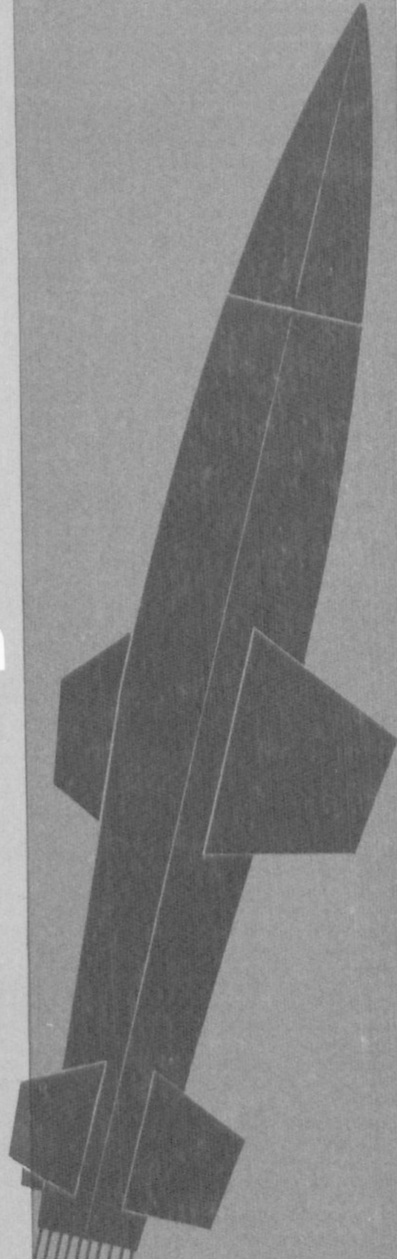
ΕΥΑΓΓΕΛΟΥ Σ. ΣΤΑΜΑΤΗ

Φυσική Πειρα- ματική



Β΄ Γυμνασίου

Ε 2 ΦΣΣ

Σταματάτης (Ευάγγελος Σ.)

ΦΥΣΙΚΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ

ΕΥΑΓΓΕΛΟΥ Σ. ΣΤΑΜΑΤΗ

ΦΥΣΙΚΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ

Β′ Γυμνασίου

ΑΘΗΝΑΙ 1966

Μή μου τοὺς κύκλους τάραττε

ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ

Ὁ μεγαλύτερος μαθηματικός, φυσικὸς καὶ μηχανικὸς τῆς ἀνθρωπότητος

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. Ὕλη. Τὸ συστατικὸν ἐκ τοῦ ὁποίου ἀποτελοῦνται τὰ διάφορα σώματα ὀνομάζεται ὕλη. Ὅλα δὲ τὰ σώματα, τὰ ὁποῖα ὑπάρχουν εἰς τὴν φύσιν ὀνομάζονται ὑλικὰ σώματα. Τὸ ξύλον, ὁ λίθος, τὸ ὕδωρ, τὸ χῶμα εἶναι ὑλικὰ σώματα. Συνήθως τὰ ὑλικὰ σώματα τὰ ὀνομάζομεν ἁπλῶς, σώματα.

2. Φυσικαὶ καταστάσεις τῶν σωμάτων. Τὰ ὑλικὰ σώματα ὑποπίπτουν εἰς τὰς αἰσθήσεις μας ὑπὸ τρεῖς διαφόρους μορφάς, τὰς ὁποίας ὀνομάζομεν φυσικὰς καταστάσεις τῶν σωμάτων : Αὗται εἶναι : ἡ στερεά, ἡ ὑγρὰ καὶ ἡ ἀέριος. Εἰς τὴν στερεὰν κατάστασιν τὰ σώματα ἔχουν ὡρισμένον ὄγκον καὶ ὡρισμένον σχῆμα (στερεὰ σώματα). Εἰς τὴν ὑγρὰν κατάστασιν ἔχουν μὲν ὡρισμένον ὄγκον, ἀλλὰ λαμβάνουν τὸ σχῆμα τοῦ δοχείου ἐντὸς τοῦ ὁποίου εὑρίσκονται (ὑγρὰ σώματα). Εἰς τὴν ἀέριον κατάστασιν τὰ σώματα δὲν ἔχουν ὡρισμένον ὄγκον καὶ σχῆμα (ἀέρια σώματα).

3. Φαινόμενα. Εἰς τὴν φύσιν οὐδὲν σῶμα μένει ἀμετάβλητον. Ὅλα τὰ σώματα μεταβάλλονται διαρκῶς, ἄλλα μὲν εἰς μικρότερον χρονικὸν διάστημα καὶ ἄλλα εἰς μεγαλύτερον. Τὰς μεταβολάς, τὰς ὁποίας παρατηροῦμεν εἰς τὰ σώματα, τὰς ὀνομάζομεν φαινόμενα. Τὰ φαινόμενα τὰ διακρίνομεν εἰς δύο εἴδη, εἰς φυσικὰ καὶ εἰς χημικά. Φυσικὰ φαινόμενα λέγονται ἐκεῖνα, κατὰ τὰ ὁποῖα ἡ ὕλη τῶν σωμάτων εἰς τὰ ὁποῖα λαμβάνουν χώραν τὰ φαινόμενα δὲν ὑφίσταται ριζικὴν μεταβολήν. Ἡ πτῶσις π.χ. ἑνὸς τεμαχίου χάρτου εἰς τὸ ἔδαφος, ἡ ροὴ τοῦ ὕδατος εἰς ἕνα σωλῆνα κλπ. εἶναι φαινόμενα φυσικά, διότι ἡ ὕλη τοῦ χάρτου, μετὰ τὴν πτῶσιν αὐτοῦ καὶ ἡ ὕλη τοῦ ὕδατος μετὰ τὴν ροὴν αὐτοῦ παρέμεινεν ἀμετάβλητος· ἁπλῶς τὰ σώματα ἤλλαξαν θέσιν. Χημικὰ φαινόμενα λέγονται ἐκεῖνα κατὰ τὰ ὁποῖα ἡ ὕλη τῶν σωμάτων ἐπὶ τῶν ὁποίων τὰ φαινόμενα λαμβάνουν χώραν ὑφίσταται ριζικὴν μεταβολήν. Ἡ καῦσις π.χ. τοῦ ξύλου, τοῦ χάρτου, κλπ. εἶναι φαινόμενα χημικά, διότι ἡ ὕλη τοῦ ξύλου καὶ τοῦ χάρτου μετὰ τὴν καῦσιν δὲν εἶναι ἡ αὐτή, ὅπως ἦτο πρὸ τῆς καύσεως. Καὶ τὰ μὲν φυσικὰ φαινόμενα ἐξετάζει ἡ Φυσικὴ Πειραματική, τὰ δὲ χημικὰ ἐξετάζει ἡ Χημεία.

4. Διαίρεσις τῆς Φυσικῆς Πειραματικῆς. Διὰ τὴν εὐκολωτέραν ἔρευναν καὶ μελέτην τῶν φυσικῶν φαινομένων ἡ Φυσικὴ Πειραματικὴ ὑποδιαιρεῖται εἰς τοὺς ἑξῆς κλάδους : α) Μηχανική, β) Θερμότης, γ) Ἀκουστική, δ) Ὀπτική, ε) Μαγνητισμός, στ) Ἠλεκτρισμός, ζ) Πυρηνικὴ Φυσική.

5. Φυσικοὶ νόμοι. Τὰ φυσικὰ φαινόμενα δὲν γίνονται τυχαίως, ἀλλὰ ἐπὶ τῇ βάσει νόμων, οἱ ὁποῖοι λέγονται φυσικοὶ νόμοι. Τοὺς νόμους αὐτοὺς προσπαθεῖ νὰ ἀνεύρῃ ἡ Φυσικὴ Πειραματική. Ἄλλο πρᾶγμα ὅμως εἶναι οἱ νόμοι τοῦ Κράτους καὶ ἄλλο εἶναι οἱ φυσικοὶ νόμοι. Οἱ φυσικοὶ νόμοι εἶναι αἰώνιοι, ἀκατάλυτοι καὶ ἀναλλοίωτοι. Εὑρίσκομεν δὲ αὐτοὺς ἐξ ἐπανειλημμένων πειραμάτων καὶ παρατηρήσεων.

Παραδείγματα φυσικῶν νόμων

α) Πᾶν σῶμα ἀφιέμενον ἐλεύθερον πίπτει πρὸς τὰ κάτω. Ἡ πτῶσις τῶν σωμάτων δὲν γίνεται τυχαίως, ἀλλὰ ἀκολουθεῖ ὡρισμένους φυσικοὺς νόμους· β) Τὸ ὕδωρ θερμαινόμενον γίνεται ἀτμός, ἐνῷ ψυχόμενον πολὺ γίνεται πάγος. Καὶ τὰ φαινόμενα αὐτὰ λαμβάνουν χώραν ἐπὶ τῇ βάσει ὡρισμένων φυσικῶν νόμων.

6. Τὸ πείραμα. Τοὺς διαφόρους φυσικοὺς νόμους τοὺς συνάγομεν ἐκ τῆς παρατηρήσεως τῶν φυσικῶν φαινομένων. Εἰς πολλὰς ὅμως περιπτώσεις ἡ μελέτη τῶν φυσικῶν φαινομένων δὲν εἶναι εὔκολος. Εἰς τὰς περιπτώσεις αὐτὰς ἀναπαράγομεν εἰς τὸ ἐργαστήριον τὰ φυσικὰ φαινόμενα πολλὰς φορὰς ὑπὸ καταλλήλους συνθήκας καὶ ἐκ τῆς προσεκτικῆς παρακολουθήσεως τῶν φαινομένων συνάγομεν τοὺς φυσικοὺς νόμους. Ἐὰν παραδείγματος χάριν, θέλωμεν νὰ εὕρωμεν τοὺς νόμους τῆς πτώσεως τῶν σωμάτων, παρατηροῦντες ἐπανειλημμένας πτώσεις αὐτῶν, δὲν θὰ τὸ κατορθώσωμεν. Διότι ἡ πτῶσις γίνεται ταχέως καὶ δὲν προφθάνομεν νὰ κάμωμεν καμμίαν σχετικὴν μέτρησιν. Διὰ τοῦτο ἀφίνομεν τὸ σῶμα νὰ πίπτῃ κινούμενον βραδέως ἐπὶ ἑνὸς ἐλαφρῶς κεκλιμένου ἐπιπέδου. Τότε εἶναι εὔκολον νὰ κάμωμεν μετρήσεις καὶ νὰ εὕρωμεν τοὺς νόμους τῆς πτώσεως τῶν σωμάτων. Ἡ τεχνητὴ ἐπανάληψις ἑνὸς φυσικοῦ φαινομένου πρὸς μελέτην τῶν νόμων, κατὰ τοὺς ὁποίους τοῦτο λαμβάνει χώραν, λέγεται πείραμα. Δι' αὐτὸ καὶ ἡ ἐπιστήμη ἡ ἐξετάζουσα τὰ φυσικὰ φαινόμενα διὰ πειραμάτων λέγεται Φυσικὴ Πειραματική.

Γενικαὶ ἰδιότητες τῶν σωμάτων

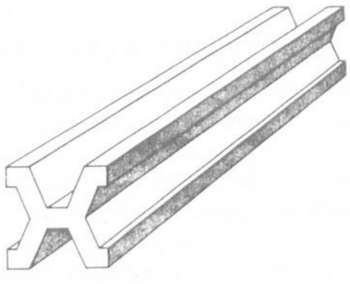
7. Διαφοραὶ τῶν σωμάτων. Ὅλα τὰ σώματα δὲν εἶναι τὰ ἴδια. Συγκρινόμενα μεταξύ των παρουσιάζουν μικράς, ἢ μεγάλας διαφοράς. Διαφέρουν παραδείγματος χάριν, κατὰ τὸ χρῶμα, κατὰ τὸ βάρος, ὅταν ἔχουν τὸν αὐτὸν ὄγκον, κατὰ τὴν διαφάνειαν κλπ. Εἰς περιπτώσεις συγκρίσεωςτῶν διαφόρων σωμάτων μεταξύ των λέγομεν, ὅτι ταῦτα ἔχουν διαφόρους ἰδιότητας. Ὑπάρχουν ὅμως μερικαὶ ἰδιότητες, αἱ ὁποῖαι παρατηροῦνται εἰς ὅλα ἀνεξαιρέτως τὰ σώματα. Αἱ ἰδιότητες αὗται ὀνομάζονται γενικαὶ ἰδιότητες τῶν σωμάτων. Τοιαῦται εἶναι: α) Ἡ ἔκτασις. Πᾶν σῶμα ἔχει ὄγκον τινα. β) Τὸ ἀδιαχώρητον. Εἰς τὸν αὐτὸν χῶρον δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ εὑρίσκωνται συγχρόνως δύο ἢ περισσότερα σώματα, παρὰ μόνον ἕν. γ) Ἡ ἐλαστικότης. Πᾶν σῶμα (ἰδίως στερεὸν) πιεζόμενον ἢ διατεινόμενον (ἑλκόμενον) ὑφίσταται μίαν μικρὰν ἢ μεγάλην παραμόρφωσιν. Ἐὰν παύσῃ ἡ πίεσις ἢ ἡ διάτασις (ἕλξις) τὸ σῶμα ἐπανέρχεται εἰς τὴν προτέραν του κατάστασιν. Ἡ ἰδιότης αὕτη ὀνομάζεται ἐλαστικότης. Ἐννοεῖται, ἡ πίεσις ἢ ἡ διάτασις δὲν πρέπει νὰ εἶναι πολὺ ἰσχυραί, διότι τότε τὸ σῶμα θραύεται. δ) Τὸ διαιρετόν. Πᾶν σῶμα δύναται νὰ διαιρεθῇ εἰς πολὺ μικρὰ τεμάχια, εἰς μικρὰ σωμάτια. Ἡ διαίρεσις ὅμως αὕτη δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ γίνεται ἐπ' ἄπειρον. Πολὺ μικρὰ σωμάτια εἶναι τὰ ἠλεκτρόνια τὰ πρωτόνια καὶ τὰ οὐδετερόνια, ἀπὸ τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦνται τὰ ἄτομα ἑνὸς σώματος. Δὲν εἶναι δυνατὸν ὅμως νὰ διαιρέσωμεν τὴν ὕλην εἰς μικρότερα τεμάχια ἀπὸ αὐτά. ε) Τὸ πορῶδες. Εἰς ὅλα τὰ σώματα ὑπάρχουν πόροι, δηλαδὴ κενὰ διαστήματα, εἰς ἄλλα σώματα μικρότερα καὶ εἰς ἄλλα μεγαλύτερα. Δι' αὐτὸ ἄλλως τε καὶ τὰ σώματα θραύονται. στ) Τὸ κινητόν. Ὅλα τὰ σώματα εἶναι δυνατὸν νὰ μεταβάλλουν θέσιν εἰς τὸν χῶρον, νὰ κινηθοῦν ὑπό τινος, ζ) Ἡ ἀδράνεια. Ὅταν λέγωμεν ὅτι ὅλα τὰ σώματα ἔχουν ἀδράνειαν ἐννοοῦμεν τὴν φυσικὴν ἱκανότητα, τὴν ὁποίαν ἔχουν τὰ σώματα νὰ ἀντιδροῦν εἰς πᾶσαν προσπάθειαν μεταβολῆς τῆς καταστάσεως, εἰς τὴν ὁποίαν εὑρίσκονται, εἴτε τῆς ἠρεμίας εἴτε τῆς κινήσεως.

Φυσικὰ μεγέθη καὶ μέτρησις αὐτῶν

8. Φυσικὰ μεγέθη. Εἶναι γνωστὸν ἀπὸ τὴν ἀριθμητικὴν καὶ τὴν γεωμετρίαν ὅτι πᾶς ἀριθμὸς καὶ πᾶν γεωμετρικὸν σχῆμα ἐπιδέχεται αὔξησιν ἢ ἐλάττωσιν καὶ ὅτι ὁ μὲν ἀριθμὸς λέγεται ἀριθμητικὸν μέγεθος, τὸ δὲ γεωμετρικὸν σχῆμα λέγεται γεωμετρικὸν μέγεθος. Καὶ εἰς τὴν φυσικὴν διακρίνομεν μεγέθη, τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται φυσικὰ μεγέθη. Τὸ μῆκος μιᾶς ράβδου, ἡ ἔκτασις μιᾶς ἐπιφανείας, ὁ ὄγκος ἑνὸς σώματος, ἡ πίεσις τὴν ὁποίαν ἀσκεῖ εἰς τὸ κάθισμά του μαθητὴς καθήμενος, ἡ ταχύτης ἑνὸς ποδηλάτου, ἡ διαστολὴ ἑνὸς θερμαινομένου σώματος, τὸ χρῶμα ἑνὸς σώματος, ὁ φωτισμὸς ἑνὸς λαμπτῆρος κλπ. εἶναι μεγέθη φυσικά. Ἐκ τῶν προηγουμένων παραδειγμάτων εἶναι δυνατὸν νὰ διατυπωθῇ ὁ ἑξῆς ὁρισμὸς τοῦ φυσικοῦ μεγέθους: Φυσικὸν μέγεθος ὀνομάζεται πᾶν μέγεθος, τὸ ὁποῖον ἐκφράζει μίαν ἰδιότητα τῶν σωμάτων, π.χ. ἀπόστασιν αὐτῶν, πίεσιν, χρῶμα, βάρος ,κλπ. καὶ δύναται νὰ ὑποστῇ αὔξησιν ἢ ἐλάττωσιν.

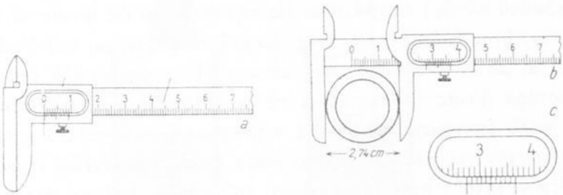
9. Μέτρησις φυσικῶν μεγεθῶν καὶ μονάδες μετρήσεως αὐτῶν. Μέτρησις ἑνὸς φυσικοῦ μεγέθους λέγεται ἡ σύγκρισις αὐτοῦ πρὸς ἄλλο ὁμοειδὲς μέγεθος, τὸ ὁποῖον ἔχει ληφθῇ ὡς μονὰς μετρήσεως. Ἀποτέλεσμα μιᾶς μετρήσεως εἶναι ἡ εὕρεσις ἑνὸς ἀριθμοῦ, ὁ ὁποῖος μᾶς λέγει πόσας φοράς, τὸ ληφθὲν ὡς μονὰς ὁμοειδὲς μέγεθος, περιέχεται εἰς τὸ μετρηθὲν μέγεθος. Ὁ εὑρισκόμενος ἐκ τῆς μετρήσεως ἀριθμὸς ὀνομάζεται ἀριθμητικὴ τιμὴ τοῦ μετρηθέντος φυσικοῦ μεγέθους. Ἡ ἀπόστασις π.χ. μεταξὺ δύο ἀπέναντι τοίχων μιᾶς αἰθούσης εἶναι φυσικὸν μέγεθος. Ἐὰν θέλωμεν νὰ εὕρωμεν τὸ μέγεθος τῆς ἀποστάσεως αὐτῆς λαμβάνομεν ὡς μονάδα μετρήσεως τὸ γνωστόν μας μέτρον καὶ δοκιμάζομεν νὰ εὕρωμεν πόσας φορὰς τὸ μέτρον αὐτὸ χωρεῖ εἰς τὴν ἀπόστασιν μεταξὺ τῶν δύο τοίχων. Ἔστω ὅτι εὕρομεν, ὅτι χωρεῖ 5 φοράς. Ὁ ἀριθμὸς 5 μέτρα παριστᾷ τὴν ἀριθμητικὴν τιμὴν τοῦ μετρηθέντος φυσικοῦ μεγέθους, τῆς ἀποστάσεως δηλαδή, ἡ ὁποία ὑπάρχει μεταξὺ τῶν δύο τοίχων.

α) Μονάδες μήκους. Τὰ περισσότερα τῶν πολιτισμένων Κρατῶν, μεταξὺ τῶν ὁποίων καὶ ἡ Ἑλλὰς συνεφώνησαν, (ἐκτὸς τῆς Ἀμερικῆς καὶ τῆς Ἀγγλίας), κατὰ τὸ ἔτος 1875 νὰ ἔχουν τὴν αὐτὴν μονάδα μετρήσεως τοῦ μήκους, τὸ μέτρον, τοῦ ὁποίου τὸ μῆκος λαμβάνεται ἐξ ἑνὸς προτύπου μέτρου φυλασσομένου εἰς τὸ εἰδικὸν Γραφεῖον Μέτρων καὶ Σταθμῶν τοῦ προαστείου τῶν Παρισίων Σέβραι (σχ. 1). Μικρότεραι μονάδες μήκους εἶναι τὸ ἓν δέκα-



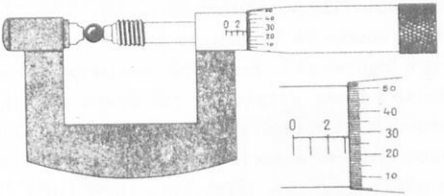
Σχ. 1. Τὸ εἰς τὸ γραφεῖον Μέτρων καὶ Σταθμῶν τῶν Σεβρῶν πρότυπον μέτρον.

τον τοῦ μέτρου (ἡ παλάμη), τὸ ἓν ἑκατοστὸν τοῦ μέτρου, τὸ ἓν χιλιοστὸν τοῦ μέτρου καὶ ἄλλαι ἀκόμη μικρότεραι. Μεγαλυτέρα μονὰς μήκους εἶναι τὸ ἓν χιλιόμετρον. Διὰ μετρήσεις μεγάλης ἀκριβείας χρησιμοποιοῦνται εἰδικὰ ὄργανα, ὅπως εἶναι τὸ διαστημόμετρον (σχ. 2) καὶ ὁ μικρομετρικὸς κοχλίας (σχ. 3). Εἰς τὴν Ἀστρονομίαν, ἐπειδὴ αἱ ἀποστάσεις μεταξὺ τῶν ἄστρων εἶναι πολὺ μεγάλαι, λαμβάνεται ὡς μονὰς μετρήσεως τοῦ μήκους (ἀποστάσεως δύο ἄστρων) ἐκτὸς τοῦ χιλιομέτρου καὶ ἡ λεγομένη, ἓν ἔτος φωτός. Ὡς τοιαύτη μονὰς νοεῖται ἡ ἀπόστασις, τὴν ὁποίαν διανύει τὸ φῶς εἰς χρονικὸν διάστημα ἑνὸς ἔτους. Ἐπειδὴ δὲ τὸ φῶς τρέχει μὲ ταχύτητα 300.000 χιλιομέτρων κατὰ δευτερόλεπτον καὶ τὸ ἔτος λογίζεται ἔχον 365 ἡμέρας, (εἰς στρογγύλον ἀρι-



Σχ. 2. Διαστημόμετρον διὰ τὴν μέτρησιν τοῦ πάχους.

θμόν), τὸ μῆκος τῆς μονάδος, ἓν ἔτος φωτός, εὑρίσκεται ἐκ τοῦ πολλαπλασιασμοῦ τῶν δευτερολέπτων, τὰ ὁποῖα ἔχει ἓν ἔτος (31.536.000 δευτερ.) ἐπὶ 300.000 χιλιόμ. Τοῦτο εἶναι ἴσον πρὸς 9.460.800.000.000 χιλιόμετρα. Εἰς τὸν



Σχ. 3. Μικρομετρικὸς κοχλίας διὰ τὴν μέτρησιν τοῦ πάχους.

κατωτέρω πίνακα ἐκτίθενται αἱ διάφοροι μονάδες μετρήσεως τοῦ μήκους καὶ τὰ διεθνῆ σύμβολα παραστάσεως τούτων.

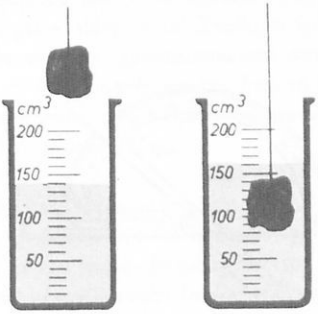
1 ἑκατομμυριοστὸν τοῦ μέτρου	= 0,000001 m = 1 μ (1 μικρόν).
1 χιλιοστὸν τοῦ μέτρου	= 0,001 m = 1 mm (1 μιλιμέτρ).
1 ἑκατοστὸν τοῦ μέτρου	= 0,01 m = 1 cm (1 σαντιμέτρ)
1 δέκατ. τοῦ μέτρ. = 1 παλάμη	= 0,1 m = 1 dm (1 ντεσιμέτρ)
1 μέτρον	= 1 m = 10dm = 100 cm = 1000 mm
1 χιλιόμετρον	= 1 km (=1000 μέτρα), (1 κιλομέτρ).
1 ἔτος φωτὸς	= 9.460.800.000.000 km (χιλιόμετρα).

Εἰς τὴν ναυτιλίαν ὡς μονὰς μήκους χρησιμοποιεῖται τὸ ναυτικὸν μίλιον, τὸ ὁποῖον ἰσοῦται μὲ 1852 m (μέτρα). Τὸ μίλιον δι' ἀποστάσεις ἐπὶ τῆς ξηρᾶς ἰσοῦται μὲ 1609m. Εἰς τὴν φυσικὴν ὡς συνήθης μονὰς μετρήσεως τοῦ μήκους λαμβάνεται τὸ ἑκατοστὸν τοῦ μέτρου (cm). Εἰς τὰς καθημερινὰς ὅμως χρήσεις λαμβάνεται καὶ τὸ μέτρον (m) ἢ καὶ τὸ χιλιόμετρον (km).

β) Μονάδες ἐπιφανείας. Διὰ τὴν μέτρησιν μιᾶς ἐπιφανείας (τὴν εὕρεσιν δηλ. τοῦ ἐμβαδοῦ αὐτῆς) λαμβάνεται εἰς τὴν φυσικὴν ὡς μονὰς τὸ τετραγωνικὸν ἑκατοστόν, ἤτοι ἡ ἐπιφάνεια ἑνὸς μικροῦ τετραγώνου, τοῦ ὁποίου ἑκάστη πλευρὰ ἰσοῦται μὲ ἓν ἑκατοστὸν τοῦ μέτρου (1 τετραγωνικὸν ἑκατοστὸν = 1 cm^2). Μικροτέρα μονὰς ταύτης εἶναι τὸ ἓν τετραγωνικὸν χιλιοστὸν (1mm^2) ἤτοι μικρὰ πολὺ ἐπιφάνεια σχήματος τετραγώνου, τοῦ ὁποίου ἡ πλευρὰ ἔχει μῆκος ἓν χιλιοστὸν τοῦ μέτρου. Μεγαλυτέρα μονὰς ἐπιφανείας εἶναι τὸ τετραγωνικὸν μέτρον, (1m^2) ἤτοι τετράγωνον, τοῦ ὁποίου ἑκάστη πλευρὰ ἔχει μῆκος ἓν μέτρον. Ἀκόμη μεγαλυτέρα μονὰς ἐπιφανείας εἶναι τὸ τετραγωνικὸν χιλιόμετρον (km^2) ἤτοι τετράγωνον σχῆμα, τοῦ ὁποίου ἡ πλευρὰ ἔχει μῆκος ἓν χιλιόμετρον. Ἓν τετραγωνικὸν μέτρον ἔχει 10.000 τετραγωνικὰ ἑκατοστὰ (=100×100, ἀφοῦ τὸ 1 μέτρον ἔχει 100 ἑκατοστὰ) ἢ 1.000.000 τετραγωνικὰ χιλιοστὰ (=1000×1000, ἀφοῦ τὸ 1 μέτρον ἔχει 1000 χιλιοστά).

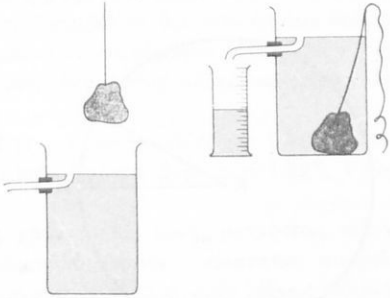
γ. Μονάδες ὄγκου. Ὡς μονὰς μετρήσεως τοῦ ὄγκου (ἢ χωρητικότητος) λαμβάνεται εἰς τὴν φυσικὴν τὸ ἓν κυβικὸν ἑκατοστόν, ἤτοι μικρὸς κύβος, τοῦ ὁποίου ἑκάστη ἀκμὴ ἰσοῦται μὲ ἓν ἑκατοστὸν τοῦ μέτρου (1 κυβικὸν ἑκατοστὸν = 1 cm^3).Μεγαλυτέρα μονὰς μετρήσεως τοῦ ὄγκου εἶναι ἡ κυβικὴ παλάμη, ἤτοι κύβος τοῦ ὁποίου ἡ ἀκμὴ ἰσοῦται πρὸς 10 cm (=1 παλάμη). Μεγαλυτέρα ταύτης μονὰς ὄγκου εἶναι τὸ κυβικὸν μέτρον (m^3), ἤτοι κύβος, τοῦ ὁποίου ἑκάστη ἀκμὴ ἔχει μῆκος ἓν μέτρον ($1m \times 1m \times 1m = 1m^3$). Ἀκόμη μεγαλυτέρα μονὰς μετρήσεως τοῦ ὄγκου εἶναι τὸ κυβικὸν χιλιόμετρον, ἤτοι κύβος, τοῦ ὁποίου ἑκάστη ἀκμὴ ἔχει μῆκος ἓν χιλιόμετρον. Ὅταν τὸ σῶμα ἔχει κανονικὸν γεωμετρικὸν σχῆμα γνωρίζομεν ἐκ τῆς γεωμετρίας πῶς δυνάμεθα νὰ εὕρωμεν τὸν ὄγκον αὐτοῦ. Ὅταν ὅμως τὸ σῶμα δὲν ἔχει κανονικὸν γεωμετρικὸν σχῆμα ἐφαρμόζομεν ἐμμέσους τρόπους διὰ τὸν προσδιορισμὸν τοῦ ὄγκου του.

Λαμβάνομεν π.χ. ὑάλινον κύλινδρον (λέγεται ὀγκομετρικὸς κύλινδρος) τοῦ ὁποίου τὴν χωρητικότητα βαθμολογοῦμεν εἰς κυβικὰ ἑκατοστά. Εἰς τὸν κύλινδρον τοῦτον ρίπτομεν ὕδωρ καὶ ἔστω ὅτι ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια αὐτοῦ εὑρίσκεται εἰς τὸν ἀριθμὸν 137 (Σχ. 4). Ἀκολούθως εἰσάγομεν τὸ σῶμα, ἐφ' ὅσον βεβαίως τοῦτο δὲν διαλύεται εἰς τὸ ὕδωρ, ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου κρατοῦντες αὐτὸ διά τινος νήματος. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ ὕδατος ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου ἀνέρχεται ὑψηλότερον καὶ ἔστω ὅτι εἰς αὐτὴν ἀντιστοιχεῖ ὁ ἀριθμὸς 162 cm^3. Εἶναι φανερὸν ὅτι ὁ ὄγκος τοῦ ἐμβαπτισθέντος σώματος ἰσοῦται πρὸς $162\ cm^3 - 137\ cm^3 = 25\ cm^3$. Εἰς τὸ σχῆμα (5) ὁ ὑάλινος κύλινδρος ἔχει ὕδωρ μέχρι τῆς ἀνωτάτης ἐπιφανείας αὐτοῦ. Ὅταν ἀρχίση νὰ εἰσέρχεται ἐντὸς αὐτοῦ τὸ σῶμα, κρατούμενον ἐν ἐξαρτήσει διὰ νήματος, τὸ πλεονάζον ὕδωρ (ἕνεκα τοῦ ἀδιαχωρήτου) ἐκρέει εἰς παραπλεύρως κείμενον



Σχ. 4. Ὀγκομετρικὸς κύλινδρος διὰ τὴν μέτρησιν τοῦ ὄγκου ἑνὸς σώματος.

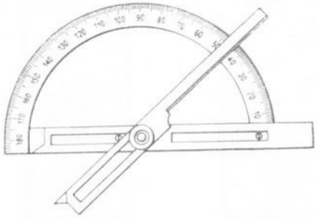
μικρότερον κύλινδρον βαθμολογημένον. Ὁ ἀριθμὸς τὸν ὁποῖον ἀναγιγνώσκομεν εἰς τὴν ἐλευθέραν ἐπιφάνειαν τοῦ ὕδατος τοῦ μικροτέρου τούτου κυλίνδρου



Σχ. 5. Ὁ ὄγκος τοῦ ὕδατος εἰς τὸν μικρὸν κύλινδρον μᾶς δίδει τὸν ὄγκον τοῦ εἰς τὸν μεγάλον κύλινδρον ἐμβαπτισθέντος σώματος.

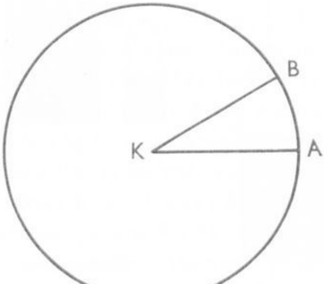
ἐκφράζει τὸν ὄγκον εἰς κυβικὰ ἑκατοστὰ τοῦ ἐντὸς τοῦ μεγαλυτέρου κυλίνδρου εἰσαχθέντος σώματος.

δ. Μονάδες γωνιῶν. Διὰ τὴν μέτρησιν τῶν γωνιῶν χρησιμοποιοῦμεν ὄργανον τὸ ὁποῖον λέγεται μοιρογνωμόνιον (σχ. 5α). Θεωροῦμεν ὅτι αἱ γωνίαι ἔχουν τὴν κορυφήν των εἰς τὸ κέντρον κύκλου (γωνίαι ἐπίκεντροι). Ἑκαστος κύκλος διαιρεῖται εἰς 360 μοίρας, ἑκάστη μοῖρα εἰς 60 πρῶτα λεπτά, καὶ ἕκαστον πρῶτον λεπτὸν εἰς 60 δεύτερα λεπτά. Ἑπομένως, γωνία 1 μοί-



Σχ. 5α. Μοιρογνωμόνιον ἢ γωνιόμετρον.

ρας ἔχει $60 \times 60 = 3.600$ δεύτερα λεπτά. Εἰς τὴν φυσικὴν αἱ γωνίαι μετροῦνται συνήθως εἰς ἀκτίνια. Εἶναι δὲ ἀκτίνιον ἡ ἐπίκεντρος γωνία, ἡ ὁποία βαίνει ἐπὶ τόξου ἔχοντος μῆκος ἴσον πρὸς τὸ μῆκος τῆς ἀκτῖνος τοῦ κύκλου. Διὰ νὰ



Σχ. 5β. Ἡ γωνία ΑΚΒ εἰς ἀκτίνια ἰσοῦται μὲ μῆκος τόξου ΑΒ : ἀκτὶς ΚΑ.

εὕρωμεν μὲ πόσα ἀκτίνια ἰσοῦται μία γωνία, τὴν ὁποίαν θεωροῦμεν ἐπίκεντρον, μετροῦμεν τὸ μῆκος τοῦ ἀντιστοίχου τόξου, εἰς τὸ ὁποῖον βαίνει ἡ γωνία, καὶ κατόπιν διαιροῦμεν τὸ μῆκος αὐτὸ διὰ τοῦ μήκους τῆς ἀκτῖνος τοῦ κύκλου. Εἰς τὸ σχῆμα (5β) ἡ γωνία ΑΚΒ ἰσοῦται μὲ ΑΒ : ΚΑ ἀκτίνια.

ε. Μονάδες μάζης. Μᾶζα ἑνὸς σώματος καλεῖται τὸ ποσὸν τῆς ὕλης ἐκ τῆς ὁποίας ἀποτελεῖται τοῦτο. Ὡς μονὰς μετρήσεως τῆς μάζης τῶν σωμάτων λαμβάνεται τὸ χιλιόγραμμον μάζης (= 1 kg). Τοῦτο ἰσοῦται πρὸς τὴν μᾶζαν τοῦ προτύπου χιλιογράμμου μάζης τὸ ὁποῖον, ὅπως καὶ τὸ μέτρον μήκους, φυλάσσεται εἰς τὸ Γραφεῖον Μέτρων καὶ Σταθμῶν τοῦ προαστείου τῶν Παρισίων Σέβραι. Εἰς τὴν φυσικὴν χρησιμοποιεῖται συνήθως διὰ τὴν μέτρησιν τῆς μάζης, ὡς μονάς, τὸ ἓν χιλιοστὸν ταύτης ἤτοι τὸ ἓν γραμμάριον (= 1 gr). Μεγαλυτέρα μονὰς μετρήσεως τῆς μάζης λαμβάνεται ὁ τόννος μάζης, ὅστις ἰσοῦται πρὸς 1000 χιλιόγραμμα μάζης.

στ. Μονάδες βάρους. Ὡς μονὰς πρὸς μέτρησιν τοῦ βάρους ἑνὸς σώματος λαμβάνεται τὸ βάρος, τὸ ὁποῖον ἔχει τὸ πρότυπον χιλιόγραμμον μάζης. Τοῦτο ἐκφράζει τὴν δύναμιν μὲ τὴν ὁποίαν ἓν σῶμα ἕλκεται πρὸς τὸ κέντρον τῆς γῆς, ὅταν εὑρίσκεται εἰς τὸ μέσον, μεταξὺ ἰσημερινοῦ καὶ ἑνὸς πόλου, καὶ εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς θαλάσσης. Εἰς τὴν φυσικὴν χρησιμοποιεῖται συνήθως διὰ τὴν μέτρησιν τοῦ βάρους ἑνὸς σώματος, ὡς μονάς, τὸ γραμμάριον βάρους. Μεγαλυτέρα μονὰς μετρήσεως τοῦ βάρους λαμβάνεται τὸ χιλιόγραμμον καὶ ὁ τόννος βάρους, ὅστις ἰσοῦται πρὸς 1000 χιλιόγραμμα βάρους. Εἰς τὸν αὐτὸν τόπον ὁ ἀριθμός, ὁ ὁποῖος ἐκφράζει τὴν μᾶζαν ἑνὸς σώματος ἐκφράζει καὶ τὸ βάρος αὐτοῦ. Διὰ τὸν λόγον αὐτὸν καὶ πρὸς ἀποφυγὴν συγχύσεως, ἐπειδὴ ἄλλο πρᾶγμα εἶναι ἡ μᾶζα ἑνὸς σώματος καὶ ἄλλο τὸ βάρος αὐτοῦ, προσθέτομεν ἄνω δεξιὰ τῶν συμβόλων διὰ τῶν ὁποίων δηλοῦται ἡ μᾶζα, ἕνα ἀστερίσκον. Τοῦτο σημαίνει ὅτι τὰ σύμβολα αὐτὰ δηλοῦν τώρα τὸ βάρος τοῦ σώματος. Παραδείγματα ἐκφράσεως μάζης καὶ βάρους ἑνὸς σώματος :

1 γρμ. μάζης = 1 gr , 1 χλγρμ. μάζης = 1 kg , 1 τόν. μάζης = 1000 kg
1 γρμ. βάρους = 1 gr*, 1 χλγρμ. βάρους = 1 kg*, 1 τόν.βάρους = 1000 kg*

ζ. Μονάδες χρόνου. Ὡς μονὰς μετρήσεως τοῦ χρόνου λαμβάνεται τὸ δευτερόλεπτον χρόνου, τὸ ὁποῖον παρίσταται συμβολικῶς 1″ ἢ 1 sec ἢ 1 s. Τὸ sec ἢ s προέρχεται ἐκ τῆς λατινικῆς λέξεως secundum, ἡ ὁποία σημαίνει δεύτερον, χρησιμοποιεῖται δὲ διεθνῶς διὰ τὸν χαρακτηρισμὸν τῶν δευτερολέπτων. Μεγαλυτέρα μονὰς εἶναι τὸ πρῶτον λεπτόν, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖται ἀπὸ 60 δεύτερα λεπτὰ (1′ = 60″) καὶ ἀκόμη μεγαλυτέρα εἶναι ἡ ὥρα καὶ τὸ ἡμερονύκτιον. Ἡ ὥρα ἔχει 60′ ἢ 60×60 = 3600″ τὸ δὲ ἡμερονύκτιον ἔχει 24 ὥρας ἢ 24×60 = 1440′ ἢ 24×3600″= 86.400″. Τὸ ἔτος, λογιζόμενον ὡς ἔχον τὸν ἀκέραιον ἀριθμὸν 365 ἡμέρας, θὰ ἔχῃ 365×86400 = 31.536.000 δευτερόλεπτα (Σημείωσις. Δὲν πρέπει νὰ γίνεται σύγχυσις μὲ τὴν διαίρεσιν τῆς μοίρας εἰς πρῶτα καὶ δεύτερα λεπτά, τὰ ὁποῖα ἐκφράζουν γωνίας).

10. Τὸ ὕδωρ. Τοῦτο ἀπαντᾷ εἰς τὴν φύσιν καὶ ὑπὸ τὰς τρεῖς φυσικὰς καταστάσεις, ἤτοι ὡς ὑγρόν, ὡς στερεὸν (πάγος) καὶ ὡς ἀέριον (ὑδρατμοί). Τὸ φυσικὸν ὕδωρ, ὅπως εἶναι τὸ ὕδωρ τῶν θαλασσῶν, τῶν λιμνῶν, τῶν ποταμῶν, δὲν εἶναι χημικῶς καθαρόν, ἀλλὰ περιέχει ἐν διαλύσει καὶ ἄλλας οὐσίας. Χημικῶς καθαρὸν λέγεται τὸ ὕδωρ, ὅταν τὰ μόρια αὐτοῦ ἀποτελοῦνται ἀπὸ ὀξυγόνον καὶ ὑδρογόνον. Αἱ ξέναι οὐσίαι τοῦ φυσικοῦ ὕδατος εἴτε αἰωροῦνται εἰς αὐτό, ὅπως ἡ κόνις, εἴτε εὑρίσκονται εἰς αὐτὸ ἐν διαλύσει. Ὕδωρ, εἰς τὸ ὁποῖον ὑπάρχουν ξέναι οὐσίαι, ἐκτὸς τοῦ ὀξυγόνου καὶ τοῦ ὑδρογόνου τῶν μορίων του, λέγεται μεῖγμα. Καὶ ἄλλα ὑγρά, ὅταν δὲν εἶναι χημικῶς καθαρά λέγονται μείγματα. Τὸ φυσικὸν ὕδωρ λέγεται καθαρόν, ὅταν εἶναι κατάλληλον πρὸς πόσιν. Ὅταν τοῦτο εἶναι ἀκάθαρτον καὶ θέλωμεν νὰ ἀποβάλλωμεν τὰς ξένας οὐσίας, ὥστε νὰ γίνεται κατάλληλον πρὸς πόσιν, ὑποβάλλομεν αὐτὸ εἰς διήθησιν. Εἰς τὴν θερμοκρασίαν ἀπὸ 0 — 100 βαθμοὺς τὸ ὕδωρ εἶναι ἐν ὑγρᾷ καταστάσει. Ὅταν ἡ θερμοκρασία του ὑπερβῇ τοὺς 100 βαθμούς, τοῦτο γίνεται ἀέριον, ἐν ᾧ, ὅταν εἶναι μηδὲν βαθμοὶ ἢ κάτω τοῦ μηδενός, τοῦτο γίνεται στερεὸν (πάγος). Ὅλα τὰ ὑγρά, ἀναλόγως τῆς αὐξήσεως ἢ ἐλαττώσεως τῆς θερμοκρασίας των δύναται νὰ γίνουν ἀέρια ἢ στερεά. Τὸ ὕδωρ εἶναι τὸ σπουδαιότερον διαλυτικὸν μέσον. Εἰς αὐτὸ διαλύονται πλεῖστα στερεὰ σώματα.

11. Ὁ Ἀήρ. Τὸ ἀέριον στρῶμα, τὸ ὁποῖον περιβάλλει τὴν γῆν ὀνομάζεται ἀτμόσφαιρα ἢ ἀτμοσφαιρικὸς ἀὴρ ἢ ἁπλῶς ἀήρ. Οὗτος τείνει νὰ καταλάβῃ κάθε κενὸν χῶρον. Τὴν ἰδιότητα αὐτὴν ἔχουν ὅλα τὰ ἀέρια. Ὁ ἀὴρ δὲν εἶναι σῶμα χημικῶς καθαρόν, ἀλλὰ εἶναι μεῖγμα περισσοτέρων σωμάτων.

Ἡ σύστασις τοῦ ἀέρος κατ' ὄγκον ἔχει ὡς ἑξῆς: Ἄζωτον 78%, Ὀξυγόνον 21%, Ἀργὸν 0,94%, διοξείδιον τοῦ ἄνθρακος 0,04%. Εἰς ἐλαχίστην ποσότητα ὑπάρχουν εἰς τὸν ἀέρα καὶ μερικὰ ἄλλα ἀέρια. Κατὰ βάρος, ἡ σύστασις τοῦ ἀέρος ἔχει ὡς ἑξῆς: Ἄζωτον 75,5%, Ὀξυγόνον 23,1%, Ἀργὸν 1,3%, διοξείδιον τοῦ ἄνθρακος 0,05%. Τὸν ἀέρα δυνάμεθα νὰ τὸν συμπιέσωμεν καὶ τὸν ψύξωμεν, ὥστε νὰ γίνῃ ὑγρόν. Ἀὴρ εὑρισκόμενος ἐντὸς κλειστοῦ χώρου καὶ θερμαινόμενος διαστέλλεται πολὺ καὶ ἀποκτᾷ μεγάλην τάσιν, ἡ ὁποία εἶναι δυνατὸν νὰ θραύσῃ καὶ τὰ τειχώματα τοῦ δοχείου. Τὰ αὐτὰ φαινόμενα παρατηροῦμεν εἰς ὅλα γενικῶς τὰ ἀέρια.

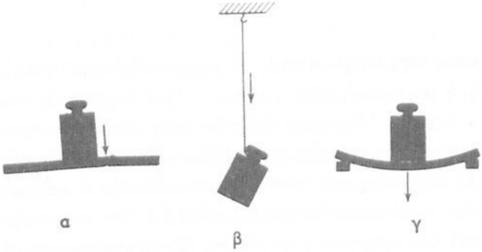
ΜΗΧΑΝΙΚΗ

12. Διαίρεσις τῆς μηχανικῆς. Ἡ μηχανικὴ διαιρεῖται εἰς τρεῖς κλάδους. Οὗτοι εἶναι : 1) ἡ μηχανικὴ τῶν στερεῶν, 2) ἡ μηχανικὴ τῶν ὑγρῶν καὶ 3) ἡ μηχανικὴ τῶν ἀερίων. Ἕκαστος ἐκ τῶν προηγουμένων τριῶν κλάδων ὑποδιαιρεῖται εἰς μικροτέρους κλάδους ὡς ἑξῆς. Ἡ μηχανικὴ τῶν στερεῶν ὑποδιαιρεῖται εἰς : 1) τὴν στατικὴν τῶν στερεῶν, 2) τὴν δυναμικὴν τῶν στερεῶν. Ἡ μηχανικὴ τῶν ὑγρῶν ὑποδιαιρεῖται εἰς : 1) τὴν στατικὴν τῶν ὑγρῶν, ἡ ὁποία λέγεται καὶ ὑδροστατική, ἐπειδὴ τὸ ὕδωρ εὑρίσκεται εἰς τὴν φύσιν εἰς πολὺ μεγαλυτέραν ποσότητα ἀπὸ ὅλα τὰ ἄλλα ὑγρὰ καὶ 2) τὴν δυναμικὴν τῶν ὑγρῶν. Ἡ μηχανικὴ τῶν ἀερίων ὑποδιαιρεῖται εἰς 1) τὴν στατικὴν τῶν ἀερίων καὶ 2) τὴν δυναμικὴν τῶν ἀερίων.

Μηχανικὴ τῶν στερεῶν σωμάτων

13. Δυνάμεις. Ἡ πρώτη ἔννοια τῆς δυνάμεως προέκυψεν ἐκ τῆς ἱκανότητος τῶν μυῶν τοῦ ἀνθρώπου νὰ δροῦν κατὰ διαφόρους τρόπους, νὰ κινοῦν π.χ. τὰς χεῖρας καὶ τοὺς πόδας. Ἐὰν ἐξετάσωμεν προσεκτικῶς τοὺς διαφόρους τρόπους, κατὰ τοὺς ὁποίους δροῦν οἱ μῦες τοῦ ἀνθρώπου, θὰ ἴδωμεν ὅτι δυνάμεθα νὰ κατατάξωμεν αὐτοὺς εἰς δύο κατηγορίας. Εἰς τὴν πρώτην κατηγορίαν ἀναφέρονται οἱ τρόποι, κατὰ τοὺς ὁποίους ἡ μυϊκὴ δύναμις τοῦ ἀνθρώπου εἶναι δυνατὸν νὰ χρησιμοποιηθῇ, ὥστε νὰ παραμορφωθῇ ἓν σῶμα διὰ συνθλίψεως, ὅπως π.χ. μία ἐλαστικὴ σφαῖρα, ἢ διὰ τάσεως (ἕλξεως), ὅπως π.χ. ἓν μετάλλινον ἐλατήριον.

Εἰς τὴν δευτέραν κατηγορίαν ἀναφέρονται οἱ τρόποι, κατὰ τοὺς ὁποίους ἡ μυϊκὴ δύναμις τοῦ ἀνθρώπου εἶναι δυνατὸν νὰ χρησιμοποιηθῇ, ὥστε ἢ νὰ κινήσῃ ἓν σῶμα εὑρισκόμενον εἰς τὴν ἠρεμίαν, ἢ νὰ μεταβάλῃ τὴν διεύθυνσιν ἑνὸς κινουμένου σώματος π.χ. μιᾶς κινουμένης ποδοσφαίρας, ἢ νὰ φέρῃ εἰς τὴν ἠρεμίαν ἓν κινούμενον σῶμα, νὰ σταματήσῃ π.χ. διὰ τοῦ πέλματος τὴν σφαῖραν, τὴν ὁποίαν βάλλει εἷς σφαιροβόλος εἰς τὸ στάδιον. Ὅμοια ἀποτελέσματα πρὸς τὴν δρᾶσιν τῶν μυῶν τοῦ ἀνθρώπου, ἤτοι παραμόρφωσιν ἑνὸς σώματος ἢ μεταβολὴν τῆς κινητικῆς του καταστάσεως, εἶναι δυνατὸν νὰ ἐπιτύχωμεν καὶ δι' ἄλλων μέσων. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω ἐκτεθέντων εἶναι δυνατὸν νὰ δοθῇ ὁ ἑξῆς ὁρισμὸς τῆς δυνάμεως : Δύναμις καλεῖται τὸ αἴτιον, τὸ ὁποῖον προκαλεῖ τὴν παραμόρφωσιν τῶν σωμάτων ἢ τὴν μεταβολὴν τῆς κινητικῆς καταστάσεως αὐτῶν. Καὶ τὴν μὲν ἐπίδρασιν τῆς δυνάμεως τὴν προκαλοῦσαν τὴν παραμόρφωσιν ἁπλῶς τῶν σωμάτων τὴν ὀνομάζομεν στατικὴν ἐπίδρασιν, τὴν δὲ προκαλοῦσαν τὴν μεταβολὴν τῆς κινητικῆς καταστάσεως αὐτῶν τὴν ὀνομάζομεν δυναμικὴν ἐπίδρασιν. Εἰς τὸ σχῆμα (6) παρίσταται ἡ πίεσις, ἡ τάσις (ἢ ἕλξις) καὶ

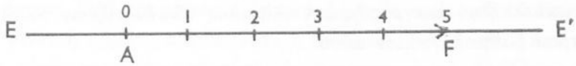


Σχ. 6. Δυνάμεις. Εἰς τὸ α ἡ δύναμις ἀσκεῖ πίεσιν τοῦ ὑποστηρίγματος. Εἰς τὸ β ἀσκεῖ τάσιν (ἕλξιν) τοῦ νήματος. Εἰς τὸ γ ἐπιφέρει κάμψιν τοῦ ἐλάσματος.

ἡ κάμψις ἑνὸς σώματος ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν δυνάμεως. Ἡ παραμόρφωσις ἑνὸς σώματος λέγεται ἐλαστική, ὅταν τοῦτο, ἀφοῦ παύσει νὰ ἐπιδρᾷ ἡ δύναμις, ἐπανέρχεται εἰς τὴν προτέραν του κατάστασιν.

14. Μονάδες δυνάμεως. Ἐπειδὴ τὸ βάρος ἑνὸς σώματος εἶναι δύναμις, καὶ μάλιστα ἡ δύναμις μὲ τὴν ὁποίαν τὸ σῶμα ἕλκεται πρὸς τὸ κέντρον τῆς γῆς, δι' αὐτὸ ὡς μονὰς μετρήσεως τῶν δυνάμεων ἔχει ληφθῆ τὸ χιλιόγραμμον βάρους (1 kg*). Μικροτέρα μονὰς ταύτης εἶναι τὸ γραμμάριον βάρους (1 gr*) καὶ ἀκόμη μικροτέρα εἶναι ἡ δύνη (dyn). Μία δύνη ἰσοῦται μὲ $\frac{1}{981}$ τοῦ γραμμαρίου βάρους. Ἑπομένως 1 γραμμάριον βάρους ἰσοῦται μὲ 981 δύνας καὶ 1000 γραμμάρια βάρους, δηλαδὴ 1 χιλιόγραμμον βάρους (1 kg*), ἰσοῦται μὲ 981.000 δύνας.

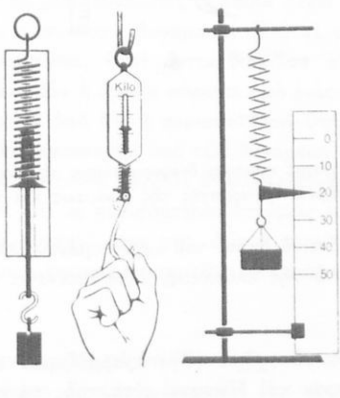
15. Χαρακτηριστικὰ τῆς δυνάμεως. Μία δύναμις χαρακτηρίζεται ἀπὸ τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς της εἰς ἓν σῶμα, ἀπὸ τὴν διεύθυνσιν αὐτῆς, ἀπὸ τὴν φοράν της καὶ ἀπὸ τὴν ἔντασίν της. Ἐὰν φαντασθῶμεν μίαν δύναμιν, ἐνεργοῦσαν ἐπὶ μιᾶς εὐθείας γραμμῆς, ἔχομεν τὴν ἔννοιαν τῆς διευθύνσεως τῆς δυνάμεως. Ὅταν ὅμως φαντασθῶμεν τὴν δύναμιν ἐνεργοῦσαν πρὸς τὰ δεξιὰ ἢ πρὸς τὰ ἀριστερὰ σημείου τινὸς κειμένου ἐπὶ τῆς εὐθείας, τότε ἔχομεν καὶ τὴν ἔννοιαν τῆς φορᾶς τῆς δυνάμεως. Εἶναι δυνατὸν νὰ παραστήσωμεν ἐπὶ τοῦ χάρτου γραφικῶς μίαν δύναμιν διὰ μιᾶς εὐθείας γραμμῆς, εἰς τὸ ἓν ἄκρον τῆς ὁποίας θέτομεν ἓν βέλος. Τὸ μέγεθος τῆς εὐθείας γραμμῆς παριστᾷ καὶ τὸ μέγεθος ἢ τὴν ἔντασιν τῆς δυνάμεως, τὴν ὁποίαν παριστῶμεν διὰ τῆς εὐθείας γραμμῆς. Ἐὰν ἔχωμεν π.χ. δεχθῇ ὅτι μῆκος ἑνὸς ἑκατοστοῦ τοῦ μέτρου (1 cm) παριστᾷ δύναμιν ἑνὸς χιλιογράμμου καὶ ἡ εὐθεῖα ἡ παριστῶσα ἐπὶ τοῦ χάρτου τὴν δύναμιν ἔχει μῆκος 5 cm, τότε λέγομεν ὅτι ἡ γραφικῶς παριστωμένη δύναμις ἔχει μέγεθος 5 χιλιογράμμων (σχ. 7). Εἰς τὸ σχῆμα (7) διὰ τῆς εὐθείας AF ἔχομεν



Σχ. 7. Γραφικὴ παράστασις δυνάμεως.

παραστήσει μίαν δύναμιν. Τὸ σημεῖον A παριστᾷ τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τῆς δυνάμεως. Τὸ μέγεθος τῆς εὐθείας AF ἐκφράζει τὸ μέγεθος ἢ τὴν ἔντασιν τῆς δυνάμεως. Ἡ εὐθεῖα EE′ ἢ E′E παριστᾷ τὴν διεύθυνσιν τῆς δυνάμεως AF. Τὸ βέλος εἰς τὸ ἄλλο ἄκρον τῆς εὐθείας, πλησίον τοῦ γράμματος F, δηλώνει τὴν φορὰν τῆς δυνάμεως. Ἄνευ τοῦ βέλους εἰς τὸ ἄκρον τῆς δυνάμεως AF δὲν γνωρίζομεν τὴν φοράν, ἂν δηλ. ἡ δύναμις φέρεται πρὸς τὸ E′ ἢ πρὸς τὸ E. Ἁπλῶς γνωρίζομεν τότε τὴν διεύθυνσιν τῆς δυνάμεως, ὅτι δηλαδὴ αὕτη δρᾷ ἐπὶ τῆς εὐθείας γραμμῆς EE′. Συνήθως λέγομεν μόνον τὴν διεύθυνσιν τῆς δυνάμεως, ἐν ᾧ ἡ φορὰ αὐτῆς ὑποδηλοῦται ἀπὸ τὸ βέλος.

16. Μέτρησις τῶν δυνάμεων. Τὰς δυνάμεις δὲν τὰς βλέπομεν. Τὰς μετροῦμεν ὅμως ἐκ τῶν ἀποτελεσμάτων, τὰ ὁποῖα αὗται ἐπιφέρουν. Τὸ ὄργανον,

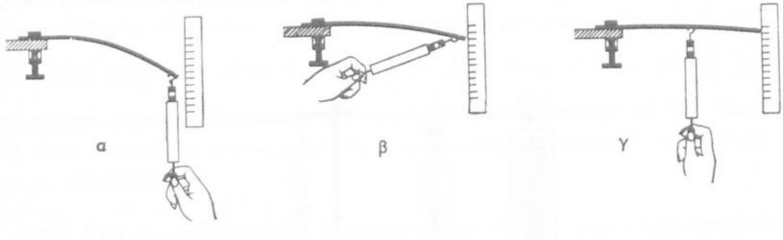


Σχ. 8. Δυναμόμετρον.

τὸ ὁποῖον χρησιμοποιεῖται συνήθως διὰ τὴν μέτρησιν τῶν δυνάμεων ὀνομάζεται δυναμόμετρον (κανταράκι) (σχ.8). Τὸ κύριον μέρος τοῦ δυναμομέτρου τὸ χρησιμοποιούμενον διὰ τὰς μετρήσεις εἶναι ἓν ἐλατήριον. Ἡ ἐπιμήκυνσις τοῦ ἐλατηρίου, ἡ προκαλουμένη ὑπὸ μιᾶς δυνάμεως ἐφαρμοζομένης εἰς τὸ ἄκρον αὐτοῦ, εἶναι ἀνάλογος τοῦ μεγέθους (ἐντάσεως) τῆς δυνάμεως. Διὰ διαδοχικῆς ἐξαρτήσεως εἰς τὸ δυναμόμετρον γνωστῶν κατὰ τὸ μέγεθος βαρῶν, δηλ. δυνάμεων, καὶ καταλλήλου ἀναγραφῆς ἐπὶ κλίμακος τῶν ἐνδείξεων τοῦ δείκτου τοῦ δυναμομέτρου βαθμολογοῦμεν αὐτό.

