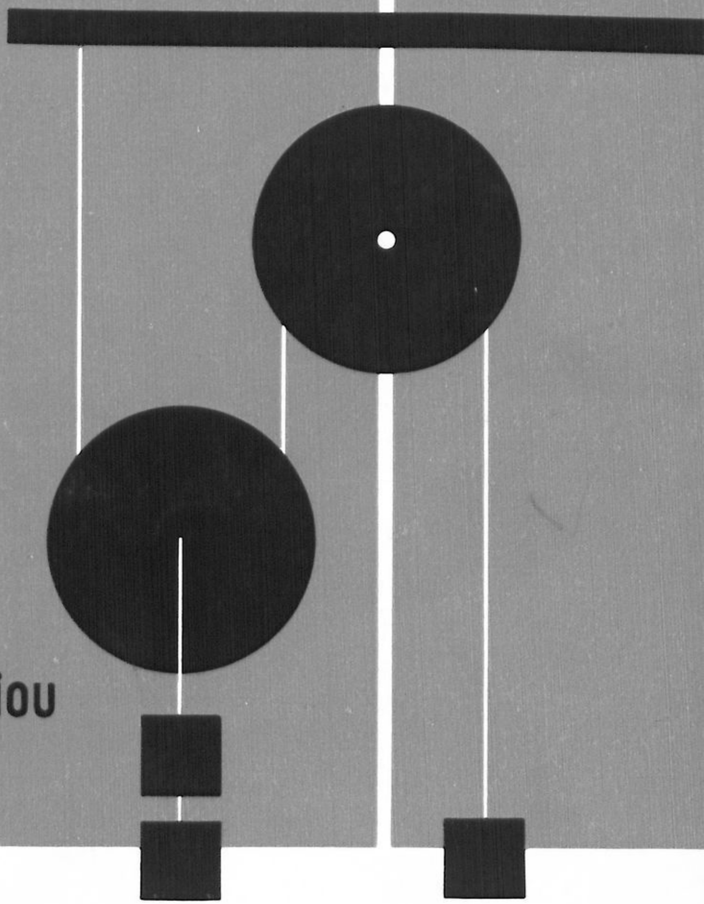
Φυσική πειραματική

Σαλτερή Γ. Περιστεράκη



Β' Γυμνασίου

ΣΑΛΤΕΡΗ Γ. ΠΕΡΙΣΤΕΡΑΚΗ

ΦΥΣΙΚΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ

Β′ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

ΣΑΛΤΕΡΗ Γ. ΠΕΡΙΣΤΕΡΑΚΗ
ΔΡΟΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ, ΚΑΘΗΓΗΤΟΥ

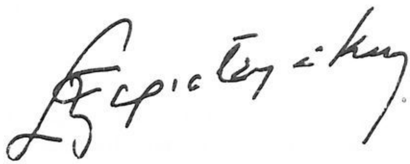
ΦΥΣΙΚΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ

Β΄ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

Σύμφωνα μὲ τὸ ἐπίσημο ἀναλυτικὸ πρόγραμμα 1966
τοῦ Ὑπουργείου Ἐθνικῆς Παιδείας

ΒΙΒΛΙΟΠΩΛΕΙΟΝ
ΝΙΚ. ΚΟΚΟΤΣΑΚΗ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ 34 (ΣΤΟΑ)
ΑΘΗΝΑΙ 1966

Κάθε γνήσιο ἀντίτυπο φέρει τὴν ὑπογραφὴ τοῦ συγγραφέως



Διεύθυνση κατοικίας συγγραφέως : Ἀθανασιάδου 3 (Τ. 602) ΑΘΗΝΑΙ

Π Ρ Ο Λ Ο Γ Ο Σ

᾿Αναμφιβόλως ἀποτελεῖ σημαντικὴ πρόοδο τὸ γεγονὸς ὅτι μὲ τὸ νέο ἀναλυτικὸ πρόγραμμα εἰσάγεται ἡ διδασκαλία στοιχείων τῆς Πειραματικῆς ᾿Επιστήμης στὶς δύο ἀνώτερες Γυμνασιακὲς τάξεις, μὲ σκοπὸ τὴ μύηση τῶν μαθητῶν στὰ θεμελιώδη φυσικὰ φαινόμενα, τὴν καλλιέργεια ἐρευνητικοῦ πνεύματος καὶ τὴν ἐξοικείωση μὲ τὸ πείραμα, τὸ ὁποῖο ἀποκτᾶ ἰδιαίτερη βαρύτητα καὶ μεταβάλλεται σὲ ἀφετηρία ἐξαγωγῆς χρησίμων συμπερασμάτων.

Τὸ βιβλίο αὐτὸ ἀποτελεῖ μιὰ στοιχειώδη εἰσαγωγὴ στὸν θαυμαστὸ κόσμο τῆς Φυσικῆς ᾿Επιστήμης, χάρη στὴν πρόοδο τῆς ὁποίας, σὲ συνδυασμὸ μὲ τὴν ἀνάπτυξη καὶ ἄλλων συγγενῶν ἐπιστημῶν, ὀφείλεται ὁ ἐκπληκτικὸς τεχνικὸς πολιτισμὸς τοῦ αἰῶνος μας. ῞Ενας πολιτισμὸς ποὺ ἐπιδιώκει νὰ ἀνυψώση τὸν ἄνθρωπο καὶ νὰ κάμη πιὸ ἄνετη καὶ περισσότερο εὐχάριστη τὴ ζωή του.

Γιὰ νὰ μπορέσωμε ὅμως νὰ κατανοήσωμε καὶ νὰ ἐξηγήσωμε τὰ ἐπιτεύγματα τοῦ ἀνθρώπινου πνεύματος, χρειάζονται εἰδικὲς γνώσεις καὶ οἱ ἀρχὲς πάνω στὶς ὁποῖες στηρίχθηκαν οἱ πρωτοπόροι, μελετώντας καὶ σπουδάζοντας τὴ Φύση, γιὰ νὰ φθάσουν στὴν ἐκπλήρωση ἑνὸς ὡραίου σκοποῦ.

Αὐτὸ ἀκριβῶς φιλοδοξεῖ τὸ βιβλίο. Νὰ εἰσαγάγη τὸν μαθητὴ σ' αὐτὸν τὸν ἄγνωστο κόσμο τῶν βασικῶν φυσικῶν νόμων καὶ νὰ κεντρίση τὸ ἐνδιαφέρον μας γιὰ μιὰ περισσότερο διεξοδικὴ μελέτη τῶν φυσικῶν φαινομένων.

Κατὰ τὴ συγγραφὴ τοῦ βιβλίου ἐδόθηκε ἰδιαιτέρα βαρύτητα στὸ πείραμα. ῾Η σπουδὴ τῶν διαφόρων φαινομένων γίνεται πειραματικῶς καὶ ἀκολούθως ἐξάγονται μὲ σχετικὴν εὐκολία τὰ συμπεράσματα, τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦν τοὺς διαφόρους φυσικοὺς νόμους.

᾿Απὸ τὶς πρῶτες σελίδες ἐδόθηκε ἰδιαίτερη μέριμνα στὰ συστήματα μονάδων, μὲ βαρύτητα στὸ σύστημα M.K.S. γιὰ νὰ ἐξοικειωθῆ ἐξ ἀρχῆς μὲ τὴν ὀρθὴ χρησιμοποίησή τους ὁ μαθητής, ἐνῶ ἐξ ἄλλου ἔγινε εἰσαγωγὴ τοῦ ὅρου κ ι λ ο π ό ν τ, ὁ ὁποῖος ἐπεκράτησε ἤδη διεθνῶς, ἀντὶ τοῦ παλαιότερα χρησιμοποιουμένου χιλιόγραμμο βάρους.

῾Η ἔκθεση τῶν διαφόρων θεμάτων περιέχεται σὲ μικρὲς ἑνότητες, ἀκολουθεῖ κατόπιν ἡ ἀνακεφαλαίωση, μὲ σκοπὸ νὰ δώση τὴν εὐκαιρία στὸν μαθητὴ νὰ συγκρατήση τὰ σημαντικώτερα σημεῖα τῆς ἑνότητος ποὺ ἐδιάβασε. Τέλος τὸ κεφάλαιο κλείνει μὲ ἀσκήσεις, ὅπου ἦταν δυνατὸν νὰ τοποθετηθοῦν, προσεκτικὰ διαλεγμένες, μὲ τὶς ἀπαντήσεις των.

Τὰ σχήματα τοῦ βιβλίου εἶναι πολλά, ἔχουν διαλεχθῆ δὲ μὲ προσοχὴ καὶ ἐπιμέλεια, εἶναι παραστατικώτατα καὶ συντελοῦν, ἀναμφιβόλως, στὴν πληρέστερη κατανόηση τοῦ κειμένου. ῾Ο χωρισμὸς τοῦ κειμένου σὲ δύο στῆλες, ἡ ἐκτύπωσή του μὲ διχρωμία καὶ ἡ ὅλη γενικὰ ἐμφάνισή του, καθιστᾶ τὸ βιβλίο ἑλκυστικὸ καὶ ἐφάμιλλο τῶν καλλιτέρων ἀναλόγων ξένων βιβλίων.

᾿Εκφράζω ὅλως ἰδιαιτέρως τὶς εὐχαριστίες μου στὸν Φυσικὸν κ. Β α σ. Σ ο υ ρ β ῖ ν ο ν, γιὰ τὴ συνεργασία του κατὰ τὴ συγγραφὴ καὶ διόρθωση τῶν δοκιμίων, στὸν Φυσικὸ κ. ᾿Α θ α ν. Σ τ ε ρ γ ί ο υ γιὰ τὴ λύση πολλῶν ἀσκήσεων τοῦ βιβλίου, ὅπως ἐπίσης καὶ στὸν καλλιτέχνη σχεδιαστὴ τοῦ βιβλίου κ. Γ ι ά ν ν η ν Π ι κ ρ ό ν.

᾿Αθῆναι, Σεπτέμβριος 1966

Σ. Γ. Π Ε Ρ Ι Σ Τ Ε Ρ Α Κ Η Σ

ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΔΙΔΑΚΤΕΑΣ ΥΛΗΣ ΤΗΣ ΔΕΥΤΕΡΑΣ ΤΑΞΕΩΣ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

(Β. ΔΙΑΤΑΓΜΑ ΥΠ' ΑΡΙΘ. 72/1966)

Φ Υ Σ Ι Κ Η

Εἰσαγωγή: Μονάδες μετρήσεως. Καταστάσεις τῆς ὕλης. Ὕδωρ (ἐξέτασις τοῦ ὕδατος δι' ἐξαγωγὴν τῶν ἰδιοτήτων τῶν ὑγρῶν, τῆς ἐννοίας τοῦ καθαροῦ σώματος καὶ τῶν μειγμάτων). Διαλυτικαὶ ἱκανότητες τοῦ ὕδατος. Ἀὴρ (ἐξέτασις τοῦ ἀέρος δι' ἐξαγωγὴν τῶν ἰδιοτήτων τῶν ἀερίων σωμάτων). Σύστασις τοῦ ἀέρος.

Δύναμις: Βάρος τῶν σωμάτων (ἐξέτασις τοῦ βάρους δι' ἐξαγωγὴν τῆς ἐννοίας τῆς δυνάμεως). Κατακόρυφος. Μέτρησις τοῦ βάρους. Ζυγὸς ἐλατηρίου. Ἀποτελέσματα τῆς δυνάμεως. Χαρακτηριστικὰ τῆς δυνάμεως. Ἰσορροπία δύο ἀντιθέτων δυνάμεων. Δυνάμεις παράλληλοι. Συνισταμένη. Κέντρον Βάρους. Πειραματικὴ εὕρεσις τοῦ κέντρου βάρους. Ἰσορροπία σώματος στηριζομένου ἐπὶ ὁριζοντίου ἐπιπέδου. Ἀντίδρασις τοῦ ὑποστηρίγματος. Ἀντίδρασις τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου. Ροπὴ δυνάμεως ὡς πρὸς ἄξονα. Μοχλοί. Ἐργαλεῖα - μοχλοί.

Μᾶζα: Ζυγὸς μὲ ἴσους βραχίονας. Στάθμισις - σταθμά. Ζυγοὶ μὲ ἀνίσους ἢ μὲ μεταβλητοὺς βραχίονας. Ἰδιότητες ζυγοῦ. Διπλῆ στάθμισις. Μᾶζα σώματος. Πυκνότης Εἰδικὸν βάρος. Σχετικὴ πυκνότης στερεῶν, ὑγρῶν καὶ ἀερίων.

Πίεσις: Ἔννοια τῆς πιέσεως. Μονάδες πιέσεως. Ὑδροστατικὴ πίεσις. Θεμελιώδης ἀρχὴ τῆς ὑδροστατικῆς. Δυνάμεις ἀσκούμεναι εἰς τὸν πυθμένα καὶ εἰς τὰ τοιχώματα τοῦ δοχείου. Μετάδοσις τῶν πιέσεων. Ὑδραυλικὸν πιεστήριον. Πειραματικὴ ἀπόδειξις τῆς ἀρχῆς τοῦ Ἀρχιμήδους. Ἐπιπλέοντα σώματα. Ἰσορροπία ἐπιπλεόντων σωμάτων. Πυκνόμετρα. Ἀραιόμετρα. Ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις. Βαρόμετρα ὑδραργυρικὰ καὶ μεταλλικά. Μεταβολὴ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως μετὰ τοῦ ὕψους. Ἐφαρμογαὶ τοῦ βαρομέτρου. Πιέσεις περιωρισμένων ἀερίων. Ἰδιότητες τῶν ἀερίων. Ἡ ἄνωσις τοῦ Ἀρχιμήδους εἰς τὰ ἀέρια. Πραγματικὸν καὶ φαινομενικὸν βάρος. Ἀερόστατα. Ἀνυψωτικὴ δύναμις. Νόμος τῶν Boyle - Mariotte.

Θερμότης: Ὑδραργυρικὸν θερμόμετρον. Οἰνοπνευματικὸν καὶ ἀκροβάθμια θερμόμετρα. Ἔννοια τῆς θερμοκρασίας. Διαστολή. Σημείωσις τῆς θερμοκρασίας. Ποσότης θερμότητος. Θερμίς. Θερμιδόμετρον ὕδατος. Ἀρχὴ τοῦ θερμιδομέτρου. Μέθοδος τῶν μειγμάτων. Εἰδικὴ θερμότης στερεῶν καὶ ὑγρῶν καὶ προσδιορισμὸς αὐτῆς. Θερμικὴ ἰσχὺς καυσίμων. Προσδιορισμὸς τῆς θερμικῆς ἰσχύος. Πῆξις καὶ τῆξις. Νόμοι. Μεταβολὴ τοῦ ὄγκου κατὰ τὴν τῆξιν καὶ πῆξιν. Ἐπίδρασις τῆς πιέσεως εἰς τὴν τῆξιν τοῦ πάγου. Θερμότης τήξεως τοῦ πάγου. Ὑπολογισμὸς ταύτης. Ἐξάτμισις - ἐξαέρωσις. Ταχύτης ἐξατμίσεως. Κεκορεσμένοι ἀτμοί. Ἰδιότητες τῶν ἀτμῶν. Ὑγρασία τοῦ ἀέρος. Ὄργανα μετρήσεως τῆς ὑγρασίας. Βρασμός. Νόμοι τοῦ βρασμοῦ. Χύτρα πιέσεως. Θερμόμετρον ἐξαεριώσεως. Διάδοσις τῆς θερμότητος.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

I. ΣΤΑΤΙΚΗ ΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ

II. ΣΤΑΤΙΚΗ ΤΩΝ ΡΕΥΣΤΩΝ

ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΗ

ΑΕΡΟΣΤΑΤΙΚΗ

III. ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Α΄—Η ΦΥΣΙΚΗ ΜΙΑ ΒΑΣΙΚΗ ΘΕΤΙΚΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗ

§ 1. **Φύση. Φαινόμενα.** Μὲ τὴν βοήθεια τῶν αἰσθητηρίων ὀργάνων μας ἀντιλαμβανόμαστε ἕνα ποικίλο πλῆθος δημιουργημάτων, φυσικῶν ἢ τεχνητῶν, τοῦ ἀμέσου ἢ τοῦ μακρινοῦ περιβάλλοντος. Ἔτσι βλέπουμε τὰ σπίτια, τὶς πέτρες, τὰ λουλούδια, τὸν Ἥλιο, ἀκοῦμε τὸν ἦχο τῆς καμπάνας ἢ τὸ τραγούδι τῶν πουλιῶν, γευόμαστε ἕνα νόστιμο φαγητό, ὀσφραινόμαστε ἕνα τριαντάφυλλο, αἰσθανόμαστε μὲ τὴν ἀφή, ἀγγίζοντας κάτι, ἂν εἶναι ζεστὸ ἢ κρύο.

Τὰ ἀντικείμενα ποὺ ἀποτελοῦν τὸν ἐξωτερικὸ κόσμο, δὲν παραμένουν ἀκίνητα ἢ ἀμετάβλητα. Μὲ μιὰ προσεκτικὴ παρατήρηση μποροῦμε νὰ ἐξακριβώσωμε πὼς παθαίνουν πολλὲς καὶ διάφορες μεταβολές, οἱ ὁποῖες ὀνομάζονται φαινόμενα. Ὥστε:

Φαινόμενα ὀνομάζονται οἱ πολυποίκιλες μεταβολὲς ποὺ παρατηροῦνται στὸν φυσικὸ κόσμο.

Πραγματικὰ τὰ ζῶα γεννιῶνται, ἀναπτύσσονται μὲ τὴν τροφή, παράγουν ἀπογόνους καὶ τέλος πεθαίνουν. Τὸ ἴδιο συμβαίνει καὶ μὲ τὰ φυτά. Κι αὐτὰ βλασταίνουν, τρέφονται μὲ τὶς ρίζες ἀπὸ τὴν Γῆ καὶ μὲ τὰ φύλλα ἀπὸ τὸν ἀέρα, ἀναπτύσσονται, βγάζουν ἄνθη καὶ παράγουν καρποὺς καὶ τέλος πεθαίνουν, ἀφοῦ ξεραθοῦν, κι ἔτσι ξαναδίνουν τὰ συστατικά τους στὴν Γῆ καὶ στὸν ἀέρα, ἀπὸ ὅπου τὰ εἶχαν πάρει. Τὰ σύννεφα μετακινοῦνται στὸν οὐρανό, ὅταν τὰ παρασέρνη ὁ ἄνεμος, ἀναλύονται σὲ βροχὴ καὶ τροφοδοτοῦν μὲ νερὸ τὶς πηγές, τοὺς ποταμοὺς καὶ τοὺς χειμάρρους, ἐνῶ ἄλλοτε μεταβάλλονται σὲ χαλάζι, ποὺ πέφτοντας καταστρέφει τὰ σπαρτὰ καὶ τὰ τρυφερὰ βλαστάρια τῶν δένδρων, ἢ γίνονται νιφάδες χιονιοῦ, οἱ ὁποῖες στροβιλίζονται στὸν ἀέρα καί, φθάνοντας στὴν Γῆ, καλύπτουν τὸ κάθε τι μ' ἕνα λευκὸν μανδύα. Ὅταν βρέχη, αὐλακώνουν τὸν οὐρανὸ ἀστραπές, ποὺ τὶς συνοδεύουν ἐκκωφαντικὲς βροντὲς καὶ ὄχι σπάνια πέφτει καὶ κανένας κεραυνός. Ὅταν ἡ βροχὴ σταματήση, ἐμφανίζεται στὸν οὐρανὸ μεγαλόπρεπο τὸ οὐράνιο τόξο. Στὶς μεγάλες χειμωνιάτικες παγωνιὲς τὸ νερὸ στερεοποιεῖται καὶ γίνεται πάγος.

Ἂν πετάξωμε μὲ δύναμη μιὰ πέτρα, αὐτὴ διαγράφει στὸν ἀέρα μιὰ καμπύλη γραμμὴ καὶ ξαναπέφτει στὴν Γῆ. Τὸ λεωφορεῖο μὲ τοὺς ἐπιβάτες ἄλλοτε κινεῖται κι' ἄλλοτε σταματᾶ.

Τὸ σύνολο τῶν φυσικῶν ἢ τεχνητῶν δημιουργημάτων τοῦ ἐξωτερικοῦ αἰσθητοῦ κόσμου, μαζὶ μὲ τὰ φαινόμενα ποὺ συμβαίνουν σ' αὐτά, ἀποτελοῦν τὴν Φύση.

§ 2. Ὕλη. Ὑλικὸ ἢ φυσικὸ σῶμα. Μάζα τῶν σωμάτων. Τὸ συστατικὸ τῶν διαφόρων ἀντικειμένων τῆς Φύσεως ὀνομάζεται **ὕλη.** Ἡ ὕλη εἶναι πολύμορφη καὶ ποικίλη. Ἕνα ξεχωριστὸ μέρος ὕλης λέγεται **ὑλικὸ** ἢ **φυσικὸ σῶμα** ἢ καὶ ἁπλῶς **σῶμα.** Ἔτσι οἱ πέτρες, τὸ ξύλο, τὸ μολύβι, τὸ νερό, τὸ μελάνι κλπ. εἶναι ὑλικὰ ἢ φυσικὰ σώματα.

Ἡ ποσότητα τῆς ὕλης ἑνὸς σώματος ἀποτελεῖ τὴν **μάζα** τοῦ σώματος. Ἔτσι ἡ μάζα μιᾶς μπάλας ποδοσφαίρου εἶναι κατὰ πολὺ μικρότερη ἀπὸ τὴν μάζα μιᾶς σιδερένιας σφαίρας μὲ ἴση ἀκτίνα.

§ 3. Φυσικὰ καὶ χημικὰ φαινόμενα. Μιὰ προσεκτικὴ παρατήρηση τῶν φαινομένων μᾶς ἐπιτρέπει νὰ τὰ χωρίσωμε σὲ δυὸ μεγάλες κατηγορίες. Στὴν πρώτη κατηγορία ὑπάγονται τὰ φαινόμενα ἐκεῖνα στὰ ὁποῖα συμβαίνει μόνιμη καὶ ριζικὴ ἀλλοίωση τῆς ὕλης τῶν σωμάτων ποὺ παίρνουν μέρος ἔτσι, ὥστε στὸ τέλος τοῦ φαινομένου νὰ ἔχωμε καινούργια σώματα, διαφορετικὰ στὴν οὐσία καὶ στὶς ἰδιότητες ἀπὸ τὰ ἀρχικά. Τὰ φαινόμενα αὐτὰ ὀνομάζονται **χημικὰ φαινόμενα** καὶ μὲ τὴν μελέτη τους ἀσχολεῖται ἡ ἐπιστήμη ποὺ ὀνομάζεται **Χημεία.**

Ἡ τέφρα ποὺ ἀπομένει, ἀφοῦ καῆ τὸ ξύλο, εἶναι ἐντελῶς διαφορετικὸ σῶμα ἀπὸ τὸ ξύλο. Τὸ ξύδι ποὺ παράγεται ἀπὸ τὸ κρασί, εἶναι ποτὸ διαφορετικὸ στὴ σύσταση καὶ στὶς ἰδιότητες ἀπὸ τὸ κρασί. Ἂν ζεστάνωμε σὲ εἰδικὰ καμίνια καὶ σὲ μεγάλη θερμοκρασία μάρμαρο, αὐτὸ μεταβάλλεται σὲ ἀσβέστη. Τὰ φαινόμενα αὐτὰ εἶναι χημικὰ φαινόμενα.

Στὴν δεύτερη κατηγορία ὑπάγονται τὰ φαινόμενα στὰ ὁποῖα, ἡ ὕλη τῶν σωμάτων ποὺ παίρνουν μέρος, δὲν παθαίνει ριζικὴ ἀλλοίωση. Τὰ φαινόμενα αὐτὰ ὀνομάζονται **φυσικὰ φαινόμενα.**

Τὸ ξύλο ἐπιπλέει, ὅταν τὸ ρίξωμε στὸ νερό. Τὰ διάφορα σώματα πέφτουν στὴ Γῆ, ὅταν τ' ἀφήσωμε ἐλεύθερα. Ἡ καμπάνα, ὅταν κτυπηθῆ, παράγει ἦχο. Ὁ μόλυβδος, ὅταν θερμανθῆ, μεταβάλλεται σὲ ὑγρὸ μόλυβδο. Τὰ φαινόμενα αὐτὰ εἶναι φυσικὰ φαινόμενα.

§ 4. Ἡ Φυσικὴ καὶ ὁ σκοπός της. Ἡ ἐπιστήμη ποὺ μελετᾶ καὶ ἐρευνᾶ τὰ φυσικὰ φαινόμενα ὀνομάζεται **Φυσικὴ** καὶ εἶναι μιὰ βασικὴ θετικὴ ἐπιστήμη.

Ἡ σπουδὴ καὶ ἡ ἔρευνα τοῦ φυσικοῦ φαινομένου γίνεται μὲ τὴν παρατήρηση καὶ τὸ πείραμα.

Ὅταν παρατηροῦμε ἕνα φυσικὸ φαινόμενο, εἴμαστε ἁπλοῖ θεατὲς τῶν ὅσων συμβαίνουν στὴν Φύση. Ὅταν ἐκτελοῦμε ἕνα πείραμα, ἀναπαράγουμε τὸ φαινόμενο στὸ ἐργαστήριο, ἔτσι ποὺ νὰ μποροῦμε νὰ παρακολουθήσωμε τὴν πορεία του, ὑποβάλλοντας ἐρωτήσεις στὴν Φύση καὶ περιμένοντας ἀπὸ ἐκείνην νὰ μᾶς δώση ἀπαντήσεις.

Κάθε φυσικὸ φαινόμενο ὀφείλεται σὲ μιὰν ὁρισμένη αἰτία καὶ παράγει ἕνα ὁρισμένο ἀποτέλεσμα. Ἡ αἰτία καὶ τὸ ἀποτέλεσμα συνδέονται μὲ μιὰ σταθερὴ σχέση, ἡ ὁποία ὀνομάζεται **φυσικὸς νόμος.**

Σκοπὸς τῆς Φυσικῆς εἶναι ἡ ἀνακάλυψη καὶ σπουδὴ τῶν φυσικῶν νόμων, τοὺς ὁποίους ἀκολουθοῦν τὰ διάφορα φαινόμενα.

§ 5. Ἡ σημασία τῆς Φυσικῆς στὴν καθημερινὴ ζωή. Ἡ Φυσικὴ δὲν μᾶς εἶναι τόσο ξένη ὅσο πολλὲς φορὲς νομίζουμε. Κάθε μέρα καὶ κάθε ὥρα ἔχουμε νὰ κάμωμε μαζί της. Τὸ βράδυ ἀνάβουμε τὸ ἠλεκτρικὸ φῶς γιὰ νὰ φωτίσωμε τὸ δωμάτιό μας. Ἡ νοικοκυρὰ σιδερώνει μὲ τὸ ἠλεκτρικὸ σίδερο τὰ ροῦχα καὶ ζεσταίνει τὸ φαγητὸ στὴν ἠλεκτρικὴ κουζίνα. Μὲ μιὰν ἀεραντλία (τρόμπα) φουσκώνουμε τοὺς ἀεροθαλάμους τοῦ ποδηλάτου μας. Ἀπὸ τὸ ραδιόφωνό μας ἀκοῦμε ὁμιλίες καὶ μουσική. Μὲ τὸ τηλέφωνο συνομιλοῦμε μὲ τοὺς φίλους μας, ποὺ μπορεῖ νὰ βρίσκωνται καὶ σὲ πολὺ μεγάλην ἀπόσταση ἀπὸ μᾶς. Γιὰ νὰ ταξιδέψωμε παίρνουμε τὸ αὐτοκίνητο, τὸ πλοῖο ἢ τὸ ἀεροπλάνο. Οἱ τεχνητοὶ δορυφόροι καὶ τὰ διαστημόπλοια κάνουν τὸν γύρο τῆς Γῆς, ταξιδεύουν ὣς τὴν Σελήνη ἢ καὶ σὲ μακρινότερα ἄστρα ἀκόμη. Ὁ σημερινὸς τεχνικὸς πολιτισμός, μὲ τὰ ἄφθονα μέσα ποὺ διαθέτει, κάνει τὴν ζωή μας ἄνετη καὶ εὐχάριστη καὶ τὴν πλουτίζει μὲ ἀφάνταστες εὐκολίες, ποὺ δὲν εἶχαν οἱ ἄνθρωποι παλαιοτέρων γενεῶν. Ἀπὸ τὰ παραπάνω προβάλλει αὐθόρμητα τὸ ἐρώτημα: «Σὲ τί ὀφείλεται τὸ θαῦμα τοῦ τεχνικοῦ μας πολιτισμοῦ;». Ἡ ἀπάντηση δὲν εἶναι καθόλου δύσκολη. Ἡ τεχνικὴ πρόοδος ποὺ παρατηρεῖται στὰ χρόνια μας, καὶ μάλιστα στὰ τελευταῖα 50 κυρίως χρόνια, καὶ ποὺ δὲν σταματᾶ, ἀλλὰ ἀδιάκοπα συνεχίζεται μὲ ρυθμὸ ποὺ ὅσο πάει γίνεται πιὸ γρήγορος, ὀφείλεται στὴν ἀνάπτυξη τῆς Φυσικῆς Ἐπιστήμης. Ἔτσι μὲ τὴν βοήθεια τῆς Φυσικῆς ὁ ἄνθρωπος γνωρίζει ἀδιάκοπα τοὺς φυσικοὺς νόμους, τοὺς μελετᾶ καὶ τὰ συμπεράσματά του τὰ χρησιμοποιεῖ ἡ Τεχνική, μιὰ ἐπιστήμη ποὺ ἀποτελεῖ ἐφαρμογὴ τῶν νόμων καὶ τῶν διδαγμάτων τῆς Φυσικῆς, κι ἔτσι καλλιτερεύει τὶς βιοτικὲς συνθῆκες, κάνοντας τὴν ζωὴ πιὸ ἄνετη, πιὸ εὐχάριστη καὶ πιὸ εὐτυχισμένη. Τὸ σχῆμα 1 δείχνει τοὺς διαφόρους κλάδους τῆς Φυσικῆς Ἐπιστήμης, ὅπως θὰ τὴν διδαχθοῦμε.

Σχ. 1. Οἱ διάφοροι κλάδοι τῆς Φυσικῆς ὅπως θὰ τὴν διδαχθοῦμε.

§ 6. Ἱστορικό. Ἡ Τεχνικὴ δὲν εἶναι ἐφεύρεση τῆς ἐποχῆς μας. Πραγματικὰ χάνεται μέσα στὰ βάθη τῶν χρόνων καὶ τὴν συναντᾶμε στοὺς πρώτους ἀνθρώπους ὅταν χρησιμοποιοῦν καὶ ἐκμεταλλεύονται τὴν πρακτικὴ πεῖρα. Οἱ ἄνθρωποι τῆς παλαιολιθικῆς ἐποχῆς ὅταν ἄρχισαν νὰ τρίβουν σιτάρι ἀνάμεσα σὲ δυὸ πέτρες γιὰ νὰ φτιάξουν ἀλεύρι εἶχαν κατασκευάσει μιὰ τεχνικὴ συσκευή. Ὁ ἄνθρωπος τῆς λιθικῆς ἐποχῆς εἶχε ἐπινοήσει μιὰ σπουδαία ἐπίσης συσκευὴ ὅταν κατασκεύασε αἰχμηροὺς λίθους, γιὰ νὰ φτιάξη τὴν αἰχμὴ ἑνὸς ἀκοντίου ἢ ἕνα τσεκούρι. Μεγάλη τεχνικὴ κατάκτηση τοῦ ἀνθρώπου ἦταν ἐπίσης ἡ ἀνακάλυψη τῆς φωτιᾶς καὶ τοῦ τροχοῦ. Τότε ὅμως καὶ ὑστερώτερα, γιὰ πολλὲς χιλιετηρίδες, οἱ τεχνικὲς ἐπινοήσεις ἦταν ἀποτέλεσμα πείρας ἢ συμπτώσεως, ἐνῶ σήμερα ἡ τεχνική, μὲ τὴν συνεργασία τῆς Φυσικῆς κυρίως Ἐπιστήμης, προχωρεῖ μὲ μεγάλα ἅλματα, ἔτσι, ὥστε δίκαια ἡ ἐποχή μας νὰ χαρακτηρίζεται σὰν ἡ ἐποχὴ τῶν μεγάλων καὶ ἐπαναστατικῶν τεχνικῶν κατακτήσεων, ὅπως εἶναι ἡ διάσπαση τοῦ ἀτόμου καὶ τὰ διαπλανητικὰ ταξίδια.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Τὸ σύνολο τῶν φυσικῶν καὶ τεχνητῶν δημιουργημάτων τοῦ ἐξωτερικοῦ κόσμου, δηλαδὴ τοῦ ἀμέσου καὶ τοῦ μακρινοῦ περιβάλλοντος, ποὺ γίνονται ἀντιληπτὰ στὸν ἄνθρωπο μὲ τὶς αἰσθήσεις, καὶ οἱ μεταβολὲς ποὺ συμβαίνουν στὰ κάθε λογῆς δημιουργήματα, ἀποτελοῦν τὴν Φύση.

2. Ὕλη εἶναι τὸ συστατικὸ τῶν διαφόρων φυσικῶν ἢ τεχνητῶν δημιουργημάτων τῆς Φύσεως. Φυσικὸ σῶμα ἢ ἁπλῶς σῶμα εἶναι ἕνα ὁλότελα ξεχωριστὸ καὶ διάκριτο τμῆμα ὕλης.

3. Φαινόμενα λέγονται οἱ διάφορες μεταβολὲς ποὺ παρατηροῦνται στὰ σώματα.

4. Στὰ χημικὰ φαινόμενα τὰ σώματα ποὺ παίρνουν μέρος μεταβάλλονται, ἀλλάζουν στὴν οὐσία τους καὶ στὸ τέλος τοῦ φαινομένου ἔχουμε καινούργια σώματα διαφορετικὰ ἀπὸ τὰ πρῶτα.

5. Στὰ φυσικὰ φαινόμενα δὲν ἔχουμε μεταβολὴ στὴν σύσταση τῆς ὕλης τῶν σωμάτων ποὺ συμμετέχουν.

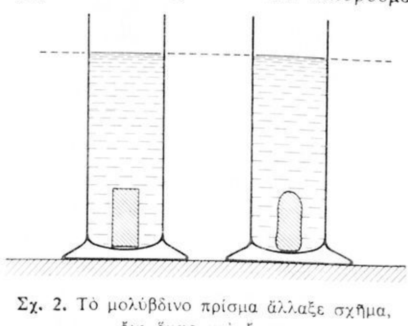
6. Ἡ Φυσικὴ ἐπιστήμη ἀσχολεῖται μὲ τὴν μελέτη τῶν φυσικῶν φαινομένων, προσπαθώντας νὰ ἀνακαλύψη τοὺς φυσικοὺς νόμους, σύμφωνα μὲ τοὺς ὁποίους συμβαίνουν τὰ διάφορα φυσικὰ φαινόμενα.

7. Ἡ Φυσικὴ ἔχει μεγάλη σημασία στὴν καθημερινὴ ζωή, γιατὶ μὲ τὴν γνώση τῶν φυσικῶν νόμων δίνει τὰ ἀπαραίτητα ἐφόδια στὴν Τεχνικὴ νὰ τοὺς ἐκμεταλλευθῆ, καλλιτερεύοντας τὶς βιοτικές μας συνθῆκες.

Β΄ – ΦΥΣΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΥΛΗΣ

§ 7. Στερεὴ κατάσταση. Στερεὰ σώματα. Μιὰ μεταλλικὴ ἢ μαρμάρινη πλάκα διατηρεῖ πάντοτε τὸ σχῆμα καὶ τὸν ὄγκο της, ἂν τὴν μετατοπίσωμε (ἐφ' ὅσον δὲν παθαίνει μεταβολὴ ἡ θερμοκρασία της). Τὸ ἴδιο συμβαίνει μὲ μιὰ μεγάλη κατηγορία σωμάτων, ὅπως εἶναι οἱ πέτρες, τὸ τραπέζι, τὸ μολύβι μας, τὰ ἔπιπλα κλπ. Τὰ σώματα αὐτὰ λέγονται σ τ ε ρ ε ὰ σ ώ μ α τ α.

Πειράματα 1. Ἂς θεωρήσωμε ἕνα μολύβδινο πρίσμα. Μὲ τὴν βοήθεια ἑνὸς σφυριοῦ μποροῦμε νὰ τοῦ ἀλλάξωμε τὸ σχῆμα, κτυπώντας το δυνατά. Μποροῦμε



Σχ. 2. Τὸ μολύβδινο πρίσμα ἄλλαξε σχῆμα, ὄχι ὅμως καὶ ὄγκο.

ἐπίσης νὰ τὸ κόψωμε καὶ νὰ τὸ τεμαχίσωμε. Μὲ τὴν βοήθεια ὅμως ἑνὸς ὀγκομετρικοῦ κυλίνδρου μᾶς εἶναι δυνατὸν νὰ ἐξακριβώσωμε πὼς ὁ ὄγκος τοῦ παραμορφωμένου σώματος ἢ ὁ ὄγκος τῶν κομματιῶν του εἶναι ἴσος μὲ τὸν ὄγκο τοῦ κομματιοῦ ποὺ εἴχαμε ἀρχικὰ (σχ. 2).

2. Παίρνουμε τώρα ἕνα κυβικὸ τεμάχιο ζάχαρης, τὸ ρίχνουμε μέσα σ᾿ ἕνα ποτήρι νερὸ καὶ ἀνακατεύουμε. Θὰ δοῦμε πὼς ἡ ζάχαρη σιγὰ-σιγὰ ἐξαφανίζεται, διότι διαλύεται μέσα στὸ νερό. Τὸ ἴδιο φαινόμενο παρατηροῦμε καὶ μὲ πολλὰ ἄλλα σώματα.

3. Ἂν θερμάνωμε τέλος μιὰ σφαίρα ποὺ κανονικὰ μπορεῖ νὰ περάση μέσα ἀπὸ ἕνα μεταλλικὸ δακτυλίδι, θὰ δοῦμε πὼς ὁ ὄγκος της μεγάλωσε καὶ δὲν περνᾶ πιά.

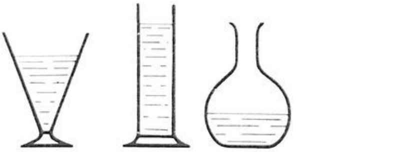
Τὰ στερεὰ σώματα δὲν ἀλλάζουν τὸ σχῆμα καὶ τὸν ὄγκο τους παρὰ μόνο κάτω ἀπὸ ἔντονες ἐξωτερικὲς ἐπιδράσεις, μὲ διάλυση ἢ μὲ θέρμανση (σχ. 3). Τὰ στερεὰ σώματα ὁρίζουν μιὰ κατηγορία τῆς ὕλης ποὺ ὀνομάζεται στερεὴ κατάσταση. Ὥστε:

Τὰ σώματα τὰ ὁποῖα ἔχουν ἕνα ὁρισμένο σχῆμα καὶ διατηροῦν σχεδὸν ἀμετάβλητο τὸν ὄγκο τους ὀνομάζονται στερεὰ σώματα.

Τὰ στερεὰ σώματα ὁρίζουν τὴν στερεὴ κατάσταση τῆς ὕλης.

Σχ. 3. Κάτω ἀπὸ ἔντονες ἐξωτερικὲς ἐπιδράσεις τὰ στερεὰ σώματα μεταβάλλουν τὸ σχῆμα των.

§ 8. Ὑγρὴ κατάσταση. Ὑγρὰ σώματα. Ὅ,τι συμβαίνει μὲ τὸ σχῆμα τῶν στερεῶν δὲν συμβαίνει σὲ μιὰν ἄλλη κατηγορία σωμάτων, ὅπως τὸ νερό, τὸ οἰνόπνευμα, τὸ λάδι, τὸ πετρέλαιο κλπ. Πραγματικά, ἂς πάρωμε μιὰ ποσότητα νεροῦ καὶ ἂς τὴν ὀγκομετρήσωμε (σχ. 4), ἔστω δὲ ὅτι εἶναι 100 cm^3. Ἂν χύσωμε τὸ νερὸ αὐτὸ σὲ ἕναν ἄλλο ὀγκομετρικὸ κύλινδρο, μὲ διαφορετικὴν διάμετρο, θὰ δοῦμε τότε πὼς τὸ νερὸ θὰ πάρη τὸ σχῆμα τοῦ νέου κυλίνδρου, ὁ ὄγκος του ὅμως θὰ εἶναι καὶ πάλι 100 cm^3 (σχ. 4).



Σχ. 4. Τὰ ὑγρὰ ἔχουν ὁρισμένον ὄγκο, ὄχι ὅμως καὶ σχῆμα.

Ἂν τέλος χύσωμε τὴν ποσότητα τοῦ νεροῦ αὐτοῦ σ᾿ ἕνα κωνικὸ δοχεῖο, τὸ νερὸ θὰ πάρη καὶ πάλι τὸ σχῆμα τοῦ κώνου τοῦ δοχείου. Σὲ ὅλες ὅμως τὶς ἀλλαγὲς δοχείου ὁ ὄγκος παρέμεινε σταθερός. Τὸ ἴδιο μποροῦμε νὰ συμπεράνωμε κι ἂν χύσωμε τὸ νερὸ σὲ δύο ἢ περισσότερα δοχεῖα.

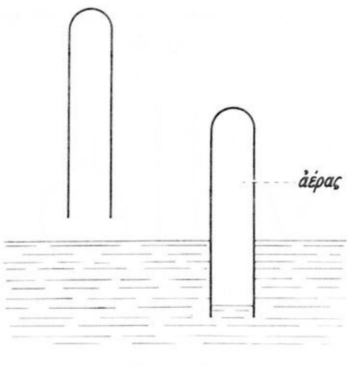
Τὰ σώματα τὰ ὁποῖα ἔχουν μὲν ὁρισμένον ὄγκο, ὄχι ὅμως καὶ ὁρισμένο σχῆμα, ἀλλὰ παίρνουν πάντοτε τὸ σχῆμα τοῦ δοχείου, μέσα στὸ ὁποῖο περιέχονται, ὀνομάζονται ὑγρὰ σώματα.

Τὰ ὑγρὰ σώματα ὁρίζουν μιὰ δεύτερη κατηγορία τῆς ὕλης ποὺ ὀνομάζεται ὑγρὴ κατάσταση.

§ 9. Ἀέρια κατάσταση. Ἀέρια σώματα. Μιὰ τρίτη κατηγορία σωμάτων εἶναι τὰ ἀ έ ρ ι α σ ώ μ α τ α ἢ δὲ κατηγορία τῆς ὕλης τὴν ὁποίαν ὁρίζουν ὀνομάζεται ἀ έ ρ ι α κ α τ ά σ τ α σ η.

Οἱ χαρακτηριστικὲς ἰδιότητες τῶν ἀερίων εἶναι πιὸ δύσκολο νὰ παρατηρηθοῦν καὶ τοῦτο διότι τὰ ἀέρια (ὅπως π.χ. τὸ ὀξυγόνο, ὁ ἀτμοσφαιρικὸς ἀέρας, οἱ ὑδρατμοὶ κλπ.), εἶναι ἄχρωμα.

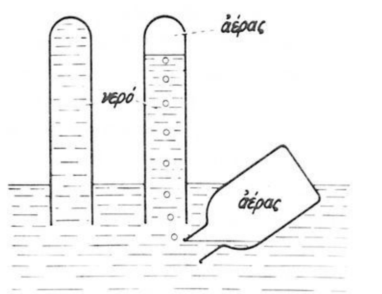
Πειράματα 1. Βυθίζουμε ἕναν εὐρὺ δοκιμαστικὸ σωλῆνα κρατώντας τον κάθετα καὶ μὲ τὸ ἄνοιγμα πρὸς τὰ κάτω, μέσα σὲ νερὸ (σχ. 5). Παρατηροῦμε πῶς ἕνα μέ-



Σχ. 5. Ὁ ἀέρας ἐμποδίζει τὸ νερὸ νὰ εἰσέλθη στὸν σωλήνα.

ρος τοῦ σωλῆνος κοντὰ στὸ ἄνοιγμά του γεμίζει μὲ νερὸ ἐνῶ τὸ ὑπόλοιπο παραμένει ἄδειο. Ποιός ἐμποδίζει τὸ νερὸ νὰ φθάση μέχρι τὸν πυθμένα; Ἀσφαλῶς ὁ ἀέρας ποὺ περιεῖχε ὁ σωλήνας ὅταν τὸν βυθίσαμε στὸ νερό.

2. Παίρνουμε πάλι ἕνα δοκιμαστικὸ σωλήνα, βυθισμένον ἀνάποδα στὸ νερὸ καὶ γεμᾶτο μὲ νερό, μέχρις ὅτου τὰ χείλη του ἐγγίσουν τὰ χείλη μιᾶς φιάλης ποὺ εἶναι βυθισμένη ἀνάποδα στὸ νερὸ καὶ περιέχει ἀέρα. Γέρνουμε τότε τὴν φιάλη ὁπότε βλέπουμε μεγάλες φυσαλίδες νὰ ξεκινοῦν ἀπὸ



Σχ. 6. Μετάγγιση ἀέρος ἀπὸ ἕνα δοχεῖο σὲ ἄλλο.

αὐτήν, νὰ παραμερίζουν τὸ νερὸ τοῦ σωλῆνος, νὰ ἀνεβαίνουν πρὸς τὸν πυθμένα του καὶ ὁλοένα νὰ διώχνουν τὸ νερὸ (σχ. 6). Ἀλλάζοντας δοχεῖο ὁ ἀέρας, ἄλλαξε βέβαια καὶ τὸ σχῆμα του.

Ἂν τώρα ὑψώσωμε τὸν σωλήνα, παρατηροῦμε πὼς αὐξάνεται ὁ ὄγκος τοῦ ἀέρος, ἐνῶ ἐλαττώνεται ἂν τὸν βυθίσωμε περισσότερο. Ὁ ὄγκος ἑπομένως τοῦ ἀέρος μεταβάλλεται μὲ μεγάλην εὐκολία. Παρόμοια φαινόμενα συμβαίνουν καὶ μὲ ὁποιοδήποτε ἀέριο.

3. Κάτω ἀπὸ τὸν κώδωνα μιᾶς ἀεραντλίας τοποθετοῦμε ἕνα μπαλόνι ξεφούσκωτο (σχ. 7, I) καὶ κατόπι θέτουμε σὲ λειτουργία τὴν ἀεραντλία, ὁπότε παρατηροῦμε πὼς τὸ ξεφούσκωτο μπαλόνι φουσκώνει μόνο του κι᾽ ὁ ὄγκος του ἀδιάκοπα μεγαλώνει (σχ. 7, II).

Σὲ τί ὀφείλεται αὐτό; Ἡ λειτουργία

Σχ. 7. Τα ἀέρια εἶναι ἐκτατα.

τῆς ἀεραντλίας ἔχει σὰν ἀποτέλεσμα τὴν ἄντληση, δηλαδὴ τὴν ἀφαίρεση, τοῦ ἀέρος τοῦ κώδωνος. Τότε ὅμως αὐτόματα προσφέρεται ὄγκος στὸν λιγοστὸ ἀέρα τοῦ μπαλονιοῦ κι' ἔτσι αὐτὸς ἐκτείνεται, δηλαδὴ ἁπλώνεται σὲ ὅλες τὶς διευθύνσεις, γιὰ νὰ τὸν καταλάβη. Ὥστε:

Τὰ ἀέρια δὲν ἔχουν οὔτε ὁρισμένο σχῆμα, οὔτε ὁρισμένον ὄγκο καὶ εἶναι συμπιεστά, ἐλαστικὰ καὶ ἐκτατά.

§ 10. Οἱ τρεῖς φυσικὲς καταστάσεις. Ἀπὸ τὰ παραπάνω συμπεραίνουμε πὼς ὅλα τὰ σώματα εἶναι δυνατὸν νὰ καταταχθοῦν σὲ τρεῖς μεγάλες κατηγορίες, ποὺ λέγονται **φυσικὲς καταστάσεις τῶν σωμάτων.**

Σὰν κριτήριο γιὰ τὴν κατάταξη ἑνὸς σώματος σὲ μιὰν ἀπὸ τὶς τρεῖς καταστάσεις πήραμε τὸ σχῆμα καὶ τὸν ὄγκο του. Ἀνάμεσα ὅμως στὶς τρεῖς αὐτὲς καταστάσεις ὑπάρχουν καὶ ἄλλες ἐνδιάμεσες. Ἔτσι ἡ πίσσα, τὸ κερί, καὶ ἄλλα σώματα βρίσκονται σὲ μιὰν ἐνδιάμεση κατάσταση ἀνάμεσα στὴν στερεὴ καὶ τὴν ὑγρή.

Ἕνα σῶμα βρίσκεται σὲ μία κατάσταση ἀνάλογα μὲ τὶς ἐξωτερικὲς συνθῆκες καὶ κυρίως τὴν θερμοκρασία.

Μὲ τὴν μεταβολὴ τῆς θερμοκρασίας τὰ σώματα μεταπηδοῦν ἀπὸ τὴν μιὰ κατάσταση στὴν ἄλλη.

Ἔτσι θερμαίνοντας ἕνα στερεὸ τὸ μεταβάλλουμε σὲ ὑγρὸ καὶ τὸ ὑγρὸ σὲ ἀέριο. Ἀντίστροφα ψύχοντας ἕνα σῶμα, ἐλαττώνοντας δηλαδὴ τὴν θερμοκρασία του, ἀπὸ ἀέριο τὸ μεταβάλλουμε σὲ ὑγρὸ καὶ τὸ ὑγρὸ σὲ στερεό. Αὐτὸ τὸ παρατηροῦμε π.χ. στὸ νερό, ποὺ συναντοῦμε στὴν Φύση καὶ στὶς τρεῖς καταστάσεις. Στὶς συνηθισμένες συνθῆκες εἶναι ὑγρό. Ὅταν τὸ θερμάνωμε γίνεται ἀέριο καὶ σχηματίζει τοὺς ὑδρατμούς, κι ὅταν τὸν χειμῶνα ὁ καιρὸς εἶναι ψυχρὸς καὶ παγερὸς τὸ νερὸ παγώνει καὶ γίνεται στερεὸ (πάγος).

Τὰ ὑγρὰ καὶ τὰ ἀέρια χαρακτηρίζονται μὲ τὴν κοινὴ ὀνομασία **ρευστά.** Καὶ τοῦτο διότι ἔχουν τὴν ἰδιότητα νὰ κυλοῦν ἀπὸ ψηλότερα σὲ χαμηλότερα σημεῖα, δηλαδὴ νὰ ρ έ ο υ ν, ὅταν δὲν ἐμποδίζωνται.

§ 11. Σύσταση τῆς ὕλης. Παίρνουμε ἕνα ποτήρι μὲ ψιλὴ ξερὴ ἄμμο καὶ τὴν χύνουμε σὲ ἄλλο ποτήρι. Στὴν ἀρχὴ διακρίνουμε τοὺς λεπτοὺς κόκκους, κατόπιν ὅμως, καὶ ἐφ' ὅσον ἡ ἄμμος κυλᾶ γρήγορα, δὲν τοὺς ξεχωρίζουμε πιὰ καὶ μᾶς δημιουργεῖται ἡ ἐντύπωση πὼς ρέει ἕνα ὑγρό. Ἡ ἄμμος ἀποτελεῖται ἀπὸ μιὰ μεγάλη ποσότητα λεπτῶν κόκκων, ποὺ μποροῦν νὰ γλυστροῦν ὁ ἕνας ἐπάνω στὸν ἄλλο. Τὸ νερὸ ἐπίσης, ὅπως κι ὅλα τὰ ὑγρά, ἀποτελεῖται ἀπὸ μικρότατα σφαιρίδια ποὺ γλυστροῦν τὸ ἕνα ἐπάνω στὸ ἄλλο σὰν τοὺς λεπτοὺς ἀμμόκοκκους.

Παίρνουμε λίγο μαγειρικὸ ἁλάτι καὶ τὸ διαλύουμε σ' ἕνα ποτήρι νερό, ὁπότε τὸ ἁλάτι ἐξαφανίζεται. Ἂν πιοῦμε ὅμως λίγο ἀπὸ τὸ νερὸ αὐτό, θὰ νοιώσωμε μιὰν ἁλμυρὴ γεύση, ὅμοιαν ἀκριβῶς μὲ τὴν γεύση τοῦ ἁλατιοῦ. Αὐτὸ ὀφείλεται στὸ γεγονὸς ὅτι τὸ ἁλάτι δ ι α χ ω ρ ί σ θ η κ ε σὲ μικρότατα ἀόρατα τεμαχίδια, ποὺ διατήρησαν τὶς ἰδιότητές τους καὶ δ ι α σ κ ο ρ π ί σ θ η κ α ν ὁ μ ο ι ό μ ο ρ φ α μέσα στὴν μάζα τοῦ νεροῦ.

Ἂν ἀφήσωμε στὸ δωμάτιό μας ἀνοικτὸ τὸ πῶμα ἑνὸς μπουκαλιοῦ ἀρώματος, ὅλος ὁ ἀέρας τοῦ δωματίου ἀρωματίζεται, ἀποκτώντας τὴν χαρακτηριστικὴ ὀσμὴ τοῦ ἀρώματος. Τὸ ὑγρὸ ἄρωμα ἐξατμίσθηκε καὶ διαχωρίσθηκε κι αὐτὸ σὲ μικρότατα ἀόρατα τεμαχίδια μέσα στὸν ἀέρα.

Ἀπὸ τὰ παραπάνω παραδείγματα βλέπουμε πὼς τὰ στερεά, τὰ ὑγρὰ καὶ τὰ ἀέρια, ἀποτελοῦνται ἀπὸ μικρότατα τεμαχίδια, τὰ ὁποῖα ἐξακολουθοῦν νὰ διατηροῦν τὶς ἰδιότητες τῶν σωμάτων ποὺ ἀπαρτίζουν, ἀλλὰ ποὺ οἱ διαστάσεις τους εἶναι ἐξαιρετικὰ μικρές, ἔτσι, ὥστε ὄχι μόνο μὲ γυμνὸ μάτι νὰ μὴ φαίνωνται, ἀλλὰ οὔτε μὲ τὰ πιὸ ἰσχυρὰ μικροσκόπια. Τὰ τεμαχίδια αὐτά, ἀπὸ τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦνται τὰ διάφορα σώματα, ὀνομάζονται **μόρια.** Ὥστε:

Τὰ διάφορα σώματα ἀποτελοῦνται ἀπὸ ὁμοειδῆ μόρια, τὰ ὁποῖα συγκρατοῦνται μεταξύ τους. Τὸ αἴτιο ποὺ τὰ συγκρατεῖ ὀνομάζεται συνοχή.

Τὰ μόρια τῶν στερεῶν διατηροῦν ὁρισμένες θέσεις καὶ ὁρισμένες ἀποστάσεις μεταξύ τους. Ἡ συνοχή τους εἶναι πολὺ μεγάλη. Ὡστόσο δὲν μένουν ἀκίνητα ἀλλὰ π ά λ λ ο ν τ α ι, σὰν τὶς χορδὲς τῆς κιθάρας, ταχύτατα γύρω ἀπὸ μιὰ μέση θέση, καὶ ἀπομακρύνονται πολὺ λίγο ἀπὸ αὐτήν.

Τὰ μόρια τῶν ὑγρῶν ἔχουν ὁρισμένες ἀποστάσεις μεταξύ τους, ὄχι ὅμως καὶ ὁρισμένες θέσεις, γι' αὐτὸ καὶ μποροῦν εὐκολώτατα νὰ μετακινοῦνται. Ὡστόσο τὰ κτυπήματα ποὺ προκαλοῦν ἀναμεταξύ τους κατὰ τὶς κινήσεις τους περιορίζουν τὴν μετακίνησή τους. Τὰ μόρια λοιπὸν τῶν ὑγρῶν ἔχουν μικρότερη συνοχὴ ἀπὸ τὰ μόρια τῶν στερεῶν, πράγμα ποὺ τοὺς ἐπιτρέπει νὰ ρέουν.

Τὰ μόρια τῶν ἀερίων μετακινοῦνται μὲ μεγαλύτερη ἀκόμη εὐκολία πρὸς ὅλες τὶς διευθύνσεις, γιατὶ δὲν παρουσιάζουν καμιὰ συνοχὴ καὶ δὲν ἔχουν οὔτε ὁρισμένες θέσεις, οὔτε ὁρισμένες ἀποστάσεις μεταξύ τους. Γιὰ τοῦτο, ἐφ' ὅσον τοὺς προσφέρεται χῶρος, ἁπλώνονται, ἀπομακρύνονται δηλαδὴ περισσότερο τὸ ἕνα ἀπὸ τὸ ἄλλο, καὶ ἔτσι τὸν καταλαμβάνουν.

§ 12. Ἰδιότητες τῶν σωμάτων. Τὰ σώματα δὲν εἶναι ὅλα ἴδια, ἀλλὰ παρουσιάζουν μεταξύ των μικρὲς ἢ μεγάλες διαφορὲς στὸ χρῶμα, στὸ σχῆμα, στὸ βάρος, στὴν γεύση, στὴν διαφάνεια κλπ. Οἱ διαφορετικοὶ τρόποι κατὰ τοὺς ὁποίους μᾶς παρουσιάζεται ἕνα σῶμα καὶ ποὺ ἀποτελοῦν τὰ χαρακτηριστικὰ γνωρίσματα τοῦ σώματος, λέγονται ἰ δ ι ό τ η τ ε ς τ ο ῦ σ ώ μ α τ ο ς. Ἔτσι τὸ γυαλὶ ἔχει τὴν ἰδιότητα νὰ εἶναι διαφανές, τὸ κερὶ μαλακό, τὸ κάρβουνο μαῦρο κλπ.

Μερικὲς ἰδιότητες συναντῶνται σὲ ὁρισμένα μόνον σώματα, ὅπως π.χ. ἡ διαφάνεια, ἡ σκληρότητα, ἡ ὀσμὴ κλπ. Ὑπάρχουν ὅμως καὶ ἰδιότητες ποὺ συναντῶνται σὲ ὅλα ἀνεξαιρέτως τὰ σώματα καὶ γι' αὐτὸν τὸν λόγον ὀνομάζονται γ ε ν ι κ ὲ ς ἰ δ ι ό τ η τ ε ς τῶν σωμάτων, ὅπως π.χ.:

α) Ὅλα τὰ φυσικὰ σώματα ἀποτελοῦνται ἀπὸ κάποιο εἶδος ὕλης. Σώματα χωρὶς ὕλη, δηλαδὴ ἄ υ λ α δὲν ὑπάρχουν στὸν αἰσθητὸ κόσμο.

β) Κάθε σῶμα, ποὺ παθαίνει μιὰ παραμόρφωση ἀπὸ διάφορα ἐξωτερικὰ αἴτια, ἔχει τὴν τάση νὰ ξαναγυρίση στὴν πρώτη του κατάσταση, ὅταν παύσουν νὰ ἐπιδροῦν τὰ ἐξωτερικὰ αἴτια. Ἡ ἰδιότητα αὐτὴ ὀνομάζεται **ἐλαστικότητα.**

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Τὰ σώματα γίνονται ἀντιληπτὰ κατὰ τρεῖς διαφορετικοὺς τρόπους οἱ ὁποῖοι ὀνομάζονται φυσικὲς καταστάσεις καὶ εἶναι ἡ στερεή, ἡ ὑγρή, καὶ ἡ ἀέρια κατάσταση.

2. Στὴν στερεὴ κατάσταση ἀνήκουν τὰ στερεὰ σώματα, ποὺ ἔχουν ὁρισμένο σχῆμα καὶ ὁρισμένον ὄγκο.

3. Στὴν ὑγρὴ κατάσταση ἀνήκουν τὰ ὑγρὰ σώματα, ποὺ ἔχουν ὁρισμένον ὄγκο, ὄχι ὅμως καὶ ὁρισμένο σχῆμα. Γι' αὐτὸ παίρνουν πάντοτε τὸ σχῆμα τοῦ δοχείου ποὺ τὰ περιέχει.

4. Στὴν **ἀέρια κατάσταση** ἀνήκουν τὰ ἀέρια σώματα. Δὲν ἔχουν οὔτε σχῆμα, οὔτε ὄγκο ὁρισμένο. Εἶναι **συμπιεστά**, εὔκολα δηλαδὴ μποροῦν νὰ ἐλαττώσουν τὸν ὄγκο τους, **ἐλαστικὰ** καὶ **ἐκτατά**, ἁπλώνονται δηλαδὴ μὲ εὐκολία στὸν χῶρο ποὺ τοὺς προσφέρεται.

5. Ὅλα τὰ σώματα ἀποτελοῦνται ἀπὸ **μόρια**. Τὰ μόρια εἶναι μικρότατα τεμαχίδια, ἀόρατα μὲ γυμνὸ μάτι καὶ μὲ τὰ ἰσχυρότατα μικροσκόπια. Μποροῦμε νὰ τὰ φαντασθοῦμε σὰν κύβους ἢ σφαῖρες μὲ ἀκτῖνα γύρω στὸ δεκάκις ἑκατομμυριοστὸ τοῦ χιλιοστομέτρου.

6. Τὰ στερεὰ ὀφείλουν τὴν σταθερότητά τους στὴν μεγάλη τους **συνοχή**, στὸν ἰσχυρὸ δεσμὸ δηλαδὴ τῶν μορίων τους. Τὰ μόρια τῶν ὑγρῶν παρουσιάζουν μικρότερη συνοχή, τὰ δὲ μόρια τῶν ἀερίων δὲν παρουσιάζουν συνοχή.

7. **Ἰδιότητες τῶν σωμάτων** εἶναι οἱ διαφορετικοὶ τρόποι μὲ τοὺς ὁποίους τὰ σώματα ἐκδηλώνονται καὶ συμπεριφέρονται. Κάθε σῶμα ἔχει τὶς δικές του χαρακτηριστικὲς ἰδιότητες.

8. Οἱ ἰδιότητες ποὺ παρατηροῦνται σὲ ὅλα τὰ σώματα ἀνεξαιρέτως, ὀνομάζονται **γενικὲς ἰδιότητες** καὶ τέτοιες εἶναι ἡ ὑλικὴ σύσταση, ἡ ἔκταση, τὸ ἀδιαχώρητο, τὸ διαιρετό, τὸ πορῶδες, ἡ ἐλαστικότητα, ἡ συμπιεστότητα κλπ.

Γ' – ΦΥΣΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ. ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΣ ΜΕΓΕΘΩΝ

§ 13. **Φυσικὰ μεγέθη.** Ἀπὸ τὴν Ἀριθμητικὴ καὶ τὴν Γεωμετρία μᾶς εἶναι γνωστὸ ὅτι καθετὶ ποὺ μπορεῖ νὰ αὐξηθῇ ἢ νὰ ἐλαττωθῇ ὀνομάζεται ποσὸ ἢ μέγεθος, ὅπως π.χ. ἡ τιμὴ τῶν ἐμπορευμάτων, τὸ μῆκος, τὸ ἐμβαδόν, ὁ ὄγκος κλπ. Στὴν Φυσικὴ διακρίνουμε μεγέθη, ὅπως εἶναι τὸ μῆκος μιᾶς ράβδου, ἡ ταχύτητα ἑνὸς σώματος ποὺ κινεῖται, τὸ βάρος, ἡ πίεση, ἡ θερμοκρασία κλπ.

Φυσικὸ μέγεθος ὀνομάζεται κάθε μέγεθος ποὺ ἐκφράζει μιὰν ὁρισμένη φυσικὴ ἰδιότητα τῶν σωμάτων.

Τὰ φυσικὰ μεγέθη εἶναι **θεμελιώδη** ὅταν ὁρίζωνται μόνα τους, ἢ **παράγωγα** ὅταν γιὰ νὰ ὁρισθοῦν ἀπαιτοῦνται θεμελιώδη μεγέθη ἀπὸ τὰ ὁποῖα παράγονται.

§ 14. **Μέτρηση φυσικοῦ μεγέθους.** Γιὰ νὰ ἔχωμε σαφῆ ἰδέα τῶν διαφόρων φυσικῶν μεγεθῶν καὶ τῶν μεταβολῶν ποὺ παθαίνουν κατὰ τὴν διάρκεια τῶν φυσικῶν φαινομένων, ἐκτελοῦμε μετρήσεις.

Μέτρηση ἑνὸς φυσικοῦ μεγέθους εἶναι ἡ σύγκριση τοῦ μεγέθους αὐτοῦ πρὸς ἕνα ἄλλο ὁμοειδὲς καὶ σταθερὸ φυσικὸ μέγεθος ποὺ ὀνομάζεται μονάδα μετρήσεως τοῦ μεγέθους.

Ἔτσι γιὰ τὸ κάθε φυσικὸ μέγεθος ὑπάρχει μιὰ ἢ περισσότερες μονάδες μετρήσεως.

Γιὰ νὰ μετρήσωμε, π.χ., ἕνα μῆκος, τὴν ἀπόσταση ἔστω τῶν πεζοδρομίων μιᾶς ὁδοῦ, θὰ πάρωμε σὰν μονάδα μετρήσεως ἕνα ὁρισμένο μῆκος, γιὰ νὰ ὑπολογίσωμε τὸ βάρος ἑνὸς σώματος θὰ πάρωμε σὰν μονάδα μετρήσεως ἕνα ὁρισμένο βάρος κλπ.

Τὸ ἀποτέλεσμα μιᾶς μετρήσεως εἶναι ἕνας ἀριθμὸς ποὺ φανερώνει πόσες φορὲς ἡ μονάδα μετρήσεως χωράει στὸ μετρούμενο φυσικὸ μέγεθος καὶ λέγεται **ἀριθμητικὴ τιμὴ** τοῦ μεγέθους ποὺ μετρᾶμε. Γράφοντας δίπλα στὴν ἀριθμητικὴ τιμὴ τὸ σύμβολο τῆς μονάδος μετρήσεως ἔχουμε μιὰ πλήρη εἰκόνα τοῦ μεγέθους ποὺ μετρήσαμε. Ἡ ἀριθμητικὴ τιμὴ μαζὶ μὲ τὴν μονάδα μετρήσεως ἀποτελοῦν τὸ **μέτρο** (ἢ ἔνταση) τοῦ μεγέθους ποὺ μετρᾶμε. Ἔτσι ὅταν λέμε πὼς τὸ μῆκος τοῦ δωματίου μας εἶναι 4 μέτρα (κι αὐτὸ τὸ γράφουμε 4 m) ἐννοοῦμε πὼς τὸ μετρήσαμε μὲ τὴν μονάδα μετρήσεως 1 μέτρο (1 m) καὶ βρήκαμε πὼς τὸ μῆκος τοῦ δωματίου εἶναι 4 φορὲς μεγαλύτερο ἀπὸ τὴν μονάδα, ποὺ στὴν προκειμένη περίπτωση χρησιμοποιήσαμε.

§ 15. Πολλαπλάσια καὶ ὑποπολλαπλάσια τῶν μονάδων. Κάθε μονάδα φυσικοῦ μεγέθους ἔχει ὁρισμένη ὀνομασία καὶ ὁρισμένο σύμβολο. Τὸ σύμβολο αὐτὸ ἀπαρτίζεται συνήθως ἀπὸ ἀρχικὰ γράμματα τῆς ὀνομασίας τῆς μονάδος σὲ ξένη γλῶσσα.

Ἔτσι ἡ μονάδα **μέτρο** ἔχει σὰν σύμβολο τὸ γράμμα **m,** ποὺ εἶναι τὸ ἀρχικὸ τῆς γαλλικῆς λέξεως mètre. Ἡ μονάδα **γραμμάριο** ἔχει σὰν σύμβολο τὰ γράμματα **gr,** ἀρχικὰ κι' αὐτὰ τῆς γαλλικῆς λέξεως gramme.

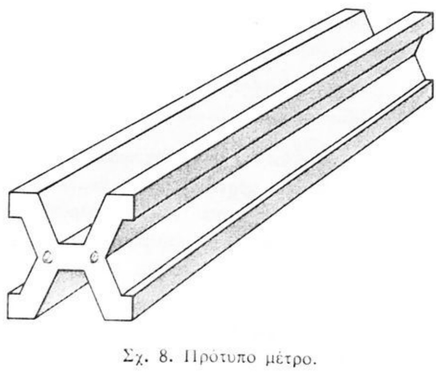
Ἀπὸ τὴν βασικὴ μονάδα ἑνὸς φυσικοῦ μεγέθους σχηματίζουμε πολλαπλάσια καὶ ὑποπολλαπλάσια γιὰ νὰ τὰ χρησιμοποιοῦμε ὅταν ἡ ἀριθμητικὴ τιμὴ τοῦ μετρουμένου μεγέθους εἶναι πολὺ μεγάλη ἢ πολὺ μικρὴ σὲ σχέση μὲ τὴν μονάδα. Ἔτσι τὴν ἀπόσταση Ἀθηνῶν - Θεσσαλονίκης δὲν τὴν μετρᾶμε σὲ μέτρα ἀλλὰ σὲ χιλιόμετρα καὶ τὸ πάχος ἑνὸς λεπτοῦ μεταλλικοῦ ἐλάσματος σὲ χιλιοστόμετρα.

Τὰ πολλαπλάσια καὶ τὰ ὑποπολλαπλάσια μιᾶς μονάδος σχηματίζονται μὲ τὴν προσθήκη ὁρισμένων προθεμάτων, τὰ ὁποῖα θέτουμε ἐμπρὸς ἀπὸ τὸ ὄνομα τῆς μονάδος.

	πρόθεμα	σύμβολο	σημασία
πολλαπλάσια	δεκα-	D	δεκαπλάσιο τῆς μονάδος
	ἑκατο-	h	ἑκατονταπλάσιο »
	χιλιο-	k	χιλιοπλάσιο »
	μεγα-	M	ἑκατομμυριοπλάσιο »
ὑποπολλαπλάσια	δεκατο-	d	δέκατο τῆς μονάδος
	ἑκατοστο-	c	ἑκατοστὸ »
	χιλιοστο-	m	χιλιοστὸ »
	μικρο-	μ	ἑκατομμυριοστὸ »

§ 16. Μονάδες μήκους. Τὰ περισσότερα κράτη, μὲ ἐξαίρεση τὶς ἀγγλοσαξονικὲς χῶρες (Μεγάλη Βρεττανία καὶ Ἡνωμένες Πολιτεῖες τῆς Ἀμερικῆς) χρησιμοποιοῦν σὰν μονάδα μήκους τὸ **1 μέτρο** (1 m), τὸ μῆκος τοῦ ὁποίου λαμβάνεται ἀπὸ ἕνα πρότυπο μέτρο, ποὺ φυλάσσεται στὸ Διεθνὲς Γραφεῖο Μέτρων καὶ Σταθμῶν στὸ προάστειο Σέβρες τοῦ Παρισιοῦ. Τὰ διάφορα κράτη παίρνουν «ἀντίτυπα» τοῦ προτύπου μέτρου γιὰ νὰ κατασκευάσουν καὶ νὰ συγκρίνουν τὰ μέτρα ποὺ κυκλοφοροῦν στὸ ἐμπόριο (σχ. 8).

Πολλὲς φορὲς μετρᾶμε μήκη κατὰ πολὺ μεγαλύτερα ἢ μικρότερα τοῦ 1 m. Γι' αὐτὸν τὸν λόγο χρησιμοποιοῦμε στὶς με-



Σχ. 8. Πρότυπο μέτρο.

τρήσεις μας πολλαπλάσια καὶ ὑποπολλαπλάσια τοῦ μέτρου.

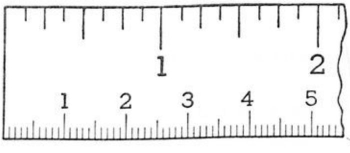
Τὸ πιὸ συνηθισμένο πολλαπλάσιο τοῦ μέτρου εἶναι τὸ χιλιόμετρο (1 km), ὑποπολλαπλάσια δὲ τοῦ μέτρου εἶναι τὸ δεκατόμετρο ἢ παλάμη (1 dm, ντεσιμέτρ), τὸ ἑκατοστόμετρο (1 cm, σαντιμὲτρ) καὶ τὸ χιλιοστόμετρο (1 mm, μιλιμέτρ). Γιὰ πολὺ μικρὰ μήκη χρησιμοποιεῖται καὶ τὸ μικρόμετρο ἢ μικρὸ (1 μm). Εἶναι δέ :

1 χιλιόμετρο (1 km)	=	1000 m
1 δεκατόμετρο (1 dm)	=	0,1 m
1 ἑκατοστόμετρο (1 cm)	=	0,01 m
1 χιλιοστόμετρο (1 mm)	=	0,001 m
1 μικρόμετρο (1 μm)	=	0,000 001 m

Οἱ Ἀγγλοσάξονες χρησιμοποιοῦν σὰν μονάδα μήκους τὴν ὑάρδα (1 yd), ὑποπολλαπλάσια τῆς ὁποίας εἶναι τὸ πόδι (1 ft) καὶ ἡ ἴντσα (1 in) (σχ. 9). Εἶναι δέ:

1 ὑάρδα (1 yd) = 3 πόδια
1 πόδι (1 ft) = 12 ἴντσες
1 ὑάρδα = 91,44 cm, 1 πόδι = 30,5 cm
1 ἴντσα = 2,54 cm.

Χρησιμοποιοῦν ἐπίσης τό:
1 ἀγγλικὸ μίλι (1 mile) = 1609 m



Σχ. 9. Μία ἴντσα εἶναι ἴση μὲ 2,54 cm.

Οἱ ναυτικοὶ χρησιμοποιοῦν σὰν μονάδα μήκους τὸ ναυτικὸ μίλι (1 mi), εἶναι δέ:

1 ναυτικὸ μίλι = 1852 m

§ 17. Μονάδες ἐπιφανείας. Γνωρίζουμε ἀπὸ τὴν Γεωμετρία πὼς ἡ ἐπιφάνεια εἶναι γινόμενο δύο μηκῶν. Γι' αὐτὸν τὸν λόγο εἶναι παράγωγο μέγεθος, ἑπομένως καὶ οἱ μονάδες της εἶναι παράγωγες μονάδες καὶ ὁρίζονται σὲ ἀντιστοιχία μὲ τὶς μονάδες τοῦ μήκους.

Στὴν Φυσικὴ λαμβάνουμε σὰν μονάδα ἐπιφανείας τὸ **1 τετραγωνικὸ μέτρο** (1 m^2), δηλαδὴ τὴν ἐπιφάνεια ἑνὸς τετραγώνου μὲ πλευρὰ 1 m.

Ἐξ ἄλλου ἀπὸ τὰ ὑποπολλαπλάσια τοῦ μέτρου δεκατόμετρο, ἑκατοστόμετρο καὶ χιλιοστόμετρο σχηματίζουμε τὰ ἀκόλουθα ὑποπολλαπλάσια τοῦ τετραγωνικοῦ μέτρου :

1 τετραγωνικὸ δεκατόμετρο (1 dm^2)
1 τετραγωνικὸ ἑκατοστόμετρο (1 cm^2)
1 τετραγωνικὸ χιλιοστόμετρο (1 mm^2)

Γιὰ πολὺ μεγάλες ἐπιφάνειες χρησιμοποιοῦμε σὰν μονάδα τὸ πολλαπλάσιο τοῦ τετραγωνικοῦ μέτρου:

1 τετραγωνικὸ χιλιόμετρο (1 km^2)

δηλαδὴ τὴν ἐπιφάνεια ἑνὸς τετραγώνου μὲ πλευρὰ 1 km. Ἑπομένως εἶναι :
1 km^2 = 1 000 m × 1 000 m = 1 000 000 m^2

§ 18. Μονάδες ὄγκου. Καὶ ὁ ὄγκος σὰν γινόμενο τριῶν μηκῶν εἶναι παράγωγο μέγεθος, ἑπομένως καὶ οἱ μονάδες του εἶναι, ὅπως καὶ στὴν περίπτωση τῆς ἐπιφανείας, παράγωγες μονάδες καὶ ὁρίζονται σὲ ἀντιστοιχία μὲ τὶς μονάδες τοῦ μήκους.

Στὴν Φυσικὴ χρησιμοποιοῦμε σὰν μονάδα ὄγκου τὸ:

1 κυβικὸ μέτρο (1 m^3)

δηλαδὴ τὸν ὄγκο ἑνὸς κύβου μὲ ἀκμὴ 1 m.

Ἀπὸ τὰ ὑποπολλαπλάσια τοῦ μέτρου σχηματίζουμε ἐπίσης τὰ ἀκόλουθα ὑποπολλαπλάσια τοῦ κυβικοῦ μέτρου :

1 κυβικὸ δεκατόμετρο (1 dm^3)
1 κυβικὸ ἑκατοστόμετρο (1 cm^3)
1 κυβικὸ χιλιοστόμετρο (1 mm^3)

Τὸ κυβικὸ δεκατόμετρο συνήθως λέγεται λ ί τ ρ ο ($1\ l$). Εἶναι δέ:

1 κυβικὸ μέτρο ($1\ m^3$) $= 1\,000\ dm^3$ ἢ $1\,000\ l$

1 κυβικὸ δεκατόμετρο ($1\ dm^3$) ἢ 1 λίτρο ($1\ l$) $= 1\,000\ cm^3$

1 κυβικὸ ἑκατοστόμετρο $= 1\,000\ mm^3$. Ἑπομένως: $1\ m^3 = 1\,000\ dm^3 = 1\,000\,000\ cm^3 = 1\,000\,000\,000\ mm^3$

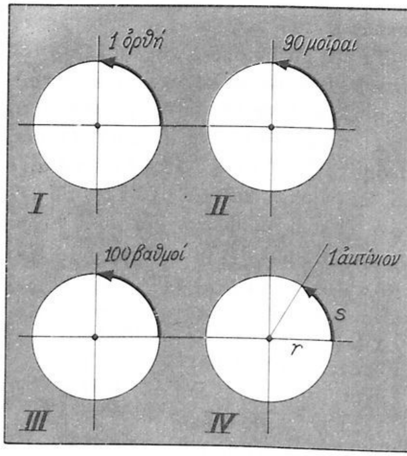
Στὶς ἀγγλοσαξονικὲς χῶρες ἐκτὸς ἀπὸ τὶς μονάδες κυβικὴ ὑάρδα ($1\ yd^3$), κυβικὸ πόδι ($1\ ft^3$) καὶ κυβικὴ ἴντσα ($1\ in^3$), χρησιμοποιεῖται καὶ τὸ γαλόνι (1 gal).

Προκειμένου γιὰ ὄγκους ὑγρῶν τὸ γαλόνι ὁρίζεται ἴσον μέ:

1 βρεττανικὸ γαλόνι $= 4{,}546$ λίτρα γιὰ τὴν Μ. Βρεττανία

1 ἀμερικανικὸ γαλόνι $= 3{,}785$ λίτρα γιὰ τὴν Ἀμερική

Στὴν Ἑλλάδα ἡ βενζίνη πωλεῖται σὲ βρεττανικὰ γαλόνια.



Σχ. 10. Σχέση μεταξὺ τῆς ὀρθῆς γωνίας μὲ τὶς μοῖρες καὶ τοὺς βαθμοὺς (I, II, III) καὶ (IV) γιὰ τὸν ὁρισμὸ τοῦ ἀκτινίου.

§ 19. **Μονάδες γωνίας.** Ὅπως γνωρίζουμε, γωνία εἶναι τὸ σχῆμα ποὺ ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο ἡμιευθεῖες μὲ κοινὴ κορυφή.

Οἱ γωνίες μετριῶνται μὲ τὶς ἀκόλουθες μονάδες:

α) Ὀρθὴ γωνία. Ἔτσι ὀνομάζεται ἡ γωνία ποὺ σχηματίζεται ἀπὸ δύο κάθετες ἡμιευθεῖες. Ὅταν ἡ ὀρθὴ γωνία γίνη ἐπίκεντρη, βαίνει σὲ τόξο ἑνὸς τεταρτημορίου. Ὁλόκληρη ἑπομένως ἡ περιφέρεια ἀντιστοιχεῖ σὲ τέσσαρες ὀρθὲς γωνίες (σχ. 10, I).

β) Μοῖρα (°). Αὐτὴ ἰσοῦται μὲ τὸ $^1/_{90}$ τῆς ὀρθῆς γωνίας καὶ συμβολίζεται μὲ τὸ (°). Ἑπομένως ὁλόκληρη ἡ περιφέρεια ἀντιστοιχεῖ σὲ $90^\circ \times 4 = 360^\circ$ (σχ. II)

Ὑποπολλαπλάσια τῆς μοίρας εἶναι:

1) Τ ὸ π ρ ῶ τ ο λ ε π τ ό ($'$), ἴσο μὲ τὸ $^1/_{60}$ τῆς μοίρας. Ἑπομένως: $1^\circ = 60'$.

2) Τ ὸ δ ε ύ τ ε ρ ο λ ε π τ ό ($''$), ἴσο μὲ τὸ $^1/_{60}$ τοῦ πρώτου λεπτοῦ. Ἑπομένως: $1' = 60''$. Συνεπῶς θὰ εἶναι:

$$1^\circ = 60' = 3600''.$$

γ) Βαθμός. Αὐτὸς ἰσοῦται μὲ τὸ $^1/_{100}$ τῆς ὀρθῆς γωνίας καὶ συμβολίζεται μὲ τὸ grad (σχ. III). Ἑπομένως:

$$1 \text{ ὀρθή} = 100 \text{ grad}$$

Ὁλόκληρη ἡ περιφέρεια θὰ εἶναι συνεπῶς ἴση μέ:

$$100 \cdot 4 = 400 \text{ grad}$$

Ὑποπολλαπλάσια τοῦ βαθμοῦ εἶναι: 1) τ ὸ δ έ κ α τ ο τ ο ῦ β α θ μ ο ῦ καὶ 2) τ ὸ ἑ κ α τ ο σ τ ὸ τ ο ῦ β α θ μ ο ῦ.

δ) Ἀκτίνιο. Τὸ ἀκτίνιο (1 rad) ἀντιστοιχεῖ σὲ ἐπίκεντρη γωνία, τὸ τόξο τῆς ὁποίας ἔχει ἀνάπτυγμα ἴσο μὲ τὴν ἀκτίνα τοῦ κύκλου (σχ. 10, IV). Ἐπειδὴ τὸ μῆκος Γ τῆς περιφερείας ἑνὸς κύκλου ἀκτῖνος r εἶναι ἴσο μὲ $Γ = 2\pi r$, συμπεραίνουμε ὅτι ὁλόκληρη ἡ περιφέρεια θὰ ἀντιστοιχῇ σὲ γωνία $\frac{2\pi r}{r} = 2\pi$ ἀκτινίων.

Ἀπὸ τὰ παραπάνω ἐξάγεται ὅτι:

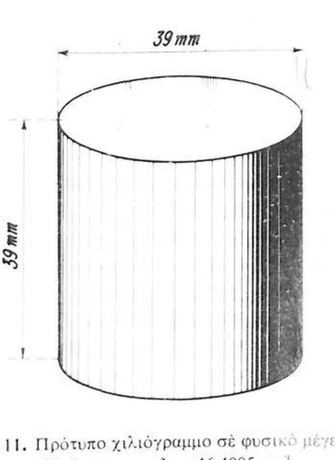
4 ὀρθὲς γωνίες $= 360^\circ = 400$ grad $= 2\pi$ rad καί:

1 ὀρθὴ γωνία $= 90^\circ = 100\text{ grad} = \frac{\pi}{2}$ rad.

§ **20. Μονάδες μάζας.** Κάθε φυσικὸ σῶμα γεμίζει τὸν χῶρο του μὲ μιὰν ὁρισμένη ποσότητα ὕλης, ποὺ ὀνομάσαμε μ ά ζ α τοῦ σώματος. Ἡ μάζα ἑνὸς σώματος παραμένει ἀμετάβλητη, ἐφ' ὅσον δὲν τῆς ἀφαιρέσωμε ἢ δὲν τῆς προσθέσωμε κανένα μέρος. Εἶναι παντοῦ ἡ ἴδια, εἴτε τὸ σῶμα βρίσκεται σὲ μιὰ πεδιάδα, εἴτε μεταφερθῆ στὴν κορφὴ ἑνὸς βουνοῦ.

Γιὰ νὰ ἐκφράσωμε ἀ ρ ι θ μ η τ ι κ ὰ τὴν μάζα ἑνὸς σώματος, πρέπει νὰ πάρωμε ἕνα πρότυπο, ἕνα ὑποδειγματικὸ σῶμα, νὰ θεωρήσωμε τὴν μάζα του σὰν τὴν μονάδα τῆς μάζας καὶ νὰ συγκρίνωμε τὴν μάζα τοῦ σώματος μὲ τὴν μάζα τοῦ ὑποδείγματος. Αὐτὸ λοιπὸν τὸ ὑποδειγματικὸ σῶμα εἶναι τὸ **πρότυπο χιλιόγραμμο** (σχ. 11), ἕνας κύλινδρος κατασκευασμένος ἀπὸ ἰριδιοῦχο λευκόχρυσο ποὺ ἡ διάμετρός του καὶ τὸ ὕψος του εἶναι 39 mm. Τὸ πρότυπο χιλιόγραμμο φυλάσσεται, ὅπως καὶ τὸ πρότυπο μέτρο, στὸ Διεθνὲς Γραφεῖο Μέτρων καὶ Σταθμῶν στὶς Σέβρες τοῦ Παρισιοῦ καὶ ἡ μάζα του εἶναι ἡ μονάδα τῆς μάζας ἴση μὲ **1 χιλιόγραμμο** (1 kg).

Ὑποπολλαπλάσια τοῦ 1 kg εἶναι τὸ :
1 γραμμάριο (1 gr) = 0,001 kg καὶ



Σχ. 11. Πρότυπο χιλιόγραμμο σὲ φυσικὸ μέγεθος. Ὁ ὄγκος του εἶναι 46,4005 cm^3.

τὸ **1 χιλιοστόγραμμο** (1 μιλιγκράμ, 1 mg).
Πολλαπλάσιο τοῦ 1 kg εἶναι ὁ :
1 τόννος (1 t). Εἶναι δὲ 1 t = 1 000 kg.

Στὶς ἀγγλοσαξονικὲς χῶρες χρησιμοποιοῦν στὸ ἐμπόριο καὶ τὶς μονάδες :
1 οὐγγιὰ (1 oz) = 28,35 gr
1 λίμπρα (1 lb = 1 pound, 1 πάουντ) = 453,6 gr.

§ **21. Σταθμά.** Αὐτὰ εἶναι μεταλλικὰ τεμάχια ποὺ περιλαμβάνουν μάζες τῶν μονάδων τοῦ δεκαδικοῦ συστήματος, τῶν διπλασίων καὶ τῶν ἡμισέων τῶν μονάδων αὐτῶν, π.χ. 20 kg, 10 kg, 5 kg, 2 kg, 1 kg, 500 gr, 200 gr, κλπ.

Ἄλλα σταθμὰ ἔχουν κυλινδρικὸ σχῆμα, ὁπότε φέρουν στὴν μιὰ βάση τοῦ κυλίνδρου λαβή, κι ἄλλα σχῆμα κολούρου τετραγωνικῆς ἢ ἑξαγωνικῆς πυραμίδος μὲ δακτύλιο στὴν μικρότερη βάση. Τὰ ὑποπολλαπλάσια τοῦ γραμμαρίου εἶναι κατασκευασμένα ἀπὸ μικρὰ τετραγωνικὰ φύλλα ἀλουμινίου, ὀρειχάλκου ἢ λευκοχρύσου μὲ τὴν μία γωνία ἀναδιπλωμένη, γιὰ νὰ μποροῦμε μὲ εὐκολία νὰ τὰ πιάνωμε μὲ εἰδικὲς λαβίδες (σχ. 12).

Σχ. 12. Διάφορα εἴδη σταθμῶν.

§ **22. Μονάδες χρόνου.** Στὴν Φυσικὴ διακρίνουμε χ ρ ο ν ι κ ὴ σ τ ι γ μ ὴ καὶ χ ρ ο ν ι κ ὴ δ ι ά ρ κ ε ι α ἢ χ ρ ο ν ι κ ὴ ἀ π ό σ τ α σ η. Ἔτσι ὅταν θέλωμε νὰ καθορίσωμε τὸ πότε συνέβη ἕνα φυσικὸ περιστατικό, ἀναφερόμαστε στὴν χρονικὴ στιγμή, ὅπως π.χ. ὅταν λέμε πὼς ἡ ἀνατολὴ τοῦ Ἡλίου σὲ μιὰν ὁρισμένη ἡμερομηνία στὴν Ἀθήνα συμβαίνει στὶς 7 ἡ ὥρα καὶ 45 λεπτὰ ἢ ὅταν πληροφορούμεθα πὼς ἡ ταχεῖα Ἀθηνῶν - Θεσσαλονίκης ἀναχωρεῖ στὶς 14ω 30π. Ὅταν ὅμως θέλωμε νὰ καθορίσωμε τὸν χρόνο ποὺ ἐμεσολάβησε ἀνάμεσα σὲ δύο περιστατικά, μιλᾶμε γιὰ χρονικὴν ἀπόσταση ἢ χρονικὴ διάρκεια, ὅπως εἶναι ὁ χρόνος ποὺ μεσολαβεῖ ἀπὸ τὴν ἀναχώρηση ἕως τὴν ἄφιξη ἑνὸς μεταφορικοῦ μέσου, ἢ ὁ χρόνος ποὺ διαρρέει ἀπὸ τὴν ἀνατολὴ μέχρι τὴν δύση τοῦ Ἡλίου, ἡ χρονικὴ διάρκεια δηλαδὴ τῆς ἡμέρας.

Γιὰ τὴν μέτρηση τοῦ χρόνου χρειαζόμαστε βέβαια μιὰ κατάλληλη χρονικὴ μονάδα. Ἐνῶ ὅμως γιὰ τὴν μέτρηση τοῦ μήκους καὶ τῆς μάζας ἡ ἐκλογὴ τῆς μονάδος ἦταν αὐθαίρετη, τὴν χρονικὴ μονάδα μᾶς τὴν ἐπέβαλε ἡ Φύση. Πραγματικὰ τὶς ἀσχολίες τῆς καθημερινῆς μας ζωῆς κανονίζουμε σύμφωνα μὲ τὴν πορεία τοῦ Ἡλίου.

Ὀνομάζουμε **ἀληθινὴ μεσημβρία** τὴν χρονικὴ **στιγμὴ** κατὰ τὴν ὁποία ὁ Ἥλιος εὑρίσκεται στὸ πιὸ ψηλὸ **σημεῖο**, ἐπάνω ἀπὸ τὸν ὁρίζοντα ἑνὸς τόπου.

Ἡ χρονικὴ ἀπόσταση ἀνάμεσα σὲ δυὸ διαδοχικὲς ἀληθινὲς μεσημβρίες ὀνομάζεται ἀληθινὴ ἡλιακὴ ἡμέρα. Οἱ ἀληθινὲς ἡλιακὲς ἡμέρες δὲν ἔχουν ὅμως ὅλες τὴν ἴδια χρονικὴ διάρκεια, ἀλλὰ παθαίνουν κανονικὲς αὐξομειώσεις (διακυμάνσεις) μέσα σ᾽ ἕνα ἔτος. Γι᾽ αὐτὸν τὸν λόγο ἡ ἀληθινὴ ἡλιακὴ ἡμέρα δὲν προσφέρεται γιὰ τὸν καθορισμὸ τῆς χρονικῆς μονάδος.

Ἔτσι σὰν χρονικὴ μονάδα διαλέξαμε τὸν μέσο ὅρο ὅλων τῶν ἀληθινῶν ἡλιακῶν ἡμερῶν τοῦ ἔτους. Αὐτὴ ἡ μέση τιμὴ ὀνομάζεται **μέση ἡλιακὴ ἡμέρα** (1 d) καὶ ὑποδιαιρεῖται σὲ **ὧρες** (1 h), **πρῶτα λεπτὰ** (1 min) καὶ **δεύτερα λεπτὰ** (1 sec).

Εἶναι δέ:

$$1\ \mathrm{d} = 24\ \mathrm{h},\ 1\ \mathrm{h} = 60\ \mathrm{min},\ 1\ \mathrm{min} = 60\ \mathrm{sec}.$$

Ἑπομένως:

$$1\ \mathrm{d} = 24 \cdot 60 \cdot 60 = 86\,400\ \mathrm{sec}.$$

§ 23. Συστήματα μονάδων μετρήσεως. Ἐμάθαμε πὼς γιὰ τὴν μέτρηση κάθε φυσικοῦ μεγέθους χρειάζεται καὶ μιὰ κατάλληλη μονάδα μετρήσεως. Ἐπειδὴ ὅμως τὰ φυσικὰ μεγέθη εἶναι πολλὰ πρέπει νὰ ἔχωμε καὶ ἰσάριθμες μονάδες μετρήσεως, πράγμα τὸ ὁποῖο ἂν ἐτίθετο σὲ ἐφαρμογὴ θὰ προκαλοῦσε δυσκολίες καὶ σύγχυση.

Οἱ Φυσικοὶ παρατήρησαν πὼς τὰ περισσότερα φυσικὰ μεγέθη εἶναι παράγωγα καὶ μποροῦν νὰ ὁρισθοῦν μὲ τὴν χρησιμοποίηση ὁρισμένων βασικῶν μεγεθῶν. Ἡ ταχύτητα, π.χ., ποὺ ὁρίζεται σὰν τὸ διάστημα τὸ ὁποῖο διατρέχει ἕνα κινούμενο σῶμα σὲ μιὰν χρονικὴ μονάδα, εἶναι παράγωγο μέγεθος καὶ ὁρίζεται μὲ τὴν βοήθεια τοῦ μήκους καὶ τοῦ χρόνου, δηλαδὴ δύο βασικῶν μεγεθῶν. Ὅ,τι ὅμως γίνεται μὲ τὸν ὁρισμὸ τῶν παραγώγων μεγεθῶν, τὸ ἴδιο μπορεῖ νὰ συμβῆ καὶ μὲ τὶς μονάδες των. Πραγματικὰ οἱ μονάδες τῶν παραγώγων μεγεθῶν εἶναι δυνατὸν νὰ καθορισθοῦν μὲ τὴν χρησιμοποίηση τῶν μονάδων τῶν βασικῶν μεγεθῶν, ἀπὸ τὰ ὁποῖα ἐξαρτῶνται τὰ παράγωγα μεγέθη. Ἔτσι στὴν περίπτωση τῆς ταχύτητος ἂν λάβωμε σὰν μονάδα μήκους τὸ **χιλιόμετρο** καὶ σὰν μονάδα χρόνου τὴν **ὥρα,** μονάδα τῆς ταχύτητος θὰ εἶναι τὸ **1 χιλιόμετρο ἀνὰ ὥρα**.

Ὅταν καθορίσωμε ὁρισμένα μεγέθη σὰν βασικά, μποροῦμε νὰ ὁρίσωμε μὲ τὴν βοήθειά τους τὰ ὑπόλοιπα. Ὁρίζοντας κατόπι τὶς μονάδες τῶν βασικῶν μεγεθῶν μποροῦμε νὰ καθορίσωμε καὶ τὶς μονάδες τῶν παραγώγων μεγεθῶν, ποὺ κι αὐτὲς θὰ εἶναι παράγωγες, θὰ παράγωνται δηλαδὴ ἀπὸ τὶς μονάδες τῶν βασικῶν μεγεθῶν. Μὲ αὐτὸν τὸν τρόπο θὰ ἔχωμε κατασκευάσει ἕνα σύστημα μονάδων μετρήσεως. Ὥστε:

Τὸ σύστημα μονάδων μετρήσεως καθορίζεται μὲ κατάλληλην ἐκλογὴ ὁρισμένων φυσικῶν μεγεθῶν τὰ ὁποῖα λαμβάνονται σὰν βασικὰ γιὰ τὸ σύστημα. Μὲ τὴν βοήθεια τῶν μεγεθῶν αὐτῶν ὁρίζονται τὰ ὑπόλοιπα φυσικὰ μεγέθη. Οἱ μονάδες τῶν παραγώγων μεγεθῶν εἶναι παράγωγες καὶ καθορίζονται μὲ τὴν χρησιμοποίηση τῶν μονάδων τῶν βασικῶν μεγεθῶν.

Στὴν Φυσικὴ χρησιμοποιοῦμε τρία κυρίως συστήματα μετρήσεως:

α) Σύστημα μονάδων C. G. S. Στὸ σύστημα αὐτὸ σὰν βασικὰ μεγέθη λαμβάνονται τὸ μῆκος, ἡ μάζα καὶ ὁ χρόνος, μὲ ἀντίστοιχες μονάδες τὸ ἑκατοστόμετρο (1 cm, centimètre), τὸ γραμμάριο (1 gr, gramme) καὶ τὸ δευτερόλεπτο (1 sec, seconde).

β) Σύστημα M. K. S. Τὸ σύστημα αὐτὸ ἔχει τὰ ἴδια βασικὰ μεγέθη μὲ τὸ σύστημα C. G. S., οἱ μονάδες του ὅμως εἶναι τὸ μέτρο (1 m, mètre) γιὰ τὸ μῆκος, τὸ χιλιόγραμμο (1 kg, kilogramme) γιὰ τὴν μάζα καὶ τὸ δευτερόλεπτο (1 sec, seconde) γιὰ τὸν χρόνο.

γ) Τεχνικὸ Σύστημα (Τ. Σ.) Τὸ σύστημα αὐτὸ διαφέρει ἀπὸ τὰ δύο προηγούμενα συστήματα. Σὰν βασικὰ μεγέθη ἔχει τὸ μῆκος, τὴν δύναμη καὶ τὸν χρόνο μὲ ἀντίστοιχες μονάδες τὸ μέτρο (1 m), τὸ κιλοπόντ (1 kp)[1] καὶ τὸ δευτερόλεπτο (1 sec).

Ὅταν λύνωμε ἕνα πρόβλημα πρέπει νὰ φροντίζωμε ὥστε οἱ ἀριθμητικὲς τιμὲς τῶν διαφόρων μεγεθῶν νὰ ἐκφράζωνται στὸ ἴδιο σύστημα.

Πίνακας συστημάτων μονάδων μετρήσεως

Σύστημα μονάδων	Μῆκος	Μάζα	Χρόνος	Δύναμη
C. G. S.	1 cm	1 gr	1 sec	—
M. K. S.	1 m	1 kg	1 sec	—
Τ. Σ.	1 m	—	1 sec	1 kp

1. Μὲ τὸ κιλοπόντ, ποὺ παλαιότερα ὀνομαζότανε χιλιόγραμμο βάρους (1 kgr*), μετρᾶμε τὸ μέτρο τῶν δυνάμεων καὶ τὸ βάρος τῶν σωμάτων. Ἕνα κιλοπόντ ὑποδιαιρεῖται σὲ 1000 πόντ (p).

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Κάθε μέγεθος ποὺ ἐκφράζει μιὰν φυσικὴ ἰδιότητα καὶ ποὺ μπορεῖ νὰ μετρηθῆ εἶναι φυσικὸ μέγεθος. Θεμελιῶδες μὲν ἂν ὁρίζεται ἀφ' ἑαυτοῦ καὶ παράγωγο ἂν γιὰ τὸν ὁρισμό του χρειάζωνται ἄλλα θεμελιώδη μεγέθη.

2. Γιὰ τὶς μετρήσεις τῶν φυσικῶν μεγεθῶν εἶναι ἀπαραίτητες οἱ μονάδες μετρήσεως. Κάθε φυσικὸ μέγεθος ἔχει καὶ τὴν δική του μονάδα.

3. Μονάδα μήκους εἶναι τὸ 1 μέτρο (1 m), μονάδα ἐπιφανείας τὸ 1 τετραγωνικὸ μέτρο (1 m^2), μονάδα ὄγκου τὸ 1 κυβικὸ μέτρο (1 m^3), μονάδα μάζας τὸ 1 χιλιόγραμμο (1 kg), μονάδα δυνάμεως τὸ 1 κιλοπὸντ (1 kp) καὶ μονάδα χρόνου ἡ μέση ἡλιακὴ ἡμέρα (1 d).

4. Ἐκτὸς ἀπὸ τὶς βασικὲς μονάδες χρησιμοποιοῦμε καὶ τὰ πολλαπλάσια καὶ ὑποπολλαπλάσιά τους ἀνάλογα μὲ τὶς περιπτώσεις.

5. Τὸ σύστημα μονάδων μετρήσεως C. G. S. ἔχει σὰν βασικὰ μεγέθη τὸ μῆκος, τὴν μάζα καὶ τὸν χρόνο μὲ ἀντίστοιχες μονάδες τὸ ἑκατοστόμετρο, τὸ γραμμάριο καὶ τὸ δευτερόλεπτο.

6. Τὸ σύστημα M. K. S. ἔχει τὰ ἴδια βασικὰ μεγέθη μὲ τὸ Σύστημα C. G. S. ἀλλὰ σὰν μονάδες τὸ μέτρο, τὸ χιλιόγραμμο καὶ τὸ δευτερόλεπτο.

7. Τὸ Τεχνικὸ Σύστημα διαφέρει ὡς πρὸς τὰ βασικὰ μεγέθη ἀπὸ τὰ δύο προηγούμενα συστήματα διότι ἀντὶ τῆς μάζας ἔχει σὰν βασικὸ μέγεθος τὴν δύναμη. Μονάδες τῶν βασικῶν μεγεθῶν στὸ σύστημα αὐτὸ εἶναι τὸ μέτρο, τὸ κιλοπὸντ καὶ τὸ δευτερόλεπτο.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Νὰ μετατραποῦν 20 m α) σὲ ἑκατοστόμετρα (cm), β) σὲ χιλιοστόμετρα (mm) καὶ γ) σὲ χιλιόμετρα (km).
('Απ. α' 2 000 cm, β' 20 000 mm. γ' 0,02 km.)

2. Τὸ μῆκος μιᾶς ῥάβδου εἶναι 8 m 50 cm 35 mm. Νὰ ἐκφρασθῇ τὸ μῆκος αὐτὸ σὲ χιλιοστόμετρα (mm). *('Απ. 8 535 mm.)*

3. Νὰ μετατραπῇ α) σὲ χιλιοστόμετρα (mm) καὶ β) σὲ μέτρα (m), μῆκος 6 000 cm.
('Απ. α' 60 000 mm. β' 60 m.)

4. Τὸ μῆκος ἑνὸς εὐθυγράμμου τμήματος ῥάβδου εἶναι 5 cm. Πόσο εἶναι τὸ μῆκος τοῦ τμήματος αὐτοῦ α) σὲ χιλιοστόμετρα (mm) καὶ β) σὲ μέτρα (m). *('Απ. α' 50 mm. β' 0 05 m.)*

5. Νὰ εὑρεθῇ α) Πόσα τετραγωνικὰ δεκατόμετρα (dm^2) ἀντιστοιχοῦν σὲ 1 m^2. β) Πόσα τετραγωνικὰ ἑκατοστόμετρα (cm^2) ἀντιστοιχοῦν σὲ 1 dm^2. γ) Πόσα τετραγωνικὰ χιλιοστόμετρα (mm^2) ἀντιστοιχοῦν σὲ 1 cm^2 καὶ δ) Πόσα τετραγωνικὰ χιλιοστόμετρα (mm^2) ἀντιστοιχοῦν σὲ 1 m^2. *('Απ. α' 100 dm^2. β' 100 cm^2. γ' 100 mm^2. δ' 1 000 000 mm^2.)*

6. Νὰ εὑρεθῇ α) Πόσα κυβικὰ δεκατόμετρα (dm^3) ἢ λίτρα (l) ἀντιστοιχοῦν σὲ 1 m^3. β) Πόσα κυβικὰ ἑκατοστόμετρα (cm^3) ἀντιστοιχοῦν σὲ 1 dm^3. γ) Πόσα κυβικὰ χιλιοστόμετρα (mm^3) ἀντιστοιχοῦν σὲ 1 cm^3.
('Απ. α' 1 000 dm^3 ἢ 1 000 l. β' 1 000 m^3. γ' 1 000 mm^3.)

7. α) Νὰ ἐκφρασθῇ σὲ κυβικὰ μέτρα (m^3) καὶ σὲ κυβικὰ ἑκατοστόμετρα (cm^3) ὄγκος 25,2 dm^3. β) Νὰ ἐκφρασθῇ σὲ κυβικὰ δεκατόμετρα (dm^3) καὶ σὲ κυβικὰ χιλιοστόμετρα (mm^3) ὄγκος 153,5 cm^3.
('Απ. α' 0,025 2 m^3, 25 200 cm^3. β' 0,153 5 dm^3, 153 500 mm^3.)

8. Ἡ διάμετρος ἑνὸς σύρματος ἀπὸ ὀρείχαλκο εἶναι 1,22 mm. Νὰ εὑρεθῇ α) σὲ τετραγωνικὰ χιλιοστόμετρα (mm^2) καὶ β) σὲ τετραγωνικὰ ἑκατοστόμετρα (cm^2) τὸ ἐμβαδὸν τῆς διατομῆς τοῦ σύρματος.
('Απ. α' $S = 1{,}168\ mm^2$. β' $S = 0{,}011\,68\ cm^2$.)

9. Νὰ μετατραποῦν σὲ βαθμούς: α) 40°, β) 22° 45', γ) 16° 18' 25''.
('Απ. α' 44,44. β' 25,27. γ' 18,11 βαθμοί.)

10. Νὰ μετατραποῦν σὲ μοῖρες: α) 60 βαθμοί, β) 18,5 βαθμοί, γ) 78,25 βαθμοί.
('Απ. α' 54°. β' 16° 39'. γ' 70° 25' 30''.)

11. Νὰ εὑρεθῇ τὸ μῆκος τοῦ τόξου, ποὺ ἀποκόπτεται ἀπὸ ἐπίκεντρο γωνία 1 **rad** *σὲ ἕνα κύκλο ἀκτίνας 5 cm.* *('Απ. 5 cm.)*

12. Ἕνας κύκλος ἔχει ἀκτίνα 8 cm. Νὰ ὑπολογίσετε σὲ μοῖρες καὶ πρῶτα λεπτὰ τὴν ἐπίκεντρη γωνία ποὺ ἔχει μέτρο ἴσο μὲ 1 ἀκτίνιο.
('Απ. 57° 19'.)

Α΄ – ΤΟ ΝΕΡΟ

1. ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΝΕΡΟ

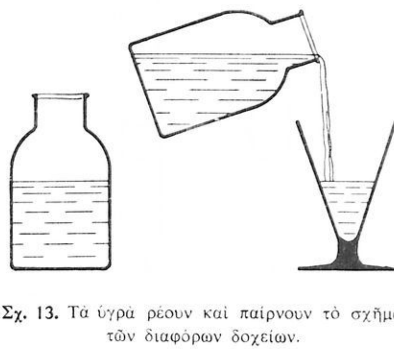
§ 24. Γενικότητες. Τὸ περισσότερο διαδεδομένο σῶμα ἐπάνω στὴν ἐπιφάνεια τῆς Γῆς εἶναι ὑγρὸ καὶ τὸ ὑγρὸ αὐτὸ εἶναι τὸ ὕ δ ω ρ ἤ, ὅπως συνηθέστερα τὸ ὀνομάζουμε, τὸ ν ε ρ ό. Οἱ θάλασσες καλύπτουν μὲ τὴν ὑγρὴ μάζα τους τὰ 3/4 τῆς ἐπιφανείας τοῦ πλανήτη μας. Οἱ ὠκεανοί, ποὺ τὸ μέσο βάθος τους ἀνέρχεται σὲ 3500 m περίπου, περιέχουν περισσότερα ἀπὸ 2 δισεκατομμύρια κυβικὰ χιλιόμετρα ἁλμυροῦ νεροῦ. Οἱ στεριὲς διασχίζονται ἀπὸ ἀπειράριθμα ρυάκια καὶ πολυάριθμους μικροὺς καὶ μεγάλους ποταμούς. Στὶς ἐκτεταμένες πεδιάδες συναντᾶμε ἕλη καὶ λίμνες, ποὺ καμιὰ φορὰ εἶναι τόσο μεγάλες ὥστε μοιάζουν μὲ ἀνοικτὴ θάλασσα. Στὶς πλαγιὲς τῶν βουνῶν τὸ νερὸ πηγάζει ἀπὸ πηγὲς κι ὅπου δὲν ὑπάρχουν πηγὲς τὸ ἀντλοῦμε ἀπὸ βαθιὰ πηγάδια.

Ὡστόσο τὸ νερὸ δὲν βρίσκεται στὴν Φύση μονάχα στὴν ὑγρὴ κατάσταση. Σὰν στερεὸ σχηματίζει τὸν π ά γ ο καὶ τὸ χ ι ό ν ι, ποὺ στὰ μέρη μας κάνουν τὴν ἐμφάνισή τους στὶς κρύες χειμωνιάτικες μέρες, μὰ ποὺ σὲ ἄλλες περιοχὲς τῆς Γῆς, ὅπως στοὺς Πόλους καὶ στὶς κορυφὲς τῶν πολὺ ψηλῶν βουνῶν, ὑπάρχουν μόνιμα.

Σὰν ἀέριο σχηματίζει τοὺς ὑ δ ρ α τ μ ο ύ ς, ποὺ εἶναι ἀόρατοι, καὶ ποὺ ὅταν ψυχθοῦν μεταβάλλονται σὲ λεπτότατα σταγονίδια, τὰ ὁποῖα σχηματίζουν τὰ σ ύ ν ν ε φ α.

Τὰ διάφορα εἴδη τοῦ νεροῦ, ὅπως συναντῶνται στὴν Φύση στὴν ὑγρὴ κατάσταση, δὲν εἶναι ἴδια. Ἔτσι, τὸ θαλασσινὸ νερὸ εἶναι ἁλμυρό, τὸ νερὸ τῶν ρυακιῶν εἶναι διαυγὲς καὶ καθαρό, τὸ νερὸ τῶν πηγαδιῶν καμιὰ φορὰ γλυφό, τὸ νερὸ τῶν ποταμῶν, θολὸ κλπ. Τὰ νερὰ αὐτὰ ὀνομάζονται φ υ σ ι κ ὰ ν ε ρ ά.

§ 25. Τὸ νερὸ σὰν φυσικὸ σῶμα. Ἂν χύσωμε σ' ἕνα ὁποιοδήποτε δοχεῖο νερό, αὐτὸ θὰ πάρῃ τὸ σχῆμα τοῦ δοχείου κι' ὅταν ἠρεμήσῃ θὰ παρατηρήσωμε πὼς ἡ ἐλεύθερη ἐπιφάνειά του εἶναι ἐ π ί π ε δ η καὶ ὁ ρ ι ζ ό ν τ ι α (σχ. 13).

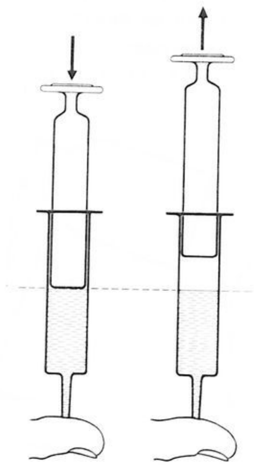


Σχ. 13. Τὰ ὑγρὰ ρέουν καὶ παίρνουν τὸ σχῆμα τῶν διαφόρων δοχείων.

Πείραμα. Ἂν γεμίσωμε μὲ νερὸ ἕνα μέρος τοῦ κυλίνδρου μιᾶς σύριγγας καί, ἀφοῦ κλείσωμε τὸ ἄκρο της μὲ τὸ δάκτυλό μας (σχ. 14), προσπαθήσωμε πιέζοντας τὸ ἔμβολο νὰ ἐλαττώσωμε τὸν ὄγκο τοῦ νεροῦ, θὰ παρατηρήσωμε πὼς αὐτὸ δὲν εἶναι κατορθωτὸ καὶ πὼς ὁ ὄγκος τοῦ νεροῦ δὲν ἐλαττώνεται. Ἑπομένως τὸ νερὸ δ ὲ ν σ υ μ π ι έ ζ ε τ α ι. Ἂν κατόπι, κρατώντας τὴ σύριγγα κατακόρυφα, ἀνασύρωμε τὸ ἔμβολο, βλέπουμε πὼς τὸ νερὸ δὲν ἀνεβαίνει γιὰ νὰ γεμίσῃ τὸν κενὸ χῶρο τοῦ σωλῆνα, διατηρώντας καὶ πάλι σ τ α θ ε ρ ὸ τ ὸ ν ὄ γ κ ο τ ο υ (σχ. 14). Ὥστε :

Τὸ νερὸ εἶναι ἕνας χαρακτηριστικὸς ἀντιπρόσωπος τῶν ὑγρῶν σωμάτων καὶ ἔχει ὅλες τὶς ἰδιότητές τους.

Σὲ ὅλους μας εἶναι γνωστὸ πῶς τὰ ἁπλωμένα ὑγρὰ ροῦχα στεγνώνουν, ὅπως ἐπίσης στεγνώνει τὸ ὑγρὸ πλυμένο δάπεδο, ἢ τὸ ἔδαφος ὕστερα ἀπὸ τὴν βροχή. Αὐτὸ συμβαίνει γιατὶ τὸ νερὸ σιγὰ-σιγὰ ἐξατμίστηκε κι' ἔπαυσε νὰ βρίσκεται σὲ ὑγρὴ κατάσταση ἐπάνω στὰ ροῦχα, στὸ δάπεδο ἢ στὸ ἔδαφος.



Σχ. 14. Τὰ ὑγρὰ εἶναι ἀσυμπίεστα καὶ μὴ ἐκτατά.

Ὅταν τὸ νερὸ βράζῃ σὲ μιὰ χύτρα, ἡ ποσότητά του ὅλο καὶ λιγοστεύει, ἐνῶ ἕνας ἀτμὸς ξεχύνεται στὸ δωμάτιο ἀπὸ τὴν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ. Ἡ ἐξάτμιση καὶ ὁ βρασμὸς μεταβάλλουν τὸ νερὸ σὲ ὑδρατμό· μὲ τὴν βοήθεια τῆς θερμότητος, δηλαδὴ ἀπὸ ὑγρὸ τὸ κάνουν ἀέριο, ἢ ὅπως λέμε τὸ ἐξαερώνουν καὶ τὸ φαινόμενο ὀνομάζεται ἐξαέρωση.

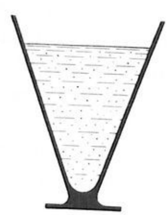
Ἀντίθετα, ὅταν ὁ ὑδρατμὸς ψύχεται, μεταβάλλεται σὲ νερό. Αὐτὸ μποροῦμε νὰ τὸ παρατηρήσωμε τὸν χειμώνα στὸ ἀκόλουθο φαινόμενο. Ὁ ἀέρας τῆς ἐκπνοῆς μας περιέχει καὶ ὑδρατμούς, πού, ὅταν ἔλθουν σὲ ἐπαφὴ μὲ τὰ κρύα τζάμια τῶν παραθύρων τοῦ δωματίου μας, μεταβάλλονται σὲ λεπτότατα σταγονίδια νεροῦ, ὑγροποιοῦνται ὅπως λέμε, καὶ σχηματίζουν ἕνα λεπτὸ στρῶμα ὁμίχλης ποὺ θαμπώνει τὰ τζάμια. Τὸ φαινόμενο αὐτὸ κατὰ τὸ ὁποῖο ἕνα ἀέριο σῶμα μεταβάλλεται σὲ ὑγρὸ λέγεται ὑγροποίηση.

Ὅταν ἡ θερμοκρασία τοῦ ὑγροῦ νεροῦ ἐλαττωθῇ ἀρκετά, τότε τὸ νερὸ μεταβάλλεται σὲ πάγο, ἢ ὅπως λέμε πήγνυται δηλαδὴ πήζει καὶ τὸ φαινόμενο ὀνομάζεται πῆξη. Ἀντίθετα ὅταν ὁ πάγος λυώνει, τήκεται, καὶ τὸ φαινόμενο λέγεται τῆξη. Ὥστε:

Τὸ νερὸ ἀνάλογα μὲ τὶς συνθῆκες ποὺ ἐπικρατοῦν μπορεῖ νὰ παρουσιάζεται καὶ στὶς τρεῖς φυσικὲς καταστάσεις. Σ' ὁποιαδήποτε ὅμως φυσικὴ κατάσταση κι' ἂν βρίσκεται, δὲν ἀλλάζει τὴν φυσική του σύσταση καὶ εἶναι πάντοτε τὸ ἴδιο.

§ 26. Τὸ φυσικὸ νερὸ εἶναι μεῖγμα.

Ἂν ἔχωμε μέσα σ' ἕνα γυάλινο ποτήρι θαλασσινὸ νερό, ἢ ποταμίσιο θολὸ νερό, μποροῦμε εὔκολα καὶ μὲ γυμνὸ μάτι νὰ ξεχωρίσωμε ἄπειρα στερεὰ σωματίδια, ποὺ αἰωροῦνται μέσα στὴν μάζα του (σχ. 15). Ἂν παρατηρήσωμε μιὰ σταγόνα ἀπὸ τὸ νερὸ αὐτὸ μὲ τὸ μικροσκόπιο, θὰ παρουσιασθῇ μπροστὰ στὰ μάτια μας ἕνα πλῆ-



Σχ. 15. Τὸ φυσικὸ νερὸ εἶναι θολὸ καὶ περιέχει πολλὰ αἰωρούμενα στερεὰ σωματίδια, ὁρατὰ μὲ γυμνὸ μάτι.

Σχ. 16. Μὲ τὸ μικροσκόπιο διακρίνουμε μικρότατα στερεὰ σωματίδια σὲ μιὰ σταγόνα φυσικοῦ νεροῦ.

θος ἀκόμη σωματιδίων, ποὺ εἶναι ἀόρατα μὲ γυμνὸ μάτι (σχ. 16). Τί εἶναι ἄραγε οἱ οὐσίες αὐτὲς καὶ ἀπὸ ποῦ προέρχονται ;

Τὸ νερό, ποὺ ἔχουμε στὸ ποτήρι, βρισκόταν σὲ ἐπαφὴ μὲ τὸ ἔδαφος. Ἔχει παρασύρει λοιπὸν χῶμα κι' ἄλλες στερεὲς οὐσίες φυτικῆς ἢ ζωϊκῆς προελεύσεως, ὅπως ξερὰ φύλλα, ριζίδια, προϊόντα ἀποσυνθέσεως ζώων κλπ., ἢ ἀκόμη καὶ ζωντανοὺς μικροοργανισμούς. Ὅλες αὐτὲς οἱ στερεὲς οὐσίες ποὺ ἀδιάκοπα κινοῦνται μέσα στὸ νερὸ τὸ λερώνουν. Τὸ νερὸ αὐτὸ δὲν εἶναι **καθαρό**. Εἶναι μεῖγμα νεροῦ καὶ ἄλλων σωμάτων : Ὥστε :

Τὸ φυσικὸ νερὸ περιέχει διάφορες στερεὲς οὐσίες ποὺ αἰωροῦνται μέσα στὴν μάζα του. Εἶναι μεῖγμα.

§ 27. Ἑτερογενῆ καὶ ὁμογενῆ μείγματα. Τὸ μεῖγμα δὲν εἶναι χημικὰ καθαρὸ σῶμα, ἐφ' ὅσον ἡ μάζα του ἀποτελεῖται ἀπὸ σώματα μὲ διαφορετικὴ σύσταση. Ἑπομένως ἐνῶ τὸ καθαρὸ σῶμα ἀποτελεῖται ἀπὸ ὁμοειδῆ μόρια, τὸ μεῖγμα ἀποτελεῖται ἀπὸ ἀνομοιοειδῆ μόρια, δηλαδὴ ἀπὸ μόρια διαφόρου εἴδους.

Στὴν περίπτωση τοῦ μείγματος, ποὺ ἀποτελεῖ τὸ θαλασσινὸ νερὸ ἢ τὸ νερὸ τοῦ ποταμοῦ καὶ τοῦ χειμάρρου, παρατηροῦμε πὼς τὰ διάφορα συστατικὰ στοιχεῖα του, εἶναι εὔκολο νὰ ξεχωρισθοῦν εἴτε μὲ γυμνὸ μάτι, εἴτε μὲ τὴν βοήθεια ἑνὸς φακοῦ ἢ ἑνὸς μικροσκοπίου. Ἕνα παρόμοιο μεῖγμα ὀνομάζεται ἑτερογενὲς μεῖγμα.

Ἄλλα ἑτερογενῆ μείγματα εἶναι : ἀλεσμένος καφὲς ἀνακατεμένος μέσα σὲ νερό, μεῖγμα ἀπὸ ξύδι καὶ λάδι, ζαχαρωμένη σοκολάτα σὲ σκόνη μέσα σὲ νερό, κλπ.

Ἄλλο εἶδος μείγματος εἶναι τὸ ὁμογενὲς μεῖγμα, στὸ ὁποῖο δὲν διακρίνονται τὰ συστατικά του. Ὁμογενὲς μεῖγμα εἶναι π.χ. τὸ μεῖγμα ποὺ σχηματίζεται ἂν ρίξωμε μέσα σ' ἕνα ποτήρι καθαρὸ νερὸ λίγη ζάχαρη, ἢ λίγο ἄσπρο μαγειρικὸ ἁλάτι καὶ ἀνακατέψωμε τὰ σώματα αὐτά.

Ἡ ζάχαρη ἢ τὸ ἁλάτι ἐξαφανίζονται καὶ δὲν φαίνονται. Τότε λέμε πὼς ἡ ζάχαρη ἢ τό ἁλάτι διαλύονται στὸ νερὸ ἢ ἀκόμη πὼς ἡ ζάχαρη ἢ τὸ ἁλάτι εἶναι οὐσίες διαλυτὲς στὸ νερό. Σ' αὐτὴ τὴν περίπτωση τὸ νερὸ εἶναι γιὰ τὴν ζάχαρη ἢ τὸ ἁλάτι διαλύτης ἢ διαλυτικὸ μέσο. Τὸ σύνθετο σῶμα, ποὺ παρασκευάσαμε μ' αὐτὸν τὸν τρόπο, λέγεται διάλυμα, τὸ δὲ φυσικὸ φαινόμενο ποὺ προκαλέσαμε διάλυση. Ὥστε :

Τὸ φυσικὸ νερὸ εἶναι ἑτερογενὲς μεῖγμα.

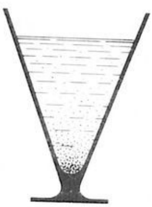
Στὸ ἑτερογενὲς μεῖγμα ἕνα ἢ περισσότερα σώματα σχηματίζουν μεγάλα ὁρατὰ συγκροτήματα μορίων, τὰ ὁποῖα διασκορπίζονται ἀνάμεσα στὰ μόρια ἑνὸς ἄλλου σώματος.

Στὸ ὁμογενὲς μεῖγμα τὰ μόρια ἑνὸς ἢ περισσοτέρων σωμάτων διασκορπίζονται ὁμοιόμορφα ἀνάμεσα στὰ μόρια ἑνὸς ἄλλου σώματος κι ἐπειδὴ τὰ μόρια τῶν σωμάτων εἶναι ἀόρατα, τὰ συστατικὰ τοῦ ὁμογενοῦς μείγματος δὲν διακρίνονται τὸ ἕνα ἀπὸ τὸ ἄλλο.

Τὸ διάλυμα εἶναι μιὰ μορφὴ ὁμογενοῦς μείγματος.

§ 28. **Διήθηση τοῦ φυσικοῦ νεροῦ.** Μέσα σ᾽ ἕνα γυάλινο ποτήρι ἀφίνουμε νὰ ἠρεμήση γιὰ λίγην ὥρα μιὰ ποσότητα φυσικοῦ νεροῦ, ποὺ πήραμε ἀπὸ ἕναν χείμαρρο ἢ ἀπὸ ἕνα ποτάμι. Τὰ περισσότερα ἀπὸ τὰ αἰωρούμενα σωματίδια καθιζάνουν, δηλαδὴ κατακαθίζουν, πέφτοντας ἀργὰ-ἀργὰ στὸν πυθμένα τοῦ δοχείου. Ἔτσι ὕστερα ἀπὸ λίγο μποροῦμε νὰ διακρίνωμε ἕνα λεπτὸ στρῶμα ποὺ ἀποτελεῖται ἀπὸ ἄργιλο (πηλὸ) καὶ ψιλοκομμένη ἄμμο (σχ. 17).

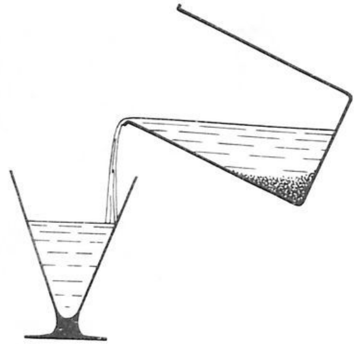
Τὸ λεπτὸ στρῶμα τῶν στερεῶν οὐσιῶν ποὺ κατακάθισαν ὀνομάζεται ἴζημα, ἡ δὲ μέθοδος ποὺ χρησιμοποιήσαμε γιὰ νὰ καθαρίσωμε τὸ νερὸ ἀπὸ τὶς αἰωρούμενες στερεὲς οὐσίες λέγεται καθίζηση.



Σχ. 17. Τὰ στερεὰ αἰωρούμενα σωματίδια καθιζάνουν στὸν πυθμένα τοῦ δοχείου.

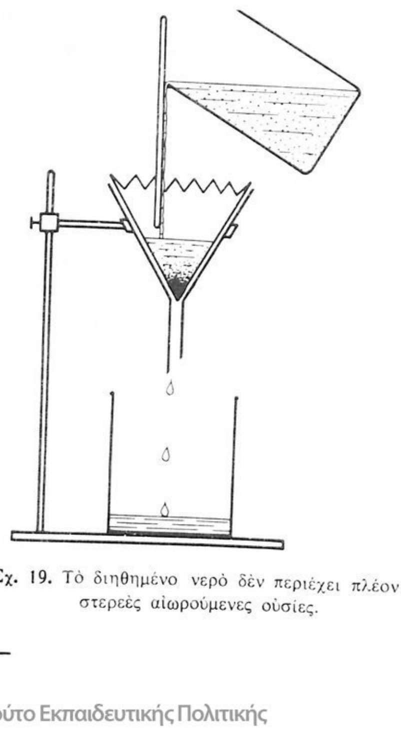
Μεταγγίζουμε τώρα, χύνουμε δηλαδὴ σὲ ἄλλο δοχεῖο, μὲ προσοχή, τὸ ἀνώτερο διαυγὲς τμῆμα τοῦ νεροῦ (σχ. 18). Τὸ μεταγγισμένο νερὸ εἶναι ὅμως καθαρό; Ἂν τὸ παρατηρήσωμε προσεκτικὰ θὰ δοῦμε πὼς εἶναι λιγότερο ρυπαρό, μὰ ἀκόμη δὲν ἔχει καθαρισθῆ τελείως. Πραγματικὰ κι αὐτὸ περιέχει πολὺ ἐλαφρὲς αἰωρούμενες οὐσίες ποὺ ἀργοῦν νὰ κατακαθίσουν κι ἂν ἐξετάσωμε μιὰ σταγόνα τοῦ νεροῦ αὐτοῦ μὲ τὸ μικροσκόπιο θὰ δοῦμε πὼς ὑπάρχουν καὶ τώρα αἰωρούμενες οὐσίες.

Πῶς λοιπὸν θὰ ἀπομακρύνωμε ὁλότελα τὶς αἰωρούμενες οὐσίες; Αὐτὸ γίνεται ὡς ἑξῆς. Τοποθετοῦμε στὸ στόμιο μιᾶς γυάλινης φιάλης ἕνα γυάλινο χωνὶ



Σχ. 18. Μὲ μιὰν ἁπλῆ μετάγγιση ἔχουμε καθαρότερο νερό.

καὶ μέσα στὸ χωνὶ ἕνα ἄλλο χωνὶ ἀπὸ εἰδικὸ πορῶδες χαρτί, τέτοιο ποὺ οἱ πόροι του νὰ εἶναι πιὸ μικροὶ ἀπὸ τὰ αἰωρούμενα σωματίδια, ὁπότε αὐτὸ ἀφίνει τὸ νερό, ποὺ θὰ χύσωμε προσεκτικά, νὰ περάση καὶ κρατᾶ τὶς αἰωρούμενες οὐσίες (σχ. 19). Τὸ ὑλικὸ ποὺ κατακρατεῖ τὶς



Σχ. 19. Τὸ διηθημένο νερὸ δὲν περιέχει πλέον στερεὲς αἰωρούμενες οὐσίες.

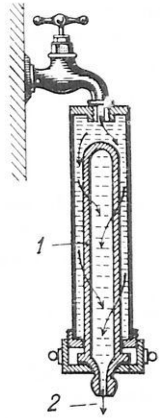
στερεὲς οὐσίες λέγεται φ ί λ τ ρ ο ἢ δ ι η θ η τ ι κ ὸ ὑ λ ι κ ὸ ἡ δὲ ἐργασία καθαρισμοῦ φ ι λ τ ρ ά ρ ι σ μ α ἢ δ ι ή θ η σ η. Ἕνα τέτοιο διηθητικὸ ὑλικὸ εἶναι π.χ. τὸ στυπόχαρτο.

Ἐπειδὴ τὸ διηθητικὸ ὑλικὸ συγκρατεῖ τὶς αἰωρούμενες οὐσίες, μὲ τὴν πάροδο τοῦ χρόνου φράσσονται οἱ πόροι του καὶ ἡ ἐκροὴ τοῦ νεροῦ ἐλαττώνεται. Γι' αὐτὸ καὶ τὸ ἀντικαθιστοῦμε συχνά.

Τὸ νερὸ ποὺ ἔχουμε τώρα, ὕστερα ἀπὸ τὴν διήθηση, δὲν παρουσιάζει μὲ γυμνὸ μάτι αἰωρούμενες οὐσίες. Ἀλλὰ καὶ μὲ τὸ μικροσκόπιο, ὅσο προσεκτικὰ κι' ἂν ἐξετάσωμε μιὰ σταγόνα του δὲν θὰ ἀνακαλύψωμε καμιὰ στερεὴ οὐσία μέσα σ' αὐτό.

Τὸ νερὸ ποὺ προορίζεται γιὰ τὴν κατανάλωση τῶν πόλεων προέρχεται συνήθως ἀπὸ μεγάλους ἢ μικροὺς ποταμούς. Αὐτὸ τὸ νερὸ βέβαια δὲν εἶναι καθαρό. Πρὶν λοιπὸν δοθῆ στὴν κατανάλωση φιλτράρεται σὲ εἰδικὲς ἐγκαταστάσεις, ποὺ ὀνομάζονται δ ι υ λ ι σ τ ή ρ ι α. Τὸ νερὸ φιλτράρεται, ἀφοῦ περάση ἀπὸ τεράστιες δεξαμενές, ποὺ τὸ φίλτρο τους ἀποτελεῖται ἀπὸ ἀλλεπάλληλα στρώματα ἄμμου καὶ χαλικιῶν (σχ. 20). Ἔτσι τὸ νερὸ ἀφοῦ περάση ἀπὸ τὰ διάφορα διηθητικὰ στρώματα εἶναι πιὰ καθαρὸ καὶ μπορεῖ νὰ διοχετευθῆ στὸ δίκτυο ὑδρεύσεως.

Σχ. 20. Τομὴ μιᾶς διηθητικῆς δεξαμενῆς: (1) φυσικὸ νερό, (2) ψιλὴ ἄμμος, (3) καὶ (4) ψιλὸ καὶ χονδρότερο χαλίκι, (5) διηθημένο νερό.



Σχ. 21. Φίλτρο τοῦ Τσάμπερλεν.

Στὴν περίπτωση ποὺ δὲν διαθέτουμε καθαρὸ φιλτραρισμένο νερὸ μποροῦμε νὰ χρησιμοποιήσωμε γιὰ φιλτράρισμα τὸ φ ί λ τ ρ ο τ ο ῦ Τ σ ά μ π ε ρ λ ε ν (σχ. 21). Αὐτὸ ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕνα κυλινδρικὸ μετάλλινο δοχεῖο, στὸ ἄνω μέρος τοῦ ὁποίου ὑπάρχει ὀπή. Ἀπὸ τὴν ὀπὴ αὐτὴ μποροῦμε νὰ χύσωμε φυσικὸ νερὸ μέσα στὸ δοχεῖο, στὸ ἐσωτερικὸ τοῦ ὁποίου ὑπάρχει ἕνας κυλινδρικὸς ἀνεστραμμένος σωλήνας, ἀπὸ πορώδη πορσελάνη. Ὁ σωλήνας αὐτὸς χρησιμεύει σὰν φίλτρο καὶ καταλήγει σὲ ἀνοικτὸ στόμιο, τὸ ὁποῖον ἐξέρχεται ἀπὸ τὸν πυθμένα τοῦ ἐξωτερικοῦ μεταλλικοῦ περιβλήματος.

Οἱ πηγὲς τροφοδοτοῦνται συχνὰ ἀπὸ νερὰ ποὺ ἔχουν περάσει προηγουμένως μέσα ἀπὸ στρώματα ἄμμου, τὰ ὁποῖα βρίσκονται κάτω ἀπὸ τὴν ἐπιφάνεια τῆς Γῆς καὶ ἀποτελοῦν ἐξαίρετα φυσικὰ φίλτρα. Γιὰ τὸν λόγο αὐτὸ τὸ νερὸ πολλῶν πηγῶν εἶναι διαυγέστατο καὶ μπορεῖ νὰ δοθῆ κατ' εὐθεῖαν στὴν κατανάλωση. Ὥστε :

Μὲ καθίζηση τοῦ φυσικοῦ νεροῦ μποροῦμε νὰ ἔχωμε ἀρκετὰ καθαρὸ νερό.

Τελείως καθαρὸ καὶ διαυγὲς νερὸ

ὅμως εἶναι δυνατὸν νὰ ἔχωμε μόνο μὲ φιλτράρισμα τοῦ φυσικοῦ νεροῦ μέσα ἀπὸ κατάλληλα πορώδη ὑλικά.

Τὰ διάφορα φυσικὰ νερὰ ἔχουν τὸ καθένα μιὰ χαρακτηριστικὴ γεύση καὶ μιὰν ὀσμή, ἀνάλογα μὲ τὴν πηγὴ τῆς προελεύσεώς τους, ἐνῶ τὸ βρόχινο νερὸ εἶναι ἄοσμο καὶ εὐχάριστο στὴν γεύση.

Ἡ γεύση καὶ ἡ ὀσμὴ τοῦ φυσικοῦ νεροῦ δὲν ὀφείλονται στὰ στερεὰ αἰωρούμενα ὑλικά, ἀλλὰ σὲ διάφορα ἄλλα σώματα, ποὺ τὸ νερὸ τὰ περιέχει διαλυμένα.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Τὰ διάφορα εἴδη τοῦ φυσικοῦ νεροῦ, ποὺ τὰ συναντᾶμε πάνω στὴν ἐπιφάνεια τοῦ πλανήτη μας, ὅπως οἱ θάλασσες, τὰ τρεχούμενα νερὰ τῶν μικρῶν καὶ μεγάλων ποταμῶν, οἱ λίμνες, οἱ πηγές, τὸ νερὸ τῆς βροχῆς κλπ., διαφέρουν τὸ ἕνα ἀπὸ τὸ ἄλλο.

2. Τὰ περισσότερα ἀπὸ αὐτὰ εἶναι ἑτερογενῆ μείγματα ποὺ περιέχουν στερεὰ αἰωρούμενα ὑλικά.

3. Μὲ καθίζηση μποροῦμε νὰ ἀπομακρύνωμε τὰ περισσότερα καὶ βαρύτερα ὑλικὰ τὰ ὁποῖα καθιζάνουν στὸν πυθμένα καὶ σχηματίζουν ἴζημα.

4. Μὲ διήθηση (φιλτράρισμα) παρασκευάζουμε διαυγὲς νερό, ποὺ δὲν περιέχει καθόλου στερεὰ αἰωρούμενα ὑλικά.

5. Τὸ νερὸ ποὺ χορηγεῖται γιὰ κατανάλωση στὶς πόλεις προέρχεται τὶς πιὸ πολλὲς φορὲς ἀπὸ ποτάμια καί, πρὶν δοθῆ στοὺς καταναλωτές, φιλτράρεται στὰ διυλιστήρια.

6. Τὸ νερὸ τῶν πηγῶν συνήθως φιλτράρεται ἀπὸ τὴν ἴδια τὴ Φύση, περνώντας μέσα ἀπὸ ἀμμώδη στρώματα.

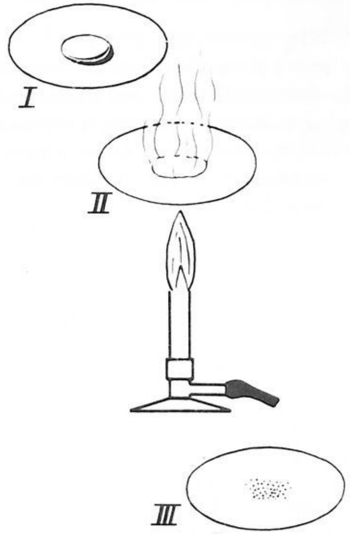
2. ΤΟ ΑΠΕΣΤΑΓΜΕΝΟ ΝΕΡΟ

§ 29. Τὸ φιλτραρισμένο νερὸ εἶναι διάλυμα. Πείραμα. Μέσα σὲ μιὰ γυάλινη ρηχὴ λεκάνη (σχ. 22, I) ὁλότελα διαφανῆ, ρίχνουμε λίγο φιλτραρισμένο νερὸ κι ὕστερα τὸ ζεσταίνουμε σὲ χαμηλὴ φωτιὰ (σχ. II), μέχρις ὅτου ἐξατμισθῆ ὅλο τὸ νερό. Κατόπι παρατηροῦμε προσεκτικὰ τὸν πυθμένα τῆς λεκάνης. Τώρα δὲν εἶναι πλέον διαφανὴς ὅπως προηγουμένως. Ἕνα λεπτότατο ἀσπριδερὸ στρῶμα ἔχει ἐπικαθήσει πάνω σ' αὐτὸν (σχ. III). Ὥστε :

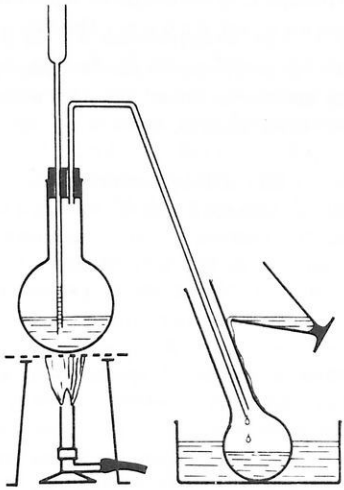
Τὸ φιλτραρισμένο νερὸ δὲν εἶναι ἀπαραίτητα καὶ καθαρὸ νερὸ ἀλλὰ περιέχει ἀκόμη ξένες οὐσίες, ποὺ δὲν διακρίνονται οὔτε μὲ γυμνὸ μάτι οὔτε μὲ μικροσκόπιο. Ἑπομένως τὸ φιλτραρισμένο νερὸ εἶναι διάλυμα.

§ 30. Ἀπόσταξη τοῦ νεροῦ. Γιὰ νὰ ἐπιτύχωμε νερό, τὸ ὁποῖο νὰ μὴν περιέχη ξένες διαλυμένες οὐσίες, γιὰ νὰ παρασκευάσωμε δηλαδὴ ἀπόλυτα καθαρὸ νερό, ἢ ὅπως λέμε χημικῶς καθαρὸ νερό, ἐκτελοῦμε τὴν ἀκόλουθη ἐργασία.

Πείραμα. Τοποθετοῦμε φιλτραρισμένο νερὸ ἢ φυσικὸ διαυγὲς νερὸ μέσα σὲ μιὰ γυάλινη φιάλη, ποὺ στὸν ἀνοικτὸ λαιμό της ὑπάρχει πῶμα ἐλαστικὸ μὲ δύο



Σχ. 22. Τὸ φυσικὸ διηθημένο νερὸ δὲν εἶναι καθαρὸ σῶμα.



Σχ. 23. Πρόχειρη ἀποστακτικὴ συσκευή.

ὀπές. Ἀπὸ τὴν μιὰ ὀπὴ εἰσέρχεται ἕνας μικρὸς γυάλινος σωλήνας ἀσφαλείας κι ἀπὸ τὴν ἄλλη ἕνας ἄλλος γυάλινος σωλήνας, μὲ δυὸ γωνίες, ποὺ ἡ ἐλεύθερη ἄκρη του καταλήγει στὸ ἐσωτερικὸ μιᾶς ἄλλης φιάλης, βυθισμένης κατὰ τὴν βάση της μέσα σὲ μιὰ λεκάνη μὲ κρύο νερό. Ἡ πρώτη φιάλη τοποθετεῖται πάνω σὲ εἰδικὴ μεταλλικὴ δικτυωτὴ βάση καὶ τὸ νερὸ θερμαίνεται. Ἡ διάταξη αὐτὴ εἶναι μιὰ πρόχειρη ἀποστακτικὴ συσκευὴ (σχ. 23).

Ὅταν ἀρχίση ἡ θέρμανση μέσα στὴν μάζα τοῦ νεροῦ παράγονται φυσαλίδες ποὺ ἀνεβαίνουν στὴν ἐπιφάνειά του καὶ χάνονται. Πρόκειται γιὰ διάφορα ἀέρια διαλυμένα στὸ νερό. Κατόπι τὸ νερὸ τῆς φιάλης βράζει, ὁπότε σχηματίζονται μεγάλες φυσαλίδες ποὺ φθάνουν κι αὐτὲς μέχρι τὴν ἐπιφάνεια κι ἐξαφανίζονται, ἐνῶ ἕνας ἀτμὸς γεμίζει τὸν ἀνώτερο χῶρο τῆς φιάλης. Πρόκειται γιὰ ὑδρατμό, ποὺ ἀκολουθώντας τὸν γυάλινο σωλήνα μὲ τὶς δυὸ γωνίες φθάνει στὸν πυθμένα τῆς ἄλλης φιάλης, ὁ ὁποῖος εἶναι βυθισμένος στὴν λεκάνη μὲ τὸ κρύο νερό. Ἐκεῖ ὅμως ψύχεται καὶ ὑγροποιεῖται καὶ σιγὰ-σιγὰ γεμίζει τὴν φιάλη. Τὸ νερὸ αὐτὸ λέγεται ἀπεσταγμένο νερὸ καὶ ἡ ἐργασία μὲ τὴν ὁποία τὸ παρασκευάσαμε ἀπόσταξη τοῦ νεροῦ.

Συνεχίζουμε τὴν ἀπόσταξη μέχρις ὅτου ἐξαερωθῆ ὅλο τὸ νερὸ τῆς πρώτης φιάλης. Στὰ τοιχώματά της παρατηροῦμε τότε ἕνα ἀσπριδερὸ στρῶμα ἀπὸ τὶς οὐσίες ποὺ ἔχουν ἐπικαθήσει καὶ ποὺ πρὶν ἦταν ἀόρατες.

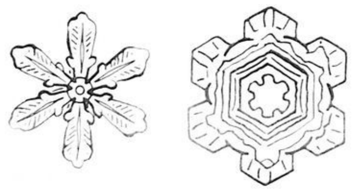
Ὕστερα φιλτράρουμε τὸ ἀπεσταγμένο νερό. Στὸ φίλτρο δὲν παρουσιάζεται κανένα στρῶμα ξένων οὐσιῶν. Ρίχνουμε κατόπι λίγο ἀπεσταγμένο νερὸ σὲ μιὰ διαφανέστατη χαμηλὴ λεκάνη, καὶ τὸ ζεσταίνουμε σὲ χαμηλὴ φωτιὰ μέχρις ὅτου ἐξατμισθῆ ὅλο. Τὸ γυαλὶ εἶναι ὅπως καὶ πρὶν καθαρό.

Πίνουμε λίγο ἀπεσταγμένο νερό. Εἶναι ἄγευστο καὶ ἄοσμο. Ὥστε:

Τὸ ἀπεσταγμένο νερὸ δὲν περιέχει ξένες οὐσίες καὶ εἶναι χημικῶς καθαρὸ σῶμα. Εἶναι διαυγές, ἄγευστο καὶ ἄοσμο.

§ 31. Μεταβολὲς καταστάσεων τοῦ χημικῶς καθαροῦ νεροῦ. α) Πήξη καὶ τήξη. Ἡ ἐλάττωση τῆς θερμοκρασίας τοῦ νεροῦ κάτω ἀπὸ μιὰν ὁρισμένη τιμή, ἔχει σὰν ἀποτέλεσμα τὴν πήξη του, δηλαδὴ τὴν στερεοποίησή του. Τὸ φαινόμενο αὐτὸ ποὺ στὴν Φύση συμβαίνει τὸν χειμώνα, μποροῦμε νὰ προκαλέσωμε καὶ μὲ ἕνα ἠλεκτρικὸ ψυγεῖο.

Παίρνοντας στὸ χέρι μας λίγο χιόνι παρατηροῦμε τὰ διάφορα σχήματα τῶν παγοκρυστάλλων, ποὺ προέρχονται ὅλα ἀπὸ μικρὰ κανονικὰ ἑξαγωνικὰ κομμάτια πάγου (σχ. 24).

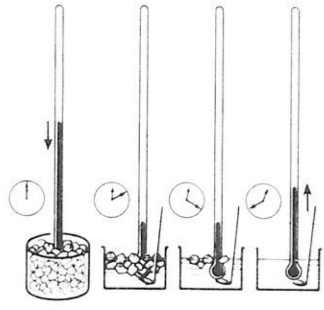


Σχ. 24. Οἱ παγοκρύσταλλοι ἀποτελοῦνται ἀπὸ μικρὰ κανονικὰ ἑξαγωνικὰ κομμάτια πάγου.

Πείραμα. Σ' ἕνα ποτήρι τοποθετοῦμε τριμμένο πάγο καὶ μέσα στὸν πάγο βυθίζουμε ἕνα ἀβαθμολόγητο θερμόμετρο. Ὁ πάγος ὁλοένα τήκεται, λυώνει δηλαδή, καὶ μεταβάλλεται σὲ ὑγρό, ψυχρὸ νερό. Ὁ ὑδράργυρος τοῦ θερμομέτρου κατεβαίνει (σχ. 25) κι ὕστερα ἀπὸ μερικὰ λεπτὰ σταθεροποιεῖται καὶ παραμένει ἀκίνητος. Ὁ πάγος ἐξακολουθεῖ νὰ λυώνη, ὡστόσο ὁ ὑδράργυρος τοῦ θερμομέτρου δὲν κινεῖται. Ὥστε:

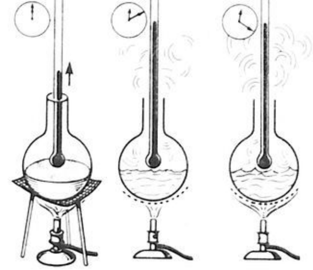
Ἡ θερμοκρασία τοῦ μείγματος τοῦ νεροῦ καὶ τοῦ πάγου εἶναι σταθερὴ καὶ ἀμετάβλητη, ἐφ' ὅσον διαρκῆ ἡ τήξη τοῦ πάγου.

Ὅταν λυώση ὅλος ὁ πάγος, τότε ὁ ὑδράργυρος τοῦ θερμομέτρου ἀρχίζει σιγὰ-σιγὰ νὰ ἀνεβαίνη. Ἑπομένως ἡ θερμοκρασία δὲν ἐξακολουθεῖ νὰ διατηρῆται σταθερὴ καὶ ἀμετάβλητη ἀλλὰ αὐξάνεται καὶ αὐτὴ (σχ. 25).



Σχ. 25. Ὅσο χρόνο διαρκεῖ ἡ τήξη τοῦ πάγου, ἡ θερμοκρασία παραμένει σταθερή.

Ἀκριβεῖς μετρήσεις ἔδειξαν ὅτι τὸ χημικῶς καθαρὸ νερὸ στερεοποιεῖται πάντοτε στὴν ἴδια καὶ ὁρισμένη θερμοκρασία. Ἡ θερμοκρασία αὐτὴ ποὺ εἶναι ἡ ἴδια μὲ τὴν θερμοκρασία τοῦ πάγου ποὺ λυώνει σημειώνεται μὲ τὸ μηδὲν στὴν θερμομετρικὴ κλίμακα τοῦ Κελσίου (0 °C).



Σχ. 26. Ὅσο χρόνο διαρκεῖ ὁ βρασμός, ἡ θερμοκρασία παραμένει σταθερή.

β) **Ἐξαέρωση.** Θερμαίνουμε ἀπεσταγμένο νερὸ σὲ μιὰν σφαιρικὴ φιάλη καὶ ἀπὸ τὸν λαιμό της εἰσάγουμε τὸ ἀβαθμολόγητο θερμόμετρο, ποὺ καὶ προηγουμένως χρησιμοποιήσαμε, ἔτσι, ὥστε τὸ δοχεῖο του νὰ βρίσκεται κοντὰ στὴν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ, χωρὶς ὅμως νὰ τὴν ἐγγίζη (σχ. 26). Ὅπως παρατηροῦμε, ὁ ὑδράργυρος ἀρχίζει νὰ ἀνεβαίνη στὸν θερμομετρικὸ σωλῆνα.

Σὲ λίγο τὸ νερὸ ἀρχίζει νὰ βράζη. Ὁ ὑδράργυρος τοῦ θερμομετρικοῦ σωλῆνος σταματᾶ τότε στὸ ὕψος ποὺ βρίσκεται. Ἐλαττώνοντας ἢ ἐνισχύοντας τὴν φλόγα, σὲ τρόπο ποὺ ὁ βρασμὸς νὰ γίνεται ἐντονώτερος ἢ ἀσθενέστερος, δὲν παρατηροῦμε καὶ πάλι καμιὰ μεταβολὴ στὴν ὑδραργυρικὴ στήλη τοῦ θερμομέτρου.

Ἀκριβεῖς μετρήσεις ἔδειξαν ὅτι ἡ θερμοκρασία τῶν ὑδρατμῶν τοῦ ἀπεσταγμένου νεροῦ ποὺ βράζει εἶναι πάντοτε ἡ ἴδια καὶ ὁρισμένη. Ἡ θερμοκρασία αὐτή, ποὺ διατηρεῖται σταθερὴ σὲ ὅλη τὴν διάρκεια τοῦ βρασμοῦ, εἶναι τὸ δεύτερο σταθερὸ σημεῖο, τὸ ὁποῖο χρησιμεύει στὴν κατασκευὴ τῆς θερμομετρικῆς κλίμακος τοῦ Κελσίου καὶ σημειώνεται μὲ τὸν ἀριθμὸ 100 °C.

§ 32. Τὸ ἀπεσταγμένο νερὸ εἶναι χημικῶς καθαρὸ σῶμα. Ὅπως ἀναφέραμε, ὑπάρχουν φυσικὰ νερὰ διαφόρων προελεύσεων. Ὅλα ὅμως αὐτὰ ὅταν ὑποστοῦν ἀ π ό σ τ α ξ η δίνουν ἕνα μόνο εἶδος ἀπεσταγμένου νεροῦ, τὸ ὁποῖο ἂν ἀποσταχθῆ καὶ πάλι θὰ δώση τὸ ἴδιο ἀκριβῶς ἀπεσταγμένο νερό. Ἑπομένως τὸ ἀπεσταγμένο νερὸ δὲν περιέχει ξένες οὐσίες. Εἶναι λοιπὸν χημικῶς καθαρὸ σῶμα.

§ 33. Φυσικὲς σταθερὲς τοῦ ἀπεσταγμένου νεροῦ. Ἕνα χημικῶς καθαρὸ σῶμα ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕνα μόνο εἶδος μορίων. Τὸ χημικῶς καθαρὸ σῶμα παρουσιάζει ὁρισμένα σταθερὰ χαρακτηριστικὰ γνωρίσματα (ὅπως βάρος τῆς μονάδος τοῦ ὄγκου τοῦ σώματος, θερμοκρασία τήξεως ἢ πήξεως, θερμοκρασία τῶν ἀτμῶν του ὅταν βράζη, κλπ.), τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται φ υ σ ι κ ὲ ς σ τ α θ ε ρ ὲ ς τοῦ σώματος.

Τὸ ἀπεσταγμένο νερὸ παρουσιάζει τὶς ἑξῆς τρεῖς φυσικὲς σταθερές:

α) τὸ βάρος 1 *l*, θερμοκρασίας 4 °C εἶναι μὲ μεγάλη προσέγγιση ἴσο μὲ 1 kp. β) Ἡ θερμοκρασία τήξεως ἢ πήξεως εἶναι 0 °C καὶ γ) Ἡ θερμοκρασία τῶν ὑδρατμῶν του ὅταν βράζη εἶναι 100 °C.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Τὸ φιλτραρισμένο νερὸ δὲν εἶναι χημικῶς καθαρὸ σῶμα.

2. Τὸ ἀπεσταγμένο νερό, εἶναι νερὸ ποὺ παρασκευάζεται μὲ ἀπόσταξη, δηλαδὴ ἐξαέρωση, συμπύκνωση καὶ ὑγροποίηση τῶν ὑδρατμῶν σὲ κατάλληλη συσκευή. Ἂν τὸ φιλτράρωμε ἢ ἂν τὸ ἀποστάξωμε καὶ πάλι, θὰ πάρωμε τὸ ἴδιο ἀκριβῶς νερό. Τὸ ἀπεσταγμένο νερὸ εἶναι λοιπὸν χημικῶς καθαρὸ σῶμα.

3. Ἕνα λίτρο ἀπεσταγμένου νεροῦ θερμοκρασίας 4 °C ἔχει βάρος ἴσο μὲ 1 kp περίπου.

4. Τὸ ἀπεσταγμένο νερὸ τήκεται ἢ πήζει στοὺς 0 °C καὶ βράζει στοὺς 100 °C.

5. Κάθε χημικῶς καθαρὸ σῶμα ἔχει ὁρισμένες σταθερὲς χαρακτηριστικὲς ἰδιότητες ποὺ ὀνομάζονται φυσικὲς σταθερὲς τοῦ σώματος.

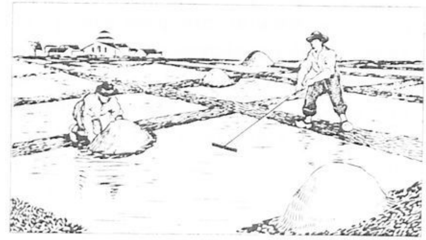
§ 34. **Τὸ νερὸ διαλύει στερεὰ σώματα.** Στὸ προηγούμενο κεφάλαιο ἔγινε λόγος γιὰ ἑ τ ε ρ ο γ ε ν ῆ καὶ ὁ μ ο γ ε ν ῆ μείγματα. Τὸ φυσικὸ νερὸ ποὺ εἶναι ἑτερογενὲς μεῖγμα μπορεῖ νὰ καθαρισθῆ ἀπὸ τὰ αἰωρούμενα σωματίδια μὲ φιλτράρισμα. Τὸ φιλτραρισμένο νερὸ ποὺ εἶναι διάλυμα, μπορεῖ κατόπι νὰ καθαρισθῆ ἀπὸ τὶς διαλυμένες οὐσίες ποὺ περιέχει μὲ ἀπόσταξη.

Στὸ διάλυμα, ποὺ εἶναι ὁμογενὲς μεῖγμα, δὲν εἶναι ὁρατὰ τὰ διαλυμένα σώματα, ἐξακολουθοῦν ὅμως νὰ γίνωνται ἀντιληπτὰ ἀπὸ διάφορες ἰδιότητές τους. Ἔτσι ἂν φέρωμε στὴν γλῶσσα μας μιὰ σταγόνα νεροῦ, στὸ ὁποῖο ἔχουμε διαλύσει ζάχαρη ἢ μαγειρικὸ ἁλάτι, ἀναγνωρίζουμε τὴν παρουσία τῆς ζάχαρης ἢ τοῦ ἁλατιοῦ ἀπὸ τὴν γλυκειὰ ἢ ἁλμυρὴ γεύση τοῦ διαλύματος. Ὥστε:

Ἡ ζάχαρη καὶ τὸ ἁλάτι εἶναι σώματα διαλυτὰ στὸ νερό, μὲ τὸ ὁποῖο σχηματίζουν ὁμογενῆ μείγματα.

Πείραμα. Σ᾽ ἕνα δοχεῖο ποὺ περιέχει χλιαρὸ νερὸ διαλύουμε διαδοχικὰ ὅλο καὶ περισσότερο μαγειρικὸ ἁλάτι. Παρατηροῦμε τότε πὼς ἀφοῦ διαλυθῆ μιὰ ὁρισμένη ποσότητα ἁλατιοῦ, κάθε ἄλλη ποὺ προσθέτουμε μένει ἀδιάλυτη στὸν πυθμένα τοῦ δοχείου, ὁπότε λέγομε ὅτι τὸ διάλυμα εἶναι κ ο ρ ε σ μ έ ν ο. Τὸ διάλυμα στὸ ὁποῖο μποροῦμε νὰ διαλύσωμε ἀκόμη διαλυόμενη οὐσία λέγεται ἀ κ ό ρ ε σ τ ο.

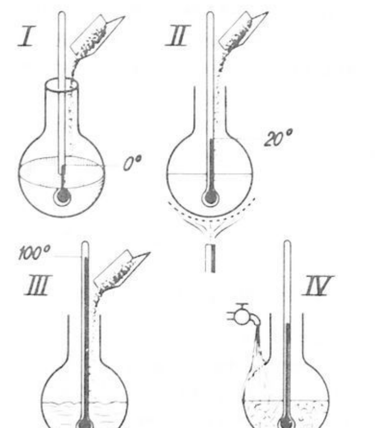
Στὸ φαινόμενο τοῦ κορεσμοῦ στηρίζεται ἡ παρασκευὴ μαγειρικοῦ ἁλατιοῦ ἀπὸ θαλασσινὸ νερό. Σὲ μεγάλες, ἐπίπεδες καὶ ρηχὲς δεξαμενές, ποὺ συγκοινωνοῦν μὲ τὴν θάλασσα καὶ οἱ ὁποῖες ὀνομάζονται ἁ λ υ κ έ ς, τὸ θαλασσινὸ νερὸ ἐξατμίζεται, τὸ διάλυμα γίνεται κορεσμένο καὶ μιὰ ποσότητα ἁλατιοῦ πέφτει στὸν πυθμένα τῶν ἁλυκῶν μὲ μορφὴ κυβικῶν κρυστάλλων (σχ. 27). Οἱ κρύσταλλοι αὐτοὶ ἔχουν στὴν



Σχ. 27. Ὅταν ἐξατμισθῆ ἀρκετὸ ἁλμυρὸ νερό, τὸ διάλυμα γίνεται κορεσμένο καὶ καθιζάνει στὸν πυθμένα τῶν ἁλυκῶν ἁλάτι.

ἐπιφάνειά τους ἕνα ἐλαφρὸ στρῶμα ἀπὸ ξένες στερεὲς οὐσίες, ποὺ αἰωροῦνταν μέσα στὸ νερό.

Μέσα σὲ 100 gr ἀπεσταγμένου νεροῦ θερμοκρασίας 20 °C μποροῦν νὰ διαλυθοῦν, κατ᾽ ἀνώτατο ὅριο, 36 gr ἁλατιοῦ. Στὴν περίπτωση αὐτὴ λέμε πὼς ἡ δ ι α λ υ τ ό τ η τ α τοῦ μαγειρικοῦ ἁλατιοῦ εἶναι



Σχ. 28. Ἡ διαλυτότητα τοῦ νιτρικοῦ καλίου αὐξάνεται ὅταν ὑψώνεται ἡ θερμοκρασία τοῦ διαλύματος.

36 gr σὲ 100 gr ἀπεσταγμένου νεροῦ, θερμοκρασίας 20 °C.

Πείραμα. Σὲ μιὰ γυάλινη σφαιρικὴ φιάλη, ποὺ περιέχει 1 *l* ἀπεσταγμένου νεροῦ διαλύουμε νιτρικὸ κάλι (νίτρο) καὶ θερμαίνουμε τὸ διάλυμα (σχ. 28). Παρατηροῦμε πὼς ὅσο ὑψώνεται ἡ θερμοκρασία τοῦ νεροῦ, τόσο αὐξάνεται καὶ ἡ διαλυτότητα τοῦ νιτρικοῦ καλίου. Ἂν μάλιστα σημειώσωμε τὶς ποσότητες τοῦ νίτρου ποὺ διαλύονται κατ' ἀνώτατο ὅριο σὲ ἕνα λίτρο ἀπεσταγμένου νεροῦ στὶς διάφορες θερμοκρασίες θὰ σχηματίσωμε τὸν ἀκόλουθο πίνακα:

θερμοκρασία σὲ βαθμοὺς Κελσίου	0°	20°	100°
διαλυτότητα σὲ gr/*l*	130	270	2470

Ψύχουμε τώρα τὴν φιάλη μὲ κρύο νερό. Τὸ νίτρο παρουσιάζεται τότε στὸ διάλυμα μὲ τὴν μορφὴ κρυστάλλων, ποὺ πέφτουν στὸν πυθμένα τῆς φιάλης. Λέμε λοιπὸν πὼς τὸ νίτρο ἐκρυσταλλώθηκε. Τὸ φαινόμενο αὐτὸ ποὺ ὀνομάζεται κρυστάλλωση, τὸ ἐκμεταλλευόμαστε ἐπίσης γιὰ νὰ ἀφαιρέσωμε μιὰν διαλυμένη οὐσία ἀπὸ ἕνα διάλυμα.

Ἐπαναλαμβάνουμε τὸ ἴδιο πείραμα μὲ μαγειρικὸ ἁλάτι. Παρατηροῦμε πὼς ἡ διαλυτότητα τοῦ ἁλατιοῦ παθαίνει μικρὴ μόνο μεταβολὴ ὅταν ὑψώνεται ἡ θερμοκρασία. (Ἔτσι ἐνῶ σὲ 0 °C διαλύονται 36 gr ἁλάτι σὲ ἕνα λίτρο ἀπεσταγμένου νεροῦ, στοὺς 50 °C ἡ διαλυτότητα ἀνέρχεται σὲ 39 gr/*l*). Ὥστε:

Τὸ νερὸ διαλύει διάφορα στερεὰ σώματα. Σὲ ἄλλα ἀπὸ αὐτὰ ἡ διαλυτότητα αὐξάνεται αἰσθητὰ ὅταν ἀνεβαίνῃ ἡ θερμοκρασία τοῦ νεροῦ, ἐνῶ σὲ ἄλλα παθαίνει πολὺ μικρὲς μεταβολές.

§ 35. Συγκέντρωση διαλύματος. Πείραμα. Χύνουμε σ' ἕναν ὀγκομετρικὸ σωλήνα ἀπεσταγμένο νερὸ στὸ ὁποῖο ἔχουμε διαλύσει 12 gr ζάχαρη καὶ προσθέτουμε ἀπεσταγμένο νερό, μέχρις ὅτου ὁ ὄγκος τοῦ διαλύματος γίνῃ 100 cm³. Ἔχουμε λοιπὸν 100 cm³ διαλύματος ποὺ περιέχει 12 gr ζάχαρη. Ἑπομένως ἂν εἴχαμε 1 *l* ἀπὸ τὸ ἴδιο διάλυμα, δηλαδὴ δέκα φορὲς περισσότερη ποσότητα, αὐτὸ θὰ περιεῖχε 120 gr ζάχαρη. Λέμε τότε ὅτι ἡ συγκέντρωση τοῦ διαλύματος αὐτοῦ εἶναι 120 gr ζάχαρης ἀνὰ λίτρο καὶ τὸ σημειώνουμε : 120 gr/*l*. Ὥστε :

Συγκέντρωση ἑνὸς διαλύματος ὀνομάζουμε τὴν ποσότητα τοῦ διαλυμένου σώματος σὲ 1 λίτρο διαλύματος.

Τὸ θαλασσινὸ νερὸ εἶναι πολὺ ἀραιὸ διάλυμα, ἔχει δηλαδὴ μικρὴ τιμὴ συγκεντρώσεως. Ἕνα διάλυμα μὲ μεγάλη συγκέντρωση λέγεται πυκνὸ διάλυμα.

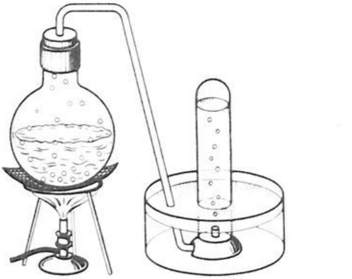
§ 36. Τὸ νερὸ διαλύει ὑγρὰ σώματα. Πείραμα. Χύνουμε σ' ἕναν δοκιμαστικὸ σωλήνα ἀπεσταγμένο νερὸ καὶ ὕστερα χύνουμε προσεκτικὰ καὶ οἰνόπνευμα. Παρατηροῦμε πὼς μποροῦμε νὰ ξεχωρίσωμε τὰ δύο ὑγρὰ ἐκ τῶν ὁποίων τὸ νερὸ καταλαμβάνει τὸ κατώτερο καὶ τὸ οἰνόπνευμα τὸ ἀνώτερο τμῆμα τοῦ δοκιμαστικοῦ σωλῆνος. Τοποθετοῦμε τὸ δάκτυλό μας στὸ ἀνοικτὸ μέρος τοῦ σωλῆνος καὶ ἀνακινοῦμε. Τὰ δύο ὑγρὰ ἔχουν γίνει πλέον ἕνα, ἔτσι ποὺ νὰ μὴ ξεχωρίζῃ τὸ ἕνα ἀπὸ τὸ ἄλλο. Ἐσχημάτισαν, ὅπως λέμε, ὁμογενὲς μεῖγμα. Τὸ οἰνόπνευμα διαλύθηκε στὸ νερό.

