. Σ’ αὐτῇ τῇ δύναμῃ, λοιπόν, δφεῖλεται τὸ δτι αἰσθανόμαστε μέσα στὸν ἀνελκυστήρα τὸν ἔαυτό μας βαρύτερο δταν ξεκινᾶ πρὸς τὰ ἐπάνω, ἡ ἐλαφρότερο δταν ξεκινᾶ πρὸς τὰ κάτω.

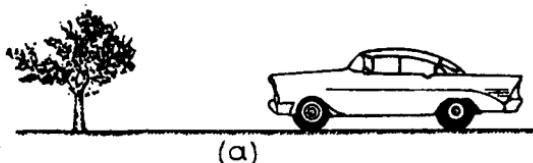
Στὰ σχῆματα 1·8 α, 1·8 β φαίνονται μερικὰ χαρακτηριστικὰ παραδείγματα δυνάμεων ἀδρανείας μὲ τὰ ἀποτελέσματά τους (βλέπε καὶ παρ. 2·9).

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 2

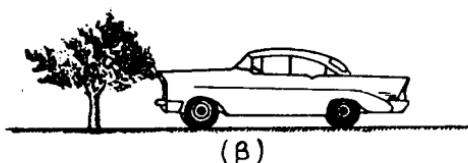
ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΚΑΙ ΚΙΝΗΣΕΙΣ

2·1 Ἡρεμία καὶ κίνηση. Ταχύτητα καὶ ἐπιτάχυνση.

"Οταν ἔνα σῶμα ἀλλάζῃ συνεχῶς θέση, λέμε ὅτι κινεῖται. Ἀντίθετα, ὅταν ἔνα σῶμα μένη πάντα στὴν ἥδια θέση, λέμε ὅτι ἡρεμεῖ. "Οταν ἔνα σῶμα ἡρεμῇ, οἱ ἀποστάσεις ποὺ ὑπάρχουν ἀνάμεσα σ' αὐτὸ καὶ στὰ ἄλλα σώματα ποὺ εἰναι τριγύρω του δὲν μεταβάλλονται. Γιὰ νὰ καταλάβωμε καλύτερα τὴν ἡρεμία καὶ τὴν κίνηση, ἀς πάρωμε σὰν παράδειγμα τὴν κίνηση ἐνὸς αὐτοκινήτου.



(α)



(β)

Σχ. 2·1 α

Διαπιστώνομε ὅτι τὸ αὐτοκίνητο κινεῖται, βλέποντάς το νὰ πλησιάζῃ στὸ δέντρο.

"Οταν τὸ αὐτοκίνητο τρέχῃ, οἱ ἀνθρωποι ποὺ εἰναι ἔξω ἀπὸ αὐτὸ βλέπουν νὰ ἀλλάζῃ θέσεις, δηλαδὴ βλέπουν ὅτι κινεῖται. Συγχρόνως βλέπουν βέβαια ὅτι μαζὶ μὲ τὸ αὐτοκίνητο κινοῦνται καὶ οἱ ἐπιβάτες του. Οἱ ἐπιβάτες, σμικροί, δ ἔνας μὲ τὸν ἄλλον δὲν κινοῦνται, ἡρεμοῦν, διότι κάθονται στὰ καθίσματά τους καὶ οἱ με-

ταξίδιος ἀποστάσεις δὲν ἀλλάζουν. Ἐπ' αὐτὸν τὸ παράδειγμα καταλαβαίνομε ὅτι χρειάζεται προσοχή, ὅταν πρόκειται νὰ ποῦμε ἂν ἔνα σῶμα κινηται ἢ ἡρεμῇ. Διότι εἰναι δυνατὸν ἔνα σῶμα νὰ κινηται ὡς πρὸς ἔνα ἄλλο (δὲ πιθάτης λ.χ. κινεῖται ὡς πρὸς τὸν δρόμο), συγχρόνως δῆμος εἰναι δυνατὸν τὸ ἔδιο σῶμα κατὰ τὴν ἔδια στιγμὴν νὰ μένῃ ἀκίνητο ὡς πρὸς ἔνα τρίτο σῶμα (δὲ ἔνας ἐπιβάτης σχετικὰ μὲ τὸν ἄλλον), δηλαδὴ, ἢ ἀπόστασή του ἀπὸ αὐτὸν νὰ εἰναι πάντα ἢ ἔδια. Καθὼς βλέπομε, λοιπόν, ἢ κίνηση καὶ ἢ ἡρεμία τῶν σωμάτων εἰναι ἔννοιες σχετικές. "Οταν μιλοῦμε λοιπὸν γιὰ ἔνα σῶμα ποὺ κινεῖται ἢ ἡρεμεῖ, πρέπει νὰ ἀναφέρωμε καὶ ὡς πρὸς ποιὸ ἄλλο σῶμα κινεῖται ἢ ἡρεμεῖ. Π.χ. ὅταν μιλοῦμε γιὰ τὶς συνηθισμένες κινήσεις τῶν αὐτοκινήτων, τῶν τραίνων, τῶν ἀεροπλάνων, τῶν πλοίων κλπ. καὶ λέμε λ.χ. ὅτι τὸ τραίνο ἔτρεξε 30 γχλμ. σὲ μισὴ ὥρα, θεωροῦμε ὅτι ἡ Γῆ εἰναι ἀκίνητη καὶ ὅτι ἡ κίνηση τῶν ὀχημάτων γίνεται σχετικὰ μὲ αὐτήν. Θεωροῦμε δηλαδὴ τὴν Γῆ σὰν ἀκίνητο σῶμα, σχετικὰ μὲ τὸ ὅποιο τὰ κινητὰ (όχηματα κλπ.) κινοῦνται ἢ ἡρεμοῦν. Αὐτὸν ἔτσι συνηθίζεται νὰ γίνεται, ἀν καὶ εἰναι σὲ ὅλους μας γνωστὸν ὅτι ἡ Γῆ κινεῖται. Ἡ κίνησή της εἰναι τριπλή: α) στρέφεται γύρω ἀπὸ τὸν ἀξονά της μέσα σὲ 24 ὥρες, β) περιφέρεται γύρω ἀπὸ τὸν ἥλιο μέσα σὲ 365 περίπου μέρες, καὶ γ) κινεῖται ἐπίσης μαζὶ μὲ τὸν ἥλιο καὶ ὅλους τοὺς πλανήτες μέσα στὸ Σύμπαν.

"Οταν παραδεχθοῦμε δῆμος ὅτι ἡ Γῆ κινεῖται, τότε συμβαίνει τὸ ἀντίθετο. Ἔτσι π.χ. ὀχήματα γιὰ τὰ ὅποια λέμε ὅτι ἡρεμοῦν, κινοῦνται, ἀφοῦ κινεῖται ἡ Γῆ ἐπάνω στὴν ὅποια βρίσκονται. Ἡ ἡρεμία, λοιπόν, στὴν ὅποια εὑρίσκονται τὰ σώματα ἐπάνω στὴν Γῆ, εἰναι φαινόμενο σχετικό. Στὴν πραγματικότητα ἀπόλυτη ἡρεμία δὲν ὑπάρχει. Ἡ Γῆ (ὅπως καὶ ὅλοι οἱ πλανήτες, δὲ Ἡλιος καὶ τὰ ἄλλα ἀστρα) κινεῖται συνεχῶς μέσα στὸ Σύμπαν καὶ ἐπομένως δλα τὰ σώματα ποὺ βρίσκονται ἐπάνω της, (βουνά, θάλασσες, σπίτια, δένδρα, ζῶα, ἄνθρωποι) κινοῦνται μαζὶ της.

‘Ο δρόμος ποὺ ἀκολουθεῖ ἔνα κινητὸ λέγεται: τροχιά. Π.χ. ἡ κιμωλία, ποὺ κινοῦμε ἐπάνω στὸν πίνακα, χαράζει μιὰ γραμμή, ἡ δοποία δείχνει συγχρόνως καὶ τὴν τροχιὰ τῆς κιμωλίας, δηλαδή, τὸ δρόμο ποὺ ἀκολουθεῖ.

Φυσικὰ ἔνα κινητὸ γιὰ νὰ διαχράψῃ μιὰ τροχιὰ χρειάζεται χρόνο. Τὸ πόσο γρήγορα ἔνα κινητὸ τρέχει ἐπάνω στὴν τροχιὰ του, αὐτὸ καθορίζεται ἀπὸ ἔνα μέγεθος ποὺ λέγεται ταχύτητα καὶ συμβολίζεται: μὲ τὸ γράμμα *v*.

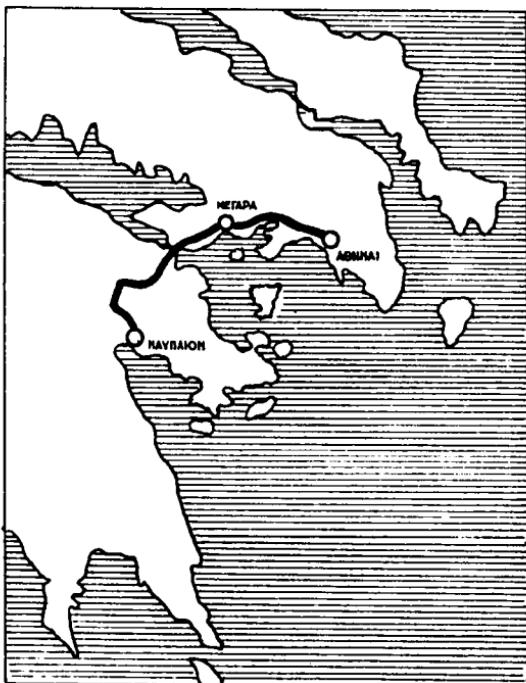
Τὴν ταχύτητα τὴν γνωρίζομε καὶ ἀπὸ τὴν καθημερινὴ ζωὴ. ‘Οταν π.χ. μᾶς προσπερνᾶ ἔνα αὐτοκίνητο, λέμε ὅτι ἔχει μεγαλύτερη ταχύτητα ἀπὸ τὴν δική μας. Στοὺς ἀγῶνες δρόμου πρῶτος φθάνει στὸ τέρμα ὁ ἀθλητὴς ποὺ τρέχει μὲ μεγαλύτερη ταχύτητα. Στοὺς δρόμους ὑπάρχουν πινακίδες ποὺ καθορίζουν τὸ ὄριο ταχύτητας, ποὺ ἐπιτρέπεται γιὰ τὰ δχήματα, ὥστε νὰ ἀποφεύγωντας τὰ δυστυχήματα κλπ.

‘Η ταχύτητα μπορεῖ νὰ μένῃ σταθερή, ὅπως συμβαίνει π.χ. σὲ ἔνα πλοϊο ποὺ ταξειδεύει σὲ ἥσυχη θάλασσα, δηλαδή, μὲ γαλήνη καὶ οἱ μηχανές του ἐργάζονται κανονικὰ μὲ τὸν ἴδιο διαρκῶς ρυθμό. Μπορεῖ δμως ἐπίσης ἡ ταχύτητα νὰ μεταβάλλεται. ’Ετοι π.χ. ἀν ἀφήσωμε μιὰ μπάλα ἢ ἔνα καρότοι σὲ κατηφορικὸ δρόμο, ἡ ταχύτητα μὲ τὴν δοποία τρέχει δὲν μένει σταθερή. ‘Οσο περνᾶ ὁ χρόνος, τόσο καὶ γίνεται μεγαλύτερη. Σ’ αὐτὴ τὴν περίπτωση λέμε ὅτι ἡ κίνηση ἐπιταχύνεται. ’Αντίθετα πάλι, ὅταν τρέχωμε μὲ τὸ αὐτοκίνητο σὲ ὅμαλὸ δρόμο καὶ ἀφήσωμε τὸ γκάζι, ἡ ταχύτητά μας ἐλαττώνεται καὶ λέμε ὅτι ἡ κίνηση ἐπιβραδύνεται.

Οἱ λέξεις ἐπιτάχυνση καὶ ἐπιβράδυνση χρησιμοποιοῦνται: καὶ σὲ ἄλλες ἐκφράσεις. Π.χ. λέμε: «νὰ ἐπιταχύνωμε τὴν ἐργασία μας» ἢ «νὰ ἐπιβραδύνωμε τὴν πορεία μας».

Καθὼς εἰπαμε, ὑπάρχουν κινήσεις πολλῶν εἰδῶν. Ειχωρίζομε τὶς κινήσεις ἀπὸ τὴν ταχύτητά τους. ‘Οταν ἡ ταχύτητα

είναι σταθερή, ή κίνηση, όνομάζεται ίσοταχής καὶ ὅταν μεταβάλλεται, ἀνισοταχής. Τὴν ἀνισοταχή κίνηση τὴν διατρέπεται σὲ ἐπιταχυνομένη καὶ ἐπιβραδυνομένη.



Σχ. 2·1 β.

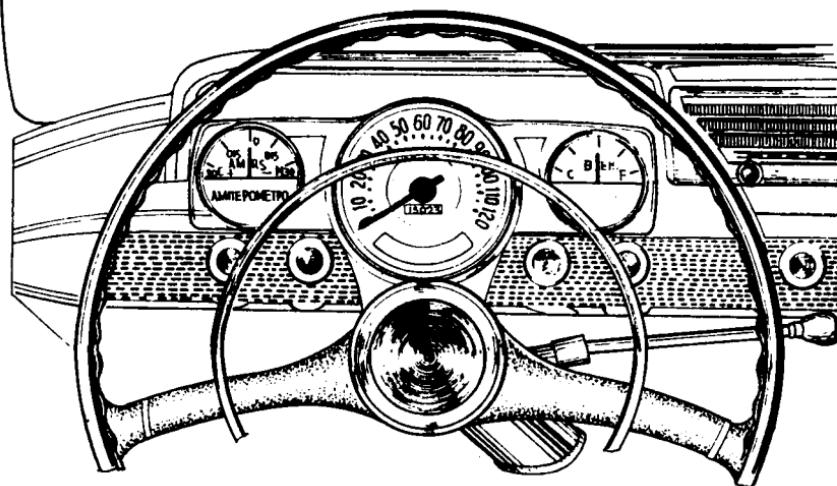
Μποροῦμε ἐπίσης νὰ ξεχωρίσωμε τὶς κινήσεις καὶ ἀπὸ τὴν μορφὴ τῆς τροχιᾶς τους. Π.χ. ἡ κίνηση ἐνὸς σώματος είναι εὐθύγραμμη, ὅταν ἡ τροχιὰ τῆς κινήσεως του είναι εὐθεία γραμμή. Ἡ κίνηση του πάλι είναι κυκλική, ὅταν ἡ τροχιά του είναι κύκλος κ.ο.κ.

"Ἄσ οὐποθέσωμε ὅτι ἔχεινοῦμε ἀπὸ τὸ κέντρο τῆς Ἀθήνας, δηλαδὴ τὴν πλατεία Συντάγματος στὶς 8 τὸ πρωτὶ γιὰ νὰ πάμε στὰ Μέγαρα (σχ. 2·1 β) "Αν φθάσωμε ἐκεῖ στὶς 9 ἡ ὥρα, δηλα-

δὴ μετὰ μία ὥρα, λέμε ὅτι τὴν ἀπόσταση ἀνάμεσα στὴν Ἀθήνα καὶ στὰ Μέγαρα, ποὺ εἶναι 41 χιλιόμετρα, τὴν διανύσαμε μὲ ταχύτητα 41 χιλιομέτρων τὴν ὥρα.

"Αν ξεκινήσωμε γιὰ τὸ Ναύπλιο, ποὺ ἀπέχει 150 χιλιόμετρα ἀπὸ τὴν Ἀθήνα καὶ φθάσωμε ἐκεῖ μετὰ 3 ὥρες, λέμε ὅτι τρέξαμε μὲ ταχύτητα $150 : 3 = 50$ χιλιόμετρα τὴν ὥρα. Δηλαδὴ γιὰ νὰ βροῦμε τὴν ταχύτητα (v) διαιροῦμε τὸ διάστημα (s) διὰ τοῦ χρόνου (t) ποὺ πέρασε.

$$\text{TAXΥΤΗΤΑ} = \frac{\Delta \text{ΙΑΣΤΗΜΑ}}{\text{ΧΡΟΝΟΣ}} \quad \text{ἢ} \quad v = \frac{s}{t}$$



Σχ. 2·1 γ.

"Αν, καθὼς ταξιδεύομε πρὸς τὰ Μέγαρα, βλέπαμε τὸ ταχύμετρο τοῦ αὐτοκινήτου (σχ. 2·1 γ), θὰ παρατηρούσαμε ὅτι δὲίκτης τοῦ ταχυμέτρου ἔδειχνε ὅτι τρέχαμε μὲ ταχύτητα ἀλλοτε μεγαλύτερη καὶ ἀλλοτε μικρότερη ἀπὸ τὰ 41 χιλιόμετρα

τὴν ὥρα, ποὺ λογαριάσαμε ὅτι εἶχαμε ὅταν τέλειωσε τὸ ταξίδι μας. Αὐτὸς εἶναι φυσικός, γιατὶ δὲ δρόμος παρουσιάζει διάφορα ἐμπόδια, στροφές, ἀνηφοριές κλπ., ποὺ μᾶς ἀναγκάζουν ἀλλοῦ νὰ τρέχωμε περισσότερο καὶ ἀλλοῦ λιγότερο. Ἐτσι λοιπόν, βλέπομε ὅτι σε κάθε στιγμή, συνήθως, ἔχομε καὶ ἄλλη ταχύτητα. Ποιά ἀπὸ ὅλες τις ταχύτητες πρέπει νὰ εἶναι ἡ ταχύτητα μὲ τὴν δροσιά ταξιδέψαμε; Εἶναι φανερὸς ὅτι πρέπει νὰ πάρωμε τὸ μέσον δροποὺ λέγεται μέση ταχύτητα.

Αὐτὴ τὴν μέση ταχύτητα ὑπολογίσαμε καὶ στὰ δύο παραπάνω παραδείγματα, ὅταν εἴπαμε ὅτι ἡ ταχύτητά μας ἦταν 41 χιλιόμετρα τὴν ὥρα κατὰ τὴν διαδρομή μας ἀπὸ τὴν Ἀθήνα στὰ Μέγαρα καὶ 50 χιλιόμετρα τὴν ὥρα κατὰ τὴν διαδρομή μας ἀπὸ τὴν Ἀθήνα στὸ Ναύπλιο.

“Οταν ἡ κίνηση εἶναι ἴσοταχής, τὸ ταχύμετρο δείχνει συνεχῶς σταθερὴ ταχύτητα. Στὴν περίπτωση αὐτὴ σὲ ἵσους χρόνους τρέχομε ἵσα διαστήματα. Εἶναι φανερὸς ὅτι τὸ διάστημα ποὺ δικνύεται εἶναι τόσο μεγαλύτερο, ὅσο μεγαλύτερη εἶναι ἡ ταχύτητα ἢ ὃσο δὲ χρόνος εἶναι περισσότερος. Ἀρα ἔχομε τὴν σχέση:

$$\boxed{\Delta \text{ΙΑΣΤΗΜΑ} = \text{TAXΥΤΗΤΑ} \cdot \text{ΧΡΟΝΟΣ} \quad \text{ἢ} \quad s = v \cdot t}$$

Γιὰ νὰ καθορίσωμε τέλεια μιὰ ταχύτητα, πρέπει νὰ ἀναφέρωμε ἀκόμα καὶ τὴν διεύθυνσή της. (Τὸ ἕδιο εἶδαμε καὶ γιὰ τὴν δύναμη). Γιὰ τὴ δύναμη καὶ τὴν ταχύτητα δὲν ἔχει σημασία μόνο τὸ μέγεθος ἀλλὰ καὶ ἡ διεύθυνση.

‘Η μονάδα μὲ τὴν δροσιά μετροῦμε τὴν ταχύτητα εἶναι: τὸ χιλιόμετρο ἀνὰ ὥρα (km/h) καὶ πολλὲς φορὲς τὸ μέτρο ἀνὰ δευτερόλεπτο (m/sec). Ἀναφέρομε μερικὲς ταχύτητες:

<i>Ταχύτητα</i>	<i>km/h</i>	<i>m/sec</i>
— πεζού (άνθρωπου)	5	1,4
— λεωφορείου μέσα σε πόλη	30	8
— αυτοκινήτου σε αυτοκινητόδρομο	100	30
— άγριου θυέλλης	100	30
— έλικοκινήτου αεροπλάνου	500	140
— πυραυλοκινήτου αεροπλάνου	1000	300
— ήχου στόν αέρα	1 220	340
— βλημάτων πυροβόλου	2 000	550
— τής Σελήνης γύρω απ' τη Γη	3 680	1 023
— τῶν τεχνητῶν δορυφόρων	32 000	9 000
— τής Γης γύρω από τὸν "Ηλιο	33 000	9 000
— τοῦ φωτὸς καὶ δλων τῶν ήλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων	10 800 000 000	300 000 000

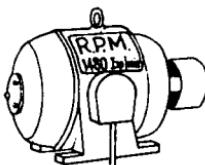
2.2 Περιστροφική κίνηση σώματος.

"Οταν ἔνα αὐτοκίνητο κινῆται, παρατηροῦμε ὅτι σὰν σύνολο αὐτὸ δέκτελεῖ περίπου εὐθύγραμμη κίνηση, δηλαδή, προχωρεῖ εὐθύγραμμα. Συγχρόνως δύναται παρατηροῦμε ὅτι διάφοροι τροχός ξεχωριστά, σχετικά μὲ τὸ σώμα τοῦ αὐτοκινήτου, κάνει περιστροφική κίνηση. "Ο τροχὸς δηλαδή δὲν κινεῖται δύπλως τὸ αὐτοκίνητο, τὸ δόποιο μετακινεῖται, ἀλλὰ περιστρέφεται καὶ περὶ τὸν ξένονά του. "Αν ὑποθέσωμε ὅτι κάνει μία στροφὴ σὲ κάθε πρῶτο λεπτό τῆς ὥρας, λέμε ὅτι ἡ περιστροφικὴ ταχύτητά του εἶναι μία στροφὴ στὸ λεπτὸ (στρ./min). "Αν κάνῃ 100, λέμε ὅτι εἶναι ἑκατὸ στροφές στὸ λεπτό.

Πολὺ γνωστὴ μας περιστροφική κίνηση εἶναι ἡ περιστροφικὴ κίνηση ποὺ κάνουν οἱ δίσκοι τοῦ γραμμοφώνου. "Οταν λέμε ὅτι ἔνας δίσκος εἶναι 33 στροφῶν, ἐννοοῦμε ὅτι σὲ κάθε πρῶτο λεπτὸ κάνει 33 στροφές. "Υπάρχουν δίσκοι τῶν 78, τῶν 45, τῶν 33 $\frac{1}{3}$ καὶ τῶν 16 $\frac{2}{3}$ στροφῶν.

Σὲ δύο τὰ μηχανῆματα ποὺ ἔχουν περιστρεφόμενα ἔξαρτήματα εἶναι σημειωμένες οἱ στροφές ποὺ πρέπει νὰ κάνουν.

Κάθε κινητήρας π.χ. έχει μία πινακίδα, στήν δποία είναι γραμμένη ή περιστροφική ταχύτητά του. Μπορεῖ π.χ. νὰ γράψῃ: 1 480 R.P.M. (Revolutions Per Minute *). Αύτὸς σημαίνει: ὅτι σὲ κάθε λεπτὸ τῆς ὥρας κάνει 1 480 στροφὲς (σχ. 2·2 α).



Σχ. 2·2 α.

"Ολες οι μηχανὲς χαρακτηρίζονται ἀπὸ τὶς στροφὲς ποὺ κάνουν οἱ ἄξονές τους. Μάλιστα πρέπει νὰ προσέχωμε ὡστε κάθε μηχανὴ νὰ ἔργαζεται στὶς στροφές, γιὰ τὶς ἐποίες έχει ὑπολογισθῆ νὰ ἔργαζεται. "Αν ἔργασθῇ μὲ λιγότερες στροφές, ή κατανάλωση ἐνεργείας είναι μεγαλύτερη. "Αν πάλι ξεπεράσῃ τὶς στροφές της, τότε ὑπάρχει κίνδυνος νὰ γίνη ζημιὰ ἢ δυστύχημα. Παρακάτω βλέπομε παραδείγματα τῆς ταχύτητας περιστροφῆς διαφόρων ὅργάνων καὶ μηχανῶν:

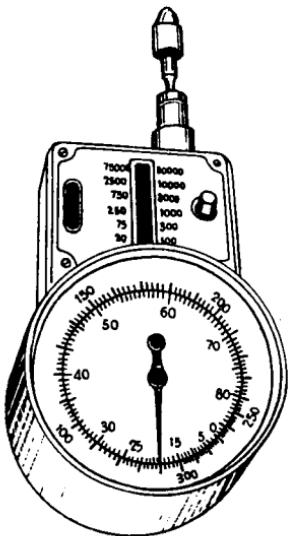
— 'Ωροδεικτες ρολογιοῦ	1 στροφὴ στὶς 12 ὥρες
— Λεπτοδεικτες »	1 στροφὴ στήν 1 ὥρα
— 'Ανεμιστήρας	600 στροφὲς στὸ πρῶτο λεπτὸ
— Τέρνος	600 - 1 000 στροφὲς στὸ πρῶτο λεπτὸ
— 'Ατμοστρόβιλος	4 000 στροφὲς στὸ πρῶτο λεπτὸ
— Μοτοσυκλέτα	5 000 στροφὲς στὸ πρῶτο λεπτὸ
— Φυγοκεντρικὴ μηχανὴ εἰδικοῦ τύπου	50 000 στροφὲς στὸ πρῶτο λεπτὸ

Πολλὰ ἀπὸ τὰ σύγχρονα μηχανῆματα είναι ἔξαιρετικὰ πολύστροφα. Οἱ στρόβιλοι π.χ. τῶν ἀεριωθουμένων ἀεροπλάνων είναι τόσο πολύστροφοι, ὡστε, ὅταν τὰ ἀεροπλάνα πετοῦν, ἀκοῦμε ἐνα-

* Ρεβολούσιονς πὲρ μίνιτ = στροφὲς στὸ λεπτό.

συνεχή δέδυν όχο, που προέρχεται άπό τη γρήγορη περιστροφή τους.

Την περιστροφική ταχύτητα τήν μετροῦμε, όπως εἶπαμε, σὲ στροφὲς στὸ πρῶτο λεπτὸ (στρ./min) μὲ εἰδικὰ ὅργανα που λέγονται στροφόμετρα (σχ. 2·2β).



Σχ. 2·2β. Φορητὸ στροφόμετρο.

2·3 Κυκλικὴ κίνηση.

"Αν ἔξετάσωμε ἔνα σῶμα ποὺ περιστρέφεται, παρατηροῦμε ὅτι κάθε σημεῖο τοῦ σώματος αὐτοῦ κάνει μία κυκλικὴ κίνηση. Γιὰ νὰ τὸ καταλάβωμε αὐτό, ἀς πάρωμε γιὰ παράδειγμα ἔνα δίσκο γραμμοφώνου ποὺ περιστρέφεται. Στὸ δίσκο ἐπάνω ἀς ποῦμε ὅτι ὑπάρχει ἡ ἐπιγραφὴ ΕΘΝΙΚΟΣ ΓΥΜΝΟΣ (σχ. 2·3α). Καθὼς δ δίσκος περιστρέφεται, ὅλα τὰ γράμματα τῶν λέξεων αὐτῶν διαγράφουν κύκλους γύρω ἀπὸ τὸν ἀξονα περιστροφῆς μὲ τὸν ὅποιον στερεώνεται δ δίσκος. Αὐτὸ μάλιστα μποροῦμε νὰ τὸ παρατηρήσωμε μόλις δ δίσκος ἀρχίζῃ νὰ περιστρέφεται.

“Ολα τὰ σημεῖα, λοιπόν, γράφουν στὸν ἕδιο χρόνο περιφέρειες κύκλων. Οἱ περιφέρειες αὐτὲς εἰναι τόσο μεγαλύτερες ὅσο περισσότερο ἀπέχουν τὰ σημεῖα τῶν γραμμάτων ἀπὸ τὸν ἄξονα περιστροφῆς. ”Αν δηλαδὴ τὸ γράμμα *E* ἀπέχει περισσότερο ἀπὸ τὸν ἄξονα, ἀπὸ ὅσο ἀπέχει τὸ γράμμα *I*, τότε τὸ γράμμα *E* θὰ διαγράφῃ μεγαλύτερους κύκλους, ἐνῷ τὸ γράμμα *I* μικρότερους.



Σχ. 2·3 α.

Τόσο τὶς μικρές ὅσο καὶ τὶς μεγάλες περιφέρειες ποὺ γράφουν τὰ σημεῖα τοῦ ἕδιου σώματος, τὶς γράφουν πάντα στὸν ἕδιο χρόνο, δηλαδὴ στὸν χρόνο μιᾶς περιστροφῆς. Τὸν χρόνο ποὺ θὰ χρειασθῇ τὸ *E* τῆς πλάκας γιὰ νὰ γράψῃ μιὰ περιφέρεια, τὸν ἕδιο χρόνο θὰ χρειασθῇ καὶ τὸ *I* γιὰ νὰ γράψῃ ἐπίσγις μιὰ περιφέρεια· μολονότι τὸ ἔνα, τὸ *E*, γράφει μεγάλη περιφέρεια, ἐνῷ τὸ *I* γράφει μικρότερη. Καταλαβαίνομε λοιπὸν ἀπ’ αὐτὸν ὅτι τὰ σημεῖα, ποὺ βρίσκονται ἐπάνω σὲ περιφέρειες μὲ μεγαλύτερες ἀκτίνες, κινοῦνται ταχύτερα, ἔχουν μεγαλύτερες γραμμικὲς ταχύτιτες, δπιως λέμε, ἀπὸ τὰ σημεῖα ποὺ βρίσκονται σὲ περιφέρειες μὲ μικρότερες ἀκτίνες.

Άρα, ή γραμμική ταχύτητα ένδει σημείου πού βρίσκεται έπάνω σε ένα σῶμα έξαρταται από τὴν περιστροφική ταχύτητα του σώματος και από τὴν άκτινα του κύκλου πού διαγράφει τὸ σημεῖο, καθὼς περιστρέφεται.

"Ας συμβολίσωμε: μὲν τὴν γραμμική ταχύτητα, πού τὴν μετροῦμε σὲ μέτρα κατὰ πρῶτο λεπτό, μὲν τὴν συχνότητα περιστροφῆς, πού τὴν μετροῦμε σὲ στροφές κατὰ πρῶτο λεπτό καὶ μὲν R τὴν άκτινα τῆς κυκλικῆς τροχιᾶς (σὲ μέτρα), $\pi = 3,14$ είναι διάγος τῆς περιφερείας πρὸς τὴν διάμετρο, γωνιάς δὲ πρὸς τὴν γεωμετρία.

Κάθε σημείο σὲ κάθε στροφῇ διαγύει μῆκος (ας ποῦμε μέτρα) $2\pi R$. "Αγ σὲ κάθε λεπτὸ γίνωνται n στροφές, τότε τὸ σημείο διαγύει σὲ κάθε λεπτὸ ἀπόσταση: $2\pi \cdot R \cdot n$. Αὐτὴ είναι ή γραμμική του ταχύτητα. Καὶ σὲ κάθε δευτερόλεπτο διαγύει:

$$v = \frac{2\pi R n}{60} = \frac{\pi R n}{30}$$

2.4 Τί είναι περιοδική κίνηση.

"Οταν γυρίζῃ δ τροχὸς μιᾶς μηχανῆς, οταν πηγαινοέρχωνται τὰ ἔμβολα μιᾶς μηχανῆς, οταν κινοῦμε ένα πρίνι ἐμπρὸς - πίσω, ή κωπηλατοῦμε ἔτσι, ὥστε τὰ κουπὶα νὰ γυρίζουν κάθε τόσο στὴν ἕδια θέση κάνοντας τὴν ἕδια τροχιά, λέμε διτὶ ἔχομε περιοδικὲς κινήσεις.

Γενικά, περιοδικὸ φαινόμενο είναι ἐκεῖνο τὸ φαινόμενο ποὺ ἐπαναλαμβάνεται κατὰ τὸν ἕδιο ἀκριβῶς τρόπο κάθε δρισμένο χρονικὸ διάστημα. Τὸ χρονικὸ αὐτὸ διάστημα λέγεται περίοδος καὶ συμβολίζεται μὲ τὸ γράμμα T .

Τὰ περιοδικὰ φαινόμενα είναι πολὺ συνηθισμένα στὴ Φύση. "Η καρδιά μας ἐκτελεῖ περιοδικές κινήσεις. "Η ἀναπνοή μας είναι ἐπίσης περιοδικὸ φαινόμενο. "Οταν βαδίζωμε κανονικά, τὰ πόδια μας κάνουν περιοδικές κινήσεις.

Σὲ δῆλα τὰ κεφάλαια τῆς Φυσικῆς μελετοῦμε φαινόμενα ποὺ είναι περιοδικά. Οἱ κρότοι καὶ οἱ ἡχοὶ προέρχονται ἀπὸ σώματα

ποὺ ἔκτελοῦν ταλαντώσεις, δηλαδὴ ποὺ κάνουν περιοδικές κινήσεις, πηγαινοέρχονται, παλινδρομοῦν. Στὶς καμπάνες καὶ τὶς χορδὲς τῶν μουσικῶν δργάνων μποροῦμε μάλιστα νὰ δοῦμε τὶς παλμικές αὐτὲς περιοδικές κινήσεις.

Τὸ φῶς ἐπίσης προέρχεται ἀπὸ ταλαντώσεις ποὺ κάνουν τὰ ἐλάχιστα κομματάκια τῆς ὥλης. Τὰ ἐναλλασσόμενα γήλεκτρικὰ ρεύματα εἰναι περιοδικὴ κινήση ποὺ κάνουν τὰ ἐλεύθερα γήλεκτρόνια τῶν ἀγωγῶν, μέσα σ' αὐτούς.

Οἱ ἀριθμὸις τῶν ταλαντώσεων ποὺ γίνεται σὲ ἕνα δευτερόλεπτο ὀνομάζεται συχνότητα.

Ὑπάρχουν οἱ παρακάτω σχέσεις ἀνάμεσα στὴ συχνότητα (ν) καὶ στὴν περίοδο (Τ):

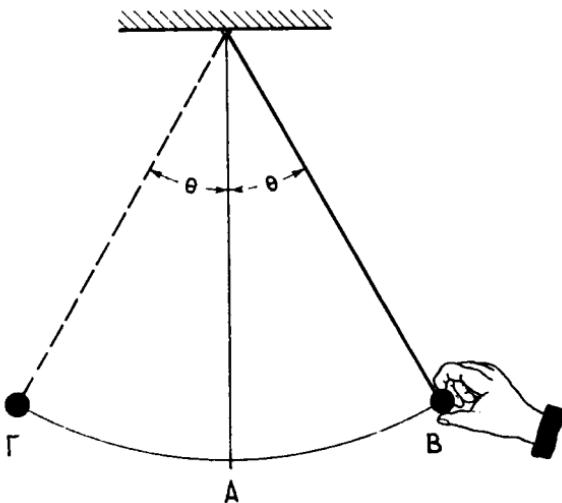
$$\nu = \frac{1}{T}, \quad T = \frac{1}{\nu}$$

"Οταν μεγαλώνῃ γή συχνότητα, μικραίνει ἀνάλογα γή περίοδος καὶ ὅταν μικραίνῃ γή συχνότητα, μεγαλώνει ἀνάλογα γή περίοδος. Αὕτο θὰ τὸ καταλάβωμε καλύτερα ἀμέσως παρακάτω.

2.5 Ἐκκρεμές.

Τὸ ἐκκρεμὲς εἰναι ἕνα ἀπλὸ παράδειγμα, μὲ τὸ δποῖο μποροῦμε νὰ μελετήσωμε τὴν περιοδικὴ κίνηση. Κάθε σῶμα ποὺ κρέμεται ἀπὸ ἕνα ἄξονα, δ ὅποιος δὲν περνᾶ ἀπὸ τὸ κέντρο βάρους του, εἰναι ἕνα ἐκκρεμές. "Ἐνα ἀπλὸ ἐκκρεμὲς εἰναι αὐτὸ ποὺ φαίνεται στὸ σχῆμα 2.5 α. Ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕνα σφαιρίδιο ποὺ κρέμεται ἀπὸ ἕνα λεπτὸ νῆμα. "Οταν ἀπομακρύνωμε τὸ σφαιρίδιο ἀπὸ τὴν θέση Α, στὴν δποία ἰσορροπεῖ (τὴν κατακόρυφη) καὶ ἀφοῦ τὸ φέρωμε στὴν θέση Β τὸ ἀφήσωμε ἐλεύθερο, παρατηροῦμε ὅτι τὸ βάρος του τὸ ἀναγκάζει νὰ κινηθῇ πρὸς μιὰν ἄλλη θέση Γ, ποὺ εἰναι συμμετρικὴ ὡς πρὸς τὴν ἀρχική. "Επειτα κατὰ τὸν ἔδιο

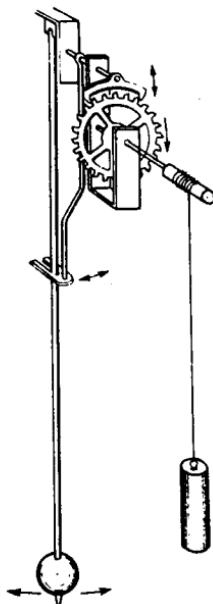
τρόπο ἐπιστρέφει στὴν ἀρχικὴ θέση· μετὰ κινεῖται πάλι πρὸς τὴν ἄλλη θέση καὶ ἔτοι συνεχίζει τὶς ταλαντώσεις του. Ὁ χρόνος ποὺ χρειάζεται γιὰ νὰ ἐκτελέσῃ μία διάλογη αἰώρηση, δηλαδὴ νὰ ξεκινήσῃ ἀπὸ τὴν μιὰ θέση, νὰ φθάσῃ στὴν ἄλλη καὶ ἔπειτα νὰ ξαναγυρίσῃ στὴν πρώτη, ἀπὸ τὴν δποίᾳ ξεκίνησε, δνομάζεται περίοδος. Ἡ περίοδος τοῦ ἐκκρεμοῦς ἐξαρτάται μόνο ἀπὸ τὸ μῆκος ποὺ ἔχει τὸ νῆμα καὶ ὅχι ἀπὸ τὸ βάρος του.



Σχ. 2·5 α.

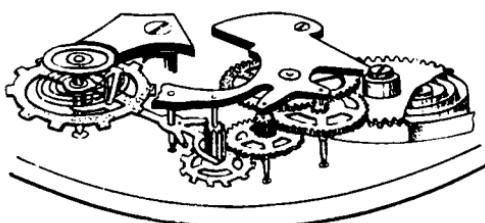
"Οταν τὸ ἐκκρεμὲς κινηται, δημιουργοῦνται τριθές στὸν ἀέρα καὶ στὸν ἀξονά του καὶ γι' αὐτὸ σιγὰ-σιγὰ μικραίνουν καὶ σταματοῦν. Γιὰ νὰ μὴ σταματήσῃ λοιπὸν νὰ κινηται πρέπει νὰ τὸ σπρώχνωμε κάθε τέσσο (περιοδικά), δπως κάνουν τὰ παιδιὰ δταν παίζουν κούνια. Στὰ ρολόγια ποὺ ἔχουν ἐκκρεμὲς αὐτὸ γίνεται μὲ τὸ σύστημα τῆς ἀγκύρας ποὺ ἔχουν. Ἡ ἀγκύρα δέχεται μικρὰ κτυπήματα (ποὺ είναι τὸ τίκ-τάκ ποὺ ἀκοῦμε) ἀπὸ ἕνα δύοντωτὸ τροχό, ποὺ περιστρέφεται μὲ ἔνα ἐλατήριο ἢ ἕνα βάρος (σχ. 2·5 β.).

Ἐκτὸς ἀπὸ τὰ ρολόγια ποὺ ἔχουν ἐκκρεμές καὶ τὰ δύοτα κρέμονται στὸν τοῖχο, χρησιμοποιοῦμε κυρίως ρολόγια τοῦ χεριοῦ



Σχ. 2·5 β.

Τὸ ἐκκρεμὲς χρησιμοποιεῖται ἀπὸ τὴν ἀρχαία ἐποχὴ μέχρι σήμερα γιὰ νὰ μετροῦμε τὸν χρόνο, γιατὶ οἱ αἰωρήσεις του, δταν είναι ἀρκετὰ μικρές, γίνονται πάντα στὸ ἴδιο χρονικὸ διάστημα.



Σχ. 2·5 γ.

ἢ τῆς τοέπης ποὺ δὲν ἔχουν βέβαια ἐκκρεμές. Σ' αὐτὰ ἡ περιοδικὴ κίνηση γίνεται μὲ ἓνα τρεγό, ποὺ περιστρέφεται παλινδρο-

μικά, μὲ τὴν βοήθεια ἑνὸς λεπτοῦ σὰν τρίχα ἐλατηρίου, ποὺ μοιάζει μὲ σπείρα (σχ. 2·5 γ).

2·6 Βαρύτητα.

Ἄπὸ τὴν μικρὴν ἡλικία του ὁ ἀνθρωπός καταλαβαίνει ὅτι ὅλα τὰ σώματα ἔχουν βάρος, δηλαδὴ, ὅταν τὸ ἀφῆσωμε ἐλεύθερα πέφτουν. Αὐτὸς σημαίνει, ὅπως εἴπαμε, ὅτι ἔλκονται πρὸς τὴν Γῆν. Ὅταν ἀφῆσωμε ἐλεύθερο ἓνα σῶμα, θὰ πέσῃ πρὸς τὰ κάτω ἀκριβῶς γιατὶ δρᾶ ἐπάνω του ἡ ἐλξη τῆς Γῆς. Ἡ ἐλξη τῆς Γῆς εἶναι μιὰ δύναμη. Ἡ ἴδιότητα ποὺ ἔχει ἡ Γῆ νὰ ἔλκῃ τὰ σώματα λέγεται βαρύτητα.

Ὑπάρχουν δύμας καὶ περιπτώσεις, ποὺ δὲν ἴσχυει αὐτὸς ποὺ εἴπαμε παραπάνω, δηλαδὴ ὅτι τὰ σώματα, ὅταν ἀφεθοῦν ἐλεύθερα νὰ πέφτουν στὴν γῆ. Ο καπνὸς π.χ. πηγαίνει πρὸς τὰ ἐπάνω, ὅπως καὶ τὰ ἀερόστατα. Καὶ τὰ δύο φαίνεται σὰ νὰ μὴν ὑπακούουν στὴν δύναμη τῆς ἐλξεως. Αὐτὸς φυσικὰ δὲν εἰναι σωστό. Τί δύμας ἀκριβῶς συμβαίνει στὶς περιπτώσεις αὐτὲς θὰ τὸ μάθωμε ἀργότερα δταν θὰ μελετήσωμε τὴν Ἀρχὴν τοῦ Ἀρχιμήδη, στὸ σχετικὸ κεφάλαιο τῆς Ὑδροστατικῆς καὶ τῆς Ἀεροστατικῆς.

Ολα λοιπὸν τὰ ὑλικὰ σώματα, στερεά, ὑγρὰ ἢ ἀέρια, ἔλκονται πρὸς τὴν Γῆ. Ο Ἀγγλος φυσικὸς Νεύτων (*Newton*) ἀνακάλυψε ὅτι, ὅπως ὑπάρχει ἡ ἐλκτικὴ δύναμη ἀνάμεσα σ' ἓνα σῶμα καὶ στὴν Γῆ, ἔτσι καὶ γενικότερα ἀνάμεσα σὲ δύο ὅποιαδήποτε σώματα ἀναπτύσσεται: μία παρόμοια ἐλξη. Αὐτὴ ἡ ἴδιότητα ποὺ ὑπάρχει μεταξὺ δλων τῶν σωμάτων δνομάζεται παγκόσμια ἐλξη.

Ἡ ἐλκτικὴ δύναμη (*P*) μεταξὺ δύο σωμάτων εἰναι τόσο πιὸ μεγάλη, ὅσο μεγαλύτερη εἶναι ἡ ποσότητα τῆς ὅλης τους, δηλαδὴ, οἱ μάζες (m_1 καὶ m_2) τῶν σωμάτων. Ο Νεύτων βρῆκε ἐπίσης ὅτι ἡ δύναμη αὐτὴ ἐξαρτᾶται καὶ ἀπὸ τὴν ἀπόσταση (*R*) μεταξὺ τῶν σωμάτων. Ὅταν τὰ σώματα ἀπομακρύνωνται μεταξὺ τους, ἡ δύναμη μικραίνει. Ὅταν ἡ ἀπόσταση διπλασιασθῇ, ἡ ἐλκτικὴ δύ-

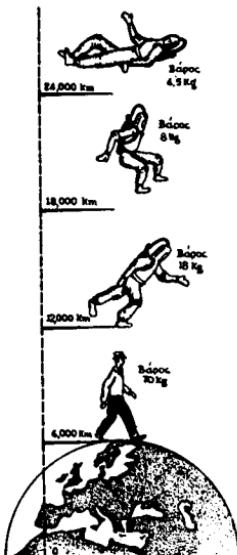
ναμη γίνεται τέσσερις φορὲς πιὸ μικρὴ καὶ ὅταν τριπλασιασθῇ,
ἡ δύναμη γίνεται ἐννέα φορὲς μικρότερη.

Αὐτὰ ἔκφραζονται μὲ τὸν τύπο :

$$P = k \frac{m_1 \cdot m_2}{R^2}$$

ὅπου k = μία σταθερὰ ποὺ χαρακτηρίζει τὸ πεδίο βαρύτητος.

Ἄπὸ αὐτὰ ποὺ εἴπαμε παραπάνω βγαίνει τὸ συμπέρασμα ὅτι
ἡ ἔλξη ποὺ ἀσκεῖ ἡ Γῆ ἐπάνω σ' ἓνα σῶμα δὲν εἰναι παντοῦ ἡ
ἴδια. Ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν θέση ποὺ βρίσκεται τὸ σῶμα μέσα στὸν



Σχ. 2·6 α.

χῶρο. "Ετσι, σ' ἓνα σῶμα τὸ ὁποῖο συνεχῶς ἀπομακρύνεται ἀπὸ
τὴν Γῆ, ἡ ἔλξη τῆς Γῆς, ποὺ ἀσκεῖται ἐπάνω του, θὰ εἶναι διαρκῶς
μικρότερη καὶ κατὰ συνέπεια θὰ ἔχῃ διαρκῶς μικρότερο βάρος
(σχ. 2·6 α.).

Γι' αὐτὸν τὸν λόγο τὸ βάρος τῶν σωμάτων δὲν εἶναι

άκριθως τὸ ἔδιο στοὺς διαφόρους τόπους τῆς Γῆς. "Οσο ἀπομακρυνόμαστε ἀπὸ τὸν ἴσημερινὸν καὶ πηγαίνομε πρὸς τοὺς πόλους, τόσο τὸ βάρος γίνεται μεγαλύτερο, διπλας μπορεῖ νὰ διαπιστωθῇ ἂν ζυγισθῇ ἐνα σῶμα μὲ ἐνα ἄπλο δυναμόμετρο μὲ ἐλατήριο (κανταράκι) διπλας τοῦ σχήματος 1 · 1 ζ. "Ἐνα σῶμα ποὺ ζυγίζει ἐνα χιλιόγραμμο (1 kg) στὴν Ἀθήνα, γίνεται 1,003 kg στοὺς πόλους καὶ 0,998 kg περίπου στὸν ἴσημερινό. Αὐτὸ γίνεται γιατὶ ἡ ἐλξη τῆς Γῆς μεταβάλλεται ἀπὸ τόπο σὲ τόπο. Αὐτὸ διφείλεται στὸ σχῆμα τῆς Γῆς (γαιοειδὲς) ποὺ δὲν εἶναι ἐντελῶς σφαίρα, ἀλλὰ εἶναι πεπλατυσμένο, στοὺς πόλους καὶ ἐξογκωμένο στὸν ἴσημερινό.

"Η διεύθυνση ποὺ ἔχει ἡ δύναμη μὲ τὴν δποία ἡ Γῆ ἔλκει ἐνα σῶμα, δηλαδὴ ἡ κατεύθυνση ποὺ παίρνει τὸ σῶμα δταν πέφτη ἐλεύθερα, εἶναι πάντα κατεύθυνση πρὸς τὸ κέντρο τῆς Γῆς. "Η διεύθυνση αὐτὴ λέγεται κατακόρυφη καὶ μποροῦμε νὰ τὴν βροῦμε μὲ ἐνα νῆμα τῆς στάθμης (βλ. παράγρ. 1 · 7).

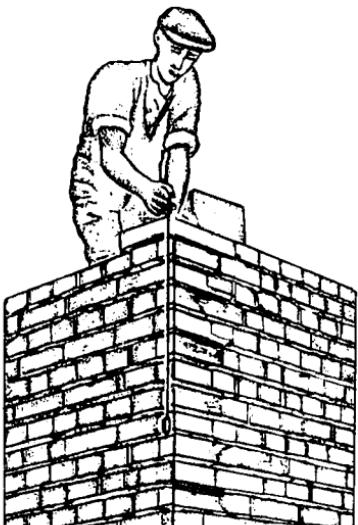
Τὸ νῆμα τῆς στάθμης ἀποτελεῖται ἀπὸ ἐνα νῆμα (κλωστή, σπάγγος) τεντωμένο μὲ ἐνα βάρος ποὺ ἔχομε κρεμάσει στὸ ἀκροτοῦ. Τὸ ὅργανο αὐτὸ χρησιμοποιεῖται πάρα πολὺ ἀπὸ τοὺς τεχνίτες. Π.χ. οἱ χτίστες τὸ χρησιμοποιοῦν γιὰ νὰ κατασκευάζουν τοὺς τοίχους κατακόρυφους (σχ. 2 · 6 β).

Κάθε εὐθεία ποὺ εἶναι κάθετη στὸ νῆμα τῆς στάθμης δυομάζεται δριζόντια εὐθεία ἢ δριζόντια διεύθυνση.

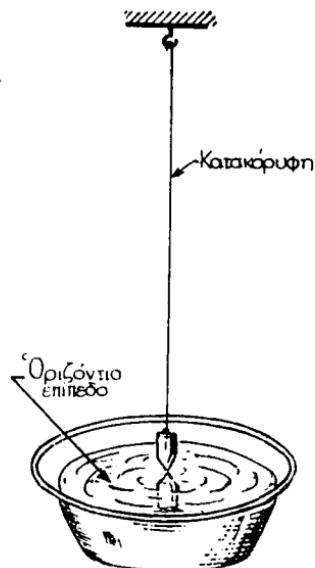
"Επίσης τὸ ἐπίπεδο ποὺ εἶναι κάθετο στὴν κατακόρυφη διεύθυνση λέγεται δριζόντιο ἐπίπεδο (σχ. 2 · 6 γ) καὶ μποροῦμε νὰ τὸ βροῦμε χρησιμοποιώντας τὸ ἀλφάδι (ἀεροστάθμη) (σχ. 2 · 6 δ). Τὸ ἀλφάδι εἶναι ἐνας γυάλινος σωλήνας, λίγο κυρτός, δ δποίος περιέχει ἐνα ὑγρὸ ποὺ ρέει εὔκολα (συνήθως νερὸ καὶ οἰνόπνευμα ἢ αιθέρα) καὶ μιὰ φυσαλίδα δέρος. Βρίσκομε ἂν ἐνα ἐπίπεδο εἶναι δριζόντιο ἢ ἔχη κλίση, δταν τοποθετήσωμε ἐπάνω του τὸ ἀλφάδι. "Αν τὸ ἐπίπεδο εἶναι δριζόντιο, τότε ἡ φυσαλίδα πάει

στὸ μέσον τοῦ σωλήνα. Ὁριζόντιο ἐπίπεδο εἶναι π.χ. ἡ ἐπιφάνεια κάθε ὑγροῦ ποὺ ἡρεμεῖ (θάλασσα, λίμνες).

Τὸ βάρος τῶν σωμάτων μπορεῖ νὰ μετρηθῇ μὲ τὸν ἔδιο τρόπο μὲ τὸν δποῖο μετροῦμε κάθε δύναμη. Χρησιμοποιοῦμε γιὰ τὸν σκοπὸν αὐτὸ τὰ δυναμόμετρα μὲ ἐλατήρια (κανταράκια) καὶ τὶς ζυγαριές.



Σχ. 2·6 β.



Σχ. 2·6 γ.



Σχ. 2·6 δ.

2·7 Πτώση τῶν σωμάτων. Ἐπιταχυνομένη καὶ ἐπιβραδυνομένη κίνηση.

"Ἄσ εξετάσωμε τώρα τὸν τρόπο μὲ τὸν δποῖο πέφτει ἐλεύθερα καὶ κατακόρυφα ἐνα σῶμα, δταν οἱ τριθές εἶναι ἀσήμαντες. "Ἄσ ἀφήσωμε π.χ. νὰ πέσῃ ἀπὸ ἐνα ὑψηλὸ μπαλκόνι μιὰ μικρὴ σιδε-

ρένια μπάλα. Θὰ παρατηρήσωμε ὅτι ὅσο τὸ ὑψός ἀπὸ τὸ ὅποιο τὴν ἀφήνομε νὰ πέσῃ εἰναι μεγαλύτερο, τόσο ἡ μέση ταχύτητα μὲ τὴν ὁποία κύτη πέφτει γίνεται μεγαλύτερη καὶ μάλιστα, ὅσο περισσότερο χρονικὸ διάστημα πέφτει, τόσο αὐξάνει ἡ ταχύτητά της. Μὲ ἄλλα λόγια, θὰ δοῦμε ὅτι ἡ κίνηση τῆς μπάλας κατὰ τὴν πτώση της δὲν εἰναι ἰσοταχής, δηλαδὴ ἡ ταχύτητά της δὲν εἰναι πάντα ἡ ἔδια, ἀφοῦ ὅσο περνᾷ ὁ χρόνος, καθὼς ἡ μπάλα πέφτει, τόσο ἡ ταχύτητά της γίνεται ὀλοένα καὶ μεγαλύτερη.

Ἡ κίνησή της, λοιπόν, εἰναι ἀνισοταχής καὶ μάλιστα ἐπιταχυνομένη, δηλαδὴ γίνεται συνεχῶς καὶ πιὸ γρήγορη. "Αν σὲ 1 δευτερόλεπτο ἡ μπάλα, πέφτοντας, διανύῃ 5 μέτρα, σὲ 2 δευτερόλεπτα θὰ ἔχῃ διανύση 20 μέτρα καὶ σὲ 3 δευτερόλεπτα 45 μέτρα, κ.ο.κ.

Τὸ ἀντίθετο τῆς ἐπιταχυνομένης κινήσεως εἰναι ἡ ἐπιβραδυνομένη κίνηση, δηλαδὴ ἡ κίνηση ποὺ ἡ ταχύτητά της ὅλο καὶ μικραίνει. Τέτοια εἰναι π.χ. ἡ κίνηση μιᾶς πέτρας ποὺ ρίγνομε ἵσια πρὸς τὰ ἐπάνω.

"Ωστε: ὅταν ἔνα σῶμα κινῆται, μπορεῖ, ὅπως εἴπαμε πρίν, νὰ ἐνεργῇ ἐπάνω του μιὰ δύναμη ποὺ ἔχει τὴν ἔδια διεύθυνση μὲ τὴν κίνηση καὶ νὰ τοῦ κάνῃ τὴν κίνησή του συνεχῶς πιὸ γρήγορη (ἐπιταχυνομένη). Μπορεῖ ὅμως ἐπάνω σ' ἔνα σῶμα, ποὺ κινεῖται, νὰ ἐνεργῇ μιὰ δύναμη, ποὺ ἔχει τὴν ἀντίθετη διεύθυνση πρὸς τὴν κίνηση, πρᾶγμα ποὺ τοῦ ἐλαττώνει τὴν ταχύτητα ὅλο καὶ περισσότερο. Τότε λέμε ὅτι ἡ κίνηση τοῦ σώματος εἰναι ἐπιβραδυνομένη.

"Ενα σῶμα ποὺ πέφτει, φθάνοντας στὸ ἔδαφος ἔχει ὅρισμένη ταχύτητα ποὺ εἰναι τόσο πιὸ μεγάλη, ὅσο πιὸ μεγάλος εἰναι ὁ χρόνος ποὺ πέρασε γιὰ νὰ πέσῃ. "Ας πάρωμε ὡς παράδειγμα μιὰ βόμβα, ποὺ τὴν ρίγνει ἔνα ἀεροπλάνο ἀπὸ ὑψός 4 500 μέτρων καὶ ἡ ὁποία χρειάσθηκε 30 δευτερόλεπτα γιὰ νὰ φθάσῃ στὸ ἔδα-

φος. Ἡ ταχύτητα ποὺ θὰ ἔχῃ ὅταν θὰ φθάσῃ στὸ ἔδαφος, θὰ είναι 300 μέτρα στὸ δευτερόλεπτο.

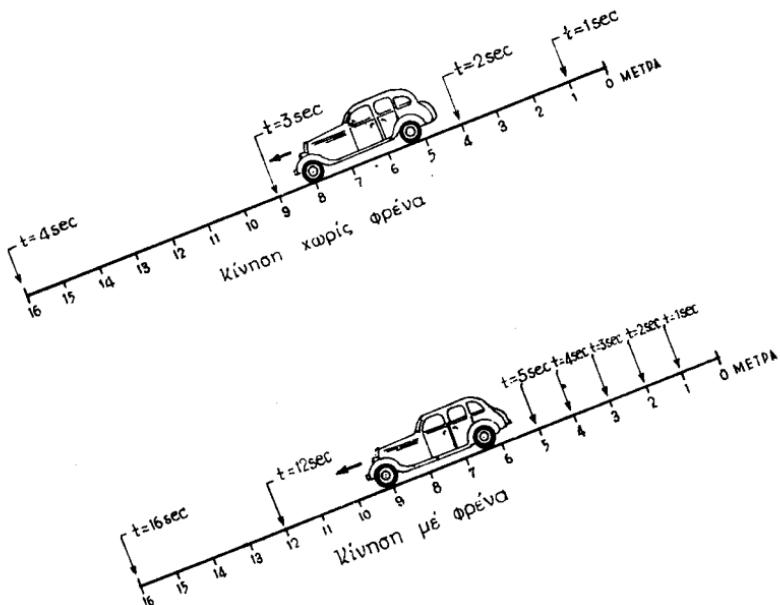
"Αν τὸ ἵδιο σῶμα (ἡ βόμβα) χρειασθῇ 40 δευτερόλεπτα γιὰ νὰ φθάσῃ στὸ ἔδαφος, δηλαδὴ πέφτει ἀπὸ ὕψος 8 000 μέτρων, θὰ ἔχῃ ταχύτητα 400 μέτρων στὸ δευτερόλεπτο. "Οσο περνᾶ λοιπὸν δ χρόνος, τόσο ἡ ταχύτητα γίνεται μεγαλύτερη.

Τὸ ἵδιο φαινόμενο συμβαίνει καὶ στὸν κατήφοροκὸ δρόμο. "Αν θέλωμε π.χ. νὰ κατεδουμε μὲ τὸ αὐτοκίνητο ἔνα κατήφορο μὲ σταθερὴ ταχύτητα, πρέπει νὰ χρησιμοποιοῦμε διαρκῶς τὰ φρένα. Γιατὶ δὲν τὰ χρησιμοποιήσωμε, τότε, καθὼς τρέχομε στὸν κατήφορο, ἡ ταχύτητά μας δῆλο καὶ θὰ μεγαλώνη καὶ τοῦτο βέβαια εἰναι ἐπικίνδυνο. Χρησιμοποιώντας δμας τὰ φρένα, ἐφαρμόζομε δυνάμεις τριβῆς, ποὺ εἰναι ἀντίθετες πρὸς τὴν φορὰ ποὺ ἔχει ἡ κίνηση. "Ετσι ἐμποδίζομε τὴν ταχύτητα τοῦ δχήματος ν' αὐξηθῇ. Στὸ σχῆμα 2·7 α μποροῦμε νὰ δοῦμε τὴν διαφορὰ κινήσεως τοῦ αὐτοκινήτου, ὅταν λειτουργοῦν τὰ φρένα (κάτω) καὶ ὅταν αὐτὰ δὲν λειτουργοῦν (ἐπάνω).

Αὐτὰ ποὺ εἴπαμε γιὰ τὴν πτώση τῶν σωμάτων ἰσχύουν γιὰ πτώσεις ποὺ γίνονται στὸ κενό. Στὴν ἀτμόσφαιρα ἡ ἀντίσταση τοῦ ἀέρα ἀλλάζει τὸ φαινόμενο. Ἡ ἀντίσταση αὐτὴ τοῦ ἀέρα γίνεται μεγαλύτερη ὅσο μεγαλώνει ἡ ταχύτητα τοῦ σώματος. "Ετσι τὸ σῶμα ποὺ πέφτει, ἐπιταχύνεται σιγὰ - σιγά, μέχρις ὅτου, ὅταν φθάσῃ μιὰ δρισμένη ταχύτητα, ἡ ἀντίσταση τοῦ ἀέρα γίνεται ἵση μὲ τὸ βάρος τοῦ σώματος. Τὸ σῶμα δὲν ἐπιταχύνεται πιὰ καὶ κινεῖται ἴσοταχώς. Τὸ χιόνι π.χ. πέφτει ἴσοταχώς, διότι ἡ ἀντίσταση ποὺ συναντᾷ μέσα στὸν ἀτμοσφαιρικὸ ἀέρα εἰναι σημαντική. Τὸ ἵδιο καὶ ἔνα ἀλεξίπτωτο ποὺ ἔχει μεγάλη ἐπιφάνεια καὶ ἔτσι βρίσκει μεγάλη ἀντίσταση στὸν ἀέρα. "Οσο οἱ ἀντιστάσεις (τριβῆς) εἰναι μεγαλύτερες, τόσο ἡ σταθερὴ ταχύτητα μὲ τὴν δποίᾳ γίνεται ἡ πτώση γίνεται: δῆλο καὶ πιὸ μικρή.

'Αντίθετα, σώματα βαρειὰ βρίσκουν μικρὴ ἀντίσταση σχετικὰ

μὲ τὸ βάρος τους καὶ γι' αὐτὸ ἡ ταχύτητα μὲ τὴν ὁποίᾳ πέφτουν στὸν ἀέρα εἶναι μεγάλη· ἔτσι ἐξηγεῖται γιατὶ συνήθως δὲν προλαβαίνομε νὰ παρατηρήσωμε βραχεὶα μεταλλικὰ ἀντικείμενα, νὰ πέφτουν μὲ σταθερὴ ταχύτητα. Δὲν προλαβαίνομε, διότι φθάνουν στὸ ἔδαφος πρὶν ἀκόμη ἀποκτήσουν σταθερὴ ταχύτητα.



Σχ. 2·7 α.

2·8 Ειδικό βάρος - Πυκνότητα.

"Αν πάρωμε δύο κύριους ποὺ ἔχουν τὸν ἵδιο ὅγκο ἀλλὰ ποὺ ἀποτελοῦνται ἀπὸ διαφορετικὰ ὑλικὰ καὶ τὸν ζυγίσωμε, θὰ βροῦμε δτὶ ἔχουν διαφορετικὰ βάρη. Αὐτὸ σημαίνει δτὶ τὸ ποσὸν τῆς ὕλης ποὺ περιέχει κάθε κύριος ἔξαρταται ἀπὸ τὴν φύση τοῦ ὑλικοῦ, ἀπὸ τὸ δποῖο ἀποτελεῖται. Λέμε λοιπὸν δτὶ κάθε ὑλικὸ ἔχει διαφορετικὸ εἰδικὸ βάρος. Αὐτὸ τὸ εἰδικὸ βάρος ἐνδὲς σώματος τὸ βρίσκομε ἀν διαιρέσωμε τὸ βάρος τοῦ σώματος μὲ τὸν ὅγκο του.

*Αρα:

$$\text{ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ} = \frac{\text{ΒΑΡΟΣ}}{\text{ΟΓΚΟΣ}},$$

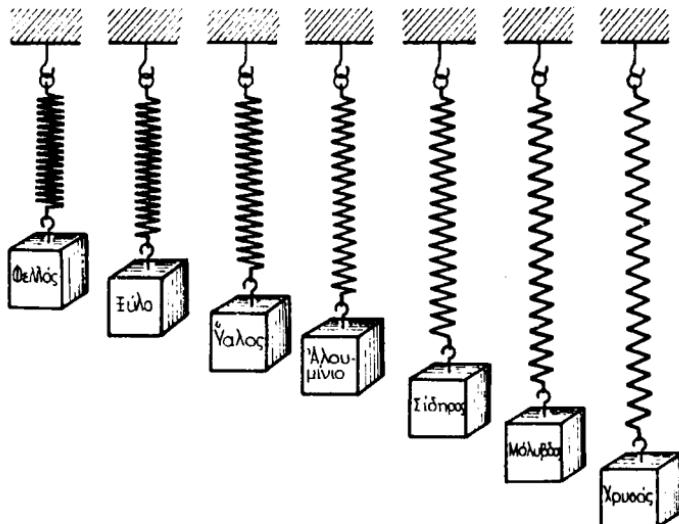
$$\text{δηλαδὴ } \epsilon = \frac{B}{V}$$

ὅπου ϵ = εἰδικὸ βάρος, B = βάρος σώματος καὶ V = δγκος

*Άν πάλι διαιρέσωμε τὴν μάζα ἐνδὲ σώματος (ποὺ ὅπως εἴπαμε εἶναι τὸ μέγεθος ποὺ χαρακτηρίζει τὸ ποσὸν τῆς ὑλῆς) μὲ τὸν δγκο τοῦ σώματος αὐτοῦ, θὰ βροῦμε τὴν πυκνότητά του.

$$\text{ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ} = \frac{\text{ΜΑΖΑ}}{\text{ΟΓΚΟΣ}}, \quad \text{ἢ} \quad \epsilon = \frac{m}{V}$$

ὅπου m = μάζα.



Σχ. 2·8 α.

*Έτσι, ἂν πάρωμε ἀπὸ ἕνα κυβικὸ δεκατόμετρο (λίτρο) ἀπὸ διάφορα ὑλικὰ καὶ μετρήσωμε τὸ βάρος τους, θὰ δοῦμε ὅτι κάθε λίτρο ἔχει διαφορετικὸ βάρος (σχ. 2·8 α.).

Βρίσκομε ἔτι:

- 1 dm^3 νεροῦ ζυγίζει 1 kg.
- 1 dm^3 ἀέρα ζυγίζει 0,001 293 kg.
- 1 dm^3 ξύλου πεύκου ζυγίζει 0,8 kg.
- 1 dm^3 σιδήρου ζυγίζει 7,8 kg.
- 1 dm^3 μολύβδου ζυγίζει 11,4 kg.

Λέμε δὲ ὅτι:

τὸ νερὸν ἔχει εἰδικὸς βάρος 1 kg/dm³.

δ ἀέρας ἔχει εἰδικὸς βάρος 0,001 293 kg/dm³ = 1,293 kg/m³.

τὸ ξύλο πεύκου ἔχει εἰδικὸς βάρος 0,8 kg/dm³.

ὁ σιδήρος ἔχει εἰδικὸς βάρος 7,8 kg/dm³.

ὁ μολύβδος ἔχει εἰδικὸς βάρος 11,4 kg/dm³.

Τὸ εἰδικὸς βάρος τῶν ὑγρῶν μεγαλώνει, ὅταν διαλύωμε μέσα τους στερεές οὐσίες. Τὸ νερὸν τῆς θάλασσας π.χ. ἔχει μεγαλύτερο εἰδικὸς βάρος ἀπὸ τὸ νερὸν τῆς βροχῆς, γιατὶ ἡ θάλασσα περιέχει ξλατα (χλωριοῦχο νάτριο, χλωριοῦχο μαγνήσιο κ.ἄ.).

Μπορεῖ ἐπίσης νὰ ὑπολογίσωμε τὸ εἰδικὸς βάρος ἐνὸς σώματος ἃν ζυγίσωμε ἵσους ὅγκους, πρῶτα τοῦ σώματος αὐτοῦ καὶ ἔπειτα καθαροῦ νεροῦ καὶ τοὺς συγκρίνωμε. Τὸ νερό, ὅπως ξέρομε, ἔχει εἰδικὸς βάρος 1 χιλιόγραμμο κατὰ κυβικὸ δεκατόμετρο. "Αν τώρα διαιρέσωμε τὸ βάρος τοῦ σώματος διὰ τοῦ βάρους τοῦ νεροῦ, ποὺ ἔχει τὸν ἕδιο ὅγκο, βρίσκομε ἔνα πηλίκο.

Τὸ πηλίκο αὐτὸν εἶναι τὸ εἰδικὸς βάρος τοῦ σώματος.

"Αν π.χ. ζυγίσωμε ἔνα ποτήρι γεμάτο μὲ νερό, θὰ βροῦμε ὅτι ζυγίζει καθαρὰ (χωρὶς τὸ ἀπόβαρο) ἕστω 260 gr. "Αν τὸ γεινόσωμε μὲ οἰνόπνευμα, θὰ βροῦμε ὅτι ζυγίζει 205 gr. Τὸ εἰδικὸς βάρος λοιπὸν τοῦ οἰνοπνεύματος εἶναι:

$$\frac{205}{260} = 0,79.$$

Ύπάρχουν εἰδικοὶ τρόποι μὲ τοὺς δποίους βρίσκομε πειραματικὰ τὸ εἰδικὸς βάρος. Μερικοὺς ἀπὸ τοὺς τρόπους αὐτοὺς θὰ μάθωμε ἀργότερα στὸ Μέρος τῆς Μηχανικῆς τῶν ρευστῶν.

Προκειμένου νὰ βροῦμε τὸ εἰδικὸ βάρος ὑλικῶν ποὺ εἶναι χῦμα σὲ σωρούς, π.χ. κάρβουνο, παίρνομε ἕνα δρισμένο ὅγκο, π.χ. ἔνα κυβικὸ μέτρο, καὶ τὸ ζυγίζωμε καὶ βρίσκομαι ὅτι: ζυγίζει π.χ. 500 kg.

Ἐνα ἄλλο κυβικὸ μέτρο ἀπὸ τὸν ἔδιο σωρό, ἀλλὰ μὲ φιλότερο κάρβουνο, μπορεῖ νὰ ζυγίζῃ 900 kg. Βλέπομε δηλαδὴ ὅτι: ἔχομε διαφορετικὸ βάρος γιὰ τὸν ἔδιο ὅγκο σὲ κάθε περίπτωση, γιατὶ αὐτὸ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὰ διάκενα ποὺ ὑπάρχουν ἀνάμεσα στὰ κομμάτια τοῦ ὑλικοῦ. "Οταν τὸ κάρβουνο εἶναι χονδρό, τὰ διάκενα εἶναι μεγάλα καὶ τὸ βάρος ποὺ θὰ βροῦμε μικρό. Ἀντίθετα ὅταν τὸ κάρβουνο εἶναι φιλό, τὰ διάκενα εἶναι μικρὰ καὶ τὸ βάρος ποὺ θὰ προκύψῃ μεγάλο.

Τὸ ἔδιο συμβαίνει μὲ τὴν ἄμμο, τὸ χαλίκι καὶ ὅλα τὰ ὑλικὰ ποὺ χύνονται: σὲ σωρό. "Οταν λοιπὸν μιλοῦμε γιὰ τὸ βάρος ποὺ ἔχει μιὰ μονάδα ὅγκου ($\lambda.\chi.$ 1 m^3 δπως στὸ παράδειγμά μας) ἐνδὲς ὑλικοῦ ποὺ εἶναι στοιβαγμένο σὲ σωρό, πρέπει νὰ ἀναφέρωμε δτι εἶναι: στοιβαγμένο τὸ ὑλικὸ σὲ σωρό.

"Επίσης, ὅταν θέλωμε νὰ ξέρωμε πόσο βάρος χαλίκι χωρᾶ σ' ἔνα αὐτοκίνητο ποὺ ἔχει χῶρο τόσα κυβικὰ μέτρα, δὲν θὰ ὑπολογίσωμε τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ καθαροῦ χαλικιοῦ ποὺ μᾶς χρειάζεται, διότι ὅταν αὐτὸ στοιβαχθῆ μέσα στὸ αὐτοκίνητο ἀναγκαστικὰ θὰ μείνουν κενὰ ἀνάμεσα στὰ πετραδάκια. Γι' αὐτὸ χρήσιμο εἶναι νὰ ξέρωμε τὸ βάρος ἐνδὲς κυβικοῦ μέτρου τοῦ χαλικιοῦ, ἔτσι δπως στοιβάζεται. Αὐτὸ τὸ μέγεθος τὸ λέμε φαινόμενο εἰδικὸ βάρος τοῦ χαλικιοῦ.

Τὸ βάρος (500 kg καὶ 900 kg) ποὺ βρίσκομε ὅτι ἔχουν σὲ δύο σωροὺ κάρβουνου δὲν εἶναι λοιπὸν τὸ εἰδικὸ βάρος τους, γιατὶ στὸν ὅγκο τους λάθαμε ὑπ' ὅψη μας καὶ τὰ κενά τους.

"Ωστε ἔχομε:

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ = ΒΑΡΟΣ ΥΛΙΚΟΥ
ΟΓΚΟΣ ΠΟΥ ΚΑΤΑΛΑΜΒΑΝΕΙ
MAZI ME TA DIAKENA

Τὸ φαινόμενο εἰδικὸ βάρος εἰναι ἔνα μέγεθος πολὺ χρήσιμο, ὅταν θέλωμε νὰ ὑπολογίσωμε ὑλικὰ ποὺ ἔχουν κενά. Τέτοια κενὰ ἔχουν σχεδὸν ὅλα τὰ σώματα καὶ πρέπει νὰ τὰ ἀφαιροῦμε ὅταν θέλωμε νὰ ὑπολογίζωμε τὸ πραγματικὸ εἰδικὸ βάρος τους.

2·9 Ἀδράνεια.

Ἡ λέξη ἀδράνεια χρησιμοποιεῖται πολὺ συχνὰ στὴν καθημερινὴ ζωὴ. Λέμε λ.χ. ὅτι « ἔνας ἀνθρωπος δείχνει ἀδράνεια » ἢ « εἰναι ἀδρανῆς στὶς δουλειές του ». Καὶ μ' αὐτὸ ἐννοοῦμε ὅτι δύσκολα ἔκεινα γιὰ μιὰ προσπάθεια, δύσκολα κινητοποιεῖται. Ἡ ἀκόμα λέμε ὅτι « πρέπει νὰ ὑπερνικήσωμε τὶς ἀδράνειες » σὲ μιὰ ὑπόθεση ἢ σὲ ἔνα ἔκεινημα γιὰ μιὰ προσπάθεια.

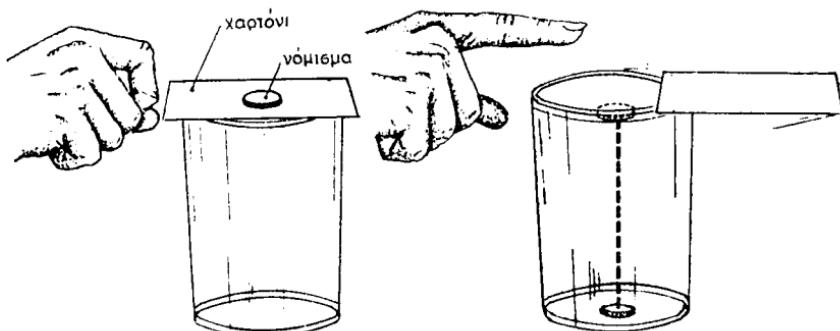
Στὴ Φυσικὴ ἡ λέξη ἀδράνεια ἔχει ἀνάλογη σημασία. «Ολα τὰ ὑλικὰ σώματα, εἴτε κινοῦνται εἴτε ἥρεμοῦν ἀντιδροῦν σὲ κάθε δύναμη ποὺ θέλει νὰ μεταβάλλῃ τὴν ἥρεμία τους (ὅταν ἀκινητοῦν) ἢ τὸ εἶδος κινήσεως ποὺ ἔχουν (ὅταν κινοῦνται). Ληγαδὴ ἀντιδροῦν σὲ κάθε δύναμη ποὺ θέλει νὰ μεταβάλλῃ τὴν κινητική τους κατάσταση, ὅπως λέμε. Ἔτσι π.χ. ἔνα σῶμα ποὺ κινεῖται, ἀντιστέκεται στὴν προσπάθειά μας νὰ τὸ σταματήσωμε ἢ νὰ ἐλαττώσωμε τὴν ταχύτητά του, καὶ θὰ ἔξακολουθήσῃ νὰ κινῆται ὅπως πρίν, ἀν δὲν ἀσκήσωμε ἐπάνω του μιὰ δύναμη. Ἔνα σῶμα πάλι ποὺ ἀκινητεῖ, ἀντιστέκεται σὲ κάθε προσπάθειά μας νὰ τὸ κινήσωμε. Στὴν παράγραφο 1·10 (σχ. 1·10α,β,γ) εἶδαμε καὶ ἄλλες περιπτώσεις ἀδρανείας τῶν σωμάτων.

Βλέπομε, λοιπόν, ὅτι τὰ ὑλικὰ σώματα ἔχουν τὴν φυσικὴ ἰδιότητα νὰ ἀντιδροῦν σὲ κάθε δύναμη ποὺ θέλει νὰ μεταβάλῃ τὴν ἀκινησία ἢ τὴν κίνησή τους. Ἡ ἰδιότητα αὐτὴ λέγεται ἀδράνεια τῶν σωμάτων.

Μποροῦμε νὰ ἐπιταχύνωμε ἢ νὰ σταματήσωμε πολὺ πιὸ εὔκολα ἔνα αὐτοκίνητο, ὅταν εἰναι ἔξεφόρτωτο, παρὰ ὅταν εἰναι

πολὺ φορτωμένο. Ἐπ' αὐτὸν καταλαβαίνομε τὸ οὐρανόν σωμάτων εἶναι τόσο μεγαλύτερη ὅσο μεγαλύτερη εἶναι ἡ μάζα τους. Στὴν πρώτη περίπτωση, μὲ τὸ ἀδράνειαν αὐτοκίνητο, ἡ μάζα του εἶναι μικρή καὶ ἐπομένως, καὶ ἡ ἀδράνεια του εἶναι μικρή, ἐνῶ στὴν δεύτερη περίπτωση, ποὺ ἡ μάζα του εἶναι μεγαλύτερη καὶ ἡ ἀδράνεια του εἶναι ἐπίσης μεγαλύτερη. Τὸ τέλος συμβαίνει μὲ ὅλα τὰ σώματα. Παραδείγμα: τὸ σπρώξιμο μιᾶς μεγάλης καὶ μιᾶς μικρῆς βάρκας ἢ ἐνδεικτικός βαγονιοῦ καὶ ἐνδεικτικός γειραματιοῦ.

Ἐπαναλαμβάνομε, λοιπόν, αὐτὸν ποὺ εἴπαμε πιὸ πάνω: ὅτι, ἡ δύναμη, ποὺ χρειάζεται γιὰ νὰ μεταβληθῇ ἡ κινητικὴ κατάσταση ἐνδεικτικοῦ σώματος, εἶναι ἀνάλογη μὲ τὴν μάζα τοῦ σώματος αὐτοῦ.

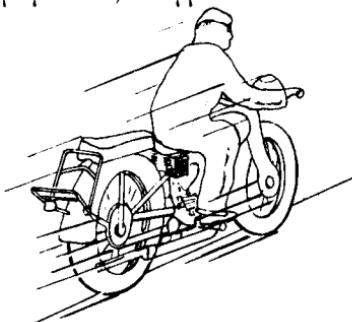


Σχ. 2·9 α.

Τὰ παραδείγματα τῆς ἀδράνειας ποὺ μπορεῖ νὰ ἀναφέρῃ κανεὶς εἶναι πάρα πολλά. Κάθε μέρα στὴν ζωὴ μας βρισκόμαστε μπροστὰ σὲ φαινόμενα ποὺ διφείλονται στὴν ἀδράνεια τῶν σωμάτων. Τὸ πείραμα ποὺ βλέπομε στὴν παραπάνω εἰκόνα (σχ. 2·9 α) καὶ ποὺ εἶναι εὔκολο νὰ τὸ ἐπαναλάβῃ, δικαίως, μᾶς δείχνει ὅτι, ἂν κινήσωμε ἀπότομα τὸ χαρτόνι, ποὺ ἔχομε ἐπάνω ἀπὸ τὸ ποτήρι, τὸ νόμισμα δὲν θὰ μετακινηθῇ μᾶς μὲ τὸ χαρτόνι, ἀλλὰ θὰ πέσῃ μέσα στὸ ποτήρι. Αὐτὸν διφείλεται στὴν ἀδράνεια τοῦ νομίσματος.

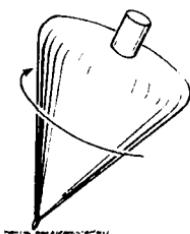
*Αλλη περίπτωση, ὅπου ἐκδηλώνεται ἡ ἀδράνεια τῶν σωμά-

τῶν, εἶναι ἡ δυναμικὴ ἴσορροπία τῶν σωμάτων ποὺ περιστρέφονται. "Ἐνα ποδήλατο λ.γ. ἢ μιὰ μοτοσυκλέτα εἰναι ἀδύνατο νὰ σταθῇ ὅρθια ὅταν τὴν κρατοῦμε ἀκίνητη· ὅταν ἔμως τρέχῃ καὶ σὶ τροχοὶ τῆς περιστρέφωνται, ἴσορροπεῖ πολὺ καλά (σχ. 2·9 β).



Σχ. 2·9 β.

Ἡ μοτοσυκλέτα ὅταν τρέχῃ δὲν πέφτει.



Σχ. 2·9 γ. Ἡ σβούρα ὅταν περιστρέφεται δὲν πέφτει.

Ἐκτὸς ἀπὸ τὴν περιστροφικὴ κίνηση παρατηροῦμε ὅτι δὲν ἀλλάζει καὶ ἡ διεύθυνση τοῦ ἄξονα περιστροφῆς.

Τὸ ἕδιο συμβαίνει μὲ ἔνα νόμισμα ποὺ τὸ κυλοῦμε ἢ μιὰ σβούρα ποὺ γυρίζει (σχ. 2·9 γ).

Αὐτὸ διείλεται στὸ ὅτι κάθε φορὰ ποὺ ἔνα σῶμα περιστρέφεται, θέλει νὰ κρατήσῃ τὸν ἄξονα τῆς περιστροφῆς του σταθερό.

2·10 Πώς μιὰ δύναμη μεταβάλλει τὴν ταχύτητα ἐνὸς σώματος.

"Ἄν μιὰ σταθερὴ δύναμη ἐπιδρᾷ συνεχῶς ἐπάνω σ' ἔνα ὄλικὸ

σῶμα και τὸ ἀναγκάζη νὰ κινῆται, τὸ σῶμα αὐτό, ὅπως εἰδαμε, παίρνει διαρκῶς μεγαλύτερη ταχύτητα, δηλαδὴ ή κίνησή του ἐπιταχύνεται. Αὐτὸ τὸ φαινόμενο τὸ παρατηροῦμε ὅταν π.χ. θέσωμε σὲ λειτουργία τὴν μηχανὴν ἐνὸς αὐτοκινήτου. "Ἄς δεχθοῦμε ὅτι ή μηχανὴ ἀσκεῖ διαρκῶς μιὰ σταθερὴ δύναμη ἐπάνω στὸ αὐτοκίνητο. Στὴν ἀρχὴ τὸ αὐτοκίνητο ἔχει ταχύτητα πολὺ μικρή. Ἐπειτα ή ταχύτητα αὐτὴ μεγαλώνει, ἀν καὶ ή μηχανὴ τοῦ δίνει συνεχῶς τὴν ἴδια σταθερὴ δύναμη. Δηλαδὴ τὸ αὐτοκίνητο ἀποκτᾶ ἐπιτάχυνση.

"Άλλο χαρακτηριστικὸ παράδειγμα είναι, ὅπως εἰδαμε, ή ἐλεύθερη πτώση ἐνὸς σώματος ποὺ είναι ἀρκετὰ βαρύ. Ἐπάνω του ἐνεργεῖ μιὰ σταθερὴ δύναμη, ποὺ είναι τὸ βάρος του. "Οσο δύμως πέφτει και περνᾷ ὁ χρόνος, ή ταχύτητά του γίνεται: μεγαλύτερη.

"Αν μεγαλώσωμε τὴν δύναμη ποὺ ἐφαρμόζομε στὸ ἵδιο σῶμα, παρατηροῦμε ὅτι θὰ γίνη πιὸ γρήγορος ὁ ρυθμὸς μὲ τὸν δποῖο αὐξάνει ή ταχύτητά του. Δηλαδὴ θὰ παρατηρήσωμε ὅτι αὐξάνει ή ἐπιτάχυνσή του.

Βλέπομε, λοιπόν, ὅτι ή αἴτια ποὺ κινεῖ τὸ σῶμα, δηλαδὴ ή δύναμη, είναι ἀνάλογη μὲ τὴν αὔξηση τῆς ταχύτητας, δηλαδὴ τὴν ἐπιτάχυνση. Εἰδαμε δύμως στὴν προηγούμενη παράγραφο, ὅτι αὐτὴ ή δύναμη, ποὺ χρειάζεται γιὰ νὰ κινήσῃ τὸ σῶμα, ἔχει σχέση και μὲ τὴ μάζα τοῦ σώματος, δηλαδὴ ὅτι ή δύναμη είναι ἀνάλογη μὲ τὴ μάζα του.

"Ωστε ή δύναμη ποὺ ἐνεργεῖ ἐπάνω σ' ἓνα σῶμα μπορεῖ νὰ τεθῇ ἵση μὲ τὸ γινόμενο τῆς μάζας (ποσὸ ὄλης) τοῦ σώματος ἐπὶ τὴν ἐπιτάχυνση (ρυθμὸς μὲ τὸν δποῖο μεταβάλλεται ή ταχύτητα).

Δηλαδή :

$$\Delta Y N A M H = M A Z A \cdot E P I T A X Y N S E H \quad \text{η} \quad P = m \cdot g$$

Στή σχέση αυτή, όταν μετροῦμε τις δυνάμεις σὲ kg και τις έπιταχύνσεις σὲ m/sec^2 , θὰ πρέπει νὰ βάζωμε τις μάζες σὲ μονάδες μάζας του τεχνικού συστήματος μονάδων, δηλαδὴ ($kgm^{-1} sec^{-2}$).

1 μονάδα μάζας του τεχνικού συστήματος = 9,81 kg μάζας.

Όσο πιὸ μεγάλη είναι ή μάζα, τόσο πιὸ μικρή είναι ή έπιταχύνση που προκαλεῖ ή ΐδια δύναμη.

Όταν έφαρμόζωμε τήν ΐδια δύναμη P έπάνω σὲ δυὸ σώματα που ἔχουν διαφορετική μάζα, ή έπιταχύνση θὰ είναι μικρότερη σ' έκείνο που ἔχει μεγαλύτερη μάζα και μεγαλύτερη σ' έκείνο που ἔχει μικρότερη μάζα.

Αντίστοιχα, οταν ἔχωμε ἕνα σῶμα μὲ δρισμένη μάζα και έφαρμόσωμε έπάνω του διαφορετικές δυνάμεις, ή μεγαλύτερη δύναμη θὰ του δώσῃ μεγαλύτερη έπιταχύνση.

2·11 Όρμη και ωθηση δυνάμεως.

Τήν λέξη «όρμη» τήν χρησιμοποιοῦμε πολὺ συχνὰ στήν καθημερινή μας ζωή. Λέμε λ.χ. δτι «τὰ γερά του ποταμοῦ τρέχουν μὲ δρμή», ή λέμε δικόμα δτι «δ ἀθλητής είναι δρμητικός» κλπ.

Τὸ ΐδιο πρᾶγμα ἔννοοῦμε και μὲ τή λέξη «φόρα». Λέμε λ.χ. δτι «ε ἀθλητής πήρε φόρα πρὶν πηδήσῃ».

Τὸν δρο δρμή τὸν χρησιμοποιοῦμε και στήν Φυσική γιὰ γὰ χαρακτηρίσωμε τὰ σώματα που κινοῦνται. Η δρμή λοιπὸν είναι μιὰ ΐδιοτητα που ἔχουν τὰ σώματα δταν κινοῦνται.

Πρέπει γὰ μὴ κάνωμε σύγχυση ἀγάμεσα στήν δρμή που ἔχει ἔνα κινούμενο σῶμα και στήν ταχύτητά του. Αλλο πρᾶγμα είναι ή ταχύτητα και δὲλλο ή δρμή. Υπάρχει βέβαια μιὰ σχέση ἀνάμεσα σ' αὐτά. Όσο πιὸ μεγάλη μάζα (δηλαδὴ ποσὸν үλης) ἔχει ἔνα σῶμα και έσο μεγαλώνει ή ταχύτητά του, τόσο μεγαλώνει και ή δρμή του. Η δρμή λοιπὸν είναι ἵση μὲ τὸ γινούμενο τῆς μάζας ἐπὶ τήν ταχύτητα του σώματος.

Γιὰ γὰ πάρωμε ἐμεῖς, ή ἔνα κινούμενο σῶμα, φόρα (δρμή), χρειάζεται γὰ ἀσκήσωμε έπάνω μας ή έπάνω στὸ σῶμα μιὰ δύναμη ἐπὶ ἔνα χρονικὸ διάστημα γιὰ γὰ μᾶς σπρώξῃ (γὰ μᾶς ωθήσῃ). Παρατηροῦμε δτι ή φόρα αὐτή θὰ είγκι: τόσο πιὸ μεγάλη έσο πιὸ μεγάλη είναι ή δύ-

ναμη ποὺ μᾶς σπρώχνει (μᾶς ὠθεῖ) καὶ δσο πιὸ μεγάλο εἶγαι τὸ χρονικὸ διάστημα κατὰ τὸ δποὶο γί δύναμη σπρώχνει τὸ σῶμα.

Στὴν Φυσικὴν δύναμάς ομε ὥθηση μιᾶς δυνάμεως τὸ μέγεθός της ἐπὶ τὸ γρόνο ποὺ ἐνεργεῖ.

"Οσο μεγαλύτερη ὥθηση ἔχομε στὴ διάθεσή μας, τόσο μεγαλύτερη φόρα (δρμή) θὰ ἀποκτήσωμε. Συμπεραίνομε λοιπὸν δτι γί ὥθηση εἶγαι ἵση μὲ τὴν δρμή.

η	ΩΘΗΣΗ ΔΥΝΑΜΕΩΣ = ΟΡΜΗ ΔΥΝΑΜΗ·ΧΡΟΝΟΣ = ΜΑΖΑ·ΤΑΧΥΤΗΤΑ
---	--

$$\text{η μὲ σύμβολο } . \quad P \cdot t = m \cdot v \quad \text{η} \quad P = \frac{m \cdot v}{t}$$

Χαρακτηριστικὸ παράδειγμα ὥθήσεως εἶγαι τὰ ἄλματα τῶν δθλητῶν. Γιὰ γὰ ἐπιτύχουν οἱ ἀθληταὶ μεγάλο ἄλμα, πρέπει γὰ ἔχουν φόρα, δηλαδὴ δρμή. Καὶ γιὰ γὰ πάρουν φόρα, πρέπει: γὰ τρέξουν προηγουμένως ἀρκετὸ γρόνο καὶ γὰ καταβάλλουν μεγάλη προσπάθεια, δηλαδὴ γὰ ἀγκαπτύζουν μεγάλη δύναμη.

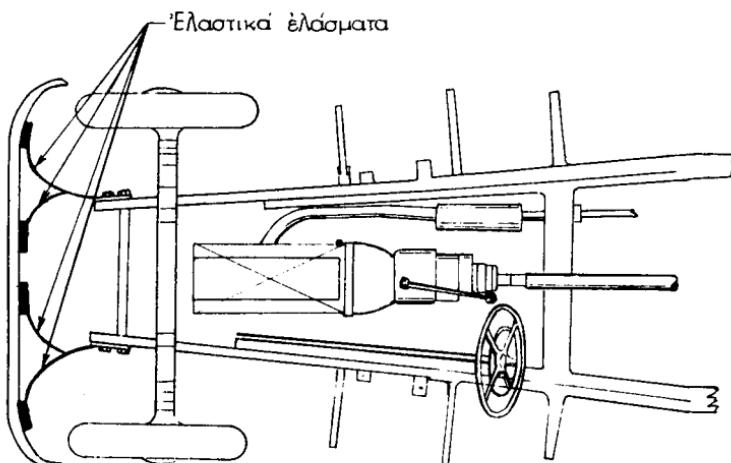
"Ἐνα ἄλλο παράδειγμα ποὺ θὰ μᾶς κάνῃ γὰ καταλάθωμε καλύτερα τὴν σχέση ἀνάμεσα στὴν δρμή καὶ τὴν ὥθηση εἶγαι: γί σύγκρουση μεταξὺ δύο σωμάτων π.χ. δύο αὐτοκινήτων.

"Οταν ἔνα αὐτοκίνητο τρέχῃ, ἔχει: μιὰ δρισμένη, δρμή. "Αν συγκρουσθῇ τὸ αὐτοκίνητο, γί βλάβη ποὺ θὰ πάλη, θὰ εἶγαι ἀγάλογη μὲ τὴ δύναμη τῆς συγκρούσεως. "Η ὥθηση τοῦ αὐτοκινήτου εἶγαι δρισμένη (ἀφοῦ γί δρμή του εἶγαι δρισμένη) καὶ ἵση μὲ τὸ γινόμενο τῆς δυνάμεως ἐπὶ τὸ γρόνο τῆς συγκρούσεως. Γιὰ γὰ εἶγαι λοιπὸν γί δύναμη τῆς συγκρούσεως μικρή, πρέπει δι γρόνος τῆς συγκρούσεως γὰ εἶγαι μεγάλος. Αὐτὸ τὸ ἐπιτυγχάνωμε κάνοντας τοὺς προφυλακτήρες τῶν αὐτοκινήτων ἐλαστικούς, ὕστε, ὅταν συγκρούωνται, γὰ κάμπτωνται καὶ ἔτσι γί σύγκρουση, δηλαδὴ γί ἀπότομη ἐπαφὴ τῶν σωμάτων, γὰ διαρκῆ περισσότερο χρονικὸ διάστημα (σχ. 2·11 α).

