ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ

ΣΧΟΛΩΝ ΜΑΘΗΤΕΙΑΣ Ο.Α.Ε.Δ.

Φ Υ Σ Ι Κ Η

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ
ΧΡΥΣΟΥΝ ΜΕΤΑΛΛΙΟΝ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΝ ΚΕΙΜΕΝΟΝ
ΣΧΟΛΩΝ ΜΑΘΗΤΕΙΑΣ
ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΕΩΣ ΕΡΓΑΤΙΚΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ

ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΣΧΟΛΩΝ ΜΑΘΗΤΕΙΑΣ Ο.Α.Ε.Δ.

1. *Νεοελληνικὰ Ἀναγνώσματα.*
2. *Μαθηματικά, Τόμ. Α΄, Β΄.*
3. *Φυσική.*
4. *Χημεία.*
5. *Πρόληψις Ἀτυχημάτων.*

Ὁ Εὐγένιος Εὐγενίδης, ἱδρυτὴς καὶ χορηγὸς τοῦ «Ἱδρύματος Εὐγενίδου» προεῖδεν ἐνωρίτατα καὶ ἐσχημάτισε τὴν βαθεῖαν πεποίθησιν ὅτι ἀναγκαῖον παράγοντα διὰ τὴν πρόοδον τοῦ ἔθνους θὰ ἀπετέλει ἡ ἀρτία κατάρτισις τῶν τεχνικῶν μας ἐν συνδυασμῷ πρὸς τὴν ἠθικὴν ἀγωγὴν αὐτῶν.

Τὴν πεποίθησίν του αὐτὴν τὴν μετέτρεψεν εἰς γενναιόφρονα πρᾶξιν εὐεργεσίας, ὅταν ἐκληροδότησε σεβαστὸν ποσὸν διὰ τὴν σύστασιν Ἱδρύματος, ποὺ θὰ εἶχε σκοπὸν νὰ συμβάλῃ εἰς τὴν τεχνικὴν ἐκπαίδευσιν τῶν νέων τῆς Ἑλλάδος.

Διὰ τοῦ Β. Διατάγματος τῆς 10ης Φεβρουαρίου 1956, συνεστήθη τὸ Ἵδρυμα Εὐγενίδου καὶ κατὰ τὴν ἐπιθυμίαν τοῦ διαθέτου ἐτέθη ὑπὸ τὴν διοίκησιν τῆς ἀδελφῆς του Κυρίας Μαρ. Σίμου. Ἀπὸ τὴν στιγμὴν ἐκείνην ἤρχισαν πραγματοποιούμενοι οἱ σκοποὶ ποὺ ὡραματίσθη ὁ Εὐγένιος Εὐγενίδης καὶ συγχρόνως ἡ πλήρωσις μιᾶς ἀπὸ τὰς βασικωτέρας ἀνάγκας τοῦ ἐθνικοῦ μας βίου.

* * *

Κατὰ τὴν κλιμάκωσιν τῶν σκοπῶν του, τὸ Ἵδρυμα προέταξε τὴν ἔκδοσιν τεχνικῶν βιβλίων, τόσον διὰ λόγους θεωρητικοὺς ὅσον καὶ πρακτικούς.

Ἐκρίθη, πράγματι, ὅτι ἀπετέλει πρωταρχικὴν ἀνάγκην ὁ ἐφοδιασμὸς τῶν μαθητῶν μὲ σειρὰς βιβλίων, αἱ ὁποῖαι θὰ ἔθετον ὀρθὰ θεμέλια εἰς τὴν παιδείαν των καὶ αἱ ὁποῖαι θὰ ἀπετέλουν συγχρόνως πολύτιμον βιβλιοθήκην διὰ κάθε τεχνικόν.

Εἰδικώτερον, ὅσον ἀφορᾷ εἰς τὰ βιβλία τῶν μαθητῶν τῶν ἐκπαιδευτικῶν μονάδων τοῦ Ὀργανισμοῦ Ἀπασχολήσεως Ἐργατικοῦ Δυναμικοῦ, διὰ τοῦ ἀπὸ 7ης Ἰουλίου 1972 ὑπογραφέντος ἰδιωτικοῦ συμφωνητικοῦ, τὸ Ἵδρυμα ἀνέλαβε τὴν ἔκδοσίν των, ἐν πλήρει καὶ στενῇ συνεργασίᾳ μετὰ τῶν ἁρμοδίων ὑπηρεσιῶν τοῦ Ὀργανισμοῦ.

Ὁ Ὀργανισμὸς ὡς κύριος φορεὺς τῆς ἐφαρμογῆς τῆς πολιτικῆς ἀπασχολήσεως τοῦ Ἐργατικοῦ Δυναμικοῦ τῆς χώρας ἀκολουθεῖ εὐρὺ πρόγραμμα ἐκπαιδεύσεως τῶν νέων εἰς τὰ τεχνικὰ ἐπαγγέλματα, καλύπτον τὸ σύνολον σχεδὸν τῶν εἰδικοτήτων τοῦ τεχνικοῦ τομέως.

Πρὸς τὸν σκοπὸν αὐτόν, ἤδη ἀπὸ τοῦ ἔτους 1953 ἐφαρμόζεται ἐντὸς τῶν κόλπων του τὸ σύστημα Τεχνικῆς καὶ Ἐπαγγελματικῆς Ἐκπαιδεύσεως *τῶν νέων διὰ τῆς Μαθητείας, κατὰ τὰ πρότυπα τῶν ἀνεπτυγμένων βιομηχανικῶς χωρῶν.*

Σήμερον λειτουργοῦν καθ' ἅπασαν τὴν χώραν 42 Κέντρα καὶ Σχολαὶ Μαθητείας, φοιτοῦν δὲ εἰς αὐτὰς περίπου 12.000 μαθητευόμενοι, οἱ ὁποῖοι ἐκπαιδεύονται εἰς 31 διαφόρους εἰδικότητας.

Διὰ τῆς ἐκδόσεως ταύτης ἀκριβῶς θὰ παρασχεθοῦν εἰς τοὺς μαθητὰς-τεχνίτας τῶν ὡς ἄνω Σχολῶν ἀναγκαῖα ἐκπαιδευτικὰ βοηθήματα, τὰ ὁποῖα ἀντιστοιχοῦν πρὸς τὰ ἐν ταῖς Σχολαῖς διδασκόμενα μαθήματα καὶ τὰ ὁποῖα θὰ δύνανται νὰ συμβουλεύωνται καθ' ὅλην τὴν διάρκειαν τοῦ ἐπαγγελματικοῦ των βίου.

* * *

Οἱ συγγραφεῖς καὶ ἡ Ἐπιτροπὴ Ἐκδόσεων τοῦ Ἱδρύματος καταβάλλουν κάθε προσπάθειαν, ὥστε τὰ βιβλία νὰ εἶναι ἐπιστημονικῶς ἄρτια ἀλλὰ καὶ προσηρμοσμένα εἰς τὰς ἀνάγκας καὶ τὰς δυνατότητας τῶν μαθητῶν. Δι' αὐτὸ καὶ τὰ βιβλία αὐτὰ ἔχουν γραφῆ εἰς ἁπλῆν γλῶσσαν καὶ ἀνάλογον πρὸς τὴν στάθμην τῆς ἐκπαιδεύσεως δι' ἣν προορίζεται ἑκάστη σειρὰ τῶν βιβλίων. Ἡ τιμή των ὡρίσθη τόσον χαμηλή, ὥστε νὰ εἶναι προσιτὰ καὶ εἰς τοὺς ἀπόρους μαθητάς.

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΣΧΟΛΩΝ ΜΑΘΗΤΕΙΑΣ Ο.Α.Ε.Δ.

ΜΙΧΑΗΛ ΓΕΩΡ. ΜΑΡΑΒΕΛΑΚΙ

ΦΥΣΙΚΟΥ

ΦΥΣΙΚΗ

ΑΘΗΝΑΙ

1974

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Ἡ γνῶσι τῶν ἐννοιῶν καὶ τῶν διαφόρων νόμων τῆς Φυσικῆς ἐκτὸς τῶν ἄλλων συμβάλλει καὶ εἰς τὴν θεμελίωσιν κάθε συγχρόνου τεχνικῆς καὶ τεχνολογικῆς κατακτήσεως.

Τὸ ἀνὰ χεῖρας ἀποτελεῖ στοιχειώδη εἰσαγωγὴν εἰς τὸν θαυμάσιον αὐτὸν κόσμον τῆς Φυσικῆς.

Κατὰ τὴν συγγραφὴν τοῦ βιβλίου κατεβλήθη προσπάθεια, ὥστε ἡ περιγραφὴ τῶν διαφόρων φαινομένων νὰ γίνεται κατ' ἀρχὴν πειραματικῶς. Ἔτσι ἐπιτυγχάνεται διὰ τὸν μαθητὴν ἡ ἀβίαστος καὶ ἐπαγωγικὴ ἐξαγωγὴ συμπερασμάτων. Ἐπίσης ἔκθεσις τῶν διαφόρων θεμάτων γίνεται εἰς μικρὰς καὶ εὐλήπτους ἑνότητας. Εἰς κάθε κεφάλαιον ἀκολουθεῖ ἀνακεφαλαίωσις καὶ ἐρωτήσεις γνώσεων ἢ κρίσεως, αἱ ὁποῖαι ἀποβλέπουν, ὥστε νὰ δοθῇ εἰς τὸν μαθητὴν ἡ δυνατότης νὰ συγκρατήσῃ τὰ σημαντικώτερα σημεῖα μὲ σχετικὴν εὐκολίαν καὶ νὰ ἐλέγξῃ κατὰ πόσον αἱ ἀναπτυσσόμεναι ἔννοιαι τῆς Φυσικῆς κατενοήθησαν εἰς βάθος.

Τὰ σχήματα ἐπελέγησαν μὲ μεγάλην ἐπιμέλειαν· ἰδιαιτέρως ἐφροντίσαμεν, ὥστε νὰ εἶναι κατὰ τὸ δυνατὸν παραστατικώτερα, διότι τὰ σωστὰ καὶ παραστατικὰ σχήματα συντελοῦν εἰς τὴν πληρεστέραν κατανόησιν τοῦ θέματος.

Ἕκαστον κεφάλαιον ὁλοκληροῦται, ἐφ' ὅσον εἶναι δυνατόν, μὲ ἀσκήσεις αἱ ὁποῖαι καλύπτουν τὴν διδαχθεῖσαν θεωρίαν.

Τέλος αἱ παράγραφοι ἢ τὰ τμήματα τοῦ κειμένου, τὰ ὁποῖα ἔχουν τυπωθῆ μὲ μικρότερα τυπογραφικὰ στοιχεῖα δύνανται νὰ παραλειφθοῦν ὑπὸ τοῦ διδάσκοντος, χωρὶς τοῦτο νὰ ἔχῃ ἐπιπτώσεις ἐπὶ τῆς συνεχείας τῆς ἐκτιθεμένης ὕλης. Ἡ παράθεσις ὅμως τῶν ὡς ἄνω παραγράφων ἢ τμημάτων τοῦ κειμένου ἐκρίθη ἀπαραίτητος διὰ τὴν ὁλοκλήρωσιν ἢ τὴν θεωρητικωτέραν ἀνάπτυξιν ὡρισμένων ἐννοιῶν.

Τὴν Ἐπιτροπὴν Ἐκδόσεων τοῦ Ἱδρύματος ὡς καὶ τὸ Ἐκδοτικὸν Τμῆμα αὐτοῦ εὐχαριστῶ διὰ τὰς γενομένας ὑποδείξεις καὶ τὴν καταβληθεῖσαν προσπάθειαν, ὥστε τὸ βιβλίον νὰ γίνῃ ἀρτιώτερον, ὡς καὶ τὸν καθηγητὴν τοῦ Ε.Μ.Π. κ. Θ. Γ. Κουγιουμζέλην διὰ τὰς εὐστόχους παρατηρήσεις καὶ ὑποδείξεις κατὰ τὸν ἔλεγχον τῶν δοκιμίων.

Ὁ Συγγραφεύς

Π Ι Ν Α Ξ   Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Ω Ν

ΚΕΦ. 9 Ἰσορροπία δυνάμεων

ΚΕΦ. 10 Κεκλιμένο ἐπίπεδο

ΚΕΦ. 11 Δυνάμεις παράλληλες

ΚΕΦ. 12 Ζυγοὶ

ΚΕΦ. 13 Κέντρο βάρους

ΚΕΦ. 14 Κίνησι τῶν σωμάτων

ΚΕΦ. 15 Ἀδράνεια

ΚΕΦ. 16 Περιοδικὰ φαινόμενα

ΚΕΦ. 17 Κυκλικὴ κίνησι

ΚΕΦ. 18 Μηχανικὸ ἔργο

ΚΕΦ. 19 Ἰσχύς

ΚΕΦ. 20 Ἐνέργεια — Μορφὲς ἐνεργείας

ΚΕΦ. 21 Μηχανὲς

ΚΕΦ. 22 Ἡ πίεσι

ΚΕΦ. 27 Πιέσεις ποὺ ἀσκοῦνται ἀπὸ τὰ ἀέρια

ΚΕΦ. 28 Ἀντλίες

ΚΕΦ. 29 Θερμότης

ΚΕΦ. 30 Θερμικὴ διαστολὴ

ΚΕΦ. 31 Θερμιδομετρία

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τί εἶναι ἡ Φυσική.

῞Ολοι μας ἔχομε παρατηρήσει ὅτι στὴν Φύσι συμβαίνουν διαρκῶς διάφορες μεταβολές, ὅπως εἶναι ἡ πτῶσι τῆς βροχῆς ἢ τοῦ κεραυνοῦ, ἡ τρικυμία στὴν θάλασσα, ὁ βρασμὸς τοῦ νεροῦ κ.λπ.

Οἱ μεταβολὲς αὐτὲς ὀνομάζονται ***φυσικὰ φαινόμενα***.

Γιὰ νὰ συμβῆ ὅμως ἕνα φυσικὸ φαινόμενο, πρέπει νὰ ὑπάρξη κάποιος λόγος ἢ ***ἕνα φυσικὸ αἴτιο***, ὅπως λέγεται. Ὁ ἄνεμος π.χ. ὀφείλεται στὶς διαφορὲς τῆς θερμοκρασίας, ποὺ ὑπάρχουν ἀπὸ τόπο σὲ τόπο· ἡ πτῶσι ἑνὸς ἀντικειμένου ὀφείλεται στὴν ἕλξι, ποὺ ἀσκεῖ ἡ γῆ σὲ ὅλα τὰ σώματα κ.λπ.

Γιὰ νὰ συμβῆ ἕνα φυσικὸ φαινόμενο, πρέπει πρῶτα νὰ ὑπάρξη κάποιο φυσικὸ αἴτιο.

Τὰ φυσικὰ φαινόμενα, καθὼς καὶ τὰ φυσικὰ αἴτια ποὺ τὰ προκαλοῦν, μελετᾶ ἡ ἐπιστήμη ποὺ ὀνομάζεται ***Φυσική***. Ἡ Φυσικὴ εἶναι ἀπὸ τὶς ἀρχαιότερες ἐπιστῆμες.

Ὁ ὅρος Φυσικὴ χρησιμοποιήθηκε γιὰ πρώτη φορὰ ἀπὸ τὸν Ἀριστοτέλη τὸν 4ο αἰῶνα π.Χ. καὶ σημαίνει μελέτη τῆς φύσεως.

Γιὰ νὰ ἐξαχθοῦν ὅμως ὀρθὰ συμπεράσματα ἀπὸ τὴν μελέτη ἑνὸς φυσικοῦ φαινομένου, πρέπει νὰ τὸ παρατηρήσωμε ἀπὸ πολλὲς ἀπόψεις. Γιὰ νὰ μελετήσωμε π.χ. τὸ φαινόμενο τῆς πτώσεως τῶν σωμάτων πρέπει νὰ ἐξετάσωμε πῶς πέφτει ἕνα μεγάλο ἢ μικρὸ σῶμα, ἂν ἔχη σημασία τὸ ὕψος ἀπὸ τὸ ὁποῖο πέφτει, τὸ σχῆμα του, ἡ οὐσία, ἀπὸ τὴν ὁποία ἀποτελεῖται κ.λπ.

Γιὰ νὰ ἐξακριβωθοῦν ὅμως ὅλα αὐτά, πρέπει νὰ παρατηρήσωμε ἐπανειλημμένως τὸ φαινόμενο τῆς πτώσεως τῶν διαφόρων σωμάτων. Γι' αὐτὸ τὸν λόγο, δὲν περιμένομε νὰ πέσουν τὰ διάφορα σώματα μόνα τους, ἀλλὰ προκαλοῦμε οἱ ἴδιοι τὴν πτῶσι τους, ὅσες φορὲς θέλομε. ῞Οταν ἐμεῖς οἱ ἴδιοι προκαλοῦμε τὴν ἐμφάνισι κάποιου φαινομένου, μὲ σκοπὸ νὰ τὸ παρατηρήσωμε μὲ μεγαλύτερη ἄνεσι, τότε λέμε ὅτι κάνομε ἕνα ***πείραμα***. Ἀπὸ τὸ πείραμα αὐτὸ συγκεντρώνομε τὰ διάφορα στοιχεῖα, ποὺ μᾶς εἶναι ἀπαραίτητα, γιὰ νὰ καταλήξωμε σὲ συμπεράσματα σχετικὰ μὲ τὸ φαινόμενο, ποὺ θέλομε νὰ μελετήσωμε.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΥΛΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΥΤΗΣ

1 · 1 Οἱ τρεῖς καταστάσεις τῆς ὕλης.

Ἡ οὐσία, ἀπὸ τὴν ὁποία ἀποτελοῦνται τὰ διάφορα σώματα, π.χ. τὸ ξύλο, τὸ νερό, ὁ ἀήρ, ὁ σίδηρος, ὀνομάζεται γενικῶς ***ὕλη***. Γι' αὐτὸ ὅλα τὰ ἀντικείμενα, ποὺ ὑπάρχουν στὸ περιβάλλον μας, ὀνομάζονται ***ὑλικὰ σώματα*** ἢ καὶ ἁπλῶς ***σώματα***.

Οἱ ***καταστάσεις***, μὲ τὶς ὁποῖες συναντοῦμε τὴν ὕλη στὴν Φύσι, εἶναι τρεῖς: Ἡ ***στερεά***, ἡ ***ὑγρὰ*** καὶ ἡ ***ἀέριος***.

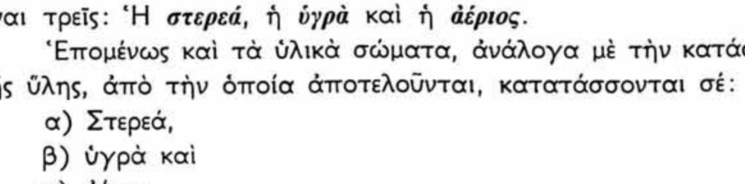
Ἑπομένως καὶ τὰ ὑλικὰ σώματα, ἀνάλογα μὲ τὴν κατάστασι τῆς ὕλης, ἀπὸ τὴν ὁποία ἀποτελοῦνται, κατατάσσονται σέ:

α) Στερεά,
β) ὑγρὰ καὶ
γ) ἀέρια.

Τὰ ὑγρὰ καὶ τὰ ἀέρια ὀνομάζονται καὶ ***ρευστά***, γιατὶ ἔχουν τὴν ἰδιότητα νὰ ρέουν, π.χ. μέσα σὲ ἕνα σωλῆνα ἢ ἀπὸ ἕνα δοχεῖο σὲ ἄλλο δοχεῖο.

α) *Στερεὰ σώματα.*

Παίρνομε ἕνα κομμάτι μάρμαρο ἢ ξύλο (σχ. 1 · 1 α)· παρατηροῦμε ὅτι οἱ διαστάσεις του δὲν ἀλλάσσουν, ὅπως καὶ ἂν τὸ τοποθε-



Σχ. 1·1 α.

Ὅταν τὸ κομμάτι τοῦ ξύλου ἀλλάσση θέσι, τὸ σχῆμα καὶ ὁ ὄγκος του παραμένουν ἀμετάβλητα.

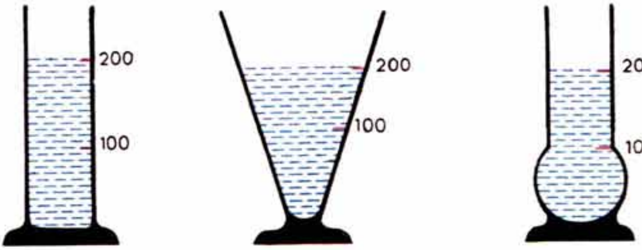
τήσωμε, δηλαδὴ ὁ ὄγκος καὶ τὸ σχῆμα του παραμένουν ἀμετάβλητα. Ὅλα αὐτὰ ἰσχύουν ὑπὸ τὸν ὅρο ὅτι δὲν μεταβάλλεται ἡ θερμοκρασία τοῦ σώματος.

Τὸ ἴδιο παρατηροῦμε καὶ σὲ πολλὰ ἄλλα σώματα, π.χ. τὰ μέταλλα, τὸ γυαλὶ κ.λπ. Λέμε λοιπὸν ὅτι τὸ ξύλο, τὸ μάρμαρο, τὰ μέταλλα, τὸ γυαλὶ κ.λπ., εἶναι ***στερεὰ σώματα*** ἢ ἁπλῶς ***στερεά***.

Τὰ στερεὰ σώματα διατηροῦν τὸ σχῆμα καὶ τὸν ὄγκο τους.

β) *῾Υγρὰ σώματα.*

Παίρνομε τρία δοχεῖα διαφορετικοῦ σχήματος (σχ. 1 · 1 β) ἀλλὰ βαθμολογημένα, ὥστε νὰ μετροῦμε τὸν ὄγκο τοῦ περιεχομένου τους.



Σχ. 1·1 β.
Τὸ νερὸ παίρνει τὸ σχῆμα τοῦ δοχείου, στὸ ὁποῖο περιέχεται. ῾Ο ὄγκος του ὅμως παραμένει ἀμετάβλητος (μὲ τὴν προϋπόθεσι ὅτι ἡ θερμοκρασία παραμένει σταθερή).

Γεμίζομε τὸ πρῶτο ἀπὸ αὐτὰ μὲ νερό, μέχρις ὅτου ἡ στάθμη του νὰ φθάση στὴν ἔνδειξι 200. ᾿Ακολούθως ἀδειάζομε τὸ περιεχόμενο τοῦ πρώτου δοχείου στὸ δεύτερο καὶ ἐν συνεχείᾳ τὸ περιεχόμενο τοῦ δευτέρου στὸ τρίτο. Παρατηροῦμε ὅτι καὶ στὰ τρία αὐτὰ διαφορετικὰ δοχεῖα τὸ νερὸ φθάνει μέχρι τὴν ἔνδειξι 200.

῾Επομένως ὁ ὄγκος τοῦ νεροῦ δὲν ἄλλαξε. Παρατηροῦμε ὅμως ὅτι τὸ νερὸ πῆρε καὶ στὶς τρεῖς περιπτώσεις τὸ σχῆμα τοῦ δοχείου, στὸ ὁποῖο τὸ ἀδειάσαμε, χωρὶς καμμιὰ δική μας προσπάθεια.

῎Αν στὸ πείραμά μας ἀντὶ γιὰ νερὸ χρησιμοποιήσωμε πετρέλαιο, οἰνόπνευμα, λάδι, κρασὶ κ.λπ., θὰ διαπιστώσωμε καὶ πάλι τὰ ἴδια φαινόμενα.

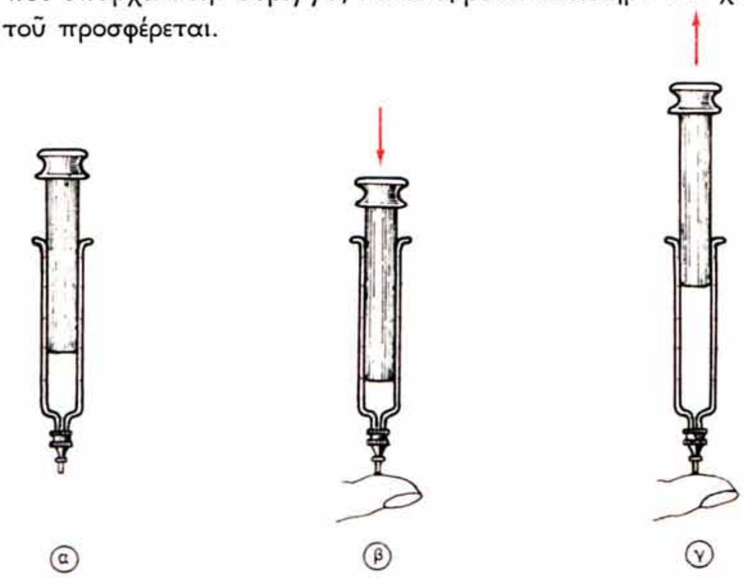
῞Ολα τὰ σώματα, ποὺ παρουσιάζουν τὶς ἰδιότητες αὐτές, ὀνομάζονται ***ὑγρὰ σώματα*** ἢ ἁπλῶς ***ὑγρά***.

Τὰ ὑγρὰ σώματα δὲν ἔχουν σταθερὸ σχῆμα, ἔχουν ὅμως σταθερὸ ὄγκο, ποὺ μπορεῖ νὰ λάβη διάφορα σχήματα.

γ) *Ἀέρια σώματα.*

Σύρομε πρὸς τὰ ἔξω τὸ ἔμβολο μιᾶς σύριγγος, μέχρι μία χαραγή της [σχ. 1 · 1 γ (α)]. Τότε στὴν σύριγγα εἰσέρχεται μία ποσότης ἀέρος. Κλείνομε μὲ τὸ δάκτυλό μας τὸ στόμιο τῆς σύριγγος καὶ μετὰ πιέζομε τὸ ἔμβολο [σχ. 1 · 1 γ (β)]. Παρατηροῦμε ὅτι ὁ ἀὴρ περιορίζεται σὲ ὁλοένα καὶ μικρότερο χῶρο, δηλαδὴ ὁ ὄγκος τῆς ποσότητος τοῦ ἀέρος, ποὺ ὑπάρχει στὴν σύριγγα, ἐλαττώνεται. Ὁ ἀὴρ λοιπὸν συμπιέζεται.

Σύρομε κατόπιν τὸ ἔμβολο πρὸς τὰ πίσω, συνεχίζοντας νὰ κρατοῦμε κλειστὸ τὸ στόμιο τῆς σύριγγος [σχ. 1 · 1 γ (γ)]. Τώρα ὁ ἀήρ, ποὺ ὑπάρχει στὴν σύριγγα, καταλαμβάνει ὁλόκληρο τὸν χῶρο ποὺ τοῦ προσφέρεται.



Σχ. 1·1 γ.
Ὁ ὄγκος καὶ τὸ σχῆμα τοῦ ἀέρος μεταβάλλονται εὔκολα.

Παρατηροῦμε δηλαδὴ ὅτι, ἐνῶ ὁ ὄγκος τοῦ ἀέρος μεταβάλλεται, συγχρόνως ὁ ἀὴρ παίρνει τὸ σχῆμα τοῦ δοχείου, στὸ ὁποῖο περιέχεται.

Τὰ σώματα μὲ τὶς ἰδιότητες αὐτὲς εἶναι τὰ ***ἀέρια σώματα*** ἢ ἁπλῶς τὰ ***ἀέρια***.

Τὰ ἀέρια σώματα δὲν ἔχουν οὔτε σταθερὸ σχῆμα, οὔτε σταθερὸ ὄγκο, ἀλλὰ καταλαμβάνουν ὁλόκληρο τὸν χῶρο, ποὺ τοὺς προσφέρεται.

1 · 2 Μόρια τῶν σωμάτων.

Ἂν σὲ κλειστὸ δωμάτιο ἀφήσωμε ἀνοικτὴ μιὰ φιάλη μὲ ἄρωμα, μετὰ ἀπὸ λίγο ὁ ἀὴρ τοῦ δωματίου θὰ ἀρωματισθῆ. Αὐτὸ ὀφείλεται στὸ ὅτι τὸ ἀρωματικὸ ὑγρὸ ἀποτελεῖται ἀπὸ πολὺ μικρὰ σωματίδια, ποὺ διασκορπίζονται σὲ ὅλο τὸν χῶρο τοῦ δωματίου.

Ἐπίσης λίγο μαγειρικὸ ἁλάτι, ποὺ διαλύεται στὸ νερὸ ἑνὸς μικροῦ δοχείου, κάνει ἁλμυρὸ ὅλο τὸ περιεχόμενο τοῦ δοχείου. Αὐτὸ γίνεται, γιατὶ τὸ ἁλάτι διαχωρίζεται σὲ πολὺ μικρὰ σωματίδια, ποὺ διασκορπίζονται σὲ ὅλο τὸν ὄγκο τοῦ νεροῦ.

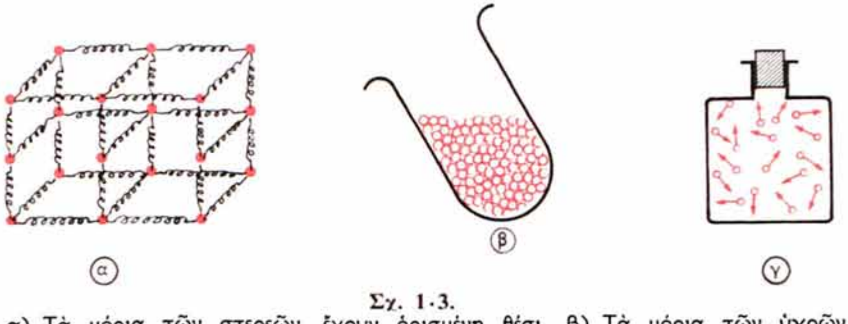
Τὰ σωματίδια αὐτά, ποὺ ἔχουν τὶς ἰδιότητες τῶν σωμάτων ἀπὸ τὰ ὁποῖα προέρχονται, ὀνομάζονται ***μόρια***.

Μὲ πειράματα ἔχει ἀποδειχθῆ ὅτι ὅλα τὰ σώματα ἀποτελοῦνται ἀπὸ μόρια. Τὰ μόρια τῶν σωμάτων εἶναι τόσο πολὺ μικρά, ποὺ δὲν τὰ βλέπομε οὔτε καὶ μὲ τὸ ἰσχυρότερο μικροσκόπιο.

Τὰ ὑλικὰ σώματα ἀποτελοῦνται ἀπὸ πολὺ μικρὰ σωματίδια, μὲ ὅμοιες πρὸς αὐτὰ ἰδιότητες, ποὺ ὀνομάζονται μόρια.

1 · 3 Δυνάμεις συνοχῆς.

Τὰ μόρια τῶν στερεῶν σωμάτων συγκρατοῦνται μεταξύ τους ἰσχυρά, γιατὶ ἕλκονται τὸ ἕνα μὲ τὸ ἄλλο ἀπὸ δυνάμεις, ποὺ ὀνομά-



Σχ. 1·3.
α) Τὰ μόρια τῶν στερεῶν ἔχουν ὁρισμένη θέσι. β) Τὰ μόρια τῶν ὑγρῶν συνδέονται ἀσθενέστερα καὶ γι' αὐτὸ μετακινοῦνται εὐκολώτερα. γ) Τὰ μόρια τῶν ἀερίων εἶναι σχεδὸν ἐλεύθερα καὶ μετατοπίζονται μὲ μεγάλη εὐκολία.

ζονται ***δυνάμεις συνοχῆς*** [σχ. 1 · 3 (α)]. Καὶ στὰ ὑγρὰ ὑπάρχουν οἱ δυνάμεις συνοχῆς· εἶναι ὅμως ἀσθενέστερες. Γι' αὐτὸ τὰ μόρια τῶν ὑγρῶν μετακινοῦνται εὐκολώτερα [σχ. 1 · 3 (β)].

Στὰ ἀέρια οἱ δυνάμεις συνοχῆς εἶναι ἀκόμη ἀσθενέστερες καὶ γι' αὐτὸ τὰ μόριά τους εὔκολα ἀπομακρύνονται τὸ ἕνα ἀπὸ τὸ ἄλλο. Σ' αὐτὸ ὀφείλεται καὶ τὸ ὅτι τὰ ἀέρια, ὅπως εἴδαμε, καταλαμβάνουν ὅλο τὸν χῶρο, ποὺ τοὺς προσφέρεται [σχ. 1 · 3 (γ)].

Οἱ δυνάμεις, ποὺ συγκρατοῦν τὰ μόρια τῶν ὑλικῶν σωμάτων, ὀνομάζονται δυνάμεις συνοχῆς. Αὐτὲς εἶναι περισσότερο ἰσχυρὲς στὰ στερεὰ καὶ λιγότερο στὰ ὑγρά. Στὰ ἀέρια εἶναι πολὺ ἀσθενεῖς, σχεδὸν ἀσήμαντες.

1 · 4 Ἀνακεφαλαίωσι.

1. Τὰ ὑλικὰ σώματα ἐμφανίζονται στὴν φύσι μὲ τρεῖς καταστάσεις: Τὴν στερεά, τὴν ὑγρὰ καὶ τὴν ἀέριο.
2. Τὰ στερεὰ ἔχουν ὁρισμένο σχῆμα καὶ σταθερὸ ὄγκο.
3. Τὰ ὑγρὰ ἔχουν μὲν σταθερὸ ὄγκο, λαμβάνουν ὅμως τὸ σχῆμα τοῦ δοχείου, στὸ ὁποῖο περιέχονται.
4. Τὰ ἀέρια σώματα δὲν ἔχουν οὔτε σταθερὸ σχῆμα, οὔτε σταθερὸ ὄγκο, ἀλλὰ καταλαμβάνουν ὁλόκληρο τὸ χῶρο ποὺ τοὺς προσφέρεται.
5. Τὰ ὑλικὰ σώματα ἀποτελοῦνται ἀπὸ πολὺ μικρὰ σωματίδια, ποὺ ὀνομάζονται μόρια.
6. Οἱ δυνάμεις, ποὺ συγκρατοῦν τὰ μόρια μεταξύ τους, ὀνομάζονται δυνάμεις συνοχῆς. Αὐτὲς εἶναι πολὺ ἰσχυρὲς στὰ στερεὰ καὶ λιγότερο στὰ ὑγρά. Στὰ ἀέρια εἶναι πολὺ ἀσθενεῖς καὶ σχεδὸν δὲν λαμβάνονται ὑπ' ὄψι.

1 · 5 Ἐρωτήσεις.

1. Τί διαφορὰ ὑπάρχει μεταξὺ στερεῶν καὶ ὑγρῶν σωμάτων;
2. Σὲ τί διαφέρουν μεταξύ τους τὰ ὑγρὰ καὶ τὰ ἀέρια;
3. Τί εἶναι οἱ δυνάμεις συνοχῆς καὶ σὲ ποιά σώματα εἶναι ἰσχυρότερες;
4. Γιατί τὰ ἀέρια καταλαμβάνουν ὅλο τὸν χῶρο ποὺ τοὺς προσφέρεται;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΚΑΘΑΡΑ ΣΩΜΑΤΑ - ΜΙΓΜΑΤΑ

2 · 1 Ἀπόσταξι.

Παίρνομε ἀπὸ μιὰ φυσικὴ πηγὴ νερὸ καὶ τὸ θερμαίνομε στὴν φιάλη τῆς συσκευῆς τοῦ σχήματος 2 · 1. Μετὰ ἀπὸ λίγο παρατηροῦμε ὅτι μέσα στὸ νερὸ σχηματίζονται φυσαλλίδες, ποὺ ἀνέρχονται στὴν ἐπιφάνεια καὶ ἐξαφανίζονται. Οἱ φυσαλλίδες αὐτὲς προέρχονται ἀπὸ διάφορα ἀέρια, ποὺ ὑπάρχουν μέσα στὸ νερό. Ὅταν τὸ νερὸ ἀρχίση νὰ βράζη, σχηματίζονται μεγαλύτερες φυσαλλίδες, οἱ ὁποῖες εἶναι ὑδρατμός, δηλαδὴ νερὸ ποὺ ἔχει μετατραπῆ σὲ ἀέριο. Ὁ ὑδρατμὸς αὐτὸς μέσω τοῦ σωλῆνος α φθάνει στὸν δοκιμαστικὸ σωλῆνα β, ποὺ εἶναι τοποθετημένος μέσα σὲ δοχεῖο μὲ κρύο νερό. Ἐκεῖ ὁ ὑδρατμός, καθὼς ψύχεται, ὑγροποιεῖται, δηλαδὴ μετατρέπεται καὶ πάλι σὲ νερό, ποὺ παραμένει μέσα στὸν δοκιμαστικὸ σωλῆνα.

Σχ. 2·1.
Ἀπόσταξι τοῦ νεροῦ.

Ἡ ἐργασία αὐτή, δηλαδὴ ἡ μετατροπὴ μὲ βρασμὸ τοῦ νεροῦ σὲ ὑδρατμό, ὁ ὁποῖος καὶ πάλι (διὰ ψύξεως) ὑγροποιεῖται, ὀνομάζεται ***ἀπόσταξι***. Τὸ νερό, ποὺ συγκεντρώνεται στὸν δοκιμαστικὸ σωλῆνα ὀνομάζεται νερὸ ***ἀπεσταγμένο***, δηλαδὴ νερὸ τελείως καθαρό, ποὺ δὲν περιέχει ἄλλες οὐσίες.

Ἂν συνεχίσωμε τὸν βρασμὸ μέχρι νὰ μετατραπῆ σὲ ὑδρατμὸ ὅλο τὸ νερὸ τῆς φιάλης, στὸν πυθμένα της παραμένουν διάφορες οὐσίες. Ἑπομένως τὸ νερὸ περιεῖχε καὶ ξένες οὐσίες, οἱ ὁποῖες ἦταν ἀόρατες, παρέμειναν ὅμως στὴν φιάλη, ὅταν τελείωσε ὁ βρασμός.

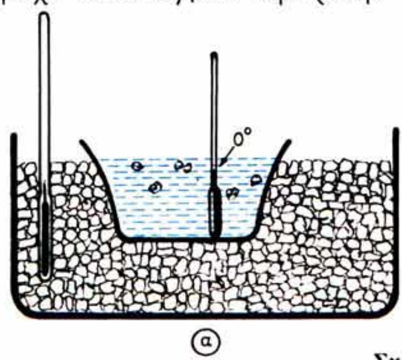
Ἂν ἀποστάξωμε διάφορα φυσικὰ νερὰ π.χ. νερὸ θαλάσσης, ποταμοῦ, λίμνης κ.λπ., παρατηροῦμε καὶ πάλι ὅτι στὴν φιάλη βρασμοῦ παραμένουν διάφορες οὐσίες, ὅπως ἅλατα, χῶμα κ.λπ.

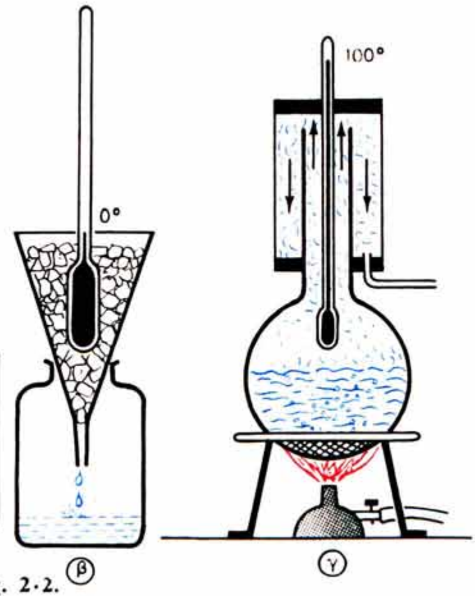
Ἀπὸ αὐτὸ συμπεραίνομε ὅτι κάθε φυσικὸ νερὸ περιέχει ξένες προσμίξεις.

Τὸ ἀπεσταγμένο νερὸ ἔχει πάντοτε τὴν ἴδια ποιότητα καὶ παρουσιάζει τὶς ἴδιες ἰδιότητες. Εἶναι ἄοσμο καὶ ἄγευστο. Ἂν ἀποστάξωμε πάλι ποσότητα ἀπεσταγμένου νεροῦ, διαπιστώνομε ὅτι στὴν φιάλη δὲν παραμένει καμμία ξένη οὐσία. Τὸ ἀπεσταγμένο νερό, ἐπειδὴ δὲν περιέχει καμμία ξένη οὐσία, ὀνομάζεται στὴν Χημεία ***καθαρὸ σῶμα***.

2 · 2 Καθαρὰ σώματα.

Σὲ ἕνα δοχεῖο τοποθετοῦμε κομμάτια πάγου καὶ μαγειρικὸ ἁλάτι * [σχ. 2 · 2 (α)]. Στὸ δοχεῖο αὐτὸ βυθίζομε μέχρι τὴν μέση ἕνα δεύτερο δοχεῖο, ποὺ περιέχει ἀπεσταγμένο νερὸ (στὴν





Σχ. 2·2.

α) Ἡ πῆξι τοῦ ἀπεσταγμένου νεροῦ γίνεται σὲ θερμοκρασία περίπου 0° C. β) Ὅταν τήκεται (λειώνει) ὁ πάγος, τὸ θερμόμετρο δείχνει θερμοκρασία 0° C. γ) Τὸ θερμόμετρο, καθ' ὅλη τὴν διάρκεια τοῦ βρασμοῦ τοῦ ἀπεσταγμένου νεροῦ δείχνει θερμοκρασία 100° C.

* Τὸ μαγειρικὸ ἁλάτι, ὅταν εἶναι μαζὺ μὲ πάγο, κάνει τὴν θερμοκρασία τοῦ πάγου ἀκόμη χαμηλοτέρα.

θερμοκρασία τοῦ περιβάλλοντος) καὶ ἕνα θερμόμετρο. Παρατηροῦμε τότε ὅτι ἡ θερμοκρασία τοῦ ἀπεσταγμένου νεροῦ ἐλαττώνεται σιγά-σιγὰ καὶ μετὰ ἀπὸ λίγο ἀρχίζει νὰ στερεοποιῆται, δηλαδὴ νὰ γίνεται πάγος (πῆξι), ἐνῶ τὸ θερμόμετρο, καθ' ὅλη τὴν διάρκεια τῆς στερεοποιήσεως τοῦ ἀπεσταγμένου νεροῦ ἔχει σταματήσει νὰ κατέρχεται καὶ δείχνει περίπου σταθερὴ θερμοκρασία.

Στὸ στόμιο ἑνὸς δοχείου [σχ. 2 · 2 (β)] τοποθετοῦμε ἕνα χωνί, ποὺ περιέχει παγάκια, καὶ ἕνα θερμόμετρο. Παρατηροῦμε ὅτι καθ' ὅλη τὴν διάρκεια τῆς μετατροπῆς τοῦ πάγου σὲ νερό (τῆξι), τὸ θερμόμετρο δείχνει πάλι θερμοκρασία σταθερή, ἡ ὁποία ὀνομάζεται θερμοκρασία μηδὲν βαθμῶν Κελσίου (0^0 C).

Θερμαίνομε δοχεῖο μὲ ἀπεσταγμένο νερό [σχ. 2 · 2 (γ)]· ἐπάνω ἀπὸ τὴν ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ τοποθετοῦμε θερμόμετρο, γιὰ νὰ παρακολουθοῦμε τὴν θερμοκρασία τοῦ ἀτμοῦ, στὸν ὁποῖο μετατρέπεται σιγά-σιγὰ τὸ νερὸ ποὺ βράζει. Παρατηροῦμε ὅτι καθ' ὅλη τὴν διάρκεια τοῦ βρασμοῦ καὶ μέχρι ποὺ νὰ ἐξαντληθῆ ὅλο τὸ νερὸ τοῦ δοχείου, τὸ θερμόμετρο δείχνει τὴν ἴδια πάντοτε θερμοκρασία, ἡ ὁποία ὀνομάζεται θερμοκρασία ἑκατὸ βαθμῶν Κελσίου (100^0 C).

Τὸ ἀπεσταγμένο νερό, ὅπως καὶ ὅλα τὰ καθαρὰ σώματα, ἀποτελεῖται ἀπὸ μόρια, τὰ ὁποῖα εἶναι ὅλα ὅμοια. Τὰ καθαρὰ σώματα ἔχουν σταθερὴ θερμοκρασία μετατροπῆς τῶν φυσικῶν τους καταστάσεων, ἔχουν δηλαδὴ σταθερὴ θερμοκρασία βρασμοῦ καὶ τήξεως ἢ πήξεως.

Ἐκτὸς ἀπὸ τὸ ἀπεσταγμένο νερό, καθαρὰ σώματα εἶναι τὸ καθαρὸ οἰνόπνευμα, τὸ ὀξυγόνο, ὁ ψευδάργυρος κ.ἄ.

2 · 3 Μίγματα.

Ἂν ἐπαναλάβωμε τὰ προηγούμενα πειράματα μὲ νερὸ μὴ ἀπεσταγμένο, ὅπως π.χ. μὲ ἁλατοδιάλυσι, μίγμα δηλαδὴ ἀπὸ νερὸ καθαρὸ καὶ μαγειρικὸ ἁλάτι, παρατηροῦμε ὅτι δὲν ἐπαναλαμβάνονται τὰ ἴδια φαινόμενα. Ἔτσι, ἂν μὲ ἕνα ψυκτικὸ μέσο ψύξωμε ἁλατοδιάλυσι καὶ παρακολουθήσωμε τὴν ἔνδειξι τοῦ θερμομέτρου, θὰ παρατηρήσωμε ὅτι, ὅταν ἀρχίζη νὰ σχηματίζεται πάγος, τὸ θερμόμετρο δείχνει θερμοκρασία κατωτέρα ἀπὸ τοὺς 0^0 C, π.χ. -2^0 C ἢ -3^0 C, ποὺ μάλιστα πέφτει ἀκόμη περισσότερο κατὰ τὴν διάρκεια τῆς πήξεως.

Ἐπίσης ἐὰν θερμάνωμε ἁλατοδιάλυσι, ὁ βρασμὸς ἀρχίζει σὲ θερμοκρασία μεγαλυτέρα ἀπὸ τοὺς 100^0 C, π.χ. 102^0 C, ποὺ σιγά-σιγὰ ἐξακολουθεῖ νὰ ἀνυψώνεται κατὰ τὴν διάρκεια τοῦ βρασμοῦ.

Τὰ μίγματα ἀποτελοῦνται ἀπὸ μόρια διαφορετικῶν σωμάτων καὶ δὲν παρουσιάζουν σταθερὴ θερμοκρασία μετατροπῆς τῶν φυσικῶν τους καταστάσεων, δηλαδὴ δὲν ἔχουν σταθερὴ θερμοκρασία βρασμοῦ καὶ τήξεως ἢ πήξεως.

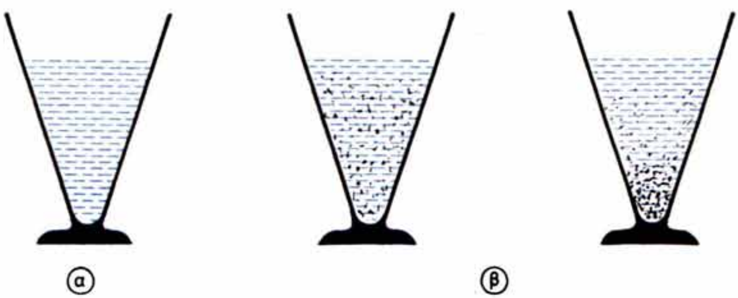
Μίγματα εἶναι τὰ φυσικὰ νερά, τὸ γάλα καὶ γενικῶς τὰ περισσότερα ἀπὸ τὰ σώματα (στερεά, ὑγρὰ καὶ ἀέρια). Γι' αὐτὰ ὅμως γίνεται λόγος στὴν Χημεία (ἐκδόσεως Ἱδρύματος Εὐγενίδου, παράγρ. 3 · 2).

Ἡ θερμοκρασία μετατροπῆς τῶν φυσικῶν καταστάσεων τῶν μιγμάτων ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ εἶδος καὶ τὴν ἀναλογία τῶν σωμάτων, ποὺ τὰ ἀποτελοῦν. Σὲ μία ἁλατοδιάλυσι π.χ., ὅσο περισσότερο ἁλάτι διαλύσωμε, τόσο περισσότερο θὰ ὑψωθῆ ἡ θερμοκρασία βρασμοῦ καὶ θὰ κατέλθη ἡ θερμοκρασία πήξεως ἢ τήξεως.

2 · 4 Ὁμογενῆ καὶ ἑτερογενῆ μίγματα.

Γεμίζομε ἕνα ποτήρι μὲ καθαρὸ νερὸ καὶ μέσα σ' αὐτὸ διαλύομε λίγη ζάχαρη. Ἕνα ἄλλο τὸ γεμίζομε μὲ νερό, ποὺ παίρνομε ἀπὸ ἕνα λάκκο τὴν ὥρα ποὺ βρέχει (σχ. 2 · 4). Καὶ τὰ δύο ποτήρια περιέχουν μίγματα. Ἂν τώρα συγκρίνωμε τὰ δύο αὐτὰ μίγματα, παρατηροῦμε τὰ ἑξῆς:

Τὸ πρῶτο διάλυμα εἶναι διαυγές, δηλαδὴ ἡ ζάχαρη δὲν διακρί-



Σχ. 2·4.
α) Στὸ ὁμογενὲς μίγμα δὲν διακρίνονται τὰ μόρια τῶν συστατικῶν, ποὺ τὸ ἀποτελοῦν. β) Στὸ ἑτερογενὲς μίγμα διακρίνονται οἱ συγκεντρώσεις τῶν μορίων.

νεται καθόλου μέσα στὸ νερό [σχ. 2·4 (α)]. Τὸ ὅτι ὑπάρχει ζάχαρη τὸ καταλαβαίνομε μὲ τὴν γεῦσι ἢ ἂν βράσωμε τὸ νερό, μέχρις ὅτου νὰ γίνη ὅλο ὑδρατμός, ὁπότε ἡ ζάχαρη μένει στὸν πυθμένα. Τὸ μίγμα αὐτὸ λέγεται ***ὁμογενές***.

Στὸ δεύτερο ποτήρι, τὸ νερὸ εἶναι θολό, γιατὶ μέσα σ' αὐτὸ περιέχονται πολλὲς αἰωρούμενες στερεὲς οὐσίες [σχ. 2·4 (β)]. Ὅταν σὲ λίγο τὸ μίγμα ἠρεμήση μέσα στὸ ποτήρι, οἱ στερεὲς οὐσίες διαχωρίζονται καὶ κατακάθονται στὸν πυθμένα.

Οἱ στερεὲς λοιπὸν οὐσίες σχηματίζουν στὸ νερὸ συγκεντρώσεις μορίων, τὶς ὁποῖες διακρίνομε μὲ τὸν ὀφθαλμὸ ἢ μὲ φακό. Τὸ μίγμα αὐτὸ ὀνομάζεται ***ἑτερογενές***.

Γενικά:

Ὁμογενὲς λέγεται τὸ μίγμα, ποὺ τὰ μόρια τῶν συστατικῶν του εἶναι διασκορπισμένα ὁμοιόμορφα σὲ ὁλόκληρο τὸν ὄγκο τοῦ μίγματος, ἐνῶ ἑτερογενὲς εἶναι τὸ μίγμα, ποὺ τὰ μόρια τῶν συστατικῶν του σχηματίζουν συγκεντρώσεις, ποὺ φαίνονται μὲ γυμνὸ ὀφθαλμὸ ἢ μὲ φακό.

2·5 Ἀνακεφαλαίωσι.

1. Τὰ ὑλικὰ σώματα διακρίνονται σὲ καθαρὰ σώματα καὶ μίγματα.
2. Τὰ μίγματα εἶναι ὁμογενῆ ἢ ἑτερογενῆ.

2·6 Ἐρωτήσεις.

1. Ποιά εἶναι ἡ διαφορὰ μεταξὺ καθαρῶν σωμάτων καὶ μιγμάτων;
2. Σὲ τί διαφέρουν τὰ ὁμογενῆ ἀπὸ τὰ ἑτερογενῆ μίγματα;
3. Θερμαίνομε δοχεῖο μὲ νερὸ καὶ μετροῦμε τὴν θερμοκρασία του κατὰ τὴν διάρκεια τοῦ βρασμοῦ του, ἡ ὁποία εἶναι 102° C. Τί συμπεραίνομε ἀπὸ αὐτό;
4. Γιατί τὸ ἀπεσταγμένο νερὸ εἶναι καθαρὸ σῶμα;
5. Πῶς γίνεται ἡ ἀπόσταξι τοῦ νεροῦ;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΣ ΑΗΡ

3 · 1 Ἡ ὕπαρξι τοῦ ἀέρος.

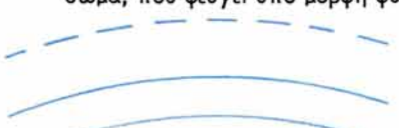
Ἂν βυθίσωμε στὸ νερὸ μιὰ κενὴ φιάλη ἀνεστραμμένη (σχ. 3 · 1 α), παρατηροῦμε ὅτι μικρὸ μόνο μέρος της γεμίζει μὲ νερό [σχ. 3 · 1 α (α)]. Ἂν ὅμως τῆς δώσωμε μιὰ κλίσι, τότε ἀπὸ τὸ στόμιό της

Σχ. 3·1 α.
α) Στὴν φιάλη εἰσέρχεται πολὺ λίγο νερό. β) Τὸ νερὸ διώχνει ἀπὸ τὴν φιάλη ἕνα σῶμα, ποὺ φεύγει ὑπὸ μορφὴ φυσαλλίδων. Τὸ σῶμα αὐτὸ εἶναι ὁ ἀήρ.

ἐξέρχονται φυσαλλίδες, ἐνῶ συγχρόνως γεμίζει ὅλη μὲ νερὸ [σχ. 3 · 1 α (β)].

Στὴν φιάλη λοιπὸν ὑπῆρχε ἕνα σῶμα, ποὺ δὲν ἐπέτρεπε στὸ νερὸ νὰ εἰσέλθη, τὸ ὁποῖο ὅμως τελικὰ ἐκτοπίστηκε ἀπὸ τὸ νερὸ καὶ ἔφυγε ὑπὸ μορφὴ φυσαλλίδων. Τὸ σῶμα αὐτὸ ἦταν ὁ ἀήρ.

Ἡ ὕπαρξι τοῦ ἀέρος ἀποδεικνύεται ἐπίσης ἀπὸ τὴν ἀντίστασι ποὺ συναντοῦμε, ὅταν π.χ. τρέχωμε, ἀπὸ τοὺς ἀνέμους κ.λπ.



Σχ. 3·1 β.
Ὅσο ἀπομακρυνόμαστε ἀπὸ τὴν ἐπιφάνεια τῆς γῆς, τόσο ἡ ἀτμόσφαιρα γίνεται ἀραιότερη.

Ἡ γῆ περιβάλλεται ἀπὸ στρῶμα ἀέρος πάχους πολλῶν χιλιομέτρων, ποὺ ὀνομάζεται ἀτμόσφαιρα.

Χαρακτηριστικὸ τῆς ἀτμοσφαίρας εἶναι ὅτι τὰ μόριά της εἶναι πυκνότερα κοντὰ στὴν ἐπιφάνεια τῆς γῆς καὶ ἀραιότερα, ὅσο ἀπομακρυνόμαστε ἀπὸ αὐτήν (σχ. 3 · 1 β).

3 · 2 Ὁ ἀὴρ εἶναι συμπιεστός, ἐλαστικὸς καὶ ἐκτατός.

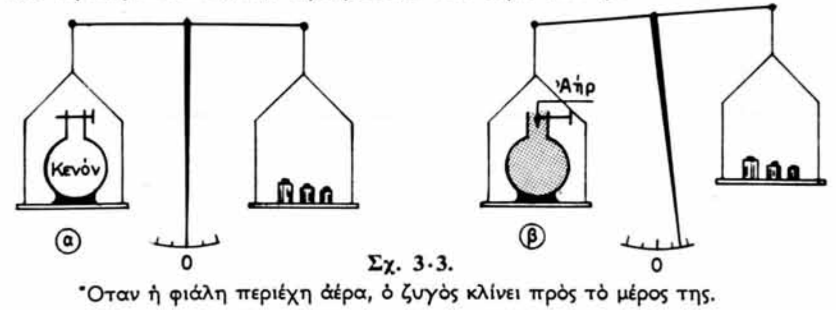
Εἴδαμε στὸ πείραμα τῆς παραγράφου 1 · 1 γ ὅτι ὁ ἀὴρ συμπιέζεται· ἄρα εἶναι ***συμπιεστός***. Ἂν, καθὼς πιέζομε τὸν ἀέρα, ἀφίσωμε τὸ ἔμβολο τῆς σύριγγος ἐλεύθερο (σχ. 1 · 1 γ), παρατηροῦμε ὅτι αὐτὸ μετακινεῖται μὲ ὁρμὴ πρὸς τὰ πίσω, ἐνῶ ὁ ἀὴρ καταλαμβάνει καὶ πάλι τὸν ὄγκο ποὺ κατελάμβανε, προτοῦ πιέσωμε τὸ ἔμβολο. Ἑπομένως ὁ ἀὴρ εἶναι ***ἐλαστικός***.

Εἴδαμε ἐπίσης (παράγρ. 1 · 1 γ) ὅτι τὰ μόρια τοῦ ἀέρος ἐκτείνονται καὶ καταλαμβάνουν ὁλόκληρο τὸν χῶρο ποὺ τοὺς προσφέρεται. Ἑπομένως ὁ ἀὴρ εἶναι καὶ ***ἐκτατός***. Τὶς ἰδιότητες αὐτὲς τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος τὶς συναντοῦμε σὲ ὅλα τὰ ἀέρια.

Τὰ ἀέρια λοιπὸν εἶναι συμπιεστά, ἐλαστικὰ καὶ ἐκτατά.

3 · 3 Τὰ ἀέρια ἔχουν βάρος.

Στὸν ἕνα δίσκο εὐαισθήτου ζυγοῦ τοποθετοῦμε φιάλη κλειστή, ποὺ προηγουμένως τῆς ἀφαιρέσαμε τὸν ἀέρα μὲ ἀεραντλία. Στὸν ἄλλο



Σχ. 3·3.
Ὅταν ἡ φιάλη περιέχη ἀέρα, ὁ ζυγὸς κλίνει πρὸς τὸ μέρος της.

δίσκο τοποθετοῦμε σταθμά, μέχρι νὰ ἰσορροπήση ὁ ζυγός (σχ. 3 · 3 α).

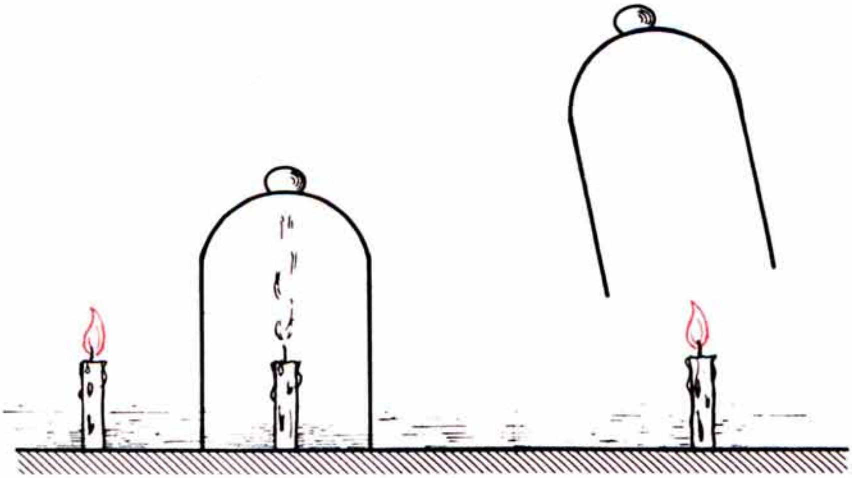
Ἀνοίγομε κατόπιν τὴν βαλβῖδα τοῦ πώματος τῆς φιάλης ὁπότε αὐτὴ γεμίζει μὲ ἀέρα. Ἀμέσως βλέπομε ὅτι ἡ ἰσορροπία τοῦ ζυγοῦ καταστρέφεται καὶ ὅτι ὁ δείκτης κλίνει τώρα πρὸς τὸ μέρος τῆς φιάλης. Αὐτὸ σημαίνει ὅτι ὁ ἀὴρ ἔχει βάρος. Μὲ ἀκριβῆ πειράματα εὑρέθηκε ὅτι τὸ βάρος 1 λίτρου ἀέρος = 1,3 p (πόντ) (*).

Τὰ ἀέρια ἔχουν βάρος· τὸ βάρος ὅμως ἑνὸς ἀερίου εἶναι πολὺ μικρότερο ἀπὸ τὸ βάρος ποὺ ἔχει ἴσος ὄγκος στερεοῦ ἢ ὑγροῦ.

Ἔτσι ὁ ἀτμοσφαιρικὸς ἀήρ, σὲ συνηθισμένη θερμοκρασία καὶ πίεσι, εἶναι περίπου ὀκτακόσιες φορὲς ἐλαφρότερος ἀπὸ τὸ νερὸ καὶ τὸ νερὸ 19 φορὲς ἐλαφρότερο ἀπὸ τὸν χρυσό.

3 · 4 Ὁ ἀὴρ εἶναι ἀπαραίτητος γιὰ τὶς καύσεις καὶ τὴν ζωή.

Τοποθετοῦμε ἕνα ἀναμμένο κερὶ κάτω ἀπὸ ἀνεστραμμένο γυάλινο δοχεῖο (σχ. 3 · 4 α). Παρατηροῦμε ὅτι ἡ φλόγα του σιγά-σιγὰ



Σχ. 3·4 α.
Τὸ κερὶ σβήνει, ἂν δὲν ἀνανεωθῆ ὁ ἀέρας τοῦ δοχείου.

ἐξασθενεῖ καὶ τέλος σβήνει. Ἂν ἐπαναλάβωμε τὸ πείραμα, ἀλλὰ ἀνασηκώσωμε τὸ δοχεῖο λίγο πρὶν σβήση ἡ φλόγα, βλέπομε ὅτι αὐτὴ ἀμέσως δυναμώνει.

* Τὸ pont (πόντ) εἶναι μονὰς βάρους.

Κάτω ἀπὸ τὸ ἴδιο γυάλινο δοχεῖο βάζομε τώρα ἕνα φυτὸ καὶ ἕνα μικρὸ ζῶο, π.χ. ἕνα βάτραχο (σχ. 3 · 4 β). Μετὰ ἀπὸ ἀρκετὴ ὥρα ὁ βάτραχος παύει νὰ ζῇ καὶ τὸ φυτὸ μαραίνεται.

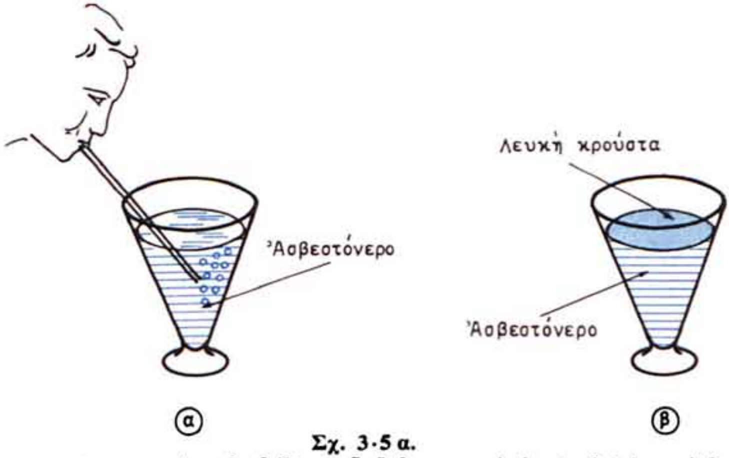
Ἀπὸ τὰ πειράματα αὐτὰ συμπεραίνομε ὅτι:

Ὁ ἀὴρ εἶναι ἀπαραίτητος γιὰ τὶς καύσεις καὶ τὴν ζωή.

Σχ. 3·4 β.
Ἂν δὲν ἀνανεωθῇ ὁ ἀὴρ τοῦ ἀνεστραμμένου δοχείου, τὸ ζῶο καὶ τὸ φυτὸ πεθαίνουν.

3 · 5 Σύστασι τοῦ ἀέρος.

Στὰ προηγούμενα πειράματα εἴδαμε ὅτι, ἅμα δὲν ἀνανεωθῇ ὁ



Σχ. 3·5 α.
α) Ἡ ἐκπνοή μας περιέχει διοξείδιο τοῦ ἄνθρακος, τὸ ὁποῖο θολώνει τὸ διαυγὲς ἀσβεστόνερο. β) Στὴν ἐπιφάνεια τοῦ δοχείου μὲ ἀσβεστόνερο, ἡ ὁποία ἔρχεται σὲ ἐπαφὴ μὲ τὸν ἀέρα, ἐμφανίζεται λευκὴ κρούστα. Αὐτὸ συμβαίνει, γιατὶ καὶ ὁ ἀὴρ περιέχει διοξείδιο τοῦ ἄνθρακος.

ἀήρ, τὸ κερὶ σβήνει καὶ οἱ ζωντανοὶ ὀργανισμοὶ πεθαίνουν. Ἄρα ὁ ἀὴρ πρέπει νὰ περιέχη ἕνα συστατικό, ποὺ εἶναι ἀπαραίτητο γιὰ τὶς καύσεις καὶ τὴν ζωή.

Τὸ συστατικὸ αὐτὸ τοῦ ἀέρος εἶναι *τὸ ὀξυγόνο*. Αὐτὸ εἶναι ἀέριο χωρὶς χρῶμα καὶ ὀσμή.

Στὸν ἀέρα ὑπάρχει καὶ ἕνα ἄλλο συστατικὸ πού, ἐπειδὴ δὲν διατηρεῖ στὴν ζωὴ τοὺς διαφόρους ὀργανισμούς, ὀνομάζεται ***ἄζωτο***. Εἶναι καὶ αὐτὸ ἀέριο χωρὶς χρῶμα καὶ ὀσμή.

Σὲ ἕνα μικρὸ δοχεῖο, ποὺ περιέχει διαυγὲς ἀσβεστόνερο, φυσοῦμε μὲ ἕνα σωλῆνα τὸν ἀέρα ποὺ ἐκπνέομε [σχ. 3 · 5 α (α)].

Παρατηροῦμε ὅτι τὸ ἀσβεστόνερο θολώνει καὶ ἀποκτᾶ λευκὸ χρῶμα. Αὐτὸ ὀφείλεται στὸ ὅτι ὁ ἀέρας, ποὺ ἐκπνέομε, περιέχει ἕνα ἀέριο, τὸ ***διοξείδιο τοῦ ἄνθρακος***, τὸ ὁποῖο ἑνώνεται μὲ τὸ διαυγὲς ἀσβεστόνερο καὶ σχηματίζει ἀνθρακικὸ ἀσβέστιο, ποὺ ἔχει τὴν ἰδιότητα νὰ θολώνη τὸ διαυγὲς ἀσβεστόνερο.

Σχ. 3·5 β.
Ὁ ἀὴρ περιέχει ὑδρατμούς, οἱ ὁποῖοι ὑγροποιοῦνται στὴν ψυχρὴ ἐπιφάνεια τοῦ ποτηριοῦ.

Ὅλοι οἱ ὀργανισμοὶ κατὰ τὴν ἐκπνοή τους ἀποβάλλουν διοξείδιο τοῦ ἄνθρακος. Τὸ ἀέριο αὐτὸ παράγεται ἐπίσης καὶ ὅταν καίωνται τὰ διάφορα καύσιμα, π.χ. ξύλα, γαιάνθρακες, πετρέλαιο κ.λπ. Ἑπομένως ὁ ἀὴρ περιέχει πάντοτε διοξείδιο τοῦ ἄνθρακος [σχ. 3 · 5 α (β)].

Σὲ ἕνα ποτήρι, ποὺ περιέχει κρύο νερό, βλέπομε ὅτι ἡ ἐξωτερική του ἐπιφάνεια καλύπτεται ἀπὸ πολὺ μικρὲς σταγόνες νεροῦ (σχ. 3 · 5 β). Αὐτὸ ἀποδεικνύει ὅτι ὁ ἀὴρ περιέχει καὶ ὑδρατμοὺς πού, ὅταν ἔρχωνται σὲ ἐπαφὴ μὲ τὴν ψυχρὴ ἐπιφάνεια τοῦ ποτηριοῦ, ὑγροποιοῦνται.

Ἐκτὸς ἀπὸ τὰ ἀέρια ποὺ ἀναφέραμε, ὁ ἀὴρ περιέχει καὶ ἄλλα συστατικὰ σὲ παρὰ πολὺ μικρὲς ὅμως ποσότητες.

Ἑπομένως ὁ ἀὴρ εἶναι μίγμα. Τὰ κύρια συστατικά του εἶναι τὸ ἄζωτο (περίπου 79%) καὶ τὸ ὀξυγόνο (περίπου 21%).

Ἐκτὸς ἀπὸ τὰ δύο αὐτὰ ἀέρια, ὁ ἀὴρ περιέχει καὶ ἄλλα συστατικά, πάντοτε ὅμως σὲ πολὺ μικρὲς καὶ μεταβλητὲς ποσότητες, ὅπως διοξείδιο τοῦ ἄνθρακος, ὑδρατμούς, εὐγενῆ ἀέρια, αἰωρούμενα σωματίδια κ.ἄ.

3 · 6 Ἀνακεφαλαίωσι.

1. Ἡ γῆ περιβάλλεται ἀπὸ τὴν ἀτμόσφαιρα.
2. Τὰ ἀέρια εἶναι συμπιεστά, ἐλαστικὰ καὶ ἐκτατά.
3. Τὰ ἀέρια ἔχουν βάρος. Ἕνα λίτρο ἀέρος ζυγίζει 1,3 p.
4. Ὁ ἀὴρ εἶναι ἀπαραίτητος γιὰ τὶς καύσεις καὶ τὴν ζωή.
5. Ὁ ἀὴρ εἶναι μίγμα.

3 · 7 Ἐρωτήσεις.

1. Πῶς μποροῦμε νὰ ἀποδείξωμε τὴν ὕπαρξι τοῦ ἀέρος;
2. Ποιὲς ἰδιότητες τῶν ἀερίων ἐμάθαμε;
3. Τί θὰ συνέβαινε, ἂν δὲν ὑπῆρχε ὀξυγόνο στὸν ἀτμοσφαιρικὸ ἀέρα;
4. Ἀπὸ ποιὰ συστατικὰ ἀποτελεῖται ὁ ἀτμοσφαιρικὸς ἀήρ;

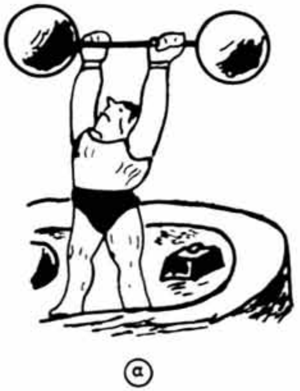
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

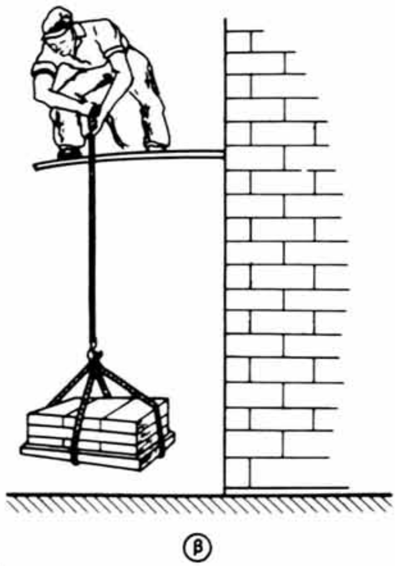
ΒΑΡΟΣ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ - ΕΛΕΥΘΕΡΑ ΠΤΩΣΙ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

4·1 Βάρος τῶν σωμάτων.

Ὁ ἀθλητὴς τοῦ σχήματος 4·1 (α) γιὰ νὰ ἀνυψώση τὶς μεταλλικὲς σφαῖρες, καταβάλλει προσπάθεια· ἂν θελήση νὰ ἀνυψώση μεγαλύτερα βάρη, θὰ πρέπει νὰ καταβάλλη μεγαλυτέρα προσπάθεια.

Ἐπίσης ὁ ἐργάτης [σχ. 4·1 (β)] γιὰ νὰ σηκώση μὲ τὸ σχοινὶ τὸ φορτίο καταβάλλει προσπάθεια.





Σχ. 4·1.
Ἡ γῆ ἕλκει ὅλα τὰ σώματα· ὁ ἀθλητὴς καὶ ὁ ἐργάτης γιὰ νὰ ἀνυψώσουν τὰ φορτία, καταβάλλουν προσπάθεια.

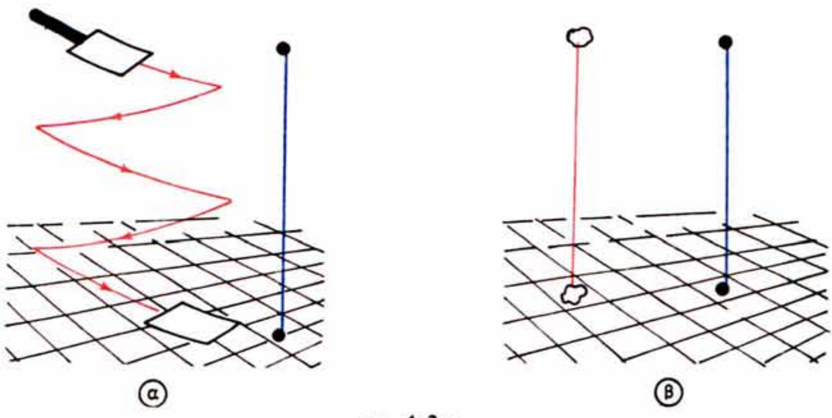
Ἡ προσπάθεια αὐτὴ γιὰ τὴν ἀνύψωσι τῶν μεταλλικῶν σφαιρῶν καὶ τοῦ φορτίου ἀποδεικνύει ὅτι ἡ γῆ ἕλκει αὐτὰ τὰ σώματα.

Ἡ ἕλξι ποὺ ἀσκεῖ ἡ γῆ σὲ ἕνα σῶμα, ὀνομάζεται βάρος τοῦ σώματος. Ἡ γῆ ἕλκει ὅλα τὰ σώματα. Ἑπομένως ὅλα τὰ σώματα ἔχουν βάρος. Τὴν ἑλκτικὴ ἱκανότητα τῆς γῆς ὀνομάζομε βαρύτητα.

4 · 2 Ἐλευθέρα πτῶσι τῶν σωμάτων.

Εἶναι γνωστὸ ὅτι, ἂν ἀπὸ ὁρισμένο ὕψος ἀφίσωμε ἕνα σῶμα ἐλεύθερο, π.χ. ἕνα μῆλο, μία πέτρα, ἕνα κομμάτι ξύλο κ.λπ., αὐτὸ θὰ πέση, δηλαδὴ θὰ κινηθῇ πρὸς τὸ ἔδαφος. Ἡ πτῶσι αὐτὴ τῶν σωμάτων ὀφείλεται στὴν ἕλξι, ποὺ ἀσκεῖ ἐπάνω τους ἡ γῆ, δηλαδὴ ὀφείλεται στὸ βάρος τους.

Ἐὰν ταυτόχρονα καὶ ἀπὸ τὸ ἴδιο ὕψος ἀφίσωμε νὰ πέσουν δύο διαφορετικὰ σώματα, π.χ. μία μικρὴ μεταλλικὴ σφαίρα καὶ ἕνα φύλλο ἀπὸ χαρτί [σχ. 4 · 2 α (α)], ἡ σφαίρα θὰ φθάση στὸ ἔδαφος γρηγορώτερα ἀπὸ τὸ χαρτί.



Σχ. 4·2 α.

α) Τὸ φύλλο ἀπὸ χαρτὶ φθάνει στὸ ἔδαφος μετὰ ἀπὸ τὴν μεταλλικὴ σφαίρα, γιατὶ ἐμποδίζεται ἀπὸ τὴν ἀντίστασι τοῦ ἀέρος. β) Τὸ χαρτὶ καὶ ἡ μεταλλικὴ σφαίρα φθάνουν στὸ ἔδαφος σχεδὸν συγχρόνως.

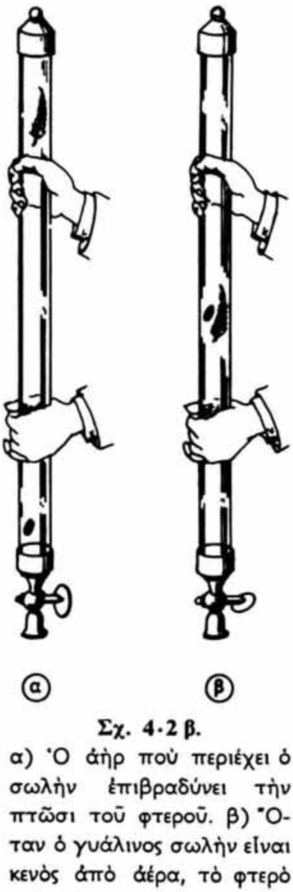
Τσαλακώνομε τώρα τὸ χαρτί, ὥστε νὰ γίνη σὰν μπάλλα καὶ ἐπαναλαμβάνομε τὸ πείραμα. Βλέπομε ὅτι αὐτὴ τὴν φορὰ τὰ δύο σώματα φθάνουν στὸ ἔδαφος σχεδὸν συγχρόνως [σχ. 4 · 2 α (β)].

Στὸ πρῶτο πείραμα τὸ χαρτὶ ἔχει μεγάλη ἐπιφάνεια, γι' αὐτὸ ὁ ἀὴρ ἐμποδίζει τὴν πτῶσι του. Ὅταν ὅμως τὸ κάνωμε μπάλλα, ἔχει πολὺ μικρότερη ἐπιφάνεια καὶ ἡ πτῶσι του ἐμποδίζεται πολὺ λιγότερο ἀπὸ τὸν ἀέρα.

Παίρνομε ἕνα γυάλινο σωλῆνα μὲ ἀρκετὸ μῆκος (σχ. 4 · 2 β) καὶ μέσα σ' αὐτὸν τοποθετοῦμε ἕνα μικρὸ φτερὸ καὶ ἕνα μεταλλικὸ νόμισμα. Ἂν ἀναστρέψωμε γρήγορα τὸν σωλῆνα, τότε στὸ κάτω μέρος του φθάνει πρῶτα τὸ νόμισμα καὶ ἔπειτα τὸ φτερό [σχ. 4 · 2 β (α)]. Ἐπαναλαμβάνομε τὸ πείραμα, ἀφοῦ προηγουμένως μὲ μία ἀεραντλία ἀφαιρέσωμε τὸν ἀέρα ἀπὸ τὸν σωλῆνα. Παρατηροῦμε ὅτι αὐτὴ τὴν φορὰ τὰ δύο σώματα πέφτουν συγχρόνως καὶ φθάνουν μαζὺ στὸ κάτω μέρος τοῦ σωλῆνος [σχ. 4 · 2 β (β)].

Ἀπὸ τὸ πείραμα αὐτὸ συμπεραίνομε ὅτι:

Ὁ ἀὴρ ἐπηρεάζει τὴν πτῶσι τῶν σωμάτων. Ἐλευθέρα πτῶσι τῶν σωμάτων ἔχομε μόνο σὲ χῶρο κενὸ ἀπὸ ἀέρα, ὁπότε ὅλα τὰ σώματα πέφτουν συγχρόνως.



Σχ. 4·2 β.
α) Ὁ ἀὴρ ποὺ περιέχει ὁ σωλὴν ἐπιβραδύνει τὴν πτῶσι τοῦ φτεροῦ. β) Ὅταν ὁ γυάλινος σωλὴν εἶναι κενὸς ἀπὸ ἀέρα, τὸ φτερὸ καὶ τὸ νόμισμα πέφτουν συγχρόνως.

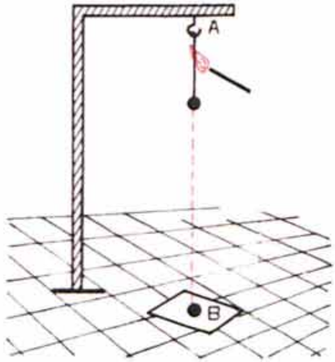
4 · 3 Κατακόρυφος διεύθυνσι.

Δένομε τὸ ἕνα ἄκρο νήματος ἀπὸ τὸ σημεῖο Α σταθεροῦ ὑποστηρίγματος (σχ. 4 · 3), ἐνῷ στὸ ἄλλο ἄκρο τοῦ νήματος δένομε μία μεταλλικὴ σφαίρα. Ὅταν τὸ σύστημα ἠρεμήσῃ ἐντελῶς, τοποθετοῦμε ἀκριβῶς κάτω ἀπὸ τὴν σφαίρα ἕνα φύλλο χαρτί. Ἐν συνεχείᾳ καίομε τὸ νῆμα καὶ σημειώνομε στὸ χαρτὶ τὸ σημεῖο **Β**, στὸ ὁποῖο πέφτει ἡ σφαίρα. Ἐπαναλαμβάνομε τὸ πείραμα πολλὲς φορὲς καὶ παρατηροῦμε ὅτι ἡ σφαίρα πέφτει πάντοτε ἀκριβῶς στὸ ἴδιο σημεῖο **Β**, ποὺ ἔχομε σημειώσει στὸ χαρτί.

Ἑπομένως ἡ σφαίρα κατὰ τὴν πτῶσι της ἀκολουθεῖ πάντοτε τὴν ἴδια διεύθυνσι, ἡ ὁποία ὁρίζεται ἀπὸ τὰ σημεῖα **Α** καὶ **Β**, ἂν βέβαια τὸ νῆμα της προσδένεται στὸ ἴδιο σταθερὸ σημεῖο **Α** καὶ τὸ χαρτὶ κάτω ἀπὸ αὐτὴ δὲν μετακινῆται. Ἡ διεύθυνσι αὐτὴ τῆς τροχιᾶς **ΑΒ**, ποὺ διαγράφει κατὰ τὴν πτῶσι της ἡ σφαίρα, ὀνομάζεται ***κατακόρυφος διεύθυνσι*** στὸ σημεῖο Β ἢ ἁπλῶς ***κατακόρυφος*** καὶ ἂν τὴν προεκτείνωμε, θὰ διέλθη ἀπὸ τὸ κέντρο τῆς Γῆς. Ἂν ἐπαναλάβωμε τὸ πείραμα, δένοντας τὸ σύστημα ἀπὸ διαφορετικὰ σταθερὰ σημεῖα τοῦ ὑποστηρίγματος, παρατηροῦμε καὶ πάλι τὸ ἴδιο φαινόμενο.

Γιὰ κάθε σημεῖο τῆς ἐπιφανείας τῆς γῆς ὑπάρχει πάντοτε μία κατακόρυφος διεύθυνσι, ποὺ ὀνομάζεται κατακόρυφος τοῦ τόπου.

Ἡ κατακόρυφος ἑνὸς τόπου διέρχεται θεωρητικῶς ἀπὸ τὸ κέντρο τῆς Γῆς. Τὸ βάρος ἑνὸς σώματος ἔχει πάντοτε τὴν διεύθυνσι τῆς κατακορύφου.

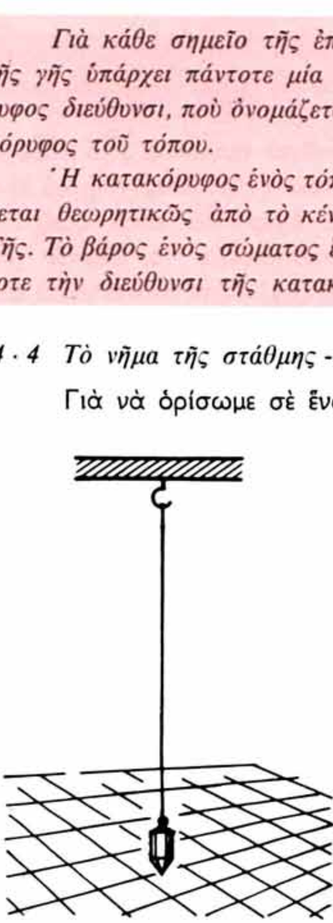


Σχ. 4·3.
Ἡ μεταλλικὴ σφαίρα πέφτει πάντοτε στὸ ἴδιο ἀκριβῶς σημεῖο Β.

4·4 Τὸ νῆμα τῆς στάθμης - Τὸ ὁριζόντιο ἐπίπεδο.

Γιὰ νὰ ὁρίσωμε σὲ ἕνα τόπο τὴν διεύθυνσι τῆς κατακορύφου χρησιμοποιοῦμε τὸ ***νῆμα τῆς στάθμης***. Αὐτὸ ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕνα νῆμα, στὸ ἕνα ἄκρο τοῦ ὁποίου κρέμεται μεταλλικὸς κύλινδρος, ποὺ ἀπολήγει συνήθως σὲ κῶνο (σχ. 4 · 4 α).

Γιὰ νὰ ὁρίσωμε σὲ ἕνα τόπο τὴν κατακόρυφο, δένομε τὸ νῆμα τῆς στάθμης ἀπὸ ἕνα στήριγμα, ἐπάνω ἀπὸ τὸ σημεῖο τοῦ τόπου ποὺ ζητοῦμε τὴν κατακόρυφο. Ἡ διεύθυνσι τοῦ νήματος τῆς στάθμης μᾶς δείχνει τὴν κατακόρυφο αὐτοῦ τοῦ τόπου.



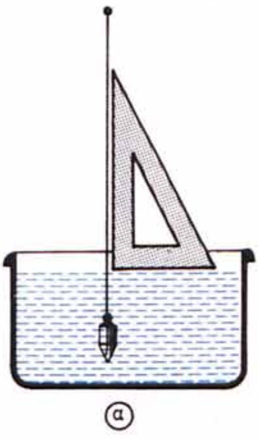
Σχ. 4·4 α.
Τὸ νῆμα τῆς στάθμης.

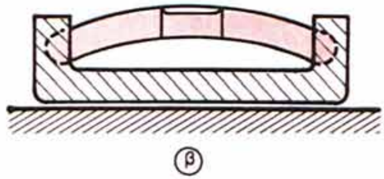
Ἡ κατακόρυφος κάθε σημείου ἑνὸς τόπου ἔχει τὴν διεύθυνσι, τὴν ὁποία λαμβάνει τὸ νῆμα τῆς στάθμης, ποὺ διέρχεται ἀπὸ τὸ σημεῖο αὐτό.

Ἡ ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ ποὺ ἠρεμεῖ, σὲ περιορισμένη βέβαια ἔκτασι, ἀποτελεῖ ἕνα ἐπίπεδο, τὸ ὁποῖο ὀνομάζεται ***ὁριζόντιο ἐπίπεδο***. Τὸ ὁριζόντιο ἐπίπεδο ἑνὸς τόπου εἶναι πάντοτε κάθετο στὴν κατακόρυφο τοῦ τόπου αὐτοῦ. Ἑπομένως ἡ γωνία, ποὺ σχηματίζεται ἀπὸ τὴν κατακόρυφο ἑνὸς τόπου καὶ ἀπὸ τὸ ὁριζόντιο ἐπίπεδο, εἶναι ὀρθὴ [σχ. 4 · 4 β (α)].

Ἕνα ἐπίπεδο εἶναι ὁριζόντιο, ὅταν εἶναι κάθετο στὴν κατακόρυφο. Ὁριζόντιο ἐπίπεδο εἶναι καὶ ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ ποὺ ἠρεμεῖ.

Τὸ νῆμα τῆς στάθμης χρησιμοποιεῖται συνήθως ἀπὸ τοὺς τεχνῖτες γιὰ νὰ ἐλέγξουν ἂν μία ἐπιφάνεια (π.χ. ἕνας τοῖχος) εἶναι κατακόρυφος. Γιὰ νὰ ἐλέγξωμε ἂν μία ἐπιφάνεια εἶναι ὁριζοντία χρησιμοποιοῦμε τὸ ***ἀλφάδι*** [σχ. 4 · 4 β (β)]. Αὐτὸ ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕνα γυάλινο σωλῆνα ἐλαφρῶς καμπυλωτό, ὁ ὁποῖος φέρει περίπου στὸ μέσον του δύο χαραγές. Ὁ σωλὴν περιέχει ὑγρὸ (συνήθως οἰνόπνευμα) καὶ μία κινητὴ φυσαλλίδα ἀέρος. Ὁ σωλὴν αὐτὸς τοποθετεῖται σὲ θήκη μὲ ἐπίπεδη βάσι. Ὅταν τὸ ὄργανο τοποθετηθῆ πάνω σὲ ὁριζοντία ἐπιφάνεια, ἡ φυσαλλὶς τοῦ ἀέρος πρέπει νὰ εὑρίσκεται μεταξὺ τῶν δύο χαραγῶν τοῦ σωλῆνος.



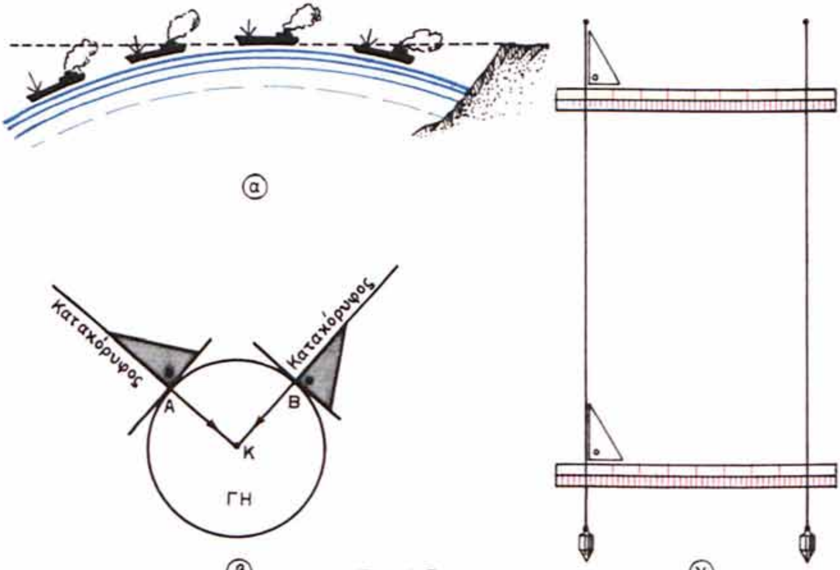


Σχ. 4·4 β.
α) Ἡ ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ ποὺ ἠρεμεῖ ὀνομάζεται ὁριζοντία ἐπιφάνεια καὶ εἶναι πάντοτε κάθετος στὴν κατακόρυφο τοῦ τόπου. β) Ἀλφάδι.

4 · 5 Κατακόρυφες στὰ διάφορα σημεῖα τῆς γῆς.

Ὅπως εἶναι γνωστό, ἡ γῆ ἔχει σχῆμα περίπου σφαιρικό [σχ. 4 · 5 (α)]. Ἡ ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ ποὺ ἠρεμεῖ μέσα σὲ ἕνα δοχεῖο, ἀποτελεῖ πολὺ μικρὸ τμῆμα τῆς σφαιρικῆς ἐπιφανείας τῆς γῆς. Τὸ τμῆμα αὐτὸ εἶναι κατὰ προσέγγισι ἐπίπεδο καὶ κάθετο στὴν κατακόρυφο τοῦ τόπου, ποὺ εὑρίσκεται τὸ δοχεῖο.

Ἀφοῦ λοιπὸν κάθε κατακόρυφος διέρχεται ἀπὸ τὸ κέντρο τῆς γῆς, ἡ κατακόρυφος τοῦ τόπου Α καὶ ἡ κατακόρυφος τοῦ τόπου Β θὰ σχηματίσουν μεταξύ τους γωνία ΑΚΒ [σχ. 4·5 (β)]. Ἡ γωνία αὐτὴ τῶν κατακορύφων τῶν δύο τόπων θὰ εἶναι τόσο μεγαλυτέρα, ὅσο μεγαλυτέρα εἶναι ἡ ἀπόστασι τῶν δύο αὐτῶν τόπων.



Σχ. 4·5.

α) Ἡ γῆ εἶναι σφαιρική. β) Ἡ κατακόρυφος τοῦ τόπου Α καὶ ἡ κατακόρυφος τοῦ τόπου Β σχηματίζουν γωνία μὲ κορυφὴ τὸ κέντρο τῆς γῆς. γ) Οἱ κατακόρυφες δύο πολὺ κοντινῶν τόπων εἶναι σχεδὸν παράλληλες.

Ὅταν δύο τόποι ἀπέχουν λίγο μεταξύ τους, ἡ γωνία ποὺ σχηματίζουν οἱ κατακόρυφές τους εἶναι παρὰ πολὺ μικρή, γι' αὐτὸ καὶ θεωροῦνται παράλληλες [σχ. 4·5 (γ)].

Οἱ κατακόρυφες τέμνονται στὸ κέντρο τῆς γῆς καὶ ἀνὰ δύο σχηματίζουν γωνία μὲ κορυφὴ τὸ κέντρο τῆς γῆς.

Κατακόρυφες τόπων, ποὺ εὑρίσκονται σὲ μικρὴ ἀπόστασι ὁ ἕνας ἀπὸ τὸν ἄλλο, εἶναι κατὰ προσέγγισι παράλληλες.

4·6 Ἀνακεφαλαίωσι.

1. Ἡ ἕλξι, ποὺ ἀσκεῖ ἡ γῆ σὲ ὅλα τὰ σώματα, ὀνομάζεται βάρος τῶν σωμάτων.
2. Ὅλα τὰ σώματα ἔχουν βάρος.
3. Τὴν ἑλκτικὴ ἱκανότητα τῆς γῆς ὀνομάζομε βαρύτητα.
4. Σὲ κενὸ ἀπὸ ἀέρα χῶρο, ὅλα τὰ σώματα πέφτουν συγχρόνως.
5. Ἡ κατακόρυφος ἑνὸς τόπου εἶναι πάντοτε κάθετος στὴν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ ποὺ ἠρεμεῖ.
6. Ὅλες οἱ κατακόρυφες διέρχονται ἀπὸ τὸ κέντρο τῆς γῆς.
7. Οἱ κατακόρυφες δύο πολὺ κοντινῶν τόπων εἶναι κατὰ προσέγγισι παράλληλες.
8. Ἕνα ἐπίπεδο εἶναι ὁριζόντιο, ὅταν εἶναι κάθετο στὴν κατακόρυφο. Ὁριζόντιο ἐπίπεδο εἶναι ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ ποὺ ἠρεμεῖ.
9. Μὲ τὸ νῆμα τῆς στάθμης ἐλέγχομε, ἂν μία διεύθυνσι εἶναι κατακόρυφος, ἐνῶ μὲ τὸ ἀλφάδι, ἂν μία ἐπιφάνεια εἶναι ὁριζοντία.

4·7 Ἐρωτήσεις.

1. Τί ὀνομάζομε βάρος τῶν σωμάτων καὶ τί βαρύτητα;
2. Γιατί ἂν ἀφίσωμε ἀπὸ τὸ ἴδιο ὕψος ἕνα φτερὸ καὶ μία πέτρα, ἡ πέτρα θὰ φθάση πρώτη στὸ ἔδαφος;
3. Τί εἶναι ἡ κατακόρυφος διεύθυνσι καὶ πῶς ὁρίζεται;
4. Πότε ἕνα ἐπίπεδο εἶναι ὁριζόντιο;
5. Τί εἶναι τὸ νῆμα τῆς στάθμης καὶ τί τὸ ἀλφάδι; Τί μᾶς καθορίζει κάθε ἕνα ἀπὸ αὐτά;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΣ

5·1 Οἱ μετρήσεις στὴν Φυσική.

Κατὰ τὴν μελέτη τῶν φυσικῶν φαινομένων συναντοῦμε διάφορα μεγέθη, ὅπως π.χ. τὸ μῆκος μιᾶς ράβδου, τὴν θερμοκρασία τοῦ νεροῦ, τὴν ταχύτητα ἑνὸς κινητοῦ κ.ἄ. Αὐτὰ ὀνομάζονται ***φυσικὰ μεγέθη***.

Κάθε φυσικὸ μέγεθος εἶναι δυνατὸν πάντοτε νὰ μετρηθῆ.

Κατὰ τὴν μελέτη ἑνὸς φυσικοῦ φαινομένου μετροῦμε τὰ φυσικὰ μεγέθη, ποὺ ἐμφανίζονται σ' αὐτό, δηλαδὴ τὰ συγκρίνομε μὲ ἄλλα ὁμοειδῆ, τὰ ὁποῖα λαμβάνομε σὰν ***μονάδες***.

Ἡ μονὰς εἶναι καὶ αὐτὴ φυσικὸ μέγεθος, πάντοτε ὁμοειδὲς μὲ ἐκεῖνο, ποὺ πρόκειται νὰ μετρήσωμε. Ἔτσι, γιὰ νὰ μετρήσωμε τὸ μῆκος μιᾶς ράβδου πρέπει νὰ χρησιμοποιήσωμε μονάδα, μὲ τὴν ὁποία μετροῦμε μῆκος καὶ ὄχι μονάδα, π.χ. βάρους ἢ χρόνου.

Μέτρησι φυσικοῦ μεγέθους λέγεται ἡ σύγκρισί του μὲ ἄλλο ὁμοειδὲς μέγεθος, ποὺ τὸ λαμβάνομε σὰν μονάδα.

Οἱ μονάδες παριστάνονται διεθνῶς μὲ διάφορα σύμβολα. Μονὰς μήκους λ.χ. εἶναι τὸ μέτρο, ποὺ παριστάνεται μὲ τὸ σύμβολο m, ἀρχικὸ τῆς λέξεως métre (μέτρ). Μονὰς χρόνου εἶναι τὸ δευτερόλεπτο καὶ συμβολίζεται μὲ sec ἢ s, ἀπὸ τὴν λέξι second (σεκόντ).

Γιὰ κάθε φυσικὸ μέγεθος ἔχουν ὁρισθῆ στὰ διάφορα κράτη πολλὲς μονάδες. Ἔτσι γιὰ τὸ μῆκος ὑπάρχει τὸ μέτρο, ἡ γυάρδα, ἡ ἴντσα κ.ἄ. Αὐτὸ ὅμως δυσχεραίνει τὶς διεθνεῖς συναλλαγὲς καὶ τοὺς τύπους τῆς Φυσικῆς. Γι' αὐτὸ ἔχουν ἐπινοηθῆ διάφορα συστήματα μονάδων, τὰ ὁποῖα χρησιμοποιοῦνται διεθνῶς. Ἔτσι καὶ οἱ ἄνθρωποι συνεννοοῦνται εὐκολώτερα καὶ οἱ τύποι τῆς Φυσικῆς ἁπλουστεύονται.

Ὅταν θέλωμε νὰ μετρήσωμε μεγέθη πολὺ μικρότερα ἢ πολὺ μεγαλύτερα ἀπὸ τὴν μονάδα, τότε χρησιμοποιοῦμε ὑποπολλαπλάσια ἢ πολλαπλάσιά της.

Γιὰ τὸν σκοπὸ αὐτὸ χρησιμοποιοῦνται διεθνῶς ἀπὸ τὸ 1963 διάφορα σύμβολα, ποὺ πάντοτε προτάσσονται ἀπὸ μία βασικὴ μονάδα (προθέματα) καὶ δηλώνουν ὑποπολλαπλάσιο ἢ πολλαπλάσιό της, δηλαδὴ ἕνα συντελεστὴ τῆς μονάδος.

Στὸν Πίνακα 5 · 1 · 1 βλέπομε τὰ συνηθέστερα προθέματα.

ΠΙΝΑΞ 5 · 1 · 1

Προθέματα καὶ συντελεστὲς μονάδων

Πρόθεμα	Συντελεστὴς	Ἑλληνικὰ	Διεθνῶς
μ	$\frac{1}{1\,000\,000}$	μικρο-	micro-
m	$\frac{1}{1000}$	χιλιοστο-	milli-
c	$\frac{1}{100}$	ἑκατοστο-	centi-
d	$\frac{1}{10}$	δεκατο-	deci-
dk	10	δέκα-	deca-
h	100	ἑκατο-	hecto-
k	1 000	χιλιο-	kilo-
M	1 000 000	μέγα-	mega-

Ἔτσι, π.χ. τὸ σύμβολο km σημαίνει 1000 m, τὸ σύμβολο cm σημαίνει 1/100 m, κ.ο.κ.

5 · 2 Μονάδες μήκους.

Σὰν μονάδα μήκους ἔχομε τὸ πρότυπο ***μέτρο***, ποὺ εὑρίσκεται στὸ Διεθνὲς Γραφεῖο Μέτρων καὶ Σταθμῶν τῶν Σεβρῶν στὸ Παρίσι. Πολλαπλάσιο τοῦ μέτρου εἶναι τὸ ***χιλιόμετρο***.

1 χιλιόμετρο (1 km) = 1000 m.

Ὑποπολλαπλάσια τοῦ μέτρου τὰ ἑξῆς:

1 δεκατόμετρο (1 dm) $= \frac{1}{10}$ m

1 ἑκατοστόμετρο (1 cm) $= \frac{1}{100}$ m

1 χιλιοστόμετρο (1mm) $= \frac{1}{1000}$ m.

Στὶς ἀγγλοσαξωνικὲς χῶρες σὰν μονάδα μήκους χρησιμοποιοῦν τὴν ***γυάρδα*** (yd), ποὺ ὑποδιαιρεῖται σὲ 3 ***πόδια*** (ft) καὶ κάθε πόδι σὲ *12* ***ἴντσες*** (in).

1 yd = 3 (ft) **1 ft = 12 in**

1 yd = 91,44 cm **1 ft = 30,48 cm 1 in = 2,54 cm**

Στὴ Ναυτιλία χρησιμοποιεῖται τὸ *Ναυτικὸ μίλι*.
1 Ναυτικὸ μίλι = 1852 m.
Ἀλλὰ καὶ στὶς χῶρες αὐτὲς ἐγκαταλείπουν τελευταίως αὐτὲς τὶς μονάδες καὶ ἀκολουθοῦν τὸ μετρικὸ σύστημα.

5 · 3 Μονάδες ἐπιφανείας.

Μονὰς ἐπιφανείας εἶναι τὸ ***τετραγωνικὸ μέτρο*** (m^2), δηλαδὴ ἡ ἐπιφάνεια ἑνὸς τετραγώνου, ποὺ ἔχει πλευρὰ ἴση μὲ 1 m. Συνήθως χρησιμοποιοῦνται τὰ ἑξῆς ὑποπολλαπλάσια τοῦ τετραγωνικοῦ μέτρου:

1 τετραγ. δεκατόμετρο $(1\ dm^2) = \dfrac{1}{10\times 10}\ m^2 = \dfrac{1}{100}\ m^2$

1 τετραγ. ἑκατοστόμετρο $(1\ cm^2) = \dfrac{1}{100\times 100}\ m^2 = \dfrac{1}{10\,000}\ m^2$

1 τετραγ. χιλιοστόμετρο $(1\ mm^2) = \dfrac{1}{1000\times 1000}\ m^2 =$

$$= \frac{1}{1\,000\,000}\ m^2.$$

Ἄλλες μονάδες ἐπιφανείας εἶναι τὸ ***στρέμμα*** καὶ τὸ ***ἑκτάριο***.

1 στρέμμα = 1000 m^2 1 ἑκτάριο = 100 m × 100 m = 10 000 m^2 = 10 στρέμματα

Γιὰ πολὺ μεγάλες ἐπιφάνειες, π.χ. γιὰ νὰ μετρήσωμε τὴν ἐπιφάνεια ἑνὸς κράτους παίρνομε σὰν μονάδα τὸ τετραγωνικὸ χιλιόμετρο (km^2), ποὺ εἶναι πολλαπλάσιο τοῦ τετραγωνικοῦ μέτρου (m^2).

$$1\ km^2 = 1000\ m \times 1000\ m = 1\,000\,000\ m^2$$

Μονάδες ἐπιφανείας εἶναι ἐπίσης τὸ ***ἄρ*** καὶ τὸ ***ἄκρ:***

1 ἄρ = 100 m^2 1 ἄκρ = 4047 m^2

5 · 4 Μονάδες ὄγκου.

Σὰν μονάδα ὄγκου χρησιμοποιοῦμε τὸ ***κυβικὸ μέτρο*** (m^3), δηλαδὴ τὸν ὄγκο ἑνὸς κύβου μὲ ἀκμὴ 1 m ἢ πλευρὰ 1 m^2.

Συνήθως χρησιμοποιοῦνται τὰ ἑξῆς ὑποπολλαπλάσια τοῦ κυβικοῦ μέτρου:

1 κυβ. δεκατόμετρο (dm^3) ἢ 1 litre (1 *l*) $= \dfrac{1}{1000}\ m^3$

1 κυβ. ἑκατοστόμετρο (1 cm^3) ἢ 1 millilitre (1 ml) $= \dfrac{1}{1\,000\,000}\ m^3$.

1 $dm^3 = 10\ cm \times 10\ cm \times 10\ cm = 1000\ cm^3$ ἢ 1 litre = 1000 ml

Τελευταίως ἀντὶ γιὰ τὴ μονάδα 1 dm^3 χρησιμοποιεῖται διεθνῶς (κυρίως γιὰ τὰ ὑγρὰ) ἡ μονὰς ***1 l***, ἡ ὁποία εἶναι σχεδὸν τὸ ἴδιο. Ἐπίσης ἀντὶ γιὰ τὴν μονάδα ***1 cm³*** χρησιμοποιεῖται ἡ μονὰς ***1 ml***.

5·5 Μονάδες χρόνου.

Γιὰ μονάδα χρόνου χρησιμοποιοῦμε τὴν ***μέση ἡλιακὴ ἡμέρα***.
Ἡ μέση ἡλιακὴ ἡμέρα ὑποδιαιρεῖται σὲ 24 ***ὧρες***.
Ἡ μία ὥρα (1 h) ὑποδιαιρεῖται σὲ 60 πρῶτα ***λεπτά***.
Τὸ ἕνα λεπτὸ (1 min) ὑποδιαιρεῖται σὲ 60 ***δευτερόλεπτα*** (60 sec). Ἑπομένως ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω προκύπτει ὅτι:

1 μέση ἡλιακὴ ἡμέρα = 24 h
1 h = 60 min = 60 × 60 sec = 3600 sec

5·6 Ἐρωτήσεις.

1. Τί ὀνομάζομε μέτρησι φυσικοῦ μεγέθους;
2. Ποιές μονάδες μήκους ἐμάθαμε καὶ ποιά εἶναι τὰ πολλαπλάσια καὶ ὑποπολλαπλάσιά τους;
3. Ποιές εἶναι οἱ μονάδες ἐπιφανείας καὶ ὄγκου;
4. Ποιές εἶναι οἱ μονάδες χρόνου;

5·7 Ἀσκήσεις.