Πείραμα 1ον. Τὸ ἓν ἄκρον μεταλλίνου ἐλάσματος τὸ στερεώνομεν σταθερῶς (σχ. 9α). Εἰς τὸ ἄλλο ἄκρον ἐφαρμόζομεν ἓν δυναμόμετρον οὕτως, ὥστε νὰ σχηματίζῃ μὲ τὸ ἔλασμα γωνίαν ὀρθήν. Δι᾽ ἕλξεως τῆς χειρὸς πρὸς τὰ κάτω κάμπτεται τὸ ἔλασμα καὶ ἔστω ὅτι τὸ ἄκρον τοῦ καμφθέντος ἐλάσματος εὑρίσκεται ἀπέναντι τοῦ ἀριθμοῦ 6, τῆς πρὸς τὰ δεξιὰ κλίμακος βαθμολογίας, ἡ ὁποία ἀντιστοιχεῖ πρὸς τὴν κλίμακα βαθμολογίας τοῦ δυναμομέτρου. Τοῦτο σημαίνει ὅτι ἡ δύναμις μὲ τὴν ὁποίαν κάμπτεται, τὸ ἔλασμα ἰσοῦται μὲ 6 χιλιόγραμμα βάρους (6 kg*). Ἐὰν ἡ δύναμις ἦτο μεγαλυτέρα καὶ ἡ κάμψις τοῦ ἐλάσματος θὰ ἦτο μεγαλυτέρα.

Πείραμα 2ον. Εἰς τὸ σχῆμα (9β) ἕλκομεν τὸ ἐλατήριον τοῦ δυναμομέτρου πάλιν μὲ δύναμιν 6 kg* ὄχι ὅμως καθέτως πρὸς τὰ κάτω, ἀλλὰ λοξῶς ἀριστερά.



Σχ. 9. Ἡ αὐτὴ δύναμις κάμπτει διαφοροτρόπως τὸ ἔλασμα, διότι ἡ κάμψις ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς τῆς δυνάμεως καὶ ἐκ τῆς φορᾶς αὐτῆς.

Παρατηροῦμεν τώρα ὅτι τὸ ἄκρον τοῦ καμπτομένου ἐλάσματος δὲν εὑρίσκεται ἀπέναντι τοῦ ἀριθμοῦ 6 τῆς κλίμακος, ἀλλὰ ἀπέναντι τοῦ ἀριθμοῦ 2 (τρίτης γραμμῆς).

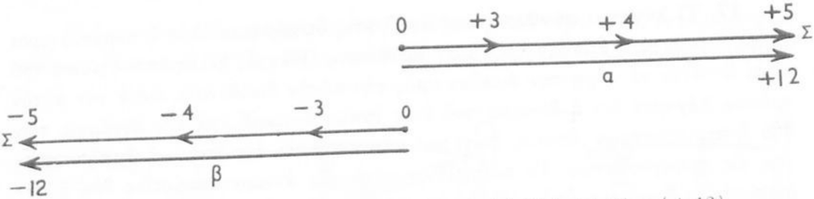
Πείραμα 3ον. Εἰς τὸ σχῆμα (9γ) ἐφαρμόζομεν εἰς τὸ μέσον τοῦ ἐλάσματος τὸ δυναμόμετρον καὶ ἕλκομεν αὐτὸ πρὸς τὰ κάτω πάλιν μὲ δύναμιν 6 kg*. Παρατηροῦμεν τώρα ὅτι τὸ ἐλεύθερον ἄκρον τοῦ καμπτομένου ἐλάσματος εὑρίσκεται ἀπέναντι τοῦ ἀριθμοῦ 0,5 τῆς κλίμακος. Ἐκ τῶν προηγουμένων πειραμάτων συνάγομεν τὰ ἑξῆς συμπεράσματα: 1) Ἡ παραμόρφωσις δηλ. ἡ κάμψις τοῦ μεταλλίνου ἐλάσματος ἐκ τῆς ἐπιδράσεως τῆς δυνάμεως (τῆς ἕλξεως) ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ μεγέθους τῆς ἐπιφερομένης δυνάμεως. Ὅσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ δύναμις, τόσον μεγαλυτέρα εἶναι καὶ ἡ κάμψις πρὸς τὰ κάτω τοῦ ἐλάσματος. 2) Ὅσον μικροτέρα εἶναι ἡ γωνία τὴν ὁποίαν σχηματίζει τὸ δυναμόμετρον (καὶ ἑπομένως ἡ ἐπιφερομένη δύναμις) μὲ τὸ ἔλασμα, τόσον μικροτέρα εἶναι ἡ κάμψις αὐτοῦ, ὅταν ἡ δύναμις εἶναι ἡ αὐτὴ καὶ τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς αὐτῆς παραμένει τὸ αὐτό, ὡς προηγουμένως. 3) Ὅσον πλησιέστερον πρὸς τὸ στήριγμα τοῦ ἐλάσματος εὑρίσκεται τὸ ἐπὶ τοῦ ἐλάσματος σημεῖον ἐφαρμογῆς τῆς δυνάμεως, ἐνῷ ἡ δύναμις παραμένει ἡ αὐτή, τόσον μικροτέρα εἶναι ἡ κάμψις τοῦ ἐλάσματος. Τὸ γενικώτερον συμπέρασμα ἐκ τῶν προηγουμένων πειραμάτων εἶναι ὅτι ἐκ τῶν ἐλαστικῶν παραμορφώσεων, τὰς ὁποίας προκαλοῦν εἰς ἓν σῶμα αἱ ἐπ' αὐτοῦ ἐπιφερόμεναι δυνάμεις, εἶναι δυνατὸν νὰ μετρήσωμεν αὐτάς. Ἡ τοιαύτη μέτρησις ὀνομάζεται στατικὴ μέτρησις τῶν δυνάμεων.

Σύνθεσις καὶ ἀνάλυσις δυνάμεων

17. Τὶ λέγεται σύνθεσις καὶ ἀνάλυσις δυνάμεων. Δύο ἢ περισσότεροι ἵπποι σύρουν μίαν ἅμαξαν πρὸς μίαν διεύθυνσιν. Ἐὰν εἷς ἄλλος ἵππος μόνος του εἶναι δυνατὸν νὰ σύρῃ τὴν ἅμαξαν πρὸς τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν, κατὰ τὸν αὐτὸν τρόπον, λέγομεν ὅτι ἡ δύναμις τοῦ ἑνὸς ἵππου ἀντικαθιστᾷ τὰς δυνάμεις τῶν δύο ἢ περισσοτέρων ἵππων, διότι καὶ μόνον μὲ τὸν ἕνα ἵππον ἡ ἅμαξα σύρεται, ὡς προηγουμένως. Τὸ φαινόμενον αὐτὸ τῆς ἀντικαταστάσεως δύο ἢ περισσοτέρων δυνάμεων ὑπὸ μιᾶς δυνάμεως, ἡ ὁποία φέρει τὸ αὐτό, ὡς καὶ ἐκεῖναι, ἀποτέλεσμα λέγεται σύνθεσις δυνάμεων. Καὶ αἱ μὲν ἀντικαθιστώμεναι δυνάμεις λέγονται συνιστῶσαι, ἡ δὲ ἀντικαθιστῶσα αὐτὰς δύναμις λέγεται συνισταμένη. Ἀντιθέτως, ἐὰν ἡ ἅμαξα σύρεται ὑπὸ ἑνὸς ἵππου καὶ εἶναι δυνατὸν ἀντὶ τούτου νὰ σύρεται ὑπὸ δύο ἢ περισσοτέρων ἵππων, λέγομεν ὅτι ἡ δύναμις τοῦ ἑνὸς ἵππου ἀντικατεστάθη ὑπὸ τῶν δυνάμεων τῶν δύο ἢ περισσοτέρων ἵππων. Τὸ φαινόμενον τοῦτο λέγεται ἀνάλυσις δυνάμεως εἰς δύο ἢ περισσοτέρας δυνάμεις, διότι καὶ αἱ περισσότεραι δυνάμεις φέρουν τὸ αὐτὸ ἀποτέλεσμα, ὅπως καὶ ἡ μία δύναμις μόνη της. Δύο ἢ περισσότεραι δυνάμεις εἶναι δυνατὸν νὰ εἶναι ἐφηρμοσμέναι εἰς ἓν σημεῖον ἑνὸς σώματος ἢ εἰς διάφορα σημεῖα αὐτοῦ.

18. Σύνθεσις δυνάμεων, αἱ ὁποῖαι ἐνεργοῦν εἰς τὸ αὐτὸ σημεῖον. Ὅταν δύο ἢ περισσότεραι δυνάμεις ἐνεργοῦν εἰς τὸ αὐτὸ σημεῖον διακρίνομεν τὰς ἑξῆς περιπτώσεις συνθέσεως αὐτῶν: α) ὅταν ἐνεργοῦν εὑρισκόμεναι ἐπὶ τῆς αὐτῆς εὐθείας καὶ ἔχουν τὴν αὐτὴν φοράν, β) ὅταν ἐνεργοῦν εὑρισκόμεναι ἐπὶ τῆς αὐτῆς εὐθείας καὶ ἔχουν ἄλλαι μὲν τὴν αὐτὴν φοράν, ἄλλαι δὲ ἀκριβῶς ἀντίθετον, γ) ὅταν σχηματίζουν μεταξύ των γωνίαν τινα. Εἰς τὴν πρώτην καὶ τὴν δευτέραν περίπτωσιν διὰ νὰ εὕρωμεν τὴν συνισταμένην τῶν δυνάμεων. σχηματίζομεν τὸ ἀλγεβρικὸν ἄθροισμα αὐτῶν. Πρὸς τοῦτο ἐργαζόμεθα ὡς ἑξῆς τὰς πρὸς τὰ δεξιὰ τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς δυνάμεις (ἢ τὰς πρὸς τὰ ἄνω κατακορύφως) τὰς χαρακτηρίζομεν ὡς θετικὰς καὶ πρὸ τοῦ ἀριθμοῦ, ὅστις ἐκφράζει τὸ μέγεθος αὐτῶν θέτομεν ὡς πρόσημον τὸ σὺν (+). Τὰς πρὸς τὰ ἀριστερὰ τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς δυνάμεις (ἢ τὰς πρὸς τὰ κάτω κατακορύφως) χαρακτηρίζομεν ὡς ἀρνητικὰς καὶ πρὸ τοῦ ἀριθμοῦ, ὅστις ἐκφράζει τὸ μέγεθος αὐτῶν θέτομεν ὡς πρόσημον τὸ πλὴν (—). Κατόπιν προσθέτομεν τοὺς οὕτω πως προκύπτοντας ἀριθμούς. Τὸ προκῦπτον ἐξαγόμενον ἐκφράζει τὸ μέγεθος τῆς συνισταμένης δυνάμεως.

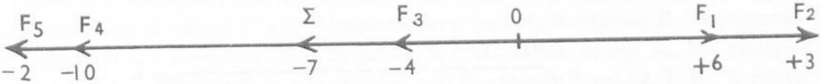
Παράδειγμα 1ον. Ἔστω ὅτι εἰς ἓν σημεῖον ἐνεργοῦν τρεῖς δυνάμεις, 3,4, καὶ 5 χιλιογράμμων ἑκάστη, εὑρισκόμεναι ἐπὶ τῆς αὐτῆς εὐθείας καὶ ἔχουσαι τὴν αὐτὴν φοράν, πρὸς τὰ δεξιά (σχ. 10α). Αἱ δυνάμεις αὗται χαρακτηρίζονται θετικαί. Ἡ συνισταμένη αὐτῶν θὰ εἶναι τὸ ἀλγεβρικὸν ἄθροισμα αὐτῶν



Σχ. 10. α. Ἡ συνισταμένη ΟΣ = (+ 3) + (+ 4) + (+ 5) = (+ 12).
β. Ἡ συνισταμένη ΟΣ = (— 3) + (— 4) + (— 5) = (— 12).

ἤτοι θὰ εἶναι (+3)+(+4)+(+5) = (+12) χιλιόγραμμα καὶ θὰ ἔχῃ φορὰν πρὸς τὰ δεξιά. Ἐὰν καὶ αἱ τρεῖς δυνάμεις ἔχουν φορὰν πρὸς τὰ ἀριστερὰ (σχ. 10β), τότε χαρακτηρίζονται ὡς ἀρνητικαὶ καὶ ἡ συνισταμένη αὐτῶν θὰ εἶναι (—3)+(—4)+(—5) = (—12) χιλιόγραμμα καὶ θὰ ἔχῃ φορὰν πρὸς τὰ ἀριστερά.

Παράδειγμα 2ον. Ἔστω ὅτι εἰς ἓν σημεῖον ἐνεργοῦν δυνάμεις εὑρισκόμεναι ἐπὶ τῆς αὐτῆς εὐθείας καὶ ἐκ τούτων αἱ ἔχουσαι μέγεθος 6 καὶ 3 χιλιογράμμων ἑκάστη ἔχουν φορὰν πρὸς τὰ δεξιά, αἱ δὲ ἔχουσαι μέγεθος 4, 10, 2, χιλιογράμμων ἑκάστη ἔχουν φορὰν πρὸς τὰ ἀριστερὰ (σχ. 11). Διὰ νὰ εὕρωμεν τὴν συνισταμένην τῶν δυνάμεων αὐτῶν σχηματίζομεν καὶ ἐδῶ τὸ ἀλγεβρικὸν ἄθροισμα αὐτῶν, ἀφοῦ αἱ πρὸς τὰ δεξιὰ ἐνεργοῦσαι δυνάμεις χαρακτηρίζονται ὡς θετικαὶ καὶ αἱ πρὸς τὰ ἀριστερὰ ἐνεργοῦσαι ὡς ἀρνητι-

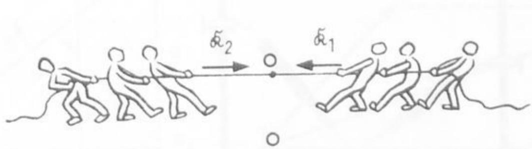


Σχ. 11. Ἡ συνισταμένη ΟΣ ὅλων τῶν δυνάμεων, αἱ ὁποῖαι εἶναι ἐφηρμοσμέναι εἰς τὸ σημεῖον Ο εἶναι = — 7 χιλιόγραμμα.

καί. Κατὰ ταῦτα ἡ συνισταμένη αὐτῶν ΟΣ θὰ εἶναι: (—2)+(—10)+(—4)+ +(+6)+(+3) = (—7) χιλιόγραμμα.

Ἐφαρμογαὶ

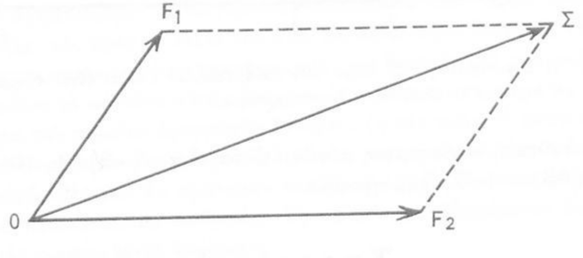
α) Παρουσιάζεται ἡ ἀνάγκη νὰ ἐκριζώσωμεν ἓν δένδρον, τὸ ὁποῖον ἐμποδίζει τὴν διαπλάτυνσιν μιᾶς ὁδοῦ. Πρὸς τοῦτο δένομεν διὰ χονδροῦ σχοινίου τὸν κορμὸν τοῦ δένδρου. Οἱ ἐργάται εὑρίσκονται εἰς ἀπόστασιν ὀλίγων ἑκατοστῶν τοῦ μέτρου ὁ εἷς ἀπὸ τοῦ ἄλλου καὶ ἕλκουν τὸ σχοινίον ἀκολουθοῦντες τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν καὶ φοράν. Οἱ ἐργάται ἀποτελοῦν τὰς συνιστώσας δυνάμεις. Ἡ συνισταμένη τῶν δυνάμεων δὲν φαίνεται. Τὸ ἀποτέλεσμα ὅμως τῆς ἐκριζώσεως τοῦ δένδρου σημαίνει ὅτι ἡ ἐκρίζωσις ἐπετεύχθη, ὡς ἐὰν ἐπὶ



Σχ. 12. Ἐφ' ὅσον τὸ σημεῖον Ο δὲν μετακινεῖται δεξιὰ ἢ ἀριστερά, ἡ συνισταμένη K_1 εἶναι ἴση πρὸς τὴν συνισταμένην K_2. Καὶ ἀφοῦ εἶναι ἴσαι καὶ ἀντίθετοι τὸ ἄθροισμά των (ἡ τελικὴ συνισταμένη) ἰσοῦται μὲ μηδέν.

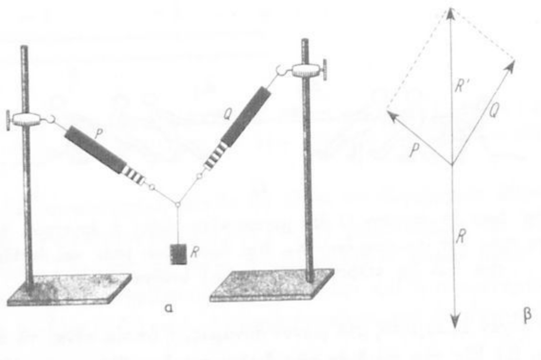
τοῦ δένδρου εἶχεν ἐφαρμοθῆ μία μόνον δύναμις, ἡ ὁποία εἶναι τὸ ἄθροισμα τῶν συνιστωσῶν. β) Εἰς τὴν παιδιὰν τῆς διελκυστίνδας ἄλλοι μὲν ἀθληταὶ ἕλκουν τὸ σχοινίον πρὸς τὰ δεξιὰ καὶ ἄλλοι πρὸς τὰ ἀριστερά. Ὅλοι ὅμως πρέπει νὰ ἐνεργοῦν ἐπὶ τῆς αὐτῆς εὐθείας. Οἱ ἀθληταὶ ἀποτελοῦν τὰς συνιστώσας δυνάμεις. Ἐὰν καμμία ὁμὰς ἀθλητῶν δὲν ἐπικρατήσῃ καὶ τὸ ἐνδεικτικὸν ἐπὶ τοῦ σχοινίου σημεῖον δὲν μετακινηθῇ δεξιὰ ἢ ἀριστερά, τοῦτο σημαίνει ὅτι ἡ συνισταμένη τῶν δυνάμεων ἰσοῦται μὲ μηδέν (σχ. 12).

19. Παραλληλόγραμμον τῶν δυνάμεων. Ὅταν αἱ διδόμεναι δυνάμεις σχηματίζουν μεταξύ των γωνίαν τινά, διὰ νὰ εὕρωμεν γραφικῶς τὴν συνισταμένην αὐτῶν σχηματίζομεν τὸ λεγόμενον παραλληλόγραμμον τῶν δυνάμεων.



Σχ. 13. Παραλληλόγραμμον τῶν δυνάμεων OF_1 καὶ OF_2. Ἡ συνισταμένη αὐτῶν εἶναι ἡ διαγώνιος ΟΣ.

Πρὸς τοῦτο ἐργαζόμεθα ὡς ἑξῆς: ἔστω ὅτι εἰς τὸ σημεῖον Ο ἐφαρμόζονται αἱ δυνάμεις OF_1 καὶ OF_2 σχηματίζουσαι μεταξύ των ὀξεῖαν γωνίαν (σχ. 13).

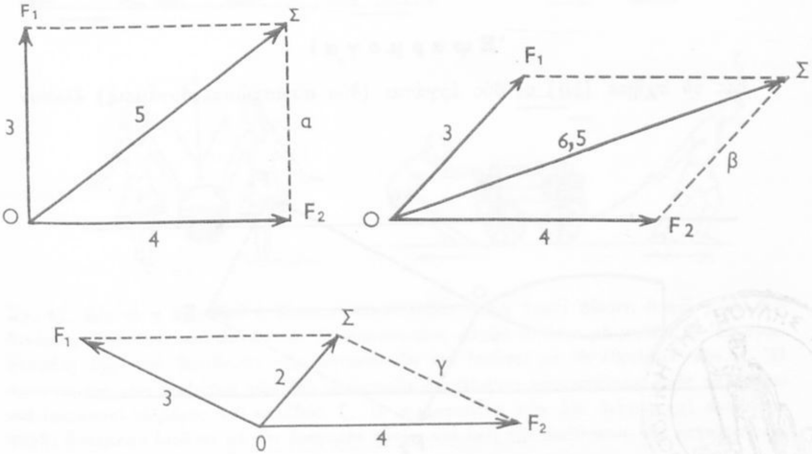


Σχ. 14. Εἰς τὸ α αἱ δυνάμεις P καὶ Q ἔχουν συνισταμένην, ἡ ὁποία ἰσορροπεῖται ὑπὸ τῆς δυνάμεως R. Εἰς τὸ β ἔχει σχεδιασθῆ ἡ συνισταμένη τῶν δύο αὐτῶν δυνάμεων ἡ R', ἴση καὶ ἀντίθετος τῆς R.

Ἐκ τοῦ σημείου F_1 φέρομεν παράλληλον πρὸς τὴν εὐθεῖαν OF_2 καὶ ἐκ τοῦ σημείου F_2 φέρομεν παράλληλον πρὸς τὴν εὐθεῖαν OF_1. Εἶναι φανερὸν ὅτι αἱ ἀχθεῖσαι εὐθεῖαι θὰ τέμνωνται εἰς ἓν σημεῖον, ἔστω Σ, καὶ ὅτι τὸ σχῆμα OF_1 ΣF_2 εἶναι παραλληλόγραμμον. Φέρομεν τὴν διαγώνιον τοῦ παραλληλογράμου, τὴν ἀρχίζουσαν ἀπὸ τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τῶν δυνάμεων, τὴν ΟΣ. Ἡ ΟΣ εἶναι ἡ συνισταμένη τῶν δύο δυνάμεων OF_1 καὶ OF_2. Εἰς τὸ σχῆμα (14α) αἱ συνιστῶσαι δυνάμεις P καὶ Q ἰσορροποῦνται ὑπὸ τῆς δυνάμεως R. Ἡ συνισταμένη τῶν δύο δυνάμεων εἶναι ἑπομένως ἴση καὶ ἀντίθετος τῆς R. Εἰς τὸ σχῆμα 14β ἔχει σχεδιασθῆ ἡ συνισταμένη τῶν δυνάμεων P καὶ Q, ἡ R′, ἡ ὁποία εἶναι ἴση καὶ ἀντίθετος τῆς R. Διὰ νὰ ὑπολογίσωμεν ἀριθμητικῶς τὸ μέγεθος τῆς συνισταμένης, ἐὰν μὲν ἡ σχηματιζομένη γωνία μεταξὺ τῶν συνιστωσῶν εἶναι ὀρθὴ ἐφαρμόζομεν τὸ Πυθαγόρειον θεώρημα. Ἐὰν δὲ εἶναι ὀξεῖα ἢ ἀμβλεῖα ἐφαρμόζομεν ἄλλους τρόπους. Ἀλλὰ καὶ γραφικῶς ὅμως εἶναι δυνατὸν νὰ ὑπολογίσωμεν τὸ μέγεθος τῆς συνισταμένης, ἐὰν γνωρίζωμεν τὴν κλίμακα ὑπὸ τὴν ὁποίαν ἔχουν παρασταθῆ γραφικῶς αἱ συνιστῶσαι δυνάμεις.

Παραδείγματα

1ον. Ἔστω ὅτι εἰς μῆκος ἑνὸς ἑκατοστοῦ τοῦ μέτρου ἀντιστοιχεῖ δύναμις ἑνὸς χιλιογράμμου καὶ ὅτι ἡ μία δύναμις OF_1 εἶναι 3 χιλιόγραμμα καὶ ἡ ἄλλη OF_2 εἶναι 4 χιλιόγραμμα. Συνθέτομεν τὰς δύο δυνάμεις πρῶτον ὑπὸ γωνίαν ὀρθήν, δεύτερον ὑπὸ ὀξεῖαν γωνίαν καὶ τρίτον ὑπὸ ἀμβλεῖαν (σχ. 15 α,β,γ).



Σχ. 15. Εἰς τὸ α αἱ δύο δυνάμεις 3 καὶ 4 χιλιογράμμων ἑκάστη, συντίθενται ὑπὸ ὀρθὴν γωνίαν, εἰς τὸ β ὑπὸ ὀξεῖαν καὶ εἰς τὸ γ ὑπὸ ἀμβλεῖαν καὶ ἔχουν συνισταμένας 5kg*, 6,5 Kg* καὶ 2Kg* ἀντιστοίχως.

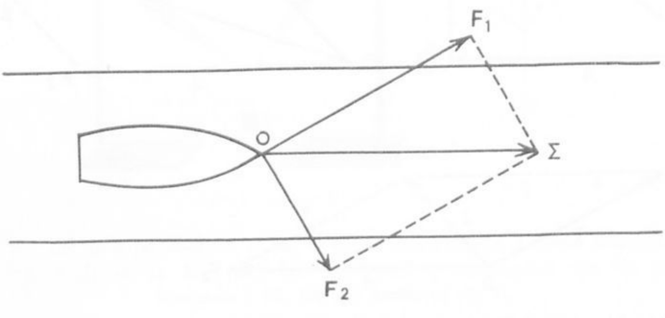
Αἱ δύο δυνάμεις θὰ παρασταθοῦν ὑπὸ εὐθειῶν μήκους 3 cm καὶ 4 cm ἀντιστοίχως. Ὅταν ἡ σχηματιζομένη μεταξὺ τῶν δυνάμεων γωνία εἶναι ὀρθὴ διὰ νὰ εὕρωμεν τὴν συνισταμένην ἐφαρμόζομεν τὸ Πυθαγόρειον θεώρημα καὶ θὰ ἔχωμεν ἐκ τοῦ ὀρθογωνίου τριγώνου $OF_1\Sigma$, (ἡ εὐθεῖα $F_1\Sigma$ εἶναι ἴση πρὸς τὴν OF_2) (σχ. 15α): $(O\Sigma)^2 = (OF_1)^2 + (OF_2)^2$, καὶ δι' ἀντικαταστάσεως τῶν ἀριθμητικῶν τιμῶν τῶν δυνάμεων θὰ ἔχωμεν $(O\Sigma)^2 = 3^2 + 4^2 = 9 + 16 = 25$. Ἐξάγοντες τὴν τετραγωνικὴν ρίζαν ἀμφοτέρων τῶν μελῶν τῆς ἐξισώσεως $(O\Sigma)^2 = 25$ λαμβάνομεν $O\Sigma = 5$ χιλιόγραμμα, ὡς μέγεθος τῆς συνισταμένης. Ἐὰν διὰ τοῦ ὑποδεκαμέτρου μετρήσωμεν τὸ μῆκος τῆς συνισταμένης ΟΣ θὰ εὕρωμεν ὅτι ἰσοῦται πρὸς 5 ἑκατοστὰ τοῦ μέτρου (5cm), ὅπερ παριστᾶ 5 χιλιόγραμμα, ἀφοῦ εἰς ἓν ἑκατοστὸν τοῦ μέτρου ἀντιστοιχεῖ ἓν χιλιόγραμμον.

2ον. Τὰς αὐτὰς κατὰ τὸ μέγεθος δυνάμεις συνθέτομεν ὑπὸ ὀξεῖαν γωνίαν (σχ. 15β). Μετροῦντες διὰ τοῦ ὑποδεκαμέτρου τὸ μῆκος τῆς διαγωνίου, τοῦ παραλληλογράμμου τῶν δυνάμεων, τῆς συνισταμένης δηλ. ΟΣ, βλέπομεν ὅτι τοῦτο εἶναι π.χ. 6,5cm, ὅπερ σημαίνει ὅτι ἡ συνισταμένη ΟΣ ἰσοῦται πρὸς 6,5 χιλιόγραμμα.

3ον. Τὰς αὐτὰς κατὰ τὸ μέγεθος δυνάμεις συνθέτομεν ὑπὸ ἀμβλεῖαν γωνίαν (σχ. 15γ.). Μετροῦντες διὰ τοῦ ὑποδεκαμέτρου τὸ μῆκος τῆς διαγωνίου τοῦ παραλληλογράμμου τῶν δυνάμεων, τῆς συνισταμένης δηλ. ΟΣ, βλέπομεν ὅτι τοῦτο εἶναι 2 cm, ὅπερ σημαίνει ὅτι ἡ συνισταμένη ΟΣ ἰσοῦται πρὸς 2 χιλιόγραμμα.

Ἐφαρμογαί

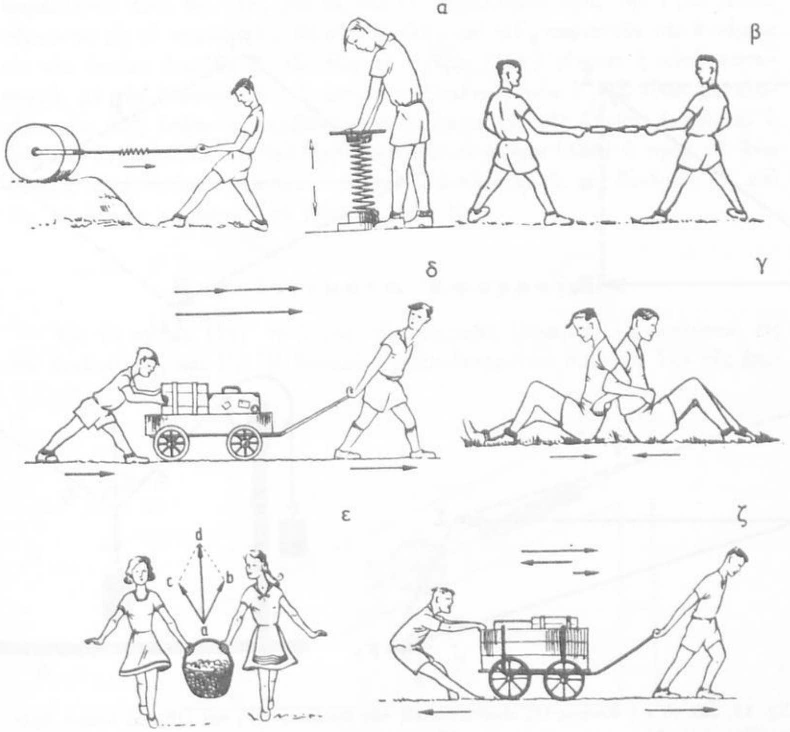
Εἰς τὸ σχῆμα (16) οἱ δύο ἐργάται (δύο συνιστῶσαι δυνάμεις) ἕλκουν



Σχ. 16. Ἡ συνισταμένη ΟΣ τῶν δυνάμεων OF_1, OF_2 ὁδηγεῖ τὴν λέμβον εἰς διεύθυνσιν παράλληλον πρὸς τὰς ὄχθας τοῦ ποταμοῦ.

τὴν λέμβον κινούμενοι πρὸς τὰ ἔξω τοῦ ποταμοῦ μέρη. Ἡ συνισταμένη τῶν δυνάμεων τούτων κινεῖ τὴν λέμβον ἐντὸς τοῦ ποταμοῦ. Εἰς τὸ κατωτέρω σχῆμα (17) ἐκτίθενται ἓξ διάφορα παραδείγματα ἐνεργείας δυνάμεων καὶ συνθέσεως αὐτῶν.

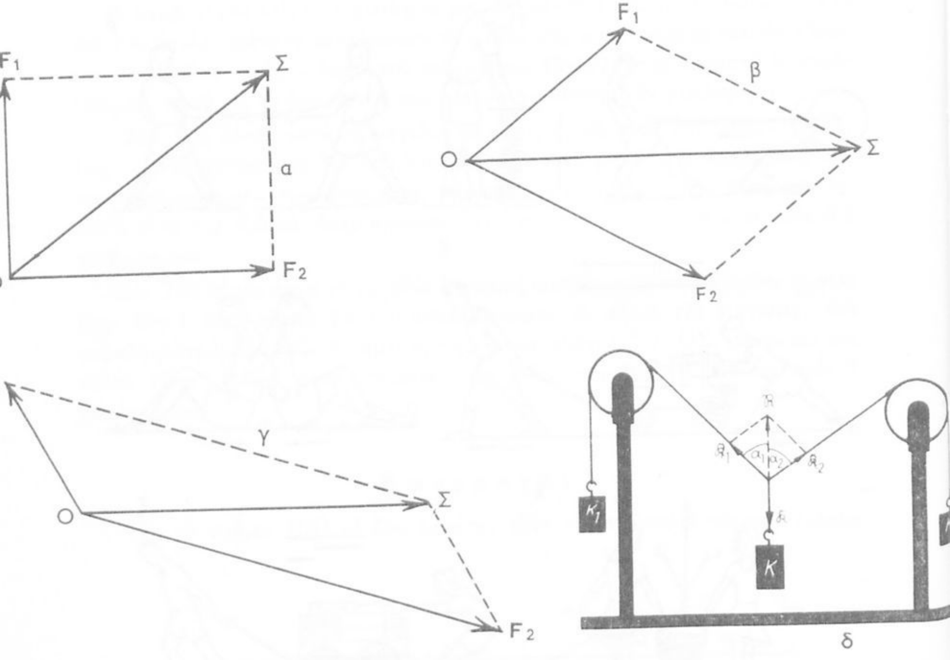
Ὅταν αἱ δυνάμεις εἶναι περισσότεροι τῶν δύο καὶ ἔχουν ἐφαρμοσθῇ εἰς



Σχ. 17. Εἰς τὸ α ἀριστερὰ ἡ δύναμις ἀσκεῖ ἕλξιν, δεξιὰ ἀσκεῖ πίεσιν. β καὶ γ. Αἱ δύο δυνάμεις εἶναι ἴσαι καὶ ἀντίθετοι. Ἡ συνισταμένη αὐτῶν ἰσοῦται μὲ μηδέν. δ. Ἡ συνισταμένη ἔχει τὴν διεύθυνσιν τῶν συνιστωσῶν καὶ ἰσοῦται μὲ τὸ ἄθροισμά των. ε. Ἡ συνισταμένη τῶν δυνάμεων τῶν δύο μαθητριῶν διευθύνεται κατακορύφως πρὸς τὰ ἐπάνω καὶ ἰσορροπεῖ τὸ βάρος τοῦ καλάθου. ζ. Ἡ συνισταμένη τῶν δύο ἀνίσων καὶ ἀντιθέτου φορᾶς δυνάμεων ἰσοῦται μὲ τὴν διαφορὰν αὐτῶν καὶ ἔχει τὴν διεύθυνσιν τῆς μεγαλυτέρας.

τὸ αὐτὸ σημεῖον, σχηματίζουσαι γωνίας, εὑρίσκομεν καθ' ὅμοιον τρόπον τὴν συνισταμένην αὐτῶν σχηματίζοντες τὸ παραλληλόγραμμον τῶν δυνάμεων ἀνὰ δύο.

20. Ἀνάλυσις δυνάμεως ἐφηρμοσμένης εἰς ἓν σημεῖον. Ἀνάλυσις μιᾶς δυνάμεως ἐφηρμοσμένης εἰς ἓν σημεῖον λέγεται ἡ εὕρεσις δύο δυνάμεων, αἱ ὁποῖαι φέρουν, ὡς καὶ ἐκείνη, τὸ αὐτὸ ἀποτέλεσμα. Ἐὰν γνωρίζωμεν νὰ ἀναλύσωμεν μίαν δύναμιν εἰς δύο δυνάμεις εἶναι εὔκολον νὰ ἀναλύσωμεν ἑκάστην τῶν εὑρισκομένων δυνάμεων εἰς ἄλλας δύο καὶ οὕτω καθ' ἑ-



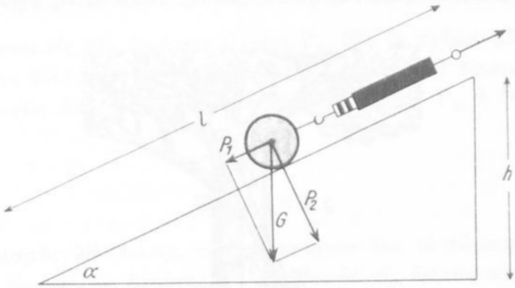
Σχ. 18. Εἰς τὸ α ἡ δύναμις ΟΣ ἀναλύεται εἰς τὰς δυνάμεις OF_1 καὶ OF_2, αἱ ὁποῖαι σχηματίζουν μεταξύ των γωνίαν ὀρθήν. Εἰς τὸ β ἡ δύναμις ΟΣ ἀναλύεται εἰς τὰς δυνάμεις OF_1 καὶ OF_2, αἱ ὁποῖαι σχηματίζουν ὀξεῖαν γωνίαν. Εἰς τὸ γ ἡ δύναμις ΟΣ ἀναλύεται εἰς τὰς δυνάμεις OF_1 καὶ OF_2, αἱ ὁποῖαι σχηματίζουν ἀμβλεῖαν γωνίαν. Εἰς τὸ δ ἡ πρὸς τὰ ἄνω δύναμις R (ἰσορροποῦσα τὸ βάρος K) ἀναλύεται εἰς τὰς δυνάμεις R_1 καὶ R_2 (αἱ ὁποῖαι παριστοῦν τὰ βάρη K_1 καὶ K_2).

ξῆς. Ἐνδιαφέρον παρουσιάζει ἡ ἀνάλυσις δυνάμεως εἰς δύο ἄλλας, αἱ ὁποῖαι σχηματίζουν μεταξύ των γωνίαν τινά. Ἔστω ἡ δύναμις ΟΣ (σχ. 18α). Ἐκ τοῦ σημείου Ο φέρομεν εὐθεῖαν, ὥστε μὲ τὴν ΟΣ νὰ σχηματίζῃ γωνίαν 45^o. Κατόπιν φέρομεν κάθετον εἰς αὐτὴν εἰς τὸ σημεῖον Ο. Ἐκ τοῦ σημείου

Σ φέρομεν παραλλήλους πρὸς τὰς πλευρὰς τῆς κατασκευασθείσης ὀρθῆς γωνίας, αἱ ὁποῖαι τέμνουν τὰς πλευρὰς αὐτὰς εἰς δύο σημεῖα, ἔστω F_1 καὶ F_2. Αἱ εὐθεῖαι OF_1 καὶ OF_2 παριστοῦν τὰς δυνάμεις, εἰς τὰς ὁποίας ἀναλύεται ἡ δύναμις ΟΣ ὑπὸ ὀρθὴν γωνίαν. Εἰς τὸ σχῆμα (18β) μὲ κορυφὴν τὸ Ο καὶ μίαν πλευρὰν τὴν ΟΣ κατασκευάζομεν μὲ τυχοῦσαν πλευρὰν OF_1, ὀξεῖαν γωνίαν μικροτέραν τῶν 45^0 καὶ ἑνώνομεν τὸ σημεῖον Σ μὲ τὸ F_1. Ἐκ τοῦ Σ φέρομεν παράλληλον πρὸς τὴν OF_1 καὶ ἐκ τοῦ Ο παράλληλον πρὸς τὴν $F_1Σ$. Αὗται τέμνονται εἰς τὸ σημεῖον F_2. Αἱ εὐθεῖαι OF_1 καὶ OF_2 παριστοῦν τὰς δυνάμεις εἰς τὰς ὁποίας ἀνελύθη ἡ ΟΣ. Εἰς τὸ σχῆμα (18γ) γίνεται ἡ αὐτὴ κατασκευή, μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι ἡ κατασκευαζομένη γωνία $F_1OΣ$ εἶναι μεγαλυτέρα τῶν 45^0, ὁπότε αἱ λαμβανόμεναι δυνάμεις, εἰς τὰς ὁποίας ἀναλύεται ἡ δοθεῖσα, σχηματίζουν γωνίαν ἀμβλεῖαν. Εἰς τὸ σχῆμα (18δ) ἡ πρὸς τὰ ἄνω δύναμις R, ἡ ὁποία ἰσορροπεῖ τὸ βάρος Κ, ἀναλύεται εἰς τὰς δυνάμεις R_1 καὶ R_2, αἱ ὁποῖαι παριστοῦν τὰ βάρη K_1 καὶ K_2.

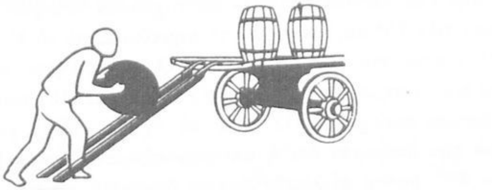
Παραδείγματα. Ἐφαρμογαὶ

Εἰς τὸ σχῆμα (19) τὸ βάρος τῆς σφαίρας (δύναμις G) ἀναλύεται εἰς τὰς δυνάμεις P_1 καὶ P_2. Ἡ δύναμις P_2 ἐξουδετεροῦται συνεχῶς ὑπὸ τῆς ἐπι-

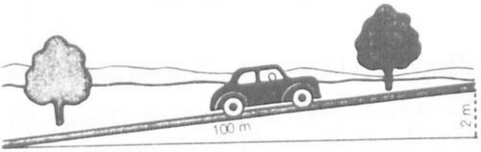


Σχ. 19. Τὸ βάρος G τῆς σφαίρας ἀναλύεται εἰς τὰς δυνάμεις P_1 καὶ P_2.

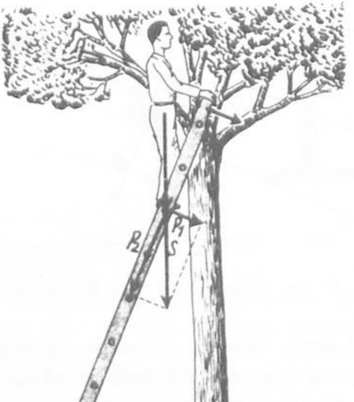
φανείας στηρίξεως (ἡ ὁποία λέγεται κεκλιμένον ἐπίπεδον) καὶ μένει ἡ P_1, ἡ ὁποία ἀναγκάζει τὴν σφαῖραν νὰ κυλᾷ πρὸς τὰ κάτω. Μὲ τὸ δυναμόμετρον ἐφαρμόζομεν ἴσην καὶ ἀντίθετον δύναμιν διὰ νὰ κρατῶμεν τὴν σφαῖραν εἰς τὴν θέσιν της. Εὑρίσκεται δὲ ὅτι εἶναι $\frac{P_1}{G} = \frac{h}{l}$ ἢ $P_1 . l = G . h$, (1). Ἔστω ὅτι ἡ σφαῖρα ἔχει βάρος 160 kg* καὶ ὅτι l = 4m καὶ h = 1m. Νὰ εὑρεθῇ μὲ πόσην δύναμιν ἰσορροπεῖ ἡ σφαῖρα. Ἐκ τοῦ τύπου (1) δι' ἀντικαταστάσεως τῶν γραμμάτων διὰ τῶν ἀριθμητικῶν τιμῶν των ἔχομεν $P_1 . 4 = 160$ kg*.1 m. Διαιροῦντες διὰ 4 ἀμφότερα τὰ μέλη τῆς ἐξισώσεως λαμβάνομεν $P_1 = 40$ kg*. Ἐὰν προσθέσωμεν εἰς τὴν δύναμιν αὐτὴν μικρὰν ἀκόμη δύναμιν, τότε ἀναβι-



Σχ. 20. Διὰ τῆς χρησιμοποιήσεως τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου ὁ ἐργάτης φορτώνει εὐκόλως τὰ βαρέλια εἰς τὸ ἁμάξιον.

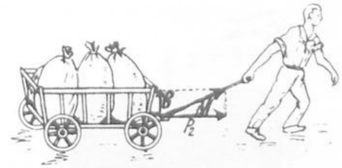


Σχ. 21. Μὲ προσθήκην ὀλίγης ἀκόμη δυνάμεως εἰς ἐκείνην τὴν ὁποίαν καταβάλλει τὸ αὐτοκίνητον, ὅταν κινῆται ὁριζοντίως, ἀνέρχεται εἰς ἀνήφορον.



Σχ. 22. Τὸ βάρος τοῦ ἀνθρώπου ἀναλύεται εἰς τὰς δυνάμεις P_1 καὶ P_2.

βάζομεν τὴν σφαῖραν πρὸς τὰ ἐπάνω. Ἐνῷ λοιπὸν εἶναι ἀδύνατον νὰ ἀνυψώσωμεν βάρος 160 kg* εἰς 1 m ὕψος, διὰ τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου τὸ κατορθώνομεν. Ἐκ τοῦ παραδείγματος τούτου συνάγομεν τὸν κανόνα ὅτι, ὅσον μεγαλύτερον εἶναι τὸ μῆκος l τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου ἀπὸ τὸ ὕψος h, τόσας φορὰς ὀλιγωτέρα δύναμις χρειάζεται διὰ νὰ συγκρατῆται σῶμα τι ἐπ' αὐτοῦ, ὥστε νὰ μὴ κυλᾷ πρὸς τὰ κάτω. Μὲ τὴν προσθήκην δὲ εἰς τὴν δύναμιν αὐτὴν μικρᾶς



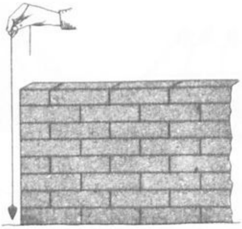
Σχ. 23. Ἡ δύναμις M τοῦ ἐργάτου ἀναλύεται εἰς τὰς δυνάμεις P_1 καὶ P_2.

ἀκόμη δυνάμεως ἀναβιβάζομεν τὸ σῶμα πρὸς τὰ ἄνω (σχ. 20). Εἰς τὸ σχῆμα (21) διὰ νὰ κινῆται τὸ αὐτοκίνητον πρὸς τὰ ἐπάνω πρέπει νὰ καταβάλλῃ τὴν δύναμιν, ἡ ὁποία τὸ κινεῖ ὁριζοντίως καὶ ἀκόμη δύναμιν ὀλίγον μεγαλυτέραν τοῦ $\frac{1}{50}$ τοῦ βάρους του (2:100). Εἰς τὸ σχῆμα (22) τὸ βάρος τοῦ ἀνθρώπου S ἀναλύεται εἰς τὰς δυνάμεις P_1 καὶ P_2. Εἰς τὸ σχῆμα (23) ἡ δύναμις M τοῦ ἐργάτου ἀναλύεται εἰς τὰς δυνάμεις P_1 καὶ P_2. Ἡ δύναμις P_1 ἐξουδετεροῦται συνεχῶς ἀπὸ τὸ ἔδαφος καὶ μένει ἡ δύναμις P_2, ἡ ὁποία κινεῖ τὸ ἁμάξιον.

Βαρύτης

21. Ὁρισμός. Ἡ ἰδιότης, τὴν ὁποίαν ἔχουν ὅλα τὰ σώματα νὰ ἕλκωνται ὑπὸ τῆς γῆς, ὀνομάζεται βαρύτης. Τὸ μέγεθος δὲ τῆς ἕλξεως αὐτῆς, τὸ ὁποῖον ἐκφράζεται δι' ἑνὸς ἀριθμοῦ, λέγεται βάρος τῶν σωμάτων. Ἡ ἕλξις παντὸς σώματος ὑπὸ τῆς γῆς διευθύνεται πρὸς τὸ κέντρον αὐτῆς. Ὅπου καὶ ἂν εὑρίσκεται τὸ σῶμα, εἴτε εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν εἴτε εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς γῆς, εἴτε εἰς τὸ ἐσωτερικὸν αὐτῆς, ἕλκεται ἰσχυρῶς ὑπὸ τῆς γῆς, ἡ ἕλξις δὲ αὕτη διευθύνεται πρὸς τὸ κέντρον τῆς γῆς. Διὰ τοῦτο οἱ κτίσται, διὰ τοῦ λεγομένου νήματος τῆς στάθμης, κανονίζουν τὴν διεύθυνσιν τῶν κτιζομένων τοίχων, ὥστε νὰ μὴ ὑψώνωνται οὗτοι πλαγίως, ἐν σχέσει πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς βαρύτητος, καὶ κινδυνεύουν νὰ πέσουν (σχ. 24). Ἡ διεύθυνσις τῆς βαρύτητος εἰς ἕνα τόπον ὀνομάζεται κατακόρυφος τοῦ τόπου αὐτοῦ.

Διὰ καταλλήλων πειραμάτων εὑρέθη ὅτι : 1) Ὅσον μεγαλυτέραν μᾶζαν ἔχει ἓν σῶμα, μὲ τόσον μεγαλυτέραν δύναμιν ἕλκεται ὑπὸ τῆς γῆς καὶ ἐπομένως τὸ βάρος του εἶναι τόσον μεγαλύτερον. 2) Ἐὰν τὸ σῶμα ἀπομακρύνεται τῆς ἐπιφανείας τῆς γῆς, ἡ ἕλξις αὐτοῦ ὑπὸ τῆς γῆς γίνεται πολὺ μικροτέρα, ἐν ᾧ τοὐναντίον, ὅταν τὸ σῶμα πλησιάζῃ πρὸς τὸ κέντρον τῆς γῆς, ἡ ἕλξις αὐτοῦ γίνεται πολὺ μεγαλυτέρα. Ἐπειδὴ δὲ ἡ ἀκτὶς τῆς γῆς εἰς τοὺς Πόλους εἶναι μικροτέρα τῆς ἀκτῖνος τῆς γῆς εἰς τὸν Ἰσημερινὸν, διὰ τοῦτο, ὅσον ἓν σῶμα μεταφέρεται ἀπὸ τὸν Ἰσημερινὸν πρὸς τοὺς πόλους γίνεται βαρύτερον, ἐν ᾧ

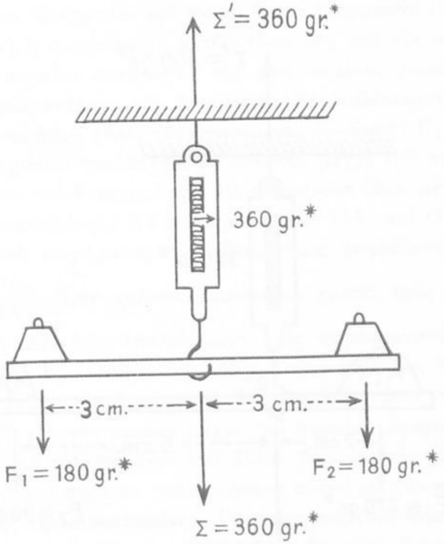


Σχ. 24. Νῆμα τῆς στάθμης.

ἡ μᾶζα του μένει ἀμετάβλητος. Ἡ μᾶζα ἑνὸς σώματος εἶναι μέγεθος σταθερὸν καὶ ἀμετάβλητον, ἀσχέτως πρὸς τὸν τόπον εἰς τὸν ὁποῖον εὑρίσκεται τὸ ἐξεταζόμενον σῶμα. Εἷς μαθητὴς π.χ. ζυγιζόμενος εἰς τὴν Κατερίνην καὶ ἔχων βάρος 60 kg* ἔχει μᾶζαν ἴσην πρὸς 60 kg. Ἐὰν ὅμως ὁ αὐτὸς μαθητὴς εὑρεθῇ ὑψηλὰ εἰς τὸν Ὄλυμπον καὶ ζυγισθῇ, ἡ μὲν μᾶζα του, ἡ ὕλη δηλ. ἐκ τῆς ὁποίας ἀποτελεῖται τὸ σῶμα του, παραμένει ἀμετάβλητος, τὸ βάρος του ὅμως θὰ εἶναι μικρότερον τῶν 60 kg*, διότι ἀπεμακρύνθη τοῦ κέντρου τῆς γῆς καὶ ἡ ἕλξις αὐτῆς εἶναι μικροτέρα. Ὁ αὐτὸς μαθητής, ἐὰν κατέλθῃ εἰς ἓν ξηρὸν φρέαρ ἀρκετοῦ βάθους καὶ ζυγισθῇ, θὰ ἔχῃ βάρος μεγαλύτερον, διότι ἐπλησίασε πρὸς τὸ κέντρον τῆς γῆς καὶ ἡ ἕλξις αὐτῆς εἶναι μεγαλυτέρα, ἐν ᾧ ἡ μᾶζα τοῦ μαθητοῦ ἔμεινεν ἀμετάβλητος.

22. Σύνθεσις δυνάμεων παραλλήλων καὶ ὁμορρόπων. Ὅταν δύο ἢ περισσότεραι δυνάμεις ἐφηρμοσμέναι εἰς ἓν σῶμα εἶναι παράλληλοι καὶ ἔχουν τὴν αὐτὴν φορὰν λέγονται παράλληλοι καὶ ὁμόρροποι. Ὅταν ὅμως εἶναι μὲν παράλληλοι ἀλλὰ ἄλλαι μὲν ἔχουν τὴν αὐτὴν φορὰν ἄλλαι δὲ ἀντίθετον, λέγονται παράλληλοι καὶ ἀντίρροποι.

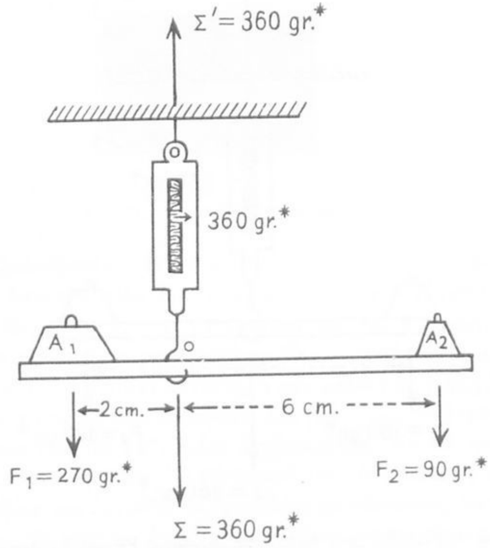
Πείραμα 1ον. Εἰς τὸ σχῆμα (25) τὸ ἄγκιστρον τοῦ δυναμομέτρου ἔχει προσαρμοσθῇ εἰς τὸ μέσον ἑνὸς κανόνος. Εἰς τὰ ἄκρα τοῦ κανόνος τοποθετοῦμεν ἴσα βάρη (δυνάμεις) $F_1 = 180$ gr* καὶ $F_2 = 180$gr*. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι ὁ δείκτης τοῦ δυναμομέτρου δεικνύει 360 gr*. Τὰ βάρη F_1 καὶ F_2 εἶναι δυνάμεις παράλληλοι, ὁμόρροποι καὶ ἴσαι διευθυνόμεναι πρὸς τὰ κάτω. Αὗται κρατοῦν τὸν κανόνα εἰς ὁριζοντίαν θέσιν, ἤτοι εὑρίσκωνται εἰς ἰσορροπίαν μὲ τὴν δύναμιν, ἡ ὁποία εἶναι ἐφηρμοσμένη εἰς τὸ μέρος τοῦ κανόνος, ὅπου προσαρμόζεται τὸ ἄγκιστρον τοῦ δυναμομέτρου, καὶ διευθύνεται πρὸς τὰ ἄνω. Εἶναι φανερὸν ὅτι διὰ νὰ ἔχουν αἱ τρεῖς αὗται δυνάμεις ἰσορροπίαν, ἡ πρὸς τὰ ἄνω διευθυνομένη δύναμις εἰς τὸ δυναμόμετρον ἐξουδετερώνει μίαν δύναμιν ἴσην καὶ ἀντιθέτου φορᾶς πρὸς αὐτήν. Ἡ ἀντιθέτου



Σχ. 25. Αἱ ἴσαι παράλληλοι καὶ ὁμόρροποι δυνάμεις F_1 καὶ F_2 ἔχουν συνισταμένην τὴν δύναμιν Σ, ἡ ὁποία ἰσοῦται μὲ τὸ ἄθροισμα αὐτῶν καὶ εἶναι παράλληλος καὶ ὁμόρροπος πρὸς αὐτάς.

φορᾶς δύναμις αὕτη (Σ) εἶναι ἡ συνισταμένη τῶν δύο δυνάμεων F_1 καὶ F_2, τῆς αὐτῆς φορᾶς μὲ αὐτὰς καὶ ἰσοῦται, ὡς φαίνεται ἐκ τοῦ πειράματος, μὲ τὸ ἄθροισμα αὐτῶν ἤτοι εἶναι $\Sigma = 180$ gr* + 180 gr* = 360 gr*. Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου συμπεραίνομεν ὅτι δύο δυνάμεις παράλληλοι, ὁμόρροποι καὶ ἴσαι ἐφηρμοσμέναι εἰς τὰ ἄκρα ἑνὸς κανόνος (μιᾶς ράβδου) δύνανται νὰ ἀντικατασταθοῦν ὑπὸ τρίτης δυνάμεως, ἡ ὁποία ἔχει τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς αὐτῆς εἰς τὸ μέσον τοῦ κανόνος καὶ ἰσοῦται κατὰ τὸ μέγεθος πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν δύο δυνάμεων καὶ ἔχει τὴν αὐτὴν φορὰν πρὸς αὐτάς.

Πείραμα 2ον. Εἰς τὸ σχῆμα (26) τοποθετοῦμεν εἰς τὰ ἄκρα ἑνὸς κανόνος τὰ βάρη (δυνάμεις) $F_1=270$ gr* καὶ $F_2=90$ gr* καὶ διὰ δοκιμῶν ἐπιτυγχάνομεν νὰ προσαρμόσωμεν τὸ ἄγκιστρον τοῦ δυναμομέτρου εἰς τοιαύτην θέσιν τοῦ κανόνος, ὥστε οὗτος νὰ εὑρίσκεται εἰς ὁριζοντίαν θέσιν. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι ὁ δείκτης τοῦ δυναμομέτρου δεικνύει 360 gr*. Τὰ βάρη F_1 καὶ F_2 εἶναι δυνάμεις παράλληλοι, ὁμόρροποι καὶ ἄνισοι διευθυνόμεναι πρὸς τὰ κάτω. Αὗται κρατοῦν τὸν κανόνα εἰς ὁριζοντίαν θέσιν, ἤτοι εὑρίσκονται εἰς ἰσορροπίαν μὲ τὴν δύναμιν, ἡ ὁποία εἶναι ἐφηρμοσμένη εἰς τὸ μέρος τοῦ κανόνος, ὅπου προσαρμόζεται τὸ ἄγκιστρον τοῦ δυναμομέτρου, καὶ διευθύνεται πρὸς τὰ ἄνω.



Σχ. 26. Αἱ ἄνισοι, παράλληλοι καὶ ὁμόρροποι δυνάμεις F_1 καὶ F_2 ἔχουν συνισταμένην τὴν δύναμιν Σ, ἡ ὁποία ἰσοῦται μὲ τὸ ἄθροισμα αὐτῶν καὶ εἶναι παράλληλος καὶ ὁμόρροπος πρὸς αὐτάς.