Κατὰ παρόμοιο τρόπο εἶγαι κατασκευασμένοι καὶ οἱ προφυλακτήρες τῶν βαγοιῶν τῶν τραίνων. "Πάρχουν εἰδοικὰ ἐλαττήρια στὸ ἐσωτερικὸ τῶν προφυλακτήρων, τὰ δποὶα ἐλαττώνουν τὶς δυνάμεις ποὺ ἀναπτύσσονται κατὰ τὶς κρούσεις μεταξὺ τῶν βαγοιῶν (σχ. 2·11 β).

"Ἐνα ἄλλο πολὺ ἐνδιαφέρον παράδειγμα εἶγαι τὸ ἔξτης:

Τὸ σφυρὶ ἐπιβάλλει μιὰ δύναμη ἔκει ποὺ θὰ κτυπήσῃ. Ἡ δύναμη αὐτὴ εἶναι τόσο πιὸ μεγάλη, όσο πιὸ μεγάλη εἶναι ἡ μάζα τοῦ σφυριοῦ, όσο πιὸ μεγάλη ἡ ταχύτητα μὲ τὴν δροία θὰ πέσῃ, καὶ ὅσο πιὸ μικρὸς ὁ χρόνος ποὺ θὰ χρειασθῇ γιὰ νὰ μείνῃ ἀκίνητο μετὰ τὴν σύγκρουση.

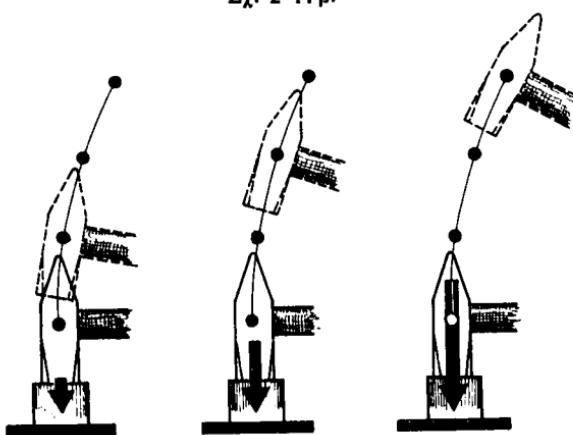
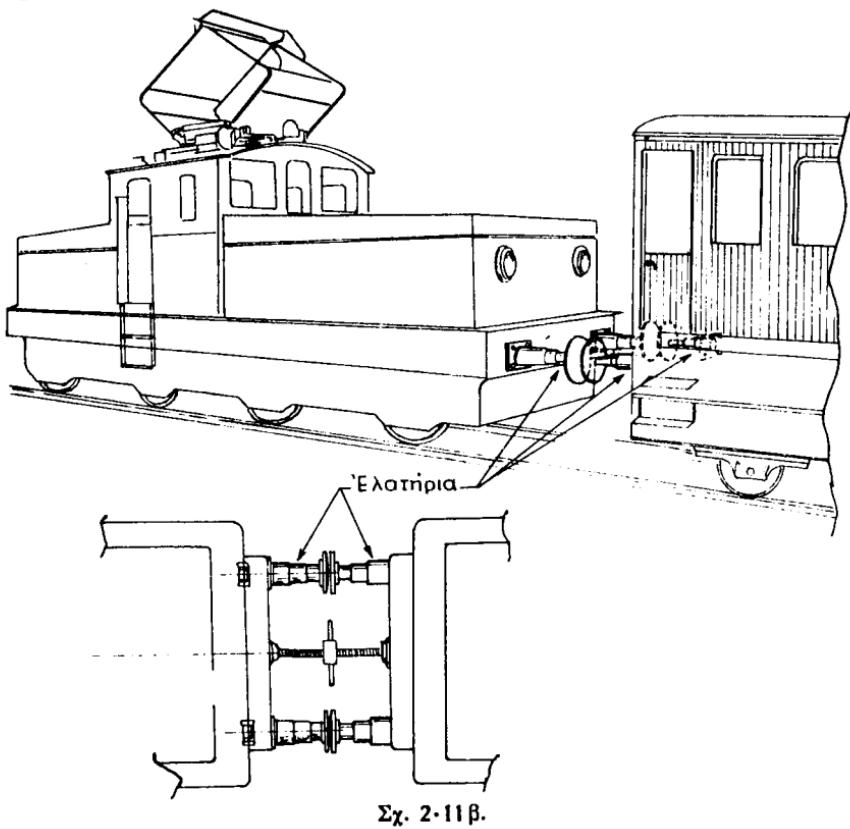


Σχ. 2.11α.

Μεγάλη ὄρμη μπορεῖ νὰ πάρῃ ἔνα σφυρὶ, ἀν τοῦ ἐφαρμόζωμε μεγάλη δύναμη ἐπὶ μεγάλο χρόνο, πρᾶγμα ποὺ ἔξαρταται ἀπὸ τὴν ἀπόσταση ποὺ πρέπει νὰ διατρέξῃ, δηλαδὴ τὴν ἀπόσταση μεταξὺ τοῦ σφυριοῦ καὶ τοῦ στόχου του (σχ. 2.11γ).

Γι’ αὐτό, δταν θέλωμε δυνατὰ κτυπήματα, χρησιμοποιοῦμε «βαρειὲς» (δηλαδὴ βαρειὰ σφυριὰ) καὶ φροντίζομε ἡ διαδρομὴ τους νὰ εἶναι μεγάλη, δηλαδὴ τὶς ἀνεβάζομε πολὺ φηλὰ πρὶν τὶς κατεβάσωμε καὶ κτυπήσωμε.

Ηρέπει νὰ ξεκαθαρίσωμε, δπως κάναμε καὶ πρὶν, δτι ὁ χρόνος, γιὰ τὸν δροῖο μιλοῦμε, εἶναι ὁ χρόνος ποὺ περνᾷ ἀπὸ τὴν στιγμὴ ποὺ ἔρχονται σὲ ἐπαφὴ τὰ συγκροινόμενα σώματα, ἔως τὴν στιγμὴ ποὺ ὅλα θὰ μείνουν πιὰ ἀκίνητα. “Οταν, λοιπόν, θέλωμε γὰ καταφέρωμε δυνατὰ κτυπήματα, δηλαδὴ δταν θέλωμε γὰ ἐπιτύχωμε μεγάλες δυνάμεις μὲ τὰ σφυροκοπῆματα, χρησιμοποιοῦμε ἀτσαλόσφυρα, διότι τὸ ἀτσάλι εἶναι σκληρὸς ὑλικὸ καὶ ἔτσι ἡ διάρκεια (χρόνος) τῆς συγκρούσεως ἐλαττώνεται, ἔνω ἀναπτύσσεται μεγάλη δύναμη.



2·12 Δράση καὶ ἀντίδραση δυνάμεων.

"Αν κρατήσωμε ἐπάνω στὸ χέρι μας ἕνα μαλακὸ ἐλαστικὸ ἀντικείμενο, π.χ. ἕνα μισοσθρασμένο ἔσφλουδισμένο αὐγό, αἰσθανόμαστε τὸ βάρος του, δηλαδὴ διαπιστώνομε μιὰ δύναμη ποὺ ἀσκεῖται πρὸς τὰ κάτω ἐπάνω στὸ χέρι μας. Συγχρόνως ὅμως βλέπομε ὅτι τὸ αὐγό, καθὼς τὸ κρατοῦμε ἔτσι, χάνει τὸ κανονικό του σχῆμα, κυρίως στὸ κάτω μέρος του γίνεται πλατύτερο. Αὐτὸ μᾶς δείχνει ὅτι καὶ τὸ αὐγὸ δέχεται: ἀπὸ τὸ χέρι μας μιὰ δύναμη ποὺ τὸ παραμορφώνει. 'Αφοῦ τὸ αὐγὸ δὲν κινεῖται, οἱ δυνάμεις ποὺ ἀσκοῦνται ἐπάνω σ' αὐτὸ ἰσορροποῦν. Δηλαδὴ αὐτὸ σημαίνει ὅτι τὸ χέρι πιέζει τὸ αὐγὸ μὲ δύναμη, ποὺ εἶναι ἵση μὲ τὸ βάρος του. Παντοῦ δηλαδὴ μὲ ὅση δύναμη πιέζει τὸ αὐγὸ τὸ χέρι μὲ τόση δύναμη πιέζει καὶ τὸ χέρι μας τὸ αὐγό.

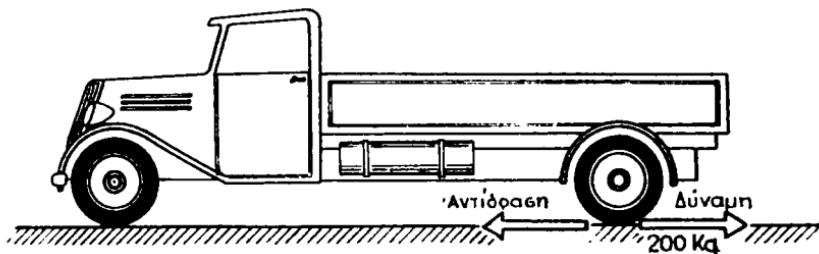
Τὴν δύναμη ποὺ ἀσκεῖ τὸ αὐγὸ στὸ χέρι μας (τὸ βάρος του) τὴν δνομάζομε δράση δυνάμεως. Τὴν δύναμη ποὺ ἀσκεῖ τὸ χέρι μας ἐπάνω στὸ αὐγὸ τὴν δνομάζομε ἀντίδραση δυνάμεως, διότι ἀντιδρᾶ (ἀντιστέκεται) στὸ βάρος του αὐγοῦ ποὺ πιέζει τὸ χέρι μας. Αὐτὸ συμβαίνει γενικὰ σὲ ὅλα τὰ ὑλικὰ σώματα, ὅταν μεταξύ τους ἀσκοῦν δυνάμεις.

Στὸ σχῆμα 1·3 θ εἰδαμε πῶς ἀναλύεται τὸ βάρος του αὐτοκινήτου στὰ στηρίγματα τῆς γέφυρας: οἱ δυνάμεις αὐτές, στὶς δποῖες ἀναλύεται τὸ βάρος του αὐτοκινήτου, ἰσορροποῦνται ἀπὸ δυνάμεις ἵσες καὶ ἀντίθετες πρὸς αὐτές, τὶς δποῖες ἀσκοῦν τὰ στηρίγματα τῆς γέφυρας.

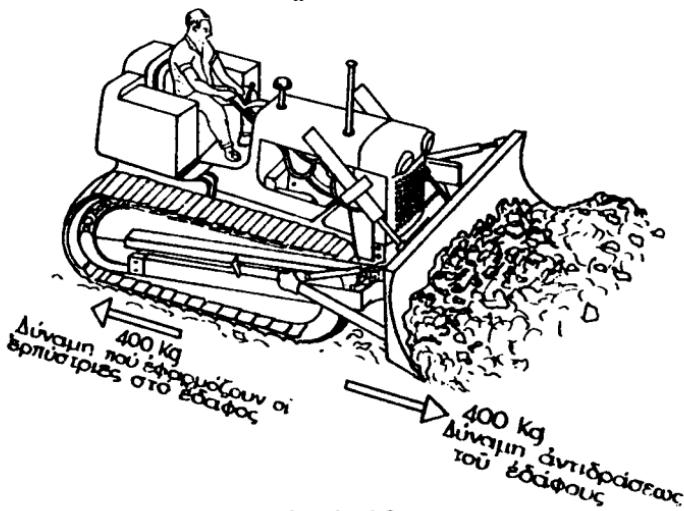
Τὸ ἓδιο συμβαίνει καὶ στὶς περιπτώσεις τῶν σχημάτων 1·3 καὶ 1·3 κ. Οἱ ἀνθρώποι ἀσκοῦν ἐπάνω στὰ ξύλα δυνάμεις ἵσες καὶ ἀντίθετες πρὸς αὐτές ποὺ ἀσκοῦν οἱ μπανάνες ἢ ἡ ζυγαριὰ ἐπάνω σ' αὐτούς.

Βλέπομε, λοιπόν, ὅτι σὲ κάθε δύναμη ἀντιστέκεται μιὰ ἄλλη δύναμη ποὺ λέγεται ἀντίδραση καὶ ποὺ εἶναι πάντα ἵση μὲ τὴν πρώτη, ποὺ τὴν προκαλεῖ.

Τὸ αὐτοκίνητο ποὺ φαίνεται στὸ σχῆμα 2·12 α κινεῖται πρὸς τὰ ἀριστερά. Ἀλλὰ ἡ δύναμη ποὺ προκαλεῖ τὴν κίνησή του καὶ ποὺ εἶναι ἵση μὲ 200 χιλιόγραμμα, ἔχει φορὰ ἀπὸ τὰ ἀριστερὰ πρὸς τὰ δεξιά (στὸ σχῆμα). Ἡ δύναμη αὐτὴ ποὺ προέρχεται



Σχ. 2·12 α.



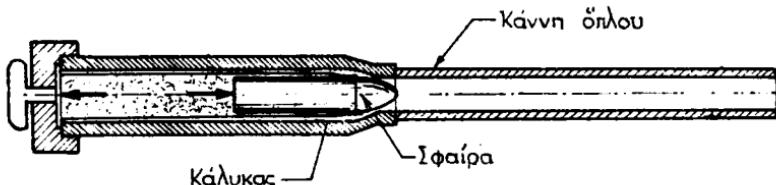
Σχ. 2·12 β.

ἀπὸ τὴν μηχανὴν τοῦ αὐτοκινήτου μεταφέρεται μὲ τὰ διάφορα μηχανικὰ ἐξαρτήματα τοῦ αὐτοκινήτου (ἄξονες, δισκούτωτοὺς τροχοὺς κλπ.) καὶ, τελικά, ἐφαρμόζεται ἵνε τὴν βοήθεια τῶν τροχῶν στὸ έδαφος, τὸ δποῖο ἀντίδραση καὶ σπρώγχει τὸ αὐτοκίνητο, ποὺ ἔται κινεῖται..

Ἡ δύναμη τῆς μπουλντόζας ποὺ σπρώχνει τὰ χώματα (σχ. 2·12 β) εἰναι ἵση μὲ 400 χιλιόγραμμα καὶ ἔχει φορὰ ἀπὸ τὰ δεξιὰ πρὸς τὰ ἀριστερά. Καὶ στὸ παράδειγμα αὐτὸν ἡ δύναμη παράγεται στὴ μηχανὴ τῆς μπουλντόζας, μεταφέρεται στὶς ἑρπύστριες ποὺ τὴν ἐφαρμόζουν στὸ ἔδαφος ἀπὸ τὰ δεξιὰ στὰ ἀριστερά. Τὸ ἔδαφος ἀντιδρᾶ σ' ὅλο τὸ μῆκος ποὺ ἔχουν οἱ ἑρπύστριες, σπρώχνει τὸ ὄχημα ποὺ ἔτσι κινεῖται ἀπὸ τὰ ἀριστερά πρὸς τὰ δεξιά. Μαζὶ μὲ τὸ ὄχημα κινεῖται καὶ ἡ μεγάλη λεπίδα του ποὺ σπρώχνει τοὺς σωροὺς τῶν χωμάτων.

2·13 Διατήρηση τῆς δρμῆς.

“Οταν πυροβολοῦμε μὲ ἔνα τουφέκι, τὸ βλῆμα φεύγει πρὸς τὰ ἐμπρός, ἐνῷ τὸ τουφέκι κινεῖται πρὸς τὰ πίσω (κλωτσᾶ) (σχ. 2·13 α) καὶ, ἀν δὲν προσέξωμε, μᾶς κτυπᾷ στὸν ὠμο. Στὴν περίπτωση αὐτὴ είναι φανερὸ πῶς ἡ πίεση τῶν ἀερίων τοῦ μπαρούτιον μέσα στὴν κάννη, πιέζει τὰ τοιχώματα (κάννη) τοῦ τουφεκιοῦ ἵδια πρὸς ὅλες τὶς μεριές. Ήπερ δλα αὐτὰ τὸ τουφέκι κλωτσᾶ μόνο πρὸς τὰ πίσω καὶ μάλιστα μὲ δυναμη σπρώχνεται ἡ σφαίρα πρὸς τὰ ἐμπρός, σπρώχνεται καὶ τὸ τουφέκι πρὸς τὰ πίσω. Μόνο πού, ἐπειδὴ είγαι πολὺ βαρύτερο, κινεῖται πολὺ πιὸ σιγά.

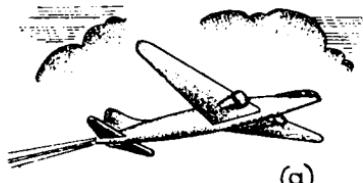


Σχ. 2·13 α.

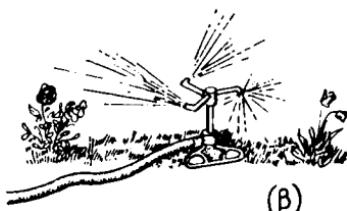
Ἡ πίεση τῶν ἀερίων μέσα στὸν κάλυκα είναι ἡ ἴδια πρὸς ὅλες τὶς διευθύνσεις: μὲ δην δύναμη σπρώχνεται ἡ σφαίρα πρὸς τὰ ἐμπρός σπρώχνεται καὶ τὸ τουφέκι πρὸς τὰ πίσω.

Τὸ ἴδιο συμβαίνει καὶ ὅταν πηδοῦμε ἀπὸ μιὰ βάρκα: Μὲ δην δύναμη σπρώχνομε τὸ σῶμα μας πρὸς τὰ ἐμπρός, μὲ τὴν ἴδια δύναμη σπρώχνομε καὶ τὴν βάρκα πρὸς τὰ πίσω καὶ ἔτσι κινεῖται καὶ αὐτὴ σὲ κατεύθυνση ἀγτίθετη ἀπὸ μᾶς.

Στὶς περιπτώσεις αὐτὲς βλέπομε πάλι, ὅπως στὴν προηγούμενη παράγραφο, τὴν ἀρχὴν τῆς δράσεως καὶ ἀντιδράσεως τῶν δυνάμεων. "Αν μετρήσωμε τὰς μάζες καὶ τὰς ταχύτητες τῶν σωμάτων καὶ ὑπολογίσωμε



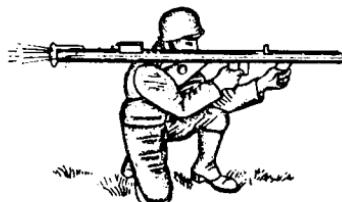
(α)



(β)



(γ)



(δ)

Σχ. 2·13 β.

τὴν ὄρμή τους, θὰ βροῦμε ὅτι τὸ ἀθροϊσμα τῶν ὄρμῶν σφαίρας καὶ τουφεκιοῦ ἢ ἀνθρώπου καὶ βάρκας εἶναι ὅσο ἡταν καὶ πρὶν πυροβολήσωμε μὲ τὸ τουφέκι ἢ πρὶν πγῆσωμε ἀπὸ τὴν βάρκα.

Γι' αὐτὸ λέμε, δτι σὲ ἔνα σύστημα (π.χ. τουφέκι-σφαίρα), ἐφ' ὅσον δὲν δροῦν ἐπάγω σ' αὐτὸ ἔξωτερικὲς δυνάμεις, ή συνολικὴ ὁρμὴ διατηρεῖται σταθερή.

Τὸ φαινόμενο αὐτὸ τῆς διατηρήσεως τῆς ὁρμῆς εἶναι πολὺ συνηθισμένο καὶ ἔχει πολλὲς ἐφαρμογές. Στὰ τέσσερα σχήματα 2·13 β (α, β, γ, δ,) βλέπομε περιπτώσεις ὅπου ἐφαρμόζεται ή ἀρχὴ τῆς διατηρήσεως τῆς ὁρμῆς.

Στὴν ἀρχὴν αὐτῇ στηρίζεται μιὰ τεράστια πρόδος ποὺ ἔγινε στὴν σημερινὴ τεχνική, δηλαδὴ οἱ κινητῆρες ἀντιδράσεως. Οἱ κινητῆρες αὗτοὶ χρησιμοποιοῦνται στὰ ἀεριωθούμενα ἀεροπλάνα καὶ στὸν πυραύλους. Ό τρόπος μὲ τὸν δρόπο λειτουργοῦν οἱ κινητῆρες ἀντιδράσεως εἶναι δέξης:

Στὸ κατάλληλο τμῆμα τῆς μηχανῆς συγκεντρώνεται ἀτμοσφαιρικὸς ἀέρας καὶ καίεται τὸ καύσιμο. Μὲ τὴν μεγάλη πίεση ποὺ δημιουργεῖται φεύγουν τὰ ἀέρια ὁρμητικὰ πρὸς τὰ πίσω, συγχρόνως τὸ ἀεροσκάφος ἢ δύραυλος προσθεῖται, δηλαδὴ σπρώχνεται πρὸς τὰ ἐμπρός (βλέπε «Θερμικαὶ Μηχαναῖ», Κεφάλαιο Θερμότητας).

Ἡ ἀεροπορία χρησιμοποιεῖ πολὺ αὐτοὺς τοὺς κινητῆρες καὶ εἶναι πιθανὸ δτι η μέθοδος αὐτὴ θὰ ἐφαρμόζεται στὸ μέλλον καὶ γιὰ ἄλλα δχῆματα, (τραίνα, αὐτοκίνητα, πλοῖα κλπ.).

2·14 Φυγόκεντρος δύναμη.

“Οταν στρέψωμε τὸ τιμόνι ἐνὸς αὐτοκινήτου τὴν ὕρα ποὺ τρέχει, η τροχιὰ τοῦ αὐτοκινήτου γίνεται κυκλικὴ. Σιδηροδρομικὲς γραμμές, τοποθετημένες στὸ ἔδαφος κυκλικά, ἀναγκάζουν τὰ τραίνα νὰ ἀκολουθήσουν κυκλικὴ τροχιά.

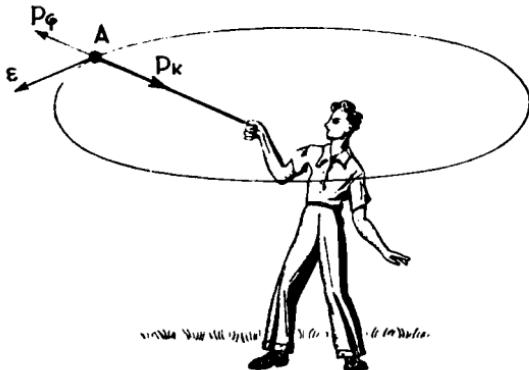
“Οταν στριφογυρίσωμε μιὰ πέτρα μὲ μιὰ σφενδόνη, η πέτρα ἀναγκάζεται νὰ διαγράψῃ κυκλικὴ τροχιὰ (σχ. 2·14 α).

Σὲ δλες αὐτὲς τὶς περιπτώσεις, δταν τὸ σῶμα κινῆται κυκλικά, ἀλλάζει συνεχῶς διεύθυνση· γιὰ νὰ συμβαίνῃ ὅμως αὐτό, σημαίνει δτι κάποια δύναμη δρᾶ ἐπάγω σ' αὐτό. Η δύναμη αὐτὴ (Ρχ στὸ σχῆμα 2·14 α) κατευθύνεται πρὸς τὸ κέντρο τῆς κυκλικῆς τροχιᾶς ποὺ ἀκολουθεῖ τὸ σῶμα.

Τὴν δύναμη αὐτὴν τὴν ἀσκεῖ, στὴν περίπτωση τοῦ αὐτοκινή-

του καὶ τοῦ τραίνου, ἢ τροχιὰ καὶ, στὴν περίπτωση τῆς σφενδόνης, τὸ σχοινὶ τῆς σφενδόνης.

Παρατηροῦμε ὅμως ὅτι σὲ ὅλες τὶς περιπτώσεις ἡ δύναμη αὐτὴ ποὺ κατευθύνεται πρὸς τὸ κέντρο δὲν μετακινεῖ τὸ σγημένο ἐφαρμογῆς της Α κατὰ τὴν διεύθυνσή της. Αὐτὸς σημαίνει πὼς μιὰ ἄλλη δύναμη ἵση καὶ ἀντίθετη πρὸς αὐτὴν δρᾶ ἐπάνω στὸ σῶμα καὶ προσπαθεῖ νὰ τὸ κάνῃ νὰ φύγῃ ἀπὸ τὸ κέντρο τῆς τροχιᾶς. Τὴν δύναμη αὐτὴν τὴν δύναμίζομε φυγόκεντρο. Τὴν φυγόκεντρο δύναμη τὴν αἰσθανόμαστε ὅταν εἴμαστε μέσα σ' ἓνα αὐτοκίνητο ποὺ παίρνει στροφή. Τότε βλέπομε ὅτι γέρνομε καὶ ἀναγκαζόμαστε νὰ κρατηθοῦμε.



Σχ. 2·14 α.

Μὲ τὸ σχοινὶ τῆς σφενδόνης ἀσκοῦμε δύναμη P_k στὴν πέτρα γιὰ νὰ τὴν κρατήσωμε ἐπάνω στὴν κυκλικὴ τροχιά. Η πέτρα ἀντιδρᾶ (τραβᾶ) τὸ σχοινὶ μὲ τὴ φυγόκεντρο δύναμη $P_\varphi = P_k$. "Αν κοπῇ τὸ σχοινὶ, ἢ πέτρα θὰ φύγῃ πρὸς τὴν κατεύθυνση ε."

Η φυγόκεντρος δύναμη εἶναι κι' αὐτὴ μιὰ δύναμη ἀδρανείας καὶ δρεῖλεται στὸ ὅτι τὰ σώματα τείνουν νὰ κινηθοῦν εὐθύγραμμα καὶ ἀντιδροῦν δταν ἔμεῖς τὰ ἀναγκάζομε νὰ κινηθοῦν κυκλικά. Αὐτὴ τὴν τάση ποὺ ἔχουν τὰ σώματα νὰ κινηθοῦν εὐθύγραμμα, τὴν βλέπομε ὅταν σπάσῃ τὸ σχοινὶ τῆς σφενδόνης, δόποτε ἢ πέτρα φεύγει εὐθύγραμμα κατὰ τὴν διεύθυνση ε (σχ. 2·14 α) ποὺ εἰγεῖ

τὴν στιγμὴν ποὺ ἔσπασε τὸ σχοινί. Τὴν στιγμὴν αὐτὴν παύει, φυσικά, νὰ ὑπάρχῃ φυγόκεντρος δύναμη.

Τὸ ἵδιο φαίνεται πολὺ ώραῖα στὸ σμυριδοτροχό, στὸν ὅποιο ἀκονίζομε διάφορα ἔργα λεῖα. Τὰ μικρὰ κομματάκια τῆς ὕλης πυρώνονται ἀπὸ τὴν τριβὴν, καὶ φαίνονται σὰν σπίθες ποὺ τινάζονται ἀπὸ τὰ σημεῖα τοῦ τροχοῦ, ἀπὸ τὰ ὅποια ἔκειλοῦν, μὲν κατεύθυνση πάντοτε τὴν ἐφαπτομένη στὴν περιφέρεια τοῦ τροχοῦ στὰ σημεῖα αὐτά.

Η φυγόκεντρος δύναμη (Pφ) εἶναι ἀνάλογη πρὸς τὴν μάζα (m) τοῦ σώματος καὶ πρὸς τὸ τετράγωνο τῆς γραμμικῆς ταχύτητας (v) τοῦ σώματος καὶ εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογη τῆς ἀκτίνας (R) τῆς κυκλικῆς τροχιᾶς. (Δηλαδὴ δσο μεγαλώνει ἡ ἀκτίνα, τόσο μικρότερη γίνεται ἡ φυγόκεντρος δύναμη).

Ἐχορει λοιπὸν τὴν σχέση:

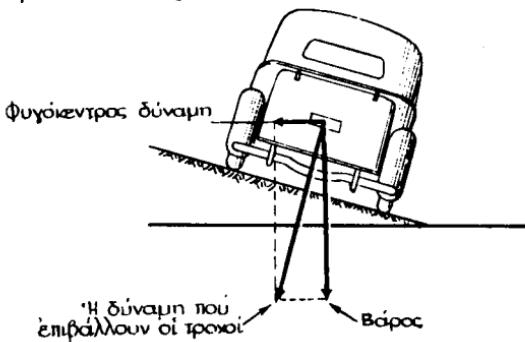
$$\text{ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΟΣ ΔΥΝΑΜΗ} = \frac{\text{MAZA} \cdot \text{TETRAGONO TACHYTHTAΣ}}{\text{AKTINA}}$$

ἢ μὲν σύμβολα

$$Pφ = \frac{m \cdot v^2}{R}$$

Όταν κατασκευάζωμε δρόμους ἢ σιδηροδρομικὲς γραμμές, πρέπει νὰ λαμβάνωμε ὑπ' ὄψη μας τὴν φυγόκεντρο δύναμη ποὺ ἀναπτύσσεται μέσα στὰ δχγματα, δταν περνοῦν ἀπὸ στροφές. Κατασκευάζομε, λοιπόν, τοὺς δρόμους καὶ τὶς σιδηροδρομικὲς γραμμὲς μὲ κλίση πρὸς τὸ ἐσωτερικὸ τῆς στροφῆς ἔτσι, ὥστε ἡ συνισταμένη τοῦ βάρους καὶ τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως νὰ εἰναι κάθετος πρὸς τὴν ἐπιφάνεια τοῦ δρόμου ἢ τῆς σιδηροδρομικῆς γραμμῆς. Ἀν ἡ κλίση κύτη δὲν εἶναι ἀρκετή, ἢ ἂν ἡ ταχύτητα εἴναι πολὺ μεγάλη, ὑπάρχει κίνδυνος ἀνατροπῆς (σχῆματα 2·14 β, γ, δ, ε καὶ ζ). Στὶς στροφές, λοιπόν, πρέπει πάντα νὰ ἐλαττώνωμε τὴν ταχύτητα δσο πρέπει.

Τὸ βάρος ποὺ αἰσθανόμαστε συνήθως ἀλλάζει, ὅταν κινούμεθα σὲ τροχιὰ ποὺ δὲν εἰναι εὐθύγραμμη καὶ ὁρίζοντια. Π.χ. στὶς στροφές τῶν αὐτοκινήτων αἰσθανόμαστε ὅτι τὸ βάρος μας εἰναι μεγαλύτερο καὶ μάλιστα ὅτι δὲν κατευθύνεται κατακόρυφα. Μποροῦμε ἀκόμα νὰ παρατηρήσωμε στὴν περίπτωση αὐτῇ ὅτι οἱ τροχοὶ τῆς μιᾶς πλευρᾶς τοῦ αὐτοκινήτου πιέζονται περισσότερο, ἀπὸ ὅσο ὅταν τὸ αὐτοκίνητο βρέσκεται στὴν κανονικὴ εὐθύγραμμη κίνηση, καὶ μάλιστα πιέζονται λοξά.

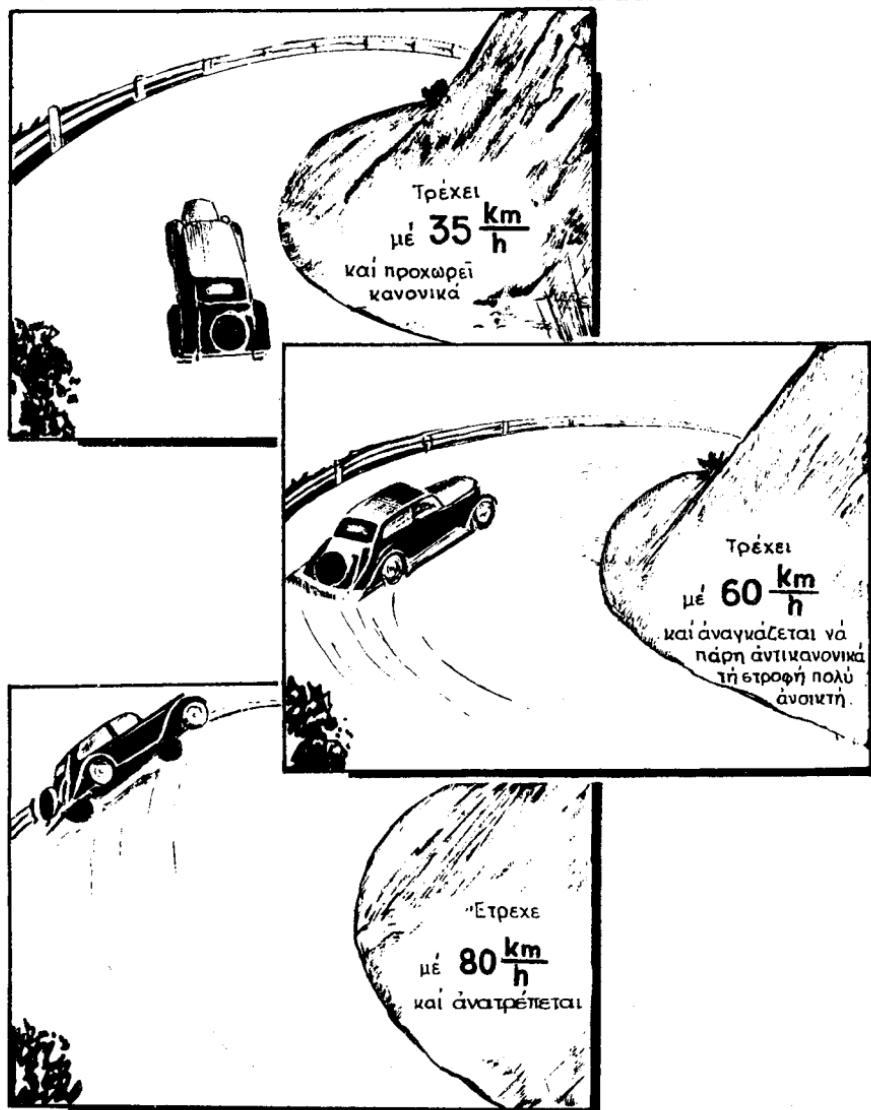


Σχ. 2·14 β.

Τὴν φυγόκεντρο δύναμην τὴν χρησιμοποιοῦμε ωὲ πολλὲς περιπτώσεις. Οἱ φυγοκεντρικὲς ἀντλίες εἰναι μιὰ ἀπὸ τὶς πιὸ συνηθισμένες καὶ πιὸ σημαντικὲς ἔφαρμογές (σχ. 2·14 γ.).

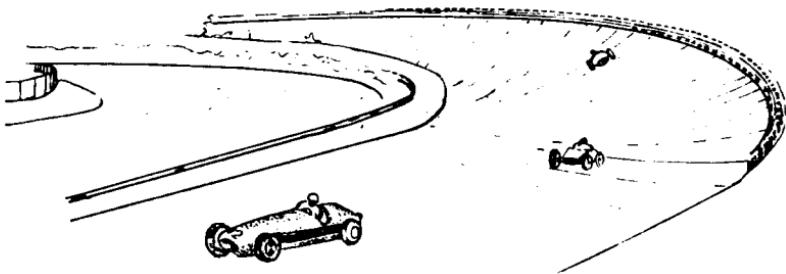
"Ἄλλῃ σημαντικὴ ἔφαρμογὴ τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως εἰναι οἱ φυγοκεντρικοὶ διαχωριστὲς (σχ. 2·14 θ) ποὺ χρησιμεύουν νὰ διαχωρίζουν ἀνακατεμένα ὑγρὰ ποὺ ἔχουν διαφορετικὰ εἰδικὰ βάρη.

Μέσα στοὺς διαχωριστὲς τοποθετοῦμε τὸ μῆγμα ποὺ πρέπει νὰ διαχωρίσωμε στὰ συστατικά του. "Οταν ἀρχίσῃ ἡ περιστροφὴ τῆς μηχανῆς, τὰ διάφορα συστατικά, ἐπειδὴ ἔχουν διαφορετικὸ εἰδικὸ βάρος καὶ ἐπομένως ἀναπτύσσουν διαφορετικὴ φυγόκεντρο δύναμη, διαχωρίζονται. Τὰ βαρύτερα τινάζονται πρὸς τὰ ἔξω, τὰ ἐλαφρότερα πιὸ μέσα. "Ετοι π.χ. διαχωρίζομε τὴν μούργα ἀπὸ τὸ λάδι καὶ ἔτοι ξεχωρίζομε σήμερα τὸ βούτυρο ἀπὸ τὸ γάλα.



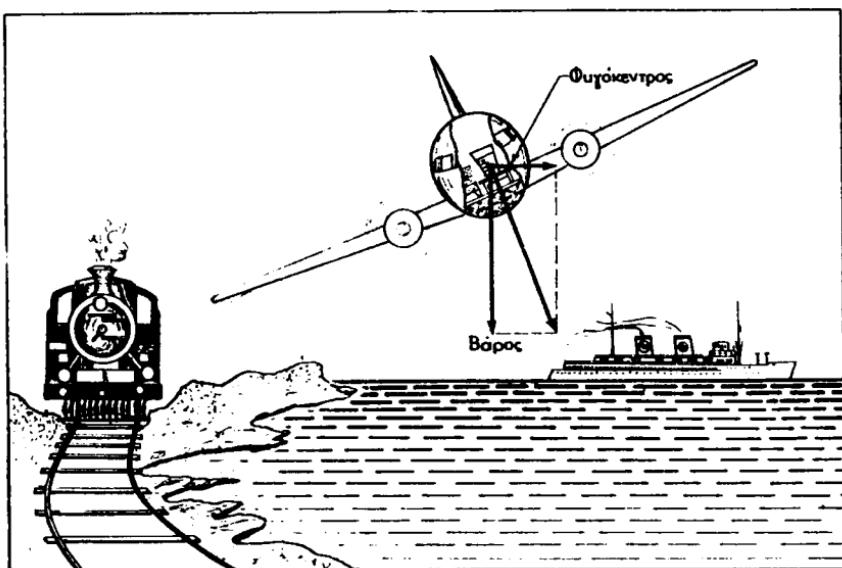
Σχ. 2·14 γ.

Τὸ κατάστρωμα τοῦ δρόμου αὐτοῦ δὲν ἔχει ἀρκετὴ κλίση. "Οταν ἡ ταχύτητα τοῦ αὐτοκινήτου εἰναι 35 km/h περνᾷ τὴν στροφὴν ἄνετα. "Οταν εἰναι 60 km/h γλυστρᾷ πρὸς τὰ ἔξω τῆς στροφῆς. "Οταν πάλι εἰναι 80 km/h ἡ φυγόκεντρος δύναμη εἰναι τόση ποὺ τὸ ἀναποδογυρίζει καὶ τὸ ρίχνει στὸν γκρεμό.



Σχ. 2·14δ.

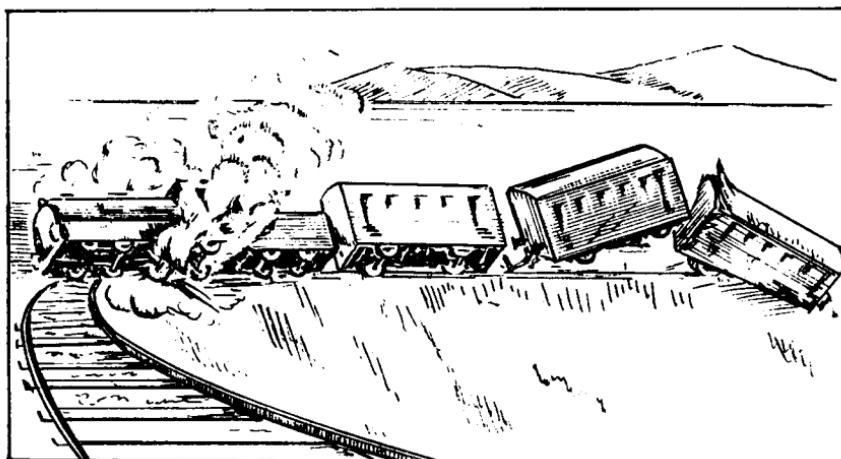
Στὰ αὐτοκινητοδρόμια δὲ στίβος στὶς στροφές ἔχει κατάλληλη κλίση.



Σχ. 2·14ε.

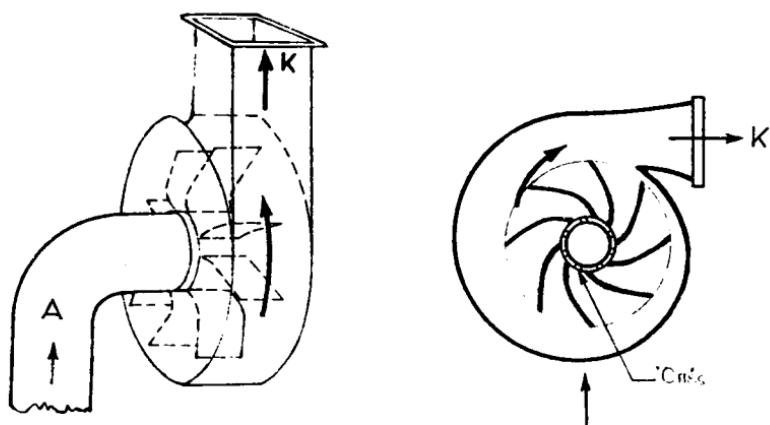
Ο πιλότος δταν θέλη νὰ κάνῃ στροφή, δίνει κλίση στὸ ἀεροπλάνο, ὥστε ἡ συνισταμένη βάρους καὶ φυγοκέντρου δυνάμεως νὰ είναι κάθετη στὸ δάπεδο τοῦ ἀεροπλάνου.

Τὸ συμπέρασμα ἀπὸ αὐτὰ ποὺ ἔχομε πῆ ὡς τώρα εἶναι δτι στὸ περιβάλλον ποὺ ζοῦμε καὶ κινούμεθα ἐμεῖς καὶ τὰ διάφορα σώματα, δὲν δεχόμαστε μόνο τὴν ἐπιδραση τῆς βαρύτητας γιὰ τὴν ὅποια μιλήσαμε σὲ προηγούμενο Κεφάλαιο, ἀλλὰ δεχόμαστε ἀκό-



Σχ. 2·14 ζ.

Τὸ τραῖνο αὐτὸ ἔτρεχε περισσότερο ἀπὸ ὅσο ἦταν ὑπολογισμένη ἡ
κλίση τῆς γραμμῆς καὶ ἐκτροχιάστηκε.

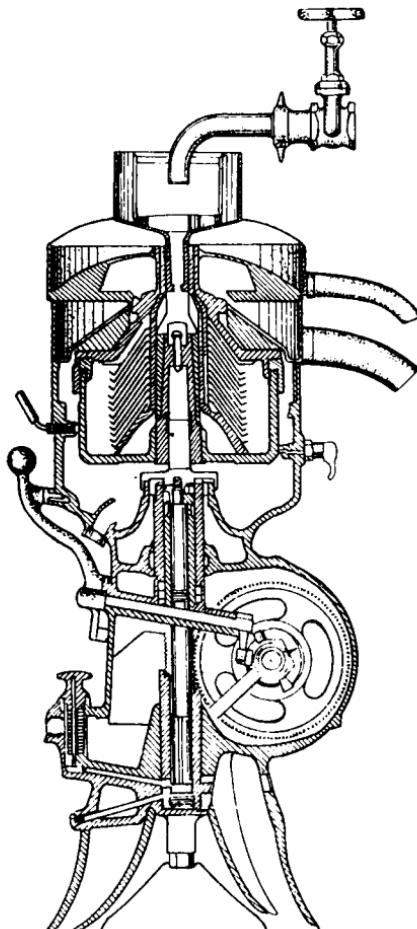


Σχ. 2·14 η.

Τὸ νερὸ μπαίνει ἀπὸ τὸ σωλήνα A. Ὄταν φθάσῃ ἀνάμεσα στὰ πτερύγια, αὐτὰ τὸ παρασύρουν στὴν περιστροφική τους κίνηση καὶ ἔτσι ἀναπτύσσεται ἐπάνω του φυγόκεντρος δύναμη, ποὺ τὸ σπρώχνει πρὸς τὴν περιφέρεια καὶ ἀπὸ ἐκεῖ στὸν σωλήνα καταθλίψεως K.

μα καὶ τὶς ἐπιδράσεις ἄλλων δυνάμεων ποὺ προκύπτουν ἀπὸ τὶς κινήσεις ποὺ κάνομε.

"Οπως ἔχομε ἀναφέρει στὸ Κεφάλαιο 1 γιὰ τὰ εἰδη τῶν δυ-



Σχ. 2·14θ.

νάμεων (Κεφ. 1·8) κάθε φορὰ ποὺ μεταβάλλεται ἡ ταχύτητα τῆς κινήσεως ἐνὸς ιώματος, ἐπάνω του ἐμφανίζεται μιὰ δύναμις ἀδρανείας. Μιὰ τέτοια δύναμη είναι καὶ ἡ φυγόκεντρος δύναμη.

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 3

Η ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

3.1 Μηχανικὸ ἔργο.

Στὴν καθημερινή μας ζωὴ χρησιμοποιοῦμε πολὺ συχνὰ τὴν λέξη «ἔργο», ποὺ ἔχει σχέση μὲ τὴν ἔργασία ποὺ γίνεται ἢ τὴν ἔργασία ποὺ ἐκτελεῖ κάποιος. Πολλὲς φορές, δημως, δταν λέμε ἔργο ἐννοοῦμε ὅχι μόνο τὸ χειρονακτικὸ ἔργο, ἀλλὰ τὸ πνευματικό, τὸ ἐπιστημονικὸ κλπ.

Στὴ Φυσικὴ ἡ λέξη «ἔργο» ἔχει εἰδικὴ σημασία. Ἐδῶ μιλοῦμε γιὰ τὸ ἔργο μιᾶς δυνάμεως. Μιὰ δύναμη παράγει ἔργο, δταν μετακινῇ τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς της. Ἐτσι, λέμε δτι τὸ βάρος μιᾶς πέτρας ποὺ πέφτει παράγει ἔργο, ἐπειδή, πέφτοντας, μετατοπίζεται τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς της. Λέμε ἐπίσης δτι ἔνας ἀνθρωπὸς ἢ μιὰ μηχανὴ παράγει ἔργο, δταν σηκώνῃ ἔνα φορτίο, ἐπειδὴ τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς της δυνάμεως ποὺ ἀσκεῖ ὁ ἀνθρωπὸς (ἢ ἡ μηχανὴ) μετατοπίζεται.

Οταν μιὰ δύναμη μετακινῇ τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς της κατὰ τὴν διεύθυνσή της, δνομάζομε ἔργο τῆς δυνάμεως αὐτῆς, τὸ γινόμενο τοῦ μεγέθους τῆς δυνάμεως ἐπὶ τὴν μετατόπιση (τὸ δρόμο ποὺ κάνει) τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς της.

Ἡ σύμφωνα μὲ τὸν τύπο :

$$\text{ΕΡΓΟ} = \text{ΔΥΝΑΜΗ} \cdot \text{ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗ} \quad \text{ἢ} \quad A = P \cdot l$$

Τὸ ἔργο τὸ μετροῦμε σὲ χιλιογραμμόμετρα. Ἐνα χιλιογραμμόμετρο (kgm) εἶναι τὸ ἔργο ποὺ κάνει μιὰ δύναμη ἐνδες χιλιογράμμου δταν μετακινῇ τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς της ἔνα μέτρο κατὰ τὴν διεύθυνσή της.

Γιὰ παράδειγμα ἀς πάρωμε τὸ ἔργο ποὺ κάνει κάθε ἑνας ἀπὸ τοὺς ἐργάτες στὸ σχῆμα 3·1 α. Ο ἐργάτης A παράγει ἔργο:

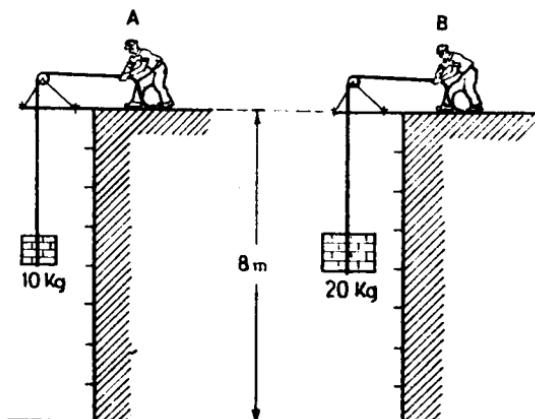
$$10 \text{ kg} \cdot 8 \text{ m} = 80 \text{ kgm}.$$

Ο ἐργάτης B παράγει ἔργο:

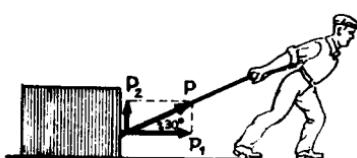
$$20 \text{ kg} \cdot 8 \text{ m} = 160 \text{ kgm}.$$

Βλέπομε ὅτι ὁ ἐργάτης B, ποὺ σηκώνει τὸ διπλὸ βάρος στὸ ίδιο όμως ὑψος, κάνει διπλὸ ἔργο.

Ἐὰν τώρα ὁ ἐργάτης A συνεχίσῃ τὴν προσπάθειά του καὶ ἀνυψώσῃ τὸ βάρος τῶν 10 χιλιογράμμων σὲ ὑψος 16 μέτρων, εἰ-



Σχ. 3·1 α.



· Σχ. 3·1 β.

ναι φανερὸ δῖτι τὸ ἔργο ποὺ παράγει διπλασιάζεται καὶ γίνεται ἵσο μὲ τὸ ἔργο τοῦ ἄλλου ἐργάτη, ποὺ ἀνέβασε διπλὸ βάρος στὸ μισὸ ὑψος, διέτι:

$$10 \text{ kg} \cdot 16 \text{ m} = 160 \text{ kgm}.$$

Ό ανθρωπος που σέρνει τὸ κατσόνι στὸ σχῆμα 3 · 1 β παράγει ἔργο, ή δύναμη ὅμως που ἀσκεῖ δὲν μετακινεῖ τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς της κατὰ τὴν διεύθυνσή της ἀλλὰ κατὰ ἄλλη διεύθυνση (τὴν δριζόντια). Ἀν ἀναλύσωμε τὴν δύναμη P σὲ δυὰς ἄλλες, μιὰ κατακόρυφη P_1 καὶ μιὰν ἄλλη δριζόντια P_2 , παρατηροῦμε ὅτι η P_2 δὲν κάνει καθόλου ἔργο, γιατὶ δὲν μετακινεῖται τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς της κατὰ τὴν διεύθυνσή της. Ὁλος τὸ ἔργο τὸ κάνει η P_1 . Τὸ ἔργο λοιπὸν μιᾶς δυνάμεως, ποὺ μετακινεῖ λοξά, ὡς πρὸς τὴν διεύθυνση, τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς της, εἶναι ὅσο τὸ ἔργο τῆς συνιστώσης τῆς δυνάμεως κατὰ τὴν εὐθεῖα ποὺ κινεῖται τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς.

Τὸ ἔργο, στὴν μορφὴ ποὺ τὸ γνωρίσαμε λέγεται καὶ μηχανικὸ ἔργο, ἐκδηλώνεται δὲ πάντα, δταν τὸ σῶμα ποὺ δέχεται τὴν δύναμη κινῆται.

3 · 2 Τί είναι ισχύς.

Ἄν μᾶς ποῦν: «Ἡ μηχανὴ μπορεῖ νὰ δώσῃ ἔργο 300 kgm», θὰ ρωτήσωμε ἀμέσως σὲ πόσο χρόνο μπορεῖ νὰ τὸ δώσῃ, γιατὶ ἂν πρόκειται νὰ περιμένωμε πολλὲς ἡμέρες γιὰ νὰ γίνῃ τὸ ἔργο αὐτό, ή μηχανὴ μᾶς εἰναι πρακτικῶς σχεδὸν ἀχρηστη. Ἀν δημως μᾶς ποῦν: «Ἡ μηχανὴ αὐτὴ μπορεῖ νὰ δώσῃ ἔργο 300 kgm σὲ 1 sec, τότε ἔχομε ἀμέσως μία ἰδέα τοῦ πέση ἔργασία μπορεῖ νὰ κάνῃ η μηχανή.

Σὲ 10 sec μπορεῖ νὰ δώσῃ ἔργο:

$$10 \times 300 = 3\,000 \text{ kgm}.$$

Σὲ μία ὥρα μπορεῖ νὰ δώσῃ ἔργο:

$$3\,600 \times 300 = 1\,080\,000 \text{ kgm}.$$

Οταν λοιπὸν ξέρωμε τὸ ἔργο που κάνει μιὰ μηχανὴ στὴ μονάδα τοῦ χρόνου, τότε βρίσκομε εύκολα πόσο ἔργο μπορεῖ νὰ κάνῃ σὲ ἔνα δρισμένο χρονικὸ διάστημα:

$$\boxed{\text{ΕΡΓΟ} = \text{ΕΡΓΟ ΑΝΑ ΜΟΝΑΔΑ ΧΡΟΝΟΥ} \cdot \text{ΧΡΟΝΟΣ}}$$

Τὸ «ἔργο ἀνὰ μονάδα χρόνου» τὸ λέμε ἵσχυ, ποὺ τὴν συμβολίζομε μὲ τὸ γράμμα N .

$$\boxed{\text{ΙΣΧΥΣ} = \text{ΕΡΓΟ ΑΝΑ ΜΟΝΑΔΑ ΧΡΟΝΟΥ} = \frac{\text{ΕΡΓΟ}}{\text{ΧΡΟΝΟΣ}}, \quad N = \frac{A}{t}.}$$

Ως μονάδα μετρήσεως τῆς ἵσχυος χρησιμοποιοῦμε συνήθως τὸν ἵππο (HP* ἢ PS) καὶ τὸ κιλοθάττ (kW).

Τὴν μονάδα «ἵππος» τὴν διαλέξαμε καὶ τὴν ὀνομάσαμε ἔτσι, ἐπειδὴ τόση περίπου εἶναι ἡ ἵσχυς ποὺ μπορεῖ νὰ δώσῃ ἐναὶ καλὸ ἄλογο. Στὴν πραγματικότητα μόνο μεγάλα ἄλογα γιὰ μικρὸ χρονικὸ διάστημα μποροῦν νὰ δώσουν τόση ἵσχυ.

Ίσχυς ἐνδὲ ἵππου εἶναι τὸ ἔργο 75 kgm σὲ ἐναὶ δευτερόλεπτο.

Μὲ σύμβολα γράφομε :

$$1 \text{ ίππος} = 1 \text{ PS} \simeq 1 \text{ HP} \simeq 75 \frac{\text{kgm}}{\text{sec}}.$$

Τηράρχουν καὶ ἄλλες μονάδες γιὰ νὰ μετροῦμε τὴν ἵσχυ. Ορισμένες μονάδες ἵσχυος καθὸς καὶ τὶς ἀριθμητικὲς σχέσεις μεταξύ τους τὶς βρίσκομε στὸν ἐπόμενο πίνακα:

$$1 \text{ ιππος} = 0,736 \text{ kW}$$

$$1 \text{ kW} = 1,36 \text{ ιπποι}$$

$$1 \text{ kW} = 1\,000 \text{ J Watt.}$$

Η ἵσχυς μιᾶς θερμικῆς μηχανῆς (βενζινοιηχανῆς, ατμοιηχανῆς), μιᾶς ἡλεκτρικῆς μηχανῆς, καὶ γενικὰ κάθε μηχανῆς ἢ συστήματος ποὺ μπορεῖ νὰ δώσῃ ἔργο, ἐξαρτάται ἀπὸ τὰ ἔξης:

α) Ἀπὸ τὴν κατασκευὴ τῆς μηχανῆς, δηλαδὴ ἀπὸ τὸ ὑλικό της, τὶς διαστάσεις τὶς στροφὲς κλπ.

* Στὶς Ἄγγλοφωνες χῶρες χρησιμοποιοῦν τὸν Ἄγγλικὸ ἵππο (HP).

β) Ἐπότε τὴν πηγὴ τῆς ἐνέργειας ποὺ χρησιμοποιεῖ ἡ μηχανή. "Αν π.χ. πρόκειται γιὰ θερμικὴ μηχανή, ἡ ίσχυ τῆς ἔξαρταται ἀπὸ τὴν ποιότητα τοῦ καυσίμου, δηλαδὴ ἀπὸ τὸν ἀριθμὸ τῶν θερμῶν ποὺ δίνει ἑνα χιλιόγραμμο τοῦ καυσίμου. Ἐπίσης ἔξαρταται καὶ ἀπὸ τὸν τρόπο μὲ τὸν διόποτε μπορεῖ νὰ κατῇ τὸ καύσιμο.



Σχ. 3·2 α.

Πόση ίσχὺ ἀναπτύσσομε ὅταν ἀνεβαίνωμε μιὰ σκάλα; Πρέπει νὰ μετρήσωμε τὸ βάρος μας (B) τὸ πόσο ψηλὰ ἀνεβαίνομε (h) καὶ πόσο χρόνο κάνομε (t). Τὸ ἔργο ποὺ κάνομε είναι:

$$\text{Έργο} = \text{Βάρος} \cdot \text{Υψος}. \quad \text{Η ίσχύς μας είναι: } N = \frac{Bh}{t}$$

γ) Ἐπότε τὶς συνθῆκες μὲ τὶς διόποτες ἔργάζεται ἡ μηχανή. "Αν π.χ. μιὰ μηχανὴ θερμικὴ δὲν τροφοδοτήται ἢ δὲν φύχεται ἢ δὲν λιπαίνεται κανονικά, ἔργάζεται ἀσχημα.

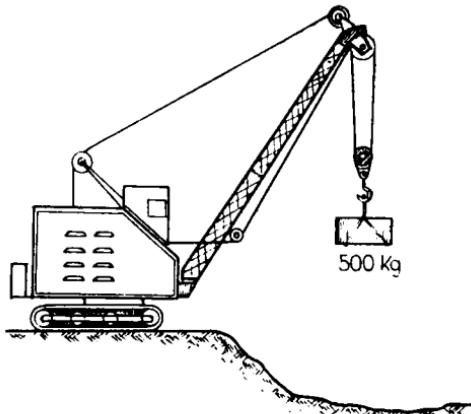
Οἱ μηχανολόγοι φροντίζουν διαρκῶς νὰ βελτιώνουν τὴν κατασκευὴ τῶν μηχανῶν καὶ νὰ βρίσκουν τὶς πιὸ κατάλληλες συνθῆκες λειτουργίας, ὥστε, ξοδεύοντας δισ τὸ δυνατὸν λιγότερο καύσιμο ἢ ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια κλπ., νὰ παράγουν περισσότερο ἔργο.

Έπισης ύπάρχει σχέση άναμεσα στή μορφή μιᾶς μηχανῆς (π.χ. τὸν δύκο, τὸ σχῆμα τους κλπ.) και στήν ίσχὺ ποὺ άναπτύσσει. Αυξάνοντας π.χ. τὶς στροφές τῆς μηχανῆς, έπιτυγχάνομε μὲ μικρότερο δύκο (τῆς μηχανῆς) τὴν ίδια ίσχὺ η μὲ τὸν ίδιο δύκο μεγαλύτερη ίσχύ.

Ο,τι συμβαίνει μὲ τὶς μηχανὲς συμβαίνει καὶ μὲ τὸν άνθρωπο. Εἴπαμε δτι δ ἀνθρωπὸς παράγει ἔργο καὶ βέβαια τὸ παράγει μὲ δρισμένο ρυθμό. Έπομένως δ ἀνθρωπὸς, μποροῦμε νὰ ποῦμε, δτι ἔχει μηχανικὴ ίσχύ.

Τελικὰ λοιπὸν γράφομε τὸν τύπο:

$$\text{ΙΣΧΥΣ} = \frac{\text{ΕΡΓΟ}}{\text{ΧΡΟΝΟΣ}} = \frac{\text{ΒΑΡΟΣ} \cdot \text{ΥΨΟΣ}}{\text{ΧΡΟΝΟΣ}} \quad \text{η} \quad N = \frac{B \cdot h}{t}$$



Σχ. 3·2 β.

Η ίσχὺς τοῦ γερανοῦ είναι:

Βάρος 500 kg, ἀνύψωση 6 m. χρόνος 1 sec.

$$N = \frac{B \cdot h}{t} = \frac{500 \text{ kg} \cdot 6 \text{ m}}{1 \text{ sec}} = 3\,000 \text{ kgm/sec} \quad \text{η} \quad N = \frac{3\,000}{75} = 40 \text{ ιπποι.}$$

3·3 Ένέργεια.

Γιὰ τὴν ένέργεια ἔχομε ἥδη μιλήσει γενικὰ στὴν Εἰσαγωγὴ τοῦ βιβλίου καὶ ἔχομε ἀναφέρει διάφορα εἰδῆ της.

Τώρα μποροῦμε νὰ δρίσωμε σὰν ἐνέργεια τὴν ἴκανότητα παραγωγῆς ἔργου καὶ λέμε ὅτι ἔνα σῶμα ἔχει τόση ἐνέργεια, ὅσο ἔργο μπορεῖ νὰ παράγῃ. Ἡ θερμότητα, τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα, τὸ φῶς εἶναι μορφὲς ἐνεργείας. Διάφορα εἶδη ἐνεργείας θὰ ἔξετάσωμε πάρα κάτω.

Δυναμικὴ ἐνέργεια η ἐνέργεια θέσεως.

Γιὰ νὰ ἀνεβάσωμε νερὸ σὲ μιὰ δεξαμενὴ ποὺ εἶναι ψηλά, πρέπει νὰ κάνωμε ἔργο Α ἵσο μὲ τὸ βάρος τοῦ νεροῦ Β ἐπὶ τὸ ὕψος h ποὺ τὸ ἀνεβάζομε :

$$A = B \cdot h$$

"Αν τὸ ἀφήσωμε νὰ ξαναπέσῃ στὸ ἔδαφος, θὰ δώσῃ πάλι ἔργο :

$$A = B \cdot h$$

"Οταν λοιπὸν τὸ νερὸ εἶναι στὴν δεξαμενὴ, μπορεῖ νὰ κάνῃ ἔργο, πέφτοντας στὸ ἔδαφος Αὐτὸ σημαίνει πὼς τὸ νερό, ὅταν εἶναι στὴν δεξαμενὴ, ἔχει ἐνέργεια.

Λέμε ὅτι τὸ νερὸ ἔχει τόση ἐνέργεια ὅσο εἶναι τὸ ἔργο ποὺ μπορεῖ νὰ κάνῃ πέφτοντας.

$$\boxed{\text{ΕΝΕΡΓΕΙΑ} = \text{ΕΡΓΟ}}$$

Βλέπομε ὅτι, ὅσο περισσότερο εἶναι τὸ νερὸ καὶ ὅσο ψηλότερα βρίσκεται, τόσο περισσότερη ἐνέργεια ἔχει.

Τὸ νερὸ στὸ παράδειγμα αὐτὸ ἔχει ἐνέργεια ἐπειδὴ βρίσκεται ψηλά, δηλαδή, ἐπειδὴ ἡ θέση του εἶναι τέτοια· γι' αὐτὸ τὴν ἐνέργεια αὐτὴ τὴν λέμε ἐνέργεια θέσεως. Τὴν λέμε ἐπίσης καὶ δυναμικὴ ἐνέργεια.

"Ολα τὰ σώματα ποὺ εἶναι ψηλὰ καὶ μποροῦν νὰ πέσουν ἔχουν δυναμικὴ ἐνέργεια.

"Ἐνα ἐλατήριο ποὺ εἶναι συμπιεσμένο ἔχει ἐπίσης δυναμικὴ ἐνέργεια μιὰ καὶ μπορεῖ, ὅταν ἀφεθῇ ἐλεύθερο καὶ τεντωθῇ, νὰ κάνῃ ἔργο.

Κινητική ένέργεια.

Όταν φυσᾶ, δ ἀνεμος γυρίζει τὰ φτερά τοῦ ἀνεμόμυλου καὶ ἔτσι περιστρέφονται οἱ μυλόπετρες. Λέμε δτι δ ἀνεμος ἔχει ένέργεια, ἐπειδὴ μπορεῖ νὰ παράγῃ ἔργο. Παρόμοια καὶ μιὰ σφαίρα τουφεκιοῦ, δταν, βάλλοντας μὲ τὸ ὅπλο, τὴν στέλνομε πρὸς τὸ στόχο της, λέμε δτι ἔχει ένέργεια.

Όλα τὰ σώματα δταν κινοῦνται ἔχουν ένέργεια. Η ένέργειά τους αὐτὴ δφεύλεται στὴν κίνησή τους καὶ γι' αὐτὸ τὴν λέμε κινητική.

Η ένέργεια ποὺ ἔχει κάθε κινούμενο σῶμα εἰναι ἵση μὲ τὸ ἔργο ποὺ μπορεῖ νὰ δώσῃ αὐτὸ δταν σταχματήσῃ. Πειραματικά, ἀλλὰ καὶ θεωρητικά, βρίσκεται δτι τὸ ἔργο αὐτὸ δίδεται ἀπὸ τὴν σχέση:

$$A = \frac{1}{2} mv^2$$

ὅπου m εἰναι ἡ μάζα τοῦ σώματος καὶ v ἡ ταχύτητά του. Η κινητική ένέργεια λοιπὸν τῶν σωμάτων ποὺ κινοῦνται εἰναι:

$$E_{κιν} = \frac{1}{2} mv^2$$

Απὸ τὸν τύπο αὐτὸν βλέπομε δτι δταν ἔνα σῶμα A ἔχει διπλάσια μάζα ἀπὸ ἕνα ἀλλο B καὶ κινοῦνται καὶ τὰ δύο μὲ τὴν ἴδια ταχύτητα, τότε τὸ A ἔχει διπλάσια κινητική ένέργεια ἀπὸ τὸ B . Αν πάλι δύο σώματα ἔχουν ἵσες μάζες, ἀλλὰ τὸ ἔνα ἔχει διπλάσια ταχύτητα ἀπὸ τὸ ἀλλο, τότε τὸ πρῶτο ἔχει τετραπλάσια κινητική ένέργεια ἀπὸ τὸ ἀλλο.

Μετατροπὴ τῆς ένεργειας ἀπὸ τὴν μιὰ μορφὴ στὴν ἄλλη. Αρχὴ τῆς διατηρήσεως τῆς ένεργειας.

Μιὰ μορφὴ ένεργειας μπορεῖ νὰ μεταβληθῇ σὲ μία ἄλλη μορφή.

Θὰ δοῦμε καὶ στὴν συγέχεια τοῦ βιβλίου πολλὲς τέτοιες περιπτώσεις.

‘Η ἐνέργεια θέσεως π. χ. μπορεῖ νὰ μεταβληθῇ σὲ κινητικὴ ἐνέργεια καὶ ἀντίστροφα ἡ κινητικὴ σὲ ἐνέργεια θέσεως (βλέπε παραδείγματα προηγουμένης παραγράφου). “Οταν πετοῦμε μιὰ πέτρα πρὸς τὰ ἐπάνω, τῆς δίνομε κινητικὴ ἐνέργεια. “Οσο αὐτὴ ἀνεβαίνη, αὐξάνει ἡ ἐνέργεια θέσεως ποὺ ἔχει, ἐνῶ συγχρόνως ἐλαττώνεται ἡ κινητικὴ τῆς ἐνέργεια. Στὸ πιὸ φηλὸ σημεῖο τῆς τροχιᾶς τῆς ἔχει μόνο ἐνέργεια θέσεως καὶ καθόλου κινητική. “Οταν ξαναπέφτη στὸ ἔδαφος, τότε γίνεται τὸ ἀντίστροφο, δηλαδὴ ἡ ἐνέργεια θέσεως ἐλαττώνεται καὶ αὐξάνει ἡ κινητική.

“Αν μετρήσωμε τὴν ταχύτητα. μὲ τὴν ἅποια πετοῦμε τὴν πέτρα πρὸς τὰ ἐπάνω καὶ γνωρίζομε τὴν μάζα τῆς καὶ ἀπὸ αὐτὰ ὑπολογίσωμε τὴν κινητικὴ ἐνέργεια τὴν στιγμὴ ποὺ πετοῦμε τὴν πέτρα· ἂν κατόπιν ὑπολογίσωμε τὴν ἐνέργεια θέσεως, δταν ἡ πέτρα εἰναι στὸ φηλότερο σημεῖο τῆς τροχιᾶς τῆς, θὰ βροῦμε ὅτι οἱ δυὸι αὐτὲς ἐνέργειες εἰναι ἴσες, δηλαδὴ

$$\frac{1}{2} mv^2 = B \cdot h$$

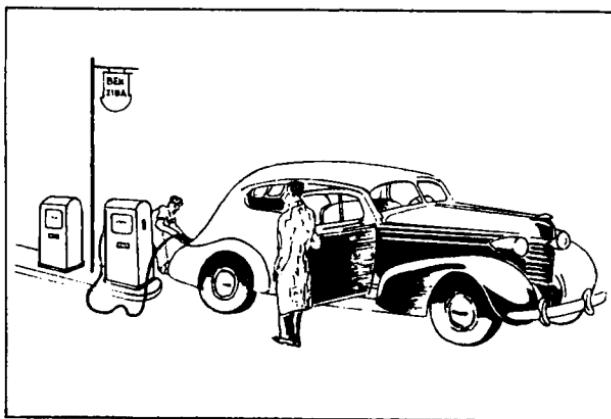
Γενικὰ ἔχει παρατηρηθῆ ὅτι ἡ ἐνέργεια μπορεῖ νὰ ἀλλάξῃ μορφή, δὲν ἀλλάζει ὅμως καὶ ποσότητα. Δηλαδὴ ἡ ἐνέργεια ποτὲ δὲν χάνεται καὶ οὕτε παράγεται ἀπὸ τὸ τίποτα.

Αὐτὸι εἰναι μιὰ θεμελιώδης ἀρχὴ τῆς Φυσικῆς, ἡ ἀρχὴ τῆς διατηρήσεως (ἀφθαρσίας) τῆς ἐνεργείας.

Σχέση ὅλης καὶ ἐνεργείας.

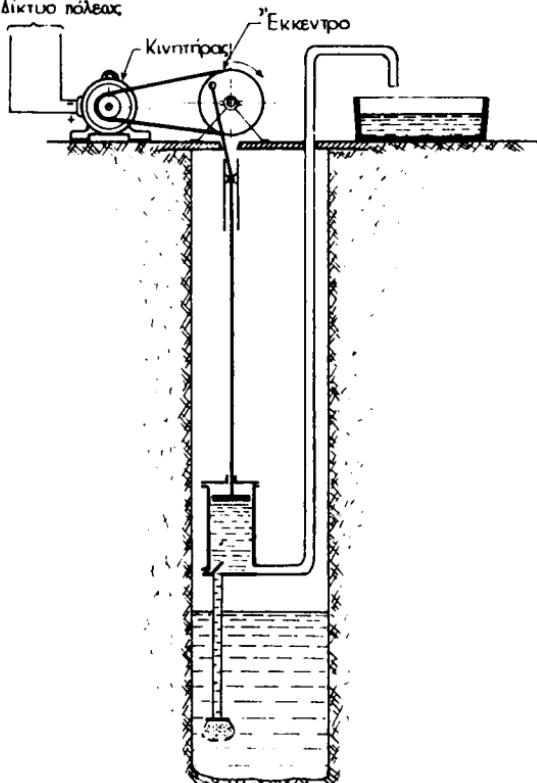
‘Η ἐνέργεια μπορεῖ νὰ ἐκδηλωθῇ σὰν ὅλη, καὶ ἀντίστροφα ἡ ὅλη σὰν ἐνέργεια.

‘Η Πυρηγικὴ Φυσική, δηλαδὴ ἡ ἐπιστήμη ποὺ ἔξετάζει τοὺς πυρῆνες τῶν ἀτόμων, μελετᾷ τὶς σχέσεις μεταξὺ ὅλης καὶ ἐνεργείας.



Σχ. 3·3 α.

Ηλεκτρικό ρεύμα ἀπό δίκτυο πόλεως



Sig. 3-3 B.

Σήμερα είγαι γνωστό ότι η ένέργεια ποὺ ισοδυναμεῖ μὲ ξνα κομμάτια υλης βρίσκεται ἀπὸ τὴν σχέση

$$E = mc^2$$

"Οπου m η μάζα τοῦ κομματιοῦ αὐτοῦ τῆς υλης, καὶ c η ταχύτητα τοῦ φωτός ($c = 300\,000\,000 \text{ m/sec}$).

Αὐτὴ ή ἔξισωση, τὴν δποία διετύπωσε δ μεγάλος Φυσικομαθηματικὸς Ἀϊνστάϊν (Einstein), ἐφαρμόζεται σήμερα στὴν ἐκμετάλλευση τῶν θερμοπυρηνικῶν ἀντιδράσεων, ἐπάγω στὶς δποίες στηρίζεται η κατασκευὴ τῶν πυρηνικῶν ἀντιδραστήρων καὶ τῶν ἀτομικῶν βομβῶν.

Ἄλλες μορφὲς ἐνεργειας.

Πολλὰ υλικὰ περιέχουν μέσα τους ένέργεια ποὺ εἶναι δυνατὸν νὰ τὴν ἐκμεταλλευθῇ εὔκολα δ ἄνθρωπος. Τέτοια υλικὰ εἶναι π.χ. τὰ πετρέλαια, οἱ βενζίνες, τὸ κάρβονο, τὸ οἰνόπνευμα κλπ.

Στὸ σχῆμα 3·3 α βλέπομε ἕνα αὐτοκίνητο ποὺ ἐφοδιάζεται μὲ βενζίνη. Ή ένέργεια ποὺ περιέχει η βενζίνη λέγεται χημικὴ ένέργεια. Μετατρέπεται σὲ θερμικὴ στὸν κινητήρα τοῦ αὐτοκινήτου καὶ ἔπειτα σὲ κινητικὴ ένέργεια, η δποία κινεῖ τὸ αὐτοκίνητο.

Στὸ σχῆμα 3·3 β η ἡλεκτρικὴ ένέργεια ποὺ δίνομε στὸν ἡλεκτροκινητήρα, κινεῖ τὴν ἀντλία, μετατρέπεται δηλαδὴ σὲ κινητικὴ ένέργεια, ποὺ ἀνυψώνει τὸ νερὸ ἀπὸ τὸ βάθος τοῦ πηγαδιοῦ στὴν ἐπιφάνεια τοῦ ἑδάφους. Βλέπομε, λοιπόν, καὶ ἐδῶ ότι η ἡλεκτρικὴ ένέργεια δὲν χάνεται, ἀλλὰ μετατρέπεται πρῶτα σὲ κινητικὴ καὶ ἔπειτα σὲ ένέργεια θέσεως.

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 4

ΜΗΧΑΝΕΣ

4.1 Τί είναι μηχανές.

Μηχανές δύνομάζουμε τις συσκευές ποὺ παραλαμβάνουν ένέργεια ἀπὸ μιὰ ἔξωτερη κή πηγή, τὴν μετατρέπουν κατὰ κάποιο τρόπο καὶ τὴν ἀποδίδουν ὑπὸ μιὰν ἄλλην πιὸ χρήσιμη μορφή. Ἔτσι π.χ.:

- Στὴν ἀπλὴ τροχαλία δίνομε ἐνέργεια σὲ μιὰ ἄκρη τοῦ σχοινιοῦ καὶ τὴν παίρνομε στὴν ἄλλη ἄκρη.
- Οἱ μοχλοὶ παίρνουν ἐνέργεια ἀπὸ τὸ ἔνα σκέλος καὶ τὴν δίνουν στὸ ἄλλο.
- Οἱ ἡλεκτρικοὶ κινητῆρες παίρνουν ἡλεκτρική καὶ δίνουν μηχανική ἐνέργεια. Οἱ γεννήτριες παίρνουν μηχανική ἐνέργεια καὶ δίνουν ἡλεκτρική.
- Οἱ ἡλεκτρικὲς σόμπες παίρνουν ἡλεκτρική ἐνέργεια καὶ δίνουν θερμική.
- Οἱ λέβητες (καζάνια) παίρνουν χημική ἐνέργεια ἀπὸ τὸ καύσιμο (κάρβουνο ἢ πετρέλαιο) καὶ δίνουν τὴν θερμική ἐνέργεια τοῦ ἀτμοῦ.
- Οἱ ἀτμομηχανές παίρνουν θερμική ἐνέργεια ἀπὸ τὸν ἀτμὸ καὶ δίνουν μηχανική.
- Οἱ ἡλεκτρικοὶ μετασχηματιστὲς παίρνουν ἡλεκτρική ἐνέργεια μιὰς μορφῆς καὶ δίνουν ἡλεκτρική πάλι ἐνέργεια, ἄλλης δμῶς μορφῆς (συνήθως ἄλλης τάσεως).

Οἱ μηχανές κάνουν σήμερα πολλὲς ἐργασίες ποὺ θὰ ἔκαναν ἄλλοτε πολλοὶ ἄνθρωποι. Ἔτσι μένει στοὺς ἀνθρώπους δ καιρὸς νὰ ἀσχοληθοῦν μὲ ἄλλες ἐργασίες, τὶς δόποιες δὲν μποροῦν νὰ κάνουν οἱ μηχανές καὶ ταυτόχρονα νὰ ξεκουράζωνται περισσότερο.

"Αν μετρήσωμε τὴν ἐνέργεια ποὺ δίνομε καὶ τὴν ἐνέργεια ποὺ παίρνουμε ἀπὸ μία μηχανή, θὰ βροῦμε ὅτι αὐτὴ ποὺ παίρνουμε εἰναι πάντα λιγότερη ἀπὸ αὐτὴ ποὺ δίνομε. Αὐτὸ διμως δὲν σημαίνει ὅτι μέρος τῆς ἐνέργειας χάνεται μέσα στὴ μηχανή, γιατὶ γί ἐνέργεια δὲν μπορεῖ νὰ χαθῇ ἀπλῶς δὲν μετατρέπεται ὅλη γί ἐνέργεια στὴν ἐπιθυμητὴ μορφή, ἀλλὰ ἔνα μέρος της μετατρέπεται σὲ ἄχρηστη γιὰ μᾶς μορφή, συνήθως θερμότητα, καὶ γι' αὐτὸ λέμε ὅτι οἱ μηχανὲς ἔχουν ἀπώλειες ἐνεργείας. Στὴν ἀπλὴ τροχαλία π.χ. ἔνα μέρος τῆς ἐνέργειας ποὺ δίνομε μετατρέπεται σὲ θερμότητα, γιατὶ καταναλίσκεται γιὰ νὰ ὑπερικηθοῦν οἱ τριβὲς στὸν ἄξονα τῆς τροχαλίας καὶ γιὰ νὰ λυγίσῃ τὸ σχοινί.

4·2 Βαθμὸς ἀποδόσεως.

"Αλλες μηχανὲς ἔχουν μεγάλες ἀπώλειες ἐνέργειας σὲ θερμότητα καὶ ἄλλες μικρές. Ή χρήσιμη ἐνέργεια ποὺ μᾶς δίνει μιὰ μηχανὴ διαιρούμενη μὲ αὐτὴν ποὺ δίνομε ἐμεῖς, δνομάζεται βαθμὸς ἀποδόσεως.

'Ο βαθμὸς ἀποδόσεως ἐκφράζεται μὲ τὸν τύπο :

$$\boxed{\text{ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΕΩΣ} = \frac{\text{ΕΡΓΟ ΠΟΥ ΠΑΙΡΝΟΜΕ}}{\text{ΕΡΓΟ ΠΟΥ ΔΙΝΟΜΕ}}}$$

"Επειδὴ πάντα δίνομε περισσότερο ἔργο ἀπὸ ὃσο παίρνομε, δ βαθμὸς ἀποδόσεως εἰναι πάντα μικρότερος ἀπὸ τὴν μονάδα. Τὸν βαθμὸ ἀποδόσεως ἐκφράζομε πολὺ συχνὰ καὶ ἐπὶ τοῖς ἐκατό.

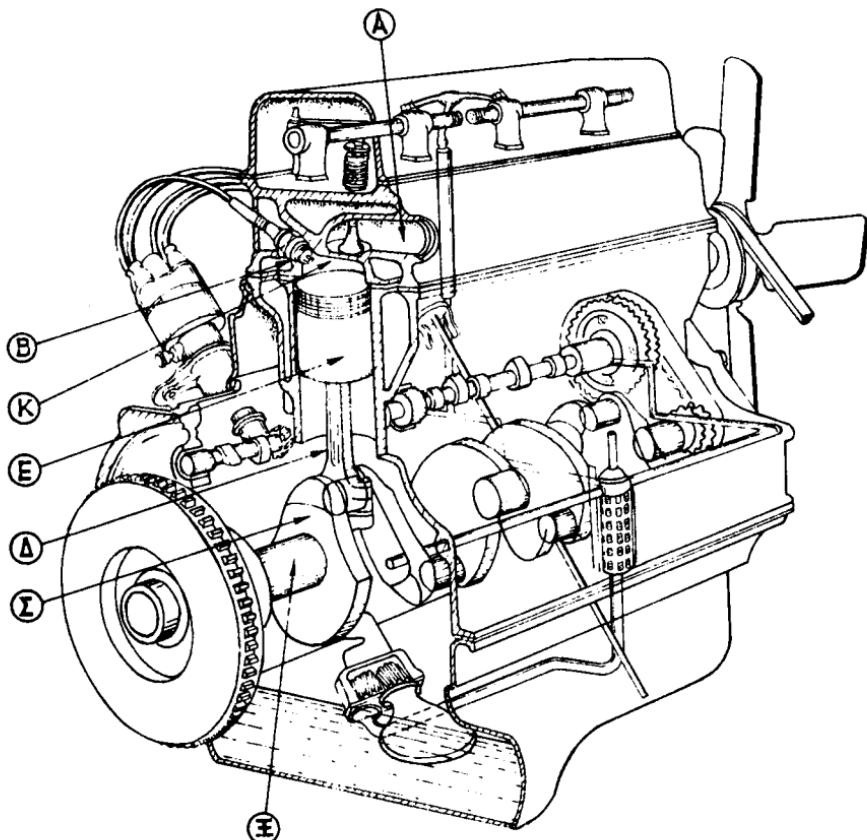
"Ετοι, ὅταν ἔνας γήλεκτρικὸς κινητήρας παίρνει 4 kW καὶ δίνει 4,6 ίππους, δ κινητήρας αὐτὸς λέμε ὅτι ἔχει βαθμὸ ἀποδόσεως :

$$\frac{4,6}{4 \cdot 1,36} = 0,85 = 85 \text{ \%}.$$

4·3 Απλές μηχανές.

Στὸ Κεφάλαιο αὐτὸ θὰ ἔξετάσωμε μόνο τὶς ἀπλές μηχανές.

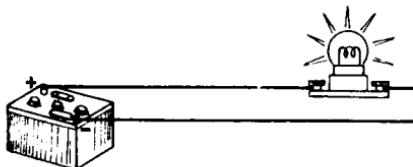
Οι άπλετες μηχανές είναι: μηχανές που μετατρέπουν τὴν μηχανική ἐνέργεια σὲ μηχανική πάλι ἐνέργεια, ἀλλὰ μὲ διαφορετική μορφή. "Όλες οἱ μηχανές ποὺ παίρνουν μηχανική ἐνέρ-



Σχ. 4·3 α.

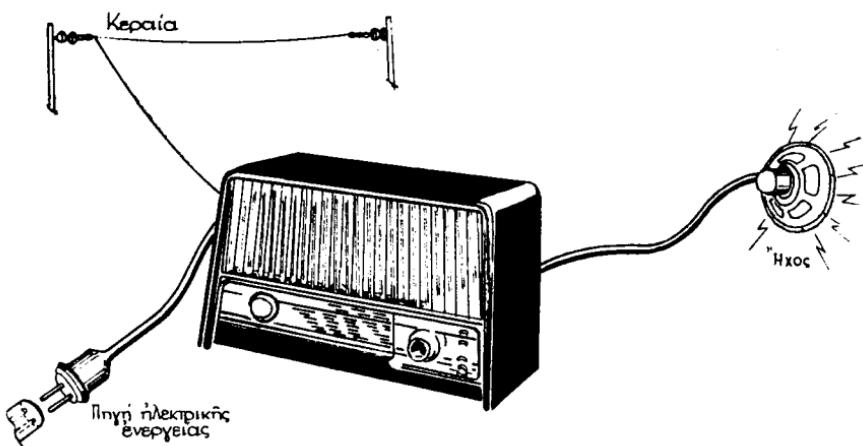
Βενζινομηχανή : Άπο τὸν σωλήνα Α μπαίνει τὸ μίγμα βενζίνης - ἀέρα στὸν κύλινδρο (Κ). Ἐκεῖ μὲ σπινθήρα τοῦ σπινθηριστῆ (μπουζὶ) (Β) ἀνάβει καὶ ἡ χημικὴ ἐνέργεια τοῦ καυσίμου μετατρέπεται σὲ θερμική. Μὲ τὴν θερμότητα ποὺ ἀναπτύσσεται διαστέλλεται τὸ ἀέριο μέσα στὸν κύλινδρο καὶ σπρώχνει τὸ ἔμβολο (Ε) πόδις τὰ κάτω· ἔτσι η θερμικὴ ἐνέργεια μετατρέπεται σὲ μηχανική. Μὲ τὸν μηχανισμὸν ἔμβολου (Ε) - διωστήρα (Δ) - στροφάλου (Σ) μεταφέρεται ἡ μηχανικὴ ἐνέργεια ἀπὸ τὸ ἔμβολο (Ε) στὸν ἄξονα τῆς μηχανῆς (Ζ).

γεια και δίνουν πάλι μηχανική ένέργεια είναι συνδυασμοί άπλη πολλές άπλες μηχανές.



Σχ. 4·3 β.

Η χημική ένέργεια που έχει διαθέτει σε ηλεκτρική μετατρέπεται σε ηλεκτρική. Αύτη μεταφέρεται με τα σύρματα στό λαμπάκι, διοπού η ηλεκτρική ένέργεια μετατρέπεται σε θερμότητα, τό συρματάκι της λάμπας ζεσταίνεται και φωτίζεται, δηλαδή, έκπεμπει φωτεινή ένέργεια.



Σχ. 4·3 γ.

Τό φαδιόφωνο είναι μιά μηχανή: Παίρνει πολὺ άσθενη ηλεκτρική ένέργεια από τήν κεραία, τήν ένισχυε παίρνοντας ηλεκτρική ένέργεια από τό φεῦμα τής πόλεως και τήν δίδει ύπο μορφήν ηχου από τό μεγάφωνο.

Παρακάτω άναφέρομε λίγες περιπτώσεις μηχανῶν από τις πιο συνηθισμένες, γιὰ νὰ φανῆ μὲ ποιὸ τρόπο σὲ κάθε μηχανὴ πραγματοποιεῖται μιὰ ἢ περισσότερες διλλαγὲς τῆς μορφῆς τῆς μηχανικῆς ένεργείας.

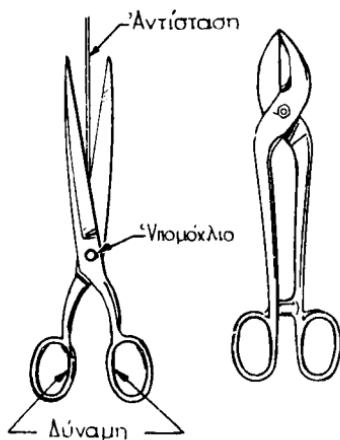
4.4 Μοχλοί.

Μοχλός είναι ἔνα στερεὸ σῶμα, ποὺ ἔχει συνήθως σχῆμα ράβδου, καὶ μπορεῖ νὰ στραφῇ γύρω ἀπὸ ἕναν ἄξονα. Ο ἄξονας αὐτὸς λέγεται ὑπομόχλιο.

Στὰ σχῆματα αὐτῆς τῆς παραγράφου βλέπομε διάφορες μορφὲς καὶ ἐφαρμογὲς τῶν μοχλῶν.

Διακρίνομε τοὺς μοχλοὺς σὲ τρία εἶδη:

α) *Μοχλοί πρώτου εἰδούς*, λέγονται ἐκεῖνοι οἱ μοχλοὶ στοὺς ὅποιους τὸ ὑπομόχλιο βρίσκεται ἀνάμεσα στὴ δύναμη ποὺ ἀσκοῦ-



Σχ. 4·4 α.

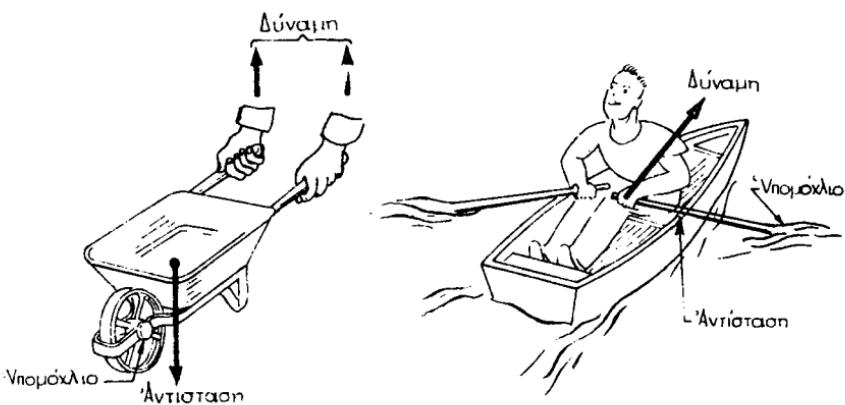
Τὸ ψαλίδι είναι μοχλὸς πρώτου εἰδούς, ἀφοῦ τὸ ὑπομόχλιο είναι ἀνάμεσα στὴ δύναμη καὶ τὴν ἀντίσταση. "Οταν κόβωμε μὲ ψαλίδι, βλέπομε χαρακτηριστικὰ πόσο πιὸ μεγάλῃ δύναμῃ θέλομε, ὅταν ἡ ἀντίσταση είναι μακριὰ ἀπὸ τὸ ὑπομόχλιο, διότι είναι πολὺ πιὸ δύσκολο νὰ κόψωμε μὲ τὴν ἄκρη τῶν λεπίδων.

με καὶ τὴν ἀντίσταση ποὺ παρουσιάζει τὸ φορτίο. Παράδειγμα: τὸ ψαλίδι (σχ. 4·4 α.).

β) *Μοχλοί δευτέρου εἰδούς* λέγονται ἐκεῖνοι οἱ μοχλοὶ στοὺς ὅποιους ἡ ἀντίσταση ἐφαρμόζεται ἀνάμεσα στὸ σημεῖο ποὺ

έφαρμός εται: ή δύναμη και στὸ ὑπομόχλιο. Παράδειγμα: τὸ χειραμάξακι (σχ. 4·4 β.).

γ) *Μοχλοί τρίτου εἰδούς*, λέγονται ἐκεῖγοι στοὺς δποίους ή δύναμη ἀσκεῖται ἀνάμεσα στὴ θέση τοῦ ὑπομοχλέου και στὸ ση-



Σχ. 4·4 β.

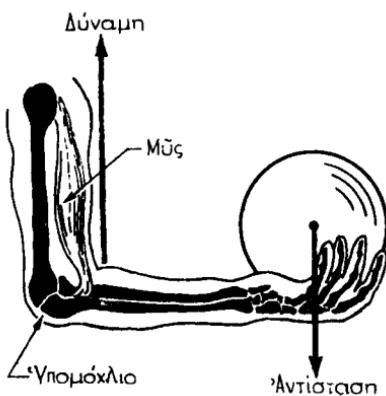
Τὸ χειραμάξακι εἶναι μοχλὸς δευτέρου εἰδούς, τὸ ἕδιο και τὸ κουπὶ τῆς βάρκας, ἀφοῦ ή ἀντίσταση εἶναι ἀνάμεσα στὸ ὑπομόχλιο και στὴν δύναμη.

μεῖο ποὺ ἐνεργεῖ ή ἀντίσταση. Παράδειγμα: δλόκληρο τὸ χέρι μας (σχ. 4·4 γ.).

"Οπως βλέπομε στὸ σχῆμα 4·4 δ, ἂν μετακινήσωμε τὸ ἔνα ἄκρο τοῦ μοχλοῦ, μετατοπίζεται και τὸ ἄλλο ἄκρο ὅπου βρίσκεται τὸ βάρος ποὺ θέλομε νὰ σηκώσωμε. "Ας δοῦμε τώρα ποιά μετακίνηση εἶναι πιὸ μεγάλη: τοῦ χεριοῦ μας η τοῦ βάρους.

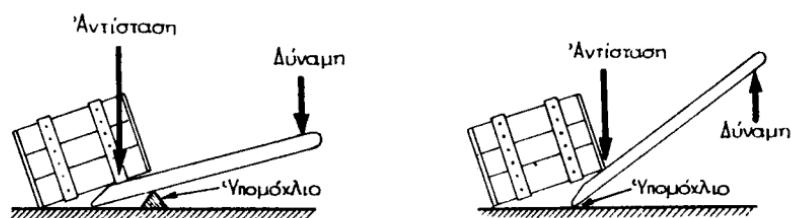
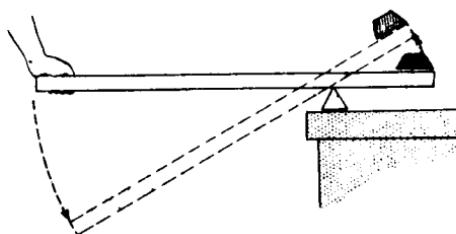
"Αν τὸ ὑπομόχλιο εἶναι ἀκριβῶς στὴ μέση, τότε οἱ μετακινήσεις τοῦ χεριοῦ μας και τοῦ βάρους εἶναι ἵσες (σχ. 4·4 ε). "Αν τὸ ὑπομόχλιο δὲν εἶναι στὴ μέση, οἱ μετακινήσεις εἶναι ἀνισες (σχ. 4·4 ζ).

"Ετοι συμπέραινομε ὅτι ὅσο μεγαλύτερη εἶναι η ἀπέσταση τοῦ χεριοῦ μας ἀπὸ τὸ ὑπομόχλιο (δηλ. ὅσο ὁ βραχίονας τῆς δυνάμεως



Σχ. 4·4 γ.