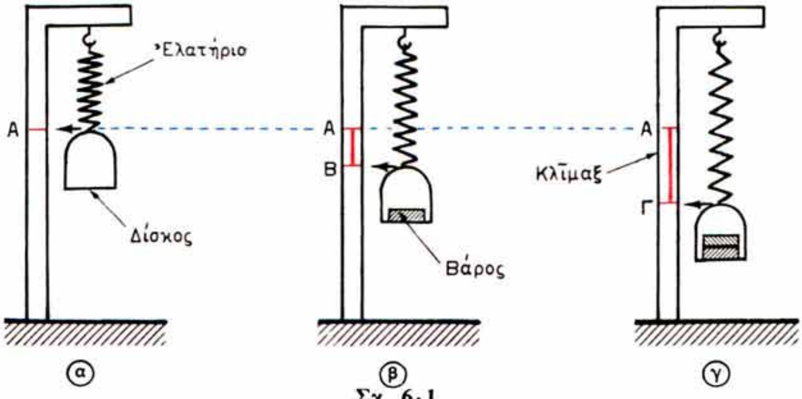
1. Νὰ μετατραποῦν σὲ cm τὰ μήκη: 1,7 km, 6,08 m, 223 mm καὶ 1,8 dm.
2. Νὰ μετατραποῦν σὲ m τὰ μήκη: 78 cm, 3220 mm, 0,4 km καὶ 4,2 dm.
3. Νὰ μετατραποῦν σὲ in τὰ μήκη: 0,8 m, 2,032 dm καὶ 40,62 cm.
4. 14 ναυτικὰ μίλια πόσα km καὶ πόσα m εἶναι:
5. Νὰ μετατραποῦν σὲ cm^2 τὰ ἐμβαδά: 3 m^2, 0,8 m^2 καὶ 2,3 dm^2.
6. Νὰ μετατραποῦν σὲ στρέμματα τὰ ἐμβαδά: 3220 m^2, 2,1 ἑκτάρια καὶ 1,2 km^2.
7. Νὰ μετατραποῦν σὲ λίτρα οἱ ὄγκοι: 2,4 m^3, 22 400 ml, 0,002 m^3 καὶ 22 400 cm^3.
8. Νὰ μετατραποῦν σὲ ml οἱ ὄγκοι: 22,4 *l*, 0,04 m^3, 2,3 dm^3 καὶ 2,3 *l*.
9. 3,2 h πόσα min καὶ πόσα sec εἶναι;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΜΕΤΡΗΣΙ ΤΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΕΝΟΣ ΣΩΜΑΤΟΣ

6 · 1 Ἐπιμήκυνσι ἐλατηρίου.

Ἂν στὸν δίσκο τοῦ σχήματος 6 · 1 (α) τοποθετήσωμε ἕνα βάρος, παρατηροῦμε ὅτι τὸ ἐλατήριο ἐπιμηκύνεται καὶ ὁ δείκτης φθάνει σὲ μία νέα θέσι, ἔστω τὴν Β [σχ. 6 · 1 (β)]. Ἂν τώρα ἀφαιρέσωμε τὸ βάρος, τὸ ἐλατήριο ἐπανέρχεται στὴν ἀρχική του θέσι Α. Ὅσες φορὲς καὶ ἂν ἐπαναλάβωμε τὸ πείραμα, θὰ ἔχωμε τὸ ἴδιο ἀποτέλεσμα.



Σχ. 6 · 1.
α) Ὅταν ὁ δίσκος εἶναι κενός, ὁ δείκτης εὑρίσκεται στὴν θέσι Α. β) καὶ γ) Ὅσο μεγαλύτερο βάρος τοποθετοῦμε στὸν δίσκο τοῦ ἐλατηρίου, τόσο τὸ ἐλατήριο ἐπιμηκύνεται.

Ἂν ἀντὶ γιὰ τὸ ἀρχικὸ βάρος τοποθετήσωμε στὸν δίσκο βάρος διπλάσιο, τότε τὸ ἐλατήριο θὰ μετακινηθῇ περισσότερο καὶ ὁ δείκτης θὰ σταματήσῃ στὴν θέσι Γ [σχ. 6 · 1 (γ)]. Ἡ ἀπόστασι ΑΓ εἶναι τώρα διπλασία ἀπὸ τὴν ἀπόστασι ΑΒ. Παρατηροῦμε δηλαδὴ ὅτι ἡ ἐπιμήκυνσι τοῦ ἐλατηρίου εἶναι ἀνάλογη μὲ τὸ βάρος.

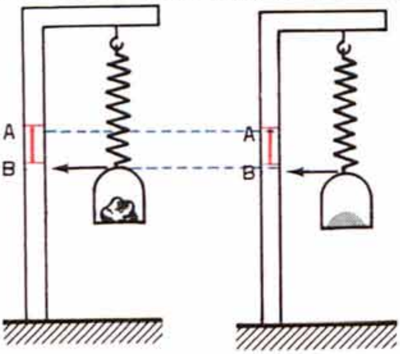
Ἄρα:

Τὸ ἐλατήριο εἶναι ἐλαστικό. Ἡ ἐπιμήκυνσι τοῦ ἐλατηρίου εἶναι ἀνάλογη μὲ τὸ βάρος, ποὺ τοποθετοῦμε στὸν δίσκο του, δηλαδὴ μὲ τὸ βάρος, ποὺ προκαλεῖ τὴν ἐπιμήκυνσι.

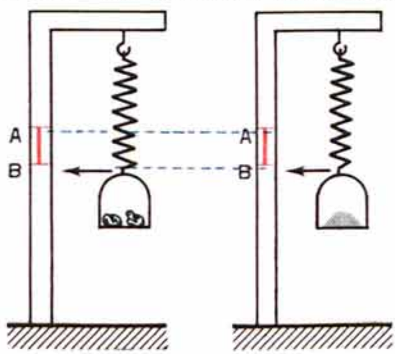
Σημείωσι: Αὐτὰ ἰσχύουν, ἐφ' ὅσον τὸ βάρος, ποὺ τοποθετοῦμε στὸν δίσκο τοῦ ἐλατηρίου, δὲν εἶναι τόσο μεγάλο, ὥστε νὰ προκαλέση μόνιμη παραμόρφωσι, γιατὶ τότε τὸ ἐλατήριο, μετὰ τὴν ἀφαίρεσι τοῦ βάρους, δὲν ἐπανέρχεται στὴν ἀρχική του θέσι.

6 · 2 Ἰσότης δύο βαρῶν. Ἄθροισμα πολλῶν βαρῶν.

Παίρνομε δύο ἐντελῶς ὅμοια ἐλατήρια. Στὸν δίσκο τοῦ πρώτου ἀπὸ αὐτὰ τοποθετοῦμε μία πέτρα καὶ ὁ δείκτης ἀπὸ τὴν θέσι Α κατεβαίνει στὴν θέσι Β (σχ. 6 · 2 α). Στὸν δίσκο τοῦ δευτέρου ἐλατηρίου



Σχ. 6·2 α.
Ἡ πέτρα καὶ ὁρισμένη ποσότης ἄμμου προκαλοῦν τὴν ἴδια ἐπιμήκυνσι στὰ δύο ἐντελῶς ὅμοια ἐλατήρια. Ἄρα πέτρα καὶ ἄμμος ἔχουν τὸ ἴδιο βάρος.



Σχ. 6·2 β.
Τὰ δύο σώματα καὶ ὁρισμένη ποσότης ἄμμου προκαλοῦν τὴν ἴδια ἐπιμήκυνσι στὸ ἐλατήριο. Ἄρα τὸ βάρος τῆς ἄμμου εἶναι ἴδιο μὲ τὸ βάρος τῶν δύο αὐτῶν σωμάτων.

τοποθετοῦμε ἄμμο, μέχρι ποὺ καὶ αὐτὸ νὰ ἐπιμηκυνθῆ τόσο, ὅσο τὸ πρῶτο ἐλατήριο. Ἐὰν ἀνταλλάξωμε τοὺς δίσκους τῶν δύο ἐλατηρίων, παρατηροῦμε ὅτι οἱ ἐπιμηκύνσεις τῶν ἐλατηρίων εἶναι καὶ πάλι ἴδιες.

Ἀφοῦ στὰ δύο ἐντελῶς ὅμοια ἐλατήρια προκαλεῖται ἡ ἴδια ἐπιμήκυνσι, τὸ βάρος τῆς πέτρας θὰ εἶναι ἴδιο μὲ τὸ βάρος τῆς ἄμμου.

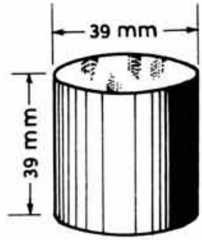
Δύο βάρη εἶναι ἴσα, ὅταν προκαλοῦν τὴν ἴδια ἐπιμήκυνσι σὲ ἕνα ἐλατήριο ἢ σὲ δύο ἐντελῶς ὅμοια ἐλατήρια.

Στὸν δίσκο ἑνὸς ἐλατηρίου τοποθετοῦμε δύο διαφορετικὰ σώματα καὶ σημειώνομε ἐπάνω στὴν κλίμακα τὴν θέσι Β τοῦ δείκτου. Κατόπιν ἀφαιροῦμε τὰ σώματα καὶ ρίχνομε στὸν δίσκο ἄμμο, ὥσπου ὁ δείκτης νὰ φθάση πάλι στὴν θέσι Β (σχ. 6·2 β). Ἀφοῦ λοιπὸν καὶ τὰ δύο σώματα μαζὺ προκάλεσαν τόση ἐπιμήκυνσι, ὅση προκαλεῖ καὶ ἡ ἄμμος, σημαίνει ὅτι τὸ βάρος τῆς ἄμμου εἶναι ἴδιο μὲ τὸ βάρος τῶν δύο σωμάτων.

Ἕνα σῶμα ἔχει τὸ ἴδιο βάρος μὲ δύο ἢ περισσότερα ἄλλα σώματα, ὅταν προκαλῆ σὲ ἐλατήριο τὴν ἴδια παραμόρφωσι, ποὺ προκαλοῦν ὅλα τὰ ἄλλα σώματα μαζί.

6·3 *Μονάδες βάρους.*

Ὡς μονὰς βάρους ἔχει ληφθῆ, κατόπιν συμφωνίας, τὸ βάρος ποὺ ἔχει στὸ Παρίσι ἕνας κύλινδρος ἀπὸ ἰριδιοῦχο λευκόχρυσο μὲ ὕψος 39 mm καὶ διάμετρο ἐπίσης 39 mm (σχ. 6·3), ὁ ὁποῖος φυλάσσεται στὸ Διεθνὲς Γραφεῖο Μέτρων καὶ Σταθμῶν τῶν Σεβρῶν.



Σχ. 6·3.
Τὸ πρότυπο χιλιόγραμμο βάρους ἢ κιλοπόντ.

Τὸ βάρος τοῦ κυλίνδρου αὐτοῦ ἦταν γνωστὸ παλαιότερα ὡς ***χιλιόγραμμο βάρους*** (kg*), σήμερα ὅμως ἔχει καθιερωθῆ διεθνῶς ἡ ὀνομασία του ***κιλοπὸντ*** (kp) καὶ ἔχει τὸ ἴδιο περίπου βάρος, ποὺ ἔχει στὸ Παρίσι ἕνα dm^3 (1 λίτρο) ἀπεσταγμένο νερὸ θερμοκρασίας 4^0 C. Συνήθως χρησιμοποιοῦμε καὶ ὑποπολλαπλάσια ἢ πολλαπλάσια τοῦ κιλοπόντ, π.χ.:

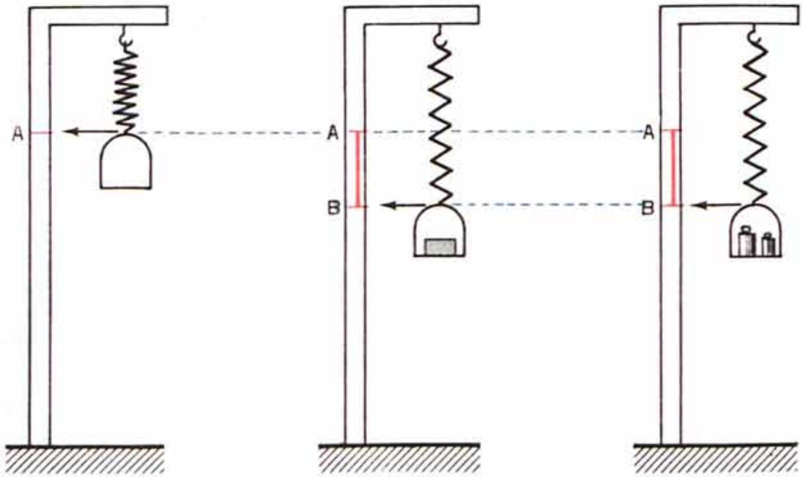
Τὸ πόντ (p): 1 p = 0,001 kp
Τὸ μεγαπόντ (Mp): 1 Mp = 1000 kp = 1 000 000 p = 1 τόννος

6·4 *Μέτρησι τοῦ βάρους ἑνὸς σώματος μὲ ἐλατήριο.*

Στὸν δίσκο ἐλατηρίου τοποθετοῦμε τὸ σῶμα, τοῦ ὁποίου θέλομε νὰ μετρήσωμε τὸ βάρος καὶ ὁρίζομε ἐπάνω στὴν κλίμακα τὸ σημεῖο Β, ποὺ μᾶς δείχνει ὁ δείκτης τοῦ δίσκου (σχ. 6·4). Τώρα τὸ ἐλατήριο ἔχει ἐπιμηκυνθῆ κατὰ μῆκος ΑΒ. Ἀφαιροῦμε ὕστερα τὸ σῶμα καὶ στὴν θέσι του τοποθετοῦμε σταθμά, μέχρι ποὺ τὸ ἐλατήριο νὰ ἐπιμηκυνθῆ καὶ πάλι κατὰ μῆκος ΑΒ.

Ἀφοῦ λοιπὸν τὸ σῶμα καὶ τὰ σταθμὰ προκαλοῦν τὴν ἴδια ἐπιμήκυνσι στὸ ἐλατήριο, θὰ ἔχουν τὸ ἴδιο βάρος καὶ συνεπῶς τὸ βάρος τῶν σταθμῶν θὰ μᾶς δείχνῃ τὸ βάρος τοῦ σώματος.

Γιὰ νὰ μετρήσωμε λοιπὸν τὸ βάρος σώματος μὲ ἕνα ἐλατήριο, ἀντικαθιστοῦμε ἐπάνω στὸν δίσκο τὸ σῶμα μὲ σταθμά, μέχρι νὰ προκαλέσωμε τὴν ἴδια ἐπιμήκυνσι στὸ ἐλατήριο. Τότε τὸ βάρος τοῦ σώματος θὰ εἶναι ἴσο μὲ τὸ ἄθροισμα τοῦ βάρους τῶν σταθμῶν.



Σχ. 6·4.

Τὸ σῶμα καὶ τὰ σταθμὰ προκαλοῦν τὴν ἴδια παραμόρφωσι στὸ ἐλατήριο. Ἑπομένως τὸ ἄθροισμα τοῦ βάρους τῶν σταθμῶν εἶναι ἴσο μὲ τὸ βάρος τοῦ σώματος.

6·5 Γραφικὴ παράστασι τῆς ἐπιμηκύνσεως ἐλατηρίου.

Γνωρίζομε ὅτι ἡ ἐπιμήκυνσι ἐλατηρίου εἶναι ἀνάλογη μὲ τὸ βάρος τοῦ σώματος ποὺ τὴν προκαλεῖ. Τοποθετοῦμε στὸν δίσκο ἑνὸς ἐλατηρίου σταθμὰ μὲ διάφορα βάρη καὶ σημειώνομε τὶς ἀντίστοιχες ἐπιμηκύνσεις τοῦ ἐλατηρίου στὸν κατωτέρω πίνακα:

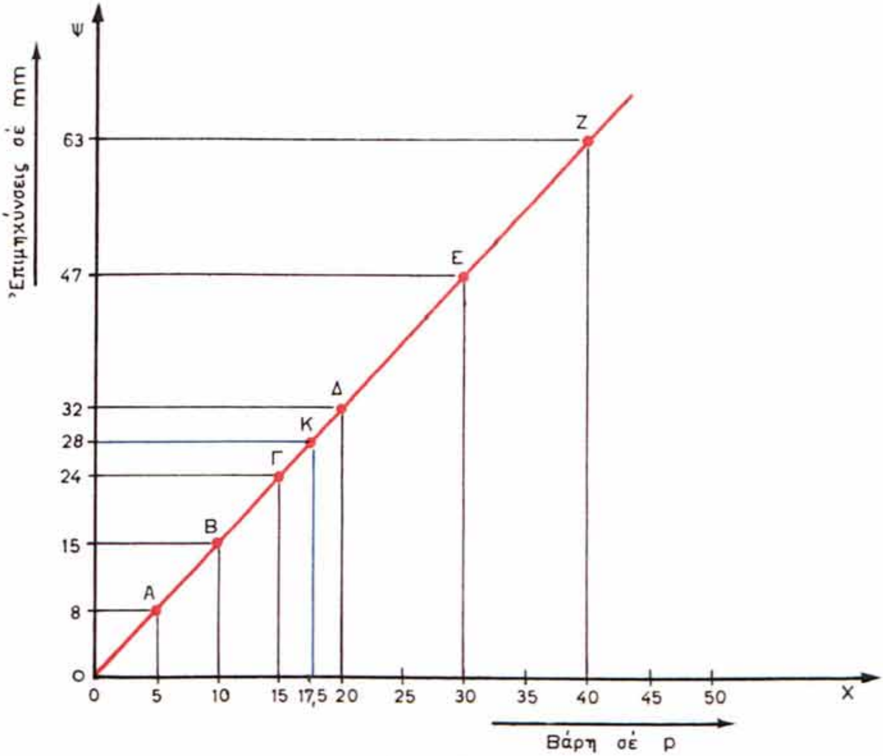
Βάρος σὲ p	0	5	10	15	20	30	40
Ἐπιμήκυνσι σὲ mm	0	8	15	24	32	47	63

Μετὰ σχεδιάζομε δύο ὀρθογωνίους ἄξονες, ΟΧ καὶ ΟΨ (σχ. 6 · 5). Στὸν κατακόρυφο ἄξονα ΟΨ σημειώνομε τὶς ἐπιμηκύνσεις τοῦ ἐλατηρίου σὲ mm, ἐνῶ στὸν ὁριζόντιο ἄξονα ΟΧ σημειώνομε τὰ βάρη σὲ p.

Φέρομε τώρα ἀπὸ τὴν ἔνδειξι 5 p μία εὐθεία παράλληλη στὸν ἄξονα ΟΨ καὶ ἀπὸ τὴν ἔνδειξι 8 mm, ποὺ εἶναι ἡ ἀνάλογη ἐπιμήκυνσι τοῦ ἐλατηρίου γιὰ βάρος 5 p, φέρομε μία εὐθεία παράλληλη στὸν ἄξονα ΟΧ.

Οἱ δύο αὐτὲς εὐθεῖες τέμνονται στὸ σημεῖο Α. Ἐπαναλαμβάνομε τὴν ἴδια ἐργασία καὶ γιὰ τὰ ἄλλα ζεύγη τῶν τιμῶν ἐπιμηκύνσεως καὶ βαρῶν τοῦ πίνακος καὶ ἔτσι ὁρίζομε τὰ σημεῖα Β, Γ, Δ κ.λπ.

Ἂν ἑνώσωμε τὰ σημεῖα αὐτά, παρατηροῦμε ὅτι ὅλα εὑρίσκονται περίπου σὲ μία εὐθεία, ἡ ὁποία μάλιστα περνᾶ καὶ ἀπὸ τὸ σημεῖο Ο. Ἡ εὐθεία αὐτὴ ΟΖ, ποὺ δείχνει πῶς μεταβάλλεται ἡ ἐπιμήκυνσι τοῦ ἐλατηρίου, ὅταν μεταβάλλεται καὶ τὸ βάρος ποὺ τὴν προκαλεῖ, ὀνομάζεται ***γραφικὴ παράστασι τῆς ἐπιμηκύνσεως ἐλατηρίου*** ὡς πρὸς τὸ βάρος (ποὺ τὴν προκαλεῖ).

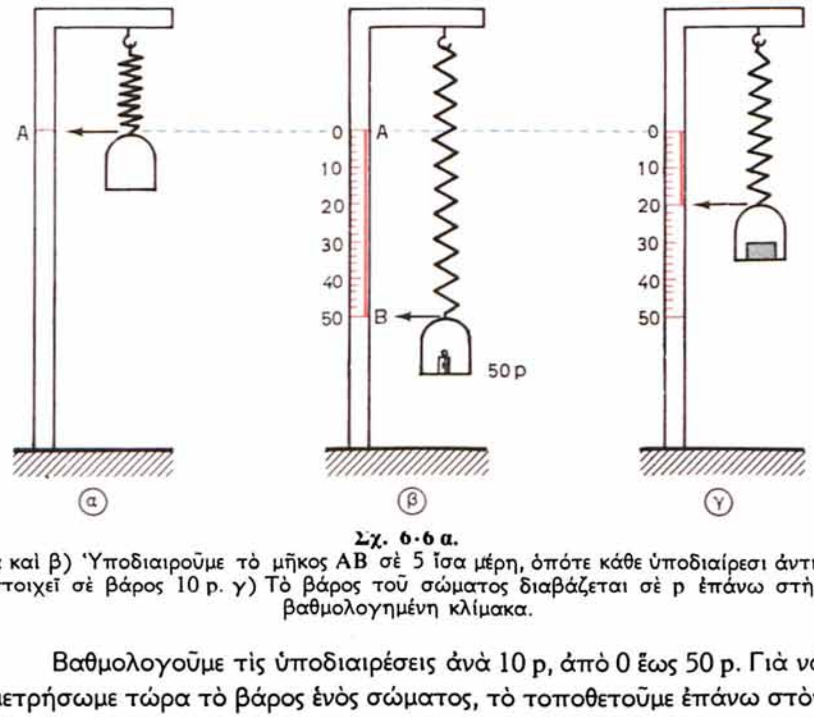


Σχ. 6·5.
Γραφικὴ παράστασι τῆς ἐπιμηκύνσεως ἐλατηρίου.

Μὲ τὴν γραφικὴ παράστασι τῆς ἐπιμηκύνσεως τοῦ ἐλατηρίου, εὑρίσκομε τὸ βάρος ἑνὸς σώματος, χωρὶς νὰ χρησιμοποιήσωμε σταθμά. Ἔστω π.χ. ὅτι ἕνα σῶμα προκαλεῖ ἐπιμήκυνσι 28 mm. Ἀπὸ τὸ σημεῖο τοῦ ἄξονος ΟΨ, ποὺ ἀντιστοιχεῖ σὲ ἐπιμήκυνσι 28 mm, φέρομε μία εὐθεία, παράλληλη στὸν ἄξονα ΟΧ, ποὺ συναντᾶ τὴν εὐθεία ΟΕ σὲ ἕνα σημεῖο Κ. Ἀπὸ τὸ σημεῖο Κ φέρομε ἄλλη εὐθεία, κάθετη στὴν πρώτη καὶ παράλληλη στὸν ἄξονα ΟΨ, ἡ ὁποία συναντᾶ τὸν ἄξονα ΟΧ σὲ ἕνα σημεῖο, ποὺ βλέπομε ὅτι ἀντιστοιχεῖ στὴν ἔνδειξι 17,5 p. Ἑπομένως τὸ βάρος τοῦ σώματος εἶναι 17,5 p.

6 · 6 *Βαθμολογία ἐλατηρίου. Ζυγὸς μὲ ἐλατήριο (κανταράκι).*

Παίρνομε ἕνα ἐλατήριο [σχ. 6 · 6 α (α)] καὶ σημειώνομε τὴν θέσι A τοῦ δείκτη, ὅταν ὁ δίσκος εἶναι κενός. Μετὰ τοποθετοῦμε στὸν δίσκο ἕνα βάρος, π.χ. 50 p, καὶ σημειώνομε τὴν νέα θέσι B τοῦ δείκτη [σχ. 6 · 6 α (β)]. Διαιροῦμε κατόπιν τὸ μῆκος AB σὲ 5 ἴσα μέρη, ὁπότε κάθε ὑποδιαίρεσι θὰ ἀντιστοιχῇ σὲ ἐπιμήκυνσι, ἡ ὁποία προκαλεῖται ἀπὸ βάρος: $\frac{50}{5} = 10$ p.



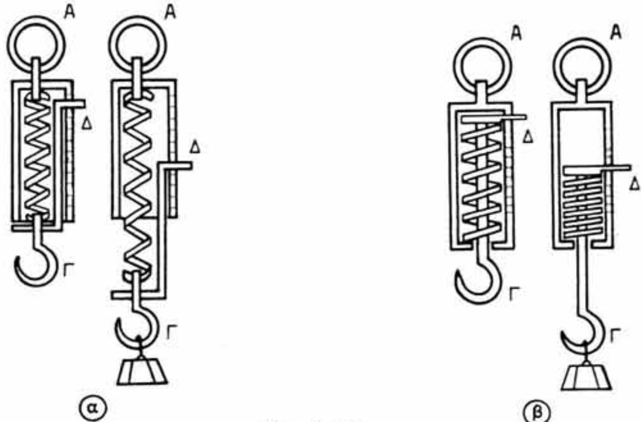
Σχ. 6·6 α.
α καὶ β) Ὑποδιαιροῦμε τὸ μῆκος AB σὲ 5 ἴσα μέρη, ὁπότε κάθε ὑποδιαίρεσι ἀντιστοιχεῖ σὲ βάρος 10 p. γ) Τὸ βάρος τοῦ σώματος διαβάζεται σὲ p ἐπάνω στὴν βαθμολογημένη κλίμακα.

Βαθμολογοῦμε τὶς ὑποδιαιρέσεις ἀνὰ 10 p, ἀπὸ 0 ἕως 50 p. Γιὰ νὰ μετρήσωμε τώρα τὸ βάρος ἑνὸς σώματος, τὸ τοποθετοῦμε ἐπάνω στὸν δίσκο τοῦ ἐλατηρίου καὶ βλέπομε τὸν ἀριθμὸ ποὺ μᾶς δείχνει ὁ δείκτης, ὅταν ἠρεμήσῃ. Ὁ ἀριθμὸς αὐτὸς μᾶς ὁρίζει τὸ βάρος τοῦ σώματος σὲ p [σχ. 6 · 6 · α (γ)].

Τὸ ὄργανο αὐτὸ ὀνομάζεται ζυγὸς μὲ ἐλατήριο (κανταράκι) καὶ χρησιμοποιεῖται γιὰ τὴν μέτρησι τοῦ βάρους ἑνὸς σώματος.

Μποροῦμε νὰ κατασκευάσωμε τέτοια ὄργανα γιὰ νὰ μετροῦμε kp ἢ καὶ ὑποπολλαπλάσια τοῦ p.

Ὑπάρχουν ὅμως καὶ ζυγοί, ποὺ τὸ ἐλατήριό τους, ἀντὶ νὰ ἐπιμηκύνεται [σχ. 6 · 6 β (α)], συμπιέζεται [σχ. 6 · 6 β (β)]. Οἱ ζυγοὶ αὐτοὶ εἶναι ἀσφαλέστεροι, γιατὶ δὲν παθαίνουν εὔκολα μόνιμη παραμόρφωσι. Δὲν πρέπει ὅμως ποτὲ νὰ ζυγίζωμε μὲ αὐτοὺς βάρος μεγαλύτερο ἀπὸ τὸ κανονικό, γιὰ τὸ ὁποῖο ἔχουν κατασκευασθῆ, γιατὶ τότε ἀναγκάζονται οἱ σπεῖρες τοῦ ἐλατηρίου νὰ ἔρχωνται σὲ ἐπαφὴ καὶ ἑπομένως οἱ μετρήσεις εἶναι λανθασμένες.



Σχ. 6·6 β.
α) Τὸ βάρος ἀναγκάζει τὸ ἐλατήριο νὰ μηκυνθῆ. β) Τὸ βάρος συσπειρώνει τὸ ἐλατήριο.

6 · 7 Ἀνακεφαλαίωσι.

1. Τὸ ἐλατήριο εἶναι ἐλαστικό, γιατὶ ἐπιμηκύνεται, ὅταν σ' αὐτὸ ἐπιδρᾶ ἕνα βάρος καὶ ἐπανέρχεται στὸ ἀρχικό του μῆκος, ὅταν παύση νὰ ὑφίσταται ἡ αἰτία ποὺ τὸ παραμορφώνει.

2. Δύο βάρη εἶναι ἴσα, ὅταν τὰ ἐξαρτήσωμε διαδοχικῶς ἀπὸ ἕνα ἐλατήριο καὶ προκαλέσουν σ' αὐτὸ τὴν ἴδια ἐπιμήκυνσι.

3. Ἕνα βάρος εἶναι ἴσο μὲ τὸ ἄθροισμα πολλῶν ἄλλων βαρῶν, ὅταν μόνο του προκαλῆ σὲ ἕνα ἐλατήριο τὴν ἴδια ἐπιμήκυνσι, ποὺ προκαλοῦν ὅλα τὰ ἄλλα βάρη μαζί.

4. Μονάδα βάρους εἶναι τὸ κιλοπόντ, 1 kp, καὶ εἶναι τὸ βάρος ποὺ ἔχει στὸ Παρίσι ὁ πρότυπος κύλινδρος ἀπὸ ἰριδιοῦχο λευκόχρυσο, ὁ ὁποῖος φυλάσσεται στὸ Διεθνὲς Γραφεῖο Μέτρων καὶ Σταθμῶν τῶν Σεβρῶν.

5. Τὸ ἐλατήριο χρησιμοποιεῖται γιὰ τὴν μέτρησι τοῦ βάρους ἑνὸς σώματος.

6 · 8 Ἐρωτήσεις.

1. Γιατί λέμε ὅτι τὸ ἐλατήριο εἶναι ἐλαστικό;
2. Τί θὰ συμβῇ, ἂν μὲ ἕνα κοινὸ κανταράκι ζυγίσωμε βάρος 200 kp;
3. Πότε δύο βάρη εἶναι ἴσα;
4. Πότε ἕνα βάρος εἶναι ἴσο μὲ τρία ἄλλα βάρη;
5. Ποιές εἶναι οἱ μονάδες βάρους;
6. Πῶς ζυγίζομε ἕνα σῶμα μὲ ἕνα ἐλατήριο;
7. Πῶς βαθμολογεῖται ὁ ζυγὸς μὲ ἐλατήριο;
8. Ἕνα κοινὸ κανταράκι ἀπὸ ἐλατήριο, ποὺ συμπιέζεται, προορίζεται νὰ ζυγίζῃ βάρη μέχρι 20 kp. Ἂν μὲ αὐτὸ ζυγίσωμε βάρος 28 kp, τί θὰ συμβῇ;

6 · 9 Ἀσκήσεις.

1. Στὸν πίνακα ποὺ ἀκολουθεῖ δίνονται ὁρισμένα βάρη καὶ οἱ ἀντίστοιχες ἐπιμηκύνσεις, ποὺ προκαλοῦν στὸ ἐλατήριο ἑνὸς ζυγοῦ:

Βάρος σὲ p	50	100	200	400
Ἐπιμήκυνσι σὲ mm	24	48	96	198

Ζητεῖται:

α) Νὰ χαραχθῇ ἡ γραφικὴ παράστασι τῆς ἐπιμηκύνσεως τοῦ ἐλατηρίου.

β) Νὰ εὑρεθῇ ποιό βάρος προκαλεῖ ἐπιμηκύνσεις τοῦ ἐλατηρίου 19 mm, 60 mm καὶ 144 mm.

γ) Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἐπιμήκυνσι ποὺ προκαλεῖται στὸ ἐλατήριο ἀπὸ βάρη 300 p καὶ 150 p.

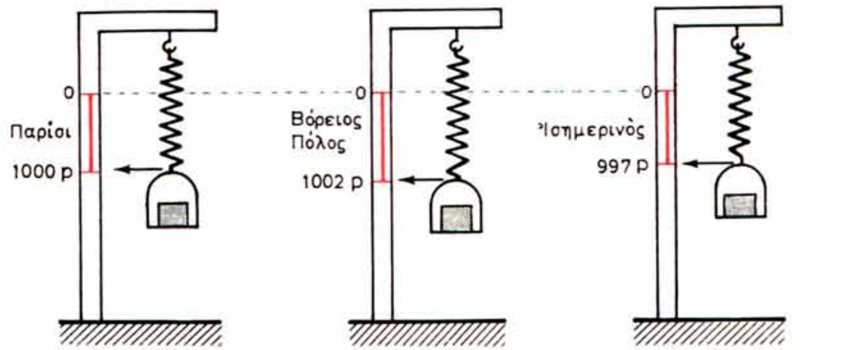
2. Σὲ δίσκο μὲ ἐλατήριο μήκους 18 cm τοποθετοῦμε κενὸ δοχεῖο, ὁπότε τὸ μῆκος τοῦ ἐλατηρίου γίνεται 28 cm. Στὸ δοχεῖο βάζομε 2 kp νερὸ καὶ τὸ μῆκος τοῦ ἐλατηρίου γίνεται 68 cm. Νὰ εὑρεθῇ τὸ βάρος τοῦ κενοῦ δοχείου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

Η ΜΑΖΑ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

7 · 1 Βάρος καὶ μάζα τῶν σωμάτων.

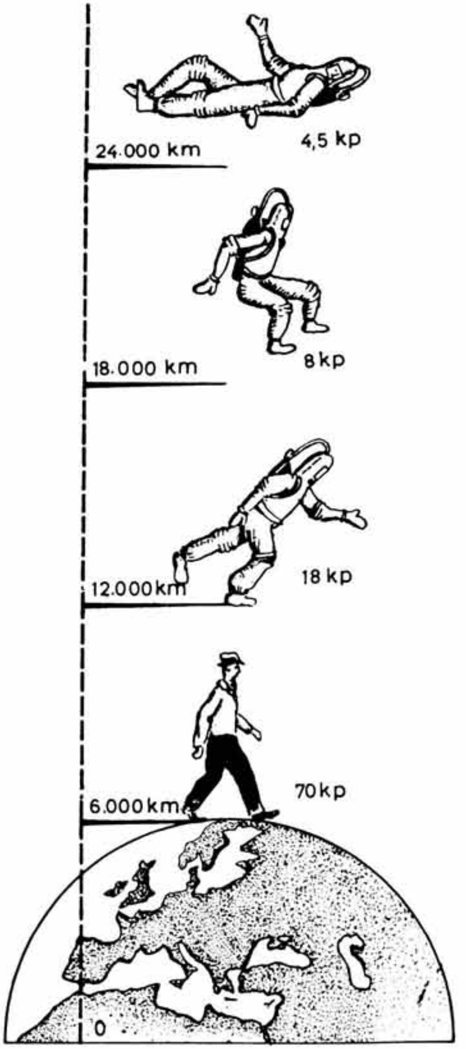
Μὲ ἕνα εὐαίσθητο ζυγὸ ἐλατηρίου μετροῦμε τὸ βάρος ἑνὸς σώματος στὸ Παρίσι καὶ εὑρίσκομε ὅτι εἶναι π.χ. 1000 p [σχ. 7 · 1 α (α)]. Ἔστω ὅτι μετροῦμε τὸ βάρος τοῦ ἰδίου σώματος στὸν Βόρειο Πόλο· ἐκεῖ εἶναι 1002 p [σχ. 7 · 1 α (β)], ἐνῶ ἂν τὸ μετρήσωμε στὸν Ἰσημερινό, τὸ βάρος του θὰ εἶναι 997 p [σχ. 7 · 1 α (γ)].



Σχ. 7·1 α.
α) Στὸ Παρίσι τὸ σῶμα ἔχει βάρος 1000 p. β) Στὸν Β. Πόλο τὸ ἴδιο σῶμα ἔχει βάρος 1002 p. γ) Στὸν Ἰσημερινὸ ἔχει βάρος 997 p.

Ἐπίσης, ὅσο ἕνα ἀντικείμενο ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὸ κέντρο τῆς Γῆς, τόσο τὸ βάρος του ἐλαττώνεται. Στὸ σχῆμα 7 · 1 β βλέπομε τὴν διαφορὰ τοῦ βάρους ἑνὸς ἀστροναύτη ἀνάλογα μὲ τὴν ἀπόστασι ἀπὸ τὴν Γῆ.

Ἂν ἀπομακρυνθοῦμε πολὺ ἀπὸ τὴν Γῆ, ἔρχεται στιγμή, ποὺ τὰ σώματα δὲν ἔχουν βάρος. Αὐτὸ τὸ γνωρίζομε καὶ ἀπὸ τὶς πτήσεις τῶν ἀστροναυτῶν πρὸς τὴν Σελήνη. Ὅταν δηλαδὴ τὸ διαστημόπλοιο φθάση σὲ ὁρισμένη ἀπόστασι ἀπὸ τὴν Γῆ, τὰ σώματα χάνουν τὸ βάρος τους καὶ αἰωροῦνται στὸ κενό. Ὅσο ὅμως πλησιάζει στὴν Σελήνη, τὰ σώματα ἀποκτοῦν σιγά-σιγὰ καὶ πάλι βάρος. Τὸ βάρος ὅμως ἑνὸς σώματος στὴν ἐπιφάνεια τῆς Σελήνης εἶναι πολὺ μικρότερο



Σχ. 7·1 β.
Παραστατικὴ ἀπεικόνισι τῆς ἐλαττώσεως τοῦ βάρους τοῦ ἀνθρώπου ἀνάλογα μὲ τὴν ἀπόστασι ἀπὸ τὸ κέντρο τῆς Γῆς.

ἀπὸ τὸ βάρος ποὺ ἔχει στὴν ἐπιφάνεια τῆς γῆς. Αὐτὸ συμβαίνει, ἐπειδὴ ἡ Σελήνη ἔχει πολὺ μικροτέρα μάζα ἀπὸ τὴν Γῆ καὶ ἐπομένως ἡ ἕλξι, ποὺ ἀσκεῖ στὰ σώματα, εἶναι μικροτέρα.

Τὸ βάρος ἑνὸς σώματος εἶναι μεταβλητὸ φυσικὸ μέγεθος καὶ ἐλαττώνεται, ὅσο τὸ σῶμα ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὸ κέντρο τῆς Γῆς.

Ἡ ποσότης ὅμως τῆς ὕλης, ἀπὸ τὴν ὁποία ἀποτελεῖται ἕνα σῶμα, δὲν μεταβάλλεται, ὅπου καὶ ἂν αὐτὸ εὑρεθῆ· ἔτσι τὸ σῶμα περικλείει τὸ ἴδιο ποσὸ ὕλης στὸν Ἰσημερινό, στοὺς Πόλους, στὴν Σελήνη, στὸ διάστημα κ.λπ. Τὴν ποσότητα τῆς ὕλης, ποὺ χαρακτηρίζει ὅλα τὰ σώματα, τὴν ὀνομάζομε ***μάζα*** τῶν σωμάτων. Στὸν ἴδιο τόπο ὅμως, τὸ βάρος ἑνὸς σώματος εἶναι ἀνάλογο μὲ τὴν μάζα του, δηλαδή, ὅταν διπλασιασθῆ ἡ μάζα ἑνὸς σώματος, διπλασιάζεται καὶ τὸ βάρος του. Τὸ ἴδιο συμβαίνει, ὅταν τριπλασιασθῆ ἡ μάζα τοῦ σώματος κ.ο.κ.

Μάζα ἑνὸς σώματος λέγεται ἡ ποσότης τῆς ὕλης, ποὺ περικλείει τὸ σῶμα αὐτό.

Τὸ βάρος καὶ ἡ μάζα ἑνὸς σώματος εἶναι δύο διαφορετικὰ φυσικὰ μεγέθη.

Τὸ βάρος ἑνὸς σώματος ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸν τόπο, ποὺ εὑρίσκεται τὸ σῶμα, ἐνῶ ἡ μάζα του παραμένει ἀμετάβλητη, ὅπου καὶ ἂν μεταφερθῇ τὸ σῶμα.

Στὸν ἴδιο τόπο τὸ βάρος ἑνὸς σώματος εἶναι ἀνάλογο μὲ τὴν μάζα του.

Σημειώσεις:

1. Ἐπειδὴ ἡ μεταβολὴ τοῦ βάρους ἑνὸς σώματος ἀπὸ τόπο σὲ τόπο στὴν ἐπιφάνεια τῆς γῆς εἶναι ἐλάχιστη, στὴν πρᾶξι δὲν λαμβάνεται ὑπ' ὄψι. Ἑπομένως θεωροῦμε ὅτι τὰ σταθμὰ ἔχουν παντοῦ τὸ βάρος, ποὺ ἔχουν στὸ Παρίσι.

2. Γιὰ μετρήσεις, ποὺ δὲν χρειάζονται πολὺ μεγάλη ἀκρίβεια, ὁ ἀριθμός, ὁ ὁποῖος μᾶς ὁρίζει τὸ βάρος ἑνὸς σώματος σὲ kp ἢ p, μᾶς ὁρίζει καὶ τὴν μάζα τοῦ ἰδίου σώματος σὲ kg ἢ g. Π.χ. σῶμα βάρους 30 p ἔχει μάζα 30 g ἢ σῶμα βάρους 7,2 kp ἔχει μάζα 7,2 kg.

7 · 2 Μονάδες μάζης.

Ὡς μονὰς μάζης λαμβάνεται ἡ μάζα ἑνὸς κυλίνδρου ἀπὸ ἰριδιοῦχο λευκόχρυσο (σχ. 6 · 3), ποὺ φυλάσσεται στὸ Παρίσι στὸ Διεθνὲς Γραφεῖο Μέτρων καὶ Σταθμῶν τῶν Σεβρῶν.

Ἡ μάζα τοῦ κυλίνδρου αὐτοῦ ὀνομάζεται ***χιλιόγραμμο μάζης***, kg, ἢ ἁπλῶς ***χιλιόγραμμο***.

Συνήθως σὰν μονάδες μάζης χρησιμοποιοῦνται ἐκτὸς ἀπὸ τὸ χιλιόγραμμο τὸ ***γραμμάριο***, 1 g, καὶ ὁ ***τόννος***, 1 t.

1 kg = 1000 g   1 t = 1000 kg = 1 000 000 g

Ἡ μάζα τοῦ προτύπου kg εἶναι κατὰ μεγάλη προσέγγισι ἴση μὲ τὴν μάζα ἑνὸς λίτρου ἀπεσταγμένου νεροῦ θερμοκρασίας 4^0 C.

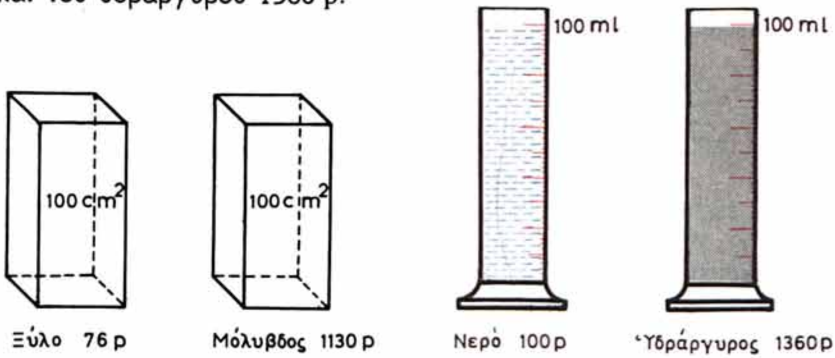
Ἑπομένως 1 *l*t ἀπεσταγμένου νεροῦ ἔχει μάζα 1 kg.

1 m*l* ἀπεσταγμένου νεροῦ ἔχει μάζα 1 g.

1 m^3 ἀπεσταγμένου νεροῦ ἔχει μάζα 1 t.

7 · 3 Εἰδικὸ βάρος ἑνὸς σώματος.

Παίρνομε δύο διαφορετικὰ σώματα, π.χ. ξύλο καὶ μόλυβδο, τὰ ὁποῖα ἔχουν τὸν ἴδιο ὄγκο, 100 cm^3 = 100 m*l*, καὶ δύο ὀγκομετρικὰ γυάλινα δοχεῖα, δηλαδὴ δοχεῖα βαθμολογημένα καταλλήλως, γιὰ νὰ μετροῦμε τὸν ὄγκο τοῦ περιεχομένου τους. Στὸ ἕνα ἀπὸ αὐτὰ βάζομε 100 m*l* νερὸ καὶ στὸ ἄλλο 100 m*l* ὑδράργυρο. Τώρα λοιπὸν ἔχομε τέσσερα διαφορετικὰ σώματα μὲ τὸν ἴδιο ἀκριβῶς ὄγκο (σχ. 7·3). Ἂν ζυγίσωμε τὰ τέσσερα αὐτὰ σώματα, βλέπομε ὅτι τὸ βάρος τοῦ ξύλου εἶναι 76 p, τοῦ μολύβδου 1130 p, τοῦ νεροῦ 100 p καὶ τοῦ ὑδραργύρου 1360 p.



Σχ. 7·3.
Τέσσερα σώματα ἔχουν ἴδιο ὄγκο ἀλλὰ διαφορετικὸ βάρος. Ἑπομένως ἔχουν διαφορετικὸ εἰδικὸ βάρος.

Παρατηροῦμε λοιπὸν ὅτι τέσσερα σώματα μὲ τὸν ἴδιο ὄγκο ἔχουν διαφορετικὸ βάρος.

Μποροῦμε νὰ ὑπολογίσωμε τὸ βάρος ἑνὸς κυβικοῦ ἑκατοστοῦ, 1 cm^3, κάθε σώματος ἀπὸ αὐτά, ἂν διαιρέσωμε τὸ βάρος διὰ τοῦ ὄγκου του.

Ἔτσι ἔχομε:

ξύλο: $\dfrac{76\ \mathrm{p}}{100\ \mathrm{cm^3}} = 0{,}76\ \mathrm{p/cm^3}$ μόλυβδος: $\dfrac{1130\ \mathrm{p}}{100\ \mathrm{cm^3}} = 11{,}3\ \mathrm{p/cm^3}$

νερό: $\dfrac{100\ \mathrm{p}}{100\ \mathrm{cm^3}} = 1\ \mathrm{p/cm^3}$ ὑδράργυρος: $\dfrac{1360\ \mathrm{p}}{100\ \mathrm{cm^3}} = 13{,}6\ \mathrm{p/cm^3}$.

Ὀνομάζομε εἰδικὸ βάρος σώματος τὸ βάρος, ποὺ ἔχει ἡ μονὰς ὄγκου τοῦ σώματος αὐτοῦ.

Ἂν μὲ ε παραστήσωμε τὸ εἰδικὸ βάρος ἑνὸς σώματος, μὲ **B** τὸ βάρος του καὶ μὲ V τὸν ὄγκο του, σύμφωνα μὲ ὅσα εἴπαμε θὰ ἔχωμε:

$$\boxed{\text{Εἰδικὸ βάρος} = \frac{\text{Βάρος σώματος}}{\text{Ὄγκος σώματος}}} \quad \text{ἢ} \quad \boxed{\varepsilon = \frac{B}{V}}$$

Συνήθως τὸ εἰδικὸ βάρος σώματος ἐκφράζεται σὲ πὸντ ἀνὰ κυβικὸ ἑκατοστόμετρο, p/cm^3, ἢ σὲ κιλοπὸντ ἀνὰ κυβικὸ δεκατόμετρο, kp/dm^3.

Ἐπειδὴ ὅμως $1\ cm^3 = 1\ ml$ καὶ $1\ dm^3 = 1\ l$, μποροῦμε νὰ χρησιμοποιήσωμε καὶ τὶς μονάδες $1\ p/ml$ ἢ $1\ kp/l$. Οἱ μονάδες αὐτὲς χρησιμοποιοῦνται περισσότερο γιὰ τὰ ὑγρὰ καὶ τὰ ἀέρια.

7·4 Ἐπίδρασι τῆς θερμοκρασίας καὶ τῆς πιέσεως στὸ εἰδικὸ βάρος σώματος.

Ἀργότερα θὰ μάθωμε ὅτι, ὅταν μεταβάλλεται ἡ θερμοκρασία ἑνὸς σώματος, μεταβάλλεται καὶ ὁ ὄγκος του. Τὸ βάρος ὅμως τοῦ σώματος παραμένει σταθερό, γιατὶ οὔτε τοῦ προσθέτομε οὔτε τοῦ ἀφαιροῦμε ὑλικό. Ἑπομένως, ἀφοῦ μεταβάλλεται ὁ παρονομαστὴς τοῦ κλάσματος $\frac{B}{V}$, θὰ μεταβάλλεται καὶ τὸ κλάσμα, δηλαδὴ τὸ εἰδικὸ βάρος ε τοῦ σώματος.

Γνωρίζομε ὅτι ὁ ὄγκος ἑνὸς ἀερίου μπορεῖ εὔκολα νὰ αὐξηθῆ ἢ νὰ ἐλαττωθῆ, ὅταν αὐξάνεται ἢ ἐλαττώνεται ἡ πίεσί του (παράγρ. 1 · 3).

Ἑπομένως τὸ εἰδικὸ βάρος ἑνὸς σώματος ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν θερμοκρασία του. Εἰδικῶς γιὰ τὰ ἀέρια, τὸ εἰδικὸ βάρος τους ἐξαρτᾶται καὶ ἀπὸ τὴν πίεσί τους.

Σημείωσι: Ἡ μεταβολὴ τοῦ ὄγκου τῶν στερεῶν καὶ ὑγρῶν, ὅταν μεταβάλλεται ἡ πίεσί του, εἶναι τόσο μικρή, ὥστε δὲν λαμβάνεται ὑπ' ὄψι.

Στὸν Πίνακα 7 · 4 · 1 δίνεται τὸ εἰδικὸ βάρος μερικῶν σωμάτων σὲ θερμοκρασία 20^0 C.

Ἂν στὸν τύπο τοῦ εἰδικοῦ βάρους ἑνὸς σώματος βάλωμε ὅπου B (βάρος τοῦ σώματος) τὴν μάζα m τοῦ σώματος, θὰ ἔχωμε ἕνα ἄλλο φυσικὸ μέγεθος, ποὺ ὀνομάζεται ***πυκνότης*** τοῦ σώματος.

Ἑπομένως, ἂν μὲ ρ παραστήσωμε τὴν πυκνότητα ἑνὸς σώματος, θὰ ἔχωμε:

$$\boxed{\text{πυκνότης} = \frac{\text{Μάζα σώματος}}{\text{Ὄγκος σώματος}}} \qquad \text{ἤ} \qquad \boxed{\rho = \frac{M}{V}}$$

ΠΙΝΑΞ 7·4·1

Εἰδικὸ βάρος μερικῶν στερεῶν καὶ ὑγρῶν

Στερεὰ	Εἰδικὸ βάρος	Ὑγρὰ	Εἰδικὸ βάρος
Λευκόχρυσος	21,5 p/cm³	Ὑδράργυρος	13,6 p/cm³
Χρυσὸς	19,3 p/cm³	Γλυκερίνη	1,26 p/cm³
Μόλυβδος	11,3 p/cm³	Νερὸ	1,00 p/cm³
Σίδηρος	7,7 p/cm³	Λάδι	0,92 p/cm³
Ἀργίλιο (ἀλουμίνιο)	2,7 p/cm³	Βενζίνη	0,8 p/cm³
Ξύλο	0,3 p/cm³	Αἰθὴρ	0,74 p/cm³

Ἡ πυκνότης ἑνὸς σώματος ἐκφράζει τὸ ποσὸν τῆς μάζης ποὺ περικλείει ἡ μονὰς ὄγκου τοῦ σώματος.

Ἡ πυκνότης ἐκφράζεται σὲ γραμμάρια ἀνὰ κυβικὸ ἑκατοστόμετρο, g/cm³, ἢ σὲ χιλιόγραμμα ἀνὰ κυβικὸ δεκατόμετρο, kg/dm³.

Σημείωσι: Χωρὶς μεγάλο σφάλμα, τὸ εἰδικὸ βάρος καὶ ἡ πυκνότης ἑνὸς σώματος στὴν ἐπιφάνεια τῆς γῆς, ἐκφράζονται μὲ τὸν ἴδιο ἀριθμὸ ἀλλὰ μὲ διαφορετικὲς μονάδες.

Παραδείγματα.

1. Ἕνα κομμάτι σιδήρου ἔχει βάρος $B = 169{,}4$ p καὶ ὄγκο $V = 22$ cm³. Νὰ ὑπολογισθῆ τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ σιδήρου.

Λύσι:

Θὰ χρησιμοποιήσωμε τὸν τύπο $\varepsilon = \frac{B}{V}$. Ἂν στὸν τύπο αὐτὸ θέσωμε ὅπου $B = 169{,}4$ p καὶ ὅπου $V = 22$ cm³, θὰ ἔχωμε:

$$\varepsilon = \frac{169{,}4\ \text{p}}{22\ \text{cm}^3} \quad \text{ἢ} \quad \varepsilon = 7{,}7\ \frac{\text{p}}{\text{cm}^3}.$$

Ἐπομένως τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ σιδήρου εἶναι $\varepsilon = 7{,}7$ p/cm³.

2. Δοχεῖο μὲ ὄγκο $V = 15\ l$ εἶναι γεμάτο βενζίνη. Ἂν ἡ μάζα τῆς βενζίνης εἶναι $m = 12$ kg νὰ εὑρεθῆ ἡ πυκνότης τῆς βενζίνης.

Λύσι:

Θὰ χρησιμοποιήσωμε τὸν τύπο: $\rho = \frac{m}{V}$. Ἂν στὸν τύπο αὐτὸ θέσωμε ὅπου m = 12 kg καὶ ὅπου V = 15 *l*, θὰ ἔχωμε:

$$\rho = \frac{12\ \mathrm{kg}}{15\ l} \qquad \text{ἤ} \qquad \rho = 0{,}8\ \frac{\mathrm{kg}}{l}$$

Ἑπομένως ἡ πυκνότης τῆς βενζίνης εἶναι: $\rho = 0{,}8\ \frac{\mathrm{kg}}{l}$.

7·5 Ἀνακεφαλαίωσι.

1. Τὸ βάρος καὶ ἡ μάζα ἑνὸς σώματος εἶναι δύο διαφορετικὰ φυσικὰ μεγέθη.

2. Μάζα ἑνὸς σώματος ὀνομάζεται ἡ ποσότης τῆς ὕλης, ποὺ περικλείει τὸ σῶμα καὶ παραμένει ἡ ἴδια, ὅπου καὶ ἂν μεταφερθῆ τὸ σῶμα.

3. Τὸ βάρος ἑνὸς σώματος εἶναι μεταβλητὸ φυσικὸ μέγεθος, ποὺ μεταβάλλεται μὲ τὸ ὕψος καὶ τὸ γεωγραφικὸ πλάτος.

4. Μονὰς μάζης εἶναι τὸ χιλιόγραμμο μάζης, 1 kg.

5. Εἰδικὸ βάρος σώματος ὀνομάζεται τὸ βάρος, ποὺ ἔχει ἡ μονὰς τοῦ ὄγκου του.

6. Πυκνότης ἑνὸς σώματος ὀνομάζεται τὸ ποσὸν τῆς μάζης, ποὺ περικλείει ἡ μονὰς τοῦ ὄγκου του.

7. Τὸ εἰδικὸ βάρος (καὶ ἡ πυκνότης) ἑνὸς ἀερίου σώματος, ἐπηρεάζεται πολὺ ἀπὸ τὴν πίεσι καὶ τὴν θερμοκρασία.

7·6 Ἐρωτήσεις.

1. Τί εἶναι βάρος καὶ τί μάζα ἑνὸς σώματος;
2. Ἀπὸ τί ἐξαρτᾶται τὸ βάρος ἑνὸς σώματος;
3. Σῶμα ἔχει στὴν Γῆ μάζα 85 kg. Πόση θὰ εἶναι ἡ μάζα του στὴν Σελήνη;
4. Πῶς βαδίζουν οἱ ἀστροναῦτες στὴν ἐπιφάνεια τῆς Σελήνης καὶ γιατί;
5. Σῶμα ἔχει βάρος στὸν Ἰσημερινὸ 810 p, ἐνῶ στὸν Βόρειο Πόλο 814 p. Πῶς ἐξηγεῖται αὐτὴ ἡ διαφορά;
6. Τί ὀνομάζομε εἰδικὸ βάρος καὶ τί πυκνότητα ἑνὸς σώματος;
7. Εἶναι ὀρθὸ νὰ λέμε ὅτι ὁ σίδηρος εἶναι βαρύτερος ἀπὸ τὸ ξύλο;

7·7 Ἀσκήσεις.

1. Νὰ μετατραποῦν σὲ p τὰ βάρη: 2,3 kp καὶ 0,02 kp.
2. Νὰ μετατραποῦν σὲ kg οἱ μάζες: 3,2 t, 0,03 t καὶ 128 g.
3. 72 *l* ἀπεσταγμένου νεροῦ πόσα kg, πόσα g καὶ πόσοι t εἶναι;
4. Κομμάτι ἀπὸ χαλκὸ ἔχει βάρος B = 15,2 kp καὶ ὄγκο V = 4 dm³. Πόσο εἶναι τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ χαλκοῦ;

5. Δοχεῖο γεμάτο λάδι ἔχει ὄγκο $V = 10\ l$. Τὸ βάρος ποὺ ἔχει τὸ λάδι εἶναι $B = 9{,}2$ kp. Πόσο εἶναι τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ λαδιοῦ;

6. Κομμάτι ἀπὸ σίδηρο ἔχει βάρος 400 g. Τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ σιδήρου εἶναι $\varepsilon = 7{,}7\ p/cm^3$. Πόσος εἶναι ὁ ὄγκος τοῦ σιδήρου;

7. Μία φιάλη ἔχει ὄγκο 0,8 l καὶ εἶναι γεμάτη οἰνόπνευμα. Τὸ οἰνόπνευμα ἔχει πυκνότητα $\rho = 0{,}79\ g/cm^3$. Πόση εἶναι ἡ μάζα τοῦ οἰνοπνεύματος;

8. Γυάλινος κύλινδρος ἔχει ἐμβαδὸ βάσεως $3\ cm^2$ καὶ ὕψος 30 cm. Ὁ κύλινδρος εἶναι γεμάτος ὑδράργυρο, τοῦ ὁποίου τὸ εἰδικὸ βάρος εἶναι $\varepsilon = 13{,}6\ p/cm^3$. Νὰ εὑρεθῇ τὸ βάρος τοῦ ὑδραργύρου.

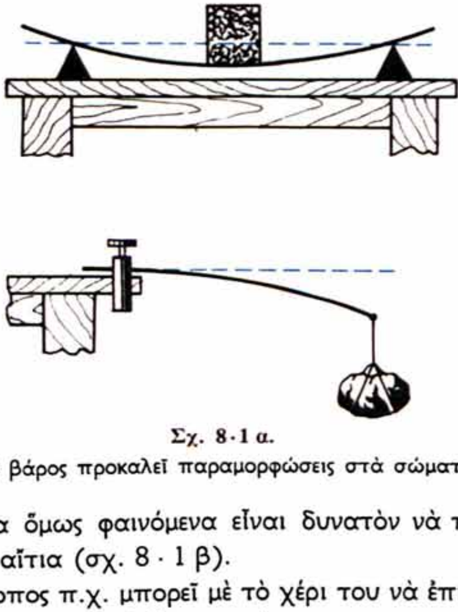
9. Τὰ 22,4 λίτρα ὀξυγόνου σὲ κανονικὴ πίεσι καὶ θερμοκρασία ἔχουν μάζα 32 g. Νὰ εὑρεθῇ ἡ πυκνότης τοῦ ὀξυγόνου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΔΥΝΑΜΕΩΣ

8 · 1 Ὁρισμὸς τῆς δυνάμεως.

Γνωρίζομε ὅτι τὸ βάρος ἑνὸς σώματος προκαλεῖ ἐπιμήκυνσι στὰ ἐλατήρια (παράγρ. 6 · 1). Ἐπίσης τὸ βάρος ἑνὸς σώματος μπορεῖ νὰ παραμορφώση ἕνα ἔλασμα (σχ. 8 · 1 α). Γνωρίζομε τέλος ὅτι, ὅταν τὰ σώματα ἀφίνωνται ἐλεύθερα, πέφτουν.



Σχ. 8·1 α.
Τὸ βάρος προκαλεῖ παραμορφώσεις στὰ σώματα.

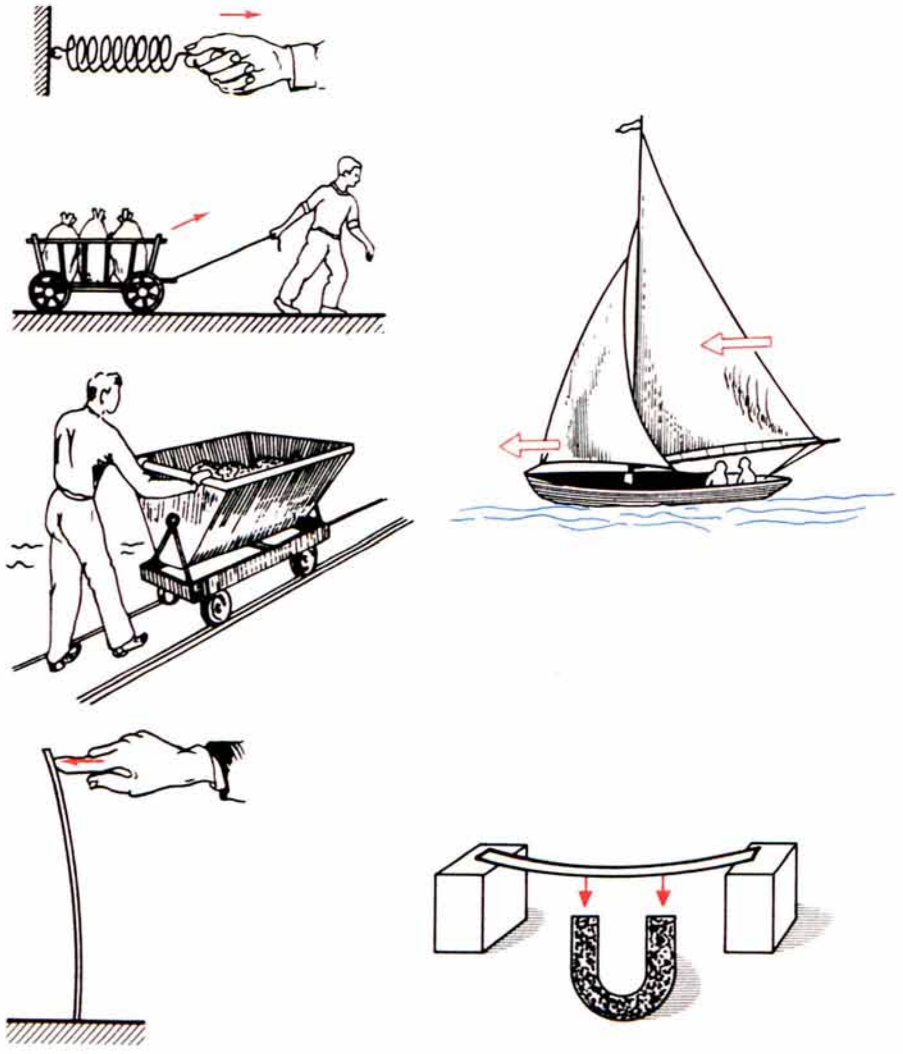
Ἀνάλογα ὅμως φαινόμενα εἶναι δυνατὸν νὰ προκαλέσουν καὶ διάφορα ἄλλα αἴτια (σχ. 8 · 1 β).

Ὁ ἄνθρωπος π.χ. μπορεῖ μὲ τὸ χέρι του νὰ ἐπιμηκύνη ἕνα ἐλατήριο, νὰ σύρη ἕνα μικρὸ ὄχημα κ.λπ.

Ὁ ἄνεμος κινεῖ ἕνα μικρὸ ἱστιοφόρο πλοῖο ἢ ξερριζώνει δένδρα. Μὲ τὸ πόδι μας μεταβάλλομε τὴν κίνησι μιᾶς μπάλλας ποδοσφαίρου. Ἕνας μαγνήτης μπορεῖ νὰ ἑλκύση καὶ νὰ παραμορφώση ἕνα ἔλασμα. Ὁ ἀτμὸς κινεῖ τὴν ἀτμομηχανὴ κ.λπ.

Ἑπομένως πολλὰ αἴτια προκαλοῦν τὴν ἀλλαγὴ τοῦ σχήματος ἑνὸς σώματος, ἢ τὸ κινοῦν ἢ ἀλλάσσουν τὴν διεύθυνσι τῆς κινήσεώς του.

Τὸ βάρος τῶν σωμάτων, ἡ μυϊκὴ προσπάθεια, ἡ ὤθησι ποὺ δίνει ὁ ἄνεμος καὶ ὁ ἀτμὸς εἶναι δυνάμεις.



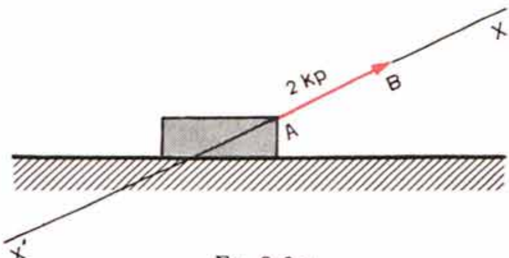
Σχ. 8·1 β.
Οἱ δυνάμεις προκαλοῦν στὰ σώματα παραμορφώσεις, τὰ θέτουν σὲ κίνησι ἢ ἀλλάσσουν τὴν κίνησί τους.

Ὀνομάζομε δύναμι τὸ αἴτιο ποὺ μπορεῖ νὰ μεταβάλλη τὸ σχῆμα ἑνὸς σώματος, ἢ νὰ τὸ κινήση ἢ νὰ ἀλλάξη τὴν κίνησί του.

8 · 2 Χαρακτηριστικὰ μιᾶς δυνάμεως.

Γιὰ νὰ ὁρίσωμε ἀκριβῶς μιὰ δύναμι, ποὺ ἐφαρμόζεται σὲ ἕνα σῶμα, πρέπει νὰ γνωρίζωμε τὰ ἑξῆς χαρακτηριστικά της στοιχεῖα (σχ. 8 · 2 α):

α) Σὲ ποιό ἀκριβῶς σημεῖο τοῦ σώματος ἐφαρμόζεται ἡ δύναμι αὐτή. Τὸ σημεῖο αὐτὸ ὀνομάζεται ***σημεῖο ἐφαρμογῆς*** τῆς δυνάμεως (στὸ σχῆμα μας εἶναι τὸ σημεῖο Α).



Σχ. 8·2 α.
Χαρακτηριστικὰ μιᾶς δυνάμεως.

β) Πάνω σὲ ποιά εὐθεία τείνει νὰ μετακινήση τὸ σῶμα ἡ δύναμι, ποὺ ἐπενεργεῖ στὸ σημεῖο Α. Ἡ εὐθεία αὐτὴ x′x ὀνομάζεται ***διεύθυνσι τῆς δυνάμεως***.

γ) Πρὸς ποιά φορὰ πάνω στὴν διεύθυνσι x′x τῆς δυνάμεως τείνει ἡ δύναμι αὐτὴ νὰ μετακινήση τὸ σῶμα.

Τὴν ***φορὰ τῆς δυνάμεως*** μᾶς ὁρίζει ἡ αἰχμὴ τοῦ βέλους στὸ ἄκρο τῆς δυνάμεως.

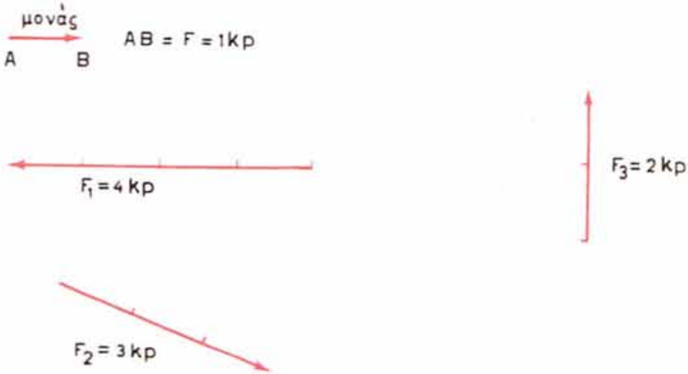
δ) Πόση εἶναι ἡ ***ἔντασι*** τῆς δυνάμεως, δηλαδὴ τὴν ἀριθμητικὴ τιμὴ καὶ τὴν μονάδα, μὲ τὴν ὁποία μετροῦμε τὴν δύναμι.

Ἑπομένως, χαρακτηριστικὰ μιᾶς δυνάμεως εἶναι τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς της, ἡ διεύθυνσι, ἡ φορὰ καὶ ἡ ἔντασί της.

Ὅλα τὰ χαρακτηριστικὰ μιᾶς δυνάμεως εἶναι δυνατὸν νὰ τὰ παραστήσωμε μὲ ἕνα βέλος ΑΒ, ποὺ ὀνομάζεται ***ἄνυσμα***.

Ἡ ἀρχὴ Α τοῦ βέλους (σχ. 8 · 2 α) μᾶς δείχνει τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς τῆς δυνάμεως. Ἡ εὐθεία x′x, πάνω στὴν ὁποία εὑρίσκεται τὸ βέλος, εἶναι ἡ διεύθυνσί της. Ἡ αἰχμὴ τοῦ βέλους μᾶς δείχνει τὴν φορὰ τῆς δυνάμεως.

Τέλος τὸ μῆκος τοῦ βέλους μᾶς προσδιορίζει τὴν ἔντασι τῆς δυνάμεως, ἀφοῦ προηγουμένως ἔχει ὁρισθῆ ἀπὸ μᾶς σὰν μονάδα ἕνα μῆκος ΑΒ (σχ. 8 · 2 β).



Σχ. 8·2 β.
Ἡ μονὰς ἐντάσεως τῆς δυνάμεως συμβολίζεται μὲ τὸ μῆκος **ΑΒ = F = 1 kp**. Ἡ F_1 ἔχει τετραπλάσιο μῆκος ἀπὸ τὴν F. Ἐπομένως $F_1 = 4 \cdot F = 4$ kp. Ἡ $F_2 = 3 \cdot F = 3$ kp καὶ ἡ $F_3 = 2 \cdot F = 2$ kp.

Ἐπειδὴ καὶ τὸ βάρος ἑνὸς σώματος εἶναι δύναμι, παριστάνεται καὶ αὐτὸ μὲ ἕνα βέλος (ἄνυσμα).

8 · 3 Μονάδες ἐντάσεως δυνάμεως.

Σὰν μονάδα γιὰ τὴν μέτρησι τῆς ἐντάσεως τῶν δυνάμεων χρησιμοποιοῦμε τὸ kp μὲ τὰ πολλαπλάσια καὶ ὑποπολλαπλάσιά του, δηλαδὴ τὶς ἴδιες μονάδες, ποὺ χρησιμοποιοῦμε καὶ γιὰ τὴν μέτρησι τοῦ βάρους τῶν σωμάτων.

Σημείωσι: Διεθνῶς χρησιμοποιεῖται ἐπίσης ὡς μονὰς ἐντάσεως δυνάμεως καὶ τὸ Newton (Νιοῦτον), N.

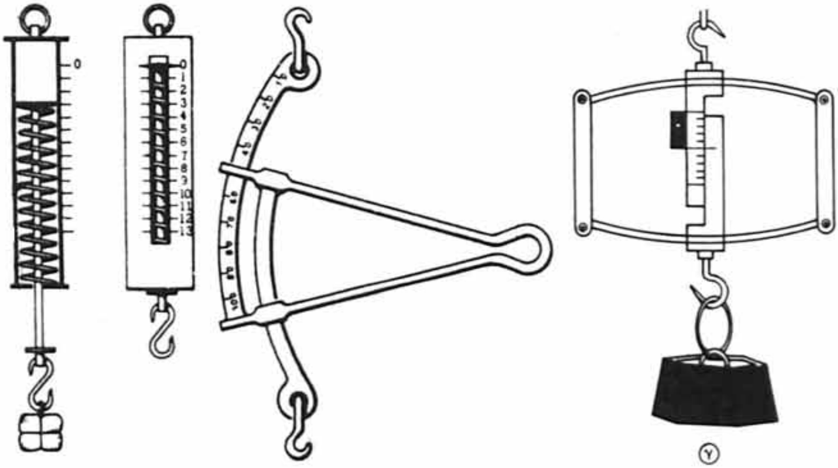
$$1 \text{ kp} = 9{,}81 \text{ N}$$

8 · 4 Δυναμόμετρα.

Τὴν ἔντασι τῶν δυνάμεων, ὅπως καὶ τὰ βάρη τῶν σωμάτων, μετροῦμε μὲ εἰδικὰ ὄργανα, ποὺ ὀνομάζονται ***δυναμόμετρα.***

Στὸ σχῆμα 8 · 4 φαίνονται μερικοὶ τύποι δυναμομέτρων.

Ὑπάρχουν ἐπίσης καὶ ἄλλοι τύποι δυναμομέτρων, μὲ τὰ ὁποῖα μετροῦμε δυνάμεις πολλῶν kp.



Σχ. 8·4.
α) Τὸ γνωστό μας κανταράκι εἶναι δυναμόμετρο μὲ σπειροειδὲς ἐλατήριο. β) Δυναμόμετρο μὲ ἔλασμα γιὰ μετρήσεις μέχρι 100 kp. γ) Δυναμόμετρο γιὰ μέτρησι δυνάμεων μὲ μεγαλυτέρα ἔντασι.

8 · 5 Ἀνακεφαλαίωσι.

1. Δύναμι ὀνομάζεται τὸ αἴτιο, ποὺ μεταβάλλει τὸ σχῆμα ἑνὸς σώματος ἢ τὸ κινεῖ ἢ μεταβάλλει τὴν κίνησί του.

2. Χαρακτηριστικὰ μιᾶς δυνάμεως εἶναι τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς ἡ διεύθυνσι, ἡ φορὰ καὶ ἡ ἔντασί της.

3. Τὰ χαρακτηριστικὰ μιᾶς δυνάμεως τὰ παριστάνομε μὲ ἕνα βέλος (ἄνυσμα).

4. Οἱ ἐντάσεις τῶν δυνάμεων μετροῦνται μὲ εἰδικὰ ὄργανα, ποὺ ὀνομάζονται δυναμόμετρα.

5. Οἱ μονάδες, ποὺ χρησιμοποιοῦμε γιὰ νὰ μετροῦμε τὶς ἐντάσεις τῶν δυνάμεων, εἶναι οἱ ἴδιες μὲ τὶς μονάδες βάρους.

8 · 6 Ἐρωτήσεις.

1. Τί ὀνομάζομε δύναμι;
2. Ποιά εἶναι τὰ χαρακτηριστικὰ μιᾶς δυνάμεως;
3. Πῶς παριστάνομε μία δύναμι;
4. Ποιές εἶναι οἱ μονάδες ἐντάσεως τῶν δυνάμεων;

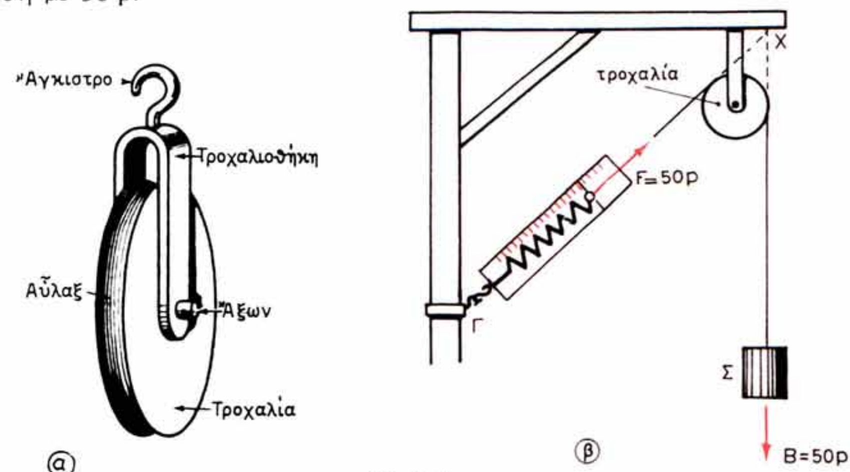
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ ΔΥΝΑΜΕΩΝ

9 · 1 Ἡ τροχαλία.

Ἡ τροχαλία [σχ. 9 · 1 (α)] ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕνα κυκλικὸ δίσκο, ποὺ στὸ ἐξωτερικὸ τῆς περιφερείας του φέρει αὔλακα, ἀπὸ ὅπου διέρχεται νῆμα, σχοινί, ἁλυσίδα κ.λπ.

Ὁ δίσκος στρέφεται ἐλεύθερα γύρω ἀπὸ ἕνα ἄξονα, ποὺ διέρχεται ἀπὸ τὸ κέντρο του. Στὰ δύο ἄκρα τοῦ ἄξονος ἐφαρμόζεται ἡ τροχαλιοθήκη, ἡ ὁποία στὸ ἐπάνω ἄκρο της καταλήγει σὲ ἄγκιστρο, γιὰ νὰ τὴν κρεμᾶμε ἀπὸ ἕνα στήριγμα. Στὸ σχῆμα 9 · 1 (β) παρατηροῦμε ὅτι τὸ βάρος B = 50 p τοῦ σώματος Σ συγκρατεῖται μὲ τὸ νῆμα, ποὺ διέρχεται ἀπὸ τὴν αὔλακα τῆς τροχαλίας. Τὸ νῆμα ἔχει προσδεθῆ στὸ ἄγκιστρο ἑνὸς δυναμομέτρου, τὸ ὁποῖο δείχνει δύναμι ἴση μὲ 50 p.



Σχ. 9·1.

α) Ἡ τροχαλία. β) Ἡ τροχαλία μεταβάλλει τὴν διεύθυνσι μιᾶς δυνάμεως.

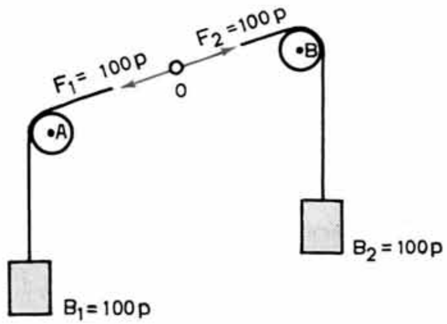
Ἑπομένως, μέσω τῆς τροχαλίας, τὸ βάρος B τοῦ σώματος Σ μεταφέρεται στὴν θέσι ὅπου ἐφαρμόζεται ἡ δύναμι F.

Παρατηροῦμε λοιπὸν ὅτι ἡ ἀρχικὴ διεύθυνσις xB τοῦ βάρους B τοῦ σώματος μεταβλήθηκε μέσω τῆς τροχαλίας στὴν διεύθυνσι xΓ, χωρὶς νὰ ἀλλάξη τὸ βάρος B τοῦ σώματος.

Ἡ τροχαλία μεταβάλλει τὴν διεύθυνσι μιᾶς δυνάμεως, χωρὶς νὰ μεταβάλλη τὴν ἔντασί της.

9 · 2 Ἰσορροπία δύο ἴσων καὶ ἀντιθέτων δυνάμεων.

Παίρνομε δύο νήματα (σχ. 9 · 2), τὰ ὁποῖα δένομε ἀπὸ ἕνα δακτύλιο O. Τὰ νήματα αὐτά, τὰ ὁποῖα διέρχονται ἀπὸ τὶς τροχαλίες A καὶ B ἀντιστοίχως, φέρουν στὰ ἄκρα τους σώματα ἴσου βάρους $B_1 = B_2 = 100p$. Ὅπως δείχνουν οἱ δυνάμεις F_1 καὶ F_2, τὰ δύο βάρη B_1 καὶ B_2, λόγω τῆς ἐξαρτήσεώς τους ἀπὸ τὶς τροχαλίες, ἐπενεργοῦν στὸν δακτύλιο ἐξωτερικῶς.



Σχ. 9·2.
Ὅταν στὸν δακτύλιο ἐπιδροῦν δύο ἴσες καὶ ἀντίθετες ἐξωτερικὲς δυνάμεις, ὁ δακτύλιος ἰσορροπεῖ.

Οἱ δυνάμεις F_1 καὶ F_2 ἐκτὸς ἀπὸ τὸ ὅτι εἶναι ἴσες, εὑρίσκονται στὴν ἴδια εὐθεία, ἄρα ἔχουν τὴν ἴδια διεύθυνσι, ἀλλὰ ἀντίθετη φορά.

Οἱ δυνάμεις αὐτὲς ὀνομάζονται ***ἴσες*** καὶ ***ἀντίθετες***.

Παρατηροῦμε ὅτι ὁ δακτύλιος δὲν μετακινεῖται ἀλλὰ ἰσορροπεῖ.

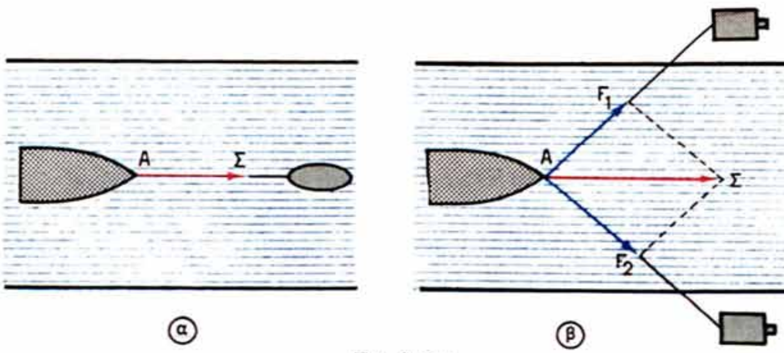
Ἐπομένως, ὅταν σὲ ἕνα σῶμα ἐφαρμόζωνται ἐξωτερικῶς δύο ἴσες καὶ ἀντίθετες δυνάμεις, τὸ σῶμα αὐτὸ ἰσορροπεῖ.

Ἂν ὅμως αὐξήσωμε, ἔστω καὶ λίγο, τὸ βάρος τοῦ ἑνὸς σώματος, τότε ὁ δακτύλιος θὰ κινηθῆ πρὸς τὸ μέρος τοῦ βαρυτέρου σώματος.

9 · 3 Συνισταμένη δύο συντρεχουσῶν δυνάμεων.

Μία μαούνα, ποὺ εὑρίσκεται σὲ ἕνα ποταμό, μετακινεῖται ἀπὸ ἕνα ρυμουλκό [σχ. 9 · 3 α (α)]. Ἡ ἴδια μετακίνησι μπορεῖ νὰ γίνη, ἐὰν χρησιμοποιηθοῦν δύο αὐτοκίνητα, ποὺ νὰ σύρουν τὴν μαούνα ἀπὸ τὶς ὄχθες τοῦ ποταμοῦ [σχ. 9 · 3 α (β)].

Στὴν πρώτη περίπτωσι στὸ σημεῖο A τῆς μαούνας ἐφαρμόζεται δύναμι Σ, ἡ ὁποία τὴν μετακινεῖ. Στὴν δεύτερη περίπτωσι ἐφαρμόζονται, πάλι στὸ σημεῖο A, δύο δυνάμεις F_1 καὶ F_2, οἱ ὁποῖες φέρουν τὸ ἴδιο ἀποτέλεσμα.



Σχ. 9·3 α.
Τὸ ρυμουλκὸ ἢ τὰ δύο αὐτοκίνητα εἶναι δυνατὸν νὰ σύρουν τὴν μαούνα.

Ἑπομένως, οἱ δύο δυνάμεις F_1 καὶ F_2 ἀντικαθιστοῦν τὴν Σ καὶ ἀντιστρόφως ἡ Σ τὶς F_1 καὶ F_2.

Οἱ διευθύνσεις τῶν δύο αὐτῶν δυνάμεων ἔχουν κοινὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς, τὸ A, καὶ γι' αὐτὸ ὀνομάζονται ***συντρέχουσες δυνάμεις***.

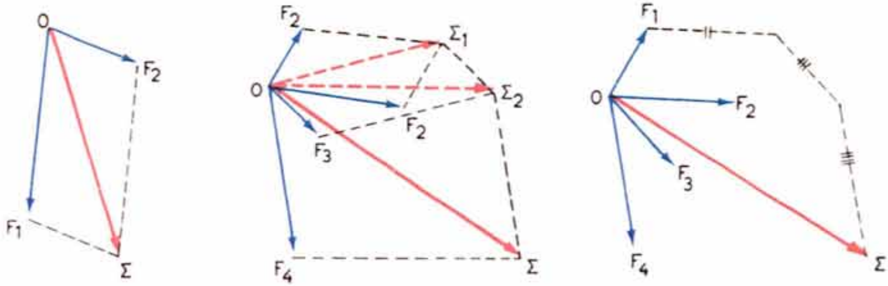
Ἡ δύναμι Σ ὀνομάζεται συνισταμένη τῶν δυνάμεων F_1 καὶ F_2. Οἱ δυνάμεις F_1 καὶ F_2 ὀνομάζονται ***συνιστῶσες*** τῆς Σ.

Ἡ ἐργασία γιὰ τὴν εὕρεσι τῆς συνισταμένης δύο δυνάμεων λέγεται ***σύνθεσι τῶν δυνάμεων*** αὐτῶν.

Γιὰ νὰ εὕρωμε τὴν συνισταμένη δύο συντρεχουσῶν δυνάμεων, π.χ. τῆς F_1 καὶ F_2 [σχ. 9·3 β (α)], σχηματίζομε ἕνα παραλληλόγραμμο μὲ πλευρὲς τὶς δύο δυνάμεις. Ἡ διαγώνιος τοῦ παραλληλογράμμου Σ παριστάνει τὴν συνισταμένη τῶν δυνάμεων αὐτῶν.

Γιὰ νὰ εὕρωμε τὴν συνισταμένη πολλῶν συντρεχουσῶν δυνάμεων [σχ. 9·3 β (β)] εὑρίσκομε πρῶτα τὴν συνισταμένη $Σ_1$ σὲ δύο ἀπὸ αὐτές, π.χ. τῆς F_1 καὶ F_2. Κατόπιν εὑρίσκομε τὴν συνισταμένη τῆς $Σ_1$ καὶ μιᾶς ἄλλης δυνάμεως, π.χ. τῆς F_3. Τὸ ἴδιο ἐπαναλαμβάνομε καὶ μὲ τὶς ὑπόλοιπες δυνάμεις. Ἡ τελευταία συνισταμένη ποὺ θὰ προκύψη, θὰ εἶναι ἡ συνισταμένη Σ ὅλων τῶν δυνάμεων.

Κατὰ τὴν εὕρεσι τῆς συνισταμένης πολλῶν συντρεχουσῶν δυνάμεων, ὅποια σειρὰ καὶ ἂν ἀκολουθήσωμε, ἔχομε τὸ ἴδιο ἀποτέλεσμα.



Σχ. 9·3 β.
α) Συνισταμένη δύο συντρεχουσῶν δυνάμεων. β) Συνισταμένη πολλῶν συντρεχουσῶν δυνάμεων.

Οἱ δυνάμεις λέγονται συντρέχουσες, ὅταν ἔχουν τὸ ἴδιο σημεῖο ἐφαρμογῆς.

Συνισταμένη δύο ἢ περισσοτέρων δυνάμεων λέγεται ἡ δύναμι, ἡ ὁποία προκαλεῖ τὸ ἴδιο ἀποτέλεσμα ποὺ προκαλοῦν ὅλες οἱ ἄλλες δυνάμεις μαζί, γι' αὐτὸ καὶ μπορεῖ νὰ τὶς ἀντικαταστήσῃ.

Ἡ συνισταμένη δύο συντρεχουσῶν δυνάμεων παριστάνεται μὲ τὴ διαγώνιο τοῦ παραλληλογράμμου, ποὺ ἔχει πλευρὲς τὶς δύο αὐτὲς δυνάμεις.

9·4 Συνισταμένη δυνάμεων ποὺ ἔχουν τὴν ἴδια διεύθυνσι.

Οἱ δυνάμεις $F_1 = 5$ kp καὶ $F_2 = 3$ kp [σχ. 9·4 (α)] ἔχουν τὴν ἴδια διεύθυνσι x'x καὶ τὴν ἴδια φορά, ἐφαρμόζονται δὲ στὸ ἴδιο σημεῖο O.

Συνισταμένη τους εἶναι ἡ Σ, ποὺ ἔχει ἔντασι ἴση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἐντάσεων τῶν δύο δυνάμεων F_1 καὶ F_2, δηλαδὴ $\Sigma = F_1 + F_2$ ἢ $\Sigma = 5\,\text{kp} + 3\,\text{kp} = 8\,\text{kp}$. Ἡ διεύθυνσι καὶ ἡ φορὰ τῆς Σ θὰ εἶναι ἴδια μὲ τὴν διεύθυνσι καὶ τὴν φορὰ ποὺ ἔχουν οἱ συνιστῶσες της.

Οἱ δυνάμεις $F_1 = 5$ kp καὶ $F_2 = 3$ kp [σχ. 9·4 (β)] ἔχουν τὸ ἴδιο σημεῖο ἐφαρμογῆς O, τὴν ἴδια διεύθυνσι x'x, ἀλλὰ ἀντίθετη φορά.

Συνισταμένη τους εἶναι ἡ Σ, ἡ ὁποία ἔχει ἔντασι ἴση μὲ τὴν διαφορὰ τῶν ἐντάσεων τῶν δύο δυνάμεων F_1 καὶ F_2 (δηλαδὴ εἶναι $\Sigma = F_1 - F_2$ ἢ $\Sigma = 5\ kp - 3\ kp = 2\ kp$) καὶ διεύθυνσι τὴν ἴδια μὲ τὶς δύο συνιστῶσες F_1 καὶ F_2. Φορὰ ὅμως ἔχει τὴν φορὰ τῆς μεγαλυτέρας ἀπὸ τὶς δύο συνιστῶσες, δηλαδὴ τῆς F_1.

Σχ. 9·4.

α) Συνισταμένη Σ δύο δυνάμεων μὲ τὴν ἴδια διεύθυνσι καὶ φορά. β) Συνισταμένη Σ δύο δυνάμεων μὲ τὴν ἴδια διεύθυνσι ἀλλὰ ἀντίθετη φορά.

Ἡ συνισταμένη δύο ἢ περισσοτέρων δυνάμεων μὲ τὴν ἴδια διεύθυνσι καὶ φορὰ ἔχει τὴν διεύθυνσι καὶ τὴν φορὰ ποὺ ἔχουν οἱ δυνάμεις, ἔντασι δὲ ἴση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἐντάσεών τους.

Ἡ συνισταμένη δύο δυνάμεων μὲ τὴν ἴδια διεύθυνσι ἀλλὰ ἀντίθετη φορά, ἔχει τὴν διεύθυνσι ποὺ ἔχουν οἱ δυνάμεις, φορὰ τὴν φορὰ τῆς μεγαλυτέρας ἀπὸ τὶς δύο δυνάμεις καὶ ἔνσταση ἴση μὲ τὴν διαφορὰ τῶν ἐντάσεων τῶν δύο δυνάμεων.

9 · 5 Ἰσορροπία τριῶν συντρεχουσῶν δυνάμεων.

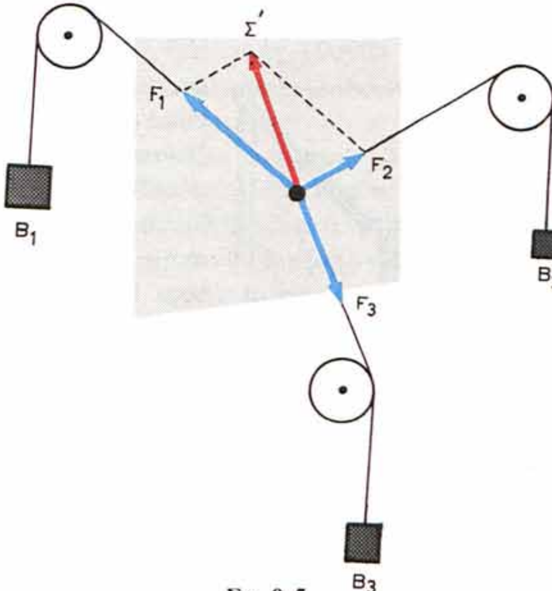
Ἔστω ὁ δακτύλιος Ο (σχ. 9 · 5), ἀπὸ τὸν ὁποῖο προσδένομε τὰ ἄκρα τριῶν νημάτων, ποὺ μέσω τροχαλιῶν καταλήγουν στὰ ἄνισα βάρη B_1, B_2 καὶ B_3. Τὰ βάρη ἐπιδροῦν στὸν δακτύλιο ἐξωτερικῶς μὲ τὶς ἴσες πρὸς αὐτὰ δυνάμεις F_1, F_2 καὶ F_3 ἀντιστοίχως, οἱ ὁποῖες καὶ ἰσορροποῦν.

Γιὰ νὰ ἰσορροποῦν οἱ τρεῖς δυνάμεις, πρέπει νὰ εὑρίσκωνται ὁπωσδήποτε στὸ ἴδιο ἐπίπεδο. Μποροῦμε νὰ τὸ ἐλέγξωμε αὐτό, ἂν τοποθετήσωμε πίσω ἀπὸ τὸν δακτύλιο ἕνα χαρτόνι.

Ἂν ἀφαιρέσωμε μία ἀπὸ τὶς τρεῖς δυνάμεις, δηλαδὴ ἕνα ὁποιοδήποτε βάρος (π.χ. τὸ B_1), ἡ ἰσορροπία καταστρέφεται.

Ἑπομένως κάθε μία ἀπὸ τὶς τρεῖς δυνάμεις, π.χ. ἡ F_3, ἰσορροπεῖ τὶς δύο ἄλλες F_1 καὶ F_2 ἢ τὴν συνισταμένη τους Σ'.

Στὸ χαρτόνι ποὺ τοποθετήσαμε πίσω ἀπὸ τὸν δακτύλιο, χαράσσομε τὶς τρεῖς δυνάμεις. Ἂν εὕρωμε τὴν συνισταμένη τῶν δύο ἀπὸ αὐτὲς μὲ τὴν μέθοδο τοῦ παραλληλογράμμου, θὰ παρατηρήσωμε ὅτι εἶναι ἴση καὶ ἀντίθετη μὲ τὴν τρίτη δύναμι.



Σχ. 9·5.
Ὅταν οἱ τρεῖς δυνάμεις ἰσορροποῦν, κάθε μία ἀπὸ αὐτὲς ἰσορροπεῖ τὶς δύο ἄλλες.

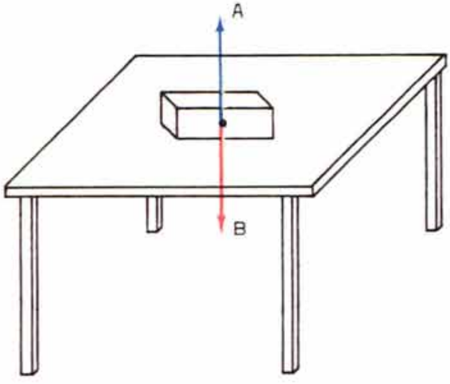
Ἑπομένως, ἡ συνισταμένη Σ′ τῶν δύο ἀπὸ τὶς τρεῖς δυνάμεις, π.χ. τῶν F_1 καὶ F_2, ἰσορροπεῖ τὴν ἴση καὶ ἀντίθετη δύναμί της, τὴν F_3.

Τὸ ἴδιο θὰ παρατηρήσωμε, ἄν, ἀντὶ γιὰ τὴν συνισταμένη τῶν δυνάμεων F_1 καὶ F_2, εὕρωμε τὴν συνισταμένη τῶν F_1 καὶ F_3 ἢ τῶν F_2 καὶ F_3.

Γιὰ νὰ ἰσορροπήσουν τρεῖς δυνάμεις, ποὺ ἐφαρμόζονται ἐξωτερικῶς σὲ ἕνα σῶμα, πρέπει νὰ εἶναι συντρέχουσες, ὁμοεπίπεδες καὶ κάθε μία ἀπὸ αὐτὲς νὰ ἰσορροπῇ τὶς δύο ἄλλες.

9·6 Ἀρχὴ τῆς δράσεως καὶ ἀντιδράσεως.

Τὸ σῶμα, ποὺ εὑρίσκεται πάνω στὸ τραπέζι (σχ. 9·6), ἠρεμεῖ, δηλαδὴ ἰσορροπεῖ. Αὐτὸ σημαίνει ὅτι ἡ δύναμι ποὺ ἀσκεῖ στὸ τραπέζι τὸ βάρος Β τοῦ σώματος (δρᾶσι), ἐξουδετερώνεται ἀπὸ μία ἴση καὶ ἀντίθετη δύναμι Α (ἀντίδρασι), ποὺ ἀσκεῖ τὸ τραπέζι στὸ σῶμα.



Σχ. 9·6.
Δρᾶσι καὶ ἀντίδρασι.

Αὐτὸ τὸ ἀντιλαμβανόμαστε καλύτερα, ἂν κρατήσωμε στὴν παλάμη μας ἕνα ἐλαστικὸ σῶμα, π.χ. ἕνα ξεφλουδισμένο ἀβγὸ ὄχι καλὰ βρασμένο. Τὸ ἀβγὸ ἀσκεῖ στὴν παλάμη μας μία δύναμι Β ἴση μὲ τὸ βάρος του. Συγχρόνως ὅμως παρατηροῦμε ὅτι τὸ ἀβγὸ στὸ κάτω μέρος του, μὲ τὸ ὁποῖο στηρίζεται στὸ χέρι μας, ἔχει χάσει τὸ κανονικό του σχῆμα· ἄρα καὶ ἡ παλάμη μας ἀσκεῖ σ' αὐτὸ δύναμι Α, ἡ ὁποία, ἀφοῦ τὸ κρατᾶ σὲ ἰσορροπία, εἶναι ἴση καὶ ἀντίθετη μὲ τὸ βάρος του.

Ὁ Ἄγγλος φυσικὸς Νεύτων (Newton, 1642-1727) διετύπωσε τὴν ***ἀρχὴ τῆς δράσεως καὶ ἀντιδράσεως***, ποὺ εἶναι ἡ ἀκόλουθη:

Ὅταν ἕνα σῶμα ἐξασκῇ σὲ ἄλλο μία δύναμι (δρᾶσι), τότε καὶ τὸ ἄλλο σῶμα ἐξασκεῖ στὸ πρῶτο μία ἄλλη δύναμι (ἀντίδρασι).

Ἡ ἀντίδρασι εἶναι ἴση καὶ ἀντίθετη μὲ τὴν δρᾶσι.

Ἡ δρᾶσι καὶ ἡ ἀντίδρασι εἶναι δυνάμεις πάντοτε κάθετες στὴν ἐπιφάνεια ἐπαφῆς τῶν δύο σωμάτων.

9 · 7 *Ἀνακεφαλαίωσι.*

1. Ἡ τροχαλία ἀλλάσσει τὴν διεύθυνσι μιᾶς δυνάμεως, χωρὶς νὰ μεταβάλλη τὴν ἔντασί της.

2. Ὅταν δύο ἴσες καὶ ἀντίθετες δυνάμεις ἐπενεργοῦν ἐξωτερικῶς σὲ ἕνα σῶμα, τὸ σῶμα αὐτὸ ἰσορροπεῖ.

3. Συντρέχουσες ὀνομάζονται οἱ δυνάμεις, ποὺ ἔχουν κοινὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς.

4. Συνισταμένη δύο ἢ περισσοτέρων δυνάμεων λέγεται ἡ δύναμι, ποὺ ἐπιφέρει τὸ ἴδιο ἀποτέλεσμα, μὲ ὅλες τὶς ἄλλες δυνάμεις μαζί.

5. Ἡ συνισταμένη δύο συντρεχουσῶν δυνάμεων παριστάνεται μὲ τὴν διαγώνιο τοῦ παραλληλογράμμου, ποὺ ἔχει πλευρὲς τὶς δύο δυνάμεις (συνιστῶσες).

6. Ἡ συνισταμένη δύο δυνάμεων μὲ τὴν ἴδια διεύθυνσι καὶ φορά, εἶναι ἴση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν δύο αὐτῶν δυνάμεων.

7. Ἡ συνισταμένη δύο δυνάμεων, μὲ τὴν ἴδια διεύθυνσι ἀλλὰ ἀντίθετη φορά, εἶναι ἴση μὲ τὴν διαφορὰ τῶν δύο δυνάμεων.

8. Οἱ διευθύνσεις τριῶν συντρεχουσῶν δυνάμεων, ποὺ ἰσορροποῦν, εὑρίσκονται στὸ ἴδιο ἐπίπεδο καὶ κάθε μία ἀπὸ αὐτὲς εἶναι ἴση καὶ ἀντίθετη μὲ τὴν συνισταμένη τῶν δύο ἄλλων.

9. Στὴν φύσι οἱ δυνάμεις ἐμφανίζονται πάντοτε κατὰ ζεύγη, δηλαδὴ μὲ τὴν δρᾶσι μιᾶς δυνάμεως ἐμφανίζεται πάντοτε μία ἀντίδρασι, ποὺ εἶναι δύναμι ἴση καὶ ἀντίθετη πρὸς τὴν δρᾶσι.

9·8 Ἐρωτήσεις.

1. Τί εἶναι ἡ τροχαλία καὶ σὲ τί χρησιμοποιεῖται;
2. Ποιὲς δυνάμεις ὀνομάζονται συντρέχουσες;
3. Τί ὀνομάζομε συνισταμένη δυνάμεων;
4. Μὲ τί ἰσοῦται ἡ συνισταμένη δύο ἴσων καὶ ἀντιθέτων δυνάμεων;
5. Πῶς εὑρίσκομε τὴν συνισταμένη δύο ἢ περισσοτέρων συντρεχουσῶν δυνάμεων;
6. Πότε τρεῖς δυνάμεις ἰσορροποῦν;
7. Ποιὰ εἶναι ἡ ἀρχὴ τῆς δράσεως καὶ ἀντιδράσεως;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

ΚΕΚΛΙΜΕΝΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

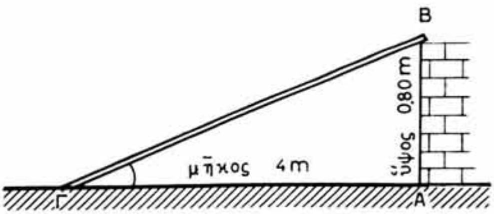
10 · 1 Κλίσι κεκλιμένου ἐπιπέδου.

Κεκλιμένο λέγεται τὸ ἐπίπεδο, ποὺ σχηματίζει γωνία μὲ τὸ ὁριζόντιο ἐπίπεδο.

Στὸ σχῆμα 10 · 1 βλέπομε ἕνα τέτοιο ἐπίπεδο.

Κλίσι τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου ὀνομάζεται τὸ πηλίκον:

$$\frac{AB}{\Gamma A} = \frac{0{,}8\ \mathrm{m}}{4\ \mathrm{m}} = 0{,}2 \quad ἤ \quad 20\%.$$



Σχ. 10·1.
Κεκλιμένο ἐπίπεδο.

Πολλὲς φορὲς στὰ σήματα τῆς τροχαίας βλέπομε τὴν ἔνδειξι ὅτι ἕνας δρόμος εἶναι ἀνηφορικὸς ἢ κατηφορικὸς μὲ κλίσι 10%. Αὐτὸ σημαίνει ὅτι, ἂν στὸν δρόμο αὐτὸ διατρέξωμε ἀπόστασι τόση, ὅση ἀντιστοιχεῖ σὲ ὁριζόντια μετακίνησί μας κατὰ 100 m, τότε ἀνυψωνόμαστε κατὰ 10 m.

Ἑπομένως:

$$\textbf{κλίσι τοῦ δρόμου} = \frac{\textbf{ἀνύψωσι}}{\textbf{ὁριζόντιο μῆκος}}$$

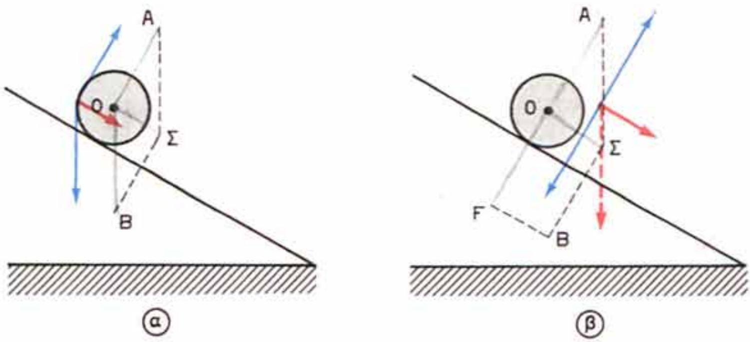
Καὶ γιὰ τὸ παράδειγμά μας: κλίσι δρόμου $= \frac{10\ \mathrm{m}}{100\ \mathrm{m}} = 0{,}1 \quad ἤ \quad 10\%$.

Ὁ λόγος τῆς ἀνυψώσεως, ΑΒ, πρὸς τὸ ὁριζόντιο μῆκος, ΓΑ, τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου ὀνομάζεται κλίσι τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου (σχ. 10 · 1).

10 · 2 Μελέτη τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου.

Σὲ ἕνα κεκλιμένο ἐπίπεδο τοποθετοῦμε μία σφαίρα [σχ. 10·2(α)]. Στὴν σφαίρα ἐπιδροῦν δύο συντρέχουσες δυνάμεις, δηλαδὴ τὸ βάρος της **Β** καὶ ἡ ἀντίδρασι **Α** τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου. Εὑρίσκομε μὲ τὴν μέθοδο τοῦ παραλληλογράμμου τὴν συνισταμένη **Σ** αὐτῶν τῶν δυνάμεων, ἡ ὁποία ἀναγκάζει τὴν σφαίρα νὰ κυλίση πρὸς τὰ κάτω.

Στὸ ἐπίπεδο ὅμως ἐπιδρᾶ καὶ μία ἄλλη δύναμι, ἡ **F**, ποὺ εἶναι ἴση καὶ ἀντίθετη μὲ τὴν ἀντίδρασι **Α** [σχ. 10 · 2 (β)].



Σχ. 10·2.
α) Ἡ συνισταμένη Σ τοῦ βάρους Β καὶ τῆς ἀντιδράσεως Α τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου ἀναγκάζει τὴν σφαίρα νὰ κυλίση πρὸς τὰ κάτω. β) Τὸ βάρος Β εἶναι ἡ συνισταμένη τῆς F καὶ τῆς Σ.

Τὸ βάρος **Β** ὅμως εἶναι ἡ συνισταμένη τῶν δύο δυνάμεων **F** καὶ **Σ**, δηλαδὴ μιᾶς δυνάμεως κάθετης στὸ κεκλιμένο ἐπίπεδο, τῆς **F**, καὶ μιᾶς παράλληλης πρὸς αὐτό, τῆς **Σ**.

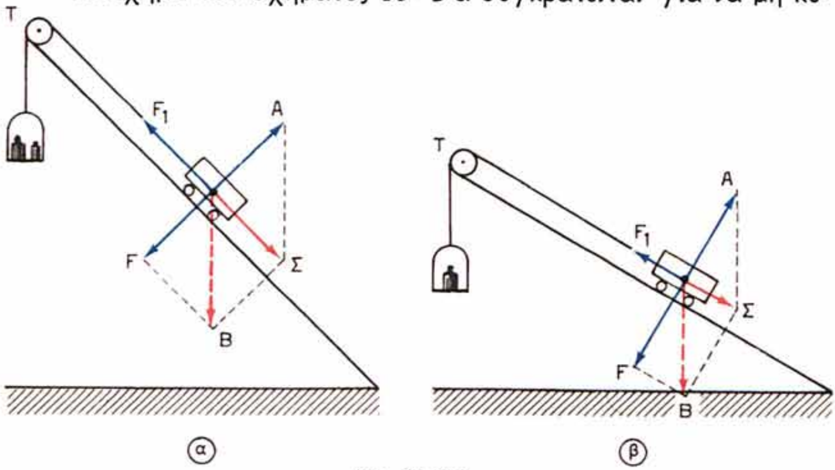
Ἀπὸ τὶς δύο αὐτὲς δυνάμεις, ἡ **F** ἐξουδετερώνεται ἀπὸ τὴν ἀντίδρασι **Α** τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου, γιατί, ὅπως εἴπαμε, εἶναι ἴση καὶ ἀντίθετη μὲ αὐτήν.

Ἑπομένως μένει μόνο ἡ **Σ**, ἡ ὁποία ἀναγκάζει τὴν σφαίρα νὰ κυλίση.

*Τὸ βάρος **Β** σώματος, ποὺ εὑρίσκεται σὲ κεκλιμένο ἐπίπεδο, ἀναλύεται σὲ δύο συνιστῶσες. Ἡ μία ἀπὸ αὐτὲς εἶναι κάθετη στὸ κεκλιμένο ἐπίπεδο καὶ ἐξουδετερώνεται ἀπὸ τὴν ἀντίδρασί του, ἐνῶ ἡ ἄλλη συνιστῶσα ἀναγκάζει τὸ σῶμα νὰ κυλίση πρὸς τὰ κάτω.*

10 · 3 Ἰσορροπία σώματος σὲ κεκλιμένο ἐπίπεδο.