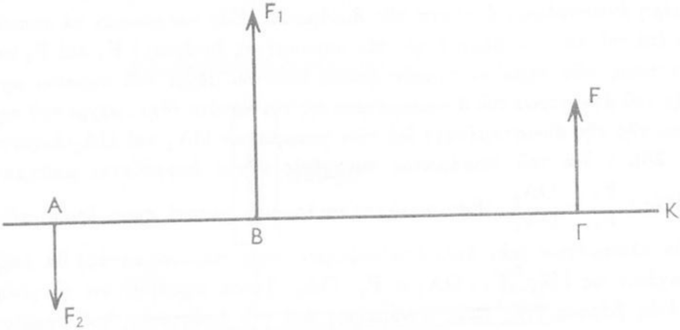
Εἶναι καὶ πάλιν φανερὸν ὅτι διὰ νὰ ἔχουν αἱ τρεῖς αὗται δυνάμεις ἰσορροπίαν, ἡ πρὸς τὰ ἄνω διευθυνομένη δύναμις εἰς τὸ δυναμόμετρον ἐξουδετερώνει μίαν δύναμιν ἴσην καὶ ἀντιθέτου φορᾶς πρὸς αὐτήν. Ἡ ἀντιθέτου φορᾶς δύναμις αὕτη (Σ) εἶναι ἡ συνισταμένη τῶν δύο δυνάμεων F_1 καὶ F_2, τῆς αὐτῆς φορᾶς μὲ αὐτάς, καὶ ἰσοῦται, ὡς φαίνεται ἐκ τοῦ πειράματος, μὲ τὸ ἄθροισμα αὐτῶν, ἤτοι εἶναι $\Sigma = 270$ gr* + 90 gr* = 360 gr*. Παρατηροῦμεν ἀκόμη ὅτι ἡ μεγαλυτέρα δύναμις $F_1 = 270$ gr* ἀπέχει ἀπὸ τὸ ἄγκιστρον τοῦ δυναμομέτρου

2 cm, ἐνῷ ἡ μικροτέρα ἀπέχει 6 cm. Ἐὰν ἐξετάσωμεν τὴν σχέσιν, ἡ ὁποία ὑπάρχει μεταξὺ τῶν δύο δυνάμεων, αἱ ὁποῖαι ἔχουν ἐφαρμοσθῇ εἰς τὰ ἄκρα τοῦ κανόνος καὶ τῶν ἀποστάσεων τῶν σημείων ἐφαρμογῶν αὐτῶν ἀπὸ τοῦ ἀγκίστρου, ἀπὸ τοῦ σημείου δηλ. ὅπου ἐφαρμόζεται ἡ συνισταμένη αὐτῶν, θὰ ἴδωμεν ὅτι, ἐνῷ ἡ μία δύναμις εἶναι τριπλασία τῆς ἄλλης ($270 = 3.90$), ἡ ἀπόστασις τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς αὐτῆς μέχρι τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς τῆς συνισταμένης (ὅπου τὸ ἄγκιστρον) εἶναι τὸ ἓν τρίτον τῆς ἀποστάσεως τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς τῆς μικροτέρας δυνάμεως μέχρι τοῦ αὐτοῦ σημείου ἐφαρμογῆς τῆς συνισταμένης ($2 = \frac{1}{3} 6$). Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου συμπεραίνομεν ὅτι, ἐὰν δύο δυνάμεις παράλληλοι, ὁμόρροποι καὶ ἄνισοι ἔχουν ἐφαρμοσθῇ εἰς τὰ ἄκρα ἑνὸς κανόνος (ἢ ράβδου), ἡ συνισταμένη αὐτῶν εἶναι ἴση καὶ τῆς αὐτῆς φορᾶς μὲ αὐτὰς καὶ ὅτι τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τῆς συνισταμένης χωρίζει τὸν κανόνα εἰς μέρη ἀντιστρόφως ἀνάλογα τῶν δυνάμεων. Ἐὰν καλέσωμεν τὰ τοποθετούμενα ἐπὶ τοῦ κανόνος βάρη (δηλ. τὰς ἀσκουμένας δυνάμεις) F_1 καὶ F_2 καὶ τὰς ἀποστάσεις τῶν σημείων τοποθετήσεως ἑκάστου μέχρι τοῦ σημείου προσαρμογῆς τοῦ ἀγκίστρου τοῦ δυναμομέτρου εἰς τὸν κανόνα (δηλ. μέχρι τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς τῆς συνισταμένης) διὰ τῶν γραμμάτων OA_1 καὶ OA_2·ἀντιστοίχως (σχ. 26), ὁ διὰ τοῦ πειράματος συναχθεὶς νόμος ἐκφράζεται μαθηματικῶς ὡς ἑξῆς : $\frac{F_1}{F_2} = \frac{OA_2}{OA_1}$. Ἐὰν πολλαπλασιάσωμεν χιαστὶ τοὺς ὅρους τῶν δύο αὐτῶν κλασμάτων (ἐὰν δηλ. ἀπαλείψωμεν τοὺς παρανομαστὰς) θὰ λάβωμεν τὴν σχέσιν ὡς ἑξῆς : $F_1 . OA_1 = F_2 . OA_2$. Τοῦτο σημαίνει ὅτι τὸ γινόμενον τοῦ ἑνὸς βάρους (τῆς μιᾶς δυνάμεως) ἐπὶ τὴν ἀπόστασιν, τοῦ σημείου τοποθετήσεως αὐτοῦ εἰς τὸν κανόνα μέχρι τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς τῆς συνισταμένης, ἰσοῦται μὲ τὸ γινόμενον τοῦ ἄλλου βάρους (τῆς ἄλλης δυνάμεως) ἐπὶ τὴν ἀπόστασιν, τοῦ σημείου τοποθετήσεως αὐτοῦ εἰς τὸν κανόνα μέχρι τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς τῆς συνισταμένης. Τὸν προηγούμενον νόμον, ὁ ὁποῖος εἶναι θεμελιώδης νόμος τῆς Μηχανικῆς, ἀπέδειξε θεωρητικῶς πρῶτος ὁ Ἀρχιμήδης (287-212 π.Χ). Τὸ σχετικὸν θεώρημα ὁ Ἀρχιμήδης τὸ διετύπωσεν ὡς ἑξῆς : Τὰ σύμμετρα μεγέθη ἰσορροποῦν, ὅταν ἐξαρτηθοῦν ἀπὸ μήκη ἔχοντα λόγον ἀντίστροφον πρὸς τὸν λόγον τῶν βαρῶν.

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα

Εἰς τὸ ἓν ἄκρον κανόνος (ράβδου) μήκους 60 cm ἐξαρτῶμεν βάρος 40 gr* καὶ εἰς τὸ ἄλλο ἄκρον ἐξαρτῶμεν βάρος 120 gr*. Εἰς ποῖον σημεῖον τοῦ κανόνος πρέπει νὰ προσδέσωμεν σχοινίον, ὥστε ὁ κανὼν κρατούμενος ἐν αἰωρήσει διὰ τοῦ σχοινίου νὰ εὑρίσκεται εἰς ὁριζοντίαν θέσιν (δηλ. νὰ ἰσορροπῇ); Ἐὰν καλέσωμεν τὰ βάρη $F_1 = 40$ gr* καὶ $F_2 = 120$ gr* καὶ τὰς ἀποστάσεις τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς τούτων, ἀπὸ τοῦ σημείου 0 προσδέσεως τοῦ σχοινίου OA_1 καὶ OA_2 ἀντιστοίχως, θὰ ἔχωμεν ἐκ τοῦ νόμου τοῦ Ἀρχιμήδους, $\frac{40}{120}=\frac{OA_2}{OA_1}$ ἢ $\frac{1}{3}=\frac{OA_2}{OA_1}$. Ἤτοι ἂν ἡ ἀπόστασις $OA_2 = 1$, ἡ ἀπόστασις $OA_1 = 3$. Ἑπομένως τὸ ὅλον μῆκος τοῦ κανόνος εἶναι $1 + 3 = 4$ ἴσα μέρη. Ἀφοῦ δὲ ὅλος ὁ κανὼν ἔχει μῆκος 60 cm ἕκαστον ἐκ τῶν τεσσάρων ἴσων μερῶν του θὰ ἔχῃ μῆκος 60 cm : 4 = 15 cm. Κατὰ συνέπειαν $OA_1 = 3\times15 = 45$ cm καὶ $OA_2 = 1\times15 = 15$ cm.

23. Σύνθεσις δύο δυνάμεων ἀνίσων παραλλήλων καὶ ἀντιρρόπων. Εἰς τὰ σημεῖα Α,Β τοῦ κανόνος Κ(σχ. 27) ἐφαρμόζομεν τὰς δυνάμεις F_1 καὶ F_2, αἱ ὁποῖαι εἶναι παράλληλοι καὶ ἀντίρροποι, καὶ ἔστω ὅτι ἡ δύναμις

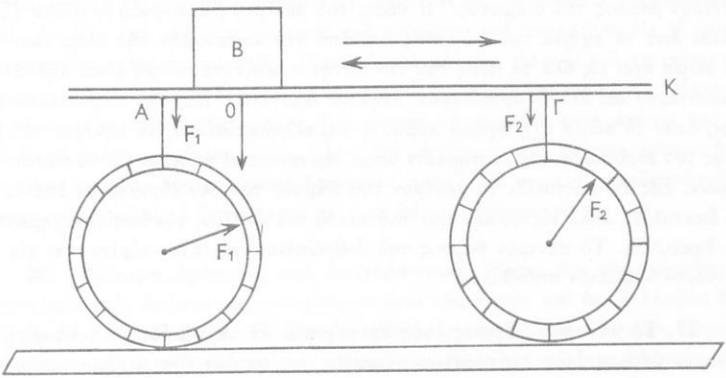


Σχ. 27. Ἡ συνισταμένη τῶν ἀνίσων, παραλλήλων καὶ ἀντιρρόπων δυνάμεων F_1, F_2, ἐφηρμοσμένων εἰς τὰ ἄκρα Α, Β ἑνὸς κανόνος, ἰσοῦται μὲ τὴν διαφορὰν αὐτῶν, $F=F_1-F_2$, εὑρίσκεται δὲ πρὸς τὸ μέρος τῆς μεγαλυτέρας καὶ εἰς ἀπόστασιν ἀπ' αὐτῆς ΒΓ, ὥστε $F_1:F_2=AΓ:BΓ$.

F_1 εἶναι μεγαλυτέρα τῆς F_2. Πειραματικῶς εὑρίσκεται ὅτι ἡ συνισταμένη τῶν δύο αὐτῶν δυνάμεων F εἶναι ἴση μὲ τὴν διαφορὰν τῶν συνιστωσῶν ἤτοι $F = F_1 - F_2$ καὶ ἔχει τὴν διεύθυνσιν τῆς μεγαλυτέρας δυνάμεως. Τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τῆς συνισταμένης, ἔστω Γ, εὑρίσκεται εἰς τὴν προέκτασιν τῆς εὐθείας ΑΒ, ἡ ὁποία ἑνώνει τὰ σημεῖα ἐφαρμογῆς τῶν συνιστωσῶν, καὶ εἶναι πρὸς τὸ μέρος τῆς μεγαλυτέρας δυνάμεως. Ἰσχύει δὲ πάντοτε ἡ σχέσις $\frac{F_1}{F_2}=\frac{AΓ}{BΓ}$.

24. Ἀνάλυσις δυνάμεως εἰς δύο ἄλλας παραλλήλους καὶ ὁμορρόπους.

Πείραμα. Εἰς τὸ σχῆμα (28) δύο δυναμόμετρα, σχήματος δίσκου, εἶναι σταθερῶς τοποθετημένα εἰς μίαν τράπεζαν. Εἰς τὸ ἐπάνω μέρος ὑποβαστάζουν, ἐπίσης σταθερῶς, τὸν κανόνα Κ διῃρημένον εἰς ἑκατοστὰ τοῦ μέτρου. Τὸ ἐπὶ τοῦ κανόνος βάρος Β (δύναμις) δύναται νὰ μεταφέρεται ἐλευθέρως εἴτε πρὸς τὰ δεξιὰ εἴτε πρὸς τὰ ἀριστερά, ὁπότε οἱ δεῖκται τῶν δυναμομέτρων μετακινοῦνται ἀναλόγως. Εἶναι δὲ πάντοτε τὸ βάρος $B = F_1 + F_2$ καὶ ἰσχύει ἡ σχέσις $\frac{F_1}{F_2} = \frac{ΓO}{AO}$. Τὸ βάρος Β ἀναλύεται πάντοτε εἰς δύο δυνάμεις τῆς αὐτῆς φορᾶς, τῶν ὁποίων τὸ μέγεθος φαίνεται διὰ τῶν δεικτῶν τῶν δυναμομέτρων. Αἱ



Σχ. 28. Ἡ δύναμις (βάρος) Β ἀναλύεται εἰς τὰς δύο δυνάμεις, αἱ ὁποῖαι ἔχουν σημεῖα ἐφαρμογῆς εἰς τὰ Α καὶ Γ καὶ τὸ μέγεθος αὐτῶν εἶναι F_1 καὶ F_2 ἀντιστοίχως.

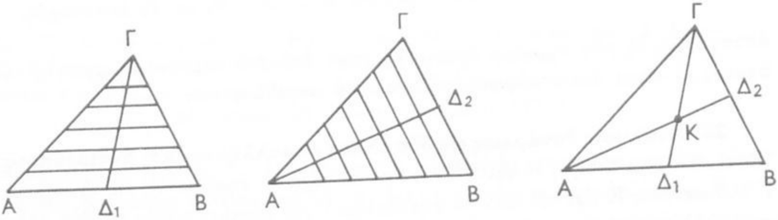
ἀποστάσεις δὲ τῶν σημείων ἐφαρμογῆς των ἀπὸ τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς τοῦ βάρους Β εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογοι τοῦ μεγέθους των.

25. Ἀνάλυσις δυνάμεως εἰς δύο ἄλλας παραλλήλους καὶ ἀντιρρόπους. Ἔστω ὅτι ἔχει δοθῆ ἡ δύναμις F ἔχουσα τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς εἰς τὸ σημεῖον Γ τοῦ κανόνος Κ καὶ θέλομεν νὰ ἀναλύσωμεν τὴν δύναμιν αὐτὴν εἰς δύο ἄλλας παραλλήλους καὶ ἀντιρρόπους καὶ ἀνίσους (σχ. 27). Λαμβάνομεν αὐθαιρέτως μίαν δύναμιν παράλληλον πρὸς τὴν F ἔστω τὴν F_1, ἡ ὁποία θὰ εἶναι καὶ μεγαλυτέρα αὐτῆς, ἀφοῦ ἡ ἄλλη δύναμις, τὴν ὁποίαν πρέπει νὰ εὕρωμεν, θὰ εἶναι ἀντίρροπος αὐτῆς. Εἶναι φανερὸν ὅτι ἡ ἄλλη δύναμις, ἔστω ἡ F_2, θὰ εἶναι $F_2 = F_1 - F$. Τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τῆς δυνάμεως F_2 εἰς τὸν κανόνα πρέπει νὰ τὸ εὕρωμεν. Ἔστω ὅτι εἶναι τὸ Α, ὁπότε θὰ ἰσχύῃ πάλιν ὁ νόμος τοῦ Ἀρχιμήδους $\frac{F_1}{F_2} = \frac{AΓ}{BΓ}$. Εἰς τὴν ἐξεταζομένην περίπτωσιν ἡ δύναμις F ἀνελύθη εἰς δύο ἄλλας δυνάμεις παραλλήλους, ἀντιρρόπους καὶ ἀνίσους.

Κέντρον βάρους σώματος

26. Κέντρον βάρους. Ὅπως εἶναι γνωστόν, ὅλα τὰ σώματα ἀποτελοῦνται ἀπὸ μικρότατα μόρια. Ἕκαστον μόριον ἕλκεται ὑπὸ τῆς γῆς, ἡ ἕλξις δὲ αὐτὴ διευθύνεται κατακορύφως, πρὸς τὸ κέντρον τῆς γῆς, καὶ εἶναι μία δύναμις, ἡ ὁποία ὀνομάζεται βάρος τοῦ μορίου. Εἶναι εὐνόητον ὅτι αἱ ἑλκτικαὶ δυνάμεις ὅλων τῶν μορίων ἑνὸς σώματος ἔχουν μίαν συνισταμένην δύναμιν, ἡ ὁποία διευθύνεται ἐπίσης πρὸς τὸ κέντρον τῆς γῆς. Ἡ συνισταμένη αὐτὴ ὀνομάζεται βάρος τοῦ σώματος καὶ τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς της εἰς τὸ σῶμα λέγεται κέντρον βάρους τοῦ σώματος. Ἡ θέσις τοῦ κέντρου βάρους εἰς ἓν σῶμα ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ σχῆμα τοῦ σώματος καὶ ἀπὸ τὴν κατανομὴν τῆς ὕλης του. Ἂν τὸ σῶμα ἔχει εἰς ὅλα τὰ μέρη του τὴν αὐτὴν πυκνότητα, νὰ μὴ εἶναι δηλ. ἀλλοῦ πυκνότερον καὶ ἀλλοῦ ἀραιότερον, λέγεται ὁμογενές. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτήν, ὅταν τὸ σῶμα ἔχῃ σχῆμα κύβου ἢ παραλληλεπιπέδου, τὸ κέντρον τοῦ βάρους του εὑρίσκεται εἰς τὸ σημεῖον ὅπου τέμνονται αἱ κάθετοι εἰς τὸ μέσον τῶν ἑδρῶν. Εἰς ἓν δακτυλίδι τὸ κέντρον τοῦ βάρους του δὲν εὑρίσκεται ἐπάνω εἰς τὸ δακτυλίδι, ἀλλὰ εἰς τὸ κέντρον τοῦ κενοῦ τοῦ κύκλου, τὸν ὁποῖον σχηματίζει τὸ δακτυλίδι. Τὸ κέντρον βάρους τοῦ ἀνθρωπίνου σώματος εὑρίσκεται εἰς τὸν δεύτερον ὀσφυϊκὸν σπόνδυλον.

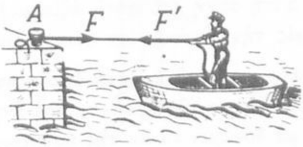
27. Τὸ κέντρον βάρους ἑνὸς τριγώνου. Ὁ Ἀρχιμήδης διὰ νὰ εὕρῃ τὸ κέντρον βάρους ἑνὸς λεπτοτάτου σώματος, τὸ ὁποῖον ἔχει σχῆμα τριγώνου, ἐθεώρησε τὸ πάχος τοῦ τριγώνου ἐλάχιστον καὶ ἀκόμη ὅτι παντοῦ, εἰς ὅλα τὰ



Σχ. 29. Ὅπως ἀπέδειξεν ὁ Ἀρχιμήδης, τὸ κέντρον βάρους ἑνὸς τριγώνου εὑρίσκεται εἰς τὸ σημεῖον τομῆς δύο διαμέσων αὐτοῦ.

σημεῖα τοῦ τριγωνικοῦ σώματος, ἡ ὕλη του εἶναι ὁμογενής, δὲν εἶναι δηλαδὴ ἀλλοῦ πυκνοτέρα καὶ ἀλλοῦ ἀραιοτέρα, ἀλλὰ παντοῦ ὑπάρχει ἡ αὐτὴ πυκνότης. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἀρχόμενος ἀπὸ μίαν πλευρὰν τοῦ τριγώνου ἔφερε πολλὰς παραλλήλους πρὸς αὐτήν, τὴν μίαν πολὺ πλησίον τῆς ἄλλης, φθάσας πλησίον τῆς κορυφῆς τοῦ τριγώνου (σχ. 29) καὶ εἶπεν ὅτι εἰς ἑκάστην παράλληλον εὐθεῖαν, νοουμένην ὡς ἔχουσαν ὕλην, τὸ κέντρον τοῦ βάρους εἶναι εἰς τὸ μέσον αὐτῆς. Ἂν δηλ. στηρίξωμεν τὴν εὐθεῖαν αὐτὴν ἐκ τοῦ μέσου της εἰς ἓν στήριγμα, αὕτη δὲν θὰ κλίνῃ οὔτε δεξιὰ οὔτε ἀριστερά, ἀλλὰ θὰ ἰσορροπήσῃ, θὰ μείνῃ ὁριζοντία. Εἶναι φανερόν, λέγει ὁ Ἀρχιμήδης, ὅτι ἂν ἑνώσωμεν τὰ μέσα ὅλων τῶν παραλλήλων πρὸς τὴν πλευρὰν τοῦ τριγώνου, τὰς ὁποίας ἐφέραμεν, τὸ κέντρον βάρους τοῦ τριγώνου θὰ εὑρίσκεται εἰς ἓν σημεῖον τῆς εὐθείας, ἡ ὁποία ἀρχίζει ἀπὸ τῆς κορυφῆς τοῦ τριγώνου καὶ καταλήγει εἰς τὸ μέσον τῆς ἀπέναντι πλευρᾶς. Ἡ εὐθεῖα αὐτὴ ὀνομάζεται διάμεσος τοῦ τριγώνου. Κατόπιν ἐθεώρησε ἄλλην πλευρὰν τοῦ τριγώνου καὶ ἔπραξε τὸ ἴδιον καὶ εἶπεν ὅτι τὸ κέντρον βάρους τοῦ τριγώνου θὰ εἶναι καὶ εἰς ἓν σημεῖον τῆς εὐθείας ἡ ὁποία ἀρχίζει ἀπὸ τῆς νέας κορυφῆς τοῦ τριγώνου καὶ καταλήγει εἰς τὸ μέσον τῆς νέας θεωρηθείσης πλευρᾶς. Ἀφοῦ δὲ τὸ κέντρον βάρους τοῦ τριγώνου εὑρίσκεται καὶ εἰς τὰς δύο διαμέσους τοῦ τριγώνου, εἶναι φανερὸν ὅτι εὑρίσκεται εἰς τὸ σημεῖον τῆς τομῆς αὐτῶν, διότι μόνον τὸ σημεῖον αὐτὸ ἀνήκει καὶ εἰς τὰς δύο διαμέσους τοῦ τριγώνου. Ὥστε διὰ νὰ εὕρωμεν τὸ κέντρον βάρους ἑνὸς τριγώνου φέρομεν δύο τυχούσας διαμέσους αὐτοῦ. Τὸ σημεῖον τομῆς τῶν διαμέσων αὐτῶν εἶναι τὸ ζητούμενον κέντρον βάρους τοῦ τριγώνου.

28. Ἀξίωμα δράσεως καὶ ἀντιδράσεως. Ἔστω ὅτι εὑρισκόμεθα εἰς μίαν λέμβον εἰς ἀπόστασιν 4—5 μέτρων ἀπὸ τῆς ἀκτῆς καὶ ὅτι ἡ λέμβος ἔχει διὰ σχοινίου προσδεθῆ εἰς τὸ δέστρον. Ἐὰν ἀρχίσωμεν νὰ ἕλκωμεν διαρκῶς τὸ σχοινίον, μὲ διεύθυνσιν πρὸς τὴν θάλασσαν, ἡ λέμβος κινεῖται διαρκῶς πρὸς ἀντίθετον διεύθυνσιν, πρὸς τὴν προκυμαίαν (σχ. 30). Ὅταν φθάσωμεν εἰς

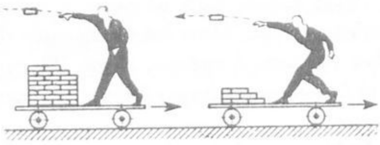


Σχ. 30. Μὲ ὅσην δύναμιν ἕλκει ὁ ναύτης τὸ δέστρον A, μὲ τόσην δύναμιν σύρεται ἡ λέμβος πρὸς τὸ δέστρον.

τὴν προκυμαίαν καὶ διὰ μιᾶς ράβδου πιέσωμεν τὸν τοῖχον αὐτῆς ἡ λέμβος ἀρχίζει καὶ κινεῖται πρὸς ἀντίθετον διεύθυνσιν, πρὸς τὴν θάλασσαν. Ἐκ τοῦ προηγουμένου φαινομένου καὶ ἄλλων πειραμάτων συνάγομεν τὸ συμπέρασμα ὅτι, ἐὰν ἓν σῶμα A ἐξασκεῖ ἐπὶ ἑνὸς ἄλλου σώματος B μίαν δύναμιν, ταὐτοχρόνως καὶ τὸ σῶμα B ἀσκεῖ ἐπὶ τοῦ σώματος A ἴσην καὶ ἀντίθετον δύναμιν. Τὸ φαινόμενον τοῦτο διετυπώθη τὸ πρῶτον ὑπὸ τοῦ Ἄγγλου φυσικοῦ Ἰσαὰκ Νεύτωνος, ὡς τὸ ἀξίωμα τῆς δράσεως καὶ ἀντιδράσεως.

Παραδείγματα. Ἐφαρμογαὶ

1ον. Ἐφαρμόζοντες τὸ ἀξίωμα δράσεως καὶ ἀντιδράσεως δυνάμεθα νὰ κινήσωμεν μικρὸν φορεῖον στηριζόμενον εἰς λείαν ἐπιφάνειαν. Εἰς τὸ σχῆμα (31) ἐπιβάτης ρίπτει πλίνθους πρὸς τὰ ἀριστερὰ (δρᾶσις). Τὸ φορεῖον κινεῖται πρὸς τὰ δεξιὰ (ἀντίδρασις). Ὅσον ὀλιγοστεύουν αἱ πλίνθοι, τόσον ἐλαφρότερον γίνεται τὸ φορεῖον μὲ τὸν ἐπιβάτην, καὶ ἑπομένως ἡ ταχύτης αὐτοῦ πρὸς τὴν ἀντίθετον διεύθυνσιν γίνεται μεγαλυτέρα. Ἀκριβῶς τὸ ἴδιον φαινόμενον λαμβάνει χώραν εἰς τοὺς πυραύλους. Διὰ τὴν ἐκκίνησιν τοῦ πυραύλου χρησιμοποιεῖται μηχανή, ὅπου τὰ ἀναπτυσσόμενα διὰ καύσεως ἀέρια ἐξέρχονται δι'



Σχ. 31. Εἰς ἑκάστην ρίψιν πλίνθου πρὸς τὰ ἀριστερὰ τὸ φορεῖον κινεῖται πρὸς τὰ δεξιά. Ὅσον ὀλιγοστεύουν αἱ πλίνθοι τόσον μεγαλυτέρα γίνεται ἡ ταχύτης, διότι τὸ κινούμενον βάρος γίνεται μικρότερον.

ἑνὸς σωλῆνος (ἢ πολλῶν) μὲ μεγάλην δύναμιν μὲ διεύθυνσιν πρὸς τὴν γῆν (δρᾶσις). Ταὐτοχρόνως ὁ πύραυλος κινεῖται μὲ ἴσην καὶ ἀντιθέτου φορᾶς δύναμιν (ἀντίδρασις). Ἡ αὐτὴ ἀρχὴ (τὸ αὐτὸ ἀξίωμα) τῆς δράσεως καὶ ἀντιδράσεως παρατηρεῖται εἰς τὴν λειτουργίαν τῶν ἀεριωθουμένων ἀεροπλάνων.

2ον. Τὰ περισσότερα πυροτεχνήματα, τὰ ὁποῖα παρατηροῦμεν εἰς μερικὰς ἑορτὰς στηρίζονται εἰς τὸ ἀξίωμα τῆς δράσεως καὶ ἀντιδράσεως. Εἰς τὸ κάτω μέρος αὐτῶν ἐξέρχονται μὲ δύναμιν τὰ ἐκ τῆς καύσεως ἀέρια (δρᾶσις) καὶ εἰς τὸ ἀντίθετον μέρος φεύγει μὲ δύναμιν τὸ πυροτέχνημα (ἀντίδρασις).

29. Ἰσορροπία στερεοῦ σώματος ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ βάρους του. Λέγομεν ὅτι σῶμα στερεὸν ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ βάρους του ἰσορροπεῖ, ὅταν τοῦτο εὑρισκόμενον εἴς τινα θέσιν μένῃ ἀκίνητον. Διακρίνομεν τρία εἴδη ἰσορροπίας: τὴν εὐσταθῆ, τὴν ἀσταθῆ καὶ τὴν ἀδιάφορον.

α) Εὐσταθὴς ἰσορροπία λέγεται ἐκείνη κατὰ τὴν ὁποίαν τὸ σῶμα ἀπομακρυνόμενον ὀλίγον ἐκ τῆς ἀρχικῆς θέσεώς του, ἐπανέρχεται πάλιν εἰς αὐτὴν μόνον του.

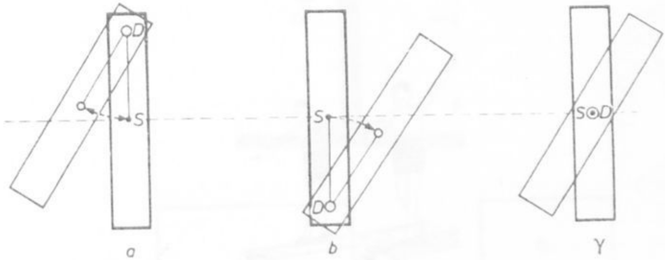
β) Ἀσταθὴς ἰσορροπία λέγεται ἐκείνη κατὰ τὴν ὁποίαν τὸ σῶμα ἀπομακρυνόμενον ὀλίγον ἐκ τῆς ἀρχικῆς θέσεώς του δὲν ἐπανέρχεται πάλιν εἰς αὐτήν, οὔτε παραμένει εἰς τὴν νέαν του θέσιν, ὅπου πρὸς στιγμὴν τὸ ἐφέρομεν.

γ) *Ἀδιάφορος ἰσορροπία* λέγεται ἐκείνη κατὰ τὴν ὁποίαν τὸ σῶμα ἀπομακρυνόμενον τῆς θέσεώς του παραμένει ἀκίνητον εἰς οἱανδήποτε νέαν θέσιν

Σχ. 32. Τὰ τρία εἴδη ἰσορροπίας. α=Εὐσταθής. β=ἀσταθής. γ=ἀδιάφορος.

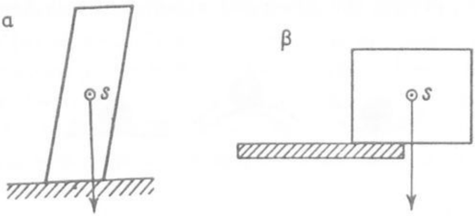
(σχ. 32). Εἰς ἓν σῶμα δυνάμενον νὰ στρέφεται ἐλευθέρως περὶ ὁριζόντιον καὶ ἀκλόνητον ἄξονα εἶναι δυνατὸν νὰ παρατηρηθοῦν καὶ τὰ τρία εἴδη ἰσορροπίας:

1) Εὐσταθὴς ἰσορροπία ὑπάρχει, ὅταν ὁ ἄξων περιστροφῆς εὑρίσκεται ὑψηλότερον τοῦ κέντρου βάρους τοῦ σώματος. 2) Ἀσταθὴς ἰσορροπία ὑπάρχει, ὅταν ὁ ἄξων περιστροφῆς εὑρίσκεται κάτωθεν τοῦ κέντρου βάρους τοῦ σώματος. 3) Ἀδιάφορος ἰσορροπία ὑπάρχει, ὅταν ὁ ἄξων περιστροφῆς εὑρίσκεται ἐπὶ τοῦ κέντρου βάρους τοῦ σώματος (σχ. 33). Ἓν σῶμα στηριζόμενον διὰ βά-



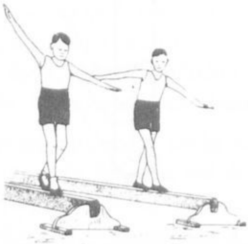
Σχ. 33. Τὰ τρία εἴδη ἰσορροπίας εἰς σῶμα δυνάμενον νὰ στρέφεται ἐλευθέρως περὶ ἄξονα. α=εὐσταθής, β=ἀσταθής, γ=ἀδιάφορος.

σεως εὑρίσκεται εἰς ἰσορροπίαν εὐσταθῆ, ὅταν ἡ κατακόρυφος ἡ διερχομένη διὰ τοῦ κέντρου τοῦ βάρους του διέρχεται διὰ τῆς ἐπιφανείας, τὴν ὁποίαν περιορίζουν τὰ σημεῖα στηρίξεως τοῦ σώματος (σχ. 34α). Ἐὰν ὅμως ἡ κατακόρυφος αὐτὴ δὲν διέρχεται διὰ τῆς ἐπιφανείας στηρίξεως τοῦ σώματος, τοῦτο θὰ ἀνατραπῇ (σχ. 34 β). Μία τράπεζα ἢ ἓν κάθισμα εὑρίσκονται εἰς ἰσορροπίαν εὐσταθῆ, ὅταν ἡ κατακόρυφος ἡ διερχομένη διὰ τοῦ κέντρου τοῦ βάρους των διέρχεται διὰ τῆς ἐπιφανείας, τὴν ὁποίαν περιορίζουν οἱ πόδες στηρίξεως τῶν ἐπίπλων αὐτῶν. Εἷς ἀθλητὴς εἶναι δυνατὸν νὰ βαδίσῃ ἐπὶ μιᾶς δοκοῦ, ὅταν κατορθώνῃ διὰ διαφόρων κινήσεων, ὥστε τὸ κέντρον βάρους τοῦ σώματός του νὰ εὑρίσκεται πάντοτε, ἐπὶ τῆς κατακορύφου τῆς διερχομένης διὰ τοῦ κέντρου



Σχ. 34. α: τὸ σῶμα εὑρίσκεται εἰς εὐσταθῆ ἰσορροπίαν, διότι ἡ ἐκ τοῦ κέντρου τοῦ βάρους του S κατακόρυφος διέρχεται διὰ τῆς ἐπιφανείας στηρίξεως. β: τὸ σῶμα θὰ ἀνατραπῆ, διότι ἡ ἐκ τοῦ S κατακόρυφος δὲν διέρχεται διὰ τῆς ἐπιφανείας στηρίξεως τοῦ σώματος.

τοῦ βάρους του καὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς δοκοῦ, ὅπου βαδίζει (σχ. 35). Ὅσον πλησιέστερον πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν στηρίξεως εὑρίσκεται τὸ κέντρον βάρους ἑνὸς σώματος τόσον εὐσταθεστέρα εἶναι ἡ ἰσορροπία του. Ἄνθρωπος ἱστάμενος ἀρχικῶς εἰς προσοχήν, ὅταν ἀνοίξῃ πρὸς τὰ ἀριστερὰ καὶ δεξιὰ τοὺς πόδας αὐ-



Σχ. 35. Εἷς ἀθλητής, βαδίζων ἐπὶ δοκοῦ δὲν πίπτει, ὅταν ἡ διὰ τοῦ κέντρου τοῦ βάρους του διερχομένη κατακόρυφος διέρχεται διὰ τῆς ἐπιφανείας στηρίξεώς του ἐπὶ τῆς δοκοῦ.

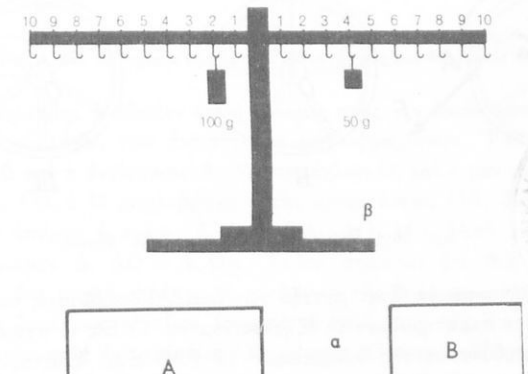
τοῦ θὰ ἀποκτήσῃ ἰσορροπίαν εὐσταθεστέραν, διότι τὸ κέντρον βάρους αὐτοῦ ἔρχεται χαμηλότερα. Ἐκ τῶν προηγουμένων παρατηρήσεων καὶ διὰ διαφόρων πειραμάτων συνάγεται τὸ συμπέρασμα ὅτι ἡ ἰσορροπία ἑνὸς σώματος εἶναι τόσον εὐσταθεστέρα, ὅταν α) ἡ ἐπιφάνεια στηρίξεως αὐτοῦ εἶναι μεγαλυτέρα, β) ὅταν τὸ βάρος του εἶναι μεγαλύτερον, γ) ὅταν τὸ κέντρον τοῦ βάρους του εὑρίσκεται ὅσον τὸ δυνατὸν χαμηλότερον.

Παραδείγματα καὶ ἐφαρμογαὶ

Αἱ καρέκλαι, αἱ τράπεζαι, αἱ ἕδραι τοῦ Σχολείου ἔχουν εὐρεῖαν βάσιν στηρίξεως διὰ νὰ εἶναι εὐσταθεῖς. Οἱ τοῖχοι τῶν οἰκοδομῶν ἔχουν εὐσταθεστέραν ἰσορροπίαν, ὅταν ἔχουν μεγάλο πάχος καὶ ὅταν ἡ κατακόρυφος ἡ διερχομένη διὰ τοῦ κέντρου βάρους τοῦ τοίχου διέρχεται διὰ τοῦ κέντρου τῆς ἐπιφανείας στηρίξεως τοῦ τοίχου. Εἰς τὰ πολὺ ὑψηλὰ οἰκοδομήματα (μὲ πολλοὺς ὀρόφους) τὰ κατώτερα μέρη τῶν τοίχων ἔχουν μεγαλύτερον πάχος ἀπὸ τὰ ἀνώτερα, διὰ νὰ εἶναι ἡ ἰσορροπία τοῦ οἰκοδομήματος εὐσταθεστέρα.

30. Ἰσορροπία στερεῶν σωμάτων στρεπτῶν περὶ ὁριζόντιον ἄξονα.

Πείραμα 1ον. Ὁ Ἀρχιμήδης ἐξετέλεσε τὸ ἑξῆς πείραμα: Ἔλαβε λεπτὴν στερεὰν ράβδον ΕΔ, ἡ ὁποία δύναται νὰ στρέφεται ἐλευθέρως περὶ τὸν ὁριζόντιον ἄξονα τὸν διερχόμενον διὰ τοῦ σημείου Γ καὶ δύο ἄνισα βάρη Α, Β (σχ. 36α). Ἐτοποθέτησε κατόπιν τὰ βάρη εἰς τὰ ἄκρα τῆς ράβδου Ε, Δ ἀντιστοίχως

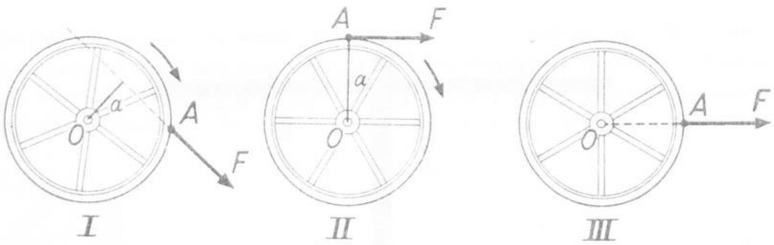


Σχ. 36. Εἰς τὸ α τὰ σώματα Α, Β ἐξαρτώμενα ἐκ τῶν σημείων Ε, Δ ἀντιστοίχως ἰσορροποῦν καὶ εἶναι Α:Β=ΓΔ:ΓΕ. Εἰς τὸ β τὰ βάρη 100 gr* καὶ 50 gr* ἰσορροποῦν, διότι εἶναι 100:50 = 4:2 ἢ 100.2 = 50.4.

οὕτως, ὥστε τὸ κέντρον βάρους τοῦ σώματος Α νὰ εὑρίσκεται εἰς τὸ Ε καὶ τὸ κέντρον βάρους τοῦ σώματος Β νὰ εὑρίσκεται εἰς τὸ Δ. Διὰ πολλῶν δοκιμῶν διεπίστωσεν ὅτι τότε μόνον ὑπάρχει ἰσορροπία, ἤτοι ἡ ράβδος μένει ὁριζοντία, ὅταν ὁ λόγος τῶν βαρῶν Α, Β εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος τοῦ λόγου τῶν μηκῶν ΓΕ καὶ ΓΔ, ὅταν ὑπάρχῃ δηλ. ἡ σχέσις Α : Β = ΔΓ : ΓΕ.

Πείραμα 2ον: Εἰς τὸ σχῆμα (36β) τὸ βάρος τῶν 100 gr. εἶναι εἰς ἀπόστασιν 2 ἀπὸ τοῦ ἄξονος περιστροφῆς τῆς ὁριζοντίας ράβδου, ἐν ᾧ τὸ βάρος 50 gr. εἶναι εἰς ἀπόστασιν 4 ἀπὸ τοῦ αὐτοῦ ἄξονος. Κατὰ τὸν νόμον τοῦ Ἀρχιμήδους εἶναι $\frac{100}{50} = \frac{4}{2}$ (ἢ 100.2 = 50.4) διὰ νὰ ὑπάρχῃ ἰσορροπία.

31. Ροπὴ δυνάμεως ὡς πρὸς ἄξονα. Ἔστω ὅτι ἔχομεν τρεῖς τροχούς, οἱ ὁποῖοι δύνανται νὰ περιστρέφωνται ἐλευθέρως περὶ ὁριζόντιον ἄξονα (σχ. 36γ). Εἰς σημεῖον τῆς περιφερείας ἑκάστου τροχοῦ ἐφαρμόζομεν μίαν δύναμιν. Οἱ τροχοὶ νοοῦνται ὅτι εὑρίσκονται εἰς τὸ αὐτὸ ἐπίπεδον. Αἱ τρεῖς ἐφαρμοσθεῖσαι

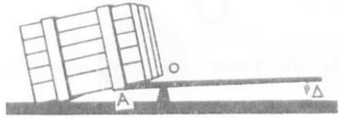


Σχ. 36γ. Ροπὴ δυνάμεως ὡς πρὸς ἄξονα.

δυνάμεις ἐκλέγονται νὰ εἶναι μεταξύ των ἴσαι. Αἱ διευθύνσεις των ὅμως εἶναι διάφοροι. Τότε παρατηροῦμεν τὰ ἑξῆς φαινόμενα. 1) Εἰς τὸ σχῆμα Ι ἡ προέκτασις τῆς διευθύνσεως τῆς δυνάμεως F (ἢ FA) εἶναι κάθετος εἰς τὸ ἄκρον τμήματος μικροτέρου τῆς ἀκτῖνος. 2) Εἰς τὸ σχῆμα ΙΙ ἡ δύναμις F εἶναι κάθετος εἰς τὸ ἄκρον Α τῆς ἀκτῖνος τοῦ τροχοῦ. 3) Εἰς τὸ σχῆμα ΙΙΙ ἡ διεύθυνσις τῆς δυνάμεως F εἶναι κάθετος εἰς τὸν ἄξονα τοῦ τροχοῦ. Ἡ μεγαλυτέρα ταχύτης περιστροφῆς ἀναπτύσσεται εἰς τὸν δεύτερον τροχόν. Εἰς τὸν πρῶτον τροχὸν ἡ ταχύτης περιστροφῆς εἶναι μικροτέρα. Εἰς τὸν τρίτον ἡ ταχύτης περιστροφῆς ἰσοῦται μὲ μηδέν, δηλαδὴ δὲν ὑπάρχει ταχύτης. Ἡ κάθετος ἀπόστασις τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς τῆς δυνάμεως εἰς τὸν τροχόν, ἀπὸ τοῦ ἄξονος περιστροφῆς, ὀνομάζεται μοχλοβραχίων τῆς δυνάμεως.

Ὁρισμός. Εἰς ἕνα περιστρεφόμενον τροχὸν τὸ γινόμενον τῆς δυνάμεως ἐπὶ τὸν μοχλοβραχίονα αὐτῆς ὀνομάζεται ροπὴ δυνάμεως ὡς πρὸς τὸν ἄξονα περιστροφῆς. Τὸ γινόμενον τοῦτο δὲν εἶναι ἀπόλυτος ἀριθμός, ἀλλὰ εἶναι μέγεθος ἀνυσματικόν, δηλοῖ δηλαδὴ καὶ τὴν διεύθυνσιν τῆς κινήσεως.

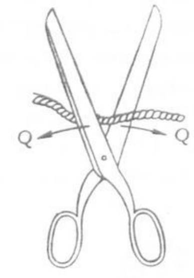
32. Μοχλός. Μοχλὸς λέγεται ράβδος στερεὰ διὰ τῆς ὁποίας δυνάμεθα νὰ μετακινήσωμεν διὰ μικρᾶς δυνάμεως μεγάλα βάρη, ὅταν ἡ ράβδος ἔχει κατάλληλον στήριγμα. Τὸ σημεῖον στηρίξεως τοῦ μοχλοῦ (τῆς ράβδου) λέγεται ὑπομόχλιον. Τὰ δύο δὲ μέρη τοῦ μοχλοῦ εἰς τὰ ὁποῖα οὗτος χωρίζεται διὰ τοῦ ὑπομοχλίου λέγονται μοχλοβραχίονες αὐτοῦ. Τὸ ἓν ἄκρον τοῦ μοχλοῦ τὸ ἐφαρμόζομεν εἰς τὸ βάρος, τὸ ὁποῖον θέλομεν νὰ μετακινήσωμεν (τὸ ὁποῖον ὀνομάζεται συνήθως ἀντίστασις). Εἰς τὸ ἄλλο ἄκρον ἐφαρμόζεται ἡ δύναμις διὰ τῆς ὁποίας θὰ μετακινήσωμεν διὰ τοῦ μοχλοῦ τὸ βάρος (σχ. 37). Καὶ διὰ τὸν



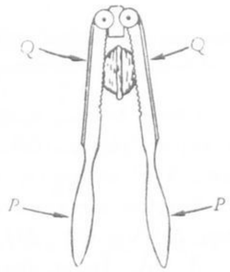
Σχ. 37. Μοχλός. ΑΟ=μοχλοβραχίων ἀντιστάσεως. ΟΔ = μοχλοβραχίων δυνάμεως. Ο = ὑπομόχλιον. Α καὶ Δ σημεῖα ἐφαρμογῆς ἀντιστάσεως καὶ δυνάμεως ἀντιστοίχως.

μοχλὸν ὁ Ἀρχιμήδης ἀπέδειξεν ὅτι ἡ δύναμις πρὸς τὴν ἀντίστασιν ἔχει λόγον ἀντίστροφον τοῦ λόγου τῶν ἀντιστοίχων μοχλοβραχιόνων. Ἐὰν δηλ. ἡ δύναμις κληθῇ Δ καὶ ἡ ἀντίστασις Α, τὸ ὑπομόχλιον Ο, καὶ ὁ μὲν μοχλοβραχίων τῆς δυνάμεως ΟΔ, ὁ δὲ μοχλοβραχίων τῆς ἀντιστάσεως ΟΑ, διὰ νὰ ὑπάρχῃ ἰσορροπία θὰ ὑπάρχῃ ἡ σχέσις $Δ : Α = ΟΑ : ΔΟ$, (1). Ἀπὸ τὴν ἀναλογίαν αὐτὴν λαμβάνομεν $Δ. ΔΟ = Α. ΟΑ$. Τοῦτο σημαίνει ὅτι διὰ νὰ ὑπάρχῃ ἰσορροπία εἰς ἕνα μοχλὸν πρέπει τὸ γινόμενον τῆς δυνάμεως ἐπὶ τὸν μοχλοβραχίονα τῆς δυνάμεως νὰ εἶναι ἴσον μὲ τὸ γινόμενον τῆς ἀντιστάσεως ἐπὶ τὸν μοχλοβραχίονα τῆς ἀντιστάσεως. (Σημείωσις. Ὁ νόμος τοῦ Ἀρχιμήδους μᾶς λέγει τὰς σχέσεις, αἱ ὁποῖαι πρέπει νὰ ἰσχύουν μεταξὺ δυνάμεως, ἀντιστάσεως καὶ μοχλοβραχιόνων αὐτῶν, διὰ νὰ ὑπάρχῃ ἰσορροπία. Διὰ τὴν μετακίνησιν τοῦ σώματος χρειάζεται ἀκόμη νὰ προσθέσωμεν καὶ ἐλαχίστην δύναμιν)."Οσον μεγαλύτερος εἶναι ὁ μοχλοβραχίων τῆς δυνάμεως, ἀπὸ τὸν μοχλοβραχίονα τῆς ἀντιστάσεως, τόσον μεγαλύτερον βάρος δυνάμεθα νὰ μετακινήσωμεν μὲ τὴν αὐτὴν δύναμιν. Δι' αὐτὸ καὶ ὁ Ἀρχιμήδης, ὅταν ἀνεκάλυψε τὸν νόμον τῶν μοχλῶν, ἀνεφώνησε «δός μοι πᾶ στῶ καὶ τὰν γᾶν κινήσω». Δηλαδὴ δός μου ποῦ νὰ σταθῶ καὶ δύναμαι μόνος μου νὰ μετακινήσω καὶ αὐτὴν τὴν γῆν.

33. Εἴδη μοχλῶν. Ἀναλόγως τῆς θέσεως, τὴν ὁποίαν ἔχουν μεταξύ των τὸ ὑπομόχλιον, ἡ δύναμις καὶ ἡ ἀντίστασις, διακρίνουν τοὺς μοχλοὺς εἰς τρία εἴδη : Πρῶτον, δεύτερον καὶ τρίτον. Μοχλὸς πρώτου εἴδους εἶναι, ὅταν τὸ ὑπομόχλιον εὑρίσκεται μεταξὺ δυνάμεως καὶ ἀντιστάσεως, ὅπως π.χ. εἰς τὴν ψαλίδα (σχ. 38) Μοχλὸς δευτέρου εἴδους εἶναι, ὅταν ἡ ἀντίστασις εὑρίσκεται



Σχ. 38. Ψαλίς, μοχλὸς πρώτου εἴδους.

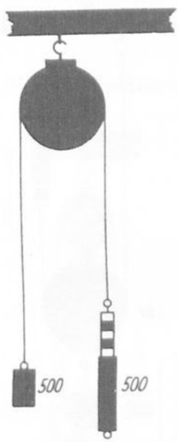


Σχ. 39. Καρυοθραύστης, μοχλὸς δευτέρου εἴδους.

Σχ. 40. Λαβίς, μοχλὸς τρίτου εἴδους.

μεταξὺ δυνάμεως καὶ ὑπομοχλίου, ὅπως εἰς τὸν καρυοθραύστην (σχ. 39). Μοχλὸς τρίτου εἴδους εἶναι ὅταν ἡ δύναμις εὑρίσκεται μεταξὺ ὑπομοχλίου καὶ ἀντιστάσεως, ὅπως εἰς τὴν λαβίδα (τσιμπίδα) (σχ. 40). Οἱ μοχλοὶ ὀνομάζονται καὶ ἁπλαῖ μηχαναί.

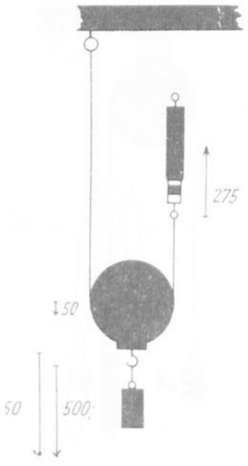
34. Τροχαλία. Δίσκος στερεός, ὁ ὁποῖος φέρει εἰς τὴν περιφέρειαν αὐτοῦ αὔλακα καὶ δύναται νὰ περιστρέφεται ἐλευθέρως περὶ ἄξονα, λέγεται τροχαλία. Διὰ τῆς αὔλακος δύναται νὰ διέρχεται σχοινίον ἢ ἅλυσις. Τὸ στέλεχος, ὅπου στερεοῦται ἡ τροχαλία, λέγεται τροχαλιοθήκη. Διακρίνουν δύο εἴδη τροχαλίας: Τὴν ἀμετάθετον (ἢ παγίαν) (σχ. 41) καὶ τὴν ἐλευθέραν (σχ. 42). Ἡ ἀμετάθετος τροχαλία μένει μὲν ἀμετάθετος, ὅταν ἀνυψοῦμεν βάρος τι, ἀλλὰ περιστρέφεται περὶ τὸν ἄξονά της. Ἡ ἐλευθέρα τροχαλία ἀνυψοῦται συγχρόνως μὲ τὸ ἀνυψούμενον σῶμα. Αἱ τροχαλίαι εἶναι μοχλοὶ διὰ τῶν ὁποίων ἀνυψοῦμεν βάρη.



Σχ. 41. Ἀμετάθετος ἢ παγία τροχαλία.

α) Ἀμετάθετος τροχαλία. Πείραμα 1ον. Εἰς τὸ ἓν ἄκρον τοῦ σχοινίου ἀμεταθέτου τροχαλίας ἐξαρτῶμεν τὸ πρὸς ἀνύψωσιν σῶμα, τοῦ ὁποίου τὸ βάρος ἔστω ὅτι εἶναι 500 gr* (σχ. 41). Εἰς τὸ ἄλλο ἄκρον προσαρμόζομεν δυναμόμετρον, τὸ ὁποῖον κρατοῦμεν διὰ τῆς χειρός. Παρατηροῦμεν ὅτι ὁ δείκτης τοῦ δυναμομέτρου δεικνύει 500 gr*. Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου συμπεραίνομεν ὅτι εἰς τὴν ἀμετάθετον τροχαλίαν ὑπάρχει ἰσορροπία, ὅταν ἡ δύναμις, τὴν ὁποίαν χρησιμοποιοῦμεν διὰ τὴν ἀνύψωσιν ἑνὸς σώματος, εἶναι ἴση πρὸς τὸ βάρος τοῦ σώματος. Τὸ κέρδος, τὸ ὁποῖον ἔχομεν εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς ἀμεταθέτου τροχαλίας, εἶναι ὅτι εὐκολώτερον ἕλκομεν ἓν σχοινίον ἐκ τῶν ἄνω πρὸς τὰ κάτω, παρὰ ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω. Ἐὰν ἐξετάσωμεν τὴν ἀμετάθετον τροχαλίαν ὡς μοχλὸν βλέπομεν ὅτι τὸ μὲν ὑπομόχλιον εἶναι ὁ ἄξων περιστροφῆς της, μοχλοβραχίονες δὲ εἶναι αἱ ἀκτῖνες τῆς τροχαλίας. Ἀφοῦ δὲ οἱ μοχλοβραχίονες εἶναι ἴσοι, εἶναι ἑπόμενον, κατὰ τὸν νόμον τοῦ Ἀρχιμήδους, ὅτι ἡ ἐφαρμοζομένη δύναμις διὰ τὴν ἀνύψωσιν τοῦ σώματος θὰ εἶναι πάντοτε ἴση μὲ τὸ βάρος τοῦ σώματος (δηλ. τὴν ἀντίστασιν).

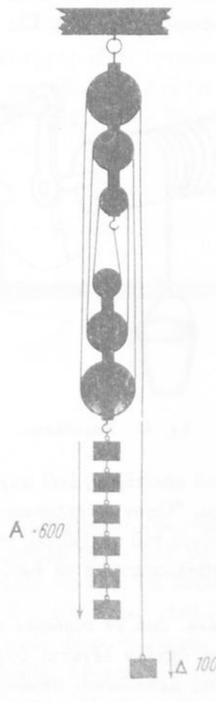
β) Ἐλευθέρα τροχαλία. Πείραμα 2ον. Εἰς τὴν ἐλευθέραν τροχαλίαν (σχ. 42) ἐξαρτῶμεν σῶμα τοῦ ὁποίου τὸ βάρος ἔστω ὅτι εἶναι 500 gr*. Τὸ βάρος τῆς τροχαλίας ἔστω 50 gr*. Εἰς τὸ ἄλλον ἄκρον τοῦ σχοινίου προσαρμόζομεν



Σχ. 42. Ἐλευθέρα τροχαλία.

δυναμόμετρον καὶ ἕλκομεν βραδέως τοῦτο πρὸς τὰ ἄνω. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι ὁ δείκτης τοῦ δυναμομέτρου δεικνύει διαρκῶς 275 gr*. Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου συμπεραίνομεν ὅτι εἰς τὴν ἐλευθέραν τροχαλίαν ἡ χρησιμοποιουμένη δύναμις διὰ τὴν ἀνύψωσιν ἑνὸς σώματος εἶναι πάντοτε τὸ ἥμισυ τοῦ βάρους τοῦ σώματος καὶ τοῦ βάρους τῆς τροχαλίας. Ἐὰν ἐξετάσωμεν καὶ τὴν ἐλευθέραν τροχαλίαν, ὡς μοχλόν, βλέπομεν ὅτι ὑπομόχλιον εἶναι ὁ ἄξων περιστροφῆς τῆς τροχαλίας, μοχλοβραχίων ἀντιστάσεως εἶναι ἡ ἀκτὶς τῆς τροχαλίας, ἡ ὁποία ἀρχίζει ἀπὸ τὸ κέντρον αὐτῆς καὶ φθάνει εἰς τὸ σημεῖον, ὅπου ἀρχίζει νὰ ἐφάπτεται τῆς τροχαλίας τὸ σχοινίον, τὸ ὁποῖον εἰς τὸ ἐπάνω ἄκρον του ἔχει προσδεθῆ στερεῶς εἰς ἕνα δακτύλιον. Μοχλοβραχίων τῆς δυνάμεως, ἡ ὁποία ἐφαρμόζεται εἰς τὴν θέσιν τοῦ δυναμομέτρου (διὰ τῆς χειρός μας), εἶναι ἡ ἀπόστασις τῶν σημείων τῆς τροχαλίας εἰς τὰ ὁποῖα ἀρχίζει (πρὸς τὰ ἀριστερὰ) καὶ τελειώνει (πρὸς τὰ δεξιὰ) ἡ ἐπαφὴ αὐτῆς μὲ τὸ σχοινίον. Εἶναι δηλ. ὁ μοχλοβραχίων τῆς δυνάμεως εἰς τὴν ἐλευθέραν τροχαλίαν ἡ διάμετρος αὐτῆς ἢ δύο ἀκτῖνες αὐτῆς καὶ ἑπομένως εἶναι διπλάσιος τοῦ μοχλοβραχίονος τῆς ἀντιστάσεως. Ἀφοῦ δὲ ὁ μοχλοβραχίων τῆς δυνάμεως εἶναι διπλάσιος τοῦ μοχλοβραχίονος τῆς ἀντιστάσεως, ἕπεται, κατὰ τὸν νόμον τοῦ Ἀρχιμήδους, ὅτι ἡ ἐφαρμοζομένη δύναμις διὰ τὴν ἀνύψωσιν τοῦ σώματος θὰ εἶναι πάντοτε ἴση πρὸς τὸ ἥμισυ τοῦ βάρους τοῦ σώματος καὶ τῆς τροχαλίας. Διότι αἱ δυνάμεις εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογοι τῶν μοχλοβραχιόνων. Ἐὰν ὅμως τὸ σῶμα ἀνυψωθῇ ἓν μέτρον, τὸ μῆκος τοῦ σχοινίου τὸ ὁποῖον θὰ σύρωμεν θὰ εἶναι δύο μέτρα. Εἰς τὴν ἐλευθέραν δηλ. τροχαλίαν, εἶναι μὲν ἡ χρησιμοποιουμένη δύναμις τὸ ἥμισυ τοῦ ἀνυψουμένου βάρους, τὸ συρόμενον ὅμως πρὸς τὰ ἐπάνω διὰ τῆς χειρός μας σχοινίον εἶναι διπλάσιον τοῦ ὕψους εἰς τὸ ὁποῖον ἀνέρχεται τὸ σῶμα.

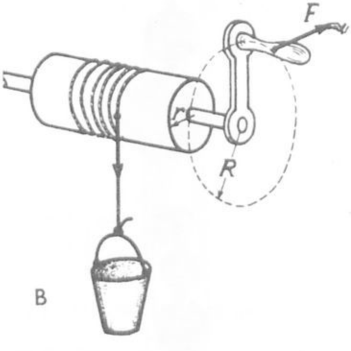
35. Πολύσπαστον. Ἐὰν τὸ πρὸς ἀνύψωσιν σῶμα εἶναι πολὺ βαρὺ χρη-



Σχ. 43. Πολύσπαστον.

σιμοποιοῦμεν πρὸς ἀνύψωσιν αὐτοῦ πολλὰς τροχαλίας μαζί, αἱ ὁποῖαι ἀποτελοῦν συσκευήν, ἡ ὁποία ὀνομάζεται πολύσπαστον (σχ. 43). Ἡ δύναμις τὴν ὁποίαν καταβάλλομεν διὰ νὰ ἀνυψώσωμεν ἓν σῶμα διὰ τοῦ πολυσπάστου εἶναι τόσας φορὰς μικροτέρα τοῦ βάρους τοῦ σώματος, ὅσας δηλοῖ ὁ ἀριθμὸς τῶν τροχαλιῶν. Εἰς τὸ σχῆμα (43) μὲ δύναμιν 100 gr* ἀνυψώνομεν σῶμα βάρους 600 gr* ἤτοι καταβάλλομεν ὡς δύναμιν τὸ ἓν ἕκτον τοῦ βάρους τοῦ σώματος, ἐπειδὴ αἱ τροχαλίαι εἶναι ἓξ (6). Καὶ ἐδῶ ὅμως παρατηροῦμεν ὅτι, ἐὰν τὸ σῶμα ὑψωθῇ ἓν μέτρον, τὸ μῆκος τοῦ σχοινίου, τὸ ὁποῖον θὰ σύρωμεν διὰ τῆς χειρός μας, θὰ εἶναι ἓξ μέτρα. Διὰ τοῦ πολυσπάστου εἶναι δυνατὸν νὰ ἀνυψώσωμεν μεγάλο βάρος διὰ μικρᾶς δυνάμεως, ἡ ὁποία ὅμως πρέπει νὰ διατίθεται εἰς ἀρκετὸν χρονικὸν διάστημα.