Οι βραχίονες τῶν χεριῶν μας λειτουργοῦν σὰν μοχλοὶ τρίτου εἰδούς, μὲ τὸ ὑπομόχλιο στὸν ἀγκώνα, ἀφοῦ ἡ δύναμη εἰναι ἀνάμεσα στὸ ὑπομόχλιο καὶ τὴν ἀντίσταση.

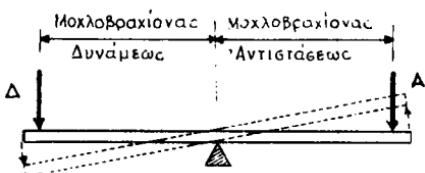


Σχ. 4·4 δ.

Ἐδῶ ὁ ἕδιος λοστὸς μπορεῖ νὰ χρησιμοποιηθῇ σὰν μοχλὸς πρώτου εἰδούς (ἀριστερὰ) καὶ σὰν μοχλὸς δευτέρου εἰδούς (δεξιά).

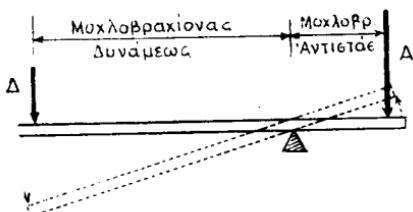
είναι μεγαλύτερος) τόσο μεγαλύτερη θά είναι καὶ ἡ μετακίνηση.

Παρατηροῦμε ἀκόμη ὅτι ὅσο ὁ βραχίονας τῆς δυνάμεως εἶναι πιὸ μεγάλος ἀπὸ τὸ βραχίονα τοῦ βάρους, τόσο μὲν μικρότερη δύναμη ὑπερικοῦμε μεγαλύτερη ἀντίσταση.



Σχ. 4·4 ε.

Οἱ βραχίονες τοῦ μοχλοῦ εἰναι ἵσοι. Ἡ δύναμη Δ ἰσοῦται μὲ τὴν ἀντίσταση A . Ἡ διαδρομὴ τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς τῆς Δ εἰναι ἵση μὲ τὴ διαδρομὴ τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς τῆς A .



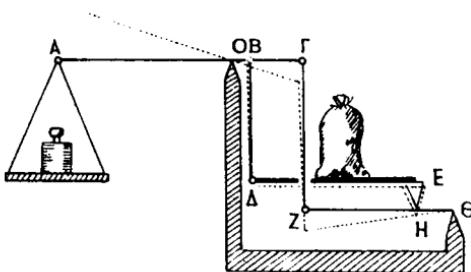
Σχ. 4·4 ζ.

Μεγάλοις βραχίονας τῆς δυνάμεως Δ σημαίνει μεγάλη διαδρομὴ τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς τῆς Δ . Ἀρα, ἡ Δ εἰναι μικρότερη ἀπὸ τὴν ἀντίσταση A .

"Αν μετρήσωμε τὴν δύναμη, τὴν ἀντίσταση καὶ τὶς μετακινήσεις τους θὰ βροῦμε δτι πάντα ἰσχύει ἡ ἔξισωση:

**ΔΥΝΑΜΗ·ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗ ΔΥΝΑΜΕΩΣ =
= ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ·ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΣ**

δηλαδὴ τὸ ἔργο ποὺ δίνομε εἰναι ἵσο μὲ τὸ ἔργο ποὺ παίρνομε. Ἐπαληθεύομε δηλαδὴ πάλι τὴν ἀρχὴ τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας.



Σχ. 4·4 η.

Τὸ βάρος ποὺ θέλομε νὰ ζυγίσωμε μοιράζεται στὰ σημεῖα Δ καὶ E καὶ ἀπὸ ἑκεῖ στὰ σημεῖα B καὶ H . Είναι $(Z\Theta) = 5(H\Theta)$ καὶ $(AO) = 2(OG)$, ἔτσι ἔνα βάρος στὸ H ίσορροπεῖται ἀπὸ ἓνα βάρος $2 \times 5 = 10$ φορὲς μικρότερο στὸ A . Ἐπίσης είναι $(AO) = 10(OB)$. Ἐτσι τὸ βάρος ποὺ ζυγίζομε τὸ ίσορροποῦμε, βάζοντας στὸ δίσκο τῆς ζυγαριᾶς ἓνα βάρος 10 φορὲς μικρότερο.

4·5 Τροχαλίες.

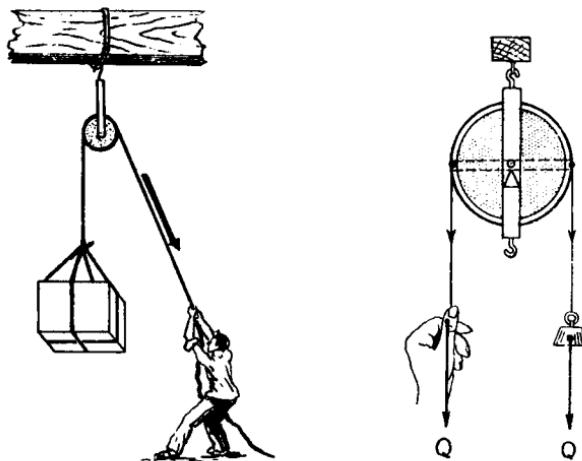
Οἱ τροχαλίες εἰναι δύο εἰδῶν. Ἡ σταθερὴ ἢ πάγια τροχαλία καὶ ἡ κινητὴ ἢ ἐλεύθερη τροχαλία.

Όπως φαίνεται στὸ σχῆμα 4·5 α, μὲ τὴν πάγια τροχαλία μποροῦμε ἀπλῶς νὰ ἀλλάξωμε τὴν διεύθυνση τῆς δυνάμεως ποὺ ἐφαρμόζομε. Ἀντὶ νὰ σηκώνωμε ἓνα βάρος ἐφαρμόζοντας μιὰ δύναμη πρὸς τὰ ἐπάνω, τὸ σηκώνομε ἐφαρμόζοντας μιὰ δύναμη πρὸς τὰ κάτω (π.χ. τραβώντας τὸ σχοινί).

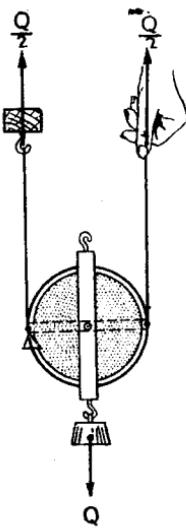
Στὴν τροχαλία αὐτῇ καταβάλλομε τόση ἀκριβῶς δύναμη, δηση εἰναι καὶ ἡ ἀντίσταση, χωρὶς βέβαια νὰ λογαριάσωμε τὶς τριθές ποὺ ἀναπτύσσονται. Καὶ ὅσο τραβήξωμε τὸ σχοινὶ (σχ. 4·5 α) ἀλλο τόσο θὰ ἀνέβη τὸ βάρος.

Μὲ τὴν ἐλεύθερη τροχαλία ὅμως μποροῦμε νὰ ὑπερνικήσωμε δύναμη διπλάσια ἀπὸ ἑκείνη ποὺ διαθέτομε.

Στὴν ἐλεύθερη τροχαλία, ὅπως φαίνεται στὸ σχῆμα 4·5 β, τὸ βάρος μοιράζεται σὲ δύο κλάδους σχοινιοῦ καὶ ἔτσι μποροῦμε νὰ τὸ σηκώσωμε, ἐφαρμόζοντας στὴν ἐλεύθερη ἀκρη τοῦ σχοινιοῦ δύναμη ἵση μὲ τὸ μισὸ βάρος ποὺ ἔχομε. Στὴν ἐλεύθερη τροχαλία



Σχ. 4·5 α.



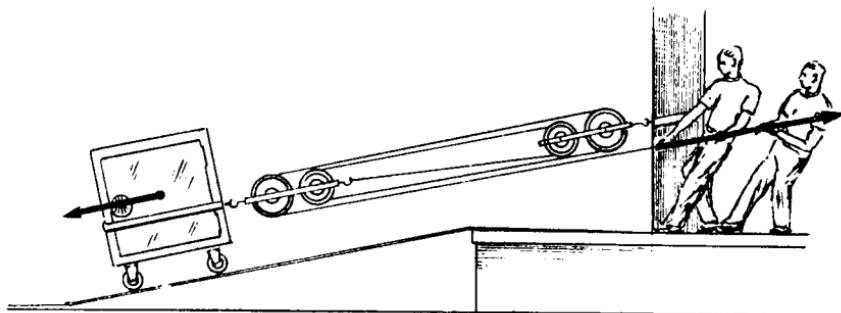
Σχ. 4·5 β.

γιὰ νὰ σηκώσωμε τὸ βάρος κατὰ ἔνα μέτρο, πρέπει νὰ τραβήγωμε δύο μέτρα σχοινί.

"Αν συνδυάσωμε μιὰ ἐλεύθερη καὶ μιὰ πάγια τροχαλία, ἔχο-

με ένα σύσπαστο. Μὲ αὐτὸς ἔχομε τὸ ἵδιον ὅφελος σὲ δύναμη ὅπως καὶ στὴν ἐλεύθερη τροχαλία, ἀλλὰ ἔχομε ἀκόμη καὶ τὸ πλεονέκτημα ὃτι τραχούμε τὸ βάρος ἀπὸ ἐπάνω πρὸς τὰ κάτω, πρᾶγμα ποὺ εἶναι πιὸ βολικό.

Περισσότερα σύσπαστα μαζὶ κάνουν τὰ πολύσπαστα, ποὺ κοινῶς λέγονται μακαράδες. Στὸ σχῆμα 4·5 γ φαίνεται ἡ λειτουργία ἐνὸς πολύσπαστου.



Σχ. 4·5 γ.

Ἡ ἀντίσταση μοιράζεται σὲ πέντε κλάδους σχοινιοῦ. Ἐτοι ἡ δύναμη ποὺ πρέπει νὰ ἀσκήσωμε γιὰ νὰ ἰσορροπήσωμε εἶναι τὸ 1/5. Γιὰ νὰ μετακινήσωμε ὅμως τὸ κιρότσι κατὰ ἓνα μέτρο, πρέπει νὰ τραβήξωμε πέντε μέτρα σχοινί.

Στὸ πολύσπαστο ἡ δύναμη, ποὺ προσπαθοῦμε νὰ ὑπερικῆσωμε, μοιράζεται σὲ πολλοὺς κλάδους σχοινιούς καὶ ἔτει ἡ δύναμη ποὺ πρέπει νὰ ἀσκήσωμε ἐμεῖς στὴν ἐλεύθερη ἄκρη τοῦ σχοινιού, εἶναι τόσο μικρότερη ὡσο περισσότεροι εἶναι οἱ κλάδοι τοῦ σχοινιοῦ ὅπου μοιράζεται ἡ δύναμη. Ἀντίστοιχα, ὅμως, γιὰ νὰ μετακινήσωμε τὴν ἀντίσταση κατὰ ἓνα μέτρο πρέπει νὰ τραχήξωμε τόσα μέτρα σχοινὶ ὡσοι εἶναι οἱ κλάδοι τοῦ σχοινιοῦ ὅπου μοιράζεται τὸ βάρος.

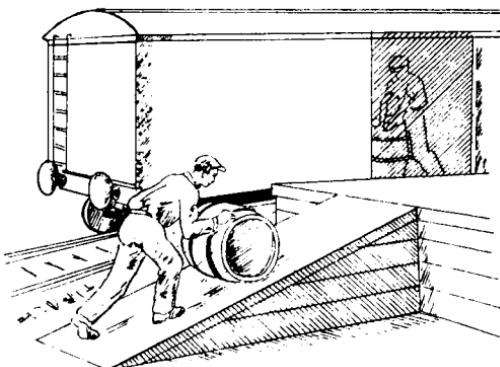
Παρατηροῦμε καὶ στὴν περίπτωση τῶν πολυσπάστων ὃτι:

ΔΥΝΑΜΗ·ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗ ΔΥΝΑΜΕΩΣ =
ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ·ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΣ

καὶ τοῦτο εἶναι ἄλλη μιὰ ἐπαλήθευση τῆς ἀρχῆς τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας.

4·6 Κεκλιμένο έπίπεδο.

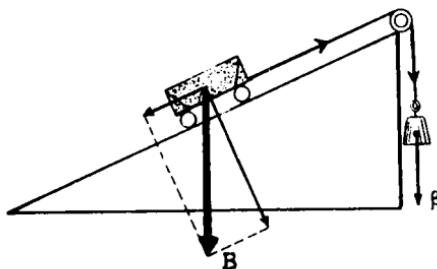
Συχνὰ βλέπομε ἐργάτες νὰ φορτώνουν σὲ βαγόνια βαρέλια σπρώχνοντάς τα ἐπάνω σὲ δύο σανίδες ποὺ σχηματίζουν ἔνα κεκλιμένο έπίπεδο καὶ ποὺ ἐνώνουν τὸ ἔδαφος μὲ τὸ φορτηγὸ βαγόνι (σχ. 4·6 α). Μ' αὐτὸ τὸν τρόπο ἡ δύναμη, ποὺ χρειάζεται γιὰ νὰ φορτωθοῦν τὰ βαρέλια στὸ βαγόνι, εἶναι πολὺ μικρότερη ἀπὸ τὴν δύναμη ποὺ θὰ χρειαζόταν ἀν ἔπειρε οἱ ἐργάτες νὰ σηκώσουν τὰ βαρέλια κατακορύφως. Οἱ σανίδες λοιπὸν αὐτές, ἔτσι ὅπως εἶναι τοποθετημένες, ἀποτελοῦν ἔνα εἰδος μηχανῆς, γιατὶ μ' αὐτὴ ἔξοικονομοῦμε δύναμη, δηλαδὴ μὲ μικρὴ δύναμη ὑπερνικοῦμε μεγάλη ἀντίσταση, μεγάλο βάρος.



Σχ. 4·6 α.

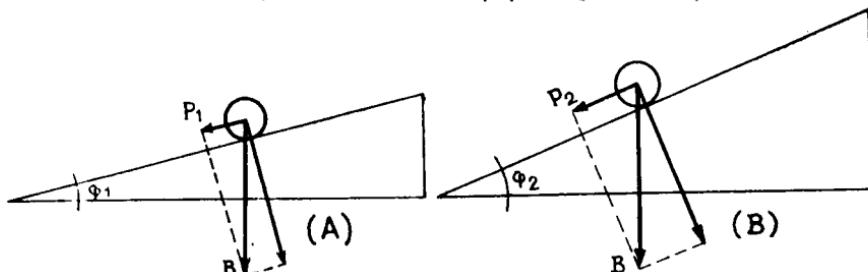
Σύμφωνα μὲ δσα μάθαμε στὸ Κεφάλαιο γιὰ τὴν ἀνάλυση τῶν δυνάμεων (Κεφ. 1·2, 1·3), τὸ βάρος ἐνὸς σώματος ποὺ βρίσκεται ἐπάνω σ' ἕνα κεκλιμένο έπίπεδο (δηλ. ἔνα έπίπεδο ποὺ ἔχει κλίση) μπορεῖ νὰ ἀναλυθῇ σὲ δύο δυνάμεις, μιὰ κάθετο στὸ κεκλιμένο έπίπεδο ἐπάνω στὸ ὅποιο στηρίζεται τὸ σῶμα, καὶ μιὰ ἄλλη

ποὺ ἔχει τὴν διεύθυνση αὐτοῦ τοῦ ἐπιπέδου (σχ. 4·6 β). Ὅσο η κλίση τοῦ ἐπιπέδου εἶναι μικρότερη, τόσο η δύναμη ποὺ ἀσκεῖται κατὰ τὴν διεύθυνση τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου εἶναι ἐπίσης μικρότερη. Ἀρα μποροῦμε μὲν μικρὴ δύναμη νὰ σύρωμε η̄ νὰ σπρώχνωμε σ' ἔναν ἀνήφορο μεγάλο βάρος.



Σχ. 4·6 β.

Χάρη στὸ κεκλιμένο ἐπίπεδο μπορεῖ τὸ βάρος β νὰ τραβᾶ τὸ βάρος B πρὸς τὰ ἐπάνω, ἀν καὶ τὸ B εἶναι μεγαλύτερο ἀπὸ τὸ β .



Σχ. 4·6 γ.

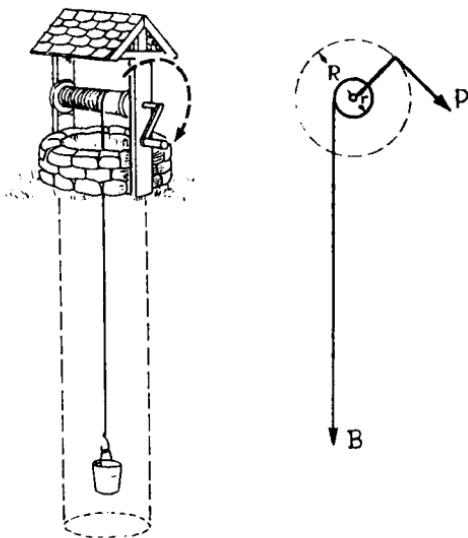
Εἶναι πιὸ εὔκολο νὰ ἀνεβάσωμε τὸ ἴδιο βάρος B σὲ ἔνα κεκλιμένο ἐπίπεδο ποὺ ἔχει μικρὴ κλίση (A), παρὰ σὲ ἔνα ποὺ ἔχει μεγάλη κλίση (B).

$$\varphi_2 > \varphi_1 \quad P_2 > P_1.$$

Συναντοῦμε πάλι στὴν περίπτωση τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου τὴν ἀρχὴ τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας, διότι δτὰν σπρώχνωμε κάτι ἐπάνω σὲ ἔνα κεκλιμένο ἐπίπεδο ἔξοικονομοῦμε δύναμη. Πρέπει δμως νὰ σπρώξωμε τὸ βάρος κατὰ μεγαλύτερο διάστημα, ἔτσι ὥστε τὸ ἔργο ποὺ δίνομε νὰ εἶναι δσο αὐτὸ ποὺ παίρνομε.

4·7 Βαρούλκο.

Τὸ βαροῦλκο εἶναι μιὰ μηχανὴ μὲ τὴν ὅποια μποροῦμε νὰ ἀνυψώνωμε διάφορα βάρη. Ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕναν κύλινδρο ξύλινο ἢ σιδερένιο. Γύρω ἀπὸ τὸν κύλινδρο μὲ τὴν βοήθεια ἐνὸς μοχλοῦ, δ ὅποιος εἶναι στὸν ἄξονα τοῦ βαρούλκου, τυλίγεται τὸ σχοινί, που εἶναι δεμένο τὸ βάρος. Ο μοχλὸς αὐτὸς εἶναι ἡ γνωστὴ μας μανιβέλλα (σχ. 4·7α). Ἐν τὸ μῆκος τῆς μανιβέλλας (R) εἶναι



Σχ. 4·7 α.

μεγαλύτερο ἀπὸ τὴν ἀκτίνα τοῦ κυλίνδρου (r) τὸ βαροῦλκο μπορεῖ νὰ κινηθῇ, ἂν ἐφαρμόσωμε στὴ μανιβέλλα δύναμη μικρότερη ἀπὸ τὸ βάρος (B) ποὺ κρέμεται ἀπὸ τὸ σχοινί (σχ. 4·7α). Είναι φανερὸς ὅτι ἂν δ ἀντίτοπος ἔχῃ πολὺ μικρὴ διάμετρο, τὸ βαροῦλκο μπορεῖ νὰ εἶναι πολὺ πλεονεκτικὴ μηχανὴ, γιατὶ ἔτσι, ἐφαρμόζοντας πολὺ μικρὴ δύναμη, μποροῦμε νὰ ἀνυψώσωμε ἔνα πολὺ μεγάλο βάρος.

Γιὰ νὰ ὑπερνικήσωμε τὴν ἀντίσταση μὲ τὸ βαρούλκο, χρειάζεται νὰ ἐφαρμόσωμε δύναμη (P) τέτοια ὥστε νὰ εἶναι:

$$P \cdot R = B \cdot r$$

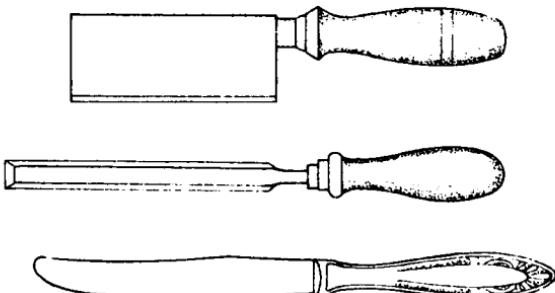
δηλαδὴ ἡ δύναμη ἐπὶ τὴν ἀκτίνα τῆς μανιβέλας νὰ εἶναι ἵση μὲ τὸ βάρος ἐπὶ τὴν ἀκτίνα τοῦ βαρούλκου. Καὶ στὸ βαρούλκο παρατηροῦμε ὅτι ἡ δύναμη ποὺ ἐφαρμόζομε εἶναι μικρότερη ἀπὸ τὸ βάρος, μετακινεῖται ὅμως ἡ δύναμη ἀντίστοιχα κατὰ μεγαλύτερη ἀπόσταση ἔτσι, ὡστε τὸ ἔργο ποὺ παίρνομε νὰ εἶναι ὅσο ἐκεῖνο ποὺ δίνομε.

4.8 Σφήνα.

Ἡ σφήνα εἶναι ἕνα πριγματικὸν κανονικὸ σῶμα.



Σχ. 4·8 α.



Σχ. 4·8 β.

Δὲν εἶναι παρὰ ἕνα διπλὸ κεκλιμένο ἐπίπεδο, ὅπως φαίνεται στὸ σχῆμα 4·8 α. "Οπως καὶ στὸ κεκλιμένο ἐπίπεδο ἔτσι καὶ στὴν

σφήνα, διό μικρότερη είναι ή γωνία τής σφήνας τόσο μεγαλύτερη αντίσταση μποροῦμε νὰ θερνικήσωμε μὲ τὴν ἵδια δύναμη.

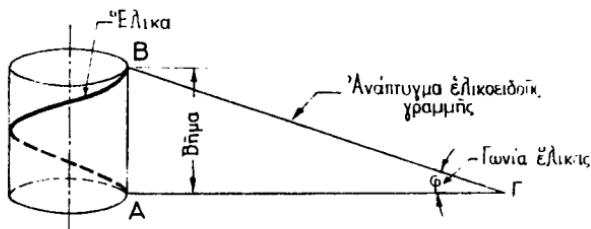
Σφήνες είναι οἱ μπαλτάδες, τὰ σκαρπέλα, τὰ μαχαίρια (σχ. 4·8 β), τὰ ξυράφια, τὰ καρφιὰ κλπ.

4·9 Κοχλίας.

Κοχλίας είναι ἔνας κύλινδρος ὁ ὅποῖος φέρῃ γύρω ἀνάγλυφο ἔνα ἐξόγκωμα μὲ δόηγὸν τὴν ἔλικα.

Ἡ ἔλικωση τοῦ κοχλία προκύπτει ἀν τυλίξωμε ἔνα κεκλιμένο ἐπίπεδο γύρω ἀπὸ ἔνα κύλινδρο.

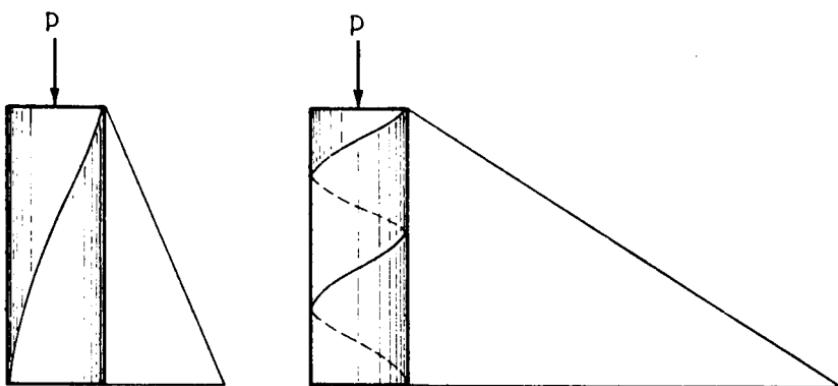
Ἡ σχέση ποὺ ὑπάρχει ἀνάμεσα στὴν δύναμη καὶ τὴν ἀντίσταση είναι ή ἵδια ὅπως καὶ στὴν περίπτωση τοῦ κεκλιμένου ἐπίπεδου, δηλαδὴ διό μικρότερη είναι ή γωνία κλίσεως τοῦ ἐπίπεδου, τόσο μικρότερη δύναμη πρέπει νὰ καταβάλωμε. Τὸ σχῆμα 4·9 α μᾶς δείχνει πῶς προκύπτει ὁ κοχλίας ἀπὸ τὸ κεκλιμένο ἐπίπεδο. ᩴ καμπύλη ποὺ προκύπτει ἐπάνω στὸν κύλινδρο λέγε-



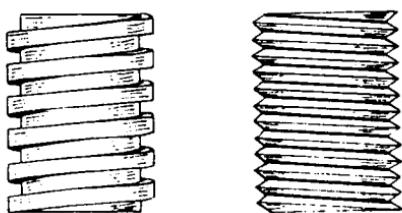
Σχ. 4·9 α.

ται ἔλικα. Οἱ βίδες είναι ἀκριβῶς κυλινδρικὰ κομμάτια ἀπὸ σίδερο ποὺ ἔχουν αὐλακώσεις σὲ σχῆμα ἔλικα (σχ. 4·9 γ). Οἱ κοχλίες βιδώνουν μέσα σὲ περικόχλια (παξιμάδια). Ἡν κρατοῦμε τὸ περικόχλιο σταθερὸ καὶ γυρίσωμε τὸν κοχλία μιὰ δλόκληρη στροφή, τότε δικοχλίας θα προχωρήσῃ κατὰ ἔνας μῆκος ποὺ τὸ λέμε προχώρηση ἡ βῆμα τοῦ κοχλία. Ὁσο πιὸ μικρὴ είναι ή προχώρηση, τόσο μικρότερη είναι καὶ ή γωνία τοῦ ἀντίστοιχου κε-

κλιμένου έπιπεδου καὶ γι' αὐτὸ είναι πιὸ εύκολο νὰ ὑπερνικήσωμε μιὰ δύναμη ποὺ ἀσκεῖται ἐπάνω στὸν ἄξονα τοῦ κοχλία. Στὸ σχῆμα 4·9 β δείχνονται σχηματικὰ δύο κοχλίες. "Οπως βλέπομε τὸ βῆμα τοῦ ἀριστεροῦ κοχλία είναι δύο φορὲς πιὸ μεγάλη ἀπὸ τοῦ δεξιοῦ." Αν ἀναλύσωμε τὴν δύναμη P ποὺ πρέπει νὰ ὑπερ-



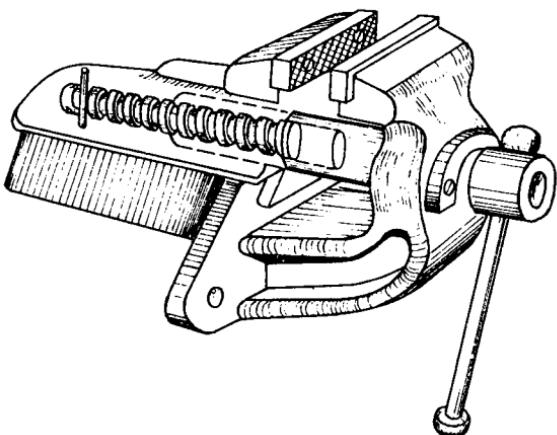
Σχ. 4·9 β.



Σχ. 4·9 γ.

νικήσωμε μὲ τὸν κοχλία σὲ μιὰ δύναμη κάθετη ἐπάνω στὴν ἔλικωση καὶ μιὰ δύναμη κάθετη στὶς γενέτειρες τοῦ κυλίνδρου (γιατὶ τέτοια δύναμη, κάθετη στὶς γενέτειρες τοῦ κυλίνδρου ἀσκοῦμε δτὰν περιστρέψωμε τὸν κοχλία), βλέπομε δτὶ μὲ τὸν δεξιὸ κοχλία χρειαζόμαστε δύο φορὲς μικρότερη δύναμη, ἀντίστοιχα δμῶς πρέπει νὰ τὸν περιστρέψωμε καὶ δύο φορὲς περισσότερο.

Κοχλίες βλέπομε κάθε μέρα πάρα πολλούς, που χρησιμοποιοῦνται γιὰ δύο κυρίως σκοπούς: α) γιὰ νὰ συγκρατοῦν σφικτὰ δύο ἢ περισσότερα κομμάτια, καὶ αὐτοῦ τοῦ εἰδούς εἶναι οἱ περισσότεροι (τὰ μπουλόνια καὶ οἱ ξυλόβιδες) καὶ β) γιὰ νὰ μεταπίζουν διάφορα κομμάτια (ἡ βίδα τῆς μέγγενης, σχ. 4·9δ καὶ οἱ μεγάλες βίδες τῶν τόρνων ἀνήκουν σ' αὐτὴν τὴν κατηγορία).



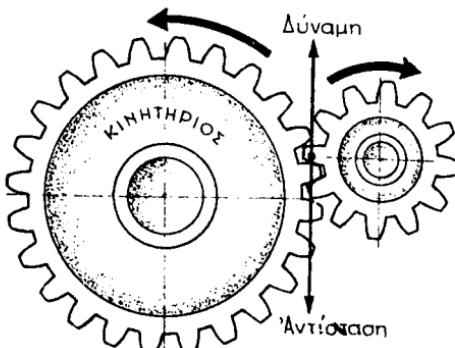
Σχ. 4·9δ.

4·10 Ὁδοντωτοὶ τροχοὶ ἢ γρανάζια.

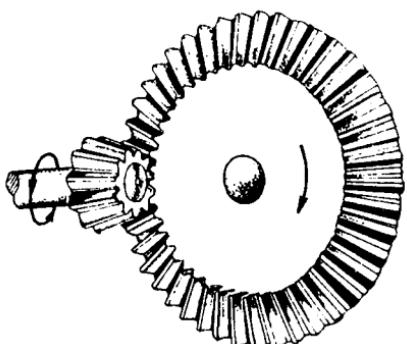
Οἱ ὁδοντωτοὶ τροχοὶ (ποὺ κοινῶς λέγονται γρανάζια) εἶναι τροχοὶ ποὺ ἔχουν στὴν περιφέρειά τους δόντια, δηλαδὴ κατάλληλες ἔξοχές, καὶ χρησιμοποιοῦνται γιὰ νὰ μεταφέρουν τὴν περιστροφικὴ κίνηση ἀπὸ ἕναν δέξονα σὲ ἄλλον (σχ. 4·10α, 4·10β, 4·10γ). Ἐπειδὴ τὰ δόντια δύο τροχῶν ἐμπλέκονται πάντα ἕνα πρὸς ἕνα, οἱ στροφὲς τοῦ μεγάλου τροχοῦ εἶναι λιγότερες ἀπὸ τὶς στροφὲς τοῦ μικροῦ. Ἐπομένως οἱ στροφὲς δύο ὁδοντωτῶν τροχῶν ποὺ συνεργάζονται εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογες τοῦ ἀριθμοῦ τῶν δοντιῶν τους.

"Αν δηλαδή οι άριθμοί τῶν δογτιών τους είναι :
 z_1 καὶ z_2 , καὶ οἱ στροφές τους ἀνὰ λεπτὸν n_1 , καὶ n_2 , θὰ λαχύη ἡ ἑξῆς σχέση μεταξύ τους :

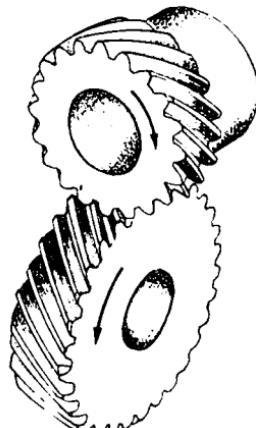
$$\frac{z_1}{z_2} = \frac{n_2}{n_1}.$$



Σχ. 4·10 α.



Σχ. 4·10 β.



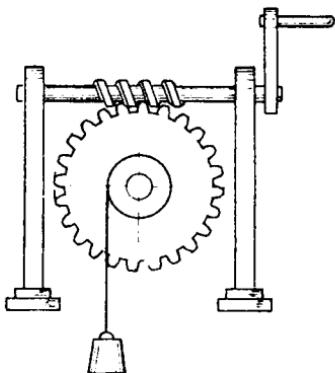
Σχ. 4·10 γ.

"Ετσι, ἂν δύο τροχοί έχουν δέκατα 20 καὶ δέκατα 50 δόντια, καὶ ἔχεινος ποὺ έχει τὰ 20 δόντια γυρίζει μὲ 200 στροφές στὸ λεπτό, ὁ ἄλλος μὲ τὰ 50 δόντια θὰ γυρίζῃ σύμφωνα μὲ τὸν παρακάτω τύπο :

$$\frac{20 \times 200}{50} = 80 \text{ στροφές στὸ λεπτό.}$$

Από τὸ σχῆμα 4·10 α βλέπομε ὅτι, ἐπειδὴ ἡ δύναμη εἶναι ἵση μὲ τὴν ἀντίσταση (κατὰ τὴν ἀρχὴν τῆς δράσεως καὶ ἀντιδράσεως τῶν δυνάμεων), ἡ ροπὴ τοῦ μικροῦ τροχοῦ εἶναι μικρότερη ἀπὸ τὴν ροπὴν τοῦ μεγάλου. Ο τροχὸς ποὺ ἔχει τὶς περισσότερες στροφές, ἔχει τὴν μικρότερη ροπὴν κατὰ τρόπο, ὥστε τὸ ἔργο ποὺ δίνομε νὰ εἶναι ἵσο μὲ αὐτὸν ποὺ παίρνομε, πάλι δηλαδὴ ἐπαληθεύεται ἡ ἀρχὴ τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας.

Τοὺς δόδοντωτοὺς τροχούς χρησιμοποιοῦμε ἀπὸ τὰ ρολόγια ὥς τὶς μεγαλύτερες μηχανές ποὺ ὑπάρχουν στοὺς γερανούς, στὰ πλοῖα, στὰ αὐτοκίνητα κλπ.



Σχ. 4·10 δ.

Όδοντωτοί τροχοί ὑπάρχουν πολλῶν εἰδῶν. Τέτοιοι εἶναι οἱ δόδοντωτοί τροχοί μὲ ἄξονες παράλληλους καὶ μὲ δόντια ἵσια ἢ λοξά, οἱ κωνικοὶ δόδοντωτοί τροχοί μὲ ἄξονες ἀσυμβάτους (δηλαδὴ ποὺ δὲν τέμνονται, χωρὶς νὰ εἶναι ὅμως καὶ παράλληλοι (σχῆμα 4·10 γ)). Δὲν θὰ ποῦμε ὅμως περισσότερα ἕδω γιὰ τοὺς δόδοντωτοὺς τροχούς, γιατὶ γι' αὐτοὺς γίνεται λόγος στὸ βιβλίο «Στοιχεῖα Μηχανῶν».

“Οταν θέλωμε ἀπὸ ἕναν ἄξονα μὲ πολλὲς στροφὲς νὰ δώσωμε κίνηση σ' ἔναν ἄλλον, ὥστε αὐτὸς ὁ ἄλλος νὰ γυρίζῃ μὲ πολὺ λι-

γότερες στροφές, χρησιμοποιοῦμε τὸν μηχανισμὸν τοῦ ἀτέρμονος κοχλία-τροχοῦ (σχ. 4·10 δ). Ὁ μηχανισμὸς αὐτὸς ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕναν κοχλία, ὁ ὅποῖος ἀντὶ νὰ βιδώνῃ σ' ἔνα περικόχλιο ἐμπλέκεται στὰ δόντια ἑνὸς δδοντωτοῦ τροχοῦ. Ἐτσι, ὅταν περιστρέψωμε τὸν κοχλία περιστρέφεται καὶ ὁ τροχός. Στὸ σχῆμα 4·10 δ βλέπομε ἀμέσως ὅτι ἀν περιστρέψωμε τὸν κοχλία μιὰ στροφὴ, ὁ τροχός προχωρεῖ κατὰ ἔνα δόντι. Κατὰ τὸν τρόπον αὐτὸν μποροῦμε νὰ ἐπιτύχωμε μεγάλη μείωση στροφῶν.

ΔΕΥΤΕΡΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Β

ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ

5.1 Τί είναι έλαστικότητα και τί είναι πλαστικότητα τῶν σωμάτων.

“Ολα τὰ σώματα, δταν δεχθοῦν ἐπάνω τους μιὰ δύναμη, χάνουν τὸ σχῆμα ποὺ ἔχουν, παραμορφώνονται.

“Αν π.χ. κτυπήσωμε μὲν ἕνα σφυρὶ ἕνα κουτὶ ἀπὸ κονσέρβα, τὸ κουτὶ αὐτὸ θὰ χάσῃ τὸ σχῆμα του, θὰ παραμορφωθῇ. “Αν κτυπήσωμε ἕνα καρφί, θὰ στραβώση. Ἐπίσης μποροῦμε νὰ στραβώσωμε μιὰ ράβδο ἀπὸ χαλκό. “Οταν πιέσωμε μὲ τὴν παλάμη μας ἕνα φουσκωμένο μπαλόνι, βλέπομε δτι τοῦτο χάνει τὸ σφαιρικό του σχῆμα και παραμορφώνεται. “Αν, κρατώντας μὲ τὸ ἕνα μας χέρι ἕνα ξυραφάκι ἀπὸ τὸ ἕνα του ἄκρο, πιέσωμε μὲ τὰ δάχτυλά μας τὸ ἄλλο του, τὸ ξυραφάκι θὰ λυγίση. “Αν τραβήξωμε ἀπὸ τὶς δύο του ἄκρες ἕνα λαστιχένιο σωλήνα, δ σωλήνας θὰ μακρύνη.

Παρατηροῦμε δτι στὶς τρεῖς πρώτες περιπτώσεις ή παραμόρφωση παραμένει και ἀφοῦ παύση νὰ ἐνεργῇ ή δύναμη και τὰ σώματα δὲν ξαναπαίρουν τὸ ἀρχικό τους σχῆμα.

Τὰ σώματα, ποὺ μένουν παραμορφωμένα δταν παύση νὰ ἐνεργῇ ἐπάνω τους ή δύναμη, λέγονται πλαστικὰ και τὰ ὑλικὰ ἀπὸ τὰ δποῖα είναι οντασκευασμένα λέγονται και αὐτὰ πλαστικὰ ὑλικά.

Στὰ τρία τελευταῖα παραδείγματα (μπαλόνι, ξυραφάκι, ἐλ. σωλήνας) τὸ σῶμα ξαναγυρίζει στὴν ἀρχικὴ του μορφή, δταν παύση νὰ ἐφαρμόζεται ή δύναμη. Τὰ σώματα αὐτὰ λέγονται ἔλαστικά.

Τέτοια πλαστικὰ σώματα, δηλαδὴ σώματα ποὺ μένουν ἀκριβῶς στὸ σχῆμα ποὺ τους ἐπέέβαλε μιὰ δύναμη, δὲν ὑπάρχουν. Οὕτε

καὶ τέλεια ἐλαστικὰ σώματα ὑπάρχουν. Τὰ σώματα ποὺ λέμε συνήθως ἐλαστικὰ δὲν ἐπανέρχονται ἀκριβῶς στὸ σχῆμα ποὺ ἔχουν ἀρχικά, ἀλλὰ τοὺς μένει μιὰ μικρὴ παραμόρφωση. Αὐτὸ τὸ φαινόμενο ποὺ παρουσιάζεται στὰ ἐλαστικὰ σώματα λέγεται ἐλαστικὴ ὑστερηση.

Στὶς τεχνικὲς ἐφαρμογές, συνήθως καὶ γιὰ δυνάμεις μικρότερες ἀπὸ ἔνα ὅρισμένο ὅριο, μποροῦμε νὰ θεωρήσωμε ὅτι τὸ λάστιχο, ὁ χάλυψ κ.ἄ. εἶναι ἐλαστικὰ ὄντικά, ἐνῶ ὁ πηλός, ὁ μόλυβδος κ.ἄ. θεωροῦνται ὡς πλαστικὰ ὄντικα.

"Ας ὑποθέσωμε, τώρα, ὅτι παραμορφώνομε πολλὲς φορὲς τὸ ἕδιο ἔντονο, δηλαδὴ τὸ κάμπτομε ἐπανειλημμένως καὶ τὸ ἀφήνομε νὰ ἔντονο γίνεται στὴν ἀρχική του θέση. "Ας ὑποθέσωμε ἐπίσης ὅτι κάνομε τὸ ἕδιο καὶ στὸ καρφί. Αὐτὸ ποὺ θὰ παρατηρήσωμε στὶς περιπτώσεις αὗτες εἶναι ὅτι μὲ τὶς συνεχεῖς παραμορφώσεις τὸ καρφί, δηλαδὴ ὁ μαλακὸς σιδηρός, ζεσταίνεται στὴ θέση ποὺ γίνεται γιὰ παραμόρφωση, ἐνῶ τὸ ἔντονο δὲν ζεσταίνεται.

"Απὸ αὐτὴ τὴν παρατήρηση συμπεραίνομε ὅτι στὴν περίπτωση τοῦ μαλακοῦ σιδήρου (καρφὶ) γιὰ μηχανικὴ ἐνέργεια ποὺ ξοδεύομε δταν τὸ παραμορφώνομε (τὸ λυγίζομε γη, τὸ ισιώνομε) γίνεται θερμότητα, ἐνῶ στὴν περίπτωση τοῦ ἀτσαλιοῦ (ἔντονο) γιὰ ἐνέργεια αὗτὴ ἀποθηκεύεται μέσα στὸ ἔντονο.

"Η ἀποθηκευμένη αὕτη ἐνέργεια λέγεται ἐνέργεια ἐλαστικῆς παραμορφώσεως καὶ εἶναι αὐτὴ ποὺ κάνει τὸ ἔντονο γιὰ ἔντονη τὴν ἀρχική του μορφή. Αὐτὴ γιὰ ἀποταμιευμένη ἐνέργεια εἶναι ἐκείνη ποὺ κάνει τὰ ἔιαφορα ἐλαστήρια τῶν μηχανῶν γιὰ ἔντονα γυρίζουν στὴν ἀρχική τους μορφή.

Στὴν πράξη καὶ στὶς τεχνικὲς ἐφαρμογὲς χρησιμοποιοῦμε, ἀνάλογα μὲ τὶς ἀνάγκες μας, ἄλλοτε ἐλαστικὰ καὶ ἄλλοτε πλαστικὰ σώματα. Π.χ. γιὰ τὴν κατασκευὴ ἐλαστηρίων χρησιμοποιοῦμε ἀτσάλι γη φωσφοροῦχο δρείχαλκο. Δηλαδὴ ἐλαστικὰ ὄντικα.

"Αν δημιουργείται ούτικό, που θα χρησιμοποιήσουμε, να παραμορφώνεται εύκολα και να μένη μόνιμα παραμορφωμένο στήν κατασκευή μας, όπως π.χ. έταν θέλωμα για κατασκευάσωμε διατυλίους στεγανέτητας, χρησιμοποιούμε ούτικό πλαστικό, π.χ. μέλινθος, μαλακό χαλκό, άμιαντο κλπ.

5.2 Είδη παραμορφώσεων - Νόμος του Χούκ.

Τα σώματα μπορούν να παραμορφωθούν κατά πολλούς τρόπους. "Ολοι δημιουργοί είναι συνδυασμοί έξης άπλων, που είναι οι έξι:

—'Εφελκυσμός (τράβηγμα, τέντωμα). Λέμε δτι είναι σώματα έφελκυνεται ή δτι ούφισταται έφελκυσμό, έταν δρούν έπάνω του δυνάμεις που τείνουν να το μακρύνουν. Χαρακτηριστικό παράδειγμα έφελκυσμένου σώματος είναι είναι σχοινί ή είναι σύρμα ή είναι έλατήριο άπό το δύποτο κρέμεται είναι βάρος (σχ. 5·2 α).

—Θλίψη. 'Η θλίψη είναι: το άντιθετο του έφελκυσμού' είναι σώματα ούφισταται θλίψη, έταν δρούν έπάνω του δυνάμεις που τείνουν να το μικρύνουν.

Μιά κολόνα που ούποθετάζει είναι κτίριο είναι είναι χαρακτηριστικό παράδειγμα σώματος που ούφισταται θλίψη.

Πολὺ ένδιαφέρον είναι να μελετήσουμε πώς και πόσο παραμορφώνεται είναι έλατηριο σώμα, έταν το ούποθετο δύναμη άσκούμε σε έφελκυσμό. "Ας πάρωμε λοιπόν είναι σύρμα άπό χάλινθο (ή και άπό δίλλο έλατηριο ούτικό) και άς άρχισουμε να άσκούμε έφελκυστικές δυνάμεις άλλο και μεγαλύτερες και άς μετρούμε το μήκος του σύρματος για κάθε δύναμη που άσκούμε.

Παρατηρούμε δτι στήν άρχη, έσσο μεγαλύτερη δύναμη άσκούμε τόσο άκριδως έπιμηκύνεται το σύρμα. Δηλαδή ή έπιμήκυνση είναι άναλογη πρός τή δύναμη που τήν προκαλεῖ. "Όταν σε είναι ούτικό ούπιμηκύνσεις είναι άναλογες πρός τις δυνάμεις, τότε λέμε δτι το ούτικό αύτο άκολουθει το Νόμο του Χούκ (Hooke).

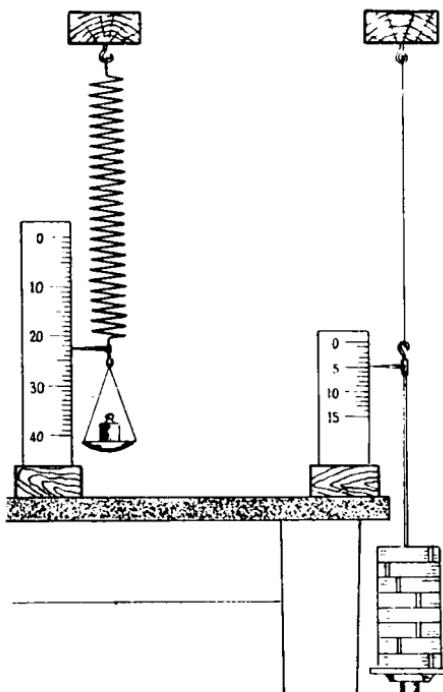
Δηλαδή ή έπιμήκυνση άλλος σύρματος (ή μιάς ράβδου) είναι:

ἀνάλογη πρὸς τὴν δύναμην P ποὺ τὴν προκαλεῖ καὶ πρὸς τὸ μῆκος τοῦ σύρματος l , εἶναι δὲ ἀντιστρόφως ἀνάλογη πρὸς τὴν διατομὴν F .

Ο γόμος τοῦ Χούκ λέει δτι:

$$\text{ΕΠΙΜΗΚΥΝΣΗ} = \frac{(\text{ΔΥΝΑΜΗ}) \cdot (\text{ΜΗΚΟΣ ΣΥΡΜΑΤΟΣ})}{(\text{ΔΙΑΤΟΜΗ ΣΥΡΜΑΤΟΣ}) \cdot (\text{ΜΕΤΡΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ})}$$

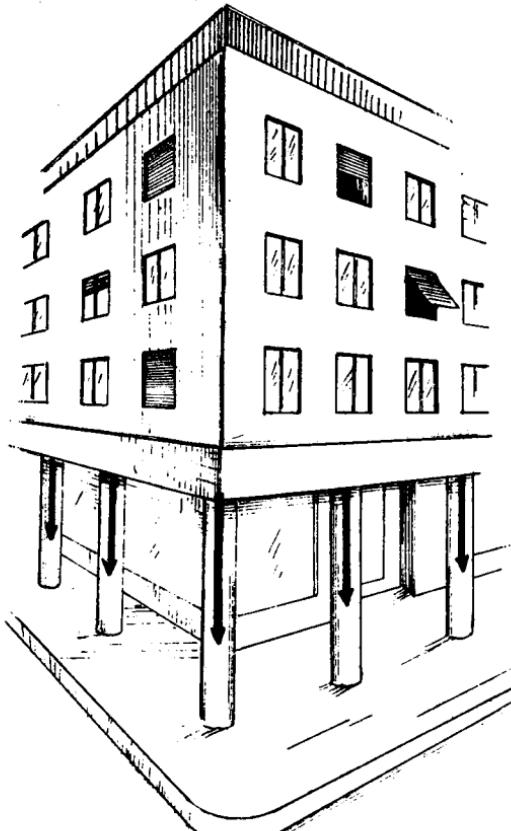
$$\Delta l = \frac{P \cdot l}{F \cdot E}.$$



Σχ. 5·2 α.

‘Η ἐπιμήκυνση τοῦ σύρματος ἔξαρτᾶται καὶ ἀπὸ τὸ εἶδος τοῦ ὑλικοῦ ποὺ εἶναι κατασκευασμένο· αὐτὸ τὸ βλέπομε ἀπὸ τὸ μέτρο ἐλαστικότητας E ποὺ μπαίνει στὸν τύπο. Τὸ μέτρο ἐλαστικότητας εἶναι διάφορο γιὰ κάθε ὑλικό, ἀλλὰ εἶναι τὸ ίδιο γιὰ όλα τὰ σώματα ποὺ εἶναι κατασκευασμένα ἀπὸ τὸ ίδιο ὑλικό.

Από τὸ μέτρο ἐλαστικότητας καταλαβαίνομε ὅν ἔνα σῶμα παραμορφώνεται εύκολα η δχι. Ἔνα σῶμα μὲ μεγάλο μέτρο ἐλαστικότητας παραμορφώνεται δυσκολώτερα ἀπὸ ἔνα σῶμα μὲ μικρὸ μέτρο ἐλαστικότητας. Ο χάλυψ ἔχει μεγαλύτερο μέτρο ἐλαστικότητας ἀπὸ τὸ ἀλου-



Σχ. 5·2β.

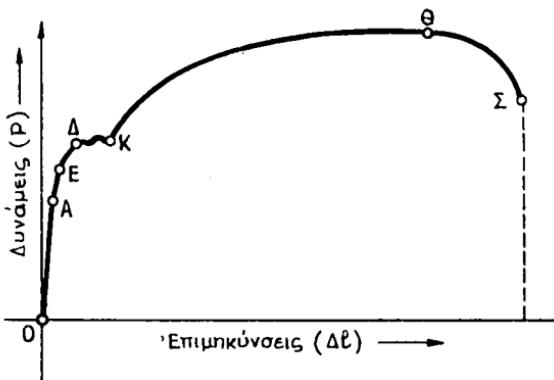
μίνιο· ἐπομένως, ὅν ἐφαρμόσωμε τὴν ἵδια δύναμη τόσο σὲ μιὰ χαλύβδινη ράβδο δσο καὶ σὲ μιὰ δμοια ράβδο ἀπὸ ἀλουμίνιο, ή ράβδος ἀπὸ ἀλουμίνιο θὰ μακρύη περισσότερο ἀπὸ τὴν χαλύβδινη.

Εἰπαμε στὴν ἀρχή, δτι σταν πρόκειται γιὰ μικρὲς δυνάμεις, τὰ ἐλαστικὰ ύλικὰ παραμορφώνονται σύμφωνα μὲ τὸ νόμο του Χούκ. Οἱ

παραμορφώσεις δηλαδή είναι &νάλογες πρός τις δυνάμεις. Αύτό παριστάνεται από τό εύθυγραμμό τμήμα OA στό σχήμα $5 \cdot 2 \gamma$.

"Αν οι δυνάμεις που δισκούμε γίνουν μεγαλύτερες από ένα δρισμένο δριο, που τό λέμε δριο άναλογίας (σημείο A , σχ. $5 \cdot 2 \gamma$), τότε οι παραμορφώσεις δὲν είναι πια &νάλογες πρός τις δυνάμεις καὶ δταν οι δυνάμεις αύξηθούν ακόμη λίγο, οι παραμορφώσεις παύουν νὰ είναι πια έλαστικές, είναι δηλαδή μόνιμες· λέμε τότε ότι οι δυνάμεις πέρασαν τό δριο ἔλαστικότητας (σημείο E , σχ. $5 \cdot 2 \gamma$).

"Αν αύξησωμε κι' ἄλλο τις ἐφελκυστικές δυνάμεις ἐπάγω στή, ράβδο (ἢ τό σύρμα), παρατηροῦμε δτι από ένα σημείο καὶ πέρα (σημείο A , σχ. $5 \cdot 2 \gamma$) ἢ ράβδος μακραίνει απότομα, χωρίς σημαντική αύξηση τῶν δυνάμεων (τμῆμα AK στό σχήμα $5 \cdot 2 \gamma$). Λέμε, τότε, δτι τό διακό διαρρέει καὶ τό σημείο δπου ἀρχίζει ἢ διαρροή λέγεται σημείο διαρροής τοῦ σλικοῦ. (σημείο Δ , σχ. $5 \cdot 2 \gamma$).



Σχ. $5 \cdot 2 \gamma$.

"Οταν φορτώσωμε κι' ἄλλο τήν ράβδο, αύτή παύει νὰ παραμορφώνεται ἔτσι εύκολα. Ή ἀντιστοιχία δυνάμεων καὶ παραμορφώσεων φαίνεται από τό τμῆμα $K\Theta$ τῆς καμπύλης τοῦ σχήματος $5 \cdot 2 \gamma$.

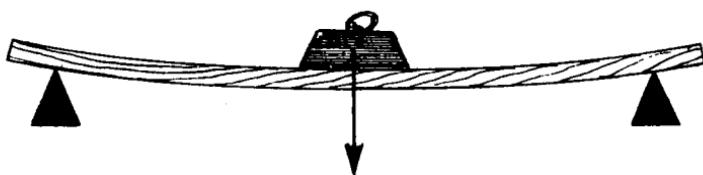
Λίγο πρὶν από τό σημείο Θ ἢ ράβδος ἀρχίζει νὰ στενεύῃ σὲ κάποιο μέρος (σχ. $5 \cdot 2 \delta$) καὶ στεγεύει δλο καὶ περισσότερο δσο αύξανει ἢ δύναμη, μέχρις δτου σπάση (σημείο Σ , σχ. $5 \cdot 2 \gamma$). Στό σημείο Θ ἔχομε τό φορτίο θραύσεως τῆς ράβδου, αύτό είναι τό μεγαλύτερο φορτίο που μπορεῖ νὰ ἀγθέξῃ.

Παρόμοια συμβαίνουν ἀν, ἀντὶ γὰ ἀσκήσωμε ἐφελκυσμό, ἀσκήσωμε θλίψη, μόνον ποὺ μερικὰ ὄλικὰ δὲν σπάνε, δση θλίψη καὶ ἀν ἀσκήσωμε, ἀλλὰ γίγονται δλοένα καὶ κοντύτερα μέχρις δτου καταγήσουν λεπτοὶ δίσκοι (π.χ. δ χαλκός).



Σχ. 5·2 δ.

—Κάμψη. "Αν στηρίξωμε μιὰ ἵσια σανίδα σὲ δύο στηρίγματα καὶ τὴν φορτώσωμε μὲ διάφορα βάρη, θὰ δοῦμε δτι ἡ σανίδα στραβίνει (σχ. 5·2 ε). Λέιις ὅτι ἡ σανίδα κάμπτεται καὶ τὸ φαινόμενο τὸ λέμε κάμψη.



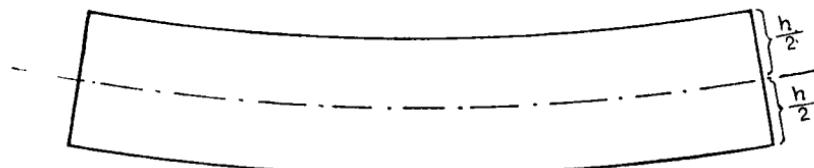
Σχ. 5·2 ε.

"Αν παρατηρήσωμε προσεκτικά, θὰ δοῦμε δτι, δταν κάμπτεται ἡ σανίδα, ἡ κάτω ἐπιφάνειά της τεντώνεται, ἐνῶ ἡ ἐπάνω συστέλλεται. "Αν παρατηρήσωμε ἀκόμη προσεκτικότερα, θὰ δοῦμε δτι δλο τὸ κάτω μισὸ πᾶχος τῆς σανίδας ἐφελκύεται, ἐνῶ τὸ ἐπάνω μισὸ θλίβεται (σχ. 5·2 ζ).

Στὴ μέση ἀκριβῶς τῆς σανίδας δὲν ὑπάρχει οὔτε ἐφελκυσμὸς

ούστε θλίψη. Μποροῦμε άκρηνη νὰ παρατηρήσωμε ὅτι δὲ ἐφελκυσμὸς εἶναι τόσο μεγαλύτερος, ὅσο ἡ περιοχὴ τῆς σανίδας ποὺ ἔξετάζομε ἀπέχει περισσότερο ἀπὸ τὴν μέσην.

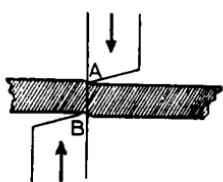
Αὐτὰ ὅλα τὰ βλέπομε πολὺ πιὸ καλά, ἂν κάμψωμε μιὰ γομολάστιχα ποὺ κάμπτεται πιὸ εύκολα καὶ πιὸ πολὺ ἀπὸ μιὰ σανίδα.



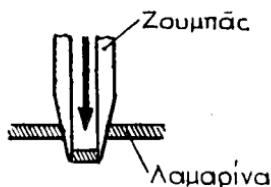
Σχ. 5·2 ζ.

Μποροῦμε λοιπὸν νὰ ποῦμε ὅτι ἡ κάμψη εἶναι ἕνας συνδυασμὸς ἐφελκυσμοῦ καὶ θλίψης, ἀφοῦ, ὅταν ἔνα σῶμα κάμπτεται, ἔνα τμῆμα του ἐφελκύεται καὶ τὸ ὑπόλοιπο θλίβεται.

—Διάτμηση. "Οταν κόβωμε ἔνα ἔλασμα μὲ ἔνα φαλίδι (σχ. 5·2 η) οἱ δυνάμεις ποὺ ἀσκοῦνται ἀναγκάζουν τὰ δύο τμῆματα



Σχ. 5·2 η.



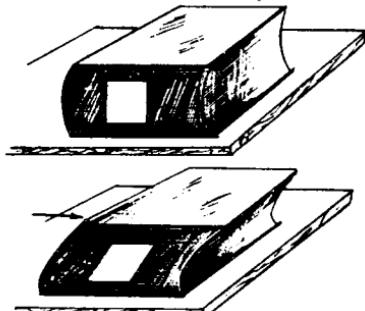
Σχ. 5·2 θ.

τοῦ ἔλασματος νὰ γλυστρήσουν ἀναμεταξύ τους κατὰ μῆκος τῆς εὐθείας AB καὶ ἔτσι κόβεται τὸ ἔλασμα. Λέμε ὅτι τὸ ἔλασμα κόπηκε, ἐπειδὴ ἀσκήσαμε ἐπάνω του διατμητικὴ δύναμη. "Αλλη συνηθισμένη περίπτωση ἀπλῆς διατμήσεως ἔχομε στὴν χρήση τοῦ ζουμπᾶ. Ἐκεῖ ὑποδάλλομε σὲ διάτμηση τὸ ἔλασμα ποὺ κόβομε κατὰ μῆκος τῆς περιφερείας τῆς τρύπας ποὺ ἀνοίγομε (σχ. 5·2 θ).

Μποροῦμε, λοιπόν, νὰ ποῦμε ὅτι ἡ διάτμηση γενικὰ εἶναι σὰν μιὰ καταπόνηση ποὺ ἀναγκάζει τὸ ὄλικὸ νὰ γλυστρήσῃ κατὰ μῆκος μιᾶς ἐπιφανείας.

Ἐνας παραστατικὸς τρόπος γιὰ νὰ φαντασθοῦμε τὴν διάτμηση εἶναι ὁ ἔξης (σχ. 5·2ι):

Τοποθετοῦμε ἔνα χονδρὸ βιβλίο ἐπάνω σὲ ἔνα τραπέζι καὶ σχεδιάζομε ἐπάνω στὴν τομὴ τῶν φύλλων τοῦ βιβλίου ἔνα τετράγωνο. Τώρα κρατώντας τὸ κάτω ἔξωφυλλο ἀκίνητο πρὸς τὴν ἐπιφάνεια τοῦ τραπεζίου, ἔξασκοῦμε μιὰ κλινηση παράλληλη πρὸς τὴν ἐπιφάνεια τοῦ τραπεζίου στὸ ἐπάνω ἔξωφυλλο. Κάθε φύλλο τοῦ βι-



Σχ. 5·2ι.

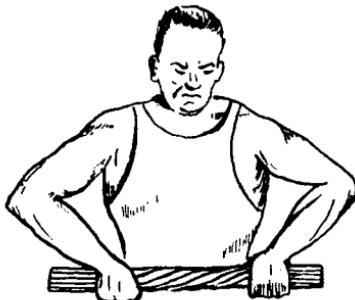
βλίου κατὰ τὸν τρόπο αὐτὸ ἀναγκάζεται νὰ γλυστρίσῃ ἐπάνω στὸ πλαϊνό του, μὲ ἀποτέλεσμα τὸ τετράγωνο, ποὺ σχεδιάσαμε, νὰ μὴν εἶναι πιὰ τετράγωνο ἀλλὰ παραλληλόγραμμο. Ἔτσι παραμορφώνεται καὶ ἔνα ὄλικὸ ποὺ ὑφίσταται διάτμηση.

—Στρέψη. “Οταν γυρίζωμε μιὰ μανιθέλλα, λέμε ὅτι ὁ ἄξονάς της ὑφίσταται στρέψη. Γιὰ νὰ δοῦμε παραστατικὰ πῶς παραμορφώνεται ἔνα σῶμα ποὺ ὑφίσταται στρέψη, ἀς πάρωμε ἔνα κοντὸ κομμάτι λαστιχένιο σωλήνα καὶ ἀς χαράξωμε ἐπάνω του μερικὲς γραμμὲς παράλληλες πρὸς τὸν ἄξονά του καὶ μετὰ πιάνοντάς το μὲ τὰ δυό μας χέρια ἀπὸ τὶς ἀκρες ἀς τὸ στρέψωμε, ὅπως δείχνει τὸ σχῆμα 5·2κ. Θὰ δοῦμε ὅτι οἱ γραμμὲς ποὺ χαράξαμε ἐπάνω στὴν ἐπιφάνεια τοῦ σωλήνα ἀπὸ εὐθεῖες ἔγιναν ἔλικες. Ἀν ἔξετά-

σωμές, λοιπόν, δύο γειτονικές διατομές πρὸς ἀσκήσωμε τὴν στρέψη καὶ ἐνῷ τὴν ἀσκοῦμε, θὰ παρατηρήσωμε καὶ ἐδῶ ὅτι ἡ μία ἔχει διλισθήσει σχετικὰ μὲ τὴν ἄλλη (σχῆμα 5·2 κ.). Ὁλίσθηση δύμως μιᾶς ἐπιφανείας σχετικὰ μὲ μιὰν ἄλλη ἔχομε καὶ στὴν διάτημοση.

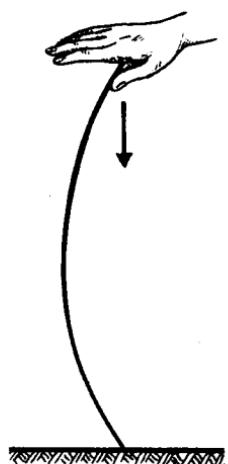
Απὸ αὐτὸ συμπεραίνομε ὅτι ἡ στρέψη καὶ ἡ διάτημηση εἰναι καταπονήσεις ποὺ μοιάζουν πολὺ μεταξύ τους.

Στρέψη παρουσιάζεται σὲ ὅλους τοὺς ἄξονες ποὺ χρησιμοποιοῦνται γιὰ νὰ μεταφέρουν περιστροφικὴ κίνηση.



Σχ. 5·2 κ.

— **Λύγισμα.** Ἐν στηρίξωμε τὴν ἄκρη μιᾶς βέργας στὸ ἔδαφος καὶ σπρώξωμε μὲ τὸ χέρι μας τὴν ἄλλη ἄκρη πρὸς τὰ κάτω, ἡ βέργα θὰ λυγίσῃ. Λέμε στὴν περίπτωση αὐτὴ ὅτι ἡ βέργα ὑφίσταται λυγισμὸ (σχ. 5·2 λ.). Παρατηροῦμε ὅτι κατὰ τὸν τρόπο αὐτὸ εἰναι ἀρκετὰ εὔκολο νὰ σπάσωμε τὴ βέργα. Ἡ καταπόνηση αὐτὴ μοιάζει μὲ τὴν κάμψη, μὲ τὴν χαρακτηριστικὴ δύμως διαφορὰ ὅτι στὴν κάμψη ἀσκοῦμε δυνάμεις κάθετες στὸν ἄξονα τῆς ράβδου ποὺ καταπονεῖται, ἐνῷ στὸν λυγισμὸ παράλληλες πρὸς αὐτὸν. Λεπτὲς ράβδοι ποὺ ὑφίστανται θλίψη διατρέχουν τὸν κίνδυνο νὰ ὑποστοῦν λυγισμὸ καὶ ἔτσι μποροῦν νὰ σπάσουν πολὺ εὔκολα. Τὸν κίνδυνο τοῦ λυγισμοῦ πρέπει νὰ τὸν προσέχουν πάντα οἱ μηχανικοί, ὅταν ὑπολογίζουν ἀντικείμενα ποὺ θὰ ὑφίστανται θλίψη.



Σχ. 5·2 λ.

ΤΡΙΤΟ ΜΕΡΟΣ

ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΡΕΥΣΤΩΝ (ΥΓΡΩΝ ΚΑΙ ΑΕΡΙΩΝ)

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 6

ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΗ ΚΑΙ ΑΕΡΟΣΤΑΤΙΚΗ

6.1 Πίεση.

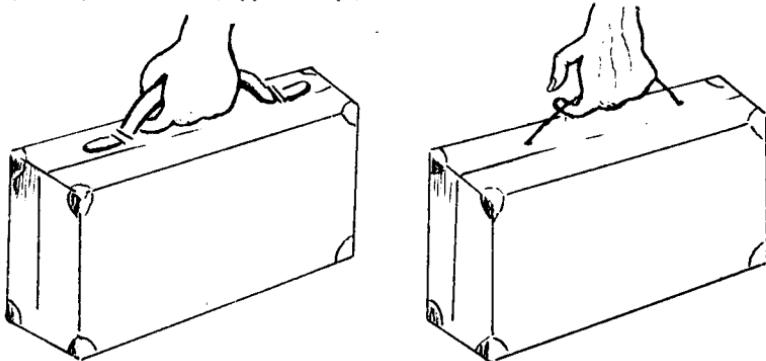
Από τὴν πείρα ἔρομε ὅτι, ἂν κρατοῦμε μὲ τὰ δάκτυλα μας τὸν σπάγγο μὲ τὸν δποῖον εἰναι δεμένο ἐνα βαρὺ δέμα, πονοῦμε καὶ μάλιστα τόσῳ περισσότερο ὅσῳ δ σπάγγος εἰναι λεπτότερος. "Αν δημως ὑπάρχη μιὰ λαβὴ (π.χ. ἐνα φαρδὺ λουρὶ) μὲ τὴν δποῖα σηκώνομε τὸ δέμα, δὲν πονοῦμε, παρ' ὅλο ποὺ τὸ βάρος ποὺ σηκώνομε εἰναι τὸ ἔδιο. Εἰναι πολὺ δύσκολο π.χ. νὰ κρατήσωμε μὲ τὸ χέρι μιὰ βαλίτσα ποὺ ἔντοι 20 χιλιόγραμμα, ἢ δποῖα, ἀντὶ νὰ ἔχῃ λαβὴ, ἔχει σύρμα, ἐνῷ τὴν σηκώνομε εὔκολα ὅταν ἔχῃ τὴν κανονικὴ τῆς λαβὴ (σχ. 6.1 α).

"Ωστε, ἡ ἔδια δύναμη στὸ χέρι μας, τὸ ἔδιο δηλαδὴ βάρος τῆς βαλίτσας, μᾶς προκαλεῖ διαφορετικὴ καταπόνηση. Στὴν περίπτωση ποὺ κρατοῦμε τὴ βαλίτσα μὲ τὸ σύρμα, τὸ βάρος τῆς μοιράζεται σὲ πολὺ μικρὴ ἐπιφάνεια τοῦ χεριοῦ μας. "Ετοι ἡ πίεση εἰναι μεγάλη. "Αντίθετα, ὅταν ἡ βαλίτσα ἔχῃ πλατειὰ λαβὴ, ἡ ἔδια δύναμη, δηλαδὴ τὸ βάρος τῆς βαλίτσας, μοιράζεται σὲ πολὺ μεγαλύτερη ἐπιφάνεια τῆς παλάμης μας. "Η πίεση τότε εἰναι μικρή.

Παρατηροῦμε ἀκόμη ὅτι, ἂν αὐξηθῇ τὸ βάρος τῆς βαλίτσας — δηλαδὴ ἡ δύναμη — τότε θὰ αὐξηθῇ καὶ ἡ πίεση ἐπάνω στὴν ἐπιφάνεια τοῦ χεριοῦ μας, εἴτε τὴν σηκώνομε ἀπὸ τὴν λαβὴ εἴτε ἀπὸ τὸ σύρμα.

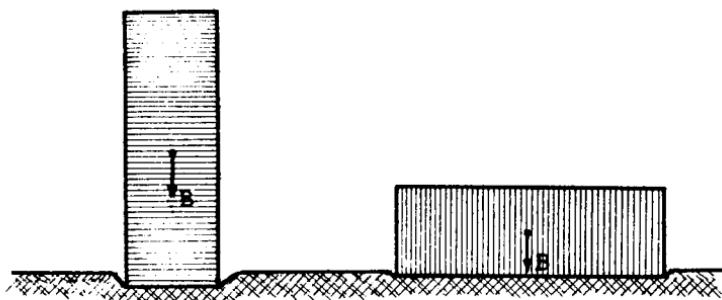
"Ἐνα ἀκόμη παράδειγμα γιὰ νὰ καταλάβωμε καλὰ τὶ εἰναι ἡ πίεση συγκριτικὰ μὲ τὴ δύναμη εἰναι τὸ ἔξης:

"Ας ποῦμε δτι ἔχομε ἕνα βαρὺ κομμάτι μάρμαρο σὲ σχῆμα παραλληλεπίπεδο (σχ. 6·1β).



Σχ. 6·1 α.

Η βαλίτσα ποὺ φαίνεται καὶ στὰ δύο σχήματα ἔχει τὸ ἴδιο βάρος. Σηκώνοντάς την ὅμως ἀπὸ τὸ σύρμα (δεξιὰ) πονοῦμε περισσότερο παρὰ ἂν τὴν σηκώσωμε μὲ τὸ λουρὶ (ἀριστερά). Αὐτὸς συμβαίνει γιατὶ τὸ βάρος τῆς μοιράζεται σὲ μικρότερη ἐπιφάνεια στὸ χέρι μας στὴν περίπτωση τοῦ σύρματος.



Σχ. 6·1 β.

Παρατηροῦμε δτι, ἂν τὸ μάρμαρο αὐτὸς τὸ στηρίξωμε μὲ τὴ στενὴ ἔδρα ἐπάνω σὲ ἄμμο, τότε εἰσχωρεῖ μέσα σ' αὐτὴ ὡς ἕνα σημεῖο. Ἀν ὅμως τὸ στηρίξωμε μὲ τὴν πλατειὰ ἔδρα του, τότε εἴτε δὲν εἰσχωρεῖ διόλου, εἴτε εἰσχωρεῖ πολὺ λίγο.

Καὶ στὶς δύο περιπτώσεις τὸ βάρος ποὺ ἔχει τὸ μάρμαρο

είναι τὸ ἕδιο, ἀλλὰ ἡ πίεση ποὺ ἀσκεῖ ἐπάνω στὴν ἄμμο είναι διαφορετική. Ἡ πίεση είναι μεγάλη, ὅταν στηρίξωμε τὸ ἀντικείμενο στὴν ἄμμο μὲ τὴν μικρή του ἔδρα, καὶ μικρή, ὅταν τὸ στηρίξωμε μὲ τὴν μεγάλη του ἔδρα.

"Ἄς ποῦμε τώρα ὅτι βάζομε ἐπάνω στὸ μάρμαρο κι' ἔλλο βάρος, τόσο ὅταν τὸ στηρίζωμε στὴ στενή του πλευρὰ ὅσο καὶ ὅταν τὸ ἔχωμε πλαγιασμένο στὴ μεγάλη του ἐπιφάνεια. Καὶ στὶς δύο φορὲς ἡ πίεση ποὺ ἀσκεῖται ἐπάνω στὴν ἄμμο θὰ μεγαλώσῃ.

"Απὸ αὐτὰ ποὺ εἴπαμε συμπεραίνομε λοιπὸν ὅτι ἄλλο μέγεθος είναι ἡ πίεση καὶ ἄλλο ἡ δύναμη.

"Ἡ πίεση ἔξαρτᾶται πάντοτε ἀπὸ τὴ δύναμη, ἀλλὰ καὶ ἀπὸ τὴν ἐπιφάνεια ἐπάνω στὴν δποία ἀσκεῖται ἡ δύναμη αὐτῆς.

Καὶ μάλιστα, ἡ πίεση είναι ἀνάλογη πρὸς τὴ δύναμη καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογη πρὸς τὴν ἐπιφάνεια. Ἐχομε λοιπὸν τὴ σχέση:

$$\text{ΠΙΕΣΗ} = \frac{\text{ΔΥΝΑΜΗ}}{\text{ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ}}$$

ἢ μὲ σύμβολα:

$$p = \frac{P}{F}$$

"Ἡ πιὸ συνηθισμένη μονάδα μὲ τὴν δποία μετροῦμε τὴν πίεση, είναι τὸ χιλιόγραμμο ἀνὰ τετραγωνικὸ ἑκατοστὸ (kg/cm^2). Ἡ μονάδα αὐτὴ λέγεται καὶ τεχνικὴ ἀτμόσφαιρα.

Οἱ Ἀγγλοαμερικανοὶ χρησιμοποιοῦν ως μονάδα πιέσεως τὴν λίμπρα ἀνὰ τετραγωνικὴ ἵντσα ($lb/sq \cdot in$ ἢ psi).

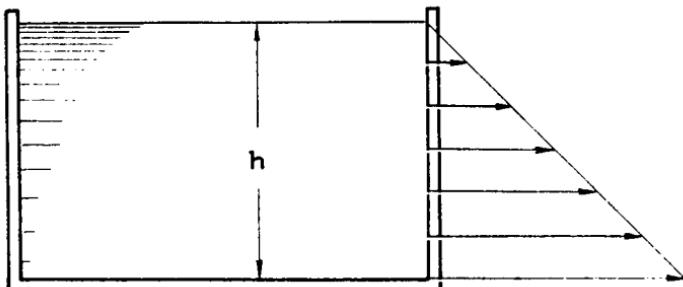
$$1 lb/sq \cdot in = 0,070 kg/cm^2$$

$$1 kg/cm^2 = 14,22 lb/sq \cdot in$$

Γιὰ ἄλλες μονάδες πιέσεως θὰ μιλήσωμε καὶ στὴν παράγραφο 6. 7.

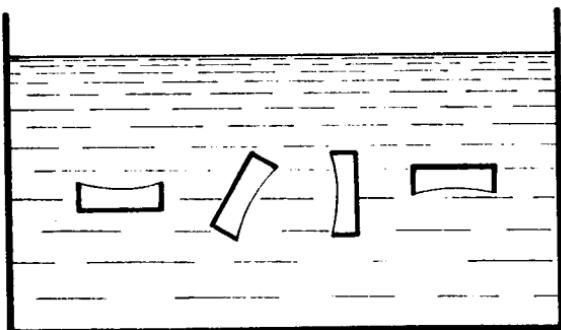
6·2 Οι βασικοί νόμοι της ύδροστατικής.

Έως τώρα μιλήσαμε για πίεση πού άσκούν στερεά σώματα. Πίεση άσκούν και τὰ ύγρα. Κάθε ύγρο πιέζει τὸν πυθμένα καὶ τὰ τοιχώματα τοῦ χώρου (δοχείου, δεξαμενῆς, λίμνης κλπ.) μέσα στὸν δποῖο βρίσκεται, καθὼς ἐπίσης πιέζει καὶ κάθε τι ποὺ



Σχ. 6·2 α.

Μεταβολὴ τῆς πίεσεως μὲ τὸ βάθος. "Οσο βαθύτερα κατεβαίνομε μέσα σ' ἔνα ύγρο, τόσο αὐξάνει ἡ πίεσή του. Τὰ βέλη στὸ σχῆμα μᾶς δείχνουν τὶς δυνάμεις ποὺ ἔξασκει ἡ πίεση τοῦ νεροῦ τῆς δεξαμενῆς σὲ διάφορα βάθη ἐπάνω στὰ τοιχώματα.



Σχ. 6·2 β.

"Η πίεση μέσα σὲ ἔνα ύγρο είναι πρὸς ὅλες τὶς διευθύνσεις ἡ ἴδια. "Αν βουτήξωμε σ' ἔνα ύγρο ἔνα κουτί κλεισμένο ἀεροστεγῶς μὲ μιὰ μεμβράνη (στὸ σχῆμα ἡ μεμβράνη εἰκονίζεται μὲ τὴν λεπτὴν γραμμὴ τοῦ κουτιοῦ), θὰ ἔξακρι-βώσωμε ὅτι ἡ πίεση τοῦ ύγρου είναι ἡ ἴδια πρὸς ὅλες τὶς κατευθύνσεις, διότι ἄμα κρατοῦμε τὸ κουτί στὸ ἴδιο βάθος, ἡ μεμβράνη παραμορφώνεται τὸ ἴδιο, ὅπως καὶ νὰ τὸ τοποθετήσωμε.

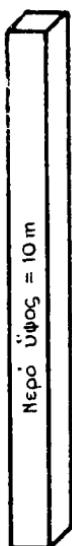
είναι μέσα στὸ ὑγρό. Τὴν πίεση αὐτὴν ποὺ ἀσκοῦν τὰ ὑγρὰ τὴν αἰσθανόμαστε κι' ἐμεῖς ὅταν κάνωμε βουτιὲς στὴν θάλασσα. Τὴν αἰσθανόμαστε κυρίως στ' αὐτιά μας. Καὶ μάλιστα, ὅσο βαθύτερα βουτοῦμε, τόσο μεγαλύτερη γίνεται.

Ἄπο πειράματα βρίσκομε ὅτι ἡ πίεση μέσα στὰ ὑγρὰ ἔξαρταται ἀπὸ τὸ βάθος καὶ τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ, καὶ εἰναι ἵση μὲ τὸ γινόμενο τοῦ βάθους ἐπὶ τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ

$$\text{ΠΙΕΣΗ} = (\text{ΒΑΘΟΣ ή ΥΨΟΣ ΣΤΗΛΗΣ}) \cdot (\text{ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ})$$

ἢ μὲ σύμβολα

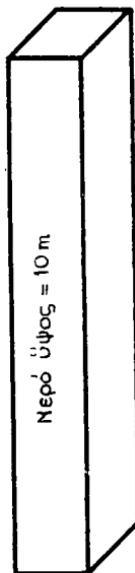
$$p = h \cdot e$$



· Γράφων ψηφος ὕψος = 75 cm



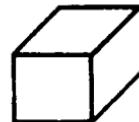
Σιδηρος, όψος = 130 cm



· Γράφων ψηφος ὕψος = 75 cm



Σιδηρος, όψος = 130 cm



Σχ. 6·2 γ.

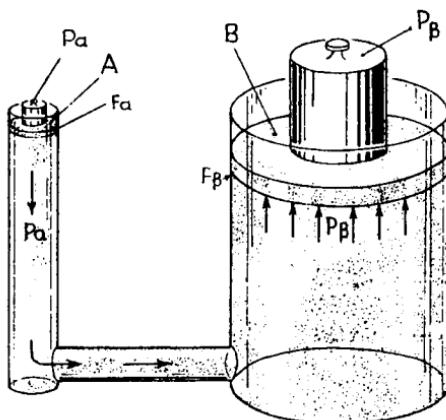
Τὸ σχῆμα αὐτὸ μᾶς δείχνει τὸ ὕψος στηλῶν σταθερᾶς διατομῆς (π.χ. 1 cm²) ἀπὸ διάφορα ὑλικὰ ποὺ προκαλοῦν στὴ βάση τους πίεση ἵση μὲ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν, δηλ. Ἱση μὲ 1 kg cm⁻² περίπου.

Ἐδῶ βλέπομε ὅτι, ἂν διπλασιάσωμε τὴν διατομὴ δλων τῶν στηλῶν τοῦ προηγουμένου σχῆματος χωρὶς νὰ ἀλλάξωμε τὰ ὑψη τους, ἡ πίεση θὰ είναι πάλι ἴδια, δηλ. 1 At. Τώρα τὸ βάρος βέβαια κάθε στήλης διπλασιάζεται, ἀλλὰ ἡ πίεση μένει ἡ ἴδια.

6·3 Η άρχη τοῦ Πασκάλ.

Ἐνώνομε δύο κυλίνδρους διαφορετικής διαμέτρου μὲ ἓνα σωλήνα (σχ. 6·3 α), τοὺς γεμίζομε μὲ ἓνα ὑγρὸν καὶ τοὺς κλείνομε στεγανὰ μὲ δύο ἔμβολα. "Οταν σπρώξωμε τὸ ἓνα ἔμβολο (A) πρὸς τὰ κάτω, τὴν ἕδια στιγμὴν τὸ ἄλλο ἔμβολο (B) θὰ μετακινηθῇ πρὸς τὰ ἐπάνω.

Τοῦτο δείχνει πώς τὸ ὑγρὸν τοῦ σωλήνα δὲν συμπιέζεται,



Σχ. 6·3 α.

Γιὰ νὰ ισορροπήσωμε τὸ μικρὸν βάρος P_A ἐπάνω στὸ ἔμβολο A, χρειάζεται νὰ βάλωμε ἐπάνω στὸ ἔμβολο B βάρος P_B , τόσο μεγαλύτερο, ὅσο μεγαλύτερη είναι ἡ ἐπιφάνεια F_B τοῦ ἔμβολου αὐτοῦ ἀπὸ τὴν ἐπιφάνεια F_A τοῦ ἔμβολου A.

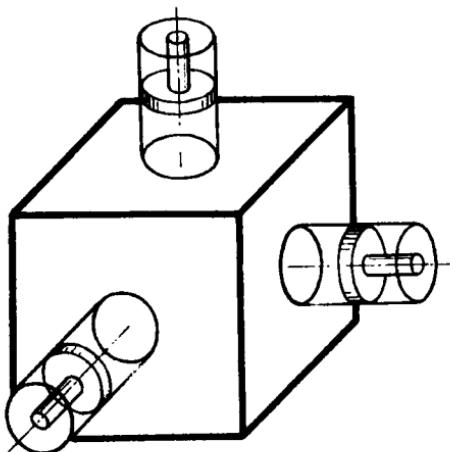
ὅπως συμπιέζονται ἀλλα σώματα. Γι' αὐτὸν λέμε γενικὰ ὅτι τὰ ὑγρὰ εἰναι σχεδὸν ἀσυμπίεστα. Η πίεση ποὺ ἀσκεῖται στὸ ὑγρὸν ἀπὸ τὸ μικρὸν ἔμβολο (A) μεταβιβάζεται μέσα ἀπὸ τὸ ὑγρὸν στὸ ἄλλο ἔμβολο, τὸ μεγάλο (B), τὸ διποῖο ἔτσι μετακινεῖται.

Η πίεση αὐτὴ μεταβιβάζεται πρὸς ὅλες τὶς διευθύνσεις μέσα στὸ δοχεῖο δόμοιό μορφα. Δηλαδή, δῆση πίεση ἐφαρμόζομε στὸ ἓνα ἔμβολο, τόση ἀκριβῶς θὰ ἐφαρμοσθῇ καὶ στοὺς πυθμένες, στὰ τοιχώματα καὶ στὸ ἄλλο ἔμβολο (σχ. 6·3 β). Τὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ δὲν λογαριάζεται στὴν περίπτωση αὐτή.

Τὸ φαινόμενο αὐτὸ τὸ παρατήρησε πρῶτος δ Γάλλος Φυσικὸς Πασκάλ (Pascal) καὶ διατύπωσε τὴν ἀρχὴν ποὺ σῆμερα φέρει τὸ δνομά του. Ἡ ἀρχὴ τοῦ Πασκάλ δρίζει διτι «ὅταν ἀσκοῦμε μὲ δποιονδήποτε τρόπῳ μιὰ πίεση ἐπάνω σ' ἕνα ὑγρό, αὐτὴ μεταφέρεται ἀμετάβλητη σὲ δλα τὰ σημεῖα τοῦ ὑγροῦ» καὶ ἐπομένως καὶ στὰ τοιχώματα τοῦ δοχείου ποὺ περιέχει τὸ ὑγρό.

Στὴν περίπτωση τῶν κυλίνδρων ποὺ ἀναφέραμε, ἀφοῦ ἡ πίεση ἐπάνω στὰ δύο ἔμβολα εἰναι ἡ ἵδια, ἡ δύναμη σὲ κάθε ἔμβολο εἰναι τόσο πιὸ μεγάλη, δσο μεγαλύτερη εἰναι ἡ ἐπιφάνειά του.

$$\begin{aligned} \text{Δηλαδὴ ἔχομε:} \quad P_a &= p \cdot F_a \\ P_\beta &= p \cdot F_\beta \end{aligned}$$



Σχ. 6·3β.

Σ' ὅλα τὰ ἔμβολα ποὺ βρίσκονται σὲ διάφορες θέσεις τοῦ δοχείου καὶ ποὺ ἔχουν τὴν ἵδια διατομὴ ἐκδηλώνεται ἡ ἵδια δύναμη. Ἐτσι συμπεραίνομε διτι ἡ πίεση στὰ τοιχώματα είναι παντοῦ ἡ ἵδια.

Μποροῦμε λοιπὸν νὰ γράψωμε:

$$\text{ΠΙΕΣΗ} = \frac{\text{ΜΙΚΡΗ ΔΥΝΑΜΗ}}{\text{ΜΙΚΡΗ ΔΙΑΤΟΜΗ}} = \frac{\text{ΜΕΓΑΛΗ ΔΥΝΑΜΗ}}{\text{ΜΕΓΑΛΗ ΔΙΑΤΟΜΗ}}$$

ἢ μὲ σύμβολα

$$p = \frac{P_a}{F_a} = \frac{P_\beta}{F_\beta}$$

6·4 Η ἀρχὴ τοῦ Ἀρχιμήδη.

Τὸ ξύλο, δ φελλός, τὰ πλοῖα ἐπιπλέουν στὸ νερό. Τὸ σέδερο καὶ οἱ πέτρες βυθίζονται· παρατηροῦμε ὅμως ὅτι μέσα στὸ νερὸ ζυγίζουν λιγότερο. "Ολοι μας ξέρομε πόσο ἐλαφρότερος μᾶς φαίνεται δ κουδάς, δταν βρίσκεται μέσα στὸ νερό, στὸ πηγάδι.

Τὰ σώματα γενικά, δταν βυθίζωνται μέσα σὲ ύγρα, μᾶς φαίνεται ὅτι ἐλαφραίνουν. Πῶς ἔγγειται τὸ φαινόμενο αὐτό; Τὸ βάρος τους βέβαια δὲν μπορεῖ νὰ ἀλλάξῃ. Τὸ βάρος ἐνὸς σώματος σ' ἔναν τόπο εἶναι πάντα τὸ ἴδιο. Ἀφοῦ λοιπὸν τὰ σώματα, δταν βρεθοῦν μέσα σ' ἔνα ύγρο, ἐλαφραίνουν, παρ' ὅλο ποὺ τὸ βάρος τους δὲν ἀλλάζει, φαίνεται σὰν τὸ ύγρὸ νὰ τὰ σπρώχηνη πρὸς τὰ ἐπάνω. Τὸ φαινόμενο αὐτὸ τὸ λέμε ἄνωση.

"Ας ζυγίσωμε ἔνα σῶμα ἔξω ἀπὸ τὸ νερὸ καὶ μετὰ ἡς τὸ ξαναζυγίσωμε (σχ. 6·4α) ἐνῷ τὸ βυθίζομε σὲ ἔνα δοχεῖο γεμάτο ὥς τὰ χεῖλη του μὲ νερό. Ἐπίσης ἡς ζυγίσωμε καὶ τὸ νερὸ ποὺ ξεχείλισε. "Αν συγκρίνωμε τὰ βάρη ποὺ θὰ βροῦμε, θὰ πεισθοῦμε ὅτι τὸ σῶμα αὐτὸ μέσα στὸ νερὸ ἐλάφρυνε κατὰ τόσο βάρος (ὑπέστη τόση ἄνωση, ὅπως ἀλλοιῶς λέμε), δσο εἶναι τὸ βάρος τοῦ νεροῦ ποὺ ξεχείλισε.

Μποροῦμε λοιπὸν νὰ ποῦμε γενικὰ ὅτι: *Κάθε σῶμα ποὺ βυθίζεται μέσα σὲ ύγρο ύφεσταται ἄνωση τόση, δσο εἶναι τὸ βάρος τοῦ ύγροῦ ποὺ ἐκτοπίζει.*

ΑΝΩΣΗ = ΒΑΡΟΣ ΕΚΤΟΠΙΖΟΜΕΝΟΥ ΥΓΡΟΥ

ἢ **ΑΝΩΣΗ = (ΟΓΚΟΣ ΣΩΜΑΤΟΣ) · (ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΥΓΡΟΥ)**

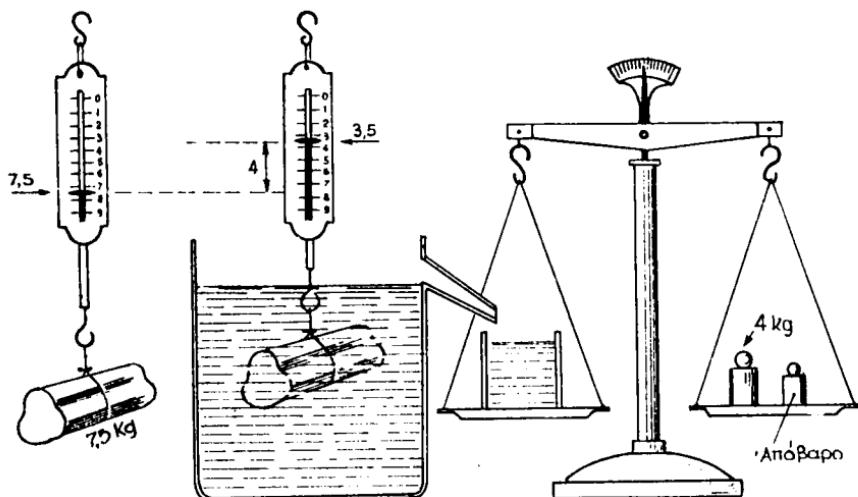
ἢ **A = V · ε.**

Τὸ φαινόμενο τῆς ἄνωσεως τὸ ἐμελέτησε πρῶτος δ Ἔλληνας μαθηματικὸς Ἀρχιμήδης καὶ γι' αὐτὸ τὸ λέμε ἀρχὴ τοῦ Ἀρχιμήδη.

Απὸ τὴν ἀρχὴν αὐτὴν βλέπομε ὅτι, ἂν ἡ ἄνωση τοῦ σώματος, ποὺ βρίσκεται μέσα σ' ἕνα ὑγρό, εἶναι μεγαλύτερη ἀπὸ τὸ βάρος τοῦ σώματος αὐτοῦ, τότε τὸ σῶμα ἀνεβαίνει.

Αὐτὸν συμβαίνει π.χ. μὲν τὸ φελλὸν ποὺ βυθίζομε μέσα στὸ νερό (σχ. 6·4β).

Γενικὰ μποροῦμε νὰ ποῦμε ὅτι, ὅταν τὸ εἰδικὸν βάρος ἐνὸς ὑγροῦ εἶναι μεγαλύτερο ἀπὸ τὸ εἰδικὸν βάρος ἐνὸς ἄλλου σώματος, ποὺ τὸ βυθίζομε μέσα του, τότε τὸ σῶμα αὐτὸν ἐπιπλέει.



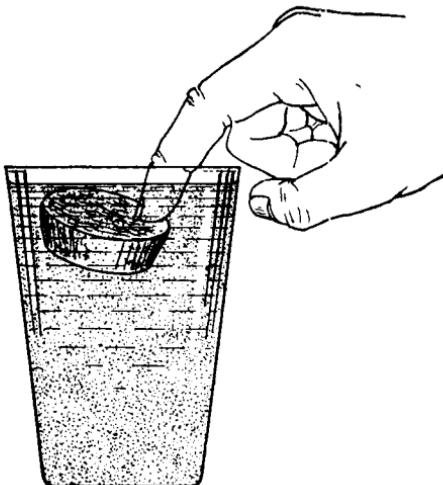
Σχ. 6·4α.

Συγίζοντας ἔνα σῶμα ἔξω καὶ μέσα στὸ νερὸν παρατηροῦμε ὅτι, ὅταν βυθίζεται μέσα στὸ νερό, ἐλαφραίνει τόσο, ὃσο εἶναι τὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ ποὺ ἐκτόπισε.

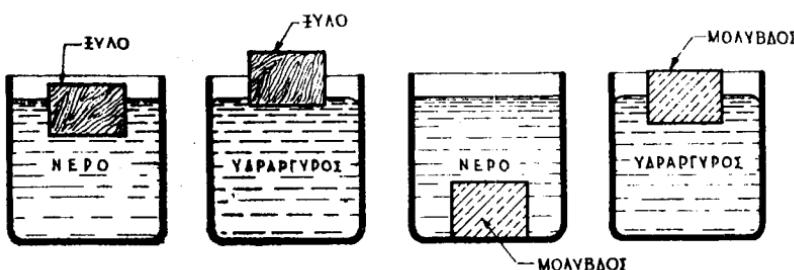
Οταν ὅμως ἡ ἄνωση εἶναι μικρότερη ἀπὸ τὸ βάρος — δηλαδὴ τὸ εἰδικὸν βάρος τοῦ σώματος εἶναι μεγαλύτερο ἀπὸ τὸ εἰδικὸν βάρος τοῦ ὑγροῦ — τὸ σῶμα κατεβαίνει στὸν πυθμένα (σχ. 6·4γ).