Τὸ ὄχημα τοῦ σχήματος 10 · 3 α συγκρατεῖται γιὰ νὰ μὴ κυ-



Σχ. 10·3 α.
Ὅταν ἐλαττώνεται ἡ κλίσι τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου, ἐλαττώνεται καὶ ἡ συνιστῶσα Σ τοῦ βάρους τοῦ ὀχήματος.

λίση μὲ ἕνα νῆμα, ποὺ διέρχεται ἀπὸ τὴν αὔλακα τῆς τροχαλίας Τ καὶ καταλήγει στὸν δίσκο μὲ τὰ σταθμά.

Σχ. 10·3 β.
Μὲ τὸ κεκλιμένο ἐπίπεδο ὁ ἐργάτης καταβάλλει λιγότερη προσπάθεια γιὰ νὰ ἀνυψώση τὸ βαρέλι.

Ἡ δύναμι F_1, ποὺ ὀφείλεται στὸ βάρος τῶν σταθμῶν, καὶ ἡ Σ εἶναι ἴσες καὶ ἀντίθετες, γι' αὐτὸ καὶ τὸ ὄχημα ἰσορροπεῖ.

Ἂν ἐλαττώσωμε τὴν κλίσι τοῦ ἐπιπέδου, παρατηροῦμε ὅτι γιὰ νὰ ἰσορροπήση τὸ ὄχημα, ἀπαιτοῦνται λιγότερα σταθμά [σχ. 10 · 3 α (β).]

Ἑπομένως, ὅταν ἐλαττώνεται ἡ κλίσι τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου, ἐλαττώνεται καὶ ἡ συνιστῶσα Σ τοῦ βάρους τοῦ ὀχήματος. Ἔτσι, γιὰ νὰ ἰσορροπήση τὸ ὄχημα, πρέπει νὰ ἐλαττωθῆ καὶ ἡ F_1 (ἡ δύναμι δηλαδὴ ποὺ ἀσκοῦν τὰ σταθμὰ) τόσο, ὅσο ἐλαττώθηκε ἡ Σ. Τὴν ἰδιότητα αὐτὴ τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου χρησιμοποιεῖ ὁ ἐργάτης τοῦ σχήματος 10 · 3 β γιὰ νὰ ἀνεβάση τὸ βαρέλι μὲ μικροτέρα δύναμι, ἀλλὰ μὲ μεγαλυτέρα διαδρομή.

10 · 4 'Ανακεφαλαίωσι.

1. Κεκλιμένο λέγεται τὸ ἐπίπεδο, ποὺ σχηματίζει γωνία μὲ τὸ ὁριζόντιο ἐπίπεδο.

2. 'Ο λόγος τῆς κατακορύφου ἀνυψώσεως πρὸς τὸ ὁριζόντιο μῆκος τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου ὀνομάζεται κλίσι τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου.

3. Τὸ βάρος σώματος, ποὺ εὑρίσκεται σὲ κεκλιμένο ἐπίπεδο, ἀναλύεται σὲ δύο συνιστῶσες: 'Η μία ἀπὸ αὐτὲς εἶναι κάθετη στὸ κεκλιμένο ἐπίπεδο καὶ ἐξουδετερώνεται ἀπὸ τὴν ἀντίδρασί του, ἐνῶ ἡ ἄλλη εἶναι παράλληλη στὸ κεκλιμένο ἐπίπεδο καὶ ἀναγκάζει τὸ σῶμα νὰ κυλίση.

10 · 5 'Ερωτήσεις.

1. Τί εἶναι τὸ κεκλιμένο ἐπίπεδο καὶ σὲ ποιές περιπτώσεις μᾶς ἐξυπηρετεῖ;
2. Τί ὀνομάζομε κλίσι τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου;
3. Πῶς ἀναλύεται τὸ βάρος ἑνὸς σώματος, ποὺ εὑρίσκεται σὲ κεκλιμένο ἐπίπεδο;
4. Γιατί μὲ τὴν βοήθεια τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου ἀνυψώνομε ἕνα βάρος μὲ μικρὴ προσπάθεια;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11

ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΠΑΡΑΛΛΗΛΕΣ

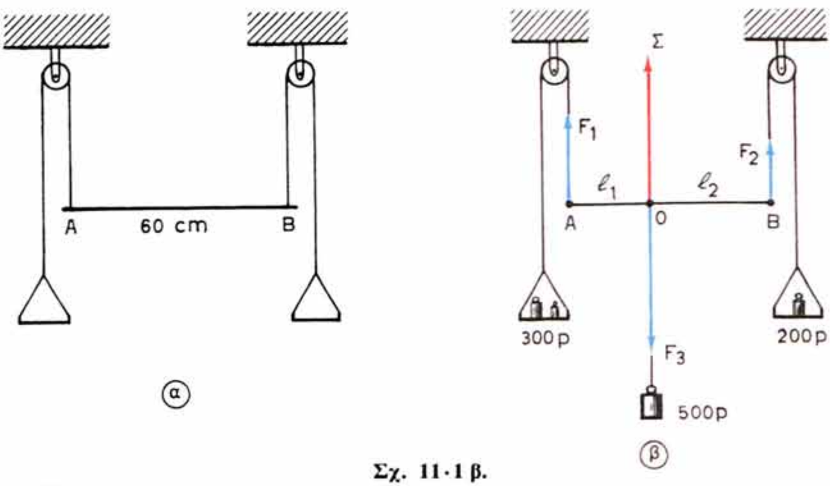
11 · 1 Ἰσορροπία παραλλήλων δυνάμεων.

Τὰ βάρη τῶν δύο δίσκων, ποὺ σηκώνει ὁ ἐργάτης (σχ. 11 · 1 α), εἶναι δύο δυνάμεις παράλληλες καὶ μὲ τὴν ἴδια φορά. Ἑπομένως ὁ ἐργάτης σηκώνει βάρος ἴσο μὲ τὴν συνισταμένη τῶν δύο αὐτῶν βαρῶν.

Σχ. 11 · 1 α.
Ὁ ἐργάτης σηκώνει βάρος ἴσο μὲ τὴν συνισταμένη τῶν βαρῶν τῶν δύο δίσκων.

Στὴν διάταξι τῶν τροχαλιῶν τοῦ σχήματος 11 · 1 β παρατηροῦμε ὅτι ὅταν οἱ δίσκοι εἶναι κενοί, τὸ σύστημα ἰσορροπεῖ [σχ. 11 · 1 β (α)]. Ἔστω τώρα ὅτι τὸ μῆκος τῆς ράβδου AB εἶναι 60 cm. Ὀνομάζομε l_1 τὸ μῆκος AO καὶ l_2 τὸ μῆκος BO [σχ. 11 · 1 β (β)].

Τοποθετοῦμε στὸν ἀριστερὸ δίσκο βάρος 300 p καὶ στὸν δεξιὸ βάρος 200 p.



Σχ. 11 · 1 β.
α) Ὅταν οἱ δίσκοι εἶναι κενοί, τὸ σύστημα ἰσορροπεῖ. β) Οἱ δυνάμεις F_1 καὶ F_2 ἰσορροποῦν ἀπὸ τὴν δύναμι F_3. Εἶναι λοιπὸν $F_3 = F_1 + F_2$ καὶ $l_1 \cdot F_1 = l_2 \cdot F_2$.

Ἑπομένως θὰ εἶναι: $F_1 = 300$ p καὶ $F_2 = 200$ p.

Γιὰ νὰ μὴ μετακινηθῆ ἡ ράβδος, θὰ πρέπει νὰ ἐξαρτήσωμε ἀπὸ τὸ σημεῖο της Ο βάρος F_3 500 p. Ἐὰν τώρα μετρήσωμε τὰ μήκη l_1 καὶ l_2, εὑρίσκομε ὅτι $l_1 = 24$ cm καὶ $l_2 = 36$ cm.

Παρατηροῦμε ὅμως ὅτι $500 = 300 + 200$ ἢ $F_3 = F_1 + F_2$.

Ἐπίσης διαπιστώνομε ὅτι ἰσχύει ἡ σχέσι:

$$300 \times 24 = 200 \times 36 \quad \text{ἢ} \quad F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2.$$

Ἐπαναλαμβάνομε τὸ πείραμα, ἀλλὰ αὐτὴ τὴν φορὰ τοποθετοῦμε στὸν ἀριστερὸ δίσκο βάρος 100 p, ἐνῶ στὸν δεξιὸ βάρος 300 p. Ἑπομένως θὰ εἶναι: $F_1 = 100$ p καὶ $F_2 = 300$ p. Γιὰ νὰ ἰσορροπήση τὸ σύστημα, πρέπει νὰ ἐξαρτήσωμε ἀπὸ σημεῖο Ο′ τῆς ράβδου βάρος $F_3 = 400$ p.

Ἐὰν μετρήσωμε τώρα τὰ μήκη l_1 καὶ l_2, θὰ διαπιστώσωμε ὅτι $l_1 = 45$ cm καὶ $l_2 = 15$ cm. Ἰσχύει λοιπὸν πάλι $400 = 100 + 300$ ἢ $F_3 = F_1 + F_2$ ἢ $100 \times 45 = 300 \times 15$ ἢ $F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$.

Ἐὰν ἐπαναλάβωμε τὸ πείραμα καὶ ἄλλες φορὲς μὲ διαφορετικὰ βάρη, παρατηροῦμε ὅτι, κάθε φορὰ ποὺ ἐπιτυγχάνεται ἰσορροπία, ἰσχύουν οἱ ἴδιες σχέσεις μεταξὺ τῶν δυνάμεων F_1, F_2, F_3 καὶ τῶν μηκῶν l_1 καὶ l_2.

Ἑπομένως, γιὰ κάθε ζεῦγος τῶν τιμῶν F_1 καὶ F_2 ὑπάρχει πάντοτε ἐπὶ τῆς ΑΒ ἕνα συγκεκριμένο σημεῖο Ο, γιὰ τὸ ὁποῖο ἰσχύουν οἱ σχέσεις αὐτές.

Οἱ δυνάμεις F_1, F_2, F_3 εἶναι πάντοτε παράλληλες, διότι εἶναι κατακόρυφες.

Δύο παράλληλες δυνάμεις F_1 καὶ F_2 τῆς ἴδιας φορᾶς, ποὺ ἐφαρμόζονται στὰ ἄκρα μιᾶς ράβδου ΑΒ, ἰσορροποῦνται πάντοτε ἀπὸ μία τρίτη δύναμι F_3, ποὺ εἶναι παράλληλη μὲ αὐτές, ἔχει ἀντίθετη φορὰ καὶ εἶναι ἴση μὲ τὸ ἄθροισμά τους· δηλαδή:

$$\boxed{F_3 = F_1 + F_2}$$

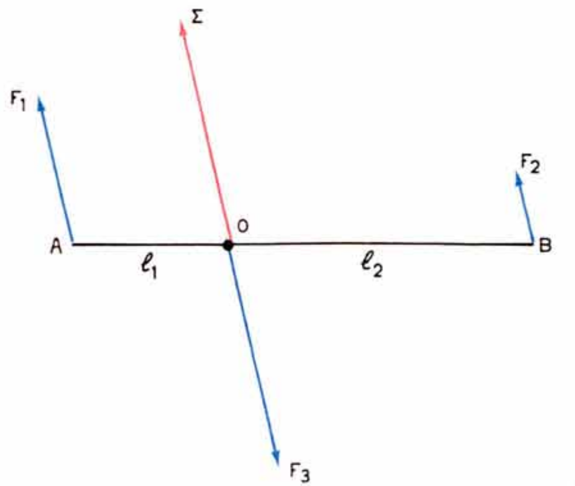
Τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς τῆς δυνάμεως F_3 εὑρίσκεται στὸ σημεῖο Ο τῆς ράβδου ΑΒ γιὰ τὸ ὁποῖο ἰσχύει πάντοτε ἡ σχέσι:

$$\boxed{F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2}$$

11 · 2 Συνισταμένη παραλλήλων δυνάμεων.

Σύμφωνα μὲ τὰ προηγούμενα (σχ. 11 · 1 β) ἡ δύναμι F_3 ἰσορροπεῖ τὶς δυνάμεις F_1 καὶ F_2.

Ἀλλὰ ἡ ἰσορροπία δὲν θὰ διαταραχθῆ ἄν, ἀντὶ γιὰ τὶς δυνάμεις F_1 καὶ F_2, δράση στὸ σημεῖο Ο μία δύναμι Σ ἴση καὶ ἀντίθετη μὲ τὴν F_3 (σχ. 11 · 2), ὁπότε θὰ ἰσχύη ἡ σχέσι $F_3 = \Sigma$. Ἐπειδὴ ὅμως, ὅπως εἴδαμε, $F_3 = F_1 + F_2$, ἕπεται ὅτι καὶ $\Sigma = F_1 + F_2$. Δηλαδὴ ἡ Σ εἶναι ἡ ***συνισταμένη*** τῶν δύο αὐτῶν δυνάμεων.



Σχ. 11·2.
Ἡ συνισταμένη $\Sigma = F_1 + F_2$ καὶ $F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$.

Ἡ συνισταμένη Σ δύο παραλλήλων καὶ τῆς ἰδίας φορᾶς δυνάμεων F_1 καὶ F_2, ποὺ ἐφαρμόζονται σὲ δύο σημεῖα Α καὶ Β ἑνὸς σώματος, εἶναι παράλληλη καὶ τῆς αὐτῆς φορᾶς μὲ τὶς δυνάμεις F_1 καὶ F_2 καὶ ἔχει ἔντασι ἴση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἐντάσεων τῶν δυνάμεων αὐτῶν, δηλαδή:

$$\boxed{\Sigma = F_1 + F_2}$$

Τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς της εὑρίσκεται στὸ σημεῖο Ο τῆς εὐθείας ΑΒ, γιὰ τὸ ὁποῖο ἰσχύει πάντοτε ἡ σχέσι:

$$\boxed{F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2}$$

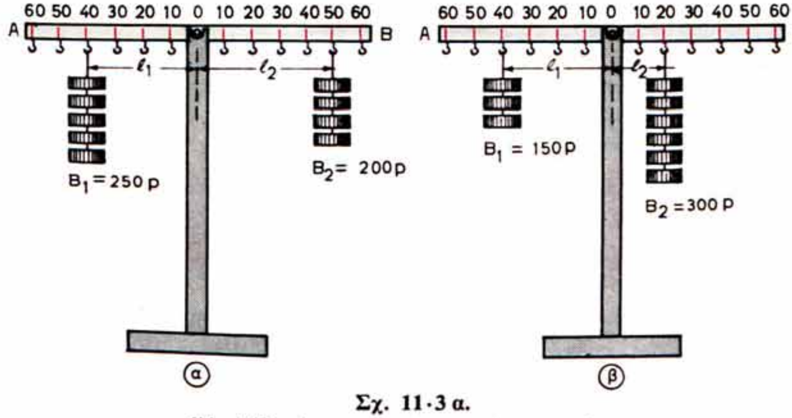
Ὅταν θέλωμε νὰ ὑπολογίσωμε τὴν συνισταμένη πολλῶν παραλλήλων καὶ μὲ τὴν ἴδια φορὰ δυνάμεων, ποὺ ἐφαρμόζονται σὲ ἕνα σῶμα, ἐργαζόμαστε ὡς ἑξῆς:

Συνθέτομε δύο ἀπὸ τὶς δυνάμεις αὐτὲς καὶ τὴν συνισταμένη τους Σ_1 συνθέτομε μὲ τὴν τρίτη δύναμι. Ἀφοῦ ἐπαναλάβωμε τὸ ἴδιο γιὰ ὅλες τὶς δυνάμεις, καταλήγομε σὲ μία συνισταμένη Σ, ἡ ὁποία εἶναι καὶ ἡ τελικὴ συνισταμένη ὅλων τῶν δυνάμεων, ποὺ ἐφαρμόζονται στὸ σῶμα αὐτό.

Ἀποδεικνύεται ὅτι ὅποια σειρὰ καὶ ἂν ἀκολουθήσωμε κατὰ τὴν σύνθεσι τῶν δυνάμεων, εὑρίσκομε τελικῶς τὴν ἴδια συνισταμένη Σ.

11 · 3 Ροπὴ δυνάμεως ὡς πρὸς ἄξονα.

Ἡ εὐθύγραμμη ράβδος ΑΒ [σχ. 11 · 3 α (α)] μπορεῖ νὰ στρέφεται γύρω ἀπὸ ὁριζόντιο ἄξονα, ποὺ περνᾶ ἀπὸ τὸ σημεῖο Ο.



Σχ. 11·3 α.
Ἡ ράβδος ἰσορροπεῖ ὅταν $B_1 \cdot l_1 = B_2 \cdot l_2$.

Ἡ ράβδος ὑποδιαιρεῖται ἀνὰ 10 cm καὶ κάτω ἀπὸ κάθε ὑποδιαίρεσι ὑπάρχει ἄγκιστρο, ἀπὸ ὅπου εἶναι δυνατὸν νὰ κρεμάσωμε μικροὺς μεταλλικοὺς κυλίνδρους. Κάθε κύλινδρος ζυγίζει 50 p. Ἀπὸ τὴν ὑποδιαίρεσι 40 cm τοῦ ἀριστεροῦ μέρους τῆς ράβδου κρεμοῦμε 5 κυλίνδρους, δηλαδὴ βάρος $B_1 = 5 \times 50 = 250$ p. Γιὰ νὰ ἰσορροπήση ἡ ράβδος πρέπει νὰ τοποθετήσωμε στὴν ὑποδιαίρεσι 50 cm τοῦ δεξιοῦ μέρους της 4 κυλίνδρους, δηλαδὴ βάρος $B_2 = 4 \times 50 = 200$ p.

Ἐπαναλαμβάνομε τὸ πείραμα μεταβάλλοντας τὰ βάρη στοὺς βραχίονες τῆς ράβδου ἔτσι, ὥστε νὰ ἐπέρχεται κάθε φορὰ ἰσορροπία [σχ. 11 · 3 α (β)] καὶ σημειώνομε τὰ ἀποτελέσματα στὸν πίνακα ποὺ ἀκολουθεῖ:

Βάρος B_1	Ἀπόστασι l_1 ἀπὸ ἄξονα	Γινόμενο $B_1 \cdot l_1$	Βάρος B_2	Ἀπόστασι l_2 ἀπὸ ἄξονα	Γινόμενο $B_2 \cdot l_2$
250 p	40 cm	10000 pcm	200 p	50 cm	10000 pcm
150 p	60 cm	9000 pcm	300 p	30 cm	9000 pcm
100 p	50 cm	5000 pcm	500 p	10 cm	5000 pcm

Παρατηροῦμε λοιπὸν ὅτι τὰ βάρη, ποὺ εἶναι δύο δυνάμεις παράλληλες, ἄνισες καὶ μὲ τὴν ἴδια φορὰ καὶ ποὺ ἐφαρμόζονται σὲ μία ράβδο, ἡ ὁποία δύναται νὰ στρέφεται γύρω ἀπὸ οριζόντιο ἄξονα, ἰσορροποῦν τότε μόνο, ὅταν ἰσχύη ἡ σχέσι:

$$\boxed{B_1 \cdot l_1 = B_2 \cdot l_2}$$

Τὸ γινόμενο τοῦ βάρους B_1 ἐπὶ τὴν ἀπόστασι l_1 ἀπὸ τὸν ἄξονα περιστροφῆς τῆς ράβδου Ο ἰσοῦται μὲ ἕνα φυσικὸ μέγεθος, ποὺ ὀνομάζεται ***ροπὴ τοῦ βάρους B_1 ὡς πρὸς τὸν ἄξονα αὐτόν.***

Γενικῶς ὀνομάζομε ροπὴ δυνάμεως F ὡς πρὸς ἄξονα Ο τὸ φυσικὸ μέγεθος, τὸ ὁποῖον ἰσοῦται μὲ τὸ γινόμενο τῆς ἐντάσεως τῆς δυνάμεως F ἐπὶ τὴν ἀπόστασί της ἀπὸ τὸν ἄξονα Ο.

Ἂν λοιπὸν παραστήσωμε μὲ Μ τὴν ροπὴ τῆς δυνάμεως F ὡς πρὸς τὸν ἄξονα Ο, θὰ ἰσχύη:

$$\boxed{M = F \cdot l}$$

Ἔτσι στὰ πειράματα τοῦ σχήματος 11 · 3 α γιὰ νὰ ἰσορροπήση ἡ ράβδος ὁριζοντίως πρέπει ἡ ροπὴ Μ τοῦ βάρους B_1 ὡς πρὸς τὸν ἄξονα περιστροφῆς Ο νὰ εἶναι ἴση μὲ τὴν ροπὴ Μ′ τοῦ βάρους B_2 ὡς πρὸς τὸν ἴδιο ἄξονα, δηλαδὴ $M = M'$.

Ἀπὸ ὅσα εἴπαμε, διαπιστώνομε ὅτι, ὅταν οἱ ροπὲς δύο παραλλήλων δυνάμεων ὡς πρὸς ἄξονα Ο μιᾶς ράβδου εἶναι ἴσες, ἡ συνισταμένη τους διέρχεται ἀπὸ τὸν ἄξονα Ο.

Παράδειγμα.

Νὰ εὑρεθῆ ἡ ἔντασι καὶ τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς τῆς συνισταμένης Σ δύο παραλλήλων καὶ τῆς αὐτῆς φορᾶς δυνάμεων $F_1 = 5$ kp καὶ $F_2 = 15$ kp, οἱ ὁποῖες ἐφαρμόζονται στὰ ἄκρα A καὶ B μιᾶς ράβδου μήκους $l = 100$ cm (σχ. 11 · 3 β).

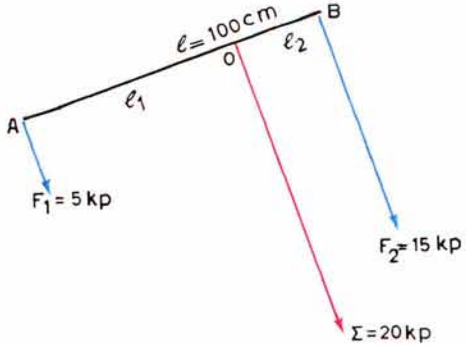
Λύσι :

Γιὰ νὰ ἐντοπίσωμε τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς O τῆς συνισταμένης Σ, ἐφαρμόζομε τὸν τύπο:

$$F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2.$$

Ἂν ἀντικαταστήσωμε μὲ ἀριθμούς, θὰ ἔχωμε:

$5 \cdot l_1 = 15 \cdot l_2 \rightarrow \dfrac{5 \cdot l_1}{5} = \dfrac{15 \cdot l_2}{5} \rightarrow l_1 = 3 \cdot l_2$. Ὅμως $l = l_1 + l_2$, ὁπότε ἔχομε:



Σχ. 11·3 β.

Ἀπὸ τὴν σχέσι $\Sigma = F_1 + F_2$ ὑπολογίζομε τὴν ἔντασι τῆς συνισταμένης Σ. $\Sigma = 15$ kp $+ 5$ kp $= 20$ kp.

$$100 = 3 \cdot l_2 + l_2 \rightarrow 100 = 4 \cdot l_2 \rightarrow \frac{4 \cdot l_2}{4} = \frac{100}{4} \text{ καὶ } l_2 = 25 \text{ cm}.$$

Καὶ $l_1 = l - l_2 \rightarrow l_1 = 100 - 25$ ἢ $l_1 = 75$ cm.

Ἄρα τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς O τῆς συνισταμένης Σ ἀπέχει 75 cm ἀπὸ τὸ A καὶ 25 cm ἀπὸ τὸ B.

11 · 4 Ἀνακεφαλαίωσι.

1. Ἡ συνισταμένη Σ δύο παραλλήλων καὶ μὲ τὴν ἴδια φορὰ δυνάμεων F_1 καὶ F_2, ποὺ ἐφαρμόζονται στὰ ἄκρα μιᾶς ράβδου AB, εἶναι παράλληλη καὶ τῆς αὐτῆς φορᾶς μὲ τὶς F_1 καὶ F_2 καὶ ἴση μὲ τὸ ἄθροισμά τους, δηλαδὴ $\Sigma = F_1 + F_2$.

Τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς της O χωρίζει τὸ μῆκος AB σὲ δύο τμήματα l_1 καὶ l_2, γιὰ τὰ ὁποῖα ἰσχύει πάντοτε ἡ σχέσι: $F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$.

2. Ἡ ροπὴ M δυνάμεως F ὡς πρὸς ἄξονα O ἰσοῦται μὲ τὸ γινόμενο τῆς ἐντάσεως τῆς δυνάμεως, ἐπὶ τὴν κάθετη ἀπόστασι l τῆς δυνάμεως ἀπὸ τὸν ἄξονα O, δηλαδὴ $M = F \cdot l$.

11 · 5 Ἐρωτήσεις.

1. Πῶς εὑρίσκεται ἡ συνισταμένη δύο παραλλήλων καὶ τῆς αὐτῆς φορᾶς δυνάμεων;

2. Τί ὀνομάζομε ροπὴ δυνάμεως ὡς πρὸς ἄξονα;

3. Μὲ ποιά προϋπόθεσι ἰσορροπεῖ ὁριζοντίως ράβδος, ποὺ μπορεῖ νὰ στρέφεται περὶ ὁριζόντιο ἄξονα, ὅταν σ' αὐτὴν ἐφαρμόζωνται δύο δυνάμεις;

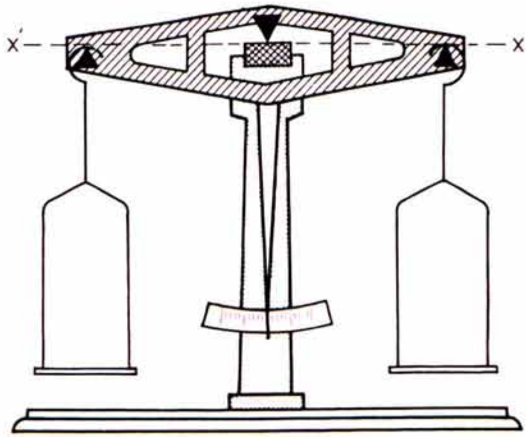
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12

ΖΥΓΟΙ

12 · 1 Ζυγὸς μὲ ἴσους βραχίονες.

Ἐφαρμογὴ τῶν ὅσων ἐμάθαμε προηγουμένως (παράγρ. 11 · 3) ἔχομε στοὺς ζυγούς.

Ὁ ζυγὸς μὲ ἴσους βραχίονες (σχ. 12 · 1) ἀποτελεῖται ἀπὸ μία *φάλαγγα*, τῆς ὁποίας ἄξων περιστροφῆς εἶναι ἡ ἀκμὴ τριγωνικοῦ πρίσματος, ποὺ εὑρίσκεται ἀκριβῶς στὸ μέσον της. Ἡ ἀκμὴ αὐτὴ τοῦ πρίσματος γιὰ νὰ στηρίζη τὴν φάλαγγα τοῦ ζυγοῦ, ἐφάπτεται μὲ μία λεία χαλύβδινη ἐπιφάνεια. Στὰ δύο ἄκρα τῆς φάλαγγος καὶ σὲ ἴσες ἀπο-

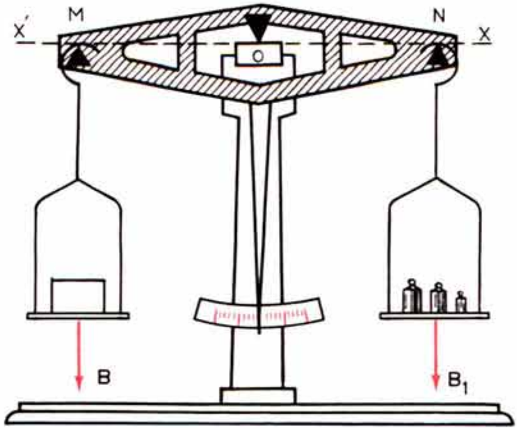


Σχ. 12·1 α.
Ζυγὸς μὲ ἴσους βραχίονες.

στάσεις ἀπὸ τὸ κεντρικὸ τριγωνικὸ πρίσμα ὑπάρχουν δύο ἄλλα ὅμοια πρίσματα, ἀπὸ τὰ ὁποῖα κρεμοῦμε τοὺς δίσκους τοῦ ζυγοῦ. Οἱ ἀκμὲς τῶν τριῶν τριγωνικῶν πρισμάτων πρέπει νὰ εἶναι παράλληλες καὶ κάθετες στὸν ἴδιο ἄξονα x′x, καὶ οἱ δίσκοι τοῦ ζυγοῦ νὰ ἔχουν τὸ ἴδιο βάρος. Στὸ μέσον τῆς φάλαγγος εἶναι στερεωμένος δείκτης, ποὺ μπορεῖ νὰ κινῆται ἐμπρὸς ἀπὸ ἕνα βαθμολογημένο ἀκίνητο τόξο.

Ὅταν οἱ δίσκοι εἶναι κενοί, ὁ δείκτης πρέπει νὰ εὑρίσκεται στὸ 0 τοῦ βαθμολογημένου τόξου καὶ οἱ ἀκμὲς τῶν τριῶν πρισμάτων στὸ ἴδιο ὁριζόντιο ἐπίπεδο.

Ὅταν θέλωμε νὰ ζυγίσωμε ἕνα σῶμα ἀγνώστου βάρους **B**, τὸ τοποθετοῦμε στὸν ἕνα δίσκο τοῦ ζυγοῦ, ὁπότε ἡ ἰσορροπία καταστρέφεται. Γιὰ νὰ ἀποκατασταθῆ ἡ ἰσορροπία πρέπει, ἀφοῦ τοποθετήσωμε στὸν ἄλλο δίσκο σταθμὰ ἔστω βάρους B_1 (σχ. 12 · 1 β),



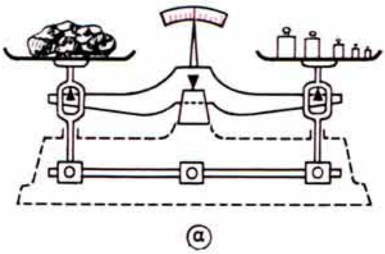
Σχ. 12·1 β.

ἡ ροπὴ τοῦ ἀγνώστου βάρους B ὡς πρὸς τὸν ἄξονα O νὰ ἰσοῦται μὲ τὴν ροπὴ τοῦ βάρους τῶν σταθμῶν B_1 ὡς πρὸς τὸν ἴδιο ἄξονα, δηλαδὴ νὰ ἰσχύη ἡ σχέσι $B \cdot MO = B_1 \cdot ON$. Ἐπειδὴ ὅμως $MO = ON$, θὰ εἶναι καὶ $B = B_1$. Ἑπομένως τὸ ἄγνωστο βάρος τοῦ σώματος ποὺ θέλομε νὰ ζυγίσωμε, εἶναι ἴσο μὲ τὸ βάρος τῶν σταθμῶν ποὺ τοποθετήσαμε στὸν ἄλλο δίσκο.

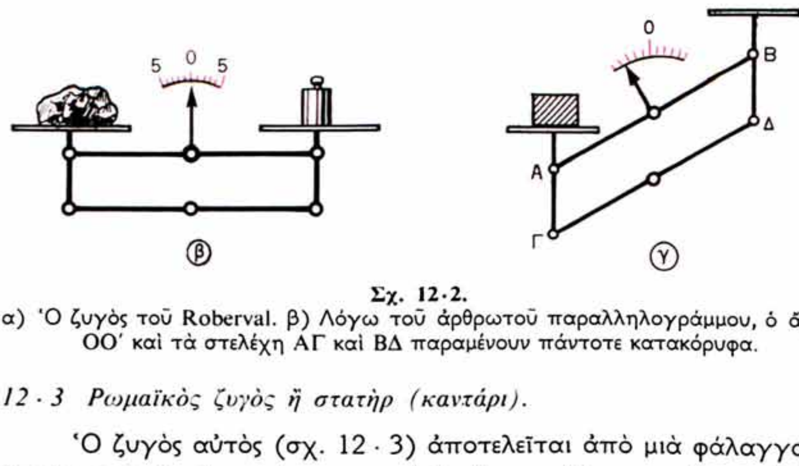
12 · 2 Ζυγὸς τοῦ Roberval.

Ὁ ζυγὸς τοῦ **Roberval** [Ρομπερβάλ, σχ. 12 · 2(α)] ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο φάλαγγες ἴσες. Ἡ μία ἀπὸ αὐτὲς στρέφεται περὶ τὴν ἀκμὴ ἑνὸς τριγωνικοῦ πρίσματος, ἐνῶ ἡ ἄλλη, ἡ ὁποία ὀνομάζεται καὶ ***ἀντιφάλαγξ***, στρέφεται περὶ ἄξονα, ποὺ διέρχεται ἀπὸ τὸ μέσον της. Οἱ δύο ἄξονες, ποὺ διέρχονται ἀπὸ τὰ σημεῖα O καὶ O', εἶναι ὁριζόντιοι, παράλληλοι καὶ εὑρίσκονται στὸ ἴδιο κατακόρυφο ἐπίπεδο (σχ. 12 · 2 β).

Οἱ δύο φάλαγγες ἀρθρώνονται στὰ ἄκρα τους μὲ δύο κατακόρυφα στελέχη ΑΓ καὶ ΒΔ, ἐπάνω ἀπὸ τὰ ὁποῖα τοποθετοῦνται οἱ δίσκοι τοῦ ζυγοῦ. Σχηματίζεται λοιπὸν ἕνα ἀρθρωτὸ παραλληλόγραμμο, ποὺ ἔχει τὴν ἰδιότητα, ὅταν μετακινοῦνται οἱ δύο πλευρές του ΑΓ καὶ ΒΔ, νὰ παραμένουν πάντοτε κατακόρυφοι. Γι' αὐτὸ καὶ οἱ δύο δίσκοι εἶναι πάντοτε ὁριζόντιοι [σχ. 12 · 2 (γ)].



Στὸν ζυγὸ μὲ ἴσους βραχίονες καὶ στὸν ζυγὸ τοῦ Roberval μποροῦμε νὰ ἀντιμεταθέσωμε τὰ βάρη τῶν δίσκων, χωρὶς νὰ καταστραφῇ ἡ ἰσορροπία.



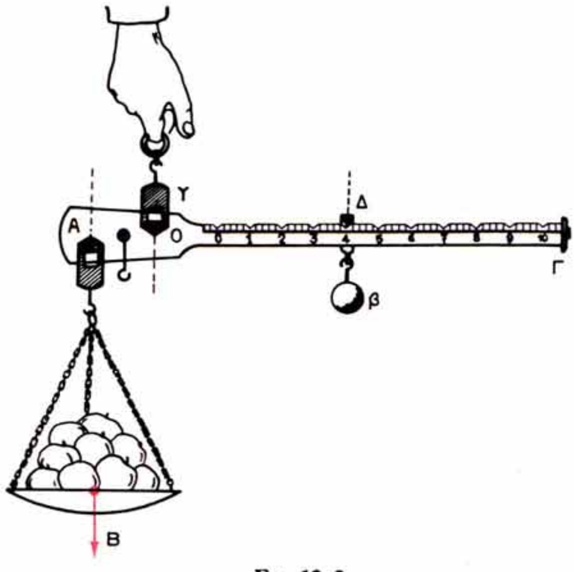
Σχ. 12·2.
α) Ὁ ζυγὸς τοῦ Roberval. β) Λόγω τοῦ ἀρθρωτοῦ παραλληλογράμμου, ὁ ἄξων ΟΟ' καὶ τὰ στελέχη ΑΓ καὶ ΒΔ παραμένουν πάντοτε κατακόρυφα.

12 · 3 Ρωμαϊκὸς ζυγὸς ἢ στατὴρ (καντάρι).

Ὁ ζυγὸς αὐτὸς (σχ. 12 · 3) ἀποτελεῖται ἀπὸ μιὰ φάλαγγα, ἡ ὁποία μπορεῖ νὰ στρέφεται περὶ ὁριζόντιο ἄξονα, ποὺ περνᾶ ἀπὸ τὸ σημεῖο Ο. Ἡ φάλαγξ χωρίζεται ἀπὸ τὸν ἄξονα αὐτὸν σὲ δύο ἀνίσους βραχίονες ΟΑ καὶ ΟΓ. Ἀπὸ τὸ σημεῖο Α στηρίζεται δίσκος, ὅπου τοποθετοῦμε τὸ σῶμα ποὺ θέλομε νὰ ζυγίσωμε. Ὁ μεγάλος βραχίων ΟΓ φέρει σὲ ἴσα διαστήματα βαθμολογημένες αὐλακώσεις. Ἀπὸ αὐτὲς συγκρατεῖται σταθερὸ ἀντίβαρο β, ποὺ μπορεῖ νὰ κινῆται σὲ ὅλο τὸ μῆκος τοῦ βραχίονος ΟΓ.

Ὅταν στὸν δίσκο δὲν ὑπάρχη φορτίο, ἡ φάλαγξ ἰσορροπεῖ ὁριζοντίως, ἀλλὰ μόνο ὅταν τὸ ἀντίβαρο εὑρίσκεται στὴν θέσι 0.

Ὅταν θέλωμε νὰ ζυγίσωμε ἕνα σῶμα, τὸ τοποθετοῦμε στὸν δίσκο τοῦ ζυγοῦ, ὁπότε ἡ ἰσορροπία καταστρέφεται. Γιὰ νὰ ἐπιτύχωμε καὶ πάλι ἰσορροπία, μεταφέρομε τὸ ἀντίβαρο κατὰ μῆκος τοῦ βραχίονος ΟΓ.



Σχ. 12·3.
Ὁ Ρωμαϊκὸς ζυγὸς ἢ στατήρ.

Ἔστω π.χ. ὅτι τὸ σῶμα ποὺ θέλομε νὰ ζυγίσωμε ἔχει βάρος $B = 4$ kp, τὸ ἀντίβαρο ἔχει βάρος $\beta = 1$ kp καὶ ἡ ἀπόστασις $OA = 5$ cm.

Γιὰ νὰ ἰσορροπήση ἡ φάλαγξ ὁριζοντίως, πρέπει τὸ ἀντίβαρο νὰ μεταφερθῆ στὸ σημεῖο Δ, ὅπου $O\Delta = 20$ cm. Ἀφοῦ τώρα ἡ φάλαγξ ἰσορροπεῖ ὁριζοντίως, σύμφωνα μὲ ὅσα ἐμάθαμε, ἡ ροπὴ M τοῦ βάρους B ὡς πρὸς ἄξονα, ὁ ὁποῖος διέρχεται ἀπὸ τὸ O, θὰ εἶναι ἴση μὲ τὴν ροπὴ M′ τοῦ ἀντιβάρου β ὡς πρὸς τὸν ἴδιο ἄξονα, δηλαδὴ $M = M'$

ἢ $\quad B \cdot OA = \beta \cdot O\Delta \quad$ ἢ $\quad B = \dfrac{\beta \cdot O\Delta}{OA}.$

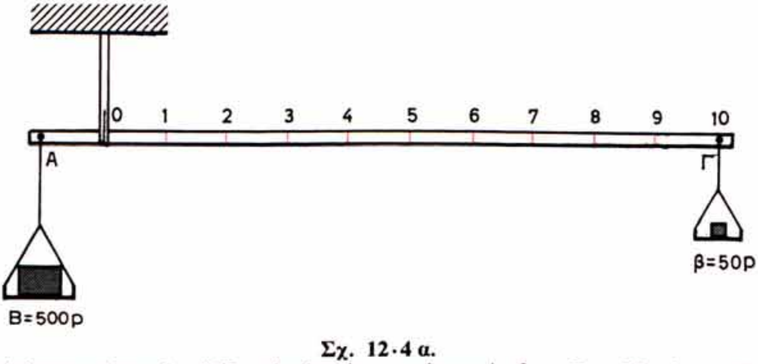
Ἂν στὸν τύπο αὐτὸ θέσωμε τὶς τιμὲς τοῦ ἀντιβάρου β καὶ τῶν μηκῶν ΟΔ καὶ ΟΑ, θὰ ἔχωμε:

$$\boxed{B = \frac{1\ \text{kp} \times 20\ \text{cm}}{5\ \text{cm}} = 4\ \text{kp}}$$

Στὴν πρᾶξι δὲν χρειάζεται βεβαίως μαθηματικὸς ὑπολογισμός, γιατὶ ὁ βραχίων ΟΓ εἶναι βαθμολογημένος καὶ ἔτσι δείχνει ἀμέσως τὴν τιμὴ βάρους τοῦ Β ποὺ ζητοῦμε, ἀνάλογα μὲ τὴν θέσι ποὺ εὑρίσκεται τὸ ἀντίβαρο β.

12 · 4 Ὁ δεκαπλασιαστικὸς ζυγός (πλάστιγξ).

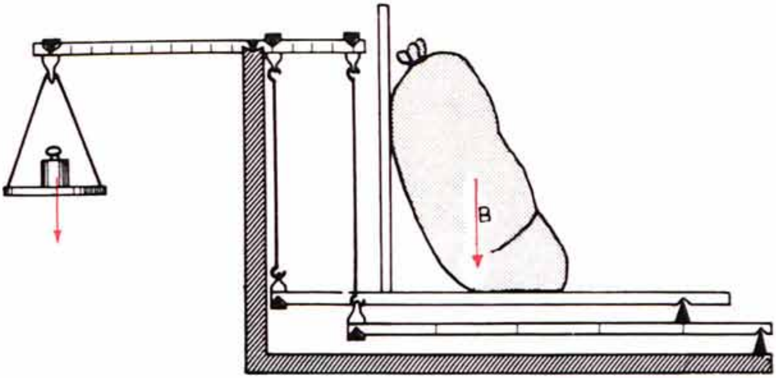
Λαμβάνομε ράβδο ΑΓ (σχ. 12 · 4 α), τὴν ὁποία στηρίζομε ἀπὸ ἕνα σημεῖο Ο ἔτσι, ὥστε ΓΟ = 10 · ΑΟ. Ἡ ράβδος λοιπὸν μπορεῖ νὰ στραφῇ περὶ ἄξονα, ποὺ διέρχεται ἀπὸ ἕνα της σημεῖο, τὸ Ο.



Σχ. 12·4 α.
Γιὰ νὰ ἰσορροπήση ἡ ράβδος ὁριζοντίως, πρέπει νὰ εἶναι Β = 10 · β, γιατὶ καὶ ΟΓ = 10 · ΑΟ.

Ἀπὸ τὰ σημεῖα Α καὶ Γ τῆς ράβδου κρεμοῦμε δύο δίσκους μὲ τόσο βάρος, ὥστε, ὅταν οἱ δίσκοι εἶναι κενοί, ἡ ράβδος νὰ ἰσορροπῇ ὁριζοντίως. Ἂν στὸν δίσκο Γ τοποθετήσωμε ἕνα βάρος β = 50 p, τότε, γιὰ νὰ ἰσορροπήση ὁριζοντίως ἡ ράβδος, πρέπει νὰ τοποθετήσωμε στὸν ἄλλο δίσκο Α δεκαπλάσιο βάρος Β = 500 p. Αὐτὸ συμβαίνει, γιατὶ τὸ μῆκος ΓΟ εἶναι δεκαπλάσιο ἀπὸ τὸ μῆκος ΑΟ. Ἀφοῦ λοιπὸν τὰ βάρη Β καὶ β εἶναι δύο δυνάμεις παράλληλες καὶ μὲ τὴν ἴδια φορά, γιὰ νὰ ἰσορροπήση ἡ ράβδος σὲ ὁριζοντία θέσι, πρέπει οἱ ροπὲς τῶν δύο βαρῶν ὡς πρὸς τὸν ἄξονα Ο νὰ εἶναι ἴσες. Γιὰ νὰ συμβῇ ὅμως αὐτό, πρέπει τὸ βάρος Β νὰ εἶναι δεκαπλάσιο ἀπὸ τὸ βάρος β.

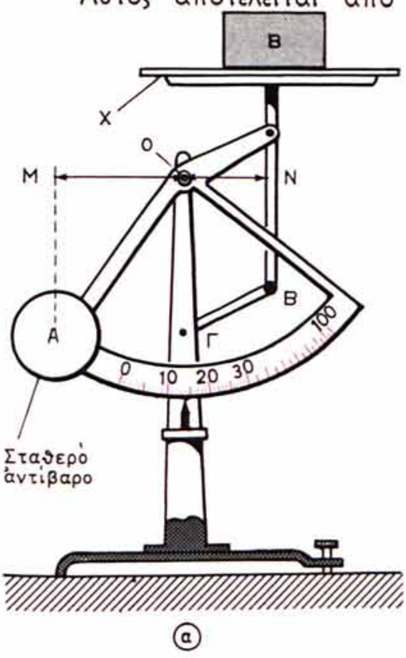
Ἐφαρμογὴ αὐτῶν ποὺ εἴπαμε ἔχομε στὸν δεκαπλασιαστικὸ ζυγὸ (σχ. 12 · 4 β), ὅπου τὰ σταθμὰ εἶναι ἴσα μὲ τὸ 1/10 τοῦ βάρους τοῦ σώματος, ποὺ θέλομε νὰ ζυγίσωμε.

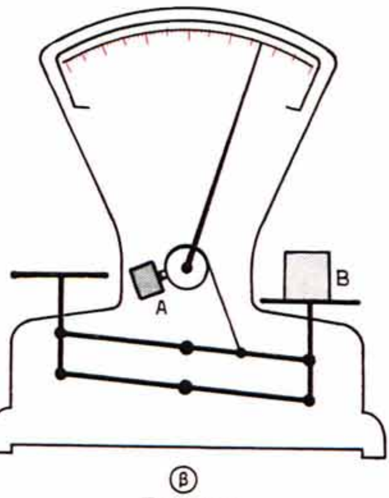


Σχ. 12·4 β.
Ὁ δεκαπλασιαστικὸς ζυγὸς (πλάστιγξ).

12 · 5 Ὁ ζυγὸς τῶν ἐπιστολῶν.

Αὐτὸς ἀποτελεῖται ἀπὸ ἀρθρωτὸ παραλληλόγραμμο [σχ. 12 · 5 (α)], τὸ ὁποῖο διατηρεῖ τὸν





Σχ. 12·5.
α) Ζυγὸς ἐπιστολῶν. β) Αὐτόματος ζυγός.

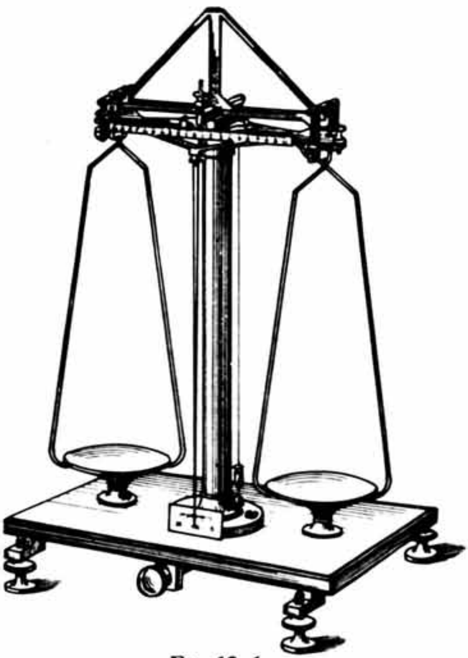
δίσκο τοῦ βάρους Β ὁριζόντιο. Γιὰ νὰ ἰσορροπήσῃ ὁ ζυγὸς πρέπει ἡ ροπὴ τοῦ βάρους Β, ὡς πρὸς τὸν ἄξονα, ὁ ὁποῖος περνᾷ ἀπὸ τὸ σημεῖο Ο, νὰ εἶναι ἴση μὲ τὴν ροπὴ τοῦ ἀντιβάρου Α, ὡς πρὸς τὸν ἴδιο ἄξονα. Δηλαδὴ ὁ δίσκος ἰσορροπεῖ, ὅταν: $B \cdot ON = A \cdot OM$.

Τὴν τιμὴ τοῦ βάρους Β διαβάζομε σὲ βαθμολογημένη κλίμακα μὲ ἄνισες ὑποδιαιρέσεις, ἡ ὁποία κινεῖται ἐμπρὸς ἀπὸ ἕνα δείκτη, ποὺ εὑρίσκεται στὸ ὑποστήριγμα τοῦ ζυγοῦ.

Ἄλλο εἶδος ζυγοῦ, ποὺ στηρίζεται στὴν ἴδια κατασκευαστικὴ ἀρχή, εἶναι ὁ ***αὐτόματος ζυγός*** [σχ. 12 · 5 (β)].

12 · 6 Χρῆσι τῶν ζυγῶν.

Ἀναλόγως τοῦ βάρους τοῦ σώματος, ποὺ θέλομε νὰ μετρήσωμε, πρέπει νὰ χρησιμοποιοῦμε καὶ τὸν κατάλληλο ζυγό.



Σχ. 12·6.
Πολὺ εὐαίσθητος ζυγός.

Ἔτσι, γιὰ μεγάλα π.χ. βάρη χρησιμοποιοῦμε τὸν δεκαπλασιαστικὸ ζυγό, ἐνῷ γιὰ πολὺ μεγάλα βάρη, ὅπως εἶναι τὸ βάρος ἑνὸς αὐτοκινήτου, χρησιμοποιοῦμε εἰδικοὺς ζυγοὺς μετρήσεως μεγάλων βαρῶν.

Γιὰ συνηθισμένες ζυγίσεις χρησιμοποιοῦμε τὸν αὐτόματο ζυγό, τὸν ζυγὸ τοῦ Roberval κ.λπ.

Ὅταν θέλωμε παρὰ πολὺ μεγάλη ἀκρίβεια στὶς ζυγίσεις μας, κυρίως γιὰ πολὺ μικρὰ βάρη, χρησιμοποιοῦμε εἰδικοὺς εὐαισθήτους ζυγοὺς μὲ ἴσους βραχίονες. Τέτοιοι εἶναι οἱ ζυγοὶ τῶν φαρμακείων (σχ. 12 · 6).

Προσοχή: Δὲν πρέπει ποτὲ νὰ τοποθετοῦμε στοὺς ζυγοὺς βάρος μεγαλύτερο ἀπὸ αὐτὸ ποὺ προβλέπεται ἀπὸ τὸν κατασκευαστή, γιατὶ διαφορετικὰ καταστρέφονται.

12 · 7 Ἀνακεφαλαίωσι.

1. Ὁ ζυγὸς μὲ ἴσους βραχίονες ἀποτελεῖται ἀπὸ μία φάλαγγα, τῆς ὁποίας ὁ ἄξων περιστροφῆς διέρχεται ἀπὸ τὸ μέσον της. Στὰ ἄκρα φέρει δύο δίσκους, πού, ὅταν εἶναι κενοὶ ἢ φέρουν ἴσα βάρη, ἰσορροποῦν τὴν φάλαγγα ὁριζοντίως.

2. Στὸν ζυγὸ τοῦ Roberval οἱ δύο δίσκοι στηρίζονται στὰ δύο ἄκρα τῆς φάλαγγος καὶ διατηροῦνται πάντοτε ὁριζόντιοι, λόγω τοῦ ἀρθρωτοῦ παραλληλογράμμου.

3. Ὁ Ρωμαϊκὸς ζυγὸς εἶναι ζυγὸς μὲ ἀνίσους βραχίονες. Σταθερὸ βάρος μετακινεῖται κατὰ μῆκος τοῦ βαθμολογημένου μεγάλου βραχίονος καὶ στὴν θέσι ἰσορροπίας διαβάζομε ἀπ' εὐθείας τὸ βάρος τοῦ σώματος ποὺ ζυγίζομε.

4. Ὁ δεκαπλασιαστικὸς ζυγὸς ἔχει ἀνίσους βραχίονες, ἀπὸ τοὺς ὁποίους ὁ ἕνας εἶναι δεκαπλάσιος ἀπὸ τὸν ἄλλο. Γι' αὐτό, τὸ βάρος τοῦ σώματος, ποὺ ζυγίζομε, εἶναι δεκαπλάσιο ἀπὸ τὸ βάρος τῶν σταθμῶν.

5. Στὸν αὐτόματο ζυγὸ καὶ τὸν ζυγὸ τῶν ἐπιστολῶν, ἡ τιμὴ τοῦ βάρους τοῦ σώματος ποὺ ζυγίζομε, διαβάζεται ἀπ' εὐθείας σὲ βαθμολογημένη κλίμακα.

6. Γιὰ πολὺ μεγάλη ἀκρίβεια χρησιμοποιοῦμε τὸν ζυγὸ τῶν φαρμακείων.

7. Κατὰ κανόνα σὲ ὅλους τοὺς ζυγούς, ὅταν ἰσορροποῦν, ἡ ροπὴ τοῦ βάρους τῶν σταθμῶν (ἢ τοῦ ἀντιβάρου), ὡς πρὸς τὸν ἄξονα στηρίξεως τῆς φάλαγγος, ἰσοῦται μὲ τὴν ροπὴ τοῦ βάρους τοῦ σώματος ποὺ ζυγίζομε, ὡς πρὸς τὸν ἴδιο ἄξονα.

12 · 8 Ἐρωτήσεις.

1. Περιγράψετε τοὺς ζυγοὺς ποὺ ἐμάθαμε.

2. Σὲ ποιούς ζυγοὺς μποροῦμε νὰ ἀντιμεταθέσωμε τὰ βάρη τῶν δίσκων καὶ σὲ ποιούς ὄχι;

3. Πότε ὁ ζυγὸς ἰσορροπεῖ;

4. Σὲ τί ἐξυπηρετεῖ τὸ ἀρθρωτὸ παραλληλόγραμμο τοῦ ζυγοῦ τοῦ Roberval;

5. Ποιά εἶναι τὰ χαρακτηριστικὰ τοῦ Ρωμαϊκοῦ καὶ ποιά τοῦ δεκαπλασιαστικοῦ ζυγοῦ;

6. Τί εἶναι ἡ πλάστιγξ;

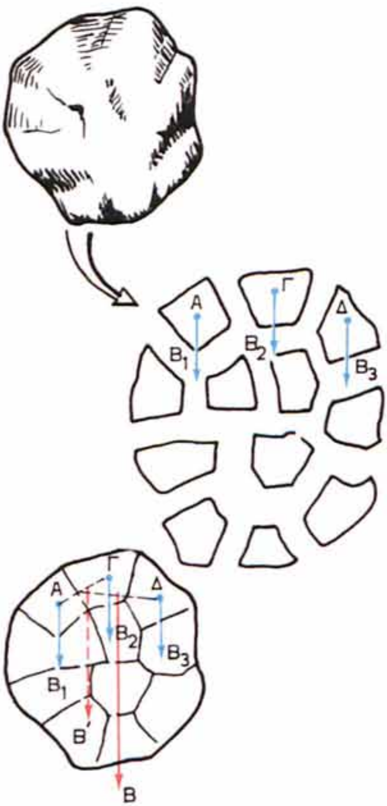
7. Τί πρέπει νὰ προσέχωμε στὶς ζυγίσεις, γιὰ νὰ διατηρῇ ὁ ζυγὸς τὴν ἀκρίβειά του;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13

ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ

13·1 Κέντρο βάρους σώματος.

Γνωρίζομε ὅτι ὅλα τὰ σώματα, ποὺ εὑρίσκονται στὴν Γῆ, ἔχουν βάρος. Τὸ βάρος τῶν σωμάτων εἶναι μία δύναμι μὲ κατακόρυφο διεύθυνσι καὶ μὲ φορὰ ἐκ τῶν ἄνω πρὸς τὰ κάτω.



Σχ. 13·1.
Τὸ βάρος ἑνὸς σώματος ἰσοῦται μὲ τὴν συνισταμένη, τὴν ὁποία συνθέτουν ὅλα τὰ βάρη τῶν πολὺ μικρῶν κομματιῶν, ἀπὸ τὰ ὁποῖα ἀποτελεῖται τὸ σῶμα.

Ἂν ἀφίσωμε ἕνα σῶμα ἐλεύθερο, π.χ. μία πέτρα (σχ. 13·1), γνωρίζομε ὅτι θὰ πέση στὸ ἔδαφος. Τὸ ἴδιο θὰ συμβῆ καὶ ἂν κόψωμε τὴν πέτρα σὲ πολὺ μικρὰ κομμάτια καὶ τὰ ἀφίσωμε ἐλεύθερα. Τὰ κομμάτια τῆς πέτρας θὰ πέσουν στὸ ἔδαφος, γιατὶ καὶ αὐτὰ ἔχουν βάρος. Κάθε σῶμα ἑπομένως μπορεῖ νὰ θεωρηθῆ ὅτι ἀποτελεῖται ἀπὸ πολὺ μικρὰ κομμάτια, πάνω στὰ ὁποῖα ἐπιδρᾶ μιὰ δύναμι κατακόρυφος καὶ μὲ φορὰ πρὸς τὸ ἔδαφος. Ἄρα ὅλες αὐτὲς οἱ δυνάμεις εἶναι παράλληλες καὶ μὲ τὴν ἴδια φορά. Ἡ συνισταμένη τῶν δυνάμεων αὐτῶν εἶναι τὸ βάρος τοῦ σώματος.

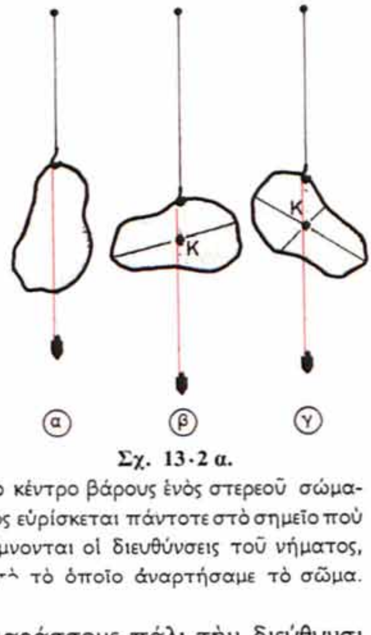
Τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς τῆς συνισταμένης αὐτῆς, δηλαδὴ τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς τοῦ βάρους τοῦ σώματος, ὀνομάζεται ***κέντρο βάρους*** τοῦ σώματος.

Κέντρο βάρους ἑνὸς σώματος ὀνομάζεται τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς τῆς συνισταμένης τῶν βαρῶν τῶν πολὺ μικρῶν κομματιῶν, ἀπὸ τὰ ὁποῖα ἀποτελεῖται τὸ σῶμα. Δηλαδὴ κέντρο βάρους σώματος εἶναι τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς τοῦ βάρους του.

Γιὰ εὐκολία στοὺς ὑπολογισμούς μας θεωροῦμε πολλὲς φορὲς ὅτι ὅλο τὸ βάρος ἑνὸς σώματος εὑρίσκεται συγκεντρωμένο στὸ κέντρο βάρους του.

13 · 2 Κέντρο βάρους πλακός.

Γιὰ νὰ ὁρίσωμε σὲ μία πλάκα, π.χ. μεταλλικὴ ἢ γυάλινη, τὸ κέντρο βάρους της, τὴν κρεμοῦμε μὲ ἕνα νῆμα ἀπὸ τυχαῖο σημεῖο Α τῆς περιμέτρου της [σχ. 13 · 2 α (α)]. Ἀπὸ τὸ ἴδιο σημεῖο Α κρεμοῦμε κατόπιν τὸ νῆμα τῆς στάθμης· ὕστερα ἐπάνω στὴν πλάκα χαράσσομε τὴν διεύθυνσι ποὺ δείχνει τὸ νῆμα. Ἡ διεύθυνσι αὐτὴ εἶναι καὶ ἡ διεύθυνσι τῆς κατακορύφου. Παρατηροῦμε τώρα ὅτι ἡ διεύθυνσι ποὺ ἔχει τὸ νῆμα ἀναρτήσεως, εἶναι προέκτασι τῆς διευθύνσεως τοῦ νήματος τῆς στάθμης. Ἑπομένως τὰ δύο νήματα σχηματίζουν κοινὴ κατακόρυφο (γιατί, ὅπως γνωρίζομε, ἀπὸ ἕνα σημεῖο διέρχεται μία καὶ μόνο κατακόρυφος). Ἐπαναλαμβάνομε τὸ πείραμα, ἀφοῦ ἀναρτήσωμε τὴν πλάκα ἀπὸ ἕνα ἄλλο, ὁποιοδήποτε σημεῖο τῆς περιμέτρου της [σχ. 13 · 2 α (β)], καὶ χαράσσομε πάλι τὴν διεύθυνσι τοῦ νήματος τῆς στάθμης. Τὸ σημεῖο Κ, στὸ ὁποῖο τέμνονται οἱ διευθύνσεις τοῦ νήματος, τὶς ὁποῖες ἐχαράξαμε πάνω στὴν πλάκα, εἶναι τὸ ***κέντρο βάρους*** της.



Σχ. 13·2 α.
Τὸ κέντρο βάρους ἑνὸς στερεοῦ σώματος εὑρίσκεται πάντοτε στὸ σημεῖο ποὺ τέμνονται οἱ διευθύνσεις τοῦ νήματος, ἀπὸ τὸ ὁποῖο ἀναρτήσαμε τὸ σῶμα.

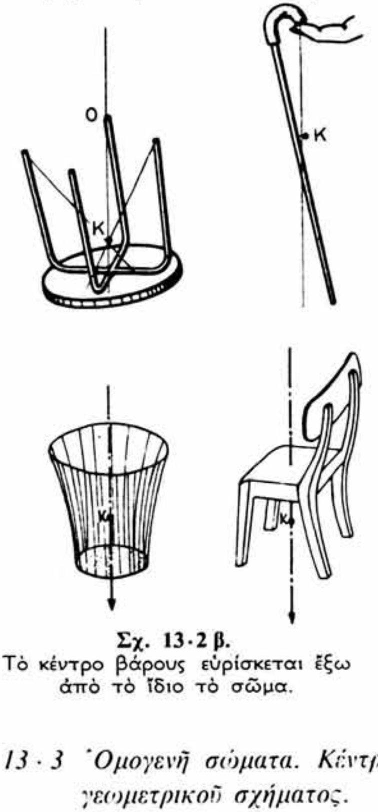
Ἐὰν ἀναρτήσωμε τὴν πλάκα ἀπὸ ἕνα τρίτο σημεῖο της, παρατηροῦμε ὅτι ἡ κοινὴ διεύθυνσι τῶν δύο νημάτων περνᾶ πάλι ἀπὸ τὸ κέντρο βάρους της [σχ. 13 · 2 α (γ)].

Κέντρο βάρους ὁποιουδήποτε σώματος.

Γιὰ νὰ εὕρωμε τὸ κέντρο βάρους ὁποιουδήποτε σώματος, χρησιμοποιοῦμε, πάλι, τὴν ἴδια μέθοδο. Κρεμοῦμε δηλαδὴ τὸ σῶμα ἀπὸ διάφορα σημεῖα του καὶ εὑρίσκομε τὸ σημεῖο, στὸ ὁποῖο τέμνονται οἱ προεκτάσεις τοῦ νήματος ἐξαρτήσεως.

Πολλὲς φορὲς ὅμως τὸ κέντρο βάρους ἑνὸς σώματος εὑρίσκεται μόνο κατὰ προσέγγισι, γιατὶ δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ χαραχθῇ ἡ προέκτασι τοῦ νήματος, ἀπὸ τὸ ὁποῖο ἀναρτᾶται τὸ σῶμα, ὅπως π.χ. τὸ κέντρο βάρους μιᾶς πέτρας.

Ἐξ ἄλλου εἶναι δυνατὸ τὸ κέντρο βάρους νὰ εὑρίσκεται ἔξω ἀπὸ τὸ ἴδιο τὸ σῶμα, ὅπως π.χ. σὲ ἕνα κάθισμα, ἕνα καλάθι, μία ράβδο (σχ. 13 · 2 β).

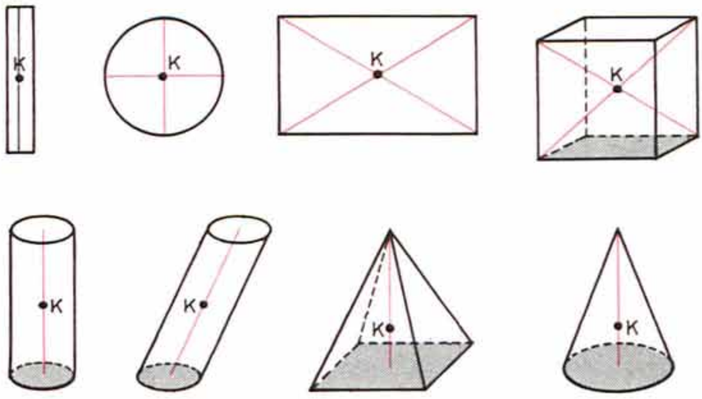


Σχ. 13·2 β.
Τὸ κέντρο βάρους εὑρίσκεται ἔξω ἀπὸ τὸ ἴδιο τὸ σῶμα.

Γιὰ νὰ εὕρωμε τὸ κέντρο βάρους ἑνὸς σώματος, κρεμοῦμε τὸ σῶμα ἀπὸ διάφορα σημεῖα του. Οἱ κατακόρυφοι, ποὺ διέρχονται ἀπὸ τὰ σημεῖα αὐτά, τέμνονται σὲ ἕνα σημεῖο. Τὸ σημεῖο αὐτὸ εἶναι τὸ ζητούμενο κέντρο βάρους τοῦ σώματος.

13 · 3 Ὁμογενῆ σώματα. Κέντρο βάρους ὁμογενῶν στερεῶν σωμάτων γεωμετρικοῦ σχήματος.

Ὁμογενῆ λέγονται τὰ σώματα, τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦνται ἀπὸ τὸ ἴδιο ὑλικό, ἀλλὰ ποὺ κατανέμεται ὁμοιόμορφα σὲ ὅλο τὸν ὄγκο τοῦ σώματός τους. Τέτοια σώματα εἶναι ὁ πάγος, τὸ γυαλί, μία ράβδος χάλυβος κ.λπ. Στὰ ὁμογενῆ σώματα, ποὺ ἔχουν συμμετρικὸ γεωμετρικὸ σχῆμα, τὸ κέντρο βάρους συμπίπτει μὲ τὸ γεωμετρικό τους κέντρο. Σὲ ἕνα κυκλικὸ δίσκο π.χ. τὸ κέντρο βάρους του εἶναι τὸ κέντρο τοῦ κύκλου, ἐνῶ σὲ ἕνα τετράγωνο τὸ κέντρο βάρους εἶναι ἡ τομὴ τῶν διαγωνίων του.

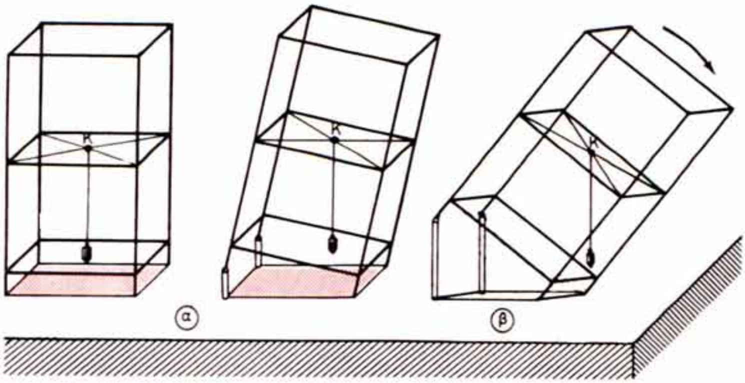


Σχ. 13·3.
Τὸ κέντρο βάρους ὁμογενῶν σωμάτων μὲ κανονικὸ γεωμετρικὸ σχῆμα συμπίπτει μὲ τὸ γεωμετρικό τους κέντρο.

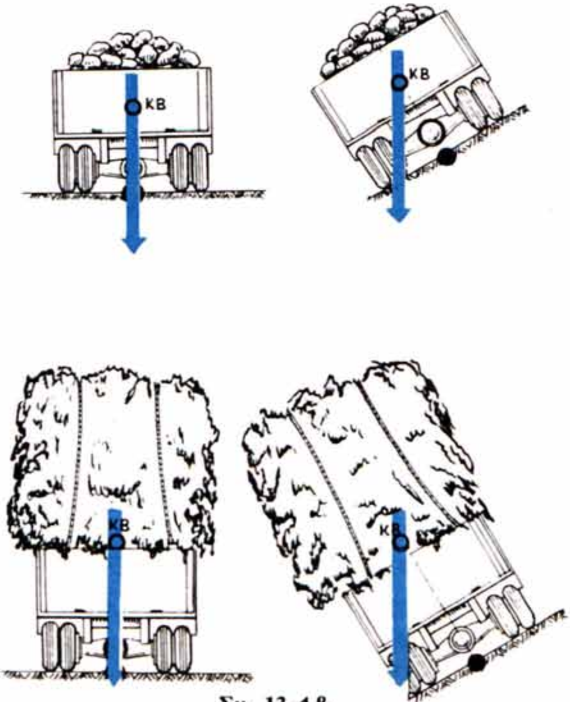
13 · 4 Ἰσορροπία σωμάτων.

Βάσι στηρίξεως ἑνὸς σώματος λέγεται ἡ ἐπιφάνεια, ἡ ὁποία περιορίζεται ἀπὸ τὰ ἀκραῖα σημεῖα ἐπαφῆς τοῦ σώματος μὲ τὸ ἐπίπεδο, στὸ ὁποῖο στηρίζεται τὸ σῶμα. Ἔστω τὸ στερεὸ σῶμα τοῦ σχήματος 13 · 4 α(α), τοῦ ὁποίου τὸ κέντρο βάρους εἶναι τὸ σημεῖο K. Ἀπὸ τὸ σημεῖο K ἐξαρτοῦμε τὸ νῆμα τῆς στάθμης, γιὰ νὰ μᾶς δείχνη τὴν διεύθυνσι τῆς κατακορύφου, ποὺ περνᾶ ἀπὸ τὸ κέντρο βάρους τοῦ σώματος. Τὸ σῶμα στηρίζεται σὲ ἕνα ὁριζόντιο ἐπίπεδο. Τοποθετοῦμε κάτω ἀπὸ τὰ δύο ἄκρα μιᾶς ἀκμῆς τοῦ σώματος ἀπὸ ἕνα ὑποστήριγμα ἔτσι, ὥστε τὸ σῶμα νὰ κλίνη πρὸς τὸ ἕνα μέρος. Παρατηροῦμε ὅτι, ἐφ' ὅσον τὰ ὑποστηρίγματα εἶναι μικροῦ ὕψους, ἡ κατακόρυφος, ποὺ μᾶς ὁρίζει τὸ νῆμα τῆς στάθμης, συναντᾶ τὴν βάσι στηρίξεως τοῦ σώματος καὶ τὸ σῶμα ἰσορροπεῖ. Ἂν ὅμως τοποθετήσωμε λίγο ψηλότερα ὑποστηρίγματα, ὁπότε ἡ κατακόρυφος, ποὺ διέρχεται ἀπὸ τὸ κέντρο βάρους, δὲν θὰ συναντᾶ τὴν βάσι στηρίξεως τοῦ σώματος, τὸ σῶμα ἀνατρέπεται [σχ. 13 · 4 α (β)].

Γιὰ νὰ ἰσορροπήση ἕνα σῶμα σὲ ὁριζόντιο ἐπίπεδο, πρέπει ἡ κατακόρυφος, ποὺ διέρχεται ἀπὸ τὸ κέντρο βάρους τοῦ σώματος, νὰ συναντᾶ τὴν βάσι στηρίξεώς του, γιατὶ διαφορετικὰ τὸ σῶμα ἀνατρέπεται.



Σχ. 13·4 α.
Ἐφ' ὅσον ἡ κατακόρυφος, ποὺ διέρχεται ἀπὸ τὸ κέντρο βάρους τοῦ σώματος συναντᾶ τὴν βάσι στηρίξεώς του, τὸ σῶμα ἰσορροπεῖ, διαφορετικὰ ἀνατρέπεται.



Σχ. 13·4 β.
Ὅταν τὸ κέντρο βάρους τοῦ αὐτοκινήτου εὑρίσκεται ψηλά, τὸ αὐτοκίνητο εὔκολα ἀνατρέπεται.

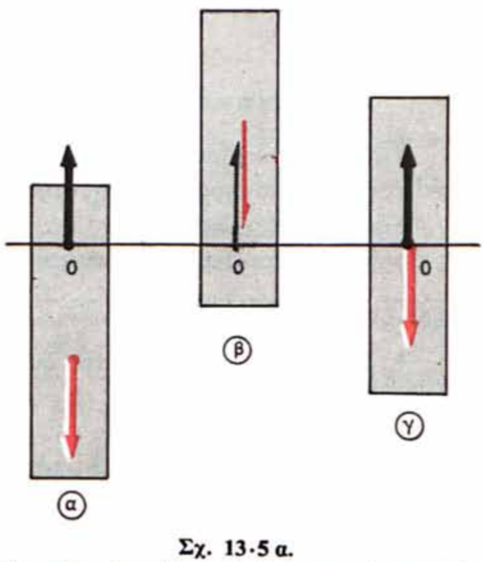
Γιὰ νὰ ἔχωμε μεγάλη εὐστάθεια σὲ ἕνα σῶμα, πρέπει νὰ μεταφέρωμε τὸ κέντρο βάρους του ὅσο τὸ δυνατὸν χαμηλότερα.

Ἔτσι, στὸ σχῆμα 13·4 β (α) βλέπομε ὅτι ἡ κατακόρυφος, ποὺ διέρχεται ἀπὸ τὸ κέντρο βάρους τοῦ φορτηγοῦ, συναντᾶ τὴν βάσι στηρίξεώς του καὶ γι' αὐτὸ τὸ αὐτοκίνητο δὲν ἀνατρέπεται. Στὸ σχῆμα ὅμως 13·4 β (β), μολονότι ἡ κλίσι τοῦ δρόμου εἶναι ἡ ἴδια, ἡ κατακόρυφος ποὺ διέρχεται ἀπὸ τὸ κέντρο βάρους δὲν συναντᾶ τὴν βάσι στηρίξεως τοῦ αὐτοκινήτου καὶ ἔτσι τὸ αὐτοκίνητο ἀνατρέπεται. Αὐτὸ συμβαίνει, γιατὶ τὸ κέντρο βάρους τοῦ αὐτοκινήτου εὑρίσκεται ὑψηλότερα, ἐξ αἰτίας τοῦ φορτίου.

Ἑπομένως ὅσο χαμηλότερα εὑρίσκεται τὸ κέντρο βάρους ἑνὸς σώματος, τόσο καλύτερα στηρίζεται τὸ σῶμα.

13·5 Εὐσταθής, ἀσταθὴς καὶ ἀδιάφορος ἰσορροπία σώματος.

Λαμβάνομε μία μεταλλικὴ πλάκα, τὴν ὁποία κρεμοῦμε ἀπὸ ἕνα της σημεῖο Ο [σχ. 13·5 α (α)]. Ἐὰν μετακινήσωμε τὴν πλάκα καὶ τὴν ἀφίσωμε ἐλευθέρα, βλέπομε ὅτι μετὰ ἀπὸ μερικὲς ταλαντώσεις ἐπανέρχεται στὴν ἀρχική της θέσι καὶ ἰσορροπεῖ. Ἂν τοποθετήσωμε τὴν πλάκα ἔτσι, ὥστε τὸ κέντρο βάρους της νὰ εὑρίσκεται πάνω ἀπὸ τὸ σημεῖο στηρίξεώς της [σχ. 13·5 α (β)], τότε αὐτή, σύμφωνα μὲ τὰ προηγούμενα (παράγρ. 13·4), θὰ ἰσορροπήση, ὅταν ἡ κατακόρυφος, ποὺ διέρχεται ἀπὸ τὸ κέντρο βάρους της, διέρχεται καὶ ἀπὸ τὸ σημεῖο στηρίξεώς της. Αὐτὸ βεβαίως δύσκολα ἐπιτυγχάνεται, γιατί, ἐὰν μετατοπίσωμε, ἔστω καὶ ἐλάχιστα, τὴν πλάκα, θὰ ἀνατραπῆ καὶ φυσικὰ δὲν θὰ ἐπανέλθη στὴν προηγουμένη θέσι ἰσορροπίας της.



Σχ. 13·5 α.
Εὐσταθής, ἀσταθὴς καὶ ἀδιάφορος ἰσορροπία.

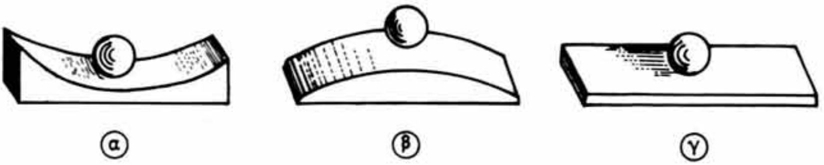
Στὴν πρώτη περίπτωσι ἡ ἰσορροπία τῆς πλάκας εἶναι ***εὐσταθής***, ἐνῶ στὴν δεύτερη ***ἀσταθής***.

Τέλος, ἂν ἀναρτήσωμε τὴν πλάκα ἀπὸ τὸ κέντρο βάρους της [σχ. 13 · 5 α (γ)], παρατηροῦμε ὅτι ἰσορροπεῖ σὲ ὁποιαδήποτε θέσι. Στὴν περίπτωσι αὐτὴ ἡ ἰσορροπία της εἶναι ***ἀδιάφορος***.

Σὲ ὅλες τὶς περιπτώσεις τὸ κέντρο βάρους ἔχει τὴν τάσι νὰ καταλαμβάνη τὴν χαμηλοτέρα δυνατὴ θέσι.

Τὰ ἴδια παρατηροῦμε καὶ στὸ σχῆμα 13 · 5 β (α): ἡ σφαίρα, ἐὰν μετακινηθῇ λίγο ἀπὸ τὴν θέσι ἰσορροπίας της, θὰ ἐπανέλθη στὴν ἀρχική της θέσι. Ἑπομένως ἡ ἰσορροπία της εἶναι εὐσταθής.

Στὸ σχῆμα ὅμως 13 · 5 β (β) ἡ ἰσορροπία εἶναι ἀσταθής, γιατί, ἐὰν ἡ σφαίρα μετακινηθῇ, ἔστω καὶ ἐλάχιστα, δὲν ἐπανέρχεται στὴν ἀρχικὴ θέσι ἰσορροπίας της.



Σχ. 13·5 β.
Ἡ σφαίρα καταλαμβάνει τὴν χαμηλοτέρα δυνατὴ θέσι.

Τέλος στὸ σχῆμα 13 · 5 β (γ) ἡ ἰσορροπία εἶναι ἀδιάφορος, γιατὶ ἡ σφαίρα ἰσορροπεῖ σὲ ὁποιαδήποτε θέσι.

Καὶ στὸ παράδειγμα αὐτὸ παρατηροῦμε ὅτι τὸ κέντρο βάρους τῆς σφαίρας καταλαμβάνει τὴν χαμηλοτέρα δυνατὴ θέσι.

13 · 6 Ἀνακεφαλαίωσι.

1. Κέντρο βάρους σώματος ὀνομάζεται τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς τῆς συνισταμένης τῶν βαρῶν τῶν πολὺ μικρῶν κομματιῶν, ἀπὸ τὰ ὁποῖα ἀποτελεῖται τὸ σῶμα.

2. Γιὰ νὰ προσδιορίσωμε τὸ κέντρο βάρους ἑνὸς σώματος, τὸ ἀναρτοῦμε ἀπὸ διάφορα σημεῖα του. Οἱ κατακόρυφες, ποὺ διέρχονται ἀπὸ τὰ σημεῖα αὐτά, τέμνονται σὲ ἕνα σημεῖο, τὸ ὁποῖο εἶναι τὸ κέντρο βάρους τοῦ σώματος.

3. Ὁμογενῆ λέγονται τὰ σώματα, τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦνται ἀπὸ τὸ ἴδιο ὑλικό, ποὺ εἶναι κατανεμημένο ὁμοιόμορφα σὲ ὅλο τὸν ὄγκο τοῦ σώματός τους.

4. Στὰ ὁμογενῆ σώματα μὲ γεωμετρικὸ σχῆμα, τὸ κέντρο βάρους τους συμπίπτει μὲ τὸ γεωμετρικό τους κέντρο.

5. Γιὰ νὰ ἰσορροπῆ ἕνα σῶμα σὲ ἕνα ὁριζόντιο ἐπίπεδο, πρέπει ἡ κατακόρυφος, ποὺ διέρχεται ἀπὸ τὸ κέντρο βάρους τοῦ σώματος, νὰ συναντᾶ τὴν βάσι στηρίξεώς του.

6. Ὅταν ἕνα σῶμα ἰσορροπῆ, τὸ κέντρο βάρους του ἔχει τὴν τάσι νὰ καταλαμβάνη τὴν χαμηλοτέρα δυνατὴ θέσι.

13 · 7 Ἐρωτήσεις.

1. Τί ὀνομάζεται κέντρο βάρους σώματος;
2. Πῶς εὑρίσκομε τὸ κέντρο βάρους σώματος;
3. Τί ὀνομάζεται βάσι στηρίξεως ἑνὸς σώματος;
4. Τί πρέπει νὰ συμβῆ γιὰ νὰ ἀνατραπῆ ἕνα σῶμα;
5. Γιατί τὰ αὐτοκίνητα, ποὺ μεταφέρουν ὑψηλὸ φορτίο, ἀνατρέπονται εὔκολα;
6. Γιατί τὰ αὐτοκίνητα, ποὺ χρησιμοποιοῦνται στοὺς ἀγῶνες, εἶναι πολὺ χαμηλά;
7. Πότε ἡ ἰσορροπία ἑνὸς σώματος ὀνομάζεται εὐσταθής, πότε ἀσταθὴς καὶ πότε ἀδιάφορος;

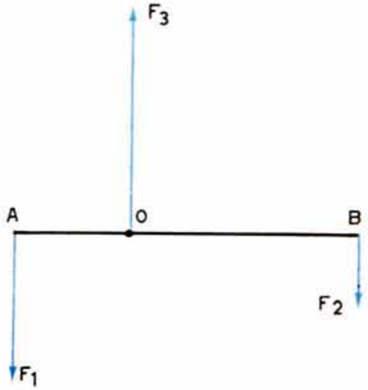
13 · 8 Ἀσκήσεις.

1. Μὲ κλίμακα 1 cm γιὰ 100 kp νὰ παρασταθοῦν γραφικῶς οἱ ἑξῆς δυνάμεις: 350 kp, 720 kp καὶ 80 kp.
2. Πόσα N εἶναι οἱ δυνάμεις 10 kp καὶ 18,2 kp;
3. Νὰ εὑρεθῆ γραφικῶς ἡ συνισταμένη δύο ἴσων δυνάμεων $F_1 = F_2 = 10$ kp, ποὺ ἐφαρμόζονται στὸ ἴδιο σημεῖο καὶ εἶναι κάθετες μεταξύ τους (κλῖμαξ 1 cm γιὰ 2 kp).
4. Νὰ εὑρεθῆ γραφικῶς ἡ συνισταμένη δύο συντρεχουσῶν δυνάμεων $F_1 = 6$ kp καὶ $F_2 = 8$ kp καθέτων μεταξύ τους (κλῖμαξ 1 cm γιὰ 1 kp).
5. Στὸ ἴδιο σημεῖο ἐφαρμόζονται τρεῖς ὁμοεπίπεδες δυνάμεις $F_1 = F_2 = F_3 = 6$ kp. Οἱ διευθύνσεις τους ἀνὰ δύο σχηματίζουν γωνία 120°. Νὰ εὑρεθῆ ἡ συνισταμένη τους.
6. Δύο δυνάμεις $F_1 = 5$ kp καὶ $F_2 = 15$ kp εἶναι παράλληλες, ὁμόρροπες καὶ ἐφαρμόζονται στὰ ἄκρα ράβδου μήκους AB = 40 cm, ποὺ τὸ βάρος της εἶναι ἀσήμαντο. Νὰ εὑρεθῆ ἡ συνισταμένη τῶν δύο δυνάμεων καὶ τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς της.
7. Ράβδος μὲ ἀσήμαντο βάρος ἔχει μῆκος AB = 80 cm. Ἀπὸ τὰ δύο ἄκρα της ἐξαρτῶμε δύο βάρη $B_1 = 500$ p καὶ $B_2 = 300$ p. Ἀπὸ ποιό σημεῖο πρέπει νὰ στηρίξωμε τὴν ράβδο, γιὰ νὰ ἰσορροπήση ὁριζοντίως; Πόσο βάρος θὰ σηκώνη τὸ ὑποστήριγμα;
8. Στὶς τρεῖς κορυφὲς τριγώνου Α, Β, Γ, ἐφαρμόζονται τρεῖς ἴσες καὶ

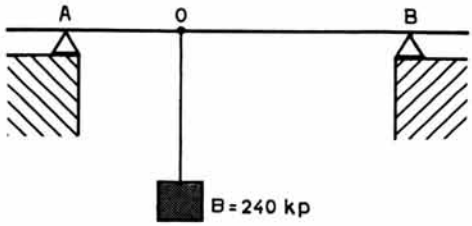
παράλληλες δυνάμεις $F_1 = F_2 = F_3 = 10$ kp. Νὰ εὑρεθῆ πόση εἶναι ἡ συνισταμένη τους καὶ ποιό εἶναι τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς της.

9. Νὰ εὑρεθῆ τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς καὶ ἡ ἔντασι τῆς συνισταμένης τῶν δυνάμεων (σχ. 13 · 8 α). Δίνεται: $F_1 = 10$ kp, $F_2 = 5$ kp, $F_3 = 15$ kp, AB = 30 cm, AO = 10 cm.

10. Νὰ ὑπολογισθῆ τὸ φορτίο ποὺ δέχεται κάθε ὑποστήριγμα τῆς δοκοῦ (σχ. 13 · 8 β).



Σχ. 13·8 α.



Σχ. 13·8 β.

Δίνεται: βάρος δοκοῦ ἀσήμαντο, μῆκος AB = 4,5 m, AO = 1,5 m καὶ βάρος B = 240 kp.

11. Πλαίσιο σχήματος τετραγώνου ἀποτελεῖται ἀπὸ 4 σύρματα. Κάθε σύρμα ἔχει μῆκος 10 cm. Νὰ εὑρεθῆ τὸ κέντρο βάρους τοῦ πλαισίου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14

ΚΙΝΗΣΙ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

14·1 Ἠρεμία καὶ κίνησι.

Ὅταν ἕνα αὐτοκίνητο τρέχῃ, παρατηροῦμε ὅτι συνεχῶς ἀλλάσσει θέσι καὶ ἡ ἀπόστασι ποὺ μᾶς χωρίζει ἀπὸ αὐτὸ συνεχῶς μεταβάλλεται. Ἄρα τὸ αὐτοκίνητο ***κινεῖται*** (σχ. 14·1). Συγχρόνως ὅμως κινοῦνται καὶ οἱ ἐπιβάτες, ποὺ εὑρίσκονται μέσα σ' αὐτό. Ἀλλὰ οἱ ἐπιβάτες βλέπουν ὁ ἕνας τὸν ἄλλο πάντοτε στὴν ἴδια θέσι.

Σχ. 14·1.
Τὸ αὐτοκίνητο κινεῖται, γιατὶ ἡ ἀπόστασί του ἀπὸ τὸ δένδρο συνεχῶς μεταβάλλεται.

Ἑπομένως, ὁ ἐπιβάτης τοῦ αὐτοκινήτου, ὡς πρὸς ἐμᾶς, ποὺ εἴμαστε ἔξω ἀπὸ τὸ αὐτοκίνητο, κινεῖται, γιατὶ μεταβάλλεται συνεχῶς ἡ ἀπόστασι ποὺ μᾶς χωρίζει ἀπὸ αὐτόν. Ὁ ἴδιος ἐπιβάτης ὅμως, ὡς πρὸς κάποιον ἄλλο, ποὺ καὶ αὐτὸς εὑρίσκεται στὸ αὐτοκίνητο δὲν κινεῖται, δηλαδὴ ***ἠρεμεῖ***, γιατὶ ἡ ἀπόστασι μεταξὺ τῶν δύο συνεπιβατῶν παραμένει συνεχῶς ἡ ἴδια.

Ἐὰν παρατηρήσωμε τὰ διάφορα ἐπίγεια σώματα (π.χ. σπίτια, βράχους, βουνά), διαπιστώνομε ὅτι ἠρεμοῦν, γιατὶ οἱ ἀποστάσεις, ποὺ τὰ χωρίζουν, παραμένουν σταθερές. Ἂν ὅμως σκεφθοῦμε ὅτι ἡ γῆ κινεῖται γύρω ἀπὸ τὸν ἥλιο, καταλήγομε στὸ συμπέρασμα ὅτι καὶ ὅλα τὰ ἐπίγεια σώματα κινοῦνται. Ἀντιλαμβανόμαστε λοιπὸν ὅτι ἡ ἠρεμία καὶ ἡ κίνησι εἶναι ἔννοιες σχετικές. Γι' αὐτό, ὅταν λέμε ὅτι ἕνα σῶμα κινεῖται ἢ ἠρεμεῖ, πρέπει νὰ προσδιορίζωμε καὶ ὡς πρὸς ποιό ἄλλο σῶμα (ἢ σώματα) κινεῖται ἢ ἠρεμεῖ.

Ἡ ἠρεμία καὶ ἡ κίνησι εἶναι ἔννοιες σχετικές. Ἕνα σῶμα κινεῖται, ὅταν μεταβάλλη θέσι σὲ ἕνα χῶρο, ποὺ τὸν θεωροῦμε ἀκίνητο, ἐνῶ ἠρεμεῖ, ὅταν διατηρῇ τὴν ἴδια θέσι στὸν χῶρο αὐτό.

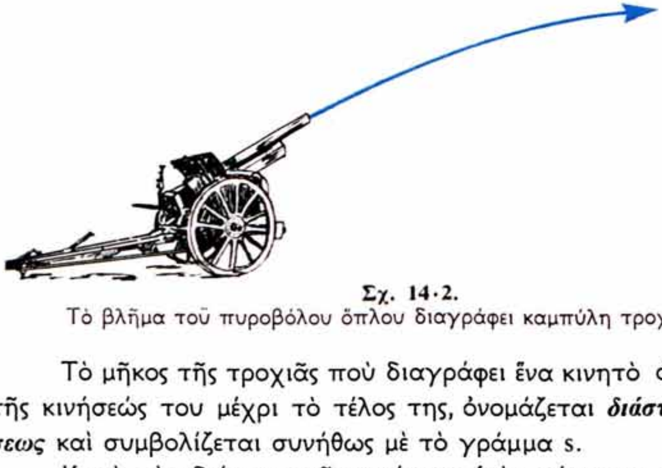
Στὴν φύσι δὲν ὑπάρχει ἀπόλυτη ἠρεμία.

14 · 2 Τροχιά, διάστημα, χρόνος κινήσεως. Εὐθύγραμμη ὁμαλὴ κίνησι.

Κατὰ τὴν κίνησί τους, τὰ σώματα ἀλλάσσουν συνεχῶς θέσι στὸν χῶρο. Ἂν ἑνώσωμε τὶς διαδοχικὲς αὐτὲς θέσεις, ποὺ καταλαμβάνει ἕνα σῶμα κατὰ τὴν κίνησί του, σχηματίζομε μία γραμμή, ἡ ὁποία ὀνομάζεται ***τροχιὰ*** τοῦ κινητοῦ.

Ὅταν ἡ τροχιὰ ἑνὸς κινητοῦ εἶναι εὐθεία γραμμή, ἡ κίνησί του ὀνομάζεται ***εὐθύγραμμη κίνησι***.

Ὅταν ἡ τροχιὰ εἶναι καμπύλη γραμμή, ἡ κίνησι τοῦ κινητοῦ ὀνομάζεται ***καμπυλόγραμμη κίνησι*** (σχ. 14 · 2).



Σχ. 14·2.
Τὸ βλῆμα τοῦ πυροβόλου ὅπλου διαγράφει καμπύλη τροχιά.

Τὸ μῆκος τῆς τροχιᾶς ποὺ διαγράφει ἕνα κινητὸ ἀπὸ τὴν ἀρχὴ τῆς κινήσεώς του μέχρι τὸ τέλος της, ὀνομάζεται ***διάστημα τῆς κινήσεως*** καὶ συμβολίζεται συνήθως μὲ τὸ γράμμα s.

Κατὰ τὴν διάρκεια τῆς κινήσεως ἑνὸς σώματος μᾶς ἐνδιαφέρει καὶ ἡ χρονικὴ διάρκεια, δηλαδὴ ὁ χρόνος τῆς κινήσεως. Ὁ χρόνος συμβολίζεται μὲ τὸ γράμμα t.

Ἔστω ὅτι ταξιδεύομε μὲ σιδηρόδρομο σὲ εὐθεῖες σιδηροδρομικὲς γραμμὲς καὶ διασχίζομε μία μεγάλη πεδιάδα. Μετροῦμε τὸν χρόνο, ποὺ ἀπαιτεῖται γιὰ κάθε 1000 m διαδρομῆς καὶ εὑρίσκομε π.χ. ὅτι ὁ χρόνος αὐτὸς εἶναι κάθε φορὰ ὁ ἴδιος, εἶναι δηλαδὴ σταθερός. Στὴν περίπτωσι αὐτὴ λέμε ὅτι ὁ σιδηρόδρομος κινεῖται εὐθυγράμμως, γιατὶ κινεῖται σὲ εὐθεία γραμμή, καὶ ὁμαλῶς, γιατὶ σὲ ἴσους χρόνους διανύει ἴσα διαστήματα (ἀφοῦ γιὰ κάθε 1000 m ἀπαιτεῖται κάθε φορὰ ὁ ἴδιος χρόνος).

Ἡ κίνησι αὐτὴ τοῦ σιδηροδρόμου ὀνομάζεται ***εὐθύγραμμη ὁμαλὴ κίνησι.***

Ἕνα κινητὸ ἐκτελεῖ εὐθύγραμμη ὁμαλὴ κίνησι, ὅταν ἡ τροχιά του εἶναι εὐθύγραμμη καὶ σὲ ἴσους χρόνους διανύει ἴσα διαστήματα.

14 · 3 Ταχύτης κατὰ τὴν εὐθύγραμη ὁμαλὴ κίνησι.

Τὸ πόσο γρήγορα ἕνα κινητὸ διανύει μία ἀπόστασι, δηλαδὴ ἕνα διάστημα, καθορίζεται μὲ τὸ φυσικὸ μέγεθος, ποὺ ὀνομάζεται ***ταχύτης*** τοῦ κινητοῦ καὶ συμβολίζεται μὲ τὸ γράμμα υ. Ἡ ταχύτης ἑνὸς κινητοῦ μᾶς προσδιορίζει τὸν ρυθμὸ μὲ τὸν ὁποῖο γίνεται μία κίνησι.

Ὅταν π.χ. λέμε ὅτι ἕνα αὐτοκίνητο ἔχει μεγάλη ταχύτητα, ἐννοοῦμε ὅτι τρέχει πολὺ γρήγορα.

Στὴν εὐθύγραμμη ὁμαλὴ κίνησι ἡ ταχύτης τοῦ κινητοῦ ἰσοῦται μὲ τὸ πηλίκον τοῦ διαστήματος s, ποὺ διατρέχει τὸ κινητὸ σὲ ὁρισμένο χρόνο t, διὰ τοῦ χρόνου αὐτοῦ.

$$\boxed{\text{ΤΑΧΥΤΗΣ} = \frac{\text{ΔΙΑΣΤΗΜΑ}}{\text{ΧΡΟΝΟΣ}}} \quad \text{ἤ} \quad \boxed{\upsilon = \frac{s}{t}}$$

Ἔτσι, γιὰ νὰ ὑπολογίσωμε τὴν ταχύτητα υ ἑνὸς κινητοῦ, ποὺ κινεῖται εὐθυγράμμως καὶ ὁμαλῶς, πρέπει νὰ μετρήσωμε τὸ διάστημα s καὶ τὸν χρόνο t, ποὺ χρειάζεται τὸ κινητὸ γιὰ νὰ διανύση τὸ διάστημα s.

Τὸ πηλίκον τῆς διαιρέσεως τοῦ διαστήματος διὰ τοῦ χρόνου μᾶς δίνει τὴν ζητουμένη ταχύτητα τοῦ κινητοῦ.

Παράδειγμα.

Κινητό, ποὺ κινεῖται εὐθυγράμμως καὶ ὁμαλῶς, διανύει διάστημα $s = 120$ km σὲ χρόνο $t = 3$ h. Νὰ εὑρεθῇ ἡ ταχύτης του υ.

Λύσι :

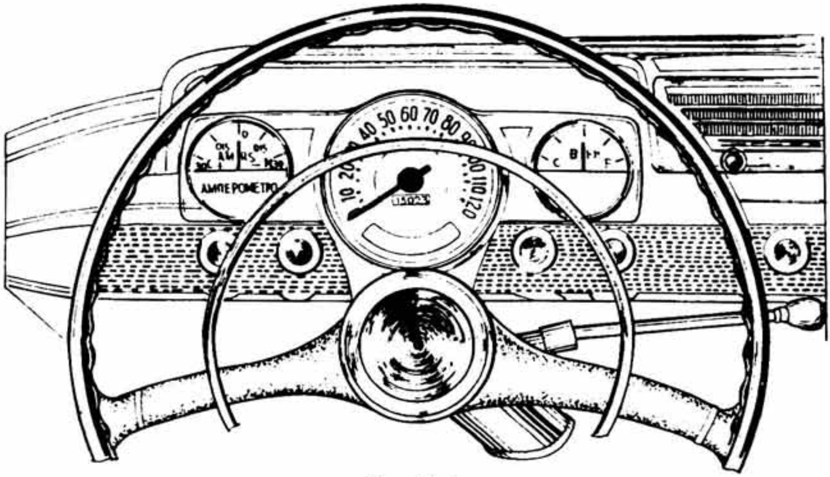
Γιὰ νὰ εὕρωμε τὴν ζητουμένη ταχύτητα, ἐφαρμόζομε τὸν τύπο: $\upsilon = \frac{s}{t}$

καὶ ἔχομε: $\upsilon = \frac{120\ \text{km}}{3\ \text{h}} = 40\ \frac{\text{km}}{\text{h}}$.

Ἄρα ἡ ταχύτης τοῦ κινητοῦ εἶναι: $\upsilon = 40\ \frac{\text{km}}{\text{h}}$.

14 · 4 Ἐπιταχυνομένη καὶ ἐπιβραδυνομένη κίνησι. Μέση ταχύτης.

Εἶναι γνωστὸ ὅτι στὰ αὐτοκίνητα ὑπάρχει ἕνα ὄργανο, ποὺ ὀνομάζεται ***ταχύμετρο*** (compteur, κοντέρ). Τὸ ὄργανο αὐτὸ μᾶς δείχνει συνεχῶς τὴν ταχύτητα, μὲ τὴν ὁποία κινεῖται τὸ αὐτοκίνητο (σχ. 14 · 4).



Σχ 14·4.
Τὸ ταχύμετρο μᾶς δείχνει κάθε στιγμὴ τὴν ταχύτητα τοῦ αὐτοκινήτου.

Ἔστω λοιπὸν ὅτι ταξιδεύομε μὲ αὐτοκίνητο καὶ διαβάζομε συνεχῶς στὸ ταχύμετρο τὴν ταχύτητά του. Παρατηροῦμε ὅτι ἡ ταχύτης αὐτὴ δὲν εἶναι σταθερὴ σὲ ὅλο τὸ ταξίδι, ἀλλὰ συνεχῶς μεταβάλλεται. Ἑπομένως ἡ κίνησι τοῦ αὐτοκινήτου εἶναι ***μεταβαλλομένη***.

Ὅταν ἡ ταχύτης ἑνὸς κινητοῦ μεγαλώνη, ὅπως π.χ. κατὰ τὴν ἐκκίνησι τοῦ αὐτοκινήτου, τότε ἡ κίνησί του ὀνομάζεται ***ἐπιταχυνομένη***, καὶ λέμε ὅτι τὸ σῶμα ἀποκτᾶ ***ἐπιτάχυνσι***, τὴν ὁποία συμβολίζομε μὲ τὸ γράμμα γ.

Ὅταν ἡ ταχύτης ἑνὸς κινητοῦ ἐλαττώνεται, ὅπως ὅταν τὸ αὐτοκίνητο φρενάρη, τότε ἡ κίνησι ὀνομάζεται ***ἐπιβραδυνομένη***. Ἔστω ὅτι ἕνα αὐτοκίνητο διανύει σὲ ὁρισμένο χρόνο t μία μεγάλη ἀπόστασι s μὲ μεταβαλλομένη ταχύτητα· ἔχει δηλαδὴ κίνησι πότε ἐπιταχυνομένη καὶ πότε ἐπιβραδυνομένη.

Ἕνα ἄλλο ὅμως αὐτοκίνητο μπορεῖ νὰ διανύση καὶ αὐτὸ τὴν ἴδια ἀπόστασι, ἔχοντας σταθερὴ ταχύτητα, στὸν ἴδιο ἀκριβῶς χρόνο t.

Ἡ ταχύτης αὐτὴ τοῦ δευτέρου αὐτοκινήτου ἰσοδυναμεῖ μὲ τὴν ***μέση ταχύτητα*** τοῦ πρώτου αὐτοκινήτου, ποὺ ἐκτελεῖ μεταβαλλομένη κίνησι, συμβολίζεται δὲ μὲ τὸ γράμμα $\bar{\upsilon}$.

Μέση ταχύτης $\bar{\upsilon}$ ἑνὸς κινητοῦ, ποὺ ἐκτελεῖ μεταβαλλομένη κίνησι, ὀνομάζεται ἡ σταθερὴ ταχύτης ἑνὸς ἄλλου κινητοῦ, τὸ ὁποῖο διανύει τὸ ἴδιο διάστημα μὲ τὸ πρῶτο κινητὸ στὸν ἴδιο ἀκριβῶς χρόνο t.

Μερικὲς μέσες ταχύτητες σὲ km/h εἶναι οἱ ἑξῆς:

Πεζὸς	5 km/h
Ποδηλάτης	20 km/h
Αὐτοκίνητο σὲ ἐλεύθερο δρόμο	100 km/h
Ἀεροπλάνο (ἑλικοφόρο)	400 km/h
Ἀεροπλάνο (ἀεριωθούμενο)	1 000 km/h
Ταχύτης ἤχου στὸν ἀέρα (1 max)	1 220 km/h
Σφαίρα ὅπλου	1 800 km/h
Πύραυλος	9 000 km/h
Τεχνητὸς δορυφόρος	28 000 km/h
Ταχύτης φωτὸς στὸ κενὸ	10 800 000 000 km/h (ἢ 300 000 km/sec).

Παράδειγμα.

Αὐτοκίνητο ξεκινᾶ ἀπὸ τὴν Ἀθήνα καὶ φθάνει στὴν Θεσσαλονίκη μετὰ ἀπὸ χρόνο $t = 7{,}5$ h. Ἂν ἡ ἀπόστασι Ἀθηνῶν - Θεσσαλονίκης εἶναι $s = 540$ km, νὰ εὑρεθῆ ἡ μέση ταχύτης $\bar{\upsilon}$ τοῦ αὐτοκινήτου.

Λύσι:

Γιὰ νὰ εὕρωμε τὴν μέση ταχύτητα τοῦ αὐτοκινήτου, ἐφαρμόζομε τὸν τύπο: $\bar{\upsilon} = \frac{s}{t}$ καὶ ἔχομε:

$$\bar{\upsilon} = \frac{s}{t} = \frac{540}{7{,}5} = 72\,\frac{km}{h}.$$

Ἄρα ἡ μέση ταχύτης τοῦ αὐτοκινήτου εἶναι:

$$\bar{\upsilon} = 72 \frac{km}{h}.$$

14 · 5 Ἐπιτάχυνσι - Μονάδες ἐπιταχύνσεως.

Ἔστω ὅτι ἕνα κινητὸ κινεῖται μὲ ἐπιταχυνομένη κίνησι. Σύμφωνα μὲ τὰ προηγούμενα, μετὰ ἀπὸ χρόνο t ἡ ταχύτης του θὰ αὐξηθῇ ἀπὸ υ_1 σὲ υ_2, δηλαδὴ θὰ μεταβληθῇ κατὰ $\upsilon_2 - \upsilon_1$.

Τὸ πηλίκον τῆς μεταβολῆς τῆς ταχύτητος $\upsilon_2 - \upsilon_1$ διὰ τοῦ χρόνου t, μέσα στὸν ὁποῖο ἔγινε ἡ μεταβολὴ αὐτή, ὀνομάζεται ἐπιτάχυνσι γ τοῦ κινητοῦ, δηλαδή:

$$\gamma = \frac{\upsilon_2 - \upsilon_1}{t} \qquad \text{ἢ} \qquad \gamma = \frac{\upsilon}{t}.$$

Ἀπὸ τὸν τύπο αὐτὸ προκύπτουν οἱ μονάδες ἐπιταχύνσεως ὡς ἑξῆς: Θέτομε ὅπου $\upsilon = \frac{s}{t}$ ὁπότε ἔχομε:

$$\gamma = \frac{s/t}{t} \qquad \text{ἢ} \qquad \gamma = \frac{s}{t^2}.$$

Ἂν στὸν τύπο αὐτὸ θέσωμε ὅπου $s = 1$ m καὶ ὅπου $t = 1$ sec, προκύπτει ἡ μονὰς ἐπιταχύνσεως $\left(1\frac{m}{sec^2}\right)$. Ἐπίσης ἂν θέσωμε ὅπου $s = 1$ cm καὶ ὅπου $t = 1$ sec προκύπτει ἡ μονὰς ἐπιταχύνσεως $\left(1\frac{cm}{sec^2}\right)$.

Σημείωσι: Ὅταν ἡ ταχύτης ἑνὸς κινητοῦ ἐλαττώνεται, λέμε ὅτι ἔχει ἀρνητικὴ ἐπιτάχυνσι, δηλαδὴ ἐπιβράδυνσι, καὶ ἰσχύουν ἀναλόγως ὅλα ὅσα εἴπαμε γιὰ τὴν ἐπιτάχυνσι.

14 · 6 Μονάδες ταχύτητος.

Ἂν στὸν τύπο τῆς ταχύτητος θέσωμε ὅπου s τὴν μονάδα μήκους 1 m καὶ ὅπου t τὴν μονάδα χρόνου 1 sec, προκύπτει ἡ μονὰς ταχύτητος ***1 μέτρο ἀνὰ δευτερόλεπτο (1m/sec)***.

Ἐπίσης, ἂν θέσωμε ὅπου $s = 1$ cm καὶ ὅπου $t = 1$ sec, προκύπτει ἡ μονὰς ταχύτητος ***1 ἑκατοστόμετρο ἀνὰ δευτερόλεπτο (1cm/sec)***.

Στὴν καθημερινὴ ζωὴ χρησιμοποιοῦμε σὰν μονάδα ταχύτητος τὸ ***1 χιλιόμετρο ἀνὰ ὥρα (1 km/h)***.

Ὅταν π.χ. λέμε ὅτι ἕνα αὐτοκίνητο ἔχει ταχύτητα 90 km/h, ἐννοοῦμε ὅτι τὸ αὐτοκίνητο αὐτὸ διανύει 90 km σὲ χρόνο μιᾶς ὥρας.

Στὴν ναυτιλία χρησιμοποιεῖται ὡς μονὰς ταχύτητος ὁ ***κόμβος:***

1 κόμβος = 1 ναυτικὸ μίλι ἀνὰ ὥρα = 1852 m/h

14·7 Ἀνακεφαλαίωσι.

1. Ὅταν ἕνα σῶμα ἀλλάσση θέσι σχετικῶς μὲ ἄλλο σῶμα, λέμε ὅτι τὸ σῶμα αὐτὸ κινεῖται. Ἡ κίνησι καὶ ἡ ἠρεμία εἶναι ἔννοιες σχετικές, γιατὶ ἕνα σῶμα μπορεῖ νὰ ἠρεμῇ ὡς πρὸς ἕνα σῶμα, ἀλλὰ νὰ κινῆται ὡς πρὸς ἄλλο ἢ ἄλλα σώματα.