Ἐπαναλαμβάνουμε τὸ ἴδιο πείραμα μὲ νερὸ καὶ λάδι. Τὸ λάδι μένει πάνω ἀπὸ τὸ νερό. Ἀνακινοῦμε τὸν σωλῆνα. Σχηματίζεται ἕνα θολὸ μεῖγμα, μέσα στὸ ὁποῖο αἰωροῦνται σταγονίδια λαδιοῦ.

Αὐτὸ τὸ ἑτερογενὲς μεῖγμα ἀποτελεῖ γαλάκτωμα. Σιγὰ-σιγὰ τὰ σταγονίδια τοῦ λαδιοῦ ἀνεβαίνουν στὴν ἐπιφάνεια τοῦ μείγματος καὶ συνενώνονται. Σὲ λίγο τὰ δυὸ ὑγρὰ χωρίζονται καὶ πάλι. Τὸ νερὸ καὶ τὸ λάδι δὲν ἀναμιγνύονται. Τὸ λάδι δὲν εἶναι διαλυτὸ στὸ νερό. Ὥστε:

Ὁρισμένα ὑγρὰ εἶναι διαλυτὰ στὸ νερό, ἐνῶ ἄλλα εἶναι ἀδιάλυτα σ' αὐτό.

§ 37. Τὸ νερὸ διαλύει ἀέρια σώματα. Πείραμα. Ζεσταίνουμε σὲ χαμηλὴ φωτιὰ φιλτραρισμένο νερό, ὅπως δείχνεται στὴν συσκευὴ τοῦ σχήματος 29. Βλέπουμε νὰ σχηματίζωνται σὲ λίγο φυσαλίδες στὰ τοιχώματα τῆς φιάλης, οἱ ὁποῖες ἀνεβαίνουν πρὸς τὸν λαιμὸ καὶ ἀκολουθώντας τὸν ἀπαγωγὸ γυάλινο σωλῆνα συγκεντρώνονται στὸν πυθμένα τοῦ ἀνάστροφου δοκιμαστικοῦ σωλῆνος, ὅπου παραμερίζουν τὸ νερὸ καὶ καταλαμβάνουν τὴν θέση του. Οἱ φυσαλίδες ὅλο καὶ λιγοστεύουν καὶ τέλος δὲν παράγονται πλέον.



Σχ. 29. Τὸ φυσικὸ νερὸ περιέχει διαλυμένα ἀέρια.

Οἱ φυσαλίδες αὐτὲς δὲν εἶναι ὑδρατμοί, γιατὶ ἂν ἦταν ὑδρατμοὶ θὰ ὑγροποιοῦνταν μέσα στὸ κρύο νερὸ τοῦ δοκιμαστικοῦ σωλῆνος. Τὰ ἀέρια ἀπὸ τὰ ὁποῖα σχηματίστηκαν ὑπῆρχαν μέσα στὸ νερὸ τῆς φιάλης, ἀλλὰ ἦταν ἀόρατα, ἐπειδὴ σχημάτιζαν μὲ τὸ νερὸ ὁμοιογενὲς μεῖγμα. Ἦταν δηλαδὴ διαλυμένα στὸ νερό. Τὰ ἀέρια ποὺ εἶναι διαλυμένα στὸ φυσικὸ νερὸ εἶναι κυρίως ἄζωτο καὶ ὀξυγόνο καὶ προέρχονται ἀπὸ τὸν ἀτμοσφαιρικὸ ἀέρα ποὺ εἶναι διαλυμένος μέσα στὸ νερό. Μάλιστα ἐπειδὴ τὸ φυσικὸ νερὸ τῶν ποταμῶν, λιμνῶν καὶ θαλασσῶν ἔχει διαλυμένο ἀέρα ποὺ περιέχει ὀξυγόνο, μποροῦν καὶ ζοῦν μέσα σ' αὐτὸ τὰ διάφορα ὑδρόβια ζῶα.

Τὸ νερὸ μπορεῖ νὰ διαλύση ἐπίσης καὶ πολλὰ ἄλλα ἀέρια. Τὰ ἀεριοῦχα νερά, οἱ διάφορες δηλαδὴ «σόδες» ὅπως συνήθως λέγονται καὶ τὰ ἀεριοῦχα ποτά, περιέχουν διαλυμένο τὸ ἀέριο διοξείδιο τοῦ ἄνθρακος. Ὥστε:

Τὸ νερὸ διαλύει διάφορα ἀέρια.

§ 38. Τὸ πόσιμο νερό. Τὸ νερὸ ποὺ εἶναι κατάλληλο γιὰ πόση, δηλαδὴ γιὰ νὰ τὸ πίνωμε, ἢ γιὰ νὰ τὸ χρησιμοποιοῦμε σὲ διάφορες οἰκιακὲς χρήσεις, ὅπως εἶναι τὸ μαγείρευμα καὶ τὸ πλύσιμο, λέγεται πόσιμο νερό.

Ἕνα φυσικὸ νερὸ δὲν εἶναι πάντοτε καὶ πόσιμο. Γιὰ νὰ εἶναι πόσιμο τὸ φυσικὸ νερὸ πρέπει νὰ εἶναι διαυγές, δροσερό, ἄχρωμο, ἄοσμο καὶ νὰ ἔχη εὐχάριστη γεύση. Ἡ γεύση καὶ ἡ ὀσμὴ τοῦ φυσικοῦ πόσιμου νεροῦ ὀφείλονται στὰ σώματα ποὺ εἶναι διαλυμένα μέσα σ' αὐτό. Τὸ ἀπεσταγμένο νερὸ εἶναι ἄγευστο καὶ ἄνοστο, ἐπειδὴ εἶναι καθαρὸ σῶμα καὶ δὲν περιέχει διαλυμένες οὐσίες. Τὸ πόσιμο νερὸ πρέπει νὰ περιέχη διαλυμένον ἀτμοσφαιρικὸ ἀέρα καὶ ὁρισμένες στερεὲς οὐσίες, νὰ μὴν περιέχη ὅμως γύψο. Πρέπει ἀκόμη νὰ μὴν περιέχη ὀργανικὲς οὐσίες, ποὺ προέρχονται ἀπὸ τὴν σήψη διαφόρων ὀργανισμῶν, διότι τότε θὰ περιέχη καὶ νοσογόνα μικρόβια.

Ὅταν τὸ φυσικὸ νερὸ περιέχη πολλὰ διαλυμένα σώματα ἀποκτᾶ δυσάρεστη γεύση καὶ προκαλεῖ δυσπεψία. Τὸ νερὸ αὐτὸ ὀνομάζεται σκληρό. Μὲ δυσκολία κάνει σαπουνάδα καὶ μ' αὐτὸ δὲν βράζουν τὰ ὄσπρια.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Πολλὰ στερεὰ σώματα, ὅπως ἡ ζάχαρη, τὸ μαγειρικὸ ἁλάτι, τὸ νίτρο καὶ ἄλλα, σχηματίζουν μὲ τὸ νερὸ ὁμογενῆ μείγματα. Τὰ σώματα αὐτὰ εἶναι διαλυτὰ στὸ νερό.

2. Ὅταν ἡ θερμοκρασία διατηρῆται σταθερή, μιὰ ὁρισμένη ποσότητα νεροῦ διαλύει μιὰν ὁρισμένη ἐπίσης ποσότητα ἑνὸς διαλυτοῦ στερεοῦ σώματος. Ἐφ' ὅσον τὸ διάλυμα μπορεῖ νὰ διαλύση καὶ ἄλλη ἀκόμη ποσότητα ἀπὸ τὸ διαλυτὸ σῶμα εἶναι ἀκόρεστο. Ὅταν φθάση στὴ μεγίστη ποσότητα ποὺ μπορεῖ νὰ διαλύση τὸ διάλυμα εἶναι κορεσμένο. Πρόσθετη ποσότητα διαλυτοῦ σώματος πλεονάζει τότε καὶ παραμένει ἀδιάλυτη σὰν ἴζημα στὸν πυθμένα τοῦ δοχείου.

3. Διαλυτότητα μιᾶς οὐσίας σ' ἕνα ὑγρὸ ὀνομάζουμε τὴν μέγιστη μάζα τῆς οὐσίας σὲ γραμμάρια ποὺ μπορεῖ νὰ διαλυθῆ σὲ 100 gr ἢ σὲ 1 *l* τοῦ ὑγροῦ.

4. Ἡ διαλυτότητα ὁρισμένων στερεῶν αὐξάνεται ὅταν ὑψώνεται ἡ θερμοκρασία καὶ ἐλαττώνεται ὅταν χαμηλώνεται ἡ θερμοκρασία.

5. Ἡ συγκέντρωση ἑνὸς διαλύματος ἐκφράζεται μὲ τὴν διαλυμένη μάζα τοῦ διαλυτοῦ σώματος σὲ ἕνα λίτρο διαλύματος.

6. Ὁρισμένα ὑγρά, ὅπως τὸ οἰνόπνευμα, διαλύονται στὸ νερό, ἐνῶ ἄλλα, ὅπως τὸ λάδι, ἡ βενζίνη κλπ., εἶναι ἀδιάλυτα σ' αὐτό.

7. Τὰ ὑγρὰ ποὺ ἀναμιγνύονται μὲ τὸ νερὸ δὲν σχηματίζουν κορεσμένο διάλυμα, ὁσεσδήποτε καὶ ἂν εἶναι οἱ ποσότητες αὐτῶν καὶ τοῦ νεροῦ.

8. Στὸ νερὸ διαλύονται καὶ ἀέρια, ὅπως τὸ ἄζωτο καὶ τὸ ὀξυγόνο τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος. Ἡ διαλυτότητα ὅμως ἑνὸς ἀερίου στὸ νερό, ἀντίθετα μὲ ὅ,τι συμβαίνει στὰ στερεά, ἐλαττώνεται ὅταν ὑψώνεται ἡ θερμοκρασία.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Διαλύουμε 32 gr μαγειρικοῦ ἁλατιοῦ μέσα σὲ 2 500 cm³ ἀπεσταγμένου νεροῦ. α) Νὰ εὑρεθῆ ἡ συγκέντρωση τοῦ διαλύματος ποὺ προέκυψε. β) Νὰ ὑπολογισθῆ ἡ μάζα τοῦ μαγειρικοῦ ἁλατιοῦ ποὺ θὰ πρέπει νὰ προσθέσωμε γιὰ νὰ γίνη τὸ διάλυμά μας κορεσμένο, ἐὰν γνωρίζωμε ὅτι στὴν θερμοκρασία τοῦ πειράματος σὲ ὄγκο 1 l νεροῦ διαλύονται κατ' ἀνώτατο ὅριο 36 gr ἁλατιοῦ.

('Απ. α' 12,8 gr. β' 23,2 gr.)

2. Ἡ διαλυτότητα τοῦ μαγειρικοῦ ἁλατιοῦ στοὺς 20 βαθμοὺς Κελσίου (20 °C) εἶναι περίπου 36 gr στὰ 100 gr νερό. Τὸ διάλυμα τότε εἶναι κορεσμένο. Ἕνα κυβικὸ μέτρο ἀπὸ θαλασσινὸ νερὸ ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕνα τόνο νερὸ καὶ 30 kg ἁλάτι. Ἐξατμίζουμε θαλασσινὸ νερὸ μέχρις ὅτου τὸ ἁλάτι ἀρχίση νὰ κρυσταλλώνεται. Πόση μάζα νεροῦ (ἀνὰ κυβικὸ μέτρο θαλασσινοῦ νεροῦ) ἐξατμίζεται ὅταν τὸ ἁλάτι ἀρχίζη νὰ κρυσταλλώνεται. (Ὑποθέσαμε ὅτι ἡ ἐξάτμιση γίνεται στοὺς 20 °C).

('Απ. 83,33 kg.)

3. Ὁ παρακάτω πίνακας δίνει τὴν διαλυτότητα τοῦ χλωρικοῦ νατρίου (σὲ γραμμάρια διαλυομένης οὐσίας μέσα σὲ 100 gr νεροῦ) σὲ διάφορες θερμοκρασίες.

Θερμοκρασία σὲ °C	*0*	*20*	*40*	*60*	*80*	*100*
Μάζα διαλυομένης οὐσίας σὲ 100 gr νεροῦ σὲ gr	*3*	*8*	*16*	*28*	*44*	*61*

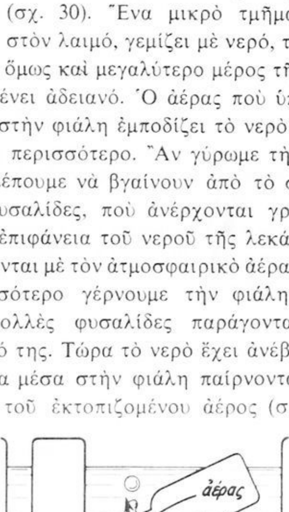
Νὰ κατασκευάσετε σὲ χιλιοστομετρικὸ χαρτὶ τὴν καμπύλη ποὺ παριστάνει τὴν διαλυτότητα τοῦ χλωρικοῦ καλίου σὲ συνάρτηση μὲ τὴν θερμοκρασία. Ἡ κλίμακα: Στὸν ὁριζόντιο ἄξονα Ox τὸ 1 cm θὰ παριστάνη 10 °C, στὸν δὲ κατακόρυφο ἄξονα Oy, τὸ 1 cm θὰ παριστάνη 5 gr. Νὰ ὑπολογίσετε ἀπὸ τὴν καμπύλη: α) Τὴν διαλυτότητα τοῦ χλωρικοῦ καλίου στὴν θερμοκρασία 50 °C καὶ β) Σὲ ποιὰν θερμοκρασία μποροῦμε νὰ διαλύσωμε 50 gr αὐτοῦ τοῦ ἁλατιοῦ σὲ 100 gr νεροῦ.

('Απ. α' 22 gr. β' 87 °C.)

4. Στοὺς 20 °C ἡ ἀνώτατη ποσότητα μαγειρικοῦ ἁλατιοῦ ποὺ μπορεῖ νὰ διαλυθῇ σὲ 100 gr νεροῦ εἶναι 36 gr. Ἐξαερώνουμε θαλασσινὸ νερὸ 100 gr τὸ ὁποῖο περιέχει 3 gr ἁλάτι. Νὰ εὑρεθῇ ἡ ποσότητα τοῦ νεροῦ ποὺ πρέπει νὰ ἐξαερωθῇ γιὰ νὰ ἀρχίσῃ νὰ δημιουργῆται ἵζημα ἁλατιοῦ.
(Ἀπ. $V = 91,67\ cm^3$.)

Ε' – Ο ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΣ ΑΕΡΑΣ

§ 39. Ὕπαρξη τοῦ ἀέρος. Πείραμα. Βυθίζουμε σὲ μιὰ λεκάνη μὲ νερὸ μιὰν ἄδεια γυάλινη φιάλη μὲ τὸ στόμιο πρὸς τὰ κάτω (σχ. 30). Ἕνα μικρὸ τμῆμα της, κοντὰ στὸν λαιμό, γεμίζει μὲ νερό, τὸ ὑπόλοιπο ὅμως καὶ μεγαλύτερο μέρος τῆς φιάλης μένει ἀδειανό. Ὁ ἀέρας ποὺ ὑπάρχει μέσα στὴν φιάλη ἐμποδίζει τὸ νερὸ νὰ εἰσέλθῃ περισσότερο. Ἂν γύρωμε τὴν φιάλη βλέπουμε νὰ βγαίνουν ἀπὸ τὸ στόμιό της φυσαλίδες, ποὺ ἀνέρχονται γρήγορα στὴν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ τῆς λεκάνης κι ἑνώνονται μὲ τὸν ἀτμοσφαιρικὸ ἀέρα. Ὅσο περισσότερο γέρνουμε τὴν φιάλη τόσο πιὸ πολλὲς φυσαλίδες παράγονται στὸ στόμιό της. Τώρα τὸ νερὸ ἔχει ἀνέβει ψηλότερα μέσα στὴν φιάλη παίρνοντας τὴν θέση τοῦ ἐκτοπιζομένου ἀέρος (σχ. 30).



Σχ. 30. Στὴν κατακόρυφη φιάλη ποὺ εἶναι γεμάτη ἀέρα, εἰσέρχεται λίγο μόλις νερό. Ἀπὸ τὴν κεκλιμένη φιάλη ὁ ἀέρας ἐξέρχεται μὲ μορφὴ φυσαλίδων. Τὸ νερὸ παίρνει τὴν θέση τοῦ ἐκδιωκομένου ἀέρος.

Ὁ ἀέρας γίνεται αἰσθητὸς ὅταν κινῆται, ὅταν δηλαδὴ φυσᾶ, ὁπότε παράγει τὸν ἄνεμο ποὺ κινεῖ τὶς κορυφὲς τῶν δένδρων, κάνει τὴ σημαία νὰ κυματίζῃ, φουσκώνει τὰ πανιὰ τῆς βάρκας, περιστρέφει τὰ φτερὰ τοῦ ἀνεμόμυλου κλπ. Ὁ ἀέρας μᾶς γίνεται αἰσθητὸς ἐπίσης ὅταν κινούμαστε μὲ ταχύτητα καὶ βρισκόμαστε σὲ ἄμεση μ' αὐτὸν ἐπαφή. Ἔτσι νοιώθουμε νὰ ἀντιστέκεται στὴν κίνησή μας ὅταν τρέχωμε μὲ ποδήλατο.

§ 40. Ἡ ἀτμόσφαιρα. Ἡ Γῆ περιβάλλεται ἀπὸ ἕνα περίβλημα ἀέρος ποὺ ὀνομάζεται ἀ τ μ ό σ φ α ι ρ α καὶ τὸ ὁποῖο ἐκτείνεται σὲ ὕψος πολλῶν χιλιομέτρων ποὺ ὅμως δὲν εἶναι δυνατὸ νὰ προσδιορισθῇ μὲ ἀκρίβεια. Ἡ παρατήρηση τῶν δ ι α τ ό ν τ ω ν ἀ σ τ έ ρ ω ν μᾶς ἐπιτρέπει τὴν παραδοχὴ πὼς σὲ ὕψος 500 καὶ 600 χιλιομέτρων ὑπάρχει ἀκόμη ἀέρας, ἐνῷ ἄλλα φαινόμενα πιστοποιοῦν τὴν ὕπαρξη ἰχνῶν ἀέρος σὲ πολὺ μεγαλύτερα ὕψη ποὺ φθάνουν τὰ 2 000 km. Τὰ μόρια ὅμως τῶν συστατικῶν τοῦ ἀέρινου περιβλήματος τῆς Γῆς εἶναι κατὰ τὸ μεγαλύτερο μέρος συγκεντρωμένα στὰ κατώτερα ἀτμοσφαιρικὰ στρώματα, ἔτσι ὥστε ἡ μισὴ μάζα τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος νὰ βρίσκεται στὰ πέντε πρῶτα χιλιόμετρα. Ὅσο ἀπομακρυνόμαστε ἀπὸ τὴν ἐπιφάνεια τῆς Γῆς, ὁ ἀέρας γίνεται ἀραιότερος.

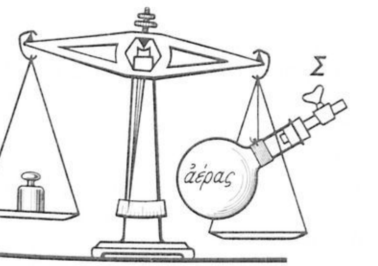
Γιὰ τοὺς κατοίκους τῆς Γῆς σημασία ἰδιαίτερη ἔχει τὸ πλησιέστερο πρὸς τὸ ἔδαφος στρῶμα τῆς ἀτμόσφαιρας, ὕψους μέχρι 12 km, τὸ ὁποῖο ὀνομάζεται τ ρ ο π ό σ φ α ι ρ α. Μέσα σ' αὐτὸ τὸ ἀέρινο στρῶμα καὶ στὸ κατώτερο τμῆμα του (ἀπὸ 0 - 3500 m) συμβαίνουν οἱ ἄνεμοι, οἱ βροχές, τὸ χιόνι, τὸ χαλάζι, καὶ οἱ ἄλλες ἀτμοσφαιρικὲς μεταβολές. Πάνω ἀπὸ τὴν τροπόσφαιρα βρίσκεται ἡ σ τ ρ α τ ό σ φ α ι ρ α, ποὺ ἐκτείνεται μέχρις ὕψους 80 km.

Μεγάλο ἐνδιαφέρον παρουσιάζει γιὰ τὴν Ραδιοφωνία ἡ ἰ ο ν ό σ φ α ι ρ α, ποὺ ἐκτείνεται πάνω ἀπὸ τὴν στρατόσφαιρα καὶ βοηθᾶ στὴν διάδοση τῶν λεγομένων β ρ α χ έ ω ν ἠ λ ε κ τ ρ ο μ α γ ν η τ ι κ ῶ ν κ υ μ ά τ ω ν, τὰ ὁποῖα προσκρούουν σ' αὐτὴν καὶ ξαναγυρίζουν στὴν Γῆ χωρὶς νὰ χαθοῦν στὸ διάστημα.

§ 41. **Ἰδιότητες τοῦ ἀέρος.** Ἀπὸ τὰ πειράματα ποὺ ἐκάμαμε στὴν § 9 συμπεράναμε μερικὲς σπουδαῖες ἰδιότητες τοῦ ἀέρος, ὅπως εἶναι ἡ σ υ μ π ι ε σ τ ό τ η τ α, ἡ ἐ λ α σ τ ι κ ό τ η τ α καὶ ἡ εὐ δ ι α χ υ τ ό τ η τ α, ἡ τάση δηλαδὴ νὰ καταλαμβάνη κάθε χῶρο ποὺ τοῦ προσφέρεται. Οἱ ἰδιότητες αὐτὲς εἶναι κοινὲς γιὰ ὅλα τὰ ἀέρια.

§ 42. **Βάρος τοῦ ἀέρος.** Χρησιμοποιώντας μιὰν ἀναρροφητικὴ ἀντλία ἀφαιροῦμε τὸν ἀέρα τῆς γυάλινης φιάλης τοῦ σχήματος 31 ὅσο μᾶς εἶναι δυνατὸν καὶ ἀφοῦ κλείσωμε τὴν στρόφιγγα ζυγίζουμε τὴν φιάλη. Ἀνοίγουμε κατόπιν τὴν στρόφιγγα τῆς γυάλινης φιάλης, ὁπότε αὐτὴ ξαναγεμίζει μὲ ἀτμοσφαιρικὸν ἀέρα. Παρατηροῦμε τότε πὼς ὁ ζυγὸς γέρνει πρὸς τὸ μέρος τῆς φιάλης (σχ. 31). Τοῦτο συμβαίνει προφανῶς ἐπειδὴ ἡ φιάλη γέμισε μὲ ἀτμοσφαιρικὸν ἀέρα κι' ἔγινε βαρύτερη.

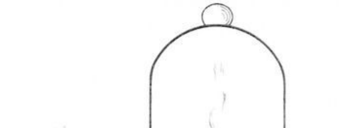
Ἀπὸ ἀκριβεῖς μετρήσεις βρέθηκε ὅτι 1 λίτρο ἀέρος, σὲ κανονικὲς συνθῆκες πιέσεως καὶ θερμοκρασίας[1], ἔχει βάρος ἴσο μὲ 1,293 p. Ὥστε:



Σχ. 31. Ὁ ἀέρας ἔχει βάρος. Ἡ γεμάτη μὲ ἀέρα φιάλη εἶναι βαρύτερη.

Ἡ ἀτμόσφαιρα περιβάλλει τὴν Γῆ σὰν ἀέρινος μανδύας καὶ ἐπεκτείνεται μέχρις ὕψους 800 km, περίπου, καταλαμβάνοντας κάθε χῶρο, στὸν ὁποῖο δὲν βρίσκονται ἄλλα σώματα. Ὁ ἀέρας, ποὺ γίνεται αἰσθητὸς ὅταν κινῆται, ἢ ὅταν ἐμεῖς κινούμαστε μέσα σ' αὐτόν, ἔχει ὅπως ὅλα τὰ ἀέρια βάρος. Τὸ βάρος ἑνὸς λίτρου ἀέρος σὲ κανονικὲς συνθῆκες εἶναι 1,293 p. Σὲ σχέση μὲ τὰ στερεὰ καὶ ὑγρὰ ὁ ἀέρας εἶναι πολὺ ἐλαφρός.

§ 43. **Ὁ ἀέρας εἶναι ἀπαραίτητος γιὰ τὴν καύση καὶ τὴν ζωή. Πείραμα 1.** Παίρνουμε ἕνα κερὶ καὶ τὸ ἀνάβουμε. Τὸ κερὶ καίεται μὲ μιὰ λευκοκίτρινη φλόγα. Καλύπτουμε τώρα τὸ κερὶ μ' ἕνα ψηλὸ γυάλινο ποτήρι (σχ. 32), ὁπότε ἡ φλόγα ἀδυνατίζει καὶ σὲ λίγο σβύνεται.



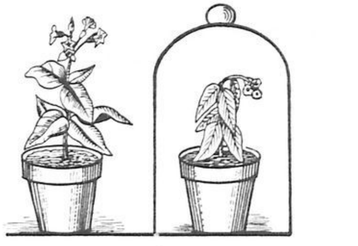
Σχ. 32. Ὁ ἀέρας εἶναι ἀπαραίτητος γιὰ τὴν καύση.

Ἐπαναλαμβάνουμε τὸ ἴδιο πείραμα μὲ τὸ ἀναμμένο κερί, σηκώνοντας τὸ γυάλινο ποτήρι ὅταν ἐξασθενῆ ἡ φλόγα, ὁπότε αὐτὴ ξαναγίνεται ζωηρὴ καὶ δὲν σβύνεται.

2. Ἂν ἐπαναλάβωμε τὸ ἴδιο πείραμα τοποθετώντας μιὰν γλάστρα ἑνὸς φυτοῦ κάτω ἀπὸ ἕναν γυάλινο κώδωνα, σὲ τρόπο ποὺ νὰ μὴ συγκοινωνῆ τὸ φυτὸ μὲ τὸν

[1] Κανονικὲς συνθῆκες γιὰ ἕνα ἀέριο λέγονται ἡ πίεση ποὺ ἀντιστοιχεῖ σὲ 76 cm στήλης ὑδραργύρου (76 cm Hg) καὶ ἡ θερμοκρασία 0 °C.

ἀέρα, θὰ δοῦμε πὼς ὕστερα ἀπὸ μερικὲς μέρες τὸ φυτὸ θὰ μαραθῆ καὶ θὰ ξεραθῆ (σχ. 33).



Σχ. 33. Ὁ ἀέρας εἶναι ἀπαραίτητος γιὰ τὴν διατήρηση τῆς ζωῆς τῶν φυτῶν καὶ τῶν ζώων.

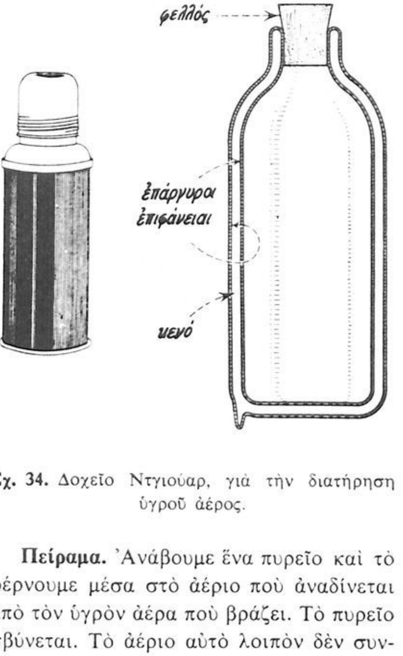
3. Ἂς δοκιμάσωμε νὰ κρατήσωμε τὴν ἀναπνοή μας. Εἶναι κάτι ποὺ οἱ περισσότεροι γιὰ λιγοστὰ μόνο δευτερόλεπτα θὰ ἐπιτύχωμε. Ἡ ζωὴ εἶναι ἀδύνατη χωρὶς ἀτμοσφαιρικὸ ἀέρα, ἡ ἔλλειψη τοῦ ὁποίου προκαλεῖ θάνατο ἀπὸ ἀ σ φ υ ξ ί α. Ὥστε:

Ὁ ἀτμοσφαιρικὸς ἀέρας εἶναι ἀπαραίτητος γιὰ τὴν διατήρηση τῆς καύσεως καὶ τῆς ζωῆς.

§ 44. Ὁ ἀτμοσφαιρικὸς ἀέρας εἶναι μεῖγμα. Ὅπως τὰ φυσικὰ νερὰ περιέχουν στερεὰ αἰωρούμενα σώματα, ἔτσι καὶ ὁ ἀτμοσφαιρικὸς ἀέρας. Πραγματικὰ ἂν μέσα σ᾿ ἕνα σκοτεινὸ δωμάτιο ἀφήσωμε νὰ μπῆ μιὰ δέσμη ἡλιακοῦ φωτός, βλέπουμε τότε πολυάριθμα μικρότατα σωματίδια νὰ κινοῦνται πρὸς ὅλες τὶς διευθύνσεις. Τὰ αἰωρούμενα αὐτὰ στερεὰ σωματίδια μποροῦν εὔκολα νὰ ἀπομακρυνθοῦν ἂν φιλτράρωμε τὸν ἀέρα. Ὁ φιλτραρισμένος ὅμως ἀέρας εἶναι ἄραγε χημικῶς καθαρὸ σῶμα;

Ὅταν ὁ ἀέρας ψυχθῆ σὲ πολὺ χαμηλὴ θερμοκρασία (—195 °C) ὑγροποιεῖται. Ὁ ὑγρὸς ἀέρας εἶναι ἕνα διαυγὲς ὑγρὸ μὲ ἐλαφρὴ κυανῆ ἀπόχρωση, ποὺ ρέει σὰν τὸ νερό. Ἕνα λίτρο ὑγροῦ ἀέρος ζυγίζει 0,91 kp καὶ παρασκευάζεται ἀπὸ 700 *l* ἀέρος σὲ ἀέρια κατάσταση.

Γιὰ νὰ ἀποφύγωμε μιὰ πολὺ ταχεῖα ἐξάτμιση τοῦ ὑγροῦ ἀέρος, τὸν διατηροῦμε σὲ δοχεῖα Ν τ γ ι ο ύ α ρ (τὰ γνωστὰ θερμὸς) χωρὶς νὰ τοποθετοῦμε τὸ πῶμα ὁπότε ὁ ὑγρὸς ἀέρας βράζει καὶ ἐξαερώνεται ἀργά (σχ. 34).



Σχ. 34. Δοχεῖο Ντγιούαρ, γιὰ τὴν διατήρηση ὑγροῦ ἀέρος.

Πείραμα. Ἀνάβουμε ἕνα πυρεῖο καὶ τὸ φέρνουμε μέσα στὸ ἀέριο ποὺ ἀναδίνεται ἀπὸ τὸν ὑγρὸν ἀέρα ποὺ βράζει. Τὸ πυρεῖο σβύνεται. Τὸ ἀέριο αὐτὸ λοιπὸν δὲν συντηρεῖ τὴν καύση, ὅπως δὲ μποροῦμε νὰ ἐξακριβώσωμε, οὔτε τὴν ζωή. Γι᾿ αὐτὸ ὀνομάζεται ἄ ζ ω τ ο. Ἡ ἐξαέρωση ἐξακολουθεῖ. Τὸ ἀέριο ὅμως ποὺ ἀναδίνεται στὸ τέλος, ἀντίθετα μὲ τὸ ἄζωτο, ὄχι μόνο δὲν σβύνει τὸ πυρεῖο ἀλλὰ καὶ τοῦ δυναμώνει τὴν φλόγα. Τὸ ἀέριο αὐτὸ εἶναι ἐκεῖνο ποὺ διατηρεῖ καὶ τὴν ζωή. Γι᾿ αὐτὸ ὀνομάζεται ὀ ξ υ γ ό ν ο.

Κατὰ τὴν διάρκεια τοῦ βρασμοῦ τοῦ ὑγροῦ ἀέρος ἀναδίνονται καὶ ἄλλα ἀέρια ποὺ ἔχουν διαφορετικὲς ἰδιότητες, πρᾶγμα ποὺ ἀποδείχνει ὅτι ὁ ὑγρὸς ἀέρας εἶναι μεῖγμα. Μὲ πολὺ εὐαίσθητα εἰδικὰ θερμόμετρα διαπιστώνεται ὅτι κατὰ τὴν διάρκεια τοῦ βρασμοῦ τοῦ ὑγροῦ ἀέρος ἡ θερμοκρασία του δὲν διατηρεῖται σταθερή, ἀλλὰ ἀνεβαίνει ἀπὸ τοὺς — 195 °C στοὺς — 183 °C περίπου, πράγμα ποὺ ἀποδείχνει ὅτι ὁ ὑγρὸς ἀέρας δὲν εἶναι χημικῶς καθαρὸ σῶμα, ἐφ' ὅσον δὲν ἔχει σταθερὴ θερμοκρασία βρασμοῦ. Ἀπὸ τὰ παραπάνω συμπεραίνουμε ὅτι:

Ὁ ὑγρὸς ἀέρας, ἑπομένως καὶ ὁ ἀτμοσφαιρικὸς ἀέρας ἀπὸ τὸν ὁποῖον προέρχεται, δὲν εἶναι χημικῶς καθαρὸ σῶμα ἀλλὰ μεῖγμα δύο τουλάχιστον ἀερίων, τοῦ ἀζώτου καὶ τοῦ ὀξυγόνου.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Ἡ γήινη ἐπιφάνεια περιβάλλεται ἀπὸ μιὰν ἀέρινη θάλασσα ποὺ ἐκτείνεται σὲ ὕψος πολλῶν χιλιομέτρων καὶ σχηματίζει τὴν ἀτμόσφαιρα. Ὁ κόσμος τῶν ζώων καὶ τῶν φυτῶν, δηλαδή, ζῇ στὸν πυθμένα ἑνὸς ἀέρινου ὠκεανοῦ.

2. Ὁ ἀέρας ἔχει τὰ χαρακτηριστικὰ γνωρίσματα τῶν ἀερίων, εἶναι συμπιεστός, ἐκτατὸς καὶ ἐλαστικός.

3. Ὁ ἀέρας, ὅπως κάθε σῶμα, ἔχει βάρος. Ἕνα λίτρο ἀέρος σὲ κανονικὲς συνθῆκες ζυγίζει 1,293 p.

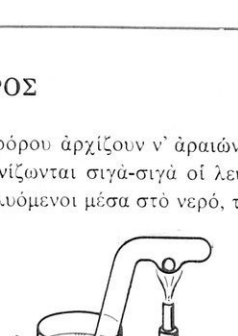
4. Ἡ παρουσία τοῦ ἀέρος εἶναι ἀπαραίτητη γιὰ τὴν διατήρηση τῆς καύσεως καὶ τῶν δύο μορφῶν τῆς ζωῆς, φυτικῆς καὶ ζωϊκῆς.

5. Ὅταν ὁ ἀέρας ψυχθῇ σὲ πολὺ χαμηλὴ θερμοκρασία (—195 °C) ὑγροποιεῖται.

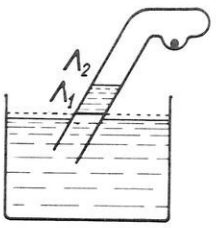
6. Ἀποστάζοντας ὑγροποιημένον ἀέρα (ἀνάμεσα στὶς θερμοκρασίες —195 °C καὶ —183 °C) τὸν χωρίζουμε σὲ δυὸ κυρίως ἀέρια. Ἀπὸ αὐτὰ τὸ ἕνα εἶναι τὸ ἄζωτο, ποὺ δὲν διατηρεῖ οὔτε τὴν καύση, οὔτε τὴν ζωὴ καὶ τὸ ἄλλο τὸ ὀξυγόνο ποὺ ζωηρεύει τὴν καύση καὶ διατηρεῖ τὴν ζωή. Ὁ ἀέρας λοιπὸν εἶναι μεῖγμα.

ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΑΕΡΟΣ

§ 45. Ποσοτικὴ ἀνάλυση τοῦ ἀέρος. Πείραμα. Μέσα σ' ἕνα γυάλινο σωλήνα σχήματος Γ, τὸ κλειστὸ σκέλος τοῦ ὁποίου περιέχει μιὰν ἐσοχή, εἰσάγουμε ἕνα τεμάχιο λευκοῦ φωσφόρου καὶ βυθίζουμε τὸ ἀνοικτὸ ἄκρο τοῦ σωλῆνος σ' ἕνα δοχεῖο μὲ νερό, ἐνῶ μ' ἕνα λαστιχάκι $Λ_1$ σημειώνουμε τὴν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ στὸν σωλήνα (σχ. 35). Ὕστερα θερμαίνουμε τὸν φωσφόρο σὲ χαμηλὴ φωτιά, ὁπότε αὐτὸς ἀνάβει κι ὁ σωλήνας γεμίζει μ' ἕνα πηκτὸν ἄσπρο καπνό. Αὐτὸ ὅμως δὲν κρατᾶ πολὺ καὶ ὁ φωσφόρος σβύνεται. Μὲ τὸ σβύσιμο τοῦ φωσφόρου ἀρχίζουν ν' ἀραιώνουν καὶ νὰ ἐξαφανίζωνται σιγὰ-σιγὰ οἱ λευκοὶ καπνοί, διαλυόμενοι μέσα στὸ νερό, τὸ ὁποῖο



Σχ. 35. Διάταξη γιὰ τὴν ποσοτικὴ ἀνάλυση τοῦ ἀέρος.

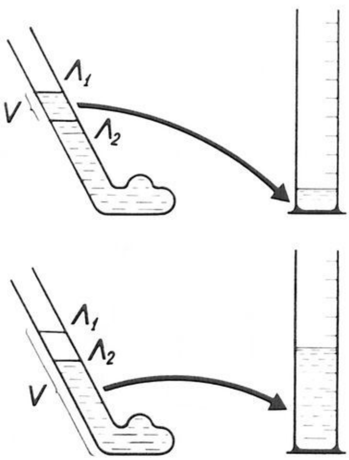


Σχ. 36. Κατὰ τὴν καύση τοῦ φωσφόρου παράγεται ἕνας πηκτὸς λευκὸς καπνός, ποὺ διαλύεται στὸ νερὸ κι' ἔτσι τὸ νερὸ ἀνεβαίνει στὸν σωλῆνα.

ἀνεβαίνει μέσα στὸν σωλήνα (σχ. 36).

Ὅταν παύση ν' ἀνεβαίνη τὸ νερὸ σημειώνουμε καὶ πάλι τὴν ἐλεύθερη ἐπιφάνειά του στὸν σωλήνα μ' ἕνα δεύτερο λαστιχάκι $Λ_2$.

Σὲ τί ὀφείλεται τὸ φαινόμενο ποὺ περιγράψαμε στὸ παραπάνω πείραμα; Ὁ φωσφόρος ἄναψε κι ἐκάηκε μὲ τὸ ὀξυγόνο τοῦ ἀέρος. Ὅταν δαπανήθηκε ὅλο τὸ διαθέσιμο ὀξυγόνο ἡ καύση σταμάτησε, ἐπειδὴ τὸ ἀέριο ποὺ ἀπέμεινε δὲν βοηθᾶ στὴν καύση. Τὸ ἀέριο αὐτὸ ἀποτελεῖται κατὰ τὸ μεγαλύτερο μέρος του ἀπὸ ἄζωτο. Ἐφ' ὅσον ὅμως



Σχ. 37. Γιὰ τὴν μέτρηση τοῦ ὀξυγόνου ποὺ περιέχεται στὸν ἀέρα.

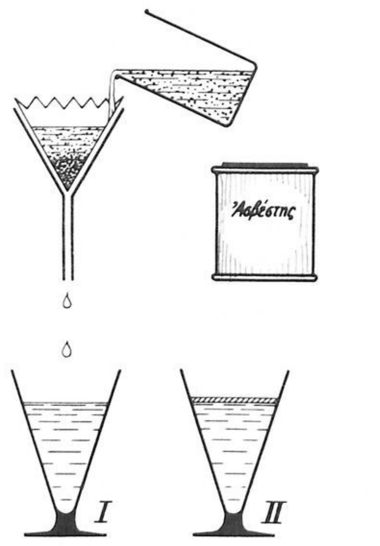
τὸ προϊὸν τῆς καύσεως, ὁ πηκτὸς ἄσπρος καπνός, διαλύθηκε στὸ νερὸ καὶ τὸ σῶμα αὐτὸ εἶχε ἀφαιρέσει γιὰ νὰ σχηματισθῆ τὸ ὀξυγόνο ποὺ περιεῖχε ὁ σωλήνας, συμπεραίνουμε ὅτι τὸ νερὸ ποὺ ἀνέβηκε στὸν σωλήνα ἀντικατάστησε τὸ ὀξυγόνο.

Ἂν μετρήσωμε τὸν ὄγκο τοῦ ἀερίου περιεχομένου τοῦ σωλῆνος, πρὶν καὶ ὕστερα ἀπὸ τὴν καύση τοῦ φωσφόρου, θὰ βροῦμε ὅτι ὁ ὄγκος τοῦ ἀερίου ποὺ ἔμεινε εἶναι περίπου ἴσος μὲ τὰ 4/5 τοῦ ἀρχικοῦ (σχ. 37). Ὥστε:

Τὸ 1/5 περίπου τοῦ ὄγκου τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος ἀποτελεῖται ἀπὸ ὀξυγόνο, ἐνῶ τὰ ὑπόλοιπα 4/5 τοῦ ὄγκου του περιέχουν κυρίως ἄζωτο.

§ 46. Ἄλλα συστατικὰ τοῦ ἀέρος.

Ἂν παρατηρήσωμε προσεκτικὰ τὸ διαυγὲς ἀσβεστόνερο, ποὺ εἴχαμε ἀφήσει σ' ἕνα ἀνοικτὸ ποτήρι τὴν προηγούμενη μέρα, θὰ δοῦμε πὼς στὴν ἐπιφάνειά του ἔχει



Σχ. 38. Ἡ λευκὴ κρούστα ποὺ σχηματίζεται στὴν ἐπιφάνεια τοῦ ἀσβεστόνερου, ἀποδείχνει τὴν παρουσία διοξειδίου τοῦ ἄνθρακος στὸν ἀέρα.

σχηματισθῆ μία λεπτὴ ἄσπρη κρούστα (σχ. 38). Ὅπως θὰ μάθωμε στὴν Χημεία τὸ φύλλο αὐτὸ τῆς κρούστας ἐμφανίζεται ὅταν τὸ ἀσβεστόνερο ἔρχεται σὲ ἐπαφὴ μὲ τὸ ἀέριο ποὺ ὀνομάζεται διοξείδιο τοῦ ἄνθρακος. Τὸ ἀέριο αὐτὸ παράγεται ὅταν καίωνται τὰ διάφορα σώματα, ἀλλὰ καὶ τὰ ζῶα καὶ τὰ φυτὰ ἐκπνέουν διοξείδιο τοῦ ἄνθρακος.

Ἂν βγάλωμε ἀπὸ τὸ ψυγεῖο ἕνα ποτήρι μὲ πολὺ κρύο νερό, θὰ παρατηρήσωμε πὼς στὴν ἐξωτερικὴ ἐπιφάνεια τοῦ ποτηριοῦ σχηματίζεται ἀμέσως ἕνα θολὸ στρῶμα ἀπὸ λεπτότατα σταγονίδια νεροῦ. Αὐτὰ τὰ σταγονίδια τοῦ νεροῦ ἦταν μέσα στὸν ἀέρα τοῦ δωματίου μὲ τὴν μορφὴ ὑδρατμῶν, ποὺ ὑγροποιήθηκαν, ὅταν ἦρθαν σὲ ἐπαφὴ μὲ τὴν ψυχρὴ ἐπιφάνεια τοῦ ποτηριοῦ. Ὁ ἀτμοσφαιρικὸς ἀέρας περιέχει λοιπὸν καὶ ὑδρατμούς. Οἱ ὑδρατμοὶ τοῦ ἀέρος προκαλοῦν πολλὲς φορὲς μὲ τὴν ὑγρασία τους φθορὰ σὲ διάφορες συσκευές. Γιὰ νὰ τοὺς ἀπομακρύνωμε ἀπὸ τὸν ἀέρα χρησιμοποιοῦμε κατάλληλες χημικὲς οὐσίες ποὺ τοὺς ἀπορροφοῦν καὶ τοὺς δεσμεύουν, ὅπως εἶναι ὁ ξερὸς ἀσβέστης (ὀξείδιο τοῦ ἀσβεστίου), τὸ θειικὸ ὀξὺ κλπ. Οἱ οὐσίες αὐτὲς ὀνομάζονται ὑγροσκοπικὲς οὐσίες.

Ὅταν ὁ ἀέρας ἀπαλλαχθῆ ἀπὸ τοὺς ὑδρατμοὺς λέγεται ξηρὸς ἀέρας.

Ὁ ἀτμοσφαιρικὸς ἀέρας περιέχει ἐπίσης ἴχνη ἀπὸ τὰ λεγόμενα εὐγενῆ ἢ σπάνια ἀέρια (ἀργό, κρυπτό, νέο, ξένο, ἥλιο) καὶ ἐλάχιστες ποσότητες ὑδρογόνου.

Σχ. 39. Μιὰ φωτεινὴ δέσμη σ᾽ ἕνα σκοτεινὸ δωμάτιο κάνει ὁρατὸν τὸν αἰωρούμενο κονιορτό.

Ὁ ἀτμοσφαιρικὸς ἀέρας ἐκτὸς ἀπὸ τὰ ἀέρια συστατικά του περιέχει, ὅπως εἴπαμε στὴν ἀρχή, καὶ στερεὰ αἰωρούμενα σωματίδια (σχ. 39) ποὺ ὀνομάζονται κονιορτός. Ὥστε:

Ὁ ἀτμοσφαιρικὸς ἀέρας εἶναι μεῖγμα ὀξυγόνου, ἀζώτου, εὐγενῶν ἀερίων, ὑδρογόνου, διοξειδίου τοῦ ἄνθρακος καὶ ὑδρατμῶν. Περιέχει ἐπίσης καὶ αἰωρούμενο κονιορτό.

Ὡστόσο ἡ σύσταση τοῦ ἀέρος δὲν εἶναι σταθερή, ἀλλὰ μεταβάλλεται ἀπὸ τόπο σὲ τόπο καὶ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ ὕψος ποὺ βρίσκεται ὁ τόπος. Ἔτσι στὴν ἐξοχὴ ὁ ἀέρας εἶναι καθαρώτερος ἀπὸ τὸν ἀέρα τῶν πόλεων καὶ τῶν βιομηχανικῶν κέντρων, ὅπου περιέχει μεγαλύτερες ποσότητες διοξειδίου τοῦ ἄνθρακος καὶ διάφορα δηλητηριώδη ἀέρια, ὅπως ἐπίσης μεγαλύτερες ποσότητες κονιορτοῦ.

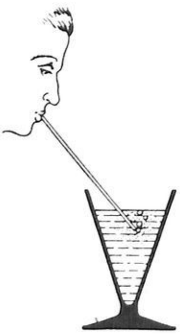
Ἀκριβεῖς μετρήσεις στὴν ἐπιφάνεια τοῦ ἐδάφους ἔδωσαν τὴν ἀκόλουθη μέση σύσταση τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος, σὲ ποσότητα 100 *l*:

ἄζωτο	78,03 *l*
ὀξυγόνο	21,00 *l*
εὐγενῆ (σπάνια) ἀέρια	1,00 *l*
ὑδρογόνο	0,01 *l*
διοξ. τοῦ ἄνθρακος . .	0,03 *l*
ὑδρατμοὶ :	μεταβλητὴ ποσότητα
κονιορτός :	μεταβλητὴ ποσότητα

§ 47. Ὁ ἀέρας ποὺ εἰσπνέουμε καὶ ἐκπνέουμε. Ἡ ἀναπνοή μας γίνεται σὲ δύο στάδια. Τὸ πρῶτο περιλαμβάνει τὴν εἰσπνοή, τὴν εἴσοδο δηλαδὴ τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος στοὺς πνεύμονες, καὶ τὸ δεύτερο τὴν ἐκπνοή, τὴν ἔξοδο δηλαδὴ τοῦ ἀέρος ποὺ εἰσπνεύσαμε.

Σχ. 40. Ὁ ἀέρας ποὺ ἐκπνέουμε περιέχει περισσότερους ὑδρατμοὺς ἀπὸ τὸν ἀέρα ποὺ εἰσπνέουμε.

Πείραμα 1. Ἐκπνέουμε φυσώντας πάνω σ᾽ ἕνα τζάμι παραθύρου, ὁπότε αὐτὸ θολώνει καὶ καλύπτεται μ᾽ ἕνα στρῶμα ἀτμοῦ (σχ. 40). Ἑπομένως ὁ ἀέρας ποὺ ἐκπνέουμε περιέχει περισσότερους ὑδρατμοὺς ἀπὸ ἐκεῖνον ποὺ εἰσπνέουμε.



Σχ. 41. Ὁ ἐκπνεόμενος ἀέρας περιέχει περισσότερο διοξείδιο τοῦ ἄνθρακος καὶ θολώνει τὸ διαυγὲς ἀσβεστόνερο.

2. Μὲ τὴν βοήθεια ἑνὸς λεπτοῦ γυάλινου σωλῆνος διοχετεύουμε τὸν ἀέρα τῆς ἐκπνοῆς μας σ᾽ ἕνα ποτήρι ποὺ περιέχει διαυγὲς ἀσβεστόνερο (σχ. 41). Τὸ διάλυμα θολώνει ἀμέσως, πράγμα ποὺ συμβαίνει, ὅπως μάθαμε, μόνον ὅταν στὸ ἀσβεστόνερο διαλύεται διοξείδιο τοῦ ἄνθρακος, τὸ ὁποῖο ἑνώνεται μὲ τὸ $Ca(OH)_2$ καὶ σχηματίζει ἀνθρακικὸ ἀσβέστιο.

Ἐπαναλαμβάνουμε τὸ ἴδιο πείραμα διοχετεύοντας στὸ ἀσβεστόνερο ἀτμοσφαιρικὸν ἀέρα, φυσώντας μὲ ἕνα φυσερό. Τὸ ἀσβεστόνερο θολώνει καὶ πάλι ἀλλὰ μὲ πολὺ ἀργότερο ρυθμό. Ὁ ἀέρας ποὺ ἐκπνέουμε περιέχει ἑπομένως πολὺ περισσότερο διοξείδιο τοῦ ἄνθρακος ἀπὸ τὸν ἀέρα ποὺ εἰσπνέουμε.

Στὸν ἀκόλουθο πίνακα δείχνονται οἱ διαφορὲς ἀνάμεσα στὴ σύσταση τοῦ εἰσπνεομένου καὶ τοῦ ἐκπνεομένου ἀέρος, σὲ ποσότητες 1 l.

	εἰσπνεόμενος ἀέρας	ἐκπνεόμενος ἀέρας
ἄζωτο (καὶ σπάνια ἀέρια)	0,79 l	0,79 l
ὀξυγόνο	0,21 l	0,16 l
διοξείδιο τοῦ ἄνθρακος	ἴχνη ἀσήμαντα	0,04 l
ὑδρατμοί	μικρὴ ποσότητα	μεγαλύτερη ποσότητα

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Ὁ ἀτμοσφαιρικὸς ἀέρας εἶναι μεῖγμα πολλῶν ἀερίων.

2. Ἡ ποσοτικὴ σύσταση τοῦ ὄγκου τοῦ ἀέρος εἶναι: ὀξυγόνο 21 %, ἄζωτο 78 %, εὐγενῆ ἀέρια 1 %. Ὁ ἀέρας περιέχει ἐπίσης ἴχνη ὑδρογόνου καὶ διοξειδίου τοῦ ἄνθρακος καὶ μεταβλητὴ ποσότητα ὑδρατμῶν.

3. Ὁ εἰσπνεόμενος καὶ ὁ ἐκπνεόμενος ἀέρας ἔχουν διαφορετικὴ σύσταση. Ἔτσι ἐνῶ τὸ ἄζωτο καὶ τὰ σπάνια ἀέρια δὲν παρουσιάζουν καμιὰ μεταβολή, ὁ ἐκπνεόμενος ἀέρας εἶναι πτωχότερος σὲ ὀξυγόνο καὶ πλουσιώτερος σὲ διοξείδιο τοῦ ἄνθρακος καὶ ὑδρατμούς.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. *Οἱ διαστάσεις μιᾶς αἴθουσας εἶναι: 8 m μῆκος, 5 m πλάτος καὶ 3,5 m ὕψος. Νὰ ὑπολογίσετε: α) Τὴν μάζα τοῦ ἀέρος ποὺ περιέχεται στὴν αἴθουσα. β) Τοὺς ὄγκους καὶ τὶς μάζες τοῦ ὀξυγόνου καὶ τοῦ ἀζώτου. Δίνεται ὅτι 1,3 gr ἀέρος καταλαμβάνουν ὄγκο 1 l καὶ ὅτι μὲ τὶς συνθῆκες τοῦ προβλήματος 16 gr ὀξυγόνου καὶ 14 gr ἀζώτου καταλαμβάνουν ὄγκους 11,2 l τὸ κάθε ἕνα ξεχωριστά.*

('Απ. α' 182 kg, β' $V_{οξ} = 29\,400$ l, $m_{οξ} = 42$ kg, $V_{αζ} = 109\,200$ l, $m_{αζ} = 136{,}5$ kg.)

2. *Νὰ ὑπολογισθῆ ὁ ὄγκος τοῦ ἀέρος, ὁ ὁποῖος θὰ ληφθῆ ἀπὸ τὴν ἐξαέρωση ἑνὸς λίτρου ὑγροῦ ἀέρος. Γνωρίζουμε ὅτι 1 l ὑγροῦ ἀέρος ἔχει βάρος 0,91 kp, ἐνῶ 1 l ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος ἔχει βάρος 1,3 p. ('Απ. V = 700 l.)*

3. *Ἕνα λίτρο ὑγροῦ ἀέρος ἔχει μάζα 0,91 kg μὲ κανονικὲς συνθῆκες πιέσεως καὶ θερμοκρασίας (δηλ. σὲ θερμοκρασία 0 °C καὶ πίεση 760 mm στήλης Hg) καὶ ἕνα λίτρο ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος ἔχει μάζα 1,293 gr. Νὰ ὑπολογισθῆ ὁ ὄγκος τοῦ ἀέρος ποὺ θὰ προκύψη ἀπὸ τὴν ἐξάτμιση 5 l ὑγροῦ ἀέρος. ('Απ. V = 3 519 l.)*

4. *Σὲ κανονικὲς συνθῆκες πιέσεως καὶ θερμοκρασίας (θερμοκρασία 0 °C καὶ πίεση 760 mm στήλης ὑδραργύρου) 1 λίτρο ἀέρος ἔχει μάζα 1,293 gr. Ἐξ ἄλλου 100 l ἀέρος περιέχουν 78 l ἀζώτου καὶ 21 l ὀξυγόνου. Νὰ εὑρεθοῦν οἱ μάζες α) τοῦ ἀζώτου καὶ β) τοῦ ὀξυγόνου ποὺ περιέχονται σὲ 100 gr ἀέρος. Σὲ κανονικὲς συνθῆκες 25 gr ἀζώτου καὶ 32 gr ὀξυγόνου καταλαμβάνουν ὄγκο 22,4 l. ('Απ. α' $m_1 = 75{,}36$ gr ἀζώτου. β' $m_2 = 23{,}19$ gr ὀξυγόνου.)*

5. *Ἂν χρησιμοποιηθοῦν τὰ ἐξαγόμενα τοῦ προηγουμένου προβλήματος, νὰ ὑπολογισθοῦν οἱ μάζες ἀζώτου καὶ ὀξυγόνου ποὺ προκύπτουν ἀπὸ τὴν ἀπόσταξη 100 λίτρων ὑγροῦ ἀέρος. Θὰ ὑποθέσετε ὅτι τὰ ἀέρια συλλέγονται χωρὶς διαφυγή. Ἡ μάζα 1 λίτρου ὑγροῦ ἀέρος εἶναι 0,91 kg. ('Απ. α' 68,57 kg ἀζώτου. β' 21,10 kg ὀξυγόνου.)*

6. *Σὲ θερμοκρασία 15 °C καὶ μὲ κανονικὲς συνθῆκες πιέσεως, 1 λίτρο νερὸ διαλύει 34 cm³ ὀξυγόνου. Μὲ τὶς ἴδιες προϋποθέσεις διαλύει ἐπίσης 16 cm³ ἀζώτου. α) Νὰ ὑπολογισθῆ ὁ λόγος τῶν ὄγκων ὀξυγόνου καὶ ἀζώτου, ποὺ ἔχουν διαλυθῆ σ' ἕνα λίτρο νεροῦ καὶ β) νὰ συγκριθῆ ὁ λόγος αὐτὸς μὲ τὸν ἀντίστοιχο γιὰ τὸν ἀτμοσφαιρικὸ ἀέρα. Ποιός εἶναι περισσότερο πλούσιος σὲ ὀξυγόνο, ὁ ἀέρας ποὺ ἔχει διαλυθῆ στὸ νερό, ἢ ὁ ἀτμοσφαιρικός; ('Απ. α' 2,125. β' 0,26.)*

ΦΥΣΙΚΗ

Ι. ΣΤΑΤΙΚΗ ΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ

ΣΤ' – ΤΟ ΒΑΡΟΣ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

§ 48. Δυνάμεις. Γιὰ νὰ σηκώσωμε ἀπὸ τὸ ἔδαφος ἕνα ὁποιοδήποτε βαρὺ ἀντικείμενο πρέπει νὰ καταβάλωμε μιὰ προσπάθεια, μικρὴ ἢ μεγάλη, ἀνάλογα μὲ τὸ σῶμα (σχ. 42) Πρέπει λοιπόν, ὅπως λέμε, γιὰ νὰ μετακινήσωμε τὸ σῶμα, νὰ ἀσκήσωμε πάνω σ' αὐτὸ μιὰ δύναμη καὶ λέμε ἀκόμη πὼς ἡ Γῆ ἀσκεῖ μιὰν ἑλκτικὴ δύναμη πάνω σ' ὅλα τὰ σώματα.

Σχ. 42. Γιὰ νὰ σηκώσωμε ἕνα βαρὺ ἀντικείμενο καταβάλλουμε προσπάθεια.

Ἕνα σιδερένιο καρφὶ ποὺ πέφτει, παρεκκλίνει ἀπὸ τὴν τροχιά του, ἂν περάση κοντὰ ἀπὸ ἕναν δυνατὸ μαγνήτη. Ἂν δὲ πλησιάσωμε ἀρκετὰ ἕναν μαγνήτη σ' ἕνα ἀκίνητο καρφί, ὁ μαγνήτης μπορεῖ νὰ τὸ μετακινήση ἕλκοντάς το πρὸς τὸ μέρος του. Ἂν θέλωμε νὰ ἐκσφενδονίσωμε μακριὰ μιὰ πέτρα, πρέπει νὰ καταβάλωμε ἀνάλογην μυϊκὴν δύναμη, ὅπως ἐπίσης μυϊκὴν δύναμη καταναλώνουμε ἂν θελήσωμε νὰ λυγίσωμε ἕνα ἔλασμα ἢ νὰ κόψωμε μὲ τὸ ψαλίδι ἕνα κομμάτι ὑφάσματος. Ἀπὸ τὰ παραπάνω συμπεραίνουμε ὅτι:

Τὰ αἴτια ποὺ μποροῦν νὰ προκαλέσουν τὴν κίνηση τῶν σωμάτων ποὺ ἠρεμοῦν, ἢ νὰ τροποποιήσουν τὴν κίνησή τους ἂν κινοῦνται ἢ νὰ τὰ παραμορφώσουν, ὀνομάζονται στὴν Φυσικὴ δυνάμεις.

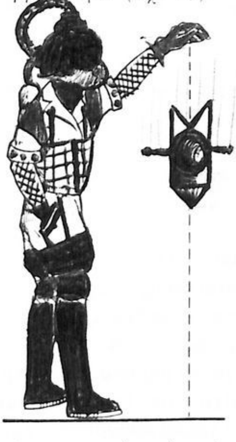
§ 49. Τὸ βάρος τῶν σωμάτων. Ὅταν σηκώσωμε ἕνα ὁποιοδήποτε σῶμα, καταβάλλουμε μιὰ δύναμη, ποὺ εἶναι ἀπαραίτητη γιὰ νὰ ἐξουδετερώση τὴν δύναμη ποὺ αἰσθανόμαστε νὰ καταβάλλη τὸ σῶμα, καὶ ἡ ὁποία ἐπιδιώκει τὸ ἀντίθετο ἀποτέλεσμα, ἀπὸ ἐκεῖνο ποὺ ἐπιδιώκουμε ἐμεῖς. Ὥστε:

Ἡ δύναμη μὲ τὴν ὁποία ἀντιδρᾶ ἕνα σῶμα, ὅταν θελήσωμε νὰ τὸ σηκώσωμε, ὀνομάζεται βάρος τοῦ σώματος καὶ ὀφείλεται στὴν ἰδιότητα τῆς Γῆς νὰ ἕλκη πρὸς τὸ κέντρο της τὰ διάφορα σώματα. Ἡ ἰδιότητα αὐτὴ τῆς Γῆς λέγεται βαρύτητα.

§ 50. Ἐλεύθερη πτώση τῶν σωμάτων. Τὸ βάρος προκαλεῖ τὴν πτώση.

Ἡ ἑλκτικὴ δύναμη τῆς Γῆς δὲν παύει νὰ ἐνεργῆ σὲ ὁποιοδήποτε σημεῖο τοῦ χώρου. Γι᾽ αὐτὸ ἂν σηκώσωμε ψηλὰ ἕνα σῶμα, ἔστω μιὰ πέτρα, καὶ τὸ ἀφήσωμε κατόπιν ἐλεύθερο, τὸ σῶμα αὐτὸ θὰ πέση ἐξ αἰτίας τοῦ βάρους του, δηλαδὴ ἐξ αἰτίας τῆς ἑλκτικῆς δυνάμεως τῆς Γῆς, ἀκολουθώντας στὴν κίνησή του μιὰν εὐθύγραμμη τροχιὰ (σχ. 43).

Ἂν ἀφήσωμε νὰ πέση ἀπὸ τὸ ἴδιο ὕψος ποὺ ἐγκαταλείψαμε τὴν πέτρα, ἕνα φύλλο χαρτιοῦ ἢ ἕνα φτερό, παρατηροῦμε πὼς καὶ τὰ σώματα αὐτὰ θὰ πέσουν πρὸς τὴν Γῆ, ἀκολουθώντας ὅμως στὴν κίνησή τους μιὰ μεικτὴ τροχιά, τὴν ὁποία διανύουν μὲ σχετικὴν βραδύτητα (σχ. 43).



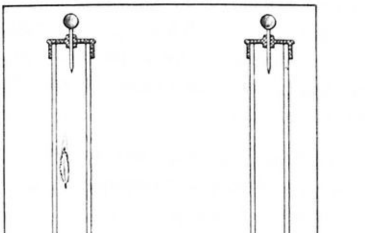
Σχ. 43. Τὸ βάρος προκαλεῖ τὴν πτώση τῶν σωμάτων.

Ἂν ὅμως συμπιέσωμε τὸ φύλλο τοῦ χαρτιοῦ καὶ κάμωμε ἀπ᾽ αὐτὸ μιὰν χάρτινη μπάλα, αὐτὴ πέφτει γρήγορα σὰν τὴν σφαῖρα κι ἀκολουθεῖ στὴν πτώση της εὐθύγραμμη τροχιά. Σὲ τί ὀφείλεται αὐτό; Ὀφείλεται στὸ ὅτι ἡ χάρτινη μπάλα συναντᾶ κατὰ τὴν πτώση της μικρότερη ἀντίσταση ἀπὸ τὸν ἀέρα καὶ γι᾽ αὐτὸ πέφτει γρηγορώτερα καὶ εὐθύγραμμα.

Ὅταν ἡ πτώση ἑνὸς σώματος ὀφείλεται μόνο στὸ βάρος του καὶ σὲ καμιὰν ἄλλη αἰτία, ἔχουμε ἐ λ ε ύ θ ε ρ η π τ ώ σ η τῶν σωμάτων. Ἂν δὲν ὑπῆρχε ὁ ἀτμοσφαιρικὸς ἀέρας, ὅλα τὰ σώματα, ποὺ ἔπεφταν ταυτόχρονα ἀπὸ τὸ ἴδιο ὕψος, θὰ ἔφθαναν σύγχρονα στὸ ἔδαφος.

Πείραμα. Ἂς πάρωμε ἕναν γυάλινο σωλῆνα, μήκους 2 m περίπου, ἀπὸ τὸν ὁποῖο νὰ μποροῦμε νὰ ἀφαιρέσωμε τὸν ἀέρα μὲ ἀναρροφητικὴ ἀεραντλία καὶ ἂς βάλωμε μέσα σ᾽ αὐτὸν μιὰν μολύβδινη σφαῖρα κι ἕνα φτερό. Ἂν ἀναστρέψωμε τὸν σωλῆνα, ἐφ᾽ ὅσον ὑπάρχει ἀέρας, τὸ φτερὸ φτάνει τελευταῖο στὴν βάση του. Ἂν ὅμως ἀφαιρέσωμε τὸν ἀέρα καὶ ἀναστρέψωμε καὶ πάλι, βλέπουμε νὰ φθάνουν στὴν βάση τοῦ σωλῆνος καὶ τὰ δύο σώματα ταυτόχρονα. Ὁ σωλήνας αὐτὸς ὀνομάζεται σ ω λ ή ν α ς τ ο ῦ Ν ε ύ τ ω ν ο ς (σχ. 44).

Ὅλα τὰ σώματα ἔχουν βάρος, ἑπομένως ὅλα τὰ σώματα ἕλκονται ἀπὸ τὴν Γῆ.



Σχ. 44. (I) Ὅταν ὁ σωλήνας περιέχη ἀέρα, ἡ μολύβδινη σφαίρα πέφτει γρηγορώτερα. (II) Ἂν ἀφαιρέσωμε τὸν ἀέρα, ἡ σφαίρα καὶ τὸ φτερὸ πέφτουν ταυτόχρονα.

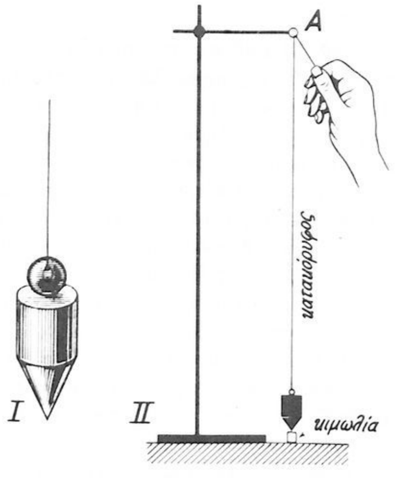
Ἐν τούτοις παρουσιάζονται φαινομενικὰ μερικὲς ἐξαιρέσεις: Ἕνα μπαλόνι γεμᾶτο φωταέριο δὲν πέφτει, ὅταν ἀφεθῆ ἐλεύθερο, ἀλλὰ ἀνεβαίνει πρὸς τὰ ὕψη. Τὸ μπαλόνι μὲ τὸ φωταέριο ἔχει βάρος, ἡ ἀνοδική του ὅμως κίνηση ὀφείλεται, ὅπως θὰ δοῦμε, σὲ μιὰ δύναμη ποὺ ἀντιδρᾶ στὸ βάρος του καὶ ἔχει μεγαλύτερην ἔνταση ἀπὸ τὸ βάρος. Ὥστε:

Ὅλα τὰ σώματα ἔχουν βάρος, τὸ ὁποῖο ὀφείλεται στὴν βαρύτητα, στὴν ἰδιότητα δηλαδὴ τῆς Γῆς νὰ τὰ ἕλκη πρὸς τὸ κέντρο της. Ὅταν ἕνα σῶμα ἀφεθῆ ἐλεύθερο, πέφτει πρὸς τὴν Γῆ ἐξ αἰτίας τοῦ βάρους του.

§ 51. Τὸ βάρος εἶναι δύναμη. Ἂν τοποθετήσωμε μιὰ βαρειὰ πέτρα πάνω σὲ μαλακὸ ἔδαφος, τὸ ἔδαφος παραμορφώνεται ἀπὸ τὸ βάρος τῆς πέτρας, ἡ ὁποία εἰσχωρεῖ μέσα σ᾽ αὐτό, λιγώτερο ἢ περισσότερο, ἀνάλογα μὲ τὴν ἀνθεκτικότητα τοῦ ἐδάφους. Ἡ παραμόρφωση αὐτὴ ὀφείλεται στὸ β ά ρ ο ς τῆς πέτρας. Ἂν τοποθετήσωμε ἐπίσης τὴν πέτρα ἐπάνω σ᾽ ἕνα κουτὶ ἀπὸ λεπτὸ χαρτόνι, τὸ κουτὶ θὰ παραμορφωθῆ ἀπὸ τὸ β ά ρ ο ς τῆς πέτρας.

Ἂν ἀφήσωμε τὴν πέτρα ἐλεύθερη, αὐτή, ὅπως ἔχουμε ἀναφέρει, θὰ κινηθῆ καὶ θὰ πέση. Ὥστε:

Τὸ βάρος τῶν σωμάτων μπορεῖ νὰ προκαλέση κινήσεις ἢ παραμορφώσεις. Ἐπομένως εἶναι δύναμη.

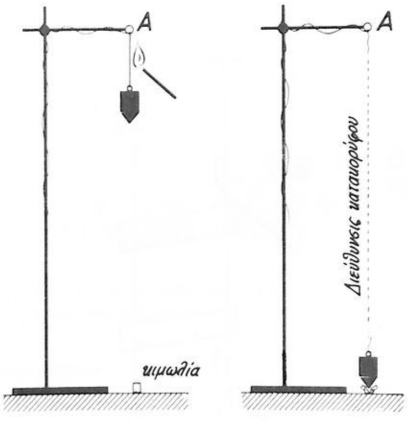


Σχ. 45. (I) Νῆμα τῆς στάθμης. (II) Τὸ νῆμα τῆς στάθμης δείχνει τὴν κατακόρυφο.

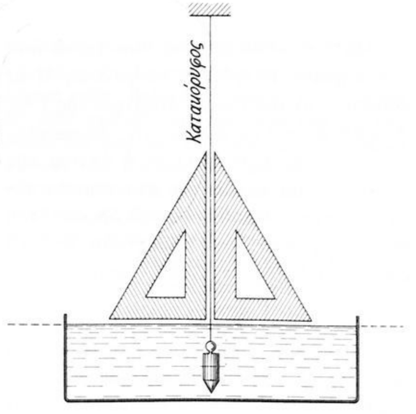
Η ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΣ

§ 52. Ἡ κατακόρυφος. Τὸ νῆμα τῆς στάθμης. Στὴν ἄκρη ἑνὸς νήματος προσδένουμε ἕναν μικρὸ μετάλλινο κύλινδρο ποὺ καταλήγει σὲ κωνικὴ αἰχμὴ καὶ κρατᾶμε τὸ νῆμα ἀπὸ τὴν ἄλλη ἄκρη, ἀφοῦ προηγουμένως τὸ περάσωμε ἀπὸ ἕναν ἀκλόνητο δακτύλιο (σχ. 45, I). Ὁ μετάλλινος κύλινδρος τείνει τὸ νῆμα κατὰ μίαν ὁρισμένη διεύθυνση. Ἔτσι κατασκευάσαμε ἕνα ν ῆ μ α τ ῆ ς σ τ ά θ μ η ς. Ἡ διεύθυνση ποὺ ἔχει σ᾽ ἕναν τόπο τὸ νῆμα τῆς στάθμης λέγεται κ α τ α κ ό ρ υ φ ο ς τοῦ τόπου.

Πείραμα. Ἀπὸ τὸν δακτύλιο τοῦ ὁριζόντιου στελέχους ἑνὸς μεταλλικοῦ ὑποστηρίγματος περνᾶμε τὸ νῆμα τοῦ βαριδίου ἑνὸς νήματος τῆς στάθμης καὶ ἀφήνουμε ἀργὰ τὸ βαρίδιο νὰ κατεβῆ μέχρις ὅτου ἡ αἰχμή του ἐγγίση τὸ δάπεδο. Μὲ αὐτὸν τὸν τρόπο καθορίσαμε τὴν διεύθυνση τῆς κατακορύφου ποὺ περνᾶ ἀπὸ τὸν δακτύλιο τοῦ ὁριζοντίου στελέχους. Στὸ σημεῖο αὐτὸ τοποθετοῦμε ἕνα κομμάτι κιμωλίας. Ὕστερα ἀνεβάζουμε ψηλὰ τὸ βαρίδιο καὶ τὸ σταθεροποιοῦμε. Κατόπιν ἀνάβουμε ἕνα πυρεῖο καὶ καῖμε τὸ νῆμα ὁπότε ἐλευθερώνεται τὸ βαρίδιο καὶ πέφτοντας συγκρούεται μὲ τὸ κομμάτι τῆς κιμωλίας (σχ. 46). Ἀπὸ τὰ παραπάνω συμπεραίνουμε ὅτι:



Σχ. 46. Ἡ πτώση τῶν σωμάτων ἀκολουθεῖ τὴν κατακόρυφο.



Σχ. 47. Ἡ κατακόρυφος εἶναι κάθετη στὴν ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τῶν ὑγρῶν ποὺ ἰσορροποῦν.

Ἕνα σῶμα ποὺ πέφτει ἐλεύθερα σ᾽ ἕναν τόπο, ἀκολουθεῖ κατὰ τὴν πτώση του τὴν διεύθυνση τῆς κατακορύφου τοῦ τόπου καὶ πέφτει κινούμενο ἀπὸ ψηλότερα σὲ χαμηλότερα σημεῖα. Ἐφ᾽ ὅσον ὅμως ἡ πτώση ὀφείλεται στὸ βάρος, συμπεραίνουμε ὅτι ἡ δύναμη τοῦ βάρους, ἤ, ἁπλούστερα, τὸ βάρος ἑνὸς σώματος ἔχει τὴν διεύθυνση τῆς κατακορύφου.

§ 53. Ἰδιότητες τῆς κατακορύφου.

α) Πείραμα. Κρεμᾶμε τὸ νῆμα τῆς στάθμης ἀπὸ ἕνα σταθερὸ σημεῖο καὶ βυθίζουμε τὸ κατώτερο μέρος του σὲ μιὰν λεκάνη μὲ νερό.

Ὅταν τὸ νῆμα τῆς στάθμης ἠρεμήση, παίρνουμε ἕναν γνώμονα καὶ ἔχοντας κατακόρυφο τὸ ἐπίπεδό του κρατᾶμε τὴν μιὰ κάθετη πλευρά του παράλληλη κοντὰ στὴν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ. Πλησιάζουμε τὴν ἄλλη κάθετη πλευρὰ πρὸς τὸ νῆμα, ὁπότε βλέπουμε πὼς ἡ πλευρὰ αὐτὴ εἶναι παράλληλη πρὸς αὐτό. Ἂν τώρα περιστρέψωμε τὸν γνώμονα σὲ τρόπο ποὺ ἡ κάθετη πλευρά του, ποὺ εἶναι παράλληλη πρὸς τὸ νῆμα, νὰ παραμένη συνεχῶς παράλληλη πρὸς αὐτό, θὰ παρατηρήσωμε πὼς καὶ ἡ ἄλλη κάθετη πλευρὰ τοῦ γνώμονα μένει παράλληλη πρὸς τὴν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ (σχ. 47). Ὥστε:

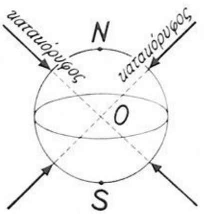
Ἡ διεύθυνση τῆς κατακορύφου σ᾽ ἕναν τόπο εἶναι κάθετη στὴν ἐλεύθερη ἐπιφάνεια ἑνὸς ὑγροῦ ποὺ εὑρίσκεται σὲ ἠρεμία καὶ ἐπειδὴ ἡ ἐπιφάνεια αὐτή, καθὼς καὶ ὁποιαδήποτε παράλληλή της, εἶναι, ὅπως λέμε, ὁριζόντιο ἐπίπεδο, συμπεραίνουμε ὅτι ἡ κατακόρυφος ἑνὸς τόπου εἶναι κάθετη στὸ ὁριζόντιο ἐπίπεδο.

β) Μᾶς εἶναι γνωστὸ πὼς ἡ Γῆ ἔχει σφαιρικὸ σχῆμα. Τὰ τρία τέταρτα τοῦ πλανήτη μας καλύπτονται ἀπὸ τὶς θάλασσες καὶ τοὺς ὠκεανούς. Ἡ ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τῆς θάλασσας ποὺ ἠρεμεῖ ἔχει σφαιρικὸ σχῆμα καὶ ἀνήκει σὲ μιὰν σφαίρα ποὺ ἔχει γιὰ κέντρο της τὸ κέντρο τῆς Γῆς.

Ὅταν θεωρήσωμε μιὰ μικρὴν ἐπιφάνεια ἤρεμου νεροῦ, αὐτὴ εἶναι μὲ μεγάλη προσέγγιση ὁριζόντιο ἐπίπεδο, διότι ἡ θεωρούμενη ἐπιφάνεια ἔχει πολὺ μικρὴ ἔκταση σὲ σύγκριση μὲ τὴν ἐπιφάνεια τῆς Γῆς.

Ὥστε ἡ κατακόρυφος ποὺ περνᾶ ἀπὸ ἕνα σημεῖο τῆς γήινης ἐπιφανείας εἶναι κάθετη στὴν σφαιρικὴ ἐπιφάνεια τῆς Γῆς. Ἐπειδὴ δὲ σ᾽ ἕνα σημεῖο τῆς ἐπιφανείας μιᾶς σφαίρας κάθετη εἶναι ἡ ἀκτίνα τῆς σφαίρας, ποὺ καταλήγει στὸ σημεῖο αὐτό, συμπεραίνουμε ὅτι ἡ κατακόρυφος ἑνὸς τόπου διέρχεται, ὅταν προεκταθῆ, ἀπὸ τὸ κέντρο τῆς Γῆς (σχ. 48). Ὥστε:

Ὅλες οἱ κατακόρυφες τῶν διαφόρων τόπων τῆς Γῆς, διέρχονται ἀπὸ τὸ κέντρο τῆς Γῆς. Ἑπομένως οἱ κατακόρυφες δύο τόπων σχηματίζουν μιὰ γωνία μὲ κορυφὴ τὸ κέντρο τῆς Γῆς.

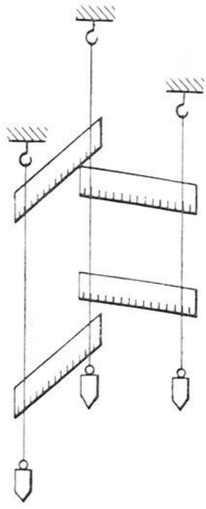


Σχ. 48. Οἱ κατακόρυφες τῶν διαφόρων τόπων διέρχονται ἀπὸ τὸ κέντρο τῆς Γῆς.

γ) Θεωροῦμε τώρα δύο ἢ τρεῖς κατακόρυφες ποὺ ἀπέχουν μικρὴν ἀπόσταση μεταξύ τους (σχ. 49). Τὸ σημεῖο τῆς συναντήσεώς των, δηλαδὴ τὸ κέντρο τῆς Γῆς, εἶναι πολὺ ἀπομακρυσμένο (6 400 km περίπου) σχετικὰ μὲ τὴν ἀπόστασή τους. Γιὰ τὸν λόγο αὐτὸ μποροῦμε νὰ τὶς θεωρήσωμε σὰν παράλληλες. Τὸ λάθος ποὺ θὰ προκύψη εἶναι ἀσήμαντο. Ὥστε:

Οἱ κατακόρυφες δύο γειτονικῶν σημείων μποροῦν νὰ θεωρηθοῦν σὰν παράλληλες.

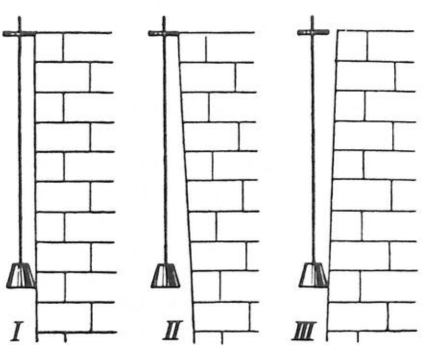
§ 54. Ἐφαρμογὲς καὶ χρήσεις τοῦ νήματος τῆς στάθμης. Τὸ νῆμα τῆς στάθμης χρησιμοποιεῖται στὴν οἰκοδομικὴ



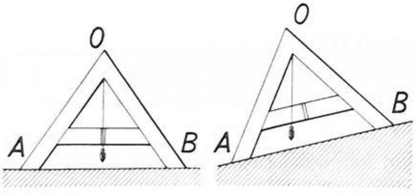
Σχ. 49. Οἱ κοντινὲς κατακόρυφες μποροῦν νὰ θεωρηθοῦν σὰν παράλληλες.

γιὰ τὴν ἐξακρίβωση τῆς καθετότητος τῶν τοίχων, θυρῶν, παραθύρων κλπ. (σχ. 50).

Τὸ ἀλφάδι ποὺ χρησιμοποιοῦν οἱ κτίστες (σχ. 51) εἶναι ἕνα ὀρθογώνιο ἰσοσκελὲς τρίγωνο, ἀπὸ τὴν κορυφὴ τῆς ὀρθῆς γωνίας τοῦ ὁποίου κρέμεται ἕνα μικρὸ νῆμα τῆς στάθμης, καὶ χρησιμοποιεῖται γιὰ τὴν



Σχ. 50. Μὲ τὸ νῆμα τῆς στάθμης διαπιστώνουμε τὴν καθετότητα τῶν τοίχων.



Σχ. 51. Μὲ τὸ ἀλφάδι τῶν κτιστῶν ἐξακριβώνουμε τὴν ὁριζοντιότητα μιᾶς ἐπιφανείας.

ἐξακρίβωση τῆς ὁριζοντιότητος μιᾶς ἐπιφανείας.

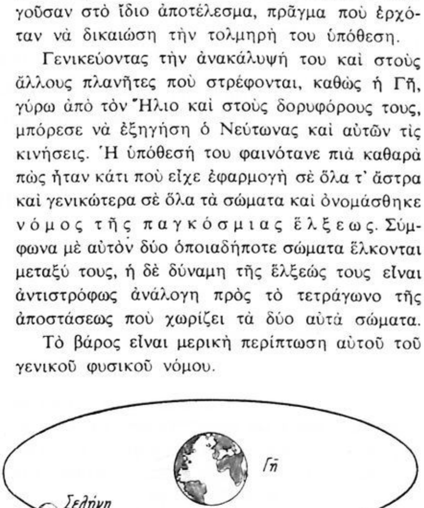
§ 55. Ἱστορικό. Ἡ παγκόσμια ἕλξη.

Ὅταν ἀφεθοῦν ἐλεύθερα τὰ διάφορα σώματα πέφτουν κατευθυνόμενα πρὸς τὸ κέντρο τῆς Γῆς. Ἡ παράδοση ἀναφέρει πώς, ὁ διάσημος Ἄγγλος σοφὸς **Ἰσαὰκ Νεύτων** (1642-1727) καθισμένος μιὰ μέρα κάτω ἀπὸ μιὰ μηλιὰ τοῦ κήπου του, εἶδε ἕνα μῆλο ποὺ ἔπεσε ξαφνικὰ στὰ πόδια του. Αὐτὸ τὸ χωρὶς κάτι τὸ ἰδιαίτερο περιστατικὸ ἔδωσε στὸν Νεύτωνα ἀφορμὴ νὰ ὑποθέση πὼς ἡ Γῆ ἕλκει ὅλα τὰ σώματα ποὺ εὑρίσκονται κοντά της, κι᾽ ἀκόμα πὼς ἡ ἕλξη αὐτή, ποὺ δρᾶ καὶ στὶς κορφὲς τῶν πιὸ ψηλῶν βουνῶν δὲν ἦταν καθόλου ἀπίθανο νὰ φθάνη μέχρι τὴν ἴδια τὴν Σελήνη.

Ὡστόσο ἡ Σελήνη δὲν πέφτει ἐπάνω στὴν Γῆ. Αὐτὸ ὅμως ἐξηγεῖται ὅπως ἀκριβῶς συμβαίνει καὶ μὲ μιὰ πέτρα ποὺ τὴν περιστρέφουμε μὲ τὸ χέρι, δεμένη στὴν ἄκρη ἑνὸς λεπτοῦ σχοινιοῦ. Ἐνόσω συνεχίζεται ἡ περιστροφὴ ἡ πέτρα δὲν πέφτει, ἂν ὅμως σταματήσωμε νὰ γυρνᾶμε καὶ ἀφήσωμε τὸ σχοινί, ἡ πέτρα κινεῖται ἀκολουθώντας μιὰν εὐθεία γραμμή, ποὺ καμπυλώνεται κατόπι πρὸς τὴ Γῆ, ἐνῶ ἡ πέτρα πέφτει. Ὁ Νεύτωνας λοιπὸν ὑπόθεσε πὼς ἡ ἕλξη τῆς Γῆς εἶναι ἡ αἰτία ποὺ κρατᾶ τὴν Σελήνη στὴν κυκλικὴ τροχιά της, γύρω ἀπὸ τὴν Γῆ. Ὕστερα γιὰ νὰ δώση μαθηματικὴ ἔκφραση τῆς ὑποθέσεώς του καὶ νὰ ὑπολογίση τὴν δύναμη τῆς ἕλξεως ποὺ ἀσκεῖ ἡ Γῆ ἐπάνω στὰ διάφορα σώματα, ὑπόθεσε πὼς ἡ δύναμη αὐτή, δηλαδὴ τὸ βάρος τῶν σωμάτων, δὲν εἶναι σταθερὴ ἀλλὰ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν ἀπόσταση τῶν σωμάτων ἀπὸ τὸ κέντρο τῆς Γῆς καὶ μάλιστα πὼς ἐλαττώνεται κατὰ τὸ ἀντίστροφο τοῦ τετραγώνου τῆς ἀποστάσεως τοῦ σώματος ἀπὸ τὸ κέντρο τῆς Γῆς. Αὐτὸ σημαίνει πὼς ὅταν διπλασιασθῆ, τριπλασιασθῆ κλπ. ἡ ἀπόσταση τοῦ σώματος ἀπὸ τὸ κέντρο τῆς Γῆς, τὸ βάρος του γίνεται τέσσερις, ἐννέα κλπ. φορὲς μικρότερο. Ἡ ὑπόθεση αὐτὴ ἐπέτρεψε στὸν Νεύτωνα νὰ ὑπολογίση τὴν ἕλξη ποὺ ἀσκεῖ ἡ Γῆ ἐπάνω στὴν Σελήνη. Ὕστερα χρησιμοποιώντας τὰ ἀστρονομικὰ δεδομένα, σχετικὰ μὲ τὴν κίνηση τῆς Σελήνης, ὑπολόγισε τὴν δύναμη, ποὺ εἶναι ἀναγκαία γιὰ νὰ κρατᾶ τὴν Σελήνη στὴν τροχιά της. Εἶδε τότε πὼς οἱ δύο διαφορετικοὶ ὑπολογισμοὶ ὁδηγοῦσαν στὸ ἴδιο ἀποτέλεσμα, πρᾶγμα ποὺ ἐρχόταν νὰ δικαιώση τὴν τολμηρή του ὑπόθεση.

Γενικεύοντας τὴν ἀνακάλυψή του καὶ στοὺς ἄλλους πλανῆτες ποὺ στρέφονται, καθὼς ἡ Γῆ, γύρω ἀπὸ τὸν Ἥλιο καὶ στοὺς δορυφόρους τους, μπόρεσε νὰ ἐξηγήση ὁ Νεύτωνας καὶ αὐτῶν τὶς κινήσεις. Ἡ ὑπόθεσή του φαινότανε πιὰ καθαρὰ πὼς ἦταν κάτι ποὺ εἶχε ἐφαρμογὴ σὲ ὅλα τ᾽ ἄστρα καὶ γενικώτερα σὲ ὅλα τὰ σώματα καὶ ὀνομάσθηκε νόμος τῆς παγκόσμιας ἕλξεως. Σύμφωνα μὲ αὐτὸν δύο ὁποιαδήποτε σώματα ἕλκονται μεταξύ τους, ἡ δὲ δύναμη τῆς ἕλξεώς τους εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογη πρὸς τὸ τετράγωνο τῆς ἀποστάσεως ποὺ χωρίζει τὰ δύο αὐτὰ σώματα.

Τὸ βάρος εἶναι μερικὴ περίπτωση αὐτοῦ τοῦ γενικοῦ φυσικοῦ νόμου.



Σχ. 52. Ἐξ αἰτίας τῆς περιστροφῆς της ἡ Σελήνη δὲν πέφτει ἐπάνω στὴν Γῆ.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Δυνάμεις εἶναι τὰ αἴτια ποὺ προκαλοῦν τὶς παραμορφώσεις τῶν σωμάτων, ποὺ κινοῦν τὰ σώματα ἢ ποὺ τροποποιοῦν τὴν κίνησή τους.

2. Τὸ βάρος τῶν σωμάτων εἶναι δύναμη ποὺ ὀφείλεται στὴν ἕλξη τῆς Γῆς, ἡ ὁποία ἕλκει ὅλα ἀνεξαιρέτως τὰ σώματα.

3. Ἐξ αἰτίας τοῦ βάρους των τὰ σώματα ὅταν ἀφεθοῦν ἐλεύθερα πέφτουν πρὸς τὴν Γῆ, ἀκολουθώντας κατὰ τὴν ἐλεύθερη πτώση τους τὴν διεύθυνση τῆς κατακορύφου.

4. Ἰδέαν τῆς κατακορύφου μᾶς δίνει ἕνα τεντωμένο νῆμα τῆς στάθμης.

5. Ἡ κατακόρυφος εἶναι κάθετη στὴν ἐλεύθερη ἐπιφάνεια ἑνὸς ὑγροῦ ποὺ ἠρεμεῖ, δηλαδὴ στὸ ὁριζόντιο ἐπίπεδο.

6. Οἱ κατακόρυφες τῶν διαφόρων τόπων τῆς Γῆς διευθύνονται πρὸς τὸ κέντρο της.

7. Δύο κοντινὲς κατακόρυφες μποροῦν νὰ θεωρηθοῦν σὰν παράλληλες.

8. Μὲ τὸ νῆμα τῆς στάθμης ἐξακριβώνουμε τὴν καθετότητα ἑνὸς τοίχου, μιᾶς θύρας κλπ., ἐνῶ μὲ τὸ ἀλφάδι τοῦ κτίστη τὴν ὁριζοντιότητα μιᾶς ἐπιφανείας.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Ἡ γωνία τὴν ὁποία σχηματίζουν μεταξύ των οἱ κατακόρυφες τῶν Παρισίων καὶ τῆς Μασσαλίας εἶναι 5° 52′. Νὰ ὑπολογισθῆ τὸ μῆκος τοῦ τόξου τοῦ μεγίστου κύκλου ποὺ διαχωρίζει αὐτὲς τὶς δύο πόλεις. Ἡ Γῆ νὰ θεωρηθῆ σφαῖρα.

(Ἀπ. 652 km.)

2. Νὰ ὑπολογισθῆ σὲ μοῖρες καὶ ὕστερα σὲ βαθμοὺς ἡ γωνία τὴν ὁποία σχηματίζουν οἱ κατακόρυφες δύο σημείων τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς, τὰ ὁποῖα ἀπέχουν μεταξύ τους ἀπόσταση 258 km. Ἡ Γῆ νὰ θεωρηθῆ σφαῖρα.

(Ἀπ. $\varphi = 2{,}322°$, $\varphi = 2{,}58$ βαθμούς.)

3. Νὰ εὑρεθῆ ἡ γωνία, ἡ ὁποία σχηματίζεται μεταξὺ τῶν κατακορύφων δύο σημείων Α καὶ Β στὴν ἐπιφάνεια τῆς Γῆς ἂν ἡ ἀπόστασή τους εἶναι 350 km. Ἡ Γῆ νὰ θεωρηθῆ σφαῖρα.

(Ἀπ. $\varphi = 3°$ περίπου.)

4. Δύο σώματα Α καὶ Β εἶναι δεμένα τὸ κάθε ἕνα σὲ ἕνα σύρμα μήκους 1 000 m καὶ εἶναι βυθισμένα στὴν θάλασσα ποὺ ὑποτίθεται ὅτι εἶναι ἤρεμη. Ἡ ἀπόσταση ποὺ χωρίζει τὰ δύο σύρματα στὴν ἐπιφάνεια τῆς θάλασσας εἶναι $A'B' = 483{,}76$ m. Ζητεῖται νὰ εὑρεθῆ ἡ ἀπόσταση ποὺ χωρίζει τὰ δύο σώματα Α καὶ Β ἐὰν γνωρίζωμε ὅτι ἡ ἀκτίνα τῆς Γῆς εἶναι 6 400 km. Ἡ Γῆ νὰ θεωρηθῆ σφαῖρα.

(Ἀπ. 478,92 m.)

5. Ἡ μικρότερη γωνία μὲ τὴν ὁποία μποροῦμε νὰ διακρίνωμε δύο ἀντικείμενα εἶναι 15″. α) Νὰ ὑπολογισθῆ τὸ μῆκος τοῦ τόξου τοῦ μεγίστου κύκλου, ποὺ χωρίζει δύο σημεῖα τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς, οἱ κατακόρυφες τῶν ὁποίων σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία 15″. β) Εἶναι σωστό, ἑπομένως, νὰ ἰσχυριζώμαστε ὅτι οἱ κατακόρυφες δύο γειτονικῶν τόπων εἶναι παράλληλες; Ἡ Γῆ νὰ θεωρηθῆ σφαῖρα.

(Ἀπ. 463 m.)

6. Ἡ πρόσοψη ἑνὸς κτιρίου ἔχει μῆκος βάσεως 150 m. Νὰ ὑπολογισθῆ σὲ δευτερόλεπτα ἡ γωνία τὴν ὁποία σχηματίζουν οἱ κατακόρυφες τῶν δύο τοίχων τῆς προσόψεως τοῦ κτιρίου.

(Ἀπ. $\varphi = 5''$ περίπου.)

Ζ' – ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

§ 56. Τὸ βάρος εἶναι φυσικὸ μέγεθος. α) Ἐπιμήκυνση ἐλατηρίου. Πείραμα 1. Εἰς τὸ ἕνα ἄκρο ἑνὸς χαλύβδινου σπειροειδοῦς ἐλατηρίου στερεώνουμε ἕνα δίσκο καὶ ἕνα δείκτη, ἐνῶ τὸ ἄλλο ἄκρο κρεμᾶμε ἀπὸ τὴ μιὰ βάση ἑνὸς στηρίγματος. Τὸ ἄκρο τοῦ δείκτη μπορεῖ νὰ κινηθῆ κατὰ μῆκος μιᾶς κλίμακος, ποὺ ἔχει ὑποδιαιρέσεις καὶ τὸ μηδὲν τῆς ὁποίας ἀντιστοιχεῖ στὴ θέση ποὺ βρίσκεται ὁ δείκτης ὅταν ὁ δίσκος εἶναι κενός. Τοποθετοῦμε ἐπάνω στὸν δίσκο ἕνα ὁποιοδήποτε ἀντικείμενο, ἕνα κομμάτι μετάλλου, μιὰν πέτρα ἢ σταθμὰ ὁρισμένου βάρους, ἔστω 160 p. Παρατηροῦμε τότε ὅτι τὸ ἐλατήριο ἐπιμηκύνεται (σχ. 53), ὁ δείκτης κατεβαίνει καὶ σταματᾶ μπροστὰ σὲ μιὰν ὑποδιαίρεση, ἡ ὁποία ἐκφράζει τὸ βάρος τοῦ σώματος (στὴν περίπτωσή μας στὴν ὑποδιαίρεση 160).

Ἀφαιροῦμε τὰ σταθμὰ ποὺ εἴχαμε τοποθετήσει. Τὸ ἐλατήριο συσπειρώνεται καὶ ὁ δείκτης ξαναγυρίζει στὸ μηδέν. Τὸ ἐλατήριο δηλαδὴ ξαναπαίρνει τὸ ἀρχικό του σχῆμα, ὅταν παύση νὰ ἐνεργῆ ἐπάνω σ' αὐτὸ τὸ βάρος τοῦ σώματος καὶ εἶναι, ὅπως λέμε, ἕνα τελείως ἐλαστικὸ σῶμα.

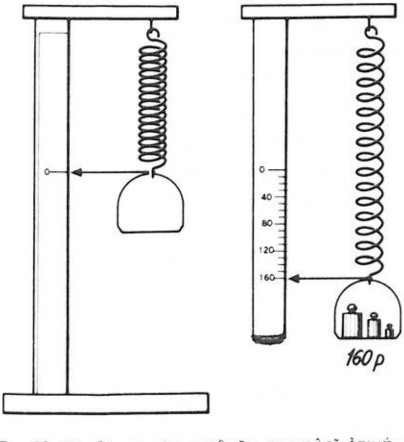
Τοποθετοῦμε καὶ πάλι τὰ ἴδια σταθμά. Ὁ δείκτης κατεβαίνει, ὅπως καὶ πρίν, καὶ σταματᾶ στὴν ἴδια ὑποδιαίρεση. Ὥστε:

Ἕνα ὁρισμένο βάρος προκαλεῖ πάντοτε τὴν ἴδια ἐπιμήκυνση στὸ ἴδιο ἐλατήριο.

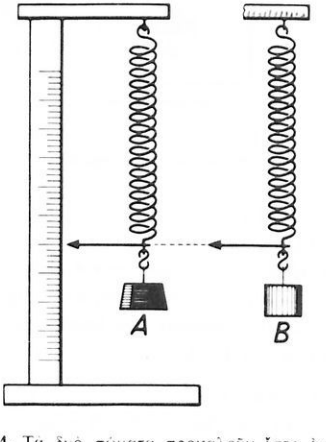
Πείραμα 2. Ἀφαιροῦμε τὰ σταθμὰ καὶ τοποθετοῦμε ἄλλα βαρύτερα. Ἡ ἐπιμήκυνση τοῦ ἐλατηρίου εἶναι μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν προηγούμενη καὶ ὁ δείκτης σταματᾶ σὲ μιὰν χαμηλότερη ὑποδιαίρεση τῆς κλίμακος. Ὥστε:

Ἡ ἐπιμήκυνση τοῦ ἐλατηρίου εἶναι μακρύτερη, ὅταν τὸ βάρος εἶναι μεγαλύτερο.

β) Ἰσότητα βαρῶν. Κρεμᾶμε ἀπὸ τὸ ἄγκιστρο τοῦ ἐλατηρίου σταθμὰ Α, ὁρι-



Σχ. 53. Τὸ βάρος τῶν σταθμῶν προκαλεῖ ἐπιμήκυνση τοῦ ἐλατηρίου.

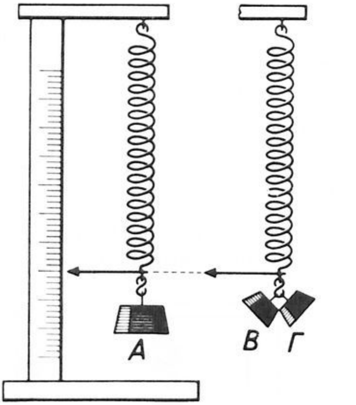


Σχ. 54. Τὰ δυὸ σώματα προκαλοῦν ἴσες ἐπιμηκύνσεις τοῦ ἐλατηρίου καὶ τὰ βάρη τους εἶναι ἴσα.

σμένου βάρους, ὁπότε τὸ ἐλατήριο ἐπιμηκύνεται καὶ ὁ δείκτης σταματᾶ σὲ μιὰν ὑποδιαίρεση, ποὺ ἀντιστοιχεῖ στὸ βάρος τῶν σταθμῶν. Ὕστερα κρεμᾶμε ἕνα κυλινδρικὸ σῶμα Β τὸ ὁποῖο νὰ προκαλῆ τὴν ἴδια ἐπιμήκυνση στὸ ἐλατήριο (σχ. 54). Τὸ βάρος ἑπομένως τοῦ κυλινδρικοῦ σώματος θὰ εἶναι ἴσο μὲ τὸ βάρος τῶν σταθμῶν. Ὥστε:

Τὰ βάρη δύο σωμάτων εἶναι ἴσα ὅταν προκαλοῦν στὸ ἴδιο ἐλατήριο τὴν ἴδια ἐπιμήκυνση.

γ) Ἄθροιση βαρῶν. Κρεμᾶμε ἀπὸ τὸ ἄγκιστρο τοῦ ἐλατηρίου σταθμὰ Α, ὁρισμένου βάρους, καὶ σημειώνουμε τὸ σημεῖο τῆς κλίμακος στὸ ὁποῖο σταματᾶ ὁ δείκτης (σχ. 55). Κατόπι ἀφαιροῦμε τὰ σταθμὰ Α καὶ τὰ ἀντικαθιστοῦμε μὲ δύο ἄλλα Β καὶ Γ, τὰ ὁποῖα νὰ προκαλοῦν μαζὺ τὴν ἴδια ἐπιμήκυνση στὸ ἐλατήριο. Τὸ βάρος ἑπομένως τῶν σταθμῶν Α θὰ εἶναι ἴσο μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν βαρῶν τῶν σταθμῶν Β καὶ Γ. Ὥστε:



Σχ. 55. Τὸ βάρος τοῦ σώματος Α εἶναι ἴσο μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν βαρῶν τῶν σωμάτων Β καὶ Γ.

Τὸ βάρος ἑνὸς σώματος εἶναι ἴσο μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν βαρῶν δύο ἢ περισσοτέρων ἄλλων σωμάτων, ὅταν μόνο του προκαλῆ σ' ἕνα ἐλατήριο τὴν ἴδια ἐπιμήκυνση ποὺ προκαλοῦν τὰ ἄλλα σώματα μαζί.

Ἀπὸ τὰ παραπάνω συμπεραίνουμε ὅτι:

α) Τὸ βάρος τῶν σωμάτων εἶναι ἕνα φυσικὸ μέγεθος καὶ σὰν μέγεθος μπορεῖ νὰ μετρηθῆ.

β) Ἡ ἐπιμήκυνση ἑνὸς ἐλατηρίου μᾶς δίνει τὴν δυνατότητα νὰ συγκρίνωμε τὸ βάρος δύο σωμάτων.

§ 57. Μέτρηση τοῦ βάρους. Σύμφωνα μὲ ὅσα ἔχουμε ἀναφέρει, ἐὰν στὸν δίσκο τοῦ ἐλατηρίου τοποθετήσωμε ἕνα σῶμα καὶ κατόπιν ἕνα ἄλλο, τὸ ὁποῖο νὰ προκαλῆ στὸ ἐλατήριο π.χ. τριπλάσια ἐπιμήκυνση ἀπὸ τὸ πρῶτο, τότε τὸ δεύτερο σῶμα θὰ ἔχη τριπλάσιο βάρος ἀπὸ τὸ πρῶτο.

Μέτρηση τοῦ βάρους ἑνὸς σώματος εἶναι ἡ σύγκριση τοῦ βάρους τοῦ σώματος, πρὸς τὸ βάρος ἑνὸς ἄλλου σώματος, τὸ ὁποῖο λαμβάνεται σὰν μονάδα βάρους.

§ 58. Μονάδες βάρους. Σὰν μονάδα βάρους λαμβάνουμε τὸ **1 κιλοπόντ (1 kp).**

Τὸ 1 κιλοπὸντ εἶναι τὸ βάρος ποὺ ἔχει στὸ Παρίσι τὸ πρότυπο χιλιόγραμμο ποὺ φυλάσσεται στὸ Διεθνὲς Γραφεῖο Μέτρων καὶ Σταθμῶν στὶς Σέβρες.

Τὸ βάρος τοῦ προτύπου χιλιογράμμου εἶναι ἀκριβῶς 1 kp, ἐφ' ὅσον βρίσκεται σὲ γεωγραφικὸ πλάτος 45° καὶ στὸ ὕψος τῆς ἐπιφανείας τῆς θάλασσας.

Ἐκτὸς ἀπὸ τὸ 1 kp χρησιμοποιοῦμε καὶ τὰ ἑξῆς ὑποπολλαπλάσια καὶ πολλαπλάσιά του:

1 πὸντ (1 p)	= 0,001 kp
1 μιλιπὸντ (1 mp)	= 0,001 p
1 μεγαπὸντ (1 Mp)	= 1000 kp

Τὸ κιλοπὸντ ἀνήκει στὸ Τεχνικὸ Σύστημα.

Ἄλλη μονάδα βάρους εἶναι τό:

1 Νιοῦτον (1 Ν), Εἶναι δέ:

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

καὶ ἀντίστροφα:

$$1 \text{ N} = \frac{1}{9{,}81} \text{ kp} = 0{,}102 \text{ kp περίπου}$$

Ἡ μονάδα Νιοῦτον ἀνήκει στὸ Σύστημα M. K. S.

Στὸ Σύστημα C. G. S., σὰν μονάδα δυνάμεως λαμβάνουμε τὴν **1 δύνη (1 dyn).** Εἶναι δὲ :

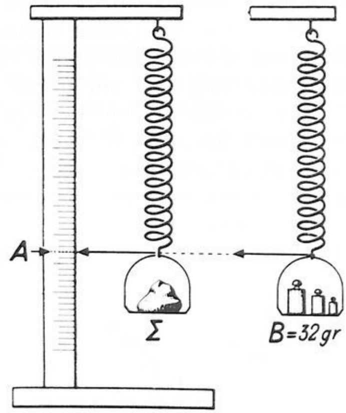
$$1 \text{ p} = 981 \text{ dyn}$$

Σημείωση. Ἐπειδή, ὅπως θὰ δοῦμε, μάζα α γραμμαρίων ἢ χιλιογράμμων ἔχει πάντοτε μὲ μεγάλη προσέγγιση στὴν ἐπιφάνεια τῆς Γῆς βάρος α πὸντ ἢ κιλοπόντ, γι' αὐτὸν τὸν λόγο τὰ σταθμὰ ποὺ χρησιμοποιοῦμε γιὰ τὴ μέτρηση μαζῶν μποροῦμε νὰ τὰ χρησιμοποιήσωμε καὶ γιὰ τὴ μέτρηση βαρῶν.

§ 59. Σχέσεις βαρῶν καὶ ὄγκων ἀπεσταγμένου νεροῦ. Ἐπειδὴ τὸ βάρος 1 λίτρου ἀπεσταγμένου νεροῦ θερμοκρασίας 4 °C εἶναι περίπου ἴσο μὲ 1 kp καὶ ἐπειδὴ τὸ πόσιμο φυσικὸ νερὸ δὲν παρουσιάζει μεγάλες διαφορὲς στὸ βάρος ἀπὸ ἴσο ὄγκο ἀπεσταγμένου νεροῦ, συμπεραίνουμε ὅτι:

1 cm^3 νεροῦ ἔχει βάρος 1 p
1 dm^3 νεροῦ ἔχει βάρος 1 kp
1 m^3 νεροῦ ἔχει βάρος 1 Mp

§ 60. Μέτρηση τοῦ βάρους μὲ σπειροειδὲς ἐλατήριο. Τοποθετοῦμε στὸν δίσκο τοῦ σπειροειδοῦς ἐλατηρίου ποὺ χρησιμοποιήσαμε, ἕνα ὁποιοδήποτε σῶμα Σ, ἔστω μιὰν πέτρα καὶ σημειώνουμε τὸ σημεῖο Α στὸ ὁποῖο θὰ σταματήση ὁ δείκτης. Ὕστερα ἀφαιροῦμε τὴν πέτρα καὶ τοποθετοῦμε στὴ θέση της σταθμὰ Β μέχρις ὅτου ἐπιτύχωμε τὴν ἴδια, ὅπως προηγουμένως, ἐπιμήκυνση (σχ. 56). Ὅταν τὸ κατορθώσωμε αὐτὸ τότε τὸ βάρος τῶν σταθμῶν θὰ εἶναι ἴσο μὲ τὸ βάρος τῆς πέτρας. Ὥστε:



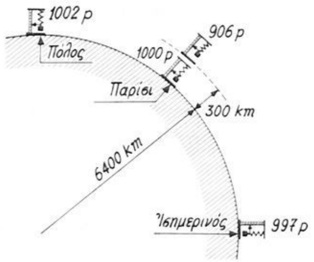
Σχ. 56. Ζύγιση ἑνὸς σώματος μὲ σπειροειδὲς ἐλατήριο.

Γιὰ νὰ ὑπολογίσωμε τὸ βάρος ἑνὸς σώματος μὲ τὴν βοήθεια ἑνὸς σπειροειδοῦς ἐλατηρίου, ἀρκεῖ νὰ προσθέσωμε τὰ βάρη τῶν σταθμῶν, τὰ ὁποῖα προκαλοῦν στὸ ἐλατήριο τὴν ἴδια ἐπιμήκυνση μὲ τὸ σῶμα.

§ 61. Μεταβολὴ τοῦ βάρους τῶν σωμάτων ἀπὸ τόπο σὲ τόπο. Τὸ βάρος τῶν σωμάτων, ὀφείλεται, ὅπως ἔχουμε ἀναφέρει, στὴν ἕλξη ποὺ ἀσκεῖ πάνω στὸ σῶμα ἡ Γῆ καὶ ἡ ὁποία διευθύνεται πρὸς τὸ κέντρο της.

Ἡ ἕλξη ὅμως αὐτὴ δὲν εἶναι σὲ ὅλους τοὺς τόπους τῆς Γῆς σταθερή, διότι ἐξαρτᾶται ἀπὸ τοὺς ἀκόλουθους παράγοντες: α) Ἀπὸ τὴν περιστροφικὴ κίνηση τῆς Γῆς γύρω ἀπὸ τὸν ἄξονά της, ἡ ὁποία ὁλοκληρώνεται σὲ 24 ὧρες, β) ἀπὸ τὸ σχῆμα τῆς Γῆς, ἡ ὁποία δὲν εἶναι τελείως σφαιρική, ἀλλὰ πιεσμένη στοὺς Πόλους καὶ ἐξογκωμένη στὸν Ἰσημερινό, καὶ γ) ἀπὸ τὴν ἀπόσταση τοῦ σώματος ἀπὸ τὸ κέντρο τῆς Γῆς· ὅταν ἡ ἀπόσταση αὐτὴ διπλασιάζεται, τριπλασιάζεται, κλπ., τὸ βάρος τοῦ σώματος γίνεται τέσσερις, ἐννέα κλπ. φορὲς μικρότερο.

Γιὰ τοὺς παραπάνω λόγους τὸ βάρος ἑνὸς ὁρισμένου σώματος δὲν εἶναι τὸ ἴδιο σὲ ὅλα τὰ σημεῖα τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς, ἀλλὰ αὐξάνεται ὅταν τὸ σῶμα μεταφέρεται πρὸς τοὺς Πόλους καὶ ἐλαττώνεται ὅταν πλησιάζῃ πρὸς τὸν Ἰσημερινὸ ἢ μεταφέρεται σὲ ψηλότερα σημεῖα.



Σχ. 57. Μερικὲς μεταβολὲς τοῦ βάρους τοῦ προτύπου χιλιογράμμου.

Ἀκριβεῖς μετρήσεις ἔδειξαν ὅτι τὸ βάρος τοῦ προτύπου χιλιογράμμου, ποὺ βρίσκεται στὶς Σέβρες, καὶ εἶναι ἐξ ὁρισμοῦ ἴσο μὲ 1 kp στὸ Παρίσι, εἶναι 0,997 kp στὸν Ἰσημερινὸ καὶ 1,002 kp στοὺς Πόλους. Σὲ ὕψος 300 km πάνω ἀπ' τὸ Παρίσι τὸ βάρος τοῦ προτύπου χιλιογράμμου εἶναι 0,906 p (σχ. 57).

Παρατήρηση. Λόγω τῶν μεταβολῶν τοῦ βάρους τοῦ προτύπου χιλιογράμμου, ἀνάλογα μὲ τὸν τόπο, ἀναφέρεται στὸν ὁρισμὸ τοῦ κιλοπὸντ καὶ ἡ τοποθεσία στὴν ὁποία βρίσκεται τὸ πρότυπο χιλιόγραμμο, δηλαδὴ τὸ Παρίσι. Ὡστόσο οἱ μεταβολὲς τοῦ βάρους εἶναι τόσο ἀνεπαίσθητες ὥστε νὰ μὴ τὶς λαμβάνωμε ὑπ' ὄψη στὴν πρακτικὴ ζωή.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Ἕνα τελείως ἐλαστικὸ χαλύβδινο σπειροειδὲς ἐλατήριο, ἐπιμηκύνεται ὅταν τείνεται ἀπὸ τὸ βάρος ἑνὸς σώματος καὶ ξαναπαίρνει τὸ ἀρχικό του μῆκος ὅταν παύσῃ νὰ ἐνεργῇ τὸ βάρος, ποὺ τὸ εἶχε παραμορφώσει. Ἡ ἐπιμήκυνση ποὺ προκαλεῖται ἀπὸ τὸ ἴδιο βάρος ἔχει πάντοτε τὴν ἴδια τιμή.

2. Ἐὰν δύο σώματα προκαλοῦν τὴν ἴδια ἐπιμήκυνση σ' ἕνα ἐλατήριο, ἔχουν ἴσα βάρη.

3. Ἐὰν ἕνα σῶμα Α προκαλῇ σ' ἕνα ἐλατήριο τὴν ἴδια ἐπιμήκυνση ποὺ προκαλοῦν δύο ἢ περισσότερα ἄλλα σώματα μαζί, τὸ βάρος τοῦ σώματος Α εἶναι ἴσο μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν βαρῶν τῶν ἄλλων σωμάτων.

4. Μέτρηση τοῦ βάρους ἑνὸς σώματος εἶναι ἡ σύγκριση τοῦ βάρους τοῦ σώματος πρὸς τὴν μονάδα τοῦ βάρους.

5. Μονάδα βάρους εἶναι τὸ 1 κιλοπὸντ (1 kp), δηλαδὴ τὸ βάρος τοῦ προτύπου χιλιογράμμου, ποὺ φυλάσσεται στὸ Διεθνὲς Γραφεῖο Μέτρων καὶ Σταθμῶν τῶν Σεβρῶν στὸ Παρίσι.

6. Ἕνα ἐλαστικὸ ἐλατήριο μπορεῖ νὰ χρησιμοποιηθῇ κατάλληλα γιὰ τὴν μέτρηση τοῦ βάρους ἑνὸς σώματος.

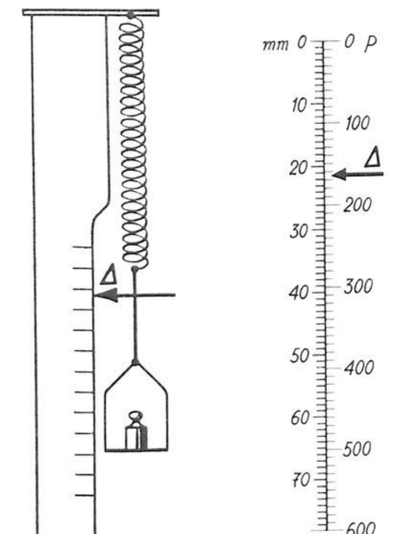
7. **Τὸ βάρος ἑνὸς σώματος δὲν εἶναι σταθερὸ φυσικὸ μέγεθος, ἀλλὰ μεταβάλλεται ἀνεπαίσθητα, ὅταν τὸ σῶμα μεταφέρεται ἀπὸ τοὺς Πόλους, ὅπου ἔχει τὴν μεγαλύτερη τιμή, πρὸς τὸν Ἰσημερινό, ποὺ ἔχει τὴν μικρότερη τιμή. Τὸ βάρος ἐλαττώνεται ἐπίσης ὅταν τὸ σῶμα ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὸ κέντρο τῆς Γῆς. Τὸ βάρος τοῦ σώματος ἐξαρτᾶται δηλαδὴ ἀπὸ τὸ γεωγραφικὸ πλάτος καὶ τὸ ὕψος τοῦ τόπου.**

8. **Ἡ μονάδα Νιοῦτον εἶναι καὶ αὐτὴ μονάδα βάρους καὶ συνδέεται μὲ τὸ κιλοπὸντ μὲ τὴν σχέση :**

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

Η' – Ο ΖΥΓΟΣ ΜΕ ΕΛΑΤΗΡΙΟ

§ 62. **Βαθμολογία ἐλατηρίου. α) Σχέση βαρῶν καὶ ἐπιμηκύνσεων. Νόμος τοῦ Χούκ.** Στὸν δίσκο τοῦ ἐλατηρίου τοῦ σχήματος 58 τοποθετοῦμε διαδοχικὰ σταθμὰ μὲ ὁλοένα μεγαλύτερα βάρη καὶ μὲ τὴν βοήθεια τοῦ ἀριθμημένου κανόνος, ποὺ ἀποτελεῖ τὸ κάθετο στέλεχος, μετρᾶμε τὴν ἐπιμήκυνση ποὺ προκαλεῖ τὸ κάθε βάρος. Ἔτσι καταρτίζουμε τὸν ἀκόλουθο πίνακα:



Σχ. 58. (Ι) Οἱ ἐπιμηκύνσεις τοῦ ἐλατηρίου εἶναι ἀνάλογες τῶν βαρῶν ποὺ τὶς προκαλοῦν.
(ΙΙ) Σχέση βαρῶν καὶ ἐπιμηκύνσεων.

Βάρη (σὲ p)	0	100	200	300	400	500	600
Ἐπιμήκυνση (σὲ mm)	0	13	26	39	52	65	78

Ὁ πίνακας αὐτὸς μᾶς ἐπιτρέπει νὰ ὑπολογίζωμε χονδρικῶς μιὰ δύναμη ἀπὸ 0 - 600 p. Πραγματικά, ἂν ἡ ἐπιμήκυνση ποὺ προκαλεῖ ἕνα βάρος εἶναι 45 mm, τὸ βάρος αὐτὸ θὰ πρέπει νὰ κυμαίνεται μεταξὺ 300 καὶ 400 p. Ἐπειδὴ δὲ τὰ 45 mm εἶναι στὴ μέση περίπου τῶν 39 mm καὶ 52 mm, ἕπεται ὅτι τὸ βάρος ποὺ προκαλεῖ ἐπιμήκυνση 45 mm εἶναι περίπου 350 p.

Μιὰ προσεκτικὴ ἄλλωστε μελέτη τοῦ παραπάνω πίνακος δείχνει ὅτι:

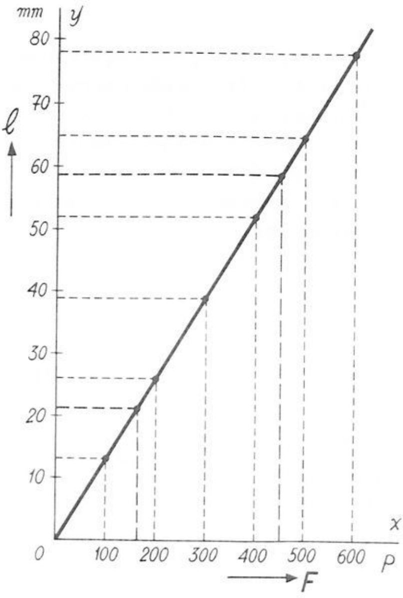
1) Τὰ βάρη καὶ οἱ ἐπιμηκύνσεις μεταβάλλονται κατὰ τὸν ἴδιο τρόπο. Ὅταν αὐξάνωνται δηλαδὴ τὰ βάρη, αὐξάνονται καὶ οἱ ἐπιμηκύνσεις καὶ ἀντίστροφα.

2) Ἂν τὸ βάρος διπλασιασθῇ, τριπλασιασθῇ, τετραπλασιασθῇ κλπ., ἡ ἀντίστοιχη ἐπιμήκυνση πολλαπλασιάζεται ἐπίσης μὲ τὸν ἴδιο ἀριθμό. Ὥστε:

Οἱ ἐπιμηκύνσεις τοῦ ἐλατηρίου εἶναι ἀνάλογες πρὸς τὰ βάρη ποὺ τὶς προκαλοῦν.

Ἔτσι ἀνακαλύψαμε ἕνα φυσικὸ νόμο, ποὺ ἰσχύει ὄχι μόνο προκειμένου περὶ ἑνὸς ἐλατηρίου, ἀλλὰ γιὰ κάθε ἐλαστικὸ σῶμα, τὸ ὁποῖο τείνεται ἀπὸ μιὰ δύναμη. Ὁ νόμος αὐτὸς ἀνακαλύφθηκε ἀπὸ τὸν Ἄγγλο Φυσικὸ Ροβέρτο Χοὺκ (Robert Hooke) καὶ εἶναι γνωστὸς σὰν νόμος τοῦ Χούκ.

Ὁ νόμος ἰσχύει γιὰ μιὰν ὁρισμένη περιοχὴ τιμῶν δυνάμεων, ποὺ ὅταν τὴν ξεπεράσωμε τὸ ἐλαστικὸ σῶμα δὲν ξαναπαίρνει τὸ ἀρχικό του σχῆμα. Ἔτσι ἂν ἐξαρτήσωμε στὸ ἐλατήριο, μὲ τὸ ὁποῖο πειραματισθήκαμε, βάρος ἔστω 3000 p, παρατηροῦμε πὼς μετὰ τὴν ἀφαίρεση τοῦ βάρους αὐτοῦ ὁ δείκτης δὲν ξαναγυρίζει στὸ μηδέν, ἀλλὰ σταματᾶ, ἔστω, στὸ 4. Στὴν περίπτωση αὐτὴ λέμε ὅτι ἔχουμε περάσει τὸ ὅριο ἐλαστικότητος τοῦ ἐλατηρίου. Οἱ ἐπιμηκύνσεις δὲν εἶναι πλέον ἀνάλογες τῶν βαρῶν ποὺ τὶς προκαλοῦν.



Σχ. 59. Καμπύλη βαθμολογίας τοῦ ἐλατηρίου.

β) Γραφικὴ παράσταση. Σ' ἕνα φύλλο χιλιοστομετρικοῦ χαρτιοῦ φέρνουμε δύο κάθετες εὐθείες, τεμνόμενες στὸ σημεῖο O, τὶς Ox καὶ Oy. Οἱ εὐθείες αὐτὲς ὀνομάζονται ἄξονες. Στὸν ὁριζόντιο ἄξονα Ox ἀναφέρουμε τὶς δυνάμεις, δηλαδὴ τὰ βάρη καὶ στὸν κατακόρυφο Oy τὶς ἐπιμηκύνσεις l. Διαλέγουμε τώρα κατάλληλες κλίμακες γιὰ τὸν κάθε ἄξονα. Ἔτσι στὸν ὁριζόντιο ἄξονα μῆκος 8 mm ἀντιστοιχοῦμε μὲ βάρος 100 p, βαθμολογώντας τὸν ἄξονα αὐτὸν σὲ πόντ, ἐνῶ στὸν κατακόρυφο χρησιμοποιοῦμε σὰν κλίμακα τὶς χιλιοστομετρικὲς ὑποδιαιρέσεις τοῦ μέτρου. Κατόπιν ὁρίζουμε στοὺς δύο ἄξονες τὰ σημεῖα ποὺ ἀντιστοιχοῦν στὰ ζεύγη τοῦ πίνακος τῶν μετρήσεων. Φέρνοντας καθέτους στὰ σημεῖα αὐτὰ καθορίζουμε στὸν χῶρο τῆς γωνίας ποὺ σχηματίζουν οἱ δύο ἄξονες τόσα σημεῖα, ὅσα εἶναι τὰ ζεύγη τῶν μετρήσεων τοῦ πίνακος. Τὰ σημεῖα αὐτὰ εἶναι τὰ παραστατικὰ σημεῖα τῶν μετρήσεών μας. Ἑνώνοντας ὅλα αὐτὰ τὰ παραστατικὰ σημεῖα μὲ μιὰ συνεχῆ γραμμὴ κατασκευάζουμε τὴν καμπύλη βαθμολογίας τοῦ ἐλατηρίου. Ὅπως παρατηροῦμε ἡ γραμμὴ αὐτὴ εἶναι περίπου εὐθεία, ἡ ὁποία διέρχεται ἀπὸ τὴν ἀρχὴ O τῶν ἀξόνων (σχ. 59).

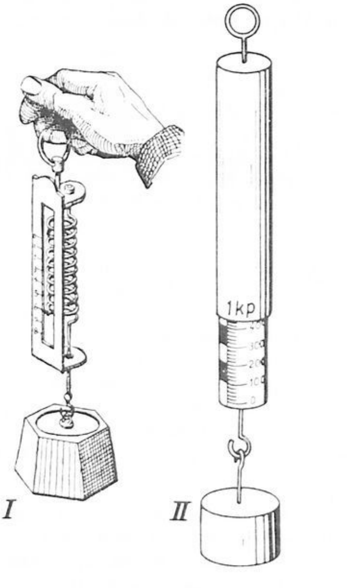
Ἡ γραμμὴ ποὺ κατασκευάσαμε κατὰ τὸν παραπάνω τρόπο, παριστάνει γραφικῶς τὸν νόμο τοῦ φαινομένου ποὺ μελετήσαμε, τὴν μεταβολὴ δηλαδὴ τῆς ἐπιμηκύνσεως τοῦ ἐλατηρίου σχετικὰ μὲ τὸ βάρος ποὺ τὴν προκαλεῖ.

Ἀπὸ τὴν παραπάνω γραφικὴ παράσταση τῆς ἐπιμηκύνσεως τοῦ ἐλατηρίου εἶναι δυνατὸ νὰ ὑπολογίσωμε τὸ βάρος ποὺ προκαλεῖ μιὰν ὁρισμένη ἐπιμήκυνση καὶ ποιὰν ἐπιμήκυνση προκαλεῖ ἕνα ὁρισμένο βάρος. Πραγματικά, ἂν ζητᾶμε νὰ ὑπολογίσωμε τὸ βάρος ποὺ προκαλεῖ ἔστω ἐπιμήκυνση 58 mm, τότε ἀπὸ τὴν ὑποδιαίρεση 58 τοῦ κατακορύφου ἄξονος φέρνουμε παράλληλη εὐθεῖα πρὸς τὸν ὁριζόντιο ἄξονα μέχρις ὅτου τμήση τὴν γραφικὴ παράσταση τῆς ἐπιμηκύνσεως τοῦ ἐλατηρίου, δηλαδὴ τὴν εὐθεία τῶν παραστατικῶν σημείων τῶν μετρήσεων τοῦ πίνακος καὶ ἀπὸ τὸ σημεῖο τομῆς φέρνουμε ἄλλη εὐθεία κάθετη στὸν ὁριζόντιο ἄξονα. Ἡ κάθετη αὐτὴ τέμνει τὸν ὁριζόντιον ἄξονα στὸ σημεῖο ποὺ ἀντιστοιχεῖ σὲ βάρος 450 p.

§ 63. Χρησιμότητα τῶν γραφικῶν παραστάσεων. Στὴν Φυσικὴ χρησιμοποιοῦμε πολὺ συχνὰ τὶς γραφικὲς παραστάσεις στὴν μελέτη τῶν διαφόρων φαινομένων καὶ ἰδιαίτερα ὅταν οἱ νόμοι τῶν φαινομένων δὲν ἔχουν ἁπλὴ μαθηματικὴ διατύπωση. Ἡ γραφικὴ παράσταση μᾶς δίνει μιὰν εἰκόνα τοῦ φαινομένου καὶ μᾶς αἰσθητοποιεῖ τὸν τρόπο μὲ τὸν ὁποῖο συμμεταβάλλονται δύο φυσικὰ ποσά. Ἄλλωστε μὲ τὴν βοήθεια τῆς γραφικῆς παραστάσεως εἴμαστε σὲ θέση νὰ ὑπολογίζωμε τὸ ἕνα ἀπὸ τὰ συμμεταβαλλόμενα ποσά, ὅταν μᾶς εἶναι γνωστὸ τὸ ἄλλο.

§ 64. Δυναμόμετρα. Ἀπὸ τὸν νόμο τοῦ Χοὺκ γνωρίζουμε ὅτι ἡ ἐπιμήκυνση ἑνὸς χαλυβδίνου ἐλατηρίου εἶναι ἀνάλογη πρὸς τὸ βάρος ποὺ τὴν προκαλεῖ. Μποροῦμε λοιπὸν νὰ ἀντικαταστήσωμε τὴν ὑποδιαιρεμένη κλίμακα ποὺ μᾶς παρέχει τὶς ἐπιμηκύνσεις, μὲ μιὰν ἄλλη ποὺ νὰ ἔχη ὑποδιαιρέσεις σὲ πὸντ ἢ κιλοπόντ, ἀφοῦ προηγουμένως ἔχουμε βαθμολογήσει τὸ ἐλατήριο, ἔχουμε δηλαδὴ μετρήσει τὶς ἐπιμηκύνσεις ποὺ προκαλοῦν διάφορα βάρη καὶ στὸ σημεῖο ποὺ ἠρεμεῖ ὁ δείκτης ἔχουμε ἀναγράψει τὸ βάρος ποὺ προκαλεῖ τὴν κάθε ἐπιμήκυνση.

Τὸ ἐλατήριο αὐτὸ μὲ τὴν βαθμολογημένη κλίμακα κλεισμένο σὲ κατάλληλο μετάλλινο περικάλυμμα ἀποτελεῖ ἕνα ὄργανο μετρήσεως βαρῶν (ἢ δυνάμεων) καὶ λέγεται δυναμόμετρο ἢ ζυγὸς ἐλατηρίου (κοινῶς κανταράκι, σχ. 60).



Σχ. 60. Δυναμόμετρα. (I) Τομή. (II) Ἐξωτερικὴ ἐμφάνιση ἑνὸς ἄλλου ἐργαστηριακοῦ δυναμομέτρου.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Οἱ ἐπιμηκύνσεις ἑνὸς ἐλαστικοῦ ἐλατηρίου ἀκολουθοῦν τὸν νόμο τοῦ Χούκ, σύμφωνα μὲ τὸν ὁποῖο οἱ παραμορφώσεις ποὺ παθαίνει ἕνα ἐλαστικὸ σῶμα εἶναι ἀνάλογες μὲ τὰ αἴτια ποὺ τὶς προκαλοῦν. Οἱ ἐπιμηκύνσεις δηλαδὴ τοῦ ἐλατηρίου εἶναι ἀνάλογες πρὸς τὰ βάρη ποὺ ἐξαρτῶνται ἀπὸ τὸ ἄγκιστρό του.

2. Ἂν σ' ἕνα χιλιοστομετρικὸ χαρτὶ κατασκευάσωμε τὴν καμπύλη βαθμολογίας τοῦ ἐλατηρίου, παρατηροῦμε πὼς αὐτὴ εἶναι εὐθεία ποὺ διέρχεται ἀπὸ τὴν ἀρχὴ τῶν ἀξόνων.

3. Τὸ δυναμόμετρο εἶναι ὄργανο μετρήσεως βαρῶν (καὶ δυνάμεων) ποὺ ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕνα βαθμολογημένο ἐλατήριο.

4. Τὸ δυναμόμετρο εἶναι δυνατὸν νὰ χρησιμοποιῆται, ἐφ' ὅσον δὲν ὑπερβαίνουμε τὸ ὅριο ἐλαστικότητος τοῦ ἐλατηρίου, πέρα ἀπὸ τὸ ὁποῖο οἱ ἐπιμηκύνσεις δὲν εἶναι ἀνάλογες πρὸς τὰ βάρη ποὺ τὶς προκαλοῦν.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. *Ἕνα ἐλατήριο ἐπιμηκύνεται κατὰ 29 mm μὲ φορτίο βάρους 500 p. Νὰ εὑρεθῇ τὸ βάρος ποὺ δημιουργεῖ μιὰν ἐπιμήκυνση 38 mm.*

('Απ. 655 p περίπου.)

2. *Διαθέτουμε ἕνα χαλύβδινο ἐλατήριο τοῦ ὁποίου ἡ ἐπιμήκυνση εἶναι ἀνάλογη πρὸς τὴν δύναμη ποὺ ἀσκεῖται ἐπάνω του. Ἐὰν γνωρίζωμε ὅτι αὐτὸ τὸ ἐλατήριο ἐπιμηκύνεται κατὰ 15 mm ἀπὸ τὴν δράση δυνάμεως 120 p, νὰ εὑρεθῇ κατὰ πόσο ἐπιμηκύνεται ἀπὸ τὴν δράση τῶν παρακάτω δυνάμεων: 175 p, 260 p, 325 p. Νὰ εὑρεθῇ ἐπίσης τὸ φορτίο ποὺ δημιουργεῖ ἐπιμήκυνση 32,5 mm.*

('Απ. $x_1 = 21{,}8$ *mm,* $x_2 = 32{,}5$ *mm καὶ* $x_3 = 40{,}6$ *mm.)*

3. *Ἕνα ἐλατήριο ὑπόκειται στὴν δράση ἑνὸς βάρους καὶ ἐπιμηκύνεται κατὰ 981 mm στὸ Παρίσι. Ποιὰ θὰ εἶναι ἡ ἐπιμήκυνση τοῦ ἐλατηρίου α) στὸν Ἰσημερινὸ καὶ β) στοὺς Πόλους. (Εἶναι γνωστὸ ὅτι τὸ βάρος τοῦ προτύπου χιλιογράμμου εἶναι 9,81 N στὸ Παρίσι, 9,78 N στὸν Ἰσημερινὸ καὶ 9,83 N στοὺς Πόλους).*

('Απ. α' 978 mm. β' 983 mm.)

4. *Ἕνα ἐλατήριο ἔχει μῆκος 153 mm. Κρεμᾶμε ἀπὸ αὐτὸ ἕνα βάρος 300 p καὶ παρατηροῦμε ὅτι τὸ μῆκος τοῦ ἐλατηρίου εἶναι τώρα 174 mm. α) Νὰ εὑρεθῇ τὸ μῆκος τοῦ ἐλατηρίου ὅταν τείνεται ἀπὸ βάρος 550 p. β) Νὰ εὑρεθῇ τὸ βάρος ποὺ ἀπαιτεῖται γιὰ νὰ γίνη τὸ μῆκος τοῦ ἐλατηρίου ἴσο πρὸς 223 mm.*

('Απ. α' $l = 191{,}5$ *mm. β' 1 000 p.)*

5. *Ἕνα ἐλατήριο ἐπιμηκύνεται κατὰ 9 mm κάτω ἀπὸ τὴν ἐπίδραση βάρους 100 p. α) Νὰ κατασκευάσετε τὴν καμπύλη βαθμολογίας τοῦ ἐλατηρίου ἀφοῦ εὕρετε τὰ παραστατικὰ σημεῖα, τὰ ὁποῖα ἀντιστοιχοῦν στὰ ἑπόμενα βάρη: 100 p, 200 p, 300 p, 400 p, 550 p. Κλίμακα: Ἄξονας Ox = 15 mm γιὰ βάρος 100 p, Ἄξονας Oy: πραγματικὲς τιμές. β) Νὰ χρησιμοποιηθῇ ἡ καμπύλη βαθμολογίας γιὰ τὸν ὑπολογισμό: 1) τῆς ἐπιμηκύνσεως ποὺ δημιουργεῖ βάρος 240 p καὶ 2) τοῦ βάρους ποὺ προκαλεῖ μιὰν ἐπιμήκυνση 40 mm. Νὰ ἐλεγχθοῦν μὲ ὑπολογισμὸ τὰ ἀποτελέσματα.*

('Απ. 9 mm, 18 mm, 27 mm, 36 mm, 49,5 mm ἀντιστοίχως.)

6. *Ἕνα ἐλατήριο ἔχει μῆκος 27 cm. Ἀπὸ τὸ ἐλατήριο αὐτὸ κρεμᾶμε ἕνα κουβᾶ κενὸ καὶ τὸ ἐλατήριο ἀποκτᾶ τότε μῆκος 39 cm. Γεμίζουμε τὸν κουβᾶ μὲ 3 λίτρα νερό. Τὸ ἐλατήριο τότε ἔχει μῆκος 63 cm. α) Ποιὸ εἶναι τὸ βάρος τοῦ κενοῦ κουβᾶ. β) Ποιὸ εἶναι τὸ μῆκος τοῦ ἐλατηρίου ὅταν ὁ κουβᾶς εἶναι μισογεμᾶτος. Νὰ ἐπαληθεύσετε τὶς ἀπαντήσεις σας μὲ τὴν βοήθεια τῆς καμπύλης ἐπιμηκύνσεως.*

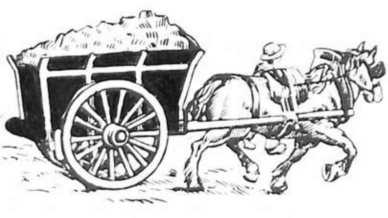
('Απ. α' 1,5 kp. β' 51 cm.)

§ 65. Γενικότητες. Κατηγορίες φυσικῶν δυνάμεων. Ὅταν πρωτομιλήσαμε γιὰ τὶς δυνάμεις στὴν παράγραφο 48, ἀναφέραμε ὅτι σὰν δυνάμεις χαρακτηρίζουμε τὰ φυσικὰ αἴτια ποὺ μποροῦν νὰ προκαλέσουν τὴν παραμόρφωση ἑνὸς σώματος ἢ νὰ τροποποιήσουν τὴν κινητική του κατάσταση.

Ἡ ἔννοια τῆς δυνάμεως προέκυψε ἀπὸ τὴν ἱκανότητα τῶν μυῶν τοῦ ἀνθρώπου καὶ τῶν ζώων νὰ προκαλοῦν διάφορα φαινόμενα, καταβάλλοντας ὁρισμένην προσπάθεια. Ἔτσι τὸ ἄλογο ποὺ εἶναι ζεμένο στὸ ἀλέτρι, ἢ ποὺ σύρει μιὰν ἅμαξα, καταβάλλει προσπάθεια, δύναμη, γιὰ νὰ προχωρήση. Ἐμεῖς ὅταν θελήσωμε νὰ μετακινήσωμε ἕνα βαρὺ ἀντικείμενο ἐφαρμόζουμε πάνω σ' αὐτὸ μιὰ δύναμη. Γιὰ νὰ πετάξωμε μιὰ πέτρα ἢ νὰ συμπιέσωμε μιὰ λαστιχένια μπάλλα, καταβάλλουμε ἐπίσης μιὰ προσπάθεια καὶ δαπανᾶμε μιὰν ὁρισμένη δύναμη γιὰ νὰ ἐπιτύχωμε αὐτὸ ποὺ ἐπιζητοῦμε. Ἡ πέτρα δὲν μπορεῖ ἀπὸ μόνη της νὰ κινηθῆ οὔτε ἡ μπάλλα ἀπὸ μόνη της νὰ συμπιεσθῆ. Ἐπεκτείνοντας τὴν ἐμπειρία μας στὴν Φύση μιλᾶμε γιὰ δυνάμεις, ποὺ προκαλοῦν διάφορα ἀνάλογα φαινόμενα, μολονότι δὲν ἔχουμε ἄμεση ἀντίληψη τοῦ τρόπου μὲ τὸν ὁποῖον ἐνεργοῦν οἱ φυσικὲς δυνάμεις, ἀναγνωρίζοντάς τες μόνον ἀπὸ τὰ ἀποτελέσματά τους.

Στὴν Φύση διακρίνουμε πολλὲς κατηγορίες δυνάμεων. Μερικὲς ἀπὸ αὐτὲς εἶναι οἱ ἀκόλουθες:

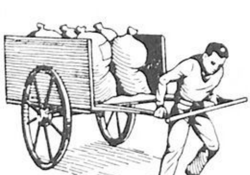
1) Μυϊκὲς δυνάμεις, ποὺ ἀσκοῦνται ἀπὸ ἐργαζόμενους ἀνθρώπους (σχ. 61), οἱ ὁποῖοι σύρουν σχοινιὰ ἢ ὠθοῦν διάφορα ἀντικείμενα καὶ ἀπὸ ζῶα, ὅπως τὰ ἄλογα ποὺ σύρουν διάφορες ἅμαξες (σχ. 62).



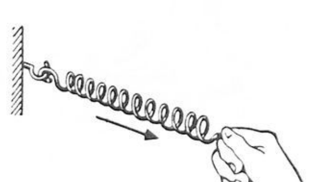
Σχ. 62. Τὸ ἄλογο σύρει τὸ κάρο καταβάλλοντας μυϊκὴ δύναμη.

2) Δυνάμεις βαρύτητος. Οἱ δυνάμεις αὐτὲς ὀφείλονται, ὅπως γνωρίζουμε, στὴν ἕλξη τῆς Γῆς καὶ προκαλοῦν τὸ βάρος τῶν σωμάτων.

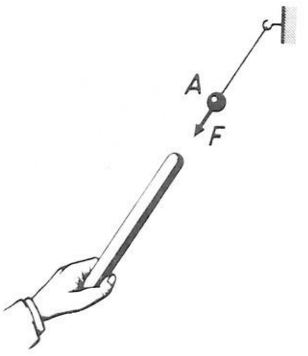
3) Ἐλαστικὲς δυνάμεις. Αὐτὲς προκαλοῦν τὶς πρόσκαιρες παραμορφώσεις τῶν ἐλαστικῶν σωμάτων (σχ. 63).



Σχ. 61. Ὁ ἐργάτης σύρει τὸ ἁμάξι καταβάλλοντας μυϊκὴ δύναμη.



Σχ. 63. Οἱ ἐλαστικὲς δυνάμεις προκαλοῦν πρόσκαιρες παραμορφώσεις.



Σχ. 64. Ἠλεκτρικὲς δυνάμεις ἀναπτύσσονται σὲ ἠλεκτρισμένα σώματα.

4) Ἠλεκτρικὲς δυνάμεις, ποὺ ἀναπτύσσονται μεταξὺ ἠλεκτρισμένων σωμάτων (σχ. 64).

5) Μαγνητικὲς δυνάμεις, ποὺ ἀσκοῦνται μεταξὺ μαγνητῶν ἢ μεταξὺ ἑνὸς μαγνήτη καὶ ὁρισμένων μετάλλων.

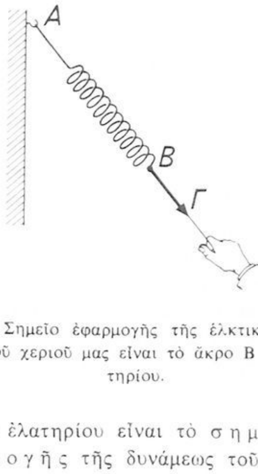
6) Δυνάμεις ποὺ ἀναπτύσσονται στὰ κινούμενα ρευστά. Ἔτσι ὁ ἄνεμος ἀσκεῖ δύναμη στὸ πανὶ τῆς βάρκας καὶ τὴν κινεῖ (σχ. 65) καὶ τὸ νερὸ θέτει σὲ κίνηση τὸν ὑδρόμυλο.

Σχ. 65. Ὁ ἄνεμος ἀσκεῖ δύναμη στὸ πανὶ τῆς βάρκας.

7) Δυνάμεις ποὺ προκαλοῦνται ἀπὸ τὴν πίεση. Τὶς δυνάμεις αὐτὲς ἐκμεταλλευόμαστε στὰ ἐργοστάσια χρησιμοποιώντας εἰδικὰ πιεστήρια (πρέσσες), ποὺ ἀναπτύσσουν μεγάλες δυνάμεις καὶ διαμορφώνουν μεταλλικὰ τεμάχια σὲ διάφορα σχήματα, κατασκευάζοντας ἔτσι χρήσιμα ἀντικείμενα.

8) Δυνάμεις τριβῆς, ποὺ ἀναπτύσσονται ὅταν κινῆται ἕνα σῶμα καὶ ἀντιστέκονται στὴν κίνησή του.

§ 66. Χαρακτηριστικὰ τῶν δυνάμεων. α) Σημεῖο ἐφαρμογῆς. Σταθεροποιοῦμε τὸ ἕνα ἄκρο ἑνὸς ἐλατηρίου καὶ ἕλκουμε τὸ ἄλλο μὲ τὸ χέρι, τραβώντας το μὲ μιὰ κλωστὴ (σχ. 66). Ἡ ἑλκτικὴ δύναμη ποὺ προκαλεῖται ἀπὸ τὸ χέρι μας ἐνεργεῖ ἐπάνω στὸ σημεῖο Β τοῦ ἐλατηρίου ὅπου εἶναι δεμένη ἡ κλωστή. Τὸ σημεῖο



Σχ. 66. Σημεῖο ἐφαρμογῆς τῆς ἑλκτικῆς δυνάμεως τοῦ χεριοῦ μας εἶναι τὸ ἄκρο Β τοῦ ἐλατηρίου.

Β τοῦ ἐλατηρίου εἶναι τὸ *σημεῖο ἐφαρμογῆς* τῆς δυνάμεως τοῦ χεριοῦ μας ἐπάνω στὸ ἐλατήριο. Ὥστε:

Σημεῖο ἐφαρμογῆς μιᾶς δυνάμεως, ἡ ὁποία ἐνεργεῖ σ᾽ ἕνα σῶμα, ὀνομάζεται τὸ σημεῖο τοῦ σώματος μέσω τοῦ ὁποίου ἐνεργεῖ ἡ δύναμη στὸ σῶμα.

β) Διεύθυνση καὶ φορά. Κάτω ἀπὸ τὴν ἐπίδραση τῆς δυνάμεως τοῦ χεριοῦ μας τὸ ἐλατήριο ἐπιμηκύνεται, ἐπάνω στὴν εὐθεία ποὺ καθορίζεται ἀπὸ τὸ τεταμένο νῆμα. Ἐπάνω στὴν εὐθεία αὐτὴ ποὺ ὀνομάζεται διεύθυνση τῆς δυνάμεως ἢ φορέας τῆς δυνάμεως μετακινεῖ ἡ δύναμη τὸ ἐλατήριο.

Ἀφήνουμε κατόπι σιγὰ-σιγὰ τὸ νῆμα, ὁπότε αὐτὸ ἕλκεται ἀπὸ τὸ ἐλατήριο, ποὺ ξαναπαίρνει τὸ ἀρχικό του σχῆμα. Τὸ ἐλατήριο λοιπὸν ἀσκεῖ ἐπάνω στὸ νῆμα, καὶ μέσω τοῦ νήματος στὸ χέρι μας, μίαν ἄλλη δύναμη, ποὺ ἐνεργεῖ ἐπάνω στὴν ἴδια εὐθεία στὴν ὁποία ἐνεργεῖ καὶ ἡ ἑλκτικὴ δύναμη τοῦ χεριοῦ μας. Οἱ δύο αὐτὲς δυνάμεις ἔχουν λοιπὸν τὴν ἴδια διεύθυνση. Ἡ μία ὅμως, ἡ δύναμη τοῦ χεριοῦ μας, τείνει νὰ μετακινήση τὸ ἐλατήριο ἔτσι, ὥστε νὰ τὸ ἀποσυσπειρώση (ἀπὸ τὸ Β πρὸς τὸ Γ), ἐνῶ ἡ ἄλλη, ποὺ ἀσκεῖ τὸ ἐλατήριο ἐπάνω στὸ νῆμα, καὶ μέσω τοῦ νήματος στὸ χέρι μας, ἀντιδρᾶ στὴν δύναμη τοῦ χεριοῦ μας καὶ τείνει νὰ συσπειρώση τὸ ἐλατήριο, μετακινώντας το ἀπὸ τὸ Β πρὸς τὸ Α. Λέμε ὅτι οἱ δύο αὐτὲς δυνάμεις ἔχουν ἀντίθετες φορές. Ὥστε:

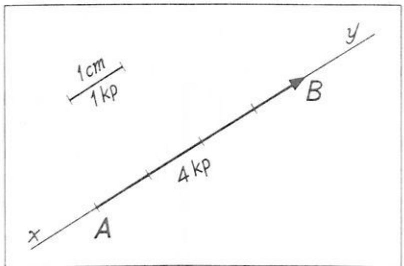
Φορὰν δυνάμεως ὀνομάζουμε τὴν φορὰ τῆς κινήσεως, τὴν ὁποία τείνει νὰ προκαλέση ἡ δύναμη στὸ σῶμα ποὺ ἐνεργεῖ.

γ) Μέτρο δυνάμεως. Ἂν καταβάλωμε μικρότερη ἢ μεγαλύτερη δύναμη, θὰ ἐπιτύχωμε καὶ ἀνάλογη ἐπιμήκυνση. Γιὰ τὸν καθορισμὸ ἑπομένως τῆς δυνάμεως εἶναι ἀπαραίτητο νὰ γνωρίζωμε καὶ τὸ μέτρο τῆς δυνάμεως, δηλαδὴ τὴν ἀριθμητικὴ τιμή της καὶ τὴν μονάδα μὲ τὴν ὁποία τὴν μετρήσαμε. Ὥστε:

Μία δύναμη εἶναι τελείως καθορισμένη ὅταν δίνωνται τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς, ἡ διεύθυνση, ἡ φορὰ καὶ τὸ μέτρο της.

§ 67. Γραφικὴ παράσταση τῶν δυνάμεων.

Τὰ φυσικὰ μεγέθη, ποὺ ὅπως ἡ δύναμη, χρειάζονται ἀπαραίτητα γιὰ νὰ καθορισθοῦν διεύθυνση, μέτρο καὶ φορά, ὀνομάζονται διανυσματικὰ μεγέθη καὶ παριστάνονται γραφικῶς μὲ διανύσματα, δηλαδὴ μὲ προσανατολισμένα εὐθύγραμμα τμήματα, ποὺ μοιάζουν μὲ βέλη (σχ. 67).



Σχ. 67. Οἱ δυνάμεις παριστάνονται μὲ διανύσματα.

Ἡ ἀρχὴ Α τοῦ διανύσματος παριστάνει τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς τῆς δυνάμεως.

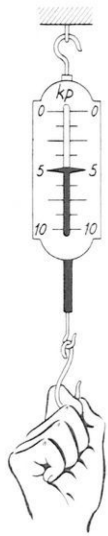
Ἡ εὐθεῖα xy, πάνω στὴν ὁποία εὑρίσκεται τὸ διάνυσμα παριστάνει τὴν διεύθυνση ἢ φορέα τῆς δυνάμεως. Ἡ φορὰ τοῦ διανύσματος, ποὺ λαμβάνεται πάντοτε ἀπὸ τὸ σημεῖο Α τῆς ἀρχῆς, πρὸς τὴν αἰχμὴ Β τοῦ τέλους, παριστάνει τὴν φορὰ τῆς δυνάμεως. Τὸ μῆκος τοῦ διανύσματος ΑΒ, παριστάνει ὑπὸ ὁρισμένην κλίμακα, τὸ μέτρο τῆς δυνάμεως. Ἔτσι ἂν ἡ δύναμη ἔχει μέτρο 4 kp καὶ πάρωμε σὰν κλίμακα τὴν ἀντιστοιχία 1 cm πρὸς 1 kp, τὸ μῆκος τοῦ διανύσματος ΑΒ θὰ εἶναι 4 cm.

Στὴν αἰχμὴ τοῦ βέλους τῶν διανυσμάτων ποὺ παριστάνουν δυνάμεις γράφουμε συνήθως ἕνα λατινικὸ γράμμα F (ἀρχικὸ τῆς γαλλικῆς λέξεως force = δύναμη).

Ὅταν πρόκειται περὶ βάρους στὴν αἰχμὴ τοῦ βέλους συνήθως γράφουμε ἕνα Β.

§ 68. Μέτρηση τῶν δυνάμεων.

Οἱ δυνάμεις μποροῦν νὰ μετρηθοῦν ἀπὸ τὰ ἀποτελέσματά τους. Ἑπομένως εἶναι δυνατὴ ἡ μέτρησή τους κατὰ δύο τρόπους: α) Ἀπὸ τὶς ἐλαστικὲς παραμορφώσεις ποὺ μποροῦν νὰ προκαλέσουν σ' ἕνα χαλύβδινο ἐλαστικὸ ἐλατήριο. β) Ἀπὸ τὴν κίνηση



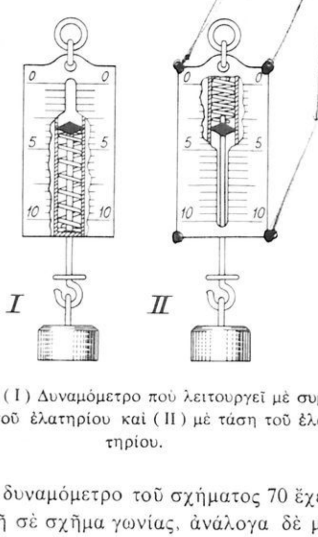
Σχ. 68. Μέτρηση μυϊκῆς δυνάμεως μὲ δυναμόμετρο.

ποὺ μποροῦν νὰ μεταδώσουν σ' ἕνα σῶμα.

Θὰ ἀσχοληθοῦμε μόνο μὲ τὸν πρῶτο τρόπο μετρήσεως δυνάμεων, χρησιμοποιώντας τὸ δυναμόμετρο. Πραγματικά, ἂν ἐφαρμόσωμε στὸ ἄγκιστρο ἑνὸς δυναμομέτρου μιὰ δύναμη μὲ τὸ χέρι μας (σχ. 68) καὶ ἐπιτύχωμε ἔτσι μιὰν ἐπιμήκυνση ποὺ ἀντιστοιχεῖ σὲ βάρος, ἔστω, 10 kp, λέμε ὅτι ἐφαρμόσαμε στὸ ἐλατήριο τοῦ δυναμομέτρου δύναμη 10 kp, ἐφ' ὅσον καὶ στὶς δυὸ περιπτώσεις, (δηλαδὴ στὴν περίπτωση τοῦ βάρους καὶ τῆς μυϊκῆς μας δυνάμεως) ἐπιτύχαμε τὸ ἴδιο ἀποτέλεσμα. Ἑπομένως:

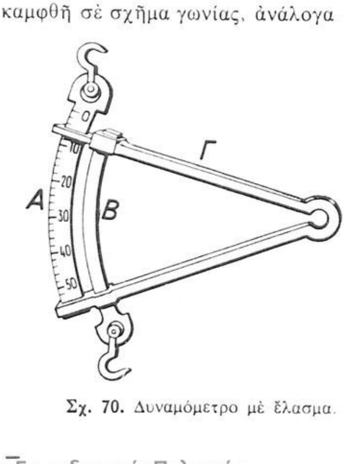
Οἱ δυνάμεις, ὅπως καὶ τὸ βάρος, μποροῦν νὰ μετρηθοῦν μὲ κατάλληλο δυναμόμετρο καὶ τὶς ἴδιες ὅπως καὶ τὸ βάρος μονάδες. Συνεπῶς σὰν μονάδα μετρήσεως δυνάμεως λαμβάνεται τὸ 1 kp καὶ τὰ πολλαπλάσια ἢ ὑποπολλαπλάσιά του ἢ τὸ 1 Νιοῦτον (1 N).

§ 69. Διάφοροι τύποι δυναμομέτρων. Στὴν πράξη χρησιμοποιοῦνται διάφοροι τύποι δυναμομέτρων ἀνάλογα μὲ τὸν σκοπὸ γιὰ τὸν ὁποῖο προορίζονται. Ἔτσι τὸ συνηθισμένο δυναμόμετρο μὲ σπειροειδὲς ἐλατήριο (κανταράκι) χρησιμεύει γιὰ τὴν μέτρηση μικρῶν δυνάμεων. Τὰ δυναμόμετρα αὐτὰ λειτουργοῦν εἴτε διὰ τάσεως, εἴτε διὰ συμπιέσεως τοῦ ἐλατηρίου (σχ. 69), ὁπότε ἀποφεύγεται καὶ ὁ κίνδυνος ὑπερβάσεως τοῦ ὁρίου ἐλαστικότητος.



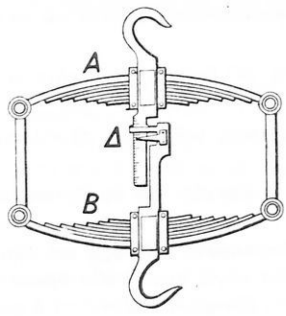
Σχ. 69. (I) Δυναμόμετρο ποὺ λειτουργεῖ μὲ συμπίεση τοῦ ἐλατηρίου καὶ (II) μὲ τάση τοῦ ἐλατηρίου.

Τὸ δυναμόμετρο τοῦ σχήματος 70 ἔχει καμφθῆ σὲ σχῆμα γωνίας, ἀνάλογα δὲ μὲ



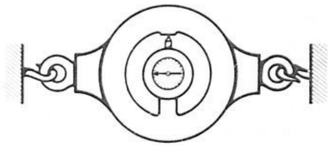
Σχ. 70. Δυναμόμετρο μὲ ἔλασμα.

τὸ βάρος τοῦ ἀντικειμένου τὸ ἕνα στέλεχος τῆς γωνίας πλησιάζει πρὸς τὸ ἄλλο. Τὸ δυναμόμετρο αὐτὸ χρησιμοποιεῖται γιὰ μέτρηση μεγαλυτέρων δυνάμεων.



Σχ. 71. Δυναμόμετρο μὲ δύο ἐλάσματα γιὰ μέτρηση μεγάλων δυνάμεων.

Ἄλλος τύπος δυναμομέτρου εἶναι τὸ δυναμόμετρο μὲ δύο ἐλάσματα (σχ. 71) ποὺ χρησιμεύει γιὰ τὴν μέτρηση ἀκόμη μεγαλυτέρων δυνάμεων, κάτω ἀπὸ τὴν ἐπίδραση τῶν ὁποίων τὰ δύο χαλύβδινα ἐλάσματα μὲ τὰ πολλαπλᾶ φύλλα ἀπομακρύνονται, ἐνῶ ἡ μετακίνηση τοῦ δείκτη



Σχ. 72. Δυναμόμετρο μὲ δακτύλιο γιὰ μέτρηση πολὺ μεγάλων δυνάμεων.

μετρᾶ τὸ μέγεθος τῶν δυνάμεων (συνήθως μερικῶν ἑκατοντάδων κιλοπόντ).

Τέλος τὸ δυναμόμετρο μὲ δακτύλιο (σχ. 72) μᾶς ἐπιτρέπει τὴν μέτρηση δυνάμεων ἀρκετῶν μεγαπόντ.

§ 70. Πλεονεκτήματα καὶ μειονεκτήματα τοῦ δυναμομέτρου. Τὸ δυναμόμετρο εἶναι ἕνα πρόχειρο ὄργανο μετρήσεως βαρῶν καὶ δυνάμεων, ἀνθεκτικό, εὔχρηστο καὶ εὔκολα μεταφερτό. Δὲν εἶναι ὅμως εὐαίσθητο, δὲν μᾶς δείχνει δηλαδὴ ὁρισμένες μικρὲς μεταβολὲς βαρῶν καὶ δὲν εἶναι ἀκριβές, οἱ ἐνδείξεις του δηλαδὴ ὕστερα ἀπὸ ἀρκετὴ χρήση, δὲν ἀνταποκρίνονται πρὸς τὴν πραγματικὴ τιμὴ τῶν βαρῶν ποὺ ζυγίζει.

Τάξη μεγέθους μερικῶν χρησιμοποιουμένων δυνάμεων	
Μέση δύναμη ἕλξεως ἀνθρώπου	20-30 kp
Μέση δύναμη ἕλξεως ἀλόγου	60-70 kp
Μέση δύναμη ἕλξεως ἀτμομηχανῆς	10-80 Mp
Δύναμη ὠθήσεως στροβιλοαντιδραστῆρος «Μπόϊγκ 707»	6 000 kp
Δύναμη ὠθήσεως πυραύλου «Ἄτλας» κατὰ τὴν ἐκτόξευση	180 Mp

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Ὀνομάζουμε δυνάμεις τὰ αἴτια ποὺ μεταβάλλουν τὴν κινητικὴ κατάσταση τῶν σωμάτων, δηλαδὴ ποὺ ἂν ἠρεμοῦν τὰ θέτουν σὲ κίνηση ἢ ἂν κινοῦνται τοὺς τροποποιοῦν τὴν κίνηση, ἢ παραμορφώνουν τὰ σώματα.

2. Τὸ βάρος τῶν σωμάτων, ἡ μυϊκὴ δύναμη τοῦ ἀνθρώπου καὶ τῶν ζώων, ἡ ἕλξη ποὺ προκαλεῖ ὁ μαγνήτης, ἡ δύναμη τοῦ ἀνέμου ἢ τοῦ νεροῦ τοῦ καταρράκτη, ἡ τάση τοῦ ἀτμοῦ κλπ. εἶναι δυνάμεις ποὺ χρησιμοποιοῦνται εὐρύτατα γιὰ νὰ κινοῦν διάφορες μηχανές.

3. Ἡ μέτρηση τῶν δυνάμεων ὅπως ἡ μέτρηση τοῦ βάρους, ἐπιτυγχάνεται μὲ τὰ διάφορα εἴδη δυναμομέτρων.

4. Οἱ μονάδες τῆς δυνάμεως εἶναι ὅπως οἱ μονάδες τοῦ βάρους τὸ κιλοπὸντ καὶ τὸ Νιοῦτον.

5. Οἱ δυνάμεις καθορίζονται ἀπὸ τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς, τὴν διεύθυνση, τὴν φορὰ καὶ τὸ μέτρο τους.

6. Οἱ δυνάμεις παριστάνονται γραφικῶς μὲ διανύσματα. Ἡ ἀρχὴ τοῦ διανύσματος φανερώνει τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς, ἡ εὐθεῖα πάνω στὴν ὁποία βρίσκεται τὸ διάνυσμα τὴν διεύθυνση τῆς δυνάμεως. Φορὰ τῆς δυνάμεως λαμβάνεται ἡ φορὰ τοῦ βέλους καὶ τὸ μέτρο τῆς δυνάμεως παριστάνεται, μὲ κατάλληλη κλίμακα, ἀπὸ τὸ μῆκος τοῦ διανύσματος.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Γνωρίζουμε ὅτι στὸ Παρίσι τὸ βάρος τοῦ προτύπου χιλιογράμμου ἰσοδυναμεῖ μὲ 9,81 N. Νὰ εὑρεθῆ μὲ πόσα kp ἰσοδυναμεῖ 1 N.

(Ἀπ. 0,102 kp περίπου.)

2. Ἕνας μαθητὴς ζυγίζει 58 kp στὸ Παρίσι. Πόσο εἶναι τὸ βάρος του σὲ μονάδες Νιοῦτον.

(Ἀπ. 568,98 N.)

3. Ἡ ἑλκτικὴ δύναμη ποὺ μπορεῖ νὰ ἀσκήση κατὰ μέσον ὅρο: α) ἕνας ἄνθρωπος, εἶναι 20 kp μέχρι 30 kp β) ἕνας ἵππος 60 kp μέχρι 70 kp καὶ γ) μία ἀτμομηχανή, 25 Mp περίπου. Νὰ μετατρέψετε τὰ μέτρα τῶν δυνάμεων αὐτῶν σὲ μονάδες Νιοῦτον.

(Ἀπ. α' 196,2 N — 294,3 N. β' 588,6 N — 686,7 N. γ' 245 250 N.)

4. Δύο διανύσματα Α καὶ Β ἔχουν μήκη 52 mm καὶ 75 mm ἀντιστοίχως. Νὰ ὑπολογίσετε τὰ μέτρα τῶν δυνάμεων ποὺ παριστάνουν τὰ διανύσματα, ἂν ληφθῆ ὑπ' ὄψη ὅτι 1 cm ἀντιστοιχεῖ σὲ 100 p. (Ἀπ. 520 p, 750 p.)

5. Νὰ παρασταθοῦν γραφικῶς δύο δυνάμεις 3,2 kp καὶ 4,8 kp κάθετες μεταξύ των καὶ μὲ τὸ ἴδιο σημεῖο ἐφαρμογῆς Ο, μὲ κλίμακα ἀντιστοιχίας 1 cm γιὰ 1 kp.

6. Μὲ σημεῖο ἐφαρμογῆς ἕνα τυχαῖο σημεῖο Ο, νὰ παρασταθοῦν γραφικῶς οἱ ἀκόλουθες δυνάμεις: α) Βάρος ἴσο μὲ 3 kp, β) μιὰ ὁριζόντια δύναμη μὲ φορὰ ἀπὸ ἀριστερὰ πρὸς τὰ δεξιὰ καὶ μὲ μέτρο 2,4 kp καὶ γ) μιὰ πλάγια δύναμη, μὲ φορὰ ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω, ἡ ὁποία νὰ σχηματίζη γωνία 60^o μὲ τὴν ὁριζόντια δύναμη καὶ μὲ μέτρο 3,8 kp. Ἡ κλίμακα νὰ ληφθῆ ἔτσι ὥστε σὲ 1 cm νὰ ἀντιστοιχῆ 0,5 kp.