Η ἀρχὴ τοῦ Ἀρχιμήδη ἔχει πάρα πολλὲς ἐφαρμογές. Κάθε τὶ ποὺ πλέει, βασίζεται σ' αὐτὴν τὴν ἀρχήν. Τὰ πλοῖα (σχ. 6·4δ), τὰ ὑποβρύχια, τὰ ἀερόστατα ὑπακούουν στὴν ἀρχὴν αὐτῆς.

Φυσικά καὶ στὸ ἀνθρώπινο σῶμα, ὅταν βρίσκεται μέσα στὸ νερό, ἀσκεῖται ἡ ἄνωση. Τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ σώματος τοῦ ἀνθρώ-



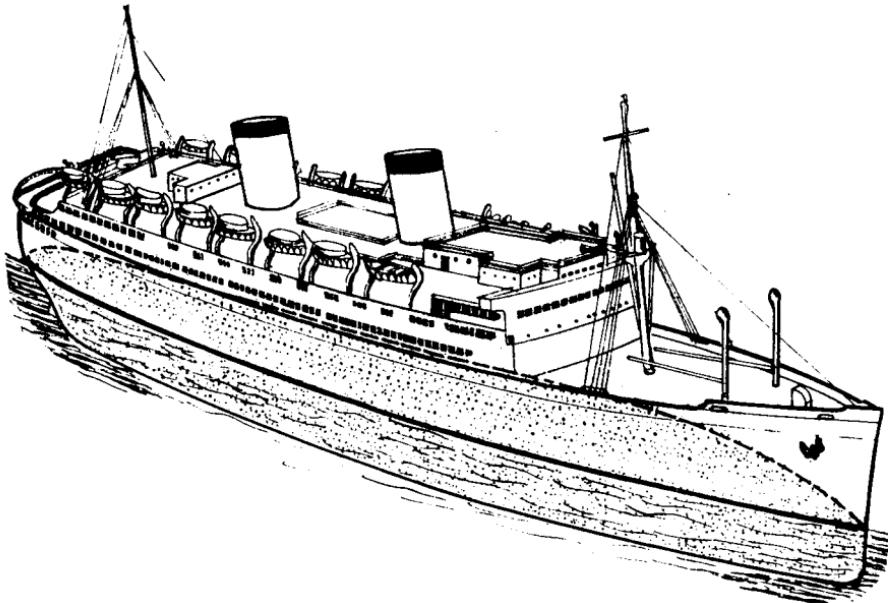
Σχ. 6·4 β.



Σχ. 6·4 γ.

Στὸ σχῆμα ἔχομε δύο δοχεῖα μὲ νερὸ καὶ δύο μὲ ὑδράργυρο. Στὸ πρῶτο δοχεῖο βλέπουμε ὅτι τὸ ξύλο ἡμιβυθίζεται, ἐνῶ στὸ δεύτερο ἐπιπλέει. Στὸ τρίτο δοχεῖο δὲ μόλυβδος βυθίζεται, ἐνῶ στὸ τέταρτο ἡμιβυθίζεται. "Οπως ξέρομε, τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ νεροῦ εἶναι 1 gr/cm^3 , ἐνῶ τοῦ ὑδραργύρου εἶναι $13,6 \text{ gr/cm}^3$. Γ' αὐτὸ τὸ ξύλο ποὺ ἔχει εἰδικὸ βάρος μικρότερο ἀπὸ τὸ νερὸ καὶ ἀπὸ τὸν ὑδράργυρο ($0,8 \text{ gr/cm}^3$) πλέει καὶ ἐπάνω στὸ νερὸ καὶ ἐπάνω στὸν ὑδράργυρο. Φυσικὰ στὸν ὑδράργυρο βυθίζεται πολὺ λιγότερο. Ο μόλυβδος δύως, ποὺ ἔχει εἰδικὸ βάρος $11,3 \text{ gr/cm}^3$, δηλαδὴ εἶναι βαρύτερος ἀπὸ τὸ νερὸ ἀλλὰ ἐλαφρύτερος ἀπὸ τὸν ὑδράργυρο, βυθίζεται μὲν στὸ νερὸ ἀλλὰ ἐπιπλέει στὸν ὑδράργυρο.

που εἶναι λίγο μικρότερο ἀπὸ τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ νεροῦ. Γι' αὐτό, δταν βρισκόμαστε μέσα στὸ νερό, ἂν δὲν κάνωμε κινήσεις, μόλις κατορθώνομε νὰ ἐπιπλέωμε. Τὸ κεφάλι μας δημιου ἔχει εἰδικὸ βάρος μεγαλύτερο ἀπὸ τὸ νερὸ καὶ γι' αὐτὸ πρέπει νὰ ξέρωμε κολύμπι, γιὰ νὰ κατορθώνωμε νὰ τὸ κρατοῦμε ἔξω ἀπὸ τὸ νερό. Τὸ κολύμπι δὲν εἶναι τίποτε ἄλλο παρὰ κατάλληλες καὶ συγχρονισμέ-



Σχ. 6·4δ.

Τὸ πλοϊὸ ἀν καὶ εἶναι σιδερένιο, πλέει ἐπάνω στὸ νερὸ γιατὶ εἶναι κούφιο καὶ ἔτσι καταλαμβάνει πολὺ μεγάλο δγκο ἀνάλογα μὲ τὸ βάρος του. Δηλαδὴ είναι σὰν ὅλο τὸ πλοϊὸ μαζὶν νὰ ἔχῃ πολὺ μικρὸ εἰδικὸ βάρος. Τὸ βάρος τοῦ νεροῦ ποὺ ἔκτοπίζει τὸ πλοϊὸ εἶναι ἵσο μὲ τὸ βάρος ὅλου τοῦ πλοίου, μὲ τὶς μηχανές του, τοὺς ἐπιβάτες καὶ τὸ φορτίο του.

μένεις κινήσεις τῶν χεριῶν καὶ τῶν ποδιῶν, ὥστε νὰ μποροῦμε νὰ κρατοῦμε τὸ κεφάλι μας ἔξω ἀπὸ τὸ νερό. "Οταν ἔαπλωθοῦμε δημιους ἀνάσκελα στὸ νερό, ἔχοντας τὸ στόμα καὶ τὴ μύτη ἀπ' ἔξω, μποροῦμε νὰ ισορροπήσωμε στὴν ἐπιφάνειά του χωρὶς κινήσεις.

Ἀνακεφαλαιωση.

Οἱ νόμοι ποὺ περιγράψαμε προηγουμένως εἰναι οἱ τρεῖς βα-
κοὶ νόμοι τῆς Ὑδροστατικῆς. Τοὺς ἐπαναλαμβάνομε :

A) Ὁ πρῶτος βασικὸς νόμος τῆς ὑδροστατικῆς (6·2) λέει
ὅτι ἡ πίεση ποὺ ἀσκεῖται ἐπάνω σὲ μιὰ ἐπιφάνεια, ποὺ βρίσκε-
ται μέσα σ' ἕνα ὑγρό, εἶναι ἵση μὲ τὸ βάρος τῆς στήλης τοῦ
ὑγροῦ ποὺ εἶναι ἐπάνω της, δηλαδὴ εἶναι ἵση μὲ τὸ γινόμενο
τοῦ ὑψούς (*h*) τῆς ὑγρῆς αὐτῆς στήλης ἐπὶ τὸ εἰδικὸ βάρος (*e*)
τοῦ ὑγροῦ :

$$p = h \cdot e$$

B) Ἡ ἀρχὴ τοῦ Πασκàλ (6·3). Αὐτὴ λέει ὅτι οἱ πιέσεις
μεταδίδονται πρακτικῶς ἀκαριαία μέσα ἀπὸ τὰ ὑγρά χωρὶς αὐτὰ
νὰ μεταβάλλωνται. "Αν λοιπὸν ἐμεῖς ἀσκήσωμε ἐπάνω σὲ ἔνα
ὑγρὸ μιὰ πίεση (*P*), τότε σὲ μιὰ ἐπιφάνεια (*F*) τοῦ ὑγροῦ θὰ
ἀσκῆται δύναμη (*p*):

$$P = p \cdot F,$$

ποὺ θὰ εἶναι τόσο πιὸ μεγάλη, ὅσο ἡ ἐπιφάνεια εἶναι μεγαλύτερη.

G) Ἡ ἀρχὴ τοῦ Ἀρχιμήδη (6·4). Καθορίζει τὸ φαινόμενο
τῆς ἀνώσεως, δηλαδὴ τῶν δυνάμεων ποὺ ἀσκοῦν πρὸς τὰ ἐπάνω τὰ
ὑγρὰ πάνω στὰ βυθισμένα σώματα. Ἡ ἀρχὴ αὐτὴ λέει ὅτι ἡ ἄ-
νωση εἶναι ἵση μὲ τὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ ποὺ ἐκτοπίζεται ἀπὸ τὸ
στερεό σῶμα. "Αν λοιπὸν παραστήσωμε μὲ *V* τὸν βυθισμένο μέσα
σ' ἔνα ὑγρὸ δγκο τοῦ σώματος καὶ ε τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ, ἡ
ἄνωση (*P*) θὰ εἶναι :

$$P = V \cdot e.$$

6·5 Οἱ νόμοι τῆς ἀεροστατικῆς.

Οἱ νόμοι, ποὺ ἴσχύουν γιὰ τὰ ἀέρια, δὲν εἶναι ἐντελῶς οἱ ἴδιοι
μὲ ἐκείνους ποὺ ἴσχύουν γιὰ τὰ ὑγρά, διότι τὰ ἀέρια διαφέρουν

ἀπὸ τὰ ὑγρὰ κατὰ τὰ ἔξης: Τὰ ὑγρά: 1) ὅταν τοποθετηθοῦν μέσα σὲ ἔνα δοχεῖο, τὸ γεμίζουν μόνο κατὰ ἔνα μέρος, καὶ μάλιστα γεμίζουν τόσο, ὅσο εἰναι ὁ ὅγκος ποὺ καταλαμβάνουν μέσα σ' αὐτὸν καὶ ἀφήνουν τὸ ὑπόλοιπο κενό, καὶ 2) τὰ ὑγρὰ δὲν συμπιέζονται. Τὰ ἀέρια: 1) καταλαμβάνουν ὅλο τὸ χῶρο στὸν ὅποιον εἰσάγονται καὶ 2) μποροῦμε εὔκολα νὰ τὰ συμπιέσωμε.

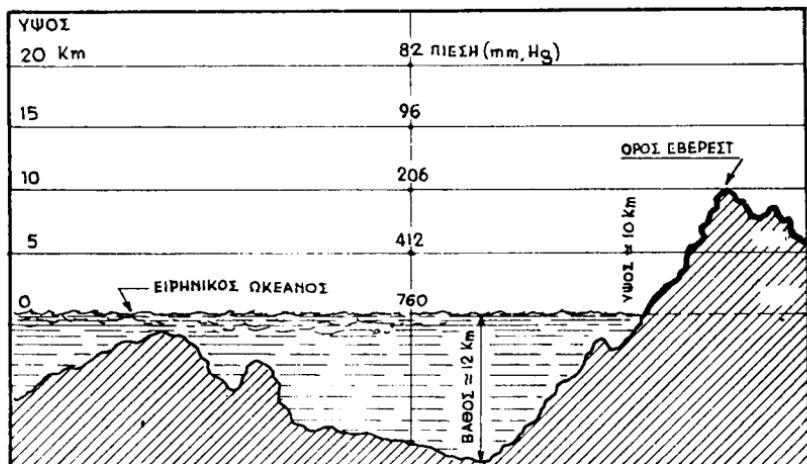
Τὰ ἀέρια, ὅπως καὶ τὰ ὑγρά, ἀσκοῦν πίεση ἐπάνω στὰ τοιχώματα τῶν δοχείων μέσα στὰ ὅποια εἰναι κλεισμένα· γι πίεση δημιουργεῖται μόνο στὸ βάρος τους, ὅπως στὰ ὑγρά, ἀλλὰ κυρίως στὶς δυνάμεις ποὺ ἀσκοῦν τὰ μόριά τους ὅταν κτυποῦν ἐπάνω στὰ τοιχώματα τοῦ δοχείου. Γι' αὐτὸν ἀλλωστε γι πίεση ἐνδέκατον δὲν ἔξαρταται σχεδὸν καθόλου ἀπὸ τὸ ὄψις ἢ τὸ βάθος τοῦ δοχείου, ἀλλὰ μόνο ἀπὸ τὸ πόσα μόρια ἀερίου εἰναι μέσα σ' αὐτὸν καὶ ἀκόμη ἀπὸ τὴν θερμοκρασία ποὺ ἔχει τὸ ἀέριο.

Ἡ πίεση, ποὺ ἀσκοῦν τὰ ἀέρια ἐπάνω στὰ τοιχώματα τοῦ δοχείου μέσα στὸ ὅποιο βρίσκονται, εἰναι γι ἕδια παντοῦ καὶ στὸν πυθμένα καὶ στὸ καπάκι τοῦ δοχείου καὶ γενικὰ σὲ κάθε σημεῖο ὅποιουδήποτε σώματος ποὺ βρίσκεται μέσα στὸ ἀέριο.

Τὸ βάρος τῶν ἀερίων εἰναι σχετικὰ μὲ τὰ ὑγρὰ πολὺ μικρό. Ἔτσι δὲν ἀλλάζει σημαντικὰ τὴν πίεσή τους στὸν πυθμένα, γι αὐτὸν μόνο στὴν ἀτμόσφαιρα, ὅπου ἔχομε μεγάλα ὄψις, παρατηροῦμε μεταβολὴ τῆς πιέσεως ἀνάλογα μὲ τὸ ὄψις. Γι' αὐτὸν παρατηροῦμε ὅτι ὅσο πιὸ ὄψις ἔχειται ἀνεβαίνομε, τόσο μικρότερη γίνεται γι ἀτμοσφαιρικὴ πίεση (σχ. 6. 5 α). Μποροῦμε μάλιστα ἀπὸ τὴν πίεση νὰ ὑπολογίσωμε χονδρικὰ σὲ τὶ ὄψις βρισκόμαστε. Ὡπάρχουν δημιουργεῖται πολὺ ἀκριβέστερες μέθοδοι γιὰ νὰ προσδιορίζουν τὸ ὄψις στὸ ὅποιο πετοῦν (ἀλτίμετρα). Μιὰ ἀπ' αὐτὲς εἰναι καὶ τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα (ραντάρ) ποὺ χρησιμοποιοῦνται κυρίως στὴν ἀεροπορία.

Ο δεύτερος ἀπὸ τοὺς νόμους ποὺ ἀναφέραμε στὴν Ύδροστατική, δηλαδὴ γι ἀρχὴ τοῦ Πασκάλ, ισχύει καὶ γιὰ τὰ ἀέρια ὅπως

καὶ γιὰ τὰ ὑγρά. Ή αρχὴ αὐτὴ λέει ὅτι ἡ πίεση τῶν ὑγρῶν ἀσκεῖται δόμοιόμορφα σὲ ὅλα τὰ σημεῖα τῶν δοχείων μέσα στὰ δόποια βρίσκονται τὰ ὑγρά. Στὰ ἀέρια, γιὰ νὰ μεταφερθῇ ἡ πίεση σ’ ὅλο τὸν ὄγκο τοῦ ἀερίου, δηλαδὴ γιὰ νὰ ἐκδηλωθῇ δόμοιόμορφα παντοῦ, χρειάζεται νὰ περάσῃ κάποιος χρόνος, γιατὶ τὰ ἀέρια ἔχουν μεγάλη συμπιεστικότητα καὶ, ἐπομένως, οἱ μεταβολὲς τῆς πίεσεως δὲν μεταδίδονται ἀκαριαία.



Σχ. 6·5 α.

Ἡ πίεση τοῦ ἀέρα ἐλαττώνεται, ὅσο ἀνεβαίνομε μέσα στὴν ἀτμόσφαιρα.

Ἄναφέρομε σὰν χαρακτηριστικὸ παράδειγμα τὴν περίπτωση τῶν συστημάτων μὲ πεπιεσμένο ἀέρα, ποὺ ἔχουν τὰ τρόλεις καὶ τὰ μεγάλα λεωφορεῖα, γιὰ νὰ ἀνοίγουν καὶ νὰ κλείνουν οἱ πόρτες τους. Παρατηροῦμε λοιπὸν ὅτι, γιὰ νὰ λειτουργήσῃ δικῆς αὐτός, πρέπει δὲ δόηγδος νὰ χειρισθῇ τὸν κατάλληλο μοχλό καὶ μετὰ ἀπὸ λίγες στιγμὲς ἀνοίγει ἢ κλείνει ἡ πόρτα. Αὐτὸς συμβαίνει γιατὶ ἡ πίεση τοῦ ἀερίου, ἡ ὃποια ἀσκεῖται τὴν ὥρα ποὺ δόηγδος χειρίζεται τὸν κατάλληλο μοχλό, δὲν ἐκδηλώνεται ἀμέ-

σως στὴν ἄλλη ἀκρη τοῦ μηχανισμοῦ, ἀλλὰ χρειάζεται νὰ περάσῃ κάποιο χρονικὸ διάστημα.

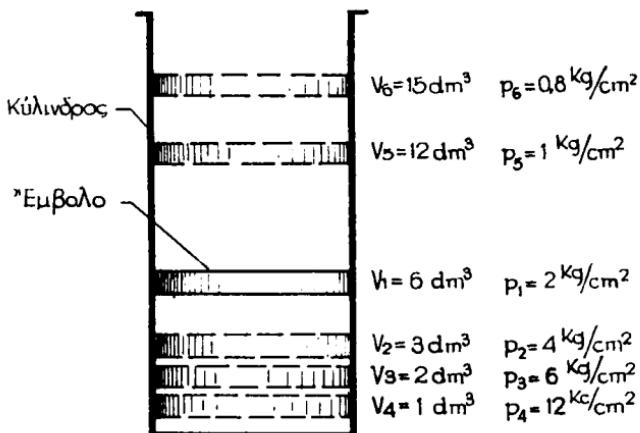
Τέλος, ἡ ἀρχὴ τοῦ Ἀρχιμήδη ισχύει καὶ γιὰ τὰ ἀέρια, ὅπως ἀκριβῶς ισχύει καὶ γιὰ τὰ ὑγρά.

Ἐκτὸς ἀπὸ τὶς δύο αὐτὲς ἀρχές (Πασκᾶλ καὶ Ἀρχιμήδη), γιὰ τὰ ἀέρια ισχύει καὶ ἄλλος ἔνας νόμος. Ὁ νόμος αὐτὸς λέγεται: νόμος τῶν Μπόϋλ καὶ Μαριόττ (Boyle καὶ Mariotte) πρὸς τιμὴν αὐτῶν ποὺ τὸν ἀνεκάλυψαν καὶ λέει ὅτι, δταν ἡ θερμοκρασία ἐνὸς ἀερίου διατηρῆται σταθερή, τὸ γινόμενο τῆς πιέσεως τοῦ ἀερίου ἐπὶ τὸν ὅγκο του μένει σταθερό.

"Ετσι μὲ σύμβολα θὰ ἔχωμε:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 = P_3 V_3 = \dots = P_n V_n = \text{σταθερό}.$$

Γιὰ νὰ καταλάβωμε τὸν νόμον αὐτὸν ἀς παρακολουθήσωμε τὸ ἔξιγρα πείραμα (σχ. 6·5 β).



Σχ. 6·5 β.

"Ἄς βάλωμε μέσα σὲ ἔναν κύλινδρο μὲ ἔμβολο ἔνα ἀέριο καὶ ἀς ἀρχίσωμε νὰ πιέζωμε τὸ ἀέριο, σπρώχνοντας τὸ ἔμβολο, ἐνῷ μετροῦμε ταυτόχρονα τὴν πίεση τοῦ ἀερίου στὶς διάφορες θέσεις τοῦ

ἔμβολου. Φροντίζομε βέβαια ή θερμοκρασία τοῦ ἀερίου νὰ μένη πάντα ἡ ἴδια.

Θὰ ἔχωμε δηλαδὴ :

"Ογκος V (dm^3)	Πίεση p (kg/cm^2)	pV
6	2	12
3	4	12
2	6	12
1	12	12
12	1	12
15	0,8	12

Παρατηροῦμε ὅτι, ὅσο σπρώχνομε τὸ ἔμβολο καὶ ἐλαττώνεται ὁ ὄγκος τοῦ ἀερίου, τόσο αὐξάνει ἡ πίεση τοῦ ἀερίου. Ἀντίθετα, ὅσο ἀνεβάζομε πρὸς τὰ πάνω τὸ ἔμβολο, ὁ ὄγκος τοῦ ἀερίου αὐξάνει, ἐνῶ συγχρόνως μικραίνει ἡ πίεσή του καὶ μάλιστα κατὰ τέτοιον τρόπο, ὥστε τὸ γινόμενο τῆς πιέσεως τοῦ ἀερίου ἐπὶ τὸν ὄγκο του νὰ μένῃ σταθερό. Τοῦτο μᾶς διδάσκει ὅτι ἡ πίεση ἐνὸς ἀερίου καὶ ὁ ὄγκος του εἶναι ποσὰ ἀντιτρόφως ἀνάλογα.

6·6 Ἐφαρμογὲς τῶν Νόμων τῆς στατικῆς τῶν φευστῶν.

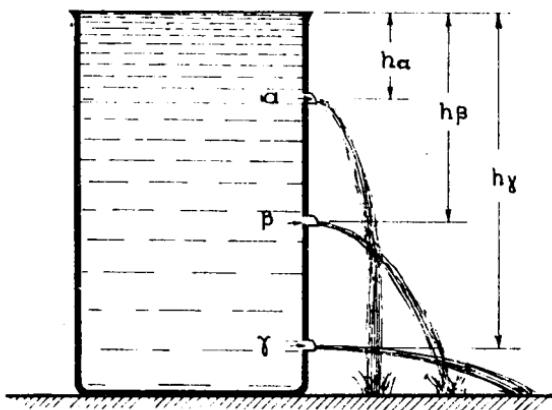
Θὰ πειργράψωμε τώρα μερικὲς ἐφαρμογὲς καὶ πειράματα τῶν βασικῶν νόμων ποὺ ἀναφέραμε.

"Ἔχομε ἔνα δοχεῖο γεμάτο νερὸ (σχ. 6·6α).

Στὸ πλευρὸ τοῦ δοχείου αὐτοῦ ἔχομε ἀνοίξει τρεῖς τρύπες α , β καὶ γ σὲ διάφορα βάθη h_α , h_β καὶ h_γ . Μόλις ἀνοίξωμε τὶς τρύπες, τὸ ὑγρὸ θὰ ἀρχίσῃ νὰ ρέῃ ἀπὸ κάθε μιὰ ἀπὸ αὐτὲς μὲ δρμή.

Παρατηροῦμε δὲ ὅτι ἀπὸ τὴν τρύπα ποὺ εἶναι χαμηλότερα, δηλαδὴ ποὺ ἀπέχει περισσότερο ἀπὸ τὴν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ, τὸ νερὸ τρέχει μὲ μεγαλύτερη δρμή, ἐνῶ ἀπὸ τὴν τρύπα ποὺ εἶναι κοντύτερα πρὸς τὴν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ τρέχει μὲ μικρότερη δρμή. Αὐτὸ δείχνει ὅτι ὅσο η τρύπα βρίσκεται χαμηλότερα ἀπὸ τὴν ἐπι-

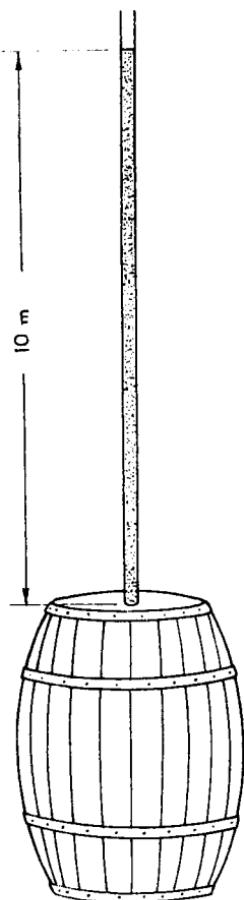
φάνεια του νερού, τόσο ή πίεση έκει είναι μεγαλύτερη. Επιβεβαιώνομε ότι η πίεση σὲ μιὰ δρισμένη θέση μέσα σ' ένα ύγρο έξαρταται ἀπὸ τὸ ῦψος τῆς στήλης τοῦ ύγρου ποὺ βρίσκεται ἀπὸ ἐπάνω. Π.χ. γιὰ τὴν ὅπῃ α ἡ πίεση είναι ἀνάλογη μὲ τὸ βάθος h_a , γιὰ τὴν β είναι ἀνάλογη μὲ τὸ βάθος h_b κ.ο.κ. Τὸ σχῆμα τοῦ δοχείου δὲν ἔχει σημασία ἐνδιαφέρει μόνον τὸ ῦψος τῆς στήλης τοῦ ρευστοῦ.



Σχ. 6·6 α.

Παίρνομε ἔνα δοχεῖο (π.χ. ἔνα βαρέλι) κλειστὸ καὶ γεμάτο νερό. Στὸ ἐπάνω μέρος (καπάκι) ἔχει μία τρύπα στὴν ὅποια ἐφαρμόζομε στεγανὰ ἔνα σωλήνα ἀρκετοῦ ῦψους (μερικὰ μέτρα) (σχ. 6·6 β). Κατόπιν γεμίζομε λίγο - λίγο τὸ σωλήνα αὐτὸ μὲ νερό. Ἀν τὸ δοχεῖο δὲν είναι ἀρκετὰ ἀνθεκτικό, παρατηροῦμε ὅτι είναι δυνατὸν νὰ διαρραγῇ καθὼς γεμίζομε τὸ σωλήνα. Τὸ πείραμα δείχνει ὅτι τὸ νερὸ τοῦ σωλήνα ἐξασκεῖ δση πίεση θὰ ἐξασκοῦσε ἐὰν ἦταν τὸ δοχεῖο τόσο ῦψηλὸ δσο είναι ὁ σωλήνας ποὺ γεμίσαμε.

Αὐτὸ φαίνεται ἀκόμη πολὺ καλὰ καὶ στὴν περίπτωση τῶν φραγμάτων ποὺ κατασκευάζονται γιὰ ὑδρογλεκτρικὲς ἐγκαταστάσεις καὶ ποὺ χρησιμοποιοῦνται σήμερα πολὺ σ' ὅλο τὸν κόσμο (σχ.



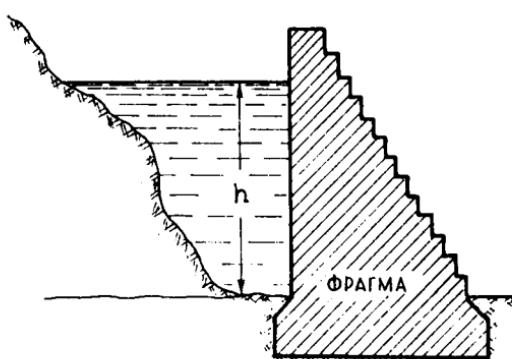
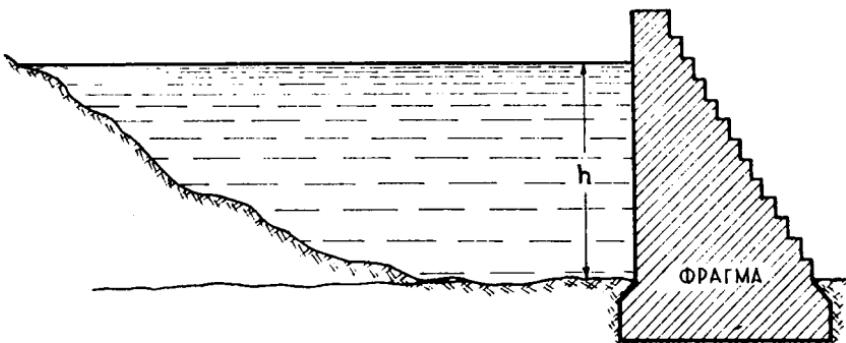
Σχ. 6·6β.

Τὸ βαρέλι θὰ διαραγῇ ὅταν τὸ ὑψος τῆς στήλης τοῦ νεροῦ μέσα στὸν σωλήνα γίνη ἀρκετά μεγάλο.

6·6γ). Τὰ φράγματα ποὺ φαίνονται στὸ σχῆμα 6·6γ πρέπει καὶ τὰ δύο νὰ ἔχουν τὴν ἕδια ἀντοχὴν (παρ' ὅλο ποὺ γί μία λίμνη εἰναι μεγάλη καὶ γί ἀλλη μικρὴ) διότι καὶ οἱ δύο λίμνες ἔχουν τὸ ἕδιο βάθος στὴ θέση τοῦ φράγματος.

Γιὰ νὰ βροῦμε τὴν δύναμη ποὺ ἀσκεῖται ἐπάνω σὲ μιὰ βυθιζμένη ἐπιφάνεια, εἴπαμε πὼς πολλαπλασιάζομε τὴν πίεση ποὺ

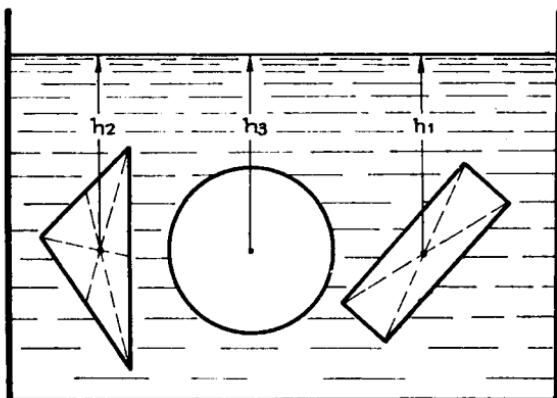
άσκεται έπάνω στὴν ἐπιφάνεια αὐτῇ ἐπὶ τὸ ἐμβαδὸν ποὺ ἔχει ἡ ἐπιφάνεια. "Αν ἡ ἐπιφάνεια εἶναι δριζόντια μέσα στὸ ὑγρό, τοῦτο σημαίνει ὅτι ὅλα τὰ σημεῖα τῆς ἐπιφανείας βρίσκονται στὸ ἕδιο βάθος μέσα στὸ ὑγρό, ἐπομένως καὶ ἡ πίεση τοῦ ὑγροῦ ποὺ ἀσκεῖται σὲ ὅλα τὰ σημεῖα τῆς ἐπιφανείας εἶναι ἡ ἕδια·



Σχ. 6·6 γ.

Ἄν δημως ἡ ἐπιφάνεια δὲν εἶναι δριζόντια μέσα στὸ ὑγρό, ἀλλὰ λοξὴ ἢ κατακόρυφη, τότε τὰ διάφορα σημεῖα τῆς ἐπιφανείας βρίσκονται σὲ διαφορετικὸ βάθος τὸ καθένα καὶ ἐπομένως ἡ πίεση ποὺ ἀσκεῖται στὸ καθένα εἶναι διαφορετική, ἀνάλογα μὲ τὸ βάθος

τοῦ κάθε σημείου. Ἡ δύναμη ὅμως, ποὺ ἀσκεῖται γενικὰ ἐπάνω στὴν ἐπιφάνεια αὐτή, εἶναι ἵση μὲ τὸν ἐμβαδὸν τῆς ἐπιφανείας ἐπὶ τὴν πίεση ποὺ ἐπικρατεῖ στὸ κέντρο τῆς ἐπιφανείας (σχ. 6·6 δ). Τὸ κέντρο αὐτὸν εἶναι πολὺ εὔκολο νὰ τὸ βροῦμε, ὅταν ἡ ἐπιφάνεια



Σχ. 6·6 δ.

εἶναι ἔνα κανονικὸ γεωμετρικὸ σχῆμα. Ἔτοι π.χ. τὸ κέντρο ἐνδὲ παραλληλογράμμου εἶναι τὸ σημεῖο ὃπου τέμνονται οἱ διαγώνιοι του· τὸ κέντρο ἐνδὲ τριγώνου εἶναι τὸ σημεῖο ὃπου τέμνονται οἱ διάμεσοι του κλπ.

"Ἄν δημως ἡ ἐπιφάνεια δὲν ἔχῃ κανονικὸ σχῆμα, θὰ πρέπει νὰ τὴν χωρίσωμε σὲ κομμάτια, ποὺ νὰ εἶναι μὲ ἀρκετὴ ἀκρίβεια κανονικὰ γεωμετρικὰ σχήματα, καὶ ἐν συνεχείᾳ βρέσκομε τὸ κέντρο ακθενὸς καὶ τὴν δύναμη ποὺ ἀσκεῖται ἐπάνω σ' αὐτό. Ἔπειτα συνθέτομε τὶς δυνάμεις αὐτές, κατὰ τὸν τρόπο ποὺ μάθαμε.

Τὸ δοχεῖο τοῦ σχήματος 6·6 ε ἔχει σχῆμα κυβικὸ μὲ ἀκμὴ 15 cm καὶ εἶναι ξέχειλα γεμᾶτο μὲ νερό.

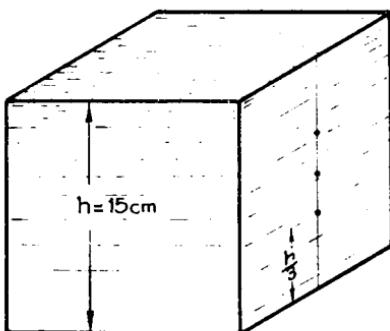
'Αφοῦ τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ νεροῦ εἶναι 1 gr/cm^3 , ἡ πίεση στὸν πυθμένα τοῦ δοχείου εἶναι: $p = h \cdot e$. Ἅτοι:

$$p = 15 \text{ cm} \times 1 \text{ gr/cm}^3 = 15 \text{ gr/cm}^2$$

καὶ ἡ δύναμη ποὺ ἀσκεῖται ἐπάνω σὲ δλον τὸν πυθμένα εἶναι:

$$P = p \cdot F = 15 \text{ gr/cm}^2 \times 15^2 \text{ cm}^2 = 3.375 \text{ gr} = 3.375 \text{ kg.}$$

Τὸ κέντρο μιᾶς πλευρᾶς τοῦ δοχείου είναι τὸ σημεῖο τομῆς τῶν διαγωνίων της· τὸ σημεῖο αὐτὸ στὴν περίπτωσή μας βρίσκεται στὸ μισὸ βάθους ἀπὸ ὅτι ὁ πυθμένας, δηλαδὴ σὲ βάθος 7,5 cm.



Σχ. 6·6 ε.

Ἡ πίεση λοιπὸν ποὺ ἀσκεῖται στὸ σημεῖο αὐτὸ είναι $7,5 \text{ gr/cm}^2$ καὶ ἡ ὅλη δύναμη ποὺ ἀσκεῖται ἐπάνω σὲ κάθε πλευρὰ τοῦ δοχείου είναι:

$$P = pF = 7,5 \text{ gr/cm}^2 \times 15^2 \text{ cm}^2 = 1.687 \text{ gr} = 1.687 \text{ kg.}$$

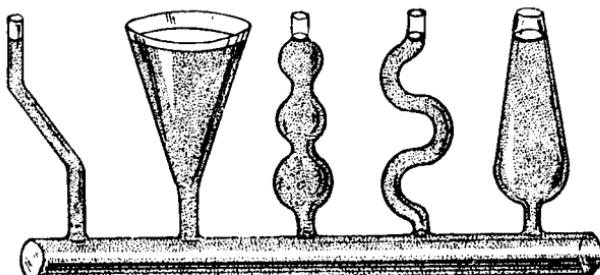
Τὸ σημεῖο ὅμως ἐφαρμογῆς τῆς δυνάμεως αὐτῆς δὲν βρίσκεται στὸ σημεῖο τομῆς τῶν διαχμέσιων ἀλλὰ πιὸ κάτω, ἀκριβῶς στὸ $1/3$ τοῦ ὅλου ὕψους ἀπὸ κάτω. Γι' αὐτὸ οἱ ἐνισχύσεις στὰ ντεπόζιτα γίνονται σ' αὐτὴ τῇ θέσῃ.

Μιὰ πολὺ σπουδαίᾳ ἐκδήλωσῃ τοῦ πρώτου νόμου τῆς ὑδροστατικῆς, ποὺ ἀναφέραμε στὸ Κεφάλαιο 6·2, είναι ἡ ἀρχὴ τῶν συγκοινωνούντων δοχείων. "Οταν δύο ἡ περισπότερα δοχεῖα περιέχουν τὸ ίδιο ὕγρο καὶ συγκοινωνοῦν μεταξὺ τους, ἡ στάθμη τῆς ἐλεύθερης ἐπιφάνειας τοῦ ὕγρου είναι σ' δλα τὰ δοχεῖα ἡ ίδια (σχ. 6·6 ζ.).

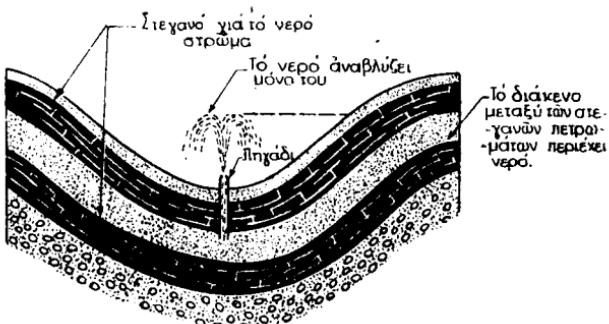
"Ενα χαρακτηριστικὸ παράδειγμα συγκοινωνούντων δοχείων,

εἶναι τὰ ἀρτεσιανὰ πηγάδια (φρέατα). Στὸ σχῆμα 6·6 η βλέπομε τὴν διαμόρφωση τῶν πετρωμάτων, ὅπως ἐμφανίζεται στὰ μέρη τῆς γῆς ὅπου μποροῦν νὰ γίνουν ἀρτεσιανὰ πηγάδια. Τὸ νερὸ ἔκει ὑπάρχει ἀνάμεσα σὲ δύο ἀδιαπέραστα ἀπὸ αὐτὸ πετρώματα.

"Αν ἀνοίξωμε μιὰ τρύπα (πηγάδι) ποὺ νὰ φθάνῃ ἕως τὸ ὑδρο-



Σχ. 6·6 ζ.



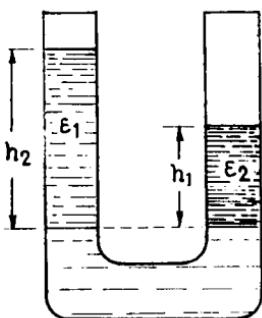
Σχ. 6·6 η.

φόρο στρῶμα, τότε τὸ νερὸ θὰ ἀναβλύσῃ, γιατὶ ἀναγκάζεται ἀπὸ τὴν πίεση ποὺ ἐπικρατεῖ μέσα στὸ νερὸ τὸ δποῖο βρίσκεται ἀνάμεσα στὰ στεγανὰ πετρώματα.

"Ως τώρα μιλήσαμε γιὰ συγκοινωνοῦντα δοχεῖα ποὺ γεμίζονται; μὲ τὸ ἔδιο ὑγρό. "Αν δμως βάλωμε σὲ δύο συγκοινωνοῦντα δοχεῖα δύο ὑγρὰ μὲ διαφορετικὸ εἰδικὸ βάρος (π.χ. νερὸ καὶ λάδι),

τότε θὰ παρατηρήσωμες ότι η έλευθερη έπιφάνεια στὰ δύο ύγρα είναι σὲ διαφορετικὸ ύψος στὰ δύο δοχεῖα: θὰ είναι ψηλότερα στὸ δοχεῖο ποὺ έχει τὸ μικρότερο εἰδικὸ βάρος (σχ. 6·6θ).

Αὐτὸ γίνεται γιατί, ἀφοῦ τὰ ύγρα ἴσορροποῦν, η πίεση ποὺ ἀσκεῖται ἀπὸ τὰ δεξιὰ καὶ τὰ ἀριστερὰ τῆς διατομῆς είναι η ἕδια.



Σχ. 6·6θ.

• Απὸ ἀριστερὰ ἀσκεῖται πίεση $h_2 \epsilon_1$

• Απὸ δεξιὰ ἀσκεῖται πίεση $h_1 \epsilon_2$

$$\text{Είναι λοιπὸν } h_2 \cdot \epsilon_1 = h_1 \cdot \epsilon_2$$

• Απὸ τὴ σχέση αὐτὴ μποροῦμε, ὅταν γνωρίζωμε τὰ εἰδικὰ βάρη τῶν ύγρῶν καὶ τὸ ύψος τοῦ ἐνὸς ύγρου, νὰ βροῦμε τὸ ύψος τοῦ ἄλλου ύγρου. Η ἀν γνωρίζωμε τὰ ύψη καὶ τῶν δύο ύγρῶν καὶ τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ ἐνὸς ύγρου, νὰ βροῦμε τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ ἄλλου.

6·7 Μανόμετρα καὶ βαρόμετρα. Μονάδες πιέσεως.

Μανόμετρα είναι τὰ ὅργανα μὲ τὰ δποῖα μετροῦμε τὴν πίεση τῶν ρευστῶν (ύγρων η ἀερίων), ἐνῶ *βαρόμετρα* είναι εἰδικότερα τὰ ὅργανα ἔκεινα, μὲ τὰ δποῖα μετροῦμε τὴν ἀτμοσφαιρικὴ πίεση.

Τὰ μανόμετρα καὶ τὰ βαρόμετρα είναι πολὺ χρήσιμα ὅργανα καὶ χρησιμοποιοῦνται πολὺ συχνά. Μὲ μανόμετρα μετροῦμε:

- τὴν πίεση τοῦ ἀτμοῦ μέσα σὲ λέβητες,
- τὴν πίεση τοῦ νεροῦ σὲ ἓνα δίκτυο ὑδρεύσεως,
- τὴν πίεση τοῦ αἷματος,
- τὴν πίεση τοῦ φωταερίου,
- τὴν πίεση ἐνὸς ὑγροῦ μέσα σὲ ἓνα δοχεῖο, ἐπομένως καὶ τὴν στάθμη του,
- τὴν πίεση τοῦ ἀέρα μέσα στὰ λάστιχα τῶν αὐτοκινήτων.

Τὰ βαρόμετρα πάλι, εἰναι πολὺ χρήσιμα γιὰ νὰ μετροῦμε τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσην. Ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεση μαζὶ μὲ τὴν ὑγρασίαν τῆς ἀτμοσφαίρας καὶ διάφορα ἄλλα στοιχεῖα, μᾶς εἰναι ἀπαραίτητη γιὰ νὰ κάνωμε προγνώσεις τοῦ καιροῦ, ποὺ εἰναι χρήσιμες γιὰ τὴν ναυτιλία καὶ τὶς ἀεροπορικὲς συγκοινωνίες.

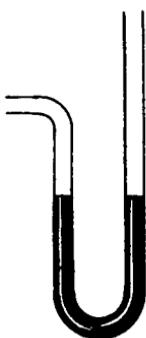
Τὸ ἀπλούστερο εἶδος μανομέτρου εἰναι ἔνας γυάλινος σωλήνας γυρισμένος σὲ σχήμα «u», μέσα στὸν ὅποιο ὑπάρχει ὑγρό. Τὸ ἔνα σκέλος του συγκοινωνεῖ μὲ τὸν χῶρο ποὺ θέλουμε νὰ μετρήσωμε τὴν πίεση (π.χ. τὸν ἀτμοθάλαμο ἐνὸς λέβητα), ἐνῶ τὸ ἄλλο εἰναι ἀνοικτό. “Οταν ἡ πίεση ποὺ μετροῦμε εἰναι ἵση μὲ τὴν ἀτμοσφαιρική, τότε τὸ ὑγρὸ φθάνει στὸ ἕδιο ὕψος καὶ στὰ δύο σκέλη τοῦ σωλήνα (σχ. 6·7α).” Ἀν ἡ πίεση ποὺ μετροῦμε εἰναι μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν ἀτμοσφαιρική, τότε τὸ ὑγρὸ ἀναγκάζεται νὰ ἀνέβη στὸ ἐλεύθερο σκέλος τοῦ σωλήνα (σχ. 6·7β). Ἐν πάλι εἰναι μικρότερη ἀπὸ τὴν ἀτμοσφαιρική, τότε τὸ ὑγρὸ στὸ ἐλεύθερο σκέλος χαμηλώνει (σχ. 6·7γ).

“Οταν γνωρίζωμε τὸ εἶδικὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ, μποροῦμε ἀπὸ τὴν διαφορὰ τῆς στάθμης τοῦ ὑγροῦ στὰ δύο σκέλη τοῦ σωλήνα νὰ ὑπολογίσωμε τὴν πίεση ποὺ ἐπικρατεῖ στὸ ἀριστερὸ σκέλος τοῦ σωλήνα. Ἡ πίεση στὸ ἀριστερὸ σκέλος τοῦ σωλήνα εἰναι τόσο μεγαλύτερη ἢ τόσο μικρότερη ἀπὸ τὴν ἀτμοσφαιρική, ὅσο ἀντιστοιχεῖ σὲ στήλη ὑγροῦ ὕψους *h*. Ἡ διαφορὰ πίεσεως, δηλαδή, μεταξὺ τῶν δύο σκελῶν τοῦ σωλήνα εἰναι:

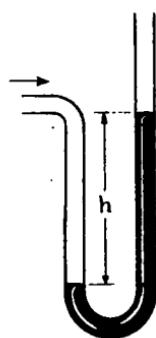
$$\Delta p = \rho \cdot h$$

ὅπου είναι τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ ύγρου καὶ h ἡ ὑψομετρικὴ διαφορὰ τῆς στάθμης στὰ δύο σκέλη.

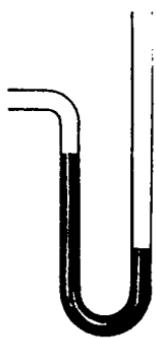
Απὸ τὴν σχέση, αὐτὴν βλέπομε ὅτι, γιὰ μιὰ ὁρισμένη πίεση, ὅσο μεγαλύτερο είναι τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ ύγρου, τόσο ἡ διαφορὰ στάθμης ποὺ δημιουργεῖται μεταξὺ τῶν δύο σκελῶν τοῦ σωλήνα είναι μικρότερη. Γι' αὐτό, ὅταν θέλωμε νὰ μετρήσωμε μικρὲς διαφορὲς πιέσεως, χρησιμοποιοῦμε μανόμετρα μὲ ύγρα ποὺ ἔχουν μι-



Σχ. 6·7 α.



Σχ. 6·7 β.



Σχ. 6·7 γ.

κρὸ εἰδικὸ βάρος, ἐνῷ ὅταν μετροῦμε μεγάλες πιέσεις, προτιμοῦμε τὸν ὑδράργυρο ποὺ ἔχει μεγάλο εἰδικὸ βάρος καὶ ἔτσι δὲν είναι ἀνάγκη νὰ ἔχωμε μεγάλους μήκους σωλήνες.

Αν τὸ σκέλος τοῦ μανομέτρου είναι κλειστό, δ σωλήνας μπορεῖ νὰ γεμισθῇ δλόκληρος μὲ ὑδράργυρο, τὸν δοποῖον ρίχνομε λίγο-λίγο ἀπὸ τὸ ἀνοικτὸ σκέλος, δίνοντας συγχρόνως τὴν κατάλληλη κλίση στὸ μανόμετρο (σχ. 6·7 δ.).

Αν ἀφήσωμε τὸ ἀνοικτὸ σκέλος νὰ ἐπικοινωνήσῃ μὲ τὸν χῶρο τοῦ δροίου τὴν πίεση θέλομε νὰ μετρήσωμε, τότε μποροῦμε νὰ ὑπολογίσωμε ἀμέσως τὴν πίεση ποὺ ἐπικρατεῖ στὸν χῶρο αὐτὸν

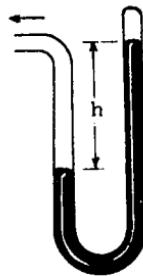
(σχ. 6·7 ε και ζ). "Αν ε είναι τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ ύγρου καὶ h ἡ διαφορὰ στάθμης τοῦ ύγρου στὰ δύο σκέλη τοῦ σωλήνα, τότε ἡ πίεση αὐτὴ είναι:

$$P = \varepsilon \cdot h$$

διότι: δ χώρος, ποὺ είναι ἐπάνω ἀπὸ τὸν ύδραργυρο στὸ κλειστὸ σκέλος, είναι κενὸ καὶ δὲν ἀσκεῖ πίεση. Ἐτσι, ἂν ἀφήσωμε τὸ



Σχ. 6·7 δ.



Σχ. 6·7 ε.



Σχ. 6·7 ζ.

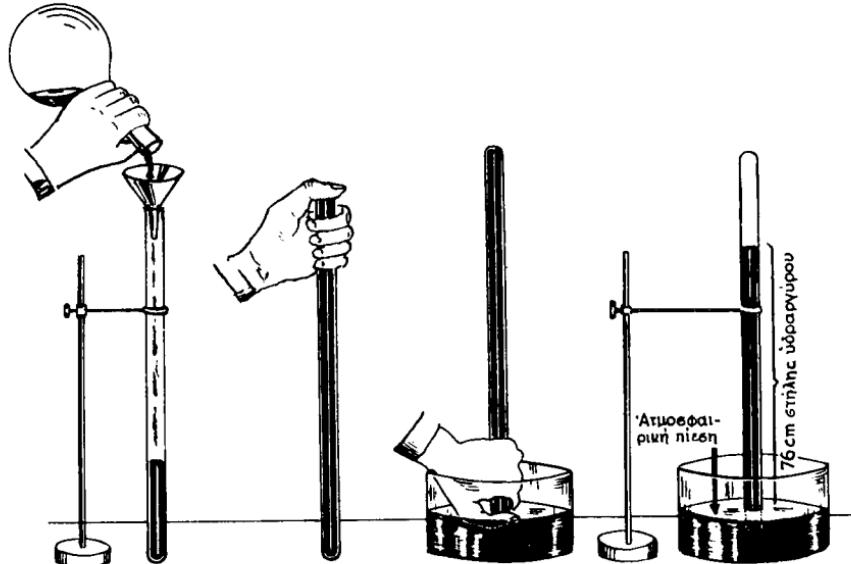
ἀνοικτὸ σκέλος ἐλεύθερο νὰ ἐπικοινωνήσῃ μὲ τὴν ἀτμόσφαιρα, μποροῦμε ἀμέσως νὰ μετρήσωμε τὴν ἀτμοσφαιρικὴ πίεση, ἐφ' ὅσον βέβαια ὁ σωλήνας ἔχει ἀρκετὸ μῆκος (περίπου 1 m).

Σ' αὐτὴν τὴν ἀρχὴν βασίζονται τὰ ύδραργυρικὰ βαρόμετρα. Ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἕνα γυάλινο σωλήνα, τὸν ὅποιο γεμίζομε μὲ ύδραργυρο, καὶ ἔτσι γεμάτο τὸν ἀναποδογυρίζομε μέσα σὲ ἔνα δοχεῖο ποὺ περιέχει ἐπίσης ύδραργυρο (σχ. 6·7 η). Ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεση ἀναγκάζει τὸν ύδραργυρο νὰ σταθῇ σὲ ἔνα δρισμένο ὑψος μέσα στὸν σωλήνα ἀπὸ τὸ ύψος αὐτὸ μποροῦμε νὰ οπολογίσωμε τὴν ἀτμοσφαιρικὴ πίεση ἀπὸ τὸν γνωστὸ τύπο:

$$P = \varepsilon \cdot h.$$

Ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεση, ὅπως μάθαμε, ἐλαττώνεται ὅσο ἀνεβαίνομε σὲ φηλότερα μέρη. Ἀλλὰ καὶ στὸν ἵδιο τόπο δὲν είναι πάντοτε ἡ ἴδια. "Οταν βρέχῃ ἢ φυσᾶ ἀέρας, συνήθως ἡ πίεση τῆς ἀτμο-

σφαίρας είναι χαμηλή. Η άτμοσφαιρική πίεση κατά μέσον έρο
άντιστοιχεῖ σε ύψος 760 mm υδραργύρου, δηλαδή είναι 1,033
 kg/cm^2 .



Σχ. 6·7 η.

Αν άναπαδογυρίσωμε μέσα σ' ένα δοχείο ένα σωλήνα γεμάτο υδράργυρο, τότε ή διαφορά στάθμης του υδραργύρου μέσα κι' ξώ από τὸν σωλήνα μᾶς δίνει τὴν άτμοσφαιρική πίεση (πείραμα Τορικέλλι).

Επειδὴ τὰ βαρόμετρα καὶ τὰ μανόμετρα ποὺ χρησιμοποιοῦν ύγρο μᾶς δίνουν τὴν πίεση σὰν ἔνα ύψος στήλης ύγρου, γι' αὐτὸς συχνὰ ἀντὶ νὰ λέμε ὅτι μιὰ πίεση είναι τόσα χιλιόγραμμα ἀνὰ τετραγωνικὸ ἑκατοστόμετρο, λέμε ὅτι είναι τόσα χιλιοστόμετρα ύδραργύρου ἢ τόσα ἑκατοστόμετρα νεροῦ.

Μποροῦμε πολὺ εύκολα νὰ υπολογίσωμε ὅτι:

—ένα ἑκατοστόμετρο νεροῦ ἀντιστοιχεῖ μὲ 1,0 gr/cm^2

—ένα χιλιοστόμετρο υδραργύρου ἀντιστοιχεῖ μὲ 1,36 gr/cm^2 .

Στὴν Φυσικὴ χρησιμοποιοῦμε σὰν μονάδα πιέσεως τὴν μέση πίεση τῆς άτμοσφαίρας στὴν ἐπιφάνεια τῆς θάλασσας. Τὴν μονάδα αὐτὴν τὴν λέμε φυσικὴ ἀτμόσφαιρα.



Σχ. 6·7 θ.

Φορητὸς τύπος ὑδραργυρικοῦ βαρομέτρου.

1 φυσικὴ ἀτμόσφαιρα = 1 Atm = 1,033 kg/cm².

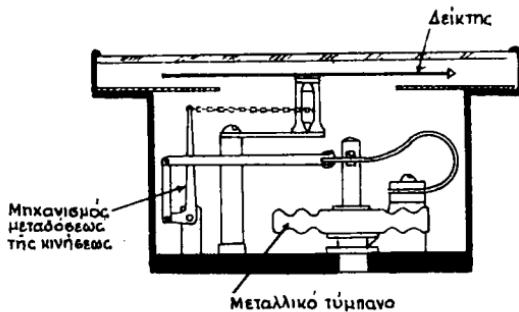
Στὴν τεχνική, ἐπειδὴ γὰρ μέση ἀτμοσφαιρικὴ πίεση εἶναι πε-

ρίπου 1 kg/cm^2 δύνομάζομε «τεχνική άτμοσφαιρα» τὴν πίεσην ἐνὸς χιλιογράμμου ἀνὰ τετραγωνικὸν ἑκατοστόμετρο (kg/cm^2).

$$1 \text{ τεχνική άτμοσφαρα} = 1 \text{ at} = 1 \text{ kg/cm}^2.$$

Όπως εἶδαμε σὲ προηγούμενη παράγραφο (6·1), στὶς Ἀγγλόφωνες χῶρες χρησιμοποιοῦν γιὰ μονάδα πίεσεως τὴν λίμπρα ἀνὰ τετραγωνικὴν ἴντσα (lb/sq.in ή p.s.i.).

Στὸν παρακάτω Πίνακα βλέπομε τὴν ἀντιστοιχία δἰων τῶν συνηθισμένων μονάδων πίεσεως μεταξύ τους.



Σχ. 6·7·1.

Ἐκτὸς ὅμως ἀπὸ τὰ ὄνταργυρικὰ καὶ τὰ ἄλλα βαρόμετρα καὶ μανόμετρα ποὺ λειτουργοῦν μὲ νύγρο, χρησιμοποιοῦνται τὰ μεταλλικὰ βαρόμετρα καὶ τὰ μεταλλικὰ μανόμετρα. Στὴν βιομηχανίᾳ μάλιστα χρησιμοποιοῦνται σχεδὸν μόνον τὰ μεταλλικὰ μανόμετρα, διότι εἰναι πολὺ φθηνότερα καὶ ἔχουν μικρότερο ὅγκο.

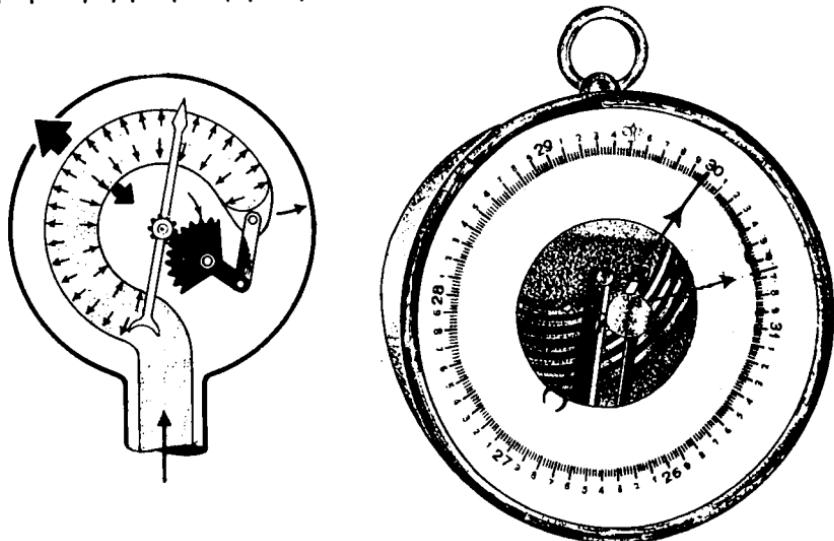
Τὰ μεταλλικὰ μανόμετρα σὰν κύριο μέρος τους ἔχουν ἔνα μεταλλικὸ τύμπανο (κουτάκι) η ἔνα μεταλλικὸ σωλήνα μὲ ἐλαστικὰ τοιχώματα, κατασκευασμένα π.χ. ἀπὸ λεπτὸ χάλυβα καλῆς ποιότητας (σχ. 6·7·1). Αὐτὸ τὸ κουτάκι (η ὁ σωλήνας) μπορεῖ νὰ φουσκώνῃ καὶ νὰ ξεφουσκώνῃ μὲ ἀέρα η ὑγρὸ ποὺ ἐπιδρᾷ ἀπ’ ἔξω η ἀπὸ μέσα. Μὲ τὴν ἐλαστικὴν αὐτὴν παραμόρφωση ποὺ γίνεται, παρασύρεται ἔνας δείκτης, ποὺ εἰναι στερεωμένος μὲ κατάλληλο τρόπο, καὶ μετατοπίζεται μπροστὰ σὲ μιὰ κλίμακα

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.

Αντιστοιχία μονάδων πιέσεως.

Όνομασία	σύμβολο	kg/cm ²	at	Atm	lb/sq.in	mmHg	cm νερού
Χιλιόγραμμο ἀνὰ τετρ. ἔκαταστόμετρο	kg/cm ²	1	1	0,9678	14,2	735,5	1000
Τεχνητὴ ἀτμόσφαιρα	at	11	1	0,9678	14,2	735,5	1000
Φυσικὴ ἀτμόσφαιρα	Atm	1,033	1,033	1	14,71	760	1033
Διμήρα ἀνὰ τετρ. λιτρα	lb/sq.in p.s.i.	0,0703	0,0703	0,068	1	51,7	70,3
Χλιοστόμετρο δραργύρου	mmHg	0,00136	0,00136	0,001316	0,0193	1	1,36
Εκατοστόμετρο νερού		0,001	0,001	0,009678	0,00142	0,760	1

βαθμολογημένη (σχ. 6·7 κ). Ἐτσι διαβάζουμε τὴν πίεση. Τὰ μεταλλικὰ μανόμετρα μπορεῖ νὰ εἶναι πολὺ εὐαίσθητα. Αὐτὸς φυσικὰ ἔξαρτάται ἀπὸ τὴν μηχανική τους κατασκευὴν καὶ τὴν ποιότητα τοῦ ἐλαστικοῦ υλικοῦ. Ἀνάλογα μὲ τὸν προσορισμό τους κατασκευάζονται γιὰ μεγάλες ἢ γιὰ μικρὲς πιέσεις καθὼς καὶ γιὰ μεγάλη ἢ μικρότερη ἀκρίβεια.



Σχ. 6·7 κ.

Τὸ σχῆμα αὐτὸ δείχνει τὴν λειτουργία ἑνὸς μεταλλικοῦ μανομέτρου. Τὸ μανόμετρο αὐτὸ ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓνα σωλήνα λυγισμένο σὰν ἀγκύστρι, κλειστὸ στὸ ἓνα ἄκρο, μὲ ἐλλειπτικὴ διατομή. Συνδέομε τὸ ἀνοικτὸ ἄκρο τοῦ σωλήνα αὐτοῦ μὲ τὸ χῶρο τοῦ δοπού τὴν πίεση θέλομε νὰ μετρήσωμε. Ἀνάλογα μὲ τὸ δὲ ἡ πίεση εἶναι μεγαλύτερη ἢ μικρότερη δ σωλήνας παραμορφώνεται λιγότερο ἢ περισσότερο. Ἡ παραμόρφωση αὐτὴ τοῦ σωλήνα μεταφέρεται μὲ κατάλληλο μηχανισμὸ σὲ ἓνα δείκτη μὲ τὸν δοποῦ διαβάζουμε τὴν πίεση ἐπάνω σὲ μιὰ κλίμακα.

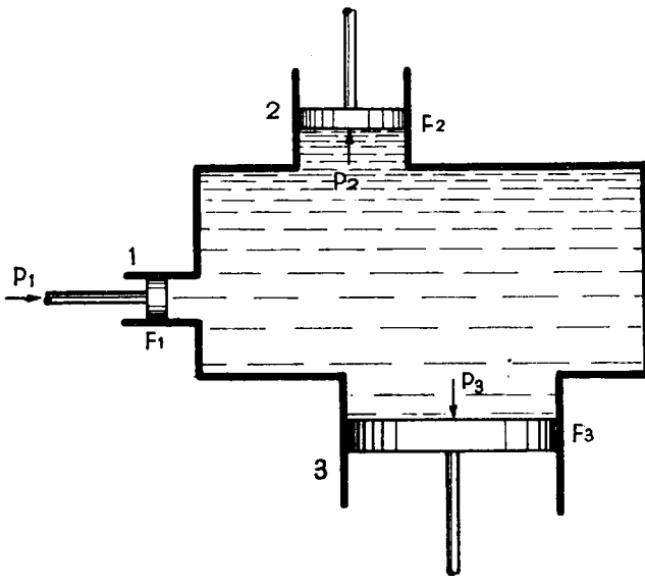
6·8 Υδραυλικὸ πιεστήριο.

Στὸ Κεφάλαιο 6·3, ὅπου ἀναφέραμε τὸ νόμο τοῦ Πασκάλ, εἴδαμε δτὶ δ νόμος αὐτὸς ἔχει μιὰ σπουδαίᾳ ἐφαρμογῇ: στὸ ὑδραυλικὸ πιεστήριο. Ήτα περιγράψωμε μὲ μεγαλύτερη λεπτομέ-

ρεια τὸ μηχάνημα αὐτό, γιατὶ ἔχει σημαντικές ἐφαρμογὲς στὴ βιομηχανία.

Παίρνομε ἔνα δοχεῖο, ποὺ στὰ τοιχώματά του ἔχει διάφορα κυλινδρικὰ ἀνοίγματα ποὺ κλείνονται στεγανὰ μὲ ἔμβολα (σχ. 6·8 α.). Τὰ ἀνοίγματα αὐτὰ ἔχουν διαφορετικὲς ἐπιφάνειες μὲ διατομές, ἔστω :

$$F_1 = 10 \text{ cm}^2, F_2 = 100 \text{ cm}^2, F_3 = 400 \text{ cm}^2.$$



Σχ. 6·8 α.

"Αν ἀσκήσωμε δύναμη $P_2 = 50 \text{ kg}$ ἐπάνω στὸ μεσαῖο ἔμβολο (2), τότε ἡ πίεση ποὺ ἀσκοῦμε ἐπάνω στὸ ύγρὸ εἰναι :

$$p = \frac{P_2}{F_2} = \frac{50 \text{ kg}}{100 \text{ cm}^2} = 0,5 \text{ kg/cm}^2.$$

Σύμφωνα μὲ τὴν ἀρχὴν τοῦ Πασκάλ, ἡ πίεση αὐτὴ μεταδιδεται ἡ ἕδια ἀκριβῶς σὲ δόλο τὸ ύγρὸ καὶ στὰ τοιχώματα τοῦ δοχείου. "Ετοι θὰ ἀναπτυχθοῦν ἐπάνω στὶς ἐπιφάνειες τῶν ἄλλων ἔμβολων δυνάμεις ἀνάλογες μὲ τὶς ἐπιφάνειες τῶν ἔμβολων.

Θὰ ῥίξουμε λοιπὸν ἐπάνω στὸ ἔμβολο (1) δύναμη:

$$P_1 = pF_1 = 0,5 \text{ kg/cm}^2 \cdot 10 \text{ cm}^2 = 5 \text{ kg}$$

Ἐπάνω στὸ ἔμβολο (3) δύναμη:

$$P_3 = pF_3 = 0,5 \text{ kg/cm}^2 \cdot 400 \text{ cm}^2 = 200 \text{ kg}$$

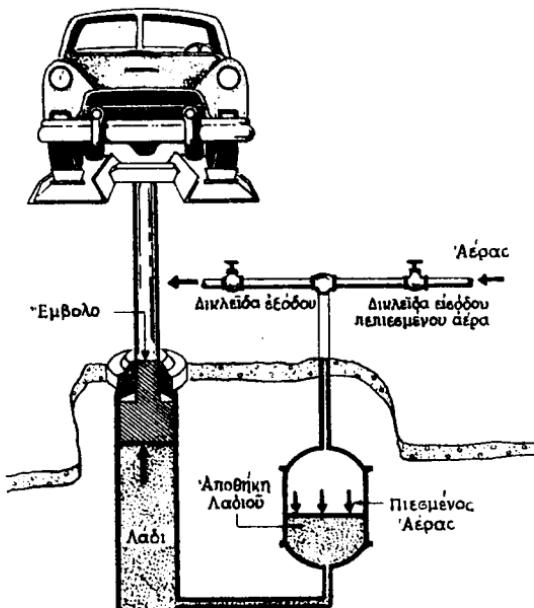
Παρατηροῦμε ὅτι ῥίχομε τὶς σχέσεις:

$$P_1 = pF_1 \quad P_2 = pF_2 \quad P_3 = pF_3$$

$$\text{η} \quad p = \frac{P_1}{F_1} = \frac{P_2}{F_2} = \frac{P_3}{F_3}.$$

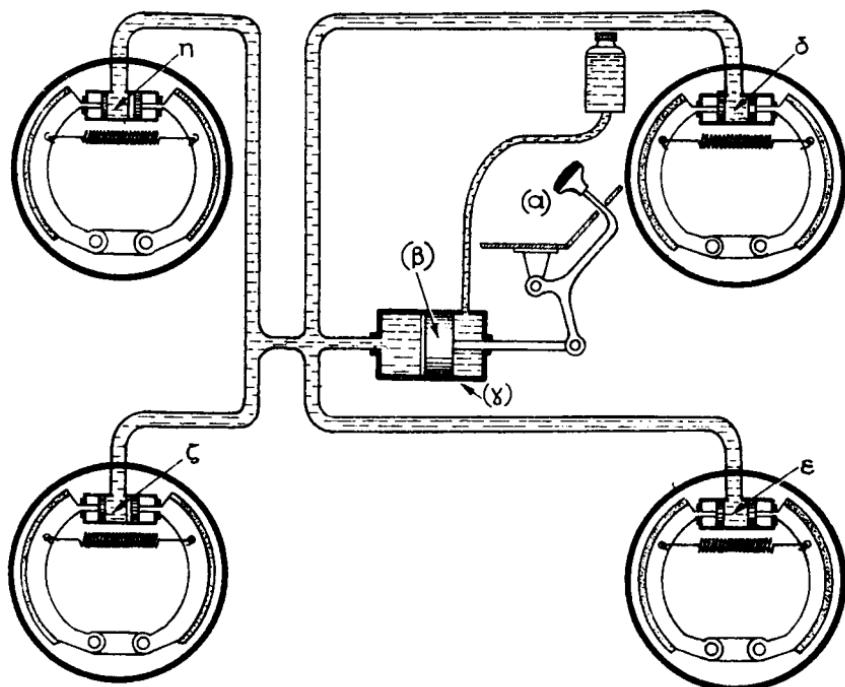
Ἄπο τὴ σχέση αὐτῇ βλέπομε ὅτι, ἂν διαλέξωμε κατάλληλα τὰ ἔμβολα τῶν ἑμβόλων, μποροῦμε, ἀσκώντας πολὺ μικρὴ δύναμη στὸ ἔνα ἔμβολο, νὰ ἐπιτυγχάνωμε πολὺ μεγαλύτερη σὲ ἕνα ἄλλο ποὺ ῥίχει μεγαλύτερη διατομή.

Στὰ σχήματα 6·8β, 6·8γ καὶ 6·8δ βλέπομε διάφορες ἑφαρμογὲς τοῦ ὑδραυλικοῦ πιεστηρίου.



Σχ. 6·8β.

Στήγη περίπτωση τῶν ύδραυλικῶν πιεστηρίων ἐπαληθεύομε καὶ πάλι τὴν ἀρχὴ τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας.



Σχ. 6-8 γ.

Λειτουργία τῶν ύδραυλικῶν φρένων αὐτοκινήτου. Πιέζοντας τὸ πεντάλ (α) τοῦ φρένου τοῦ αὐτοκινήτου, σπρώχνομε ἔνα ἔμβολο (β) μέσα σὲ ἓναν κύλινδρο (γ), γεμάτο μὲ νῦρῳ ποὺ συγκοινωνεῖ μὲ τέσσερις κυλίνδρους (δ, ε, ζ, η) τοποθετημένους ἀπὸ ἔνα σὲ κάθε τροχό. Ἡ πίεση ποὺ ἀσκοῦμε στὸν κεντρικὸ κύλινδρο (γ) μεταβιβάζεται στὸνς ἄλλους καὶ ἔτσι μετακινοῦνται τὰ ἔμβολα, ποὺ εἶναι στὸνς κυλίνδρους δ, ε, ζ καὶ η, καὶ σπρώχνουν τὶς σιαγόνες τῶν φρένων. Οἱ σιαγόνες τῶν φρένων ἐφάπτονται στὰ τύμπανα, ποὺ εἶναι συνδεδεμένα μὲ τοὺς τροχοὺς καὶ γυρίζουν μαζὶ τους, καὶ μὲ τὴν τριβὴ ποὺ δημιουργεῖται, ἀναγκάζουν τὸ αὐτοκίνητο νὰ σταματήσῃ.

"Ἄς ἔξετάσωμε τὶς μετακινήσεις τῶν ἐμβόλων στὸ σχῆμα 6-8 δ. "Οταν μετακινήται τὸ ἔμβολος στὸν μικρὸ κύλινδρο κατὰ l_1 , τότε ἐκδιώκεται ἀπὸ τὸν κύλινδρο αὐτὸ δύγκος νύρος.

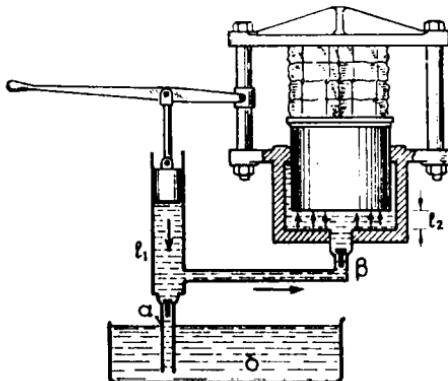
$$V = F_1 \cdot l_1$$

Ο ζγκος αύτός πηγαίνει δλος στὸν μεγάλο κύλινδρο, δπου ἀναγκάζει τὸ μεγάλο ἔμβολο γὰ μετακινηθῆ κατὰ l_2 , θὰ είγαι δηλαδή:

$$V = F_2 \cdot l_2$$

έπομένως είναι: $F_1 l_1 = F_2 l_2 \quad \text{η} \quad \frac{l_2}{l_1} = \frac{F_1}{F_2}$

Βλέπομε δηλαδή έτι οἱ μετακινήσεις τῶν ἔμβολων είναι ἀντιστρόφως ἀνάλογες πρὸς τὰ ἔμβαδὰ τῆς διατομῆς τους. Οἱ δυνάμεις δημας ποὺ



Σχ. 6·8 δ.

ἀσκοῦνται ἐπάγω στὰ ἔμβολα είναι ἀνάλογες πρὸς τὰ ἔμβαδὰ τῶν διατομῶν τῶν ἔμβολων:

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{F_2}{F_1}$$

$$\alpha \rho \alpha \quad \frac{A_2}{A_1} = \frac{P_2 \cdot l_2}{P_1 \cdot l_1} = \frac{P_2}{P_1} \cdot \frac{l_2}{l_1} = \frac{F_2}{F_1} \cdot \frac{l_2}{l_1} = 1 \quad \text{η} \\ A_1 = A_2$$

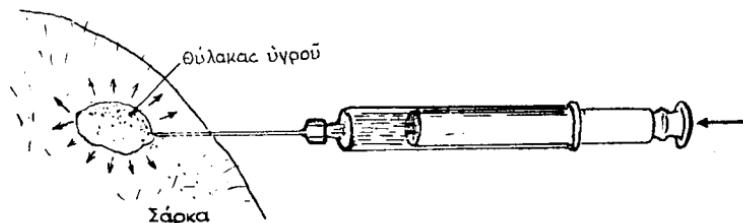
Δηλαδὴ τὸ ἔργο ποὺ δώσαμε στὸ ξνα ἔμβολο είγαι ίσο μὲ αὐτὸ ποὺ παίρνομε ἀπὸ τὸ δλλο (θεωρητικά).

Λειτουργία ἑνὸς ἀπλοῦ ὑδραυλικοῦ πιεστηρίου

Ο μικρὸς κύλινδρος είναι διαμορφωμένος σὰν κύλινδρος ἀντλίας (σχ. 6·8 δ.). "Οταν τὸ ἔμβολο τῆς ἀντλίας κινηται πρὸς τὰ ἐπάνω, ή βαλθῆδα α ἀνοίγει καὶ μπαίνει μέσα στὸν κύλινδρο

της τὸ ὑγρὸ ἀπὸ τὸ δοχεῖο δ. "Οταν ἔπειτα τὸ ἔμβολο κατεβαίνῃ, κλείνει ἡ βαλβίδα α καὶ ἀνοίγει ἡ βαλβίδα β καὶ τὸ ὑγρὸ ἀναγκάζεται νὰ πάγη ἀπὸ τὸν μικρὸ στὸν μεγάλο κύλινδρο.

"Αν ἀσκοῦμε στὸ μικρὸ ἔμβολο δύναμη P_1 , τότε ἐπάνω στὸ μεγάλο ἔμβολο ἀναπτύσσεται δύναμη $P_2 = P_1 \cdot \frac{F^2}{F_1}$. Επειδὴ δημος ἡ διατομὴ



Σχ. 6·8 ε.

τοῦ μεγάλου ἔμβολου εἶναι πολὺ μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν διατομὴ τοῦ μικροῦ ἔμβολου, μὲ σχετικὰ μικρὴ δύναμη P_1 μποροῦμε νὰ ὑπερνικήσωμε πολὺ μεγάλη δύναμη P_2 .

Κάτι: ἀγτίστοιχο συμβαίνει μὲ τὶς σύριγγες τῶν ἐγέσεων (σχ. 6·8 ε). Η δύναμη ποὺ ἐφαρμόζομε, δταν πιέζωμε τὸ ἔμβολο τῆς σύριγγας, εἶναι πολὺ μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν δύναμη ποὺ ἀσκεῖ τὸ ὑγρὸ στοὺς ἴστούς, ἐπειδὴ ἡ διάμετρος καὶ ἐπομένως καὶ ἡ ἐπιφάνεια διατομῆς τοῦ ἔμβολου εἶναι πολὺ μεγαλύτερη ἀπὸ τὴ διατομὴ τῆς δπῆς τῆς βελόνας.

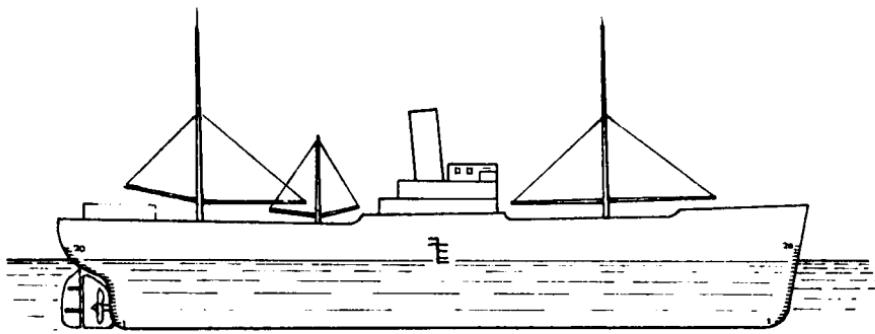
Στὴ βιομηχανία χρησιμοποιοῦμε τεράστια ὑδραυλικὰ πιεστήρια, στὰ ἀποτὰ ἡ σχέση ἐπιφαγειῶν τῶν δύο ἔμβολων εἶναι πολὺ μεγάλη καὶ ἐπομένως μὲ πολὺ μικρὲς δυνάμεις μποροῦμε νὰ ἀναπτύξωμε δυνάμεις πολλῶν τόννων.

6·9 Έφαρμογές του Νόμου του 'Αρχιμήδη.

"Οπως εἴπαμε, ὅλα τὰ φαινόμενα ποὺ ἔχουν σχέση μὲ τὴν πλεύση τῶν σωμάτων ἐξηγοῦνται μὲ τὴν ἀρχὴν τοῦ 'Αρχιμήδη καὶ γι' αὐτὸν ἡ ἀρχὴ τοῦ 'Αρχιμήδη ἔχει πολλὲς ἐφαρμογὲς στὴν ναυτιλία.

— "Οταν ἔνα πλοῖο πλέη στὴ θάλασσα, τὸ βάρος του (δηλαδὴ τὸ βάρος τοῦ σκάφους, τῶν ἐξαρτγμάτων του καὶ τοῦ φορτίου του) ἰσοῦται μὲ τὸ βάρος τοῦ νεροῦ ποὺ ἐκτοπίζει (βλέπε σχ. 6·4 δ, 6·9 α).

"Οσο περισσότερο φορτώνομε τὸ πλοῖο, τόσο περισσότερο βυθίζεται, ἐκτοπίζοντας περισσότερο νερὸ ἔτσι, ὥστε τὸ βάρος τοῦ ἐκτοπιζομένου νεροῦ νὰ εἰναι πάντα ἵσο μὲ τὸ συνολικὸ βάρος τοῦ πλοίου. "Ετσι, ἀπὸ τὸ βυθίσμα τοῦ πλοίου (δηλαδὴ ἀπὸ τὸ πόσο βυθίζεται τὸ πλοῖο μέσα στὸ νερὸ) μποροῦμε νὰ ξέρωμε τὸ βάρος τοῦ φορτίου του.



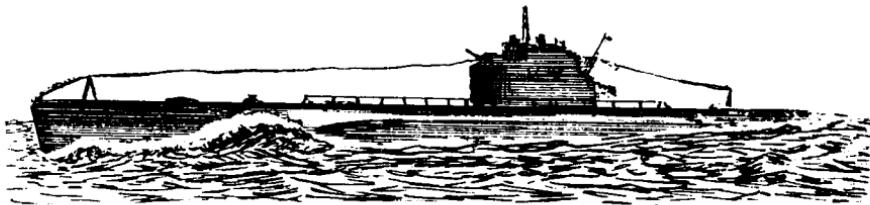
Σχ. 6·9 α.

Γιὰ νὰ μποροῦν δὲ οἱ λιμενικὲς ἀρχὲς νὰ ἐλέγχουν ἀμέσως ἂν ἔνα πλοῖο εἶναι παραφορτωμένο η ὅχι, ἔχουν ὑποχρεώσει τὰ πλοῖα νὰ ἔχουν χαραγμένες στὰ πλάγια τοιχώματά τους γραμμὲς (σχ. 6·9 α) ποὺ δείχνουν πόσο ἐπιτρέπεται νὰ φορτωθῇ τὸ πλοῖο στὴ θάλασσα η στὸ γλυκὸ νερό, τόσο τὸ καλοκαίρι δυσο καὶ τὸ χειμῶνα. Τὰ βυθίσματα αὐτὰ εἶναι διαφορετικά, γιατὶ τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ νεροῦ εἶναι μικρότερο τὸ καλοκαίρι, δταν εἶναι ζέστη καὶ μεγαλύτερο τὸ χειμώνα ποὺ κάνει ιρύο. Καὶ τὸ θαλασσινὸ νερὸ πάλι εἶναι βαρύτερο ἀπὸ τὸ γλυκὸ καὶ, ὅπως ξέρομε, δυσο μεγαλύτερο εἶναι τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ θαλασσοῦ, τόσο η ἄνωση, εἶναι μεγαλύτερη,

καί, ἐπομένως, τόσο λιγότερο βυθίζονται τὰ σώματα ποὺ πλέουν μέσα σ' αὐτό.

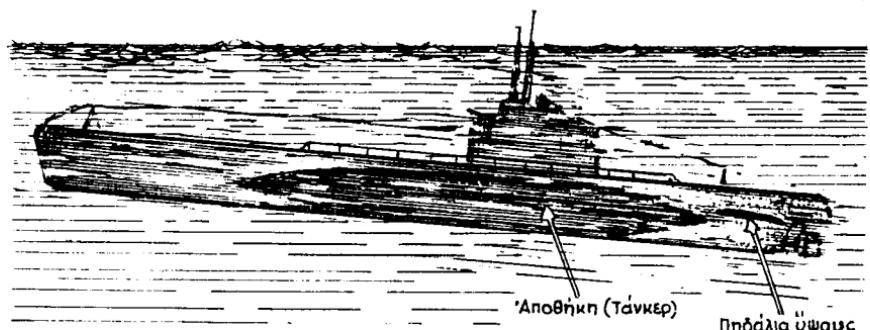
— Ἡ κατάδυση τῶν ὑποβρυχίων στὴν θάλασσα στηρίζεται καὶ αὐτὴ στὴν ἀρχὴ τοῦ Ἀρχιμήδη.

Κάθε ὑποβρύχιο ἔχει εἰδικές δεξαμενές, στὶς ὁποῖες, δταν τὸ ὑποβρύχιο πρέπει νὰ καταδυθῇ, ἀφήνουν νὰ μπῇ νερὸ ἀπὸ τὴ θά-



Σχ. 6·9 β.

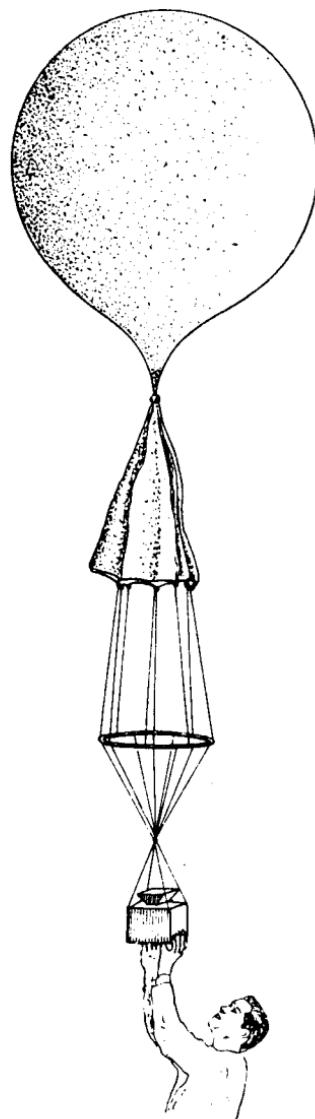
Τὸ ὑποβρύχιο ἐπιπλέει. Οἱ δεξαμενές του δὲν περιέχουν νερό.



Σχ. 6·9 γ.

Ρυθμίζοιμε τὴν κίνηση τοῦ ὑποβρυχίου πρὸς τὰ ἐπάνω καὶ πρὸς τὰ κάτω γεμίζοντας περισσότερο ἢ λιγότερο τὶς δεξαμενὲς μὲν νερό.

λασσα (σχ. 6·9 β, 6·9 γ). "Οταν οἱ δεξαμενὲς αὐτὲς γεμίσουν, τὸ ὑποβρύχιο βαραίνει καὶ ἔτσι βυθίζεται κάτω ἀπὸ τὸ νερό. "Οταν τὸ ὑποβρύχιο θελήσῃ νὰ ἀναδυθῇ, διοχετεύουν μέσα στὶς δεξαμενὲς πεπιεσμένο ἀέρα, δ ὁποῖος διώχνει τὸ νερὸ καὶ ἔτσι τὸ ὑποβρύχιο ἐλαφραίνει καὶ ἀνεβαίνει στὴν ἐπιφάνεια.



Σχ. 6·9 δ.

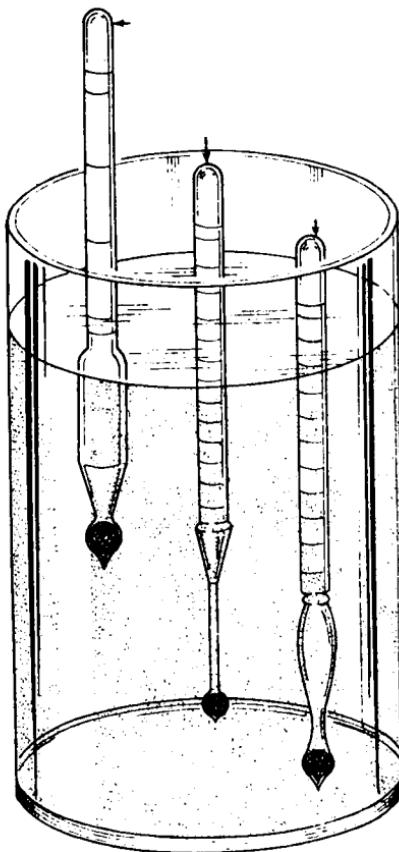
Κλειστὸ ἐλεύθερο ἀερόστατο γάμ μετεωρολογικές παρατηρήσεις. Στὸ κάτω μέρος του ὑπάρχει ἀλεξίπτωτο τὸ δόποιο χρησιμεύει γάμ νὰ ἔναγγυρίσουν χωρὶς ζημιὰ στὴ γῆ οἱ αὐτόματες συσκευές, οἱ δόποιες είναι μέσα στὸ κουτὶ καὶ καταγράφουν τὴ θερμοκρασία, τὴν πίεση τὴν ὑγρασία κλπ.

— Τὸ ἵδιο περίπου κάνουν καὶ τὰ ἀερόστατα (σχ. 6·9 δ). Τὰ ἀερόστατα «πετοῦν», ἐπειδὴ τὸ ἀέριο ποὺ ἔχουν εἰναι ἐλαφρότερο (δηλαδὴ ἔχει μικρότερο εἰδικὸ βάρος) ἀπὸ τὸν ἀέρα. Ἔτσι, γὰρ ἀνωση ποὺ ἀσκεῖ ἐπάνω τους δὲ ἀέρας, εἰναι μεγαλύτερη ἀπὸ τὸ βάρος τους καὶ μποροῦν καὶ ἀνυψώνωνται. "Αν θέλουν νὰ κατέβουν, τότε ἀνοίγουν εἰδικὲς βαλβίδες καὶ ἀφήνουν νὰ ἔσφυγῃ λίγο ἀπὸ τὸ ἀέριο ποὺ ἔχουν, ἔτσι γίνονται βαρύτερα ἀπὸ τὸν ἀέρα ποὺ ἔκτοπίζουν καὶ κατεβαίνουν. "Αν θελήσουν πάλι νὰ ἔστανεῖσουν, ἀφήνουν νὰ πέσῃ λίγη ἀπὸ τὴν σαβούρα (ἔρμα) ἀπὸ ἅμμο ποὺ ἔχουν, ἔτσι ἐλαφραίνουν καὶ ἔστανεισηκάνωνται.

— Μιὰ ἄλλη ἐφαρμογὴ τῆς ἀρχῆς τοῦ Ἀρχιμήδη εἰναι τὰ πυκνόμετρα καὶ τὰ ἀραιόμετρα. Αὐτὰ εἰναι γυάλινοι σωλήνες μὲ σχῆματα σὰν αὐτὰ ποὺ εἰκονίζονται στὸ σχῆμα 6·9 ε. Στὸ κάτω ἄκρο ἔχουν ἔρμα γιὰ νὰ πλέουν κατακόρυφα. "Οσο εἰδικὰ βαρύτερο εἰναι τὸ ύγρὸ μέσα στὸ δποῖο τὰ βυθίζομε, τόσο λιγότερο βυθίζονται. Ἀντιθέτως, ὅσο ἐλαφρύτερο εἰναι τὸ ύγρό, τόσο βαθύτερα βυθίζονται. Ἐπάνω λοιπὸν στὸ ἵσιο μέρος τοῦ σωλήνα χαράζομε διαιρέσεις καὶ ἔτσι διαβάζομε τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ ύγρου μέσα στὸ δποῖο βυθίσαμε τὸ πυκνόμετρο ἢ τὸ ἀραιόμετρο, ἀπὸ τὸν ἀριθμὸ ποὺ φέρει διαιρέση ὡς τὴν δποῖα βυθίστηκε τὸ πυκνόμετρο ἢ τὸ ἀραιόμετρο.

Μερικὰ ἀπὸ τὰ ὅργανα αὐτὰ ποὺ εἰναι κατασκευασμένα γιὰ ύγρὰ βαρύτερα (πυκνότερα) ἀπὸ τὸ νερό, λέγονται πυκνόμετρα. "Αλλὰ ποὺ εἰναι μόνο γιὰ ύγρὰ ἐλαφρύτερα (ἀραιότερα) ἀπὸ τὸ νερὸ καὶ λέγονται ἀραιόμετρα. Ὑπάρχουν ὅμως καὶ μερικὰ ὅργανα ποὺ εἰναι καὶ γιὰ πυκνότερα καὶ γιὰ ἀραιότερα ύγρα.

Πολλὲς φορὲς τὰ πυκνόμετρα καὶ τὰ ἀραιόμετρα δὲν εἰναι βαθμολογημένα στὶς μονάδες χιλιόγραμμα κατὰ κυβικὸ δεκατέμετρα ἢ γραμμάριο κατὰ κυβικὸ ἑκατοστόμετρο, ἀλλὰ σὲ βαθμοὺς μπωμέ. Ὑπάρχουν πίνακες ποὺ δίνουν τὴν ἀντιστοιχία βαθμῶν μπωμὲ καὶ τὸν ἄλλων μονάδων.



Σχ. 9·6 ε.

Στὸ σχῆμα φαίνονται ἕνα ἀραιόμετρο (ἀριστερά), ἕνα πυκνόμετρο (δεξιὰ) καὶ ἕνα πυκνόμετρο - ἀραιόμετρο (στὸ μέσον) καὶ τὰ τοία βυθισμένα μέσα σὲ νερό. Οἱ διαιρέσεις τοῦ ἀραιομέτρου εἰναι ἔξω ἀπὸ τὸ νερό τὸ πυκνόμετρο εἰναι σχεδὸν ὅλο βυθισμένο καὶ τὸ πυκνόμετρο - ἀραιόμετρο εἰναι βυθισμένο ἔως τὴ μέση.

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 7

Η ΚΙΝΗΣΗ ΤΩΝ ΡΕΥΣΤΩΝ (ΥΓΡΩΝ ΚΑΙ ΑΕΡΙΩΝ)

7.1 Παροχή και ταχύτητα ρευστών ποὺ ρέουν.

"Αν έχωμε ἔναν ἀγωγὸν νεροῦ, ἀπὸ τὸν ὅποιο γεμίζει μιὰ δεξαμενὴ χωρητικότητας $V = 200 \text{ m}^3$ σὲ χρόνο $t = 20 \text{ min}$, τότε σὲ ἔνα λεπτὸ περνοῦν ἀπὸ τὸν ἀγωγό :

$$Q = \frac{200 \text{ m}^3}{20 \text{ min}} = 10 \text{ m}^3/\text{min}.$$

Τὸ μέγεθος αὐτὸν τὸ δνομάζομε παροχὴ τοῦ ἀγωγοῦ. Παροχὴ ἐνὸς ἀγωγοῦ, λοιπόν, δνομάζομε τὸν ὅγκο τοῦ ρευστοῦ ποὺ περνᾶ ἀπὸ τὸν ἀγωγὸ στὴ μονάδα τοῦ χρόνου.

$$\Delta\text{ηλαδή: } \text{παροχὴ} = \frac{\text{ὅγκος ύγρου}}{\text{χρόνος}} \quad \text{ἢ} \quad Q = \frac{V}{t}$$

"Ας πάρωμε (σχ. 7.1 α) ἔνα κύλινδρο μὲ διατομὴ / μέσα στὸν δποῖο ρέει ἔνα ρευστὸ μὲ ταχύτητα v . Τὰ μόρια τοῦ ρευστοῦ, ποὺ βρισκόταν στὴ διατομὴ A , σὲ χρόνο t θὰ ἔχουν φθάσει σὲ μιὰ ἄλλη διατομὴ B , ποὺ θὰ ἀπέχῃ l ἀπὸ τὴν A . ἐπομένως, ἀπὸ τὴν διατομὴ A θὰ ἔχῃ περάσει ὅγκος ρευστοῦ :

$$V = f \cdot l$$

$$\text{εἰγα: δμως} \quad l = v \cdot t$$

$$\text{ἄρα} \quad V = f \cdot v \cdot t.$$

"Η παροχὴ ἐπομένως στὸν σωλήνα αὐτὸν θὰ εἰγαι :

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{f \cdot v \cdot t}{t}$$

$$\Delta\text{ηλαδή, } Q = f \cdot v$$

Δηλαδὴ ἡ παροχὴ ἐνὸς ρευστοῦ μέσα σὲ ἔναν ἀγωγὸ εἰναι ἵση μὲ τὸ γινόμενο τῆς διατομῆς τοῦ ἀγωγοῦ ἐπὶ τὴν ταχύτητα τοῦ ρευστοῦ.