2. Ἡ γραμμή, ἡ ὁποία ἑνώνει τὶς διαδοχικὲς θέσεις ἑνὸς κινητοῦ, ὀνομάζεται τροχιὰ τοῦ κινητοῦ.

3. Ὅταν ἡ τροχιὰ ἑνὸς κινητοῦ εἶναι εὐθεία γραμμή, ἡ κίνησι τοῦ κινητοῦ ὀνομάζεται εὐθύγραμμη κίνησι. Ὅταν ἡ τροχιὰ ἑνὸς κινητοῦ εἶναι καμπύλη γραμμή, ἡ κίνησι τοῦ κινητοῦ ὀνομάζεται καμπυλόγραμμη κίνησι.

4. Τὸ μῆκος τῆς τροχιᾶς ἑνὸς κινητοῦ ὀνομάζεται διάστημα s.

5. Ἡ εὐθύγραμμη κίνησι ἑνὸς κινητοῦ ὀνομάζεται ὁμαλή, ὅταν τὸ κινητὸ σὲ ἴσους χρόνους διανύῃ ἴσα διαστήματα.

6. Στὴν εὐθύγραμμη ὁμαλὴ κίνησι ἡ ταχύτης υ ἑνὸς κινητοῦ ἰσοῦται μὲ τὸ πηλίκον τοῦ διαστήματος s, ποὺ διανύει τὸ κινητὸ σὲ ὁρισμένο χρόνο t, διὰ τοῦ χρόνου τούτου, δηλαδὴ $\upsilon = \frac{s}{t}$.

7. Ὅταν ἡ ταχύτης ἑνὸς κινητοῦ μεγαλώνῃ ἢ ἐλαττώνεται, τότε ἡ κίνησι τοῦ κινητοῦ ὀνομάζεται ἀντιστοίχως ἐπιταχυνομένη ἢ ἐπιβραδυνομένη.

8. Μέση ταχύτης $\bar{\upsilon}$ ἑνὸς κινητοῦ, ποὺ ἐκτελεῖ μεταβαλλομένη κίνησι, ὀνομάζεται ἡ σταθερὴ ταχύτης ἑνὸς ἄλλου κινητοῦ, τὸ ὁποῖο διανύει τὸ ἴδιο ἀκριβῶς διάστημα μὲ τὸ πρῶτο κινητὸ στὸν ἴδιο ἀκριβῶς χρόνο.

14·8 Ἐρωτήσεις.

1. Πότε λέμε ὅτι ἕνα σῶμα κινεῖται καὶ πότε ὅτι ἠρεμεῖ; Ἀναφέρετε παραδείγματα.
2. Τί ὀνομάζομε τροχιὰ ἑνὸς κινητοῦ; Τί ὀνομάζομε διάστημα κινήσεως;
3. Τί ὀνομάζομε εὐθύγραμμη ὁμαλὴ κίνησι;
4. Πῶς ὁρίζεται ἡ ταχύτης ἑνὸς κινητοῦ;
5. Πότε ἡ κίνησι ἑνὸς κινητοῦ λέγεται ἐπιταχυνομένη καὶ πότε ἐπιβραδυνομένη;
6. Τί ὀνομάζομε μέση ταχύτητα ἑνὸς κινητοῦ;
7. Ποιές εἶναι οἱ μονάδες ταχύτητος;
8. Ἕνα κινητὸ ξεκινᾶ ἀπὸ τὴν Ἀθήνα καὶ ὅταν φθάσῃ στὴν Χαλκίδα σταματᾶ. Τί εἴδους κίνησι ἐκτελεῖ κατὰ τὰ διάφορα στάδια τῆς διαδρομῆς του;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 15

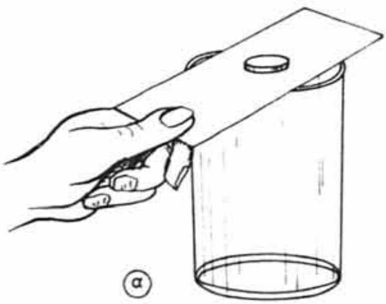
ΑΔΡΑΝΕΙΑ

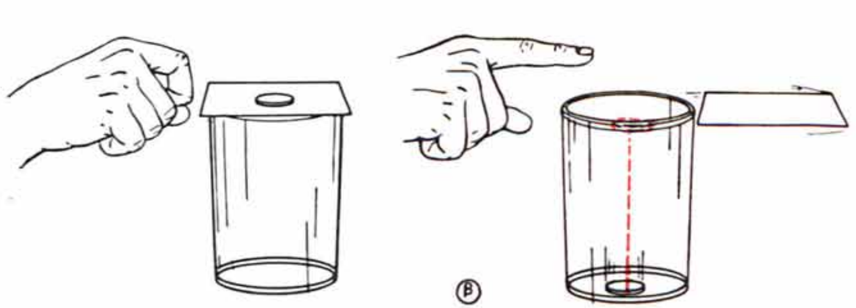
15 · 1 Ἀδράνεια τῆς ὕλης.

Μᾶς εἶναι γνωστὸ ὅτι, ὅταν τὸ αὐτοκίνητο ξεκινᾶ ἀπότομα, ὅλοι οἱ ἐπιβάτες κλίνουν πρὸς τὰ πίσω. Ἀντιθέτως, ὅταν τὸ αὐτοκίνητο τρέχη καὶ ξαφνικὰ φρενάρη, ὅλοι οἱ ἐπιβάτες κλίνουν πρὸς τὰ ἐμπρός, σὰν νὰ ἤθελαν νὰ συνεχίσουν τὴν κίνησί τους. Ἀλλὰ καὶ στὶς στροφές, ποὺ παίρνει τὸ αὐτοκίνητο, οἱ ἐπιβάτες κλίνουν πρὸς τὸ ἔξω μέρος τῆς στροφῆς. Ἐπίσης χαρακτηριστικὸ εἶναι καὶ τὸ πείραμα τοῦ σχήματος 15 · 1.

Ἐὰν δηλαδὴ σύρωμε ἀργὰ τὸ χαρτόνι πάνω ἀπὸ τὸ στόμιο τοῦ ποτηριοῦ [σχ. 15 · 1 (α)], τὸ νόμισμα δὲν πέφτει στὸ ποτήρι ἀλλὰ ἀκολουθεῖ τὴν κίνησι τοῦ χαρτονιοῦ.

Ἂν ὅμως ἐκτινάξωμε ἀπότομα τὸ χαρτόνι [σχ. 15 · 1 (β)], παρατηροῦμε ὅτι τὸ νόμισμα δὲν ἀκολουθεῖ τὴν κίνησι τοῦ χαρτονιοῦ, ἀλλὰ πέφτει μέσα στὸ ποτήρι.





Σχ. 15 · 1.
α) Τὸ νόμισμα κινεῖται ἀργὰ μαζὶ μὲ τὸ χαρτόνι. β) Ἂν ἐκτινάξωμε τὸ χαρτόνι, τὸ νόμισμα, λόγω ἀδρανείας, πέφτει μέσα στὸ ποτήρι.

Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω ἀλλὰ καὶ ἀπὸ πολλὰ ἄλλα παραδείγματα συμπεραίνομε ὅτι ὅλα γενικῶς τὰ ὑλικὰ σώματα ἔχουν τὴν ἰδιότητα νὰ ἀντιδροῦν στὴν προσπάθειά μας νὰ τὰ κινήσωμε, ὅταν ἠρεμοῦν.

Ἐξ ἄλλου τὰ ὑλικὰ σώματα ἀντιδροῦν ἐπίσης, ὅταν, ἐνῶ κινοῦνται, προσπαθήσωμε νὰ τὰ σταματήσωμε ἢ νὰ τοὺς ἀλλάξωμε τὴν ταχύτητα, δηλαδὴ νὰ τὰ ὑποχρεώσωμε νὰ αὐξήσουν ἢ ἐλαττώσουν ταχύτητα ἢ νὰ ἀλλάξουν τὴν διεύθυνσι τῆς κινήσεώς τους.

Ἡ ἰδιότης αὐτὴ τῆς ὕλης ὀνομάζεται ***ἀδράνεια***.

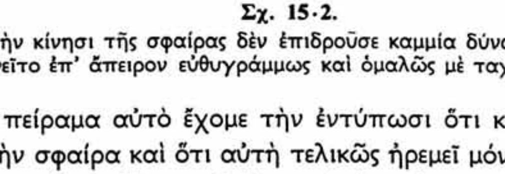
Ἀδράνεια ὀνομάζεται ἡ χαρακτηριστικὴ ἰδιότης τῆς ὕλης νὰ ἀντιδρᾶ σὲ κάθε δύναμι, ποὺ ἐπιδιώκει νὰ μεταβάλλη μὲ ὁποιοδήποτε τρόπο τὴν κινητική της κατάστασι.

Ἡ ἀδράνεια τῶν σωμάτων εἶναι ἀνάλογη μὲ τὴν μάζα τους. Δηλαδή, ὅσο περισσότερη μάζα ἔχει ἕνα σῶμα, τόσο καὶ μεγαλυτέρα ἀδράνεια παρουσιάζει.

15 · 2 Ἀρχὴ τῆς ἀδρανείας.

Γνωρίζομε ἀπὸ τὴν πεῖρα μας ὅτι, γιὰ νὰ κινηθῆ ἕνα σῶμα ποὺ ἠρεμεῖ, πρέπει νὰ ἐπιδράση σ' αὐτὸ μιὰ δύναμι. Ἔστω τώρα ὅτι κυλίομε μία σφαίρα στὸ δάπεδο τοῦ δωματίου μας (σχ. 15 · 2).

Ἡ σφαίρα θὰ κυλίση γιὰ λίγο καὶ μετὰ θὰ σταματήση.



Σχ. 15·2.
Ἐὰν κατὰ τὴν κίνησι τῆς σφαίρας δὲν ἐπιδροῦσε καμμία δύναμι, ἡ σφαίρα θὰ ἐκινεῖτο ἐπ' ἄπειρον εὐθυγράμμως καὶ ὁμαλῶς μὲ ταχύτητα υ.

Στὸ πείραμα αὐτὸ ἔχομε τὴν ἐντύπωσι ὅτι καμμία δύναμι δὲν ἐπιδρᾶ στὴν σφαίρα καὶ ὅτι αὐτὴ τελικῶς ἠρεμεῖ μόνη της. Στὴν πραγματικότητα ὅμως δὲν συμβαίνει αὐτό· στὴν σφαίρα ἐπιδροῦν δύο κυρίως αἴτια, τὰ ὁποῖα τὴν ἀναγκάζουν νὰ σταματήση: ἡ ***τριβή***, ποὺ ἀναπτύσσεται ἀπὸ τὴν ἐπαφή της μὲ τὸ δάπεδο καὶ ἡ ***ἀντίστασι***, ποὺ προκαλεῖ ὁ ἀήρ. Ἂν βεβαίως τὸ δάπεδο εἶναι πολὺ λεῖο, ἡ σφαίρα θὰ διανύση περισσότερο διάστημα, μέχρι νὰ σταματήση.

Ἑπομένως ἡ τριβὴ καὶ ἡ ἀντίστασι τοῦ ἀέρος εἶναι δύο δυνάμεις, οἱ ὁποῖες ἐπιδροῦν στὴν κίνησι τῆς σφαίρας. Ἐὰν δὲν ὑπῆρχαν οἱ δυνάμεις αὐτές, ἡ σφαίρα θὰ ἐκινεῖτο ἐπ' ἄπειρον εὐθυγράμμως καὶ ὁμαλῶς.

Αὐτὰ ἀκριβῶς ὁδήγησαν τὸν Νεύτωνα νὰ διατυπώση τὴν ***ἀρχὴ τῆς ἀδρανείας***, κατὰ τὴν ὁποία:

Κάθε σῶμα διατηρεῖ τὴν κατάστασι τῆς ἠρεμίας ἢ τῆς εὐθύγραμμης καὶ ὁμαλῆς κινήσεως, ἐφ' ὅσον σ' αὐτὸ δὲν ἐπιδρᾶ καμμία ἐξωτερικὴ δύναμι.

15 · 3 Θεμελιώδης ἀρχὴ τῆς δυναμικῆς.

Σύμφωνα μὲ τὴν ἀρχὴ τῆς ἀδρανείας, ὅταν σὲ ἕνα σῶμα δὲν ἀσκῆται καμμία ἐξωτερικὴ δύναμι, τὸ σῶμα ἢ ἠρεμεῖ ἢ κινεῖται εὐθυγράμμως καὶ ὁμαλῶς. Κατὰ συνέπεια, ἐὰν σὲ ἕνα σῶμα ἐπιδρᾶ μία ἐξωτερικὴ δύναμι, τὸ σῶμα ἀποκτᾶ μεταβαλλομένη κίνησι. Ἂν δὲ ἡ δύναμι αὐτὴ ἐπιδρᾶ κατὰ τὴν διεύθυνσι τῆς κινήσεως τοῦ σώματος, τὸ σῶμα ἀποκτᾶ ἐπιταχυνομένη κίνησι, δηλαδὴ ἡ ταχύτης του συνεχῶς μεγαλώνει καὶ ἑπομένως ἀποκτᾶ ***ἐπιτάχυνσι***.

Σχ. 15·3.

Ἡ μάζα m σώματος, ἡ δύναμι F, ποὺ ἀσκεῖται ἐξωτερικῶς σ' αὐτὸ καὶ ἡ ἐπιτάχυνσι γ, ποὺ ἀποκτᾶ τὸ σῶμα, συνδέονται μὲ τὴν σχέσι $F = m \cdot \gamma$.

Ἡ ἐπιτάχυνσι συμβολίζεται συνήθως μὲ τὸ γράμμα γ. Γενικῶς μποροῦμε νὰ διατυπώσωμε τὴν ***θεμελιώδη ἀρχὴ τῆς Δυναμικῆς***, ποὺ ἀποδεικνύεται καὶ πειραματικῶς ὡς ἑξῆς:

Ὅταν σὲ ἕνα σῶμα, ποὺ ἔχει μάζα m, ἐπιδρᾶ μία ἐξωτερικὴ δύναμι F, τότε τὸ σῶμα ἀποκτᾶ ἐπιτάχυνσι γ

καὶ ἰσχύει ἡ σχέσι:

$$\boxed{\text{Δύναμι} = \text{Μάζα} \times \text{ἐπιτάχυνσι}} \quad \text{ἢ} \quad \boxed{F = m \cdot \gamma}$$

Ἐφαρμογὴ τῆς θεμελιώδους ἀρχῆς τῆς Δυναμικῆς ἔχομε στὴν ἐλευθέρα πτῶσι τῶν σωμάτων. Ὅπως γνωρίζομε, κατὰ τὴν πτῶσι αὐτὴ ἐπιδρᾶ συνεχῶς ἐπὶ τοῦ σώματος καὶ κατὰ τὴν διεύθυνσι τῆς κινήσεώς του μία δύναμι B, ἡ ὁποία εἶναι τὸ βάρος τοῦ σώματος. Ἑπομένως τὸ σῶμα ἀποκτᾶ ἐπιτάχυνσι, ἡ ὁποία ὀνομάζεται ***ἐπιτάχυνσι τῆς βαρύτητος*** καὶ παρίσταται μὲ τὸ γράμμα g. Σύμφωνα λοιπὸν μὲ τὰ προηγούμενα θὰ ἰσχύη ἡ σχέσι:

$$\boxed{B = m \cdot g}$$

Σημείωσι: Ἡ ἐπιτάχυνσι τῆς βαρύτητος εἶναι σταθερὴ γιὰ ὅλα τὰ σώματα καὶ ἰσοῦται μὲ 9,81 m/sec^2 ἢ μὲ 981 cm/sec^2.

15·4 Ἀνακεφαλαίωσι.

1. Ἀδράνεια ὀνομάζεται ἡ χαρακτηριστικὴ ἰδιότης τῆς ὕλης νὰ ἀντιδρᾶ σὲ κάθε δύναμι, ποὺ ἐπιδιώκει νὰ μεταβάλλη τὴν κινητική της κατάστασι.

2. Ἀρχὴ τῆς ἀδρανείας: Κάθε σῶμα διατηρεῖ τὴν κατάστασι τῆς ἠρεμίας ἢ τῆς εὐθύγραμμης ὁμαλῆς κινήσεως, ἐφ' ὅσον δὲν ἐπιδρᾶ σ' αὐτὸ καμμία ἐξωτερικὴ δύναμι.

3. Θεμελιώδης ἀρχὴ τῆς Δυναμικῆς: Ὅταν σὲ σῶμα, ποὺ ἔχει μάζα m, ἐπιδρᾶ μία ἐξωτερικὴ δύναμι F, τότε τὸ σῶμα ἀποκτᾶ ἐπιτάχυνσι γ καὶ ἰσχύει ἡ σχέσι: $F = m \cdot \gamma$.

4. Ὅλα τὰ σώματα κατὰ τὴν πτῶσι τους στὸ κενὸ ἀποκτοῦν ἐπιτάχυνσι g, ἡ ὁποία ὀνομάζεται ἐπιτάχυνσι τῆς βαρύτητος καὶ εἶναι:

$$g = 981 \frac{cm}{sec^2} \qquad ἢ \qquad g = 9{,}81 \frac{m}{sec^2}$$

15·5 Ἐρωτήσεις.

1. Τί ὀνομάζεται ἀδράνεια τῆς ὕλης;
2. Ποιά εἶναι ἡ ἀρχὴ τῆς ἀδρανείας;
3. Ποιά εἶναι ἡ θεμελιώδης ἀρχὴ τῆς Δυναμικῆς;
4. Τί ὀνομάζεται ἐπιτάχυνσι τῆς βαρύτητος;
5. Ἐὰν μὲ τὸ χέρι μας σπρώξωμε μία ἀνοικτὴ πόρτα, αὐτὴ θὰ κλείση. Ἂν ὅμως τὴν πυροβολήσωμε μὲ περίστροφο, θὰ τρυπήση, ἀλλὰ δὲν θὰ κλείση. Νὰ ἐξηγηθῆ, γιατὶ ἡ σφαίρα, ποὺ ἔχει μεγάλη δύναμι, δὲν κλείνει τὴν πόρτα.

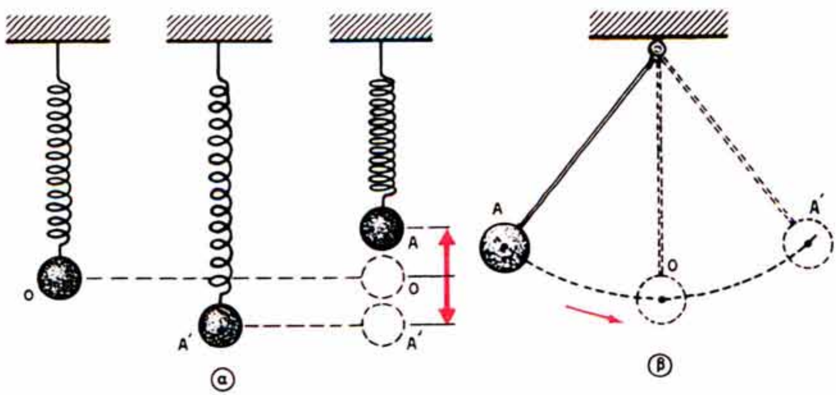
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 16

ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ

16 · 1 Περιοδικὲς κινήσεις. Ταλαντώσεις.

Ἔστω τὸ ἐλατήριο τοῦ σχήματος 16 · 1 α (α), τὸ ὁποῖο μὲ τὸ ἕνα του ἄκρο εἶναι στερεωμένο σὲ κάποιο ὑποστήριγμα, ἐνῶ στὸ ἄλλο του ἄκρο κρέμεται μία μεταλλικὴ σφαίρα.

Ἂν ἀπομακρύνωμε τὴν σφαίρα ἀπὸ τὴν θέσι ἰσορροπίας της Ο σύροντάς την πρὸς τὰ κάτω καὶ κατόπιν τὴν ἀφίσωμε ἐλευθέρα, παρατηροῦμε ὅτι ἐκτελεῖ παλινδρομικὲς κινήσεις πάνω καὶ κάτω ἀπὸ τὴν θέσι ἰσορροπίας της. Παλινδρομικὲς κινήσεις ἐκτελεῖ ἐπίσης καὶ ἡ σφαίρα τοῦ σχήματος 16 · 1 α (β), ἂν τὴν ἀπομακρύνωμε ἀπὸ τὴν θέσι ἰσορροπίας της Ο καὶ τὴν ἀφίσωμε πάλι ἐλευθέρα. Ἑπομένως καὶ στὶς δύο αὐτὲς περιπτώσεις συμβαίνει ἕνα φαινόμενο, ποὺ θεωρητικῶς εἶναι δυνατὸν νὰ ἐπαναλαμβάνεται συνεχῶς καὶ κατὰ τὸν ἴδιο τρόπο.



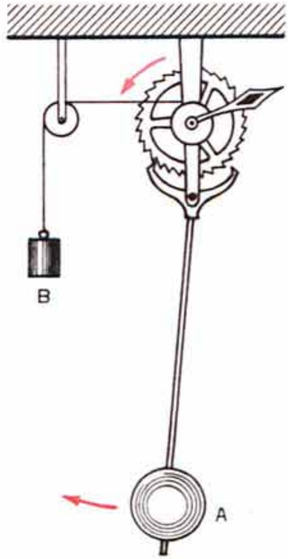
Σχ. 16 · 1 α.
Ἡ κίνησι τὴν ὁποία ἐκτελεῖ ἡ σφαίρα, θεωρητικῶς ἐπαναλαμβάνεται συνεχῶς κατὰ τὸν ἴδιο τρόπο.

Στὴν φύσι ἐπίσης εἶναι δυνατὸν νὰ παρατηρήσωμε πολλὲς κινήσεις, οἱ ὁποῖες ἐπαναλαμβάνονται μὲ τὸν ἴδιο τρόπο σὲ ὁρισμένα χρονικὰ διαστήματα. Οἱ κινήσεις αὐτὲς ὀνομάζονται ***περιοδικὲς κινήσεις*** καὶ τὰ φαινόμενα ***περιοδικὰ φαινόμενα***.

Περιοδικὸ ὀνομάζεται τὸ φαινόμενο ἐκεῖνο, ποὺ συμβαίνει μέσα σὲ ὁρισμένο χρόνο καὶ ἐπαναλαμβάνεται κατόπιν συνεχῶς κατὰ τὸν ἴδιο ἀκριβῶς τρόπο.

Περιοδικὰ φαινόμενα, ποὺ συναντῶνται στὴν φύσι, εἶναι οἱ τέσσερεις ἐποχὲς τοῦ ἔτους, οἱ κινήσεις τῶν πλανητῶν γύρω ἀπὸ τὸν ἥλιο κ.λπ.

Ἐπίσης οἱ παλμοὶ τῆς καρδιᾶς μας, ἡ ἀναπνοή μας, ἡ περιστροφικὴ κίνησι ἑνὸς τροχοῦ, οἱ παλινδρομικὲς κινήσεις τῶν ἐμβόλων μηχανῆς, ἡ κίνησι ποὺ ἐκτελεῖ τὸ βάρος Α στὸ ἐκκρεμὲς (σχ. 16 · 1 β) εἶναι περιοδικὲς κινήσεις.



Σχ. 16·1 β.
Τὸ βάρος Α στὸ ἐκκρεμὲς ρολόϊ τοῦ τοίχου ἐκτελεῖ ταλαντώσεις, δηλαδὴ περιοδικὲς κινήσεις.

Ὀνομάζομε ταλάντωσι σὲ ἕνα περιοδικὸ φαινόμενο μία καὶ μόνη πλήρη ἐξέλιξι τοῦ φαινομένου.

Ὅταν π.χ. ἡ σφαίρα τοῦ σχήματος 16 · 1 α (β) ἀπὸ τὴν θέσι Α πάη στὴν θέσι Ο καὶ ἀπὸ τὴν Ο στὴν Α' καὶ ἐπιστρέψη πάλι στὴν θέσι Α, ἔχομε μία πλήρη ***ταλάντωσι***.

16 · 2 Περίοδος καὶ συχνότης περιοδικῆς κινήσεως.

Περίοδος ἑνὸς φαινομένου ὀνομάζεται ὁ χρόνος, ποὺ ἀπαιτεῖται γιὰ μία πλήρη ἐξέλιξί του. Ἡ περίοδος τῆς περιφορᾶς τῆς γῆς γύρω ἀπὸ τὸν ἥλιο εἶναι 365 ἡμέρες καὶ 6 ὧρες. Λέγοντας αὐτὸ ἐννοοῦμε ὅτι ἡ γῆ χρειάζεται 365 ἡμέρες καὶ 6 ὧρες γιὰ νὰ ἐκτελέση μία πλήρη περιφορὰ γύρω ἀπὸ τὸν ἥλιο. Τὸ ἀντίστροφο τῆς περιόδου σὲ ἕνα περιοδικὸ φαινόμενο, δηλαδὴ τὸ πόσες φορὲς συμβαίνει ἕνα περιοδικὸ φαινόμενο στὴν μονάδα τοῦ χρόνου, ὀνομάζεται ***συχνότης*** τοῦ περιοδικοῦ φαινομένου.

Ἂν π.χ. ἡ καρδιά μας ἐκτελῆ 80 παλμοὺς σὲ ἕνα πρῶτο λεπτό, λέμε ὅτι οἱ κτύποι τῆς καρδιᾶς μας ἔχουν συχνότητα ***80 κτύπων ἀνὰ πρῶτο λεπτό***. Ἡ περίοδος ἑνὸς φαινομένου παριστάνεται συνήθως μὲ τὸ γράμμα Τ, ἐνῶ ἡ συχνότης μὲ τὸ ν.

Περίοδος Τ μιᾶς ταλαντώσεως ὀνομάζεται ὁ χρόνος, ποὺ ἀπαιτεῖται γιὰ μία πλήρη ταλάντωσι.

Συχνότης ν μιᾶς ταλαντώσεως ὀνομάζεται ὁ ἀριθμὸς τῶν ταλαντώσεων, ποὺ ἐκτελεῖ τὸ σῶμα στὴν μονάδα τοῦ χρόνου.

Ὡς μονὰς συχνότητος λαμβάνεται τὸ ***1 χὲρτς (1 Hz), ποὺ σημαίνει ἕνα κύκλο ἀνὰ δευτερόλεπτο (1 c/sec)***.

Εἶναι δὲ 1 Hz ἢ 1 c/sec ἡ συχνότης ἑνὸς σώματος, ποὺ ἐκτελεῖ μία ταλάντωσι σὲ χρόνο 1 sec.

Ἀπὸ ὅσα εἴπαμε παραπάνω προκύπτουν οἱ σχέσεις:

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

16 · 3 Ἀνακεφαλαίωσι.

1. Περιοδικὰ φαινόμενα ὀνομάζονται τὰ φαινόμενα, ποὺ ἐπαναλαμβάνονται κατὰ τὸν ἴδιο ἀκριβῶς τρόπο μέσα σὲ ὁρισμένο χρόνο.
2. Μία καὶ μόνο πλήρης ἐξέλιξι ἑνὸς περιοδικοῦ φαινομένου ὀνομάζεται ταλάντωσι.
3. Περίοδος Τ μιᾶς ταλαντώσεως ὀνομάζεται ὁ χρόνος, ποὺ ἀπαιτεῖται γιὰ μία πλήρη ταλάντωσι.
4. Συχνότης μιᾶς ταλαντώσεως ὀνομάζεται ὁ ἀριθμὸς τῶν ταλαντώσεων, ποὺ ἐκτελεῖ τὸ σῶμα στὴν μονάδα τοῦ χρόνου.
5. Περίοδος καὶ συχνότης ἑνὸς περιοδικοῦ φαινομένου συνδέονται μὲ τὴν σχέσι: $T = \frac{1}{\nu}$.

16 · 4 Ἐρωτήσεις.

1. Τί ὀνομάζεται περιοδικὸ φαινόμενο; Ἀναφέρετε παραδείγματα.
2. Τί ὀνομάζεται ταλάντωσι ἑνὸς περιοδικοῦ φαινομένου;
3. Τί εἶναι περίοδος μιᾶς ταλαντώσεως;
4. Τί ὀνομάζομε συχνότητα μιᾶς ταλαντώσεως;
5. Ποιά εἶναι ἡ μονὰς συχνότητος;
6. Ποιά σχέσι συνδέει τὴν περίοδο μὲ τὴν συχνότητα ἑνὸς περιοδικοῦ φαινομένου;

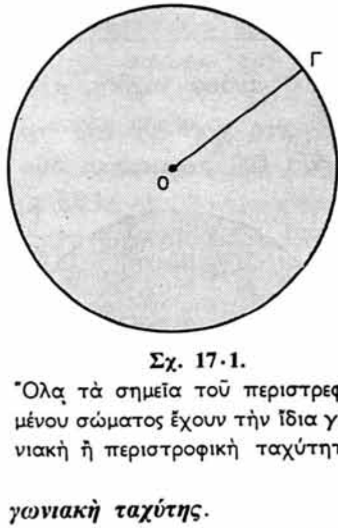
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 17

ΚΥΚΛΙΚΗ ΚΙΝΗΣΙ

17·1 Περιστροφικὴ ἢ γωνιακὴ ταχύτης.

Ὅπως ἐμάθαμε, ὅταν ἡ τροχιά, τὴν ὁποία διαγράφει ἕνα κινητό, εἶναι καμπύλη γραμμή, τότε, ἡ κίνησι ὀνομάζεται ***καμπυλόγραμμος***, ὅταν δὲ συμπίπτη μὲ τὴν περιφέρεια κύκλου, τότε ἡ καμπυλόγραμμος κίνησι τοῦ κινητοῦ ὀνομάζεται ***κυκλικὴ κίνησι***. Ἂν τὸ κινητὸ διαγράφη σὲ ἴσους χρόνους ἴσα τόξα, τότε ἡ κίνησί του ὀνομάζεται ***ὁμαλὴ κυκλικὴ κίνησι***.

Παίρνομε ἕνα στρογγυλὸ χαρτόνι καὶ τὸ καρφώνομε ἀπὸ τὸ κέντρο του Ο πάνω σὲ ἕνα τραπέζι. Ἂν περιστρέψωμε τὸ χαρτόνι, τότε ὅλα τὰ σημεῖα τῆς ἐπιφανείας του θὰ ἐκτελοῦν κυκλικὴ κίνησι.



Σχ. 17·1.
Ὅλα τὰ σημεῖα τοῦ περιστρεφομένου σώματος ἔχουν τὴν ἴδια γωνιακὴ ἢ περιστροφικὴ ταχύτητα.

Χαράσσομε στὸ χαρτόνι μία ἀκτῖνα ΟΓ (σχ. 17·1). Ἂν τὸ χαρτόνι ἐκτελέση μία ὁλόκληρη στροφή, τότε καὶ ὅλα τὰ σημεῖα του θὰ ἔχουν ἐκτελέσει μία στροφή.

Ἡ ταχύτης περιστροφῆς τοῦ χαρτονιοῦ ὀνομάζεται ***περιστροφικὴ*** ἢ ***γωνιακὴ ταχύτης***.

Ἡ περιστροφικὴ ἢ γωνιακὴ ταχύτης ἑνὸς κινητοῦ ἰσοῦται μὲ τὸ πηλίκον τοῦ ἀριθμοῦ τῶν στροφῶν, ποὺ ἐκτελεῖ τὸ κινητὸ μέσα σὲ ὁρισμένο χρόνο, διὰ τοῦ χρόνου.

Δηλαδή:

$$\boxed{\textbf{περιστροφικὴ ἢ γωνιακὴ ταχύτης} = \frac{\textbf{ἀριθμὸς στροφῶν}}{\textbf{χρόνος}}}$$

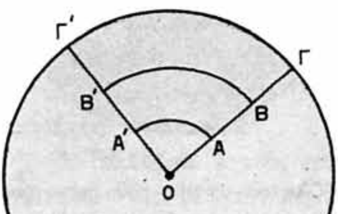
Στὴν ὁμαλὴ κυκλικὴ κίνησι ὅλα τὰ σημεῖα τοῦ σώματος ἔχουν τὴν ἴδια γωνιακὴ ταχύτητα.

Κατὰ τὴν ὁμαλὴ κυκλικὴ κίνησι μετροῦμε συνήθως τὴν γωνιακὴ ταχύτητα τοῦ περιστρεφομένου σώματος, μὲ τὸν ἀριθμὸ τῶν στροφῶν τοῦ σώματος ἀνὰ πρῶτο λεπτὸ (min) ἢ ἀνὰ δευτερόλεπτο (sec). Στὸν πίνακα ποὺ ἀκολουθεῖ ἀναφέρονται μερικὰ παραδείγματα γωνιακῆς ταχύτητος διαφόρων ὀργάνων καὶ μηχανῶν.

Δίσκος φωνογράφου	33 ἢ 45 στροφὲς ἀνὰ πρῶτο λεπτὸ
Ἀτμομηχανὴ	160 στροφὲς ἀνὰ πρῶτο λεπτὸ
Ἀνεμιστὴρ	600 στροφὲς ἀνὰ πρῶτο λεπτὸ
Τόρνος	100-1000 στροφὲς ἀνὰ πρῶτο λεπτὸ
Μηχανὲς αὐτοκινήτων	3000-6000 στροφὲς ἀνὰ πρῶτο λεπτὸ
Φυγοκεντρικὲς μηχανὲς	40000 στροφὲς ἀνὰ πρῶτο λεπτὸ

17 · 2 Γραμμικὴ ταχύτης στὴν ὁμαλὴ κυλικὴ κίνησι.

Στὸ χαρτόνι τοῦ προηγουμένου σχήματος καὶ πάνω στὴν ἀκτῖνα ΟΓ σημειώνομε δύο σημεῖα Α καὶ Β (σχ. 17 · 2).



Σχ. 17·2.
Τὰ σημεῖα Α,Β καὶ Γ ἔχουν τὴν ἴδια γωνιακὴ ταχύτητα, ἀλλὰ διαφορετικὲς γραμμικές.

Ἂν περιστρέψωμε λίγο τὸ χαρτόνι, ὥστε τὸ σημεῖο Γ νὰ διαγράψη τὸ τόξο ΓΓ', τότε καὶ τὰ σημεῖα Α καὶ Β θὰ ἔχουν διαγράψει τὰ τόξα ΑΑ' καὶ ΒΒ' ἀντιστοίχως.

Παρατηροῦμε λοιπὸν ὅτι, ὅταν περιστρέψωμε τὸ χαρτόνι, τὰ διάφορα σημεῖα του διαγράφουν διαφορετικὰ τόξα, δηλαδὴ διανύουν διαφορετικὰ μήκη. Τὸ μῆκος τοῦ τόξου, ποὺ διανύει ἕνα σημεῖο τοῦ σώματος διὰ τοῦ χρόνου, ποὺ χρειάζεται νὰ τὸ διανύση, ὀνομάζεται ***γραμμικὴ ταχύτης*** τοῦ σημείου.

Ἡ γραμμικὴ ταχύτης ἑνὸς σημείου σώματος, ποὺ ἐκτελεῖ ὁμαλὴ κυκλικὴ κίνησι, ἰσοῦται μὲ τὸ πηλίκον τοῦ μήκους τοῦ τόξου, ποὺ διανύει τὸ σημεῖο αὐτό, διὰ τοῦ χρόνου, ποὺ ἀπαιτεῖται γιὰ νὰ τὸ διανύση.

Ἐπειδὴ κάθε σημεῖο τοῦ σώματος, στὴν ὁμαλὴ κίνησι, διανύει διαφορετικὸ τόξο, ἕπεται ὅτι ἔχει καὶ διαφορετικὴ γραμμικὴ ταχύτητα.

Ὅλα ὅμως τὰ σημεῖα, ποὺ ἀπέχουν τὸ ἴδιο ἀπὸ τὸ κέντρο περιστροφῆς, δηλαδὴ ὅλα τὰ σημεῖα, ποὺ εὑρίσκονται στὴν ἴδια ὁμόκεντρη περιφέρεια, ἔχουν τὴν ἴδια γραμμικὴ ταχύτητα, γιατὶ κατὰ τὴν περιστροφή τους διανύουν ἴσα τόξα.

Εἶναι εὔκολο νὰ ἀντιληφθοῦμε ὅτι, ὅσο περισσότερο ἀπέχει ἕνα σημεῖο σώματος, ποὺ ἐκτελεῖ κυκλικὴ κίνησι, ἀπὸ τὸ κέντρο περιστροφῆς, τόσο τὰ τόξα, ποὺ διανύει, θὰ ἔχουν μεγαλύτερο μῆκος καὶ ἑπομένως τόσο μεγαλυτέρα εἶναι ἡ γραμμικὴ ταχύτητά του.

Συμπεραίνομε λοιπὸν ὅτι:

Ὅταν ἕνα σημεῖο ἐκτελῇ ὁμαλὴ κυκλικὴ κίνησι, ὅλα τὰ σημεῖα του ἔχουν τὴν ἴδια γωνιακὴ ταχύτητα, ἀλλὰ διαφορετικὲς γραμμικὲς ταχύτητες.

17·3 Περίοδος καὶ συχνότης στὴν ὁμαλὴ κυκλικὴ κίνησι.

Ἐπειδή, σύμφωνα μὲ ὅσα εἴπαμε, καὶ οἱ κυκλικὲς κινήσεις εἶναι περιοδικὰ φαινόμενα, μποροῦμε νὰ δώσωμε ἀναλόγους ὁρισμοὺς τόσο γιὰ τὴν περίοδο, ὅσο καὶ γιὰ τὴν συχνότητα μιᾶς ὁμαλῆς κυκλικῆς κινήσεως.

Περίοδος T ὁμαλῆς κυκλικῆς κινήσεως ὀνομάζεται ὁ χρόνος, ποὺ χρειάζεται τὸ κινητὸ γιὰ νὰ ἐκτελέσῃ μία πλήρη περιστροφή.

Συχνότης ν κινητοῦ, ποὺ ἐκτελεῖ ὁμαλὴ κυκλικὴ κίνησι, ὀνομάζεται ὁ ἀριθμὸς τῶν περιστροφῶν τοῦ κινητοῦ στὴν μονάδα τοῦ χρόνου.

Καὶ στὴν ὁμαλὴ κυκλικὴ κίνησι ὡς μονὰς συχνότητος λαμβάνεται τὸ 1 Χὲρτς (Hz) ἢ ὁ ἕνας κύκλος ἀνὰ δευτερόλεπτο (1 c/sec).

Καὶ ἐδῶ, ἰσχύει πάλι ὁ τύπος:

$$\boxed{T = \frac{1}{\nu}} \quad \text{ἤ} \quad \boxed{\nu = \frac{1}{T}}$$

Παράδειγμα.

Ἡ ἀκτὶς τοῦ τροχοῦ ἑνὸς αὐτοκινήτου εἶναι $r = 25$ cm. Τὸ αὐτοκίνητο διανύει διάστημα $s = 942$ m σὲ χρόνο $t = 1$ min.

Νὰ εὑρεθῇ ἡ περίοδος T, ἡ συχνότης περιστροφῆς ν, ἡ γωνιακὴ ταχύτης καὶ ἡ γραμμικὴ ταχύτης τῶν σημείων τῆς περιφερείας τοῦ τροχοῦ.

Λύσι:

Εὑρίσκομε πρῶτα τὸ μῆκος τῆς περιφερείας τοῦ τροχοῦ l μὲ τὸν γεωμετρικὸ τύπο $l = 2 \cdot \pi \cdot r$ καὶ ἔχομε:

$$l = 2 \times 3{,}14 \times 25\text{ cm} = 157\text{ cm} \quad \text{ἢ} \quad 1{,}57\text{ m}.$$

Γιὰ νὰ εὕρωμε κατόπιν πόσες στροφὲς ἔκανε ὁ τροχὸς σὲ χρόνο $t = 1$ min, διαιροῦμε τὸ ὁλικὸ διάστημα s, ποὺ διήνυσε τὸ αὐτοκίνητο, διὰ τοῦ μήκους l καὶ εὑρίσκομε: $c = \dfrac{s}{l} = \dfrac{942\text{ m}}{1{,}57\text{ m}} = 600$ στροφές.

Ἑπομένως ἡ συχνότης τοῦ τροχοῦ θὰ εἶναι: $\nu = 600$ c/min ἢ

$$\nu = \frac{600\text{ c}}{60\text{ sec}} = 10\ \frac{\text{c}}{\text{sec}} \quad \text{ἢ} \quad \nu = 10\text{ Hz}.$$

Ἀπὸ τὸν τύπο $T = \dfrac{1}{\nu}$ εὑρίσκομε τὴν περίοδο τοῦ τροχοῦ καὶ ἔχομε:

$$T = \frac{1}{10}\text{ sec}.$$

Σύμφωνα μὲ τὸν ὁρισμὸ τῆς γωνιακῆς ταχύτητος θὰ εἶναι:

$$\text{γωνιακὴ ταχύτης τροχοῦ} = 10\ \frac{\text{στροφές}}{\text{sec}}.$$

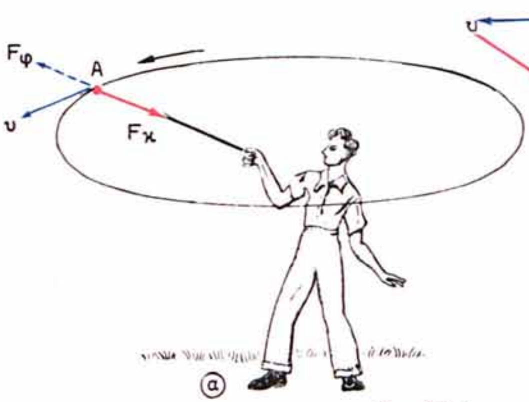
Τέλος, ἡ γραμμικὴ ταχύτης τῶν σημείων τῆς περιφερείας τοῦ τροχοῦ θὰ εἶναι: γραμμικὴ ταχύτης $= \dfrac{942\text{ m}}{1\text{ min}} = \dfrac{942\text{ m}}{60\text{ sec}} = 15{,}7\ \dfrac{\text{m}}{\text{sec}}$, δηλαδή: γραμμικὴ ταχύτης = 15,7 m/sec.

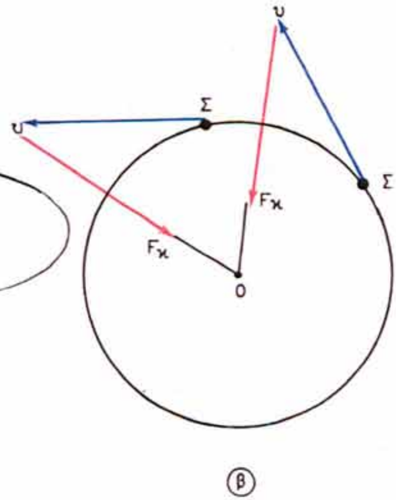
17·4 Κεντρομόλος δύναμι.

Στὸ Κεφάλαιο περὶ ἀδρανείας ἐμάθαμε ὅτι, ὅταν σὲ ἕνα σῶμα δὲν ἐπιδρᾶ καμμία ἐξωτερικὴ δύναμι, τὸ σῶμα αὐτὸ ἢ ἠρεμεῖ ἢ κινεῖται εὐθυγράμμως καὶ ὁμαλῶς. Ἑπομένως γιὰ νὰ κινῆται ἕνα σῶμα σὲ κυκλικὴ τροχιά, δηλαδὴ γιὰ νὰ ἐκτελῆ κυκλικὴ κίνησι, θὰ πρέπει νὰ ἐπιδρᾶ σ' αὐτὸ μία δύναμι, ἡ ὁποία νὰ τὸ ἀναγκάζη νὰ ἐκτελῆ τὴν κίνησι αὐτή. Ἔτσι, ὅταν περιστρέφωμε σῶμα Α, τὸ ὁποῖο ἔχομε δέσει μὲ ἕνα νῆμα [σχ. 17·4 (α)], ἐφαρμόζομε σ' αὐτὸ μία δύναμι F_u, ἡ ὁποία τὸ ἀναγκάζει νὰ ἐκτελῆ κυκλικὴ κίνησι. Ἡ δύναμι αὐτὴ ὀνομάζεται ***κεντρομόλος δύναμι***. Γιὰ νὰ καταλάβωμε καλύτερα τὴν ἔννοια τῆς κεντρομόλου δυνάμεως, πρέπει νὰ τὴν φαντασθοῦμε ὡς ἑξῆς:

Ὅταν στὸ σῶμα Σ [σχ. 17·4 (β)] δὲν ἐπιδρᾶ καμμία δύναμι, αὐτό, ἐφ' ὅσον ἔχει ἀρχικὴ ταχύτητα, θὰ κινῆται εὐθυγράμμως καὶ ὁμαλῶς κατὰ τὴν διεύθυνσι τοῦ βέλους υ καὶ θὰ τείνη νὰ ἀπομακρυνθῆ ἀπὸ τὸ σημεῖο Ο.

Γιὰ νὰ ἐκτελέση ὅμως τὸ σῶμα κυκλικὴ κίνησι, πρέπει σὲ κάθε σημεῖο τῆς τροχιᾶς του νὰ ἐπιδρᾶ μία δύναμι F_κ μὲ διεύθυνσι καὶ φορὰ πρὸς τὸ κέντρο περιστροφῆς Ο, ἡ ὁποία νὰ τὸ ἐπαναφέρη στὴν κυκλικὴ τροχιά.





Σχ. 17·4.
Γιὰ νὰ περιστραφῆ τὸ σῶμα ἐφαρμόζεται σ' αὐτὸ ἀπὸ τὸ χέρι μας καὶ μέσω τοῦ νήματος ἡ κεντρομόλος δύναμι F_κ.

Ἡ δύναμι αὐτὴ προέρχεται ἀπὸ τὸ χέρι μας, ἔχει πάντοτε τὴν διεύθυνσι τοῦ νήματος καὶ φορὰ πρὸς τὸ χέρι μας.

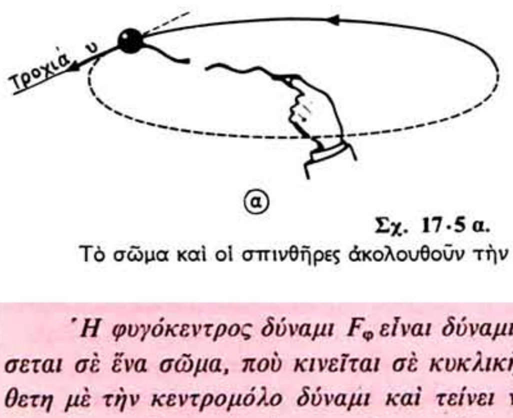
Κεντρομόλος ὀνομάζεται ἡ δύναμι, ποὺ ἀναγκάζει ἕνα σῶμα νὰ κινηθῆ σὲ κυκλικὴ τροχιά. Ἡ κεντρομόλος δύναμι ἔχει διεύθυνσι τὴν ἀκτῖνα τῆς κυκλικῆς τροχιᾶς καὶ φορὰ πάντοτε πρὸς τὸ κέντρο της.

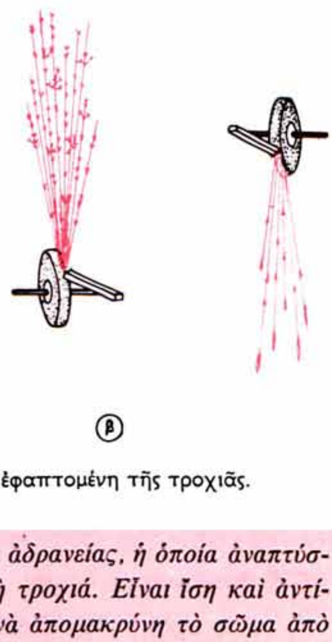
17·5 Φυγόκεντρος δύναμι.

Στὸ προηγούμενο πείραμα (σχ. 17 · 4 α) τὸ χέρι μας ἀσκεῖ στὸ περιστρεφόμενο σῶμα Α δύναμι F_κ (δρᾶσι) ποὺ καλέσαμε κεντρομόλο δύναμι. Σύμφωνα ὅμως μὲ τὴν ἀρχὴ τῆς δράσεως καὶ ἀντιδράσεως, καὶ τὸ σῶμα θὰ ἀσκῆ στὸ χέρι μας δύναμι F_φ (ἀντίδρασι), ἡ ὁποία θὰ εἶναι ἴση καὶ ἀντίθετη μὲ τὴν F_κ. Ἡ δύναμι αὐτὴ ὀνομάζεται ***φυγόκεντρος δύναμι***.

῾Η δύναμι F_{φ} εἶναι καὶ αὐτὴ μία δύναμι ἀδρανείας, ποὺ ὀφείλεται στὸ ὅτι τὰ σώματα τείνουν νὰ κινηθοῦν εὐθυγράμμως, ἄρα ἀντιδροῦν, ὅταν ἐμεῖς τὰ ἀναγκάζωμε νὰ κινηθοῦν σὲ κυκλικὴ τροχιά. Γι' αὐτό, ἂν σὲ μία στιγμὴ σπάση τὸ νῆμα [σχ. 17 · 5 (α)] ἢ ἂν ἐμεῖς τὸ ἀφίσωμε, δηλαδὴ ἂν παύση νὰ ἐνεργῆ ἡ κεντρομόλος δύναμι (δρᾶσι), θὰ παύση νὰ ἀσκῆται καὶ ἡ φυγόκεντρος (ἀντίδρασι). Ἔτσι, τὸ σῶμα θὰ κινηθῆ πλέον εὐθυγράμμως καὶ ὁμαλῶς πάνω στὴν ἐφαπτομένη τῆς κυκλικῆς τροχιᾶς, τὴν ὁποίαν διέγραφε αὐτὸ κατὰ τὴν στιγμὴ ποὺ ἔσπασε ὁ σπάγγος ἢ ποὺ ἐμεῖς τὸν ἀφίσαμε.

Τὸ φαινόμενο αὐτὸ μποροῦμε νὰ παρακολουθήσωμε στὸν σμυριδοτροχό, μὲ τὸν ὁποῖο ἀκονίζομε διάφορα ἐργαλεῖα [σχ. 17 · 5 α (β)]. Τὰ μικρὰ κομματάκια τοῦ μετάλλου, τὸ ὁποῖο ἀκονίζομε, τινάζονται ἀπὸ τὰ σημεῖα ποὺ ἀποσπῶνται μὲ διεύθυνσι πάντοτε τὴν διεύθυνσι, ποὺ ἔχει ἡ ἐφαπτομένη τῆς περιφερείας τοῦ τροχοῦ στὰ σημεῖα αὐτά.



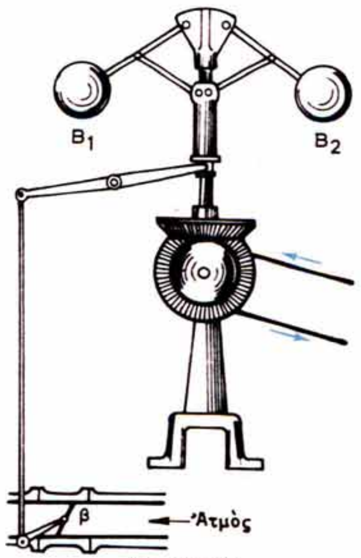


Σχ. 17·5 α.
Τὸ σῶμα καὶ οἱ σπινθῆρες ἀκολουθοῦν τὴν ἐφαπτομένη τῆς τροχιᾶς.

῾Η φυγόκεντρος δύναμι F_{φ} εἶναι δύναμι ἀδρανείας, ἡ ὁποία ἀναπτύσσεται σὲ ἕνα σῶμα, ποὺ κινεῖται σὲ κυκλικὴ τροχιά. Εἶναι ἴση καὶ ἀντίθετη μὲ τὴν κεντρομόλο δύναμι καὶ τείνει νὰ ἀπομακρύνη τὸ σῶμα ἀπὸ τὸ κέντρο τῆς κυκλικῆς τροχιᾶς. Φυγόκεντρος δύναμι ἐξασκεῖται μόνο ἐφ' ὅσον ὑπάρχει καὶ κεντρομόλος.

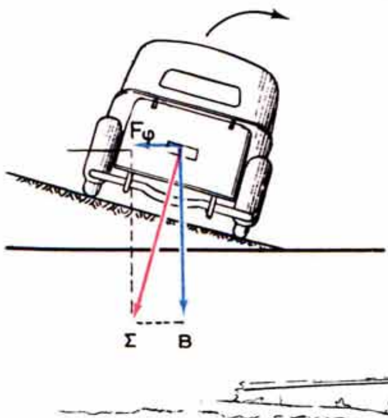
Παράδειγμα φυγοκέντρου δυνάμεως συναντοῦμε καὶ στὸν αὐτόματο φυγοκεντρικὸ ρυθμιστὴ τῶν θερμομηχανῶν (σχ. 17 · 5 β). Ὅταν ἡ ἀτμομηχανὴ παίρνη πολλὲς στροφές, τὰ βάρη B_1 και B_2 περιστρέφονται μὲ μεγάλη ταχύτητα. Μὲ τὴν φυγόκεντρο λοιπὸν δύναμι, ποὺ ἀναπτύσσεται, τὰ βάρη τείνουν νὰ ἀπομακρυνθοῦν καὶ ἔτσι ἀνεβαίνουν.

Ἡ κίνησι τῶν βαρῶν κατόπιν μεταδίδεται μέσω μοχλῶν στὴν βαλβῖδα παροχῆς τοῦ ἀτμοῦ β, ἡ ὁποία κλείνει, μὲ ἀποτέλεσμα νὰ ἐλαττωθῆ ἡ παροχὴ τοῦ ἀτμοῦ καὶ νὰ διατηροῦνται οἱ στροφὲς τῆς ἀτμομηχανῆς στὸν κανονικὸ ρυθμό.



Σχ. 17·5 β.
Αὐτόματος φυγοκεντρικὸς ρυθμιστὴς ἀτμομηχανῶν.

Ἐπίσης, γιὰ νὰ μὴ ἀνατραπῆ τὸ αὐτοκίνητο λόγω τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως, ποὺ ἀναπτύσσεται στὶς στροφές, οἱ δρόμοι πρέπει νὰ ἔχουν κατάλληλη κλίσι (σχ. 17·5 γ).



Σχ. 17·5 γ.
Γιὰ νὰ ἔχη εὐστάθεια τὸ αὐτοκίνητο στὶς στροφές, πρέπει ἡ φυγόκεντρος δύναμι F_φ, ποὺ ἀναπτύσσεται, καὶ τὸ βάρος B τοῦ αὐτοκινήτου νὰ δίνουν συνισταμένη Σ κάθετη στὸ ἐπίπεδο τοῦ δρόμου.

17·6 Ἀνακεφαλαίωσι.

1. Ὅταν ἕνα κινητὸ κινῆται ἐπάνω σὲ περιφέρεια κύκλου, λέμε ὅτι ἐκτελεῖ κυκλικὴ κίνησι.

2. Ἡ περιστροφικὴ ἢ γωνιακὴ ταχύτης κινητοῦ ἰσοῦται μὲ τὸν ἀριθμὸ τῶν στροφῶν, ποὺ ἐκτελεῖ τὸ κινητό, στὴν μονάδα τοῦ χρόνου.

3. Ἡ γραμμικὴ ταχύτης σημείου σώματος, ποὺ ἐκτελεῖ ὁμαλὴ κυκλικὴ κίνησι, ἰσοῦται μὲ τὸ πηλίκον τοῦ μήκους τοῦ τόξου, ποὺ διανύει τὸ σημεῖο αὐτὸ τοῦ σώματος, διὰ τοῦ χρόνου, ποὺ χρειάζεται γιὰ νὰ τὸ διανύσῃ.

4. Κατὰ τὴν ὁμαλὴ κυκλικὴ κίνησι σώματος, ὅλα τὰ σημεῖα του ἔχουν τὴν ἴδια γωνιακὴ ταχύτητα, ἀλλὰ διαφορετικὲς γραμμικές.

5. Περίοδος T ὁμαλῆς κυκλικῆς κινήσεως ὀνομάζεται ὁ χρόνος, ποὺ χρειάζεται τὸ κινητὸ γιὰ νὰ ἐκτελέσῃ μία πλήρη περιστροφή.

6. Συχνότης ν ἑνὸς κινητοῦ, ποὺ ἐκτελεῖ ὁμαλὴ κυκλικὴ κίνησι, ὀνομάζεται ὁ ἀριθμὸς τῶν περιστροφῶν τοῦ κινητοῦ στὴν μονάδα τοῦ χρόνου.

7. Κεντρομόλος ὀνομάζεται ἡ δύναμι, ποὺ ἀναγκάζει ἕνα σῶμα νὰ κινηθῇ σὲ κυκλικὴ τροχιά. Ἡ κεντρομόλος δύναμι ἔχει διεύθυνσι τὴν ἀκτῖνα τῆς κυκλικῆς τροχιᾶς καὶ φορὰ πάντοτε πρὸς τὸ κέντρο.

8. Ἡ φυγόκεντρος δύναμι εἶναι δύναμι ἀδρανείας, ποὺ ἀναπτύσσεται ἀπὸ ἕνα σῶμα, ὅταν κινῆται σὲ κυκλικὴ τροχιά. Εἶναι ἴση καὶ ἀντίθετη μὲ τὴν κεντρομόλο καὶ τείνει νὰ ἀπομακρύνῃ τὸ σῶμα ἀπὸ τὸ κέντρο τῆς κυκλικῆς τροχιᾶς ποὺ διαγράφει.

9. Ὅταν περιστρέψωμε μὲ τὸ χέρι μας ἕνα σῶμα δεμένο μὲ σπάγγο, ἡ κεντρομόλος δύναμι ἐφαρμόζεται στὸ σῶμα, ἐνῶ ἡ φυγόκεντρος στὸ χέρι μας.

17·7 Ἐρωτήσεις.

1. Τί ὀνομάζεται ὁμαλὴ κυκλικὴ κίνησι;

2. Μὲ τί ἰσοῦται ἡ γραμμικὴ καὶ μὲ τί ἡ γωνιακὴ ταχύτης σώματος, ποὺ ἐκτελεῖ κυκλικὴ κίνησι;

3. Γιατί κατὰ τὴν περιστροφὴ ἑνὸς σώματος τὰ διάφορα σημεῖα του ἔχουν τὴν ἴδια γωνιακὴ ταχύτητα ἀλλὰ διαφορετικὲς γραμμικές;

4. Τί ὀνομάζομε περίοδο καὶ τί συχνότητα στὴν ὁμαλὴ κυκλικὴ κίνησι;

5. Τί εἶναι ἡ κεντρομόλος καὶ τί ἡ φυγόκεντρος δύναμι καὶ ποῦ ἐφαρμόζεται κάθε μία;

6. Γιατί, ὅταν ὁδηγοῦμε ποδήλατο, δίνομε στὸ σῶμα μας ἀνάλογη κλίσι στὶς στροφές;

7. Ποιά εἶναι ἡ κεντρομόλος δύναμι, ποὺ ἀναγκάζει τοὺς δορυφόρους νὰ στρέφωνται γύρω ἀπὸ τὴν Γῆ;

8. Μὲ ποιές μονάδες μετροῦμε τὴν περίοδο καὶ τὴν συχνότητα στὴν ὁμαλὴ κυκλικὴ κίνησι;

9. Πῶς λειτουργεῖ ὁ αὐτόματος φυγοκεντρικὸς ρυθμιστὴς τῶν ἀτμομηχανῶν;

17·8 Ἀσκήσεις.

1. Αὐτοκίνητο διανύει διάστημα $s = 186$ km σὲ χρόνο $t = 3$ ὧρες. Νὰ εὑρεθῆ ἡ ταχύτης του σὲ km/h καὶ σὲ m/sec.

2. Πόσο χρόνο χρειάζεται τὸ φῶς γιὰ νὰ φθάση ἀπὸ τὸν ἥλιο στὴν Γῆ, ἂν ἡ ἀπόστασι Γῆς-Ἡλίου εἶναι 150 000 000 km;

3. Ἀπὸ δύο πόλεις, ποὺ ἀπέχουν 60 km, ἀναχωροῦν συγχρόνως ποδηλάτης καὶ πεζὸς γιὰ νὰ συναντηθοῦν. Ἡ ταχύτης τοῦ ποδηλάτη εἶναι $\upsilon_1 = 15$ km/h καὶ τοῦ πεζοῦ $\upsilon_2 = 5$ km/h. Νὰ εὑρεθῆ σὲ πόσο χρόνο καὶ σὲ πιὸ σημεῖο τῆς διαδρομῆς θὰ συναντηθοῦν.

4. Πόσο διάστημα διανύει σὲ χρόνο $t = 5$ ὧρες αὐτοκίνητο μὲ μέση ταχύτητα $\upsilon = 80$ km/h;

5. Τροχὸς ἐκτελεῖ 900 στροφὲς/min. Ποιά εἶναι ἡ περίοδος περιστροφῆς τοῦ τροχοῦ;

6. Ἡ περίοδος μιᾶς ταλαντώσεως εἶναι $T = 0{,}25$ sec. Ποιά εἶναι ἡ συχνότης τῆς ταλαντώσεως;

7. Ὁ σφόνδυλος μηχανῆς ἔχει συχνότητα περιστροφῆς $\nu = 600$ c/min. Ζητεῖται ἡ γωνιακὴ ταχύτης τοῦ σφονδύλου.

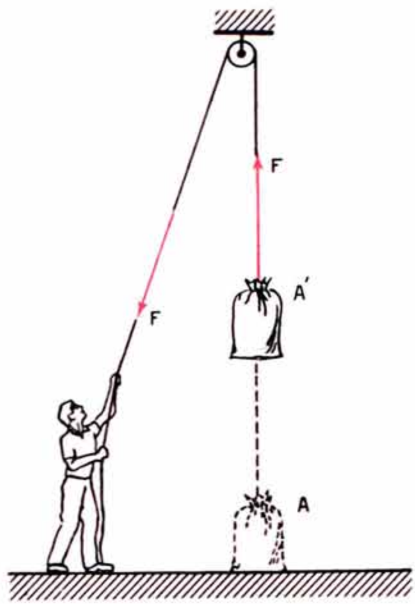
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 18

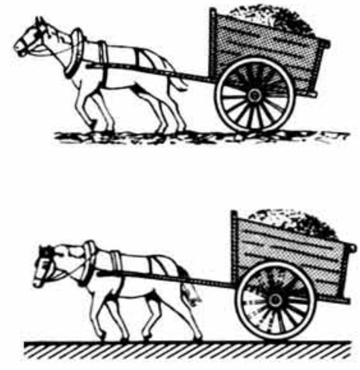
ΜΗΧΑΝΙΚΟ ΕΡΓΟ

18 · 1 Ἔργο δυνάμεως.

Ὁ ἄνθρωπος τοῦ σχήματος 18 · 1 α (α) γιὰ νὰ ἀνυψώσῃ τὸν σάκκο ἀπὸ τὴν θέσι A στὴν θέσι A′ ἀσκεῖ στὸ νῆμα μία δύναμι F, ἡ ὁποία μέσω τῆς τροχαλίας ἀλλάσσει διεύθυνσι καὶ ἐφαρμόζεται στὸν σάκκο. Ἡ δύναμι αὐτὴ ὑπερνικᾶ τὸ βάρος τοῦ σάκκου καὶ ἔτσι αὐτὸς ἀνυψώνεται.

Τὸ ἄλογο ἐφαρμόζει στὴν ἅμαξα μία δύναμι. Μὲ τὴν ἐπίδρασι αὐτῆς τῆς δυνάμεως ἡ ἅμαξα μετακινεῖται [σχ. 18 · 1 α (β)].





Σχ. 18·1 α.
Ὁ σάκκος καὶ ἡ ἅμαξα μετακινοῦνται. Ἐπομένως παράγεται ἔργο.

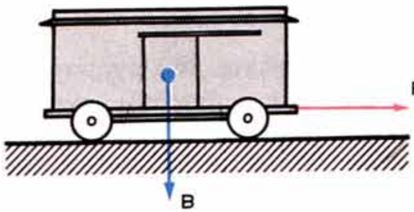
Στὶς δύο αὐτὲς περιπτώσεις, ἐπειδὴ ὁ σάκκος καὶ ἡ ἅμαξα μετακινοῦνται, λέμε ὅτι παράγεται ***μηχανικὸ ἔργο*** ἢ ἁπλῶς ***ἔργο***.

Παρατηροῦμε ἐπομένως ὅτι καὶ στὰ δύο παραδείγματα ἐφαρμόζεται μία δύναμι, ἡ ὁποία μετατοπίζει συνεχῶς τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς της κατὰ τὴν διεύθυνσί της.

Στὴν Φυσικὴ λέμε ὅτι:

Μία δύναμι παράγει ἔργο, ὅταν μετατοπίζη τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς της κατὰ τὴν διεύθυνσί της.

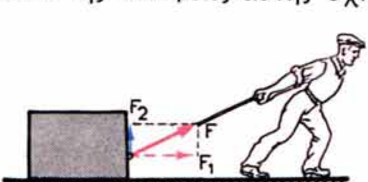
Στὸ ὄχημα τοῦ σχήματος 18 1 β ἐφαρμόζεται μία δύναμι F, ἡ ὁποία τὸ μετακινεῖ. Ἄρα ἡ δύναμι αὐτὴ παράγει ἔργο. Συγχρόνως ὅμως ἐφαρμόζεται στὸ ὄχημα καὶ τὸ βάρος του B. Ἡ διεύθυνσι τοῦ βάρους εἶναι κάθετη στὴν διεύθυνσι τῆς δυνάμεως, ποὺ τὸ μετατοπίζει. Τὸ βάρος B δὲν ὑποβοηθεῖ στὴν μετατόπισι τοῦ ὀχήματος κατὰ τὴν διεύθυνσι τῆς F, δηλαδὴ δὲν παράγει ἔργο.



Σχ. 18·1 β.
Τὸ βάρος B τοῦ ὀχήματος δὲν παράγει ἔργο, γιατὶ τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς του μετατοπίζεται καθέτως πρὸς τὴν διεύθυνσί του.

Ὅταν τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς μιᾶς δυνάμεως μετατοπίζεται καθέτως πρὸς τὴν διεύθυνσί της, ἡ δύναμι αὐτὴ δὲν παράγει ἔργο.

Ὁ ἐργάτης τοῦ σχήματος 18 · 1 γ σύρει ἕνα σῶμα, ποὺ εὑρίσκεται σὲ ὁριζόντιο ἐπίπεδο, καταβάλλοντας δύναμι F. Ἡ διεύθυνσι τῆς δυνάμεως αὐτῆς σχηματίζει γωνία μὲ τὴν διεύθυνσι μετατοπίσεως τοῦ σώματος. Ὅπως γνωρίζομε, ἡ δύναμι F εἶναι δυνατὸν νὰ ἀναλυθῆ σὲ δύο συνιστῶσες, F_1 καὶ F_2. Ἀπὸ τὶς δύο αὐτὲς συνιστῶσες ἡ F_1 ἔχει τὴν διεύθυνσι τῆς μετατοπίσεως τοῦ σώματος, ἐνῶ ἡ F_2 ἔχει διεύθυνσι κάθετη πρὸς τὴν διεύθυνσι μετατοπίσεως τοῦ σώματος.



Σχ. 18·1 γ.
Μόνο ἡ συνιστῶσα F_1 τῆς δυνάμεως F παράγει ἔργο.

Ἑπομένως, σύμφωνα πρὸς τὰ προηγούμενα, μόνο ἡ συνιστῶσα F_1 τῆς δυνάμεως F παράγει ἔργο. Ἡ F_2 δὲν παράγει ἔργο, γιατὶ τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς της μετατοπίζεται καθέτως πρὸς τὴν διεύθυνσί της.

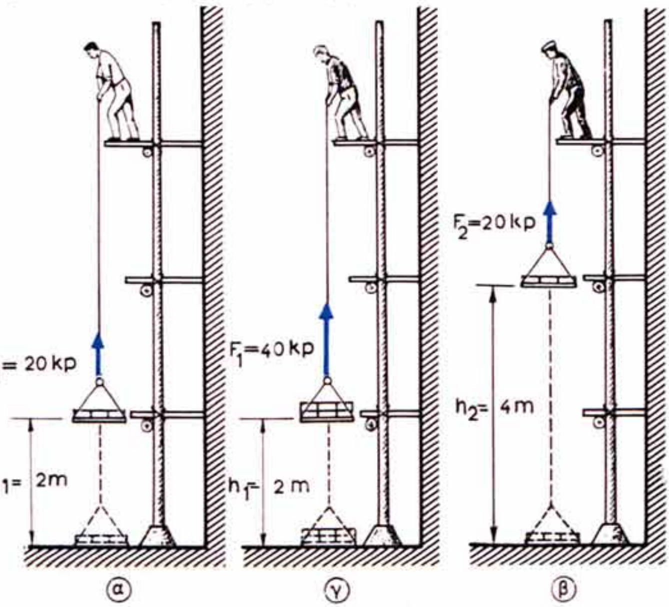
Ὅταν μία δύναμι μετατοπίζη τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς της κατὰ τὴν διεύθυνσί της, τότε αὐτὴ παράγει ἔργο.

Ὅταν τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς μιᾶς δυνάμεως μετατοπίζεται καθέτως πρὸς τὴν διεύθυνσί της, τότε, ἡ δύναμις αὐτὴ δὲν παράγει ἔργο.

Ὅταν μία δύναμι F μετατοπίζη τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς της ἔτσι, ὥστε ἡ διεύθυνσί της νὰ σχηματίζη γωνία μὲ τὴν διεύθυνσι τῆς μετατοπίσεως τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς της, τότε παράγει ἔργο μόνο ἡ συνιστῶσα F_1 τῆς δυνάμεως F, ἡ ὁποία συνιστῶσα ἔχει διεύθυνσι τὴν διεύθυνσι μετατοπίσεως τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς τῆς δυνάμεως F.

18 · 2 Τύπος τοῦ ἔργου.

Ὁ ἐργάτης τοῦ σχήματος 18 · 2, ὅταν ἀνυψώνη τὸ σῶμα σὲ ὕψος $h_1 = 2$ m, παράγει ἔργο ἐφαρμόζοντας δύναμι $F = 20$ kp.



Σχ. 18·2.
Ὁ ἐργάτης τοῦ σχήματος (β) παράγει διπλάσιο ἔργο ἀπὸ τὸν ἐργάτη τοῦ σχήματος (α). Ἐπίσης ὁ ἐργάτης τοῦ σχήματος (γ) παράγει διπλάσιο ἔργο ἀπὸ τὸν ἐργάτη τοῦ σχήματος (α).

Εὐκόλως ἀντιλαμβανόμαστε ὅτι ὁ ἐργάτης τοῦ σχήματος 18 · 2 (β) παράγει διπλάσιο ἔργο, γιατὶ ἀνυψώνει τὸ ἴδιο σῶμα σὲ διπλάσιο ὕψος, $h_2 = 2 \cdot h_1 = 4$ m. Ἂν τριπλασιασθῆ τὸ ὕψος, θὰ τριπλασιασθῆ καὶ τὸ ἔργο, ποὺ παράγεται ἀπὸ τὸν ἐργάτη κ.ο.κ.

Τὸ ἔργο ποὺ παράγεται ἀπὸ μία σταθερὴ δύναμι κατὰ τὴν μετατόπισι τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς της, εἶναι ἀνάλογο μὲ τὸ διάστημα, ποὺ διανύει τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς τῆς δυνάμεως αὐτῆς.

Στὸ σχῆμα 18 · 2 (γ) ὁ ἐργάτης ἀνυψώνει σὲ ὕψος h = 2 m σῶμα διπλασίου βάρους ἀπὸ αὐτό, ποὺ ἀνυψώνει ὁ ἐργάτης τοῦ σχήματος 18 · 2 (α). Ἑπομένως, ἐφαρμόζει δύναμι F_2 διπλασία ἀπὸ τὴν F_1, δηλαδή:

$$F_2 = 2 \cdot F_1 \quad \text{ἢ} \quad F_2 = 2 \times 20 \text{ kp} \quad \text{ἢ} \quad F_2 = 40 \text{ kp}.$$

Καὶ ἐδῶ εἶναι εὔκολο νὰ ἀντιληφθοῦμε ὅτι ὁ ἐργάτης τοῦ σχήματος 18 · 2 (γ) παράγει διπλάσιο ἔργο ἀπὸ τὸν ἐργάτη τοῦ σχήματος 18 · 2 (α), ἀφοῦ ἀνυψώνει στὸ ἴδιο ὕψος τῶν 2 m διπλάσιο βάρος καταβάλλοντας διπλασία δύναμι.

Ἂν τριπλασιασθῆ τὸ βάρος τοῦ σώματος καὶ συνεπῶς τριπλασιασθῆ ἡ δύναμι ποὺ θὰ καταβάλῃ ὁ ἐργάτης, θάτριπλασι ασθῆ καὶ τὸ ἔργο, ποὺ παράγεται ἀπὸ αὐτόν.

Ἄρα:

Ὅταν ἕνα σῶμα μετατοπίζεται κατὰ σταθερὴ ἀπόστασι ὑπὸ τὴν ἐπίδρασι μιᾶς σταθερῆς δυνάμεως, παράγεται ἔργο ἀνάλογο μὲ τὴν δύναμι ποὺ τὸ παράγει.

Ἀπὸ ὅσα μέχρι τώρα ἀναφέραμε συμπεραίνομε τὰ ἑξῆς:

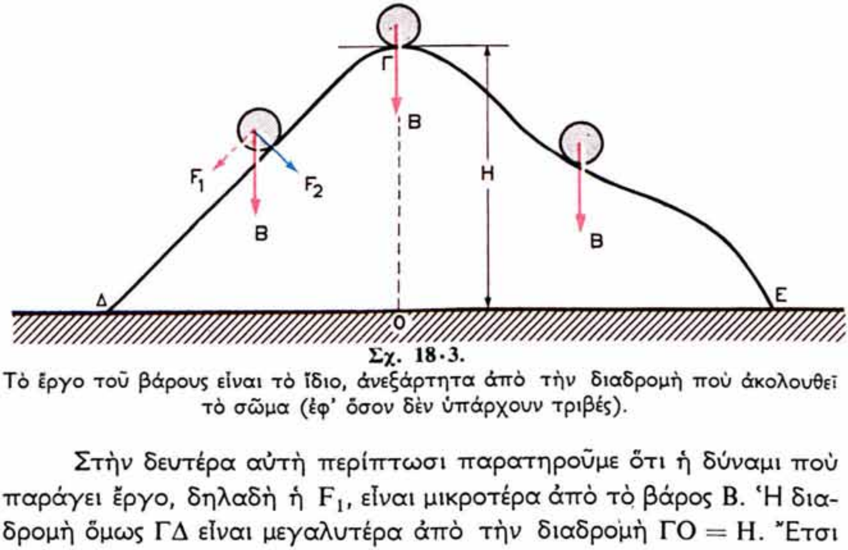
Ὅταν σταθερὴ δύναμι F μετατοπίζῃ τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς της κατὰ διάστημα s, ἡ διεύθυνσι τοῦ ὁποίου συμπίπτει μὲ τὴν διεύθυνσι τῆς δυνάμεως, τότε παράγεται ἔργο A, ποὺ εἶναι ἀνάλογο τῆς δυνάμεως F καὶ τῆς μετατοπίσεως s.

Ἑπομένως:

$$\boxed{\text{Ἔργο} = \text{Δύναμι} \times \text{Μετατόπισι}} \quad \text{ἢ} \quad \boxed{A = F \cdot s}$$

18 · 3 Ἔργο τοῦ βάρους σώματος.

Ἀφίνομε σῶμα, λ.χ. μία σφαίρα, νὰ πέση ἀπὸ ὁρισμένο ὕψος Η (σχ. 18 · 3). Ἂν Β εἶναι τὸ βάρος τοῦ σώματος, τότε παράγεται ἔργο $A = B \cdot H$, γιατὶ τὸ βάρος Β μετατοπίζει τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς του κατὰ τὴν διεύθυνσί του. Τὸ ἔργο αὐτὸ θὰ ἰσοῦται μὲ τὸ ἔργο, ποὺ θὰ δαπανήση ἕνας ἄνθρωπος γιὰ νὰ ἀνυψώση τὸ σῶμα μέχρι τὸ ὕψος Η. Ἂν, ἀπὸ τὸ ἴδιο ὕψος, ἀφίσωμε τὸ σῶμα νὰ ὀλισθήση σὲ κεκλιμένο ἐπίπεδο μέχρι τὸ ἔδαφος καὶ ἔτσι νὰ διανύση διαδρομὴ ΓΔ (χωρὶς νὰ λάβωμε ὑπ' ὄψι τὶς τριβές), τότε μόνο ἡ συνιστῶσα F_1 τοῦ βάρους Β θὰ κινῆ τὸ σῶμα κατὰ τὴν διεύθυνσί της καὶ ἑπομένως θὰ παράγη ἔργο ἴσο μὲ $A' = F_1 \cdot \Gamma\Delta$.



Σχ. 18 · 3.
Τὸ ἔργο τοῦ βάρους εἶναι τὸ ἴδιο, ἀνεξάρτητα ἀπὸ τὴν διαδρομὴ ποὺ ἀκολουθεῖ τὸ σῶμα (ἐφ' ὅσον δὲν ὑπάρχουν τριβές).

Στὴν δευτέρα αὐτὴ περίπτωσι παρατηροῦμε ὅτι ἡ δύναμι ποὺ παράγει ἔργο, δηλαδὴ ἡ F_1, εἶναι μικροτέρα ἀπὸ τὸ βάρος Β. Ἡ διαδρομὴ ὅμως ΓΔ εἶναι μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν διαδρομὴ $\Gamma O = H$. Ἔτσι τὸ γινόμενο $F_1 \cdot \Gamma\Delta$ θὰ εἶναι ἴσο μὲ τὸ γινόμενο $B \cdot H$ ἢ $A = A'$.

Γενικῶς:

Τὸ ἔργο ποὺ παράγει τὸ βάρος σώματος κατὰ τὴν πτῶσι του εἶναι ἴσο μὲ τὸ γινόμενο τοῦ βάρους τοῦ σώματος ἐπὶ τὸ κατακόρυφο ὕψος πτώσεώς του, ἀνεξάρτητα ἀπὸ τὴν διαδρομὴ ποὺ ἀκολουθεῖ τὸ σῶμα, μέχρι νὰ φθάση στὸ ἔδαφος.

$$\boxed{A = B \cdot H}$$

18·4 Μονάδες ἔργου.

Ἂν στὸν τύπο τοῦ ἔργου θέσωμε ὅπου F τὴν μονάδα δυνάμεως 1 kp καὶ ὅπου s τὴν μονάδα μήκους 1 m, θὰ προκύψη ἡ μονὰς τοῦ ἔργου ***1 κιλοποντόμετρο (1 kpm)***, δηλαδή:

$$\boxed{1\ \mathrm{kpm} = 1\ \mathrm{kp} \times 1\ \mathrm{m}}$$

Τὸ κιλοποντόμετρο εἶναι τὸ ἔργο, ποὺ παράγεται, ὅταν δύναμι 1 kp μετακινῆ κατὰ τὴν διεύθυνσί της τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς της κατὰ 1 m.

Ἐπίσης, ἂν στὸν τύπο αὐτὸν θέσωμε ὅπου F τὴν μονάδα δυνάμεως, 1 N, καὶ ὅπου s τὴν μονάδα μήκους, 1 m, θὰ προκύψη ἡ μονὰς ἔργου: ***1 Τζάουλ (Ζούλ)**** ***(1 Joule** ἢ **1 J)***, δηλαδὴ θὰ εἶναι:

$$1\ \mathrm{J} = 1\ \mathrm{N} \times 1\ \mathrm{m}.$$

Τὸ Τζάουλ εἶναι τὸ ἔργο, ποὺ παράγεται, ὅταν δύναμι 1 N μετακινῆ τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς της κατὰ 1 m καὶ κατὰ τὴν διεύθυνσί της.

Ἐπειδὴ 1 kp = 9,81 · N, θὰ εἶναι:

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

$$1\ \mathrm{kpm} = 9{,}81 \cdot \mathrm{J}.$$

Παράδειγμα.

Γερανὸς ἀνυψώνει σῶμα βάρους B = 120 kp σὲ ὕψος H = 24 m. Πόσο ἔργο θὰ ἀποδώση;

Λύσι:

Ἐφαρμόζομε τὸν τύπο τοῦ ἔργου A = B · s καὶ θέτομε ὅπου B = 120 kp καὶ ὅπου s = 24 m. Ὥστε:

$$A = 120\ \mathrm{kp} \times 24\ \mathrm{m} = 2880\ \mathrm{kpm}.$$

Ἑπομένως ὁ γερανὸς θὰ ἀποδώση ἔργο:

$$A = 2880\ \mathrm{kpm}.$$

---

* Ἀπὸ τὸ ὄνομα τοῦ γαλλικῆς καταγωγῆς ἄγγλου φυσικοῦ Τζάουλ ἢ Ζοὺλ (Joule, 1818 - 1889).

18 · 5 Ἀνακεφαλαίωσι.

1. Ὅταν μία δύναμι μετατοπίζη τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς της κατὰ τὴν διεύθυνσί της, παράγει ἔργο.

2. Ὅταν τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς δυνάμεως μετατοπίζεται καθέτως πρὸς τὴν διεύθυνσί της, τότε δὲν παράγεται ἔργο.

3. Ὅταν μία δύναμι μετατοπίζη τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς της ἔτσι, ὥστε ἡ διεύθυνσί της νὰ σχηματίζη γωνία μὲ τὴν διεύθυνσι μετατοπίσεως τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς της, τότε παράγει ἔργο μόνο ἡ συνιστῶσα τῆς δυνάμεως, τῆς ὁποίας ἡ διεύθυνσι συμπίπτει μὲ τὴν διεύθυνσι μετατοπίσεως τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς της.

4. Τὸ ἔργο, ποὺ παράγει μία δύναμι, ὅταν μετατοπίζη τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς της κατὰ τὴν διεύθυνσί της, ἰσοῦται μὲ τὸ γινόμενο τῆς ἐντάσεως τῆς δυνάμεως ἐπὶ τὸ διάστημα μετατοπίσεως τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς της, δηλαδὴ $A = F \cdot s$.

5. Τὸ ἔργο τοῦ βάρους σώματος κατὰ τὴν πτῶσι του ἰσοῦται μὲ τὸ γινόμενο τοῦ βάρους τοῦ σώματος ἐπὶ τὸ κατακόρυφο ὕψος πτώσεώς του.

18 · 6 Ἐρωτήσεις.

1. Πότε μία δύναμι παράγει ἔργο;

2. Γιατί ἡ δύναμι ποὺ ἀσκεῖται ἀπὸ τὸ χέρι μας, ὅταν περιστρέφωμε σῶμα ποὺ δέσαμε μὲ ἕνα σπάγγο, δὲν παράγει ἔργο;

3. Μὲ τί ἰσοῦται τὸ ἔργο μιᾶς δυνάμεως;

4. Πότε μία δύναμι δὲν παράγει ἔργο;

5. Μὲ τί ἰσοῦται τὸ ἔργο, ποὺ παράγει τὸ βάρος σώματος, ὅταν τὸ σῶμα ὀλισθήση σὲ κεκλιμένο ἐπίπεδο;

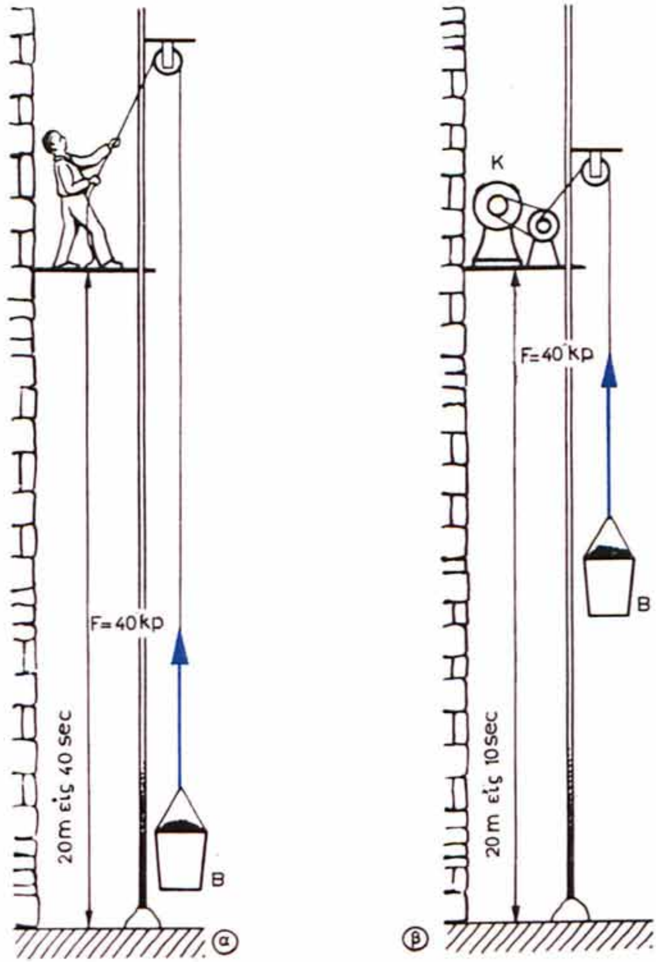
6. Ποιές εἶναι οἱ μονάδες ἔργου;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 19

ΙΣΧΥΣ

19 · 1 Ἰσχύς.

Στὸ σχῆμα 19 · 1 (α) ὁ ἐργάτης μὲ τὴν βοήθεια μιᾶς τροχαλίας,



Σχ. 19·1.

Ὁ κινητὴρ ἔχει τετραπλασία ἰσχὺ ἀπὸ τὸν ἐργάτη, γιατὶ ἀνυψώνει τὸ ἴδιο φορτίο στὸ ἴδιο ὕψος στὸ $\frac{1}{4}$ τοῦ χρόνου, ποὺ χρειάζεται ὁ ἐργάτης.

ἀνυψώνει σὲ ὕψος $h = 20$ m καὶ σὲ χρόνο $t = 40$ sec ἕνα φορτίο ἐφαρμόζοντας δύναμι $F = 40$ kp.

Ὁ κινητὴρ ὅμως τοῦ σχήματος 19·1(β) ἀνυψώνει τὸ ἴδιο βάρος στὸ ἴδιο ὕψος σὲ χρόνο $t_2 = 10$ sec.

Τὸ ἔργο ποὺ παράγει ὁ ἐργάτης καὶ ὁ κινητήρ, εἶναι ἀκριβῶς τὸ ἴδιο:

$$A = F \cdot h \quad \text{ἢ} \quad A = 40\ \text{kp} \times 20\ \text{m} \quad \text{ἢ} \quad A = 800\ \text{kpm}.$$

Ὁ κινητὴρ ὅμως εἶναι ***ἰσχυρότερος*** ἀπὸ τὸν ἐργάτη, γιατὶ παράγει τὸ ἴδιο ἔργο σὲ μικρότερο χρόνο.

Στὴν πρᾶξι μᾶς ἐνδιαφέρει κυρίως τὸ ποσὸν τοῦ ἔργου ποὺ παράγει μία μηχανὴ σὲ ὁρισμένο χρόνο ἢ στὴν μονάδα τοῦ χρόνου, γιατὶ καὶ μία πολὺ μικρὴ μηχανὴ ἂν λειτουργῆ συνεχῶς, μπορεῖ νὰ μᾶς ἀποδώση ὅσο ἔργο θέλομε.

Τὸ ἔργο Α, ποὺ παράγει μία μηχανὴ στὴν μονάδα τοῦ χρόνου, ὀνομάζεται ἰσχὺς τῆς μηχανῆς.

Ἂν μὲ Ν παραστήσωμε τὴν ἰσχὺ μιᾶς μηχανῆς, θὰ εἶναι:

$$\boxed{\text{ἰσχὺς} = \frac{\text{ἔργον}}{\text{χρόνος}}} \quad \text{ἢ} \quad \boxed{N = \frac{A}{t}}$$

Στὸν τύπο αὐτό, ἂν ἀντικαταστήσωμε τὸ Α μὲ τὸ ἴσο του, δηλαδὴ μὲ $F \cdot s$, προκύπτει ἡ σχέσι: $N = \dfrac{F \cdot s}{t}$ ἢ $N = F \cdot \dfrac{s}{F}$.

Τὸ πηλίκον ὅμως $\dfrac{s}{t}$ (παράγρ. 14·3) μᾶς δίνει τὴν ταχύτητα μετατοπίσεως, δηλαδὴ $\upsilon = \dfrac{s}{t}$, ἑπομένως θὰ ἰσχύη:

$$N = F \cdot \upsilon.$$

Ἡ ἰσχὺς μιᾶς μηχανῆς κατὰ τὴν παραγωγὴ ἔργου εἶναι ἴση μὲ τὸ γινόμενο τῆς δυνάμεως, ποὺ παράγει τὸ ἔργο, ἐπὶ τὴν ταχύτητα μετατοπίσεως.

19·2 Μονάδες ἰσχύος.

Ἂν στὸν τύπο $N = \dfrac{A}{t}$ θέσωμε ὅπου Α τὴν μονάδα τοῦ ἔργου 1 kpm καὶ ὅπου t τὴν μονάδα τοῦ χρόνου 1 sec, θὰ προκύψη ἡ μονὰς ἰσχύος, δηλαδὴ 1 κιλοποντόμετρο ἀνὰ sec:

$$\boxed{\mathbf{1\ kpm/sec}}$$

Ἔτσι λέμε ὅτι μία μηχανὴ ἔχει ἰσχὺ 1 kpm/sec, ὅταν παράγη ἔργο 1 kpm σὲ χρόνο 1 sec.

Μία πολὺ συνηθισμένη μονὰς ἰσχύος εἶναι τὸ ***βὰττ**** (*1 Watt* ἢ *1 W*) καὶ τὸ πολλαπλάσιό της τὸ ***κιλοβὰττ*** (*1 kW*):

$$\boxed{\mathbf{1\ kW = 1000\ W}}$$

Ἂν στὸν τύπο τῆς ἰσχύος θέσωμε ὅπου A τὴν μονάδα τοῦ ἔργου 1 J καὶ ὅπου $t = 1$ sec, θὰ προκύψη ἡ μονὰς τοῦ ἔργου 1 W:

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

Τὸ βὰττ εἶναι ἡ ἰσχὺς μιᾶς μηχανῆς ποὺ παράγει ἔργο 1 τζοὺλ σὲ 1 δευτερόλεπτο.

Γνωρίζομε ὅτι 1 kpm = 9,81 · J ἢ 1 kpm/sec = 9,81 · J/sec δηλαδή:

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

Συνήθως στὴν βιομηχανία χρησιμοποιεῖται ἡ μονὰς 1 ***γαλλικὸς ἵππος*** ἢ ἁπλῶς ***ἵππος*** (*1 CV*) **, εἶναι δέ:

$$\boxed{\mathbf{1\ CV = 75\ kpm/sec}}$$

Ἐπειδὴ δὲ εἶναι 1 kpm = 9,81 W, προκύπτει:

$$\boxed{\mathbf{1\ CV = 75\ kpm/sec = 75 \times 9{,}81\ W = 736\ W}}$$

Ἐπίσης χρησιμοποιεῖται ἡ μονὰς ***1 βρεταννικὸς ἵππος*** (*1 HP*) *** εἶναι δέ:

$$\boxed{\mathbf{1\ HP = 76\ kpm/sec}}$$

---

* Ἀπὸ τὸ ὄνομα τοῦ Σκώτου μηχανικοῦ Watt (1736 - 1819).

** Ἀπὸ τὴν γαλλικὴ λέξι cheval, ποὺ σημαίνει ἵππος.

*** Ἀρχικὰ τῶν λέξεων horse power, ποὺ σημαίνουν στὰ ἀγγλικὰ δύναμι ἵππου.

Ἑπομένως:

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

Παράδειγμα.

Γερανὸς ἀνυψώνει σῶμα βάρους $B = 250$ kp σὲ ὕψος $h = 40$ m καὶ σὲ χρόνο $t = 20$ sec. Νὰ εὑρεθῆ ἡ ἰσχὺς τοῦ κινητῆρος τοῦ γερανοῦ σὲ kpm/sec καὶ σὲ W.

Λύσι:

Ἐφαρμόζομε τὸν τύπο: $N = \dfrac{A}{t}$ ἢ $N = \dfrac{B \cdot s}{t}$, θέτοντας ὅπου $B = 250$ kp, ὅπου $h = s = 40$ m καὶ ὅπου $t = 20$ sec, ὁπότε:

$$N = \frac{250 \text{ kp} \times 40 \text{ m}}{20 \text{ sec}} \quad \text{ἢ} \quad N = 500 \, \frac{\text{kpm}}{\text{sec}} \quad \text{καὶ} \quad N = 500 \times 9{,}81 \text{ W}$$

$$\text{ἢ} \quad N = 4905 \text{ W}.$$

Ἑπομένως ἡ ἰσχὺς τοῦ κινητῆρος τοῦ γερανοῦ εἶναι:

$$N = 500 \, \frac{\text{kpm}}{\text{sec}} \quad \text{ἢ} \quad N = 4905 \text{ W}.$$

19 · 3 Ἀνακεφαλαίωσι.

1. Τὸ ἔργο ποὺ παράγει μία μηχανὴ στὴν μονάδα τοῦ χρόνου ὀνομάζεται ἰσχὺς τῆς μηχανῆς.

2. Ὁποιαδήποτε μηχανὴ σὲ ἄπειρο χρόνο μπορεῖ νὰ ἀποδώση ἄπειρο ἔργο. Στὶς πρακτικὲς ὅμως ἐφαρμογὲς ἡ ἀξιολόγησι μιᾶς μηχανῆς ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ ποσὸν τοῦ ἔργου ποὺ ἀποδίδει μέσα σὲ ὁρισμένο χρόνο, δηλαδὴ ἀπὸ τὸ πόση εἶναι ἡ ἰσχύς της.

19 · 4 Ἐρωτήσεις.

1. Τί ὀνομάζεται ἰσχὺς μιᾶς μηχανῆς;
2. Γιατί μία μηχανὴ ἀξιολογεῖται ἀπὸ τὴν ἰσχύ της καὶ ὄχι ἀπὸ τὸ ἔργο ποὺ ἀποδίδει;
3. Ποιές εἶναι οἱ μονάδες ἰσχύος;

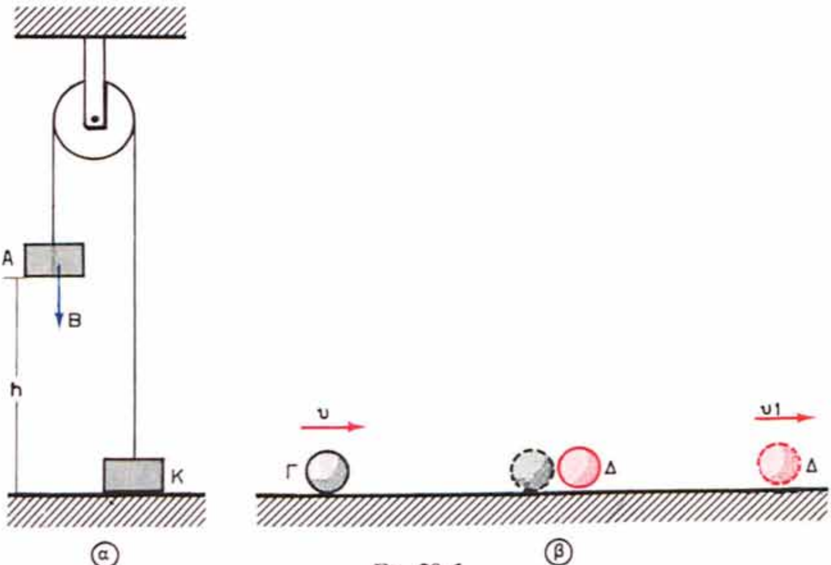
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 20

ΕΝΕΡΓΕΙΑ - ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

20 · 1 Ἐνέργεια.

Τὸ σῶμα Α τοῦ σχήματος 20 · 1 (α) μπορεῖ μὲ τὴν πτῶσι του νὰ ἀνυψώση μέσω τῆς τροχαλίας ἕνα ἄλλο σῶμα Κ.

Ἐπίσης ἡ μπάλλα Γ τοῦ σχήματος 20 · 1 (β), ὅταν προσκρούση στὴν μπάλλα Δ, θὰ τὴν ἀναγκάση νὰ κινηθῆ. Καὶ στὶς δύο περιπτώσεις παράγεται ἔργο, γιατὶ τὸ σῶμα Α ἀνυψώνει τὸ σῶμα Κ καὶ ἡ μπάλλα Γ ἀναγκάζει τὴν μπάλλα Δ νὰ κινηθῆ.



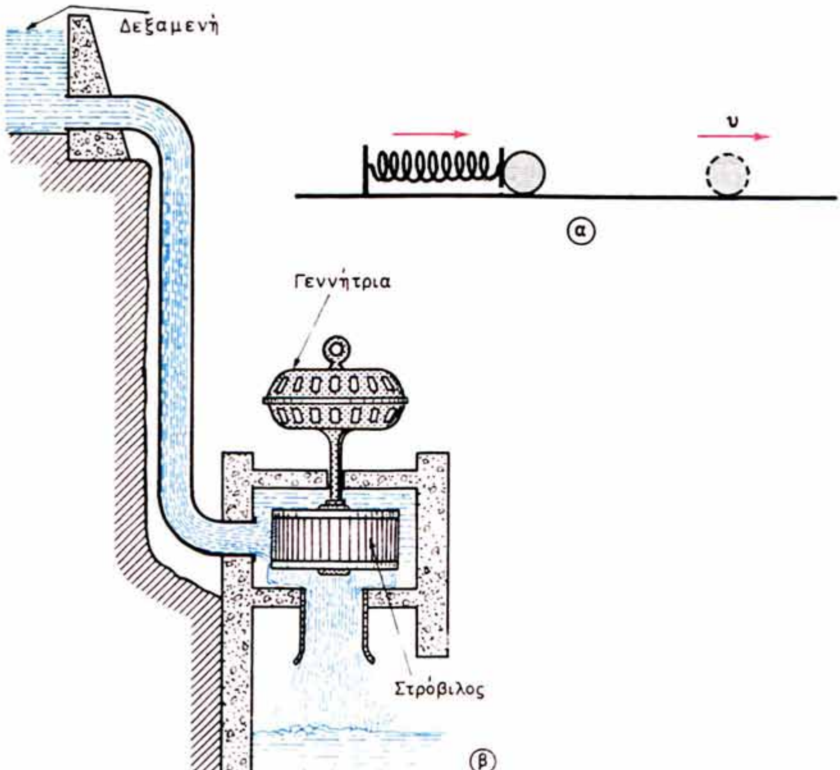
Σχ. 20 · 1.
Τὸ σῶμα Α καὶ ἡ μπάλλα Γ ἔχουν τὴν δυνατότητα παραγωγῆς ἔργου. Ἑπομένως περικλείουν ἐνέργεια.

Ἐπειδὴ τὰ σώματα Α καὶ Γ ἔχουν τὴν ἱκανότητα νὰ παράγουν ἔργο, λέμε ὅτι περικλείουν ἐνέργεια.

Γενικῶς, ὅταν ἕνα σῶμα μπορῆ νὰ παράγη ἔργο, περικλείει ἐνέργεια.

20 · 2 Μορφὲς ἐνεργείας.

α) Ἂν ἀφίσωμε ἀπότομα ἐλεύθερο ἕνα ἐλατήριο, παρατηροῦμε ὅτι ὠθεῖ σὲ κάποια ἀπόστασι μία μεταλλικὴ σφαίρα [σχ. 20 · 2 (α)]. Ἑπομένως τὸ συσπειρωμένο ἐλατήριο, ***λόγω τῆς καταστάσεώς του***, περικλείει ἐνέργεια, ἡ ὁποία μπορεῖ νὰ μᾶς ἀποδώση ἔργο. Ἔτσι συμβαίνει καὶ μὲ τὸ νερὸ σὲ ὑδατοφράκτη ὑδροηλεκτρικοῦ σταθμοῦ [σχ. 20 · 2 (β)], πού, ***λόγω τῆς θέσεώς του***, περικλείει ἐνέργεια, ἡ ὁποία μπορεῖ νὰ ἀποδώση ἔργο, ὅταν διοχετευθῆ στὰ πτερύγια ὑδροστροβίλου.



Σχ. 20 · 2.

α) Τὸ συσπειρωμένο ἐλατήριο περικλείει δυναμικὴ ἐνέργεια, γιατὶ μπορεῖ νὰ ἀποδώση ἔργο κινώντας τὴν σφαίρα. β) Τὸ νερὸ τοῦ ὑδατοφράκτη περικλείει δυναμικὴ ἐνέργεια, ἡ ὁποία μπορεῖ νὰ ἀποδώση ἔργο, κινώντας τοὺς ὑδροστροβίλους γεννητρίας ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

Καὶ στὴν μία καὶ στὴν ἄλλη περίπτωσι ἡ ἐνέργεια αὐτὴ ὀνομάζεται ***δυναμικὴ ἐνέργεια***.

Ἡ ἐνέργεια, τὴν ὁποία περικλείει ἕνα σῶμα, λόγῳ τῆς θέσεως ἢ τῆς καταστάσεώς του, ὀνομάζεται δυναμικὴ ἐνέργεια.

Γιὰ νὰ ἀνυψωθῆ ἀπὸ τὸ ἔδαφος σῶμα βάρους B σὲ ὕψος h ἀπαιτεῖται ἔργο $A = B \cdot h$, ποὺ ἀποταμιεύεται στὸ σῶμα ὑπὸ μορφὴ δυναμικῆς ἐνεργείας. Ἂν τὸ σῶμα αὐτὸ ἀφεθῆ ἐλεύθερο, ὅπως στὸ σχῆμα 20 · 1 α, μπορεῖ νὰ ἀποδώση τὸ ἴδιο ἔργο, νὰ ἀνυψώση δηλαδὴ στὸ ἴδιο ὕψος h ἕνα ἄλλο σῶμα ἴσου βάρους (ἂν βέβαια δὲν ὑπολογίσωμε τὶς τριβές).

Ἑπομένως:

Ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια σώματος βάρους B, ποὺ εὑρίσκεται σὲ ὕψος h, εἶναι ἴση μὲ τὸ ἔργο ποὺ δαπανᾶται, γιὰ νὰ ἀνυψωθῆ τὸ σῶμα B στὸ ὕψος h.

Δηλαδὴ ἂν μὲ $E_{δυν}$ παραστήσωμε τὴν δυναμικὴ ἐνέργεια τοῦ σώματος, θὰ ἰσχύη ἡ σχέσι:

$$\boxed{E_{δυν} = B \cdot h}$$

β) Ἡ κινουμένη μπάλλα Γ τοῦ σχήματος 20 · 1 (β) θέτει σὲ κίνησι τὴν μπάλλα Δ.

Ἐπίσης ἡ κινουμένη μάζα τοῦ νεροῦ θέτει, κατὰ τὴν πτῶσι της, σὲ κίνησι τὰ πτερύγια τοῦ ὑδροστροβίλου, ἢ ὁ ἄνεμος, δηλαδὴ ἡ κινουμένη μάζα τοῦ ἀέρος, κινεῖ ἕνα ἱστιοφόρο κ.ο.κ.

Ἑπομένως τὰ κινούμενα σώματα, ἐπειδὴ ἔχουν ταχύτητα, περικλείουν ἐνέργεια, ἡ ὁποία μπορεῖ νὰ ἀποδώση ἔργο. Ἡ ἐνέργεια αὐτὴ ὀνομάζεται ***κινητικὴ ἐνέργεια***.

Ἡ ἐνέργεια, τὴν ὁποία περικλείει ἕνα σῶμα λόγῳ τῆς ταχύτητός του ὀνομάζεται κινητικὴ ἐνέργεια.

Ἀποδεικνύεται ὅτι ἡ κινητικὴ ἐνέργεια σώματος μὲ μάζα m καὶ ταχύτητα υ δίδεται ἀπὸ τὸν τύπο:

$$\boxed{E_{κιν} = \frac{1}{2} m \cdot υ^2}$$

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

γ) Ἐκτὸς ἀπὸ τὶς δύο αὐτὲς μορφὲς τῆς μηχανικῆς ἐνεργείας, δηλαδὴ τῆς δυναμικῆς καὶ τῆς κινητικῆς, ὑπάρχουν καὶ πολλὲς ἄλλες μορφὲς ἐνεργείας. Ὁ δυναμίτης π.χ. περιέχει ἐνέργεια, γιατὶ μὲ τὴν ἔκρηξί του μᾶς ἀποδίδει ἔργο, π.χ. μετακινεῖ ἢ σπάει ἕνα βράχο. Ἐπειδὴ ἡ ἐνέργεια τοῦ δυναμίτη ὀφείλεται σὲ διάφορες χημικὲς ἀντιδράσεις, ὀνομάζεται ***χημικὴ ἐνέργεια***.

Ἕνας ἐργάτης, ὅταν μὲ τὴν δύναμι τῶν μυῶν του σηκώνη ἕνα βάρος, παράγει ἔργο. Ἡ ἐνέργεια αὐτὴ τῶν μυῶν τοῦ ἐργάτου ὀνομάζεται ***μυϊκὴ ἐνέργεια***.

Ἄλλες μορφὲς ἐνεργείας εἶναι ἡ θερμικὴ ἐνέργεια, ποὺ παράγεται κατὰ τὴν καῦσι ἑνὸς σώματος, ἡ ἀτομικὴ ἐνέργεια, ποὺ παράγεται κατὰ τὴν ἔκρηξι τῆς ἀτομικῆς βόμβας, ἡ πυρηνικὴ ἐνέργεια, μὲ τὴν ὁποία κινοῦνται τὰ πυρηνικὰ ὑποβρύχια, ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια κ.ἄ.

Παράδειγμα.

Νὰ ὑπολογισθῆ ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια $E_{δυν}$, ποὺ θὰ ἀποδώσουν 1000 kp νεροῦ, ὅταν πέσουν ἀπὸ ὕψος $h = 25$ m.

Λύσι :

Ἐφαρμόζομε τὸν τύπο $E_{δυν} = B \cdot h$ καὶ θέτομε ὅπου $B = 1000$ kp καὶ ὅπου $h = 25$ m:

$$E_{δυν} = 1000 \text{ kp} \times 25 \text{ m} = 25\,000 \text{ kpm}.$$

Ἑπομένως ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια, ποὺ θὰ ἀποδώσουν 1000 kp νεροῦ κατὰ τὴν πτῶσι τους ἀπὸ 25 m θὰ εἶναι:

$$E_{δυν} = 25\,000 \text{ kpm}.$$

20 · 3 *Μονάδες ἐνεργείας.*

Σύμφωνα μὲ ὅσα εἴπαμε, ἡ ἐνέργεια, ποὺ περικλείεται σὲ ἕνα σῶμα, εἶναι δυνατὸν νὰ μετατραπῆ σὲ ἔργο.

Τὸ ἔργο καὶ ἡ ἐνέργεια εἶναι δύο ἰσοδύναμα φυσικὰ μεγέθη καὶ ἑπομένως μετροῦνται μὲ τὶς ἴδιες μονάδες.

20 · 4 *Μετατροπὲς ἐνεργείας — Ἀρχὴ διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας.*

Ἄς φαντασθοῦμε ὅτι ἔχομε μία πετρελαιομηχανή, ἡ ὁποία θέτει σὲ λειτουργία γεννήτρια ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ἀπὸ τὴν ὁποία τροφοδοτεῖται τὸ ἠλεκτρικὸ δίκτυο οἰκίας.