7. Τὸ ἐλατήριο ἑνὸς δυναμομέτρου ἐπιμηκύνεται κατὰ 2 cm ἂν ἐξαρτηθῆ ἀπ' αὐτὸ βάρος 5 kp. Μὲ τὴν προϋπόθεση ὅτι οἱ ἐπιμηκύνσεις τοῦ ἐλατηρίου εἶναι ἀνάλογες μὲ τὶς δυνάμεις ποὺ τὶς προκαλοῦν: α) νὰ ὑπολογισθῆ ἡ ἀπόσταση δύο διαδοχικῶν ὑποδιαιρέσεων, ἂν τὸ δυναμόμετρο εἶναι βαθμολογημένο σὲ kp καὶ β) ἐὰν θέλωμε νὰ ἐπιτύχωμε μιὰ νέα θέση στὸν δείκτη τοῦ δυναμομέτρου κατὰ $^1/_{10}$ χαμηλότερη ἀπὸ τὴν προηγούμενη διαίρεση, ποιό εἶναι τὸ ἐπὶ πλέον βάρος ποὺ πρέπει νὰ ἐξαρτηθῆ ἀπὸ τὸ δυναμόμετρο;

(Ἀπ. α' 0,4 cm. β' 100 p.)

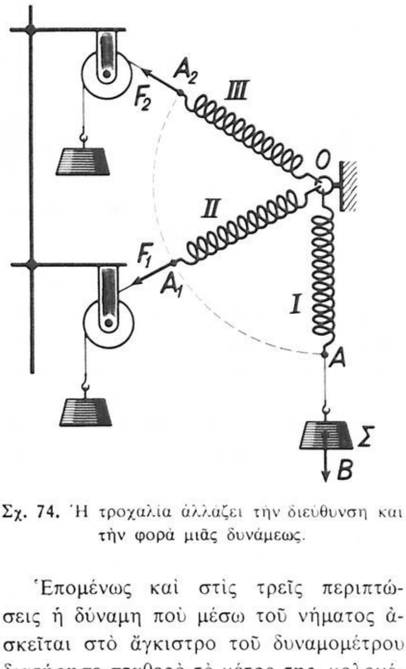
Ι' – ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ ΔΥΝΑΜΕΩΝ. ΣΥΝΘΕΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΥΝΑΜΕΩΝ

§ 71. Πραγματοποίηση δυνάμεως.
α) Ἡ τροχαλία. Αὐτὴ εἶναι ἕνας παχὺς κυκλικὸς δίσκος, ποὺ στὴν περιφέρειά του φέρει ἐνσκαφή, ἡ ὁποία σχηματίζει αὔλακα καὶ συγκρατεῖ τὸ νῆμα ποὺ τὴν περιβάλλει. Ὁ δίσκος στρέφεται ἐλεύθερα περὶ ἄξονα, ὁ ὁποῖος διέρχεται ἀπὸ τὸ κέντρο του καὶ συγκρατεῖται ἀπὸ τὴν τροχαλιοθήκη, στὸ ἄνω μέρος τῆς ὁποίας ὑπάρχει ἄγκιστρο γιὰ νὰ στερεώνεται σὲ ἀκλόνητο ὑποστήριγμα (σχ. 73).

Σχ. 73. Τροχαλία.

β) Πείραμα 1. Ἀπὸ τὸν ἀκλόνητα στηριγμένο δακτύλιο Ο κρεμᾶμε τὸ ἕνα ἄκρο ἑνὸς ἐλατηρίου καὶ ἀπὸ τὸ ἄλλο ἄκρο του ἕνα σῶμα Σ μὲ σχοινὶ (σχ. 74, Ι), ὁπότε τὸ ἐλατήριο ἐπιμηκύνεται κατὰ ἕνα ὁρισμένο μῆκος, ὅταν τὸ σύστημα ἠρεμήση.

2. Ἐπαναλαμβάνουμε τὴν ἴδια ἐργασία, ἀφοῦ περάσωμε τὸ σχοινὶ ἀπὸ τὴν αὔλακα μιᾶς τροχαλίας, ἡ τροχαλιοθήκη τῆς ὁποίας σταθεροποιεῖται σὲ κατάλληλο ὑποστήριγμα πάνω στὸ ὁποῖο μπορεῖ νὰ μετακινῆται (σχ. 74 ΙΙ, ΙΙΙ). Καὶ στὶς δυὸ αὐτὲς περιπτώσεις τὸ μῆκος τοῦ ἐλατηρίου εἶναι τὸ ἴδιο ὅπως στὴν πρώτη περίπτωση.



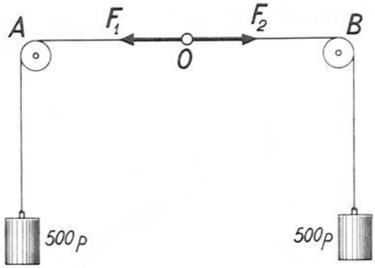
Σχ. 74. Ἡ τροχαλία ἀλλάζει τὴν διεύθυνση καὶ τὴν φορὰ μιᾶς δυνάμεως.

Ἑπομένως καὶ στὶς τρεῖς περιπτώσεις ἡ δύναμη ποὺ μέσω τοῦ νήματος ἀσκεῖται στὸ ἄγκιστρο τοῦ δυναμομέτρου διατήρησε σταθερὸ τὸ μέτρο της, μολονότι ἄλλαξε διεύθυνση καὶ φορά. Ὥστε:

Ἡ τροχαλία ἐπιτρέπει τὴν ἀλλαγὴ τῆς διευθύνσεως καὶ φορᾶς μιᾶς δυνάμεως χωρὶς νὰ μεταβάλλη τὸ μέτρο της.

γ) Ἐφαρμογή. Μὲ τὴν βοήθεια μιᾶς τροχαλίας πολὺ εὐκίνητης, ἑνὸς νήματος ἐλαφροῦ καὶ πολὺ εὐλύγιστου καὶ μιᾶς συλλογῆς σταθμῶν, μποροῦμε νὰ πραγματοποιήσωμε δυνάμεις, τῶν ὁποίων δίδονται οἱ διευθύνσεις, οἱ φορὲς καὶ τὰ μέτρα.

§ 72. Ἰσορροπία δύο δυνάμεων ἀντίθετης φορᾶς. Σὲ ἕνα μικρὸ καὶ ἐλαφρὸ δακτύλιο Ο δένουμε δύο νήματα καὶ τὰ περνᾶμε ἀπὸ τὶς αὔλακες δύο τροχαλιῶν Α καὶ Β. Ὕστερα ἀπὸ τὰ ἄκρα τῶν νημάτων ἐξαρτᾶμε δύο ἴσα σταθμὰ (σχ. 75).



Σχ. 75. Ἀπὸ τὰ ἄκρα τῶν νημάτων κρέμονται ἴσα βάρη.

Ἐὰν τὰ βάρη τοῦ δακτυλίου καὶ τῶν νημάτων εἶναι ἀσήμαντα, σὲ σχέση μὲ τὰ βάρη τῶν σταθμῶν, παρατηροῦμε ὅτι σ' ὁποιανδήποτε θέση: α) ὁ δακτύλιος παραμένει ἀκίνητος, β) οἱ δύο κλάδοι τοῦ νήματος, ποὺ τείνονται ἀνάμεσα ἀπὸ τὶς δύο τροχαλίες σχηματίζουν εὐθεῖα γραμμή.

Πῶς εἶναι δυνατὸ νὰ ἑρμηνεύσωμε αὐτὸ τὸ φαινόμενο; Ὁ δακτύλιος ὑφίσταται τὴν δράση δύο δυνάμεων: τῆς F_1 ἡ ὁποία τὸν ἕλκει πρὸς τὴν τροχαλία Α καὶ τῆς F_2, ἡ ὁποία τὸν ἕλκει πρὸς τὴν τροχαλία Β. Διεύθυνση τῆς F_1 εἶναι ἡ ΟΑ καὶ τῆς F_2 ἡ ΟΒ. Ἐπειδὴ ὅμως οἱ δύο αὐτὲς διευθύνσεις συμπίπτουν, ἐφ' ὅσον, ὅπως ἀναφέραμε, ἡ ΑΟΒ εἶναι εὐθεῖα, οἱ δύο δυνάμεις ἔχουν κοινὴ διεύθυνση. Ἐπειδὴ δὲ οἱ δυνάμεις ἕλκουν ἀντιθέτως ἡ μία πρὸς τὴν ἄλλη, ἔχουν ἀντίθετη φορά. Οἱ δύο ὅμως δυνάμεις F_1 καὶ F_2 προκαλοῦνται ἀπὸ τὰ βάρη ἴσων σταθμῶν, ἑπομένως ἔχουν ἴσα μέτρα.

Δύο δυνάμεις ποὺ ἔχουν ἴσα μέτρα, τὴν ἴδια διεύθυνση καὶ ἀντίθετη φορὰ λέγονται ἴσες καὶ ἀντίθετες δυνάμεις.

Ἀπὸ τὰ παραπάνω συμπεραίνουμε ὅτι δύο ἴσες καὶ ἀντίθετες δυνάμεις F_1 καὶ F_2 ὅταν ἐνεργοῦν πάνω στὸ ἴδιο σῶμα δὲν φέρνουν κανένα κινητικὸ ἀποτέλεσμα. Αὐτὸ ἐκφράζουμε λέγοντας ὅτι οἱ δυνάμεις F_1 καὶ F_2 ἰσορροποῦν. Ἑπομένως:

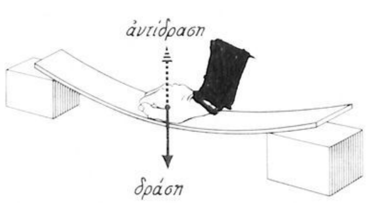
Δύο ἴσες καὶ ἀντίθετες δυνάμεις ἰσορροποῦν.

Ἂν σ' ἕνα σῶμα ἐνεργοῦν δύο δυνάμεις, τὸ σῶμα ἰσορροπεῖ μόνον ἐφ' ὅσον οἱ δυνάμεις αὐτὲς εἶναι ἴσες καὶ ἀντίθετες.

§ 73. Δράση καὶ ἀντίδραση. Ὅταν μία δύναμη F_1 ἐνεργῇ ἐπάνω σ' ἕνα σῶμα χωρὶς νὰ τὸ κινῇ, εἶναι σὲ θέση νὰ προκαλέσῃ μόνο μιὰ παραμόρφωση στὸ σῶμα. Ὅταν ἡ παραμόρφωση αὐτὴ πραγματοποιηθῇ, ἡ δράση τῆς ἐξωτερικῆς δυνάμεως δὲν φέρνει κανένα πλέον ἀποτέλεσμα, μολονότι ἐξακολουθεῖ νὰ ἐνεργῇ στὸ σῶμα. Αὐτὸ συμβαίνει διότι μιὰ ἄλλη δύναμη F_2, ποὺ ἀσκεῖται ἀπὸ τὸ σῶμα καὶ ἀντιδρᾷ στὴν ἐξωτερικὴ δύναμη, τὴν ἐξουδετερώνει.

Ἡ ἐξωτερικὴ δύναμη F_1 ἡ ὁποία δρᾷ ἐπάνω στὸ σῶμα ὀνομάζεται στὴν περίπτωση αὐτὴ **δράση,** ἡ δὲ δύναμη F_2, μὲ τὴν ὁποία ἀντιδρᾷ τὸ σῶμα, **ἀντίδραση.**

Πείραμα 1. Πιέζουμε μὲ τὸ χέρι τὴν σανίδα τοῦ σχήματος 76. Ὅσο μεγαλύτερη δύναμη καταβάλλουμε, τόσο ἐντονώτερη εἶναι ἡ ἀντίδραση τῆς σανίδας.



Σχ. 76. Ὅταν πιέζωμε δυνατότερα νοιώθουμε ἐντονώτερη ἀντίδραση.

Πείραμα 2. Τείνουμε τὸ ἐλατήριο τοῦ σχήματος 77 ἕλκοντάς το μὲ τὸ χέρι ἀπὸ τὸ ἐλεύθερο ἄκρο του. Τὸ ἐλατήριο προβάλλει ἀντίσταση· εἶναι ἡ ἀντίδραση τοῦ

Σχ. 77. Δράση καὶ ἀντίδραση σὲ σπειροειδὲς ἐλατήριο.

ἐλατηρίου, ἡ ὁποία θέλει νὰ τὸ ἐπανασυσπειρώση. Τὸ δυναμόμετρο ἑπομένως δὲν μετρᾶ μόνο τὸ μέτρο τῆς ἐξωτερικῆς δυνάμεως, ἡ ὁποία τείνει τὸ ἐλατήριο, ἀλλὰ καὶ τὸ μέτρο τῆς ἀντιδράσεως τοῦ ἐλατηρίου, ἡ ὁποία τείνει νὰ τὸ ἐπανασυσπειρώση.

Αὐτὸ συμβαίνει γενικώτερα στὴν Φύση: **Οἱ δυνάμεις παρουσιάζονται πάντοτε κατὰ ζεύγη,** ἔτσι, ὥστε:

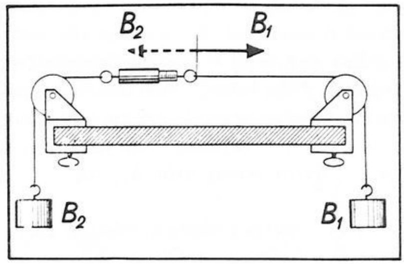
Ὅταν ἕνα σῶμα Σ_1 ἀσκῆ ἐπάνω σὲ ἕνα ἄλλο σῶμα Σ_2 μιὰ δύναμη F_1 (δράση) καὶ τὸ Σ_2 ἀσκεῖ ἐπάνω στὸ Σ_1 μιὰ δύναμη F_2 (ἀντίδραση). Οἱ δύο αὐτὲς δυνάμεις ἔχουν ἴσα μέτρα ἀλλὰ ἀντίθετες φορές, ἡ δράση, δηλαδή, καὶ ἡ ἀντίδραση εἶναι ἴσες καὶ ἀντίθετες δυνάμεις.

$$F_1 = F_2$$

$$\text{δράση} = \text{ἀντίδραση}$$

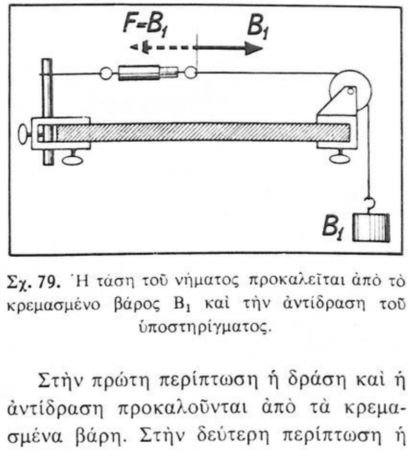
Ἡ παραπάνω πρόταση εἶναι γνωστὴ σὰν **ἀξίωμα τῆς δράσεως καὶ ἀντιδράσεως,** διατυπώθηκε δὲ ἀπὸ τὸν μεγάλο Ἄγγλο Φυσικὸ καὶ Μαθηματικὸ Νεύτωνα.

Ὅταν σταθεροποιήσωμε ἕνα σῶμα, τότε ἡ ἀντίδραση παρουσιάζεται ἀπὸ μόνη της στὴν θέση σταθεροποιήσεως. Δράση



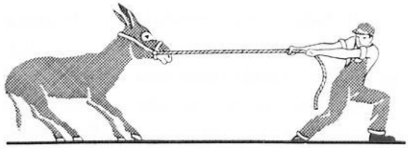
Σχ. 78. Ἡ τάση τοῦ νήματος προκαλεῖται ἀπὸ τὰ δύο κρεμασμένα βάρη. Τὸ βάρος B_1 ἀντιπροσωπεύει τὴν δράση καὶ τὸ B_2 τὴν ἀντίδραση.

δυνάμεως χωρὶς τὴν πρόκληση ἀντιδράσεως εἶναι ἀδύνατη στὴν Φύση. Γιὰ τὸν λόγο αὐτὸ τὸ νῆμα στὰ σχήματα 78 καὶ 79 τείνεται μὲ τὴν ἴδια δύναμη.



Σχ. 79. Ἡ τάση τοῦ νήματος προκαλεῖται ἀπὸ τὸ κρεμασμένο βάρος B_1 καὶ τὴν ἀντίδραση τοῦ ὑποστηρίγματος.

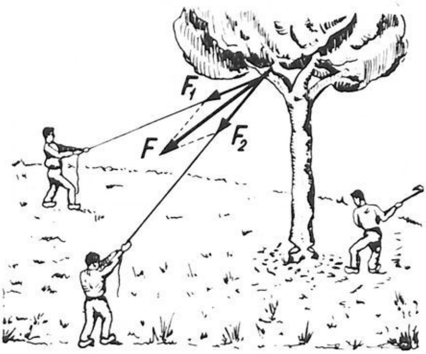
Στὴν πρώτη περίπτωση ἡ δράση καὶ ἡ ἀντίδραση προκαλοῦνται ἀπὸ τὰ κρεμασμένα βάρη. Στὴν δεύτερη περίπτωση ἡ ἀντίδραση προκαλεῖται ἀπὸ τὸ στέλεχος προσδέσεως.



Σχ. 80. Ὁ ἀγρότης ἀσκεῖ μὲ τὸ σκοινί, ἕλκοντας τὸν γαϊδαρο, μιὰ δράση ἐνῶ τὸ ζῶο ἀντιδρᾶ μὲ ἴση δύναμη ἀντίθετης φορᾶς.

Στὸ σχῆμα 80 ἐπίσης αἰσθητοποιεῖται ἡ δράση, ἕλξη τοῦ σχοινιοῦ ἀπὸ τὸν ἀγρότη γιὰ νὰ φέρη τὸν γάϊδαρο πρὸς τὸ μέρος του, καὶ ἡ ἀντίδραση τοῦ γαϊδάρου, ὁ ὁποῖος ἀντιστέκεται στὸν ἀγρότη.

§ 74. Συντρέχουσες δυνάμεις. Συνισταμένη δυνάμεων. Οἱ ξυλοκόποι τοῦ σχήματος 81 ἔχουν δέσει δυὸ σχοινιὰ σ' ἕνα κλαδὶ τοῦ δέντρου ποὺ ἔχουν πελεκήσει τὸν κορμό του καὶ τραβοῦν γιὰ νὰ τὸ ρίξουν. Οἱ δυνάμεις F_1 καὶ F_2 ποὺ καταβάλλουν οἱ ξυλοκόποι, ἐφαρμόζονται στὸ ἴδιο σημεῖο τοῦ δέντρου. Οἱ δυνάμεις αὐτὲς ποὺ οἱ διευθύνσεις τους τέμνονται λέγονται συντρέχουσες δυνάμεις.

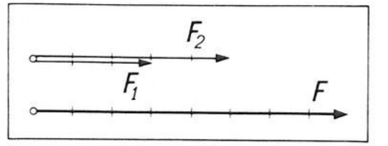


Σχ. 81. Οἱ δυνάμεις ποὺ ἀσκοῦν οἱ ξυλοκόποι εἶναι συντρέχουσες.

Οἱ ξυλοκόποι καταβάλλουν δυνάμεις F_1 καὶ F_2 γιὰ νὰ ρίξουν στὴν Γῆ τὸ κομμένο δέντρο. Τὸ ἴδιο ἀποτέλεσμα μπορεῖ νὰ ἐπιτύχη ρίχνοντας τὸ δέντρο καὶ ἕνας μόνο ρωμαλέος ξυλοκόπος, καταβάλλοντας δύναμη F. Στὴν περίπτωση αὐτὴ ἡ δύναμη F μπορεῖ νὰ ἀντικαταστήση τὶς δυνάμεις F_1 καὶ F_2 καὶ νὰ φέρη τὸ ἴδιο μὲ ἐκεῖνες ἀποτέλεσμα. Λέμε τότε ὅτι ἡ δύναμη F εἶναι ἡ συνισταμένη τῶν F_1 καὶ F_2 οἱ ὁποῖες ὀνομάζονται συνιστῶσες τῆς F. Ὥστε:

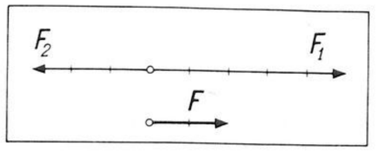
Συνισταμένη δύο ἢ περισσοτέρων δυνάμεων ὀνομάζεται ἡ δύναμη ἡ ὁποία ὅταν ἐνεργῇ μόνη της φέρνει τὸ ἴδιο ἀποτέλεσμα μὲ ἐκεῖνες, ὅταν ἐνεργοῦν ὁμαδικῶς.

§ 75. Συνισταμένη δύο συντρεχουσῶν δυνάμεων τῆς ἴδιας διευθύνσεως. **α) Ὁμόρροπες δυνάμεις.** Ὅταν δύο δυνάμεις τῆς ἴδιας διευθύνσεως ἔχουν κοινὴ φορά, λέγονται ὁμόρροπες. Ἡ συνισταμένη F δύο ὁμορρόπων συντρεχουσῶν δυνάμεων F_1 καὶ F_2 ἐπιφέρει τὸ ἀποτέλεσμά της κατὰ τὴν ἴδια διεύθυνση καὶ φορὰ μὲ τὶς συνιστῶσες, τὸ δὲ μέτρο της ἰσοῦται μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν μέτρων τῶν συνιστωσῶν (σχ. 82).



Σχ. 82. Σύνθεση δύο ὁμορρόπων δυνάμεων.

β) Ἀντίρροπες δυνάμεις. Ὅταν δύο δυνάμεις τῆς ἴδιας διευθύνσεως ἔχουν ἀντίθετη φορὰ λέγονται ἀντίρροπες. Στὴν περίπτωση δύο συντρεχουσῶν ἀντιρρόπων δυνάμεων ἡ συνισταμένη τους F ἔχει τὴν φορὰ τῆς μεγαλύτερης, τὸ δὲ μέτρο της ἰσοῦται μὲ τὴν διαφορὰ τῶν μέτρων τῶν συνιστωσῶν της (σχ. 83). Ἑπομένως:



Σχ. 83. Σύνθεση δύο ἀντιρρόπων δυνάμεων.

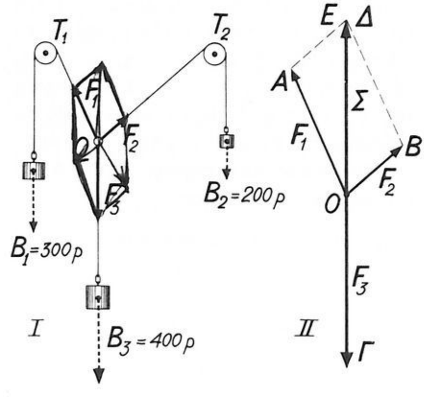
Ἡ συνισταμένη δύο συντρεχουσῶν ὁμορρόπων δυνάμεων εἶναι ὁμόρροπη πρὸς αὐτὲς καὶ ἔχει μέτρο ἴσο μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν μέτρων τῶν συνιστωσῶν της.

Ἡ συνισταμένη δύο συντρεχουσῶν ἀντιρρόπων δυνάμεων εἶναι ὁμόρροπη πρὸς τὴν μεγαλύτερη καὶ ἔχει μέτρο ἴσο μὲ τὴν διαφορὰ τῶν μέτρων τῶν συνιστωσῶν της.

§ 76. Σύνθεση πολλῶν δυνάμεων τῆς ἴδιας διευθύνσεως. Ἐὰν πολλὲς δυνάμεις ἐνεργοῦν ἐπάνω στὴν ἴδια εὐθεία καὶ ὁρισμένες ἀπὸ αὐτὲς ἔχουν φορὰ πρὸς τὰ δεξιά, ἐνῶ ἄλλες πρὸς τὰ ἀριστερά, ὅπως π.χ. στὸ σχῆμα 84, ὅπου τὰ παιδιὰ παίζουν διελκυστίνδα, γιὰ νὰ εὕρωμε τὴν συνισταμένη τους συνθέτουμε χωριστὰ τὶς δυνάμεις ποὺ ἐνεργοῦν πρὸς τὰ δεξιὰ καὶ χωριστὰ ἐκεῖνες ποὺ ἐνεργοῦν πρὸς τὰ ἀριστερὰ καταλήγοντας ἔτσι σὲ σύνθεση δύο συντρεχουσῶν ἀντιρρόπων δυνάμεων.

Σχ. 84. Στὴν διελκυστίνδα ἔχουμε σύνθεση πολλῶν δυνάμεων τῆς ἴδιας διευθύνσεως, ἀλλὰ ἀντιθέτων φορῶν.

§ 77. Ἰσορροπία τριῶν συντρεχουσῶν δυνάμεων. Πείραμα. Σὲ ἕνα δακτύλιο O δένουμε τρία νήματα καὶ περνᾶμε τὰ δύο ἀπὸ αὐτὰ ἀπὸ τὶς αὔλακες τῶν τροχαλιῶν T_1 καὶ T_2, προσδένοντας εἰς τὰ ἄκρα τους σταθμὰ βάρους $B_1 = 300$ p καὶ $B_2 = 200$ p, ἐνῶ ἀπὸ τὸ ἄκρο τοῦ τρίτου νήματος κρεμᾶμε σταθμὰ βάρους $B_3 = 400$ p. Ὁ δακτύλιος εὑρίσκεται τοιουτοτρόπως κάτω ἀπὸ τὴν ἐπίδραση τριῶν συντρεχουσῶν δυνάμεων F_1, F_2, F_3 ποὺ προκαλοῦνται ἀπὸ τὰ ἀντίστοιχα βάρη B_1, B_2, B_3. Οἱ δυνάμεις F_1 καὶ F_2 εἶναι πλάγιες, ἡ F_3 κατακόρυφη. Λόγω τῆς δράσεως τῶν τριῶν αὐτῶν δυνάμεων ὁ δακτύλιος μετακινεῖται γιὰ λίγο καὶ κατόπιν ἠρεμεῖ. Λέμε τότε ὅτι οἱ τρεῖς συντρέχουσες δυνάμεις ἰσορροποῦν (σχ. 85, I).



Σχ. **85.** Ἰσορροπία τριῶν συντρεχουσῶν δυνάμεων.

Εὔκολα μποροῦμε νὰ διαπιστώσωμε ὅτι οἱ τρεῖς κλάδοι τῶν νημάτων, ποὺ ξεκινοῦν ἀπὸ τὸν δακτύλιο, βρίσκονται στὸ ἴδιο ἐπίπεδο καὶ ὅτι ἂν ἀφαιρέσωμε ὁποιοδήποτε ἀπὸ τὰ τρία βάρη ἡ ἰσορροπία καταστρέφεται καὶ ὁ δακτύλιος μετακινεῖται. Ἑπομένως κάθε μία ἀπὸ τὶς τρεῖς δυνάμεις ἰσορροπεῖ τὶς ἄλλες δύο ἢ τὴν συνισταμένη τους. Ὥστε:

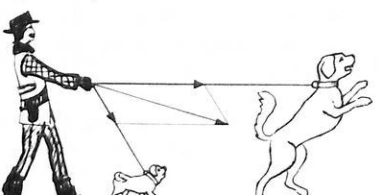
Ὅταν τρεῖς συντρέχουσες δυνάμεις ἰσορροποῦν, οἱ δυνάμεις αὐτὲς εἶναι ὁμοεπίπεδες καὶ κάθε μία εἶναι ἀντίθετη πρὸς τὴν συνισταμένη τῶν ἄλλων δύο.

§ 78. Συνισταμένη δύο συντρεχουσῶν δυνάμεων ποὺ σχηματίζουν γωνία. Παίρνοντας κατάλληλη κλίμακα χαράσσουμε σ' ἕνα χαρτὶ τὰ διανύσματα ΟΑ, ΟΒ, ΟΓ τῶν δυνάμεων F_1, F_2, F_3 τοῦ προηγουμένου πειράματος. Κατασκευάζουμε τὸ παραλληλόγραμμο ποὺ ἔχει πλευρὲς τὰ διανύσματα ΟΑ καὶ ΟΒ καὶ φέρνουμε τὴν διαγώνιό του ΟΔ (σχ. 85, II).

Ἐφ' ὅσον ὁ δακτύλιος Ο εὑρίσκεται σὲ ἰσορροπία, ἡ δύναμη F_3 εἶναι ἀντίθετη πρὸς τὴν Σ, συνισταμένη τῶν F_1 καὶ F_2, τὸ διάνυσμα ΟΕ τῆς ὁποίας θὰ πρέπει συνεπῶς νὰ βρίσκεται πάνω στὴν διεύθυνση τῆς F_3, νὰ ἔχη ἀντίθετη φορὰ πρὸς τὸ διάνυσμα τῆς F_3, καὶ ἴσο μῆκος πρὸς ἐκεῖνο. Πρακτικῶς διαπιστώνουμε ὅτι τὰ Δ καὶ Ε συμπίπτουν. Ἑπομένως:

Ἡ συνισταμένη Σ δύο συντρεχουσῶν δυνάμεων F_1 καὶ F_2 παριστάνεται κατὰ τὸ μέτρο, τὴν διεύθυνση καὶ τὴν φορὰ ἀπὸ τὴν διαγώνιο τοῦ παραλληλογράμμου ποὺ κατασκευάζεται μὲ πλευρὲς τὶς δύο συντρέχουσες δυνάμεις.

Τὸ σχῆμα 86 δείχνει δύο σκύλους, οἱ ὁποῖοι ἕλκουν τὸ χέρι τοῦ κυρίου τους πρὸς διαφορετικὲς διευθύνσεις καὶ μὲ δυνάμεις διαφορετικῶν μέτρων. Ἡ συνισταμένη τῶν δυνάμεων αὐτῶν παριστάνεται ἀπὸ τὴν διαγώνιο τοῦ παραλληλογράμμου τῶν συνιστωσῶν της, δηλαδὴ τῶν δύο δυνάμεων ποὺ ἀσκοῦν ἕλκοντας μὲ τὰ λουριά τους οἱ σκύλοι.

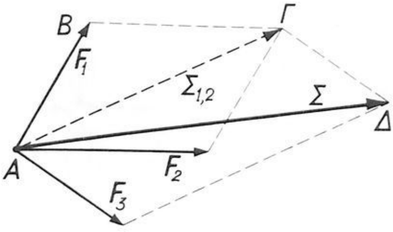


Σχ. 86. Σύνθεση δυνάμεων ποὺ ἀσκοῦν ἕλκοντας τὰ λουριά των δύο σκύλοι.

Ἡ ἐργασία κατὰ τὴν ὁποία ἀντικαθιστοῦμε δύο ἢ περισσότερες δυνάμεις μὲ τὴν συνισταμένη τους λέγεται σ ύ ν θ ε σ η δ υ ν ά μ ε ω ν. Ἀντίστροφη ἐργασία εἶναι ἡ ἀ ν ά λ υ σ η δ υ ν ά μ ε ω ν, κατὰ τὴν ὁποία ἀντικαθιστοῦμε μία δύναμη μὲ δύο ἢ περισσότερες ἄλλες δυνάμεις, ποὺ φέρνουν τὸ ἴδιο ἀποτέλεσμα μὲ τὴν ἀναλυομένη δύναμη.

§ 79. Σύνθεση πολλῶν συντρεχουσῶν δυνάμεων. Ὅταν ἔχωμε νὰ συνθέσωμε πολλὲς συντρέχουσες δυνάμεις F_1, F_2, F_3, κλπ., συνθέτουμε πρῶτα δύο τυχοῦσες ἀπὸ αὐτές, ἔστω τὶς F_1 καὶ F_2, οἱ ὁποῖες δίνουν σὰν συνισταμένη τους τὴν $\Sigma_{1,2}$. Τὴν δύναμη αὐτὴ συνθέτουμε μὲ τὴν F_3 καὶ ἔχουμε ἔτσι μιὰ καινούργια μερικὴ συνισταμένη, τὴν $\Sigma_{1,2,3}$. Μὲ αὐτὸν τὸν τρόπο συνεχίζουμε τὴν σύνθεση μέχρις ὅτου ἐξαντλήσωμε ὅλες τὶς δυνάμεις, ὁπότε εὑρίσκουμε τὴν τελικὴ συνισταμένη τους Σ.

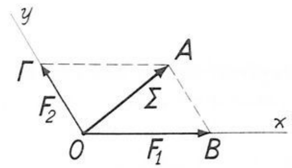
Στὸ σχῆμα 87 δείχνεται ἡ σύνθεση τριῶν συντρεχουσῶν δυνάμεων.



Σχ. 87. Σύνθεση τριῶν συντρεχουσῶν δυνάμεων.

§ 80. Ἀνάλυση δυνάμεων σὲ δύο συνιστῶσες. Μία δύναμη Σ μπορεῖ νὰ ἀναλυθῆ σὲ δύο ἢ περισσότερες συνιστῶσες, συντρέχουσες μὲ αὐτήν. Θὰ μᾶς ἀπασχολήση τὸ πρόβλημα τῆς ἀναλύσεως μιᾶς δυνάμεως σὲ δύο συνιστῶσες, στὶς ἀκόλουθες δύο περιπτώσεις.

α) Δίνονται οἱ διευθύνσεις τῶν δύο συνιστωσῶν. Ἔστω μία δύναμη Σ ἐφαρμοσμένη στὸ σημεῖο Ο, καὶ δύο διευθύνσεις Οx καὶ Οy (σχ. 88). Θέλουμε νὰ ἀναλύσωμε τὴν Σ σὲ δύο συνιστῶσες F_1 καὶ

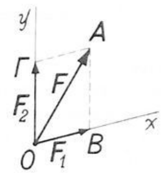


Σχ. 88. Ἀνάλυση δυνάμεως σὲ δύο συνιστῶσες μὲ γνωστὲς διευθύνσεις.

F_2, ποὺ νὰ ἔχουν διευθύνσεις τὶς Ox καὶ Oy. Ἡ Σ ποὺ παριστάνεται μὲ τὸ διάνυσμα OA, σὰν συνισταμένη τῶν F_1 καὶ F_2 θὰ εἶναι ἡ διαγώνιος τοῦ παραλληλογράμμου, ποὺ κατασκευάζεται μὲ συντρέχουσες πλευρὲς τὶς δύο αὐτὲς δυνάμεις, ἐπάνω στὶς διευθύνσεις Ox καὶ Oy. Γι᾿ αὐτὸ ἀπὸ τὸ ἄκρο A τῆς Σ, φέρνω παραλλήλους πρὸς τὶς Ox καὶ Oy καὶ ὁρίζω μ᾿ αὐτὸ τὸν τρόπο τὰ πέρατα B καὶ Γ τῶν ζητουμένων συνιστωσῶν F_1 καὶ F_2.

β) **Δίνεται ἡ μία συνιστῶσα.** Ἔστω μία δύναμη F ἐφαρμοσμένη στὸ σημεῖο O (σχ. 89) καὶ ἡ ὁποία παριστάνεται μὲ τὸ διάνυσμα OA. Ἡ F θὰ ἀναλυθῆ σὲ δύο συνιστῶσες, ἀπὸ τὶς ὁποῖες ἡ μία, ἡ F_1, εἶναι γνωστή, μᾶς δίνεται δηλαδὴ τὸ μέτρο, ἡ διεύθυνση καὶ ἡ φορά της, καὶ ἡ ὁποία παριστάνεται μὲ τὸ διάνυσμα OB. Τὸ πρόβλημα τώρα εἶναι νὰ κατασκευάσωμε τὸ παραλληλόγραμμο ποὺ ἔχει διαγώνιο τὴν OA καὶ συντρέχουσα πλευρὰ τὴν OB. Ἡ ἄλλη συντρέχουσα πλευρὰ θὰ εἶναι ἡ δεύτερη συνιστῶσα.

Ἀπὸ τὸ A φέρνουμε τὴν παράλληλη πρὸς τὴν OB καὶ ἀπὸ τὸ O τὴν παράλληλη πρὸς τὴν AB. Ἡ τομὴ Γ τῶν δύο αὐτῶν εὐθειῶν ὁρίζει τὸ τέλος τοῦ διανύσματος OΓ, τὸ ὁποῖο παριστάνει τὴν ἄλλη συνιστῶσα F_2.



Σχ. 89. Ἀνάλυση δυνάμεως σὲ δύο συνιστῶσες ὅταν δίνεται ἡ μία.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Μὲ τὴν βοήθεια μιᾶς τροχαλίας μποροῦμε νὰ ἀλλάξωμε τὴν διεύθυνση μιᾶς δυνάμεως χωρὶς νὰ μεταβάλωμε τὸ μέτρο της.

2. Δύο ἴσες καὶ ἀντίθετες δυνάμεις, (δύο δυνάμεις, δηλαδή, ποὺ ἐνεργοῦν ἐπάνω στὸ ἴδιο σημεῖο, ἔχουν τὴν ἴδια διεύθυνση, ἀντίθετη φορὰ καὶ ἴσα μέτρα), ἰσορροποῦν.

3. Οἱ δυνάμεις ἐμφανίζονται στὴν Φύση κατὰ ζεύγη.

4. Ὅταν ἕνα σῶμα δρᾶ μὲ μιὰ δύναμη (δράση) πάνω σ᾿ ἕνα ἄλλο σῶμα, τότε τὸ δεύτερο ἀντιδρᾶ ἀσκώντας ἐπάνω στὸ πρῶτο μιὰν ἀντίθετη πρὸς τὴν δράση δύναμη (ἀντίδραση).

5. Ἡ δύναμη ποὺ μπορεῖ νὰ ἀντικαταστήση δύο ἢ περισσότερες δυνάμεις, φέρνοντας μόνη τὸ ἴδιο ἀποτέλεσμα μὲ ἐκεῖνες, ὅταν δροῦν σύγχρονα, λέγεται συνισταμένη τῶν ἄλλων δυνάμεων, ἡ δὲ ἐργασία εὑρέσεως τῆς συνισταμένης διαφόρων δυνάμεων λέγεται σύνθεση δυνάμεων.

6. Οἱ δυνάμεις τῶν ὁποίων οἱ διευθύνσεις διέρχονται ἀπὸ τὸ ἴδιο σημεῖο λέγονται συντρέχουσες δυνάμεις. Τρεῖς συντρέχουσες δυνάμεις ἰσορροποῦν ὅταν εἶναι ὁμοεπίπεδες καὶ κάθε μία ἀντίθετη πρὸς τὴν συνισταμένη τῶν δύο ἄλλων.

7. Ἡ συνισταμένη δύο συντρεχουσῶν δυνάμεων ποὺ σχηματίζουν γωνία παριστάνεται κατὰ τὸ μέτρο, τὴν διεύθυνση καὶ τὴν φορὰ ἀπὸ τὴν διαγώνιο τοῦ παραλληλογράμμου, ποὺ κατασκευάζεται μὲ πλευρὲς τὶς συντρέχουσες δυνάμεις καὶ μὲ κατάλληλη κλίμακα.

8. Ἡ συνισταμένη δύο ὁμορρόπων συντρεχουσῶν δυνάμεων ἔχει μέτρο ἴσο πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν μέτρων τῶν συνιστωσῶν της καὶ εἶναι ὁμόρροπη μὲ αὐτές.

9. Ἡ συνισταμένη δύο ἀντιρρόπων συντρεχουσῶν δυνάμεων ἔχει μέτρο ἴσο μὲ τὴν διαφορὰ τῶν μέτρων τῶν συνιστωσῶν της καὶ φορὰ ἐκείνην τῆς μεγαλύτερης συνιστώσας.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. α) Δίνονται δύο συντρέχουσες δυνάμεις $F_1 = 20$ kp καὶ $F_2 = 40$ kp κάθετες μεταξύ των. Νὰ κατασκευασθῇ ἡ συνισταμένη των Σ μὲ κλίμακα στὴν ὁποία 1 cm ν' ἀντιστοιχῇ μὲ 5 kp. β) Νὰ προσδιορίσετε γραφικῶς τὸ μέτρο τῆς συνισταμένης Σ καὶ γ) μὲ ἕνα μοιρογνωμόνιο νὰ μετρήσετε τὴν γωνία ποὺ σχηματίζει ἡ συνισταμένη Σ μὲ κάθε μία ἀπὸ τὶς συνιστῶσες.

('Απ. β' 45 kp.)

2. Νῆμα περιβάλλει δύο τροχαλίες T_1 καὶ T_2. Στὰ ἄκρα του ἔχουν ἐξαρτηθῆ δύο ἴσα βάρη 1 kp. Σ' ἕνα σημεῖο O τοῦ νήματος, μεταξὺ τῶν τροχαλιῶν, κρεμᾶμε βάρος B. Ἡ ἰσορροπία ἀποκαθίσταται ὅταν τὰ τμήματα T_1O καὶ T_2O σχηματίζουν μεταξύ των γωνία 60°. α) Ποιὰ σχέση ἔχει ἡ διεύθυνση τοῦ βάρους B μὲ τὶς διευθύνσεις τῶν F_1 καὶ F_2, οἱ ὁποῖες ἐνεργοῦν στὸ σημεῖο O. β) Νὰ ὑπολογίσετε γραφικῶς τὸ μέτρο τοῦ βάρους B.

('Απ. β' 1,7 kp.)

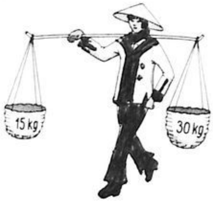
3. Δύο συντρέχουσες δυνάμεις ἔχουν τὸ ἴδιο μέτρο 10 N καὶ σχηματίζουν γωνίαν 120°. Νὰ εὑρεθῇ ἡ συνισταμένη τους α) μὲ γεωμετρικὴ κατασκευὴ καὶ β) μὲ ὑπολογισμό.

('Απ. 10 N.)

4. α) Νὰ ἀναλυθῇ μιὰ δύναμη F μὲ μέτρο 8 kp σὲ δύο δυνάμεις F_1 καὶ F_2, ἀπὸ τὶς ὁποῖες ἡ F_1 νὰ εἶναι κάθετη πάνω στὴν F καὶ νὰ ἔχῃ μέτρο 6 kp. β) Νὰ εὑρεθῇ τὸ μέτρο τῆς F_2.

('Απ. β' $F_2 = 10$ kp.)

§81. Δυνάμεις παράλληλες. Τὰ βάρη τῶν δύο κάδων, οἱ ὁποῖοι εἶναι στερεωμένοι στὰ ἄκρα τῆς ράβδου ΑΒ, ποὺ ἀκουμπᾶ στὸν ὦμο τοῦ ἐργάτη (σχ. 90)

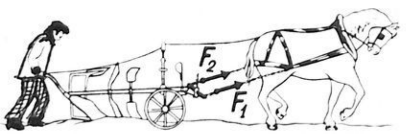


Σχ. 90. Τὰ βάρη τῶν δύο κάδων εἶναι παράλληλες δυνάμεις.

εἶναι δύο κατακόρυφες δυνάμεις F_1 καὶ F_2 μὲ πολὺ μικρὴν ἀπόσταση, ἐφαρμοσμένες στὰ ἄκρα τῆς ράβδου. Γιὰ τὸν λόγο αὐτὸ λέμε πὼς οἱ δύο αὐτὲς δυνάμεις εἶναι π α ρ ά λ λ η λ ε ς.

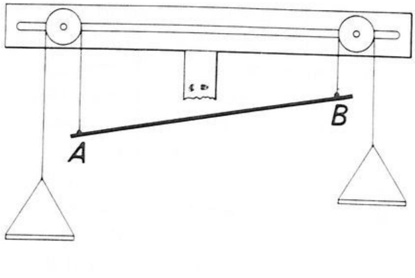
Παράλληλες εἶναι ἐπίσης οἱ δυνάμεις F_1 καὶ F_2 ποὺ ἀσκοῦνται ἀπὸ τὸ ἄλογο τοῦ σχήματος 91 μὲ τὴν βοήθεια τῶν λουριῶν στὴν ἅμαξα τοῦ ἀρότρου. Ὥστε:

Παράλληλες ὀνομάζονται οἱ δυνάμεις ποὺ ἔχουν παράλληλες διευθύνσεις.



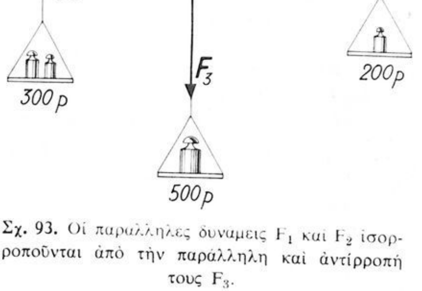
Σχ. 91. Τὸ ἄλογο ἀσκεῖ μὲ τοὺς ἱμάντες δύο παράλληλες καὶ ὁμόρροπες ἑλκτικὲς δυνάμεις στὸ ἄροτρο.

§82. Ἰσορροπία τριῶν παραλλήλων δυνάμεων. Ἡ διάταξη τοῦ σχήματος 92 ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο τροχαλίες, στερεωμένες σὲ μιὰ δοκὸ ποὺ συγκρατεῖται ἀπὸ



Σχ. 92. Πειραματικὴ διάταξη γιὰ τὴν μελέτη τῆς ἰσορροπίας τριῶν παραλλήλων δυνάμεων.

κατάλληλο ὑποστήριγμα. Ἀπὸ τὶς αὔλακες τῶν τροχαλιῶν περνοῦν δυὸ νήματα, τὰ ὁποῖα εἶναι δεμένα κατὰ τὸ ἕνα τους ἄκρο στὰ πέρατα μιᾶς ἐλαφρῆς ράβδου ΑΒ, ἐνῶ ἀπὸ τὸ ἄλλο ἄκρο τῶν νημάτων εἶναι ἐξαρτημένοι δύο ἐλαφροὶ δίσκοι. Ὅταν οἱ δίσκοι εἶναι ἄδειοι τὸ ὅλο σύστημα ἰσορροπεῖ σὲ ὁποιαδήποτε θέση ἔτσι, ὥστε νὰ μποροῦμε νὰ ἀμελοῦμε τὰ βάρη τῶν δίσκων καὶ τῆς ράβδου, τὸ μῆκος τῆς ὁποίας ἔστω 45 cm.



Σχ. 93. Οἱ παράλληλες δυνάμεις F_1 καὶ F_2 ἰσορροποῦνται ἀπὸ τὴν παράλληλη καὶ ἀντίρροπή τους F_3.

Πείραμα. Τοποθετοῦμε στὸν ἀριστερὸ δίσκο σταθμὰ βάρους 300 p καὶ στὸν δεξιὸ 200 p, ὁπότε καταστρέφεται ἡ ἰσορροπία τοῦ συστήματος καὶ ἡ ράβδος AB κινεῖται πρὸς τὰ ἄνω, ἐνῶ συγχρόνως κατέρχονται οἱ δίσκοι μὲ τὰ σταθμά. Παίρνουμε τότε σταθμὰ βάρους 500 p, τοποθετημένα σὲ δίσκο, τὸν ὁποῖο κρεμᾶμε μὲ νῆμα ἀπὸ διάφορα σημεῖα τῆς ράβδου μέχρις ὅτου ἐπιτύχωμε ἰσορροπία. Ἂν διαλέξωμε ἕνα σημεῖο Γ τῆς ράβδου, τέτοιο ὥστε νὰ εἶναι (ΓΑ) = 15 cm, ὁπότε (ΓΒ) = 30 cm ἐπιτυγχάνουμε ἰσορροπία τῆς ράβδου καὶ ὅλου τοῦ συστήματος (σχ. 93).

Μιὰ προσεκτικὴ ματιὰ στὸ σχῆμα ἐξηγεῖ τοὺς λόγους τῆς ἰσορροπίας τῆς ράβδου, πάνω στὴν ὁποία ἐνεργοῦν τρεῖς δυνάμεις: α) Οἱ δυνάμεις F_1 καὶ F_2 στὰ ἄκρα τῆς ράβδου, οἱ ὁποῖες προκαλοῦνται ἀπὸ τὰ βάρη τῶν σταθμῶν, ἔχουν φορὰ ἀπὸ κάτω πρὸς τὰ ἐπάνω καὶ εἶναι κατακόρυφες, ὅπως μποροῦμε νὰ διαπιστώσωμε ἀπὸ τὶς διευθύνσεις τους, ποὺ συμπίπτουν μὲ τὰ κατακόρυφα τμήματα τῶν νημάτων, τὰ ὁποῖα εἶναι προσδεμένα στὰ ἄκρα τῆς ράβδου. β) Ἡ δύναμη F_3 ποὺ προκαλεῖται ἀπὸ τὰ σταθμά, τὰ ὁποῖα εἶναι ἐξαρτημένα ἀπὸ τὸ σημεῖο Γ τῆς ράβδου. Ἑπομένως ἡ F_3 εἶναι παράλληλη πρὸς τὶς προηγούμενες ἀλλὰ ἀντίρροπη πρὸς ἐκεῖνες καὶ ἔχει μέτρο ἴσο μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν μέτρων τῶν ἄλλων δύο. Δηλαδή:

$$F_3 = F_1 + F_2$$

Ἐξ ἄλλου παρατηροῦμε ὅτι ὁ λόγος τῶν δυνάμεων F_1 καὶ F_2 εἶναι: $F_1 : F_2 = 300 : 200 = 3 : 2$, ὁ δὲ λόγος τῶν τμημάτων ΓΑ καὶ ΓΒ, στὰ ὁποῖα διαιρεῖ ἡ F_3 τὴν ράβδο AB, εἶναι $(ΓΒ) : (ΓΑ) = 30 : 15 = 2 : 1$. Ἑπομένως:

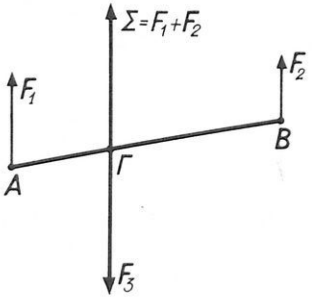
$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{ΓΒ}{ΓΑ} \quad ἢ \quad F_1 \cdot (ΓΑ) = F_2 \cdot (ΓΒ)$$

Ἀπὸ τὶς παραπάνω ἰσότητες συμπεραίνουμε ὅτι τὰ εὐθύγραμμα τμήματα ΓΑ καὶ ΓΒ εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογα πρὸς τις δυνάμεις ποὺ ἐφαρμόζονται στὰ σημεῖα Β καὶ Α τῆς ράβδου. Ὥστε:

Δύο παράλληλες καὶ ὁμόρροπες δυνάμεις F_1 καὶ F_2, οἱ ὁποῖες ἐνεργοῦν στὰ σημεῖα Α καὶ Β μιᾶς εὐθείας, ἰσορροποῦνται ἀπὸ μίαν τρίτη δύναμη F_3. Ἡ δύναμη αὐτὴ εἶναι παράλληλη πρὸς τὶς διευθύνσεις τῶν F_1 καὶ F_2, ἔχει ἀντίθετη φορὰ ἀπὸ ἐκεῖνες, μέτρο ἴσο μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν μέτρων τῶν F_1 καὶ F_2, τὸ δὲ σημεῖο ἐφαρμογῆς της Γ, διαιρεῖ τὴν ΑΒ σὲ τμήματα ἀντιστρόφως ἀνάλογα πρὸς τὶς δύο δυνάμεις.

§ 83. **Συνισταμένη δύο παραλλήλων δυνάμεων.** Ἂν ἀπὸ τὸ σύστημα μὲ τὸ ὁποῖο πειραματισθήκαμε προηγουμένως ἀφαιρέσωμε ἕνα ὁποιοδήποτε ἀπὸ τὰ τρία βάρη, ἡ ἰσορροπία καταστρέφεται. Ἐπειδὴ οἱ δυνάμεις F_1, F_2 καὶ F_3 προκαλοῦνται ἀπὸ τὰ βάρη αὐτά, συμπεραίνουμε ὅτι κάθε μία ἀπὸ αὐτὲς εἶναι ἀντίθετη πρὸς τὴν συνισταμένη τῶν ἄλλων δύο. Στὴν σύνθεση λοιπὸν δύο παραλλήλων δυνάμεων διακρίνουμε τὶς ἑξῆς δύο περιπτώσεις:

1) Δυνάμεις παράλληλες καὶ ὁμόρροπες. Ἐφ' ὅσον ἡ F_3 εἶναι ἀντίθετη πρὸς



Σχ. 94. Ἡ δύναμη F_3 εἶναι ἀντίθετη πρὸς τὴν συνισταμένη τῶν F_1 καὶ F_2.

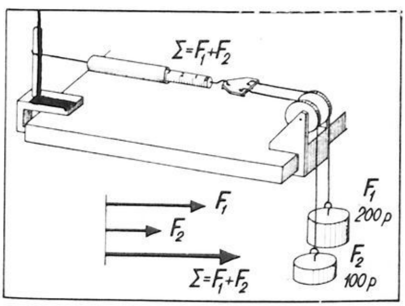
τὴν συνισταμένη τῶν F_1 καὶ F_2, ποὺ εἶναι παράλληλες καὶ ὁμόρροπες (σχ. 94) συμπεραίνουμε ὅτι:

α) Ἡ συνισταμένη Σ δύο δυνάμεων F_1 καὶ F_2, παραλλήλων καὶ ὁμορρόπων, ἐφαρμοσμένων στὰ ἄκρα Α καὶ Β μιᾶς εὐθείας ΑΒ, εἶναι παράλληλη καὶ ὁμόρροπη πρὸς τὶς συνιστῶσες της F_1 καὶ F_2.

β) Ἔχει μέτρο ἴσο μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν μέτρων τους, δηλαδὴ $\Sigma = F_1 + F_2$.

γ) Ἐφαρμόζεται σὲ ἕνα σημεῖο Γ τῆς εὐθείας ΑΒ τέτοιο, ὥστε νὰ τὴν διαιρῇ σὲ μέρη ἀντιστρόφως ἀνάλογα πρὸς τὶς δυνάμεις, δηλαδή:

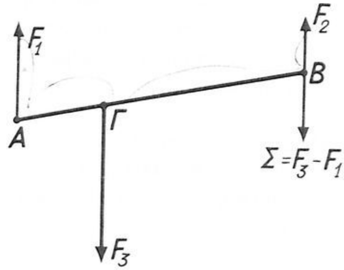
$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{\Gamma B}{\Gamma A} \text{ ἢ } F_1 \cdot (\Gamma A) = F_2 \cdot (\Gamma B)$$



Σχ. 95. Πειραματικὴ διάταξη γιὰ τὴν εὕρεση τοῦ μέτρου δύο παραλλήλων καὶ ὁμορρόπων δυνάμεων.

Τὸ σχῆμα 95 δείχνει μιὰν πειραματικὴ διάταξη γιὰ τὴν εὕρεση τοῦ μέτρου τῆς συνισταμένης δύο παραλλήλων καὶ ὁμορρόπων δυνάμεων. Ἡ ἔνδειξη τοῦ δυναμομέτρου εἶναι ἴση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν βαρῶν τῶν δύο κυλίνδρων.

2) Δυνάμεις ἄνισες, παράλληλες καὶ ἀντίρροπες. Ἐφ' ὅσον ἡ F_2 εἶναι ἀντίθετη πρὸς τὴν συνισταμένη τῶν F_1 καὶ F_3, ποὺ εἶναι παράλληλες καὶ ἀντίρροπες (σχ. 96), συμπεραίνουμε ὅτι:



Σχ. 96. Ἡ δύναμη F_2 εἶναι ἀντίθετη πρὸς τὴν συνισταμένη Σ τῶν F_1 καὶ F_3.

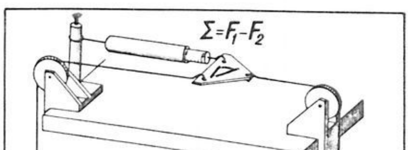
α) Ἡ συνισταμένη Σ δύο δυνάμεων F_1 καὶ F_3 ἀνίσων, παραλλήλων καὶ ἀντιρρόπων, ἐφαρμοσμένων στὰ σημεῖα Α καὶ Γ μιᾶς εὐθείας ΑΓ, (ὡς ἀντίθετη πρὸς τὴν F_2) ἔχει τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς της Β στὴν προέκταση τῆς ΑΓ καὶ πρὸς τὸ μέρος τῆς μεγαλύτερης καὶ τέτοιο ὥστε νὰ εἶναι

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{\Gamma B}{\Gamma A} \text{ ἢ } F_1 \cdot (\Gamma A) = F_2 \cdot (\Gamma B)$$

β) Ἔχει μέτρο ἴσο μὲ τὴν διαφορὰ τῶν μέτρων τῶν συνιστωσῶν της, δηλαδή:

$\Sigma = F_3 - F_1$ (διότι $\Sigma = F_2$, ἀλλὰ ἐπειδὴ $F_3 = F_1 + F_2$ ἕπεται ὅτι $F_2 = F_3 - F_1$).

γ) Εἶναι παράλληλη πρὸς τὶς συνιστῶσες F_1 καὶ F_3 καὶ ὁμόρροπη πρὸς τὴν μεγαλύτερη.



Σχ. 97 Πειραματικὴ διάταξη γιὰ τὸν ὑπολογισμὸ τοῦ μέτρου τῆς συνισταμένης δύο παραλλήλων καὶ ἀντιρρόπων δυνάμεων.

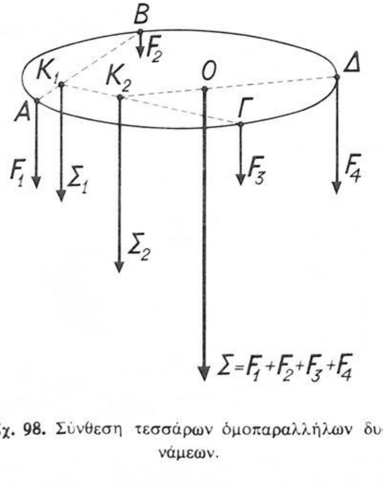
Τὸ σχῆμα 97 δείχνει μιὰν πειραματικὴ διάταξη γιὰ τὸν ὑπολογισμὸ τοῦ μέτρου τῆς συνισταμένης δύο παραλλήλων καὶ ἀντιρρόπων δυνάμεων διαφορετικῶν μέτρων. Ἡ ἔνδειξη τοῦ δυναμομέτρου εἶναι ἴση μὲ τὴν διαφορὰ $F_1 - F_2$.

§ 84. Σύνθεση πολλῶν παραλλήλων δυνάμεων. α) Ὅλες οἱ δυνάμεις ἔχουν τὴν ἴδια φορά. Στὴν περίπτωση αὐτὴ οἱ δυνάμεις λέγονται ὁμοπαράλληλες καὶ ἡ σύνθεσή τους γίνεται ὡς ἑξῆς: Συνθέτουμε δύο τυχοῦσες ἀπὸ αὐτὲς καὶ τὴν συνισταμένη τους, ποὺ θὰ εἶναι παράλληλη καὶ ὁμόρροπή τους, συνθέτουμε μὲ μιὰν ἄλλη δύναμη. Τὴν καινούργια συνισταμένη συνθέτουμε μὲ τὴν τέταρτη δύναμη καὶ προχωροῦμε μέχρις ὅτου ἐξαντλήσωμε ὅλες τὶς δυνάμεις.

Ἀπὸ τὰ παραπάνω συμπεραίνουμε ὅτι:

Ἡ συνισταμένη πολλῶν ὁμοπαραλλήλων δυνάμεων εἶναι παράλληλη καὶ ὁμόρροπη πρὸς τὶς συνιστῶσες της μὲ μέτρο ἴσο μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν μέτρων τους.

Τὸ σχῆμα 98 δείχνει τὴν σύνθεση τεσσάρων ὁμοπαραλλήλων δυνάμεων.

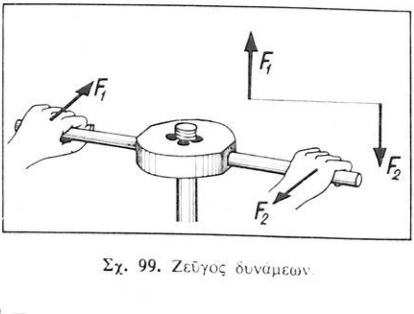


Σχ. 98. Σύνθεση τεσσάρων ὁμοπαραλλήλων δυνάμεων.

β) Οἱ δυνάμεις δὲν ἔχουν ὅλες τὴν ἴδια φορά. Στὴν περίπτωση αὐτὴ οἱ δυνάμεις ὀνομάζονται ἀντιπαράλληλες καὶ ἡ σύνθεσή τους γίνεται ὡς ἑξῆς: Οἱ παράλληλες καὶ ὁμόρροπες μιᾶς φορᾶς δίνουν ὅταν συντεθοῦν μιὰν συνισταμένη, πρᾶγμα τὸ ὁποῖο θὰ γίνη καὶ μὲ τὶς παράλληλες καὶ ὁμόρροπες τῆς ἀντίθετης φορᾶς. Ἔτσι τελικὰ καταλήγουμε στὴν σύνθεση δύο παραλλήλων καὶ ἀντιρρόπων δυνάμεων.

Τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς τῆς συνισταμένης τῶν ὁμοπαραλλήλων δυνάμεων ὀνομάζεται κέντρο τῶν ὁμοπαραλλήλων δυνάμεων, προκειμένου δὲ γιὰ τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς τῆς συνισταμένης τῶν ἀντιπαραλλήλων δυνάμεων, αὐτὸ ὀνομάζεται κέντρο τῶν ἀντιπαραλλήλων δυνάμεων. Τὰ δύο αὐτὰ κέντρα δὲν ἐξαρτῶνται ἀπὸ τὴν σειρὰ τῶν δυνάμεων κατὰ τὴν σύνθεση.

γ) Δυνάμεις παράλληλες καὶ ἀντίρροπες ἴσου μέτρου. Ἂν οἱ παράλληλες καὶ ἀντίρροπες δυνάμεις ἔχουν ἴσα μέτρα ἡ συνισταμένη τους θὰ ἰσοῦται μὲ τὴν μηδενικὴ δύναμη, δηλαδὴ δὲν θὰ ἔχουν συνισταμένη. Στὴν περίπτωση αὐτὴ λέμε ὅτι ἔχουμε ζεῦγος δυνάμεων (σχ. 99). Ὅταν ἐπάνω σ' ἕνα ἐλεύθερο σῶμα ἀσκῆται ἕνα ζεῦγος δυνάμεων, τὸ σῶμα περιστρέφεται γύρω ἀπὸ ἕναν ἄξονα, κάθετο στὸ ἐπίπεδο τοῦ ζεύγους. Ζεῦγος δυνάμεων ἐφαρμόζουμε ὅταν βιδώνωμε μία βί-



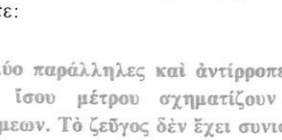
Σχ. 99. Ζεῦγος δυνάμεων.

Σχ. **100.** Τὰ χέρια τοῦ ὁδηγοῦ ἀσκοῦν στὸ πηδάλιο τοῦ αὐτοκινήτου ζεῦγος δυνάμεων.

δα, ὅταν ἐκπωματίζωμε μία φιάλη μὲ τὸν ἐκπωματιστή, ὅταν στρέφωμε τὸ πηδάλιο (τιμόνι) τοῦ αὐτοκινήτου (σχ. 100) κλπ. Ὥστε:

Δύο παράλληλες καὶ ἀντίρροπες δυνάμεις ἴσου μέτρου σχηματίζουν ζεῦγος δυνάμεων. Τὸ ζεῦγος δὲν ἔχει συνισταμένη καὶ προκαλεῖ περιστροφὴ τοῦ σώματος ἐπάνω στὸ ὁποῖο ἐφαρμόζεται.

Ἀριθμητικὰ παραδείγματα. 1. Ἕνα στερεὸ ὑπόκειται στὴν δράση δύο παραλλήλων καὶ ὁμορρόπων δυνάμεων F_1 καὶ F_2 (σχ. 101), οἱ ὁποῖες ἔχουν μέτρο 8 kp καὶ 4 kp καὶ σημεῖα ἐφαρμογῆς τὰ σημεῖα Α καὶ Β τοῦ σώματος ἀντιστοίχως. Νὰ εὑρεθῇ ἡ συνισταμένη τους.



$F_1 \cdot A\Gamma = F_2 \cdot B\Gamma$

Σχ. 101.

Λύση. Ἔστω Γ τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς τῆς συνισταμένης δυνάμεως Σ. Καθὼς ἀναφέραμε θὰ ἰσχύῃ ἡ σχέση:

$$F_1 \cdot (A\Gamma) = F_2 \cdot (B\Gamma) \text{ ἤ}$$

$$\frac{(A\Gamma)}{F_2} = \frac{(B\Gamma)}{F_1} = \frac{A\Gamma + B\Gamma}{F_1 + F_2} = \frac{(AB)}{F_1 + F_2}$$

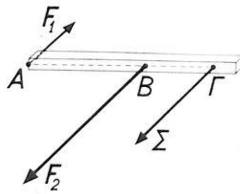
Δηλαδή:

$$(A\Gamma) = (AB) \cdot \frac{F_2}{F_1 + F_2} = (AB) \cdot \frac{4}{12} = \frac{AB}{3}$$

Τὸ σημεῖο ἑπομένως Γ εὑρίσκεται μεταξὺ τῶν σημείων Α καὶ Β στὸ ἕνα τρίτο τοῦ μήκους ΑΒ ξεκινώντας ἀπὸ τὸ σημεῖο Α. Τὸ μέτρο ἄλλωστε τῆς συνισταμένης δυνάμεως Σ θὰ εἶναι:

$$\Sigma = F_1 + F_2 = (8 + 4)\ kp = 12\ kp$$

2. Σὲ δύο σημεῖα Α καὶ Β ἑνὸς στερεοῦ ἀσκοῦνται δύο παράλληλες καὶ ἀντίρροπες δυνάμεις μὲ μέτρα 4 kp καὶ 12 kp ἀντιστοίχως (σχ. 102). Νὰ εὑρεθῇ ἡ συνισταμένη τους.



Σχ. 102.

Λύση. Ἡ εὐθεία ἐπενεργείας τῆς συνισταμένης δυνάμεως Σ εἶναι παράλληλη τῶν δυνάμεων F_1 καὶ F_2 καὶ τέμνει τὴν προέκταση τῆς ΑΒ στὸ σημεῖο Γ καὶ πρὸς τὸ μέρος τῆς μεγαλύτερης δυνάμεως ἔτσι, ὥστε:

$$F_1 \cdot (A\Gamma) = F_2 \cdot (B\Gamma) \text{ ἤ}$$

$$\frac{(A\Gamma)}{F_2} = \frac{(B\Gamma)}{F_1} = \frac{(A\Gamma) - (B\Gamma)}{F_2 - F_1} = \frac{(AB)}{F_2 - F_1}$$

Δηλαδή:

$$(A\Gamma) = (AB) \cdot \frac{F_2}{F_2 - F_1} = (AB) \cdot \frac{12\ kp}{(12 - 4)\ kp}$$

Ὥστε: $(A\Gamma) = \frac{3}{2}\ (AB)$

Τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς ἑπομένως τῆς συνισταμένης Σ εὑρίσκεται στὴν προέκταση τῆς ΑΒ καὶ σὲ ἀπόσταση $\frac{3}{2}$ (ΑΒ) ἀπὸ τὸ σημεῖο Α. Ἡ φορὰ τῆς συνισταμένης δυνάμεως συμπίπτει μὲ τὴν φορὰ τῆς δυνάμεως F_2. Τὸ μέτρο ἄλλωστε τῆς συνισταμένης δυνάμεως Σ θὰ εἶναι:

$$\Sigma = F_2 - F_1 = (12 - 4)\ kp = 8\ kp$$

$\frac{F_1}{F_2} = \frac{B\Gamma}{A\Gamma}$

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Οἱ δυνάμεις ποὺ ἔχουν παράλληλες διευθύνσεις ὀνομάζονται παράλληλες δυνάμεις. Ἂν οἱ παράλληλες δυνάμεις ἔχουν τὴν ἴδια φορὰ λέγονται παράλληλες καὶ ὁμόρροπες. Ἂν δύο παράλληλες δυνάμεις ἔχουν ἀντίθετη φορὰ λέγονται παράλληλες καὶ ἀντίρροπες.

2. Δύο παράλληλες καὶ ὁμόρροπες δυνάμεις F_1 καὶ F_2 ἐφαρμοσμένες ἀντιστοίχως στὰ σημεῖα Α καὶ Β ἑνὸς σώματος, ἰσορροποῦνται ἀπὸ μιὰ τρίτη παράλληλη δύναμη F_3, ἀντίρροπη πρὸς αὐτές. Τὸ μέτρο τῆς F_3 ἰσοῦται μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν μέτρων τῶν δύο ἄλλων, δηλαδὴ $F_3 = F_1 + F_2$, τὸ δὲ σημεῖο ἐφαρμογῆς της βρίσκεται σ' ἕνα σημεῖο Γ τῆς εὐθείας ΑΒ, τέτοιο ὥστε :

$$F_1 \cdot (\Gamma A) = F_2 \cdot (\Gamma B).$$

3. Ἡ συνισταμένη τῶν δύο παραλλήλων καὶ ὁμορρόπων δυνάμεων F_1 καὶ F_2, εἶναι ἴση μὲ τὴν Σ ἀντίθετη τῆς F_3.

4. Ἡ συνισταμένη τῶν δύο παραλλήλων καὶ ἀντιρρόπων δυνάμεων F_1 καὶ F_3, εἶναι ἴση μὲ τὴν ἀντίθετη τῆς F_2.

5. Δύο παράλληλες καὶ ἀντίρροπες δυνάμεις μὲ ἴσα μέτρα δὲν ἔχουν συνισταμένη καὶ σχηματίζουν ζεῦγος δυνάμεων, τὸ ὁποῖο προκαλεῖ περιστροφὴ τοῦ σώματος ἐπάνω στὸ ὁποῖο ἐφαρμόζεται.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Δύο παιδιὰ ἔχουν βάρος 40 kp καὶ 60 kp τὸ καθένα καὶ κάνουν τραμπάλα μὲ μιὰ σανίδα 3 m μήκους ποὺ στηρίζεται σὲ ἕναν κορμὸ δένδρου. α) Ἐὰν τὰ παιδιὰ κάθωνται στὶς ἄκρες τῆς σανίδας νὰ ὑπολογισθῇ σὲ πόση ἀπόσταση ἀπὸ τὸ ἐλαφρότερο παιδὶ πρέπει νὰ εὑρίσκεται ὁ κορμὸς γιὰ νὰ ὑπάρχῃ ἰσορροπία. β) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ δύναμη ποὺ ἀσκεῖται στὸ κορμό.

(Ἀπ. α' 1,8 m. β' 100 kp.)

2. Στὰ ἄκρα μιᾶς ῥάβδου μήκους 1 m ἀσκοῦνται δύο κατακόρυφες δυνάμεις μὲ μέτρα $F_1 = 20$ kp καὶ $F_2 = 30$ kp μὲ φορὰ ἀπὸ κάτω πρὸς τὰ ἐπάνω. α) Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ μέτρο τῆς συνισταμένης των Σ καὶ νὰ εὑρεθῇ τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς της. β) Νὰ παραστήσετε γραφικὰ τόσον τὶς F_1 καὶ F_2 ὅσον καὶ τὴν Σ. (Νὰ πάρετε σὰν κλίμακα ἀντιστοιχίας 1 cm γιὰ 5 kp).

(Ἀπ. Σ = 50 kp, 0,6 m.)

3. Δύο ἐργάτες μεταφέρουν μιὰ μηχανὴ βάρους Β = 160 kp μὲ τὴν βοήθεια μιᾶς μεταλλικῆς ῥάβδου, μήκους l = 2 m. Ἡ μηχανὴ ἔχει ἐξαρτηθῇ ἀπὸ ἕνα σημεῖο, τὸ ὁποῖο ἀπέχει l = 1,25 m ἀπὸ τὸν πρῶτο ἐργάτη. Ποιὰ δύναμη ὑφίσταται κάθε ἐργάτης; (Ἀπ. 100 kp.)

4. Σὲ δύο σημεῖα τὰ ὁποῖα ἀπέχουν μεταξύ τους σταθερὴν ἀπόσταση 25 cm ἀσκοῦνται δύο δυνάμεις παράλληλες καὶ ὁμόρροπες. Τὰ μέτρα τους εἶναι 5 N καὶ 2 N ἀντιστοίχως. Νὰ εὑρεθῇ τὸ μέτρο τῆς συνισταμένης τους. (Ἀπ. 7 N.)

5. Ἕνα δοκάρι ἔχει βάρος 20 kp καὶ μῆκος 2 m. Πῶς πρέπει νὰ στηρίξωμε αὐτὸ τὸ δοκάρι ὥστε νὰ παραμένῃ σὲ ἰσορροπία ὅταν στὴν μία ἄκρη του ἀσκῆται δύναμη μέτρου 5 kp.

(Ἀπ. Ἀπὸ τὸ μέσο x = 20 cm.)

6. Ἕνας ἄνθρωπος στηρίζει στὸν ὦμο του μιὰ ῥάβδο μὲ μῆκος l = 1,5 m, ἐνῶ στὰ ἄκρα της ἔχουν ἐξαρτηθῇ δυὸ κουβάδες μὲ νερὸ βάρους $B_1 = 12$ kp καὶ $B_2 = 18$ kp. α) Πόσο πρέπει νὰ ἀπέχῃ ἀπὸ τὸν ὦμο τοῦ ἀνθρώπου τὸ ἄκρο στὸ ὁποῖο εἶναι κρεμασμένος ὁ κουβᾶς μὲ τὸ μικρότερο βάρος γιὰ νὰ ἔχωμε ἰσορροπία. β) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ δύναμη ποὺ ἀσκεῖ ἡ ῥάβδος στὸν ὦμο τοῦ ἀνθρώπου καὶ γ) Ἂν τὸ βάρος τοῦ ἀνθρώπου εἶναι 72 kp, ποιὰ δύναμη ἀσκεῖ αὐτὸς στὸ ἔδαφος.

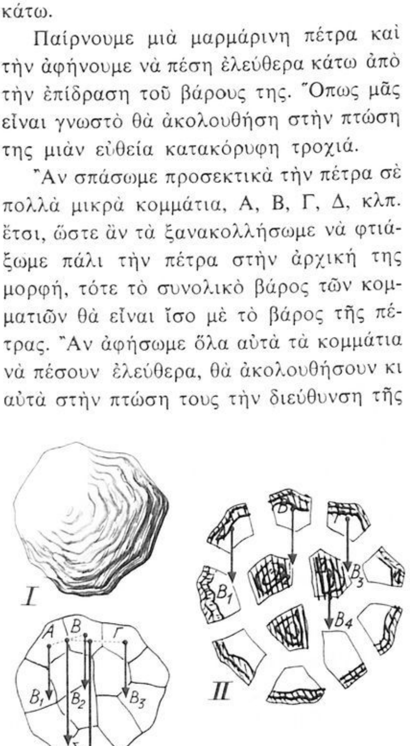
(Ἀπ. α' 0,9 m. β' 30 kp. γ' 102 kp.)

ΙΒ' – ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ

§ 85. Κέντρο βάρους ἑνὸς σώματος. Σὲ προηγούμενο μάθημα μιλήσαμε γιὰ τὴν ἑλκτικὴ δύναμη τῆς Γῆς, ποὺ προκαλεῖ τὸ βάρος τῶν σωμάτων. Εἴπαμε δὲ ὅτι τὸ βάρος εἶναι μιὰ δύναμη μὲ κατακόρυφη διεύθυνση καὶ φορὰ ἀπὸ ἐπάνω πρὸς τὰ κάτω.

Παίρνουμε μιὰ μαρμάρινη πέτρα καὶ τὴν ἀφήνουμε νὰ πέση ἐλεύθερα κάτω ἀπὸ τὴν ἐπίδραση τοῦ βάρους της. Ὅπως μᾶς εἶναι γνωστὸ θὰ ἀκολουθήση στὴν πτώση της μιὰν εὐθεία κατακόρυφη τροχιά.

Ἂν σπάσωμε προσεκτικὰ τὴν πέτρα σὲ πολλὰ μικρὰ κομμάτια, Α, Β, Γ, Δ, κλπ. ἔτσι, ὥστε ἂν τὰ ξανακολλήσωμε νὰ φτιάξωμε πάλι τὴν πέτρα στὴν ἀρχική της μορφή, τότε τὸ συνολικὸ βάρος τῶν κομματιῶν θὰ εἶναι ἴσο μὲ τὸ βάρος τῆς πέτρας. Ἂν ἀφήσωμε ὅλα αὐτὰ τὰ κομμάτια νὰ πέσουν ἐλεύθερα, θὰ ἀκολουθήσουν κι αὐτὰ στὴν πτώση τους τὴν διεύθυνση τῆς κατακορύφου κάτω ἀπὸ τὴν ἐπίδραση τῶν βαρῶν τους B_1, B_2, B_3, κλπ. (σχ. 103).



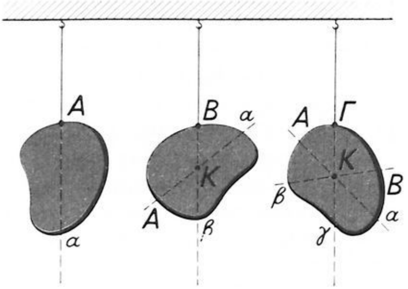
Σχ. 103. Τὸ βάρος τῆς πέτρας (I) εἶναι ἴσο μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν βαρῶν τῶν κομματιῶν στὰ ὁποῖα τὴν ἐτεμαχίσαμε (II). Τὸ βάρος συνεπῶς τῆς πέτρας εἶναι ἴσο μὲ τὴν συνισταμένη τῶν βαρῶν τῶν μικρῶν κομματιῶν τὰ ὁποῖα σχηματίζουν τὴν πέτρα.

Ἂς φαντασθοῦμε τώρα πὼς κολλήσαμε τὰ κομμάτια τῆς μαρμάρινης πέτρας καὶ τὴν ξαναφτιάξαμε στὴν ἀρχική της μορφή. Ἡ μαρμάρινη πέτρα σχηματίζεται λοιπὸν ἀπὸ τὴν συσσωμάτωση ἑνὸς μεγάλου ἀριθμοῦ μικροτέρων κομματιῶν, τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦν τὰ συστατικά της στοιχεῖα. Τὰ βάρη ὅλων αὐτῶν τῶν στοιχείων — ἢ στοιχειώδη βάρη, ὅπως τὰ λέμε — εἶναι δυνάμεις μὲ κατακόρυφη διεύθυνση καὶ φορὰ ἀπὸ πάνω πρὸς τὰ κάτω, εἶναι λοιπὸν δυνάμεις παράλληλες καὶ ὁμόρροπες, ἡ συνισταμένη τῶν ὁποίων εὑρίσκεται ὡς ἑξῆς:

Συνθέτουμε πρῶτα τὶς B_1 καὶ B_2 καὶ τὴν συνισταμένη τους Σ_1 συνθέτουμε μὲ τὴν B_3. Τὴν συνισταμένη Σ_2 τῶν Σ_1 καὶ B_3 συνθέτουμε μὲ τὴν B_4 καὶ προχωροῦμε μέχρις ὅτου ἐξαντλήσωμε ὅλα τὰ στοιχειώδη βάρη. Ἡ τελικὴ συνισταμένη Β εἶναι τὸ βάρος τοῦ σώματος, τὸ δὲ σημεῖο ἐφαρμογῆς της Κ ὀνομάζεται **κέντρο βάρους** τοῦ σώματος. Ὅπως δὲ ἀποδείχνεται ἡ θέση τοῦ κέντρου βάρους δὲν ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν σειρὰ μὲ τὴν ὁποία ἔγινε ἡ πρόσθεση. Ὥστε:

Κέντρο βάρους ἑνὸς σώματος ὀνομάζεται τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς τῆς συνισταμένης τῶν στοιχειωδῶν βαρῶν, τὸ ἄθροισμα τῶν ὁποίων ἀποτελεῖ τὸ βάρος τοῦ σώματος. Τὸ κέντρο βάρους εἶναι σταθερὸ καὶ ὡρισμένο γιὰ κάθε σῶμα.

§ 86. Πειραματικὸς προσδιορισμὸς τοῦ κέντρου βάρους. α) Κέντρο βάρους ἐπιπέδων πλακῶν. Παίρνουμε μιὰ λεπτὴ πλάκα, ὁποιουδήποτε σχήματος, ἀπὸ χαρτόνι ἢ πλαστικό, καὶ τὴν κρεμᾶμε ἀπὸ ἕνα



Σχ. 104. Πειραματικὸς προσδιορισμὸς τοῦ κέντρου βάρους λεπτῆς ἀκανόνιστης πλάκας μὲ τρεῖς ἐξαρτήσεις.

τυχαῖο σημεῖο Α τῆς περιμέτρου της, μὲ νῆμα ποὺ εἶναι δεμένο σὲ σταθερὸ σημεῖο (σχ. 104). Ὅταν ἠρεμήση τὸ σύστημα διαπιστώνουμε ὅτι ἡ προέκταση τοῦ νήματος συμπίπτει μὲ τὴν διεύθυνση Αα τῆς κατακορύφου.

Ἐπαναλαμβάνουμε τὸ πείραμα δύο ἀκόμη φορὲς ἐξαρτώντας τὴν πλάκα ἀπὸ δύο ἄλλα τυχαῖα σημεῖα τῆς περιμέτρου της, ἔστω τὰ Β καὶ Γ, σημειώνοντας κάθε φορὰ τὶς διευθύνσεις τῆς κατακορύφου Ββ καὶ Γγ ποὺ διέρχονται ἀπὸ τὰ σημεῖα ἐξαρτήσεως (σχ. 104). Διαπιστώνουμε τότε ὅτι οἱ εὐθεῖες ποὺ χαράξαμε τέμνονται στὸ ἴδιο σημεῖο Κ. Ἑπομένως ὁποιοδήποτε κι ἂν εἶναι τὸ σημεῖο ἐξαρτήσεως Α, Β, Γ..., ὑπάρχει πάντοτε ἕνα ὁρισμένο σημεῖο Κ τῆς πλάκας, ἀπὸ τὸ ὁποῖο διέρχεται ἡ κατακόρυφος ποὺ περνάει ἀπὸ τὸ σημεῖο ἐξαρτήσεως.

Ὅταν ὅμως ἡ κρεμασμένη πλάκα ἠρεμῆ, τὸ νῆμα τείνεται ἀπὸ τὸ βάρος τῆς πλάκας. Ἑπομένως ἡ προέκταση τοῦ νήματος συμπίπτει μὲ τὴν διεύθυνση τοῦ βάρους σὲ κάθε περίπτωση ἐξαρτήσεως καὶ ἡ τομὴ τῶν διευθύνσεων αὐτῶν καθορίζει τὴν θέση τοῦ κέντρου βάρους. Ὥστε:

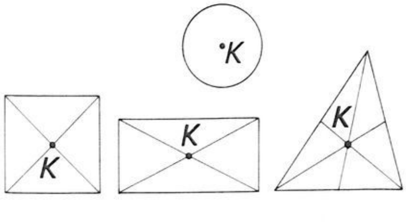
Γιὰ νὰ προσδιορίσωμε τὸ κέντρο βάρους μιᾶς πλάκας, τὴν κρεμᾶμε διαδοχικὰ ἀπὸ διάφορα σημεῖα τῆς περιμέτρου της καὶ σὲ κάθε περίπτωση χαράζουμε τὴν κατακόρυφο ποὺ διέρχεται ἀπὸ τὸ σημεῖο ἐξαρτήσεως. Οἱ εὐθεῖες αὐτὲς τέμνονται σὲ ἕνα σημεῖο, τὸ ὁποῖο εἶναι τὸ κέντρο βάρους τῆς πλάκας.

Ἀπὸ τὰ παραπάνω φαίνεται πὼς γιὰ τὸν προσδιορισμὸ τοῦ κέντρου βάρους μιᾶς λεπτῆς πλάκας, χρειαζόμαστε δύο τουλάχιστον ἐξαρτήσεις. Μιὰ τρίτη ἐξάρτηση ἐπαληθεύει τὴν θέση τοῦ κέντρου βάρους ποὺ οἱ δυὸ προηγούμενες ἐξαρτήσεις καθόρισαν.

§ 87. **Κέντρα βάρους ἐπιπέδων ὁμογενῶν γεωμετρικῶν σχημάτων.** Ὅταν ἕνα σῶμα ἀποτελῆται ἀπὸ τὸ ἴδιο ὑλικό, τὸ ὁποῖο παρουσιάζει ὁμοιόμορφη κατανομὴ μέσα στὸν ὄγκο τοῦ σώματος, τὸ σῶμα λέγεται ὁμογενές. Ἔτσι ὁμογενὴς εἶναι μιὰ μαρμάρινη κολόνα, μιὰ σιδερένια ράβδος κλπ.

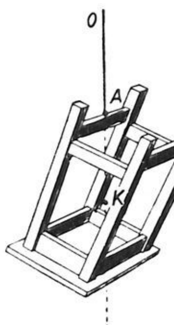
Ἂν ἐπαναλάβωμε τὸ πείραμα τοῦ προσδιορισμοῦ τοῦ κέντρου βάρους μὲ τὴν μέθοδο τῶν ἐξαρτήσεων σὲ ὁμογενεῖς πλάκες γεωμετρικοῦ σχήματος, βρίσκουμε ὅτι αὐτὸ συμπίπτει μὲ τὸ γεωμετρικὸ κέντρο τους. Ἔτσι διαπιστώνουμε ὅτι κέντρο βάρους α) ἑνὸς κύκλου εἶναι τὸ κέντρο τοῦ κύκλου, β) ἑνὸς τετραγώνου, ἑνὸς ὀρθογωνίου, ἢ γενικώτερα ἑνὸς παραλληλογράμμου, εἶναι τὸ σημεῖο τομῆς τῶν διαγωνίων τους, γ) ἑνὸς τριγώνου τὸ σημεῖο τομῆς τῶν διαμέσων του (σχ. 105).

§ 88. **Κέντρο βάρους τυχόντος στερεοῦ.** Χρησιμοποιώντας τὴν μέθοδο τῆς ἐξαρτήσεως, δὲν μποροῦμε νὰ προσδιορίσωμε μὲ ἀκρίβεια τὸ κέντρο βάρους ἑνὸς πλήρους στερεοῦ σώματος, τυχαίου σχήματος, διότι δὲν μᾶς εἶναι δυνατὸ νὰ καθορίσωμε τὴν προέκταση τῆς κατακορύ-



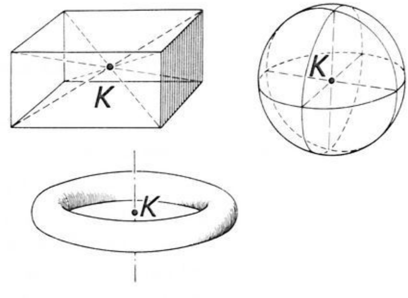
Σχ. 105. Τὸ κέντρο βάρους τῶν γεωμετρικῶν σχημάτων συμπίπτει μὲ τὸ γεωμετρικὸ κέντρο τους.

φου, ἡ ὁποία περνᾶ ἀπὸ τὸ σημεῖο ἐξαρτήσεως μέσα στὸ σῶμα. Μποροῦμε ὅμως μὲ τὴν μέθοδο αὐτὴ νὰ καθορίσωμε τὸ κέντρο βάρους μιᾶς καρέκλας ἢ ἑνὸς μικροῦ τραπεζιοῦ, αἰσθητοποιώντας τὴν προέκταση τῆς κατακορύφου ποὺ σὲ κάθε περίπτωση περνᾶ ἀπὸ τὸ σημεῖο ἐξαρτήσεως, μὲ λεπτὲς κλωστὲς τὶς ὁποῖες στερεώνουμε κατάλληλα τεντωμένες, καὶ ἡ τομὴ τῶν ὁποίων δίνει τὴν θέση τοῦ κέντρου βάρους (σχ. 106).



Σχ. 106. Πειραματικὸς προσδιορισμὸς τοῦ κέντρου βάρους ἑνὸς μὴ πλήρους στερεοῦ (τραπέζι).

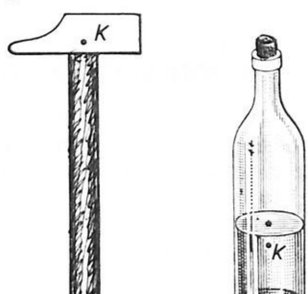
§ 89. Κέντρο βάρους ὁμογενῶν γεωμετρικῶν στερεῶν. Ὅπως καὶ στὴν περίπτωση τῶν ὁμογενῶν ἐπιπέδων γεωμετρικῶν σχημάτων, τὸ κέντρο βάρους τῶν



Σχ. 107. Τὸ κέντρο βάρους τῶν γεωμετρικῶν ὁμογενῶν στερεῶν συμπίπτει μὲ τὸ γεωμετρικὸ κέντρο τους. Στὸν δακτύλιο τὸ κέντρο βάρους εἶναι ἔξω ἀπὸ τὴν μάζα του.

ὁμογενῶν γεωμετρικῶν στερεῶν συμπίπτει μὲ τὸ γεωμετρικὸ κέντρο τους. Ἔτσι κέντρο βάρους τῆς σφαίρας εἶναι τὸ κέντρο της, τοῦ κύβου ἢ ὁποιουδήποτε παραλληλεπιπέδου ἡ τομὴ τῶν διαγωνίων του κλπ. (σχ. 107).

Ἐὰν τὰ γεωμετρικὰ στερεὰ δὲν εἶναι ὁμογενῆ, τότε τὸ κέντρο βάρους των εἶναι γενικῶς διαφορετικὸ ἀπὸ τὸ γεωμετρικό τους κέντρο καὶ βρίσκεται στὸ πιὸ βαρὺ μέρος τοῦ στερεοῦ ἢ πολὺ κοντὰ σ᾽ αὐτὸ (σχ. 108).



Σχ. 108. Τὸ κέντρο βάρους γεωμετρικῶν ἀλλὰ μὴ ὁμογενῶν στερεῶν δὲν συμπίπτει μὲ τὸ γεωμετρικό τους κέντρο.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Κέντρο βάρους ἑνὸς σώματος ὀνομάζεται τὸ σταθερὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς τῆς δυνάμεως τοῦ βάρους τοῦ σώματος.

2. Προκειμένου περὶ λεπτῆς καὶ ὁμογενοῦς πλάκας, ὁποιουδήποτε σχήματος, εἶναι εὔκολο νὰ προσδιορίσωμε τὸ κέντρο βάρους της μὲ δύο τοὐλάχιστον ἐξαρτήσεις. Οἱ κατακόρυφες, ποὺ διέρχονται ἀπὸ τὰ σημεῖα ἐξαρτήσεως, συμπίπτουν μὲ τὴν διεύθυνση τοῦ βάρους τοῦ σώματος, ἐπειδὴ δὲ εἶναι συντρέχουσες, ὁρίζουν μὲ τὴν τομή τους τὸ κέντρο βάρους τῆς πλάκας.

3. Τὸ κέντρο βάρους ὁμογενῶν ἐπιπέδων σχημάτων συμπίπτει μὲ τὸ γεωμετρικό τους κέντρο. Ἔτσι κέντρο βάρους τοῦ κύκλου εἶναι τὸ κέντρο του, τοῦ παραλληλογράμμου ἡ τομὴ τῶν διαγωνίων του, τοῦ τριγώνου ἡ τομὴ τῶν διαμέσων του κλπ.

4. Θεωρητικὰ τὸ κέντρο βάρους ἑνὸς ὁποιουδήποτε στερεοῦ εἶναι δυνατὸν νὰ προσδιορισθῆ μὲ ἐξαρτήσεις, ὅπως στὴν περίπτωση τῶν πλακῶν.

5. Τὸ κέντρο βάρους τῶν ὁμογενῶν στερεῶν συμπίπτει μὲ τὸ γεωμετρικό τους κέντρο. Ἔτσι τὸ κέντρο βάρους ἑνὸς κύβου ἢ γενικώτερα ἑνὸς παραλληλεπιπέδου εἶναι ἡ τομὴ τῶν διαγωνίων του, μιᾶς σφαίρας τὸ κέντρο της, ἑνὸς ὀρθοῦ κυλίνδρου τὸ μέσο τοῦ ὕψους του. Τὸ κέντρο βάρους μιᾶς κανονικῆς ὁμογενοῦς πυραμίδος ἢ ἑνὸς ὁμογενοῦς κώνου εὑρίσκεται στὸ $^1/_4$ τοῦ ὕψους των, ξεκινώντας ἀπὸ τὴν βάση.

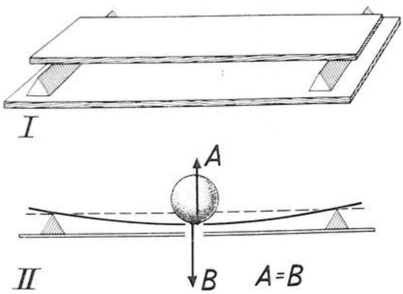
6. Ὅταν τὸ σῶμα δὲν εἶναι ὁμογενὲς (ἑτερογενὲς) τὸ κέντρο βάρους βρίσκεται πολὺ κοντὰ στὸ βαρύτερο μέρος τοῦ σώματος ἢ μέσα σ' αὐτό.

ΙΓ' – ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ ΣΤΕΡΕΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ

§ 90. Γενικὴ συνθήκη ἰσορροπίας στερεοῦ σώματος ἐπάνω στὸ ὁποῖο ἐνεργεῖ μόνο τὸ βάρος του. Ἀντίδραση τοῦ ὑποστηρίγματος. Ἕνα ὁποιοδήποτε σῶμα δὲν εὑρίσκεται ποτὲ ἀπομονωμένο στὴν Φύση. Γι' αὐτὸν τὸν λόγο δέχεται τὶς ἐπιδράσεις ἄλλων σωμάτων, ποὺ βρίσκονται στὸ περιβάλλον του ἢ ἔρχεται σ' ἐπαφὴ μὲ αὐτὰ καὶ οἱ ἐπιδράσεις αὐτὲς ἐκδηλώνονται σὰν δυνάμεις, ποὺ ἀσκοῦνται ἐπάνω στὸ σῶμα. Σύμφωνα ὅμως μὲ τὸ ἀξίωμα τῆς δράσεως καὶ ἀντιδράσεως καὶ τὸ σῶμα ἀντιδρᾶ στὴν δράση τῶν ἄλλων σωμάτων καὶ ἀσκεῖ ἐπάνω σ' αὐτὰ ἀντίθετες δυνάμεις.

Αὐτὸ φαίνεται ἀπὸ τὸ παρακάτω πείραμα:

Πείραμα. Στηρίζουμε ἕνα μεταλλικὸ φύλλο ἐπάνω σὲ δύο πρισματικὰ τριγωνικὰ ραβδιὰ (σχ. 109, Ι) καὶ τοποθετοῦμε ἐπάνω στὸ φύλλο ἕνα βαρὺ σῶμα, ἔστω μιὰ σιδερένια σφαίρα, ὁπότε τὸ φύλλο ἀρχίζει νὰ κάμπτεται κάτω ἀπὸ τὴν ἐπίδραση τοῦ βάρους τῆς σφαίρας. Τὸ μεταλλικὸ φύλλο ὅμως ἐνῶ κάμπτεται ἀσκεῖ ἐπάνω στὸ αἴτιο ποὺ προκαλεῖ τὴν κάμψη του, δηλαδὴ στὴν σφαίρα, δύναμη ποὺ τείνει νὰ ἐξουδετερώση τὸ βάρος τῆς σφαίρας. Ὅσο προχωρεῖ ἡ κάμψη τόσο μεγαλώνει ἡ ἀν-



Σχ. 109. (I) Κάτω ἀπὸ τὴν ἐπίδραση τοῦ βάρους Β τῆς μεταλλικῆς σφαίρας τὸ ὁριζόντιο ἔλασμα κάμπτεται μέχρις ὅτου ἡ ἀντίδρασή του Α ἐξισωθῆ ἀριθμητικῶς μὲ τὸ βάρος τῆς σφαίρας (II).

τίδραση τοῦ καμπτομένου μεταλλικοῦ φύλλου. Ὅταν οἱ δυὸ δυνάμεις, τὸ βάρος τῆς σφαίρας (δράση), ποὺ διατηρεῖ σταθερὴ τιμή, καὶ ἡ ἀντίδραση τοῦ μεταλλικοῦ φύλλου, ποὺ ἔχουν ἀντίθετη φορὰ καὶ τὸ ἴδιο σημεῖο ἐφαρμογῆς, γίνουν ἴσες καὶ ἀντίθετες, ἡ κάμψη σταματᾶ (σχ. 109, II). Ὥστε:

Ἕνα σῶμα, ποὺ ὑπόκειται μόνο στὴν δύναμη τοῦ βάρους του καὶ στηρίζεται ἀπὸ ἕνα ὑποστήριγμα, ἰσορροπεῖ ὅταν τὸ βάρος τοῦ σώματος καὶ ἡ ἀντίδραση τοῦ ὑποστηρίγματος γίνουν ἴσες καὶ ἀντίθετες δυνάμεις.

§ 91. Τὰ τρία εἴδη ἰσορροπίας. Θὰ μελετήσωμε στὶς ἑπόμενες παραγράφους τὶς συνθῆκες ἰσορροπίας τῶν σωμάτων, ἀνάλογα μὲ τὸν τρόπο ποὺ στηρίζονται στὸ ὑποστήριγμά τους. Προηγουμένως θὰ δώσωμε ὅμως τοὺς ἀκόλουθους τρεῖς ὁρισμούς:

α) Ἡ ἰσορροπία ἑνὸς σώματος ὀνομάζεται **εὐσταθής,** ὅταν τὸ σῶμα ποὺ ἀπομακρύνεται λίγο ἀπὸ τὴν θέση ἰσορροπίας του, τείνει νὰ ξαναγυρίση σ᾽ αὐτήν.

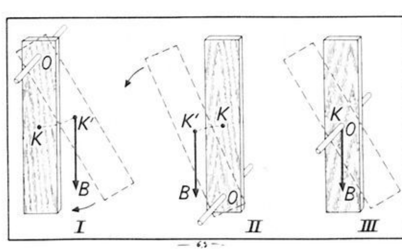
β) Ἡ ἰσορροπία λέγεται **ἀσταθής,** ὅταν τὸ σῶμα ποὺ ἀπομακρύνεται λίγο ἀπὸ τὴν θέση ἰσορροπίας του δὲν ξαναγυρίζη πλέον στὴν ἀρχική του θέση, ἀλλὰ ἀπομακρύνεται συνεχῶς ἀπὸ αὐτὴν καὶ τείνει νὰ φθάση στὴν θέση τῆς εὐσταθοῦς ἰσορροπίας.

γ) Ἡ ἰσορροπία λέγεται **ἀδιάφορη,** ὅταν τὸ σῶμα ποὺ ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὴν θέση ἰσορροπίας του, ἰσορροπῆ καὶ πάλι στὴν καινούργια του θέση.

§ 92. Ἰσορροπία στερεοῦ σώματος στρεπτοῦ γύρω ἀπὸ ὁριζόντιο ἄξονα.

α) Τὸ κέντρο βάρους Κ εὑρίσκεται κάτω ἀπὸ τὸ σημεῖο ἐξαρτήσεως Ο (σχ. 110, I). Ἕνας λεπτὸς ὁμογενὴς κανόνας ποὺ ἔχει στὸ ἕνα του ἄκρο μιὰν ὀπὴ Ο μπορεῖ νὰ στρέφεται γύρω ἀπὸ ἕναν ὁριζόντιο ἄξονα. Τὸ σῶμα ἰσορροπεῖ σὲ μιὰ τέτοια θέση, στὴν ὁποία ἡ ἀντίδραση τοῦ ὑποστηρίγματος (δηλαδὴ τοῦ ἄξονος ἐξαρτήσεως) καὶ τὸ βάρος τοῦ σώματος εἶναι δυνάμεις ἴσες καὶ ἀντίθετες. Αὐτὸ συμβαίνει ὅταν οἱ δυὸ αὐτὲς δυνάμεις ἔχουν διεύθυνση τὴν ἴδια κατακόρυφο. Ἂν μετακινήσωμε λίγο τὸ σῶμα, αὐτὸ ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὴν θέση ἰσορροπίας του, ξαναγυρίζοντας πάλι στὴν ἀρχική του θέση. Ἡ ἰσορροπία ἑπομένως εἶναι εὐσταθής.

β) Τὸ κέντρο βάρους Κ εὑρίσκεται ἐπάνω ἀπὸ τὸ σημεῖο ἐξαρτήσεως Ο (σχ. 110, II). Αὐτὴ ἡ ἰσορροπία εἶναι πολὺ



Σχ. 110. Τὰ τρία εἴδη ἰσορροπίας γιὰ σῶμα στρεπτὸ γύρω ἀπὸ ὁριζόντιο ἄξονα.

δύσκολο νὰ πραγματοποιηθῆ. Ἂν, ὅταν τὴν ἐπιτύχωμε, μετακινήσωμε ἐλάχιστα τὸν κανόνα, τότε τὸ σῶμα ὁλοένα ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὴν ἀρχική του θέση καὶ δὲν ξαναγυρίζει σ' αὐτήν. Ἡ ἰσορροπία ἑπομένως εἶναι ἀ σ τ α θ ή ς.

γ) Τὸ κέντρο βάρους Κ συμπίπτει μὲ τὸ σημεῖο ἐξαρτήσεως Ο (σχ. 110, III). Στὴν περίπτωση αὐτή, ὁποιαδήποτε κι ἂν εἶναι ἡ θέση τοῦ σώματος, τὸ βάρος του καὶ ἡ ἀντίδραση τοῦ στηρίγματος ἔχουν κοινὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς καὶ εἶναι πάντοτε ἴσες καὶ ἀντίθετες. Γιὰ τὸν λόγο αὐτὸ τὸ σῶμα ἰσορροπεῖ σ' ὁποιαδήποτε θέση. Ἡ ἰσορροπία του ἑπομένως εἶναι ἀ δ ι ά φ ο ρ η. Ὥστε:

α) Ἕνα σῶμα στρεπτὸ γύρω ἀπὸ ὁριζόντιο ἄξονα, ἰσορροπεῖ μόνον ὅταν τὸ κέντρο βάρους του Κ καὶ τὸ σημεῖο ἐξαρτήσεως Ο, βρίσκονται στὴν ἴδια κατακόρυφο.

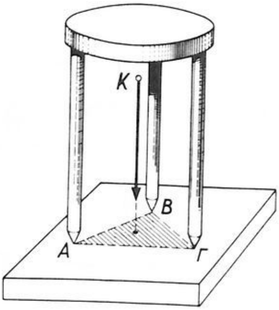
β) Τὸ εἶδος τῆς ἰσορροπίας στερεοῦ σώματος, στρεπτοῦ γύρω ἀπὸ ὁριζόντιο ἄξονα, ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν θέση τοῦ κέντρου βάρους του Κ, ὡς πρὸς τὸ σημεῖο ἐξαρτήσεως Ο.

γ) Ἐὰν τὸ κέντρο βάρους Κ εὑρίσκεται κάτω ἀπὸ τὸ Ο ἡ ἰσορροπία εἶναι εὐσταθής, κι ἂν τὸ Κ συμπίπτη μὲ τὸ Ο, ἡ ἰσορροπία εἶναι ἀδιάφορη.

Ἀπὸ τὰ παραπάνω πειράματα βλέπουμε ὅτι κάθε σῶμα τείνει νὰ μετακινηθῆ, ὥστε τὸ κέντρο βάρους του νὰ πάρη τὴν πιὸ χαμηλὴ δυνατὴ θέση.

§ 93. Ἰσορροπία σώματος στηριζομένου ἐπάνω σὲ ὁριζόντιο ἐπίπεδο.

α) Βάση στηρίξεως. Ἕνα ὁποιοδήποτε σῶμα ποὺ στηρίζεται ἐπάνω σὲ ἕνα ἐπίπεδο, ἔχει ὁρισμένα σημεῖα του κοινὰ μὲ τὸ ἐπίπεδο ὑποστήριγμά του. Τὰ ἀκραῖα ἀπὸ τὰ σημεῖα αὐτὰ καθορίζουν, ὅταν ἑνωθοῦν μὲ μιὰ συνεχῆ γραμμή, μιὰ τεθλασμένη, καμπύλη, ἢ μεικτὴ κλειστὴ γραμμή, ἡ ὁποία



Σχ. 111. Ἡ γραμμοσκιασμένη ἐπιφάνεια ἀποτελεῖ τὴν βάση στηρίξεως τοῦ σώματος.

περικλείει μιὰν ἐπιφάνεια. Ἡ ἐπιφάνεια αὐτὴ ὀνομάζεται β ά σ η σ τ η ρ ί ξ ε ω ς τοῦ σώματος, (σχ. 111).

β) Συνθήκη ἰσορροπίας. Τὸ σχῆμα 112 παρουσιάζει ἕνα ἀρθρωτὸ παραλληλεπίπεδο, τοποθετημένο ἐπάνω σὲ ἕνα ὁριζόντιο ἐπίπεδο. Στὸ σημεῖο Κ ποὺ εἶναι τὸ κέντρο τοῦ βάρους τοῦ ἀρθρωτοῦ παραλληλεπιπέδου, κρεμᾶμε ἕνα μικρὸ νῆμα τῆς στάθμης, ποὺ μᾶς δείχνει σὲ κάθε μετασχηματισμὸ τὴν διεύθυνση τῆς κατακορύφου ποὺ περνᾶ ἀπὸ τὸ κέντρο βάρους του. Ὅταν τὸ ἀρθρωτὸ παραλληλεπίπεδο ἔχη τὴν μορφὴ ὀρθογωνίου παραλληλεπιπέδου, τότε ἡ διεύθυνση τοῦ νή-

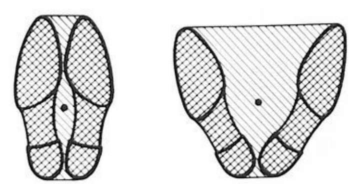
Σχ. 112. Ἀρθρωτὸ παραλληλεπίπεδο.

ματος τῆς στάθμης διέρχεται ἀπὸ τὴν τομὴ τῶν διαγωνίων τῆς βάσεως.

Μετασχηματίζουμε κατόπι τὸ παραλληλεπίπεδο μεταβάλλοντας το ὅλο καὶ περισσότερο σὲ πλάγιο. Παρατηροῦμε τότε πώς, ἐφ' ὅσον ἡ προέκταση τοῦ νήματος τῆς στάθμης τέμνει τὴν βάση στηρίξεως, τὸ σῶμα ἰσορροπεῖ. Ἀνατρέπεται δὲ μόλις ἡ προέκταση τοῦ νήματος τῆς στάθμης ξεπεράση τὴν βάση στηρίξεως. Ὥστε:

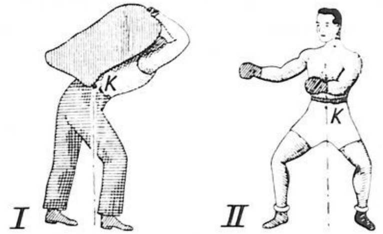
Ἕνα σῶμα στηριζόμενο ἐπάνω σὲ ὁριζόντιο ἐπίπεδο ἰσορροπεῖ ἐφ' ὅσον ἡ κατακόρυφος, ποὺ διέρχεται ἀπὸ τὸ κέντρο βάρους Κ τοῦ σώματος, τέμνη τὴν βάση στηρίξεως.

§ 94. Συνθῆκες εὐσταθοῦς ἰσορροπίας. Ὁ ἄνθρωπος στηρίζεται στὸ ἔδαφος μὲ τὰ πόδια του κι ἔχει εὐσταθῆ ἰσορροπία, ὅταν ἡ κατακόρυφος ποὺ διέρχεται ἀπὸ τὸ κέντρο βάρους του τέμνει τὴν βάση στηρίξεώς του. Ὅσο ἡ βάση στηρίξεως εἶναι μεγαλύτερη, τόσο αὐξάνεται καὶ ἡ εὐστάθειά του (σχ. 113).



Σχ. 113. Ἡ εὐστάθεια τοῦ ἀνθρωπίνου σώματος ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν ἐπιφάνεια τῆς βάσεως στηρίξεώς του, ποὺ σχηματίζεται ἀπὸ τὰ πέλματα.

Γι' αὐτὸν τὸν λόγο οἱ ἀχθοφόροι, ὅταν εἶναι φορτωμένοι στὴν ράχη μὲ βαρὺ φορτίο, σκύβουν πρὸς τὰ ἐμπρός, γιὰ νὰ μεταθέσουν τὸ κέντρο βάρους τοῦ συστήματος, ποὺ ἀποτελεῖ τὸ σῶμα τους μὲ τὸ φορτίο, ὥστε ἡ κατακόρυφος ποὺ διέρχεται ἀπὸ αὐτὸ νὰ περνᾶ ἀνάμεσα ἀπὸ τὰ πόδια τους καὶ νὰ ἔχουν ἔτσι εὐσταθῆ ἰσορροπία (σχ. 114, Ι).

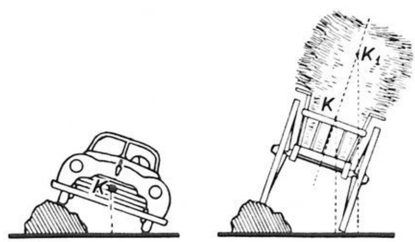


Σχ. 114. Οἱ ἀχθοφόροι κλίνουν τὸ σῶμα τους πρὸς τὰ ἐμπρὸς γιὰ νὰ μεταθέσουν τὴν κατακόρυφο ποὺ ἄγεται ἀπὸ τὸ κέντρο βάρους τοῦ συστήματός των (Ι). Οἱ πυγμάχοι ἀνοίγουν τὰ πόδια τους γιὰ νὰ ἀποκτήσουν μεγαλύτερη εὐστάθεια (ΙΙ).

Τὸ σχῆμα 115 δείχνει ἕνα αὐτοκίνητο καὶ μιὰν ἅμαξα νὰ περνοῦν ἀπὸ τὸ ἴδιο σημεῖο ἑνὸς ἀνώμαλου δρόμου. Τὸ κέντρο βάρους τοῦ αὐτοκινήτου εἶναι σχετικῶς χαμηλά, ἡ κατακόρυφος ποὺ διέρχεται ἀπὸ τὸ κέντρο βάρους του, τέμνει τὴν βάση στηρίξεως, τὸ κέντρο βάρους τῆς ἅμαξας ὅμως εἶναι ψηλὰ καὶ γι' αὐτὸ ἡ ἅμαξα διατρέχει κίνδυνο ἀνατροπῆς. Ὥστε:

Ὅσο χαμηλότερα εὑρίσκεται τὸ κέντρο βάρους ἑνὸς σώματος, τόσο εὐσταθέστερη εἶναι ἡ ἰσορροπία του.

Ἐξ ἄλλου ἡ ἅμαξα τοῦ σχήματος 115 ποὺ διατρέχει κίνδυνο ἀνατροπῆς, θὰ τὸν ἀπέφευγε, ἂν ἀπεῖχαν περισσότερο οἱ τροχοί της, ὁπότε θὰ μεγάλωνε ἡ βάση στηρίξεώς της. Γι' αὐτὸν τὸν λόγο, οἱ πυγμά-



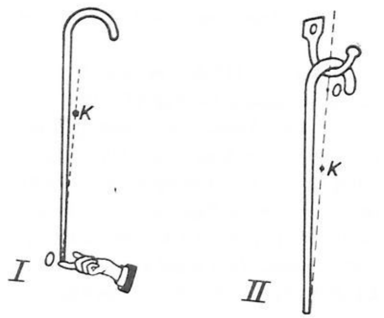
Σχ. 115. Ἡ εὐστάθεια ἑνὸς σώματος ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ ὕψος τοῦ κέντρου βάρους του.

χοι ὅταν βρίσκωνται στὸ ρὶγκ (σχ. 114, II) καὶ ἀγωνίζωνται, ἀνοίγουν περισσότερο τὰ πόδια, ὁπότε μεγαλώνουν τὴν βάση στηρίξεώς τους καὶ κάμπτουν τὰ γόνατα, ὁπότε χαμηλώνουν τὸ κέντρο βάρους των. Ὥστε:

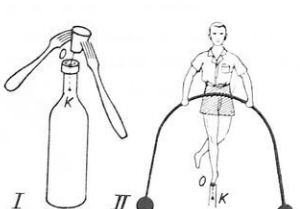
Ὅσο μεγαλύτερη εἶναι ἡ βάση στηρίξεως ἑνὸς σώματος, τόσο εὐσταθέστερη εἶναι ἡ ἰσορροπία του.

§ 95. Ἰσορροπία σώματος στηριζομένου μὲ ἕνα σημεῖο. Στὴν περίπτωση αὐτὴ ὅταν τὸ κέντρο βάρους τοῦ σώματος εὑρίσκεται ἐπάνω ἀπὸ τὸ σημεῖο στηρίξεως τοῦ σώματος, πρᾶγμα ποὺ συνηθέστερα συμβαίνει, ἡ ἰσορροπία εἶναι ἀσταθὴς (σχ. 116).

Ὡστόσο εἶναι δυνατὴ ἡ κατασκευὴ συστημάτων, τὰ ὁποῖα στηρίζονται μὲ ἕνα τους σημεῖο καὶ ἔχουν εὐσταθῆ ἰσορροπία (σχ. 117). Τοῦτο συμβαίνει διότι τὸ κέντρο βάρους των εὑρίσκεται χαμηλότερα ἀπὸ τὸ σημεῖο στηρίξεως.

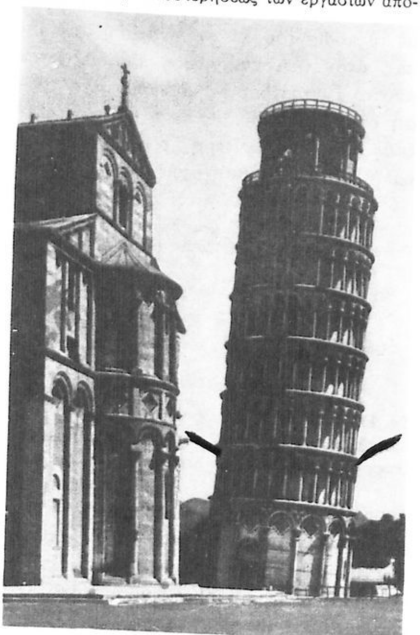


Σχ. 116. Ἰσορροπία ράβδου στηριζομένης μὲ ἕνα της σημεῖο. (I) Ἀσταθὴς ἰσορροπία. Ἡ ράβδος στηρίζεται μὲ τὸ πέλμα της στὸ δάκτυλό μας. (II) Εὐσταθὴς ἰσορροπία. Ἡ ράβδος στηρίζεται μὲ τὴν λαβή της στὴν κρεμάστρα.



Σχ. 117. Εὐσταθὴς ἰσορροπία σωμάτων στηριζομένων μὲ ἕνα σημεῖο τους. (I) Φελλὸς μὲ δύο πηρούνια. (II) Ἰσορροπιστής. Οἱ σφαῖρες εἶναι μολύβδινες.

§ 96. Ἱστορικό. Ὁ Πύργος τῆς Πίζας. Ἡ Πίζα εἶναι μιὰ μικρὴ ἰταλικὴ πόλη τῆς ἐπαρχίας τῆς Τοσκάνης, κτισμένη ἐπάνω στὶς ὄχθες τοῦ ποταμοῦ Ἄρνου, σὲ ἀπόσταση μερικῶν χιλιομέτρων ἀπὸ τὶς ἀκτὲς τῆς Μεσογείου Θαλάσσης. Εἶναι ὀνομαστὴ γιὰ τὰ πολυάριθμα καὶ λαμπρὰ κτίριά της. Τὸ Κωδωνοστάσιο ἢ Κεκλιμένος Πύργος εἶναι ἕνα ἀπὸ τὰ ἀξιοθαύμαστα αὐτῆς τῆς πόλεως. Ἡ κατασκευή του ἄρχισε στὶς ἀρχὲς τοῦ ΙΒ΄ αἰῶνος, λόγῳ ὅμως καθιζήσεων τοῦ ὑπεδάφους, παρουσίασε μιὰ προοδευτικὴ κλίση, ποὺ ἔγινε ἀφορμὴ καθυστερήσεως τῶν ἐργασιῶν ἀπο-



Σχ. 118. Ὁ ἱστορικὸς Κεκλιμένος Πύργος τῆς Πίζας, ὅπως εἶναι σήμερα.

GALILEO GALILEI (1564-1642)
Ἰταλὸς Φυσικός, Μαθηματικὸς καὶ Ἀστρονόμος.
Θεμελιωτὴς τῆς πειραματικῆς μεθόδου
εἰς τὴν Φυσικήν.

περατώσεως. Ὡστόσο τὸ οἰκοδόμημα τέλειωσε κατὰ τὸ 1350. Τὸ ὕψος αὐτοῦ τοῦ πύργου εἶναι 54,5 m καὶ ἡ κατακόρυφος, ποὺ διέρχεται ἀπὸ τὴν κορυφή του, συναντᾶ τὸ ἔδαφος σ' ἕνα σημεῖο, ποὺ ἀπέχει περίπου 4,5 m ἀπὸ τὸ σημεῖο ποὺ θὰ τὸ συναντοῦσε ἂν ὁ πύργος δὲν ἦταν ἐπικλινής. Ἐπειδὴ ὅμως παρ' ὅλα αὐτὰ ἡ κατακόρυφος, ποὺ διέρχεται ἀπὸ τὸ κέντρο βάρους, τέμνει τὸ ἐσωτερικὸ τῆς βάσεως στηρίξεως, ἡ ἰσορροπία τοῦ οἰκοδομήματος εἶναι εὐσταθής. Πραγματικὰ ὁ Κεκλιμένος Πύργος τῆς Πίζας δὲν μετατοπίστηκε αἰσθητὰ ἀπ' ὅταν τέλειωσε ἡ κατασκευή του. Γιὰ περισσότερη δὲ ἀσφάλεια ἀφαιρέθηκαν ἀργότερα οἱ μεγάλοι κώδωνες ποὺ εἶχε στὴν κορυφή του, πράγμα ποὺ εἶχε σὰν ἀποτέλεσμα τὸν ὑποβιβασμὸ τοῦ κέντρου βάρους του, ἐνῶ παράλληλα ἔγιναν ἐργασίες στερεώσεως τοῦ ὑπεδάφους. Ὁ Γαλιλαῖος, ὀνομαστὸς Ἰταλὸς Φυσικὸς καὶ Ἀστρονόμος (1564 - 1642), γεννήθηκε στὴν Πίζα. Εἶναι ὁ θεμελιωτὴς τῆς Πειραματικῆς Μεθόδου καὶ ἕνας ἀπὸ ἐκείνους ποὺ πραγματοποίησαν ἀξιοσημείωτες ἀνακαλύψεις στὴν Μηχανική. Ἰδιαίτερα μελέτησε τὴν πτώση τῶν σωμάτων καὶ ἐκμεταλλεύθηκε τὴν κλίση τοῦ Πύργου τῆς Πίζας γιὰ νὰ πραγματοποιήση τὸ ἀκόλουθο περίφημο πείραμα: Ἄφησε νὰ πέσουν ἐλεύθερα ἀπὸ τὴν κορυφὴ αὐτὴ τοῦ κτιρίου καὶ ταυτόχρονα κομμάτια σίδερο, πέτρας, μολύβδου, ξύλου, γυαλιοῦ καὶ ἐξακρίβωσε πὼς αὐτὰ τὰ σώματα, ἀπὸ διαφορετικὰ ὑλικά, παράμεναν συγκεντρωμένα κατὰ τὴ διάρκεια τῆς πτώσεως καὶ πὼς ἔφθαναν στὸ ἔδαφος σχεδὸν τὴν ἴδια χρονικὴ στιγμή, ὅπως ἐπίσης ὅτι ἡ διάρκεια τῆς πτώσεως ἦταν ἡ ἴδια. Ἔτσι ἀπόδειξε πὼς ὅλα τὰ σώματα πέφτουν ἀκολουθώντας κατὰ τὴν κίνησή τους τὸν ἴδιο νόμο, ὁποιαδήποτε κι' ἂν εἶναι ἡ φύση τους ἢ τὸ βάρος τους.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Ἕνα στερεὸ σῶμα ἰσορροπεῖ ἐφ' ὅσον ἠρεμῆ.

2. Ἡ ἰσορροπία εἶναι εὐσταθὴς ὅταν, ἐνῶ μετακινήσωμε ἐλαφρὰ τὸ σῶμα ἀπὸ τὴν θέση ἰσορροπίας του, τείνη νὰ ξαναγυρίση σ' αὐτήν.

3. Ἡ ἰσορροπία εἶναι ἀσταθὴς ὅταν, τὸ σῶμα ποὺ μετακινήθηκε ἐλαφρὰ ἀπὸ τὴν θέση του, ἀπομακρύνεται ὅλο καὶ περισσότερο ἀπὸ αὐτήν.

4. Ἡ ἰσορροπία εἶναι ἀδιάφορη ὅταν τὸ σῶμα ἰσορροπῆ σ' ὁποιανδήποτε θέση του.

5. Ὅταν ἕνα σῶμα, στρεπτὸ γύρω ἀπὸ ἕνα σημεῖο ἢ ἕνα ὁριζόντιο ἄξονα Ο, ἰσορροπῆ, τὸ κέντρο βάρους Κ τοῦ σώματος εὑρίσκεται στὴν κατακόρυφο ποὺ διέρχεται ἀπὸ τὸ σημεῖο ἢ τὸν ἄξονα αἰωρήσεως. Στὴν περίπτωση αὐτὴ ἡ ἰσορροπία εἶναι εὐσταθὴς ὅταν τὸ κέντρο βάρους Κ εἶναι κάτω ἀπὸ τὸ Ο, ἀσταθὴς ὅταν τὸ Κ εἶναι πάνω ἀπὸ τὸ Ο καὶ ἀδιάφορος ὅταν τὰ Κ καὶ Ο συμπίπτουν.

6. Ὅταν ἕνα σῶμα στηρίζεται πάνω σ' ἕνα ὁριζόντιο ἐπίπεδο, ἰσορροπεῖ ἐφ' ὅσον ἡ κατακόρυφος ποὺ διέρχεται ἀπὸ τὸ κέντρο βάρους τοῦ σώματος τέμνη τὸ ἐσωτερικὸ τῆς βάσεως στηρίξεως. Στὴν περίπτωση αὐτὴ ὅσο χαμηλότερα εὑρίσκεται τὸ κέντρο βάρους καὶ ὅσο μεγαλύτερη εἶναι ἡ βάση στηρίξεως, τόσο εὐσταθέστερη εἶναι ἡ ἰσορροπία.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Ὁμογενὴς ὀρθὸς κύλινδρος μὲ διάμετρο βάσεως 8 cm ἀνατρέπεται ὅταν τὸ ἐπίπεδο στὸ ὁποῖο στηρίζεται σχηματίζη γωνία 30° μὲ τὸ ὁριζόντιο ἐπίπεδο. α) Νὰ κατασκευασθῆ σχέδιο μὲ κλίμακα 1 : 2 καὶ νὰ ὁρισθῆ τὸ κέντρο βάρους τοῦ κυλίνδρου. β) Νὰ ὑπολογισθῆ γραφικὰ καὶ μὲ τὴν βοήθεια τοῦ σχήματος τὸ ὕψος τοῦ κυλίνδρου. ('Απ. β' 59 mm.)

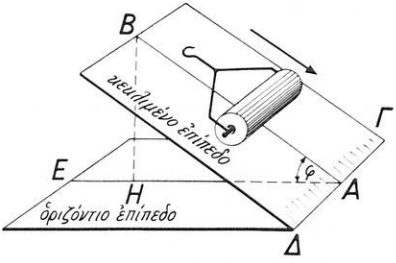
2. Ἕνα τοῦβλο ἔχει διαστάσεις 20 cm × 10 cm × 5 cm καὶ ἰσορροπεῖ στὸ ὁριζόντιο ἐπίπεδο, στηριζόμενο στὴν μικρότερη βάση του. α) Νὰ σχεδιασθῆ τὸ τοῦβλο μὲ κλίμακα 2 : 5 I) σὲ κάτοψη, II) σὲ πρόσοψη καὶ νὰ ὁρισθῆ τὸ κέντρο βάρους του σὲ καθένα ἀπὸ τὰ δύο σχήματα. β) Νὰ μετρηθῆ ἡ γωνία ποὺ σχηματίζει ἡ βάση μὲ τὸ ὁριζόντιο ἐπίπεδο ὅταν τὸ τοῦβλο ἀρχίζη νὰ ἀνατρέπεται 1ον) ἂν περιστραφῆ γύρω ἀπὸ τὴν ἀκμὴ τῶν 10 cm καὶ 2ον) γύρω ἀπὸ τὴν ἀκμὴ τῶν 5 cm. ('Απ. β' 14°, 26° 30' περίπου.)

3. Ἐπίπεδη μεταλλικὴ πλάκα ἔχει σχῆμα ἰσοσκελοῦς τριγώνου, τοῦ ὁποίου οἱ πλευρὲς εἶναι: ΒΓ = 15 cm καὶ ΑΒ = ΑΓ = 18 cm. Τὸ βάρος της εἶναι 800 p, κρέμεται δὲ ἀπὸ τὴν κορυφή της Α μὲ ἕνα νῆμα. α) Νὰ κατασκευασθῆ τὸ σχέδιο μὲ κλίμακα 1 : 3. β) Νὰ ὁρισθῆ γεωμετρικὰ τὸ κέντρο βάρους τῆς πλάκας. γ) Νὰ παρασταθῆ τὸ βάρος της μ' ἕνα διάνυσμα, τοῦ ὁποίου νὰ ὁρισθῆ ἡ ἀρχὴ (μὲ κλίμακα ἀντιστοιχίας 1 cm γιὰ 200 p).

4. Στὶς τέσσερις κορυφὲς ἑνὸς τραπεζίου ἀσκοῦνται τέσσερις ἴσες καὶ παράλληλες δυνάμεις F. Νὰ εὑρεθῆ τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς τῆς συνισταμένης τους. ('Απ. Τὸ μέσο τῆς διαμέσου τοῦ τραπεζίου.)

ΙΔ' – ΚΕΚΛΙΜΕΝΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

§ 97. Σπουδὴ τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου. Κάθε ἐπίπεδο ποὺ τέμνει τὸ ὁριζόντιο ἐπίπεδο κατὰ μίαν εὐθεία ΓΔ λέγεται **κεκλιμένο ἐπίπεδο** (σχ. 119).



Σχ. 119. Κεκλιμένο ἐπίπεδο. Ἡ ΒΑ κάθετη στὴν ΓΔ εἶναι γραμμὴ μεγίστης κλίσεως.

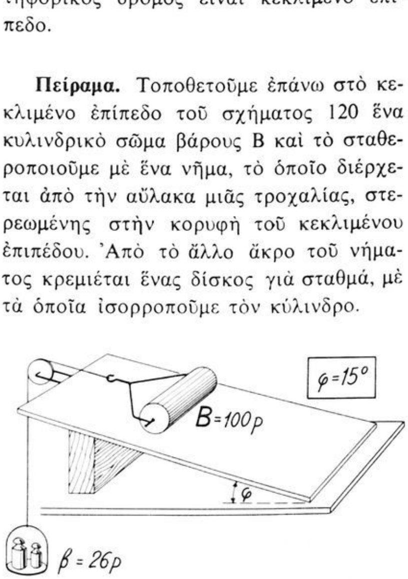
Κάθε εὐθεία γραμμὴ τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου, ποὺ ὅπως ἡ ΒΑ τέμνει καθέτως τὴν ΓΔ ὀνομάζεται γραμμὴ μεγίστης κλίσεως τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου. Ἀπὸ τὸ σημεῖο Α διέρχεται μία ὁριζόντια εὐθεία κάθετη στὴν ΓΔ, ἡ εὐθεία ΑΕ. Ἡ γωνία ΒΑΕ = φ, ὀνομάζεται γωνία κλίσεως τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου. Τέλος ἐὰν ἀπὸ τὸ Β φέρω τὴν ΒΗ, κάθετη στὸ ὁριζόντιο ἐπίπεδο, τότε ὁ λόγος τοῦ ὕψους ΒΗ πρὸς τὸ μῆκος ΑΒ, ὀνομάζεται **κλίση τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου.** Ὥστε:

$$\textbf{κλίση} = \frac{\textbf{ὕψος τοῦ κεκλ. ἐπιπέδου}}{\textbf{μῆκος τοῦ κεκλ. ἐπιπέδου}}$$

Πολλὲς φορὲς ἡ κλίση τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου ἐκφράζεται ἐπὶ τοῖς ἑκατὸ (%). Σ' αὐτὴν τὴν περίπτωση λέγοντας ὅτι ἡ κλίση εἶναι, π.χ., 15 %, ἐννοοῦμε ὅτι μετακίνηση ἐπάνω στὸ κεκλιμένο ἐπίπεδο κατὰ 100 m καὶ πάνω σὲ μία γραμμὴ μεγίστης κλίσεως, μᾶς ἀνυψώνει ἢ μᾶς χαμηλώνει κατὰ 15 m.

Ἕνας εὐθύγραμμος ἀνηφορικὸς ἢ κατηφορικὸς δρόμος εἶναι κεκλιμένο ἐπίπεδο.

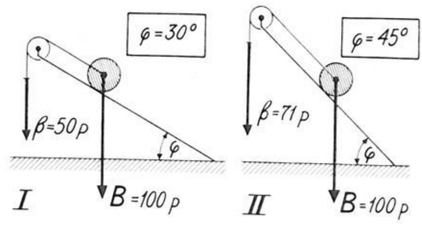
Πείραμα. Τοποθετοῦμε ἐπάνω στὸ κεκλιμένο ἐπίπεδο τοῦ σχήματος 120 ἕνα κυλινδρικὸ σῶμα βάρους Β καὶ τὸ σταθεροποιοῦμε μὲ ἕνα νῆμα, τὸ ὁποῖο διέρχεται ἀπὸ τὴν αὔλακα μιᾶς τροχαλίας, στερεωμένης στὴν κορυφὴ τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου. Ἀπὸ τὸ ἄλλο ἄκρο τοῦ νήματος κρεμιέται ἕνας δίσκος γιὰ σταθμά, μὲ τὰ ὁποῖα ἰσορροποῦμε τὸν κύλινδρο.



Σχ. 120. Διάταξη γιὰ τὴν σπουδὴ τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου. Βάρος 100 p ἰσορροπεῖται μὲ σταθμὰ 26 p.

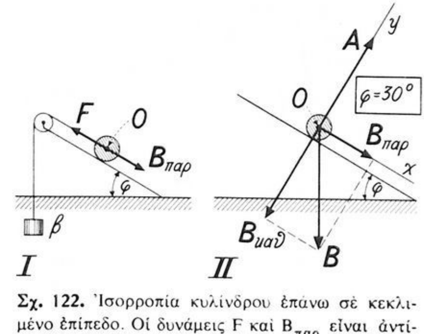
Παρατηροῦμε ὅτι τὸ βάρος τῶν σταθμῶν εἶναι μικρότερο ἀπὸ τὸ βάρος τοῦ κυλίνδρου καὶ μεταβάλλεται ὅταν μετακινώντας τὸ ξύλινο ὑποστήριγμα, μεταβάλωμε τὴν γωνία κλίσεως τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου.

Ὅταν ἡ κλίση μεγαλώνη, ὁ κύλινδρος ἰσορροπεῖται μὲ μεγαλύτερο βάρος σταθμῶν. Ὅταν ἡ κλίση μικραίνη, μὲ μικρότερο (σχ. 121). Ἂν κόψωμε τὸ νῆμα ὁ κύλινδρος κυλᾶ ἐπάνω στὸ κεκλιμένο ἐπίπεδο καὶ κατεβαίνει ἀκολουθώντας τὴν γραμμὴ μεγίστης κλίσεως.



Σχ. 121. Ὅταν ἡ κλίση τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου αὐξάνεται, χρειάζεται μεγαλύτερο βάρος σταθμῶν γιὰ τὴν ἰσορροπία τοῦ κυλίνδρου. Βάρος κυλίνδρου 100 p ἰσορροπεῖται μὲ σταθμὰ 50 p ὅταν ἡ κλίση εἶναι 30° (I) καὶ μὲ σταθμὰ 71 p ὅταν ἡ κλίση γίνη 45° (II).

§ 98. Ἰσορροπία ἐπάνω σὲ κεκλιμένο ἐπίπεδο. Ἀντίδραση τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου. α) Στὴν περίπτωση ποὺ ἕνα σῶμα, ὅπως ὁ κύλινδρος τοῦ προηγουμένου πειράματος, ἰσορροπεῖ ἐπάνω σ' ἕνα κεκλιμένο ἐπίπεδο (βλ. σχ. 120), ἔχουμε νὰ παρατηρήσωμε τὰ ἑξῆς: α) Στὸ σῶμα ἐνεργεῖ μὲ τὴν βοήθεια τοῦ νήματος μιὰ δύναμη F παράλληλη πρὸς τὸ κεκλιμένο ἐπίπεδο καὶ μὲ φορὰ πρὸς τὰ ἐπάνω, ἡ ὁποία προκαλεῖται ἀπὸ τὸ βάρος β τῶν



Σχ. 122. Ἰσορροπία κυλίνδρου ἐπάνω σὲ κεκλιμένο ἐπίπεδο. Οἱ δυνάμεις F καὶ $B_{παρ}$ εἶναι ἀντίθετες (I). Ὅταν κοπῆ τὸ νῆμα ὁ κύλινδρος κινεῖται ἀπὸ τὴν $B_{παρ}$ ἀκολουθώντας τὴν γραμμὴ μεγίστης κλίσεως (II).

σταθμῶν, καὶ ἔχει μέτρο ἴσο μὲ τὸ βάρος τους (σχ. 122, I).

β) Ἐφ' ὅσον ὅμως τὸ σῶμα δὲν κινῆται ἀλλὰ ἰσορροπεῖ, συνάγεται ὅτι ἡ δύναμη F ἐξουδετερώνεται ἀπὸ μίαν ἀντίθετή της, τὴν $B_{\pi\alpha\rho}$ ἡ ὁποία ἔχει μέτρο ἴσο μὲ τὸ μέτρο τῆς F, εἶναι παράλληλη πρὸς τὸ κεκλιμένο ἐπίπεδο κι' ἔχει φορὰ πρὸς τὰ κάτω. Ἡ δύναμη αὐτὴ εἶναι ἐκείνη ποὺ κινεῖ τὸν κύλινδρο, κατὰ τὴν γραμμὴ τῆς μεγίστης κλίσεως, ὅταν κόψωμε τὸ νῆμα.

γ) Ἐπειδὴ τὸ βάρος τῶν σταθμῶν εἶναι πάντοτε μικρότερο ἀπὸ τὸ βάρος τοῦ σώματος, συμπεραίνουμε ὅτι ἡ δύναμη F, ποὺ συγκρατεῖ τὸ σῶμα ἐπάνω στὸ κεκλιμένο ἐπίπεδο καὶ ἡ δύναμη $B_{\pi\alpha\rho}$, ποὺ τὸ κινεῖ, ὅταν τὸ σῶμα ἀφεθῆ ἐλεύθερο, ἔχουν μέτρα μικρότερα ἀπὸ τὸ βάρος τοῦ σώματος.

δ) Ἡ παρουσία τῆς δυνάμεως F εἶναι εὐκολονόητη. Προκαλεῖται ἀπὸ τὰ σταθμά. Ποιά ὅμως εἶναι ἡ δύναμη $B_{\pi\alpha\rho}$ καὶ πῶς παρουσιάζεται; Ἂν πειραματισθοῦμε μὲ γωνία κλίσεως 30^o καὶ βάρος σώματος 500 p, θὰ βροῦμε ὅτι τὸ βάρος τῶν σταθμῶν ποὺ προκαλοῦν ἰσορροπία εἶναι 250 p.

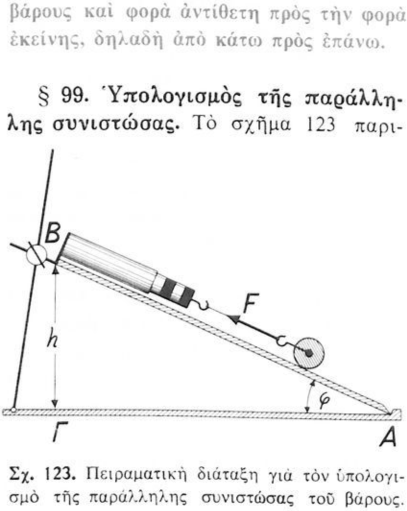
Θεωροῦμε τώρα τὸν κύλινδρο ἐλεύθερο ἐπάνω στὸ κεκλιμένο ἐπίπεδο (σχ. 122, II). Στὸ σῶμα ἐνεργεῖ τὸ βάρος του B, τὸ ὁποῖο μποροῦμε νὰ ἀναλύσωμε σὲ δύο συνιστῶσες: μιὰ $B_{\kappa\alpha\theta}$ κάθετη πρὸς τὸ κεκλιμένο ἐπίπεδο καὶ μία $B_{\pi\alpha\rho}$, παράλληλη πρὸς αὐτό.

Τὸ σῶμα λοιπὸν ἀσκεῖ στὸ κεκλιμένο ἐπίπεδο τὴν δύναμη $B_{\kappa\alpha\theta}$· ἐπομένως, σύμφωνα μὲ τὸ ἀξίωμα τῆς δράσεως καὶ ἀντιδράσεως καὶ τὸ κεκλιμένο ἐπίπεδο θὰ ἀσκῆ στὸ σῶμα μίαν ἀντίθετη δύναμη A, ἡ ὁποία ὀνομάζεται ἀντίδραση τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου καὶ ἐξουδετερώνει τὴν κάθετη συνιστῶσα τοῦ βάρους. Στὴν δύναμη $B_{\pi\alpha\rho}$ δὲν ἀντιδρᾶ, ὅταν τὸ σῶμα εἶναι ἐλεύθερο, καμία ἄλλη. Γι' αὐτὸ ὁ κύλινδρος ὅταν ἀφεθῆ ἐλεύθερος πάνω στὸ κεκλιμένο ἐπίπεδο, κινεῖται πρὸς τὰ κάτω ἀπὸ τὴν δύναμη $B_{\pi\alpha\rho}$. Ἂν σχεδιάσωμε μὲ κατάλληλη κλίμακα τὴν δύναμη B = 500 p καὶ τὴν ἀναλύσωμε σύμφωνα μὲ τὰ παραπάνω δεδομένα (σχ. 122, II) θὰ βροῦμε τιμὴ τῆς $B_{\pi\alpha\rho}$ περίπου ἴση πρὸς 250 p. Ἑπομένως:

Τὸ βάρος ἑνὸς σώματος, ποὺ ἰσορροπεῖ ἐπάνω σὲ ἕνα κεκλιμένο ἐπίπεδο, μπορεῖ νὰ ἀναλυθῆ σὲ δυὸ κάθετες μεταξύ τους συνιστῶσες. Ἀπὸ αὐτὲς ἡ μία εἶναι κάθετη πρὸς τὸ κεκλιμένο ἐπίπεδο καὶ ἐξουδετερώνεται ἀπὸ τὴν ἀντίδραση τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου, ἀπὸ τὴν δύναμη δηλαδὴ ποὺ ἀσκεῖ τὸ κεκλιμένο ἐπίπεδο στὸ σῶμα, καὶ ἡ ἄλλη παράλληλη πρὸς τὸ κεκλιμένο ἐπίπεδο.

Ἐπειδὴ ἡ παράλληλη πρὸς τὸ κεκλιμένο ἐπίπεδο δύναμη κινεῖ τὸ σῶμα, γιὰ νὰ ἐπιτύχωμε ἰσορροπίαν, πρέπει νὰ ἐφαρμόσωμε στὸ σῶμα, μιὰ δύναμη παράλληλη πρὸς τὸ κεκλιμένο ἐπίπεδο, μὲ μέτρο ἴσο πρὸς τὸ μέτρο τῆς παράλληλης συνιστώσας τοῦ βάρους καὶ φορὰ ἀντίθετη πρὸς τὴν φορὰ ἐκείνης, δηλαδὴ ἀπὸ κάτω πρὸς ἐπάνω.

§ 99. Ὑπολογισμὸς τῆς παράλληλης συνιστώσας. Τὸ σχῆμα 123 παρι-



Σχ. 123. Πειραματικὴ διάταξη γιὰ τὸν ὑπολογισμὸ τῆς παράλληλης συνιστώσας τοῦ βάρους.

στάνει σὲ τομὴ ἕνα κεκλιμένο ἐπίπεδο, τοῦ ὁποίου μποροῦμε νὰ μεταβάλλωμε τὴν κλίση. Στὴν κορυφὴ τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου εἶναι στερεωμένο ἕνα δυναμόμετρο, ἀπὸ τὸ ἄγκιστρο τοῦ ὁποίου εἶναι δεμένος μὲ νῆμα ἕνας βαρὺς κύλινδρος, ποὺ ἰσορροπεῖ, βάρους $B = 10$ kp. Δίνοντας στὸ ὕψος ΒΓ διάφορες τιμές, ὁπότε, ἐπειδὴ τὸ μῆκος ΑΒ παραμένει σταθερό, μεταβάλλεται ὁ λόγος (ΒΓ) : (ΑΒ), δηλαδὴ ἡ κλίση τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου, παρατηροῦμε μεταβολὴν τῶν ἐνδείξεων τοῦ δυναμομέτρου, δηλαδὴ τοῦ μέτρου τῆς δυνάμεως F ποὺ ἰσορροπεῖ τὸ σῶμα, ἢ τῆς δυνάμεως ποὺ τείνει νὰ κινήση τὸ σῶμα.

Ἐὰν τὸ σταθερὸ μῆκος τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου εἶναι 100 cm καὶ πειραματισθοῦμε γιὰ διάφορες τιμὲς τοῦ ὕψους, καταστρώνουμε τὸν ἀκόλουθο πίνακα μετρήσεων.

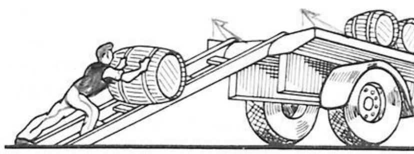
ὕψος κεκλιμ. ἐπιπέδου	κλίση κεκλιμένου ἐπιπέδου	μέτρο παράλληλης συνιστώσας βάρους
10 cm	0,10 ἢ 10 %	1 000 p ἢ 10 %
20	0,20 ἢ 20 %	2 000 p ἢ 20 %
25	0,25 ἢ 25 %	2 500 p ἢ 25 %
40	0,40 ἢ 40 %	4 000 p ἢ 40 %
50	0,50 ἢ 50 %	5 000 p ἢ 50 %
75	0,75 ἢ 75 %	7 500 p ἢ 75 %

Ἀπὸ τὸν παραπάνω πίνακα συμπεραίνουμε ὅτι:

Ἡ παράλληλη συνιστῶσα τοῦ βάρους, ἡ ὁποία προκαλεῖ τὴν κίνηση τοῦ σώματος κατὰ μῆκος τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου, εἶναι ἀνάλογη πρὸς τὴν κλίση τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου καὶ ἰσοῦται μὲ τὸ γινόμενο τοῦ βάρους τοῦ σώματος ἐπὶ τὴν κλίση τοῦ ἐπιπέδου. Δηλαδή:

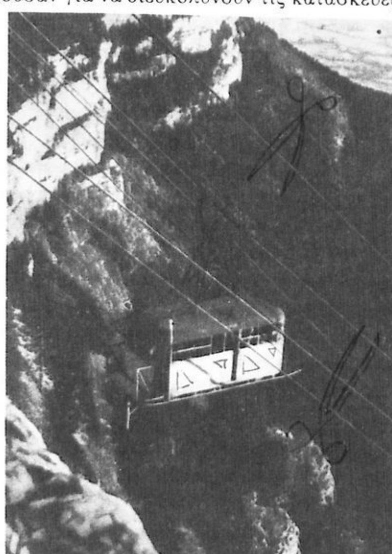
$$B_{\pi\alpha\rho} = (\text{κλίση}) \times B$$

§ 100. Χρήσεις τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου. Γιὰ νὰ μετακινήσωμε ἢ γιὰ νὰ ἰσορροπήσωμε ἕνα σῶμα ἐπάνω σ' ἕνα κεκλιμένο ἐπίπεδο, χρειαζόμαστε δύναμη μικρότερη ἀπὸ τὸ βάρος του. Γι' αὐτὸν τὸν λόγο τὸ χρησιμοποιοῦμε ὅταν θέλωμε νὰ ἀνεβάσωμε ἢ νὰ κατεβάσωμε κιβώτια ἢ βαρέλια ἀπὸ φορτηγὰ αὐτοκίνητα (σχ. 124). Στὰ ναυπηγεῖα ἡ σχάρα, ἐπάνω στὴν ὁποία στηρίζεται τὸ πλοῖο, πρὶν ἀπὸ τὴν καθέλκυση, εἶναι κεκλιμένο ἐπίπεδο.



Σχ. 124. Χρησιμοποίηση τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου στὴν φόρτωση καὶ ἐκφόρτωση βαρέων σωμάτων.

Τὸ κεκλιμένο ἐπίπεδο ἦταν γνωστὸ ἀπὸ τὴν ἀρχαιότητα. Οἱ Αἰγύπτιοι, οἱ Ἀρχαῖοι Ἕλληνες καὶ ἄλλοι λαοὶ τὸ χρησιμοποιοῦσαν γιὰ νὰ διευκολύνουν τὶς κατασκευές



Σχ. 125. Ὁ ἐναέριος σχοινοσιδηρόδρομος (τελεφερὶκ) ἀποτελεῖ ἐφαρμογὴν τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου.

τους. Ἀλλὰ καὶ σήμερα βρίσκει πολλὲς ἐφαρμογές. Στὰ πολυώροφα γκαρὰζ τῶν πόλεων τὰ αὐτοκίνητα ἀνεβαίνουν ὡς τοὺς πιὸ ψηλοὺς ὀρόφους, μὲ δικά τους μέσα, χάρη σὲ κατάλληλους κεκλιμένους διαδρόμους. Ὁ ἐναέριος σχοινοσιδηρόδρομος (τελεφερίκ, σχ. 125) εἶναι ἐπίσης ἐφαρμογὴ τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Κάθε ἐπίπεδο ποὺ δὲν συμπίπτει μὲ ἕνα ὁποιοδήποτε ὁριζόντιο εἶναι κεκλιμένο ἐπίπεδο.

2. Ἂν ἀφήσωμε ἐλεύθερη μιὰ μεταλλικὴ σφαίρα ἐπάνω σ' ἕνα κεκλιμένο ἐπίπεδο, θὰ κινηθῆ πρὸς τὰ κάτω ἀκολουθώντας στὴν κίνησή της μιὰν εὐθεία γραμμή, κάθετη σὲ ὁποιαδήποτε ὁριζόντια εὐθεία τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου. Ἡ γραμμὴ αὐτὴ κινήσεως τοῦ σώματος ὀνομάζεται γραμμὴ μεγίστης κλίσεως. Ὁ λόγος τῆς ὑψομετρικῆς διαφορᾶς, ἀρχῆς καὶ τέλους, ἑνὸς τμήματος μιᾶς γραμμῆς μεγίστης κλίσεως, πρὸς τὸ μῆκος τοῦ τμήματος, ὀνομάζεται κλίση τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου καὶ ἐκφράζεται ἐπὶ τοῖς ἑκατό.

3. Τὸ βάρος ἑνὸς σώματος τοποθετημένου ἐπάνω σ' ἕνα κεκλιμένο ἐπίπεδο μπορεῖ νὰ ἀναλυθῆ σὲ δύο κάθετες συνιστῶσες, ἀπὸ τὶς ὁποῖες ἡ μία $B_{\pi\alpha\rho}$ νὰ εἶναι παράλληλη πρὸς τὸ κεκλιμένο ἐπίπεδο καὶ ἡ ἄλλη $B_{\kappa\alpha\vartheta}$ νὰ εἶναι κάθετη πρὸς αὐτό. Ἡ $B_{\kappa\alpha\vartheta}$ ἐξουδετερώνεται ἀπὸ μίαν ἀντίθετη πρὸς αὐτὴν δύναμη ποὺ ἀσκεῖται ἀπὸ τὸ κεκλιμένο ἐπίπεδο πρὸς τὸ σῶμα. Τὸ σῶμα ἑπομένως εἶναι ὡσὰν νὰ ὑπόκειται μόνο στὴν $B_{\pi\alpha\rho}$, ἡ ὁποία ἐφ' ὅσον τὸ σῶμα εἶναι ἐλεύθερο, τείνει νὰ τὸ κινήση ἐπάνω στὸ κεκλιμένο ἐπίπεδο.

4. Μὲ κατάλληλη γραφικὴ κατασκευὴ μποροῦμε νὰ ὑπολογίσωμε τὶς δύο αὐτὲς συνιστῶσες τοῦ βάρους. Ὁ ὑπολογισμὸς μπορεῖ νὰ γίνη καὶ λογιστικῶς γιὰ τὴν παράλληλη συνιστῶσα, ἡ ὁποῖα ἰσοῦται μὲ τὸ γινόμενο τοῦ βάρους ἐπὶ τὴν κλίση τοῦ ἐπιπέδου.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. *Ἕνας ποδηλάτης καὶ τὸ ποδήλατό του ἔχουν συνολικὸ βάρος 85 kp. Ἐὰν ὁ ποδηλάτης πρόκειται νὰ ἀνεβῆ, μὲ σταθερὴν ταχύτητα, μίαν ἀνηφοριὰ κλίσεως 8 % νὰ εὑρεθῆ ἡ δύναμη ἕλξεως, τὴν ὁποία θὰ πρέπει νὰ ἀναπτύξη.*

(Ἀπ. 6,8 kp.)

2. *Μὲ τὴν βοήθεια μιᾶς κεκλιμένης σανίδας ἕνας ἐργάτης ἀνεβάζει σὲ ὕψος 2 m ἀπὸ τὸ ἔδαφος, φορτώνοντάς τα σὲ ἕνα φορτηγὸ αὐτοκίνητο, βαρέλια βάρους 300 kp τὸ καθένα, ἐφαρμόζοντας σταθερὴ δύναμη 50 kp. Νὰ εὑρεθῆ τὸ μῆκος τῆς σανίδας ποὺ θὰ πρέπει νὰ χρησιμοποιήση.*

(Ἀπ. 12 m.)

3. *Ἕνα αὐτοκίνητο βάρους 1 000 kp κινεῖται μὲ σταθερὴν ταχύτητα σὲ ἕναν ἀνηφορικὸ δρόμο. Ἐὰν ἡ δύναμη ἕλξεως, τὴν ὁποία ἀναπτύσσει ὁ κινητήρας τοῦ αὐτοκινήτου εἶναι 50 kp νὰ εὑρεθῆ ἡ κλίση τοῦ δρόμου.*

(Ἀπ. 5 %.)

4. *Ἕνας δρόμος σχηματίζει γωνίαν $\varphi = 10^\circ$ μὲ τὸ ὁριζόντιο ἐπίπεδο. Ἕνα αὐτοκίνητο βάρους 900 kp εἶναι σταματημένο ἐπάνω σ' αὐτὸν τὸν δρόμο καὶ δύο μεγάλες πέτρες ἐμποδίζουν καθένα ἀπὸ τοὺς ὀπίσθιους τροχοὺς νὰ κυλήσουν. α) Νὰ σχεδιασθοῦν οἱ δυνάμεις ποὺ ἀσκοῦνται στὸ αὐτοκίνητο (μὲ κλίμακα: 1 cm νὰ ἀντιστοιχῆ σὲ 100 kp). β) Νὰ ὑπολογισθῆ γραφικῶς ἡ ὁλικὴ* *δύναμη ποὺ ἀσκεῖται στὶς πέτρες καὶ ἡ δύναμη ποὺ ἀσκοῦν καθέτως πρὸς τὸ ἔδαφος οἱ τροχοὶ τοῦ αὐτοκινήτου.*

('Απ. β' 150 kp, 885 kp περίπου.)

5. *Ὁ ὁδηγὸς ἑνὸς φορτηγοῦ αὐτοκινήτου φορτώνει τὸ ὄχημα μὲ βαρέλια. Τὸ δάπεδο τοῦ αὐτοκινήτου ἀπέχει ἀπὸ τὸ ἔδαφος 1 m καὶ τὸ κάθε βαρέλι ζυγίζει 250 kp. α) Πόση δύναμη πρέπει νὰ ἀσκῇ ὁ ὁδηγὸς γιὰ νὰ ὑψώνη κάθε βαρέλι κατακόρυφα πρὸς τὰ ἄνω μέχρι τὸ ὕψος τοῦ δαπέδου. β) Γιὰ νὰ διευκολύνη τὴν ἐργασία του ὁ ὁδηγὸς τοποθετεῖ μιὰ σανίδα $A\Gamma = 3\ m$ μὲ τὸ ἕνα ἄκρο της στὸ δάπεδο τοῦ αὐτοκινήτου καὶ τὸ ἄλλο στὸ ἔδαφος. Νὰ σχεδιάσετε τὴν διάταξη μὲ κλίμακα 1 : 50. γ) Ἕνα βαρέλι εὑρίσκεται πάνω στὴ σανίδα. Νὰ σχεδιασθοῦν οἱ δυνάμεις ποὺ ἀσκοῦνται σ' αὐτό. Νὰ προσδιορισθῇ γραφικῶς ἡ δύναμη, τὴν ὁποίαν πρέπει νὰ καταβάλη τώρα ὁ ὁδηγὸς γιὰ τὴν μεταφορὰ τοῦ βαρελιοῦ (μὲ κλίμακα 1 cm ν' ἀντιστοιχῇ σὲ 50 kp).*

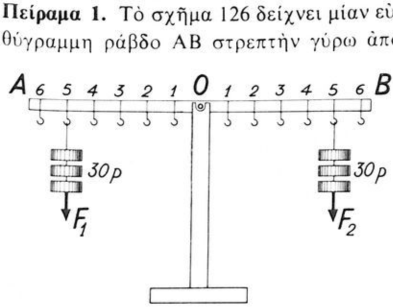
('Απ. α' $F = 250\ kp$. γ' $F_1 = 85\ kp$.)

ΙΕ' – ΡΟΠΗ ΔΥΝΑΜΕΩΣ

§ **101. Ἡ δύναμη καὶ ἡ κίνηση.** Μέχρι τώρα μιλήσαμε γιὰ περιπτώσεις συντρεχουσῶν ἢ παραλλήλων δυνάμεων, οἱ ὁποῖες ἐνεργοῦν ἐπάνω σ' ἕνα στερεὸ σῶμα, μὲ ἀποτέλεσμα τὴν παραμόρφωση ἢ τὴν μετακίνηση τοῦ σώματος, κατὰ μῆκος μιᾶς εὐθείας γραμμῆς.

Σὲ ἄλλες περιπτώσεις ὅταν οἱ δυνάμεις σχηματίζουν ζεῦγος δὲν προκαλοῦν εὐθύγραμμη μετακίνηση ἀλλὰ περιστροφή, ὅπως π.χ. συμβαίνει μὲ τὴν κίνηση τῶν τροχῶν τοῦ αὐτοκινήτου, τὴν περιστροφὴ τῶν δεικτῶν τοῦ ὡρολογίου, τὸ ἄνοιγμα μιᾶς θύρας κλπ.

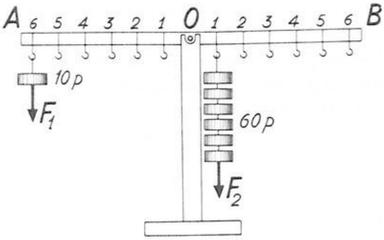
§ **102. Ἰσορροπία στρεπτῆς ῥάβδου. Πείραμα 1.** Τὸ σχῆμα 126 δείχνει μίαν εὐθύγραμμη ῥάβδο AB στρεπτὴν γύρω ἀπὸ ὁριζόντιο ἄξονα O, ὁ ὁποῖος διέρχεται ἀπὸ τὸ μέσο τῆς ῥάβδου. Ἡ ῥάβδος ἔχει διαιρέσεις καὶ στὰ δύο τμήματά της, ἢ ὅπως συνήθως ὀνομάζονται βραχίονες OA καὶ OB, ἀπὸ 0 - 6, τὸ μηδὲν τῶν ὁποίων συμπίπτει μὲ τὴν ὀπὴ ἀπὸ τὴν ὁποία διέρχεται ὁ ἄξονας, καὶ κάτω ἀπὸ τὶς διαιρέσεις αὐτὲς ἄγκιστρα γιὰ τὴν ἐξάρτηση βαρῶν. Ἐφ' ὅσον ἀπὸ τὰ ἄγκιστρα δὲν κρεμιέται βάρος, ἡ ῥάβδος ἰσορροπεῖ σὲ ὁριζόντια θέση. Ἡ ῥάβδος ἰσορροπεῖ ἐπίσης σὲ ὁριζόντια καὶ πάλι θέση, ἂν ἐξαρτήσωμε ἴσα βάρη ἀπὸ δύο ἄγκιστρα τῶν βραχιόνων της τῆς ἴδιας ὑποδιαιρέσεως (σχ. 126). Στὴν περίπτωση αὐτὴ τὰ ἴσα βάρη προκαλοῦν ἴσες δυνάμεις, οἱ ὁποῖες ἀσκοῦνται ἐπάνω στὴν ῥάβδο καὶ σὲ δύο σημεῖα ποὺ ἰσαπέχουν ἀπὸ τὸν ἄξονα περιστροφῆς. Ἑπομένως:



Σχ. 126. Ὅταν ἴσα βάρη ἀπέχουν ἴσες ἀποστάσεις ἀπὸ τὸν ἄξονα περιστροφῆς, ἡ ῥάβδος ἰσορροπεῖ ὁριζοντίως.

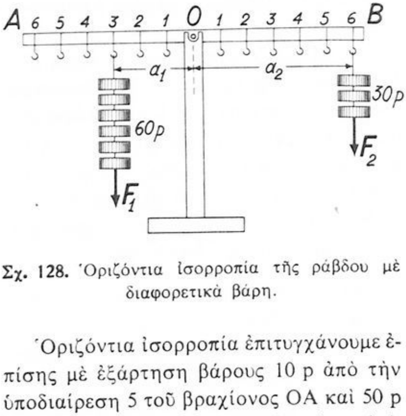
Ἐὰν μία ῥάβδος AB εἶναι στρεπτὴ γύρω ἀπὸ ὁριζόντιο ἄξονα ποὺ διέρχεται ἀπὸ τὸ μέσο της, ἰσορροπεῖ ὅταν ἀσκοῦνται πάνω σ' αὐτὴν παράλληλες δυνάμεις τοῦ ἰδίου μέτρου καὶ φορᾶς καὶ σὲ δύο σημεῖα τὰ ὁποῖα νὰ ἰσαπέχουν ἀπὸ τὸν ἄξονα περιστροφῆς.

Πείραμα 2. Ἡ ῥάβδος μπορεῖ νὰ ἰσορροπήση ὁριζοντίως ὄχι μόνο μὲ τὴν ἐξάρ-



Σχ. 127. Ὅταν ἀπὸ τὴν ὑποδιαίρεση 6 τοῦ βραχίονος ΟΑ ἐξαρτήσωμε βάρος 10 p καὶ ἀπὸ τὴν ὑποδιαίρεση 1 τοῦ ΟΒ βάρος 60 p, ἡ ράβδος ἰσορροπεῖ ὁριζοντίως.

τηση ἴσων βαρῶν ἀπὸ τοὺς δύο βραχίονές της. Πραγματικὰ ὅπως πειραματικῶς διαπιστώνουμε, ἂν ἀπὸ τὴν ὑποδιαίρεση 6 τοῦ βραχίονος ΟΑ ἐξαρτήσωμε βάρος 10 p καὶ ἀπὸ τὴν ὑποδιαίρεση 1 τοῦ ΟΒ βάρος 60 p ἡ ράβδος ἰσορροπεῖ ὁριζοντίως (σχ. 127).



Σχ. 128. Ὁριζόντια ἰσορροπία τῆς ράβδου μὲ διαφορετικὰ βάρη.

Ὁριζόντια ἰσορροπία ἐπιτυγχάνουμε ἐπίσης μὲ ἐξάρτηση βάρους 10 p ἀπὸ τὴν ὑποδιαίρεση 5 τοῦ βραχίονος ΟΑ καὶ 50 p ἀπὸ τὴν ὑποδιαίρεση 1 τοῦ ΟΒ, ὅπως ἐπίσης μὲ ἐξάρτηση βάρους 60 p ἀπὸ τὴν ὑποδιαίρεση 3 τοῦ ΟΑ καὶ 30 p ἀπὸ τὴν ὑποδιαίρεση 6 τοῦ ΟΒ (σχ. 128). Ἂν συνεχίσωμε τὸν πειραματισμό μας καὶ συγκεντρώσωμε τὰ ἀποτελέσματα τῶν μετρήσεων, μποροῦμε νὰ καταστρώσωμε ἕναν πίνακα σὰν τὸν ἀκόλουθο.

Βραχίονας ΟΑ			
Δύναμη F_1	Ἀριθμὸς ἀγκίστρου	Ἀπόσταση a_1 ἀπὸ τὸν ἄξονα	Γινόμενο $F_1 . a_1$
10 p	6	60 cm	600 pcm
10 p	5	50 cm	500 pcm
60 p	3	30 cm	1800 pcm
20 p	2	20 cm	400 pcm
10 p	4	40 cm	400 pcm

Βραχίονας ΟΒ			
Δύναμη F_2	Ἀριθμὸς ἀγκίστρου	Ἀπόσταση a_2 ἀπὸ τὸν ἄξονα	Γινόμενο $F_2 . a_2$
60 p	1	10 cm	600 pcm
50 p	1	10 cm	500 pcm
30 p	6	60 cm	1800 pcm
40 p	1	10 cm	400 pcm
20 p	2	20 cm	400 pcm

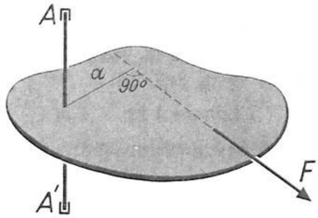
Ἀπὸ τὸν παραπάνω πίνακα συμπεραίνουμε πὼς ἡ ἰσορροπία μιᾶς στρεπτῆς ράβδου γύρω ἀπὸ ἄξονα, ἐπάνω στὴν ὁποία ἐνεργοῦν δύο παράλληλες καὶ ὁμόρροπες δυνάμεις, ἀπὸ τὴν μία καὶ τὴν ἄλλη πλευρὰ τοῦ ἄξονος, δὲν ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὰ μέτρα, τῶν δυνάμεων, ἀλλὰ ἀπὸ τὰ γινόμενα τῶν μέτρων τῶν δυνάμεων καὶ τῶν ἀποστάσεών τους ἀπὸ τὸν ἄξονα. Ἑπομένως:

Ἐὰν ἐπάνω σὲ μιὰ ράβδο στρεπτὴ γύρω ἀπὸ ἄξονα ἀσκοῦνται, ἀπὸ τὶς δύο πλευρὲς τοῦ ἄξονος, δύο παράλληλες καὶ ὁμόρροπες δυνάμεις F_1 καὶ F_2, ἡ ράβδος ἰσορροπεῖ ἐφ' ὅσον τὰ γινόμενα τῶν μέτρων τῶν δυνάμεων καὶ τῶν ἀποστάσεών τους a_1 καὶ a_2 ἀντιστοίχως ἀπὸ τὸν ἄξονα εἶναι ἴσα.

Ἐὰν δηλαδὴ ἔχωμε ἰσορροπίαν τῆς στρεπτῆς ράβδου θὰ ἰσχύη ἡ σχέση:

$$\mathbf{F_1 \cdot a_1 = F_2 \cdot a_2}$$

§ 103. Ροπὴ δυνάμεως ὡς πρὸς ἄξονα ἢ ροπὴ περιστροφῆς. Θεωροῦμε μία δύναμη F ἡ ὁποία εὑρίσκεται σὲ ἕνα ἐπίπεδο κάθετο ἐπὶ ἕναν ἄξονα AA΄ καὶ ἐνεργεῖ ἐπάνω σ᾿ ἕνα σῶμα στρεπτὸ γύρω ἀπὸ τὸν ἄξονα αὐτόν. Τὸ γινόμενο τοῦ μέτρου τῆς δυνάμεως F ἐπὶ τὴν ἀπόσταση α τοῦ φορέα τῆς δυνάμεως ἀπὸ τὸν ἄξονα (σχ. 129) ἀσκεῖ σημαντικὸ ρόλο στὴν πε-



Σχ. 129. Γιὰ τὴν κατανόηση τῆς ἐννοίας τῆς ροπῆς μιᾶς δυνάμεως ὡς πρὸς ἄξονα.