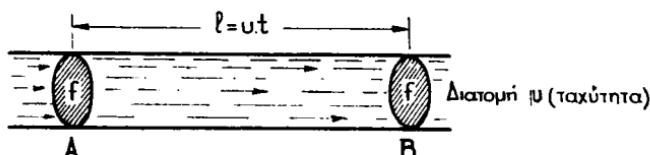
"Αν ένας σωλήνας έχῃ διατομὴ 3 cm² καὶ ἡ ταχύτητα τοῦ νεροῦ μέσα σ' αὐτὸν εἰναι 5 m/sec, ἡ παροχὴ τοῦ ἀγωγοῦ αὐτοῦ εἰναι:

$$Q = f \cdot v$$

ἄλλα ἔχομε $f = 3 \text{ cm}^2 = \frac{3}{100} \text{ dm}^2$

καὶ $v = 5 \text{ m/sec} = 50 \text{ dm/sec}$

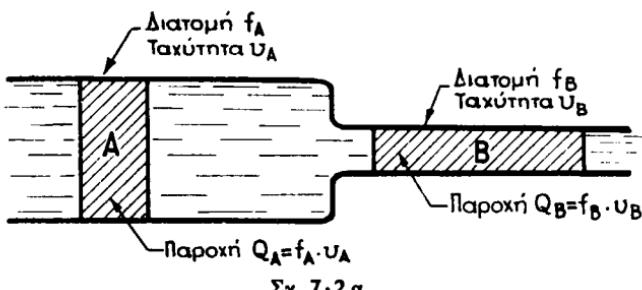
ἄρα $Q = \frac{3 \text{ dm}^2}{100} \times 50 \text{ dm/sec}$
 $= 1,5 \text{ dm}^3/\text{sec}$



Σχ. 7·1 α.

7·2 Ταχύτητα ροῆς ρευστῶν.

"Οταν ἔνα ρευστὸ ρέη μέσα σὲ ἔναν ἀγωγὸ (σχ. 7·2 α), τότε ἀπὸ κάθε διατομὴ τοῦ ἀγωγοῦ περνοῦν ἀνὰ δευτερόλεπτο ἵσες πο-



Σχ. 7·2 α.

"Ανὰ μονάδα χρόνου περνᾶ ἡ ἴδια ποσότητα ύγρου καὶ ἀπὸ τὸ στενὸ καὶ ἀπὸ τὸ φαρδὺ τμῆμα τοῦ σωλήνα. "Ἄρα ἡ ταχύτητα τοῦ ύγρου στὸ στενὸ τμῆμα εἰναι μεγαλύτερη ἀπὸ ὅτι εἰναι στὸ φαρδύ.

σότητες ρευστοῦ. "Αν δὲ αὐτὸ τὸ ρευστὸ εἰναι ἀσυμπίεστο, δηγλαδὴ εἰναι ύγρό, τότε, ἵσες ποσότητες τοῦ ύγρου αὐτοῦ ἔχουν καὶ ἵσους ὅγκους. Αὐτὸ οημαίνει ὅτι ἀπὸ κάθε διαφορετικὴ τομὴ ἔνδες ἀγω-

γρού περνοῦν ἀνὰ δευτερόλεπτο ἵσες ποσότητες ὑγροῦ. Τοῦτο εἶναι φανερό, γιατὶ ἂν δὲν περνοῦσε ἡ ἵδια ποσότητα ὑγροῦ, τότε θὰ ἔπειρε πάλι ἀποθηκεύεται κάπου, ἀλλὰ ὅπως φαίνεται καὶ ἀπὸ τὸ σχῆμα 7·2 α ἀποθήκη νεροῦ δὲν ὑπάρχει πουθενά. Δηλαδὴ ἡ παροχὴ ἐνὸς ὑγροῦ μέσα σ' ἕναν ἀγωγὸν εἶναι σὲ ὅλες τὶς διατομές τοῦ ἀγωγοῦ ἡ ἵδια (σχ. 7·2α).

$$\text{Δηλαδὴ εἶναι: } Q_A = Q_B$$

ἔχομε δημοσίευτα:

$$Q_A = f_A \cdot v_A \quad \text{καὶ} \quad Q_B = f_B \cdot v_B \quad \text{ἐπομένως} \quad v_A \cdot f_A = v_B \cdot f_B$$

$$\text{ἢ} \quad \frac{v_A}{v_B} = \frac{f_B}{f_A}$$

Παρατηροῦμε δηλαδὴ ὅτι ἡ ταχύτητα ἐνὸς ὑγροῦ μέσα σὲ ἕναν ἀγωγὸν εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογη τῆς διατομῆς τοῦ ἀγωγοῦ.

7-3 Ή πίεση μέσα στά κινούμενα ρευστά (ύγρα καὶ ἀέρια).

Σὲ προηγούμενα Κεφάλαια μιλήσαμε γιὰ τὴν πίεση μέσα σὲ ρευστά ποὺ δὲν κινοῦνται. Πίεση δημοσίευτη μπορεῖ νὰ ἀσκῆται καὶ μέσα σὲ κινούμενα ρευστά. Σ' αὐτὸ τὸ Κεφάλαιο θὰ ἔξετάσωμε τοὺς νόμους ἀπὸ τοὺς ἀποίσους ἐξαρτᾶται ἡ πίεση αὐτῆς.

"Ἄς κάνωμε τὸ ἔξῆς πείραμά : "Ἄς συνδέσωμε στὸν πυθμένα ἐνὸς δοχείου ἕναν δριζόντιο μακρὺ σωλήνα, ποὺ φέρει κρουνό (σχ. 7·3 α). Σὲ ἕνα σημεῖο αὐτοῦ τοῦ σωλήνα εἶναι συνδεδεμένος ἐνας λεπτὸς κατακόρυφος γυάλινος σωλήνας." Οταν δὲ κρουνὸς εἶναι κλειστός, τὸ νερὸ φθάνει στὴν ἵδια στάθμη α - α καὶ μέσα στὸ δοχεῖο καὶ μέσα στὸν δρόμο σωλήνα· ὅταν δημοσίευμε ὅτι ἡ στάθμη β μέσα στὸν σωλήνα γαμηλώνει, καὶ μάλιστα τόσο περισσότερο, ὅσο περισσότερο ἀνοίγομε τὸν κρουνό.

"Οταν δημοσίευμε ἡ στάθμη, δημοσίερομε, τοῦτο σημαίνει ὅτι πέφτει ἡ πίεση.

"Ἀπὸ τὸ πείραμά μας λοιπὸν συμπεραίνομε ὅτι, ὅταν ρέῃ ἕνα

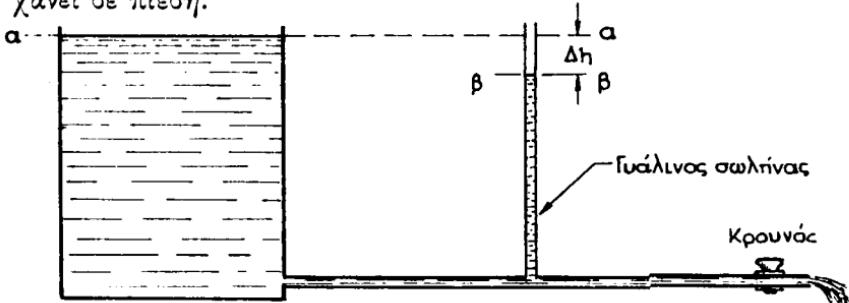
νήρο, τότε ἡ πίεσή του πέφτει, καὶ μάλιστα πέφτει περισσότερο, δταν ἡ ταχύτητά του εἶναι μεγαλύτερη.

Ἄπδ πειράματα βρέθηκε δτι μέσα σὲ ἓνα ρευστὸ ποὺ κινεῖται μὲ ταχύτητα u , ἡ πίεση πέφτει κατά :

$$\Delta p = \frac{\epsilon}{g} \cdot \frac{u^2}{2}$$

δπου ε εἶναι τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ ρευστοῦ στὸ σημεῖο ποὺ ἔξετάζομε καὶ g ἡ ἐπιτάχυνση τῆς βαρύτητας ($g = 9,81 \text{ m/sec}^2$).

Γιατὶ ὅμως πέφτει ἡ πίεση ἐνδὲ ρευστοῦ ποὺ ρέει; Ὅπως ξέρομε, τὸ ρευστὸ ποὺ ρέει, ἔχει κινητικὴ ἐνέργεια· γιὰ νὰ ἀποκτήσῃ ὅμως τὴν κινητικὴ αὐτὴ ἐνέργεια, πρέπει νὰ χάσῃ ἵσο ποσὸ ἄλλης μορφῆς ἐνέργειας. Ἐτοι τὸ ρευστὸ ποὺ ρέει ἀποκτᾷ κινητικὴ ἐνέργεια, ἀλλὰ χάνει σὲ ἐνέργεια θέσεως καὶ ἐπομένως χάνει σὲ πίεση.



Σχ. 7.3 α.

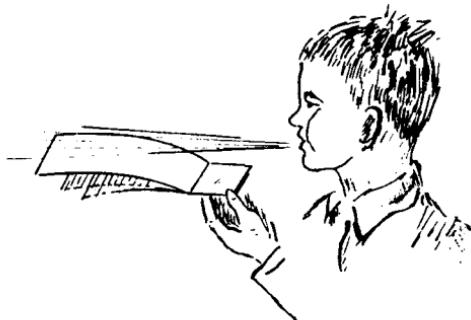
Οταν τρέχῃ νερὸ μέσα στὸν δριζόντιο σωλήνα, ἡ στάθμη τοῦ νεροῦ στὸν γυάλινο σωλήνα πέφτει. [Αὐτὴ ἡ πτώση στάθμης Δh , ἀντιστοιχεῖ σὲ πτώση πιέσεως $\Delta p = \epsilon \cdot \Delta h$].

Αὐτὰ τὰ παρατήρησε πρῶτος ὁ Ἐλβετὸς φυσικὸς Μπερνουγὶ (Bernoulli) καὶ γι' αὐτὸ δνόμασαν νόμο τοῦ Μπερνουγὶ τὸν νόμο ποὺ καθορίζει τὴν πτώση τῆς πιέσεως, ἡ δποίᾳ δφειλεται στὴν ταχύτητα τῶν ρευστῶν (ύγρων καὶ ἀερίων).

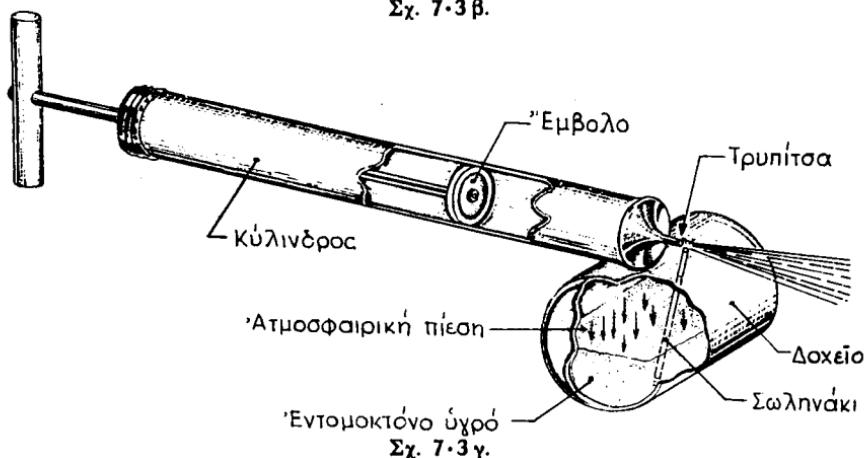
Ἐνα πολὺ εύκολο πείραμα, ἀπὸ τὸ ὅποιο βλέπομε δτι ἡ πίε-

ση μέσα στά ρευστά (ύγρα ἢ άέρια) πέφτει οσο αυξάνει ἢ ταχύτητά τους, είναι καὶ τὸ ἔξης:

Παίρνομε ἔνα κομμάτι λεπτὸ χαρτὶ καὶ τὸ κρατοῦμε ὅπως ὁ ἄνθρωπος στὸ σχῆμα 7.3 β. Ἀν φυσήσωμε ἵσια ἐμπρὸς βλέπομε τότε ὅτι τὸ χαρτὶ σηκώνεται καὶ γίνεται δριζόντιο σὰν νὰ τὸ τρα-



Σχ. 7.3 β.

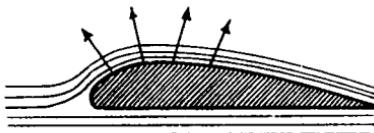


Σχ. 7.3 γ.

ἵσσε μιὰ δύναμη πρὸς τὰ πάνω. Αὐτὸ δψείλεται στὸ ὅτι ὁ ἀέρας στὴν ἐπάνω ὅψη τοῦ χαρτιοῦ κινεῖται καὶ γι' αὐτὸ ἢ πίεσή του ἐκεὶ είναι πιὸ μικρὴ παρὰ στὴν κάτω ὅψη του, ὅπου ὁ ἀέρας μένει ἀκίνητος. Καὶ ἐπειδὴ ἡ πίεση ἐκ τῶν κάτω είναι ἴσχυρότερη, τὸ χαρτὶ ἀνεβαίνει πρὸς τὰ ἐπάνω.

Μιὰ ἐφαρμογὴ τοῦ νόμου τοῦ Μπερνουγὶ βλέπομε στὴν τρόμπα τῶν ἐντομοκτόνων (σχῆμα 7·3 γ). "Οταν κινοῦμε τὸ ἔμβολο πρὸς τὰ ἐμπρός, δὲ ἀέρας ποὺ εἶναι ἐμπρὸς ἀπὸ αὐτὸν ἀναγκάζεται νὰ φύγῃ ἀπὸ μιὰ λεπτὴ τρύπα, ποὺ εἶναι στὴν ἄκρη, τοῦ κυλίνδρου." Επειδὴ ἡ τρύπα αὐτὴ εἶναι μικρή, δὲ ἀέρας, καθὼς περνᾷ ἀπὸ μέσα τους, παίρνει μεγάλη ταχύτητα, καὶ γάρ αὐτὸν ἡ πίεση στὸ σημεῖο ἐκεῖνο πέφτει καὶ ἔτσι τὸ ἐντομοκτόνο ὑγρό, ποὺ εἶναι μέσα στὸ δοχεῖο, ἀνεβαίνει μέσα στὸ σωληνάκι, μὲ τὴν ἐπιδραση τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πίεσεως, καὶ χύνεται ἔξω. Μόλις βγῇ τὸ ὑγρὸ ἀπὸ τὸ σωληνάκι, τὸ ρεῦμα τοῦ ἀέρα τὸ παρασύρει καὶ τὸ διασκορπίζει στὴν ἀτμόσφαιρα σὲ μικρὰ σταγονίδια.

Μὲ τὸ νόμο τοῦ Μπερνουγὶ ἔξηγεῖται καὶ τὸ πῶς πετοῦν τὰ ἀεροπλάνα (σχ. 7·3 δ). Καθὼς κινεῖται τὸ ἀεροπλάνο, ἐπειδὴ



Σχ. 7·3 δ.

Σχηματικὴ παράσταση τῆς φοῆς τοῦ ἀέρα γύρω ἀπὸ ἓνα φτερὸ ἀεροπλάνου.

τὰ φτερὰ ἔχουν κατάλληλη κλίση καὶ καμπυλότητα, ἡ ταχύτητα τοῦ ἀέρα εἶναι μεγαλύτερη στὴν ἐπάνω ὅψη τους παρὰ στὴν κάτω. "Ἐτσι ἡ πίεση τοῦ ἀέρα τῶν φτερῶν στὴν κάτω ὅψη εἶναι λίγῳ μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν ἀτμοσφαιρική, ἐνῶ στὴν ἐπάνω ὅψη εἶναι μικρότερη. Δημιουργεῖται ἔτσι ἓνα «ρούφηγμα» στὴν ἐπάνω ὅψη καὶ ἓνα «σπρώχυμο» στὴν κάτω, καὶ τὰ δύο μαζὶ δημιουργοῦν μιὰ δύναμη ποὺ σηκώνουν τὸ ἀεροπλάνο.

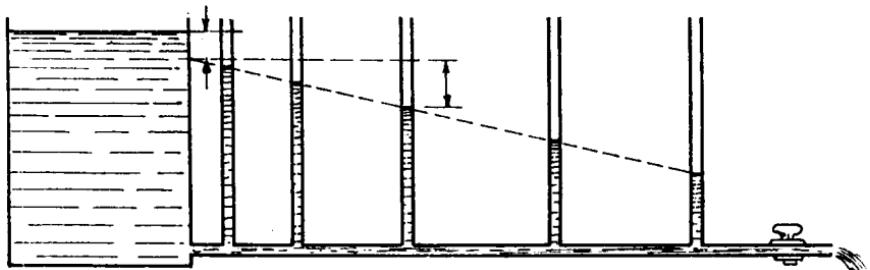
7·4 Τριβὲς μέσα στὰ φευστά.

"Αν στὸν δριζόντιο σωλήνα τοῦ δοχείου τοῦ σχήματος 7·3 α ἐνώσωμε περισσότερα σωληνάκια σὲ διάφορες ἀποστάσεις (σχ. 7·4 α), θὰ παρατηρήσωμε δτι, δταν τὸ νερὸ τρέχῃ, δσο πιὸ

μακρὺά ἀπὸ τὸ δοχεῖο εἶναι τὰ σωληνάκια, τόσο καὶ χαμηλότερα πέφτει ἡ στάθμη τοῦ νεροῦ μέσα σ' αὐτὰ (ἡ διατομὴ τοῦ ὅριζοντος σωλήνα εἶναι ἡ ἕδια ἀρά καὶ ἡ ταχύτητα τοῦ νεροῦ εἶναι παντοῦ ἡ ἕδια). Ἡ ἐλάττωση αὐτὴ τῆς πιέσεως ὀφείλεται στὸ γεγονός ὅτι παρουσιάζονται τριβὲς τῶν μορίων τοῦ ὑγροῦ μὲ τὰ τοιχώματα καθὼς καὶ τριβὲς τῶν μορίων τοῦ ὑγροῦ μεταξύ τους.

Ἡ στάθμη λοιπὸν τοῦ νεροῦ χαμηλώνει, γιατὶ ἔνα τμῆμα τῆς ἐνεργείας τοῦ νεροῦ καταναλίσκεται γιὰ τὴν ὑπερνίκηση τῶν τριθῶν.

Ἐπειδὴ, δηλαδὴ, τὰ μόρια τοῦ ρευστοῦ συγκρούονται ἀναμεταξύ τους καὶ μὲ τὰ τοιχώματα τοῦ ἀγωγοῦ, ἔνα μέρος τῆς κινητικῆς ἐνεργείας, λόγω τῆς πιέσεως τοῦ ρευστοῦ, μετατρέπεται σὲ θερμότητα καὶ αὐτὸ δέχεται ὡς ἀποτέλεσμα νὰ πέφτῃ ἡ πίεση μέσα στὸ ρευστό.



Σχ. 7·4 α.

“Οσο μακρύτερα ἀπὸ τὸ δοχεῖο εἶναι τὰ γυάλινα σωληνάκια, τόσο χαμηλότερη εἶναι ἡ στάθμη μέσα σ' αὐτά.

Οἱ τριβὲς μέσα σ' ἔναν ἀγωγὸν ἐπηρεάζονται ἀπὸ διαφόρους παράγοντες. Αὗτοὶ εἶναι:

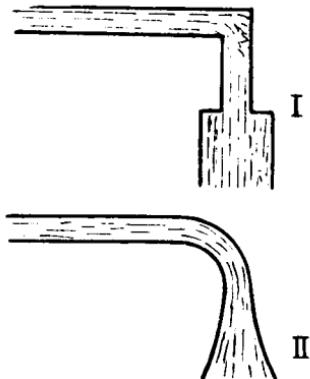
— *Tὸ μῆκος τοῦ ἀγωγοῦ.* “Οσο μεγαλύτερο εἶναι, τόσο μεγαλύτερες εἶναι οἱ τριβές.

— *H διατομὴ τοῦ ἀγωγοῦ.* Ἀγωγοὶ μὲ μεγάλη διατομὴ ἔχουν μικρὲς τριβές, ἐνῷ ἀγωγοὶ μὲ μικρὴ διατομὴ ἔχουν μεγάλες.

— Ἡ ἐσωτερικὴ ἐπιφάνεια τοῦ ἀγωγοῦ. "Οταν αὕτη εἰναι τραχεία, οἱ τριβὲς εἰναι μεγάλες, δταν εἰναι λεία, οἱ τριβὲς εἰναι μικρές.

— Τὸ σχῆμα τοῦ ἀγωγοῦ. "Οταν ὁ ἀγωγὸς ἔχῃ πολλὲς καὶ ἀπότομες καμπύλες η ἀπότομα στενώματα καὶ ἀνοίγματα, οἱ τριβὲς εἰναι μεγάλες, ἀν, ἀντίθετα, οἱ καμπύλες καὶ τὰ στενώματα καὶ ἀνοίγματα εἰναι λίγα καὶ διμελά, τότε οἱ τριβὲς εἰναι μικρὲς (σχ. 7·4 β.).

— Τὸ είδος τοῦ ὑγροῦ. "Αν τὸ ὑγρὸ εἰναι παχύρευστο (π.χ. λάδι η μέλι), οἱ τριβὲς εἰναι μεγαλύτερες, παρὰ ἀν τὸ ὑγρὸ εἰναι λεπτόρευστο (π.χ. νερὸ η οἰνόπνευμα η βενζίνη).



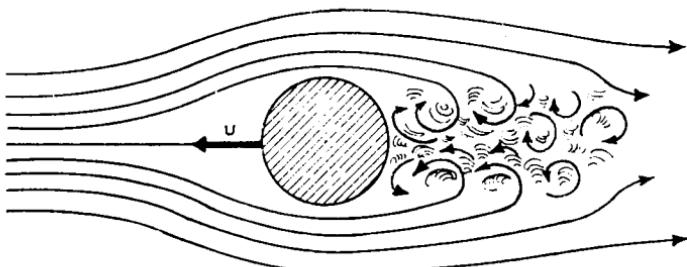
Σχ. 7·4 β.

Οἱ τριβὲς στὸν ἀγωγὸ I εἰναι πολὺ μεγαλύτερες παρὰ στὸν ἀγωγὸ II.

7·5 Συμπεράσματα ἀπὸ τὸν νόμο τοῦ Μπερνουγί. Στροβιλισμοί.

Ο νόμος τοῦ Μπερνουγὶ καθορίζει ὅτι, η πίεση ἐνὸς ὑγροῦ ποὺ ρέει εἰναι μικρότερη ἀπὸ τὴν πίεση ποὺ ἔχει τὸ ὑγρὸ ὅταν μένη ἀκίνητο. Καὶ μάλιστα ὅσο πιὸ μεγάλη εἰναι η ταχύτητα μὲ τὴν δποία ρέει ἔνα ὑγρό, τόσο καὶ πιὸ μικρὴ ἀναλογικὰ εἰναι η πίεσή του.

"Οταν ἔνα σῶμα κινήται μέσα σὲ ἔνα ρευστό (ὅπως π.χ. ἡ σφαίρα ποὺ δείχνει τὸ σχῆμα 7·5 α), συναντᾶ μιὰ ἀντίσταση καθὼς ἡ ἐπιφάνειά του συγκρούεται μὲ τὰ μέρια τοῦ ρευστοῦ. Τὴν αἰσθανόμαστε τὴν ἀντίσταση αὐτὴ ὅταν κινοῦμε τὸ χέρι μας μέσα στὴν θάλασσα. Ἐκτὸς δημοσίᾳ ἀπὸ τὴν ἀντίσταση αὐτῇ, τὴν κίνηση τοῦ σώματος τὴν ἐμποδίζει καὶ μιὰ ἄλλη δύναμη. Δηλαδὴ στὸ πίσω μέρος τοῦ σώματος διαταράσσεται ἡ ισορροπία τοῦ ρευστοῦ καὶ σχηματίζονται στροβιλισμοί. Οἱ στροβιλισμοὶ εἰναι περιστροφικὲς γρήγορες κινήσεις τῶν μορίων τοῦ ρευστοῦ, ὅπως περίπου δείχνει τὸ σχῆμα 7·5 α. Ἀποτέλεσμα αὐτῶν τῶν στροβιλισμῶν, δηλαδὴ αὐτῶν τῶν κινήσεων τοῦ ρευστοῦ, εἰναι νὰ πέ-

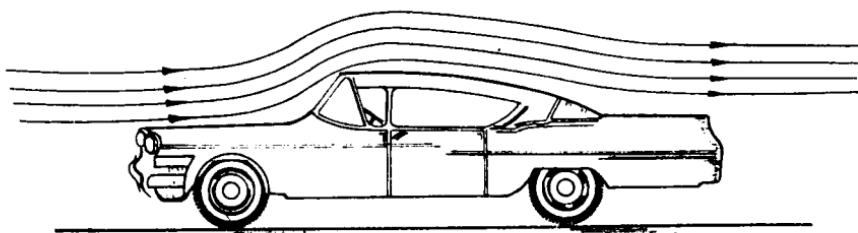
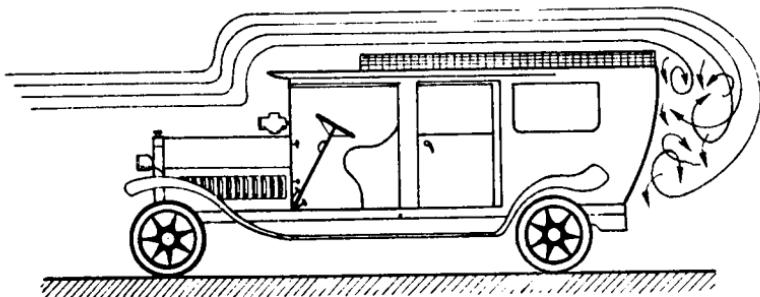


Σχ. 7·5 α.

φτη ἡ πίεση τοῦ ρευστοῦ στὴν περιοχὴ ὅπου αὐτὸὶ παρουσιάζονται. "Ετοι στὸ πίσω μέρος τοῦ σώματος ποὺ κινεῖται ἔχομε μικρότερη πίεση ἀπ' ἔτι στὸ ἐμπρός. Δηλαδὴ ἀσκεῖται ἐπάνω στὸ σῶμα μιὰ δύναμη ἀντίθετη, πρὸς τὴν διεύθυνση τῆς κινήσεως, καὶ ἡ ὅποια τείνει νὰ τὸ ἐμποδίσῃ στὴν κίνησή του.

"Οταν λοιπὸν ἔνα σῶμα κινήται μέσα σὲ ἔνα ρευστό, ἐκτὸς ἀπὸ τὴν ἀντίσταση, ποὺ διείλεται στὶς τριβὲς μεταξὺ τοῦ ρευστοῦ καὶ τοῦ σώματος, συναντᾶ καὶ ἄλλη μιὰ ἀντίσταση, ποὺ διείλεται στὶς στροβιλισμοὺς τοῦ ρευστοῦ στὸ πίσω μέρος τοῦ σώματος ποὺ κινεῖται. Καὶ οἱ δύο ἀντίστάσεις εἰναι τόσῳ μεγαλύτερες, ὅσο μεγαλύτερη εἰναι ἡ ταχύτητα τοῦ σώματος.

Γιὰ τὰ σώματα ποὺ κινοῦνται γρήγορα ή ἀντίσταση αὐτή, ποὺ προέρχεται ἀπὸ τοὺς στροβιλισμούς, ἀποκτᾷ μεγάλη σημασία. Οἱ τεχνικοὶ μελέτησαν καὶ μελετοῦν τὸ πρόβλημα πῶς εἰναι δυνατὸν νὰ τὴν ἐλαττώσουν, ὥστε νὰ κινοῦνται οἰκονομικότερα τὰ πλοῖα, τὰ αὐτοκίνητα, σὶ σιδηροδρομικοὶ συρμοὶ, τὰ ἀεροπλάνα. Οἱ στροβιλισμοὶ αὐτοὶ ἔξαρτωνται : α) ἀπὸ τὴν ταχύτητα μὲ τὴν ὅποια



Σχ. 7·5 β.

κινεῖται τὸ σῶμα, καὶ β) ἀπὸ τὴν μορφὴν του· ἐπειδὴ δὲ οἱ στροβιλισμοὶ σχηματίζονται στὸ πίσω μέρος τοῦ σώματος, γιὰ τοῦτο σημασίᾳ μεγάλῃ ἔχει ἡ μορφὴ ποὺ δίνομε στὸ πίσω μέρος τῶν διχημάτων (σχ. 7·5 β). Οἱ ναυπηγοὶ καὶ ἀεροναυπηγοί, ὅταν κατασκευάζουν πλοῖα ἢ ἀεροσκάφη, προσπαθοῦν νὰ τὰ κατασκευάζουν ἔτσι, ὥστε ὅταν αὐτὰ κινοῦνται νὰ δημιουργοῦνται δόσο τὸ δυνατὸν λιγότεροι στροβιλισμοί. Αὐτὸν τὸ ἐπιτυγχάνουν δίνοντάς τους τὸ λεγόμενο ἀεροδυναμικό σχῆμα. Τὸ ἕδιο κάνουν καὶ οἱ κατα-

σκευαστές αὐτοκινήτων, διότι οἱ ἀντιστάσεις τοῦ ἀέρα γιὰ αὐτοκίνητα ποὺ τρέχουν μὲ μεγάλη ταχύτητα εἰναι σημαντικές.

Τὸ ἀεροδυναμικὸ σχῆμα τὸ χρησιμοποιεῖ καὶ ἡ Φύση. Βλέπομε, δηλαδὴ, ὅτι τὰ ψάρια καὶ τὰ πουλιὰ ποὺ ταξιδεύουν πολὺ (ἢ ρέγγα, ἢ σαρδέλλα, ὃ κέφαλος ἢ ὁ πελαργός, τὸ χειλιδόνι) ἔχουν πιὸ ἀεροδυναμικό, δηλαδὴ πιὸ στενὸ καὶ μακρὺ σχῆμα ἀπὸ ὃ, τι ἔχουν ἄλλα, ποὺ δὲν ταξιδεύουν παρὰ μόνο λίγο (ὅπως π.χ. ὁ ροφός, ὃ σκορπιός, ἢ ἡ ὅρνιθα, ἢ μπεκάτσα η.ἄ.).

7·6 Ἀντλίες.

Οἱ ἀντλίες εἰναι μηχανήματα μὲ τὰ ὅποια μποροῦμε ν' αὐξάνωμε ἢ νὰ ἐλαττώνωμε τὴν πίεση τῶν ρευστῶν (ὑγρῶν ἢ ἀερίων). Μὲ τις ἀντλίες ἐπίσης κάνομε τὰ ρευστὰ νὰ φέρουν μέσα σὲ ἀγωγοὺς ἢ τὰ μεταφέρομε ἀπὸ ἕνα δοχεῖο σὲ ἕνα ἄλλο. Π.χ. μὲ μιὰ ἀντλία μποροῦμε νὰ αὐξάνωμε τὴν πίεση τοῦ ἀέρα στοὺς ἀεροθαλάμους τῶν τροχῶν τῶν αὐτοκινήτων. Μιὰ ἀντλία ἐπίσης κάνει τὴ βενζίνη νὰ φέρῃ ἀπὸ τὴν ἀποθήκη βενζίνης ἐνὸς αὐτοκινήτου πρὸς τὸν κινητήρα. Μὲ ἀντλίες στὶς ἐγκαταστάσεις ὑδραγωγίων ἀναγκάζομε τὸ νερὸ νὰ φέρῃ μέσα στοὺς σωλῆνες ὑδρεύσεως.

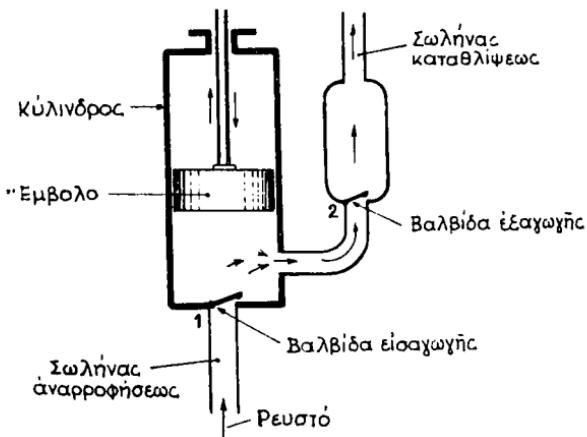
Οἱ ἀντλίες κατασκευάζονται σὲ πολλὲς μορφὲς καὶ σὲ διαφόρους τύπους. Ὁρισμένοι τύποι εἰναι κατάλληλοι συγχρόνως καὶ γιὰ ὑγρὰ καὶ γιὰ ἀέρια. Ὑπάρχουν ὅμως ἀντλίες ποὺ χρησιμοποιοῦνται εἰδικὰ γιὰ τὰ ὑγρὰ καὶ ἄλλες ποὺ εἰναι μόνο γιὰ ἀέρια.

Ἡ πιὸ κοινὴ ἀντλία εἰναι ἡ ἐμβολοφόρος, ποὺ σὰν κύριο ἔξαρτημα ἔχει ἕνα ἐμβολοφόρο καὶ ἕναν κύλινδρο. Τὸ ἐμβολοφόρο πηγανοέρχεται (παλινδρομεῖ) μέσα στὸν κύλινδρο καὶ ἔτσι λειτουργεῖ ἡ ἀντλία (σχ. 7·6 α). Ἡ ἀντλία αὐτὴ μπορεῖ νὰ εἰναι μικτή, ἀναρροφητική καὶ καταθλιπτική ἢ μπορεῖ νὰ εἰναι ἀπλή, μόνο ἀναρροφητική ἢ μόνο καταθλιπτική.

Κύρια μέρη τῆς ἐμβολοφόρου ἀντλίας, ὅπως εἶπαμε, εἰναι τὸ ἐμβολοφόρο καὶ ὁ κύλινδρος. Ἐκτὸς ὅμως ἀπὸ αὐτά, ἀπαραίτητες

εἶναι καὶ οἱ βαλβίδες, οἱ δποῖες ἔχουν προσορισμὸν νὰ ἐπιτρέπουν τὴν κίνηση τοῦ ύγρου (τοῦ ρευστοῦ) μόνο κατὰ τὴν σωστὴν κατεύθυνση.

Τὴν λειτουργία μιᾶς ἐμβολοφόρου ἀντλίας μποροῦμε νὰ τὴν παρακολουθήσωμε μὲ τὴν βοήθεια τοῦ σχήματος 7·6 α. Ὁταν τὸ ἔμβολο κατεβαίνῃ, ή βαλβίδα εἰσαγωγῆς κλείνει καὶ η βαλβίδα ἐξαγωγῆς ἀνοίγει, λόγω τῆς πιέσεως ποὺ δημιουργεῖται στὸν κύλινδρο κάτω ἀπὸ τὸ ἔμβολο (ποὺ λέγεται θάλαμος τῆς ἀντλίας).



Σχ. 7·6 α. Ἐμβολοφόρος ἀντλία.

Ὅταν τὸ ἔμβολο ἀνεβαίνῃ, συμβαίνει τὸ ἀντίθετο. Μὲ τὸν πρῶτο χειρισμὸν δὲ θάλαμος τῆς ἀντλίας ἀδειάζει ἀπὸ τὸ ύγρο ποὺ ἔχει ἀναρροφήσει καὶ μὲ τὸν δεύτερο χειρισμὸν ξαναγεμίζει.

Τὸ ύγρο ποὺ γεμίζει τὸν θάλαμο τῆς ἀντλίας ἀνεβαίνει μέσα ἀπὸ τὸν σωλήνα, ποὺ ξεκινᾷ ἀπὸ τὴν δεξιαμενή, ἀπ' ὅπου ἀντλοῦμε, διότι ὑπάρχει διαφορὰ πιέσεως ἀνάμεσα στὴν ἐπιφάνεια τῆς δεξιαμενῆς (ἀτμοσφαιρικὴ πίεση) καὶ στὸν θάλαμο τῆς ἀντλίας (πίεση μικρότερη ἀπὸ τὴν ἀτμοσφαιρική).

Αὐτὴ ἡ ἀντλία μπορεῖ νὰ χρησιμοποιηθῇ γιὰ νὰ ἀντλήσῃ

νερὸ δὲ πολὺ ἔνα πηγάδι. Ἐρκεῖ δὲ ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ νὰ εἰναι τὸ πολὺ περίπου δκτῷ μέτρα (θεωρητικὰ δέκα) χαμηλότερα ἀπὸ τὴν ἀντλίαν. Ἐπομένως (θεωρητικὰ) δὲ πιὸ μεγάλη διαφορὰ πιέσεως ποὺ μπορεῖ νὰ δημιουργηθῇ στὸν σωλήνα ἀναρροφήσεως, εἰναι τὸ πολὺ ἵση μὲ μιὰ ἀτμόσφαιρα.

“Οπως ξέρομε, πίεση μιᾶς ἀτμόσφαιρας μπορεῖ νὰ συγκρατήσῃ, (νὰ ζιορροπήσῃ) θεωρητικὰ στήλη νεροῦ ὅψους 10 μέτρων περίπου.

‘Απὸ τὴν θέση αὐτὴν ποὺ ἀναφέραμε, δηλαδὴ ἀπὸ τὰ δκτῷ μέτρα, δὲ ἀντλία μπορεῖ, σὰν πιεστική, νὰ ἀνεβάσῃ τὸ νερὸ σὲ ὅσο ὅψος θέλοιε. Ἐρκεῖ νὰ ἀντέχῃ τὸ σύστημα τῶν σωληνώσεων καὶ νὰ ἔχῃ τὴν ἀπαιτούμενη ἵσχυ δικινητήρας τῆς ἀντλίας, ὥστε τὸ ἔμβολο νὰ ἀναπτύξῃ, ὅταν κατεβαίνῃ, τὴν ὑψηλὴν πίεσην ποὺ χρειάζεται.

“Ἐνας ἄλλος τύπος ἀντλίας εἰναι δημοκρεντρική, ποὺ χρησιμοποιεῖται πάρα πολὺ στὴν βιομηχανία.

‘Η λειτουργία τῆς εἰναι: πολὺ ἀπλὴ καὶ μποροῦμε νὰ τὴν παρακολουθήσωμε μὲ τὴν βούθεια τοῦ σχήματος 7·6 β.

‘Αναφέρομε ἀκόμη μερικοὺς τύπους ἀντλιῶν ποὺ χρησιμοποιοῦνται πολύ:

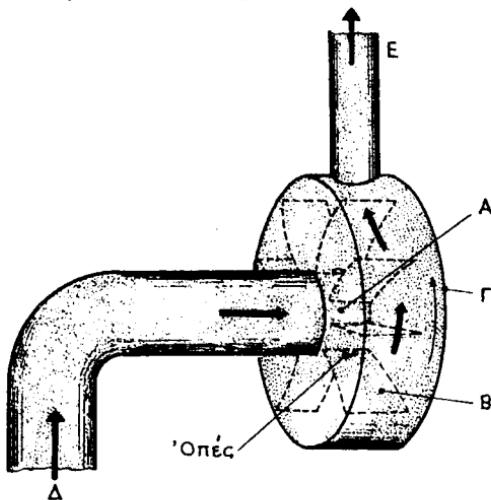
α) Ἀντλίες μὲ ὁδοντωτοὺς τροχοὺς (γρανάζια). Αὔτες τὶς χρησιμοποιοῦμε κυρίως γιὰ νὰ μεταφέρωμε ὑγρὰ παχύρευστα π.χ. πετρέλαια, λάδια κλπ.

“Οταν τὰ γρανάζια τοὺς περιστρέφωνται, μεταφέρουν μέσα στὰ διάκενα ποὺ ἀφήνει διθάλαμος τὸ ὑγρὸ καὶ τὸ συμπιέζουν πρὸς τὸν ἄνω χῶρο (σχ. 7·6 γ).” Ετοι τὸ ἀναγκάζουν νὰ βγῆ ἀπὸ τὴν ἔξοδο καὶ νὰ κινηθῇ μέσα στὸν σωλήνα.

β) Ἀντλίες ἀέρος. Αὔτες τὶς χρησιμοποιοῦμε γιὰ νὰ φουσκώνωμε τοὺς ἀεροθαλάμους τῶν ἔλαστικῶν τροχῶν τῶν ποδηλάτων καὶ τῶν αὐτοκινήτων (σχ. 7·6 δ).

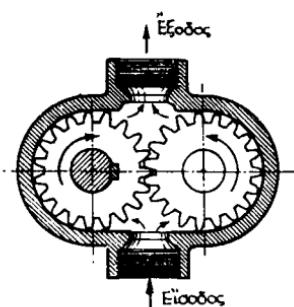
‘Αποτελοῦνται ἀπὸ ἔναν ἀπλὸ κύλινδρο μὲ ἔνα ἔμβολο καὶ

ἔχουν τὶς κατάλληλες βαλβίδες. Γιὰ τοὺς ἀεροθαλάμους τῶν τροχῶν τῶν αὐτοκινήτων χρησιμοποιοῦνται συνήθως ἡλεκτροκίνητες ἀντλίες ποὺ βλέπομε στοὺς σταθμοὺς αὐτοκινήτων.



Σχ. 7·6 β. Ἀντλία φυγοκεντρική.

Καθὼς δὲ ἀξονας - σωλήνας (Α) περιστρέφεται, παρασύρει τὸ φευστὸ μέσα στὸ τύμπανο Γ καὶ μὲ τὴν φυγόκεντρο δύναμη τὸ ἔκτινάσσει πρὸς τὸν σωλήνα Δ ἐξόδου Ε καὶ συγχρόνως τὸ τραβᾶ ἀπὸ τὸν σωλήνα Δ μέσα ἀπὸ τὶς ὄπες ποὺ ὑπάρχουν ἀνάμεσα στὶς βάσεις τῶν πτερυγίων (Β).

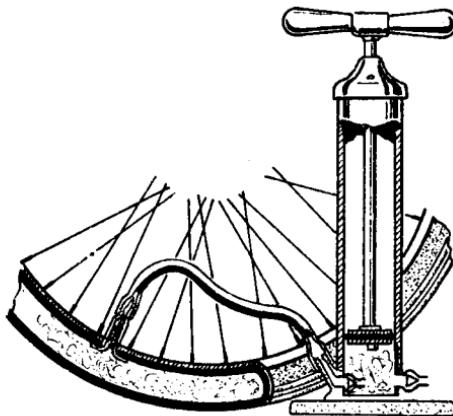


Σχ. 7·6 γ. Ἀντλία γραναζωτή.

γ) Ἐπίσης χρησιμοποιεῖται σὰν ἀντλία καὶ δικοχλίας (βλ-δα). Μάλιστα τὸ εἶδος αὐτὸς τῆς ἀντλίας τὸ γησεραν καὶ τὸ χρη-

σιμοποιοῦσαν καὶ οἱ ἀρχαῖοι Ἑλληνες. Ἡ ἀντλία αὕτη λειτουργεῖ ὅπως ἀκριβῶς καὶ ἡ μηχανὴ ποὺ κόβει κρέας (μηχανὴ γιὰ κιμᾶ).

δ) Ἀντλίες διαχύσεως. Αὔτες τὶς χρησιμοποιοῦμε γιὰ νὰ ἀφαιροῦμε ὅσο τὸ δυνατὸ περισσότερο ἀέρα ἀπὸ ἓνα κλειστὸ χῶρο, δοχεῖο κλπ., δηλαδὴ γιὰ νὰ ἐπιτυγχάνωμε ἀκόμα πιὸ προχωρημένο κενὸ ἀπὸ ὅ,τι ἐπιτυγχάνομε μὲ τὶς ἀντλίες μὲ σύρτη. Τὴν λει-



Σχ. 7·6 δ. Ἀντλία ἀέρος.

τουργία τῶν ἀντλιῶν διαχύσεως, ποὺ στηρίζεται στὴν ἴδιοτητα ποὺ ἔχουν τὰ ἀέρια νὰ διαχέωνται, δηλαδὴ νὰ ἀπλώνουν, ὅσο μποροῦν περισσότερο, δὲν θὰ τὴν περιγράψωμε σ' αὐτὸ τὸ Βιβλίο.

Ἡ τεχνικὴ καὶ ἡ βιομηχανία σήμερα συνεχῶς ἔχουν ἀνάγκη νὰ χρησιμοποιοῦν τὸ ὑψηλὸ κενὸ σὲ ἐγκαταστάσεις ἢ σὲ συσκευὲς ἢ ὅργανα ποὺ παράγουν. Οἱ ἡλεκτρικὲς λάμπες φωτισμοῦ, οἱ ἡλεκτρονικοὶ σωλῆνες τῶν ραδιοφώνων καὶ τῶν ἀλλων ἡλεκτρονικῶν μηχανημάτων, οἱ σωλῆνες γιὰ τὴν παραγωγὴ ἀκτίνων X, τὰ φωτοηλεκτρικὰ στοιχεῖα καὶ ἄλλες συσκευές, ποὺ ἔχουν πάρα πολλὲς ἐφαρμογές, ἀπαιτοῦν ὑψηλὸ κενό.

Πάντως δὲν εἶναι δυνατὸ νὰ δημιουργήσωμε τέλειο κενὸ σὲ ἓνα χῶρο καὶ δ λόγος εἶναι δ ἔξῆς:

Σὲ κάθε ἀντλία τὸ ἔμβολο δὲν μπορεῖ νὰ σαρώσῃ δῆλο τὸ χῶρο τοῦ κυλίνδρου, γιατὶ πάντα ὑπάρχει ἔνας μικρὸς χῶρος γύρω ἀπὸ τὴν βαλβίδα, ὅπου τὸ ἔμβολο δὲν εἰσχωρεῖ. Αὐτὸν τὸν μικρὸν χῶρο τὸν ὀνομάζομε ἐπιζήμιο χῶρο. "Οταν ἀρχίζωμε νὰ ἀντλοῦμε ἀέρα ἀπὸ ἔνα δοχεῖο, στὸ δόποιο θέλομε νὰ κάνωμε κενό, τότε, καθὼς κατεβαίνει τὸ ἔμβολο, ὁ σγκος τοῦ ἀέρα μέσα στὸν κύλινδρο γίνεται ὃς πάξει καὶ μικρότερος, καὶ ἔτσι γί πίεση του αὐξάνει· ὅταν γί πίεση τοῦ ἀέρα μέσα στὸν κύλινδρο γίνη ἐλάχιστα μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν ἀτμοσφαιρική, τότε ἀνοίγει γί βαλβίδα ἐξαγωγῆς καὶ ὁ ἀέρας φεύγει ἀπὸ τὸν κύλινδρο στὴν ἀτμοσφαιρα. "Οταν ἀντλήσωμε ἀρκετὸν ἀέρα, τότε φθάνομε σὲ ἔνα σημεῖο ὅπου ὁ ἀέρας ποὺ ἀντλοῦμε είναι τέσσο ἀραιός, ὥστε, ἀκόμα καὶ ὅταν τὸ ἔμβολο ἔχῃ κατεβῆ στὴν πιὸ χαμηλή του θέση, γί πίεση τοῦ ἀέρα μέσα στὸν κύλινδρο δὲν φθάνει τὴν ἀτμοσφαιρική, ὥστε νὰ ἀνοίξῃ γί βαλβίδα ἐξαγωγῆς καὶ νὰ φύγῃ ὁ ἀέρας ποὺ είναι μέσα στὸν κύλινδρο. "Απὸ τὸ σημεῖο αὐτὸν καὶ πέρα γί ἀντλία δὲν ἀντλεῖ πιὰ ἀέρα ἀπὸ τὸ δοχεῖο στὸ δόποιο θέλομε νὰ δημιουργήσωμε τὸ κενό. Γιὰ τὸν λόγο αὐτὸν προσπαθοῦν νὰ κάμουν τὸν ἐπιζήμιο χῶρο στὶς ἀντλίες ποὺ κατασκευάζουν ὃσο τὸ δυνατὸν πιὸ μικρό.

"Ενας ἄλλος λόγος, γιὰ τὸν δόποιο δὲν μποροῦμε νὰ ἐπιτύχωμε τὸ τέλειο κενό, είναι ὅτι δὲν μποροῦμε νὰ ἐπιτύχωμε τέλεια στεγανότητα οὕτε μεταξὺ κυλίνδρου καὶ ἐμβόλου οὕτε καὶ στὶς βαλβίδες.

Οἱ ἀντλίες, δπως εἶπαμε, χρησιμοποιοῦνται σήμερα πάρα πολύ. Στὴ βιομηχανία χρησιμοποιοῦνται ἀντλιοστάσια διαφόρων τύπων. Ἐπίσης χρησιμοποιοῦνται ἀντλιοστάσια γιὰ τὴν ἐξυπηρέτηση τῶν ἐγκαταστάσεων πετρελαίου καὶ τῶν υδραυλικῶν ἔργων. Ἐπίσης είναι ἀπαραίτητα στὶς βιομηχανικὲς ἐγκαταστάσεις, στὶς υδραυλικὲς ἐγκαταστάσεις κτιρίων (ὑδρευση) γί ἀκόμα καὶ σὲ δριμένες ἐγκαταστάσεις κεντρικῶν θεριανσεων κλπ. γιὰ νὰ κυκλοφοροῦν τὰ νερά.

Αναφέρομε άκριμα μερικές άντλίες είδικου τύπου.

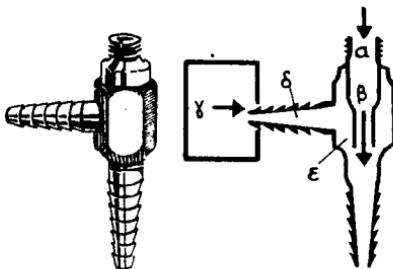
— Η ύδραιεραντλία (κοινώς τζιφάρι) χρησιμοποιεῖται πολὺ σε έργαστηρια, κυρίως χημείας, βιολογίας κλπ., άλλα καὶ στὴ βιομηχανία προκαλεῖ άραιωση τοῦ ἀέρα ἀρκετὴ γιὰ δρισμένες έργασίες. "Ας δοῦμε τὴν λειτουργία τοῦ σχήματος 7·6 ε.

"Ας ποῦμε πώς σ' ἔνα χῶρο γ, θέλομε νὰ ἀραιώσωμε τὸν ἀέρα του. Μὲ ἔνα σωλήνα δ, συνδέομε τὸν χῶρο αὐτὸν μὲ τὴν ἀντλία ποὺ ἀποτελεῖται κυρίως ἀπὸ ἔνα σωλήνα α-β, μέσα ἀπὸ τὸν δόποιο ἀναγκάζομε νὰ ρέῃ μὲ ταχύτητα νερό. Ο σωλήνας τοῦ νεροῦ δόηγεῖται μέσα σ' ἔνα δεύτερο σωλήνα, ποὺ συγκοινωνεῖ μὲ τὸν χῶρο ἀπὸ τὸν ἀποιοῦ θέλομε νὰ ἀντλήσωμε τὸ ἀέριο. "Οταν τὸ νερό, καθὼς κινεῖται, φθάση στὴ θέση β ἀποκτᾶ πολὺ μεγάλη ταχύτητα, γιατὶ ἡ διατομὴ τοῦ σωλήνα α-β δυνατὸς πάει καὶ ἐλαττώνεται. Στὸ σημεῖο β ἡ διατομὴ τοῦ σωλήνα εἶναι πιὰ πολὺ μικρὴ καὶ ἔτσι ἐδῶ ἡ ταχύτητα τοῦ νεροῦ εἶναι πολὺ μεγάλη. Ή πίεσή του ὅμως, σύμφωνα μὲ τὸ νόρμο τοῦ Μπερνουγί, εἶναι ἐδῶ πολὺ μικρή. "Ετοι δ ἀέρας ρέει ἀπὸ τὸ χῶρο γ ποὺ ἔχει πιὸ μεγάλη πίεση πρὸς τὸ χῶρο ε τῆς ἀντλίας καὶ ἀπὸ ἕκεῖ παρασύρεται ἀπὸ τὸ ρεῦμα τοῦ νεροῦ στὴν ἀτμόσφαιρα.

Μὲ τὸν ἵδιο περίπου τρόπο λειτουργεῖ ἡ τρόμπα τοῦ φλίτ ποὺ γνωρίσαμε στὴν παράγραφο 7·3.

Η μέθοδος αὐτὴ δὲν ἐφαρμόζεται μόνο γιὰ υγρὰ καὶ ἀέρια ἀλλὰ καὶ γιὰ σκόνες στερεῶν σωμάτων. "Ετοι π.χ. διοχετεύεται ἡ καρδουνόσκονη σε ἐδικοὺς κλιβάνους καὶ καίεται τελειότερα γιατὶ τὸ κάρβουνο καὶ δ ἀέρας ἀνακατεύονται τελειότερα.

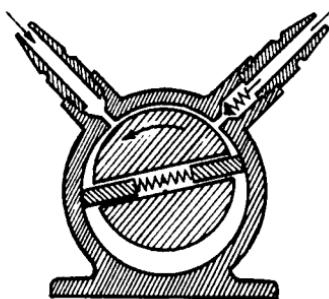
ε) Αντλίες μὲ σύρτες (σχ. 7·6 ζ). Τὶς ἀντλίες αὗτες τὶς χρησιμοτείχη



Σχ. 7·6 ε.

μοποιοῦμε γιὰ νὰ ἐπιτύχωμε ὑψηλὸ κενὸ σ' ἔνα χῶρο, δηλαδὴ, γιὰ νὰ ἐπιτύχωμε τέτοια ἀραιάση, ώστε δὲ χῶρος αὐτὸς νὰ περιέχῃ ἐλάχιστα μόρια ἀέρος.

Στὶς ἀντλίες ἀντέξ ὑπάρχει ἐνας κύλινδρος ποὺ περιστρέφεται ἐκκεντρικὰ μέσα στὸν κύλινδροκὸ θάλαμο τους. Μέσα στὸν κύλινδρο ποὺ περιστρέφεται μποροῦν νὰ κινηθοῦν, πιεζόμενα ἀπὸ ἐλατήριο, δύο



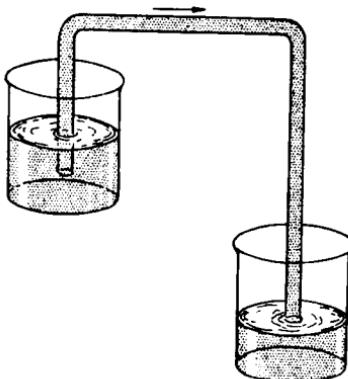
σύρτες ποὺ ἔτσι εἰναι πάντα σὲ ἐπαφὴ μὲ τὴν ἐσωτερικὴν ἐπιφάνεια τοῦ θαλάμου τῆς ἀντλίας καὶ σαρώνουν τὸ ρευστό. Καθὼς περιστρέφεται δὲ ἐκκεντρος κύλινδρος, οἱ σύρτες προκαλοῦν κενὸ καὶ ἐπομένως ἀναρρόφηση ἀπὸ τὸν δεξιὸ σωλήνα καὶ συμπίεση στὸν ἀριστερό. Διότι: οἱ σύρτες ποὺ τεντώνονται ἀπὸ τὸ ἐλατήριο, καθὼς φαίνεται καὶ στὸ σχῆμα, διαρκῶς μεγαλώνουν τὸν χῶρο ποὺ εἰναι κάτω ἀπὸ τὸ δεξιὸ σωλήνα καὶ μικραίγουν τὸν χῶρο ποὺ εἰναι κάτω ἀπὸ τὸν ἀριστερό. Ἐτοι προκαλοῦν ἐλάττωση τῆς πιέσεως στὸν δεξιὸ χῶρο, ἐνῶ μικραίνοντας συνέχως τὸν χῶρο στὸ ἀριστερὸ μέρος δημιουργοῦν μέσα του αὔξηση πιέσεως.

Σχ. 7·6 ζ. Ἀντλία μὲ σύρτη.

7·7 Σίφων.

Πολλὲς φορὲς θέλομε νὰ μεταγγίσωμε ἔνα ύγρὸ ἀπὸ ἔνα δοχεῖο σὲ ἔνα ἄλλο, ποὺ βρίσκεται σὲ χαμηλότερη στάθμη ἀπὸ τὸ πρῶτο. Ὑπάρχουν πολλοὶ τρόποι μὲ τοὺς διοίσους μποροῦμε νὰ τὸ κάνωμε αὐτό. Ἔνας τρόπος θὰ ἡταν νὰ ἀνατρέψωμε τὸ δοχεῖο. Ἄλλος νὰ ἀνοίξωμε μιὰ ὅπη στὸν πυθμένα τοῦ πρώτου δοχείου καὶ νὰ προσαρμόσωμε ἔνα σωλήνα ποὺ νὰ καταλήγῃ στὸ κάτω δοχεῖο. Ὁταν αὐτὰ δὲν εἰναι δυνατὸν νὰ γίνουν, ἔνας ἄλλος πολὺ συνηθισμένος τρόπος εἰναι νὰ χρησιμοποιήσωμε σίφωνα, δηλαδὴ ἔνα σωλήνα ποὺ τοποθετεῖται διπως φαίνεται: στὸ σχῆμα 7·7 α. Ἡ λειτουργία τοῦ σίφωνα ἔξηγεῖται ως ἔξης: Τὸ δεξιὸ τμῆμα τοῦ σωλήνα περιέχει στήλη νεροῦ μεγαλυτέρου μήκους (ἄρα καὶ μεγαλυτέρου βάρους) ἀπὸ τὴν στήλη νεροῦ τοῦ ἀριστεροῦ τμήμα-

τος. Καὶ ἐπειδὴ ἡ στήλη τοῦ νεροῦ δὲν διακόπτεται, διότι τὰ μόρια τῶν ὑγρῶν παρουσιάζουν, ὅπως θὰ δοῦμε παρακάτω, συνοχή, δηλαδὴ δυνάμεις ποὺ τὰ συγκρατοῦν τὸ ἔνα κοντὰ στὸ ἄλλο, τὸ νερὸν θὰ κινῆται ἀπὸ τὰ ἀριστερὰ πρὸς τὰ δεξιά. Φυσικὰ δούμεις πρέπει νὰ προετοιμασθῆ, δηλαδὴ πρέπει νὰ φροντίσωμε ὅτε διαλήνας νὰ είναι γεμάτος μὲ τὸ ὑγρὸ ποὺ θὰ μεταγγίσωμε.



Σχ. 7·7 α.

ΤΕΤΑΡΤΟ ΜΕΡΟΣ

ΜΟΡΙΑΚΗ ΦΥΣΙΚΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

8.1 Κινήσεις τῶν μορίων.

Στὴν Εἰσαγωγὴ εἴπαμε ὅτι ἡ ὑλη ἀποτελεῖται ἀπὸ μόρια. "Οταν προσπαθήσωμε νὰ κόψωμε ἔνα ὑλικὸ σῶμα σὲ κομμάτια δλοένα μικρότερα, θὰ φθάσωμε κάποτε σὲ κομματάκια ποὺ δὲν μποροῦμε πιὰ νὰ τὰ κόψωμε ἀλλο. Αὐτὰ τὰ κομματάκια, ποὺ δὲν μποροῦν πιὰ ἀλλο νὰ διαιρεθοῦν σὲ μικρότερα, εἶναι τὰ μόρια. Τὰ μόρια εἶναι πάρα πολὺ μικρά. "Ενα κυδικὸ χιλιοστόμετρο ἀέρος, δσο εἶναι δηλαδὴ περίπου τὸ κεφαλάκι μιᾶς καρφίτσας, σὲ κανονικὴ πίεση καὶ θερμοκρασία, περιέχει 27 000 000 000 000 000 (εἴκοσι ἑπτὰ τετράκις ἑκατομμύρια) μόρια. Δὲν εἴμαστε συνηθισμένοι σὲ τόσο μεγάλους ἀριθμοὺς καὶ σὲ τόσο μικρὰ μεγέθη καὶ φυσικὸ εἶναι νὰ μὴ μποροῦμε νὰ συλλάβωμε μὲ τὴν φαντασία μας τέτοια μεγέθη. Γιὰ νὰ δώσωμε μιὰ ἰδέα τοῦ πράγματος, ἀναφέρομε ὅτι ἀν ἀποφάσιζαν τὰ 2 000 000 κάτοικοι τῆς Ἀττικῆς νὰ μετρήσουν αὐτὰ τὰ μόρια τοῦ ἑνὸς κυβικοῦ χιλιοστομέτρου ἀέρος, καὶ ἀν μετροῦσαν δικαθένας δυὸ μόρια τὸ δευτερόλεπτο, χωρὶς νὰ σταματοῦν οὕτε μέρα οὕτε νύχτα, θὰ ἐπρεπε νὰ μετροῦν 200 περίπου χρόνια γιὰ νὰ τελειώσουν.

Ἐνδιαφέρον εἶναι ὅτι τὰ μόρια ἑνὸς σώματος δὲν μένουν ἀκίνητα σὲ δρισμένες θέσεις, ἀλλὰ κινοῦνται ἀκατάστατα καὶ συνεχῶς πρὸς ὅλες τὶς κατευθύνσεις. Κινοῦνται μάλιστα τόσο περιστέρο, δσο μεγαλύτερη εἶναι ἡ θερμοκρασία.

Τὴν κίνησην αὐτὴν τῶν μορίων τὴν παρατήρησε πρῶτος ὁ Ἀγγλος φυσικὸς Μπράουν (Brown), κυττάζοντας μὲ ἔνα πολὺ δυνα-

τὸ μικροσκόπιο πάρα πολὺ μικρὰ κομματάκια καπνιᾶς, τὰ ὅποῖα αἰωροῦντο μέσα σὲ μιὰ σταγόνα νερό. Παρατήρησε δηλαδή, ὅτι τὰ κομματάκια τῆς καπνιᾶς ἔκαναν κινήσεις χωρὶς καμμία τάξη. Τις κινήσεις αὗτες τὶς προκαλοῦσσαν οἱ συγκρούσεις τῶν μορίων τοῦ νεροῦ ἐπάνω στὰ κομματάκια τῆς καπνιᾶς. Γιὰ νὰ φανῇ ἡ κίνηση αὐτὴ πρέπει τὰ κομματάκια αὗτὰ νὰ είναι πολὺ μικρά. Συμβαίνει δηλαδὴ τὸ ἵδιο ὅπως καὶ μὲ τὰ κύματα τῆς θάλασσας: ὅταν τὰ κύματα είναι μικρά, μιὰ βάρκα κουνιέται σύμφωνα μὲ τὸ ρυθμό τους, ἐνα καίκι ποὺ είναι μεγαλύτερο κουνιέται ἀργά-ἀργά, ἀλλὰ ἐνα μεγάλο πλοῖο δὲν κουνιέται καθόλου. Τὸ ἵδιο κι ἐδῶ· ἂν τὰ κομμάτια τῆς καπνιᾶς είναι σχετικὰ μεγάλα, τότε δὲν κινοῦνται ὅταν συγκρούωνται ἐπάνω τους τὰ μόρια τοῦ νεροῦ.

Οἱ κινήσεις τῶν μορίων είναι ζωηρότατες στὰ ἀέρια, λιγότερο ζωηρές στὰ ύγρα καὶ ἀκόμη λιγότερο ζωηρές στὰ στερεὰ σώματα.

Οἱ κινήσεις τῶν μορίων τῶν ἀερίων είναι τόσο ζωηρές, ὥστε τὰ ἀέρια ἔχουν τὴν τάση νὰ καταλάθουν ὅλο τὸν χῶρο τῶν δοχείων μέσα στὰ ὅποια τὰ βάζομε καὶ γι' αὐτὸς πράγματι γεμίζουν ἐντελῶς τὰ δοχεῖα· ἐπὶ πλέον ἡ πίεση ποὺ ἀσκοῦν τὰ ἀέρια ἐπάνω στὰ τοιχώματα τῶν δοχείων διφεύλεται κυρίως σ' αὗτες τὶς κινήσεις τῶν μορίων.

Οἱ κινήσεις τῶν μορίων τῶν ύγρῶν είναι πιὸ περιορισμένες, ἀλλὰ ἀρκετά ζωηρές, ὥστε τὰ μόρια δὲν μένουν στὴν ἵδια θέση πάντα, ἀλλὰ κινοῦνται ἐλεύθερα ἐδῶ καὶ ἐκεῖ. Γιὰ τὸν λόγον αὐτὸν τὰ ύγρα δὲν ἔχουν σταθερὸ σχῆμα ἀλλὰ παίρνουν ἀμέσως τὸ σχῆμα τῶν δοχείων μέσα στὰ ὅποια τὰ τοποθετοῦμε, χωρὶς δῆμας καὶ νὰ τὰ γεμίζουν μόνα τους ἐντελῶς, ὅπως γίνεται μὲ τὰ ἀέρια.

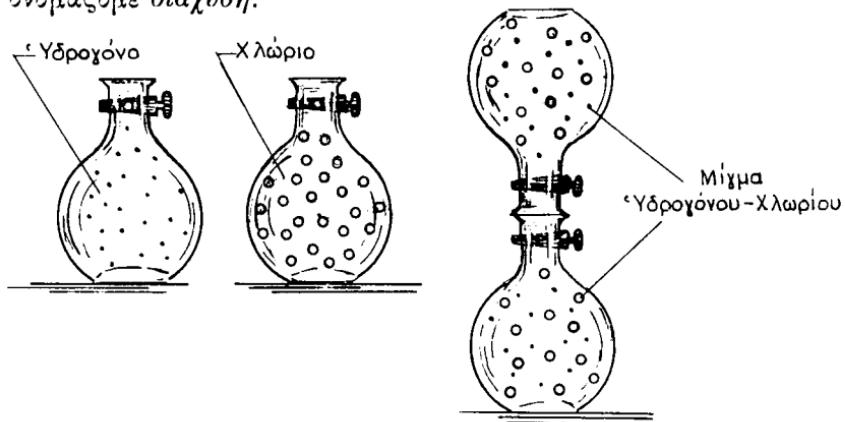
Στὰ στερεὰ σώματα οἱ κινήσεις τῶν μορίων είναι πολὺ περιορισμένες. Τὰ μόρια ἐδῶ δὲν κινοῦνται ἐλεύθερα, ἀλλὰ ταλαντεύονται μόνο γύρω ἀπὸ ἑνα δρισμένο σημεῖο καὶ κάθε μόριο πολὺ

σπάνια ἀλλάζει θέση σχετικά μὲ τὰ ἄλλα μόρια τοῦ σώματος.

Τὰ φαινόμενα ποὺ θὰ περιγράψωμε παρακάτω διφείλονται στὶς κινήσεις τῶν μορίων τῶν σωμάτων καὶ στὶς δυνάμεις ποὺ ἀσκοῦνται μεταξύ τους.

8.2 Διάχυση.

Αποτέλεσμα τῶν κινήσεων τῶν μορίων, γιὰ τὶς δόποις μιλήσαμε στὴν προηγούμενη παράγραφο, εἶναι τὸ φαινόμενο ποὺ ὀνομάζοιμε διάχυση.



Σχ. 8.2 α.

Παρ' ὅλο ποὺ τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ ὑδρογόνου εἶναι τριάντα πέντε φορές μικρότερο ἀπὸ τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ χλωρίου, παρατηροῦμε ὅτι, ὅταν ἀφήσωμε νὰ ἐπικοινωνήσουν οἱ δύο φιάλες, τὰ δύο δέρια διαχέονται τὸ ἔνα μέσα στὸ ἄλλο ἔτσι, ποὺ στὸ τέλος καὶ οἱ δύο φιάλες νὰ περιέχουν ὑδρογόνο καὶ χλώριο στὶς ἵδιες ἀναλογίες.

Αν πάρωμε δύο φιάλες ποὺ περιέχουν, ὑπὸ τὴν ἵδια πίεση καὶ θερμοκρασία, ὑδρογόνο ἢ μία καὶ ἡ ἄλλη χλώριο καὶ ἂν ἐνώσωμε τὰ στόμιά τους κατὰ τέτοιο τρόπο, ὥστε αὐτὴ ποὺ περιέχει τὸ ὑδρογόνο (τὸ ἐλαφρύτερο ἀπὸ τὰ δύο) νὰ βρίσκεται ἀπὸ ἐπάνω (σχ. 8.2 α), θὰ παρατηρήσωμε ὅτι μετὰ ἀπὸ ἔνα δρισμένο χρονικὸ διάστημα καὶ οἱ δύο φιάλες περιέχουν καὶ χλώριο καὶ ὑδρογόνο

καὶ μάλιστα σὲ ἵσες ἀναλογίες. Λέμε τότε ὅτι ἔγινε διάχυση τῶν ἀερίων τοῦ ἐνδέ μέσα στὸ ἄλλο.

Τὸ φαινόμενο αὐτὸ στὴν ἀρχὴ μπορεῖ νὰ μᾶς ἐκπλήξῃ, ὅταν ξέρωμε ὅτι τὸ χλώριο ἔχει εἰδικὸ βάρος τριανταπέντε φορὲς μεγαλύτερο ἀπὸ τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ ὑδρογόνου· ἐξηγεῖται ὅμως ἀπὸ τὴν μεγάλη κινητικότητα τῶν μορίων τῶν ἀερίων, πού, ὅπως εἴπαμε, εἶναι ἐλεύθερα νὰ κινηθοῦν πρὸς ὅλες τὶς κατευθύνσεις.

Τὸ φαινόμενο τῆς διαχύσεως τὸ παρατηροῦμε σὲ ὅλα ἀνεξαιρέτως τὰ ἀέρια.

Στὸ φαινόμενο τῆς διαχύσεως διφεύλεται καὶ ἡ διάδοση τῆς δομῆς μέσα στὸν ἀέρα.⁷ Αν ἀνοίξωμε ἔνα φιαλίδιο μὲ δυνατὸ ἄρωμα μέσα σὲ ἔνα δωμάτιο, πολὺ σύντομα θὰ μυρίζῃ δλόκληρο τὸ δωμάτιο. Αὐτὸ διφεύλεται στὸ γεγονός ὅτι τὸ ἄρωμα ἔξαερώνεται καὶ διαχέεται μέσα στὸν ἀέρα τοῦ δωματίου.

Τὸ φαινόμενο τῆς διαχύσεως τὸ παρατηροῦμε καὶ στὰ ὑγρά, ἀλλά, ὅπως εἴπαμε, σὲ μικρότερη κλίμακα, δηλαδή, δὲν παρουσιάζεται σὲ ὅλα τὰ ὑγρά (τὸ λάδι π.χ. δὲν διαχέεται καθόλου μέσα στὸ νερό). Άλλὰ καὶ ὅταν παρουσιάζεται διάχυση εἶναι λιγότερο ἔντονη· ἀν στάξωμε π.χ. μερικὲς σταγόνες ζωηρὰ χρωματισμένο οἰνόπνευμα ἐπάνω στὴν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ ἐνδέ μέσα στὸ ποτηριό, ποὺ ἔχει μείνει ἀρκετὲς ὥρες ἀκίνητο καὶ τὸ ἀφήσωμε πάλι ἦρεμο, θὰ δርሃምε ὅτι θὰ περάσουν περίπου δύο μέρες ὕσπου νὰ διαχυθῇ τὸ χρωματισμένο οἰνόπνευμα δμοιόμορφα μέσα σὲ ὅλη τὴν μάζα τοῦ νεροῦ τοῦ ποτηριοῦ.

Διάχυση, ὅσο καὶ νὰ φαίνεται τοῦτο περίεργο, παρουσιάζεται καὶ στὰ στερεὰ σώματα. Αν πιέσωμε τὸ ἔνα ἐπάνω στὸ ἄλλο δύο μεταλλικὰ πλακίδια μὲ ἐπιφάνειες πάρα πολὺ λεῖες καὶ καθαρὲς ἀπὸ κάθε ξένη οὐσία, θὰ παρατηρήσωμε ὅτι τὰ πλακίδια συγκολλοῦνται καὶ μάλιστα τόσο καλά, ὥστε εἶναι δύσκολο νὰ τὰ ξεκολλήσῃ κανεὶς χωρὶς νὰ καταστραφοῦν. Μὲ χημικὴ ἀνάλυση ἔξακριβώνομε ὅτι στὴν περιοχή, ὅπου ἔγινε αὐτὴ ἡ ἔντονη

έπαφή, ἔχει σχηματισθή ἐνα κράμα (μίγμα) τῶν δύο μετάλλων, δηλαδὴ τὸ ἐνα μεταλλο διαχύθηκε μέσα στὸ ἄλλο.

8.3 "Ωσμωση.

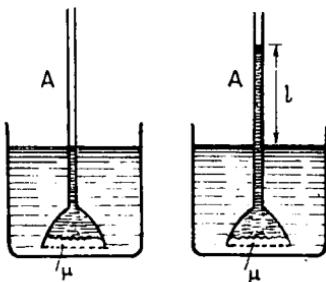
Τὸ φαινόμενο τῆς διαχύσεως ποὺ περιγράφαμε παρατηρεῖται στὰ ρευστὰ (ὑγρὰ καὶ ἀέρια) ἀκόμη καὶ ὅταν τὰ ρευστὰ (δύο ὑγρὰ π.χ. ἢ δύο ἀέρια) δὲν ἐφάπτωνται ἀμέσως, ἀλλὰ τὰ χωρίζει ἐνα πορώδεις τοίχωμα ἢ μία μεμβράνη. Τὰ ρευστὰ διαπερνοῦν τὴν μεμβράνη ἢ τὸ τοίχωμα καὶ ἀναμιγνύονται. Στὴν περίπτωση αὐτῇ τὸ φαινόμενο τὸ λέμε ὥσμωση.

'Ιδιαίτερο ἐνδιαφέρον παρουσιάζει ἡ ὥσμωση ποὺ γίνεται μέσα ἀπὸ μεμβράνες, οἱ ὅποιες, ἂν καὶ ἀφήνουν τὸ νερὸν νὰ περνᾶ ἐλεύθερα ἀπὸ μέσα τους, δῆμως δὲν ἀφήνουν νὰ περάσουν καὶ τὰ μόρια τῶν σωμάτων ποὺ εἰναι διαλυμένα μέσα στὸ νερό. Τέτοιες εἰναι π.χ. οἱ διάφορες ζωικὲς μεμβράνες (ἐντερα, κύστεις κ.ἄ.) καὶ διάφορες συνθετικὲς ὕλες. Τὶς μεμβράνες αὗτές, ἐπειδὴ ἀκριβῶς ἔχουν αὐτὴν τὴν ἴδιότητα, τὶς δύομάζομε ήμιδιαπερατὲς μεμβράνες.

— Τὸ φαινόμενο τοῦτο τὸ διαπιστώγομε μὲ τὸ ἔξῆς πείραμα :

Παίρνομε ἐνα σωλήνα διατομῆς περίπου $0,5 \text{ cm}^2$, δ ὅποιος στὸ κάτω μέρος καταλήγει σὲ μεγαλύτερη διατομή, ὅπως φαίνεται στὸ σχῆμα 8·3 α. Κλείνομε τὸ κάτω μέρος μὲ μία ἡμιδιαπερατὴ μεμβράνη κατάλληλα στερεωμένη. Στὸ δοχεῖο αὐτὸ ποὺ ἔχει γιὰ πυθμένα τὴν μεμβράνη, τοποθετοῦμε, ἔως τὸ μισὸ περίπου τοῦ σωλήνα, ἀλάτι καὶ νερὸν (ἀλατόνερο) σὲ πυκνὸ διάλυμα. Κατόπιν δλόκληρο τὸ σύστημα αὐτὸ τὸ τοποθετοῦμε μέσα σὲ ἀποσταγμένο νερό, ὥστε ἡ στάθμη τοῦ ἀλατόνερου νὰ εἰναι στὸ ὕδιο ὕψος μὲ τὴ στάθμη τοῦ ἀποσταγμένου νεροῦ. Σὲ λίγο θὰ παρατηρήσωμε ὅτι ἡ στάθμη τοῦ διαλύματος μέσα στὸ σωλήνα ἀνεβαίνει. Αὐτὸ γίνεται ἐπειδὴ τὰ δύο ὑγρὰ (τὸ νερὸ καὶ τὸ ἀλατόνερο) ἔχουν τὴν τάση νὰ διαχυθοῦν τὸ ἐνα μέσα στὸ ἄλλο. Ἐπειδὴ δῆμως δὲν μπο-

ροῦν τὰ μόρια τοῦ ἀλατιοῦ νὰ περάσουν τὴν μεμβράνη, δὲν εἶναι δυνατὸν ποτὲ νὰ γίνῃ ἐξ ἵσου πυκνὸ διάλυμα καὶ ἀπὸ τὶς δύο μεριὲς τῆς μεμβράνης. "Ετοι, τὸ μόνο ποὺ γίνεται εἶναι ὅτι περνοῦν δλοένα καὶ περισσότερα μόρια νεροῦ πρὸς τὴ μεριὰ τοῦ ἀλατόνερου. "Ἐρχεται δημως κάποια στιγμὴ ποὺ σταματᾶ αὐτὴ ἡ κίνηση, διότι καθὼς ἀνεβαίνει ἡ στάθμη τοῦ νεροῦ μέσα στὸ σωλήνα, αὐξάνεται συγχρόνως καὶ ἡ πίεση μέσα σ' αὐτὸν καὶ ἐμποδίζονται νὰ περάσουν καὶ ἄλλα μόρια νεροῦ. "Ετοι, ὅταν ὑψωθῇ ἡ στάθμη τοῦ ἀλατόνερου κατὰ κάποιο ποσὸ l , σταματᾶ πιὰ νὰ περνᾶ τὸ νερό.



Σχ. 8·3 α.

'Επειδὴ μόνον τὰ μόρια τοῦ νεροῦ μποροῦν νὰ περάσουν τὴν ἡμιδια- περατὴ μεμβράνη μ καὶ δχι καὶ τὰ μόρια τοῦ ἀλατιοῦ, ἡ στάθμη τοῦ νεροῦ μέσα στὸν σωλήνα A ἀνεβαίνει.

8·4 Διαλύματα.

Είναι γνωστὸ ἀπὸ τὴν καθημερινὴ μας πείρα ὅτι πολλὰ σώματα διαλύονται μέσα σὲ ὑγρά. Ἡ ζάχαρη, τὸ ἀλάτι, ἡ γαλαζό- πετρα διαλύονται στὸ νερό, τὸ λίπος διαλύεται στὴ βενζίνη, τὸ ρετσίνη στὸ οἰνόπνευμα κ.λ.π. Τὸ φαινόμενο τῆς διαλύσεως δρείλεται στὶς κινήσεις τῶν μορίων τῆς ὕλης.

'Απὸ τὴν καθημερινὴ πείρα γνωρίζομε ἐπίσγεις ὅτι δρισμένα σώματα διαλύονται εύκολα μέσα σὲ ἔνα ὑγρό, ἐνῶ ἄλλα διαλύονται δύσκολα· λέμε τότε ὅτι ἔνα ὑγρὸ εἶναι καλὸς ἢ κακὸς διαλύτης ἐνὸς σώματος ἢ ὅτι ἔνα σῶμα εἶναι εὐδιάλυτο ἢ δυσδιάλυτο

μέσα σὲ ἔνα δρισμένο ὑγρό. "Ετοι π.χ. λέμε δτι τὸ νερὸ εἰναι καλὸς διαλύτης γιὰ τὴ ζάχαρη, ἀλλὰ λιγότερο καλὸς γιὰ τὸ ἄμυλο (κόλλα τῶν ρούχων) καὶ δτι ἡ ζάχαρη εἰναι εὐδιάλυτη στὸ νερὸ ἀλλὰ δυσδιάλυτη στὸ χυμὸ λεμονιοῦ.

"Αν ἀρχίσωμε νὰ ρίχνωμε ἀλάτι μέσα σὲ νερὸ καὶ τὸ ἀνακατεύωμε, ὥστε νὰ διαλυθῇ πιὸ γρήγορα, θὰ δοῦμε στὴν ἀρχὴ δτι ὅσο ἀλάτι ρίχνομε διαλύεται γρήγορα, ἐπειτα διμως ἀπὸ ἔνα δρισμένο σημεῖο δὲν διαλύεται πιὰ ἄλλο. Λέμε τότε δτι τὸ διάλυμα εἰναι κορεσμένο. Αὐτὸ σημαίνει δτι δὲν μπορεῖ πιὰ μέσα στὸ νερὸ νὰ διαλυθῇ ἄλλο ἀλάτι. Τὸ φαινόμενο αὐτὸ δὲν συμβαίνει μόνο στὴν περίπτωση ποὺ διαλύτης εἰναι τὸ νερὸ καὶ διαλυόμενο σῶμα τὸ ἀλάτι, ἀλλὰ πάντα γιὰ ὅλους τοὺς διαλύτες καὶ γιὰ ὅλα τὰ διαλυόμενα σώματα.

"Αν πάρωμε τὸ κορεσμένο διάλυμα τοῦ ἀλατιοῦ, ποὺ ἀναφέραμε πρὶν, καὶ τὸ θερμάνωμε, θὰ παρατηρήσωμε δτι μπορεῖ νὰ διαλύσῃ κι' ἄλλο ἀλάτι. Δηλαδὴ μὲ τὴν θέρμανση ἐπαυσε νὰ εἰναι κορεσμένο καὶ γιὰ νὰ κορεσθῇ τώρα πρέπει νὰ ρίξωμε καὶ ἄλλο ἀλάτι μέσα. Αὐτὸ σημαίνει δτι δισο αὐξάνεται ἡ θερμοκρασία, τόσο τὸ νερὸ γίνεται καλύτερος διαλύτης τοῦ ἀλατιοῦ. Τὸ ἵδιο συμβαίνει γενικὰ μὲ ὅλα τὰ ὑγρά: δισο αὐξάνεται ἡ θερμοκρασία τους, τόσο πιὸ εὔκολα μποροῦν νὰ διαλύουν στερεὰ σώματα.

"Αν αὐτὸ τὸ διάλυμα, ποὺ ζεστάναμε καὶ κορέσαμε στὴν ὑψηλὴ θερμοκρασία, τὸ ἀργήσωμε νὰ κρυώσῃ, θὰ παρατηρήσωμε δτι τὸ ἀλάτι κατασταλάζει στὸν πυθμένα καὶ στὰ τοιχώματα τοῦ δοχείου δπου τὸ εῖχαμε. Τί συνέβη; 'Απλῶς τὸ διάλυμα ποὺ ἦταν κορεσμένο στὴν ὑψηλότερη θερμοκρασία περιεῖχε περισσότερο ἀλάτι ἀπ' δτι χρειάζεται: γιὰ νὰ κορεσθῇ στὴν χαμηλότερη. "Ετοι δταν κρυώσῃ τὸ διάλυμα, τὸ ἐπὶ πλέον αὐτὸ ἀλάτι ἐπειδὴ δὲν μπορεῖ νὰ μείνη διαλυμένο ἀποβάλλεται σὲ στερεὴ μορφή.

"Αν θερμάνωμε περισσότερο τὸ διάλυμα τοῦ ἀλατιοῦ μέχρι ποὺ νὰ βράση, καὶ βάλωμε μέσα ἔνα θερμόμετρο τὴν ὥρα ποὺ βρά-

ζει, θὰ δοῦμε ὅτι βράζει σὲ θερμοκρασία μεγαλύτερη τῶν ἑκατὸ βαθμῶν Κελσίου (100° C). Τὸ ἕδιο γίνεται σχεδὸν μὲ δλα τὰ διαλύματα: ἡ θερμοκρασία βρασμοῦ τοῦ διαλύματος εἶναι μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν θερμοκρασία βρασμοῦ τοῦ διαλύτου. Τὸ ἀντίθετο γίνεται μὲ τὴν θερμοκρασία πήξεως τῶν διαλυμάτων. Τὰ διαλύματα πήξουν σὲ χαμηλότερη θερμοκρασία ἀπὸ τοὺς διαλύτες τους.

Πρέπει νὰ τονισθῇ ὅτι, ὅταν βράζῃ ἔνα διάλυμα, ὁ ἀτμὸς ποὺ δημιουργεῖται δὲν περιέχει καθόλου μόρια τοῦ διαλυομένου σώματος· τὸ ἕδιο καὶ ὅταν πήξῃ, τὸ στερεὸ ποὺ δημιουργεῖται δὲν περιέχει καθόλου μόρια τοῦ διαλυομένου σώματος, ἀλλὰ ἀποτελεῖται μόνον ἀπὸ τὸν διαλύτη.

— “Ως τώρα μιλήσαμε μόνς γιὰ διαλύματα στερεῶν σωμάτων μέσα σὲ ὑγρὰ καὶ πραγματικὰ αὐτὰ τὰ διαλύματα παρουσιάζουν τὸ μεγαλύτερο ἐνδιαφέρον. Υπάρχουν δημοσιαὶ διαλύματα ὑγρῶν μέσα σὲ ὑγρὰ (οἰνόπνευμα μέσα σὲ νερό), στερεῶν μέσα σὲ στερεὰ (τὰ κράματα τῶν μετάλλων ἀνήκουν σ' αὐτὴν τὴν κατηγορία), ἀερίων μέσα σὲ ὑγρὰ καὶ σὲ στερεὰ καὶ γενικὰ κάθε κατηγορίας σωμάτων (ὑγρῶν, στερεῶν, ἀερίων) μέσα σὲ κάθε ἄλλη. Θὰ ποῦμε ἐδῶ μόνο δυὸ λόγια γιὰ τὰ διαλύματα ἀερίων μέσα σὲ ὑγρά, ποὺ παρουσιάζουν πρακτικὸ ἐνδιαφέρον.

“Αν βάλωμε ἔνα δοχεῖο μὲ νερὸ στὴ φωτιά, θὰ παρατηρήσωμε ὅτι ὅσσο θερμαίνεται τὸ νερό, τόσο δημιουργοῦνται φυσαλλίδες στὰ τοιχώματα τοῦ δοχείου. Οἱ φυσαλλίδες αὐτὲς εἶναι ἀέρας διαλυμένος μέσα στὸ νερὸ καὶ ἐλευθερώνεται ὅσσο θερμαίνεται τὸ νερὸ καὶ ὅταν τὸ νερὸ βράζῃ ἐλευθερώνεται ἐντελῶς δλος ὁ ἀέρας ποὺ περιεῖχε. Τὰ φάρια ἀναπνέουν ἀπ' αὐτὸν ἀκριβῶς τὸν διαλυμένο στὸ νερὸ ἀέρα, καὶ ἂν τὰ βάλωμε μέσα σὲ νερό, ποὺ τὸ εἶχαμε βράζει προηγουμένως, θὰ πάθουν ἀσφυξία.

“Οπως καὶ μὲ τὴν διάλυση τῶν στερεῶν, ἔτσι καὶ μὲ τὴν διάλυση τῶν ἀερίων, λέμε ὅτι ἔνα ἀέριο εἶναι εὐδιάλυτο, ὅταν διαλύεται εὔκολα μέσα σὲ ἔνα ὑγρὸ καὶ τὸ λέμε δυσδιάλυτο ὅταν

διαλύεται δύσκολα. Ἀντίστοιχα λέμε ὅτι ἔνα ύγρὸ εἶναι καλὸς διαλύτης ἐνὸς ἀερίου, ὅταν διαλύῃ εὔκολα τὸ ἀέριο αὐτὸ ἢ ὅτι εἶναι κακὸς διαλύτης ὅταν τὸ διαλύη δύσκολα.

Ἄξιοσγμείωτο εἶναι ὅτι ἀντίθετα μὲ τὸ δ, τι συμβαίνει μὲ τὴν διάλυση τῶν στερεῶν, τὰ ἀέρια διαλύονται πιὸ εὔκολα σὲ χαμηλὲς θερμοκρασίες. Αὐτὸ τὸ ἐπιθετικόν τοῦ νεροῦ, ὃπου εἰδαμε ὅτι, ὅταν τὸ νερὸ εἶναι κρύο, μπορεῖ καὶ κρατᾶ τὸν ἀέρα μέσα του, ἐνῷ ὃσο αὐξάνει ἡ θερμοκρασία δὲν μπορεῖ νὰ τὸν κρατήσῃ καὶ τὸν ἀφήνει νὰ ξεφεύγῃ.

Ἐκτὸς ἀπὸ τὴν θερμοκρασία, μεγάλη ἐπίδραση στὴν διάλυση τῶν ἀερίων μέσα σὲ ύγρᾳ ἔχει καὶ ἡ πίεση. "Οσο μεγαλύτερη εἶναι ἡ πίεση, τόσο πιὸ εὔκολα διαλύονται τὰ ἀέρια μέσα στὰ ύγρᾳ. Αὐτὸ τὸ βλέπομε ὅταν ἀνοίγωμε ἔνα μπουκάλι μπύρα ἢ ἀλλο ἀεριοῦχο ποτό. "Οταν τὸ μπουκάλι εἶναι κλεισμένο, ἡ πίεση μέσα σ' αὐτὸ εἶναι ἀρκετὰ μεγάλη καὶ τὸ ἀέριο μένει διαλυμένο μέσα στὸ ποτό, ὅταν ὅμως τὸ ἀνοίξωμε, ἡ πίεση μέσα στὸ μπουκάλι ἐλαττώνεται καὶ γίνεται ἵση μὲ τὴν ἀτμοσφαιρική, μὲ ἀποτέλεσμα νὰ ἐλευθερώνεται τὸ ἀέριο καὶ νὰ σχηματίζεται ὁ ἀφρός. Τὸ ἀέριο ποὺ χρησιμοποιεῖται στὶς περιπτώσεις αὐτὲς εἶναι τὸ διοξείδιο τοῦ ἄνθρακος. Παρόμιοι φαινόμενο παρατηρεῖται στοὺς δύτες. Σὲ μεγάλο βάθος διαλύεται περισσότερος ἀέρας, (δηλαδὴ ἀζωτὸ καὶ διοξυγόνο) μέσα στὸ αἴμα. "Αν ὁ δύτης ἀνέλθῃ ἀπότομα στὴν ἐπιφάνεια, οἱ φυσαλλίδες τῶν ἀερίων αὐτῶν ποὺ σχηματίζονται μέσα στὸ αἴμα εἶναι πολὺ ἐπικίνδυνες γιατὶ προκαλοῦν διαταραχὴ στὴν κυκλοφορία τοῦ αἷματος καὶ ἐπιφέρουν παράλυση (ἀσθέτεια τῶν δυτῶν).

8.5 Δυνάμεις μεταξὺ τῶν μορίων.

Στὴν παράγραφο 8.1 μιλήσαμε γιὰ τὶς κινήσεις τῶν μορίων τῶν σωμάτων καὶ εἶπαμε ὅτι σὶ κινήσεις τῶν ἀερίων εἶναι

πολὺ ζωηρές, τῶν ὑγρῶν λιγότερο καὶ τῶν στερεῶν πολὺ περιορισμένες. Ἀπ' αὐτό, ἀλλὰ καὶ ἀπὸ δὲλλα αἴτια συμπεραίνομε δτι, μεταξὺ τῶν μορίων τῶν σωμάτων ἀσκοῦνται ὁρισμένες δυνάμεις, ποὺ ἐμποδίζουν τὰ μόρια νὰ ἀπομακρύνωνται τὸ ἔνα ἀπὸ τὸ ἄλλο. Οἱ δυνάμεις αὐτὲς λέγονται δυνάμεις συνοχῆς.

Οἱ δυνάμεις συνοχῆς στὰ στερεὰ εἰναι πολὺ μεγάλες καὶ δὲν ἀφήνουν τὰ μόρια νὰ μετακινοῦνται σχεδὸν καθόλου, ἀλλὰ τοὺς ἐπιτρέπουν μόνο νὰ πάλλωνται γύρω ἀπὸ μιὰ ὁρισμένη θέση. Στὰ ὑγρὰ οἱ δυνάμεις συνοχῆς εἰναι μικρότερες καὶ ἐπιτρέπουν στὰ μόρια νὰ κινοῦνται πρὸς δλες τὶς κατευθύνσεις, τὰ ἀναγκάζουν ὅμως νὰ μὴ ἀπομακρύνωνται περισσότερο ἀπὸ μιὰ ὁρισμένη ἀπόσταση ἀπὸ τὰ γειτονικά τους μόρια. ἔτοι ἔξηγεῖται γιατὶ τὰ ὑγρὰ ἀλλάζουν μὲν εὔκολα σχῆμα, ἀνάλογα μὲ τὸ δοχεῖο ποὺ τὰ τοποθετοῦμε, παρουσιάζουν ὅμως μεγάλη ἀντίσταση δταν θελήσωμε νὰ τοὺς ἐλαττώσωμε τὸν ὄγκο. Στὰ ἀέρια οἱ δυνάμεις συνοχῆς σχεδὸν δὲν ὑπάρχουν καὶ γι' αὐτὸ τὰ μόρια τῶν ἀερίων εἰναι ἐλεύθερα νὰ κινοῦνται πρὸς δλες τὶς κατευθύνσεις καὶ νὰ ἀπλώνωνται σ' ὅλο τὸν χῶρο ποὺ τοὺς εἰναι διαθέσιμος.

Σὲ τὶ ἀκριβῶς δφείλονται οἱ δυνάμεις συνοχῆς, δὲν τὸ ξέρομε ἀκόμα ἐντελῶς. Πάντως ξέρομε δτι ἔξαρτῶνται πολὺ ἀπὸ τὴν ἀπόσταση ποὺ ὑπάρχει μεταξὺ τῶν μορίων. δταν ἡ ἀπόσταση αὐτὴ εἰναι μικρότερη ἀπὸ μιὰ ὁρισμένη τιμή, οἱ δυνάμεις συνοχῆς εἰναι πολὺ μεγάλες, ἐνῶ δταν ἡ ἀπόσταση τῶν μορίων εἰναι μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν τιμὴ αὐτὴ, οἱ δυνάμεις συνοχῆς εἰναι ἐλάχιστες. Ἔτοι, ἀν συμπιέσωμε ἀρκετὰ ἔνα ἀέριο, ὥστε τὰ μόρια του νὰ πλησιάσουν πάρα πολύ, τότε οἱ δυνάμεις συνοχῆς γίνονται ἀρκετὰ μεγαλύτερες καὶ τὸ ἀέριο γίνεται ὑγρό, ὑγροποιεῖται.