Στὸ συγκρότημα αὐτὸ διαπιστώνομε τὶς ἑξῆς μετατροπὲς ἐνεργείας:

Κατ' ἀρχήν, τὸ πετρέλαιο, μὲ τὸ ὁποῖο λειτουργεῖ ἡ πετρελαιομηχανή, ἐπειδὴ εἶναι καύσιμο, περικλείει χημικὴ ἐνέργεια, ἡ ὁποία κατὰ τὴν καῦσι μετατρέπεται σὲ θερμικὴ ἐνέργεια. Ἔπειτα ἡ θερμικὴ αὐτὴ ἐνέργεια μετατρέπεται σὲ κινητικὴ ἐνέργεια, γιατὶ κινεῖ τὴν πετρελαιομηχανὴ καὶ τὴν γεννήτρια τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἐν συνεχείᾳ ἡ κινητικὴ ἐνέργεια μετατρέπεται σὲ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια, ἡ ὁποία τροφοδοτεῖ τὸ ἠλεκτρικὸ κύκλωμα τῆς οἰκίας. Τέλος στοὺς λαμπτῆρες ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια μετατρέπεται σὲ φωτεινὴ ἐνέργεια, ποὺ φωτίζει τὴν οἰκία.

Τὶς μετατροπὲς αὐτὲς τῆς ἐνεργείας βλέπομε στὸ σχεδιάγραμμα ποὺ ἀκολουθεῖ:

Χημικὴ ἐνέργεια → **Θερμικὴ ἐνέργεια** → **Κινητικὴ ἐνέργεια** → **Ἠλεκρικὴ ἐνέργεια** → **Φωτεινὴ ἐνέργεια**

Ἐπίσης, ὅταν σῶμα μάζας m ἐκτοξεύεται πρὸς τὰ ἄνω μὲ τὴν βοήθεια ἑνὸς συσπειρωμένου ἐλατηρίου (σχ. 20 · 4), τὴν στιγμὴ ποὺ ἐκτινάσσεται ἀπὸ τὸ ἔδαφος ἔχει: κινητικὴ ἐνέργεια $\frac{1}{2}\ m \cdot \upsilon^2$ (ὅπου υ εἶναι ἡ ταχύτης ἐκκινήσεως τοῦ σώματος) καὶ δυναμικὴ ἐνέργεια ἴση μὲ τὸ μηδέν, γιατὶ τὸ ὕψος $h = 0$.

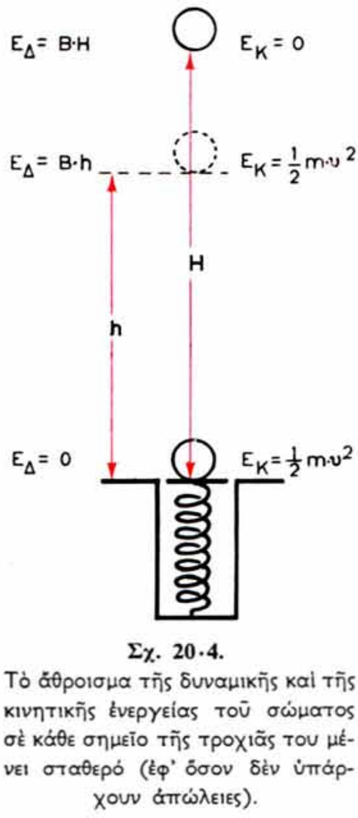
Ὅσο τὸ σῶμα ὅμως ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὸ ἔδαφος, τόσο ἡ κινητική του ἐνέργεια ἐλαττώνεται, γιατὶ μειώνεται ἡ ταχύτης του, ἐνῶ ἀντιθέτως αὐξάνεται ἡ δυναμική του ἐνέργεια $B \cdot h$, γιατὶ αὐξάνεται τὸ ὕψος h. Ὅταν τέλος τὸ σῶμα φθάση στὸ ἀνώτατο σημεῖο, ἀπὸ ὅπου ἐν συνεχείᾳ θὰ ἀρχίση νὰ πέφτη, τότε ἀκριβῶς ἡ κινητική του ἐνέργεια θὰ γίνη ἴση μὲ τὸ μηδέν, γιατὶ καὶ ἡ ταχύτης του θὰ ἔχη μηδενισθῆ, ἐνῶ τὴν ἴδια στιγμὴ τὸ σῶμα θὰ ἔχη τὴν μεγαλυτέρα δυναμικὴ ἐνέργεια.

Τὸ ἀντίθετο θὰ συμβῆ κατὰ τὴν ἐπάνοδο τοῦ σώματος στὸ ἔδαφος. Τὸ σῶμα δηλαδὴ κατὰ τὴν πτῶσι του θὰ χάνη συνεχῶς δυναμικὴ ἐνέργεια, γιατὶ θὰ χάνη ὕψος, ἐνῶ συγχρόνως θὰ αὐξάνεται ἡ κινητική του ἐνέργεια, γιατὶ θὰ αὐξάνεται ἡ ταχύτης του.

Σὲ κάθε ὅμως σημεῖο τῆς τροχιᾶς του τὸ σῶμα θὰ ἔχη ἄθροισμα δυναμικῆς καὶ κινητικῆς ἐνεργείας σταθερό.

Ἡ μηχανικὴ ἐνέργεια ἑνὸς σώματος, δηλαδὴ τὸ ἄθροισμα τῆς δυναμικῆς καὶ τῆς κινητικῆς του ἐνεργείας, μένει σταθερὸ (ἐφ᾽ὅσον βεβαίως δὲν συμβαίνουν ἀπώλειες ἐνεργείας).

Εἴδαμε λοιπὸν ὅτι εἶναι δυνατὸν μία μορφὴ ἐνεργείας νὰ μετατραπῆ σὲ ἄλλη μορφὴ ἐνεργείας. Κατὰ τὶς μετατροπὲς ὅμως αὐτὲς ἔχομε πάντοτε ἀπώλεια ἐνεργείας, γεγονὸς ποὺ ὀφείλεται σὲ διάφορα αἴτια. Ὅταν π.χ. ἡ κινητικὴ ἐνέργεια μετατρέπεται σὲ ἠλεκτρική, ἕνα μέρος της μετατρέπεται σὲ θερμικὴ ἐνέργεια, ποὺ θερμαίνει π.χ. τὰ ἐξαρτήματα τῆς γεννητρίας τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.



Σχ. 20·4.
Τὸ ἄθροισμα τῆς δυναμικῆς καὶ τῆς κινητικῆς ἐνεργείας τοῦ σώματος σὲ κάθε σημεῖο τῆς τροχιᾶς του μένει σταθερό (ἐφ᾽ ὅσον δὲν ὑπάρχουν ἀπώλειες).

Ἐπίσης, ὅταν ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια μετατρέπεται σὲ φωτεινὴ ἐνέργεια, ἕνα μέρος της μετατρέπεται σὲ θερμικὴ ἐνέργεια, ἡ ὁποία θερμαίνει τὸν λαμπτῆρα.

Ἂν ὅμως ἔχωμε ἕνα ἀπομονωμένο σύστημα, τέτοιο, ποὺ οὔτε νὰ παίρνη, οὔτε νὰ δίνη ἐνέργεια στὸ περιβάλλον, τότε τὸ σύνολο τῆς ἐνεργείας τοῦ συστήματος μένει σταθερό. Δηλαδή, τὸ ἄθροισμα ὅλων τῶν μορφῶν ἐνεργείας, ποὺ ὑπάρχουν σ᾽ αὐτὸ μένει σταθερὸ καὶ ἀνεξάρτητο ἀπὸ τὶς ἐσωτερικὲς μετατροπὲς τῶν μορφῶν ἐνεργείας.

Αὐτὸ ἀκριβῶς εἶναι ***ἡ ἀρχὴ τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας***. Ἑπομένως, ὅταν λέμε ὅτι ἔχομε ἀπώλειες κατὰ τὴν μετατροπὴ μιᾶς μορφῆς ἐνεργείας σὲ μία ἄλλη της μορφή, δὲν ἐννοοῦμε ὅτι χάνεται ἐνέργεια, ἀλλὰ ἁπλῶς ὅτι ἕνα μέρος ἀπὸ αὐτὴ μετατρέπεται σὲ μία ἄλλη μορφὴ ἐνεργείας, ἡ ὁποία συνήθως μᾶς εἶναι ἄχρηστη (ἢ καὶ ἐπιζήμια), ὅπως στὰ παραδείγματα ποὺ ἀναφέραμε.

Συνήθως κατὰ τὶς μετατροπὲς τῆς ἐνεργείας, ἔχομε ἀπώλεια ὑπὸ μορφὴ θερμικῆς ἐνεργείας. Ἡ θερμικὴ ἐνέργεια δύσκολα μετατρέπεται σὲ ἄλλη μορφὴ ἐνεργείας, ἐνῶ ὅλες οἱ ἄλλες μορφὲς ἐνεργείας μετατρέπονται εὐκολώτερα σὲ θερμικὴ ἐνέργεια.

20 · 6 Ἐρωτήσεις.

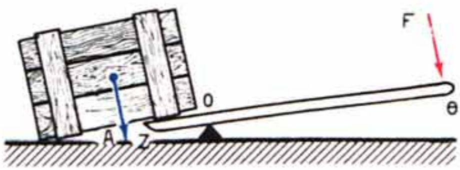
1. Πότε λέμε ὅτι ἕνα σῶμα περικλείει ἐνέργεια;
2. Τί εἶναι ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια σώματος;
3. Μὲ τί ἰσοῦται ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια σώματος, ποὺ εὑρίσκεται σὲ ὕψος h ἀπὸ τὸ ἔδαφος;
4. Τί εἶναι ἡ κινητικὴ ἐνέργεια σώματος;
5. Ποιά εἶναι ἡ ἀρχὴ διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας;
6. Ἀφίνομε σῶμα νὰ πέσῃ στὸ ἔδαφος ἀπὸ ἕνα ὁρισμένο ὕψος. Περιγράψετε τὶς μετατροπὲς ἐνεργείας, ποὺ θὰ συμβοῦν, μέχρις ὅτου τὸ σῶμα ἠρεμήσῃ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 21

ΜΗΧΑΝΕΣ

21 · 1 Μοχλοί.

Γιὰ νὰ ἀνυψώσωμε ἕνα μεγάλο βάρος, χρησιμοποιοῦμε τὴν ράβδο ΖΘ τοῦ σχήματος 21 · 1. Βλέπομε ὅτι ἔτσι μετακινοῦμε μεγάλα βάρη μὲ μικρὴ σχετικῶς προσπάθεια. Μὲ τὸν τρόπο αὐτὸ μὲ ***δύναμι F*** ποὺ ἐφαρμόζομε στὸ σημεῖο Θ, ὑπερνικοῦμε ἄλλη δύναμι Α, ποὺ ἐφαρμόζεται στὸ σημεῖο Ζ, ἡ ὁποία ὀφείλεται στὸ βάρος τοῦ κιβωτίου καὶ εἶναι πολὺ μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν δύναμι F. Ἡ δύναμι Α ὀνομάζεται ***ἀντίστασι***, γιατὶ ἀκριβῶς προβάλλει ἀντίστασι στὴν προσπάθειά μας νὰ τὴν ὑπερνικήσωμε.



Σχ. 21 · 1.
Μὲ τὸν μοχλὸ μποροῦμε νὰ ὑπερνικήσωμε μεγάλο βάρος μὲ μικρὴ προσπάθεια.

Ὅπως παρατηροῦμε, ἡ ράβδος εἶναι δυνατὸν νὰ στραφῇ γύρω ἀπὸ ἄξονα, ποὺ διέρχεται ἀπὸ τὸ σημεῖο Ο.

Ἡ ράβδος ΖΘ ὀνομάζεται ***μοχλός***.

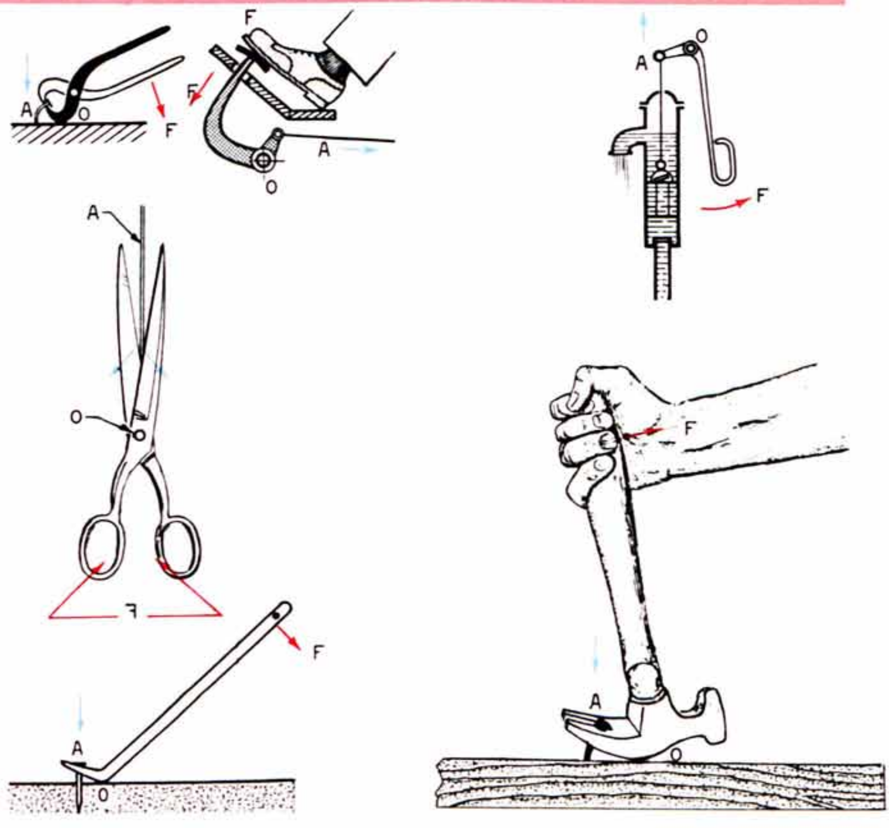
Γενικῶς, μοχλὸ ὀνομάζομε ἕνα ὄργανο, ποὺ μπορεῖ νὰ στραφῇ γύρω ἀπὸ ἄξονα. Τὸ ὄργανο αὐτὸ συνήθως μᾶς βοηθεῖ νὰ ὑπερνικοῦμε μεγάλες ἀντιστάσεις μὲ μικρὴ προσπάθεια.

Τὸ σημεῖο, ἀπὸ τὸ ὁποῖο διέρχεται ὁ ἄξων περιστροφῆς τοῦ μοχλοῦ, ὀνομάζεται ***ὑπομόχλιο***. Τὰ δύο τμήματα ΘΟ καὶ ΟΖ τοῦ μοχλοῦ ὀνομάζονται ***μοχλοβραχίονες***. Τὸ τμῆμα ΘΟ, στὸ ἄκρο Θ τοῦ ὁποίου ἐφαρμόζεται ἡ δύναμι, ὀνομάζεται ***μοχλοβραχίων δυνάμεως***, ἐνῶ τὸ τμῆμα ΟΖ, στὸ ἄκρο Ζ τοῦ ὁποίου ἐφαρμόζεται ἡ ἀντίστασι, ὀνομάζεται ***μοχλοβραχίων ἀντιστάσεως***.

21 · 2 Μοχλοὶ πρώτου, δευτέρου καὶ τρίτου εἴδους.

Στὸ προηγούμενο παράδειγμα εἴδαμε ὅτι τὸ ὑπομόχλιο O εὑρίσκεται μεταξὺ τῶν δύο σημείων, στὰ ὁποῖα ἐφαρμόζεται ἡ δύναμι F καὶ ἡ ἀντίστασι A.

Οἱ μοχλοί, στοὺς ὁποίους τὸ ὑπομόχλιο εὑρίσκεται μεταξὺ τοῦ σημείου, ὅπου ἐφαρμόζεται ἡ δύναμι, καὶ τοῦ σημείου, ὅπου ἐφαρμόζεται ἡ ἀντίστασι, ὀνομάζονται μοχλοὶ πρώτου εἴδους.

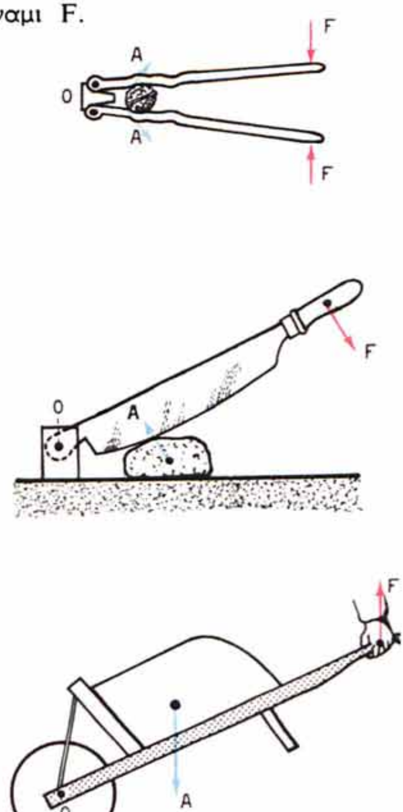


Σχ. 21·2 α.
Μοχλοὶ πρώτου εἴδους (μὲ τὸ ὑπομόχλιο στὸ μέσον).

Στὸ σχῆμα 21 · 2 α βλέπομε παραδείγματα μοχλῶν πρώτου εἴδους.

Στὴν χειράμαξα τοῦ σχήματος 21·2 β παρατηροῦμε ὅτι τὸ σημεῖο, στὸ ὁποῖο ἐφαρμόζεται ἡ ἀντίστασι Α, εὑρίσκεται μεταξὺ τοῦ ὑπομοχλίου Ο καὶ τοῦ σημείου, ὅπου ἐφαρμόζεται ἡ δύναμι F.

Οἱ μοχλοί, στοὺς ὁποίους τὸ σημεῖο, ὅπου ἐφαρμόζεται ἡ ἀντίστασι, εὑρίσκεται μεταξὺ τοῦ ὑπομοχλίου καὶ τοῦ σημείου ὅπου ἐφαρμόζεται ἡ δύναμι, ὀνομάζονται μοχλοὶ δευτέρου εἴδους.



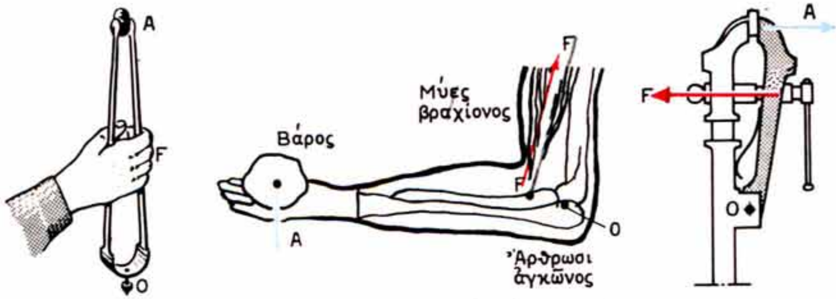
Σχ. 21·2 β.
Μοχλοὶ δευτέρου εἴδους (μὲ τὴν ἀντίστασι στὸ μέσον).

Στὸ σχῆμα 21·2 β βλέπομε παραδείγματα μοχλῶν δευτέρου εἴδους.

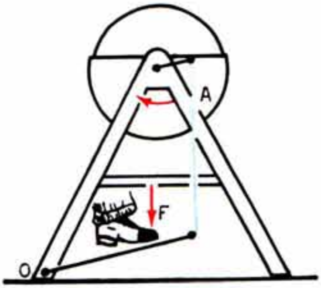
Ὅταν στὴν παλάμη μας κρατοῦμε ἕνα βάρος (σχ. 21·2 γ), οἱ μύες τοῦ βραχίονος ἐφαρμόζουν δύναμι στὸ σημεῖο Δ (ἀντίστασι). Ὅπως παρατηροῦμε, τὸ χέρι μας εἶναι μοχλός, στὸν ὁποῖο τὸ σημεῖο, ὅπου ἐφαρμόζεται ἡ δύναμι F, εὑρίσκεται μεταξὺ ὑπομοχλίου Ο καὶ ἀντιστάσεως Α.

Οἱ μοχλοί, στοὺς ὁποίους τὸ σημεῖο, ὅπου ἐφαρμόζεται ἡ δύναμι, εὑρίσκεται μεταξὺ τοῦ ὑπομοχλίου καὶ τοῦ σημείου, ὅπου ἐφαρμόζεται ἡ ἀντίστασι, ὀνομάζονται μοχλοὶ τρίτου εἴδους.

Ἡ διάκρισι τῶν μοχλῶν σὲ πρῶτο, δεύτερο καὶ τρίτο εἶδος εἶναι παλαιὰ καὶ δὲν ἔχει πιὰ πρακτικὴ ἀξία, γιατὶ στὶς σχέσεις τοῦ ἔργου τῶν μοχλῶν δὲν ἔχει ἰδιαίτερη σημασία.



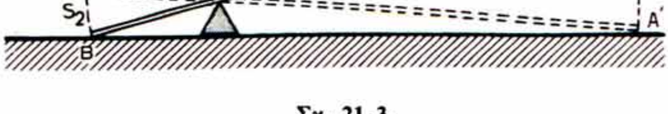
21·3 Ἔργο δυνάμεως καὶ ἔργο ἀντιστάσεως στοὺς μοχλούς.



Σχ. 21·2 γ.
Μοχλοὶ τρίτου εἴδους (μὲ τὴν δύναμι στὸ μέσον).

Εἴδαμε (παράγρ. 21 · 1) ὅτι εἶναι δυνατὸν μὲ μικρὴ προσπάθεια, δηλαδὴ μὲ μικρὴ δύναμι, νὰ ὑπερνικήσωμε μεγάλη ἀντίστασι, δηλαδὴ μεγαλυτέρα δύναμι.

Στὸ σχῆμα 21 · 3 παρατηροῦμε ὅτι, ὅταν τὸ σημεῖο, στὸ ὁποῖο ἐφαρμόζεται ἡ δύναμι F_1, μετατοπίζεται κατὰ μῆκος s_1, τότε τὸ σημεῖο, ὅπου ἐφαρμόζεται ἡ ἀντίστασι F_2, μετατοπίζεται κατὰ



Σχ. 21·3.
Στοὺς μοχλοὺς τὸ ἔργο τῆς δυνάμεως $F_1 \cdot s_1$ εἶναι ἴσο μὲ τὸ ἔργο τῆς ἀντιστάσεως $F_2 \cdot s_2$ (ἐφ' ὅσον δὲν ὑπάρχουν τριβές). Δηλαδή, $F_1 \cdot s_1 = F_2 \cdot s_2$.

μῆκος s_2. Ἑπομένως, τὸ ἔργο τῆς δυνάμεως F_1, ποὺ δαπανᾶται γιὰ νὰ ἀνυψωθῇ τὸ σῶμα, εἶναι $A_\Delta = F_1 \cdot s_1$, ἐνῶ τὸ ἔργο τῆς ἀντιστάσεως F_2, ποὺ παράγεται κατὰ τὴν ἀνύψωσι τοῦ σώματος, θὰ εἶναι $A_\pi = F_2 \cdot s_2$.

Ἂν μετρήσωμε τὰ μεγέθη F_1, F_2 καὶ s_1, s_2, θὰ διαπιστώσωμε ὅτι, ἐφ' ὅσον δὲν ὑπάρχουν ἀπώλειες ἔργου λόγω τριβῶν, θὰ ἰσχύη πάντοτε ἡ σχέσι:

$$\boxed{F_1 \cdot s_1 = F_2 \cdot s_2}$$

ἢ **ΕΡΓΟ ΔΥΝΑΜΕΩΣ = ΕΡΓΟ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΣ**

Ἐπαληθεύεται δηλαδὴ καὶ ἐδῶ ἡ ἀρχὴ διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας.

21 · 4 Ἁπλὲς μηχανές.

Στὴν Φυσικὴ λέγοντας ***μηχανὲς*** ἐννοοῦμε πάντοτε εἰδικὲς συσκευές, οἱ ὁποῖες, ἀφοῦ παραλάβουν μία μορφὴ ἐνεργείας ἀπὸ κάποια πηγή, τὴν μετατρέπουν κατόπιν σὲ μία ἄλλη μορφὴ ἐνεργείας, περισσότερο χρήσιμη.

Στὴν παράγραφο 20 · 4 εἴδαμε, πῶς ἡ ἐνέργεια μπορεῖ νὰ ἀλλάξῃ διαδοχικὰ μορφή.

Πολλὲς φορὲς εἶναι χρήσιμο νὰ μεταβάλλωμε τὰ χαρακτηριστικὰ μεγέθη τοῦ ἔργου μιᾶς δυνάμεως (δύναμι-μετατόπισι). Ἔτσι, γιὰ νὰ ἀνυψώσωμε ἕνα μεγάλο βάρος μὲ τὸν μοχλὸ τοῦ σχήματος 21 · 3, μᾶς συμφέρει, προκειμένου νὰ χρησιμοποιήσωμε μικροτέρα δύναμι F_1 ἀπὸ τὴν ἀντίστασι F_2, νὰ αὐξήσωμε τὴν μετατόπισι s_1. Ἐπίσης στὸ σχῆμα 10 · 3 β εἴδαμε ὅτι ὁ ἐργάτης γιὰ νὰ ἀνεβάσῃ τὸ βαρέλι, χρησιμοποιεῖ τὸ κεκλιμένο ἐπίπεδο. Κατ' αὐτὸ τὸν τρόπο μὲ τὴν αὔξησι τῆς μετατοπίσεως, δηλαδὴ τῆς διαδρομῆς, ὁ ἐργάτης ἐλαττώνει τὴν κλίσι τοῦ ἐπιπέδου καὶ ἔτσι ἐφαρμόζει μικροτέρα δύναμι, ἀπὸ τὸ βάρος ποὺ ἔχει τὸ βαρέλι.

Ἐν συνεχεία θὰ ἐξετάσωμε μερικὲς μηχανές, οἱ ὁποῖες, γιὰ τὴν παραγωγὴ μηχανικοῦ ἔργου, ἐλαττώνουν τὴν ἀπαιτουμένη δύναμι, ἐνῶ παράλληλα αὐξάνουν τὴν μετατόπισι τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς της.

Σὰν τέτοιες μηχανὲς μέχρι τώρα γνωρίσαμε τὸ κεκλιμένο ἐπίπεδο (Κεφάλ. 10) καὶ τοὺς μοχλούς.

Γενικῶς, ὀνομάζομε ἁπλῆ μηχανὴ τὴν συσκευή, ἡ ὁποία ἀλλάσσει κατὰ τὸν συμφερώτερο τρόπο τὰ χαρακτηριστικὰ μεγέθη ἑνὸς μηχανικοῦ ἔργου, δηλαδὴ τὴν δύναμι ὡς πρὸς τὴν μετατόπισι τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς της.

Πρέπει ὅμως νὰ ἔχωμε πάντοτε ὑπ' ὄψι μας ὅτι καὶ στὶς ἁπλὲς μηχανὲς ἰσχύει ἡ ἀρχὴ διατηρήσεως τῆς μηχανικῆς ἐνεργείας. Ἐπομένως τὸ μηχανικὸ ἔργο, ποὺ δαπανᾶται ἀπὸ τὴν δύναμι, θὰ εἶναι πάντοτε ἴσο μὲ τὸ μηχανικὸ ἔργο, ποὺ παράγεται ἀπὸ τὴν ἀντίστασι. Αὐτὸ βέβαια ἰσχύει, ἐφ' ὅσον δὲν λαμβάνομε ὑπ' ὄψι μας τὶς τριβὲς καὶ τὸ βάρος τῶν ἐξαρτημάτων τῶν ἁπλῶν μηχανῶν.

21 · 5 Τροχαλίες.

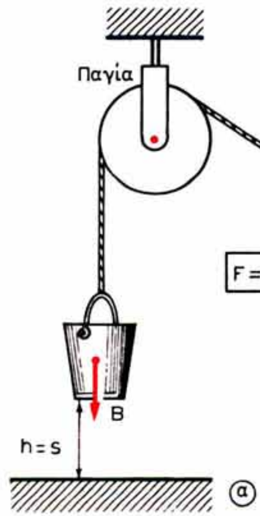
Στὴν παράγραφο 9 · 1 εἴδαμε ὅτι ἡ τροχαλία ἀλλάσσει τὴν διεύθυνσι μιᾶς δυνάμεως. Ὑπάρχουν δύο εἰδῶν τροχαλίες: ἡ ***παγία*** τροχαλία [σχ. 21 · 5 α (α)], ἡ ὁποία στηρίζεται μονίμως ἀπὸ ὑποστήριγμα καὶ ἡ ***ἐλευθέρα*** τροχαλία [σχ. 21 · 5 α (β)], ἡ ὁποία μπορεῖ νὰ μετακινῆται.

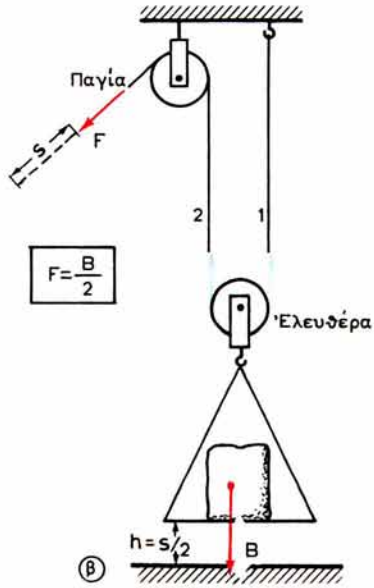
Εἶναι εὐνόητο ὅτι, γιὰ νὰ ἀνυψώσωμε μὲ τὴν παγία τροχαλία τὸ βάρος B, πρέπει νὰ ἐφαρμόσωμε στὸ ἄκρο τοῦ νήματος δύναμι F, ἴση μὲ τὸ βάρος B τοῦ σώματος. Ἂν θέλωμε νὰ τὸ ἀνυψώσωμε σὲ ὕψος h, πρέπει νὰ σύρωμε τὸ νῆμα πρὸς τὰ κάτω κατὰ μῆκος $s = h$. Ἄρα ἰσχύει ἡ σχέσι:

$$\boxed{F \cdot s = B \cdot h}$$

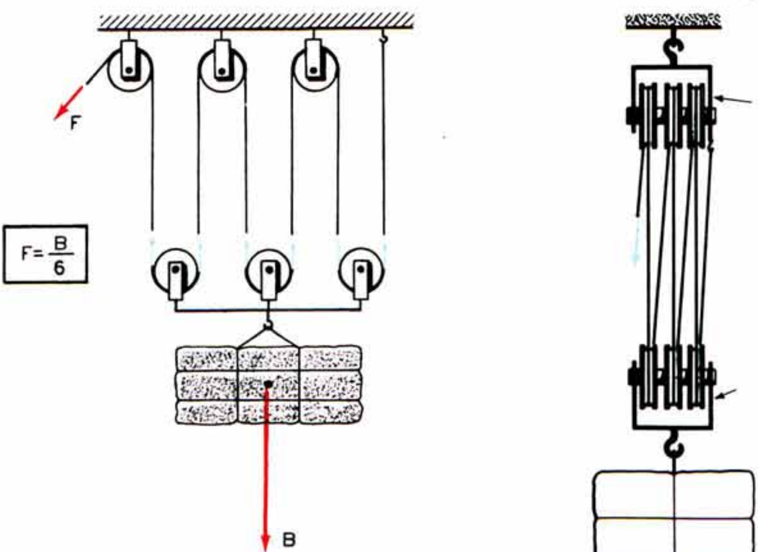
Στὴν ἐλευθέρα τροχαλία τὸ βάρος B διαμοιράζεται στὰ τμήματα 1 καὶ 2 τοῦ νήματος καὶ ἑπομένως, γιὰ νὰ ἀνυψώσωμε τὸ βάρος B, πρέπει νὰ ἐφαρμόσωμε στὸ ἄκρο τοῦ νήματος δύναμι $F = \frac{B}{2}$. Ὅταν ὅμως σύρωμε τὸ νῆμα κατὰ μῆκος s, ἀνυψώνομε τὸ βάρος σὲ ὕψος $h = \frac{s}{2}$.

Ἐπομένως θὰ ἰσχύῃ πάλι ἡ σχέσει: $F \cdot s = B \cdot h$, γιατί, ἂν ἀντικαταστήσωμε, θὰ ἔχωμε $\frac{B}{2} \cdot s = B \cdot \frac{s}{2}$.





Σχ. 21·5 α.
α) Στὴν παγία τροχαλία ἡ δύναμι F εἶναι ἴση μὲ τὸ βάρος B. β) Στὴν ἐλευθέρα τροχαλία ἡ δύναμι F εἶναι ἴση μὲ τὸ μισὸ τοῦ βάρους B, δηλαδὴ $F = \frac{B}{2}$.



Σχ. 21·5 β.
Μὲ τὸ πολύσπαστο, γιὰ νὰ ἀνυψώσωμε βάρος B, ἐφαρμόζομε δύναμι, ποὺ εἶναι τόσο μικροτέρα ἀπὸ τὸ βάρος, ὅσο περισσότερες εἶναι οἱ τροχαλίες.

Ἔτσι μὲ τὴν ἐλευθέρα τροχαλία μποροῦμε νὰ ὑπερνικήσωμε μία ἀντίστασι καταβάλλοντας δύναμι ἴση μὲ τὸ μισὸ τῆς ἀντιστάσεως.

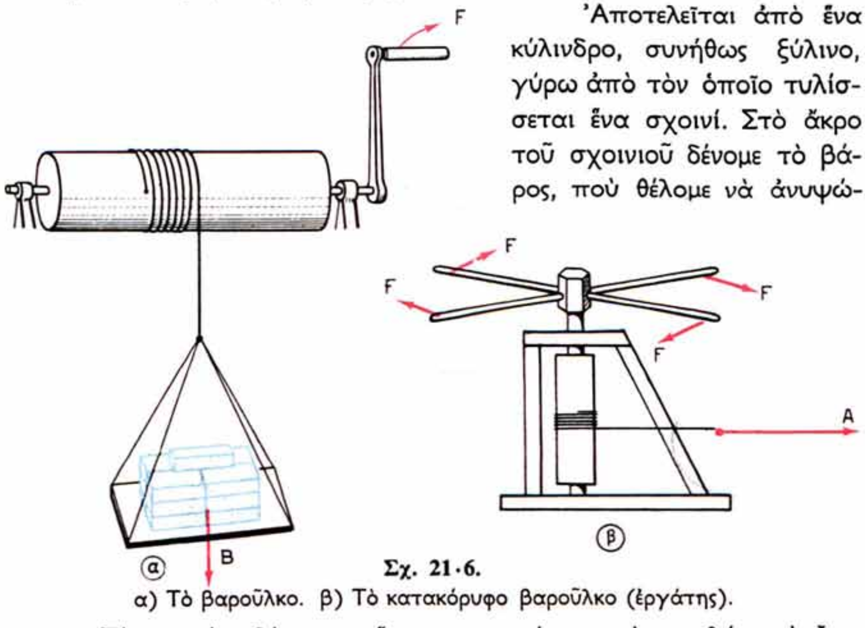
Μὲ συνδυασμὸ ἐλευθέρων καὶ παγίων τροχαλιῶν κατασκευάζομε τὸ λεγόμενο ***πολύσπαστο***, κοινῶς παλάγκο (σχ. 21 · 5 β), μὲ τὸ ὁποῖο μποροῦμε νὰ ἀνυψώσωμε μεγάλα βάρη μὲ μικρὴ σχετικῶς δύναμι. Στὸ σχῆμα 21 · 5 β τὸ βάρος μοιράζεται σὲ 6 νήματα καὶ ἐπομένως ἡ δύναμι F, ποὺ ἐφαρμόζομε στὸ ἄκρο τοῦ νήματος, θὰ εἶναι ἴση μὲ τὸ $\frac{1}{6}$ τοῦ βάρους B.

Γιὰ νὰ ἀνυψωθῆ ὅμως τὸ σῶμα σὲ ὕψος h, θὰ πρέπει νὰ σύρωμε τὸ νῆμα κατὰ μῆκος s ἑξαπλάσιο τοῦ ὕψους h, δηλαδὴ $s = 6 \cdot h$.

21 · 6 Τὸ βαροῦλκο.

Τὸ βαροῦλκο εἶναι ἁπλῆ μηχανὴ ποὺ χρησιμοποιοῦμε γιὰ τὴν ἀνύψωσι διαφόρων βαρῶν [σχ. 21 · 6 (α)].

Ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕνα κύλινδρο, συνήθως ξύλινο, γύρω ἀπὸ τὸν ὁποῖο τυλίσσεται ἕνα σχοινί. Στὸ ἄκρο τοῦ σχοινιοῦ δένομε τὸ βάρος, ποὺ θέλομε νὰ ἀνυψώσωμε. Τὸ σχοινὶ τυλίσσεται, ὅταν περιστρέψωμε τὸν μοχλό, ποὺ εἶναι στερεωμένος στὸν ἄξονα τοῦ κυλίνδρου. Τὸ μῆκος τοῦ μοχλοῦ εἶναι μεγαλύτερο ἀπὸ τὴν ἀκτῖνα τοῦ κυλίνδρου τοῦ βαρούλκου καὶ ἐπο-



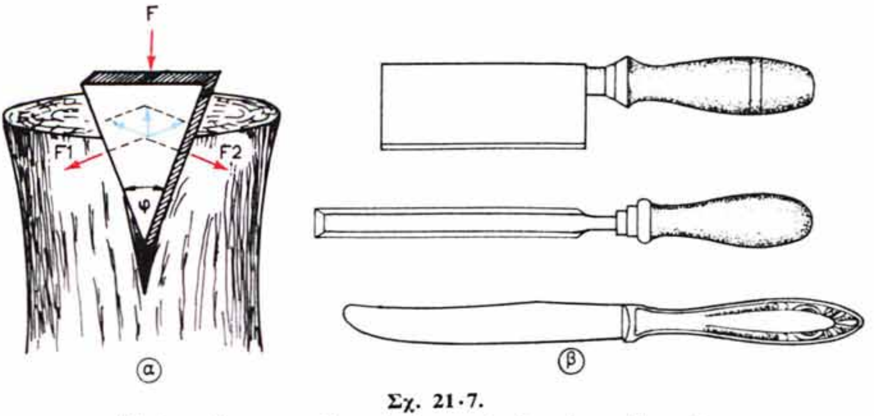
Σχ. 21·6.
α) Τὸ βαροῦλκο. β) Τὸ κατακόρυφο βαροῦλκο (ἐργάτης).

μένως μποροῦμε νὰ ἀνυψώσωμε βάρος Β ἐφαρμόζοντας στὸν μοχλὸ δύναμι F μικροτέρα ἀπὸ τὸ βάρος Β.

Ὅταν θέλωμε νὰ ὑπερνικήσωμε μία ὁριζοντία ἀντίστασι, χρησιμοποιοῦμε τὸ κατακόρυφο βαροῦλκο, κοινῶς ἐργάτη [σχ. 21 · 6 (β)].

21 · 7 Σφήνα.

Ἡ σφήνα, εἶναι στερεὸ σῶμα συνήθως τριγωνικῆς τομῆς, δηλαδὴ ἀποτελεῖ διπλὸ κεκλιμένο ἐπίπεδο [σχ. 21 · 7 (α)]. Ὅσο μικροτέρα εἶναι ἡ γωνία φ τῆς σφήνας, τόσο μεγαλυτέρα ἀντίστασι ὑπερνικοῦμε μὲ τὴν ἴδια δύναμι. Σφῆνες εἶναι τὰ σκαρπέλα, τὰ μαχαίρια, τὰ τσεκούρια, τὰ ξυράφια κ.λπ. [σχ. 21 · 7 (β)].



Σχ. 21·7.
Μὲ τὶς σφῆνες μποροῦμε νὰ κόψωμε ἢ νὰ σχίσωμε ἕνα σῶμα.

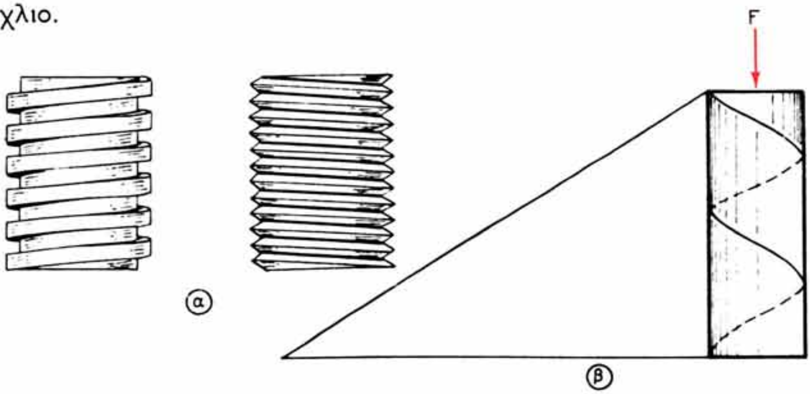
21 · 8 Κοχλίας (βίδα).

Ὁ κοχλίας εἶναι ἁπλῆ μηχανή, ποὺ χρησιμοποιεῖται εἴτε γιὰ νὰ συγκρατῆ στερεὰ δύο ἢ περισσότερα κομμάτια, εἴτε γιὰ νὰ μετατοπίζῃ ἢ νὰ ἀνυψώνῃ διάφορα σώματα· τέτοιοι κοχλίες εἶναι ἡ μέγγενη καὶ ὁ γρύλος τοῦ αὐτοκινήτου.

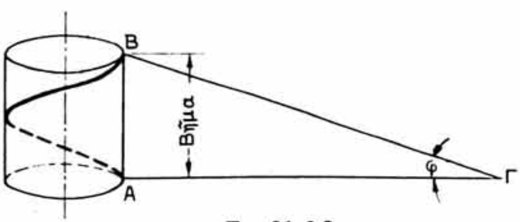
Ὁ κοχλίας μοιάζει μὲ κύλινδρο, ὁ ὁποῖος φέρει στὴν ἐξωτερική του ἐπιφάνεια σπείρωμα, ποὺ μπορεῖ νὰ εἶναι τριγωνικό, ὀρθογώνιο κ.λπ. [σχ. 21 · 8 α (α)].

Τὸ ἴχνος τοῦ σπειρώματος προκύπτει ἀπὸ τὴν ὑποτείνουσα ὀρθογωνίου τριγώνου, τὸ ὁποῖο τυλίσσομε γύρω ἀπὸ ἕνα κύλινδρο [σχ. 21 · 8 α (β)]· ἄρα θὰ ἔχῃ τὶς ἰδιότητες κεκλιμένου ἐπιπέδου μὲ πολὺ μικρὴ κλίσι.

Οἱ κοχλίες βιδώνονται μέσα σὲ περικόχλια (παξιμάδια), ποὺ φέρουν ἐσωτερικῶς σπείρωμα ἀνάλογο μὲ τὸ σπείρωμα τοῦ κοχλία, γιατὶ μόνον ἔτσι εἶναι δυνατὸν νὰ βιδωθῇ ὁ κοχλίας στὸ περικόχλιο.



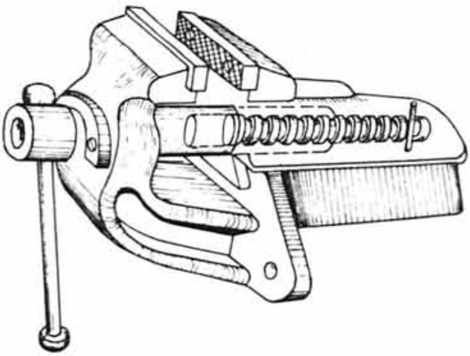
Σχ. 21·8 α.
α) Κοχλίες. β) Ἡ ἑλίκωσι τοῦ κοχλία προκύπτει, ἂν τυλίξωμε ἕνα ὀρθογώνιο τρίγωνο γύρω ἀπὸ ἕνα κύλινδρο.



Σχ. 21·8 β.
Τὸ βῆμα τοῦ κοχλία.

Ἂν κρατήσωμε τὸ περικόχλιο σταθερὸ καὶ στρέψωμε τὸν κοχλία μία ὁλόκληρη στροφή, τότε αὐτὸς εἰσχωρεῖ στὸ περικόχλιο κατὰ ὁρισμένο μῆκος, ποὺ ὀνομάζεται ***βῆμα*** τοῦ κοχλία (σχ. 21 · 8 β).

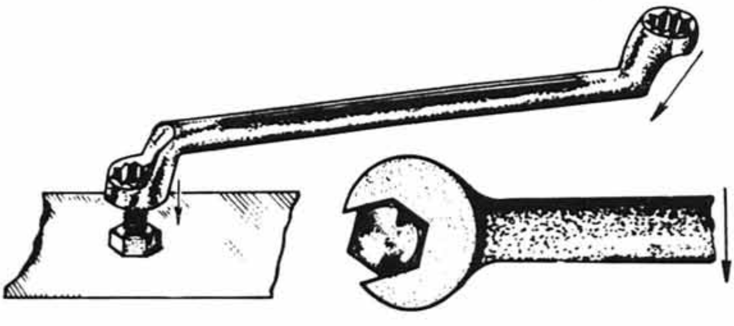
Ἐπειδὴ συνήθως χρησιμοποιοῦμε μεγάλη χειρολαβὴ ἢ «κλειδιὰ» (μοχλοὺς) προκειμένου νὰ βιδώσωμε τοὺς κοχλίες (σχ. 21 · 8 γ), μὲ τὸν συνδυασμὸ αὐτὸ μοχλοῦ καὶ κοχλία, κατορθώνομε μὲ πολὺ μικρὴ δύναμι νὰ ὑπερνικήσωμε πολὺ μεγάλη ἀντίστασι.



21·9 Βαθμὸς ἀποδόσεως μηχανῆς.

Ὅπως γνωρίζομε, μὲ τὶς μηχανὲς ἐπιτυγχάνομε νὰ μετατρέπωμε μία μορφὴ ἐνεργείας (ἢ ἔργου) σὲ ἄλλη μορφή, ποὺ μᾶς εἶναι περισσότερο ὠφέλιμη.

Γιὰ ὅλες ὅμως αὐτὲς τὶς μετατροπές, τὸ ἔργο



Σχ. 21·8 γ.

ποὺ δαπανᾶται εἶναι μεγαλύτερο ἀπὸ τὸ ἔργο ποὺ παράγεται, γιατὶ ἕνα μέρος ἀπὸ αὐτὸ χάνεται, ὑπὸ μορφὴ θερμικῆς συνήθως ἐνεργείας.

Ὅσο λιγότερες ἀπώλειες ἔχομε κατὰ τὴν λειτουργία μιᾶς μηχανῆς, τόσο πιὸ τέλεια εἶναι ἡ μηχανή μας.

Ἡ ἱκανότης μιᾶς μηχανῆς νὰ μετατρέπη τὴν ἐνέργεια ἀπὸ τὴν μία μορφὴ στὴν ἄλλη ἐκφράζεται μὲ τὸν βαθμὸ ἀποδόσεώς της η.

Ὁ βαθμὸς ἀποδόσεως η μιᾶς μηχανῆς ἰσοῦται μὲ τὸ πηλίκον τοῦ ἔργου (ἢ τῆς ἐνεργείας), $A_{παρ}$, ποὺ παράγεται ἀπὸ τὴν μηχανὴ διὰ τοῦ ἔργου (ἢ τῆς ἐνεργείας), $A_{δαπ}$, ποὺ δαπανᾶται ἀπὸ αὐτὴν μέσα σὲ ὁρισμένο χρονικὸ διάστημα.

$$\boxed{\text{Βαθμὸς ἀποδόσεως} = \frac{\text{Ἔργο ποὺ παράγεται}}{\text{Ἔργο ποὺ δαπανᾶται}}} \quad \text{ἢ} \quad \boxed{\eta = \frac{A_{παρ}}{A_{δαπ}}}$$

Ὁ βαθμὸς ἀποδόσεως η μιᾶς μηχανῆς εἶναι πάντοτε μικρότερος ἀπὸ τὴν μονάδα καὶ ἐκφράζεται «ἐπὶ τοῖς ἑκατόν». Ὁ βαθμὸς ἀποδόσεως ἠλεκτρικοῦ κινητῆρος π.χ., ὁ ὁποῖος παράγει μηχανικὸ ἔργο 6 kpm σὲ 1 sec δαπανώντας ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια 8 kpm, θὰ εἶναι:

$$\eta = \frac{A_{\pi\alpha\rho}}{A_{\delta\alpha\pi}} \qquad \text{ἢ} \qquad \eta = \frac{6}{8} = 0{,}75.$$

Ὥστε ἡ ἀπόδοσι τοῦ ἠλεκτρικοῦ κινητῆρος εἶναι 75%.

21 · 10 Ἀνακεφαλαίωσι.

1. Μοχλὸς εἶναι κάθε σῶμα ποὺ μπορεῖ νὰ στραφῇ περὶ ἕνα ἄξονα καὶ τὸ ὁποῖο συνήθως μᾶς βοηθεῖ νὰ ὑπερνικοῦμε μεγάλες ἀντιστάσεις μὲ μικρὴ δύναμι.
2. Στοὺς μοχλοὺς πρώτου εἴδους τὸ ὑπομόχλιο εὑρίσκεται μεταξὺ δυνάμεως καὶ ἀντιστάσεως.
3. Στοὺς μοχλοὺς δευτέρου εἴδους, ἡ ἀντίστασι εὑρίσκεται μεταξὺ ὑπομοχλίου καὶ δυνάμεως.
4. Στοὺς μοχλοὺς τρίτου εἴδους, ἡ δύναμι εὑρίσκεται μεταξὺ ὑπομοχλίου καὶ ἀντιστάσεως.
5. Στοὺς μοχλοὺς τὸ ἔργο τῆς δυνάμεως ἰσοῦται μὲ τὸ ἔργο τῆς ἀντιστάσεως.
6. Κάθε συσκευή, ποὺ μπορεῖ νὰ ἀλλάξῃ κατὰ τὸν συμφερώτερο τρόπο τὰ χαρακτηριστικὰ μεγέθη ἑνὸς ἔργου, δηλαδὴ τὴν δύναμι καὶ τὴν μετατόπισι τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς τῆς δυνάμεως, ὀνομάζεται ἁπλῆ μηχανή.
7. Ὁ βαθμὸς ἀποδόσεως μιᾶς μηχανῆς ἰσοῦται μὲ τὸ πηλίκον τοῦ ἔργου ἢ τῆς ἐνεργείας, ποὺ παράγεται ἀπὸ τὴν μηχανή, διὰ τοῦ ἔργου ἢ τῆς ἐνεργείας, ποὺ δαπανᾶται ἀπὸ αὐτὴν μέσα σὲ ὁρισμένο χρόνο.

21 · 11 Ἐρωτήσεις.

1. Τί εἶναι οἱ μοχλοί;
2. Πότε ἕνας μοχλὸς εἶναι πρώτου, δευτέρου ἢ τρίτου εἴδους;
3. Πῶς ἀποδεικνύεται ἡ ἀρχὴ τῆς διατηρήσεως τῆς μηχανικῆς ἐνεργείας στοὺς μοχλούς;
4. Τί εἶναι οἱ ἁπλὲς μηχανές;

5. Περιγράψετε τὶς ἁπλὲς μηχανὲς ποὺ ἐμάθαμε.
6. Πῶς ὁρίζεται τὸ βῆμα τοῦ κοχλία;
7. Τί ὀνομάζεται βαθμὸς ἀποδόσεως μιᾶς μηχανῆς;

21 · 12 Ἀσκήσεις.

1. Νὰ ὑπολογισθῆ τὸ ἔργο ποὺ καταναλίσκεται γιὰ τὴν ἀνύψωσι σώματος βάρους B = 80 kp σὲ ὕψος h 12 m.

2. Ἐργάτης τοποθετεῖ 10 κιβώτια σχήματος κύβου τὸ ἕνα ἐπάνω στὸ ἄλλο. Ἂν κάθε κιβώτιο ζυγίζη B = 30 kp καὶ ἔχη ἀκμὴ 20 cm, νὰ εὑρεθῆ τὸ ἔργο, ποὺ θὰ καταναλώση ὁ ἐργάτης σὲ kpm καὶ σὲ J.

3. Ἵππος σύρει ἅμαξα σὲ ὁριζόντιο δρόμο καὶ ἐφαρμόζει σταθερὴ δύναμι F = 40 kp. Νὰ εὑρεθῆ τὸ ἔργο, ποὺ θὰ παραχθῆ, ὅταν ἡ ἅμαξα διανύση ἀπόστασι s = 1 km.

4. Γερανὸς ἀνυψώνει σὲ χρόνο t = 1 min καὶ σὲ ὕψος h = 40 m βάρος B = 800 kp. Νὰ εὑρεθῆ ἡ ἰσχὺς τοῦ γερανοῦ.

5. Ἄνθρωπος βάρους B = 75 kp ἀνεβαίνει τρέχοντας κατακόρυφο κλίμακα ὕψους h = 9 m σὲ χρόνο t = 10 sec. Νὰ ὑπολογισθῆ ἡ ἰσχύς, ποὺ ἀνέπτυξε ὁ ἄνθρωπος.

6. Γερανὸς ἀνυψώνει βάρος B = 1000 kp μὲ ταχύτητα υ = 2 m/sec. Νὰ εὑρεθῆ ἡ ἰσχὺς τοῦ γερανοῦ σὲ W, CV καὶ HP.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 22

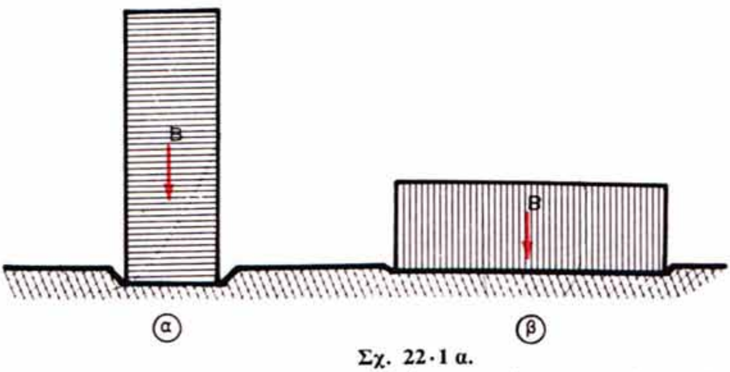
Η ΠΙΕΣΙ

22 · 1 Πιέζουσα δύναμι — ἔννοια τῆς πιέσεως.

Λαμβάνομε ἕνα κομμάτι μάρμαρο σὲ σχῆμα παραλληλεπιπέδου καὶ τὸ τοποθετοῦμε πάνω σὲ ὁριζόντιο στρῶμα ψιλῆς ἄμμου.

Παρατηροῦμε ὅτι, ὅταν τὸ μάρμαρο στηρίζεται μὲ τὴν μικροτέρα βάσι του [σχ. 22 · 1 α (α)], βυθίζεται περισσότερο στὴν ἄμμο, ἀπὸ ὅσο βυθίζεται, ὅταν τὸ στηρίξωμε μὲ τὴν μεγαλυτέρα του βάσι [σχ. 22 · 1 α (β)].

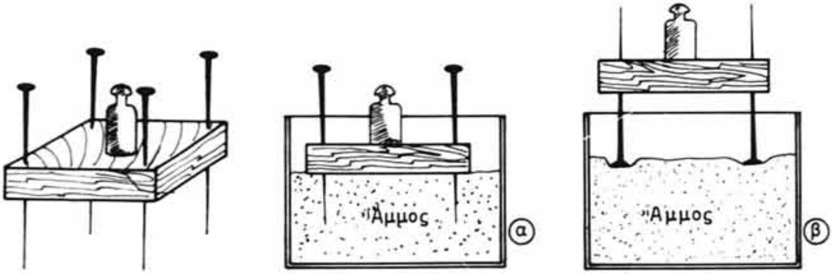
Καὶ στὶς δύο περιπτώσεις, ἡ δύναμι, ποὺ ἀναγκάζει τὸ μάρμαρο νὰ βυθίζεται στὴν ἄμμο, εἶναι ἡ ἴδια, δηλαδὴ τὸ βάρος του **Β**.



Σχ. 22·1 α.
Ὅσο μικροτέρα εἶναι ἡ ἐπιφάνεια στηρίξεώς του, τόσο περισσότερο τὸ μάρμαρο βυθίζεται στὴν ἄμμο.

Ὅταν τὸ μάρμαρο στηρίζεται μὲ τὴν μικροτέρα βάσι του, ἡ δύναμι αὐτὴ κατανέμεται ὁμοιόμορφα σὲ μικρὴ ἐπιφάνεια, ἐνῶ, ὅταν στηρίζεται μὲ τὴν μεγαλυτέρα βάσι του, ἡ ἴδια δύναμι κατανέμεται σὲ μεγαλύτερη ἐπιφάνεια. Γι' αὐτὸ καὶ τὸ μάρμαρο εἰσχωρεῖ λιγότερο μέσα στὴν ἄμμο.

Τὸ ἴδιο παρατηροῦμε καὶ στὸ σχῆμα 22 · 1 β. Ὅταν ἡ ξύλινη πλάκα μὲ τὸ βάρος της στηρίζεται στὶς αἰχμὲς τῶν καρφιῶν (α), βυθίζεται περισσότερο στὴν ἄμμο, ἀπὸ ὅσο βυθίζεται, ὅταν στηρίζεται στὶς κεφαλές τους (β), γιατὶ τὸ ἴδιο βάρος, στὴν πρώτη περίπτωσι, διαμοιράζεται στὶς πολὺ μικρὲς ἐπιφάνειες τῶν αἰχμῶν τῶν καρφιῶν.



Σχ. 22·1 β.
Τὰ καρφιὰ βυθίζονται περισσότερο στὴν ἄμμο, ὅταν ἡ στήριξι γίνεται μὲ τὶς αἰχμές τους, γιατὶ τότε ἡ πίεσι εἶναι πολὺ μεγαλυτέρα.

Ἡ δύναμι, ποὺ ἀναγκάζει τὸ μάρμαρο ἢ τὰ καρφιὰ νὰ βυθισθοῦν στὴν ἄμμο, ὀνομάζεται ***πιέζουσα δύναμι***. Ἡ πιέζουσα δύναμι εἶναι πάντοτε κάθετη στὴν ἐπιφάνεια ἐπαφῆς τῶν δύο σωμάτων. Τὸ πηλίκον τῆς πιεζούσης δυνάμεως, διὰ τῆς πιεζομένης ἐπιφανείας ἐκφράζει τὴν δύναμι ποὺ ἐνεργεῖ καθέτως στὴν μονάδα ἐπιφανείας καὶ ὀνομάζεται ***πίεσι***. Στὴν περίπτωσι τῶν στερεῶν, ὅπως ἐδῶ, λέγεται καὶ ***τάσι*** ἢ ***κατάθλιψι***.

Ἡ πίεσι, τὴν ὁποία ἀσκεῖ μία δύναμι σὲ ἐπιφάνεια σώματος, ἰσοῦται μὲ τὸ πηλίκον τῆς πιεζούσης δυνάμεως διὰ τοῦ ἐμβαδοῦ τῆς πιεζομένης ἐπιφανείας.

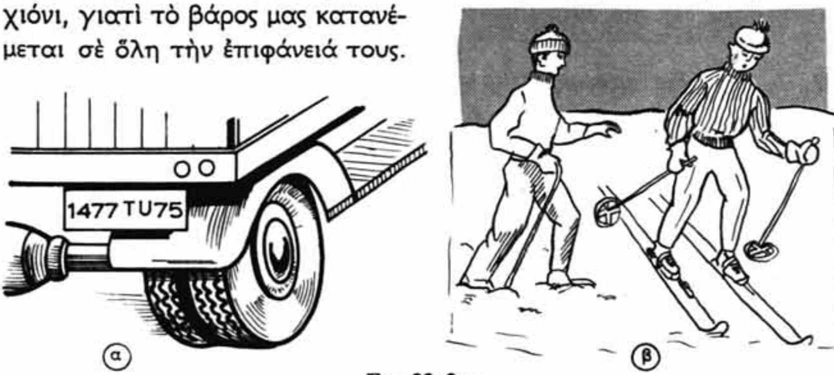
Ἂν μὲ P συμβολίσωμε τὴν πίεσι, ποὺ ἀσκεῖ ἡ πιέζουσα δύναμι F σὲ ἐπιφάνεια S, θὰ ἰσχύῃ:

$$\boxed{P = \frac{F}{S}}$$

22 · 2 Ἐφαρμογὲς τῆς πιέσεως.

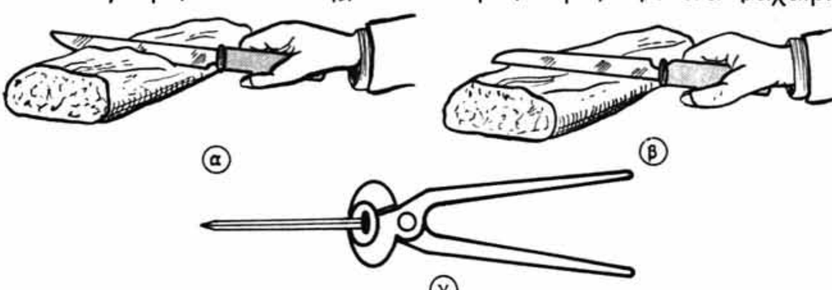
Ἀπὸ τὰ προηγούμενα προκύπτει ὅτι μποροῦμε νὰ ἐλαττώσωμε τὴν πίεσι, ποὺ ἀσκεῖ μία δύναμι, ἂν αὐξήσωμε τὴν ἔκτασι τῆς πιεζομένης ἐπιφανείας. Τὰ φορτηγὰ αὐτοκίνητα π.χ. ποὺ μεταφέρουν μεγάλα βάρη, χρησιμοποιοῦν διπλοῦς τροχοὺς μὲ ὀγκώδη ἐλαστικά, γιὰ νὰ ἐλαττώνεται ἡ πίεσι καὶ νὰ φθείρωνται λιγότερο τὰ ἐλαστικὰ [σχ. 22 · 2 α (α)].

Ἐπίσης γιὰ τὴν εὐκολωτέρα μετακίνησί μας σὲ χιονισμένη ἔκτασι χρησιμοποιοῦμε τὰ σκί. Μὲ αὐτὰ [σχ. 22 · 2 α (β)], μεγαλώνει ἡ ἔκτασι τῆς πιεζομένης ἐπιφανείας καὶ ἔτσι βυθιζόμαστε λιγότερο στὸ χιόνι, γιατὶ τὸ βάρος μας κατανέμεται σὲ ὅλη τὴν ἐπιφάνειά τους.



Σχ. 22·2 α.
Ὅταν αὐξάνεται ἡ πιεζομένη ἐπιφάνεια, ἐλαττώνεται ἡ πίεσι.

Ἀντιθέτως, γιὰ νὰ αὐξήσωμε τὴν πίεσι, ποὺ ἀσκεῖ μία δύναμι, ἐλαττώνομε τὴν πιεζομένη ἐπιφάνεια, ὅπως π.χ. μὲ τὰ παγοπέδιλα τῶν παγοδρομιῶν. Ἐπίσης, ὅταν κόβωμε ψωμὶ μὲ ἕνα μαχαίρι,



Σχ. 22·2 β.
Γιὰ νὰ ἐπιτύχωμε μεγάλη πίεσι ἐφαρμόζομε μία δύναμι σὲ πολὺ μικρὴ ἐπιφάνεια.

ἐφαρμόζομε τὴν δύναμι πάνω σὲ πολὺ μικρὴ ἐπιφάνεια [σχ. 22 · 2 β (α)], γι' αὐτὸ καὶ ἡ πίεσι γίνεται πολὺ μεγάλη. Μὲ τὸ μαχαίρι ὅμως ἀνάποδα δὲν εἶναι εὔκολο νὰ κόψωμε τὸ ψωμί [σχ. 22 · 2 β (β)], γιατὶ ἔτσι ἡ ἔκτασι τῆς πιεζομένης ἐπιφανείας αὐξάνεται. Αὐτὸς εἶναι ὁ λόγος, γιὰ τὸν ὁποῖο ἀκονίζομε τὰ κοπτικὰ ἐργαλεῖα καὶ κατασκευάζομε αἰχμηρὰ τὰ καρφιά, τὶς καρφίδες κ.λπ.

Γιὰ νὰ ἐλαττώσωμε τὴν πίεσι, ποὺ ἀσκεῖ μία δύναμι, αὐξάνομε τὴν πιεζομένη ἐπιφάνεια, ἐνῶ, γιὰ νὰ αὐξήσωμε τὴν πίεσι ποὺ ἀσκεῖ μία δύναμι, ἐλαττώνομε τὴν πιεζομένη ἐπιφάνεια.

22 · 3 Μονάδες πιέσεως.

Ἂν στὸν τύπο τῆς πιέσεως $P = \frac{F}{S}$ θέσωμε ὅπου $F = 1$ p καὶ ὅπου $S = 1\ cm^2$, θὰ προκύψη ἡ μονὰς πιέσεως ***ἕνα πὸντ ἀνὰ τετραγωνικὸ ἑκατοστόμετρο (1 p/cm²).***

Ἐπίσης, ἂν θέσωμε ὅπου $F = 1$ kp καὶ ὅπου $S = 1\ cm^2$, θὰ προκύψη ἡ μονὰς πιέσεως ***ἕνα κιλοπὸντ ἀνὰ τετραγωνικὸ ἑκατοστόμετρο (1 kp/cm²).***

Ἡ μονὰς αὐτὴ ὀνομάζεται καὶ ***τεχνητὴ ἀτμόσφαιρα (1 at).***

Ἑπομένως θὰ ἰσχύη:

$$\mathbf{1\ at = \frac{1\ kp}{cm^2} = 1000\ p/cm^2}$$

22 · 4 Ἀνακεφαλαίωσι.

1. Ἡ πίεσι ποὺ ἀσκεῖ μία δύναμι σὲ ἐπιφάνεια, ἰσοῦται μὲ τὸ πηλίκον τῆς δυνάμεως διὰ τοῦ ἐμβαδοῦ τῆς πιεζομένης ἐπιφανείας.
2. Ἡ πίεσι ἐκφράζει τὴν ἔντασι τῆς κάθετης σὲ μία ἐπιφάνεια δυνάμεως στὴν μονάδα ἐπιφανείας.
3. Ὅσο μικροτέρα εἶναι ἡ ἐπιφάνεια, στὴν ὁποία ἀσκεῖται μία δύναμι, τόσο μεγαλυτέρα εἶναι ἡ πίεσι ποὺ δέχεται ἡ πιεζομένη ἐπιφάνεια, καὶ ἀντιστρόφως, ὅσο μεγαλυτέρα εἶναι ἡ πιεζομένη ἐπιφάνεια, τόσο μικροτέρα εἶναι ἡ πίεσι ποὺ ἀσκεῖται σ' αὐτὴν ἀπὸ τὴν σταθερὴ δύναμι.

22 · 5 Ἐρωτήσεις.

1. Τί εἶναι ἡ πίεσι;
2. Ποιές εἶναι οἱ μονάδες πιέσεως;
3. Γιατί τὰ κοπτικὰ ἐργαλεῖα κατασκευάζονται αἰχμηρά;
4. Γιατί οἱ ἑλκυστῆρες (τρακτὲρ) ἔχουν χονδρὰ ἐλαστικά;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 23

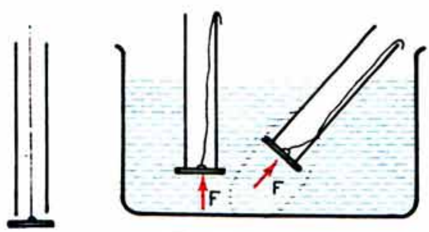
ΠΙΕΣΕΙΣ ΠΟΥ ΑΣΚΟΥΝΤΑΙ ΑΠΟ ΤΑ ΥΓΡΑ

23 · 1 Ὑδροστατικὴ πίεσι.

Παίρνομε ἕνα γυάλινο σωλῆνα καὶ στὸ ἕνα στόμιό του ἐφαρμόζομε ἐλαφρὸ δίσκο ἀπὸ ἀλουμίνιο. Ἂν βυθίσωμε τμῆμα τοῦ σωλῆνος μαζὶ μὲ τὸν δίσκο σὲ δοχεῖο μὲ ὑγρὸ (σχ. 23 · 1 α), παρατηροῦμε ὅτι ὁ δίσκος συγκρατεῖται στὸ στόμιο τοῦ σωλῆνος, ὄχι μόνο ὅταν ὁ σωλὴν εἶναι βυθισμένος καθέτως, ἀλλὰ καὶ πλαγίως.

Ἀπὸ αὐτὸ συμπεραίνομε ὅτι τὸ ὑγρὸ ἀσκεῖ στὸν δίσκο μία πιέζουσα δύναμι, ποὺ τὸν συγκρατεῖ στὴν θέσι αὐτή.

Ἡ δύναμι αὐτὴ εἶναι πάντοτε κάθετη στὴν ἐπιφάνεια τοῦ δίσκου, γιατὶ ἂν ἦταν πλαγία, θὰ τὸν παρέσυρε κατὰ τὴν διεύθυνσί της.



Σχ. 23·1 α.
Ἡ πιέζουσα δύναμι εἶναι πάντοτε κάθετη στὴν ἐπιφάνεια τοῦ δίσκου, ἄρα ἀνεξάρτητη ἀπὸ τὴν κλίσι τοῦ σωλῆνος μέσα στὸ ὑγρό.

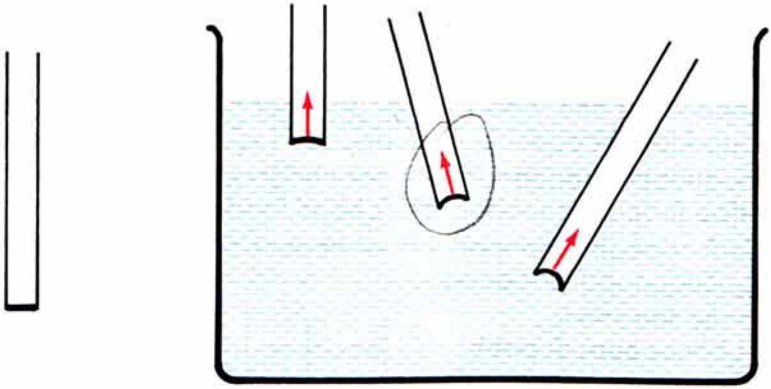
Ἡ πίεσι αὐτὴ ποὺ ἀσκεῖται ἀπὸ τὸ ὑγρὸ στὸν δίσκο ὀνομάζεται ***ὑδροστατικὴ πίεσι***.

Ἡ ὑδροστατικὴ πίεσι ἀσκεῖται σὲ ὅλα τὰ σώματα, ὅταν εὑρίσκωνται μέσα σὲ κάποιο ὑγρό. Ἀσκεῖται ἐπίσης καὶ στὰ τοιχώματα τοῦ δοχείου, ποὺ περιέχει τὸ ὑγρό.

Στὸ στόμιο τοῦ ἰδίου σωλῆνος προσκολλοῦμε τώρα ἐλαστικὴ μεμβράνη καὶ ἐπαναλαμβάνομε τὸ πείραμα βυθίζοντας τὸν σωλῆνα σὲ ἕνα βαθὺ δοχεῖο μὲ ὑγρό (σχ. 23 · 1 β). Παρατηροῦμε ὅτι σὲ ὅσο μεγαλύτερο βάθος εὑρίσκεται ἡ ἐλαστικὴ μεμβράνη, τόσο περισσότερο παραμορφώνεται (κοιλαίνεται).

Ὅσο δηλαδὴ αὐξάνεται τὸ βάθος τοῦ ὑγροῦ, τόσο αὐξάνεται καὶ ἡ πιέζουσα δύναμι, ποὺ ἀσκεῖ τὸ ὑγρὸ στὴν ἐλαστικὴ μεμβράνη καὶ ἐπομένως τόσο ἐντονώτερα ἐκδηλώνεται ἡ ὑδροστατικὴ πίεσι. Τὴν πίεσι αὐτή, ποὺ ἀσκοῦν τὰ ὑγρά, τὴν αἰσθανόμαστε στὰ αὐτιά μας, ὅταν ἐπιχειροῦμε στὴν θάλασσα καταδύσεις σὲ μεγάλα βάθη.

Ἡ ὑδροστατικὴ πίεσι ὀφείλεται στὸ βάρος τῶν ὑγρῶν καὶ γι' αὐτό, ὅσο βαρύτερο εἶναι ἕνα ὑγρό, δηλαδὴ ὅσο μεγαλύτερο εἶναι τὸ εἰδικό του βάρος, τόσο μεγαλυτέρα ὑδροστατικὴ πίεσι δέχονται τὰ σώματα, ποὺ εὑρίσκονται μέσα σ' αὐτό.



Σχ. 23·1 β.
Ἡ ὑδροστατικὴ πίεσι αὐξάνεται, ὅταν αὐξάνεται τὸ βάθος.

Ἑπομένως, ἂν ε εἶναι τὸ εἰδικὸ βάρος ἑνὸς ὑγροῦ καὶ h τὸ βάθος, στὸ ὁποῖο θέλομε νὰ ὑπολογίσωμε τὴν ὑδροστατικὴ πίεσι P, θὰ ἰσχύη ἡ σχέσι:

$$\boxed{P = \varepsilon \cdot h}$$

Κάθε ἐπιφάνεια, ποὺ εὑρίσκεται σὲ ἐπαφὴ μὲ ἕνα ὑγρό, δέχεται ἀπὸ αὐτὸ μία πίεσι, ἡ ὁποία ὀνομάζεται ὑδροστατικὴ πίεσι. Ἡ ὑδροστατικὴ πίεσι ὀφείλεται στὸ βάρος ποὺ ἔχει κάθε ὑγρὸ καὶ εἶναι ἀνάλογη μὲ τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ καὶ μὲ τὸ βάθος στὸ ὁποῖο εὑρίσκεται τὸ σῶμα.

Ἡ ὑδροστατικὴ πίεσι δὲν ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν κλίσι, ποὺ λαμβάνει ἡ πιεζομένη ἐπιφάνεια μέσα στὸ ὑγρό, γιατὶ ἔχει τὴν ἴδια ἔντασι σὲ ὅλα τὰ σημεῖα, ποὺ εὑρίσκονται στὸ ἴδιο ὁριζόντιο ἐπίπεδο.

23 · 2 Πιέσεις ποὺ ἀσκοῦνται ἀπὸ τὰ ὑγρά, στὸν πυθμένα τοῦ δοχείου ποὺ περιέχονται.

Λαμβάνομε τρία δοχεῖα μὲ διαφορετικὸ σχῆμα, ἀλλὰ μὲ πυθμένες, ποὺ ἔχουν τὸ ἴδιο ἐμβαδό. Στὸν πυθμένα κάθε δοχείου τοποθετοῦμε ἀπὸ ἕνα μανόμετρο, δηλαδὴ εἰδικὸ ὄργανο γιὰ τὴν μέτρησι τῆς πιέσεως.

Ἂν γεμίσωμε καὶ τὰ τρία δοχεῖα μὲ τὸ ἴδιο ὑγρό, ὥστε τὸ ὕψος του καὶ στὰ τρία νὰ εἶναι τὸ αὐτό (σχ. 23 · 2 α), θὰ παρατηρήσωμε ὅτι καὶ τὰ τρία μανόμετρα θὰ μᾶς δείχνουν τὴν ἴδια πίεσι, ἀνεξάρτητα ἀπὸ τὴν διαφορετικὴ ποσότητα ὑγροῦ ποὺ περιέχουν, λόγω τοῦ σχήματός τους.

Σχ. 23·2 α.
Ἡ πίεσι, ποὺ ἀσκεῖ τὸ ὑγρὸ στὸν πυθμένα τοῦ δοχείου του, εἶναι ἀνεξάρτητη ἀπὸ τὸ σχῆμα τοῦ δοχείου καὶ τὴν ποσότητα τοῦ ὑγροῦ.

Ἀπὸ τὸ πείραμα αὐτὸ συμπεραίνομε ὅτι ἡ ὑδροστατικὴ πίεσι δὲν ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν ποσότητα τοῦ ὑγροῦ, ἀλλὰ μόνο ἀπὸ τὸ βάθος, στὸ ὁποῖο γίνεται ἡ μέτρησι.

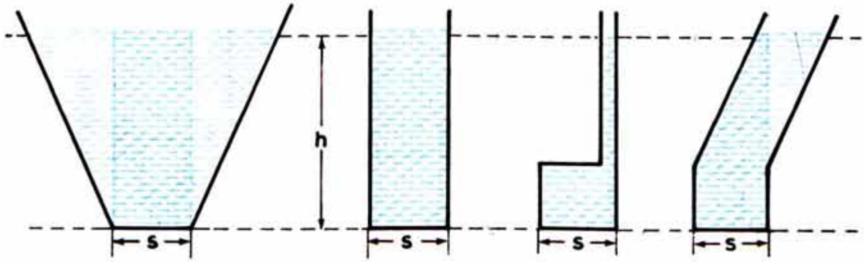
Ἑπομένως καὶ ἡ δύναμι, ποὺ ἀσκεῖ τὸ ὑγρὸ στὸν πυθμένα κάθε δοχείου, εἶναι καὶ στὰ τρία δοχεῖα ἡ ἴδια (ἀφοῦ ἔχουν τὸ ἴδιο ἐμβαδὸ πυθμένος), παρ' ὅλον ὅτι ἔχουν διαφορετικὸ σχῆμα.

Ἡ δύναμι, μὲ τὴν ὁποία ἕνα ὑγρὸ πιέζει τὸν πυθμένα τοῦ δοχείου, στὸ ὁποῖο περιέχεται, ἐξαρτᾶται μόνο ἀπὸ τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ καὶ ἀπὸ τὸ ὕψος του μέσα στὸ δοχεῖο καὶ εἶναι ἀνεξάρτητη ἀπὸ τὸ σχῆμα, καὶ συνεπῶς, καὶ ἀπὸ τὴν ποσότητα τοῦ ὑγροῦ, ποὺ περιέχει τὸ δοχεῖο.

Ἡ δύναμι αὐτὴ F τῆς πιέσεως ὑπολογίζεται ὅτι εἶναι ἴση μὲ τὸ βάρος στήλης ὑγροῦ (σχ. 23 · 2 β), ποὺ ἔχει βάσι τὸ ἐμβαδὸν τοῦ πυθμένος τοῦ δοχείου μὲ τὸ ὑγρό, καί ὕψος τήν κατακόρυφο ἀπόστασι τοῦ πυθμένος τοῦ δοχείου ἀπό τήν ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ.

Ἔτσι, ἄν S εἶναι τό ἐμβαδόν πυθμένος τοῦ δοχείου, h ἡ κατακόρυφος ἀπόστασι τοῦ πυθμένος τοῦ δοχείου ἀπό τήν ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ καί ε τό εἰδικό βάρος τοῦ ὑγροῦ, θά ἰσχύη ἡ σχέσι:

$$F = \varepsilon \cdot h \cdot S$$



Σχ. 23·2 β.
Ἡ δύναμι F, πού ἀσκεῖται ἀπό τό ὑγρό στόν πυθμένα τῶν δοχείων, εἶναι ἡ ἴδια σέ ὅλα τά δοχεῖα.

Παράδειγμα.

Δοχεῖο μέ ἐμβαδό πυθμένος $S = 120\ cm^2$ περιέχει νερό ὕψους $h = 0{,}5\ m$.

Νά ὑπολογισθῆ ἡ πίεσι πού ἀσκεῖται στόν πυθμένα τοῦ δοχείου καί ἡ δύναμι, μέ τήν ὁποία πιέζεται ἀπό τό νερό.

Λύσι :

α) Γιά νά εὑρεθῆ ἡ πίεσι στόν πυθμένα τοῦ δοχείου, ἐφαρμόζομε τόν τύπο $P = \varepsilon \cdot h$, στόν ὁποῖο θέτομε ὅπου $\varepsilon = 1\ p/cm^3$ καί ὅπου $h = 50\ cm$:

$$P = 1 \frac{p}{cm^3} \times 50\ cm = \frac{50\ pcm}{cm^3} = 50 \frac{p}{cm^2}$$

Ἑπομένως ἡ πίεσι πού ἀσκεῖται στόν πυθμένα τοῦ δοχείου εἶναι:

$$P = 50\ p/cm^2.$$

β) Γιά νά εὕρωμε ποιά δύναμι πιέζει τόν πυθμένα, ἐφαρμόζομε τόν τύπο: $F = \varepsilon \cdot h \cdot S$ καί θέτομε ὅπου $\varepsilon = 1\ p/cm^2$, ὅπου $h = 50\ cm$ καί ὅπου $S = 120\ cm^2$.

$$F = 1 \frac{p}{cm^3} \times 50\ cm \times 120\ cm^2 = \frac{50\ pcm \times 120\ cm^2}{cm^3} = \frac{6000\ p/cm^3}{cm^3} = 6000\ p$$

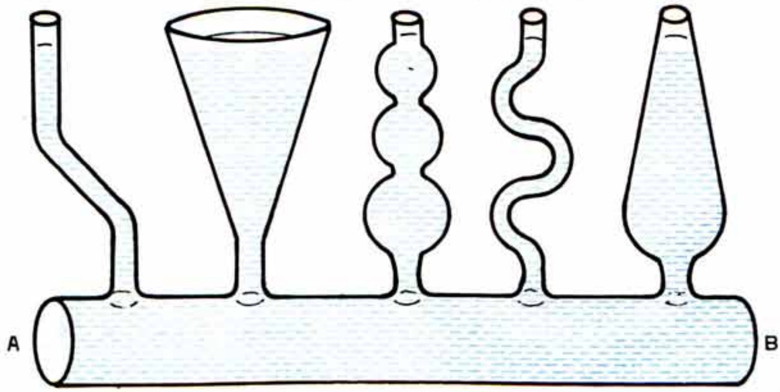
ἤ $F = 6\ kp$.

Ἑπομένως στόν πυθμένα ἀσκεῖται δύναμι $F = 6\ kp$.

23 · 3 Ἀρχὴ τῶν συγκοινωνούντων δοχείων.

Στὸ σχῆμα 23 · 3 α βλέπομε δοχεῖα διαφόρου σχήματος, ποὺ συγκοινωνοῦν στὴν βάσι τους μὲ τὸν ὁριζόντιο σωλῆνα ΑΒ.

Ἂν σὲ ἕνα ἀπὸ τὰ δοχεῖα αὐτὰ βάλωμε ὑγρὸ μέχρι νὰ γεμίσῃ, παρατηροῦμε ὅτι ἡ στάθμη τοῦ ὑγροῦ ἀνεβαίνει συγχρόνως καὶ στὰ ἄλλα δοχεῖα. Ὅταν σταματήσωμε νὰ βάζωμε ὑγρό, διαπιστώνομε ὅτι ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ σὲ ὅλα τὰ δοχεῖα εὑρίσκεται στὸ ἴδιο ὁριζόντιο ἐπίπεδο ἀνεξαρτήτως τοῦ σχήματος τῶν δοχείων.



Σχ. 23·3 α.
Ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ σὲ ὅλα τὰ δοχεῖα εὑρίσκεται στὸ ἴδιο ὁριζόντιο ἐπίπεδο.

Ἑπομένως, ὅταν δύο ἢ περισσότερα δοχεῖα συγκοινωνοῦν μεταξύ τους καὶ γεμίσωμε ἕνα ἀπὸ αὐτὰ μὲ ἕνα ὑγρό, ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ σὲ ὅλα τὰ δοχεῖα θὰ εὑρίσκεται στὸ ἴδιο ὁριζόντιο ἐπίπεδο.

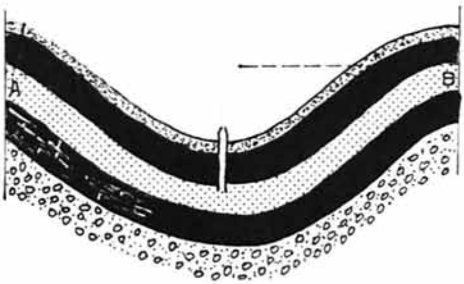
Ἡ ἀρχὴ αὐτή, ἡ ὁποία εἶναι ἀποτέλεσμα τῶν ὑδροστατικῶν πιέσεων, ὀνομάζεται ἀρχὴ τῶν ***συγκοινωνούντων δοχείων*** καὶ ἔχει πολλὲς ἐφαρμογὲς στὴν καθημερινὴ ζωή.

Στὸ σχῆμα 23 · 3.β φαίνεται παραστατικὰ ἡ διανομὴ τοῦ νεροῦ στὶς κατοικίες ἀπὸ μία δεξαμενή. Ἡ δεξαμενὴ αὐτὴ πρέπει νὰ εὑρίσκεται ὅσο τὸ δυνατὸν ὑψηλότερα, γιὰ νὰ τροφοδοτοῦνται, βάσει τῆς ἀρχῆς τῶν συγκοινωνούντων δοχείων, καὶ τὰ πιὸ ψηλὰ διαμερίσματα τῶν κατοικιῶν.

Ἕνα ἄλλο χαρακτηριστικὸ παράδειγμα ἐφαρμογῆς τῆς ἀρχῆς τῶν συγκοινωνούντων δοχείων εἶναι τὰ ἀρτεσιανὰ φρέατα (πηγάδια).

Σχ. 23·3 β.
Παραστατικὴ διανομὴ τοῦ νεροῦ στὶς κατοικίες.

Τὸ νερό, ποὺ ὑπάρχει στὸ ὑδροφόρο στρῶμα, τὸ ὁποῖο εὑρίσκεται μεταξὺ τῶν δύο στεγανῶν πετρωμάτων, ἀναβλύζει στὴν ἐπιφάνεια τῆς γῆς, μόλις συναντήση διέξοδο ἀπὸ τὴν ὀπή, ποὺ ἀνοίξαμε στὸ ἔδαφος (σχ. 23 · 3 γ). Αὐτὸ συμβαίνει, γιατὶ τὸ ὑδροφόρο στρῶμα περνᾶ ἀπὸ τὰ σημεῖα Α καὶ Β, ποὺ εὑρίσκονται ὑψηλότερα ἀπὸ τὸ σημεῖο τοῦ ἐδάφους, στὸ ὁποῖο ἀνοίξαμε τὴν ὀπή.



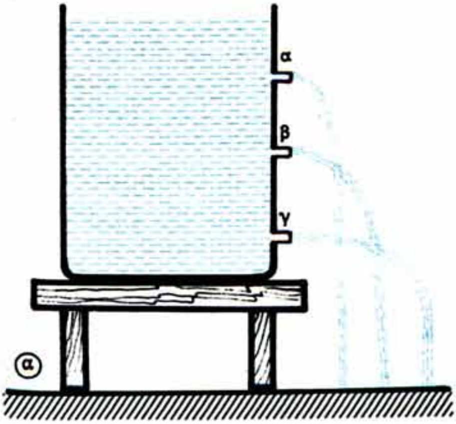
Σχ. 23·3 γ.
Παραστατικὴ διάταξι τῶν πετρωμάτων σὲ περιοχὴ ἀρτεσιανοῦ φρέατος.

23 · 4 Πίεσι ποὺ ἀσκεῖ ἕνα ὑγρὸ στὰ τοιχώματα τοῦ δοχείου ποὺ περιέχεται.

Ἂν στὸ πλευρικὸ τοίχωμα δοχείου, ποὺ εἶναι γεμάτο νερό, ἀνοίξωμε τρεῖς ὀπές, [σχ. 23 · 4 α (α)] θὰ παρατηρήσωμε ὅτι τὸ νερὸ ἐκτινάσσεται ἀπὸ αὐτὲς σὲ τόσο μεγαλυτέρα ἀπόστασι, ὅσο περισσότερο ἀπέχει ἡ ὀπὴ ἀπὸ τὴν ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ.

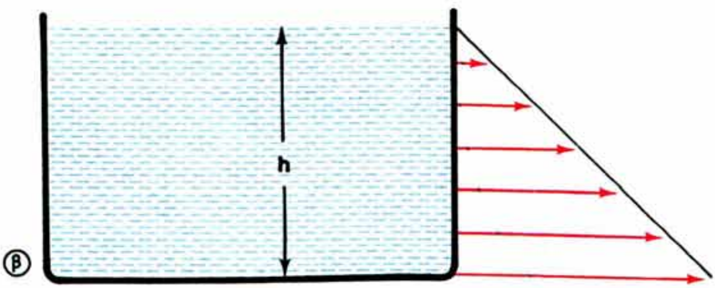
Αὐτὸ συμβαίνει γιατί, σύμφωνα μὲ τὰ προηγούμενα (παράγρ. 23 · 2), ἡ ὑδροστατικὴ πίεσι αὐξάνει, ὅταν αὐξάνεται καὶ τὸ βάθος τοῦ ὑγροῦ.

Ἑπομένως καὶ οἱ δυνάμεις, μὲ τὶς ὁποῖες τὸ νερὸ πιέζει τὰ τοι-

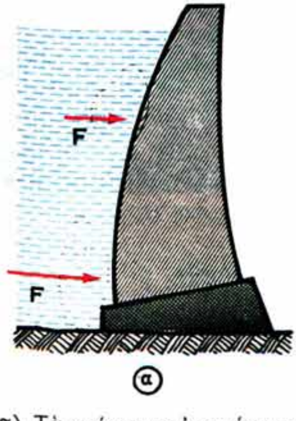


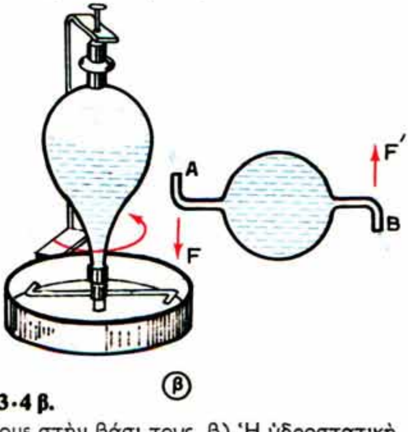
χώματα τοῦ δοχείου, ποὺ τὸ περιέχει, αὐξάνονται ἀνάλογα μὲ τὸ βάθος [σχ. 23·4 α (β)].

Ἡ δύναμι, μὲ τὴν ὁποία ἕνα ὑγρὸ πιέζει τμῆμα τοῦ τοιχώματος τοῦ δοχείου στὸ ὁποῖο περιέχεται, εἶναι τόσο μεγαλυτέρα, ὅσο περισσότερο ἀπέχει τὸ τμῆμα αὐτὸ ἀπὸ τὴν ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ.



Σχ. 23·4 α.
Οἱ δυνάμεις, ποὺ ἀσκοῦν τὰ ὑγρὰ στὰ τοιχώματα τῶν δοχείων, ποὺ τὰ περιέχουν, αὐξάνουν ἀνάλογα μὲ τὸ βάθος.





Σχ. 23·4 β.
α) Τὰ φράγματα ἐνισχύονται ὅσο πλησιάζομε στὴν βάσι τους. β) Ἡ ὑδροστατικὴ πίεσι ἀναγκάζει τὸν ὑδροστρόβιλο νὰ περιστραφῆ.

Ἐφαρμογή τῶν ἀνωτέρω ἔχομε στά φράγματα, πού κατασκευάζομε γιά ὑδροηλεκτρικές ἐγκαταστάσεις [σχ. 23 · 4 β (α)]. Ὅσο προχωροῦμε ἀπό τήν κορυφή τοῦ φράγματος πρός τήν βάσι του, τόσο τό φράγμα πρέπει νά κατασκευάζεται παχύτερο, γιατί δέχεται μεγαλύτερες πιέσεις.

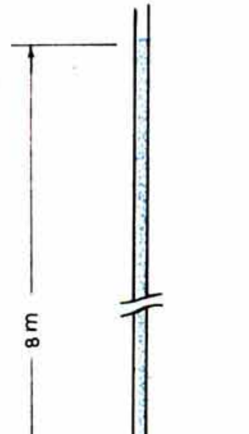
Ὁμοίως ὑδροστρόβιλος [σχ. 23 · 4 β (α)] περιστρέφεται, λόγω τῶν δυνάμεων πού ἀσκεῖ τό ὑγρό, ἀντίθετα ἀπό τήν φορά ἐκροῆς στίς ὀπές Α καί Β.

Σχ. 23 · 4 γ.
Τό φράγμα Κρεμαστῶν τοῦ ποταμοῦ Ἀχελώου.

23 · 5 Ὑδροστατικό παράδοξο.

Στό πῶμα βαρελιοῦ γεμάτου μέ νερό ἀνοίγομε ὀπή, στήν ὁποία ἐφαρμόζομε στεγανῶς λεπτό ὑψηλό σωλῆνα (σχ. 23 · 5)· κατόπιν γεμίζομε σιγά-σιγά καί τόν σωλῆνα μέ νερό. Ὅταν τό νερό στόν σωλῆνα φθάση σὲ ἀρκετὸ ὕψος, τότε, ἂν τὸ βαρέλι δὲν εἶναι πολὺ ἀνθεκτικό, θὰ διαρραγῆ (θὰ σπάση), παρ' ὅλο ὅτι ἡ ποσότης τοῦ νεροῦ, ποὺ ὑπάρχει στὸν σωλῆνα, εἶναι σχετικῶς ἀσήμαντη.

Αὐτὸ συμβαίνει, γιατί, σύμφωνα μὲ ὅσα εἴπαμε στὴν προηγουμένη παράγραφο, τὸ νερὸ τοῦ σωλῆνος ἀσκεῖ στὰ τοιχώματα τοῦ βαρελιοῦ τόση πίεσι, ὅση θὰ ἀσκοῦσε, ἂν τὸ βαρέλι ἦταν τόσο ψηλό, ὅσο καὶ ὁ σωλήν.



Σχ. 23·5.
Τὸ βαρέλι θὰ διαρραγῆ, γιατὶ πιέζεται τόσο πολὺ ἀπὸ τὴν σχετικὰ ἀσήμαντη ποσότητα νεροῦ τοῦ σωλῆνος, ὅσο θὰ ἐπιέζετο, ἐὰν τὸ βαρέλι ἦταν τόσο ὑψηλὸ ὅσο καὶ ὁ σωλὴν (ὑδροστατικὸ παράδοξο).

23 · 6 Ἀνακεφαλαίωσι.

1. Κάθε ἐπιφάνεια, ποὺ εὑρίσκεται μέσα σὲ ἕνα ὑγρὸ ποὺ ἰσορροπεῖ, δέχεται ἀπὸ αὐτὸ πίεσι· ἡ πίεσι αὐτὴ ὀνομάζεται ὑδροστατικὴ πίεσι. Ἡ ὑδροστατικὴ πίεσι εἶναι ἀνεξάρτητη ἀπὸ τὴν θέσι ποὺ λαμβάνει ἡ ἐπιφάνεια μέσα στὸ ὑγρό, γιατὶ εἶναι ἴδια σὲ ὅλα τὰ σημεῖα, ποὺ εὑρίσκονται στὸ ἴδιο ὁριζόντιο ἐπίπεδο.

2. Ἡ ὑδροστατικὴ πίεσι ὀφείλεται στὸ βάρος τῶν ὑγρῶν καὶ εἶναι ἀνάλογη τοῦ εἰδικοῦ βάρους καὶ τοῦ βάθους ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ, ἤτοι:

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

3. Ἡ δύναμι, μὲ τὴν ὁποία ἕνα ὑγρὸ πιέζει τὸν πυθμένα τοῦ δοχείου, μέσα στὸ ὁποῖο εὑρίσκεται, ἐξαρτᾶται μόνο ἀπὸ τὸ εἰδικὸ βάρος καὶ τὸ ὕψος τοῦ ὑγροῦ μέσα στὸ δοχεῖο.

4. Ἡ δύναμι, ποὺ ἀσκεῖται ἀπὸ ἕνα ὑγρὸ στὰ τοιχώματα τοῦ δοχείου ποὺ περιέχεται, αὐξάνει ἀνάλογα μὲ τὸ βάθος.

23 · 7 Ἐρωτήσεις.

1. Τί ὀνομάζομε ὑδροστατικὴ πίεσι;

2. Ποῦ ὀφείλεται ἡ ὑδροστατικὴ πίεσι καὶ ἀπὸ τί ἐξάρτᾶται;

3. Δοχεῖο γεμάτο μὲ νερὸ εὑρίσκεται μέσα σὲ διαστημόπλοιο, ποὺ ταξιδεύει πρὸς τὴν Σελήνη. Σὲ ἕνα σημεῖο τῆς τροχιᾶς τοῦ διαστημοπλοίου τὸ βάρος τοῦ δοχείου μὲ τὸ νερὸ μηδενίζεται. Πόση θὰ εἶναι τότε ἡ ὑδροστατικὴ πίεσι στὸν πυθμένα τοῦ δοχείου;

4. Γιατί στὰ ἀρτεσιανὰ φρέατα τὸ νερὸ φθάνει μόνο του στὴν ἐπιφάνεια τῆς γῆς, χωρὶς νὰ τὸ ἀντλοῦμε;

5. Γιατί τὰ ὑδατοφράγματα κατασκευάζονται ἐνισχυμένα στὴν βάσι τους;

6. Ποιό εἶναι τὸ ὑδροστατικὸ παράδοξο καὶ πῶς δικαιολογεῖται;

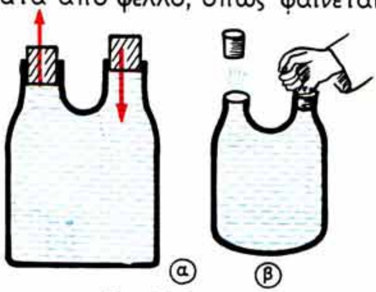
7. Γιατί, ὅταν βουτήξωμε σὲ ἀρκετὸ βάθος μέσα στὴν θάλασσα, αἰσθανόμαστε πόνο στὰ αὐτιά μας;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 24

ΜΕΤΑΔΟΣΙ ΤΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ ΜΕΣΩ ΤΩΝ ΥΓΡΩΝ

*24 · 1 Ἀρχὴ τοῦ Πασκάλ (Pascal) *.*

Παίρνομε ἕνα δοχεῖο μὲ δύο στόμια καὶ ἀφοῦ τὸ γεμίσωμε καλὰ μὲ νερὸ βουλώνομε τὰ στόμια μὲ πώματα ἀπὸ φελλό, ὅπως φαίνεται στὸ σχῆμα 24 · 1 (α). Ἂν μὲ τὸ χέρι μας κτυπήσωμε ἀπότομα τὸ ἕνα πῶμα, τότε τὸ ἄλλο θὰ ἐκτιναχθῆ μὲ ὁρμὴ πρὸς τὰ ἐπάνω σχ. 24 · 1 (β).



Σχ. 24·1.
Ἡ δύναμι F, ποὺ ἐφαρμόζει τὸ χέρι μας στὸ ἕνα πῶμα, μεταδίδεται μέσω τοῦ ὑγροῦ καὶ στὸ ἄλλο.

Ἡ δύναμι λοιπὸν ποὺ ἐφαρμόζεται ἀπὸ τὸ χέρι μας στὸ ἕνα πῶμα μεταδίδεται μέσω τοῦ ὑγροῦ καὶ στὸ ἄλλο.

Ὅλα τὰ ὑγρὰ ἔχουν τὴν ἰδιότητα νὰ μεταδίδουν ἀμετάβλητες σὲ ὅλα τὰ σημεῖα τῆς μάζας τους τὶς πιέσεις ποὺ δέχονται. Αὐτὸ ὀφείλεται στὸ ὅτι τὰ ὑγρὰ εἶναι ***ἀσυμπίεστα***.

Ἡ ἰδιότης αὐτὴ τῶν ὑγρῶν διατυπώνεται μὲ τὴν ἀρχὴ τοῦ Pascal.

Τὰ ὑγρά, ἐπειδὴ εἶναι ἀσυμπίεστα, μεταδίδουν μέσω τῆς μάζας τους ἀμετάβλητες καὶ πρὸς ὅλες τὶς κατευθύνσεις τὶς πιέσεις ποὺ δέχονται.

24 · 2 Τὸ ὑδραυλικὸ πιεστήριο.

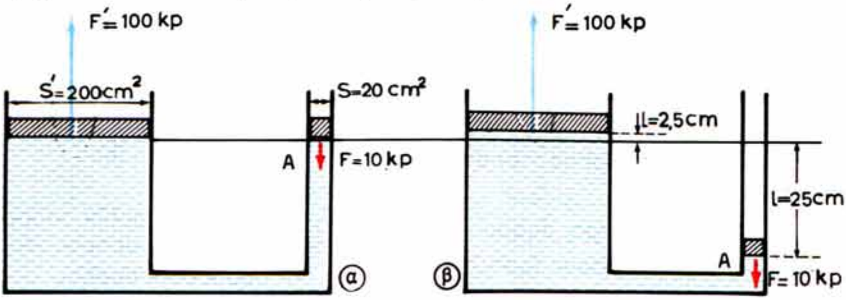
Γεμίζομε μὲ νερὸ δύο κυλινδρικὰ συγκοινωνοῦντα δοχεῖα [σχ. 24 · 2 α (α)]. Στὰ στόμιά τους τοποθετοῦμε ἀπὸ ἕνα ἔμβολο, ποὺ μπορεῖ νὰ κινῆται ἐλεύθερα, ἐφαρμόζοντας ὅμως στεγανῶς στὰ τοιχώματα τῶν δοχείων, γιὰ νὰ μὴ ἔχωμε διαρροὴ νεροῦ.

* Γάλλος μαθηματικός, φυσικός, φιλόσοφος καὶ συγγραφεύς (1623 - 1662).

Ἔστω ὅτι ἡ ἐπιφάνεια S' τοῦ μεγάλου ἐμβόλου εἶναι δεκαπλασία ἀπὸ τὴν ἐπιφάνεια S τοῦ μικροῦ ἐμβόλου, δηλαδὴ $S' = 10 \cdot S$.

Ἂν στὸ μικρὸ ἔμβολο ἐφαρμόσωμε μία δύναμι F, αὐτὴ θὰ προκαλέση πίεσι $P = \frac{F}{S}$, ἡ ὁποία, σύμφωνα μὲ τὴν ἀρχὴ τοῦ Pascal, θὰ μεταδοθῆ ἀμετάβλητη σὲ ὅλη τὴν μάζα τοῦ νεροῦ καὶ ἔτσι ἡ κάτω ἐπιφάνεια τοῦ μεγάλου ἐμβόλου θὰ δέχεται πίεσι P.

Ἐπειδὴ ὅμως ἡ ἐπιφάνεια τοῦ μεγάλου ἐμβόλου εἶναι δεκαπλασία ἀπὸ τὴν ἐπιφάνεια τοῦ μικροῦ, ἡ συνολικὴ δύναμι F', ποὺ θὰ ἀσκῆται σ' αὐτήν, θὰ εἶναι δεκαπλασία ἀπὸ τὴν δύναμι F, ποὺ ἐφαρμόζομε στὸ μικρὸ ἔμβολο, δηλαδὴ $F' = 10 \cdot F$.



Σχ. 24·2 α.
Στὸ ὑδραυλικὸ πιεστήριο ἡ δύναμι ποὺ ἐφαρμόζομε στὸ μικρὸ ἔμβολο μεταδίδεται στὸ μεγάλο τόσες φορὲς μεγαλυτέρα, ὅσο μεγαλυτέρα εἶναι ἡ ἐπιφάνεια τοῦ μεγάλου ἐμβόλου ἀπὸ τὴν ἐπιφάνεια τοῦ μικροῦ.

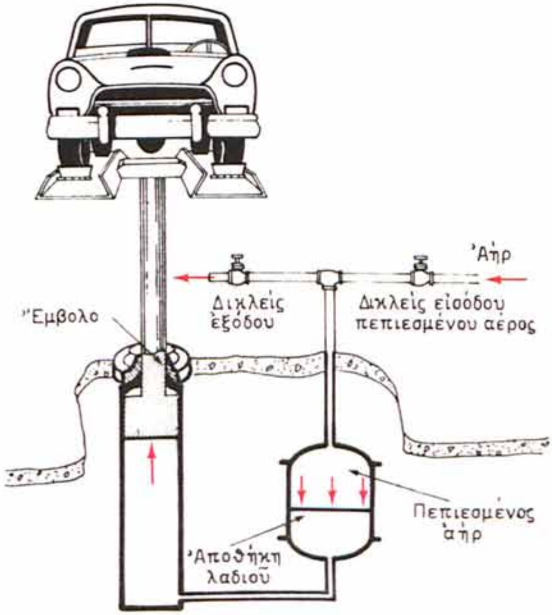
Ἡ πίεσι, ποὺ ἀσκεῖται στὸ μικρὸ ἔμβολο θὰ εἶναι, ὅπως εἴπαμε, $P = \frac{F}{S}$ καὶ ἑπομένως ἡ δύναμι F θὰ ἰσοῦται μὲ $F = P \cdot S$. Ἀφοῦ ἡ ἴδια πίεσι μεταδίδεται στὴν κάτω ἐπιφάνεια τοῦ μεγάλου ἐμβόλου, θὰ ἀσκῆται σ' αὐτὸ μία δύναμι $F' = P \cdot S'$.

Ἂν διαιρέσωμε τὶς δύο αὐτὲς σχέσεις κατὰ μέλη θὰ ἔχωμε:

$$\frac{F'}{F} = \frac{P \cdot S'}{P \cdot S} \qquad \text{ἢ} \qquad \frac{F'}{F} = \frac{S'}{S} \qquad \text{ἢ} \qquad F' = F \cdot \frac{S'}{S}.$$

Καὶ ἐπειδὴ $S' = 10 \cdot S$ θὰ εἶναι καὶ $F' = 10 \cdot F$.

Στὴν συσκευὴ ποὺ περιγράψαμε (τὸ ὑδραυλικὸ πιεστήριο), παρατηροῦμε ὅτι μία δύναμι, ποὺ ἐφαρμόζεται στὸ μικρὸ ἔμβολο, μπορεῖ νὰ μεταδοθῆ στὸ μεγάλο τόσες φορὲς μεγαλυτέρα, ὅσο μεγαλυτέρα εἶναι ἡ ἐπιφάνεια τοῦ μεγάλου ἐμβόλου ἀπὸ τὴν ἐπιφάνεια τοῦ μικροῦ. Καὶ στὴν περίπτωσι τῶν ὑδραυλικῶν πιεστηρίων δηλαδὴ ἐπαληθεύεται ἡ ἀρχὴ τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας, γιατί, ἂν στὸ παράδειγμά μας ἡ δύναμι F, ποὺ ἐφαρμόζομε στὸ μικρὸ ἔμβολο, τὸ μετακινήση κατὰ μῆκος $l = 25\,\text{cm}$ [(σχ. 24 · 2α (β)], τότε στὸ μεγάλο ἔμβολο θὰ ἀσκῆται μία δύναμι $F' = 10 \cdot F$, ἡ ὁποία ὅμως θὰ τὸ μετακινήση κατὰ μῆκος $l/10 = 2{,}5$ cm. Αὐτὸ συμβαίνει, γιατὶ τὸ μεγάλο ἔμβολο ἔχει ἐπιφάνεια δέκα φορὲς μεγαλυτέρα ἀπὸ

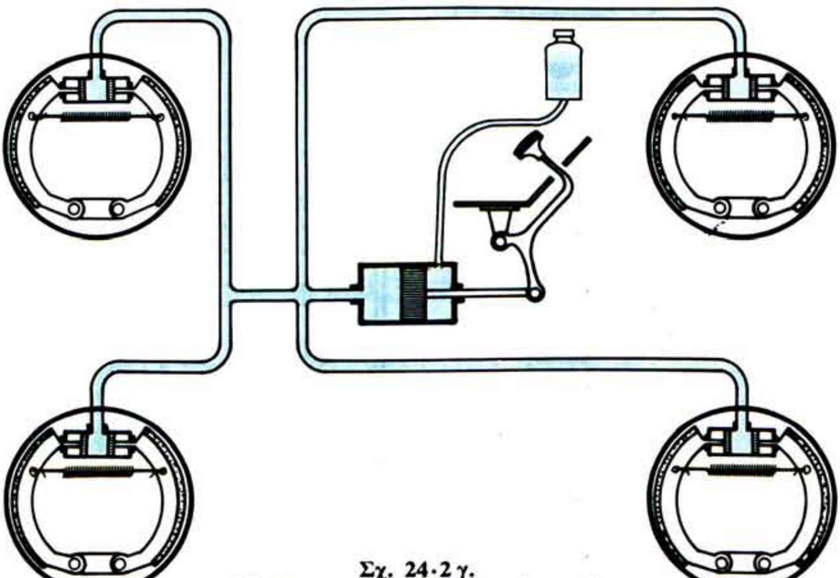


Σχ. 24·2 β.
Ὑδραυλικὸς ἀνυψωτὴρ αὐτοκινήτων.