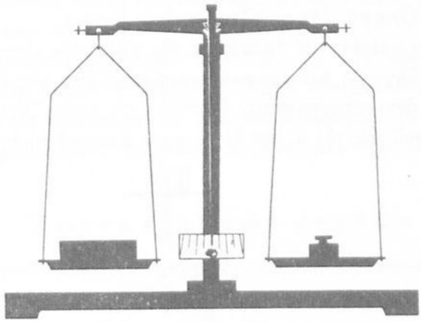
36. Βαροῦλκον. Τὸ βαροῦλκον εἶναι μοχλὸς (β' εἴδους) καὶ ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕνα στερεὸν κύλινδρον, ὁ ὁποῖος δύναται νὰ περιστρέφεται διὰ στροφάλου περὶ τὸν ἄξονά του. Τὸ ἓν ἄκρον τοῦ σχοινίου (ἢ τῆς ἁλύσεως) τὸ στερεώνομεν εἰς τὸν κύλινδρον τοῦ βαρούλκου, ἐνῷ εἰς τὸ ἄλλο ἄκρον προσδένομεν τὸ σῶμα τὸ ὁποῖον θέλομεν νὰ ἀνυψώσωμεν (σχ. 44). Εἰς τὸ βαροῦλκον μοχλοβραχίων



Σχ. 44. Βαροῦλκον.

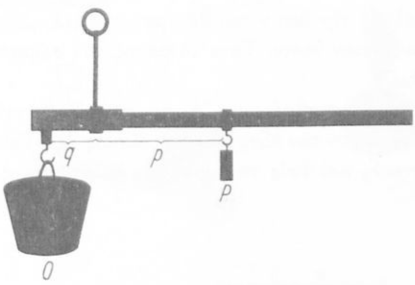
ἀντιστάσεως εἶναι ἡ ἀκτὶς τοῦ κυλίνδρου, ἐνῷ μοχλοβραχίων τῆς δυνάμεως εἶναι τὸ μῆκος τοῦ στροφάλου. Ὅσον μεγαλύτερον εἶναι τὸ μῆκος τοῦ στροφάλου ἀπὸ τὸ μῆκος τῆς ἀκτῖνος τοῦ κυλίνδρου, τόσον μικροτέραν δύναμιν, ἀπὸ τὸ βάρος τοῦ σώματος, καταβάλλομεν διὰ νὰ ἀνυψώσωμεν αὐτό.

37. Ζυγός. Εἴδη ζυγῶν. Διὰ νὰ εὕρωμεν τὸ βάρος διαφόρων σωμάτων χρησιμοποιοῦμεν ὄργανον, τὸ ὁποῖον λέγεται ζυγός. Ὁ συνήθης ζυγὸς ἀποτελεῖται ἐκ λεπτοῦ ἐπιμήκους μεταλλίνου κανόνος, ὁ ὁποῖος ὀνομάζεται φάλαγξ, καὶ ἐκ δύο δίσκων ἴσων κατὰ τὸ βάρος καὶ τὸ σχῆμα, οἱ ὁποῖοι εἶναι ἐξηρτημένοι εἰς τὰ ἄκρα τῆς φάλαγγος. Εἰς τὸ μέσον της ἡ φάλαγξ στηρίζεται διά τινος ἀκίδος (ἀκμῆς τριγωνικοῦ πρίσματος) εἰς τὸ ἀνώτερον ἄκρον κατακορύφου στελέχους, ὅπου ὑπάρχει μικρὰ ἐγκοπὴ καὶ δύναται νὰ ταλαντεύεται ἐλευθέρως. Τὰ δύο τμήματα τῆς φάλαγγος ὀνομάζονται μοχλοβραχίονες τοῦ



Σχ. 45. Ζυγός.

ζυγοῦ. Εἰς τὸ μέσον τῆς φάλαγγος εἶναι ἐστερεωμένος δείκτης, ὁ ὁποῖος κινούμενος ἐνώπιον κλίμακος προσδιορίζει ἑκάστοτε τὴν θέσιν τῆς φάλαγγος. Εἰς τὸν ἕνα δίσκον θέτομεν τὸ πρὸς ζύγισιν βάρος, καὶ εἰς τὸν ἄλλον σταθμά.

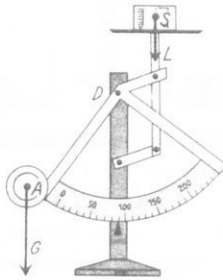


Σχ. 46. Στατήρ.

Ὅταν ὁ δείκτης εὑρίσκεται εἰς τὸ μέσον τῆς κλίμακος, ὅπου τὸ μηδὲν (Ο), ἡ φάλαγξ εὑρίσκεται εἰς ὁριζοντίαν θέσιν καὶ τοῦτο σημαίνει ὅτι τὸ πρὸς τὰ ἀριστερὰ βάρος εἶναι ἴσον πρὸς τὸ πρὸς τὰ δεξιὰ βάρος (σχ. 45). Ὁ καλὸς ζυγὸς χαρακτηρίζεται ἀπὸ δύο ἰδιότητας: ἀπὸ τὴν ἀκρίβειαν καὶ τὴν εὐπάθειαν. Ἀκριβὴς λέγεται ὁ ζυγός, ὅταν τὸ βάρος τοῦ σώματος εἶναι ἴσον πρὸς τὸ βάρος τῶν σταθμῶν. Εὐπαθὴς λέγεται ὁ ζυγός, ὅταν καὶ μὲ τὴν προσθήκην ἐλαχίστου βάρους ταλαντεύεται. Μὲ τὸν ζυγὸν π.χ. τοῦ Παντοπωλείου δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ ζυγίσωμεν τὸ βάρος ἑνὸς φαρμάκου, διότι ὁ ζυγὸς τοῦ Παντοπωλείου δὲν ἔχει τὴν εὐπάθειαν τοῦ ζυγοῦ τοῦ Φαρμακείου. Ὑπάρχουν πολλὰ εἴδη ζυγῶν: Ὁ στατὴρ (σχ. 46) ὁ ταχυδρομικὸς ζυγὸς (σχ. 47) διὰ τὴν εὕρεσιν τοῦ βάρους τῶν ἐπιστολῶν, ὁ δεκαπλασιαστικὸς ζυγὸς (πλάστιγξ), ὅπου τὰ σταθμὰ εἶναι τὸ 1/10 τοῦ ζυγιζομένου σώματος, (σχ. 48), οἱ αὐτόματοι ζυγοὶ κλπ. Ὅλα τὰ εἴδη τῶν ζυγῶν εἶναι μοχλοί.

Εἶναι δυνατὸν καὶ ὅταν οἱ βραχίονες τῆς φάλαγγος εἶναι ἄνισοι νὰ ἔχωμεν ἀκρίβειαν εἰς τὴν ζύγισιν, ἐὰν ἐφαρμόσωμεν μίαν ἀπὸ τὰς ἑξῆς δύο μεθόδους.

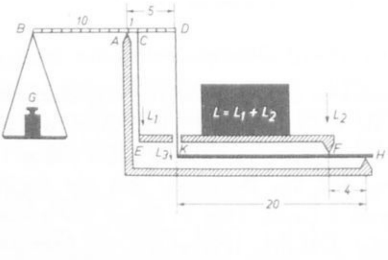
α) Μέθοδος ἀντικαταστάσεως. Θέτομεν τὸ πρὸς ζύγισιν σῶμα εἰς τὸν ἕνα δίσκον τοῦ ζυγοῦ, εἰς τὸν ἄλλον δὲ θέτομεν ἄμμον ἢ σκάγια. Κατόπιν ἀφαι-



Σχ. 47. Ταχυδρομικὸς ζυγός.

ροῦμεν τὸ σῶμα καὶ εἰς τὴν θέσιν του θέτομεν σταθμά, μέχρις ὅτου ἡ φάλαγξ τοῦ ζυγοῦ λάβῃ ὁριζοντίαν θέσιν. Τότε τὸ βάρος τοῦ σώματος εἶναι ἴσον πρὸς τὸ βάρος τῶν σταθμῶν.

β) Μέθοδος διπλῆς σταθμίσεως. Ἔστω τὸ μῆκος τοῦ ἑνὸς μοχλοβραχίονος λ_1 καὶ ὁ εἰς τὸ ἄκρον του ἐξαρτώμενος δίσκος Δ_1. Τοῦ ἄλλου μοχλοβραχίονος τὸ μῆκος ἔστω λ_2 καὶ ὁ εἰς τὸ ἄκρον του ἐξαρτώμενος δίσκος Δ_2. Ἔστω,

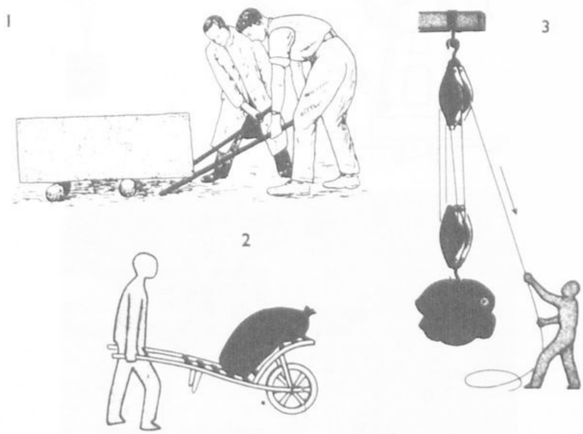


Σχ. 48. Πλάστιγξ (δεκαπλασιαστικὸς ζυγός).

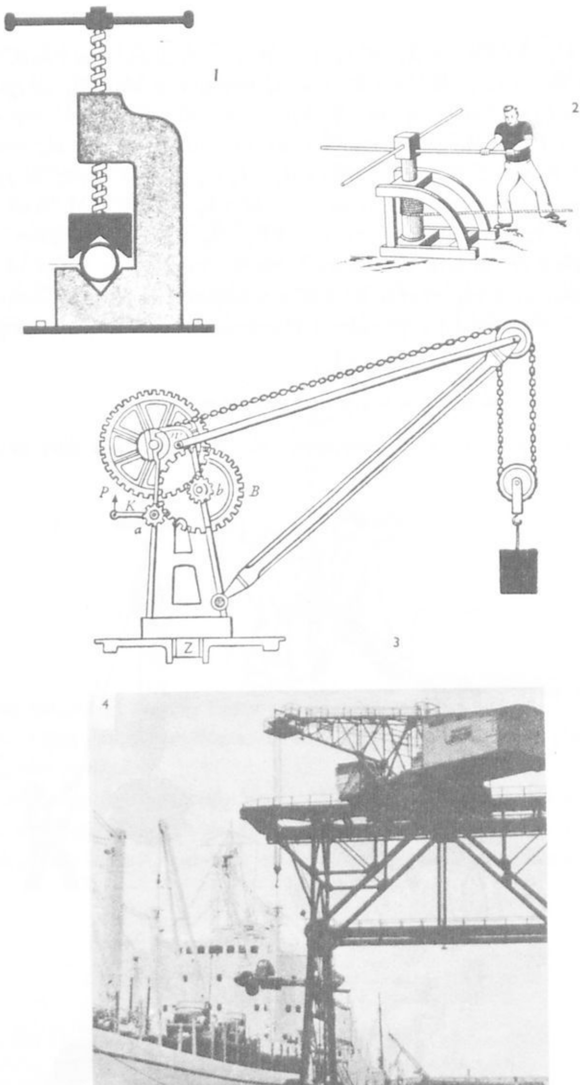
ὅτι θέτομεν εἰς τὸν δίσκον Δ_1 σῶμα τοῦ ὁποίου τὸ βάρος δὲν γνωρίζομεν, ἂς ὀνομάσωμεν δὲ τοῦτο χ. Εἰς τὸν δίσκον Δ_2 θέτομεν σταθμὰ B_2, μέχρις ὅτου ὁ ζυγὸς ἰσορροπήσῃ. Σύμφωνα μὲ τὴν σχέσιν τοῦ μοχλοῦ, ὅταν ἰσορροπῇ, θὰ ἔχωμεν $x.\lambda_1 = B_2.\lambda_2$, (1). Κατόπιν θέτομεν τὸ σῶμα βάρους x εἰς τὸν δίσκον Δ_2 καὶ εἰς τὸν δίσκον Δ_1 θέτομεν σταθμά B_1, μέχρις ὅτου ὁ ζυγὸς ἰσορροπήσῃ. Μὲ τὴν αὐτὴν σχέσιν τῶν μοχλῶν θὰ ἔχωμεν $x.\lambda_2 = B_1.\lambda_1$, (2). Ἀπὸ τὰς δύο προηγουμένας σχέσεις λαμβάνομεν $x = \sqrt{B_1 . B_2}$. Ἡ προηγουμένη μέθοδος λέγεται μέγεθος τῆς διπλῆς σταθμίσεως. Κατὰ τὴν μέθοδον αὐτὴν τὸ ἀκριβὲς βάρος ἑνὸς σώματος εὑρίσκεται ἂν πολλαπλασιάσωμεν τὰ δύο δοκιμασθέντα βάρη καὶ τοῦ εὑρισκομένου γινομένου ἐξαγάγωμεν τὴν τετραγωνικὴν ρίζαν.

Ἐφαρμογαὶ τῶν μοχλῶν

Οἱ μοχλοὶ ἔχουν μεγάλην ἐφαρμογὴν εἰς τὸν πρακτικὸν βίον καὶ εἰς τὴν



Σχ. 49. Διάφοροι ἐφαρμογαὶ τῶν μοχλῶν. 1=μετακίνησις μαρμάρων, 2=χειράμαξα. 3=πολύσπαστον. 4=ἐξαγωγὴ καρφίου. 5=ἡ χεὶρ τοῦ ἀνθρώπου ἀποτελεῖ μοχλόν.



Σχ. 50. Διάφοροι ἐφαρμογαὶ τῶν μοχλῶν. 1=πίεσις δακτυλίου 2=Ἐργάτης. Ὁ μοχλὸς διὰ τὴν ἄρσιν τῆς ἀγκύρας τῶν πλοίων λέγεται ἐργάτης. 3=γερανὸς διὰ τὴν ἄρσιν βαρέων σωμάτων, 4=Γερανοὶ διὰ τὴν φόρτωσιν καὶ ἐκφόρτωσιν βαρέων ἐμπορευμάτων εἰς τὸν λιμένα Πειραιῶς.

Τεχνικήν. Ἡ τανάλια, ἡ χειράμαξα, τὸ σφυρὶ κατὰ τὴν ἐξαγωγὴν καρφίων, αἱ τροχαλίαι, τὸ βαροῦλκον εἶναι μοχλοί. Εἰς τὸ ἀνθρώπινον σῶμα καὶ ἰδίως εἰς τὰς χεῖρας καὶ τοὺς πόδας παρατηροῦμεν τὴν ὕπαρξιν μοχλῶν. Μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ κοχλίου (τῆς βίδας) δυνάμεθα νὰ κατασκευάσωμεν διαφόρους συσκευάς—μοχλούς, διὰ τὴν ἄρσιν τοῦ αὐτοκινήτου πρὸς ἐπισκευήν, διὰ τὴν ἄσκησιν πιέσεως κλπ. Εἰς τὰ σχήματα (49) καὶ (50) παρατηροῦμεν μερικὰ εἴδη μοχλῶν.

ΚΙΝΗΤΙΚΗ ΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ*

38. Ὁμαλὴ κίνησις. Ὁρισμοί. Πᾶν σῶμα, τὸ ὁποῖον κινεῖται ὀνομάζεται κινητόν. Ὅταν τὸ κινητὸν διανύῃ εἰς ἴσους χρόνους ἴσα διαστήματα (ἴσας ἀποστάσεις) ἡ κίνησις λέγεται ὁμαλὴ ἢ ἰσοταχής. Αἱ διαδοχικαὶ θέσεις, τὰς ὁποίας τὸ κινητὸν καταλαμβάνει κατὰ τὴν κίνησίν του, ἀποτελοῦν νοητὴν γραμμήν, ἡ ὁποία λέγεται τροχιὰ τοῦ κινητοῦ. Ἂν ἡ τροχιὰ τοῦ κινητοῦ εἶναι εὐθεῖα γραμμὴ ἡ κίνησις λέγεται εὐθύγραμμος. Ἂν ἡ τροχιὰ τοῦ κινητοῦ εἶναι καμπύλη ἡ κίνησις λέγεται καμπυλόγραμμος. Ἡ τροχιὰ λίθου ἀφιεμένου νὰ πέσῃ ἐλευθέρως εἰς τὸ ἔδαφος εἶναι εὐθεῖα γραμμὴ καὶ ἑπομένως ἡ κίνησις τοῦ λίθου εἶναι εὐθύγραμμος. Ἂν ὅμως πετάξωμεν τὸν λίθον μακρὰν ἀπὸ ἡμᾶς, ἡ τροχιά, τὴν ὁποίαν διαγράφει οὗτος, εἶναι καμπύλη καὶ ἡ κίνησις εἶναι καμπυλόγραμμος. Ὅταν ἓν σῶμα δὲν κινεῖται λέγομεν ὅτι εὑρίσκεται εἰς ἠρεμίαν, ὅτι ἠρεμεῖ. Ἑπομένως ἓν σῶμα ἢ θὰ ἠρεμῇ ἢ θὰ κινεῖται. Τὰ φυσικὰ μεγέθη, τὰ ὁποῖα διακρίνομεν εἰς τὴν ὁμαλὴν εὐθύγραμμον κίνησιν εἶναι: ἡ ταχύτης τοῦ κινητοῦ, ὁ χρόνος τῆς κινήσεώς του, τὸ διανυόμενον διάστημα.

α) Ταχύτης. Ἐὰν π.χ. ἓν κινητὸν ἔχῃ διανύσει εἰς 5 δευτερόλεπτα 60 ἑκατοστὰ τοῦ μέτρου (60 cm), εἰς ἓν δευτερόλεπτον θὰ ἔχῃ διανύσει $\frac{60}{5} = 12$ cm. Ἐὰν τὸ κινητὸν ἔχῃ διανύσει εἰς 6 δευτερόλεπτα 30 μέτρα (30 m) εἰς ἓν δευτερόλεπτον θὰ ἔχῃ διανύσει $\frac{30}{6} = 5$m. Ἐκ τῶν παραδειγμάτων τούτων εἶναι δυνατὸν νὰ δώσωμεν τὸν ὁρισμὸν τῆς ταχύτητος : Ταχύτης ἑνὸς κινητοῦ λέγεται ἡ σχέσις, ἡ ὁποία ὑπάρχει μεταξὺ τοῦ διαστήματος, τὸ ὁποῖον διανύει ἓν κινητὸν καὶ τοῦ χρόνου, καθ' ὃν διηνύθη ὑπ' αὐτοῦ τὸ διάστημα τοῦτο. Ἐπειδὴ δὲ τὸ πηλίκον τῆς διαιρέσεως τοῦ διαστήματος διὰ τοῦ χρόνου εἶναι μῆκος δι' αὐτὸ λέγομεν συνήθως, ὅτι ἡ ταχύτης ἑνὸς κινητοῦ εἶναι τόσα ἑκατοστὰ τοῦ μέτρου, ἢ τόσα μέτρα, ἢ τόσα χιλιόμετρα, κατὰ δευτερόλεπτον. Ἡ ταχύτης ὅμως ἑνὸς κινητοῦ δὲν εἶναι μῆκος, ἁπλῶς ἐκφράζεται διὰ μήκους. Ἡ ταχύτης εἶναι σχέσις διαστήματος πρὸς χρόνον.

β) Διάστημα. Τὸ μῆκος τῆς τροχιᾶς τοῦ κινητοῦ, ἀπὸ τῆς ἀφετηρίας μέχρι τοῦ τέρματος, λέγεται διάστημα.

γ) Χρόνος. Ὡς χρόνος μιᾶς κινήσεως νοεῖται ὁ χρόνος, ὁ ὁποῖος παρῆλθεν ἀπὸ τῆς ἐνάρξεως τῆς κινήσεως μέχρι τοῦ πέρατος αὐτῆς. Ἐφ' ὅσον εἰς τὴν ὁμαλὴν εὐθύγραμμον κίνησιν διακρίνομεν τρία φυσικὰ μεγέθη, ἐὰν γνωρίζωμεν τὰ δύο εἶναι δυνατὸν νὰ εὕρωμεν τὸ τρίτον ἐφαρμόζοντες τὴν ἁπλῆν μέθοδον τῶν τριῶν. Ἡ μεταβολὴ τῶν μεγεθῶν (τῶν ποσῶν) εἶναι πάντοτε ἀνάλογος.

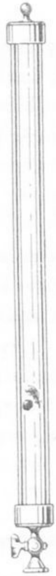
Παραδείγματα ὁμαλῆς κινήσεως: 1ον. Κινητὸν διανύει εἰς χρόνον 8″ διάστημα 40m. Ποία εἶναι ἡ ταχύτης του; Ἀφοῦ εἰς 8″ διανύει 40 m εἰς 1″ θὰ διανύῃ $\frac{40}{8}=5$ m. Ὥστε ἡ ταχύτης του εἶναι 5 m κατὰ δευτερόλεπτον $\left(5\frac{\text{m}}{\text{sec}}\right)$. 2ον. Κινητὸν διανύει 40 m μὲ ταχύτητα 5 μέτρων κατὰ δευτερόλεπτον. Πόσον χρόνον διήρκεσεν ἡ κίνησις; Ἀφοῦ διήνυσε τὰ 40 m μὲ ταχύτητα 5 μέτρων κατὰ δευτερόλεπτον $\left(5\frac{\text{m}}{\text{sec}}\right)$, ἡ κίνησις θὰ διήρκεσε $\frac{40}{5}=8$ sec. 3ον. Πόσον διάστημα διανύει κινητὸν εἰς 8 sec, ὅταν ἡ ταχύτης του εἶναι 5 μέτρα κατὰ δευτερόλεπτον $\left(5\frac{\text{m}}{\text{sec}}\right)$; Ἀφοῦ εἰς 1″ διανύει 5 m, εἰς 8″ θὰ διανύῃ $5\times8=40$ m. Ἐὰν καλέσωμεν καὶ εἰς τὰ τρία παραδείγματα, τὴν ταχύτητα υ, τὸν χρόνον t καὶ τὸ διάστημα s, δυνάμεθα νὰ παραστήσωμεν γενικῶς τὰ προβλήματα ἐκ τῶν τριῶν παραδειγμάτων ὡς ἑξῆς: Παράδειγμα 1ον: $\upsilon=\frac{s}{t}\left(\text{ταχύτης}=\frac{\text{διάστημα}}{\text{χρόνος}}\right)$. Παράδειγμα 2ον: $t=\frac{s}{\upsilon}\left(\text{χρόνος}=\frac{\text{διάστημα}}{\text{ταχύτης}}\right)$. Παράδειγμα 3ον: $s=\upsilon\,.\,t$ (διάστημα = ταχύτης ἐπὶ χρόνον). Συνήθως χρησιμοποιοῦμεν εἰς τὰ προβλήματα τῆς ὁμαλῆς κινήσεως τὸν τύπον $s=\upsilon.t$ (1), ὁ ὁποῖος καλεῖται ἐξίσωσις τῆς ὁμαλῆς κινήσεως. Ἐκ τῆς ἐξισώσεως αὐτῆς, ὅπου εἶναι ἄγνωστον τὸ διάστημα, εἶναι φανερὸν ὅτι προκύπτουν καὶ αἱ ἄλλαι δύο, ὅταν εἶναι ἄγνωστος ἡ ταχύτης ἢ ὁ χρόνος. Γνωρίζοντες τὴν λύσιν ἐξισώσεων τοῦ πρώτου βαθμοῦ δὲν ἔχομεν ἀνάγκην νὰ ἐφαρμόζωμεν τὴν μέθοδον τῶν τριῶν. Ἁπλῶς, ἀντικαθιστῶμεν τὰ γράμματα διὰ τῶν ἀριθμητικῶν τιμῶν, τὰς ὁποίας θὰ μᾶς δώσουν, καὶ λύομεν τὴν ἐξίσωσιν, ὡς πρὸς τὸν ἄγνωστον τοῦ προβλήματος.

39. Κίνησις μεταβαλλομένη. Μέση ταχύτης. Ὅταν ἡ κίνησις δὲν εἶναι ὁμαλὴ (δὲν εἶναι ἰσοταχής) θὰ εἶναι ἀνισοταχής. Παράδειγμα: Κινητὸν κινεῖται ὡς ἑξῆς: εἰς τὸ πρῶτον δευτερόλεπτον διανύει 10 μέτρα, εἰς τὸ δεύτερον διανύει 13 μέτρα, εἰς τὸ τρίτον 11 μέτρα καὶ εἰς τὸ τέταρτον 14 μέτρα. Ἡ κίνησις αὕτη εἶναι ἀνισοταχής. Παρατηροῦμεν ὅτι εἰς τὸ δεύτερον δευτερόλεπτον ἔχομεν αὔξησιν τῆς ταχύτητος κατὰ 3 μέτρα, εἰς τὸ τρίτον ἔχομεν ἐλάττωσιν ἐν σχέσει πρὸς τὸ προηγούμενον δεύτερον, 2 μέτρα, εἰς τὸ τέταρτον ἔχομεν αὔξησιν ἐν σχέσει πρὸς τὸ προηγούμενν τρίτον, 3 μέτρα. Παρατηροῦμεν δηλαδὴ ὅτι ἡ ταχύτης τοῦ κινητοῦ ἄλλοτε αὐξάνει καὶ ἄλλοτε ἐλαττοῦται καὶ μάλιστα ἑκάστην φορὰν ὄχι κατὰ τὸ αὐτὸ ποσόν. Τὴν κίνησιν αὐτὴν τὴν ὀνομάζομεν ἀνισοταχῆ κίνησιν ἢ ἁπλῶς μεταβαλλομένην κίνησιν. Ἂν εἰς τὸ προηγούμενον παράδειγμα μεταβαλλομένης κινήσεως θελήσωμεν νὰ εὕρωμεν τὸ διανυόμενον διάστημα, θὰ προσθέσωμεν, ὅπως εἶναι φανερόν, τὰ εἰς ἕκαστον δευτερόλεπτον διανυθέντα διαστήματα, ὁπότε θὰ ἔχωμεν : Διανυθὲν διάστημα $= 10 + 13 + 11 + 14 = 48$ μέτρα. Ἂν θέλωμεν νὰ εὕρωμεν ποία εἶναι ἡ ταχύτης τοῦ κινητοῦ εἰς τὸ ἐξεταζόμενον παράδειγμα πρέπει νὰ λάβωμεν ὑπ' ὄψιν ὅτι εἰς τὰ τέσσαρα δευτερόλεπτα τῆς θεωρουμένης κινήσεως ἔχομεν τέσσαρας διαφόρους ταχύτητας. Ἐν τούτοις ὅμως, ἐὰν διαιρέσωμεν τὸ διανυόμενον διάστημα διὰ τοῦ χρόνου, καθ' ὃν τὸ κινητὸν διήνυσε τοῦτο, εὑρίσκομεν μίαν ταχύτητα, τὴν ὁποίαν ἂν εἶχε τὸ κινητὸν εὐθὺς ἐξ ἀρχῆς τῆς κινήσεως καὶ ἔτρεχε μὲ τὴν αὐτὴν πάντοτε, θὰ διήνυε τὸ αὐτὸ διάστημα. Τὴν ταχύτητα αὐτὴν τὴν ὀνομάζομεν μέσην ταχύτητα τοῦ κινητοῦ. Εἰς τὸ θεωρούμενον παράδειγμα ἡ μέση ταχύτης θὰ εἶναι $48 : 4 = 12$ μέτρα κατὰ δευτερόλεπτον.

40. Ὁμαλῶς μεταβαλλομένη εὐθύγραμμος κίνησις. Κινητὸν κινεῖται εὐθυγράμμως ὡς ἑξῆς· εἰς τὸ πρῶτον δευτερόλεπτον διανύει 5 m, εἰς τὸ δεύτερον 15 m, εἰς τὸ τρίτον 25 m, εἰς τὸ τέταρτον 35 m καὶ οὕτω καθ' ἑξῆς ἤτοι, εἰς ἕκαστον ἑπόμενον δευτερόλεπτον ἡ ταχύτης τοῦ κινητοῦ αὐξάνεται κατὰ τὸ σταθερὸν ποσὸν τῶν 10 m. Εἶναι δυνατὸν τὸ κινητὸν νὰ διανύῃ εἰς τὸ πρῶτον δευτερόλεπτον 35 m, εἰς τὸ δεύτερον 25 m, εἰς τὸ τρίτον 15 m, εἰς τὸ τέταρτον 5 m καὶ κατόπιν νὰ ἠρεμήσῃ. Εἰς τὴν πρώτην περίπτωσιν παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ταχύτης τοῦ κινητοῦ εἰς ἑκάστην μονάδα χρόνου αὐξάνεται κατὰ σταθερόν τι ποσὸν (ἐνταῦθα 10 m), ἐν ᾧ εἰς τὴν δευτέραν περίπτωσιν ἡ ταχύτης τοῦ κινητοῦ ἐλαττοῦται κατὰ σταθερόν τι ποσὸν (ἐνταῦθα 10 m). Τοιαύτη κίνησις, ὅπου ἡ ταχύτης τοῦ κινητοῦ αὐξάνεται ἢ ἐλαττοῦται κατὰ σταθερόν τι ποσὸν ὀνομάζεται ὁμαλῶς μεταβαλλομένη εὐθύγραμμος κίνησις. Τὸ σταθερὸν ποσὸν τῆς αὐξήσεως τῆς ταχύτητος ὀνομάζεται ἐπιτάχυνσις, ἐν ᾧ τῆς ἐλαττώσεως τῆς ταχύτητος ὀνομάζεται ἐπιβράδυνσις. Ὅταν ἔχωμεν ἐπιτάχυνσιν, ἡ κίνησις ὀνομάζεται ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένη εὐθύγραμμος κίνησις. Ὅταν ἔχωμεν ἐπιβράδυνσιν, ἡ κίνησις ὀνομάζεται ὁμαλῶς ἐπιβραδυνομένη εὐθύγραμμος κίνησις. Πειραματικῶς εὑρέθησαν οἱ ἑξῆς νόμοι τῆς ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένης κινήσεως, ὅταν τὸ κινητὸν ἀναχωρῇ ἐκ τῆς ἠρεμίας : $\upsilon = \gamma . t$ καὶ $s = \frac{1}{2}\gamma t^2$, ὅπου $\upsilon =$ ἡ ταχύτης τοῦ κινητοῦ, $\gamma =$ ἡ ἐπιτάχυνσις, $t =$ ὁ χρόνος τῆς κινήσεως καὶ $s =$ τὸ διανυθὲν ὑπὸ τοῦ κινητοῦ διάστημα.

Πτῶσις τῶν σωμάτων

41. Πτῶσις τῶν σωμάτων εἰς τὸ κενόν. *Πείραμα 1ον.* Ὁ Ἄγγλος φυσικὸς Ἰσαὰκ Νεύτων ἐξετέλεσε τὸ ἑξῆς πείραμα : Εἰς ὑάλινον κυλινδρικὸν σωλῆνα ἔθεσε διάφορα μικρὰ σώματα, μεταξὺ τῶν ὁποίων βόλον, πτερὸν καὶ ἄλλα. Κατόπιν, δι' ἀεραντλίας ἀφήρεσε τὸν ἀέρα ἐκ τοῦ σωλῆνος, τὸν ὁποῖον ἐκράτει κατακόρυφον, καὶ ἀνέτρεψεν αὐτόν. Παρετήρησε μὲ ἔκπληξίν του ὅτι ὅλα τὰ σώματα ἔφθασαν εἰς τὸν πυθμένα τοῦ σωλῆνος συγχρόνως (σχ. 51).



Σχ. 51. Ὅταν ἀφαιρεθῇ ὁ ἀὴρ ὁ βόλος καὶ τὸ πτερὸν πίπτουν συγχρόνως.

Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου συνήγαγε τὸ συμπέρασμα ὅτι ὅλα τὰ σώματα, ἀσχέτως πρὸς τὸ βάρος των, πίπτουν εἰς τὸ κενὸν συγχρόνως.

Πείραμα 2ον. Λαμβάνομεν δύο φύλλα ἑνὸς τετραδίου, ἐκ τῶν ὁποίων τὸ ἓν τὸ συμπιέζομεν, ὥστε νὰ γίνῃ μικρὸν σφαιρίδιον. Διὰ τῆς μιᾶς χειρὸς κρατοῦμεν τὸ σφαιρίδιον τοῦτο ὑψηλὰ καὶ διὰ τῆς ἄλλης κρατοῦμεν τὸ ἄλλο φύλλον εἰς τὸ αὐτὸ ὕψος, εἰς θέσιν ὁριζοντίαν καὶ ἀφίνομεν αὐτὰ συγχρόνως νὰ πέσουν εἰς τὸ ἔδαφος. Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ ὑπὸ μορφὴν σφαιριδίου φύλλον θὰ πέσῃ εἰς τὸ ἔδαφος πολὺ ταχέως, ἐν ᾧ τὸ ἄλλο θὰ πέσῃ πολὺ βραδέως, ἀφοῦ κάμει πολλὰς διακυμάνσεις. Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου συνάγομεν τὸ συμπέρασμα ὅτι εἰς τὸν ἀέρα τὰ σώματα δὲν πίπτουν συγχρόνως, διότι ἀνθίσταται εἰς τὴν πτῶσιν των ὁ ἀήρ. Ὅσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ ἐπιφάνεια τοῦ σώματος, ὅταν τοῦτο κρατῆται ὁριζοντίως, τόσον βραδύτερον πίπτει τὸ σῶμα εἰς τὸ ἔδαφος, ἕνεκα τῆς ἀντιστάσεως τοῦ ἀέρος. Ἡ δύναμις, ἡ ὁποία ἀναγκάζει τὰ σώματα νὰ πίπτουν εἶναι ἡ ἕλξις τῆς γῆς, δηλ. τὸ βάρος των. Ἐπειδὴ δὲ ἡ δύναμις αὐτὴ εἶναι σταθερά, δι' αὐτὸ ὅλα τὰ μόρια ἀπὸ τὰ ὁποῖα ἀποτελεῖται πᾶν σῶμα ἕλκονται ὑπὸ τῆς αὐτῆς δυνάμεως καὶ κατὰ συνέπειαν ὅλα τὰ σώματα πίπτουν συγχρόνως εἰς τὸ κενόν, ὅπου δὲν ὑπάρχει ἀὴρ διὰ νὰ τὰ ἐμποδίζῃ κατὰ τὴν πτῶσιν των.

Ἐπιτάχυνσις τῆς βαρύτητος. Διὰ πολλῶν πειραμάτων ἔχει εὑρεθῆ ὅτι ἡ πτῶσις τῶν σωμάτων εἶναι κίνησις ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένη καὶ ὅτι ἡ σταθερὰ αὔξησις τῆς ταχύτητος καθ' ἕκαστον δευτερόλεπτον εἶναι 9,81 μέτρα. Ὀνομάζεται δὲ ἡ αὔξησις αὐτὴ ἐπιτάχυνσις τῆς βαρύτητος.

Νόμοι τῆς πτώσεως τῶν σωμάτων

42. Νόμοι τῆς ἐλευθέρας πτώσεως τῶν σωμάτων. Νόμος τῆς ταχύτητος. Διὰ καταλλήλων πειραμάτων εὑρέθη ὅτι ἡ ταχύτης ἑνὸς σώματος ἀφιεμένου νὰ πέσῃ ἐλευθέρως, εἶναι ἀνάλογος τοῦ χρόνου τῆς πτώσεως, ἐν ᾧ ἡ ἐπιτάχυνσις παραμένει σταθερά. Ἐὰν παραστήσωμεν τὴν ταχύτητα μὲ τὸ γράμμα υ, τὴν ἐπιτάχυνσιν μὲ τὸ γράμμα g καὶ τὸν χρόνον τῆς πτώσεως μὲ τὸ γράμμα t, ἡ σχέσις, ἡ ὁποία συνδέει τὰ τρία αὐτὰ φυσικὰ μεγέθη, ἐκφράζεται μαθηματικῶς ὡς ἑξῆς: $υ = g.t$ ἢ ταχύτης = ἐπιτάχυνσις τῆς βαρύτητος ἐπὶ χρόνον.

Ἀριθμητικὰ παραδείγματα (ταχύτητος - χρόνου).

α. Ποία εἶναι ἡ ταχύτης σώματος, ὅταν ἀφεθῆ νὰ πίπτῃ ἐλευθέρως καὶ ἔχουν παρέλθει 5'' ἀπὸ τῆς ἐνάρξεως τῆς πτώσεως. (σημείωσις: ὡς ἐπιτάχυνσιν τῆς βαρύτητος λαμβάνομεν τὸν στρογγυλὸν ἀριθμὸν 10 m ἀντὶ 9,81 m). Κατὰ τὸν ἀνωτέρω τύπον θὰ ἔχωμεν $υ = 10.5 = 50$ μέτρα κατὰ δευτερόλεπτον.

β. Εἰς πόσον χρόνον σῶμα πῖπτον ἐλευθέρως ἀποκτᾷ ταχύτητα 50 μέτρα κατὰ δευτερόλεπτον; Κατὰ τὸν προηγούμενον τύπον θὰ ἔχωμεν $50 = 10\ t$. Διαιροῦντες ἀμφότερα τὰ μέλη τῆς ἐξισώσεως αὐτῆς διὰ τοῦ συντελεστοῦ τοῦ ἀγνώστου, τοῦ 10, λαμβάνομεν $\frac{50}{10} = t$, δηλ. $t = 5$ δευτερόλεπτα.

Νόμος τοῦ διαστήματος. Καὶ διὰ τὸν ὑπολογισμὸν τοῦ διαστήματος, τὸ ὁποῖον διανύει ἓν σῶμα πίπτον ἐλευθέρως εἰς τὸ ἔδαφος, ἔγιναν κατάλληλα πειράματα καὶ εὑρέθη ὅτι τοῦτο ἰσοῦται πρὸς τὸ γινόμενον τοῦ ἡμίσεος τῆς ἐπιταχύνσεως τῆς βαρύτητος ἐπὶ τὸ τετράγωνον τοῦ χρόνου, κατὰ τὸν ὁποῖον ἔγινε ἡ πτῶσις. Μαθηματικῶς, ὁ νόμος τοῦ διαστήματος τοῦ διανυομένου ὑπὸ πίπτοντος μέχρι τοῦ ἐδάφους σώματος, ἂν καλέσωμεν τὸ διάστημα s, τὴν ἐπιτάχυνσιν g καὶ τὸν χρόνον t, παρίσταται: $s = \frac{1}{2}\ gt^2$. Ἐπειδὴ δὲ τὸ $g = 10$ (εἰς στρογγυλὸν ἀριθμὸν ἀντὶ τοῦ 9,81), ὁ τύπος γίνεται $s = \frac{1}{2} . 10 . t^2$ ἢ $s = 5t^2$ (1) ἢ Διάστημα = 5 ἐπὶ τετράγωνον τοῦ χρόνου τῆς πτώσεως.

Ἀριθμητικὰ παραδείγματα (διαστήματος - χρόνου).

α. Πόσον εἶναι τὸ ὕψος ἐκ τοῦ ἐδάφους παραθύρου, ἀπὸ τὸ ὁποῖον ἀφίνεται νὰ πέσῃ βόλος, ὅταν οὗτος φθάνῃ εἰς τὸ ἔδαφος μετὰ πάροδον 4''; Ἐκ τοῦ τύπου (1) λαμβάνομεν δι' ἀντικαταστάσεως τοῦ t διὰ τῆς ἀριθμητικῆς τιμῆς του $s = 5.4^2$, $s = 5.16 = 80$ μέτρα. β. Βόλος ἀφίνεται νὰ πέσῃ ἐκ παραθύρου εὑρισκομένου εἰς ὕψος 80 μέτρων ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐδάφους Μετὰ πόσον χρόνον θὰ φθάσῃ οὗτος εἰς τὸ ἔδαφος; Ἐκ τοῦ τύπου (1) λαμβάνομεν δι' ἀντικαταστάσεως τοῦ s διὰ τῆς ἀριθμητικῆς τιμῆς του, $80 = 5.t^2$. Διαιροῦντες ἀμφότερα τὰ μέλη τῆς ἐξισώσεως διὰ τοῦ συντελεστοῦ τοῦ ἀγνώστου, τοῦ 5, λαμβάνομεν $\frac{80}{5} = t^2$ ἢ $t^2 = 16$. Ἐξάγοντες τὴν τετραγωνικὴν ρίζαν ἀμφοτέρων τῶν μελῶν (διότι ἡμεῖς εὕρομεν τὸ τετράγωνον τοῦ χρόνου μὲ τὶ ἰσοῦται, ἐν ᾧ ζητοῦμεν ἁπλῶς τὸν χρόνον τῆς πτώσεως καὶ ὄχι τὸ τετράγωνον αὐτοῦ), θὰ ἔχωμεν τὸν ζητούμενον χρόνον $t = 4''$.

Δυναμικὴ τῶν στερεῶν σωμάτων*

43. Ἀρχὴ τῆς ἀδρανείας. Ἐὰν καθήμεθα ἐντὸς αὐτοκινήτου εὑρισκομένου ἐν ἠρεμίᾳ, καὶ τὸ αὐτοκίνητον ἐκκινήσῃ ἀποτόμως, ἀμέσως τὸ σῶμα μας κλίνει πρὸς τὰ ὀπίσω. Ἐὰν ὅμως τὸ αὐτοκίνητον, ἐν ᾧ τρέχει μὲ ἀρκετὴν ταχύτητα, ἐλαττώσῃ ἀποτόμως αὐτὴν διὰ τῆς τροχοπέδης, τότε τὸ σῶμα μας θὰ κλίνῃ ἀποτόμως πρὸς τὰ ἐμπρός. Καὶ τὰ δύο φαινόμενα αὐτὰ ὀφείλονται εἰς μίαν ἰδιότητα, τὴν ὁποίαν ἔχουν ὅλα τὰ ὑλικὰ σώματα. Ἡ ἰδιότης αὐτὴ ὀνομάζεται ἀρχὴ τῆς ἀδρανείας ἢ ἀδράνεια ἢ ἀξίωμα τῆς ἀδρανείας καὶ ὁρίζεται ὡς ἑξῆς: Ἀδράνεια λέγεται ἡ γενικὴ ἰδιότης, τὴν ὁποίαν ἔχουν ὅλα τὰ σώματα νὰ προβάλλουν ἀντίστασιν εἰς τὴν μεταβολὴν τῆς κινητικῆς των καταστάσεως. Ἂν μὲν τὰ σώματα ἠρεμοῦν (ἔχουν δηλ. κινητικὴν κατάστασιν μηδὲν), προβάλλουν ἀντίστασιν εἰς πᾶσαν προσπάθειαν διὰ νὰ τὰ κινήσῃ, ἂν δὲ κινοῦνται, προβάλλουν ἀντίστασιν εἰς πᾶσαν προσπάθειαν διὰ νὰ τὰ ἠρεμήσῃ. Τὴν ἀρχὴν τῆς ἀδρανείας (ἢ τὸ ἀξίωμα τῆς ἀδρανείας) τὴν διετύπωσε πρῶτος ὁ μέγας ἐπιστήμων καὶ φιλόσοφος τῆς ἀρχαιότητος, Ἀριστοτέλης ὁ Σταγιρίτης. Εἰς τὴν ἀδράνειαν ὀφείλεται τὸ γεγονὸς ὅτι, ὅταν ἀποπειραθῶμεν νὰ κατέλθωμεν ἐξ ὀχήματος εὑρισκομένου ἐν κινήσει, πίπτομεν ἀποτόμως πρὸς τὰ ὀπίσω.

44. Θεμελιώδης ἐξίσωσις τῆς δυναμικῆς. Εἰς τὴν ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένην κίνησιν ἡ ἐπιτάχυνσις ὀφείλεται εἰς τὴν δύναμιν, ἡ ὁποία προκαλεῖ τὴν κίνησιν τοῦ σώματος καὶ ἡ ὁποία ἐπιδρᾷ συνεχῶς ἐπ' αὐτοῦ. 'Εὰν ὅμως πρὸς στιγμὴν παύσῃ νὰ ἐπιφέρεται ἡ δύναμις, τὸ σῶμα θὰ ἐξακολουθήσῃ νὰ κινῆται συνεχῶς μὲ τὴν ταχύτητα, τὴν ὁποίαν εἶχεν ἀποκτήσει κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς διακοπῆς τῆς ἐπιδράσεως τῆς δυνάμεως. Τοῦτο θὰ γίνῃ ὑπὸ τὴν προϋπόθεσιν, ὅτι δὲν θὰ ἐπιδράσῃ ἄλλη δύναμις διὰ νὰ μεταβάλῃ τὴν κίνησιν τοῦ σώματος. 'Εὰν καλέσωμεν F τὴν ἐπιφερομένην συνεχῶς δύναμιν διὰ τὴν κίνησιν ἑνὸς σώματος ,m τὴν μᾶζαν τοῦ σώματος καὶ γ τὴν ἐπιτάχυνσιν, τὴν ὁποίαν ἀποκτᾷ τὸ σῶμα κατὰ τὴν κίνησίν του, ἡ σχέσις ἡ ὁποία ὑπάρχει μεταξὺ τῶν τριῶν αὐτῶν φυσικῶν μεγεθῶν παρίσταται μαθηματικῶς ὡς ἑξῆς : $F = m.\gamma$, (1). Ἡ σχέσις αὐτὴ ὀνομάζεται θεμελιώδης ἐξίσωσις τῆς δυναμικῆς, διετυπώθη δὲ διὰ πρώτην φορὰν ὑπὸ τοῦ Ἄγγλου φυσικοῦ 'Ισαὰκ Νεύτωνος.

'Αριθμητικὰ παραδείγματα

α. Δύναμις $F = 981.000$ δυνῶν ἐπιδρᾷ συνεχῶς ἐπὶ σώματος μάζης $= 1000$ γραμμαρίων. Ποίαν ἐπιτάχυνσιν δίδει εἰς αὐτό; 'Αντικαθιστῶντες εἰς τὸν τύπον (1) τὰ γράμματα F καὶ m διὰ τῶν ἀριθμητικῶν τιμῶν, αἱ ὁποῖαι μᾶς ἐδόθησαν, θὰ ἔχομεν $981.000 = 1000.\gamma$. Διαιροῦντες ἀμφότερα τὰ μέλη τῆς ἐξισώσεως διὰ 1000 λαμβάνομεν $981 = \gamma$. Ὥστε ἡ ἐπιτάχυνσις εἶναι 981 ἑκατοστὰ τοῦ μέτρου .β.Ποία δύναμις F ἐπιδρᾷ συνεχῶς εἰς σῶμα μάζης $m = 1000$ γραμμαρίων καὶ δίδει εἰς αὐτὸ ἐπιτάχυνσιν $\gamma = 981$ ἑκατοστὰ τοῦ μέτρου; Δι' ἀντικαταστάσεως πάλιν εἰς τὸν τύπον (1) τῶν γραμμάτων διὰ τῶν ἀριθμητικῶν τιμῶν λαμβάνομεν $F = 1000.981 = 981.000$ δύναι.

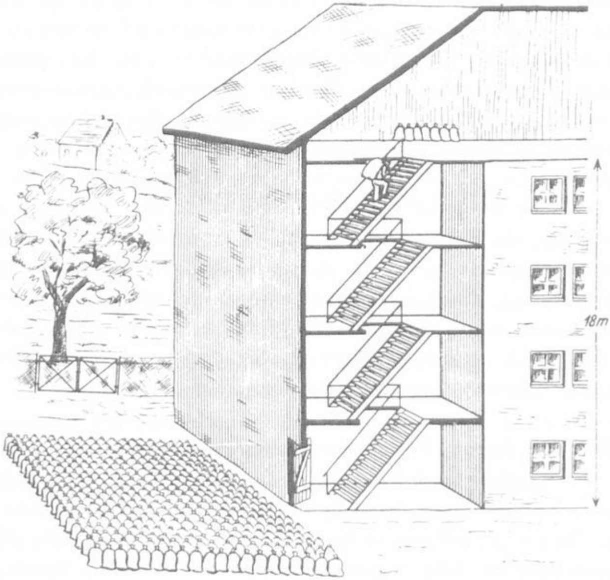
ΕΡΓΟΝ - ΙΣΧΥΣ - ΕΝΕΡΓΕΙΑ*

45. Ἔργον δυνάμεως. Ὅταν μία δύναμις, ἐπιφερομένη συνεχῶς εἰς ἓν σῶμα, μετακινῇ αὐτὸ εἴς τινα ἀπόστασιν, λέγομεν ὅτι ἡ δύναμις παράγει ἔργον. Πραδείγματα : ὁ μικρὸς ὑπάλληλος, ὅταν μετακινῇ τὴν χειράμαξαν (τὸ καροτσάκι), παράγει ἔργον. Ὁ ἵππος, ὅταν σύρῃ τὴν ἅμαξαν ἢ ὅταν κινῇ εἰς τὸ φρέαρ τὴν ἐγκατάστασιν διὰ τὴν ἄντλησιν ὕδατος, παράγει ἔργον. Καὶ γενικῶς, ὁ ἄνθρωπος κινούμενος παράγει ἔργον. Κατόπιν τῶν παραδειγμάτων τούτων εἶναι δυνατὸν νὰ δώσωμεν τὸν ἑξῆς ὁρισμὸν τοῦ ἔργου : Ἔργον δυνάμεως λέγεται τὸ ἀποτέλεσμα τὸ ὁποῖον προκαλεῖται, ὅταν μία δύναμις μεταθέσῃ τὴν θέσιν ἑνὸς σώματος. Ἐκ τοῦ ὁρισμοῦ αὐτοῦ εἶναι φανερὸν ὅτι τὸ ἔργον τὸ παραγόμενον ὑπὸ μιᾶς δυνάμεως ἐκφράζεται ἀπὸ τὸ μέγεθος τῆς ἀσκουμένης δυνάμεως καὶ ἀπὸ τὸν δρόμον κατὰ τὸν ὁποῖον μετεκινήθη τὸ σῶμα. Ἐὰν καλέσωμεν τὴν ἀσκουμένην δύναμιν F, ἡ ὁποία κινεῖ τὸ σῶμα παραλλήλως πρὸς τὴν διεύθυνσιν της, τὸν δρόμον μετακινήσεως τοῦ σώματος, ἐπὶ τοῦ ὁποίου ἀσκεῖται ἡ δύναμις S, καὶ τὸ παραγόμενον ἔργον A, τότε ἡ σχέσις, ἡ ὁποία συνδέει τὰ τρία αὐτὰ φυσικὰ μεγέθη ἐκφράζεται μαθηματικῶς ὡς ἑξῆς : $A = F.S$, (1), δηλ. Ἔργον = Δύναμις ἐπὶ δρόμον.

46. Μονάδες ἔργου. Εἰς τὸ σύστημα μονάδων τῆς φυσικῆς, ὅπου ὡς μονὰς δυνάμεως λαμβάνεται ἡ δύνη καὶ μονὰς μήκους λαμβάνεται τὸ ἑκατοστὸν τοῦ μέτρου, ἡ μονὰς ἔργου ὀνομάζεται ἔργιον καὶ ἔχει σύμβολον τὸ erg. *Ὁρισμός.* Ἔργιον ὀνομάζεται τὸ ἔργον τὸ ὁποῖον παράγει δύναμις μιᾶς δύνης, ὅταν ἐπιφερομένη ἐπὶ ἑνὸς σώματος μεταθέτῃ τοῦτο ἐκ τῆς θέσεώς του παραλλήλως πρὸς τὴν διεύθυνσίν της κατὰ 1 ἑκατοστὸν τοῦ μέτρου. Μεγαλυτέρα μονὰς ἔργου, εἶναι 10.000.000 ἔργια. Ἡ μονὰς αὕτη ὀνομάζεται Τζάουλ (Joule)· εἶναι ἑπομένως 1 joule = 10^7 erg.

Ἄλλη μονὰς ἔργου εἶναι τὸ χιλιογραμμόμετρον. Εἶναι δὲ τοῦτο τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον παράγει δύναμις ἴση πρὸς 1 Kg*, ὅταν μεταθέτῃ τὸ σημεῖον τῆς ἐφαρμογῆς της παραλλήλως πρὸς τὴν διεύθυνσίν της κατὰ 1m.

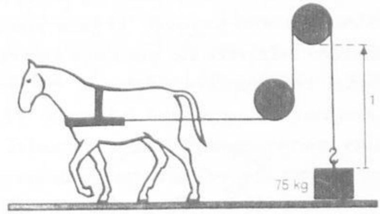
47. Ἰσχὺς μηχανῆς καὶ μονάδες ἰσχύος. Αἱ συσκευαὶ γενικῶς, αἱ ὁποῖαι παράγουν ἔργον, ὀνομάζονται μηχαναί. Ἄλλαι ὅμως μηχαναὶ παράγουν εἰς τὸν αὐτὸν χρόνον περισσότερον ἔργον καὶ ἄλλαι ὀλιγώτερον. Διὰ νὰ συγκρίνουν τὰς μηχανὰς μεταξύ των, ὡς πρὸς τὴν ἀπόδοσιν αὐτῶν εἰς ἔργον, ἔχουν καθορίσει ὡς μονάδα συγκρίσεως τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον παράγει ἑκάστη μηχανὴ εἰς ἓν δευτερόλεπτον. Τὸ ἔργον αὐτὸ ὀνομάζεται ἰσχὺς τῆς μηχανῆς. Ἐὰν ἡ μηχανὴ παράγη ἔργον ἑνὸς ἐργίου εἰς ἓν δευτερόλεπτον, λέγομεν ὅτι ἔχει ἰσχὺν ἑνὸς ἐργίου. Ἐπειδὴ ὅμως ἡ μονὰς αὐτὴ εἶναι πολὺ μικρά, λαμβάνομεν ὡς μονάδα ἰσχύος μιᾶς μηχανῆς τὴν ἱκανότητα αὐτῆς νὰ παράγη ἔργον 10.000.000 ἐργίων, ἡ ὁποία ἰσοῦται μὲ μίαν μονάδα Τζάουλ, εἰς ἓν δευτερόλεπτον. Ἡ μονὰς αὐτὴ ὀνομάζεται Βάτ (Watt). Διὰ νὰ γίνη περισσότερον ἀντιληπτὸν τί ἐννοοῦμεν, ὅταν λέγωμεν ὅτι ἡ ἰσχὺς μιᾶς μηχανῆς εἶναι 1 Βὰτ (W), ἀναφέρομεν, ὅτι τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον παράγουν 100 κώνωπες μεταφέροντες τὸν ἑαυτόν των εἰς ἀπό-



Σχ. 52. Ὁ ἐργάτης παράγει ἔργον ἑνὸς κιλοβατωρίου (1KWH) ὅταν ἀναβιβάση 400 σάκκους, βάρους 50 kg* ἕκαστον, εἰς ὕψος 18 μέτρων.

στασιν ἑνὸς ἑκατοστοῦ τοῦ μέτρου εἰς χρόνον ἑνὸς δευτερολέπτου, ἰσοῦται μὲ 1 Βὰτ (W). Ἠλεκτρικὸς λαμπτὴρ ἰσχύος 25 Βὰτ (W), ἡ συνήθης ἠλεκτρικὴ λάμπα, παράγει ἔργον εἰς ἓν δευτερόλεπτον ἴσον πρὸς τὸ παραγόμενον, ὅταν 2500 κώνωπες μεταφέρουν τὸν ἑαυτόν των εἰς ἀπόστασιν ἑνὸς ἑκατοστοῦ τοῦ μέτρου εἰς χρόνον ἑνὸς δευτερολέπτου. Μεγαλυτέρα μονὰς ἰσχύος εἶναι τὸ χιλιοβὰτ ἢ κιλοβάτ (KW). 1 χιλιοβάτ = 1000 βὰτ (1 KW = 1000W). Μηχανὴ ἔχουσα ἰσχὺν 1 KW καὶ ἐργαζομένη ἐπὶ 1 ὥραν συνεχῶς, παράγει ἔργον ἑνὸς κιλοβατωρίου (1 KWH). Τὸ αὐτὸ ἔργον παράγει ἐργάτης ἀναβιβάζων 400 σάκκους, βάρους 50 χιλιογράμμων ἕκαστον, εἰς ὕψος 18 μέτρων (σχ. 52).

"Αλλη μονὰς ἰσχύος εἶναι ὁ ἵππος. Λέγομεν ὅτι μηχανὴ ἔχει ἰσχὺν ἑνὸς ἵππου, ὅταν παράγῃ ἔργον 75 χιλιογραμμομέτρων εἰς ἓν δευτερόλεπτον (σχ. 53). Ἐκ τῶν ἀνωτέρω παραδειγμάτων εἶναι φανερὸν ὅτι διὰ νὰ εὕρωμεν τὴν ἰσχὺν μιᾶς μηχανῆς, ἤτοι τὸ ὑπ' αὐτῆς παραγόμενον ἔργον εἰς ἓν δευτερόλεπτον, ἀρκεῖ νὰ διαιρέσωμεν τὸ παραχθὲν ἔργον αὐτῆς διὰ τοῦ χρόνου κατὰ τὸν ὁποῖον



Σχ. 53. Ἰσχὺς 1 ἵππου=ἀνύψωσις σώματος βάρους 75 kg* εἰς ὕψος ἑνὸς μέτρου, εἰς χρόνον 1 δευτερολέπτου.

παρήχθη τοῦτο. Ἐὰν π.χ. μηχανὴ παράγει ἔργον 35 ἵππων εἰς 5 ὥρας, ἡ ἰσχὺς τῆς μηχανῆς εἶναι 35 : 5 = 7 ἵπποι καθ' ὥραν. Γενικῶς δέ, ἐὰν καλέσωμεν A τὸ ἔργον τὸ παραγόμενον ὑπὸ μιᾶς μηχανῆς εἰς χρόνον t καὶ τὴν ἰσχὺν τῆς μηχανῆς διὰ τοῦ N, θὰ ἔχωμεν $N = A/t$, ἢ Ἰσχὺς = Ἔργον: Χρόνος.