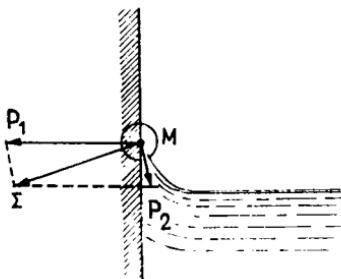
Δυνάμεις ὅμως δὲν ὑπάρχουν μόνο ἀνάμεσα στὰ μόρια τοῦ ἰδίου σώματος ἀλλὰ καὶ μεταξὺ τῶν μορίων διαφόρων σωμάτων. Οἱ δυνάμεις ποὺ κρατοῦν τὰ μόρια τῆς κιμωλίας ἐπάνω στὸν πλνακα, π.χ. ἀνήκουν σ' αὐτὴν τὴν κατηγορία, τὸ ἔδιο καὶ οἱ δυνά-

μεις ποὺ συγκρατοῦν σταγόνες τοὺ νεροῦ μέσα σὲ ἔνα ποτῆρι ποὺ ἀδιάσαμε. Τὶς δυνάμεις αὐτὲς ποὺ ὑπάρχουν μεταξὺ τῶν μορίων διαφόρων σωμάτων τὶς λέμε δυνάμεις συναφείας.

Ίδιαίτερη ὅμως σγημασία ἔχουν, ὅπως θὰ δοῦμε στὴν ἐπόμενη παράγραφο, οἱ δυνάμεις μεταξὺ τῶν μορίων ποὺ βρίσκονται κοντά στὴν ἐπιφάνεια τῶν ὑγρῶν.

8·6 Τοιχοειδὴ φαινόμενα.

Ἐνα ἄλλο φαινόμενο, ποὺ προκαλεῖται ἀπὸ τὶς δυνάμεις οἱ δποῖες δημιουργοῦνται μεταξὺ τῶν μορίων τῶν σωμάτων, εἶναι γῇ ἀνύψωση ἢ τὸ χαμήλωμα τῆς στάθμης τῶν ὑγρῶν κοντὰ στὰ τοιχώματα τῶν δοχείων μέσα στὰ ὅποια βρίσκονται. "Ολοι θὰ ἔχωμε



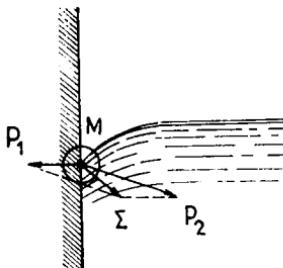
Σχ. 8·6 α.

Οἱ δυνάμεις συνοχῆς τοῦ ὑγροῦ αὐτοῦ (P_2) εἰναι μικρότερες ἀπὸ τὶς δυνάμεις τῆς συναφείας μεταξὺ τοῦ ὑγροῦ καὶ τοῦ δοχείου (P_1). Ἀποτέλεσμα αὐτοῦ εἰναι ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ νὰ ἀνυψώνεται ἐκεῖ ποὺ συναντᾶ τὰ τοιχώματα τοῦ δοχείου. Λέμε οὖτι τὸ ὑγρὸ διαβρέχει τὸ ὑλικὸ τοῦ δοχείου· παράδειγμα: νερὸ μὲ γυαλί.

Παρατηρήσει ὅτι γῇ ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ μέσα σὲ ἔνα καθαρὸ γυάλιο ποτῆρι κοντὰ στὰ τοιχώματα τοῦ ποτηριοῦ δὲν εἰναι ἐριζότια, ἀλλὰ ἔχει τὴν μορφὴ ποὺ δείχνει τὸ σχῆμα 8·6 α. Αὐτὸ συμβαίνει ἐπειδὴ οἱ δυνάμεις συναφείας μεταξὺ τῶν μορίων τοῦ γυαλιοῦ τοῦ ποτηριοῦ καὶ τοῦ νεροῦ εἰναι μεγαλύτερες ἀπὸ τὶς δυνάμεις συνοχῆς μεταξὺ τῶν μορίων τοῦ νεροῦ. Ἐτσι γῇ ἐπιφάνεια τοῦ

νεροῦ ἀνυψώνεται κοντά στὰ τοιχώματα τοῦ ποτηριοῦ. Τὸ ἀντίθετο συμβαίνει, ὅταν ἀντὶ γιὰ νερὸ τοποθετήσωμε ὑδράργυρο μέσα στὸ ποτήρι (σχ. 8·6 β). Οἱ δυνάμεις συνοχῆς μεταξὺ τῶν μορίων τοῦ ὑδραργύρου εἰναι μεγαλύτερες ἀπὸ τὶς δυνάμεις συναφείας μεταξὺ τῶν μορίων τοῦ ὑδραργύρου καὶ τῶν μορίων τοῦ γυαλιοῦ τοῦ ποτηριοῦ, μὲ ἀποτέλεσμα ἡ στάθμη τοῦ ὑδραργύρου νὰ κατεβαίνῃ κοντὰ στὰ τοιχώματα τοῦ ποτηριοῦ. Τὸ ἕδιο γίνεται καὶ μὲ τὸ νερό, ἂν τὸ ποτήρι δὲν εἰναι καθαρό, ἀλλὰ εἰναι ἀλειμμένο μὲ λίπος, ἔστιω καὶ ἐλάχιστο.

Στὶς περιπτώσεις σὰν τοῦ νεροῦ μὲ τὸ καθαρὸ γυάλινο ποτήρι, ποὺ ἡ στάθμη τοῦ ὑγροῦ ἀνυψώνεται κοντὰ στὰ τοιχώματα,



Σχ. 8·6 β.

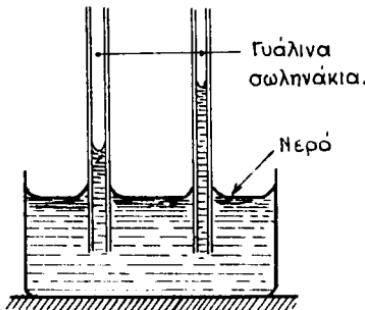
Οἱ δυνάμεις συνοχῆς τοῦ ὑγροῦ αὐτοῦ (P_2) εἰναι μεγαλύτερες ἀπὸ τὶς δυνάμεις συναφείας μεταξὺ τοῦ ὑγροῦ καὶ τοῦ δοχείου (P_1). Ἀποτέλεσμα αὐτοῦ εἰναι ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ νὰ χαμηλώνῃ ἐκεῖ ποὺ συναντᾶ τὰ τοιχώματα τοῦ δοχείου. Λέμε στὴν περίτωση αὐτὴ ὅτι τὸ ὑγρὸ δὲν δια-

βρέχει τὸ ὄλικὸ τοῦ δοχείου, παραδειγμα: ὑδράργυρος μὲ γυαλί.

λέμε ὅτι τὸ ὑγρὸ διαβρέχει τὸ ὄλικὸ τῶν τοιχωμάτων. Ἀντίθετα, στὶς περιπτώσεις σὰν τὸν ὑδράργυρο μὲ τὸ γυαλί, ὅπου ἡ στάθμη τοῦ ὑγροῦ χαμηλώνει κοντὰ στὰ τοιχώματα, λέμε ὅτι τὸ ὑγρὸ δὲν διαβρέχει τὸ ὄλικὸ τῶν τοιχωμάτων.

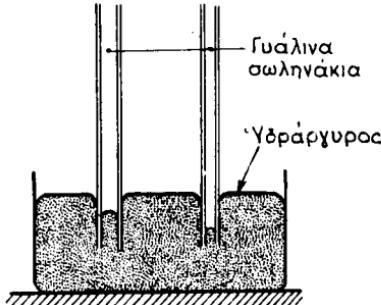
"Αν βυθίσωμε ἔνα λεπτὸ γυάλινο σωλήνα μέσα σὲ νερό, θὰ δοῦμε ὅτι τὸ νερὸ ἀνεβαίνει μέσα στὸν σωλήνα φηλότερα ἀπὸ δ, τι εἰναι ἀπ' ἔξω (σχ. 8·6 γ). Αὐτὸ γίνεται ἐπειδὴ τὸ νερό, καθὼς ἀνυψώνεται σ' ὅλες τὶς θέσεις τοῦ σωλήνα, εἰναι παντοῦ ὑψηλότε-

ρα μέσα παρὰ ἔξω ἀπὸ τὸν σωλήνα· ἡ ἀνύψωση μάλιστα τῆς στάθμης εἶναι μεγαλύτερη ὅταν ὁ σωλήνας εἶναι λεπτότερος. "Οταν δημιως βυθίσωμε τὸν λεπτὸν αὐτὸν γιάλινο σωλήνα μέσα σὲ ὑδράργυρο, θὰ παρατηρήσωμε ὅτι ἡ στάθμη μέσα στὸν σωλήνα εἶναι χαμηλότερη παρὰ ἔξω ἀπὸ αὐτὸν (σχ. 8·6 δ). Ἡ ἐξήγηση εἶναι ἡ



Σχ. 8·6 γ.

Τριχοειδὲς φαινόμενο, ὅταν τὸ ὑγρὸ διαβρέχῃ τὸν τριχοειδὴ σωλήνα. Ἡ στάθμη τοῦ ὑγροῦ εἶναι ὑψηλότερα μέσα στὸν σωλήνα παρὰ ἀπ' ἔξω.



Σχ. 8·6 δ.

Τριχοειδὲς φαινόμενο, ὅταν τὸ ὑγρὸ δὲν διαβρέχῃ τὸν τριχοειδὴ σωλήνα. Ἡ στάθμη τοῦ ὑγροῦ εἶναι χαμηλότερα μέσα στὸν σωλήνα παρὰ ἀπ' ἔξω.

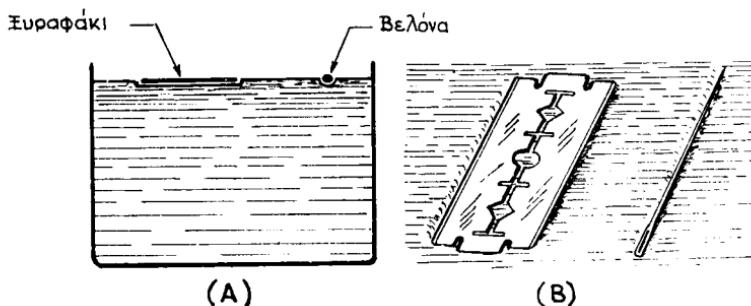
ἴδια μὲ τὴν ἀνύψωση τοῦ νεροῦ. Καὶ στὴν περίπτωση αὐτῇ τὸ κατέβασμα τῆς στάθμης εἶναι μεγαλύτερο, ὅταν ὁ σωλήνας εἶναι λεπτότερος.

Τὸ φαινόμενο αὐτὸν τῆς ἀνύψωσης ἢ καταβιθάσεως τῆς

στάθμης μέσα σὲ λεπτοὺς σωλῆνες, λέγεται τριχοειδὲς φαινόμενο. Τὸ τριχοειδὲς φαινόμενο τὸ βλέπομε πολὺ συχνά: τὸ συπόχαρτο ρουφᾶ τὸ μελάνι, τὸ πετρέλαιο ἀνεβαίνει μέσα ἀπὸ τὸ φυτίλι τῆς λάμπας, οἱ χυμοὶ ἀνεβαίνουν μέσα στοὺς φλοιοὺς τῶν δένδρων ἀπὸ τὶς ρίζες ὥσ τὰ κλαδιά καὶ τὰ φύλλα κλπ.

8·7 Ἐπιφανειακὴ τάση

Τὰ σώματα ποὺ εἰναι βαρύτερα ἀπὸ τὸ νερό, ὅπως ξέρομε, βυθίζονται μέσα στὸ νερό. "Αν ὅμως ἀποθέσωμε προσεκτικὰ ἐπάνω στὴν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ ἔνα ξυραφάκι, ποὺ τὸ ἔχομε ἀλειψει ἔστω καὶ ἐλάχιστα μὲ λίπος, θὰ δοῦμε ὅτι ἐπιπλέει καὶ ἡ ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ καμπυλώνει κάτω ἀπὸ τὸ ξυραφάκι σὰν νὰ ἦταν μιὰ τεντωμένη μεμβράνη (σχ. 8·7 α).



Σχ. 8·7 α.

"Η ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ συμπεριφέρεται σὰν μιὰ μεμβράνη καὶ μπορεῖ νὰ συγκρατήσῃ μικρὰ βάρη. "Αν «τρυπήσῃ» ἡ μεμβράνη αὐτῇ, τότε τὸ ξυραφάκι ἡ ἡ βελόνη πηγαίνουν στὸν πυθμένα τοῦ δοχείου.

Αὐτὸς γίνεται διότι ἀνάμεσα στὰ μόρια τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ ὑπάρχουν δυνάμεις, οἱ ὅποιες ἀντιδροῦν στὸ βάρος τῆς λεπίδας καὶ ἔτσι ἡ ἐπιφάνεια παίρνει αὐτὸς τὸ σχῆμα. Οἱ δυνάμεις αὗτὲς ἀποτελοῦν τὴν ἐπιφανειακὴ τάση.

ΠΕΜΠΤΟ ΜΕΡΟΣ

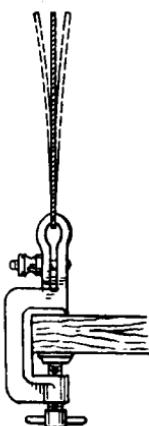
ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

9.1 Τί είναι ό ήχος.

‘Ο άνθρωπος έπικοινωνεῖ μὲ τὸν γύρω κόσμο μὲ τὴν βοήθεια τῶν αἰσθήσεών του.

Μία ἀπὸ τις αἰσθήσεις είναι η ἀκοή. Τὸ αἰσθητήριο ὅργανο τῆς ἀκοῆς είναι βέβαια τὸ αὐτό. Μὲ τὸ αὐτὸν ἀντιλαμβανόμαστε δρισμένες διαταραχὲς ποὺ γίνονται στὴν πυκνότητα τοῦ ἀέρα μὲ δρισμένη συχνότητα καὶ ποὺ είναι οἱ ήχοι.



Σχ. 9.1 α.

Όταν κτυπήσωμε τὸ ξυραφάκι, θὰ ἀρχίσῃ νὰ πάλλεται καὶ νὰ παράγῃ ήχο. Οἱ διακεκομένες γραμμὲς στὸ σχῆμα δείχνουν ποιὲς θέσεις παίρνει.

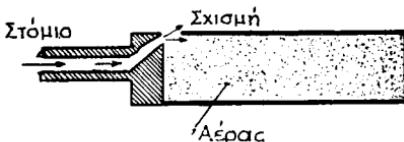
Στὸ Μέρος αὐτὸν τοῦ βιβλίου θὰ ἀσχοληθοῦμε μὲ τὸ τί είναι δὲ ήχος, πῶς μεταδίδεται, ποιά είναι τὰ χαρακτηριστικά του καὶ πῶς τὸν ἀντιλαμβανόμαστε· τὸν κλάδο αὐτὸν τῆς Φυσικῆς τὸν δνομάζομε ἀκουστική. Τὸ φῶς θὰ τὸ ἔξετάσωμε σ' ἕνα ἄλλο κεφάλαιο, τὴν ὁπτική.

Οἱ ήχοι προκαλοῦνται ἀπὸ σώματα ποὺ δονοῦνται (πάλλονται) ἀπὸ κάποια αἰτία. Ἐτσι π.χ. ἂν στερεώσωμε ἕνα ξυραφάκι ἀπὸ τὴν μιὰ του ἄκρη σὲ μιὰ μέγγενη (σχ. 9.1 α) καὶ ἀφοῦ σπρώξωμε λίγο τὴν ἄλλη τὴν ἀφήσωμε ἔπειτα ἀπότομα, θὰ δοῦμε ὅτι τὸ ξυραφάκι κινεῖται περιοδικά, ἐνῶ συγχρόνως παράγει ήχο.

Ἐπίσης, ἂν τραβήξωμε μιὰ τεντωμένη χορδὴ μὲ τὸ δάκτυλό μας η μὲ ἕνα «πεννάκι», σπως κάνομε στὴν κιθάρα, η ἂν σύρωμε ἐπάνω της ἕνα

δοξάρι, όπως στὸ βιολί, θὰ παρατηρήσωμε ὅτι ἡ χορδὴ κάνει κινήσεις περιοδικὲς καὶ παράγει ὥχο. Μόλις ὅμως τὴν ἐγγίσωμε μὲ τὸ χέρι μας, παύει νὰ πάλλεται καὶ συγχρόνως σταματᾶ καὶ δ. ὥχος.

Κάτι παρόμοιο γίνεται καὶ στὶς σφυρίκτρες, ποὺ εἶναι ἡχητικοὶ σωλῆνες (σχ. 9·1 β.). Καθὼς φυσοῦμε μέσα στὸ στόμιο τῆς σφυρίκτρας, δ. ἀέρας φεύγει μὲ δρμὴ ἀπὸ τὴν σχισμὴν καὶ προκαλεῖ δόνησην τοῦ ἀέρα ποὺ βρίσκεται μέσα στὴν κοιλότητα τῆς σφυρίκτρας. Ἐτσι παράγεται ὥχος.



Σχ. 9·1 β.

Τὸ ρεῦμα τοῦ ἀέρα ποὺ βγαίνει μὲ δρμὴ ἀπὸ τὴν σχισμὴν προκαλεῖ δόνησην τοῦ ἀέρα ποὺ βρίσκεται μέσα στὸν σωλήνα. Ἡ συχνότητα τοῦ ὥχου ποὺ παράγεται ἔξαρταται ἀπὸ τὸ μῆκος τοῦ σωλήνα καὶ ἀπὸ τὸ ἀναύτος εἶναι κλειστὸς ἢ ἀνοικτός.

Οἱ δονήσεις τῶν σωμάτων ποὺ παράγουν ὥχους δὲν φαίνονται πάντα. ὅμως δ. ὥχος παράγεται πάντοτε ἀπὸ σώματα ποὺ δονοῦνται. Στὸ σχῆμα 9·1 γ. βλέπομε ἔνα παραστατικὸ πέραμα ποὺ δείχνει ἔναν τρόπο, μὲ τὸν δποῖο μποροῦμε νὰ ἀντιληφθοῦμε τὶς δονήσεις ἔνὸς σώματος ποὺ παράγει ὥχο. Παρατηροῦμε δηλαδὴ ὅτι, ὅταν κτυπήσωμε τὸ κουδούνι μὲ τὸ σφυρί, τὰ σφαιρίδια ποὺ ἐγγίζουν ἐπάνω του ἀρχίζουν νὰ ἀναπηδοῦν ἐπειδὴ τὰ κινεῖ ἡ δόνηση τοῦ κουδουνιοῦ. Μόλις ὅμως ἐγγίσωμε τὸ κουδούνι μὲ τὸ χέρι μας, βλέπομε ὅτι τὰ σφαιρίδια ἀκινητοῦν ἐπειδὴ τὸ κουδούνι παύει νὰ δονήται.

Τὸ συμπέρασμα ἀπὸ ὅλα αὐτὰ λοιπὸν εἶναι ὅτι δ. ὥχος παράγεται ἀπὸ σώματα ποὺ δονοῦνται δηλαδὴ κινοῦνται περιοδικά.



Σχ. 9 · 1 γ.

Κτυπώντας τὸ κουδοῦνι μὲ τὸ σφυρὶ τὸ κάνομε νὰ δονῆται· οἱ δονήσεις του κάνουν τὰ σφαιρίδια νὰ ἀναπηδοῦν. "Οταν ἐγγίσωμε τὸ κουδοῦνι μὲ τὸ χέρι, παύει νὰ δονῆται καὶ τὰ σφαιρίδια ἀκινητοῦν.

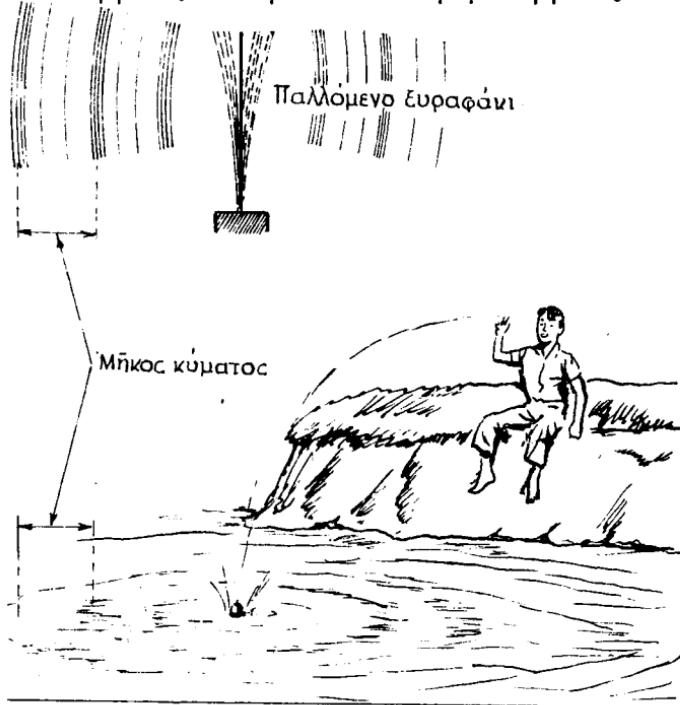
9 · 2 Τρόπος μεταδόσεως τοῦ ἥχου.

Στὴν προηγούμενη παράγραφο εἴπαμε ὅτι δ ἥχος παράγεται ἀπὸ σῶματα ποὺ δονοῦνται. "Ας πάρωμε λοιπὸν ἔνα τέτοιο σῶμα ποὺ δονεῖται, π.χ. ἔνα ξυραφάκι στερεωμένο στὴ μιά του ἄκρη. Καθὼς τὸ ξυραφάκι δονεῖται, σπρώχνει τὰ μόρια τοῦ ἀέρα ποὺ εἰναι δίπλα του, τὰ δποῖα ἔτσι ἀλλοτε ἀραιώνουν καὶ ἀλλοτε πυκνώνουν. Καθὼς ὅμως τὰ μόρια τοῦ ἀέρα πυκνώνουν ἢ ἀραιώνουν, καθὼς τὰ σπρώχνει τὸ ξυραφάκι, σπρώχνουν καὶ αὐτὰ μὲ τὴ σειρά τους τὰ διπλανά τους μόρια, αὐτὰ πάλι μὲ τὴ σειρά τους τὰ διπλανά τους καὶ ἔτσι ἡ δόνηση μεταδίδεται σὲ ὅλο τὸ χῶρο, δπως γίνεται μὲ τὰ κύματα τοῦ νεροῦ μιᾶς λίμνης ὅταν πετάξωμε μέσα σ' αὐτὴ μιὰ πέτρα. Κατὰ τὸν ἵδιο τρόπο μεταδίδεται δ ἥχος ὅχι μόνο μέσα στὸν ἀέρα, ἀλλὰ καὶ μέσα σὲ οἰδήποτε σῶμα, ἀέριο, ὑγρὸ ἢ στερεό.

Στὸ σχῆμα 9 · 2 α βλέπομε παραστατικὰ πῶς εἰναι αὐτὰ τὰ πυκνώματα καὶ ἀραιώματα τῶν μορίων τοῦ ἀέρα. Τὰ πυκνώματα καὶ τὰ ἀραιώματα μεταδίδονται μέσα στὸν ἀέρα δπως τὰ κύματα στὸ νερό· καὶ οἱ ἀποστάσεις μεταξὺ τῶν πυκνωμάτων ἢ μεταξὺ τῶν ἀραιωμάτων εἰναι σταθερές, δπως οἱ ἀποστάσεις τῶν κορυφῶν ἢ τῶν κοιλωμάτων τῶν κυμάτων τοῦ νεροῦ· γι' αὐτὸ μιλοῦμε

γιὰ ἡχητικὰ κύματα. "Ἐνα ἡχητικὸ κύμα ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕνα πύκνωμα καὶ ἔνα ἀραιόμα, ὅπως ἔνα κύμα νεροῦ ἀποτελεῖται ἀπὸ ἔνα ὕψωμα καὶ ἔνα κοίλωμα.

"Οταν ἔχωμε κύματα νεροῦ, δυοιμάζομε μῆκος κύματος τὴν ἀπόσταση μεταξὺ δύο γειτονικῶν κορυφῶν· ἢ μεταξὺ δύο γει-



Σχ. 9·2 α.

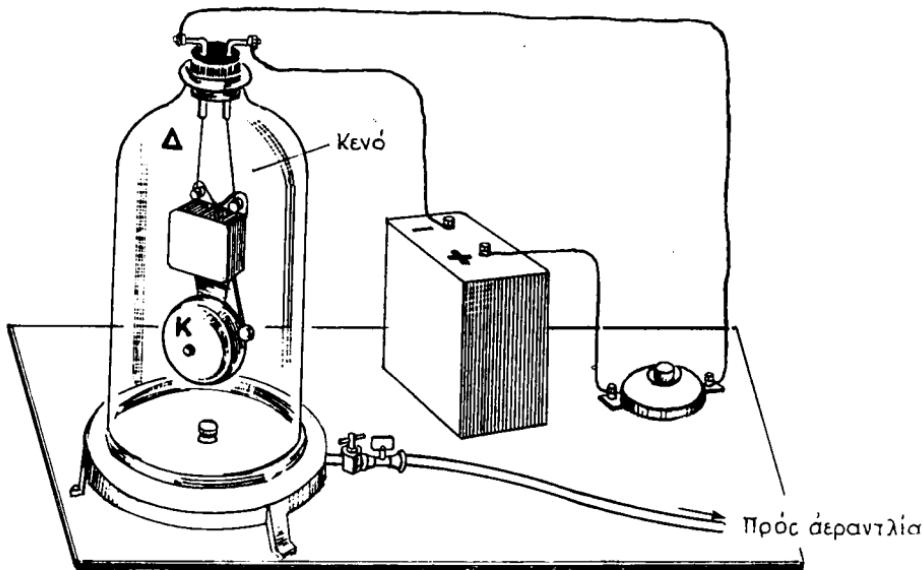
Τὸ σχῆμα συνδυάζει δύο παραδείγματα κυμάτων: Κύματα ἀέρος καὶ κύματα νεροῦ. "Οταν δονῆται ἔνα ξυραφάκι παράγει πυκνώματα καὶ ἀραιώματα, τὰ δοποῖα μεταδίδονται μέσα στὸν ἀέρα, ὅπως τὰ κύματα ποὺ παράγει μιὰ πέτρα πέφτοντας μέσα στὸ νερό.

τονικῶν κοιλωμάτων. "Οταν ἔχωμε ἡχητικὰ κύματα, δυοιμάζομε μῆκος κύματος τὴν ἀπόσταση μεταξὺ δύο γειτονικῶν πυκνωμάτων ἢ δύο γειτονικῶν ἀραιωμάτων. Τὸ μῆκος κύματος τοῦ ἥχου τὸ συμβολίζομε μὲ τὸ ἐλληνικὸ πεζὸ γράμμα λ.

9.3 Ταχύτητα μεταδόσεως τοῦ ήχου.

Απὸ ὅ,τι εἰπαμε στὴν προηγούμενη παράγραφο συμπεραίνομε δτὶ γιὰ νὰ μεταδοθῇ δ ἥχος πρέπει νὰ ὑπάρχῃ σὲ δλο τὸ χῶρο, μεταξὺ τοῦ σώματος ποὺ δσνεῖται καὶ τοῦ αὐτοῦ μας, ἀέρας ἢ κάποιο ἄλλο σῶμα, γιὰ νὰ μεταφέρῃ τὶς κυμάνσεις· ἀν δ ἡ ψήφος εἶναι κενός, δὲν μπορεῖ νὰ τὶς μεταφέρῃ. Αὐτὸ θὰ τὸ διαπιστώσωμε ἀν κάνωμε τὸ ἔξῆς πείραμα:

Τοποθετοῦμε ἐνα ἡλεκτρικὸ κουδοῦνι· Κ μέσα σὲ γυάλινο κώδωνα Δ ποὺ ἐφαρμόζεται στεγανὰ στὴ βάση του (σχ. 9.3 α.).



Σχ. 9.3 α.

“Οταν ἀντλήσωμε τὸν ἀέρα μέσα ἀπὸ τὸν γυάλινο κώδωνα, τὸ κοινδοῦν δταν κτυπᾶ δὲν ἀκούγεται, διότι δ ἥχος δὲν μπορεῖ νὰ μεταδοθῇ μέσα ἀπὸ τὸν πολὺ ἀραιὸ ἀέρα ἢ μέσα ἀπὸ τὸ «κενό».

Αρχίζομε μὲ μιὰ ἀντλία νὰ ἀφαιροῦμε τὸν ἀέρα μέσα ἀπὸ τὸν γυάλινο κώδωνα καὶ παρατηροῦμε δτὶ ὅσο δ ἀέρας μέσα στὸν κώδωνα ἀραιώνει, τόσο ἀσθενέστερα ἀκούεται δ ἥχος ποὺ παράγει

τὸ ἥλεκτρικὸ κουδοῦνι. Ὁ ἥχος παύει νὰ ἀκούεται ὅταν ἀφαιρέσωμε δλον τὸν ἀέρα μέσα ἀπὸ τὸν γυάλινο κώδωνα. Αὐτὸ τὸ πείραμα μᾶς ἐπιβεβαιώνει ὅτι δὲ ἥχος μεταδίδεται μόνο μέσα ἀπὸ τὸν ἀέρα καὶ τὰ ὄλικὰ σώματα καὶ ὅχι μέσα ἀπὸ τὸ κενό.

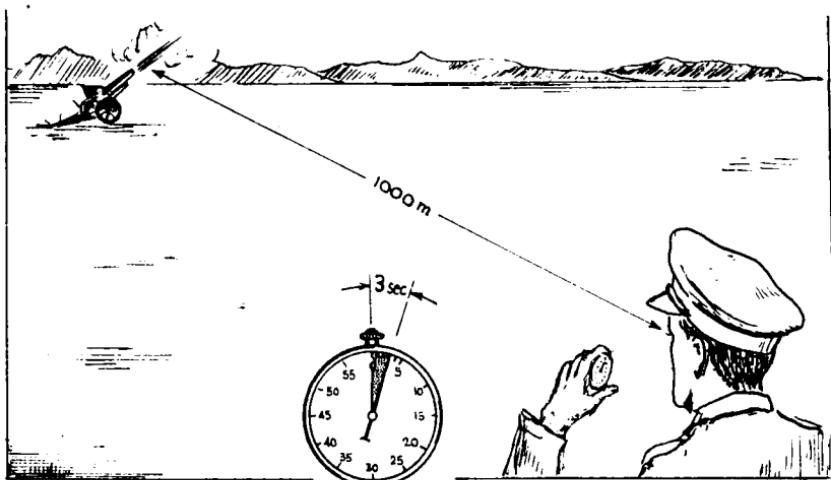
὾ο ἥχος δῆμως γιὰ νὰ μεταδοθῇ χρειάζεται κάποιο χρόνο. Αὐτὸ τὸ παρατηροῦμε ὅταν πέφτουν κεραυνοί. Πρῶτα βλέπομε τὴν λάμψη τῆς ἀστραπῆς καὶ ἔπειτα ἀκοῦμε τὴν βροντή, παρ' ὅλο ποὺ καὶ τὰ δυό, ἀστραπὴ καὶ βροντή, παράγονται τὴν ἵδια στιγμή. Αὐτὸ συμβαίνει, γιατὶ ἡ λάμψη τῆς ἀστραπῆς φθάνει σὲ μᾶς σχεδὸν ἀμέσως, ἐνῶ δὲ κρότος τῆς βροντῆς, ποὺ μεταδίδεται πολὺ πιὸ σιγά, ἀργεῖ περισσότερο. Τὸ ἵδιο βλέπομε καὶ ὅταν ἔνα κανόνι ποὺ εἶναι μακρύ μας ρίχνῃ. Πρῶτα βλέπομε τὸν καπνὸ ἡ τὴ φλόγα ποὺ βγαίνει ἀπὸ τὴν κάννη του καὶ ἔπειτα ἀκοῦμε τὸν κρότο.

Μὲ βάση τὸ φαινόμενο αὐτὸ μποροῦμε νὰ μετρήσωμε τὴν ταχύτητα τοῦ ἥχου (σχ. 9.3 β). "Ἄς ποῦμε π.χ. ὅτι ἔνα κανόνι εἶναι 1 000 m μακρύ μας καὶ ὅτι δὲ χρόνος, ἀπὸ τὴν στιγμὴ ποὺ εἰδαμε τὴν λάμψη νὰ βγαίνῃ ἀπὸ τὴν κάννη τοῦ κανονιοῦ ὡς τὴν στιγμὴ ποὺ ἀκούσαμε τὴν κανονιά, εἶναι 3 sec. "Αν παραλείψωμε τὸν χρόνο, ποὺ κάνει ἡ λάμψη ἀπὸ τὸ κανόνι νὰ φθάσῃ σὲ μᾶς, μποροῦμε νὰ ὑπολογίσωμε ὅτι ἡ ταχύτητα τοῦ ἥχου εἶναι:

$$v = \frac{s}{t} = \frac{1000}{3} = 333 \text{ m/sec.}$$

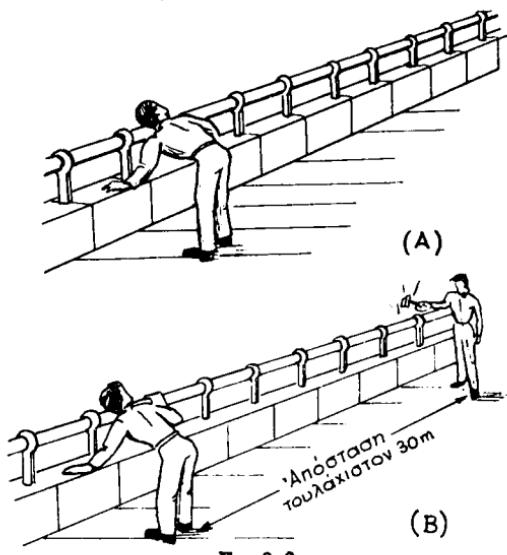
Ἔπὸ ἀκριβεῖς μετρήσεις βρέθηκε ὅτι ἡ ταχύτητα τοῦ ἥχου στὸν ἀέρα καὶ σὲ θερμοκρασία 20° C εἶναι 344 m/sec.

Ἡ ταχύτητα τοῦ ἥχου διαφέρει ἀπὸ σῶμα σὲ σῶμα, καὶ μάλιστα εἶναι μεγαλύτερη στὰ στερεὰ καὶ στὰ ὑγρὰ παρὰ στὰ ἀέρια. Μιὰ περίπτωση δηνού μποροῦμε εὔκολα νὰ παρατηρήσωμε τὴν διαφορὰ αὐτῆς τῆς ταχύτητας τοῦ ἥχου στὰ διάφορα σώματα εἶναι αὐτὴ ποὺ εἶκονιζεται στὸ σχῆμα 9.3 γ. Ὁ ἔνας ἀπὸ τοὺς ἀνθρώπους τοῦ σχήματος ἔχει τὸ αὐτέ του σὲ ἐπαφὴ μὲ ἔνα σω-



Σχ. 9.3 β.

Τρία δευτερόλεπτα μετά τὴν λάμψη τοῦ κανονιοῦ ή κανονιὰ ἀκούστηκε.

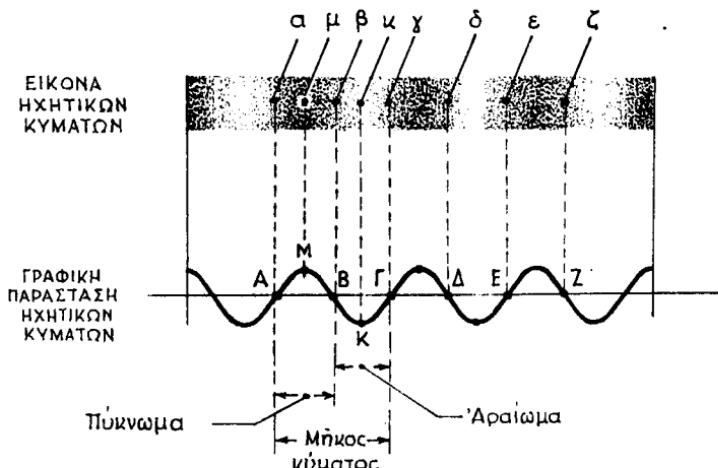


Σχ. 9.3 γ.

λήγα μεγάλου μήκους. Ο ἄλλος κτυπᾶ μὲ ἔνα σφυρὶ τὸ ἄκρο τοῦ σωλήνα.

Αύτὸς ποὺ ἔχει τὸ αὐτί του στὸν σωλήνα ἀκούει δυὸ φορὲς τὸν ήχο τῆς σφυριᾶς: μιὰ φορὰ μὲ τὸ ἀριστερὸ του αὐτί, ὅταν φθάσῃ ὁ ήχος μέσα ἀπὸ τὸ σιδερό του σωλήνα καὶ μιὰ φορὰ ἀκόμη μὲ τὸ δεξῖ του αὐτί, ὅταν φθάσῃ ὁ ήχος ἀργότερα μέσα ἀπὸ τὸν ἀέρα. (Πιὰ νὰ εἶναι δυνατὸν νὰ ἀκουσθοῦν οἱ δύο ήχοι, πρέπει γὰρ ἀπόσταση μεταξὺ τῶν δύο ἀνθρώπων νὰ εἶναι 30 ἢ 40 μέτρα).

Τὰ ηχητικὰ κύματα τὰ παριστάνομε σὲ διάγραμμα ὅπως δείχνει τὸ σχῆμα 9·3δ. Τὸ σχῆμα αὐτὸ παριστάνει ἓνα ἀπλὸ ηχη-



Σχ. 9·3δ.

Ἡ κυματοειδὴς καμπύλη (κάτω) εἶναι ἡ γραφικὴ παράσταση τῶν ηχητικῶν κυμάτων ποὺ εἰκονίζονται. Τὰ σημεῖα τῆς καμπύλης ἐπάνω ἀπὸ τὸν ὁριζόντιο ἄξονα ἀντιστοιχοῦν σὲ σημεῖα πυκνωμάτων, ἐνῷ τὰ κάτω ἀπὸ τὸν ἄξονα ἀντιστοιχοῦν σὲ σημεῖα ἀραιωμάτων.

τικὸ κύμα· τὰ σημεῖα τῆς καμπύλης ἀπὸ τὸ *A* ἕως τὸ *B* παριστάνουν ἓνα πύκνωμα τῶν μορίων τοῦ ἀέρα. Τὸ σημεῖο *M* ἀντιστοιχεῖ μὲ τὸ σημεῖο μ τοῦ πυκνώματος, τὸ σημεῖο δηλαδὴ ἐκεῖνο ποὺ τὰ μόρια εἶναι πιὸ πυκνά, γι' αὐτὸ καὶ τὸ σημεῖο *M* τῆς καμπύλης εἶναι τὸ ὑψηλότερό της σημεῖο. Αντίθετα, τὸ σημεῖο *K*

τῆς καμπύλης ἀντιστοιχεῖ μὲ τὸ σημεῖο καὶ τοῦ ἀραιώματος: στὸ σημεῖο καὶ τὰ μόρια τοῦ ἀέρα εἰναι πιὸ ἄραι παρὸ διουδήποτε ἀλλοῦ καὶ γί' αὐτὸ καὶ τὸ σημεῖο *K* τοῦ διαγράμματος εἰναι πιὸ χαμηλὰ ἀπὸ ὅλα τὰ σημεῖα τῆς καμπύλης. Κατὰ παρόμοιο τρόπο τὰ σημεῖα *A, B, Γ, Δ, E*, καὶ *Z* ἀντιστοιχούν μὲ τὰ σημεῖα $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon$, καὶ ζ .

"Ενα ἄλλο μέγεθος ποὺ χαρακτηρίζει τὸν ἥχο, εἰναι ἡ συχνότητα. Συχνότητα τοῦ ἥχου δυναμάζομε τὸν ἀριθμὸ τῶν ἥχητικῶν κυμάτων ποὺ παράγονται στὴν μονάδα τοῦ χρόνου. "Αν π.χ. ἔχωμε μιὰ χορδὴ ποὺ κάνει 200 δονήσεις στὸ δευτερόλεπτο, δηλαδὴ πηγαινοέρχεται 200 φορὲς σὲ κάθε δευτερόλεπτο, τότε ἀπὸ τὶς δονήσεις αὐτὲς θὺ προκαλοῦνται κάθε δευτερόλεπτο 200 πυκνώματα καὶ 200 ἀραιώματα στὸν ἀέρα, δηλαδὴ 200 ἥχητικὰ κύματα. Γιὰ συντομίᾳ λέμε στὴν περίπτωση αὐτὴ διτὶ δ ἥχος ἔχει συχνότητα διακοσίων κύκλων (200 c) ή διακοσίων χέρτς (200Hz). (Η Μονάδα χέρτς καθιερώθηκε πρὸς τιμὴν τοῦ Γερμανοῦ φυσικοῦ Χέρτς (*Hertz*) καὶ συμβολίζεται ἔτσι : Hz). Καὶ τὰ δύο (δηλαδὴ κύκλοι καὶ χέρτς) σημαίνουν τὸ ἵδιο, διτὶ δηλαδὴ παράγονται διακόσια ἥχητικὰ κύματα στὸ δευτερόλεπτο. Τὴν συχνότητα τὴν συμβολίζομε συνήθως μὲ τὸ γράμμα ν .

"Η ταχύτητα τῶν ἥχητικῶν κυμάτων (v), τὸ μῆκος κύματος (λ) καὶ ἡ συχνότητα τοῦ ἥχου (ν) συνδέονται μὲ τὴν ἐξῆς ἀπλὴ σχέση:

$$v = \lambda \cdot \nu$$

Αὐτὸ τὸ βρίσκομε ἀν σκεψθοῦμε ὡς ἐξῆς: "Ας φαντασθοῦμε διτὶ μποροῦμε νὰ βλέπωμε τὰ ἥχητικὰ κύματα. Τότε, ἀν σταθοῦμε σὲ ἔνα σημεῖο, θὰ παρατηρήσωμε διτὶ περγοῦν ν κύματα σὲ κάθε δευτερόλεπτο, ἀφοῦ v εἶναι ἡ συχνότητα τοῦ ἥχου. "Αν τὸ μῆκος κάθε κύματος εἶναι λ , τότε τὰ v αὐτὰ κύματα ἔχουν μῆκος $\lambda \cdot v$, δηλαδὴ μέσα σὲ ἔνα δευτερόλεπτο τὰ ἥχητικὰ κύματα προχωροῦν κατὰ διάστημα $\lambda \cdot v$. Δηλαδὴ ἡ ταχύτητα τῶν ἥχητικῶν κυμάτων εἶναι $v = \lambda \cdot v$, ἀφοῦ ἡ ταχύτητα ἰσοῦται μὲ τὸ διάστημα ποὺ διαγύεται στὴν μονάδα τοῦ χρόνου.

"Αν δηλαδὴ ἔνας ἡχος ἔχῃ συχνότητα $v = 200\text{ c}$, ἐπειδὴ ἡ ταχύτητα τοῦ ἡχου στὸν ἀέρα είναι $v = 344\text{ m/sec}$, τότε τὸ μῆκος τοῦ κύματος τοῦ ἡχου αὐτοῦ είναι:

$$\lambda = \frac{v}{v} = \frac{344}{200} = 1,72\text{ m.}$$

9.4 Χαρακτηριστικά τοῦ ἡχου.

"Απὸ τὴν καθημερινὴν πείρα γνωρίζομε ὅτι ἔνας ἡχος μπορεῖ νὰ είναι δυνατὸς ἢ ἀσθενής. Τὸ πρῶτο λοιπὸν χαρακτηριστικὸν ποὺ ἔχει ἔνας ἡχος είναι ἡ ἔνταση. Λέμε ὅτι ἔνας δυνατὸς ἡχος ἔχει μεγάλη ἔνταση, ἐνῶ ἔνας ἀσθενής ἡχος ἔχει μικρὴ ἔνταση.

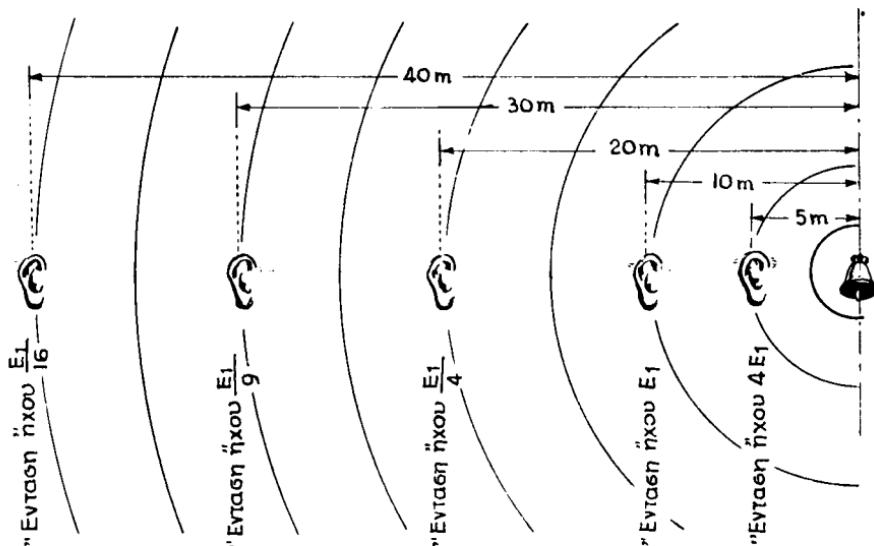
"Ἐπίσης ἔχωρίζομε τοὺς ἡχους σὲ δξεῖς ἢ ὑψηλοὺς (δηλ. μεγάλης συχνότητας) καὶ σὲ χαμηλοὺς (βαθεῖς). "Ετοι λέμε π.χ. ὅτι οἱ γυναικες ἔχουν ὑψηλὴ φωνὴ, ἐνῶ οἱ ἄνδρες χαμηλὴ (βαθεῖα). "Ἐνα ἄλλο λοιπὸν χαρακτηριστικὸν είναι ἂν ὁ ἡχος είναι ὑψηλὸς ἢ χαμηλός· τὸ χαρακτηριστικὸν αὐτὸν στὴν μουσικὴν καὶ στὴν καθημερινὴ δμιλία τὸ λέμε ὕψος τοῦ ἡχου. Τὸ ὕψος τοῦ ἡχου ἐξαρτᾶται ἀποκλειστικὰ ἀπὸ τὴν συχνότητα τοῦ ἡχου. Ὅψηλότεροι ἡχοι ἔχουν μεγαλύτερη συχνότητα καὶ χαμηλότεροι ἡχοι ἔχουν μικρότερη συχνότητα. Γι' αὐτὸν μποροῦμε νὰ χαρακτηρίσωμε τὸ ὕψος ἔνδος ἡχου ἀπὸ τὴν συχνότητά του.

Τὸ τρίτο χαρακτηριστικὸν τοῦ ἡχου είναι ἡ χροιά. "Αν ἀκούσωμε μιὰ νότα ἀπὸ ἔνα βιολί καὶ τὴν ἵδια νότα ἀπὸ ἔνα φλάουτο, καταλαβαίνομε ὅτι αὐτοὶ οἱ ἡχοι δὲν είναι ἵδιοι, παρ' ὅλο ποὺ ἔχουν καὶ οἱ δύο τὴν ἵδια ἔνταση καὶ τὸ ἵδιο ὕψος (δηλαδὴ τὴν ἵδια συχνότητα): λέμε τότε ὅτι οἱ δύο αὗτοὶ ἡχοι ἔχουν διαφορετικὴ χροιά. Τὶς φωνὲς δύο ἀνθρώπων τὶς διαχρίνομε καὶ διότι μποροῦν νὰ ἔχουν διαφορετικὸν ὕψος, κυρίως ὅμως ἐπειδὴ ἔχουν διαφορετικὴ χροιά.

"Οπως ξέρομε, ὅσο πιὸ μακριὰ ἀπὸ τὴν πηγὴν ἔνδος ἡχου πηγαίνομε, τόσο πιὸ δύσκολο είναι νὰ τὸν ἀκούσωμε· αὐτὸν σημαίνει ὅτι ὅσο ἀπομακρύνμαστε ἀπὸ τὴν ἡχητικὴ πηγή, τόσο ἡ ἔνταση

τοῦ ήχου μικραίνει.. Μάλιστα σὲ διπλάσια ἀπόσταση ἡ ἐνταση ἔλαττώνεται στὸ $1/4$, σὲ τριπλάσια ἀπόσταση στὸ $1/9$ σὲ τετραπλάσια στὸ $1/16$ κ.ο.κ. (σχ. 9·4 α).

Σχετικὴ μὲ τὸ ὑψός τοῦ ήχου ἀναφέρομε ὅτι ὁ πιὸ βαθὺς ήχος, ποὺ μπορεῖ νὰ ἀκούσῃ τὸ ἀνθρώπινο αὐτή, εἶναι περίπου συχνότητας 20 c/s , ἐνῶ ὁ ὑψηλότερος ποὺ μπορεῖ νὰ ἀκούσῃ εἶναι συ-

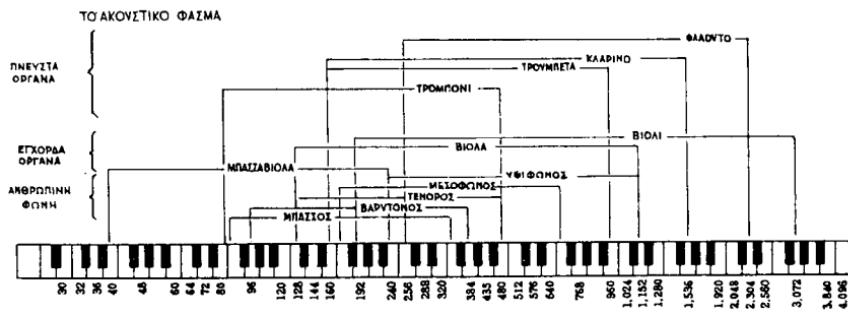


Σχ. 9·4 α.

Μείωση τῆς ἐντάσεως τοῦ ήχου καθὼς ἡ ἀπόσταση αὐξάνεται.

χνότητας $25\,000\text{ c/s}$ περίπου. Δονήσεις συχνότητας μεγαλύτερης ἀπὸ $25\,000\text{ c/s}$ ἢ μικρότερης ἀπὸ 20 c/s δὲν μπορεῖ νὰ τὶς αἰσθανθῇ τὸ ἀνθρώπινο αὐτή. Δονήσεις συχνότητας κάτω τῶν 20 c/s τὶς λέμε ὑπόηχους, ἐνῶ δονήσεις συχνότητας μεγαλύτερης τῶν $25\,000\text{ c/s}$ τὶς λέμε ὑπέρηχους. Οἱ ὑπέρηχοι ἔχουν μεγάλη ἐφαρμογὴ τὰ τελευταῖα χρόνια στὴν τεχνικὴ καὶ χρησιμοποιοῦνται στὴ βιομηχανία, στὴν ιατρική, σὲ πολεμικὲς μηχανὲς καὶ σὲ πολλὲς ἄλλες περιπτώσεις.

Στήν μουσική δὲν χρησιμοποιούνται δύοι οι ήχοι που μπορεῖ νὰ ἀκούσῃ τὸ ἀνθρώπινο αὐτί, ἀλλὰ κυρίως αὐτοὶ που ἔχουν συχνότητες ἀπὸ 40 c/s ἕως 4 000 c/s. Τὸ σχῆμα $9 \cdot 4 \beta$ δείχνει παραστατικὰ τὶς συχνότητες τῶν ήχων που παράγουν τὰ διάφορα μουσικὰ ὅργανα καθὼς καὶ ἡ ἀνθρώπινη φωνή.



$\Sigma\chi$. 9.4 β .

Διάγραμμα τῶν συχνοτήτων τῶν ἡχών ποὺ παράγουν τὰ διάφορα μουσικά δργανα, καθὼς καὶ ἡ ἀνθρώπινη φωνή.

9.5 Ἀνάκλαση τοῦ ἥχου — Ἡχώ καὶ ἀντήχηση.

“Ολοι θὰ ἔχωμε παρατηρύσει ὅτι ἀν στεκόμαστε σὲ κάποια
ἀπόσταση μπροστά ἀπὸ ἕνα τοῖχο καὶ φωνάξωμε, ἀκοῦμε μετὰ
ἀπὸ ἕνα μικρὸ χρονικὸ διάστημα τὴν φωνή μας νὰ ἔρχεται ἀπὸ
τὸν τοῖχο· εἶναι τὸ γνωστὸ καὶ ἀπὸ τὴν καθηγμερινὴ ζωὴ φαινό-
μενο ποὺ τὸ λέμε ήχω. Ἡ ηγὼ ὑφείλεται στὸ γεγονὸς ὅτι τὰ
ηγητικὰ κύματα ὅταν συναντοῦν ἔνα ἐμπόδιο γυρίζουν πίσω, κατὰ
τὸν ἵδιο περίπου τρόπο ἐπως καὶ ἕνα τόπι ποὺ τὸ ρίχνομε σὲ ἔνα
τοῖχο. Λέμε τότε ὅτι τὰ ηγητικὰ κύματα ἀνακλῶνται. Γιὰ νὰ
διακρίνωμε ὅμως τὴν ηγὼ, πρέπει νὰ στεκόμαστε σὲ ἀρκετὴ ἀπό-
σταση ἀπὸ τὸν τοῖχο ὅπου ἀνακλῶνται τὰ ηγητικὰ κύματα.
Αὐτὸ συμβαίνει διότι τὸ ἀνθρώπινο αὐτὶ δὲν μπορεῖ νὰ ξεχωρίσῃ
ἄν πρόκειται γιὰ ἔναν ηγὸ ή γιὰ δύο, παρὰ μόνο ἀν περάση τού-
λαχιστὸν ἔνα δέκατο του δευτερολέπτου μεταξὺ δύο ηγῶν. Ἀπὸ
αὐτὸ προκύπτει ὅτι γιὰ νὰ μπορέσῃ δ ἀνθρωπος νὰ διακρίνῃ τὴν

ήχω, πρέπει δ χρόνος, ἀπὸ τὴν στιγμὴν ποὺ θὰ φωνάξῃ ὡς τὴν στιγμὴν ποὺ θὰ γυρίζῃ πίσω δ ἥχος στ' αὐτιά του, νὰ είναι τούλαχιστον ἔνα δέκατο τοῦ δευτερολέπτου. Ο ἥχος μέσα σ' αὐτὸν χρονικὸ διάστημα προφθαίνει νὰ τρέξῃ διάστημα:

$$s = v \cdot t = 344 \text{ m/sec} \cdot \frac{1}{10} \text{ sec} = 34,4 \text{ m}$$



Σχ. 9·5 α.

Όταν δ ἄνθρωπος φωνάξῃ σὲ ἀπόσταση μεγαλύτερη ἀπὸ 17 μέτρα ἀπὸ τὸν τοῖχο, ἔνανακούει τὴ φωνὴ του καθὼς ἀναλάται στὸν τοῖχο καὶ γυρίζει πίσω.

Δηλαδὴ δ τοῖχος πρέπει νὰ βρίσκεται τουλάχιστον 17 m περίπου μακριὰ ἀπὸ τὸν ἄνθρωπο, γιὰ νὰ μπορεῖ αὐτὸς νὰ ἀκούσῃ τὴν ἥχω (σχ. 9·5 α).

"Αν δ ἄνθρωπος στέκεται σὲ ἀπόσταση μικρότερη ἀπὸ 17 m ἀπὸ τὸν τοῖχο, τότε δὲν μπορεῖ νὰ διακρίνῃ τὸν ἀνακλώμενο ἥχο ἀπὸ τὸν ἀρχικὸν καὶ τοῦ φαίνεται σὰν νὰ ἀκούῃ ἔνα βουγτό. Τέ

φαινόμενο αὐτὸς ποὺ δὲν ἀκούεται καθαρὰ ὁ ἀνακλώμενος ἡχος, τὸ λέμε ἀντήχηση. Ἀντήχηση παρατηροῦμε σὲ μερικὲς ἐκκλησίες, ὅπου μπορεῖ νὰ φάλλη μόνο ἔνας φάλτης, ἀλλὰ ἡ φωνὴ του ἀντηχεῖ μέσα στὴν ἐκκλησία καὶ μᾶς φαίνεται ὅτι ἡ ἐκκλησία βουτζεῖ δλόκληρη. Ἡ ἀντήχηση μπορεῖ νὰ εἶναι μερικὲς φορὲς εὐχάριστη ὅταν ἀκοῦμε μουσική, εἶναι ὅμως δυσάρεστη ἀν ἀκοῦμε δμιλία, διότι τότε συγχέονται: οἱ συλλαβὲς καὶ εἶναι δύσκολο νὰ καταλάβωμε τί λέει δ ὅμιλητής.

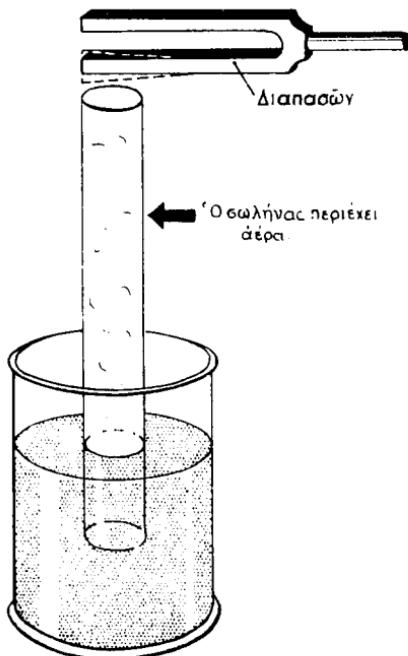
Τὴν ἡχῶ καὶ τὴν ἀντήχησην πρέπει νὰ τὴν λαμβάνουν οἱ μηχανικοὶ ὑπ' ὄψη τους ὅταν κατασκευάζουν αἴθουσες θεάτρων ἢ κινηματογράφων, ὥστε νὰ μπορῇ κανεὶς νὰ ἀκούῃ σὲ δλα τὰ σημεῖα τῆς αἴθουσας ἀρκετὰ δυνατὰ καὶ καθαρά. Οἱ ἀρχαῖοι Ἕλληνες γνώριζαν πολὺ καλὰ τὴν τέχνην αὐτὴν γιὰ τὰ θέατρά τους. Τὸ πιὸ καλὸ ἵσως παράδειγμα ἀκουστικῆς ἀρχαίου θεάτρου εἶναι τὸ θέατρο τῆς Ἐπιδαύρου, ὅπου ἀκούει κανεὶς τοὺς ἡθοποιοὺς θαυμάσια, ἀκόμα καὶ ἀπὸ τὶς πιὸ ὑψηλὲς θέσεις, ἔστω καὶ ἀν ψιθυρίζουν. Τὸ φαινόμενο αὐτὸς τὸ ἔχουν ὑπ' ὄψη τους τελευταίως οἱ μηχανικοὶ ὅταν κατασκευάζουν ἐργοστάσια καὶ κατορθώνουν, ὥστε ἐθόρυβος ποὺ προκαλεῖται ἀπὸ τὰ διάφορα μηχανήματα, νὰ μὴ γίνεται ἀφόρητος.

9·6 Συντονισμός.

"Αν τοποθετήσωμε δύο ἵδιες χορδές, δηλαδὴ τοῦ ἵδιου μήκους καὶ ἵδιας διατομῆς, ἀπὸ τὸ ἵδιο ὄλικὸ καὶ ἔξ ἵσου τεντωμένες τὴν μιὰ κοντὰ στὴν ἄλλη καὶ σύρωμε ἐπάνω στὴν μιὰ ἔνα δοξάρι ὥστε νὰ ἀρχίσῃ νὰ δονῆται καὶ νὰ παράγει ἡχο, θὰ παρατηρήσωμε δτι δονεῖται καὶ ἡ ἄλλη χορδὴ καὶ παράγει καὶ αὐτὴ τὸν ἵδιο ἡχο. Τὸ φαινόμενο αὐτὸς τὸ λέμε συντονισμό καὶ τὸ παρατηροῦμε πάντα ὅταν παράγεται ἔνας ἡχος κοντὰ σὲ ἔνα σῶμα ποὺ μπορεῖ νὰ παράγῃ καὶ τὸ ἵδιο ἡχο. Δηλαδὴ, ἂν στὸ παράδειγμα ποὺ εἴπαμε πιὸ ἐπάνω, ἡ δεύτερη χορδὴ δὲν ἡταν ἵδια μὲ

τὴν πρώτη, δηλαδὴ ἂν εἶχε διαφορετικὸ μῆκος ἢ ἂν ἦταν περισσότερο ἢ λιγότερο τεντωμένη, δὲν θὰ ἀρχίζει νὰ δονῆται καθόλου καὶ ἐπομένως δὲν θὰ προκαλοῦσε καὶ ἥχο.

"Ενα πολὺ εύκολο παράδειγμα τοῦ συντονισμοῦ μπορεῖ νὰ δοῦμε ἂν ἀνοίξωμε τὸ κάλυμμα ἐνὸς πιάνου καὶ παράγωμε μιὰ



Σχ. 9·6 α.

Σὲ μιὰ ὁρισμένη θέση τοῦ σωλήνα δὲν οὐσία τοῦ διαπασῶν ἀκούεται πολὺ πιὸ δυνατά.

νότα κοντά στὶς χορδές του. Θὰ ἀκούσωμε τέτει ὅτι μία ὁρισμένη χορδὴ τοῦ πιάνου παράγει τὴν ἵδια νότα ποὺ ἔχομε παράγει καὶ ἐμεῖς. Αὐτὸ δυνατόν είναι, διότι λόγω τοῦ συντονισμοῦ ἀρχίζει νὰ δονῆται ἡ χορδὴ τοῦ πιάνου ποὺ παράγει τὴν νότα ποὺ ἔχομε παράγη. (Γιὰ νὰ ἐπιτύχῃ τὸ πείραμα πρέπει νὰ ἐλευθερώσωμε τὶς χορδὲς τοῦ πιάνου, πατώντας τὸ δεξὶ πεντάλι).

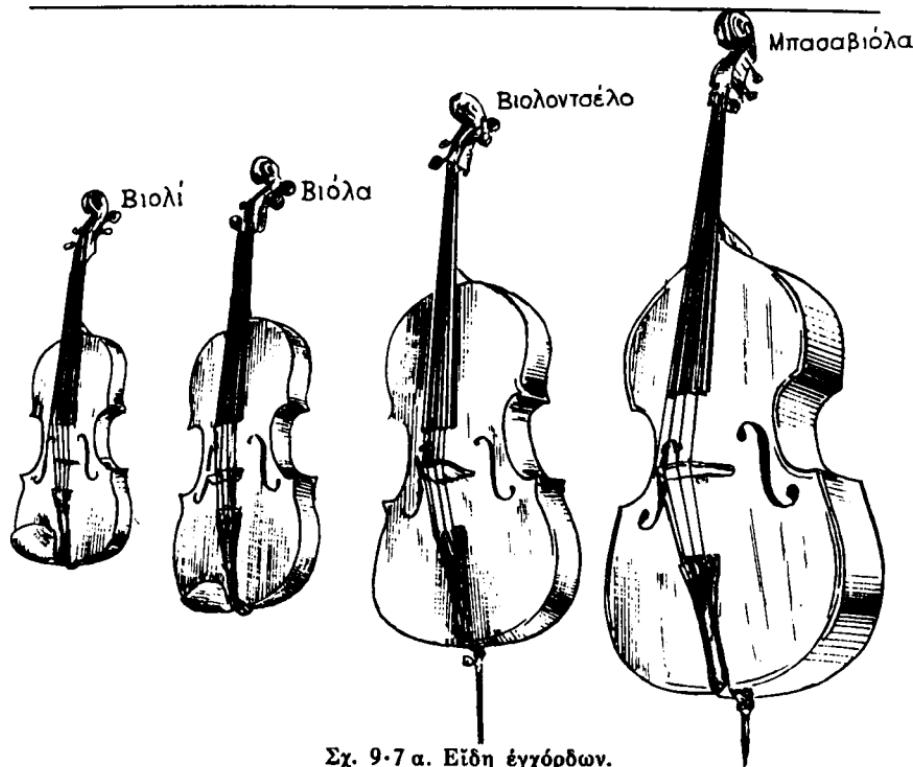
"Αλλο ἀπλὸ παράδειγμα εἶναι αὐτὸ ποὺ εἰκονίζει τὸ σχῆμα 9·6 α. 'Ο σωλήνας τοῦ σχήματος εἶναι ἀγοικτὸς καὶ στὶς δύο ἄκρες καὶ τὸν βυθίζομε ἀλλοτε περισσότερο καὶ ἀλλοτε λιγότερο μέσα στὸ νερό.' Επάνω ἀπὸ τὸν σωλήνα κρατοῦμε ἔνα διαπασῶν, τὸ δποτο δονεῖται καὶ παράγει ἥχο. (Τὸ διαπασῶν εἶναι ἔνα ὅργανο ἀπὸ χάλυβα μὲ τὴν μορφὴν ποὺ δείχνει τὸ σχῆμα καὶ τὸ δποτο παράγει ἥχο ὅταν τὸ κτυπήσωμε). Καθὼς λοιπὸν ἀνεβοκατεβάζομε τὸν σωλήνα, παρατηροῦμε δτὶ σὲ μιὰ θέση τοῦ σωλήνα δ ἥχος, ποὺ παράγει τὸ διαπασῶν ἀκούεται πολὺ δυνατότερα παρὰ σὲ δλες τὶς ἄλλες θέσεις. Αὐτὸ συμβαίνει διότι στὴν θέση αὐτῇ συντονίζεται δ ἀέρας μέσα στὸ σωλήνα μὲ τὸν ἥχο τοῦ διαπασῶν." Ετοι ἀρχίζει νὰ δονήται: ἔγτονα δ ἀέρας ποὺ εἶναι μέσα στὸ σωλήνα.

9.7 Πηγὲς τοῦ ἥχου - Μουσικὰ ὅργανα.

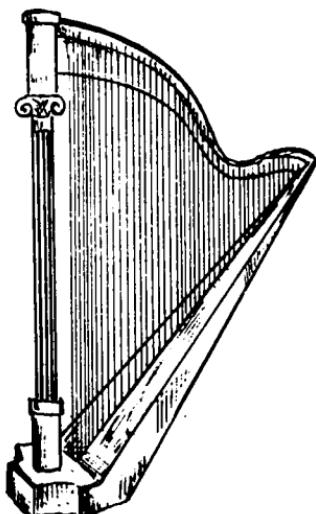
Στὴν πρώτη παράγραφο τοῦ Κεφαλαίου αὐτοῦ ἀναφέραμε μερικοὺς τρόπους παραγωγῆς ἥχου (χορδή, στερεωμένο ξυραφάκι, κλπ.). Τοὺς ἥχους τοὺς διακρίνομε σὲ δύο εἰδῆ: σὲ τόνους ἢ φυλόγγους καὶ σὲ κρότους. 'Ο τόνος ἔχει μία ἐντελῶς καθορισμένη συχνότητα καὶ γενικὰ εἶναι εὐχάριστος νὰ τὸν ἀκούῃ κανεῖς, ἐνῶ δ κρότος δὲν ἔχει καθορισμένη συχνότητα εἶναι ἀκατάστατος. εἶναι ἔνα ἀνακάτεμα διαφόρων συχνοτήτων καὶ συνήθως εἶναι δυσάρεστος στὸ αὐτό.

Τὰ μουσικὰ ὅργανα παράγουν ἥχους ποὺ εύχαριστοὺν τὸ ἀνθρώπινο αὐτό. Δηλαδὴ παράγουν τόνους καὶ δχι κρότους. 'Ψάρχουν τριῶν εἰδῶν μουσικὰ ὅργανα. Αὐτὰ εἶναι:

—Τὰ ἔγχορδα. Εἶναι τὰ ὅργανα ποὺ ἔχουν χορδές. Τέτοια ὅργανα εἶναι τὸ βιολί, ἡ βιόλα, τὸ βιολοντσέλο, ἡ μπασαβιόλα. (σχ. 9·7 α). Τὰ ὅργανα αὐτὰ μοιάζουν τὸ ἔνα μὲ τὸ ἄλλο, ἔχουν ὅμιλας διαφορετικὰ μεγέθη. Τὸ βιολί, ποὺ εἶναι τὸ μικρότερο, παράγει πιὸ ὑψηλοὺς ἥχους ἐνῶ ἡ μπασαβιόλα ποὺ εἶναι ἡ μεγαλύτερη, παράγει βαθύτερους. Σὲ ὅλα αὐτὰ τὰ ὅργανα δ ἥχος παράγεται καθὼς σέρνομε ἔνα δοξάρι ἐπάνω στὶς χορδὲς τῶν δργάνων. 'Ο ἥχος ποὺ παράγεται γίνεται ὑψηλότερος ἡ χαμηλότερος, γιατὶ



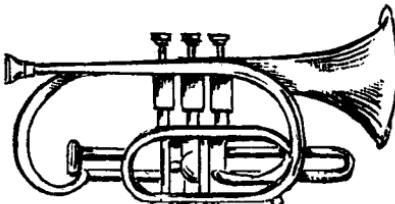
Σχ. 9·7 α. Εἰδη ἐγχόρδων.



Σχ. 9·7 β. Ἄρπα.

καθὼς πατοῦμε τὶς χορδὲς μὲ τὸ δάκτυλο σὲ διάφορες ἀποστάσεις ἀπὸ τὸ σημεῖο ὃπου σύρομε τὸ δοξάρι, τὶς κάνομε κοντύτερες ἢ μακρύτερες. Ἐπίσης ἔγχορδα ὅργανα εἰναι ἡ κιθάρα, τὸ μαντολίνο κ.ἄ. Στὴν κιθάρα καὶ τὸ μαντολίνο παράγομε ἥχους καθὼς τραβοῦμε τὶς χορδὲς μὲ τὸ δάκτυλο ἢ μὲ ἔνα πεννάκι. Τὸ ὄφος τοῦ ἥχου κανονίζεται καὶ σ' αὐτὰ ἀπὸ τὸ σημεῖο στὸ δόποιο πατοῦμε τὴν χορδὴν μὲ τὰ δάκτυλα τοῦ ἀριστεροῦ χεριοῦ.

Ἄλλο ἔγχορδο ὅργανο εἰναι ἡ ἄρπα (σχ. 9·7 β). Ἡ ἄρπα ἔχει πολλὲς χορδὲς, οἵ δόποιες παράγουν ἥχο, ὅταν τὶς τραβοῦμε μὲ τὰ δάκτυλα. Οἱ χορδὲς ἔχουν κατάλληλο μῆκος καὶ ὅριο ὡς τὸ δόποιο μποροῦν νὰ τεντωθοῦν, ὥστε νὰ παράγουν ἡ κάθε μιὰ



Σχ. 9·7 γ.



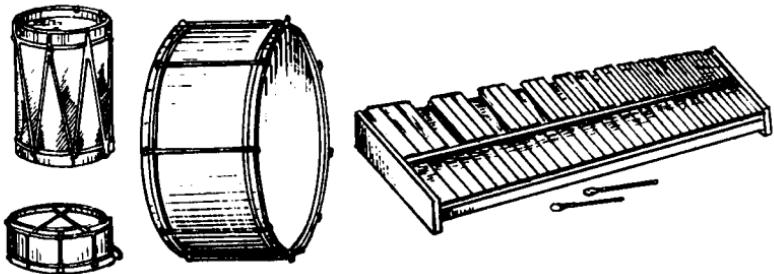
Σχ. 9·7 δ. Κλαρίνο.

διαφορετικὸν ἥχο. Χορδὲς ποὺ παράγουν διαφορετικὸν ἥχο ἔχει καὶ τὸ πιάνο. Ἔνας μηχανισμὸς μοχλῶν συνδέει τὰ ὅριζόντια πλήκτρα, ποὺ πιέζομε μὲ τὰ δακτυλά μας, μὲ εἰδικὰ κατακόρυφα πλήκτρα ποὺ κτυποῦν τὶς χορδές.

—Τὰ πνευστὰ λέμε τὰ ὅργανα ἐκεῖνα ποὺ παράγουν ἥχο ὅταν φυσοῦμε ἀέρα σὲ δρισμένη θέση μέσα σ' αὐτά. Τέτοια ὅργανα εἰναι ἡ σάλπιγγα (σχ. 9·7 γ), τὸ κλαρίνο (σχ. 9·7 δ), ἡ φυσαρμόνικα κ.ἄ. Ὁ ἥχος σὲ ἄλλα ἀπὸ τὰ ὅργανα αὐτὰ (σάλπιγγα) γίνεται ἀπὸ τὰ χείλη αὐτοῦ ποὺ παίζει τὸ ὅργανο, ἐνῶ σὲ ἄλλα ἀπὸ μιὰ γλωσσίδα ποὺ πάλλεται καθὼς φυ-

σοῦμε. Στὸ κλαρίνο ἡ γλωσσίδα εἰναι; μιὰ μόνο καὶ δ ἥχος μετα-
θάλλεται δταν ἀνοίγωμε καὶ κλείνωμε δρισμένες τρύπες, ποὺ ὑπάρ-
χουν ἐπάνω στὸ σῶμα τοῦ δργάνου. Στὴ φυσαρμόνικα οἱ γλώσσιδες
εἰναι; πολλὲς καὶ κάθε μία παράγει ἔχωριστὸ ἥχο.

—Τὰ κρουστά. Κρουστὰ λέμε τὰ δργανα ἐκεῖνα, στὰ δποῖα
δ ἥχος παράγεται δταν τὰ κτυπήσωμε (κρούσωμε) σὲ δρισμένη
θέση. Τέτοια δργανα εἰναι; π.χ. τὰ διάφορα τύμπανα (σχ. 9·7ε),
τὸ ξυλόφωνο (σχ. 9·7ζ) κλπ. Τὰ τύμπανα παράγουν πάντα ἔνα
μόνο ἥχο, τὸν δποῖο δμως μποροῦμε νὰ κάνωμε δψηλότερο ἢ χα-
μηλότερο τεντώνοντας περισσότερο ἢ λιγότερο τὴ μεμβράνη τους.
Τὸ ξυλόφωνο, δπως φαίνεται καὶ στὸ σχῆμα, ἀποτελεῖται ἀπὸ



Σχ. 9·7 ε.

Σχ. 9·7 ζ.

πολλὰ κομμάτια ἔύλο, τὰ δποῖα δταν τὰ κτυποῦμε παράγουν τὸ
καθένα διαφορετικὸ ἥχο. Οἱ ἥχοι ποὺ παράγονται ἀπὸ τὰ κρου-
στὰ δὲν ἔχουν καλὴ χροιά.

Βέβαια ὑπάρχουν πολὺ περισσότερα δργανα ἀπὸ αὐτὰ ποὺ
ἀναφέραμε ἔδω. Ἀναφέραμε μόνο μερικὰ μουσικὰ δργανα σὰν πα-
ράδειγμα ἐφαρμογῶν τῆς Ἀκουστικῆς. Πάντως τὰ περισσότερα
δργανα ἀνήκουν σὲ μιὰ ἀπὸ τὶς τρεῖς κατηγορίες ποὺ εἴπαμε καὶ
λειτουργοῦν δπως τὰ δργανα ποὺ ἀναφέραμε.

Μία δρχήστρα ἀποτελεῖται ἀπὸ πολλὰ δργανα, ἔχηρδα,
πνευστὰ καὶ κρουστὰ καὶ ἔτσι μπορεῖ νὰ συνδυάσῃ τοὺς ἥχους ποὺ
παράγουν οἱ διάφορες αὐτὲς κατηγορίες δργάνων, ὥστε νὰ ἀποδώ-
σῃ μιὰ μουσικὴ σύνθεση κατὰ τὸν καλύτερο τρόπο.

ΕΚΤΟ ΜΕΡΟΣ

ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

10.1 Γενικά για τὴν θερμότητα.

Τὸ καλοκαῖρι αἰσθανόμαστε ζέστη καὶ τὸ χειμῶνα κρύο.
Οταν πλησιάσωμε σὲ μία θερμάστρα ζεσταινόμαστε καὶ δταν ἐγγίξωμε πάγο αἰσθανόμαστε κρύο. Ἡ αἰτία ποὺ μᾶς προκαλεῖ τὴν αἰσθηση τῆς ζέστης καὶ τοῦ κρύου λέγεται θερμότητα.

Ολοι γνωρίζομε τὰ θερμόμετρα. Πολλὲς φορὲς τὰ ἔχομε χρησιμοποιήσει, π.χ. δταν μετροῦμε τὴν θερμοκρασία ἐνδὸς ἀρρώστου ποὺ ἔχει πυρετό. Μὲ τὰ θερμόμετρα ἐπίσης μετροῦμε τὴν θερμοκρασία τοῦ ἀέρα. Ἡ θερμοκρασία αὐτὴ εἶναι διαφορετικὴ σὲ διαφόρους τόπους καὶ ἐποχὲς (δηλαδὴ ἄλλη εἶναι τὸν χειμῶνα καὶ ἄλλη τὸ καλοκαῖρι).

Τὸ θερμόμετρο, δταν βρίσκεται σὲ ἐπαφὴ μὲ ἓνα ζεστὸ σῶμα, θερμαίνεται, δηλαδὴ ἀπὸ κρύο γίνεται ζεστό. Στὸ τέλος καὶ τὰ δύο σώματα γίνονται τὸ ἵδιο ζεστὰ ἢ κρύα καὶ ἀποκτοῦν τὴν ἵδια θερμοκρασία.

Αν πάρωμε δύο δοχεῖα, ποὺ τὸ ἓνα περιέχει ζεστὸ καὶ τὸ ἄλλο κρύο νερὸ καὶ ἀναμίξωμε τὸ περιεχόμενό τους, θὰ δοῦμε δτι τὸ μίγμα ποὺ προκύπτει ἔχει κάποια ἐνδιάμεση θερμοκρασία. Θὰ παρατηρήσωμε μάλιστα δτι ἡ θερμοκρασία τοῦ μίγματος πλησιάζει περισσότερο πρὸς τὴν θερμοκρασία τοῦ μεγαλυτέρου δοχείου.

Ἐτσι, ἀν πάρωμε ἓνα ποτῆρι νερὸ θερμοκρασίας 80°C καὶ τὸ ἀναμίξωμε μὲ ἓνα δμοιο ποτῆρι νερὸ θερμοκρασίας 20°C , θὰ δοῦμε δτι ἡ θερμοκρασία τοῦ μίγματος εἶναι 50°C . Αν τώρα

τὸ ἵδιο ποτῆρι μὲν νερὸν θερμοκρασίας $80^{\circ}C$ τὸ ἀναμέζωμε μὲν δύο ποτῆρια νερὸν τῶν 20° , ἡ θερμοκρασία τοῦ μίγματος θὰ εἰναι $40^{\circ}C$ καὶ ἂν τὸ ἀναμέζωμε μὲν τέσσερα ποτῆρια νερόν, ποὺ τὸ κάθε ἔνα ἔχει θερμοκρασία $20^{\circ}C$, ἡ θερμοκρασία τοῦ μίγματος θὰ εἰναι $32^{\circ}C$. "Αν, τέλος, χύσωμε τὸ νερὸν τοῦ ποτηριοῦ μέσα σὲ ἔναν κάδο κρύο νερόν, τότε τὸ νερὸν μέσα στὸν κάδο θὰ ζεσταθῇ βέβαια λίγο, ἀλλὰ τόσο λίγο, ποὺ δὲν θὰ μποροῦμε νὰ τὸ καταλάβωμε.

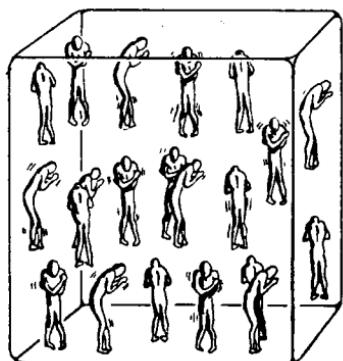
Μετὰ ἀπὸ αὐτὰ ποὺ εἴπαμε, εἰναι πιὰ εὔκολο νὰ καταλάθωμε τὴν θερμότητα. Θερμότητα δύνομάζομε τὴν αἰτία ποὺ κάνει τὰ σώματα νὰ εἰναι περισσότερο γῆρας τοῦ θερμά. "Οσο περισσότερη θερμότητα παραλαμβάνει ἔνα σῶμα, τόσο γῆρας θερμοκρασία του γίνεται πιὸ μεγάλη. "Ένα μεγάλο σῶμα γιὰ νὰ ζεσταθῇ σὲ δρισμένη θερμοκρασία, χρειάζεται περισσότερη θερμότητα ἀπὸ ἔνα μικρό. Στὸ προηγούμενο παράδειγμα τὸ ποτῆρι μὲν τὸ ζεστὸ νερὸν είχε καὶ στὶς τέσσερις περιπτώσεις τὴν ἵδια θερμότητα, ἡ θερμότητα δημιουργούσε νὰ θερμάνῃ ἔνα ποτῆρι κρύο νερὸν ὥστε τοὺς $50^{\circ}C$, δημιουργεῖ νὰ θερμάνῃ τέσσερα ποτῆρια νερὸν μόνον ὥστε τοὺς $32^{\circ}C$ καὶ δὲν θέρμανε παρὰ ἀνεπαίσθητα τὸν κάδο τοῦ κρύου νεροῦ.

Πολλὰ φαινόμενα μᾶς πείθουν ὅτι γῆρας θερμότητα εἰναι ἀποτέλεσμα τῆς κινήσεως τῶν μορίων τῶν σωμάτων, ποὺ γίνεται κατὰ τρόπο ἀτακτο, δημιουργούσεις μας εἰναι ἀδύνατο νὰ ἀντιληφθοῦμε αὐτὲς τὶς κινήσεις, ἀφοῦ φυσικὰ δὲν μποροῦμε νὰ δούμε τὰ μόρια. "Αλλὰ εἰναι βέβαιο ὅτι γῆρας θερμοκρασίας ἐνδεικνύεται στὴν κινητικότητα τῶν μορίων του.

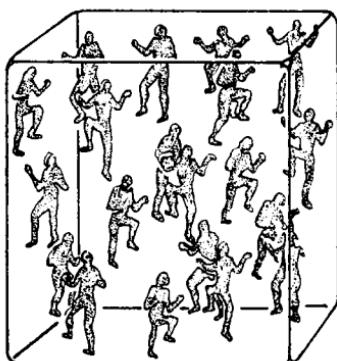
"Οταν τὸ σῶμα εἰναι ζεστό, τὰ μόριά του κινοῦνται ζωηρά. "Οταν τὸ σῶμα εἰναι χλιαρὸν γῆρας θερμοκρασίας εἰναι λιγότερο

ζωηρή καὶ δταν τὸ σῶμα εἶναι φυχρό, τὰ μόριά του κινοῦνται ἔλαχιστα.

Στὸ σχῆμα 10·1 α φαίνεται παραστατικὰ αὐτὴ ἡ κίνηση τῶν μορίων στὶς διάφορες θερμοκρασίες. Τὰ μόρια τὰ παρομοιά-



1. ΚΡΥΟ



2. ΧΛΙΑΡΟ



3. ΘΕΡΜΟ

Σχ. 10·1 α.

“Οσο θερμότερο εἶναι ἔνα σῶμα, τόσο ἐντονώτερες καὶ ταχύτερες εἶναι οἱ κινήσεις τῶν μορίων.

ζοιμε ἐδῶ μὲ ζωντανοὺς ἀνθρώπους, ποὺ βρίσκονται μέσα σ’ ἔνα κλειστὸ χώρο. Ἡ θερμοκρασία τοῦ χώρου γίνεται ὑψηλὴ δταν οἱ κινήσεις τῶν ἀνθρώπων (μορίων) γίνονται ζωηρὲς καὶ γρήγορες.

Αντιστρόφως ή θερμοκρασία τοῦ χώρου ἐλαττώνεται, δταν η κινητικότητά τους ἐλαττώνεται.

10·2 Παραγωγὴ καὶ πηγὲς τῆς θερμότητας.

Υπάρχουν πολλὲς πηγὲς θερμότητας. Ή πιὸ σημαντικὴ ἀπ' ὅλες εἰναι δῆλος (σχ. 10·2 α), δ ὅποῖς μάλιστα εἰναι η



Σχ. 10·2 α.

Ο δῆλος εἰναι η πιὸ σημαντικὴ πηγὴ θερμότητας.

μεγαλύτερη πηγὴ θερμότητας γιὰ τὴν Γῆ ἀν καὶ δὲν μποροῦμε τὴν θερμότητά του νὰ τὴν χρησιμοποιήσωμε πολὺ εὔκολα καὶ ἀμεσα στὶς μηχανές μας.

Οἱ ἄνθρωποι ἀπὸ τὴν προϊστορικὴ ἐποχὴ ὧς σήμερα καλύ- πτουν τὶς περισσότερες ἀνάγκες τους σὲ θερμότητα χρησιμοποι- ὤντας μιὰ ἄλλη πηγὴ θερμότητας, τὴν φωτιά, δηλαδὴ καίοντας διάφορα ὄλικὰ (ξύλα, κάρβουνα, πετρέλαιο κλπ.). Ή φωτιὰ εἰναι τὸ ἀποτέλεσμα μιᾶς χημικῆς μεταβολῆς ποὺ προκαλεῖ θερμότητα.

Ἐπομένως στὴν περίπτωση αὐτὴ ἔχομε παραγωγὴ θερμότη- τας ἀπὸ τὴν χημικὴ ἐνέργεια ποὺ ἔχουν τὰ σώματα ποὺ καίομε.

Ἄλλη πολὺ συνηθισμένη πηγὴ ποὺ παράγει θερμότητα εἰναι η ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια. Ὁπως εἰναι γνωστό, τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα περνῶντας ἀπὸ ἔνα λεπτὸ μεταλλικὸ σύρμα τὸ θερμαίνει. Αὐτὴν τὴν ἴδιότητα τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος τὴν χρησιμοποιοῦμε στὶς

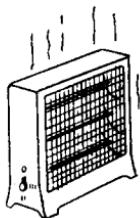
ήλεκτρικές κουζίνες, στά ήλεκτρικά σίδερα, τά ήλεκτρικά μπολίκια, τίς ήλεκτρικές θερμάστρες (σχ. 10·2 γ).

Μπορούμε δημοσίευσης και από μηχανικό έργο να παράγωμε θερμότητα. Τὸ έργο ποὺ καταναλίσκουν οἱ τριθές, δπως ξέρομε, γίνεται θερμότητα. Τὸ φαινόμενο μάλιστα αὐτὸ εἰναι πολλὲς φορὲς πολὺ ἀνεπιθύμητο, γιατὶ προκαλεῖ σπατάλη τοῦ μηχανικοῦ ἔργου, ποὺ εἰναι συνήθως πιὸ χρήσιμη καὶ πολύτιμη μορφὴ ἐνεργείας ἀπὸ τὴν θερμότητα. Σὰν παράδειγμα ἀναφέρομε τὸ πριόνι, ποὺ ὅταν κόβῃ ξύλα η μέταλλα ζεσταίνεται. Τὸ τριπάνι ἐπίσης ζεσταίνεται κατὰ



Σχ. 10·2 β.

Παραγωγὴ θερμότητας ἀπὸ τὴν χημικὴ ἐνέργεια τοῦ καυσίμου.



Σχ. 10·2 γ.

Παραγωγὴ θερμότητας ἀπὸ ηλεκτρικὴ ἐνέργεια· (ήλεκτρικὴ θερμάστρα).

τὸ τρύπημα ξύλων η μετάλλων καὶ μάλιστα πολλὲς φορὲς καταστρέφεται ἀπὸ τὴν ὑπερθέρμανση. Θερμότητα ἐπίσης ἀναπτύσσεται ἀν τρίψωμε δυνατὰ τὰ χέρια μας, τὸ ἕνα μὲ τὸ ἄλλο.

Τέλος, τὰ τελευταῖα χρόνια βρέθηκε καὶ ἄλλη πηγὴ θερμό-

τητας, ή πυρηνική (άτομική) ένέργεια. Ή ένέργεια αύτη προέρχεται από τὴν ἀλλαγὴν ποὺ γίνεται στὴν μορφὴ τῶν πυρήνων δρισμένων χημικῶν στοιχείων.

Η πυρηνική ένέργεια εἶναι μία σημαντικὴ πηγὴ θερμότητας. Εφαρμογὴ τῆς ἀλλαγῆς αύτῆς στὸν πυρῆνας τῶν ἀτόμων εἶναι όχι μόνο οἱ ἀτομικὲς βόμβες, ἀλλὰ καὶ τὰ πυρηνικὰ ἔργοστάσια (πυρηνικοὶ ἀντιδραστῆρες), ποὺ κατασκευάζονται σ' ὅλο τὸν κόσμο γιὰ νὰ ἐκμεταλλευθοῦν τὴν πυρηνικὴ ένέργεια γιὰ εἰρηνικοὺς σκοπούς.

Απὸ ὅλα αὐτὰ τὰ παραδείγματα βλέπομε ὅτι η θερμότητα ἔχει σχέση μὲ τὸ μηχανικὸ ἔργο, τὴν γήλεκτρικὴ ένέργεια, τὴν χημικὴ ένέργεια κλπ. καὶ εἶναι καὶ η ἵδια μιὰ μορφὴ ένεργείας.

Πρέπει νὰ τονισθῇ ὅτι σὰν ένέργεια ἀξίζει πολὺ λιγότερο απὸ τὶς ἄλλες, γιατὶ ἐνῶ π.χ. τὸ μηχανικὸ ἔργο μετατρέπεται εύκολα καὶ δλοκληρωτικὰ σὲ θερμότητα, λ.χ. μὲ τὴν τριβή, η θερμότητα μετατρέπεται πιὸ δύσκολα σὲ ἔργο.

Ο ἄνθρωπος μόλις τὸν περασμένο αἰώνα κατώρθωσε νὰ κατασκευάσῃ ἀξιόλογες μηχανές, δπως οἱ ἀτμομηχανὲς καὶ οἱ μηχανὲς ἐσωτερικῆς καύσεως, ποὺ μετατρέπουν τὴν θερμότητα σὲ κινητήριο ἔργο.

11·1 Διαστολὲς καὶ συστολὲς τῶν σωμάτων.

Κάθε φορὰ ποὺ ἔνα σῶμα θερμαίνεται, δηλαδὴ αὐξάνει ἡ θερμοκρασία του, παρατηροῦμε ὅτι μεγαλώνουν καὶ οἱ διαστάσεις του. Τὸ φαινόμενο αὐτὸ δύναμάζεται διαστολή.

Αντίθετα, ὅταν ἔνα σῶμα ψύχεται, δηλαδὴ μειώνεται ἡ θερμοκρασία του, οἱ διαστάσεις του μικραίνουν. Τὸ φαινόμενο αὐτὸ δύναμάζεται συστολή.

Τὰ φαινόμενα τῶν διαστολῶν καὶ τῶν συστολῶν εἶναι πολὺ συνηθισμένα στὴ Φύση. Συμβαίνουν συνεχῶς καὶ ἔχουν πολλὲς ἐφαρμογὲς καὶ συνέπειες. Πολλὲς ἐπίσης εἶναι οἱ πρακτικὲς καὶ ἐνδιαφέρουσες ἐφαρμογὲς τῆς συστολῆς καὶ διαστολῆς τῶν σωμάτων.

"Ας ἀναφέρωμε μερικὲς περιπτώσεις. Μποροῦμε νὰ ἀποχωρίσωμε π.χ. ἔνα μεταλλικὸ τροχὸ ποὺ ἔχει σφηνωθῆ στὸν ἀξονά του, ἢν τὸν θερμάνωμε προσεκτικὰ ὥστε νὰ διασταλῇ. "Ἐνα τρυπάνι ἀπὸ κοινὸ χάλυβα, ποὺ ὅταν εἶναι ψυχρὸ μπορεῖ καὶ ἀνοίγει μιὰ τρύπα, ἢν ζεσταθῆ δὲν περνᾶ πιὰ ἀπὸ τὴν τρύπα ποὺ τὸ ἵδιο ἄνοιξε. Μποροῦμε νὰ τὸ ξαναπεράσωμε ἀπὸ τὴν τρύπα, ἀφοῦ τὸ ἀφήσωμε νὰ κρυώσῃ.

Θὰ μποροῦσε κανεὶς νὰ ἀναφέρῃ ἀτέλειωτα παραδείγματα διαστολῆς καὶ συστολῆς τῶν σωμάτων, γιατὶ στὸ περιβάλλον ὅπου ζοῦμε συνεχῶς ἀλλάζει ἡ θερμοκρασία καὶ συνεπῶς τὰ φαινόμενα τῶν διαστολῶν καὶ τῶν συστολῶν εἶναι πολὺ συνηθισμένα. "Εξ ἀλλού, τὴν ἴδιότητα αὐτὴ τῶν σωμάτων τὴν ἐκμεταλλεύεται ἡ τεχνικὴ καθημερινῶς.

11·2 Συντελεστὴς γραμμικῆς διαστολῆς.

"Αν ζεστάνωμε μιὰ ράβδο μακραίνει· ἐνῷ ἀν τὴν ψύξωμε, κονταίνει. "Απὸ πολλὰ πειράματα ποὺ ἔγιναν ἀποδείχθηκε ὅτι ἡ

μεταβολὴ τοῦ μῆκους τῆς ράβδου εἶναι τόσο μεγαλύτερη, ὅσο μακρύτερη εἶναι ἡ ράβδος, καὶ ὅσο περισσότερο τὴν θερμάνομε ἡ τὴν φύξομε, καὶ ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὸ ὑλικὸν ἀπὸ τὸ δποῖο εἶναι κατασκευασμένη ἡ ράβδος. Αὐτὰ τὰ ἐκφράζομε μὲ τὴν ἔξης σχέση:

(ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΜΗΚΟΥΣ) — (ΑΡΧΙΚΟ ΜΗΚΟΣ) · (ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ) · (ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ).

ἢ μὲ σύμβολα

$$(Δl) = l (\Delta \theta) \alpha$$

ὅπου l εἶναι τὸ ἀρχικὸν μῆκος τῆς ράβδου

Δl ἡ μεταβολὴ τοῦ μῆκους τῆς ράβδου

$\Delta \theta$ ἡ μεταβολὴ τῆς θερμοκρασίας εἰς βαθμοὺς Κελσίου

α δ συντελεστὴς γραμμικῆς διαστολῆς τοῦ ὑλικοῦ ἀπὸ

τὸ δποῖο εἶναι κατασκευασμένη ἡ ράβδος.