τὴν ἐπιφάνεια τοῦ μικροῦ ἐμβόλου. Ἑπομένως τὸ ἔργο $A = F \cdot l$, ποὺ θὰ καταναλώση ἡ δύναμι F, θὰ εἶναι ἴσο μὲ τὸ ἔργο $A' = F' \cdot \frac{l}{10}$, ποὺ θὰ παραχθῆ ἀπὸ τὴν δύναμι F', γιατί: $F \cdot l = F' \cdot \frac{l}{10}$.

Στὸ σχῆμα 24 · 2 β φαίνεται παραστατικὰ πῶς λειτουργεῖ ὁ ὑδραυλικὸς ἀνυψωτὴρ βαρέων ἀντικειμένων, στὸν ὁποῖο ὡς ὑγρὸ χρησιμοποιεῖται ὀρυκτέλαιο.

Ἀπὸ τὴν δικλεῖδα εἰσόδου εἰσέρχεται πεπιεσμένος ἀήρ, ὁ ὁποῖος πιέζει τὸ μικρὸ ἔμβολο στὴν ἀποθήκη ὀρυκτελαίου καὶ ἀναγκάζει τὸ μεγάλο ἔμβολο, ποὺ ἐπάνω του εὑρίσκεται ἕνα αὐτοκίνητο, νὰ ἀνυψωθῇ. Γιὰ νὰ κατεβάσωμε τὸ αὐτοκίνητο, ἀνοίγομε τὴν βαλβῖδα ἐξόδου, ἀπὸ ὅπου ἐξέρχεται ὁ πεπιεσμένος ἀήρ. Στὰ ὑδραυλικὰ πιεστήρια χρησιμοποιεῖται τὸ ὀρυκτέλαιο, ἐπειδὴ ἔχει τὴν ἰδιότητα νὰ μὴ προκαλῇ ὀξειδώσεις (σκουριές), ὅπως προκαλεῖ τὸ νερὸ ἢ καὶ τὸ ἁπλὸ λάδι (γιατὶ περιέχουν ὀξυγόνο). Τὸ ὑδραυλικὸ πιεστή-



Σχ. 24·2 γ.
Τὰ ὑδραυλικὰ φρένα τῶν αὐτοκινήτων.

ριο χρησιμοποιεῖται κυρίως στὴν βιομηχανία, γιὰ νὰ ἐπιτυγχάνωνται οἱ μεγάλες πιεστικὲς δυνάμεις ποὺ εἶναι ἀπαραίτητες γιὰ τὶς διάφορες ἐργασίες, ὅπου τὰ χρησιμοποιοῦν (π.χ. ἐξαγωγὴ λαδιοῦ ἀπὸ τὶς ἐλιὲς ἢ ἀπὸ τὸν βαμβακόσπορο).

Τὰ ὑδραυλικὰ φρένα τῶν αὐτοκινήτων (σχ. 24 · 2γ) εἶναι καὶ αὐτὰ ἐφαρμογὴ τοῦ ὑδραυλικοῦ πιεστηρίου. Σὰν ὑγρὸ χρησιμοποιοῦμε ἕνα κατάλληλο λεπτόρρευστο λάδι.

Ἡ πίεσι ποὺ ἀσκοῦμε μὲ τὸ πόδι μας στὸν μοχλὸ τοῦ φρένου, μεταδίδεται μέσω τοῦ ὑγροῦ (ὑγρὰ φρένων) στὰ ἔμβολα, τὰ ὁποῖα πιέζουν τὶς σιαγόνες τῶν φρένων καὶ ἐμποδίζουν τὴν περιστροφὴ τῶν τροχῶν τοῦ αὐτοκινήτου.

Παράδειγμα.

Ἡ ἐπιφάνεια τοῦ μικροῦ ἐμβόλου ὑδραυλικοῦ πιεστηρίου εἶναι $S = 10\ cm^2$ καὶ τοῦ μεγάλου $S' = 100\ cm^2$.

Ἂν στὸ μικρὸ ἔμβολο ἐφαρμόσωμε βάρος $B = 80\ p$, πόση δύναμι θὰ ἀσκηθῆ στὸ μεγάλο ἔμβολο;

Λύσι :

Θὰ ἐφαρμόσωμε τὸν τύπο $F' = F \cdot \frac{S'}{S}$. Θέτομε ὅπου $F = 80\ p$, ὅπου $S' = 100\ cm^2$ καὶ ὅπου $S = 10\ cm^2$. Ἔχομε λοιπόν:

$$F' = 80\ p \times \frac{100\ cm^2}{10\ cm^2} = 800\ p.$$

Ἑπομένως στὸ μεγάλο ἔμβολο θὰ ἀσκηθῆ δύναμι $F = 800\ p$.

24 · 3 Ἀνακεφαλαίωσι.

1. Ἀρχὴ τοῦ Πασκάλ. Τὰ ὑγρά, ἐπειδὴ εἶναι ἀσυμπίεστα, μεταδίδουν μέσω τῆς μάζας τους ἀμετάβλητες καὶ πρὸς ὅλες τὶς κατευθύνσεις τὶς πιέσεις ποὺ δέχονται.

2. Μὲ τὸ ὑδραυλικὸ πιεστήριο ἡ δύναμι ποὺ ἀσκεῖται στὸ μικρὸ ἔμβολο, μεταδίδεται στὸ μεγάλο τόσες φορὲς μεγαλυτέρα, ὅσο μεγαλυτέρα εἶναι ἡ ἐπιφάνεια τοῦ μεγάλου ἐμβόλου ἀπὸ τὴν ἐπιφάνεια τοῦ μικροῦ.

24 · 4 Ἐρωτήσεις.

1. Ποιά εἶναι ἡ ἀρχὴ τοῦ Πασκὰλ καὶ ποῦ ὀφείλεται;
2. Περιγράψετε τὸ ὑδραυλικὸ πιεστήριο.
3. Τί ἐπιτυγχάνομε μὲ τὸ ὑδραυλικὸ πιεστήριο; Ἀναφέρετε ἐφαρμογές.

24 · 5 Ἀσκήσεις.

1. Μαρμάρινη προτομὴ ἔχει βάρος $B = 720\ kp$ καὶ ἐμβαδὸν βάσεως στηρίξεως $S = 600\ cm^2$. Πόση πίεσι δέχεται τὸ δάπεδο, στὸ ὁποῖο στηρίζεται ἡ προτομή;

2. Ποδήλατο ἔχει βάρος $B_1 = 10\ kp$. Ἂν τὸ βάρος τοῦ ποδηλάτη εἶναι $B_2 = 70\ kp$ καὶ κάθε τροχὸς τοῦ ποδηλάτου στηρίζεται σὲ ἐπιφάνεια $S = 4\ cm^2$, πόση πίεσι ἀσκεῖται στὸν δρόμο;

3. Πόση πίεσι δέχεται ἀπὸ τὸ νερὸ ὑποβρύχιο, ποὺ εὑρίσκεται σὲ βάθος $h = 50$ m (εἰδικὸ βάρος νεροῦ θαλάσσης $\varepsilon = 1{,}03$ p/cm^3).

4. Σῶμα ποὺ εὑρίσκεται σὲ βάθος $h = 10$ m μιᾶς λίμνης, βυθίζεται ἐν συνεχείᾳ σὲ βάθος 20 m. Πόσο θὰ αὐξηθῇ ἡ πίεσι ποὺ δέχεται τὸ σῶμα;

5 Δεξαμενὴ σχήματος κύβου μὲ ἀκμὴ $l = 5$ m εἶναι γεμάτη βενζίνη εἰδικοῦ βάρους $\varepsilon = 0{,}8$ p/cm^3. Πόση δύναμι δέχεται ὁ ὁριζόντιος πυθμὴν καὶ πόση κάθε κατακόρυφο τοίχωμά της;

6. Ὑδατόφραγμα σὲ σχῆμα ὀρθογωνίου παραλληλογράμμου ἔχει πλάτος 150 m καὶ ὕψος 50 m. Πόση δύναμι δέχεται τὸ φράγμα ἀπὸ τὸ νερό, ὅταν καλύπτεται ὁλόκληρο ἀπὸ αὐτό;

7. Σὲ ὑδραυλικὸ πιεστήριο ἡ ἐπιφάνεια τοῦ μεγάλου ἐμβόλου εἶναι 200 φορὲς μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν ἐπιφάνεια τοῦ μικροῦ. Ἂν στὸ μικρὸ ἔμβολο ἐφαρμόσωμε μία δύναμι $F = 1$ kp, πόση δύναμι ἐνεργεῖ στὸ μεγάλο ἔμβολο;

8. Τὰ ἔμβολα ὑδραυλικοῦ πιεστηρίου ἔχουν ἐμβαδὸν $S_1 = 8$ cm^2 καὶ $S_2 = 600$ cm^2. Ἂν στὸ μεγάλο ἔμβολο τοποθετήσωμε βάρος $B = 750$ kp, πόσο βάρος πρέπει νὰ τοποθετήσωμε στὸ μικρό, ὥστε ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ καὶ στὰ δύο δοχεῖα νὰ διατηρηθῇ στὸ ἴδιο ὁριζόντιο ἐπίπεδο;

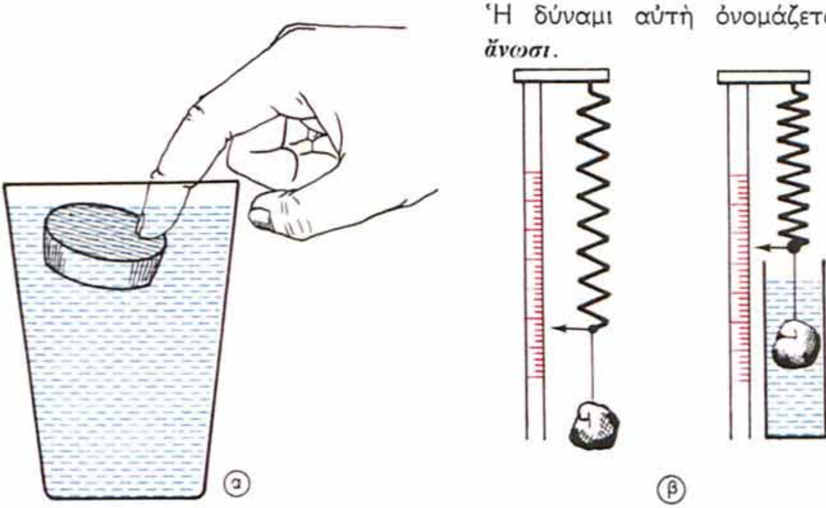
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 25

ΑΡΧΗ ΤΟΥ ΑΡΧΙΜΗΔΟΥΣ

25 · 1 Ἡ ἄνωσι.

Σὲ ἕνα ποτήρι μὲ νερὸ βυθίζομε μὲ τὸ δάκτυλό μας ἕνα φελλὸ [σχ. 25 · 1α(α)] καὶ τὸν ἀφίνομε ἀπότομα. Παρατηροῦμε τότε ὅτι ὁ φελλὸς ἀρχίζει νὰ ἀνεβαίνη καὶ ὅταν φθάση στὴν ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ, ἰσορροπεῖ καὶ ἐπιπλέει.

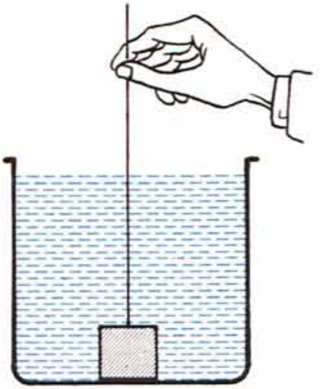
Ὁ φελλὸς λοιπόν, ἀντί, λόγω τοῦ βάρους του, νὰ κινηθῆ πρὸς τὰ κάτω, κινεῖται πρὸς τὰ πάνω. Αὐτὸ συμβαίνει, γιατὶ τὸ νερὸ ἀσκεῖ στὸν φελλὸ μία δύναμι, ἡ ὁποία τὸν ἀναγκάζει νὰ ἀνεβῆ. Ἡ δύναμι αὐτὴ ὀνομάζεται ***ἄνωσι***.



Σχ. 25·1 α.
α) Ὁ φελλός, λόγω τῆς ἀνώσεως, ἀνεβαίνει στὴν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ. β) Ὁ χάλυψ ζυγίζει λιγότερο μέσα στὸ νερό.

Ἡ ἄνωσι, ποὺ ἀσκεῖ τὸ νερὸ στὸν φελλό, εἶναι δύναμι κατακόρυφος μὲ φορὰ ἀπὸ κάτω πρὸς τὰ πάνω, ἔχει δηλαδὴ φορὰ ἀντίθετη ἀπὸ τὴν φορὰ τοῦ βάρους τοῦ φελλοῦ· ἐπειδὴ ὅμως ἡ δύναμι τῆς ἀνώσεως εἶναι ἰσχυροτέρα ἀπὸ τὴν δύναμι τοῦ βάρους, ἡ συνισταμένη τῶν δύο αὐτῶν δυνάμεων, ἔχει φορὰ ἀπὸ κάτω πρὸς τὰ πάνω καὶ ἔτσι ὁ φελλὸς ἀνέρχεται.

Ἂν στὸ ἄκρο ἐλατηρίου δέσωμε ἕνα κομμάτι χάλυβος καὶ τὸ βυθίσωμε στὸ νερό [σχ. 25 · 1 α (β)], παρατηροῦμε ὅτι ὁ χάλυψ ζυγίζει λιγότερο. Ἄρα καὶ στὸν χάλυβα ἀσκεῖται ἡ δύναμι τῆς ἀνώσεως. Ἡ ἄνωσι ποὺ ἀσκεῖ τὸ νερὸ στὸν χάλυβα εἶναι πάλι δύναμι ἀντίθετη ἀπὸ τὸ βάρος του, ἀλλὰ μικροτέρα ἀπὸ αὐτό. Ἑπομένως ἡ συνισταμένη τῶν δύο αὐτῶν δυνάμεων θὰ ἔχη διεύθυνσι ἀπὸ πάνω πρὸς τὰ κάτω. Γι' αὐτό, ἂν ἀφίσωμε ἐλεύθερο τὸ κομμάτι τοῦ χάλυβος μέσα στὸ νερό, θὰ βυθισθῇ μέχρι τὸν πυθμένα τοῦ δοχείου.



Σχ. 25·1 β.
Ὁ ξύλινος κύβος παραμένει στὸν πυθμένα, γιατὶ δὲν ἔχει εἰσχωρήσει νερὸ μεταξὺ βάσεως κύβου καὶ πυθμένος δοχείου.

Σὲ κάθε σῶμα, ποὺ εἶναι βυθισμένο σὲ ἕνα ὑγρό, ἀσκεῖται μία δύναμι κατακόρυφος καὶ μὲ φορὰ ἀντίθετη ἀπὸ τὴν φορὰ τοῦ βάρους τοῦ σώματος. Ἡ δύναμι αὐτὴ ὀνομάζεται ἄνωσι.

Παίρνομε ἕνα λεῖο ξύλινο κύβο καὶ μὲ μία ράβδο τὸν κρατοῦμε σὲ καλὴ ἐπαφὴ μὲ τὸν ἐπίπεδο πυθμένα δοχείου (σχ. 25 · 1β), μέσα στὸ ὁποῖο ρίχνομε ἐν συνεχείᾳ νερό.

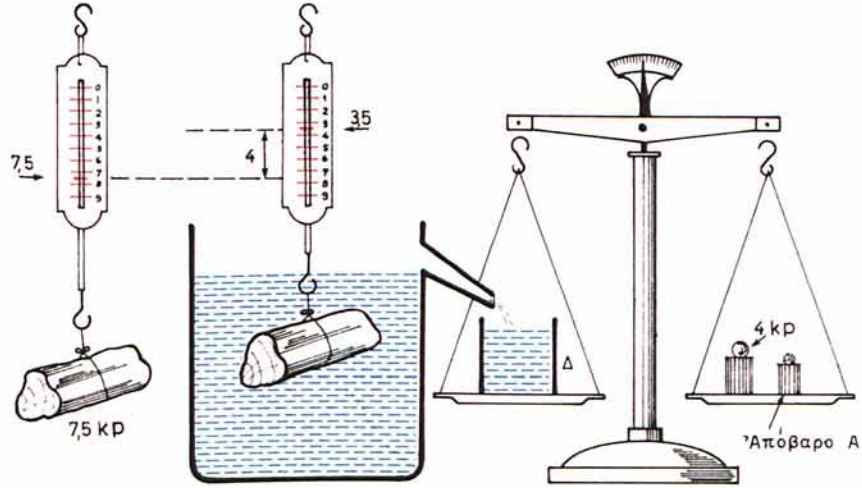
Παρατηροῦμε ὅτι, ἂν τὸν ἀφίσωμε ἐλεύθερο, ἀντὶ νὰ ἀνεβῇ, παραμένει στὸν πυθμένα σὰν νὰ εἶναι κολλημένος. Μόνο ὅταν τὸ νερὸ εἰσχωρήση μεταξὺ κύβου καὶ πυθμένος, θὰ ἔχωμε ἄνωσι.

Γιὰ νὰ ἔχωμε ἄνωσι πρέπει ὁπωσδήποτε ἡ βάσι τοῦ σώματος, ποὺ εἶναι βυθισμένο στὸ ὑγρό, νὰ ἔρχεται σὲ ἐπαφὴ μὲ τὸ ὑγρό, γιατὶ διαφορετικὰ δὲν παρατηρεῖται τὸ φαινόμενο τῆς ἀνώσεως.

25 · 2 Μέτρησι τῆς ἀνώσεως.

Λαμβάνομε δοχεῖο, ποὺ νὰ ἔχη στὸ χεῖλος τοῦ πλευρικοῦ του τοιχώματος σωλῆνα ἐκροῆς καὶ τὸ γεμίζομε μέχρι τὸ ὕψος τοῦ σωλῆνος μὲ ἕνα ὑγρό (σχ. 25 · 2 α). Κάτω ἀπὸ τὸν σωλῆνα καὶ στὸν δίσκο ζυγοῦ τοποθετοῦμε δοχεῖο κενό, τοῦ ὁποίου τὸ βάρος ἰσορροποῦμε στὸν ἄλλο δίσκο τοῦ ζυγοῦ μὲ τὸ ἀπόβαρο Α.

Ζυγίζομε κατόπιν μὲ ἕνα ζυγὸ ἐλατηρίου (κανταράκι) ἕνα κομμάτι χάλυβος καὶ βλέπομε ὅτι τὸ βάρος του εἶναι π.χ. 7,5 kp. Ἀκολούθως βυθίζομε τὸν χάλυβα στὸ γεμάτο μὲ ὑγρὸ δοχεῖο, ὁπότε παρατηροῦμε ὅτι ἡ ἔνδειξι στὸ κανταράκι εἶναι τώρα 3,5 kp, δηλαδὴ ὁ χάλυψ φαίνεται τώρα κατὰ 4 kp ἐλαφρότερος.



Σχ. 25·2 α.
Τὸ κομμάτι τοῦ χάλυβος χάνει τόσο ἀπὸ τὸ βάρος του, ὅσο εἶναι τὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ ποὺ ἐκτοπίζει.

Μόλις ὅμως ἐβυθίσαμε τὸν χάλυβα στὸ ὑγρό, ἀπὸ τὸν σωλῆνα ἐκροῆς τοῦ δοχείου χύθηκε τόσο ὑγρό, ὅσος ἦταν ὁ ὄγκος, ποὺ κατέλαβε ὁ χάλυψ. Ἂν τώρα ζυγίσωμε τὸ ὑγρὸ αὐτό, ποὺ χύθηκε στὸ δοχεῖο Δ, διαπιστώνομε ὅτι ἔχει τόσο βάρος, ὅσο βάρος ἔχασε τὸ βυθισμένο στὸ ὑγρὸ κομμάτι τοῦ χάλυβος, ζυγίζει δηλαδὴ καὶ αὐτὸ 4 kp.

Ἑπομένως ὁ χάλυψ, ὅταν εἶναι βυθισμένος στὸ ὑγρὸ καὶ ἰσορροπῆ, δέχεται ἀπὸ αὐτὸ τόση ἄνωσι, ὅσο εἶναι τὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ ποὺ ἐκτοπίζει.

Ἡ ἄνωσι εἶναι ἴδια σὲ ὁποιοδήποτε βάθος καὶ ἂν εὑρίσκεται τὸ σῶμα μέσα στὸ ὑγρό, ἐφ' ὅσον σῶμα καὶ ὑγρὸ ἰσορροποῦν.

Τὰ φαινόμενα τῆς ἀνώσεως ἐμελέτησε πρῶτος ὁ ἀρχαῖος Ἕλλην Μαθηματικὸς Ἀρχιμήδης*, ὁ ὁποῖος διετύπωσε καὶ τὴν ἑξῆς ἀρχή:

Ἀρχὴ τοῦ Ἀρχιμήδους.

Κάθε σῶμα, ποὺ εὑρίσκεται μέσα σὲ ἕνα ὑγρὸ καὶ ἰσορροπεῖ, δέχεται ἀπὸ αὐτὸ ἄνωσι. Ἡ ἄνωσι εἶναι δύναμι κατακόρυφος, μὲ φορὰ ἀπὸ κάτω πρὸς τὰ πάνω καὶ εἶναι ἴση μὲ τὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ, ποὺ ἐκτοπίζει τὸ σῶμα αὐτό. Ἡ ἄνωσι δὲν ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ βάθος, ποὺ εὑρίσκεται τὸ σῶμα.

ΑΝΩΣΙ = ΒΑΡΟΣ ΕΚΤΟΠΙΖΟΜΕΝΟΥ ΥΓΡΟΥ

Ἂν V εἶναι ὁ ὄγκος τοῦ σώματος, V θὰ εἶναι καὶ ὁ ὄγκος τοῦ ἐκτοπιζομένου ὑγροῦ.

Ἐμάθαμε (παράγρ. 7 · 3) ὅτι τὸ εἰδικὸ βάρος ε_υ ἑνὸς ὑγροῦ ἰσοῦται μὲ τὸ πηλίκον τοῦ βάρους του B διὰ τοῦ ὄγκου του V, δηλαδὴ $\varepsilon_\upsilon = \frac{B}{V}$ ἢ $B = V \cdot \varepsilon_\upsilon$.

Ἐπειδὴ ὅμως ἡ ἄνωσι A εἶναι ἴση μὲ τὸ βάρος τοῦ ἐκτοπιζομένου ὑγροῦ, θὰ εἶναι:

$$\boxed{A = V \cdot \varepsilon_\upsilon}$$

Ἡ ἄνωσι ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸν ὄγκο τοῦ σώματος ἢ τὸν ὄγκο τοῦ ἐκτοπιζομένου ὑγροῦ καὶ ἀπὸ τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ.

ΑΝΩΣΙ = ΟΓΚΟΣ ΣΩΜΑΤΟΣ × ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΥΓΡΟΥ

Παράδειγμα.

Τεμάχιο χάλυβος ὄγκου $V = 10\ cm^3$ ἔχει εἰδικὸ βάρος $\varepsilon_\chi = 7{,}8\ p/cm^3$. Πόσο εἶναι τὸ βάρος του καὶ πόσο θὰ ζυγίζη μέσα στὸ νερό;

Λύσι:

Τὸ βάρος B τοῦ χάλυβος εὑρίσκεται ἀπὸ τὸν τύπο $B = V \cdot \varepsilon$. Θέτομε ὅπου

* Ἕλλην μαθηματικὸς ποὺ ἔζησε στὶς Συρακοῦσες τῆς Σικελίας (287-212 π.Χ.)· ἔκαμε πειράματα καὶ ἐφαρμογὲς κυρίως στὴν Φυσική (Μηχανική, Ὑδροστατική, Ὀπτική).

$V = 10\,cm^3$ καὶ ὅπου $\varepsilon = \varepsilon_\chi = 7{,}8\ p/cm^3$. Ἔχομε λοιπόν:

$$B = 10\,cm^3 \times 7{,}8\ p/cm^3 = 78\ p.$$

Μέσα στὸ νερὸ ὁ χάλυψ δέχεται ἄνωσι A ἴση μὲ τὸν ὄγκο του V ἐπὶ τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ νεροῦ ε_υ, δηλαδὴ $A = V \cdot \varepsilon_\upsilon$ ἢ $A = 10\,cm^3 \times 1 \dfrac{p}{cm^3} = 10\,p$.
Ἄρα ὁ χάλυψ μέσα στὸ νερὸ θὰ ζυγίζῃ $B' = B - A$ ἢ $B' = 78 - 10 = 68\,p$, δηλαδὴ

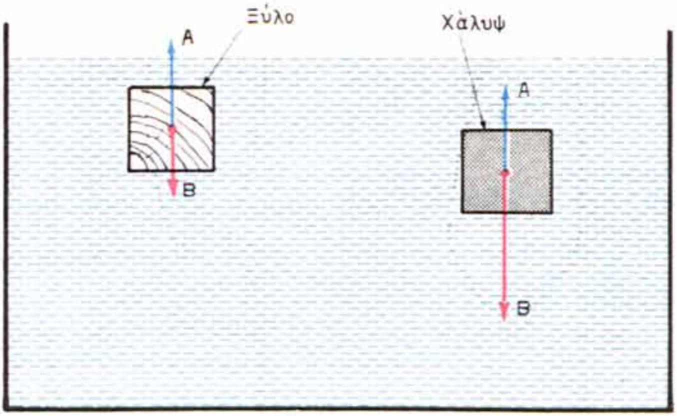
$$B' = 68\ p.$$

25 · 3 Κίνησι σώματος βυθισμένου σὲ ὑγρό.

Παίρνομε δύο μικροὺς κύβους ὄγκου $V = 10\,cm^3$. Ἀπὸ αὐτοὺς ὁ ἕνας εἶναι ἀπὸ ξύλο μὲ εἰδικὸ βάρος $\varepsilon_\xi = 0{,}8\,p/cm^3$ καὶ ὁ ἄλλος ἀπὸ χάλυβα μὲ εἰδικὸ βάρος $\varepsilon_\chi = 7{,}8\ p/cm^3$.

Ἑπομένως τὸ βάρος τοῦ ξύλινου κύβου θὰ εἶναι:

$B = \varepsilon_\xi \cdot V$ ἢ $B = 0{,}8 \dfrac{p}{cm^3} \times 10\,cm^3$ ἢ $B = 8\ p$ καὶ τοῦ κύβου ἀπὸ χάλυβα θὰ εἶναι $B = \varepsilon_\chi \cdot V$ ἢ $B = 7{,}8 \dfrac{p}{cm^3} \times 10\,cm^3$ ἢ $B = 78\,p$.



Σχ. 25·3.
Τὸ ξύλο ἔχει μικρότερο εἰδικὸ βάρος ἀπὸ τὸ νερό, γι' αὐτὸ θὰ ἀνεβῆ στὴν ἐπιφάνεια, ἐνῶ ἀντιθέτως, ἐπειδὴ ὁ χάλυψ ἔχει μεγαλύτερο εἰδικὸ βάρος ἀπὸ τὸ νερό, θὰ κινηθῆ πρὸς τὰ κάτω.

Βυθίζομε τοὺς δύο αὐτοὺς κύβους σὲ δοχεῖο μὲ νερό (σχ. 25 · 3). Ἐπειδὴ οἱ δύο κύβοι ἔχουν τὸν ἴδιο ὄγκο, ἐκτοπίζουν τὴν ἴδια ποσότητα νεροῦ καὶ συνεπῶς δέχονται τὴν ἴδια ἄνωσι ἀπὸ αὐτό.

Ἡ ἄνωσι αὐτὴ A εἶναι ἴση μὲ τὸ γινόμενο τοῦ ὄγκου V τοῦ ἐκτοπιζομένου νεροῦ ἐπὶ τὸ εἰδικό του βάρος ε_υ τοῦ νεροῦ.

Ἐπειδὴ δὲ εἶναι $\varepsilon_\upsilon = 1\ p/cm^3$, θὰ εἶναι καὶ $A = V \cdot \varepsilon_\upsilon$

$$\text{ἢ} \quad A = 10\ cm^3 \times 1\ p/cm^3 \quad \text{ἢ} \quad A = 10\ p.$$

Παρ' ὅλον ὅμως ποὺ ἡ ἄνωσι εἶναι ἴδια, ὁ ξύλινος κύβος κινεῖται πρὸς τὴν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ, ἐνῶ ὁ χαλύβδινος πρὸς τὸν πυθμένα τοῦ δοχείου.

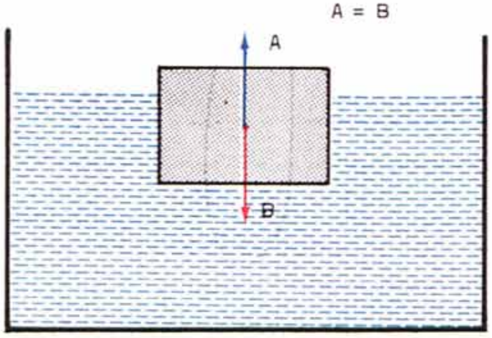
Αὐτὸ συμβαίνει γιατὶ στὸ ξύλο, ποὺ ἔχει μικρότερο εἰδικὸ βάρος ἀπὸ τὸ νερό, ἡ ἄνωσι εἶναι μεγαλυτέρα ἀπὸ τὸ βάρος του καὶ ἑπομένως σωστὰ κινεῖται πρὸς τὰ πάνω, ἐνῶ στὸν χάλυβα, ποὺ ἔχει εἰδικὸ βάρος μεγαλύτερο ἀπὸ τὸ νερό, ἡ ἄνωσι εἶναι μικροτέρα ἀπὸ τὸ βάρος του καὶ γι' αὐτὸ κινεῖται πρὸς τὰ κάτω.

Ὅταν τὸ εἰδικὸ βάρος ἑνὸς σώματος, ποὺ ἐβυθίσαμε σὲ ὑγρό, εἶναι μικρότερο ἀπὸ τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ, τὸ σῶμα ἀνέρχεται στὴν ἐπιφάνεια, ἐνῶ, ὅταν τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ σώματος εἶναι μεγαλύτερο ἀπὸ τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ, τὸ σῶμα κινεῖται πρὸς τὸν πυθμένα τοῦ δοχείου μὲ τὸ ὑγρό.

Ἂν συμβῇ τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ σώματος νὰ εἶναι ἴσο μὲ τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ, τότε τὸ σῶμα αἰωρεῖται μέσα σ' αὐτό.

25 · 4 Ἐπιπλέοντα σώματα.

Στὸ προηγούμενο πείραμα εἴδαμε ὅτι ὁ ξύλινος κύβος θὰ κινηθῇ πρὸς τὴν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ, γιατὶ ἡ ἄνωσι, ποὺ δέχεται ἀπὸ αὐτό, εἶναι μεγαλυτέρα ἀπὸ τὸ βάρος του. Ὁ κύβος θὰ ἠρεμήσῃ στὴν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ καὶ θὰ ἐπιπλέῃ, ὅταν ἕνα μέρος ἀπὸ τὸν ὄγκο του εὑρεθῇ ἔξω ἀπὸ τὸ νερὸ ἔτσι, ὥστε ἡ ἄνωσι, ποὺ θὰ δέχεται τώρα ὁ κύβος (δηλαδὴ τὸ βάρος τοῦ



Σχ. 25·4 α.
Τὸ σῶμα ἐπιπλέει στὴν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ, ὅταν ἡ ἄνωσι εἶναι ἴση μὲ τὸ βάρος του.

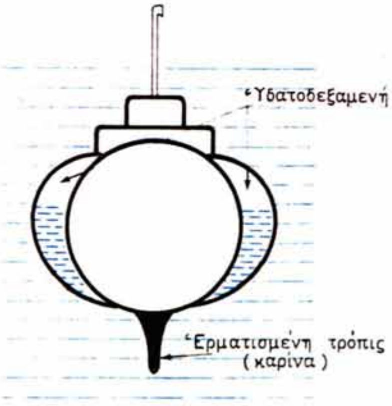
νεροῦ ποὺ θὰ ἐκτοπίζῃ), νὰ εἶναι ἴση μὲ τὸ βάρος τοῦ κύβου (σχ. 25·4 α).

Γιὰ νὰ ἐπιπλέῃ ἕνα σῶμα σὲ ἕνα ὑγρό, πρέπει τὸ βάρος τοῦ σώματος νὰ εἶναι ἴσο καὶ ἀντίθετο μὲ τὴν ἄνωσι, δηλαδὴ μὲ τὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ, ποὺ ἐκτοπίζει τὸ τμῆμα τοῦ σώματος, ποὺ εἶναι βυθισμένο στὸ ὑγρό.

Στὸ σχῆμα 25·4 β τὸ πλοῖο, ἂν καὶ εἶναι κατασκευασμένο ἀπὸ χάλυβα, ἐπιπλέει στὴν ἐπιφάνεια τῆς θαλάσσης. Αὐτὸ συμβαίνει, γιατὶ ἐσωτερικῶς εἶναι κοῖλο καὶ καταλαμβάνει πολὺ μεγάλο ὄγκο σχετικὰ μὲ τὸ βάρος ποὺ ἔχει. Ἔτσι ἡ ἄνωσι, ποὺ δέχεται τὸ πλοῖο (δηλαδὴ τὸ βάρος τοῦ νεροῦ ποὺ ἐκτοπίζει), εἶναι ἴση μὲ τὸ βάρος ὅλου τοῦ πλοίου καὶ τοῦ περιεχομένου του (διαμερίσματα, μηχανήματα, φορτίο κλπ.).

Σχ. 25·4 β.

Τὰ ὑποβρύχια, γιὰ νὰ μποροῦν να βυθίζωνται στὸ νερό, ἔχουν δεξαμενὲς νεροῦ (σχ. 25·4 γ), οἱ ὁποῖες, ὅταν τὸ ὑποβρύχιο πλέῃ στὴν ἐπιφάνεια τῆς θαλάσσης, εἶναι κενές. Ὅταν ὅμως ἀνοιχθοῦν καὶ γεμίσουν νερό, τὸ βάρος τοῦ ὑποβρυχίου γίνεται σχεδὸν ἴσο μὲ τὴν ἄνωσι καὶ ἔτσι μὲ τὰ πηδάλιά του μπορεῖ νὰ ὁδηγηθῆ κάτω ἀπὸ τὴν ἐπιφάνεια τῆς θαλάσσης.



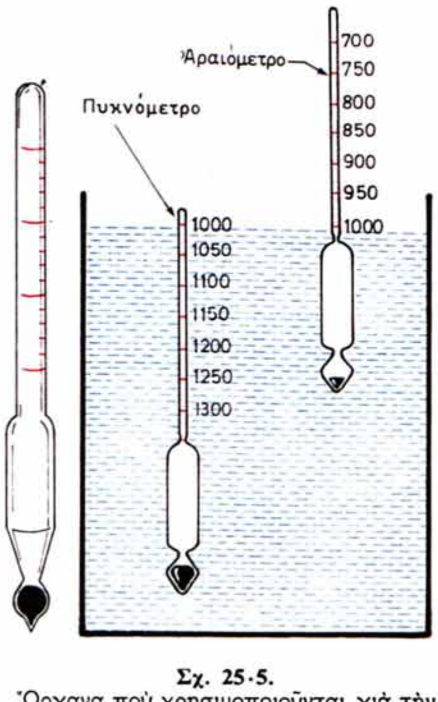
Σχ. 25·4 γ.
Κάθετος τομὴ ὑποβρυχίου.

Τὸ βάρος ὅμως τοῦ πυκνομέτρου εἶναι σταθερό. Ἐπειδὴ λοιπὸν ἡ ἄνωσι ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ εἰδικὸ βάρος ἢ τὴν πυκνότητα τοῦ ὑγροῦ, τὸ πυκνόμετρο βυθίζεται τόσο περισσότερο, ὅσο μικροτέρα πυκνότητα ἔχει τὸ ὑγρό. Ἔτσι, μὲ κατάλληλη βαθμολόγησι τοῦ πυκνομέτρου, μποροῦμε νὰ βλέπωμε ἀμέσως στὴν κλίμακά του τὴν πυκνότητα τοῦ ὑγροῦ, μέσα στὸ ὁποῖο τὸ τοποθετήσαμε.

Συνήθως τὰ ὄργανα, ποὺ χρησιμοποιοῦνται γιὰ ὑγρὰ μὲ μεγαλυτέρα πυκνότητα ἀπὸ τὸ νερό, ὀνομάζονται ***πυκνόμετρα***, ἐνῶ αὐτὰ ποὺ χρησιμοποιοῦνται γιὰ ὑγρά, μὲ πυκνότητα μικροτέρα ἀπὸ τὸ νερό, ὀνομάζονται ***ἀραιόμετρα*** (σχ. 25 · 5).

25 · 5 Πυκνόμετρα.

Γιὰ νὰ μετρήσωμε τὴν πυκνότητα τῶν ὑγρῶν, χρησιμοποιοῦμε εἰδικὰ ὄργανα, ποὺ ὀνομάζονται ***πυκνόμετρα*** (σχ. 25 · 5). Τὸ πυκνόμετρο ἀποτελεῖται ἀπὸ γυάλινο κλειστὸ βαθμολογημένο σωλῆνα, ὁ ὁποῖος στὸ κάτω μέρος του φέρει ἕρμα, γιὰ νὰ ἐπιπλέῃ πάντοτε κατακορύφως. Ὅταν ἀφίσωμε τὸ πυκνόμετρο στὴν ἐπιφάνεια ἑνὸς ὑγροῦ, βυθίζεται τόσο σ' αὐτό, ὥστε ἡ ἄνωσι, ποὺ δέχεται ἀπὸ τὸ ὑγρό, νὰ εἶναι ἴση μὲ τὸ βάρος του.



Σχ. 25·5.
Ὄργανα ποὺ χρησιμοποιοῦνται γιὰ τὴν μέτρησι τῆς πυκνότητος τῶν ὑγρῶν.

25 · 6 Ἀνακεφαλαίωσι.

1. Ἡ ἄνωσι, ποὺ ὑφίσταται ἕνα σῶμα βυθισμένο σὲ ὑγρό, εἶναι ἴση μὲ τὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ ποὺ ἐκτοπίζει.

2. Ἡ ἄνωσι εἶναι δύναμι κατακόρυφος, μὲ φορὰ ἀπὸ κάτω πρὸς τὰ ἄνω.

3. Ἡ ἄνωσι, ποὺ δέχεται ἕνα σῶμα βυθισμένο σὲ ἕνα ὑγρό, εἶναι ἀνάλογη μὲ τὸν ὄγκο τοῦ σώματος καὶ μὲ τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ.

4. Ὅταν ἡ ἄνωσι, ποὺ δέχεται ἕνα σῶμα, εἶναι μεγαλυτέρα ἀπὸ τὸ βάρος του, τότε τὸ σῶμα ἐπιπλέει. Ἀντιθέτως βυθίζεται τοῦτο στὸν πυθμένα τοῦ δοχείου, ὅταν ἡ ἄνωσι εἶναι μικροτέρα ἀπὸ τὸ βάρος του.

5. Τὰ πυκνόμετρα εἶναι ὄργανα, μὲ τὰ ὁποῖα μετροῦμε τὴν πυκνότητα τῶν ὑγρῶν. Ὅσο μεγαλυτέρα πυκνότητα ἢ εἰδικὸ βάρος ἔχει ἕνα ὑγρό, τόσο λιγότερο βυθίζεται τὸ πυκνόμετρο μέσα σ' αὐτό.

25 · 7 Ἐρωτήσεις.

1. Τί λέγει ἡ ἀρχὴ τοῦ Ἀρχιμήδους;

2. Μὲ τί ἰσοῦται ἡ ἄνωσι, ποὺ δέχεται ἕνα σῶμα, ὅταν εὑρίσκεται μέσα σὲ ἕνα ὑγρό;

3. Πότε ἕνα σῶμα ἐπιπλέει καὶ πότε βυθίζεται σὲ ἕνα ὑγρό;

4. Τί εἶναι τὰ πυκνόμετρα καὶ σὲ τί χρησιμοποιοῦνται;

5. Γιατί τὰ πλοῖα, ἂν καὶ εἶναι κατασκευασμένα ἀπὸ χάλυβα, ἐπιπλέουν, ἐνῶ ἕνα μικρὸ κομμάτι χάλυβος βυθίζεται;

6. Εἶναι δυνατὸν ἕνα σῶμα νὰ ἐπιπλέῃ σὲ ἕνα ὑγρό, ἀλλὰ νὰ βυθίζεται σὲ ἕνα ἄλλο;

25 · 8 Ἀσκήσεις.

1. Συμπαγὴς μεταλλικὴ σφαίρα ἔχει βάρος $B = 600$ p. Ὅταν βυθισθῇ στὸ νερό, ἔχει φαινόμενο βάρος $B' = 380$ p. Ποία εἶναι ἡ πυκνότης καὶ ὁ ὄγκος τῆς σφαίρας;

2. Χαλύβδινη σφαίρα σιδήρου μὲ εἰδικὸ βάρος $\varepsilon_\chi = 7{,}7$ p/cm³ ἔχει βάρος $B = 620$ p. Πόσο φαινόμενο βάρος θὰ ἔχῃ ἡ σφαίρα, ὅταν βυθισθῇ σὲ νερό, λάδι καὶ ἁλμυρὸ νερό;

Δίνονται: α) εἰδικὸ βάρος νεροῦ $\varepsilon_\upsilon = 1$ p/cm³,

β) εἰδικὸ βάρος λαδιοῦ $\varepsilon_\lambda = 0{,}9$ p/cm³ καὶ

γ) εἰδικὸ βάρος ἁλμυροῦ νεροῦ $\varepsilon_{\alpha\lambda} = 1{,}2$ p/cm³.

3. Χάλκινη σφαίρα μὲ εἰδικὸ βάρος $ε_χ = 8{,}9\ p/cm^3$ ζυγίζει $B = 420\ p$. Ὅταν ἡ σφαίρα βυθισθῇ σὲ νερό, τὸ φαινόμενο βάρος της εἶναι $B' = 250\ p$. Νὰ εὑρεθῇ ἂν ἡ σφαίρα εἶναι συμπαγής, ἢ ἔχῃ κοιλότητα καὶ πόσος εἶναι ὁ ὄγκος τῆς κοιλότητος.

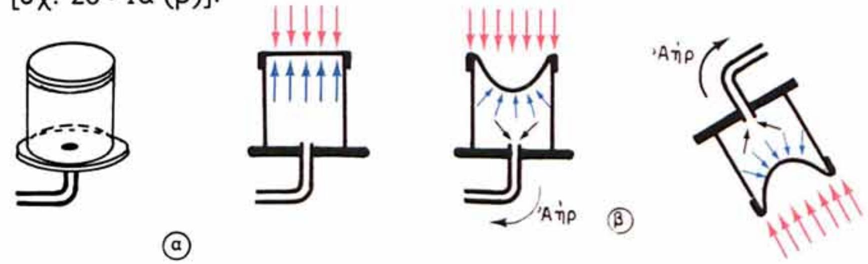
4. Ἕνα κομμάτι πάγου ἔχει βάρος $B = 1\ kp$ καὶ εἰδικὸ βάρος $ε_π = 0{,}9\ p/cm^3$. Ὅταν ὁ πάγος ἐπιπλέῃ στὸ νερό, πόσο μέρος τοῦ πάγου εὑρίσκεται βυθισμένο μέσα σ' αὐτό;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 26

Η ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΠΙΕΣΙ

26 · 1 Δυνάμεις ποὺ ἀσκοῦνται ἀπὸ τὸν ἀτμοσφαιρικὸ ἀέρα.

Λαμβάνομε κύλινδρο ἀνοικτὸ στὶς βάσεις του καὶ τὸν ἐφαρμόζομε ἀεροστεγῶς ἐπάνω στὸν δίσκο ἀεραντλίας. Τὸ ἐλεύθερο ἄνοιγμα τῆς ἄλλης του βάσεως καλύπτομε μὲ μία ἐλαστικὴ μεμβράνη [σχ. 26 · 1α (α)]. Ἂν μὲ τὴν ἀεραντλία ἀφαιρέσωμε τὸν ἀέρα ἀπὸ τὸ ἐσωτερικὸ τοῦ κυλίνδρου, παρατηροῦμε ὅτι ἡ μεμβράνη κοιλαίνεται καὶ τέλος σχίζεται, ἀνεξάρτητα ἀπὸ τὴν θέσι ποὺ ἔχει ὁ κύλινδρος [σχ. 26 · 1α (β)].



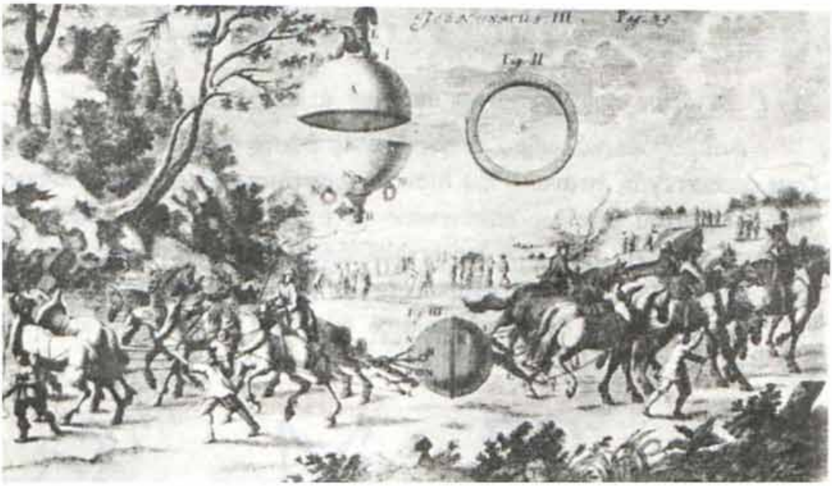
Σχ. 26·1 α.
Ὅταν ἀφαιρῆται ὁ ἀὴρ ἀπὸ τὸ ἐσωτερικὸ τοῦ κυλίνδρου, ἡ μεμβράνη κοιλαίνεται, γιατὶ τότε πιέζεται περισσότερο ἐξωτερικῶς.

Αὐτὸ συμβαίνει, γιατί, πρὶν ἀρχίση νὰ λειτουργῆ ἡ ἀεραντλία, ἐπιδροῦν στὴν μεμβράνη δύο δυνάμεις ἴσες καὶ ἀντίθετες [σχ. 26 · 1 α (α)]. Ὅταν ὅμως ἀφαιρῆται ἀὴρ ἀπὸ τὸ ἐσωτερικὸ τοῦ κυλίνδρου, ἡ δύναμι, ποὺ ἐνεργεῖ στὴν ἐσωτερικὴ ἐπιφάνεια τῆς μεμβράνης, ἐλαττώνεται καὶ γι' αὐτὸ ἡ μεμβράνη ὑποχωρεῖ.

Τὸ 1654 ὁ Δήμαρχος τῆς πόλεως τοῦ Μαγδεμβούργου Otto Von Gericke ἔκανε τὸ ἑξῆς πείραμα:

Ἔλαβε δύο ἡμισφαίρια μὲ χείλη ποὺ νὰ ἐφαρμόζουν ἀεροστεγῶς καὶ ἀφοῦ τὰ ἔφερε σὲ καλὴ ἐπαφή, ἀφαίρεσε ἀπὸ τὸ ἐσωτερικό τους τὸν ἀέρα, ὅσο βεβαίως ἦτο δυνατὸν μὲ τὰ μέσα τῆς ἐποχῆς ἐκείνης.

Ἐπειδὴ δὲν μποροῦσαν νὰ τὰ ἀποχωρίσουν ἄνθρωποι μὲ τὴν μυϊκή τους δύναμι, χρειάσθηκε νὰ τὰ τραβήξουν ἄλογα, ὅπως φαίνεται στὸ σχῆμα 26 · 1 β.



Σχ. 26·1 β.
Τὸ πείραμα μὲ τὰ ἡμισφαίρια τοῦ Μαγδεμβούργου (Magdeburg).

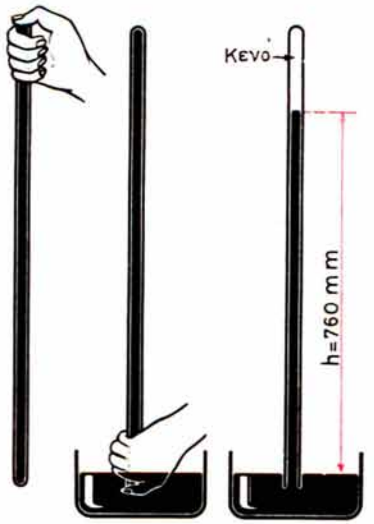
Ἀπὸ τὰ δύο προηγούμενα πειράματα προκύπτει ὅτι ὁ ἀτμοσφαιρικὸς ἀὴρ ἐφαρμόζει στὴν ἐξωτερικὴ ἐπιφάνεια τῆς μεμβράνης (σχ. 26 · 1 α) καὶ τῶν ἡμισφαιρίων (σχ. 26 · 1 β) πίεσι, ἡ ὁποία ὀνομάζεται ***ἀτμοσφαιρικὴ πίεσι*** καὶ ὀφείλεται στὸ βάρος τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος.

Κάθε ἐπιφάνεια δέχεται ἀπὸ τὸν ἀτμοσφαιρικὸ ἀέρα ἀτμοσφαιρικὴ πίεσι, ποὺ (ὅπως καὶ ἡ ὑδροστατικὴ πίεσι) εἶναι ἀνεξάρτητη ἀπὸ τὸν προσανατολισμὸ ποὺ ἔχει ἡ πιεζομένη ἐπιφάνεια καὶ ὀφείλεται στὸ βάρος τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος.

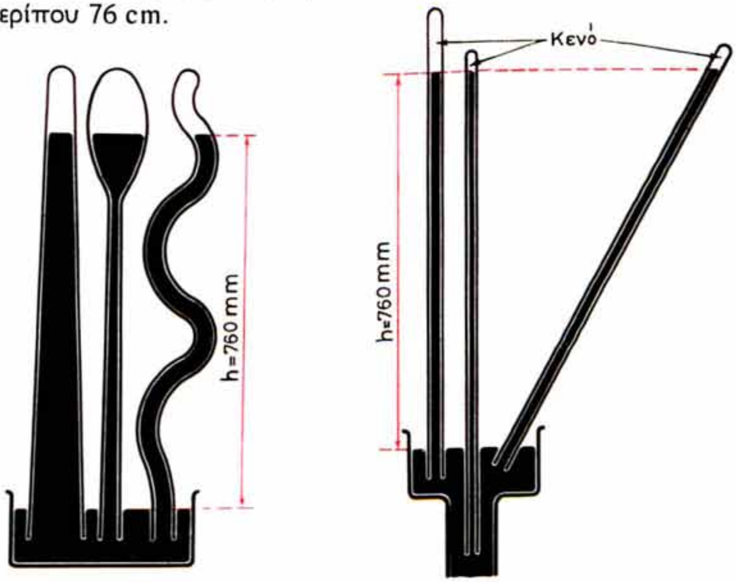
26 · 2 Μέτρησι τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως — Πείραμα τοῦ Torricelli.

Λαμβάνομε γυάλινο σωλῆνα μήκους 1 m κλειστὸ ἀπὸ τὸ ἕνα ἄκρο καὶ τὸν γεμίζομε ὑδράργυρο. Κατόπιν, ἀφοῦ ἀποφράξωμε μὲ τὸ δάκτυλό μας τὸ ἐλεύθερό του στόμιο, τὸν ἀναστρέφομε μέσα σὲ λεκάνη μὲ ὑδράργυρο καὶ ἐν συνεχείᾳ ἀποσύρομε τὸ δάκτυλό μας (σχ. 26 · 2 α). Παρατηροῦμε ὅτι ὁ ὑδράργυρος τοῦ σωλῆνος δὲν ἀδειάζει στὴν λεκάνη, ἀλλὰ κατέρχεται λίγο στὸν σωλῆνα καὶ τελικῶς ἡ στάθμη του σταθεροποιεῖται σέ ἕνα ὁρισμένο σημεῖο, ποὺ ἔχει ὕψος 76 cm (ἢ 760 mm) ἀπὸ τὴν ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου τῆς λεκάνης.

Ἂν τοποθετήσωμε τὸν σωλῆνα πλαγίως ἢ χρησιμοποιήσωμε σωλῆνες μὲ διαφορετικὸ σχῆμα ἢ πάχος (σχ. 26·2 β), θὰ παρατηρήσωμε ὅτι ἡ κατακόρυφος ἀπόστασι ἀπὸ τὴν ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου τῶν σωλήνων μέχρι τὴν ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου τῆς λεκάνης θὰ εἶναι γιὰ ὅλους τοὺς σωλῆνες ἡ ἴδια, δηλαδὴ περίπου 76 cm.



Σχ. 26·2 α.
Ὁ σωλὴν δὲν ἀδειάζει στὴν λεκάνη (πείραμα Torricelli).



Σχ. 26·2 β.
Τὸ κατακόρυφο ὕψος τῆς στήλης τοῦ ὑδραργύρου μέσα στὸν γυάλινο σωλῆνα εἶναι πάντοτε τὸ ἴδιο, ἀνεξάρτητα ἀπὸ τὴν κλίσι καὶ τὸ σχῆμα τοῦ σωλῆνος.

26 · 3 Ἐξήγησι τοῦ πειράματος τοῦ Torricelli (Τορρικέλλι).

Μέσα στὸν βυθισμένο σωλῆνα τοῦ σχήματος 26 · 2 α ὑπάρχει ὑδράργυρος, ἐνῶ τὸ ἐπάνω μέρος τοῦ σωλῆνος εἶναι κενὸ ἀπὸ ἀέρα.

Τὰ σημεῖα A καὶ B εὑρίσκονται στὸ ἴδιο ὁριζόντιο ἐπίπεδο καὶ ἑπομένως, σύμφωνα μὲ ὅσα εἴπαμε (παράγρ. 23 · 1), θὰ δέχωνται τὴν ἴδια πίεσι $P_A = P_B$. Ἀλλὰ ὅμως στὸ σημεῖο A ἀσκεῖται ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσι P_A, ἐνῶ στὸ σημεῖο B ἀσκεῖται ἡ ὑδροστατικὴ πίεσι P_B τῆς στήλης τοῦ ὑδραργύρου. Ἑπομένως ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσι ἰσορροπεῖ τὴν ὑδροστατική, τὴν ὁποία ἀσκεῖ στήλη ὑδραργύρου ὕψους h = 76 cm.

Ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσι εἶναι ἴση μὲ τὴν πίεσι, ποὺ ἀσκεῖ ἡ στήλη τοῦ ὑδραργύρου τοῦ σωλῆνος.

Ἡ πίεσι στὸ σημεῖο B θὰ εἶναι (παράγρ. 23 · 1) $P_B = h \cdot \varepsilon$, ὅπου ε εἶναι τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ ὑδραργύρου ($\varepsilon_{υδρ}$). Ἐπειδὴ δὲ $\varepsilon_{υδρ} = 13{,}6\ \mathrm{p/cm^3}$, θὰ ἰσχύῃ $P_B = 76\ \mathrm{cm} \times 13{,}6\ \frac{\mathrm{p}}{\mathrm{cm^3}}$ ἢ $P_B = 1033\ \mathrm{p/cm^2}$ ἢ $P_B = 1{,}033\ \mathrm{kp/cm^2}$.

Ἑπομένως ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσι P_A θὰ εἶναι $1033\ \mathrm{p/cm^2}$ ἢ $P_A = 1{,}033\ \mathrm{kp/cm^2}$. Γιὰ συντομία λέμε συνήθως ὅτι ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσι εἶναι ***76 ἑκατοστόμετρα στήλης ὑδραργύρου (76 cm Hg) ἢ 760 χιλιοστόμετρα στήλης ὑδραργύρου (760 mm Hg).*** Ἡ πίεσι αὐτὴ λέγεται ***κανονικὴ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσι*** ἢ ***πίεσι μιᾶς φυσικῆς ἀτμοσφαίρας (1 Atm).***

Ἔτσι:

$$\boxed{\mathbf{1\ Atm = 76\ cm\ Hg = 1033\ p/cm^2 = 1{,}033\ kp/cm^2}}$$

Ἡ μονὰς χιλιοστόμετρο στήλης ὑδραργύρου (1 mm Hg) ὀνομάζεται καὶ ***1 Torr*** = 1 τόρ.

Στὴν μετεωρολογία χρησιμοποιεῖται ἡ μονὰς ***bar*** = μπὰρ ἢ ***millibar (mb)*** καὶ ἰσχύει 1 Atm = 1013,3 mb.

Ἡ πίεσι μιᾶς φυσικῆς ἀτμοσφαίρας εἶναι ἡ μέση ἀτμοσφαιρικὴ πίεσι τόπου, ποὺ εὑρίσκεται στὸ ὕψος τῆς ἐπιφανείας τῆς θαλάσσης καὶ σὲ γεωγραφικὸ πλάτος 45°.

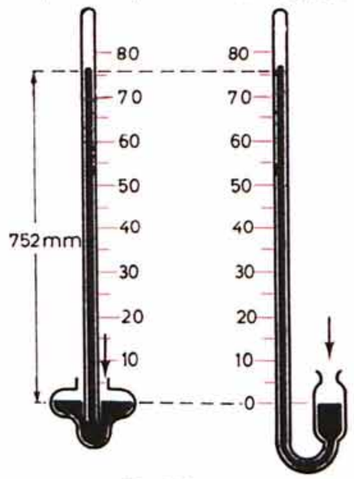
Ἐπειδὴ τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ ὑδραργύρου μεταβάλλεται ἀνάλογα μὲ τὴν θερμοκρασία, ὑποθέτομε ὅτι τὸ πείραμά μας ἔγινε σὲ θερμοκρασία 0° C (κανονικὴ θερμοκρασία), κατὰ τὴν ὁποία ὁ ὑδράργυρος ἔχει εἰδικὸ βάρος $\varepsilon_{υδρ} = 13{,}6\ p/cm^3$.

26 · 4 Βαρόμετρα.

Τὰ βαρόμετρα εἶναι ὄργανα, ποὺ χρησιμοποιοῦμε γιὰ νὰ μετροῦμε τὴν ἀτμοσφαιρικὴ πίεσι.

α) *Ὑδραργυρικὰ βαρόμετρα.*

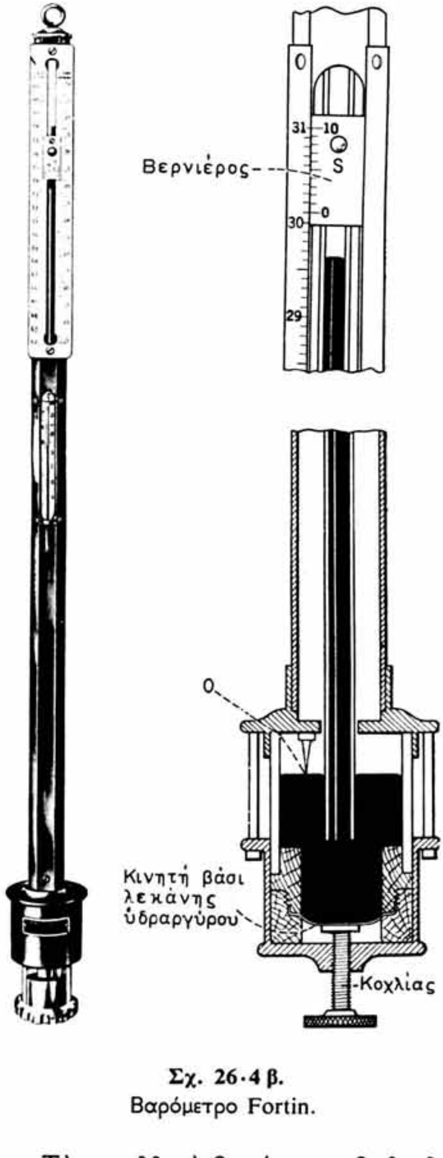
Ὅλα τὰ ὑδραργυρικὰ βαρόμετρα βασίζονται στὸ πείραμα τοῦ Torricelli. Ἀπὸ τὴν αὔξησι ἢ ἐλάττωσι τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως ἐξαρτᾶται καὶ τὸ ὕψος τῆς στήλης τοῦ ὑδραργύρου στὸν γυάλινο σωλῆνα (σχ. 26 · 4 α). Ἑπομένως ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου τῆς λεκάνης δὲν εὑρίσκεται σὲ ἕνα σταθερὸ ὁριζόντιο ἐπίπεδο. Ἐπειδὴ ὅμως οἱ μετατοπίσεις αὐτές, ποὺ παρατηροῦνται στὴν ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου τῆς λεκάνης, εἶναι πολὺ μικρὲς καὶ ἐπηρεάζουν πολὺ λίγο τὴν ἀρχὴ τῶν μετρήσεων (0 τῆς κλίμακος), μποροῦμε νὰ τὶς παραβλέψωμε. Ἔτσι διαβάζομε τὸ ὕψος τῆς στήλης τοῦ ὑδραργύρου σὲ βαθμολογημένη σταθερὴ κλίμακα.



Σχ. 26·4 α.
Ὑδραργυρικὸ βαρόμετρο.

Γιὰ μετρήσεις ὅμως, ποὺ ἀπαιτοῦν μεγάλη ἀκρίβεια, ὅπως αὐτὲς ποὺ γίνονται στὰ ἐργαστήρια μετεωρολογίας, χρησιμοποιοῦμε τὸ ***βαρόμετρο Φορτὲν (Fortin)*** (σχ. 26 · 4 β). Τὸ βαρόμετρο αὐτὸ μεταφέρεται εὔκολα, ἡ δὲ βάσι τῆς λεκάνης μὲ τὸν ὑδράργυρο εἶναι κινητή, δηλαδὴ μπορεῖ νὰ ἀνέρχεται ἢ νὰ κατέρχεται μὲ τὴν βοήθεια ἑνὸς κοχλία.

Πρὶν ἀπὸ κάθε μέτρησι, φέρομε τὴν ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου τῆς λεκάνης σὲ ἐπαφὴ μὲ τὸ ἄκρο ἑνὸς σταθεροῦ δείκτη, τὸ ὁποῖον ἀντιστοιχεῖ στὸ 0 τῆς κλίμακος τοῦ ὀργάνου. Ἔτσι ἔχομε πάντοτε σὰν ἀρχὴ τῶν μετρήσεων (0 τῆς κλίμακος) τὸ ἄκρο τοῦ δείκτη, πρᾶγμα ποὺ δὲν συμβαίνει, ὅπως εἴδαμε, μὲ τὰ κοινὰ βαρόμετρα. Τὸ ὕψος τῆς στήλης τοῦ ὑδραργύρου τὸ μετροῦμε μὲ ἀκρίβεια πάνω στὴν κλίμακα τοῦ ὀργάνου χρησιμοποιώντας καὶ βερνιέρο, ὁ ὁποῖος εἶναι προσαρμοσμένος πάνω στὸ ὄργανο.



Σχ. 26·4 β.
Βαρόμετρο Fortin.

β) *Μεταλλικὸ βαρόμετρο.*

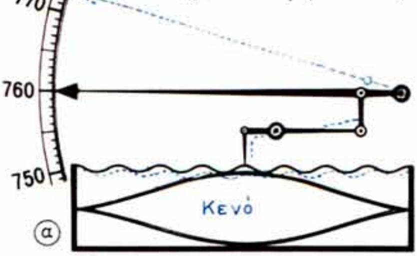
Τὰ ὑδραργυρικὰ βαρόμετρα ἔχουν μεγάλη ἀκρίβεια, γενικῶς ὅμως εἶναι δύσχρηστα, γιατὶ ἔχουν μεγάλο ὄγκο, σπάζουν εὔκολα καὶ συνεπῶς ἡ μεταφορά τους εἶναι ἐπικίνδυνη. Γιὰ τοὺς λόγους αὐτοὺς χρησιμοποιοῦνται μόνο στὰ ἐργαστήρια. Στὶς συνηθισμένες μετρήσεις χρησιμοποιεῖται τὸ ***μεταλλικὸ βαρόμετρο***, ποὺ εἶναι περισσότερο εὔχρηστο [σχ. 26·4 γ (β)]. Αὐτὸ ἀποτελεῖται ἀπὸ κυλινδρικὸ δοχεῖο σχεδὸν κενὸ ἀπὸ ἀέρα [σχ. 26·4 γ (α)].

Ἡ ἄνω ἐπιφάνεια τοῦ δοχείου εἶναι κλειστὴ μὲ ἕνα εὔκαμπτο μεταλλικὸ ἔλασμα (τύμπανο), τὸ ὁποῖο μπορεῖ νὰ μετατοπίζεται ἐλαφρῶς, ἀνάλογα μὲ τὴν μεταβολὴ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως. Ἡ μετατόπισι τοῦ τυμπάνου μεταδίδεται μὲ τὴν βοήθεια μοχλῶν σὲ ἕνα δείκτη, ὁ ὁποῖος κινεῖται ἐμπρὸς ἀπὸ βαθμολογημένη κλίμακα.

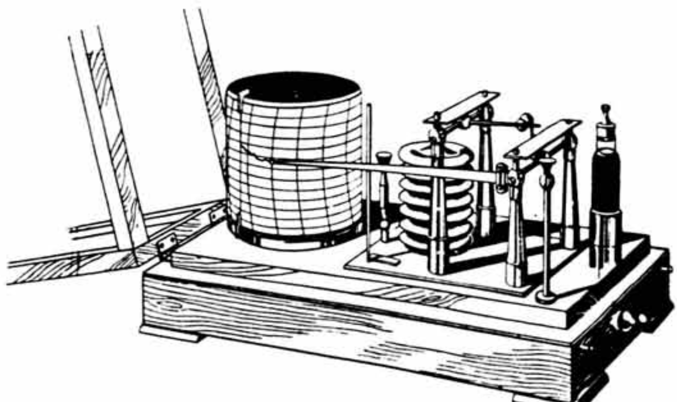
Τὰ μεταλλικὰ βαρόμετρα βαθμολογοῦνται μὲ βάσι τὰ ὑδραργυρικά. Ἡ κλῖμαξ φέρει ὑποδιαιρέσεις σὲ χιλιοστόμετρα στήλης ὑδραργύρου (mm Hg).

γ) Αὐτογραφικὸ βαρόμετρο ἢ βαρογράφος.

Τὸ αὐτογραφικὸ βαρόμετρο χρησιμοποιεῖται γιὰ νὰ παρακολουθοῦνται συνεχῶς οἱ μεταβολὲς τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως. Ὁ δείκτης του φέρει στὴν



Σχ. 26·4 γ.
α) Ἀρχὴ τοῦ μεταλλικοῦ βαρομέτρου. β) Μεταλλικὸ βαρόμετρο.



Σχ. 26·4 δ.
Τὸ αὐτογραφικὸ βαρόμετρο.

ἄκρη μία γραφίδα (σχ. 26·4 δ), ἡ ὁποία καταγράφει σὲ χάρτινη ταινία τὴν ἀτμοσφαιρικὴ πίεσι. Ἡ ταινία εἶναι βαθμολογημένη καὶ τυλίσσεται γύρω ἀπὸ ἕνα κύλινδρο, ποὺ λειτουργεῖ μὲ ὡρολογιακὸ μηχανισμό, ἐκτελεῖ δὲ μία περιστροφὴ τὸ εἰκοσιτετράωρο ἢ τὴν ἑβδομάδα.

Τὸ αὐτογραφικὸ βαρόμετρο, γιὰ νὰ εἶναι περισσότερο εὐαίσθητο, ἀποτελεῖται ἀπὸ πολλὰ βαρομετρικὰ τύμπανα τὸ ἕνα πάνω στὸ ἄλλο, ὥστε νὰ ἀποτελοῦν στήλη.

26 · 5 Μεταβολὴ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως.

Ἔστω ὅτι μὲ ἕνα βαρόμετρο μετροῦμε τὴν ἀτμοσφαιρικὴ πίεσι στὴν ἐπιφάνεια τῆς θαλάσσης καὶ εὑρίσκομε $P = 760$ mm Hg.

Ἂν ταυτόχρονα μετρήσωμε τὴν ἀτμοσφαιρικὴ πίεσι σὲ ὕψος 1000 m, τὸ βαρόμετρο θὰ μᾶς δείξῃ περίπου 675 mm Hg. Ἀπὸ αὐτὸ συμπεραίνομε ὅτι ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσι μεταβάλλεται ἀνάλογα μὲ τὸ ὕψος καὶ μάλιστα ὅσο μεγαλύτερο εἶναι τὸ ὕψος, τόσο ἡ πίεσι ἐλαττώνεται.

Αὐτὸ συμβαίνει γιατί, ὅπως ἡ ὑδροστατικὴ πίεσι ὀφείλεται στὸ βάρος τῶν ὑγρῶν, ἔτσι καὶ ἡ ἀτμοσφαιρικὴ ὀφείλεται στὸ βάρος τοῦ ἀέρος. Ἐπειδὴ λοιπὸν ὅσο ἀνεβαίνομε, ὁ ἀτμοσφαιρικὸς ἀὴρ γίνεται ἀραιότερος, μικραίνει καὶ ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσι.

Πειραματικῶς εὑρέθη ὅτι σὲ κάθε 10,5 m πάνω ἀπὸ τὴν ἐπιφάνεια τῆς θαλάσσης, ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσι ἐλαττώνεται περίπου κατὰ 1 mm Hg. Αὐτὸ βέβαια ἰσχύει γιὰ μικρὰ ὕψη, π.χ. 300 ὡς 400 m, γιατὶ τότε δεχόμαστε σταθερὸ τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ ἀέρος.

Ὅσο ὑψηλότερα ἀνεβαίνομε στὴν ἀτμόσφαιρα, τόσο ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσι ἐλαττώνεται.

26 · 6 Ἐφαρμογὲς τοῦ βαρομέτρου.

Ἂν σὲ ἕνα τόπο παρακολουθήσωμε τὶς ἐνδείξεις τοῦ βαρομέτρου, παρατηροῦμε ὅτι ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσι μεταβάλλεται. Ἡ μελέτη τῶν μεταβολῶν αὐτῶν τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως καθὼς καὶ οἱ μεταβολὲς τῆς θερμοκρασίας, τῆς ὑγρασίας, τῆς διευθύνσεως τοῦ ἀνέμου κ.λπ. ἐπιτρέπουν στὴν μετεωρολογικὴ ὑπηρεσία νὰ προβλέπῃ τὴν καιρικὴ κατάστασι μιᾶς περιοχῆς γιὰ τὶς προσεχεῖς 12 ἢ 24 ὧρες.

Ἐπίσης μὲ τὸ βαρόμετρο μποροῦμε νὰ μετροῦμε πόσο ὑψηλότερα εὑρίσκεται ἕνας τόπος ἀπὸ τὴν ἐπιφάνεια τῆς θαλάσσης. Ἡ μέτρησι αὐτὴ γίνεται μὲ βαρόμετρο, τοῦ ὁποίου ἡ κλῖμαξ, ἀντὶ νὰ ἔχῃ ὑποδιαιρέσεις σὲ mm Hg ἔχει ὑποδιαιρέσεις σὲ μέτρα ἢ χιλιόμετρα. Ἔτσι διαβάζομε ἀμέσως στὴν κλίμακα τοῦ ὀργάνου τὸ ζητούμενο ὕψος.

Τὰ βαρόμετρα τοῦ τύπου αὐτοῦ ὀνομάζονται καὶ ***ὑψόμετρα***.

26 · 7 Ἀνακεφαλαίωσι.

1. Ὁ ἀτμοσφαιρικὸς ἀὴρ ἀσκεῖ σὲ ὅλες τὶς ἐπιφάνειες μία πίεσι, ποὺ ὀνομάζεται ἀτμοσφαιρικὴ πίεσι. Αὐτὴ εἶναι ἀνεξάρτητη ἀπὸ τὸν προσανατολισμό, ποὺ λαμβάνει ἡ πιεζομένη ἐπιφάνεια, καὶ ὀφείλεται στὸ βάρος τοῦ ἀέρος.

2. Ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσι στὸ ὕψος τῆς ἐπιφανείας τῆς θαλάσσης εἶναι 760 mm Hg.

3. Ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσι ἐλαττώνεται, ὅσο ὑψηλότερα ἀνεβαίνομε.

4. Γιὰ τὴν μέτρησι τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως χρησιμοποιοῦμε τὰ βαρόμετρα.

5. Τὰ ὑδραργυρικὰ βαρόμετρα στηρίζονται στὸ πείραμα τοῦ Torricelli.

6. Γιὰ τὶς συνηθισμένες μετρήσεις χρησιμοποιοῦμε τὰ μεταλλικὰ βαρόμετρα, γιατὶ εἶναι περισσότερο εὔχρηστα.

26 · 8 Ἐρωτήσεις.

1. Τί ἀποδεικνύει τὸ πείραμα μὲ τὰ ἡμισφαίρια τοῦ Μαγδεμβούργου;
2. Περιγράψετε τὸ πείραμα τοῦ Torricelli.
3. Νὰ ἐξηγηθῇ γιατί, ὅταν ἀναστρέψωμε στὴν λεκάνη μὲ τὸν ὑδράργυρο τὸν σωλῆνα τοῦ πειράματος τοῦ Torricelli, δὲν ἀδειάζει ὁ ὑδράργυρος ποὺ περιέχεται σ' αὐτόν.
4. Τί εἶναι τὰ βαρόμετρα;
5. Περιγράψετε τὸ βαρόμετρο Φορτέν.
6. Τί εἶναι τὰ μεταλλικὰ βαρόμετρα καὶ πῶς βαθμολογοῦνται;
7. Τί εἶναι ὁ βαρογράφος;
8. Εἶναι δυνατὸν νὰ μετρήσωμε τὸ ὑψόμετρο ἑνὸς τόπου μὲ τὸ βαρόμετρο καὶ γιατί;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 27

ΠΙΕΣΕΙΣ ΠΟΥ ΑΣΚΟΥΝΤΑΙ ΑΠΟ ΤΑ ΑΕΡΙΑ

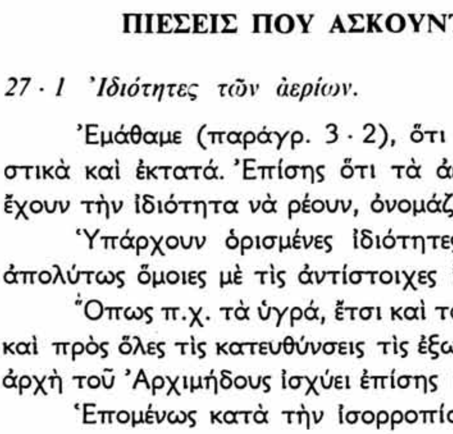
27 · 1 Ἰδιότητες τῶν ἀερίων.

Ἐμάθαμε (παράγρ. 3 · 2), ὅτι τὰ ἀέρια εἶναι συμπιεστά, ἐλαστικὰ καὶ ἐκτατά. Ἐπίσης ὅτι τὰ ἀέρια, ὅπως καὶ τὰ ὑγρά, ἐπειδὴ ἔχουν τὴν ἰδιότητα νὰ ρέουν, ὀνομάζονται καὶ ρευστά.

Ὑπάρχουν ὁρισμένες ἰδιότητες τῶν ἀερίων, οἱ ὁποῖες εἶναι ἀπολύτως ὅμοιες μὲ τὶς ἀντίστοιχες ἰδιότητες τῶν ὑγρῶν.

Ὅπως π.χ. τὰ ὑγρά, ἔτσι καὶ τὰ ἀέρια, μεταδίδουν ἀμετάβλητες καὶ πρὸς ὅλες τὶς κατευθύνσεις τὶς ἐξωτερικὲς πιέσεις ποὺ δέχονται. Ἡ ἀρχὴ τοῦ Ἀρχιμήδους ἰσχύει ἐπίσης καὶ στὰ ἀέρια (παράγρ. 27 · 2).

Ἑπομένως κατὰ τὴν ἰσορροπία τῶν ἀερίων ἔχομε τοὺς ἴδιους νόμους, ποὺ ἰσχύουν καὶ γιὰ τὴν ἰσορροπία τῶν ὑγρῶν.



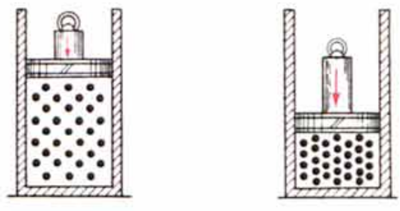
Σχ. 27·1 α.
Στὴν φιάλη μὲ νερὸ ἡ πίεσι αὐξάνει, ὅσο αὐξάνεται τὸ βάθος. Στὴν φιάλη μὲ ἀέρα, ἡ πίεσι εἶναι ἡ ἴδια σὲ ὅλα τὰ σημεῖα τῶν τοιχωμάτων της.

Τὰ ἀέρια ὅμως εἶναι συμπιεστά, ἐνῶ τὰ ὑγρὰ θεωροῦνται στὴν πρᾶξι ἀσυμπίεστα. Στὴν διαφορὰ αὐτὴ μεταξὺ ὑγρῶν καὶ ἀερίων ὀφείλονται ὁρισμένες ἰδιομορφίες τῶν ἀερίων.

Ἔτσι σὲ ἕνα ἀέριο, ἡ διαφορὰ πιέσεως ποὺ ἔχουν δύο διαφορετικὰ σημεῖα του, δὲν εἶναι ἴση μὲ τὴν κατακόρυφο ἀπόστασι h τῶν δύο σημείων ἐπὶ τὸ εἰδικὸ βάρος ε τοῦ ἀερίου, δηλαδὴ γιὰ τὰ ἀέρια δὲν ἰσχύει ὁ τύπος $P = h \cdot \varepsilon$, γιατὶ τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ ἀερίου δὲν εἶναι σταθερὸ σὲ ὅλο του τὸ ὕψος, ὅπως συμβαίνει μὲ κάθε ὑγρό. Ὅπως γνωρίζομε (παράγρ. 3 · 1), ἡ πυκνότης ἑνὸς ἀερίου ἐλαττώνεται, ὅταν ἐλαττώνεται καὶ τὸ ὕψος. Μόνο ἂν τὸ ὕψος τοῦ δοχείου, ποὺ περιέχει τὸ ἀέριο, εἶναι μικρό, μποροῦμε νὰ ἐφαρμόσωμε τὸν τύπο αὐτό, ποὺ ἐφαρμόζομε καὶ γιὰ τὰ ὑγρά. Ἐπίσης ὅταν ἔχωμε ἕνα ἀέριο μέσα σὲ μικρὸ δοχεῖο (σχ. 27 · 1 α), τὸ ἀέριο σὲ ὅλα τὰ σημεῖα του ἔχει τὴν ἴδια πίεσι. Ἀλλὰ ὅμως, ἂν γεμίσωμε τὸ ἴδιο δοχεῖο μὲ ἕνα ὑγρό, ἡ πίεσι ποὺ ἀσκεῖ τὸ ὑγρὸ μεταβάλλεται καὶ μάλιστα αὐξάνει, ὅσο πλησιάζομε στὸν πυθμένα τοῦ δοχείου. Αὐτὸ βεβαίως συμβαίνει καὶ στὰ ἀέρια, ἀλλὰ μόνο ὅταν καταλαμβάνουν πολὺ μεγάλους χώρους.

Τὰ ἀέρια ἀσκοῦν πίεσι στὰ τοιχώματα τῶν δοχείων ποὺ περιέχονται. Ἡ πίεσι στὰ τοιχώματα δοχείου μικροῦ ὕψους, ποὺ περιέχει ἀέριο, εἶναι ἡ ἴδια σὲ ὅλα τὰ σημεῖα τοῦ δοχείου.

Εἴδαμε (παράγρ. 1 · 6) ὅτι τὰ ἀέρια καταλαμβάνουν ὅλο τὸν χῶρο, ποὺ τοὺς προσφέρομε. Ὅταν ὅμως περιορίσωμε πολὺ τὸν ὄγκο ἑνὸς ἀερίου, τότε ἀναπτύσσονται πολὺ μεγάλες πιέσεις στὰ τοιχώματα τοῦ δοχείου, ποὺ περιέχει τὸ ἀέριο.



Σχ. 27·1 β.
Ὅταν τὰ μόρια ἑνὸς ἀερίου περιορισθοῦν σὲ μικρὸ χῶρο, ἀναπτύσσονται ἰσχυρὲς πιέσεις.

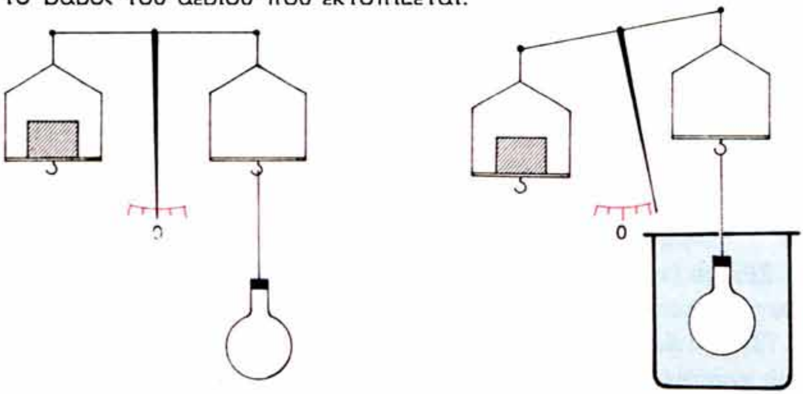
Αὐτὸ ὀφείλεται στὸ ὅτι τὰ μόρια, ἀπὸ τὰ ὁποῖα ἀποτελεῖται τὸ ἀέριο, ὅταν περιορίζωνται σὲ πολὺ μικρὸ χῶρο (σχ. 27 · 1 β), πλησιάζουν πάρα πολὺ μεταξύ τους. Αὐτὸ ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα νὰ ἀναπτύσσωνται ἰσχυρὲς ἀπωστικὲς δυνάμεις, οἱ ὁποῖες προκαλοῦν μεγάλες πιέσεις.

27 · 2 Ἡ Ἀρχὴ τοῦ Ἀρχιμήδους στὰ ἀέρια.

Ἀπὸ τὸν ἕνα δίσκο εὐαισθήτου ζυγοῦ κρεμοῦμε μία λεπτὴ φιάλη (σχ. 27 · 2) καὶ τὴν ἰσορροποῦμε μὲ σταθμά. Κατόπιν βυθίζομε τὴν φιάλη σὲ ἕνα δοχεῖο μὲ διοξείδιο τοῦ ἄνθρακος.

Παρατηροῦμε ὅτι ἡ φιάλη τώρα φαίνεται ἐλαφροτέρα, γιατὶ ὁ ζυγὸς κλίνει πρὸς τὸ μέρος τῶν σταθμῶν. Γιὰ νὰ ἰσορροπήσῃ καὶ πάλι ὁ ζυγὸς σὲ ὁριζοντία θέσι, πρέπει νὰ τοποθετήσωμε λίγα σταθμὰ καὶ στὸν δίσκο, ἀπὸ τὸν ὁποῖο κρεμάσαμε τὴν φιάλη.

Ἑπομένως τὸ ἀέριο διοξείδιο τοῦ ἄνθρακος ἀσκεῖ στὴν φιάλη μία ἄνωσι, παρόμοια μὲ αὐτή, ποὺ ἀσκοῦν καὶ τὰ διάφορα ὑγρά. Καί ἐδῶ μποροῦμε νὰ διαπιστώσωμε ὅτι ἡ ἄνωσι εἶναι μία δύναμι κατακόρυφος, μὲ φορὰ ἀπὸ κάτω πρὸς τὰ πάνω καὶ ὅτι εἶναι ἴση μὲ τὸ βάρος τοῦ ἀερίου ποὺ ἐκτοπίζεται.



Σχ. 27·2.
Ἡ γυάλινη φιάλη δέχεται ἄνωσι ἀπὸ τὸ ἀέριο ἴση μὲ τὸ βάρος τοῦ ἀερίου ποὺ ἐκτοπίζει.

Ἑπομένως:

Ἡ ἀρχὴ τοῦ Ἀρχιμήδους ἰσχύει καὶ στὰ ἀέρια.

Σὲ κάθε σῶμα, ποὺ εἶναι μέσα σὲ ἕνα ἀέριο καὶ ἰσορροπεῖ, ἀσκεῖται μία ἄνωσι. Ἡ ἄνωσι εἶναι δύναμι κατακόρυφος, μὲ φορὰ ἀπὸ κάτω πρὸς τὰ πάνω καὶ ἴση μὲ τὸ βάρος τοῦ ἀερίου ποὺ ἐκτοπίζεται.

ΑΝΩΣΙ ΑΕΡΙΟΥ = ΒΑΡΟΣ ΕΚΤΟΠΙΖΟΜΕΝΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

Ὅταν ἕνα σῶμα, ποὺ εἶναι μέσα σὲ ἕνα ἀέριο, ἔχη βάρος μεγαλύτερο ἀπὸ τὸ βάρος τοῦ ἀερίου, ποὺ ἐκτοπίζει, τὸ σῶμα αὐτὸ θὰ κινηθῆ πρὸς τὰ κάτω, γιατὶ ἡ ἄνωσι ποὺ θὰ δεχθῆ θὰ εἶναι μικροτέρα ἀπὸ τὸ βάρος του.

Ἂν ὅμως τὸ βάρος τοῦ σώματος εἶναι μικρότερο ἀπὸ τὸ βάρος τοῦ ἀερίου ποὺ ἐκτοπίζει, τότε ἡ ἄνωσι, ποὺ θὰ δεχθῆ τὸ σῶμα, θὰ εἶναι μεγαλυτέρα ἀπὸ τὸ βάρος του, καὶ τὸ σῶμα θὰ κινηθῆ πρὸς τὰ ἐπάνω.

Ὅλα τὰ στερεά, τὰ ὑγρὰ καὶ τὰ περισσότερα ἀέρια, ἔχουν εἰδικὸ βάρος μεγαλύτερο ἀπὸ αὐτὸ ποὺ ἔχει ὁ ἀήρ, γι' αὐτὸ τὰ σώματα αὐτά, ὅταν ἀφίνωνται ἐλεύθερα, κινοῦνται πρὸς τὸ ἔδαφος. Μόνο ὁρισμένα ἀέρια, ὅπως τὸ ὑδρογόνο, τὸ ἥλιο καὶ τὸ φωταέριο ἔχουν εἰδικὸ βάρος μικρότερο ἀπὸ ὅσο ἔχει ὁ ἀήρ. Ἂν λοιπὸν γεμίσωμε ἕνα μπαλόνι μὲ ἕνα ἀπὸ αὐτὰ τὰ ἀέρια καὶ τὸ ἀφίσωμε ἐλεύθερο, τὸ μπαλόνι θὰ κινηθῆ πρὸς τὰ ἐπάνω.

27 · 3 Ἀερόστατα.

Ἐφαρμογὴ αὐτῶν ποὺ εἴπαμε πιὸ πάνω ἔχομε στὸ ἀερόστατο. Αὐτὸ εἶναι ἕνα μεγάλο ἐλαστικὸ κλειστὸ μπαλόνι (σχ. 27 · 3), ποὺ τὸ γεμίζομε μὲ ἕνα ἐλαφρὺ ἀέριο, π.χ. ὑδρογόνο.

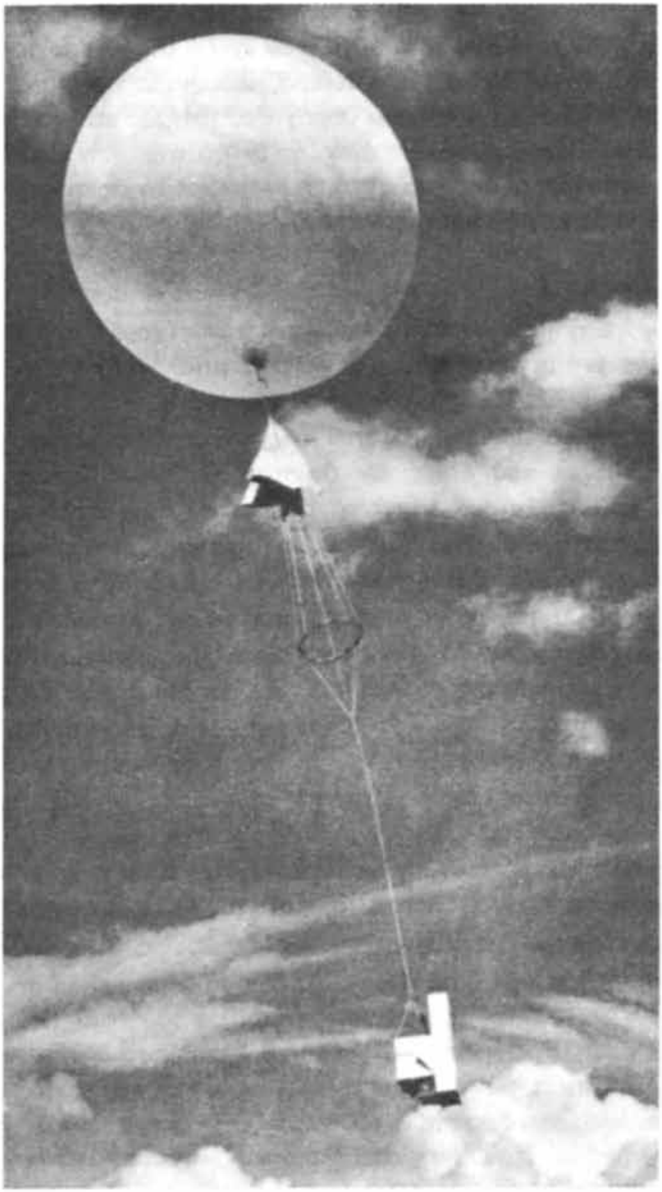
Ἐπειδὴ τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ ὑδρογόνου εἶναι μικρότερο ἀπὸ τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ ἀέρος, ἂν ἀφίσωμε ἐλεύθερο τὸ ἀερόστατο, κινεῖται πρὸς τὰ ἐπάνω, γιατὶ τὸ βάρος του εἶναι πολὺ μικρότερο ἀπὸ τὴν ἄνωσι ποὺ δέχεται. Τὰ ἀερόστατα χρησιμοποιοῦνται σήμερον γιὰ μετεωρολογικὲς κυρίως παρατηρήσεις. Ἀπὸ αὐτὰ κρεμοῦμε μὲ δίκτυα μικρὴ λέμβο, στὴν ὁποία τοποθετοῦμε αὐτόματα ὄργανα, ποὺ καταγράφουν τὴν ἀτμοσφαιρικὴ πίεσι, τὴν ὑγρασία, τὴν θερμοκρασία κ.λπ. στὰ διάφορα ὕψη τῆς ἀτμοσφαίρας. Γιὰ νὰ ἐπανέλθουν τὰ ὄργανα μὲ ἀσφάλεια στὴν γῆ, σὲ ὁρισμένο ὕψος ἀνοίγει αὐτόματα μία βαλβῖδα καὶ τὸ ἐλαφρὺ ἀέριο τοῦ ἀεροστάτου ἀδειάζει στὴν ἀτμόσφαιρα. Ἔτσι τὸ ἀερόστατο γίνεται βαρύτερο καὶ ἐπανέρχεται στὴν γῆ μὲ ἕνα ἀλεξίπτωτο.

Ἐπειδὴ τὸ ἀέριο ὑδρογόνο ἀναφλέγεται εὔκολα, χρησιμοποιεῖται σήμερον τὸ εὐγενὲς ἀέριο ἥλιο, καὶ ἔτσι ἀποφεύγονται οἱ τυχὸν ἐκρήξεις ἢ ἀναφλέξεις τοῦ ὑδρογόνου.

27 · 4 Τὰ μανόμετρα.

Τὰ μανόμετρα εἶναι ὄργανα, ποὺ χρησιμοποιοῦνται γιὰ νὰ μετροῦν τὴν πίεσι τῶν ρευστῶν. Μὲ μανόμετρα π.χ. εἶναι δυνατὸν νὰ μετροῦμε:

– τὴν πίεσι τοῦ ἀέρος στὰ ἐλαστικὰ τῶν αὐτοκινήτων,
– τὴν πίεσι τοῦ φωταερίου,
– τὴν πίεσι τοῦ νεροῦ στοὺς σωλῆνες ὑδρεύσεως κ.λπ.

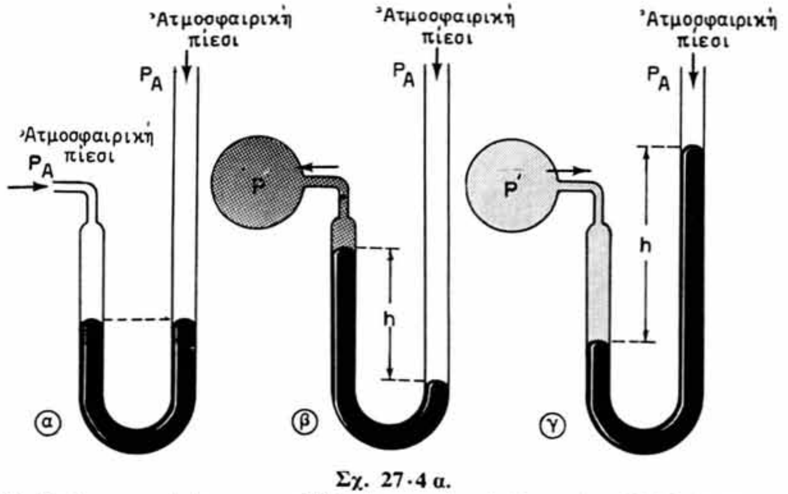


Σχ. 27·3.
Κλειστὸ ἐλεύθερο ἀερόστατο, γιὰ μετεωρολογικὲς παρατηρήσεις.

α) *Ἀνοικτὸ μανόμετρο μὲ ὑγρό.*

Αὐτὸ εἶναι ἕνας γυάλινος σωλὴν μὲ δύο σκέλη σὲ σχῆμα U. Μέσα στὸν σωλῆνα βάζομε συνήθως ὑδράργυρο (σχ. 27 · 4 α). Ὅταν τὰ δύο σκέλη τοῦ σωλῆνος ἐπικοινωνοῦν μὲ τὸν ἀτμοσφαιρικὸ ἀέρα, ἡ στάθμη τοῦ ὑδραργύρου τοῦ σωλῆνος εὑρίσκεται στὸ ἴδιο ὁριζόντιο ἐπίπεδο καὶ στὰ δύο σκέλη [σχ. 27 · 4 α (α)].

Συνδέομε τὸ ἕνα σκέλος τοῦ σωλῆνος, ἔστω τὸ ἀριστερό, μὲ τὸ δοχεῖο, ποὺ περιέχει ἕνα ἀέριο, τοῦ ὁποίου τὴν πίεσι P θέλομε νὰ μετρήσωμε. Ἐὰν ἡ πίεσι P_A τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος εἶναι μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν πίεσι P τοῦ ἀερίου, ὁ ὑδράργυρος στὸ ἀνοικτὸ σκέλος θὰ κατέβη [σχ. 27 · 4 α (β)].



Σχ. 27·4 α.

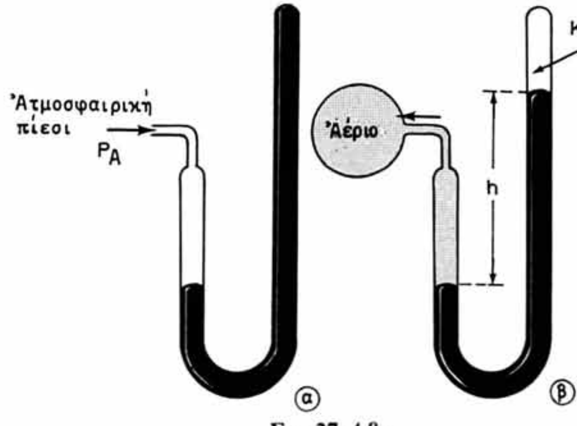
α) Ὁ ὑδράργυρος εὑρίσκεται στὸ ἴδιο ὕψος καὶ στὰ δύο σκέλη. β) Ὁ ὑδράργυρος στὸ ἀνοικτὸ σκέλος κατεβαίνει γιατὶ ἡ πίεσι P_A τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος εἶναι μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν πίεσι P τοῦ ἀερίου. γ) Ἡ πίεσι P τοῦ ἀερίου εἶναι μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν ἀτμοσφαιρικὴ καὶ ὁ ὑδράργυρος στὸ ἐλεύθερο σκέλος ἀνεβαίνει.

Ἀντιθέτως, ἂν ἡ πίεσι τοῦ ἀερίου P εἶναι μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν πίεσι P_A τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος, ὁ ὑδράργυρος στὸ ἀνοικτὸ σκέλος θὰ ἀνέβη [σχ. 27 · 4 α (γ)]. Ἀπὸ τὴν διαφορὰ ὕψους h, ποὺ ἔχει ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου στὰ δύο σκέλη, ὑπολογίζομε καὶ τὴν διαφορὰ μεταξὺ τῆς πιέσεως τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος καὶ τῆς πιέσεως τοῦ ἀερίου.

Παρατηροῦμε ὅτι μὲ τὸ ἀνοικτὸ μανόμετρο δὲν εὑρίσκομε πόση ἀκριβῶς εἶναι ἡ πίεσι ἑνὸς ἀερίου (δὲν εὑρίσκομε δηλαδὴ τὴν ἀπόλυτη πίεσί του), ἀλλὰ τὴν ὑποπίεσι ἢ ὑπερπίεσι τοῦ ἀερίου ὡς πρὸς τὴν ἀτμοσφαιρικὴ πίεσι, ποὺ ἐπικρατεῖ κατὰ τὴν στιγμὴ τῆς μετρήσεως.

β) *Κλειστὸ μανόμετρο μὲ ὑγρό.*

Γιὰ νὰ μετρήσωμε πιέσεις μικρότερες ἀπὸ τὴν ἀτμοσφαιρική, χρησιμοποιοῦμε συνήθως τὸ κλειστὸ μανόμετρο μὲ ὑγρό. Αὐτὸ εἶναι ὅπως ἀκριβῶς τὸ ἀνοικτὸ μανόμετρο, μὲ τὴν διαφορὰ ὅτι τὸ σκέλος, ποὺ προηγουμένως ἦταν ἀνοικτό, εἶναι τώρα κλειστό [σχ. 27 · 4 β (α)]. Καὶ ἐδῶ χρησιμοποιεῖται συνήθως ὑδράργυρος. Γιὰ νὰ μετρήσωμε τὴν πίεσι P ἑνὸς ἀερίου, ποὺ περιέχεται σὲ δοχεῖο, συνδέομε τὸ ἀνοικτὸ ἄκρο τοῦ σωλῆνος μὲ τὸ δοχεῖο, ὁπότε ὁ ὑδράργυρος στὸ κλειστὸ σκέλος κατέρχεται [σχ. 27 · 4 β (β)].



Σχ. 27·4 β.

α) Κλειστὸ ὑδραργυρικὸ μανόμετρο. β) Ἡ διαφορὰ ὕψους h τοῦ ὑδραργύρου μᾶς καθορίζει τὴν ἀπόλυτη πίεσι τοῦ ἀερίου.

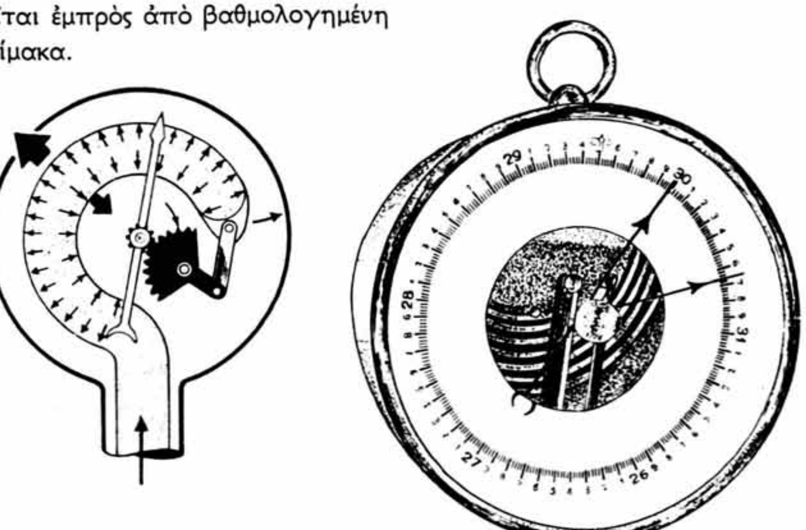
Ἡ διαφορὰ ὕψους στὶς ἐλεύθερες ἐπιφάνειες τοῦ ὑδραργύρου τῶν δύο σκελῶν μᾶς δίνει τὴν ἀπόλυτη πίεσι P τοῦ ἀερίου, γιατὶ στὸ κλειστὸ σκέλος τοῦ σωλῆνος ὁ χῶρος, ποὺ εὑρίσκεται πάνω ἀπὸ τὸν ὑδράργυρο εἶναι κενὸς ἀπὸ ἀέρα καὶ ἑπομένως ἔχει πίεσι 0.

Τὰ μανόμετρα μὲ ὑγρὸ εἶναι βεβαίως εὐαίσθητα καὶ ἀκριβῆ ἀλλὰ δύσχρηστα στὶς πρακτικὲς ἐφαρμογὲς καὶ ἀκατάλληλα γιὰ πολὺ μεγάλες πιέσεις. Γιὰ τοὺς λόγους αὐτοὺς χρησιμοποιοῦμε περισσότερο τὰ μεταλλικὰ μανόμετρα.

27 · 5 *Μεταλλικὰ μανόμετρα.*

Στὶς πρακτικὲς ἐφαρμογὲς χρησιμοποιοῦμε συνήθως τὰ μεταλλικὰ μανόμετρα. Αὐτά, ἀνάλογα μὲ τὴν κατασκευή τους, μπορεῖ νὰ εἶναι πολὺ εὐαίσθητα καὶ ἀκριβῆ. Ἀποτελοῦνται ἀπὸ μεταλλικὸ καμπύλο σωλῆνα ἢ ἀπὸ τύμπανο μὲ ἐλαστικὰ τοιχώματα, κατασκευασμένα ἀπὸ κατάλληλο ὑλικό, π.χ. χάλυβα καλῆς ποιότητος (σχ. 27 · 5).

Ὅταν στὸν σωλῆνα ἐπιδρᾶ ἕνα ἀέριο ἢ ὑγρό, προκαλοῦνται ***ἐλαστικὲς παραμορφώσεις***, ποὺ μεταδίδονται μὲ τὴν βοήθεια μοχλῶν σὲ ἕνα δείκτη, ὁ ὁποῖος μετακινεῖται ἐμπρὸς ἀπὸ βαθμολογημένη κλίμακα.



Σχ. 27·5.
Τὸ μεταλλικὸ μανόμετρο.

Ὅπως μὲ τὰ ἀνοικτὰ μανόμετρα μὲ ὑγρό, ἔτσι καὶ μὲ τὰ μεταλλικὰ μετροῦμε τὴν ὑποπίεσι ἢ ὑπερπίεσι ὡς πρὸς τὴν ἀτμοσφαιρικὴ πίεσι καὶ ὄχι τὴν ἀπόλυτη πίεσι.

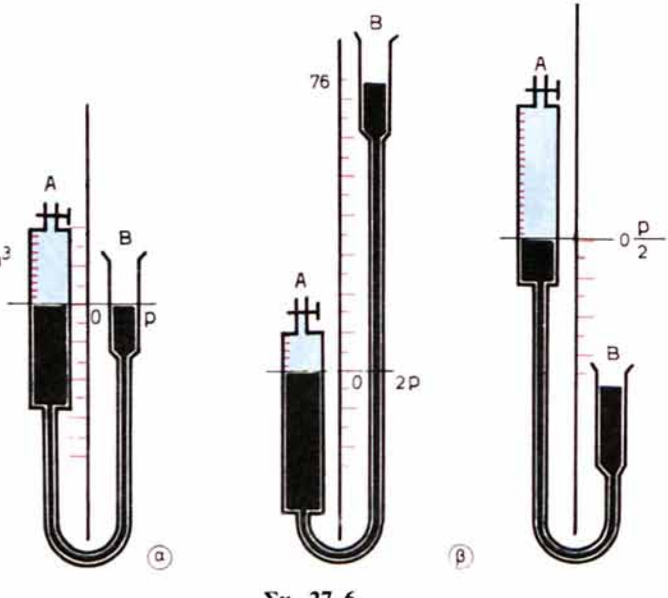
Τὰ μεταλλικὰ μανόμετρα βαθμολογοῦνται μὲ βάσι τὰ μανόμετρα μὲ ὑγρό.

Στοὺς σταθμοὺς αὐτοκινήτων (γκαρὰζ) τὰ μανόμετρα μετροῦν συνήθως τὴν πίεσι τῶν ἀεροθαλάμων τῶν ἐλαστικῶν σὲ λίμπρες (ὄχι λίτρα) ἀνὰ τετραγωνικὴ ἴντσα (βάζομε π.χ. 24 λίμπρες στὰ ἐμπρὸς καὶ 26 στὰ πίσω ἐλαστικά). Σὲ μερικὰ κράτη ἡ πίεσι τῶν ἐλαστικῶν μετρεῖται σὲ ἀτμόσφαιρες. Εἶναι δὲ 1 atm = 14 λίμπρες ἀνὰ τετραγωνικὴ ἴντσα.

27 · 6 Νόμος τῶν Boyle - Mariotte.

Λαμβάνομε δύο γυάλινα δοχεῖα Α καὶ Β, ποὺ συγκοινωνοῦν μεταξύ τους μὲ ἕνα ἐλαστικὸ σωλῆνα. Τὸ δοχεῖο Α φέρει στρόφιγγα καὶ εἶναι βαθμολογημένο σὲ cm^3.

Ἀπὸ τὴν ἀνοικτὴ στρόφιγγα τοῦ δοχείου Α βάζομε ὑδράργυρο, ποὺ μέσω τοῦ σωλῆνος διοχετεύεται καὶ στὸ δοχεῖο Β (παράγρ. 23 · 3). Ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου καὶ στὰ δύο δοχεῖα εὑρίσκεται τώρα στὸ ἴδιο ὁριζόντιο ἐπίπεδο [σχ. 27 · 6 (α)]. Κλεί-



Σχ. 27·6.
Τὸ γινόμενο τῆς πιέσεως ἐπὶ τὸν ὄγκο μιᾶς ὁρισμένης ποσότητος ἀερίου εἶναι σταθερό.

νομε κατόπιν τὴν στρόφιγγα καὶ ἔστω ὅτι ὁ ἀήρ, ποὺ ἔχει ἀποκλεισθῆ στὸ δοχεῖο Α, ἔχει ὄγκο $V = 30\,cm^3$. Ἡ πίεσι βεβαίως, ποὺ ἀσκεῖται στὸ κλειστὸ δοχεῖο Α, θὰ εἶναι ἴση μὲ τὴν ἀτμοσφαιρική, δηλαδὴ $P = 760$ mm Hg.

Ἐν συνεχείᾳ μετακινοῦμε τὰ δύο δοχεῖα, ἐνῶ διατηροῦμε κλειστὴ τὴν στρόφιγγα τοῦ δοχείου Α ἔτσι, ὥστε οἱ ἐλεύθερες ἐπιφάνειες τοῦ ὑδραργύρου στὰ δύο δοχεῖα νὰ εὑρίσκωνται κάθε φορὰ σὲ διαφορετικὰ ἐπίπεδα [σχ. 27 · 6 (β)].