ριστροφὴ ἢ στὴν ἠρεμία ἑνὸς στρεπτοῦ σώματος καὶ ὀνομάζεται **ροπὴ Μ τῆς δυνάμεως ὡς πρὸς τὸν ἄξονα** ἢ **ροπὴ περιστροφῆς**. Ὥστε λοιπὸν εἶναι ἐξ ὁρισμοῦ:

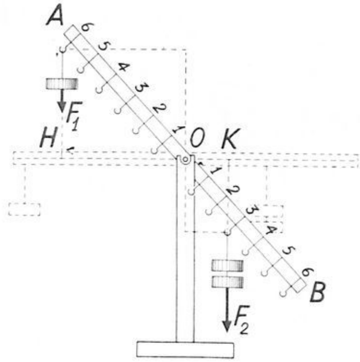
$$\mathbf{M = F \times \alpha}$$

Ροπὴ δυνάμεως ὡς πρὸς ἄξονα = (μέτρο δυνάμεως) × (κάθετη ἀπόσταση δυνάμεως ἀπὸ τὸν ἄξονα).

Στὰ παραδείγματα § 102 χρησιμοποιήσαμε ὁριζόντια ράβδο. Στὴν περίπτωση αὐτὴ ἡ ἀπόσταση τῆς δυνάμεως ποὺ προκαλεῖ ἕνα ἐξαρτημένο βάρος εἶναι ἴση μὲ τὸ μῆκος τῆς ράβδου, ποὺ μεσολαβεῖ ἀπὸ τὸν ἄξονα μέχρι τὸ σημεῖο ἐξαρτήσεως.

Ἐὰν ἡ ράβδος δὲν εἶναι ὁριζόντια (σχ. 130), τότε ὅταν ἰσορροπῇ, οἱ ἀποστάσεις τῶν φορέων τῶν δυνάμεων ἀπὸ τὸν ἄξονα δὲν εἶναι πλέον ἴσες μὲ τὰ τμήματα OA καὶ OB τῆς ράβδου, ἀλλὰ μὲ τὶς κάθετες OH καὶ OK ποὺ ἄγονται ἀπὸ τὸ O στοὺς φορεῖς τῶν δυνάμεων. Στὴν περίπτωση αὐτὴ ἐφ᾿ ὅσον ἡ ράβδος ἰσορροπῇ, ἀληθεύει ἡ σχέση:

$$F_1 \times (OH) = F_2 \times (OK).$$



Σχ. 130. Ὅταν ἡ ράβδος δὲν εἶναι ὁριζόντια οἱ ἀποστάσεις τῶν φορέων τῶν δυνάμεων ἀπὸ τὸν ἄξονα δὲν εἶναι ἴσες μὲ τοὺς βραχίονες.

Γενικώτερα ἐπικρατεῖ ἰσορροπία, ἐφ᾿ ὅσον:

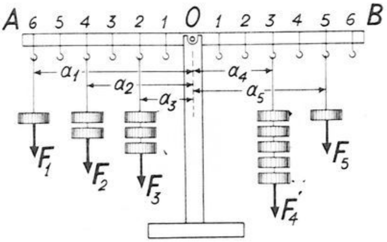
$$\textbf{ροπὴ τῆς } F_1 = \textbf{ροπὴ τῆς } F_2$$

§ 104. Θετικὲς καὶ ἀρνητικὲς ροπές. Μιὰ δύναμη ποὺ ἐνεργεῖ ἐπάνω σ᾿ ἕνα στρεπτὸ γύρω ἀπὸ ἄξονα σῶμα, προκαλεῖ ροπή, ἡ ὁποία τείνει νὰ περιστρέψη τὸ σῶμα. Ἡ στροφὴ τοῦ σώματος εἶναι δυνατὸ νὰ γίνη κατὰ δύο ἀντίθετες φορές: α) κατὰ τὴν φορὰ ποὺ ἀκολουθοῦν οἱ δεῖκτες τοῦ ὡρολογίου, β) κατὰ φορὰ ἀντίθετη πρὸς τοὺς δεῖκτες τοῦ ὡρολογίου.

Στὴν πρώτη περίπτωση ἡ ροπὴ τῆς δυνάμεως χαρακτηρίζεται σὰν ἀ ρ ν η τ ι κ ή, στὴν δεύτερη σὰν θ ε τ ι κ ή.

§ 105. Ἰσορροπία στερεοῦ στρεπτοῦ γύρω ἀπὸ ἄξονα. Ὅταν ἐπάνω σ᾿ ἕνα στρεπτὸ σῶμα ἐνεργοῦν πολλὲς δυνάμεις ποὺ εὑρίσκονται ἐπάνω στὸ ἴδιο ἐπίπεδο προκαλοῦν θετικὲς καὶ ἀρνητικὲς ροπές. Ἐπειδὴ ὅλες οἱ θετικὲς ροπὲς τείνουν νὰ στρέψουν τὸ σῶμα κατὰ φορὰ ἀντίθετη πρὸς τοὺς δεῖκτες τοῦ ὡρολογίου, μποροῦν νὰ προστεθοῦν καὶ νὰ ἀντικατασταθοῦν ἀπὸ μιὰ συνισταμένη θετική

 4*



Σχ. 131. Ὅταν τὸ ἄθροισμα τῶν ροπῶν τῶν δυνάμεων F_1, F_2, F_3 εἶναι ἀριθμητικὰ ἴσο μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ροπῶν τῶν δυνάμεων F_4, F_5, τὸ σύστημα ἰσορροπεῖ.

ροπή. Τὸ ἴδιο μπορεῖ νὰ γίνη καὶ μὲ τὶς ἀρνητικὲς ροπές.

Ἐὰν οἱ θετικὲς καὶ οἱ ἀρνητικὲς ροπὲς ἔχουν τὸ ἴδιο μέτρο, τὸ σῶμα ἰσορροπεῖ (σχ. 131). Διαφορετικά, στρέφεται κατὰ τὴν φορὰ τῶν ροπῶν ποὺ ὑπερισχύουν.

§ 106. Μονάδες ροπῆς. Ἡ ροπὴ δὲν εἶναι θεμελιῶδες φυσικὸ μέγεθος ἀλλὰ παράγωγο, ἐφ' ὅσον ὁρίσθηκε μὲ τὴν βοήθεια δύο ἄλλων μεγεθῶν, δυνάμεως καὶ μήκους. Γι' αὐτὸν τὸν λόγο καὶ οἱ μονάδες τῆς ροπῆς θὰ ὁρισθοῦν μὲ τὴν βοήθεια τῶν μονάδων δυνάμεως καὶ μήκους.

Ὅταν ἐργαζώμαστε στὸ Τεχνικὸ Σύστημα, ἡ δύναμη ἐκφράζεται σὲ kp καὶ ἡ ἀπόσταση σὲ m, ὁπότε ἡ ροπὴ εὑρίσκεται σὲ kpm, δηλαδή:

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

Ἐὰν ἡ δύναμη ἐκφράζεται σὲ p καὶ ἡ ἀπόσταση σὲ cm, τότε ἡ ροπὴ ἐκφράζεται σὲ pcm καὶ εἶναι:

$$1\ \text{pcm} = 1\ \text{p} \times 1\ \text{cm}$$

Ἀνάλογα ὁρίζεται καὶ ἡ μονάδα ροπῆς:

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

στὸ Σύστημα M. K. S.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Ἡ εὐθύγραμμη μετακίνηση ἑνὸς σώματος προέρχεται ἀπὸ τὴν δράση μιᾶς δυνάμεως.

2. Ἡ περιστροφὴ ἑνὸς στρεπτοῦ σώματος προέρχεται ἀπὸ ζεῦγος δυνάμεων.

3. Τὸ γινόμενο τοῦ μέτρου μιᾶς δυνάμεως, ἡ ὁποία ἐνεργεῖ ἐπάνω σ' ἕνα σῶμα στρεπτὸ γύρω ἀπὸ ἄξονα, ἐπὶ τὴν ἀπόσταση τοῦ φορέως τῆς δυνάμεως ἀπὸ τὸν ἄξονα, λέγεται ροπὴ τῆς δυνάμεως ὡς πρὸς τὸν ἄξονα. Ἡ ροπὴ τείνει νὰ περιστρέψη τὸ σῶμα εἴτε κατὰ φορὰ ἀντίθετη πρὸς τὴν κίνηση τῶν δεικτῶν τοῦ ὡρολογίου, ὁπότε χαρακτηρίζεται σὰν θετική, εἴτε κατὰ τὴν φορὰ τῶν δεικτῶν ὁπότε ὀνομάζεται ἀρνητική.

4. Ἐὰν ἐπάνω σ' ἕνα στρεπτὸ σῶμα ἐνεργοῦν πολλὲς δυνάμεις, ποὺ βρίσκονται στὸ ἴδιο ἐπίπεδο, τὸ σῶμα ἰσορροπεῖ ἢ στρέφεται. Ἰσορροπεῖ, ἂν τὸ ἄθροισμα τῶν θετικῶν ροπῶν ἰσοῦται μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἀρνητικῶν ροπῶν.

5. Μιὰ ράβδος, στρεπτὴ γύρω ἀπὸ ἄξονα, ἐπάνω στὴν ὁποία ἐνεργοῦν δύο παράλληλες δυνάμεις F_1 καὶ F_2, ἰσορροπεῖ ἐφ' ὅσον οἱ ροπὲς τῶν δυνάμεων, ὡς πρὸς τὸν ἄξονα, ἔχουν τὴν ἴδια τιμὴ καὶ ἀντίθετα σημεῖα.

1. Στὴν περιφέρεια ἑνὸς τροχοῦ, ἀκτίνος 10 m, ἀσκεῖται κατὰ τὴν διεύθυνση τῆς ἐφαπτομένης μία δύναμη μέτρου 30 kp. Νὰ ὑπολογισθῆ ἡ ροπὴ αὐτῆς τῆς δυνάμεως ὡς πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ τροχοῦ. (Ἀπ. 300 kpm.)

2. Τὸ τιμόνι ἑνὸς αὐτοκινήτου ἔχει διάμετρο 40 cm. Γιὰ νὰ ἐκτελέσωμε μιὰ στροφὴ ἀσκοῦμε στὸ τιμόνι μιὰ δύναμη μέτρου 2 kp κατὰ τὴν διεύθυνση τῆς ἐφαπτομένης τοῦ τιμονιοῦ. Νὰ εὑρεθῆ ἡ ροπὴ τῆς δυνάμεως αὐτῆς ὡς πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ τιμονιοῦ. (Ἀπ. 0,8 kpm.)

3. Σὲ ἕναν τροχὸ ἀκτίνος 2 m ἀσκεῖται ἐφαπτομενικὰ μιὰ δύναμη $F_1 = 20$ kp μὲ φορὰ πρὸς τὰ δεξιά. Μιὰ ἄλλη δύναμη F_2, ἡ ὁποία ἀσκεῖται ἐπάνω στὴν περιφέρεια τοῦ τροχοῦ, μὲ φορὰ πρὸς τὰ ἀριστερά, ἀπέχει ἀπὸ τὸν ἄξονα τοῦ τροχοῦ ἀπόσταση ἴση πρὸς τὰ 4/5 τῆς ἀκτίνος του. Νὰ εὑρεθῆ τὸ μέτρο τῆς τελευταίας αὐτῆς δυνάμεως ἐὰν θέλωμε ὁ τροχὸς νὰ ἰσορροπῆ. (Ἀπ. 25 kp.)

Μὲ σχῆμα.

4. Στὰ ἄκρα ἑνὸς δοκαριοῦ ΑΒ ἀσκοῦνται δύο κατακόρυφες δυνάμεις μὲ μέτρα 12 kp καὶ 18 kp. Ἐὰν τὸ δοκάρι ἔχει μῆκος 2 m καὶ στηρίζεται σὲ ἕναν ὁριζόντιο ἄξονα ποὺ περνάει ἀπὸ τὸ κέντρο βάρους του νὰ ὑπολογισθοῦν οἱ ροπὲς τῶν δύο αὐτῶν δυνάμεων. (Ἀπ. 24 kpm, 36 kpm.)

5. Μία ἀβαρὴς ράβδος ΑΒ μήκους 4,5 m ἰσορροπεῖ ὁριζοντίως κάτω ἀπὸ τὴν ἐπίδραση δύο κατακορύφων δυνάμεων F_1 καὶ F_2 ποὺ ἀσκοῦνται στὰ ἄκρα της. Ἐὰν ἡ δύναμη $F_2 = 8$ kp ἀπέχει κατὰ 1,5 m ἀπὸ τὸ σημεῖο στηρίξεως τῆς ράβδου νὰ εὑρεθῆ ἡ δύναμη F_1. (Ἀπ. 4 kp.)

ΙΣΤ' – ΜΟΧΛΟΙ. ΕΡΓΑΛΕΙΑ - ΜΟΧΛΟΙ

§ 107. Ἁπλὲς μηχανές. Στὸν καθημερινὸ βίο εἶναι ἀπαραίτητες διάφορες ἐργασίες. Ὁρισμένες ἀπὸ αὐτές, ὅπως τὸ πότισμα τοῦ κήπου, ἡ κοπὴ τῶν θάμνων, ποὺ φύτρωσαν στὴν αὐλή μας, ἡ μεταφορὰ ἐλαφρῶν ἀντικειμένων, κλπ. γίνονται ἄκοπα, γιατὶ οἱ δυνάμεις ποὺ χρειάζεται νὰ καταβάλωμε δὲν ξεπερνοῦν τὶς ἀνθρώπινες δυνατότητες. Ἄλλες ὅμως ἐργασίες μᾶς εἶναι, ἄμεσα τουλάχιστον, ἐντελῶς ἀδύνατες. Δὲν μποροῦμε π.χ., νὰ σηκώσωμε ἀπὸ μόνοι μας, ἕναν βράχο βάρους 1 Mp.

Γιὰ νὰ εἴμαστε λοιπὸν σὲ θέση νὰ ἐκτελοῦμε ὁρισμένες δύσκολες καὶ βαρειὲς ἐργασίες μὲ σχετικὴν εὐκολία, ἐπινοήσαμε καὶ χρησιμοποιοῦμε κατάλληλες διατάξεις καὶ κατασκευάσματα, ποὺ ὀνομάζονται μ η χ α ν ὲς καὶ μὲ τὴ βοήθεια τῶν ὁποίων ἐπιτυγχάνουμε τὴν μεταφορὰ καὶ μεταβίβαση δυνάμεων ἢ τὸν μετασχηματισμό τους μὲ σκοπὸ τὴν καλλίτερη καὶ ἀποδοτικώτερη χρησιμοποίησή τους.

Μερικὲς ἀπὸ τὶς μηχανὲς αὐτὲς χαρακτηρίζονται ἀπὸ μιὰν ἐξαιρετικὴ ἁπλότητα κι' ὀνομάζονται γι' αὐτὸν τὸν λόγο ἁ π λ ὲ ς μ η χ α ν ὲ ς κι' ἀνάμεσα σ' αὐτὲς ἀνήκουν οἱ μοχλοί, οἱ τροχαλίες, τὸ κεκλιμένο ἐπίπεδο, τὸ βαροῦλκο, τὸ πολύσπαστο κλπ.

§ 108. Ἱστορικό. Οἱ μηχανὲς ἦταν σὲ χρήση καὶ στοὺς πανάρχαιους λαούς. Κολοσσιαῖα μνημεῖα, ὅπως εἶναι οἱ Πυραμίδες τῆς Αἰγύπτου, δὲν θὰ κτίζονταν, παρὰ τὶς χιλιάδες τῶν ἐργατῶν, χωρὶς τὴν χρησιμοποίηση τροχαλιῶν, μοχλῶν καὶ κεκλιμένων ἐπιπέδων. Ἡ χειράμαξα στὴν ἁπλούστερη μορφή της, ὁ τροχὸς τῆς ὁποίας κατασκευαζόταν ἀπὸ ἕνα κομμάτι κορμοῦ δένδρου, εἶχε χρησιμοποιηθῆ πολὺ ἐνωρίτερα.

Ὁ Ἀρχιμήδης, ἕνας πολύπλευρος Μαθηματικὸς καὶ Τεχνικὸς ἀπὸ τὶς Συρακοῦσες τῆς Μεγάλης Ἑλλάδος, ἐγνώριζε τὴν συνθήκη ἰσορροπίας τοῦ μοχλοῦ καὶ ἔχοντας αὐτὸ ὑπ' ὄψη του

ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ (287-212 π.Χ.).
Ἕλληνας Μαθηματικὸς ἀπὸ τὶς Συρακοῦσες τῆς Μεγάλης Ἑλλάδος. Ἦταν μαθητὴς τοῦ Εὐκλείδη καὶ ἐγνώριζε τὶς ἰδιότητες τῶν μοχλῶν καὶ τῶν πολυσπάστων. Ἔκαμε πολλὲς καὶ σπουδαῖες ἀνακαλύψεις στὴν Μηχανικὴ καὶ τὴν Ὑδροστατική.

ἀναφώνησε κάποτε στὸν τύραννο Ἱέρωνα τὸ περίφημο ἐκεῖνο: «δός μοι πᾶ στῶ καὶ τὰν γᾶν κινήσω», δηλαδὴ «δός μου κάπου νὰ σταθῶ καὶ μετακινῶ τὴν Γῆ».

Ὅταν κάποτε ἀφοῦ τέλειωσαν οἱ ἐργασίες ναυπηγήσεως ἑνὸς μεγάλου πλοίου, στὶς ὁποῖες εἶχαν πάρει μέρος 3 000 ἐργάτες, δὲν μποροῦσαν νὰ τὸ καθελκύσουν ἀπὸ τὴ σχάρα, ὁ Ἀρχιμήδης μὲ τὴν βοήθεια τῶν μοχλῶν ἐπέτυχε τὴν καθέλκυση.

ΟΙ ΜΟΧΛΟΙ

§ 109. Τί εἶναι ὁ μοχλός. Τὰ στερεὰ σώματα ἔχουν διάφορα βάρη. Ἄλλοτε εἶναι ἐλαφρὰ καὶ εὐκολομετακίνητα κι ἄλλοτε τόσο βαρειὰ ποὺ παραμένουν ἀκλόνητα στὴν θέση τους, παρ᾽ ὅλες τὶς προσπάθειές μας. Στὴν περίπτωση αὐτὴ ἐνεργοῦμε ὅπως ὁ ἐργάτης τοῦ σχήματος 132, ὁ ὁποῖος θέλει νὰ μετακινήση ἕναν

Σχ. 132. Ὁ μοχλὸς χρησιμεύει γιὰ νὰ μετακινήσωμεν ἕνα βαρὺ σῶμα.

ὀγκόλιθο. Παίρνουμε μιὰ μακριὰ ἀνθεκτικὴ ράβδο, συνήθως σιδερένια, τοποθετοῦμε τὸ ἕνα ἄκρο της κάτω ἀπὸ τὸ σῶμα καὶ πολὺ κοντὰ στὸ σῶμα στηρίζουμε τὴν ράβδο σὲ ἕνα ἀνθεκτικὸ ὑποστήριγμα. Ἐφαρμόζοντας ἀκολούθως μιὰ μικρὴ σχετικὰ δύναμη, στὸ ἄλλο ἄκρο τῆς ράβδου, κατορθώνουμε νὰ τὴν περιστρέψωμε γύρω ἀπὸ τὸ ὑποστήριγμα καὶ πετυχαίνουμε μ᾽ αὐτὸν τὸν τρόπο, τὴν μετακίνηση καὶ ἀνύψωση τοῦ ὀγκολίθου.

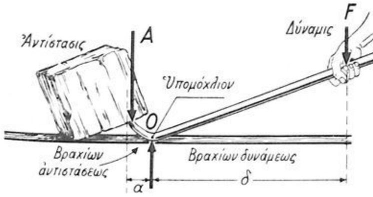
Ἡ ράβδος ποὺ χρησιμοποιήσαμε ἀποτελεῖ μ ο χ λ ό, τὸ δὲ ὑποστήριγμα γύρω ἀπὸ τὸ ὁποῖο μπορεῖ νὰ περιστραφῆ, ὀνομάζεται ὑ π ο μ ό χ λ ι ο. Ὥστε:

Μοχλὸς ὀνομάζεται μιὰ ἀνθεκτικὴ ράβδος ἡ ὁποία στηρίζεται σὲ ἕνα σημεῖο, ἢ ἕναν ἄξονα, γύρω ἀπὸ τὸν ὁποῖον μπορεῖ νὰ περιστραφῆ ἐλεύθερα. Ὁ ἄξονας αὐτὸς ὀνομάζεται ὑπομόχλιο.

§ 110. Δυνάμεις ποὺ ἀσκοῦνται στὸν μοχλό. Ἔστω ὁ μοχλὸς τοῦ σχήματος 133.

Στὸ ἄκρο τοῦ μοχλοῦ, ποὺ εὑρίσκεται κάτω ἀπὸ τὸ σῶμα, ἐνεργεῖ μία δύναμη Α, μὲ φορὰν πρὸς τὰ κάτω, ἡ ὁποία προέρχεται ἀπὸ τὸ σῶμα, καὶ ὀνομάζεται ἀ ν τ ί σ τ α σ η, διότι προβάλλει ἀντίσταση στὴν προσπάθειά μας νὰ μετακινήσωμε τὸ σῶμα.

Στὸ ἄκρο Δ τοῦ μοχλοῦ ἐνεργεῖ ἡ δύναμη F τοῦ χεριοῦ μας, μὲ τὴν ὁποία προσπαθοῦμε νὰ ἀνυψώσωμε τὸ σῶμα καὶ



Σχ. 133. Χαρακτηριστικὰ στοιχεῖα ἑνὸς μοχλοῦ μὲ δύο βραχίονες.

ἡ ὁποία ὀνομάζεται κινητήρια δύναμη, ἢ ἁπλῶς δύναμη. Τὰ τμήματα α καὶ δ, στὰ ὁποῖα χωρίζεται ὁ μοχλὸς ἀπὸ τὸ ὑπομόχλιο λέγονται βραχίονες τοῦ μοχλοῦ.

Ἡ πεῖρα μᾶς διδάσκει πὼς ὅσο πλησιέστερα πρὸς τὸ σῶμα εἶναι τὸ ὑπομόχλιο, τόσο μικρότερη δύναμη πρέπει νὰ καταβάλωμε γιὰ νὰ ἀνυψώσωμε τὸ σῶμα.

§ 111. Ἰσορροπία τοῦ μοχλοῦ. Ὅπως ἀναφέραμε στὴν προηγούμενη παράγραφο, ὁ μοχλὸς εἶναι μιὰ στερεὴ ἀνθεκτικὴ ράβδος, στρεπτὴ γύρω ἀπὸ ἄξονα, δηλαδὴ γύρω ἀπὸ τὸ ὑπομόχλιο, στὰ ἄκρα τῆς ὁποίας ἀσκοῦνται δύο δυνάμεις ἡ ἀντίσταση A καὶ ἡ δύναμη F. Ἡ ἀπόσταση α τῆς ἀντιστάσεως A ἀπὸ τὸ ὑπομόχλιο O ὀνομάζεται βραχίονας τῆς ἀντιστάσεως, ἡ δὲ ἀπόσταση δ τῆς δυνάμεως F ἀπὸ τὸ ὑπομόχλιο βραχίονας τῆς δυνάμεως.

Ἡ δύναμη F καὶ ἡ ἀντίσταση A προκαλοῦν ἀντίθετες ροπές. Ἐπομένως ὁ μοχλὸς θὰ ἰσορροπῆ ὅταν οἱ δύο αὐτὲς ροπὲς ἔχουν τὴν ἴδια ἀριθμητικὴ τιμή. Ὥστε:

Ὁ μοχλὸς ἰσορροπεῖ ἐφ' ὅσον οἱ ροπὲς τῆς δυνάμεως καὶ τῆς ἀντιστάσεως, ὡς πρὸς τὸν ἄξονα περιστροφῆς, ἔχουν ἴσες τιμὲς καὶ ἀντίθετη φορά, δηλαδὴ ὅταν :

$$F \cdot \delta = A \cdot \alpha$$

Ἡ παραπάνω ἰσότητα μπορεῖ νὰ πάρῃ καὶ τὴν μορφή:

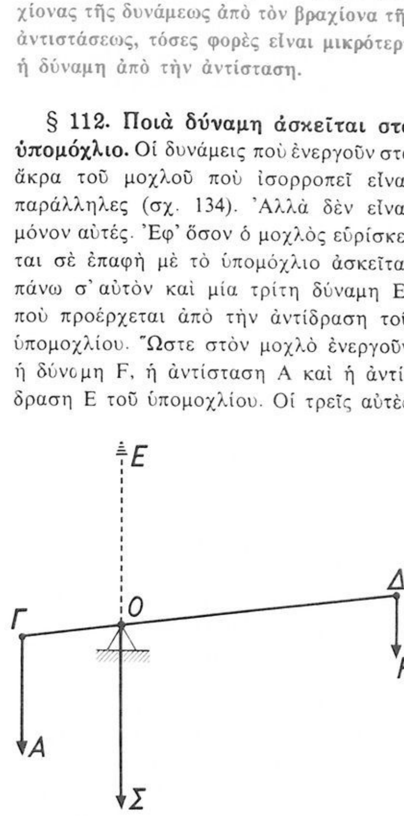
$$\frac{F}{A} = \frac{\alpha}{\delta}$$

ἀπὸ τὴν ὁποία συμπεραίνουμε ὅτι:

Ὅταν ἰσορροπῆ ὁ μοχλός, ἡ δύναμη καὶ ἡ ἀντίσταση εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογες πρὸς τοὺς βραχίονές τους, ἢ ἁπλούστερα :

Ὅσες φορὲς εἶναι μεγαλύτερος ὁ βραχίονας τῆς δυνάμεως ἀπὸ τὸν βραχίονα τῆς ἀντιστάσεως, τόσες φορὲς εἶναι μικρότερη ἡ δύναμη ἀπὸ τὴν ἀντίσταση.

§ 112. Ποιὰ δύναμη ἀσκεῖται στὸ ὑπομόχλιο. Οἱ δυνάμεις ποὺ ἐνεργοῦν στὰ ἄκρα τοῦ μοχλοῦ ποὺ ἰσορροπεῖ εἶναι παράλληλες (σχ. 134). Ἀλλὰ δὲν εἶναι μόνον αὐτές. Ἐφ' ὅσον ὁ μοχλὸς εὑρίσκεται σὲ ἐπαφὴ μὲ τὸ ὑπομόχλιο ἀσκεῖται πάνω σ' αὐτὸν καὶ μία τρίτη δύναμη E, ποὺ προέρχεται ἀπὸ τὴν ἀντίδραση τοῦ ὑπομοχλίου. Ὥστε στὸν μοχλὸ ἐνεργοῦν ἡ δύναμη F, ἡ ἀντίσταση A καὶ ἡ ἀντίδραση E τοῦ ὑπομοχλίου. Οἱ τρεῖς αὐτὲς



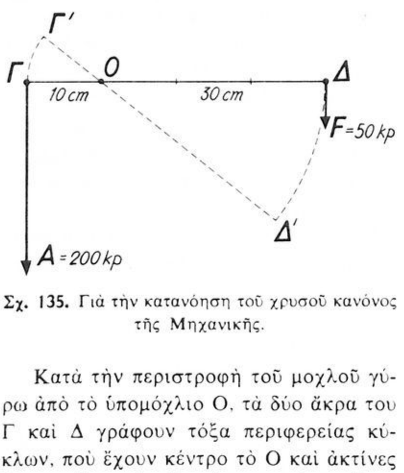
Σχ. 134. Τὸ ὑπομόχλιο, στὸ ὁποῖο ἀσκεῖται μιὰ δύναμη Σ, ἀντιδρᾶ μὲ δύναμη E, ἀντίθετη πρὸς τὴν Σ.

δυνάμεις ἰσορροποῦν. Θὰ πρέπει λοιπὸν ἡ Ε νὰ εἶναι ἀντίθετη πρὸς τὴν συνισταμένη Σ τῶν Α καὶ F. Ἑπομένως:

Ὅταν ὁ μοχλὸς ἰσορροπῆ ἐνῶ εἰς τὰ ἄκρα του ἐνεργοῦν δύο παράλληλες δυνάμεις, ἡ συνισταμένη τῶν δυνάμεων αὐτῶν διέρχεται ἀπὸ τὸ ὑπομόχλιο.

§ 113. Ὁ χρυσὸς κανόνας τῆς Μηχανικῆς.

Ἂς πάρωμε τὴν περίπτωση ἑνὸς μοχλοῦ μὲ ἄνισους βραχίονες, οἱ ὁποῖοι ἔχουν λόγο 1 : 4 (σχ. 135). Ὅπως ἔχουμε ἀναφέρει γιὰ νὰ ἰσορροπήσωμε τὴν ἀντίσταση Α, ἴσην ἔστω πρὸς 200 kp, χρειάζεται νὰ καταβάλωμε δύναμη F, τέσσερις φορὲς μικρότερη, δηλαδὴ 50 kp.



Σχ. 135. Γιὰ τὴν κατανόηση τοῦ χρυσοῦ κανόνος τῆς Μηχανικῆς.

Κατὰ τὴν περιστροφὴ τοῦ μοχλοῦ γύρω ἀπὸ τὸ ὑπομόχλιο Ο, τὰ δύο ἄκρα του Γ καὶ Δ γράφουν τόξα περιφερείας κύκλων, ποὺ ἔχουν κέντρο τὸ Ο καὶ ἀκτίνες ἴσες πρὸς τοὺς βραχίονες τοῦ μοχλοῦ. Ἔτσι τὸ ἄκρο Γ, σημεῖο ἐφαρμογῆς τῆς ἀντιστάσεως Α, γράφει τὸ τόξο $\widehat{\Gamma\Gamma'}$, τὸ δὲ ἄκρο Δ, σημεῖο ἐφαρμογῆς τῆς δυνάμεως F, τὸ τόξο $\widehat{\Delta\Delta'}$. Ὅπως ἀποδείχνεται στὴν Γεωμετρία, ὁ λόγος δύο τόξων περιφερειῶν, τὰ ὁποῖα ἔχουν ἴσες ἐπίκεντρες γωνίες, ἰσοῦται μὲ τὸν λόγο τῶν ἀκτίνων τῶν περιφερειῶν. Στὴν περίπτωσή μας θὰ εἶναι συνεπῶς :

$$\widehat{\Delta\Delta'} = 4 \cdot \widehat{\Gamma\Gamma'}$$

Ἀπὸ τὰ παραπάνω συμπεραίνουμε ὅτι:

Ὅ,τι κερδίζουμε σὲ δύναμη τὸ χάνουμε σὲ δρόμο.

Ἡ πρόταση αὐτὴ εἶναι γνωστὴ μὲ τὴν ὀνομασία **χρυσὸς κανόνας τῆς Μηχανικῆς.**

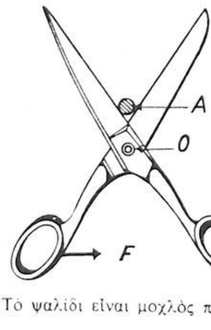
§ 114. Εἴδη μοχλῶν.

Ἡ δύναμη, ἡ ἀντίσταση καὶ τὸ ὑπομόχλιο δὲν ἔχουν πάντοτε τὴν ἴδια σχετικὴ θέση. Ἀνεξάρτητα ὅμως ἀπὸ αὐτό, ἰσχύει πάντοτε ἡ γνωστή μας συνθήκη ἰσορροπίας τοῦ μοχλοῦ, ὅτι δηλαδή: «ὅταν ὁ μοχλὸς ἰσορροπῆ, οἱ ροπὲς τῆς δυνάμεως καὶ τῆς ἀντιστάσεως, ὡς πρὸς τὸν ἄξονα περιστροφῆς, εἶναι ἀντίθετες καὶ ἔχουν τὴν ἴδια τιμή», δηλαδή:

$$F \cdot \delta = A \cdot \alpha \quad \text{ἢ} \quad \frac{F}{A} = \frac{\alpha}{\delta}$$

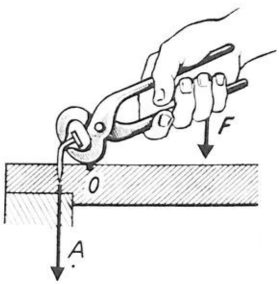
Ἀνάλογα μὲ τὴν θέση ποὺ ἔχουν μεταξύ τους, ἡ δύναμη, ἡ ἀντίσταση καὶ τὸ ὑπομόχλιο, διακρίνουμε τοὺς μοχλοὺς στὰ ἀκόλουθα τρία εἴδη.

α) Μοχλοὶ πρώτου εἴδους. Εἶναι οἱ μοχλοὶ ἐκεῖνοι στοὺς ὁποίους τὸ ὑπομόχλιο εὑρίσκεται ἀνάμεσα στὴν δύναμη, ποὺ ἀσκοῦμε, καὶ στὴν ἀντίσταση, ποὺ θέλουμε νὰ ὑπερνικήσωμε. Στοὺς μοχλοὺς τοῦ εἴδους αὐτοῦ, ὅταν οἱ βραχίονες εἶναι ἄνισοι οἱ δυνάμεις ποὺ ἀσκοῦνται στὰ ἄκρα τους εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογες πρὸς τοὺς βραχίονες τοῦ μοχλοῦ.

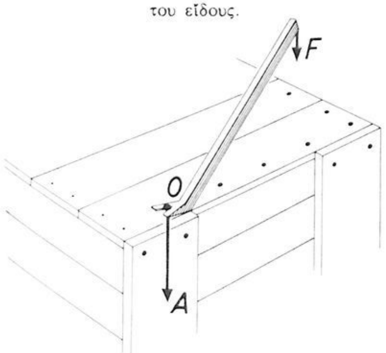


Σχ. 136. Τὸ ψαλίδι εἶναι μοχλὸς πρώτου εἴδους.

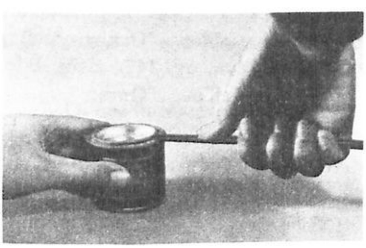
Ἐφαρμογὲς - Ἐργαλεῖα. Τὰ ἐργαλεῖα εἶναι ἁπλὲς ἐφαρμογὲς τῶν μοχλῶν, μὲ τὴν βοήθεια τῶν ὁποίων ἐκτελοῦμε ἄνετα διάφορες χρήσιμες καὶ ἀπαραίτητες ἐργασίες.



Σχ. 137. Ἡ ἡλάγρα (τανάλια) εἶναι μοχλός, πρώτου εἴδους.



Σχ. 138. Ὁ ἐξολκέας, μοχλὸς πρώτου εἴδους γιὰ τὴν ἀφαίρεση καρφιῶν.



Σχ. 139. Μὲ μιὰ μικρὴ λαβίδα, τὴν ὁποία χρησιμοποιοῦμε σὰν μοχλὸ πρώτου εἴδους, ἀφαιροῦμε τὸ ἑρμητικὰ τοποθετημένο κάλυμμα ἑνὸς δοχείου.

Τὸ ψαλίδι (σχ. 136), ἡ τανάλια (σχ. 137), ὁ ἐξολκέας (σχ. 138) κλπ. εἶναι ἐργαλεῖα, στὰ ὁποῖα γίνεται ἐφαρμογὴ τῶν μοχλῶν πρώτου εἴδους. Τὰ ἐργαλεῖα αὐτὰ εἶναι κατὰ τέτοιο τρόπο κατασκευασμένα ὥστε ἡ δύναμη ποὺ καταβάλλουμε νὰ εἶναι μικρότερη ἀπὸ τὴν ἀντίσταση ποὺ ἔχουμε νὰ ὑπερνικήσωμε.

Ἀπὸ τὰ παραπάνω συμπεραίνουμε ὅτι:

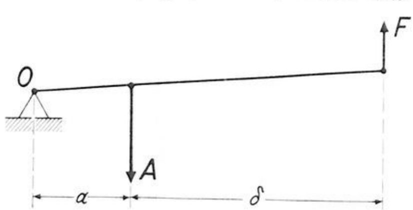
Μοχλοὶ πρώτου εἴδους εἶναι οἱ μοχλοὶ ἐκεῖνοι στοὺς ὁποίους τὸ ὑπομόχλιο εὑρίσκεται ἀνάμεσα στὴν δύναμη καὶ στὴν ἀντίσταση.

Διάφορα ἐργαλεῖα, ὅπως τὸ ψαλίδι, τὸ κλαδευτήρι, ὁ ἐξολκέας, ἡ τανάλια κλπ. ἀποτελοῦν ἐφαρμογὴ τῶν μοχλῶν τοῦ πρώτου εἴδους. Μὲ τὰ ἐργαλεῖα αὐτά, καταβάλλοντας μικρὴ δύναμη, ὑπερνικοῦμε μεγαλύτερη ἀντίσταση, ἐπιτυγχάνοντας μὲ αὐτὸν τὸν τρόπο πολλαπλασιασμὸ τῆς δυνάμεως.

β) Μοχλοὶ δευτέρου εἴδους. Στοὺς μοχλοὺς αὐτοὺς ἡ ἀντίσταση ἐνεργεῖ ἀνάμεσα στὸ ὑπομόχλιο καὶ στὴν δύναμη (σχ. 140). Ὅπως παρατηροῦμε στὸν μοχλὸ τοῦ εἴδους αὐτοῦ ὁ βραχίονας τῆς δυνάμεως εἶναι μεγαλύτερος ἀπὸ τὸν βραχίονα τῆς ἀντιστάσεως καὶ ὅταν ὁ μοχλὸς ἰσορροπῇ ἀληθεύει ἡ σχέση:

$$F \cdot \delta = A \cdot \alpha \quad \text{ἢ} \quad \frac{F}{A} = \frac{\alpha}{\delta}$$

Ἐφαρμογὲς - Ἐργαλεῖα. Ἡ χειράμαξα (σχ. 141), τὸ μαχαίρι τῶν ἀρτοποιῶν (σχ.



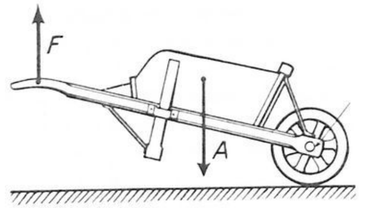
Σχ. 140. Μοχλὸς δευτέρου εἴδους. F δύναμη καὶ A ἀντίσταση ἀνάμεσα ἀπὸ τὴν δύναμη καὶ τὸ ὑπομόχλιο O.

142), ὁ καρυοθραύστης (σχ. 143), τὸ κουπὶ τῆς βάρκας κλπ. εἶναι ἐργαλεῖα ποὺ ἀποτελοῦν ἐφαρμογὴ τῶν μοχλῶν τοῦ δευτέρου εἴδους.

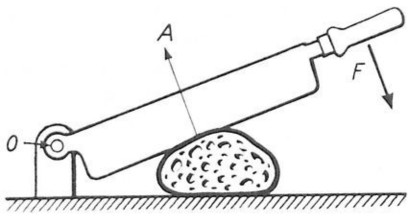
῞Οταν χρησιμοποιοῦμε τὰ ἐργαλεῖα αὐτὰ καταβάλλουμε πάντοτε μικρότερη δύναμη ἀπὸ τὴν ἀντίσταση, ἐπειδὴ ὁ βραχίονας τῆς δυνάμεως εἶναι μεγαλύτερος ἀπὸ τὸν βραχίονα τῆς ἀντιστάσεως. ῞Ωστε:

Στοὺς μοχλοὺς τοῦ δευτέρου εἴδους ἡ ἀντίσταση εὑρίσκεται ἀνάμεσα στὸ ὑπομόχλιο καὶ στὴν δύναμη.

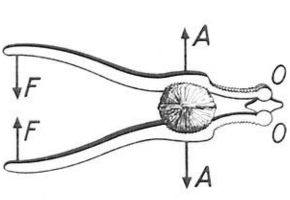
῾Η χειράμαξα, τὸ μαχαίρι τῶν ἀρτοποιῶν, ὁ καρυοθραύστης, τὸ κουπὶ κλπ. εἶναι ἐργαλεῖα ποὺ ἀποτελοῦν ἐφαρμογὴ τῶν μοχλῶν τοῦ δευτέρου εἴδους. Μὲ τὰ ἐργαλεῖα αὐτὰ καταβάλλουμε πάντοτε μικρότερη δύναμη ἀπὸ τὴν ἀντίσταση.



Σχ. 141. ῾Η χειράμαξα ἀποτελεῖ μοχλὸ δευτέρου εἴδους.

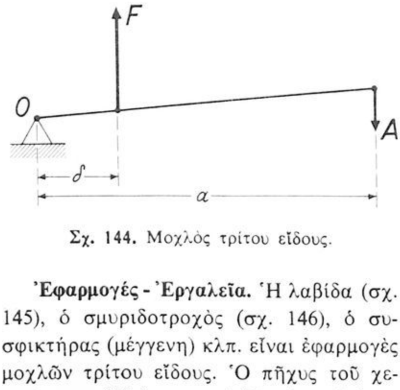


Σχ. 142. Τὸ μαχαίρι τῶν ἀρτοποιῶν εἶναι μοχλὸς δευτέρου εἴδους.



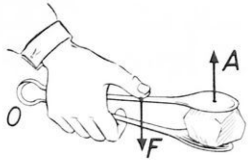
Σχ. 143. ῾Ο καρυοθραύστης, εἶναι μοχλὸς καὶ αὐτὸς δευτέρου εἴδους.

γ) Μοχλοὶ τρίτου εἴδους. Στοὺς μοχλοὺς αὐτοὺς ἡ δύναμη ἀσκεῖται ἀνάμεσα στὴν ἀντίσταση καὶ στὸ ὑπομόχλιο (σχ. 144). ῞Οπως παρατηροῦμε στὸν μοχλὸ αὐτὸ ὁ βραχίονας τῆς δυνάμεως εἶναι μικρότερος ἀπὸ τὸν βραχίονα τῆς ἀντιστάσεως· ἑπομένως ἡ δύναμη ποὺ καταβάλλουμε εἶναι μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν ἀντίσταση ποὺ πρόκειται νὰ ὑπερνικήσωμε.

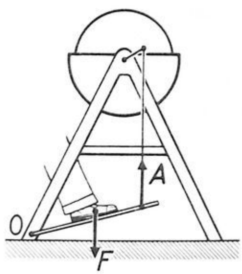


Σχ. 144. Μοχλὸς τρίτου εἴδους.

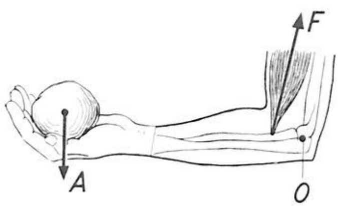
᾿Εφαρμογές - ᾿Εργαλεῖα. ῾Η λαβίδα (σχ. 145), ὁ σμυριδοτροχὸς (σχ. 146), ὁ συσφικτήρας (μέγγενη) κλπ. εἶναι ἐφαρμογὲς μοχλῶν τρίτου εἴδους. ῾Ο πῆχυς τοῦ χεριοῦ μας, (ὠλένη, σχ. 147), εἶναι ἐπίσης μοχλὸς τρίτου εἴδους. ῞Ωστε:



Σχ. 145. Λαβίδα γιὰ τὴν σύσφιξη καὶ συγκράτηση μικρῶν σωμάτων (μοχλὸς τρίτου εἴδους).



Σχ. 146. Ὁ σμυριδοτροχὸς λειτουργεῖ μὲ μοχλὸ τρίτου εἴδους.



Σχ. 147. Τὸ χέρι ἐνεργεῖ σὰν μοχλὸς τρίτου εἴδους.

Στοὺς μοχλοὺς τρίτου εἴδους ἡ δύναμη ἔχει τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς της ἀνάμεσα στὸ ὑπομόχλιο καὶ στὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς τῆς ἀντιστάσεως.

Ἡ λαβίδα, ὁ σμυριδοτροχός, ὁ συσφικτήρας, εἶναι ἐφαρμογὴ τῶν μοχλῶν τρίτου εἴδους. Ὁ πῆχυς τοῦ χεριοῦ μας λειτουργεῖ ἐπίσης σὰν μοχλὸς τρίτου εἴδους.

Στὰ ἐργαλεῖα ποὺ εἶναι μοχλοὶ τρίτου εἴδους καταβάλλουμε δύναμη μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν ἀντίσταση. Παρ' ὅλα αὐτὰ χρησιμοποιοῦνται διότι μᾶς διευκολύνουν καὶ μᾶς ἐξυπηρετοῦν σὲ διάφορες ἐργασίες.

§ 115. Σημασία τῶν ἐργαλείων στὴν ζωή. Οἱ μοχλοὶ καὶ τὰ ἐργαλεῖα ἔχουν μίαν ἐκτεταμένη χρήση στὸν πρακτικό, τὸν βιομηχανικὸ καὶ τὸν ἐπιστημονικὸ τομέα. Στὸν καθημερινὸ βίο χρησιμοποιοῦμε πολλὰ καὶ διάφορα ἁπλᾶ ὄργανα καὶ ἐργαλεῖα, τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦν ἐφαρμογὴν τῶν μοχλῶν καὶ μὲ τὰ ὁποῖα ἐκτελοῦμε ἕνα πλῆθος ἀπὸ βοηθητικὲς ἐργασίες. Οἱ πολύπλοκες μηχανὲς τῶν ἐργοστασίων ἀποτελοῦνται ἀπὸ θαυμάσιους συνδυασμοὺς μοχλῶν, τὰ δὲ ἐπιστημονικὰ ὄργανα χρησιμοποιοῦν καὶ αὐτὰ λεπτοτάτους συνδυασμοὺς εὐαισθήτων μοχλῶν.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Μία ἀνθεκτικὴ ράβδος, στρεπτὴ γύρω ἀπὸ ἄξονα καὶ ὑποκείμενη στὴν δράση δύο δυνάμεων, ποὺ τείνουν νὰ τὴν περιστρέφουν κατ' ἀντίθετες φορές, ἀποτελεῖ μοχλό.

2. Οἱ δύο δυνάμεις ποὺ ἐνεργοῦν στὸν μοχλὸ εἶναι ἡ δύναμη F, τὴν ὁποίαν καταβάλλουμε καὶ ἡ ἀντίσταση A, τὴν ὁποία ἐπιδιώκουμε νὰ ὑπερνικήσωμε. Ἐφ' ὅσον οἱ ροπὲς τῶν δύο αὐτῶν δυνάμεων, ὡς πρὸς τὸν ἄξονα περιστροφῆς, ἔχουν ἴσες τιμὲς καὶ ἀντίθετη φορά, ὁ μοχλὸς ἰσορροπεῖ. Στὴν περίπτωση αὐτὴ ἡ δύναμη καὶ ἡ ἀντίσταση ἔχουν λόγο ἴσο μὲ τὸ ἀντίστροφο τοῦ λόγου τῶν βραχιόνων τους. Ἂν ἑπομένως ὁ βραχίονας τῆς δυνάμεως εἶναι μεγαλύτερος ἀπὸ τὸν βραχίονα τῆς ἀντιστάσεως, τότε μὲ μικρὴ δύναμη ὑπερνικοῦμε μεγάλην ἀντίσταση καὶ ὁ μοχλὸς μετατρέπεται σὲ πολλαπλασιαστὴ δυνάμεως, ὁπότε ἰσχύει ὁ λεγόμενος χρυσὸς κανόνας τῆς Μηχανικῆς, σύμφωνα μὲ τὸν ὁποῖον ὅ,τι κερδίζουμε σὲ δύναμη τὸ χάνουμε σὲ δρόμο.

3. Ἀνάλογα μὲ τὴν θέση δυνάμεως, ἀντιστάσεως καὶ ὑπομοχλίου διακρίνουμε τρία εἴδη μοχλῶν.

4. Πρακτικὴ ἐφαρμογὴ τῶν μοχλῶν ἀποτελοῦν τὰ διάφορα ἐργαλεῖα, μὲ τὴν βοήθεια τῶν ὁποίων ἐκτελοῦμε ἕνα πλῆθος χρήσιμες ἐργασίες.

5. Οἱ μοχλοὶ πρώτου καὶ δευτέρου εἴδους εἶναι πολλαπλασιαστὲς δυνάμεως.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Μία ράβδος ἔχει μῆκος 1,25 m. Σὲ ποιό σημεῖο τῆς ράβδου πρέπει νὰ τοποθετήσωμε ἕνα ὑποστήριγμα, γιὰ νὰ μπορέσωμε νὰ ἀνυψώσωμε μὲ αὐτὴν ἕνα σῶμα βάρους 450 kp, ἂν στὸ ἄλλο ἄκρο της ἀσκοῦμε δύναμη 60 kp.

(Ἀπ. 0,15 m ἀπὸ τὸ σῶμα 450 kp.)

2. Ἕνα σῶμα βάρους 1 200 Νιοῦτον μεταφέρεται μέσα σὲ μιὰ χειράμαξα. Ἡ δύναμη ποὺ ἀσκεῖται ἔχει μέτρο 400 N καὶ τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς της ἀπέχει 1,20 m ἀπὸ τὸν ἄξονα τοῦ τροχοῦ. Σὲ ποιό σημεῖο τῆς χειράμαξας πρέπει νὰ τοποθετήσωμε τὸ φορτίο. (Ἀπ. 40 cm.)

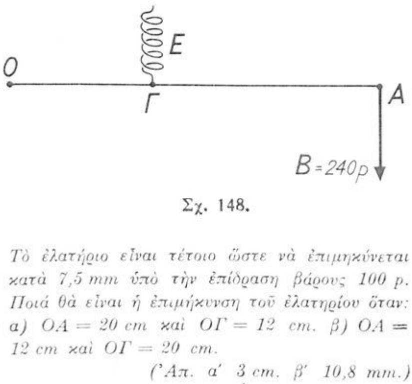
3. Στὰ ἄκρα τῶν βραχιόνων ἑνὸς κοπτῆρος ἀσκοῦνται ἀπὸ τὸ χέρι μας δυνάμεις μέτρου 20 kp. Ἐὰν γνωρίζωμε ὅτι τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς αὐτῶν τῶν δυνάμεων ἀπέχει κατὰ 15 cm ἀπὸ τὸν ἄξονα τοῦ ἐργαλείου καὶ ὅτι οἱ σιαγόνες ἀπέχουν ἀπὸ τὸν ἄξονα κατὰ 3 cm, νὰ ὑπολογισθοῦν οἱ δυνάμεις ποὺ ἀσκοῦνται ἐπὶ τοῦ σώματος ποὺ πρόκειται νὰ κοπῆ. (Ἀπ. 100 kp.)

4. Ἕνας βαρκάρης στηρίζεται μὲ ὅλο τὸ σῶμα του, βάρους 80 kp, ἐπάνω στὸ ἕνα ἄκρο ἑνὸς κουπιοῦ μήκους 2,50 m καὶ κατορθώνει νὰ ἰσορροπήση. Νὰ εὑρεθῆ ἡ ἀντίσταση τοῦ νεροῦ ἐὰν θεωρήσωμε ὅτι αὐτὴ ἀσκεῖται σὲ ἀπόσταση 0,75 m ἀπὸ τὸν ἁρμό. (Ἀπ. 267 kp, περίπου.)

5. Στὸ ἕνα ἄκρο μιᾶς ἀβαροῦς ράβδου μὲ μῆκος $l = 60$ cm, ἡ ὁποία μπορεῖ νὰ περιστρέφεται γύρω ἀπὸ ἕναν ὁριζόντιο ἄξονα, ποὺ εὑρίσκεται στὸ μέσο της, τοποθετεῖται βάρος $B_1 = 100$ p. α) Ἡ ράβδος ἠρεμεῖ σὲ ὁριζόντια θέση μὲ βάρος B_2, ποὺ τοποθετεῖται σὲ ἀπόσταση $l_2 = 8$ cm ἀπὸ τὸν ἄξονα. Νὰ ὑπολογισθῆ τὸ βάρος B_2. β) Νὰ λυθῆ τὸ ἴδιο πρόβλημα ἂν τὸ βάρος τοποθετῆται σὲ ἀπόσταση $l'_2 = 20$ cm ἀπὸ τὸν ἄξονα τῆς ράβδου. γ) Σὲ ποιὰν ἀπόσταση ἀπὸ τὸν ἄξονα πρέπει νὰ τοποθετήσωμε βάρος 200 p, γιὰ νὰ ἰσορροπῆ ἡ ράβδος ὁριζοντίως.

(Ἀπ. α' $B_2 = 375$ p. β' $B_2' = 150$ p. γ' 15 cm.)

6. Ἕνας μοχλὸς ΟΑ μπορεῖ νὰ στρέφεται γύρω ἀπὸ ἕναν ἄξονα Ο, ἰσορροπεῖ δὲ σὲ ὁριζόντια θέση ἀπὸ τὴν ἐπίδραση βάρους $B = 240$ p καὶ ἑνὸς ἐλατηρίου στερεωμένου στὸ Γ (σχ. 148).



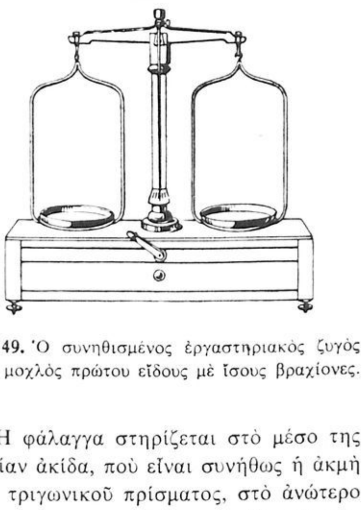
Σχ. 148.

Τὸ ἐλατήριο εἶναι τέτοιο ὥστε νὰ ἐπιμηκύνεται κατὰ 7,5 mm ὑπὸ τὴν ἐπίδραση βάρους 100 p. Ποιὰ θὰ εἶναι ἡ ἐπιμήκυνση τοῦ ἐλατηρίου ὅταν: α) ΟΑ = 20 cm καὶ ΟΓ = 12 cm. β) ΟΑ = 12 cm καὶ ΟΓ = 20 cm.

(Ἀπ. α' 3 cm. β' 10,8 mm.)

ΙΖ' – ΖΥΓΟΙ

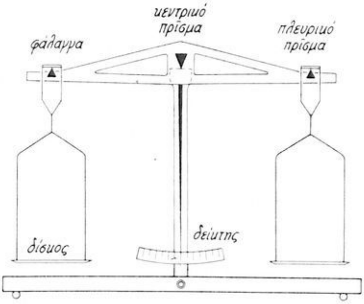
§ 116. Ὁ ζυγὸς μὲ ἴσους βραχίονες. Περιγραφή. Ὁ συνηθισμένος ζυγὸς (σχ. 149) μὲ ἴσους βραχίονες ἀποτελεῖται ἀπὸ μίαν ἐπιμήκη μεταλλικὴ ράβδο, ποὺ ὀνομάζεται φ ά λ α γ γ α, ἀπὸ τὰ ἄκρα τῆς ὁποίας κρέμονται δύο ἰσοβαρεῖς καὶ τοῦ ἴδιου σχήματος δίσκοι, τὸ ἀνώτερο σύστημα τῆς ἐξαρτήσεως τῶν ὁποίων ἀκουμπᾶ στὶς ἀκμὲς δύο τριγωνικῶν πρισμάτων.



Σχ. 149. Ὁ συνηθισμένος ἐργαστηριακὸς ζυγὸς εἶναι μοχλὸς πρώτου εἴδους μὲ ἴσους βραχίονες.

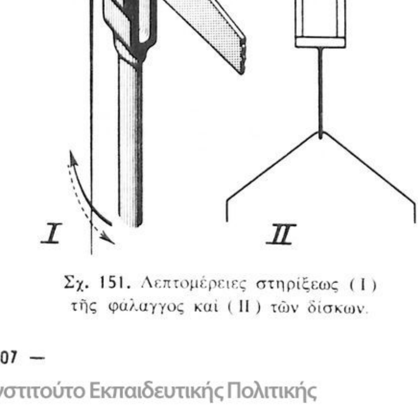
Ἡ φάλαγγα στηρίζεται στὸ μέσο της μὲ μίαν ἀκίδα, ποὺ εἶναι συνήθως ἡ ἀκμὴ ἑνὸς τριγωνικοῦ πρίσματος, στὸ ἀνώτερο ἄκρο ἑνὸς κατακορύφου μεταλλικοῦ στελέχους, σὲ σημεῖο ὅπου ὑπάρχει μία κατάλληλη ἐγκοπή, ὥστε νὰ μπορῆ νὰ ταλαντεύεται ἐλεύθερα, στρεφόμενη γύρω ἀπὸ ὁριζόντιο ἄξονα (σχ. 150). Τὰ δύο ἴσα τμήματα τῆς φάλαγγος, στὰ ὁποῖα αὐτὴ χωρίζεται ἀπὸ τὴν ἀκίδα στηρίξεως, ὀνομάζονται β ρ α χ ί ο ν ε ς τ ο ῦ ζ υ γ ο ῦ. Ὁ ζυγὸς μὲ ἴσους βραχίονες εἶναι συνεπῶς μοχλὸς πρώτου εἴδους μὲ ἴσους βραχίονες.

Σὲ ζυγοὺς ἀκριβείας ὑπάρχει στερεωμένος στὸ μέσο τῆς φάλαγγος ἕνας λεπτὸς καὶ μακρὺς δείκτης (σχ. 151), ὁ ὁποῖος



Σχ. 150. Τὰ κύρια μέρη τοῦ ζυγοῦ.

ὅταν στρέφεται ἡ φάλαγγα κινεῖται ἐμπρὸς ἀπὸ μίαν ἀριθμημένη κλίμακα, ποὺ βρίσκεται στὸ κάτω ἢ στὸ ἐπάνω μέρος τοῦ κατακορύφου στελέχους, καὶ χρησιμεύει στὴν ἐξακρίβωση τῆς ὁριζοντιότητος τῆς φάλαγγος, ὁπότε ἡ αἰχμὴ τοῦ δεί-



Σχ. 151. Λεπτομέρειες στηρίξεως (I) τῆς φάλαγγος καὶ (II) τῶν δίσκων.

κτη εὑρίσκεται ἐμπρὸς ἀπὸ τὸ μηδὲν τοῦ βαθμολογημένου τόξου.

Ὅταν πρόκειται νὰ χρησιμοποιηθῆ ὁ ζυγός, πρέπει τὸ στέλεχος στηρίξεως τῆς φάλαγγος νὰ εἶναι κ α τ α κ ό ρ υ φ ο.

Ἐξ ἄλλου ἐπειδὴ τὸ ὅλο σύστημα τοῦ ζυγοῦ, δηλ. οἱ δίσκοι καὶ ἡ φάλαγγα, πρέπει νὰ παρουσιάζη εὐσταθῆ ἰσορροπία, συμπεραίνουμε ὅτι τὸ κέντρο βάρους τοῦ συστήματος ὀφείλει νὰ εἶναι σὲ χαμηλότερη θέση ἀπὸ τὸν ἄξονα περιστροφῆς, δηλαδὴ ἀπὸ τὴν ἐγκοπὴ τοῦ κατακόρυφου στελέχους (σχ. 151, I). Ὥστε:

Ὁ συνηθισμένος ζυγὸς εἶναι μοχλὸς τοῦ πρώτου εἴδους μὲ ἴσους βραχίονες.

§ 117. Στάθμιση.

Ἐφ' ὅσον ὁ συνηθισμένος ζυγὸς εἶναι, ὅπως ἀναφέραμε, μοχλὸς πρώτου εἴδους μὲ ἴσους βραχίονες, οἱ δὲ δίσκοι του ἰσοβαρεῖς καὶ ἰσαπέχοντες ἀπὸ τὴν ἐγκοπὴ στηρίξεως τῆς φάλαγγος, ἐννοοῦμε ὅτι ὅταν οἱ δίσκοι εἶναι ἀδειανοὶ ἡ φάλαγγα ἰσορροπεῖ σὲ ὁριζόντια θέση. Ὅπως μᾶς εἶναι γνωστό, οἱ δυνάμεις ποὺ ἐνεργοῦν στὸν μοχλὸ τοῦ πρώτου εἴδους εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογες πρὸς τοὺς βραχίονές τους. Ἑπομένως ὅταν οἱ βραχίονες τῶν δυνάμεων εἶναι ἴσοι, εἶναι ἴσες καὶ οἱ δυνάμεις. Ὅταν λοιπὸν ἐπάνω στοὺς δίσκους ἐνεργοῦν ἴσες δυνάμεις, ἡ φάλαγγα ἰσορροπεῖ σὲ ὁριζόντια θέση. Τὴν ἰδιότητα ἀκριβῶς αὐτὴν τοῦ ζυγοῦ ἐκμεταλλευόμαστε στὴν σ τ ά θ μ ι σ η, δηλαδὴ στὴν ζύγιση, τῶν σωμάτων, μὲ τὴν χρησιμοποίηση γνωστῶν τυποποιημένων βαρῶν, τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται σ τ α θ μ ὰ (σχ. 152), ὡς ἑξῆς.

Διαπιστώνουμε πρῶτα τὰ ἀκόλουθα δύο πράγματα: α) τὴν ὁριζοντιότητα τῆς βάσεως τοῦ ζυγοῦ καὶ ἑπομένως τὴν καθετότητα τοῦ στελέχους στηρίξεως τῆς φάλαγγος, β) τὴν ὁριζοντιότητα τῆς φάλαγγος, ὅταν εἶναι ἀδειανοὶ οἱ δίσκοι. Ὕστερα παίρνουμε τὸ σῶμα ποὺ θέλουμε νὰ ζυγίσωμε καὶ τὸ τοποθετοῦμε σὲ ἕναν ἀπὸ τοὺς δύο δίσκους, ὁπότε ἡ φάλαγγα κλείνει πρὸς τὸ μέρος τοῦ δίσκου αὐτοῦ. Τοποθετοῦμε τότε σταθμὰ στὸν ἄλλο δίσκο, μέχρις ὅτου ἰσορροπήση ἡ φάλαγγα στὴν ἀρχικὴ ὁριζόντια θέση της, ἀφοῦ ἐκτελέση μερικὲς ταλαντεύσεις, πράγμα ποὺ συμβαίνει ὅταν ὁ δείκτης σταματήση ἐμπρὸς στὸ μηδὲν τοῦ ἀριθμημένου τόξου.

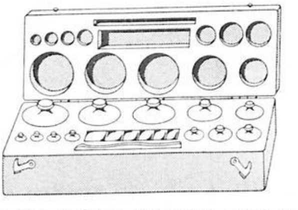
Προκειμένου νὰ ἐξακριβώσωμε τὸ βάρος ἑνὸς ὑγροῦ, τὸ ὁποῖο μπορεῖ νὰ περιλάβη ἕνα δοχεῖο, ζυγίζουμε πρῶτα ἀδειανὸ τὸ δοχεῖο καὶ ὕστερα γεμάτο μὲ τὸ ὑγρό. Ἡ διαφορὰ τῶν δύο ζυγίσεων μᾶς δίνει τὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ ποὺ μπορεῖ νὰ περιλάβη τὸ δοχεῖο.

Ἂν τὸ ὑγρὸ εἶναι νερό, τότε τὸ βάρος του ἐκφράζει συγχρόνως καὶ τὴν χωρητικότητα τοῦ δοχείου σὲ cm^3 ἢ dm^3 ἂν τὸ βάρος τοῦ νεροῦ ἐκφράζεται σὲ p ἢ kp ἀναλόγως.

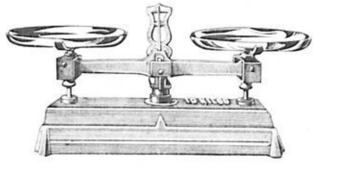
Ὁ ζυγὸς μπορεῖ νὰ χρησιμεύση ἐπίσης στὴν ὀγκομετρικὴ βαθμολόγηση μιᾶς φιάλης.

§ 118. Ζυγὸς τοῦ Ρομπερβὰλ (Roberval).

Ὁ ζυγὸς αὐτὸς (σχ. 153) εἶναι



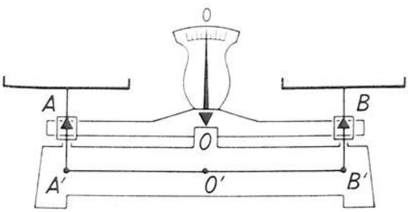
Σχ. 152. Κιβώτιο μὲ σταθμὰ ἀκριβείας.



Σχ. 153. Ζυγὸς τοῦ Ρομπερβάλ.

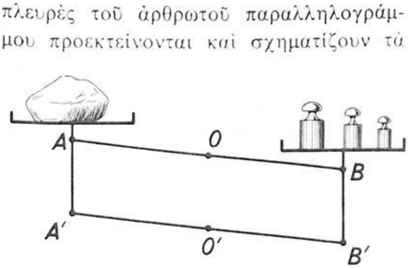
τύπος ζυγοῦ μὲ ἴσους βραχίονες, τὸν ὁποῖο χρησιμοποιοῦμε γιὰ πρακτικοὺς λόγους, ἐπειδὴ διευκολύνει τὴν ζύγιση σωμάτων καὶ μὲ μεγάλο σχετικὰ ὄγκο, ἐνῶ ἐξ ἄλλου οἱ δίσκοι του μποροῦν νὰ ἀνέρχωνται καὶ νὰ κατέρχωνται μόνον κατακορύφως.

Ὁ ζυγὸς αὐτὸς ἔχει τοὺς δίσκους ἐπάνω ἀπὸ μιὰ διπλῆ φάλαγγα, ποὺ ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο ἴσα παράλληλα στελέχη, τὸ ἀνώτερο ἀπὸ τὰ ὁποῖα εἶναι ἡ *φάλαγγα* καὶ τὸ κατώτερο ἡ *ἀντιφάλαγγα*, ἔτσι ὥστε νὰ σχηματίζουν *ἀρθρωτὸ παραλληλόγραμμο* ABB′A′, παραλληλόγραμμο δηλαδὴ μὲ σταθερὲς πλευρὲς ἀλλὰ μεταβλητὲς γωνίες (σχ. 154).



Σχ. 154. Τομὴ ζυγοῦ τοῦ Ρομπερβάλ γιὰ τὴν κατανόηση τῆς λειτουργίας του.

Ἡ φάλαγγα στρέφεται γύρω ἀπὸ ἄξονα ποὺ συμπίπτει μὲ τὴν ἀκμὴ ἑνὸς πρίσματος, ἐνῶ ἡ ἀντιφάλαγγα στρέφεται γύρω ἀπὸ ἄξονα ποὺ διέρχεται ἀπὸ τὸ μέσο της. Οἱ δύο ἄξονες εὑρίσκονται ἀκριβῶς ὁ ἕνας ἐπάνω ἀπὸ τὸν ἄλλον. Οἱ δύο ἄλλες πλευρὲς τοῦ ἀρθρωτοῦ παραλληλογράμμου προεκτείνονται καὶ σχηματίζουν τὰ στελέχη, ἐπάνω στὰ ὁποῖα στηρίζονται οἱ δίσκοι. Ἀποτέλεσμα τῆς ὅλης αὐτῆς διατάξεως εἶναι νὰ παραμένουν πάντοτε κατακόρυφα τὰ στελέχη στηρίξεως τῶν δίσκων καὶ συνεπῶς οἱ δίσκοι ὁριζόντιοι (σχ. 155).

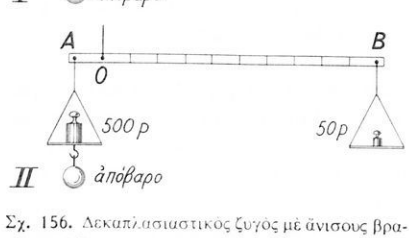


Σχ. 155. Ζυγὸς τοῦ Ρομπερβάλ. Σὲ ὁποιαδήποτε θέση τῆς φάλαγγος οἱ δίσκοι παραμένουν ὁριζόντιοι.

§ 119. Ζυγοὶ μὲ ἄνισους βραχίονες.

Οἱ ζυγοὶ αὐτοὶ εἶναι μοχλοὶ πρώτου εἴδους μὲ ἄνισους βραχίονες. Ἐπειδὴ δὲ ὁ βραχίονας τῆς δυνάμεως, ὁ βραχίονας δηλαδὴ ἀπὸ τὸν ὁποῖο ἐξαρτῶνται τὰ σταθμά, εἶναι πάντοτε μεγαλύτερος ἀπὸ τὸν βραχίονα τῆς ἀντιστάσεως, τὸν βραχίονα δηλαδὴ ἀπὸ τὸν ὁποῖο ἐξαρτᾶται τὸ σῶμα ποὺ θὰ ζυγισθῆ, συμπεραίνουμε ὅτι μὲ μικρὸ βάρος σταθμῶν μᾶς εἶναι δυνατὸ νὰ ζυγίσωμε κατὰ πολὺ βαρύτερα σώματα.

α) Δεκαπλασιαστικὸς ζυγός. Παίρνουμε μίαν ράβδο AB καὶ τὴν χωρίζουμε σὲ δύο μέρη OB καὶ OA, τὰ ὁποῖα νὰ ἔχουν λόγο 10 : 1, δηλαδὴ (OB) : (OA) = 10 : 1. Ἀνοίγουμε ὀπὴ στὸ O καὶ περνᾶμε ἀπὸ αὐτὴν ἕναν ὁριζόντιο ἄξονα γύρω ἀπὸ τὸν ὁποῖο νὰ μπορῆ νὰ περιστρέφεται ἡ ράβδος, ἐνῶ ἀπὸ τὰ ἄκρα A καὶ B κρεμᾶμε δυὸ ἰσοβαρεῖς δίσκους. Μὲ αὐτὸν τὸν τρό-



Σχ. 156. Δεκαπλασιαστικὸς ζυγὸς μὲ ἄνισους βραχίονες (I). Βάρος 500 p ἰσορροπεῖται μὲ σταθμὰ 50 p (II).

πο κατασκευάσαμε έναν δεκαπλασιαστικό ζυγό (σχ. 156, I).

Ἐφ' ὅσον οἱ δίσκοι εἶναι ἀδειανοί, ὁ ζυγὸς αὐτὸς δὲν ἰσορροπεῖ σὲ ὁριζόντια θέση, ἐπειδὴ οἱ βραχίονες τῆς φάλαγγος εἶναι ἄνισοι. Ἰσορροπία ἐπιτυγχάνεται μὲ ἐξάρτηση καταλλήλου βάρους (ἀπόβαρο) ἀπὸ τὸν δίσκο τοῦ μικροτέρου βραχίονος.

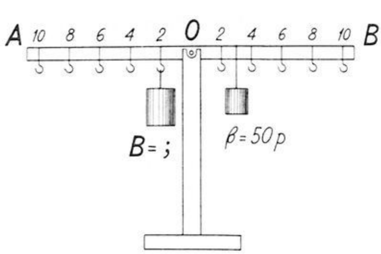
Τοποθετώντας βάρη 100 p, 200 p, 300 p, 500 p στὸν δίσκο A, ἐπιτυγχάνουμε ὁριζοντίωση τῆς φάλαγγος μὲ βάρη 10 p, 20 p, 30 p, 50 p ἀντιστοίχως στὸν δίσκο B (σχ. 156, II). Ὥστε:

Ἡ ζύγιση ἑνὸς σώματος μὲ δεκαπλασιαστικὸ ζυγὸ ἐπιτυγχάνεται μὲ σταθμὰ βάρους ἴσου μὲ τὸ δέκατο τοῦ βάρους τοῦ ζυγιζομένου σώματος.

Τὸ συμπέρασμά μας αὐτὸ εἶναι συνέπεια τῆς συνθήκης ἰσορροπίας τοῦ μοχλοῦ, ὅταν ἐνεργοῦν πάνω σ' αὐτὸν δύο παράλληλες καὶ ὁμόρροπες δυνάμεις, οἱ ὁποῖες, ὅπως μᾶς εἶναι γνωστό, εὑρίσκονται σὲ σχέση ἀντιστρόφως ἀνάλογη πρὸς τοὺς βραχίονές τους.

β) Ρωμαϊκὸς ζυγὸς ἢ στατήρας. 1 Πείραμα. Παίρνουμε μιὰν ἀνθεκτικὴ ράβδο, στρεπτὴ γύρω ἀπὸ ἄξονα ποὺ διέρχεται ἀπὸ τὸ μέσο της καὶ ἡ ὁποία φέρει ἰσαπέχουσες ὑποδιαιρέσεις, οἱ ὁποῖες ἀρχίζουν ἀπὸ τὸ μέσο καὶ προχωροῦν πρὸς τὰ ἄκρα. Ἀπὸ τὴν ὑποδιαίρεση 2 τοῦ ἑνὸς βραχίονος κρεμᾶμε ἕνα σῶμα, ἀγνώστου βάρους B, καὶ προσπαθοῦμε νὰ ὁριζοντιώσωμε τὴν ράβδο μὲ σταθμὰ βάρους β = 50 p, τὰ ὁποῖα μποροῦμε νὰ μετακινοῦμε χάρη σὲ ἕνα ἄγκιστρο, ἀπὸ τὸ ὁποῖο εἶναι ἐξαρτημένα κατὰ μῆκος τοῦ ἄλλου βραχίονος. Παρατηροῦμε ὅτι ἐπιτυγχάνουμε ἰσορροπία σὲ ὁριζόντια θέση, ὅταν τὰ σταθμὰ εὑρεθοῦν στὴν ὑποδιαίρεση 3 (σχ. 157).

Ἐπειδὴ ὅταν ἰσορροπῆ ὁριζοντίως ἡ ράβδος οἱ ροπὲς τῶν δυνάμεων B, δηλαδὴ



Σχ. 157. Ἡ φάλαγγα ἰσορροπεῖ ὁριζοντίως ὅταν οἱ ροπὲς τοῦ ἀγνώστου καὶ τοῦ γνωστοῦ βάρους ἔχουν ἴσες ἀριθμητικὲς τιμές.

τοῦ ἀγνώστου βάρους, καὶ τῶν σταθμῶν β = 50 p, εἶναι ἴσες θὰ ἔχωμε:

$$2 \cdot B = 50 \cdot 3 \text{ ἢ } 2 \cdot B = 150 \text{ καὶ } B = 75 \text{ p}$$

Κρεμᾶμε τώρα ἀπὸ τὴν ἴδια ὑποδιαίρεση 2 ἕνα ἄλλο σῶμα διαφορετικοῦ βάρους B_1 καὶ προσπαθοῦμε νὰ ὁριζοντιώσωμε καὶ πάλι τὴν ράβδο, μετακινώντας στὸν ἄλλο βραχίονα τὰ ἴδια σταθμὰ β = 50 p. Ἰσορροποῦμε δὲ ἔστω στὴν θέση 6. Ἐπειδὴ καὶ πάλι θὰ ἔχωμε ἰσότητα ροπῶν θὰ ἀληθεύη ἡ σχέση:

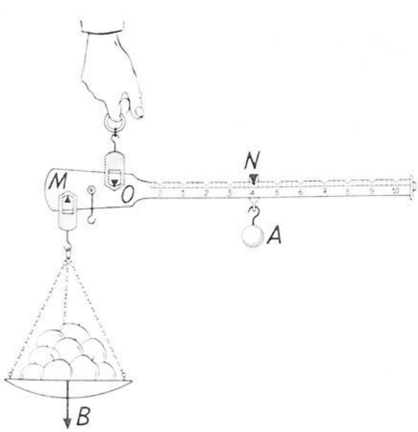
$$2 \cdot B_1 = 6 \cdot 50 \text{ ἢ } 2 \cdot B_1 = 300$$

ἐπομένως : $B_1 = 150$ p.

Τὸ πείραμα μπορεῖ νὰ συνεχισθῆ. Συνεπῶς:

Τὸ βάρος ἑνὸς σώματος εἶναι δυνατὸν νὰ ὑπολογισθῆ μὲ τὴν βοήθεια ἑνὸς μοχλοῦ πρώτου εἴδους μὲ ἄνισους βραχίονες, κατὰ μῆκος τοῦ ἑνὸς βραχίονος τοῦ ὁποίου μετακινεῖται γνωστὸ βάρος.

2. Ἐφαρμογὴν τῆς παραπάνω παρατηρήσεως ἀποτελεῖ ὁ **ρωμαϊκὸς ζυγὸς ἢ στατήρας** (σχ. 158). Αὐτὸς ἀποτελεῖται ἀπὸ μιὰ μακριὰ ἀνθεκτικὴ ράβδο, ἡ ὁποία ἔχει ἄξονα O ἀκλόνητα συνδεμένο μὲ αὐτὴν κοντὰ στὸ ἕνα της ἄκρο. Ἡ ρά-



Σχ. 158. Ρωμαϊκὸς ζυγός. Τὸ βάρος τοῦ ζυγιζομένου σώματος εἶναι 4 kp.

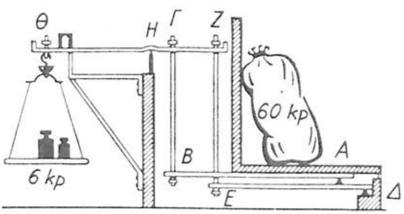
βδος μπορεῖ νὰ στρέφεται γύρω ἀπὸ τὸν ἄξονα, ἐπάνω ἀπὸ τὸν ὁποῖο ὑπάρχει μιὰ λαβή, μὲ τὴν ὁποία ἐξαρτοῦν τὸν στατῆρα ὅταν πρόκειται νὰ ζυγίσουν.

Ὁ ἄξονας διαιρεῖ τὴν ράβδο σὲ δυὸ ἄνισα μέρη. Ἀπὸ τὸ ἄκρο τοῦ μικρότερου βραχίονος Μ κρεμιέται ἕνα ἄγκιστρο, στὸ ὁποῖο ἐξαρτᾶται τὸ σῶμα ποὺ θὰ ζυγισθῆ. Στὸν μεγαλύτερο βραχίονα, ἐπάνω στὸν ὁποῖον εἶναι χαραγμένες ὑποδιαιρέσεις, μετακινεῖται ἐλεύθερα ἕνα μικρὸ βαρίδιο Α, μέχρις ὅτου ἡ ράβδος ὁριζοντιωθῆ. Ἡ διαίρεση στὴν ὁποία εὑρίσκεται τότε τὸ βαρίδιο ἐκφράζει τὸ βάρος τοῦ σώματος.

Ὑπάρχει περίπτωση κατὰ τὴν ὁποία τὸ ζυγιζόμενο σῶμα νὰ εἶναι τόσο βαρὺ ὥστε τοποθετώντας τὸ βαρίδιο στὸ ἀκρότατο σημεῖο του νὰ μὴν ἔχωμε ἰσορροπία. Τότε ἀναστρέφουμε τὸν στατῆρα καὶ χρησιμοποιοῦμε ἄλλον ἄξονα, ὁ ὁποῖος διαιρεῖ τὴν φάλαγγα σὲ δύο περισσότερο ἄνισους βραχίονες, καθιστώντας περισσότερο μικρὸ τὸν βραχίονα ἐπάνω στὸν ὁποῖο ἐνεργεῖ τὸ βαρὺ σῶμα. Ἔτσι χρησιμοποιώντας τὴν λαβὴ ποὺ εὑρίσκεται ἐπάνω ἀπὸ τὸν δεύτερο ἄξονα, μποροῦμε νὰ ζυγίσωμε μὲ τὸ ἴδιο βαρίδιο βαρύτερα ἀκόμη ἀντικείμενα. Ὥστε:

Ὁ ρωμαϊκὸς ζυγὸς ἢ στατήρας εἶναι μοχλὸς πρώτου εἴδους μὲ ἄνισους βραχίονες, ἀπὸ τοὺς ὁποίους ὁ βραχίονας τῆς ἀντιστάσεως, δηλαδὴ τοῦ ζυγιζόμενου βάρους, μένει σταθερός, ἐνῶ ὁ ἄλλος μεταβάλλεται ἀνάλογα μὲ τὸ ζυγιζόμενο βάρος.

γ) Ἡ δεκαπλασιαστικὴ πλάστιγγα. Αὐτὴ εἶναι εὔχρηστος ζυγός, μοχλὸς πρώτου εἴδους μὲ ἄνισους βραχίονες, ὅπου ὁ βραχίονας τῆς δυνάμεως εἶναι δεκαπλάσιος τοῦ βραχίονος τῆς ἀντιστάσεως. Ὅταν ἑπομένως ἡ πλάστιγγα ἰσορροπῆ, ζυγίζουμε βαρειὰ σώματα μὲ σταθμὰ ἴσα πρὸς τὸ δέκατο τοῦ βάρους των (σχ. 159).

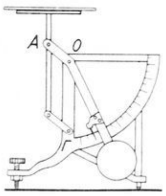


Σχ. 159. Δεκαπλασιαστικὴ πλάστιγγα. Τὰ σώματα ζυγίζονται μὲ σταθμὰ ἴσα πρὸς τὸ $^1/_{10}$ τοῦ βάρους των.

Μερικὲς πλάστιγγες ἀποτελοῦν συνδυασμὸ πλάστιγγος καὶ στατῆρος, διότι ἐπάνω στὸν βραχίονα τῆς δυνάμεως μετακινεῖται ἕνας κατάλληλος δρομέας. Ἡ πλάστιγγα χρησιμοποιεῖται στὴν ζύγιση μεγάλων καὶ ὀγκωδῶν βαρῶν. Ὥστε:

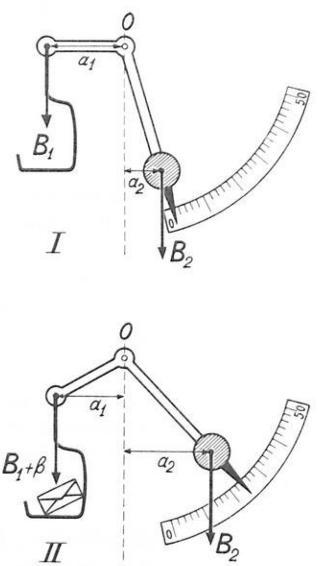
Ἡ δεκαπλασιαστικὴ πλάστιγγα εἶναι μοχλὸς πρώτου εἴδους μὲ ἄνισους βραχίονες, ἀπὸ τοὺς ὁποίους ὁ βραχίονας τῆς δυνάμεως εἶναι δεκαπλάσιος τοῦ βραχίονος τῆς ἀντιστάσεως.

§ 120. Ζυγοὶ μὲ μεταβλητοὺς βραχίονες. Στοὺς ζυγοὺς τοῦ εἴδους αὐτοῦ τὸ βάρος τοῦ ζυγιζόμενου σώματος ἰσορροπεῖ μὲ σταθερὸ ἀντίβαρο καὶ τὸ ὅλο σύστημα στρέφεται γύρω ἀπὸ ἄξονα, ὁπότε τὸ βάρος καὶ τὸ ἀντίβαρο πλησιάζουν ἢ ἀπομακρύνονται ἀπὸ τὸν ἄξονα, πρᾶγμα ποὺ ἔχει σὰν συνέπεια τὴν μεταβολὴ τῶν βραχιόνων τοῦ μοχλοῦ.



Σχ. 160. Τύπος ζυγοῦ μὲ μεταβλητοὺς βραχίονες.

Οἱ ζυγοὶ αὐτοὶ εἶναι βαθμολογημένοι καὶ δὲν χρειάζονται σταθμά. Ἕνας δείκτης μετακινεῖται ἐμπρὸς σὲ μιὰ βαθμολογημένη σὲ πὸντ ἢ κιλοπὸντ τοξοειδῆ κλίμακα καὶ σταματᾶ στὴν ἔνδειξη ποὺ παριστάνει τὸ βάρος τοῦ ζυγιζομένου σώ-



Σχ. 161. Γιὰ τὴν λειτουργία ζυγοῦ μὲ μεταβλητοὺς βραχίονες.

ματος (σχ. 160). Μὲ παρόμοιους ζυγοὺς ζυγίζουν τὶς ἐπιστολὲς στὸ Ταχυδρομεῖο.

Λειτουργία τοῦ ζυγοῦ. Οἱ δύο βραχίονες τοῦ ζυγοῦ σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία (σχ. 161, I). Ὅταν ὁ δίσκος εἶναι ἀδειανὸς ὁ δείκτης εὑρίσκεται στὸ μηδὲν τῆς κλίμακος καὶ ὁ ζυγὸς ἰσορροπεῖ, ὁπότε ἰσχύει ἡ σχέση:

$$B_1 \cdot \alpha_1 = B_2 \cdot \alpha_2$$

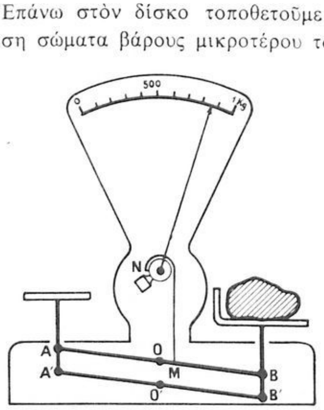
Ὅταν τοποθετήσωμε στὸν δίσκο σῶμα βάρους β, ὁ μοχλὸς στρέφεται καὶ ἰσορροπεῖ σὲ ἄλλη θέση (σχ. 161, II). Τώρα ἔχουμε:

$$(B_1 + \beta) \cdot \alpha_1 = B_2 \cdot \alpha_2$$

Ὅπως παρατηροῦμε κατὰ τὴν ζύγιση ὁ βραχίονας τοῦ βάρους μικραίνει, ἐνῶ μεγαλώνει ὁ βραχίονας τοῦ ἀντίβαρου.

§ 121. Αὐτόματοι ζυγοί. Αὐτοὶ χρησιμοποιοῦνται στὸ ἐμπόριο καὶ ἀποτελοῦν συνδυασμὸ ζυγοῦ Ρομπερβὰλ καὶ μοχλοῦ δευτέρου εἴδους (σχ. 162). Μιὰ ταινία χαλύβδινη ΜΝ στερεώνεται σ' ἕνα σημεῖο τῆς φάλαγγος καὶ τυλίγεται γύρω ἀπὸ ἕνα κυλινδρικὸ τύμπανο σ' ἕνα σημεῖο τοῦ ὁποίου σταθεροποιεῖται.

Ἐπάνω στὸν δίσκο τοποθετοῦμε γιὰ ζύγιση σώματα βάρους μικροτέρου τοῦ 1



Σχ. 162. Αὐτόματος ζυγός. Τομὴ γιὰ τὴν ἐξήγηση τῆς λειτουργίας του.

kp. Ὁ δίσκος τότε κατέρχεται καὶ ἐξαναγκάζει τὴν χαλύβδινη ταινία νὰ στρέψη τὸ τύμπανο. Αὐτὸ στὴν περιστροφή του παρασύρει καὶ τὸν δείκτη, ὁ ὁποῖος μετακινεῖται ἐμπρὸς σὲ ἀριθμημένη τοξοειδῆ κλίμακα, βαθμολογημένη ἀπὸ 0 μέχρι 1 000 p. Ἡ ἔνδειξη ἐμπρὸς ἀπὸ τὴν ὁποία σταματᾶ ὁ δείκτης, ἐκφράζει τὸ βάρος τοῦ σώματος. Ὁ ζυγὸς λειτουργεῖ τότε σὰν μοχλὸς δευτέρου εἴδους. Ὅταν τὸ βάρος τοῦ σώματος εἶναι μεγαλύτερο τοῦ 1 kp τοποθετοῦμε στὸν δίσκο σταθμὰ βάρους 1 kp, 2 kp ἢ 3 kp καὶ προσθέτουμε σ' αὐτὰ τὴν ἔνδειξη τοῦ δείκτη.

Στὸ ἐμπόριο χρησιμοποιοῦνται εὐρύτατα διάφοροι τύποι αὐτομάτων ζυγῶν.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Ὁ ζυγὸς εἶναι ὄργανο ποὺ χρησιμεύει στὴν μέτρηση τοῦ βάρους τῶν σωμάτων.

2. Ἡ χρήση τοῦ συνηθισμένου ζυγοῦ μὲ ἴσους βραχίονες στηρίζεται στὴν ἀρχὴ σύμφωνα μὲ τὴν ὁποία ἂν ἐξαρτήσωμε ἀπὸ τὰ ἄκρα ἑνὸς μοχλοῦ πρώτου εἴδους μὲ ἴσους βραχίονες δύο σώματα ἴσου βάρους ὁ μοχλὸς ἰσορροπεῖ ὁριζοντίως. Ἂν ἑπομένως ἰσορροπήσωμε τὸ ἄγνωστο βάρος ἑνὸς σώματος μὲ γνωστὰ σταθμά, ἐπιτύχαμε τὴν ζύγιση τοῦ σώματος.

3. Ὁ ζυγὸς τοῦ Ρομπερβὰλ εἶναι ζυγὸς μὲ ἴσους βραχίονες, τοῦ ὁποίου οἱ δίσκοι εὑρίσκονται ἐπάνω ἀπὸ τὴν φάλαγγα. Χάρη σ' ἕνα σύστημα δύο παραλλήλων φαλάγγων, ποὺ σχηματίζουν μὲ τὰ στηρίγματα τῶν δίσκων ἀρθρωτὸ παραλληλόγραμμο, οἱ δίσκοι τοῦ ζυγοῦ αὐτοῦ εἶναι πάντοτε ὁριζόντιοι.

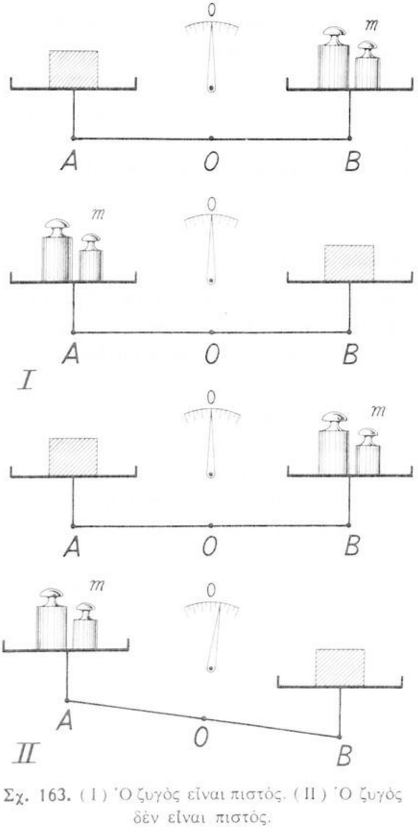
4. Οἱ ζυγοὶ μποροῦν νὰ χρησιμεύσουν ἐκτὸς ἀπὸ τὴν ζύγιση καὶ γιὰ τὴν ὀγκομέτρηση ἢ τὴν ὀγκομετρικὴ βαθμολόγηση μιᾶς φιάλης.

5. Ὁ δεκαπλασιαστικὸς ζυγός, ὁ στατήρας, ἡ πλάστιγγα, κλπ. εἶναι ζυγοὶ μὲ ἄνισους βραχίονες. Στοὺς ζυγοὺς αὐτοὺς ὁ βραχίονας τοῦ βάρους εἶναι μικρότερος ἀπὸ τὸν βραχίονα τῆς δυνάμεως, δηλαδὴ τῶν σταθμῶν. Ἔτσι μὲ μικρὰ σταθμὰ ζυγίζουμε μεγαλύτερα βάρη.

6. Οἱ ζυγοὶ μὲ μεταβλητοὺς βραχίονες καὶ οἱ αὐτόματοι ζυγοὶ ζυγίζουν χωρὶς τὴν χρησιμοποίηση σταθμῶν. Ὅταν τοποθετήσωμε τὸ ζυγιζόμενο σῶμα ἐπάνω στὸν δίσκο τοῦ ζυγοῦ, λειτουργεῖ ἕνα κατάλληλο σύστημα μοχλῶν, τὸ ὁποῖο θέτει σὲ κίνηση ἕνα δείκτη. Αὐτὸς μετακινεῖται ἐμπρὸς σὲ μιὰ βαθμολογημένη σὲ πὸντ ἢ κιλοπὸντ κλίμακα καὶ σταματᾶ στὴν ἔνδειξη ἡ ὁποία παρέχει τὸ βάρος τοῦ σώματος.

ΙΗ΄ – ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΖΥΓΟΥ

§ 122. Οἱ τρεῖς ἰδιότητες τοῦ καλοῦ ζυγοῦ. Οἱ ζυγοί, ἀκόμη καὶ οἱ μεγάλης ἀκριβείας, δὲν εἶναι ποτὲ τέλειοι. Ἔτσι ὅταν ζυγίζωμε ἕνα σῶμα δὲν εἶναι γενικὰ δυνατὸν νὰ προσδιορίσωμε τὸ ἀκριβὲς βάρος του. Βέβαια τὸ λάθος τῆς ζυγίσεως εἶναι συχνὰ ἀσήμαντο, δὲν εἶναι ὅμως ἀμελητέο στὶς ζυγίσεις ἀκριβείας. Γιὰ νὰ εἶναι ὄργανο ἀκριβείας ἕνας ζυγὸς πρέπει νὰ χαρακτηρίζεται ἀπὸ τὶς ἑξῆς τρεῖς ἰδιότητες: **πιστότητα, εὐαισθησία, ἀκρίβεια.**



Σχ. 163. (I) Ὁ ζυγὸς εἶναι πιστός. (II) Ὁ ζυγὸς δὲν εἶναι πιστός.

α) Πιστότητα τοῦ ζυγοῦ. Ζυγίζουμε ἕνα σῶμα μὲ τὴν βοήθεια ἑνὸς ζυγοῦ Ρομπερβὰλ καὶ ἔστω 253 p τὸ βάρος τοῦ σώματος. Ξαναζυγίζουμε πολλὲς φορὲς τὸ σῶμα, ἀλλάζοντας σὲ κάθε καινούργια ζύγιση τὴν θέση τοῦ σώματος καὶ τῶν σταθμῶν, ἐπάνω στοὺς δίσκους (σχ. 163). Ἂν σὲ κάθε νέα ζύγιση βρίσκωμε τὸ ἴδιο βάρος τῶν 253 p, τότε λέμε ὅτι ὁ ζυγὸς εἶναι **πιστός.**

Πολλὲς φορὲς χρησιμοποιώντας παλαιοὺς ζυγοὺς διαπιστώνουμε μικρὲς διαφορὲς βαρῶν σὲ κάθε καινούργια ζύγιση, ποὺ μποροῦν νὰ ἀνέρχωνται σὲ ἀρκετὰ δέκατα τοῦ πόντ. Τότε λέμε πὼς ὁ ζυγὸς **δὲν εἶναι πιστός.** Ἕνας παρόμοιος ζυγὸς δὲν μπορεῖ νὰ χρησιμοποιηθῆ βέβαια σὲ ζυγίσεις ἀκριβείας. Ὥστε:

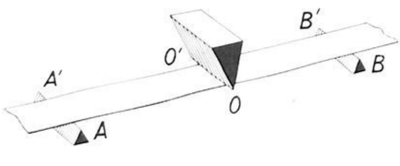
Ἕνας ζυγὸς λέγεται πιστὸς ὅταν δείχνη τὸ ἴδιο πάντα βάρος ἑνὸς καὶ τοῦ αὐτοῦ σώματος, ὁποιεσδήποτε κι᾽ ἂν εἶναι οἱ θέσεις τοῦ σώματος ἢ τῶν σταθμῶν ἐπάνω στοὺς δίσκους του.

Συνθῆκες πιστότητος. Ὅταν ἕνας ζυγὸς δὲν εἶναι πιστός, αὐτὸ ὀφείλεται στὸ ὅτι μεταβάλλονται ἐλαφρὰ τὰ μήκη τῶν βραχιόνων τῆς φάλαγγος ἀπὸ τὴν μιὰ ζύγιση στὴν ἄλλη. Γιὰ νὰ εἶναι πιστὸς λοιπὸν ἕνας ζυγός, εἶναι ἀπαραίτητο νὰ παραμένουν σταθερὰ τὰ μήκη τῶν βραχιόνων τῆς φάλαγγος, πρᾶγμα τὸ ὁποῖο κατορθώνεται ὅταν:

1) Ἡ φάλαγγα εἶναι ἀνθεκτικὴ καὶ ἄκαμπτη. Γι᾽ αὐτὸν τὸν λόγο σὲ κάθε ζυγὸ σημειώνεται τὸ ἀνώτατο φορτίο, στὸ ὁποῖο μπορεῖ νὰ ἀνθέξη ἡ φάλαγγα καὶ τὸ ὁποῖο δὲν πρέπει νὰ ὑπερβαίνωμε.

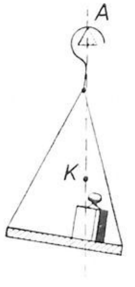
2) Οἱ ἀκμὲς τῶν τριῶν πρισμάτων, δηλαδὴ τοῦ κεντρικοῦ, ἐπάνω στὸ ὁποῖο στη-

ρίζεται ἡ φάλαγγα καὶ τῶν δύο πλευρικῶν, ἐπάνω στὰ ὁποῖα στηρίζονται τὰ συστήματα ἐξαρτήσεως τῶν δίσκων, εἶναι παράλληλες. Πραγματικά, τὰ ἐλάσματα ποὺ ἀκουμποῦν ἐπάνω στὶς ἀκμὲς τῶν δύο πλευρικῶν πρισμάτων, μποροῦν νὰ γλιστροῦν κατὰ μῆκος τῶν ἀκμῶν ΑΑ΄ καὶ ΒΒ΄ (σχ. 164). Ἂν οἱ ἀκμὲς αὐτὲς δὲν εἶναι παράλληλες μεταξύ τους καὶ μὲ τὴν ἀκμὴ ΟΟ΄ τοῦ κεντρικοῦ πρίσματος, τότε τὰ μήκη ΟΑ καὶ Ο΄Α΄ δὲν εἶναι ἴσα, ὅπως ἐπίσης καὶ τὰ μήκη ΟΒ καὶ Ο΄Β΄. Μὲ ἄλλους λόγους μεταβάλλονται ἐλαφρὰ τὰ μήκη τῶν βραχιόνων τῆς φάλαγγος.



Σχ. 164. Οἱ ἀκμὲς τῶν τριῶν πρισμάτων στηρίξεως πρέπει νὰ εἶναι παράλληλες.

3) Οἱ ἀκμὲς τῶν πλευρικῶν πρισμάτων εἶναι λεπτές. Πραγματικά, ὅταν τοποθετοῦμε σώματα ἢ σταθμά, σὲ τρόπο ποὺ νὰ ἀκουμποῦν στὶς πλευρὲς τῶν δίσκων, αὐτοὶ κλίνουν μέχρις ὅτου ἡ κατακόρυφος, ποὺ διέρχεται ἀπὸ τὸ κέντρο βάρους Κ τοῦ συστήματος δίσκος-σῶμα νὰ περάσῃ καὶ ἀπὸ τὸν ἄξονα ἐξαρτήσεως



Σχ. 165. Οἱ ἀκμὲς τῶν πλευρικῶν πρισμάτων πρέπει νὰ εἶναι λεπτὲς γιὰ νὰ ἔχουν μεγάλη κινητικότητα οἱ δίσκοι.

Α. Ἐὰν ἡ ἀκμὴ τοῦ πρίσματος δὲν εἶναι λεπτή, προκαλεῖ τριβὲς ποὺ παρεμποδίζουν τὴν αἰώρηση τοῦ δίσκου, ὁ ὁποῖος δὲν κλίνει ἀρκετὰ καὶ μὲ αὐτὸν τὸν τρόπο ἡ κατακόρυφος δὲν διέρχεται ἀπὸ τὸ Α, ἀλλὰ ἀπὸ ἕνα γειτονικὸ σημεῖο (σχ. 165). Ὥστε:

Ἡ πιστότητα εἶναι βασικὴ ἰδιότητα ἑνὸς ζυγοῦ.

β) Εὐαισθησία τοῦ ζυγοῦ. Πείραμα. Παίρνουμε ἕναν ζυγὸ Ρομπερβάλ, ὁ ὁποῖος ἰσορροπεῖ μὲ ἀδειανοὺς δίσκους. Τοποθετοῦμε τότε σ' ἕναν δίσκο μία λεπίδα βάρους 0,01 p, ὁπότε παρατηροῦμε ὅτι ὁ δείκτης μένει ἀμετακίνητος. Τοποθετοῦμε κατόπιν βαρίδια 0,02 p 0,05 p 0,07 p καὶ ἐξακριβώνουμε πὼς ὁ δείκτης παραμένει πάλιν ἀμετακίνητος. Ὅταν τὸ βάρος γίνῃ 0,10 p ὁ δίσκος ἀρχίζει νὰ μετακινῆται ἐλαφρά. Λέμε λοιπὸν πὼς ὁ χρησιμοποιούμενος ζυγὸς *παρουσιάζει εὐαισθησία* 0,1 p.

Ἂν οἱ δίσκοι ἑνὸς ἄλλου ζυγοῦ ἀρχίζουν νὰ κινοῦνται μὲ τὴν προσθήκη βάρους 1 p, λέμε πὼς ὁ ζυγὸς αὐτὸς παρουσιάζει εὐαισθησία 1 p. Ὥστε:

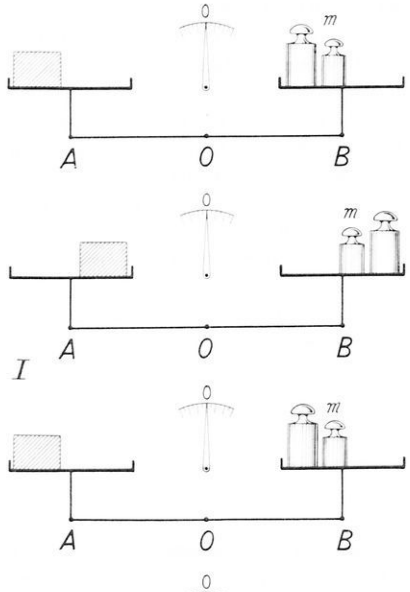
Ἡ εὐαισθησία ἑνὸς ζυγοῦ ἐκφράζεται μὲ τὸ μικρότερο βάρος, τὸ ὁποῖο ὅταν τοποθετηθῇ σ' ἕναν δίσκο τοῦ ζυγοῦ προκαλεῖ αἰσθητὴν μετακίνηση τοῦ δείκτη τῆς φάλαγγος.

Συνθῆκες εὐαισθησίας. Ἕνας ζυγὸς εἶναι τόσο περισσότερο εὐαίσθητος ὅσο ἡ φάλαγγά του εἶναι περισσότερο εὐκίνητη. Αὐτὸ ἐπιτυγχάνεται ἀπὸ τοὺς ἑξῆς παράγοντες: 1) Ἀπὸ τὴν λεπτότητα τῆς ἀκμῆς τοῦ κεντρικοῦ πρίσματος, ἐπάνω στὸ ὁποῖο στηρίζεται ἡ φάλαγγα, 2) ἀπὸ τὴν ἐλαφρότητα τῆς φάλαγγος, 3) ἀπὸ τὸ μῆκος τῆς φάλαγγος καὶ 4) ἀπὸ τὸ μῆκος τοῦ δείκτη τῆς φάλαγγος.

Ὅσο λεπτότερη εἶναι ἡ ἀκμὴ τοῦ κεντρικοῦ πρίσματος, ὅσο περισσότερο ἐλαφριὰ εἶναι ἡ φάλαγγα καὶ ὅσο μεγαλύτερο τὸ μῆκος της, ὅσο τὸ μῆκος τοῦ δείκτη εἶναι μακρύτερο, τόσο περισσότερο εὐαίσθητος εἶναι ὁ ζυγός.

γ) Ἀκρίβεια τοῦ ζυγοῦ. Πείραμα. Ζυγίζουμε ἕνα σῶμα χρησιμοποιώντας ἕναν ὁρισμένο ζυγὸ καὶ βρίσκουμε τὸ βάρος του, ἴσο ἔστω μὲ 500 p. Ἀλλάζουμε κατόπι τὶς θέσεις τοῦ σώματος καὶ τῶν σταθμῶν, τοποθετώντας στὸν δίσκο τῶν σταθμῶν τὸ σῶμα καὶ στὸ δίσκο τοῦ σώματος τὰ σταθμά. Ἐὰν ἡ ἰσορροπία διατηρῆται, λέμε ὅτι *ὁ ζυγὸς εἶναι ἀκριβὴς* (σχ. 166, I), ἂν ὅμως ἡ ἰσορροπία καταστραφῆ, ὁ ζυγὸς εἶναι *ἀνακριβὴς* (σχ. 166, II). Ὥστε:

Ἕνας ζυγὸς εἶναι ἀκριβὴς ὅταν δείχνη μὲ ἁπλῆ ζύγιση τὸ ἀκριβὲς βάρος τοῦ σώματος, δηλαδὴ ὅταν διατηρῆ τὴν ἰσορροπία του καὶ μὲ ἀνταλλαγὴ βάρους καὶ σταθμῶν στοὺς δίσκους.



Σχ. 166. Ἔλεγχος τῆς ἀκριβείας ἑνὸς ζυγοῦ. (I) Ἀκριβὴς ζυγός. (II) Ἀνακριβὴς ζυγός.

Ἀκρίβεια ζυγίσεων. Ἕνας καλὸς ζυγὸς Ρομπερβὰλ παρουσιάζει εὐαισθησία 0,1 p σὲ βάρος 1 kp. Ἡ ἀκρίβειά του δηλαδή, ἐπειδὴ 1 kp = 1000 p, εἶναι:

$$\frac{0,1}{1\,000} = \frac{1}{10\,000}$$

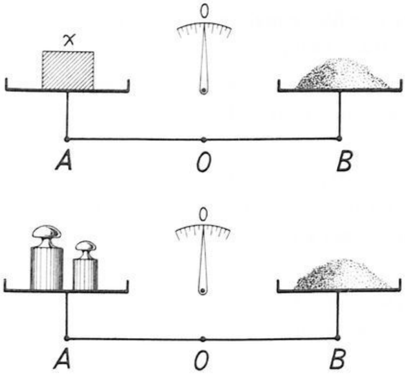
Ἕνας ἐργαστηριακὸς ζυγὸς παρουσιάζει εὐαισθησία 1 mp ἢ 0,1 mp σὲ βάρος ζυγιζομένου σώματος 100 p. Ἡ ἀκρίβειά του ἑπομένως εἶναι :

1 / 100 000 ἢ 1 / 1 000 000

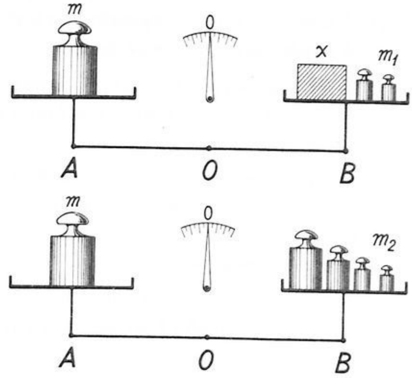
Συνθῆκες ἀκριβείας. Ὁ ζυγὸς εἶναι ἀκριβὴς ὅταν οἱ βραχίονες τῆς φάλαγγος εἶναι ἐντελῶς ἴσοι.

§ 123. Ἀκριβὴς στάθμιση. Στὶς τρέχουσες ἀνάγκες τῆς καθημερινῆς ζωῆς ἐφαρμόζουμε τὴν *ἁπλῆ ζύγιση*. Ζυγίζουμε δηλαδὴ μίαν φορὰ τὸ σῶμα. Ἡ μέθοδος ὅμως αὐτή, γρήγορη καὶ ἐξυπηρετική, δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ ἐφαρμοσθῆ καὶ σὲ μετρήσεις ἀκριβείας, τὶς ὁποῖες ἐκτελοῦμε γιὰ πειραματικοὺς καὶ ἐπιστημονικοὺς σκοποὺς στὰ ἐργαστήρια. Κι' αὐτὸ ἐπειδὴ κανένας ζυγὸς δὲν εἶναι *ἀπόλυτα ἀκριβής*. Στὴν προκειμένη περίπτωση χρησιμοποιοῦμε τὶς ἀκόλουθες μεθόδους ζυγίσεως.

α) Μέθοδος τῆς ἀντικαταστάσεως. Ἰσορροποῦμε τὸ σῶμα ποὺ μᾶς ἐνδιαφέρει, τοποθετώντας στὸν ἄλλο δίσκο τοῦ



Σχ. 167. Ζύγιση ἑνὸς σώματος μὲ τὴν μέθοδο τῆς ἀντικαταστάσεως.



Σχ. 168. Ζύγιση ἑνὸς σώματος μὲ τὴν μέθοδο τῆς διπλῆς ζυγίσεως.

ζυγοῦ ψιλὴ ἄμμο. Ἀφαιροῦμε κατόπι τὸ σῶμα καὶ τοποθετοῦμε, στὸν δίσκο ποὺ βρισκότανε, σταθμὰ μέχρις ὅτου πετύχουμε καὶ πάλιν ἰσορροπία, ὁπότε ἐπειδὴ τὸ βάρος τῶν σταθμῶν ἰσορροπεῖ, τὸ βάρος τῆς ἄμμου θὰ πρέπει νὰ εἶναι ἴσο μὲ τὸ βάρος τοῦ σώματος, ἀνεξάρτητα ἀπὸ τὸ βάρος τῆς ἄμμου (σχ. 167).

β) Μέθοδος διπλῆς ζυγίσεως. Τοποθετοῦμε στὸν ἕνα δίσκο Β τὸ σῶμα ποὺ θέλουμε νὰ ζυγίσωμε καὶ τοῦ ὁποίου ἔστω x τὸ βάρος, καὶ στὸν ἄλλο δίσκο Α σταθμὰ m, βαρύτερα ἀπὸ τὸ σῶμα, ὁπότε γιὰ νὰ πετύχωμε ἰσορροπία προσθέτουμε στὸ δίσκο Β σταθμὰ m_1 (σχ. 168, ἐπάνω).

Ἀφοῦ ἐκτελέσωμε τὴν παραπάνω ζύγιση, ἀδειάζουμε τὸν δίσκο ποὺ περιέχει τὸ σῶμα, ἀφαιρώντας τὸ σῶμα καὶ τὰ σταθμά, καὶ ἰσορροποῦμε καὶ πάλι τοποθετώντας σταθμὰ m_2.

Ἐπειδὴ τὰ σταθμὰ m_2 προκαλοῦν στὸ ἄκρο τοῦ ἴδιου βραχίονος ΟΒ τῆς φάλαγγος τὸ ἀποτέλεσμα ποὺ προκαλεῖ τὸ ἄθροισμα $x + m_1$, συμπεραίνουμε ὅτι τὰ βάρη αὐτὰ εἶναι ἴσα. Ἑπομένως $x + m_1 = m_2$. Συνεπῶς τὸ βάρος x τοῦ σώματος θὰ ἰσοῦται πρός:

$$x = m_2 - m_1$$

Ἡ ἰσότητα αὐτὴ ἰσχύει ὁποιαδήποτε κι ἂν εἶναι τὰ μήκη τῶν βραχιόνων τῆς φάλαγγος, ἑπομένως δὲν ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν ἀκρίβεια τοῦ ζυγοῦ. Ὥστε:

Ἡ διπλῆ ζύγιση ἐπιτρέπει τὴν ἀκριβῆ ζύγιση καὶ μὲ ἀνακριβῆ ζυγό.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Οἱ ἰδιότητες ποὺ χαρακτηρίζουν τὴν ποιότητα ἑνὸς ζυγοῦ εἶναι ἡ πιστότητα, ἡ εὐαισθησία καὶ ἡ ἀκρίβεια.

2. Ἕνας ζυγὸς εἶναι πιστός, ὅταν δίνη τὴν ἴδια πάντοτε τιμὴ βάρους ἑνὸς σώματος, ὁποιεσδήποτε κι' ἂν εἶναι οἱ θέσεις τοῦ σώματος καὶ τῶν σταθμῶν ἐπάνω στοὺς δίσκους.

3. Γιὰ νὰ εἶναι πιστὸς ἕνας ζυγὸς πρέπει : α) νὰ εἶναι ἀνθεκτικὴ ἡ φάλαγγα, β) οἱ ἀκμὲς τῶν τριῶν πρισμάτων νὰ εἶναι ἀκριβῶς παράλληλες μεταξύ τους καὶ γ) οἱ ἀκμὲς τῶν πλευρικῶν πρισμάτων νὰ εἶναι λεπτές.

4. Ἡ εὐαισθησία ἑνὸς ζυγοῦ ἐκφράζεται μὲ τὸ μικρότερο βάρος σταθμῶν, τὸ ὁποῖο, ὅταν τοποθετηθῆ στὸν ἕνα δίσκο ἑνὸς ζυγοῦ, προκαλεῖ αἰσθητὴ μετακίνηση τοῦ δείκτη τῆς φάλαγγος.

5. Ἡ εὐαισθησία ἑνὸς ζυγοῦ καθορίζει τὴν ἀκρίβεια τῶν σταθμίσεων. Γιὰ νὰ εἶναι ἕνας ζυγὸς εὐαίσθητος πρέπει : α) νὰ εἶναι λεπτὴ ἡ ἀκμὴ τοῦ κεντρικοῦ πρίσματος, β) ἡ φάλαγγα νὰ εἶναι ἐλαφρὴ καὶ μακριὰ καὶ γ) ὁ δείκτης τῆς φάλαγγος νὰ εἶναι μακρύς.

6. Ἕνας ζυγὸς εἶναι ἀκριβὴς ὅταν δίνη μὲ μιὰν ἁπλῆ ζύγιση τὸ ἀκριβὲς βάρος ἑνὸς σώματος, δηλαδὴ ὅταν διατηρῆ τὴν ἰσορροπία του παρὰ τὴν ἀλλαγὴ δύο ἴσων βαρῶν στοὺς δίσκους.

7. Γιὰ νὰ εἶναι ἀκριβὴς ἕνας ζυγὸς πρέπει οἱ δύο βραχίονες τοῦ ζυγοῦ νὰ εἶναι ἐντελῶς ἴσοι. Ἐπειδὴ ὅμως ὁ ὅρος αὐτὸς πρακτικὰ εἶναι ἀπραγματοποίητος, μποροῦμε νὰ εὑρίσκωμε τὸ ἀκριβὲς βάρος ἑνὸς σώματος μὲ τὴν μέθοδο τῆς ἀντικαταστάσεως ἢ τὴν μέθοδο τῆς διπλῆς ζυγίσεως.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Γιὰ νὰ ἰσορροπίσωμε ἕναν ζυγὸ θέτουμε ἐπάνω στὸν δίσκο του τὰ ἀκόλουθα βάρη: 100 p, 20 p, 2 p, 1 p, 500 mp, 200 mp, 50 mp καὶ 20 mp. Ποιὸ εἶναι τὸ συνολικὸ βάρος τῶν σταθμῶν.
(Ἀπ. 123,77 p.)

2. Ποιὰ σταθμὰ θὰ πρέπει νὰ χρησιμοποιήσωμε γιὰ νὰ ζυγίσωμε βάρη 23 p, 58 p, 76 p, 384 p, 1 857 p καὶ 3,47 p.
(Ἀπ. α' 20 gr, 2 gr, 1 gr. β' 50 gr, 5 gr, 2 gr, 1 gr. γ' 50 gr, 20 gr, 5 gr, 1 gr. δ' 200 gr, 100 gr, 50 gr, 20 gr, 10 gr, 2 gr, 2 gr κλπ.)

3. Ἕνα σῶμα ζυγίζεται διαδοχικὰ στοὺς δύο δίσκους ἑνὸς ἀνακριβοῦς ζυγοῦ. Εὑρίσκουμε δὲ ὡς ἀποτέλεσμα τῶν δύο ζυγίσεων: 3,2 p καὶ 5 p. Νὰ εὑρεθῆ τὸ πραγματικὸ βάρος τοῦ σώματος.
(Ἀπ. 4 p.)

4. Ζυγίζουμε ἕνα κομμάτι μετάλλου μὲ μιὰν ζυγαριά. Ὅταν τοποθετοῦμε στὸν ἄλλο δίσκο 72,4 p ὁ δείκτης ἰσορροπεῖ μπροστὰ ἀπὸ τὴν δεύτερη ὑποδιαίρεση, ἀριστερὰ ἀπὸ τὸ μηδέν, ἐνῶ μὲ σταθμὰ 72,5 p, ὁ δείκτης ἰσορροπεῖ στὴν τρίτη ὑποδιαίρεση, δεξιὰ ἀπὸ τὸ μηδέν. Μὲ τὴν προϋπόθεση ὅτι εἶναι δυνατὴ ἡ ἐξακρίβωση μιᾶς μετατοπίσεως τοῦ δείκτη μέχρι μιὰν ὑποδιαίρεση νὰ ὑπολογίσετε: α) τὴν μάζα τοῦ σώματος, β) τὴν εὐαισθησία τοῦ ζυγοῦ, γ) τὴν ἀκρίβεια τῆς ζυγίσεως.
(Ἀπ. α' 72,44 p. β' 0,02 p. γ' 1/3622.)

5. Σὲ ἕνα ζυγὸ ποὺ εὑρίσκεται σὲ ἰσορροπία προσθέτομε 0,1 p στὸν δεξιὸ δίσκο καὶ παρατηροῦμε μετατόπιση τοῦ δείκτη κατὰ 2 ὑποδιαιρέσεις. Ἂν μποροῦμε νὰ διακρίνωμε ἀπόκλιση μιᾶς ὑποδιαιρέσεως, νὰ εὑρεθῆ ἡ εὐαισθησία τοῦ ζυγοῦ. β) Κατὰ τὴν ζύγιση ἑνὸς σώματος μὲ τὸν ζυγὸ αὐτὸ βρίσκουμε 127,4 p. Ποιὰ εἶναι ἡ ἀκρίβεια τῆς ζυγίσεως. γ) Ἀνάμεσα σὲ ποιὰ ὅρια περιλαμβάνεται τὸ ἀκριβὲς βάρος τοῦ σώματος.
(Ἀπ. α' 0,05 gr. β' 1/2500, περίπου. γ' 127,35 gr $<$ m $<$ 127,45 gr.)

6. Σὲ ἕναν ζυγὸ ἡ φάλαγγα ἔχει μῆκος 60 cm καὶ ἡ διαφορὰ τοῦ μήκους τῶν δύο βραχιόνων της εἶναι 4 mm. Νὰ εὑρεθῆ ἡ μάζα ποὺ πρέπει νὰ τεθῆ στὸν δίσκο ποὺ ἀντιστοιχεῖ στὸν βραχίονα τοῦ μικροτέρου μήκους ἔτσι, ὥστε νὰ ἰσορροπῆται μάζα 2 kg, ἡ ὁποία εὑρίσκεται στὸν ἄλλο δίσκο. *(Ἀπ. 2,05 kp, περίπου.)*

7. Ἡ φάλαγγα ἑνὸς ζυγοῦ ἔχει μῆκος 40 cm. Ὁ ἕνας ἀπὸ τοὺς δύο βραχίονες εἶναι κατὰ 0,8 mm μακρύτερος ἀπὸ τὸν ἄλλο. Τοποθετοῦμε βά-

ρος 1 kp ἐπάνω στὸν ἕνα δίσκο. Πόσο βάρος πρέπει νὰ τοποθετήσωμε στὸν ἄλλο δίσκο γιὰ νὰ ἀποκατασταθῆ ἰσορροπία.

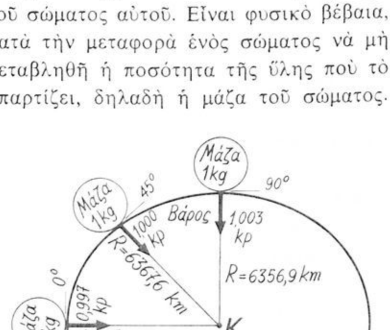
('Απ. 1004 p, περίπου. 2α περίπτωση: x = 996 p, περίπου.)

8. *Ἕνας ἔμπορος χρησιμοποιεῖ ἀνακριβῆ ζυγὸ μὲ ἀνίσους βραχίονες, στὸν ὁποῖο τὸ μῆκος τοῦ μεγαλυτέρου βραχίονος εἶναι ἴσο μὲ τὰ 51/50 τοῦ μήκους τοῦ μικροτέρου. Δύο πελάτες του ζητοῦν ἐμπορεύματα 20 kp ὁ καθένας. Ὁ ἔμπορος ζυγίζει τὸ ἐμπόρευμα τὴν πρώτη φορὰ βάζοντάς το στὸν ἕνα δίσκο καὶ τὴν ἄλλη φορὰ βάζοντάς το στὸν ἄλλο δίσκο. Νὰ εὑρεθῆ ἐὰν ἐκέρδισε ἢ ἔχασε μετὰ ἀπὸ τὶς δύο αὐτὲς ζυγίσεις.*

('Απ. α' 19,6 kp. β 20,4 kp. Δὲν ἐζημιώθη.)

ΙΘ' – ΜΑΖΑ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

§ 124. Ἡ ἔννοια τῆς μάζας. Ἔχουμε ἀναφέρει πὼς τὸ βάρος ἑνὸς σώματος δὲν εἶναι σταθερὸ μέγεθος ἀλλὰ μεταβάλλεται ἀπὸ τόπο σὲ τόπο καὶ ἔχουμε ἐξηγήσει γιὰ ποιὸν λόγο συμβαίνει ἡ μεταβολὴ αὐτὴ (σχ. 169). Κάθε σῶμα ὅμως περικλείει στὸν ὄγκο του μίαν ὁρισμένη ποσότητα ὕλης, ποὺ ἀποτελεῖ τὴν μάζα τοῦ σώματος αὐτοῦ. Εἶναι φυσικὸ βέβαια, κατὰ τὴν μεταφορὰ ἑνὸς σώματος νὰ μὴ μεταβληθῆ ἡ ποσότητα τῆς ὕλης ποὺ τὸ ἀπαρτίζει, δηλαδὴ ἡ μάζα τοῦ σώματος.



Σχ. 169. Μάζα ἑνὸς χιλιογράμμου ἔχει διαφορετικὸ βάρος στὰ διάφορα σημεῖα τῆς Γῆς.

Ἔτσι ἂν μεταφέρωμε ἕνα ὁποιοδήποτε σῶμα στὸν ἐξωγήινο χῶρο, σ' ἕνα πολὺ ἀπομακρυσμένο σημεῖο ἀπὸ τὸν πλανήτη μας, στὸ ὁποῖο νὰ ἔχη μηδενισθῆ ἡ ἕλξη τῆς Γῆς, ἡ ὁποία προκαλεῖ τὸ βάρος, στὸ σημεῖο ἐκεῖνο τὸ σῶμα δὲν θὰ παρουσιάζη βάρος καὶ θὰ εἶναι ἑπομένως ἀβαρές. Ἡ ποσότητα τῆς ὕλης τοῦ σώματος ὅμως, δηλαδὴ ἡ μάζα του, δὲν θὰ ἔχη πάθει καμιὰ μεταβολή. Ὥστε:

Σὲ ἀντίθεση πρὸς τὸ βάρος, ποὺ εἶναι μεταβλητὸ φυσικὸ μέγεθος, ἡ μάζα τῶν σωμάτων εἶναι χαρακτηριστικὸ σταθερὸ φυσικὸ μέγεθος. Τὸ βάρος καὶ ἡ μάζα εἶναι ἐντελῶς διαφορετικὰ φυσικὰ μεγέθη.

Τὸ βάρος εἶναι ἡ δύναμη μὲ τὴν ὁποία ἕλκει ἡ Γῆ τὸ σῶμα, ἐνῶ ἡ μάζα εἶναι ἡ ποσότητα ὕλης ποὺ περικλείει ὁ ὄγκος τοῦ σώματος.

§ 125. Σύγκριση τῶν μαζῶν δύο σωμάτων. Ἔστω ὅτι ἔχουμε δύο σώματα Σ_1 καὶ Σ_2 τὰ ὁποῖα ζυγίζουν 3 000 p καὶ 1 000 p ἀντιστοίχως στὴν Ἀθήνα. Ὁ λόγος λ τῶν βαρῶν τῶν δύο σωμάτων εἶναι:

$$\lambda = \frac{3\,000}{1\,000} = 3 : 1.$$

Ἂν τὰ μεταφέρωμε στοὺς Πόλους, τὸ βάρος τους θὰ μεταβληθῆ, μάλιστα δὲ θὰ ὑποστῆ αὔξηση, ἂν δὲ ἐκτελέσωμε καὶ πάλι ζύγιση τῶν σωμάτων, μὲ δυναμόμετρο ἢ ζυγό, θὰ βροῦμε πὼς τὸ σῶμα Σ_1 ζυγίζει τώρα 3 006 p καὶ τὸ Σ_2 1 002 p.

Κατὰ τὴν μεταφορὰ τῶν δύο σωμάτων ἀπὸ τὴν Ἀθήνα στοὺς Πόλους, στὸν Βόρειο ἢ στὸν Νότιο, ἡ μάζα τους παρέμεινε ἀμετάβλητη. Ὁ λόγος λ_1 τῶν βαρῶν τους εἶναι τώρα:

$\lambda_1 = \frac{3\,006}{1\,002} = 3:1$. Ὥστε:

Ὅταν δύο σώματα μεταφέρωνται ἀπὸ ἕναν τόπο τῆς Γῆς σὲ ἄλλον τόπο, τὰ βάρη τῶν σωμάτων μεταβάλλονται, ὁ λόγος τῶν βαρῶν τους ὅμως παραμένει σταθερός.

Τὰ βάρη B_1 καὶ B_2 τῶν σωμάτων Σ_1 καὶ Σ_2 προκαλοῦνται ἀπὸ τὴν ἕλξη ποὺ ἀσκεῖ ἡ Γῆ ἐπάνω στὶς μάζες τους m_1 καὶ m_2. Ἐπειδὴ δὲ ἡ ἕλξη ποὺ ἀσκεῖ ἡ Γῆ στὸ σῶμα Σ_1 εἶναι τριπλάσια ἀπὸ τὴν ἕλξη ποὺ ἀσκεῖ στὸ σῶμα Σ_2, ἐξάγεται τὸ συμπέρασμα πὼς ἡ μάζα τοῦ σώματος Σ_1 εἶναι τριπλάσια ἀπὸ τὴν μάζα τοῦ σώματος Σ_2. Ὥστε:

Στὸν ἴδιο τόπο τῆς Γῆς ὁ λόγος τῶν βαρῶν B_1 καὶ B_2 δύο σωμάτων Σ_1 καὶ Σ_2 ἰσοῦται μὲ τὸν λόγο τῶν μαζῶν m_1 καὶ m_2 τῶν σωμάτων. Δηλαδή:

$$\frac{B_1}{B_2} = \frac{m_1}{m_2}$$

Ἡ σύγκριση λοιπὸν τῶν μαζῶν δύο σωμάτων γίνεται ἔμμεσα μὲ τὴν σύγκριση τοῦ βάρους τῶν σωμάτων.

Ἀπὸ τὰ παραπάνω συμπεραίνουμε πὼς ἂν δύο σώματα ἔχουν σ' ἕνα τόπο τῆς Γῆς ἴσα βάρη, τὰ σώματα αὐτὰ θὰ ἔχουν ἐπίσης ἴσα βάρη καὶ σὲ ὁποιοδήποτε ἄλλο τόπο τῆς Γῆς μεταφερθοῦν. Τὰ σώματα αὐτὰ θὰ ἔχουν καὶ ἴσες μάζες.

§ 126. Μέτρηση τῆς μάζας ἑνὸς σώματος. Ὅταν ζυγίζωμε ἕνα σῶμα σ' ἕναν τόπο τῆς Γῆς, βρίσκουμε μὲ ποιό βάρος σταθμῶν εἶναι ἴσο τὸ βάρος τοῦ σώματος. Σύμφωνα ὅμως μὲ τὰ προηγούμενα, ὅταν δύο σώματα ἔχουν σ' ἕναν τόπο ἴσα βάρη, θὰ ἔχουν καὶ ἴσες μάζες. Μὲ τὸν ζυγὸ λοιπὸν διαπιστώνουμε ὅτι ἕνα σῶμα καὶ ὁρισμένα σταθμά, ἔχουν ἴσες μάζες. Ἐπειδὴ ὅμως ἡ μάζα τῶν σταθμῶν εἶναι παντοῦ ἡ ἴδια, αὐτὰ δὲ ἔχουν βαθμολογηθῆ μὲ βάση τὸ πρότυπο χιλιόγραμμο ποὺ βρίσκεται στὸ Παρίσι, συμπεραίνουμε ὅτι ὁ ζυγὸς μετρᾶ τὴν μάζα τῶν σωμάτων.

Ἐπειδὴ ὅμως οἱ μεταβολὲς τῶν βαρῶν τῶν σωμάτων, ὅταν αὐτὰ μεταφέρωνται ἀπὸ ἕναν τόπο σὲ ἄλλο, παρουσιάζουν, ὅπως ἀναφέραμε, τὸ ἴδιο ποσοστὸ αὐξήσεως ἢ ἐλαττώσεως μὲ συνέπεια νὰ παραμένη σταθερὸς ὁ λόγος τῶν βαρῶν τῶν σωμάτων, συμπεραίνουμε ὅτι ὁ ζυγὸς μετρᾶ σύγχρονα τὴν μάζα καὶ τὸ βάρος τῶν σωμάτων. Τὸ δυναμόμετρο ἀντίθετα μετρᾶ μόνο τὸ βάρος τῶν σωμάτων.

§ 127. Μονάδες μάζας. Γιὰ τὶς μονάδες αὐτὲς ἔγινε λόγος στὴν § 20. Ἐδῶ θὰ προσθέσωμε μόνο πὼς τὸ βάρος τῶν σταθμῶν ὑφίσταται τὸ ἴδιο ποσοστὸ μεταβολῆς ποὺ ὑφίσταται καὶ τὸ βάρος ἑνὸς ὁποιουδήποτε σώματος. Γι' αὐτὸ ὅταν χρησιμοποιοῦμε ζυγό, παρατηροῦμε ὅτι τὸ βάρος ἑνὸς σώματος καὶ ἡ μάζα του ἐκφράζονται μὲ τὸν ἴδιο ἀριθμό. Ἂν συνεπῶς ζυγίσωμε ἕνα σῶμα καὶ βροῦμε ὅτι ἡ μάζα του εἶναι 5 kg, τὸ βάρος τοῦ σώματος θὰ εἶναι 5 kp.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Ἡ μάζα εἶναι χαρακτηριστικὸ σταθερὸ φυσικὸ μέγεθος καὶ ἐκφράζει τὸ ποσὸ τῆς ὕλης ποὺ περιέχεται στὸν ὄγκο ποὺ καταλαμβάνει ἕνα σῶμα.

2. Ἡ μάζα ἑνὸς σώματος, ἀντίθετα πρὸς τὸ βάρος του, παραμένει ἡ ἴδια, ὁπουδήποτε κι ἂν μεταφερθῆ τὸ σῶμα, μετριέται δὲ μὲ τὸ ζυγό. Μονάδα μάζας στὸ Σύστημα M.K.S. εἶναι τὸ χιλιόγραμμο καὶ στὸ Σύστημα C.G.S. τὸ γραμμάριο.

3. Ὁ ζυγὸς μετρᾶ σύγχρονα μάζα καὶ βάρος ἑνὸς σώματος.

Κ' – ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

§ 128. Πυκνότητα. Ὅταν λέμε πὼς ὁ σίδηρος εἶναι βαρύτερος ἀπὸ τὸ ἀλουμίνιο, ἐννοοῦμε πὼς δύο ἀντικείμενα, μὲ τὶς ἴδιες ἀκριβῶς διαστάσεις τὸ ἕνα ἀπὸ σίδερο καὶ τὸ ἄλλο ἀπὸ ἀλουμίνιο, δὲν ἔχουν τὸ ἴδιο βάρος καὶ πὼς τὸ σιδερένιο εἶναι βαρύτερο. Ὡστόσο καὶ ὅταν τὰ ἀντικείμενα ἔχουν διαφορετικὸ σχῆμα καὶ διαστάσεις, ἡ σύγκριση διατηρεῖ τὴν ἔννοιά της μὲ τὴν προϋπόθεση πὼς τὰ δύο ἀντικείμενα ἔχουν ἴσους ὄγκους. Ἑπομένως ἐξάγεται τὸ συμπέρασμα ὅτι ἴσοι ὄγκοι διαφορετικῶν σωμάτων ἔχουν ἄνισες μάζες.

Ἂν πάρωμε κύβους ὄγκου 1 dm^3 ἀπὸ μόλυβδο, σίδηρο καὶ ξύλο ἐλάτου, μὲ τὴν βοήθεια ἑνὸς ζυγοῦ θὰ βροῦμε ὅτι ἔχουν ἀντίστοιχα μάζες 11,3 kg, 7,8 kg καὶ 0,6 kg (σχ. 170). Λέμε τότε πὼς ἡ πυκνότητα τοῦ μολύβδου εἶναι 11,3 kg ἀνὰ κυβικὴ παλάμη, καὶ τὸ γράφουμε 11,3 kg/dm^3, τοῦ σιδήρου 7,8 kg/dm^3 καὶ τοῦ ξύλου ἀπὸ ἔλατο 0,6 kg/dm^3. Στὶς περιπτώσεις αὐτὲς ἔχουμε πάρει σὰν μονάδα μάζας τὸ χιλιόγραμμο καὶ σὰν μονάδα ὄγκου τὴν κυβικὴ παλάμη. Ὥστε:

Πυκνότητα ἑνὸς σώματος ὀνομάζουμε τὴν μάζα τοῦ σώματος ποὺ περικλείει ἡ μονάδα τοῦ ὄγκου.

Ἀπὸ τὸν παραπάνω ὁρισμὸ συμπεραίνουμε ὅτι γιὰ νὰ ὑπολογίσωμε τὴν πυκνότητα ἑνὸς σώματος πρέπει νὰ γνωρίζωμε τὴν μάζα καὶ τὸν ὄγκο τοῦ σώματος. Ἔτσι ἂν 380,8 gr ὑδραργύρου ἔχουν ὄγκο 28 cm^3, ἡ πυκνότητα τοῦ ὑδραργύρου θὰ εἶναι: 380,8 : 28 = 13,6 gr/cm^3.

Γενικὰ ἂν ἡ μάζα ἑνὸς σώματος εἶναι m καὶ ὁ ὄγκος του V, ἡ πυκνότητα ρ τοῦ σώματος θὰ δίνεται ἀπὸ τὸν τύπο:

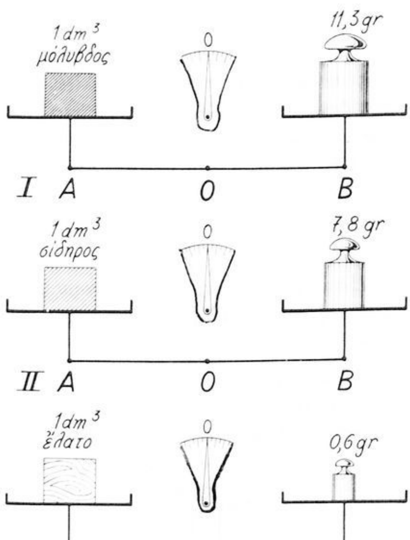
$$\rho = \frac{m}{V}$$

Λύνοντας τὸν παραπάνω τύπο ὡς πρὸς m, ἔχουμε:

$$m = \rho \cdot V$$

Ὥστε: Ἡ μάζα ἑνὸς σώματος ἰσοῦται μὲ τὸ γινόμενο τῆς πυκνότητος ἐπὶ τὸν ὄγκο τοῦ σώματος. Λύνοντας τὸν ἴδιο τύπο ὡς πρὸς V λαμβάνουμε:

$$V = \frac{m}{\rho}$$



Σχ. 170. Γιὰ τὴν κατανόηση τῆς πυκνότητας. Σὲ μιὰ κυβικὴ παλάμη μολύβδου, σιδήρου ἢ ξύλου περιέχονται ἄνισες μάζες.

Ἑπομένως ὁ ὄγκος ἑνὸς σώματος εἶναι ἴσος μὲ τὸ πηλίκο τῆς μάζας του πρὸς τὴν πυκνότητα.

§ 129. Μονάδες πυκνότητος. Ἡ πυκνότητα εἶναι παράγωγο μέγεθος, ἐφ' ὅσον ὁρίζεται σὰν πηλίκο δύο θεμελιωδῶν μεγεθῶν, ὅπως εἶναι ἡ μάζα καὶ ὁ ὄγκος. Ἑπομένως καὶ οἱ μονάδες τῆς πυκνότητος θὰ εἶναι παράγωγες ἐπίσης μονάδες καὶ θὰ ὁρίζωνται μὲ συνδυασμὸ τῶν μονάδων μάζας καὶ ὄγκου.

Ἔτσι, ἂν μονάδα μάζας πάρωμε τὸ 1 kg καὶ ὄγκου τὴν 1 dm^3, ἡ πυκνότητα θὰ ἐκφράζεται σὲ χιλιόγραμμα ἀνὰ κυβικὴ παλάμη (kg/dm^3) καὶ μονάδα πυκνότητος θὰ εἶναι τό:

1 χιλιόγραμμο ἀνὰ κυβικὴ παλάμη
(1 kg/dm^3)

Ἂν ὅμως σὰν μονάδα μάζας πάρωμε τὸ 1 γραμμάριο (1 gr) καὶ ὄγκου τὸ 1 κυβικὸ ἑκατοστόμετρο (1 cm^3), μονάδα πυκνότητος θὰ εἶναι τό:

1 γραμμάριο ἀνὰ κυβικὸ ἑκατοστόμετρο
(1 gr/cm^3)

Ἡ μονάδα πυκνότητος 1 gr/cm^3 ἀνήκει στὸ Σύστημα C. G. S.

Στὸ Σύστημα M. K. S. μονάδα πυκνότητος εἶναι τό:

1 χιλιόγραμμο ἀνὰ κυβικὸ μέτρο
(1 kg/m^3)

Ἐπειδὴ 1 kg = 1 000 gr καὶ 1 dm^3 = 1 000 cm^3 συμπεραίνουμε ὅτι:

$$1\ \frac{kg}{dm^3} = 1\ \frac{gr}{cm^3}$$

Πίνακας πυκνοτήτων μερικῶν στερεῶν καὶ ὑγρῶν σωμάτων (σὲ kg/dm^3 ἢ gr/cm^3)

Ἀλουμίνιο	2,7	Μόλυβδος	11,3
Ἄργυρος	10,5	Νερὸ καθαρὸ σὲ 4 °C	1
Αἰθέρας	0,74	Ξύλο ξηρό	0,5-0,8
Ἀσβεστόλιθος	2-2,5	Οἰνόπνευμα	0,79
Βενζίνη	0,90	Πάγος σὲ 0 °C	0,917
Γλυκερίνη	1,26	Σίδηρος καὶ χάλυβες	7,3-7,8
Γυαλί	2,5-2,6	Χρυσός	19,3
Ἐλαιόλαδο	0,92		
Λευκόχρυσος	21,5		

§ 130. Εἰδικὸ βάρος. Ἂν πάρωμε τοὺς κύβους τοῦ μολύβδου, τοῦ σιδήρου καὶ τοῦ ξύλου ἐλάτου ποὺ χρησιμοποιήσαμε γιὰ τὸν ὁρισμὸ τῆς πυκνότητος, θὰ ἐξακριβώσωμε ὅτι:

1 dm^3 μολύβδου ζυγίζει 11,3 kp
1 dm^3 σιδήρου ζυγίζει 7,8 kp
1 dm^3 ξύλου ζυγίζει 0,6 kp.

Λέμε λοιπὸν ὅτι τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ μολύβδου εἶναι 11,3 κιλοπὸντ ἀνὰ κυβικὴ παλάμη καὶ τὸ γράφουμε 11,3 kp/dm^3, ὅπως ἐπίσης ὅτι τὰ εἰδικὰ βάρη τοῦ σιδήρου καὶ τοῦ ξύλου εἶναι 7,8 kp/dm^3 καὶ 0,6 kp/dm^3 ἀντιστοίχως. Στὶς περιπτώσεις αὐτὲς παίρνουμε σὰν μονάδα βάρους τὸ κιλοπὸντ καὶ ὄγκου τὴν κυβικὴ παλάμη. Ὥστε:

Εἰδικὸ βάρος ἑνὸς σώματος ὀνομάζουμε τὸ βάρος τῆς μονάδος τοῦ ὄγκου τοῦ σώματος.

Γενικὰ ἂν τὸ βάρος ἑνὸς σώματος εἶναι B καὶ ὁ ὄγκος του V, τὸ εἰδικὸ βάρος ε τοῦ σώματος θὰ δίνεται ἀπὸ τὸν τύπο:

$$\varepsilon = \frac{B}{V}$$

Ἀπὸ τὸν παραπάνω τύπο, λύνοντας ὡς πρὸς B, ἔχουμε:

$$B = \varepsilon \cdot V.$$

Ὥστε: Τὸ βάρος ἑνὸς σώματος ἰσοῦται μὲ τὸ γινόμενο τοῦ εἰδικοῦ βάρους ἐπὶ τὸν ὄγκο τοῦ σώματος.

Λύνοντας τὸν ἴδιο τύπο ὡς πρὸς V λαμβάνουμε:

$$V = \frac{B}{\varepsilon}$$

Ἑπομένως: ὁ ὄγκος ἑνὸς σώματος ἰσοῦται μὲ τὸ πηλίκο τοῦ βάρους τοῦ σώματος πρὸς τὸ εἰδικό του βάρος.

§ 131. Μονάδες εἰδικοῦ βάρους. Αὐτὲς ἐξαρτῶνται ὅπως καὶ στὴν περίπτωση τῆς πυκνότητος ἀπὸ τὴν ἐκλογὴ τῶν μονάδων βάρους καὶ ὄγκου.

Ὅταν τὸ βάρος ἐκφράζεται σὲ κιλοπὸντ καὶ ὁ ὄγκος σὲ κυβικὲς παλάμες, μονάδα εἰδικοῦ βάρους εἶναι τό :

1 κιλοπὸντ ἀνὰ κυβικὴ παλάμη (1 kp/dm³)

Ἐὰν ὅμως τὸ βάρος ἐκφράζεται σὲ πὸντ καὶ ὁ ὄγκος σὲ κυβικὰ ἑκατοστόμετρα, τότε σὰν μονάδα εἰδικοῦ βάρους, παίρνουμε τό :

1 πὸντ ἀνὰ κυβικὸ ἑκατοστόμετρο (1 p/cm³)

Ὅπως στὴν περίπτωση τῆς πυκνότητος, ἔτσι καὶ στὸ εἰδικὸ βάρος ἔχουμε ὅτι:

$$\boxed{1\,\frac{kp}{dm^3} = 1\,\frac{p}{cm^3}}$$

Μονάδα εἰδικοῦ βάρους στὸ Τεχνικὸ Σύστημα εἶναι τό:

1 κιλοπὸντ ἀνὰ κυβικὸ μέτρο (1 kp/m³)

Στὸ Σύστημα M. K. S. μονάδα εἰδικοῦ βάρους εἶναι τὸ :

1 Νιοῦτον ἀνὰ κυβικὸ μέτρο (1 N/m³)

Τέλος, στὸ Σύστημα C. G. S. μονάδα εἰδικοῦ βάρους εἶναι ἡ:

1 δύνη ἀνὰ κυβικὸ ἑκατοστόμετρο (1 dyn/cm³)

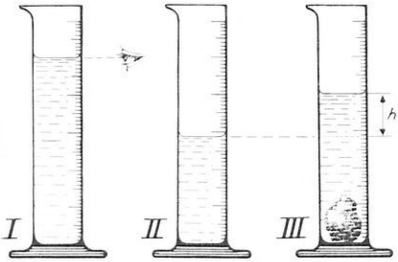
§ 132. Διαφορὲς πυκνότητος καὶ εἰδικοῦ βάρους. Ἡ πυκνότητα καὶ τὸ εἰδικὸ βάρος ἐκφράζονται μὲ τὸν ἴδιο ἀριθμὸ ἀλλὰ εἶναι διαφορετικὰ φυσικὰ μεγέθη. Πραγματικά, στὴν περίπτωση ἔστω τοῦ ἀλουμινίου, ἡ πυκνότητά του εἶναι 2,7 kg/dm³ καὶ τὸ εἰδικό του βάρος 2,7 kp/dm³. Ὡστόσο ἡ πυκνότητα φανερώνει πόση μάζα ἀλουμινίου περιέχεται σὲ μία κυβικὴ παλάμη τοῦ μετάλλου, ἐνῶ τὸ εἰδικὸ βάρος ἐκφράζει τὸ βάρος μιᾶς κυβικῆς παλάμης ἀλουμινίου, τὴ δύναμη δηλαδὴ μὲ τὴν ὁποία ἕλκει ἡ Γῆ μάζα ἀλουμινίου, ὄγκου 1 dm³.

Ἐξ ἄλλου γιὰ μιὰν σταθερὴ θερμοκρασία ἡ πυκνότητα ἑνὸς σώματος δὲν μεταβάλλεται, ὁπουδήποτε κι' ἂν μεταφερθῆ τὸ σῶμα, ἐφ' ὅσον ἡ μάζα εἶναι σταθερὸ φυσικὸ μέγεθος. Τὸ εἰδικὸ βάρος ὅμως μεταβάλλεται, διότι τὸ βάρος ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸν τόπο, στὸν ὁποῖο εὑρίσκεται τὸ σῶμα.

§ 133. Εὕρεση τῆς πυκνότητος ἑνὸς σώματος. 1) Μέθοδος τοῦ ὀγκομετρικοῦ κυλίνδρου. Γιὰ νὰ ὑπολογίσωμε τὴν πυκνότητα ἑνὸς σώματος πρέπει νὰ γνωρίζωμε τὴν μάζα καὶ τὸν ὄγκο τοῦ σώματος. Ἡ ἐργασία αὐτὴ μπορεῖ νὰ γίνη μὲ τὴν βοήθεια ἑνὸς ζυγοῦ καὶ ἑνὸς ὀγκομετρικοῦ σωλῆνος.

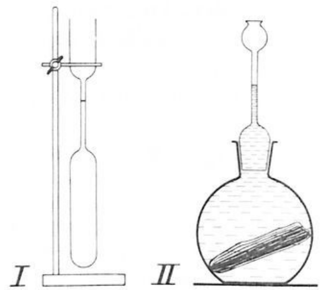
α) Ὑγρὸ σῶμα. Ζυγίζουμε πρῶτα ἄδειανὸ τὸν ὀγκομετρικὸ σωλῆνα καὶ κατόπι χύνουμε σ' αὐτὸν μιὰν ποσότητα ἀπὸ τὸ ὑγρὸ καὶ ζυγίζουμε πάλιν. Ἡ διαφορὰ τῶν δύο ζυγίσεων μᾶς δίνει τὴν μάζα τοῦ ὑγροῦ, ἐνῶ τὸν ὄγκο του ἡ ὑποδιαίρεση τῆς ἀριθμημένης κλίμακος τοῦ σωλῆνος, ποὺ συμπίπτει μὲ τὴν ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ (σχ. 171, I). Τὸ πηλίκο τῆς μάζας (σὲ kg ἢ gr) καὶ τοῦ ὄγκου (σὲ dm^3 ἢ cm^3) δίνει τὴν πυκνότητα τοῦ ὑγροῦ (σὲ kg/dm^3 ἢ gr/cm^3).

β) Στερεὸ σῶμα. Ζυγίζουμε τὸ σῶμα καὶ βρίσκουμε τὴν μάζα του, ἐνῶ τὸν ὄγκο του ὑπολογίζουμε μὲ τὴν βοήθεια καὶ πάλι τοῦ ὀγκομετρικοῦ κυλίνδρου (βλ. σχ. 171, II, III). Ὅπως καὶ στὴν περίπτωση τοῦ ὑγροῦ ἡ πυκνότητα θὰ ἰσοῦται μὲ τὸ πηλίκο τῶν δύο μετρήσεων μάζας καὶ ὄγκου.



Σχ. 171. Ὀγκομέτρηση ὑγροῦ (I) καὶ στερεοῦ (II καὶ III).

2) Μέθοδος τῆς ληκύθου. Ὁ προσδιορισμὸς τῆς πυκνότητος τῶν ὑγρῶν καὶ τῶν στερεῶν μὲ τὴν βοήθεια ἑνὸς ζυγοῦ καὶ ἑνὸς ὀγκομετρικοῦ κυλίνδρου, εἶναι βέβαια ἕνας πρόχειρος καὶ εὔκολος ὑπολογισμός, ποὺ δὲν δίνει ὅμως μεγάλην ἀκρίβεια. Ὅταν ὡστόσο ὁρισμένοι λόγοι ἐπιβάλλουν ἀκρίβεια στὶς μετρήσεις μας, τότε αὐτὴ ἐπιτυγχάνεται μὲ τὴν χρησιμοποίηση τῆς **λυκήθου** (σχ. 172), ἑνὸς γυάλινου δηλαδὴ δοχείου, στὸν λαιμὸ τοῦ ὁποίου προσαρμόζεται ἕνα γυάλινο πῶμα, ποὺ καταλήγει σὲ λεπτὸ σωλῆνα. Σ' ἕνα σημεῖο τοῦ σωλῆνος ὑπάρχει μία χαραγή, γιὰ νὰ δείχνη μέχρι ποῦ πρέπει νὰ γεμίζη πάντοτε ἡ λήκυθος.



Σχ. 172. Λήκυθος γιὰ ὑγρὰ (I) καὶ γιὰ στερεὰ (II).

α) Μέτρηση τῆς πυκνότητος ὑγροῦ. Ἔστω ὅτι πρόκειται νὰ ὑπολογίσωμε τὴν πυκνότητα τοῦ οἰνοπνεύματος.

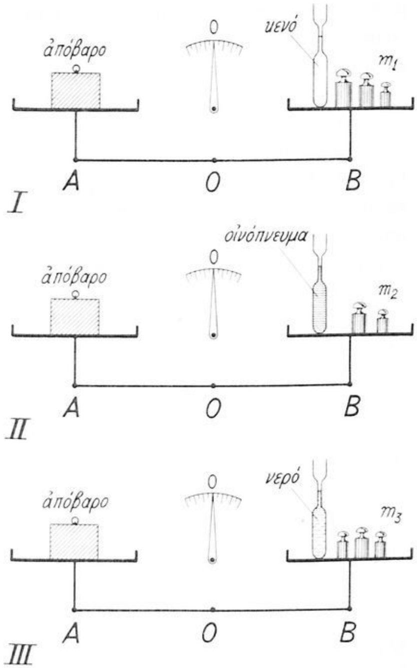
Τοποθετοῦμε τὴν λήκυθο ἀδειανὴ στὸν δεξιὸ δίσκο ἑνὸς ζυγοῦ. Στὸν ἄλλο θέτουμε βαρύτερα σταθμὰ ἔτσι, ὥστε ἡ φάλαγγα νὰ κλίνη πρὸς τὸ μέρος τους κι ὅταν ἀκόμη ἡ λήκυθος εἶναι γεμάτη μὲ τὸ πιὸ πυκνὸ ὑγρό. Τὰ σταθμὰ αὐτὰ θὰ παραμείνουν στὸν δίσκο καθ' ὅλη τὴν διάρκεια τῆς μετρήσεως. Εἶναι τὸ ἀπόβαρο. Ὕστερα ἀποκαθιστοῦμε τὴν ἰσορροπία προσθέτοντας σταθμὰ στὸν δίσκο ποὺ βρίσκεται ἡ λήκυθος, ἔστω δὲ ἡ μάζα τους $m_1 = 144{,}8$ gr (σχ. 173, I).

Ἀδειάζουμε ἐντελῶς τὸν δεξιὸ δίσκο. Γεμίζουμε τὴν λήκυθο μὲ οἰνόπνευμα μέχρι τὴν χαραγὴ καὶ τὴν τοποθετοῦμε στὸν δεξιὸ δίσκο. Γιὰ νὰ ἐπιτύχωμε ἰσορροπία πρέπει νὰ προσθέσωμε σταθμὰ μάζης $m_2 = 55$ gr (σχ. 173, II).

Ἡ διαφορὰ $m_1 - m_2$ ἐκφράζει τὴν μάζα $m_{υγρ}$ τοῦ ὑγροῦ, ἡ ὁποία ὑπολογίσθηκε μὲ διπλὴ ζύγιση:

$$m_{υγρ} = m_1 - m_2 = 144{,}8 - 55 = 89{,}8 \text{ gr}$$

Ἀδειάζουμε καὶ πάλι τὸν δεξιὸ δίσκο. Χύνουμε τὸ οἰνόπνευμα ἀπὸ τὴν λήκυθο. Πλένουμε τὴν λήκυθο καὶ τὴν γεμίζουμε κατόπιν μὲ ἀπεσταγμένο νερὸ μέχρι τὴν χαραγή, τοποθετώντας την καὶ πάλιν στὸν



Σχ. 173. Ἐργασίες γιὰ τὸν προσδιορισμὸ τῆς πυκνότητας ἑνὸς ὑγροῦ.

δεξιὸ δίσκο. Γιὰ νὰ ἐπιτύχωμε ἰσορροπίαν πρέπει νὰ προσθέσωμε σταθμὰ μάζης $m_3 = 31{,}2$ gr (σχ. 173, III).

Ἡ τρίτη ζύγιση μαζὶ μὲ τὴν πρώτη ἀποτελοῦν μίαν διπλὴ ζύγιση ποὺ μᾶς ἐπιτρέπει νὰ ὑπολογίσωμε τὴν μάζα $m_{\nu\varepsilon\rho}$ τοῦ νεροῦ ποὺ περιέχεται στὴν λήκυθο, δηλαδή:

$$m_{\nu\varepsilon\rho} = m_1 - m_3 = 144{,}8 - 31{,}2 = 113{,}6 \text{ gr}$$

ὁ ὄγκος τοῦ ὁποίου εἶναι:

$$V_{\nu\varepsilon\rho} = 113{,}6 \text{ cm}^3$$

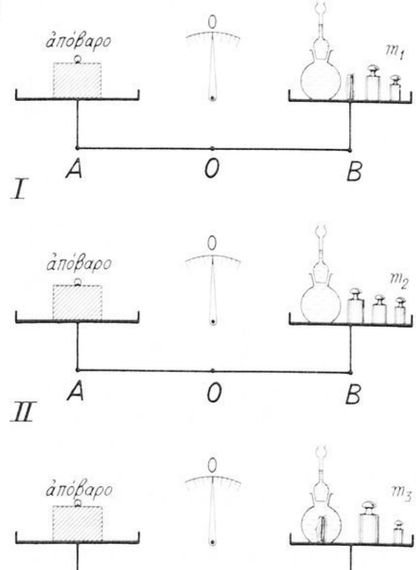
Ἐπειδὴ ὅμως ἡ λήκυθος γεμίζεται πάντοτε μέχρι τὴν χαραγή, ὁ ὄγκος τοῦ νεροῦ καὶ τοῦ οἰνοπνεύματος εἶναι ἴσοι, ἑπομένως ἡ ποσότητα τοῦ οἰνοπνεύματος ποὺ χρησιμοποιήσαμε ἔχει μάζα $m = 89{,}8$ gr καὶ ὄγκο $V = 113{,}6$ cm^3. Συνεπῶς ἡ πυκνότητα ρ τοῦ οἰνοπνεύματος θὰ εἶναι:

$$\rho = \frac{m_{\upsilon\gamma\rho}}{V} = \frac{89{,}8}{113{,}6} = 0{,}79 \text{ gr/cm}^3$$

β) Μέτρηση τῆς πυκνότητος στερεοῦ. Ἔστω ὅτι πρόκειται νὰ ὑπολογίσωμε τὴν πυκνότητα τοῦ θείου (θειάφι).

Τοποθετοῦμε μερικὰ τεμάχια θείου στὸν δεξιὸ δίσκο τοῦ ζυγοῦ μαζὶ μὲ τὴν λήκυθο, γεμάτη μὲ ἀπεσταγμένο νερὸ μέχρι τὴν χαραγή. Θέτουμε στὸν ἀριστερὸ δίσκο βαρύτερα σταθμά, ὥστε ἡ φάλαγγα νὰ κλίνη πρὸς τὸ μέρος τους. Τὰ σταθμὰ αὐτὰ εἶναι τὸ ἀπόβαρο. Ὕστερα ἰσορροποῦμε προσθέτοντας σταθμὰ στὸν δεξιὸ δίσκο, μάζας ἔστω $m_1 = 95{,}6$ gr (σχ. 174, I).

Ἀφαιροῦμε τὰ τεμάχια τοῦ θείου καὶ



Σχ. 174. Ἐργασίες γιὰ τὸν προσδιορισμὸ τῆς πυκνότητος ἑνὸς στερεοῦ.

τὰ σταθμὰ m_1 καὶ ἀποκαθιστοῦμε τὴν ἰσορροπία τοποθετώντας σταθμὰ $m_2 = 192{,}6$ gr (σχ. 174, II). Ἡ διαφορὰ $m_2 - m_1$ φανερώνει τὴν μάζα m τοῦ σώματος, ἡ ὁποία εὑρίσκεται μὲ διπλὴ ζύγιση. Δηλαδή:

$$m = m_2 - m_1 = 192.6 - 95.6 = 97 \text{ gr}.$$

Ἀδειάζουμε ἐντελῶς τὸν δεξιὸ δίσκο. Χύνουμε ἕνα μέρος τοῦ νεροῦ τῆς ληκύθου, εἰσάγουμε σ᾽ αὐτὴν τὸ θεῖο, ἀφοῦ προηγουμένως τὸ θρυμματίσωμε καὶ ἀπογεμίζουμε τὴν λήκυθο μέχρι τὴ χαραγή. Τὸ θεῖο καταλαμβάνει τώρα μέσα στὴν λήκυθο τὴ θέση ἑνὸς ὄγκου νεροῦ, ἴσου μὲ τὸν ὄγκο του. Τοποθετοῦμε τὴν λήκυθο, ὅπως εἶναι μὲ τὸ νερὸ καὶ τὸ θεῖο, ἐπάνω στὸν δεξιὸ δίσκο καὶ ἰσορροποῦμε μὲ σταθμὰ $m_3 = 145$ gr (σχ. 174, III).

Συγκρίνοντας τὴν τρίτη ζύγιση μὲ τὴν πρώτη καταλαβαίνουμε ὅτι στὸν δεξιὸ δίσκο ἀντικαταστήσαμε ἕναν ὄγκο νεροῦ μὲ ἴσον ὄγκο ἀπὸ τὸ σῶμα, τοῦ ὁποίου θέλουμε νὰ ὑπολογίσωμε τὴν πυκνότητα. Ἡ διαφορὰ ἑπομένως $m_3 - m_1$ ἐκφράζει τὴν μάζα τοῦ νεροῦ αὐτοῦ, ἡ ὁποία εἶναι:

$$m_3 - m_1 = 145 - 95.6 = 59.4 \text{ gr}$$

Ὁ ὄγκος ἑπομένως τοῦ νεροῦ, συνεπῶς καὶ τοῦ σώματος, θὰ εἶναι $V = 59.4 \text{ cm}^3$. Ὥστε ἡ πυκνότητα τοῦ θείου θὰ εἶναι:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{97}{59{,}4} = 1{,}96 \text{ gr/cm}^3.$$

Χρησιμοποιώντας ἕνα ζυγὸ ἀκριβείας, ἀντὶ τοῦ ζυγοῦ Ρομπερβάλ, ἐπιτυγχάνουμε μὲ τὴν μέθοδο τῆς ληκύθου ἱκανοποιητικὴ ἀκρίβεια στὸν προσδιορισμὸ τῆς πυκνότητος τῶν ὑγρῶν καὶ τῶν στερεῶν.

§ 134. Σχετικὴ πυκνότητα. α) Στερεὰ καὶ ὑγρά.

Ἡ πυκνότητα τοῦ νεροῦ εἶναι 1 kg/dm^3 ἢ 1 gr/cm^3. Ἡ πυκνότητα τοῦ σιδήρου εἶναι 7,8 kg/dm^3. Συνεπῶς ἂν πάρωμε δύο ἴσους ὄγκους νεροῦ καὶ σιδήρου, ὁ ὄγκος τοῦ σιδήρου ἔχει μάζα 7,8 φορὲς μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν μάζα τοῦ νεροῦ. Λέμε λοιπὸν ὅτι ἡ πυκνότητα τοῦ σιδήρου ὡς πρὸς τὸ νερὸ ἢ ἡ σχετικὴ πυκνότητα τοῦ σιδήρου εἶναι 7,8.

Ἡ πυκνότητα τοῦ ὑδραργύρου εἶναι 13,6 kg/dm^3. Ἕνας ὄγκος λοιπὸν ὑδραργύρου περικλείει 13,6 φορὲς περισσότερη μάζα ἀπὸ ἕνα ἴσο ὄγκο νεροῦ. Λέμε λοιπὸν ὅτι ἡ σχετικὴ πυκνότητα τοῦ ὑδραργύρου εἶναι 13,6. Ὥστε:

Σχετικὴ πυκνότητα ἑνὸς σώματος, στερεοῦ ἢ ὑγροῦ, ὀνομάζεται ὁ λόγος τῆς μάζας m ἑνὸς ὁρισμένου ὄγκου τοῦ σώματος, πρὸς τὴν μάζα m′ ἴσου ὄγκου νεροῦ.

Δηλαδή:

$$\rho_{\sigma\chi\varepsilon\tau} = \frac{m}{m'}$$

$$\text{σχετ. πυκνότητα} = \frac{\text{μάζα σώματος}}{\text{μάζα ἴσου ὄγκου νεροῦ}}$$

Ὅπως παρατηροῦμε ἡ σχετικὴ πυκνότητα σὰν πηλίκο δύο ὁμοειδῶν μεγεθῶν εἶναι καθαρὸς ἀριθμός.

β) Ἀέρια. Ἡ πυκνότητα τοῦ ἀέρος, σὲ θερμοκρασία 0 °C καὶ κανονικὴ πίεση, εἶναι 1,293 gr/dm^3. Ἡ πυκνότητα τοῦ διοξειδίου τοῦ ἄνθρακος, ἑνὸς ἀερίου ποὺ παράγεται κατὰ τὴν καύση τοῦ ἄνθρακος, εἶναι σὲ θερμοκρασία 0 °C καὶ κανονικὴ πίεση 1,96 gr/dm^3.

Ἀπὸ τὸ παραπάνω παράδειγμα συμπεραίνουμε ὅτι ἕνας ὁρισμένος ὄγκος διοξειδίου τοῦ ἄνθρακος ἔχει μάζα 1,96 : 1,293 = 1,5 φορὲς μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν μάζα ἴσου ὄγκου ἀέρος.

Λέμε λοιπὸν ὅτι ἡ πυκνότητα τοῦ διοξειδίου τοῦ ἄνθρακος ὡς πρὸς τὸν ἀέρα ἢ ἡ σχετικὴ πυκνότητα τοῦ διοξειδίου τοῦ ἄνθρακος εἶναι 1,5. Ὥστε:

Σχετικὴ πυκνότητα ἑνὸς ἀερίου ὀνομάζεται ὁ λόγος τῆς μάζας ἑνὸς ὁρισμένου ὄγκου τοῦ ἀερίου, πρὸς τὴν μάζα ἴσου ὄγκου ἀέρος, μὲ τὶς ἴδιες συνθῆκες θερμοκρασίας καὶ πιέσεως.

$$\text{σχετ. πυκνότητα} = \frac{\text{μάζα ἀερίου}}{\text{μάζα ἴσου ὄγκου ἀέρος}}$$

Παρατήρηση. Ὁρίσαμε τὴν σχετικὴ πυκνότητα τῶν ἀερίων παίρνοντας ἴσους ὄγκους ἀέρος καὶ ἑνὸς ἀερίου μὲ τὶς ἴδιες συνθῆκες θερμοκρασίας καὶ πιέσεως, διότι ὁ ὄγκος μιᾶς ὁρισμένης μάζας ἑνὸς ἀερίου σώματος ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν πίεση καὶ τὴν θερμοκρασία. Ὅταν μεταβληθῆ ἕνα ἀπὸ τὰ δύο αὐτὰ μεγέθη, δηλαδὴ εἴτε ἡ πίεση εἴτε ἡ θερμοκρασία, ἢ καὶ τὰ δύο μαζί, μεταβάλλεται καὶ ὁ ὄγκος τοῦ ἀερίου.

Προκειμένου περὶ στερεῶν σωμάτων ἡ μεταβολὴ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως δὲν ἔχει σχεδὸν καμιὰν ἐπίδραση στὸν ὄγκο τοῦ σώματος, ἐφ' ὅσον οἱ μεταβολὲς τῆς πιέσεως εἶναι σχετικὰ μικρές. Ἡ θερμοκρασία ὅμως ἐφ' ὅσον παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις ἔχει σὰν συνέπεια αἰσθητὴ μεταβολὴ τοῦ ὄγκου, ἑπομένως καὶ τῆς πυκνότητος.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Πυκνότητα ἑνὸς σώματος ὀνομάζεται ἡ ποσότητα τῆς μάζας ποὺ περιέχεται στὴν μονάδα ὄγκου τοῦ σώματος.

2. Ἡ πυκνότητα ἐκφράζεται συνήθως σὲ χιλιόγραμμα ἀνὰ κυβικὴ παλάμη (kg/dm^3) ἢ γραμμάρια ἀνὰ κυβικὸ ἑκατοστόμετρο (gr/cm^3).