48. Ἐνέργεια. Μορφαὶ Ἐνεργείας. Ἡ ἱκανότης ἑνὸς σώματος νὰ παράγῃ ἔργον καλεῖται ἐνέργεια. Ἡ ἱκανότητς αὐτὴ εἴτε εὑρίσκεται εἰς λανθάνουσαν κατάστασιν, δηλ. ὑπάρχει ἀλλὰ δὲν φαίνεται, ὁπότε λέγεται δυναμικὴ ἐνέργεια, εἴτε ἔχει ἐκδηλωθῆ καὶ φαίνεται, ὁπότε λέγεται κινητικὴ ἐνέργεια. Τὸ ὕδωρ μιᾶς τεχνητῆς λίμνης, εὑρισκομένης εἰς ἀρκετὸν ὕψος ὑπὲρ τὴν θάλασσαν, εἶναι ἱκανὸν νὰ παράγῃ ἔργον. Ἡ ἱκανότης ὅμως αὕτη δὲν φαίνεται, εὑρίσκεται εἰς λανθάνουσαν κατάστασιν. Λέγομεν δὲ εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ὅτι τὸ ὕδωρ τῆς λίμνης ἐγκλείει δυναμικὴν ἐνέργειαν. Ὅταν ὅμως τὸ ὕδωρ ἀφεθῆ νὰ πίπτῃ πρὸς τὰ κάτω, διά τινος σωλῆνος, ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια αὐτοῦ μετατρέπεται εἰς κινητικὴν ἐνέργειαν, ἡ ὁποία φυσικὰ φαίνεται. Ἂν παρὰ τὸ μέρος τῆς πτώσεως τοῦ ὕδατος εἰς τὸ ἔδαφος ὑπάρχῃ κατάλληλος ἠλεκτρικὴ μηχανή, ἡ κινητικὴ ἐνέργεια τοῦ ὕδατος μᾶς δίδει ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. Τὴν ἐνέργειαν, τὴν ὁποίαν μᾶς δίδει τὸ πῖπτον ἔκ τινος ὕψους ὕδωρ, τὴν ὀνομάζουν λευκὸν ἄνθρακα. Ὅπως ὁ ἄνθραξ ἐγκλείει τὴν ἱκανοτήτα νὰ μετατρέπῃ τὸ ὕδωρ εἰς ἀτμόν, διὰ τοῦ ἀτμοῦ δὲ κινεῖται μηχανὴ κατάλληλος καὶ μᾶς δίδει ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, οὕτω πως τὴν αὐτὴν ἱκανότητα ἐγκλείει καὶ τὸ πῖπτον ἔκ τινος ὕψους ὕδωρ. Πολλοὶ ἀλευρόμυλοι λειτουργοῦν ἀπὸ τὴν ἐνέργειαν πίπτοντος ἐξ ὕψους τινὸς ὕδατος.

Ἀξίωμα διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας. Ἡ ἐνέργεια παρουσιάζεται ὑπὸ τὰς ἑξῆς μορφάς : 1) μηχανική, 2) θερμική, 3) χημική, 4) μαγνητική, 5) ἠλεκτρική, 6) ὀπτικὴ (φωτεινή), 7) πυρηνικὴ (ἢ ἀτομικὴ ἐνέργεια). Γενικῶς, μία μορφὴ ἐνεργείας εἶναι δυνατὸν νὰ μετατραπῇ εἰς ἄλλην μορφὴν ἐνεργείας διὰ τῶν συσκευῶν, αἱ ὁποῖαι καλοῦνται μηχαναί. Ὁ ἠλεκτρικὸς λαμπτὴρ φωτισμοῦ μετατρέπει τὴν ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν εἰς φωτεινὴν ἐνέργειαν. Ἡ μηχανὴ τοῦ σιδηροδρόμου μετατρέπει τὴν θερμικὴν ἐνέργειαν, τὴν ὁποίαν παρέχει ὁ ἄνθραξ καιόμενος, εἰς κινητικὴν (μηχανικὴν) ἐνέργειαν. Τὸ φῶς (ὀπτικὴ ἐνέργεια) προσβάλλον μίαν φωτογραφικὴν πλάκα προκαλεῖ χημικὴν ἐνέργειαν. Ὅταν ὁ σιδηρόδρομος κινῆται διὰ τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ἔχομεν μετατροπὴν τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας εἰς κινητικήν. Μὲ τὴν ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν ἀντλοῦμεν ὕδωρ ἐκ τῶν φρεάτων, ἀφοῦ αὕτη μετατρέπεται εἰς κινητικὴν ἐνέργειαν. Ἡ ἀτομικὴ ἐνέργεια μετατρέπεται εἰς θερμικήν, κατόπιν εἰς κινητικὴν (κίνησις ὑποβρυχίων), εἰς ἠλεκτρικὴν (φωτισμὸς πόλεων, κίνησις ἐργοστασίων κλπ.).

Ἡ ἐνέργεια δὲν καταστρέφεται, ὅπως καὶ ἡ ὕλη. Ἁπλῶς εἶναι δυνατὸν νὰ ἀλλάξῃ μορφήν. Τὴν ἰδιότητα αὐτὴν τῆς ἐνεργείας τοῦ νὰ μὴ καταστρέφεται αὕτη, νὰ μὴ φθείρεται, τὴν ὀνομάζομεν ἀξίωμα τῆς ἀφθαρσίας τῆς ἐνεργείας ἢ ἀξίωμα τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας.

Ὁμαλὴ κυκλικὴ κίνησις*

49. Ὁρισμοί. Περιοδικὴ κίνησις. Ὁμαλὴ κυκλικὴ κίνησις ὀνομάζεται ἐκείνη, κατὰ τὴν ὁποίαν ἓν κινητὸν κινεῖται ἰσοταχῶς καὶ ἡ τροχιά του εἶναι περιφέρεια κύκλου. Ἡ ὁμαλὴ κυκλικὴ κίνησις ὀνομάζεται καὶ περιοδικὴ κίνησις. Ἡ περιοδικὴ κίνησις εἶναι δυνατὸν νὰ εἶναι 1) κυκλική, 2) νὰ εἶναι μέρος κύκλου, ἤτοι νὰ διανύῃ τὸ κινητὸν διαρκῶς τὸ αὐτὸ τόξον κύκλου, ὅπως τὸ ἐκκρεμὲς ὡρολογίου κινούμενον μίαν φορὰν πρὸς τὰ δεξιὰ καὶ μίαν πρὸς τὰ ἀριστερά, 3) νὰ εἶναι εὐθύγραμμος παλινδρομική, ὅπως τὸ ἔμβολον εἰς τὸν ἀτμολέβητα μιᾶς ἀτμομηχανῆς.

Εἰς τὴν ὁμαλὴν κυκλικὴν κίνησιν διακρίνομεν τὰ ἑξῆς γνωρίσματα : τὴν περίοδον, τὴν συχνότητα, τὴν γραμμικὴν ταχύτητα καὶ τὴν γωνιακὴν ταχύτητα.

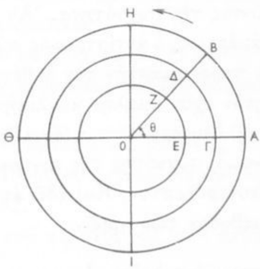
α) Περίοδος καλεῖται ὁ χρόνος μιᾶς περιστροφῆς τοῦ κινητοῦ.

β) Συχνότης καλεῖται ὁ ἀριθμὸς τῶν στροφῶν (ἢ κύκλων) τοῦ κινητοῦ κατὰ δευτερόλεπτον. Ὁ ἀριθμὸς αὐτὸς καλεῖται καὶ Χέρτς (Hertz).

γ) Γραμμική ταχύτης καλεῖται ἡ ταχύτης τοῦ κινητοῦ κινουμένου ἐπὶ τῆς περιφερείας τοῦ κύκλου, τὸν ὁποῖον διαγράφει. Ἡ γραμμικὴ ταχύτης μετρεῖται εἰς μῆκος (π.χ. ἑκατοστὰ τοῦ μέτρου ἢ μέτρα κατὰ δευτερόλεπτον).

δ) Γωνιακὴ ταχύτης καλεῖται ἡ γωνία, τὴν ὁποίαν διαγράφει τὸ κινητὸν θεωρούμενον ὅτι εὑρίσκεται ἐπὶ μιᾶς εὐθείας περιστρεφομένης εἰς ἓν δευτερόλεπτον. Αὕτη μετρεῖται εἰς μοίρας (ἢ εἰς μέρη ἀκτῖνος, τὰ ὁποῖα καλοῦνται ἀκτίνια).

Εἰς τὸ παρατιθέμενον σχῆμα (54) γίνεται φανερὰ ἡ ἔννοια τῆς γραμμικῆς ταχύτητος καὶ τῆς γωνιακῆς ταχύτητος. Ἔστω ὅτι ἐπὶ τῆς εὐθείας ΟΑ ἡ ὁποία κινεῖται περιστροφικῶς περὶ τὸν ἄξονα τὸν διερχόμενον διὰ τοῦ σημείου Ο (κάθετον εἰς τὸ ἐπίπεδον τοῦ χάρτου) ὑπάρχουν τρία κινητά, τὸ Ε, τὸ Γ καὶ



Σχ. 54. Τὰ κινητὰ Α, Γ, Ε εἰς ἓν δευτερόλεπτον ἔρχονται εἰς τὰς θέσεις Β, Δ, Ζ ἀντιστοίχως. Ἔχουν τὴν αὐτὴν γωνιακὴν ταχύτητα θ, ἀλλὰ διαφόρους γραμμικὰς ταχύτητας. Διότι εἶναι ΑΒ>ΓΔ>ΕΖ.

τὸ Α. Ἡ φορὰ τῆς κινήσεως, ἐκ τοῦ σημείου Α πρὸς τὸ Β, ὀνομάζεται εἰς τὴν Φυσικὴν θετικὴ φορά, ἐν ᾧ ἡ ἀντίθετος φορὰ ἐκ τοῦ Β πρὸς τὸ Α λέγεται ἀρνητικὴ φορά (ὅπως εἶναι ἡ κίνησις τῶν δεικτῶν τοῦ ὡρολογίου). Ἔστω ἀκόμη ὅτι ἡ εὐθεῖα ΟΑ φθάνει εἰς τὴν θέσιν ΟΒ μετὰ πάροδον 1″. Εἶναι φανερὸ ὅτι τὰ κινητὰ Α,Γ,Ε φθάνουν εἰς τὸν αὐτὸν χρόνον τοῦ ἑνὸς δευτερολέπτου εἰς τὰς θέσεις Β,Δ,Ζ ἀντιστοίχως. Τὰ τόξα ΑΒ, ΓΔ ΕΖ παριστοῦν τὰς γραμμικὰς ταχύτητας τῶν κινητῶν Α, Γ, Ε. Ἡ γωνία θ παριστᾷ τὴν γωνιακὴν ταχύτητα καὶ τῶν τριῶν κινητῶν. Ἐν ᾧ λοιπὸν τὰ τρία κινητὰ εἰς τὸν αὐτὸν χρόνον τοῦ ἑνὸς δευτερολέπτου, διαγράφουν τὴν γωνίαν θ καὶ ἑπομένως ἔχουν τὴν αὐτὴν γωνιακὴν ταχύτητα, ἔχουν διαφόρους γραμμικὰς ταχύτητας, διότι τὸ ὑπὸ τοῦ κινητοῦ Α ἐπὶ τῆς περιφερείας τοῦ κύκλου διανυθὲν τόξον ΑΒ εἶναι μεγαλύτερον τοῦ τόξου ΓΔ, τὸ ὁποῖον διήνυσε τὸ κινητὸν Γ. Καὶ τὸ τόξον ΓΔ εἶναι μεγαλύτερον τοῦ τόξου ΕΖ. Ὥστε ἡ γραμμικὴ ταχύτης τοῦ κινητοῦ Α εἶναι μεγαλυτέρα τῆς γραμμικῆς ταχύτητος τοῦ κινητοῦ Γ καὶ ἡ γραμμικὴ ταχύτης τοῦ κινητοῦ Γ εἶναι μεγαλυτέρα τῆς τοῦ Ε, ἐν ᾧ ἡ γωνιακὴ ταχύτης καὶ τῶν τριῶν κινητῶν Α,Γ,Ε εἶναι ἡ αὐτή.

Ἀριθμητικὰ παραδείγματα διὰ τὴν περίοδον καὶ τὴν συχνότητα εἰς τὴν ὁμαλὴν κυκλικὴν κίνησιν

α) Ἔστω ὅτι ἓν κινητὸν ἔχον ὁμαλὴν κυκλικὴν κίνησιν ἐκτελεῖ 15 περιστροφὰς εἰς 1''. Εἰς πόσον χρόνον ἐκτελεῖ τὴν μίαν περιστροφήν; δηλ. πόση εἶναι ἡ περίοδος τῆς κινήσεως; Ἐφαρμόζομεν πρὸς λύσιν τῆς ἁπλῆν μέθοδον τῶν τριῶν. Αἱ 15 στροφαὶ ἐκτελοῦνται εἰς 1'', ἡ 1 στροφὴ εἰς πόσον χρόνον ἐκτελεῖται; Ἐὰν ὁ χρόνος κληθῇ Τ θὰ εἶναι, $T = 1.1/15 = 1''/15$. Εὕρομεν λοιπὸν ὅτι ἡ μία στροφὴ ἐκτελεῖται εἰς 1/15 τοῦ δευτερολέπτου. Ὁ χρόνος ὅμως αὐτὸς ὀνομάζεται περίοδος τῆς κινήσεως ἢ περίοδος τοῦ κινητοῦ. Ὅταν λοιπὸν μᾶς δοθῇ ὁ ἀριθμὸς τῶν στροφῶν κατὰ δευτερόλεπτον, δηλ. ἡ συχνότης τῆς κινήσεως, ἡ περίοδος τῆς κινήσεως εὑρίσκεται ἂν λάβωμεν τὸν ἀντίστροφον τοῦ ἀριθμοῦ τοῦ δηλοῦντος τὴν συχνότητα. Ἂν ὁ δοθεὶς ἀριθμὸς ὁ ἐκφράζων τὴν συχνότητα εἶναι ἀκέραιος, ὁ ἀντίστροφος αὐτοῦ θὰ εἶναι κλάσμα ἔχον ἀριθμητὴν τὴν μονάδα καὶ παρανομαστὴν τὸν δοθέντα ἀριθμόν.

β) Ἔστω ὅτι ἓν κινητὸν ἔχον ὁμαλὴν κυκλικὴν κίνησιν ἐκτελεῖ μίαν περιστροφὴν εἰς χρόνον 0,2 τοῦ δευτερολέπτου (ἔχει δηλ. ἡ κίνησις του περίοδον ἴσην πρὸς 0,2''). Ποία εἶναι ἡ συχνότης τῆς κινήσεως, δηλ. πόσας περιστροφὰς ἐκτελεῖ τοῦτο εἰς ἓν δευτερόλεπτον; Καὶ ἐδῶ ἐφαρμόζομεν πρὸς λύσιν τοῦ προβλήματος τὴν ἁπλῆν μέθοδον τῶν τριῶν :

Εἰς χρόνον 0,2 δευτερολέπτου ἐκτελεῖται 1 περιστροφὴ
εἰς χρόνον 1 » πόσαι περιστροφαὶ ἐκτελοῦνται;

Ἂν καλέσωμεν τὸν ἀριθμὸν τῶν περιστροφῶν ν, θὰ ἔχωμεν $\nu = 1/0{,}2 = 5$ περιστροφαί. Ὁ ἀριθμὸς δὲ τῶν περιστροφῶν εἰς ἓν δευτερόλεπτον ὀνομάζεται συχνότης τῆς κινήσεως. Εὕρομεν λοιπὸν ὅτι καὶ ἡ συχνότης εἶναι ἀριθμὸς ἀντίστροφος τῆς περιόδου, ὅπως ἡ περίοδος εἶναι ἀριθμὸς ἀντίστροφος τῆς συχνότητος. Ἐὰν γενικῶς, ἡ συχνότης κληθῇ μὲ τὸ γράμμα ν, καὶ ἡ περίοδος μὲ τὸ γράμμα Τ, θὰ ἔχωμεν συμφώνως πρὸς τὰ προηγούμενα δύο προβλήματα, $T = 1/\nu$ καὶ $\nu = 1/T$. Ἀπὸ ἑκάστην τῶν ἐξισώσεων τούτων λαμβάνομεν $T.\nu = 1$, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον δεικνύει ἀκριβῶς, ὅτι ἡ περίοδος καὶ ἡ συχνότης εἶναι φυσικὰ μεγέθη, ἅτινα ἐκφράζονται διὰ δύο ἀριθμῶν, οἱ ὁποῖοι εἶναι ἀντίστροφοι.

Παραδείγματα περιοδικῶν κινήσεων

1. Ἡ κίνησις τῆς γῆς περὶ τὸν ἄξονά της εἶναι κυκλικὴ περιοδικὴ κίνησις καὶ ἡ περίοδος ἰσοῦται μὲ 24 ὥρας.

2. Ἡ κίνησις τῆς γῆς περὶ τὸν ἥλιον εἶναι (σχεδὸν) κυκλικὴ περιοδικὴ καὶ ἡ περίοδος ἰσοῦται μὲ ἓν ἔτος.

3. Τὸ ἐκκρεμὲς ὡρολογίου ἐκτελεῖ κίνησιν περιοδικήν, διότι εἰς τὸν αὐτὸν χρόνον διανύει διαρκῶς τὸ αὐτὸ τόξον κύκλου.

4. Τὸ ἔμβολον τοῦ ἀτμολέβητος μιᾶς μηχανῆς σιδηροδρόμου ἐκτελεῖ εὐθύγραμμον περιοδικὴν κίνησιν. Εἰς ὅσον χρόνον ἐκτελεῖ μίαν διαδρομὴν κινούμενον πρὸς τὰ δεξιά, εἰς τόσον ἐκτελεῖ κατόπιν τὴν αὐτὴν διαδρομὴν κινούμενον πρὸς τὰ ἀριστερά. Ἡ περιοδικὴ αὐτὴ κίνησις ὀνομάζεται καὶ παλινδρομικὴ κίνησις. Περίοδος ἐδῶ εἶναι ὁ χρόνος διὰ μίαν μετάβασιν πρὸς τὰ δεξιὰ καὶ μίαν πρὸς τὰ ἀριστερά.

5. Ὁ ἄτρακτος (ἡ σαΐτα) ἑνὸς ἀργαλειοῦ ὑφάνσεως (μιᾶς ἐργάνης) ἐκτελεῖ παλινδρομικὴν περιοδικὴν κίνησιν.

6. Οἱ τροχοὶ ὅλων τῶν ὀχημάτων ἐκτελοῦν κινήσεις περιοδικὰς κυκλικάς.

7. Αἱ πτέρυγες τῶν πτηνῶν καὶ τῶν ἐντόμων κινούμεναι κατὰ τὰς πτήσεις ἐκτελοῦν κινήσεις περιοδικάς.

8. Ὁ ἄνθρωπος καὶ τὰ ζῷα κατὰ τὴν βάδισιν ἐκτελοῦν κινήσεις περιοδικάς. Κανονικῶς βαδίζων ἄνθρωπος ἐκτελεῖ ἕκαστον τῶν βημάτων του εἰς τὸν αὐτὸν χρόνον.

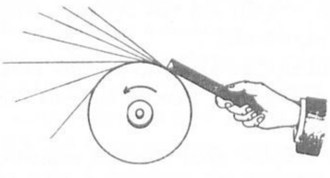
9. Οἱ σεισμοὶ τοῦ ἐδάφους εἶναι κινήσεις περιοδικαὶ παλινδρομικαί.

10. Ἡ καρδία τοῦ ἀνθρώπου ἐκτελεῖ περιοδικὰς κινήσεις, αἱ ὁποῖαι λέγονται καὶ παλμικαὶ κινήσεις.

11. Ἡ κυκλοφορία τοῦ αἵματος εἰς τὸν ὀργανισμὸν εἶναι κίνησις περιοδική.

12. Ἡ πλημμυρὶς καὶ ἡ ἄμπωτις (κατὰ τὴν παλίρροιαν) εἶναι κινήσεις περιοδικαί.

50. Κεντρομόλος καὶ φυγόκεντρος δύναμις.* *Πείραμα.* Προσδένομεν μικρὸν βαρὺ σῶμα π.χ. λίθον εἰς τὸ ἓν ἄκρον νήματος καὶ τὸ ἄλλο ἄκρον κρατοῦμεν διὰ τῆς χειρός μας, διὰ τῆς ὁποίας δίδομεν εἰς τὸν λίθον περιστροφικὴν (δηλ. κυκλικὴν) ὁμαλὴν κίνησιν. Ἡ δύναμις περιστροφῆς τοῦ λίθου προέρχεται ἐκ τῆς χειρός μας, ἔχει τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς της εἰς τὸν λίθον, μέσῳ τοῦ νήματος, καὶ διευθύνεται πάντοτε πρὸς τὴν χεῖρα μας, ἡ ὁποία ἐν προκειμένῳ ἀποτελεῖ τὸ κέντρον τοῦ κύκλου, τοῦ διαγραφομένου ὑπὸ τοῦ πριστρεφομένου ἰσοταχῶς λίθου. Ἡ ἐκ τοῦ λίθου πρὸς τὴν χεῖρα μας, δηλαδὴ πρὸς τὸ κέντρον τῆς κυκλικῆς κινήσεως διευθυνομένη δύναμις ὀνομάζεται κεντρομόλος δύναμις. Ταὐτοχρόνως ὅμως μὲ τὴν κεντρομόλον δύναμιν, τὴν προκαλοῦσαν τὴν κυκλικὴν κίνησιν τοῦ λίθου, ἀναπτύσσεται συμφώνως πρὸς τὸ ἀξίωμα τῆς δράσεως καὶ ἀντιδράσεως καὶ ἄλλη δύναμις ἴση καὶ ἀντίθετος πρὸς αὐτήν, ἡ ὁποία τείνει νὰ ἀπομακρύνῃ τὸν λίθον ἐκ τῆς τροχιᾶς της. Ἡ δύναμις αὐτὴ ἔχει τὸ σημεῖον τῆς ἐφαρμογῆς της εἰς τὴν χεῖρα μας καὶ ὀνομάζεται φυγόκεντρος δύναμις. Ἐὰν τὸ νῆμα θραυσθῇ, κατὰ τὴν περιστροφὴν τοῦ λίθου, οὗτος παύει νὰ κινῆται κυκλικῶς, διότι παύει νὰ ὑπάρχῃ ἡ κεντρομόλος δύναμις. Ἕνεκα ὅμως τῆς ἰδιότητος τῆς ἀδρανείας ἐξακολουθεῖ ὁ λίθος νὰ κινῆται εὐθυγράμμως κατὰ τὴν ἐφαπτομένην τῆς τροχιᾶς του, ἤτοι κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς ταχύτητος τὴν ὁποίαν εἶχε κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς θραύσεως τοῦ νήματος. Ἔννοιαν τοῦ φαινομένου τούτου λαμβάνομεν ἐκ τῆς διευθύνσεως τῶν σπινθήρων τοὺς ὁποίους ἐκπέμπει εἷς σμυριδοτροχὸς (σχ. 55). Τὸ αὐτὸ φαινόμενον παρατηροῦμεν εἰς τοὺς τροχοὺς αὐτοκινήτου κινουμένου ἐπὶ λασπώδους ἐδάφους, ἐκ τῶν ὁποίων ἐκτινάσσονται μικρὰ τεμάχια λάσπης κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς ταχύτητος τοῦ τροχοῦ. Ἡ κεντρομόλος καὶ ἡ φυγόκεντρος δύναμις ὑπάρχουν μόνον ὅταν



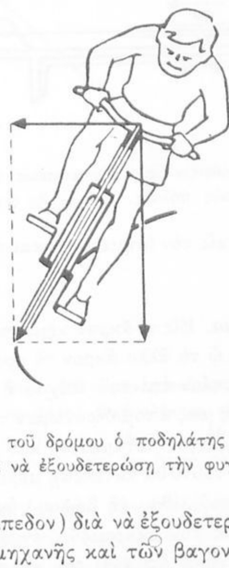
Σχ. 55. Σμυριδοτροχός. Οἱ σπινθῆρες ἐκπέμπονται κατὰ τὴν ἐφαπτομένην τῆς τροχιᾶς.

ἡ τροχιὰ τοῦ κινητοῦ εἶναι καμπυλόγραμμος. Ἐπιβάτης ὀχήματος, ὅταν τοῦτο διατρέχῃ καμπύλην ὁδὸν δὲν ἀντιλαμβάνεται τὴν κεντρομόλον δύναμιν. Ἀντιλαμβάνεται ὅμως τὴν φυγόκεντρον.

Πειραματικῶς καὶ θεωρητικῶς (δηλ. δι' ὑπολογισμῶν) ἀποδεικνύεται ὅτι κατὰ τὴν καμπυλόγραμμον κίνησιν ἑνὸς κινητοῦ ἰσχύουν οἱ ἑξῆς νόμοι : 1) ὅσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ μᾶζα τοῦ κινητοῦ (ἑπομένως καὶ τοῦ βάρους του), τόσον μεγαλυτέρα εἶναι καὶ ἡ φυγόκεντρος δύναμις, 2) ὅσον μικροτέρα εἶναι ἡ ἀκτὶς καμπυλότητος τῆς τροχιᾶς, τόσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ φυγόκεντρος δύναμις. 3) ἐὰν ἡ ταχύτης τοῦ κινητοῦ διπλασιασθῇ ἢ τριπλασιασθῇ ἢ τετραπλασιασθῇ κλπ., ἡ φυγόκεντρος δύναμις τετραπλασιάζεται, ἢ ἐννεαπλασιάζεται, ἢ δεκαεξαπλασιάζεται κλπ. ἀντιστοίχως. Τοὺς νόμους αὐτοὺς εἶναι δυνατὸν νὰ τοὺς διατυπώσωμεν ὡς ἑξῆς : Ἡ φυγόκεντρος δύναμις εἶναι *1) ἀνάλογος τῆς μάζης τοῦ κινητοῦ, 2) εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος τῆς ἀκτῖνος καμπυλότητος* καὶ *3) εἶναι ἀνάλογος τοῦ τετραγώνου τῆς ταχύτητος τοῦ κινητοῦ.* Οἱ ὁδηγοὶ αὐτοκινήτων πρέπει νὰ γνωρίζουν τοὺς νόμους αὐτοὺς καὶ ἰδίως τὸν τρίτον νόμον. Ἐκ πείρας ὅμως γνωρίζουν ὅτι εἰς τὰς στροφάς, καὶ ἰδίως τὰς μικρᾶς ἀκτῖνος καμπυλότητος, πρέπει νὰ ἐλαττώσουν τὴν ταχύτητα, διότι ἄλλως διατρέχουν τὸν κίνδυνον νὰ ἐκτιναχθοῦν. Ἐὰν καλέσωμεν τὴν φυγόκεντρον δύναμιν F, τὴν μᾶζαν τοῦ κινητοῦ m, τὴν ταχύτητα αὐτοῦ υ καὶ τὴν ἀκτῖνα καμπυλότητος, r, οἱ νόμοι τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως ἐκφράζονται διὰ τῆς ἑξῆς μαθηματικῆς σχέσεως : $F = m\upsilon^2/r$

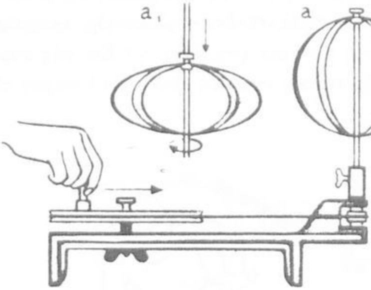
Ἐφαρμογαὶ τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως

α) Διὰ τῆς περιστροφικῆς κινήσεως, καὶ ἑπομένως διὰ τῆς ἀναπτυσσομένης τότε φυγοκέντρου δυνάμεως, ἀποχωρίζομεν τὸ μέλι ἀπὸ τὰς κηρήθρας καὶ τὸ βούτυρον ἀπὸ τὸ γάλα. β) Ὅταν τρέχωμεν εἰς μίαν στροφὴν τοῦ δρόμου κλίνομεν τὸ σῶμα μας πρὸς τὸ ἐσωτερικὸν τῆς τροχιᾶς διὰ νὰ ἐξουδετερώσωμεν τὴν φυγόκεντρον δύναμιν (σχ. 56). γ) Εἰς τὰς στροφὰς τῶν σιδηροδρομικῶν γραμμῶν ἡ ἐξωτερικὴ γραμμὴ εἶναι ὑψηλότερον τῆς ἄλλης (καὶ ὄχι



Σχ. 56. Εἰς τὴν καμπὴν τοῦ δρόμου ὁ ποδηλάτης κλίνει πρὸς τὸ ἐσωτερικὸν τῆς τροχιᾶς διὰ νὰ ἐξουδετερώσῃ τὴν φυγόκεντρον δύναμιν.

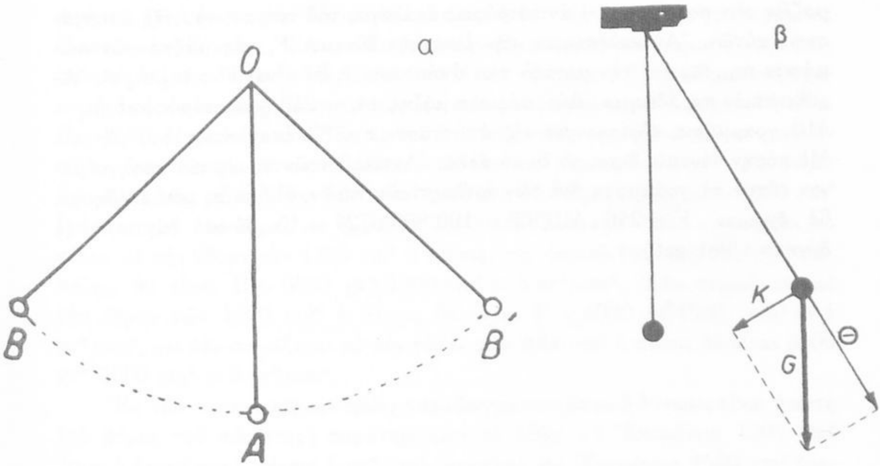
εἰς τὸ αὐτὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον) διὰ νὰ ἐξουδετερώνεται ἡ φυγόκεντρος δύναμις, διὰ τῆς κλίσεως τῆς μηχανῆς καὶ τῶν βαγονίων πρὸς τὸ ἐσωτερικὸν τῆς τροχιᾶς. Μὲ τὴν κλίσιν αὐτὴν μετατοπίζεται τὸ κένρον βάρους ἑκάστου ὀχήματος πρὸς τὸ ἐσωτερικὸν καὶ δὲν εἶναι εἰς τὸ μέσον τῆς ἀποστάσεως μεταξὺ τῶν δύο γραμμῶν. Ἡ φυγόκεντρος δύναμις ἐνεργεῖ, ὥστε τὸ κέντρον τοῦτο νὰ μετατοπίζεται εἰς τὸ μέσον, μεταξὺ τῶν δύο γραμμῶν καὶ ἡ ἰσορροπία ἑπομένως τῆς ἁμαξοστοιχίας νὰ εἶναι εὐσταθής. Ἐννοεῖται ὅτι ἡ ταχύτης αὐτῆς δὲν πρέπει νὰ εἶναι πολὺ μεγάλη, διότι τότε οὔτε αὐτὸ τὸ μέτρον μᾶς προφυλάσσει ἀπὸ τὴν ἐκτίναξιν. δ) Αὐτοκίνητον ἢ ἀεροπλάνον δύναται νὰ ἐκτελέσῃ ἀνακύκλησιν χωρὶς νὰ πέσῃ, ἕνεκα τῆς ἀναπτυσσομένης φυγοκέντρου δυνάμεως, ἐφ' ὅσον ἡ ταχύτης τοῦ κινητοῦ εἶναι ἀρκετὰ μεγάλη, ὁπότε ἡ φυγόκεντρος δύναμις ἐξουδετερώνει τὸ βάρος τοῦ σώματος. ε) Ἡ γῆ ἕνεκα τῆς φυγοκέντρου



Σχ. 57. Συσκευὴ πρὸς ἀπόδειξιν τῆς ἐξογκώσεως τῆς γῆς εἰς τὸν ἰσημερινὸν καὶ πλατύνσεως εἰς τοὺς πόλους, ἕνεκα τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως.

δυνάμεως ἔγινε ἐξωγκωμένη εἰς τὸν ἰσημερινὸν καὶ πεπλατυσμένη εἰς τοὺς πόλους (σχ. 57).

51. Ἐκκρεμές. *Πείραμα.* Εἰς τὸ ἄκρον νήματος προσδένομεν μικρὸν βαρὺ σῶμα π.χ. λίθον ἢ βῶλον, ἐν ᾧ τὸ ἄλλο ἄκρον τὸ κρατοῦμεν διὰ τῆς χειρός μας ἢ τὸ στερεώνομεν εἰς ἓν καρφίον ἐπὶ τοῦ τοίχου ἢ ἐπί τινος ξυλίνου κανόνος (σχ. 58). Ἐὰν διὰ τῆς χειρός μας ἀπομακρύνωμεν τὸ σῶμα ἐκ τῆς θέσεώς του ΟΑ, διατηροῦντες τὸ νῆμα ὀλίγον τεταμένον, καὶ ἀφήσωμεν αὐτὸ ἐλεύθερον ἐκ τῆς θέσεως ΟΒ π.χ., τότε τοῦτο θὰ ἐκτελέσῃ μερικὰς αἰωρήσεις καὶ κατόπιν θὰ ἠρεμήσῃ. Τὸ νῆμα μετὰ τοῦ λίθου (ἢ βώλου) ὀνομάζεται ἐκκρεμές. Ἡ ἀπόστασις ΟΑ καλεῖται μῆκος τοῦ ἐκκρεμοῦς, ἐν ᾧ ἡ γωνία ΒΟΒ′ καλεῖται πλάτος αἰωρήσεως. Εἶναι φανερὸν ὅτι ἀντὶ τοῦ νήματος δυνάμεθα νὰ χρησιμοποιήσωμεν λεπτὸν σύρμα ἢ ξύλινον κανόνα. Ἀρκεῖ ταῦτα νὰ δύνανται, περὶ τὸ σημεῖον ἐξαρτήσεως, νὰ ἐκτελοῦν ἐλευθέρως αἰωρήσεις. Αἱ κινήσεις τοῦ ἐκκρεμοῦς ὀφείλονται εἰς τὸ βάρος του. Ἐὰν δὲν ὑπῆρχεν ἡ τριβὴ εἰς τὸ σημεῖον ἐξαρτήσεως καὶ ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀέρος τὸ ἐκκρεμὲς θὰ ἐκινεῖτο διαρκῶς. Τὴν τριβὴν εἶναι δυνατὸν νὰ τὴν ἐξουδετερώσωμεν διὰ καταλλήλου μηχανισμοῦ, ὅπως τοῦτο συμβαίνει εἰς τὸ ἐκκρεμὲς ὡρολογίου. Εἰς τὰ ὡρολόγια τὰ λειτουργοῦντα δι' ἐκκρεμοῦς μᾶς ἐνδιαφέρει, ὥστε ὁ χρόνος τὸν ὁποῖον χρειάζεται τὸ ἐκκρεμὲς νὰ μεταβῇ ἐκ τῆς θέσεως Α εἰς τὴν Β νὰ εἶναι ὁ αὐτός, ὅταν θὰ ἐπανέλθῃ ἐκ τοῦ Β εἰς τὸ Α. Τοῦτο ἐπιτυγχάνεται, ὅταν ἡ γωνία αἰωρήσεως ΑΟΒ εἶναι μικρὰ καὶ ὅταν διὰ καταλλήλου μηχανισμοῦ ἐξουδετερώνεται ἡ τριβή, τόσον ἡ γινομένη εἰς τὸ σημεῖον Ο, ὅσον καὶ ἡ προερχομένη ἐκ τῆς ἀντιστάσεως τοῦ ἀέρος εἰς τὴν κίνησιν τοῦ ἐκκρεμοῦς. Ὁ χρόνος τῶν αἰωρήσεων ἐξαρτᾶται



Σχ. 58. Ἐκκρεμές. Εἰς τὸ α εἶναι ΟΒ = μῆκος τοῦ ἐκκρεμοῦς. Γωνία ΒΟΒ' = πλάτος αἰωρήσεως. Εἰς τὸ β τὸ βάρος G ἀναλύεται εἰς τὰς δυνάμεις Θ καὶ Κ. Ἡ δύναμις Θ ἐξουδετεροῦται ὑπὸ τοῦ νήματος. Ἡ δύναμις Κ εἶναι ἡ κινοῦσα τὸ ἐκκρεμὲς εἰς τὴν θέσιν αὐτήν.

ἀπὸ τὸ μῆκος τοῦ ἐκκρεμοῦς καὶ ἀπὸ τὴν ἐπιτάχυνσιν τῆς βαρύτητος. Τὸ αὐτὸ ἐκκρεμὲς εὑρισκόμενον εἰς τὸν ἰσημερινὸν ἐκτελεῖ τὰς αἰωρήσεις βραδύτερον, παρὰ ὅταν εὑρίσκεται εἰς τοὺς πόλους, ὅπου ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς βαρύτητος εἶναι μεγαλυτέρα.

52. Παγκόσμιος ἕλξις.* Ὅπως εἶναι γνωστὸν περὶ τὸν ἥλιον περιφέρονται εἰς διάφορα χρονικὰ διαστήματα οἱ πλανῆται, ὅπως καὶ ἡ γῆ. Οἱ πλανῆται ὡς καὶ οἱ δορυφόροι των, ἐκτελοῦν τὰς κινήσεις των μὲ μαθηματικὴν ἀκρίβειαν. Εἶναι δὲ αἱ κινήσεις ἑκάστου ἄστρου περιοδικαί, σχεδὸν κυκλικαὶ καὶ ἰσοταχεῖς. Τὰ οὕτω πως κινούμενα ἄστρα δὲν ἔχουν κανὲν στήριγμα. Ἐκτελοῦν τὰς κινήσεις των εὑρισκόμενα διαρκῶς ἐν αἰωρήσει. Ἕκαστον ἄστρον ἕλκει τὸ ἄλλο καὶ συγχρόνως ἕλκεται ὑπ' αὐτοῦ. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ὀνομάζεται παγκόσμιος ἕλξις. Ἑλκτικαὶ δυνάμεις ἀσκοῦνται μεταξὺ ὅλων τῶν οὐρανίων σωμάτων. Ἀλλὰ καὶ πᾶν ὑλικὸν σῶμα ἔχει τὴν ἰδιότητα νὰ ἕλκῃ τὸ ἄλλο. Ὁ νόμος τῆς ἕλξεως τῶν σωμάτων (ἄστρων κλπ.) λέγεται νόμος τῆς παγκοσμίου ἕλξεως καὶ διετυπώθη ὑπὸ τοῦ Ἄγγλου φυσικοῦ Ἰσαὰκ Νεύτωνος καὶ ἔχει ὡς ἑξῆς : ἡ δύναμις μὲ τὴν ὁποίαν ἕλκονται δύο σώματα, εἴτε ἄστρα, εἴτε σώματα ἐπὶ τῆς γῆς ἢ ἐπὶ ἄλλου ἄστρου, εἶναι ἀνάλογος τοῦ γινομένου τῶν μαζῶν τῶν σωμάτων καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος τοῦ τετραγώνου τῆς ἀποστάσεως αὐτῶν. Ἂν καλέσωμεν τὴν ἑλκτικὴν δύναμιν F, τὰς μάζας τῶν σωμάτων m_1, m_2 καὶ τὴν μεταξὺ των ἀπόστασιν r, θὰ εἶναι $F = m_1 . m_2 / r^2$. Ἀριθμητικὸν παράδειγμα : Δύο σώματα μάζης $m_1 = 246$ γραμμάρια καὶ $m_2 = 410$ γραμμάρια εὑρίσκονται εἰς ἀπόστασιν $r = 82$ ἑκατοστῶν τοῦ μέτρου. Μὲ πόσην δύναμιν ἕλκει τὸ ἓν τὸ ἄλλο; Ἀντικαθιστῶντες εἰς τὸν προηγούμενον τύπον τὰ γράμματα διὰ τῶν ἀριθμητικῶν τιμῶν, αἱ ὁποῖαι μᾶς ἐδόθησαν, θὰ ἔχωμεν $F = 246 . 410/82^2 = 100\,860/6724 = 15$ δύναι (dyns). (1 δύνη $= 1/981$ gr*).

ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΗ

53. Ὁρισμός. Ὑδροστατικὴ καλεῖται τὸ μέρος τῆς φυσικῆς, τὸ ὁποῖον ἀσχολεῖται μὲ τὸ ὕδωρ καὶ τὰ ὑγρὰ γενικῶς, ὅταν ταῦτα δὲν εὑρίσκωνται ἐν κινήσει, ἀλλὰ ἐν στάσει. *Πίεσις* δὲ καλεῖται ἡ ἐπὶ τῆς μονάδος τῆς ἐπιφανείας ἐξασκουμένη δύναμις. Ἐὰν καλέσωμεν τὴν ἐξασκουμένην δύναμιν F, τὴν ἐπιφάνειαν ἐπὶ τῆς ὁποίας αὕτη ἐξασκεῖται S καὶ τὴν πίεσιν P, ἡ μαθηματικὴ σχέσις, διὰ τῆς ὁποίας ἐκφράζεται ἡ πίεσις κατὰ τὸν προηγούμενον ὁρισμόν, θὰ εἶναι $P = F/S$. *Παραδείγματα.* Ἔστω ὅτι ἐπὶ ὁριζοντίας τραπέζης κεῖται στερεὸν σῶμα διαστάσεων 30 cm $\times$ 40cm $\times$ 50cm καὶ βάρους 6000 gr.* Τὸ σῶμα ἔχει δύο ἕδρας μὲ ἐμβαδὸν 1200 cm^2 ἑκάστην, δύο ἕδρας μὲ ἐμβαδὸν 1500 cm^2 ἑκάστην, καὶ δύο ἕδρας μὲ ἐμβαδὸν 2000 cm^2 ἑκάστην. Ἐὰν στηρίζεται τὸ σῶμα μὲ τὴν ἕδραν τῶν 1200 cm^2 ἡ πίεσις, τὴν ὁποίαν θὰ ἀσκῇ ἐπὶ τῆς τραπέζης, θὰ εἶναι $P = 6000$ gr*/1200 cm^2 = 5 gr*/cm^2. Ἐὰν στηρίζεται μὲ τὴν ἕδραν τῶν 1500 cm^2 ἡ πίεσις θὰ εἶναι $P = 6000$ gr*/1500 cm^2 = 4 gr*/cm^2, καὶ ἐὰν στηρίζεται μὲ τὴν ἕδραν τῶν 2000 cm^2 ἡ πίεσις θὰ εἶναι 6000 gr*/2000 cm^2 = 3 gr*/cm^2.

Ἐκ τῶν προηγουμένων τριῶν παραδειγμάτων, ὅπου ἡ δύναμις εἶναι ἡ αὐτὴ (τὸ βάρος τοῦ σώματος) παρατηροῦμεν τὰ ἑξῆς: α) Ἐπιφάνεια 1200 cm^2 (μικρὰ ἐπιφάνεια), πίεσις 5 gr*/cm^2 (μεγάλη). β) Ἐπιφάνεια 1500 cm^2 (μεγαλυτέρα ἐπιφάνεια), πίεσις 4 gr*/cm^2 (μικροτέρα)· γ) Ἐπιφάνεια 2000 cm^2 (ἀκόμη μεγαλυτέρα), πίεσις 3 gr*/cm^2 (ἀκόμη μικροτέρα), ἤτοι ὅτι, ὅσον μικροτέρα εἶναι ἡ ἐπιφάνεια, εἰς τὴν ὁποίαν ἀσκεῖται μία δύναμις, τόσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ ἀσκουμένη πίεσις καὶ ἀντιστρόφως.

Ὅταν ἀκονίζωμεν τὰ ψαλίδια καὶ τὰ μαχαίρια ἐλαττώνομεν τὴν ἐπιφάνειαν, διὰ τῆς ὁποίας κόπτουν, καὶ ἑπομένως αὐξάνομεν τὴν πίεσιν, δηλ. τὴν δύναμιν κοπῆς. Τοὐναντίον, ὅταν βαδίζωμεν εἰς ἀμμῶδες ἢ λασπῶδες ἢ χιονισμένον ἔδαφος πρέπει τὰ ὑποδήματά μας νὰ εἶναι ἐφηρμοσμένα εἰς πλατείας ἐπιφανείας (π.χ. εἰς σανίδας), ὁπότε ἡ πίεσις μας εἶναι μικροτέρα καὶ δὲν βυθιζόμεθα.

54. Μονάδες πιέσεως. Ὡς μονάδες πιέσεως χρησιμοποιοῦνται 1) ἡ δύνη κατὰ τετραγωνικὸν ἑκατοστὸν (1 dyn/cm^2), 2) τὸ γραμμάριον βάρους κατὰ τετραγωνικὸν ἑκατοστὸν (1 gr*/cm^2), 3) τὸ χιλιόγραμμον βάρους κατὰ τετραγωνικὸν μέτρον (1 Kg*/m^2), 4) τὸ χιλιόγραμμον βάρους κατὰ τετραγωνικὸν ἑκατοστὸν (1 Kg*/cm^2). Ἡ τελευταία μονὰς ὀνομάζεται καὶ τεχνικὴ ἀτμόσφαιρα (1 at). Χρησιμοποιεῖται ἀκόμη, ὡς μονὰς πιέσεως, ἡ πίεσις ἡ ἐξασκουμένη ὑπὸ στήλης ὑδραργύρου, τῆς ὁποίας τὸ ἐμβαδὸν τῆς βάσεως εἶναι 1 cm^2 καὶ τὸ ὕψος 1mm (χιλιοστὸν τοῦ μέτρου). Ἡ μονὰς αὕτη ὀνομάζεται Τὸρ (Torr) πρὸς τιμὴν τοῦ Ἰταλοῦ φυσικοῦ Τορρικέλλι. Εἶναι λοιπὸν 1 Torr = βάρος 1mm ὕψους ὑδραργυρικῆς στήλης καὶ τομῆς 1 cm^2.

Ἀριθμητικὰ παραδείγματα πιέσεων

α) Σῶμα βάρους 20 χιλιογράμμων (Kg*) ἐφάπτεται ἐπιφανείας ὁριζοντίου ἐμβαδοῦ 40 cm^2. Πόση εἶναι ἡ ἐξασκουμένη πίεσις;
$P = F/S$, $P = 20\ Kg^*/40\ cm^2 = 0{,}5\ Kg^*/cm^2$.

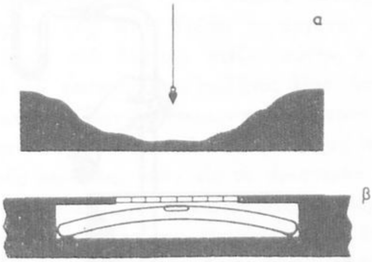
β) Ἔμβολον ὑδραντλίας πιέζει ἐπιφάνειαν ὕδατος, ἐμβαδοῦ 30 cm^2 μὲ δύναμιν 60 Kg*. Πόση εἶναι ἡ ἀσκουμένη πίεσις;
$P = F/S$, $P = 60\ Kg^*/30\ cm^2 = 2\ Kg^*/cm^2$.

γ) Ὁ πυθμὴν φρέατος ἔχει ἐμβαδὸν 3,14 m^2 τὸ δὲ βάρος τοῦ περιεχομένου ὕδατος ἔστω 471 Kg*. Πόση εἶναι ἡ ἀσκουμένη ὑπὸ τοῦ ὕδατος πίεσις εἰς τὸν πυθμένα τοῦ φρέατος;
$P = F/S$, $P = 471\ Kg^*/3{,}14 m^2 = 150\ Kg^*/m^2$.

δ) Ἡ ἐσωτερικὴ ἐπιφάνεια ἑνὸς λέβητος ἀτμομηχανῆς ἔχει ἐμβαδὸν 7536 cm^2, ἡ δὲ ὑπὸ τοῦ ἀτμοῦ ἐπιφερομένη δύναμις εἰς τὰ τειχώματα τοῦ λέβητος εἶναι 113 040 Kg*. Πόση εἶναι ἡ ἐπιφερομένη ὑπὸ τοῦ ἀτμοῦ πίεσις;
$P = F/S$, $P = 113040\ Kg^*/7536\ cm^2 = 15\ Kg^*/cm^2$.

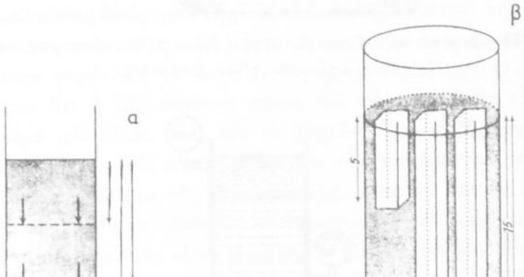
Ἰσορροπία τῶν ὑγρῶν

55. Σχῆμα ἐλευθέρας ἐπιφανείας ὑγροῦ ἰσορροποῦντος, κατὰ τὸν Ἀρχιμήδη. Ὅπως εἶναι γνωστὸν τὰ ὑγρὰ δὲν ἔχουν ὡρισμένον σχῆμα, ἀλλὰ λαμβάνουν τὸ σχῆμα τοῦ δοχείου εἰς τὸ ὁποῖον εὑρίσκονται. Ὑγρόν τι ἀφιέμενον ἐλεύθερον σπεύδει νὰ φθάσῃ εἰς τὸ χαμηλότερον, κατα τὸ δυνατὸν μέρος. Δι' αὐτὸ τὸ ὕδωρ τῶν ποταμῶν διευθύνεται πρὸς τὰς θαλάσσας καὶ τὰς λίμνας, τῶν ὁποίων ἡ ἐπιφάνεια εἶναι χαμηλοτέρα τῆς ξηρᾶς. Τὸ φαινόμενον αὐτὸ ὀφείλεται εἰς τὴν βαρύτητα καὶ εἰς τὴν ἰδιότητα τὴν ὁποίαν ἔχουν τὰ μόρια τῶν ὑγρῶν νὰ μὴ εἶναι στερεῶς συνδεδεμένα μεταξύ των, ὅπως εἶναι τὰ μόρια τῶν στερεῶν. Πρῶτος ὁ Ἀρχιμήδης παρετήρησεν ὅτι τὰ μόρια παντὸς ὑγροῦ ἕλκονται πρὸς τὸ κέντρον τῆς γῆς μὲ τὴν αὐτὴν δύναμιν καὶ ἑπομένως ἡ ἐπιφάνεια παντὸς ὑγροῦ δὲν εἶναι ὁριζόντιος ἀλλὰ καμπύλη, σφαιρική, ὅπως εἶναι σφαιρικὴ καὶ ἡ ἐπιφάνεια τῆς γῆς. Τοῦτο ὅμως γίνεται ἀντιληπτὸν μόνον εἰς τὰς ἀνοικτὰς θαλάσσας καὶ ὄχι εἰς τὰς μικρὰς ἐπιφανείας τῶν ὑγρῶν διαφόρων δοχείων. Αὐτὰς τὰς θεωροῦμεν ἐπιπέδους καὶ ὁριζοντίους, κατὰ μεγίστην βέβαια προσέγγισιν. Δι' αὐτὸ λέγομεν ὅτι ἡ ἐπιφάνεια ἠρεμοῦντος ὕδατος (ἢ ὑγροῦ) εἶναι ὁριζόντιος καὶ πρὸς αὐτὴν συγκρίνομεν ἄλλας ἐπιφανείας (σχ. 59).



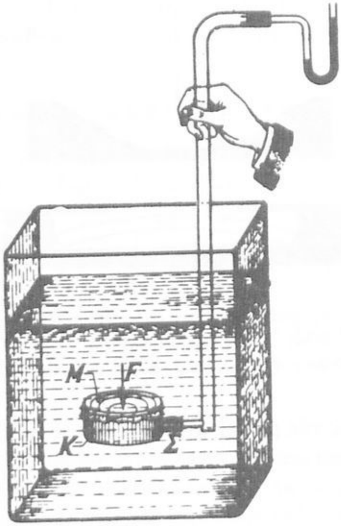
Σχ. 59. α=τὸ νῆμα τῆς στάθμης εἶναι κατακόρυφον εἰς τὴν ἐπιφάνειαν ἠρεμοῦντος ὕδατος, ἡ ὁποία εἶναι ὁριζόντιος. β=ἀεροστάθμη. Ὅταν ἡ φυσαλλὶς εἶναι εἰς τὸ μέσον τοῦ σωλῆνος ἡ ἐπιφάνεια στηρίξεως τοῦ ὀργάνου εἶναι ὁριζόντιος.

56. Πιέσεις ἐντὸς τῆς μάζης ὑγροῦ (ὑδροστατικὴ πίεσις). Ἐκ τοῦ βάρους ἑνὸς ὑγροῦ πιέζεται καὶ ὁ πυθμὴν τοῦ δοχείου, ὅπου τοῦτο εὑρίσκεται καὶ

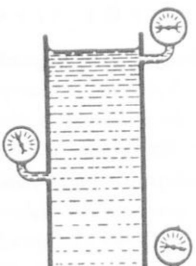


Σχ. 60. Ὑδροστατικὴ πίεσις. α=τὰ ἀνώτερα στρώματα τοῦ ὑγροῦ πιέζουν τὰ κατώτερα. β=εἰς ἑκάστην βάσιν τοῦ νοητοῦ ὑγροῦ πρίσματος ἡ ὑδροστατικὴ πίεσις ἰσοῦται μὲ τὸ βάρος τοῦ ὑπὲρ τὴν βάσιν ὑγροῦ.

τὰ τειχώματα τοῦ δοχείου. Ἀλλὰ καὶ ἐντὸς τῆς μάζης τοῦ ὑγροῦ ἐξασκεῖται πίεσις, εἰς τυχὸν μέρος αὐτῆς, ἐκ τοῦ ὑπερκειμένου ὑγροῦ (σχ. 60). Ἡ ἐκ τοῦ βάρους ὑγροῦ πίεσις καλεῖται ὑδροστατικὴ πίεσις.



Σχ. 61. Ἡ ὑδροστατικὴ πίεσις εἰς μεγαλύτερον βάθος εἶναι μεγαλυτέρα, ἐν ᾧ εἰς μικρότερον εἶναι μικροτέρα.



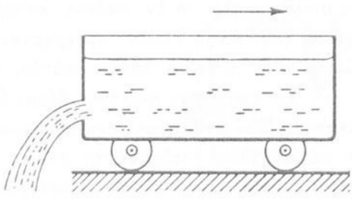
Σχ. 62. Τὰ ὄργανα δεικνύουν ὅτι εἰς μεγαλύτερον βάθος ἡ ὑδροστατικὴ πίεσις εἶναι μεγαλυτέρα, ἐν ᾧ εἰς μικρότερον εἶναι μικροτέρα.

Πείραμα. Κυλινδρικὴ κάψα τῆς ὁποίας ἡ μία βάσις ἀποτελεῖται ἀπὸ ἐλαστικὴν μεμβράνην συνδέεται διὰ σωληνίσκου μὲ κατακόρυφον σωλῆνα, ὁ ὁποῖος καταλήγει εἰς ἄλλον σωλῆνα σχήματος ὑοειδοῦς. Ἐντὸς τοῦ ὑοειδοῦς σωλῆνος θέτομεν ὕδωρ, ὁπότε παρατηροῦμεν ὅτι τοῦτο καὶ εἰς τὰ δύο σκέλη εὑρίσκεται εἰς τὸ αὐτὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον. Τὴν συσκευὴν ταύτην ἐμβαπτίζομεν κατόπιν ἐντὸς δοχείου, τὸ ὁποῖον περιέχει ὕδωρ καὶ παρατηροῦμεν ὅτι τὸ ὕδωρ τοῦ ὑοειδοῦς σωλῆνος εἰς τὸ ἓν σκέλος κατέρχεται καὶ εἰς τὸ πρὸς τὰ ἔξω σκέλος ἀνέρχεται (σχ. 61). Τοῦτο προέρχεται ἐκ τοῦ γεγονότος ὅτι τὸ ὑπὲρ τὴν κάψαν ὕδωρ τοῦ δοχείου πιέζει αὐτήν, ἡ ὁποία συμπιέζει τὸν ἐντὸς τῆς κάψης καὶ τοῦ κατακορύφου σωλῆνος ἀέρα, ὅστις ἀσκεῖ πίεσιν εἰς τὸ ὕδωρ τοῦ ὑοειδοῦς σωλῆνος. Ἐὰν βυθίσωμεν περισσότερον τὴν συσκευὴν εἰς τὸ δοχεῖον, τὸ ὑπὲρ τὴν κάψαν ὕδωρ πιέζει αὐτὴν ἀκόμη περισσότερον, ὡς βλέπομεν ἐκ τοῦ ὑοειδοῦς σωλῆνος, ὅπου εἰς τὸ ἀριστερὸν σκέλος κατέρχεται ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ ὕδατος, ἐν ᾧ εἰς τὸ δεξιὸν ἀνέρχεται ἀκόμη περισσότερον. Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου συμπεραίνομεν ὅτι εἰς οἱονδήποτε σημεῖον, ἐντὸς τῆς μάζης ὑγροῦ τινος, ἡ ὑδροστατικὴ πίεσις ἐξαρτᾶται μόνον ἐκ τοῦ βάθους, εἰς τὸ ὁποῖον εὑρίσκεται τὸ θεωρούμενον σημεῖον καὶ εἶναι τόσον μεγαλυτέρα, ὅσον μεγαλύτερον εἶναι τὸ βάθος. Εἰς τὴν συσκευὴν τοῦ σχήματος (62) βλέπομεν ὅτι τὸ πρὸς τὸν πυθμένα τοῦ δοχείου ὄργανον (μανόμετρον) δεικνύει τὴν μεγαλυτέραν ὑδροστατικὴν πίεσιν, τὸ πρὸς τὸ μέσον τοῦ δοχείου δεικνύει μικροτέραν καὶ τὸ πλησίον τῆς ἐπιφανείας ὄργανον δεικνύει ἀκόμη μικροτέραν πίεσιν.

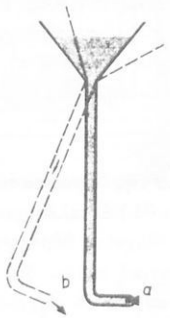
57. Θεμελιῶδες θεώρημα τῆς ὑδροστατικῆς. Ἐὰν μὲ τὴν συσκευὴν τοῦ προηγουμένου πειράματος (σχ. 61) ἐκτελέσωμεν δύο ἀκόμη πειράματα θέτοντες τὴν πρώτην φορὰν εἰς τὸ δοχεῖον ὑδράργυρον καὶ τὴν ἄλλην ἔλαιον, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ἡ ὑδροστατικὴ πίεσις διὰ τὰ αὐτὰ βάθη εἶναι διάφορος. Καὶ μεγαλυτέρα μὲν εἶναι, ὅταν εἰς τὸ δοχεῖον ἔχωμεν ὑδράργυρον, πολὺ δὲ μικροτέρα, ὅταν ἔχωμεν εἰς αὐτὸ ἔλαιον. Ἐκ τῶν πειραμάτων τούτων συνάγεται τὸ θεμελιῶδες θεώρημα τῆς ὑδροστατικῆς, κατὰ τὸ ὁποῖον ἡ ὑδροστατικὴ πίεσις ἐξαρτᾶται μὲν ἐκ τοῦ βάθους τοῦ θεωρουμένου σημείου, ἀλλὰ ἐξαρτᾶται ἀκόμη καὶ ἀπὸ τὸ ὑγρόν, ἂν εἶναι βαρύτερον ἢ ἐλαφρότερον. Καὶ διὰ τὸ αὐτὸ βάθος εἶναι μεγαλυτέρα, ὅταν τὸ ἓν ὑγρὸν εἶναι βαρύτερον τοῦ ἄλλου.