Μὲ τὸν κατακόρυφο κανόνα, ποὺ εὑρίσκεται μεταξὺ τῶν δύο δοχείων, μετροῦμε τὴν κατακόρυφο ἀπόστασι μεταξὺ τῶν δύο ἐλευθέρων ἐπιφανειῶν τοῦ ὑδραργύρου στὰ δύο δοχεῖα καὶ ὑπολογίζομε τὴν πίεσι, ποὺ ἐπικρατεῖ στὸ δοχεῖο Α. Συγχρόνως ὅμως σημειώνομε καὶ τὸν ὄγκο ποὺ καταλαμβάνει ὁ ἀὴρ στὸ δοχεῖο Α. Ἐπαναλαμβάνομε τὸ πείραμα καὶ ἄλλες φορὲς (μὲ ἀμετάβλητη τὴν θερμοκρασία τοῦ περιβάλλοντος) καὶ σημειώνομε τὶς μετρήσεις μας στὸ πίνακα ποὺ ἀκολουθεῖ.

Ὄγκος ἀέρος δοχείου Α σὲ cm^3 V	Πίεσι ἀέρος δοχείου Α σὲ cm Hg P	Γινόμενο $P \cdot V$
22	140	3080
40	76	3040
28,5	106	3021
50	60	3000
75	40	3060

Παρατηροῦμε ὅτι τὸ γινόμενο τῆς πιέσεως ἐπὶ τὸν ὄγκο εἶναι περίπου σταθερό. Αὐτὰ μᾶς ἐπιτρέπουν νὰ διατυπώσωμε τὸν ἑξῆς νόμο τῶν Μπόϋλ - Μαριότ (Boyle - Mariotte), ἀπὸ τὰ ὀνόματα τῶν φυσικῶν, οἱ ὁποῖοι τὸν ἀνεκάλυψαν:

Νόμος τῶν Boyle - Mariotte: Σὲ σταθερὴ θερμοκρασία τὸ γινόμενο τῆς πιέσεως P ἐπὶ τὸν ὄγκο V μιᾶς ὁρισμένης μάζας ἀερίου παραμένει σταθερό.

δηλαδή:

$$\boxed{P \cdot V = \text{σταθερὸ}}$$

Σὲ σταθερὴ θερμοκρασία, ὁ ὄγκος ὁρισμένης μάζας ἀερίου εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὴν πίεσί του.

Παράδειγμα.

Ἕνα μπαλόνι ἔχει ὄγκο (στὸ ὕψος τῆς ἐπιφανείας τῆς θαλάσσης) $V = 1{,}4\ l$.

Πόσο ὄγκο V' θὰ ἔχη σὲ ὕψος $h = 168$ m, ἂν ἡ θερμοκρασία παραμένη ἀμετάβλητη.

(Ἀτμοσφαιρικὴ πίεσι στὸ ὕψος τῆς ἐπιφανείας τῆς θαλάσσης = 760 mm Hg).

Λύσι :

Κατ' ἀρχὴν θὰ εὕρωμε πόση εἶναι ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσι σὲ ὕψος h = 168 m. Γνωρίζομε ὅτι ἀνὰ 10,5 m ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσι ἐλαττώνεται κατὰ 1 mm Hg. Ἑπομένως τὸ πηλίκον τῆς διαιρέσεως $\frac{168}{10,5}$ = 16 mm Hg μᾶς προσδιορίζει πόσο ἐλαττώνεται ἡ πίεσι στὸ ὕψος αὐτό. Ἡ πίεσι λοιπὸν στὸ ὕψος τῶν 168 m θὰ εἶναι $P' = 760 - 16 = 744$ mm Hg.

Ἐφαρμόζομε τώρα τὸν νόμο τῶν Boyle - Mariotte $P' \cdot V' = P \cdot V =$ σταθερὸ καὶ θέτομε ὅπου P = 760 mm Hg, ὅπου V = 1,4 · *l* καὶ ὅπου P' = 744 mm Hg. Ἔχομε λοιπὸν 744 mm · V' = 760 mm × 1,4 *l* ἤ

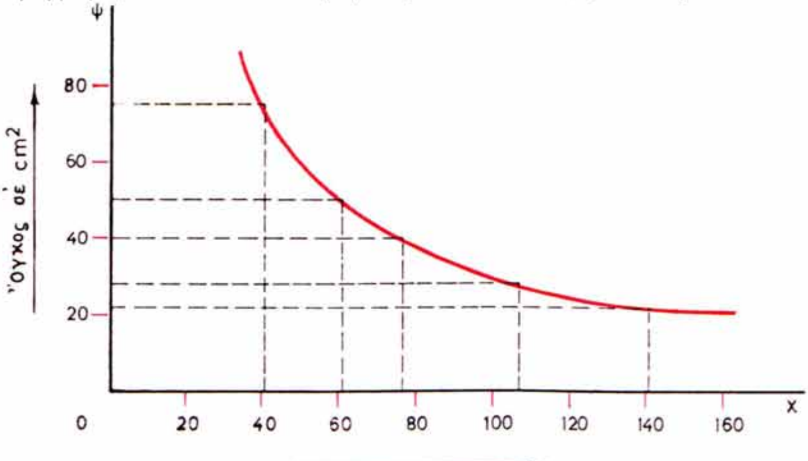
$$V' = \frac{760 \text{ mm} \times 1{,}4\, l}{744 \text{ mm}} = 1{,}43\, l.$$

Ἑπομένως τὸ μπαλόνι στὸ ὕψος τῶν 168 m θὰ ἔχη ὄγκο:

$$V' = 1{,}43\, l.$$

27 · 7 Γραφικὴ παράστασι τοῦ νόμου τῶν Boyle - Mariotte.

Στὸν ὁριζόντιο ἄξονα ΟΧ ὀρθογωνίου συστήματος ἀξόνων ΟΧ καὶ ΟΨ (σχ. 27 · 7) σημειώνομε τὶς τιμὲς τῶν πιέσεων P τοῦ πίνακος τῆς προηγουμένης παραγράφου, ἐνῶ στὸν κατακόρυφο ἄξονα ΟΨ τὶς τιμὲς τῶν ὄγκων V.



Σχ. 27·7.

Γραφικὴ παράστασι τοῦ ὄγκου συναρτήσει τῆς πιέσεως ἑνὸς ἀερίου σὲ σταθερὴ θερμοκρασία.

Γιὰ κάθε ζεῦγος τιμῶν P καὶ V ὁρίζομε στὸ ἐπίπεδο τῶν ἀξόνων καὶ ἀπὸ ἕνα σημεῖο, τέλος δὲ ἑνώνομε ὅλα τὰ σημεῖα μὲ μία συνεχῆ γραμμή.

Ἡ καμπύλη, ἡ ὁποία προκύπτει, εἶναι ἡ ***γραφικὴ παράστασι τοῦ ὄγκου συναρτήσει τῆς πιέσεως*** τοῦ ἀέρος σὲ σταθερὴ θερμοκρασία καὶ ὀνομάζεται ***ἰσόθερμος*** στὴν θερμοκρασία ποὺ ἔγινε τὸ πείραμα.

27 · 8 Ἀνακεφαλαίωσι.

1. Τὰ ἀέρια εἶναι συμπιεστά, ἐλαστικὰ καὶ ἐκτατά, ἀσκοῦν δὲ πιέσεις στὰ τοιχώματα τῶν δοχείων ποὺ τὰ περιέχουν.

2. Ἀντίθετα μὲ ὅ,τι συμβαίνει στὰ ὑγρά, ἡ πίεσι, ποὺ ἀσκεῖται στὰ τοιχώματα δοχείου μικροῦ ὕψους, ποὺ περιέχει ἀέριο, εἶναι ἡ ἴδια σὲ ὅλα του τὰ σημεῖα.

3. Κάθε σῶμα, ποὺ εὑρίσκεται σὲ ἕνα δοχεῖο μὲ ἀέριο καὶ ἰσορροπεῖ, ὑφίσταται ἄνωσι ἴση μὲ τὸ βάρος τοῦ ἀερίου ποὺ ἐκτοπίζει.

4. Τὰ ἀερόστατα ἀνέρχονται στὴν ἀτμόσφαιρα λόγω τῆς ἀνώσεως, ποὺ δέχονται ἀπὸ τὸν ἀτμοσφαιρικὸ ἀέρα.

5. Γιὰ νὰ μετρήσωμε τὴν πίεσι ἑνὸς ἀερίου, χρησιμοποιοῦμε τὸ μανόμετρο.

6. Τὸ ἀνοικτὸ μανόμετρο μετρεῖ τὴν ὑποπίεσι ἢ ὑπερπίεσι ἑνὸς ἀερίου ὡς πρὸς τὸν ἀτμοσφαιρικὸ ἀέρα.

7. Τὸ κλειστὸ μανόμετρο μετρεῖ τὴν ἀπόλυτη πίεσι ἑνὸς ἀερίου.

8. Γιὰ συνηθισμένες μετρήσεις χρησιμοποιοῦμε τὰ μεταλλικὰ μανόμετρα. Αὐτὰ μετροῦν τὴν ὑποπίεσι ἢ ὑπερπίεσι ἑνὸς ἀερίου ὡς πρὸς τὴν ἀτμοσφαιρικὴ πίεσι.

9. Νόμος τῶν Boyle - Mariotte: Τὸ γινόμενο τῆς πιέσεως P ἐπὶ τὸν ὄγκο V ὁρισμένης μάζας ἀερίου, σὲ σταθερὴ θερμοκρασία, εἶναι σταθερό.

$$P \cdot V = \text{σταθερό}.$$

27 · 9 Ἐρωτήσεις.

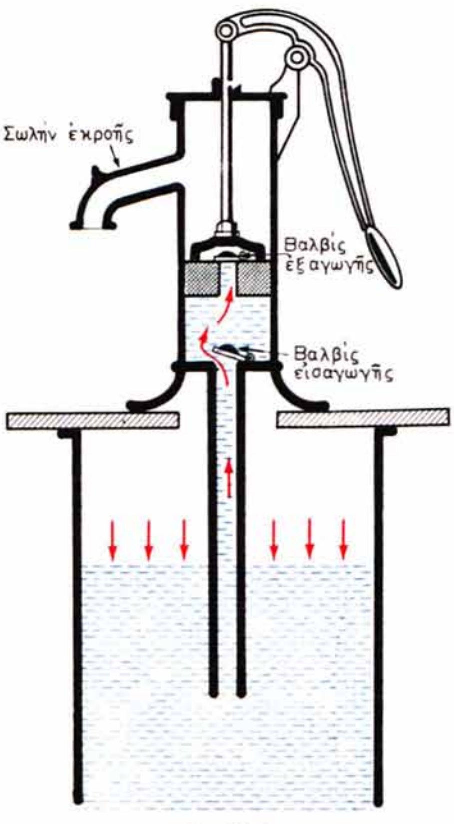
1. Ποιές ἰδιότητες τῶν ἀερίων γνωρίζετε;
2. Ποιές διαφορὲς μεταξὺ ὑγρῶν καὶ ἀερίων γνωρίζετε;
3. Ποιά εἶναι ἡ ἀρχὴ τοῦ Ἀρχιμήδους στὰ ἀέρια;
4. Γιατί τὰ μπαλόνια ποὺ γεμίζουν μὲ φωταέριο ἀνέρχονται στὴν ἀτμόσφαιρα;
5. Τί μετροῦμε μὲ τὸ ἀνοικτὸ μανόμετρο μὲ ὑγρό;
6. Τί μετροῦμε μὲ τὸ κλειστὸ μανόμετρο μὲ ὑγρό;
7. Τί εἶναι τὰ μεταλλικὰ μανόμετρα;
8. Τί μᾶς λέγει ὁ νόμος τῶν Boyle - Mariotte;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 28

ΑΝΤΛΙΕΣ

Οἱ ἀντλίες εἶναι μηχανήματα ποὺ χρησιμοποιοῦμε, ὅταν θέλωμε νὰ μεταφέρωμε ρευστὰ π.χ. ἀπὸ μία δεξαμενὴ σὲ μία ἄλλη.

Ἐπίσης μὲ τὶς ἀντλίες εἶναι δυνατὸν νὰ μεταβάλλωμε τὸ ὕψος τῆς στάθμης τῶν ὑγρῶν ἢ γενικῶς τὴν πίεσι τῶν ρευστῶν. Ὑπάρχουν πολλὰ εἴδη ἀντλιῶν, ποὺ χρησιμοποιοῦνται ἀνάλογα μὲ τὸ ρευστό, γιὰ τὸ ὁποῖο προορίζονται. Μερικὲς ἀπὸ αὐτὲς περιγράφομε στὶς παραγράφους ποὺ ἀκολουθοῦν.



Σχ. 28·1.
Ἐμβολοφόρος ἀντλία.

28 · 1 Ἐμβολοφόρος ἀντλία.

Μία ἀπὸ τὶς κοινὲς ἀντλίες εἶναι ἡ ***ἐμβολοφόρος***, ποὺ χρησιμοποιεῖται συνήθως γιὰ νὰ ἀντλοῦμε τὸ νερό. Κύριο ἐξάρτημά της εἶναι ἕνας κύλινδρος καὶ ἕνα ἔμβολο (σχ. 28 · 1), ποὺ παλινδρομεῖ μέσα στὸν κύλινδρο.

Ὁ κύλινδρος, μὲ μία βαλβῖδα ποὺ φέρει στὴν βάσι του (βαλβὶς εἰσαγωγῆς), συνδέεται μὲ σωλῆνα, ὁ ὁποῖος βυθίζεται στὸ ὑγρό, ποὺ πρόκειται νὰ ἀντλήσωμε. Βαλβῖδα ἐπίσης φέρει καὶ τὸ ἔμβολο (βαλβὶς ἐξαγωγῆς).

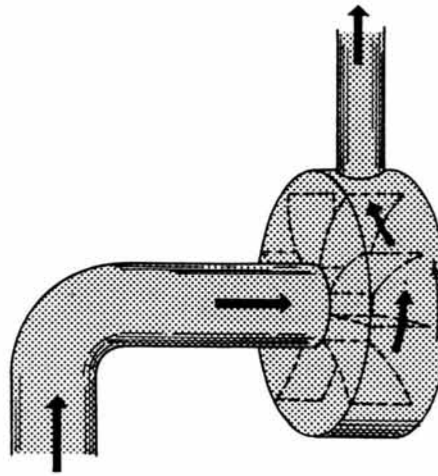
Ἡ ἀντλία λειτουργεῖ ὡς ἑξῆς: Ὅταν κατεβάζωμε τὸ ἔμβολο μὲ τὸν χειρομοχλό, ἡ βαλβὶς εἰσαγωγῆς κλείνει, ἐνῶ ἀνοίγει ἡ βαλβὶς ἐξαγωγῆς, ἀπὸ τὴν ὁποία διέρχεται στὸ ἐπάνω μέρος τοῦ ἐμβόλου τὸ νερό, ποὺ ὑπάρχει στὸν κύλινδρο.

Ὅταν κατόπιν ἀνεβάζωμε τὸ ἔμβολο, κλείνει ἡ βαλβὶς ἐξαγωγῆς καὶ ἀνοίγει ἡ βαλβὶς εἰσαγωγῆς, ἀπὸ ὅπου τὸ νερὸ ἀναρροφεῖται, ἐνῶ συγχρόνως ἐξέρχεται τὸ νερὸ ποὺ εὑρίσκεται στὸ ἄνω μέρος τοῦ ἐμβόλου ἀπὸ τὸν σωλῆνα ἐκροῆς.

Μὲ τὴν ἐμβολοφόρο ἀντλία μποροῦμε νὰ ἀντλήσωμε τὸ νερὸ ἀπὸ ὕψος 6 ἕως 8 μέτρων.

28 · 2 Φυγοκεντρικὴ ἀντλία.

Ἄλλος τύπος ἀντλίας εἶναι ἡ ***φυγοκεντρική*** (σχ. 28 · 2), ποὺ χρησιμοποιεῖται πολὺ στὴν βιομηχανία.



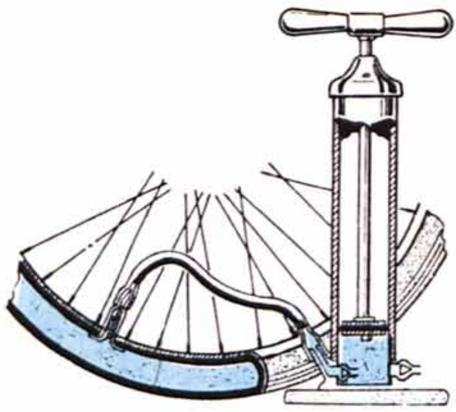
Σχ. 28·2.
Φυγοκεντρικὴ ἀντλία.

Σ' αὐτή, ἀντὶ γιὰ ἔμβολο ὑπάρχουν πτερύγια ποὺ εὑρίσκονται μέσα στὸν κύλινδρο. Αὐτὰ περιστρέφονται μὲ ταχύτητα, ὁπότε, λόγω τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως, τὸ ὑγρὸ ποὺ παρεμβάλλεται ἀνάμεσά τους ἐκτινάσσεται ἀπὸ τὸν σωλῆνα ἐξαγωγῆς. Συγχρόνως, ἐξ αἰτίας τοῦ κενοῦ, ποὺ δημιουργεῖται στὸν κύλινδρο, ἀναρροφεῖται συνεχῶς ὑγρὸ μέσω τοῦ σωλῆνος εἰσαγωγῆς.

28 · 3 Ἀντλία ἀέρος (τρόμπα).

Ἡ ***ἀντλία ἀέρος*** ἀποτελεῖται καὶ αὐτὴ ἀπὸ ἔμβολο καὶ κύλινδρο, ὁ ὁποῖος φέρει βαλβῖδες εἰσαγωγῆς καὶ ἐξαγωγῆς (σχ. 28 · 3). Χρησιμοποιεῖται συνήθως γιὰ νὰ φουσκώνομε τὰ λάστιχα τῶν ποδηλάτων, στὰ ὁποῖα δημιουργοῦμε πίεσι ὑψηλοτέρα ἀπὸ τὴν ἀτμοσφαιρική.

Γιὰ τὰ λάστιχα τῶν αὐτοκινήτων χρησιμοποιοῦμε συνήθως ἠλεκτροκίνητες ἀντλίες.

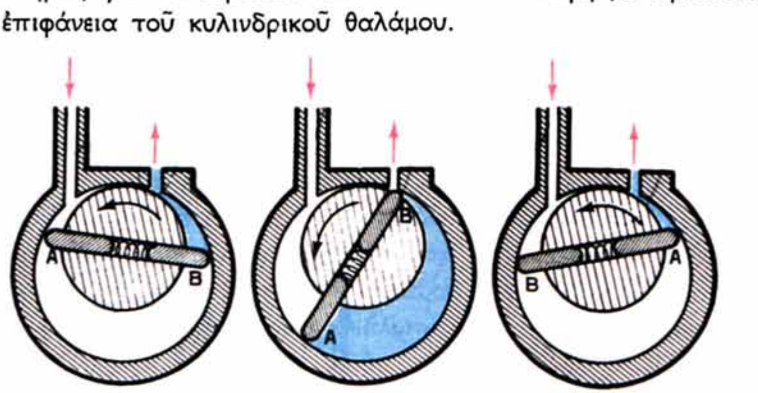


Σχ. 28·3.
Ἀντλία ἀέρος (τρόμπα).

28·4 Φυγοκεντρικὴ ἀντλία μὲ σύρτες.

Γιὰ νὰ ἐπιτύχωμε ὑψηλὸ κενὸ σὲ ἕνα χῶρο, χρησιμοποιοῦμε τὴν ***φυγοκεντρικὴ ἀντλία μὲ σύρτες*** (σχ. 28·4). Ἡ ἀντλία αὐτὴ ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕνα κύλινδρο, ὁ ὁποῖος περιστρέφεται ἐκκέντρως μέσα σὲ κυλινδρικὸ θάλαμο.

Μαζὶ μὲ τὸν κύλινδρο, ποὺ περιστρέφεται, περιστρέφονται καὶ δύο σύρτες, οἱ ὁποῖοι πιέζονται μὲ ἐλατήρια, γιὰ νὰ εὑρίσκωνται πάντοτε σὲ ἐπαφὴ μὲ τὴν ἐσωτερικὴ ἐπιφάνεια τοῦ κυλινδρικοῦ θαλάμου.



Σχ. 28·4.
Ἀντλία ὑψηλοῦ κενοῦ μὲ σύρτες.

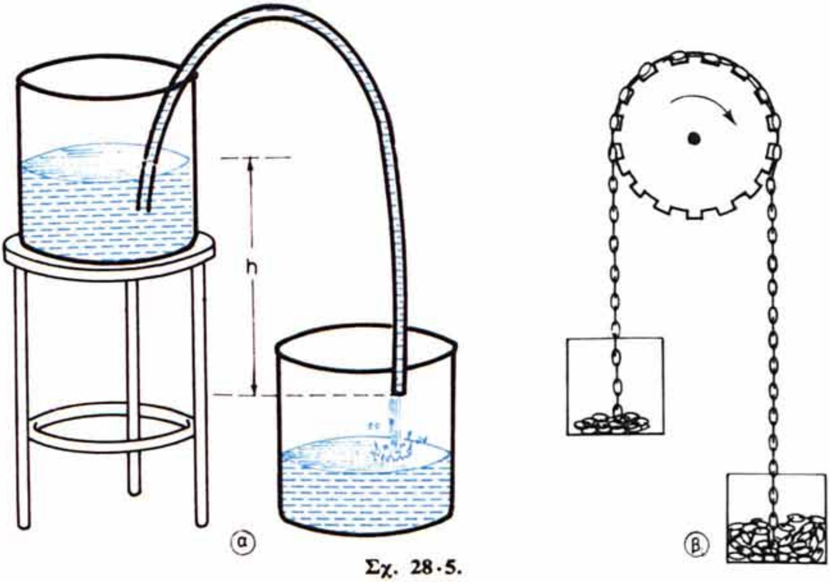
Ἡ ἀντλία αὐτὴ λειτουργεῖ ὡς ἑξῆς: Ὅταν περιστρέφεται ὁ κύλινδρος, οἱ σύρτες, καθὼς ὠθοῦνται ἀπὸ τὰ ἐλατήρια καὶ ἐφάπτονται συνεχῶς μὲ τὰ τοιχώματα τοῦ κυλινδρικοῦ θαλάμου (ὅπως φαίνεται στὸ σχῆμα), μεγαλώνουν σὲ κάθε περιστροφὴ τὸν χῶρο ποὺ εἶναι κάτω ἀπὸ τὸν ἀριστερὸ σωλῆνα, ἐνῶ μικραίνουν στὸν χῶρο, ποὺ εὑρίσκεται κάτω ἀπὸ τὸν δεξιό.

Ἔτσι ὅμως προκαλεῖται ἐλάττωσι τῆς πιέσεως τοῦ ἀέρος, ποὺ εἰσέρχεται ἀπὸ τὸν ἀριστερὸ σωλῆνα, ἀλλὰ συγχρόνως δημιουργεῖται καὶ αὔξησι τῆς πιέσεως στὸν δεξιό, μὲ ἀποτέλεσμα νὰ ὠθῆται ὁ ἀὴρ καὶ νὰ ἐξέρχεται ἀπὸ τὸν δεξιὸ σωλῆνα.

Μὲ τὴν ἀντλία μὲ σύρτες μποροῦμε νὰ ἐπιτύχωμε κενὸ ἴσο πρὸς ἕνα χιλιοστὸ τοῦ torr.

28 · 5 Ὁ σίφων.

Ὅταν θέλωμε νὰ μεταγγίσωμε ὑγρὸ ἀπὸ ἕνα δοχεῖο σὲ ἕνα ἄλλο, ποὺ εὑρίσκεται σὲ χαμηλότερο ἐπίπεδο, χρησιμοποιοῦμε τὸν ***σίφωνα*** [σχ. 28 · 5 (α)]. Ὁ σίφων εἶναι σωλὴν σχήματος ἀνεστραμμένου U μὲ



Σχ. 28·5.

α) Μετάγγισι ὑγροῦ μὲ τὸν σίφωνα. β) Μηχανικὸ ἀνάλογο τῆς λειτουργίας τοῦ σίφωνος.

ἄνισα σκέλη καὶ λειτουργεῖ ὡς ἑξῆς: Τοποθετοῦμε τὸ ἕνα ἄκρο τοῦ σίφωνος στὸ δοχεῖο, ἀπὸ τὸ ὁποῖο θέλομε νὰ ἀντλήσωμε ὑγρό· μὲ τὸ στόμα μας ἢ μὲ μία ἄντλία ἀναρροφοῦμε ἀπὸ τὸ ἄλλο ἄκρο τοῦ σωλῆνος, ἕως ὅτου τὸ ὑγρὸ γεμίση ὅλον τὸν σωλῆνα. Τὸ δεξιὸ τμῆμα τοῦ σωλῆνος, ποὺ εἶναι μακρύτερο, περιέχει τώρα στήλη ὑγροῦ μεγαλυτέρου μήκους ἀπὸ τὸ ἀριστερό, ἄρα καὶ μεγαλυτέρου βάρους. Ἔτσι λοιπὸν τὸ ὑγρὸ ρέει μέσω τοῦ σίφωνος ἀπὸ ἀριστερὰ πρὸς τὰ δεξιά, γιατὶ τὰ μόρια τοῦ ὑγροῦ, λόγω τῶν δυνάμεων συνοχῆς (παράγρ. 1 · 6), δηλαδὴ τῶν δυνάμεων, ποὺ συγκρατοῦν τὸ ἕνα μόριο πλησίον τοῦ ἄλλου, προκαλοῦν τὴν διαρκῆ ροὴ τῆς στήλης τοῦ ὑγροῦ, ποὺ κινεῖται πρὸς τὸ βαρύτερο μέρος.

Γιὰ νὰ λειτουργήση ὅμως ὁ σίφων, πρέπει νὰ προετοιμασθῆ, δηλαδὴ πρέπει νὰ εἶναι γεμάτος μὲ τὸ ὑγρὸ ποὺ θὰ μεταγγίσωμε.

Ἀντιλαμβανόμαστε καλύτερα τὴν λειτουργία τοῦ σίφωνος μὲ τὸ πείραμα τοῦ σχήματος 28 · 5 (β).

Ἐδῶ τὸ μακρύτερο τμῆμα τῆς ἁλυσίδας, ἐπειδὴ ἔχει μεγαλύτερο βάρος παρασύρει τὴν τροχαλία καὶ ἔτσι μεταφέρεται ἀπὸ τὸ δοχεῖο ποὺ εὑρίσκεται ὑψηλότερα, στὸ δοχεῖο ποὺ εὑρίσκεται χαμηλότερα.

28 · 6 Ἀνακεφαλαίωσι.

1. Οἱ ἀντλίες εἶναι μηχανήματα, ποὺ χρησιμοποιοῦμε γιὰ νὰ μεταφέρωμε ρευστά.
2. Ἡ ἐμβολοφόρος ἀντλία λειτουργεῖ μὲ τὴν βοήθεια ἐμβόλου καὶ χρησιμοποιεῖται κυρίως γιὰ νὰ ἀντλοῦμε τὸ νερὸ (ἀπὸ ὕψος 6 ἕως 8 μέτρων).
3. Ἡ φυγοκεντρικὴ ἀντλία, ποὺ λειτουργεῖ μὲ τὴν βοήθεια πτερυγίων, τὰ ὁποῖα περιστρέφονται μὲ μεγάλη ταχύτητα, χρησιμοποιεῖται γιὰ τὴν ἄντλησι ὑγρῶν κυρίως στὴν βιομηχανία.
4. Γιὰ νὰ ἐπιτύχωμε ὑψηλὸ κενό, χρησιμοποιοῦμε τὶς φυγοκεντρικὲς ἀντλίες μὲ σύρτες.
5. Ὁ σίφων χρησιμοποιεῖται γιὰ μετάγγισι ὑγροῦ ἀπὸ ἕνα δοχεῖο σὲ ἕνα ἄλλο, ποὺ εὑρίσκεται σὲ χαμηλότερο ἐπίπεδο.

28 · 7 Ἐρωτήσεις.

1. Τί εἶναι οἱ ἀντλίες;
2. Περιγράψετε τὴν ἐμβολοφόρο καὶ τὴν φυγοκεντρικὴ ἀντλία.
3. Περιγράψετε τὴν ἀντλία ἀέρος.
4. Πῶς λειτουργεῖ καὶ πότε χρησιμοποιεῖται ἡ φυγοκεντρικὴ ἀντλία μὲ σύρτες;
5. Τί εἶναι ὁ σίφων; Πῶς λειτουργεῖ καὶ πότε χρησιμοποιεῖται;

28 · 8 Ἀσκήσεις.

1. Ἂν ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ἀνθρωπίνου σώματος εἶναι $S = 1\ m^2$ περίπου, πόση εἶναι ἡ ἔντασι τῆς δυνάμεως, ποὺ δέχεται λόγω τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως; (Δίνεται ἀτμοσφαιρικὴ πίεσι $P = 1\ kp/cm^2$).

2. Στὴν ἐπιφάνεια τῆς θαλάσσης ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσι εἶναι $P = 1\ kp/cm^2$. Πόση εἶναι ἡ πίεσι ποὺ δέχεται δύτης σὲ βάθος $h = 10\ m$;

3. Ὁ πύργος τοῦ Ἄϊφφελ στὸ Παρίσι ἔχει ὕψος $h = 300\ m$. Ὅταν ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσι στὴν βάσι τοῦ πύργου εἶναι $P = 758\ mm\ Hg$, πόση εἶναι τὴν ἴδια στιγμὴ ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσι στὴν κορυφή του;

4. Κλειστὸ μανόμετρο περιέχει νερό. Μετροῦμε μὲ αὐτὸ τὴν πίεσι ἑνὸς ἀερίου καὶ εὑρίσκομε ὅτι οἱ δύο ἐλεύθερες ἐπιφάνειες τοῦ νεροῦ ἀπέχουν 33,2 cm. Πόση εἶναι ἡ πίεσι τοῦ ἀερίου σὲ p/cm^2 καὶ σὲ mm Hg;

5. Μάζα ὀξυγόνου ἔχει ὄγκο 200 *l*, ὅταν ἡ πίεσι εἶναι $1\ kp/cm^2$. Πόσος γίνεται ὁ ὄγκος τοῦ ἀερίου, ὅταν ἡ πίεσι γίνῃ 2, 5, 10 καὶ 0,5 ἀτμόσφαιρες; (Ἡ θερμοκρασία διατηρεῖται σταθερή).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 29

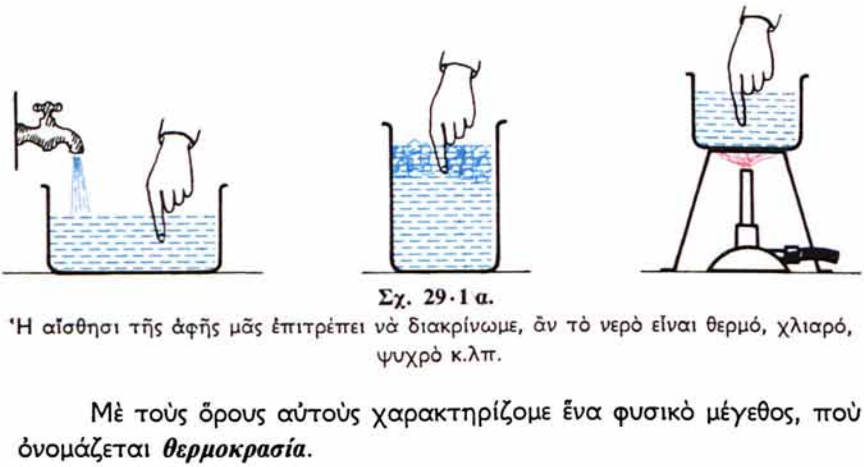
ΘΕΡΜΟΤΗΣ

29 · 1 Ἔννοια τῆς θερμοκρασίας.

Ἂν ἀγγίξωμε μὲ τὸ χέρι μας ἕνα κομμάτι πάγου ἢ μία ἀναμμένη θερμάστρα, αἰσθανόμαστε ὅτι ὁ πάγος εἶναι ***ψυχρὸς*** καὶ ἡ θερμάστρα ***θερμή***.

Ἐπίσης, ἂν βάλωμε τὸ χέρι μας σὲ δοχεῖο, ποὺ περιέχει νερὸ τῆς βρύσης, καὶ ἔπειτα σὲ δοχεῖο μὲ νερό, ποὺ πήραμε ἀπὸ τὸν θερμοσίφωνα, διαπιστώνομε ὅτι τὸ νερὸ τοῦ θερμοσίφωνος εἶναι ***θερμότερο***.

Ἡ αἴσθησι τῆς ἁφῆς μᾶς ἐπιτρέπει νὰ λέμε ὅτι ἕνα σῶμα εἶναι ***ψυχρό, θερμό, θερμότερο*** ἀπὸ ἕνα ἄλλο κ.λπ. (σχ. 29 · 1 α).

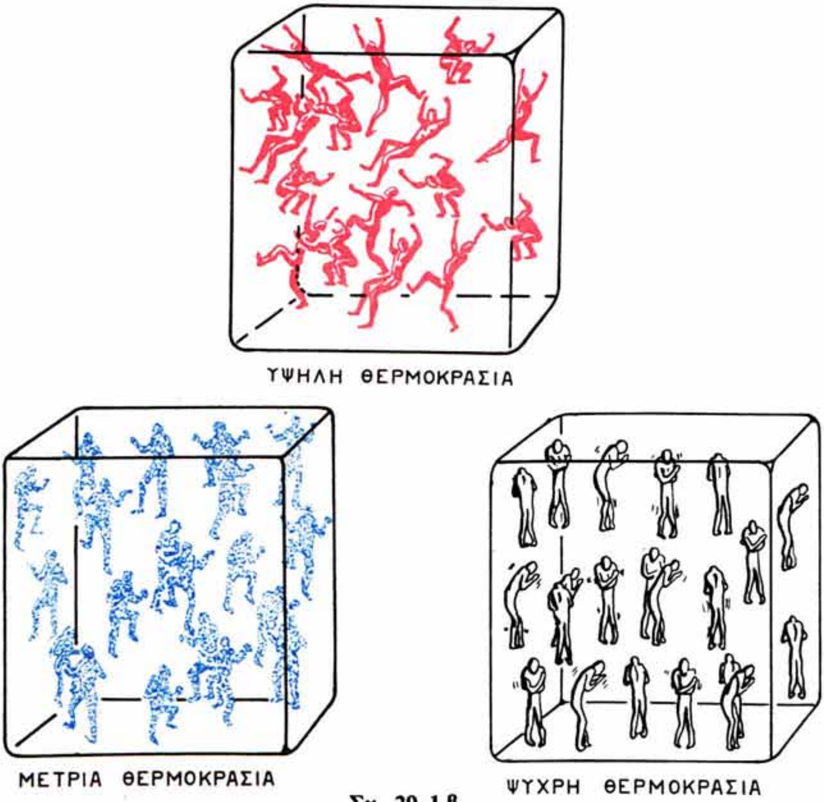


Σχ. 29 · 1 α.
Ἡ αἴσθησι τῆς ἁφῆς μᾶς ἐπιτρέπει νὰ διακρίνωμε, ἂν τὸ νερὸ εἶναι θερμό, χλιαρό, ψυχρὸ κ.λπ.

Μὲ τοὺς ὅρους αὐτοὺς χαρακτηρίζομε ἕνα φυσικὸ μέγεθος, ποὺ ὀνομάζεται ***θερμοκρασία***.

Ἑπομένως ἡ ἔννοια τοῦ θερμοῦ ἢ τοῦ ψυχροῦ ἀντιστοιχεῖ στὸν βαθμὸ θερμοκρασίας ἑνὸς σώματος. Λέγοντας π.χ. ὅτι τὸ νερὸ τοῦ θερμοσίφωνος εἶναι θερμότερο ἀπὸ τὸ νερὸ τῆς βρύσης, ἐννοοῦμε ὅτι ἡ θερμοκρασία τοῦ νεροῦ, ποὺ πήραμε ἀπὸ τὸν θερμοσίφωνα, εἶναι μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν θερμοκρασία, ποὺ ἔχει τὸ νερὸ τῆς βρύσης.

Στὴν παράγραφο 1 · 5 εἴδαμε ὅτι ὅλα τὰ ὑλικὰ σώματα ἀποτελοῦνται ἀπὸ μόρια. Ἡ ***θερμοκρασία*** ἑνὸς σώματος ἐκφράζει τὴν κινητικότητα τῶν μορίων του. Ὅταν π.χ. ἕνα σῶμα εἶναι θερμό, τὰ μόριά του κινοῦνται ζωηρά. Ὅταν τὸ σῶμα εἶναι χλιαρό, ἡ κίνησι τῶν μορίων του εἶναι λιγότερο ζωηρή. Ὅταν τέλος τὸ σῶμα εἶναι ψυχρό, ἡ κίνησι τῶν μορίων του εἶναι ἀργή.



Σχ. 29·1 β.

Ὅσο μεγαλυτέρα εἶναι ἡ θερμοκρασία ἑνὸς σώματος, τόσο ἐντονώτερες καὶ ταχύτερες εἶναι οἱ κινήσεις τῶν μορίων του.

Στὸ σχῆμα 29 · 1 β φαίνεται παραστατικὰ ἡ κίνησι τῶν μορίων σὲ τρεῖς διαφορετικὲς θερμοκρασίες, ὅπου τὰ μόρια παρομοιάζονται μὲ ἀνθρώπους, ποὺ εὑρίσκονται σὲ ἕνα κλειστὸ χῶρο, ὅπου δὲν ὑπάρχει βαρύτης.

Ἡ θερμοκρασία τοῦ χώρου εἶναι ὑψηλή, ὅταν οἱ κινήσεις τῶν ἀνθρώπων (μορίων) εἶναι ζωηρὲς καὶ γρήγορες.

Ἡ θερμοκρασία εἶναι χαμηλοτέρα (μέτρια), ὅταν καὶ ἡ κινητικότης τῶν μορίων χαλαρώνεται. Ὅταν ἡ θερμοκρασία εἶναι πολὺ χαμηλή (ψυχρή), ἡ κινητικότης τῶν μορίων ἐλαττώνεται ἀκόμη περισσότερο.

Θερμοκρασία εἶναι ἕνα φυσικὸ μέγεθος, ποὺ ἐκφράζει τὴν μοριακὴ (θερμικὴ) κίνησι τῶν σωμάτων.

29 · 2 Ἔννοια τῆς θερμότητος.

Γιὰ νὰ ἀποκτήσουν τὰ μόρια ἑνὸς σώματος μεγαλυτέρα κινητικότητα, δηλαδὴ γιὰ νὰ αὐξηθῆ ἡ θερμοκρασία τοῦ σώματος, χρειάζεται μία μορφὴ ἐνεργείας, ποὺ θὰ ἀναγκάση τὰ μόρια τοῦ σώματος νὰ κινηθοῦν μὲ μεγαλυτέρα ζωηρότητα.

Ἡ ἐνέργεια αὐτὴ ὀνομάζεται ***θερμότης***.

Ἀπὸ τὴν καθημερινὴ ζωὴ γνωρίζομε ὅτι, ἂν ἕνα θερμὸ σῶμα ἔλθη σὲ ἐπαφὴ μὲ ἕνα ψυχρό, τότε ἡ θερμοκρασία τῶν δύο σωμάτων μεταβάλλεται ὡς ἑξῆς: Τὸ θερμὸ σῶμα ψύχεται, ἐνῶ τὸ ψυχρὸ θερμαίνεται, μέχρι τὰ δύο σώματα νὰ ἀποκτήσουν τὴν ἴδια θερμοκρασία ἤ, ὅπως λέμε στὴν Φυσική, μέχρι νὰ ἀποκατασταθῆ ***θερμικὴ ἰσορροπία*** μεταξὺ τῶν δύο σωμάτων.

Δηλαδὴ τὸ θερμὸ σῶμα θὰ δώση στὸ ψυχρὸ τὴν ἐνέργεια ποὺ ἀπαιτεῖται, γιὰ νὰ αὐξηθῆ ἡ κινητικότης τῶν μορίων του (δηλαδὴ νὰ αὐξηθῆ ἡ θερμοκρασία του) καὶ ἑπομένως, σύμφωνα μὲ τὴν ἀρχὴ τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας (παράγρ. 20 · 4), τὸ θερμὸ σῶμα θὰ χάση ἕνα μέρος ἀπὸ τὴν κινητικότητα τῶν μορίων του καὶ θὰ γίνη λιγότερο θερμό.

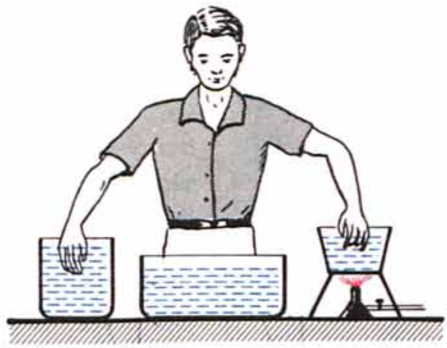
Ἡ θερμότης εἶναι μία μορφὴ ἐνεργείας (θερμικὴ ἐνέργεια), ποὺ μεταδίδεται ἀπὸ τὰ θερμότερα σώματα στὰ ψυχρότερα.

29 · 3 Μέτρησι τῆς θερμοκρασίας.

Βάζομε τὸ ἕνα μας χέρι σὲ δοχεῖο μὲ ζεστὸ νερό, ἐνῶ τὸ ἄλλο σὲ δοχεῖο μὲ κρύο νερὸ (σχ. 29 · 3).

Κατόπιν βυθίζομε συγχρόνως καὶ τὰ δύο μας χέρια σὲ τρίτο δοχεῖο, ποὺ περιέχει χλιαρὸ νερό. Διαπιστώνομε ὅτι, παρ' ὅλο ποὺ τὰ χέρια μας εὑρίσκονται στὸ ἴδιο δοχεῖο, τὸ αἴσθημα ποὺ δοκιμάζομε σὲ κάθε χέρι εἶναι διαφορετικό. Ἔτσι, τὸ χέρι ποὺ ἀρχικὰ ἦταν στὸ ζεστὸ νερό, μᾶς δίνει τώρα τὴν ἐντύπωσι, ὅτι τὸ χλιαρὸ νερὸ εἶναι κρύο, ἐνῶ τὸ χέρι ποὺ ἦταν πρῶτα στὸ κρύο νερό, μᾶς δίνει τὴν ἐντύπωσι ὅτι τὸ χλιαρὸ νερὸ εἶναι θερμό.

Τὸ πείραμα αὐτὸ ἀποδεικνύει ὅτι ἡ ἀφὴ δὲν μᾶς παρέχει ἀκριβῆ ἀντίληψι τῆς θερμικῆς καταστάσεως ἑνὸς σώματος. Ἐπίσης γνωρίζομε ὅτι, γιὰ πολὺ θερμὰ ἢ πολὺ ψυχρὰ σώματα, ἡ ἀφὴ δὲν μᾶς ἐξυπηρετεῖ, γιατὶ δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ τὴν χρησιμοποιήσωμε.



Σχ. 29·3.

Βλέπομε λοιπὸν ὅτι μὲ τὴν ἀφὴ ἔχομε χονδρικὰ μόνο συμπεράσματα γιὰ τὴν θερμικὴ κατάστασι τῶν σωμάτων. Μποροῦμε δηλαδὴ νὰ χαρακτηρίσωμε ἕνα σῶμα σὰν πολὺ ψυχρό, ἁπλῶς ψυχρό, χλιαρό, θερμό, ἢ πολὺ θερμό.

Ἀλλὰ ἡ κλῖμαξ αὐτὴ εἶναι βεβαίως περιορισμένη καὶ ἀτελής, γι' αὐτὸ στὴν πρᾶξι, προκειμένου νὰ συγκρίνωμε τὴν θερμοκρασία τῶν διαφόρων σωμάτων, πρέπει νὰ ἔχωμε μία ἀκριβῆ καὶ ἀνεγνωρισμένη κλίμακα, ποὺ νὰ μᾶς ἐκφράζῃ τὴν θερμικὴ κατάστασι τῶν σωμάτων μὲ ἕνα ἀριθμό.

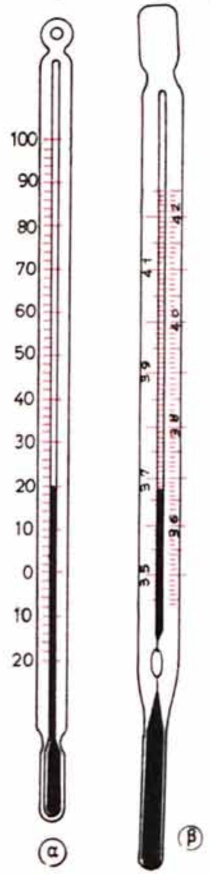
Πρὸς τὸν σκοπὸ αὐτὸ εἶναι ἀπαραίτητα εἰδικὰ ὄργανα, τὰ ***θερμόμετρα***.

29 · 4 Θερμόμετρα.

Τὰ ὄργανα, μὲ τὰ ὁποῖα συγκρίνομε τὶς θερμοκρασίες τῶν διαφόρων σωμάτων, ὀνομάζονται ***θερμόμετρα*** (θερμοκρασιόμετρα).

Ἡ λειτουργία τῶν περισσοτέρων θερμομέτρων στηρίζεται στὸ ὅτι ὅλα τὰ σώματα, ὅταν θερμαίνωνται, διαστέλλονται, δηλαδὴ αὐξάνονται οἱ διαστάσεις τους (Κεφάλ. 30).

Ἔχομε πολλῶν εἰδῶν θερμόμετρα. Τὸ συνηθέστερο ἀποτελεῖται ἀπὸ γυάλινο τριχοειδῆ σωλῆνα, ὁ ὁποῖος καταλήγει σὲ εὐρύτερο σωλῆνα [σχ. 29 · 4 (α) καὶ σχ. 29 · 4 (β)]. Μέσα στὸν σωλῆνα αὐτόν, ποὺ εἶναι κενὸς ἀπὸ ἀέρα, ὑπάρχει ὑγρό, ποὺ μπορεῖ εὔκολα νὰ διαστέλλεται, ὅταν αὐξάνεται ἡ θερμοκρασία του. Τὸ ὑγρὸ αὐτὸ συνήθως εἶναι ὑδράργυρος. Γιὰ νὰ προστατεύεται ὁ τριχοειδὴς σωλὴν ἀπὸ κραδασμούς, περικλείεται σὲ γυάλινη θήκη.



Σχ. 29·4.
α) Κοινὸ ὑδραργυρικὸ θερμόμετρο. β) Ἰατρικὸ θερμόμετρο γιὰ τὴν μέτρησι τῆς θερμοκρασίας τῶν ἀσθενῶν.

Ὅταν θέλωμε νὰ μετρήσωμε τὴν θερμοκρασία ἑνὸς σώματος, φέρομε τὸ θερμόμετρο σὲ ἐπαφὴ μὲ τὸ σῶμα, π.χ. στὸν ἄνθρωπο, τοποθετώντας το στὴν μασχάλη ἢ στὸ στόμα. Τότε ὁ ὑδράργυρος τοῦ θερμομέτρου, καθὼς θερμαίνεται, διαστέλλεται καὶ ἀνεβαίνει στὸν σωλῆνα. Ἀπὸ τὶς ὑποδιαιρέσεις, ποὺ σημειώνονται στὸ γυάλινο περίβλημα τοῦ σωλῆνος ἢ σὲ ἰδιαιτέρα πλάκα, βλέπομε τὴν θερμοκρασία ποὺ μᾶς δείχνει ὁ ὑδράργυρος. Αὐτὴ εἶναι καὶ ἡ θερμοκρασία τοῦ σώματος.

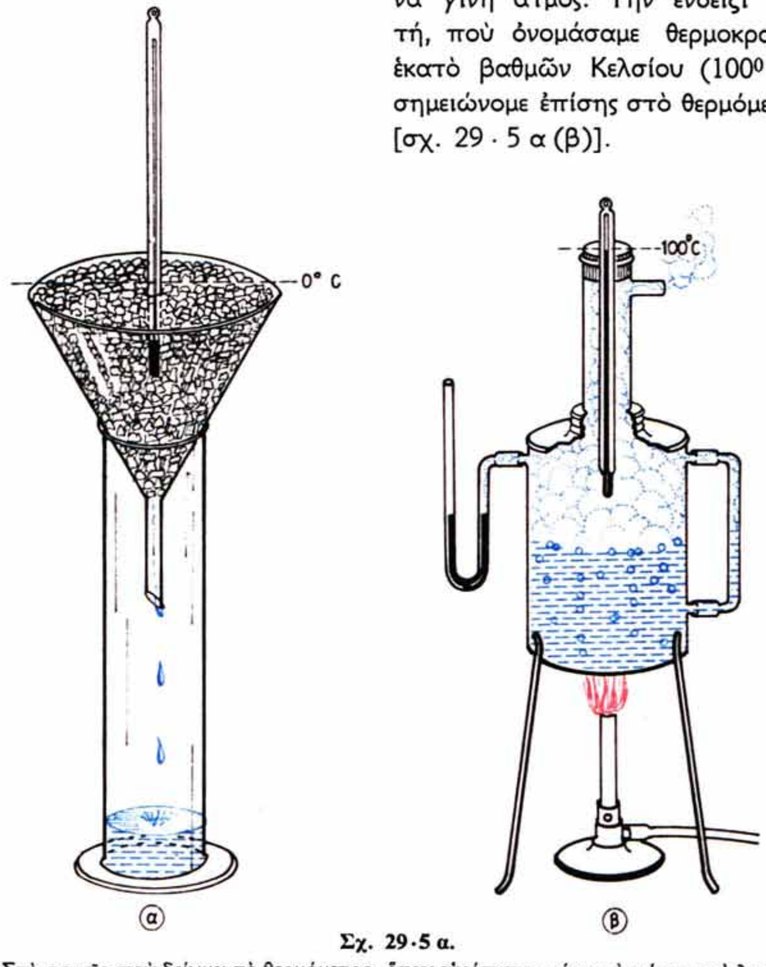
Ὅσο θερμότερο εἶναι τὸ σῶμα, τόσο περισσότερο ἀνέρχεται καὶ ὁ ὑδράργυρος στὸν σωλῆνα, πού, ὅπως εἴπαμε, εἶναι ἐκ κατασκευῆς κενὸς ἀπὸ ἀέρα.

Στὰ θερμόμετρα εἶναι δυνατὸν ἀντὶ γιὰ ὑδράργυρο νὰ χρησιμοποιήσωμε καὶ ἄλλα ὑγρά, ὅπως π.χ. οἰνόπνευμα.

29 · 5 Βαθμολογία θερμομέτρου.

Εἴδαμε (παράγρ 2 · 2) ὅτι, ὅταν ὁ πάγος λειώνη, ἡ θερμοκρασία του παραμένει σταθερὴ καθ' ὅλη τὴν διάρκεια τῆς μετατροπῆς του σὲ νερό. Τὴν θερμοκρασία αὐτὴ ὀνομάσαμε θερμοκρασία 0 βαθμῶν Κελσίου (0^0 C), καὶ μᾶς τὴν δείχνει ὁ ὑδράργυρος τοῦ θερμομέτρου, ὅταν τὸ ἔχωμε βάλει μέσα σὲ κομμάτια πάγου ποὺ λειώνουν [σχ. 29 · 5 α (α)].

Τὴν θερμοκρασία τῶν 0^0 C σημειώνομε στὸ θερμόμετρο, ποὺ θέλομε νὰ βαθμολογήσωμε. Ἀκολούθως, τοποθετοῦμε τὸ θερμόμετρο πολὺ κοντὰ στὴν ἐπιφάνεια ἀπεσταγμένου νεροῦ ποὺ βράζει. Παρατηροῦμε ὅτι ὁ ὑδράργυρος ἀνεβαίνει, ἕως ὅτου σταματήση σὲ ἕνα σημεῖο. Καὶ πάλι ἡ νέα ἔνδειξι τοῦ θερμομέτρου θὰ εἶναι σταθερή, μέχρι ποὺ ὅλο τὸ νερὸ νὰ γίνη ἀτμός. Τὴν ἔνδειξι αὐτή, ποὺ ὀνομάσαμε θερμοκρασία ἑκατὸ βαθμῶν Κελσίου (100⁰ C), σημειώνομε ἐπίσης στὸ θερμόμετρο [σχ. 29 · 5 α (β)].



Σχ. 29·5 α.

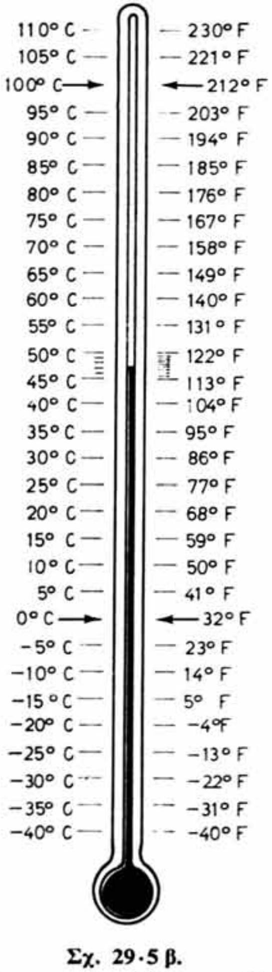
α) Στὸ σημεῖο ποὺ δείχνει τὸ θερμόμετρο, ὅταν εὑρίσκεται μέσα σὲ πάγο ποὺ λειώνει, σημειώνομε τὴν ἔνδειξι 0⁰ C ἢ 32⁰ F. β) Στὸ σημεῖο ποὺ δείχνει τὸ θερμόμετρο, ὅταν εὑρίσκεται κοντὰ στὴν ἐπιφάνεια ἀπεσταγμένου νεροῦ ποὺ βράζει, σημειώνομε τὴν ἔνδειξι 100⁰ C ἢ 212⁰ F.

Ἂν διαιρέσωμε τὴν ἀπόστασι μεταξὺ τῶν δύο αὐτῶν ἐνδείξεων τοῦ θερμομέτρου σὲ 100 ἴσα μέρη, τότε κάθε ὑποδιαίρεσι θὰ ἀντιστοιχῆ σὲ διαφορὰ θερμοκρασίας ἑνὸς βαθμοῦ Κελσίου. Ἔτσι ἔχομε τὴν ἑκατονταβάθμια κλίμακα τοῦ Κελσίου (ἀπὸ τὸ ὄνομα τοῦ Σουηδοῦ Celsius, 1701-1744).

Ἡ κλῖμαξ αὐτή, ποὺ εἶναι δυνατὸν νὰ ἐπεκταθῆ καὶ κάτω ἀπὸ 0^0 C καὶ πάνω ἀπὸ 100^0 C, εἶναι σήμερα ἡ πιὸ διαδεδομένη γιὰ τὶς συνήθεις μετρήσεις.

Ἂν στὴν ἔνδειξι 0^0 C ἀντιστοιχίσωμε τὴν ἔνδειξι 32^0 καὶ στὴν ἔνδειξι 100^0 C τὴν ἔνδειξι 212^0 καὶ μοιράσωμε κατόπιν τὴν ἀπόστασι μεταξὺ τῶν δύο νέων ἐνδείξεων σὲ 180 ἴσα μέρη (βαθμούς, σχ. 29 · 5 β), θὰ ἔχωμε μία ἄλλη κλίμακα, ἡ ὁποία χρησιμοποιεῖται στὶς Ἀγγλοσαξονικὲς χῶρες, καὶ ὀνομάζεται ***κλῖμαξ Φάρενάϊτ*** (ἀπὸ τὸ ὄνομα τοῦ Γερμανοῦ Fahrenheit, 1686-1736).

Τοὺς βαθμοὺς τῆς κλίμακος αὐτῆς ὀνομάζομε βαθμοὺς Φάρενάϊτ καὶ τοὺς συμβολίζομε μὲ ^{0}F.



Σχ. 29·5 β.
Ἀντιστοιχία κλίμακος ^{0}C καὶ ^{0}F

Γιὰ τὴν μετατροπὴ τῶν βαθμῶν Κελσίου σὲ βαθμοὺς Φάρεναϊτ, καὶ ἀντιστρόφως χρησιμοποιοῦμε τοὺς ἑξῆς τύπους:

$$^0C = (^0F - 32) \times \frac{5}{9} \quad \text{καὶ} \quad ^0F = {^0C} \cdot \frac{9}{5} + 32.$$

Παραδείγματα.

1. *Πόσοι βαθμοὶ Κελσίου εἶναι οἱ 50^0 F;*

Χρησιμοποιοῦμε τὸν τύπο $^0C = (^0F - 32) \times \frac{5}{9}$.

Στὸν τύπο αὐτό, ὅπου ^{0}F τοποθετοῦμε 50 καὶ τὸ ἀποτέλεσμα τῶν ὑπολογισμῶν μᾶς δίνει τοὺς ζητουμένους βαθμοὺς Κελσίου. Ἔτσι ἔχομε:

$$^0C = (50 - 32) \times \frac{5}{9} = 10^0 \text{ C}$$

ἑπομένως 50^0 F = 10^0 C.

2. *Πόσοι βαθμοὶ Φάρενάϊτ εἶναι 60^0 C;*

Χρησιμοποιοῦμε τὸν τύπο:

$$^{0}F = {}^{0}C \cdot \frac{9}{5} + 32.$$

Στὸν τύπο αὐτό, ὅπου ^{0}C τοποθετοῦμε τὸ 60 καὶ τὸ ἀποτέλεσμα τῶν ὑπολογισμῶν μᾶς δίνει τοὺς ζητουμένους βαθμοὺς Φάρενάϊτ.

Ἔτσι ἔχομε:

$$^{0}F = 60 \times \frac{9}{5} + 32 = 140^{0}\,C \quad \text{καὶ}$$

ἐπομένως $60^{0}\,C = 140^{0}\,F$.

29 · 6 Ἀνακεφαλαίωσι.

1. Ἡ θερμοκρασία ἐκφράζει τὴν μοριακὴ (θερμικὴ) κίνησι τῶν μορίων τῶν σωμάτων.

2. Ἡ θερμότης εἶναι μία μορφὴ ἐνεργείας, ποὺ μεταδίδεται ἀπὸ τὰ θερμότερα σώματα στὰ ψυχρότερα.

3. Γιὰ νὰ μετρήσωμε τὴν θερμοκρασία ἑνὸς σώματος, χρησιμοποιοῦμε τὰ θερμόμετρα, ἡ λειτουργία τῶν ὁποίων συνήθως στηρίζεται στὴν θερμικὴ διαστολὴ τῶν σωμάτων.

4. Οἱ πιὸ συνηθισμένες κλίμακες μετρήσεως τῆς θερμοκρασίας εἶναι ἡ κλῖμαξ τοῦ Κελσίου καὶ ἡ κλῖμαξ τοῦ Φάρενάϊτ.

5. Σὰν θερμοκρασία τοῦ πάγου, ποὺ λειώνει, λαμβάνεται ἡ $0^{0}\,C$ ἢ $32^{0}\,F$.

6. Σὰν θερμοκρασία τοῦ νεροῦ, ποὺ βράζει, λαμβάνεται ἡ $100^{0}\,C$ ἢ $212^{0}\,F$.

29 · 7 Ἐρωτήσεις.

1. Τί ἐκφράζει ἡ θερμοκρασία ἑνὸς σώματος;
2. Τί εἶναι ἡ θερμότης;
3. Περιγράψετε τὸ ὑδραργυρικὸ θερμόμετρο.
4. Πῶς βαθμολογοῦνται τὰ θερμόμετρα;
5. Ποιὲς θερμομετρικὲς κλίμακες γνωρίζετε;
6. Πῶς γίνεται ἡ μετατροπὴ τῶν βαθμῶν Κελσίου σὲ βαθμοὺς Φάρενάϊτ καὶ ἀντιστρόφως;

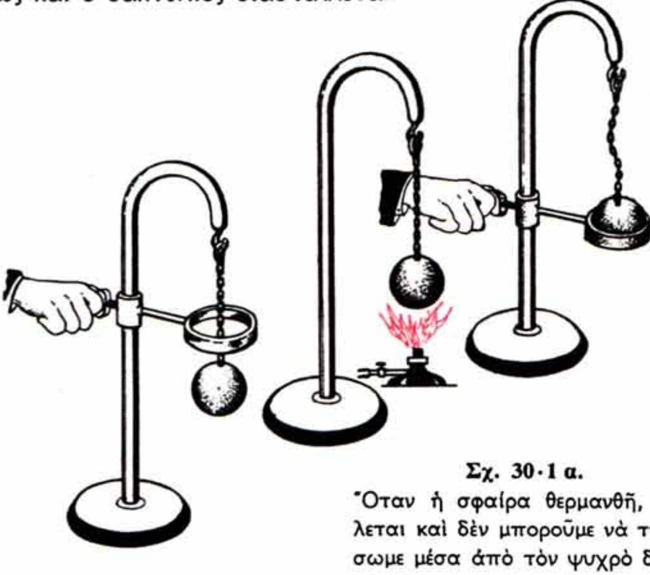
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 30

ΘΕΡΜΙΚΗ ΔΙΑΣΤΟΛΗ

30 · 1 Διαστολὴ τῶν στερεῶν.

Λαμβάνομε μεταλλικὴ σφαίρα, ποὺ νὰ μπορῆ νὰ διέρχεται ἀκριβῶς μέσα ἀπὸ ἕνα δακτύλιο, κατασκευασμένο ἀπὸ τὸ ἴδιο μὲ αὐτὴν μέταλλο (σχ. 30 · 1 α).

Ἂν θερμάνωμε μόνο τὴν σφαίρα καὶ προσπαθήσωμε ὕστερα νὰ τὴν περάσωμε μέσα ἀπὸ τὸν δακτύλιο, θὰ παρατηρήσωμε ὅτι αὐτὴ δὲν περνᾶ, ἀλλὰ κάθεται πάνω σ' αὐτόν. Διαπιστώνομε λοιπὸν ὅτι, ὅταν ἡ σφαίρα θερμαίνεται, ὁ ὄγκος της αὐξάνεται. Τὸ φαινόμενο αὐτὸ ὀνομάζομε ***διαστολή***. Γιὰ νὰ περάσωμε τὴν θερμὴ σφαίρα μέσο ἀπὸ τὸν δακτύλιο, πρέπει προηγουμένως νὰ θερμάνωμε καὶ αὐτόν. Ἑπομένως καὶ ὁ δακτύλιος διαστέλλεται.



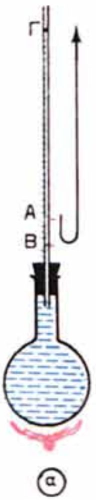
Σχ. 30 · 1 α.
Ὅταν ἡ σφαίρα θερμανθῆ, διαστέλλεται καὶ δὲν μποροῦμε νὰ τὴν περάσωμε μέσα ἀπὸ τὸν ψυχρὸ δακτύλιο.

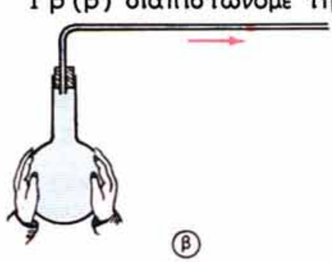
Μὲ πειράματα διαπιστώνομε ὅτι ὅλα σχεδὸν τὰ στερεά, ἀλλὰ καὶ τὰ ὑγρὰ καὶ τὰ ἀέρια σώματα, ὅταν θερμαίνωνται, διαστέλλονται, ἐνῶ ὅταν ψύχωνται, συστέλλονται.

Μὲ τὸ πείραμα τοῦ σχήματος 30 · 1 β (α) διαπιστώνομε ὅτι καὶ τὰ ὑγρὰ διαστέλλονται. Ὅταν π.χ. θερμάνωμε τὸ γυάλινο δοχεῖο μὲ τὸ ὑγρό, ἡ στάθμη τοῦ ὑγροῦ, ἡ ὁποία ἀρχικὰ εὑρίσκεται στὸ σημεῖο **Α** τοῦ λεπτοῦ σωλῆνος, ποὺ εἶναι τοποθετημένος στὸ πῶμα τῆς φιάλης, κατέρχεται στὸ σημεῖο **Β**, γιατὶ πρῶτα διαστέλλεται τὸ γυάλινο δοχεῖο, ποὺ περιέχει τὸ ὑγρό. Κατόπιν ὅμως ἡ στάθμη τοῦ ὑγροῦ ἀρχίζει νὰ ἀνέρχεται, γιατὶ αὐτὸ διαστέλλεται περισσότερο ἀπὸ τὸ δοχεῖο· ἔτσι ἡ στάθμη του φθάνει π.χ. στὸ σημεῖο **Γ**.

Ἂν ἔπειτα ἀφίσωμε τὸ ὑγρὸ νὰ κρυώση, παρατηροῦμε ὅτι ἡ στάθμη του κατέρχεται σιγά-σιγὰ στὸν σωλῆνα. Ἄρα, ὅταν τὸ ὑγρὸ ψύχεται, ὁ ὄγκος του συστέλλεται.

Ἐπίσης μὲ τὸ γυάλινο δοχεῖο τοῦ σχήματος 30 · 1 β (β) διαπιστώνομε τὴν διαστολὴ τῶν ἀερίων. Τὸ δοχεῖο περιέχει ἀέρα, ὁ ὁποῖος ἐμποδίζεται νὰ φύγη σὲ ἕνα σημεῖο τοῦ πολὺ λεπτοῦ σωλῆνος ἀπὸ μία σταγόνα χρωματιστοῦ νεροῦ. Ὅταν θερμάνωμε τὸν ἀέρα τοῦ δοχείου μὲ τὰ χέρια μας, ἡ σταγὼν μετατοπίζεται κατὰ τὴν φορὰ τοῦ βέλους, γιατὶ ὁ ὄγκος τοῦ ἀέρος, ποὺ περιέχεται στὸ δοχεῖο, διαστέλλεται καὶ ὠθεῖ τὴν σταγόνα πρὸς τὰ ἔξω. Ἂν ὅμως ψύξωμε τὸν ἀέρα τοῦ δοχείου, ἡ σταγὼν θὰ κινηθῆ πρὸς τὰ πίσω, λόγω τῆς συστολῆς τοῦ ἀέρος.





Σχ. 30·1 β.
Τὰ ὑγρὰ καὶ τὰ ἀέρια, ὅταν θερμαίνωνται, διαστέλλονται.

Ὅταν ἡ θερμοκρασία ἑνὸς σώματος ἀνέρχεται, τὸ σῶμα διαστέλλεται, ἐνῶ, ὅταν ἡ θερμοκρασία του κατέρχεται, τὸ σῶμα συστέλλεται.

30 · 2 Συντελεστὴς γραμμικῆς διαστολῆς.

Σύμφωνα μὲ ὅσα εἴπαμε προηγουμένως, ἐὰν θερμανθῆ μία ράβδος μήκους l, θὰ διασταλῆ, δηλαδὴ θὰ αὐξηθοῦν ὅλες οἱ διαστάσεις της. Ἐπειδὴ ὅμως ἡ μεγαλυτέρα διάστασι τῆς ράβδου εἶναι τὸ μῆκος, ἡ διαστολὴ θὰ φανῆ περισσότερο κατὰ τὸ μῆκος της.

Μὲ πειράματα ἀποδεικνύεται ὅτι ἡ μεταβολὴ Δl τοῦ μήκους τῆς ράβδου θὰ εἶναι τόσο μεγαλυτέρα, ὅσο μεγαλύτερο εἶναι τὸ μῆκος l τῆς ράβδου καὶ ὅσο μεγαλυτέρα εἶναι ἡ μεταβολὴ τῆς θερμοκρασίας $\Delta\theta$. Ἡ αὔξησι αὐτὴ ἐξαρτᾶται ἐπίσης καὶ ἀπὸ τὸ ὑλικό, ἀπὸ τὸ ὁποῖο εἶναι κατασκευασμένη ἡ ράβδος.

Αὐτὰ ποὺ εἴπαμε ἐκφράζονται μὲ τὴν ἑξῆς σχέσι:

ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΜΗΚΟΥΣ = ΑΡΧΙΚΟ ΜΗΚΟΣ × ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΑΣ × ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ

$$\text{ἢ} \quad \Delta l = l \cdot \Delta\theta \cdot \alpha$$

ὅπου: α εἶναι ὁ συντελεστὴς γραμμικῆς διαστολῆς, ὁ ὁποῖος ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ ὑλικό, ποὺ συνθέτει τὸ σῶμα. Κάθε ὑλικὸ ἔχει καὶ τὸν δικό του συντελεστὴ γραμμικῆς διαστολῆς.

Ὁ συντελεστὴς γραμμικῆς διαστολῆς φανερώνει πόσο μεταβάλλεται τὸ μῆκος π.χ. μιᾶς ράβδου ἀπὸ χάλυβα, ἡ ὁποία ἔχει ἀρχικὸ μῆκος ἴσο μὲ τὴν μονάδα μήκους, ὅταν ἡ θερμοκρασία της μεταβληθῆ κατὰ ἕνα βαθμὸ Κελσίου (1^0 C).

Σημείωσι: Στὴν Φυσικὴ οἱ βαθμοὶ Κελσίου ὀνομάζονται διεθνῶς Γκρὰντ (grad). Ἑπομένως ἀντὶ νὰ λέμε ὅτι ἡ θερμοκρασία ἑνὸς σώματος μεταβάλλεται π.χ. κατὰ 10^0 C, λέμε ὅτι μεταβάλλεται κατὰ 10 grad.

Παράδειγμα.

Νὰ ὑπολογισθῆ πόσο μεταβάλλεται τὸ μῆκος σιδηροτροχιᾶς μήκους $l = 100$ m, ὅταν ἡ θερμοκρασία αὐξάνεται ἀπὸ 10^0 C σὲ 45^0 C.

$\left(\text{Δίνεται συντελεστὴς γραμμικῆς διαστολῆς χάλυβος } \alpha = 0{,}000011 \dfrac{1}{\text{grad}}\right)$.

Λύσι:

Χρησιμοποιοῦμε τὸν τύπο:

$$\Delta l = l \cdot \Delta\theta \cdot \alpha.$$

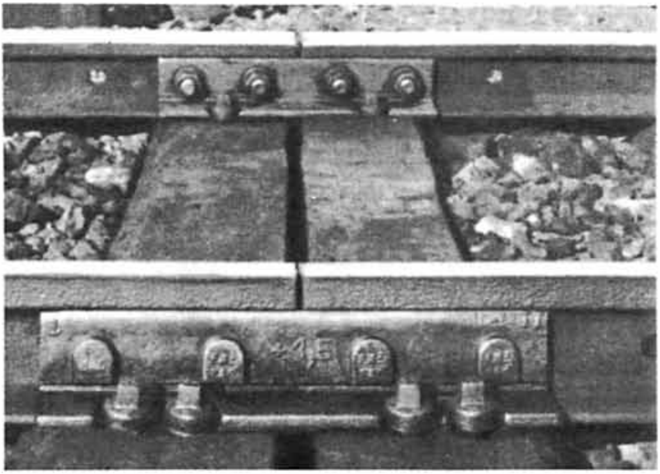
Στὸν τύπο αὐτὸ θέτομε ὅπου $l = 100$ m, $\Delta\theta = 45^0\,\text{C} - 10^0\,\text{C} = 35$ grad καὶ $\alpha = 0{,}000011 \dfrac{1}{\text{grad}}$. Ἔχομε λοιπόν:

$$\Delta l = 100 \text{ m} \times 35 \text{ grad} \times 0{,}000011 \frac{1}{\text{grad}} = 0{,}0385 \text{ m}.$$

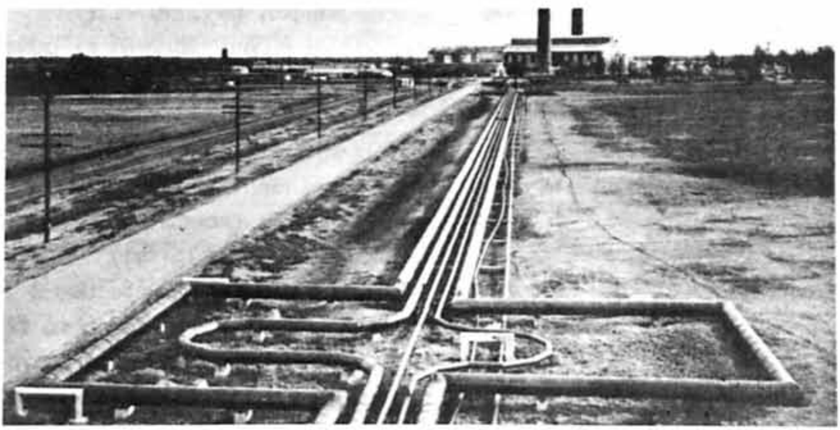
Ἑπομένως τὸ μῆκος τῆς σιδηροτροχιᾶς μεταβάλλεται κατὰ $\Delta l = 0{,}0385$ m ἢ $\Delta l = 38{,}5$ mm.

30 · 3 Ἐφαρμογὲς τῆς θερμικῆς διαστολῆς τῶν σωμάτων.

Στὴν παράγραφο 29 · 4 εἴδαμε, πῶς ἐκμεταλλευόμαστε τὴν θερμικὴ διαστολὴ τοῦ ὑδραργύρου γιὰ νὰ μετροῦμε τὴν θερμοκρασία τῶν σωμάτων.



Σχ. 30·3 α.
Διάκενα ἀφίνονται μεταξὺ τῶν σιδηροτροχιῶν (ἁρμῶν) γιὰ τὴν ἐλευθέρα διαστολὴ ἢ συστολή τους.



Σχ. 30·3 β.
Σωληνώσεις διοχετεύσεως ὑπερθέρμων ὑγρῶν κατασκευασμένοι μὲ καμπύλες.

Οἱ τεχνικοὶ στὶς διάφορες κατασκευὲς λαμβάνουν πάντοτε ὑπ' ὄψι τους τὴν γραμμικὴ διαστολὴ τῶν σωμάτων. Ὅταν π.χ. τοποθετοῦν σιδηροδρομικὲς γραμμές, φροντίζουν πάντοτε νὰ ἀφίνουν διάκενα μεταξὺ τῶν ἁρμῶν τῶν σιδηροτροχιῶν (σχ. 30·3 α), γιὰ νὰ ὑπάρχουν περιθώρια διαστολῆς κατὰ τοὺς θερινοὺς μῆνες, ποὺ ἔχομε ἄνοδο τῆς θερμοκρασίας.

Ἐπίσης οἱ σωληνώσεις μεγάλου μήκους (σχ. 30·3 β), μέσω τῶν ὁποίων διοχετεύονται πολὺ θερμὰ ὑγρά, τοποθετοῦνται ἔτσι, ὥστε ἀνὰ ὁρισμένες ἀποστάσεις νὰ δημιουργοῦνται καμπύλες γιὰ νὰ διαστέλλωνται καὶ νὰ συστέλλωνται ἐλευθέρως, χωρὶς κίνδυνο νὰ διαρραγοῦν.

30·4 Διμεταλλικὰ ἐλάσματα — Μεταλλικὸ θερμόμετρο.

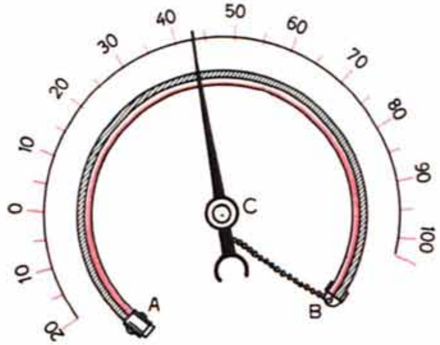
Δύο ἐλάσματα μὲ ἴσες διαστάσεις, ἀλλὰ καθένα ἀπὸ διαφορετικὸ μέταλλο (π.χ. σίδηρο καὶ ὀρείχαλκο) τὰ κολλᾶμε καλὰ τὸ ἕνα μὲ τὸ ἄλλο. Τὰ δύο ἐλάσματα στὴν θερμοκρασία τοῦ περιβάλλοντός μας ἔχουν τὸ ἴδιο μῆκος. Ἂν ὅμως τὰ θερμάνωμε ὅπως εἶναι κολλημένα, ἐπειδὴ ὁ ὀρείχαλκος διαστέλλεται περισσότερο, δηλαδὴ ἔχει μεγαλύτερο συντελεστὴ γραμμικῆς διαστολῆς ἀπὸ τὸν σίδηρο, τὸ διμεταλλικὸ ἔλασμα θὰ καμφθῆ (σχ. 30·4 α).

Σχ. 30·4 α.
Ὁ ὀρείχαλκος ἔχει μεγαλύτερο συντελεστὴ γραμμικῆς διαστολῆς ἀπὸ τὸν χάλυβα, γι' αὐτὸ τὸ διμεταλλικὸ ἔλασμα, ὅταν θερμαίνεται ἢ ὅταν ψύχεται, κάμπτεται.

Τὴν ἰδιότητα αὐτὴ τῶν διμεταλλικῶν ἐλασμάτων ἐκμεταλλευόμαστε γιὰ τὴν αὐτόματη λειτουργία πολλῶν ἠλεκτρικῶν συσκευῶν (κουζινῶν, θερμοσιφώνων κ.ἄ.), γιατὶ ὅταν π.χ. τὸ νερὸ τοῦ θερμοσίφωνος θερμανθῆ ἀρκετά, τὸ διμεταλλικὸ ἔλασμα, ποὺ ὑπάρχει στὸν αὐτόματο διακόπτη (θερμοστάτη), κάμπτεται καὶ διακόπτει τὴν κυκλοφορία τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

Ἄλλη ἐφαρμογὴ τῶν διμεταλλικῶν ἐλασμάτων ἔχομε στὸ ***μεταλλικὸ θερμόμετρο***. Τὸ βασικὸ ἐξάρτημα τοῦ μεταλλικοῦ θερμομέτρου εἶναι ἕνα διμεταλλικὸ ἔλασμα σὲ σχῆμα τόξου (σχ. 30·4 β).

Ἀνάλογα μὲ τὴν μεταβολὴ τῆς θερμοκρασίας, μεταβάλλεται καὶ ἡ καμπυλότης τοῦ διμεταλλικοῦ τόξου, τὸ ὁποῖο κατὰ τὶς παραμορφώσεις αὐτὲς μετακινεῖ ἕνα δείκτη ἐμπρὸς ἀπὸ μία βαθμολογημένη κλίμακα.



Σχ. 30·4 β.
Μεταλλικὸ θερμόμετρο.

30 · 5 Ἀνακεφαλαίωσι.

1. Ὅλα τὰ σώματα, ὅταν θερμαίνωνται, διαστέλλονται.

2. Ὁ συντελεστὴς γραμμικῆς διαστολῆς ἑνὸς σώματος ἐκφράζει τὴν ἐπιμήκυνσι τῆς μονάδος μήκους, μὲ τὴν ὁποία μετροῦμε τὸ σῶμα, ὅταν ἡ θερμοκρασία του αὐξάνεται κατὰ 1^0 C.

3. Τὰ διμεταλλικὰ ἐλάσματα, ἐπειδή, ὅταν μεταβάλλεται ἡ θερμοκρασία τους κάμπτονται, χρησιμοποιοῦνται σὰν αὐτόματοι διακόπτες (θερμοστάτες) καὶ στὴν κατασκευὴ μεταλλικῶν θερμομέτρων.

30 · 6 Ἐρωτήσεις.

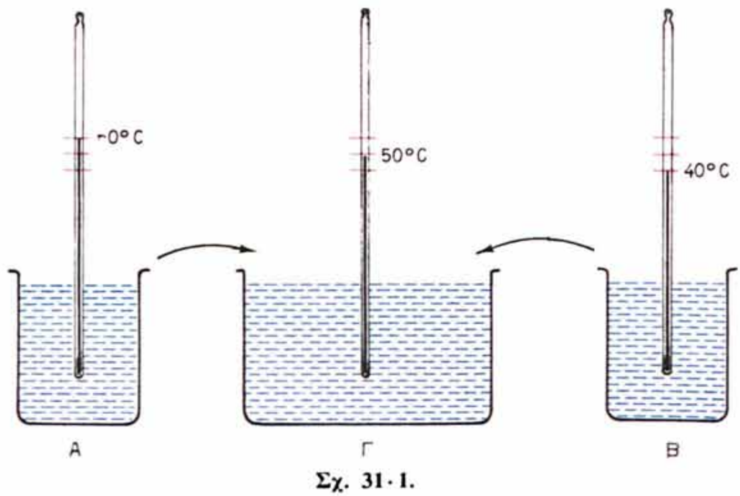
1. Τί ἐννοοῦμε λέγοντας ὅτι τὰ σώματα, ὅταν θερμαίνωνται, διαστέλλονται;
2. Τί εἶναι ὁ συντελεστὴς γραμμικῆς διαστολῆς;
3. Γιατί οἱ σιδηροδρομικὲς γραμμὲς ἔχουν στοὺς ἁρμούς τους κενά;
4. Τί πρέπει νὰ προβλέψωμε κατὰ τὴν κατασκευὴ μιᾶς μεταλλικῆς γεφύρας;
5. Τί εἶναι τὰ διμεταλλικὰ ἐλάσματα, ποιά ἡ ἰδιότης τους καὶ ποῦ χρησιμοποιοῦνται;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 31

ΘΕΡΜΙΔΟΜΕΤΡΙΑ

31 · 1 Πρόσληψι καὶ ἀποβολὴ θερμότητος ἀπὸ ἕνα σῶμα.

Λαμβάνομε δύο δοχεῖα Α καὶ Β (σχ. 31 · 1), ποὺ περιέχουν ἴσες ποσότητες νεροῦ. Ἡ θερμοκρασία τοῦ νεροῦ στὸ δοχεῖο Α εἶναι 60^0 C, ἐνῶ στὸ δοχεῖο Β εἶναι 40^0 C. Ἂν ἀδειάσωμε τὸ περιεχόμενο τῶν δύο δοχείων σὲ τρίτο δοχεῖο Γ καὶ κατόπιν μετρήσωμε τὴν θερμοκρασία, παρατηροῦμε ὅτι ἡ νέα θερμοκρασία εἶναι 50^0 C.



Σχ. 31 · 1.

Τὸ ποσὸν θερμότητος Q, ποὺ ἀποβάλλει τὸ νερὸ τοῦ δοχείου Α, εἶναι ἴσο μὲ τὸ ποσὸν θερμότητος Q′, ποὺ προσλαμβάνει τὸ νερὸ τοῦ δοχείου Β, δηλαδὴ $Q = Q'$.

Ἀπὸ τὸ πείραμα αὐτὸ συνάγομε τὰ ἑξῆς: Ἀφοῦ ἡ θερμοκρασία τοῦ δοχείου Α ἀπὸ 60^0 C ἔγινε 50^0 C, τὸ νερὸ ἔχασε ἕνα ***ποσὸν θερμότητος (θερμικῆς ἐνεργείας) Q***.

Ἡ θερμοκρασία ὅμως τοῦ νεροῦ τοῦ δοχείου Β ἀπὸ 40^0 C ἔγινε 50^0 C, ἑπομένως τὸ νερὸ προσέλαβε ἕνα ποσὸν θερμότητος (θερμικῆς ἐνεργείας) Q′, σύμφωνα δὲ μὲ τὴν ἀρχὴ διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας (παράγρ. 20 · 4) θὰ εἶναι $Q = Q'$.

Ὅταν μεταξὺ δύο σωμάτων γίνεται ἀνταλλαγὴ θερμότητος, τὸ ποσὸν θερμότητος, ποὺ προσλαμβάνει τὸ ψυχρότερο σῶμα, εἶναι ἴσο μὲ τὸ ποσὸν θερμότητος, ποὺ ἀποβάλλει τὸ θερμότερο σῶμα.

Ἂν μέσα σὲ μικρὸ δωμάτιο ἀφίσωμε ἕνα θερμὸ σῶμα, π.χ. δοχεῖο μὲ πολὺ ζεστὸ νερό, παρατηροῦμε ὅτι σιγά-σιγὰ ἡ θερμοκρασία του κατέρχεται.

Ἑπομένως τὸ ζεστὸ νερὸ χάνει συνεχῶς θερμότητα, ἡ ὁποία ὅμως μεταβαίνει στὰ σώματα τοῦ περιβάλλοντος καὶ τὰ θερμαίνει.

Γενικῶς ἡ θερμότης εἶναι φυσικὸ μέγεθος, τὸ ὁποῖο δὲν χάνεται, ἀλλὰ πάντοτε μεταβαίνει ἀπὸ τὸ ἕνα σῶμα στὸ ἄλλο.

Τὸ συμπέρασμα αὐτὸ λέγεται ***ἀρχὴ τῆς διατηρήσεως τῆς θερμότητος*** καὶ εἶναι μερικὴ περίπτωσι τῆς ἀρχῆς τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας.

Ἀπὸ ὅσα εἴπαμε, εἶναι εὔκολο νὰ συμπεράνωμε ὅτι:

Τὸ ποσὸν θερμότητος, ποὺ ἀποδίδει ἕνα σῶμα, ὅταν ψύχεται κατὰ ὁρισμένους βαθμούς, εἶναι τὸ ἴδιο μὲ τὸ ποσὸν θερμότητος, ποὺ ἀπαιτεῖται γιὰ νὰ ὑψωθῇ ἡ θερμοκρασία τοῦ σώματος κατὰ τοὺς ἴδιους βαθμούς.

31 · 2 Μονάδες θερμότητος.

Ἡ θερμότης εἶναι μία μορφὴ ἐνεργείας, γιὰ τὴν μέτρησι τῆς ὁποίας χρησιμοποιοῦμε ἰδιαίτερες μονάδες.

Σὰν μονάδα θερμότητος χρησιμοποιοῦμε τὴν μικρὴ ***θερμίδα (1 cal)***.

Μία μικρὴ θερμίς, 1 cal, εἶναι τὸ ποσὸν θερμότητος, ποὺ ἀπαιτεῖται γιὰ νὰ ὑψωθῇ κατὰ 1^0 C ἡ θερμοκρασία 1 g νεροῦ.

Στὴν πρᾶξι χρησιμοποιοῦμε συνήθως καὶ τὴν ***χιλιοθερμίδα (1 kcal)***.

Μία χιλιοθερμίς, 1 kcal, εἶναι τὸ ποσὸν θερμότητος, ποὺ ἀπαιτεῖται γιὰ νὰ ὑψωθῇ κατὰ 1^0 C ἡ θερμοκρασία 1 kg νεροῦ,

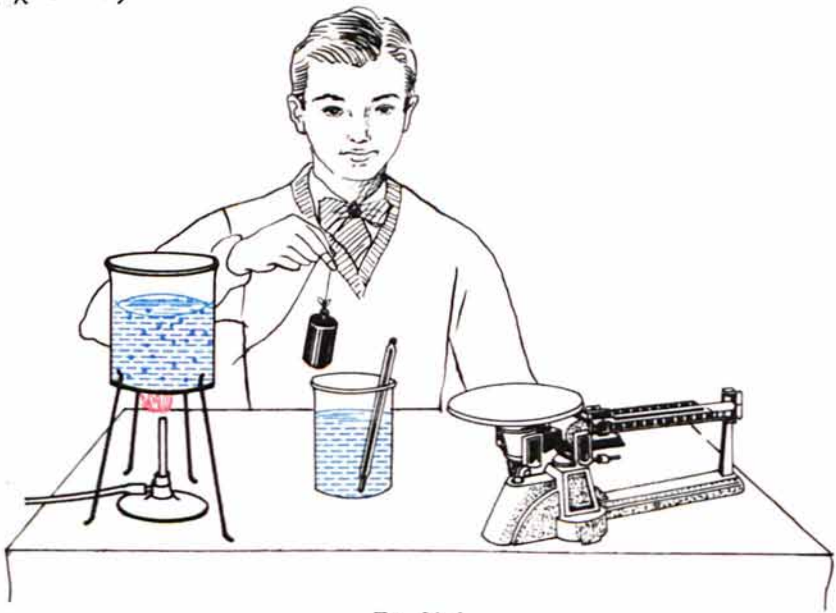
εἶναι δέ:

1 χιλιοθερμὶς = 1000 θερμίδες ἢ **1 kcal = 1000 cal**

Στὶς βιομηχανικὲς ἐφαρμογὲς χρησιμοποιεῖται καὶ στὴν Ἑλλάδα ἡ *ἀγγλικὴ θερμὶς* B.T.U. (Μπίτιγιου), ποὺ ἰσοδυναμεῖ μὲ 254 θερμίδες.

31 · 3 Εἰδικὴ θερμότης σώματος.

Σὲ ἕνα δοχεῖο μὲ νερὸ ποὺ βράζει (100^0 C) ρίχνομε ἕνα κομμάτι ὀρειχάλκου βάρους 1 kg καὶ τὸ ἀφίνομε, μέχρι ποὺ ἡ θερμοκρασία του νὰ γίνη ἴδια μὲ τὴν θερμοκρασία τοῦ νεροῦ, δηλαδὴ νὰ γίνη 100^0 C (σχ. 31 · 3).



Σχ. 31·3.

Κατόπιν βγάζομε τὸ κομμάτι τοῦ ὀρειχάλκου καὶ τὸ βυθίζομε σὲ ἄλλο δοχεῖο, ποὺ περιέχει 1 kg νεροῦ θερμοκρασίας 30^0 C. Ἀφοῦ μετὰ ἀπὸ λίγο ἐπέλθη θερμικὴ ἰσορροπία μεταξὺ νεροῦ καὶ ὀρειχάλκου, μετροῦμε τὴν θερμοκρασία τοῦ νεροῦ καὶ βλέπομε ὅτι ἔχει ἀνέλθει περίπου στοὺς 36^0 C.

Κατόπιν σὲ ἄλλο δοχεῖο, ποὺ περιέχει καὶ αὐτὸ 1 kg νεροῦ θερμοκρασίας 30^0 C, ἀδειάζομε 1 kg ἀπὸ τὸ νερὸ ποὺ βράζει, δηλαδὴ θερμοκρασίας 100^0 C. Ἂν τώρα μετρήσωμε τὴν θερμοκρασία τοῦ μίγματος, εὑρίσκομε ὅτι ἔγινε περίπου 65^0 C.

Διαπιστώνομε λοιπὸν ὅτι 1 kg νεροῦ 30^0 C θερμαίνεται πολὺ περισσότερο, ὅταν τοῦ προσθέσωμε 1 kg νεροῦ 100^0 C, παρὰ ὅταν τοῦ προσθέσωμε 1 kg ὀρειχάλκου 100^0 C.

Ἀπὸ τὸ πείραμα αὐτὸ συμπεραίνομε ὅτι ὁ ὀρείχαλκος, παρ' ὅλο ὅτι ἔχει τὴν ἴδια μάζα καὶ τὴν ἴδια θερμοκρασία μὲ τὸ νερό, δὲν περιέχει τὸ ἴδιο ποσὸν θερμότητος μὲ αὐτό, ἀλλὰ μικρότερο, ἀφοῦ θερμαίνη λιγότερο τὴν ἴδια μάζα νεροῦ.

Ἑπομένως τὸ ποσὸν θερμότητος, ποὺ ἀποδίδεται ἀπὸ ἕνα σῶμα, ὅταν ψύχεται, δὲν ἐξαρτᾶται μόνο ἀπὸ τὴν μάζα του, ἀλλὰ καὶ ἀπὸ τὸ ὑλικό, ἀπὸ τὸ ὁποῖο εἶναι κατασκευασμένο τὸ σῶμα αὐτό.

Ἐπίσης τὸ ποσὸν θερμότητος, ποὺ ἀπαιτεῖται γιὰ νὰ αὐξηθῆ ἡ θερμοκρασία ἑνὸς σώματος, ἐξαρτᾶται, ἐκτὸς ἀπὸ τὴν μάζα τοῦ σώματος, καὶ ἀπὸ τὸ ὑλικό, ἀπὸ τὸ ὁποῖο εἶναι κατασκευασμένο τὸ σῶμα.

Ὁρισμός:

Εἰδικὴ θερμότης c στερεοῦ ἢ ὑγροῦ σώματος ὀνομάζεται τὸ ποσὸν θερμότητος ποὺ πρέπει νὰ προσλάβη ἕνα γραμμάριο, 1 g, τοῦ σώματος αὐτοῦ γιὰ νὰ αὐξηθῆ ἡ θερμοκρασία του κατὰ ἕνα βαθμὸ Κελσίου, 1^0 C.

Κατ' ἀνάλογο τρόπο, ὅταν ἕνα σῶμα μάζας 1 g ψύχεται κατὰ 1^0 C, ἀποβάλλει τόσο ποσὸν θερμότητος, ὅση εἶναι ἡ εἰδικὴ θερμότης τοῦ σώματος.

Ἑπομένως, σύμφωνα μὲ τὰ προηγούμενα, γιὰ νὰ ὑπολογίσωμε τὸ ποσὸν θερμότητος Q, ποὺ ἀπαιτεῖται γιὰ νὰ θερμανθῆ ἕνα σῶμα μάζας m γραμμαρίων κατὰ $\Delta\theta$ βαθμούς, ἢ τὸ ποσὸν θερμότητος, ποὺ θὰ ἀποδώση τὸ σῶμα γιὰ νὰ ψυχθῆ κατὰ $\Delta\theta$ βαθμούς, θὰ πρέπει νὰ πολλαπλασιάσωμε τὴν μάζα τοῦ σώματος m ἐπὶ τὴν μεταβολὴ τῆς θερμοκρασίας $\Delta\theta$, ἐπὶ τὴν εἰδικὴ θερμότητα c τοῦ σώματος. Δηλαδὴ θὰ ἰσχύη ἡ ἑξῆς σχέσι:

ΠΟΣΟΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΟΣ = ΜΑΖΑ ΣΩΜΑΤΟΣ × ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ × ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ ΣΩΜΑΤΟΣ

$$Q = m \cdot \Delta\theta \cdot c$$

Ἀπὸ τὸν τύπο αὐτὸ προκύπτει ὅτι: $c = \dfrac{Q}{m \cdot \Delta\theta}$.

Ἂν ὅπου Q θέσωμε τὴν μονάδα θερμότητος 1 cal, ὅπου m τὴν μονάδα μάζας 1 g καὶ ὅπου $\Delta\theta = 1$ grad, θὰ προκύψη ἡ μονὰς εἰδικῆς θερμότητος:

$$1 \frac{\text{cal}}{\text{g} \times \text{grad}}.$$

Τὸ νερὸ παρουσιάζει τὴν μεγαλυτέρα εἰδικὴ θερμότητα ἀπὸ ὅλα τὰ σώματα. Αὐτὸ σημαίνει ὅτι, γιὰ τὴν ἀνύψωσι τῆς θερμοκρασίας τῆς αὐτῆς μάζας διαφόρων σωμάτων κατὰ τοὺς αὐτοὺς βαθμούς, ἡ μάζα τοῦ νεροῦ θὰ ἀπορροφήση τὸ μεγαλύτερο ποσὸν θερμότητος.

Ἡ εἰδικὴ θερμότης τοῦ νεροῦ εἶναι ἴση μὲ τὴν μονάδα εἰδικῆς θερμότητος, δηλαδή:

$$\text{Εἰδικὴ θερμότης νεροῦ } (c_v) = 1 \frac{\text{cal}}{\text{g} \times \text{grad}}$$

Παραδείγματα.

1. Νὰ ὑπολογισθῆ τὸ ποσὸν θερμότητος Q, ποὺ ἀπαιτεῖται γιὰ νὰ θερμανθῆ νερὸ μάζας $m = 2$ kg ἀπὸ 20^0 C σὲ 100^0 C.

Λύσι:

Θὰ χρησιμοποιήσωμε τὸν τύπο $Q = m \cdot \Delta\theta \cdot c$ καὶ θὰ θέσωμε ὅπου $m = 2000$ g, ὅπου $\Delta\theta = 100 - 20 = 80$ grad καὶ ὅπου $c = c_v = 1 \frac{\text{cal}}{\text{g} \times \text{grad}}$, ὁπότε θὰ ἔχωμε:

$$Q = 2000 \times 80 \times 1 \frac{\text{cal}}{\text{g} \times \text{grad}} = 160\,000 \text{ cal} \quad \text{ἢ} \quad 160 \text{ kcal}.$$

Ἑπομένως θὰ ἀπαιτηθῆ ποσὸν θερμότητος:

$$Q = 160 \text{ kcal}.$$

2. Νὰ ὑπολογισθῆ τὸ ποσὸν θερμότητος Q, ποὺ θὰ ἀποδώση ἕνα κομμάτι ὀρειχάλκου μάζας $m = 1$ kg, ὅταν ψυχθῆ ἀπὸ τοὺς 100^0 C στοὺς 36^0 C (δίνεται εἰδικὴ θερμότης ὀρειχάλκου $c_{op} = 0{,}09$ cal/g × grad).

Λύσι:

Ἐφαρμόζομε τὸν τύπο $Q = m \cdot \Delta\theta \cdot c$ καὶ θέτομε ὅπου $m = 1000$ g, ὅπου $\Delta\theta = 100 - 36 = 64$ grad καὶ ὅπου $c = c_{op} = 0{,}09$ cal/g × grad, ὁπότε ἔχομε:

$$Q = 1000 \text{ g} \times 64 \text{ grad} \times 0{,}09 \frac{\text{cal}}{\text{g} \times \text{grad}} = 5760 \text{ cal}.$$

Ἑπομένως ὁ ὀρείχαλκος θὰ ἀποδώση ποσὸν θερμότητος:

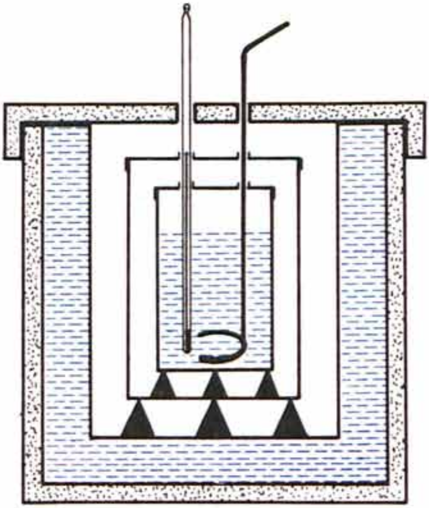
$$Q = 5760 \text{ cal}.$$

31 · 4 Τὸ θερμιδόμετρο.

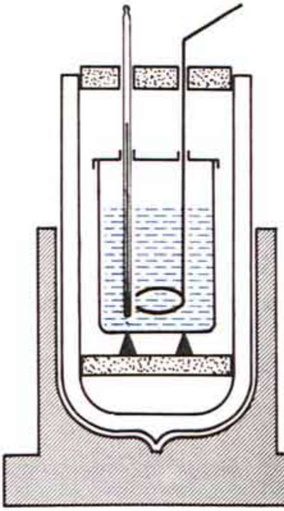
Γιὰ νὰ μετρήσωμε μὲ μεγάλη ἀκρίβεια ἕνα ποσὸν θερμότητος συναντοῦμε πολλὲς δυσκολίες, γιατὶ κατὰ τὴν μέτρησι ἕνα μέρος τῆς θερμότητος διαφεύγει πάντοτε πρὸς τὸ περιβάλλον.

Γιὰ τὴν ἀποφυγὴ αὐτῶν τῶν ἀπωλειῶν καὶ τὴν ἐξαγωγὴ ὀρθοτέρων ἀποτελεσμάτων χρησιμοποιοῦμε κατὰ τὶς μετρήσεις μας τὸ θερμιδόμετρο.

Τὸ θερμιδόμετρο (σχ. 31 · 4 α) εἶναι ὄργανο, ποὺ ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕνα δοχεῖο, μέσα στὸ ὁποῖο τοποθετοῦμε ἕνα ἀναδευτῆρα καὶ ἕνα θερμόμετρο, γιὰ νὰ παρακολουθοῦμε τὴν θερμοκρασία τοῦ περιεχομένου του. Τὸ δοχεῖο αὐτὸ περιέχεται μέσα σὲ ἄλλο μεγαλύτερο δοχεῖο καὶ στηρίζεται σ' αὐτὸ μὲ φελλό. Τέλος τὰ δύο αὐτὰ δοχεῖα περιέχονται σὲ ἕνα τρίτο, μεγαλύτερο, καὶ στηρίζονται πάλι μὲ φελλὸ στὴν βάσι τοῦ δοχείου αὐτοῦ.



Σχ. 31·4 α.
Τὸ θερμιδόμετρο.



Σχ. 31·4 β.
Θερμιδόμετρο Dewar (Ντιούαρ).

Τὸ κενό, ποὺ ἀφίνεται ἔτσι μεταξὺ τῶν δοχείων, εἶναι μονωτικό (κακὸς ἀγωγὸς τῆς θερμότητος), δηλαδὴ δὲν ἐπιτρέπει στὴν θερμοκρασία νὰ περνᾶ εὔκολα μέσα ἀπὸ αὐτό, καὶ ἑπομένως περιορίζονται στὸ ἐλάχιστο οἱ ἀπώλειες θερμότητος κατὰ τὴν ἐκτέλεσι τῶν πειραμάτων.

Τὸ ὄργανο τοποθετεῖται μέσα σὲ κατάλληλη θήκη καὶ φέρει κάλυμμα ἀπὸ μονωτικὸ ὑλικό, γιὰ νὰ περιορίζωνται ἀκόμη περισσότερο οἱ ἀπώλειες θερμότητος.

Ἄλλο θερμιδόμετρο εἶναι αὐτὸ ποὺ εἰκονίζεται στὸ σχῆμα 31 · 4 β. Αὐτὸ ἀποτελεῖται ἀπὸ διπλᾶ γυάλινα ἐπαργυρωμένα τοιχώματα, γιὰ νὰ ἀποφεύγεται ἡ εἴσοδος στὸ θερμιδόμετρο θερμότητος ἀπὸ τὸ περιβάλλον, γιατὶ οἱ ἐπαργυρωμένες ἐπιφάνειες ἀντανακλοῦν τὶς θερμικὲς ἀκτῖνες, ποὺ προσπίπτουν σ' αὐτές.

Ὁ μεταξὺ τῶν δύο τοιχωμάτων χῶρος εἶναι, γιὰ μεγαλυτέρα θερμικὴ μόνωσι, κενὸς ἀπὸ ἀέρα. Τὸ θερμιδόμετρο αὐτὸ εἶναι παρόμοιο μὲ τὸ γνωστό μας «θερμὸς» καὶ ὀνομάζεται θερμιδόμετρο Dewar (Ντιούαρ).

31 · 5 Πηγὲς θερμότητος.

Στὴν φύσι ὑπάρχουν παρὰ πολλὲς πηγὲς θερμότητος. Ἡ μεγαλυτέρα πηγή, ἀπὸ τὴν ὁποία συντηρεῖται ἡ ζωὴ ὅλων τῶν ὀργανισμῶν, εἶναι ὁ ἥλιος.

Στὴν καθημερινὴ ζωὴ σὰν πηγὲς θερμότητος χρησιμοποιοῦνται τὰ διάφορα καύσιμα, τὰ ὁποῖα εἶναι σώματα στερεά, ὑγρὰ ἢ ἀέρια. Αὐτὰ κατὰ τὴν καῦσι τους μᾶς ἀποδίδουν ποσότητες θερμότητος.

Στερεὰ καύσιμα εἶναι τὸ ξύλο, ὁ ἄνθραξ κ.λπ.

Ὑγρὰ καύσιμα εἶναι ἡ βενζίνη, τὸ πετρέλαιο, τὸ οἰνόπνευμα κ.λπ.

Ἀέρια καύσιμα εἶναι τὸ φωταέριο, τὸ γαιαέριο, ἡ ἀσετυλίνη κ.λπ.

Ἄλλη συνήθης πηγὴ θερμότητος εἶναι τὸ ἠλεκτρικὸ ρεῦμα, μὲ τὸ ὁποῖο τροφοδοτοῦνται οἱ ἠλεκτρικὲς συσκευές, ὅπως εἶναι ἡ ἠλεκτρικὴ κουζίνα, ὁ θερμοσίφων, ἡ ἠλεκτρικὴ θερμάστρα κ.λπ.

Τελευταίως ὡς πηγὲς θερμότητος χρησιμοποιοῦνται οἱ πυρηνικοὶ ἀντιδραστῆρες, οἱ ὁποῖοι ἐκμεταλλεύονται τὴν τεραστία θερμότητα, ποὺ ἀποδίδεται κατὰ τὶς πυρηνικὲς ἀντιδράσεις (διάσπασι τοῦ ἀτόμου). Σήμερα ὑπάρχουν πολλοὶ πυρηνικοὶ ἀντιδραστῆρες, οἱ ὁποῖοι κινοῦν πλοῖα, ὑποβρύχια, γεννήτριες παραγωγῆς ἠλεκτρικοῦ ρεύματος κ.λπ.

31 · 6 Θερμότης καύσεως ἑνὸς καυσίμου.

Ἂν θελήσωμε νὰ θερμάνωμε μὲ ἕνα συνηθισμένο μαγειρικὸ σκεῦος 50 kg νεροῦ ἀπὸ τοὺς 50^0 C στοὺς 100^0 C, θὰ χρειασθοῦμε 1 kg περίπου ἄνθρακος ἢ 2 kg περίπου ξηρὰ καυσόξυλα.

Ἑπομένως ἡ θερμικὴ (θερμαντικὴ) δύναμι τῶν διαφόρων καυσίμων δὲν εἶναι σὲ ὅλα ἡ ἴδια. Ἡ θερμικὴ δύναμι π.χ. τοῦ ἄνθρακος εἶναι μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν θερμικὴ δύναμι, ποὺ ἔχουν τὰ καυσόξυλα.

Γιὰ νὰ συγκρίνωμε τὴν θερμικὴ δύναμι τῶν διαφόρων καυσίμων, ὁρίζομε ἕνα φυσικὸ μέγεθος, ποὺ ὀνομάζεται θερμότης καύσεως.

Θερμότης καύσεως α στερεοῦ ἢ ὑγροῦ καυσίμου λέγεται τὸ ποσὸν θερμότητος σὲ cal, ποὺ ἀποδίδεται, ὅταν καίεται τελείως μάζα τοῦ καυσίμου αὐτοῦ ἴση μὲ ἕνα γραμμάριο, 1 g.

Θερμότης καύσεως α ἀερίου καυσίμου λέγεται τὸ ποσὸν θερμότητος σὲ cal, ποὺ ἀποδίδεται, ὅταν καίεται τελείως ὄγκος τοῦ ἀερίου αὐτοῦ ἴσος μὲ ἕνα λίτρο, 1 l, ὑπὸ κανονικὲς συνθῆκες θερμοκρασίας καὶ πιέσεως.

Ἑπομένως, γιὰ νὰ ὑπολογίσωμε τὸ ποσὸν θερμότητος Q, ποὺ ἀποδίδει σῶμα μάζας m, ὅταν καίεται, πρέπει νὰ πολλαπλασιάσωμε τὴν μάζα τοῦ σώματος m ἐπὶ τὴν θερμότητα καύσεώς του α. Δηλαδὴ θὰ ἰσχύη ἡ σχέσι:

ΠΟΣΟΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΟΣ = ΜΑΖΑ ΣΩΜΑΤΟΣ × ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ ΚΑΥΣΕΩΣ

ἢ $$Q = m \cdot \alpha.$$

Ἐπίσης γιὰ νὰ ὑπολογίσωμε τὸ ποσὸν θερμότητος Q, ποὺ ἀποδίδει κατὰ τὴν καῦσι του ἕνα ἀέριο ὄγκου V, ὑπὸ κανονικὲς συνθῆκες πιέσεως καὶ θερμοκρασίας, θὰ πρέπει νὰ πολλαπλασιάσωμε τὸν ὄγκο τοῦ ἀερίου V ἐπὶ τὴν θερμότητα καύσεώς του α, δηλαδή:

ΠΟΣΟΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΟΣ = ΟΓΚΟΣ ΑΕΡΙΟΥ × ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ ΚΑΥΣΕΩΣ

ἢ $$Q = V \cdot \alpha.$$

Ὁ Πίναξ 31 · 6 · 1 δείχνει τὴν θερμότητα καύσεως μερικῶν καυσίμων σωμάτων.