3. Ἐὰν ἡ μάζα ἑνὸς σώματος εἶναι m καὶ ὁ ὄγκος του V, ἡ πυκνότητα του ρ δίνεται ἀπὸ τὴν σχέση :

$$\rho = \frac{m}{V}$$

4. Εἰδικὸ βάρος ἑνὸς σώματος ὀνομάζεται τὸ βάρος τῆς μονάδος τοῦ ὄγκου τοῦ σώματος καὶ ἐκφράζεται σὲ κιλοπὸντ ἀνὰ κυβικὴ παλάμη (kp/dm^3) ἢ πόντ ἀνὰ κυβικὸ ἑκατοστόμετρο (p/cm^3).

5. Ἐὰν τὸ βάρος ἑνὸς σώματος εἶναι B καὶ ὁ ὄγκος του V, τὸ εἰδικὸ βάρος του δίνεται ἀπὸ τὴν σχέση :

$$\varepsilon = \frac{B}{V}$$

6. Ἡ πυκνότητα καὶ τὸ εἰδικὸ βάρος ἐκφράζονται μὲ τὸν ἴδιο ἀριθμὸ ἀλλὰ εἶναι ἐντελῶς διαφορετικὰ φυσικὰ μεγέθη.

7. Ἡ πυκνότητα τῶν στερεῶν καὶ ὑγρῶν εἶναι δυνατὸν νὰ ὑπολογισθῆ μὲ τὴν μέθοδο τοῦ ὀγκομετρικοῦ κυλίνδρου ἢ τὴν μέθοδο τῆς ληκύθου, ἡ ὁποία δίνει ἀκριβέστερα ἀποτελέσματα.

8. Σχετικὴ πυκνότητα ἑνὸς στερεοῦ ἢ ὑγροῦ σώματος ὀνομάζεται ὁ λόγος τῶν μαζῶν ἴσων ὄγκων σώματος καὶ νεροῦ, εἶναι καθαρὸς ἀριθμὸς καὶ ἐκφράζει τὸ πόσες φορὲς ἡ μάζα ἑνὸς ὁρισμένου ὄγκου τοῦ σώματος εἶναι μεγαλύτερη ἢ μικρότερη ἀπὸ τὴν μάζα ἴσου ὄγκου νεροῦ.

9. Σχετικὴ πυκνότητα ἑνὸς ἀερίου ὀνομάζεται ὁ λόγος τῶν μαζῶν ἴσων ὄγκων τοῦ ἀερίου καὶ τοῦ ἀέρος, μὲ τὶς ἴδιες συνθῆκες θερμοκρασίας καὶ πιέσεως. Εἶναι καθαρὸς ἀριθμὸς καὶ ἐκφράζει τὸ πόσες φορὲς ἡ μάζα ἑνὸς ὁρισμένου ὄγκου τοῦ ἀερίου εἶναι μεγαλύτερη ἢ μικρότερη ἀπὸ τὴν μάζα ἴσου ὄγκου ἀέρος.

1. Ἕνα δοχεῖο εἶναι γεμᾶτο μὲ 4,58 kg λάδι εἰδικοῦ βάρους 0,92 p/cm³. Νὰ εὑρεθῆ ὁ ὄγκος τοῦ δοχείου. (Ἀπ. 4,98 l.)

2. Νὰ εὑρεθῆ ἡ μάζα 25 l γάλακτος. Ἡ πυκνότητα τοῦ γάλακτος εἶναι 1,03 gr/cm³. (Ἀπ. 25,75 kg.)

3. Ἕνα δοχεῖο εἶναι γεμᾶτο μὲ πετρέλαιο βάρους 2 kp. Ἐὰν τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ πετρελαίου εἶναι 0,8 p/cm³, νὰ εὑρεθῆ ὁ ὄγκος τοῦ δοχείου. (Ἀπ. 2,5 l.)

4. Νὰ εὑρεθῆ ὁ ὄγκος μιᾶς ἀποθήκης βενζίνης, ἡ ὁποία ὅταν εἶναι γεμάτη περιέχει 20 000 kg βενζίνης πυκνότητος 0,68 gr/cm³. (Ἀπ. 29 410 l, περίπου.)

5. Νὰ εὑρεθῆ ὁ ὄγκος τὸν ὁποῖο καταλαμβάνει στοὺς 0 °C ἕνα γραμμάριο ὑδραργύρου. Ἡ πυκνότητα τοῦ ὑδραργύρου στοὺς 0 °C εἶναι 13,6 gr/cm³. (Ἀπ. 0,073 cm³.)

6. Τὸ πρότυπο χιλιόγραμμο μάζας εἶναι κατασκευασμένο ἀπὸ ἰριδιοῦχο λευκόχρυσο καὶ εἶναι ἕνας κύλινδρος μὲ διάμετρο βάσεως 39 mm καὶ ὕψος 39 mm. Νὰ εὑρεθῆ ἡ πυκνότητα τοῦ ἰριδιούχου λευκοχρύσου. (Ἀπ. 21,5 gr/cm³.)

7. Ἕνα σιδερένιο δοκάρι ἔχει μῆκος 8,50 m, πλάτος 20 cm καὶ πάχος 10 cm. Νὰ εὑρεθῆ ἡ μάζα του ἐὰν γνωρίζωμε ὅτι ἡ πυκνότητα τοῦ σιδήρου εἶναι 7,8 gr/cm³. (Ἀπ. 1 326 kg.)

8. Πόση μάζα ἔχει ἕνα δρύινο δοκάρι διαστάσεων 2,70 m × 20 cm × 12,5 cm. (Σχετικὴ πυκνότητα τῆς δρυὸς ὡς πρὸς τὸ νερὸ 0,7). (Ἀπ. m = 47,25 kg.)

9. Ἕνα δοχεῖο ζυγίζεται ἄδειο καὶ ἡ μάζα του εὑρίσκεται 14,72 gr. Ἐὰν τὸ ζυγίσωμε γεμᾶτο μὲ νερὸ εὑρίσκουμε 39,74 gr καὶ ἐὰν τὸ γεμίσωμε μὲ μίαν διάλυση ἅλατος εὑρίσκουμε 44,85 gr. Νὰ ὑπολογισθῆ ἡ πυκνότητα τοῦ διαλύματος τοῦ ἅλατος. (Ἀπ. 1,20 gr/cm³.)

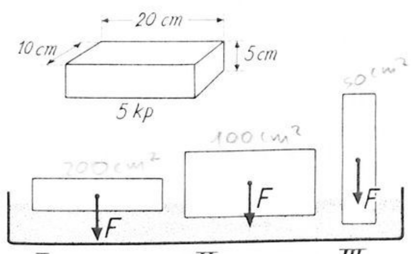
II. ΣΤΑΤΙΚΗ ΤΩΝ ΡΕΥΣΤΩΝ

ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΗ

ΚΑ΄ – ΠΙΕΣΗ

§ 135. **Ἔννοια καὶ ὁρισμὸς τῆς πιέσεως.** Ἕνα τοῦβλο ἔχει βάρος 2 kp καὶ σχῆμα ὀρθογωνίου παραλληλεπιπέδου μὲ διαστάσεις 5 cm, 10 cm καὶ 20 cm. Ἡ μεγαλύτερη ἕδρα του ἔχει συνεπῶς ἐμβαδὸν $S_1 = 20 \cdot 10\ cm^2 = 200\ cm^2$ οἱ δὲ ἄλλες δύο ἔχουν ἐμβαδὸν $S_2 = 20 \cdot 5\ cm^2 = 100\ cm^2$ καὶ $S_3 = 10 \cdot 5\ cm^2 = 50\ cm^2$. Τὸ τοῦβλο αὐτὸ μποροῦμε νὰ τὸ στηρίξωμε κατὰ τρεῖς διαφορετικοὺς τρόπους, χρησιμοποιώντας κάθε φορὰ ἕδρα διαφορετικοῦ ἐμβαδοῦ.

Πείραμα. Μέσα σ' ἕνα δοχεῖο τοποθετοῦμε ἕνα στρῶμα ψιλῆς καὶ ξερῆς ἄμμου καὶ παίρνοντας τρία τοῦβλα, ὅμοια μὲ τὸ προηγούμενο, τὰ στηρίζουμε ἐπάνω στὴν ἄμμο, χρησιμοποιώντας διαφορετικοῦ ἐμβαδοῦ ἕδρα γιὰ τὸ καθένα τους (σχ. 175). Ἀνεξάρτητα ἀπὸ τὴν ἕδρα στηρίξεως τὰ τοῦβλα ἀσκοῦν ἐπάνω στὴν ἄμμο μιὰ δύναμη ἴση πρὸς τὸ βάρος των. Λέμε τότε ὅτι τὰ τοῦβλα ἀσκοῦν μιὰ **πιέζουσα δύναμη.** Ὅπως δὲ παρατηροῦμε λόγω τῆς δράσεως τῆς δυνάμεως αὐτῆς τὰ τοῦβλα βυθίζονται μέσα στὴν ἄμμο καὶ τόσο περισσότερο ὅσο μικρότερη εἶναι ἡ βάση στηρίξεως.



Σχ. 175. Ὅσο μικρότερη εἶναι ἡ βάση στηρίξεως τόσο περισσότερο βυθίζεται τὸ τοῦβλο.

Ἐξήγηση τοῦ πειράματος. Τὰ τρία τοῦβλα ἔχουν τὸ ἴδιο βάρος τῶν 2 kp, τὸ ὁποῖο κατανέμεται ὁμοιόμορφα ἐπάνω στὴν ἐπιφάνεια στηρίξεως, ἡ ὁποία σὲ κάθε μία ἀπὸ τὶς τρεῖς περιπτώσεις διαφέρει.

Ἔτσι ὅταν ἐπιφάνεια στηρίξεως εἶναι ἡ $S_1 = 200\ cm^2$, τὸ βάρος τοῦ τούβλου, δηλαδὴ ἡ δύναμη $F = 2\ kp = 2\,000\ p$, κατανέμεται ὁμοιόμορφα σὲ ἐπιφάνεια 200 cm^2, ὁπότε κάθε τετραγωνικὸ ἑκατοστόμετρο τῆς ἐπιφανείας ὑποφέρει δύναμη $2\,000/200 = 10$ p.

Στὴν δεύτερη περίπτωση ὅταν ἡ ἐπιφάνεια στηρίξεως εἶναι 100 cm^2, ἕνα τετραγωνικὸ ἑκατοστόμετρο ὑποφέρει δύναμη $2\,000/100 = 20$ p καὶ στὴν τρίτη $2\,000/50 = 40$ p.

Τὰ παραπάνω παραδείγματα μᾶς ἀναγκάζουν νὰ ὁρίσωμε ἕνα καινούργιο φυσικὸ μέγεθος, τὸ ὁποῖον ὀνομάζεται **πίεση** (σύμβολον **p**).

Ἔτσι λέμε πὼς ἡ πίεση ποὺ ἀσκεῖται ἀπὸ τὸ τοῦβλο στὸ ὑπόβαθρό του εἶναι 10 πὸντ ἀνὰ τετραγωνικὸ ἑκατοστόμετρο, καὶ σημειώνουμε 10 p/cm², στὴν πρώτη περίπτωση καὶ 20 p/cm² ἢ 40 p/cm² στὶς ἄλλες δύο περιπτώσεις. Ὥστε:

Πίεση (p) ὀνομάζεται τὸ πηλίκο μιᾶς δυνάμεως F, πρὸς τὸ ἐμβαδὸ S τῆς ἐπιφανείας, ἐπάνω στὴν ὁποία κατανέμεται ὁμοιόμορφα ἡ δύναμη καὶ ἐνεργεῖ καθέτως.

$$\textbf{Πίεση} = \frac{\textbf{δύναμη}}{\textbf{ἐπιφάνεια κατανομῆς}} \qquad p = \frac{F}{S}$$

Διερεύνηση τοῦ τύπου p = F/S. Ἀπὸ τὸν τύπο τῆς πιέσεως συμπεραίνουμε ὅτι ὅταν ἡ ἐπιφάνεια S εἶναι σταθερή, ἡ πίεση p εἶναι ἀνάλογη πρὸς τὴν δύναμη. Ἂν δηλ. διπλασιασθῆ, τριπλασιασθῆ κλπ. ἡ δύναμη, διπλασιάζεται, τριπλασιάζεται κλπ. ἀντιστοίχως καὶ ἡ πίεση. Ἂν ὅμως εἶναι σταθερὴ ἡ δύναμη, ἡ πίεση εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογη πρὸς τὴν ἐπιφάνεια. Ἂν δηλαδὴ διπλασιασθῆ, τριπλασιασθῆ κλπ. ἡ ἐπιφάνεια, ὑποδιπλασιάζεται, ὑποτριπλασιάζεται κλπ. ἡ πίεση.

Ἂν λύσωμε τὸν τύπο τῆς πιέσεως ὡς πρὸς F ἔχουμε ὅτι:

$$F = p \cdot S$$

Ἡ σχέση αὐτὴ ἐκφράζει ὅτι:

Ἡ ὁλικὴ δύναμη ποὺ ἀσκεῖται καθέτως λόγῳ πιέσεως σὲ μιὰν ἐπιφάνεια, ἰσοῦται μὲ τὸ γινόμενο τῆς πιέσεως ἐπὶ τὸ ἐμβαδὸ τῆς ἐπιφανείας.

Μονάδες πιέσεως. Ἀπὸ τὸν ὁρισμὸ τῆς πιέσεως συμπεραίνουμε ὅτι πρόκειται γιὰ παράγωγο μέγεθος. Γιὰ τὸν λόγο αὐτὸν οἱ μονάδες πιέσεως ἐξαρτῶνται ἀπὸ τὶς μονάδες τῶν φυσικῶν μεγεθῶν, μὲ τὴν βοήθεια τῶν ὁποίων ὁρίσθηκε ἡ πίεση, ἀπὸ τὶς μονάδες δηλαδὴ δυνάμεως καὶ ἐπιφανείας.

Σύστημα M.K.S. Στὸ σύστημα αὐτό, στὸ ὁποῖο μονάδα δυνάμεως εἶναι ἡ 1 Νιοῦτον (1 N) καὶ ἐπιφανείας τὸ 1 τετραγωνικὸ μέτρο, μονάδα πιέσεως ὁρίζεται ἡ:

1 Νιοῦτον ἀνὰ τετραγωνικὸ μέτρο
(1 N/m²)

ἡ ὁποία ὀνομάζεται συνήθως:

1 Πασκὰλ (1 P)

Ἡ Πασκὰλ (1 P) εἶναι ἡ μονάδα πιέσεως στὸ Σύστημα M.K.S. καὶ ἰσοῦται μὲ τὴν πίεση ποὺ ἀσκεῖται ἀπὸ δύναμη μέτρου 1 Νιοῦτον, ὁμοιόμορφα κατανεμημένης σὲ ἐπιφάνεια 1 τετραγωνικοῦ μέτρου. Ὥστε εἶναι:

$$1\ P = 1\ N/m^2$$

Σύστημα C.G.S. Στὸ σύστημα αὐτὸ μονάδα πιέσεως εἶναι ἡ:

1 δύνη ἀνὰ τετραγωνικὸ ἑκατοστόμετρο
(1 dyn/cm²)

Τεχνικὸ Σύστημα. Μονάδα πιέσεως στὸ σύστημα αὐτὸ εἶναι τό:

1 κιλοπὸντ ἀνὰ τετραγωνικὸ μέτρο
(1 kp/m²)

πολλαπλάσιο τοῦ ὁποίου εἶναι τό:

1 κιλοπὸντ ἀνὰ τετραγωνικὸ ἑκατοστόμετρο
(1 kp/cm²)

Εἶναι δέ:

$$1\ kp/cm^2 = 100\ kp/m^2$$

Ἡ μονάδα 1 kp/cm² εἶναι γνωστὴ μὲ τὴν ὀνομασία:

1 τεχνικὴ ἀτμόσφαιρα (1 at)

Ὥστε:

$$1\ at = 1\ kp/cm^2$$

Πολλὲς φορὲς χρησιμοποιεῖται ἐπίσης καὶ ἡ μονάδα:

1 πόντ ἀνὰ τετραγωνικὸ ἑκατοστόμετρο
(1 p/cm²)

1P = 1 mbar = 1p/cm²
1 bar 1kp

Παρατήρηση. Ὅπως γνωρίζουμε εἶναι 1 kp = 9,81 N. Ἑπομένως:

$$1\ \text{kp/cm}^2 = 9{,}81\ \text{N/cm}^2 = 98\,100\ \text{N/m}^2.$$

Δηλαδή: $1\ \text{kp/cm}^2 = 98\,100\ \text{P}.$

Ἀπὸ τὴν παραπάνω σχέση συμπεραίνουμε ὅτι ἡ μονάδα Πασκὰλ εἶναι πολὺ μικρὴ μονάδα πιέσεως. Γι᾿ αὐτὸν τὸν λόγο χρησιμοποιοῦμε καὶ τὸ πολλαπλάσιό της **1 μπὰρ (1 bar).** Εἶναι δέ:

$$1\ \text{bar} = 100\,000\ \text{P}$$

Ὅπως παρατηροῦμε ἡ μονάδα bar εἶναι περίπου ἴση μὲ μιὰ τεχνικὴ ἀτμόσφαιρα.

Στὴν Μετεωρολογία χρησιμοποιεῖται συνήθως γιὰ τὴν μέτρηση τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως ἡ μονάδα **1 μιλιμπὰρ (1 mbar).** Εἶναι δέ:

$$1\ \text{bar} = 1000\ \text{mbar}$$

Τὸ μιλιμπὰρ εἶναι περίπου ἴσο μὲ 1 p/cm².

Ἀριθμητικὴ ἐφαρμογή. Νὰ ὑπολογίσετε σὲ Πασκὰλ (P) καὶ κατόπι σὲ μπὰρ (bar) τὴν πίεση ποὺ ἀσκεῖται, ὅταν δύναμη 0,5 kp κατανέμεται ὁμοιόμορφα σὲ ἐπιφάνεια 1 τετραγωνικῆς παλάμης (1 dm²).

Λύση. Γνωρίζουμε ὅτι 1 dm² = 100 cm². Ἄρα ἡ πίεση p θὰ εἶναι:

$$p = \frac{0{,}5}{100}\ \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2} = 0{,}005\ \text{kp/cm}^2$$

Ἡ πίεση αὐτὴ σὲ Πασκὰλ θὰ εἶναι:

$$\mathbf{p} = 0{,}005 \cdot 98\,100\ \text{P} = \mathbf{490{,}5\ P}$$

ἤ $\mathbf{p} = \dfrac{490{,}5}{100\,000}\ \text{bar} = \mathbf{0{,}004\,9\ bar}$ περίπου.

§ 136. Μεταφορὰ τῶν πιεζουσῶν δυνάμεων καὶ τῶν πιέσεων μέσα ἀπὸ τὰ στερεά. Τοποθετοῦμε βάρος 2 kp ἐπάνω στὴν μικρότερη βάση, ἴση μὲ 100 cm², ἑνὸς ξύλινου κολούρου κώνου, τοῦ ὁποίου ἡ μεγαλύτερη βάση εἶναι 400 cm² (σχ. 176). Ἡ πιέζουσα δύναμη, τὴν ὁποία ἀσκεῖ ὁ ξύλινος κῶνος στὴν ἐπιφάνεια στηρίξεώς του αὐξάνεται τώρα κατὰ 2 kp ἀκριβῶς. Μὲ ἄλλα λόγια, τὸ στερὸ σῶμα μεταβιβάζει ὁλοκληρωτικὰ τὴν πιέζουσα δύναμη ποὺ τοῦ ἐφάρμοσαν.

Ἡ πίεση p_1 ποὺ ἀσκεῖται ἐπάνω στὴν ἐπιφάνεια τῆς μικρότερης βάσεως ἀπὸ τὸ βάρος τῶν 2 kp θὰ εἶναι:

$$p_1 = 2\,000/100\ \frac{\text{p}}{\text{cm}^2} = 20\ \text{p/cm}^2,$$

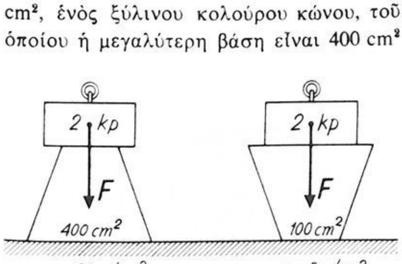
ἐνῶ ἡ πίεση p_2, ποὺ μεταβιβάζεται στὸ ὑποστήριγμα τοῦ κώνου ἀπὸ τὴν μεγαλύτερη βάση, ἀνέρχεται μόνον σέ:

$$p_2 = 2\,000/400\ \frac{\text{p}}{\text{cm}^2} = 5\ \text{p/cm}^2.$$ Ὥστε:

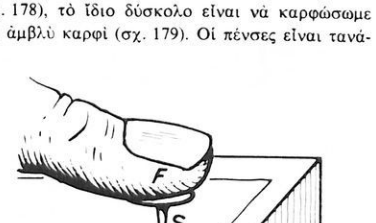
Τὰ στερεὰ μεταβιβάζουν τὶς πιέζουσες δυνάμεις χωρὶς νὰ μποροῦν νὰ τὶς μεταβάλλουν, μποροῦν ὅμως νὰ μεταβάλλουν τὶς πιέσεις.

§ 137. Ἐφαρμογὲς τῆς πιέσεως. Σ᾿ αὐτές, ἀνάλογα μὲ τὶς περιπτώσεις, ἐπιδιώκουμε νὰ αὐξήσωμε ἢ νὰ ἐλαττώσωμε τὴν πίεση.

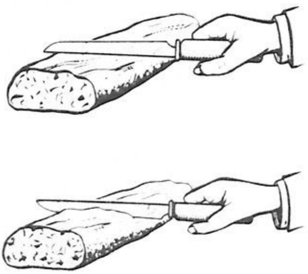
α) Πραγματοποίηση καὶ χρήση ἰσχυρῶν πιέσεων. Γιὰ νὰ ἐπιτύχωμε μιὰ σημαντικὴ παραμόρφωση χωρὶς τὴν χρησιμοποίηση μιᾶς πολὺ μεγάλης δυνάμεως, ἐλαττώνουμε τὴν πιεζομένη ἐπιφάνεια. Στὴν ἀρχὴ αὐτὴ στηρίζεται ἡ κατασκευὴ κοπτερῶν καὶ αἰχμηρῶν ἐργαλείων, ὅπως εἶναι τὰ ξυράφια, τὰ μαχαίρια, οἱ πινέζες (σχ. 177), τὰ καρφιά, οἱ βελόνες κλπ. Εἶναι πολὺ δύσκολο νὰ κόψωμε ψωμὶ μὲ τὴν ράχη τοῦ μαχαιριοῦ (σχ. 178), τὸ ἴδιο δύσκολο εἶναι νὰ καρφώσωμε ἕνα ἀμβλὺ καρφὶ (σχ. 179). Οἱ πένσες εἶναι τανά-



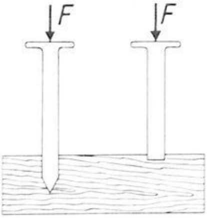
Σχ. 176. Τὰ στερεὰ μεταβιβάζουν τὶς πιέζουσες δυνάμεις χωρὶς νὰ τὶς μεταβάλλουν.



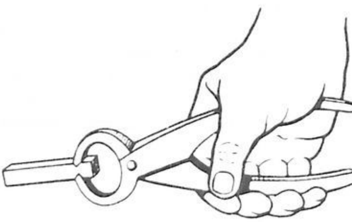
Σχ. 177. Τὸ δάκτυλο ἀσκεῖ στὴν κεφαλὴ τῆς πινέζας δύναμη 1 kp, ἡ πίεση ὅμως ποὺ μεταβιβάζεται στὴν αἰχμὴ τοῦ στελέχους εἶναι 1 000 kp/cm².



Σχ. 178. Τὸ μαχαίρι εἰσχωρεῖ μὲ εὐκολία στὸ ψωμὶ καὶ τὸ κόβει, ὅταν χρησιμοποιοῦμε γιὰ τὸν σκοπὸ αὐτὸ τὸ κοφτερὸ τμῆμα τῆς λάμας του.



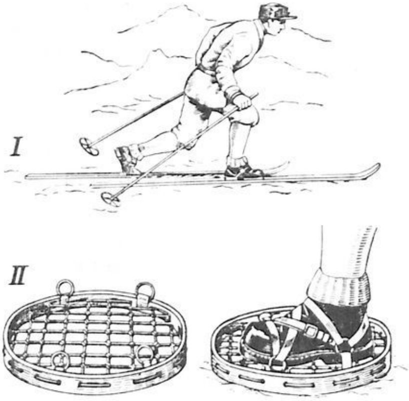
Σχ. 179. Ὅταν ἡ ἐπιφάνεια ἐπαφῆς εἶναι μικρότερη ἡ πίεση εἶναι μεγαλύτερη.



Σχ. 180. Οἱ λαβίδες τῆς τανάλιας εἶναι κοφτερὲς καὶ παρουσιάζουν μικρὴ ἐπιφάνεια, ὥστε νὰ ἀναπτύσσεται σ' αὐτὲς μεγάλη πίεση.

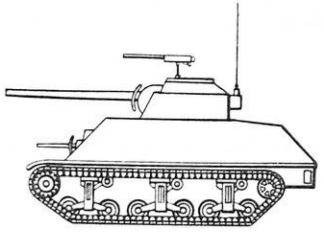
λιες μὲ πολὺ κοπτερὲς λαβίδες, λαβίδες δηλαδὴ ποὺ παρουσιάζουν στὰ σημεῖα ἐπαφῆς πολὺ μικρὴ ἐπιφάνεια, ἐπιτρέποντας μ' αὐτὸν τὸν τρόπο τὴν πραγματοποίηση ἰσχυροτάτων πιέσεων, σὲ συνδυασμὸ βεβαίως μὲ πολλαπλασιασμὸ τῆς δυνάμεως, ὁ ὁποῖος ἐπιτυγχάνεται μὲ τὴν χρησιμοποίηση ἑνὸς διπλοῦ μοχλοῦ (σχ. 180). Ἔτσι εἶναι δυνατὴ ἡ κοπὴ σιδηρῶν ἀντικειμένων μὲ καταβολὴ μικρῆς σχετικὰ δυνάμεως.

β) Πραγματοποίηση ἐλαφρῶν πιέσεων. Ὅταν ἐπιζητοῦμε τὴν ἐλάττωση τῆς πιέσεως αὐξάνουμε τὴν πιεζομένη ἐπιφάνεια. Ἔτσι οἱ χιονοδρόμοι χρησιμοποιοῦν χιονοπέδιλα μὲ μεγάλα πέλματα, ὁπότε ἐλαττώνουν τὴν πίεση, μὲ ἀποτέλεσμα νὰ μὴ βυθίζωνται τὰ πόδια μέσα στὸ χιόνι (σχ. 181). Τὰ βαριὰ φορτηγὰ αὐτοκίνητα ἔχουν περισσότερους ἀπὸ τέσσερις τροχοὺς καὶ τὰ ἐλαστικά τους ἐπίσωτρα παρουσιάζουν μεγάλη ἐπιφάνεια ἐπαφῆς μὲ τὸ κατάστρωμα

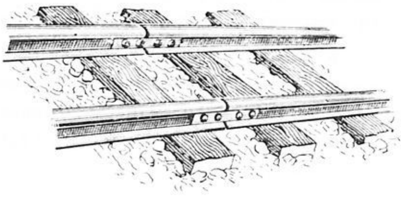


Σχ. 181. Οἱ χιονοδρόμοι φοροῦν εἰδικὰ παγοπέδιλα μὲ μεγάλη ἐπιφάνεια ἐπαφῆς (I). Γιὰ νὰ γίνεται ἀνετώτερο τὸ βάδισμα στὸ χιόνι (II).

Σχ. 182. Γιὰ νὰ ἐλαττώνεται ἡ πίεση, τὰ βαριὰ ὀχήματα ἔχουν περισσότερους ἀπὸ τέσσερις τροχούς.



Σχ. 183. Ἡ μεγάλη ἐπιφάνεια τῶν ἑρπυστριῶν τοῦ ἅρματος μάχης ἐλαττώνει τὴν πίεση καὶ ἔτσι δὲν βυθίζεται τὸ ὄχημα στὸ μαλακὸ ἔδαφος.



Σχ. 184. Γιὰ τὴν ἐλάττωση τῆς πιέσεως στὶς σιδηροδρομικὲς γραμμές, στηρίζουν τὶς σιδηροτροχιὲς σὲ ἀνθεκτικὲς σανίδες μὲ μεγάλη ἐπιφάνεια.

τοῦ δρόμου (σχ. 182). Τὰ ἅρματα μάχης κινοῦνται πάνω στὶς ἑρπύστριες, ποὺ εἶναι πλατειὲς μεταλλικὲς ἁλυσιδωτὲς ταινίες (σχ. 183). Γιὰ τὸν ἴδιο λόγο οἱ σιδηροδρομικὲς γραμμὲς στηρίζονται σὲ χονδρὲς ἀνθεκτικὲς σανίδες, οἱ ὁποῖες μὲ τὴν ἐπιφάνειά τους ἐλαττώνουν τὴν πίεση ποὺ ἀσκεῖται στὸ ἔδαφος, καὶ ἔτσι οἱ σιδηροτροχιὲς δὲν εἰσχωροῦν στὸ χῶμα (σχ. 184). Στὰ μεγάλα καὶ πολυώροφα οἰκοδομήματα, οἱ κολόνες τῶν θεμελίων κατασκευάζονται μὲ βάση κολούρου πυραμίδος, ἡ ὁποία παρουσιάζει μεγάλη ἐπιφάνεια στηρίξεως στὸ ἔδαφος.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Ἡ πεῖρα μᾶς διδάσκει ὅτι ὅταν ἕνα στερεὸ σῶμα ἀσκῆ μιὰ πιέζουσα δύναμη ἐπάνω σ' ἕνα πλαστικὸ ὑπόβαθρο, αὐτὸ παραμορφώνεται. Ἡ παραμόρφωση εἶναι τόσο μεγαλύτερη ὅσο ἡ πιέζουσα δύναμη ἔχει μεγαλύτερο μέτρο καὶ ἡ πιεζομένη ἐπιφάνεια εἶναι μικρότερη.

2. Ἡ πίεση p ποὺ ἕνα στερεὸ σῶμα ἀσκεῖ ἐπάνω σὲ μίαν ἐπιφάνεια S, ἐκφράζεται ἀπὸ τὸ πηλίκο τῆς πιέζουσας δυνάμεως F πρὸς τὴν πιεζόμενη ἐπιφάνεια· Δηλαδὴ εἶναι:

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

3. Μονάδα πιέσεως στὸ Σύστημα M.K.S. εἶναι ἡ 1 Πασκὰλ (1 P), ἴση μὲ 1 N/m^2. Στὸ Σύστημα C.G.S. εἶναι ἡ δύνη ἀνὰ τετραγωνικὸ ἑκατοστόμετρο (1 dyn/cm^2) καὶ στὸ Τεχνικὸ Σύστημα τὸ κιλοπὸντ ἀνὰ τετραγωνικὸ μέτρο (1 kp/m^2). Χρησιμοποιεῖται ἀκόμη ἡ μονάδα 1 kp/cm^2, ἡ ὁποία ὀνομάζεται καὶ τεχνικὴ ἀτμόσφαιρα (1 at) καὶ ἡ μονάδα 1 μπὰρ (1 bar) ἴση μὲ 100 000 P. Στὴν Μετεωρολογία χρησιμοποιοῦμε καὶ τὴν μονάδα 1 μιλιμπὰρ (1 mbar), ὑποπολλαπλάσιο τῆς μονάδος bar, εἶναι δὲ 1 bar = 1000 mbar.

4. Τὰ στερεὰ μεταβιβάζουν, μέσα ἀπὸ τὴν μάζα τους, τὶς πιέζουσες δυνάμεις σὲ ἄλλα σώματα, ποὺ εὑρίσκονται σὲ ἐπαφὴ μὲ αὐτά, χωρὶς νὰ τὶς μεταβάλλουν, μποροῦν ὅμως νὰ μεταβάλλουν τὶς πιέσεις. Τὸ γεγονὸς αὐτὸ ἐκμεταλλευόμαστε ἀνάλογα μὲ τὶς περιστάσεις γιὰ νὰ ἐπιτυγχάνωμε μεγάλες ἢ μικρὲς πιέσεις.

5. Γιὰ νὰ πραγματοποιήσωμε μεγάλες πιέσεις ἐλαττώνουμε ὅσο μᾶς εἶναι δυνατὸν τὴν πιεζομένη ἐπιφάνεια (κοπτερὰ καὶ αἰχμηρὰ ἐργαλεῖα) ἢ αὐξάνουμε τὴν πιέζουσα δύναμη (μηχανικὲς πρέσσες).

6. Γιὰ νὰ ἐπιτύχωμε μικρὲς πιέσεις καὶ νὰ ἀποφύγωμε τὴν διείσδυση ἑνὸς στερεοῦ μέσα στὸ πλαστικό του ὑπόβαθρο, αὐξάνουμε τὴν ἐπιφάνεια στηρίξεως. Ἔτσι μὲ κατάλληλα παγοπέδιλα μποροῦμε νὰ βαδίσωμε μὲ εὐχέρεια στὸ χιόνι. Τὰ βαριὰ ὀχήματα γιὰ τὸν ἴδιο λόγο ἔχουν περισσότερους ἀπὸ τέσσερις τροχούς.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Νὰ εὑρεθῇ ἡ πίεση ποὺ ἀσκεῖται στὸ ἔδαφος ἀπὸ ἕναν ὄρθιον ἄνθρωπο βάρους 60 kp, ἐὰν ἡ ἐπιφάνεια τοῦ κάθε πέλματός του εἶναι 150 cm^2.
('Απ. 0,2 at.)

2. Ἕνας χιονοδρόμος βάρους 70 kp εἶναι ἐφοδιασμένος μὲ χιονοπέδιλα, τὸ κάθε ἕνα ἀπὸ τὰ ὁποῖα ἔχει μῆκος 2 m καὶ μέσον πλάτος 10 cm. Νὰ εὑρεθῇ ἡ πίεση ποὺ ἀσκεῖ ἐπάνω στὸ χιόνι ὁ χιονοδρόμος. *('Απ. 0,017 5 kp/cm^2.)*

3. Μιὰ μαρμάρινη στήλη ἔχει βάρος 2,5 Mp. Ἡ πίεση ποὺ ἀσκεῖται στὸ ἔδαφος δὲν πρέπει νὰ ὑπερβαίνῃ τὰ 0,4 kp/cm^2. Πόση πρέπει νὰ εἶναι ἡ ἐπιφάνεια τῆς βάσεως τῆς στήλης.('Απ. 6 250 cm^2.)

4. Ἕνα τοῦβλο μὲ διαστάσεις: 22 cm × 11 cm × 5,5 cm ἠρεμεῖ ἐπάνω στὸ ἔδαφος. Τὸ ὑλικὸ ἀπὸ τὸ ὁποῖο εἶναι κατασκευασμένο τὸ τοῦβλο ἔχει εἰδικὸ βάρος 2 p/cm^3. α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ δύναμη ποὺ ἀσκεῖ τὸ τοῦβλο στὸ ἔδαφος. β) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ πίεση σὲ p/cm^2, στὴν ὁποίαν ὑπόκειται τὸ ἔδαφος, ὅταν τὸ τοῦβλο στηρίζεται διαδοχικὰ σὲ κάθε μία ἀπὸ τὶς ἕδρες του.
('Απ. α' 2 662 p. β' 11 p/cm^2, 22 p/cm^2, 44 p/cm^2.)

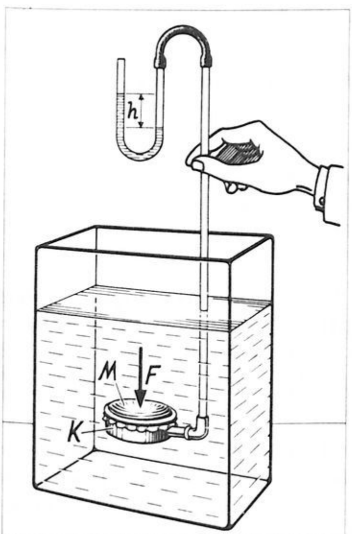
5. Σὲ ἕνα καρφί, ἡ αἰχμὴ τοῦ ὁποίου ἔχει ἐμβαδὸν 0,5 mm^2, ἀσκοῦμε κατακόρυφη δύναμη 10 kp, γιὰ νὰ τὸ ἐμπήξωμε σὲ μιὰ σανίδα. Νὰ ὑπολογίσετε: α) Τὴν πίεση ποὺ ὑφίσταται ἡ σανίδα. β) Τὴν δύναμη ποὺ πρέπει νὰ ἀσκηθῇ, ἂν θέλωμε νὰ ὑφίσταται τὴν ἴδια πίεση ἡ σανίδα, ὅταν ἡ αἰχμὴ τοῦ καρφιοῦ γίνῃ 1 mm^2.
('Απ. α' 2 000 kp/cm^2. β' 20 kp.)

ΚΒ' – ΠΙΕΣΕΙΣ ΠΡΟΕΡΧΟΜΕΝΕΣ ΑΠΟ ΤΑ ΥΓΡΑ

§ 138. Ὕπαρξη πιέσεως μέσα σὲ ὑγρὸ ποὺ ἰσορροπεῖ. α) Περιγραφὴ καὶ χρήση τῆς μανομετρικῆς κάψας. Ἡ μανομετρικὴ κάψα εἶναι ἕνα ἁπλὸ ὄργανο, μὲ τὴν βοήθεια τοῦ ὁποίου μποροῦμε νὰ συγκρίνωμε πιέσεις. Ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕνα μικρό, μεταλλικὸ κυλινδρικὸ κιβώτιο Κ, ἡ ἄνω βάση τοῦ ὁποίου καλύπτεται ἀπὸ μία τεντωμένη ἐλαστικὴ μεμβράνη Μ. Στὸ τοίχωμα τοῦ δοχείου στερεώνεται ἕνας σωλήνας, ὁ ὁποῖος, συγκοινωνεῖ μὲ ἕναν γυάλινο ὑοειδῆ σωλήνα, σωλήνα δηλαδὴ σὲ σχῆμα U, ὁ ὁποῖος περιέχει χρωματιστὸ νερὸ (σχ. 185).

Ἡ κάψα μπορεῖ νὰ περιστραφῆ γύρω ἀπὸ τὸ κέντρο της, νὰ μετακινηθῆ ὁριζοντίως καὶ νὰ βυθισθῆ, λιγότερο ἢ περισσότερο μέσα σ' ἕνα ὑγρό.

Ὅταν ἡ μανομετρικὴ κάψα δὲν εἶναι τοποθετημένη μέσα στὸ ὑγρό, ἡ μεμβράνη εἶναι ἐπίπεδη καὶ οἱ ἐλεύθερες ἐπιφάνειες τοῦ ὑγροῦ, στὰ δύο σκέλη τοῦ ὑοειδοῦς σωλῆνος, εὑρίσκονται στὸ ἴδιο ὁριζόντιο ἐπίπεδο.



Σχ. 185. Μανομετρικὴ κάψα γιὰ τὴν κατάδειξη καὶ μέτρηση τῆς ὑδροστατικῆς πιέσεως.

Πείραμα 1. Τοποθετοῦμε στὴν μεμβράνη μιὰ λεπτὴ πλάκα ἀπὸ ἀλουμίνιο καὶ ἐπάνω στὴν πλάκα βάρη. Παρατηροῦμε τότε πὼς ἡ μεμβράνη κυρτώνεται ὅλο καὶ περισσότερο, ὅσο αὐξάνουμε τὰ βάρη, ἐνῶ παράλληλα ἡ ὑψομετρικὴ διαφορὰ τῶν σταθμῶν τοῦ χρωματιστοῦ ὑγροῦ, στὰ δύο σκέλη τοῦ ὑοειδοῦς σωλῆνος ὅλο καὶ μεγαλώνει.

Ἀφαιροῦμε ἕνα-ἕνα τὰ βάρη. Ἡ κύρτωση τῆς μεμβράνης ἐλαττώνεται καὶ ἡ ὑψομετρικὴ διαφορὰ τῶν σταθμῶν τοῦ χρωματιστοῦ ὑγροῦ μειώνεται, γιὰ νὰ μηδενισθῆ ὅταν ἀφαιρεθοῦν ὅλα τὰ βάρη ἀπὸ τὴν ἐλαστικὴ μεμβράνη, ὁπότε αὐτὴ ἀποκτᾶ τὸ ἀρχικὸ ἐπίπεδο σχῆμα της.

Ἡ ὅλη διάταξη μπορεῖ ἑπομένως νὰ φανερώση τὴν παρουσία πιεζουσῶν δυνάμεων, ποὺ ἐνεργοῦν ἐπάνω στὴ μεμβράνη, συνεπῶς καὶ τὴν πίεση ἡ ὁποία ἀσκεῖται στὴν μεμβράνη.

Πείραμα 2. Βυθίζουμε τὴν κάψα μέσα σὲ νερό, ὁπότε ἡ μεμβράνη κυρτώνεται καὶ μιὰ διαφορὰ στάθμης h παρατηρεῖται στὰ δύο σκέλη τοῦ ὑοειδοῦς σωλῆνος.

Στρέφουμε τὴν κάψα, γύρω ἀπὸ τὸ κέντρο της, τὸ ὁποῖο διατηροῦμε σὲ σταθερὸ βάθος. Κατόπι μετατοπίζουμε τὴν κάψα ὁριζοντίως, μετακινώντας την μέσα στὸ ὑγρό.

Τέλος τὴν βυθίζουμε λιγώτερο ἢ περισσότερο μέσα στὸ νερό.

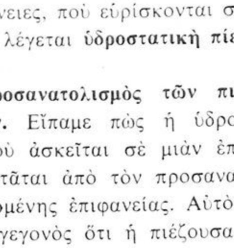
Ὅπως παρατηροῦμε ἡ διαφορὰ στάθμης, στὰ δύο σκέλη τοῦ ὑοειδοῦς σωλῆνος, ἐνῶ παράμεινε ἀμετάβλητη, ὅταν περιστρέψαμε τὴν κάψα, γύρω ἀπὸ τὸ ἀκίνητο κέντρο της, ἢ τὴν μετατοπίζαμε ὁριζοντίως, μεταβάλλεται ὅταν τὴν βυθίζωμε λιγώτερο ἢ περισσότερο μέσα στὸ νερό. Μάλιστα μεγαλώνει ὅταν ἡ κάψα βυθίζεται περισσότερο καὶ μειώνεται ὅταν ἡ κάψα ἀνασύρεται. Ὥστε:

Τὰ ὑγρὰ ἀσκοῦν πιέσεις μέσα στὴν μάζα τους. Ἡ πίεση ποὺ ἕνα ὑγρὸ ἀσκεῖ σὲ μίαν ἐπιφάνεια, ἡ ὁποία εὑρίσκεται μέσα στὴν μάζα τοῦ ὑγροῦ: α) δὲν ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸν προσανατολισμὸ (δηλαδὴ τὴν τοποθέτηση) τῆς πιεζομένης ἐπιφανείας, β) εἶναι ἡ ἴδια σ' ὅλα τὰ σημεῖα ἑνὸς ὁριζοντίου ἐπιπέδου, γ) αὐξάνεται μὲ τὸ βάθος.

Ἡ πίεση τὴν ὁποία ἀσκοῦν τὰ ὑγρὰ σὲ ἐπιφάνειες, ποὺ εὑρίσκονται σὲ ἐπαφὴ μὲ αὐτά, λέγεται **ὑδροστατικὴ πίεση.**

β) Προσανατολισμὸς τῶν πιεζουσῶν δυνάμεων. Εἴπαμε πὼς ἡ ὑδροστατικὴ πίεση ποὺ ἀσκεῖται σὲ μιὰν ἐπιφάνεια, δὲν ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸν προσανατολισμὸ τῆς πιεζομένης ἐπιφανείας. Αὐτὸ ὀφείλεται στὸ γεγονὸς ὅτι ἡ πιέζουσα δύναμη ἐνεργεῖ πάντοτε κατὰ τὸν ἴδιο τρόπο ἐπάνω στὴν πιεζομένη ἐπιφάνεια.

Πείραμα. Παίρνουμε μιὰ γυάλινη σφαίρα, ἡ ὁποία ἔχει ὀπὲς σὲ διάφορα σημεῖα της καὶ μὲ τὴν βοήθεια μιᾶς λαβίδος τὴν βυθίζουμε μέσα σὲ νερό, ἀφοῦ προηγουμένως τὴν πωματίσωμε καλὰ (σχ. 186). Ὅπως τότε παρατηροῦμε, κάτω ἀπὸ τὴν δράση τῶν πιεζουσῶν δυνάμεων ἐπάνω στὴν ἐπιφάνεια τῆς σφαίρας, τὸ νερὸ εἰσχωρεῖ στὸ ἐσωτερικό, σχηματίζοντας μικροὺς πίδακες, ποὺ εἶναι κάθετοι στὴν ἐπιφάνεια τοῦ σφαιρικοῦ δοχείου. Ὥστε:



Σχ. 186. Τὸ νερὸ ἀσκεῖ κάθετες πιέζουσες δυνάμεις στὶς ἐπιφάνειες ποὺ εὑρίσκονται σὲ ἐπαφὴ μὲ αὐτό.

Ἡ πιέζουσα δύναμη, τὴν ὁποίαν ἀσκεῖ ἕνα ὑγρό, εἶναι κάθετη πρὸς τὴν πιεζομένη ἐπιφάνεια.

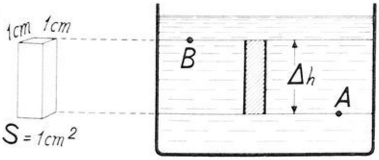
γ) Ἐπίδραση τοῦ εἰδικοῦ βάρους. Ἡ ὑδροστατικὴ πίεση δὲν ἐξαρτᾶται μόνο ἀπὸ τὸ βάθος τοῦ ὑγροῦ, στὸ ὁποῖο εὑρίσκεται ἡ πιεζομένη ἐπιφάνεια, ἀλλὰ καὶ ἀπὸ τὴν πυκνότητα τοῦ ὑγροῦ.

Πραγματικὰ ἂν πειραματισθοῦμε μὲ τὴν μανομετρικὴ κάψα, τοποθετώντας την στὸ ἴδιο βάθος σὲ δυὸ ὑγρὰ διαφορετικῆς πυκνότητος, π.χ. σὲ οἰνόπνευμα καὶ νερό, θὰ παρατηρήσωμε διαφορετικὴν ὑψομετρικὴ διαφορὰ στὶς στάθμες τῶν σκελῶν τοῦ ὑοειδοῦς σωλῆνος. Ἡ ὑψομετρικὴ αὐτὴ διαφορὰ θὰ εἶναι μεγαλύτερη ὅταν χρησιμοποιοῦμε νερό, ποὺ τὸ εἰδικό του βάρος εἶναι μεγαλύτερο ἀπὸ τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ οἰνοπνεύματος. Ὥστε:

Ἡ πιέζουσα δύναμη, συνεπῶς καὶ ἡ ὑδροστατικὴ πίεση, ἐξαρτῶνται ἀπὸ τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ καὶ εἶναι ἀνάλογες πρὸς αὐτό.

§ 139. Θεμελιώδης ἀρχὴ τῆς ὑδροστατικῆς. Ὅλα τὰ παραπάνω πειραματικὰ ἀποτελέσματα συνθέτουν τὴν **θεμελιώδη ἀρχὴ τῆς ὑδροστατικῆς.** Σύμφωνα μὲ τὴν ἀρχὴ αὐτή:

Ἡ διαφορὰ πιέσεων $p_A - p_B$, ἀνάμεσα σὲ δύο σημεῖα A καὶ B ἑνὸς ὑγροῦ σὲ ἰσορροπία, εἶναι ἀριθμητικῶς ἴση μὲ τὸ βάρος μιᾶς στήλης ὑγροῦ, ἡ ὁποία ἔχει βάση τὴν μονάδα ἐπιφανείας καὶ ὕψος τὴν κατακόρυφη διαφορὰ στάθμης τῶν δύο σημείων.



Σχ. 187. Ἀνάμεσα στὰ σημεῖα Α καὶ Β ὑφίσταται μιὰ διαφορὰ πιέσεων, ἴση ἀριθμητικῶς μὲ τὸ βάρος μιᾶς στήλης ὑγροῦ, ὕψους Δh καὶ τομῆς 1 cm^2.

Ἐὰν μὲ Δh παραστήσωμε τὴν ὑψομετρικὴ διαφορὰ τῶν σημείων Α καὶ Β, τὰ ὁποῖα εὑρίσκονται μέσα σὲ ὑγρὸ εἰδικοῦ βάρους ε (σχ. 187), τότε ἡ διαφορὰ τῶν πιέσεων $\Delta p = p_A - p_B$, ἀνάμεσα στὰ δύο αὐτὰ σημεῖα θὰ δίνεται ἀπὸ τὸν τύπο:

$$\Delta p = p_A - p_B = \varepsilon \cdot \Delta h$$

Ἂν τὸ σημεῖο Β εὑρίσκεται στὴν ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ, τότε δὲν θὰ ἀσκεῖται ἐπάνω σ' αὐτὸ ὑδροστατικὴ πίεση. Ἑπομένως θὰ εἶναι $p_B = 0$ καὶ συνεπῶς θὰ ἔχωμε:

$$p_A = \varepsilon \cdot h$$

Ὥστε:

Ἡ ὑδροστατικὴ πίεση ποὺ ἀσκεῖται σ' ἕνα σημεῖο τῆς μάζας τοῦ ὑγροῦ εἶναι ἀνάλογη πρὸς τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ καὶ τὴν ἀπόσταση τοῦ σημείου αὐτοῦ ἀπὸ τὴν ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ.

§ 140. Συνέπειες καὶ ἐφαρμογὲς τῆς θεμελιώδους ἀρχῆς τῆς Ὑδροστατικῆς.

α) Ἂν δύο σημεῖα Α καὶ Β εὑρίσκωνται ἐπάνω στὸ ἴδιο ὁριζόντιο ἐπίπεδο μέσα στὴν μάζα τοῦ ὑγροῦ, ὁπότε $\Delta h = 0$, καὶ ἡ διαφορὰ τῶν πιέσεών τους θὰ εἶναι ἐπίσης μηδέν. Δηλαδὴ $p_A - p_B = 0$, ἢ $p_A = p_B$. Ὥστε:

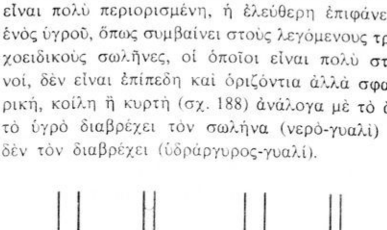
Μέσα στὴν μάζα ἑνὸς ὑγροῦ ἡ πίεση εἶναι ἡ ἴδια σὲ ὅλα τὰ σημεῖα ἑνὸς ὁριζοντίου ἐπιπέδου.

Στὸ παραπάνω συμπέρασμα εἴχαμε καταλήξει καὶ πειραματικῶς.

β) Τὰ σημεῖα ποὺ εὑρίσκονται στὴν ἐλεύθερη ἐπιφάνεια ἑνὸς ὑγροῦ, τὸ ὁποῖον ἠρεμεῖ, δὲν δέχονται πιέσεις ἀπὸ τὸ ὑγρό. Σὲ ὅλα λοιπὸν αὐτὰ τὰ σημεῖα, ἡ ὑδροστατικὴ πίεση εἶναι μηδενική. (Ὅπως θὰ δοῦμε σὲ ἄλλο κεφάλαιο στὰ σημεῖα αὐτὰ ἀσκεῖται ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεση). Ἑπομένως τὰ σημεῖα τῆς ἐλεύθερης ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ παρουσιάζουν ὑψομετρικὲς διαφορὲς καὶ συνεπῶς εὑρίσκονται ἐπάνω σ' ἕνα ὁριζόντιο ἐπίπεδο. Ὥστε:

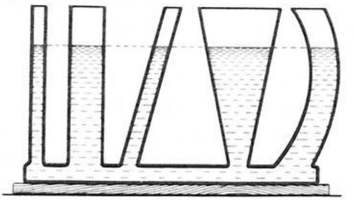
Ἡ ἐλεύθερη ἐπιφάνεια ἑνὸς ὑγροῦ σὲ ἰσορροπία εἶναι ὁριζόντιο ἐπίπεδο.

Σημείωση. Ὁ παραπάνω κανόνας ἰσχύει γιὰ περιορισμένης ἐκτάσεως ἐπιφάνεια ἑνὸς ὑγροῦ. Ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὠκεανοῦ, μιᾶς ἀνοικτῆς θάλασσας ἢ μιᾶς μεγάλης λίμνης ἀκολουθεῖ τὸ σχῆμα τῆς Γῆς καὶ εἶναι σφαιρική. Ἀλλὰ καὶ ὅταν εἶναι πολὺ περιορισμένη, ἡ ἐλεύθερη ἐπιφάνεια ἑνὸς ὑγροῦ, ὅπως συμβαίνει στοὺς λεγόμενους τριχοειδικοὺς σωλῆνες, οἱ ὁποῖοι εἶναι πολὺ στενοί, δὲν εἶναι ἐπίπεδη καὶ ὁριζόντια ἀλλὰ σφαιρική, κοίλη ἢ κυρτὴ (σχ. 188) ἀνάλογα μὲ τὸ ἂν τὸ ὑγρὸ διαβρέχει τὸν σωλῆνα (νερὸ-γυαλί) ἢ δὲν τὸν διαβρέχει (ὑδράργυρος-γυαλί).



Σχ. 188. Στοὺς τριχοειδικοὺς σωλῆνας παρατηρεῖται ἀνύψωση τῆς στάθμης τοῦ νεροῦ καὶ ταπείνωση τῆς στάθμης τοῦ ὑδραργύρου.

γ) Συγκοινωνοῦντα δοχεῖα. Αὐτὰ εἶναι δοχεῖα διαφόρων σχημάτων καὶ διαστάσεων τὰ ὁποῖα συγκοινωνοῦν μεταξύ των στὴν βάση τους (σχ. 189).

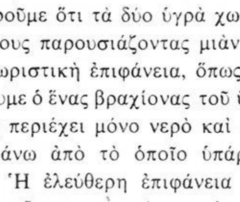


Σχ. 189. Ἡ ἐλεύθερη ἐπιφάνεια ἑνὸς ὑγροῦ μέσα σὲ συγκοινωνοῦντα δοχεῖα εὑρίσκεται στὸ ἴδιο ὁριζόντιο ἐπίπεδο.

1. Περιέχουν ὅλα τὸ ἴδιο ὑγρό. Στὴν περίπτωση αὐτὴ ἡ ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ σὲ ὅλα τὰ δοχεῖα συμπίπτει μὲ ἕνα ὁριζόντιο ἐπίπεδο.

2. Περιέχουν μὴ ἀναμιγνυόμενα ὑγρά, διαφορετικοῦ εἰδικοῦ βάρους. Παίρνουμε ἕναν ὑοειδῆ σωλῆνα καὶ χύνουμε σ' αὐτὸν νερὸ χρωματιστὸ καὶ κατόπι πετρέλαιο. Παρατηροῦμε ὅτι τὰ δύο ὑγρὰ χωρίζονται μεταξύ τους παρουσιάζοντας μιὰν ὁριζόντια διαχωριστικὴ ἐπιφάνεια, ὅπως δὲ ἐξακριβώνουμε ὁ ἕνας βραχίονας τοῦ ὑοειδοῦς σωλῆνος περιέχει μόνο νερὸ καὶ ὁ ἄλλος νερό, ἐπάνω ἀπὸ τὸ ὁποῖο ὑπάρχει πετρέλαιο. Ἡ ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ πετρελαίου εἶναι περισσότερο ἀνυψωμένη ἀπὸ τὴν ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ (σχ. 190).

Ἔστω A ἕνα σημεῖο τῆς διαχωριστικῆς ἐπιφανείας τῶν δύο ὑγρῶν καὶ B ἕνα ἄλλο



Σχ. 190. Ἰσορροπία δύο ὑγρῶν διαφορετικῆς πυκνότητος, μέσα σὲ συγκοινωνοῦντα δοχεῖα.

σημεῖο, στὸ ἴδιο ὁριζόντιο ἐπίπεδο μὲ τὸ A, ἀλλὰ στὸ ἄλλο σκέλος. Ἐφ' ὅσον ἡ πίεση εἶναι ἡ ἴδια σ' ἕνα ὁριζόντιο ἐπίπεδο μποροῦμε νὰ γράφωμε ὅτι: $p_A = p_B$, ὅπου p_A ἡ πίεση ποὺ ἀσκεῖ τὸ πετρέλαιο στὸ σημεῖο A καὶ p_B ἡ πίεση ποὺ ἀσκεῖ τὸ νερὸ στὸ σημεῖο B.

Ἐὰν τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ νεροῦ εἶναι ε καὶ τοῦ πετρελαίου ε', h τὸ ὕψος τοῦ νεροῦ ἐπάνω ἀπὸ τὴν διαχωριστικὴ ἐπιφάνεια καὶ h' τοῦ πετρελαίου, θὰ ἔχωμε ὅτι:

$$p_A = \varepsilon' \cdot h' \text{ καὶ } p_B = \varepsilon \cdot h,$$

καὶ ἐπειδὴ οἱ πιέσεις εἶναι ἴσες:

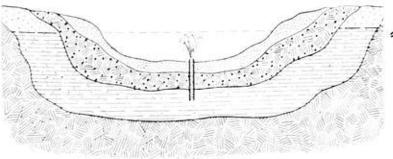
$$\varepsilon \cdot h = \varepsilon' \cdot h' \text{ ἢ }$$

$$\frac{h}{h'} = \frac{\varepsilon'}{\varepsilon}$$

Ὥστε:

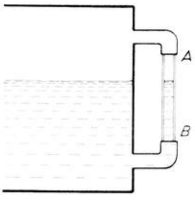
Ὅταν δύο συγκοινωνοῦντα δοχεῖα περιέχουν δύο ὑγρὰ μὴ ἀναμιγνυόμενα, τὰ ὕψη τῶν ὑγρῶν στὰ δύο δοχεῖα, ἐπάνω ἀπὸ τὴν διαχωριστικὴ ἐπιφάνεια εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογα πρὸς τὰ εἰδικὰ βάρη τῶν ὑγρῶν.

3. Ἀρτεσιανὰ φρέατα. Τὰ νερὰ τῶν βροχῶν συναντώντας τὴν ἐπιφάνεια τῆς Γῆς, κυλοῦν ἐπάνω σ' αὐτήν, σχηματίζοντας μικρὰ ρυάκια ἢ μεγάλα ποτάμια ἢ εἰσέρχονται στὸ ἔδαφος καὶ συνεχίζουν τὴν ροή τους, περνώντας τὰ διάφορα στρώματα τῆς Γῆς, μέχρις ὅτου συναντήσουν ἕνα στρῶμα, ποὺ δὲν μποροῦν νὰ διαπεράσουν. Τότε μαζεύονται καὶ ἄν, κατατρώγοντας τὸ χῶμα, ἐξέλθουν στὴν ἐπιφάνεια, σχηματίζουν φυσικὴ πηγή. Ἂν σκάψωμε τὸ ἔδαφος μέχρι νὰ συναντήσωμε τὴν ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ μέσα στὸ ὑδροφόρο στρῶμα, κατασκευάζουμε κοινὸ πηγάδι. Ἂν ὅμως ἡ κορυφὴ τοῦ ἀνοίγματος εἶναι χαμηλότερη ἀπὸ τὴν ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ στὸ ὑδροφόρο στρῶμα, τότε τὸ νερὸ ἀνέρχεται στὸ ἄνοιγμα γιὰ νὰ φθάσῃ, σύμφωνα μὲ τὴν ἀρχὴ τῶν συγκοινωνούντων δοχείων, τὴν ἐλεύθερη ἐπιφάνειά του καὶ κατ' αὐτὸν τὸν τρόπο ἀναπηδᾷ, σχηματίζοντας τὸ λεγόμενο ἀ ρ τ ε σ ι α ν ὸ φ ρ έ α ρ (σχ. 191).



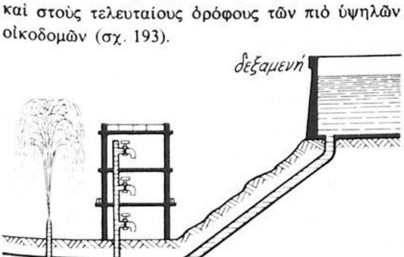
Σχ. 191. Γιὰ τὴν ἐξήγηση τῆς λειτουργίας τοῦ ἀρτεσιανοῦ φρέατος. Τὸ ὑδροφόρο στρῶμα περιορίζεται ἀπὸ ὑδατοστεγῆ στρώματα, ἡ δὲ ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ εὑρίσκεται σὲ ὑψηλότερο ἐπίπεδο ἀπὸ τὸ ἐπίπεδο τοῦ ἀνοίγματος ἐκσκαφῆς τοῦ πηγαδιοῦ.

4. Στὴν ἀρχὴ τῶν συγκοινωνούντων δοχείων στηρίζεται ἡ κατασκευὴ τοῦ ὑδροδείκτη (σχ. 192). Αὐτὸς εἶναι ἕνας γυάλινος σωλήνας, ὁ ὁποῖος ἐπιτρέπει τὴν παρακολούθηση τῆς στάθμης Α τοῦ ὑγροῦ, τὸ ὁποῖο εὑρίσκεται μέσα σ' ἕνα μεγάλο καὶ μὲ ἀδιαφανῆ τειχώματα δοχεῖο.

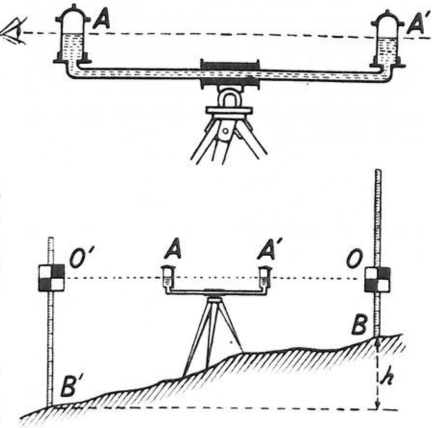


Σχ. 192. Ὑδροδείκτης.

5. Τὸ σύστημα ὑδρεύσεως τῶν πόλεων περιλαμβάνει μιὰν ὑδροδεξαμενή, ποὺ εἶναι κτισμένη σ' ἕνα ἀρκετὰ ὑψηλὸ σημεῖο, καὶ τοὺς ὑδαταγωγούς, οἱ ὁποῖοι μποροῦν νὰ μεταφέρουν τὸ νερὸ καὶ στοὺς τελευταίους ὀρόφους τῶν πιὸ ὑψηλῶν οἰκοδομῶν (σχ. 193).



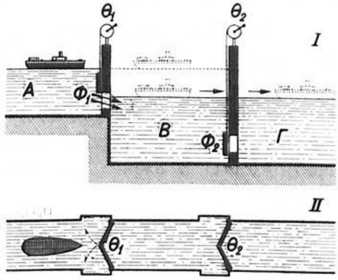
Σχ. 193. Ἐφαρμογὲς τῆς ἀρχῆς τῶν συγκοινωνούντων δοχείων στὴν διανομὴ τοῦ νεροῦ.



Σχ. 194. Ὑδροστάτης γιὰ τὴν μέτρηση τῆς διαφορᾶς στάθμης ἀνάμεσα στὰ σημεῖα Β' καὶ Β.

6. Ὁ ὑδροστάτης (σχ. 194) εἶναι χωροσταθμικὸ ὄργανο, ποὺ χρησιμοποιεῖται στὸν ὑπολογισμὸ τῆς ὑψομετρικῆς διαφορᾶς δύο σημείων Β' καὶ Β τοῦ ἐδάφους. Ἡ διαφορὰ αὐτὴ στὸ σχῆμα μας εἶναι ἴση μὲ ΒΟ'—ΒΟ = h.

7. Οἱ διώρυγες ποὺ συνδέουν δύο θάλασσες μὲ ὑψομετρικὴ διαφορὰ (διώρυγα τοῦ Παναμᾶ) ἢ οἱ ἐγκαταστάσεις ποὺ ἑνώνουν δύο τμήματα τῆς



Σχ. 195. Διέλευση ἑνὸς πλοίου ἀπὸ ἕνα ὑδροφράκτη.

κοίτης ἑνὸς πλωτοῦ ποταμοῦ, τὰ ὁποῖα παρουσιάζουν ἀπότομες διαφορὲς στάθμης περιλαμβάνουν σύστημα δεξαμενῶν οἱ ὁποῖες χωρίζονται καὶ συγκοινωνοῦν μεταξύ τους μὲ ὑδροφράκτες. Μ᾽ αὐτὸν τὸν τρόπο οἱ στάθμες τῶν δεξαμενῶν μποροῦν νὰ μεταβάλουν ὕψος, πράγμα ποὺ ἐπιτρέπει τὴν ἄνοδο ἢ τὴν κάθοδο τῶν πλοίων (σχ. 195).

Οἱ θύρες τῶν ὑδροφρακτῶν εἶναι πολὺ ἀνθεκτικὲς καὶ ἔχουν σχῆμα V, πράγμα τὸ ὁποῖο τοὺς ἐπιτρέπει νὰ ἐφαρμόζουν ἡ μιὰ ἐπάνω στὴν ἄλλη, ἐνῶ σύγχρονα βελτιώνει τὴν στεγανότητά τους. Γιὰ περισσότερη ἀσφάλεια στὸ κατώτερο σημεῖο τους, στὸν πυθμένα τοῦ ὑδροφράκτη, ἐφάπτονται σὲ ἕνα « σκαλοπάτι ».Ὅταν ὑπάρχη διαφορὰ στάθμης στὸ νερὸ δύο συνεχομένων διαμερισμάτων, οἱ θύρες αὐτὲς δὲν ἀνοίγουν.

Ὁ ὑδροφράκτης λειτουργεῖ ὡς ἑξῆς. Ἔστω ὅτι τὸ πλοῖο εὑρίσκεται στὸ διαμέρισμα Α, πρόκειται δὲ νὰ συνεχίση τὴν πλεύση του στὸ διαμέρισμα Β, ἡ στάθμη τοῦ νεροῦ τοῦ ὁποίου εἶναι χαμηλότερη. Πρὸς τὸν σκοπὸ αὐτὸ ἀνασηκώνεται ὁ φράκτης Φ_1 καὶ κλείνει ὁ φράκτης Φ_2 (σχ. 195, Ι) ἔτσι, ὥστε νὰ ρέη νερὸ ἀπὸ τὸ διαμέρισμα Α στὸ διαμέρισμα Β, ἡ στάθμη τοῦ ὁποίου ὁλοένα ἀνεβαίνει. Ὅταν ἡ στάθμη τοῦ νεροῦ στὰ δύο διαμερίσματα εὑρεθῆ στὸ ἴδιο ὁριζόντιο ἐπίπεδο, σταματᾶ ἡ ροὴ τοῦ νεροῦ, ἀνοίγει ἡ θύρα Θ_1 καὶ τὸ πλοῖο εἰσέρχεται στὸ διαμέρισμα Β.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Τὰ ὑγρὰ ποὺ ἰσορροποῦν ἀσκοῦν ἐπάνω σὲ κάθε ἐπιφάνεια, ἡ ὁποία εὑρίσκεται σὲ ἐπαφὴ μὲ αὐτά, πιέζουσες δυνάμεις (ἢ πιέσεις), ποὺ εἶναι κάθετες στὴν πιεζομένη ἐπιφάνεια.

2. Χρησιμοποιώντας τὴν μανομετρικὴ κάψα μποροῦμε νὰ ἀποδείξωμε ὅτι ἡ πίεση σ᾽ ἕνα σημεῖο τῆς μάζας τοῦ ὑγροῦ, ἔχει μιὰ καθορισμένη τιμή, ἀνεξάρτητα ἀπὸ τὸν προσανατολισμὸ τῆς πιεζομένης ἐπιφανείας.

3. Μὲ τὴν μανομετρικὴ κάψα ἐπίσης μποροῦμε, μετατοπίζοντάς την κατάλληλα, νὰ ἐξακριβώσωμε ὅτι: α) Ἡ πίεση διατηρεῖ μιὰν ὁρισμένη καὶ σταθερὴ τιμὴ στὰ σημεῖα τοῦ ὑγροῦ ποὺ εὑρίσκονται στὸ ἴδιο ὁριζόντιο ἐπίπεδο. β) Ἡ πίεση αὐξάνεται ὅταν τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ μεγαλώνει.

4. Γιὰ τὴν διαφορὰ πιέσεων δύο σημείων, ποὺ εὑρίσκονται μέσα στὴν μάζα ἑνὸς ὑγροῦ, ὁμιλεῖ ἡ θεμελιώδης ἀρχὴ τῆς Ὑδροστατικῆς. Σύμφωνα μὲ αὐτήν: Ἡ διαφορὰ πιέσεων σὲ δύο σημεῖα ἑνὸς ὑγροῦ σὲ ἰσορροπία εἶναι ἀριθμητικὰ ἴση μὲ τὸ βάρος μιᾶς στήλης ὑγροῦ μὲ βάση τὴν μονάδα τῆς ἐπιφανείας καὶ ὕψος τὴν κατακόρυφη ἀπόσταση τῶν δύο σημείων.

5. Ἡ μαθηματικὴ ἔκφραση τῆς θεμελιώδους ἀρχῆς τῆς Ὑδροστατικῆς ἔχει τὴν μορφή: $p_A - p_B = \varepsilon \cdot \Delta h$, ὅπου p_A ἡ πίεση σ᾽ ἕνα σημεῖο Α, p_B ἡ πίεση σ᾽ ἕνα σημεῖο Β τοῦ ὑγροῦ, ε τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ καὶ Δh ἡ ὑψομετρικὴ διαφορὰ τῶν δύο σημείων Α καὶ Β. Ἂν τὸ σημεῖο Β εὑρίσκεται στὴν ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ, τότε ἐπειδὴ θὰ εἶναι $p_B = 0$, ὁ παραπάνω τύπος παίρνει τὴν μορφή: $p_A = \varepsilon \cdot h$, ὅπου h ἡ ἀπόσταση τοῦ σημείου ἀπὸ τὴν ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ.

6. Ἡ ἐλεύθερη ἐπιφάνεια ἑνὸς ὑγροῦ σὲ ἰσορροπία εἶναι, ὅταν θεωρήσωμε μιὰ σχετικὰ περιορισμένη ἔκτασή της, ὁριζόντιο ἐπίπεδο. Ἡ ἐπιφάνεια ὅμως τῶν μεγάλων θαλασσῶν καὶ λιμνῶν εἶναι σφαιρική, ἐνῶ στοὺς λεγόμενους τριχοειδικοὺς σωλῆνες εἶναι κοίλη ἢ κυρτή, ἀνάλογα μὲ τὸ ἂν τὸ ὑγρὸ διαβρέχει τὸ ὑλικὸ τοῦ σωλῆνος ἢ ὄχι.

7. **Ἡ ἐλεύθερη ἐπιφάνεια ἑνὸς ὑγροῦ, τὸ ὁποῖο γεμίζει διάφορα συγκοινωνοῦντα δοχεῖα, εἶναι ὁριζόντιο ἐπίπεδο. Στὴν ἀρχὴ αὐτὴ στηρίζεται ἕνα πλῆθος ἐφαρμογῶν, ὅπως εἶναι ἡ κατασκευὴ τῶν ἀρτεσιανῶν φρεάτων, ὁ ὑδροδείκτης, τὸ σύστημα ὑδρεύσεως τῶν πόλεων, ὁ ὑδροστάτης, ἡ κατασκευὴ διωρύγων κλπ.**

8. **Ὅταν δύο συγκοινωνοῦντα δοχεῖα περιέχουν δύο μὴ ἀναμιγνυόμενα ὑγρὰ οἱ στάθμες τῶν ὑγρῶν στὰ δύο σκέλη τῶν δοχείων δὲν εὑρίσκονται στὸ ἴδιο ὁριζόντιο ἐπίπεδο. Στὴν περίπτωση αὐτὴ τὰ ὕψη τῶν ὑγρῶν στὰ δύο δοχεῖα, ἐπάνω ἀπὸ τὴν διαχωριστικὴ ἐπιφάνεια εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογα πρὸς τὰ εἰδικὰ βάρη τῶν ὑγρῶν. Ἂν δηλαδὴ ε καὶ ε΄ εἶναι τὰ εἰδικὰ βάρη τῶν δύο ὑγρῶν καὶ h καὶ h΄ τὰ ὕψη τους ἀπὸ τὴν διαχωριστικὴ ἐπιφάνεια, θὰ ἔχωμε ὅτι:**

$$\frac{h}{h'} = \frac{\varepsilon'}{\varepsilon}$$

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Τὸ κέντρο μιᾶς μανομετρικῆς κάψας εὑρίσκεται 25 cm κάτω ἀπὸ τὴν ἐλεύθερη ἐπιφάνεια ἑνὸς ὑγροῦ. Ποιά πίεση δείχνει τὸ ὄργανο σ' αὐτὸ τὸ σημεῖο: α) Ἂν τὸ ὑγρὸ εἶναι νερὸ (εἰδικὸ βάρος 1 p/cm^3). β) Ἂν τὸ ὑγρὸ εἶναι ἀλκοόλη (εἰδ. βάρος 0,8 p/cm^3). γ) Ἂν εἶναι θαλασσινὸ νερὸ (εἰδικὸ βάρος 1,03 p/cm^3).

(Ἀπ. α΄ 25 p/cm^2. β΄ 20 p/cm^2. γ΄ 25,75 p/cm^2.)

2. Σὲ ποιό βάθος πρέπει νὰ βυθίσωμε τὴν μανομετρικὴ κάψα, ὥστε ἡ μεμβράνη της νὰ δέχεται πίεση 16 p/cm^2: α) Μέσα σὲ καθαρὸ νερό. β) Μέσα σὲ ἀλκοόλη καὶ γ) μέσα σὲ θαλασσινὸ νερό. Δίνονται: πυκνότητα ἀλκοόλης 0,8 gr/cm^3 καὶ θαλασσινοῦ νεροῦ 1,03 gr/cm^3.

(Ἀπ. α΄ 16 cm. β΄ 20 cm. γ΄ 15,5 cm.)

3. Σὲ ποιό βάθος ἡ πίεση ποὺ ἀσκεῖται ἀπὸ τὸ νερὸ εἶναι 1 kp/cm^2. α) Σὲ λίμνη γλυκοῦ νεροῦ. β) Στὴν θάλασσα. (Εἰδ. βάρος θαλασσινοῦ νεροῦ 1,03 kp/dm^3). (Ἀπ. α΄ 10 m. β΄ 9,7 m.).

4. Ἡ μεγαλύτερη πίεση ποὺ μπορεῖ νὰ δεχθῆ χωρὶς κίνδυνο ἕνας ἄνθρωπος εἶναι 3 kp/cm^2. Σὲ ποιό μέγιστο βάθος h μέσα στὴν θάλασσα μπορεῖ νὰ καταδυθῆ ἕνας ἐρασιτέχνης ψαρᾶς. Τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ θαλασσινοῦ νεροῦ εἶναι 1,034 kp/dm^3. (Ἀπ. 29 m.)

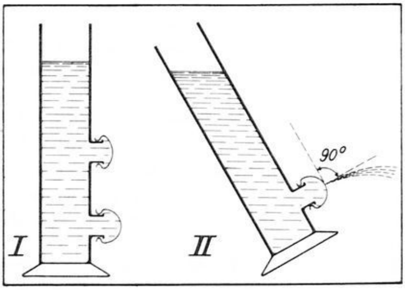
5. Δύο συγκοινωνοῦντα δοχεῖα περιέχουν τὸ ἕνα νερὸ καὶ τὸ ἄλλο βενζόλιο. Τὸ ὕψος τῆς στήλης τοῦ νεροῦ στὸ ἕνα σκέλος τοῦ σωλῆνος εἶναι 15 cm, ἐνῶ τὸ ὕψος τῆς στήλης τοῦ βενζολίου στὸ ἄλλο σκέλος εἶναι 17 cm. Νὰ εὑρεθῆ τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ βενζολίου. (Ἀπ. 0,88 p/cm^3.)

6. Ἕνας σωλήνας σχήματος U περιέχει ὑδράργυρο. Στὸ ἕνα σκέλος τοῦ σωλῆνος προσθέτουμε βενζόλιο μέχρις ὕψους 15 cm. Στὸ ἄλλο σκέλος ρίχνουμε διάλυμα θειϊκοῦ ὀξέος. Νὰ εὑρεθῆ πόσο θὰ πρέπει νὰ εἶναι τὸ ὕψος τῆς στήλης τοῦ ὀξέος ἔτσι, ὥστε οἱ ἐπιφάνειες τοῦ ὑδραργύρου στὰ δύο σκέλη τοῦ σωλῆνος νὰ εὑρίσκωνται στὸ ἴδιο ὁριζόντιο ἐπίπεδο. Δίνονται: Πυκνότητα τοῦ βενζολίου: 0,9 gr/cm^3, τοῦ διαλύματος τοῦ θειϊκοῦ ὀξέος: 1,5 gr/cm^3). (Ἀπ. 9 cm.)

ΚΓ' – ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΑΣΚΟΥΜΕΝΕΣ ΑΠΟ ΤΑ ΥΓΡΑ ΣΤΟΝ ΠΥΘΜΕΝΑ ΚΑΙ ΤΑ ΤΕΙΧΩΜΑΤΑ ΤΩΝ ΔΟΧΕΙΩΝ

§ 141. Τὰ ὑγρὰ ἀσκοῦν πιέζουσες δυνάμεις στὰ πλευρικὰ τειχώματα καὶ στὸν πυθμένα τῶν δοχείων. Πείραμα. Παίρνουμε ἕνα δοχεῖο ποὺ στὶς πλευρικές του ἕδρες ἔχει ἀνοίγματα, τὰ ὁποῖα φράσσονται μὲ ἐλαστικὲς μεμβράνες.

Χύνουμε μέσα στὸ δοχεῖο νερὸ ἢ ἄλλο ὑγρό, ὁπότε οἱ μεμβράνες διογκώνονται καὶ κυρτώνονται, μεγαλύτερη δὲ κύρτωση παρουσιάζει ἡ χαμηλώτερη μεμβράνη (σχ. 196, I).



Σχ. 196. Ἡ πίεση ποὺ προκαλοῦν τὰ ὑγρὰ στὰ τειχώματα τῶν δοχείων αὐξάνεται μὲ τὸ βάθος (I). Ἡ πιέζουσα δύναμη εἶναι κάθετη στὴν ἐπιφάνεια ποὺ ἀσκεῖται (II).

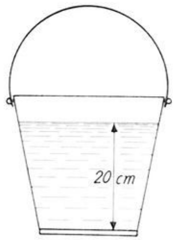
Θέτουμε πλαγίως τὸ δοχεῖο ἢ τοῦ δίνουμε διάφορες κλίσεις, ὁπότε παρατηροῦμε ὅτι ἡ κύρτωση τῶν μεμβρανῶν ἐξαρτᾶται καὶ πάλι ἀπὸ τὴν ἀπόστασή τους ἀπὸ τὴν ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ.

Ἂν σὲ μία μεμβράνη ἀνοίξωμε μιὰ μικρὴν ὀπή, σχηματίζεται μία φλέβα νεροῦ, κάθετη ἀρχικὰ πρὸς τὴν μεμβράνη (σχ. 196, II). Ἡ φλέβα αὐτὴ καμπυλώνεται κατόπι λόγω τοῦ βάρους της. Ὥστε:

Τὰ ὑγρὰ ἀσκοῦν πιέζουσες δυνάμεις στὰ πλευρικὰ τειχώματα καὶ τὸν πυθμένα τῶν δοχείων ποὺ τὰ περιέχουν. Ἡ πίεση ποὺ προκαλεῖται αὐξάνεται μὲ τὸ βάθος τοῦ ὑγροῦ.

Οἱ πιέζουσες δυνάμεις εἶναι κάθετες πρὸς τὰ τειχώματα τοῦ δοχείου.

§ 142. Δύναμη ποὺ ἀσκεῖται συνολικὰ στὸν ὁριζόντιο πυθμένα ἑνὸς δοχείου. Ἕνας κάδος μὲ διάμετρο βάσεως 20 cm περιέχει νερὸ μέχρις ὕψους 20 cm (σχ. 197). Τὸ νερὸ ἀσκεῖ πιέζουσες δυνάμεις στὸν πυθμένα, ἑπομένως καὶ πίεση,



Σχ. 197. Τὸ ὕψος τοῦ νεροῦ εἶναι 20 cm καὶ ἡ ἐπιφάνεια τῆς βάσεως τοῦ δοχείου 314 cm². Στὸν πυθμένα ἀσκεῖται ἀπὸ τὸ ὑγρὸ ὁλικὴ δύναμη $20 \cdot 314 \cdot 1 = 6\,280$ p.

ποὺ εἶναι σταθερὴ σὲ ὅλα τὰ σημεῖα τοῦ πυθμένος, ἐφ' ὅσον εὑρίσκονται στὸ ἴδιο ὁριζόντιο ἐπίπεδο. Ἡ πίεση αὐτὴ p_π εἶναι ἴση πρὸς $p_\pi = \varepsilon \cdot h = 1 \cdot 20$ p/cm² $= 20$ p/cm². Ἡ δύναμη συνεπῶς $F_{o\lambda}$ ποὺ ἀσκεῖται συνολικὰ στὸν πυθμένα θὰ εἶναι, σύμφωνα μὲ τὸν τύπο $F = p \cdot S$ τῆς § 135, ἴση μὲ τὸ γινόμενο τῆς πιέσεως ἐπὶ τὴν πιεζομένη ἐπιφάνεια. Δηλαδή:

$$F_{o\lambda} = 20 \cdot (3{,}14 \cdot 10^2) = 6\,280 \text{ p} = 6{,}28 \text{ kp}.$$

Γενικώτερα ἔστω ἕνα δοχεῖο ποὺ περιέχει ὑγρό, εἰδικοῦ βάρους ε, μέχρις ὕψους h. Ἡ πίεση ποὺ ἀσκεῖται ἀπὸ τὸ ὑγρὸ σ' ἕνα ὁποιοδήποτε σημεῖο τοῦ πυθμένος θὰ εἶναι: $p_\pi = \varepsilon \cdot h$. Ἐπομένως ἡ ὁλικὴ δύναμη ποὺ ἀσκεῖται ἀπὸ τὸ ὑγρὸ στὸν πυθμένα τοῦ δοχείου θὰ εἶναι:

$$F_{o\lambda} = p \cdot S = \varepsilon \cdot h \cdot S$$

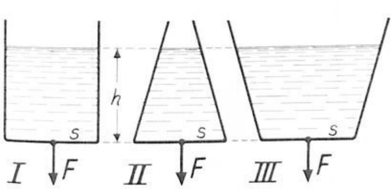
ὅπου S ἡ ἐπιφάνεια τοῦ πυθμένος.

Τὸ γινόμενο $\varepsilon \cdot h \cdot S$ παριστάνει τὸ βάρος μιᾶς στήλης ὑγροῦ εἰδικοῦ βάρους ε, βάσεως S καὶ ὕψους h. Ὥστε:

Ἡ ὁλικὴ δύναμη ποὺ ἀσκεῖται ἀπὸ ἕνα ὑγρὸ στὸν ὁριζόντιο πυθμένα τοῦ δοχείου ποὺ τὸ περιέχει, ἰσοῦται μὲ τὸ βάρος μιᾶς στήλης ἀπὸ τὸ ὑγρὸ αὐτό, ἡ ὁποία ἔχει γιὰ βάση τὸν πυθμένα τοῦ δοχείου καὶ ὕψος τὴν κατακόρυφη ἀπόσταση τοῦ πυθμένος ἀπὸ τὴν ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ.

§ 143. Ὑδροστατικὸ παράδοξο.

Ἀπὸ τὰ παραπάνω συμπεραίνουμε ὅτι τὸ σχῆμα τοῦ δοχείου, καὶ συνεπῶς τὸ βάρος τοῦ περιεχομένου ὑγροῦ, δὲν εἰσέρχεται στὸν ὑπολογισμὸ τῆς ὁλικῆς δυνάμεως, ποὺ ἀσκεῖται ἀπὸ τὸ ὑγρὸ στὸν πυθμένα τοῦ δοχείου. Ἡ δύναμη αὐτὴ F ἐξαρτᾶται μόνο ἀπὸ τὸ ἐμβαδὸν S τοῦ πυθμένος, τὸ ὕψος **h** καὶ τὸ εἰδικὸ βάρος **ε** τοῦ ὑγροῦ. Θὰ εἶναι ἐπομένως ἡ ἴδια γιὰ δοχεῖα διαφόρων σχημάτων, ποὺ ἔχουν ὅμως τὸν ἴδιο πυθμένα καὶ περιέχουν τὸ ἴδιο ὑγρὸ μέχρι τὸ ἴδιο ὕψος, ὅπως τὰ δοχεῖα τοῦ σχήματος 198.



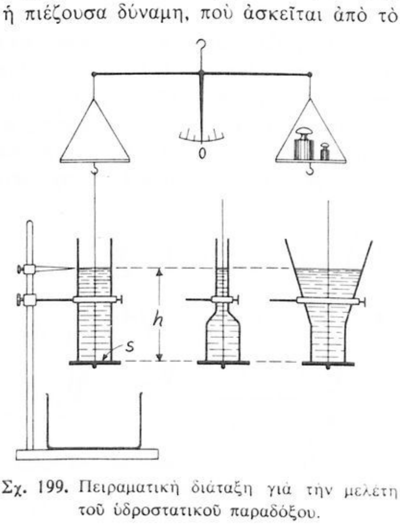
Σχ. 198. Ἡ ὁλικὴ δύναμη ποὺ ἀσκεῖται στὸν πυθμένα ἑνὸς δοχείου ἀπὸ τὸ περιεχόμενο ὑγρὸ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ ἐμβαδὸν τοῦ πυθμένος, τὸ ὕψος τοῦ ὑγροῦ καὶ τὸ εἰδικό του βάρος.

Τὸ συμπέρασμα αὐτό, ποὺ φαίνεται ἀρχικὰ ἀπροσδόκητο, εἶναι γνωστὸ σὰν ὑ δ ρ ο σ τ α τ ι κ ὸ π α ρ ά δ ο ξ ο.

Πειραματικὴ ἐπαλήθευση. Τρία δοχεῖα χωρὶς πυθμένα, μὲ διάφορα τὸ καθένα σχήματα μποροῦν νὰ στερεώνωνται στὴν ἴδια βάση μὲ κατάλληλο ὑποστήριγμα (σχ. 199).

Τὸ κατώτερο τμῆμα τῶν δοχείων, ποὺ εἶναι κυλινδρικό, ἔχει τομὴ ἔστω 10 cm^2 καὶ μπορεῖ νὰ φραχθῇ ὑδατοστεγῶς μὲ κυκλικὸ πῶμα, τὸ ὁποῖο σχηματίζει τὸν κοινὸ πυθμένα τῶν τριῶν δοχείων. Τὸ πῶμα αὐτὸ συγκρατεῖται μὲ νῆμα ποὺ δένεται στὸ κέντρο του καὶ ἐξαρτᾶται ἀπὸ ἄγκιστρο κάτω ἀπὸ τὸν δίσκο ἑνὸς ὑδροστατικοῦ ζυγοῦ. Ἔχοντας σταθμὰ στὸν ἄλλο δίσκο, ἀσκοῦμε δύναμη στὸ νῆμα, ἡ ὁποία τὸ τείνει καὶ ἔτσι συγκρατεῖται τὸ πῶμα.

Ἀφοῦ πρῶτα πάρωμε τὸ ἀπόβαρο τοῦ πώματος τοῦ πυθμένος, προσθέτουμε ἕνα ὁρισμένο βάρος σταθμῶν, ἔστω 300 p, στὸν δίσκο τοῦ ζυγοῦ, τοποθετοῦμε τὸ κυλινδρικὸ δοχεῖο καὶ προσεκτικὰ χύνουμε νερό, μέχρις ὅτου ἀποκολληθῇ τὸ πῶμα. Τότε ἡ πιέζουσα δύναμη, ποὺ ἀσκεῖται ἀπὸ τὸ



Σχ. 199. Πειραματικὴ διάταξη γιὰ τὴν μελέτη τοῦ ὑδροστατικοῦ παραδόξου.

νερὸ στὸν πυθμένα τοῦ δοχείου εἶναι ἴση μὲ 300 p. Μετρᾶμε τὸ ὕψος τοῦ νεροῦ στὸ δοχεῖο τὴν στιγμὴ ποὺ συμβαίνει ἡ ἀποκόλληση καὶ τὸ εὑρίσκουμε ἴσο μὲ 30 cm.

Ἐπαναλαμβάνουμε τὸ ἴδιο πείραμα, χρησιμοποιώντας τὰ δύο ἄλλα δοχεῖα, ὁπότε ἐξακριβώνουμε ὅτι τὸ πῶμα ἀποκολλᾶται, ὅταν τὸ νερὸ φθάση τὸ ὕψος τῶν 30 cm. Ἂν ἀντὶ γιὰ νερὸ χρησιμοποιήσωμε ἄλλο ὑγρό, θὰ παρατηρήσωμε ὅτι ἡ ἀποκόλληση συμβαίνει γιὰ ἕνα ἄλλο ὕψος, ἀλλὰ πάντοτε τὸ ἴδιο γιὰ δοχεῖα μὲ τὸν ἴδιο πυθμένα. Ὥστε:

Ἡ ὁλικὴ δύναμη ποὺ ἀσκεῖται ἀπὸ τὸ ὑγρὸ στὸν πυθμένα τοῦ δοχείου, δὲν ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ σχῆμα τοῦ δοχείου, ἀλλὰ μόνο ἀπὸ τὸ ἐμβαδὸν τῆς βάσεως τοῦ δοχείου, τὸ ὕψος τοῦ ὑγροῦ καὶ τὸ εἰδικό του βάρος.

Παρατηροῦμε ἐξ ἄλλου ὅτι τὸ βάρος μιᾶς ὑγρῆς στήλης νεροῦ, ἐμβαδοῦ βάσεως 10 cm^2 καὶ ὕψους 30 cm ἰσοῦται μὲ 300 p, πράγμα ποὺ ἐπαληθεύει ὅσα εἴπαμε προηγουμένως γιὰ τὴν δύναμη ποὺ ἀσκεῖται ἀπὸ τὸ ὑγρὸ στὸν πυθμένα τοῦ δοχείου.

§ 144. Δυνάμεις ἀσκούμενες στὰ τειχώματα. Δύναμη ἀσκουμένη σ' ἕνα στοιχεῖο πλευρικοῦ τειχώματος. Ἔστω ἕνα σημεῖο A ἑνὸς πλευρικοῦ τειχώματος, σὲ ἀπόσταση h ἀπὸ τὴν ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ, εἰδικοῦ βάρους ε (σχ. 200).

Σχ. 200. Ἡ πιέζουσα δύναμη σὲ ἴσα τμήματα τῶν πλευρικῶν τειχωμάτων αὐξάνεται μὲ τὸ βάθος.

Ἡ πίεση στὸ σημεῖο A θὰ εἶναι $p_A = \varepsilon \cdot h$, ἡ ὁλικὴ ἑπομένως δύναμη ποὺ ἀσκεῖται ἀπὸ τὸ ὑγρὸ σ' ἕνα στοιχεῖο S (μικρὸ τμῆμα) τῆς ἐπιφανείας τοῦ τειχώματος, γύρω στὸ A, θὰ εἶναι:

$$F = p_A \cdot S = \varepsilon \cdot h \cdot S$$

Ἔστω τώρα ἕνα ἄλλο σημεῖο A', ὑψηλότερα ἀπὸ τὸ A, σὲ ἀπόσταση h' ἀπὸ τὴν ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ. Στὸ σημεῖο αὐτὸ ἐπικρατεῖ πίεση $p_A' = \varepsilon \cdot h'$, συνεπῶς ἡ ὁλικὴ δύναμη σ' ἕνα στοιχεῖο S θὰ ἰσοῦται μέ:

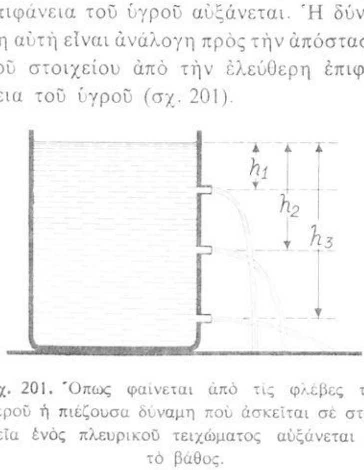
$$F' = p_A' \cdot S = \varepsilon \cdot h' \cdot S$$

Μὲ τὶς ἴδιες σκέψεις γιὰ τὸ σημεῖο A'', ποὺ εὑρίσκεται χαμηλότερα ἀπὸ τὸ A, εὑρίσκουμε ὅτι: $F'' = p_A'' \cdot S = \varepsilon \cdot h'' \cdot S$.

Ἐπειδὴ ὅμως $h' < h < h''$ θὰ εἶναι καί:

$$F' < F < F''.$$

Βλέπουμε λοιπὸν ὅτι, ἡ πιέζουσα δύναμη ποὺ ἀσκεῖται ἀπὸ ἕνα ὑγρὸ σὲ στοιχεῖα ἴσης ἐπιφανείας τῶν πλευρικῶν τειχωμάτων ἑνὸς δοχείου, μεγαλώνει ὅσο ἡ ἀπόσταση τοῦ στοιχείου ἀπὸ τὴν ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ αὐξάνεται. Ἡ δύναμη αὐτὴ εἶναι ἀνάλογη πρὸς τὴν ἀπόσταση τοῦ στοιχείου ἀπὸ τὴν ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ (σχ. 201).

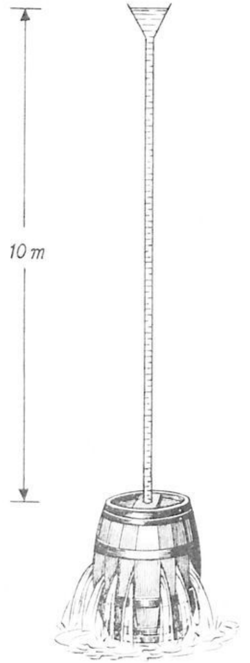


Σχ. 201. Ὅπως φαίνεται ἀπὸ τὶς φλέβες τοῦ νεροῦ ἡ πιέζουσα δύναμη ποὺ ἀσκεῖται σὲ στοιχεῖα ἑνὸς πλευρικοῦ τειχώματος αὐξάνεται μὲ τὸ βάθος.

Ὁ ὑπολογισμὸς ἑπομένως τῆς πιεζούσης δυνάμεως ποὺ ἀσκεῖται συνολικὰ ἀπὸ ἕνα ὑγρὸ στὴν ἐπιφάνεια ἑνὸς πλευρικοῦ τειχώματος εἶναι περίπλοκη. Ὅπως ἔχει ὑπολογισθῆ:

Ἡ ὁλικὴ πιέζουσα δύναμη, ποὺ ἀσκεῖται ἀπὸ ἕνα ὑγρὸ σ' ἕνα πλευρικὸ ἐπίπεδο τείχωμα, ἰσοῦται μὲ τὸ βάρος μιᾶς στήλης ὑγροῦ, ἡ ὁποία ἔχει βάση τὴν ἐπιφάνεια τοῦ τειχώματος καὶ ὕψος τὴν ἀπόσταση τοῦ κέντρου βάρους τοῦ τειχώματος αὐτοῦ ἀπὸ τὴν ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ.

Ἀπὸ τὰ παραπάνω συμπεραίνουμε ὅτι ἡ ἀριθμητικὴ τιμὴ τῆς ὁλικῆς πιέζουσας δυνάμεως ἐξαρτᾶται μόνο ἀπὸ τὴν πιεζομένη ἐπιφάνεια, τὸ ὕψος καὶ τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ. Ἡ πιέζουσα αὐτὴ δυναμη εἶναι ἀνεξάρτητη ἀπὸ τὸ σχῆμα τοῦ δοχείου. Αὐτὰ ἀποδεικνύονται καὶ μὲ τὸ λεγόμενο βαρέλι τοῦ Πασκάλ.



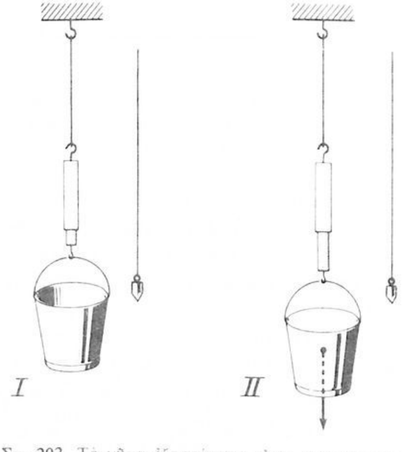
Σχ. 202. Τὸ πείραμα τῆς θραύσεως τοῦ βαρελιοῦ, τὸ ὁποῖο ἐπραγματοποίησε ὁ Πασκάλ.

Ὁ Γάλλος Φυσικὸς **Πασκὰλ** ἐφάρμοσε στὴν ἄνω βάση ἑνὸς βαρελιοῦ, γεμάτου μὲ νερό, κατακόρυφο λεπτὸ σωλήνα, μήκους 10 m καὶ τὸν ἐγέμισε κατόπι μὲ νερό, ὁπότε παρατήρησε ὅτι τὸ βαρέλι ἔσπασε στὰ πλάγια τειχώματα (σχ. 202). Αὐτὸ ὀφείλεται στὸ ὅτι ἡ πιέζουσα τὰ πλευρικὰ τειχώματα δύναμη, ποὺ εἶναι ἀνάλογη πρὸς τὸ ὕψος τοῦ ὑγροῦ, ἔγινε πολὺ μεγάλη.

§ 145. Συνισταμένη τῶν πιεζουσῶν δυνάμεων ποὺ ἀσκοῦνται στὰ τειχώματα καὶ τὸν πυθμένα τοῦ δοχείου.

Ὅπως οἱ ἄλλες δυνάμεις, ἔτσι καὶ οἱ πιέζουσες δυνάμεις, ποὺ ἀσκοῦνται ἀπὸ τὰ ὑγρὰ στὰ τειχώματα τῶν δοχείων ποὺ τὰ περιέχουν, μποροῦν νὰ προστεθοῦν καὶ νὰ δώσουν μιὰ συνισταμένη.

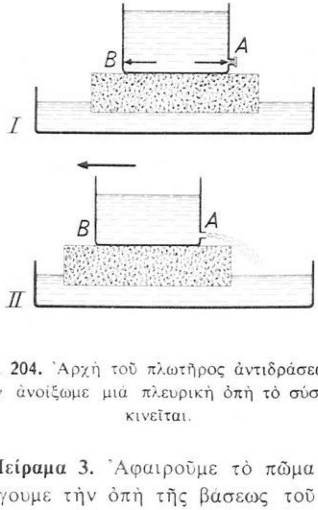
α) Διεύθυνση τῆς συνισταμένης. Πείραμα 1. Ἕνα ἀδειανὸ δοχεῖο εἶναι κρεμασμένο ἀπὸ ἕνα νῆμα καὶ ἰσορροπεῖ. Τὸ νῆμα εἶναι κατακόρυφο. Γεμίζουμε τὸ δοχεῖο μὲ νερό· τὸ νῆμα, ὅταν ἠρεμήση τὸ νερό, ἐξακολουθεῖ νὰ παραμένη κατακόρυφο (σχ. 203). Ἡ συνισταμένη συνεπῶς



Σχ. 203. Τὸ νῆμα ἐξαρτήσεως εἶναι κατακόρυφο ὅταν εἶναι ἀδειανὸς ἢ γεμᾶτος μὲ νερὸ ὁ κουβᾶς.

τῶν πιεζουσῶν δυνάμεων ποὺ ἀσκοῦνται ἀπὸ τὸ νερὸ εἶναι κατακόρυφη. Διαφορετικὰ θὰ μποροῦσε νὰ ἀναλυθῇ σὲ μιὰ κατακόρυφη καὶ μιὰν ὁριζόντια συνιστῶσα, ἡ ὁποία θὰ ἔδινε μιὰ κλίση στὸ νῆμα.

Πείραμα 2. Τοποθετοῦμε ἐπάνω σ' ἕνα πλωτήρα, ποὺ ἐπιπλέει σ' ἕνα ὑγρό, ἕνα δοχεῖο γεμᾶτο μὲ νερὸ (σχ. 204, I). Τὸ σύστημα τὸ ὁποῖο στὴν βάση του ἔχει μιὰν ὀπή, ποὺ κλείνει μὲ πῶμα, ἠρεμεῖ, ὅταν ἡ ὀπὴ εἶναι κλειστή. Ἐὰν οἱ πιέζουσες δυνάμεις εἶχαν ὁριζόντια συνιστῶσα, ὁ πλωτήρας θὰ μετατοπιζόταν ἐπάνω στὴν ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ.



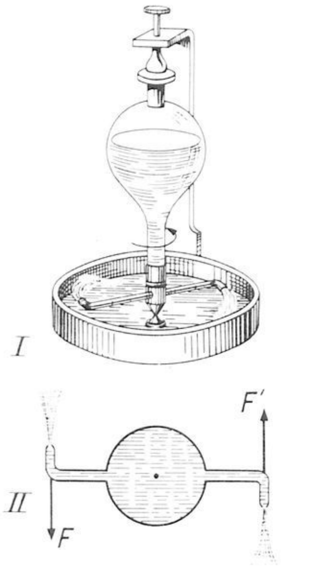
Σχ. 204. Ἀρχὴ τοῦ πλωτῆρος ἀντιδράσεως. Ὅταν ἀνοίξωμε μιὰ πλευρικὴ ὀπὴ τὸ σύστημα κινεῖται.

Πείραμα 3. Ἀφαιροῦμε τὸ πῶμα καὶ ἀνοίγουμε τὴν ὀπὴ τῆς βάσεως τοῦ δοχείου. Τὸ νερὸ ἐκρέει καὶ τὸ σύστημα κινεῖται ἀντίθετα πρὸς τὴν φορὰ ἐκροῆς (σχ. 204, II).

Ἐπάνω στὶς δύο μικρὲς πλευρικὲς ἐπιφάνειες Α καὶ Β, ἴσες καὶ διαμετρικὰ ἀντίθετες, ἀσκοῦνται ἀπὸ τὸ ὑγρὸ δύο πιέσεις, ἑπομένως καὶ δύο πιέζουσες δυνάμεις ἀντίθετες, ποὺ ἰσορροποῦν ὅταν ἡ ὀπὴ εἶναι κλειστή. Ἀνοίγοντας τὴν ὀπὴ στὸ Α καταργοῦμε τὴν ἀντίστοιχη πιέζουσα δύναμη. Ἔτσι παραμένει μόνη ἡ πιέζουσα δύναμη στὸ Β, ἡ ὁποία κινεῖ τὸν πλωτήρα. Ὥστε:

Ὅταν ἕνα ὑγρὸ ἰσορροπεῖ, τότε ἡ συνισταμένη ὅλων τῶν πιεζουσῶν δυνάμεων, ποὺ ἐνεργοῦν στὰ τειχώματα τοῦ δοχείου εἶναι κατακόρυφη.

Τὸ πείραμα 3 ἐξηγεῖ τὴν λειτουργία τοῦ ὑδραυλικοῦ στροβίλου (σχ. 205) καὶ γενικώτερα τὴν κίνηση ἐξ ἀντιδράσεως. Μὲ τὴν ἐκροὴ τοῦ ὑγροῦ ἀπὸ δύο ὀπές, κατάλληλα διαταγμένες, δημιουργεῖται ζεῦγος δυνάμεων λόγῳ ἀντιδράσεως, τὸ ὁποῖο περιστρέφει τὸ δοχεῖο.

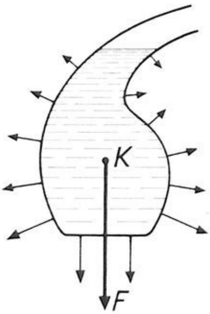


Σχ. 205. Ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τοῦ ὑδραυλικοῦ στροβίλου.

β) Μέτρο τῆς συνισταμένης. Πείραμα. Ζυγίζουμε τὸν ἴδιο ὄγκο ἑνὸς ὑγροῦ χρησιμοποιώντας δοχεῖα διαφόρων σχημάτων. Σὲ κάθε ζύγιση εὑρίσκουμε τὸ ἴδιο βάρος. Ὥστε:

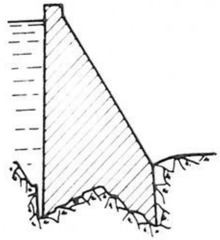
Ἡ συνισταμένη ὅλων τῶν πιεζουσῶν δυνάμεων ποὺ ἀσκοῦνται ἀπὸ τὸ ὑγρὸ τὸ ὁποῖο ἰσορροπεῖ στὰ τειχώματα τοῦ δοχείου, ἔχει μέτρο ἴσο μὲ τὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ.

γ) Σημεῖο ἐφαρμογῆς. Τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς τῆς συνισταμένης τῶν πιεζουσῶν δυνάμεων συμπίπτει μὲ τὸ κέντρο βάρους τοῦ ὑγροῦ, ποὺ περιέχεται στὸ δοχεῖο (σχ. 206).



Σχ. 206. Ἡ συνισταμένη τῶν πιεζουσῶν δυνάμεων, ποὺ ἀσκοῦνται ἀπὸ τὸ ὑγρὸ σ' ὅλα τὰ τειχώματα τοῦ δοχείου, εἶναι ἴση μὲ τὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ καὶ ἔχει σημεῖον ἐφαρμογῆς τὸ κέντρο βάρους τοῦ ὑγροῦ.

Ἐφαρμογές. Εἴδαμε ὅτι οἱ πιέζουσες δυνάμεις ποὺ ἀσκοῦνται ἀπὸ τὰ ὑγρὰ στὰ πλευρικὰ τειχώματα τῶν δοχείων ποὺ τὰ περιέχουν, ἐξαρτῶνται ἀπὸ τὸ ὕψος, τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ καὶ τὸ ἐμβαδὸν τῶν τειχωμάτων. Οἱ δυνάμεις αὐτές, ποὺ δὲν ἐξαρτῶνται ἀπὸ τὴν ποσότητα τοῦ ὑγροῦ ποὺ περιέχει τὸ δοχεῖο, μποροῦν νὰ πάρουν πολὺ μεγάλες τιμές. Αὐξάνονται δὲ ὅσο μεγαλώνει τὸ βάθος. Γιὰ τὸν λόγο αὐτὸ τὰ ὑδροφράγματα κατασκευάζονται μὲ μεγάλο πάχος στὴν βάση, τὸ ὁποῖο ἐλαττώνεται ὅσο προχωροῦμε ἀπὸ τὰ θεμέλια πρὸς τὴν κορυφὴ τοῦ φράγματος (σχ. 207).



Σχ. 207. Πιέζουσες δυνάμεις ποὺ ἀσκοῦνται στὰ τειχώματα ἑνὸς φράγματος. Τὸ φράγμα γίνεται λεπτότερο ὅσο προχωροῦμε πρὸς τὴν κορυφή του.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Τὰ ὑγρὰ ἀσκοῦν πιέζουσες δυνάμεις στὰ πλευρικὰ τειχώματα καὶ στὸν πυθμένα τῶν δοχείων ποὺ τὰ περιέχουν. Οἱ πιέζουσες δυνάμεις εἶναι κάθετες στὰ τειχώματα καὶ αὐξάνονται ὅσο μεγαλώνει τὸ βάθος τοῦ ὑγροῦ.

2. Ἡ ὁλικὴ πιέζουσα δύναμη ποὺ ἀσκεῖται στὸν ὁριζόντιο πυθμένα, ἰσοῦται μὲ τὸ βάρος μιᾶς στήλης ἀπὸ τὸ ὑγρό, ποὺ ἔχει βάση τὸν πυθμένα καὶ ὕψος τὴν κατακόρυφη ἀπόσταση τοῦ πυθμένος ἀπὸ τὴν ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ. Ἡ πιέζουσα αὐτὴ δύναμη εἶναι ἀνεξάρτητη ἀπὸ τὸ σχῆμα τοῦ δοχείου, γεγονὸς στὸ ὁποῖο ὀφείλεται τὸ λεγόμενο ὑδροστατικὸ παράδοξο.

3. Ἡ πιέζουσα δύναμη ποὺ ἀσκεῖται ἀπὸ ἕνα ὑγρὸ σ' ἕνα πλευρικὸ ἐπίπεδο τείχωμα ἰσοῦται μὲ τὸ βάρος μιᾶς ὑγρῆς στήλης ἀπὸ τὸ ὑγρό, ἡ ὁποία ἔχει βάση τὴν ἐπιφάνεια τοῦ πλευρικοῦ τειχώματος καὶ ὕψος τὴν ἀπόσταση τοῦ κέντρου βάρους τοῦ τειχώματος αὐτοῦ ἀπὸ τὴν ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ.

4. Ἡ πιέζουσα ἕνα πλευρικὸ τείχωμα δύναμη, μπορεῖ νὰ γίνη πολὺ μεγάλη ὅταν ἀνυψωθῆ ἀρκετὰ ἡ ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ, πράγμα ποὺ ἀποδεικνύεται ἁπλούστατα μὲ τὸ βαρέλι τοῦ Πασκάλ. Γενικὰ οἱ πλευρικὲς πιέζουσες δυνάμεις ἀναιροῦνται ἀνὰ δύο. Ἂν ὅμως σ' ἕνα σημεῖο ἑνὸς τειχώματος ἀνοιχθῆ ὀπή, ἡ ἀνισότητα τῶν πιεζουσῶν δυνάμεων στὰ δύο ἀπέναντι τειχώματα μπορεῖ νὰ προκαλέση κίνηση.

5. Τὰ ὑδροφράγματα παρουσιάζουν μεγάλο πάχος στὴν βάση καὶ εἶναι λεπτότερα στὴν κορυφή. Αὐτὸ ὀφείλεται στὸ γεγονὸς ὅτι ὅσο πλησιάζουμε πρὸς τὸν πυθμένα τόσο αὐξάνονται οἱ πιέζουσες δυνάμεις ποὺ πρέπει νὰ ἐξουδετερωθοῦν.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Ἕνα ψάρι πλέει σὲ βάθος 500 m. Ἐὰν ἡ κάθε μία πλευρική του ἐπιφάνεια ἔχει ἐμβαδὸν 0,5 m², νὰ εὑρεθῆ ἡ πίεση ποὺ ἀσκεῖται ἀπὸ τὸ νερὸ στὸ ψάρι ὅπως ἐπίσης καὶ ἡ ὁλικὴ δύναμη ποὺ ἀσκεῖται σὲ κάθε πλευρὰ τοῦ ψαριοῦ. (Δίνεται ἡ πυκνότητα τοῦ θαλασσινοῦ νεροῦ: 1,03 gr/cm³.) (Ἀπ. 275 500 kp.)

2. Μέσα σὲ ἕνα κυλινδρικὸ δοχεῖο, ἡ βάση τοῦ ὁποίου ἔχει ἐμβαδὸν 30 cm², περιέχονται 150 cm³ νερό. Νὰ ὑπολογισθῆ ἡ ὁλικὴ δύναμη ποὺ ἀσκεῖται στὸν πυθμένα τοῦ δοχείου καθὼς καὶ ἡ πίεση. (Ἀπ. 150 p, 5 p/cm².)

3. Τὸ πλευρικὸ παράθυρο ἑνὸς βαθυσκάφους ἔχει σχῆμα ὀρθογωνίου παραλληλογράμμου, διαστάσεων 60 cm καὶ 40 cm. Τὸ κέντρο τοῦ παραθύρου εὑρίσκεται σὲ βάθος h = 2 500 m κάτω ἀπὸ τὴν ἐπιφάνεια τῆς θάλασσας. α) Νὰ ὑπολογισθῆ ἡ πίεση ποὺ ἀσκεῖται στὸ παράθυρο. β) Νὰ εὑρεθῆ ἡ δύναμη, ἡ ὁποία ἀσκεῖται στὸ παράθυρο. (Εἰδικὸ βάρος τοῦ θαλασσινοῦ νεροῦ: 1,03 p/cm³). (Ἀπ. 257,5 kp/cm². β' 618 000 kp.)

4. Τὸ πῶμα μιᾶς μπανιέρας ἔχει διάμετρο d = 5 cm. Τὸ ὕψος τοῦ νεροῦ μέσα στὴν μπανιέρα εἶναι h = 40 cm. Πόση δύναμη πρέπει νὰ ἀσκήσωμε στὴν ἁλυσσίδα γιὰ νὰ ἀνασηκωθῆ τὸ πῶμα καὶ νὰ ἀδειάση τὸ λουτρό. (Ἀπ. 785 p.)

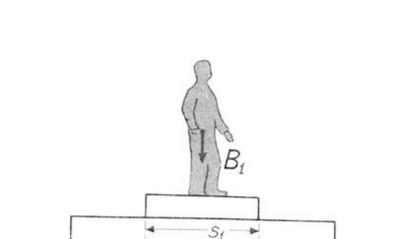
ΚΔ' – ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΤΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ ΜΕΣΑ ΑΠΟ ΤΑ ΥΓΡΑ

§ 146. Μετάδοση τῶν δυνάμεων μέσα ἀπὸ τὰ στερεά. Θεωροῦμε ἕνα ἄγαλμα, βάρους $B_1 = 3\,000$ kp μαζὺ μὲ τὴν βάση, ἡ ὁποία ἔχει ἐμβαδὸ $S_1 = 2$ m². Τὸ ἄγαλμα στηρίζεται ἐπάνω σὲ μαρμάρινο βάθρο, βάρους $B_2 = 5\,000$ kp καὶ ἐμβαδοῦ $S_2 = 4$ m² (σχ. 208). Τὸ βάθρο μόνο του ἀσκεῖ στὸ ἔδαφος πίεση:

$$p_2 = \frac{B_2}{S_2} = \frac{5\,000}{4}\ \frac{\text{kp}}{\text{m}^2} = 1\,250\ \text{kp/m}^2.$$

Τὸ ἄγαλμα ἀσκεῖ στὸ βάθρο του πίεση:

$$p_1 = \frac{B_1}{S_1} = \frac{3\,000}{2}\ \frac{\text{kp}}{\text{m}^2} = 1\,500\ \text{kp/m}^2.$$



Σχ. 208. Τὰ στερεὰ μεταβιβάζουν ὁλόκληρες τὶς δυνάμεις κατὰ τὴν φορὰ ποὺ ἀσκοῦνται καὶ μεταβάλλουν τὶς πιέσεις.

῞Οταν τὸ ὅλο σύστημα τοποθετηθῆ στὴν τελική του θέση, τότε στὸ ἔδαφος ἀσκεῖται συνολικὰ δύναμη B ἴση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν βαρῶν ἀγάλματος καὶ βάθρου, δηλαδὴ $B = B_1 + B_2$. Ἡ δύναμη αὐτὴ ἀσκεῖ στὸ ἔδαφος πίεση:

$$p = \frac{B}{S_2} = \frac{B_1 + B_2}{S_2} = \frac{B_1}{S_2} + \frac{B_2}{S_2} = \left(\frac{3\,000}{4} + \frac{5\,000}{4}\right)\frac{kp}{m^2} = (750 + 1\,250)\ kp/m^2 = 2\,000\ kp/m^2.$$

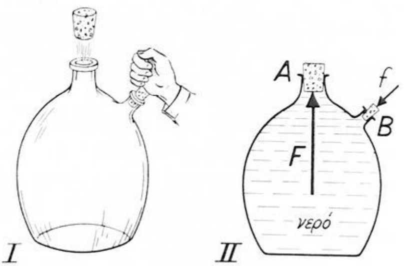
῞Οπως παρατηροῦμε ἡ πίεση αὐτή, ἐπειδὴ $p = \frac{B_1}{S_2} + \frac{B_2}{S_2}$, εἶναι ἡ πίεση $\frac{B_2}{S_2}$ ποὺ ἀσκεῖ μόνο τὸ βάθρο στὸ ἔδαφος, αὐξημένη μὲ τὴν πίεση B_1/S_2, δηλαδὴ τὴν πίεση ποὺ τὸ ἄγαλμα θὰ ἀσκοῦσε ἂν στηριζόταν στὴν ἐπιφάνεια τοῦ βάθρου.

Μὲ ἄλλα λόγια τὸ βάθρο, ποὺ δέχθηκε μία πίεση B_1/S_1 ἀπὸ τὸ ἄγαλμα, μεταβιβάζει στὸ ἔδαφος πίεση B_1/S_2, ἡ ὁποία μπορεῖ νὰ εἶναι 2, 5, 10, 100... φορὲς ἀσθενέστερη, ἀνάλογα ἀπὸ τὸ πόσες φορὲς μεγαλύτερη εἶναι ἡ ἐπιφάνεια S_2 ἀπὸ τὴν S_1. ῞Ωστε:

Τὰ στερεὰ σώματα μεταβιβάζουν μέσα ἀπὸ τὴν μάζα τους ὁλόκληρες τὶς δυνάμεις κατὰ τὴν φορὰ ποὺ ἀσκοῦνται. Οἱ μεταβιβαζόμενες πιέσεις ἐξαρτῶνται ἀπὸ τὶς ἐπιφάνειες ἐπαφῆς.

§ 147. Μετάδοση τῶν πιέσεων μέσα ἀπὸ τὰ ὑγρά. Πείραμα 1. Ἡ φιάλη τοῦ σχήματος 209 εἶναι γεμάτη μὲ νερό, χωρὶς νὰ περιέχῃ οὔτε μιὰ φυσαλλίδα ἀέρος. Τὰ δύο στόμια A καὶ B εἶναι προσεκτικὰ πωματισμένα καὶ τὸ A ἔχει μεγαλύτερη ἐπιφάνεια ἀπὸ τὸ B. Κτυπᾶμε ἐλαφρὰ τὸ πῶμα B, ὁπότε τὸ πῶμα A ἐκτινάσσεται, ἀπότομα. ῞Ωστε:

Τὰ ὑγρά, σὲ ἀντίθεση πρὸς τὰ στερεά, μεταβιβάζουν τὶς δυνάμεις, πρὸς ὅλες τὶς κατευθύνσεις.



Σχ. 209. Τὰ ὑγρὰ μεταβιβάζουν τὶς δυνάμεις πρὸς ὅλες τὶς διευθύνσεις.

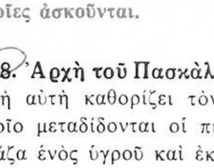
῎Αλλωστε ἀπὸ τὸν τρόπο μὲ τὸν ὁποῖο ἐκτινάσσεται τὸ πῶμα A, εἶναι φανερὸ πὼς ἐνῶ ἀσκήσαμε στὸ B μιὰ μικρὴ δύναμη f, μεταδόθηκε στὸ πῶμα A μιὰ δύναμη F κατὰ πολὺ μεγαλύτερη. ῞Ωστε:

Οἱ δυνάμεις, τὶς ὁποῖες μεταδίδουν τὰ ὑγρά, ἐξαρτῶνται ἀπὸ τὶς ἐπιφάνειες, ἐπάνω στὶς ὁποῖες ἀσκοῦνται.

§ 148. Ἀρχὴ τοῦ Πασκὰλ (Pascal). Ἡ ἀρχὴ αὐτὴ καθορίζει τὸν τρόπο μὲ τὸν ὁποῖο μεταδίδονται οἱ πιέσεις μέσα στὴν μάζα ἑνὸς ὑγροῦ καὶ ἐκφράζει ὅτι:

Κάθε μεταβολὴ τῆς πιέσεως, ποὺ προκαλεῖται σ' ἕνα ὁποιοδήποτε σημεῖο ἑνὸς ὑγροῦ σὲ ἰσορροπία, μεταδίδεται ὁλόκληρη σὲ ὅλα τὰ σημεῖα τοῦ ὑγροῦ.

Ἀπόδειξη. ῞Ας εἶναι A καὶ B δύο σημεῖα ἑνὸς ὑγροῦ σὲ ἰσορροπία (σχ. 210), h ἡ ὑψομετρικὴ διαφορὰ τῶν σημείων



Σχ. 210. Κάθε μεταβολὴ τῆς πιέσεως στὸ A συνοδεύεται ἀπὸ μίαν ἴση μεταβολὴ στὸ B.

καὶ ε τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ. Σύμφωνα μὲ τὴν θεμελιώδη ἀρχὴ τῆς Ὑδροστατικῆς θὰ ἔχωμε ὅτι:

$$p_B - p_A = \varepsilon \cdot h$$

Ἐπειδὴ τὰ ὑγρὰ εἶναι ἀσυμπίεστα, ἡ δράση μιᾶς πιέζουσας δυνάμεως στὸ A δὲν θὰ μεταβάλῃ οὔτε τὸ ὕψος h, οὔτε τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ. Συνεπῶς θὰ πρέπει ἡ διαφορὰ $p_B - p_A$ νὰ παραμείνῃ σταθερή. Ἑπομένως κάθε μεταβολὴ τῆς πιέσεως στὸ A συνοδεύεται ἀπὸ μιὰν ἴση μεταβολὴ στὸ B.

Ἑρμηνεία τοῦ πειράματος τῆς φιάλης μὲ τὰ δύο στόμια. Ἡ ἀρχὴ τοῦ Πασκὰλ μᾶς ἐπιτρέπει νὰ ἑρμηνεύσωμε τὸ πείραμα τῆς φιάλης μὲ τὰ δύο στόμια (βλ. σχ. 209).

Ἄς ὑποθέσωμε ὅτι στὸ μικρὸ πῶμα μὲ διατομὴ 0,5 cm² ἀσκοῦμε δύναμη f = 1 kp, ὁπότε στὴν βάση τοῦ πώματος ἀναπτύσσεται πίεση:

$$p = \frac{f}{s} = \frac{1}{0{,}5} = \frac{kp}{cm^2} = 2\ kp/cm^2.$$

Τὸ ὑγρὸ μετάφερε τὴν πίεση αὐτὴ στὴν βάση τοῦ μεγάλου πώματος A, τομῆς S = 10 cm² καὶ ἀνάπτυξε κατ' αὐτὸν τὸν τρόπο δύναμη:

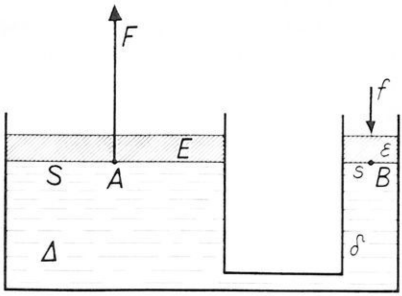
$$F = p \cdot S = 2 \cdot 10\ kp = 20\ kp$$

ἡ ὁποία προκάλεσε τὴν ἀπότομη καὶ βίαιη ἐκτίναξη τοῦ πώματος.

§ 149. Ἐφαρμογὲς τῆς Ἀρχῆς τοῦ Πασκάλ.

Ἡ ἀρχὴ τοῦ Πασκὰλ ἐπιτρέπει τὴν κατανόηση τῆς λειτουργίας τοῦ ὑδραυλικοῦ πιεστηρίου, τῶν ὑδραυλικῶν τροχοπεδῶν (φρένων) κλπ.

Ὑδραυλικὸ πιεστήριο. α) Ἀρχή. Θεωροῦμε δύο κυλινδρικὰ συγκοινωνοῦντα δοχεῖα Δ καὶ δ, μὲ τομὲς S = 100 cm² καὶ s = 10 cm², γεμᾶτα μὲ νερὸ καὶ κλεισμένα ὑδατοστεγῶς μὲ δύο κινούμενα ἔμβολα E καὶ ε (σχ. 211). Τὸ σύστημα ἰσορροπεῖ



Σχ. 211. Ἡ λειτουργία τοῦ ὑδραυλικοῦ πιεστηρίου στηρίζεται στὴν ἀρχὴ τοῦ Πασκάλ.

μὲ τὶς βάσεις τῶν ἐμβόλων στὸ ἴδιο ὁριζόντιο ἐπίπεδο.

Ἀσκοῦμε στὸ μικρὸ ἔμβολο δύναμη f = 5 kp, τοποθετώντας ἐπάνω σ' αὐτὸ ἀντίστοιχα σταθμά. Ἡ πίεση ποὺ ἐξ αἰτίας τοῦ βάρους ἀσκεῖται στὸ μικρὸ ἔμβολο εἶναι $p = 5/10\ kp/cm^2 = 0{,}5\ kp/cm^2$. Τὸ νερὸ μεταβιβάζει τὴν πίεση αὐτὴ στὸ μεγάλο ἔμβολο, ἐπάνω στὸ ὁποῖο ἀσκεῖται δύναμη F, ἴση μέ:

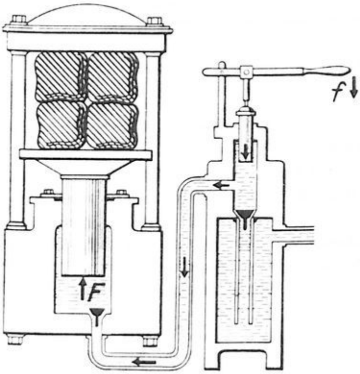
$$F = 0{,}5 \cdot 100 = 50\ kp.$$

Γιὰ νὰ διατηρήσωμε λοιπὸν ἀκίνητο τὸ μεγάλο ἔμβολο πρέπει νὰ θέσωμε ἐπάνω σ' αὐτὸ βάρος 50 kp.

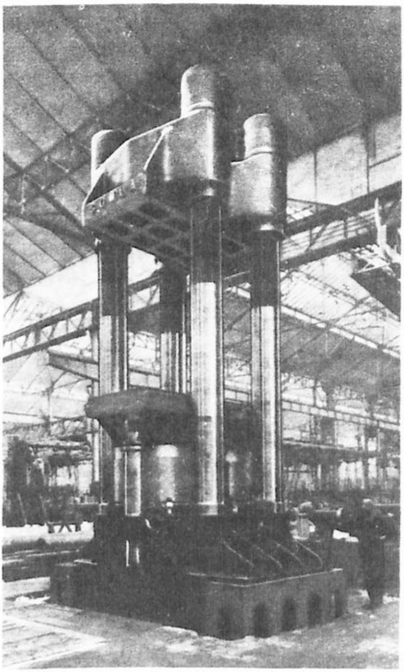
Γενικὰ ἡ δύναμη f προκαλεῖ στὸ ἔμβολο ποὺ ἀσκεῖται πίεση f/s καὶ ἡ δύναμη F ποὺ ἀναπτύσσεται στὸ ἄλλο ἔμβολο εἶναι: $F = \frac{f}{s} \cdot S = f \cdot \frac{S}{s}$ Ὥστε:

Ἡ δύναμη F, ποὺ ἀναπτύσσεται λόγω πιέσεως, σὲ τμῆμα ἐπιφανείας S, ἐντὸς ἑνὸς ὑγροῦ, ἐξ αἰτίας τῆς δράσεως μιᾶς δυνάμεως f, σὲ τμῆμα ἐπιφανείας s, τοῦ ἴδιου ὑγροῦ, ἰσοῦται μὲ τὸ γινόμενο τῆς δυνάμεως f καὶ τοῦ λόγου S/s, δηλαδὴ τῆς ἀσκουμένης δυνάμεως καὶ τοῦ λόγου τῶν ἐπιφανειῶν στὶς ὁποῖες ἐνεργοῦν ἡ ἄγνωστη δύναμη F καὶ ἡ γνωστὴ f. Εἶναι συνεπῶς δυνατὸν μὲ μιὰ μικρὴ δύναμη f, ποὺ ἀσκεῖται σὲ μικρὴ ἐπιφάνεια s, νὰ προκαλέσωμε πολὺ μεγάλη δύναμη σὲ ἐπιφάνεια S > s. Αὐτὴ εἶναι ἡ ἀρχὴ τοῦ ὑδραυλικοῦ πιεστηρίου.

Περιγραφή. Τὸ ὑδραυλικὸ πιεστήριο (σχ. 212) ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο κυλινδρικὰ δοχεῖα, μὲ ἄνισες διαμέτρους d καὶ D τὰ ὁποῖα συγκοινωνοῦν στὶς βάσεις τους, περιέχουν νερὸ ἢ ἄλλο ὑγρὸ καὶ εἶναι κλεισμένα ὑδατοστεγῶς μὲ δύο ἄνισα ἔμβολα.



Σχ. 212. Ὑδραυλικὸ πιεστήριο.



Σχ. 213. Βιομηχανικὸ ὑδραυλικὸ πιεστήριο.

Τὸ μικρὸ ἔμβολο κινεῖται μὲ τὴν βοήθεια ἑνὸς μοχλοῦ. Ὅταν ἐφαρμόσωμε μιὰ δύναμη f ἐπάνω στὸ μικρὸ ἔμβολο, ἡ δύναμη αὐτὴ προκαλεῖ μιὰ πίεση, ποὺ μεταδίδεται ἀμετάβλητη σ' ὅλη τὴν μάζα τοῦ ὑγροῦ, ἑπομένως καὶ στὸ μεγάλο ἔμβολο. Λόγῳ ὅμως αὐτῆς τῆς πιέσεως ἀναπτύσσεται στὸ μεγάλο ἔμβολο δύναμη F κατὰ πολὺ μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν f, ἡ ὁποία τὸ ὠθεῖ πρὸς τὰ ἐπάνω.

Τὸ μεγάλο ἔμβολο ἔχει προσαρμοσμένη μιὰν ἀνθεκτικὴ πλάκα ἐπάνω ἀπὸ τὴν ὁποία ὑπάρχει, κατάλληλα στερεωμένη, μιὰ δεύτερη ἀλλὰ μόνιμη πλάκα. Ἀνάμεσα ἀπὸ τὶς δύο αὐτὲς πλάκες τοποθετεῖται τὸ σῶμα ποὺ θέλουμε νὰ συνθλίψωμε ἢ νὰ συμπιέσωμε.

§ 150. Ἐφαρμογὲς τοῦ ὑδραυλικοῦ πιεστηρίου. Μὲ τὸ ὑδραυλικὸ πιεστήριο μποροῦμε νὰ προκαλέσωμε μεγάλες πιέζουσες δυνάμεις. Γι' αὐτὸν τὸν λόγο χρησιμοποιεῖται σὲ διάφορες εἰδικὲς ἐργασίες.

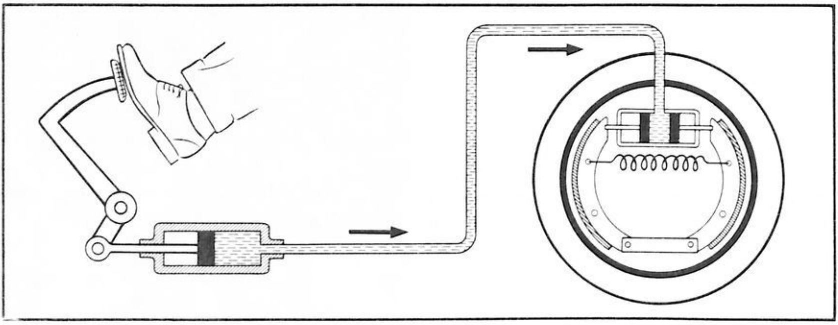
Στὰ ἐλαιοτριβεῖα ἡ σύνθλιψη τῶν ἐλαιῶν γιὰ ἐξαγωγὴ τοῦ λαδιοῦ γίνεται μὲ ὑδραυλικὸ πιεστήριο, ὅπως ἐπίσης καὶ ἡ ἐξαγωγὴ ἄλλων ὑγρῶν ἀπὸ καρποὺς ἢ σπόρους (βαμβακέλαιο κλπ.).

Μὲ ὑδραυλικὸ πιεστήριο συμπιέζεται καὶ συσκευάζεται ἐπίσης τὸ μαλλὶ ἢ τὸ βαμβάκι σὲ δέματα, γιὰ νὰ διευκολύνεται ἡ μεταφορά τους.

Εἰδικὲς διατάξεις γιὰ ἀνύψωση σωμάτων μὲ μεγάλο βάρος (αὐτοκινήτων γιὰ ἐπιθεώρηση, κάθαρση καὶ λίπανση) περιλαμβάνουν ὑδραυλικὸ πιεστήριο.

Στὴν βιομηχανία χρησιμοποιοῦμε ἐπίσης τεράστια ὑδραυλικὰ πιεστήρια (σχ. 213), στὰ ὁποῖα ὁ λόγος τῶν ἐπιφανειῶν τῶν δύο ἐμβόλων εἶναι πολὺ μεγάλος. Μὲ μικρὴ συνεπῶς προσπάθεια μποροῦμε νὰ ἀναπτύξωμε δυνάμεις πολλῶν μεγαπόντ.

Στὴν ἀρχὴ τοῦ ὑδραυλικοῦ πιεστηρίου στηρίζονται καὶ οἱ ὑδραυλικὲς τροχοπέδες (φρένα) τῶν αὐτοκινήτων. Τὰ ποδόφρενα (σχ. 214) εἶναι κατάλληλος συνδυασμὸς μοχλοῦ καὶ ὑδραυλι-



Σχ. 214. Πῶς λειτουργοῦν τὰ ὑδραυλικὰ ποδόφρενα τῶν αὐτοκινήτων.

κοῦ πιεστηρίου. Ἡ δύναμη ποὺ ἀσκοῦμε μὲ τὸ πόδι μας στὸ ποδόπληκτρο πολλαπλασιάζεται μὲ τὴν παρεμβολὴ τοῦ μοχλοῦ καὶ μεταβιβάζεται στὸ ἔμβολο ποὺ ἔχει μικρὴ ἐπιφάνεια, προκαλώντας μιὰν ὁρισμένη πίεση. Ἡ πίεση αὐτὴ μεταφέρεται μέσα ἀπὸ τὴν μάζα εἰδικοῦ ὀρυκτελαίου στὶς ἐπιφάνειες δύο ἐμβόλων, ποὺ κινοῦν δύο ἀρθρωτὰ ἐλάσματα. Αὐτὰ ἐξωθοῦνται καὶ ἐφάπτονται στὸ ἐσωτερικὸ τοῦ τυμπάνου τοῦ τροχοῦ καὶ μὲ τὴν τριβὴ ποὺ προκαλεῖται μ᾽ αὐτὸν τὸν τρόπο, οἱ τροχοὶ παύουν νὰ στρέφωνται καὶ τὸ αὐτοκίνητο σταματᾶ.

Τὸ ὑδραυλικὸ πιεστήριο χρησιμοποιεῖται ἐπίσης στὸν ἔλεγχο τῆς ἀντοχῆς τῶν ὑλικῶν. Μὲ αὐτὸ δοκιμάζουμε τὴν ἀντοχὴ τῆς κάνης τῶν κανονιῶν, τῶν τειχωμάτων τῶν ἀτμολεβήτων κλπ.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Τὰ στερεὰ μεταβιβάζουν ὁλοκληρωτικὰ τὶς δυνάμεις ποὺ ὑφίστανται, χωρὶς νὰ μεταβάλουν τὸ μέτρο ἢ τὴν φορά τους.

2. Ἡ ἀρχὴ τοῦ Πασκὰλ ἐπεξηγεῖ τὸν τρόπο κατὰ τὸν ὁποῖο τὰ ὑγρὰ μεταβιβάζουν τὶς πιέσεις ποὺ δέχονται. Σύμφωνα μὲ τὴν ἀρχὴ αὐτὴ τὰ ὑγρά, ὄντας ἀσυμπίεστα, μεταβιβάζουν ὁλοκληρωτικὰ καὶ πρὸς ὅλες τὶς κατευθύνσεις τὶς πιέσεις ποὺ ὑφίστανται. Πραγματικὰ ἡ διαφορὰ πιέσεων σὲ δύο σημεῖα Α καὶ Β ἑνὸς ὑγροῦ $p_B - p_A = \varepsilon \cdot h$, μένει σταθερή. Ἑπομένως κάθε μεταβολὴ τῆς πιέσεως στὸ Α, συνοδεύεται ἀπὸ ἴση μεταβολὴ στὸ Β.

3. Τὸ ὑδραυλικὸ πιεστήριο ἀποτελεῖ μιὰ σπουδαία ἐφαρμογὴ τῆς ἀρχῆς τοῦ Πασκάλ. Ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο ἀνθεκτικὰ κυλινδρικὰ δοχεῖα, ποὺ περιέχουν συνήθως νερό, ἔχουν διαφορετικὲς διαμέτρους, κλείνονται ὑδατοστεγῶς μὲ κινητὰ ἔμβολα καὶ συγκοινωνοῦν στὶς βάσεις τους. Ὅταν ἐφαρμόσωμε μιὰ δύναμη f στὸ μικρὸ ἔμβολο, τομῆς s, ἀναπτύσσεται στὸ μεγάλο ἔμβολο, τομῆς S, δύναμη

$$F = f \cdot \frac{S}{s}$$

Εἶναι λοιπὸν δυνατὸ μὲ δύναμη μικροῦ μέτρου νὰ προκαλέσωμε ἰσχυρὲς πιέζουσες δυνάμεις.

4. Τὸ ὑδραυλικὸ πιεστήριο χρησιμοποιεῖται γιὰ συμπίεση καὶ συσκευασία ὁρισμένων ἐμπορευμάτων, γιὰ τὴν ἐξαγωγὴ μὲ σύνθλιψη τοῦ ἐλαίου τῶν ἐλαιῶν καὶ τῶν ἐλαίων τῶν σπόρων ἄλλων δένδρων ἢ φυτῶν, ὅπως τοῦ βαμβακιοῦ, γιὰ τὴν ἀνύψωση βαριῶν ἀντικειμένων, ὅπως τῶν αὐτοκινήτων, ὅταν πρόκειται νὰ λιπανθοῦν ἢ νὰ ἐπιθεωρηθοῦν κλπ.

5. Τὰ ὑδραυλικὰ φρένα τῶν αὐτοκινήτων εἶναι κατάλληλος συνδυασμὸς μοχλοῦ καὶ ὑδραυλικοῦ πιεστηρίου.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Στὸ μικρὸ ἔμβολο ἑνὸς ὑδραυλικοῦ πιεστηρίου διαμέτρου 4 cm ἀσκεῖται σταθερὴ δύναμη μέτρου 60 kp. Ἐὰν τὸ μεγάλο ἔμβολο ἔχει διάμετρο 80 cm νὰ εὑρεθοῦν: α) Ἡ πίεση τὴν ὁποία δέχεται τὸ ὑγρὸ καὶ β) ἡ δύναμη ποὺ ἀσκεῖται στὸ μεγάλο ἔμβολο.

(Ἀπ. 4,77 kp/cm^2, β' 2 400 kp.)

2. Στὸ μικρὸ ἔμβολο ὑδραυλικοῦ πιεστηρίου ἀσκεῖται δύναμη 50 kp γιὰ νὰ ὑψωθῇ βάρος 2 000 kp. Ἂν τὸ μικρὸ ἔμβολο ἔχει ἐμβαδὸν ἐπιφανείας 5 cm^2, ποιὰ πρέπει νὰ εἶναι ἡ ἐπιφάνεια τοῦ μεγάλου ἐμβόλου; *(Ἀπ. 200 cm^2.)*

3. Ἕνα ὑδραυλικὸ πιεστήριο ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο κυλίνδρους μὲ διαμέτρους 20 cm καὶ 4 cm ἀντιστοίχως. Θέτουμε στὸ μικρὸ ἔμβολο ἕνα βάρος 15 kp. Νὰ εὑρεθῇ τὸ βάρος ποὺ θὰ πρέπει νὰ τεθῇ στὸ μεγάλο ἔμβολο γιὰ νὰ διατηρηθῇ ἡ ἰσορροπία.

(Ἀπ. 375 kp.)

4. Στὸ μικρὸ ἔμβολο ἑνὸς ὑδραυλικοῦ πιεστηρίου ἀσκεῖται μιὰ σταθερὴ δύναμη, μέτρου 15 kp. Ἐὰν ὁ λόγος τῶν ἐμβαδῶν τοῦ μεγάλου ἐμβόλου πρὸς τὸ ἐμβαδὸν τοῦ μικροῦ εἶναι 300, νὰ εὑρεθῇ τὸ μέγιστο βάρος, τὸ ὁποῖο μπορεῖ νὰ ἀνυψωθῇ ἀπὸ τὸ μεγάλο ἔμβολο. *(Ἀπ. 4 500 kp.)*

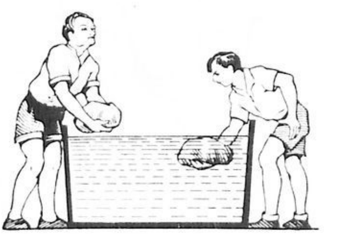
5. Στὸ μεγάλο ἔμβολο ἑνὸς ὑδραυλικοῦ πιεστηρίου ὑπάρχει φορτίο βάρους 400 kp. Ἐὰν ὁ λόγος τῶν ἐμβαδῶν τοῦ μεγάλου ἐμβόλου πρὸς τὸ ἐμβαδὸν τοῦ μικροῦ εἶναι 50, νὰ εὑρεθῇ ἡ ἐλάχιστη δύναμη, ποὺ θὰ πρέπει νὰ ἀσκηθῇ στὸ μικρὸ ἔμβολο γιὰ νὰ ὑψωθῇ τὸ φορτίο. *(Ἀπ. 8 kp.)*

ΚΕ' – ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΣΠΟΥΔΗ ΤΗΣ ΑΡΧΗΣ ΤΟΥ ΑΡΧΙΜΗΔΗ

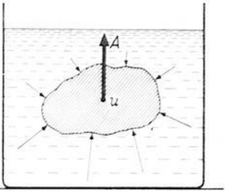
§ 151. Ἡ ἄνωση. Ἡ καθημερινὴ πεῖρα διδάσκει ὅτι εἶναι εὐκολώτερο νὰ σηκώσωμε ἕνα βαρὺ σῶμα, βυθισμένο μέσα στὸ νερὸ καὶ δυσκολώτερο ἂν τὸ σῶμα εὑρίσκεται στὸν ἀτμοσφαιρικὸ ἀέρα. Γι' αὐτὸν τὸν λόγο μιὰ πέτρα βυθισμένη μέσα στὸ νερὸ φαίνεται νὰ εἶναι ἐλαφρότερη ἀπ' ὅ,τι στὸν ἀέρα (σχ. 215).

Ὅταν βγάζωμε τὸ χέρι μας ἀπὸ τὸ λουτρό, τὸ νοιώθουμε βαρύτερο.

Γνωρίζουμε πὼς κάθε ἐπιφάνεια, βυθισμένη μέσα σ' ἕνα ὑγρὸ ποὺ ἰσορροπεῖ, δέχεται μιὰν ὁλικὴ πιέζουσα δύναμη, ἡ ὁποία εἶναι κάθετη στὴν ἐπιφάνεια. Τὸ ἴδιο συμβαίνει καὶ ὅταν πρόκειται γιὰ τὴν ἐπι-



Σχ. 215. Μιὰ πέτρα βυθισμένη στὸ νερὸ παρουσιάζει μικρότερο βάρος.

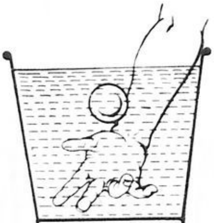


Σχ. 216. Οἱ πιέζουσες δυνάμεις ποὺ ἀσκοῦνται ἀπὸ τὸ ὑγρὸ στὸ βυθισμένο σῶμα δίδουν μιὰ κατακόρυφη συνισταμένη, ἡ ὁποία διευθύνεται πρὸς τὰ ἐπάνω.

φάνεια ἑνὸς βυθισμένου στερεοῦ σώματος.

Ὅλες οἱ πιέζουσες δυνάμεις δίδουν μιὰ συνισταμένη, ποὺ διευθύνεται πρὸς τὰ ἐπάνω, μιὰ κατακόρυφη δηλαδὴ δύναμη, μὲ φορὰ ἀντίθετη πρὸς τὸ βάρος (σχ. 216), ἡ ὁποία ὀνομάζεται **πιέζουσα δύναμη τοῦ Ἀρχιμήδη** ἢ **ἄνωση.**

§ 152. Χαρακτηριστικὰ τῆς ἀνώσεως. Πείραμα 1. Βυθίζουμε ἕνα πῶμα ἀπὸ φελλὸ μέχρι τὸν πυθμένα ἑνὸς γυάλινου δοχείου, ποὺ περιέχει νερὸ κι ἔπειτα τὸ ἀφήνουμε ἐλεύθερο. Παρατηροῦμε τότε πὼς τὸ πῶμα ἀνέρχεται ταχύτατα μέσα στὸ νερὸ καὶ ἰσορροπεῖ μόνον ὅταν φθάση στὴν ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ. Μιὰ μπάλλα ἀπὸ καουτσούκ, ποὺ ἀφήνεται ἐλεύθερη στὸν πυθμένα ἑνὸς δοχείου, γεμάτου μὲ νερό, ἀνέρχεται ἐπίσης πρὸς τὴν



Σχ. 217. Μιὰ καουτσουκένια μπάλλα ποὺ ἀφήνεται ἐλεύθερη μέσα στὸ νερὸ ἀνεβαίνει ταχύτατα πρὸς τὴν ἐπιφάνεια.

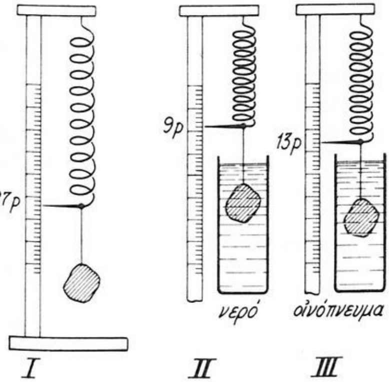
ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ καὶ μπορεῖ μάλιστα νὰ ἐκτιναχθῆ καὶ ἔξω ἀπὸ τὸ νερό (σχ. 217).

Πείραμα 2. Παίρνουμε ἕναν ἀδειανὸ κουβᾶ καὶ τοποθετώντας τον κατακόρυφο, μὲ τὸ ἄνοιγμα πρὸς τὰ ἐπάνω, προσπαθοῦμε νὰ τὸν βυθίσωμε σὲ μιὰ λεκάνη μὲ νερό. Παρατηροῦμε πὼς πρέπει νὰ ἀσκήσωμε μιὰ δύναμη ἀρκετὰ μεγάλη, διευθυνόμενη πρὸς τὰ κάτω, γιὰ νὰ βυθίσωμε τὸ δοχεῖο (σχ. 218). Ἡ δύναμη μάλιστα αὐτὴ πρέπει νὰ γίνεται ὁλοένα καὶ μεγαλύτερη ὅσο περισσότερο βυθίζεται τὸ δοχεῖο στὸ νερό. Ὅσο δηλαδὴ αὐξάνεται ὁ βυθισμένος ὄγκος τοῦ δοχείου.

Σχ. 218. Γιὰ νὰ βυθίσωμε τὸν ἀδειανὸ κουβᾶ πρέπει νὰ ἀσκήσωμε μεγάλη δύναμη.

Πείραμα 3. Ἀπὸ τὸ ἄγκιστρο ἑνὸς δυναμομέτρου κρεμᾶμε ἕνα βαρὺ σῶμα, προσδένοντάς το μὲ ἕνα λεπτὸ νῆμα (σχ. 219, I). Ὅταν τὸ σῶμα εὑρίσκεται στὸν ἀτμοσφαιρικὸν ἀέρα, τὸ δυναμόμετρο δείχνει βάρος 27 p. Βυθίζουμε κατόπι τὸ σῶμα στὸ νερὸ (σχ. 219, II) ὁπότε παρατηροῦμε πὼς τὸ νῆμα ἐξαρτήσεως παραμένει κ α τ α κ ό ρ υ φ ο, ἐνῶ τὸ δυναμόμετρο δείχνει μικρότερο βάρος ἴσο μὲ 9 p. Τὸ βάρος λοιπὸν τοῦ σώματος φαίνεται πὼς ἔχει ἐλαττωθῆ κατὰ 18 p.

Ἑρμηνεία τῶν πειραμάτων. Τὸ πῶμα ἀπὸ φελλό, τὸ λευκοσιδηρὸ δοχεῖο καὶ ἡ μεταλλικὴ σφαίρα δέχονται μιὰ πιέζουσα



Σχ. 219. Τὸ σῶμα παρουσιάζει μεγαλύτερο βάρος στὸν ἀέρα.

δύναμη ἀπὸ τὸ νερό, τὴν ἄ ν ω σ η, μὲ διεύθυνση ἀπὸ κάτω πρὸς τὰ ἐπάνω. Τὸ τελευταῖο πείραμα δείχνει πὼς ἡ ἄνωση εἶναι κ α τ α κ ό ρ υ φ η ἀφοῦ τὸ νῆμα ἐξαρτήσεως δὲν μετακινήθηκε πλευρικά, ὅταν βυθίσαμε στὸ νερὸ τὸ σῶμα. Ὥστε:

Κάθε στερεὸ σῶμα, βυθισμένο σ' ἕνα ὑγρό, δέχεται ἀπὸ τὸ ὑγρὸ μιὰ κατακόρυφη δύναμη μὲ φορὰ πρὸς τὰ ἐπάνω, ἡ ὁποία ὀνομάζεται ἄνωση.

Πείραμα 4. Ἀπὸ τὸ ἄγκιστρο τοῦ δυναμομέτρου κρεμᾶμε ἕνα σῶμα βάρους καὶ πάλι 27 p, ἀλλὰ μεγαλυτέρου ὄγκου ἀπὸ τὸ σῶμα τοῦ πειράματος 3. Παρατηροῦμε τότε πὼς ὅταν τὸ βυθίσωμε στὸ νερό, τὸ δυναμόμετρο θὰ δείξη βάρος μικρότερο τῶν 9 p, ἔστω 6 p. Ὥστε:

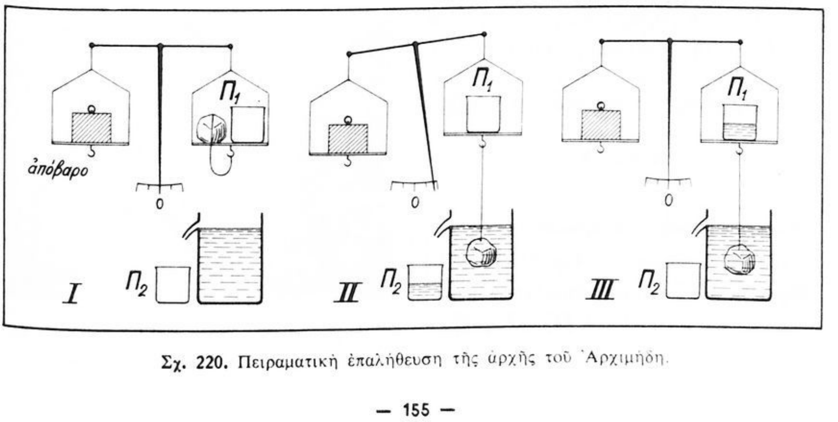
Ἡ ἄνωση ποὺ δέχεται ἕνα σῶμα, βυθισμένο σ' ἕνα ὑγρό, μεγαλώνει ὅταν αὐξάνεται ὁ ὄγκος τοῦ ἐκτοπιζόμενου ὑγροῦ.

Πείραμα 5. Βυθίζουμε τὸ σῶμα τοῦ πειράματος 3, σ' ἕνα ἄλλο ὑγρό, μὲ εἰδικὸ βάρος μικρότερο ἀπὸ τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ νεροῦ, π.χ. σὲ οἰνόπνευμα (βλ. σχ. 219, III). Παρατηροῦμε τότε πὼς τὸ δυναμόμετρο θὰ δείξη βάρος μεγαλύτερο ἀπὸ 9 p, ἔστω 13 p. Ὥστε:

Ἡ ἄνωση τὴν ὁποία δέχεται ἕνα σῶμα βυθισμένο σ' ἕνα ὑγρό, ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ.

§ 153. Ὑπολογισμὸς τῆς ἀνώσεως.

α) Σὲ ἕναν ἀπὸ τοὺς δύο δίσκους ἑνὸς ὑδροστατικοῦ ζυγοῦ τοποθετοῦμε ἕνα στερεὸ σῶμα, ἀδιάλυτο στὸ νερό, π.χ. ἕνα κομμάτι γρανίτη, δεμένο μὲ λεπτὸ νῆμα κάτω ἀπὸ τὸν δίσκο. Στὸν ἴδιο δίσκο τοποθετοῦμε καὶ ἕνα ποτήρι Π_1 καὶ ὕστερα παίρνουμε τὸ ἀπόβαρο μὲ σταθμά, ποὺ θέτουμε στὸν ἄλλο δίσκο (σχ. 220, I). Κάτω ἀπὸ τὸν δίσκο, ποὺ εἶναι τοποθετημένο τὸ



Σχ. 220. Πειραματικὴ ἐπαλήθευση τῆς ἀρχῆς τοῦ Ἀρχιμήδη.

σῶμα, φέρνουμε ἕνα εἰδικὸ δοχεῖο μὲ νερὸ καὶ τὸ γεμίζουμε μέχρι τὸν πλευρικὸ σωλήνα ἐκροῆς, ἐνῶ στὸ στόμιο τοῦ σωλῆνος τοποθετοῦμε ἕνα δεύτερο ποτήρι $Π_2$, γιὰ νὰ συλλέγωμε τὸ ἐκτοπιζόμενο νερό.

β) Βυθίζουμε τὸ σῶμα μέσα στὸ νερὸ (σχ. 220, II), ὁπότε καταστρέφεται ἡ ἰσορροπία, ἐνῶ τὸ ἐκτοπιζόμενο ἀπὸ τὸ σῶμα νερὸ χύνεται στὸ ποτήρι $Π_2$. Ὁ ὄγκος τοῦ ἐκτοπιζόμενου νεροῦ εἶναι βέβαια ἴσος μὲ τὸν ὄγκο τοῦ σώματος.

γ) Χύνουμε τὸ νερὸ τοῦ ποτηριοῦ $Π_2$ στὸ ποτήρι $Π_1$, ποὺ βρίσκεται στὸν δίσκο τοῦ ζυγοῦ, ἀπὸ τὸν ὁποῖο εἶναι ἐξαρτημένο τὸ σῶμα, ὁπότε ὁ ζυγὸς ἰσορροπεῖ καὶ πάλιν ὁριζοντίως (σχ. 220, III). Ὥστε:

Ἡ ἄνωση, ποὺ ὑφίσταται ἕνα σῶμα βυθισμένο σ' ἕνα ὑγρό, ἰσορροπεῖται ἀπὸ τὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ, τὸ ὁποῖο ἐκτοπίζει τὸ σῶμα.

§ 154. Ἀρχὴ τοῦ Ἀρχιμήδη.

Τὰ παραπάνω πειράματα ἀποδεικνύουν ὅτι:

Κάθε σῶμα, βυθισμένο σ' ἕνα ὑγρὸ ποὺ ἰσορροπεῖ, δέχεται ἀπὸ τὸ ὑγρὸ μιὰ πιέζουσα κατακόρυφη δύναμη, μὲ φορὰ πρὸς τὰ ἐπάνω, τὴν ἄνωση, ἴση μὲ τὸ βάρος τοῦ ἐκτοπιζομένου ὑγροῦ.

Ἐὰν παραστήσωμε μὲ Α τὴν ἄνωση, μὲ ε τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ καὶ μὲ V τὸν ὄγκο τοῦ ἐκτοπιζομένου ὑγροῦ, ὁ ὁποῖος εἶναι ἴσος μὲ τὸν ὄγκο τοῦ βυθισμένου μέρους τοῦ σώματος θὰ ἔχωμε:

$$A = \varepsilon \cdot V$$

Ἄνωση = βάρος ἐκτοπιζομένου ὑγροῦ = = (ὄγκος ἐκτοπιζομένου ὑγροῦ) × (εἰδικὸ βάρος ὑγροῦ) = (ὄγκος βυθισμένου μέρους τοῦ σώματος) × (εἰδικὸ βάρος ὑγροῦ)

Τὸ σημεῖο ἐφαρμογῆς τῆς ἀνώσεως συμπίπτει μὲ τὸ κέντρο βάρους τοῦ ἐκτοπιζομένου ὑγροῦ καὶ ὀνομάζεται **κέντρο ἀνώσεως.**

Ἂν τὸ στερεὸ σῶμα εἶναι ὁμογενές, καὶ ὁλότελα βυθισμένο, τότε τὸ κέντρο ἀνώσεως καὶ τὸ κέντρο βάρους τοῦ στερεοῦ συμπίπτουν.

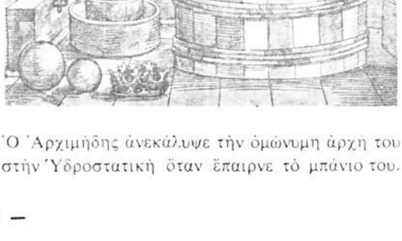
Φαινομενικὸ βάρος. Στὰ παραπάνω πειράματα τὸ βυθισμένο στερεό, βρίσκεται κάτω ἀπὸ τὴν δράση δύο κατακορύφων δυνάμεων ἀντίθετης φορᾶς: τοῦ β ά ρ ο υ ς του καὶ τῆς ἀ ν ώ σ ε ω ς. Τώρα ἐννοοῦμε γιατί φαίνονται ἐλαφρότερα τὰ στερεὰ ὅταν εἶναι βυθισμένα σ' ἕνα ὁποιοδήποτε ὑγρό. Ἡ ἄνωση ἐξουδετερώνει ἕνα μέρος τοῦ βάρους, τὸ ὁποῖο παρουσιάζουν τὰ στερεὰ στὸν ἀέρα, κι' ἔτσι μᾶς φαίνονται λιγώτερο βαριά.

Τὸ βάρος ποὺ παρουσιάζουν τὰ βυθισμένα σὲ ὑγρὸ στερεὰ σώματα ὀνομάζεται φ α ι ν ο μ ε ν ι κ ὸ β ά ρ ο ς καὶ ἰσοῦται μὲ τὸ βάρος τοῦ σώματος στὸν ἀέρα, ἐλαττωμένο κατὰ τὴν ἄνωση. Δηλαδή:

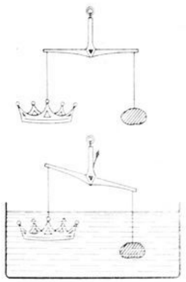
Φαινομενικὸ βάρος = βάρος τοῦ σώματος — ἄνωση

§ 155. Ἱστορικό.

Ἡ παράδοση ἀναφέρει πὼς ὁ Ἱέρων, τύραννος τῶν Συρακουσῶν τῆς Σικελίας (Μεγάλη Ἑλλάς), εἶχε ἀναθέσει στὸν



Ὁ Ἀρχιμήδης ἀνεκάλυψε τὴν ὁμώνυμη ἀρχὴ του στὴν Ὑδροστατικὴ ὅταν ἔπαιρνε τὸ μπάνιο του.



Σχ. 221. Τὸ ἱστορικὸ πείραμα τοῦ Ἀρχιμήδη. Στὸ νερὸ ἡ κορώνα εἶναι ἐλαφρότερη ἀπὸ ἴσο βάρος χρυσοῦ.

Ἀρχιμήδη, ἕναν ἀπὸ τοὺς μεγαλύτερους σοφοὺς τῆς Ἀρχαίας Ἑλλάδος (287 - 212 π.Χ.) νὰ ἐξακριβώση ἂν ὁ χρυσοχόος τοῦ παλατιοῦ, ὁ ὁποῖος τοῦ εἶχε κατασκευάσει μιὰ κορώνα, χρησιμοποίησε ὅλο τὸ χρυσάφι, ποὺ ὁ βασιλιᾶς εἶχε διαθέσει γιὰ τὸν σκοπὸ αὐτό, καὶ δὲν ἀντικατάστησε ἕνα μέρος του μὲ ἄργυρο.

Ὁ μεγάλος Φυσικὸς ἀνακάλυψε τὴν λύση τοῦ προβλήματος ἐνῶ ἔπαιρνε τὸ λουτρό του. Ξεχνώντας μάλιστα πὼς ἦταν γυμνός, ἐνθουσιάστηκε τόσο, ὥστε βγῆκε τρέχοντας στοὺς δρόμους τῆς πόλεως φωνάζοντας τὸ περίφημο «εὕρηκα».

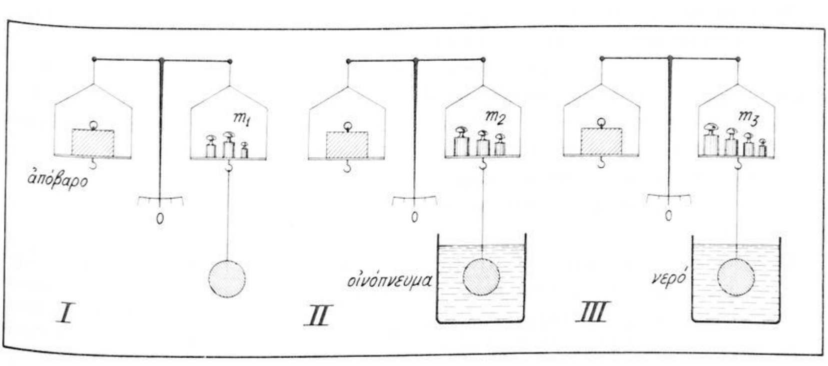
Παρατηρώντας μὲ πόση εὐκολία ἀνασήκωνε τὸ βυθισμένο στὸ νερὸ χέρι του, ὁδηγήθηκε στὴν ἀνακάλυψη τῆς ἀ ν ώ σ ε ω ς ποὺ ἀσκοῦν τὰ ὑγρὰ στὰ σώματα ποὺ εἶναι βυθισμένα μέσα σ' αὐτὰ καὶ ἔλυσε τὸ πρόβλημα, τὸ ὁποῖο τοῦ εἶχε θέσει ὁ Ἱέρων (σχ. 221).

§ 156. Ἐφαρμογὴ τῆς ἀνώσεως στὴν μέτρηση τῆς πυκνότητος τῶν σωμάτων. 1) Στερεά. α) Χρησιμοποιώντας ἕνα λεπτὸ νῆμα κρεμᾶμε ἀπὸ τὸν δεξιὸ δίσκο τοῦ ὑδροστατικοῦ ζυγοῦ τὸ στερεὸ σῶμα ποὺ θέλουμε νὰ ὑπολογίσωμε τὴν πυκνότητά του, ἕνα κομμάτι ἔστω σιδήρου. Στὸν ἀριστερὸ δίσκο θέτουμε περισσότερα σταθμὰ ἀπὸ τὸ βάρος τοῦ σώματος, ποὺ θὰ χρησιμεύσουν σὰν ἀπόβαρο καὶ ποὺ δὲν θὰ ἀντικαταστήσωμε, ὅσο διαρκέση τὸ πείραμα. Γιὰ νὰ ἰσορροπήση ὁ ζυγὸς θέτουμε κατάλληλα σταθμὰ στὸν δεξιὸ δίσκο, ἔστω m_1 (σχ. 222, I).

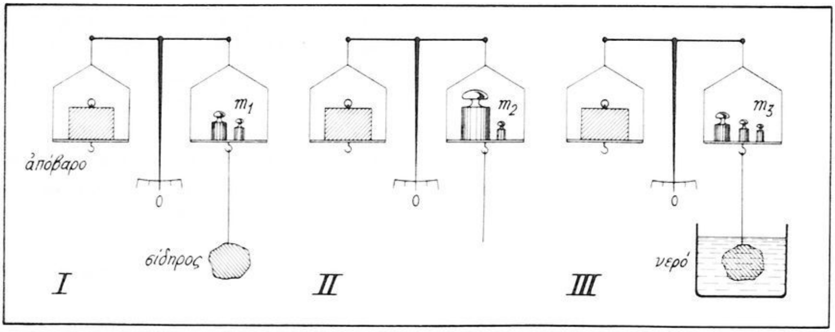
β) Ἀφαιροῦμε τὸ σῶμα, ἀφήνοντας κρεμασμένο τὸ νῆμα, καὶ παίρνοντας τὰ σταθμὰ m_1 τὰ ἀντικαθιστοῦμε μὲ σταθμὰ m_2, ὥστε νὰ ἰσορροπήση καὶ πάλι ὁ ζυγὸς (σχ. 222, II). Ἡ διαφορὰ $m_2 - m_1$ παριστάνει τὴν μάζα τοῦ σώματος, ἡ ὁποία ὑπολογίσθηκε μὲ διπλὴ ζύγιση.

γ) Ἀδειάζουμε τὸν δεξιὸ δίσκο καὶ ξανακρεμᾶμε τὸ σῶμα, βυθίζοντάς το αὐτὴ τὴν φορὰ στὸ νερὸ ἑνὸς ποτηριοῦ. Γιὰ νὰ ἰσορροπήση ὁ ζυγὸς πρέπει νὰ θέσωμε στὸν δεξιὸ δίσκο καὶ σταθμὰ m_3 (σχ. 222, III).