Δρᾶσις καὶ ἀντίδρασις ἐκ τῆς ὑδροστατικῆς πιέσεως

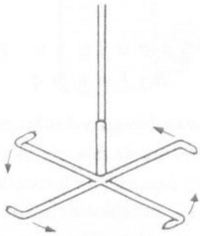
Εἰς τὸ σχῆμα (63), μὲ ὅσην δύναμιν ἐκρέει τὸ ὕδωρ πρὸς τὰ ἀριστερὰ (ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ βάρους του), μὲ ἄλλην τόσην κινεῖται τὸ ὄχημα πρὸς τὰ δεξιά. Εἰς τὸ σχῆμα (64), μόλις ἀφαιρεθῇ τὸ πῶμα εἰς τὸ (α) ἐκρέει τὸ ὕδωρ μὲ δύναμιν, ἐν ᾧ μὲ ἄλλην τόσην δύναμιν ὠθεῖται ὁ ἐκ καουτσοὺκ σωλὴν πρὸς ἀντίθετον τῆς ἐκροῆς διεύθυνσιν (β). Εἰς τὸ σχῆμα (65) δημιουργεῖται ἀντίδρασις εἰς ἕκαστον ἐκ τῶν 4 σωλήνων ἴση καὶ ἀντιθέτου φορᾶς πρὸς τὴν δύναμιν ἐκροῆς τοῦ ὕδατος. Ἀποτέλεσμα εἶναι νὰ προκληθῇ κίνησις περιστροφικὴ (ὑδραυλικὸς στρόβιλος).



Σχ. 63. Τὸ ὄχημα κινεῖται πρὸς τὰ δεξιὰ μὲ δύναμιν ἴσην πρὸς τὴν δύναμιν ἐκροῆς τοῦ ὕδατος.



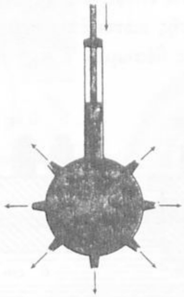
Σχ. 64. Κατὰ τὴν πρὸς τὰ δεξιὰ ἐκροὴν τοῦ ὕδατος, ὁ σωλὴν ἐκ καουτσοὺκ κινεῖται πρὸς τὰ ἀριστερά, μὲ δύναμιν ἴσην πρὸς τὴν δύναμιν ἐκροῆς τοῦ ὕδατος.



Σχ. 65. Ὑδραυλικὸς στρόβιλος.

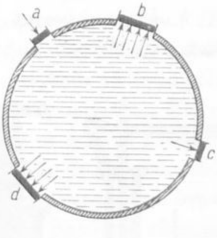
Καὶ εἰς τὰ τρία προηγούμενα φαινόμενα, ἡ ἐκροὴ τοῦ ὕδατος ὀφείλεται εἰς τὴν ὑδροστατικὴν πίεσιν, ἡ ὁποία μεταδίδεται ὄχι μόνον εἰς τὸν πυθμένα ἀλλὰ καὶ εἰς τὰ πλευρικὰ τειχώματα τῶν δοχείων.

58. Ἀρχὴ τοῦ Πασκὰλ (Pascal). *Πείραμα 1ον.* Ὑάλινον δοχεῖον σφαιρικόν, ἔχον εἰς τὴν σφαιρικήν του ἐπιφάνειαν ἀρκετὰς ὀπὰς καὶ ἔμβολον εἰς τὸν λαιμόν του, τοποθετεῖται ἐντὸς δοχείου ὕδατος, μέχρις ὅτου πληρωθῇ καὶ αὐτὸ



Σχ. 66. Ἡ διὰ τοῦ ἐμβόλου ἐπιφερομένη πίεσις μεταδίδεται πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις καθέτως καὶ μὲ τὴν αὐτὴν ἔντασιν.

ὕδατος. Τὸ ἐξάγομεν κατόπιν καὶ πιέζομεν συγχρόνως τὸ ἔμβολον πρὸς τὰ κάτω (σχ. 66). Θὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι τὸ ἐκ τοῦ δοχείου ὕδωρ ἐξέρχεται διὰ τῶν ὀπῶν πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις καὶ μὲ τὴν αὐτὴν δύναμιν (ἔντασιν), ἡ ὁποία



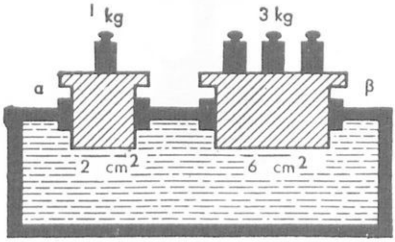
Σχ. 67. Ἡ πίεσις ἐκ τοῦ α μεταδίδεται 4 φορὰς εἰς τὸ β, 1 εἰς τὸ c καὶ 4 εἰς τὸ d.

εἶναι κάθετος εἰς τὴν ἐπιφάνειαν ἑκάστης ὀπῆς. Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου συνάγομεν τὸ συμπέρασμα, ὅτι πίεσις ἐπιφερομένη εἰς ἐπιφάνειάν τινα ἑνὸς ὑγροῦ μεταδίδεται εἰς ὅλον τὸ ὑγρὸν καὶ ἐξασκεῖται δι' αὐτοῦ εἰς τὰ τειχώματα τοῦ δοχείου μὲ τὴν αὐτὴν ἔντασιν καὶ καθέτως πρὸς αὐτά. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται ἀρχὴ τοῦ Πασκὰλ (Pascal).

Εἰς τὸ σχῆμα (67) ἡ εἰς τὴν ἐπιφάνειαν, a, ἐπιφερομένη πίεσις μεταδίδεται 4 φορὰς εἰς τὴν ἐπιφάνειαν b, 1 φορὰν εἰς τὴν c καὶ 4 φορὰς εἰς τὴν d ἤτοι ἐξασκεῖται ἐν ὅλῳ 9 φοράς.

Ἐφαρμογαὶ

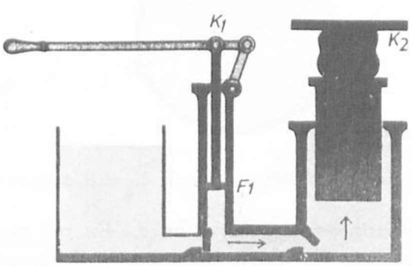
Εἰς τὸ σχῆμα (68) ἡ κάτω ἐπιφάνεια τῆς τομῆς τοῦ μικροτέρου ἐμβολέως εἶναι τρεῖς φορὰς μικροτέρα τῆς κάτω ἐπιφανείας τοῦ μεγαλυτέρου ἐμβολέως. Ἐὰν ἐπὶ τοῦ μικροῦ ἐμβολέως θέσωμεν 1 kg* παρατηροῦμεν διὰ δοκιμῶν ὅτι



Σχ. 68. Τὰ ἔμβολα ἰσορροποῦν, ὅταν 1kg : 3kg = 2cm² : 6cm².

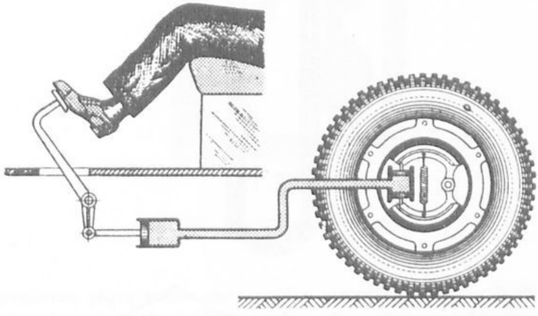
διὰ νὰ εὑρίσκωνται αἱ κάτω ἐπιφάνειαι τῶν ἐμβολέων εἰς τὸ αὐτὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον πρέπει νὰ θέσωμεν ἐπὶ τοῦ μεγάλου ἐμβολέως βάρος 3 φορὰς μεγαλύτερον, ἤτοι 3 kg*.

Ὑδραυλικὸν πιεστήριον. Εἰς τὴν ἀρχὴν τοῦ Πασκὰλ στηρίζεται καὶ ἡ λειτουργία τῆς συσκευῆς, ἡ ὁποία λέγεται ὑδραυλικὸν πιεστήριον (σχ. 69). Ἐὰν ἡ κάτω ἐπιφάνεια τοῦ μικροῦ ἐμβολέως F_1 εἶναι π.χ. 10 cm²



Σχ. 69. Ὑδραυλικὸν πιεστήριον.

καὶ ἡ κάτω ἐπιφάνεια τοῦ μεγάλου ἐμβολέως F_2 εἶναι 3000 cm^2, ἡ εἰς τὸ μεγάλο ἔμβολον μεταδιδομένη πίεσις ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω διὰ τοῦ ὕδατος θὰ εἶναι 300 φορὰς μεγαλυτέρα τῆς πιέσεως, τῆς μεταδιδομένης ἐκ τῶν ἄνω πρὸς τὰ κάτω διὰ τοῦ μικροῦ ἐμβόλου. Τὸ πρὸς συμπίεσιν σῶμα k_2 τὸ θέτομεν μεταξὺ μιᾶς πολὺ στερεᾶς πλακὸς καὶ τοῦ μεγάλου ἐμβολέως. Τὸ ὑδραυλικὸν πιεστήριον εἶναι συσκευή, διὰ τῆς ὁποίας δυνάμεθα νὰ ἐπιφέρωμεν μεγάλας πιέσεις. Δι' αὐτοῦ δοκιμάζομεν τὴν ἀντοχὴν τῆς κάνης τῶν τηλεβό-

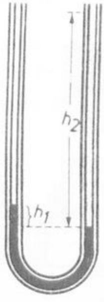


Σχ. 70. Ὑδραυλικὴ τροχοπέδη αὐτοκινήτου.

λων, τῶν τειχωμάτων τῶν ἀτμολεβήτων, τῶν ἁλύσεων τῶν γερανῶν, διὰ τῶν ὁποίων σηκώνομεν μεγάλα βάρη, ἐξάγομεν τὸ ἔλαιον τῶν ἐλαιῶν εἰς τὰ ἐλαιουργεῖα, ἐξάγομεν τὸ ἔλαιον ἐκ τοῦ βαμβακοσπόρου, συμπιέζομεν τὸν βάμβακα καὶ νήματα αὐτοῦ εἰς δέματα κλπ. Ἡ ὑδραυλικὴ τροχοπέδη τῶν αὐτοκινήτων (ὑδραυλικὸν φρένον) στηρίζεται ἐπίσης εἰς τὴν ἀρχὴν τοῦ Πασκὰλ (σχ. 70).

59. Ἰσορροπία ὑγρῶν μὴ μιγνυομένων.* *Πείραμα 1ον.* Εἰς ἕνα δοκιμαστικὸν ὑάλινον σωλῆνα ρίπτομεν ἔλαιον, ὕδωρ καὶ ὑδράργυρον καὶ ἀναταράσσομεν τὸν σωλῆνα, ὥστε νὰ ἀναμειχθοῦν τὰ ὑγρά. Παρατηροῦμεν μετὰ πάροδον ἐλαχίστου χρόνου ὅτι τὰ ὑγρὰ διαχωρίζονται. Εἰς τὸ κάτω μέρος τοῦ σωλῆνος εὑρίσκονται τὰ βαρύτερα καὶ εἰς τὸ ἄνω τὰ ἐλαφρότερα. Τὰ ὑγρὰ αὐτὰ ὀνομάζονται μὴ ἀναμιγνυόμενα. Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου συνάγομεν τὸ συμπέρασμα ὅτι, ἐὰν εἰς δοχεῖόν τι ἀναταράξωμεν ὑγρὰ μὴ ἀναμιγνυόμενα, ταῦτα εὑρίσκονται ἐν ἰσορροπίᾳ, ἀφοῦ τὰ βαρύτερα εἶναι πρὸς τὸ μέρος τοῦ πυθμένος, ἐν ᾧ τὰ ἐλαφρότερα εἶναι πρὸς τὸ μέρος τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ μείγματος. Ὅσον ἐλαφρότερον εἶναι τὸ ὑγρόν, ἴσου ὄγκου ἄλλου ὑγροῦ, τόσον πλησιέστερον εὑρίσκεται πρὸς τὴν ἐλευθέραν ἐπιφάνειαν τοῦ μείγματος.

Πείραμα 2ον. Εἰς ὑάλινον σωλῆνα ὑοειδῆ (σχήματος τοῦ γράμματος ὕψιλον) ἀνοικτὸν κατὰ τὰ δύο ἄκρα ρίπτομεν ὑδράργυρον (σχ. 71) καὶ κατόπιν τὸ ἓν σκέλος τοῦ σωλῆνος (ἔστω τὸ δεξιὸν) τὸ πληροῦμεν μὲ ὕδωρ. Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ ὕδωρ πιέζει τὸν ὑδράργυρον, ἐφ' ὅσον δὲν ἀναμιγνύεται μὲ αὐτόν, ὁ ὁποῖος εἰς τὸ ἄλλο σκέλος τοῦ σωλῆνος ἀνέρχεται κατά τι. Μετροῦμεν κατόπιν τὸ ὕψος τῆς ὑδατίνης στήλης h_2, ἡ ὁποία ἰσορροπεῖ ὕψος h_1 ὑδραργυρικῆς στήλης, καὶ ἐκ τῆς συγκρίσεως τῶν δύο αὐτῶν ὑψῶν h_1 καὶ h_2 βλέπομεν ὅτι τὸ ὕψος h_2 εἶναι



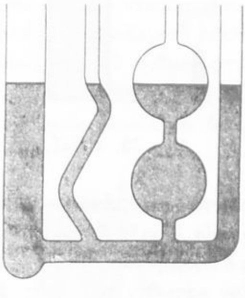
Σχ. 71. Τὸ ὕψος h_2 τῆς ὑδατίνης στήλης εἶναι τόσας φορὰς μεγαλύτερον τοῦ ὕψους h_1 τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης, ὅσας φορὰς ὁ ὑδράργυρος εἶναι βαρύτερος ἴσου ὄγκου ὕδατος (13,6).

13,6 φορὰς μεγαλύτερον τοῦ ὕψους h_1. Ὅσας δηλ. φορὰς τὸ ὕδωρ εἶναι ἐλαφρότερον ἴσου ὄγκου ὑδραργύρου (εἶναι 13,6 φορὰς ἐλαφρότερον) τόσας φορὰς μεγαλύτερον εἶναι τὸ ὕψος τῆς ὑδατίνης στήλης, ἡ ὁποία ἰσορροπεῖ τὴν ὑδραργυρικὴν στήλην. Εἶναι φανερὸν ὅτι ἐκ τῆς συγκρίσεως τῶν ὑψῶν h_1 καὶ h_2 εἶναι δυνατὸν νὰ εὕρωμεν πόσας φορὰς τὸ ἓν ὑγρὸν εἶναι βαρύτερον τοῦ ἄλλου, ἂν δὲν τὸ γνωρίζωμεν δι' ἄλλης μεθόδου.

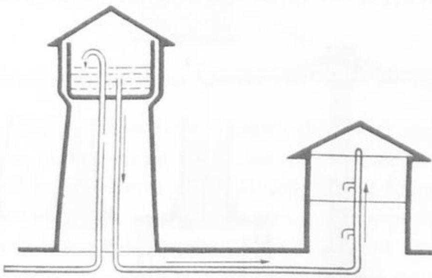
60. Συγκοινωνοῦντα δοχεῖα.* *Πείραμα.* Λαμβάνομεν ὑαλίνην συσκευὴν ἀποτελουμένην ἀπὸ σωλῆνας διαφόρου σχήματος, οἱ ὁποῖοι συγκοινωνοῦν μεταξύ των εἰς τὸ κάτω μέρος αὐτῶν (σχ. 72). Ρίπτομεν ἀρκετὸν ὕδωρ εἰς τὸν ἕνα σωλῆνα καὶ παρατηροῦμεν ὅτι τοῦτο εἰς ὅλους τοὺς σωλῆνας εὑρίσκεται εἰς τὸ αὐτὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον. Τὸ φαινόμενον αὐτὸ ἰσχύει φυσικὰ δι' ὅλα τὰ ὑγρὰ καὶ ὄχι μόνον διὰ τὸ ὕδωρ καὶ λέγεται ἀρχὴ τῶν συγκοινωνούντων δοχείων.

Ἐφαρμογαί

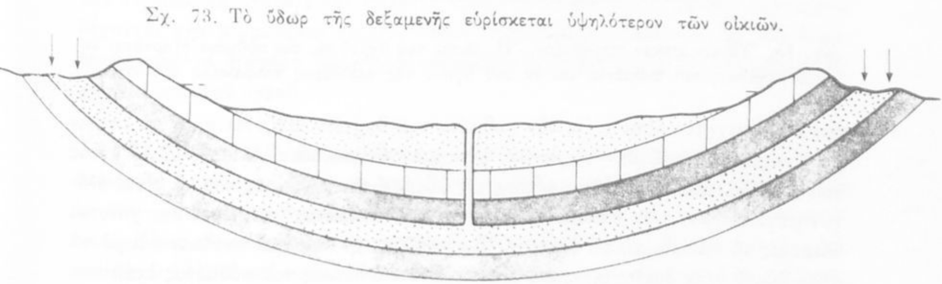
Αἱ δεξαμεναὶ τοῦ ὕδατος τῶν πόλεων εὑρίσκονται πάντοτε ὑψηλότερον τῶν οἰκιῶν, εἰς τὰς ὁποίας ἀποστέλλεται τὸ ὕδωρ (σχ. 73). Εἰς τὰς δεξαμενὰς τὸ ὕδωρ μεταφέρεται εἴτε διὰ τοῦ βάρους του (προερχόμενον ἐκ μεγαλυτέρου ὕψους), εἴτε διὰ συμπιέσεως ὑπὸ καταλλήλου μηχανῆς. Τὰ ἀρτεσιανὰ φρέατα



Σχ. 72. Συγκοινωνοῦντα δοχεῖα.



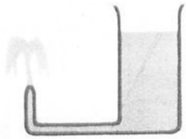
Σχ. 73. Τὸ ὕδωρ τῆς δεξαμενῆς εὑρίσκεται ὑψηλότερον τῶν οἰκιῶν.



Σχ. 74. Ἀρτεσιανὸν φρέαρ.

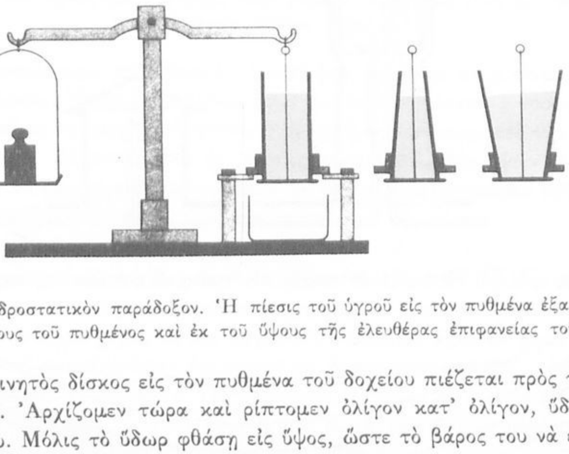
παρέχουν ὕδωρ ἐπὶ τῇ βάσει τῆς ἀρχῆς τῶν συγκοινωνούντων δοχείων (σχ. 74).

Ὁ πίδαξ λειτουργεῖ ἐπὶ τῇ βάσει τῆς ἀρχῆς τῶν συγκοινωνούντων δοχείων (σχ. 75).



Σχ. 75. Πίδαξ.

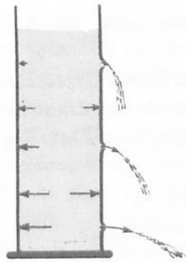
61. Πιέσεις ὑγρῶν ἐπὶ τοῦ πυθμένος καὶ τῶν τειχωμάτων δοχείου. *Πείραμα 1ον.* Λαμβάνομεν τρία δοχεῖα διαφόρου σχήματος, ἀνοικτὰ κατὰ τὰ δύο ἄκρα, τῶν ὁποίων ὅμως ὁ πυθμὴν νὰ ἔχῃ τὸ αὐτὸ μέγεθος, καὶ ζυγὸν (σχ. 76). Τοποθετοῦμεν τὸ ἓν δοχεῖον κάτωθεν τοῦ ἑνὸς ἄκρου τοῦ ζυγοῦ, ἐν ᾧ ὁ πυθμὴν τοῦ δοχείου κλείεται ὑδατοστεγῶς διὰ κινητοῦ δίσκου, ὁ ὁποῖος ἐξαρτᾶται διὰ λεπτοῦ σύρματος ἐκ τοῦ ἄκρου τῆς φάλαγγος τοῦ ζυγοῦ. Εἰς τὸ ἄλλο ἄκρον τῆς φάλαγγος τοῦ ζυγοῦ ἐξαρτῶμεν δίσκον μὲ σταθμά. Εἶναι φανε-



Σχ. 76. Ὑδροστατικὸν παράδοξον. Ἡ πίεσις τοῦ ὑγροῦ εἰς τὸν πυθμένα ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ μεγέθους τοῦ πυθμένος καὶ ἐκ τοῦ ὕψους τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ.

ρὸν ὅτι ὁ κινητὸς δίσκος εἰς τὸν πυθμένα τοῦ δοχείου πιέζεται πρὸς τὰ ἐπάνω μὲ δύναμιν. Ἀρχίζομεν τώρα καὶ ρίπτομεν ὀλίγον κατ' ὀλίγον, ὕδωρ ἐντὸς τοῦ δοχείου. Μόλις τὸ ὕδωρ φθάσῃ εἰς ὕψος, ὥστε τὸ βάρος του νὰ εἶναι ὀλίγον μεγαλύτερον τῶν σταθμῶν, ὁ δίσκος τοῦ πυθμένος ὑποχωρεῖ καὶ χύνεται ὕδωρ εἰς τὸ κάτωθι αὐτοῦ δοχεῖον. Ἐκτελοῦμεν τὸ πείραμα κατόπιν καὶ μὲ τὰ ἄλλα δύο δοχεῖα διαδοχικῶς καὶ βλέπομεν ὅτι ὁ δίσκος τοῦ πυθμένος ἑκάστοτε ὑποχωρεῖ καὶ χύνεται τὸ ὕδωρ, ὅταν τὸ ἐντὸς τῶν δοχείων ὕψος τοῦ ὕδατος εἶναι τὸ αὐτὸ καὶ εἰς τὰ τρία δοχεῖα. Ἐν ᾧ λοιπὸν τὸ βάρος τοῦ ὕδατος ἑκάστου δοχείου εἶναι διάφορον, ἡ εἰς τὸν πυθμένα ἀσκουμένη πίεσις εἶναι ἡ αὐτή. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται ὑδροστατικὸν παράδοξον. Ἐκ τῶν προηγουμένων πειραμάτων συνάγομεν τὸ συμπέρασμα ὅτι ἡ πίεσις, ἡ ὁποία ἀσκεῖται εἰς τὸν πυθμένα ἑνὸς δοχείου ὑπό τινος ὑγροῦ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ μέγεθος τοῦ πυθμένος καὶ ἀπὸ τὸ ὕψος τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ ἀπὸ τοῦ πυθμένος καὶ ὄχι ἀπὸ τὸ ποσὸν τοῦ ὑπὸ τοῦ δοχείου περιεχομένου ὑγροῦ.

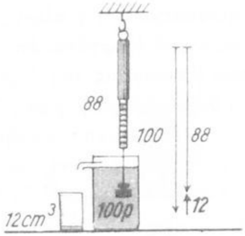
Πείραμα 2ον. Εἰς τὰ πλάγια κυλινδρικοῦ σωλῆνος ἔχομεν ἀνοίξει τρεῖς ὀπάς, εἰς διαφόρους ἀποστάσεις ἀπὸ τοῦ πυθμένος τὰς ὁποίας κλείομεν διὰ πώματος καὶ πληροῦμεν τὸν σωλῆνα δι' ὕδατος (σχ. 77). Ἀφαιροῦμεν συγχρόνως κατόπιν τὰ πώματα καὶ παρατηροῦμεν ὅτι τὸ ὕδωρ ἐκρέει ἐκ τοῦ δοχείου μὲ



Σχ. 77. Ἡ ὑδροστατικὴ πίεσις ἐπιφέρεται καὶ ἐπὶ τῶν πλευρικῶν τειχωμάτων τοῦ δοχείου.

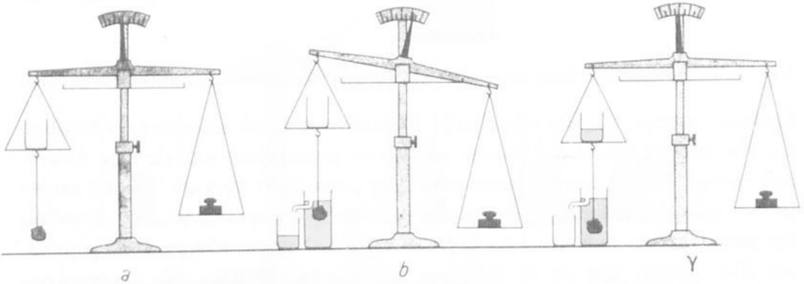
διάφορον τρόπον. Εἰς τὴν κάτω ὀπὴν ἡ ἐκροὴ γίνεται μὲ μεγαλυτέραν δύναμιν, εἰς τὴν ἀμέσως ἀνωτέραν γίνεται μὲ ὀλίγον μικροτέραν, καὶ εἰς τὴν ἀνωτέραν ταύτης ὀπὴν ἡ ἐκροὴ γίνεται μὲ ἀκόμη μικροτέραν δύναμιν Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου συνάγομεν τὸ συμπέρασμα ὅτι ἡ ὑδροστατικὴ πίεσις ἀσκεῖται ὄχι μόνον εἰς τὸν πυθμένα ἑνὸς δοχείου, ἀλλὰ καὶ εἰς τὰ πλευρικὰ τειχώματα, καὶ εἶναι μεγαλυτέρα εἰς τὰ βαθύτερα τειχώματα. Τὰ μέρη τῶν τειχωμάτων τοῦ δοχείου, τὰ ὁποῖα εἶναι πλησίον πρὸς τὴν ἐλευθέραν ἐπιφάνειαν τοῦ ὑγροῦ, δέχονται τὴν μικροτέραν πίεσιν. Ὅσον περισσότερον ἀπέχουν τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τὰ διάφορα μέρη τοῦ τειχώματος, τόσον μεγαλυτέραν πίεσιν δέχονται ὑπὸ τοῦ ὑγροῦ.

62. Ἀρχὴ τοῦ Ἀρχιμήδους εἰς τὰ ὑγρά. *Πείραμα 1ον.* Διὰ τοῦ δυναμομέτρου ζυγίζομεν σῶμα τι καὶ ἔστω τὸ βάρος του 100 gr*. Ἐμβαπτίζομεν κατόπιν τὸ σῶμα εἰς δοχεῖον πλῆρες ὕδατος (σχ. 78) καὶ συλλέγομεν τὸ χυνόμενον ὕδωρ εἰς κύλινδρον ὀγκομετρικόν, ὅπου ὁ ὄγκος τοῦ ὑγροῦ καταλαμβάνει, ἔστω 12 cm^3 καὶ ἑπομένως τὸ ὑγρὸν τοῦτο ἔχει βάρος 12 γραμμάρια. Παρατηροῦμεν τώρα εἰς τὸ δυναμόμετρον καὶ βλέπομεν ὅτι τοῦτο δεικνύει βάρος τοῦ σώματος 88 gr*, δηλ. μικρότερον τοῦ εἰς τὸν ἀέρα βάρους τοῦ σώματος κατὰ 12 γραμμάρια.



Σχ. 78. Πειραματικὴ ἀπόδειξις τῆς ἀρχῆς τοῦ Ἀρχιμήδους διὰ τοῦ δυναμομέτρου.

Πείραμα 2ον. Εἰς τὸν ἕνα δίσκον ζυγοῦ ἐξαρτῶμεν διὰ νήματος σῶμα τι μὴ διαλυόμενον εἰς τὸ ὕδωρ καὶ εἰς τὸν ἄλλον θέτομεν σταθμά, καὶ κενὸν δοχεῖον, ὥστε ὁ ζυγὸς νὰ ἰσορροπήσῃ (σχ. 79α). Εἰς τὸ σχῆμα (79β) ἀφίνομεν νὰ



Σχ. 79. Πειραματικὴ ἀπόδειξις τῆς ἀρχῆς τοῦ Ἀρχιμήδους διὰ τοῦ ζυγοῦ.

βυθισθῇ τὸ σῶμα εἰς δοχεῖον πλῆρες ὕδατος. Παρατηροῦμεν ὅτι ἐκ τοῦ δοχείου χύνεται ὕδωρ εἰς τὸ μικρότερον δοχεῖον, τόσον, ὅσος εἶναι ὁ ὄγκος τοῦ σώματος καὶ ὁ ζυγὸς κλίνει πρὸς τὸ μέρος τῶν σταθμῶν. Εἰς τὸ σχῆμα (79γ) τοποθετοῦμεν εἰς τὸν ἀριστερὸν δίσκον τοῦ ζυγοῦ τὸ μικρὸν δοχεῖον τὸ περιέχον τὸ χυθὲν προηγουμένως ὕδωρ καὶ παρατηροῦμεν ὅτι ὁ ζυγὸς ἰσορροπεῖ. Ἐκ τῶν πειραμάτων αὐτῶν ὁ Ἀρχιμήδης συνήγαγε τὸ ἑξῆς συμπέρασμα: Πᾶν σῶμα εὑρισκόμενον ἐντὸς ὑγροῦ τινος ὑφίσταται ἄνωσιν ἴσην πρὸς τὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ, τὸ ὁποῖον ἐκτοπίζει. Τὸ συμπέρασμα τοῦτο ἀποτελεῖ τὴν ἀρχήν, ἢ τὸν νόμον, τοῦ Ἀρχιμήδους διὰ τὰ ὑγρά. Κατ' ἄλλην διατύπωσιν ἡ ἀρχὴ τοῦ Ἀρχιμήδους ἔχει ὡς ἑξῆς: πᾶν σῶμα ἐμβαπτιζόμενον ἐντὸς ὑγροῦ χάνει τόσον ἐκ τοῦ βάρους του, ὅσον εἶναι τὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ τὸ ὁποῖον ἐκτοπίζει. Ὁ Ἀρχιμήδης ἔκαμε καὶ ἄλλα σχετικὰ πειράματα καὶ εὑρῆκε ὅτι: Ἐὰν τὸ βυθιζόμενον ἐντὸς ὑγροῦ σῶμα εἶναι βαρύτερον ἴσου ὄγκου ὑγροῦ, τὸ σῶμα βυθίζεται ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ. Ἐὰν τὸ σῶμα εἶναι ἐλαφρότερον ἴσου ὄγκου ὑγροῦ, τότε βυθιζόμενον εἰς αὐτὸ ἐπιπλέει. Εἰς τὰ πλοῖα τὸ βάρος ὁλοκλήρου τοῦ πλοίου ἰσορροπεῖται ἀπὸ τὴν ἄνωσιν, τὴν ὁποίαν ἀσκεῖ τὸ ἐκτοπιζόμενον ὑπὸ τοῦ πλοίου ὕδωρ.

Ἀριθμητικὰ παραδείγματα

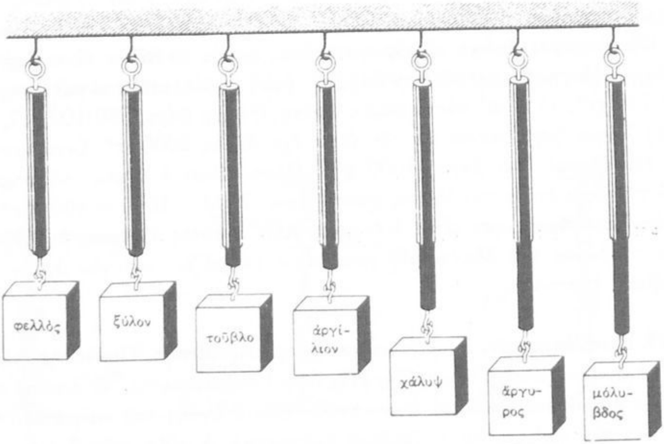
α) Σῶμα ζυγιζόμενον εἰς τὸν ἀέρα ἔχει βάρος 780 gr* ὁ δὲ ὄγκος του εἶναι 100 cm^3. Πόσον θὰ εἶναι τὸ βάρος τοῦ σώματος, ὅταν τοῦτο βυθισθῇ ἐντὸς ὕδατος; Συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τοῦ Ἀρχιμήδους τὸ σῶμα ἐντὸς τοῦ ὕδατος θὰ ὑποστῇ ἄνωσιν ἴσην πρὸς 100 gr* ἤτοι ὅσον εἶναι τὸ βάρος ὕδατος 100 cm^3. Ἑπομένως τὸ βάρος αὐτοῦ ἐντὸς τοῦ ὕδατος θὰ εἶναι $780 - 100 = 680$ gr*. Ἐὰν θέλωμεν ἀκόμη νὰ εὕρωμεν πόσας φορὰς τὸ σῶμα εἶναι βαρύτερον ἴσου ὄγκου ὕδατος θὰ σκεφθῶμεν ὡς ἑξῆς: ἀφοῦ τὰ 100 cm^3 τοῦ σώματος ἔχουν βάρος 780 gr*, τὸ 1 cm^3 πόσον βάρος θὰ ἔχῃ; Θὰ ἔχῃ βάρος $780/100 = 7{,}8$ gr*.

β) Σῶμα ζυγιζόμενον εἰς τὸν ἀέρα ἔχει βάρος 2000 gr*, ζυγιζόμενον δὲ ἐντὸς τοῦ ὕδατος ἔχει βάρος 1600 gr*. Πόσος εἶναι ὁ ὄγκος τοῦ σώματος; Ἀφοῦ τὸ σῶμα ἐντὸς τοῦ ὕδατος χάνει βάρος $2000 - 1600 = 400$ gr* εἶναι φανερὸν ὅτι ὁ ὄγκος του εἶναι 400 cm^3, διότι ὁ αὐτὸς ἀριθμός, ὁ ὁποῖος ἐκφράζει τὸ βάρος τοῦ ὕδατος εἰς γραμμάρια ἐκφράζει καὶ τὸν ὄγκον αὐτοῦ εἰς κυβικὰ ἑκατοστά.

63. Πυκνότης τῶν σωμάτων καὶ μέτρησις αὐτῆς. Πυκνότης ἑνὸς σώματος λέγεται τὸ ποσὸν τῆς μάζης (τῆς ὕλης) τοῦ σώματος, τὸ ὁποῖον περιέχεται εἰς ὄγκον ἑνὸς κυβικοῦ ἑκατοστοῦ. Ἐὰν ὁ ὄγκος τοῦ σώματος παρασταθῇ διὰ τοῦ γράμματος V (κυβικὰ ἑκατοστά), ἡ μᾶζα αὐτοῦ παρασταθῇ διὰ τοῦ γράμματος m (γραμμάρια) καὶ ἡ πυκνότης τοῦ σώματος παρασταθῇ διὰ τοῦ ρ, τότε τὸ ποσὸν τῆς μάζης τοῦ σώματος, τὸ ὁποῖον περιέχεται εἰς ὄγκον ἑνὸς κυβικοῦ ἑκατοστοῦ, θὰ εὑρεθῇ διὰ διαιρέσεως τῆς μάζης διὰ τοῦ ὄγκου. Θὰ εἶναι δηλαδὴ $\rho = m/V$ (γραμμάρια μάζης κατὰ κυβικὸν ἑκατοστόν, gr/cm^3, ἤτοι $\text{πυκνότης} = \dfrac{\text{μᾶζα σώματος}}{\text{ὄγκος σώματος}}$).

64. Εἰδικὸν βάρος τῶν σωμάτων. Εἰδικὸν βάρος ἑνὸς σώματος λέγεται τὸ βάρος, τὸ ὁποῖον ἔχει τὸ σῶμα, ὅταν κατέχῃ ὄγκον ἑνὸς κυβικοῦ ἑκατοστοῦ. Ἐὰν ἑπομένως τὸ βάρος τοῦ σώματος κληθῇ B, ὁ ὄγκος αὐτοῦ V καὶ τὸ εἰδικὸν βάρος ε, θὰ ἔχωμεν $\varepsilon = B/V$ (γραμμάρια βάρους κατὰ κυβικὸν ἑκατοστὸν (gr*/cm^3) ἤτοι $\text{εἰδικὸν βάρος} = \dfrac{\text{βάρος σώματος}}{\text{Ὄγκος σώματος}}$). Εἰς τὸν αὐτὸν τόπον ἡ πυκνότης ἑνὸς σώματος καὶ τὸ εἰδικὸν βάρος αὐτοῦ ἐκφράζονται διὰ τοῦ αὐτοῦ ἀριθμοῦ. Ἡ μόνη διαφορὰ εἶναι ὅτι, ὅταν πρόκειται διὰ τὴν πυκνότητα τοῦ σώματος θὰ εἴπωμεν ὅτι εἶναι τόσα γραμμάρια μάζης κατὰ κυβικὸν ἑκατοστόν, ἐν ᾧ, ὅταν πρόκειται διὰ τὸ εἰδικὸν βάρος θὰ εἴπωμεν τόσα γραμμάρια βάρους κατὰ κυβικὸν ἑκατοστόν.

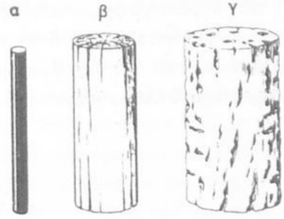
Διὰ νὰ μετρήσωμεν τὴν πυκνότητα ἑνὸς σώματος πρέπει νὰ εὕρωμεν τὸ βάρος αὐτοῦ καὶ τὸν ὄγκον. του. Τὸ βάρος τοῦ σώματος εὑρίσκεται εἴτε διὰ τοῦ δυναμομέτρου εἴτε διὰ ζυγίσεως. Ὁ ὄγκος τοῦ σώματος, ἐὰν μὲν τοῦτο ἔχῃ κανονικὸν γεωμετρικὸν σχῆμα εὑρίσκεται εὐκόλως δι' ὑπολογισμοῦ, ἐὰν ὅμως δὲν ἔχῃ κανονικὸν γεωμετρικὸν σχῆμα εὑρίσκεται δι' ἐμβαπτίσεως αὐτοῦ



Σχ. 80. Ἡ πυκνότης καὶ τὸ εἰδικὸν βάρος μερικῶν σωμάτων.
Ζυγίζεται ἓν κυβικὸν ἑκατοστὸν ἐξ ἑκάστου σώματος.

	Πυκνότης			Εἰδικὸν βάρος	
Φελλὸς	0,2	gr/cm³	Φελλὸς	0,2	gr*/cm³
Ξύλον	0,5	»	Ξύλον	0,5	»
Τοῦβλο	2,1	»	Τοῦβλο	2,1	»
Ἀργίλιον	2,7	»	Ἀργίλιον	2,7	»
Χάλυψ	7,9	»	Χάλυψ	7,9	»
Ἄργυρος	10,5	»	Ἄργυρος	10,5	»
Μόλυβδος	11,4	»	Μόλυβδος	11,4	»

εἰς ὀγκομετρικὸν κύλινδρον περιέχοντα ὕδωρ ἢ δι' ἐφαρμογῆς τῆς ἀρχῆς τοῦ Ἀρχιμήδους. Ὅταν ἔχωμεν γνωστὸν τὸ βάρος τοῦ σώματος, ἔχομεν γνωστὴν καὶ τὴν μᾶζαν τοῦ σώματος, διότι εἰς τὸν αὐτὸν τόπον τὸ βάρος καὶ ἡ μᾶζα ἑνὸς σώματος ἐκφράζονται διὰ τοῦ αὐτοῦ ἀριθμοῦ. Εὐκολώτερον εὑρίσκομεν τὴν πυκνότητα καὶ τὸ εἰδικὸν βάρος ἑνὸς σώματος, ἐὰν εἶναι δυνατὸν νὰ λάβωμεν ἐξ αὐτοῦ ἓν κυβικὸν ἑκατοστὸν καὶ νὰ τὸ ζυγίσωμεν. Τότε ἔχομεν·ἀπ' εὐθείας τὴν πυκνότητα καὶ τὸ εἰδικὸν βάρος τοῦ σώματος (σχ. 80). Τὸ βάρος ἑνὸς κυβικοῦ ἑκατοστοῦ ὕδατος εἶναι ἓν γραμμάριον (1 gr*). Ἑπομένως ἡ πυκνότης καὶ τὸ εἰδικὸν βάρος τοῦ ὕδατος εἰς τὸν αὐτὸν τόπον εἶναι 1. Καὶ διὰ μὲν τὴν πυκνότητα τοῦ ὕδατος γράφομεν 1 gr/cm^3, διὰ δὲ τὸ εἰδικὸν βάρος αὐτοῦ γράφομεν 1 gr^*/cm^3. Εἰς τὸ σχῆμα (81) παρίστανται τρία σώματα ἔχοντα τὸ αὐτὸ βάρος, ἀλλὰ διάφορον ὄγκον.



Σχ. 81. Σώματα ἔχοντα τὸ αὐτὸ βάρος, ἀλλὰ διάφορον ὄγκον.
α=σίδηρος, β=ξύλον, γ=φελλός

Τὸ πηλίκον τῆς διαιρέσεως τῆς μάζης ἑνὸς σώματος διὰ τῆς μάζης ἴσου ὄγκου ὕδατος ἀπεσταγμένου καὶ θερμοκρασίας 4 βαθμῶν Κελσίου ὀνομάζεται σχετικὴ πυκνότης τοῦ σώματος. Τὸ πηλίκον τῆς διαιρέσεως τοῦ βάρους ἑνὸς σώματος διὰ τοῦ βάρους ἴσου ὄγκου ὕδατος ἀπεσταγμένου καὶ θερμοκρασίας 4 βαθμῶν Κελσίου ὀνομάζεται σχετικὸν εἰδικὸν βάρος.

Ἀριθμητικὰ παραδείγματα καὶ ἐφαρμογαὶ

α) Σῶμα τι ἔχει βάρος 200 gr* καὶ ὄγκον 100 cm^3. Ποία εἶναι ἡ πυκνότης αὐτοῦ; Ἀφοῦ ἔχει βάρος 200 gr* θὰ ἔχῃ καὶ μᾶζαν 200 gr. Ἐφαρμόζοντες τὸν τύπον $\rho = m/V$ (1), ὅπου ἀντικαθιστῶμεν τὰ γράμματα διὰ τῶν ἀριθμητικῶν τιμῶν αὐτῶν, λαμβάνομεν, πυκνότης $\rho = 200:100 = 2$ γραμμάρια μάζης κατὰ κυβικὸν ἑκατοστὸν (2 gr/cm^3).

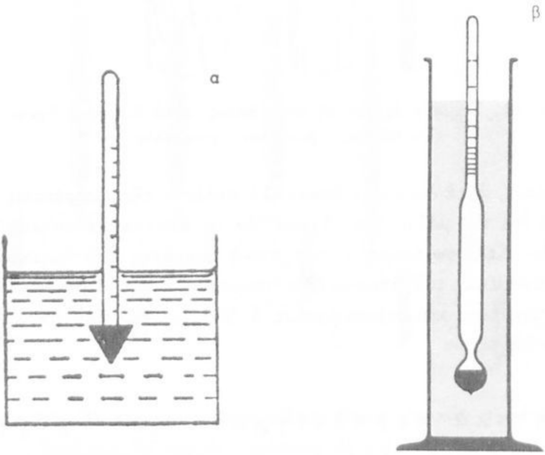
β) Κυλινδρικὸν δοχεῖον βάσεως 40 cm^2 καὶ ὕψους 60 cm πληροῦται μὲ ὑδράργυρον. Τὸ εἰδικὸν βάρος τοῦ ὑδραργύρου εἶναι 13,6 gr^*/cm^3. Ποία εἶναι ἡ δύναμις ἡ ἐξασκουμένη εἰς τὸν πυθμένα τοῦ δοχείου; Ἡ δύναμις P εἰς τὸν πυθμένα θὰ ἰσοῦται μὲ τὸ γινόμενον τῆς βάσεως ἐπὶ τὸ ὕψος τῆς στήλης τοῦ ὑγροῦ ἐπὶ τὸ εἰδικὸν βάρος αὐτοῦ. Θὰ εἶναι ἄρα $P = 40\ cm^2 \times 60\ cm \times 13{,}6\ gr^*/cm^3 = 32640\ gr^*$

γ) Ποῖον εἶναι τὸ εἰδικὸν βάρος ὑγροῦ, τὸ ὁποῖον ἔχει ὄγκον 2400 cm^3 καὶ βάρος 32640 gr*;

Ἐκ τοῦ τύπου $ε = B/V$ λαμβάνομεν δι' ἀντικαταστάσεως τῶν γραμμάτων διὰ τῶν ἀριθμητικῶν τιμῶν αὐτῶν, εἰδικὸν βάρος $ε = 32640$ gr*/2400 cm^3 = 13,6 gr*/cm^3 (γραμμάρια βάρους κατὰ cm^3).

Πυκνόμετρα καὶ ἀραιόμετρα

65. Ἀραιόμετρον τοῦ Ἀρχιμήδους. Διὰ τὴν μέτρησιν τῆς πυκνότητος (καὶ τοῦ εἰδικοῦ βάρους) τῶν ὑγρῶν χρησιμοποιοῦμεν ἁπλοῦς ὑαλίνους πλωτῆρας, οἱ ὁποῖοι ὀνομάζονται πυκνόμετρα μέν, ὅταν πρόκειται νὰ μετρήσωμεν τὴν πυκνότητα ὑγροῦ πυκνοτέρου τοῦ ὕδατος, ἀραιόμετρα δέ, ὅταν πρόκειται νὰ μετρήσωμεν τὴν πυκνότητα ὑγροῦ ἐλαφροτέρου τοῦ ὕδατος (σχ. 82) Πρῶτος



Σχ. 82. α=ἀραιόμετρον Ἀρχιμήδους. β=σύγχρονον ἀραιόμετρον. γ=ὅσον ὀλιγώτερον πυκνὸν εἶναι τὸ ὑγρόν, τόσον περισσότερον βυθίζεται τὸ ἀραιόμετρον.

ὁ Ἀρχιμήδης ἐπενόησε τὴν κατασκευὴν τοῦ ἀραιομέτρου. Ἔλαβε μικρὸν ὑάλινον σωλῆνα καὶ ἔθεσε εἰς τὸ κάτω μέρος αὐτοῦ ἕνα κῶνον, ὁ ὁποῖος εἶχε τόσον βάρος, ὥστε τὸ ὄργανον νὰ ἐπιπλέῃ εἰς τὸ ὕδωρ καὶ ὁ κῶνος μόλις νὰ καλύπτεται ὑπὸ τοῦ ὕδατος (σχ. 82α). Εἰς τὸ μέρος τοῦ σωλῆνος τὸ ἀντιστοιχοῦν εἰς τὴν ἐλευθέραν ἐπιφάνειαν τοῦ ὕδατος ἐσημείωσε τὸν ἀριθμὸν 1. Κατόπιν, διὰ καταλλήλων δοκιμῶν μὲ διάφορα ὑγρὰ τῶν ὁποίων εἶχεν εὕρει διὰ ζυγίσεως τὴν πυκνότητα, ἐσημείωσεν ἐπὶ τοῦ σωλῆνος τὸ μέρος, μέχρι τοῦ ὁποίου ἐβυθίζετο οὗτος ἑκάστοτε εἰς τὸ ὑγρόν. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ἐβαθμολόγησε τὸ ἀραιόμετρον. Ὅταν κατόπιν ἤθελε νὰ εὕρῃ τὴν πυκνότητα ἑνὸς ὑγροῦ ἐλαφροτέρου τοῦ ὕδατος ἔθετεν ἐντὸς αὐτοῦ τὸ ἀραιόμετρον καὶ ἐδιάβαζε τὸν ἀριθμὸν αὐτοῦ, ὁ ὁποῖος, ἀντεστοίχει εἰς τὴν ἐλευθέραν ἐπιφάνειαν τοῦ ὑγροῦ. Ὁ ἀριθμὸς αὐτὸς ἐδείκνυε τὴν πυκνότητα καὶ τὸ εἰδικὸν βάρος τοῦ σώματος.

Διὰ τὰ πυκνότερα τοῦ ὕδατος ὑγρὰ τὸ βάρος τοῦ κώνου ἦτο τόσον, ὥστε ὁ σωλὴν τιθέμενος ἐντὸς τοῦ ὕδατος νὰ βυθίζεται σχεδὸν ὁλόκληρος. Εἰς τὸ μέρος τοῦ σωλῆνος τὸ ἀντιστοιχοῦν εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ὕδατος ἐσημείωσε τὸν ἀριθμὸν 1. Διὰ δοκιμῶν πάλιν μὲ βαρύτερα τοῦ ὕδατος ὑγρά, (ὁ σωλὴν ἐβυθίζετο ὀλιγώτερον), τῶν ὁποίων εἶχεν εὕρει διὰ ζυγίσεως τὸ εἰδικὸν βάρος, ἐσημείωσε διαδοχικῶς ἐπὶ τοῦ σωλῆνος, τὸ μέρος μέχρι τοῦ ὁποίου ἐβυθίζετο οὗτος εἰς τὸ ὑγρόν. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ἐβαθμολόγησε τὸ πυκνόμετρον. Ὅταν κατόπιν ἤθελε νὰ εὕρῃ τὴν πυκνότητα ἑνὸς ὑγροῦ (βαρυτέρου ἴσου ὄγκου ὕδατος) ἔθετεν ἐντὸς αὐτοῦ τὸ πυκνόμετρον καὶ ἐδιάβαζε τὸν ἀριθμόν, ὁ ὁποῖος ἀντεστοίχει εἰς τὴν ἐλευθέραν ἐπιφάνειαν τοῦ ὑγροῦ. Ὁ ἀριθμὸς αὐτὸς ἐδείκνυε τὴν πυκνότητα καὶ τὸ εἰδικὸν βάρος τοῦ σώματος.

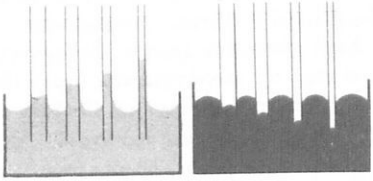
Τὰ σύγχρονα ἀραιόμετρα καὶ πυκνόμετρα εἶναι ὑάλινοι πλωτῆρες, φέροντες εἰς τὸ κάτω μέρος αὐτῶν σφαιρικὴν ἐξόγκωσιν, εἰς τὴν ὁποίαν τίθεται τὸ ἕρμα (σαβοῦρα, βάρος, ἀπὸ σκάγια ἢ ὑδράργυρον) (σχ. 82β). Ἡ βαθμολογία των γίνεται, ὅπως ἔκαμεν αὐτὴν ὁ Ἀρχιμήδης.

Τριχοειδῆ φαινόμενα*

66. Συνοχὴ καὶ συνάφεια. Ἡ ἕλξις ἡ ὁποία ὑπάρχει μεταξὺ τῶν μορίων ἑνὸς καὶ τοῦ αὐτοῦ σώματος ὀνομάζεται συνοχή. Τὰ μόρια τοῦ ὕδατος π.χ. ἕλκονται μεταξύ των, ὅπως ἕλκονται μεταξύ των τὰ μόρια τῆς κιμωλίας, τὰ μόρια τοῦ ξύλου, τὰ μόρια τοῦ σιδήρου κλπ. Εἶναι φανερὸν ὅτι ἡ συνοχὴ τῶν μορίων τῶν διαφόρων σωμάτων εἶναι ποικίλη. Εἰς ἄλλα σώματα εἶναι μικροτέρα, ὅπως εἰς τὸ ὕδωρ καὶ τὰ ὑγρὰ γενικῶς, καὶ εἰς ἄλλα εἶναι μεγαλυτέρα, ὅπως εἰς τὰ διάφορα στερεά.

Ἡ ἕλξις μεταξὺ τῶν μορίων δύο διαφόρων σωμάτων, ὅταν ταῦτα ἔλθουν εἰς ἐπαφήν, ὀνομάζεται συνάφεια. Τὰ μόρια τοῦ ὕδατος π.χ. ὅταν ἔλθουν εἰς ἐπαφὴν μὲ τὴν ὕαλον ἢ ἄλλο στερεὸν σῶμα, ἐκτὸς τῆς ἕλξεως μεταξύ των, ἕλκονται καὶ μὲ τὰ μόρια τοῦ σώματος μὲ τὸ ὁποῖον ἐφάπτονται. Ἡ ἕλξις αὕτη, ἡ ὁποία ἐξασκεῖται μεταξὺ τῶν μορίων δύο διαφόρων σωμάτων ὀνομάζεται συνάφεια.

Ὅταν γράφωμεν μὲ τὴν κιμωλίαν εἰς τὸν μαυροπίνακα ἢ μὲ τὸ μολυβδοκόνδυλον εἰς τὸν χάρτην, τὰ μόρια τῶν σωμάτων μένουν εἰς τὸν μαυροπίνακα ἢ τὸν χάρτην ἕνεκα τῆς συναφείας. Ἐνδιαφέρον παρουσιάζει ἡ συνάφεια μεταξὺ τῶν μορίων ὑγρῶν καὶ στερεῶν σωμάτων. Ἐὰν π.χ. εἰς δοχεῖον περιέχον ὕδωρ θέσωμεν μερικοὺς σωλῆνας ὑαλίνους, ἔχοντας μικρὰς ἀλλὰ διαφόρους διαμέτρους, παρατηροῦμεν ὅτι δὲν ἰσχύει ἡ ἀρχὴ τῶν συγκοινωνούντων δοχείων καὶ ὅτι ὅσον στενότερος εἶναι ὁ σωλὴν τόσον ὑψηλότερον ἀνέρχεται τὸ ὕδωρ (σχ. 83α). Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἐξηγεῖται ἐκ τοῦ γεγονότος ὅτι ἡ συνάφεια, ἡ ὁποία ὑπάρχει μεταξὺ τῶν μορίων τοῦ ὕδατος καὶ τῆς ὑάλου εἶναι μεγαλυτέρα τῆς συνοχῆς, ἡ ὁποία ὑπάρχει μεταξὺ τῶν μορίων τοῦ ὕδατος. Τοὐναντίον, ὅταν θέσωμεν τοὺς σωλῆνας αὐτοὺς ἐντὸς ὑδραργύρου παρατηροῦμεν τὸ ἀντίθετον φαινόμενον (σχ. 83β). Ὅσον στενότερος εἶναι ὁ σωλὴν τόσον χαμηλό-



Σχ. 83. Τριχοειδῆ φαινόμενα.α =συνάφεια μεγαλυτέρα. β=συνοχὴ μεγαλυτέρα.

τερα εὑρίσκεται ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου. Τοῦτο συμβαίνει, διότι ἡ συνοχή, ἡ ὁποία ὑπάρχει μεταξὺ τῶν μορίων τοῦ ὑδραργύρου εἶναι μεγαλυτέρα τῆς συναφείας, ἡ ὁποία ὑπάρχει μεταξὺ τῶν μορίων τοῦ ὑδραργύρου καὶ τῆς ὑάλου. Σωλῆνες μικρᾶς διαμέτρου ὀνομάζονται τριχοειδεῖς σωλῆνες. Τὰ φαινόμενα δέ, τὰ ὁποῖα παρατηροῦμεν εἰς αὐτούς, ὅταν εἶναι ἐντὸς ὑγροῦ (ὕψωσις ἢ χαμήλωσις τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ) ὀνομάζονται τριχοειδῆ φαινόμενα.

Ἀποτελέσματα καὶ ἐφαρμογαὶ τῶν τριχοειδῶν φαινομένων

α). Ὅταν τὸ κάτω μέρος ἑνὸς τοίχου βραχῇ παρατηροῦμεν μετ' ὀλίγον ὅτι ἡ ὑγρασία εἶναι εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ τοίχου καὶ πολὺ ὑψηλότερα, ὅπου δὲν ἔφθανε τὸ ὕδωρ. Τὸ φαινόμενον ἐξηγεῖται ἐκ τοῦ ὅτι μεταξὺ τῶν μορίων τοῦ ἀσβεστώματος ὑπάρχουν κενοὶ χῶροι, σχηματίζοντες κατά τινα τρόπον τριχοειδεῖς σωλῆνας, καὶ ἡ συνάφεια εἶναι μεγαλυτέρα τῆς συνοχῆς.

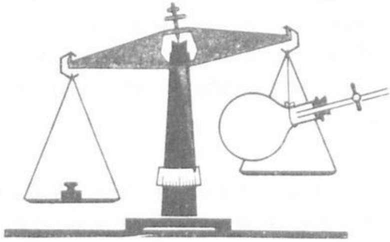
β). Ἀκριβῶς τὸ αὐτὸ φαινόμενον παρατηροῦμεν, ὅταν εἴμεθα εἰς μίαν ἀμμώδη παραλίαν. Ἐὰν ἀνασκάψωμεν ὀλίγον τὴν ἄμμον βλέπομεν πολλὴν ὑγρασίαν ἢ καὶ ὕδωρ ἀκόμη, καίτοι ἡ ἐπιφάνεια τῆς πλησίον εὑρισκομένης θαλάσσης εἶναι πολὺ χαμηλότερα τοῦ μέρους, ὅπου ἀνεσκάψαμεν τὴν ἄμμον.

67. Διαπίδυσις.* *Πείραμα.* Διὰ πορώδους διαφράγματος χωρίζομεν κατακορύφως τὸν χῶρον ἑνὸς δοχείου εἰς δύο μέρη ὑδατοστεγῶς, δηλ. νὰ μὴ διέρχεται τὸ ὕδωρ ἀπὸ τὸν ἕνα χῶρον εἰς τὸν ἄλλον ἀπὸ τὰ σημεῖα, ὅπου τὸ διάφραγμα ἐφάπτεται τοῦ δοχείου. Καὶ εἰς τὰ δύο μέρη τοῦ δοχείου θέτομεν ὕδωρ μέχρι τοῦ αὐτοῦ ὕψους καὶ κατόπιν ρίπτομεν μόνον εἰς τὸ ἓν μέρος ὀλίγον σάκχαρον καὶ ἀναδεύομεν, ὥστε νὰ διαλυθῇ τοῦτο καλῶς. Μετὰ πάροδον ὀλίγου χρόνου δοκιμάζομεν διὰ τῆς γεύσεως τὸ ὕδωρ, ὅπου δὲν ὑπῆρχε σάκχαρον καὶ βλέπομεν ὅτι εἶναι γλυκύ. Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου συμπεραίνομεν ὅτι μόρια τοῦ ἐν διαλύσει εὑρισκομένου σακχάρου μετεφέρθησαν διὰ τῶν πόρων τοῦ διαφράγματος ἐκ τοῦ ἑνὸς μέρους τοῦ δοχείου εἰς τὸ ἄλλο, ὅπου δὲν ὑπῆρχε σάκχαρον. Δι' ἄλλων παρατηρήσεων βλέπομεν ὅτι μόρια τοῦ ὕδατος μετεφέρθησαν ἐκ τοῦ ἑνὸς χώρου εἰς τὸν ἄλλον, ὅπου εἴχομεν ἀναδεύσει τὸ σάκχαρον. Τὸ φαινόμενον τοῦτο λέγεται διαπίδυσις. Ἕνεκα τῆς διαπιδύσεως τὸ ὕδωρ τοῦ ἐδάφους, εἰς τὸ ὁποῖον ὑπάρχουν ἐν διαλύσει θρεπτικαὶ ὗλαι, ἀνέρχεται ἐκ τῶν ριζῶν τῶν φυτῶν ἀπὸ κυττάρου εἰς κύτταρον καὶ φθάνει καὶ εἰς τὰ ὑψηλότερα μέρη τῶν φυτῶν.