Π Ι Ν Α Ξ 31 · 6 · 1

Θερμότης καύσεως μερικῶν καυσίμων

Στερεὰ (σὲ cal/g)		Ὑγρὰ (σὲ cal/g)		Ἀέρια (σὲ cal/l)	
Ξύλα	2500-3000	Οἰνόπνευμα	7000	Φωταέριο	4500
Κὼκ	7000	Βενζόλιο	9000	Γαιαέριο	9000
Λιγνίτης	3000-5000	Μαζοὺτ	10000	Ἀσετυλίνη	11000
Λιθάνθραξ	7500	Πετρέλαιο	10500	Ὑδρογόνο	34000
Ἀνθρακίτης	8000	Βενζίνη	11000		

Παράδειγμα.

Νὰ ὑπολογισθῆ ἡ θερμότης καύσεως α τοῦ κώκ, ἂν γνωρίζωμε, ὅτι μὲ μάζα $m_\kappa = 150$ g μποροῦμε νὰ θερμάνωμε νερὸ μάζας $m_\nu = 21$ kg ἀπὸ 20° C σὲ 70° C. Οἱ ἀπώλειες θερμότητος δὲν λαμβάνονται ὑπ' ὄψι.

Λύσι :

Ἀπὸ τὸν τύπο $Q = m \cdot \Delta\theta \cdot c$ θὰ ὑπολογίσωμε τὸ ποσὸν θερμότητος, ποὺ ἀπαιτεῖται γιὰ νὰ θερμανθῆ τὸ νερὸ κατὰ $\Delta\theta = 70 - 20 = 50$ grad καὶ θὰ ἔχωμε $Q = 21\,000\ \text{g} \times 50\ \text{grad} \times 1\ \dfrac{\text{cal}}{\text{g} \times \text{grad}} = 1\,050\,000\ \text{cal}.$

Τὸ ποσὸν αὐτὸ τῆς θερμότητος ἀπέδωσε τὸ κὼκ στὸ νερὸ κατὰ τὴν καῦσι. Ἄρα ἡ θερμότης καύσεως τοῦ κὼκ θὰ εἶναι:

$$\alpha_K = \frac{Q}{m_K} = \frac{1\,050\,000 \text{ cal}}{150 \text{ g}} = 7000 \text{ cal/g}.$$

31 · 7 Ἀνακεφαλαίωσι.

1. Κατὰ τὶς ἀνταλλαγὲς θερμότητος μεταξὺ δύο σωμάτων, τὸ ποσὸν θερμότητος, ποὺ προσλαμβάνει τὸ ψυχρότερο σῶμα, εἶναι ἴσο μὲ τὸ ποσὸν θερμότητος, ποὺ ἀποδίδει τὸ θερμότερο σῶμα.

2. Εἰδικὴ θερμότης σώματος ὀνομάζεται τὸ ποσὸν θερμότητος, ποὺ ἀπαιτεῖται γιὰ νὰ θερμανθῇ ἕνα γραμμάριο τοῦ σώματος κατὰ ἕνα βαθμὸ Κελσίου.

3. Μία θερμὶς (1 cal) εἶναι τὸ ποσὸν θερμότητος, ποὺ ἀπαιτεῖται γιὰ νὰ θερμανθῇ ἕνα γραμμάριο νεροῦ κατὰ ἕνα βαθμὸ Κελσίου.

4. Θερμότης καύσεως σώματος (στερεοῦ ἢ ὑγροῦ) ὀνομάζεται τὸ ποσὸν θερμότητος, ποὺ ἀποδίδεται κατὰ τὴν καῦσι ἑνὸς γραμμαρίου τοῦ σώματος αὐτοῦ.

5. Θερμότης καύσεως ἀερίου σώματος ὀνομάζεται τὸ ποσὸν θερμότητος, ποὺ ἀποδίδεται κατὰ τὴν καῦσι ποσότητος ἀερίου, ποὺ ἔχει ὑπὸ κανονικὲς συνθῆκες ὄγκο ἑνὸς λίτρου.

31 · 8 Ἐρωτήσεις.

1. Ποιά εἶναι ἡ ἀρχὴ διατηρήσεως τῆς θερμότητος;
2. Ποιές εἶναι οἱ μονάδες θερμότητος;
3. Τί εἶναι ἡ θερμὶς (cal);
4. Τί ὀνομάζεται εἰδικὴ θερμότης σώματος;
5. Τί εἶναι τὸ θερμιδόμετρο;
6. Ἀναφέρετε παραδείγματα πηγῶν θερμότητος.
7. Τί ὀνομάζεται θερμότης καύσεως σώματος;
8. Θερμαίνομε μὲ ὅμοιες πηγὲς θερμότητος δύο δοχεῖα, ποὺ περιέχουν ἴσες ποσότητες νεροῦ καὶ λαδιοῦ. Ποιό σῶμα θὰ θερμανθῇ γρηγορώτερα καὶ γιατί;

31 · 9 Ἀσκήσεις.

1. Ἡ κανονικὴ θερμοκρασία τοῦ ἀνθρωπίνου σώματος εἶναι περίπου 37^0 C. Πόση εἶναι ἡ θερμοκρασία αὐτὴ σὲ βαθμοὺς Φάρενάϊτ;

2. Ἡ μέση θερμοκρασία μιᾶς ἡμέρας στὸ Λονδῖνο εἶναι 40^0 F. Πόση εἶναι ἡ θερμοκρασία αὐτὴ σὲ βαθμοὺς Κελσίου;

3. Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ποσὸν θερμότητος, ποὺ ἀπαιτεῖται γιὰ νὰ βράσῃ νερὸ μάζας 23 kg, ὅταν ἡ θερμοκρασία του εἶναι $\theta = 22^0$ C.

4. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ θερμότης καύσεως τοῦ φωταερίου, ἂν γνωρίζωμε, ὅτι μὲ ὄγκο $V = 10\,l$ φωταερίου, μποροῦμε, ὑπὸ κανονικὲς συνθῆκες, νὰ θερμάνωμε νερὸ μάζας $m_v = 2{,}25$ kg ἀπὸ 30^0 C σὲ 50^0 C.

5. Πόσα kg νεροῦ μποροῦμε νὰ θερμάνωμε ἀπὸ 28^0 C σὲ 60^0 C, ὅταν καύσωμε καυσόξυλα μάζας $m = 12$ kg, ἂν γνωρίζωμε ὅτι τὸ 1/4 τῆς θερμότητος ποὺ παράγεται κατὰ τὴν καῦσι, χάνεται στὸ περιβάλλον.

Δίνεται θερμότης καύσεως καυσοξύλων $\alpha_\kappa = 2800$ cal/g.

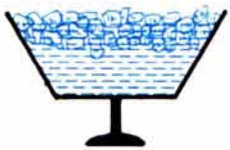
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 32

ΤΗΞΙ ΚΑΙ ΠΗΞΙ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

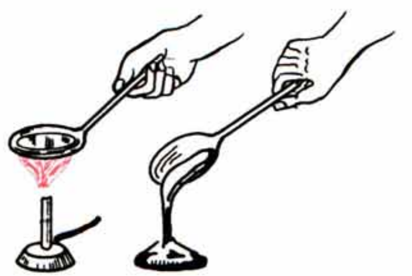
32 · 1 Ἡ τῆξι καὶ ἡ πῆξι.

Εἴδαμε (παράγρ. 1 · 1) ὅτι τὰ σώματα ἐμφανίζονται στὴν φύσι μὲ τρεῖς καταστάσεις: Τὴν στερεή, τὴν ὑγρὴ καὶ τὴν ἀέριο.

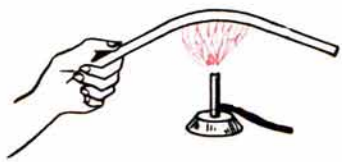
Ἂν ὅμως θερμάνωμε ἕνα κομμάτι μολύβδου ἢ ἀφίσωμε λίγη ὥρα παγάκια σὲ ἕνα δοχεῖο, παρατηροῦμε (σχ. 32 · 1 α) ὅτι μόλυβδος καὶ πάγος τήκονται (λειώνουν) καὶ ἀπὸ στερεὰ σώματα ποὺ εἶναι μετατρέπονται σὲ ὑγρά. Ἡ μετάβασι αὐτὴ ἑνὸς σώματος ἀπὸ τὴν στερεὴ κατάστασι στὴν ὑγρὴ ὀνομάζεται ***τῆξι***.



Τὸ ἀντίστροφο φαινόμενο, δηλαδὴ ἡ μετάβασι ἑνὸς σώματος ἀπὸ τὴν ὑγρὴ κατάστασι στὴν στερεή, ὀνομάζεται ***πῆξι*** ἢ ***στερεοποίησι***. Στὰ παραδείγματα ποὺ ἀναφέραμε, ἡ μετάβασι ἀπὸ τὴν στερεὴ στὴν ὑγρὴ κατάστασι γίνεται ἀποτόμως, χωρὶς νὰ μεσολαβήση ἄλλη ἐνδιάμεση κατάστασι, π.χ. ἕνα ὑγρὸ πυκνόρρευστο.



Σχ. 32 · 1 α.
Κρυσταλλικὴ τῆξι πάγου καὶ μολύβδου.



Σχ. 32 · 1 β.
Πλαστικὴ τῆξι ὑάλου.

Ἂν ὅμως θερμάνωμε ἕνα κομμάτι γυαλί (σχ. 32 · 1 β), θὰ παρατηρήσωμε ὅτι πρῶτα θὰ μαλακώση, σὲ σημεῖο ποὺ νὰ κάμπτεται, καὶ ἔπειτα θὰ λειώση.

Τὰ σώματα ποὺ λειώνουν, ὅπως ὁ πάγος καὶ ὁ μόλυβδος, ἀνήκουν σὲ μία μεγάλη κατηγορία σωμάτων, ποὺ περιλαμβάνει τὰ περισσότερα στερεὰ σώματα. Τὰ σώματα αὐτὰ ὀνομάζονται ***κρυ-***

σταλλικά, γιατὶ ἀποτελοῦνται ἀπὸ πολὺ μικροὺς κρυστάλλους· ἡ τῆξι τους ὀνομάζεται **κρυσταλλικὴ τῆξι**.

Ἀντιθέτως τὰ στερεὰ σώματα, τὰ ὁποῖα τήκονται ὅπως τὸ γυαλί, δὲν ἀποτελοῦνται ἀπὸ κρυστάλλους καὶ ὀνομάζονται **ἄμορφα σώματα**. Τὰ στερεὰ αὐτὰ μπορεῖ νὰ θεωρηθοῦν σὰν πολὺ παχύρρευστα ὑγρὰ καὶ ἡ τῆξι, ποὺ ὑφίστανται, ὀνομάζεται **πλαστικὴ τῆξι**.

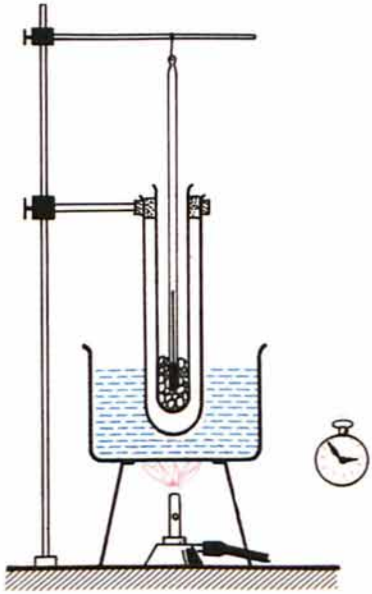
Ὑπάρχουν ἐπίσης σώματα, τὰ ὁποῖα, ὅταν θερμανθοῦν, δὲν τήκονται, ἀλλὰ στὴν θέσι τους ἐμφανίζονται νέα σώματα, γιατὶ ἐν τῷ μεταξὺ ἀλλάσσει ἡ σύστασί τους.

Ἡ κιμωλία π.χ., ὅταν θερμανθῆ πολύ, καταλήγει νὰ γίνη ἀσβέστης.

Τῆξι ὀνομάζεται ἡ μετάβασι ἑνὸς σώματος ἀπὸ τὴν στερεὴ στὴν ὑγρὴ κατάστασι, χωρὶς νὰ ἐπέλθη ἀλλαγὴ στὴν φύσι τοῦ σώματος. Γιὰ νὰ λειώση ἕνα στερεὸ σῶμα, πρέπει νὰ ἀπορροφήση θερμότητα.

Πῆξι ἢ στερεοποίησι ὀνομάζεται ἡ μετάβασι ἑνὸς σώματος ἀπὸ τὴν ὑγρὴ στὴν στερεὴ κατάστασι.

Γιὰ νὰ στερεοποιηθῆ ἕνα ὑγρὸ σῶμα πρέπει νὰ ψυχθῆ.



Σχ. 32·2 α.
Μελέτη τῆς τήξεως τῆς ναφθαλίνης.

32 · 2 Νόμοι τῆς κρυσταλλικῆς τήξεως.

Σὲ ἕνα μακρόστενο γυάλινο δοχεῖο μὲ διπλᾶ τοιχώματα* βάζομε λίγη ναφθαλίνη καὶ τὸ βυθίζομε σὲ ἕνα ἄλλο δοχεῖο μὲ νερό (σχ. 32 · 2 α).

Ὅσο θερμαίνομε τὸ δοχεῖο μὲ τὸ νερό, ἡ θερμοκρασία τῆς να-

* Τὰ διπλᾶ τοιχώματα τοῦ δοχείου κάνουν ἀργὴ καὶ ὁμοιογενῆ τὴν θέρμανσι τῆς ναφθαλίνης, πρᾶγμα ποὺ μᾶς διευκολύνει στὴν παρακολούθησι τοῦ πειράματος.

φθαλίνης ἀνεβαίνει· αὐτὸ μᾶς τὸ δείχνει τὸ θερμόμετρο, ποὺ προηγουμένως ἔχομε τοποθετήσει στὸ δοχεῖο μὲ τὴν ναφθαλίνη.

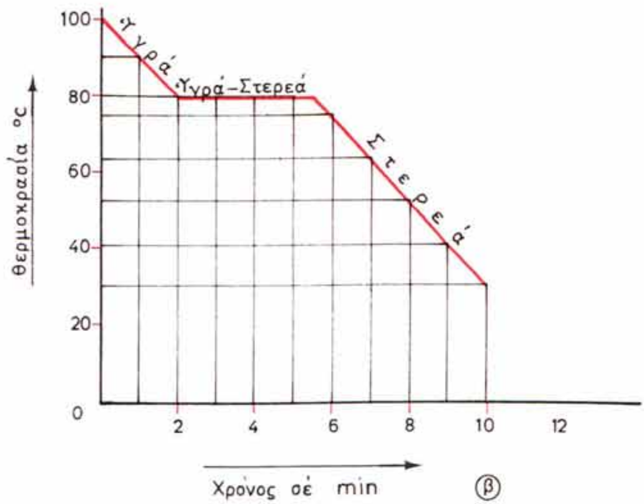
Μὲ χρονόμετρο σημειώνομε στὸν πίνακα, ποὺ ἀκολουθεῖ τὶς ἀνὰ λεπτὸ ἐνδείξεις τοῦ θερμομέτρου.

Χρόνος σὲ min	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Θερμοκρασία σὲ ^{0}C	30	41	53	65	76	80	80	80	80	89	99
	← Στερεὸ →						← Στερεὸ - ὑγρὸ →			← ὑγρὸ →	

Κατὰ τὴν διάρκεια τοῦ πειράματος παρατηροῦμε τὰ ἑξῆς:

Ἐφ' ὅσον ἡ θερμοκρασία εἶναι μικροτέρα ἀπὸ τοὺς 80^0 C, ἡ ναφθαλίνη διατηρεῖται σὲ στερεὴ κατάστασι.

Μόλις ἡ θερμοκρασία φθάση στοὺς 80^0 C, ἀρχίζει ἡ τῆξι της, γιατὶ βλέπομε νὰ ἐμφανίζεται ὑγρὴ ναφθαλίνη, ἡ ποσότης τῆς ὁποίας συνεχῶς αὐξάνεται. Ἀλλὰ μέχρι νὰ λειώση ὅλη ἡ στερεὴ ναφθαλίνη, τὸ θερμόμετρο δείχνει σταθερὰ 80^0 C, ἀρχίζει δὲ καὶ πάλι νὰ ἀνεβαίνει, ὅταν ἔχη λειώσει ὅλη ἡ ποσότης τῆς ναφθαλίνης.

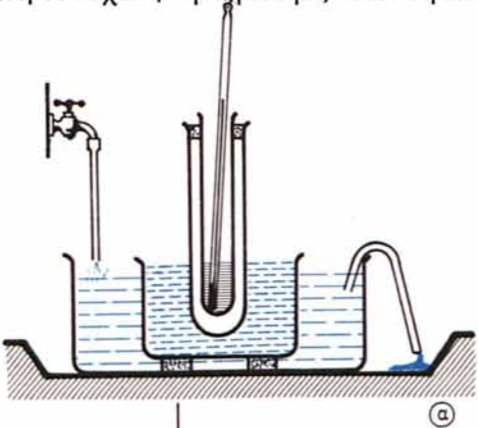


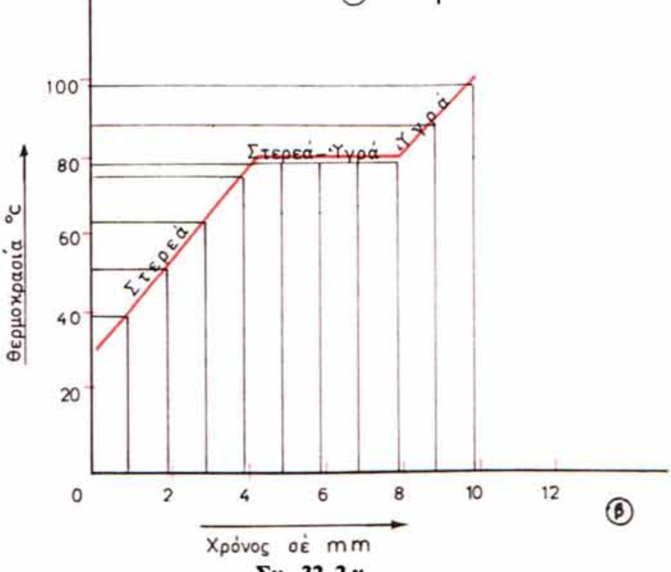
Σχ. 32·2 β.
Γραφικὴ παράστασι τῆς τήξεως τῆς ναφθαλίνης.

Μὲ βάσι τὸν παραπάνω πίνακα χαράσσομε τὴν γραφικὴ παράστασι τῆς τήξεως τῆς ναφθαλίνης (σχ. 32 · 2 β), τοποθετώντας στὸν ὁριζόντιο ἄξονα τὶς τιμὲς τοῦ χρόνου καὶ στὸν κατακόρυφο τὴν θερμοκρασία.

Ἂν ἀκολούθως τοποθετήσωμε τὸ δοχεῖο μὲ τὴν ὑγρὴ ναφθαλίνη σὲ δοχεῖο μὲ ψυχρὸ νερό, ποὺ διαρκῶς ἀνανεώνεται (σχ. 32 · 2 γ), θὰ παρατηρήσωμε τὴν ἀντίστροφη ἐξέλιξι τοῦ φαινομένου:

Ἀρχικῶς δηλαδὴ ἡ θερμοκρασία θὰ κατεβαίνει μέχρι τοὺς 80⁰ C, ὁπότε θὰ ἀρχίση ἡ στερεοποίησι τῆς ναφθαλίνης. Καθ' ὅλη τὴν διάρκεια τῆς στερεοποιήσεως, τὸ θερμόμετρο θὰ μᾶς δείχνη σταθερὰ 80⁰ C.





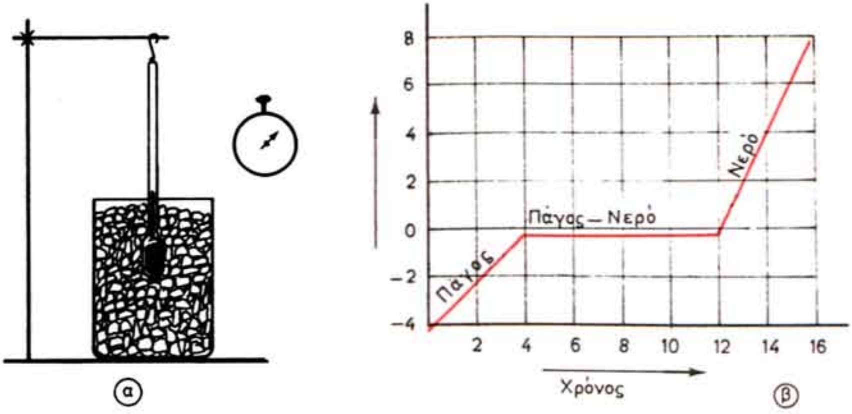
Σχ. 32·2 γ.

α) Μελέτη τῆς πήξεως τῆς ναφθαλίνης. β) Γραφικὴ παράστασι στερεοποιήσεως τῆς ναφθαλίνης.

Ἡ θερμοκρασία θὰ ἀρχίση καὶ πάλι νὰ κατεβαίνει, μόνον ὅταν ἡ ναφθαλίνη ἔχη στερεοποιηθῆ.

Ἡ θερμοκρασία τῶν 80⁰ C, κατὰ τὴν ὁποίαν συμβαίνει ἡ τῆξι, ὀνομάζεται ***θερμοκρασία τήξεως*** ἢ ***σημεῖο τήξεως*** τῆς ναφθαλίνης.

Ἀνάλογα φαινόμενα παρατηροῦμε καὶ κατὰ τὰ στάδια τῆς μετατροπῆς τοῦ πάγου σὲ νερό.(σχ. 32 . 2 δ).



Σχ. 32·2 δ.
α) Μελέτη τῆς τήξεως τοῦ πάγου. β) Γραφικὴ παράστασι τῆς τήξεως τοῦ πάγου.

Ἀπὸ τὴν πειραματικὴ μελέτη τῶν φαινομένων τήξεως καὶ πήξεως καταλήγομε στοὺς ἑξῆς νόμους:

Ἕνα καθαρὸ σῶμα λειώνει ἢ στερεοποιεῖται σὲ μιὰ ὁρισμένη θερμοκρασία, ἡ ὁποία ὀνομάζεται θερμοκρασία τήξεως τοῦ σώματος.

Κατὰ τὴν διάρκεια τῆς τήξεως ἢ τῆς πήξεως ἑνὸς σώματος, ἡ θερμοκρασία του παραμένει σταθερή.

Ὁ Πίναξ 32 · 2 · 1 δίνει τὸ σημεῖον τήξεως μερικῶν σωμάτων.

Π Ι Ν Α Ξ 32 · 2 · 1

Σημεῖον τήξεως μερικῶν σωμάτων

Ὑδράργυρος	39° C	Ἀργίλιο	660° C
Πάγος	0° C	Ἄργυρος	961° C
Ναφθαλίνη	80° C	Χρυσὸς	1063° C
Θεῖον	113° C	Χαλκὸς	1083° C
Μόλυβδος	327° C	Λευκόχρυσος	1769° C
Ψευδάργυρος	420° C	Βολφράμιο	3380° C

32 · 3 Θερμότης τήξεως.

Εἴδαμε προηγουμένως ὅτι, ὅταν ἡ θερμοκρασία τῆς ναφθαλίνης φθάση στοὺς 80^0 C, ἡ θερμοκρασία της παραμένει σταθερή (παρ' ὅλον ὅτι συνεχίζομε νὰ τὴν θερμαίνωμε), ἕως ὅτου λειώση ὅλη ἡ ποσότης τῆς ναφθαλίνης. Τὸ ἴδιο ἀκριβῶς συμβαίνει καὶ μὲ τὴν θερμοκρασία τοῦ πάγου στοὺς 0^0 C, ποὺ διατηρεῖται σταθερή, ἕως ὅτου λειώση ὅλος ὁ πάγος καὶ γίνη νερό.

Ἀπὸ αὐτὰ συμπεραίνομε ὅτι τὸ ποσὸν θερμότητος, ποὺ προσφέρομε σὲ ἕνα σῶμα, ὅταν εὑρίσκεται στὸ σημεῖο τῆς τήξεώς του, ἀπορροφεῖται ἀπὸ αὐτὸ γιὰ νὰ λειώση καὶ ὄχι γιὰ νὰ ἀνυψωθῆ ἡ θερμοκρασία του. Ἑπομένως γιὰ νὰ λειώση ἕνα σῶμα, χρειάζεται ἕνα ποσὸν θερμότητος, δηλαδὴ μία ποσότητα θερμικῆς ἐνεργείας, ποὺ θὰ τὸ ἀναγκάση νὰ μετατραπῆ ἀπὸ στερεὸ σὲ ὑγρό.

Ἔτσι λοιπὸν κάθε σῶμα χαρακτηρίζεται ἀπὸ ἕνα ἰδιαίτερο φυσικὸ μέγεθος, ποὺ ὀνομάζεται ***θερμότης τήξεως*** τοῦ σώματος. Τὸ μέγεθος αὐτὸ ὁρίζεται ὡς ἑξῆς:

Θερμότης τήξεως λ ἑνὸς σώματος, ποὺ εὑρίσκεται στὴν θερμοκρασία τήξεως, λέγεται ἡ ποσότης θερμότητος, τὴν ὁποία πρέπει νὰ ἀπορροφήση ἕνα γραμμάριο, 1 g, τοῦ σώματος αὐτοῦ γιὰ νὰ μεταβληθῆ ἀπὸ στερεὸ σὲ ὑγρὸ τῆς ἰδίας θερμοκρασίας.

Ἡ πῆξι εἶναι φαινόμενο ἀντίστροφο ἀπὸ τὴν τῆξι. Ἑπομένως, ὅταν ἕνα ὑγρὸ σῶμα εὑρίσκεται στὴν θερμοκρασία πήξεως, γιὰ νὰ πήξη, πρέπει νὰ χάση ποσὸν θερμότητος ἴσο μὲ τὴν θερμότητα τήξεως τοῦ σώματος.

Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω προκύπτει ὅτι, γιὰ νὰ ὑπολογίσωμε τὸ ποσὸν θερμότητος Q, ποὺ ἀπαιτεῖται γιὰ νὰ λειώση σῶμα μάζας m, τὸ ὁποῖο εὑρίσκεται στὴν θερμοκρασία τήξεως, πρέπει νὰ πολλαπλασιάσωμε τὴν μάζα τοῦ σώματος ἐπὶ τὴν θερμότητα τήξεώς του λ, δηλαδή:

$$Q = \lambda \cdot m.$$

Ἀπὸ αὐτὸ τὸν τύπο προκύπτει ὅτι $\lambda = \frac{Q}{m}$ καὶ ἑπομένως ἡ θερμότης τήξεως ἑνὸς σώματος μετρεῖται σὲ cal/g.

Ὁ Πίναξ 32 · 3 · 1 δίνει τὴν θερμότητα τήξεως μερικῶν σωμάτων.

ΠΙΝΑΞ 32·3·1

Θερμότης τήξεως μερικῶν σωμάτων (σὲ cal/g)

Μόλυβδος	6	Ψευδάργυρος	27
Θεῖον	10	Λευκόχρυσος	27
Κασσίτερος	14	Χαλκὸς	42
Ἀλουμίνιο	24	Πάγος	80
Ἄργυρος	25		

Παράδειγμα.

Σὲ δοχεῖο μὲ νερὸ μάζας $m_v = 1$ kg καὶ θερμοκρασίας $\theta = 40^0$ C ρίχνομε ἕνα κομμάτι πάγου μάζας $m_\pi = 800$ g καὶ θερμοκρασίας 0^0 C. Νὰ ὑπολογισθῆ πόση μάζα πάγου καὶ πόση μάζα νεροῦ θὰ ὑπάρχη στὸ δοχεῖο, ὅταν ἡ θερμοκρασία τοῦ μίγματος γίνη ἴση μὲ 0^0 C (οἱ ἀπώλειες θερμότητος, ἐπειδὴ εἶναι ἀσήμαντες, δὲν λαμβάνονται ὑπ' ὄψι, δίνεται δὲ ἡ θερμότης τήξεως πάγου $\lambda_\pi = 80$ cal/g).

Λύσι:

Γιὰ νὰ εὕρωμε τὸ ποσὸν θερμότητος, ποὺ θὰ ἀποδώση τὸ νερὸ γιὰ νὰ ψυχθῆ ἀπὸ τοὺς 40^0 C στοὺς 0^0 C, δηλαδὴ κατὰ $\Delta\theta = 40$ grad, χρησιμοποιοῦμε τὸν τύπο:

$$Q = m \cdot \Delta\theta \cdot c$$

καὶ ἔχομε: $Q = m_v \cdot \Delta\theta \cdot c_v$

$$Q = 1000 \text{ g} \times 40 \text{ grad} \times 1 \frac{\text{cal}}{\text{g} \times \text{grad}} = 40\,000 \text{ cal}.$$

Ἂν διαιρέσωμε τὶς 40 000 cal διὰ τοῦ 80, ποὺ εἶναι ἡ θερμότης τήξεως τοῦ πάγου, θὰ εὕρωμε πόσα γραμμάρια πάγου m'_π θὰ λειώσουν, ἂν ἀπορροφηθοῦν οἱ 40 000 cal:

$$m'_\pi = \frac{40\,000 \text{ cal}}{80 \text{ cal/g}} = 500 \text{ g}.$$

Ἑπομένως στὸ δοχεῖο, ὅταν ἡ θερμοκρασία τοῦ μίγματος ἰσορροπήση στοὺς 0^0 C, θὰ ὑπάρχουν:

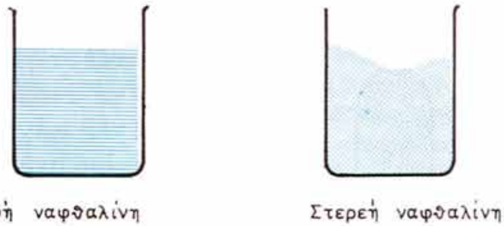
$m_\pi - m'_\pi = 800 \text{ g} - 500 \text{ g} = 300$ g πάγου καὶ

$m_v + m'_\pi = 1000 \text{ g} + 500 \text{ g} = 1500$ g νεροῦ.

32 · 4 Μεταβολὴ τοῦ ὄγκου κατὰ τὴν τῆξι καὶ πῆξι.

Γενικῶς τὰ περισσότερα σώματα, ὅταν στερεοποιοῦνται, ἀποκτοῦν μικρότερο ὄγκο. Αὐτὸ τὸ διαπιστώνομε, ἂν λ.χ. ψύξωμε ὑγρὴ ναφθαλίνη (σχ. 32 · 4 α). Παρατηροῦμε δηλαδὴ ὅτι μετὰ τὴν στερεοποίησι τῆς ναφθαλίνης σχηματίζεται στὴν ἐπιφάνειά της μία κοιλότης, γιατὶ ὁ ὄγκος, ποὺ καταλαμβάνει, εἶναι τώρα μικρότερος.

Ἐπίσης, ἂν σὲ δοχεῖο μὲ ὑγρὴ ναφθαλίνη ρίψωμε ἕνα κομμάτι ἀπὸ στερεὴ ναφθαλίνη, θὰ βυθισθῇ [σχ. 32 · 4 β (α)]. Αὐτὸ συμβαίνει, γιατὶ ἡ ὑγρὴ ναφθαλίνη, κατὰ τὴν στερεοποίησί της, συστέλλεται καὶ ἔτσι ἡ ἴδια μάζα ναφθαλίνης ἀποκτᾷ μικρότερο ὄγκο, δηλαδὴ γίνεται πυκνοτέρα (μὲ μεγαλύτερο εἰδικὸ βάρος ἀπὸ τὴν ὑγρὴ) καὶ γι' αὐτὸ βυθίζεται. Γενικῶς τὰ σώματα, ὅταν στερεοποιοῦνται, συστέλλονται, ἐνῶ ὅταν ὑγροποιοῦνται, διαστέλλονται.



Σχ. 32·4 α.
Στερεοποίησι τῆς ὑγρῆς ναφθαλίνης.

Σχ. 32·4 β.
α) Ἡ στερεὴ ναφθαλίνη βυθίζεται στὸ νερό, γιατὶ εἶναι ἀραιοτέρα ἀπὸ αὐτό.
β) Ὁ πάγος εἶναι ἀραιότερος ἀπὸ τὸ νερό, γι' αὐτὸ ἐπιπλέει.

Ἀντιθέτως, ἂν στὸ νερὸ ρίψωμε κομμάτια πάγου, βλέπομε ὅτι ἐπιπλέουν [σχ. 32 · 4 β (β)].

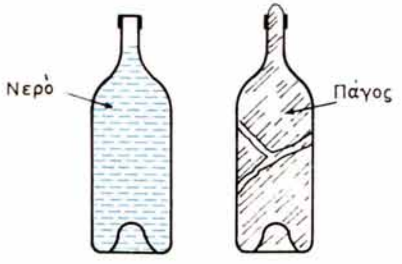
Αὐτὸ συμβαίνει, ἐπειδή, ὅταν τὸ νερὸ στερεοποιῆται, διαστέλλεται. Ἔτσι λοιπόν, ὅταν μάζα νεροῦ στερεοποιηθῇ καὶ γίνῃ πάγος, ἀποκτᾷ μεγαλύτερο ὄγκο, δηλαδὴ γίνεται ἀραιοτέρα (ἔχει μικρότερο εἰδικὸ βάρος ἀπὸ τὸ νερὸ) καὶ γι' αὐτὸ ἀνέρχεται στὴν ἐπιφάνεια, ὅπου ἐπιπλέει.

Ἡ διαφορετικὴ αὐτὴ συμπεριφορὰ τοῦ νεροῦ, δηλαδὴ νὰ διαστέλλεται, ὅταν στερεοποιῆται, ἀποτελεῖ ***ἐξαίρεσι*** στὴν φύσι, ἔχει ὅμως τεραστία σημασία.

Ἂν ὁ πάγος βυθιζόταν στὸ νερό, τότε καὶ οἱ πάγοι ποὺ σχηματίζονται στὶς θάλασσες καὶ στὶς λίμνες, θὰ πήγαιναν στὸν πυθμένα τους.

Ἐκεῖ ὅμως θὰ παρέμεναν γιὰ πάντα, γιατὶ δὲν θὰ ἦταν δυνατὸν νὰ λειώσουν, ἀφοῦ δὲν θὰ τοὺς ἐθέρμαινε ὁ ἥλιος καὶ τὰ θερμὰ ρεύματα τῆς ἀτμοσφαίρας.

Ἔτσι, ἂν συνέβαινε αὐτό, τὸ ἀποτέλεσμα θὰ ἦταν κάποτε νὰ παγώσουν οἱ ὠκεανοὶ καὶ οἱ λίμνες, γιατὶ οἱ νέοι πάγοι συνεχῶς θὰ βυθιζόταν μέσα στὸ νερὸ καὶ θὰ ἐσυσσωρεύοντο ἐκεῖ χωρὶς νὰ λειώνουν.



Σχ. 32·4 γ.
Ὅταν τὸ νερὸ παγώνῃ, διαστέλλεται καὶ προκαλεῖ διάρρηξι τοῦ δοχείου, στὸ ὁποῖο περιέχεται.

Τὸ ὅτι τὸ νερὸ διαστέλλεται, ὅταν γίνεται πάγος, τὸ διαπιστώνομε καὶ ἀπὸ τὴν ρῆξι, ποὺ προκαλεῖ σὲ σωλῆνες ἢ σὲ κλειστὰ δοχεῖα (π.χ. γυάλινες φιάλες), ὅταν παγώσῃ μέσα σ' αὐτά (σχ. 32 · 4 γ).

Ἀνάλογο φαινόμενο συμβαίνει καὶ στὰ πετρώματα. Τὸ νερό, ποὺ εἰσέρχεται στὶς σχισμὲς τῶν πετρωμάτων, ἐπειδή, ὅταν παγώνῃ, διαστέλλεται, τὰ καταστρέφει (διάβρωσι τῶν πετρωμάτων).

Ἐκτὸς ἀπὸ τὸ νερό, τὴν ἴδια συμπεριφορὰ κατὰ τὴν στερεοποίησί τους παρουσιάζουν ὁ ἄργυρος καὶ ὁ χυτοσίδηρος.

Κατ' ἐξαίρεσι τὸ νερὸ καὶ μερικὰ ἄλλα σώματα, ὅπως ὁ ἄργυρος καὶ ὁ χυτοσίδηρος, ὅταν στερεοποιοῦνται, διαστέλλονται.

32 · 5 *Ἐπίδρασι τῆς πιέσεως στὴν θερμοκρασία τήξεως.*

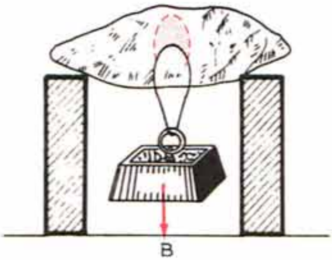
Κατὰ τὴν ἐξέτασι τῶν φαινομένων τήξεως καὶ πήξεως ἐθεωρήσαμε ὅτι ἡ πίεσι εἶναι σταθερὴ καὶ ἴση μὲ τὴν ἀτμοσφαιρική.

Ὅταν ὅμως μεταβάλλεται ἡ πίεσι, μεταβάλλεται καὶ τὸ σημεῖο τήξεως τῶν διαφόρων σωμάτων.

Γενικῶς, γιὰ τὰ στερεὰ σώματα ποὺ παρουσιάζουν κατὰ τὴν τῆξι τους διαστολή, ὅταν αὐξηθῇ ἡ ἐξωτερικὴ πίεσι, ἀνέρχεται καὶ ἡ θερμοκρασία τήξεώς τους, δηλαδὴ μὲ ὑψηλὴ πίεσι λειώνουν πιὸ δύσκολα.

Ὁ μόλυβδος π.χ. μὲ συνήθη ἀτμοσφαιρικὴ πίεσι λειώνει σὲ θερμοκρασία 327° C, ἐνῶ μὲ πίεσι 1000 ἀτμοσφαιρῶν λειώνη σὲ θερμοκρασία 336° C.

Στὰ σώματα ὅμως ὅπως τὸ νερό, δηλαδὴ στὰ σώματα ποὺ συστέλλονται, ὅταν λειώνουν, ἡ αὔξησι τῆς ἐξωτερικῆς πιέσεως διευκολύνει τὴν τῆξι τους. Τὴν ἰδιότητα αὐτὴ διαπιστώνομε μὲ τὸ πείραμα τοῦ σχήματος 32·5 α.



Σχ. 32·5 α.
Τὸ σύρμα, μὲ τὴν πίεσι ποὺ ἐξασκεῖ ἐπάνω του τὸ βάρος B, διέρχεται μέσα ἀπὸ τὸν πάγο ἀργὰ χωρὶς τελικὰ νὰ τὸν κόψη.

Στὸ σχῆμα 32·5 α βλέπομε ἕνα κομμάτι πάγου, ποὺ στηρίζεται πάνω σὲ δύο ὑποστηρίγματα.

Τὸ σύρμα, ποὺ ἀρχικῶς τοποθετοῦμε στὴν ἐπιφάνεια τοῦ πάγου, λόγω τοῦ βάρους B, ποὺ ἐφαρμόζεται στὸ κάτω ἄκρο του, πιέζει τὸν πάγο, μὲ ἀποτέλεσμα νὰ

Σχ. 32·5 β.
Κίνησι παγετῶνος, ὁ ὁποῖος κατέρχεται βραδύτατα πρὸς τὴν κοιλάδα.

τοῦ κατεβάση τὴν θερμοκρασία τήξεως, στὰ σημεῖα ἐπαφῆς τοῦ σύρματος μὲ τὸν πάγο, κάτω ἀπὸ τοὺς 0° C.

Ἔτσι, καθὼς ὁ πάγος λειώνει (εὐκολώτερα στὴν περιοχὴ τοῦ σύρματος), τὸ σύρμα εἰσχωρεῖ στὴν μάζα τοῦ πάγου. Τὸ νερό, ὅμως, ποὺ γεμίζει τὸν χῶρο πάνω ἀπὸ τὸ σύρμα, δέχεται καὶ πάλι τὴν κανονικὴ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσι (γιατὶ τὸ βάρος δὲν ἐπιδρᾶ πιὰ σ' αὐτὸ) καὶ στερεοποιεῖται ἐκ νέου. Ἔτσι, ὅταν τελικῶς τὸ σύρμα πέση, ἀφοῦ ἔχη διαπεράσει καθέτως ὅλη τὴν μάζα τοῦ πάγου, αὐτὸς δὲν ἔχει κοπῆ στὰ δύο.

Ὅταν αὐξάνεται ἡ κανονικὴ πίεσι ποὺ ἀσκεῖται στὸν πάγο (π.χ. μὲ ἕνα βάρος), ἡ θερμοκρασία τήξεως τοῦ πάγου κατέρχεται.

Ἡ ἰδιότης αὐτὴ τοῦ πάγου δικαιολογεῖ καὶ τὶς κινήσεις τῶν παγετώνων (σχ. 32 · 5 β). Στὰ κατώτερα δηλαδὴ στρώματα τῶν παγετώνων, ποὺ εὑρίσκονται σὲ ἐπαφὴ μὲ τὸ ἔδαφος, ἀσκεῖται πολὺ μεγάλη πίεσι ἀπὸ τὸ ὅλο βάρος τοῦ πάγου, μὲ ἀποτέλεσμα νὰ διευκολύνεται ἡ τῆξι τους, δηλαδὴ νὰ κατεβαίνη τὸ σημεῖο τήξεώς τους. Ἔτσι στὰ κατώτερα στρώματα τοῦ παγετῶνος ἔχομε νερό, πάνω στὸ ὁποῖο ὁ πάγος γλιστρᾶ καὶ κινεῖται.

32 · 6 Ἀνακεφαλαίωσι.

1. Ἡ μὲ τὴν ἐπίδρασι τῆς θερμότητος μετάβασι σώματος ἀπὸ τὴν στερεὴ κατάστασι στὴν ὑγρὴ ὀνομάζεται τῆξι. Τὸ ἀντίστροφο φαινόμενο ὀνομάζεται πῆξι.
2. Τὰ καθαρὰ σώματα τήκονται σὲ ὡρισμένη θερμοκρασία, ποὺ ὀνομάζεται θερμοκρασία τήξεως.
3. Κατὰ τὴν διάρκεια τῆς τήξεως, ἡ θερμοκρασία τῶν σωμάτων παραμένει σταθερή.
4. Ἡ θερμοκρασία τήξεως ἢ πήξεως ἑνὸς καθαροῦ σώματος εἶναι ἡ ἴδια, ἐφ' ὅσον ἡ πίεσι παραμένει σταθερή.
5. Θερμότης τήξεως σώματος, ποὺ εὑρίσκεται στὴν θερμοκρασία τήξεως, λέγεται τὸ ποσὸν θερμότητος, ποὺ πρέπει νὰ ἀπορροφήση ἕνα γραμμάριο μάζας τοῦ σώματος, γιὰ νὰ λειώση.
6. Ἡ τῆξι συνήθως συνοδεύεται μὲ αὔξησι τοῦ ὄγκου τῶν σωμάτων.
7. Κατ' ἐξαίρεσι, ὁ πάγος, ὁ ἄργυρος καὶ ὁ χυτοσίδηρος, ὅταν λειώνουν, συστέλλονται.
8. Ὅταν ἡ πίεσι αὐξηθῆ, ἡ θερμοκρασία τήξεως τοῦ πάγου κατέρχεται.

32 · 7 Ἐρωτήσεις.

1. Τί ὀνομάζομε τῆξι καὶ πῆξι τῶν σωμάτων;
2. Ποιοί εἶναι οἱ νόμοι τῆς κρυσταλλικῆς τήξεως;

3. Τί ὀνομάζομε θερμοκρασία τήξεως ἢ σημεῖο τήξεως ἑνὸς σώματος;
4. Τί ὀνομάζομε θερμότητα τήξεως σώματος;
5. Πῶς μεταβάλλεται ὁ ὄγκος σώματος κατὰ τὴν τῆξι καὶ τὴν πῆξι;
6. Ποιά σώματα διαστέλλονται καὶ ποιά συστέλλονται κατὰ τὴν τῆξι;
7. Πῶς ἐπιδρᾶ ἡ πίεσι στὴν τῆξι καὶ πῆξι τῶν σωμάτων;
8. Πῶς δικαιολογεῖται ἡ κίνησι τῶν παγετώνων;
9. Γιατί τὸν χειμῶνα βάζομε στὰ ψυγεῖα τῶν αὐτοκινήτων ἀντιπηκτικὸ ὑγρό;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 33

ΕΞΑΕΡΩΣΙ - ΕΞΑΤΜΙΣΙ - ΒΡΑΣΜΟΣ

33 · 1 'Εξαέρωσι.

Ὅλοι γνωρίζομε ὅτι τὸ βρεγμένο πάτωμα στεγνώνει ἢ ὅτι τὸ οἰνόπνευμα ἢ ἡ βενζίνη πάνω στὸ χέρι μας γρήγορα ἐξαφανίζονται.

Στὶς περιπτώσεις αὐτὲς ἔχομε μετάβασι σώματος ἀπὸ τὴν ὑγρὴ κατάστασι στὴν ἀέριο. Τὸ φαινόμενο αὐτὸ ὀνομάζεται ***ἐξαέρωσι***.

Γενικῶς ὀνομάζομε ἐξαέρωσι τὴν μετάβασι ἑνὸς σώματος ἀπὸ τὴν ὑγρὴ κατάστασι στὴν ἀέριο.

*Τὸ ἀέριο, ποὺ προκύπτει ἀπὸ τὴν ἐξαέρωσι, ὀνομάζεται **ἀτμός**.*

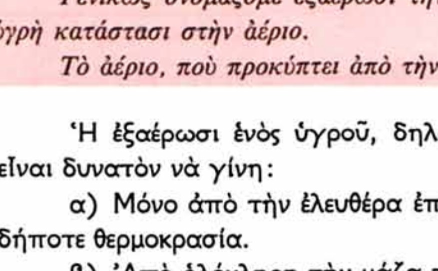
Ἡ ἐξαέρωσι ἑνὸς ὑγροῦ, δηλαδὴ ἡ μετατροπή του σὲ ἀτμό, εἶναι δυνατὸν νὰ γίνῃ:

α) Μόνο ἀπὸ τὴν ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ καὶ σὲ ὁποιαδήποτε θερμοκρασία.

β) Ἀπὸ ὁλόκληρη τὴν μάζα τοῦ ὑγροῦ καὶ σὲ ὁρισμένη θερμοκρασία.

33 · 2 'Εξάτμισι — Ταχύτης ἐξατμίσεως.

Ἂν σὲ μία λεκάνη βάλωμε οἰνόπνευμα (σχ. 33 · 2 α), θὰ παρατηρήσωμε ὅτι ὅσο περνᾶ ὁ χρόνος τὸ οἰνόπνευμα γίνεται λιγότερο, ἕως ὅτου φθάσῃ κάποια στιγμὴ ποὺ ἡ λεκάνη θὰ μείνῃ κενή.



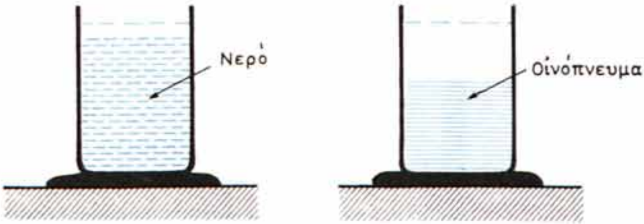
Σχ. 33·2 α.
Ἡ ἐξάτμισι γίνεται μόνο ἀπὸ τὴν ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ.

Αὐτὸ συμβαίνει, γιατὶ τὸ οἰνόπνευμα ἐξαερώνεται, δηλαδὴ μετατρέπεται σὲ ἀτμό.

Ἡ ἐξαέρωσι ὅμως αὐτὴ γίνεται μόνο ἀπὸ τὴν ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ οἰνοπνεύματος καὶ ὀνομάζεται ***ἐξάτμισι***.

Ἐξάτμισι εἶναι ἡ βραδεία ἐξαέρωσι ἑνὸς ὑγροῦ, ποὺ μπορεῖ νὰ συμβαίνη σὲ ὁποιαδήποτε θερμοκρασία, ἀλλὰ μόνο ἀπὸ τὴν ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ.

Σὲ ἕνα δοχεῖο βάζομε ποσότητα νεροῦ, καὶ σὲ ἕνα ἄλλο, ὅμοιο μὲ τὸ πρῶτο, ἴση ποσότητα οἰνοπνεύματος. Ἀφίνομε τὰ δοχεῖα γιὰ ἀρκετὸ χρόνο καὶ διαπιστώνομε ὅτι καὶ τὰ δύο ὑγρὰ ἔχουν ὑποστῆ τὶς συνέπειες τῆς ἐξατμίσεως. Τὸ οἰνόπνευμα ὅμως ἐξατμίσθηκε μὲ μεγαλυτέρα ταχύτητα, ὅπως φαίνεται ἀπὸ τὴν στάθμη τῶν δύο ὑγρῶν (σχ. 33·2β). Τὸ οἰνόπνευμα λοιπὸν ἔχει μεγαλυτέρα ***ταχύτητα ἐξατμίσεως***.



Σχ. 33·2 β.
Τὸ οἰνόπνευμα ἔχει μεγαλυτέρα ταχύτητα ἐξατμίσεως ἀπὸ τὸ νερό.

Ἡ ταχύτης ἐξατμίσεως υ ἑνὸς ὑγροῦ ἰσοῦται μὲ τὸ πηλίκον τῆς διαιρέσεως τῆς μάζας m τοῦ ὑγροῦ, ποὺ ἐξατμίζεται σὲ ὁρισμένο χρόνο, διὰ τοῦ χρόνου αὐτοῦ.

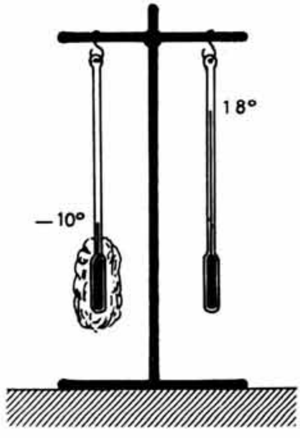
$$\boxed{\text{ΤΑΧΥΤΗΣ ΕΞΑΤΜΙΣΕΩΣ} = \frac{\text{ΜΑΖΑ ΥΓΡΟΥ}}{\text{ΧΡΟΝΟΣ}}} \quad \text{ἢ} \quad \boxed{\upsilon = \frac{m}{t}}$$

Ὅπως εἴδαμε, τὸ οἰνόπνευμα ἐξατμίζεται γρηγορώτερα ἀπὸ τὸ νερὸ καὶ ἑπομένως:

Ἡ ταχύτης ἐξατμίσεως ἑνὸς ὑγροῦ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσι του. Τὰ ὑγρά, ποὺ ἐξατμίζονται μὲ μεγάλη ταχύτητα, λέγονται ***πτητικά***. Πτητικὰ ὑγρὰ εἶναι ἡ βενζίνη, ὁ αἰθήρ, τὸ οἰνόπνευμα κ.λπ. Μὴ πτητικὰ ὑγρὰ εἶναι τὸ νερό, τὸ λάδι, τὸ πετρέλαιο κ.λπ.

33·3 Ψῦχος ποὺ παράγεται κατὰ τὴν ἐξάτμισι.

Ἂν βρέξωμε τὰ χέρια μας μὲ οἰνόπνευμα καὶ τὸ ἀφίσωμε νὰ ἐξατμισθῆ, θὰ αἰσθανθοῦμε ὅτι τὸ δέρμα μας ψύχεται. Ἐπίσης, ὅταν βρέξωμε μὲ αἰθέρα λίγο βαμβάκι καὶ τυλίξωμε μὲ αὐτὸ τὸ δοχεῖο τοῦ ὑγροῦ τοῦ θερμομέτρου (σχ. 33 · 3), θὰ παρατηρήσωμε ὅτι ἐνῶ ἡ θερμοκρασία τοῦ περιβάλλοντος εἶναι π.χ. 18^0 C, ἡ ἔνδειξι τοῦ θερμομέτρου κατεβαίνει γρήγορα καὶ εἶναι δυνατὸν νὰ φθάση στοὺς -10^0 C, ἂν ἡ ἐξάτμισι γίνη σὲ ρεῦμα ἀέρος.



Σχ. 33·3.
Ἡ ἐξάτμισι τοῦ αἰθέρος προκαλεῖ ψῦξι καὶ τὸ θερμόμετρο κατεβαίνει.

Ἀπὸ τὰ πειράματα αὐτὰ προκύπτει ὅτι, ὅταν ἕνα ὑγρὸ ἐξατμίζεται, προκαλεῖ ψῦξι στὰ σώματα, μὲ τὰ ὁποῖα εὑρίσκεται σὲ ἐπαφή, δηλαδὴ ἀπορροφεῖ ἀπὸ αὐτὰ θερμότητα.

Ἑπομένως, γιὰ νὰ ἐξατμισθῆ ἕνα ὑγρό, ἔχει ἀνάγκη ἀπὸ ἕνα ποσὸν θερμότητος (θερμικῆς ἐνεργείας). Ἡ θερμότης ὅμως αὐτὴ δὲν προκαλεῖ αὔξησι τῆς θερμοκρασίας τοῦ ὑγροῦ, ἀλλὰ μεταβολὴ τῆς φυσικῆς του καταστάσεως ἀπὸ ὑγρὸ σὲ ἀέριο.

Τὸ ποσὸν αὐτὸ τῆς θερμότητος, ποὺ ἀπαιτεῖται γιὰ νὰ ἐξατμισθῆ ἕνα ὑγρό, παραλαμβάνεται ἀπὸ τὰ σώματα, μὲ τὰ ὁποῖα τὸ ὑγρὸ ἔρχεται σὲ ἐπαφή, καὶ γι' αὐτὸ τὰ σώματα αὐτά, ἀφοῦ χάνουν θερμότητα, ψύχονται.

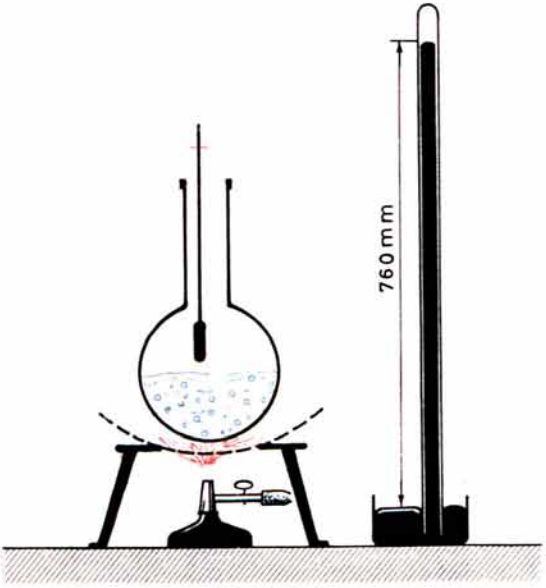
Ὅταν ἕνα ὑγρὸ ἐξατμίζεται, ἀπορροφεῖ θερμότητα ἀπὸ τὰ σώματα, μὲ τὰ ὁποῖα ἔρχεται σὲ ἐπαφή, καὶ ἔτσι αὐτὰ ψύχονται.

Πειραματικῶς εὑρέθη ὅτι, γιὰ νὰ ἐξατμισθῆ 1 g νεροῦ στὴν συνήθη θερμοκρασία, πρέπει νὰ ἀπορροφήση 600 cal περίπου.

33 · 4 Τὸ φαινόμενο τοῦ βρασμοῦ.

Θερμαίνομε δοχεῖο μὲ νερό, μέσα στὸ ὁποῖο τοποθετοῦμε καὶ ἕνα θερμόμετρο (σχ. 33 · 4 α), γιὰ νὰ παρακολουθοῦμε τὴν θερμοκρασία τοῦ νεροῦ σὲ ὅλη τὴν διάρκεια τοῦ πειράματος. Ὅταν ἡ θερμοκρασία τοῦ νεροῦ φθάση περίπου στοὺς 50^0 C, βλέπομε νὰ σχηματίζωνται μικρὲς φυσαλλίδες, ποὺ ἀνεβαίνουν στὴν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ καὶ ἐκεῖ σπάζουν. Οἱ φυσσαλίδες αὐτὲς δὲν εἶναι ὑδρατμοί, ἀλλὰ διάφορα ἀέρια, κυρίως ὀξυγόνο καὶ ἄζωτο, τὰ ὁποῖα ὑπάρχουν διαλυμένα μέσα στὸ νερό.

Ἐπειδὴ ὅμως μὲ τὴν αὔξησι τῆς θερμοκρασίας ἐλαττώνεται ἡ διαλυτότης τῶν ἀερίων αὐτῶν, δὲν μποροῦν πιὰ νὰ παραμείνουν στὸ νερὸ καὶ ἔτσι φεύγουν ὑπὸ μορφὴ φυσαλλίδων.



Σχ. 33·4 α.
Τὸ νερὸ βράζει στοὺς 100° C, ὅταν ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσι εἶναι 760 mm Hg.

Ὅταν ἡ θερμοκρασία τοῦ νεροῦ γίνῃ ἀρκετὰ ὑψηλή, τότε στὰ τοιχώματα τοῦ δοχείου σχηματίζονται φυσαλλίδες ἀπὸ ὑδρατμούς, οἱ ὁποῖες ἀνεβαίνουν πρὸς τὰ ἐπάνω, ἀλλὰ ὅταν φθάσουν σὲ ψυχρότερες περιοχὲς τοῦ νεροῦ, ὑγροποιοῦνται καὶ πάλι, γι' αὐτὸ καὶ δὲν φθάνουν στὴν ἐπιφάνεια.

Τέλος, ὅταν ἡ θερμοκρασία τοῦ νεροῦ γίνῃ 100° C, σὲ ὅλη τὴν μάζα του σχηματίζονται μεγάλες φυσαλλίδες ἀπὸ ὑδρατμούς, πού, μόλις ἔλθουν στὴν ἐπιφάνεια, σπάζουν μὲ θόρυβο, ἐνῶ συγχρόνως ἀπὸ τὸ ἄνοιγμα τοῦ δοχείου ἐξέρχεται πυκνὴ ὁμίχλη ἀπὸ ὑδρατμούς.

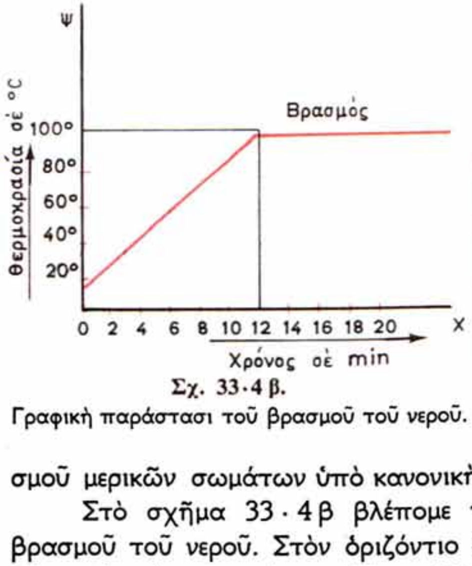
Τότε λέμε ὅτι τὸ νερὸ ***βράζει***.

Βρασμὸς ὀνομάζεται ἡ ταχεία ἐξαέρωσι ἑνὸς ὑγροῦ ὑπὸ μορφὴ φυσαλλίδων, οἱ ὁποῖες σχηματίζονται σὲ ὅλη τὴν μάζα τοῦ ὑγροῦ.

Ἂν συνεχίσωμε τὴν θέρμανσι τῆς φιάλης ἢ αὐξήσωμε τὴν φλόγα, ποὺ θερμαίνει τὸ νερό, βλέπομε ὅτι ὁ βρασμὸς γίνεται περισσότερο ἔντονος, ἀλλὰ τὸ θερμόμετρο, ὅσο τὸ νερὸ βράζει, δείχνει πάντα σταθερὴ θερμοκρασία 100^0 C.

Κατὰ τὴν διάρκεια τοῦ πειράματος ἡ πίεσι στὴν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ παρατηροῦμε ὅτι δὲν μεταβάλλεται καὶ εἶναι ἴση μὲ τὴν ἀτμοσφαιρική, ποὺ μᾶς δείχνει τὸ βαρόμετρο, δηλαδὴ 760 mm Hg. Ἡ μεταβολὴ τῆς πιέσεως, ὅπως θὰ δοῦμε παρακάτω, ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα τὴν ἀλλαγὴ τῆς θερμοκρασίας, στὴν ὁποία βράζει τὸ νερό.

Ἡ θερμοκρασία τῶν 100^0 C, στὴν ὁποία τὸ νερὸ βράζει, ὀνομάζεται ***θερμοκρασία βρασμοῦ***, ***θερμοκρασία ζέσεως*** ἢ ***σημεῖο ζέσεως τοῦ νεροῦ***.



Σχ. 33·4 β.
Γραφικὴ παράστασι τοῦ βρασμοῦ τοῦ νεροῦ.

Ἀπὸ αὐτὰ προκύπτει ὁ ἀκόλουθος ***Νόμος τοῦ βρασμοῦ***:

Ὑπὸ σταθερὴ πίεσι ἕνα καθαρὸ ὑγρὸ βράζει σὲ ὁρισμένη θερμοκρασία (θερμοκρασία ζέσεως), ἡ ὁποία διατηρεῖται σταθερὴ σὲ ὅλη τὴν διάρκεια τοῦ βρασμοῦ.

Ὁ Πίναξ 33·4·1 δείχνει τὴν θερμοκρασία βρασμοῦ μερικῶν σωμάτων ὑπὸ κανονικὴ πίεσι 760 mm Hg.

Στὸ σχῆμα 33·4β βλέπομε τὴν γραφικὴ παράστασι τοῦ βρασμοῦ τοῦ νεροῦ. Στὸν ὁριζόντιο ἄξονα ΟΧ δίνεται ὁ χρόνος σὲ min καὶ στὸν κατακόρυφο ἄξονα ΟΨ ἡ θερμοκρασία σὲ ^{0}C.

ΠΙΝΑΞ 33·4·1

Θερμοκρασία βρασμοῦ μερικῶν σωμάτων ὑπὸ πίεσι 760 mm Hg

Αἰθὴρ	35^0 C	Θεῖον	445^0 C
Χλωροφόρμιο	61^0 C	Ψευδάργυρος	908^0 C
Οἰνόπνευμα	78^0 C	Μόλυβδος	1750^0 C
Νερὸ	100^0 C	Σίδηρος	2450^0 C
Ὑδράργυρος	357^0 C	Χρυσὸς	2700^0 C

33 · 5 Ἐπίδρασι τῆς πιέσεως στὸν βρασμό.

Ἕνα δοχεῖο μὲ νερὸ ποὺ βράζει τὸ πωματίζομε καὶ τὸ ἀπομακρύνομε ἀπὸ τὴν φλόγα ποὺ τὸ θερμαίνει (σχ. 33 · 5). Φυσικὰ ὁ βρασμὸς τοῦ νεροῦ σταματᾶ.

Ἂν ἐν συνεχείᾳ ἀναστρέψωμε τὸ δοχεῖο καὶ ρίξωμε πάνω ἀπὸ αὐτὸ κρύο νερό, παρατηροῦμε ὅτι τὸ νερὸ ἀρχίζει καὶ πάλι νὰ βράζη, παρ'ὅλο ποὺ ἡ θερμοκρασία του εἶναι τώρα μικροτέρα ἀπὸ τοὺς 100⁰ C.

Σχ. 33·5·
Μὲ τὸ πείραμα τοῦ Φραγκλίνου διαπιστώνομε ὅτι τὸ νερὸ μπορεῖ νὰ βράση σὲ θερμοκρασία μικροτέρα ἀπὸ τοὺς 100^0 C, ὅταν ἡ πίεσι στὴν ἐλευθέρα ἐπιφάνειά του ἐλαττωθῆ (ὅπως ὅταν βράσωμε νερὸ σὲ ἕνα ψηλὸ βουνό, γιατὶ ἐκεῖ ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσι εἶναι μικροτέρα).

Τὸ φαινόμενο αὐτὸ ἐξηγεῖται ὡς ἑξῆς: Μὲ τὸ κρύο νερὸ ποὺ ρίχνομε, ἐκτὸς ἀπὸ τὸ δοχεῖο ψύχεται καὶ ὁ ἀτμὸς ποὺ περιέχεται σ' αὐτό. Ἀποτέλεσμα εἶναι ἕνα μέρος τοῦ ἀτμοῦ νὰ ὑγροποιηθῆ καὶ νὰ ἐλαττωθῆ ἡ πίεσι, ποὺ ἀσκοῦσε ὁ ἀτμὸς πάνω ἀπὸ τὴν ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ τοῦ δοχείου. Ἔτσι ἡ πίεσι ἐκεῖ γίνεται μικροτέρα ἀπὸ τὴν ἀτμοσφαιρική.

Ἀπὸ τὸ πείραμα αὐτό, ποὺ ὀνομάζεται ***πείραμα τοῦ Φραγκλίνου**** προκύπτει τὸ ἑξῆς:

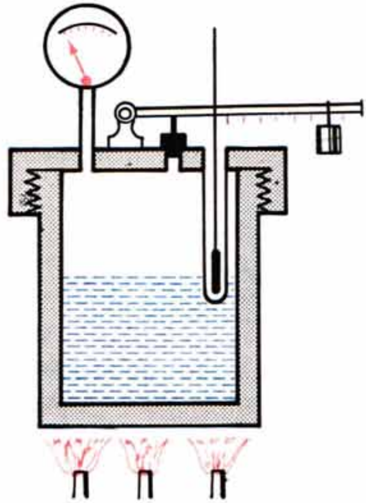
Ὅταν ἐλαττώνεται ἡ ἐξωτερικὴ πίεσι, ποὺ ἀσκεῖται στὴν ἐπιφάνεια ἑνὸς ὑγροῦ, ἐλαττώνεται καὶ ἡ θερμοκρασία (σημεῖο) βρασμοῦ του.

---

* Ὁ Βενιαμὶν Φραγκλῖνος ἦταν Ἀμερικανὸς φιλόσοφος, φυσικὸς καὶ πολιτικὸς (1701-1790).

33 · 6 Ἡ χύτρα πιέσεως Παπέν.

Ἡ χύτρα Παπὲν* μᾶς ἀποδεικνύει ὅτι τὸ νερὸ εἶναι δυνατὸν νὰ θερμανθῆ πολὺ περισσότερο ἀπὸ τοὺς 100^0 C, χωρὶς νὰ βράση. Αὐτὸ συμβαίνει, ὅταν γενικῶς αὐξηθῆ ἡ πίεσι πάνω ἀπὸ τὴν ἐλευθέρα ἐπιφάνειά του. Ἡ χύτρα Παπὲν (σχ. 33 · 6) ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕνα δοχεῖο, τὸ ὁποῖο κλείνει ἀεροστεγῶς καὶ φέρει μανόμετρο γιὰ νὰ μετροῦμε τὴν πίεσι τῶν ἀτμῶν τοῦ νεροῦ, ποὺ ὑπάρχει σ' αὐτή, καὶ θερμόμετρο γιὰ νὰ παρακολουθοῦμε τὴν θερμοκρασία.



Σχ. 33·6.
Μὲ τὴν χύτρα Παπὲν τὸ νερὸ εἶναι δυνατὸν νὰ θερμανθῆ πολὺ περισσότερο ἀπὸ τοὺς 100^0 C, χωρὶς νὰ βράση.

Μὲ τὴν χύτρα Παπὲν συμβαίνει τὸ ἑξῆς: Ὁ ἀτμός, ποὺ δημιουργεῖται στὴν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ, δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ διαφύγη, ὁπότε ἡ πίεσι, ποὺ ἀσκεῖται στὴν ἐλευθέρα ἐπιφάνειά του συνεχῶς αὐξάνει. Ὁ βρασμὸς θὰ ἀρχίση τότε μόνο, ὅταν ἡ ἀσφαλιστικὴ βαλβίς, ποὺ ὑπάρχει στὸ κάλυμμα τῆς χύτρας, ἀνοίξη, ὁπότε ἡ πίεσι, ποὺ ἀσκεῖται στὴν ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ, θὰ ἐλαττωθῆ. Ἑπομένως μὲ τὴν χύτρα Παπὲν διαπιστώνομε τὸ ἑξῆς:

Ὅσο αὐξάνεται ἡ ἐξωτερικὴ πίεσι, ποὺ ἀσκεῖται στὴν ἐλευθέρα ἐπιφάνεια ἑνὸς ὑγροῦ, τόσο αὐξάνει καὶ ἡ θερμοκρασία βρασμοῦ του.

Στὸν λέβητα τῆς ἀτμομηχανῆς π.χ. τὸ νερὸ ἔχει θερμοκρασία 250^0 C, ἐνῶ ἡ πίεσι μέσα σ' αὐτὸν εἶναι 40 ἀτμόσφαιρες.

Πιστὴ ἐφαρμογὴ τῆς χύτρας τοῦ Παπὲν ἔχομε σήμερα στὴν γνωστή μας χύτρα ταχύτητος.

---

* Ἀπὸ τὸ ὄνομα τοῦ Γάλλου φυσικοῦ καὶ ἐφευρέτη **Papin** (1647-1714), ποὺ τὴν ἐπενόησε τὸ 1679.

Γενικῶς ἡ θερμοκρασία βρασμοῦ ἑνὸς ὑγροῦ μεταβάλλεται, ὅταν μεταβάλλεται καὶ ἡ ἐξωτερικὴ πίεσι, ποὺ ἀσκεῖται σ' αὐτό.

33 · 7 Θερμότης ἐξαερώσεως.

Εἴδαμε ὅτι κατὰ τὴν διάρκεια τοῦ βρασμοῦ ἑνὸς ὑγροῦ καὶ ἂν ἀκόμη τοῦ προσφέρωμε θερμότητα, ἡ θερμοκρασία του παραμένει σταθερὴ (ἐφ' ὅσον βεβαίως καὶ ἡ ἐξωτερικὴ πίεσι διατηρεῖται σταθερή). Συμβαίνουν δηλαδὴ καὶ ἐδῶ ἀνάλογα φαινόμενα μὲ αὐτά, ποὺ συμβαίνουν κατὰ τὴν τῆξι τῶν σωμάτων.

Ἡ θερμικὴ λοιπὸν ἐνέργεια, τὴν ὁποία προσφέρομε σὲ ἕνα ὑγρό, ποὺ εὑρίσκεται στὴν θερμοκρασία βρασμοῦ, ἀπορροφεῖται ἀπὸ τὸ σῶμα γιὰ νὰ μετατραπῆ ἀπὸ τὴν ὑγρὴ στὴν ἀέριο κατάστασι καὶ ὄχι γιὰ νὰ θερμανθῆ.

Ἑπομένως κάθε ὑγρὸ σῶμα χαρακτηρίζεται ἀπὸ ἕνα φυσικὸ μέγεθος, τὸ ὁποῖο ὀνομάζεται ***θερμότης ἐξαερώσεως*** καὶ ὁρίζεται ὡς ἑξῆς:

Θερμότης ἐξαερώσεως ἑνὸς ὑγροῦ, ποὺ εὑρίσκεται στὴν θερμοκρασία βρασμοῦ, ὀνομάζεται τὸ ποσὸν θερμότητος, τὸ ὁποῖο πρέπει νὰ ἀπορροφήση ἕνα γραμμάριο, 1 g, τῆς μάζας του, γιὰ νὰ μεταβληθῆ σὲ ἕνα γραμμάριο ἀτμοῦ τῆς ἰδίας θερμοκρασίας.

Ἡ ὑγροποίησι, δηλαδὴ ἡ μετάβασι ἑνὸς σώματος ἀπὸ τὴν ἀέριο κατάστασι στὴν ὑγρή, εἶναι φαινόμενο ἀντίστροφο ἀπὸ τὴν ἐξαέρωσι. Ἑπομένως, γιὰ νὰ ὑγροποιηθῆ ὁ ἀτμὸς ἑνὸς ὑγροῦ, ὅταν αὐτὸς εὑρίσκεται στὴν θερμοκρασία ζέσεως, πρέπει νὰ ἀποβληθῆ ἕνα ποσὸν θερμότητος ἴσο μὲ τὴν θερμότητα ἐξαερώσεως τοῦ ὑγροῦ.

Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω προκύπτει ὅτι γιὰ νὰ ὑπολογίσωμε τὸ ποσὸν θερμότητος Q, τὸ ὁποῖο ἀπαιτεῖται γιὰ νὰ ἐξαερωθῆ ἕνα σῶμα, ποὺ εὑρίσκεται στὴν θερμοκρασία βρασμοῦ, πρέπει νὰ πολλαπλασιάσωμε τὴν μάζα τοῦ σώματος m ἐπὶ τὴν θερμότητα ἐξαερώσεώς του L δηλαδή:

$$Q = L \cdot m.$$

Ἀπὸ τὸ τύπο αὐτὸ προκύπτει ὅτι:

$$L = \frac{Q}{m}$$

καὶ ἑπομένως ἡ θερμότης ἐξαερώσεως μετρεῖται σὲ cal/g.

Ὁ Πίναξ 33 · 7 · 1 δείχνει τὴν θερμότητα ἐξαερώσεως μερικῶν ὑγρῶν.

Π Ι Ν Α Ξ 33 · 7 · 1

Θερμότης ἐξαερώσεως μερικῶν ὑγρῶν (σὲ cal/g)

Νερὸ	341	Βενζίνη	94
Ἀμμωνία	539	Αἰθὴρ	88
Οἰνόπνευμα	250	Ὑδράργυρος	65
Διοξείδιο τοῦ θείου	95		

Τὸ νερὸ παρουσιάζει τὴν μεγαλυτέρα θερμότητα ἐξαερώσεως ἀπὸ ὅλα τὰ ὑγρὰ καὶ εἶναι $L_v = 539$ cal/g.

Παράδειγμα.

Νὰ ὑπολογισθῆ τὸ ποσὸν θερμότητος, ποὺ ἀπαιτεῖται γιὰ νὰ μετατραπῆ νερὸ μάζης $m_v = 100$ g καὶ θερμοκρασίας $\theta_1 = 60^0$ C σὲ ἀτμὸ θερμοκρασίας $\theta_2 = 100^0$ C, ὅταν ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσι εἶναι 760 mm Hg.

Λύσι :

Ἀφοῦ τὸ νερὸ μὲ κανονικὴ πίεσι 760 mm Hg βράζει στοὺς 100^0 C, πρέπει νὰ ὑπολογίσωμε πρῶτα τὸ ποσὸν θερμότητος Q, ποὺ ἀπαιτεῖται, γιὰ νὰ θερμανθῆ νερὸ μάζης $m_v = 100$ g ἀπὸ τὴν θερμοκρασία $\theta_1 = 60^0$ C στὴν θερμοκρασία βρασμοῦ $\theta_2 = 100^0$ C, δηλαδὴ κατὰ $\Delta\theta = 100^0\,C - 60^0\,C = 40$ grad.

Γιὰ νὰ τὸ ὑπολογίσωμε χρησιμοποιοῦμε τὸν τύπο $Q = m \cdot \Delta\theta \cdot c$ καὶ ἔχομε:

$$Q_1 = m_v \cdot \Delta\theta \cdot c_v = 100\ \text{g} \times 40\ \text{grad} \times 1 \frac{\text{cal}}{\text{g} \times \text{grad}} = 4000\ \text{cal}.$$

Κατόπιν ὑπολογίζομε τὸ ποσὸν θερμότητος Q_2, ποὺ ἀπαιτεῖται γιὰ νὰ ἐξαερωθῆ τὸ νερὸ μάζης $m_v = 100$ g (ποὺ εὑρίσκεται στὴν θερμοκρασία βρασμοῦ 100^0 C) καὶ νὰ μετατραπῆ σὲ ἀτμὸ θερμοκρασίας 100^0 C.

Χρησιμοποιοῦμε τὸν τύπο $Q = L \cdot m$ καὶ ἔχομε:

$$Q_2 = L_v \cdot m_v = \frac{539\ \text{cal}}{\text{g}} \times 100\ \text{g} = 53\,900\ \text{cal}.$$

Τὸ ὁλικὸ ποσὸν θερμότητος Q, ποὺ ἀπαιτεῖται γιὰ νὰ μετατραποῦν τὰ 100 γραμμάρια νεροῦ 60^0 C σὲ ἀτμὸ 100^0 C, θὰ ἰσοῦται μὲ τὸ ἄθροισμα $Q = Q_1 + Q_2$ ἢ $Q = 4000\ \text{cal} + 53\,900\ \text{cal}$ ἢ $Q = 57\,900$ cal.

33 · 8 Ἐξάχνωσι.

Ὅπως εἴδαμε, τὰ περισσότερα στερεὰ σώματα, ὅταν θερμαίνωνται, λειώνουν καὶ ἂν συνεχίσωμε νὰ τὰ θερμαίνωμε ἐξαερώνονται.

Ὑπάρχουν ὅμως σώματα, ὅπως εἶναι τὸ στερεὸ ἰώδιο καὶ ἡ ναφθαλίνη, τὰ ὁποῖα ἔχουν τὴν ἰδιότητα νὰ μετατρέπωνται ἀπ' εὐθείας ἀπὸ στερεὰ σὲ ἀέρια, χωρὶς νὰ μεσολαβήση ὑγρὴ κατάστασι.

Τὸ φαινόμενο αὐτὸ λέγεται *ἐξάχνωσι*.

Ἐξάχνωσι ὀνομάζεται ἡ ἀπ' εὐθείας μετατροπὴ στερεοῦ σώματος σὲ ἀέριο, χωρὶς νὰ μεσολαβήση ὑγρὴ κατάστασι.

Στὸ σχεδιάγραμμα τοῦ σχήματος 33 · 8 φαίνονται παραστατικὰ οἱ μετατροπὲς τῆς καταστάσεως τῶν σωμάτων.

Σχ. 33·8.

33 · 9 Ἀνακεφαλαίωσι.

1. Ἡ μετάβασι ἑνὸς σώματος ἀπὸ τὴν ὑγρὴ στὴν ἀέριο κατάστασι ὀνομάζεται ἐξαέρωσι.

2. Ἐξάτμισι ὀνομάζεται ἡ βραδεία ἐξαέρωσι ἑνὸς ὑγροῦ, ἡ ὁποία συμβαίνει σὲ ὁποιαδήποτε θερμοκρασία, μόνο ὅμως ἀπὸ τὴν ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ.

3. Ἡ ταχύτης ἐξατμίσεως υ ἑνὸς ὑγροῦ ἰσοῦται μὲ τὸ πηλίκον τῆς διαιρέσεως τῆς μάζας τοῦ ὑγροῦ ποὺ ἐξατμίζεται σὲ ὁρισμένο χρόνο t, διὰ τοῦ χρόνου αὐτοῦ, δηλαδὴ $υ = \frac{m}{t}$ ·

4. Κατὰ τὴν ἐξάτμισι ἑνὸς ὑγροῦ δημιουργεῖται ψῦχος, γιατὶ τὸ ὑγρὸ ἀπορροφεῖ θερμότητα ἀπὸ τὰ σώματα, μὲ τὰ ὁποῖα ἔρχεται σὲ ἐπαφή.

5. Βρασμὸς ὀνομάζεται ἡ ταχεία ἐξαέρωσι ἑνὸς ὑγροῦ ὑπὸ μορφὴ φυσαλλίδων, οἱ ὁποῖες σχηματίζονται σὲ ὅλη τὴν μάζα τοῦ ὑγροῦ.

6. Ὑπὸ σταθερὴ πίεσι τὰ ὑγρὰ βράζουν πάντοτε σὲ ὁρισμένη θερμοκρασία, ποὺ διατηρεῖται σταθερὴ καθ' ὅλη τὴν διάρκεια τοῦ βρασμοῦ.

7. Ἡ θερμοκρασία, στὴν ὁποία βράζει ἕνα ὑγρό, ὀνομάζεται θερμοκρασία ζέσεως (βρασμοῦ) ἢ σημεῖο ζέσεως τοῦ ὑγροῦ.

8. Ἡ θερμοκρασία βρασμοῦ ἑνὸς ὑγροῦ μεταβάλλεται, ὅταν μεταβάλλεται ἡ ἐξωτερικὴ πίεσι, ποὺ ἀσκεῖται σ' αὐτό.

9. Θερμότης ἐξαερώσεως ἑνὸς ὑγροῦ, ποὺ εὑρίσκεται στὴν θερμοκρασία βρασμοῦ, ὀνομάζεται τὸ ποσὸν θερμότητος, τὸ ὁποῖο ἀπορροφεῖ ἕνα γραμμάριο μάζας τοῦ ὑγροῦ, γιὰ νὰ ἐξαερωθῆ.

10. Ἡ ἀπ' εὐθείας μετατροπὴ στερεοῦ σώματος σὲ ἀέριο, ὀνομάζεται ἐξάχνωσι.

33 · 10 Ἐρωτήσεις.

1. Τί ὀνομάζεται ἐξαέρωσι ὑγροῦ;
2. Τί εἶναι ἐξάτμισι καὶ τί ταχύτης ἐξατμίσεως; Ποιὰ ὑγρὰ λέγονται πτητικά;
3. Γιατί κρυολογοῦμε ὅταν καθίσωμε ἱδρωμένοι σὲ ρεῦμα ἀέρος;
4. Τί εἶναι ὁ βρασμός;
5. Τί ὀνομάζεται θερμοκρασία βρασμοῦ ἢ σημεῖο βρασμοῦ ἑνὸς ὑγροῦ καὶ ἀπὸ τί ἐξαρτᾶται;
6. Περιγράψετε τὸ πείραμα τοῦ Φραγκλίνου. Τί προκύπτει ἀπὸ αὐτό;
7. Γιατί μὲ τὴν χύτρα Παπὲν τὸ νερὸ εἶναι δυνατὸν νὰ θερμανθῆ περισσότερο ἀπὸ τοὺς 100^0 C, χωρὶς νὰ βράση;
8. Τί ὀνομάζεται θερμότης ἐξαερώσεως;
9. Τί ὀνομάζεται ἐξάχνωσι;
10. Ποῦ βράζει εὐκολώτερα τὸ νερό; Στὸ ὕψος τῆς ἐπιφανείας τῆς θαλάσσης, ἢ στὴν κορυφὴ ἑνὸς βουνοῦ;

33 · 11 Ἀσκήσεις.

1. Τί ποσότης θερμότητος ἀπαιτεῖται, γιὰ νὰ λειώση πάγος μάζας $m_\pi = 2{,}4$ kg καὶ θερμοκρασίας 0^0 C;
2. Πόση ποσότητα θερμότητος πρέπει νὰ προσλάβη πάγος μάζας $m_\pi = 0{,}8$ kg καὶ θερμοκρασίας 0^0 C, γιὰ νὰ μετατραπῆ σὲ νερὸ θερμοκρασίας 80^0 C;
3. Σὲ μάζα νεροῦ $m_\nu = 500$ g καὶ θερμοκρασίας $\theta_\nu = 40^0$ C ρίχνομε ἕνα κομμάτι πάγου μὲ ἄγνωστη μάζα, θερμοκρασίας 0^0 C. Μετὰ τὴν τῆξι τοῦ πάγου ἡ τελικὴ θερμοκρασία εἶναι 10^0 C. Νὰ εὑρεθῆ πόση ἦταν ἡ μάζα τοῦ πάγου.
4. Τί ποσότης θερμότητος ἀπαιτεῖται γιὰ νὰ ἐξαερωθῆ νερὸ μάζας $m_\nu = 2$ kg καὶ θερμοκρασίας 80^0 C;
5. Νὰ εὑρεθῆ ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, ποὺ θὰ ἀποδώση ὑδρατμὸς μάζας $m_{\upsilon\delta} = 1{,}5$ kg καὶ θερμοκρασίας 100^0 C, ὅταν μεταβληθῆ σὲ νερὸ 40^0 C.
6. Τί ποσότης θερμότητος ἀπαιτεῖται, γιὰ νὰ μετατραπῆ πάγος μάζας $m_\pi = 1$ kg καὶ θερμοκρασίας 0^0 C σὲ ἀτμὸ θερμοκρασίας 100^0 C;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 34

ΔΙΑΔΟΣΙ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΟΣ

Ἐμάθαμε προηγουμένως ὅτι ἡ θερμότης εἶναι μία μορφὴ ἐνεργείας, ἡ ὁποία μεταδίδεται ἀπὸ τὰ θερμότερα σώματα στὰ ψυχρότερα.

Γνωρίζομε ἐκ πείρας ὅτι ἡ Γῆ δέχεται τεράστιες ποσότητες θερμότητος ἀπὸ τὸν Ἥλιο ἢ ὅτι μία θερμάστρα θερμαίνει ὅλα τὰ σώματα, ποὺ εὑρίσκονται σὲ ἕνα δωμάτιο. Ἐπίσης ὅταν μία μεταλλικὴ ράβδος θερμαίνεται στὸ ἕνα της ἄκρο, ἡ θερμότης διαδίδεται μετὰ ἀπὸ λίγο καὶ στὸ ἄλλο ἄκρο τῆς ράβδου.

Στὰ ἀνωτέρω παραδείγματα ἔχομε ἕνα θερμὸ σῶμα, τὸ ὁποῖο θερμαίνει ἄλλο ἢ ἄλλα σώματα. Τὸ φαινόμενο αὐτό, ποὺ ὀνομάζεται διάδοσι τῆς θερμότητος, γίνεται μὲ τρεῖς τρόπους: ***Δι' ἀγωγῆς*, *διὰ μεταφορᾶς*** καὶ ***δι' ἀκτινοβολίας***.

34 · 1 Διάδοσι τῆς θερμότητος δι' ἀγωγῆς.

Λαμβάνομε μεταλλικὴ ράβδο καὶ τὸ ἕνα της ἄκρο τὸ πλησιάζομε σὲ φλόγα κεριοῦ, ἐνῶ τὸ ἄλλο τὸ κρατοῦμε μὲ τὸ χέρι μας.

Παρατηροῦμε σὲ λίγο ὅτι ἀρχίζει νὰ θερμαίνεται καὶ τὸ ἄλλο ἄκρο τῆς ράβδου. Στὴν περίπτωσι αὐτὴ ἡ θερμότης διαδίδεται ἀπὸ τὸ ἕνα ἄκρο τῆς ράβδου στὸ ἄλλο μέσω τοῦ σώματος τῆς ράβδου.

Ἡ διάδοσι αὐτὴ τῆς θερμότητος διὰ μέσου τῆς ράβδου γίνεται ἀπὸ τὸ ἕνα μόριό της στὸ ἄλλο, χωρὶς αὐτὰ νὰ μετακινοῦνται καὶ ἔτσι ὅλα τὰ τμήματα τῆς ράβδου, τὸ ἕνα μετὰ τὸ ἄλλο, θερμαίνονται. Αὐτὸς ὁ τρόπος διαδόσεως τῆς θερμότητος λέγεται ***διάδοσι δι' ἀγωγῆς***.

Κατὰ τὴν διάδοσι τῆς θερμότητος δι' ἀγωγῆς ἡ θερμότης διαδίδεται μέσω τῶν μορίων τοῦ σώματος ἀπὸ ἕνα θερμό του τμῆμα στὸ ἀμέσως ἑπόμενο, ποὺ εἶναι ψυχρότερο, χωρὶς νὰ ἔχωμε μετακίνησι τῶν μορίων ἢ γενικώτερα χωρὶς νὰ μετακινῆται ἡ ὕλη.

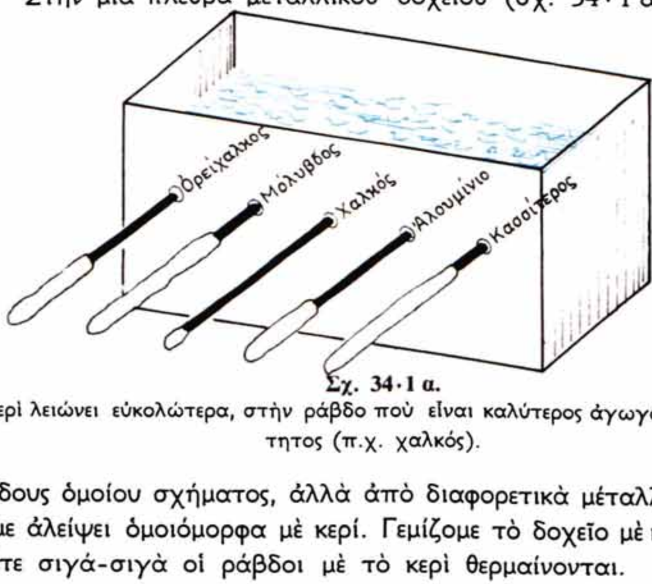
Ἡ διάδοσι τῆς θερμότητος δι' ἀγωγῆς εἶναι ὁ κύριος τρόπος διαδόσεώς της διὰ μέσου τῶν στερεῶν σωμάτων. Στὰ ὑγρὰ καὶ στὰ ἀέρια συνηθέστεροι εἶναι οἱ δύο ἄλλοι τρόποι διαδόσεως τῆς θερμότητος, δηλαδὴ διὰ μεταφορᾶς καὶ δι' ἀκτινοβολίας.

Γενικῶς, ἡ διάδοσι τῆς θερμότητος δὲν γίνεται μὲ τὴν ἴδια πάντοτε εὐκολία σὲ ὅλα τὰ σώματα.

Ἄλλα μὲν σώματα ἐπιτρέπουν εὐκόλως τὴν μέσω αὐτῶν διάδοσι τῆς θερμότητος καὶ γι' αὐτὸ ὀνομάζονται ***καλοὶ ἀγωγοὶ τῆς θερμότητος*** ἢ ***σώματα εὐθερμαγωγά***, ἄλλα ὅμως σώματα δὲν ἐπιτρέπουν εὐκόλως τὴν μέσω τοῦ σώματός τους διάδοσι τῆς θερμότητος καὶ ὀνομάζονται ***κακοὶ ἀγωγοὶ τῆς θερμότητος*** ἢ ***σώματα δυσθερμαγωγά***.

Μποροῦμε νὰ διαπιστώσωμε ὅτι μερικὰ σώματα εἶναι καλύτεροι ἀγωγοὶ τῆς θερμότητος ἀπὸ ἄλλα, μὲ τὴν ἐκτέλεσι τοῦ ἑξῆς πειράματος:

Στὴν μία πλευρὰ μεταλλικοῦ δοχείου (σχ. 34·1 α) βιδώνομε



Σχ. 34·1 α.
Τὸ κερὶ λειώνει εὐκολώτερα, στὴν ράβδο ποὺ εἶναι καλύτερος ἀγωγὸς τῆς θερμότητος (π.χ. χαλκός).

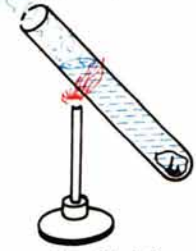
ράβδους ὁμοίου σχήματος, ἀλλὰ ἀπὸ διαφορετικὰ μέταλλα, ποὺ τὶς ἔχομε ἀλείψει ὁμοιόμορφα μὲ κερί. Γεμίζομε τὸ δοχεῖο μὲ καυτὸ νερό, ὁπότε σιγά-σιγὰ οἱ ράβδοι μὲ τὸ κερὶ θερμαίνονται.

Ἀπὸ τὴν εὐκολία ποὺ θὰ λειώση τὸ κερὶ σὲ κάθε ράβδο, διαπιστώνομε πόσο καλοὶ ἢ κακοὶ ἀγωγοὶ εἶναι τὰ μέταλλα, ἀπὸ τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦνται οἱ ράβδοι.

Γενικῶς τὰ μέταλλα εἶναι καλοὶ ἀγωγοὶ τῆς θερμότητος. Σχεδὸν ὅλα τὰ ἄλλα στερεὰ καὶ ὑγρὰ σώματα εἶναι κακοὶ ἀγωγοὶ τῆς θερμότητος.

Τὸ νερὸ π.χ. εἶναι κακὸς ἀγωγὸς τῆς θερμότητος.

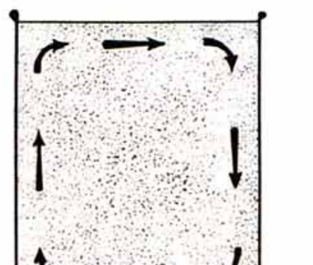
Αὐτὸ φαίνεται, ἂν σὲ ἕνα γυάλινο σωλῆνα μὲ νερὸ (σχ. 34 · 1 β) ρίξωμε ἕνα κομμάτι πάγου τυλιγμένο μὲ σύρμα, γιὰ νὰ βαρύνη καὶ νὰ βυθισθῆ. Ἂν κατόπιν θερμάνωμε τὸ ἐπάνω μέρος τοῦ σωλῆνος, παρατηροῦμε ὅτι τὸ νερὸ εἶναι δυνατὸν ἀκόμη καὶ νὰ βράση στὸ σημεῖο αὐτὸ τοῦ σωλῆνος, ἐνῶ στὸ κατώτερο νὰ ὑπάρχη ἀκόμη πάγος. Κατὰ συνέπεια, μέσω τοῦ νεροῦ δὲν διαδίδεται εὔκολα ἡ θερμότης.



Σχ. 34·1 β.
Τὸ νερὸ εἶναι κακὸς ἀγωγὸς τῆς θερμότητος.

34 · 2 Διάδοσι τῆς θερμότητος διὰ μεταφορᾶς.

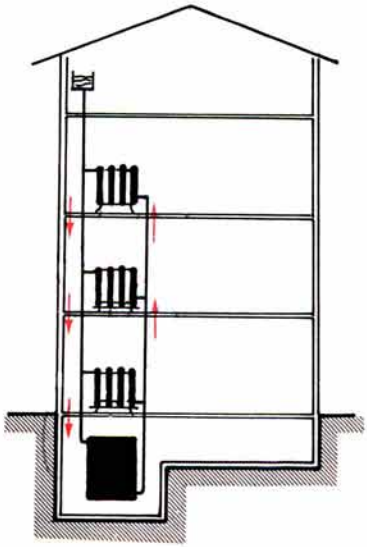
Λαμβάνομε δοχεῖο μὲ νερό, μέσα στὸ ὁποῖο ρίχνομε λίγο πριονίδι καὶ κατόπιν θερμαίνομε τὸ δοχεῖο (σχ. 34 · 2 α). Παρατηροῦμε ὅτι, ὅταν τὸ νερὸ ἀρχίση νὰ θερμαίνεται, δημιουργοῦνται σ' αὐτὸ ρεύματα, τὰ ὁποῖα κινοῦνται, ὅπως μᾶς δείχνουν τὰ βέλη. Τὰ ρεύματα αὐτὰ δημιουργοῦνται γιὰ τὸν ἑξῆς λόγο: Τὸ νερό, ποὺ εὑρίσκεται κοντὰ στὴν πηγὴ θερμότητος, θερμαίνεται καὶ διαστέλλεται. Ἔτσι ὅμως γίνεται ἐλαφρότερο καὶ κινεῖται πρὸς τὴν ἐπιφάνεια, ἐνῶ τὴν θέσι του καταλαμβάνει ἄλλη ποσότης νεροῦ ψυχροτέρα, ποὺ καὶ αὐτή, μόλις θερμανθῆ, ἀνεβαίνει. Κατ' αὐτὸ τὸν τρόπο κυκλοφορεῖ ὅλο τὸ νερὸ μέσα στὸ δοχεῖο (πρᾶγμα ποὺ φαίνεται ἀπὸ τὴν κίνησι τῶν πριονιδιῶν) καὶ μεταφέρει τὴν θερμότητα σὲ ὅλα τὰ σημεῖα τοῦ ὑγροῦ.



Σχ. 34·2 α.
Διάδοσι τῆς θερμότητος διὰ μεταφορᾶς.

Στὸ πείραμα αὐτὸ παρατηροῦμε ὅτι ἡ διάδοσι τῆς θερμότητος ἀπὸ τὴν μία περιοχὴ τοῦ ὑγροῦ στὴν ἄλλη συνοδεύεται ἀπὸ μετακίνησι τῆς μάζας τοῦ ὑγροῦ. Γι' αὐτὸ ὁ τρόπος αὐτὸς διαδόσεως τῆς θερμότητος λέγεται ***διάδοσι τῆς θερμότητος διὰ μεταφορᾶς***.

Εἶναι εὔκολο νὰ ἀντιληφθοῦμε ὅτι ὁ τρόπος αὐτὸς διαδόσεως

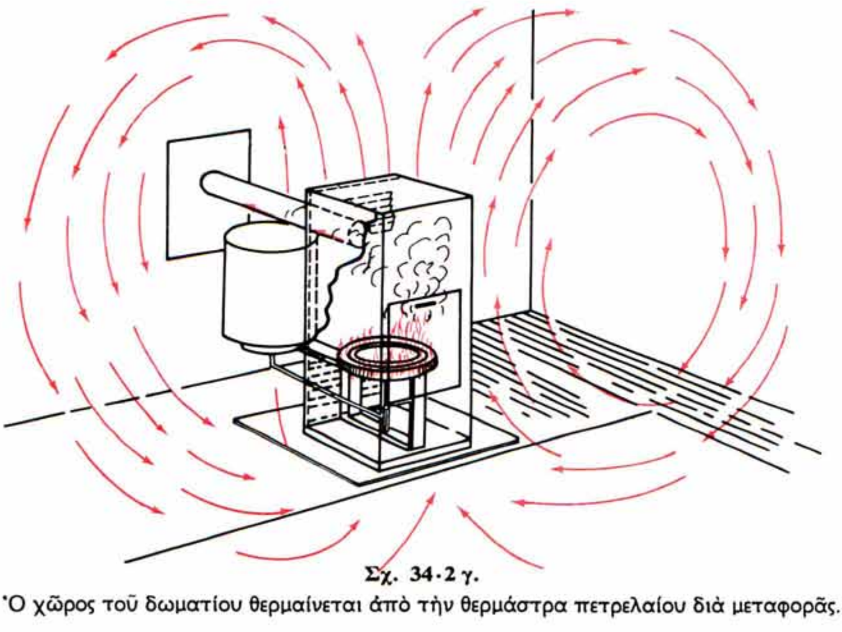


Σχ. 34·2 β.
Σύστημα κεντρικῆς θερμάνσεως.

τῆς θερμότητος δὲν ἔχει ἐφαρμογὴ στὰ στερεά, ἀλλὰ μόνο στὰ ρευστά, δηλαδὴ τὰ ὑγρὰ καὶ τὰ ἀέρια, στὰ ὁποῖα εἶναι εὔκολη ἡ μετακίνησι τῆς ὕλης.

Ἡ διάδοσι τῆς θερμότητος διὰ μεταφορᾶς ὀφείλεται στὰ ρεύματα, ποὺ κυκλοφοροῦν στὰ ρευστά.

Ἐφαρμογὴ τῆς διαδόσεως τῆς θερμότητος διὰ μεταφορᾶς ἔχομε στὸ σύστημα κεντρικῆς θερμάνσεως τῶν κτηρίων (καλοριφέρ). Τὸ νερό, ποὺ θερμαίνεται στὸν λέβητα, δημιουργεῖ θερμὸ ρεῦμα, τὸ ὁποῖο ἀνεβαίνει καὶ κυκλοφορεῖ στὰ θερμαντικὰ σώματα (σχ.



Σχ. 34·2 γ.
Ὁ χῶρος τοῦ δωματίου θερμαίνεται ἀπὸ τὴν θερμάστρα πετρελαίου διὰ μεταφορᾶς.

34 · 2 β), ὅπου ψύχεται καὶ κατόπιν κατεβαίνει σὰν ψυχρὸ ρεῦμα.

Ἐπίσης στὸ σχῆμα 34 · 2 γ φαίνεται παραστατικά, πῶς θερμαίνεται μὲ τὴν δημιουργία ρευμάτων (διὰ μεταφορᾶς) ὁ χῶρος ἑνὸς δωματίου ἀπὸ μία θερμάστρα πετρελαίου.

Συνήθως, γιὰ τὴν αὔξησι τῆς ταχύτητος μεταφορᾶς θερμοῦ ὑγροῦ ἢ ἀερίου, χρησιμοποιοῦμε στὰ μὲν καλοριφὲρ μικρὴ περιστροφικὴ ἀντλία, στὶς δὲ θερμάστρες (ἀερόθερμα) ἀνεμιστῆρα.

Οἱ ἄνεμοι καὶ τὰ θαλάσσια ρεύματα μεταφέρουν ἀνὰ τὴν ἐπιφάνεια τῆς Γῆς μεγάλες ποσότητες θερμότητος.

34 · 3 Διάδοσι τῆς θερμότητος δι' ἀκτινοβολίας.

Στὶς δύο προηγούμενες περιπτώσεις διαδόσεως τῆς θερμότητος, εἴδαμε ὅτι ἡ ὕλη εἶναι ἀπαραίτητη γιὰ τὴν διάδοσι τῆς θερμότητος στὰ διάφορα σώματα.

Σχ. 34·3.
Ἡ φωτιὰ ἐκπέμπει θερμικὴ ἀκτινοβολία, ἡ ὁποία μᾶς θερμαίνει.

Ὑπάρχει ὅμως καὶ τρίτος τρόπος διαδόσεως τῆς θερμότητος, χωρὶς νὰ ἀπαιτῇ τὴν ὕπαρξι ὕλης. Στὴν περίπτωσι αὐτὴ ἡ θερμότης ἀκτινοβολεῖται ἀπὸ ὁρισμένα σώματα καὶ διαδίδεται μέσω τοῦ κενοῦ ὑπὸ μορφὴ ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων, ὅπως συμβαίνει μὲ τὸ φῶς καὶ τὰ ραδιοφωνικὰ κύματα.

Ἡ θερμότης αὐτή, ποὺ ἐκπέμπεται ἀπὸ ἕνα θερμὸ σῶμα, λέγεται ***θερμικὴ ἀκτινοβολία***.

Ἡ θερμότης π.χ., ποὺ δέχεται τὸ σῶμα μας, ὅταν πλησιάζωμε σὲ μία θερμὴ πηγὴ (σχ. 34 · 3), ὀφείλεται στὴν θερμικὴ ἀκτινοβολία, ποὺ ἐκπέμπεται ἀπὸ αὐτή, χωρὶς νὰ εἶναι ἀπαραίτητη ἡ ὕπαρξι ὕλης μεταξὺ τοῦ σώματός μας καὶ τῆς θερμῆς πηγῆς.

Ἐπίσης ὁ Ἥλιος θερμαίνει τὴν Γῆ καὶ τὰ ἄλλα οὐράνια σώματα τοῦ ἡλιακοῦ μας συστήματος μὲ ἀκτινοβολία θερμικῆς ἐνεργείας, ἡ ὁποία διαδίδεται μέσω τοῦ κενοῦ καὶ μάλιστα μὲ τὴν ταχύτητα τοῦ φωτός.

Ἡ θερμότης διαδίδεται δι' ἀκτινοβολίας ὑπὸ μορφὴ ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων χωρὶς τὴν μεσολάβησι ὕλης.

34 · 4 Ἀπορρόφησι τῆς θερμικῆς ἀκτινοβολίας.

Ἡ θερμότης, ποὺ ἀκτινοβολοῦν τὰ θερμὰ σώματα, δὲν ἀπορροφεῖται μὲ τὸν ἴδιο βαθμὸ ἀπὸ ὅλα τὰ σώματα. Οἱ λεῖες π.χ. ἐπιφάνειες ἀνακλοῦν τὴν θερμικὴ ἀκτινοβολία, ἐνῶ οἱ ἀνώμαλες ἐπιφάνειες τὴν ἀπορροφοῦν περισσότερο.

Τὰ σκοῦρα ἐπίσης χρώματα καὶ κυρίως τὸ μαῦρο ἀπορροφοῦν περισσότερο τὴν θερμικὴ ἀκτινοβολία ἀπὸ τὰ ἀνοικτὰ χρώματα. Γι' αὐτὸ καὶ τὸ καλοκαίρι, ἂν φορέσωμε σκοῦρα ἐνδύματα, ζεσταινόμαστε πολύ. Ἐξ ἄλλου ἕνα θερμὸ μαῦρο σῶμα ψύχεται εὐκολώτερα ἀπὸ ἕνα λευκό. Γενικῶς οἱ μαῦρες θαμπὲς ἐπιφάνειες θερμαίνονται καὶ ψύχονται εὐκολώτερα ἀπὸ τὶς στιλπνὲς καὶ λευκές.

Γενικῶς πρέπει νὰ ἔχωμε ὑπ' ὄψι μας ὅτι ἡ διάδοσι τῆς θερμότητος δὲν γίνεται ἀποκλειστικὰ μὲ ἕνα ἀπὸ τοὺς τρεῖς τρόπους ποὺ ἐμάθαμε, ἀλλὰ σχεδὸν πάντοτε μὲ συνδυασμὸ τῶν τριῶν τρόπων, κατὰ τὸν ὁποῖο ὅμως πάντοτε ὑπερισχύει ἕνας ἀπὸ αὐτούς, δηλαδὴ ἢ ὁ δι' ἀγωγῆς, ἢ ὁ διὰ μεταφορᾶς ἢ ὁ δι' ἀκτινοβολίας.

34 · 5 Ἀνακεφαλαίωσι.

1. Κατὰ τὴν διάδοσι τῆς θερμότητος δι' ἀγωγῆς ἡ θερμότης διαδίδεται μέσω τῶν μορίων ἀπὸ τὰ θερμότερα τμήματα τοῦ σώματος στὰ ψυχρότερα, χωρὶς νὰ γίνεται μεταφορὰ τῆς ὕλης τοῦ σώματος.

2. Καλοὶ ἀγωγοὶ τῆς θερμότητος ὀνομάζονται τὰ σώματα, ποὺ ἐπιτρέπουν εὐκόλως τὴν μέσω αὐτῶν διάδοσι τῆς θερμότητος, ὅπως εἶναι τὰ μέταλλα.

3. Κακοὶ ἀγωγοὶ τῆς θερμότητος ὀνομάζονται τὰ σώματα, ποὺ δὲν ἐπιτρέπουν εὐκόλως τὴν μέσω αὐτῶν διάδοσι τῆς θερμότητος, ὅπως εἶναι ὅλα τὰ ἄλλα σώματα ἐκτὸς ἀπὸ τὰ μέταλλα.

4. Κατὰ τὴν διάδοσι τῆς θερμότητος διὰ μεταφορᾶς ἡ θερμότης μεταφέρεται διὰ μετακινήσεως θερμῶν μαζῶν.

5. Κατὰ τὴν διάδοσι τῆς θερμότητος δι' ἀκτινοβολίας, ἡ θερμότης διαδίδεται διὰ τοῦ κενοῦ ὑπὸ μορφὴ ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.

34 · 6 Ἐρωτήσεις.

1. Τί ὀνομάζεται διάδοσι τῆς θερμότητος δι' ἀγωγῆς;
2. Ποιά σώματα ὀνομάζονται καλοὶ καὶ ποιά κακοὶ ἀγωγοὶ τῆς θερμότητος;
3. Πῶς γίνεται ἡ διάδοσι τῆς θερμότητος διὰ μεταφορᾶς;
4. Πῶς γίνεται ἡ διάδοσι τῆς θερμότητος δι' ἀκτινοβολίας;
5. Ποιά σώματα ἀπορροφοῦν περισσότερο τὴν θερμικὴ ἀκτινοβολία;
6. Γιατί τὸ καλοκαίρι τὰ ἀνοικτόχρωμα ἐνδύματα εἶναι περισσότερο δροσερά;

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟΝ

(Οἱ ἀριθμοὶ ἀναφέρονται σὲ σελίδες τοῦ βιβλίου)

ΕΚΤΥΠΩΣΙΣ - ΒΙΒΛΙΟΔΕΣΙΑ: ΓΡΑΦΙΚΑΙ ΤΕΧΝΑΙ "ΑΣΠΙΩΤΗ - ΕΛΚΑ" Α. Ε.