Ἡ διαφορὰ $m_3 - m_1$ καθορίζει μία μάζα, τὸ βάρος τῆς ὁποίας ἰσορροπεῖ τὴν ἄνωση, ποὺ ἀσκεῖται ἀπὸ τὸ νερὸ στὸ



Σχ. 222. Γιὰ τὴ μέτρηση τῆς πυκνότητος ἑνὸς στερεοῦ.



Σχ. 223. Γιά τήν μέτρηση τῆς πυκνότητος ἑνός ὑγροῦ.

σῶμα. Σύμφωνα ὅμως μέ τήν ἀρχή τοῦ Ἀρχιμήδη, ἡ ἄνωση εἶναι ἴση μέ τό βάρος τοῦ ὄγκου V τοῦ ἐκτοπιζομένου νεροῦ. Ἡ διαφορά συνεπῶς $m_3 - m_1$ παριστάνει τήν μάζα m΄ αὐτοῦ τοῦ ὄγκου τοῦ νεροῦ, δηλαδή $m' = m_3 - m_1$. Ἐπειδή δέ ἡ πυκνότητα τοῦ νεροῦ εἶναι (περίπου) ἴση μέ 1 gr/cm³, ἡ διαφορά $m_3 - m_1$ ἰσοῦται ἀριθμητικῶς μέ τόν ὄγκο V. Ἐφ' ὅσον ὅμως ὑπολογίσαμε τήν μάζα τοῦ σώματος m καί τόν ὄγκο του V, ἡ πυκνότητά του ρ θά εἶναι ἴση πρός:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

2) Ὑγρά. α) Κρεμᾶμε, ὅπως στήν προηγούμενη περίπτωση, ἀπό τόν δεξιό δίσκο τοῦ ὑδροστατικοῦ ζυγοῦ ἕνα ὁποιοδήποτε στερεό σῶμα μέ λεία ἐπιφάνεια καί τοποθετοῦμε στόν ἀριστερό δίσκο τό ἀπόβαρο, χρησιμοποιώντας σταθμά μεγαλυτέρου βάρους ἀπό τό σῶμα. Ἰσορροποῦμε τόν ζυγό θέτοντας στόν δεξιό δίσκο σταθμά m_1 (σχ. 222, I).

β) Ἔχοντας κρεμασμένο τό στερεό σῶμα τό βυθίζουμε στό ὑγρό πού θέλουμε νά προσδιορίσωμε τήν πυκνότητά του, ἔστω στό οἰνόπνευμα (σχ. 223, II). Γιά νά ἐπιτύχωμε ἰσορροπία τοῦ ζυγοῦ πρέπει νά προσθέσωμε στόν δεξιό δίσκο σταθμά, ἔστω δέ m_2 ἡ μάζα ὅλων τῶν σταθμῶν πού βρίσκονται ἐπάνω στόν δίσκο αὐτό.

Ἡ διαφορά $m_2 - m_1$ παριστάνει τήν μάζα, τό βάρος τῆς ὁποίας ἰσορροπεῖ τήν ἄνωση, πού ἀσκεῖται ἀπό τό οἰνόπνευμα στό στερεό. Ἡ μάζα m λοιπόν τοῦ ὄγκου V τοῦ οἰνοπνεύματος πού ἐκτοπίσθηκε ἀπό τό σῶμα θά εἶναι: $m = m_2 - m_1$.

γ) Βυθίζουμε τό στερεό στό νερό (σχ. 223, III), ἔστω δέ m_3 ἡ μάζα τῶν σταθμῶν, πού εὑρίσκεται στόν δεξιό δίσκο ὅταν ἀποκαταστήσωμε τήν ἰσορροπία. Ἡ μάζα m΄ τοῦ ὄγκου V τοῦ νεροῦ πού ἐκτοπίσθηκε ἀπό τό στερεό εἶναι: $m' = m_3 - m_1$. Ἡ μάζα αὐτή ἰσοῦται ἀριθμητικῶς μέ τόν ὄγκο V τοῦ νεροῦ, ὁ ὁποῖος βέβαια ἰσοῦται μέ τόν ὄγκο V τοῦ στερεοῦ πού ἐξετόπισε τό νερό, ὅπως ἐπίσης μέ τόν ὄγκο V τοῦ οἰνοπνεύματος, πού βρέθηκε νά ἔχη μάζα m. Ἡ πυκνότητα συνεπῶς τοῦ ὑγροῦ θά εἶναι:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

§ 157. Ἀντίστροφη ἀρχή τοῦ Ἀρχιμήδη. Σύμφωνα μέ τήν ἀρχή τῆς δράσεως καί ἀντιδράσεως, ἐφ' ὅσον τό στερεό πού εἶναι βυθισμένο σ' ἕνα ὑγρό δέχεται ἀπό αὐτό κατακόρυφη δύναμη μέ φοράν πρός τά ἐπάνω, θά πρέπει καί τό στερεό νά ἀντιδρᾶ καί νά ἀσκῆ στό ὑγρό κατακόρυφη δύναμη ἴσου μέτρου μέ τήν άνωση καὶ μὲ φορὰν πρὸς τὰ κάτω, ἡ ὁποία νὰ μεταδίδεται στὸν πυθμένα τοῦ δοχείου καὶ ἀπὸ τὸν πυθμένα στὸ ὑποστήριγμα.

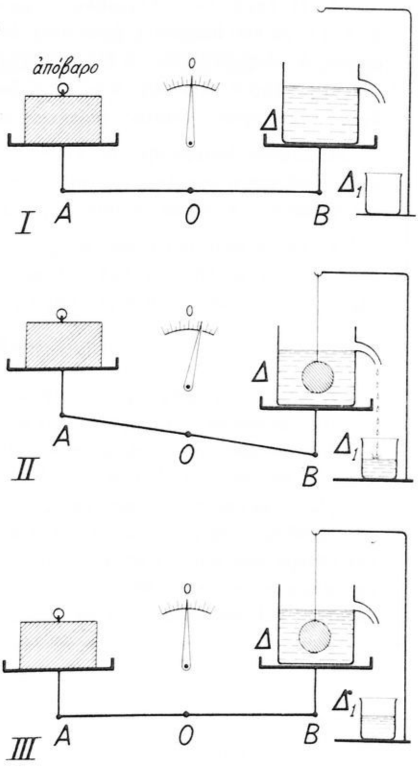
Πείραμα. α) Σὲ ἕναν ἀπὸ τοὺς δίσκους ἑνὸς ζυγοῦ θέτουμε ἕνα γυάλινο δοχεῖο Δ μὲ πλευρικὸ σωλῆνα ἐκροῆς, γεμίζουμε τὸ δοχεῖο μὲ νερό, ὡς τὸ ἀνώτατο σημεῖο του καὶ ἰσορροποῦμε τὸν ζυγό, θέτοντας σταθμὰ (ἀπόβαρο) ἢ ἄμμο στὸν ἀριστερὸ δίσκο (σχ. 224, I).

β) Μὲ τὴν βοήθεια ἑνὸς κατάλληλου ὑποστηρίγματος, ἀνεξάρτητου ἀπὸ τὸν ζυγό, βυθίζουμε στὸ νερὸ τοῦ δοχείου Δ ἕνα στερεό, βαρύτερο ἀπὸ τὸ νερό, κρεμασμένο μὲ λεπτὸ νῆμα, χωρὶς νὰ ἐγγίζη τὰ τοιχώματα ἢ τὸν πυθμένα τοῦ δοχείου.

Ἡ ἰσορροπία καταστρέφεται ἀμέσως καὶ ὁ ζυγὸς κλίνει πρὸς τὸ μέρος τοῦ δίσκου ποὺ εἶναι τὸ βυθισμένο στὸ νερὸ στερεό. Ἀπὸ τὸν σωλῆνα ἐκροῆς ὅμως τοῦ δοχείου Δ χύνεται μιὰ ποσότητα νεροῦ σ' ἕνα δοχεῖο $Δ_1$ κατάλληλα τοποθετημένο, ἔξω ἀπὸ τὸν δίσκο (σχ. 224, II). Ὅταν παύση νὰ ἐκρέη νερὸ ἔχει ἀποκατασταθῆ ἡ ἰσορροπία τοῦ ζυγοῦ (σχ. 224, III).

Ἐπαναλαμβάνοντας τὸ πείραμα καὶ μὲ ἄλλα ὑγρὰ καταλήγουμε στὸ συμπέρασμα ὅτι:

Τὰ ὑγρὰ ὑφίστανται ἀπὸ τὰ στερεά, ποὺ εἶναι βυθισμένα σ' αὐτά, μιὰ κατακόρυφη πιέζουσα δύναμη, μὲ φορὰ πρὸς τὰ κάτω, ἡ ὁποία εἶναι ἴση μὲ τὸ βάρος τοῦ ἐκτοπιζομένου ὑγροῦ.



Σχ. 224. Πειραματικὴ ἐπαλήθευση τῆς ἀντίστροφης ἀρχῆς τοῦ Ἀρχιμήδη

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Πολυάριθμες παρατηρήσεις καὶ ἁπλᾶ πειράματα δείχνουν ὅτι ὅλα τὰ στερεὰ σώματα ὅταν βυθισθοῦν σ' ἕνα ὑγρὸ ὑφίστανται ἀπὸ αὐτὸ μιὰ κατακόρυφη δύναμη μὲ φορὰν πρὸς τὰ ἐπάνω. Ἡ δύναμη αὐτὴ ὀνομάζεται ἄνωση.

2. Ὁ ὑπολογισμὸς τῆς ἀνώσεως γίνεται ὡς ἑξῆς: Κρεμᾶμε ἕνα στερεὸ σῶμα κάτω ἀπὸ τὸν ἕνα δίσκο ἑνὸς ὑδροστατικοῦ ζυγοῦ καὶ τοποθετώντας στὸν ἄλλο δίσκο βαρύτερα σταθμὰ ἰσορροποῦμε τὸν ζυγό, προσθέτοντας σταθμὰ στὸν δίσκο, ἀπὸ τὸν ὁποῖο ἐξαρτήσαμε τὸ σῶμα. Ὕστερα βυθίζουμε τὸ σῶμα σ' ἕνα ὑγρό. Συλλέγουμε τὸ ὑγρὸ ποὺ ἐξετόπισε τὸ σῶμα καὶ διαπιστώνουμε ὅτι τὸ βάρος τοῦ ἐκτοπιζομένου ὑγροῦ ἰσορροπεῖ τὴν ἄνωση.

3. Ἡ ἀρχὴ τοῦ Ἀρχιμήδη ἐκφράζει ὅτι: Κάθε στερεὸ σῶμα, βυθισμένο σ' ἕνα ὑγρὸ ποὺ ἰσορροπεῖ, ὑφίσταται ἀπὸ τὸ ὑγρὸ μιὰ κατακόρυφη δύναμη, τὴν ἄνωση Α, μὲ φορὰν πρὸς τὰ ἐπάνω, ἴση μὲ τὸ βάρος τοῦ ἐκτοπιζομένου ἀπὸ τὸ στερεὸ σῶμα ὑγροῦ. Δηλαδή: $A = V \cdot \varepsilon$, ὅπου ε τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ καὶ V ὁ ὄγκος τοῦ στερεοῦ σώματος, ἑπομένως καὶ τοῦ ἐκτοπιζομένου ὑγροῦ.

4. Σημεῖο ἐφαρμογῆς τῆς ἀνώσεως εἶναι τὸ κέντρο βάρους τοῦ ἐκτοπιζομένου ὑγροῦ καὶ ὀνομάζεται κέντρο ἀνώσεως. Ἂν τὸ βυθισμένο σῶμα εἶναι ὁμογενὲς τὸ κέντρο ἀνώσεως συμπίπτει μὲ τὸ κέντρο βάρους τοῦ σώματος.

5. Τὸ φαινομενικὸ βάρος $B_{\varphi\alpha\iota\nu}$ ἑνὸς στερεοῦ σώματος, βυθισμένου σ' ἕνα ὑγρὸ ἰσοῦται μὲ τὴν διαφορὰ τοῦ πραγματικοῦ βάρους $B_{\pi\rho\alpha\gamma\mu}$ τοῦ σώματος, τοῦ βάρους του δηλαδὴ στὸν ἀέρα, καὶ τῆς ἀνώσεως Α. Δηλαδή:

$$B_{\varphi\alpha\iota\nu} = B_{\pi\rho\alpha\gamma\mu} - A$$

6. Ὁ ὑπολογισμὸς τῆς πυκνότητος τῶν στερεῶν γίνεται ὡς ἑξῆς: Μὲ διπλὴ ζύγιση εὑρίσκουμε τὴν μάζα m τοῦ σώματος καὶ ὕστερα ὑπολογίζουμε τὸν ὄγκο V τοῦ ἐκτοπιζομένου νεροῦ, ὁ ὁποῖος εἶναι ἴσος μὲ τὸν ὄγκο τοῦ σώματος. Ἡ πυκνότητα συνεπῶς θὰ εἶναι $\rho = m/V$.

Προκειμένου περὶ ὑγροῦ ἐργαζόμεθα ὡς ἑξῆς: Ἰσορροποῦμε στὸν ζυγὸ ἕνα στερεὸ σῶμα ἐξαρτημένο ἀπὸ τὸν ἕνα δίσκο. Βυθίζουμε τὸ σῶμα ἐντελῶς στὸ ὑγρὸ καὶ ὕστερα στὸ νερό. Ἔτσι ὑπολογίζουμε τὴν μάζα τοῦ ἐκτοπιζομένου ὑγροῦ καὶ τὴν μάζα ἴσου ὄγκου ὕδατος, ποὺ ἀριθμητικὰ ἰσοῦται μὲ τὸν ὄγκο τοῦ στερεοῦ σώματος καὶ τοῦ ἐκτοπιζομένου ὑγροῦ.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Μία πέτρα ἔχει ὄγκον $V = 245\ cm^3$. Νὰ ὑπολογίσετε τὴν ἄνωση ποὺ ὑφίσταται ὅταν ἡ πέτρα βυθισθῆ: α) Σὲ καθαρὸ νερὸ καὶ β) σὲ λάδι εἰδικοῦ βάρους $0{,}9\ p/cm^3$.

(Ἀπ. α' 245 p. β' 220,5 p.)

2. Ἕνα κομμάτι πέτρα ἀπὸ γρανίτη ἔχει μᾶζα 2 860 gr καὶ βυθίζεται μέσα σὲ οἰνόπνευμα (εἰδικοῦ βάρους $0{,}8\ p/cm^3$). Νὰ ὑπολογισθῆ ἡ ἄνωση ποὺ ἀσκεῖται στὸ σῶμα ἐὰν τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ γρανίτη εἶναι $2{,}6\ p/cm^3$. (Ἀπ. 880 p.)

3. Μία πέτρα ποὺ ἔχει ὄγκο $V = 150\ cm^3$ καὶ βάρος 305 p, βυθίζεται σὲ ἀλκοόλη, τῆς ὁποίας τὸ εἰδικὸ βάρος εἶναι $0{,}8\ p/cm^3$. Νὰ ὑπολογισθῆ τὸ φαινομενικὸ βάρος τῆς πέτρας στὴν ἀλκοόλη. *(Ἀπ. 185 p.)*

4. Μιὰ πέτρα ἔχει βάρος 187 p. Ὅταν βυθισθῆ στὸ καθαρὸ νερὸ φαίνεται ὅτι ἔχει βάρος 102 p. Νὰ ὑπολογισθοῦν: α) Ἡ ἄνωση Α ποὺ ἐνεργεῖ στὴν πέτρα. β) Ὁ ὄγκος της V καὶ γ) τὸ εἰδικὸ βάρος τῆς πέτρας.

(Ἀπ. α' 85 p. β' 85 cm^3. γ' 2,2 p/cm^3.)

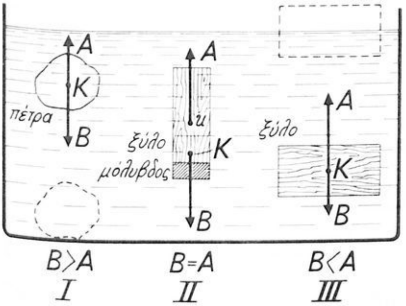
ΚϚ' – ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΑΡΧΗΣ ΤΟΥ ΑΡΧΙΜΗΔΗ

§ 158. **Κατακόρυφη κίνηση ἑνὸς σώματος μέσα σ' ἕνα ὑγρό. Πείραμα 1.** Εἰσάγουμε μιὰ μικρὴ πέτρα στὸ νερὸ ἑνὸς γυάλινου δοχείου καὶ τὴν ἀφήνουμε ἐλεύθερη. Ἡ πέτρα τότε κινεῖται κατακόρυφα πρὸς τὰ κάτω, βυθίζεται καὶ ἠρεμεῖ ὅταν φθάση στὸν πυθμένα τοῦ δοχείου (σχ. 225, I).

Πείραμα 2. Στὸ κατώτερο τμῆμα ἑνὸς τεμαχίου ξύλου προσαρμόζουμε ἕνα τεμάχιο μολύβδου, σὲ τρόπο ὥστε τὸ σύστημα νὰ παραμένη μετέωρο στὸ νερό, σ' ὁποιοδήποτε σημεῖο (σχ. 225, II).

Πείραμα 3. Εἰσάγουμε στὸ νερὸ ἕνα ξύλινο τεμάχιο καὶ τὸ ἀφήνουμε ἐλεύθερο. Τὸ ξύλο κινεῖται κατακόρυφα καὶ ἀνέρχεται ταχύτατα στὴν ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ, ὅπου ἰσορροπεῖ. Τώρα ἐπιπλέει στὸ νερό. Τὸ κατώτερο τμῆμα τοῦ ξύλου εἶναι βυθισμένο καὶ τὸ ἀνώτερο εὑρίσκεται ἔξω ἀπὸ τὸ νερὸ (σχ. 225, III).

Τὸ καθένα ἀπὸ τὰ παραπάνω σώματα, ὅταν εὑρίσκεται βυθισμένο στὸ νερό, ὑφίσταται τὴν ἐνέργεια δύο κατακορύφων δυνάμεων, μὲ ἀντίθετη φορά:



Σχ. 225. Ὅταν ἕνα στερεὸ εἰσαχθῆ μέσα στὴ μάζα ἑνὸς ὑγροῦ βυθίζεται (I), αἰωρεῖται (II) ἢ ἐπιπλέει (III).

α) Τοῦ βάρους Β, ἐφαρμοσμένου στὸ κέντρο βάρους Κ τοῦ σώματος, μὲ διεύθυνση πρὸς τὰ κάτω, καὶ β) τῆς ἀνώσεως Α, ἐφαρμοσμένης στὸ κέντρο ἀνώσεως κ.

Τρεῖς περιπτώσεις εἶναι δυνατὸ νὰ παρουσιασθοῦν:

1) Β > Α, ὁπότε τὸ σῶμα βυθίζεται κάτω ἀπὸ τὴν δράση τοῦ φαινομενικοῦ βάρους του, ἴσου μὲ Β—Α.

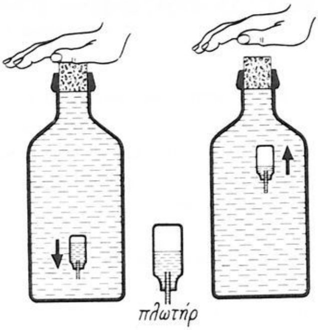
2) Β = Α, ὁπότε τὸ βάρος καὶ ἡ ἄνωση ἀλληλοαναιροῦνται καὶ τὸ σῶμα ἰσορροπεῖ σὲ ὁποιοδήποτε σημεῖο τῆς μάζας τοῦ ὑγροῦ.

3) Β < Α, στὴν περίπτωση αὐτὴ τὸ βυθισμένο σῶμα ἀνέρχεται πρὸς τὴν ἐπιφάνεια, κάτω ἀπὸ τὴν δράση τῆς δυνάμεως Α—Β, καὶ φθάνοντας σ' αὐτὴν ἐπιπλέει, ἔχοντας τὸ κατώτερο τμῆμα του βυθισμένο στὸ ὑγρό. Ὥστε:

Ἕνα στερεὸ σῶμα, βυθισμένο μέσα σὲ ἕνα ὑγρό, ὑφίσταται τὴν δράση τοῦ βάρους του καὶ τῆς ἀνώσεως τοῦ ὑγροῦ. Ἡ κίνηση τοῦ σώματος μέσα στὸ ὑγρὸ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν σχέση τῶν δύο αὐτῶν δυνάμεων καί: α) Ἐὰν τὸ βάρος εἶναι μεγαλύτερο ἀπὸ τὴν ἄνωση, τὸ σῶμα βυθίζεται, β) ἐὰν τὸ βάρος ἰσοῦται μὲ τὴν ἄνωση, τὸ σῶμα μετεωρίζεται καὶ ἰσορροπεῖ σ' ὁποιοδήποτε σημεῖο τῆς μάζας τοῦ ὑγροῦ, γ) τὸ σῶμα ἀνέρχεται πρὸς τὴν ἐπιφάνεια, ὅταν τὸ βάρος εἶναι μικρότερο ἀπὸ τὴν ἄνωση.

§ 159. **Παραδείγματα ἀνώσεως.** Τὶς τρεῖς περιπτώσεις ἀνώσεως μποροῦμε νὰ ἐπιδείξωμε μὲ τὸν κ ο λ υ μ β η τ ὴ τ ο ῦ Κ α ρ τ ε σ ί ο υ (σχ. 226). Πιέζοντας λιγώτερο ἢ περισσότερο τὸ πῶμα τῆς φιάλης, ποὺ εἶναι γεμάτη μὲ νερό, ἀφήνουμε νὰ εἰσέρχεται μικρὴ ἢ μεγάλη ποσότητα νεροῦ στὸν πλωτήρα, μεταβάλλοντας ἔτσι

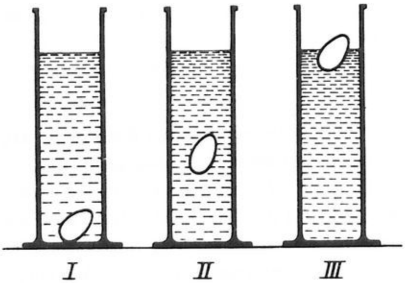
 6*



Σχ. 226. Ὁ κολυμβητής τοῦ Καρτεσίου.

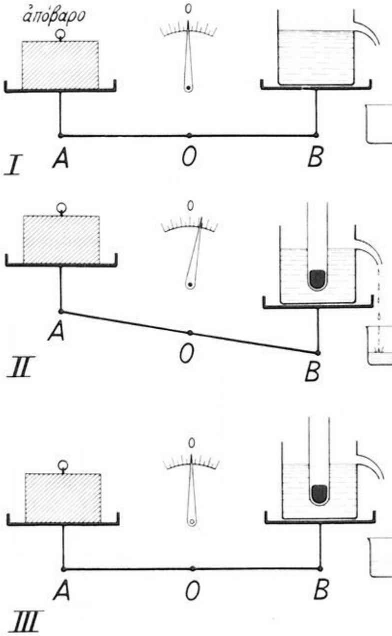
τὸ βάρος του, ἐνῶ ἡ ἄνωση παραμένει ἀμετάβλητη, ἐφ' ὅσον ὁ ἐξωτερικὸς ὄγκος τοῦ πλωτῆρος παραμένει σταθερός.

Τὶς τρεῖς περιπτώσεις τῆς ἀνώσεως μποροῦμε νὰ ἐπιδείξωμε ἐπίσης βυθίζοντας ἕνα φρέσκο αὐγὸ σὲ καθαρὸ νερό, σὲ ἀραιὸ καὶ σὲ πυκνὸ ἁλατοῦχο διάλυμα (σχ. 227). Καὶ στὶς τρεῖς περιπτώσεις τὸ βάρος τοῦ αὐγοῦ εἶναι τὸ ἴδιο. Στὸ νερὸ ὅμως ἡ ἄνωση εἶναι μικρότερη ἀπὸ τὸ βάρος καὶ τὸ αὐγὸ βυθίζεται. Στὸ ἀραιὸ διάλυμα ἡ ἄνωση εἶναι μεγαλύτερη, ἀντισταθμίζει τὸ βάρος καὶ τὸ αὐγὸ μετεωρίζεται. Τέλος στὸ πυκνό διάλυμα ἡ ἄνωση εἶναι μεγαλύτερη ἀπὸ τὸ βάρος, τὸ αὐγὸ ἀνέρχεται στὴν ἐπιφάνεια καὶ ἐπιπλέει.



Σχ. 227. Διαφορετικὲς θέσεις ἑνὸς αὐγοῦ σὲ ὑγρὰ μὲ διαφορετικὲς πυκνότητες.

§ 160. Ἐπιπλέοντα σώματα. Πείραμα. Τοποθετοῦμε στὸν ἕνα δίσκο ἑνὸς ζυγοῦ ἕνα δοχεῖο σταθερῆς στάθμης, γεμάτο νερὸ καὶ παίρνουμε τὸ ἀπόβαρο (σχ. 228, I). Ἕνας δοκιμαστικὸς σωλήνας μὲ ὑδράργυρο στὸν πυθμένα του θὰ μᾶς χρησιμεύσῃ σὰν ἐπιπλέον σῶμα. Εἰσάγουμε τὸν δοκιμαστικὸ σωλήνα στὸ δοχεῖο σταθερῆς στάθμης. Ἡ ἰσορροπία καταστρέφεται (σχ. 228, II) ἐνῶ ἀπὸ τὸν πλευρικὸ σωλήνα ἐκροῆς τοῦ δοχείου χύνεται τὸ ἐκτοπιζόμενο νερὸ μέσα σ' ἕνα ποτήρι. Ὅταν παύσῃ νὰ ρέῃ νερὸ ὁ ζυγὸς ἰσορροπεῖ καὶ πάλι (σχ. 228, III). Ἐφ' ὅσον ὅμως ἡ ἰσορροπία τοῦ ζυγοῦ πραγματοποιήθηκε χωρὶς νὰ μεταβληθῇ τὸ ἀπόβαρο συμπεραίνουμε ὅτι τὸ βάρος τοῦ ἐπιπλέοντος σώματος ἀντισταθμίζει τὸ βάρος τοῦ νεροῦ ποὺ ἐκτοπίσθηκε. Ὥστε:

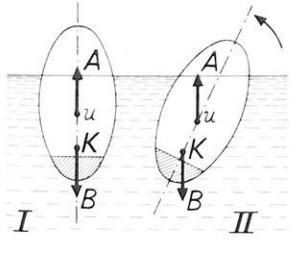


Σχ. 228. Τὸ βάρος ἑνὸς ἐπιπλέοντος σώματος εἶναι ἴσο μὲ τὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ ποὺ ἐκτοπίζει τὸ βυθισμένο τμῆμα τοῦ σώματος.

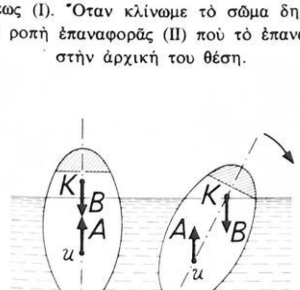
Ὅταν ἕνα ἐπιπλέον σῶμα ἰσορροπῆ, τὸ βάρος τοῦ σώματος εἶναι ἴσο μὲ τὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ ποὺ ἐκτοπίζει τὸ βυθισμένο τμῆμα του.

Ἡ παραπάνω πρόταση ἀποτελεῖ τὴν **ἀρχὴ τῶν ἐπιπλεόντων σωμάτων.**

§ 161. Ἰσορροπία ἐπιπλεόντων σωμάτων. Ὅταν ἕνα σῶμα, τὸ ὁποῖο ἐπιπλέει, ἠρεμῆ, τὸ κέντρο βάρους του Κ καὶ τὸ κέντρο ἀνώσεως κ, εὑρίσκονται ἐπάνω στὴν ἴδια κατακόρυφο (σχ. 229), διαφορετικὰ θὰ ἐδημιουργεῖτο ζεῦγος δυνάμεων τὸ ὁποῖο θὰ ἔστρεφε τὸ σῶμα. Ὅπως παρατηροῦμε τὸ κέντρο βάρους Κ τοῦ σώματος εἶναι κάτω ἀπὸ τὸ κέντρο ἀνώσεως κ.



Σχ. 229. Εὐσταθὴς πλεύση. Τὸ κέντρο βάρους τοῦ σώματος εὑρίσκεται κάτω ἀπὸ τὸ κέντρο ἀνώσεως (Ι). Ὅταν κλίνωμε τὸ σῶμα δημιουργεῖται ροπὴ ἐπαναφορᾶς (ΙΙ) ποὺ τὸ ἐπαναφέρει στὴν ἀρχική του θέση.

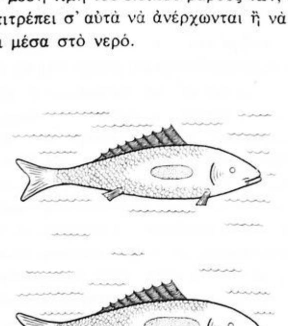


Σχ. 230. Ἀσταθὴς πλεύση. Τὸ κέντρο βάρους τοῦ σώματος εὑρίσκεται ἐπάνω ἀπὸ τὸ κέντρο ἀνώσεως (Ι). Ὅταν κλίνωμε τὸ σῶμα δημιουργεῖται ροπὴ ἀνατροπῆς (ΙΙ).

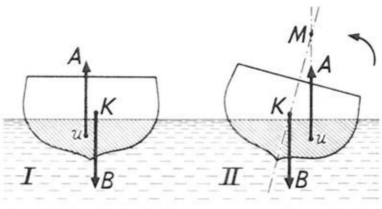
Ἡ πλεύση σ' αὐτὴ τὴν περίπτωση εἶναι εὐσταθής. Ὅταν κλίνωμε τὸ σῶμα δημιουργεῖται ροπὴ ἐπαναφορᾶς, ἡ ὁποία τείνει νὰ ξαναφέρη τὸ σῶμα στὴν ἀρχική του θέση.

Στὸ σχῆμα 230, Ι τὸ κέντρο βάρους Κ εἶναι ἐπάνω ἀπὸ τὸ κέντρο ἀνώσεως κ. Ἂν κλίνωμε τὸ ἐπιπλέον σῶμα δημιουργεῖται ροπὴ ἀνατροπῆς, ἡ ὁποία ἀπομακρύνει ὅλο καὶ περισσότερο τὸ ἐπιπλέον σῶμα ἀπὸ τὴν ἀρχικὴ θέση ἰσορροπίας του (ΙΙ).

§ 162. Ἐφαρμογές. α) Κολύμβηση. Τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ ἀνθρώπινου σώματος εἶναι, κατὰ μέσον ὅρο, 1,07 kp/dm^3, δηλαδὴ λίγο μεγαλύτερο ἀπὸ τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ νεροῦ. Ἔτσι ἕνα ἄτομο ποὺ ζυγίζει 60 kp ἔχει περίπου ὄγκο 60 : 1,07 = 56 dm^3. Ὅταν τὸ ἄτομο αὐτὸ εἶναι ὁλότελα βυθισμένο στὸ νερὸ παρουσιάζει φαινομενικὸ βάρος περίπου 60—56 = 4 kp. Ἂν ἑπομένως τὸ ἄτομο αὐτὸ καταβάλλη μικρὴ προσπάθεια, κινώντας κατάλληλα τὰ χέρια καὶ τὰ πόδια, μπορεῖ νὰ κρατηθῆ στὴν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ. Αὐτὸ εἶναι δυνατὸ νὰ ἐπιτύχη εὐκολώτερα δένοντας στὴν μέση του μιὰ ζώνη μὲ φελλοὺς καὶ ἐλαττώνοντας μ' αὐτὸν τὸν τρόπο τὸ μέσο εἰδικὸ βάρος τοῦ συστήματος ποὺ ἀποτελεῖ τὸ σῶμα του μὲ τὴν ζώνη. Τὰ ψάρια ἔχουν στὸ σῶμα τους μιὰ εἰδικὴ κύστη (σχ. 231), τῆς ὁποίας μποροῦν νὰ μεταβάλλουν τὸν ὄγκο, ρυθμίζοντας μ' αὐτὸν τὸν τρόπο τὴν μέση τιμὴ τοῦ εἰδικοῦ βάρους των, πρᾶγμα ποὺ ἐπιτρέπει σ' αὐτὰ νὰ ἀνέρχωνται ἢ νὰ κατέρχωνται μέσα στὸ νερό.



Σχ. 231. Μὲ αὐξομείωση τοῦ ὄγκου τῆς νηκτικῆς κύστεως μεταβάλλεται ἡ ἄνωση τοῦ ψαριοῦ.

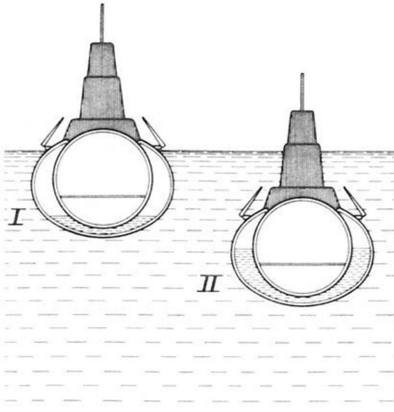


Σχ. 232. Εὐσταθὴς πλεύση ἑνὸς πλοίου. Τὸ κέντρο βάρους εὑρίσκεται ἐπάνω ἀπὸ τὸ κέντρο ἀνώσεως.

β) Πλοῖα. Ἡ ναυσιπλοΐα ἀποτελεῖ τὴν σημαντικώτερη ἐφαρμογὴ τῆς ἀρχῆς τῶν ἐπιπλεόντων σωμάτων. Ἕνα πλοῖο βάρους 12 000 Mp ἐκτοπίζει μὲ τὸ βυθισμένο τμῆμα του 12 000 m^3 γλυκοῦ νεροῦ καὶ λίγο μικρότερο ὄγκο θαλασσινοῦ νεροῦ. Τὰ πλοῖα κατασκευάζονται κατὰ τρόπον ὥστε τὸ κέντρο βάρους των νὰ βρίσκεται ἐπάνω ἀπὸ τὸ κέντρο ἀνώσεως στὴν ἴδια κατακόρυφο (σχ. 232, I). Ἐὰν τὸ πλοῖο κλίνει πρὸς τὸ ἕνα πλευρό του, τότε τὸ κέντρο ἀνώσεως ἀλλάζει θέση κι' ἔτσι τὸ πλοῖο ὑφίσταται τὴν ἐνέργεια δύο δυνάμεων ποὺ σχηματίζουν ζεῦγος (τοῦ βάρους του B καὶ τῆς ἀνώσεως A), τὸ ὁποῖο τείνει νὰ ξαναφέρῃ τὸ πλοῖο στὴν ἀρχικὴ θέση ἰσορροπίας του, μὲ τὸ κέντρο βάρους καὶ τὸ κέντρο ἀνώσεως στὴν ἴδια κατακόρυφο (σχ. 232, II). Γιὰ νὰ χαμηλώσουν ὅσο τὸ δυνατὸ περισσότερο τὸ κέντρο βάρους τῶν πλοίων τοποθετοῦν βαρειὰ σώματα (ἕρμα, σαβοῦρα) στὸ κύτος.

γ) Ὑποβρύχια. Αὐτὰ εἶναι πλοῖα ποὺ μποροῦν νὰ πλέουν στὴν ἐπιφάνεια τῆς θάλασσας ἢ νὰ καταδύωνται καὶ νὰ πλέουν κάτω ἀπὸ τὴν ἐπιφάνεια. Γι' αὐτὸν τὸν λόγο τὸ σκάφος τοῦ πλοίου κατασκευάζεται διπλὸ (σχ. 233). Τὸ διάκενο ἀνάμεσα στὰ δύο σκάφη χωρίζεται σὲ διαμερίσματα, σὲ μερικὰ ἀπὸ τὰ ὁποῖα διοχετεύεται θαλασσινὸ νερό, ὅταν πρόκειται νὰ καταδυθῆ τὸ πλοῖο. Γιὰ νὰ ἀναδυθῆ τὸ ὑποβρύχιο εἰσάγεται στὰ διαμερίσματα αὐτὰ πεπιεσμένος ἀέρας, ὁ ὁ ὁποῖος διώχνει τὸ νερό. Ἔτσι τὸ πλοῖο γίνεται ἐλαφρότερο καὶ ἀναδύεται στὴν ἐπιφάνεια. Ὁ ὄγκος τοῦ ὑποβρυχίου εἶναι σταθερός, ἑπομένως καὶ ἡ ἄνωση ποὺ ὑφίσταται. Τὸ βάρος του ὅμως μὲ τὴν προσθήκη ἢ ἀφαίρεση τοῦ νεροῦ ἀπὸ τὶς ὑδαταποθῆκες μεταβάλλεται.

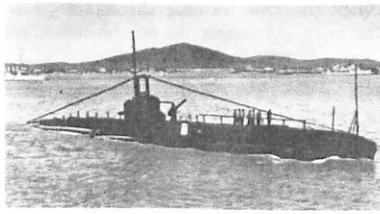
Ὅταν πλέῃ στὴν ἐπιφάνεια τῆς θάλασσας τὸ ὑποβρύχιο κινεῖται σὰν ὅλα τὰ ἄλλα πλοῖα μὲ



Σχ. 233. Τομὴ ὑποβρυχίου. (I) Τὸ σκάφος ἐπιπλέει. (II) Ὅταν ἡ ποσότητα τοῦ ὕδατος, ποὺ χρησιμοποιεῖται σὰν ἕρμα, αὐξηθῆ, τὸ ὑποβρύχιο βυθίζεται.

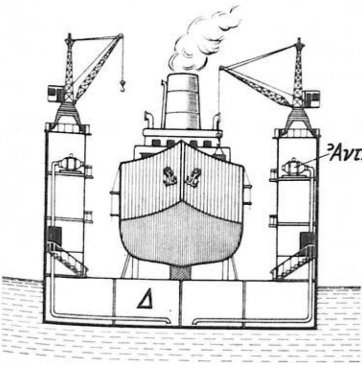
δηζελοκινητῆρες. Ὅταν ὅμως πλέῃ σὲ κατάδυση χρησιμοποιεῖ γιὰ τὴν κίνησή του ἠλεκτρικοὺς συσσωρευτὰς γιὰ νὰ κάνῃ οἰκονομία στὸ ἀτμοσφαιρικὸ ὀξυγόνο.

Σήμερα ἀρκετὰ ὑποβρύχια κινοῦνται μὲ π υ ρ η ν ι κ ο ὺ ς ἀ ν τ ι δ ρ α σ τ ῆ ρ ε ς, τοὺς ὁποίους χρησιμοποιοῦν γιὰ τὴν πλεύση τους τόσο στὴν ἐπιφάνεια τῆς θάλασσας ὅσο καὶ κάτω ἀπὸ αὐτὴν (σχ. 234).

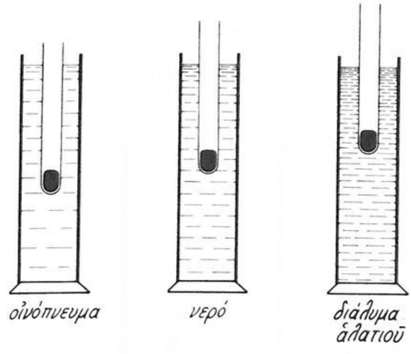


Σχ. 234. Ὑποβρύχιο τὸ ὁποῖο πλέει στὴν ἐπιφάνεια τῆς θάλασσας.

δ) Πλωτὲς δεξαμενές. Αὐτὲς εἶναι εἰδικὰ σκάφη, ποὺ χρησιμεύουν κυρίως γιὰ τὴν ἐπισκευὴ μικρῶν ἢ μεγάλων πλοίων, τὰ ὁποῖα εἰσέρχονται στὴν πλωτὴ δεξαμενή, ἐπισκευάζονται καὶ ξαναρίχνονται στὴν θάλασσα. Τὰ βοηθητικὰ αὐτὰ πλοῖα ἔχουν στὸν πυθμένα καὶ στὰ πλάγια ὑδατοδεξαμενὲς Δ ποὺ ὅταν εἶναι γεμάτες μὲ



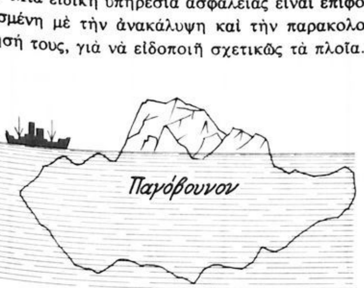
Σχ. 235. Πλωτὴ δεξαμενὴ γιὰ τὴν ἐπισκευὴ πλοίων.



Σχ. 237. Ὁ δοκιμαστικὸς σωλήνας, μὲ ἕρμα ἀπὸ ὑδράργυρο, βυθίζεται λιγώτερο στὸ διάλυμα τοῦ ἁλατιοῦ.

θαλασσινὸ νερό, βυθίζονται πολὺ στὴν θάλασσα, ὥστε νὰ ἐπιτρέπουν στὸ πλοῖο, τὸ ὁποῖο πρόκειται νὰ ἐπισκευασθῆ, νὰ μπῆ στὴν πλωτὴ δεξαμενή. Κατόπι μὲ ἀντλίες ἀδειάζουν τὶς ὑδατοδεξαμενές, ὁπότε τὸ βάρος τοῦ συστήματος πλωτὴ δεξαμενὴ-πλοῖο ἐλαττώνεται, ἡ πλωτὴ δεξαμενὴ ἀνέρχεται καὶ τὸ ἐπισκευαζόμενο πλοῖο εὑρίσκεται ἐπάνω ἀπὸ τὴν ἐπιφάνεια τῆς θάλασσας (σχ. 235).

ε) Παγόβουνα. Τὰ παγόβουνα εἶναι τεράστιοι ὄγκοι πάγου, οἱ ὁποῖοι πλέουν στὴν θάλασσα. Τὸ τμῆμα τοῦ παγόβουνου ποὺ εὑρίσκεται κάτω ἀπὸ τὸ νερὸ εἶναι περίπου ἐννεαπλάσιο ἀπὸ τὸ τμῆμα τὸ ὁποῖο ἐξέχει (σχ. 236). Ἡ παρουσία τους εἶναι πολὺ ἐπικίνδυνη στὴν ναυσιπλοΐα. Μιὰ εἰδικὴ ὑπηρεσία ἀσφαλείας εἶναι ἐπιφορτισμένη μὲ τὴν ἀνακάλυψη καὶ τὴν παρακολούθησή τους, γιὰ νὰ εἰδοποιῆ σχετικῶς τὰ πλοῖα.



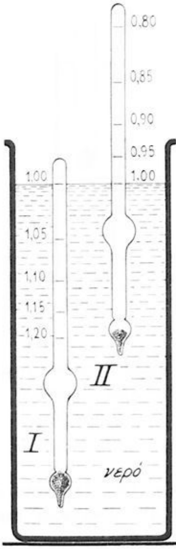
Σχ. 236. Τὰ 0,9 τοῦ ὄγκου ἑνὸς παγόβουνου εὑρίσκονται κάτω ἀπὸ τὴν θάλασσα.

ϛ) Ἀραιόμετρα. Πείραμα. Σ' ἕναν δοκιμαστικὸ σωλήνα τοποθετοῦμε σφαιρίδια μολύβδου ἢ ποσότητα ὑδραργύρου καὶ εἰσάγουμε κατόπι τὸν σωλήνα σὲ δοχεῖα μὲ οἰνόπνευμα, νερὸ καὶ διάλυμα ἁλατιοῦ (σχ. 237). Παρατηροῦμε ὅτι ὁ δοκιμαστικὸς σωλήνας βυθίζεται λιγώτερο στὸ νερὸ ἀπ' ὅ,τι στὸ οἰνόπνευμα κι' ἀκόμη πιὸ λίγο στὸ διάλυμα τοῦ ἁλατιοῦ.

Γνωρίζουμε ὅτι ἕνα ἐπιπλέον σῶμα σὲ ἰσορροπία ἐκτοπίζει ἕνα βάρος ὑγροῦ ἴσο μὲ τὸ βάρος του. Τὸ βάρος τοῦ ἐκτοπιζομένου ὑγροῦ εἶναι τὸ ἴδιο καὶ στὶς τρεῖς περιπτώσεις. Ἑπομένως ὅσο τὸ εἰδικὸ βάρος (ἢ ἡ πυκνότητα) τοῦ ὑγροῦ εἶναι μεγαλύτερο τόσο ὁ σωλήνας βυθίζεται λιγώτερο.

Ἐφαρμογὴ στὸν προσδιορισμὸ τῆς πυκνότητος. Βυθίζουμε τὸν δοκιμαστικὸ σωλήνα διαδοχικὰ σὲ διάφορα ὑγρά, τῶν ὁποίων γνωρίζουμε τὶς πυκνότητες καὶ σημειώνουμε τὴν τιμὴ τῆς πυκνότητος, σὲ κάθε περίπτωση στὸ σημεῖο τοῦ σωλῆνος ποὺ αὐτὸς τέμνεται ἀπὸ τὴν ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ. Μ' αὐτὸν τὸν τρόπο κατασκευάζουμε ἕνα βαθμολογημένο ὄργανο ποὺ μπορεῖ νὰ μᾶς χρησιμεύση στὸν γρήγορο ὑπολογισμὸ τῆς πυκνότητος ἑνὸς ὑγροῦ. Οἱ κλίμακες τῶν ὀργάνων αὐτῶν δὲν φέρουν ἰσαπέχουσες ὑποδιαιρέσεις. Αὐτὸ τὸ ὄργανο εἶναι ἕνα ἀραιόμετρο. Ὥστε:

Τὰ ἀραιόμετρα εἶναι ὄργανα, τὰ ὁποῖα ἐπιτρέπουν τὴν γρήγορη μέτρηση, μὲ μιὰν ἁπλὴ ἀνάγνωση, τῆς πυκνότητος ἑνὸς ὑγροῦ.



Σχ. 238. Πυκνόμετρο καὶ ἀραιόμετρο βυθισμένα στὸ νερό.

Περιγραφὴ τοῦ ἀραιομέτρου. Τὰ ὄργανα αὐτὰ εἶναι συνήθως πλωτῆρες, οἱ ὁποῖοι ἀποτελοῦνται ἀπὸ κοῖλο γυάλινο κυλινδρικὸ σῶμα, τὸ ὁποῖο στὸ κατώτερο μέρος ἀπολήγει σὲ διόγκωση, ἑρματισμένη μὲ ὑδράργυρο ἢ σφαιρίδια μολύβδου. Πρὸς τὰ ἄνω καταλήγουν σὲ στέλεχος, δηλαδὴ σὲ ἐπιμήκη, λεπτὸ σωλῆνα, ὁ ὁποῖος ἔχει κλίμακα βαθμολογημένη, συνήθως, σὲ gr/cm³ (σχ. 238, I).

Γιὰ νὰ μετρήσωμε τὴν πυκνότητα ἑνὸς ὑγροῦ μὲ τὸ ἀραιόμετρο, ἀρκεῖ νὰ βυθίσωμε τὸ ὄργανο στὸ ὑγρὸ καί, ὅταν ἰσορροπήσῃ, νὰ διαβάσωμε τὴν ἔνδειξη τῆς κλίμακος, ποὺ συμπίπτει μὲ τὴν ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ.

Τύποι ἀραιομέτρων. I. Τὰ ἀραιόμετρα διαιροῦνται συνήθως: 1) σὲ π υ κ ν ό μ ε τ ρ α, ποὺ χρησιμοποιοῦνται γιὰ ὑγρὰ πυκνότερα ἀπὸ τὸ νερό, καὶ 2) σὲ ἀ ρ α ι ό μ ε τ ρ α, ποὺ χρησιμοποιοῦνται γιὰ ὑγρὰ ἀραιότερα ἀπὸ τὸ νερό.

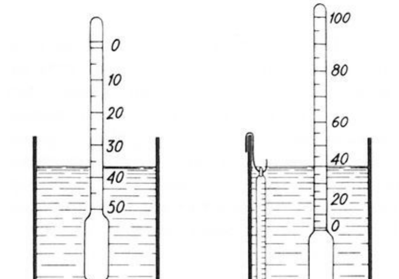
Τὰ πυκνόμετρα ἔχουν στὸ ἀνώτερο μέρος τοῦ στελέχους τὴν διαίρεση 1,00 ποὺ ἀντιστοιχεῖ στὴν πυκνότητα τοῦ νεροῦ 1 gr/cm³ (σχ. 238, I). Οἱ ἄλλες ὑποδιαιρέσεις τῆς κλίμακος εἶναι μεγαλύτερες ἀπὸ τὸ 1,00.

Τὰ ἀραιόμετρα (σχ. 238, II) ἔχουν τὴν ὑποδιαίρεση 1,00 στὸ κατώτερο τμῆμα τοῦ στελέχους, οἱ δὲ ἄλλες ὑποδιαιρέσεις τῆς κλίμακος εἶναι μικρότερες τοῦ 1,00. Ἔνδειξη, π.χ. 0,95, ἀντιστοιχεῖ σὲ πυκνότητα 0,95 gr/cm³.

II. Ὄργανα αὐθαίρετης βαθμολογίας. Αὐτὰ εἶναι πυκνόμετρα καὶ ἀραιόμετρα γιὰ τὶς πρακτικὲς ἐφαρμογές, στὰ ὁποῖα οἱ ὑποδιαιρέσεις τῆς κλίμακος εἶναι ἰ σ α π έ χ ο υ σ ε ς. Ἡ βαθμολογία τῶν ὀργάνων αὐτῶν εἶναι αὐθαίρετη, ἑπομένως δὲν μᾶς δίνει ἀμέσως τὴν πυκνότητα τοῦ ὑγροῦ.

Τὰ πιὸ συνηθισμένα ἀπὸ τὰ ὄργανα αὐτὰ εἶναι τὰ **πυκνόμετρα** καὶ **ἀραιόμετρα Μπωμὲ (Baumé)**, τὰ ὁποῖα χρησιμοποιοῦνται γιὰ τὸν ἔλεγχο τῶν πυκνοτήτων τῶν ὑγρῶν τῶν συσσωρευτῶν, ὅπως ἐπίσης καὶ τῶν διαλυμάτων τῶν ἁλάτων (σχ. 239, I). Ἡ σχέση τῶν βαθμῶν Μπωμὲ μὲ τὴν πυκνότητα δίνεται ἀπὸ εἰδικοὺς πίνακες.

III. Οἰνοπνευματόμετρα τοῦ Γκαίϋ-Λυσὰκ (Gay-Lussac). Μὲ τὰ ὄργανα αὐτὰ προσδιορίζουμε μὲ ἀπ' εὐθείας ἀνάγνωση τὴν κατ' ὄγκο περιεκτικότητα τῶν οἰνοπνευματούχων διαλυμάτων. Ἐὰν τὸ ὄργανο βυθιζόμενο σὲ διάλυμα νεροῦ καὶ οἰνοπνεύματος δίνει ἔνδειξη, ἔστω 20, αὐτὸ σημαίνει ὅτι τὰ 20 % τοῦ ὄγκου τοῦ ὅλου μείγματος εἶναι οἰνόπνευμα (σχ. 239, II).



Σχ. 239. Πυκνόμετρο Μπωμὲ (I) καὶ οἰνοπνευματόμετρο (II).

IV. Γαλακτόμετρα καὶ σακχαρόμετρα. Μὲ τὸ γαλακτόμετρο εὑρίσκουμε μὲ ἀπ' εὐθείας ἀνάγνωση τὴν πυκνότητα τοῦ γάλακτος κι' ἔτσι μποροῦμε νὰ διαπιστώσωμε ἂν εἶναι ἁγνὸ ἢ ἂν ἔχη νοθευθῆ μὲ νερό. Ἐννοεῖται βέβαια ὅτι ἡ πυκνότητα δὲν χαρακτηρίζει τὴν σύνθεση τοῦ γάλακτος.

Τὸ σακχαρόμετρο χρησιμεύει στὸν προσδιορισμὸ τοῦ σακχάρου, ποὺ περιέχεται σὲ διάφορα ὑγρά.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Ἕνα στερεὸ σῶμα, ποὺ εἶναι ὁλόκληρο βυθισμένο μέσα σ' ἕνα ὁποιοδήποτε ὑγρό, ὑπόκειται στὴν ἐπίδραση δύο κατακορύφων καὶ ἀντίθετης φορᾶς δυνάμεων: τοῦ βάρους του Β, μὲ φορὰ πρὸς τὰ κάτω καὶ τῆς ἀνώσεως Α, μὲ φορὰν πρὸς τὰ ἐπάνω. Βυθίζεται ὅταν $B > A$· μετεωρίζεται μέσα στὴν μάζα τοῦ ὑγροῦ καὶ ἰσορροπεῖ σὲ ὁποιοδήποτε σημεῖο της ὅταν $B = A$· ἀνέρχεται στὴν ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ καὶ ἐπιπλέει ὅταν $B < A$, ἀποτελώντας ἔτσι ἕνα ἐπιπλέον σῶμα.

2. Τὰ ἐπιπλέοντα σώματα ὑπακούουν στὴν ἀρχὴ τῶν ἐπιπλεόντων σωμάτων, σύμφωνα μὲ τὴν ὁποία ὅταν ἕνα ἐπιπλέον σῶμα ἰσορροπεῖ, τὸ βάρος του εἶναι ἴσο μὲ τὸ βάρος τοῦ νεροῦ ποὺ ἐκτοπίζει τὸ βυθισμένο μέρος του. Ἡ πρόταση αὐτὴ μπορεῖ νὰ ἀποδειχθῆ πειραματικῶς ἂν θέσωμε ἕνα ἐπιπλέον σῶμα σ' ἕνα δοχεῖο σταθερῆς στάθμης, ποὺ βρίσκεται στὸν ἕνα δίσκο ἑνὸς ζυγοῦ. Τὸ βάρος τοῦ ἐπιπλέοντος σώματος ἰσοῦται ἀκριβῶς μὲ τὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ ποὺ ἐξετόπισε τὸ σῶμα.

3. Τὰ πλοῖα, τὰ ὑποβρύχια, οἱ πλωτὲς δεξαμενὲς κλπ. ἀποτελοῦν ἐφαρμογὲς τῆς ἀρχῆς τῶν ἐπιπλεόντων σωμάτων. Τὸ βάρος ἑνὸς πλοίου εἶναι ἴσο μὲ τὸ βάρος τοῦ νεροῦ ποὺ ἐκτοπίζει. Τὸ ἴδιο πλοῖο βυθίζεται λιγώτερο στὸ νερὸ τῆς θάλασσας ἀπ' ὅ,τι στὸ νερὸ ἑνὸς ποταμοῦ.

4. Τὰ ἀραιόμετρα εἶναι ὄργανα ποὺ ἐπιτρέπουν τὴν γρήγορη μέτρηση, μὲ μιὰν ἁπλὴ ἀνάγνωση, τῆς πυκνότητος τῶν διαφόρων ὑγρῶν. Εἶναι ἐπιπλέοντα σώματα σταθεροῦ βάρους, τὰ ὁποῖα βυθίζονται περισσότερο σ' ἕνα ὑγρό, ὅσο ἡ πυκνότητα τοῦ ὑγροῦ εἶναι μικρότερη.

5. Διακρίνουμε διάφορα εἴδη ἀραιομέτρων. Τὰ πυκνόμετρα χρησιμεύουν στὸν προσδιορισμὸ τῆς πυκνότητος ὑγρῶν, πυκνοτέρων τοῦ νεροῦ. Στὴν κορυφὴ τοῦ στελέχους των φέρουν τὸν ἀριθμὸ 1,00, ὁ ὁποῖος ἀντιστοιχεῖ στὴν πυκνότητα 1 gr/cm^3 τοῦ νεροῦ. Τὰ ἀραιόμετρα προορίζονται γιὰ ὑγρὰ ἀραιότερα τοῦ νεροῦ. Φέρουν τὴν ὑποδιαίρεση 1,00 στὴν βάση τοῦ στελέχους. Οἱ κλίμακες τῶν ἀραιομέτρων καὶ πυκνομέτρων εἶναι ἀνισοδιάστατες. Ἔνδειξη 1,50 σημαίνει πυκνότητα 1,5 gr/cm^3.

6. Τὰ πυκνόμετρα καὶ ἀραιόμετρα Μπωμὲ εἶναι ὄργανα αὐθαίρετης βαθμολογίας μὲ ἰσαπέχουσες ὑποδιαιρέσεις τῆς κλίμακος.

7. Τὰ οἰνοπνευματόμετρα τοῦ Γκαϊῦ - Λυσὰκ χρησιμοποιοῦνται γιὰ τὸν κατ' ὄγκο ὑπολογισμὸ τῆς περιεκτικότητος σὲ οἰνόπνευμα τῶν οἰνοπνευματούχων διαλυμάτων, νεροῦ καὶ οἰνοπνεύματος μόνον.

8. Τὰ γαλακτόμετρα δίδουν μὲ ἀπ' εὐθείας ἀνάγνωση τὴν πυκνότητα τοῦ γάλακτος, ἐνῶ τὰ σακχαρόμετρα τὴν περιεκτικότητα σὲ σάκχαρο ἑνὸς σακχαρούχου διαλύματος.

1. *Μιὰ βάρκα ἔχει βάρος 200 kp. Πόσον ὄγκο νεροῦ ἐκτοπίζει: α) Ὅταν εἶναι ἄδεια καὶ β) ὅταν μεταφέρῃ 2 ἐπιβάτες, οἱ ὁποῖοι μαζὶ μὲ τὶς ἀποσκευές τους ἔχουν συνολικὸ βάρος 160 kp: α) Σὲ γλυκὸ νερό, β) σὲ θαλασσινὸ νερὸ ($\varepsilon = 1{,}03\ p/cm^3$).*

('Απ. α' 360 dm^3. β' 194 dm^3, 349 dm^3.)

2. *Ἕνα κομμάτι χαλκοῦ βάρους 242 p ἐπιπλέει σὲ ὑδράργυρο. α) Πόσος ὄγκος εἶναι βυθισμένος καὶ πόσος ὄχι στὸν ὑδράργυρο. β) Πόση δύναμη πρέπει νὰ ἀσκήσωμε στὸν χαλκὸ γιὰ νὰ τὸν βυθίσωμε ὁλόκληρο στὸν ὑδράργυρο. ($\varepsilon_{\chi\alpha\lambda} = 8{,}8\ p/cm^3$, $\varepsilon_{\upsilon\delta\rho} = 13{,}6\ p/cm^3$).*

('Απ. α' $V_1 = 9{,}7\ cm^3$, $V_2 = 17{,}8\ cm^3$. β' 132 p.)

3. *Ἕνα κομμάτι πάγου βάρους 1 kp καὶ εἰδικοῦ βάρους 0,92 p/cm^3 ἐπιπλέει στὸ νερό. α) Πόσο μέρος τοῦ ὄγκου του εἶναι βυθισμένο στὸ νερὸ καὶ πόσο εἶναι ἔξω ἀπὸ αὐτό. β) Σημειώνουμε μὲ μιὰ γραμμὴ τὴν στάθμη τοῦ νεροῦ στὸ δοχεῖο. Ὅταν ὁ πάγος λυώσῃ ἡ στάθμη τοῦ νεροῦ θὰ μεταβληθῇ ἢ ὄχι; Νὰ ἐξηγήσετε τὸ φαινόμενο.* *('Απ. α' 87 cm^3, β' ὄχι.)*

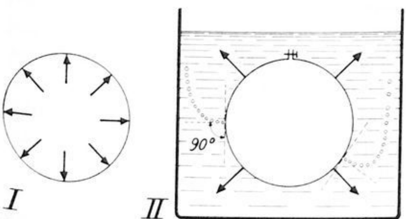
4. *Ἕνα κομμάτι ξύλο σὲ σχῆμα ὀρθογωνίου παραλληλεπιπέδου ἔχει ἐμβαδὸν βάσεως 600 cm^2 καὶ ὕψος 20 cm καὶ πλέει στὸ νερό. Νὰ εὑρεθῇ τὸ ὕψος τοῦ μέρους τοῦ πρίσματος ποὺ εὑρίσκεται ἔξω ἀπὸ τὸ νερό. Εἰδικὸ βάρος τοῦ ξύλου 0,6 p/cm^3.* *('Απ. 8 cm.)*

5. *Τὸ οἰνοπνευματόμετρο τοῦ Gay-Lussac δείχνει 12 βαθμοὺς γιὰ ἕνα εἶδος κρασιοῦ. Νὰ εὑρεθῇ τὸ βάρος τοῦ οἰνοπνεύματος ποὺ ὑπάρχει μέσα σὲ κρασὶ ὄγκου 150 l. Εἰδικὸ βάρος τοῦ οἰνοπνεύματος: 0,8 p/cm^3.* *('Απ. 14 400 p.)*

ΑΕΡΟΣΤΑΤΙΚΗ

ΚΖ' – ΠΙΕΣΕΙΣ ΑΣΚΟΥΜΕΝΕΣ ΑΠΟ ΤΑ ΑΕΡΙΑ

§ 163. Πιέζουσες δυνάμεις καὶ πιέσεις προκαλούμενες ἀπὸ ἀέρια. Παρατήρηση 1. Ὅλοι μας ἔχουμε προσέξει πῶς σχηματίζονται οἱ σαπουνόφουσκες. Ὅσο περισσότερο φυσᾶμε στὸν λεπτὸ σωλήνα, ποὺ ἔχουμε προηγουμένως βυθίσει σὲ διάλυμα νεροῦ μὲ σαπούνι, τόσο μεγαλώνει ἡ σαπουνόφουσκα, παίρνοντας σφαιρικὸ σχῆμα. Αὐτὸ ὅμως ἀποδεικνύει πὼς τὰ



Σχ. 240. Σὲ μιὰ σαπουνόφουσκα ἀσκοῦνται ἐσωτερικῶς πιέζουσες δυνάμεις (I). Τὰ ἀέρια ἀσκοῦν πιέζουσες δυνάμεις καθέτους πρὸς τὰ τειχώματα τῶν δοχείων, ποὺ τὰ περιέχουν (II).

ἐσωτερικά της τειχώματα ὠθοῦνται πρὸς τὰ ἔξω ἀπὸ πιέζουσες δυνάμεις, οἱ ὁποῖες ἔχουν διεύθυνση ἀκτίνων τῆς σφαίρας (σχ. 240, I). Τὸ ἴδιο συμβαίνει καὶ ὅταν φουσκώνωμε μιὰ μπάλλα ποδοσφαίρου. Ὥστε:

Τὰ περιορισμένα ἀέρια ἀσκοῦν στὰ τειχώματα τῶν δοχείων ποὺ περιέχονται πιέζουσες δυνάμεις μὲ φορὰ ἀπὸ τὸ ἐσωτερικὸ πρὸς τὸ ἐξωτερικό.

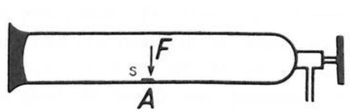
Παρατήρηση 2. Ὁ τεχνίτης ποὺ πρόκειται νὰ φράξῃ τὶς ὀπὲς ἑνὸς ἀεροθαλάμου ποδηλάτου (σαμπρέλας), πρῶτα φουσκώνει τὸν ἀεροθάλαμο καὶ κατόπι τὸν βυθίζει ὁλόκληρο σὲ μιὰ λεκάνη μὲ νερό. Παρατηρεῖ τότε μικρὲς φυσαλλίδες ἀέρος, ποὺ ἐξέρχονται ἀπὸ τὶς ὀπὲς καὶ κινοῦνται κάθετα πρὸς τὸ τείχωμα, στὸ σημεῖο στὸ ὁποῖο ἀναφαίνονται (σχ. 240, II). Ὥστε:

Τὰ ἀέρια ἀσκοῦν σὲ κάθε ἐπιφάνεια, μὲ τὴν ὁποία εὑρίσκονται σὲ ἐπαφή, πιέζουσες δυνάμεις κάθετες στὴν ἐπιφάνεια.

§ 164. Πίεση ἑνὸς ἀερίου. Ὅπως στὰ ὑγρά, ἔτσι καὶ στὰ ἀέρια, μποροῦμε νὰ ὁρίσωμε τὴν πίεση σ' ἕνα στοιχεῖο τοῦ τειχώματος ἑνὸς δοχείου, ποὺ περιέχει ἕνα ἀέριο. Ἔστω A ἕνα σημεῖο τοῦ ἐσωτερικοῦ τειχώματος μιᾶς χαλύβδινης φιάλης, ποὺ περιέχει ὀξυγόνο σὲ μεγάλη πίεση (σχ. 241). Θεωροῦμε ἕνα στοιχεῖο ἐπιφανείας μὲ ἐμβαδὸ S, γύρω ἀπὸ τὸ A καὶ ἔστω F, ἡ δύναμη ποὺ ἀσκεῖ τὸ ὀξυγόνο ἐπάνω σ' αὐτὸ τὸ στοιχεῖο.

Ἡ πίεση p_A τοῦ ἀερίου στὸ σημεῖο A ὁρίζεται ἴση μὲ τὸ πηλίκο τῆς πιεζούσης δυνάμεως F, πρὸς τὸ πιεζόμενο στοιχεῖο ἐπιφανείας S. Δηλαδή :

$$p_A = \frac{F}{S}$$



Σχ. 241. Τὸ ὀξυγόνο τῆς χαλύβδινης φιάλης ἀσκεῖ στὸ στοιχεῖο S τοῦ τειχώματος πίεση ἴση πρός: F/S.

§ 165. Χρήση τῶν πιεζουσῶν δυνάμεων τῶν ἀερίων. Ἡ πιέζουσα δύναμη τοῦ ἀτμοῦ προκαλεῖ τὴν παλινδρομικὴ κίνηση τοῦ ἐμβόλου τῶν ἀτμομηχανῶν. Ἡ κίνηση αὐτὴ μὲ κατάλληλο σύστημα, μεταβιβάζεται τελικὰ στοὺς τροχοὺς καὶ κινεῖ μιὰν ἀτμομηχανὴ ἐπάνω στὶς σιδηροτροχιές της ἢ τὴν ἕλικα ἑνὸς πλοίου.

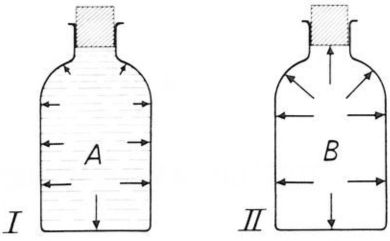
Οἱ πιέζουσες δυνάμεις τῶν ἀερίων, ποὺ παράγονται κατὰ τὴν ἀνάφλεξη καὶ ἔκρηξη τῆς δυναμίτιδος, προκαλοῦν μεγάλες καταστροφὲς καὶ εὑρίσκουν ἐφαρμογὴ στὶς ἀνατινάξεις.

Τὰ βλήματα τῶν πυροβόλων ὅπλων ἐκτινάσσονται μὲ πολὺ μεγάλες ταχύτητες ἀπὸ τὸ στόμιο τῆς κάννης χάρη στὶς πιέζουσες δυνάμεις τῶν ἀερίων ποὺ παράγονται κατὰ τὴν ἀνάφλεξη τῆς πυρίτιδος.

Πολυάριθμα ἐργαλεῖα λειτουργοῦν μὲ πεπιεσμένο ἀέρα, ὅπως τὰ εἰδικὰ τρυπάνια ποὺ μποροῦν νὰ σπάσουν πολὺ σκληροὺς βράχους κλπ. Πολλὰ ὀχήματα χρησιμοποιοῦν ἐπίσης τροχοπέδες πεπιεσμένου ἀέρος καὶ ἀνοιγοκλείνουν τὶς θύρες των μὲ συσκευὲς ποὺ λειτουργοῦν μὲ πεπιεσμένο ἀέρα, ἐνῶ οἱ ἀεροθάλαμοι τῶν ἐλαστικῶν ἐπισώτρων τους περιέχουν πεπιεσμένον ἀέρα.

§ 166. Σύγκριση πιέσεων ὑγρῶν καὶ περιορισμένων ἀερίων. Τὰ ὑγρὰ παρουσιάζουν ἐλεύθερη ἐπιφάνεια καὶ γι' αὐτὸ δὲν ἀσκοῦν πιέζουσες δυνάμεις στὴν ἄνω βάση τοῦ δοχείου ποὺ τὰ περιέχει (σχ. 242, I). Τὰ ἀέρια, ἀντίθετα, ἐπειδὴ τείνουν νὰ καταλάβουν ὅλον τὸν χῶρο ποὺ τοὺς προσφέρεται, λόγῳ τῆς ἐκτατότητος ἀπὸ τὴν ὁποία χαρακτηρίζονται, ἀσκοῦν πιέζουσες δυνάμεις καὶ στὴν ἄνω βάση τοῦ δοχείου, ὅπως ἀκριβῶς καὶ στὰ ὑπόλοιπα τειχώματα (σχ. 242, II). Ἀπὸ τὶς πιέζουσες αὐτὲς δυνάμεις ποὺ ἀσκεῖ τὸ διοξείδιο τοῦ ἄνθρακος μιᾶς φιάλης ἀφρώδους κρασιοῦ ἐκτινάσσεται τὸ πῶμα.

Τὸ ὑγρὸ ποὺ περιέχεται στὴν φιάλη



Σχ. 242. Πιέζουσες δυνάμεις ὑγρῶν καὶ ἀερίων.

Α τοῦ σχήματος, ἀσκεῖ λόγω τοῦ βάρους του πιέζουσες δυνάμεις στὸν πυθμένα καὶ στὰ τειχώματά της. Οἱ πιέζουσες αὐτὲς δυνάμεις δὲν εἶναι ἴδιες σὲ ὅλα τὰ σημεῖα τῶν τειχωμάτων τῆς φιάλης.

Τὸ ἀέριο τῆς φιάλης Β ἔχει κι αὐτὸ βάρος, γι' αὐτὸν τὸν λόγο ἀσκεῖ πιέζουσες δυνάμεις στὰ τειχώματά της. Ἐπειδὴ ὅμως 1 cm^3 ἀέρος ζυγίζει 1,3 mp ἡ πίεση ποὺ προκαλεῖται ἀπὸ τὸ βάρος τοῦ ἀέρος εἶναι ἀσήμαντη καὶ μποροῦμε νὰ τὴν παραβλέψωμε. Ἡ πίεση στὴν περίπτωση τῶν ἀερίων ὀφείλεται στὴν ἐκτατότητά τους.

Γνωρίζουμε ὅτι τὰ μόρια τῶν διαφόρων ἀερίων βρίσκονται σὲ συνεχῆ κι ἀδιάκοπη κίνηση, ποὺ γίνεται μὲ μεγάλες ταχύτητες κι ἔχει σὰν ἀποτέλεσμα τὴν πρόσκρουσή τους στὰ τειχώματα τῶν δοχείων ποὺ τὰ περιέχουν. Οἱ κρούσεις ἀκριβῶς αὐτὲς προκαλοῦν τὴν πίεση τοῦ ἀερίου. Ὥστε:

Ἡ πίεση στὰ τειχώματα ἑνὸς δοχείου τὸ ὁποῖο περιέχει ἀέριο, ὀφείλεται στὶς κρούσεις τῶν κινουμένων ἀερίων μορίων ἐπάνω στὰ τειχώματα. Ὅταν τὸ δοχεῖο ἔχει μικρὸ ὕψος ἡ πίεση εἶναι ἡ ἴδια σὲ ὅλα τὰ σημεῖα τῶν τειχωμάτων.

§ 167. Ἐφαρμογὴ τῆς θεμελιώδους ἀρχῆς τῆς Ὑδροστατικῆς στὰ ἀέρια. Τὰ ἀέρια εἶναι, ὅπως τὰ ὑγρά, ρευστὰ μὲ βάρος, γι' αὐτὸν τὸν λόγο ἐφαρμόζονται καὶ σ' αὐτὰ οἱ νόμοι τῆς Ὑδροστατικῆς.

α) Ἡ πίεση σ' ἕνα σημεῖο τῆς μάζας ἑνὸς ἀερίου ἔχει καθορισμένη τιμὴ καὶ εἶναι ἀνεξάρτητη ἀπὸ τὸν προσανατολισμὸ τῆς πιεζομένης ἐπιφανείας.

β) Σ' ἕνα ἀέριο ποὺ ἠρεμεῖ, ἡ πίεση εἶναι ἡ ἴδια στὰ σημεῖα ποὺ βρίσκονται στὸ ἴδιο ὁριζόντιο ἐπίπεδο.

γ) Ἡ διαφορὰ πιέσεων σὲ δύο σημεῖα A καὶ B τῆς μάζας ἑνὸς ἀερίου, ποὺ ἠρεμεῖ, ἰσοῦται μὲ τὸ βάρος μιᾶς ἀέρινης στήλης, ἡ ὁποία ἔχει βάση τὴν μονάδα ἐπιφανείας καὶ ὕψος τὴν ὑψομετρικὴ διαφορὰ τῶν σημείων A καὶ B.

Συνεπῶς ἐὰν ε εἶναι τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ ἀερίου θὰ ἔχωμε ὅτι:

$$p_B - p_A = \varepsilon \cdot h$$

ὅπου p_B καὶ p_A οἱ πιέσεις στὰ σημεῖα B καὶ A, οἱ ὁποῖες ὀφείλονται στὸ βάρος τῶν ἀνωτέρων στρωμάτων τοῦ ἀερίου καὶ h ἡ ὑψομετρικὴ διαφορὰ τῶν σημείων A καὶ B.

Ἡ παρατήρηση γ' ἀποτελεῖ τὴν θεμελιώδη ἀρχὴ τῆς Ὑδροστατικῆς στὰ ἀέρια.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Τὰ ἀέρια εἶναι ρευστὰ συμπιεστά, ἐλαστικὰ καὶ ἐκτατά. Ἀσκοῦν πιέζουσες δυνάμεις σὲ κάθε ἐπιφάνεια μὲ τὴν ὁποία εὑρίσκονται σὲ ἐπαφή, οἱ δὲ δυνάμεις αὐτὲς εἶναι κάθετες στὴν πιεζομένη ἐπιφάνεια.

2. Ἐὰν F εἶναι ἡ πιέζουσα δύναμη ποὺ ἀσκεῖται ἀπὸ ἕνα ἀέριο σὲ μιὰ μικρὴ ἐπιφάνεια S, γύρω ἀπὸ τὸ σημεῖο A, τότε ἡ πίεση τοῦ ἀερίου στὸ A εἶναι ἴση μὲ τὸ πηλίκο F/S.

3. Οἱ πιέζουσες δυνάμεις ποὺ ἀσκοῦνται ἀπὸ τὰ ἀέρια χρησιμοποιοῦνται σὲ πολυάριθμες συσκευὲς γιὰ τὴν λειτουργία τους, ὅπως στὴν ἀτμομηχανή, στοὺς κινητῆρες ἐκρήξεως κλπ. Πολλὰ ἐπίσης ἐργαλεῖα χρησιμοποιοῦν πεπιεσμένο ἀέρα.

4. Τὰ ἀέρια δὲν παρουσιάζουν ἐλεύθερη ἐπιφάνεια καὶ γι' αὐτὸ ἀσκοῦν πίεση σὲ ὅλα τὰ σημεῖα τοῦ ἐσωτερικοῦ ἑνὸς δοχείου, ὅπως ἐπίσης καὶ στὴν ἄνω βάση του, δηλαδὴ στὸ πῶμα τοῦ δοχείου. Ἡ πίεση αὐτὴ ὀφείλεται κυρίως στὶς κρούσεις τῶν κινουμένων μορίων τοῦ ἀερίου, γι' αὐτὸ εἶναι, πρακτικῶς, ἡ ἴδια σὲ ὅλα τὰ σημεῖα ἑνὸς δοχείου μικροῦ ὕψους.

5. Ἡ θεμελιώδης ἀρχὴ τῆς Ὑδροστατικῆς ἐφαρμόζεται καὶ στὰ ἀέρια, τὰ ὁποῖα εἶναι ρευστὰ μὲ βάρος.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Στὶς ἠλεκτρονικὲς λυχνίες, ἡ πίεση τοῦ ἀερίου εἶναι τῆς τάξεως μεγέθους ἑνὸς δεκάκις δισεκατομμυριοστοῦ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως. Ὑπολογίσατε τὴν πίεση σὲ χιλιοστὰ στήλης ὑδραργύρου. *(Ἀπ. 0,000 000 076 mmHg.)*

2. Τὸ ὀξυγόνο φέρεται στὸ ἐμπόριο μέσα σὲ χαλύβδινες φιάλες ὑπὸ πίεση ποὺ κυμαίνεται μεταξὺ 200 καὶ 250 kp/cm². Ἐκφράσατε τὶς πιέσεις αὐτὲς σὲ φυσικὲς ἀτμόσφαιρες. *(Ἀπ. 193,6 Atm, 242 Atm.)*

3. *"Ενα ἐπίπεδο τμῆμα τοῦ τειχώματος ἑνὸς βραστῆρος ἔχει ἐμβαδὸν 0,32 m². Ἡ πίεση τοῦ ἀτμοῦ σ' αὐτὸν τὸν βραστῆρα εἶναι 12,4 kp/cm². Νὰ εὑρεθῇ ἡ πιέζουσα δύναμη ποὺ ἀσκεῖ ὁ ἀτμὸς σ' αὐτὸ τὸ τμῆμα τοῦ τειχώματος.*

('Απ. 39 680 kp.)

4. *Ἡ πίεση τῶν ἀερίων κατὰ τὴν ἐκκίνηση ἑνὸς βλήματος εἶναι 2 500 kp/cm². Νὰ εὑρεθῇ ἡ δύναμη ποὺ ἀσκεῖται ἀπὸ τὰ ἀέρια στὴν βάση τοῦ σωλῆνος ἐκτοξεύσεως. Ἡ βάση νὰ θεωρηθῇ ὅτι εἶναι κύκλος διαμέτρου 75 mm.*

('Απ. 110 390 kp.)

5. *Ἡ πίεση τοῦ ἀτμοῦ ποὺ ἐνεργεῖ ἐπάνω σὲ ἕνα ἔμβολο κυκλικῆς διατομῆς εἶναι 15 kp/cm². Νὰ ὑπολογίσετε τὴν διάμετρο τοῦ ἐμβόλου ἐὰν εἶναι γνωστὸ ὅτι ἡ πιέζουσα δύναμη ἔχει μέτρο 2 790 kp.* *('Απ. 15,4 cm.)*

6. *Ἡ ὑψομετρικὴ διαφορὰ μεταξὺ δύο γειτονικῶν πόλεων εἶναι 70 m. Ἐὰν οἱ δύο αὐτὲς πόλεις τροφοδοτοῦνται μὲ φωταέριο ἀπὸ τὴν ἴδια σωλήνωση, νὰ εὑρεθῇ σὲ p/cm² ἡ διαφορὰ τῆς πιέσεως τοῦ ἀερίου μεταξὺ τῶν δύο πόλεων. Εἰδικὸ βάρος τοῦ φωταερίου 0,55 p/l.*

('Απ. 3,85 p/cm².)

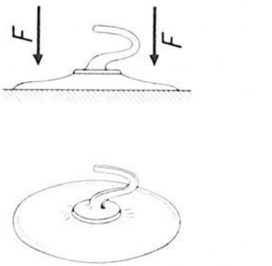
ΚΗ' – ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΠΙΕΣΗ

§ 168. Ὕπαρξη ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως. Ὁ ἀέρας, ὅπως ὅλα τὰ ἀέρια, ἔχει, καθὼς γνωρίζουμε, βάρος, πράγμα ποὺ ἀπέδειξε πρῶτος, χρησιμοποιώντας ζυγὸ καὶ ἕνα δερμάτινο ἀσκό, ὁ περίφημος Ἕλληνας σοφὸς τῆς ἀρχαιότητος **Ἀριστοτέλης.**

Πείραμα 1. Γεμίζουμε ἕνα ποτήρι μὲ νερὸ καὶ τὸ καλύπτουμε μὲ ἕνα φύλλο χαρτιοῦ, σὲ τρόπο ὥστε τὸ χαρτὶ νὰ ἐφάπτεται στὸ νερό, χωρὶς νὰ παρεμβάλλεται ἀέρας. Ὕστερα, κρατώντας μὲ τὸ δεξί μας χέρι τὸ ποτήρι καὶ μὲ τὴν ἀριστερὴ παλάμη μας ἀκουμπισμένη πάνω στὸ χαρτί, ἀναποδογυρίζουμε μὲ προσοχὴ καὶ γρήγορα τὸ ποτήρι, ἀπομακρύνοντας κατόπιν τὴν παλάμη μας ἀπὸ τὸ χαρτί. Παρατηροῦμε τότε πὼς τὸ νερὸ δὲν ρέει, διότι τὸ χαρτὶ ἐξακολουθεῖ νὰ ἐφάπτεται στὸ νερὸ κι ἔτσι ἐμποδίζει τὴν ροή του (σχ. 243).

Πείραμα 2. Ἐφαρμόζουμε ἐπάνω σ' ἕνα γυαλὶ τὸν πλαστικὸ δίσκο στηρίξεως ἑνὸς ἀεραγκίστρου (σχ. 244) καὶ ὕστερα ἕλκουμε μὲ δύναμη τὸ ἄγκιστρο. Μὲ μεγάλη δυσκολία κατορθώνουμε νὰ ἀποσπάσωμε

Σχ. 243. Τὸ νερὸ τοῦ ἀναποδογυρισμένου ποτηριοῦ δὲν χύνεται, χάρη στὸ χαρτὶ ποὺ ἐφάπτεται στὰ χείλη τοῦ ποτηριοῦ.

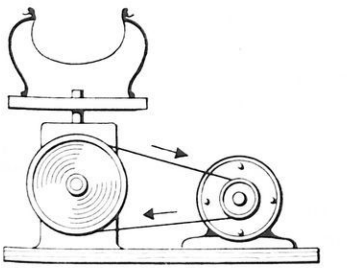


Σχ. 244. Ὁ πλαστικὸς δίσκος στηρίξεως τοῦ ἀεραγκίστρου ἀποσπᾶται μὲ δυσκολία ἀπὸ μιὰ λεία ἐπιφάνεια.

τὸν δίσκο ἀπὸ τὸ γυαλί. Ἂν ὅμως ἀναδιπλώσωμε λίγο τὸ χεῖλος τοῦ δίσκου τὸν ἀποσπᾶμε μὲ εὐκολία.

Ἂν ἐφαρμόσωμε τὸν δίσκο τοῦ ἀεραγκίστρου σὲ μιὰν ἀνώμαλη ἐπιφάνεια, ὁ δίσκος δὲν συγκρατεῖται.

Πείραμα 3. Στὸν δίσκο μιᾶς ἀεραντλίας κενοῦ τοποθετοῦμε ἕνα γυάλινο δοχεῖο, ἡ ἄνω βάση τοῦ ὁποίου καλύπτεται ἑρμητικὰ ἀπὸ μία τεντωμένη μεμβράνη καὶ θέτουμε τὴν ἀντλία σὲ λειτουργία. Παρατηροῦμε τότε πὼς ἡ μεμβράνη κυρτώνεται πρὸς τὸ ἐσωτερικὸ τοῦ κυλίνδρου (σχ. 245).



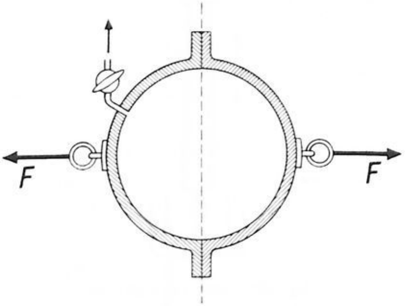
Σχ. 245. Ὅταν ἀφαιροῦμε τὸν ἀέρα τοῦ γυάλινου δοχείου ἡ μεμβράνη κυρτώνεται.

Ἐξήγηση τῶν πειραμάτων. Ἡ ἀτμόσφαιρα ἀσκεῖ μὲ τὸ βάρος της, ὅπως ἀκριβῶς τὰ ὑγρά, μιὰ πίεση ἀνάλογη μὲ τὴν ὑδροστατική, ἡ ὁποία μεταβιβάζεται σὲ ὅλες τὶς διευθύνσεις. Ἡ πίεση αὐτὴ ὀνομάζεται ἀ τ μ ο σ φ α ι ρ ι κ ὴ π ί ε σ η καὶ προκαλεῖ πιέζουσες δυνάμεις στὶς ἐπιφάνειες ποὺ βρίσκονται μέσα στὸν ἀτμοσφαιρικὸ ἀέρα. Δὲν γίνεται ὅμως ἄμεσα αἰσθητὴ διότι ὁ ἀέρας ποὺ ὑπάρχει παντοῦ ἀσκεῖ πιέσεις σὲ ὅλη τὴν ἐπιφάνεια τῶν σωμάτων. Ἡ πίεση αὐτὴ ὅμως γίνεται αἰσθητὴ ὅταν φροντίσωμε νὰ ἀσκηθῆ ἀπὸ τὸν ἀέρα σὲ μιὰ πλευρὰ ἑνὸς σώματος. Ὥστε:

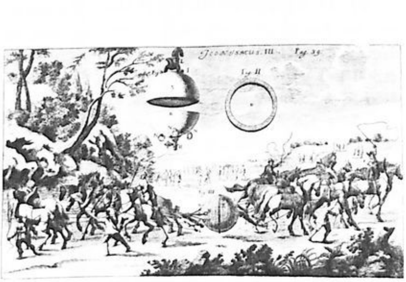
Ὁ ἀέρας ἀσκεῖ ἐξ αἰτίας τοῦ βάρους του πίεση πρὸς ὅλες τὶς διευθύνσεις. Ἡ πίεση ποὺ ἀσκεῖ ὁ ἀέρας λέγεται ἀτμοσφαιρικὴ πίεση.

§ 169. Ἱστορικό. Πρῶτος ἀπέδειξε τὴν ὕπαρξη ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως ὁ δήμαρχος τοῦ Μαγδεμβούργου Ὄθων φὸν **Γκέρικε** (Otto von Guericke) τὸ 1654.

Ὁ Γκέρικε πῆρε δύο κοῖλα μεταλλικὰ ἡμισφαίρια, μὲ διάμετρο 80 ἑκατοστομέτρων, ποὺ εἶχαν πολὺ χονδρὰ τειχώματα (σχ. 246). Τὸ χεῖλος τοῦ ἑνὸς ἀπὸ αὐτὰ εἶχε στὴν περιφέρεια τῆς τομῆς ἕνα δερμάτινο λιπασμένο δακτυλίδι καὶ στὴν κυρτή του ἐπιφάνεια στρόφιγγα γιὰ τὴν ἄντληση τοῦ ἀέρος. Ὅταν τὰ ἡμισφαίρια εἶναι γεμάτα μὲ ἀέρα, ἀποχωρίζονται μὲ εὐκολία, ἐπειδὴ ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεση ἔξω καὶ μέσα στὴν σφαίρα εἶναι ἡ ἴδια καὶ συνεπῶς οἱ πιέζουσες δυνάμεις ἀλληλοεξουδετερώνονται. Ὅταν ὅμως ἀφαιρεθῆ μὲ ἀεραντλία ὁ ἀέρας τῆς σφαίρας, χρειάζεται μεγά-



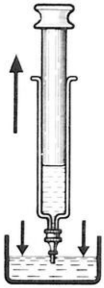
Σχ. 246. Ἡμισφαίρια τοῦ Μαγδεμβούργου.



Σχ. 247. Τὸ ἱστορικὸ πείραμα τῶν ἡμισφαιρίων, τὸ ὁποῖο ἐξετέλεσε ὁ δήμαρχος τοῦ Μαγδεμβούργου Otto von Guericke (1654).

λη δύναμη γιὰ νὰ ἀποχωρισθοῦν τὰ ἡμισφαίρια. Αὐτὸ ὀφείλεται στὸ ὅτι πρέπει νὰ ὑπερνικηθῆ τώρα ἡ ἐξωτερικὴ πιέζουσα δύναμη, ποὺ προκαλεῖται ἀπὸ τὴν ἀτμοσφαιρικὴ πίεση. Ἡ ἐσωτερικὴ πιέζουσα δύναμη, ἐφ᾽ ὅσον ἀραιώθηκε ὁ ἀέρας τῆς σφαίρας, ἐλαττώθηκε πολύ. Ὁ Γκέρικε, ὅπως βλέπουμε σὲ χαλκογραφίες τῆς ἐποχῆς, χρησιμοποίησε 16 ἄλογα γιὰ τὸν ἀποχωρισμὸ τῶν ἡμισφαιρίων, διατάσσοντάς τα σὲ δύο ὁμάδες, ἀπὸ 8 ἄλογα ἡ κάθε μία, ποὺ ἔσυραν πρὸς ἀντίθετες κατευθύνσεις (σχ. 247).

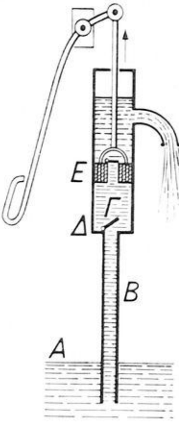
§ 170. Ἐφαρμογὲς τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως. α) Ἡ σύριγγα. Ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕναν κύλινδρο, μέσα στὸν ὁποῖο κινεῖται ἀεροστεγῶς ἕνα ἔμβολο (σχ. 248). Ἐὰν βυθίσωμε τὸ ἀνοικτὸ ἄκρο της μέσα σ᾽ ἕνα ὑγρὸ καὶ ἀνασύρωμε τὸ ἔμβολο, τὸ ὑγρὸ εἰσέρχεται στὸν κύλινδρο τῆς σύριγγος, ἐξ αἰτίας τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως.



Σχ. 248. Ἰατρικὴ σύριγγα.

β) Ἡ ἀναρροφητικὴ ἀντλία. Ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕναν κοῖλο κύλινδρο, ὁ ὁποῖος πρὸς τὰ ἄνω ἔχει πλευρικὸ σωλῆνα Η γιὰ τὴν ἔξοδο τοῦ νεροῦ καὶ στὴν βάση ὀπή, ποὺ κλείνεται μὲ βαλβίδα Γ, ἡ ὁποία ἀνοίγει ἀπὸ κάτω πρὸς τὰ ἐπάνω. (σχ. 249). Κατὰ μῆκος τοῦ κυλίνδρου κινεῖται ἀεροστεγῶς ἕνα ἔμβολο Ε, τὸ ὁποῖο ἔχει στὴν μέση σωλῆνα, ποὺ κλείνεται μὲ βαλβίδα, ἡ ὁποία ἀνοίγει ἀπὸ κάτω πρὸς τὰ ἐπάνω. Τὸ ἔμβολο αὐτὸ ἀνεβοκατεβαίνει μὲ μοχλό. Τέλος ὑπάρχει ἕνας ἀναρροφητικὸς σωλῆνας Β, ὁ ὁποῖος συγκοινωνεῖ μὲ τὸ νερὸ ποὺ πρόκειται νὰ ἀντλήσωμε καὶ εἶναι προσαρμοσμένος στὸ κάτω μέρος τοῦ κυλίνδρου.

Ὅταν ἀνέρχεται τὸ ἔμβολο σχηματίζεται κάτω ἀπὸ αὐτὸ κενὸς χῶρος. Ἀνοίγει ἡ βαλβίδα τοῦ κυλίνδρου καὶ εἰσέρχεται μέσα σ᾽ αὐτὸν ἀέρας



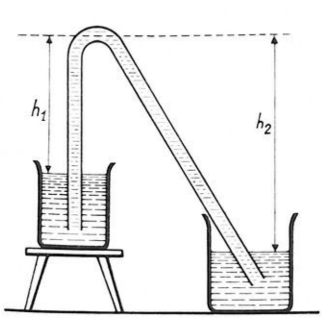
Σχ. 249. Ἀναρροφητικὴ ἀντλία.

ἀπὸ τὸν ἀναρροφητικὸ σωλῆνα, πρᾶγμα τὸ ὁποῖο ἔχει σὰν ἀποτέλεσμα νὰ ἀραιώση ὁ ἀέρας τοῦ ἀναρροφητικοῦ σωλῆνος καὶ νὰ μπῆ στὸν σωλῆνα αὐτὸν νερό, πιεζόμενο ἀπὸ τὴν ἀτμόσφαιρα. Ἂν κατεβάσωμε κατόπι τὸ ἔμβολο, συμπιέζεται ὁ ἀέρας ποὺ βρίσκεται κάτω ἀπὸ αὐτό, κλίνει τὴν βαλβίδα τοῦ κυλίνδρου καὶ ἐξέρχεται ἀπὸ τὸν σωλῆνα ἐκροῆς στὴν ἀτμόσφαιρα.

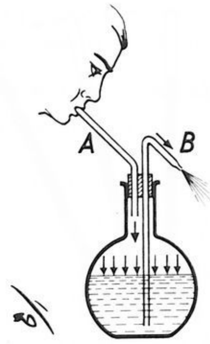
Συνεχίζουμε τὴν ἀναβίβαση καὶ καταβίβαση τοῦ ἐμβόλου, ὁπότε τὸ νερὸ ἀνεβαίνει ὅλο καὶ περισσότερο στὸν ἀναρροφητικὸ σωλῆνα καὶ τέλος εἰσέρχεται στὸν κύλινδρο. Τώρα πλέον ὅταν κατεβῆ τὸ ἔμβολο, θὰ ἀνοίξη ἡ βαλβίδα τοῦ ἐμβόλου, θὰ κλείση ἡ βαλβίδα τοῦ κυλίνδρου καὶ θὰ εἰσέλθη νερὸ ἀπὸ τὸν σωλῆνα τοῦ ἐμβόλου στὸ ἀνώτερο τμῆμα τοῦ κυλίνδρου. Τὸ νερὸ αὐτὸ θὰ ἐξέλθη ἀπὸ τὸν σωλῆνα ἐκροῆς στὴν ἑπόμενη ἀναβίβαση τοῦ ἐμβόλου, ἐνῶ συγχρόνως νέα ποσότητα νεροῦ θὰ εἰσέλθη στὸν κύλινδρο καὶ ἔτσι ἡ λειτουργία τῆς ὑδραντλίας θὰ συνεχίζεται ὁμαλά.

Μὲ τὴν ἀναρροφητικὴ ὑδραντλία θὰ ἔπρεπε νὰ ἀντλοῦμε νερὸ ἀπὸ βάθος μέχρι 10 m περίπου. Στὴν πραγματικότητα ὅμως, ἐξ αἰτίας τῶν τριβῶν τὸ νερὸ ἀνεβαίνει σὲ ὕψος 8 περίπου μέτρων.

γ) Ὁ σίφωνας. Χρησιμοποιεῖται γιὰ τὴν μετάγγιση μεγάλων ποσοτήτων ὑγροῦ ἀπὸ ἕνα δοχεῖο σὲ ἄλλο, τὸ ὁποῖο βρίσκεται χαμηλότερα ἀπὸ τὸ πρῶτο. Ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕνα σωλῆνα ποὺ ἔχει καμφθῆ σὲ δύο ἄνισα σκέλη (σχ. 250). Βυθίζουμε τὸ μικρὸ σκέλος στὸ ὑγρὸ ποὺ θέλουμε νὰ



Σχ. 250. Σίφωνας.

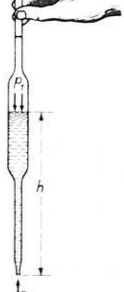


Σχ. 252. Ὑδροβολέας.

μεταγγίσωμε, ἀναρροφᾶμε τὸν ἀέρα τοῦ σωλῆνος ἀπὸ τὴν ἄκρη τοῦ μεγάλου σκέλους καὶ ὁ σίφωνας ἀρχίζει νὰ λειτουργῆ. Τὸ ὑγρὸ γεμίζει τὸν μικρὸ σωλῆνα, διοχετεύεται στὸν μεγάλο καὶ ρέει ἀπὸ τὸ ἀνώτερο δοχεῖο στὸ κατώτερο.

Τὸ ὑγρὸ ἀνέρχεται στὸν μικρὸ σωλῆνα, ὅταν ἀφαιρέσωμε μὲ ἀναρρόφηση τὸν ἀέρα, λόγῳ τῆς ἐξωτερικῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως.

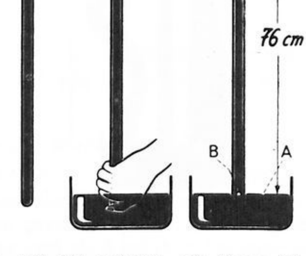
δ) Σιφώνιο. Αὐτὸ χρησιμεύει γιὰ τὴν μετάγγιση μικρῶν ποσοτήτων ὑγροῦ (σχ. 251). Τὸ ὄργανο βυθίζεται στὸ δοχεῖο, ὁπότε ἕνα μέρος του γεμίζει μὲ τὸ ὑγρό. Ἐὰν κλείσωμε τὸ ἄνω μέρος μὲ τὸ δάκτυλο καὶ τὸ ἀνασύρωμε, θὰ ἐκρεύσουν στὴν ἀρχή, λίγες σταγόνες ὑγροῦ κι ὕστερα ἡ ἐκροὴ θὰ σταματήση. Τότε ἡ πίεση τοῦ ἀέρος ποὺ περιέχεται στὸ σιφώνιο εἶναι μικρότερη ἀπὸ τὴν ἀτμοσφαιρικὴ πίεση.



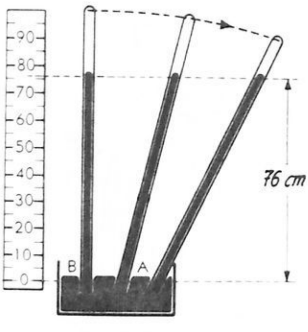
Σχ. 251. Σιφώνιο.

ε) Ὑδροβολέας. Χρησιμεύει γιὰ τὴν μετάγγιση νεροῦ, σὲ μικρὲς ποσότητες, σὲ δοκιμαστικοὺς σωλῆνες ἢ ἄλλα δοχεῖα, ὅταν ἐκτελοῦμε ὁρισμένα πειράματα στὴν Χημεία (σχ. 252). Ὅταν φυσήσωμε ἀέρα στὸν ἕνα ἀπὸ τοὺς δύο σωλῆνες, τότε ἡ πίεση τοῦ ἀέρος μέσα στὸν ὑδροβολέα γίνεται μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν ἐξωτερικὴ ἀτμοσφαιρικὴ πίεση, πράγμα ποὺ ἀναγκάζει τὸ νερὸ νὰ ἀνεβῆ στὸν ἄλλο σωλῆνα καὶ νὰ ἐκρεύση ἀπὸ τὸ κεκαμμένο του στόμιο.

§ 171. Μέτρηση τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως. Πείραμα τοῦ Τορρικέλλη. Παίρνουμε ἕναν γυάλινο σωλῆνα μήκους 90 cm

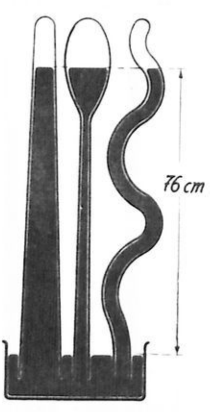


Σχ. 253. Τὸ πείραμα τοῦ Τορρικέλλη.



Σχ. 254. Τὸ ὕψος τῆς βαρομετρικῆς στήλης εἶναι ἀνεξάρτητο τῆς κλίσεως τοῦ σωλῆνος.

κλειστὸν στὸ ἕνα του ἄκρο. Τὸν γεμίζουμε ὁλόκληρο μὲ καθαρὸ ὑδράργυρο, ἀπαλλαγμένο ἀπὸ ὑγρασία καὶ κλείνουμε τὸ ἀνοικτό του ἄκρο μὲ τὸ δάκτυλο. Ἀναστρέφουμε τότε τὸν σωλῆνα καὶ κρατώντας τον πάντοτε κλειστὸν μὲ τὸ δάκτυλο μας, τὸν βυθίζουμε κατακόρυφα σὲ μιὰ λεκάνη γεμάτη μὲ ὑδράργυρο (σχ. 253). Ὕστερα ἐλευθερώνουμε τὸ δάκτυλό μας, διατηρώντας τὸν σωλῆνα πάντοτε κατακόρυφο μὲ τὸ ἀνοικτὸ ἄκρο του μέσα στὴν λεκάνη. Παρατηροῦμε τότε πὼς ὁ ὑδράργυρος κατε-



Σχ. 254 α. Τὸ ὕψος τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης δὲν ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ σχῆμα ἢ τὸν ὄγκο τοῦ σωλῆνος.

βαίνει λίγο μέσα στὸν σωλῆνα καὶ τέλος ἰσορροπεῖ σὲ ὕψος 76 cm περίπου ἀπὸ τὴν ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ ὑδράργυρου τῆς λεκάνης, ἐὰν τὸ πείραμα ἐκτελεῖται κοντὰ στὴν ἐπιφάνεια τῆς θάλασσας καὶ μὲ συνηθισμένες μετεωρολογικὲς συνθῆκες.

Ὁ κενὸς χῶρος ἐπάνω ἀπὸ τὴν ὑδραργυρικὴ στήλη τοῦ σωλῆνος λέγεται β α ρ ο μ ε τ ρ ι κ ὸ κ ε ν ό.

Ἂν γύρωμε λίγο τὸν σωλῆνα (σχ. 254), ἢ ἂν χρησιμοποιήσωμε σωλῆνες διαφόρων σχημάτων καὶ διαμέτρων (σχ. 254 α), θὰ δοῦμε ὅτι τὸ ὕψος τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης, ἡ ἀπόσταση δηλαδὴ τῆς ἐλεύθερης ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου στὸν σωλῆνα καὶ στὴν λεκάνη παραμένει σταθερή.

Ἐξήγηση καὶ ὑπολογισμός. Ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεση ἀσκεῖται ἐπάνω σὲ ὅλη τὴν ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου τῆς λεκάνης καὶ συγκρατεῖ τὴν στήλη τοῦ ὑδραργύρου τοῦ σωλῆνος. Ἐφ' ὅσον ὁ ὑδράργυρος ἰσορροπεῖ, παρουσιάζει σ' ὁποιοδήποτε σημεῖο τοῦ ἐπιπέδου ποὺ ὁρίζεται ἀπὸ τὴν ἐλεύθερή του ἐπιφάνεια τὴν ἴδια πίεση.

Θεωροῦμε δύο σημεῖα τῆς ἐλεύθερης ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου, τὸ ἕνα, Α, στὸ ἐξωτερικὸ τοῦ σωλῆνος καὶ τὸ ἄλλο, Β, στὸ ἐσωτερικό του (σχ. 253). Θὰ ἔχωμε:

πίεση στὸ Α (p_A) = πίεση στὸ Β (p_B).

Ἡ πίεση ὅμως στὸ Α εἶναι ἡ ἀτμοσφαιρική. Ἡ πίεση στὸ Β, ἐφ' ὅσον ὁ χῶρος ἐπάνω ἀπὸ τὸν ὑδράργυρο τοῦ σωλῆνος εἶναι κενός, ὀφείλεται μόνο στὴν ὑδραργυρικὴ στήλη τοῦ σωλῆνος. Ἡ πίεση στὸ Β ἰσοῦται ἀριθμητικῶς μὲ τὸ βάρος μιᾶς ὑδραργυρικῆς στήλης, ὕψους h cm καὶ τομῆς 1 cm^2. Ἐὰν λοιπὸν τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ ὑδραργύρου εἶναι $\varepsilon_{υδρ}$ θὰ ἔχωμε:

Ἀτμοσφαιρικὴ πίεση $= \varepsilon_{υδρ} \cdot h_{υδρ}$

Τὸ πείραμα λοιπὸν τοῦ Τορρικέλλη μᾶς ἐπιτρέπει νὰ μετρήσωμε τὴν ἀτμοσφαιρικὴ πίεση, ἡ ὁποία ἐκφράζεται συνήθως σὲ ἑκατοστόμετρα στήλης ὑδραργύρου.

§ 172. Κανονικὴ πίεση. Στὸ ἐπίπεδο τῆς ἐπιφανείας τῆς θάλασσας καὶ σὲ γεωγραφικὸ πλάτος 45°, τὸ ὕψος τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης ἔχει μιὰ μέση τιμὴ ἴση μὲ 76 cm, ὅταν ἐπικρατοῦν συνηθισμένες μετεωρολογικὲς συνθῆκες καὶ θερμοκρασία 0 °C. Τὸ ὕψος αὐτὸ ἐδιάλεξαν γιὰ νὰ ὁρίσουν μιὰ νέα μονάδα πιέσεως τὴν ὁποία ὀνόμασαν κανονικὴ πίεση ἢ φυσικὴ ἀτμόσφαιρα (1 Atm). Ὥστε:

Ἡ κανονικὴ πίεση ἢ φυσικὴ ἀτμόσφαιρα εἶναι ἡ πίεση ποὺ ἀσκεῖ μία στήλη ὑδραργύρου, ὕψους 76 cm καὶ σὲ θερμοκρασία 0 °C, ἡ ὁποία ἰσορροπεῖ στὴν ἐπιφάνεια τῆς θάλασσας καὶ σὲ τόπο γεωγραφικοῦ πλάτους 45°.

Ἐπειδὴ στοὺς 0 °C τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ ὑδραργύρου εἶναι 13,6 p/cm³, ἔχουμε ὅτι:

$$1 \text{ Atm} = 13{,}6 \cdot 76 = 1\,033 \text{ p/cm}^2$$

Στὰ μετεωρολογικὰ δελτία ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεση δίνεται συνήθως σὲ μιλλιμπὰρ (millibar). Εἶναι δέ:

$$1 \text{ Atm} = 1\,013 \text{ mbar}.$$

§ 173. Πείραμα τοῦ Τορρικέλλη μὲ ἄλλα ὑγρά. Ἂν ἐκτελέσωμε τὸ πείραμα τοῦ Τορρικέλλη μὲ ὑγρὸ εἰδικοῦ βάρους $\varepsilon_{\upsilon\gamma\rho}$ θὰ ἔχωμε μιὰν ὑγρὴ στήλη ὕψους $h_{\upsilon\gamma\rho}$ καὶ θὰ εἶναι:

$$\text{Ἀτμ. πίεση} = \varepsilon_{\upsilon\gamma\rho} \cdot h_{\upsilon\gamma\rho}$$

Εἶναι ὅμως:

$$\text{Ἀτμ. πίεση} = \varepsilon_{\upsilon\delta\rho} \cdot h_{\upsilon\delta\rho}$$

συνεπῶς θὰ ἔχωμε ὅτι:

$$\varepsilon_{\upsilon\gamma\rho} \cdot h_{\upsilon\gamma\rho} = \varepsilon_{\upsilon\delta\rho} \cdot h_{\upsilon\delta\rho}$$

ἀπὸ τὴν ὁποία εὑρίσκουμε ὅτι:

$$\varepsilon_{\upsilon\gamma\rho} = \frac{\varepsilon_{\upsilon\delta\rho} \cdot h_{\upsilon\delta\rho}}{\varepsilon_{\upsilon\gamma\rho}}$$

Ἂν πειραματισθοῦμε μὲ νερό, γιὰ τὸ ὁποῖο εἶναι $\varepsilon_{\nu\varepsilon\rho o\tilde{\upsilon}} = 1$ p/cm³, εὑρίσκουμε ὅτι:

$$h_{\nu\varepsilon\rho o\tilde{\upsilon}} = 1\,033 \text{ cm} = 10{,}33 \text{ m}$$

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Ὁ ἀέρινος μανδύας ποὺ περιβάλλει τὴν Γῆ ἀποτελεῖ τὴν ἀτμόσφαιρά της.

2. Ὁ ἀέρας τῆς ἀτμόσφαιρας ἀσκεῖ πιέζουσες δυνάμεις σὲ κάθε ἐπιφάνεια μὲ τὴν ὁποία εὑρίσκεται σὲ ἐπαφή. Οἱ πιέζουσες αὐτὲς δυνάμεις συγκρατοῦν σφικτὰ ἐπάνω σὲ λεῖες ἐπιφάνειες τοὺς πλαστικοὺς δίσκους τῶν ἀεραγκίστρων καὶ ἐξυπηρετοῦν στὴν λειτουργία τῆς σύριγγος, τῆς ἀναρροφητικῆς ἀντλίας, τοῦ σίφωνος, τοῦ σιφωνίου τοῦ ὑδροβολέως κλπ. Οἱ πιέζουσες δυνάμεις τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος προκαλοῦν τὴν ἀτμοσφαιρικὴ πίεση.

3. Γιὰ νὰ γίνη αἰσθητὴ ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεση πρέπει νὰ φροντίσωμε νὰ ἀσκηθῆ σὲ μιὰ μόνο ὄψη ἑνὸς ἀντικειμένου.

4. Στὸ πείραμα τοῦ Τορρικέλλη ἰσορροποῦμε τὴν ἀτμοσφαιρικὴ πίεση μὲ τὴν πίεση μιᾶς ὑδραργυρικῆς στήλης, πράγμα ποὺ μᾶς ἐπιτρέπει νὰ μετρήσωμε τὴν ἀτμοσφαιρικὴ πίεση.

5. Ἡ κανονικὴ πίεση ἢ πίεση μιᾶς φυσικῆς ἀτμόσφαιρας (1 Atm) εἶναι ἡ πίεση στήλης ὑδραργύρου, ὕψους 76 cm, σὲ θερμοκρασία 0 °C καὶ συνηθισμένες μετεωρολογικὲς συνθῆκες, στὸ ἐπίπεδο τῆς ἐπιφανείας τῆς θαλάσσης καὶ σὲ τόπο γεωγραφικοῦ πλάτους 45°. Εἶναι δέ:

$$\mathbf{1 \text{ Atm} = 1\,033 \text{ p/cm}^2 = 1\,013 \text{ mbar}}$$

1. Νὰ ἐκφρασθῇ σὲ p/cm², ἀτμοσφαιρικὴ πίεση 740 Torr. ('Απ. 1 006 p/cm².)

2. Πόσο πρέπει νὰ εἶναι τὸ ὕψος στήλης ὑδραργύρου στὶς πιέσεις: 538 p/cm², 1 kp/cm², 1 028 mbar, 0,73 Atm.
('Απ. $h_1 = 39{,}55$ cm, $h_2 = 73{,}5$ cm, $h_3 = 77{,}1$ cm, $h_4 = 55{,}84$ cm.)

3. Νὰ εὑρεθῇ ἡ ὁλικὴ δύναμη ποὺ ἀσκεῖται ἐξ αἰτίας τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως ἐπάνω στὴν ἐπιφάνεια ἑνὸς τραπεζιοῦ μήκους 1,4 m καὶ πλάτους 75 cm. ('Απ. 10 850 kp.)

4. Νὰ εὑρεθῇ ἡ ὁλικὴ δύναμη ποὺ ἀσκεῖται μὲ κανονικὴ ἀτμοσφαιρικὴ πίεση στὴν ἐξωτερικὴ ἐπιφάνεια ἑνὸς δοχείου, ἀπὸ τὸ ὁποῖο ἔχουμε ἀδειάσει τὸν ἀέρα. Τὸ ἐμβαδὸν τῆς ἐπιφανείας τοῦ δοχείου εἶναι 12 dm². ('Απ. 1 240 kp.)

5. Ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ἀνθρώπινου σώματος ἔχει ὑπολογισθῇ ὅτι εἶναι 1 m² περίπου. Ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεση εἶναι 760 mm στήλης ὑδραργύρου. Νὰ εὑρεθῇ σὲ κιλοπὸντ καὶ σὲ Νιοῦτον τὸ μέτρο τῆς δυνάμεως ποὺ πιέζει τὸ ἀνθρώπινο σῶμα. Γιατί παρ' ὅλη τὴν τεράστια αὐτὴ δύναμη τὸ ἀνθρώπινο σῶμα δὲν συνθλίβεται;
('Απ. 10 330 kp, 101 337 N.)

6. Ἡ στήλη τοῦ ὑδραργύρου σὲ ἕναν σωλῆνα Τορρικέλλη ἔχει ὕψος 75 cm. Εἰσάγουμε τὸ δοχεῖο μὲ τὸν σωλῆνα σὲ νερό, τοῦ ὁποίου ἡ ἐλεύθερη ἐπιφάνεια εἶναι κατὰ 51 cm ὑψηλότερα ἀπὸ τὴν ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου τοῦ δοχείου. α) Πόση πίεση ἀσκεῖται στὴν ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου. β) Πόσο εἶναι τὸ νέο ὕψος h τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης;
('Απ. α' 1 071 p/cm². β' 78,75 cm.)

ΚΘ' – ΒΑΡΟΜΕΤΡΑ

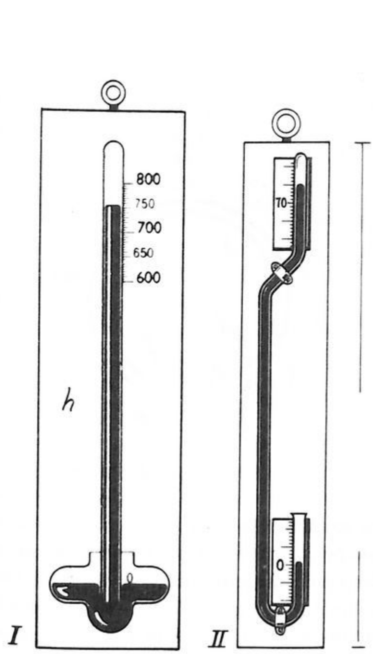
§ 174. **Γενικότητες.** Τὰ βαρόμετρα εἶναι εἰδικὰ ὄργανα μὲ τὴν βοήθεια τῶν ὁποίων μετρᾶμε τὴν ἀτμοσφαιρικὴ πίεση.

Διακρίνουμε δύο εἴδη βαρομέτρων: τὰ ὑ δ ρ α ρ γ υ ρ ι κ ὰ βαρόμετρα, ποὺ λειτουργοῦν μὲ βάση τὸ πείραμα τοῦ Τορρικέλλη καὶ τὰ μ ε τ α λ λ ι κ ὰ βαρόμετρα, τὰ ὁποῖα μετροῦν τὴν ἀτμοσφαιρικὴ πίεση ἀπὸ τὴν παραμόρφωση ποὺ προκαλεῖ αὐτὴ σὲ κατάλληλα ἐλάσματα.

§ 175. **Ὑδραργυρικὰ βαρόμετρα.** Ἡ διάταξη τοῦ πειράματος τοῦ Τορρικέλλη εἶναι ὑδραργυρικὸ βαρόμετρο. Οἱ κατασκευαστὲς ὅμως τῶν βαρομέτρων φροντίζουν ὥστε νὰ ἔχουν καθαρὸ καὶ ξηρὸ ὑδράργυρο, χωρὶς δηλ. ἴχνη ὑγρασίας, ἐνῶ στὸν βαρομετρικὸ θάλαμο νὰ μὴν ὑπάρχη καθόλου ἀέρας.

Ἐπειδὴ ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεση σ' ἕναν τόπο δὲν εἶναι σταθερή, τὸ ὕψος τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης μ ε τ α β ά λ λ ε τ α ι, ἐπομένως καὶ ἡ ποσότητα τοῦ ὑδραργύρου τοῦ σωλῆνος. Τὸ τελευταῖο ὅμως αὐτὸ ἔχει σὰν ἀποτέλεσμα νὰ ἀνεβοκατεβαίνη ἡ στάθμη τοῦ ὑδραργύρου τῆς λεκάνης καὶ νὰ μὴ διατηρῆται σ' ἕνα σταθερὸ ὁριζόντιο ἐπίπεδο, στὸ ὁποῖο θὰ σημειώναμε τὸ μηδὲν τῆς κλίμακος, μὲ τὴν ὁποία θὰ μετρούσαμε κάθε φορὰ τὸ ὕψος τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης τοῦ σωλῆνος. Αὐτὸ εἶναι ἕνα μειονέκτημα τῶν ὑδραργυρικῶν βαρομέτρων, τὸ ὁποῖο ἐξουδετερώνουμε κατάλληλα.

α) Βαρόμετρο μὲ λεκάνη (σχ. 255, Ι). Στὸ βαρόμετρο αὐτὸ ὁ ὑδραργυρικὸς σωλήνας στηρίζεται κατακόρυφα σὲ μιὰ σανίδα καὶ βυθίζεται σὲ μιὰ λεκάνη πολὺ πλατιά, σὲ σχέση μὲ τὴν τομή του, ἔτσι ποὺ ἡ στάθμη τοῦ ὑδραργύρου τῆς λεκάνης νὰ μένη περίπου σταθερή, ὅταν τὸ ὕψος τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης μεταβάλλεται μερικὰ ἑκατοστόμετρα.



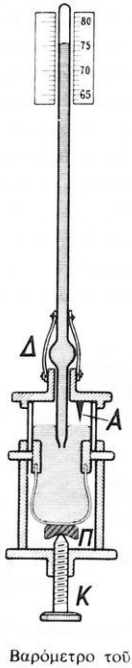
Σχ. 255. Βαρόμετρο μὲ λεκάνη (I) καὶ σιφωνοειδὲς βαρόμετρο (II).

Τὸ ὕψος τοῦ ὑδραργύρου στὸν σωλήνα μετριέται ἐπάνω σὲ μιὰν ἀριθμημένη κλίμακα, τὸ μηδὲν τῆς ὁποίας ἀντιστοιχεῖ στὸ ἐπίπεδο τῆς ἐλεύθερης ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου τῆς λεκάνης.

β) Σιφωνοειδὲς βαρόμετρο (σχ. 255, II). Ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕνα σωλήνα κεκαμμένο μὲ ἄνισα σκέλη, ἀπὸ τὰ ὁποῖα τὸ μεγαλύτερο εἶναι κλειστὸ καὶ τὸ μικρότερο ἀνοικτό. Μὲ τὸ βαρόμετρο αὐτὸ μετρᾶμε τὴν ἀτμοσφαιρικὴ πίεση ὑπολογίζοντας τὴν διαφορὰ στάθμης τοῦ ὑδραργύρου στὰ δύο σκέλη τοῦ σωλῆνος.

γ) Βαρόμετρο τοῦ Φορτὲν (Fortin) (σχ. 256). Τὸ βαρόμετρο αὐτὸ εἶναι εὔχρηστο γιατὶ μεταφέρεται μὲ ἀσφάλεια. Ὁ πυθμένας Π τῆς λεκάνης του εἶναι δερμάτινος καὶ μπορεῖ νὰ ἀνεβοκατεβαίνη μὲ τὴν βοήθεια τοῦ κοχλία Κ, πράγμα τὸ ὁποῖο μεταβάλλει τὴν χωρητικότητα τῆς λεκάνης. Τὸ ὄργανο προστατεύεται μὲ μεταλλικὸ περίβλημα, στὸ ἄνω μέρος τοῦ ὁποίου ὑπάρχει κλίμακα, γιὰ τὴν μέτρηση τοῦ ὕψους τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης. Τὸ μηδὲν τῆς κλίμακος ἀντιστοιχεῖ στὸ ἄκρο Α μιᾶς ἀκίδας ἀπὸ ἐλεφαντόδοντο. Ὅταν πρόκειται νὰ ἐκτελέσωμε μιὰ μέτρηση, ρυθμίζουμε μὲ τὸν κοχλία Κ τὴν χωρητικότητα τῆς λεκάνης ἔτσι, ὥστε τὸ ἄκρο τῆς ἀκίδος νὰ ἐφάπτεται στὴν ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου τῆς λεκάνης. Ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεση μεταδίδεται στὸν ὑδράργυρο τῆς λεκάνης μέσα ἀπὸ τοὺς πόρους τοῦ δερμάτινου συνδέσμου Δ, οἱ ὁποῖοι ὅμως δὲν ἀφήνουν τὸν ὑδράργυρο νὰ χυθῆ ἔξω ἀπὸ τὸ ὄργανο.

Πρὶν μεταφερθῆ τὸ βαρόμετρο μικραίνουμε μὲ τὸν κοχλία τὴν χωρητικότητα



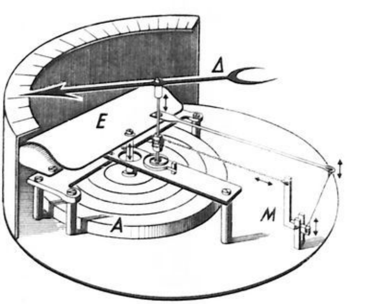
Σχ. 256. Βαρόμετρο τοῦ Φορτέν.

τῆς λεκάνης, μέχρις ὅτου ὁλόκληρος ὁ βαρομετρικὸς σωλήνας νὰ γεμίση μὲ ὑδράργυρο.

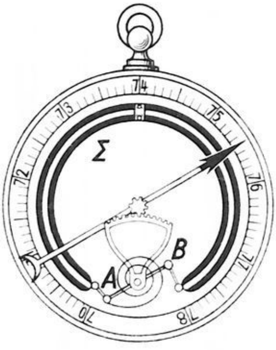
§ 176. Μεταλλικὰ βαρόμετρα. Τὰ ὑδραργυρικὰ βαρόμετρα παρουσιάζουν μεγάλην ἀκρίβεια ἀλλὰ εἶναι δύσχρηστα, εὔθραυστα, δυσκολομετακόμιστα καὶ χρησιμοποιοῦνται κυρίως στὰ ἐργαστήρια. Τὰ μεταλλικὰ βαρόμετρα δὲν ἔχουν μεγάλην ἀκρίβεια, εἶναι ὅμως εὔχρηστα, μικρὰ στὸ μέγεθος καὶ εὐκολομετακόμιστα.

Ἕνας συνηθισμένος τύπος μεταλλικοῦ βαρομέτρου φαίνεται στὸ σχῆμα 257. Ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕνα κενὸ ἀέρος μεταλλικὸ κυλινδρικὸ δοχεῖο Α, ἡ ἄνω ἐπιφάνεια τοῦ ὁποίου εἶναι πτυχωτή. Ὅταν ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεση μεταβάλλεται, παραμορφώνεται ἡ πτυχωτὴ ἐπιφάνεια, ὁπότε μὲ τὸ κατάλληλα τοποθετημένο ἔλασμα Ε καὶ τὸ σύστημα μοχλῶν Μ μετακινεῖται ὁ δείκτης Δ μπροστὰ σὲ μιὰ βαθμολογημένη κλίμακα, ἡ ὁποία εἶναι ὑποδιαιρεμένη σὲ χιλιοστόμετρα ὑδραργυρικῆς στήλης (mm Hg) καὶ δείχνει τὴν ἀτμοσφαιρικὴ πίεση. Μὲ τὴν πάροδο τοῦ χρόνου χαλαρώνεται τὸ σύστημα τὸ ὁποῖο ὑφίσταται τὶς ἐλαστικὲς παραμορφώσεις καὶ ἔτσι οἱ ἐνδείξεις τοῦ ὀργάνου δὲν εἶναι πλέον ἀκριβεῖς.

Τὸ σχῆμα 258 δείχνει ἕναν ἄλλο τύπο μεταλλικοῦ βαρομέτρου, τὸ ὁποῖο ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕνα σωλήνα Σ, κατασκευασμένον ἀπὸ ἐλατὸ μέταλλο μὲ ἐλλειπτικὴ ἐγκάρσια τομή. Ὅταν αὐξομειώνεται ἡ ἐξωτερικὴ ἀτμοσφαιρικὴ πίεση, τὰ δύο σκέλη Α καὶ Β τοῦ σωλῆνος πλησιάζουν ἢ ἀπομακρύνονται, ἡ κίνηση δὲ αὐτὴ μεταδίδεται μὲ κατάλληλο μηχανισμὸ ἀπὸ μοχλοὺς καὶ ὀδοντωτοὺς τροχοὺς στὸν δείκτη, ὁ ὁποῖος μετακινεῖται ἐμπρὸς ἀπὸ μιὰ κατάλληλα βαθμολογημένη κλίμακα.

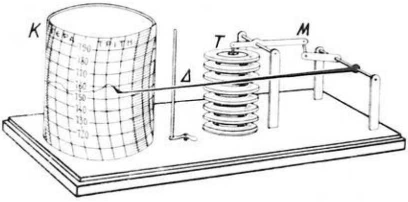


Σχ. 257. Ἐσωτερικὸ μεταλλικοῦ βαρομέτρου.



Σχ. 258. Μεταλλικὸ βαρόμετρο.

§ 177. Βαρογράφος ἢ αὐτογραφικὸ βαρόμετρο. Τὸ ὄργανο αὐτὸ καταγράφει σὲ κατάλληλη ταινία, ἡ ὁποία περιτυλίγεται στὸν κύλινδρο Κ, μιὰ καμπύλη γραμμὴ (σχ. 259). Ἡ γραμμὴ αὐτὴ δείχνει τὴν ἀτμοσφαιρικὴ πίεση σὲ κάθε χρονικὴ στιγμή, διότι ὁ κύλινδρος περιστρέφεται ἰσοταχῶς μὲ ὡρολογιακὸ μηχανισμό.



Σχ. 259. Βαρογράφος μὲ 8 τύμπανα.

Ἡ διάρκεια περιστροφῆς τοῦ κυλίνδρου εἶναι μιᾶς ἡμέρας, μιᾶς ἑβδομάδος κλπ.

§ 178. Μεταβολὴ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως.

α) Μὲ τὸν καιρό. Ἂν μετρήσωμε τὴν ἀτμοσφαιρικὴ πίεση στὸν ἴδιο τόπο, σὲ διάφορες ὧρες τῆς ἡμέρας, θὰ διαπιστώσωμε ὅτι δὲν εἶναι πάντοτε ἡ ἴδια καὶ ὅτι μεταβάλλεται κατὰ ἀρκετὰ χιλιοστόμετρα ὑδραργυρικῆς στήλης στὸ διάστημα μιᾶς ἡμέρας.

Τὸ πλάτος τῶν μεταβολῶν αὐτῶν ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν ἀτμοσφαιρικὴ κατάσταση. Μιὰ ἀργὴ ἀλλὰ κανονικὴ αὔξηση τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως προαναγγέλλει μιὰ περίοδο καλοῦ καιροῦ. Ἀντίστροφα μιὰ συνεχιζόμενη πτώση προμηνύει κακὸ καιρό. Μιὰ ἀπότομη πτώση εἶναι προάγγελος καταιγίδων καὶ θυελλῶν.

Ἀπὸ τὰ παραπάνω φαίνεται ὅτι ἡ βαρομετρικὴ πίεση ἀποτελεῖ ἕνα σπουδαῖο στοιχεῖο γιὰ τὴν πρόγνωση τοῦ καιροῦ, ἡ ὁποία ἔχει μεγάλη σημασία γιὰ τὴν ἀεροπορία, τὴν ναυτιλία, τὴν γεωργία, κλπ.

β) Μὲ τὸ ὑψόμετρο. Ὅπως ὅλα τὰ ἀέρια ἔτσι καὶ ὁ ἀέρας ἔχει βάρος.

Μέσα σ' ἕνα ὑγρὸ ἡ ὑδροστατικὴ πίεση ἐλαττώνεται, ὅσο ἀπομακρυνόμαστε ἀπὸ τὸν πυθμένα τοῦ δοχείου. Ὅπως ἡ ὑδροστατικὴ πίεση ὀφείλεται στὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ, ἔτσι καὶ ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεση ὀφείλεται στὸ βάρος τοῦ ἀέρος καὶ ἐλαττώνεται ὅσο ἀνεβαίνουμε στὴν ἀτμόσφαιρα καὶ ἀπομακρυνόμαστε ἀπὸ τὸ ἔδαφος.

Ἂς ὑπολογίσωμε τὴν διαφορὰ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως σὲ δύο σημεῖα Α καὶ Β, ποὺ βρίσκονται κοντὰ στὴν ἐπιφάνεια τῆς Γῆς, μὲ ὑψομετρικὴ διαφορὰ 10 m.

Παίρνοντας τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ ἀέρος ἴσο μὲ 1,3 p/dm^3 καὶ θεωρώντας τὸν ἀέρα σὰν ὑγρὸ θὰ ἔχωμε: $p_B - p_A = \varepsilon \cdot h =$

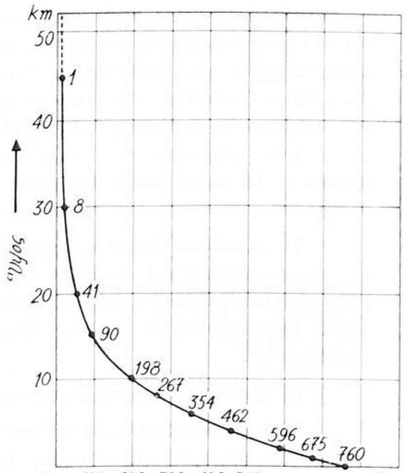
$$= \frac{1,3}{1\,000}\ \frac{p}{cm^3} \times 1\,000\ cm = 1,3\ p/cm^2.$$

Μιὰ διαφορὰ πιέσεως 1,3 p/cm^2 ἀντιστοιχεῖ περίπου μὲ 0,1 cm Hg ἢ 1 mm Hg. Ὥστε:

Σὲ μικρὰ ὕψη ἀπὸ τὸ ἔδαφος ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεση ἐλαττώνεται κατὰ 1 mm Hg ὅταν ἀνεβαίνωμε κατὰ 10 m.

Τὰ παραπάνω ἰσχύουν μόνο γιὰ ὕψη 300-400 m ἐπάνω ἀπὸ τὴν ἐπιφάνεια τῆς θάλασσας. Πραγματικὰ μέχρι τὸ ὑψόμετρο αὐτὸ διατηρεῖται περίπου σταθερὸ τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ ἀέρος.

Τὸ σχῆμα 260 δίνει τὶς τιμὲς τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως σὲ σχέση μὲ τὸ ὑψόμετρο ἀπὸ τὴν ἐπιφάνεια τῆς θάλασσας.



Σχ. 260. Γραφικὴ παράσταση τῆς μεταβολῆς τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως μὲ τὸ ὕψος.

Ἐφαρμογὲς τοῦ βαρομέτρου. Τὸ βαρόμετρο χρησιμοποιεῖται ἀπὸ τὴν Μετεωρολογία γιὰ τὴν μελέτη τοῦ κλίματος ἑνὸς τόπου καὶ τὴν πρόγνωση τοῦ καιροῦ.

Τὸ βαρόμετρο χρησιμοποιεῖται ἐπίσης γιὰ τὸν ὑπολογισμὸ τοῦ ὑψομέτρου ἑνὸς τόπου. Οἱ πιλότοι τῶν ἀεροπλάνων χρησιμοποιοῦν εἰδικὰ μεταλλικὰ βαρόμετρα τὰ ὁποῖα εἶναι βαθμολογημένα σὲ μέτρα ὕψους καὶ ἔτσι γνωρίζουν σὲ κάθε στιγμὴ τὸ ὕψος στὸ ὁποῖο βρίσκονται (σχ. 261).

Τὰ ὄργανα αὐτὰ ὀνομάζονται *ὑψομετρικὰ βαρόμετρα*.

Σχ. 261. Δίσκος ἑνὸς ὑψομετρικοῦ ἀεροπορικοῦ βαρομέτρου.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Τὰ βαρόμετρα εἶναι ὄργανα ποὺ χρησιμεύουν στὴν μέτρηση τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως.

2. Τὰ ὑδραργυρικὰ βαρόμετρα εἶναι σωλῆνες τοῦ Τορρικέλλη βαθμολογημένοι σὲ ἑκατοστόμετρα καὶ χιλιοστόμετρα. Τὸ βαρόμετρο μὲ λεκάνη ἔχει λεπτὸ σωλῆνα καὶ λεκάνη μὲ μεγάλη ἐπιφάνεια. Στὸ σιφωνοειδὲς βαρόμετρο ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεση ἰσοῦται μὲ τὴν διαφορὰ τῶν ὑδραργυρικῶν στηλῶν στὰ δύο σκέλη τοῦ σωλῆνος. Τὸ βαρόμετρο τοῦ Φορτέν, ὁ πυθμένας τῆς λεκάνης τοῦ ὁποίου εἶναι κινητός, χρησιμοποιεῖται πολὺ στὰ ἐργαστήρια καὶ στοὺς μετεωρολογικοὺς σταθμούς. Τὰ ὑδραργυρικὰ βαρόμετρα εἶναι ἀκριβῆ καὶ εὐπαθῆ ὄργανα, ἀλλὰ δύσχρηστα, εὔθραυστα καὶ δυσκολομετακόμιστα.

3. Τὰ μεταλλικὰ βαρόμετρα χρησιμοποιοῦν στὴν λειτουργία τους τὶς ἐλαστικὲς παραμορφώσεις ποὺ προκαλεῖ ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεση στὸ πτυχωτὸ κάλυμμα ἑνὸς μεταλλικοῦ κιβωτίου, κενοῦ ἀπὸ ἀέρα. Βαθμολογοῦνται σὲ σύγκριση μὲ ὑδραργυρικὰ βαρόμετρα, εἶναι λιγώτερο εὐπαθῆ, ἀλλὰ ἀνθεκτικά, εὔχρηστα καὶ εὐκολομετακόμιστα.

4. Οἱ βαρογράφοι εἶναι αὐτογραφικὰ μεταλλικὰ βαρόμετρα.

5. Ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεση σ' ἕναν τόπο δὲν διατηρεῖ σταθερὴ τιμή. Οἱ μεταβολὲς τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως χρησιμοποιοῦνται ἀπὸ τὴν Μετεωρολογία στὴν πρόγνωση τοῦ καιροῦ.

6. Ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεση ἑνὸς τόπου ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ ὑψόμετρο του. Κοντὰ στὸ ἔδαφος ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεση ἐλαττώνεται κατὰ 1 mm Hg περίπου, ὅταν ἀνεβαίνωμε 10 m.

1. Ἕνα βαρόμετρο τοποθετημένο στὴν βάση τοῦ πύργου τοῦ Eiffel δείχνει πίεση 756 mm στήλης ὑδραργύρου. Τί πίεση θὰ ἔδειχνε τὴν ἴδια στιγμή, τὸ ἴδιο βαρόμετρο, ἂν εὑρίσκετο στὴν κορυφὴ τοῦ πύργου· (ὕψος τοῦ πύργου $h = 300$ m); Εἰδικὸ βάρος τοῦ ἀέρος 1,25 p/l.

(Ἀπ. 728,5 mmHg.)

2. Παρατηροῦμε ὅτι ἡ ἔνδειξη ἑνὸς ὑδραργυρικοῦ βαρομέτρου ἐλαττώνεται κατὰ 2 cm ὅταν μεταφέρεται ἀπὸ τοὺς πρόποδες στὴν κορυφὴ ἑνὸς λόφου. Ποιά εἶναι ἡ ὑψομετρικὴ διαφορὰ μεταξὺ τῶν προπόδων καὶ τῆς κορυφῆς τοῦ λόφου; Μέση πυκνότητα τοῦ ἀέρος 1,25 gr/l.

(Ἀπ. 217,6 m.)

3. Νὰ εὑρεθῇ τὸ μέσο εἰδικὸ βάρος τοῦ ἀέρος μεταξὺ τῆς βάσεως καὶ τῆς κορυφῆς ἑνὸς βουνοῦ ὕψους 1 060 m, ἐὰν εἶναι γνωστὸ ὅτι ἡ διαφορὰ τῶν πιέσεων βάσεως - κορυφῆς εἶναι 8,4 cm στήλης ὑδραργύρου. (Ἀπ. 1,07 p/l.)

Λ' – ΜΑΝΟΜΕΤΡΑ

§ 179. Γενικότητες. Τὰ μανόμετρα εἶναι ὄργανα μὲ τὰ ὁποῖα μετρᾶμε τὶς πιέσεις ποὺ ἀσκοῦνται ἀπὸ τὰ ρευστά, δηλ. ἀπὸ τὰ ὑγρὰ καὶ τὰ ἀέρια.

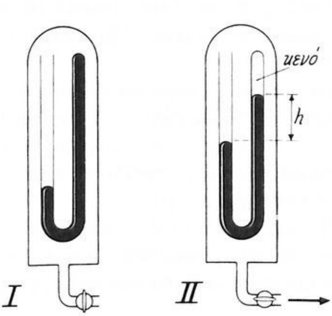
Τὰ μανόμετρα εἶναι δύο εἰδῶν: α) μανόμετρα μὲ ὑγρό, β) μεταλλικὰ μανόμετρα.

Ἐνῶ μὲ τὰ βαρόμετρα, τὰ ὁποῖα εἶναι εἶδος μανομέτρων, μετρᾶμε τὴν ἀτμοσφαιρικὴ πίεση, μὲ τὰ μανόμετρα μετρᾶμε, συνήθως, τὴν πίεση ἑνὸς περιορισμένου ἀερίου.

§ 180. Μανόμετρα μὲ ὑγρό. Στὰ μανόμετρα αὐτὰ ἡ πίεση τοῦ ἀερίου ἰσορροπεῖται μὲ τὴν πίεση μιᾶς στήλης ὁρισμένου ὑγροῦ, τὸ ὁποῖο συνήθως εἶναι ὑδράργυρος ἢ νερό.

Διακρίνουμε δύο τύπους μανομέτρων μὲ ὑγρό: τὰ κλειστὰ μανόμετρα καὶ τὰ ἀνοικτὰ μανόμετρα.

α) Κλειστὰ μανόμετρα. Τὸ σχῆμα 262, I δείχνει ἕνα κλειστὸ μανόμετρο. Ὅπως παρατηροῦμε ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕνα γυάλινο σωλήνα, σχήματος U, μὲ ἕνα κλειστὸ καὶ ἕνα ἀνοικτὸ σκέλος. Ὅταν ἡ πίεση τοῦ κώδωνος, μέσα στὸν ὁποῖο



Σχ. 262. Κλειστὸ ὑδραργυρικὸ μανόμετρο.

εἶναι τοποθετημένος ὁ σωλήνας, εἶναι περίπου ἴση μὲ τὴν ἀτμοσφαιρική, τὸ κλειστὸ σκέλος, τὸ ὁποῖο ἔχει μῆκος πολὺ μικρότερο τῶν 76 cm, εἶναι γεμᾶτο μὲ ὑδράργυρο, ὁ ὁποῖος καταλαμβάνει καὶ ἕνα μέρος τοῦ ἀνοικτοῦ σωλῆνος.

Ἂν μὲ μιὰν ἀεραντλία ἀραιώσωμε τὸν ἀέρα, ποὺ περιέχεται στὸν κώδωνα, ὁ ὑδράργυρος πέφτει στὸ κλειστὸ σκέλος. Ὅταν σταματήση ἡ ἀραίωση ὁ ὑδράργυρος θὰ σταθεροποιηθῆ στὰ δύο σκέλη, παρουσιάζοντας ὑψομετρικὴ διαφορὰ h cm, ἡ ὁποία ἐκφράζει τὴν πίεση τοῦ ἀέρος τοῦ κώδωνος σὲ ἑκατοστόμετρα ὑδραργυρικῆς στήλης (σχ. 262, II).

Τὸ ὄργανο αὐτὸ συνδέεται κατάλληλα μὲ τὸν χῶρο, τοῦ ὁποίου θέλουμε νὰ μετρήσωμε τὴν πίεση, μετρᾶ δὲ πιέσεις χαμηλότερες τῆς ἀτμοσφαιρικῆς.

β) Ἀνοικτὰ μανόμετρα. Ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἕνα γυάλινο σωλῆνα, σχήματος U, ἀνοικτὸ καὶ στὰ δύο σκέλη, ὁ ὁποῖος περιέχει ὑδράργυρο ἢ νερό. Τὸ ἕνα ἀπὸ τὰ δύο σκέλη τοῦ σωλῆνος, τὸ A, συνδέεται μὲ τὸ δοχεῖο ποὺ περιέχει ἀέριο ἄγνωστης πιέσεως p, ἐνῶ τὸ ἄλλο σκέλος B ἐπικοινωνεῖ μὲ τὴν ἀτμόσφαιρα (σχ. 263).

Ἐὰν ἡ πίεση p, τὴν ὁποία πρόκειται νὰ μετρήσωμε, εἶναι μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν ἀτμοσφαιρική, ἡ στάθμη τοῦ ὑδραργύρου στὸ σκέλος B, ποὺ ἐπικοινωνεῖ μὲ τὴν ἀτμόσφαιρα εὑρίσκεται ὑψηλότερα (σχ. 263, I).

Ἔστω h cm ἡ ὑψομετρικὴ διαφορὰ τῶν σταθμῶν τοῦ ὑδραργύρου στὰ δύο σκέλη. Ἡ πίεση p ἐνεργεῖ στὸ σημεῖο M καὶ ἰσορροπεῖ τὴν ἀτμοσφαιρικὴ πίεση H καὶ τὴν πίεση h cm Hg.

Ἡ π ρ α γ μ α τ ι κ ὴ πίεση p τοῦ ἀερίου θὰ εἶναι ἑπομένως ἴση πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν δύο αὐτῶν πιέσεων. Δηλαδή:

$$p = (H + h) \text{ cm Hg} \qquad (1)$$

Σχ. 263. Ἀνοικτὸ ὑδραργυρικὸ μανόμετρο.

Ἡ πίεση h cm λέγεται στὴν περίπτωση αὐτὴ ὑ π ε ρ π ί ε σ η τοῦ ἀερίου. Ὥστε:

Ὑπερπίεση ἑνὸς ἀερίου, ἡ πίεση τοῦ ὁποίου εἶναι μεγαλύτερη τῆς ἀτμοσφαιρικῆς, ὀνομάζεται ἡ διαφορὰ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως ἀπὸ τὴν πραγματικὴ πίεση τοῦ ἀερίου.

Ἐὰν ἡ πραγματικὴ πίεση p΄ τοῦ ἀερίου εἶναι μικρότερη ἀπὸ τὴν ἀτμοσφαιρική, ἡ στάθμη τοῦ ὑδραργύρου στὸ σκέλος B΄ εἶναι χαμηλότερη ἀπὸ τὴν στάθμη στὸ σκέλος A΄ (σχ. 263, II). Στὴν περίπτωση αὐτὴ ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεση H, ἡ ὁποία ἐνεργεῖ στὸ σημεῖο N΄, ἀντισταθμίζει τὴν πίεση p΄ τοῦ ἀερίου καὶ τὴν πίεση h΄ cm Hg. Ἑπομένως θὰ εἶναι: $H = p' + h'$ ἢ

$$p' = (H - h') \text{ cm Hg} \qquad (2)$$

Ἡ πίεση h΄ λέγεται ὑ π ο π ί ε σ η τοῦ ἀερίου. Ὥστε:

Ὑποπίεση ἑνὸς ἀερίου, ἡ πίεση τοῦ ὁποίου εἶναι μικρότερη τῆς ἀτμοσφαιρικῆς, ὀνομάζεται ἡ διαφορὰ τῆς πραγματικῆς πιέσεως τοῦ ἀερίου ἀπὸ τὴν ἀτμοσφαιρικὴ πίεση.

Ἐὰν ἡ στάθμη τοῦ ὑδραργύρου στὰ δύο σκέλη τοῦ σωλῆνος εὑρίσκεται στὸ ἴδιο ὁριζόντιο ἐπίπεδο, ἡ πίεση τοῦ ἀερίου εἶναι ἴση μὲ τὴν ἀτμοσφαιρική. Οἱ τύποι (1) καὶ (2) μποροῦν νὰ περιληφθοῦν στὸν γενικὸ τύπο:

$$\boxed{p = H \pm h}$$

Γιὰ μετρήσεις πολὺ μικρῶν πιέσεων ἀντὶ ὑδραργύρου χρησιμοποιοῦμε νερὸ ἢ οἰνόπνευμα.

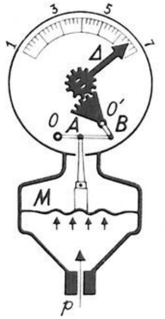
Παρατήρηση. Ἐπειδὴ στὰ κλειστὰ μανόμετρα ὁ χῶρος ποὺ εὑρίσκεται ἐπάνω ἀπὸ τὸν ὑδράργυρο στὸ κλειστὸ σκέλος εἶναι ἀερόκενος, τὰ ὄργανα αὐτὰ μετροῦν τὴν π ρ α γ μ α τ ι κ ὴ πίεση.

§ 181. Πλεονεκτήματα καὶ μειονεκτήματα τῶν μανομέτρων μὲ ὑγρά. Τὰ μανόμετρα μὲ ὑγρά, ποὺ παραπάνω περιγράψαμε, εἶναι ἀκριβῆ καὶ εὐαίσθητα, ἀλλὰ εὔθραυστα, δύσχρηστα καὶ ὄχι εὐκολομετακόμιστα. Ἐξ ἄλλου δὲν ἠμποροῦν νὰ μετρήσουν μεγάλες πιέσεις, διότι στὴν περίπτωση αὐτὴ θἄπρεπε νἄχουν μεγάλα σκέλη.

Πραγματικὰ γιὰ τὴν μέτρηση τῆς πιέσεως τοῦ ἀτμοῦ τοῦ λέβητος μιᾶς ἀτμομηχανῆς, ποὺ κυμαίνεται στὶς 15 at, μὲ ὑδραργυρικὸ ἀνοικτὸ μανόμετρο, θὰ χρειαζόμαστε σκέλος μήκους 11 τουλάχιστο μέτρων.

§ 182. Μεταλλικὰ μανόμετρα. Τὰ μεταλλικὰ μανόμετρα εἶναι τὰ περισσότερο χρησιμοποιούμενα. Ὅπως τὰ μεταλλικὰ βαρόμετρα, λειτουργοῦν χάρη στὶς ἐλαστικὲς παραμορφώσεις καταλλήλων μεταλλικῶν ἐλασμάτων.

Εὔχρηστος τύπος μεταλλικοῦ μανομέτρου εἶναι τὸ μανόμετρο μὲ μεμβράνη (σχ. 264).



Σχ. 264. Μανόμετρο μὲ μεμβράνη.

Τὸ ἀέριο μὲ πίεση εἰσχωρεῖ ἀπὸ τὸν κάτω σωλῆνα καὶ πιέζει τὴν πτυχωτὴ μεμβράνη Μ, ἡ ὁποία μετακινεῖται πρὸς τὰ ἐπάνω. Ἡ μετακίνηση τῆς μεμβράνης μεταβιβάζεται, χάρη στὸ κεντρικὸ στέλεχος, στὸ σύστημα τῶν μοχλῶν καὶ τῶν ὀδοντωτῶν τροχῶν, στὸν δείκτη Δ, ὁ ὁποῖος κινεῖται ἐμπρὸς ἀπὸ τὶς ὑποδιαιρέσεις μιᾶς ἀριθμημένης κλίμακος, βαθμολογημένης σὲ ἀτμόσφαιρες.

Ὅταν ἡ πίεση τοῦ ἀερίου εἶναι ἴση μὲ τὴν ἀτμοσφαιρικὴ τὰ μεταλλικὰ μανόμετρα δείχνουν ἔνδειξη μηδέν. Ἑπομένως καὶ τὰ ὄργανα αὐτὰ μετροῦν τὴν ὑπερπίεση ἢ τὴν ὑποπίεση.

§ 183. Πλεονεκτήματα καὶ μειονεκτήματα τῶν μεταλλικῶν μανομέτρων. Τὰ ὄργανα αὐτὰ εἶναι ἀνθεκτικὰ καὶ εὔχρηστα, ἡ δὲ πίεση εὑρίσκεται μὲ ἁπλὴ ἀνάγνωση τῆς ὑποδιαιρέσεως τῆς κλίμακος μπροστὰ στὴν ὁποία σταμάτησε ὁ δείκτης.

Τὰ μεταλλικὰ μανόμετρα μποροῦν νὰ χρησιμοποιηθοῦν γιὰ μεγάλες πιέσεις, ἀρκετῶν ἑκατοντάδων ἀτμοσφαιρῶν. Ἡ ἀ κ ρ ί β ε ι ά τους ὅμως εἶναι μ έ τ ρ ι α γιατὶ ἡ ἐλαστικότητα τοῦ μετάλλου μεταβάλλεται.

Μὲ τὰ ὄργανα αὐτὰ μετρᾶμε τὴν πίεση τοῦ ἀέρος σὲ διάφορες συσκευὲς καὶ ἐργαλεῖα, ποὺ λειτουργοῦν μὲ πεπιεσμένο ἀέρα, τὴν πίεση τοῦ ἀέρος στοὺς ἀεροθαλάμους (σαμπρέλες) τῶν ἐλαστικῶν ἐπισώτρων τῶν αὐτοκινήτων, τὴν πίεση τοῦ ἀτμοῦ στοὺς λέβητες κλπ.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Τὰ μανόμετρα εἶναι ὄργανα μὲ τὰ ὁποῖα μετρᾶμε τὴν πίεση ποὺ ἀσκεῖ ἕνα ρευστὸ καὶ συνηθέστερα τὶς πιέσεις τῶν ἀερίων, τὰ ὁποῖα εἶναι κλεισμένα μέσα σὲ δοχεῖα.

2. Στὰ μανόμετρα μὲ ὑγρό, ἡ πίεση ποὺ πρόκειται νὰ μετρήσωμε ἀσκεῖται στὴν ἐπιφάνεια ἑνὸς ὑγροῦ. Τὸ ὑγρὸ αὐτὸ μπορεῖ νὰ μετακινηθῇ σ' ἕνα κλειστὸ ἢ ἀνοικτὸ γυάλινο σωλήνα.

3. Ἐὰν ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεση εἶναι H καὶ ἡ διαφορὰ στάθμης τοῦ ὑδραργύρου στὰ δύο σκέλη ἑνὸς ἀνοικτοῦ μανομέτρου h, τότε ἡ ἀπόλυτη πίεση p τοῦ ἀερίου θὰ δίδεται ἀπὸ τὴν σχέση:

$$p = H \pm h$$

Ὅταν ἡ $p > H$ τότε τὸ h ἐκφράζει τὴν ὑπερπίεση τοῦ ἀερίου. Ὅταν $p < H$ τὸ p ἐκφράζει τὴν ὑποπίεση. Τὰ κλειστὰ μανόμετρα μὲ ὑγρὸ μετροῦν τὴν ἀπόλυτη πίεση τοῦ ἀερίου.

4. Τὰ μανόμετρα μὲ ὑγρὸ εἶναι ἀκριβῆ καὶ εὐαίσθητα ἀλλὰ εὔθραυστα, δύσχρηστα γιὰ μεγάλες πιέσεις καὶ δυσκολομετακόμιστα.

5. Τὰ μεταλλικὰ μανόμετρα λειτουργοῦν χάρη στὶς ἐλαστικὲς παραμορφώσεις μιᾶς μεμβράνης (ἢ ἑνὸς κλειστοῦ, καμπυλωτοῦ μεταλλικοῦ σωλῆνος), οἱ ὁποῖες προκαλοῦνται ἀπὸ τὴν πίεση τοῦ ρευστοῦ. Παρουσιάζουν μικρότερη ἀκρίβεια ἀπὸ τὰ μανόμετρα μὲ ὑγρὸ ἀλλὰ εἶναι ἀνθεκτικά, εὔχρηστα καὶ εὐκολομετακόμιστα, μποροῦν δὲ νὰ χρησιμοποιηθοῦν γιὰ τὴν μέτρηση καὶ πολὺ μεγάλων πιέσεων.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Πόση εἶναι ἡ ὑψομετρικὴ διαφορὰ τῶν στηλῶν τοῦ ὑδραργύρου στὰ δύο σκέλη ἀνοικτοῦ μανομέτρου μὲ ὑδράργυρο, ὅταν ἡ πίεση τοῦ ἀερίου ποὺ συνδέεται μὲ τὸν ἕνα σωλήνα τοῦ ὀργάνου ἰσοῦται μὲ 4 p/cm^2. Πόση εἶναι ἡ ὑψομετρικὴ διαφορὰ ὅταν χρησιμοποιοῦμε οἰνόπνευμα πυκνότητος 0,79 gr/cm^3. (Ἀπ. α' 0,295 cm. β' 5,06 cm.)

2. Ἡ διαφορὰ στάθμης στὰ δύο σκέλη ἑνὸς μανομέτρου μὲ ὑγρό, ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ σχῆμα καὶ τὴν διατομὴ τῶν σωλήνων; (Ἀπ. Ὄχι.)

3. Ποιό θὰ ἔπρεπε νὰ ἦτο τὸ ὕψος τοῦ σωλῆνος ἑνὸς ἀνοικτοῦ ὑδραργυρικοῦ μανομέτρου γιὰ νὰ μπορέσωμε νὰ μετρήσωμε πραγματικὲς πιέσεις μέχρις 25 ἀτμόσφαιρες. Πυκνότητα τοῦ ὑδραργύρου 13,6 gr/cm^3. (Ἀπ. 18,24 m.)

4. Ἕνα ἀνοικτὸ μανόμετρο περιέχει νερὸ καὶ δείχνει διαφορὰ στάθμης 6,8 cm. Ποιά εἶναι ἡ πίεση τοῦ ἀερίου μὲ τὸ ὁποῖο συγκοινωνεῖ τὸ ὄργανο. (Ἡ βαρομετρικὴ πίεση κατὰ τὴν ὥραν τοῦ πειράματος εἶναι 760 mm Hg. Πυκνότητα ὑδραργύρου 13,6 gr/cm^3. (Ἀπ. 765 mm Hg.)

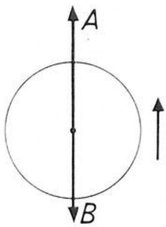
5. Ἀνοικτὸ μανόμετρο περιέχει ὑδράργυρο καὶ δείχνει πίεση 780 mm ὅταν ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεση εἶναι 765 mm Hg. Πόσο πρέπει νὰ εἶναι τὸ ὕψος τοῦ νεροῦ τὸ ὁποῖο ὅταν προστεθῇ στὸ ἐλεύθερο ἄκρο τοῦ μανόμετρου ξαναφέρνει στὴν ἀρχική της θέση τὴν στάθμη τοῦ ὑδραργύρου. (Ἀπ. 204 mm.)

6. Ἀνοικτὸ μανόμετρο σχήματος U περιέχει ὑδράργυρο καὶ συγκοινωνεῖ μὲ τὸ ἕνα σκέλος του μὲ χῶρο ὅπου ἀφαιρεῖται ὁ ἀέρας. Ἐὰν ὁ ὑδράργυρος ἀνέρχεται στὸ σκέλος αὐτὸ σὲ ὕψος 60 mm, ποιά εἶναι ἡ πίεση τοῦ ἀραιωμένου ἀπὸ ἀέρα χώρου. (Ἀπ. 700 mm Hg.)

ΛΑ' – Η ΑΡΧΗ ΤΟΥ ΑΡΧΙΜΗΔΗ ΣΤΑ ΑΕΡΙΑ

§ 184. Ἡ ἄνωση τῶν ἀερίων. Τὰ ἀέρια, ὅπως τὰ ὑγρά, εἶναι ρευστὰ μὲ βάρος. Ἡ ἀρχὴ τοῦ Ἀρχιμήδη ἐφαρμόζεται γιὰ τὸν λόγο αὐτὸ καὶ σ' ἕνα σῶμα, ποὺ εἶναι βυθισμένο μέσα σ' ἕνα ἀέριο.

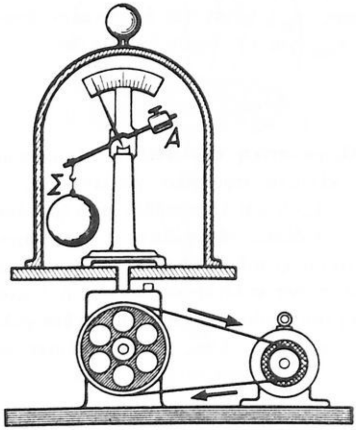
Πειράματα καὶ παρατηρήσεις. 1. Ὅλοι μας ἔχουμε παρατηρήσει πῶς ἂν ἀφήσωμε ἐλεύθερο ἕνα ἐλαφρὸ μπαλόνι γεμᾶτο μὲ φωταέριο, ἀνεβαίνει ὁλοένα ὑψηλότερα μέσα στὸν ἀέρα. Μάλιστα ἂν εἶναι νηνεμία ἡ ἀνύψωση τοῦ μπαλονιοῦ ἀκολουθεῖ τὴν διεύθυνση τῆς κατακορύφου. Αὐτὸ ἀποδεικνύει πὼς στὸ μπαλόνι ἀσκεῖται μία δύναμη, κατακόρυφη καὶ μὲ φορὰ πρὸς τὰ ἐπάνω, μεγαλύτερη ἀπὸ τὸ βάρος του (σχ. 265). Ἡ δύναμη αὐτὴ ὅπως καὶ στὴν περίπτωση τῶν ὑγρῶν ὀνομάζεται ἄνωση.



Σχ. 265. Τὰ ἀέρια ἀσκοῦν ἄνωση στὰ σώματα ποὺ τὰ περιβάλλουν.

2. Βαροσκόπιο. Εἶναι μιὰ συσκευὴ ποὺ ἀποτελεῖται ἀπὸ μιὰ σφαίρα, καὶ ἕνα ἀντίβαρο μικροῦ ὄγκου, ἐξαρτημένα ἀπὸ τὰ ἄκρα τῆς φάλαγγος ἑνὸς ζυγοῦ. Ἡ σφαίρα καὶ τὸ ἀντιβαρο ἰσορροποῦν μέσα στὸν ἀέρα.

Τοποθετοῦμε τὸ ὄργανο μέσα στὸν κώδωνα μιᾶς ἀεραντλίας καὶ ἀφαιροῦμε ἀέρα, ὁπότε παρατηροῦμε ὅτι ἡ φάλαγγα κλίνει πρὸς τὸ μέρος τῆς σφαίρας (σχ. 266).



Σχ. 266. Συσκευὴ γιὰ τὴν κατάδειξη τῆς ἀνώσεως στὰ ἀέρια. Ὅταν ἀφαιρέσωμε ἀέρα ἀπὸ τὸν κώδωνα καταστρέφεται ἡ ἰσορροπία τοῦ ζυγοῦ.

Στὴν πραγματικότητα ἡ σφαίρα εἶναι λίγο βαρύτερη ἀπὸ τὸ ἀντίβαρο. Ἡ ἰσορροπία μέσα στὸν ἀέρα ὀφείλεται στὸ γεγονὸς ὅτι ὁ ἀέρας ἀσκεῖ στὴν σφαίρα ἄνωση, μιὰ δύναμη δηλαδὴ ἀπὸ κάτω πρὸς τὰ ἐπάνω, μεγαλύτερη ἀπὸ ἐκείνη ποὺ ἀσκεῖ στὸ ἀντίβαρο.

Κάθε σῶμα ποὺ εἶναι βυθισμένο μέσα σ' ἕνα ἀέριο, ὑφίσταται ἀπὸ αὐτὸ ἄνωση, δηλαδὴ μιὰ πιέζουσα δύναμη κατακόρυφη καὶ μὲ φορὰ πρὸς τὰ ἐπάνω.

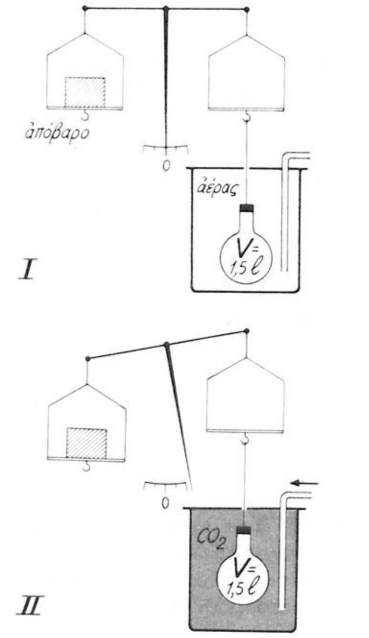
§ 185. Ὑπολογισμὸς τῆς ἀνώσεως. Πειράματα ἀκριβείας ἔδειξαν ὅτι ἡ ἀρχὴ τοῦ Ἀρχιμήδη, ὅπως τὴν ἐγνωρίσαμε στὰ ὑγρά, ἐφαρμόζεται καὶ στὰ ἀέρια. Ὥστε:

Κάθε σῶμα βυθισμένο μέσα σ' ἕνα ἀέριο τὸ ὁποῖο ἠρεμεῖ, ὑφίσταται ἀπὸ τὸ ἀέριο ἄνωση, μιὰ πιέζουσα δηλαδὴ κατακόρυφη δύναμη μὲ φορὰ πρὸς τὰ ἐπάνω, ἴση μὲ τὸ βάρος τοῦ ἀερίου ποὺ ἐκτοπίζει.

Ἐὰν ἕνα σῶμα ἔχει ὄγκο $V_{σωμ}$ καὶ εἶναι βυθισμένο μέσα σὲ ἀέριο εἰδικοῦ βάρους $ε_{αερ}$, ὑφίσταται ἀπὸ τὸ ἀέριο ἄνωση $A_{αερ}$ γιὰ τὴν ὁποία ἔχουμε ὅτι:

$$A_{αερ} = V_{σωμ} \cdot ε_{αερ}$$

Πειραματικὴ ἐπαλήθευση. Παίρνουμε ἕνα κλειστὸ σφαιρικὸ γυάλινο δοχεῖο ὄγκου 1,5 *l*, καὶ τὸ κρεμᾶμε μὲ νῆμα ἀπὸ τὸν ἕνα δίσκο τῆς φάλαγγος ἑνὸς ὑδροστατικοῦ ζυγοῦ. Ὕστερα τὸ βυθίζουμε μέσα σ᾽ ἕνα κυλινδρικὸ δοχεῖο, ἡ ἐπάνω βάση τοῦ ὁποίου καλύπτεται ἀπὸ ἕνα φύλλο χαρτονιοῦ. Ἕνας σωλήνας διαπερνᾶ τὸ χαρτόνι καὶ χρησιμεύει γιὰ τὴν μετάγγιση ἑνὸς ἀερίου στὸ κυλινδρικὸ δοχεῖο.



Σχ. 267. Τὸ γυάλινο σφαιρικὸ δοχεῖο φαίνεται βαρύτερο στὸν ἀέρα ἀπὸ ὅτι στὸ διοξείδιο τοῦ ἄνθρακος.

Παίρνουμε τὸ ἀπόβαρο τοῦ ἐξαρτημένου δοχείου στὸν ἀέρα (σχ. 267, I). Ὕστερα μεταγγίζουμε διοξείδιο τοῦ ἄνθρακος στὸ κυλινδρικὸ δοχεῖο, ὁπότε παρατηροῦμε ὅτι ἡ ἰσορροπία καταστρέφεται καὶ ἡ φάλαγγα κλίνει πρὸς τὸ μέρος τοῦ ἀπόβαρου (σχ. 267, II).

Γιὰ νὰ ἀποκατασταθῇ ἡ ἰσορροπία πρέπει νὰ τοποθετήσωμε πρόσθετα σταθμά, στὸν δίσκο ἀπὸ τὸν ὁποῖο εἶναι ἐξαρτημένο τὸ δοχεῖο. Τὸ βάρος αὐτὸ παριστάνει τὴν διαφορὰ τῶν ἀνώσεων, ποὺ ὑφίσταται τὸ δοχεῖο μέσα στὸ διοξείδιο τοῦ ἄνθρακος καὶ στὸν ἀέρα, καὶ τὸ ὁποῖο εἶναι ἴσο περίπου μὲ 1 p, στὴν περίπτωσή μας.

Ἂς ὑπολογίσωμε κάθε μιὰν ἀπὸ τὶς ἀνώσεις ἐφαρμόζοντας τὴν ἀρχὴ τοῦ Ἀρχιμήδη:

α) Ἄνωση ποὺ ἀσκεῖται ἀπὸ τὸν ἀέρα στὸ δοχεῖο:

$A_{αερ}$ = (ὄγκος δοχείου, V) × (εἰδ. βάρος ἀέρος, $ε_{αερ}$) $= 1{,}5\ l \cdot 1{,}3\ p/l = 1{,}95\ p$.

Δηλαδή: $A_{αερ} = 1{,}95\ p$

β) Ἄνωση ποὺ ἀσκεῖται στὸ δοχεῖο ἀπὸ τὸ CO_2:

$A_{διοξ}$ = (ὄγκος δοχείου, V) × (εἰδ. βάρος CO_2, $ε_{διοξ}$) $= 1{,}5\ l \cdot 2p/l = 3\ p$.

Δηλαδή : $A_{διοξ} = 3\ p$

Ἡ διαφορὰ τῶν δύο ἀνώσεων εἶναι:

$$A_{διοξ} - A_{αερ} = (3-2)\ p = 1\ p.$$

Ἡ διαφορὰ αὐτὴ εἶναι αἰσθητὰ ἴση μὲ τὸ βάρος τῶν προσθέτων σταθμῶν, μὲ τὰ ὁποῖα ἐπαναφέρουμε τὴν ἰσορροπία.

Παρατήρηση. Ἡ παραπάνω πειραματικὴ ἀπόδειξη τῆς ἀρχῆς τοῦ Ἀρχιμήδη εἶναι ἔμμεση γιατὶ ὑπολογίσαμε τὴν διαφορὰ τῶν δύο ἀνώσεων ἐφαρμόζοντας τὴν ἀρχὴ αὐτή.

§ 186. Ἐφαρμογὲς τῆς ἀνώσεως.

α) Πραγματικὸ καὶ φαινομενικὸ βάρος. Τὰ σώματα τὰ ζυγίζουμε μέσα στὸν ἀέρα. Ἡ δύναμη ποὺ στὴν πραγματικότητα ἀσκεῖται στὸ ἄκρο τῆς φάλαγγος, εἶναι τὸ φαινομενικὸ βάρος τοῦ σώματος στὸν ἀέρα. Ἡ διαφορὰ δηλαδὴ τοῦ **πραγματικοῦ βάρους** τοῦ σώματος, (τοῦ βάρους μὲ ἄλλα λόγια ποὺ θὰ εἶχε τὸ σῶμα στὸ κενό), καὶ τῆς **ἀνώσεως** ποὺ ὁ ἀέρας ἀσκεῖ στὸ σῶμα.