ΑΕΡΟΣΤΑΤΙΚΗ

68. Ὁρισμός. Χαρακτηριστικαὶ ἰδιότητες τῶν ἀερίων. Ἀεροστατικὴ καλεῖται τὸ μέρος τῆς φυσικῆς, τὸ ὁποῖον ἐξετάζει τὰς ἰδιότητας τῶν ἀερίων, ὅταν ταῦτα εὑρίσκωνται ἐν στάσει, ἐν ἠρεμίᾳ. Τὰ ἀέρια δὲν ἔχουν ὡρισμένον ὄγκον, οὔτε ἔχουν ὡρισμένον σχῆμα. Ὅπου εὕρουν ἐλεύθερον χῶρον τείνουν νὰ τὸν καταλάβουν, νὰ τὸν πληρώσουν. Ἐννοεῖται ὅτι ἡ προσπάθειά των αὐτὴ παρατηρεῖται, ὅταν τὰ ἀέρια ἔχουν μεγαλυτέραν τάσιν (πίεσιν) τῶν ἀερίων ἄλλων χώρων μὲ τοὺς ὁποίους θὰ ἔλθουν εἰς ἐπαφήν. Ἂν π.χ. εἰς ἐλαστικὴν κύστιν ἔχωμεν ἀέρα καὶ τρυπήσωμεν διὰ μιᾶς καρφίδος τὴν κύστιν, ἀμέσως ὁ ἐντὸς αὐτῆς ἀήρ, ἐπειδὴ ἔχει μεγαλυτέραν πίεσιν τοῦ ἔξω τῆς κύστεως ἀέρος, ἐξέρχεται εἰς τὸν ἀτμοσφαιρικὸν ἀέρα.

69. Ἀτμόσφαιρα. Ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις. Τὸ ἀέριον περίβλημα τῆς γῆς ὀνομάζεται ἀτμόσφαιρα. Τὸ ὕψος τῆς ἀτμοσφαίρας ὑπολογίζεται ὅτι εἶναι 1000 χιλιόμετρα περίπου. Ἡ ἀτμόσφαιρα μετέχει τῆς περιστροφικῆς κινήσεως τῆς γῆς, ὡς ἐὰν ἦτο στερεῶς προσκεκολλημένη εἰς αὐτήν. Ὁ ἀτμοσφαιρικὸς ἀὴρ ἔχει βάρος. Τοῦτο ἀπέδειξεν πρῶτος ὁ διάσημος Ἕλλην σοφὸς τῆς ἀρχαιό-

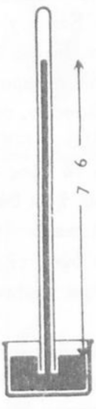


Σχ. 84. Ὁ ἀὴρ ἔχει βάρος. Ὁ ζυγὸς κλίνει πρὸς τὸ μέρος τῶν σταθμῶν, διότι ἀφῃρέθη ὁ ἀήρ, τοῦ ὁποίου τὸ βάρος ἐκράτει τὸν ζυγὸν εἰς ἰσορροπίαν.

τητος Ἀριστοτέλης. Ὁ Ἀριστοτέλης ἐζύγισε σάκκον ἐκ δέρματος, πρῶτον κενὸν ἀέρος, κατόπιν δὲ μὲ ἀέρα ὑπὸ μικρὰν πίεσιν καὶ εἶδεν ὅτι κατὰ τὴν δευτέραν ζύγισιν ὁ σάκκος ἦτο βαρύτερος. Τοῦτο ὀφείλεται, προφανῶς, εἰς τὸ βάρος τοῦ ἐντὸς τοῦ σάκκου ἀέρος. Εἰς τὸ σχῆμα (84) ὁ ζυγὸς κλίνει πρὸς τὸ μέρος τῶν σταθμῶν, διότι ἀπὸ τὴν φιάλην ἔχει ἀφαιρεθῆ ὁ ἀήρ. Ὅταν ὁ ἀὴρ ὑπῆρχεν ἐντὸς τῆς φιάλης ὁ ζυγὸς εὑρίσκετο ἐν ἰσορροπίᾳ.

'Επειδὴ ὁ ἀὴρ ἔχει βάρος, τὰ ἀνώτερα στρώματα τῆς ἀτμοσφαίρας πιέζουν τὰ κατώτερα. 'Εκ τούτου εἶναι φανερὸν ὅτι ἡ πίεσις τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος (ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις, ὡς λέγεται) εἶναι μεγαλυτέρα εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς θαλάσσης καὶ μικροτέρα εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς ξηρᾶς. "Οσον ἀπομακρυνόμεθα τῆς ἐπιφανείας τῆς γῆς ἀνερχόμενοι ὑψηλότερον, τόσον ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις γίνεται μικροτέρα.

70. Μέτρησις τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως. *Πείραμα τοῦ Τορικέλλι.* (Torricelli). 'Ο 'Ιταλὸς φυσικὸς Τορικέλλι ἔκαμε τὸ ἑξῆς πείραμα πλησίον τῆς ἀκτῆς, εὑρισκομένης ὄχι πολὺ ὑψηλότερον τῆς ἐπιφανείας τῆς θαλάσσης: "Ελαβε σωλῆνα μήκους τοὐλάχιστον 80 cm καὶ ἐγκαρσίας τομῆς ἑνὸς τετραγωνικοῦ ἑκατοστοῦ (1 cm^2) κλειστὸν κατὰ τὸ ἓν ἄκρον καὶ κρατῶν αὐτὸν κατακορύφως τὸν ἐπλήρωσε μὲ ὑδράργυρον. Διὰ τοῦ δείκτου τῆς χειρός του ἔκλεισε



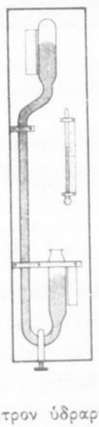
Σχ. 85. Τὸ πείραμα τοῦ Τορικέλλι.

τὸ ἀνοικτὸν ἄκρον τοῦ σωλῆνος καὶ ἀντέστρεψεν αὐτόν, θέσας κατακορύφως ἐντὸς δοχείου περιέχοντος ὑδράργυρον, ὁπότε ἀπέσυρε τὸν δάκτυλόν του (σχ. 85). Πρὸς ἔκπληξίν του παρετήρησεν ὅτι ὁ ὑδράργυρος τοῦ σωλῆνος δὲν ἐχύθη ἐντὸς τοῦ δοχείου, ὅπως ἔπρεπε νὰ συμβῇ συμφώνως μὲ τὴν ἀρχὴν τῶν συγκοινωνούντων δοχείων, ἀλλὰ κατῆλθεν εἰς τὸν σωλῆνα μόνον ὀλίγον. 'Εμέτρησε κατόπιν τὸ ὕψος τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης τοῦ σωλῆνος, ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου τοῦ δοχείου μέχρι τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου τοῦ σωλῆνος, καὶ ηὗρεν ὅτι ἦτο 76 cm. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἐξηγεῖται ἐκ τοῦ γεγονότος ὅτι ὁ ἀτμοσφαιρικὸς ἀὴρ πιέζει τὴν ἐλευθέραν ἐπιφάνειαν τοῦ ὑδραργύρου τοῦ δοχείου καὶ ἡ πίεσις αὐτὴ ἰσορροπεῖ τὸ βάρος ὑδαργυρικῆς στήλης ὕψους 76 cm καὶ βάσεως (τομῆς) 1 cm^2. Ἐὰν ἐνθυμηθῶμεν ὅτι τὸ εἰδικὸν βάρος τοῦ ὑδραργύρου εἶναι 13,6 gr^*/cm^3 (γραμμάρια βάρους κατὰ κυβικὸν ἑκατοστὸν) τότε εὐκόλως ὑπολογίζομεν τὸ βάρος τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης, ἡ ὁποία ἰσορροπεῖται ὑπὸ τῆς πιέσεως τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος. Διότι τὸ βάρος τοῦτο θὰ εἶναι ἴσον πρὸς 1 $cm^2 \times 76\ cm \times 13{,}6\ gr^*/cm^3 = 1033{,}6\ gr.^*$ Τὴν πίεσιν αὐτὴν τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης ὕψους 76 cm (ἑκατοστῶν τοῦ μέτρου) (ἢ 760 mm δηλ. χιλιοστῶν τοῦ μέτρου) καὶ τομῆς ἑνὸς τετραγωνικοῦ ἑκατοστοῦ (cm^2) τὴν ὀνομάζουν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν, ἢ πίεσιν μιᾶς ἀτμοσφαίρας ἢ ἁπλῶς μίαν ἀτμόσφαιραν. Ὥστε μία ἀτμόσφαιρα (1 at) ἰσοῦται πρὸς τὸ βάρος (πίεσιν) 1033,6 γραμμαρίων ἢ 1,0336 χιλιογράμμου (1,0336 kg^*/cm^2).

Τὸ πείραμα τοῦ Τορικέλλι ἐπανελήφθη εἰς διάφορα ὕψη ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας τῆς θαλάσσης (εἰς λόφους, βουνά, ὄρη) καὶ εὑρέθη ὅτι, ὅσον ὑψηλότερα ἀνερχόμεθα, τόσον περισσότερον κατέρχεται ὁ ὑδράργυρος τοῦ σωλῆνος, καὶ μάλιστα ὅτι πτῶσις ἑνὸς ἑκατοστοῦ τοῦ μέτρου συμβαίνει ἀνὰ 105 μέτρα περίπου ὕψους ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας τῆς θαλάσσης. Ἐὰν π.χ. ἐκτελέσωμεν τὸ πείραμα τοῦ Τορικέλλι εἰς τοὺς Δελφοὺς καὶ ἴδωμεν, ὅτι τὸ ὕψος τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης τοῦ σωλῆνος εἶναι 70 cm, ἤτοι 6 cm ὀλιγώτερον, ἀφ' ὅτι εἶναι τὸ ὕψος αὐτὸ ὅταν ἐκτελῆται τὸ πείραμα παρὰ τὴν θάλασσαν, τοῦτο σημαίνει ὅτι τὸ ὕψος τῶν Δελφῶν ἀπὸ τῆς θαλάσσης εἶναι 6 x 105 = 630 μέτρα. Ἐὰν τὸ πείραμα ἐκτελεσθῇ εἰς τὴν κορυφὴν τοῦ Ὀλύμπου τὸ ὕψος τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης τοῦ σωλῆνος εὑρίσκεται 38,21 cm περίπου, ἤτοι θὰ εἶναι ὀλιγώτερον τῶν 76 cm (τοῦ παρὰ τὴν θάλασσαν δηλ. ὕψους) κατὰ 76 — 38,21 = 27,79 cm. Ἐκ τοῦ ἀριθμοῦ τούτου εὑρίσκομεν ὅτι τὸ ὕψος τῆς ὑψηλοτέρας κορυφῆς τοῦ Ὀλύμπου εἶναι 27,79 x 105 = 2918 μέτρα περίπου.

71. Βαρόμετρα. Βαρόμετρα λέγονται τὰ ὄργανα, διὰ τῶν ὁποίων μετροῦμεν τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν. Διακρίνουν δύο εἴδη βαρομέτρων: τὰ ὑδραργυρικὰ καὶ τὰ μεταλλικά. Τὸ ἁπλούστερον ὑδραργυρικὸν βαρόμετρον ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕνα κεκαμμένον ὑάλινον σωλῆνα, ὁ ὁποῖος εἰς τὸ ἐπάνω μέρος εἶναι κλειστὸς καὶ εἰς τὸ κάτω εἶναι ἀνοικτὸς (σχ. 86). Τὸ ὕψος τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης τοῦ σωλῆνος ἰσορροπεῖται ὑπὸ τῆς πιέσεως τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος, ἡ ὁποία ἐξασκεῖται εἰς τὴν ἐλευθέραν ἐπιφάνειαν τοῦ κάτω ἄκρου τοῦ σωλῆνος. Ὅταν ἀνερχώμεθα εἰς διάφορα ὕψη κατέρχεται ὁ ὑδράργυρος τοῦ σωλῆνος. Βλέποντες πόσα ἑκατοστὰ τοῦ μέτρου κατῆλθεν ὁ ὑδράργυρος εἰς τὸν σωλῆνα ὑπολογίζομεν τὸ ὕψος, εἰς τὸ ὁποῖον εὑρισκόμεθα. Διὰ νὰ μὴ χύνεται ὁ ὑδράργυρος, ὅταν μεταβαίνωμεν εἰς διάφορα ὕψη, ἔχουν ἐπινοήσει τὸ κλειστὸν λεγόμενον ὑδραργυρικὸν βαρόμετρον, παραπλεύρως τοῦ ὁποίου τοποθετοῦν καὶ ἓν θερμόμετρον διὰ νὰ εἶναι γνωστὴ ἡ θερμοκρασία, ὅταν γίνεται ἡ μέτρησις τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως (σχ. 87). Διότι ἡ θερμοκρασία ἐπηρεάζει τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν. Δι' αὐτό, ἂν κάμωμεν μετρήσεις πολλάς, μένοντες εἰς τὸν αὐτὸν τόπον, βλέπομεν ὅτι δὲν ἔχομεν πάντοτε τὰ ἴδια ἀποτελέσματα. Μεγαλυτέρα πίεσις σημαίνει καλὸν καιρόν, ἐν ᾧ μικροτέρα σημαίνει ἀνέμους καὶ κακοκαι-

Σχ. 86. Βαρόμετρον ὑδραργυρικὸν ἀνοικτόν.

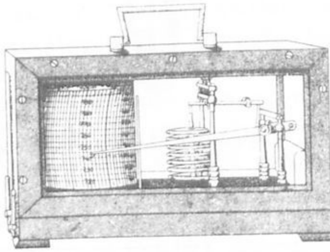


Σχ. 87. Βαρόμετρον ὑδραργυρικὸν κλειστόν.

ρίαν. Ἐκ τοιούτων παρατηρήσεων γίνεται φανερὸν ὅτι τὰ βαρόμετρα εἶναι ὄργανα πολὺ χρήσιμα εἰς τὴν μετεωρολογίαν, διὰ τὴν πρόβλεψιν τοῦ καιροῦ.

Εἰς τὰ μεταλλικὰ βαρόμετρα ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις ἐξασκεῖται ἐπὶ μιᾶς λεπτῆς μεταλλικῆς ἐπιφανείας, ἡ ὁποία διὰ μοχλοῦ τινος κινεῖ, ἐκ τῆς συστολῆς ἢ διαστολῆς της, ἕνα δείκτην, ὅστις δεικνύει τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν

Σχ. 88. Μεταλλικὸν βαρόμετρον.

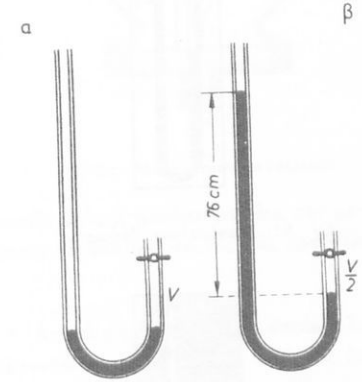


Σχ. 89. Μεταλλικὸν βαρόμετρον, ὅπου ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις ἀναγράφεται διαρκῶς εἰς ταινίαν ἐξελισσομένην (βαρογράφος).

(σχ. 88). Τὰ μεταλλικὰ βαρόμετρα, ὅταν ἀναγράφουν τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν ἐπὶ χαρτίνης ταινίας, λέγονται βαρογράφοι (σχ. 89).

Σχέσις πιέσεως καὶ ὄγκου τῶν ἀερίων

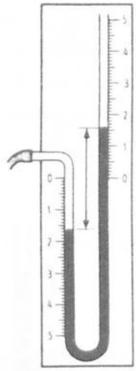
72. Νόμος Μπόϋλ - Μαριὸτ (Boyle—Mariotte). *Πείραμα.* Εἰς κεκαμμένον ὑάλινον σωλῆνα, ἀνοικτὸν κατὰ τὰ δύο ἄκρα, θέτομεν ὑδράργυρον, τοῦ ὁποίου ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια θὰ εὑρίσκεται καὶ εἰς τὰ δύο σκέλη εἰς τὸ αὐτὸ ὕψος. Εἶναι φανερὸν ὅτι εἰς ἑκάστην ἐλευθέραν ἐπιφάνειαν τοῦ ὑδραργύρου ἐξασκεῖται πίεσις μιᾶς ἀτμοσφαίρας, ὑπὸ τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος (σχ. 90α). Κλείνομεν κατόπιν καλῶς διὰ πώματος (ἢ στρόφιγγος) τὸ ἓν σκέλος τοῦ σωλῆνος καὶ εἰς τὸ ἄλλο ρίπτομεν ὀλίγον κατ' ὀλίγον ὑδράργυρον. Ὁ ὑδράργυρος τείνει νὰ ἀνέλθῃ καὶ εἰς τὰ δύο σκέλη εἰς τὸ αὐτὸ ὕψος, συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῶν συγκοινωνούντων δοχείων, ἀλλὰ δὲν τὸ ἐπιτυγχάνει, διότι ἐμποδίζεται ὑπὸ τοῦ κλεισθέντος ἀέρος, ὁ ὁποῖος πιεζόμενος ὑπὸ τοῦ ὑδραργύρου ἀνέρχεται μὲν ὀλίγον καὶ τὴν θέσιν του καταλαμβάνει ὁ ὑδράργυρος, ἀλλὰ ἀντιτάσσει εἰς τὴν σμίκρυνσιν τοῦ ὄγκου του διαρκῶς ἀντίστασιν ἰσχυράν. Ἐξακολουθοῦμεν νὰ ρίπτωμεν εἰς τὸ ἀνοικτὸν σκέλος ὑδράργυρον, μέχρις ὅτου τὸ ὕψος τῆς εἰς αὐτὸν ὑδραργυρικῆς στήλης φθάσῃ τὰ 76 cm ἀπὸ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου, τοῦ κλειστοῦ σκέλους τοῦ σωλῆνος (σχ. 90β). Μετροῦμεν κατόπιν τὸν ὄγκον, τὸν ὁποῖον κατέλαβεν ὁ συμπιεσθεὶς ὑπὸ τοῦ ὑδραργύρου ἀὴρ τοῦ κλειστοῦ σκέλους καὶ βλέπομεν ὅτι οὗτος εἶναι τὸ ἥμισυ τοῦ ὄγκου, τὸν ὁποῖον κατεῖχε προηγουμένως πρὶν τὸ κλείσωμεν. Εἶναι φανε-



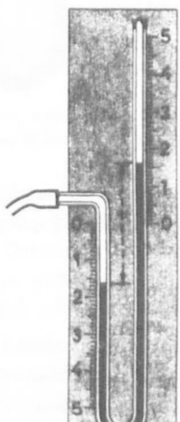
Σχ. 90. Σωλὴν διὰ τὴν ἀπόδειξιν τοῦ νόμου Μπόϋλ-Μαριότ.

ρὸν ὅτι ἡ πίεσις τοῦ ἀέρος τοῦ κλειστοῦ σκέλους ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου του εἶναι ἴση πρὸς τὴν πίεσιν ὑδραργυρικῆς στήλης ὕψους 76 cm καὶ πρὸς τὴν πίεσιν τοῦ ἐπ' αὐτῆς διὰ τοῦ ἀνοικτοῦ ἄκρου ἐξασκουμένης ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως, ἡ ὁποία καὶ αὐτὴ εἶναι ἴση πρὸς τὴν πίεσιν ὑδραργυρικῆς στήλης ὕψους 76 cm. Ἰσορροπεῖ δηλ. ὁ εἰς τὸ κλειστὸν σκέλος ἀήρ, ὁ ὁποῖος κατέχει τὸ ἥμισυ τοῦ ἀρχικοῦ του ὄγκου, πίεσιν δύο ἀτμοσφαιρῶν. Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου καὶ πολλῶν ἄλλων, οἱ Μπόϋλ καὶ Μαριὸτ συνήγαγον τὸν φέροντα τὸ ὄνομά των νόμον: ὅταν ὁ ὄγκος ἑνὸς ἀερίου γίνῃ τὸ ἥμισυ, τὸ τρίτον κλπ. ἡ πίεσις αὐτοῦ διπλασιάζεται, τριπλασιάζεται κλπ. καὶ τὸ ἀντίστροφον αὐτοῦ: ὅταν ὁ ὄγκος ἀερίου τινὸς διπλασιασθῇ, τριπλασιασθῇ κλπ. ἡ πίεσις αὐτοῦ γίνεται τὸ ἥμισυ, τὸ ἓν τρίτον κλπ.

73. Μανόμετρα. Τὰ ὄργανα διὰ τῶν ὁποίων μετροῦμεν τὴν πίεσιν τῶν ἀερίων ἢ τῶν ὑγρῶν λέγονται μανόμετρα (μανὸς = ἀραιός). Τὰ μανόμετρα τὰ διακρίνομεν εἰς δύο εἴδη: 1) τὰ λειτουργοῦντα δι' ὑγροῦ τινος καὶ 2) εἰς τὰ μεταλλικά. Τὰ δι' ὑγροῦ λειτουργοῦντα μανόμετρα διακρίνονται καὶ αὐτὰ εἰς δύο εἴδη: εἰς τὰ ἀνοικτὰ κατὰ τὰ δύο ἄκρα (σχ. 91) καὶ εἰς τὰ ἔχοντα τὸ

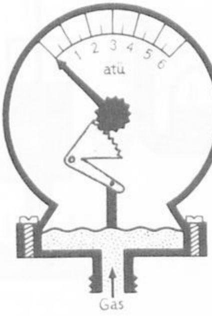


Σχ. 91. Μανόμετρον ἀνοικτόν.



Σχ. 92. Μανόμετρον ἀνοικτὸν κατὰ τὸ ἓν ἄκρον.

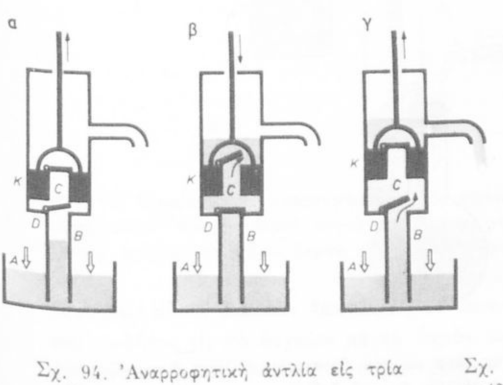
ἓν ἄκρον κλειστὸν (σχ. 92). Εἰς τὰ μεταλλικὰ μανόμετρα ἡ πίεσις τοῦ πρὸς μέτρησιν ἀερίου ἐξασκεῖται ἐπὶ ἐπιφανείας μεταλλικῆς καὶ δι' αὐτῆς εἰς σύστημα μοχλῶν διὰ τῶν ὁποίων κινεῖται δείκτης δηλῶν τὴν πίεσιν (σχ. 93). Τὰ μανόμετρα χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν μέτρησιν τῆς πιέσεως εἰς τὰ ὑδραυλικὰ πιεστήρια, διὰ τὴν μέτρησιν τῆς πιέσεως τοῦ ἀτμοῦ καὶ εἰς πολλὰ εἴδη μηχανῶν.



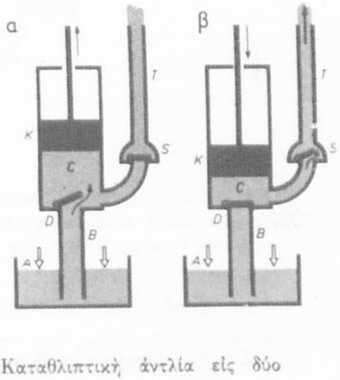
Σχ. 93. Μανόμετρον μεταλλικόν.

Οἱ ἰατροὶ χρησιμοποιοῦν ἐπίσης μανόμετρον διὰ τὴν μέτρησιν τῆς πιέσεως τοῦ αἵματος τοῦ ἀνθρώπου, τὸ ὁποῖον ῥέει εἰς τὰς ἀρτηρίας του (σφυγμομανόμετρον).

74. Ἀντλίαι.* Ἁπλαῖ μηχαναὶ διὰ τῶν ὁποίων δυνάμεθα νὰ ἀντλήσωμεν ὑγρόν τι ἢ ἀέριον λέγονται ἀντλίαι. Ὅταν ἡ ἄντλησις ἐπιτυγχάνεται δι᾽ἀναρροφήσεως αἱ ἀντλίαι λέγονται ἀναρροφητικαὶ (σχ. 94), ἐν ᾧ ὅταν ἡ ἄντλησις ἐπιτυγχάνεται διὰ πιέσεως (καταθλίψεως), αἱ ἀντλίαι λέγονται καταθλιπτικαὶ

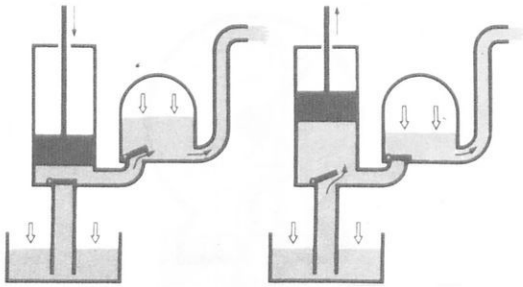


Σχ. 94. Ἀναρροφητικὴ ἀντλία εἰς τρία στάδια λειτουργίας της.



Σχ. 95. Καταθλιπτικὴ ἀντλία εἰς δύο στάδια λειτουργίας της.

(σχ. 95). Αἱ διὰ τὴν ἄντλησιν ὑγρῶν ἀντλίαι ὀνομάζονται ὑδραντλίαι, ἐν ᾧ αἱ διὰ τὴν ἄντλησιν ἀερίων ὀνομάζονται ἀεραντλίαι. Αἱ ἀντλίαι χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν ἄντλησιν ὕδατος ἢ πετρελαίου ἐκ φρέατός τινος, διὰ τὴν πλήρωσιν

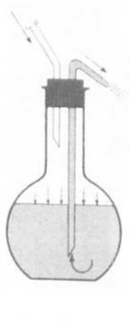


Σχ. 96. Καταθλιπτικὴ ἀντλία μὲ κώδωνα, ὅπου πιέζεται ὁ ἀὴρ καὶ δι' αὐτοῦ καθίσταται ἡ ἐκροὴ τοῦ ὕδατος συνεχής. (Πυροσβεστικὴ ἀντλία).

τῆς ποδοσφαίρας δι' ἀέρος, τῶν ἐλαστικῶν τῶν τροχῶν τοῦ ποδηλάτου, αὐτοκινήτου κλπ. Τὰ αὐτοκίνητα τῆς πυροσβεστικῆς ὑπηρεσίας χρησιμοποιοῦν ἰσχυρὰς καταθλιπτικὰς ὑδραντλίας (σχ. 96).

Μερικαὶ πρακτικαὶ ἐφαρμογαὶ τῆς πιέσεως τοῦ ἀέρος

1. Ὑδροβολεὺς (σχ. 97). Οὗτος χρησιμεύει διὰ μετάγγισιν ὕδατος κατὰ



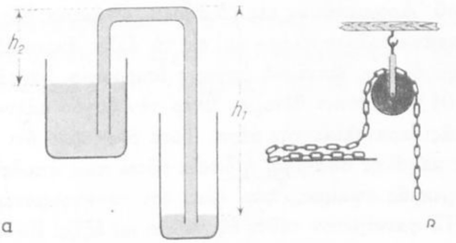
Σχ. 97. Ὑδροβολεύς. Ἐμφυσῶντες ἀέρα εἰς τὸν ἀριστερὸν σωλῆνα ἀναγκάζομεν τὸ ὕδωρ νὰ ἐξέλθῃ ἐκ τοῦ δεξιοῦ.

μικρὰς ποσότητας εἰς δοκιμαστικοὺς σωλῆνας ἢ εἰς ἄλλα δοχεῖα, ὅταν ἐμφυσῶμεν εἰς αὐτὸν ἀέρα.

2. *Προχοΐς* (σχ. 98). Δι' αὐτῆς δυνάμεθα νὰ μεταγγίσωμεν ὑγρόν τι καὶ κατὰ σταγόνας ἀκόμη.

Σχ. 98. Προχοΐς. Διὰ στιγμιαίων ἄρσεων καὶ πιέσεων τοῦ ἀντίχειρος λαμβάνομεν τὸ ὑγρὸν κατὰ σταγόνας.

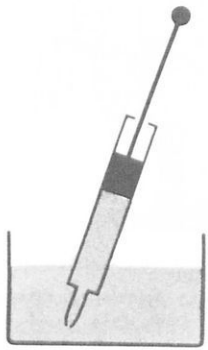
3. *Σίφων* (σχ. 99). Δι' αὐτοῦ μεταφέρομεν καὶ μεγάλας ποσότητας ὑγρῶν (π.χ. μούστου), ἀρκεῖ τὸ ὑγρὸν τοῦτο νὰ εὑρίσκεται ὑψηλότερα τοῦ μέρους, εἰς τὸ ὁποῖον θὰ μεταφερθῇ. Ἐὰν ὁ σωλὴν εἶναι πλήρης καὶ ἔχωμεν κλείσει



Σχ. 99. Σίφων. α=δι' ἀπορροφήσεως πρὸς στιγμὴν ὕδατος ἐκ τοῦ μεγάλου σωλῆνος προκαλεῖται συνεχὴς ἐκροὴ αὐτοῦ β: Ὅμοιον μηχανικὸν φαινόμενον. Μόλις σύρωμεν πρὸς στιγμὴν τὸ δεξιὸν ἄκρον τῆς ἁλύσεως πρὸς τὰ κάτω συνεχίζεται ἡ πτῶσις.

τὰ στόμια αὐτοῦ διὰ τῶν δακτύλων, κατόπιν δὲ ἐμβαπτίσωμεν τὸ βραχὺ σκέλος τοῦ σωλῆνος εἰς τὸ δοχεῖον μὲ τὸ ὑγρὸν καὶ ἀπὸ τοῦ μεγαλυτέρου σκέλους ἀφαιρέσωμεν τὸν δάκτυλον, παρατηροῦμεν ὅτι ἀρχίζει καὶ συνεχίζεται ἡ ἐκροή, χωρὶς προηγουμένην ἀπορρόφησιν. Τοῦτο ἀποτελεῖ ἀπόδειξιν ὅτι ἡ ἐκροὴ τοῦ ὑγροῦ διὰ τοῦ σίφωνος ἐπιτυγχάνεται χάρις εἰς τὴν διαφορὰν στάθμης τοῦ ὑγροῦ εἰς τὰ δοχεῖα καὶ χάρις εἰς τὴν συνοχὴν τῶν μορίων τοῦ μεταγγιζομένου ὑγροῦ.

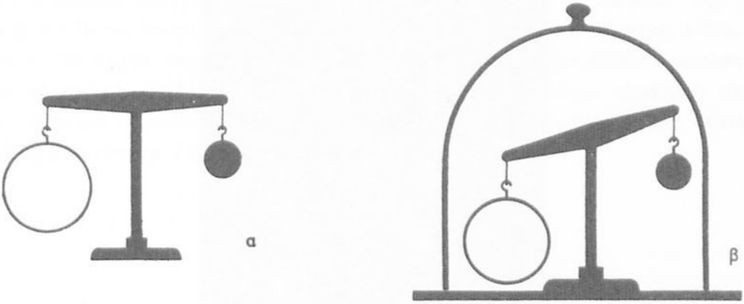
4. *Σύριγξ ἐνέσεων.* Αὕτη εἶναι πολὺ χρήσιμος εἰς τοὺς ἰατροὺς (σχ. 100).



Σχ. 100. Σύριγξ ἐνέσεων.

Μόλις σύρωμεν τὸ ἔμβολον πρὸς τὰ ἔξω δημιουργεῖται πρὸ αὐτοῦ κενόν, εἰς τὸ ὁποῖον εἰσχωρεῖ τὸ ὑγρόν, ἕνεκα τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως.

75. Ἀρχὴ τοῦ Ἀρχιμήδους εἰς τὰ ἀέρια. *Πείραμα.* Εἰς τὸ ἕν ἄκρον ζυγοῦ ἐξαρτῶμεν μικρὰν σφαῖραν πλήρη καὶ εἰς τὸ ἄλλο ἄκρον ἐξαρτῶμεν σφαῖραν κοίλην μεγάλου ὄγκου, ὥστε νὰ ὑπάρχῃ ἰσορροπία, νὰ μένῃ δηλ. ὁ ζυγὸς ὁριζοντίως (σχ. 101). Κατόπιν θέτομεν ὑπὲρ τὸν ζυγὸν ὑάλινον κώδωνα καὶ ἀφαιροῦμεν διὰ μιᾶς ἀεραντλίας τὸν ἀέρα. Τότε βλέπομεν ὅτι ὁ ζυγὸς κλείνει πρὸς τὸ μέρος τῆς μεγάλης σφαίρας, ἡ ὁποία οὕτω πως ἀποδεικνύεται ὅτι εἶναι βαρυτέρα τῆς μικρᾶς σφαίρας, παρ' ὅλον ὅτι προηγουμένως ὑπῆρχε ἰσορροπία τοῦ ζυγοῦ. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἐξηγεῖται ὡς ἑξῆς: Καὶ αἱ δύο σφαῖραι, ὅταν εὑρίσκωνται εἰς τὸν ἀέρα καὶ ὄχι ἐντὸς τοῦ κώδωνος, δέχονται πίεσιν τοῦ ἀέρος ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω (ἄνωσιν). Ἡ μεγάλη σφαῖρα, ἐπειδὴ ἔχει μεγαλύτερον ὄγκον, δέχεται μεγαλυτέραν ἄνωσιν καὶ ἐν ᾧ εἶναι πράγματι βαρυτέρα τῆς μικρᾶς σφαίρας, λόγῳ τῆς μεγαλυτέρας ἀνώσεως, τὴν ὁποίαν δέχεται, ἰσορροπεῖ αὐτήν. Ἐὰν ἐπὶ τῆς μικρᾶς σφαίρας θέσωμεν τόσα σταθμά, ὅσον εἶναι τὸ βάρος τοῦ ἀέρος, τὸν ὁποῖον ἐκτοπίζει ἡ μεγάλη σφαῖρα, καὶ ἐκτελέσωμεν ὡς προηγουμένως τὸ πείραμα, θὰ ἴδωμεν ὅτι ὁ ζυγὸς θὰ ἰσορροπήσῃ. Ἐκ τοῦ προηγουμένου πειράματος συνάγομεν τὸ συμπέρασμα ὅτι πᾶν σῶμα, εὑρισκόμενον ἐντὸς ἀερίου τινος, ὑφίσταται ἄνωσιν ἴσην πρὸς τὸ βάρος τοῦ ὑπὸ τοῦ σώματος ἐκτοπιζομένου ἀερίου. Ἡ ἀρχὴ αὐτὴ ὀνομάζεται ἀρχὴ τοῦ Ἀρχιμήδους εἰς τὰ ἀέρια. Ἐφαρμογὴν τῆς ἀρχῆς αὐτῆς ἔχομεν εἰς τὴν χρησιμο-

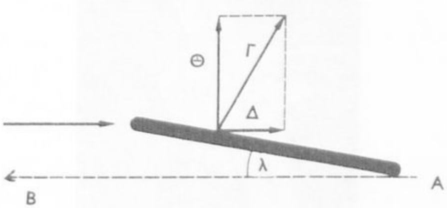


Σχ. 101. Ἀπόδειξις τῆς ἀρχῆς τοῦ Ἀρχιμήδους εἰς τὰ ἀέρια. α: Ζύγισις τῶν δύο σφαιρῶν εἰς τὸν ἀέρα. β': ζύγισις ἐντὸς ὑαλίνου κώδωνος, ἀπὸ τοῦ ὁποίου ἀφῃρέθη ὁ ἀήρ.

ποίησιν τῶν ἀεροστάτων, τὰ ὁποῖα ἀνέρχονται εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν, ἐφ' ὅσον τὸ βάρος των εἶναι μικρότερον τοῦ βάρους τοῦ ἀέρος, τὸν ὁποῖον ἐκτοπίζουν.

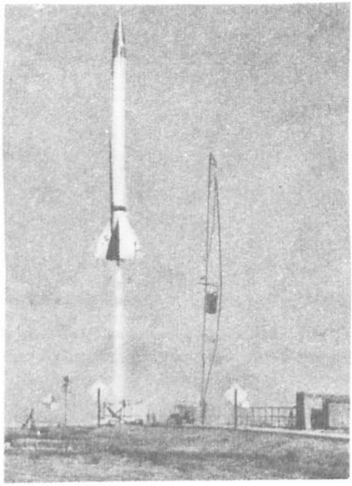
Ἐκ τῆς ἀρχῆς τοῦ Ἀρχιμήδους εἰς τὰ ἀέρια διδασκόμεθα ὅτι τὸ πραγματικὸν βάρος ἑνὸς σώματος εὑρίσκεται, ἀφοῦ τὸ ζυγίσωμεν εἰς τὸν ἀέρα καὶ κατόπιν προσθέσωμεν εἰς τὸ ἐξαγόμενον τὸ ἴσον πρὸς τὴν ἄνωσιν βάρος. Ἐὰν δὲν κάμωμεν τοῦτο, τότε τὸ λαμβανόμενον βάρος εἶναι φαινομενικὸν καὶ μικρότερον τοῦ πραγματικοῦ.

76. Ἀεροπλάνα-πύραυλοι.* Διὰ νὰ πετάξουν τὰ ἀεροπλάνα, στηρίζονται εἰς ἄλλην ἀρχὴν καὶ ὄχι εἰς τὴν ἀρχὴν τοῦ Ἀρχιμήδους. Ἡ ἄνωσις τῶν ἀεροπλάνων λέγεται δυναμικὴ ἄνωσις (ἄντωσις). Εἰς τὸ σχῆμα (102) αἱ πτέρυγες

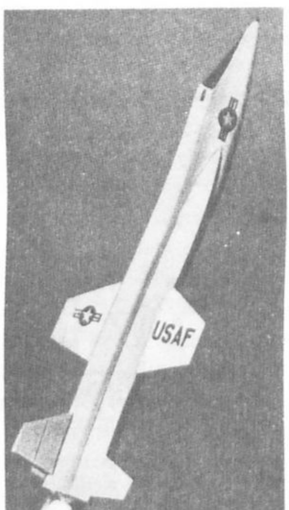


Σχ. 102. Ἡ δύναμις Θ εἶναι ἡ ἀνυψοῦσα τὸ ἀεροπλάνον.

τοῦ ἀεροπλάνου σχηματίζουν μὲ τὸ ἔδαφος γωνίαν τινὰ λ. Ὅταν τὸ ἀεροπλάνον κινῆται πρὸς τὴν διεύθυνσιν ΑΒ, ἡ πίεσις τοῦ ἀέρος, ὅστις πιέζεται ἀπὸ τὰς πτέρυγας, ἐκδηλοῦται ὡς συνισταμένη πιέσεων πρὸς τὴν διεύθυνσιν Γ. Ἡ συνισταμένη αὐτὴ ἀναλύεται εἰς δύο δυνάμεις. Μίαν ὁριζοντίαν Δ, ἡ ὁποία ἐξουδετεροῦται ἀπὸ τὴν δύναμιν τῆς περιστρεφομένης ἕλικος τοῦ ἀεροπλάνου,



Σχ. 103. Ἐν ᾧ τὰ ἐξερχόμενα ἐκ τῆς μηχανῆς τοῦ πυραύλου ἀέρια διευθύνονται πρὸς τὰ κάτω, ὁ πύραυλος ἀνυψώνεται.



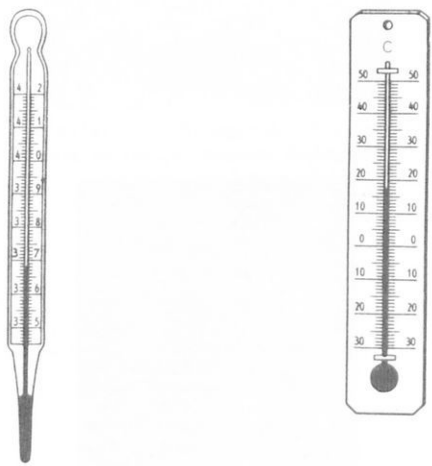
Σχ. 104. Ἀεριωθούμενον ἀεροπλάνον ὁμοιάζον μὲ πύραυλον.

καὶ ἀπὸ τὴν ἐλευθέραν πλέον δύναμιν Θ, ἡ ὁποία ἀνυψώνει τὸ ἀεροπλάνον.

Οἱ πύραυλοι ἐξ ἄλλου στηρίζονται εἰς ἄλλην διάφορον ἀρχὴν διὰ νὰ πετάξουν. Στηρίζονται εἰς τὴν ἀρχὴν τῆς δράσεως καὶ ἀντιδράσεως. Τὰ ἐκ τῆς μηχανῆς τοῦ πυραύλου ἐξερχόμενα ἀέρια διευθύνονται πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς γῆς, ἐν ᾧ ἀντίθετος δύναμις διευθύνει τὸν πύραυλον πρὸς τὸν οὐρανὸν (σχ. 103). Εἰς τὴν αὐτὴν ἀρχὴν στηρίζεται καὶ ἡ λειτουργία τῶν ἀεριωθουμένων ἀεροπλάνων. Εἰς τὸ σχῆμα (104) εἰκονίζεται ἀεριωθούμενον ἀεροπλάνον νεωτάτου τύπου ὁμοιάζον μὲ πύραυλον, τὸ ὁποῖον εὑρίσκεται εἰς τὴν Ἀμερικὴν ὑπὸ δοκιμήν. Θὰ ἔχῃ ταχύτητα 7500 χιλιομέτρων τὴν ὥραν.

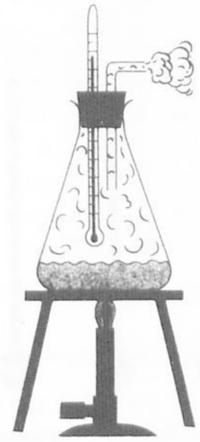
ΘΕΡΜΟΤΗΣ

77. Θερμότης. Θερμόμετρα. Τὸ αἴτιον, τὸ ὁποῖον προκαλεῖ εἰς ἡμᾶς τὸ αἴσθημα τοῦ ψυχροῦ ἢ τοῦ θερμοῦ, καλεῖται θερμότης. Ὁ χαρακτηρισμὸς δὲ ἑνὸς σώματος, ἀπὸ ἀπόψεως τῆς θερμικῆς αὐτοῦ καταστάσεως (ἂν ἔχῃ δηλ. πολὺ ἢ ὀλίγον ποσὸν θερμότητος, θερμικῆς ἐνεργείας), ὀνομάζεται θερμοκρασία. Ὅλα τὰ σώματα, εὑρισκόμενα εἰς ἕνα χῶρον, προσπαθοῦν νὰ ἔχουν τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν. Δι' αὐτὸ τὰ θερμότερα ἀποδίδουν θερμότητα καὶ τὰ ψυχρότερα λαμβάνουν διαρκῶς, μέχρις ὅτου ἀποκτήσουν ὅλα τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν. Ἄλλο πρᾶγμα εἶναι, ὅταν εἴπωμεν ὅτι ἡ θερμοκρασία τοῦ δωματίου εἶναι τόσων βα-



Σχ. 105. Διάφορα εἴδη θερμομέτρων.

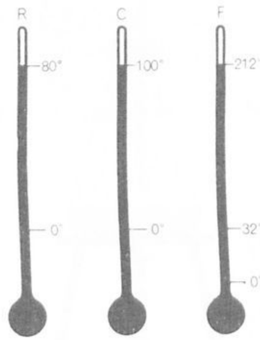
θμῶν, καὶ ἄλλο, ὅταν εἴπωμεν τί ποσὸν θερμότητος, δηλ. θερμικῆς ἐνεργείας, ἐχρειάσθη διὰ νὰ δεικνύῃ τὸ κατάλληλον ὄργανον τοὺς βαθμοὺς αὐτούς. Διὰ τὴν ἔνδειξιν τῆς θερμοκρασίας χρησιμοποιοῦμεν ὄργανα, τὰ ὁποῖα λέγονται θερμόμετρα. Τὰ συνήθη θερμόμετρα ἀποτελοῦνται ἀπὸ ὑάλινον σωλῆνα, ὁ ὁποῖος εἰς τὸ κάτω μέρος καταλήγει εἰς αἰχμὴν ἢ εἶναι σφαιρικὸς (σχ. 105) *Βαθμολογία τοῦ θερμομέτρου.* Ἐντὸς τοῦ σωλῆνος τίθεται ποσότης ὑδραργύρου. Τὸ θερμόμετρον τιθέμενον ἐντὸς τεμαχίων πάγου, ὁ ὁποῖος ἀρχίζει νὰ τήκεται, ψύχεται. Ὁ ὑδράργυρος συστέλλεται ἐκ τῆς ψύξεως, ἀλλὰ ὅταν συσταλῇ ἀρκετά, δὲν συστέλλεται ἄλλο. Τότε σημειοῦμεν εἰς τὸ τείχωμα τοῦ σωλῆνος τὸν ἀρθμὸν μηδὲν (0^0). Κατόπιν ἐξαρτῶμεν τὸ θερμόμετρον ἐντὸς φιάλης μὲ ὕδωρ, ὥστε νὰ ἀπέχῃ τοῦτο ὀλίγον τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος καὶ θερμαίνομεν (σχ. 106). Οἱ ἀτμοὶ τοῦ βράζοντος ὕδατος θερμαίνουν τὸ θερμόμετρον, τοῦ ὁ-



Σχ. 106. Βαθμολογία τοῦ ἀριθμοῦ 100 εἰς τὸ θερμόμετρον.

ποίου ὁ ὑδράργυρος ἀνέρχεται μέχρις ὡρισμένου σημείου, πέρα τοῦ ὁποίου δὲν ἀνυψοῦται, καίτοι ἐξακολουθεῖ ἡ θέρμανσις καὶ ὁ βρασμός. Εἰς τὸ σημεῖον αὐτὸ σημειοῦμεν τὸν ἀριθμὸν 100. Τὸ διάστημα τοῦ θερμομέτρου ἀπὸ 0 — 100 τὸ διαιροῦμεν εἰς 100 ἴσα μέρη. Ἐπεκτείνομεν δὲ τὴν διαίρεσιν καὶ κάτω τοῦ μηδενὸς καὶ ἄνω τοῦ μηδενός, ἐφ' ὅσον ἐπαρκεῖ πρὸς τοῦτο τὸ μῆκος τοῦ σωλῆνος. Ἐπειδὴ τὴν θερμοκρασίαν, ὅπου ὁ πάγος ἀρχίζῃ νὰ τήκεται καὶ νὰ μεταβάλλεται εἰς ὕδωρ, τὴν σημειοῦμεν μὲ μηδὲν καὶ τὴν ἀπόστασιν ἀπ' αὐτοῦ μέχρι τῆς θερμοκρασίας, ὅπου τὸ ὕδωρ βράζει καὶ γίνεται ἀτμός, σημειοῦμεν μὲ τὸν ἀριθμὸν 100, δι' αὐτὸ τὸ θερμόμετρον αὐτὸ λέγεται καὶ θερμόμετρον ἑκατονταβάθμου. Συνήθως ὅμως οἱ βαθμοὶ εἰς αὐτὸ ἀναγινώσκονται ὡς βαθμοὶ Κελσίου πρὸς τιμὴν τοῦ Σουηδοῦ ἀστρονόμου καὶ φυσικοῦ Κελσίου (Celsius). Ὅταν π.χ. ἔχῃ γραφῆ 18^0 C, ἀναγινώσκεται 18 βαθμοὶ Κελσίου. Ὅταν ἔχῃ γραφῆ -12^0 C ἀναγινώσκεται, δώδεκα βαθμοὶ ὑπὸ τὸ μηδέν, ἢ κάτω τοῦ μηδενός, Κελσίου. Εἰς μερικὰ κράτη ὑπάρχουν καὶ θερμόμετρα μὲ ἄλλας ὑποδιαιρέσεις. Τὸ θερμόμετρον τοῦ Ρεωμύρου π.χ. (εἰς τὴν Γαλλίαν) ἔχει τὸ μηδὲν

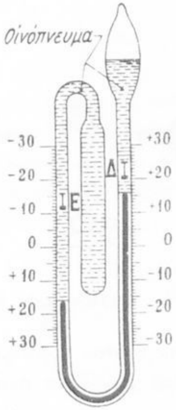
(0^0) μὲν ὡς θερμοκρασίαν τοῦ τηκομένου πάγου (ὅπως καὶ τοῦ Κελσίου), ὡς θερμοκρασίαν ὅμως τοῦ ζέοντος ὕδατος ἔχει τὸν ἀριθμὸν 80, ἀντὶ 100. Εἰς τὴν Ἀμερικὴν καὶ τὴν Ἀγγλίαν ἔχουν τὸ θερμόμετρον Φαρενάϊτ. Τὸ μηδὲν τοῦ θερμομέτρου τοῦ Κελσίου ἀντιστοιχεῖ εἰς τὸν ἀριθμὸν 32 τοῦ Φαρενάϊτ, ἐν ᾧ ὁ 100 τοῦ Κελσίου ἀντιστοιχεῖ εἰς τὸν 212 τοῦ Φαρενάϊτ (σχ. 107). Διὰ νὰ μετατρέψωμεν βαθμοὺς ἑνὸς θερμομέτρου εἰς βαθμοὺς ἄλλου θερμομέτρου χρησιμοποιοῦμεν τὰς σχέσεις, $R = 4/5\ C$, (1) καὶ $F = 9/5\ C + 32$, (2), ὅπου τὸ R δηλοῖ βαθμοὺς Ρεωμύρου, τὸ C βαθμοὺς Κελσίου καὶ τὸ F βαθμοὺς



Σχ. 107. R=θερμόμετρον Ρεωμύρου. C=Θερμόμετρον Κελσίου. F=θερμόμετρον Φαρενάϊτ.

Φαρενάϊτ Ἐπειδὴ ὁ ὑδράργυρος παγώνει εἰς τοὺς $-38{,}9^0$ C (ὑπὸ τὸ μηδὲν) διὰ χαμηλοτέρας θερμοκρασίας θέτομεν εἰς τὰ θερμόμετρα οἰνόπνευμα ἀντὶ ὑδραργύρου. Διότι τὸ οἰνόπνευμα παγώνει εἰς τοὺς -100^0C (ὑπὸ τὸ μηδὲν).

78. Θερμόμετρα μεγίστου καὶ ἐλαχίστου. Διὰ νὰ εὕρωμεν τὴν μεγίστην καὶ τὴν ἐλαχίστην θερμοκρασίαν, κατὰ τὴν διάρκειαν ἑνὸς χρονικοῦ διαστήματος, π.χ. ἑνὸς ἡμερονυκτίου, χρησιμοποιοῦμεν εἰδικὰ θερμόμετρα, τὰ ὁποῖα καλοῦνται θερμόμετρα μεγίστου καὶ ἐλαχίστου ἢ ἀκροβάθμια. Εἰς τὴν συσκευὴν τοῦ σχήματος (107 α) ἡ ὁποία εἶναι ἐξ ὑάλου, μὲ τὰς μαύρας στήλας παρίσταται ὁ ὑδράργυρος, ἐνῷ μὲ τὰς στήλας, αἱ ὁποῖαι ἔχουν διακεκομμένας ὁριζοντίας γραμμάς, παρίσταται τὸ οἰνόπνευμα. Τὸ δεξιὸν σκέλος δὲν εἶναι πλῆρες μὲ οἰνόπνευμα, ὅπως εἶναι τὸ ἀριστερόν. Εἰς τὰς στήλας μὲ οἰνόπνευμα ὑπάρχουν δύο δεῖκται ἐκ σιδήρου Δ, Ε. Ὅταν ἡ θερμοκρασία αὐξάνεται, τὸ οἰνόπνευμα τῆς ἀριστερᾶς στήλης διαστέλλεται καὶ ὠθεῖ τὸν ὑδράργυρον, ὁ ὁποῖος εἰς τὴν δεξιὰν στήλην ἀνερχόμενος παρασύρει τὸν δείκτην Δ πρὸς τὰ ἄνω ὅταν ἡ θερμοκρασία κατέλθη, τὸ οἰνόπνευμα τῆς ἀριστερᾶς στήλης συστέλλεται καὶ ὁ ὑδράργυρος ἀκολουθεῖ τὸ δημιουργούμενον κενὸν ἀνερχόμενος εἰς τὴν ἀριστερὰν στήλην, ὁπότε ὠθεῖ τὸν δείκτην Ε πρὸς τὰ ἄνω. Ὁ δείκτης ὅμως Δ παραμένει εἰς τὴν θέσιν του. Ἐὰν τὰ φαινόμενα τῆς μετακινήσεως τοῦ δεικτῶν συνέβησαν εἰς διάστημα



Σχ. 107α. Ἀκροβάθμιον θερμόμετρον.

ἑνὸς ἡμερονυκτίου, ὁ μὲν δείκτης Δ δεικνύει τὴν μεγίστην θερμοκρασίαν, ὁ δὲ Ε τὴν ἐλαχίστην. Διὰ νὰ κάμωμεν ἄλλην μέτρησιν ἐπαναφέρομεν τοὺς δείκτας εἰς τὴν ἀρχικήν των θέσιν διὰ μαγνήτου.

Παραδείγματα μετατροπῆς βαθμῶν.

α) Νὰ μετατραποῦν 20 βαθμοὶ Κελσίου εἰς 1) Ρεωμύρου καὶ 2) Φαρενάϊτ. 1) Ἐκ τοῦ τύπου (1) λαμβάνομεν δι' ἀντικαταστάσεως $R = 4/5 \times 20 = 80/5 = 16$. 2) Ἐκ τοῦ τύπου (2) λαμβάνομεν δι' ἀντικαταστάσεως $F = 9/5 \times 20 + 32 = 180/5 + 32 = 36 + 32 = 68$.

β) Νὰ μετατραποῦν 68^0F εἰς 1) Κελσίου καὶ 2) Ῥεωμύρου 1) Ἐκ τοῦ τύπου (2) ἔχομεν $68 = 9/5\ C + 32$, $68 - 32 = 9/5\ C$, $36 = 9/5\ C$, $180 = 9C$, $180/9 = C$, $20 = C$. 2) Ἐκ τοῦ τύπου (1) λαμβάνομεν $R = 4/5 \times 20 = \frac{80}{5} = 16$.

Διαστολὴ τῶν σωμάτων

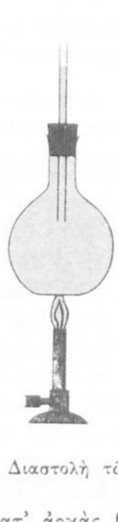
79. Διαστολὴ τῶν στερεῶν, ὑγρῶν, ἀερίων. *Πείραμα 1ον.* Μικρὰ μεταλλίνη σφαῖρα δύναται νὰ διέρχεται εὐχερῶς διά τινος δακτυλίου μεταλλίνου.

Ἐὰν θερμάνωμεν ἰδιαιτέρως τὴν σφαῖραν καὶ δοκιμάσωμεν ἂν διέρχεται πάλιν διὰ τοῦ δακτυλίου βλέπομεν ὅτι δὲν διέρχεται. Θὰ διέλθῃ πάλιν ἀφοῦ ψυχθῇ

Σχ. 108. Διαστολὴ τῶν στερεῶν.

(σχ. 108). Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου συμπεραίνομεν ὅτι τὰ στερεὰ σώματα θερμαινόμενα διαστέλλονται καὶ ψυχόμενα συστέλλονται.

Διαστολὴ τῶν ὑγρῶν. *Πείραμα 2ον.* Φιάλη πλήρης ὕδατος, κλεισμένη διὰ πώματος ἐξ ἐλαστικοῦ (καουτσούκ), διὰ τοῦ ὁποίου διέρχεται λεπτὸς ὑάλινος

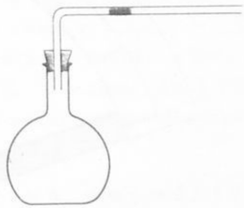


Σχ. 109. Διαστολὴ τῶν ὑγρῶν.

σωλήν, θερμαίνεται (σχ. 109). Κατ' ἀρχὰς θερμαίνονται τὰ τειχώματα τῆς φιάλης καὶ διαστέλλονται, ὁπότε τὸ ὕδωρ κατέρχεται ὀλίγον ἐκ τοῦ σωλῆνος.

Κατόπιν ὅμως, ἀφοῦ συνεχισθῇ ἐπ' ἀρκετὸν ἡ θέρμανσις, θερμαίνεται καὶ τὸ ὕδωρ καὶ ἀνέρχεται εἰς τὸν σωλῆνα ἀρκετὰ ὑψηλά. Ὅταν ἡ φιάλη ψυχθῇ, τὸ ὕδωρ εἰς τὸν σωλῆνα ἐπανέρχεται εἰς τὴν προτέραν του θέσιν (τὴν ἀρχικήν). Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου συμπεραίνομεν ὅτι καὶ τὰ ὑγρὰ θερμαινόμενα διαστέλλονται καὶ ψυχόμενα συστέλλονται.

Διαστολὴ τῶν ἀερίων. *Πείραμα 3ον.* Φιάλη κενὴ ὑγροῦ, περιέχουσα μόνον ἀέρα, κλείεται διὰ πώματος διὰ τοῦ ὁποίου διέρχεται ὑάλινος σωλὴν κεκαμμένος ὁριζοντίως, ὅπου ὑπάρχει μία σταγὼν ὕδατος (σχ. 110). Ἐὰν θερμάνωμεν ὀλίγον τὴν φιάλην, ἢ καὶ ἁπλῶς τὴν προστρίψωμεν ἰσχυρῶς διὰ τῶν χειρῶν μας, ὁ ἐντὸς αὐτῆς ἀὴρ θερμαινόμενος διαστέλλεται καὶ ὠθεῖ τὴν σταγόνα πρὸς τὰ ἔξω. Ὅταν ἡ φιάλη ψυχθῇ καὶ ἐπανέλθῃ εἰς τὴν προτέραν κατά-

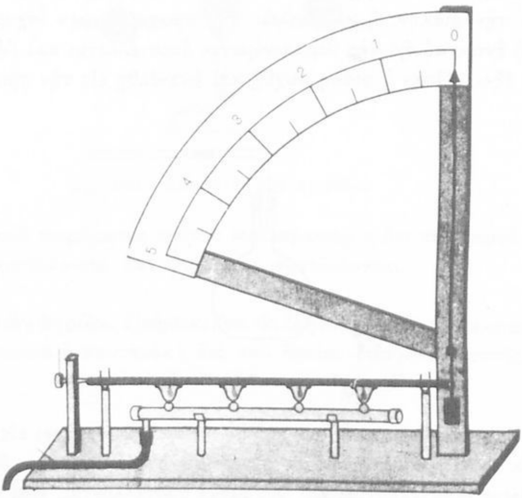


Σχ. 110. Διαστολὴ τῶν ἀερίων.

στασιν, ἀπὸ ἀπόψεως θερμοκρασίας, καὶ ἡ σταγὼν ἐπανέρχεται εἰς τὴν ἀρχικήν της θέσιν. Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου συνάγομεν τὸ συμπέρασμα ὅτι καὶ τὰ ἀέρια θερμαινόμενα διαστέλλονται καὶ ψυχόμενα συστέλλονται. Καὶ ἐκ τῶν τριῶν λοιπὸν προηγουμένων πειραμάτων διαπιστώνεται ὁ φυσικὸς νόμος, ὅτι πάντα τὰ σώματα, στερεά, ὑγρὰ καὶ ἀέρια θερμαινόμενα διαστέλλονται καὶ ψυχόμενα συστέλλονται. Μικρὰν ἐξαίρεσιν ἐκ τοῦ νόμου τούτου ἀποτελεῖ τὸ ὕδωρ. Τοῦτο εἰς τοὺς 4^0 C ὑφίσταται τὴν μεγαλυτέραν συστολὴν καὶ ἔχει ἑπομένως τὴν μεγαλυτέραν πυκνότητα. Ἐὰν ψυχθῇ διαδοχικῶς τὸ ὕδωρ ἀπὸ 4^0 C εἰς 3^0, 2^0, 1^0, 0^0 (εἰς 0^0 C γίνεται πάγος) διαρκῶς διαστέλλεται. Ἑπομένως ὁ πάγος ἔχει μεγαλύτερον ὄγκον ἴσου ὄγκου ὕδατος καὶ κατὰ συνέπειαν εἶναι ἐλαφρότερος καὶ ἐπιπλέει εἰς τὸ ὕδωρ. Ἐὰν τὸ ὕδωρ θερμανθῇ ἀπὸ τὸν 1^0 C εἰς 2^0, 3^0, 4^0, διαρκῶς συστέλλεται. Θερμαινόμενον κατόπιν εἰς 5^0, 6^0, 7^0 κλπ. διαστέλλεται.