‘Ο συντελεστὴς α τοῦ παραπάνω τύπου λέγεται συντελεστὴς γραμμικῆς διαστολῆς, γιατὶ χαρακτηρίζει τὴν διαστολὴ μόνο κατὰ μῆκος τῆς ράβδου. ‘Ο συντελεστὴς τῆς γραμμικῆς διαστολῆς ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὴ φύση τοῦ σώματος ποὺ διαστέλλεται ἢ συστέλλεται.

Γιὰ παράδειγμα ἀς ὑπολογίσωμε τὴν διαστολὴ μιᾶς (σιδηροτροχιᾶς) σιδηροδρομικῆς γραμμῆς μῆκους 10 μέτρων, ὅταν ἡ θερμοκρασία αὐξάνῃ ἀπὸ $5^{\circ}C$ ἕως $40^{\circ}C$. ‘Ο συντελεστὴς γραμμικῆς διαστολῆς γιὰ τὸν σιδηρό εἶναι $\alpha = 0,000011 \text{ grad}^{-1}$.

‘Η μεταβολὴ τῆς θερμοκρασίας εἶναι

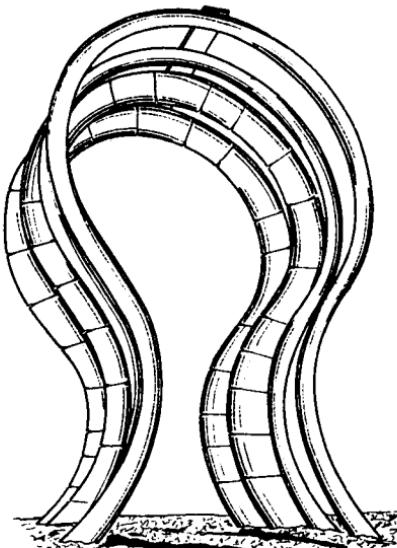
$$\Delta \theta = 40 - 5 = 35.$$

‘Εφαρμόζομε τὴν παραπάνω σχέση καὶ βρίσκομε ὅτι ἡ διαστολὴ, δηλαδὴ ἡ ἐπιμήκυνση τῆς σιδηροδρομικῆς γραμμῆς (δηλ. τῆς σιδηροτροχιᾶς) τῶν 10 μέτρων εἶναι:

$$\begin{aligned} \Delta l &= l \cdot \Delta \theta \cdot \alpha = 10 \cdot 35 \cdot 0,000011 \\ &= 0,00385 \text{ m} = 3,8 \text{ mm}. \end{aligned}$$

Οἱ τεχνικοὶ λαμβάνουν πάντοτε ὑπ’ ἔψη τους τὸ γεγονὸς ὅτι πολλὰ ὑλικὰ διαστέλλονται καὶ συστέλλονται ὅταν ἀλλάζῃ ἡ θερμοκρασία τους.

Γι’ τὸν λόγον αὐτὸν, ὅταν κατασκευάζουν σιδηροδρομικὲς γραμμές, ἀφήνουν διάκενα μεταξὺ τῶν σιδηροτροχιῶν, οἱ δποῖες ἔτσι μποροῦν νὰ διαστέλλωνται ἐλεύθερα, χωρὶς νὰ ὑπάρχῃ κίνδυνος νὰ καμφθοῦν. Γιὰ τὸν ἕδιο λόγον ὅταν κατασκευάζουν σωληνώσεις ποὺ ἔχουν μεγάλο μῆκος, διαμορφώνουν θηλειές στὶς σωληνώσεις,



Σχ. 11·2 α.

Σὲ σωληνώσεις ποὺ ἔχουν μεγάλο μῆκος κατασκευάζομε θηλειές, ὥστε νὰ μποροῦν οἱ σωλῆνες νὰ συστέλλωνται καὶ νὰ διαστέλλωνται ἐλεύθερα.

Ὕστε νὰ μὴ σπάζουν οἱ σωλῆνες ἀπὸ τὶς διαστολές (σχ. 11·2 α.). Στὰ κτίρια μὲ μεγάλο μῆκος ἢ στὶς γέφυρες ἀφήνομε ἐπίσης ἀρμούς διαστολῆς, γιὰ νὰ μὴ στραβώσῃ ἡ γέφυρα ἀπὸ τὶς διαστολές τοὺς ἀρμούς αὐτοὺς συνήθως τοὺς σκεπάζουν, γιὰ νὰ μὴν ἐμποδίζουν τὴν κίνηση τῶν αὐτοκινήτων καὶ ἔτσι δὲν φαίνονται συνήθως.

“Ως τώρα μιλήσαμε γιὰ τὴν γραμμικὴν διαστολὴν τῶν σωμά-

των· ὅταν ζεσταίνωμε ἔνα σῶμα, δὲν αὐξάνει μόνον τὸ μῆκος του, ἀλλὰ καὶ οἱ ἄλλες διαστάσεις τοῦ σώματος.⁷ Ετοι, λοιπόν, μιλοῦμε γιὰ ἐπιφανειακὴ διαστολή, τὴν μεταβολὴν δηλαδὴ τῆς ἐπιφανείας τῶν σωμάτων, καὶ γιὰ διαστολὴν δύγκου, δηλαδὴ τὴν μεταβολὴν τοῦ δύγκου, ἡ δποία λέγεται κυβικὴ διαστολή.

Γιὰ τὰ δύγρα καὶ τὰ ἀέρια, ἐπειδὴ δὲν ἔχουν σταθερὸ σχῆμα, μόνο η κυβικὴ διαστολὴ ἔχει σημασία, τὸ πόσο δηλαδὴ αὐξάνει δ δύγκος τοῦ δύγρου ἢ τοῦ ἀέρου ὅταν τὸ ζεσταίνωμε. Ή σχέση ποὺ μᾶς δίνει τὴν μεταβολὴν τοῦ δύγκου μοιάζει πολὺ μὲ ἐκείνην ποὺ δίνει τὴν μεταβολὴν τοῦ μῆκους τῶν στερεῶν σωμάτων:

(ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΟΓΚΟΥ) = (ΑΡΧΙΚΟΣ ΟΓΚΟΣ) · (ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ) · (ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΚΥΒΙΚΗΣ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ)

ἢ μὲ σύμβολα:

$$(ΔV) = V(Δ\vartheta) \beta$$

ὅπου: V εἶναι δ ἀρχικὸς δύγκος

$ΔV$ δ μεταβολὴ τοῦ δύγκου

$Δ\vartheta$ δ μεταβολὴ τῆς θερμοκρασίας

β δ συντελεστὴ κυβικῆς διαστολῆς (ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ εἶδος τοῦ σώματος).

"Αν ἔνα σῶμα θερμανθῇ ἀνομοιόμορφα, τότε τὸ μέρος ποὺ ζεσταίνεται περισσότερο διαστέλλεται φυσικὰ περισσότερο ἀπὸ τὸ μέρος ποὺ ζεσταίνεται λιγότερο. Ή διαφορετικὴ καὶ ἀνομοιόμορφη αὐτὴ διαστολὴ δημιουργεῖ τὸν κίνδυνο νὰ σπάσῃ τὸ σῶμα. Π.χ. ἂν βάλωμε ἐπάνω στὴ φωτιὰ ἔνα γυάλινο ποτήρι, θὰ σπάσῃ γιατὶ τὰ ἐξωτερικὰ στρώματα, ποὺ ἔρχονται σὲ ἐπαφὴ μὲ τὴ φωτιά, διαστέλλονται πολὺ καὶ ἔτσι ἀναπτύσσονται μέσα του μεγάλες δυνάμεις ποὺ σπάζουν τὸ γυαλί.

Μερικὰ ψλικὰ ἔχουν πολὺ μικρὸ συντελεστὴ διαστολῆς καὶ εἶναι ἔξαιρετικὰ πολύτιμα γιὰ πολλὲς ἐφαρμογές. Εξαρτήματα

μηχανημάτων ἀκριβείας, τρυπάνια, πρότυπα μέτρα κλπ. κατασκευάζονται ἀπὸ αὐτὰ τὰ ὑλικά. Τέτοια ὑλικὰ εἰναι δὲ χαλαζίας, δρισμένοι νικελιοῦχοι καὶ χρωμιοῦχοι χάλυβες, τὰ κράμα *Invar* κλπ. Τὰ ὑλικὰ μὲν μικρὸ συντελεστὴ διαστολῆς δὲν κινδυνεύουν νὰ σπάσουν ὅταν ζεσταθοῦν ἢ ὅταν κρυώσουν ἀπότομα ἢ ἀνομοιόμορφα.

Τὸ νερὸ παρουσιάζει ἀνωμαλία διαστολῆς καὶ συστολῆς. Στοὺς 4° ἐπάνω ἀπὸ τὸ μηδὲν Κελσίου ἔχει τὸ μικρότερο δυνατὸ δγκο. Κάτω ἀπὸ τοὺς 4° C δὲ δγκος μεγαλώνει, διότι τὸ νερὸ διαστέλλεται.

11·3 Τί είναι τὰ θερμόμετρα.

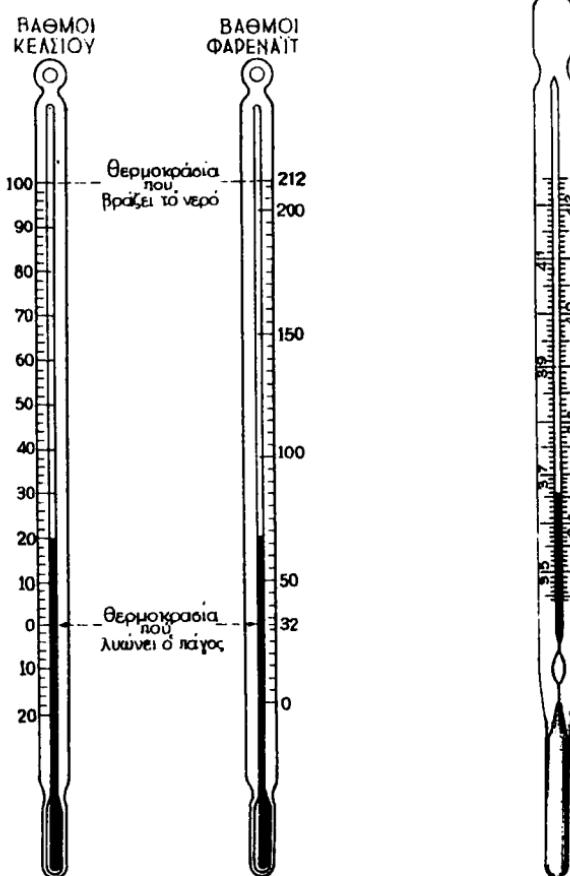
Μὲ τὰ θερμόμετρα μετροῦμε, ὅπως εἴπαμε, τὴν θερμοκρασία τῶν σωμάτων. Θερμόμετρα ὑπάρχουν πολλῶν εἰδῶν. Τὰ πιὸ συνηθισμένα ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἕνα γυάλινο σωλήνα μὲ ἕνα θάλαμο στὴν ἄκρη σὰν συνέχεια τοῦ σωλήνα. Τὸν θάλαμο αὐτὸν καὶ ἕνα μέρος τοῦ σωλήνα γεμίζομε μὲ ὑδράργυρο καὶ ἀφαιροῦμε τὸν ἀέρα ἀπὸ τὸν σωλήνα (σχ. 11·3 α, 11·3 β καὶ 11·3 γ).

Οταν θέλωμε νὰ μετρήσωμε τὴν θερμοκρασία ἐνὸς ὑγροῦ, βυθίζομε τὴν ἄκρη τοῦ σωλήνα ποὺ ἔχει τὸν ὑδράργυρο μέσα στὸ ὑγρό. Οἱ ὑδράργυρος ζεσταίνεται, διαστέλλεται καὶ ἀνεβαίνει μέσα στὸν σωλήνα. Οσο πιὸ ζεστὸ εἰναι τὸ ὑγρό, τόσο πιὸ μεγάλη είναι ἡ διαστολὴ καὶ ἐπομένως τόσο πιὸ πολὺ ἀνεβαίνει ὁ ὑδράργυρος στὸν σωλήνα. Αντὶ ὑδραργύρου χρησιμοποιοῦνται καὶ ἄλλα ὑλικὰ ὅπως π.χ. οἰνόπνευμα.

Πῶς χαράζομε τοὺς βαθμοὺς σ' ἓνα θερμόμετρο.

Αν βάλωμε τὸ κάτω μέρος τοῦ θερμομέτρου μέσα σὲ κομματάκια ἀπὸ πάγο ποὺ λυώνει, δὲ ὑδράργυρος συστέλλεται καὶ κατεβαίνει μέσα στὸν σωλήνα. Εκεῖ ποὺ στέκεται, χαράζομε ἐπάνω στὸ σωλήνα τὴν θερμοκρασία μηδὲν (0).

"Αν βάλωμε ἔπειτα τὸ δργανό μέσα σὲ ἀτμοὺς νεροῦ ποὺ βράζει, δ ὑδράργυρος διαστέλλεται καὶ ἡ στήλη του ἀνεβαίνει. Ἐκεῖ ποὺ θὰ φθάσῃ χαράξομε τώρα τὸ 100 (έκατὸ βαθμούς).

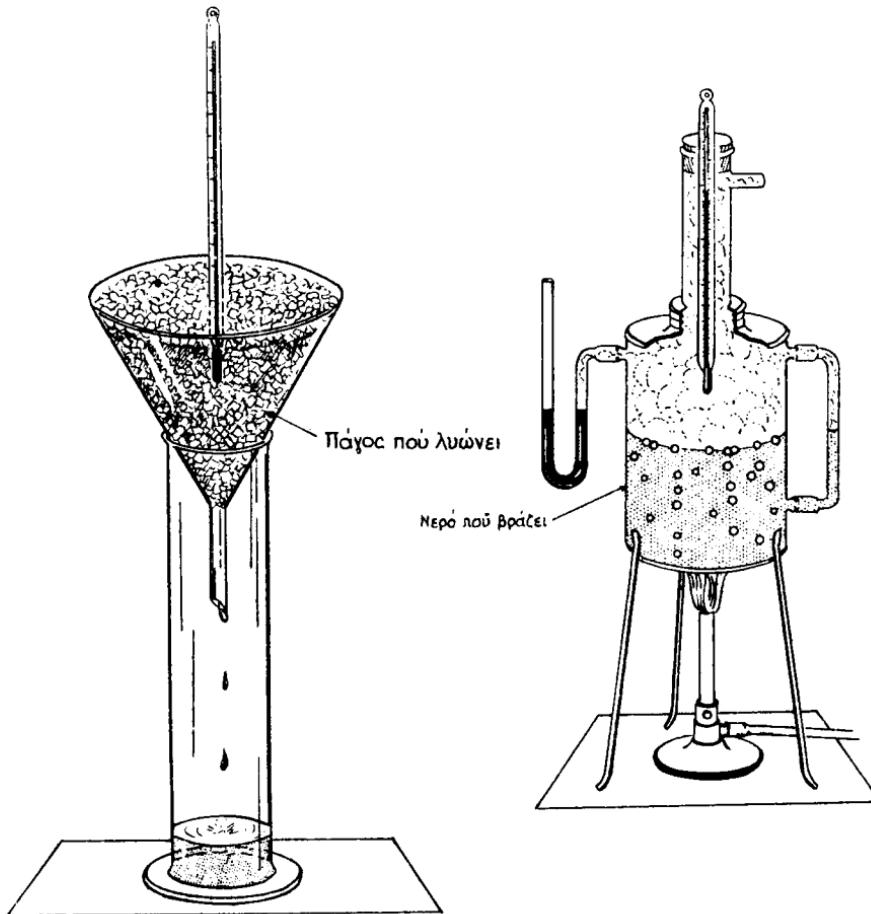


Δύο διαφορετικά θερμόμετρα βαθμολογημένα σὲ βαθμοὺς Κελσίου καὶ σὲ βαθμοὺς Φάρενάϊτ.

Ιατρικὸ θερμόμετρο.

"Αφοῦ χαράξωμε ἐπάνω στὸν σωλήνα τὰ σημεῖα 0 καὶ 100, διαιροῦμε τὸ διάστημα μεταξὺ τῶν γραμμῶν αὐτῶν σὲ έκατὸ ἵσα τμῆματα καὶ ἀριθμοῦμε τὰ τμῆματα αὐτὰ ἀπὸ 0 ἕως 100. Τὰ διά-

στημα αύτὸ μὲ τὶς διαιρέσεις, λέγεται κλίμακα τοῦ Κελσίου, πρὸς τιμὴν τοῦ Σουηδοῦ φυσικοῦ Κελσίου (*Chelsius*), ποὺ τὴν ὥρισε. Τὶς διαιρέσεις τῆς κλίμακας τοῦ Κελσίου δηομάζομε βαθμοὺς



Σχ. 11·3 δ. Βαθμολόγηση θερμομέτρου.

Α) Χαράσσομε τὴν ἔνδειξη μηδὲν ἔκει ποὺ δείχνει τὸ θερμόμετρο ὅταν τοποθετηθῇ μέσα σὲ πάγο πού λυώνει.

Β) Χαράσσομε τὴν ἔνδειξη ἑκατὸ ἔκει ποὺ δείχνει τὸ θερμόμετρο ὅταν τοποθετηθῇ μέσα σὲ ἀτμοὺς νεροῦ πού βράζει.

Κελσίου καὶ τοὺς συμβολίζομε μὲ $^{\circ}C$. Εἶται $95^{\circ}C$ σημαίνει ἐνενήνταπέντε βαθμοὺς Κελσίου.

Ἐκτὸς ἀπὸ τὴν κλίμακα τοῦ Κελσίου ὑπάρχει καὶ ἡ κλίμακα τοῦ Φάρενάῖτ (*Fahrenheit*), ποὺ χρησιμοποιεῖται κυρίως στὶς ἀγγλοσαξωνικὲς χῶρες.

Αντιστοιχία βαθμῶν Φάρενάῖτ ($^{\circ}F$) μὲ βαθμοὺς Κελσίου ($^{\circ}C$).

Φάρενάῖτ	Κελσίου	Φάρενάῖτ	Κελσίου
—40	—40	90	32,2
—30	—34,4	100	37,8
—20	—28,9	110	43,3
—10	—23,3	120	48,9
0	—17,8	140	60,0
10	—12,2	160	71,1
20	—6,7	180	82,2
30	—1,1	200	93,3
40	4,4	220	104,4
50	10,0	240	115,5
60	15,5	260	126,7
70	21,1	280	137,8
80	26,7	300	148,9

Τοὺς βαθμοὺς τῆς κλίμακας αὐτῆς τοὺς λέμε βαθμοὺς Φάρενάῖτ καὶ τοὺς συμβολίζομε μὲ $^{\circ}F$. Τὰ θερμόμετρα ποὺ εἰναι βαθμολογημένα μὲ τὴν κλίμακα τοῦ Φάρενάῖτ δείχνουν $32^{\circ}F$, ὅταν λυώνη ὁ πάγος καὶ $212^{\circ}F$ ὅταν βράζῃ τὸ νερό. Ὅταν θέλωμε νὰ μετατρέψωμε τοὺς βαθμοὺς Φάρενάῖτ σὲ βαθμοὺς Κελσίου, κάνομε τὰ ἔξῆς:

- ἀφαιροῦμε ἀπὸ τοὺς βαθμοὺς Φάρενάῖτ 32
- πολλαπλασιάζομε αὐτὸ ποὺ βρήκαμε ἐπὶ 5
- καὶ μετὰ τὸ διαιροῦμε διὰ 9.

"Αν θέλωμε νὰ κάνωμε τὴν ἀντίστροφη μετατροπή, δηλαδὴ ἀπὸ βαθμοὺς Κελσίου σὲ βαθμοὺς Φάρενάῖτ, κάνομε τὰ ἔξηγες:

- πολλαπλασιάζομε τοὺς βαθμοὺς Κελσίου ἐπὶ 9,
- διαιροῦμε αὐτὸν ποὺ βρήκαμε διὰ 5
- καὶ μετὰ προσθέτομε 32.

Οἱ μετατροπὲς αὗτὲς μποροῦν νὰ ἐκφρασθοῦν καὶ μὲ τοὺς ἔξηγες τύπους:

α) Γιὰ τὴν μετατροπὴν τῶν βαθμῶν Φάρενάῖτ σὲ Κελσίου:

$${}^{\circ}C = ({}^{\circ}F - 32) \frac{5}{9}$$

β) Γιὰ τὴν μετατροπὴν Κελσίου σὲ Φάρενάῖτ:

$${}^{\circ}F = {}^{\circ}C \frac{9}{5} + 32$$

Γιὰ παράδειγμα ἄς ὑπολογίσωμε πόσους βαθμοὺς Κελσίου κάνουν $70^{\circ}F$. Ο τύπος είναι:

$${}^{\circ}C = ({}^{\circ}F - 32) \frac{5}{9}$$

Σύμφωνα μὲ τὸν τύπο λοιπὸν ἔχομε:

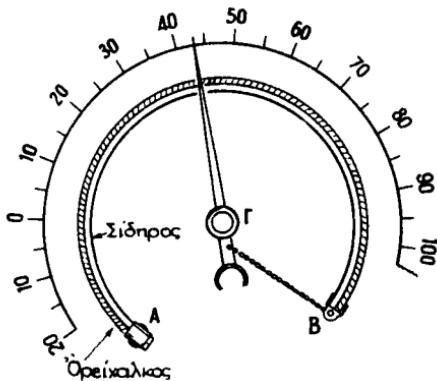
$$(70 - 32) \frac{5}{9} = 38 \cdot \frac{5}{9} = \frac{190}{9} = 21,1^{\circ}C$$

ἔπομένως $70^{\circ}F = 21,1^{\circ}C$.

Μεταλλικὰ θερμόμετρα.

Πολὺ πρακτικὰ είναι τὰ μεταλλικὰ θερμόμετρα, διότι δὲν σπάζουν τόσο εὔκολα ὅσο τὰ ὑδραργυρικὰ ἢ τὰ ἄλλα θερμόμετρα ποὺ λειτουργοῦν μὲ ὑγρό. Πῶς είναι τὰ θερμόμετρα αὐτὰ τὸ βλέπομε στὸ σχῆμα 11·3 ε. Τὸ κύριο ἔξαρτημα τῶν θερμομέτρων αὐτῶν είναι ἔνα τόξο τοῦ ὁποίου ἡ ἔξωτερικὴ ὅψη είναι κατασκευασμένη ἀπὸ ὀρείχαλκο, ἐνῷ ἡ ἔσωτερικὴ του ὅψη είναι κα-

τακευασμένη ἀπὸ σίδηρο. Οὐ δρείχαλκος ἔχει μεγαλύτερο συντελεστὴ διαστολῆς ἀπὸ τὸν σίδηρο καὶ γε αὐτό, ὅταν αὐξάνῃ ἡ θερμοκρασία, διαστέλλεται περισσότερο. Μ' αὐτὸν τὸν τρόπον τὸ τέξιο καμπυλώνεται περισσότερο καὶ δὲίκτης παρασύρεται πρὸς τὰς μεγαλύτερες θερμοκρασίες. Τὸ ἀντίθετο συμβαίνει ὅταν ἐλαττώνεται ἡ θερμοκρασία: ὁ δρείχαλκος συστέλλεται περισσότερο ἀπὸ τὸν σίδηρο καὶ ἔτσι τὸ τέξιο ἀνοίγει καὶ τραβᾶ τὸν δείκτη πρὸς τὰς μικρότερες θερμοκρασίες.



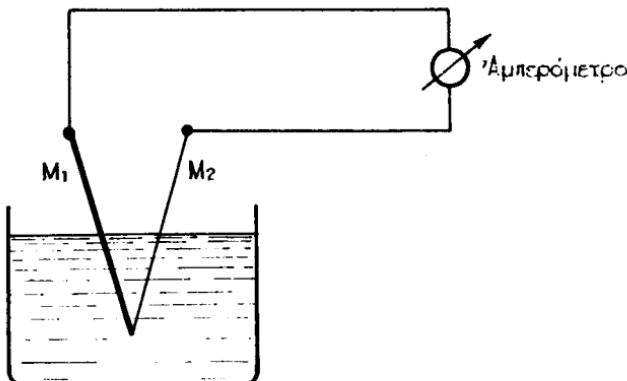
Σχ. 11·3ε.

Κατὰ τὸν ἕδιο τρόπο λειτουργοῦν καὶ οἱ θερμοστάτες, μὲ τὴν διαφορὰ διτὶ στοὺς θερμοστάτες τὸ τέξιο, ἀντὶ νὰ παρασύρη ἐνα δείκτη, κλείνει ἡ ἀνοίγει ἐναν ἡλεκτρικὸ διακόπτη.

Ὑπάρχουν καὶ ἄλλου εἰδῶν σχργανα μὲ τὰ δποῖα μετροῦμε τὴν θερμοκρασία. "Ενα ἀπὸ αὐτὰ εἰναι τὸ θερμοηλεκτρικὸ στοιχεῖο. Αὐτὸν ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο κοινάτια σύρματα ἀπὸ διαφορετικὰ μέταλλα (M_1, M_2), τὰ δποῖα εἰναι ἐνωμένα στὸ ἐνα ἄκρο, ἐνῷ τὰ ἄλλα ἄκρα συνδέονται μὲ ἐνα ἀμπερόμετρο (σχ. 11·3ζ).

"Οταν τοποθετήσωμε τὸ ἄκρο, μὲ τὸ δποῖο εἰναι ἐνωμένα τὰ δύο σύρματα, στὸ σημεῖο τοῦ δποῖου τὴν θερμοκρασία θέλομε νὰ μετρήσωμε, τότε ἀναπτύσσεται ἡλεκτρικὸ ρεῦμα μέσα στὸ κύκλω-

μα, που άποτελούν τὰ δύο διαφορετικὰ σύριγματα καὶ τὸ ἀμπερόμετρο. Τὸ ρεῦμα αὐτὸ ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὴν θερμοκρασία ποὺ μετροῦμε.



Σχ. 11·3 ζ.

έπομένως, μποροῦμε νὰ ἐκτιμήσωμε τὴν θερμοκρασία αὐτὴ ἀπὸ τὸ ρεῦμα ποὺ περνᾷ μέσα ἀπὸ τὸ ἀμπερόμετρο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12

ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ - ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

12.1 Μονάδες θερμότητας.

Στήν παράγραφο 10.1 είδαμε ότι σταν ἀνακατεύωμε ἔνα ποτήρι ζεστὸ νερὸ 80°C μὲ ἐνα ποτῆρι νερὸ 20°C , ἡ θερμοκρασία τοῦ μίγματος θὰ εἰναι 50°C , ἀν διώς τὸ ἀνακατέψωμε μὲ τέσσερα ποτήρια κρύο νερὸ 20°C , τότε ἡ θερμοκρασία τοῦ μίγματος θὰ εἰναι 32°C . Ἀπὸ τὸ παράδειγμα αὐτὸ βλέπομε ότι, γιὰ νὰ θερμάνωμε μία μεγάλη ποσότητα νεροῦ, χρειάζεται περισσότερη θερμότητα παρὰ ὅση χρειάζεται γιὰ νὰ θερμάνωμε μία μικρὴ ποσότητα νεροῦ. Ἡ θερμότητα λοιπὸν ποὺ ἔχει ἔνα σῶμα ἐξαρτᾶται βέβαια ἀπὸ τὴν θερμοκρασία τοῦ σώματος, ἀλλὰ καὶ ἀπὸ τὸ μέγεθός του (μάζα ἢ βάρος).

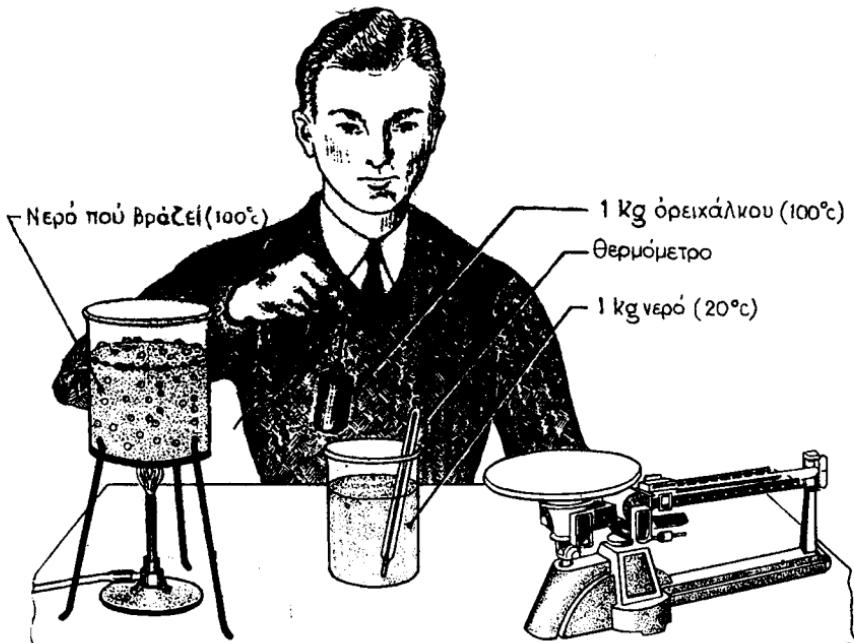
Σὰν μονάδα θερμότητας χρησιμοποιοῦμε τὴν θερμότητα ἑκείνη ποὺ χρειάζεται γιὰ νὰ θερμάνῃ ἔνα χιλιόγραμμο νεροῦ κατὰ ἐναν βαθμὸ Κελσίου. Τὴν μονάδα αὐτὴ τὴν δονομάζομε μεγάλη θερμίδα καὶ τὴν συμβολίζομε μὲ τὸ σύμβολο *kcal*. Προκειμένου νὰ μετρήσωμε μικρὰ ποσὰ θερμότητας, χρησιμοποιοῦμε τὴν μικρὴ θερμίδα (*cal*), ἡ δποία εἰναι τὸ ἔνα χιλιοστὸ τῆς μεγάλης. Στὴν Τεχνικὴ καὶ στὸ βιβλίο αὐτὸ σταν λέμε θερμίδα, θὰ ἐννοοῦμε τὴν μεγάλη θερμίδα.

Σύμφωνα μὲ τὸν ὄρισμὸ αὐτό, γιὰ νὰ ζεστάνωμε ἔνα χιλιόγραμμο νερὸ 0°C μέχρις ὅτου ἀρχίσῃ νὰ βράζῃ, πρέπει νὰ τοῦ δώσωμε ἑκατὸ μεγάλες θερμίδες (100 kcal). Κατὰ τὸν ἴδιο τρόπο ὑπολογίζομε ότι σταν κρυώνουν 3 kg νεροῦ ἀπὸ τοὺς 100°C μέχρι τοὺς 20°C , ἀποδίδουν:

$$3 \cdot (100 - 20) = 3 \cdot 80 = 240\text{ kcal}.$$

12·2 Ειδική θερμότητα.

"Ας κάνωμε τώρα τὸ ἑξῆς πείραμα (σχ. 12·2 α). Τοποθετοῦμε μέσα σὲ ἓνα δοχεῖο μὲν νερὸ ποὺ βράζει ἓνα τεμάχιο ἀπὸ



Σχ. 12·2 α.

δρείχαλκο βάρους ἐνὸς χιλιογράμμου. Τὸ ἀφήνομε λίγη ὥρα, ὅστε νὰ πάρῃ τὴν θερμοκρασία τοῦ νεροῦ ποὺ βράζει καὶ ἔπειτα τὸ βυθίζομε μέσα σὲ ἓνα χιλιόγραμμο νερὸ θερμοκρασίας 20°C . Θὰ παρατηρήσωμε ὅτι τὸ νερὸ μέσα στὸ δποῖο βυθίσαμε τὸν δρείχαλκο θερμαίνεται καὶ ἡ θερμοκρασία του γίνεται 26°C περίπου. Ἔπειτα παίρνομε πάλι ἓνα δοχεῖο μὲ ἓνα χιλιόγραμμο νερὸ 20°C καὶ χύνομε μέσα ἓνα χιλιόγραμμο ἀπὸ τὸ νερὸ ποὺ βράζει, θὰ παρατηρήσωμε ὅτι ἡ θερμοκρασία τοῦ μήγματος θὰ γίνη 60°C . Ἀπὸ αὐτὸ τὸ πείραμα συμπεραίνομε ὅτι ἓνα χιλιόγραμμο νερὸ περιέχει

πολὺ περισσότερη θερμότητα ἀπὸ ἕνα χιλιόγραμμο δρειχάλκου, ἀφοῦ αὐξάνει περισσότερο τὴν θερμοκρασία ἐνὸς χιλιογράμμου νεροῦ. Ἐάρα ἡ θερμότητα ποὺ ἔχει ἕνα σῶμα δὲν ἔξαρταται μόνον ἀπὸ τὴν θερμοκρασία καὶ τὸ βάρος τοῦ σώματος, ἀλλὰ καὶ ἀπὸ τὸ οὐλικὸ ἀπὸ τὸ δυοῖο εἶναι κατασκευασμένο τὸ σῶμα.

Όνομάζομε εἰδικὴ θερμότητα ἐνὸς σώματος τὸ ποσὸν τῆς θερμότητας ποὺ χρειάζεται γιὰ νὰ θερμάνωμε ἕνα χιλιόγραμμο ἀπὸ τὸ δρισμένο αὐτὸ σῶμα κατὰ ἕνα βαθμὸ Κελσίου. Σύμφωνα μὲ τὸν δρισμὸ ποὺ δώσαμε ἡ εἰδικὴ θερμότητα τοῦ νεροῦ εἶναι 1, γιατὶ χρειάζεται μία θερμίδα γιὰ νὰ θερμάνη ἕνα χιλιόγραμμο νεροῦ κατὰ ἕνα βαθμὸ Κελσίου. Ἡ εἰδικὴ θερμότητα τοῦ δρειχάλκου εἶναι 0,09, δηλαδὴ γιὰ νὰ θερμανθῇ ἕνα χιλιόγραμμο δρειχάλκου κατὰ ἕνα βαθμὸ Κελσίου χρειάζονται 0,09 kcal.

Μετὰ ἀπὸ αὐτὰ ποὺ εἴπαμε, εἶναι εύκολο νὰ ὑπολογίζωμε πόση θερμότητα χρειάζεται γιὰ νὰ θερμάνωμε ἕνα σῶμα κατὰ δρισμένους βαθμούς:

$$(\text{ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ}) = (\text{ΒΑΡΟΣ ΣΩΜΑΤΟΣ}) \cdot (\text{ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ}) \cdot (\text{ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ})$$

ἢ μὲ σύμβολα:

$$Q = B \cdot (\Delta\Theta) \cdot c$$

ὅπου Q ἡ θερμότητα, B τὸ βάρος τοῦ σώματος, $\Delta\Theta$ ἡ διαφορὰ θερμοκρασίας καὶ c ἡ εἰδικὴ θερμότητα τοῦ σώματος.

Σὰν παράδειγμα ἀς ὑπολογίσωμε πόση θερμότητα χρειάζεται γιὰ νὰ θερμάνωμε ἕνα κομμάτι σίδερο ἔως δτου κοκκινίση (600°C) ποὺ ζυγίζει $2,5 \text{ kg}$ καὶ ποὺ ἔχει τὴν θερμοκρασία τοῦ ἐργαστηρίου (20°C): ἡ εἰδικὴ θερμότητα τοῦ σιδήρου εἶναι 0,1.

$$Q = 2,5 \text{ kg} \cdot (600 - 20) \cdot 0,1 = 2,5 \cdot 580 \cdot 0,1 = 145 \text{ kcal}.$$

Τὰ ἵδια ισχύουν καὶ ὅταν ἕνα σῶμα ψύχεται. Ἐτσι π.χ. τὸ κομμάτι αὐτὸ τοῦ σιδήρου, ποὺ ἀναφέραμε στὸ παραπάνω παράδειγμα, γιὰ νὰ φθάσῃ στους 20°C θὰ ἀποδώσῃ πάλι ὥση θερμότητα πῆρε κατὰ τὴν θέρμανσή του, δηλαδὴ 145 kcal.

ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΕΡΓΟ

13 · 1 Τὸ πρῶτο θερμοδυναμικὸ ἀξίωμα.

Στὴν παράγραφο 10 · 2 εἴπαμε ὅτι ἡ θερμότητα εἶναι μία μορφὴ ἐνέργειας, ὅπως εἶναι καὶ ἡ μηχανικὴ ἐνέργεια, ἡ γλεκτρική, ἡ χημικὴ κλπ. καὶ εἴπαμε ἀκέμη ὅτι μποροῦμε νὰ παράγωμε ἄλλες μορφὲς ἐνέργειας ἀπὸ τὴν θερμότητα. Αὐτό, ὅπως θὰ δοῦμε, παρουσιάζει δρισμένες δυσκολίες.

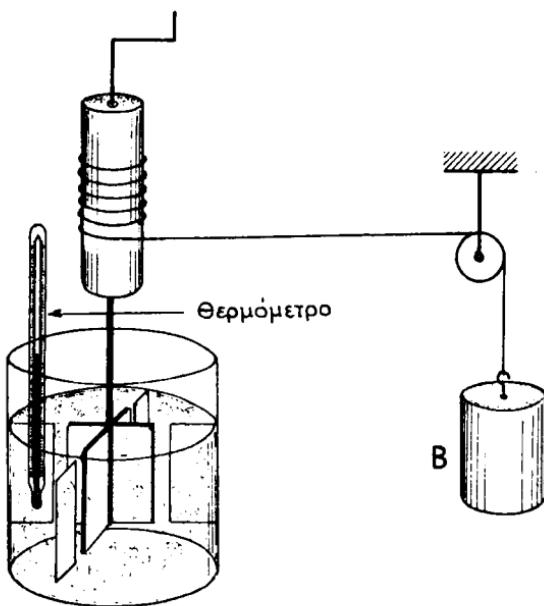
Τὸ πρῶτο θερμοδυναμικὸ ἀξίωμα λέει ὅτι ἡ θερμότητα εἶναι μία μορφὴ ἐνέργειας καὶ ὅτι σὲ μιὰ ποσότητα θερμότητας ἀντιστοιχεῖ πάντα ἡ ὕδια ποσότητα ἄλλου εἴδους ἐνέργειας καὶ ἀντιστροφα ὅτι σὲ μιὰ ποσότητα ἐνέργειας ἀντιστοιχεῖ μιὰ δρισμένη ποσότητα θερμότητας.

Τὴν ἀντιστοιχία τῆς θερμότητας μὲ τὴν μηχανικὴ ἐνέργεια τὴν μέτρησε πρῶτος ὁ "Αγγλος φυσικὸς Τζούλ (Joule). Ο Τζούλ, γιὰ νὰ βρῇ μὲ πόση θερμότητα ἀντιστοιχεῖ μία ποσότητα μηχανικοῦ ἔργου, κατασκεύασε μία συσκευὴ σὰν αὐτὴν τοῦ σχήματος 13 · 1 α. Σ' αὐτὴν τὴν συσκευὴν, καθὼς τὸ βάρος πέφτει, ἀναγκάζει τὸν κύλινδρο νὰ γυρίζῃ καὶ μαζὶ μ' αὐτὸν γυρίζουν μέσα στὸ νερὸ τὰ πτερυγία ποὺ εἶναι ἐνωμένα στὸν ἀξονά του. Ἡ περιστροφὴ αὐτὴ τῶν πτερυγίων μέσα στὸ νερὸ προκαλεῖ τριβές καὶ ἐπομένως θερμότητα καὶ ἔτσι ἡ θερμοκρασία τοῦ νεροῦ ἀνεβαίνει. Δηλαδὴ μὲ τὴν συσκευὴν αὐτὴ ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια τοῦ βάρους μετατρέπεται σὲ θερμότητα. Μετρώντας λοιπὸν τὸ ψύχος ἀπὸ τὸ δποῖο πέφτει τὸ βάρος, ὑπολογίζομε τὸ ἔργο ποὺ κάνει πέφτοντας, καὶ, μετρώντας τὴν αὔξηση τῆς θερμοκρασίας τοῦ νεροῦ, ὑπολογίζομε πόση θερμότητα πῆρε τὸ νερό.

Μὲ αὐτὸν τὸν τρόπο βρίσκομε ὅτι

$$427 \text{ kgm} = 1 \text{ kcal.}$$

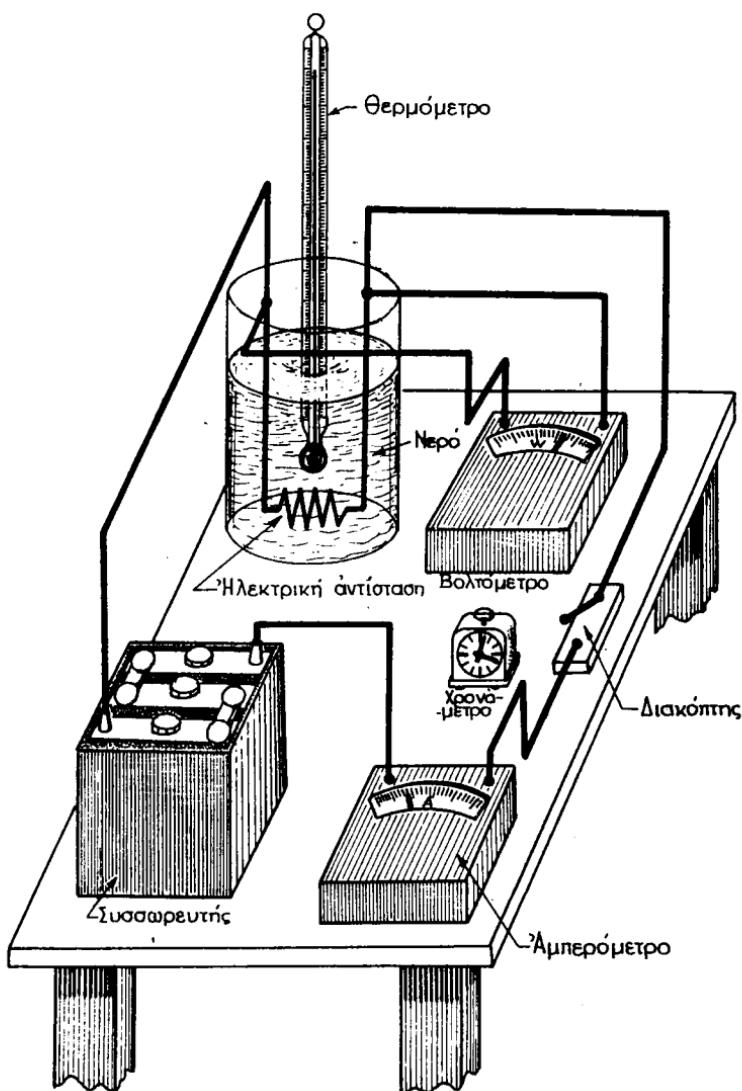
Τήν ἀντιστοιχία τῆς θερμότητας μὲ τὶς ἄλλες μορφές ἐνέργειας μποροῦμε νὰ τὴν βροῦμε, καὶ μάλιστα μὲ μεγαλύτερη ἀκρίβεια, ἂν βυθίσωμε μέσα σὲ ἓνα δοχεῖο μὲ νερὸ μιὰ ἡλεκτρικὴ



Σχ. 13·1 α.

Συσκευὴ τοῦ Τζούλ γιὰ τὴν μέτρηση τῆς ἀντιστοιχίας θερμότητας καὶ μηχανικοῦ έργου.

ἀντίσταση καὶ ἀφοῦ μετρήσωμε μὲ ἓναν ἡλεκτρικὸ μετρητὴ (δηλ. βιολτόμετρο, ἀμπερόμετρο καὶ χρονόμετρο) τὴν ἐνέργεια τοῦ ρεύματος, μετρήσωμε μετὰ κατὰ πόσο ἀνέβηκε ἡ θερμοκρασία τοῦ νεροῦ σ' αὐτὸ τὸ χρονικὸ διάστημα (σχ. 13·1 β). Ἡ ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια τοῦ ρεύματος ποὺ περνᾶ μέσα ἀπὸ τὸ σύρμα μεταβάλλεται σὲ θερμικὴ ἐνέργεια ποὺ παίρνει τὸ νερό, καὶ μποροῦμε πάλι νὰ ὑπολογίσωμε τὴν ἀντιστοιχία τῶν μονάδων θερμότητας καὶ έργου (ἢ ἡλεκτρικῆς ἐνέργειας).



Σχ. 13-1 β.

Μέτρηση ἀντιστοιχίας ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας — θερμότητας.

13.2 Τὸ δεύτερο θερμοδυναμικὸ ἀξίωμα.

Στὴν παράγραφο 10·1 εἴπαμε ὅτι, ὅταν βρεθοῦν δύο σώματα διαφορετικῆς θερμοκρασίας σὲ ἐπαφή, τότε τὸ θερμότερο κρυώνει καὶ τὸ ψυχρότερο ζεσταίνεται, δηλαδὴ φεύγει θερμότητα ἀπὸ τὸ θερμότερο σῶμα καὶ πάει στὸ ψυχρότερο.

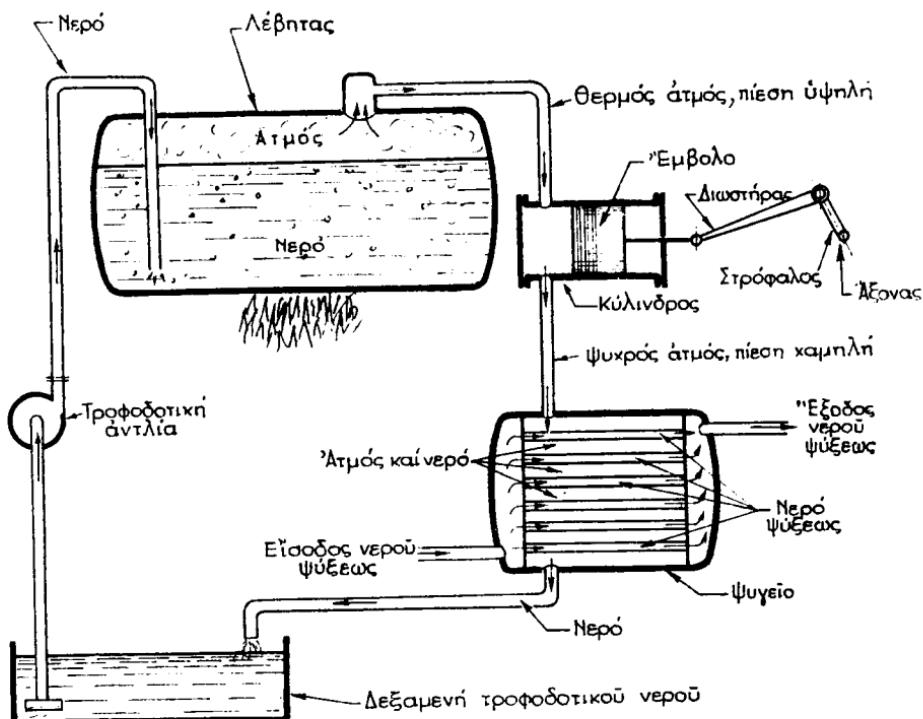
Στὴν ἀρχὴν ἀντὶ τὴν ἀκριβῶς στηρίζεται τὸ δεύτερο θερμοδυναμικὸ ἀξίωμα: ἡ θερμότητα μεταδίδεται πάντα ἀπὸ τὰ θερμότερα πρὸς τὰ ψυχρότερα σώματα καὶ ποτὲ ἀπὸ τὰ ψυχρότερα πρὸς τὰ θερμότερα.

13.3 Θερμικὲς μηχανές.

Θερμικὲς δύναμῖσματα τὶς μηχανὲς ἑκεῖνες ποὺ μετατρέπουν τὴν θερμότητα σὲ ἄλλες μορφὲς ἐνεργείας ἢ ἀντίστροφα ἄλλες μορφὲς ἐνεργείας σὲ θερμότητα. Θερμικὲς μηχανὲς ὑπάρχουν πολλῶν εἰδῶν, ἐμεῖς δημοσίᾳ ἐδῶ θὰ ἀναφέρωμε μόνο τὶς κυριότερες: Τὶς ἀτμομηχανὲς καὶ τὶς μηχανὲς ἐσωτερικῆς καύσεως. Οἱ μηχανὲς αὐτὲς μετατρέπουν τὴν θερμότητα σὲ μηχανικὸ ἔργο· εἰναι δηλαδὴ μηχανὲς κινητήριες.

Ἡ βασικὴ διάταξη τῆς λειτουργίας τῶν ἀτμομηχανῶν φαίνεται στὸ σχῆμα 13·3 α. Τὸ πρῶτο στοιχεῖο τῆς ἐγκαταστάσεως μιᾶς ἀτμομηχανῆς εἰναι δὲ λέθης. Ἐκεῖ θερμαίνεται τὸ νερὸ καὶ γίνεται ἀτμός. Ἀπὸ ἐκεῖ ὁ ἀτμὸς δῦνεται πρὸς τὸν κύλινδρο τῆς ἀτμομηχανῆς, ὃπου μὲ τὴν πίεση ποὺ ἔχει, σπρώχνει τὸ ἔμβολο τῆς μηχανῆς καὶ παράγει ἔτσι μηχανικὸ ἔργο. Συγχρόνως δημοσίᾳ ὁ ἀτμὸς στὸν κύλινδρο ψύχεται. Μέσα ἀπὸ τὸν κύλινδρο τῆς μηχανῆς δὲ ἀτμός, ποὺ ἔχει χάσει πιὰ σημαντικὸ μέρος τῆς ἐνεργείας του, πηγαίνει στὸ ψυγεῖο ὃπου ψύχεται μὲ κρύο νερὸ καὶ ὑγροποιεῖται. Ἀπὸ τὸ ψυγεῖο καταλύγει στὴ δεξαμενὴ τοῦ τροφοδοτικοῦ νεροῦ. Ἀπὸ τὴν δεξαμενὴ τὸ παίρνει ἡ τροφοδοτικὴ ἀντλία καὶ τὸ στέλνει πάλι στὸ λέβητα, ὃπου θὰ γίνη πάλι ἀτμὸς καὶ θὰ ἀκολουθήσῃ πάλι τὴν πορεία ποὺ εἴπαμε πιὸ πάνω.

Τὸν ἀτμό, ἀντὶ νὰ τὸν δῦνηγγήσωμε στὸν κύλινδρο μιᾶς ἐμβολοφόρου ἀτμομηχανῆς, μποροῦμε νὰ τὸν δῦνηγγήσωμε σὲ ἔναν ἀτμοστρόβιλο (σχ. 13·3 β). Ἡ διαφορὰ τοῦ ἀτμοστροβίλου ἀπὸ τὴν



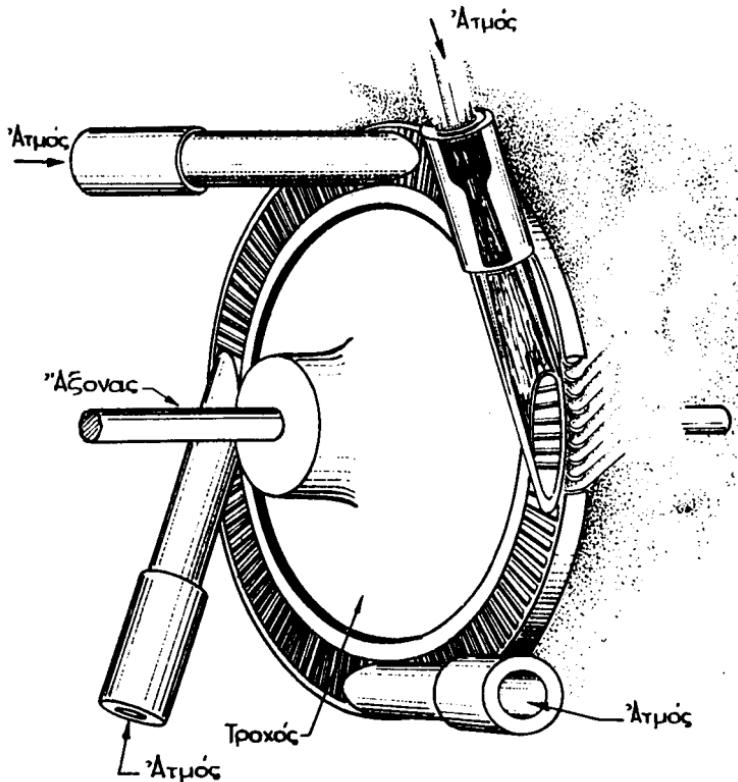
Σχ. 13·3 α.

Σχηματικὴ διάταξη τῆς ἐγκαταστάσεως μιᾶς ἀτμομηχανῆς.

ἐμβολοφόρῳ ἀτμομηχανῇ εἶναι ὅτι ἡ θερμικὴ ἐνέργεια τοῦ ἀτμοῦ μετατρέπεται σὲ περιστροφικὴ κινητικὴ ἐνέργεια καὶ δχι σὲ παλινδρομική, δπως στὴν ἐμβολοφόρῳ ἀτμομηχανῇ.

Στὸ σχῆμα 13·3 γ φαίνεται μία βενζινομηχανὴ στοὺς τέσσερις χρόνους τῆς λειτουργίας της. Ἡ βενζινομηχανὴ εἶναι ἕνα εἰδος μηχανῆς ἐσωτερικῆς καύσεως ἀποτελεῖται ἀπὸ τὰ ἑνῆς κύρια μέρη: Τὸν κύλινδρο, τὸ ἐμβολο, τὸ διωστήρα καὶ τὸ στρόφαλο.

Ο κύλινδρος έχει δύο άνοιγματα, άπο τὰ ὅποια μπαίνει ο άέρας και η βενζίνη και βγαίνουν τὰ άέρια τῆς καύσεως. Τὰ άνοιγματα αυτὰ άνοιγουν και κλείνουν μὲ βαλβίδες. Στὴν χριστερὴ εἰκόνα η βαλβίδα εἰσαγωγῆς εἶναι άνοικτὴ και η βενζινομη-

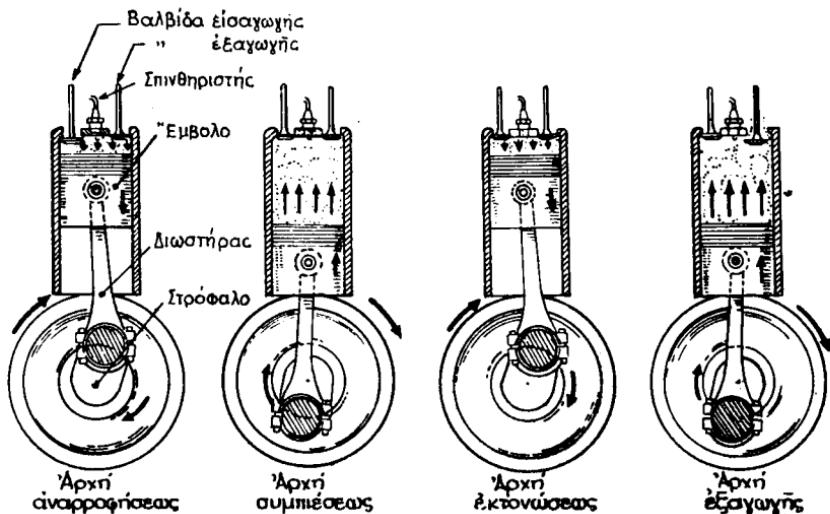


Σχ. 13·3β.

Λειτουργία τοῦ άτμοστροβίλου: Ό άτμος βγαίνει μὲ μεγάλη ταχύτητα άπο τὰ άκροφύσια και καθὼς πέφτει ἐπάνω στὰ πτερύγια περιστρέφει τὴν τουρμπίνα.

χανῇ άναρροφᾶ μίγμα ἀέρα και βενζίνης καθὼς τὸ ἔμβολο κατεβαίνει (σχ. 13·3γ). Στὴν δεύτερη εἰκόνα εἶναι και οἱ δυὸ βαλβίδες κλειστὲς και τὸ ἔμβολο ἀνεβαίνει και συμπιέζει τὸ μίγμα ἀέρα και βενζίνης μέσα στὸν κύλινδρο. "Οταν τὸ ἔμβολο εἶναι κοντὰ στὰ

έπάνω σημεία τής διαδρομῆς του, άναβει ένας σπινθήρας στὸν σπινθηριστὴ (μπουζὲ) καὶ ἡ βενζίνη ἀναφλέγεται. Ἀπὸ τὴν θερμότητα τῆς καύσεως διαστέλλεται τὸ ἀέριο μέσα στὸν κύλινδρο καὶ σπρώχνει τὸ ἔμβολο πρὸς τὰ κάτω (τρίτο σχῆμα, ἐκτόνωση). Ὅταν τὸ ἔμβολο φθάσῃ στὴ χαμηλότερή του θέση, ἀνοίγει ἡ βαλβίδα ἑξαγωγῆς καὶ τὸ ἀέριο, ποὺ σχηματίσθηκε ἀπὸ τὴν καύση τῆς



Σχ. 13·3γ.

Μία βενζινομηχανὴ στὴν ἀρχὴ τῶν τεσσάρων χρόνων τῆς.

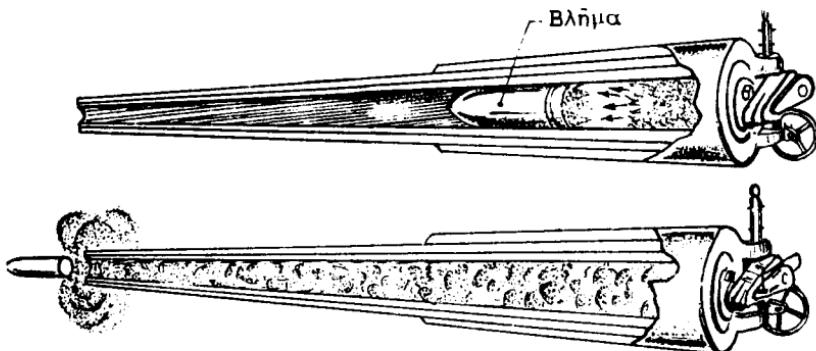
βενζίνης, διώχνεται πρὸς τὰ ἔξω ἀπὸ τὸ ἔμβολο ποὺ ἔχανεθαίνει. Ὅταν τὸ ἔμβολο φθάσῃ στὸ ἀνώτερο σημεῖο τῆς διαδρομῆς του, κλείνει ἡ βαλβίδα ἑξαγωγῆς καὶ ἀνοίγει ἡ βαλβίδα τῆς εἰσαγωγῆς καὶ ἔχαρχίζει τὸ πρῶτο στάδιο τῆς λειτουργίας, ὅπως τὸ περιγράψαμε.

Τὸ ἔργο ἡ μηχανὴ τὸ δίνει στὸν τρίτο χρόνο τῆς λειτουργίας, ὅταν δηλαδὴ τὸ ἀέριο ποὺ εἶναι μέσα στὸν κύλινδρο διαστέλλεται λόγω τῆς θερμότητας τῆς καύσεως.

Ἡ μηχανὴ ποὺ περιγράψαμε λέγεται τετράχρονη, διότι ἡ

λειτουργία της γίνεται σε τέσσερις χρόνους (φάσεις): τήν άναρ-
ρόφηση, τήν συμπίεση, τήν έκτονωση και τήν έξαγωγή. Υπάρ-
χουν δύμας και μηχανές δίχρονες στις μηχανές αυτές ή άναρρό-
φηση και ή έξαγωγή δὲν διαρκοῦν ή κάθε μία άπλο μία διαδρομὴ
του έμβολου, ἀλλὰ γίνονται και οἱ δύο λίγο πρὶν και λίγο μετά τήν
στιγμὴν ποὺ φθάνει τὸ ἔμβολο στὸ κατώτατο σημεῖο τῆς διαδρομῆς
του. Περισσότερα δύμας γι' αὐτὰ διδάσκει τὸ μάθημα τῶν Κινητη-
ρίων Μηχανῶν και γι' αὐτὰ δὲν θὰ ἐπεκταθοῦμε ἔδω.

"Ομοια μὲ τήν βενζινομηχανή ποὺ περιγράψαμε λειτουργούσην και
οἱ μηχανές Ντήζελ. Η διαφορὰ τῶν μηχανῶν Ντήζελ ἀπὸ τις βενζι-
νομηχανές είναι ὅτι στις μηχανές αυτές συμπιέζομε μέσα στοὺς κυλίν-



Σχ. 13-3δ.

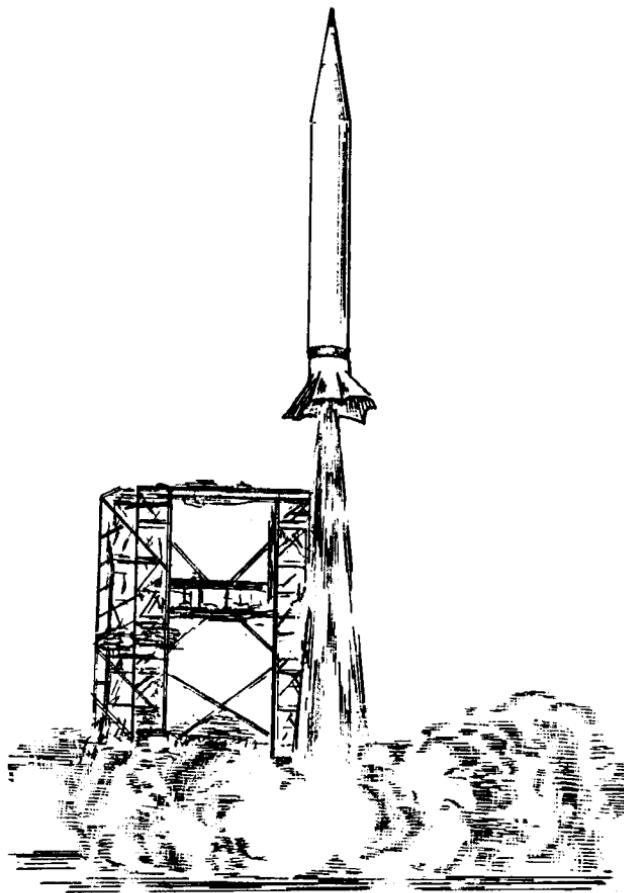
"Ενα κανόνι τή στιγμή ποὺ άναβει τὸ μπαρούτι" κάτω: μερικές στιγμές
ἀργότερα, μόλις έξερχεται τὸ βλῆμα ἀπὸ τὸ πυροβόλο.

δρους σκέτο ἀέρα. Τὸ καύσιμο (πετρέλαιο) τὸ στέλνομε στὸν κύλινδρο
(ποὺ ἔχει τὸν συμπιεσμένο ἀέρα), ὅταν τὸ ἔμβολο είναι κοντά στὸ ἀνώ-
τατο σημεῖο τῆς διαδρομῆς του. Μόλις τὸ πετρέλαιο μπῇ μέσα στὸν
κύλινδρο ἀναφλέγεται ἀμέσως, ἐπειδὴ ή θερμοκρασία μέσα σ' αὐτὸν ει-
ναι μεγάλη, ἐπειδὴ συμπιέζεται ἀπότομα δ ἀέρας στοὺς κυλίνδρους.
"Ετοι στις μηχανές Ντήζελ δὲν έχομε σπινθηριστή.

Θερμικές μηχανές είναι ἐπίσης και τὰ πυροβόλα (σχῆμα
13-3δ). Σ' αὐτὰ ή θερμική ἐνέργεια ποὺ παράγεται ἀπὸ τήν

καύση τοῦ μπαρουτιοῦ μετατρέπεται, μὲ τὴν διαστολὴν τῶν ἀερίων τῆς καύσεως, σὲ κινητικὴ ἐνέργεια τοῦ βλήματος.

"Αλλοι εἶδοις θερμικές μηχανές εἰναι οἱ κινητῆρες τῶν ἀεριώθουμένων ἀεροπλάνων καὶ οἱ πύραυλοι (σχ. 13·3 ε).



Σχ. 13·3 ε.

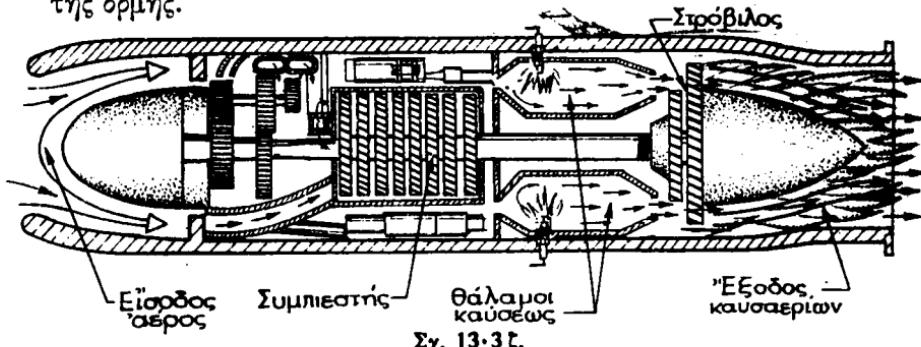
Πύραυλος τῇ στιγμῇ ποὺ ἀπογειώνεται.

'Η λειτουργία τῶν κινητήρων αὐτῶν γίνεται ὡς ἔξης (σχῆμα 13·3 ζ): 'Ο ἀέρας συμπιέζεται ἀπὸ τὸν συμπιεστὴν μέσα στὸν θά-

Φυσικὴ

17

λαμο καύσεως. Έκει καίεται τὸ καύσιμο. Ἀπὸ τὴν θερμότητα ποὺ παράγεται διαστέλλεται τὸ ἀέριο τῆς καύσεως καὶ δρμᾶ μὲ μεγάλη ταχύτητα πρὸς τὴν ἔξοδο. Κατ’ αὐτὸν τὸν τρόπο τὸ ἀεροπλάνο ἦ δ πύραυλος κινεῖται κατὰ τὴν ἀντίθετη κατεύθυνση (πρὸς τὰ ἀριστερὰ στὸ σχῆμα), σύμφωνα μὲ τὴν ἀρχὴ τῆς διατηρήσεως τῆς δρμῆς.



Σχ. 13·3·c.

Τομὴ κινητήρα ἀεριωθουμένου ἀεροπλάνου.

Ἐδῶ πρέπει νὰ παρατηρήσωμε ὅτι μὲ μία θερμικὴ μηχανὴ δὲν μετατρέπομε σὲ ἔργο ὅλῃ τῇ θερμότητα ποὺ παρέχει τὸ καύσιμο, ἀλλὰ ἔνα τμῆμα τῆς μόνο. Ἅς πάρωμε σὰν παράδειγμα τὴν ἀτμομηχανή: Σὲ μιὰ ἀτμομηχανὴ τὸ ἔργο ποὺ παράγεται, ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν διαφορὰ τῆς θερμοκρασίας μεταξὺ λέβητα καὶ ψυγείου, ἢ δποίᾳ πρέπει γὰ εἶναι σταθερή, καὶ ἀπὸ τὴν παροχὴ τοῦ ἀτμοῦ.

Γιὰ νὰ μπορέσωμε νὰ πάρωμε ὅσο τὸ δυνατὸν περισσότερο ἔργο ἀπὸ τὴν θερμότητα, προσπαθοῦμε ὥστε ἡ θερμοκρασία τοῦ λέβητα νὰ εἶναι ὅσο τὸ δυνατὸν μεγαλύτερη καὶ ἡ θερμοκρασία τοῦ ψυγείου ὅσο τὸ δυνατὸν μικρότερη.

Συμβαίνει, δηλαδή, κάτι ἀντίστοιχο μὲ δ, τι: συμβαίνει στοὺς νερόμυλους καὶ τὶς ὑδροηλεκτρικὲς ἐγκαταστάσεις, ὅπου δοῦ ἡ διαφορὰ ἀνάμεσα στὴν στάθμη τοῦ νεροῦ (ἀπ’ ἐκεῖ ποὺ ἔκεινα τὸ νερὸ) καὶ στὸν νερόμυλο εἶναι μεγαλύτερη, τόσο τὸ ἔργο ποὺ παίρνομε εἶναι μεγαλύτερο.

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 14

ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΣ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

14.1 Τήξη καὶ πήξη, ἔξαέρωση καὶ ύγροποίηση τῶν σωμάτων.

Ὅπως ξέρομε, τὰ σώματα βρίσκονται στὴ Φύση σὲ μιὰ ἀπὸ τις ἔξῆς τρεῖς καταστάσεις: Τὴν στερεά, τὴν ὑγρὴν καὶ τὴν ἀέρια. Τὸ ideo ὅμως σῶμα εἶναι δυνατὸν νὰ περάσῃ διαδοχικὰ ἀπὸ τὴν μιὰ κατάσταση στὴν ἄλλη, ἢν ἀλλάξῃ ἡ θερμοκρασία του ἢ καὶ ἡ πίεσή του.

Τὸ πιὸ ἀπλὸ παράδειγμα εἶναι τὸ νερό. Σὲ θερμοκρασίᾳ 0°C ἔως 100°C καὶ σὲ πίεση ἵση μὲ τὴν ἀτμοσφαιρικὴ τὸ νερὸ εἶναι ὑγρό.

Ἄν ἀρχίσωμε ὅμως νὰ τὸ φύχωμε, θὰ δοῦμε ὅτι, διὰν ἡ θερμοκρασία του φθάση τους 0°C , τότε ἀρχίζει νὰ γίνεται πάγος, πρῶτα στὴν ἐπιφάνεια καὶ στὰ τοιχώματα τοῦ δοχείου καὶ ὑστερα καὶ μέσα μέχρις ὅτου παγώσῃ ὅλο τὸ νερό. Ἀξιοσημείωτο εἶναι ὅτι ἡ θερμοκρασία τοῦ νεροῦ καὶ τοῦ πάγου δὲν κατεβαίνει κάτω ἀπὸ τοὺς 0°C παρὰ ἀφοῦ παγώσῃ πρῶτα ὅλο τὸ νερό.

Ἄν τώρα ἀρχίσωμε νὰ θερμαίνωμε ἔνα κομμάτι πάγο, θὰ παρατηρήσωμε τὸ ἀντίθετο φαινόμενο: διὰν ἡ θερμοκρασία τοῦ πάγου φθάση τοὺς 0°C , τότε ἀρχίζει ὁ πάγος νὰ λυώνη καὶ ἡ θερμοκρασία τοῦ πάγου καὶ τοῦ νεροῦ παραμένει 0°C , μέχρις ὅτου λυώσῃ δλος ὁ πάγος. Ὁταν λυώσῃ δλος ὁ πάγος, τότε ἀρχίζει νὰ ἀνεβαίνῃ ἡ θερμοκρασία τοῦ νεροῦ. Τὸ φαινόμενο κατὰ τὸ ὅποιο τὸ νερὸ γίνεται πάγος, ἥτις γενικότερα τὸ φαινόμενο κατὰ τὸ ὅποιο ἔνα σῶμα ἀπὸ ὑγρὸ γίνεται στερεό, τὸ λέμε πήξη, ἐφ' ὅσον τὸ σῶμα πήγγυνται, στερεοποιεῖται. Τὸ ἀντίθετο φαινόμενο, τὴν μεταβολὴν ἔνδος σώματος, ποὺ ἀπὸ στερεὸ γίνεται ὑγρό, τὸ λέμε τήξη· ἐφ' ὅσον τότε τὸ σῶμα τήκεται.

Ἄν τώρα βάλωμε τὸ νερὸ στὴ φωτιά, θὰ παρατηρήσωμε ὅτι ἡ θερμοκρασία του ἀνεβαίνει καὶ δταν φθάση τοὺς 100°C τὸ νερὸ ἀρχίζει νὰ βράζῃ, δηλαδὴ ἀρχίζει νὰ μεταβάλλεται. Παρατηροῦμε λοιπὸν ὅτι στοὺς 100°C τὸ νερὸ ἀπὸ ὑγρὸ γίνεται ἀέριο. Τὸ φαινόμενο αὐτὸ τὸ λέμε βρασμό. Καὶ ἐδῶ, παρατηροῦμε ὅτι ἡ θερμοκρασία καθ' ὅλη τὴν διάρκεια τοῦ βρασμοῦ μένει ἡ ἔδια: 100°C γιὰ τὴν περίπτωση τοῦ νεροῦ. Ἀντίστροφα, ἂν ἀφήσωμε τὸν ἀτμὸ νὰ κρυώσῃ (ὑπὸ τὴν συνηθισμένη ἀτμοσφαιρικὴ πίεση), θὰ δοῦμε ὅτι στοὺς 100°C ἀρχίζει νὰ ὑγροποιήται.

Ἡ θερμοκρασία στὴν δποία τήκεται εἶναι ἡ ἔδια μὲ τὴν θερμοκρασία στὴν δποία στερεοποιεῖται (δηλαδὴ ἔκεινη, δπου τὸ σῶμα αὐτὸ γίνεται ἀπὸ ὑγρὸ στερεό). Τὴν θερμοκρασία αὐτὴ τὴν λέμε ἀνάλογα «θερμοκρασία τήξεως» ἢ «θερμοκρασία πήξεως» τοῦ σώματος· τὴν λέμε ἐπίσης καὶ σημεῖο τήξεως ἢ σημεῖο πήξεως.

Ἐπίσης ἡ θερμοκρασία στὴν δποία βράζει ἐνα ὑγρὸ εἶναι ἡ ἔδια μὲ τὴν θερμοκρασία στὴν δποία ὑγροποιεῖται δ ἀτμὸς τοῦ. Τὴν θερμοκρασία αὐτὴ τὴν δνομάζομε θερμοκρασία βρασμοῦ. («Ἀλλες δνομασίες τῆς εἶναι σημεῖο ζέσεως καὶ θερμοκρασία ζέσεως»).

Οἱ θερμοκρασίες τήξεως καὶ βρασμοῦ ἐνὸς σώματος μποροῦν νὰ μετρηθοῦν μὲ μεγάλη ἀκρίβεια καὶ δὲν ἀλλάζουν καθόλου, δταν ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεση μένη ἡ ἔδια· γι' αὐτὸ οἱ θερμοκρασίες αὐτὲς εἶναι χαρακτηριστικὰ γνωρίσματα ἐνὸς σώματος, τόσο, ὥστε συχνὰ διαλέγομε τὸ διαικό ποὺ θὰ χρησιμοποιήσωμε ἀνάλογα μὲ τὴν θερμοκρασία στὴν δποία τήκεται ἡ βράζει.

Ἐτσι π.χ. γιὰ τὴν κατασκευὴ τῶν νημάτων τῶν ἡλεκτρικῶν λαμπτήρων διαλέγομε τὸ βολφράμιο, διότι τήκεται σὲ πολὺ ὑψηλὴ θερμοκρασία· αὐτὸ εἶναι ἀναγκαῖο, διότι τὰ νήματα αὐτά, γιὰ νὰ δίνουν καλὸ ἀσπρὸ φῶς, πρέπει νὰ θερμαίνωνται σὲ πολὺ μεγάλες θερμοκρασίες χωρὶς νὰ λυώνουν. Γιὰ τὴν κατασκευὴ θερ-

μιομέτρων διαλέγομε ύλικα πού ᔁχουν χαμηλή θερμοκρασία τήξεως: δ' ύδραργυρος στερεοποιεῖται στους — $39^{\circ}C$, έπομένως δὲν μποροῦμε νὰ μετρήσωμε μὲν δύραργυρικὰ θερμόμετρα θερμοκρασίες χαμηλότερες απὸ — $39^{\circ}C$. Τὶς χαμηλὲς αὐτὲς θερμοκρασίες μποροῦμε νὰ τὶς μετρήσωμε μὲν θερμόμετρα οἰνοπνεύματος, διότι τὸ οἰνόπνευμα στερεοποιεῖται στους — $117^{\circ}C$. Ἀντιστρόφως δημιώς, μὲ θερμόμετρα οἰνοπνεύματος δὲν μποροῦμε νὰ μετρήσωμε θερμοκρασίες μεγαλύτερες απὸ $78,5^{\circ}C$, ποὺ εἶναι ἡ θερμοκρασία βρασμοῦ τοῦ οἰνοπνεύματος, ἐνῷ μὲ τὸν ύδραργυρο φθάνομε ὧς τοὺς $357^{\circ}C$.

14.2 Θερμότητα τήξεως και θερμότητα έξαερώσεως.

Εἴπαμε προηγουμένως δτὶ δση ὥρα λυώνει δ πάγος, τὸ νερὸ ᔁχει πάντα θερμοκρασία $0^{\circ}C$ καὶ δτὶ ἡ θερμοκρασία τοῦ νεροῦ δὲν ξεπερνᾷ τοὺς $0^{\circ}C$ παρὰ μόνον δταν λυώση δλος δ πάγος. Σ' δλη δημιώς αὐτὴ τὴν διάρκεια τὸ νερὸ βρίσκεται μέσα στὸ χῶρο τοῦ δωματίου, δ δποῖος φυσικὰ ᔁχει θερμοκρασία μεγαλύτερη απὸ $0^{\circ}C$. Ξέρομε δημιώς δτὶ, δταν δύο σώματα, ποὺ ᔁχουν διαφορετικὲς θερμοκρασίες, βρίσκωνται σὲ ἐπαφή, τότε μεταδίδεται θερμότητα απὸ τὸ θερμότερο σῶμα πρὸς τὸ ψυχρότερο· ᔁτοι λοιπὸν κι' ἐδῶ μεταδίδεται θερμότητα απὸ τὸν ἀέρα τοῦ δωματίου πρὸς τὸν πάγο ποὺ λυώνει καὶ τὸ νερό. Τὶ γίνεται δημιώς αὐτὴ ἡ θερμότητα, ἀφοῦ ἡ θερμοκρασία τοῦ νεροῦ δὲν αὐξάνεται πρὶν λυώση δλος δ πάγος; Ἡ θερμοκρασία αὐτὴ καταναλίσκεται γιὰ νὰ γίνη δ πάγος νερό. Γιὰ νὰ μεταβληθῇ δηλαδὴ δ πάγος ποὺ ᔁχει θερμοκρασία $0^{\circ}C$ σὲ νερὸ θερμοκρασίας πάλι $0^{\circ}C$, χρειάζεται ἔνα δρισμένο ποσὸ θερμότητας. Ἡ θερμότητα αὐτή, τὴν δποία χρειάζεται ἔνα στερεὸ σῶμα ποὺ βρίσκεται στὴν θερμοκρασία τήξεώς του γιὰ νὰ γίνη ύγρὸ τῆς ἰδιαίς θερμοκρασίας, λέγεται θερμότητα τήξεως τοῦ σώματος αὐτοῦ (ἡ θερμότητα τήξεως λέγεται καὶ λανθάνουσα θερμότητα τήξεως).

*Αντιστροφα, δταν τὸ ύγρὸ ψύχεται, ἡ θερμοκρασία του κατε-

θαίνει ὡς τὴν θερμοκρασία τήξεως καὶ μένει σταθερὴ μέχρις ὅτου δύλο τὸ ὑγρὸ στερεοποιηθῇ στὴν περίπτωση αὐτὴ γίνεται τὸ ἀντίστροφο ἀπὸ δ, τι γίνεται στὴν τήξη: Τὸ ὑγρό, καθὼς γίνεται στερεό, ἀποθάλλει τὴν θερμότητα τήξεως ποὺ εἶχε πάρει δταν ἀπὸ στερεὸ ἔγινε ὑγρό· ἔτσι, ἐνῷ ἀφαιρεῖται θερμότητα ἀπὸ τὸ ὑγρό, ἡ θερμοκρασία του μένει ἡ ἔδια.

Ἄκριθῶς τὰ ἔδια συμβαίνουν καὶ κατὰ τὸν βρασμό. Ὁπως εἴπαμε παραπάνω, δταν ἔνα ὑγρὸ βράζῃ, ἡ θερμοκρασία του μένει σταθερὴ καὶ ἔση μὲ τὴν θερμοκρασία βρασμοῦ μέχρις ὅτου δύλο τὸ ὑγρὸ γίνη ἀτμός. Αὐτὸ συμβαίνει διότι γιὰ νὰ γίνη τὸ ὑγρὸ ἀέριο πρέπει νὰ πάρῃ ἔνα δρισμένο ποσὸ θερμότητας πρέπει, δηλαδὴ, νὰ προσθέσωμε θερμότητα γιὰ νὰ μετατρέψωμε νερὸ 100°C σὲ ἀτμὸ τῆς ἔδιας θερμοκρασίας. Τὴν θερμότητα κατέχει τὴν δνομάζομε θερμότητα ἔξαερώσεως. (Ἡ θερμότητα ἔξαερώσεως λέγεται καὶ λανθάνουσα θερμότητα ἔξαερώσεως).

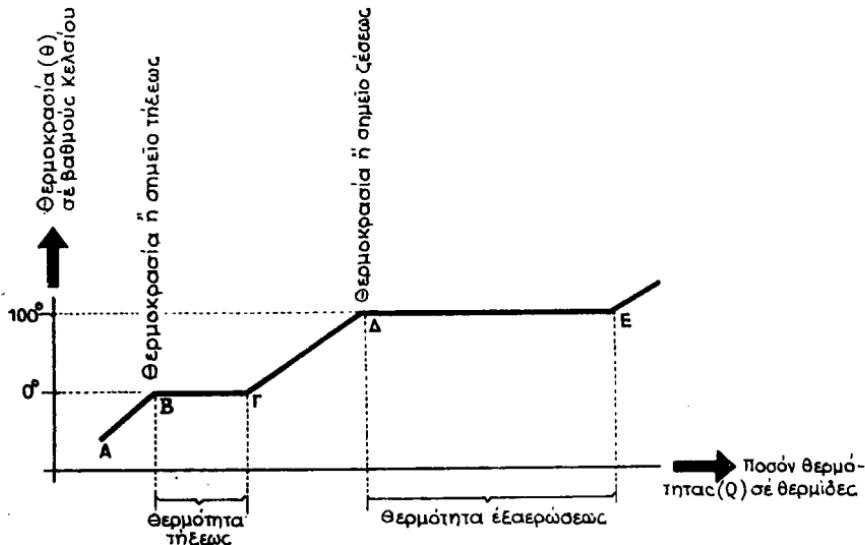
Ἡ ἔξατμιση λοιπὸν τοῦ νεροῦ προκαλεῖ ψύξη. Χαρακτηριστικὸ παράδειγμα είναι τὸ δτι δταν κάνη πολὺ ζέστη, ἰδρώνομε, δηλαδὴ ἀποθάλλομε νερὸ ποὺ ἔξατμιζόμενο κατεβάζει τὴν θερμοκρασία τοῦ δέρματός μας.

Οταν οἱ ἀτμοὶ ἔνδε σώματος συμπυκνώγωται καὶ τὸ σῶμα αὐτὸ ἀπὸ ἀέριο γίνεται ὑγρό, δηλαδὴ ὑγροποιεῖται, τότε ἀποδίδει πάλι τὴν θερμότητα ἔξαερώσεως.

Τὸ σχῆμα 14. 2 α δείχνει παραστατικὰ πῶς μεταβάλλεται ἡ θερμοκρασία τοῦ νεροῦ δταν τὸ θερμαίγωμε. Στὸν δριζόντιο ἀξονα ἔχομε τὴν θερμότητα ποὺ δίνομε, ἐγὼ στὸν ἄλλον τὴν θερμοκρασία τοῦ νεροῦ (ἢ τοῦ πάγου ἢ τοῦ ἀτμοῦ). Στὸ διάγραμμα αὐτὸ βλέπομε δτι δσο θερμαίνομε τὸν πάγο ἡ θερμοκρασία του αὐξάνει (τμῆμα ΑΒ τοῦ διαγράμματος) μέχρις ὅτου ἡ θερμοκρασία του γίνη 0°C . Τότε ἀρχίζει δ πάγος νὰ λυώνῃ, ἐνῷ ἡ θερμοκρασία τοῦ νεροῦ καὶ τοῦ πάγου μένει σταθερὰ 0°C (τμῆμα ΒΓ τοῦ διαγράμματος) μέχρις ὅτου λυώσῃ δλος δ πάγος.

Ἡ θερμότητα ποὺ δίνομε στὸ τμῆμα αὐτὸ εἰγαι: ἡ θερμότητα τήξεως τοῦ νεροῦ.

Στὸ σημεῖο Γ τοῦ διαγράμματος ἔχει πιὰ λυώσει ὅλος ὁ πάγος καὶ ἔχομε μόνο νερό. Καθὼς δίνομε λοιπὸν κι' ἄλλη θερμότητα στὸ νερό, ἡ θερμοκρασία του αὐξάνει (τμῆμα $\Gamma\Delta$ τοῦ διαγράμματος) μέχρις ὅτου ἡ θερμοκρασία του γίνηται $100^{\circ}C$ (σημεῖο Δ). "Αν δώσωμε κι' ἄλλη



14.2 α.

Διάγραμμα ἀλλαγῆς καταστάσεων τοῦ νεροῦ. Τὰ τμήματα $B\Gamma$ καὶ ΔE ἀντιστοιχούν στὴν θερμότητα τήξεως καὶ στὴν θερμότητα ἔξαερώσεως.

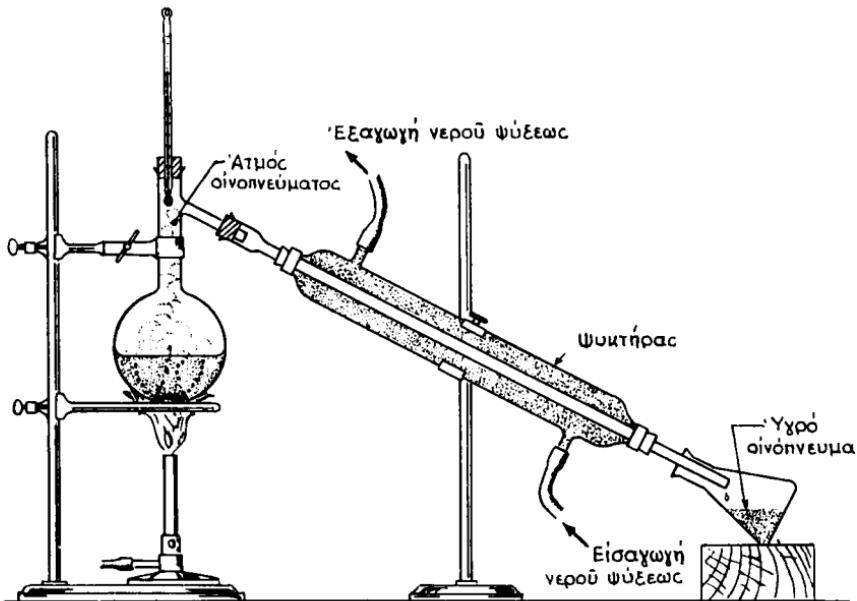
θερμότητα στὸ νερό, ἡ θερμοκρασία του δὲν αὐξάνει ἐπάνω ἀπὸ τοὺς $100^{\circ}C$, ἀλλὰ τὸ νερὸ μετατρέπεται σὲ ἀτμὸ (τμῆμα ΔE τοῦ διαγράμματος). Ἡ θερμότητα, ποὺ δίνομε στὸ τμῆμα ΔE , εἶγαι θερμότητα ἔξαερώσεως τοῦ νεροῦ.

"Αν ἔξακολουθήσωμε νὰ δίνωμε θερμότητα καὶ πέρα ἀπὸ τὸ σημεῖο E τοῦ διαγράμματος, δπως π.χ. τὸ νερὸ καὶ τὸ οἰνόπνευμα, τὰ διάφορα προϊόντα τοῦ πετρελαίου κλπ. Γιὰ νὰ τὸ κατορθώσωμε αὐτὸ στη-

14.3 Απόσταξη.

Πολλὲς φορὲς θέλομε νὰ ξεχωρίσωμε δύο ὅγρὰ ποὺ εἶναι ἀνακατωμένα, δπως π.χ. τὸ νερὸ καὶ τὸ οἰνόπνευμα, τὰ διάφορα προϊόντα τοῦ πετρελαίου κλπ. Γιὰ νὰ τὸ κατορθώσωμε αὐτὸ στη-

ριζόμαστε σ' αὐτὸν ποὺ μάθαμε, δηλαδή, ὅτι κάθε ύγρος γίνεται ἀέριο σὲ δρισμένη θερμοκρασία πού, δπως εἴπαμε, δνομάζεται θερμοκρασία βρασμοῦ. Ἀν μέσα στὴ φιάλη ποὺ φαίνεται στὸ σχῆμα 14·3 α βάλωμε ἔνα μίγμα ἀπὸ νερὸς καὶ οἰνόπνευμα, ἐπειδὴ τὸ



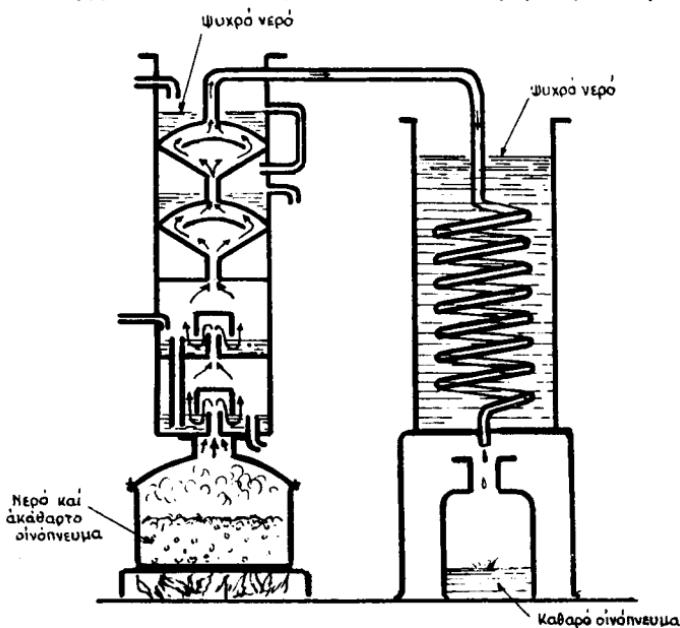
Σχ. 14·3 α.

Ἐργαστηριακὴ συσκευὴ ἀποστάξεως οἰνοπνεύματος.

οἰνόπνευμα ἀρχίζει νὰ γίνεται ἀέριο στοὺς 72 βαθμοὺς περίπου ἐνῷ τὸ νερὸς στοὺς 100, ὅταν θερμάνωμε τὸ μίγμα, τὸ οἰνόπνευμα θὰ ἔξαερωθῇ πρῶτο καὶ περνώντας ἀπὸ τὸν ψυκτήρα, ποὺ φαίνεται στὸ σχῆμα, θὰ γίνῃ πάλι ύγρος οἰνόπνευμα καὶ ἔτσι θὰ τὸ ξεχωρίσωμε ἀπὸ τὸ νερὸς (ποὺ θὰ μείνῃ στὴ φιάλη) καὶ θὰ τὸ πάρωμε στὸ δοχεῖο ποὺ φαίνεται στὸ κάτω μέρος τοῦ ψυκτήρα.

Ἡ ἐργασία αὐτῆ, ποὺ λέγεται ἀπόσταξη, ἔχει πολλὲς ἐφαρμογὲς στὴ βιομηχανία. Τὰ διυλιστήρια π.χ. τοῦ πετρελαίου εἰναι ἐγκαταστάσεις ποὺ στηρίζονται σ' αὐτὴ τὴν ἀρχή.

Στὸ σχῆμα 14·3 β φαίνεται τὸ σχέδιο μιᾶς βιομηχανικῆς ἀποστακτικῆς συσκευῆς, ποὺ ἔχωρίζει τὸ οἰνόπνευμα ἀπὸ τὸ νερὸν καὶ συγχρόνως τὸ καθαρίζει ἀπὸ τῆς διάφορες βλαβερὲς υἱες.



Σχ. 14·3 β.

Σχέδιο βιομηχανικῆς ἐγκαταστάσεως διαχωρισμοῦ τοῦ οἰνοπνεύματος ἀπὸ τὸ νερό.

ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

15·1 Μετάδοση δι' ἀγωγῆς.

Σὲ περασμένα κεφάλαια εἴπαμε δτι ἡ θερμότητα μεταδίδεται ἀπὸ τὰ θερμὰ σώματα πρὸς τὰ φυχρά. Ἡ μετάδοση αὐτὴ γίνεται κατὰ τρεῖς τρόπους: Δι' ἀγωγῆς, διὰ μεταφορᾶς καὶ δι' ἀκτυνοβολίας. Θὰ ἔξετασμε πρῶτα τὴν μετάδοση δι' ἀγωγῆς.

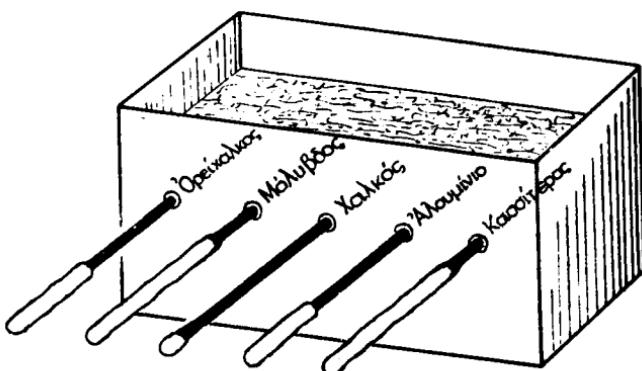
Χαρακτηριστικὸ παράδειγμα τοῦ εἰδους αὐτοῦ εἶναι ὁ τρόπος μὲ τὸν δποῖο μεταδίδεται ἡ θερμότητα ἀπὸ τῇ φωτιὰ στὸ νερὸ ἐνὸς δοχείου μέσα ἀπὸ τὰ τοιχώματά του. Ἐπίσης, ἂν ἀφήσωμε μιὰ σιδερένια ράβδο μὲ τὴν μία ἄκρη στὴν φωτιά, θὰ δοῦμε δτι μετὰ ἀπὸ λίγη δρα ἔχει ζεσταθῆ καὶ ἡ ἄλλη τῆς ἄκρη. Καὶ ἐδῶ ἔχομε μετάδοση τῆς θερμότητας δι' ἀγωγῆς ἀπὸ τὸ ἕνα ἄκρο τῆς ράβδου στὸ ἄλλο.