Στὸ πείραμα τοῦ βαροσκοπίου ποὺ περιγράψαμε, τὰ πραγματικὰ βάρη τῶν δύο σφαιρῶν εἶναι διαφορετικά, ἐνῶ τὰ φαινομενικά των βάρη στὸν ἀτμοσφαιρικὸ ἀέρα εἶναι ἴσα. Ὥστε:

Τὸ πραγματικὸ βάρος $B_{\pi\rho}$ τῶν σωμάτων εὑρίσκεται μὲ ζύγιση τοῦ σώματος στὸ κενό.

Ἡ ζύγιση στὸν ἀέρα δίδει τὸ φαινομενικὸ βάρος $B_{\varphi\alpha\iota\nu}$ τοῦ σώματος, δηλαδὴ τὴν διαφορὰ μεταξὺ τοῦ πραγματικοῦ βάρους $B_{\pi\rho}$ καὶ τῆς ἀνώσεως Α.

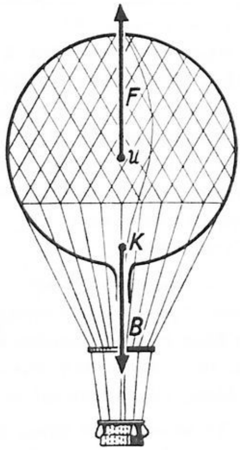
Ἑπομένως ἔχουμε ὅτι:

$$B_{\pi\rho} = B_{\varphi\alpha\iota\nu} + A$$

β) Ἀερόστατα. Τὰ ἀερόστατα εἶναι συσκευὲς τὸ βάρος τῶν ὁποίων εἶναι μικρότερο ἀπὸ τὴν ἄνωση, τὴν ὁποία ὑφίστανται ἀπὸ τὸν ἀέρα. Ὅταν ἀφεθοῦν ἐλεύθερα, ἀνυψώνονται. Ἡ δύναμη ποὺ τὰ ἀνυψώνει ὀνομάζεται **ἀνυψωτικὴ δύναμη** F καὶ εἶναι ἴση μὲ τὴν διαφορὰ τῆς ἀνώσεως Α καὶ τοῦ βάρους των Β:

$$F = A - B$$

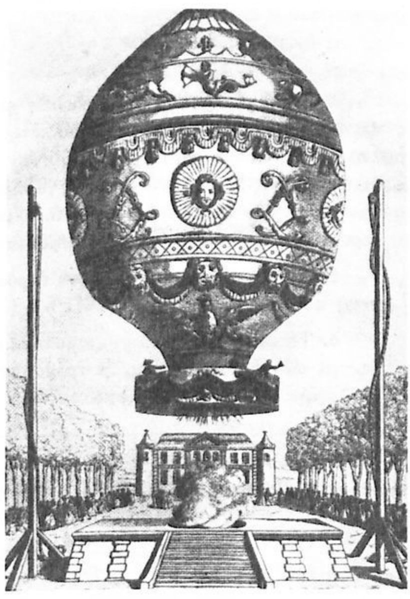
Ἀνυψωτικὴ δύναμη = ἄνωση − βάρος ἀεροστάτου



Σχ. 268. Σφαιρικὸ ἀερόστατο.

Τὰ ἀερόστατα (σχ. 268) ἀποτελοῦνται συνήθως ἀπὸ ἕνα σάκκο κατασκευασμένο ἀπὸ ἐλαφρὸ καὶ ἀεροστεγὲς ὕφασμα, ὁ ὁποῖος περιέχει ἀέριο πολὺ ἐλαφρότερο ἀπὸ τὸν ἀέρα, (π.χ. φωταέριο, ὑδρογόνο, ἥλιο), σὲ τρόπο ὥστε ἡ ἄνωση ποὺ ὑφίσταται συνολικὰ τὸ ἀερόστατο νὰ εἶναι μεγαλύτερη ἀπὸ τὸ συνολικό του βάρος. Ὅταν τὸ ἀερόστατο ἀφεθῇ ἐλεύθερο ἀνυψώνεται καὶ διέρχεται ἀπὸ διαδοχικὰ στρώματα ἀέρος μὲ ὁλοένα μικρότερη πίεση. Ἐξ αἰτίας ὅμως τῆς ἐλαττώσεως τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως, τὸ ἀέριο ποὺ βρίσκεται στὸν σάκκο τοῦ ἀεροστάτου διαστέλλεται καὶ τελικὰ ὁ σάκκος παθαίνει διάρρηξη.

Τὰ ἀερόστατα χρησιμοποιοῦνται σήμερα γιὰ μετεωρολογικὲς παρατηρήσεις καθὼς ἐπίσης καὶ γιὰ στρατιωτικοὺς σκοπούς, σὰν παρατηρητήρια ἢ γιὰ τὴν ἀντιαεροπορικὴ ἄμυνα.



Σχ. 269. Ἡ ἐξαπόλυση τοῦ πρώτου ἀεροστάτου στὸ Παρίσι στὶς 21 Νοεμβρίου 1783.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Μιὰ σαπουνόφουσκα ἢ ἕνα μπαλόνι γεμᾶτο μὲ φωταέριο ἀνυψώνονται στὸν ἀέρα. Ἡ φάλαγγα τοῦ βαροσκοπίου, ἡ ὁποία εἶναι ὁριζόντια στὸν ἀέρα, κλίνει ἂν τοποθετήσωμε τὸ ὄργανο κάτω ἀπὸ τὸν κώδωνα μιᾶς ἀεραντλίας καὶ ἀρχίσωμε νὰ ἀφαιροῦμε τὸν ἀέρα. Τὰ φαινόμενα αὐτὰ ἐξηγοῦνται μὲ τὴν ὕπαρξη μιᾶς πιέζουσας δυνάμεως, κατακόρυφης καὶ μὲ φορὰ πρὸς τὰ ἐπάνω, τὴν ὁποία ἀσκεῖ ὁ ἀέρας στὰ σώματα ποὺ εἶναι βυθισμένα μέσα σ' αὐτόν. Ἡ πιέζουσα αὐτὴ δύναμη, ἀνάλογη μὲ τὴν δύναμη ποὺ δέχονται τὰ στερεὰ ὅταν βυθισθοῦν μέσα στὰ ὑγρά, ὀνομάζεται ἄνωση.

2. Τὰ ἀέρια εἶναι ρευστὰ καὶ ἔχουν βάρος. Τὸ πείραμα ἀποδεικνύει ὅτι ἡ ἀρχὴ τοῦ Ἀρχιμήδη στὰ ὑγρὰ ἐφαρμόζεται κατὰ τὸν ἴδιο τρόπο καὶ στὰ ἀέρια. Ὥστε: Κάθε σῶμα, βυθισμένο μέσα σ' ἕνα ἀέριο ποὺ ἠρεμεῖ, δέχεται ἀπὸ τὸ ἀέριο ἄνωση, πιέζουσα δύναμη δηλαδὴ κατακόρυφη καὶ μὲ φορὰ πρὸς τὰ ἐπάνω, ἴση μὲ τὸ βάρος τοῦ ἐκτοπιζομένου ἀερίου.

3. Τὸ φαινομενικὸ βάρος $B_{\varphi\alpha\iota\nu}$ ἑνὸς σώματος, βυθισμένου μέσα σ' ἕνα ἀέριο, εἰδικοῦ βάρους $\varepsilon_{\alpha\varepsilon\rho}$, εἶναι ἴσο μὲ τὴν διαφορὰ τοῦ ἀπολύτου βάρους $B_{\alpha\pi}$ τοῦ σώματος, (δηλαδὴ τοῦ βάρους τοῦ σώματος στὸ κενό), καὶ τῆς ἀνώσεως A, ποὺ ὑφίσταται τὸ σῶμα ἀπὸ τὸ ἀέριο:

$$B_{\varphi\alpha\iota\nu} = B_{\alpha\pi} - A$$

4. Τὰ ἀερόστατα εἶναι συσκευὲς οἱ ὁποῖες ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἕνα σφαιρικὸ ἀεροστεγῆ σάκκο, ὁ ὁποῖος περιβάλλεται ἀπὸ δίχτυ. Στὸ δίχτυ προσδένεται κατάλληλα μιὰ μικρὴ ἢ μεγάλη λέμβος, στὴν ὁποία τοποθετοῦνται ἄνθρωποι ἢ διάφορα ἐπιστημονικὰ ὄργανα. Ὁ σάκκος γεμίζει μὲ ἀέριο ἐλαφρότερο ἀπὸ τὸν ἀέρα καὶ συνήθως ἄκαυστο, σὲ τρόπο ὥστε τὸ ὁλικὸ βάρος τοῦ συστήματος νὰ εἶναι μικρότερο ἀπὸ τὴν ἄνωση, ὁπότε τὸ ἀερόστατο ἀνυψώνεται.

5. Ἡ ἀνυψωτικὴ δύναμη τοῦ ἀεροστάτου ἰσοῦται μὲ τὴν διαφορὰ τῆς ἀνώσεως καὶ τοῦ βάρους του.

6. Τὰ ἀερόστατα ποὺ χρησιμοποιεῖ ἡ Μετεωρολογία εἶναι ἐφοδιασμένα συνήθως μὲ εἰδικὰ ἀλεξίπτωτα, σὲ τρόπο ὥστε ὅταν διαρραγῆ ὁ σάκκος, ἡ λέμβος μὲ τὰ ὄργανα νὰ φθάση μὲ ἀσφάλεια στὸ ἔδαφος.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. *Νὰ εὑρεθῆ τὸ φαινομενικὸ βάρος σταθμῶν ἀπὸ ὀρείχαλκο βάρους 500 p, ὅταν εὑρίσκωνται μέσα στὸν ἀέρα. Εἰδικὸ βάρος τοῦ ὀρειχάλκου: 8,4 p/cm^3 καὶ εἰδικὸ βάρος τοῦ ἀέρος 0,001 3 p/cm^3.*

(Ἀπ. $B_{\varphi\alpha\iota\nu} = 499{,}923$ p.)

2. *Νὰ εὑρεθῆ τὸ πραγματικὸ βάρος ἑνὸς ἀνθρώπου ὁ ὁποῖος στὸν ἀέρα ἔχει βάρος 60 kp. Πυκνότητα τοῦ ἀέρος 0,001 3 gr/cm^3 καὶ τοῦ ἀνθρωπίνου σώματος 1,07 gr/cm^3.*

(Ἀπ. 60,073 kp.)

3. Ἕνα ἀερόστατο ἔχει ὄγκο 1800 m^3, βάρος 1 600 kp καὶ ἀνυψώνεται στὴν ἀρχὴ μὲ μιὰν ἀνυψωτικὴ δύναμη 15 kp. α) Πόσο εἶναι τὸ ἕρμα του ἂν τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ ἀέρος εἶναι 1,23 p/l. β) Ἂν τὸ ἀερόστατο ἰσορροπήση στὸ ὕψος ὅπου τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ ἀέρος εἶναι 1,07 p/l, πόσο ἕρμα θὰ ἔχη πεταχτῆ.

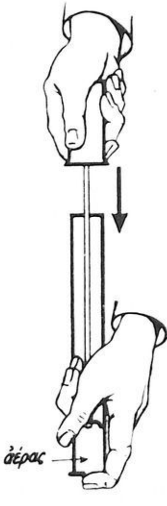
(Ἀπ. α' 599 kp. β' 273 kp.)

4. Ἕνα μπαλόνι, φουσκωμένο μὲ ὑδρογόνο, ἔχει ὄγκο 7,5 l. Τὸ περίβλημά του ἔχει βάρος 6 p καὶ εἶναι δεμένο στὸ ἔδαφος μὲ ἕνα σχοινὶ τοῦ ὁποίου τὸ κάθε μέτρο ἔχει βάρος 0,1 p. Νὰ εὑρεθῆ τὸ μῆκος ποὺ θὰ ἔχη τὸ σχοινὶ ὅταν τὸ μπαλόνι ἰσορροπῆ στὸν ἀέρα. (Δίδονται: Εἰδικὸ βάρος τοῦ ἀέρος: 1,24 p/l καὶ τοῦ ὑδρογόνου: 0,1 p/l).

(Ἀπ. 25,5 m.)

ΛΒ' – ΣΧΕΣΗ ΠΙΕΣΕΩΣ ΚΑΙ ΟΓΚΟΥ ΑΕΡΙΩΝ. ΝΟΜΟΣ ΤΩΝ ΜΠΟΫΛ - ΜΑΡΙΟΤ

§ 187. Παρατήρηση. Παίρνουμε μιὰν ἀεραντλία ποδηλάτου καὶ ἀνασύρουμε τὸ ἔμβολό της. Κλείνουμε κατόπι τὸ ἄνοιγμα τῆς ἀεραντλίας μὲ τὸ δάκτυλο ἔχοντας ἐγκλωβίσει ἔτσι μιὰν ὁ ρ ι σ μ έ ν η μ ά ζ α ἀέρος καὶ συμπιέζουμε ἀργὰ τὸν ἀέρα κατεβάζοντας τὸ ἔμβολο (σχ. 270). Ὅπως παρατηροῦμε ὅσο ἐλαττώνεται ὁ ὄγκος τοῦ ἀέρος, τόσο μεγαλώνει ἡ πίεσή του



Σχ. 270. Ἡ ἐλάττωση τοῦ ὄγκου ἑνὸς ἀερίου προκαλεῖ αὔξηση τῆς πιέσεώς του.

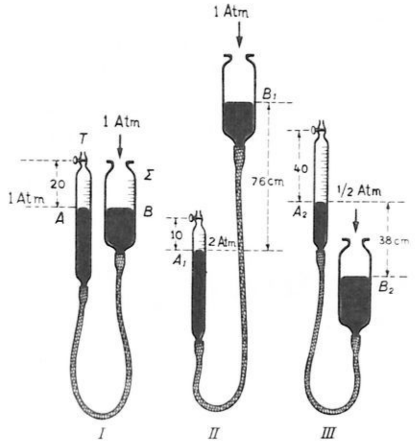
ἐπάνω στὸ δάκτυλό μας, ἐνῶ ἡ μάζα τοῦ ἀέρος εἶναι βέβαια πάντοτε ἡ ἴδια.

Ἡ μετακίνηση τοῦ ἐμβόλου γίνεται μὲ βραδύτητα γιὰ νὰ μὴ θερμανθῆ ὁ ἀέρας. Ἔτσι καταφέρνουμε ὥστε ἡ θερμοκρασία τοῦ ἀέρος ποὺ συμπιέζουμε νὰ μὴ μεταβάλλεται ἀλλὰ νὰ παραμένη σταθερή. Ἂν, ἀφοῦ κατεβάσωμε ἀρκετὰ τὸ ἔμβολο, ἔχοντας ἔτσι συμπιέσει τὸν ἀέρα, ἀρχίσωμε νὰ τὸ ἀνασύρωμε πάλι μὲ ἀργὸ ρυθμό, παρατηροῦμε ὅτι ὅσο μεγαλώνει ὁ ὄγκος τοῦ ἀέρος τόσο μικραίνει ἡ πίεσή του στὸ δάκτυλό μας. Ὥστε:

Ὅταν ἡ θερμοκρασία μιᾶς ὁρισμένης μάζας ἑνὸς ἀερίου διατηρῆται σταθερή, ἡ ἐλάττωση τοῦ ὄγκου προκαλεῖ αὔξηση τῆς πιέσεως καὶ ἀντιστρόφως ἡ αὔξηση τοῦ ὄγκου προκαλεῖ ἐλάττωση τῆς πιέσεως τοῦ ἀερίου.

Στὰ πειράματα ποὺ ἀκολουθοῦν προϋποτίθεται ὅτι ἡ θερμοκρασία τοῦ ἀερίου διατηρεῖται σταθερή.

§ 188. Πειραματικὴ σπουδὴ τῆς συμπιεστότητος τῶν ἀερίων. Ἡ συσκευὴ ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο γυάλινα δοχεῖα, τὰ ὁποῖα συγκοινωνοῦν μεταξύ τους μὲ ἕναν ἐλαστικὸ σωλήνα (σχ. 271). Τὸ δοχεῖο Α ἔχει τομὴ ἴση μὲ 1 cm^2 καὶ εἶναι



Σχ. 271. Συσκευὴ γιὰ τὴν πειραματικὴ σπουδὴ τῆς συμπιεστότητος τῶν ἀερίων.

ἐφοδιασμένο μὲ στρόφιγγα, ἡ ὁποία τοῦ ἐπιτρέπει νὰ ἐπικοινωνῆ ἢ ὄχι μὲ τὸν ἀέρα, καὶ εἶναι βαθμολογημένο σὲ κυβικὰ ἑκατοστόμετρα. Τὸ δοχεῖο Β εἶναι ἀνοικτὸ καὶ ἐπικοινωνεῖ μὲ τὸν ἀέρα.

Προκαταρκτικὴ ἐργασία. Ὅταν ἡ στρόφιγγα Τ τοῦ δοχείου Α εἶναι ἀνοικτή, χύνουμε στὸ δοχεῖο Β ὑδράργυρο μέχρις ὅτου ἡ στάθμη του ἀνέλθη σ' ἕνα ὁρισμένο ὕψος, στὸ ἴδιο βέβαια καὶ στὰ δύο δοχεῖα (σχ. 271, I) καὶ κατόπι κλείνουμε τὴν στρόφιγγα. Ἔστω ὅτι ὁ ὄγκος τοῦ ἐγκλωβισμένου ἀέρος στὸ δοχεῖο Α ἔχει ὕψος 20 cm, ὁπότε θὰ εἶναι $V = 20\ cm^3$. Ἡ πίεση τοῦ ἐγκλωβισμένου ἀέρος εἶναι ἴση μὲ τὴν ἀτμοσφαιρική, τὴν τιμὴ τῆς ὁποίας μᾶς παρέχει ἕνα βαρόμετρο, τὸ ὁποῖο ἔχει ἔστω ὕψος ὑδραργυρικῆς στήλης 76 cm κατὰ τὴν στιγμὴ τοῦ πειράματος.

Πείραμα 1. α) Ἀνυψώνουμε τὸ δοχεῖο Β καὶ χαμηλώνουμε τὸ δοχεῖο Α, μέχρις ὅτου ὁ ὄγκος τοῦ ἐγκλωβισμένου ἀέρος ὑποδιπλασιασθῆ, γίνη δηλαδὴ ὁ μισὸς τοῦ ἀρχικοῦ, ὁπότε θὰ ἔχη ὕψος 10 cm καὶ θὰ εἶναι $V_1 = 10\ cm^3$ (σχ. 271, II). Παρατηροῦμε τότε ὅτι ἡ κατακόρυφη ἀπόσταση A_1B_1 τῶν σταθμῶν τοῦ ὑδραργύρου εἶναι περίπου 76 cm. Ἡ πίεση ποὺ ἀσκεῖται συνεπῶς ἀπὸ τὸ ἀέριο στὸ A_1 εἶναι ἴση μὲ τὸ ἄθροισμα τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως καὶ τῆς πιέσεως τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης τῶν 76 cm, δηλαδὴ εἶναι ἴση μὲ 2 ἀτμόσφαιρες. Ὥστε:

Ὅταν ὁ ὄγκος τοῦ ἀερίου ὑποδιπλασιάζεται, ἡ πιεσή του διπλασιάζεται.

β) Ἐπαναλαμβάνουμε τὸ πείραμα ἀνυψώνοντας τὸν σωλῆνα Α καὶ χαμηλώνοντας τὸν Β, σὲ τρόπο ὥστε ὁ ὄγκος τοῦ ἐγκλωβισμένου ἀέρος νὰ γίνη διπλάσιος τοῦ ἀρχικοῦ $V_3 = 40\ cm^3$, νὰ ἀποκτήση δηλαδὴ ὕψος 40 cm. Παρατηροῦμε τότε ὅτι ἡ στάθμη τοῦ ὑδραργύρου στὸν σωλῆνα Β βρίσκεται κατὰ 38 cm χαμηλότερα. Ἡ πίεση ἑπομένως στὸ B_2, ποὺ εἶναι ἴση μὲ τὴν ἀτμοσφαιρική, ἰσοῦται μὲ τὸ ἄθροισμα τῆς πιέσεως τοῦ ἀερίου καὶ τῆς πιέσεως στήλης ὑδραργύρου ὕψους 38 cm, δηλαδὴ μισῆς ἀτμόσφαιρας (σχ. 271, III). Ἡ πίεση συνεπῶς τοῦ ἐγκλωβισμένου ἀερίου ἰσοῦται μὲ μισὴ ἀτμόσφαιρα. Ὥστε:

Ὅταν ὁ ὄγκος τοῦ ἀερίου διπλασιασθῆ, ἡ πίεσή του ὑποδιπλασιάζεται.

γ) Ἐπαναλαμβάνοντας τὸ πείραμα καὶ συγκρίνοντας κάθε φορὰ τὶς τιμὲς τῆς πιέσεως καὶ τοῦ ὄγκου τῆς ἴδιας μάζας ἑνὸς ἀερίου, διατηρώντας τὴν θερμοκρασία του σταθερή, συμπεραίνουμε ὅτι:

Ὅταν ἡ θερμοκρασία μιᾶς ὁρισμένης μάζας ἑνὸς ἀερίου παραμένη σταθερή, ἡ πίεση τοῦ ἀερίου μεταβάλλεται ἀντιστρόφως ἀναλόγως πρὸς τὸν ὄγκο του.

§ 189. Νόμος τῶν Μπόϋλ - Μαριὸτ (Boyle - Mariotte). Μὲ τὰ ἀποτελέσματα τῶν μετρήσεων τῶν πειραμάτων τῆς προηγουμένης παραγράφου καταστρώνουμε τὸν ἀκόλουθο πίνακα:

Ὄγκος τοῦ ἀερίου	Πίεση τοῦ ἀερίου	Γινόμενο πιέσεως καὶ ὄγκου
5 cm^3	4 Atm	20
10	2	20
20	1	20
30	2/3	20
40	1/2	20
50	2/5	20
80	1/4	20

Μελετώντας τὸν παραπάνω πίνακα παρατηροῦμε ὅτι σὲ κάθε διαφορετικὴ κατάσταση τοῦ ἀερίου, τῆς ἴδιας πάντοτε μάζας, τὸ γινόμενο τῆς πιέσεως τοῦ ἀερίου ἐπὶ τὸν ὄγκο του παραμένει σταθερό. Ἑπομένως ἂν σὲ μιὰν ὁρισμένη θερμοκρασία θ ὁ ὄγκος μιᾶς ὁρισμένης μάζας m ἑνὸς ἀερίου εἶναι V καὶ ἡ πίεσή του p, μεταβληθῆ δὲ ὁ ὄγκος του καὶ γίνη V_1 χωρὶς νὰ ἀλλάξη ἡ θερμοκρασία, ἡ πίεση τοῦ ἀερίου θὰ γίνη p_1, σὲ τρόπο ὥστε νὰ ὑφίσταται ἡ σχέση:

$$p \cdot V = p_1 \cdot V_1$$

Ὥστε:

Ὅταν ἡ θερμοκρασία μιᾶς ὁρισμένης μάζας ἑνὸς ἀερίου διατηρεῖται σταθερή, τὸ γινόμενο τῶν μέτρων τῆς πιέσεως καὶ τοῦ ὄγκου ποὺ καταλαμβάνει τὸ ἀέριο μὲ τὴν πίεση αὐτὴ παραμένει σταθερό.

Ἡ παραπάνω πρόταση εἶναι γνωστὴ σὰν νόμος τῶν **Μπόϋλ - Μαριὸτ (Boyle - Mariotte)**. Ἑπομένως:

Νόμος Μπόϋλ - Μαριὸτ

$$\mathbf{p \cdot V = p_1 \cdot V_1 = \text{σταθερὸ}}$$
$$\mathbf{\theta = \text{σταθερή}, \; m = \text{ὁρισμένη}}$$

Παρατήρηση. Ἡ σχέση $p \cdot V = p_1 \cdot V_1$ μπορεῖ νὰ γραφῆ καὶ μὲ τὴν μορφή:

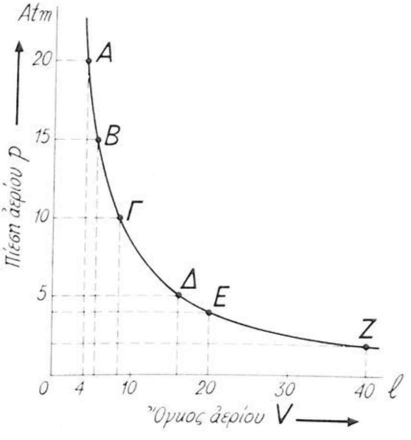
$$\frac{p}{p_1} = \frac{V_1}{V}$$

ἡ ὁποία ὁδηγεῖ σὲ νέα διατύπωση τοῦ νόμου τῶν Μπόϋλ - Μαριότ.

Γραφικὴ παράσταση τοῦ νόμου. Ἂς ὑποθέσωμε ὅτι ὕστερα ἀπὸ μιὰ σειρὰ πειραμάτων γιὰ τὴν ἀπόδειξη τοῦ νόμου τῶν Μπόϋλ - Μαριὸτ καταστρώσαμε μὲ τὶς μετρήσεις τὸν παρακάτω πίνακα:

πίεση p ἀερίου (εἰς Atm)	20	15	10	5	4	2
ὄγκος V ἀερίου (εἰς *l*)	4	5,33	8	16	20	40

Ἂν ἀναφέρωμε τὰ ζεύγη τῶν τιμῶν τοῦ ὄγκου καὶ τῆς πιέσεως, σὲ σύστημα ὀρθογωνίων ἀξόνων, ὁ ὁριζόντιος ἐκ τῶν ὁποίων νὰ εἶναι ὁ ἄξονας τῶν ὄγκων καὶ ὁ κατακόρυφος ὁ ἄξονας τῶν πιέσεων, θὰ λάβωμε τὴν καμπύλη τοῦ σχήματος 272 ἡ ὁποία παριστάνει γραφικῶς τὴν σχέση τῆς μεταβολῆς τοῦ ὄγκου, σὲ συνάρτηση πρὸς τὴν πίεση, μιᾶς ὁρισμένης μάζας ἑνὸς ἀερίου, ὅταν ἡ θερμοκρασία διατηρεῖται σταθερή.



Σχ. 272. Γραφικὴ παράσταση τοῦ νόμου τῶν Μπόϋλ - Μαριότ.

Ἂν οἱ διάφορες μετρήσεις ἔγιναν μὲ σταθερὴ θερμοκρασία 20 °C, ἡ καμπύλη τοῦ διαγράμματος, ἡ ὁποία εἶναι τόξο ὑ π ε ρ β ο λ ῆ ς, λέγεται ἰ σ ό θ ε ρ μ ο ς τῶν 20 °C. Ἂν ἀλλάξη ἡ θερμοκρασία θὰ ἔχωμε ἄλλη ἰσόθερμο.

§ 190. Ἐφαρμογές. α) Μεταβολὴ τῆς πυκνότητος ἑνὸς ἀερίου.

Ἕνα λίτρο ὀξυγόνου, σὲ θερμοκρασία 0 °C καὶ πίεση μιᾶς ἀτμοσφαίρας ἔχει μάζα 1,43 gr. Λέμε ὅτι ἡ πυκνότητα ρ τοῦ ὀξυγόνου στοὺς 0 °C καὶ μὲ πίεση κανονικὴ εἶναι ρ = 1,43 gr/*l*. Μὲ πίεση δύο ἀτμοσφαιρῶν, ἡ ἴδια μάζα ὀξυγόνου θὰ καταλάβη ὄγκο 1/2 *l*. Ἕνα λίτρο συνεπῶς ὀξυγόνου στοὺς 0 °C καὶ πίεση 2 At θὰ ἔχη μάζα 1,43 × 2 = 2,86 gr. Ἡ πυκνότητα ἑπομένως τοῦ ὀξυγόνου στίς συνθῆκες αὐτὲς θὰ εἶναι 2,86 gr/*l*.

Ὅπως παρατηροῦμε ὁ διπλασιασμὸς τῆς πιέσεως προκάλεσε διπλασιασμὸ ἐπίσης καὶ τῆς πυκνότητος.

Κατὰ τὸν ἴδιο τρόπο μποροῦμε νὰ διαπιστώσωμε ὅτι ἐὰν ἡ πίεση τοῦ ἀερίου γίνη 3, 4, 5, ... ν φορὲς μεγαλύτερη, ἡ πυκνότητά του θὰ γίνη ἐπίσης καὶ αὐτὴ 3, 4, 5,... ν φορὲς μεγαλύτερη. Ὥστε:

Ὅταν ἡ θερμοκρασία ἑνὸς ἀερίου διατηρεῖται σταθερή, ἡ πυκνότητα τοῦ ἀερίου εἶναι ἀνάλογη πρὸς τὴν πίεσή του.

β) Πυκνότητα ἑνὸς ἀερίου ὡς πρὸς τὸν ἀέρα.

Ἡ πυκνότητα τοῦ ἀέρος, σὲ θερμοκρασία 0 °C καὶ κανονικὴ πίεση, εἶναι 1,293 gr/*l*, τοῦ δὲ διοξειδίου τοῦ ἄνθρακος 1,96 gr/*l* μὲ τὶς ἴδιες συνθῆκες.

Σὲ ἴσους ὄγκους μὲ τὸν ἀέρα, τὸ διοξείδιο τοῦ ἄνθρακος ἔχει συνεπῶς μάζα 1,96 : 1,293 = 1,52 φορὲς μεγαλύτερη. Λέμε τότε ὅτι ἡ σχετικὴ πυκνότητα $\rho_{\sigma\chi}$ τοῦ διοξειδίου τοῦ ἄνθρακος ὡς πρὸς τὸν ἀέρα εἶναι 1,52. Ὥστε:

Σχετικὴ πυκνότητα $\rho_{\sigma\chi}$ ἑνὸς ἀερίου ὡς πρὸς τὸν ἀέρα ὀνομάζουμε τὸν λόγο τῆς μάζας ἑνὸς ὁρισμένου ὄγκου τοῦ ἀερίου, πρὸς τὴν μάζα ἴσου ὄγκου ἀέρος, μὲ τὶς ἴδιες συνθῆκες πιέσεως καὶ θερμοκρασίας.

Στοὺς 0 °C καὶ μὲ πίεση 2 at, ἕνα λίτρο διοξειδίου τοῦ ἄνθρακος ἔχει μάζα 1,96 × 2 = 3,92 gr καὶ ἕνα λίτρο ἀέρος 1,293 × 2 = 2,586 gr. Μὲ τὶς συνθῆκες αὐτὲς ἡ πυκνότητα τοῦ διοξειδίου τοῦ ἄνθρακος ὡς πρὸς τὸν ἀέρα θὰ εἶναι 3,92/2,586 = 1,52. Ὥστε:

Ἡ σχετικὴ πυκνότητα ἑνὸς ἀερίου ὡς πρὸς τὸν ἀέρα εἶναι ἀνεξάρτητη ἀπὸ τὴν πίεση.

Παρατήρηση. Θεωροῦμε ἕνα γραμμομόριο ἑνὸς ἀερίου, μάζας M. Σὲ κανονικὲς συνθῆκες ὁ ὄγκος τοῦ ἀερίου αὐτοῦ εἶναι 22,4 *l*. Ἡ μάζα M′ ἴσου ὄγκου ἀέρος, στίς ἴδιες συνθῆκες, εἶναι M′ = 1,293 × 22,4 = 28,96 = 29 gr περίπου.

Ἡ πυκνότητα συνεπῶς $\rho_{\sigma\chi}$ τοῦ ἀερίου ὡς πρὸς τὸν ἀέρα θὰ ἰσοῦται μέ:

$$\rho_{\sigma\chi} = \frac{M}{M'} = \frac{M}{29}$$

Ὥστε:

Ἡ πυκνότητα ἑνὸς ἀερίου ὡς πρὸς τὸν ἀέρα εἶναι ἴση μὲ τὸ πηλίκο τοῦ μοριακοῦ βάρους τοῦ ἀερίου διὰ τοῦ ἀριθμοῦ 29.

§ 191. Περιθώρια ἰσχύος τοῦ νόμου τῶν Μπόϋλ - Μαριότ.

Γνωρίζουμε ὅτι ἕνα ἀέριο μπορεῖ νὰ ὑγροποιηθῆ. Ἡ ὑγροποίηση αὐτὴ γίνεται μὲ ψύξη ἢ συμπίεση τοῦ ἀερίου ἢ ταυτόχρονη ψύξη καὶ συμπίεση. Μερικὰ ἀέρια ὑγροποιοῦνται εὔκολα, ἐνῶ ἄλλα μὲ μεγάλη σχετικὰ δυσκολία.

Τὸ πείραμα δείχνει ὅτι ὁ νόμος τῶν Μπόϋλ - Μαριὸτ ἰσχύει γιὰ μικρὲς μεταβολὲς τῆς πιέσεως τοῦ ἀερίου καὶ ὅταν οἱ συνθῆκες θερμοκρασίας καὶ πιέσεως ἀπέχουν πολὺ ἀπὸ τὶς συνθῆκες ὑγροποιήσεώς του.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Τὰ ἀέρια εἶναι συμπιεστά. Ὁ ὄγκος ἑνὸς ἀερίου ἐλαττώνεται ὅταν αὐξάνεται ἡ πίεσή του καὶ αὐξάνεται ὅταν ἐλαττώνεται ἡ πίεσή του.

2. Γιὰ νὰ μελετήσωμε τὴν συμπιεστότητα τῶν ἀερίων, περιορίζουμε μιὰ ποσότητα ἀέρος σ' ἕνα βαθμολογημένο κυλινδρικὸ δοχεῖο, τὸ ὁποῖο συγκοινωνεῖ μὲ ἄλλο δοχεῖο ποὺ περιέχει ὑδράργυρο. Ἀνυψώνοντας ἢ χαμηλώνοντας τὸ δοχεῖο τοῦ ὑδραργύρου μεταβάλλουμε τὴν πίεση τοῦ περιορισμένου ἀέρος καὶ μετρᾶμε τοὺς ἀντίστοιχους ὄγκους.

3. Ὁ νόμος τῶν Μπόϋλ - Μαριὸτ ἐκφράζει ὅτι: Σὲ σταθερὴ θερμοκρασία τὸ γινόμενο τῶν μέτρων τῆς πιέσεως καὶ τοῦ ὄγκου μιᾶς ποσότητος ἑνὸς ἀερίου εἶναι σταθερό: $p \cdot V = p_1 \cdot V_1 =$ σταθερό, ἢ ὅτι: Σὲ σταθερὴ θερμοκρασία οἱ ὄγκοι μιᾶς ποσότητος ἑνὸς ἀερίου εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογοι πρὸς τὶς πιέσεις των: $p/p_1 = V_1/V$.

4. Ὁ νόμος τῶν Μπόϋλ - Μαριὸτ ἀποδίδεται γραφικὰ μὲ τόξο μιᾶς ὑπερβολῆς. Ὁ νόμος αὐτὸς ἰσχύει ὅταν τὰ ἀέρια ἀπέχουν πολὺ ἀπὸ τὶς συνθῆκες ὑγροποιήσεώς των. Τὰ ἀέρια ποὺ ὑπακούουν στὸν νόμο αὐτὸ ὀνομάζονται τέλεια ἀέρια. Στὰ πραγματικὰ ἀέρια τὸ γινόμενο $p \cdot V$ μεταβάλλεται ἐλαφρὰ ὅταν αὐξάνεται ἡ πίεση.

5. Σὲ σταθερὴ θερμοκρασία ἡ πυκνότητα ἑνὸς ἀερίου εἶναι ἀνάλογη πρὸς τὴν πίεσή του.

6. Ἕνα ἀέριο εὑρίσκεται σὲ κανονικὲς συνθῆκες ὅταν ἔχει θερμοκρασία 0 °C καὶ πίεση 1 Atm.

7. Σχετικὴ πυκνότητα ἑνὸς ἀερίου ὡς πρὸς τὸν ἀέρα ὀνομάζεται ὁ λόγος τῆς μάζας ὁρισμένου ὄγκου ἑνὸς ἀερίου, πρὸς τὴν μάζα ἴσου ὄγκου ἀέρος, στὶς ἴδιες συνθῆκες πιέσεως καὶ θερμοκρασίας καὶ εἶναι σταθερὸς ἀριθμός. Ἰσοῦται μὲ τὸ πηλίκο τοῦ μοριακοῦ βάρους τοῦ ἀερίου διὰ τοῦ ἀριθμοῦ 29.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Ἕνα ἀέριο καταλαμβάνει ὄγκο 25 cm^3 καὶ ἔχει πίεση 74 cm στήλης ὑδραργύρου. Νὰ εὑρεθῇ ἡ πίεση, τὴν ὁποία πρέπει νὰ ἀσκήσωμε γιὰ νὰ ἐλαττώσωμε τὸν ὄγκο τοῦ ἀερίου στὰ 10 cm^3. *(Ἀπ. 185 cm Hg.)*

2. Συχνὰ στὰ ἐργαστήρια χρησιμοποιοῦνται μεταλλικὰ δοχεῖα χωρητικότητος 20 l, τὰ ὁποῖα περιέχουν ὑδρογόνο ὑπὸ πίεση 15 at. Πόσες φιάλες τοῦ ἑνὸς λίτρου μπορεῖ νὰ γεμίσῃ μὲ ὑδρογόνο ἕνα τέτοιο δοχεῖο ὅταν ἡ πίεση τοῦ ὑδρογόνου σ' αὐτὰ τὰ δοχεῖα πρέπει νὰ εἶναι 1 at. *(Ἀπ. 300.)*

3. Ἂν σὲ πίεση 76 cm στήλης ὑδραργύρου καὶ θερμοκρασία 0 °C 1 l ἀέρος ἔχει βάρος 1,3 p, πόσον ὄγκο καταλαμβάνουν 25 gr ἀέρος θερμοκρασίας 0 °C μὲ πίεση 85 cm στήλης ὑδραργύρου. *(Ἀπ. 17 l.)*

III. ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

ΛΓ' – ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ. ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΑ

§ 192. Θερμότητα. Θερμοκρασία. Ὅταν πλησιάζωμε ἢ ἐγγίζωμε τὰ διάφορα σώματα, μᾶς προκαλοῦν τὸ αἴσθημα τοῦ θερμοῦ ἢ τοῦ ψυχροῦ, νοιώθουμε δηλαδὴ τὰ σώματα θ ε ρ μ ὰ ἢ ψ υ χ ρ ά. Τὸ αἴτιο, τὸ ὁποῖο προκαλεῖ τὸ αἴσθημα τοῦ θερμοῦ ἢ τοῦ ψυχροῦ ὀνομάζεται **θερμότητα.**

Πείραμα 1. Παίρνουμε μιὰ χύτρα καὶ τὴν γεμίζουμε νερὸ ἀπὸ τὸ δίκτυο ὑδρεύσεως. Τὸ νερὸ αὐτὸ εἶναι δροσερό. Τοποθετοῦμε τὴν χύτρα ἐπάνω ἀπὸ τὴν φλόγα μιᾶς ἑστίας. Κατὰ ἀραιὰ χρονικὰ διαστήματα βυθίζουμε τὸ χέρι μας στὸ νερὸ (σχ. 273). Στὴν ἀρχὴ τὸ αἰσθανόμαστε χλιαρό, ἀργότερα ζεστὸ καὶ τέλος καυτό. Λέμε πὼς τὸ νερὸ θ ε ρ μ α ί ν ε τ α ι ἢ ὅτι ὑψώνεται ἡ θερμοκρασία του. Σβύνουμε τὴν φλόγα. Τὸ νερὸ ὅσο πάει καὶ κρυώνει, ψ ύ χ ε τ α ι. Ἡ θερμοκρασία του κατεβαίνει. Ὥστε:

Ἡ θερμοκρασία εἶναι ἕνα φυσικὸ μέγεθος τὸ ὁποῖο μᾶς ἐπιτρέπει νὰ ἐξακριβώσωμε ἂν ἕνα σῶμα εἶναι περισσότερο ἢ λιγώτερο θερμὸ ἢ περισσότερο ἢ λιγώτερο ψυχρό.

Ἀπὸ τὰ παραπάνω συμπεραίνουμε ἐπίσης ὅτι ἡ ἀφὴ μᾶς δίνει μιὰ πρώτη ἐντύπωση τῆς θερμοκρασίας.

Πείραμα 2. Παίρνουμε τρία δοχεῖα (σχ. 274) καὶ στὸ πρῶτο τοποθετοῦμε ψυχρὸ νερό, στὸ δεύτερο χλιαρὸ καὶ στὸ τρίτο θερμὸ νερό. Βυθίζουμε τὸ δεξί μας χέρι στὸ ψυχρὸ καὶ τὸ ἀριστερὸ στὸ θερμὸ νερό. Ὕστερα ἀπὸ λίγο βυθίζουμε καὶ τὰ δυό μας χέρια στὸ μεσαῖο δοχεῖο μὲ τὸ χλιαρὸ νερό. Παρατηροῦμε τότε πὼς μὲ τὸ δεξί μας χέρι, μὲ ἐκεῖνο δηλαδὴ

Σχ. 273. Τὸ δροσερὸ νερὸ θερμαίνεται καὶ γίνεται διαδοχικὰ χλιαρό, θερμὸ καὶ τέλος καυτό.

Σχ. 274. Μὲ τὴν ἀφὴ δὲν μποροῦμε νὰ ἐκτιμήσωμε μὲ ἀσφάλεια τὴν θερμοκρασία.

ποὺ εἴχαμε βυθίσει πρὶν στὸ ψυχρὸ νερό, ἔχουμε τὴν ἐντύπωση πὼς τὸ νερὸ εἶναι θερμό, ἐνῶ μὲ τὸ ἀριστερὸ πὼς εἶναι ψυχρό.

Σὲ ἄλλες πάλι περιπτώσεις δὲν μποροῦμε νὰ χρησιμοποιήσωμε τὸ αἴσθημα τῆς ἀφῆς γιὰ νὰ ἀναγνωρίσωμε τὴν θερμικὴ κατάσταση ἑνὸς σώματος. Πραγματικὰ δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ ἐγγίσωμε ἕνα πυρωμένο σίδερο ἢ ἕνα πολὺ παγερὸ σῶμα. Ὥστε:

Ἡ ἀφὴ δὲν δίδει πάντοτε τὴν δυνατότητα τῆς ἐξακριβώσεως τῆς θερμικῆς καταστάσεως τῶν σωμάτων, γιατὶ δὲν εἶναι οὔτε πιστή, οὔτε ἀκριβής.

Ἡ θερμοκρασιακὴ κατάσταση τῶν σωμάτων ἐξακριβώνεται μὲ εἰδικὰ ὄργανα τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται **θερμόμετρα.**

§ 193. Θερμικὴ ἰσορροπία. Ἂν φέρωμε σὲ ἐπαφὴ ἕνα θερμὸ καὶ ἕνα ψυχρὸ σῶμα θὰ ἀλλάξη ἡ θερμοκρασία καὶ τῶν δύο σωμάτων. Τὸ θερμότερο σῶμα θὰ δώση θερμότητα καὶ θὰ ψυχθῆ. Τὸ ψυχρότερο θὰ πάρη θερμότητα καὶ θὰ θερμανθῆ.

Τελικὰ θὰ ἀποκτήσουν καὶ τὰ δύο σώματα τὴν ἴδια θερμοκρασία καὶ θὰ ἀποκατασταθῆ μεταξύ τους **θερμικὴ ἰσορροπία.** Τὰ σώματα θὰ ἔχουν τότε τὴν ἴδια θερμοκρασία.

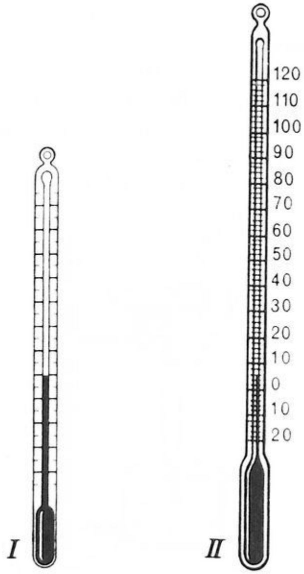
Τὸ φαινόμενο αὐτὸ ἐκμεταλλευόμαστε ὅταν θέλωμε νὰ σημειώσωμε τὴν θερμοκρασία ἑνὸς σώματος. Φέρνουμε τὸ σῶμα σὲ ἐπαφὴ μὲ τὸ θερμόμετρο καὶ περιμένουμε νὰ ἀποκατασταθῆ θερμικὴ ἰσορροπία, ὁπότε ἡ θερμοκρασία τοῦ σώματος θὰ εἶναι ἡ ἴδια μὲ τὴν θερμοκρασία τοῦ θερμομέτρου. Ὥστε:

Ἡ θερμομέτρηση ἑνὸς σώματος γίνεται μὲ ἐπαφὴ τοῦ θερμομέτρου στὸ σῶμα. Ὅταν ἀποκατασταθῆ θερμικὴ ἰσορροπία, τὸ θερμόμετρο δείχνει τὴν θερμοκρασία τοῦ σώματος.

§ 194. Θερμόμετρα. Αὐτὰ εἶναι ὄργανα μὲ τὰ ὁποῖα θερμομετροῦμε τὰ διάφορα σώματα.

Ἡ κατασκευὴ καὶ λειτουργία τῶν θερμομέτρων στηρίζεται, συνήθως, στὸ γενικὸ φαινόμενο τῆς διαστολῆς τῶν σωμάτων, τὰ περισσότερα δὲ θερμόμετρα λειτουργοῦν μὲ ὑγρό. Τὸ ὑγρὸ αὐτὸ εἶναι κυρίως ὑδράργυρος σὲ ὁρισμένες δὲ περιπτώσεις οἰνόπνευμα, τολουόλη κλπ.

Τὸ ὑδραργυρικὸ θερμόμετρο. Περιγραφή. Τὸ ὑδραργυρικὸ θερμόμετρο (σχ. 275) ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕνα γυάλινο θερμομετρικὸ δοχεῖο μὲ σφαιρικὸ ἢ κυλινδρικὸ σχῆμα, ἐπάνω στὸ ὁποῖο προσαρμόζεται κατάλληλα μὲ σύντηξη ἕνας ἐπιμήκης καὶ λεπτοδιαμετρικὸς «τριχοειδής», δηλαδὴ πολὺ λεπτός, σωλήνας. Ὁ σωλήνας αὐτὸς ἀποτελεῖ τὸ στέλεχος τοῦ θερμομέτρου, εἶναι κλειστὸς στὸ ἀνώτερο ἄκρο του καὶ δὲν περιέχει ἀέρα.



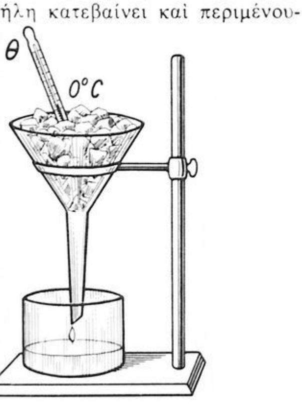
Σχ. 275. Συνηθισμένο ὑδραργυρικὸ θερμόμετρο. (I) Ἀβαθμολόγητο καὶ (II) βαθμολογημένο.

Τὸ θερμομετρικὸ δοχεῖο στὸ ὁποῖο ἔχει τοποθετηθῆ κατάλληλη ποσότητα ὑδραργύρου καὶ ὁ ἐπιμήκης σωλήνας περικλείονται, γιὰ περισσότερη ἀσφάλεια, μέσα σ' ἕνα ἄλλο γυάλινο κυλινδρικὸ δοχεῖο. Στὸ μάκρος τοῦ σωλῆνος ἔχουν χαραχθῆ οἱ ὑποδιαιρέσεις τῆς θερμομετρικῆς κλίμακος, ἡ θέση δὲ τῆς ἐλεύθερης ἐπιφάνειας τοῦ ὑδραργύρου μᾶς δίδει κάθε φορὰ τὴν θερμοκρασία.

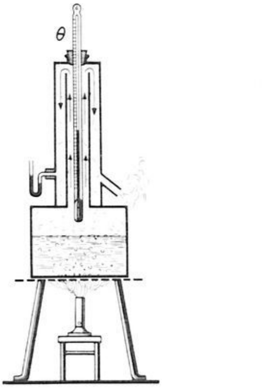
Βαθμολογία. Γιὰ τὴν βαθμολογία τοῦ θερμομέτρου ἐκλέγουμε αὐθαίρετα δύο σταθερὲς φυσικὲς θερμοκρασίες καὶ συγκεκριμένα τὴν θερμοκρασία τοῦ τ η κ ο μ έ ν ο υ πάγου καὶ τὴν θερμοκρασία τῶν ἀτμῶν τοῦ β ρ ά ζ ο ν τ ο ς ἀπεσταγμένου νεροῦ. Οἱ θερμοκρασίες αὐτὲς καθορίζονται μὲ ἀτμοσφαιρικὴ πίεση 1 Atm.

Τὰ θερμόμετρα ποὺ χρησιμοποιοῦμε συνήθως εἶναι βαθμολογημένα στὴν **ἑκατοντάβαθμη κλίμακα τοῦ Κελσίου.** Στὴν κλίμακα αὐτὴ ἡ σταθερὴ θερμοκρασία τοῦ τηκομένου πάγου ἔχει τιμὴ 0, ἡ δὲ σταθερὴ θερμοκρασία τῶν ἀτμῶν τοῦ βράζοντος νεροῦ 100.

Βυθίζουμε τὸ θερμόμετρο σὲ μεῖγμα μικρῶν κομματιῶν πάγου καὶ νεροῦ ἀπεσταγμένου, ὁπότε παρατηροῦμε ὅτι ἡ ὑδραργυρικὴ στήλη κατεβαίνει καὶ περιμένουμε μέχρις ὅτου σταθεροποιηθῆ ἡ στάθμη τοῦ ὑδραργύρου στὸν λεπτοδιαμετρικὸ σωλῆνα. Στὴν θέση αὐτὴ σημειώνουμε τὸ μ η δ ὲ ν τῆς κλίμακος Κελσίου (0 °C) (σχ. 276).



Σχ. 276. Γιὰ τὸν καθορισμὸ τοῦ 0 °C ἑνὸς ὑδραργυρικοῦ θερμομέτρου.



Σχ. 277. Διάταξη γιὰ τὸν καθορισμὸ τῶν 100 °C.

Γιὰ τὸν προσδιορισμὸ τοῦ 100 τῆς κλίμακος χρησιμοποιοῦμε τὴν συσκευὴ τοῦ σχήματος 277. Ὁ ὑδράργυρος θερμαίνεται καὶ ἀνεβαίνει στὸν λεπτοδιαμετρικὸ σωλῆνα, ὅταν δὲ τὸ νερὸ ἀρχίση νὰ βράζη, ἡ ὑδραργυρικὴ στήλη σταθεροποιεῖται σ' ἕνα σημεῖο, στὸ ὁποῖο σημειώνουμε τὸ 100 τῆς κλίμακος Κελσίου (100 °C).

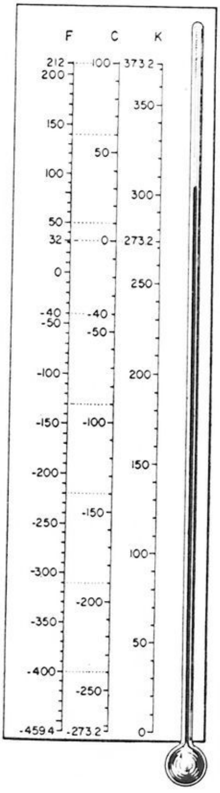
Τὸ διάστημα ποὺ μεσολαβεῖ ἀπὸ τὸ 0 μέχρι τὸ 100 ὑποδιαιρεῖται σὲ ἑκατὸ ἴσα μέρη, ἡ δὲ ἀπόσταση μεταξὺ δύο διαδοχικῶν ὑποδιαιρέσεων ὀνομάζεται **βαθμὸς Κελσίου** καὶ συμβολίζεται **1 °C** ἢ **1 grad °C.** Αἱ ὑποδιαιρέσεις ἐπεκτείνονται κατόπιν ἐπάνω ἀπὸ τὸ 100 καὶ κάτω ἀπὸ τὸ 0 τῆς κλίμακος.

Οἱ θερμοκρασίες ποὺ εὑρίσκονται κάτω ἀπὸ τὸ μηδὲν χαρακτηρίζονται σὰν ἀ ρ ν η τ ι κ ὲ ς καὶ μπροστὰ ἀπὸ αὐτὲς θέτουμε τὸ σημεῖο πλὴν (−), ἐκεῖνες δὲ ποὺ εἶναι ἐπάνω ἀπὸ τὸ μηδὲν χαρακτηρίζονται σὰν θετικὲς καὶ μπροστά τους βάζουμε τὸ σὺν (+). Ὥστε:

Βαθμὸς τῆς ἑκατοντάβαθμης κλίμακος Κελσίου εἶναι ἡ μεταβολὴ τῆς θερμοκρασίας, ἡ ὁποία προκαλεῖ ἀνύψωση ἢ πτώση τῆς στάθμης τοῦ ὑδραργύρου τοῦ θερμομέτρου ἴση μὲ τὸ 1/100 τῆς μεταβολῆς ποὺ παρατηρεῖται ἀνάμεσα στὶς θερμοκρασίες 0 καὶ 100.

§ 195. Ἄλλες θερμομετρικὲς κλίμακες. Ἂν δώσωμε ἄλλες αὐθαίρετες τιμὲς στὴν θερμοκρασία τοῦ τηκομένου πάγου καὶ τῶν ἀτμῶν τοῦ βράζοντος νεροῦ θὰ κατασκευάσωμε ἄλλες θερμομετρικὲς κλίμακες.

Στὶς ἀγγλοσαξονικὲς χῶρες χρησιμοποιοῦν τὴν **κλίμακα Φαρενάϊτ (Fahrenheit),** στὴν ὁποίαν ἡ θερμοκρασία τοῦ τηκομένου πάγου ἔχει τιμὴ 32 °F καὶ ἡ θερμοκρασία τοῦ βράζοντος νεροῦ 212 °F. Τὸ διάστημα ποὺ μεσολαβεῖ στὶς δύο θερμοκρασίες ὑποδιαιρεῖται σὲ 180 ὑποδιαιρέσεις. Ἡ ἀπόσταση δὲ δύο διαδοχικῶν ὑποδιαιρέσεων ὀνομάζεται **βαθμὸς Φαρενάϊτ (°F).**



Σχ. 278. Ἀντιστοιχίες τῶν τριῶν θερμομετρικῶν κλιμάκων F Φαρενάϊτ, C Κελσίου καὶ K Κέλβιν.

Οἱ Φυσικοὶ χρησιμοποιοῦν στὶς μετρήσεις των τὴν **ἀπόλυτη κλίμακα θερμοκρασιῶν** ἢ **κλίμακα Κέλβιν (Kelvin).** Ἡ κλίμακα αὐτὴ ἔχει 273 °K στὴν θέση τοῦ μηδενὸς τοῦ Κελσίου καὶ 373 °K στὴν θέση τῶν 100 °C. Ἡ θερμοκρασία ἑνὸς σώματος σὲ βαθμοὺς Κέλβιν (°K) λέγεται ἀπόλυτη θερμοκρασία καὶ συμβολίζεται μὲ τὸ γράμμα T.

Ἡ θερμομετρικὴ ἔνδειξη T τῆς κλίμακος Κέλβιν καὶ ἡ ἔνδειξη t τῆς κλίμακος Κελσίου, γιὰ τὴν ἴδια θερμοκρασία συνδέονται μὲ τὴν σχέση:

$$T = 273 + t$$

Τὸ σχῆμα 278 δείχνει τὶς ἀντιστοιχίες τῶν τριῶν θερμομετρικῶν κλιμάκων.

§ 196. Ὅρια χρησιμοποιήσεως τοῦ ὑδραργυρικοῦ θερμομέτρου. Ὁ ὑδράργυρος παρουσιάζει αἰσθητὴ καὶ ὁμοιόμορφη διαστολή, εἶναι ἀδιαφανὴς καὶ διακρίνεται εὔκολα μέσα ἀπὸ τὸ γυαλὶ τοῦ θερμομέτρου, θερμαίνεται γρήγορα χωρὶς νὰ ἀπορροφᾶ μεγάλη ποσότητα θερμότητος καὶ δὲν διαβρέχει τὸ γυαλί. Γιὰ ὅλες αὐτὲς τὶς ἰδιότητες προτιμᾶται στὴν κατασκευὴ τῶν θερμομέτρων μὲ ὑγρό.

Ὁ ὑδράργυρος ὅμως στερεοποιεῖται στοὺς —40 °C περίπου καὶ βράζει στοὺς 360 °C περίπου. Γιὰ τὸν λόγο αὐτὸ τὰ ὑδραργυρικὰ θερμόμετρα χρησιμοποιοῦνται στὴν μέτρηση θερμοκρασιῶν μεταξὺ —30 °C καὶ 300 °C.

§ 197. Οἰνοπνευματικὸ θερμόμετρο. Τὸ θερμόμετρο αὐτὸ περιέχει οἰνόπνευμα ἀντὶ γιὰ ὑδράργυρο καὶ χρησιμοποιεῖται κυρίως γιὰ θερμοκρασίες πιὸ χαμηλὲς ἀπὸ τοὺς —30 °C. Ἐπειδὴ τὸ καθαρὸ οἰνόπνευμα εἶναι ὑγρὸ ἄχρωμο, τὸ οἰνοπνευματικὸ θερμόμετρο περιέχει χρωματισμένο οἰνόπνευμα γιὰ νὰ μποροῦμε νὰ τὸ διακρίνωμε. Τὸ οἰνόπνευμα βράζει στοὺς 78 °C καὶ πήζει στοὺς —110 °C περίπου. Γι' αὐτὸν τὸν λόγο τὸ οἰνοπνευματικὸ θερμόμετρο χρησιμοποιεῖται κυρίως γιὰ θερμοκρασίες μεταξὺ —80 °C καὶ 60 °C.

Γιὰ χαμηλότερες ἀπὸ τοὺς —100 °C θερμοκρασίες χρησιμοποιοῦμε τολουόλη ἢ πεντάνιο.

§ 198. **Ἀκροβάθμια θερμόμετρα.** Τὰ θερμόμετρα τοῦ εἴδους αὐτοῦ δίδουν τὴν μεγίστη ἢ τὴν ἐλαχίστη θερμοκρασία, ποὺ παρατηρήθηκε σ' ἕνα ὁρισμένο χρονικὸ διάστημα καὶ γι' αὐτὸν τὸν λόγο διακρίνονται σὲ μεγιστοβάθμια καὶ σὲ ἐλαχιστοβάθμια θερμόμετρα.

α) Ἰατρικὸ θερμόμετρο. Αὐτὸ εἶναι μεγιστοβάθμιο θερμόμετρο, στὸ ὁποῖο τὸ στέλεχος παρουσιάζει μικρὴ στένωση στὸ σημεῖο ποὺ προσαρμόζεται στὸ δοχεῖο (σχ. 279). Ἔτσι ὅταν θερμαίνεται ὁ ὑδράργυρος τοῦ δοχείου του εἰσχωρεῖ στὸ στέλεχος καὶ ἀνεβαίνει στὸν λεπτοδιαμετρικὸ σωλῆνα. Ὅταν ὅμως ψυχθῆ ὁ ὑδράργυρος, ἡ ὑδραργυρικὴ στήλη διακόπτεται στὴν στένωση καὶ παραμένει στὴν θέση της, δείχνοντας τὴν μεγαλύτερη θερμοκρασία, στὴν ὁποία εὑρέθηκε τὸ θερμόμετρο.

Γιὰ νὰ χρησιμοποιηθῆ καὶ πάλι τὸ ὄργανο, τὸ τινάζουμε ἐλαφρά, ἀναγκάζοντας τὸν ὑδράργυρο τοῦ στελέχους νὰ κατεβῆ καὶ νὰ εἰσχωρήση στὸ θερμομετρικὸ δοχεῖο.

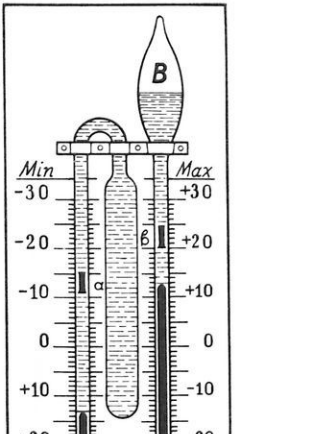
Τὸ ἰατρικὸ θερμόμετρο χρησιμοποιεῖται στὴν εὕρεση τῆς θερμοκρασίας τοῦ ἀνθρώπινου σώματος, ἡ κλίμακά του δὲ ἐκτείνεται ἀπὸ τοὺς 35 °C μέχρι τοὺς 42 °C.

Σχ. 279. Τὸ ἰατρικὸ θερμόμετρο εἶναι μεγιστοβάθμιο.

β) Θερμόμετρο μεγίστου καὶ ἐλαχίστου. Τὸ θερμόμετρο αὐτὸ ποὺ βλέπουμε στὸ σχῆμα 280 εἶναι συγχρόνως μεγιστοβάθμιο καὶ ἐλαχιστοβάθμιο. Σὰν θερμομετρικὸ ὑγρὸ χρησιμοποιεῖται οἰνόπνευμα καὶ ὑδράργυρος. Τὸ ἄνω μέρος τῶν δύο σωλήνων τοῦ θερμομέτρου καταλήγει σὲ δοχεῖα καὶ εἶναι γεμᾶτα μὲ οἰνόπνευμα, τὸ ὁποῖο χωρίζεται ἀπὸ ὑδράργυρο. Τὸ ἕνα σκέλος ποὺ εἶναι ἐντελῶς γεμᾶτο μὲ οἰνόπνευμα ἀποτελεῖ τὸ ἐλαχιστοβάθμιο (Min), τὸ ἄλλο ποὺ δὲν εἶναι ἐντελῶς γεμᾶτο τὸ μεγιστοβάθμιο (Max) θερμόμετρο.

Στὶς δύο ἐλεύθερες ἐπιφάνειες τοῦ ὑδραργύρου ὑπάρχουν δύο μικροὶ κυλινδρικοὶ δεῖκτες ἀπὸ σίδερο, α καὶ β, ποὺ μετατοπίζονται μὲ τὴν βοήθεια ἑνὸς μικροῦ μαγνήτη.

Ὅταν τὸ θερμόμετρο θερμαίνεται, διαστέλλεται τὸ οἰνόπνευμα τοῦ ἀριστεροῦ σκέλους, περνᾶ ἐλεύθερα ἀπὸ τὸ διάκενο τοῦ δείκτη α καὶ ὠθεῖ τὸν ὑδράργυρο πρὸς τὸ δεξιὸ σκέλος, ἐνῶ ὁ δείκτης α μένει στὴν θέση του, λόγῳ τῆς τριβῆς ποὺ ἀναπτύσσει μὲ τὸ τείχωμα τοῦ σωλῆνος. Τὸ δεξιὸ ὅμως σκέλος τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης ἀνεβαίνει καὶ παρασύρει τὸν δείκτη β,



Σχ. 280. Ἐλαχιστοβάθμιο καὶ μεγιστοβάθμιο θερμόμετρο.

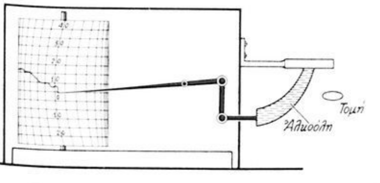
ἐνῶ σύγχρονα τὸ οἰνόπνευμα εἰσχωρεῖ στὸν χῶρο Β

Ὅταν τὸ θερμόμετρο ψύχεται, τὰ δύο ὑγρὰ συστέλλονται καὶ ὁ ὑδράργυρος ὠθεῖ πρὸς τὰ ἐπάνω τὸν δείκτη α, ἐνῶ ὁ δείκτης β παραμένει στὴν θέση του. Τὸ κατώτερο ἄκρο τοῦ δείκτη β δείχνει τὴν μεγίστη θερμοκρασία, ἐνῶ τὸ ἀντίστοιχο ἄκρο τοῦ δείκτη α τὴν ἐλαχίστη θερμοκρασία, στὴν ὁποία εὑρέθηκε τὸ θερμόμετρο.

Στὸ θερμόμετρο τοῦ σχήματος ἡ μεγίστη θερμοκρασία ἦταν 20 °C καὶ ἡ ἐλαχίστη —10 °C, τὸ ὄργανο δὲ δείχνει θερμοκρασία 13 °C, τὴν ὁποία παρέχουν οἱ στάθμες τοῦ ὑδραργύρου στὸ δεξιὸ ἢ τὸ ἀριστερὸ σκέλος.

Πρὶν χρησιμοποιηθῆ τὸ θερμόμετρο τοποθετοῦμε μὲ τὴν βοήθεια ἑνὸς μικροῦ μαγνήτη τοὺς σιδερένιους δεῖκτες ἔτσι, ὥστε οἱ βάσεις τους νὰ ἐφάπτωνται στὴν ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου στὰ δύο σκέλη τοῦ θερμομέτρου.

γ) Αὐτογραφικὸ θερμόμετρο. Τὸ ὄργανο αὐτὸ καταγράφει τὶς μεταβολὲς τῆς θερμοκρασίας ποὺ συμβαίνουν μέσα σ' ἕνα ὁρισμένο χρονικὸ διάστημα, π.χ. μιᾶς ἡμέρας, ἢ μιᾶς ἑβδομάδος (σχ. 281). Ἡ λειτουργία τοῦ ὀργάνου αὐτοῦ εἶναι ἀνάλογη μὲ ἐκείνην τοῦ αὐτογραφικοῦ βαρομέτρου.



Σχ. 281. Αὐτογραφικὸ θερμόμετρο.

§ 199. Ἡ θερμοκρασία δὲν εἶναι μετρήσιμο μέγεθος.

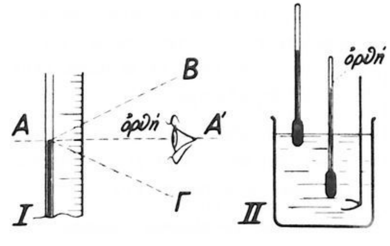
Οἱ θερμομετρικὲς κλίμακες δὲν μᾶς ἐπιτρέπουν νὰ μετρήσωμε τὴν θερμοκρασία μὲ τὸν ἴδιο τρόπο ποὺ μετρᾶμε, π.χ. ἕνα μῆκος συγκρίνοντάς το μὲ τὴν μονάδα τοῦ μήκους.

Τὸ νὰ ποῦμε ὅτι ἡ θερμοκρασία ἑνὸς σώματος εἶναι ἴση μὲ τὴν θερμοκρασία ἑνὸς ἄλλου σώματος εἶναι κάτι ποὺ ἔχει ἔννοια. Τὸ νὰ ποῦμε ὅμως ὅτι ἡ θερμοκρασία τοῦ νεροῦ τῆς χύτρας, ἡ ὁποία εἶναι 36 °C, εἶναι ἴση μὲ τὸ τριπλάσιο τῆς θερμοκρασίας τοῦ νεροῦ τοῦ δικτύου ὑδρεύσεως, ποὺ εἶναι ἴση μὲ 12 °C, δὲν ἔχει καμιὰ ἀπολύτως ἔννοια. Μιὰ θερμοκρασία δὲν μπορεῖ νὰ εἶναι ἴση μὲ τὸ ἄθροισμα περισσοτέρων θερμοκρασιῶν. Ὥστε:

Τὸ θερμόμετρο ἐπιτρέπει νὰ χαρακτηρίσωμε τὴν θερμικὴ κατάσταση ἑνὸς σώματος, νὰ ἀντιστοιχίσωμε δηλαδὴ σ' αὐτὴν ἕναν καὶ μόνον ἀριθμό, ὁ ὁποῖος ἀποτελεῖ τὴν θερμοκρασία τοῦ σώματος. Οἱ θερμοκρασίες δὲν εἶναι μετρήσιμα μεγέθη.

§ 200. Πῶς χρησιμοποιοῦμε τὸ θερμόμετρο.

Ὅταν διαβάζωμε μιὰ θερμοκρασία, πρέπει νὰ στεκώμαστε μπροστὰ στὸ θερμόμετρο κατὰ τέτοιο τρόπο, ὥστε τὸ μάτι μας νὰ βρίσκεται στὸ ὁριζόντιο ἐπίπεδο Α΄Α ποὺ σχηματίζεται ἀπὸ τὴν ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ θερμομετρικοῦ ὑγροῦ (σχ. 282, Ι).



Σχ. 282. Ἀνάγνωση μιᾶς θερμομετρικῆς ἐνδείξεως (Ι). Ὀρθὴ τοποθέτηση θερμομέτρου ἐντὸς ὑγροῦ γιὰ τὴν ἀνάγνωση τῆς θερμοκρασίας (ΙΙ).

Ἂν θέλωμε νὰ ὑπολογίσωμε τὴν θερμοκρασία ἑνὸς ὑγροῦ θὰ πρέπει πρῶτα νὰ τὸ ἀνακατέψωμε γιὰ ν' ἀποκτήση σταθερὴ θερμοκρασία σὲ ὅλη του τὴν μάζα. Παίρνουμε κατόπι τὸ θερμόμετρο καὶ τὸ βυθίζουμε ἔτσι, ὥστε τὸ δοχεῖο του νὰ εἶναι ὁλόκληρο μέσα στὸ ὑγρὸ (σχ. 282, ΙΙ).

Γιὰ νὰ βροῦμε τὴν θερμοκρασία τοῦ ἀέρος, στεκόμαστε σὲ σκιερὸ μέρος καὶ μακριὰ ἀπὸ τοῖχο, καθαρίζουμε καλὰ τὸ ὄργανο μὲ ἕνα στεγνὸ πανί, τὸ δένουμε στὴν ἄκρη ἑνὸς σπάγγου καὶ τὸ περιστρέφουμε μερικὲς φορές. Ὕστερα διαβάζουμε τὴν θερμοκρασία.

Μερικὲς χαρακτηριστικὲς θερμοκρασίες	
Θερμοκρασία τοῦ πάγου ποὺ λυώνει	0 °C
Θερμοκρασία τῶν ἀτμῶν τοῦ νεροῦ ποὺ βράζει	100 °C
Κανονικὴ θερμοκρασία τοῦ ἀνθρώπινου σώματος	37 °C
Θερμοκρασία τοῦ σώματος τῶν πουλιῶν	42 °C
Θερμοκρασία Βορείου Πόλου, μέχρι	— 70 °C
Θερμοκρασία Ἀνατολικῆς Σαχάρας μέχρι	58 °C

§ 201. Μέση θερμοκρασία. Γιὰ νὰ βροῦμε τὴν μέση θερμοκρασία μιᾶς ἡμέρας βρίσκουμε τὴν θερμοκρασία κάθε ὥρας τῆς ἡμέρας καὶ κατόπι τὸν μέσον ὅρο τῶν εἰκοσιτεσσάρων αὐτῶν θερμοκρασιῶν. Ἡ μέση θερμοκρασία ἑνὸς ὁρισμένου μηνὸς εὑρίσκεται σὰν ὁ μέσος ὅρος τῶν θερμοκρασιῶν τῶν ἡμερῶν τοῦ μηνός. Τέλος ὁ μέσος ὅρος τῶν θερμοκρασιῶν τῶν μηνῶν τοῦ ἔτους δίδει τὴν μέση θερμοκρασία τοῦ ἔτους.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Ἡ θερμότητα εἶναι τὸ αἴτιο ποὺ μᾶς προκαλεῖ τὸ αἴσθημα τοῦ θερμοῦ ἢ τοῦ ψυχροῦ.

2. Ἡ θερμοκρασία χαρακτηρίζει τὴν θερμικὴ κατάσταση ἑνὸς σώματος καὶ μᾶς ἐπιτρέπει νὰ ἐξακριβώσωμε ἂν ἕνα σῶμα εἶναι περισσότερο ἢ λιγώτερο θερμό. Σὲ ὁρισμένες περιπτώσεις ἡ ἁφὴ ἐπιτρέπει τὴν ἐξακρίβωση τῆς θερμικῆς καταστάσεως τῶν σωμάτων, δὲν ἐξασφαλίζει ὅμως οὔτε ἀκρίβεια, οὔτε πιστότητα.

3. Ὅταν δύο σώματα ἔρθουν σὲ θερμικὴ ἐπικοινωνία, τὸ θερμότερο χορηγεῖ θερμότητα στὸ ψυχρότερο, μέχρις ὅτου ἀποκατασταθῆ θερμικὴ ἰσορροπία. Τὸ φαινόμενο αὐτὸ ἐκμεταλλευόμαστε στὴν θερμομέτρηση τῶν σωμάτων χρησιμοποιώντας τὰ θερμόμετρα.

4. Τὸ ὑδραργυρικὸ θερμόμετρο λειτουργεῖ μὲ βάση τὴν διαστολὴ τοῦ ὑδραργύρου, τὸν ὁποῖο περιέχει τὸ θερμομετρικό του δοχεῖο καὶ ὁ ὁποῖος ἀνέρχεται κατὰ τὴν διαστολή του σ' ἕνα λεπτοδιαμετρικὸν σωλῆνα, κενὸν ἀπὸ ἀέρα.

5. Τὰ συνηθισμένα ὑδραργυρικὰ θερμόμετρα βαθμολογοῦνται μὲ βάση τὴν θερμομετρικὴ κλίμακα τοῦ Κελσίου. Προσδιορίζουμε τὸ 0 καὶ τὸ 100 τῆς κλίμακος καὶ τὸ μεταξύ τους διάστημα χωρίζουμε σὲ 100 ἴσες ὑποδιαιρέσεις, ποὺ ὀνομάζονται βαθμοὶ Κελσίου.

6. Ἐκτὸς ἀπὸ τὴν ἑκατοντάβαθμη κλίμακα τοῦ Κελσίου χρησιμοποιεῖται ἐπίσης ἡ κλίμακα Φαρενάϊτ καὶ ἡ κλίμακα Κέλβιν.

7. Ἐκτὸς ἀπὸ τὸν ὑδράργυρο χρησιμοποιοῦμε σὰν θερμομετρικὰ ὑγρὰ τὸ οἰνόπνευμα, τὴν τολουόλη, τὸ πεντάνιο κλπ., κυρίως ὅταν πρόκειται γιὰ πολὺ χαμηλὲς θερμοκρασίες.

8. Τὰ ἀκροβάθμια θερμόμετρα εἶναι μεγιστοβάθμια καὶ ἐλαχιστοβάθμια, χρησιμοποιοῦνται δὲ κυρίως στὴν Μετεωρολογία, ὅταν θέλωμε νὰ ὑπολογίσωμε τὴν μεγίστη ἢ τὴν ἐλαχίστη θερμοκρασία, ποὺ συμβαίνει μέσα σ' ἕνα ὁρισμένο χρονικὸ διάστημα. Τὸ ἰατρικὸ θερμόμετρο εἶναι μεγιστοβάθμιο θερμόμετρο βαθμολογημένο ἀπὸ 35 °C μέχρι 42 °C

9. Ἡ θερμοκρασία εἶναι μέγεθος ποὺ δὲν ἐπιδέχεται μέτρηση.

10. **Γιὰ νὰ ὑπολογίσωμε τὴν θερμοκρασία ἑνὸς ὑγροῦ πρέπει νὰ βυθίσωμε στὸ ὑγρὸ ὁλόκληρο τὸ θερμόμετρο, ἀφοῦ προηγουμένως ἀναταράξωμε ἀργὰ καὶ προσεκτικὰ τὸ ὑγρό.**

11. **Ἡ εὐαισθησία ἑνὸς ὑδραργυρικοῦ θερμομέτρου εἶναι τόσο μεγαλύτερη ὅσο ὁ ὄγκος τοῦ θερμομετρικοῦ σωλῆνος εἶναι μεγαλύτερος καὶ ἡ τομὴ τοῦ σωλῆνος μικρότερη.**

12. **Ἡ μέση θερμοκρασία ὑπολογίζεται σὰν μέσος ὅρος ὁρισμένων θερμοκρασιῶν.**

13. **Ἡ Μετεωρολογικὴ ὑπηρεσία σημειώνει κανονικὰ τὴν θερμοκρασία τοῦ ἀέρος καὶ ὑπολογίζει τὴν μέση θερμοκρασία τοῦ τόπου.**

14. **Ἡ θερμοκρασία εἶναι ἕνα ἀπὸ τὰ κυριώτερα στοιχεῖα τοῦ κλίματος ἑνὸς τόπου.**

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Τὰ σημεῖα 0 καὶ 100 τῆς κλίμακος τοῦ Κελσίου ἀντιστοιχοῦν στὰ σημεῖα 32 καὶ 212 τῆς κλίμακος Φαρενάϊτ. α) Νὰ εὑρεθῇ πόσοι βαθμοὶ Κελσίου ἀντιστοιχοῦν, σὲ ἕναν βαθμὸ Φαρενάϊτ. β) Ὅταν τὸ θερμόμετρο Φαρενάϊτ δείχνει 75,2 ποιὰν ἔνδειξη θὰ ἔχῃ τὸ ἑκατοντάβαθμο τοῦ Κελσίου. γ) Ὅταν τὸ θερμόμετρο Κελσίου δείχνει 18 ποιὰ θὰ εἶναι ἡ ἔνδειξη τοῦ θερμομέτρου Φαρενάϊτ. *(Ἀπ. α' 5/9 °C. β' 24 °C. γ' 64,4 °F.)*

2. Ἕνα θερμόμετρο μὲ κλίμακα Φαρενάϊτ δείχνει 86 °F. α) Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἔκφραση τῆς θερμοκρασίας σὲ βαθμοὺς Κελσίου. β) Νὰ εὑρεθῇ ἡ θερμοκρασία Φαρενάϊτ ποὺ ἀντιστοιχεῖ στοὺς μηδὲν βαθμοὺς τῆς θερμομετρικῆς κλίμακος Κέλβιν (0 °K). *(Ἀπ. α' 30 °C. β' 459,67 °F.)*

3. α) Νὰ ἐκφρασθοῦν στὴν θερμομετρικὴ κλίμακα τοῦ Κελσίου οἱ παρακάτω θερμοκρασίες τῆς θερμομετρικῆς κλίμακος Φαρενάϊτ: 50°, 20°, —15°. β) Σὲ ποιὰ θερμοκρασία ἕνα θερμόμετρο Κελσίου ἔχει τὴν ἴδια ἔνδειξη μὲ ἕνα θερμόμετρο Φαρενάϊτ ; *(Ἀπ. α' 10 °C, —6,67 °C, —26,1 °C. β' —40 °C.)*

4. Κατὰ τὴν διάρκεια τοῦ καθορισμοῦ τῆς ἐνδείξεως 100 σὲ ἕνα θερμόμετρο Κελσίου, τὸ βαρόμετρο δείχνει ἀτμοσφαιρικὴ πίεση 736 mm στήλης ὑδραργύρου. Νὰ εὑρεθῇ ἡ θερμοκρασία ποὺ θὰ πρέπει νὰ σημειωθῇ στὸ στέλεχος τοῦ θερμομέτρου. Γνωρίζουμε ὅτι αὔξηση τῆς πιέσεως κατὰ 27,25 mm στήλης ὑδραργύρου δημιουργεῖ μίαν ἀνύψωση τῆς θερμοκρασίας βρασμοῦ τοῦ νεροῦ κατὰ 1 °C. *(Ἀπ. 99,12 °C.)*

5. Ἡ ἀπόσταση μεταξὺ τῶν ἐνδείξεων 0 °C καὶ 100 °C σὲ ἕνα θερμόμετρο εἶναι 24 cm. α) Σὲ 1 °C πόσο μῆκος (σὲ mm) τοῦ σωλῆνος ἀντιστοιχεῖ. β) Ἡ μικρότερη αἰσθητὴ μετατόπιση τῆς στάθμης τοῦ ὑδραργύρου εἶναι 1/5 mm. Νὰ εὑρεθῇ ἡ μικρότερη μεταβολὴ θερμοκρασίας ποὺ μποροῦμε νὰ μετρήσωμε μὲ αὐτὸ τὸ ὑδραργυρικὸ θερμόμετρο. *(Ἀπ. α' 2,4 mm. β' 0,08 °C.)*

6. Συγκρίνουμε ἕνα συνηθισμένο θερμόμετρο μὲ ἕνα θερμόμετρο ἀκριβείας καὶ καταγράφουμε τὶς παρακάτω παράλληλες μετρήσεις. I) Γιὰ τὸ συνηθισμένο θερμόμετρο : —10 °C, —5 °C, —0 °C, 5 °C, 10 °C, 15 °C, 20 °C, 25 °C, 30 °C. II) Γιὰ τὸ θερμόμετρο ἀκριβείας: —9 °C, —4 °C, —0,5 °C, 5,5 °C, 11 °C, 16,5 °C, 21 °C, 25,5 °C, 30 °C. α) Νὰ παραστήσετε γραφικῶς μὲ τετμημένες τὶς ἐνδείξεις τοῦ πρώτου καὶ τεταγμένες τὶς ἐνδείξεις τοῦ δευτέρου θερμομέτρου τὴν σχέση ποὺ συνδέει τὶς ἐνδείξεις τῶν δύο θερμομέτρων. (Στὸ χαρτὶ τὰ 2 mm νὰ ἀντιστοιχοῦν σὲ 1 °C.) β) Ἀπὸ τὴν γραφικὴ αὐτὴ παράσταση, νὰ εὑρεθῇ ἡ ἔνδειξη τοῦ δευτέρου θερμομέτρου, ὅταν τὸ πρῶτο δείχνει : —7 °C, 18 °C καὶ 22 °C.
(Ἀπ. β' —6 °C, 19,3 °C καὶ 22,5 °C.)

ΛΔ' – ΔΙΑΣΤΟΛΗ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

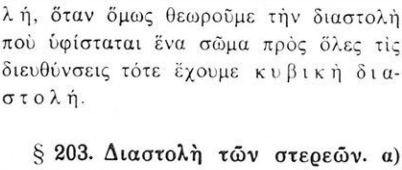
§ 202. Γενικότητες. Τὸ πείραμα ἀποδεικνύει πὼς ὅταν τὰ διάφορα σώματα θερμανθοῦν, αὐξάνονται οἱ γραμμικὲς διαστάσεις τους, ἑπομένως καὶ ὁ ὄγκος τους. Τὸ φαινόμενο αὐτὸ ὀνομάζεται δ ι α σ τ ο λ ὴ τῶν σωμάτων.

Ἀντίθετα ὅταν τὰ σώματα ψυχθοῦν παθαίνουν ἐλάττωση τῶν γραμμικῶν τους διαστάσεων, ἑπομένως καὶ τοῦ ὄγκου των. Τὸ φαινόμενο αὐτὸ ὀνομάζεται σ υ σ τ ο λ ὴ τῶν σωμάτων. Ὥστε:

Ὅταν τὰ σώματα θερμανθοῦν παθαίνουν διαστολή. Ἡ ψύξη προκαλεῖ συστολὴ τῶν σωμάτων.

Ὅταν ἐξετάζωμε τὴν διαστολὴ ποὺ παθαίνει ἕνα σῶμα κατὰ μία μονάχα διεύθυνση ἔχουμε γ ρ α μ μ ι κ ὴ δ ι α σ τ ο λ ή, ὅταν ὅμως θεωροῦμε τὴν διαστολὴ ποὺ ὑφίσταται ἕνα σῶμα πρὸς ὅλες τὶς διευθύνσεις τότε ἔχουμε κ υ β ι κ ὴ δ ι α σ τ ο λ ή.

§ 203. Διαστολὴ τῶν στερεῶν. α) Γραμμικὴ διαστολή. Ἡ συσκευὴ τοῦ σχήματος 283 ἀποτελεῖται ἀπὸ μιὰ μεταλλικὴ ράβδο, τὸ ἕνα ἄκρο τῆς ὁποίας στερεώνεται μόνιμα μὲ κοχλία στὴν θέση Α, τὸ δὲ ἄλλο εἶναι ἐλεύθερο καὶ ἀκουμβᾶ στὸν μικρὸ βραχίονα Β ἑνὸς μοχλοῦ. Ὁ μεγαλύτερος βραχίονας Γ τοῦ μοχλοῦ



Σχ. 283. Συσκευὴ γιὰ τὴν σπουδὴ τῆς γραμμικῆς διαστολῆς.

εἶναι συγχρόνως δείκτης, ὁ ὁποῖος μετακινεῖται μπροστὰ σὲ ἕνα ἀριθμημένο τόξο.

Πείραμα. Ἀνοίγουμε τὸν διακόπτη τοῦ φωταερίου καὶ ἀναφλέγουμε τὸ ἀέριο, ὁπότε ἡ μεταλλικὴ ράβδος ἀρχίζει νὰ θερμαίνεται. Παρατηροῦμε τότε ὅτι τὸ ἄκρο τοῦ δείκτη μετακινεῖται διαρκῶς καὶ ἀπομακρύνεται ὁλοένα ἀπὸ τὸ μηδὲν τοῦ τόξου. Αὐτὸ συμβαίνει διότι μὲ τὴν θέρμανση προκαλεῖται ἐ π ι μ ή κ υ ν σ η τῆς ράβδου, τὸ ἐλεύθερο ἄκρο τῆς ὁποίας πιέζει τὸν μοχλὸ Β μὲ ἀποτέλεσμα τὴν μετακίνηση τοῦ δείκτη.

Ἀφήνουμε τὴν ράβδο νὰ ψυχθῆ διακόπτοντας τὴν θέρμανση. Παρατηροῦμε τότε ὅτι ὁ δείκτης ξαναγυρίζει μὲ βραδύτητα στὴν ἀρχική του θέση. Μὲ τὴν ψύξη προκαλεῖται β ρ ά χ υ ν σ η τῆς ράβδου, ἐλάττωση δηλαδὴ τοῦ μήκους της. Ὥστε:

Μία ράβδος ἐπιμηκύνεται ὅταν θερμανθῆ καὶ βραχύνεται ὅταν ψυχθῆ.

Συντελεστὴς γραμμικῆς διαστολῆς. Ἔστω ὅτι μιὰ ράβδος ἑνὸς μετάλλου ἔχει σὲ 0 °C μῆκος 20 m. Θερμαίνουμε τὴν ράβδο στοὺς 30 °C καὶ μὲ ἀκριβεῖς μετρήσεις βρίσκουμε ὅτι ἡ ἐπιμήκυνσή της εἶναι 1,4 cm περίπου. Ἑπομένως ἐφ' ὅσον ὅταν ἡ θερμοκρασία τῆς ράβδου ὑψώνεται ἀπὸ 0 °C σὲ 30 °C, δηλαδὴ κατὰ 30 °C, τὸ μῆκος τῶν 20 m αὐξάνεται κατὰ 0,014 m, μῆκος 1 m τῆς ράβδου θὰ ἐπιμηκύνεται κατὰ 0,014 m / 20 m = 0,000 7 τοῦ μήκους του.

Συνεπῶς ὅταν ἡ θερμοκρασία τοῦ 1 m τῆς ράβδου ὑψώνεται κατὰ 1 °C, τὸ 1 m θὰ ἐπιμηκύνεται κατά : 0,000 7 / 30° = = 0,000 023 τοῦ μήκους του ἀνὰ βαθμὸ Κελσίου.

Ἐὰν ὑπολογίσωμε τὴν ἐπιμήκυνση 1 cm ἀπὸ τὴν παραπάνω μεταλλικὴ ράβδο, ὅταν ἡ θερμοκρασία της αὐξηθῆ κατὰ 1 °C, θὰ βροῦμε ὅτι ὑφίσταται αὔξηση ἴση καὶ πάλι μὲ τὰ 0,000 023 τοῦ μήκους της. Ὥστε:

α) Ἡ αὔξηση ὁποιουδήποτε μήκους μιᾶς ράβδου, ἀπὸ ἕνα ὁρισμένο ὑλικό, ὅταν ἡ θερμοκρασία της αὐξηθῆ κατὰ 1 °C, παρουσιάζει πάντοτε τὸν ἴδιο λόγο ὡς πρὸς τὸ ἀρχικὸ μῆκος τῆς ράβδου.

β) Τὸν σταθερὸ λόγο τῆς αὐξήσεως τοῦ μήκους μιᾶς ράβδου, ἑνὸς ὁρισμένου ὑλικοῦ, πρὸς τὸ ἀρχικὸ μῆκος τῆς ράβδου, ὅταν ἡ θερμοκρασία αὐξηθῆ κατὰ 1 °C, ὀνομάζουμε συντελεστὴ γραμμικῆς διαστολῆς τοῦ ὑλικοῦ.

β) Κυβικὴ διαστολή. Θεωροῦμε τὴν διάταξη τοῦ σχήματος 284 ποὺ ἀποτελεῖται ἀπὸ μιὰ μεταλλικὴ σφαίρα, ἡ ὁποία ὅταν εἶναι ψυχρὴ διέρχεται ἀκριβῶς ἀπὸ ἕνα μεταλλικὸ δακτύλιο. Ἂν θερμάνωμε μόνο τὴν σφαίρα, παρατηροῦμε πὼς αὐτὴ δὲν μπορεῖ νὰ περάση πλέον ἀπὸ τὸν δακτύλιο. Αὐτὸ ὀφείλεται στὸ ὅτι μὲ τὴν θέρμανση προκλήθηκε διαστολή, δηλαδὴ αὔξηση τοῦ ὄγκου τῆς σφαίρας.

Ἀφήνουμε τὴν σφαίρα νὰ ψυχθῆ. Παρατηροῦμε τότε πὼς μπορεῖ νὰ περάση καὶ πάλι ἀπὸ τὸν δακτύλιο. Συνεπῶς ἡ ψύξη τῆς σφαίρας προκάλεσε συστολή, δηλαδὴ ἐλάττωση τοῦ ὄγκου της. Ὥστε :

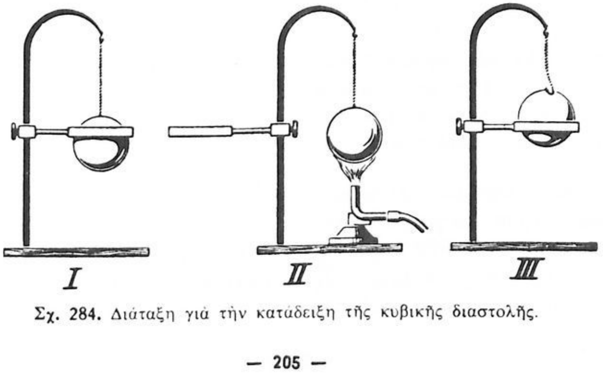
Ὅταν θερμαίνωμε ἕνα στερεὸ σῶμα, προκαλοῦμε κυβικὴ διαστολὴ τοῦ σώματος, αὔξηση δηλαδὴ τοῦ ὄγκου του. Ἀντίθετα, ὅταν ψύχωμε ἕνα σῶμα, προκαλοῦμε συστολή, δηλαδὴ ἐλάττωση τοῦ ὄγκου του.

Συντελεστὴς κυβικῆς διαστολῆς. Ἂν προσδιορίσωμε πειραματικῶς τὴν αὔξηση ὁποιουδήποτε ὄγκου ἑνὸς ὁρισμένου στερεοῦ σώματος γιὰ ὕψωση τῆς θερμοκρασίας τοῦ σώματος κατὰ 1 °C, εὑρίσκουμε ὅτι ὁ λόγος τῆς αὐξήσεως τοῦ ὄγκου πρὸς τὸν ἀρχικὸ ὄγκο εἶναι σταθερός. Ἀπὸ τὸ γεγονὸς αὐτὸ ὁδηγούμεθα στὸν ἀκόλουθο ὁρισμὸ τοῦ συντελεστῆ κυβικῆς διαστολῆς.

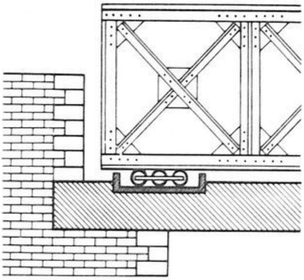
Συντελεστὴς κυβικῆς διαστολῆς ἑνὸς στερεοῦ σώματος ὀνομάζεται ὁ λόγος τῆς αὐξήσεως τοῦ ὄγκου τοῦ σώματος, πρὸς τὸν ἀρχικό του ὄγκο, ὅταν ἡ θερμοκρασία ὑψωθῆ κατὰ ἕναν βαθμὸ Κελσίου.

Ὁ συντελεστὴς κυβικῆς διαστολῆς ἑνὸς στερεοῦ βρίσκεται ὅτι εἶναι ἀριθμητικῶς τριπλάσιος ἀπὸ τὸν συντελεστὴ γραμμικῆς διαστολῆς τοῦ σώματος.

§ 204. Ἐφαρμογὲς καὶ μηχανικὰ ἀποτελέσματα τῆς διαστολῆς τῶν στερεῶν. Ὅταν γίνεται ἡ συναρμολόγηση τῶν μεταλλικῶν τμημάτων διαφόρων κατασκευῶν λαμβάνεται ὑπ' ὄψη καὶ ἡ διαστο-

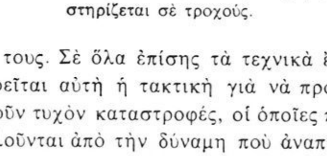


Σχ. 284. Διάταξη γιὰ τὴν κατάδειξη τῆς κυβικῆς διαστολῆς.



Σχ. 285. Τὸ ἕνα ἄκρο τῆς σιδερένιας γεφύρας στηρίζεται σὲ τροχούς.

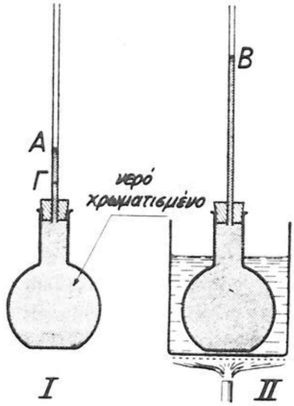
λή τους. Σὲ ὅλα ἐπίσης τὰ τεχνικὰ ἔργα τηρεῖται αὐτὴ ἡ τακτικὴ γιὰ νὰ προληφθοῦν τυχὸν καταστροφές, οἱ ὁποῖες προκαλοῦνται ἀπὸ τὴν δύναμη ποὺ ἀναπτύσσεται κατὰ τὴν διαστολή. Γι' αὐτὸν τὸν λόγο οἱ σιδερένιες γέφυρες στηρίζονται στὸ ἕνα τους ἄκρο ἐπάνω σὲ κατάλληλους τροχοὺς (σχ. 285), μὲ τοὺς ὁποίους διευκολύνεται ἡ ἐλεύθερη διαστολὴ τῆς γεφύρας. Στὶς σιδηροτροχιὲς ἐπίσης ἀφήνουν ἕνα μικρὸ διάκενο Α (σχ. 286) γιὰ νὰ ἀποφεύγεται ἡ κάμψη τους, ἀφοῦ χάρη στὸ διάκενο αὐτὸ δὲν ἐμποδίζεται ἡ διαστολή τους.



Σχ. 286. Τὸ διάκενο Α διευκολύνει τὴν ἐλεύθερη διαστολή.

§ 205. Διαστολὴ τῶν ὑγρῶν. Ὅπως τὰ στερεὰ ἔτσι καὶ τὰ ὑγρὰ ὅταν θερμανθοῦν διαστέλλονται. Στὰ ὑγρὰ ὅμως διακρίνουμε μόνο κυβικὴ διαστολή.

Πείραμα. Παίρνουμε μιὰ γυάλινη φιάλη, τὴν ὁποία γεμίζουμε μὲ χρωματισμένο νερὸ καὶ προσαρμόζουμε στὸν λαιμό της ἕνα μακρὺ γυάλινο σωλήνα (σχ. 287). Ὕστερα σημειώνουμε τὴν θέση Α τῆς



Σχ. 287. Τὸ νερὸ αὐξάνεται σὲ ὄγκο ὅταν θερμαίνεται.

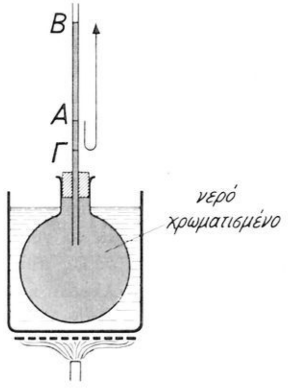
ἐλεύθερης ἐπιφανείας τοῦ χρωματισμένου νεροῦ στὸν σωλήνα καὶ βυθίζουμε τὴν φιάλη μέσα σ' ἕνα δοχεῖο μὲ θερμαινόμενο νερὸ (σχ. 287, II). Παρατηροῦμε τότε ὅτι τὸ νερὸ τοῦ σωλῆνος ἀφοῦ ἀρχικὰ κατέβηκε σὲ χαμηλότερη θέση Γ, ἀρχίζει γρήγορα νὰ ἀνεβαίνη καὶ τελικὰ σταματᾶ σὲ μιὰ θέση Β, ψηλότερα ἀπὸ τὸ Α.

Ὁ ὄγκος τοῦ νεροῦ τῆς φιάλης αὐξήθηκε λοιπόν· αὐξήθηκε ὅμως καὶ ὁ ὄγκος τῆς φιάλης, γι' αὐτὸ ἄλλωστε στὴν ἀρχὴ κατέβηκε λίγο ἡ στάθμη τοῦ νεροῦ, διότι ἡ φιάλη θερμάνθηκε ἐνωρίτερα καὶ ἔπαθε πρώτη διαστολή. Ἐπειδὴ ὅμως τὸ νερὸ τελικὰ ὑψώθηκε μέσα στὸν σωλήνα, συμπαιραίνουμε ὅτι ἡ διαστολή του εἶναι μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν διαστολὴ τῆς γυάλινης φιάλης. Ὥστε :

Ὅταν θερμαίνωμε ἕνα ὑγρό, τὸ σῶμα διαστέλλεται. Ἡ διαστολὴ τῶν ὑγρῶν εἶναι μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν διαστολὴ τῶν στερεῶν.

Ἐπειδὴ ἡ διαστολὴ τῶν ὑγρῶν εἶναι σημαντική, ἡ πυκνότητά τους ἐλαττώνεται αἰσθητὰ μὲ τὴν αὔξηση τῆς θερμοκρασίας τους. Γι' αὐτὸν τὸν λόγο τὸ ζεστὸ νερὸ ἔχει μικρότερη πυκνότητα ἀπὸ τὸ ψυχρὸ νερό, πράγμα ποὺ προκαλεῖ ἀντίθετα ρεύματα μέσα στὴν μάζα ἑνὸς θερμαινομένου ὑγροῦ.

§ 206. Πραγματικὴ καὶ φαινομενικὴ διαστολή. Προκειμένου περὶ τῶν ὑγρῶν διακρίνουμε π ρ α γ μ α τ ι κ ὴ καὶ φ α ι ν ο μ ε ν ι κ ὴ δ ι α σ τ ο λ ή.



Σχ. 288. Τὸ τμῆμα τοῦ ὄγκου ΑΒ τοῦ σωλῆνος ἰσοῦται μὲ τὴν φαινομενικὴ διαστολὴ τοῦ νεροῦ.

Φαινομενικὴ διαστολὴ στὴν περίπτωση τοῦ προηγουμένου πειράματος εἶναι ἡ αὔξηση τοῦ ὄγκου ποὺ περιέχεται στὸ τμῆμα ΑΒ τοῦ σωλῆνος (σχ. 288). Ἡ πραγματικὴ διαστολή, ποὺ εἶναι πολὺ μεγαλύτερη, εἶναι ἴση μὲ τὸ ἄθροισμα τῆς φαινομενικῆς διαστολῆς καὶ τῆς διαστολῆς τοῦ δοχείου. Ὥστε:

Κατὰ τὴν διαστολὴ ἑνὸς ὑγροῦ, ποὺ περιέχεται σ' ἕνα δοχεῖο, ἀντιλαμβανόμαστε μόνο τὴν φαινομενικὴ διαστολὴ τοῦ ὑγροῦ. Ἡ πραγματικὴ διαστολὴ τοῦ ὑγροῦ εἶναι ἴση μὲ τὸ ἄθροισμα τῆς φαινομενικῆς του διαστολῆς καὶ τῆς διαστολῆς τοῦ δοχείου.

§ 207. Ἀποτελέσματα καὶ ἐφαρμογὲς τῆς διαστολῆς τῶν ὑγρῶν. Ὅταν ἐμφιαλώνωμε ὑγρά, δὲν πρέπει νὰ γεμίζωμε ἐντελῶς τὴν φιάλη, γιὰ νὰ μὴν ἐμποδίζωμε τὴν διαστολὴ τοῦ ὑγροῦ καὶ προκαλέσωμε τὴν καταστροφὴ τοῦ δοχείου.

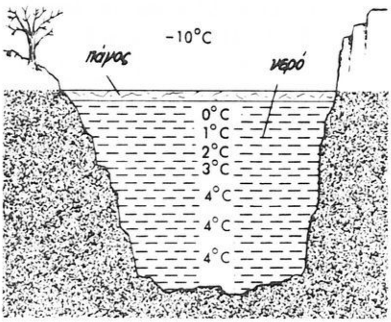
Τὴν διαστολὴ τῶν ὑγρῶν ἐκμεταλλευόμαστε στὴν κατασκευὴ καὶ λειτουργία τῶν θερμομέτρων μὲ ὑγρό. Τὸ γυάλινο θερμομετρικὸ δοχεῖο καὶ ὁ λεπτοδιαμετρικὸς σωλήνας τοῦ θερμομέτρου ἔχουν πολὺ μικρὸ συντελεστὴ διαστολῆς, σὲ σχέση πρὸς τὸν συντελεστὴ διαστολῆς τοῦ ὑδραργύρου ἢ τοῦ οἰνοπνεύματος καὶ ἔτσι ἡ διαστολὴ τοῦ δοχείου δὲν ἐπηρεάζει τὶς μετρήσεις.

§ 208. Ἀνωμαλία τῆς διαστολῆς τοῦ νεροῦ. Τὸ νερὸ ὅταν διαστέλλεται δὲν ἀκολουθεῖ τοὺς νόμους διαστολῆς τῶν ὑπολοίπων σωμάτων. Πραγματικὰ τὸ νερὸ παρουσιάζει τὸ ἀξιοσημείωτο φαινόμενο πὼς ὅταν ψύχεται μέχρι τοὺς 4 °C συστέλλεται, ἐνῶ κάτω ἀπὸ τὴν θερμοκρασία αὐτὴ καὶ μέχρι τοὺς 0 °C ὁ ὄγκος του αὐξάνεται, δηλαδὴ δ ι α σ τ έ λ λ ε τ α ι. Τὸ νερὸ ἑπομένως παρουσιάζει στοὺς 4 °C τὴν μεγαλύτερή του πυκνότητα.

Ἡ σημασία τῆς ἀνώμαλης αὐτῆς διαστολῆς τοῦ νεροῦ εἶναι μεγάλη γιὰ τὴν ἀνάπτυξη καὶ διατήρηση τῆς ζωῆς στὸν πλανήτη μας.

Ἐξ αἰτίας τοῦ φαινομένου αὐτοῦ ὁ πάγος εἶναι ἐλαφρότερος ἀπὸ τὸ νερὸ καὶ ἐπιπλέει, πράγμα ποὺ ἀποτρέπει τὴν παγοποίηση τῶν θαλασσῶν, λιμνῶν καὶ ποταμῶν, ἐπιτρέποντας τὴν ἀνάπτυξη καὶ διατήρηση τῆς ζωῆς στὸ νερό.

§ 209. Κατανομὴ τῆς θερμοκρασίας στὶς θάλασσες, λίμνες κλπ. Σὲ μιὰ θάλασσα ἢ λίμνη τὸ νερὸ κατανέμεται σὲ στρώματα, τὰ ἀραιότερα ἀπὸ τὰ ὁποῖα ἀνεβαίνουν πρὸς τὴν ἐπιφάνεια. Ὅσο κατεβαίνουμε πρὸς τὸν πυθμένα τόσο καὶ πυκνότερα στρώματα συναντᾶμε, ἐπειδὴ δὲ τὸ νερὸ παρουσιάζει τὴν



Σχ. 289. Κατανομὴ τῆς θερμοκρασίας στὸ νερὸ μιᾶς λίμνης τὸν χειμώνα.

μεγαλύτερη πυκνότητά του στοὺς 4 °C, συμπεραίνουμε ὅτι ἡ θερμοκρασία τοῦ νεροῦ τοῦ πυθμένος δὲν μπορεῖ νὰ κατεβῆ χαμηλότερα ἀπὸ τοὺς 4 °C.

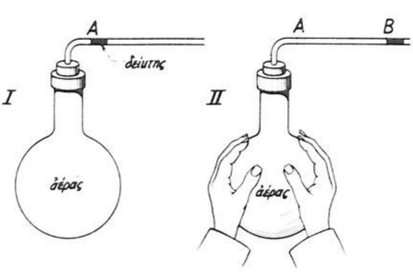
Στὴν περίπτωση ποὺ ἔχουμε χειμώνα καὶ συμβῆ παγωνιά, ἐπειδὴ τὸ νερὸ κάτω ἀπὸ τοὺς 4 °C καὶ μέχρι τοὺς 0 °C διαστέλλεται, κατανέμεται, στὴν θάλασσα ἢ στὴν λίμνη, κατὰ στρώματα, τὸ βαθύτερο ἀπὸ τὰ ὁποῖα ἔχει θερμοκρασία 4 °C καὶ τὸ ἀνώτερο εἶναι πάγος 0 °C.

Τὸ σχῆμα 289 δείχνει τὴν κατανομὴ τῆς θερμοκρασίας στὸ νερὸ μιᾶς λίμνης.

§ 210. **Διαστολὴ τῶν ἀερίων.** Ὅπως τὰ στερεὰ καὶ τὰ ὑγρὰ ἔτσι καὶ τὰ ἀέρια διαστέλλονται ὅταν θερμανθοῦν καὶ συστέλλονται ὅταν ψυχθοῦν.

Πείραμα. Παίρνουμε ἕνα γυάλινο δοχεῖο, στὸ ὁποῖο προσαρμόζουμε ἀεροστεγῶς ἕνα μακρὺ καὶ στενὸ κεκαμμένο σωλήνα, ὅπως φαίνεται στὸ σχῆμα 290, καὶ μέσα στὸν σωλήνα τοποθετοῦμε μιὰ σταγόνα ὑδραργύρου, ἡ ὁποία περιορίζει τὸν ἀέρα τοῦ δοχείου καὶ συγχρόνως χρησιμεύει σὰν δείκτης.

Θερμαίνουμε τὸ γυάλινο δοχεῖο τρί-



Σχ. 290. Ἡ θερμότητα ποὺ ἀπορροφᾶται ἀπὸ τὰ χέρια μας θερμαίνει καὶ διαστέλλει τὸ ἀέριο.

βοντάς το μὲ τὴν παλάμη μας, ὁπότε παρατηροῦμε πὼς ἡ σταγόνα μετατοπίζεται πρὸς τὰ ἔξω. Ἂν ἀπομακρύνωμε τὶς παλάμες μας καὶ τοποθετήσωμε τὸ δοχεῖο ἐπάνω στὸ τραπέζι, βλέπουμε ὅτι ἡ σταγόνα ξαναγυρίζει στὴν ἀρχική της θέση.

Ὅταν θερμαίνωμε τὸ γυάλινο δοχεῖο θερμαίνεται καὶ ὁ ἀέρας ποὺ περιέχεται στὸ δοχεῖο, διαστέλλεται καὶ μετατοπίζει τὴν σταγόνα. Ὅταν ψύχεται τὸ δοχεῖο, ψύχεται καὶ ὁ ἀέρας τοῦ δοχείου, συστέλλεται καὶ ἡ πίεση τοῦ ἐξωτερικοῦ ἀέρος ξαναφέρνει τὴν ὑδραργυρικὴ σταγόνα στὴν ἀρχική της θέση.

Κατὰ τὴν διάρκεια τοῦ πειράματος δὲν μεταβλήθηκε ἡ πίεση τοῦ ἐγκλωβισμένου ἀέρος, ἡ ὁποία παρέμεινε ἴση μὲ τὴν ἀτμοσφαιρική, ὁ ὄγκος του ὅμως αὐξήθηκε. Ὥστε :

Ὅταν ἡ πίεση ἑνὸς ἀερίου διατηρῆται σταθερὴ καὶ θερμάνωμε τὸ ἀέριο, αὐξάνεται ὁ ὄγκος του.

Τὰ ἀέρια εἶναι τὰ περισσότερο διασταλτὰ σώματα. Ὅπως καὶ στὰ ὑγρὰ ἔτσι καὶ στὰ ἀέρια διακρίνουμε μόνο κυβικὴ διαστολή.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Μία μεταλλικὴ ράβδος ἐπιμηκύνεται ὅταν θερμανθῆ ἤ, ὅπως λέμε, διαστέλλεται. Ἀντίθετα ἡ ράβδος βραχύνεται ὅταν ψυχθῆ ἤ, ὅπως λέμε, συστέλλεται. Ἡ διαστολὴ αὐτὴ λέγεται γραμμικὴ καὶ γενικὰ εἶναι πολὺ μικρή.

2. Ὅταν ἕνα στερεὸ σῶμα θερμανθῆ ὑφίσταται αὔξηση τοῦ ὄγκου του (κυβικὴ διαστολή).

3. Στὶς διάφορες τεχνικὲς κατασκευὲς λαμβάνεται ὑπ' ὄψη ἡ διαστολὴ τῶν μεταλλικῶν ράβδων γιὰ τὴν πρόληψη καταστροφῶν.

4. Τὰ ὑγρὰ ὑφίστανται κυβικὴ διαστολὴ ὅταν θερμανθοῦν. Ἡ διαστολὴ τῶν ὑγρῶν εἶναι μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν διαστολὴ τῶν στερεῶν.

5. Στὰ ὑγρὰ διακρίνουμε φαινομενικὴ καὶ πραγματικὴ διαστολή.

6. Ἡ πυκνότητα τῶν ὑγρῶν ἐλαττώνεται αἰσθητὰ μὲ τὴν αὔξηση τῆς θερμοκρασίας.

7. Ὅταν ἡ πίεση ἑνὸς ἀερίου διατηρῆται σταθερή, ὁ ὄγκος του αὐξάνεται ἂν τὸ θερμάνωμε.

8. Τὸ φαινόμενο τῆς κυβικῆς διαστολῆς τῶν ὑγρῶν ἐκμεταλλευόμαστε στὴν κατασκευὴ καὶ λειτουργία τῶν θερμομέτρων.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Μιὰ σιδερένια γέφυρα μήκους 30 m ἐπιμηκύνεται κατὰ 0,36 mm ὅταν ἡ θερμοκρασία της αὐξηθῆ κατὰ 1 °C. Πόσο θὰ εἶναι τὸ μῆκος τῆς γεφύρας ὅταν ἡ θερμοκρασία της αὐξηθῆ κατὰ 53 °C. (Ἀπ. 30,019 m.)

2. Ἕνα χαλύβδινο σύρμα ἔχει μῆκος 800 m. Πόση εἶναι ἡ μεταβολὴ τοῦ μήκους του γιὰ μιὰ αὐξομείωση τῆς θερμοκρασίας του κατὰ 50 °C. (Συντελεστὴς γραμμικῆς διαστολῆς τοῦ χάλυβος 0,000 011 grad^{-1}). (Ἀπ. 44 cm.)

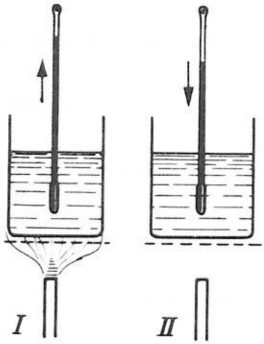
3. Ἕνα σύρμα ἀπὸ ἀλουμίνιο ἔχει μῆκος 1 m στοὺς 0 °C. Ἐὰν στὴν θερμοκρασία τῶν 100 °C ἐπιμηκύνεται κατὰ 2,3 mm, νὰ ὑπολογισθῆ τὸ τελικὸ μῆκος ἑνὸς ἄλλου σύρματος ἀπὸ ἀλουμίνιο μήκους 20 m, ὅταν ἡ θερμοκρασία του ἀπὸ 0 °C αὐξάνεται μέχρι τοὺς 75 °C. (Ἀπ. 20,034 5 m.)

4. Ἐὰν ὁ πύργος τοῦ Ἄϊφελ ἔχει ὕψος 300 m στοὺς 0 °C, νὰ ὑπολογίσετε τὸ ὕψος του στὴν θερμοκρασία τῶν 30 °C. Ἕνα μέτρο σιδήρου διαστέλλεται κατὰ 0,012 mm ὅταν ἡ θερμοκρασία του αὐξάνεται κατὰ 1 °C. (Ἀπ. 300,108 m.)

*5. Τὸ κράμα Invar ἀποτελεῖται ἀπὸ νικέλιο, χρώμιο καὶ σίδηρο, ἔχει δὲ τὴν **ἰδιότητα** νὰ διαστέλλεται ἐλάχιστα. Ἕνα μέτρο **ἀπὸ** αὐτὸ τὸ κράμα ἐπιμηκύνεται κατὰ **0,1 mm**, ὅταν ἡ θερμοκρασία αὐξηθῆ **ἀπὸ τοὺς 0** °C **στοὺς 100** °C, ἐνῶ 1 m σύρματος ἀπὸ χαλκὸ ἐπιμηκύνεται κατὰ 1,6 mm ὑπὸ τὶς ἴδιες συνθῆκες. **Τείνουμε** συγχρόνως μεταξὺ δύο σημείων A **καὶ B** ἕνα σύρμα ἀπὸ Invar καὶ ἕνα σύρμα ἀπὸ **χαλκὸ** μήκους 0,60 m καὶ τὰ θερμαίνουμε μέχρι θερμοκρασίας 500 °C. α) Νὰ ὑπολογισθῆ τὸ νέο μῆκος τοῦ κάθε σύρματος. β) Νὰ σχεδιασθοῦν τὰ δύο σύρματα μετὰ τὴν θέρμανση, ὅταν τὰ σημεῖα A καὶ B παραμένουν σταθερά. (Ἀπ. α' 0,3 mm, 4,8 mm.)*

ΛΕ' – ΘΕΡΜΙΔΟΜΕΤΡΙΑ. ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΟΣ

§ 211. **Ἔννοια καὶ ἀποτελέσματα τῆς θερμότητος. Πείραμα.** Τοποθετοῦμε ἕνα δοχεῖο μὲ νερὸ σὲ σιγανὴ φωτιά, θέτοντας μέσα στὸ νερὸ ἕνα θερμόμετρο (σχ. 291, Ι). Παρατηροῦμε ὅτι ἡ θερμοκρασία τοῦ νεροῦ ὑψώνεται. Λέμε τότε πὼς τὸ νερὸ θερμαίνεται ἢ ὅτι προσλαμβάνει θερμότητα ἀπὸ τὴν φωτιά.



Ι   ΙΙ

Σχ. 291. Ὅταν εἶναι ἀναμένη ἡ φλόγα ἡ θερμοκρασία τοῦ νεροῦ ὑψώνεται καὶ χαμηλώνει ὅταν σβύση.

Σβύνουμε τὴν φλόγα, ὁπότε παρατηροῦμε ὅτι ἡ θερμοκρασία τοῦ νεροῦ κατεβαίνει. Λέμε τότε πὼς τὸ νερὸ ψύχεται ἢ ὅτι ἀποβάλλει θερμότητα (σχ. 291, ΙΙ). Ὥστε :

Ἡ θερμότητα εἶναι τὸ αἴτιο ποὺ προκαλεῖ τὶς θερμομετρικὲς μεταβολές. Ὅταν ὑψώνεται ἡ θερμοκρασία ἑνὸς σώματος, τὸ σῶμα προσλαμβάνει θερμότητα. Ὅταν κατεβαίνη ἡ θερμοκρασία ἑνὸς σώματος, τὸ σῶμα ἀποβάλλει θερμότητα.

Πείραμα 2. Θερμαίνουμε ὅπως προηγουμένως ἕνα μικρὸ δοχεῖο μὲ νερό, μέχρις ὅτου τὸ νερὸ ἀρχίση νὰ βράζη. Παρατηροῦμε τότε πὼς ἡ θερμοκρασία παραμένει σταθερὴ κατὰ τὴν διάρκεια τοῦ βρασμοῦ, ἐνῶ ἡ θερμὴ πηγὴ προσφέρει ἀδιάκοπα θερμότητα. Σύγχρονα ὅμως διαπιστώνουμε πὼς ἡ μάζα τοῦ νεροῦ ἐλαττώνεται καὶ πὼς παράγονται ἀτμοί, οἱ ὁποῖοι διαχέονται στὸν ἀέρα. Ἀπὸ τὴν στιγμὴ κατὰ τὴν ὁποίαν ἀρχίζει ὁ βρασμὸς ἡ θερμότητα ποὺ προσφέρει ἡ φωτιά, προκαλεῖ τὴν ἐξάτμιση τοῦ νεροῦ, δηλαδὴ τὴν μεταβολὴ τῆς φυσικῆς καταστάσεώς του.

Πείραμα 3. Παίρνουμε τριμμένο πάγο καὶ τὸν θερμαίνουμε. Ὁ πάγος προσλαμβάνει θερμότητα καὶ τήκεται. Τὸ θερμόμετρο, ποὺ ἔχουμε τοποθετήσει μέσα στὰ τρίμματα τοῦ πάγου, δείχνει σταθερὴ θερμοκρασία κατὰ τὴν διάρκεια τῆς τήξεως τοῦ πάγου. Καὶ στὴν περίπτωση αὐτὴ ἡ θερμότητα ποὺ προσφέρουμε δὲν ἀνυψώνει τὴν θερμοκρασία ἀλλὰ προκαλεῖ τὴν τήξη τοῦ πάγου, τὴν μεταβολή του δηλαδὴ ἀπὸ τὴν στερεὴ κατάσταση στὴν ὑγρή. Ὥστε :

Ἡ θερμότητα προκαλεῖ τὶς μεταβολὲς τῶν φυσικῶν καταστάσεων. Κατὰ τὴν διάρκεια τῆς μεταβολῆς μιᾶς καταστάσεως ἑνὸς σώματος ἡ θερμοκρασία του παραμένει σταθερή.

§ 212. **Πηγὲς θερμότητος.** Ἡ ἀναμμένη ἑστία τῆς κουζίνας τοῦ φωταερίου ἢ τῆς ἠλεκτρικῆς κουζίνας μᾶς προσφέρουν τὴν ἀπαραίτητη θερμότητα γιὰ νὰ ζεσταίνωμε νερὸ ἢ νὰ μαγειρέψωμε τὸ φαγητὸ καὶ ἀποτελοῦν τεχνητὲς πηγὲς θερμότητος.

Ὁ Ἥλιος εἶναι ἡ σπουδαιότερη φυσικὴ πηγὴ θερμότητος, χωρὶς τὴν ὕπαρξη τοῦ ὁποίου ἡ ζωὴ θὰ ἦταν ἀδύνατη ἐπάνω στὴν ἐπιφάνεια τῆς Γῆς.

Ὅλα τὰ κλιματικὰ φαινόμενα ἑνὸς τόπου ὀφείλονται ἄμεσα ἢ ἔμμεσα στὴν ἡλιακὴ θερμότητα.

Ὁ ἄνθρωπος χρησιμοποιεῖ τὴν ἡλιακὴ θερμότητα σὲ πολλὲς περιπτώσεις τοῦ πρακτικοῦ βίου. Ἔτσι ἡ ξήρανση ὁρισμένων καρπῶν, ἡ ἐξάτμιση τοῦ θαλασσινοῦ νεροῦ στὶς ἁλυκὲς καὶ τώρα τελευταῖα ἡ ἀφαλάτωσή του, γίνονται μὲ τὴν βοήθεια καὶ τὴν χρησιμοποίηση τῆς θερμότητος τοῦ Ἡλίου. Οἱ Φυσικοὶ καὶ Μηχανικοὶ κατόρθωσαν ἐπίσης μὲ εἰδικὲς διατάξεις νὰ παράγουν ἠλεκτρικὸ ρεῦμα ἀπὸ τὴν ἡλιακὴ θερμότητα. Μὲ τὴν θερμότητα αὐτὴ λειτουργοῦν ἐπίσης οἱ συσσωρευτὲς τῶν τεχνητῶν δορυφόρων.

Στὴν καθημερινὴ ζωὴ χρησιμοποιοῦμε σὰν πηγὲς θερμότητος ὁρισμένες οὐσίες ποὺ καίονται καὶ οἱ ὁποῖες ὀνομάζονται καύσιμα. Τὸ ξύλο καὶ οἱ διάφοροι γαιάνθρακες εἶναι στερεὰ καύσιμα.

Τὸ οἰνόπνευμα, ἡ βενζίνη καὶ τὸ πετρέλαιο εἶναι ὑγρὰ καύσιμα.

Τὸ φωταέριο, τὸ ἀκετυλένιο (ἀσετυλίνη) καὶ τὰ διάφορα ὑγραέρια εἶναι ἀέρια καύσιμα.

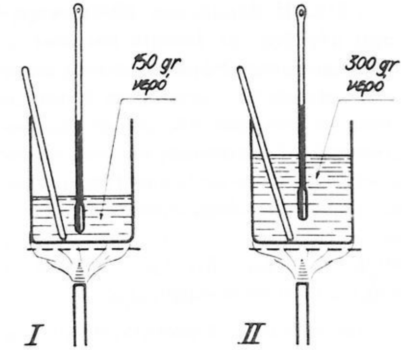
Σήμερα ἡ περισσότερο διαδεδομένη πηγὴ θερμότητος εἶναι τὸ ἠλεκτρικὸ ρεῦμα, μὲ τὸ ὁποῖο τροφοδοτοῦμε τὶς ἠλεκτρικὲς κουζίνες, τὶς ἠλεκτρικὲς θερμάστρες, τοὺς θερμοσίφωνες κλπ.

Μιὰ ἄλλη πηγὴ θερμότητος, μὲ τεράστιες δυνατότητες, εἶναι ὁ πυρήνας τοῦ ἀτόμου τοῦ στοιχείου οὐρανίου. Ὅταν ὁ πυρήνας τοῦ στοιχείου αὐτοῦ διασπᾶται, παράγονται μεγάλα ποσὰ θερμότητος. Σὲ εἰδικὲς διατάξεις ποὺ ὀνομάζονται πυρηνικοὶ ἀντιδραστῆρες γίνεται κατάλληλα ἐκμετάλλευση τῆς θερμότητος αὐτῆς, μὲ τὴν ὁποία κινοῦνται μηχανὲς παραγωγῆς ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, πλοῖα ἢ ὑποβρύχια. Τὸ στοιχεῖο οὐράνιο εἶναι πυρηνικὸ καύσιμο.

§ 213. Ποσότητα θερμότητος.

Πείραμα 1. Θερμαίνουμε 150 gr νεροῦ μέσα σ' ἕνα δοχεῖο, στὸ ὁποῖο εὑρίσκονται ἕνας ἀναδευτήρας καὶ ἕνα θερμόμετρο (σχ. 292, Ι). Ἀναδεύουμε συνεχῶς γιὰ νὰ ἔχωμε σ' ὅλο τὸ νερὸ τὴν ἴδια θερμοκρασία, τὴν ὁποία σημειώνουμε κάθε μισὸ λεπτό. Παρατηροῦμε τότε μιὰ κανονικὴ ἀνύψωση τῆς θερμοκρασίας, ἡ ὁποία στὴν περίπτωσή μας ἔστω ὅτι εἶναι 7 °C ἀπὸ τὴν μία ἀνάγνωση στὴν ἄλλη.

Ὅταν ἡ φλόγα εἶναι σταθερή, προσφέρει στὸ νερὸ τὴν ἴδια ποσότητα θερμότητος κάθε μισὸ λεπτό. Ἴσες ποσότητες θερμότητος προκαλοῦν συνεπῶς ἴσες ἀνυψώσεις τῆς θερμοκρασίας τῆς ἴδιας μάζας νεροῦ. Καὶ γενικώτερα :



Σχ. 292. Ὅταν διπλασιασθῆ ἡ μάζα τοῦ νεροῦ χρειαζόμαστε διπλάσιο χρόνο γιὰ τὴν ὕψωση τῆς θερμοκρασίας κατὰ τὸν ἴδιο ἀριθμὸ βαθμῶν.

Ἡ ποσότητα θερμότητος, τὴν ὁποία προσφέρουμε σ' ἕνα σῶμα γιὰ νὰ τὸ θερμάνωμε, εἶναι ἀνάλογη μὲ τὴν ἀνύψωση τῆς θερμοκρασίας ποὺ προκαλεῖ στὸ σῶμα.

Πείραμα 2. Χύνουμε στὸ ἴδιο δοχεῖο, διπλάσια μάζα νεροῦ, δηλαδὴ 300 gr, καὶ θερμαίνουμε μὲ τὴν ἴδια πηγὴ θερμότητος (σχ. 292, II). Παρατηροῦμε τώρα πὼς γιὰ νὰ ὑψωθῆ ἡ θερμοκρασία τοῦ νεροῦ κατὰ 7 °C, χρειαζόμαστε διπλάσιο χρόνο, δηλαδὴ ἕνα λεπτό. Ἑπομένως προσφέραμε διπλάσια ποσότητα θερμότητος ἀπὸ ὅση ἀπαιτεῖται γιὰ νὰ ὑψωθῆ κατὰ 7 °C ἡ θερμοκρασία 150 gr νεροῦ.

Ὥστε οἱ ποσότητες ποὺ ἀναγκαιοῦν γιὰ νὰ ἐπιτύχωμε τὴν ἴδια ἀνύψωση θερμοκρασίας εἶναι ἀνάλογες πρὸς τὴν μάζα τοῦ νεροῦ. Καὶ γενικώτερα:

Ἡ ποσότητα θερμότητος, ποὺ ἀπαιτεῖται γιὰ τὴν θέρμανση ἑνὸς σώματος κατὰ μίαν ὁρισμένη θερμοκρασία, εἶναι ἀνάλογη πρὸς τὴν μάζα τοῦ σώματος.

§ 214. Ἡ θερμότητα εἶναι μετρήσιμο μέγεθος. α) Ἰσότητα δύο ποσοτήτων θερμότητος. Θερμαίνουμε ἴσες μάζες νεροῦ μὲ δυὸ διαφορετικὲς πηγὲς θερμότητος, μὲ τὴν ἑστία μιᾶς ἠλεκτρικῆς κουζίνας καὶ τὴν ἑστία μιᾶς κουζίνας φωταερίου. Ἐὰν οἱ δυὸ αὐτὲς πηγὲς θερμότητος ἀνυψώνουν τὴν θερμοκρασία τῶν ἴσων μαζῶν τοῦ νεροῦ ἀπὸ τοὺς 15 °C στοὺς 60 °C, π.χ., λέμε ὅτι ἔχουν προσφέρει στὸ νερὸ ἴσα ποσὰ θερμότητος. Ὥστε:

Δύο ποσότητες θερμότητος εἶναι ἴσες, ὅταν ὑψώνουν τὴν θερμοκρασία μιᾶς ὁρισμένης μάζας νεροῦ κατὰ τὸν ἴδιο ἀριθμὸ βαθμῶν.

β) Λόγος δύο ποσοτήτων θερμότητος. Μιὰ ποσότητα θερμότητος λέμε ὅτι εἶναι 2, 3, 4,... φορὲς μεγαλύτερη ἀπὸ μιὰν ἄλλη, ὅταν ὑψώνη κατὰ τὸν ἴδιο ἀριθμὸ βαθμῶν τὴν θερμοκρασία μιᾶς μάζας νεροῦ 2, 3, 4,... φορὲς μεγαλύτερης.

Γενικώτερα ἂν δύο ποσότητες θερμότητος Q καὶ Q΄ ὑψώνουν κατὰ τὸν ἴδιο ἀριθμὸ βαθμῶν τὴν θερμοκρασία δύο διαφορετικῶν μαζῶν νεροῦ m καὶ m΄, λέμε ὅτι ὁ λόγος αὐτῶν τῶν ποσοτήτων θερμότητος εἶναι ἴσος μὲ τὸ λόγο τῶν μαζῶν τοῦ νεροῦ, τῶν ὁποίων ἀνυψώνουν τὴν θερμοκρασία. Δηλαδή :

$$\frac{Q}{Q'} = \frac{m}{m'}$$

Ἀπὸ τὰ παραπάνω συμπεραίνουμε ὅτι εἶναι δυνατὸν νὰ ἐκφράσωμε τὸν λόγο δύο ποσοτήτων θερμότητος ἀκόμη καὶ ὅταν προσφέρωνται ἀπὸ διαφορετικὲς πηγές. Ὥστε :

Ἡ θερμότητα εἶναι μετρήσιμο μέγεθος.

Ἡ **Θερμιδομετρία** ἀσχολεῖται μὲ τὴν μέτρηση τῶν ποσοτήτων θερμότητος.

Μονάδες ποσοτήτων θερμότητος. Μονάδα γιὰ τὴν μέτρηση ποσοτήτων θερμότητος εἶναι ἡ **θερμίδα (1 cal, calorie).**

Ἡ θερμίδα εἶναι ἡ ποσότητα θερμότητος ποὺ ἀπαιτεῖται γιὰ νὰ ὑψωθῆ ἡ θερμοκρασία ἑνὸς γραμμαρίου νεροῦ κατὰ ἕνα βαθμὸ Κελσίου.

Πολλαπλάσιο τῆς θερμίδος εἶναι ἡ **χιλιοθερμίδα (1 kcal, kilocalorie),** ἡ ὁποία ἰσοῦται μὲ 1000 cal. Δηλαδή :

$$1 \text{ kcal} = 1000 \text{ cal}$$

Ἑπομένως :

Ἡ χιλιοθερμίδα εἶναι ἡ ποσότητα θερμότητος ποὺ ἀπαιτεῖται γιὰ νὰ ὑψωθῆ ἡ θερμοκρασία ἑνὸς χιλιογράμμου νεροῦ κατὰ ἕνα βαθμὸ Κελσίου.

§ 215. Σχέση ποσοῦ θερμότητος, μάζας καὶ θερμοκρασίας νεροῦ. Πρόβλημα. Ποιὸ ποσὸ θερμότητος ἀπαιτεῖται γιὰ νὰ ἀνυψωθῆ ἡ θερμοκρασία 800 gr νεροῦ ἀπὸ τοὺς 30 °C στοὺς 80 °C.

Λύση. Γιὰ νὰ ὑψώσωμε κατὰ 1 °C τὴν θερμοκρασία 800 gr νεροῦ πρέπει νὰ προσφέρωμε ποσὸ θερμότητος:

$$1 \frac{\text{cal}}{\text{gr} \cdot {}^\circ\text{C}} \times 800 \text{ gr} \times 1 \,{}^\circ\text{C} = 800 \text{ cal}$$

Ἑπομένως γιὰ νὰ ὑψώσωμε τὴν θερμοκρασία 800 gr νεροῦ ἀπὸ τοὺς 30 °C στοὺς 80 °C, πρέπει νὰ προσφέρωμε ποσὸ θερμότητος Q, 50 φορὲς μεγαλύτερο, διότι 80 °C — 30 °C = 50 °C.

Ἑπομένως:

$$Q = 1 \frac{\text{cal}}{\text{gr} \cdot {}^\circ\text{C}} \times 800 \text{ gr} \times (80 - 30) \,{}^\circ\text{C}$$

Δηλαδή: $Q = 40\,000$ cal.

Γενικεύοντας τὸν παραπάνω ὑπολογισμό, παρατηροῦμε ὅτι γιὰ νὰ ὑψώσωμε τὴν θερμοκρασία μάζας m νεροῦ ἀπὸ τοὺς θ_1 °C στοὺς θ_2 °C, πρέπει νὰ προσφέρωμε ποσὸ θερμότητος Q, τέτοιο ὥστε :

$$Q = m \cdot (\theta_2 - \theta_1) \text{ cal}$$

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Ὅταν προσλαμβάνη θερμότητα ἕνα σῶμα, ὑψώνεται ἡ θερμοκρασία του καὶ ἀντίθετα ὅταν ἀποδίδη θερμότητα κατεβαίνει ἡ θερμοκρασία τοῦ σώματος. Ἡ θερμότητα συνεπῶς προκαλεῖ τὶς θερμομετρικὲς μεταβολὲς τῶν σωμάτων. Ἡ θερμότητα προκαλεῖ ἀκόμη τὶς μεταβολὲς τῶν φυσικῶν καταστάσεων. Ἕνα θερμαινόμενο στερεὸ μπορεῖ νὰ μεταβληθῆ σὲ ὑγρὸ καὶ ἕνα θερμαινόμενο ὑγρὸ σὲ ἀέριο. Κατὰ τὴν διάρκεια ὅμως τῆς μεταβολῆς τῆς φυσικῆς καταστάσεως ἡ θερμοκρασία τοῦ σώματος παραμένει σταθερή.

2. Οἱ πηγὲς θερμότητος εἶναι εἴτε φυσικές, ὅπως ὁ Ἥλιος, εἴτε τεχνητές, ὅπως ἡ ἑστία τοῦ φωταερίου. Οἱ τεχνητὲς πηγὲς χρησιμοποιοῦν διάφορα καύσιμα, στερεά, ὑγρὰ ἢ ἀέρια. Τὸ ἠλεκτρικὸ ρεῦμα εἶναι στὴν ἐποχή μας ἡ περισσότερο διαδεδομένη πηγὴ θερμότητος. Τὸ στοιχεῖο οὐράνιο εἶναι πυρηνικὸ καύσιμο μὲ μεγάλες καὶ ἀπροσδιόριστες δυνατότητες.

3. Ἡ θερμότητα εἶναι μετρήσιμο μέγεθος. Ἡ ποσότητα θερμότητος ποὺ χρειάζεται ἕνα σῶμα γιὰ νὰ θερμανθῆ εἶναι ἀνάλογη πρὸς τὴν μάζα τοῦ σώματος καὶ πρὸς τὴν ἀνύψωση τῆς θερμοκρασίας.

4. Ἡ θερμίδα (1 cal) εἶναι ἡ ποσότητα θερμότητος ποὺ ἀπαιτεῖται γιὰ τὴν ἀνύψωση κατὰ 1 °C ἑνὸς γραμμαρίου νεροῦ. Χρησιμοποιοῦμε ἀκόμη τὴν χιλιοθερμίδα καὶ τὴν μεγαθερμίδα (Mcal). Εἶναι δὲ 1 Mcal = 1 000 000 cal.

5. Ἡ ποσότητα θερμότητος Q ποὺ ἀπαιτεῖται γιὰ νὰ ὑψωθῆ ἀπὸ θ_1 σὲ θ_2 °C ἡ θερμοκρασία m γραμμαρίων νεροῦ εἶναι ἴση μέ:

$$Q = m \cdot (\theta_2 - \theta_1) \quad \text{cal}$$

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. *Μάζα 150 gr νεροῦ, θερμοκρασίας 18 °C, ἀναμιγνύονται μὲ 150 gr νεροῦ 4 °C. Πόση εἶναι ἡ τελικὴ θερμοκρασία τοῦ μείγματος.*
('Απ. 11 °C.)

2. *Μιὰ ὁρισμένη μάζα νεροῦ, θερμοκρασίας 18 °C ἀναμιγνύεται μὲ 500 gr νεροῦ 60 °C. Ἡ τελικὴ θερμοκρασία τοῦ μείγματος ἀνέρχεται σὲ 35 °C. Πόση εἶναι ἡ ἄγνωστη μάζα τοῦ νεροῦ, θερμοκρασίας 18 °C.* *('Απ. 735 gr.)*

3. *Σὲ 500 gr νεροῦ θερμοκρασίας 22 °C παρέχεται ποσότητα θερμότητος ἴση πρὸς 12 500 cal. Νὰ εὑρεθῆ ἡ τελικὴ θερμοκρασία τοῦ νεροῦ.*
('Απ. 47 °C.)

4. *Νὰ εὑρεθῆ ἡ ποσότητα τῆς θερμότητος ποὺ ἀπαιτεῖται γιὰ νὰ αὐξηθῆ ἡ θερμοκρασία νεροῦ μάζας 325 gr ἀπὸ τοὺς 18 °C στοὺς 50 °C.*
('Απ. 10 400 cal.)

5. *Νὰ εὑρεθῆ πόσο νερὸ θερμοκρασίας 80 °C πρέπει νὰ ἀναμιχθῆ μὲ 10 kg νερὸ θερμοκρασίας 12 °C γιὰ νὰ λάβωμε ἕνα μεῖγμα τελικῆς θερμοκρασίας 37 °C.* *('Απ. 5,81 kg.)*

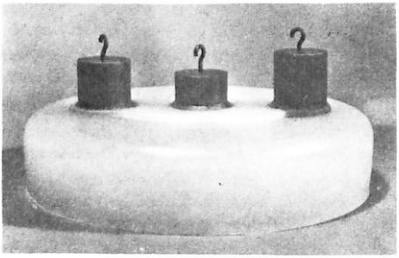
6. *'Αναμιγνύουμε 250 gr νερὸ θερμοκρασίας 15 °C μὲ 750 gr νερὸ θερμοκρασίας 40 °C. Νὰ εὑρεθῆ ἡ τελικὴ θερμοκρασία τοῦ μείγματος*
('Απ. 33,75 °C.)

ΛΣΤ' – ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

§ 216. Ἔννοια τῆς εἰδικῆς θερμότητος. Πείραμα. Θερμαίνουμε στὴν ἴδια θερμοκρασία τρεῖς μεταλλικοὺς κυλίνδρους ἴσων μαζῶν ἀπὸ διαφορετικὰ ὅμως ὑλικά, ὅπως π.χ. ἀπὸ ἀργίλιο, σίδηρο καὶ μόλυβδο, ἀφήνοντάς τους γιὰ ἀρκετὴ ὥρα σ' ἕνα θερμὸ λουτρὸ νεροῦ. Κατόπι τοὺς τοποθετοῦμε ταυτόχρονα ἐπάνω σ' ἕνα κέρινο χονδρὸ δίσκο (σχ. 293). Οἱ κύλινδροι ψύχονται καὶ προσφέρουν θερμότητα στὸν κέρινο δίσκο, ὁ ὁποῖος τήκεται ἀφήνοντας τοὺς κυλίνδρους νὰ εἰσέρχωνται μέσα στὴν μάζα του. Ὁ κύλινδρος τοῦ ἀργιλίου εἰσχωρεῖ περισσότερο στὸ κερί, τὸν ἀκολουθεῖ ὁ κύλινδρος τοῦ σιδήρου, ἐνῶ ὁ μολύβδινος ὑστερεῖ περισσότερο. Τὸ ἀργίλιο ἑπομένως προσέφερε περισσότερη θερμότητα ἀπὸ τὸν σίδηρο καὶ αὐτὸς ἀπὸ τὸν μόλυβδο. Ὥστε :

α) Ὅταν ψυχθοῦν κατὰ τὸν ἴδιο ἀριθμὸ βαθμῶν, ἴσες μάζες διαφόρων ὑλικῶν, ἀποδίδουν διαφορετικὰ ποσὰ θερμότητος.

β) Γιὰ νὰ ὑψωθῆ ἡ θερμοκρασία διαφόρων σωμάτων ἴσων μαζῶν κατὰ τὸν ἴδιο ἀριθμὸ βαθμῶν, ἀπαιτοῦνται διαφορετικὰ ποσὰ θερμότητος.



Σχ. 293. Διαφορετικὰ ὑλικὰ μὲ ἴσες μάζες, προσφέρουν διαφορετικὰ ποσὰ θερμότητος, ὅταν ψυχθοῦν κατὰ τὸν ἴδιο ἀριθμὸ βαθμῶν.

Ὁρισμός. Ὀνομάζουμε εἰδικὴ θερμότητα ἑνὸς σώματος, στερεοῦ ἢ ὑγροῦ, τὴν ποσότητα τῆς θερμότητος ποὺ χρειάζεται νὰ ἀπορροφήση ἡ μονάδα μάζας τοῦ σώματος, γιὰ νὰ ἀνυψωθῆ ἡ θερμοκρασία της κατὰ ἕνα βαθμὸ Κελσίου.

Σύμφωνα μὲ τὸν παραπάνω ὁρισμὸ ἡ εἰδικὴ θερμότητα τῶν σωμάτων μετριέται συνήθως σὲ θερμίδες ἀνὰ γραμμάριο καὶ ἀνὰ βαθμὸ Κελσίου (cal/gr · °C).

Ἡ εἰδικὴ θερμότητα c τῶν σωμάτων εὑρίσκεται μὲ τὴν βοήθεια εἰδικῶν ὀργάνων, τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται **θερμιδόμετρα** καὶ ἡ λειτουργία τῶν ὁποίων στηρίζεται στὴν «ἀρχὴ τῆς ἀνταλλαγῆς τῆς θερμότητος».

§ 217. Ἡ εἰδικὴ θερμότητα τοῦ νεροῦ. Ἀπὸ τὸν ὁρισμὸ τῆς θερμίδος συμπεραίνουμε ὅτι ἡ εἰδικὴ θερμότητα c τοῦ νεροῦ εἶναι ἴση μὲ :

$$c_{\text{νεροῦ}} = 1 \ \frac{\text{cal}}{\text{gr} \cdot {}^{o}\text{C}}$$

Τὸ νερὸ ἔχει τὴν μεγαλύτερη εἰδικὴ θερμότητα ἀπὸ ὅλα τὰ στερεὰ καὶ ὑγρὰ σώματα. Αὐτὸ σημαίνει ὅτι μιὰ μάζα νεροῦ χρειάζεται μεγαλύτερο ποσὸ θερμότητος ἀπὸ ἴση μάζα ὁποιουδήποτε στερεοῦ ἢ ὑγροῦ σώματος, γιὰ νὰ ὑψώση τὴν θερμοκρασία της κατὰ 1 °C.

Τὸ νερὸ μὲ τὴν μεγάλη εἰδική του θερμότητα παίζει ρυθμιστικὸ ρόλο στὴν θερμοκρασία τῶν διαφόρων τόπων. Γι' αὐτὸν τὸν λόγο οἱ περιοχὲς τῆς ξηρᾶς ποὺ βρίσκονται κοντὰ σὲ μεγάλες θάλασσες, ἔχουν ἤπιο κλῖμα, ἐπειδὴ οἱ μεταβολὲς τῆς θερμοκρασίας τῆς θάλασσας γίνονται μὲ βραδύτερο ρυθμὸ ἀπὸ τὶς μεταβολὲς τῆς θερμοκρασίας τῆς ξηρᾶς καὶ συντελοῦν μ' αὐτὸν τὸν τρόπο στὴν ἐξομάλυνση τῶν απότομων θερμοκρασιακῶν μεταβολῶν τῆς ξηρᾶς.

Ὁ πάγος μολονότι εἶναι στερεὸ νερὸ ἔχει εἰδικὴ θερμότητα 0,5 cal/gr · °C. Ἀπὸ αὐτὸ συμπεραίνουμε ὅτι ἡ εἰδικὴ θερμότητα τῶν σωμάτων ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φυσικὴ κατάσταση, στὴν ὁποία εὑρίσκονται τὰ σώματα.

Παραδείγματα εἰδικῶν θερμοτήτων (σὲ kcal/kg · °C)			
Στερεὰ			
Ἀργίλιο.....	0,22	Πάγος	0,50
Ἄργυρος	0,05	Σίδηρος	0,11
Λευκόχρυσος	0,03	Χαλκὸς	0,09
Μάρμαρο ...	0,21	Χρυσὸς	0,03
Ὑγρὰ			
Ἀπεσταγμένο νερὸ	1	Οἰνόπνευμα..	0,58
Ἐλαιόλαδο.......	0,30	Ὑδράργυρος.	0,03

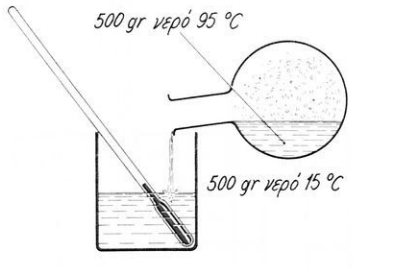
§ 218. **Θερμοχωρητικότητα.** Τὸ γινόμενο m · c τῆς μάζας ἑνὸς σώματος ἐπὶ τὴν εἰδική του θερμότητα ὀνομάζεται θ ε ρ μ ο χ ω ρ η τ ι κ ό τ η τ α τοῦ σώματος ἢ ἰ σ ο δ ύ ν α μ ο σ ὲ ν ε ρ ό.

Ἡ θερμοχωρητικότητα ἀναφέρεται σὲ ἕνα ὁρισμένο σῶμα καὶ ἐκφράζει ἀριθμητικά, τὴν ποσότητα τῆς θερμότητος, ἡ ὁποία ἀπαιτεῖται γιὰ νὰ ὑψωθῆ ἡ θερμοκρασία τοῦ σώματος κατὰ 1 °C, μετριέται δὲ σὲ θ ε ρ μ ί δ ε ς ἀ ν ὰ β α θ μ ὸ (cal /grad).

Ἔτσι λέμε ὅτι ἕνα μεταλλικὸ δοχεῖο ἔχει θερμοχωρητικότητα 2 000 cal /grad.

§ 219. **Ἀρχὴ τῆς ἰσότητος ἀνταλλαγῆς τῶν ποσοτήτων τῆς θερμότητος. Παραδείγματα: 1.** Παίρνουμε ἕνα δοχεῖο τὸ ὁποῖο περιέχει μισὸ λίτρο νεροῦ, θερμοκρασίας 15 °C καὶ χύνουμε μέσα σ' αὐτὸ μισὸ λίτρο νεροῦ 95 °C (σχ. 294). Ἀφοῦ ἀναδεύσωμε τὸ μεῖγμα, παίρνουμε τὴν ἔνδειξη τοῦ θερμομέτρου, τὸ ὁποῖο δεικνύει θερμοκρασία 55 °C.

Τὸ ψυχρὸ νερὸ ἀνύψωσε τὴν θερμοκρασία του κατὰ $55 - 15 = 40$ °C, ἐνῶ τὸ θερμὸ νερὸ ἐλάττωσε τὴν δική του θερμοκρασία κατὰ $95 - 55 = 40$ °C. Τὸ θερμὸ νερὸ προσέφερε στὸ ψυχρὸ ὅλη τὴν θερμότητα ποὺ ἔχασε.



Σχ. 294. Γιὰ τὴν ἀρχὴ τῆς ἰσότητος ἀνταλλαγῆς ποσοτήτων θερμότητος.

2. Μέσα σ' ἕνα δοχεῖο, ποὺ περιέχει ψυχρὸ νερό, βυθίζουμε ἕνα τεμάχιο θερμοῦ μολύβδου, ὁπότε τὸ νερὸ ἀρχίζει νὰ θερμαίνεται καὶ ὁ μόλυβδος νὰ ψύχεται. Ὕστερα ἀπὸ μικρὸ χρονικὸ διάστημα τὰ δύο σώματα ἔχουν τὴν ἴδια θερμοκρασία. Τὸ νερὸ προσέλαβε τὴν θερμότητα ποὺ ἔχασε ὁ μόλυβδος.

Ἀπὸ τὰ παραπάνω δύο παραδείγματα συμπεραίνουμε ὅτι :

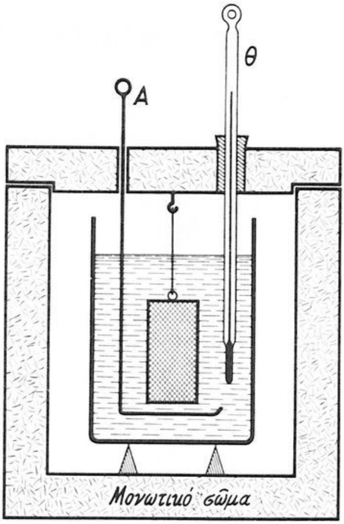
Ὅταν δύο σώματα βρεθοῦν σὲ θερμικὴν ἐπικοινωνία, τὸ θερμότερο προσφέρει θερμότητα στὸ ψυχρότερο.

Ἡ ποσότητα θερμότητος ποὺ παραλαμβάνει τὸ ψυχρότερο σῶμα εἶναι ἴση μὲ τὴν ποσότητα θερμότητος ποὺ χάνει τὸ θερμότερο σῶμα.

§ 220. **Θερμιδόμετρο.** Τὰ θερμιδόμετρα εἶναι ὄργανα μὲ τὰ ὁποῖα ἐκτελοῦμε θερμιδομετρικὲς μετρήσεις, μετρήσεις δηλαδὴ ποσοτήτων θερμότητος.

Τὰ συνηθισμένα θερμιδόμετρα ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἕνα μεταλλικὸ δοχεῖο μὲ καλὴ θερμικὴ μόνωση, στὸ ὁποῖο, ὡς ἐπὶ τὸ πλεῖστον, θέτουμε νερό.

Τὸ σχῆμα 295 δείχνει ἕνα θ ε ρ μ ι δ ό μ ε τ ρ ο μ ὲ ν ε ρ ό. Τὸ ἐσωτερικὸ δοχεῖο εἶναι τὸ κυρίως θερμιδόμετρο, τὸ δὲ ἐξωτερικὸ χρησιμεύει γιὰ τὴν θερμικὴ μόνωση τοῦ ἐσωτερικοῦ δοχείου,



Σχ. 295. Θερμιδόμετρο.

πράγμα ποὺ ἐπιτυγχάνεται μὲ τὸ στρῶμα τοῦ ἀέρος, τὸ ὁποῖο παρεμβάλλεται ἀνάμεσα στὰ τειχώματα τῶν δύο δοχείων. Γιὰ νὰ ἐπιτύχωμε ὅσο τὸ δυνατὸν καλλίτερη θερμικὴ ἀπομόνωση, στηρίζουμε τὰ δοχεῖα σὲ βάθρα ἀπὸ φελλό.

Μέσα στὸ νερὸ τοῦ θερμιδομέτρου βυθίζεται ἕνας ἀναδευτήρας Α καὶ ἕνα θερμόμετρο Θ.

Τὸ ὄργανο λειτουργεῖ μὲ βάση τὴν ἀκόλουθη ἀρχή: Ἡ ποσότητα θερμότητος ποὺ μετρᾶμε, ψύχει ἢ θερμαίνει μιὰν ὁρισμένη μάζα νεροῦ, τοῦ ὁποίου προσδιορίζουμε τὴν μεταβολὴ τῆς θερμοκρασίας.

§ 221. Προσδιορισμὸς τῆς εἰδικῆς θερμότητος μὲ τὴν μέθοδο τῶν μειγμάτων. α) Στερεά. Γιὰ νὰ βροῦμε τὴν εἰδικὴ θερμότητα c ἑνὸς στερεοῦ σώματος παίρνουμε μάζα m ἀπὸ τὸ στερεὸ αὐτὸ καὶ τὴν θερμαίνουμε μέχρι μιὰν ὁρισμένη θερμοκρασία θ_1. Κατόπι τοποθετοῦμε τὸ σῶμα μέσα σ' ἕνα θερμιδόμετρο, τὸ ὁποῖο περιέχει νερό, μάζας M καὶ θερμοκρασίας θ, τὴν ὁποία μᾶς δείχνει τὸ θερμόμετρο τοῦ ὀργάνου. Εἶναι δὲ $\theta_1 > \theta$. Ἀναδεύουμε τὸ νερὸ καὶ περιμένουμε νὰ ἀποκατασταθῆ θερμικὴ ἰσορροπία, ὁπότε τὸ στερεὸ σῶμα, τὸ δοχεῖο καὶ τὸ νερὸ τοῦ θερμιδομέτρου θὰ ἔχουν τὴν ἴδια θερμοκρασία $\theta_2 < \theta_1$. Τὸ σῶμα, μάζας m, ἐψύχθηκε ἀπὸ τοὺς θ_1 στοὺς θ_2 βαθμοὺς καὶ προσέφερε ποσότητα θερμότητος:

$$Q_1 = m \cdot c \cdot (\theta_1 - \theta_2).$$

Πραγματικὰ ἕνα γραμμάριο τοῦ σώματος ὅταν ψυχθῆ κατὰ 1 °C προσφέρει θερμότητα c, ὅπου c ἡ εἰδικὴ θερμότητα τοῦ σώματος. Ὅταν m gr τοῦ σώματος ψυχθοῦν κατὰ 1 °C προσφέρουν θερμότητα $m \cdot c$. Τὸ σῶμα ἐφ' ὅσον ἀπὸ τοὺς θ_1 βαθμοὺς θερμοκρασία, ποὺ εἶχε ἀρχικά, στὸ τέλος τοῦ πειράματος ἔχει θερμοκρασία θ_2, ἐψύχθηκε κατὰ $\theta_1 - \theta_2$ βαθμούς. Ἑπομένως ἐφ' ὅσον τὰ m gr ὅταν ψυχθοῦν κατὰ 1 °C ἀποδίδουν $m \cdot c$ ποσότητα θερμότητα, ὅταν ψυχθοῦν κατὰ $\theta_1 - \theta_2$ βαθμοὺς θὰ ἀποδώσουν $m \cdot c \cdot (\theta_1 - \theta_2)$.

Τὴν θερμότητα ποὺ προσέφερε τὸ στερεὸ παρέλαβαν τὸ νερὸ καὶ τὸ δοχεῖο τοῦ θερμιδομέτρου. Ἐὰν $m_{\delta o\chi}$ εἶναι ἡ μάζα τοῦ δοχείου τοῦ θερμιδομέτρου καὶ $c_{\delta o\chi}$ ἡ εἰδική του θερμότητα, τότε τὸ δοχεῖο ἀπερρόφησε ποσότητα θερμότητος $m_{\delta o\chi} \cdot c_{\delta o\chi} \cdot (\theta_2 - \theta)$, διότι ἀπὸ ἀρχικὴ θερμοκρασία θ, ἔχει τελικὴ θερμοκρασία $\theta_2 > \theta$.

Συνήθως δίδεται γιὰ τὸ θερμιδόμετρο ἡ θερμοχωρητικότητά του $m_{\delta o\chi} \cdot c_{\delta o\chi} = K$, ὁπότε τὸ ὄργανο ἀπερρόφησε ποσότητα θερμότητος $K \cdot (\theta_2 - \theta)$.

Τὸ νερὸ τοῦ θερμιδομέτρου, μάζας M καὶ ἀρχικῆς θερμοκρασίας θ, ἔχει στὸ τέλος τοῦ πειράματος τὴν ἴδια θερμοκρασία θ_2 μὲ τὸ δοχεῖο. Ἀπερρόφησε λοιπὸν κι' αὐτὸ ποσότητα θερμότητος $M \cdot C \cdot (\theta_2 - \theta_1)$, ὅπου C ἡ εἰδικὴ θερμότητα τοῦ νεροῦ. Ἐπειδὴ ὅμως $C = 1$ cal/gr · °C θὰ ἔχωμε γιὰ τὸ νερὸ $M \cdot (\theta_2 - \theta)$.

Τὸ δοχεῖο καὶ τὸ νερὸ τοῦ θερμιδομέτρου ἐπῆραν ἑπομένως συνολικὰ ποσότητα θερμότητος:
$Q_2 = K \cdot (\theta_2 - \theta) + M \cdot (\theta_2 - \theta) = (K + M) \cdot (\theta_2 - \theta)$
καὶ σύμφωνα μὲ τὴν ἀρχὴ τῆς ἀνταλλαγῆς τῶν ποσοτήτων θερμότητος θὰ ἔχωμε ὅτι:

$$m \cdot c\ (\theta_1 - \theta_2) = (K + M) \cdot (\theta_2 - \theta)$$

Λύνοντας ὡς πρὸς c, λαμβάνουμε:

$$c = \frac{(K + M) \cdot (\theta_2 - \theta)}{m \cdot (\theta_1 - \theta_2)}$$

β) Ὑγρά. Ὁ προσδιορισμὸς τῆς εἰδικῆς θερμότητος ἑνὸς ὑγροῦ γίνεται σύμφωνα μὲ τὴν παραπάνω διαδικασία. Στὸ θερμιδόμετρο ὅμως θέτουμε ἀντὶ γιὰ νερὸ ὁρισμένη μάζα ἀπὸ τὸ ὑγρὸ ἄγνωστης εἰδικῆς θερμότητος. Κατόπι βυθίζουμε στὸ ὑγρὸ αὐτὸ ὁρισμένη μάζα ἑνὸς στερεοῦ γνωστῆς εἰδικῆς θερμότητος καὶ θερμοκρασίας, τὸ ὁποῖο δὲν δρᾶ χημικῶς μὲ τὸ ὑγρό.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Γιὰ νὰ ὑψώσωμε τὴν θερμοκρασία ἴσων μαζῶν, διαφόρων σωμάτων, κατὰ τὸν ἴδιο ἀριθμὸ βαθμῶν, πρέπει νὰ προσφέρωμε διαφορετικὰ ποσὰ θερμότητος.

2. Ὀνομάζουμε εἰδικὴ θερμότητα c ἑνὸς σώματος στερεοῦ ἢ ὑγροῦ, τὴν ποσότητα θερμότητος ποὺ χρειάζεται γιὰ νὰ ὑψωθῆ κατὰ 1 °C ἡ θερμοκρασία μάζας 1 gr τοῦ σώματος.

3. Ἡ ποσότητα θερμότητος Q ποὺ ἀπαιτεῖται γιὰ νὰ ὑψωθῆ ἀπὸ τοὺς θ_1 στοὺς θ_2 °C ἡ θερμοκρασία μάζας m γραμμαρίων, ἑνὸς σώματος μὲ εἰδικὴ θερμότητα c, εἶναι ἴση μέ:

$$Q = m \cdot c \cdot (\theta_2 - \theta_1)$$

Τὸ γινόμενο m · c ὀνομάζεται θερμοχωρητικότητα ἑνὸς ὁρισμένου σώματος ἢ ἰσοδύναμο σὲ νερό.

4. Ἡ ποσότητα θερμότητος ποὺ χρειάζεται ἕνα σῶμα γιὰ νὰ ὑψώση τὴν θερμοκρασία του ἀπὸ θ_1 σὲ θ_2 °C εἶναι ἴση μὲ τὴν ποσότητα θερμότητος ποὺ ἀποδίδει τὸ σῶμα ὅταν ψυχθῆ ἀπὸ τοὺς θ_2 στοὺς θ_1 °C.

5. Ὅταν ἀναμιγνύωμε δύο σώματα μὲ διαφορετικὲς θερμοκρασίες τὸ ψυχρὸ σῶμα θερμαίνεται καὶ τὸ θερμὸ ψύχεται. Ἡ ποσότητα θερμότητος τὴν ὁποία χάνει τὸ θερμὸ σῶμα, εἶναι ἴση μὲ ἐκείνη ποὺ προσλαμβάνει τὸ ψυχρὸ σῶμα.

6. Ἡ εἰδικὴ θερμότητα τῶν στερεῶν καὶ ὑγρῶν εὑρίσκεται μὲ ἕνα θερμιδόμετρο ἂν ἐφαρμόσωμε τὴν μέθοδο τῶν μειγμάτων.

7. Τὸ νερὸ ἔχει τὴν μεγαλύτερη εἰδικὴ θερμότητα ἀπὸ ὅλα τὰ στερεὰ καὶ ὑγρά, γεγονὸς τὸ ὁποῖο τοῦ ἐπιτρέπει νὰ μεταβάλλεται σὲ ρυθμιστὴ τῆς θερμοκρασίας ἑνὸς τόπου.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Νὰ εὑρεθῆ ἡ ποσότητα τῆς θερμότητος ποὺ πρέπει νὰ ἀποδοθῆ σὲ ἕνα μεταλλικὸ δοχεῖο μάζας 190 gr, γιὰ νὰ αὐξηθῆ ἡ θερμοκρασία του ἀπὸ τοὺς 21 °C στοὺς 41 °C. Ἡ εἰδικὴ θερμότητα τοῦ μετάλλου εἶναι ἴση πρὸς 0,21 cal/gr · grad.
(Ἀπ. 798 cal.)

2. Νὰ ὑπολογισθῆ τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος ποὺ πρέπει νὰ δοθῆ σὲ 1 λίτρο ὑδραργύρου γιὰ νὰ αὐξηθῆ ἡ θερμοκρασία του ἀπὸ τοὺς 18 °C στοὺς 60 °C. Πυκνότητα ὑδραργύρου 13,6 gr/cm³. Εἰδικὴ θερμότητα ὑδραργύρου 0,033 3 cal/gr · grad.
(Ἀπ. 18 850 cal.)

3. Μιὰ χύτρα ἀπὸ ἀλουμίνιο, ἔχει μάζα 360 gr. α) Νὰ εὑρεθῆ τὸ ἰσοδύναμο σὲ νερὸ (θερμοχωρητικότητα) τῆς χύτρας. β) Νὰ εὑρεθῆ ἡ ποσότητα θερμότητος ποὺ πρέπει νὰ δοθῆ στὴν χύτρα γιὰ νὰ ὑψωθῆ ἡ θερμοκρασία της ἀπὸ τοὺς 15 °C στοὺς 100 °C. Εἰδικὴ θερμότητα τοῦ ἀλουμινίου 0,21 cal/gr · grad.
(Ἀπ. α' 75,6 cal/grad. β' 6 426 cal.)

4. Ἕνα θερμιδόμετρο, τοῦ ὁποίου τὸ ἰσοδύναμο σὲ νερὸ εἶναι 20 cal/grad, περιέχει 580 gr νερό, θερμοκρασίας 12 °C. Βυθίζουμε γιὰ λίγην ὥρα στὸ νερὸ ἕνα θερμαντικὸ σῶμα καὶ παρατηροῦμε ὅτι ἡ θερμοκρασία ἀνέβηκε στοὺς 20 °C. Νὰ ὑπολογισθῆ ἡ ποσότητα τῆς θερμότητος ποὺ ἀπέδωσε τὸ θερμαντικὸ σῶμα. (Ἀπ. 4 800 cal.)

5. Ἡ πλάκα ἑνὸς ἠλεκτρικοῦ σίδερου, ἔχει *μάζα 1 kg, τὸ δὲ ὑλικὸ ἀπὸ τὸ ὁποῖο εἶναι κατασκευασμένη ἔχει εἰδικὴ θερμότητα ἴση μὲ 0,1 cal/gr · grad. Ἐὰν τὸ θερμαντικὸ σῶμα ποὺ ὑπάρχει μέσα στὸ ἠλεκτρικὸ σίδερο ἀποδίδει στὴν πλάκα 120 cal κάθε δευτερόλεπτο, νὰ ὑπολογισθῇ ὁ χρόνος ποὺ ἀπαιτεῖται, γιὰ νὰ ὑψωθῇ ἡ θερμοκρασία τοῦ ἠλεκτρικοῦ σίδερου κατὰ 50 °C.*

(Ἀπ. 42 sec περίπου.)

6. Ἕνα κομμάτι ἀπὸ σίδηρο, μάζας 120 gr, βυθίζεται μέσα σὲ ἕνα λουτρὸ νεροῦ θερμοκρασίας 100 °C καὶ ὕστερα σὲ ἕνα θερμιδόμετρο θερμοχωρητικότητος 10 cal/grad, τὸ ὁποῖο περιέχει 490 gr νεροῦ θερμοκρασίας 15 °C. Ἡ τελικὴ θερμοκρασία τοῦ θερμιδομέτρου εἶναι 17,2 °C. Νὰ εὑρεθῇ ἡ εἰδικὴ θερμότητα τοῦ σιδήρου

(Ἀπ. 0,11 cal/gr · grad.)

ΛΖ' – ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ ΚΑΥΣΕΩΣ

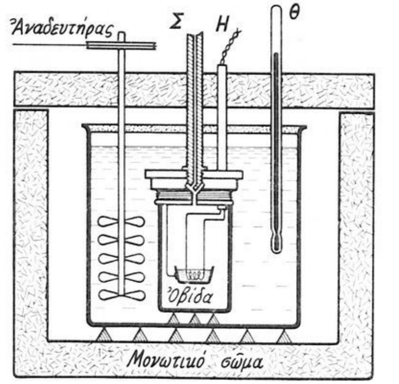
§ 222. Θερμότητα καύσεως ἑνὸς καυσίμου. Γιὰ νὰ μαγειρέψωμε, νὰ θερμάνωμε τὶς κατοικίες μας κλπ., χρησιμοποιοῦμε διάφορες πηγὲς θερμότητος, ποὺ δὲν ἔχουν ὅλες τὴν ἴδια ἀξία. Ἔτσι στὶς ἀτμομηχανὲς τῶν σιδηροδρόμων καῖμε λιθάνθρακα, στὴν θέρμανση τοῦ νεροῦ ποὺ κυκλοφορεῖ στὸ δίκτυο θερμάνσεως μιᾶς πολυκατοικίας μεταχειριζόμαστε ἀκάθαρτο πετρέλαιο ἢ μαζοὺτ κλπ. Αὐτὸ γίνεται διότι ἴσες μάζες διαφόρων καυσίμων δὲν δίνουν ὅταν καοῦν ἴσα ποσὰ θερμότητος.

Ἡ θερμικὴ ἀξία τῶν διαφόρων καυσίμων χαρακτηρίζεται ἀπὸ τὴν **θερμότητα καύσεως** τοῦ καυσίμου. Πρόκειται λοιπὸν γιὰ ἕνα νέο φυσικὸ μέγεθος μὲ τὴν βοήθεια τοῦ ὁποίου συγκρίνουμε καὶ ἐκτιμοῦμε τὰ καύσιμα.

Θερμότητα καύσεως ἑνὸς καυσίμου ὀνομάζεται ἡ ποσότητα θερμότητος ποὺ ἐκλύεται κατὰ τὴν πλήρη καύση τῆς μονάδος μάζας τοῦ καυσίμου ἂν εἶναι στερεὸ ἢ ὑγρό, ἢ τῆς μονάδος ὄγκου, σὲ κανονικὲς συνθῆκες, ἂν εἶναι ἀέριο.

Ἡ θερμότητα καύσεως τῶν στερεῶν ἢ ὑγρῶν καυσίμων ἐκφράζεται συνήθως σὲ χιλιοθερμίδες ἀνὰ χιλιόγραμμο (kcal/kg) καὶ τῶν ἀερίων σὲ χιλιοθερμίδες ἀνὰ κυβικὸ μέτρο (kcal/m³).

§ 223. Μέτρηση τῆς θερμότητος καύσεως τῶν καυσίμων. α) Στερεὰ ἢ ὑγρά. Καῖμε μέσα σὲ μιὰ θερμιδομετρικὴ ὀβίδα (σχ. 296) γνωστὴ μάζα m στερεοῦ ἢ ὑγροῦ καυσίμου καὶ μετρᾶμε τὸ ποσὸν θερμότητος Q τὸ ὁποῖο παράγεται κατὰ τὴν καύση. Ἡ ὀβίδα βυθίζεται μέσα σ' ἕνα θερμιδόμετρο.



Σχ. 296. Θερμιδομετρικὴ ὀβίδα.

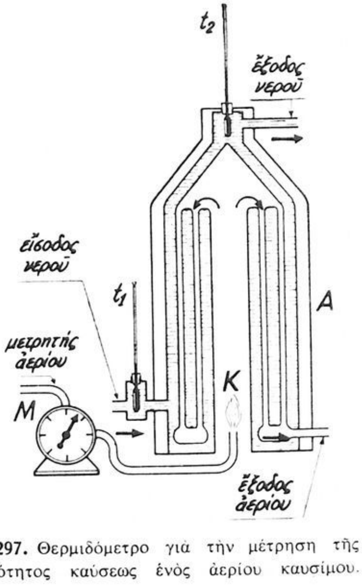
Ἡ θερμότητα ποὺ παράγεται κατὰ τὴν καύση ὑψώνει τὴν θερμοκρασία τοῦ νεροῦ καὶ τοῦ δοχείου τοῦ θερμιδομέτρου. Μετρᾶμε τὴν ἀνύψωση τῆς θερμοκρασίας αὐτῆς καὶ ἐφαρμόζοντας τὴν ἀρχὴ τῆς ἰσότητος ἀνταλλαγῆς τῶν ποσοτήτων θερμότητος, ὑπολογίζουμε τὴν ποσότητα θερμότητος ποὺ προσέφερε ἡ μάζα m τοῦ καυσίμου, ὁπότε ἡ θερμότητα καύσεως $Q_{καυσ}$ θὰ δίδεται ἀπὸ τὴν σχέση:

$$\lambda_{καυσ} = \frac{Q}{m}$$

Σημείωση. Ἡ θερμιδομετρικὴ ὀβίδα ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕνα χυτοσιδηρὸ δοχεῖο μὲ παχιὰ τειχώματα, ποὺ στὸ ἐπάνω μέρος κλείνει ἀεροστεγῶς μὲ κοχλιωτὸ συνήθως πῶμα. Μέσα στὴν ὀβίδα τοποθετεῖται μία κάψα στὴν ὁποία θέτουμε τὸ καύσιμο, ὁ δὲ χῶρος τῆς ὀβίδος γεμίζεται μὲ ὀξυγόνο. Ἡ ἀνάφλεξη τοῦ καυσίμου γίνεται μὲ λεπτὸ σύρμα, τὸ ὁποῖο θερμαίνεται μὲ ἠλεκτρικὸ ρεῦμα.

β) Ἀέρια. Ἡ θερμιδομετρικὴ ὀβίδα δὲν εἶναι κατάλληλη γιὰ τὸν προσδιορισμὸ τῆς θερμότητος καύσεως τῶν ἀερίων καυσίμων, διότι δὲν μπορεῖ νὰ περιλάβη μεγάλη ποσότητα ἀσυμπιέστου ἀερίου, ἐνῶ ἐξ ἄλλου μεῖγμα ὀξυγόνου μὲ ἀέριο καύσιμο καίεται μὲ ἔκρηξη. Γι᾽ αὐτοὺς τοὺς λόγους ἐργαζόμαστε ὡς ἑξῆς:

Καῖμε τὸ ἀέριο μὲ κατάλληλο καυστήρα Κ, μέσα σ᾽ ἕνα τελείως μονωμένο δοχεῖο Α, τὸ ὁποῖο ἀποτελεῖ τὸ ἐσωτερικὸ ἑνὸς θερμιδομέτρου (σχ. 297). Τὸν ὄγκο τοῦ ἀερίου ποὺ θὰ καῆ, μετρᾶ εἰδικὸς μετρητὴς Μ, ποὺ εὑρίσκεται ἔξω ἀπὸ τὸ



Σχ. 297. Θερμιδόμετρο γιὰ τὴν μέτρηση τῆς θερμότητος καύσεως ἑνὸς ἀερίου καυσίμου.

δοχεῖο. Ὁ καυστήρας Κ τοποθετεῖται στὸν ἄξονα τοῦ δοχείου καὶ στὸ κατώτερο σημεῖο του, τὰ δὲ ἀέρια τῆς καύσεως περνοῦν μέσα ἀπὸ σωληνώσεις καὶ ψύχονται πρὶν ἐγκαταλείψουν τὸ θερμιδόμετρο. Ἕνα ρεῦμα ψυχροῦ νεροῦ, τὸν ὄγκο τοῦ ὁποίου μᾶς δίνει ἕνας εἰδικὸς μετρητής, κυκλοφορεῖ γύρω ἀπὸ αὐτὲς τὶς σωληνώσεις, εἰσέρχεται μὲ θερμοκρασία t_1 καὶ ἐξέρχεται, ἀφοῦ θερμανθῆ, μὲ θερμοκρασία t_2, ἀπὸ τὸ ψηλότερο σημεῖο τῆς συσκευῆς. Τὶς θερμοκρασίες τοῦ εἰσερχόμενου καὶ τοῦ ἐξερχόμενου νεροῦ δίνουν δύο κατάλληλα τοποθετημένα θερμόμετρα.

Τὸ νερὸ ποὺ κυκλοφορεῖ, προσλαμβάνει τὴν θερμότητα ποὺ ἐκλύεται κατὰ τὴν καύση τοῦ ἀερίου καὶ ὑψώνει τὴν θερμοκρασία του. Ὕστερα ἀπὸ ὁρισμένο χρόνο λειτουργίας τῆς συσκευῆς, τὸ ἐξερχόμενο νερὸ καὶ τὰ ἀέρια καύσεως ἔχουν σταθερὴ θερμοκρασία.

Ἔστω ὅτι ὁ ὄγκος τοῦ ἀερίου ποὺ κάηκε σ᾽ ἕνα ὁρισμένο χρονικὸ διάστημα εἶναι V m³ καὶ ἡ μάζα τοῦ νεροῦ ποὺ θερμάνθηκε στὸ ἴδιο χρονικὸ διάστημα Μ kg. Ἂν οἱ θερμοκρασίες τοῦ νεροῦ κατὰ τὴν εἴσοδο καὶ τὴν ἔξοδο ἀπὸ τὴν συσκευὴ εἶναι t_1 καὶ t_2, τότε ἡ θερμότητα καύσεως τοῦ ἀερίου καυσίμου θὰ δίνεται ἀπὸ τὸν τύπο:

$$\lambda_{\kappa\alpha\upsilon\sigma} = \frac{M \cdot (t_2 - t_1)}{V} \ \frac{\text{kcal}}{\text{m}^3}$$

Παραδείγματα θερμοτήτων καύσεως			
Στερεὰ $\left(\frac{\text{kcal}}{\text{kg}}\right)$		Ὑγρὰ $\left(\frac{\text{kcal}}{\text{kg}}\right)$	
Ξύλο (ξερὸ καὶ σκληρὸ)	3 000	Πετρέλαιο..	11 500
Λιγνίτης...	3 000-5 000	Μαζούτ....	11 000
Κὼκ	6 000-7 000	Οἰνόπνευμα.	7 000
Ἀνθρακίτης	7 800-8 500	Βενζίνη....	10 500
Ἀέρια $\left(\frac{\text{kcal}}{\text{m}^3}\right)$			
Φωταέριο	4 250		
Ἀκετυλένιο....	14 400		
Βουτάνιο	30 000		
Προπάνιο	22 500		

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Θερμότητα καύσεως ἑνὸς καυσίμου ὀνομάζουμε τὴν ποσότητα θερμότητος ποὺ ἐκλύεται κατὰ τὴν πλήρη καύση ἑνὸς χιλιογράμμου καυσίμου, ἂν εἶναι στερεὸ ἢ ὑγρό, ἢ ἑνὸς κυβικοῦ μέτρου, σὲ κανονικὲς συνθῆκες πιέσεως καὶ θερμοκρασίας, ἂν εἶναι ἀέριο.

2. Ἡ θερμότητα καύσεως ἐκφράζεται συνήθως σὲ kcal/kg ἢ σὲ kcal/m^3.

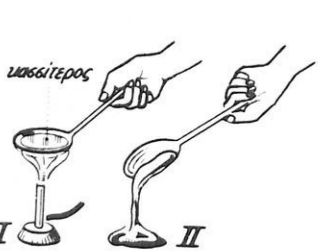
3. Γιὰ τὴν μέτρηση τῆς θερμότητος καύσεως ἑνὸς στερεοῦ ἢ ὑγροῦ καυσίμου χρησιμοποιοῦμε τὴν θερμιδομετρικὴ ὀβίδα, τὴν ὁποία βυθίζουμε μέσα στὸ νερὸ ἑνὸς θερμιδομέτρου. Ὕστερα καῖμε μέσα στὴν ὀβίδα μιὰν ὁρισμένη μάζα καυσίμου σὲ ἀτμόσφαιρα καθαροῦ ὀξυγόνου.

4. Ἂν τὸ καύσιμο εἶναι ἀέριο τότε καῖμε ἕναν ὁρισμένον ὄγκο ἀπὸ αὐτὸ μὲ καυστήρα τοποθετημένο στὸ ἐσωτερικὸ ἑνὸς εἰδικοῦ θερμιδομέτρου.

ΛΗ΄ – ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΣ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

§ 224. Τήξη καὶ πήξη. Ἔχουμε ἀναφέρει πὼς ἡ θερμότητα δὲν ἀνυψώνει μόνον τὴν θερμοκρασία τῶν σωμάτων, προκαλώντας σύγχρονα καὶ διαστολή, ἀλλὰ μεταβάλλει καὶ τὴν κατάστασή τους. Πραγματικὰ πολλὰ στερεὰ σώματα μεταπηδοῦν ἀπὸ τὴν στερεὴ στὴν ὑγρὴ κατάσταση, ὅταν ὑποστοῦν ἰσχυρὴ θέρμανση.

Πείραμα. Θερμαίνουμε ἕνα κομμάτι κασσίτερο (κοινῶς καλάϊ) μέσα σὲ ἕνα σιδερένιο κουτάλι (σχ. 298, Ι). Παρατηροῦμε τότε πώς, μέσα σὲ σύντομο χρονικὸ διάστημα, τὸ μέταλλο ἀπὸ στερεὸ μεταβάλλεται σὲ πολὺ εὐκίνητο ὑγρὸ (σχ. 298, ΙΙ). Τὸ ἴδιο γίνεται καὶ μὲ ἕνα κομμάτι πάγου ὅταν τοποθετηθῇ στὸν Ἥλιο· λυώνει σιγὰ-σιγὰ καὶ γίνεται νερό.



Σχ. 298. Ὁ κασσίτερος τήκεται ὅταν θερμανθῇ.

Στὶς περιπτώσεις αὐτὲς λέμε ὅτι ὁ κασσίτερος καὶ ὁ πάγος τήκονται, τὸ δὲ φαινόμενο ὀνομάζεται **τήξη.** Ὥστε:

Τήξη εἶναι ἡ μετάβαση ἑνὸς σώματος ἀπὸ τὴν στερεὴ στὴν ὑγρὴ κατάσταση.

Ἀφήνουμε νὰ ψυχθῇ ὁ κασσίτερος μέσα στὸ κουτάλι. Παρατηροῦμε ὅτι γρήγορα ξαναγίνεται στερεός. Τὸ ἴδιο συμβαίνει καὶ μὲ τὸ νερό. Ὅταν ψυχθῇ ἀρκετὰ μεταβάλλεται σὲ πάγο.

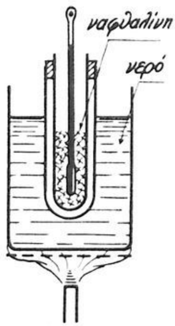
Στὶς περιπτώσεις αὐτὲς λέμε ὅτι ὁ κασσίτερος καὶ τὸ νερὸ ἐπήχθηκαν, τὸ δὲ φαινόμενο ὀνομάζεται πήξη. Ὥστε:

Πήξη εἶναι ἡ μετάβαση ἑνὸς σώματος ἀπὸ τὴν ὑγρὴ στὴν στερεὴ κατάσταση.

Ἡ πήξη εἶναι μιὰ μεταβολὴ φυσικῆς καταστάσεως καὶ μάλιστα ἀντίστροφη ἀπὸ τὴν τήξη.

§ 225. Πειραματικὴ μελέτη τῆς τήξεως καὶ τῆς πήξεως. I) Τήξη. Πείραμα. Θέτουμε κομμάτια ἀπὸ ναφθαλίνη σὲ ἕναν δοκιμαστικὸ σωλήνα, τοποθετημένον κατάλληλα στὸ ἐσωτερικὸ ἑνὸς ἄλλου σωλῆνος μὲ μεγαλύτερη διάμετρο, καὶ τὸν θερμαίνουμε μέσα σὲ ἕνα λουτρὸ ἀπὸ νερὸ (σχ. 299).

Ἕνα ὑδραργυρικὸ θερμόμετρο εἶναι τοποθετημένο μέσα στὴν ναφθαλίνη, μὲ τὸ ὁποῖο σημειώνουμε τὴν θερμοκρασία, κατὰ ὁρισμένα χρονικὰ διαστήματα, π.χ. κάθε 2 λεπτά. Παρατηροῦμε πὼς μὲ τὴν θέρμανση ἡ θερμοκρασία ὑψώνεται σιγὰ-σιγὰ καὶ κανονικά. Σὲ μιὰ χρονικὴ στιγμὴ στὰ τειχώματα τοῦ δοχείου παρουσιάζονται σταγόνες ὑγρῆς ναφθαλίνης. Τὸ θερμόμετρο δείχνει τότε 80 °C, ἐνῶ ἡ θερμοκρασία παραμένει στάσιμη. Ἡ ποσότητα τοῦ ὑγροῦ ὁλοένα αὐξάνεται καὶ ὅταν ὅλη ἡ ναφθαλίνη πάθη τήξη, ἀρχίζει καὶ πάλι νὰ ἀνεβαίνη ἡ θερμοκρασία.

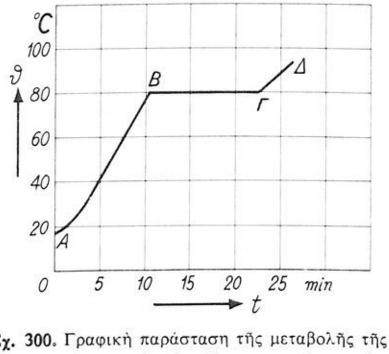


Σχ. 299. Διάταξη γιὰ τὴν σπουδὴ τῆς τήξεως τῆς ναφθαλίνης.

Οἱ μετρήσεις τοῦ πειράματος συνοψίζονται στὸν παρακάτω πίνακα.

Χρόνος (σὲ min)	Θερμοκ. (σὲ °C)	Χρόνος (σὲ min)	Θερμοκ. (σὲ °C)
0	18	14	80
2	22	16	80
4	32	18	80
6	50	20	80
8	65	22	80
10	78	24	84
12	80	26	92

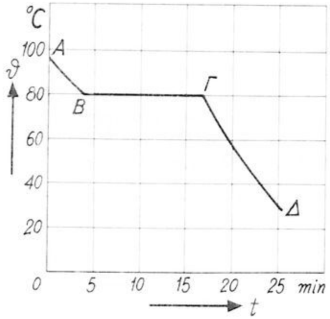
Γραφικὴ παράσταση. Παριστάνουμε γραφικῶς τὰ ἀποτελέσματα τοῦ παραπάνω πειράματος χρησιμοποιώντας σύστημα ὀρθογωνίων συντεταγμένων (σχ. 300) μὲ ὁριζόντιο ἄξονα Οx τῶν χρόνων καὶ κατακόρυφον Οy τῶν θερμοκρασιῶν, ὁπότε λαμβάνουμε μιὰ γραμμή, ποὺ ἀποτελεῖται ἀπὸ τρεῖς κλάδους. Ὁ κλάδος ΑΒ ἀντιστοιχεῖ στὴν θέρμανση τοῦ στερεοῦ, ὁ κλάδος ΒΓ, ὁ ὁποῖος εἶναι εὐθύγραμμο τμῆμα παράλληλο πρὸς τὸν ἄξονα τῶν χρόνων, ἀντιστοιχεῖ στὴν τήξη τοῦ στερεοῦ καὶ ὁ κλάδος ΓΔ ἀντιστοιχεῖ στὴν θέρμανση τοῦ ὑγροῦ.



Σχ. 300. Γραφικὴ παράσταση τῆς μεταβολῆς τῆς θερμοκρασίας κατὰ τὴν θέρμανση τῆς ναφθαλίνης.

II) Πήξη. α) Πείραμα 1. Ὅταν ἡ θερμοκρασία τῆς ὑγρῆς ναφθαλίνης φθάση π.χ. στοὺς 95 °C, σταματᾶμε τὴν θέρμανση, βγάζοντας τοὺς δύο σωλῆνες ἀπὸ τὸ θερμὸ νερὸ τοῦ λουτροῦ, ὁπότε ἀρχίζουν νὰ ψύχωνται. Παρατηροῦμε τότε ὅτι ἡ θερμοκρασία πέφτει κανονικὰ μέχρι τοὺς 80 °C, ὁπότε ἀρχίζουν νὰ σχηματίζωνται μικροὶ κρύσταλλοι ναφθαλίνης. Τὸ σῶμα πήζει καὶ τὸ θερμόμετρο παραμένει στάσιμο κατὰ τὴν διάρκεια τῆς πήξεως. Ἡ θερμοκρασία ἀρχίζει καὶ πάλι νὰ πέφτη ὅταν πιὰ ἔχει στερεοποιηθῆ ὅλη ἡ ποσότητα τῆς ναφθαλίνης.

β) Γραφικὴ παράσταση. Τὸ σχῆμα 301 μᾶς δείχνει τὴν μεταβολὴ τῆς θερμοκρασίας τῆς ψυχόμενης ναφθαλίνης σὲ σχέση πρὸς τὸν χρόνο. Ἡ καμπύλη ἔχει καὶ πάλι τρεῖς κλάδους. Ὁ κλάδος ΑΒ ἀντιστοιχεῖ στὴν ψύξη τοῦ ὑγροῦ, ὁ κλάδος ΒΓ, ὁ ὁποῖος εἶναι παράλληλος πρὸς τὸν ἄξονα τῶν χρόνων, ἀντιστοιχεῖ στὴν πήξη καὶ ὁ κλάδος ΓΔ στὴν ψύξη τοῦ στερεοῦ.



Σχ. 301. Γραφικὴ παράσταση τῆς μεταβολῆς τῆς θερμοκρασίας κατὰ τὴν πήξη τῆς ναφθαλίνης.

§ 226. Νόμοι τῆς τήξεως καὶ τῆς πήξεως.

Τὸ πείραμα μὲ τὴν ναφθαλίνη μποροῦμε νὰ ἐπαναλάβωμε καὶ μὲ ἄλλα σώματα ὅπως π.χ. τὸν πάγο, τὸν κασσίτερο, τὸ μολύβι, τὸ θειάφι κλπ., ὁπότε θὰ παρατηρήσωμε τὰ ἴδια φαινόμενα ποὺ περιγράψαμε γιὰ τὴν ναφθαλίνη. Τὰ ἀποτελέσματα αὐτὰ μᾶς ὁδηγοῦν στοὺς ἀκόλουθους νόμους.

1ος Νόμος. Ἕνα χημικῶς καθαρὸ σῶμα τήκεται σὲ μιὰν ὁρισμένη θερμοκρασία, ἡ ὁποία παραμένει σταθερὴ κατὰ τὴν διάρκεια τῆς τήξεως καὶ ὀνομάζεται **θερμοκρασία** ἢ **σημεῖο τήξεως τοῦ σώματος.**

2ος Νόμος. Ἕνα χημικῶς καθαρὸ σῶμα στερεοποιεῖται πάντοτε σὲ μιὰν ὁρισμένη θερμοκρασία, ἡ ὁποία παραμένει σταθερὴ κατὰ τὴν διάρκεια τῆς πήξεως καὶ ὀνομάζεται **θερμοκρασία** ἢ **σημεῖο πήξεως τοῦ σώματος.**

3ος Νόμος. Ἡ θερμοκρασία τήξεως εἶναι ἡ ἴδια μὲ τὴν θερμοκρασία πήξεως ἑνὸς χημικῶς καθαροῦ σώματος.

4ος Νόμος. Ἡ τήξη καὶ ἡ πήξη συνοδεύονται πάντοτε μὲ μιὰ μεταβολὴ τοῦ ὄγκου τοῦ σώματος.

Οἱ παραπάνω νόμοι ἰσχύουν μόνον στὴν περίπτωση ὅπου τὰ σώματα εἶναι κρυσταλλικά, ὅπως π.χ. ὁ πάγος, ὁ φωσφόρος, ἡ ναφθαλίνη κλπ. Δὲν συμβαίνει ὅμως τὸ ἴδιο πράγμα μὲ τὸ γυαλί, τὸ κερὶ καὶ ἄλλα σώματα, τὰ ὁποῖα ὅταν τήκωνται διέρχονται ἀπὸ ἐνδιάμεσες καταστάσεις μὲ μικρότερη ἢ μεγαλύτερη π λ α σ τ ι κ ό τ η τ α.

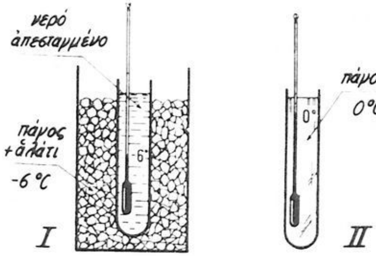
Παραδείγματα σημείων τήξεως καὶ πήξεως χημικῶς καθαρῶν σωμάτων σὲ °C.

Ὑδρογόνο στερεὸ	— 259	Μόλυβδος...	327
Οἰνόπνευμα	— 114	Ἄργυρος ...	960
Ὑδράργυρος....	— 39	Χρυσός.....	1060
Πάγος	0	Λευκόχρυσος	1770
Θειάφι	114	Βολφράμιο..	3380

§ 227. Ὑστέρηση πήξεως. Πείραμα.

Σὲ ἕναν δοκιμαστικὸ σωλήνα θέτουμε ἀπεσταγμένο νερὸ καὶ ἕνα θερμόμετρο. Κατόπι τοποθετοῦμε τὸν σωλήνα σὲ ἕνα ψυκτικὸ μεῖγμα πάγου καὶ ἁλατιοῦ (σχ. 302, I). Ἡ θερμοκρασία τοῦ νεροῦ κατεβαίνει κατὰ ἀρκετοὺς βαθμοὺς κάτω ἀπὸ τὸ μηδὲν χωρὶς νὰ πήξη τὸ νερό. Λέμε τότε ὅτι τὸ νερὸ βρίσκεται σὲ **ὑστέρηση πήξεως** (ὑ π ό π η ξ η ἢ ὑ π έ ρ τ η ξ η).

Ἡ ὑστέρηση πήξεως εἶναι μιὰ ἀσταθὴς κατάσταση. Πραγματικὰ ἐὰν κινή-



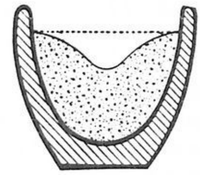
Σχ. 302. Ὑστέρηση πήξεως νεροῦ.

σωμε λίγο τὸν σωλήνα ἢ ἂν βυθίσωμε σ' αὐτὸν ἕνα κομμάτι πάγου, τὸ νερὸ πήζει ἀπότομα, ἐνῶ συγχρόνως ἡ θερμοκρασία ἀνεβαίνει στοὺς 0 °C, ποὺ εἶναι ἡ κανονικὴ θερμοκρασία τῆς πήξεως τοῦ νεροῦ (σχ. 302, II).

§ 228. Μεταβολὴ τοῦ ὄγκου κατὰ τὴν πήξη καὶ τὴν τήξη. α) Γενικὴ περίπτωση. Πείραμα. Κατὰ τὴν διάρκεια τῆς τήξεως τῆς ναφθαλίνης οἱ κρύσταλλοι, ποὺ δὲν ἐτάκησαν ἀκόμα, μένουν στὸν πυθμένα τοῦ δοχείου. Αὐτὸ σημαίνει ὅτι ἡ πυκνότητα τῆς στερεῆς ναφθαλίνης εἶναι μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν πυκνότητα τῆς ὑγρῆς. Μὲ ἄλλα λόγια, σὲ ἴσες μάζες ἡ ναφθαλίνη καταλαμβάνει μεγαλύτερο ὄγκο σὲ ὑγρὴ κατάσταση ἀπὸ ὅτι στὴν στερεὴ κατάσταση. Ὥστε:

Κατὰ τὴν τήξη ἔχουμε αὔξηση τοῦ ὄγκου.

Ἀντιστρόφως ἡ ναφθαλίνη ἐλαττώνεται σὲ ὄγκο ὅταν πήζη. Αὐτὸ μποροῦμε νὰ τὸ παρατηρήσωμε μὲ τὴν ὑγρὴ ναφθαλίνη, τὴν ὁποία ἀφήνουμε νὰ ψυχθῆ καὶ νὰ πήξη μέσα σὲ ἕνα δοχεῖο. Παρατηροῦμε τότε πὼς ἡ ἀνώτερη ἐπιφάνειά της μέσα στὸ δοχεῖο παρουσιάζει μιὰ κοιλότητα. Αὐτὸ δείχνει ὅτι ὁ ὄγκος τῆς ναφθαλίνης σὲ στερεὴ κατάσταση εἶναι μικρότερος ἀπὸ τὸν ὄγκο της σὲ ὑγρὴ κατάσταση (σχ. 303).

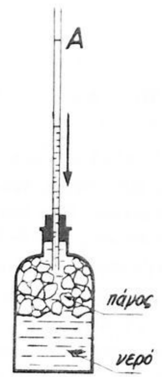


Σχ. 303. Τὰ σώματα γενικῶς συστέλλονται ὅταν στερεοποιοῦνται.

Ἀνάλογες παρατηρήσεις μποροῦμε νὰ κάνωμε καὶ μὲ πολλὰ ἄλλα σώματα ὅπως εἶναι τὸ θειάφι, ὁ κασσίτερος, ἡ παραφίνη κλπ. Ὥστε:

Τὰ περισσότερα στερεὰ σώματα αὐξάνονται σὲ ὄγκο ὅταν τακοῦν καὶ ἐλαττώνονται σὲ ὄγκο ὅταν πήξουν.

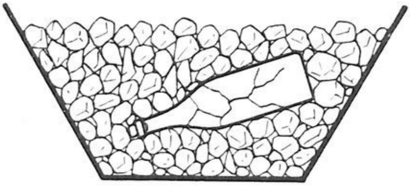
β) Περίπτωση τοῦ νεροῦ. Πειράματα: 1. Μιὰ γυάλινη φιάλη περιέχει νερὸ καὶ κομμάτια πάγου (σχ. 304). Ὁ λαιμὸς τῆς φιάλης κλείνει μὲ ἕνα πῶμα, τὸ ὁποῖο διαπερνᾶ ἕνας μεγάλος γυάλινος σωλήνας, γεμᾶτος μέχρις ἑνὸς ὁρισμένου ὕψους μὲ νερό. Θερμαίνουμε ἐλαφρὰ τὴν φιάλη, ὁπότε παρατηροῦμε ὅτι λυώνει ὁ πάγος ἐνῶ συγχρόνως κατεβαίνει ἡ στά-



Σχ. 304. Ὁ πάγος ἐλαττώνεται σὲ ὄγκο ὅταν λυώνη.

θμη τοῦ νεροῦ μέσα στὸν σωλῆνα. Ἑπομένως ὁ πάγος ἐλαττώνεται σὲ ὄγκο ὅταν τήκεται.

2. Ἀφήνουμε στὸ ὕπαιθρο μιὰ πωματισμένη φιάλη γεμάτη μὲ νερό, ἕνα κρύο χειμωνιάτικο βράδυ. Ἂν τύχη καὶ συμβῆ παγωνιὰ ἡ φιάλη θὰ σπάση (σχ. 305).



Σχ. 305. Ὅταν παγώση τὸ νερό, ἡ φιάλη σπάζει.

3. Θέτουμε μιὰ φιάλη γεμάτη μὲ νερὸ μέσα σὲ ἕνα ψυκτικὸ μεῖγμα (4 μέρη πάγου καὶ 1 μέρος ἁλατιοῦ). Ἡ φιάλη πάλι σπάζει. Τὸ ἴδιο θὰ συμβῆ ἂν τοποθετήσωμε τὴν φιάλη στὴν κατάψυξη ἑνὸς ἠλεκτρικοῦ ψυγείου. Αὐτὰ συμβαίνουν διότι ὅταν τὸ νερὸ παγώνη, ἀποκτᾶ μεγαλύτερον ὄγκο ἀπὸ ἴση μάζα νεροῦ σὲ ὑγρὴ κατάσταση. Ἀκριβεῖς μετρήσεις ἔδειξαν ὅτι 1 000 cm^3 νεροῦ (δηλαδὴ 1 λίτρο νερὸ) σὲ 0 °C δίδουν 1 090 cm^3 πάγου. Ὥστε:

Ὁ πάγος ἐλαττώνει τὸν ὄγκο του ὅταν τακῆ καὶ τὸ νερὸ αὐξάνει τὸν ὄγκο του ὅταν πήξη.

Ἡ ἀνωμαλία αὐτὴ τοῦ νεροῦ, τὸ ὁποῖο δὲν ἀκολουθεῖ τὸν γενικὸ νόμο τῆς διαστολῆς τῶν σωμάτων, ἔχει σπουδαῖες καὶ ἐνδιαφέρουσες συνέπειες. Ἔτσι τὸν χειμῶνα ὅταν στερεοποιῆται μέσα σὲ κλειστὰ δοχεῖα ἢ σὲ σωλῆνες τὸ νερὸ προκαλεῖ τὴν διάρρηξή τους.

Ἡ παγωνιὰ προκαλεῖ τὴν καταστροφὴ τῶν ἱστῶν τῶν δένδρων καὶ τῶν φυτῶν, πρᾶγμα ποὺ ἔχει σὰν συνέπεια τὴν ξήρανσή τους. Ὅταν τὸ νερό, ποὺ ἔχει εἰσχωρήσει μέσα στοὺς πόρους τῶν πετρωμάτων, πήξη, σπάζουν τὰ πετρώματα, καταστρέφεται ἡ συνοχή τους καὶ θρυμματίζονται.

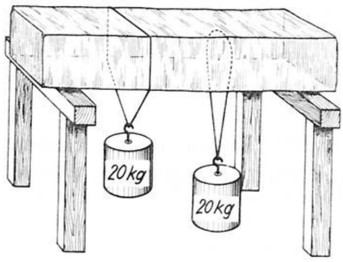
§ 229. Ἡ ἐπίδραση τῆς πιέσεως στὴν θερμοκρασία τήξεως τῶν σωμάτων. Τὸ σημεῖο τήξεως καὶ πήξεως τῶν διαφόρων σωμάτων ἐξαρτᾶται καὶ ἀπὸ τὴν ἐξωτερικὴ πίεση. Οἱ θερμοκρασίες τήξεως καὶ πήξεως ποὺ περιλαμβάνονται στὸν πίνακα τῆς § 226, σελ. 222, ἰσχύουν γιὰ κανονικὴ ἀτμοσφαιρικὴ πίεση. Τὸ πείραμα δείχνει πώς, ὅταν αὐξηθῆ ἡ ἐξωτερικὴ πίεση, ὑψώνεται ἡ θερμοκρασία τήξεως. Ἡ ὕψωση ὅμως αὐτὴ εἶναι πολὺ μικρὴ καὶ ἀσήμαντη γιὰ τὰ φαινόμενα τοῦ καθημερινοῦ βίου.

Ἀντίστροφα γιὰ ἐλάττωση τῆς ἐξωτερικῆς πιέσεως ἔχουμε πτώση τοῦ σημείου τήξεως. Ὥστε:

Ὅταν αὐξηθῆ ἡ ἐξωτερικὴ πίεση, ἡ θερμοκρασία τήξεως τῶν σωμάτων γενικῶς ὑψώνεται. Ἡ θερμοκρασία τήξεως χαμηλώνεται ὅταν ἡ ἐξωτερικὴ πίεση ἐλαττώνεται.

Περίπτωση πάγου. Πείραμα. Τοποθετοῦμε μιὰ κολώνα πάγου, ἡ θερμοκρασία τοῦ ὁποίου εἶναι κάτω ἀπὸ τοὺς 0 °C, στὰ ἄκρα δύο γειτονικῶν τραπεζιῶν καὶ περιβάλλουμε τὴν κολώνα μὲ ἕνα λεπτὸ μεταλλικὸ σύρμα, στὸ ὁποῖο κρεμᾶμε ἕνα βάρος (σχ. 306). Παρατηροῦμε ὅτι τὸ σύρμα εἰσχωρεῖ ὅλο καὶ βαθύτερα μέσα στὸν πάγο, ὕστερα δὲ ἀπὸ ὁρισμένο χρόνο, ἀφοῦ διαπεράση τὴν μάζα τοῦ πάγου, πέφτει στὸ πάτωμα χωρὶς ἡ κολώνα νὰ κοπῆ.

Τὸ σύρμα ἀσκεῖ στὸν πάγο μιὰ ἰσχυρὴ πίεση ἐξ αἰτίας τῆς ὁποίας ὁ πάγος λειώνει σὲ πιὸ χαμηλὴ θερμοκρασία ἀπὸ τοὺς 0 °C καὶ ἔτσι διευκολύνεται ἡ εἰσχώρηση τοῦ σύρματος. Τὸ νερὸ ὅμως τὸ



Σχ. 306. Ἀνάπηξη τοῦ πάγου.

ὁποῖο εὑρίσκεται ἐπάνω ἀπὸ τὸ σύρμα, ποὺ ἔχει εἰσχωρήσει στὴν μάζα τοῦ πάγου, παγώνει καὶ πάλι, διότι δὲν ὑφίσταται πλέον τὴν αὐξημένη πίεση τοῦ σύρματος. Ὥστε:

Ὅταν αὐξάνεται ἡ πίεση ποὺ ἐπιφέρεται στὸν πάγο, ἡ θερμοκρασία τήξεώς του κατεβαίνει.

Στὸ φαινόμενο αὐτὸ ὀφείλεται ἡ κίνηση τῶν παγετώνων. Ὁ παγετώνας ἔχει θερμοκρασία χαμηλότερη ἀπὸ 0 °C, κάτω ὅμως ἀπὸ τὴν μεγάλη πίεση ποὺ ἀσκεῖ στὴν βάση του, ὁ πάγος λυώνει σὲ θερμοκρασία μικρότερη ἀπὸ 0 °C καὶ ἔτσι ὁ παγετώνας μετακινεῖται. Τὸ νερὸ ὅμως ποὺ προκύπτει ἀπὸ τὴν τήξη μόλις ἐλευθερωθῆ ἀπὸ τὴν μεγάλη πίεση ξαναπαγώνει καὶ πάλι.

§ 230. Θερμότητα τήξεως τῶν σωμάτων.

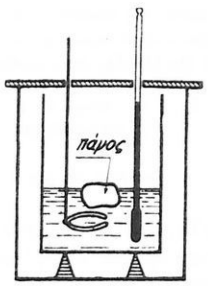
Ὅσο διαρκεῖ ἡ τήξη ἑνὸς στερεοῦ σώματος, τὸ σῶμα προσλαμβάνει θερμότητα. Ὡστόσο ἡ θερμοκρασία του δὲν ὑψώνεται, διότι ἡ θερμότητα αὐτὴ χρησιμεύει στὸ νὰ μεταβάλη τὸ σῶμα ἀπὸ στερεὸ σὲ ὑγρό.

Ὀνομάζουμε θερμότητα τήξεως ἑνὸς στερεοῦ σώματος τὴν ποσότητα θερμότητος τὴν ὁποία πρέπει νὰ προσδώσωμε σὲ 1 γραμμάριο αὐτοῦ τοῦ σώματος, ὅταν βρίσκεται σὲ στερεὴ κατάσταση καὶ στὴν θερμοκρασία τήξεώς του, γιὰ νὰ μεταπηδήση στὴν ὑγρὴ κατάσταση, χωρὶς ἀνύψωση τῆς θερμοκρασίας του.

Κατ' ἀνάλογο τρόπο ὁρίζουμε καὶ τὴν θερμότητα πήξεως ἑνὸς σώματος. Εὑρίσκεται δὲ ὅτι ἡ θερμότητα τήξεως εἶναι ἴση μὲ τὴν θερμότητα πήξεως ἑνὸς σώματος.

§ 231. Ὑπολογισμὸς τῆς θερμότητος τήξεως τοῦ πάγου.

Γιὰ νὰ ὑπολογίσωμε τὴν θερμότητα τήξεως τοῦ πάγου, τοποθετοῦμε σὲ ἕνα θερμιδόμετρο ἕνα κομμάτι πάγου ὁρισμένης μάζας καὶ μετροῦμε τὴν θερμότητα ποὺ ἀπερρόφησε ὁ πάγος γιὰ νὰ λυώση (σχ. 307).



Σχ. 307. Γιὰ τὴν μέτρηση τῆς θερμότητος τήξεως τοῦ πάγου.

Ἀριθμητικὸ παράδειγμα. Ἕνα θερμιδόμετρο ἀπὸ ὀρείχαλκο ἔχει μάζα 120 gr καὶ περιέχει 600 gr νερὸ θερμοκρασίας 19,65 °C. Βυθίζουμε στὸ θερμιδόμετρο ἕνα κομμάτι πάγο θερμοκρασίας 0 °C. Ὅταν λυώση ὅλος ὁ πάγος ἡ τελικὴ θερμοκρασία τοῦ συστήματος εἶναι 7,55 °C, ἡ δὲ μάζα τοῦ νεροῦ ἔχει αὐξηθῆ κατὰ 86 gr. Νὰ εὑρεθῆ ἡ θερμότητα τήξεως τοῦ πάγου. (Εἰδικὴ θερμότητα ὀρειχάλκου 0,095 cal/gr · grad).

Λύση. Ἡ θερμότητα Q_1, τὴν ὁποία ἔχασε τὸ θερμιδόμετρο καὶ τὸ νερὸ ποὺ περιέχει, εἶναι σύμφωνα μὲ τὸν τύπο:

$$Q_1 = (M \cdot c + m_1 \cdot c_1)\ (\theta_{\alpha\rho\chi} - \theta_{\tau\epsilon\lambda})$$

ὅπου M ἡ μάζα τοῦ θερμιδομέτρου, c ἡ εἰδικὴ

 8*

θερμότητα τοῦ ὀρειχάλκου, m_1 ἡ μάζα τοῦ νεροῦ τοῦ θερμιδομέτρου, c_1 ἡ εἰδικὴ θερμότητα τοῦ νεροῦ, $\theta_{αρχ}$ ἡ ἀρχικὴ θερμοκρασία καὶ $\theta_{τελ}$ ἡ τελικὴ θερμοκρασία τοῦ συστήματος.

Ἀντικαθιστοῦμε τὰ σύμβολα μὲ τὶς τιμές τους, δηλαδὴ $M = 120$ gr, $c = 0{,}095$ cal/gr · grad, $m_1 = 600$ gr, $c_1 = 1$ cal/gr · grad, $\theta_{αρχ} = 19{,}65$ °C καὶ $\theta_{τελ}$ 7,55 °C, ὁπότε βρίσκουμε ὅτι :

$$Q_1 = 7\,398 \text{ cal}$$

Ἐφ' ὅσον τελικὰ ἡ μάζα τοῦ νεροῦ αὐξήθηκε κατὰ 86 gr συμπεραίνουμε ὅτι ἡ μάζα τοῦ πάγου ἦταν 86 gr.

Τὸ νερό, τὸ ὁποῖο προέκυψε ἀπὸ τὴν τήξη τοῦ πάγου ἀνύψωσε τὴν θερμοκρασία του ἀπὸ τοὺς 0 °C στοὺς 7,55 °C καὶ ἑπομένως ἀπερρόφησε θερμότητα Q_2 ἴση μέ:

$$Q_2 = m_2 \cdot c \cdot (\theta_{τελ} - \theta'_{αρχ})$$

ὅπου : $m_2 = 86$ gr, $c = 1$cal/gr · grad, $\theta_{τελ} = 7{,}55$ °C, $\theta'_{αρχ} = 0$ °C, ὁπότε μὲ ἀντικατάσταση βρίσκουμε ὅτι :

$$Q_2 = 649 \text{ cal}$$

Τὸ ὑπόλοιπο τῆς ποσότητος θερμότητος Q ποὺ ἀποδόθηκε ἀπὸ τὸ θερμιδόμετρο καὶ τὸ νερό του, δηλαδὴ $Q = Q_1 - Q_2$, χρησιμοποιήθηκε γιὰ νὰ λυώσουν τὰ 86 gr τοῦ πάγου. Ἄρα ἡ θερμότητα τήξεως λ τοῦ πάγου θὰ εἶναι:

$$\lambda = \frac{(7\,398 - 649) \text{ cal}}{86 \text{ gr}}$$

Δηλαδή : $\boldsymbol{\lambda = 78{,}8}$ **cal/gr**

Οἱ ὑπολογισμοί μας ἔχουν ἀπὸ διάφορες αἰτίες ἀρκετὰ λάθη. Ἀκριβεῖς μετρήσεις ἔδειξαν ὅτι :

Ἡ θερμότητα τήξεως τοῦ πάγου εἶναι 80 cal/gr.

Κατὰ τὸν ἴδιο τρόπο βρίσκουμε μὲ ὑπολογισμὸ καὶ τὴν θερμότητα τήξεως διαφόρων ἄλλων σωμάτων.

§ 232. Ἐφαρμογὲς καὶ συνέπειες τῆς τιμῆς τῆς θερμότητος τήξεως τοῦ πάγου. Στὰ ψυγεῖα μὲ πάγο τοποθετοῦμε τρόφιμα γιὰ νὰ μὴ χαλάσουν. Πραγματικὰ ὅταν λυώνη ὁ πάγος ἀπορροφᾶ μεγάλες ποσότητες θερμότητος ἀπὸ τὸν ἀέρα καὶ ἔτσι ἡ θερμοκρασία τοῦ χώρου τοῦ ψυγείου κατεβαίνει, πράγμα τὸ ὁποῖο ἐμποδίζει τὴν ἀποσύνθεση τῶν τροφίμων.

Ὁ πάγος ἔχει μεγάλη θερμότητα τήξεως, γι' αὐτὸν τὸν λόγο ὅταν τὸ νερὸ θερμοκρασίας 0 °C στερεοποιεῖται, ἀποδίδει στὸ περιβάλλον μεγάλες ποσότητες θερμότητος καὶ ἔτσι ἡ θερμοκρασία τοῦ περιβάλλοντος ὑψώνεται. Ἀντιθέτως ὅταν ὁ πάγος λυώνη παίρνει μεγάλες ποσότητες θερμότητος καὶ ἔτσι τὸ περιβάλλον ψύχεται.

Θὰ ἔχωμε παρατηρήσει πὼς ὅταν χιονίζη δὲν κατεβαίνει ἡ θερμοκρασία τοῦ ἀέρος. Αὐτὸ ὀφείλεται στὸ ὅτι, ὅταν τὸ νερὸ παγώνη καὶ μεταβάλλεται σὲ χιόνι, ἀποδίδει στὸν ἀέρα μεγάλες ποσότητες θερμότητος καὶ ἔτσι ὁ ἀέρας θερμαίνεται.

Παραδείγματα θερμότητος τήξεως μερικῶν σωμάτων εἰς (cal/gr)

Ἀλουμίνιο	90	Θειάφι	9
Νερό (παγος)	80	Μόλυβδος	6
Σίδηρος	66	Ὑδράργυρος	3

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Τήξη εἶναι ἡ μετάβαση ἑνὸς τώματος ἀπὸ τὴν στερεὴ στὴν ὑγρὴ κατάσταση.

2. Πήξη εἶναι ἡ μετάβαση ἑνὸς σώματος ἀπὸ τὴν ὑγρὴ κατάσταση στὴν στερεή.

3. Θερμαίνουμε στερεὴ ναφθαλίνη καὶ σημειώνουμε κάθε τόσο τὴν θερμοκρασία της. Ἡ γραμμὴ ποὺ παριστάνει τὶς μεταβολὲς τῆς θερμοκρασίας σὲ σχέση πρὸς τὸν χρόνο ἀποτελεῖται ἀπὸ τρεῖς κλάδους, ὁ ἕνας ἀπὸ τοὺς ὁποίους εἶναι παράλληλος πρὸς τὸν ἄξονα τῶν χρόνων. Ὁ κλάδος αὐτὸς ἀντιστοιχεῖ στὴν διάρκεια τῆς τήξεως.

4. Ἡ ναφθαλίνη παθαίνει κρυσταλλικὴ τήξη, ἡ ὁποία συμβαίνει ἀπότομα. Ἀντιθέτως τὸ γυαλὶ δὲν τήκεται ἀπότομα ἀλλὰ περνᾶ ἀπὸ ἐνδιάμεσες πλαστικὲς καταστάσεις (ζυμώδεις καταστάσεις).

5. Ἕνα χημικῶς καθαρὸ σῶμα, ὅταν ἡ ἐξωτερικὴ πίεση διατηρῆται σταθερή, τήκεται σὲ ὁρισμένη θερμοκρασία ἡ ὁποία παραμένει στάσιμη κατὰ τὴν διάρκεια τῆς τήξεως καὶ ἡ ὁποία ὀνομάζεται θερμοκρασία ἢ σημεῖο τήξεως.

6. Ἕνα χημικῶς καθαρὸ σῶμα, ὅταν ἡ ἐξωτερικὴ πίεση διατηρῆται σταθερή, πήζει σὲ μιὰν ὁρισμένη θερμοκρασία, ἡ ὁποία παραμένει στάσιμη κατὰ τὴν διάρκεια τῆς πήξεως καὶ ἡ ὁποία ὀνομάζεται θερμοκρασία ἢ σημεῖο πήξεως.

7. Ἡ θερμοκρασία πήξεως εἶναι ἡ ἴδια μὲ τὴν θερμοκρασία τήξεως ἑνὸς σώματος.

8. Ἕνα σῶμα εὑρίσκεται σὲ ὑστέρηση πήξεως, ὅταν ἐξακολουθῆ νὰ παραμένη σὲ ὑγρὴ κατάσταση, ἐνῶ ἔχει ψυχθῆ κάτω ἀπὸ τὴν θερμοκρασία τήξεώς του.

9. Τὰ περισσότερα στερεὰ αὐξάνουν τὸν ὄγκον τους ὅταν τήκωνται. Ὁ πάγος ἐλαττώνει τὸν ὄγκον του ὅταν τήκεται.

10. Ἡ θερμότητα τήξεως ἑνὸς σώματος εἶναι ἴση μὲ τὴν ποσότητα θερμότητος τὴν ὁποία πρέπει νὰ δώσωμε σὲ ἕνα γραμμάριο αὐτοῦ τοῦ σώματος, σὲ στερεὴ κατάσταση καὶ στὴν θερμοκρασία τήξεως, γιὰ νὰ μεταπηδήση στὴν ὑγρὴ κατάσταση χωρὶς ἀνύψωση τῆς θερμοκρασίας.

11. Ἡ θερμότητα τήξεως τοῦ πάγου εἶναι πολὺ μεγάλη καὶ ἴση πρὸς 80 cal/gr.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Στοὺς 0 °C ἡ πυκνότητα τοῦ πάγου εἶναι 0,92 kg/dm³ καὶ τοῦ νεροῦ 1 kg/dm³. Πόσον ὄγκο θὰ ἔχη ὁ πάγος ποὺ προέρχεται ἀπὸ τὴν στερεοποίηση 50 λίτρων νεροῦ *('Απ. 54,35 l.)*

2. Ἕνα κομμάτι πάγου θερμοκρασίας 0 °C ἔχει μάζα 175 gr. Νὰ ὑπολογισθῆ ἡ ποσότητα τῆς θερμότητος ποὺ πρέπει νὰ τοῦ δώσωμε γιὰ νὰ λυώση πρῶτα καὶ μετὰ τὸ νερὸ τῆς τήξεως νὰ ἀποκτήση θερμοκρασία 10 °C. Ἡ θερμότητα τήξεως τοῦ πάγου εἶναι 80 cal/gr.

('Απ. 15 750 cal.)

3. Πόση μάζα πάγου θερμοκρασίας —18 °C μπορεῖ νὰ τακῆ ἀπὸ 3 kg νερὸ θερμοκρασίας 50 °C. Εἰδικὴ θερμότητα τοῦ πάγου c = 0,5 cal/gr · grad. *('Απ. 563,7 gr.)*

4. Ἀναμιγνύουμε 1 kg πάγου θερμοκρασίας —15 °C μὲ 8 kg νεροῦ θερμοκρασίας 75 °C. Νὰ εὑρεθῆ ἡ τελικὴ θερμοκρασία μετὰ τὴν ὁλοκληρωτικὴ τήξη τοῦ πάγου. Εἰδικὴ θερμότητα πάγου c = 0,5 cal/gr · grad. *('Απ. 56,9 °C.)*

5. Μέσα σὲ ἕνα θερμιδόμετρο χύνουμε 600 gr νεροῦ ποὺ βράζει καὶ 500 gr πάγου θερμοκρασίας —4 °C. Νὰ εὑρεθῆ ἡ τελικὴ θερμοκρασία τοῦ μείγματος. *('Απ. 17,3 °C.)*

6. Οἱ στῆλες τοῦ πάγου ποὺ πουλιοῦνται στὸ ἐμπόριο ἔχουν σχῆμα ὀρθογωνίου παραλληλεπιπέδου μὲ τὶς ἑξῆς διαστάσεις: Μῆκος 98 cm καὶ διατομὴ 16 cm × 28 cm. Νὰ ὑπολογισθοῦν: α) Ὁ ὄγκος μιᾶς στήλης πάγου. β) Ἡ μάζα μιᾶς στήλης πάγου, ἐὰν ἡ πυκνότητα τοῦ πάγου στοὺς 0 °C εἶναι 0,92 kg/l. γ) Ὁ ὄγκος τοῦ νεροῦ ποὺ χρειάζεται γιὰ νὰ κατασκευασθοῦν 125 στῆλες πάγου. Εἰδικὸ βάρος τοῦ νεροῦ στοὺς 0 °C 1 kp/l.
('Απ. α' V = 43,9 l. β' 40,4 kg. γ' 5 048,7 l.)

ΛΘ' – ΕΞΑΕΡΩΣΗ

§ 233. Ἐξαέρωση καὶ συμπύκνωση. Πειράματα. 1. Διαβρέχουμε μὲ αἰθέρα ἕνα κομμάτι βαμβάκι. Τὸ βαμβάκι ξηραίνεται γρήγορα καὶ αἰσθανόμαστε τὸ ἄρωμα τοῦ αἰθέρος σὲ ὅλο τὸ δωμάτιο. Ὁ αἰθέρας μεταβλήθηκε σὲ ἀόρατο ἀτμὸ καὶ λέμε ὅτι ἐ ξ α ε ρ ώ θ η κ ε.

2. Ἂν ἔχωμε σὲ μιὰ ρηχὴ λεκάνη νερό, παρατηροῦμε ὅτι τὸ νερὸ ἐξαφανίζεται σιγὰ - σιγά. Μεταβάλλεται καὶ αὐτὸ σὲ ἀτμὸ ὁ ὁποῖος διασκορπίζεται στὴν ἀτμόσφαιρα. Λέμε τότε πὼς τὸ νερὸ ἐ ξ α τ μ ί σ θ η κ ε.

3. Παρατηροῦμε τὸ νερὸ ποὺ βράζει σὲ ἕνα δοχεῖο. Φυσαλλίδες ἀτμοῦ σχηματίζονται στὸ ἐσωτερικὸ τοῦ ὑγροῦ καὶ ἀνέρχονται στὴν ἐπιφάνειά του.

Σὲ κάθε μιὰ ἀπὸ τὶς παραπάνω περιπτώσεις συμβαίνει μετάβαση ἑνὸς σώματος ἀπὸ τὴν ὑγρὴ στὴν ἀέρια κατάσταση. Αὐτὴ ἡ μεταβολὴ τῆς καταστάσεως ὀνομάζεται γενικὰ ἐ ξ α έ ρ ω σ η. Ὥστε:

Ἐξαέρωση ἑνὸς σώματος ὀνομάζουμε τὴν μετάβαση τοῦ σώματος ἀπὸ τὴν ὑγρὴ στὴν ἀέρια κατάσταση.

Οἱ πιὸ συνηθισμένοι τρόποι ἐξαερώσεως εἶναι ἡ ἐξάτμιση καὶ ὁ βρασμός, τὸ δὲ ἀέριο ποὺ προκύπτει ἀπὸ τὴν ἐξαέρωση λέγεται **ἀτμός.**

Ἀντίστροφα οἱ ἀτμοὶ τοῦ νεροῦ μεταβάλλονται σὲ ὑγρὸ νερὸ ὅταν ψυχθοῦν. Τὸ φαινόμενο αὐτὸ παρατηροῦμε ἂν τοποθετήσωμε ἕνα ψυχρὸ κάλυμμα πάνω σὲ μιὰ χύτρα ποὺ περιέχει βραστὸ νερό. Λέμε τότε πὼς ὁ ἀτμὸς τοῦ νεροῦ σ υ μ π υ κ ν ώ θ η κ ε ἢ πὼς ὑ γ ρ ο π ο ι ή θ η κ ε. Ὥστε:

Ὑγροποίηση ἢ συμπύκνωση εἶναι ἡ μετάβαση ἑνὸς σώματος ἀπὸ τὴν ἀέρια κατάσταση στὴν ὑγρή. Ἡ μεταβολὴ αὐτὴ εἶναι ἀντίστροφη ἀπὸ τὴν ἐξαέρωση.

§ 234. Ἐξάτμιση. Παρατηρήσεις. Ὅταν ἀφήσωμε στὸν ἀέρα βρεγμένα ροῦχα στεγνώνουν ὕστερα ἀπὸ ὁρισμένο χρονικὸ διάστημα. Τὸ νερὸ ποὺ περιέχουν παρουσιάζει μιὰ μεγάλη ἐπιφάνεια ἐπαφῆς μὲ τὸν ἀέρα, ἐξαερώνεται σιγὰ - σιγὰ καὶ μεταβάλλεται σὲ ὑδρατμὸ ὁ ὁποῖος διασκορπίζεται στὴν ἀτμόσφαιρα.

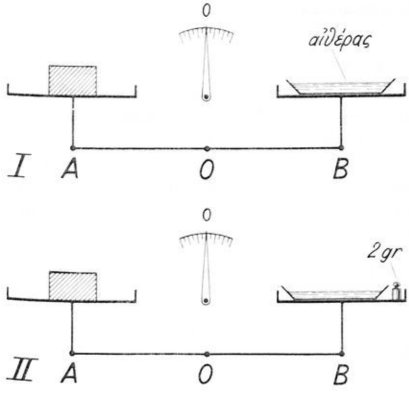
Ἂν ἀφήσωμε ἕνα μπουκάλι μὲ αἰθέρα ἀνοικτό, παρατηροῦμε πὼς ὁ αἰθέρας ἐξαφανίζεται σιγὰ - σιγά. Τὸ ἴδιο παρατηροῦμε μὲ τὸ οἰνόπνευμα καὶ ἄλλα σώματα. Λέμε τότε πὼς τὸ νερό, ὁ αἰθέρας καὶ τὸ οἰνόπνευμα ἐξατμίστηκαν. Ὥστε:

Ἐξάτμιση ὀνομάζεται ἡ ἀργὴ ἐξαέρωση ἡ ὁποία συμβαίνει στὴν ἐπιφάνεια ἑνὸς ὑγροῦ ποὺ εὑρίσκεται σὲ ἐπαφὴ μὲ τὴν ἀτμόσφαιρα.

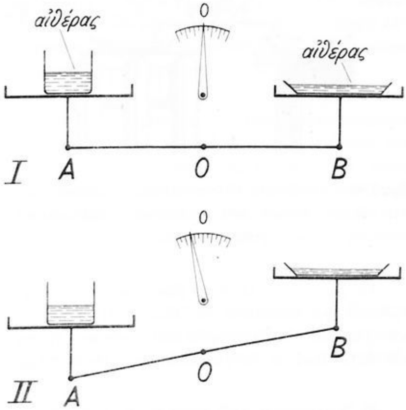
Ἡ ἐξάτμιση ἑνὸς ὑγροῦ στὸν ἀέρα γίνεται προοδευτικὰ σὲ περισσότερο ἢ λιγώτερο χρονικὸ διάστημα. Εἶναι ὅμως συνεχὴς καὶ σταματᾶ μόνον ὅταν ἐξαντληθῆ ὅλο τὸ ὑγρό.

§ 235. Ταχύτητα ἐξατμίσεως. Πείραμα. Θέτουμε αἰθέρα σὲ μιὰ λεκάνη, τοποθετημένη στὸν δίσκο ἑνὸς ζυγοῦ, καὶ ἰσορροποῦμε μὲ σταθμὰ στὸν ἄλλο δίσκο (σχ. 308). Σὲ λίγο ἡ ἰσορροπία καταστρέφεται καὶ ὁ ζυγὸς γέρνει πρὸς τὸ μέρος τῶν σταθμῶν.

Ὕστερα ἀπὸ λίγο, π.χ. ὕστερα ἀπὸ 5 λεπτά, πρέπει νὰ προσθέσωμε σταθμὰ μάζας 2 gr γιὰ νὰ ἀποκαταστήσωμε τὴν ἰσορροπία. Ὕστερα ἀπὸ 5 λεπτὰ ἀκόμη



Σχ. 308. Μέτρηση τῆς ταχύτητος ἐξαερώσεως τοῦ αἰθέρος.



Σχ. 309. Ὁ αἰθέρας ἐξαερώνεται πιὸ γρήγορα στὴν πλατειὰ λεκάνη.

χρειάζονται σταθμὰ 4 γραμμαρίων. Ὥστε σὲ διάστημα 5 λεπτῶν ἐξατμίστηκαν 2 γραμμάρια αἰθέρος ἢ 0,4 gr σὲ κάθε λεπτό. Μὲ αὐτὸν τὸν τρόπο μποροῦμε νὰ ὑπολογίσωμε τὴν ταχύτητα ἐξατμίσεως ἑνὸς ὑγροῦ. Ὥστε :

Ταχύτητα ἐξατμίσεως ἑνὸς ὑγροῦ ὀνομάζεται ἡ μάζα τοῦ ὑγροῦ, ἡ ὁποία ἐξατμίζεται στὴν μονάδα τοῦ χρόνου.

Ἡ ταχύτητα ἐξατμίσεως μεταβάλλεται ἀπὸ τὸ ἕνα ὑγρὸ στὸ ἄλλο. Μερικὰ ὑγρὰ ὅπως ὁ ὑδράργυρος καὶ τὸ λάδι δὲν ἐξατμίζονται πρακτικῶς στὴν συνηθισμένη θερμοκρασία.

Ἡ ταχύτητα ἐξατμίσεως ἑνὸς ὑγροῦ ἐξαρτᾶται ἀπὸ πολλοὺς παράγοντες.

1) Ἐπίδραση τῆς ἐλεύθερης ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ. Χύνουμε τὴν ἴδια ποσότητα αἰθέρος σὲ μιὰ ρηχὴ λεκάνη καὶ σὲ ἕνα ἰσοβαρὲς πρὸς τὴν λεκάνη κυλινδρικὸ δοχεῖο, π.χ. σὲ ἕνα ποτήρι, καὶ τοποθετοῦμε τὰ δύο αὐτὰ δοχεῖα στοὺς δίσκους ἑνὸς ζυγοῦ (σχ. 309, I). Ὕστερα ἀπὸ λίγο παρατηροῦμε ὅτι ἡ φάλαγγα τοῦ ζυγοῦ κλίνει πρὸς τὸ μέρος τοῦ ποτηριοῦ (σχ. 309, II). Ἡ ἐξάτμιση τοῦ αἰθέρος εἶναι ἑπομένως πιὸ γρήγορη στὴν λεκάνη ἀπὸ ὅτι στὸ ποτήρι. Ἡ ἐπιφάνεια ἐπαφῆς τοῦ ὑγροῦ μὲ τὸν ἀέρα εἶναι μεγαλύτερη στὴν λεκάνη ἀπὸ ὅτι στὸ ποτήρι.

Πειραματικῶς ἀποδεικνύεται ὅτι :

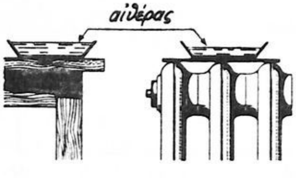
Ἡ ταχύτητα ἐξατμίσεως εἶναι ἀνάλογη μὲ τὴν ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ.

Γιὰ νὰ αὐξήσωμε τὴν ἐπιφάνεια ἐπαφῆς μὲ τὸν ἀέρα τοῦ νεροῦ ποὺ περιέχεται στὰ βρεγμένα ροῦχα τὰ ἁπλώνουμε καὶ στεγνώνουν γρηγορώτερα.

Οἱ ἁλυκὲς ὅπου ἡ ἐξάτμιση τοῦ θαλασσινοῦ νεροῦ πρέπει νὰ εἶναι πολὺ γρήγορη, εἶναι ρηχὲς ἀλλὰ πολὺ ἐκτεταμένες.

2) Ἐπίδραση τῆς θερμοκρασίας. Πείραμα. Δύο λεκάνες περιέχουν τὴν ἴδια ποσότητα αἰθέρος. Τοποθετοῦμε τὴν πρώτη ἐπάνω σὲ ἕνα τραπέζι καὶ τὴν δεύτερη στὸ θερμὸ σῶμα τοῦ καλοριφέρ. Ὁ αἰθέρας ἐξαφανίζεται πολὺ πιὸ γρήγορα στὴν δεύτερη λεκάνη (σχ. 310). (Εἶναι ἐπικίνδυνο νὰ ἐξαερώσωμε αἰθέρα θερμαίνοντάς των σὲ μιὰν ἑστία, διότι οἱ ἀτμοὶ τοῦ αἰθέρος ἀναφλέγονται εὔκολα). Ὥστε :

Ἡ ταχύτητα ἐξατμίσεως αὐξάνεται ὅταν ὑψώνεται ἡ θερμοκρασία.

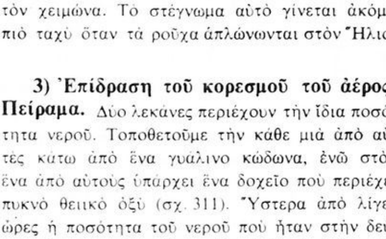


Σχ. 310. Ὁ αἰθέρας τῆς λεκάνης, ποὺ βρίσκεται στὸ θερμὸ σῶμα τοῦ καλοριφέρ, ἐξατμίζεται γρηγορώτερα.

Γι' αὐτὸν τὸν λόγο τὰ βρεγμένα ροῦχα στεγνώνουν γρηγορώτερα τὸ καλοκαίρι, ἀπὸ ὅτι τὸν χειμώνα. Τὸ στέγνωμα αὐτὸ γίνεται ἀκόμα πιὸ ταχὺ ὅταν τὰ ροῦχα ἁπλώνωνται στὸν Ἥλιο.

3) Ἐπίδραση τοῦ κορεσμοῦ τοῦ ἀέρος. Πείραμα. Δύο λεκάνες περιέχουν τὴν ἴδια ποσότητα νεροῦ. Τοποθετοῦμε τὴν κάθε μιὰ ἀπὸ αὐτὲς κάτω ἀπὸ ἕνα γυάλινο κώδωνα, ἐνῶ στὸν ἕνα ἀπὸ αὐτοὺς ὑπάρχει ἕνα δοχεῖο ποὺ περιέχει πυκνὸ θειικὸ ὀξὺ (σχ. 311). Ὕστερα ἀπὸ λίγες ὧρες ἡ ποσότητα τοῦ νεροῦ ποὺ ἦταν στὴν δεύτερη λεκάνη ἔχει ἐλαττωθῆ αἰσθητὰ ἐνῶ στὴν πρώτη ἡ ἐξάτμιση εἶναι ἀσήμαντη.

Ἡ ἀτμόσφαιρα τοῦ πρώτου κώδωνα εἶναι πολὺ πλούσια σὲ ὑδρατμούς, οἱ ὁποῖοι συμπυκνώνονται ὑπὸ μορφὴ σταγονιδίων στὰ ἐσωτερικὰ τειχώματα τοῦ κώδωνος. Στὴν περίπτωση αὐτὴ λέμε ὅτι ἡ ἀτμόσφαιρα μέσα στὸν κώδωνα εἶναι κ ο ρ ε σ μ έ ν η ἀπὸ ὑδρατμούς.



Σχ. 311. Τὸ νερὸ δὲν ἐξατμίζεται σὲ μιὰ κορεσμένη ἀτμόσφαιρα.

Ἡ ἀτμόσφαιρα στὸν ἄλλο κώδωνα δὲν εἶναι κορεσμένη ἐπειδὴ τὸ θειικὸν ὀξὺ ἀπορροφᾶ τοὺς ὑδρατμοὺς ποὺ σχηματίζονται. Ὥστε:

Ἡ ταχύτητα ἐξατμίσεως ἑνὸς ὑγροῦ εἶναι μεγαλύτερη ὅταν ἡ ἀτμόσφαιρα περιέχῃ μικρότερη ποσότητα ἀτμῶν ἀπὸ αὐτὸ τὸ ὑγρό. Ἡ ἐξάτμιση σταματᾶ ὅταν ἡ ἀτμόσφαιρα κορεσθῆ.

4) Ἐπίδραση τῆς πιέσεως. Ἡ ἀντικατάσταση τοῦ ἀέρος ποὺ βρίσκεται πάνω ἀπὸ ἕνα ὑγρὸ ἐνισχύει τὴν ἐξάτμιση, ὅπως συμπεραίνουμε ἀπὸ τὰ προηγούμενα.

Τὸ πείραμα δείχνει πὼς ἡ ἐξάτμιση ἐνισχύεται καὶ μὲ τὴν ἀραίωση τοῦ ἀέρος ποὺ βρίσκεται πάνω ἀπὸ ἕνα ὑγρό, μποροῦμε δὲ νὰ διαπιστώσωμε πειραματικῶς ὅτι:

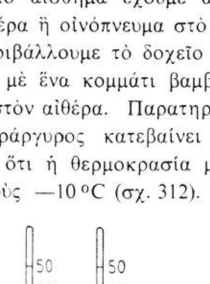
Ἡ ταχύτητα ἐξατμίσεως ἑνὸς ὑγροῦ εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογη πρὸς τὴν ἐξωτερικὴ πίεση ποὺ ἀσκεῖται στὴν ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ.

§ 236. Ψῦχος παραγόμενο κατὰ τὴν ἐξάτμιση. Πειράματα καὶ παρατηρήσεις.

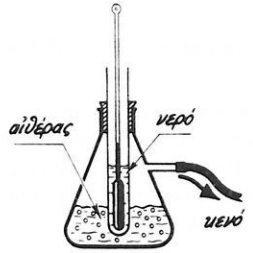
α) Ὅταν βγαίνωμε ἀπὸ τὸ λουτρό, νοιώθουμε ἕνα αἴσθημα δροσεράδας, προπάντων ὅταν φυσᾶ ὁ ἄνεμος. Αὐτὸ τὸ αἴσθημα ὀφείλεται στὴν ἐξάτμιση τοῦ νεροῦ ποὺ ἔχει μείνει στὸ σῶμα μας.

Τὸ ἴδιο αἴσθημα ἔχουμε ἂν ρίξωμε λίγον αἰθέρα ἢ οἰνόπνευμα στὸ χέρι μας.

β) Περιβάλλουμε τὸ δοχεῖο ἑνὸς θερμομέτρου μὲ ἕνα κομμάτι βαμβάκι, βουτηγμένο στὸν αἰθέρα. Παρατηροῦμε τότε πὼς ὁ ὑδράργυρος κατεβαίνει μὲ ταχύτητα καὶ ὅτι ἡ θερμοκρασία μπορεῖ νὰ φθάσῃ τοὺς —10 °C (σχ. 312).



Σχ. 312. Ἡ ἐξαέρωση τοῦ αἰθέρος προκαλεῖ ψῦχος.



Σχ. 313. Ἡ γρήγορη ἐξαέρωση τοῦ αἰθέρος παγώνει τὸ νερό.

γ) Παίρνουμε ἕνα κωνικὸ δοχεῖο στὸ ἕνα πλευρὸ τοῦ ὁποίου ὑπάρχει σωλήνας ὁ ὁποῖος συγκοινωνεῖ μὲ μιὰν ἀεραντλία (σχ. 313) καὶ ρίχνουμε μέσα στὸ δοχεῖο αἰθέρα. Βυθίζουμε στὸ ἐσωτερικὸ τοῦ δοχείου ἕναν δοκιμαστικὸ σωλήνα, ὁ ὁποῖος κλίνει ἀεροστεγῶς τὸν λαιμὸ τοῦ δοχείου μὲ ἕνα πῶμα. Ρίχνουμε λίγο νερὸ στὸν δοκιμαστικὸ σωλήνα καὶ βυθίζουμε ἕνα θερμόμετρο μέσα στὸ νερό. Ὕστερα ἀρχίζουμε νὰ ἀφαιροῦμε μὲ τὴν ἀντλία τὸν ἀέρα ποὺ περιέχει τὸ δοχεῖο. Παρατηροῦμε τότε πὼς ἡ θερμοκρασία τοῦ νεροῦ ἀρχίζει νὰ κατεβαίνῃ ταχύτατα καὶ πὼς ὕστερα ἀπὸ λίγο τὸ νερὸ ἔχει παγώσει ἐντελῶς. Ὥστε :

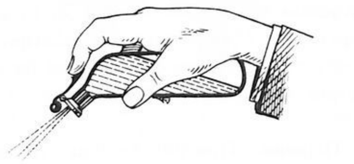
Κατὰ τὴν ἐξάτμιση ἑνὸς ὑγροῦ παράγεται ψῦχος.

Ἐφαρμογὲς τῆς ἐξατμίσεως. α) Κατὰ τὸ καλοκαίρι ἡ ἐξάτμιση τοῦ ἱδρῶτος, ποὺ προκαλεῖται στὴν ἐπιφάνεια τῆς ἐπιδερμίδος, ψύχει τὸν ὀργανισμό μας καὶ χρησιμεύει στὸ νὰ διατηρῇ σταθερὴ τὴν θερμοκρασία τοῦ σώματος.

β) Ἕνα δοχεῖο μὲ νερὸ διατηρεῖται δροσερὸ ἂν περιβάλλεται μὲ ἕνα βρεγμένο ὕφασμα καὶ τοποθετηθῇ σὲ σκιερὸ μέρος. Γι᾽ αὐτὸν τὸν λόγο, στὶς θερμὲς περιοχὲς καὶ ἐκεῖ ὅπου οἱ ἄνθρωποι δὲν διαθέτουν ψυγεῖα, χρησιμοποιοῦν εἰδικὰ πορώδη δοχεῖα (κανάτια) γιὰ νὰ διατηροῦν δροσερὸ τὸ νερό.

γ) Τὸ ψῦχος ποὺ προκαλεῖται ἀπὸ τὴν ἐξάτμιση τῶν πολὺ πτητικῶν ὑγρῶν (π.χ. ἀμμωνίας) χρησιμεύει στὴν βιομηχανία τῆς παρασκευῆς τοῦ πάγου.

δ) Στὴν Ἰατρικὴ χρησιμεύει ἡ διάταξη τοῦ σχήματος 314 γιὰ παραγωγὴ τοπικῆς ἀναισθησίας μὲ ψύξη. Ἡ ἀναισθησία αὐτὴ προκαλεῖται κατὰ τὴν ἐξαέρωση τοῦ χλωριούχου αἰθυλίου.



Σχ. 314. Γιὰ τὴν παραγωγὴ τοπικῆς ἀναισθησίας.

ε) Τὸ καλοκαίρι καταβρέχουμε τὸ ἔδαφος προκαλώντας μὲ τὴν ἐξάτμιση τοῦ νεροῦ μιὰ μικρὴ τοπικὴ πτώση τῆς θερμοκρασίας.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Ἐξαέρωση εἶναι ἡ μετάβαση ἑνὸς σώματος ἀπὸ τὴν ὑγρὴ στὴν ἀέρια κατάσταση.

2. Ἡ ἐξάτμιση καὶ ὁ βρασμὸς εἶναι οἱ δύο σπουδαιότεροι τρόποι ἐξαερώσεως.

3. Ἡ συμπύκνωση ἢ ὑγροποίηση εἶναι ἡ μεταβολὴ ἑνὸς σώματος ἀπὸ τὴν ἀέρια κατάσταση στὴν ὑγρή.

4. Ἐξάτμιση εἶναι ἡ ἀργὴ ἐξαέρωση ἑνὸς ὑγροῦ, ἡ ὁποία γίνεται ἀπὸ τὴν ἐπιφάνεια ἐπαφῆς τοῦ ὑγροῦ μὲ τὴν ἀτμόσφαιρα.

5. Ἡ ἐξάτμιση ἑνὸς ὑγροῦ εἶναι συνεχὴς μέχρις ὅτου ἐξαντληθῆ ὅλη ἡ μάζα τοῦ ὑγροῦ.

6. Ἡ ταχύτητα ἐξατμίσεως ἑνὸς ὑγροῦ ἐκφράζεται μὲ τὴν μάζα τοῦ ὑγροῦ, ἡ ὁποία ἐξατμίζεται στὴν μονάδα τοῦ χρόνου.

7. Ἡ ταχύτητα ἐξατμίσεως ἑνὸς ὑγροῦ εἶναι: α) ἀνάλογη πρὸς τὴν ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ, β) αὐξάνεται μὲ τὴν θερμοκρασία, γ) εἶναι τόσο μεγαλύτερη ὅσο μικρότερη ποσότητα ἀτμῶν τοῦ ὑγροῦ ἔχει ἡ ἀτμόσφαιρα, δ) ἐνισχύεται μὲ τὴν κίνηση τοῦ ἀέρος, ε) εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογη πρὸς τὴν ἐξωτερικὴ ἀτμοσφαιρικὴ πίεση, ποὺ ἀσκεῖται στὴν ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ.

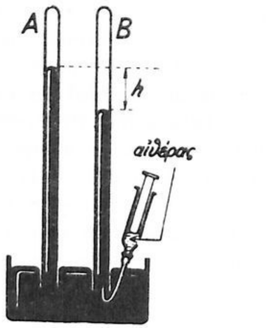
8. Τὸ ἀέριο ποὺ παράγεται κατὰ τὴν ἐξαέρωση ἑνὸς ὑγροῦ ὀνομάζεται ἀτμός.

9. Γιὰ νὰ ἐξατμιστῆ ἕνα ὑγρὸ χρειάζεται θερμότητα. Γι᾿ αὐτὸν τὸν λόγο ἡ ἐξάτμιση ἑνὸς ὑγροῦ προκαλεῖ ψῦχος.

Μ΄—ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΑΤΜΩΝ. ΥΓΡΑΣΙΑ ΤΟΥ ΑΕΡΟΣ

§ 237. **Ἐξαέρωση στὸ κενό.** Ἡ παρουσία τοῦ ἀέρος πάνω ἀπὸ τὴν ἐλεύθερη ἐπιφάνεια ἑνὸς ὑγροῦ δυσκολεύει τὸ φαινόμενο τῆς ἐξαερώσεως. Θὰ μελετήσωμε πρῶτα τὴν ἐξαέρωση στὸ κενὸ καὶ ὕστερα σὲ μιὰ περιορισμένη ἀτμόσφαιρα.

Πείραμα. Πραγματοποιοῦμε τὸ πείραμα τοῦ Τορρικέλλη χρησιμοποιώντας δύο σωλῆνες γυάλινους Α καὶ Β (σχ. 315). Ὁ βαρομετρικὸς θάλαμος τοῦ σωλῆνος Β εἶναι τὸ κενὸ μέσα στὸ ὁποῖο θὰ ἐξατμίσωμε ἕνα ὑγρό. Ὁ σωλήνας Α θὰ χρησιμεύση γιὰ τὴν σύγκριση τῶν πιέσεων.

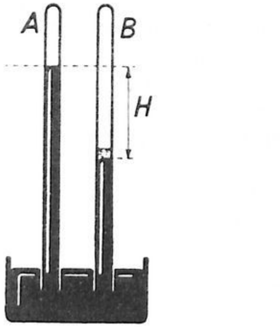


Σχ. 315. Γιὰ τὴν σπουδὴ τῆς ἐξαερώσεως στὸ κενό.

Μὲ μιὰ σύριγγα, ἡ ὁποία ἔχει γαμψὴ βελόνα, εἰσάγουμε μίαν ἢ δύο σταγόνες αἰθέρος στὸ κατώτατο σημεῖο τοῦ σωλῆνος Β. Ὁ ὑγρὸς αἰθέρας ἀνεβαίνει ἐπάνω στὸν ὑδράργυρο καὶ ἐξαφανίζεται ἀμέσως ὅταν φθάση στὸν βαρομετρικὸ θάλαμο. Παρατηροῦμε τότε πὼς ἡ ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου κατεβαίνει ἀπότομα κατὰ ἕνα ὕψος h, τὸ ὁποῖο ἔστω ὅτι εἶναι 15 cm στὸ πείραμά μας. Ἑπομένως ἡ πίεση τῶν ἀτμῶν τοῦ αἰθέρος ποὺ βρίσκεται στὸν βαρομετρικὸ θάλαμο εἶναι ἴση μὲ 15 cm στήλης ὑδραργύρου. Ἴχνη ὑγροῦ αἰθέρος δὲν ὑπάρχουν στὸν βαρομετρικὸ θάλαμο. Στὴν περίπτωση αὐτὴ λέμε ὅτι οἱ ἀτμοὶ τοῦ αἰθέρος εἶναι ξηροί.

Προσθέτουμε καινούργιες σταγόνες αἰθέρος. Τὸ ὑγρὸ ἐξατμίζεται χωρὶς νὰ ἀφήνη κανένα ὑγρὸ στρῶμα πάνω ἀπὸ τὸν ὑδράργυρο, ὁ ὁποῖος ἐξακολουθεῖ νὰ κατεβαίνη ἀκόμα σὲ κάθε καινούργια εἰσαγωγὴ αἰθέρος. Φθάνει ὅμως μιὰ στιγμὴ κατὰ τὴν ὁποίαν ὁ εἰσαγόμενος αἰθέρας δὲν ἐξαερώνεται πλέον ἀλλὰ σχηματίζει ἕνα στρῶμα ὑγροῦ, πάνω ἀπὸ τὸν ὑδράργυρο. Τὸ ὑγρὸ στρῶμα τοῦ αἰθέρος αὐξάνεται σὲ ὕψος μὲ κάθε νέα προσθήκη ὑγροῦ αἰθέρος. Λέμε τότε ὅτι ὁ βαρομετρικὸς θάλαμος εἶναι κ ο ρ ε σ μ έ ν ο ς ἀπὸ ἀτμοὺς ἢ ὅτι οἱ ἀτμοὶ τοῦ αἰθέρος εἶναι κ ο ρ ε σ μ έ ν ο ι.

§ 238. **Τάση κορεσμένου ἀτμοῦ.** Οἱ ἀτμοὶ τοῦ αἰθέρος ἀπόκτησαν τὴν μεγαλύτερή τους πίεση H cm Hg, ἴση π.χ. μὲ 44 cm Hg, στὴν θερμοκρασία τοῦ πειράματος (σχ. 316).



Σχ. 316. Ἡ τάση τῶν κορεσμένων ἀτμῶν τοῦ αἰθέρος εἶναι ἴση μὲ H cm Hg.

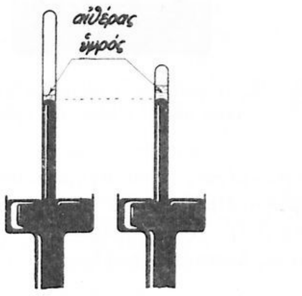
Εἶναι ἀδύνατον νὰ ἔχωμε στὴν θερμοκρασία τοῦ πειράματος ἀτμοὺς αἰθέρος, τοῦ ὁποίου ἡ πίεση νὰ εἶναι μεγαλύτερη ἀπὸ 44 cm ὑδραργυρικῆς στήλης. Αὐτὴ ἡ τιμὴ τῆς πιέσεως ὀνομάζεται **μεγίστη πίεση τῶν ἀτμῶν** ἢ ἀκόμα **τάση τῶν ἀτμῶν.**

Ἀπὸ τὰ παραπάνω συμπεραίνουμε ὅτι:

α) Ἡ ἐξαέρωση στὸ κενὸ εἶναι στιγμιαία καὶ περιορισμένη, σταματᾶ δὲ ὅταν ὁ ἀτμὸς κορεσθῆ.

β) Τάση τοῦ κορεσμένου ἀτμοῦ ὀνομάζεται ἡ μεγίστη πίεση ποὺ μπορεῖ νὰ ἀποκτήση ὁ κορεσμένος ἀτμὸς ἑνὸς ὑγροῦ σὲ μιὰν ὁρισμένη θερμοκρασία.

§ 239. **Ἰδιότητες τῶν κορεσμένων ἀτμῶν. α) Ἡ τάση εἶναι ἀνεξάρτητη τοῦ ὄγκου.** Βυθίζουμε σὲ μιὰ βαθειὰ λεκάνη ἕνα βαρομετρικὸ σωλῆνα ὁ ὁποῖος περιέχει κορεσμένο ἀτμὸ αἰθέρος (σχ. 317). Ὁ ὄγκος ποὺ καταλαμβάνει ὁ ἀτμὸς ἐλαττώνεται ἐνῶ τὸ στρῶμα τοῦ ὑγροῦ αἰθέρος πάνω ἀπὸ τὸν ὑδράργυρο αὐξάνεται σὲ πάχος. Τὸ ὕψος ὅμως τοῦ ὑδραργύρου στὸν βαρομετρικὸ σωλῆνα παραμένει τὸ ἴδιο, πρᾶγμα ποὺ δείχνει ὅτι ἡ πίεση τοῦ κορεσμένου ἀτμοῦ δὲν μεταβάλλεται.



Σχ. 317. Ἡ τάση τῶν κορεσμένων ἀτμῶν εἶναι ἀνεξάρτητη ἀπὸ τὸν ὄγκο ποὺ καταλαμβάνει ὁ ἀτμός.

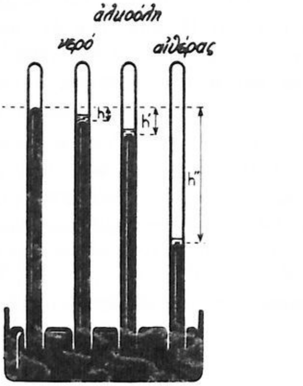
Ἡ ἐλάττωση τοῦ ὄγκου τοῦ ἀτμοῦ εἶχε σὰν ἀποτέλεσμα νὰ προκαλέση συμπύκνωση ἑνὸς μέρους τοῦ ἀτμοῦ καὶ ὄχι τὴν αὔξηση τῆς πιέσεώς του. Ὥστε:

Ἡ τάση τοῦ κορεσμένου ἀτμοῦ δὲν ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸν ὄγκο ποὺ καταλαμβάνει ὁ ἀτμός.

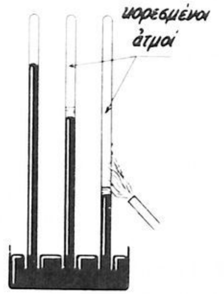
Ἡ τάση τῶν ἀτμῶν ἑνὸς ὑγροῦ ἔχει ὁρισμένη τιμὴ σὲ ὁρισμένη θερμοκρασία.

β) Ἡ τάση ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύση τοῦ ὑγροῦ. Θέτουμε μερικοὺς βαρομετρικοὺς σωλῆνες μέσα στὴν ἴδια λεκάνη ὑδραργύρου, ἕνας ἀπὸ τοὺς ὁποίους χρησιμεύει γιὰ σύγκριση τῶν πιέσεων.

Εἰσάγουμε στὸν ἕνα σωλῆνα νερό, στὸν ἄλλον οἰνόπνευμα καὶ στὸν τέταρτο αἰ-



Σχ. 318. Ἡ τάση τῶν κορεσμένων ἀτμῶν ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύση τοῦ ὑγροῦ.



Σχ. 319. Ἡ τάση τῶν κορεσμένων ἀτμῶν αὐξάνεται μὲ τὴν θερμοκρασία.

θέρα, μέχρις ὅτου σχηματισθοῦν κορεσμένοι ἀτμοὶ ἀπὸ τὰ διάφορα αὐτὰ ὑγρὰ (σχ. 318). Παρατηροῦμε ὅτι ἡ στάθμη στοὺς διάφορους σωλῆνες εἶναι διαφορετική.

Ἡ τάση τῶν ἀτμῶν τοῦ οἰνοπνεύματος εἶναι μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν τάση τῶν ἀτμῶν τοῦ νεροῦ καὶ ἡ τάση τῶν ἀτμῶν τοῦ αἰθέρος ἀκόμη πιὸ μεγάλη. Ἔτσι βρίσκουμε, π.χ., ὅτι στοὺς 20 °C ἡ τάση τῶν ἀτμῶν τοῦ νεροῦ εἶναι 1,7 cm Hg, τοῦ οἰνοπνεύματος 4,4 cm Hg καὶ τοῦ αἰθέρος 44 cm Hg.

Λέμε ὅτι ὁ αἰθέρας εἶναι περισσότερο πτητικὸς ἀπὸ τὸ οἰνόπνευμα, τὸ ὁποῖο εἶναι περισσότερο πτητικὸ ἀπὸ τὸ νερό. Ὥστε:

Σὲ μιὰν ὁρισμένη θερμοκρασία ἡ τάση τῶν ἀτμῶν ἑνὸς ὑγροῦ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύση τοῦ ὑγροῦ.

γ) Μεταβολὴ τῆς τάσεως σὲ σχέση μὲ τὴν θερμοκρασία. Θερμαίνουμε προσεκτικὰ τὸν σωλῆνα ποὺ περιέχει κορεσμένους ἀτμοὺς αἰθέρος (σχ. 319).

Παρατηροῦμε πὼς ἡ στάθμη τοῦ ὑδραργύρου κατεβαίνει μὲ ταχύτητα. Αὐτὸ σημαίνει ὅτι ἡ τάση τῶν ἀτμῶν τοῦ αἰθέρος αὐξάνεται.

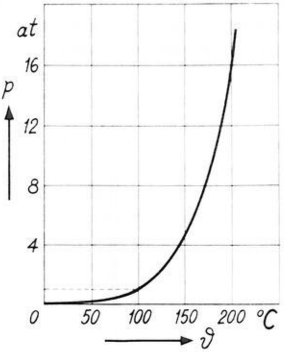
Ἂν σταματήσωμε τὴν θέρμανση, ἡ στάθμη τοῦ ὑδραργύρου ἀρχίζει νὰ ξανανεβαίνη, μέχρις ὅτου φθάση στὸ ἀρχικό της ὕψος.

Τὰ ἴδια ἀποτελέσματα θὰ ἔχωμε ἂν πειραματισθοῦμε καὶ μὲ ἄλλα ὑγρά. Ὥστε:

Ἡ τάση τῶν ἀτμῶν ἑνὸς ὑγροῦ αὐξάνεται ὅταν ὑψώνεται ἡ θερμοκρασία.

§ 240. Τάση τῶν ὑδρατμῶν. Ἕνας μεγάλος ἀριθμὸς συσκευῶν καὶ μηχανῶν χρησιμοποιοῦν τὴν τάση τοῦ ὑδρατμοῦ. Ἡ ἀκριβὴς γνώση τῆς τάσεως αὐτῆς στὶς διάφορες θερμοκρασίες εἶναι πολὺ σπουδαία. Ὁ παρακάτω πίνακας δίνει τὴν τιμή της γιὰ θερμοκρασίες μεταξὺ 0 °C καὶ 200 °C.

Θερμοκρασία °C	Τάση (cm Hg)	Θερμοκρασία °C	Τάση (cm Hg)
0	0,46	70	23,4
10	0,92	80	35,5
20	1,75	100	76 = 1Atm
30	3,17	120	152 = 2Atm
40	5,53	150	380 = 5Atm
50	9,2	180	760 = 10Atm
60	14,9	200	1216 = 16Atm

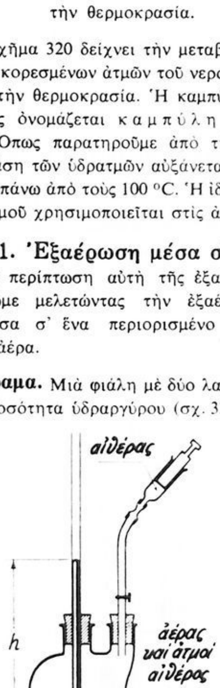


Σχ. 320. Γραφική παράσταση τῆς μεταβολῆς τῆς τάσεως τῶν κορεσμένων ἀτμῶν τοῦ νεροῦ μὲ τὴν θερμοκρασία.

Τὸ σχῆμα 320 δείχνει τὴν μεταβολὴ τῆς τάσεως τῶν κορεσμένων ἀτμῶν τοῦ νεροῦ σὲ συνάρτηση μὲ τὴν θερμοκρασία. Ἡ καμπύλη τοῦ διαγράμματος ὀνομάζεται καμπύλη ἐξαερώσεως. Ὅπως παρατηροῦμε ἀπὸ τὴν καμπύλη αὐτὴ ἡ τάση τῶν ὑδρατμῶν αὐξάνεται μὲ μεγάλη ταχύτητα πάνω ἀπὸ τοὺς 100 °C. Ἡ ἰδιότητα αὐτὴ τοῦ ὑδρατμοῦ χρησιμοποιεῖται στὶς ἀτμομηχανές.

§ 241. Ἐξαέρωση μέσα σ' ἕνα ἀέριο. Τὴν περίπτωση αὐτὴ τῆς ἐξαερώσεως θὰ σπουδάσωμε μελετώντας τὴν ἐξαέρωση ἑνὸς ὑγροῦ μέσα σ' ἕνα περιορισμένο χῶρο, ποὺ περιέχει ἀέρα.

Πείραμα. Μιὰ φιάλη μὲ δύο λαιμοὺς περιέχει μιὰ ποσότητα ὑδραργύρου (σχ. 321). Ὁ ἕνας λαιμὸς εἶναι ἐφοδιασμένος μὲ σωλήνα ποὺ φέρει στρόφιγγα καὶ ἔχει στὸ ἄκρο του προσαρμοσμένη μιὰ σύριγγα, ἡ ὁποία περιέχει αἰθέρα. Ὁ ἄλλος λαιμὸς τῆς φιάλης διαπερνᾶται ἀπὸ ἕναν γυάλινο σωλήνα, ἀνοικτὸν στὰ δυὸ ἄκρα του, ὁ ὁποῖος εἶναι βυθισμένος μέσα στὸν ὑδράργυρο.



Σχ. 321. Ἐξαέρωση τοῦ αἰθέρος μέσα σὲ μιὰ φιάλη.

Ὅταν ἡ στρόφιγγα εἶναι κλειστή, ὁ ὑδράργυρος εὑρίσκεται στὸ ἴδιο ἐπίπεδο στὴν λεκάνη καὶ στὸν σωλήνα, ὁπότε ἡ πίεση τοῦ ἐγκλωβισμένου μέσα στὴν δίλαιμη φιάλη ἀέρος εἶναι ἴση μὲ τὴν ἀτμοσφαιρική.

Ἀνοίγουμε τὴν στρόφιγγα καὶ εἰσάγουμε μὲ τὴν σύριγγα ταχύτατα αἰθέρα μέσα στὴν φιάλη κι' ὕστερα κλείνουμε ἀμέσως τὴν στρόφιγγα. Παρατηροῦμε τότε πὼς ὁ ὑδράργυρος ἀρχίζει νὰ γεμίζη προοδευτικὰ τὸν σωλήνα καὶ νὰ ἀνεβαίνη σὲ ὁλοένα καὶ μεγαλύτερο ὕψος. Αὐτὸ ὀφείλεται στὴν ἐξάτμιση τοῦ αἰθέρος, ἐξ αἰτίας τῆς ὁποίας δημιουργήθηκαν ἀτμοί, ἡ πίεση τῶν ὁποίων προστέθηκε στὴν πίεση τοῦ ἐγκλωβισμένου ἀέρος. Τὸ ὕψος τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης ἐκφράζει συνεπῶς τὴν πίεση τῶν ἀτμῶν τοῦ αἰθέρος.

Ἡ ἐξάτμιση συνεχίζεται καὶ ὕστερα ἀπὸ ἕνα ὁρισμένο χρονικὸ διάστημα ἡ στάθμη τοῦ ὑδραργύρου μένει στάσιμη σὲ ἕνα ὕψος h ἴσο μὲ τὴν τάση τῶν κορεσμένων ἀτμῶν τοῦ αἰθέρος στὴν θερμοκρασία τοῦ πειράματος.

Ὅταν σταματήση νὰ ἀνεβαίνη ὁ ὑδράργυρος στὸν σωλήνα, σταματᾶ καὶ ἡ ἐξάτμιση. Ὁ χῶρος τῆς φιάλης εἶναι πλέον κορεσμένος ἀπὸ ἀτμοὺς αἰθέρος.

Ἀνάλογα ἀποτελέσματα θὰ ἔχωμε ἂν πειραματισθοῦμε καὶ μὲ διάφορα ἄλλα ὑγρά. Ὥστε:

α) Ἡ ἐξαέρωση μέσα σ' ἕνα ἀέριο εἶναι ἀργὴ καὶ ὄχι στιγμιαία ὅπως στὸ κενό.

β) Ἡ τάση τῶν κορεσμένων ἀτμῶν ἑνὸς ὑγροῦ μέσα σ' ἕνα ἀέριο εἶναι ἴση μὲ τὴν τάση τῶν ἀτμῶν τοῦ ὑγροῦ στὸ κενὸ στὴν ἴδια θερμοκρασία.

§ 242. Ὑγρασία τοῦ ἀέρος. Ἡ ἐπιφάνεια τῶν θαλασσῶν, τῶν λιμνῶν καὶ τῶν ποταμῶν ὑφίσταται μιὰν ἀδιάκοπη ἐξάτμιση, ἡ ὁποία τροφοδοτεῖ τὴν ἀτμόσφαιρα μὲ ὑδρατμούς, στοὺς ὁποίους προσθέτονται μικρὰ ἀκόμη ποσὰ ὑδρατμῶν, ποὺ παράγονται ἀπὸ τοὺς διαφόρους ὀργανισμούς. Παρ' ὅλη ὅμως τὴν ἀκατάπαυστη ἐξάτμιση ὁ ἀέρας δὲν εἶναι πάντοτε κορεσμένος ἀπὸ ὑδρατμούς. Ἡ τάση τῶν κορεσμένων ὑδρατμῶν τῆς ἀτμόσφαιρας δὲν εἶναι σταθερή, ἐφ' ὅσον ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν θερμοκρασία. Στὴν θερμοκρασία τῶν 20 °C ἡ τάση τῶν κορεσμένων ὑδρατμῶν εἶναι 17,5 mm Hg.

Ἂν ἑπομένως μιὰν ἡμέρα ἡ θερμοκρασία εἶναι 20 °C καὶ ἡ πίεση τῶν ὑδρατμῶν 10 mm Hg, συμπεραίνουμε πὼς τὴν ἡμέρα αὐτὴ οἱ ὑδρατμοὶ εἶναι ἀ κ ό ρ ε σ τ ο ι, ἐφ' ὅσον ἡ πίεσή τους εἶναι μικρότερη ἀπὸ τὴν μεγίστη πίεση ποὺ ἀντιστοιχεῖ στὴν θερμοκρασία τῶν 20 °C. Τὴν ἡμέρα αὐτὴ θὰ συμβῇ ἑπομένως ἐξάτμιση. Μιὰν ἄλλη ὅμως ἡμέρα, κατὰ τὴν ὁποία ἡ θερμοκρασία εἶναι 20 °C καὶ ἡ πίεση τῶν ὑδρατμῶν 17,5 mm Hg, δηλαδὴ ἴση μὲ τὴν τάση τῶν κορεσμένων ὑδρατμῶν στὴν θερμοκρασία αὐτή, δὲν θὰ ἔχωμε ἐξάτμιση. Στὴν πρώτη περίπτωση λέμε ὅτι ὁ ἀέρας εἶναι ξ η ρ ό ς, ἐνῶ στὴν δεύτερη πὼς εἶναι ὑ γ ρ ό ς.

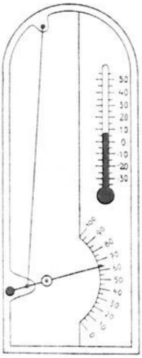
Ἡ ὑ γ ρ ο μ ε τ ρ ι κ ὴ κ α τ ά σ τ α σ η τοῦ ἀέρος, ἡ περιεκτικότητά του δηλαδὴ σὲ ὑδρατμούς, χαρακτηρίζεται μὲ ἕνα νέο φυσικὸ μέγεθος, τὸ ὁποῖο ὀνομάζεται σ χ ε τ ι κ ὴ ὑ γ ρ α σ ί α.

Σχετικὴ ὑγρασία ὀνομάζεται τὸ πηλίκο τῆς μάζας τῶν ὑδρατμῶν, τοὺς ὁποίους περιέχει ἕνας ὁρισμένος ὄγκος ἀέρος σὲ μιὰ θερμοκρασία, πρὸς τὴν μάζα τῶν ὑδρατμῶν, τοὺς ὁποίους θὰ ἔπρεπε νὰ περιέχῃ ὁ ἴδιος ὄγκος τοῦ ἀέρος γιὰ νὰ εἶναι κορεσμένος στὴν ἴδια θερμοκρασία.

Ἡ σχετικὴ ὑγρασία ὁρίζεται ἐπίσης καὶ σὰν τὸ πηλίκο τῆς πιέσεως ποὺ ἔχουν οἱ ὑδρατμοὶ τοῦ ἀέρος, σὲ μιὰν ὁρισμένη θερμοκρασία, πρὸς τὴν τάση τῶν κορεσμένων ὑδρατμῶν στὴν ἴδια θερμοκρασία.

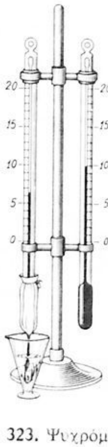
Ἡ σχετικὴ ὑγρασία εἶναι καθαρὸς ἀριθμὸς καὶ μετριέται ἀπὸ 0 μέχρις 100. Ὅταν ὁ ἀέρας εἶναι κορεσμένος ἀπὸ ὑδρατμοὺς ἡ σχετικὴ ὑγρασία εἶναι 100.

§ 243. Ὑγρόμετρα. Τὰ ὄργανα μὲ τὰ ὁποῖα μετριέται ἡ ὑγρασία τοῦ ἀέρος ὀνομάζονται ὑ γ ρ ό μ ε τ ρ α, σπουδαιότερα ἀπὸ τὰ ὁποῖα εἶναι τὰ ἀκόλουθα.



Σχ. 322. Ὑγρόμετρο μὲ τρίχα.

α) Ὑγρόμετρο μὲ τρίχα. Τὸ ὄργανο αὐτὸ (σχ. 322) στηρίζεται στὴν ἰδιότητα, τὴν ὁποία παρουσιάζουν οἱ τρίχες, νὰ διαστέλλωνται ὅταν εὑρίσκωνται σὲ ὑγρὴ ἀτμόσφαιρα καὶ νὰ συστέλλωνται, ὅταν εὑρίσκωνται σὲ ξηρὴ ἀτμόσφαιρα. Καθαρίζεται λοιπὸν κατάλληλα μία τρίχα (ἢ καὶ περισσότερες) καὶ τὸ ἕνα της ἄκρο σταθεροποιεῖται σὲ ἕνα ἀκλόνητο σημεῖο τοῦ πλαισίου,



Σχ. 323. Ψυχρόμετρο.

ἐνῶ στὸ ἄλλο ἄκρο της τοποθετεῖται ἕνας δείκτης, ὁ ὁποῖος μπορεῖ νὰ μετακινῆται μπροστὰ ἀπὸ τὶς διαιρέσεις μιᾶς κλίμακος, κατάλληλα βαθμολογημένης, καὶ νὰ δείχνη μὲ ἁπλῆ ἀνάγνωση τὴν σχετικὴ ὑγρασία.

β) Ψυχρόμετρο. Μὲ τὸ ὄργανο αὐτὸ ὑπολογίζεται ἡ σχετικὴ ὑγρασία τοῦ ἀέρος ἀπὸ τὴν ταχύτητα ἐξατμίσεως τοῦ νεροῦ, δηλαδὴ ἀπὸ τὴν ψύξη ποὺ προκαλεῖ ἡ ἐξάτμιση. Ἀποτελεῖται (σχ. 323) ἀπὸ δύο θερμόμετρα, τὸ ἕνα ἀπὸ τὰ ὁποῖα περιβάλλεται στὸ κάτω μέρος του ἀπὸ ἕνα ὕφασμα μουσελίνας, ποὺ διαβρέχεται μὲ ἀπεσταγμένο νερό. Ἔτσι ὅσο μικρότερη εἶναι ἡ σχετικὴ ὑγρασία, τόσο ταχύτερα θὰ γίνεται ἡ ἐξάτμιση καὶ συνεπῶς θὰ προκαλῆται τόσο μεγαλύτερο ψῦχος, ἐξ αἰτίας τοῦ ὁποίου θὰ εἶναι χαμηλότερη ἡ ἔνδειξη τοῦ θερμομέτρου αὐτοῦ ἀπὸ τὸ ἄλλο θερμόμετρο, τὸ ὁποῖο θὰ δείχνη τὴν θερμοκρασία τοῦ περιβάλλοντος.

Ἀπὸ τὴν διαφορὰ τῶν δύο αὐτῶν θερμοκρασιῶν καὶ μὲ τὴν βοήθεια εἰδικῶν πινάκων, οἱ ὁποῖοι καταρτίσθηκαν πειραματικῶς, προσδιορίζουμε τὴν σχετικὴ ὑγρασία τοῦ ἀέρος.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Γιὰ νὰ σπουδάσωμε τὴν ἐξαέρωση ἑνὸς **ὑγροῦ στὸ κενὸ** εἰσάγουμε κατὰ **μικρὲς** ποσότητες αὐτὸ τὸ ὑγρὸ στὸν **κενὸ βαρομετρικὸ θάλαμο** ἑνὸς **ὑδραργυρικοῦ** βαρομέτρου. Ἀμέσως τὸ ὑγρὸ ἐξαερώνεται **σχηματίζοντας** ξηρὸ ἀτμό, ὁ **ὁποῖος** μεταβάλλεται σὲ κορεσμένο, ἂν **συνεχίσωμε** τὴν **εἰσαγωγὴ** τοῦ ὑγροῦ **στὸν βαρομετρικὸ** θάλαμο. Κορεσμένοι δὲ εἶναι οἱ **ἀτμοὶ ὅταν** δὲν ἐξαερώνεται **πλέον τὸ εἰσαγόμενο** ὑγρό, ἀλλὰ παραμένει **στὴν** ὑγρὴ **κατάσταση**.

2. Ἡ ἐξαέρωση στὸ κενὸ εἶναι **στιγμιαία καὶ** περιορισμένη. **Σταματᾶ** ὅταν ὁ ἀτμὸς γίνη **κορεσμένος**.

3. Ὅπως τὰ διάφορα ἀέρια, ἔτσι **καὶ** οἱ ἀτμοὶ **ἀσκοῦν πιέσεις**. Ἡ πίεση αὐτὴ γίνεται μεγίστη ὅταν κορεσθῆ ὁ ἀτμός.

4. Ἡ **μεγίστη πίεση τοῦ κορεσμένου ἀτμοῦ ἑνὸς ὑγροῦ ἢ τάση τοῦ κορεσμένου ἀτμοῦ**, σὲ μιὰ ὁρισμένη **θερμοκρασία**, εἶναι **ἴση μὲ τὴν μεγίστη** πίεση ποὺ μπορεῖ νὰ ἀσκήση ὁ ἀτμὸς τοῦ **ὑγροῦ στὴν** θερμοκρασία αὐτή.

5. Ἡ τάση τῶν κορεσμένων **ἀτμῶν** ἑνὸς ὑγροῦ εἶναι **ἀνεξάρτητη** ἀπὸ τὸν **ὄγκο** ποὺ καταλαμβάνει ὁ ἀτμός.

6. Σὲ μιὰν ὁρισμένη θερμοκρασία ἡ τάση τῶν **κορεσμένων** ἀτμῶν ἑνὸς ὑγροῦ, **ἐξαρτᾶται** ἀπὸ τὴν φύση τοῦ **ὑγροῦ καὶ** εἶναι μεγαλύτερη ὅσο τὸ ὑγρὸ εἶναι πτητικώτερο.

7. Ἡ τάση τῶν **κορεσμένων** ἀτμῶν ἑνὸς ὑγροῦ **αὐξάνεται**, ὅταν **ὑψώνεται** ἡ **θερμοκρασία**.

8. Ἡ ἐξαέρωση **μέσα σ' ἕνα ἀέριο** εἶναι **ἀργὴ καὶ** ὄχι **στιγμιαία** ὅπως στὸ κενό.

9. Ἡ τάση τῶν **κορεσμένων ἀτμῶν** ἑνὸς ὑγροῦ **μέσα σ' ἕνα ἀέριο** εἶναι **ἴση** μὲ **τὴν τάση τῶν κορεσμένων ἀτμῶν** στὸ κενό, γιὰ τὴν **ἴδια θερμοκρασία**.

10. Ἡ **ὑγρομετρικὴ** κατάσταση τοῦ **ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος χαρακτηρίζεται** ἀπὸ τὴν **σχετικὴ** ὑγρασία του τὴν ὁποία μετρᾶμε μὲ τὰ **ὑγρόμετρα καὶ** τὰ **ψυχρόμετρα**.

1. Γιὰ νὰ μελετήσωμε τὴν ἐξαέρωση τοῦ αἰθέρος πραγματοποιοῦμε, ὅταν τὸ ρολόϊ μας δείχνει 9 h καὶ 17 min, τὴν παρακάτω ζύγιση. Στὸν δεξιὸ δίσκο ἑνὸς ζυγοῦ τοποθετοῦμε ἕνα φιαλίδιο μὲ αἰθέρα καὶ σταθμὰ συνολικῆς μάζας 25,2 gr, ἐνῶ στὸν ἀριστερὸ δίσκο τοῦ ζυγοῦ ἕνα ἀντίβαρο. Κατόπιν προσθέτουμε 3 gr στὸν δεξιὸ δίσκο. α) Τί θὰ συμβῇ μὲ τὴν ἰσορροπία τοῦ συστήματος; β) Στὶς 9 h 33 min καὶ 30 sec ἡ ἰσορροπία ἀποκαθίσταται. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ταχύτητα ἐξατμίσεως τοῦ αἰθέρος.
(Ἀπ. Ἰσορροπία καταστρέφεται. β' 0,181 gr/min.)

2. Σὲ ἕνα σωλήνα τοῦ Τορρικέλλη ὁ ὑδράργυρος ἀνεβαίνει σὲ ἕνα ὕψος 71 cm. Μετὰ τὴν εἰσαγωγὴ μιᾶς σταγόνος αἰθέρος στὸν βαρομετρικὸ θάλαμο, τὸ ὕψος τῆς στήλης τοῦ ὑδραργύρου γίνεται 41 cm. α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ πίεση τῶν ἀτμῶν τοῦ αἰθέρος μέσα στὸν σωλήνα. β) Ἐὰν στὴν θερμοκρασία τοῦ πειράματος ἡ μεγίστη πίεση τῶν ἀτμῶν εἶναι 571,2 p/cm^2, νὰ εὑρεθῇ ἂν οἱ ἀτμοὶ τοῦ αἰθέρος ποὺ ἔχουμε εἶναι κορεσμένοι (εἰδικὸ βάρος τοῦ ὑδραργύρου 13,6 p/cm^3).
(Ἀπ. α' 30 cmHg. β' $p = 408$ p/cm^2, ἀκόρεστοι.)

3. Νὰ παρασταθοῦν γραφικῶς οἱ μεταβολὲς τῆς μεγίστης τάσεως τῶν ἀτμῶν τοῦ αἰθέρος σύμφωνα μὲ τὶς παρακάτω μετρήσεις:

Θερμοκρασία σὲ °C	10	20	30	40	50	60
Πίεση σὲ cmHg	31	44	64	92	128	173

Στὸν ἄξονα τῶν τετμημένων 1 cm νὰ ἀντιστοιχῇ μὲ 10 °C, ἐνῶ στὸν ἄξονα τῶν τεταγμένων 1 cm μὲ 20 cm στήλης ὑδραργύρου.

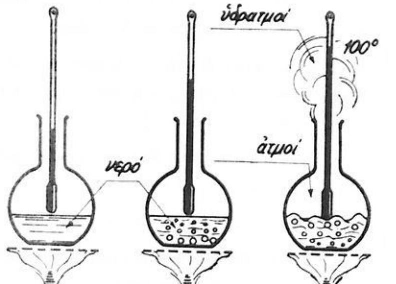
4. Οἱ μεταβολὲς τῆς μεγίστης πιέσεως τῶν ἀτμῶν τοῦ νεροῦ γιὰ θερμοκρασίες μεγαλύτερες τῶν 100 °C δίδονται ἀπὸ τὸν ἀκόλουθο πίνακα:

Θερμοκρασία σὲ °C	100	120	150	180	200	225
Πίεση σὲ kp/cm^2	1	2	5	10	16	25

Νὰ παρασταθοῦν γραφικῶς αὐτὲς οἱ μεταβολές. Στὸν ἄξονα τῶν τετμημένων τὸ 1 cm νὰ ἀντιστοιχῇ μὲ 20 °C, ἐνῶ στὸν ἄξονα τῶν τεταγμένων τὸ 1 cm νὰ ἀντιστοιχῇ μὲ 2 kp/cm^2.

ΜΑ' – ΒΡΑΣΜΟΣ

§ 244. Περιγραφὴ καὶ ὁρισμὸς τοῦ βρασμοῦ. Πείραμα. Μέσα σ' ἕνα γυάλινο δοχεῖο, γεμᾶτο νερὸ μέχρι τὴν μέση, εἰσάγουμε ἕνα θερμόμετρο ἔτσι, ὥστε τὸ δοχεῖο του νὰ βρίσκεται λίγο πιὸ ἐπάνω ἀπὸ τὴν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ καὶ θερμαίνωμε τὸ δοχεῖο (σχ. 324, I). Ἡ θερμοκρασία ἀνυψώνεται προοδευτικά. Ὕστερα ἀπὸ λίγο ἀρχίζουν νὰ παρουσιάζωνται μικρὲς φυσαλλίδες ἀερίου στὰ τειχώματα τοῦ δοχείου. Μερικὲς ἀπὸ αὐτὲς ἀποσπῶνται καὶ ἀνεβαίνουν πρὸς τὴν ἐπιφάνεια, τὴν διαπερνοῦν καὶ ἐξαφανίζονται στὴν ἀτμόσφαιρα. Οἱ φυσαλλίδες αὐτὲς ὀφείλονται στὸν ἀέρα ποὺ εἶναι διαλυμένος



Σχ. 324. Τρία στάδια θερμάνσεως νεροῦ μέχρι βρασμοῦ.

μέσα στὸ νερό. Ὅταν αὐξάνεται ἡ θερμοκρασία τοῦ νεροῦ ἐλαττώνεται ἡ διαλυτότητα τοῦ ἀερίου.

Συνεχίζουμε νὰ θερμαίνωμε τὸ νερὸ ὁπότε παρατηροῦμε ὅτι παράγονται μικρὲς φυσαλλίδες ἀτμοῦ. Αὐτὲς ἀνεβαίνουν πρὸς τὰ ἐπάνω, συναντοῦν ψυχρότερα στρώματα νεροῦ, ἐλαττώνουν ὁλοένα τὸν ὄγκο τους καὶ ὑγροποιοῦνται (σχ. 324, II). Στὸ γεγονὸς αὐτὸ ὀφείλεται ὁ χαρακτηριστικὸς συριγμὸς τοῦ νεροῦ, ὁ ὁποῖος προηγεῖται πάντοτε ἀπὸ τὸ φαινόμενο τοῦ βρασμοῦ. Τέλος οἱ φυσαλλίδες φθάνουν μέχρι τὴν ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ καὶ διαρρηγνύονται.

Ἀπ᾽ αὐτὴν τὴν στιγμὴ ἀρχίζει τὸ φαινόμενο τοῦ βρασμοῦ (σχ. 324, III). Τὸ θερμόμετρο δείχνει τότε μιὰ θερμοκρασία πολὺ κοντὰ στοὺς 100 °C, ἡ ὁποία μένει στάσιμη, ὁσοδήποτε χρονικὸ διάστημα κι᾽ ἂν διαρκέση ὁ βρασμός.

Τὸ δοχεῖο εἶναι γεμᾶτο μὲ ὑδρατμὸ ὁ ὁποῖος ἔχει ἐκτοπίσει τὸν ἀέρα. Αὐτὸ μποροῦμε νὰ τὸ διαπιστώσωμε εἰσάγοντας ἕνα ἀναμμένο σπίρτο ἢ ἕνα ἀναμμένο κερί, ὁπότε αὐτὰ σβύνουν ἀμέσως.

Ὁ ὑδρατμὸς εἶναι διαφανὴς καὶ ἀόρατος στὸ ἐσωτερικὸ τοῦ δοχείου. Καθὼς ὅμως ἐξέρχεται στὸν ἀτμοσφαιρικὸ ἀέρα ψύχεται ἀπὸ αὐτὸν καὶ ἕνα μέρος του μεταβάλλεται, ἀφοῦ συμπυκνωθῆ, σὲ ἕνα μικρὸ νέφος ἀπὸ λεπτότατα ὑδροσταγονίδια. Ὥστε:

Βρασμὸς ὀνομάζεται ἡ γρήγορη ἐξαέρωση ἑνὸς ὑγροῦ μὲ μορφὴ φυσαλλίδων ἀτμοῦ, οἱ ὁποῖες παράγονται σὲ ὅλη τὴν μάζα τοῦ ὑγροῦ.

§ 245. Νόμοι τοῦ βρασμοῦ. 1ος Νόμος: Θερμοκρασία βρασμοῦ.

Τὸ παραπάνω πείραμα δείχνει πῶς κατὰ τὴν διάρκεια τοῦ βρασμοῦ ἡ θερμοκρασία τοῦ ἀτμοῦ μένει στάσιμη. Αὐτὸ συμβαίνει ὅταν δὲν ἔχουμε μεταβολὲς τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως κατὰ τὴν διάρκεια τοῦ πειράματος.

Ἐπαναλαμβάνοντας τὸ ἴδιο πείραμα μὲ ἄλλα σώματα, χημικῶς καθαρά, καταλήγουμε σὲ ἀνάλογα συμπεράσματα, ἀπὸ τὰ ὁποῖα ἐξάγεται ὁ ἀκόλουθος πρῶτος νόμος τοῦ βρασμοῦ.

Ὅταν ἡ ἐξωτερικὴ πίεση εἶναι σταθερὴ καὶ ὁρισμένη, ὁ βρασμὸς ἑνὸς ὑγροῦ, χημικῶς καθαροῦ, ἀρχίζει πάντοτε στὴν ἴδια θερμοκρασία, ἡ ὁποία ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύση τοῦ ὑγροῦ. Ἡ θερμοκρασία τοῦ ἀτμοῦ, ὁ ὁποῖος παράγεται, παραμένει ἀμετάβλητη ὅσο χρόνο διαρκεῖ ὁ βρασμός.

Αὐτὴ ἡ θερμοκρασία ὀνομάζεται **θερμοκρασία βρασμοῦ** ἢ **σημεῖο βρασμοῦ** τοῦ ὑγροῦ στὴν ἀτμοσφαιρικὴ πίεση τοῦ πειράματος.

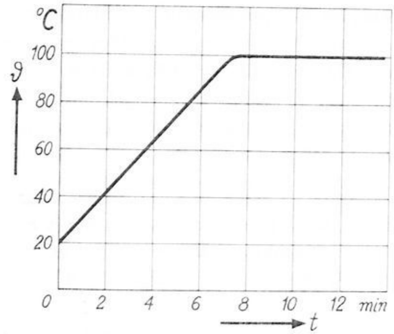
Ἐὰν ὁ βρασμὸς ἔγινε μὲ κανονικὴ ἀτμοσφαιρικὴ πίεση (760 mm στήλης Hg) τότε ἡ θερμοκρασία ποὺ δείχνει τὸ θερμόμετρο ὀνομάζεται **κανονικὴ θερμοκρασία βρασμοῦ** τοῦ ὑγροῦ

Κανονικὴ θερμοκρασία βρασμοῦ μερικῶν ὑγρῶν	
Ὑδρογόνο. . —252 °C	Οἰνόπνευμα. . 78 °C
Ὀξυγόνο. . . —183 °C	Νερὸ . . . . . . 100 °C
Αἰθέρας . . . 35 °C	Ὑδράργυρος. 357 °C

Ἡ ὕπαρξη ἑνὸς σταθεροῦ σημείου βρασμοῦ εἶναι χαρακτηριστικὴ ἰδιότητα τῶν χημικῶς καθαρῶν σωμάτων.

Ἕνα μεῖγμα δὲν ἔχει καθορισμένη θερμοκρασία βρασμοῦ. Ἔτσι τὸ κρασὶ ἀρχίζει νὰ βράζη στοὺς 95 °C καὶ ἡ θερμοκρασία βρασμοῦ του ὑψώνεται προοδευτικὰ μέχρι τοὺς 100 °C περίπου. Τὸ ἴδιο συμβαίνει καὶ μὲ τὸν ὑγρὸν ἀέρα ποὺ βράζει μεταξὺ —195 °C καὶ —183 °C.

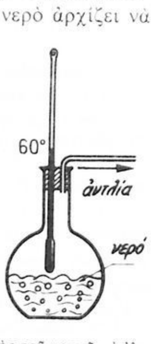
Γραφικὴ παράσταση. Παρακολουθώντας τὴν θέρμανση τοῦ νεροῦ μέχρις ὅτου συμβῆ βρασμός, παρατηρήσαμε ὅτι ἡ θερμοκρασία τοῦ νεροῦ αὐξάνεται μέχρι τοὺς 100 °C στοὺς ὁποίους διαπιστώσαμε ὅτι ἡ θερμοκρασία τοῦ νεροῦ μένει σταθερὴ κατὰ τὴν διάρκεια τοῦ βρασμοῦ.



Σχ. 325. Γραφική παράσταση θερμάνσεως νεροῦ μέχρι βρασμοῦ.

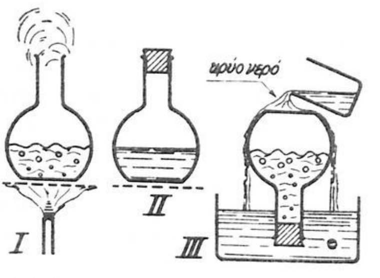
Ἂν παραστήσωμε γραφικά τὸ φαινόμενο σὲ σύστημα ὀρθογωνίων ἀξόνων, ὁ ὁριζόντιος ἀπὸ τοὺς ὁποίους νὰ εἶναι ὁ ἄξονας τῶν χρόνων καὶ ὁ κατακόρυφος ὁ ἄξονας τῶν θερμοκρασιῶν, θὰ πάρωμε τὸ διάγραμμα τοῦ σχήματος 325. Ὅπως παρατηροῦμε ἡ καμπύλη ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο κλάδους, ὁ πρῶτος ἀπὸ τοὺς ὁποίους ἀντιστοιχεῖ στὴν θέρμανση τοῦ νεροῦ μέχρι τοῦ σημείου βρασμοῦ καὶ ὁ δεύτερος, ποὺ εἶναι παράλληλος πρὸς τὸν ἄξονα τῶν χρόνων, ἀντιστοιχεῖ στὸν χρόνο κατὰ τὸν ὁποῖο συμβαίνει ὁ βρασμός.

2ος Νόμος: Ἐπίδραση τῆς πιέσεως.
Πείραμα 1. Ἕνα δοχεῖο βρασμοῦ περιέχει νερὸ σὲ μιὰ θερμοκρασία ποὺ πλησιάζει τοὺς 60 °C. Τὸ πῶμα διαπερνιέται ἀπὸ ἕνα θερμόμετρο καὶ ἀπὸ ἕναν σωλῆνα, ὁ ὁποῖος συγκοινωνεῖ μὲ μιὰν ἀντλία κενοῦ (σχ. 326). Ἀραιώνουμε τὸν ἀέρα τοῦ δοχείου. Τὸ νερὸ ἀρχίζει νὰ βράζη μολονότι εὑρίσκεται σὲ θερμοκρασία χαμηλότερη τῶν 100 °C.



Σχ. 326. Βρασμὸς τοῦ νεροῦ μὲ ἐλαττωμένη πίεση.

Πείραμα 2. Τὸ ἀκόλουθο πείραμα μπορεῖ νὰ πραγματοποιηθῆ χωρὶς ἀντλία κενοῦ καὶ ὁδηγεῖ στὸ ἴδιο συμπέρασμα. Βράζουμε γιὰ λίγο χρόνο νερὸ μέσα σ' ἕνα δοχεῖο βρασμοῦ (σχ. 327, I). Τὸ δοχεῖο γεμίζει μὲ ὑδρατμοὺς οἱ ὁποῖοι ἔχουν διώξει τὸν ἀέρα. Σταματᾶμε νὰ θερμαίνωμε καὶ πωματίζουμε ἀμέσως τὸ δοχεῖο (σχ. 327, II). Ὁ βρασμὸς σταματᾶ. Ἀναποδογυρίζουμε τὸ δοχεῖο καὶ βυθίζουμε τὸν λαιμό του σὲ μιὰ λεκάνη μὲ νερὸ γιὰ νὰ μὴν εἰσέλθη ἀέρας μέσα στὸ δοχεῖο. Κατόπι χύνουμε κρύο νερὸ στὸν πυθμένα τοῦ δοχείου, ὁπότε παρατηροῦμε πὼς τὸ περιεχόμενο νερὸ ἀρχίζει νὰ βράζη (σχ. 327, III).



Σχ. 327. Βρασμὸς τοῦ νεροῦ μὲ ἐλαττωμένη πίεση.

Τὸ ψυχρὸ νερὸ προκάλεσε συμπύκνωση ἑνὸς μέρους τοῦ ὑδρατμοῦ, ἐξ αἰτίας τῆς ὁποίας ἐλαττώθηκε ἡ πίεση στὸ ἐσωτερικὸ τοῦ δοχείου. Μὲ τὴν πίεση αὐτὴ ὁ βρασμὸς ἀρχίζει σὲ χαμηλότερη ἀπὸ τοὺς 100 °C θερμοκρασία. Αὐτὸ τὸ ἀποτέλεσμα εἶναι γενικό.

Ἐλάττωση τῆς πιέσεως, ἡ ὁποία ἐπιφέρεται σὲ ἕνα ὑγρό, χαμηλώνει τὸ σημεῖο βρασμοῦ του καὶ ἀντίστροφα αὔξηση τῆς πιέσεως ὑψώνει τὴν θερμοκρασία βρασμοῦ.

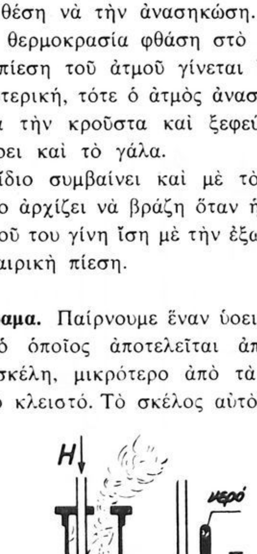
3ος Νόμος: Πότε συμβαίνει βρασμός. Παρατήρηση. Ὅλοι γνωρίζουμε πὼς ὅταν θερμαίνωμε γάλα καὶ ἡ θερμοκρασία του φθάση σὲ ἕνα ὁρισμένο βαθμὸ τὸ γάλα βράζη ἀπότομα, φουσκώνει καὶ χύνεται. Αὐτὸ συμβαίνει διότι στὴν ἀρχὴ σχηματίζεται μιὰ κροῦστα στὴν ἐπιφάνεια τοῦ γάλακτος, ἡ ὁποία ἐμποδίζει νὰ ἐλευθερωθοῦν οἱ ἀτμοὶ ποὺ παράγονται.

Ὅταν ἡ πίεση τῶν ἀτμῶν εἶναι μικρότερη ἀπὸ τὴν ἐξωτερικὴ πίεση ποὺ ἐνεργεῖ ἐπάνω στὴν κροῦστα, ὁ ἀτμὸς δὲν εἶναι σὲ θέση νὰ τὴν ἀνασηκώση. Ὅταν ὅμως ἡ θερμοκρασία φθάση στὸ σημεῖο ποὺ ἡ πίεση τοῦ ἀτμοῦ γίνεται ἴση μὲ τὴν ἐξωτερική, τότε ὁ ἀτμὸς ἀνασηκώνει ἀπότομα τὴν κροῦστα καὶ ξεφεύγοντας παρασύρει καὶ τὸ γάλα.

Τὸ ἴδιο συμβαίνει καὶ μὲ τὸ νερό, τὸ ὁποῖο ἀρχίζει νὰ βράζη ὅταν ἡ πίεση τοῦ ἀτμοῦ του γίνη ἴση μὲ τὴν ἐξωτερικὴ ἀτμοσφαιρικὴ πίεση.

Πείραμα. Παίρνουμε ἕναν ὑοειδὴ σωλῆνα, ὁ ὁποῖος ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο ἄνισα σκέλη, μικρότερο ἀπὸ τὰ ὁποῖα εἶναι τὸ κλειστό. Τὸ σκέλος αὐτὸ περιέχει νερὸ καὶ ὑδράργυρο (σχ. 328, I). Ἡ στάθμη τοῦ ὑδραργύρου εἶναι ἀνυψωμένη στὸ κλειστὸ σκέλος. Τοποθετοῦμε τὸν ὑοειδὴ σωλῆνα μέσα σὲ ἕνα δοχεῖο βρασμοῦ (σχ. 328, II), τὸ ὁποῖο εἶναι γεμᾶτο νερὸ μέχρι τὸ μέσο περίπου. Ἂν θερμάνωμε τὸ δοχεῖο βρασμοῦ, παρατηροῦμε ὅτι ἡ στάθμη τοῦ ὑδραργύρου στὸ κλειστὸ σκέλος τοῦ ὑοειδοῦς σωλῆνος κατέρχεται καὶ ὅταν ἀρχίση νὰ βράζη τὸ νερὸ βρίσκεται στὸ ἴδιο ὁριζόντιο ἐπίπεδο μέσα στὰ δύο σκέλη τοῦ σωλῆνος. Ἡ πίεση ὅμως ποὺ ἀσκεῖται στὸ ὕψος τῆς ἐλεύθερης ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου εἶναι ἡ ἀτμοσφαιρική. Τὸ μικρὸ σκέλος περιέχει κορεσμένο ὑδρατμὸ στὴν θερμοκρασία τοῦ ὑδρατμοῦ τοῦ δοχείου βρασμοῦ, δηλαδὴ στὴν θερμοκραοία βρασμοῦ τοῦ νεροῦ. Ἑπομένως ἡ τάση τοῦ κορεσμένου ἀτμοῦ θὰ εἶναι ἴση μὲ τὴν ἐξωτερικὴ ἀτμοσφαιρικὴ πίεση. Ὥστε:

Ἡ θερμοκρασία βρασμοῦ ἑνὸς ὑγροῦ εἶναι ἐκείνη γιὰ τὴν ὁποίαν ἡ τάση τοῦ κορεσμένου ἀτμοῦ εἶναι ἴση μὲ τὴν ἐξωτερικὴ πίεση, ἡ ὁποία ἀσκεῖται στὴν ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ.



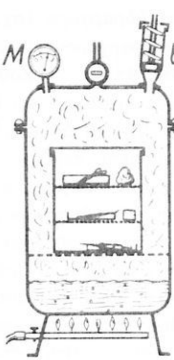
Σχ. 328. Ὅταν τὸ νερὸ βράζη στὸ δοχεῖο βρασμοῦ, ὁ ὑδράργυρος σταθεροποιεῖται στὸ ἴδιο ἐπίπεδο μέσα στὸν ὑοειδὴ σωλῆνα.

§ 246. Ἐφαρμογές. α) Χύτρα πιέσεως.

Ὅταν θερμαίνωμε νερὸ σὲ μιὰ κλειστὴ χύτρα, τὸ νερὸ δὲν μπορεῖ νὰ βράση, διότι ἡ πίεση ποὺ ἐνεργεῖ ἐπάνω στὴν ἐπιφάνειά του εἶναι μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν τάση τῶν ἀτμῶν του, ἐφ' ὅσον ἡ πίεση αὐτὴ εἶναι ἴση μὲ τὸ ἄθροισμα τῆς μεγίστης πιέσεως τῶν ἀτμῶν του καὶ τῆς πιέσεως τοῦ κλεισμένου ἀέρος. Ὅταν ἡ πίεση φθάση σὲ μιὰ ὁρισμένη τιμὴ ($1{,}5\ kp/cm^2$ ἕως $2\ kp/cm^2$) ἀνοίγει μιὰ βαλβίδα, φεύγει ἀτμὸς καὶ ἡ πίεση παραμένει σταθερή. Ἔτσι τὸ νερὸ μπορεῖ νὰ ξεπεράση τοὺς 100 °C, γεγονὸς ποὺ ἐπιτρέπει τὸ γρήγορο βράσιμο τῶν φαγητῶν.

Εἰδικὲς χύτρες πιέσεως χρησιμοποιοῦμε στὰ ἐργαστήρια, στὰ ἐργοστάσια καὶ στὰ νοσοκομεῖα γιὰ τὴν ἀποστείρωση τῶν ἐργαλείων (σχ. 329).

β) Συμπύκνωση διαλυμάτων μὲ ἐλαττωμένη πίεση. Γιὰ νὰ συμπυκνώσωμε ἕνα σακχαροῦχο διάλυμα δὲν τὸ βράζουμε στὴν κανο-



Σχ. 329. Χύτρα πιέσεως. Αὐτόκλειστο.

νικὴ θερμοκρασία βρασμοῦ τοῦ νεροῦ, διότι θὰ χρειασθοῦμε πολὺ χρόνο καὶ τὸ διάλυμα μπορεῖ νὰ πάθη χημικὴ ἀλλοίωση. Ἐπίσης εἶναι ἀδύνατο νὰ βράσωμε τὸ διάλυμα στὸν ἐλεύθερο ἀέρα διότι ἡ ζάχαρη θὰ πάθαινε ἀποσύνθεση ἀπὸ τὴν θερμότητα.

Μιὰ γρήγορη συμπύκνωση σακχαρούχων χυμῶν ἐπιτυγχάνουμε βράζοντάς τους μὲ ἐλαττωμένη πίεση σὲ μιὰ σχετικὰ μικρὴ θερμοκρασία.

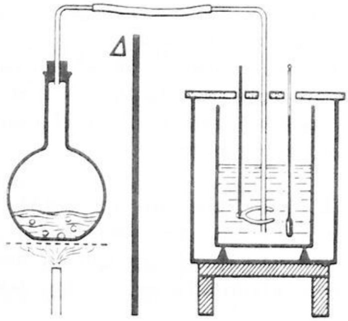
§ 247. Θερμότητα ἐξαερώσεως. Ὅταν ἕνα ὑγρὸ βράζη, ἡ θερμοκρασία του παραμένει στάσιμη. Ὡστόσο εἶναι ἀπαραίτητο νὰ συνεχίσωμε τὴν θέρμανση γιὰ νὰ ἐξακολουθῆ ὁ βρασμός. Ἡ θερμότητα, μὲ τὴν ὁποίαν ἐφοδιάζουμε τότε τὸ ὑγρὸ ποὺ βράζει, χρησιμεύει ἀποκλειστικὰ γιὰ νὰ μεταβάλλη τὸ σῶμα ἀπὸ τὴν ὑγρὴ στὴν ἀέρια κατάσταση. Γιὰ νὰ μεταπηδήση ἕνα γραμμάριο νεροῦ θερμοκρασίας 100 °C ἀπὸ τὴν ὑγρὴ στὴν ἀέρια κατάσταση, χωρὶς νὰ μεταβληθῆ ἡ θερμοκρασία του, ἀπαιτοῦνται 539 θερμίδες. Λέμε λοιπὸν ὅτι ἡ θερμότητα ἐξαερώσεως τοῦ νεροῦ στοὺς 100 °C εἶναι ἴση μὲ 539 cal.

Ὀνομάζουμε θερμότητα ἐξαερώσεως ἑνὸς ὑγροῦ, σὲ μιὰν ὁρισμένη θερμοκρασία, τὴν ποσότητα τῆς θερμότητος τὴν ὁποία πρέπει νὰ προσλάβη ἕνα γραμμάριο τοῦ ὑγροῦ, γιὰ νὰ μεταβληθῆ σὲ κορεσμένο ἀτμὸ τῆς ἰδίας θερμοκρασίας.

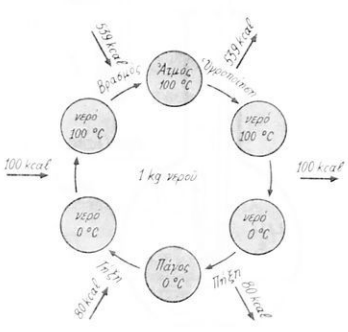
Ἡ θερμότητα ἐξαερώσεως μετριέται σὲ θερμίδες ἀνὰ γραμμάριο (cal/gr).

§ 248. Μέτρηση τῆς θερμότητος ἐξαερώσεως τοῦ νεροῦ. Ἡ ἀπ' εὐθείας μέτρηση τῆς θερμότητος ἐξαερώσεως παρουσιάζει ἀρκετὲς δυσκολίες. Εἶναι πιὸ εὔκολο νὰ μετρήσωμε τὴν θερμότητα ὑγροποιήσεως, ἡ ὁποία εἶναι ἴση μὲ τὴν ποσότητα θερμότητος τὴν ὁποία ἀποδίδει ἕνα γραμμάριο κορεσμένου ἀτμοῦ, στὴν θερμοκρασία βρασμοῦ τοῦ ὑγροῦ, ὅταν μεταβληθῆ σὲ ὑγρὸ τῆς ἰδίας θερμοκρασίας.

Ὁ ὑπολογισμὸς στηρίζεται στὸ ὅτι ἡ θερμότητα ἐξαερώσεως καὶ ἡ θερμότητα ὑγροποιήσεως εἶναι ἴσες. Ἡ σχετικὴ ἐργασία περιλαμβάνει τὸν βρασμὸ μιᾶς ποσότητος νεροῦ καὶ τὴν συμπύκνωση τοῦ ἀτμοῦ ποὺ θὰ παραχθῆ μέσα στὸ νερὸ ἑνὸς θερμιδομέτρου (σχ. 330).



Σχ. 330. Γιὰ τὴν μέτρηση τῆς θερμότητος ἐξαερώσεως τοῦ νεροῦ.



Σχ. 331. Ἀλληλοδιαδοχικὴ μεταβολὴ τῶν φυσικῶν καταστάσεων τοῦ νεροῦ μὲ τὰ ἀντίστοιχα ποσὰ θερμότητος γιὰ μάζα 1 kg νεροῦ.

Ἡ μάζα τοῦ ἀτμοῦ ποὺ συμπυκνώθηκε εὑρίσκεται μὲ ζύγιση τοῦ θερμιδομέτρου πρὶν καὶ μετὰ τὸ πείραμα. Ἕνα διάφραγμα Δ προστατεύει τὸ θερμιδόμετρο ἀπὸ τὴν θερμότητα ποὺ ἀκτινοβολεῖται πρὸς αὐτό. Τὸ νερὸ ἔχει τὴν μεγαλύτερη θερμότητα ἐξαερώσεως.

Τὸ σχῆμα 331 παριστάνει τὶς μεταβολὲς τοῦ νεροῦ ἀπὸ τὴν μιὰ φυσικὴ κατάσταση στὴν ἄλλη καὶ μὲ τελικὸ στάδιο τὴν ἀρχικὴ κατάσταση.

Θερμότητα ἐξαερώσεως μερικῶν ὑγρῶν	
Νερὸ	539 cal/gr
Ἀμμωνία	341 cal/gr
Οἰνόπνευμα	216 cal/gr
Αἰθέρας	90 cal/gr

Ἡ θερμότητα ἐξαερώσεως τῶν παραπάνω ὑγρῶν δίδεται στὴν κανονικὴ θερμοκρασία βρασμοῦ τους.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Ὅταν θερμαίνωμε ἕνα ὑγρὸ σχηματίζονται φυσαλλίδες στὰ τειχώματα τοῦ δοχείου. Ὅταν τὸ ὑγρὸ βράζη ἐξαερώνεται γρήγορα, ἐνῶ σύγχρονα παράγονται φυσαλλίδες ἀτμοῦ σὲ ὅλη του τὴν μάζα.

2. Ὁ βρασμὸς ἀκολουθεῖ τοὺς ἑξῆς νόμους:

Α) Ὅταν ἡ πίεση εἶναι ὁρισμένη καὶ διατηρῆται σταθερή, τότε ὁ βρασμὸς ἑνὸς χημικῶς καθαροῦ ὑγροῦ ἀρχίζει πάντοτε στὴν ἴδια θερμοκρασία, ἡ ὁποία ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύση τοῦ ὑγροῦ· ἡ θερμοκρασία τοῦ ἀτμοῦ ποὺ παράγεται παραμένει ἀμετάβλητη κατὰ τὴν διάρκεια τοῦ βρασμοῦ. Ἡ θερμοκρασία αὐτὴ ὀνομάζεται θερμοκρασία βρασμοῦ ἢ σημεῖο βρασμοῦ τοῦ ὑγροῦ στὴν πίεση τοῦ πειράματος.

Β) Ὅταν ἐλαττώνωμε τὴν ἐξωτερικὴ πίεση, ἡ ὁποία ἐπιφέρεται σὲ ἕνα ὑγρό, χαμηλώνει ἡ θερμοκρασία βρασμοῦ τοῦ ὑγροῦ καὶ ἀντιστρόφως.

Γ) Ἡ θερμοκρασία βρασμοῦ ἑνὸς ὑγροῦ εἶναι ἴση μὲ ἐκείνην γιὰ τὴν ὁποία ἡ τάση τῶν κορεσμένων ἀτμῶν τοῦ ὑγροῦ ἰσοῦται μὲ τὴν ἐξωτερικὴ πίεση, ἡ ὁποία ἀσκεῖται στὸ ὑγρό.

3. Στὶς χύτρες πιέσεως τὸ νερὸ θερμαίνεται σὲ μεγαλύτερη ἀπὸ τοὺς 100 °C θερμοκρασία. Οἱ συσκευὲς αὐτὲς χρησιμοποιοῦνται γιὰ τὴν ἀποστείρωση τῶν χειρουργικῶν ἐργαλείων, γιὰ τὴν πραγματοποίηση ὁρισμένων χημικῶν ἀντιδράσεων, γιὰ τὸ γρήγορο βράσιμο ὁρισμένων τροφῶν κλπ.

4. Θερμότητα ἐξαερώσεως ἑνὸς ὑγροῦ σὲ μιὰν ὁρισμένη θερμοκρασία ὀνομάζουμε τὴν ποσότητα τῆς θερμότητος τὴν ὁποία πρέπει νὰ προσδώσωμε σὲ ἕνα γραμμάριο αὐτοῦ τοῦ ὑγροῦ γιὰ νὰ τὸ μεταβάλωμε σὲ κορεσμένο ἀτμὸ τῆς ἴδιας θερμοκρασίας.

5. Τὸ νερὸ ἔχει τὴν μεγαλύτερη θερμότητα ἐξαερώσεως ἴση μὲ 539 cal/gr στοὺς 100 °C

1. Νὰ εὑρεθῇ ἡ ποσότητα τῆς θερμότητος, ἡ ὁποία ἀπαιτεῖται γιὰ νὰ ἐξαερώσωμε 1,5 l νεροῦ θερμοκρασίας 100 °C. Θερμότητα ἐξαερώσεως τοῦ νεροῦ : 539 cal/gr. ('Απ. 808,5 kcal.)

2. Στὴν περιοχὴ τῶν 100 °C τὸ σημεῖο ζέσεως τοῦ νεροῦ κατέρχεται κατὰ 0,1 °C ὅταν ἡ ἐξωτερικὴ πίεση ἐλαττώνεται κατὰ 2,7 mm στήλης ὑδραργύρου. Νὰ εὑρεθῇ τὸ σημεῖο ζέσεως τοῦ νεροῦ τὴν ἡμέρα κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεση εἶναι 73,2 cm στήλης ὑδραργύρου ('Απ. 98,96 °C.)

3. Μιὰ ἐλαφριὰ χύτρα περιέχει 10,74 kg νερὸ θερμοκρασίας 0 °C. Μέσα σ' αὐτὴν τὴν χύτρα συμπυκνώνουμε ὑδρατμοὺς νεροῦ ποὺ βράζει. Ὅταν ἡ θερμοκρασία στὴν χύτρα φθάση στοὺς 100 °C, ἡ μάζα τοῦ νεροῦ ποὺ περιέχει εἶναι 12,74 kg. Νὰ εὑρεθῇ ἡ θερμότητα ποὺ ἀποδόθηκε ἀπὸ τοὺς ὑδρατμοὺς ποὺ συμπυκνώθηκαν. ('Απ. 1 074 kcal.)

ΜΒ' – ΔΙΑΔΟΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΟΣ

§ 249. Γενικότητες. Ἀπὸ τὴν πεῖρα τῆς καθημερινῆς ζωῆς γνωρίζουμε ὅτι ἕνα θερμὸ σῶμα ἀποδίδει θερμότητα στὸ περιβάλλον του. Ἔτσι ὁ πλανήτης μας παίρνει ἀδιάκοπα τεράστιες ποσότητες θερμότητος ἀπὸ τὸν Ἥλιο. Τὸν χειμώνα ἡ ἠλεκτρικὴ θερμάστρα ἢ τὰ σώματα τῆς κεντρικῆς θερμάνσεως (καλοριφὲρ) θερμαίνουν τὰ κρύα δωμάτια. Ἂν βυθίσωμε ἕνα μεταλλικὸ κουταλάκι μέσα σὲ ζεστὸ τσάϊ, θερμαίνεται καὶ τὸ ἄλλο ἄκρο του καὶ γίνεται καυτό.

Ἡ διάδοση τῆς θερμότητος ἀπὸ ἕνα σημεῖο τοῦ χώρου σ' ἕνα ἄλλο μπορεῖ νὰ γίνη κατὰ τοὺς ἑξῆς τρεῖς τρόπους: α) μὲ ἀγωγή, β) μὲ μεταφορὰ καὶ γ) μὲ ἀκτινοβολία.

§ 250. Διάδοση τῆς θερμότητος μὲ ἀγωγή. Πείραμα 1. Παίρνουμε δύο μεταλλικὲς ράβδους μία ἀπὸ σίδηρο καὶ μία ἀπὸ χαλκό, οἱ ὁποῖες νὰ ἔχουν τὸ ἴδιο μῆκος καὶ ἴδιο πάχος. Κρατώντας μὲ τὰ χέρια μας τὶς ράβδους αὐτὲς ἀπὸ τὸ ἕνα τους ἄκρο θερμαίνουμε τὸ ἄλλο ἄκρο τους στὴν φλόγα μιᾶς ἑστίας φωταερίου.

Παρατηροῦμε πὼς τὸ ἄκρο τῆς χάλκινης ράβδου θερμαίνεται γρηγορώτερα.

Πείραμα 2. Ἐπαναλαμβάνουμε τὸ προηγούμενο πείραμα μὲ μιὰ ξύλινη καὶ μιὰ γυάλινη ράβδο, πάλι μὲ ἴσες διαστάσεις. Παρατηροῦμε πὼς στὴν περίπτωση αὐτὴ δὲν μποροῦμε νὰ διαπιστώσωμε καμιὰ μετάδοση θερμότητος.

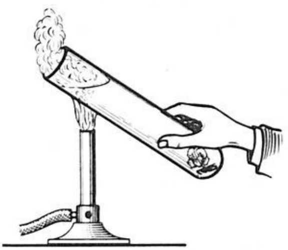
Στὴν σιδερένια καὶ στὴν χάλκινη ράβδο ἡ διάδοση τῆς θερμότητος ἀπὸ τὸ θερμότερο πρὸς τὸ ψυχρότερο τμῆμα, δὲν γίνεται μὲ τὴν ἴδια ταχύτητα. Ἡ διάδοση αὐτὴ γίνεται προοδευτικὰ ἀπὸ τὸ καθένα μόριο τῆς ράβδου στὸ ἀμέσως γειτονικό του μόριο. Μὲ αὐτὸν τὸν τρόπο τὰ ψυχρὰ τμήματα θερμαίνονται τὸ ἕνα ὕστερα ἀπὸ τὸ ἄλλο.

Ὁ τρόπος αὐτὸς διαδόσεως τῆς θερμότητος ὀνομάζεται διάδοση μὲ ἀγωγή, ἐπειδὴ ἡ θερμότητα ἄγεται, δηλαδὴ μεταφέρεται ἀπὸ τὸ ἕνα μόριο τοῦ σώματος στὸ ἄλλο, χωρὶς νὰ συμβαίνη καμιὰ μετακίνηση ὕλης τοῦ σώματος.

Σώματα ὅπως τὰ μέταλλα, ποὺ ἐπιτρέπουν εὔκολα τὴν ἀγωγὴ τῆς θερμότητος, ὀνομάζονται **εὐθερμαγωγὰ σώματα** ἢ **καλοὶ ἀγωγοὶ** τῆς θερμότητος.

Στὴν ξύλινη καὶ στὴν γυάλινη ράβδο δὲν παρατηρήσαμε ἀγωγὴ τῆς θερμότητος. Σώματα σὰν αὐτὰ ποὺ δὲν ἐπιτρέπουν τὴν εὔκολη μεταφορὰ τῆς θερμότητος μέσα ἀπὸ τὴν μάζα τους ὀνομάζονται **δυσθερμαγωγὰ σώματα** ἢ **κακοὶ ἀγωγοὶ** τῆς θερμότητος.

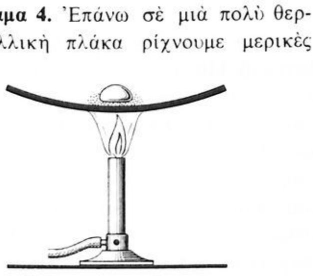
Πείραμα 3. Μέσα σὲ ἕναν δοκιμαστικὸ σωλήνα ποὺ περιέχει νερό, θέτουμε ἕνα τεμάχιο πάγου, τυλιγμένο μὲ σύρμα, ὥστε νὰ γίνη βαρύτερο καὶ νὰ παραμείνη στὸν πυθμένα τοῦ σωλῆνος. Ἂν θερμάνωμε τὸ ἀνώτερο στρῶμα τοῦ νεροῦ θὰ παρατηρήσωμε πὼς ἐνῶ τὸ νερὸ στὸ ἀνώτερο τμῆμα τοῦ σωλῆνος ἀρχίζει νὰ βράζη, ὁ πάγος στὸν πυθμένα τοῦ σωλῆνος δὲν τήκεται (σχ. 332).



Σχ. 332. Γιὰ τὴν ἀπόδειξη τῆς μικρῆς θερμικῆς ἀγωγιμότητος τοῦ νεροῦ.

Αὐτὸ συμβαίνει διότι τὸ νερὸ εἶναι κακὸς ἀγωγὸς τῆς θερμότητος καὶ δὲν τῆς ἐπιτρέπει νὰ μεταδοθῆ γρήγορα σὲ ὅλη του τὴν μάζα.

Πείραμα 4. Ἐπάνω σὲ μιὰ πολὺ θερμὴ μεταλλικὴ πλάκα ρίχνουμε μερικὲς



Σχ. 333. Ἀνάμεσα στὴν σταγόνα καὶ τὴν θερμὴ πλάκα μεσολαβεῖ ἀτμός.

σταγόνες νεροῦ (σχ. 333). Οἱ σταγόνες δὲν ἐξαερώνονται **ἀλλὰ** διατηροῦνται γιὰ ἀρκετὸ χρονικὸ διάστημα σὲ ἠρεμία ἢ στροβιλίζονται κοντὰ στὴν πλάκα, σὲ μικρὴ ἀπόσταση ἀπὸ αὐτήν.

Ἀνάμεσα ἀπὸ τὶς σταγόνες καὶ τὴν πλάκα σχηματίζεται ἕνα στρῶμα ἀτμοῦ, τὸ ὁποῖο δὲν ἐπιτρέπει τὴν ἀγωγὴ τῆς θερμότητος καὶ ἔτσι δὲν ἐξαερώνονται οἱ σταγόνες. Ὁ ὑδρατμὸς ἑπομένως εἶναι κακὸς ἀγωγὸς τῆς θερμότητος.

Ἀπὸ τὰ παραπάνω συμπεραίνουμε ὅτι:

Ἡ διάδοση τῆς θερμότητος μὲ ἀγωγὴ γίνεται ἀπὸ τὸ θερμότερο τμῆμα ἑνὸς σώματος στὰ ἀμέσως πλησιέστερα τμήματα τοῦ σώματος. Τὰ μέταλλα εἶναι γενικὰ καλοὶ ἀγωγοὶ τῆς θερμότητος. Τὰ ἄλλα στερεὰ σώματα, ὅπως ἐπίσης καὶ τὰ ὑγρὰ καὶ τὰ ἀέρια, εἶναι κακοὶ ἀγωγοὶ τῆς θερμότητος.

Οἱ καλοὶ καὶ οἱ κακοὶ ἀγωγοὶ τῆς θερμότητος χρησιμοποιοῦνται ἀνάλογα στὶς πρακτικὲς ἐφαρμογές. Τὸ σῶμα μιᾶς θερμάστρας ἢ ἑνὸς καλοριφὲρ εἶναι καλοὶ ἀγωγοί.

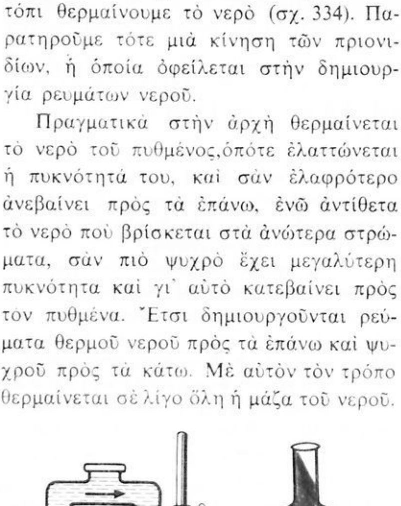
Οἱ κακοὶ ἀγωγοὶ τῆς θερμότητος χρησιμοποιοῦνται γιὰ τὶς θερμικὲς μονώσεις, δηλαδὴ γιὰ νὰ προφυλάξουν θερμὰ σώματα ἀπὸ τὴν ἀπόψυξη ἢ ψυχρὰ σώματα ἀπὸ τὴν θέρμανση. Οἱ κακοὶ ἀγωγοὶ τῆς θερμότητος στὴν περίπτωση αὐτὴ ὀνομάζονται θ ε ρ μ ο μ ο ν ω τ ι κ ὰ σ ώ μ α τ α, τέτοια δὲ εἶναι ὁ φελλός, ὁ ἀμίαντος κ.ἄ.

§ 251. Θερμικὴ ἀγωγιμότητα τῶν σωμάτων. Ὁ ἀέρας εἶναι κακὸς ἀγωγὸς τῆς θερμότητος. Ἂν πάρωμε σὰν μονάδα τὴν θερμικὴ ἀγωγιμότητα τοῦ ἀέρος, τὸν βαθμὸ ἱκανότητός του δηλαδή, στὴν διάδοση τῆς θερμότητος μὲ ἀγωγή, μποροῦμε πειραματικὰ νὰ βροῦμε, πόσες φορὲς καλλίτερα ἀπὸ τὸν ἀέρα διαδίδουν τὴν θερμότητα τὰ διάφορα ἄλλα σώματα. Αὐτὸ ἰσχύει μὲ τὴν προϋπόθεση ὅτι παίρνουμε πλάκες ποὺ ἔχουν τὶς ἴδιες διαστάσεις μὲ ἕνα στρῶμα ἀέρος.

Παραδείγματα θερμικῆς ἀγωγιμότητος διαφόρων ὑλικῶν (Θερμικὴ ἀγωγιμότητα ἀέρος = 1)			
Ἀέρας	1	Νερὸ	20
Μαλλὶ	2	Γυαλὶ	30
Βαμβάκι	2	Πορσελάνη	50
Φελλὸς	2	Σίδηρος	3 500
Ἐλαιόλαδο	6	Χρυσὸς	14 000
Οἰνόπνευμα	8	Χαλκὸς	18 000

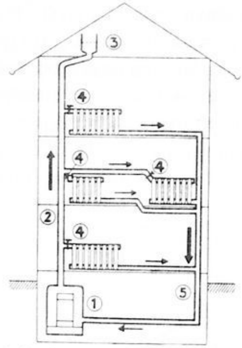
§ 252. **Διάδοση τῆς θερμότητος μὲ μεταφορά. Πείραμα.** Θέτουμε νερὸ σὲ ἕνα δοχεῖο βρασμοῦ καὶ διασκορπίζουμε μέσα σ' αὐτὸ πριονίδια ἀπὸ ξύλο. Κατόπι θερμαίνουμε τὸ νερὸ (σχ. 334). Παρατηροῦμε τότε μιὰ κίνηση τῶν πριονιδίων, ἡ ὁποία ὀφείλεται στὴν δημιουργία ρευμάτων νεροῦ.

Πραγματικὰ στὴν ἀρχὴ θερμαίνεται τὸ νερὸ τοῦ πυθμένος,ὁπότε ἐλαττώνεται ἡ πυκνότητά του, καὶ σὰν ἐλαφρότερο ἀνεβαίνει πρὸς τὰ ἐπάνω, ἐνῶ ἀντίθετα τὸ νερὸ ποὺ βρίσκεται στὰ ἀνώτερα στρώματα, σὰν πιὸ ψυχρὸ ἔχει μεγαλύτερη πυκνότητα καὶ γι' αὐτὸ κατεβαίνει πρὸς τὸν πυθμένα. Ἔτσι δημιουργοῦνται ρεύματα θερμοῦ νεροῦ πρὸς τὰ ἐπάνω καὶ ψυχροῦ πρὸς τὰ κάτω. Μὲ αὐτὸν τὸν τρόπο θερμαίνεται σὲ λίγο ὅλη ἡ μάζα τοῦ νεροῦ.



Σχ. 334. Ὅταν θερμαίνεται τὸ νερό, σχηματίζονται στὴν μάζα του ρεύματα, ὅπως δείχνουν τὰ βέλη.

Ὅπως παρατηροῦμε, στὴν περίπτωση αὐτὴ ἡ διάδοση τῆς θερμότητος προϋποθέτει μετακίνηση ὕλης. Ὁ τρόπος αὐτὸς διαδόσεως τῆς θερμότητος ὀνομάζεται **διάδοση μὲ μεταφορὰ** καὶ συμβαίνει στὰ ὑγρὰ καὶ στὰ ἀέρια.



Σχ. 335. Διάταξη κεντρικῆς θερμάνσεως σὲ μιὰ σύγχρονη πολυκατοικία. (1) Λέβητας θερμάνσεως, (2) ἀπαγωγὸς σωλήνας ἀνόδου νεροῦ, (3) δοχεῖο ἀσφαλείας, (4) θερμαντικὰ σώματα, (5) σωλήνας ἐπιστροφῆς τοῦ νεροῦ.

Σπουδαία ἐφαρμογὴ τῆς διαδόσεως τῆς θερμότητος μὲ μεταφορὰ ἔχουμε στὶς ἐγκαταστάσεις κεντρικῆς θερμάνσεως (σχ. 335). Ὥστε :

Ἡ διάδοση τῆς θερμότητος μὲ μεταφορὰ συμβαίνει στὰ ὑγρὰ καὶ στὰ ἀέρια. Πραγματοποιεῖται δὲ μὲ τὴν δημιουργία ἀντιθέτων ψυχρῶν καὶ θερμῶν ρευμάτων.

§ 253. **Διάδοση τῆς θερμότητος μὲ ἀκτινοβολία.** Οἱ δύο περιπτώσεις μεταδόσεως τῆς θερμότητος ποὺ ἐξετάσαμε, προϋποθέτουν τὴν μεσολάβηση ἑνὸς ὑλικοῦ. Ὡστόσο ἀπὸ τὴν καθημερινὴ πεῖρα γνωρίζουμε ὅτι μαζὶ μὲ τὸ φῶς τοῦ Ἡλίου παίρνουμε καὶ θερμότητα καὶ πὼς ἀνάμεσα στὴν Γῆ καὶ στὸν Ἥλιο δὲν ὑπάρχει ὕλη. Ἑπομένως ἡ θερμότητα ποὺ ἐκπέμπει ὁ Ἥλιος μπορεῖ νὰ μεταδοθῆ καὶ ἀπὸ τὸ κενό.

Ἡ διάδοση τῆς θερμότητος χωρὶς τὴν μεσολάβηση κανενὸς ὑλικοῦ σώματος ὀνομάζεται διάδοση τῆς θερμότητος μὲ ἀκτινοβολία.

§ 254. **Ἀπορρόφηση τῆς θερμικῆς ἀκτινοβολίας.** Τὸ πείραμα δείχνει πὼς ὅταν ἡ ἐπιφάνεια ἑνὸς σώματος εἶναι ἀνώμαλη καὶ τὸ σῶμα ἔχει σκοτεινὸ χρῶμα, ἀπορροφᾶ περισσότερη θερμότητα ἀπὸ ἐκείνη ποὺ θὰ ἀπορροφοῦσε ἂν ἡ ἐπιφάνειά του ἦταν λεία καὶ στιλπνὴ καὶ τὸ χρῶμα του ἀνοικτό. Γιὰ τὸν λόγο αὐτὸ τὸ καλοκαίρι ἀποφεύγουμε τὰ ἐνδύματα μὲ σκοῦρα χρώματα.

Τὰ θερμοφόρα δοχεῖα (θερμὸς) εἶναι δοχεῖα μὲ διπλὰ τειχώματα ποὺ ἔχουν ἐπαργυρωμένες τὶς ἐσωτερικὲς ἐπιφάνειές τους (βλέπε σχ. 34, σελ. 40). Ἀνάμεσα στὰ δύο τειχώματα δὲν ὑπάρχει ἀέρας. Ἔτσι τὸ ὑγρὸ ποὺ τοποθετεῖται στὸ δοχεῖο εὑρίσκεται σὲ θερμικὴ ἀπομόνωση καὶ διατηρεῖ γιὰ πολὺ χρονικὸ διάστημα τὴν θερμοκρασία του.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

1. Ἡ διάδοση τῆς θερμότητος γίνεται μὲ ἀγωγή, **μὲ μεταφορὰ καὶ μὲ ἀκτινοβολία.**

2. Ὅταν ἡ θερμότητα μεταδίδεται μὲ ἀγωγὴ δὲν **συμβαίνει καμιὰ μετακίνηση** ὕλης τοῦ σώματος ἀλλὰ ἡ θερμότητα **μεταφέρεται ἀπὸ τὸ ἕνα μόριο τοῦ σώματος** στὸ ἄλλο.

3. Τὰ μέταλλα εἶναι γενικὰ καλοὶ ἀγωγοὶ **τῆς θερμότητος**. Τὰ ἄλλα **στερεὰ** σώματα, τὰ ὑγρὰ καὶ **τὰ ἀέρια εἶναι κακοὶ ἀγωγοὶ τῆς θερμότητος**.

4. Στὴν διάδοση τῆς **θερμότητος μὲ μεταφορά, ἡ ὁποία συμβαίνει** στὰ ὑγρὰ καὶ στὰ **ἀέρια, δημιουργοῦνται ἀντίθετα ψυχρὰ καὶ θερμὰ ρεύματα**, τὰ ὁποῖα **προκαλοῦν μετακίνηση μαζῶν.**

5. Ἡ διάδοση τῆς **θερμότητος μὲ ἀκτινοβολία δὲν προϋποθέτει τὴν μεσολάβηση κανενὸς ὑλικοῦ σώματος.**

6. Τὰ σώματα ποὺ εἶναι **σκοτεινόχρωμα καὶ ἔχουν ἀνώμαλη ἐπιφάνεια, ἀπορροφοῦν μεγαλύτερα ποσὰ θερμότητος ἀπὸ ἀκτινοβολία ἀπὸ τὰ σώματα ποὺ εἶναι ἀνοικτόχρωμα καὶ γυαλιστερά.**

ΚΟΥΓΙΟΥΜΖΕΛΗ - ΠΕΡΙΣΤΕΡΑΚΗ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

Διὰ τοὺς μαθητὰς τῶν Λυκείων, τῶν Τεχνικῶν Σχολῶν καὶ τοὺς ὑποψηφίους διὰ τὴν ἀπόκτησιν τοῦ Ἀκαδημαϊκοῦ Ἀπολυτηρίου.

Ἐγκεκριμένον ὑπὸ τοῦ Ὑπουργείου Ἐθνικῆς Παιδείας.

ΤΟΜΟΣ Ι

ΜΗΧΑΝΙΚΗ - ΘΕΡΜΟΤΗΣ

ΤΟΜΟΣ ΙΙ

ΚΥΜΑΤΙΚΗ

ΤΟΜΟΣ ΙΙΙ

ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

Αἱ ἀσκήσεις αἱ περιεχόμεναι εἰς τὰ ἀνωτέρω βιβλία εἶναι ὅλαι λυμέναι εἰς τὸ βιβλίον: Σ. Περιστεράκη «Ἀσκήσεις Φυσικῆς», Τόμοι Ι, ΙΙ καὶ ΙΙΙ.

ΣΑΛΤΕΡΗ Γ. ΠΕΡΙΣΤΕΡΑΚΗ

ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

Διὰ τοὺς μαθητὰς τῶν Λυκείων, τῶν Τεχνικῶν Σχολῶν καὶ τοὺς ὑποψηφίους διὰ τὴν ἀπόκτησιν τοῦ Ἀκαδημαϊκοῦ Ἀπολυτηρίου.

Ἐγκεκριμένον ὑπὸ τοῦ Ὑπουργείου Ἐθνικῆς Παιδείας.

ΤΟΜΟΣ Ι

ΜΗΧΑΝΙΚΗ - ΘΕΡΜΟΤΗΣ - ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ

ΤΟΜΟΣ ΙΙ

ΟΠΤΙΚΗ - ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ - ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ
ΑΤΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ

Ὅλα τὰ προβλήματα τὰ περιεχόμενα εἰς τὸ βιβλίον «Στοιχεῖα Φυσικῆς» εἶναι λυμένα ἐντὸς τοῦ βιβλίου τούτου.

ΤΟΜΟΣ ΙΙΙ, ΤΕΥΧΟΣ Α΄

ΜΗΧΑΝΙΚΗ - ΘΕΡΜΟΤΗΣ
ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΚΥΜΑΤΑ - ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ

ΤΟΜΟΣ ΙΙΙ, ΤΕΥΧΟΣ Β΄

ΟΠΤΙΚΗ - ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ - ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ
ΑΤΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ

Γενικαὶ ἀσκήσεις ἀνωτέρας στάθμης διὰ τοὺς ὑποψηφίους τῶν Ἀνωτάτων Σχολῶν.