Ἡ μετάδοση τῆς θερμότητας δι' ἀγωγῆς εἶναι ὁ κύριος τρόπος, μὲ τὸν δποῖο μεταδίδεται ἡ θερμότητα διὰ μέσου τῶν στερεῶν σωμάτων. Παρουσιάζεται καὶ στὰ ὑγρὰ καὶ στὰ ἀέρια: ἄλλα, δπως θὰ δοῦμε, σ' αὐτὰ ὑπερισχύουν οἱ ἄλλοι τρόποι μεταδόσεως.

Ἡ θερμότητα μπορεῖ νὰ μεταδοθῇ δ' ἀγωγῆς μέσα ἀπὸ δλα τὰ σώματα ἀπὸ ἄλλα δμως περνᾶ πιὸ εὔκολα, ἐνῷ ἀπὸ ἄλλα πιὸ δύσκολα. Τὰ σώματα ἀπὸ τὰ δποῖα ἡ θερμότητα περνᾶ εὔκολα λέγονται καλοὶ ἀγωγοὶ τῆς θερμότητας, ἐνῷ ἐκεῖνα ἀπὸ τὰ δποῖα περνᾶ δύσκολα λέγονται κακοὶ ἀγωγοὶ τῆς θερμότητας. Λέμε ἐπίσης δτι ἔνας καλὸς ἀγωγὸς δέχεται εὔκολα τὴν θερμότητα, ἐνῷ ἔνας κακὸς τὴν δέχεται δύσκολα.

Στὸ σχῆμα 15·1 α εἰκονίζεται ἔνα πείραμα μὲ τὸ δποῖο διαπιστώνομε δτι ἄλλα σώματα εἶναι καλύτεροι ἀγωγοὶ τῆς θερμότητας καὶ ἄλλα χειρότεροι. Στὴν μιὰ πλευρὰ τοῦ δοχείου τοῦ

σχήματος είναι βιδωμένες διάφορες ράβδοι από διάφορα μέταλλα, τις διποτες ἔχομε δλες ἀλείψει δμοιόμορφα μὲ κερί. Μέσα στὸ δοχεῖο ὑπάρχει βραστὸ νερὸ καὶ μὲ μία φλόγα κάτω ἀπὸ τὸ δοχεῖο διατηροῦμε τὸ νερὸ ζεστό. Παρατηροῦμε τότε δτι τὸ κερὶ λυώνει



Σχ. 15.1 α.

Απὸ τὸ πόσο εὔκολα (γρήγορα) λυώνει τὸ κερὶ ἐπάνω στὶς διάφορες ράβδους, διαπιστώνομε πόσο καλοὶ ἢ κακοὶ ἄγωγοι τοῦ ἡλεκτρισμοῦ είναι.

ἐπάνω στὶς διάφορες ράβδους, ἀλλὰ δὲν λυώνει τὸ ἔδιο σὲ δλες. Περισσότερο λυώνει στὶς ράβδους ἐκεῖνες ποὺ είναι καλύτεροι ἄγωγοι τῆς θερμότητας. "Ετοι π.χ. διαπιστώνομε δτι ὁ χαλκὸς είναι πολὺ καλὸς ἄγωγὸς τῆς θερμότητας, ἐνῶ ὁ μόλυβδος πολὺ λιγότερο.

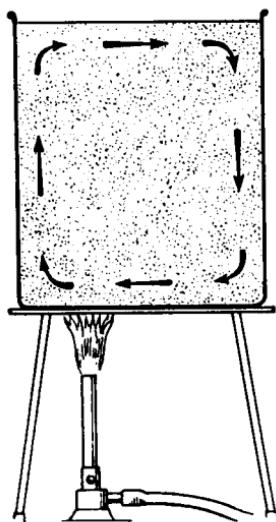
Γενικῶς καλοὶ ἄγωγοι τῆς θερμότητας είναι τὰ μέταλλα· κακοὶ ἄγωγοι τῆς θερμότητας είναι τὸ ξύλο, τὸ γυαλί, δ ἀμίαντος, δ φελλὸς κ.ἄ. Τὰ ἀέρια είναι κακοὶ ἄγωγοι τῆς θερμότητας.

Τὸ ποσὸν τῆς θερμότητας ποὺ περνᾶ μέσα ἀπὸ ἕνα σῶμα ἐξαρτᾶται: 1) ἀπὸ τὸ πάχος του (ἀντιστρόφως), 2) ἀπὸ τὴν ἐπιφάνεια μὲ τὴν δποία ἔρχεται σὲ ἐπαφὴ μὲ τὸ θερμὸ καὶ ψυχρὸ χῶρο (ἀνάλογα), 3) ἀπὸ τὸ χρόνο, 4) ἀπὸ τὴν διαφορὰ θερμοκρασίας μεταξὺ τῶν δύο δψεών του (ἀνάλογα) καὶ 5) ἀπὸ ἕνα συντελεστὴ (ἀνάλογα) ποὺ λέγεται συν-

τελεστής θερμικῆς Δγωγιμότητας καὶ ποὺ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύση τοῦ σώματος.

15·2 Μετάδοση διὰ μεταφορᾶς.

Ο τρόπος, μὲ τὸν δποῖο μεταδίδεται ἡ θερμότητα διὰ μεταφορᾶς, γίνεται φανερὸς ἂν κάνωμε τὸ ἔξῆς πείραμα: "Αἱ ρίζαι πριονίδι μέσα σ' ἕνα δοχεῖο μὲ νερὸν καὶ ἀς βάλωμε ἔπειτα τὸ δοχεῖο στὴν φωτιά. Θὰ παρατηρήσωμε ὅτι, ὅταν τὸ νερὸν ἀρχίσῃ νὰ ζεσταίνεται, τὰ κομματάκια τοῦ πριονιδιοῦ κινοῦνται ὅπως δείχνουν τὰ βέλη στὸ σχῆμα 15·2 α. Αὐτὸν γίνεται γιατὶ τὸ νερό,



Σχ. 15·2 α.

Μετάδοση τῆς θερμότητας διὰ μεταφορᾶς μέσα σὲ ἕνα δοχεῖο μὲ νερό.

ποὺ εἰναι κοντὰ στὸν πυθμένα τοῦ δοχείου, ζεσταίνεται πιὸ γρήγορα ἀπὸ τὸ ὑπόλοιπο. Ἐπειδὴ δμως ζεσταίνεται, ἐλαφραίνει καὶ ἀνεβαίνει πρὸς τὴν ἐπιφάνεια, ἐνῶ συγχρόνως τὸ νερὸν ποὺ ἦταν στὴν ἐπιφάνεια καὶ εἰναι πιὸ κρύο, σὰν βαρύτερο κατεβαίνει καὶ παίρνει τὴν θέση του.

‘Η κίνηση αὐτὴ τοῦ νεροῦ εἶναι χαρακτηριστικὴ ἀν τοποθετήσωμε τῇ φωτιὰ ὅχι στὸ κέντρο τοῦ πυθμένα ἀλλὰ ἔκκεντρα, δπως γίνεται στὸ σχῆμα.

Ἐτοι, ἡ θερμότητα μεταβίβαζεται ἀπὸ τὸν πυθμένα τοῦ δοχείου, δπου εἶναι ἡ φωτιά, σὲ ὅλο τὸν ὅγκο τοῦ νεροῦ. Εἶναι μάλιστα φανερὸ τὸ γιατὶ δνομάζομε αὐτὴν τὴν μετάδοση τῆς θερμότητας «μετάδοση διὰ μεταφορᾶς». Τὴν δνομάζομε ἔτσι διέτι ἡ θερμότητα μεταφέρεται μὲ μετακίνηση τῶν μορίων τοῦ ρευστοῦ καθὼς αὐτὰ κινοῦνται ἀπὸ τὸ ἐνα τμῆμα τοῦ ρευστοῦ στὸ ἄλλο.

Οταν θερμαίνωμε νερὸ μέσα σὲ ἐνα δοχεῖο, ἔχομε δύο τρόπους μεταδόσεως τῆς θερμότητας: δι’ ἀγωγῆς μέσα ἀπὸ τὰ τοιχώματα τοῦ δοχείου καὶ διὰ μεταφορᾶς μέσα στὸ ἵδιο τὸ νερό.

Ἡ διαφορὰ τῶν δύο τρόπων μεταδόσεως τῆς θερμότητας εἶναι δτὶ στὴν μετάδοση τῆς θερμότητας δι’ ἀγωγῆς τὸ κάθε μόριο ζεσταίνει τὸ διπλανό του, χωρὶς νὰ φεύγῃ ἀπὸ τὴ θέση του, ἐνῶ στὴν μετάδοση τῆς θερμότητας διὰ μεταφορᾶς τὰ ἵδια τὰ μόρια μετακινοῦνται.

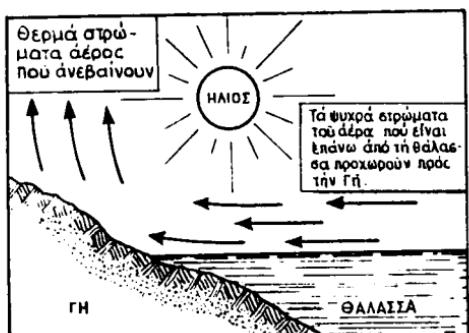
Εἶναι φανερὸ ὅτι μετάδοση τῆς θερμότητας διὰ μεταφορᾶς εἶναι δυνατὸν νὰ γίνη μόνο μέσα σὲ ὑγρὰ καὶ ἀέρια σώματα, διότι μόνο στὰ ὑγρὰ καὶ στὰ ἀέρια ἔχουν τὰ μόρια ἀρκετὴ ἐλευθερία νὰ κινοῦνται ἀπὸ τὴ μία ἀκρη τοῦ σώματος στὴν ἄλλη, ἐνῶ στὰ στερεὰ εἶναι ἀναγκασμένα νὰ δονοῦνται πάντα γύρω ἀπὸ τὴν ἵδια θέση. Στὰ ὑγρὰ καὶ τὰ ἀέρια μάλιστα, ἡ μετάδοση τῆς θερμότητας διὰ μεταφορᾶς εἶναι πολὺ πιὸ ἔντονη ἀπὸ τὴν μετάδοση δι’ ἀγωγῆς.

Στὸ τέλος τῆς προηγουμένης παραγράφου εἴπαμε ὅτι τὰ ἀέρια, ἐπομένως καὶ δ ἀτμοσφαιρικὸς ἀέρας, εἶναι κακοὶ ἀγωγοὶ τῆς θερμότητας. Σὰν ρευστὰ ὅμως ποὺ εἶναι μποροῦν καὶ μεταδίδουν εὔκολα τὴν θερμότητα, διὰ μεταφορᾶς. Ἀπὸ αὐτὰ τὰ δύο ἔξιγγειται πῶς μᾶς κρατοῦν ζέστη τὰ ροῦχα. Τὰ ροῦχα κρατοῦν ἀνάμεσα στὰ νήματά τους ἀέρα, δ ὅποιος δὲν μπορεῖ νὰ κινηθῇ

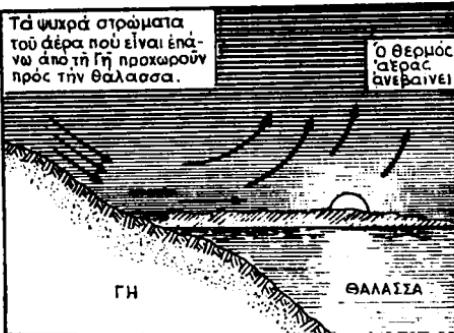
διότι τὸν ἐμποδίζουν τὰ νήματα. "Ετοι δὲν μεταδίδεται ἡ θερμότητα ἀπὸ τὸ σῶμα μας πρὸς τὴν ἀτμόσφαιρα διὰ μεταφορᾶς· ἀλλὰ καὶ δι' ἀγωγῆς μεταδίδεται πολὺ λίγο, γιατὶ, ὅπως εἴπαμε, δ ἀέρας εἶναι κακὸς ἀγωγὸς τῆς θερμότητας.

"Ετοι ἔξηγεῖται ἐπίσης γιατὶ δὲν κρατοῦν καθόλου ζέστη τὰ ροῦχα ὅταν βραχοῦν: αὐτὸς συμβαίνει διότι τὸ νερὸν εἶναι καλύτερος ἀγωγὸς τῆς θερμότητας ἀπὸ τὸν ἀέρα καὶ ἡ θερμότητα (τοῦ σώματος) μέσα ἀπὸ τὸ νερὸν μεταδίδεται πιὸ εύκολα παρὰ μέσα ἀπὸ τὸν ἀέρα.

Δύο ἀλλα φυσικὰ φαινόμενα, ποὺ δφείλονται στὴν μετάδοση τῆς θερμότητας διὰ μεταφορᾶς, εἶναι δ πρωτὸς μπάτης καὶ τὸ βραδυνὸν ἀπόγειο. Ἡ θάλασσα ζεσταίνεται ἡ κρυώνει πιὸ δύσκολα



Σχ. 15·2 β.



Σχ. 15·2 γ.

"Ἐξήγηση τοῦ μπάτη καὶ τοῦ βραδυνοῦ ἀπόγειου. Ἡ στεριά ζεσταίνεται καὶ κρυώνει πιὸ γρήγορα ἀπὸ τὴν θάλασσα μὲν ἀποτέλεσμα νὰ δημιουργοῦνται οἱ κινήσεις τοῦ ἀέρα ποὺ δείχνουν τὰ βέλη τῶν σχημάτων.

ἀπὸ δ, τι κρυώνει ἡ ζεσταίνεται ἡ στεριά· ἔτοι τὸ πρωτὶ μετὰ τὴν ἀνατολὴν τοῦ ἥλιου ἡ στεριά εἶναι πιὸ ζεστὴ ἀπὸ τὴν θάλασσα, δ ἀέρας ἐπάνω ἀπὸ τὴν στεριά εἶναι καὶ αὐτὸς θερμότερος καὶ ἔτοι ἀνεβαίνει φγλά· τότε δ ψυχρότερος ἀέρας, ποὺ ἡταν ἐπάνω ἀπὸ τὴν θάλασσα, ἔρχεται νὰ πάρῃ τὴν θέση του (σχ. 15·2 β.). "Ετοι δημιουργεῖται δ μπάτης, τὸ ἀεράκι ποὺ ἔρχεται ἀπὸ τὴν θάλασσα τὸ

πρωτ. Τὸ δὲ τίθετο συμβαίνει τὸ βράδυ. Ὁ δέρας εἶναι πιὸ ζεστὸς ἐπάνω ἀπὸ τὴν θάλασσα, ἡ δποία ἀργεῖ νὰ κρυώσῃ. Ἐτοι δὲ δέρας ποὺ εἶναι ἐπάνω ἀπὸ τὴν θάλασσα ἀνεβαίνει φηλά, ἐνῶ τὴν θέση του παίρνει φυχρότερος δέρας ποὺ ἔρχεται ἀπὸ τὴν στεριά. Ἐτοι ἔχομε τὸ βραδυνὸ ἀπόγειο (σχ. 15·2 γ).

15·3 Μετάδοση δι' ἀκτινοβολίας.

Ἡ θερμότητα μεταδίδεται καὶ κατὰ ἕνα ἄλλο τρόπο ἀκόμα, ποὺ εἶναι δμοιος μὲ ἐκεῖνο ποὺ μεταδίδεται τὸ φῶς καὶ τὰ ἄλλα ἥλεκτρομαγνητικὰ κύματα (δηλαδὴ τὰ κύματα τοῦ ραδιοφώνου, τῆς τηλεοράσεως κλπ.). Μπορεῖ δηλαδὴ νὰ μεταδοθῇ ἡ θερμότητα ἀπὸ ἕνα σῶμα σὲ ἕνα ἄλλο ἔστω καὶ ἂν δὲν ὑπάρχῃ ἀπολύτως κανένα ἄλλο σῶμα (στερεό, ύγρο ἢ ἀέριο) ἀνάμεσά τους.

“Ολη ἡ θερμότητα, ἡ δποία ἔρχεται ἀπὸ τὸν ἥλιο στὴ γῆ, μεταδίδεται δι' ἀκτινοβολίας. Συχνὰ ἐπίσης κοντὰ σὲ ἀνοικτὴ φωτιὰ αἰσθανόμαστε σὰν μία ἀνταύγεια ζέστης· αὐτὸς διελεῖται σὲ μετάδοση τῆς θερμότητας δι' ἀκτινοβολίας.

Τὸ αἰσθημα αὐτὸς εἶναι διαφορετικὸ ἀπὸ τὴν ζέστη, ποὺ αἰσθανόμαστε ὅταν εἴμαστε στὴν σκιὰ μιὰ ζεστὴ μέρα τοῦ καλοκαιριού.

Παρατηροῦμε μάλιστα, δτι αὐτὴν τὴν « ἀνταύγεια » ζέστης φθάνει ἕνα φύλλο χαρτὶ γιὰ νὰ τὴν κόψῃ, ὅπως ἀκριβῶς φθάνει ἕνα φύλλο χαρτὶ γιὰ νὰ κρύψῃ τὸ φῶς μιᾶς λάμπας. Ἡ θερμότητα δηλαδὴ δι' ἀκτινοβολίας, μεταδίδεται ὅπως καὶ τὸ φῶς κατ' εὐθεία γραμμή. “Αλλο χαρακτηριστικὸ τῆς μεταδόσεως τῆς θερμότητας δι' ἀκτινοβολίας εἶναι δτι ἕνα σῶμα ἐκπέμπει περισσότερη θερμότητα ὅταν εἶναι ζεστὸ παρὰ ὅταν εἶναι κρύο.

Σημασία ἐπίσης ἔχει καὶ τὸ χρῶμα τῆς ἐπιφανείας τοῦ σώματος. Ἐνα θερμὸ σῶμα δσα πιὸ σκούρο εἶναι, τόσο περισσότερη θερμότητα ἀκτινοβολεῖ. Ἀντίθετα ὅταν ἡ ἐπιφάνεια τοῦ σώματος εἶναι ἀνοικτόχρωμη καὶ γυαλιστερή, τότε τὸ σῶμα αὐτὸς ἀκτινοβολεῖ λίγη θερμότητα. Συμβαίνει μάλιστα καὶ τὸ ἀντίστροφο:

ὅσο πιὸ σκούρα εἶναι: ἡ ἐπιφάνεια ἐνὸς σώματος, τόσο πιὸ εὔκολα θερμαίνεται δι᾽ ἀκτινοθολίας. Δὲν εἶναι λοιπὸν τυχαῖο διὶ τὸ καλοκαῖρι φοροῦμε πιὸ ἀνοικτόχρωμα ἢ ἀσπρα ροῦχα. Αὐτὸ γίνεται διότι τὰ ἀνοικτόχρωμα ροῦχα ἀνακλούν περισσότερο τὴν θερμότητα ποὺ μεταδίδεται δι᾽ ἀκτινοθολίας, ὅπως ἀκριβῶς καὶ τὸ φῶς. Καὶ ἔτει μᾶς κρατοῦν πιὸ δροσερὸ τὸ σῶμα παρὰ ἣν εἶχαμε σκούρα ροῦχα.

Ο ΓΔΟΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 16

ΟΠΤΙΚΗ

16.1 Τί είναι φῶς.

Μὲ τὰ μάτια μας βλέπομε τὰ διάφορα ἀντικείμενα. Γιὰ νὰ μπορέσωμε δμως νὰ τὰ δοῦμε, πρέπει νὰ ὑπάρχῃ φῶς. Τὸ φῶς παράγεται κατὰ διαφόρους τρόπους, καὶ εἶναι μία μορφὴ ἐνεργείας, τὴν δποία ἀντιλαμβανόμαστε μὲ τὰ μάτια.

"Οταν ζεστάνωμε ἔνα κομμάτι μέταλλο ἀρκετὰ (περίπου στοὺς $600^{\circ}C$), ἀρχίζει νὰ ἐκπέμπῃ φῶς. Γενικὰ ὅλα τὰ σώματα ὅταν ζεσταθοῦν πάνω ἀπὸ μιὰ δρισμένη θερμοκρασία, ἐκπέμπουν φῶς. Αὐτὸ τὸ φαινόμενο τὸ ἐκμεταλλευόμαστε στοὺς ἡλεκτρικοὺς λαμπτήρες πυρακτώσεως. Στοὺς λαμπτήρες αὐτοὺς τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα, καθὼς περνᾶ ἀπὸ ἔνα λεπτὸ σύρμα βιολφραμίου, τὸ ζεσταλνει καὶ ἔτσι τὸ σύρμα φωτοδολεῖ ἔντονα.

"Άλλος τρόπος γιὰ νὰ παραχθῇ φῶς εἶναι αὐτὸς ποὺ ἐφαρμόζεται στοὺς λαμπτήρες, μὲ τοὺς δποίους κατασκευάζουν τὶς φωτεινὲς ἐπιγραφὲς καὶ τοὺς συνηθισμένους λαμπτήρες φθορισμοῦ. Στοὺς λαμπτήρες αὐτοὺς τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα, καθὼς περνᾶ μέσα ἀπὸ τὸ ἀραιὸ ἀέριο ποὺ περιέχει δ σωλήνας, προκαλεῖ διέγερση στὰ ἀτομα τοῦ ἀερίου (δηλαδὴ τὰ ἐρεθίζει) καὶ ἔτσι παράγεται τὸ φῶς.

"Υπάρχουν καὶ ἄλλοι τρόποι μὲ τοὺς δποίους παράγεται φῶς, ὅπως είναι π.χ. ὁ τρόπος μὲ τὸν δποῖο παράγουν φῶς οἱ πυγολαμπίδες, καθὼς καὶ μερικὰ φάρια. Στὴν πράξη δμως ἐφαρμόζομε τοὺς δύο τρόπους ποὺ ἀναφέραμε προηγουμένως.

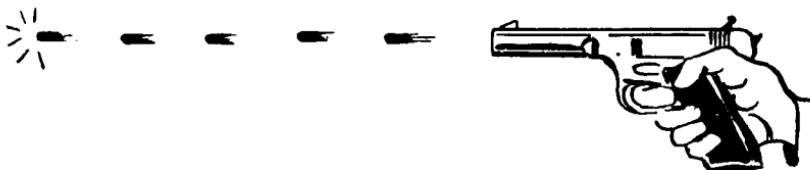
Τὰ σώματα ποὺ βλέπομε, τὰ βλέπομε ἐπειδὴ ἐκπέμπουν φῶς. "Άλλα ἀπὸ αὐτὰ παράγουν φῶς κατὰ τοὺς τρόπους ποὺ εί-

παμε πιὸ πάνω, ἔλλα ὅμως δὲν παράγουν δικό τους φῶς, ἀλλὰ ἀντανακλοῦν τὸ φῶς ποὺ πέφτει ἐπάνω σ' αὐτὰ καὶ τὸ δποῖο προέρχεται ἀπὸ μιὰ φωτεινὴ πηγὴ. Τὰ σώματα ποὺ παράγουν δικό τους φῶς τὰ δνομάζομε αὐτόφωτα, ἐνῶ ἔκεινα ποὺ ἀντανακλοῦν τὸ φῶς ἔλλων σωμάτων τὰ δνομάζομε ἑτερόφωτα. Τὰ αὐτόφωτα σώματα μποροῦμε πάντα νὰ τὰ βλέπωμε, ἐνῶ τὰ ἑτερόφωτα τὰ βλέπομε μόνον δταν ὑπάρχη φῶς ποὺ προέρχεται ἀπὸ κάποιο ἄλλο σῶμα. Στὸ σκοτάδι δὲν μποροῦμε νὰ δοῦμε ἕνα ἑτερόφωτο σῶμα.

“Ολα τὰ φαινόμενα ποὺ γίνονται ἀντιληπτὰ ἀμεσα ἢ ἔμμεσα μὲ τὰ μάτια μας τὰ λέμε δπτικὰ φαινόμενα. Ο κλάδος τῆς Φυσικῆς ποὺ ἔξετάζει τὰ δπτικὰ φαινόμενα λέγεται Όπτική.

Ἐνῶ γνωρίζομε πολλοὺς νόμους τῆς Όπτικής, δὲν γνωρίζομε ἀκόμα μὲ ποιό ἀκριβῶς τρόπο διαδίδεται τὸ φῶς. Παλαιότερα διατυπώθηκαν δύο θεωρίες γιὰ τὸ φῶς:

— “Η μία ἔλεγε δτι τὸ φῶς εἰναι πολὺ μικρὰ σωμάτια (σωματίδια) ποὺ ἔκπεμπονται ἀπὸ τὰ φωτεινὰ ἀντικείμενα. Παρομοιάζεται, δηλαδή, τὸ φῶς μὲ βλήματα ποὺ ἔκπεμπονται διαδοχικὰ ἀπὸ κάθε φωτεινὸ σῶμα, δπως οἱ σφαῖρες ἀπὸ ἕνα ἐπαναληπτικὸ πιστόλι ἢ ἀπὸ ἕνα πολυβόλο (σχ. 16·1 α).



Σχ. 16·1 α.

— “Η ἄλλη θεωρία ἔλεγε δτι τὸ φῶς εἶναι κυμάνσεις, ἃς ποὺ με δπως καὶ δ ἡχος. Κατὰ τὴν θεωρία αὐτὴ τὸ φῶς διαδίδεται σὰν τὰ κύματα ποὺ κάνομε σὲ ἕνα μαστίγιο (ἢ σὲ ἕνα σχοινί) κινώντας μὲ τὸ χέρι τὴ μιὰ του ἀκρη (σχ. 16·1 β), ἢ σὰν τὰ κύματα ποὺ παράγονται, δταν ρίχνωμε μιὰ πέτρα στὴν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ.

— Υπάρχει καὶ μιὰ νεώτερη θεωρία γιὰ τὸ φῶς. Αὐτὴν δημιούρωσε πολὺ περίπλοκη καὶ δὲν θὰ τὴν περιγράψωμε στὸ βιβλίό αὐτό. Πάντως μποροῦμε νὰ ἀναφέρωμε ὅτι είναι συνδυασμὸς τῶν ἄλλων δύο. Κατὰ τὴν θεωρία αὐτῆς τὸ φῶς είναι ἔνα εἶδος μικρὰ σωματίδια ποὺ ἀποτελοῦνται ἀπὸ διμάδες κυμάτων (φωτόνια) καὶ ποὺ ἐκπέμπονται ἀπὸ τὰ σώματα ποὺ παράγουν φῶς. Τὰ σωματίδια αὗτὰ κινοῦνται: εὐθύγραμμα καὶ προκαλοῦν ταλαντώσεις ἐπάνω στὰ σώματα ποὺ προσβάλλουν. Οἱ ταλαντώσεις αὗτες είναι κάθετες πρὸς τὴν διεύθυνση ποὺ ἀκολουθεῖ τὸ φῶς ποὺ τὶς παράγει.



Σχ. 16·1 β.

Σχηματική παράσταση τοῦ τρόπου μεταδόσεως τοῦ φωτὸς κατὰ τὴν κυματικὴ θεωρία.

Τὸ φῶς, δημιούρως καὶ ὁ ἡχος, χρειάζεται κάποιο χρόνο γιὰ νὰ φθάσῃ ἀπὸ ἔνα σημεῖο σὲ ἔνα ἄλλο. Τὸ φῶς δημιούρως διαδίδεται πολὺ γρηγορώτερα ἀπὸ τὸν ἡχον. Ή ταχύτητα τοῦ φωτὸς είναι τριακόσιες χιλιάδες χιλιόμετρα τὸ δευτερόλεπτο ($300\,000\ km/sec$), ἐνῷ γι ταχύτητα τοῦ ἡχου στὸν ἀέρα είναι μόνο τριακόσια σαράντα τέσσαρα μέτρα τὸ δευτερόλεπτο ($344\ m/sec$). Ή ταχύτητα τοῦ φωτὸς είναι γι μεγαλύτερη ταχύτητα ποὺ βρέθηκε στὴ φύση.

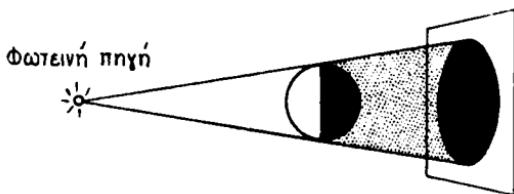
Γιὰ νὰ καταλάβωμε καλύτερα πόσο μεγάλη είναι γι ταχύτητα τοῦ φωτός, ἀς κάνωμε τὸν ἔξης ὑπολογισμό:

‘Η περίμετρος τῆς γῆς είναι $40\,000\ km$. Κάνοντας τὴ διαίρεση $300\,000 : 40\,000$, βρίσκομε ὅτι τὸ φῶς μέσα σὲ ἔνα δευτερόλεπτο διανύει ἀπόσταση ἵση μὲ $7\frac{1}{2}$ φορὲς τὴν περίμετρο τῆς Γῆς. Δηλαδὴ, ἂν τὸ φῶς μποροῦσε νὰ κινηθῇ κατὰ καμπύλη τροχιά, θὰ ἔκανε ἐπτάμιση φορὲς τὸν γύρο τῆς Γῆς μέσα σὲ ἔνα δευτερόλεπτο!

16·2 Πῶς διαδίδεται τὸ φῶς.

Τὸ φῶς διαδίδεται εὐθύγραμμα. Μποροῦμε εύκολα νὰ πεισθοῦμε γι' αὐτὸ μὲ πολλὲς παρατηρήσεις, π.χ. ἂν κλείσωμε τὰ φύλλα ἐνδε παραθυριοῦ ποὺ τὸ φωτίζει δ ἥλιος καὶ ἀφήσωμε μόνο μιὰ σχισμὴ ἀνοικτή, τότε καθὼς εἰσχωρεῖ τὸ φῶς τοῦ ἥλιου ἀπὸ τὴν σχισμὴ στὸ δωμάτιο, φωτίζει τὰ μόρια τῆς σκόνης ποὺ αἰωρεῖται στὸν ἀέρα καὶ ἔτσι βλέπομε τὶς φωτεινὲς ἀκτίνες, ποὺ εἶναι εὐθύγραμμες.

Άλλο φαινόμενο ποὺ μᾶς δείχνει ὅτι τὸ φῶς διαδίδεται κατὰ εὐθεῖα γραμμὴ εἶναι δ σχηματισμὸς τῆς σκιᾶς (σχ. 16·2 α.).



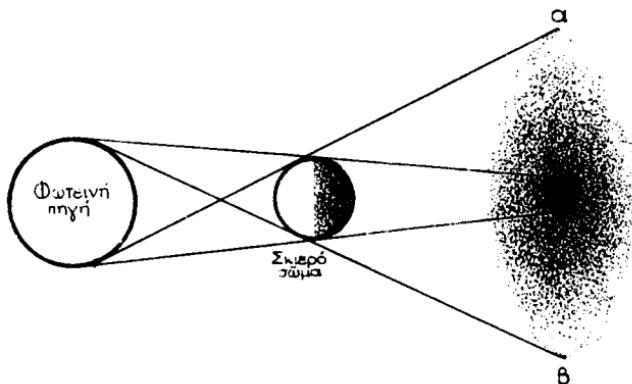
Σχ. 16·2 α.

Σχηματισμὸς τῆς σκιᾶς. Ἀπὸ τὸν τρόπο ποὺ σχηματίζεται ἡ σκιά, συμπεραίνομε ὅτι τὸ φῶς διαδίδεται εὐθύγραμμα. Στὸ σχῆμα ἡ φωτεινὴ πηγὴ εἶναι πολὺ μικρὴ σὲ ἕκταση, δηλαδὴ εἶναι ἓνα σημεῖο.

Οταν ἡ φωτεινὴ πηγὴ ἔχῃ σημαντικὲς διαστάσεις, ἡ σκιὰ δὲν σχηματίζεται καθαρά, γιατὶ ἀνάμεσα στὴν διαίκη σκιὰ καὶ στὴν φωτεινὴ περιοχὴ ὑπάρχει μιὰ περιοχὴ παρασκιᾶς, δπως λέμε (σχ. 16·2 β.). Στὴν περιοχὴ τῆς παρασκιᾶς δ φωτισμὸς εἶναι μικρότερος παρὰ στὴν φωτεινὴ περιοχὴ, ἀλλὰ εἶναι μεγαλύτερος ἀπ' δ, τι εἶναι στὴν περιοχὴ τῆς σκιᾶς.

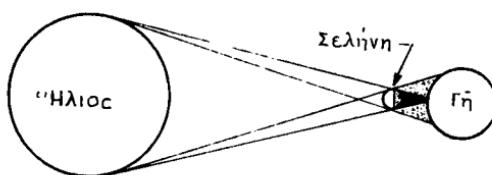
Συχνὰ ἔχομε ἐκλείψεις τοῦ ἥλιου καὶ τῆς σελήνης. Οἱ ἐκλείψεις αὐτὲς εἶναι δρατὲς ἀπὸ διάφορες περιοχὲς τῆς Γῆς καθε χρόνο. Ή ἐκλείψη τοῦ ἥλιου γίνεται γιατὶ ἡ σελήνη μπαίνει ἀνάμεσα στὴ Γῆ καὶ στὸν ἥλιο, μὲ τέτοιο τρόπῳ ὕστε ἡ σκιὰ τῆς σελήνης πέφτει ἐπάνω σὲ μιὰ δρισμένη περιοχὴ τῆς Γῆς. Ἐτοι

χρύβεται ὁ ἥλιος ἀπὸ τὴν περιοχὴν αὐτῆς. Δηλαδὴ ἡ περιοχὴ αὐτῆς ἔχει ἐκλειψην ἥλιου (σχ. 16·2 γ). Ἡ ἐκλειψη τῆς σελήνης γίνεται, γιατὶ ἡ Γῆ βρίσκεται ἀνάμεσα στὸν ἥλιο καὶ στὴ σελήνη μὲν



Σχ. 16·2 β.

Σχηματισμὸς σκιᾶς καὶ παρασκιᾶς, δταν ἡ φωτεινὴ πηγὴ ἔχῃ σημαντικές διαστάσεις. Στὸ κέντρο φαίνεται ἡ σκιὰ καὶ γύρω - γύρω ἡ παρασκιά, ἡ ὅποια είναι ἐντονώτερη πρὸς τὸ κέντρο.



Σχ. 16·2 γ.

Ἐκλείψεις ἥλιου συμβαίνουν, δταν ἡ σελήνη σκιάζῃ τὸν ἥλιο, δηλαδὴ δταν ἔνα τμῆμα τῆς Γῆς βρίσκεται μέσα στὴ σκιὰ ποὺ ρίχνει ἡ σελήνη.

Ἐκλείψεις ἥλιου μποροῦν νὰ φανοῦν, δταν ἔχωμεν νέα σελήνη.

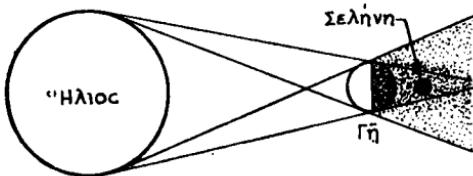
τέτοιο τρόπῳ, ὅστε ἡ σκιὰ τῆς Γῆς πέφτει ἐπάνω στὴ σελήνη. Ἔτσι ἡ σελήνη δὲν φωτίζεται ἀπὸ τὸν ἥλιο, σκοτεινιάζει καὶ ἔγινε ἐκλειψη σελήνης (σχ. 16·2 δ).

Τὸ φῶς, ἀντίθετα ἀπὸ τὸν ἥλιο, περνᾶ ἐλεύθερα μέσα ἀπὸ τὸ κενό. Ήερνᾶ ἐπίσης μέσα ἀπὸ πολλὰ σώματα (ἀέρας, γυαλί, νερὸς

κ. ἄ.). ἀπὸ ἄλλα δημως σώματα δὲν μπορεῖ νὰ περάσῃ (π.χ. ξύλο, πέτρες, μέταλλα κ. ἄ.)

Τὰ σώματα μέσα ἀπὸ τὰ δρόποια περνᾶ τὸ φῶς τὰ λέμε διαφανή, ἐνῶ ἔχεινα μέσα ἀπὸ τὰ δρόποια δὲν περνᾶ τὸ φῶς τὰ λέμε ἀδιαφανή.

Ὑπάρχουν καὶ σώματα μέσα ἀπὸ τὰ δρόποια περνᾶ μὲν τὸ φῶς, ἀλλὰ ἔμεις δὲν μποροῦμε νὰ δοῦμε τί εἶναι ἀπὸ πίσω. Τέτοια σώματα εἶναι π.χ. τὰ γαλακτόχρωμα γυαλιά (θαμπά γυαλιά), ποὺ βάζομε στοὺς ἡλεκτρικοὺς λαμπτήρες, γιὰ νὰ μὴ φαίνεται τὸ πυρα-



Σχ. 16·2·8.

Ἐκλείψεις σελήνης γίνονται, δταν ἡ σελήνη μπαίνη μέσα στὴ σκιὰ ποὺ φύγει ή Γῆ. ᘾκλείψεις σελήνης μποροῦν νὰ φανοῦν δταν έχωμε πανσέληνο.

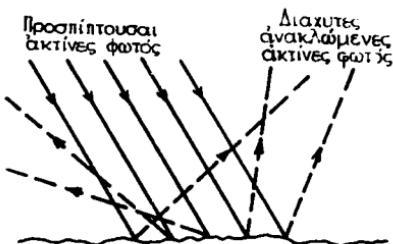
κτωμένο νῆμα καὶ μᾶς ἐνοχλῇ στὰ μάτια. Τὰ σώματα αὐτὰ τὰ δύο μάζομε διαφώτιστα.

16·3 Πῶς ἀνακλᾶται τὸ φῶς.

Στὴν προηγούμενη παράγραφο εἴπαμε δτι τὸ φῶς διαδίδεται εὐθυγράμμα. Ὅταν δημως τὸ φῶς πέσῃ ἐπάνω σὲ ἔνα ἀδιαφανὲς σῶμα, ἐνα μέρος τῆς ἐνεργείας του ἀπορροφᾶται καὶ γίνεται θερμότητα, ἐνῶ ἐνα ἄλλο μέρος ἀνακλᾶται, ξαναγυρίζει δηλαδὴ πίσω ἢ ἄλλαζει διεύθυνση.

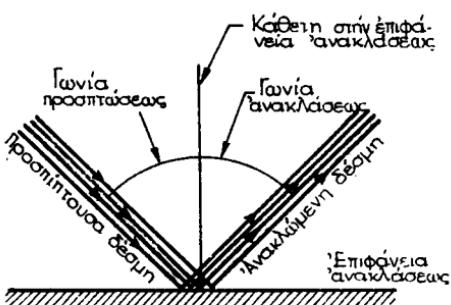
Στὰ περισσότερα σώματα ἡ ἀνάκλαση γίνεται διάχυτα. Δηλαδὴ μιὰ δέσμη φωτὸς ποὺ πέφτει ἐπάνω στὴν ἐπιφάνεια τοῦ σώματος, δταν ἀνακλᾶται, διασπᾶται σὲ πολλὲς λεπτότερες δέσμες (ἄκτινες) ποὺ κατευθύνονται ἀκατάστατα πρὸς δλες τὶς διευθύνσεις (σχ. 16·3 α). Σὲ μερικὰ δημως σώματα, δπως στὰ γυαλισμένα μέ-

ταλλα, στοὺς καθρέφτες κλπ. κάθε δέσμη φωτός, ποὺ πέφτει ἐπάνω στὴν ἐπιφάνεια τοῦ σώματος ὑπὸ μίᾳ δρισμένῃ γωνίᾳ ἀνακλᾶται χωρὶς νὰ διασπασθῇ, ὅπως δείχνει τὸ σχῆμα 16·3 β.



Σχ. 16·3 α

Ανάκλαση σ' ἔνα δοποιοδήποτε σῶμα. Κάθε φωτεινὴ δέσμη ποὺ πέφτει ἐπάνω στὴν ἐπιφάνεια τοῦ σώματος διασπᾶται σὲ πολλὲς ἄλλες καὶ ἔτσι προκαλεῖται διάχυση τοῦ φωτός.



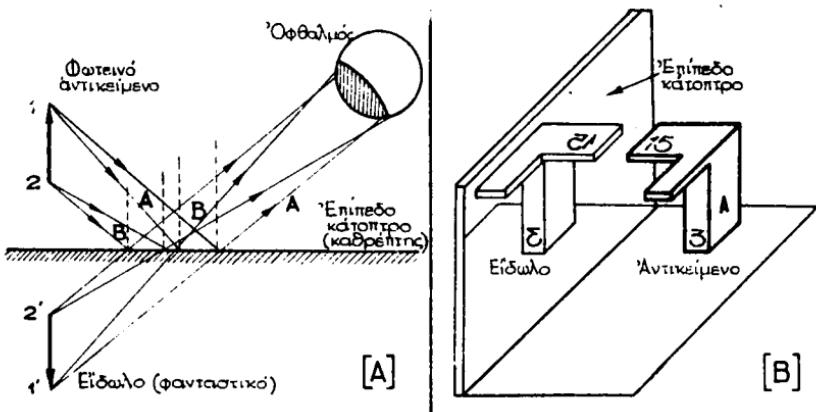
Σχ. 16·3 β.

Ανάκλαση ἐπάνω σ' ἔνα κάτοπτρο. Ή ἀνακλώμενη ἀπὸ τὸ κάτοπτρο δέσμη σχηματίζει μὲ τὴν κάθετο στὴν ἐπιφάνεια τοῦ κατόπτρου γωνία ἵση μὲ τὴν γωνία ποὺ σχηματίζει ἡ προσπίπτουσα δέσμη.

Η ἀρχικὴ δέσμη ποὺ πέφτει ἐπάνω στὴν ἐπιφάνεια τοῦ κατόπτρου καθὼς καὶ ἡ δέσμη ποὺ ἀνακλᾶται, βρίσκονται σὲ ἔνα ἐπίπεδο ποὺ εἰναι: κάθετο πρὸς τὴν ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνεια (δηλ. τὸ κάτοπτρο) καὶ σχηματίζουν καὶ οἱ δύο τὴν ἴδια γωνία μὲ τὴν κάθετο ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας στὸ σγυμεῖο ὅπου γίνεται ἡ ἀνάκλαση.

(Νόμος τῆς Ἀνακλάσεως). Ἐπιφάνειες, στὶς δόποις ή ἀνάκλαση γίνεται κατὰ τὸν δεύτερο αὐτὸν τρόπο ποὺ περιγράψαμε, δνομάζονται κατοπτρικὲς ἐπιφάνειες ή ἀπλῶς κάτοπτρα.

Ἀποτέλεσμα αὐτοῦ ποὺ εἴπαμε γιὰ τὸν Νόμο τῆς Ἀνακλάσεως στὰ κάτοπτρα είναι ὅτι μποροῦμε νὰ δοῦμε ἐνα σῶμα μέσα σὲ ἐνα κάτοπτρο. Πῶς γίνεται αὐτὸ τὸ βλέπομε στὸ σχῆμα 16·3 γ, ποὺ εἰκονίζει [A] πῶς γίνεται η ἀνάκλαση ἐνδὸς χονδροῦ μαύρου βέλους 1-2 σὲ ἐνα καθρέπτη. Παρατηροῦμε, δηλαδή, ὅτι οἱ ἀκτίνες φθάνουν στὰ μάτια μας, ἀφοῦ ἀνακλασθοῦν ἐπάνω στὸ κάτοπτρο



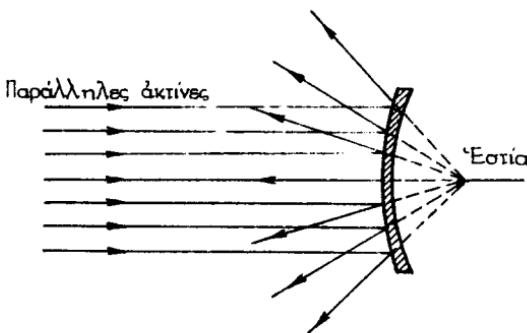
Σχ. 16·3 γ.

Πῶς φαίνονται τὰ ἀντικείμενα, ὅταν τὰ βλέπωμε μέσα σὲ ἐνα ἐπίπεδο κάτοπτρο (καθρέπτη).

καὶ ἔτοι μᾶς φαίνεται ὅτι τὸ βέλος είναι πίσω ἀπὸ τὸν καθρέπτη, είναι δηλ. εἶδωλο. Τὸ ἴδιο συμβαίνει καὶ στὸ σχῆμα 16·3 γ [B].

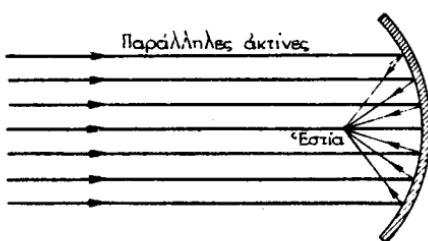
Κάτοπτρα ἔχομε διαφόρων εἰδῶν, ἀνάλογα μὲ τὴν μορφὴ ποὺ ἔχει ἡ ἐπιφάνεια τους. Τὰ πιὸ συνηθισμένα είναι τὰ ἐπίπεδα, καὶ τὰ σφαιρικά, (κυρτὰ καὶ κοῖλα) (σχ. 16·3 γ, 16·3 δ, 16·3 ε). Οἱ κοινοὶ καθρέπτες είναι ἐπίπεδα κάτοπτρα. Στὸ σχῆμα 16·3 δ βλέπομε πῶς ἀνακλᾶται μία δέσμη ἀπὸ παράλληλες ἀκτίνες ἐπάνω σὲ ἐνα κυρτὸ σφαιρικὸ κάτοπτρο, βλέπομε δηλαδὴ ὅτι μιὰ δέσμη

ἀπὸ παράλληλες ἀκτίνες μετατρέπεται σὲ μιὰ δέσμη ἀκτίνων ποὺ ἀπομακρύνονται ἡ μία ἀπὸ τὴν ἄλλη. Τέτοιες δέσμες ἀκτίνων τὶς λέμε ἀποκλίνουσες. Ἐν παρατηρήσωμε μιὰ τέτοια ἀπο-



Σχ. 16·3β.

Μιὰ δέσμη ἀπὸ παράλληλες ἀκτίνες ὅταν πέσῃ ἐπάνω σ' ἓνα κυρτὸ κάτοπτρο γίνεται ἀποκλίνουσα καὶ τότε τὸ φῶς μοιάζει σὰν νὰ ἔρχεται ἀπὸ ἓνα σημεῖο πίσω ἀπὸ τὸ κάτοπτρο. Τὸ σημεῖο αὐτὸ εἶναι ἡ ἐστία τοῦ κατόπτρου.



Σχ. 16·3c.

Μιὰ δέσμη ἀπὸ παράλληλες ἀκτίνες ὅταν πέσῃ ἐπάνω σ' ἓνα κοῖλο κάτοπτρο, συγχεντρώνεται σ' ἓνα σημεῖο ἐμπρὸς ἀπὸ τὸ κάτοπτρο. Τὸ σημεῖο αὐτὸ εἶναι ἡ ἐστία τοῦ κατόπτρου.

κλίνουσα δέσμη, τότε θὰ μᾶς φανῆ ὅτι τὸ φῶς προέρχεται ἀπὸ ἓνα σημεῖο πίσω ἀπὸ τὸ κάτοπτρο. Τὸ σημεῖο αὐτὸ δονομάζεται ἐστία τοῦ κατόπτρου.

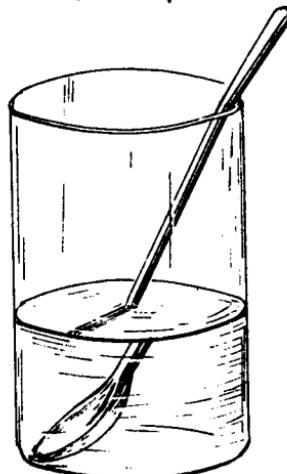
Τὸ ἀντίθετο γίνεται ὅταν μιὰ δέσμη ἀπὸ παράλληλες ἀκτίνες φωτὸς πέφτῃ ἐπάνω σὲ ἓνα κοῖλο κάτοπτρο: οἱ ἀκτίνες συγ-

κεντρώνονται δλες σὲ ἔνα σημεῖο ἐμπρὸς ἀπὸ τὸ κάτοπτρο (σχ. 16·3ε). Τὸ σημεῖο αὐτὸ τὸ λέμε πάλι ἔστια τοῦ κατόπτρου, ἀλλὰ εἶναι ἡ πραγματικὴ ἔστία, γιατὶ οἱ ἀκτίνες συγκεντρώνονται πραγματικὰ στὸ σημεῖο αὐτό.

"Αν συγκεντρώσωμε τὶς ἀκτίνες τοῦ ἥλιου μὲ ἔνα κοῖλο κάτοπτρο, κατ' αὐτὸν τὸν τρόπο, στὴν ἔστία, παράγεται μεγάλη ποσότητα θερμότητας. Μποροῦμε τὴν θερμότητα αὐτὴ νὰ τὴν χρησιμοποιήσωμε γιὰ πολλοὺς σκοπούς. Τελευταίως μάλιστα ἔχουν κατασκευάσει τέτοια μεγάλα κάτοπτρα ποὺ εἶναι ἀρκετὰ φθηνὰ καὶ τὰ χρησιμοποιοῦν γιὰ νὰ παράγουν θερμότητα γιὰ μαγείρεμα, γιὰ νὰ παράγουν πόσιμο νερὸ ἐξατμίζοντας τὸ θαλασσινά, καὶ γιὰ πολλὲς ἄλλες ἐφαρμογές, σὲ χῶρες ποὺ ἔχουν πολὺ ἥλιο καὶ δὲν ἔχουν φθηνὰ καύσιμα ἢ ἥλεκτρικὸ ρεῦμα.

16·4 Πῶς διαθλάται τὸ φῶς.

"Οταν βυθίσωμε ἔνα κουτάλι μέσα σὲ ἔνα ποτήρι νερὸ καὶ

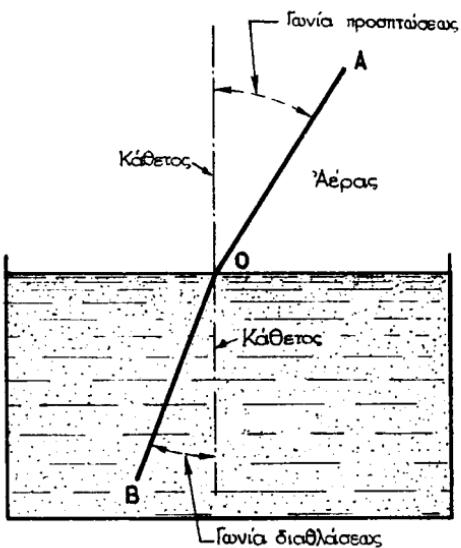


Σχ. 16·4 α.

κοιτάξωμε ἀπὸ τὸ πλάϊ, θὰ δοῦμε ὅτι τὸ κουτάλι φαίνεται σὰν σπασμένο (σχ. 16·4α). Τέ συμβαίνει; Τὸ φῶς ποὺ φθάνει στὰ

μάτια μας ἀπὸ τὸ τμῆμα τοῦ κουταλιοῦ ποὺ εἶναι ἐπάνω ἀπὸ τὸ νερό, διασχίζει μόνο τὸν ἀέρα καὶ τὸ τοίχωμα τοῦ ποτηριοῦ, ἐνῷ τὸ φῶς ποὺ φθάνει στὰ μάτια μας ἀπὸ τὸ τμῆμα τοῦ κουταλιοῦ ποὺ εἶναι κάτω ἀπὸ τὸ νερό, διασχίζει πρώτα ἕνα τμῆμα νεροῦ καὶ ἔπειτα τὰ τοιχώματα τοῦ ποτηριοῦ καὶ τὸν ἀέρα.

Τὸ πείραμα αὐτὸ μᾶς κάνει νὰ συμπεράνωμε ὅτι, ὅταν τὸ φῶς περνᾷ ἀπὸ ἕνα διαφανὲς σῶμα σὲ ἕνα ἄλλο, ἀλλάζει διεύθυνση. Τὸ φῶς δηλαδὴ διαδίδεται κατὰ εὐθεία γραμμή, ἐφ' ὅσον κτενεῖται μέσα στὸ ἕδιο διαφανὲς σῶμα. "Οταν δμως περνᾷ ἀπὸ τὸ ἕνα διαφανὲς σῶμα σ' ἕνα ἄλλο, τότε οἱ φωτεινὲς ἀκτίνες ἀλλάζουν διεύθυνση στὸ σημεῖο ὃπου συναντοῦν τὴν ἐπιφάνεια ποὺ διαχωρίζει τὰ δύο διαφανή σώματα. Τὸ φαινόμενο αὐτὸ τὸ δυνομάζομε διάθλαση τοῦ φωτός.



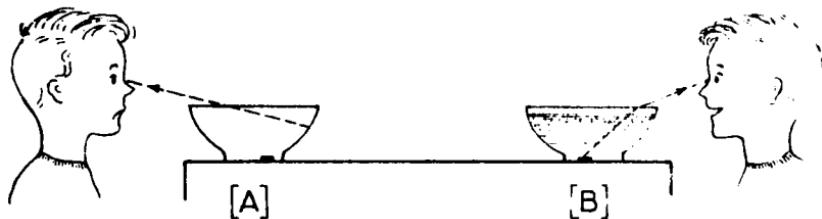
Σχ. 16·4β.

"Ἄς πάρωμε μιὰ ἀκτίνα φωτὸς (δηλαδὴ μιὰ πολὺ λεπτὴ δέσμη) ποὺ συναντᾶ μιὰ ἐπιφάνεια νεροῦ, ὅπως δείχνει τὸ σχῆμα 16·4 β. Ἡ ἀκτίνα αὐτὴ στὸ σημεῖο ὃπου συναντᾶ τὴν ἐπιφάνεια

τοῦ νεροῦ ἀλλάζει διεύθυνση, καὶ πληγιάζει πρὸς τὴν κάθετο στήν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ (πορεία AOB).

Παρατηροῦμε λοιπὸν ὅτι, ὅταν τὸ φῶς περνᾷ ἀπὸ τὸν ἀέρα στὸ νερό, οἱ φωτεινὲς ἀκτίνες ἀλλάζουν διεύθυνση στὴν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ καὶ πληγιάζουν πρὸς τὴν κάθετο ἐπὶ τὴν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ. Τὸ ἀντίθετο συμβαίνει, ὅταν τὸ φῶς περνᾶ ἀπὸ τὸ νερὸ στὸν ἀέρα. Οἱ φωτεινὲς ἀκτίνες ἀλλάζουν διεύθυνση στὴν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ καὶ ἀπομακρύνονται ἀπὸ τὴν κάθετο ἐπὶ τὴν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ (πορεία BOA).

Τὸ σχῆμα 16·4 γ δείχνει: ἔνα παράδειγμα τοῦ φαινομένου τῆς διαθλάσεως. Τοποθετοῦμε ἔνα νόμισμα μέσα σὲ μιὰ ἀδεια λε-



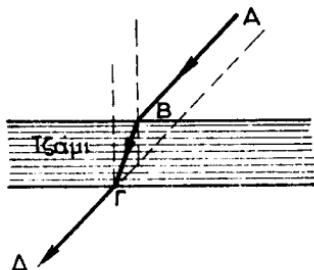
Σχ. 16·4 γ.

Τὸ νόμισμα ποὺ εἶναι στὸν πυθμένα τῆς λεκάνης δὲν φαίνεται, ὅταν ἡ λεκάνη εἶναι ἀδεια. Φανερώνεται ὅταν τὴν γεμίσωμε μὲ νερό. Οἱ διακεκομένες γραμμὲς δείχνουν τὴν πορεία τῶν ἀκτίνων τοῦ φωτός.

κάνη καὶ στεκόμαστε σὲ τέτοια θέση, ὥστε νὰ μὴ τὸ βλέπωμε [A]. Κατόπιν κάποιος γεμίζει τὴν λεκάνη μὲ νερό, ὅπότε βλέπομε τὸ νόμισμα [B]. Οἱ διακεκομένες γραμμὲς στὸ σχῆμα δείχνουν τὴν πορεία τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων. Μποροῦμε νὰ δοῦμε τὸ νόμισμα, ἐπειδὴ οἱ ἀκτίνες τοῦ φωτός, καθὼς βγαίνουν ἀπὸ τὸ νερό, ἀλλάζουν διεύθυνση καὶ ἀπομακρύνονται ἀπὸ τὴν κατακόρυφο.

Στὸ σχῆμα 16·4 δ βλέπομε ὅτι, ὅταν τὸ φῶς περνᾶ μέσα ἀπὸ ἔνα τζάμι ἢ γενικὰ μέσα ἀπὸ ἔνα διαφανὲς σῶμα μὲ παράληγλες ἐπιφάνειες, οἱ φωτεινὲς ἀκτίνες ἀλλάζουν διεύθυνση δύο

φορές, μία δταν μπαίνουν μέσα στὸ γυαλὶ (B) καὶ μία δταν βγαίνουν (Γ). Τὸ ἀποτέλεσμα εἶναι νὰ μετατοπίζωνται παράλληλα ($\Gamma\Delta$) διατηρώντας τὴν ἀρχική τους κατεύθυνση (AB). Ἐν οἱ ἐπιφάνειες τοῦ τζαμιοῦ δὲν εἶναι ἐντελῶς ἐπίπεδες καὶ παράλληλες μεταξύ τους, τότε οἱ μετατοπίσεις τῶν ἀκτίνων δὲν εἶναι παντοῦ ἕδεις καὶ ἔτσι ἀλοιώνονται τὰ σχῆματα τῶν σωμάτων ποὺ βλέπομε μέσα ἀπὸ τὰ τζάμια. Τὸ ἕδιο γίνεται στοὺς καθρέπτες κακῆς ποιότητας.



Σχ. 16·4 δ.

Πορεία τῶν ἀκτίνων μέσα ἀπὸ ἓνα τζάμι. Οἱ ἀκτίνες τοῦ φωτὸς δταν περνοῦν μέσα ἀπὸ τὸ τζάμι, ἀλλάζονται διεύθυνση δύο φορές, ἀλλὰ καὶ τὶς δύο φορές κατὰ τὸν ἕδιο τρόπο καὶ ἔτσι μένουν παράλληλες πρὸς τὴν ἀρχική τους κατεύθυνση.

16·5 Ὁπτικὰ δργανα.

Στὸ Κεφάλαιο αὐτὸ θὰ μιλήσωμε γιὰ μερικὰ δπτικὰ δργανα. Ὁπτικὰ δργανα δνομάζονται τὰ δργανα, μὲ τὰ δποῖα ἐφαρμόζομε τοὺς νόμους τῆς Ὁπτικῆς καὶ ἀναπτύσσομε τὶς δπτικές μας παρατηρήσεις.

Ο δφθαλμὸς τοῦ ἀνθρώπου εἶναι ἓνα βασικὸ δπτικὸ δργανο. Τὰ πρίσματα, τὰ κάτοπτρα, οἱ φακοὶ εἶναι ἀπλὰ δπτικὰ δργανα. Στοὺς φακοὺς ἐφαρμόζεται τὸ φαινόμενο τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός. Φακοὺς ἔχομε διαφόρων εἰδῶν, δπως δείχνει τὸ σχῆμα 16·5 α. Φακοὶ εἶναι διεφανὴ σώματα, συνήθως γυάλινα ποὺ περιορίζονται συνήθως μεταξὺ σφαιρικῶν ἐπιφανειῶν.

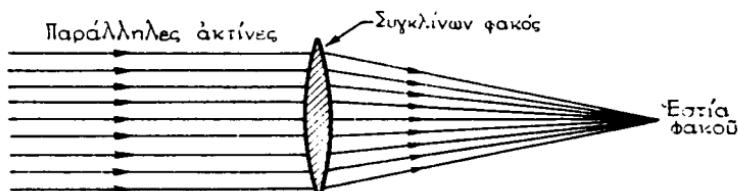
Τοὺς δίνομε διάφορα δνόματα, ἀνάλογα μὲ τὸ ἀν οἱ ἐπιφά-

νετές τους είναι σφαιρικές, κυρτές ή κοιλες. Οι φακοί διακρίνονται σε δύο κυρίως κατηγορίες: σε συγκλίνοντες και σε άποκλίνοντες ($16 \cdot 5 \beta$ και $16 \cdot 5 \gamma$). Συγκλίνοντες (σχ. 16 · 5 β) λέγον-



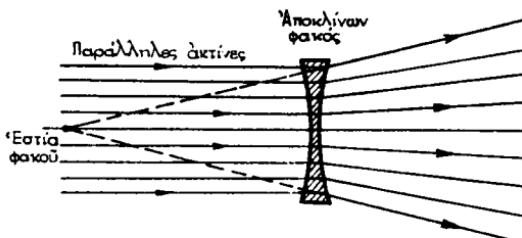
'Άμφικυρτος' Επιπεδόκυρτος Κυρτόκοιλος; 'Άμφικοιλος' Έπιπεδόκοιλος Κοιλόκυρτος

Σχ. 16 · 5 α.



Σχ. 16 · 5 β.

Μιὰ δέσμη άπὸ παραλλήλες άκτινες φωτὸς ὅταν περάσῃ μέσα ἀπὸ ἕνα συγκλίνοντα φακό, συγκεντρώνεται ὅλη σὲ ἓνα σημεῖο, τὴν ἐστία τοῦ φακοῦ. Ἄντιστοιχα ἀν στὴν ἐστία τοποθετήσωμε μία φωτεινὴ πηγὴ, τότε τὸ φῶς περνώντας μέσα ἀπὸ τὸ φακὸ μετατρέπεται σὲ μιὰ δέσμη ἀπὸ παραλλήλες άκτινες.

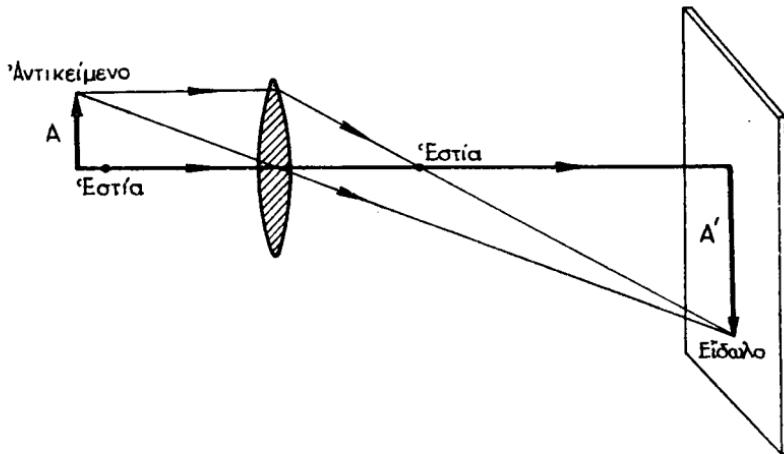


Σχ. 16 · 5 γ.

Όταν μιὰ δέσμη παραλλήλων άκτινων περάσῃ μέσα ἀπὸ ἕναν άποκλίνοντα φακό, τότε γίνεται ἀποκλίνουσα καὶ τὸ φῶς μοιάζει σὰν νὰ προέρχεται ἀπὸ ἕνα σημεῖο πίσω ἀπὸ τὸ φακό (διακεκομμένες γραμμές). Τὸ σημεῖο αὐτὸν είναι ἡ ἐστία τοῦ φακοῦ.

ται ἔκεινοι πού, δταν περνᾶ ἀνάμεσά τους μιὰ δέσμη ἀκτίνων, τὴν συγκεντρώνουν σὲ ἕνα σημεῖο, ἐνῶ ἀποκλείνοντες (σχ. 16·5 γ) λέγονται ἔκεινοι πού, δταν περνᾶ ἀπὸ μέσα τους μιὰ δέσμη ἀκτίνων, τὴν κάνοντας νὰ ἀνοίγῃ. Τοῦτο γίνεται καὶ μὲ τὰ κυρτὰ σφαιρικὰ κάτοπτρα.

Οἱ συγκλίνοντες φακοὶ χρησιμοποιοῦνται πολὺ γιὰ νὰ σχηματίζουν τὰ εἰδωλα ἀντικειμένων κατὰ τὸν τρόπο ποὺ μᾶς χρειάζεται στὴν πράξη, "Ετσι, λ.χ. ἂν τοποθετήσωμε ἕνα ἀντικείμενο πιὸ μακριὰ ἀπὸ τὴν ἑστία τοῦ φακοῦ, θὰ σχηματισθῇ εἰδωλο σὲ μιὰ δρισμένη ἀπόσταση καὶ σὲ ὅρισμένο μέγεθος (16·5 δ).

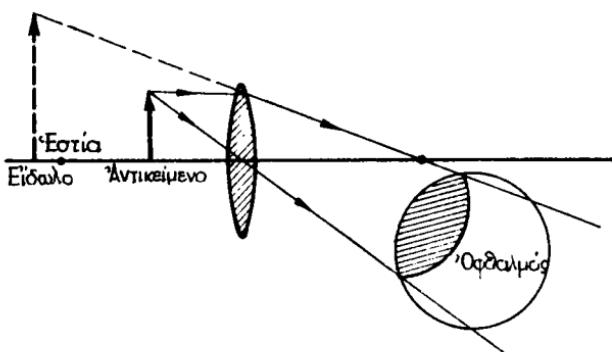


Σχ. 16·5 δ.

"Αν τοποθετήσωμε ἕνα ἀντικείμενο μεταξὺ ἑνὸς συγκλίνοντος φακοῦ καὶ τῆς ἑστίας του, παρατηροῦμε βλέποντας μέσα ἀπὸ τὸ φακό, δτι τὸ εἰδωλο σχηματίζεται μεγαλύτερο (σχ. 16·5 ε).

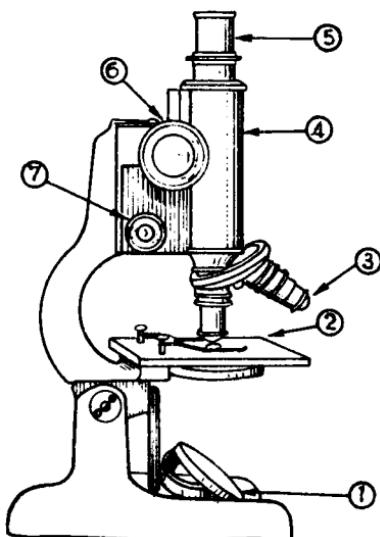
Τοὺς φακοὺς τοὺς χρησιμοποιοῦμε πάρα πολὺ στὰ διπτικὰ δργανα, μερικὰ ἀπὸ τὰ ἐποίκια ἀναφέρομε παρακάτω:

— **Μικροσκόπια.** Μὲ τὰ μικροσκόπια βλέπομε ἀντικείμενα, ποὺ εἰναι πολὺ μικρὰ καὶ δὲν μποροῦμε νὰ τὰ δοῦμε μὲ γυμνὸ μάτι (σχ. 16·5 ζ). Τὸ μικροσκόπιο δείχνει μεγαλύτερα τὰ ἀντικείμενα



Σχ. 16.5 ε.

Έτσι έργαζεται ένας κοινὸς μεγεθυντικὸς φακός. Τὰ βέλη δείχνουν τὴν διεύθυνση τῆς πορείας τῶν ἀκτίνων ποὺ προέρχονται ἀπὸ τὸ ἄκρο τοῦ βέλους. Αντίστοιχα ἀπὸ κάθε σημεῖο τοῦ ἀντικειμένου ἐκπέμπεται φῶς καὶ τελικὰ σχηματίζεται τὸ εἶδωλο.



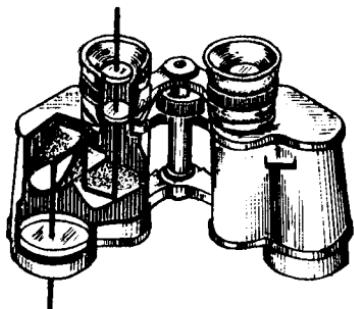
16.5 ζ. Μικροσκόπιο.

1. Κάτοπτρο γιὰ νὰ κατευθύνῃ τὸ φῶς.—2. Τράπεζα.—3. Αντικειμενικὸ σύστημα φακῶν.—4. Σωλήνας.—5. Προσοφθάλμιο σύστημα.—6, 7. Κουμπιά γιὰ ρύθμιση.

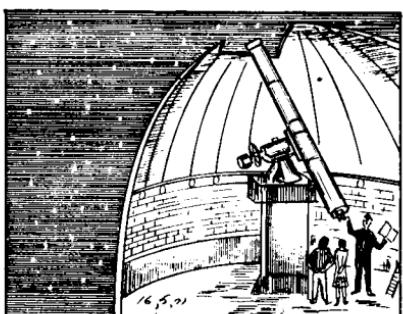
ποὺ βλέπομε μὲ αὐτό. Τὸ μικροσκόπιο δηλαδὴ κάνει μεγέθυνση.

Κάθε μικροσκόπιο χαρακτηρίζεται ἀπὸ τὸ πόσῳ μεγάλῃ εἰναι; ή μεγέθυνση ποὺ κάνει στὰ ἀντικείμενα ποὺ βλέπομε μὲ αὐτό, δηλαδὴ πόσες μεγαλύτερα κάνει τὰ εἶδωλα τῶν ἀντικειμένων. Ἡ μεγέθυνση ἑνὸς μικροσκοπίου μὲ φακοὺς δὲν μπορεῖ νὰ ὑπερβῇ τὶς 3 000 ἔως 3 500 περίπου κατ' ἀνθίτατο ὅρο. Τὰ συνηθισμένα μικροσκόπια ποὺ χρησιμοποιοῦνται στὴν μικροσκοπιολογία ἔχειν μεγέθυνση περίπου 60 ἔως 1 200.

—Τηλεσκόπια. Μὲ τὰ τηλεσκόπια βλέπομε ἀντικείμενα ποὺ εἰναι πολὺ μακριά. Τηλεσκόπια κατασκευάζονται μὲ φακούς, ἀλλὰ τώρχ χρησιμοποιοῦν καὶ κοῖλα σφαιρικὰ κατοπτρα. Τὸ χαροκτηριστικὸ στοιχεῖο καὶ τοῦ τηλεσκοπίου ὅπως καὶ τοῦ μικροσκοπίου εἰναι ή μεγέθυνσή του, δηλαδὴ πόσῳ μεγαλύτερα δείγνει τὰ ἀντικείμενα ποὺ βλέπομε μ' αὐτό. Μεγέθυνση λοιπὸν τοῦ



Κοινὸ διόφθαλμο φορητὸ τηλεσκόπιο (κυάλια).



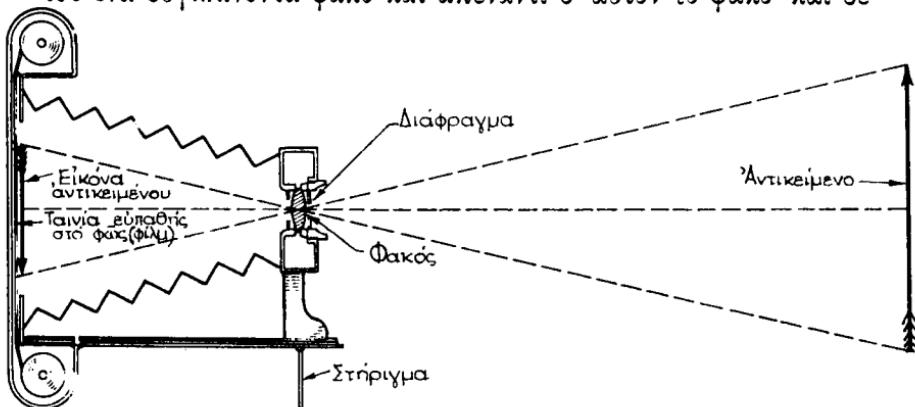
Ἄστρονομικὸ διοπτρικὸ (δηλαδὴ μὲ φακούς) τηλεσκόπιο.

Σχ. 16.5 η.

τηλεσκοπίου εἰναι ὁ λόγος τοῦ μεγέθους τοῦ εἶδώλου, ποὺ βλέπομε μ' αὐτό, πρὸς τὸ μέγεθος τοῦ ἀντικειμένου ποὺ παρατηροῦμε μὲ γυμνὸ μάτι.

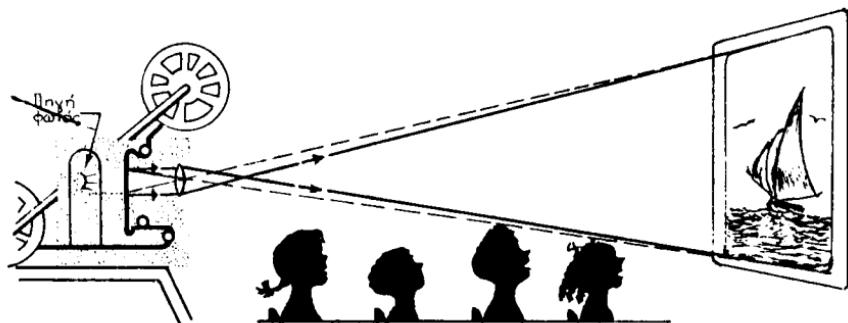
Τὰ κοινὰ κυάλια ἔχουν μεγέθυνση περίπου 5 ἔως 10 (σχ. 16.5 η). Τὰ ναυτικὰ κυάλια ἔχουν μεγέθυνση περίπου 50 καὶ τὰ μεγάλα κατοπτρικὰ τηλεσκόπια ἔφθασαν τὶς 15 000 περίπου.

— **Φωτογραφική μηχανή.** Η φωτογραφική μηχανή αποτελείται άπλως ένα σκοτεινό θάλαμο, δύποιος έχει στήν μιά πλευρά του ένα συγκλίνοντα φακό και άπέναντι σ' αύτὸν τὸ φακὸ καὶ σὲ



Σχ. 16·5 θ. Φωτογραφική μηχανή.

Τὸ φωτογραφικὸ φίλμ καὶ ἡ φωτογραφικὴ πλάκα ἔχει μιὰ ἐπάλειψη χημικῆς οὐσίας ποὺ εἶναι εὐπαθής στὸ φῶς.



Σχ. 16·5 ι. Προβολέας.

Τὸ σχῆμα δείχνει μιὰ μηχανὴ προβολῆς κινηματογράφου. Στήν ἴδια ἀρχὴ βασίζονται καὶ οἱ προβολεῖς ἀκινήτων εἰκόνων.

κατάλληλη ἀπόσταση ἔνα φωτογραφικὸ φίλμ ἢ μιὰ φωτογραφικὴ πλάκα (σχ. 16·5 θ). "Οταν περάσῃ φῶς μέσα ἀπὸ τὸ φακὸ τῆς φωτογραφικῆς μηχανῆς, τότε σχηματίζεται ἐπάνω στὴ φωτογραφικὴ πλάκα ἢ εἰκόνα (τὸ εἴδωλο) τῶν ἀντικειμένων ποὺ θέλομε νὰ

φωτογραφήσωμε καὶ ποὺ ἐκπέμπουν τὸ φῶς. Ἡ εἰκόνα αὐτὴ, τῶν ἀντικειμένων σχηματίζεται ἐντελῶς καθηρά, ὅταν ἡ φωτογραφικὴ πλάκα (ἢ φίλμ) βρίσκεται σὲ δρισμένη ἀπόσταση ἀπὸ τὸ φακό.

— *Προβολεῖς.* Μὲ τοὺς προβολεῖς προσάλλομε εἰκόνες, ἢ κινηματογραφικὲς ταινίες, ἐπάνω σὲ μία δθόνη (σχ. 16·5ι).

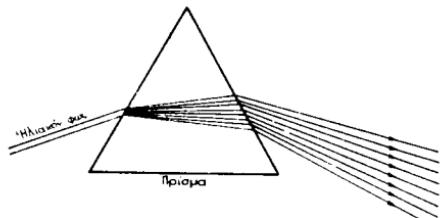
16·6 Πῶς ἀναλύεται τὸ φῶς.

Τὸ φῶς τοῦ γῆλου ποὺ μᾶς φαίνεται λευκὸν εἶναι σύνθετο, δηλαδὴ ἀποτελεῖται ἀπὸ φῶν διαφόρων χρωμάτων. "Ἄν μιὰ λεπτὴ δέσμη ἀκτίνων γῆλιακοῦ φωτὸς περάσῃ ἀπὸ ἕνα γυάλινο πρόσμα (τχ. 16·6 α) (δηλαδὴ μέσα ἀπὸ ἕνα τριγωνικὸ κομμάτι γυαλί, μὲ λεῖες ἐπίπεδες ἐπιφάνειες), θὰ δοῦμε ὅτι γένεται αὐτὴ ἀναλύεται σὲ χρώματα, ποὺ εἶναι κατὰ σειρὰ τὰ ἔξι: ἐρυθρὸς (κόκκινο), πορτοκαλί, κίτρινο, πράσινο, κυανοῦν (μπλέ) καὶ ἵωδες (μώβη). Αὐτὸς γίνεται γιατὶ τὸ λευκὸ φῶς εἶναι ἕνα μίγμα χρωμάτων, μὲ διαφορετικὲς τὸ κάθε ἕνα ἰδιότητες. Ὅταν δὲ περνᾷ μέσ' ἀπὸ τὸ πρόσμα τὸ κάθε χρώμα καταρρέει. Τὸ ὅτι τὸ λευκὸ φῶς εἶναι μίγμα χρωμάτων τὸ διαπιστώνομε καὶ ὡς ἔξι: Ήτάχθησαμε ἕνα δίσκο σὲ ἔξη τομεῖς καὶ θὰ χρωματίσωμε τὸν καθένα τους μὲ ἕνα ἀπὸ τὰ ἔξι κύρια χρώματα ποὺ ἀναφέραμε (σχ. 16·6 β). "Επειτα θὰ περιστρέψωμε τὸν δίσκο γρήγορα περὶ τὸν ἄξονά του. Θὰ δοῦμε τότε ὅτι διάφορος μᾶς φαίνεται περίπου λευκός. Αὐτὸς μᾶς δείχνει ὅτι τὸ λευκὸ φῶς εἶναι τὸ μίγμα τῶν ἔξι αὐτῶν χρωμάτων.

Τὸ λευκὸ φῶς ἀναλύεται ἀπὸ τὸ γυάλινο πρόσμα στὰ συστατικά του (ἔξι κύρια χρώματα) γιατὶ οἱ ἀκτίνες τοῦ φωτὸς διαθλώνται στὸ πρόσμα, καὶ οἱ ἀκτίνες μὲ τὸ μικρότερο μήκος κύριατος ἀλλάζουν διεύθυνση περισσότερο ἀπὸ τὶς ἀκτίνες μὲ μεγαλύτερο μήκος κύριατος. "Ετοι οἱ ἴνδεις ἀκτίνες, ποὺ ἔχουν μικρὸ μήκος κύριατος, ἀλλάζουν διεύθυνση περισσότερο ἀπὸ τὶς κυανές, γιατὶ οἱ κυανές ἔχουν μεγαλύτερο μήκος κύριατος. Οἱ κυανές πάλι ἀλ-

λάζουν διεύθυνση περισσότερο ἀπὸ τὶς πράσινες κ. ο. κ. κατὰ τὴν σειρὰ ποὺ εἴπαμε.

Ἡ ἀνάλυση τοῦ φωτὸς στὰ συστατικά του χρώματα ἔχει πολὺ μεγάλη σημασία, διότι ἀπὸ τὰ χρώματα στὰ ὅποια ἀναλύε-



Σχ. 16·6 α.



Σχ. 16·6 β.

“Οταν ἀφήσωμε μιὰ δέσμη λευκοῦ φωτὸς νὰ περάσῃ μέσα ἀπὸ ἓνα πρίσμα, τότε τὸ λευκὸ φῶς ἀναλύεται στὰ χρώματα ποὺ τὸ ἀποτελοῦν.

ταὶ τὸ φῶς ἐνὸς σώματος, ποὺ φωτοθίλει ἢ ποὺ τὸ φῶς του περνᾷ μέσα ἀπὸ ἓνα σῶμα, μποροῦμε νὰ μάθωμε πολλὰ πράγματα γιὰ τὴν σύσταση τοῦ σώματος αὐτοῦ. Αὕτη μπορεῖ καὶ γίνεται ἐπειδὴ τὸ φῶς ποὺ ἐκπέμπουν τὰ διάφορα στοιχεῖα ὅταν φωτοθίλοιον, διαφέρει ἀπὸ στοιχεῖο σὲ στοιχεῖο. Ἐπίσης, ὅταν περνᾶ φῶς μέσα ἀπὸ ἓνα σῶμα, π.χ. μέσα ἀπὸ ἓνα διάλυμα ἢ ἀπὸ ἓνα χρωματιστὸ γυαλὶ κ.λ.π., δριζμένα χρώματα ἀπορροφοῦνται περισσότερο ἀπὸ ἄλλα. Αὕτης εἰναι ἔνας τρόπος, μὲ τὸ δόπιο μπορέσαιμε καὶ μάθαμε ἀπὸ τί στοιχεῖα εἰναι κατασκευασμένα τὰ διάφορα ἀστρα (δ. γῆιος, οἱ ἀπλανεῖς ἀστέρες κλπ.), τὰ δόπια βρίσκονται σὲ τεράστιες ἀποστάσεις ἀπὸ τὴν Γῆ. Μποροῦμε ἐπίσης νὰ κάνωμε πολὺ γρήγορα μὲ τὸν τρόπο αὕτη ἀναλύσεις σωμάτων, ποὺ πολλὲς φορὲς ἀντικαθίστων τὶς χημικὲς ἀναλύσεις ποὺ ἀπαιτοῦν πολὺ γρόνο.

Ἐπίπαμε (16·1 σελ. 274) διτὶ τὸ φῶς ἀποτελεῖται ἀπὸ πολὺ μικρὰ σωμάτια ποὺ κινοῦνται μὲ μεγάλη ταχύτητα καὶ συγχρόνως προκαλοῦν καὶ παλμικὴ κίνηση κάθετα πρὸς τὴν διεύθυνση τῆς κιγήσεώς τους.

"Ἐτσι λοιπὸν διακρίνομε καὶ στὸ φῶς ὅπως καὶ στὸν γῆχο, συχνότητα καὶ μῆκος κύματος. Συχνότητα εἶναι: δ ἀριθμὸς τῶν ταλαντώσεων στὴ μονάδα τοῦ χρόνου ὅπως ἔχομε πῆ στὸ Κεφάλαιο τῆς Μηχανικῆς. Τὸ φῶς ποὺ βλέπομε ἔχει: μῆκος κύματος (λ) ἀπὸ 0,76 ἕως 0,39 μικρὰ περίπου (ὑπενθυμίζομε ὅτι ἔνα μικρὸ εἶναι ἔνα χιλιοστὸ τοῦ χιλιοστομέτρου: $1 \mu = 0,001 \text{ mm}$). Τὴν διαφορὰ τῆς συχνότητας τοῦ φωτὸς τὴν ἀντιλαμβάνομε σὸν διαφορὰ χρώματος. "Ἐτοί ἀρχίζοντας ἀπὸ τὰ μικρότερα μῆκη κύματος ἔχομε, ὅπως εἰπαμε καὶ πρίν, τὰ ἔξτης χρώματα:

- 'Ιῶδες (μῶδη)
- Κυανοῦν (μπλέ)
- Πράσινο
- Κίτρινο
- Πορτοκαλί
- 'Ερυθρὸ (χόκκινο).

Τὸ φῶς μοιάζει μὲ τὰ ἐργατικὰ κύματα ποὺ χρησιμοποιοῦνται στὴν Ραδιοφωνία, στὴν τηλεόραση, στὸ ραντάρ, καθὼς ἐπίσης μοιάζει καὶ μὲ τὶς ἀκτίνες X , ποὺ χρησιμοποιοῦνται ἀπὸ τοὺς γιατροὺς γιὰ τὶς ἀκτινογραφίες καὶ ἀκτινοσκοπήσεις, καὶ μὲ τὶς ἀκτίνες γ , τὶς δόποις ἐκπέμπουν διάφορα φαδενεργὰ στοιχεῖα, ποὺ χρησιμοποιοῦνται κι' αὐτὲς γιὰ διάφορες θεραπείες καὶ γιὰ ἄλλους σκοπούς. Ἡ μόνη διαφορὰ τοῦ φωτὸς ἀπὸ τὰ ἐργατικὰ κύματα καὶ τὶς ἀκτίνες X καὶ γ είναι ὅτι τὸ μῆκος κύματος τῶν ἐργατικῶν κυμάτων εἶγαι μεγαλύτερο ἀπὸ τὸ μῆκος κύματος τοῦ φωτός, ἐνῶ τὸ μῆκος κύματος τῶν ἀκτίνων X είναι μικρότερο ἀπὸ τὸ μῆκος κύματος τοῦ φωτός, καὶ τῶν ἀκτίνων γ ἀκόμη μικρότερο. "Ολα αὐτά, ἐργατικὰ κύματα, φῶς, ἀκτίνες X καὶ ἀκτίνες γ τὰ δυομάζομε ἡλεκτρομαγνητικὲς ἀκτινοβολίες.

"Ἡλεκτρομαγνητικὲς ἀκτινοβολίες, ποὺ ἔχουν μῆκος κύματος λίγο μικρότερο ἀπὸ τὸ μῆκος κύματος τοῦ λώδους χρώματος, τὶς λέμε ὑπεριώδεις. Αὐτὲς εἶναι κυρίως ποὺ κάνουν τὸ δέρμα μας γὰ μαυρίζη στὸν γῆλο. "Αντίθετα, ἀκτινοβολίες ποὺ ἔχουν μῆκος κύματος λίγο μεγαλύτερο ἀπὸ τὸ μῆκος κύματος τοῦ ἐρυθροῦ φωτός τὶς λέμε ὑπέρουθρες. Οἱ ὑπέρουθρες ἀκτίνες χρησιμοποιοῦνται στὴν βιομηχανία γιὰ ἔγραψη καὶ στὴν ιατρικὴ γιὰ τοπικὴ θέρμανση τοῦ σώματος.

Στὸν παρακάτω Πίγακα 3 ἔχομε κατατάξει τὶς διάφορες ἡλεκτρομαγνητικὲς ἀκτινοβολίες ἀνάλογα μὲ τὸ μῆκος κύματος.

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 2.

· Ηλεκτρομαγνητικῶν ἀκτινοβολιῶν.

<i>Εἰδος ἀκτινοβολίας</i>	<i>Μῆκος κύματος (περίπου)</i>												
· Ακτίνες γ	0,000001 μ ἔως 0,0005 μ												
· Ακτίνες X (Roentgen)	0,0005 μ ἔως 0,05 μ												
· Τπεριώδεις ἀκτίνες	0,05 μ ἔως 0,4 μ												
· Ορατὸς φῶς	0,4 μ ἔως 0,7 μ												
Χρώματα	<table style="margin-left: 20px;"> <tr> <td>Ιώδες (μώδη)</td><td>0,41 μ</td></tr> <tr> <td>κυανοῦν (μπλέ)</td><td>0,47 μ</td></tr> <tr> <td>πράσινο</td><td>0,52 μ</td></tr> <tr> <td>χίτρινο</td><td>0,58 μ</td></tr> <tr> <td>πορτοκαλί</td><td>0,60 μ</td></tr> <tr> <td>έρυθρός (κόκκινο)</td><td>0,65 μ</td></tr> </table>	Ιώδες (μώδη)	0,41 μ	κυανοῦν (μπλέ)	0,47 μ	πράσινο	0,52 μ	χίτρινο	0,58 μ	πορτοκαλί	0,60 μ	έρυθρός (κόκκινο)	0,65 μ
Ιώδες (μώδη)	0,41 μ												
κυανοῦν (μπλέ)	0,47 μ												
πράσινο	0,52 μ												
χίτρινο	0,58 μ												
πορτοκαλί	0,60 μ												
έρυθρός (κόκκινο)	0,65 μ												
· Υπέρυθρες ἀκτίνες	0,7 μ ἔως 1 μ												
· Ερτζιαγὰ κύματα	1 cm ἔως 10 000 m												
(Στὴν ραδιοφωνίᾳ χρησιμοποιοῦνται ἀπὸ 10 m ἔως 2 000 m).													

16.7 Διάφορα ἄλλα ὄπτικὰ φαινόμενα.

Τὰ φαινόμενα ποὺ περιγράψαιμε δὲν εἶναι τὰ μόνα ὄπτικὰ φαινόμενα. Υπάρχουν καὶ πολλὰ ἄλλα σπῶς ἢ πόλωση, ἢ συμβολή, ἢ περίθλαση τοῦ φωτός κλπ., τὰ δποῖα ἔχουν πολλὲς ἐφαρμογὲς στὴν Φυσική, στὴν Χημεία, στὴν Ἀστρονομία, στὴν Βιολογία ἀλλὰ καὶ στὴν Τεχνική. Τὰ φαινόμενα αὐτὰ δὲν θὰ περιγραφοῦν σ' αὐτὸς τὸ βιβλίο.

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ

(Οι άριθμοί αναφέρονται σε σελίδες)

- Άδρανεμα 73
αεροδυναμικό σχήμα 186
αεροστατικής Νόμοι 143
άνακλαση ήχου 221
άνάλιση δυνάμεων 25
άντιδραση δυνάμεων 81
άντηχηση 223
άντλιες 187
ἀπόσταξη 263
ἀραιόμετρα 135
ἀρχή του Αρχιμήδη 143
άτμωμηχανή 252
άτμοστρόβιλος 253
άτμοσφαιρα τεχνική 138
άτομα 9
- Βαθμός αποδόσεως 105
βαρόμετρα 158
βαρόμετρα μεταλλικά 164
βαρούλκο 117
βαρύτητα 69
βρασμού θερμοκρασία 260
- Γραμμικός συντελεστής διαστολής 235
γρανάζι 121
- Διάθλαση φωτός 282
διαλύματα 201
διαπασών 225
διαρροή 130
διαστολή επιφανειακή 238
διατήρηση ένεργειας 100
διατήρηση δρόμης 83
διάτιμηση 132
διάχυση 198
δινάμεις 20
δυνάμεις συναφείας 206
δυνάμεις συνοχής 205
δυναμική ένέργεια 99
δυναμόμετρα 21
δράση δυνάμεων 81
- *Εγχορδα μουσικά οργανα 225
είδικό βάρος 69
- έκχρεμές 60
έλαστικότητα 125
ένέργεια 19, 98
ένέργεια θέσεως 99
ένέργεια κινητική 100
ένταση ήχου 219
ένώσεις χημικές 11
έξαερώσεως θερμότητα 261
έπιτάχυνση 49
έπιφανειακή τάση 209
έργο 93
έσωτερης καύσεως μηχανής
- *Ηλεκτρομαγνητικές άκτινοβολίες 293, 294
ήχος 210
ήχω 221
- Θερμίδα 246
θερμικές μηχανές 252
θερμοδυναμικά άξιώματα 249, 252
θερμολεκτικό στοιχείο 244
θερμοκρασία 229
θερμόμετρα 229, 239
θερμόμετρα μεταλλικά 243
θερμοστάτης 244
θερμότητα 229
θερμότητα ειδική 247
θερμότητας άγωγή 266
θερμότητας άκτινοβολία 271
θερμότητας μεταφορά 268
θερμότητας πηγής 232
- *Ισορροπία 37
Ισχύς 95
- Κάμψη 131
κάτοπτρα 280
κεχλιμένο έπιπεδο 115
κελσίου βαθμοί 241, 242
κενό 191
κέντρο βάρους 35
κινηματογραφική μηχανή 290
κίνηση ρευστῶν 177
κινητική ένέργεια 100

- κοχλίας 119
 κρουστά μουσικά όργανα 228
 κυκλική κίνηση 59
 κύματα ήχητικά 213
- Λύγισμα** 184
- Μανόμετρο** 158
 μανόμετρα μεταλλικά 164
 μέτρο έλαστικότητας 128
 μῆκος κύματος 213
 μηχανές 104
 μίγματα 11
 μικροσκόπιο 287, 288
 μόρια 9
 μουσικά όργανα 225
 μοχλός 108
- Μπερνούγι**, νόμος τοῦ, 180
Μποΐ - Μαρριόττ, νόμος τοῦ, 150
- Ντηζελ** 256
 νόμος τοῦ Μπερνούγι 180
 νόμος τοῦ Μποΐ - Μαρριόττ 150
 νόμος τοῦ Πασκάλ 141
 νόμος τοῦ Χούκ 127
- 'Οδοντωτός τροχός 121
 δόπτικά όργανα 285
 δόπτικά φαινόμενα 274
 δρμή 77
- Παρασκιά** 276
 παροχή 177
 Πασκάλ, νόμος τοῦ, 141
 περιστροφική κίνηση 55
 πήξη 259
 πήξης σημείο 260
 πίεση 136
 πίεση άτμοσφαιρική 158, 162, 163
 πλαστικότητα 125
 πνευστά μουσικά όργανα 227
 πρίσματα 285
 προβολέας 290
 πυκνόμετρα 135
 πυκνότητα 69
 πύραυλος 257
- Ροπή 32
- Σίφων 195
 σκιά 276
 στρέψη 133
 στροβιλισμοί 184
 στροφόμετρο 57
 σύνθεση δυνάμεων 25
 συντονισμός 223
 σφήνα 118
 σώματα άπλα 11
 σώματα σύνθετα 9
 σωματίδια στοιχειώδη 9
- Ταχύτητα** 49
 ταχύτητα ροής 178
 τζούλ 249
 τηλεσκόπιο 289
 τήξη 259
 τήξεως θερμότητα 261
 τήξεως σημείο 260
 τόνος μουσικός 225
 τριβή κυλίσεως 45
 τριβή ολισθήσεως 41
 τριχοειδή φαινόμενα 206
 τροχαλία 112
- 'Υδραυλικό πιεστήρριο 166, 170
 ὅλη 7
 ύπερηχοι 220
 ύψος ἥχου 219
- Φακοί** 285
 Φάρενάϊτ βαθμοί 242, 243
 φθόγγος μουσικός 225
 φυγόκεντρος δύναμη 85
 φυσικά μεγέθη 15, 16
 φυσικά φαινόμενα 13
 φῶς 273
 φωτογραφική μηχανή 290
 φωτός διάδοση 276
- Χέρτζ** 218
 χημικά φαινόμενα 13
 Χούκ, νόμος τοῦ, 127
 χροιά ἥχου 219
 χρώμα φωτός 293
- 'Ωθηση δυνάμεων 77
 ὕσμωση 200