80. Γραμμικὴ διαστολὴ τῶν στερεῶν. Γραμμικὴ λέγεται ἡ διαστολὴ τὴν ὁποίαν ὑφίσταται κατὰ μίαν μόνον διεύθυνσιν ἓν σῶμα στερεὸν θερμαινόμενον. Ἓν λεπτὸν σύρμα π.χ. θερμαινόμενον, διαστέλλεται μὲν καὶ κατὰ τὸ πάχος, ἀλλὰ ἡ μεγάλη διαστολὴ γίνεται κατὰ μῆκος, κατὰ μίαν γραμμήν, κατὰ μίαν διεύθυνσιν.

α) Γραμμικὴ διαστολή. Ἡ αὔξησις τῆς μονάδος τοῦ μήκους (π.χ. ἑνὸς ἑκατοστοῦ τοῦ μέτρου) σώματός τινος θερμαινομένου κατὰ ἕνα βαθμόν, λέγεται γραμμικὸς συντελεστὴς διαστολῆς. Ἕκαστον στερεὸν σῶμα ἔχει καὶ τὸν ἰδικόν του γραμμικὸν συντελεστὴν διαστολῆς. Διὰ νὰ εὕρωμεν τὸν γραμμικὸν συντελεστὴν διαστολῆς διαφόρων σωμάτων, χρησιμοποιοῦμεν τὴν συσκευὴν τοῦ σχήματος (111), ὅπου θερμαίνομεν διαδοχικῶς σύρματα ἐκ διαφόρων σω-



Σχ. 111. Μέτρησις τῆς γραμμικῆς διαστολῆς τῶν στερεῶν.

μάτων τοῦ αὐτοῦ πάχους καὶ τοῦ αὐτοῦ μήκους, διὰ τοῦ αὐτοῦ ποσοῦ θερμότητος. Τὸ θερμαινόμενον σύρμα διαστέλλεται καὶ πιέζει τὸν κατακόρυφον δείκτην, ὁ ὁποῖος δεικνύει ἕνα ἀριθμὸν εἰς τὸ τόξον. Ἀπὸ ἐπανειλημμένα πειράματα διὰ τῆς συσκευῆς αὐτῆς εὑρίσκομεν τὸν γραμμικὸν συντελεστὴν διαστολῆς διαφόρων σωμάτων. Ὅταν οὗτος εἶναι γνωστός, εἶναι εὔκολον νὰ ὑπολογίσωμεν τὸ μῆκος τὸ ὁποῖον λαμβάνει μία ράβδος ἢ ἓν σύρμα ὅταν θερμανθῇ, ἐφαρμόζοντες τὸν τύπον $\lambda' = \lambda\ (1 + \alpha\theta)$, ὅπου λ εἶναι τὸ ἀρχικὸν μῆκος τῆς ράβδου, α εἶναι ὁ γραμμικὸς συντελεστὴς διαστολῆς, θ ὁ ἀριθμὸς τῶν βαθμῶν κατὰ τοὺς ὁποίους ἐθερμάνθη τὸ σῶμα καὶ λ' τὸ μῆκος τῆς ράβδου μετὰ τὴν θέρμανσιν. Ὁ προηγούμενος τύπος εἶναι δυνατὸν νὰ εὑρεθῇ διὰ τῶν ἑξῆς συλλογισμῶν :

α) Εἰς αὔξησιν τῆς θερμοκρασίας κατὰ 1 βαθμόν, μῆκος 1 cm τοῦ σώματος αὐξάνεται α. Εἰς αὔξησιν τῆς θερμοκρασίας κατὰ θ βαθμοὺς τὸ μῆκος θὰ γίνῃ αθ.

β) Τὸ 1 cm τοῦ σώματος γίνεται αθ. Τὰ λ cm τοῦ σώματος θὰ γίνουν θερμαινόμενα αθλ. Τόση θὰ εἶναι ἡ αὔξησις μήκους λ ἑκατοστῶν τοῦ μέτρου τοῦ σώματος, θερμαινομένου κατὰ θ βαθμούς. Ἑπομένως τὸ τελικὸν μῆκος τοῦ σώματος λ′ θὰ ἰσοῦται μὲ τὸ ἀρχικὸν λ καὶ τὴν ἐπελθοῦσαν ἐκ τῆς θερμάνσεως αὔξησιν αθλ, ἤτοι θὰ εἶναι $\lambda' = \lambda + \alpha\theta\lambda$ ἢ $\lambda' = \lambda(1 + \alpha\theta)$, (1). Ὁ τελευταῖος τύπος λέγεται δυώνυμον τῆς γραμμικῆς διαστολῆς τῶν στερῶν. Προκειμένου περὶ στερεοῦ σώματος, τοῦ ὁποίου ὁ ἀρχικὸς ὄγκος ἔστω V καὶ ὁ τελικός, μετὰ τὴν διαστολὴν ἐκ θερμότητος, ἔστω V′, ὁ τύπος γράφεται: $V' = V(1 + 3\alpha\theta)$. Τὸ τριπλάσιον δὲ τοῦ γραμμικοῦ συντελεστοῦ διαστολῆς, ἤτοι ὁ 3α λέγεται κυβικὸς συντελεστὴς διαστολῆς. Διὰ καταλλήλων πειραμάτων προσδιορίζεται ὁ κυβικὸς συντελεστὴς διαστολῆς τῶν στερεῶν, τῶν ὑγρῶν καὶ τῶν ἀερίων. Ἔχει δὲ εὑρεθῆ ὅτι δι' ὅλα τὰ ἀέρια ὁ κυβικὸς συντελεστὴς διαστολῆς, ἂν κληθῆ οὗτος γ, εἶναι $\gamma = 1/273$. Τοῦτο σημαίνει ὅτι πᾶν ἀέριον θερμαινόμενον κατὰ 1 βαθμὸν αὐξάνεται κατὰ τὸ 1/273 τοῦ ὄγκου, τὸν ὁποῖον εἶχε εἰς 0°C. Ἐννοεῖται, ὅτι ἡ πίεσις ὑπὸ τὴν ὁποίαν εὑρίσκεται τὸ πρὸς μέτρησιν ἀέριον δὲν πρέπει νὰ μεταβάλλεται.

Ἀριθμητικὰ παραδείγματα.

α) Ἓν μετάλλινον μέτρον ἐξ ἀργιλίου (ἀλουμινίου) εἰς θερμοκρασίαν 5°C ἔχει μῆκος 1m. Ὅταν θερμανθῆ εἰς 35°C πόσον μῆκος θὰ ἔχῃ, ὅταν ὁ γραμμικὸς συντελεστὴς διαστολῆς τοῦ ἀργιλίου εἶναι 0,0000237 m κατὰ βαθμόν;

Ἐφαρμόζομεν τὸν τύπον (1) ἐκ τοῦ ὁποίου δι' ἀντικαταστάσεως τῶν γραμμάτων διὰ τῶν ἀριθμητικῶν των τιμῶν λαμβάνομεν

$$\lambda' = 1\ (1 + 0{,}0000237 \cdot 30),\quad (\theta = 35 - 5 = 30).$$

Ἐκτελοῦντες τὰς πράξεις ἔχομεν $\lambda' = 1{,}000711$ m.

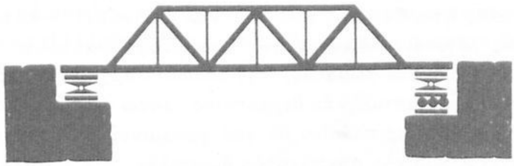
β) Ἡ περιφέρεια τροχοῦ ἐκ σιδήρου ἔχει μῆκος 4m εἰς θερμοκρασίαν 0°C. Ὁ γραμμικὸς συντελεστὴς τοῦ σιδήρου εἶναι $\alpha = 0{,}0000123$. Πόσον θὰ γίνῃ τὸ μῆκος της, ὅταν ὁ τροχὸς θερμανθῆ εἰς 100°C; Ἐφαρμόζοντες πάλιν τὸν τύπον (1) λαμβάνομεν $\lambda' = 4(1 + 0{,}0000123.100)$. Ἐκτελοῦντες τὰς πράξεις ἔχομεν $\lambda' = 4{,}00492$ m.

Πρακτικαὶ ἐφαρμογαὶ

1. Εἰς τὰς ράβδους τῶν σιδηροδρομικῶν γραμμῶν ἀφίνουν κενὰ διαστήματα διὰ νὰ μὴ κάμπτωνται αὗται ἐκ τῆς διαστολῆς των κατὰ τὸ θέρος

2. Εἰς τὰς ἐκ μετάλλου γεφύρας τὸ ἕν ἄκρον στηρίζεται εἰς σφαίρας μικράς, ὥστε ἐκ τῆς διαστολῆς κατὰ τὸ θέρος νὰ ἐπιμηκύνεται ἐλευθέρως αὔτη καὶ νὰ μὴ μεταβάλλεται ἡ ἰσορροπία τῆς γεφύρας (σχ. 112).

3. Οἱ ἁμαξοποιοὶ θερμαίνουν πρῶτα τὴν σιδηρᾶν στεφάνην καὶ κατόπιν

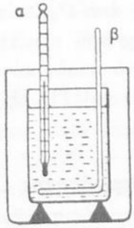


Σχ. 112. Στήριξις γεφύρας διὰ τὴν ἐξουδετέρωσιν τῆς θερμικῆς διαστολῆς.

Σχ. 113. Θέρμανσις τῆς σιδηρᾶς στεφάνης τροχοῦ ξυλίνου.

θέτουν αὐτὴν ὑπὲρ τὸν ξύλινον τροχόν, ὥστε, ὅταν ψυχθῇ αὔτη, νὰ ἔχῃ ἀσφαλῶς ἐφαρμοσθῆ ἐπ' αὐτοῦ (σχ. 113).

81. Μονὰς ποσότητος θερμότητος. Μέτρησις ποσοῦ θερμότητος. Ἡ θερμικὴ ἐνέργεια ἡ περιεχομένη εἰς ἓν σῶμα ὀνομάζεται ποσὸν θερμότητος τοῦ σώματος. Ὡς μονάδα διὰ τὴν μέτρησιν τοῦ ποσοῦ τῆς θερμότητος χρησιμοποιοῦμεν τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος, τὸ ὁποῖον ἀπαιτεῖται διὰ νὰ ὑψωθῇ ἡ θερμοκρασία ἑνὸς γραμμαρίου ὕδατος κατὰ ἕνα βαθμὸν (Κελσίου). Ἡ μονὰς αὔτη ὀνομάζεται θερμὶς ἢ μικρὰ θερμὶς καὶ παρίσταται συμβολικῶς διὰ τοῦ 1 cal. Μεγαλυτέρα μονὰς ταύτης εἶναι ἡ μεγάλη θερμὶς ἢ χιλιοθερμίς. Αὔτη ἰσοῦται μὲ 1000 μικρὰς θερμίδας καὶ ἐκφράζει τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος, τὸ ὁποῖον ἀπαιτεῖται διὰ νὰ ὑψωθῇ ἡ θεμοκρασία ἑνὸς χιλιογράμμου ὕδατος κατὰ ἕνα βαθμόν. Συμβολικῶς ἡ μεγάλη θερμὶς παρίσταται διὰ τοῦ 1 Kcal. Διὰ νὰ μετρήσωμεν ποσὰ θερμότητος χρησιμοποιοῦμεν ἁπλᾶ ὄργανα, τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται θερμιδόμετρα (σχ. 114). Ἡ λειτουργία τῶν θερμιδομέτρων στηρίζεται εἰς τὴν ἀρχὴν ὅτι τὰ θερμότερα σώματα ἀποβάλλουν διαρκῶς θερμότητα πρὸς τὰ πλησίον αὐτῶν εὑρισκόμενα σώματα, μέχρις ὅτου ὅλα αὐτὰ ἔχουν τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν. Ἡ ἀρχὴ αὐτὴ ὀνομάζεται μέθοδος τῶν μειγμάτων. Ἐὰν θέλωμεν νὰ εὕρωμεν τί ποσὸν θερμότητος χρειαζόμεθα διὰ νὰ ἀναβιβάσωμεν



Σχ. 114. Θερμιδόμετρον. α=θερμόμετρον. β=ἀναδευτήρ.

τὴν θερμοκρασίαν m γραμμαρίων ὕδατος ἀπὸ τῆς θερμοκρασίας $t_1{}^0C$ εἰς τὴν θερμοκρασίαν $t_2{}^0C$, σκεπτόμεθα ὡς ἑξῆς:

διὰ νὰ θερμανθῇ 1gr ὕδατος κατὰ 1^0C χρειάζεται		1 cal
διὰ νὰ θερμανθοῦν 10gr ὕδατος κατὰ 1^0C χρειάζονται		10 cal
διὰ νὰ θερμανθοῦν m gr ὕδατος κατὰ 1^0C	»	m cal
διὰ νὰ θερμανθοῦν m gr ὕδατος ἀπὸ 20^0C εἰς 25^0C	»	(25-20)m cal
διὰ νὰ θερμανθοῦν m gr ὕδατος ἀπὸ $t^0{}_1C$ εἰς $t^0{}_2C$	»	$(t_2 - t_1)$mcal

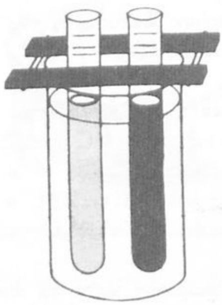
Ἂν καλέσωμεν τὸ εὑρισκόμενον κατὰ τὰ ἀνωτέρω ποσὸν θερμότητος μὲ τὸ γράμμα Q, θὰ ἔχωμεν τὴν σχέσιν $Q = m(t_2 - t_1)$ cal (1).

82. Εἰδικὴ θερμότης. Τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος, τὸ ὁποῖον ἀπαιτεῖται διὰ νὰ ὑψωθῇ ἡ θερμοκρασία ἑνὸς γραμμαρίου σώματός τινος κατὰ ἕνα βαθμὸν ὀνομάζεται εἰδικὴ θερμότης. Ἐκ τοῦ ὁρισμοῦ τούτου συνάγομεν τὸ συμπέρασμα ὅτι ἡ μικρὰ θερμὶς (1cal) εἶναι καὶ ἡ εἰδικὴ θερμότης τοῦ ὕδατος.

Ἡ εἰδικὴ θερμότης ἑκάστου σώματος ἀποτελεῖ ἰδιαίτερον γνώρισμα τούτου, ὅπως ἰδιαίτερον γνώρισμα εἶναι ἡ πυκνότης καὶ τὸ εἰδικ. βάρος τοῦ σώματος. Διὰ νὰ γίνῃ ἀντιληπτὴ ἡ σημασία τῆς εἰδικῆς θερμότητος ἀναφέρομεν τὸ ἑξῆς παράδειγμα. Ἡ εἰδικὴ θερμότης τοῦ ὕδατος εἶναι 1, τοῦ δὲ μολύβδου εἶναι 0,03. Ἡ σχέσις ἡ ὁποία ὑπάρχει μεταξὺ τῆς εἰδικῆς θερμότητος τοῦ ὕδατος πρὸς τὴν εἰδικὴν θερμότητα τοῦ μολύβδου εἶναι 1 : 0,03 ἢ 100 : 3. Τοῦτο σημαίνει ὅτι, ἐὰν θερμάνωμεν ὕδωρ ἔκ τινος θερμοκρασίας εἰς ὑψηλοτέραν θερμοκρασίαν καὶ ἐξοδεύσωμεν ὡς καύσιμον ὕλην λ.χ. 100 γραμμάρια οἰνοπνεύματος, θὰ χρειασθῶμεν μόνον 3 γραμμάρια οἰνοπνεύμτος, ἐὰν θερμαίναμεν, ὅπως τὸ ὕδωρ, τὸ αὐτὸ ποσὸν μολύβδου.

Ἐὰν θέλωμεν νὰ εὕρωμεν τί ποσὸν θερμότητος χρειαζόμεθα διὰ ν' ἀναβιβάσωμεν τὴν θερμοκρασίαν ἑνὸς σώματος ἀπὸ t^0_1C εἰς t^0_2C, ὅταν ἡ εἰδικὴ θερμότης αὐτοῦ εἶναι π.χ. c, σκεπτόμεθα ὡς ἑξῆς: Κατὰ τὴν προηγουμένην σχέσιν (1), ὅταν ἡ εἰδικὴ θερμότης τοῦ σώματος ἦτο 1 (τοῦ ὕδατος), ἐχρειαζόμεθα διὰ τὴν ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας ἀπὸ t^0_1C εἰς t^0_2C ποσὸν θερμότητος $m(t_2 - t_1)$cal. Ὅταν ἡ εἰδικὴ θερμότης τοῦ σώματος εἶναι c θὰ χρειαζόμεθα $c.m (t_2 - t_1)$ cal. Ἐὰν καλέσωμεν τὸ ποσὸν αὐτὸ τῆς θερμότητος μὲ τὸ γράμμα W, θὰ ἔχωμεν $W = c.m\ (t_2 - t_1)$ cal. Ἡ ἐξίσωσις αὕτη ἐκφράζει τὸν θεμελιώδη νόμον τῆς θερμιδομετρίας.

83. Εὕρεσις τῆς εἰδικῆς θερμότητος ἑνὸς ὑγροῦ. Εἰς δοχεῖον περιέχον ὕδωρ τοποθετοῦμεν δύο δοκιμαστικοὺς σωλῆνας. Ὁ εἷς περιέχει 30 gr ὕδατος καὶ ὁ ἄλλος 30 gr οἰνοπνεύματος (σχ. 115). Εἰς ἕκαστον τῶν δοκιμαστικῶν σωλήνων τοποθετοῦμεν ἀπὸ ἓν θερμόμετρον. Θερμαίνομεν τώρα τὸ ἐξωτερικὸν δοχεῖον καὶ μετὰ πάροδον χρόνου τινὸς βλέπομεν ὅτι τὸ θερμόμετρον τοῦ δοκιμαστικοῦ σωλῆνος μὲ τὸ ὕδωρ δεικνύει 30 βαθμούς, ἐν ᾧ τὸ θερμόμετρον τοῦ δοκιμαστικοῦ σωλῆνος μὲ τὸ οἰνόπνευμα δεικνύει 50 βαθμούς. Τώρα κάμνομεν τοὺς ἑξῆς συλλογισμούς :



Σχ. 115. Ἁπλοῦν θερμιδόμετρον διὰ τὰ ὑγρά. Εἰς τὸν ἀριστερὸν σωλῆνα θέτομεν ὕδωρ. Εἰς τὸν δεξιόν, οἰνόπνευμα.

Διὰ θέρμανσιν 1 gr ὕδατος κατὰ 1^0C χρειάζεται ποσὸν θερμότητος 1 cal (μιᾶς θερμίδος). Διὰ θέρμανσιν 30 gr ὕδατος κατὰ 1^0C χρειάζεται ποσὸν θερμότητος 30 cal (30 θερμίδων). Διὰ τὴν θέρμανσιν 30 gr ὕδατος κατὰ 30^0C χρειάζεται ποσὸν θερμότητος $30 \times 30 = 900$ θερμίδων. Εἶναι φανερὸν ὅτι ὅσον ποσὸν θερμότητος ἐχρειάσθη διὰ νὰ θερμάνῃ 30 gr ὕδατος κατὰ 30 βαθμούς (ἐχρειάσθη 900 cal) τόσον ἐχρειάσθη διὰ νὰ θερμάνῃ 30 gr οἰνοπνεύματος κατὰ 50 βαθμούς. Ἑπομένως θὰ εἴπωμεν :

30 gr οἰνοπνεύματος διὰ νὰ θερμανθοῦν εἰς 50°C χρειάζονται 900 cal.
1 gr οἰνοπνεύματος διὰ νὰ θερμανθῇ εἰς 50°C χρειάζεται 900 : 30 = 30 cal.
1 gr οἰνοπνεύματος διὰ νὰ θερμανθῇ κατὰ 1°C πόσας θερμίδας χρειάζεται;

Θὰ χρειάζεται 30/50 = 0,6 cal. Ὥστε ἡ εἰδικὴ θερμότης τοῦ οἰνοπνεύματος εὑρέθη ὅτι εἶναι 0,6 cal. (Σημ. Ἡ ἀκριβὴς τιμὴ εἶναι 0,57 cal).

84. Θερμικὴ ἰσχὺς καυσίμων. Ὡς καύσιμα χαρακτηρίζονται ὅλα ἐκεῖνα τὰ σώματα, στερεὰ ἢ ὑγρὰ ἢ ἀέρια, τῶν ὁποίων ἡ καῦσις παρέχει θερμότητα ἐκμεταλλεύσιμον. Τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος, τὸ ὁποῖον λαμβάνομεν ἐκ τῆς καύσεως ἑνὸς γραμμαρίου καυσίμου τινός, λέγεται θερμικὴ ἰσχὺς αὐτοῦ καὶ ἐκφράζεται εἰς θερμίδας ὡς (cal/gr). Τὸ πετρέλαιον καιόμενον δίδει 11300 θερμίδας, ἡ βενζίνη 10500, ὁ ἀνθρακίτης 8500, ὁ λιθάνθραξ 7500, ὁ λιγνίτης 3000 — 5000, τὸ ξύλον 3000 — 4000. Αἱ τροφαὶ εἰσαγόμεναι εἰς τὸν ὀργανισμὸν ὑφίστανται βραδεῖαν καῦσιν ἐκ τῆς ὁποίας ἀποδίδεται θερμότης. Τὸ βούτυρον δίδει 7600 θερμίδας, τὸ σάκχαρον 4100, ὁ τυρὸς 3900, ὁ λευκὸς ἄρτος 2580, τὰ φασόλια 2570, τὸ κρέας 1500—3000, τὰ γεώμηλα 950, τὰ λαχανικὰ 150—350, ὁ οἶνος 650 κλπ. Ὁ ἄνθρωπος χρειάζεται διὰ νὰ ζῇ 2000 — 3000 θερμίδας περίπου κατὰ εἰκοσιτετράωρον.

85. Μόρια.* *Φυσικαὶ καταστάσεις τῶν σωμάτων.* Ὅπως εἶναι γνωστὸν τὰ ἐλάχιστα σωματίδια τῶν ὑλικῶν σωμάτων ὀνομάζονται ἄτομα. Δύο ἢ περισσότερα ἄτομα, εἴτε ἐκ τοῦ αὐτοῦ σώματος εἴτε ἐκ διαφόρων σωμάτων ἀποτελοῦν τὰ μόρια. Ὑπὸ τὰς συνήθεις συνθήκας (θερμοκρασίας καὶ πιέσεως) ὡς ἐλάχιστα σωματίδια τῶν σωμάτων παρουσιάζονται τὰ μόρια καὶ ὄχι τὰ ἄτομα. Ἐὰν ἔχωμεν π.χ. 100 γραμμάρια ὀξυγόνου, ἡ ποσότης αὐτὴ συγκροτεῖται ἀπὸ μόρια ὀξυγόνου καὶ ὄχι ἀπὸ χωριστὰ ἄτομα ὀξυγόνου, καίτοι ἓν μόριον τοῦ ὀξυγόνου ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο ἄτομα. Ἐπίσης, ἂν ἔχωμεν 100 γραμμάρια ὑδρογόνου, ἡ ποσότης αὐτὴ τοῦ ὑδρογόνου ἀποτελεῖται ἀπὸ μόρια ὑδρογόνου καὶ ὄχι ἀπὸ χωριστὰ ἄτομα ὑδρογόνου, καίτοι τὸ μόριον τοῦ ὑδρογόνου ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο ἄτομα ὑδρογόνου. Τὰ σώματα ὑπὸ τὴν συνήθη θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος (15°C) καὶ τὴν συνήθη ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν (760 mm στήλης ὑδραργύρου) παρουσιάζονται εἴτε ὑπὸ τὴν στερεὰν εἴτε ὑπὸ τὴν ὑγρὰν εἴτε ὑπὸ τὴν ἀέριον κατάστασιν. Ἡ κατάστασις ὑπὸ τὴν ὁποίαν παρουσιάζεται συνήθως ἓν σῶμα, λέγεται φυσικὴ κατάστασις τοῦ σώματος. Ἡ φυσικὴ κατάστασις π.χ. τοῦ σιδήρου καὶ τοῦ λίθου εἶναι ἡ στερεά. Τοῦ ὕδατος καὶ τοῦ ἐλαίου εἶναι ἡ ὑγρά. Τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος εἶναι ἡ ἀέριος. Διὰ τὰ ἀέρια εἰδικώτερον λέγομεν ὅτι ταῦτα εὑρίσκονται ὑπὸ κανονικὰς συνθήκας ὅταν εὑρίσκωνται ὑπὸ πίεσιν μιᾶς ἀτμοσφαίρας (1 at) καὶ θερμοκρασίαν 0°C. Ἡ μεταβολὴ τῆς θερμοκρασίας (αὔξησις δηλ. ἢ ἐλάττωσις τῆς θερμοκρασίας) ἑνὸς σώματος εἶναι δυνατὸν νὰ ἐπιφέρῃ καὶ μεταβολὴν τῆς φυσικῆς αὐτοῦ καταστάσεως. Τὸ ὕδωρ π.χ., τὸ ὁποῖον εἰς τὴν συνήθη θερμοκρασίαν εἶναι ὑγρόν, ψυχόμενον καταλλήλως γίνεται στερεὸν (πάγος) καὶ θερμαινόμενον γίνεται ἀέριον.

Μεταβολαὶ τῆς καταστάσεως τῶν σωμάτων

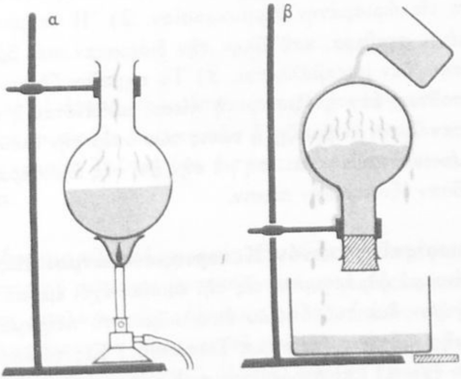
86. Τῆξις καὶ πῆξις τῶν σωμάτων. Ἡ μετατροπὴ ἑνὸς στερεοῦ σώματος εἰς ὑγρὸν διὰ θερμάνσεως αὐτοῦ λέγεται τῆξις. Τοὐναντίον, ἡ μετατροπὴ ἑνὸς ὑγροῦ εἰς στερεὸν λέγεται πῆξις. Ἡ θερμοκρασία εἰς τὴν ὁποίαν ἓν σῶμα ἐκ τῆς στερεᾶς καταστάσεως μεταβαίνει εἰς τὴν ὑγρὰν (ἡ θερμοκρασία εἰς τὴν ὁποίαν τήκεται) ἢ ἐκ τῆς ὑγρᾶς καταστάσεως μεταβαίνει εἰς τὴν στερεὰν (ἡ θερμοκρασία εἰς τὴν ὁποίαν πήγνυται) εἶναι ἡ αὐτή. Λέγεται δὲ θερμοκρασία τήξεως ἢ πήξεως ἀντιστοίχως. Λέγεται ἐπίσης καὶ σημεῖον ἢ βαθμὸς τήξεως ἢ πήξεως. Τὸ σημεῖον τήξεως τοῦ πάγου εἶναι 0°C. Ἀλλὰ καὶ τὸ σημεῖον πήξεως τοῦ ὕδατος εἶναι πάλιν 0°C. Ἕκαστον σῶμα ἔχει τὸ ἰδικόν του σημεῖον τήξεως ἢ πήξεως, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ καὶ ἓν ἐκ τῶν χαρακτηριστικῶν γνωρισμάτων τοῦ σώματος.

87. Μεταβολὴ τοῦ ὄγκου τοῦ ὕδατος κατὰ τὴν πῆξιν. Τὸ ὕδωρ, ὅταν γίνεται πάγος καταλαμβάνει μεγαλύτερον ὄγκον. Τόσον μεγάλη εἶναι τότε ἡ ἀναπτυσσομένη πίεσις κατὰ τὴν πῆξιν τοῦ ὕδατος, ὥστε κλειστὸν δοχεῖον πλῆρες ὕδατος θραύεται, ὅταν τὸ ὕδωρ γίνῃ πάγος. Κατὰ τὸν χειμῶνα οἱ σωλῆνες ὑδρεύσεως θραύονται ἐκ τῆς πιέσεως τοῦ πάγου, ὅταν ἡ θερμοκρασία κατέλθῃ κάτω τοῦ 0°C καὶ τὸ ὕδωρ δὲν ρέει συνεχῶς. Τὰ ψυγεῖα τῶν αὐτοκινήτων ἐκκενοῦνται κατὰ τὸ πολὺ ψῦχος διὰ νὰ μὴ θραύωνται ἐκ τῆς πήξεως τοῦ ὕδατος. Βράχοι ὁλόκληροι συντρίβονται ἐκ τῆς πήξεως τοῦ ὕδατος, τὸ ὁποῖον τυχὸν εὑρίσκεται εἰς κοιλότητας αὐτῶν. Διάφορα πετρώματα (δηλ. στερεὰ μέρη τοῦ φλοιοῦ τῆς γῆς), ὅταν διαποτισθοῦν ἀπὸ ὕδωρ καὶ τοῦτο κατόπιν παγώσῃ, ἀποσυντίθενται. Ἐπειδὴ ὁ πάγος εἶναι ἐλαφρότερος ἴσου ὄγκου ὕδατος, δι' αὐτὸ ἐπιπλέει εἰς τὸ ὕδωρ. Ὁ πάγος ὅταν λυώσῃ καταλαμβάνει μικρότερον χῶρον. Ὑπάρχουν ὅμως σώματα, ὅπως ὁ μόλυβδος, τὰ ὁποῖα τηκόμενα καταλαμβάνουν μεγαλύτερον ὄγκον ἐκείνου, τὸν ὁποῖον εἶχον, ὅταν εὑρίσκοντο εἰς στερεὰν κατάστασιν.

88. Διάλυσις. *Πείραμα.* Εἰς ποτήριον περιέχον ὕδωρ ρίπτομεν ὀλίγον κατ' ὀλίγον μαγειρικὸν ἅλας καὶ ἀναδεύομεν διαρκῶς. Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ στερεὸν ἅλας ἐξαφανίζεται καὶ εἰς τὸ ποτήριον ὑπάρχει μόνον ὑγρόν. Τὸ φαινόμενον τοῦτο, κατὰ τὸ ὁποῖον ἓν στερεὸν σῶμα ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν ἑνὸς ὑγροῦ μεταβαίνει εἰς τὴν ὑγρὰν κατάστασιν λέγεται διάλυσις. Ἐὰν ἐξακολουθήσωμεν νὰ ρίπτωμεν ἅλας καὶ ἀναδεύωμεν, θὰ ἴδωμεν ὅτι κατά τινα στιγμὴν τὸ ἅλας δὲν διαλύεται πλέον. Λέγομεν τότε ὅτι τὸ διάλυμα εἶναι κεκορεσμένον, ἡ ἱκανότης δηλ. τοῦ ὕδατος πρὸς διάλυσιν ἔχει τώρα ἐξαντληθῆ.

89. Ἐξαέρωσις. Ἐξάτμισις. Βρασμός. Ἡ μετάβασις ἑνὸς σώματος ἐκ τῆς ὑγρᾶς καταστάσεως εἰς τὴν ἀέριον λέγεται ἐξαέρωσις. Ἡ ἐξαέρωσις εἶναι δυνατὸν νὰ γίνῃ κατὰ δύο, κυρίως, τρόπους : ἢ δι' ἐξατμίσεως ἢ διὰ βρασμοῦ. Ἡ δι' ἐξατμίσεως ἐξαέρωσις γίνεται βραδέως, ἐν ᾧ ἡ διὰ βρασμοῦ τοῦ ὑγροῦ γίνεται πολὺ ταχύτερον. *Ἐξάτμισις* λέγεται ἡ βραδεῖα μετατροπὴ ἑνὸς ὑγροῦ εἰς ἀέριον. Αὕτη λαμβάνει χώραν μόνον εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ὑγροῦ ἢ τὴν ἐπιφάνειαν ἑνὸς διαβραχέντος στερεοῦ. Ἡ στέγνωσις τῶν ἐνδυμάτων μετὰ τὴν πλύσιν αὐτῶν ὀφείλεται εἰς τὴν ἐξάτμισιν. Ἡ ἐξάτμισις εἶναι τόσον μεγαλυτέρα, ὅσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ ἐπιφάνεια τοῦ σώματος καὶ ἡ θερμοκρασία αὐτοῦ. Ἐπίσης ἡ ἐξάτμισις εἶναι μεγαλυτέρα, ὅταν ὁ περιβάλλων τὸ σῶμα ἀὴρ εἶναι ξηρὸς καὶ ὅταν πνέῃ ἄνεμος.

Βρασμὸς λέγεται τὸ φαινόμενον, τὸ ὁποῖον παρατηροῦμεν, ὅταν ὑγρόν τι θερμαινόμενον ἀρκετὰ ἀρχίζῃ μὲ τὴν ἀνάπτυξιν φυσαλίδων νὰ μετατρέπεπεται

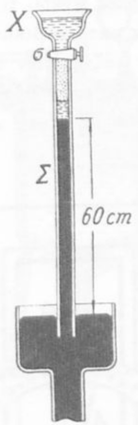


Σχ. 116. Εἰς τὸ α τὸ ὕδωρ βράζει. Ὅταν μεταφερθῇ ἡ φιάλη εἰς τὸ β καὶ ψύχεται διαρκῶς, βράζει πάλιν τὸ ὕδωρ.

εἰς ἀέριον (ἀτμόν). Ἡ ἐξαέρωσις ὑγροῦ τινος διὰ τοῦ βρασμοῦ γίνεται δι' ὅλου τοῦ ὑγροῦ, ἐν ἀντιθέσει πρὸς τὴν ἐξάτμισιν, ἡ ὁποία λαμβάνει χώραν μόνον διὰ τῆς ἐπιφανείας αὐτοῦ. Ὅλα τὰ ὑγρὰ δὲν βράζουν εἰς τὸν αὐτὸν βαθμόν. Ἄλλα βράζουν εἰς μεγαλύτερον καὶ ἄλλα εἰς μικρότερον. Ὁ βαθμὸς τοῦ βρασμοῦ ἑνὸς ὑγροῦ, τὸν ὁποῖον δεικνύει τὸ θερμόμετρον, λέγεται καὶ σημεῖον ζέσεως αὐτοῦ. Τοῦτο ἀποτελεῖ καὶ ἓν ἐκ τῶν χαρακτηριστικῶν γνωρισμάτων τοῦ σώματος, ὅπως εἶναι τὸ εἰδικὸν βάρος του, τὸ σημεῖον τήξεως ἢ πήξεως κλπ. Τὸ σημεῖον ζέσεως τῶν σωμάτων λαμβάνεται, ὅταν ὑπὲρ τὴν ἐπιφάνειαν αὐτῶν, κατὰ τὴν ὥραν τοῦ βρασμοῦ, ἐπικρατεῖ ἡ συνήθης ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις. Ὅταν ὅμως ἡ πίεσις εἶναι μεγαλυτέρα, ὁ βρασμὸς δὲν γίνεται ἢ γίνεται δυσκόλως, διότι ὑπὲρ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ὑγροῦ ὑπάρχουν ἀτμοὶ ἀναπτύσσοντες μεγαλυτέραν τῆς συνήθους πίεσιν καὶ ἐμποδίζοντες οὕτω τὴν μετάβασιν αὐτοῦ εἰς τὴν κατάστασιν τοῦ ἀτμοῦ. Τοὐναντίον συμβαίνει, ὅταν ἡ πίεσις ὑπὲρ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ὑγροῦ εἶναι μικροτέρα τῆς ἀτμοσφαιρικῆς. Τὸ ὕδωρ π.χ. βράζει τότε καὶ εἰς τοὺς 95°C καὶ ἀκόμη χαμηλότερον. Τοῦτο ἀποδεικνύεται διὰ τοῦ ἑξῆς πειράματος. Ἀφοῦ θερμαίνομεν ὕδωρ, μέχρις ὅτου ἀρχίζει νὰ βράζῃ, διακόπτομεν τὴν θέρμανσιν, ἀντιστρέφομεν τὸ δοχεῖον, ὁπότε βλέπομεν ὅτι τὸ ὕδωρ δὲν βράζει πλέον, καὶ κατόπιν ψύχομεν αὐτὸ συνεχῶς διὰ ψυχροῦ ὕδατος (σχ. 116). Πρὸς ἔκπληξίν μας βλέπομεν ὅτι τὸ ὕδωρ ἀρχίζει νὰ βράζῃ ζωηρῶς. Τοῦτο προέρχεται ἐκ τοῦ γεγονότος ὅτι οἱ ὑπὲρ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ὕδατος ἀτμοὶ ἔγιναν σταγονίδια μὲ τὴν διαρκῆ ψῦξιν τοῦ ὕδατος καὶ ἡ πίεσις τῶν ὑπολοίπων ὑδρατμῶν, οἱ ὁποῖοι ἔγιναν ὀλιγώτεροι, ἔγινε πολὺ μικρά.

Νόμοι τοῦ βρασμοῦ. 1) Ὁ βρασμὸς ὑγροῦ τινος ὑπὸ ὡρισμένην πίεσιν ἄρχεται πάντοτε εἰς ὡρισμένην θερμοκρασίαν. 2) Ἡ θερμοκρασία κατὰ τὸν βρασμὸν παραμένει σταθερά, καθ' ὅλην τὴν διάρκειαν τοῦ βρασμοῦ, ἐφ' ὅσον ἡ ἐξωτερικὴ πίεσις δὲν μεταβάλλεται. 3) Τὸ σημεῖον ζέσεως ἑνὸς ὑγροῦ αὐξάνεται ἢ ἐλαττοῦται, ἐὰν ἡ ἐξωτερικὴ πίεσις αὐξάνεται ἢ ἐλαττοῦται ἀντιστοίχως. 4) Ὅταν ὑγρόν τι βράζῃ, ἡ τάσις τῶν ὑπὲρ τὴν ἐλευθέραν ἐπιφάνειαν αὐτοῦ κεκορεσμένων ἀτμῶν εἶναι ἴση μὲ τὴν ἐπὶ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ ἐπικρατοῦσαν ἐξωτερικὴν πίεσιν.

90. Ἐξαέρωσις εἰς τὸ κενόν. Κεκορεσμένοι ἀτμοί. Εἰς τὸ σχῆμα (116α) παρίσταται λεκάνη μὲ ὑδράργυρον, εἰς τὴν ὁποίαν ἔχει ἐμβαπτισθῆ σωλὴν ὑάλινος μὲ ὑδράργυρον διὰ τοῦ ὁποίου ἐκτελοῦμεν τὸ πείραμα πρὸς ἀπόδειξιν τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως (πείραμα Torricelli.) Εἰς τὸ ἐπάνω μέρος ὁ σωλὴν φέρει χοάνην (χωνὶ) καὶ στρόφιγγα σ. Κλείομεν τὴν στρόφιγγα καὶ ἐκτελοῦμεν τὸ πείραμα Torricelli, ὁπότε τὸ ὕψος τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης τοῦ σωλῆνος δεικνύει τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν. Κατόπιν θέτομεν ἐντὸς τῆς χοάνης ὀλίγον οἰνόπνευμα καὶ ἀφοῦ ἀνοίξωμεν τὴν στρόφιγγα, ἀφίνομεν νὰ πέσῃ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος μία σταγὼν οἰνοπνεύματος. Ἡ σταγὼν ἐξαεροῦται ταχέως, ἐνῶ ὁ ὑδράργυρος κατέρχεται ὀλίγον ἕνεκα τῆς πιέσεως, τὴν ὁποίαν ἀσκοῦν ἐπ' αὐτοῦ οἱ ἐκ τοῦ οἰνοπνεύματος ἀτμοί. Ἐὰν ἀκολούθως εἰσαγάγωμεν καὶ ἄλλας σταγόνας καὶ αὐταὶ θὰ ἐξατμισθοῦν καὶ οἱ παραγόμενοι ἀτμοὶ θὰ πιέζουν τὸν ὑδράργυρον. Τέλος, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι αἱ ἀφινόμεναι σταγόνες δὲν ἐξαεροῦνται, ἀλλὰ παραμένουν εἰς ὑγρὰν κατάστασιν ὑπὲρ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ὑδραργύρου. Τοῦτο συμβαίνει, διότι ὁ χῶρος ὑπὲρ τὴν ἐπιφάνειαν αὐτὴν δὲν δύναται νὰ συγκρατήσῃ ἄλλους ἀτμούς. Ὁ χῶρος αὐτὸς λέγεται κεκορεσμένος



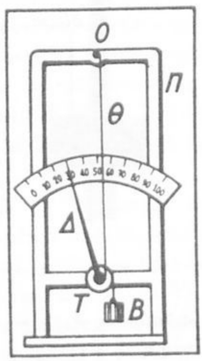
Σχ. 116α. Συσκευή, ὅπου παράγονται κεκορεσμένοι ἀτμοί.

ἀπὸ ἀτμοὺς καὶ οἱ ἀτμοί, τοὺς ὁποίους περιέχει, λέγονται κεκορεσμένοι. Ἐκ πολλῶν μετρήσεων εὑρέθη ὅτι γενικῶς ἡ τάσις τῶν ἀτμῶν αὐξάνεται, ὅταν αὐξάνεται ἡ θρμοκρασία. Τοὐναντίον, ἡ τάσις αὕτη ἐλαττοῦται, ὅταν ἡ θερμοκρασία ἐλαττοῦται.

91. Ἐπίδρασις τῆς πιέσεως εἰς τὴν τῆξιν τοῦ πάγου. Ἡ θερμοκρασία τήξεως ἑνὸς στερεοῦ σώματος μεταβάλλεται μετὰ τῆς πιέσεως. Αὕτη ἐλαττοῦται ἢ αὐξάνεται ἀναλόγως τῆς αὐξήσεως ἢ ἐλαττώσεως τοῦ ὄγκου τοῦ σώματος κατὰ τὴν πῆξιν. Ὅταν τὸ ὕδωρ ψυχθῇ καὶ γίνῃ πάγος, ὁ ὄγκος τοῦ πάγου γίνεται μεγαλύτερος τοῦ ὄγκου τοῦ ὕδατος, ἀπὸ τὸ ὁποῖον οὗτος προῆλθε. Ἐὰν λοιπὸν εἰς τὸν πάγον ἐπιφέρωμεν μίαν πίεσιν, οὗτος δὲν τήκεται εἰς τοὺς μηδὲν βαθμοὺς ἀλλὰ εἰς θερμοκρασίαν κάτω τοῦ μηδενός. Διὰ νὰ γίνῃ τῆξις ἑνὸς γραμματίου πάγου εἰς ὕδωρ δαπανῶνται 80 θερμίδες (80 cal/gr).

92. Θερμότης τήξεως τοῦ πάγου. Ὁ πάγος διὰ νὰ τακῇ προσλαμβάνει ἀπὸ τὸ περιβάλλον του διαρκῶς θερμότητα. Ἡ θερμοκρασία του ὅμως δὲν αὐξάνεται, διότι ἡ προσλαμβανομένη ἔξωθεν θερμότης διατίθεται διὰ νὰ μετατρέψῃ τὸν πάγον εἰς ὕδωρ. Ἡ θερμότης αὐτή, μέχρις ὅτου τακῇ ὁ πάγος, λέγεται λανθάνουσα θερμότης.

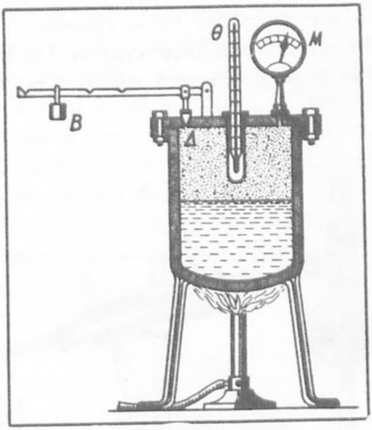
93. Ὑγρασία τοῦ ἀέρος. Εἰς τὸν ἀτμοσφαιρικὸν ἀέρα ὑπάρχουν πάντοτε ὑδρατμοὶ ἐκ τῆς ἐξατμίσεως τῶν ὑδάτων τῶν θαλασσῶν, τῶν λιμνῶν, τῶν ποταμῶν. Ὀνομάζεται ἀπόλυτος ὑγρασία τοῦ ἀέρος τὸ πηλίκον τῆς μάζης τῶν ὑδρατμῶν, τῶν περιεχομένων ἐντὸς ὄγκου τινος ἀέρος, διὰ τοῦ ὄγκου τούτου. Αὐτὴ ἐκφράζεται εἰς γραμμάρια κατὰ κυβικὸν μέτρον (gr/m^3). Σχετικὴ ὑγρασία ὀνομάζεται τὸ πηλίκον τῆς μάζης τῶν ὑδρατμῶν, τοὺς ὁποίους περιέχει εἷς ὄγκος ἀέρος, διὰ τῆς μάζης τῶν ὑδρατμῶν, τοὺς ὁποίους θὰ ἔπρεπε νὰ περιέχῃ ὁ αὐτὸς ὄγκος διὰ νὰ εἶναι κεκορεσμένος ἀπὸ ὑδρατμούς, εἰς



Σχ. 116β. Ὑγρόμετρον.

τὴν αὐτὴν ἡ θερμοκρασίαν. Ἡ σχετικὴ ὑγρασία ἐκφράζεται ἐπὶ τοῖς ἑκατὸν (%). Τὰ ὄργανα διὰ τῶν ὁποίων μετροῦμεν τὴν ὑγρασίαν τοῦ ἀέρος λέγονται ὑγρόμετρα. Ἁπλοῦν ὑγρόμετρον εἶναι τὸ ὑγρόμετρον διὰ τριχός. Ἡ λειτουργία του στηρίζεται εἰς τὸ φαινόμενον τῆς διαστολῆς καὶ συστολῆς τῆς τριχὸς ἐκ τῆς αὐξήσεως ἢ ἐλαττώσεως τῆς ὑγρασίας τοῦ περιβάλλοντος. Εἰς τὸ σχῆμα (116β) ἡ θρὶξ τοῦ ὑγρομέτρου, ἀφοῦ διέλθῃ διὰ τροχαλίας, φορτίζεται εἰς τὸ κάτω μέρος αὐτῆς διὰ μικροῦ βάρους. Ἐκ τῆς διαστολῆς τῆς τριχὸς λόγῳ τῆς ὑγρασίας μετακινεῖται ὁ δείκτης Δ καὶ δεικνύει, ὅπου σταθῇ, τὴν σχετικὴν ὑγρασίαν τοῦ περιβάλλοντος.

94. Χύτρα πιέσεως. Αὐτὴ ἀποτελεῖ τὴν ἀρχὴν τῶν ἀτμολεβήτων, (σχ. 116 γ). Ὁ βραστὴρ ἀποτελεῖται ἀπὸ μεταλλικὸν δοχεῖον μὲ παχέα ἀνθεκτικὰ τειχώματα καὶ κλείεται ἀεροστεγῶς διὰ πώματος, τὸ ὁποῖον φέρει ἀσφαλιστικὴν δικλεῖδα Δ, μίαν ὀπὴν διὰ τὴν εἰσδοχὴν θερμομέτρου καὶ ἄλλην πρὸς συγκοινωνίαν μὲ μανόμετρον Μ. Εἰς τὴν συσκευὴν αὐτὴν δυνάμεθα νὰ θερμάνωμεν τὸ ὕδωρ ὑπὲρ τοὺς 100 βαθμοὺς Κελσίου χωρὶς τοῦτο νὰ βράζῃ, ἕνεκα

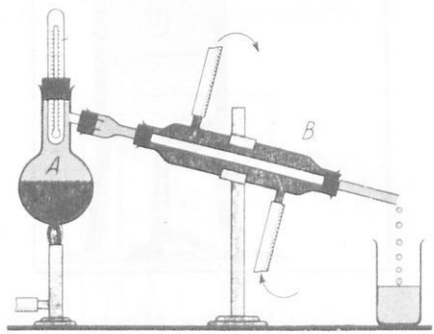


Σχ. 116γ. Χύτρα πιέσεως.

τῆς πιέσεως, τὴν ὁποίαν ἀσκοῦν οἱ ὑπὲρ τὴν ἐπιφάνειάν του ὑδρατμοί. Μὲ τὸ μετακινούμενον βάρος Β κανονίζομεν, ὥστε ἡ δικλεὶς Δ νὰ ἀνοίγῃ, ὅταν οἱ ὑδρατμοὶ ἀποκτοῦν ὡρισμένην πίεσιν.

95. Θερμότης ἐξαερώσεως. Τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος τὸ ὁποῖον ἀπαιτεῖται διὰ νὰ μεταβληθῇ 1 gr ὑγροῦ τινος εἰς ἀτμὸν τῆς αὐτῆς θερμοκρασίας πρὸς τὴν κανονικὴν θερμοκρασίαν ζέσεως τοῦ ὑγροῦ, ὀνομάζεται θερμότης ἐξαερώσεως. Κατὰ τὸν χρόνον τῆς μετατροπῆς τοῦ ὑγροῦ εἰς ἀτμὸν ἡ θερμοκρασία τοῦ ὑγροῦ, καίτοι τοῦτο λαμβάνει συνεχῶς ἔξωθεν θερμότητα, δὲν ἀνέρχεται. Τὸ ποσὸν τῆς δαπανωμένης τότε θερμότητος λέγεται λανθάνουσα θερμότης. Διὰ νὰ μετατραπῇ 1 gr ὕδατος θερμοκρασίας 100°C εἰς ἀτμὸν τῆς αὐτῆς θερμοκρασίας ἀπαιτοῦνται 540 θερμίδες.

96. Ὑγροποίησις ἀερίων καὶ ἀτμῶν. Ἀπόσταξις*. Διὰ νὰ μετατραπῇ ὑγρόν τι εἰς ἀτμούς, πρέπει νὰ δώσωμεν εἰς αὐτὸ ποσόν τι θερμότητος. Ἐὰν κατόπιν ἐκ τῶν ληφθέντων ἀτμῶν ἀφαιρέσωμεν τὸ αὐτὸ ποσὸν θερμότητος, οἱ ἀτμοὶ θὰ μετατραποῦν εἰς ὑγρόν. Τὸ φαινόμενον γενικῶς κατὰ τὸ ὁποῖον ἀέριόν τι δι' ἀφαιρέσεως θερμότητος (δηλ. διὰ ψύξεως) μεταβαίνει εἰς τὴν ὑγρὰν κατάστασιν λέγεται ὑγροποίησις. Τὴν ὑγροποίησιν τὴν ἐκμεταλλευόμεθα διὰ νὰ ἐπιτύχωμεν τὸν διαχωρισμὸν ὑγρῶν εὑρισκομένων ἐν ἀναμείξει. Τὸ ὕδωρ π.χ. τὸ ὁποῖον πίνομεν δὲν εἶναι χημικῶς καθαρόν. Διὰ νὰ ἐπιτύχωμεν χημικῶς καθαρὸν ὕδωρ θερμαίνομεν αὐτὸ μέχρι βρασμοῦ καὶ τοὺς παραγομένους ἀτμοὺς ψύχομεν διὰ κυκλοφοροῦντος διαρκῶς ὕδατος, ὁπότε οὗτοι ὑγροποιοῦνται. (σχ. 117). Ἡ κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον λῆψις χημικῶς καθαροῦ ὕδατος λέγεται ἀπόσταξις, τὸ ὕδωρ δὲ τοῦτο λέγεται ἀπεσταγμένον. Τὴν ἀπόσταξιν ἐφαρμόζομεν ἐπίσης προκειμένου νὰ διαχωρίσωμεν τὰ προϊόντα τοῦ πετρελαίου, τὰ ὁποῖα



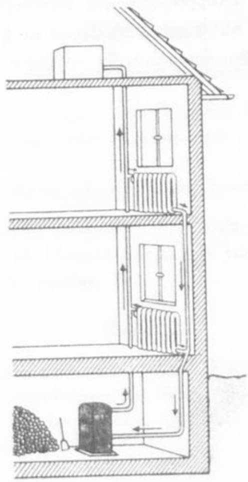
Σχ. 117. Συσκευὴ ἀποστάξεως.

ζέουν εἰς διαφόρους θερμοκρασίας. Τὸ ἀκαθάριστον πετρέλαιον τὸ θερμαίνομεν μέχρις 70°C, ὁπότε διατηροῦμεν τὴν θερμοκρασίαν αὐτὴν σταθεράν. Τοὺς λαμβανομένους ἀτμοὺς τοὺς ψύχομεν καὶ λαμβάνομεν ὑγρόν, τὸ ὁποῖον λέγεται πετρελαϊκὸς αἰθήρ. Αὐξάνομεν κατόπιν τὴν θερμοκρασίαν μέχρις 100°C καὶ τὴν διατηροῦμεν ἐπί τινα χρόνον σταθεράν, ὁπότε τοὺς λαμβανομένους ἀτμοὺς τοὺς ψύχομεν καὶ λαμβάνομεν τὴν βενζίνην. Διὰ διαδοχικῆς αὐξήσεως τῆς θερμοκρασίας καὶ ψύξεως τῶν ἀτμῶν λαμβάνομεν καὶ τὰ ἄλλα παράγωγα τοῦ πετρελαίου. Ἡ ἀπόσταξις τοῦ πετρελαίου λέγεται καὶ διύλισις, αἱ συναφεῖς δὲ ἐγκαταστάσεις λέγονται διυλιστήριον.

97. Διάδοσις τῆς θερμότητος. Ἡ θερμότης διαδίδεται κατὰ τρεῖς τρόπους: δι' ἀγωγῆς, διὰ μεταφορᾶς, δι' ἀκτινοβολίας.

α) Διάδοσις τῆς θερμότητος διὰ ἀγωγῆς. Πείραμα. Διὰ τῆς χειρός μας κρατοῦμεν ἐκ τοῦ ἑνὸς ἄκρου σύρμα μικροῦ πάχους, τὸ δὲ ἄλλο ἄκρον τὸ θερμαίνομεν. Μετ' ὀλίγον χρόνον θὰ αἰσθανθῶμεν ὅτι τὸ σύρμα ἔχει θερμανθῇ ὁλόκληρον. Τοῦτο σημαίνει, ὅτι ἀπὸ τοῦ θερμαινομένου ἄκρου μετεδόθη ἡ θερμότης ἀπὸ μορίου εἰς μόριον τοῦ σύρματος καὶ ἔφθασεν ἕως τὸ ἄλλο ἄκρον, τὸ ὁποῖον κρατοῦμεν ἡμεῖς διὰ τῆς χειρός μας. Ὁ τρόπος οὗτος τῆς διαδόσεως τῆς θερμότητος λέγεται διάδοσις δι' ἀγωγῆς. Ἡ ἱκανότης τῶν σωμάτων νὰ διαδίδουν ταχέως ἢ βραδέως τὴν θερμότητα λέγεται ἀγωγιμότης αὐτῶν. Ἀναλόγως τῆς ἰδιότητος τῶν σωμάτων νὰ μεταδίδουν ἢ ὄχι τὴν θερμότητα διακρίνουν αὐτὰ εἰς καλοὺς ἀγωγοὺς ἢ κακοὺς ἀγωγούς. Καὶ καλοὶ μὲν ἀγωγοὶ τῆς θερμότητος λέγονται ἐκεῖνοι, οἱ ὁποῖοι μεταδίδουν τὴν θερμότητα εἰς ὁλόκληρον τὴν μᾶζαν των, ἀσχέτως ἂν θερμαίνεται μόνον ἓν μέρος των. Κακοὶ δὲ ἀγωγοὶ λέγονται ἐκεῖνοι, οἱ ὁποῖοι δὲν μεταδίδουν τὴν θερμότητα πέρα τοῦ μέρους των, τὸ ὁποῖον θερμαίνεται. Καλοὶ ἀγωγοὶ τῆς θερμότητος εἶναι τὰ μέταλλα. Κακοὶ δὲ εἶναι τὰ ὑγρὰ καὶ τὰ ἀέρια.

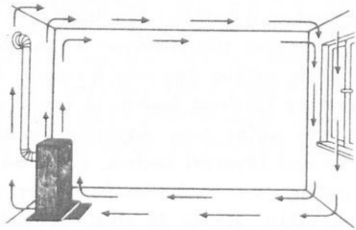
β) Διάδοσις τῆς θερμότητος διὰ μεταφορᾶς. Ἡ κεντρικὴ θέρμανσις τῶν πολυκατοικιῶν στηρίζεται εἰς τὴν ἱκανότητα τοῦ θερμαινομένου εἰς τὸ ὑπόγειον τῆς οἰκοδομῆς ὕδατος νὰ μεταφέρῃ τὴν θερμότητα εἰς τὰ δωμάτια ὅλων τῶν ὀρόφων τῆς οἰκοδομῆς (σχ. 118). Ἀλλὰ καὶ ἡ θέρμανσις δωματίου ὑπὸ



Σχ. 118. Κεντρικὴ θέρμανσις πολυκατοικίας.

θερμάστρας γίνεται μὲ μεταφοράν, τῆς ὑπὸ τῆς θερμάστρας ἀκτινοβολουμένης θερμότητος, ὑπὸ τοῦ ἀέρος. Κατὰ τὴν κυκλοφορίαν τοῦ θερμαινομένου ἀέρος μεταφέρεται ἡ ὑπ' αὐτοῦ ληφθεῖσα θερμότης εἰς ὅλα τὰ μέρη καὶ τὰ ἀντικείμενα τοῦ δωματίου (σχ. 119).

γ) Διάδοσις τῆς θερμότητος δι' ἀκτινοβολίας. Ἡ ὑπὸ τοῦ ἡλίου ἐκπεμπομένη θερμότης δὲν ἔρχεται διὰ μέσου ὑλικοῦ τινος σώματος, ἀλλὰ διὰ τῶν



Σχ. 119. Ὁ ἀὴρ θερμαινόμενος ὑπὸ τῆς θερμάστρας κυκλοφορεῖ εἰς ὅλον τὸ δωμάτιον καὶ τοὺς διαδρόμους.

θερμικῶν ἀκτίνων, αἱ ὁποῖαι μεταδίδονται διὰ τοῦ κενοῦ τοῦ ὑπάρχοντος μεταξὺ ἡλίου καὶ γῆς.

Τὰ μαῦρα σώματα ἀπορροφοῦν καὶ ἀκτινοβολοῦν τὴν θερμότητα εὐκολώτερον ἢ τὰ λευκά. Δι' αὐτὸ κατὰ τὸ θέρος οἱ ἄνθρωποι προτιμοῦν τὰ λευκὰ ἐνδύματα, διότι αὐτὰ δὲν ἀπορροφοῦν πολλὴν θερμότητα.

ΠΙΝΑΞ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Τὰ σχήματα ὑπ' ἀριθμ. 30, 44, 55, 61, 62, 70 ἐλήφθησαν ἐκ τοῦ βιβλίου : Κ. Δ. 'Αλεξοπούλου - Γ. Δ. Μπίλλη, Στοιχεῖα Φυσικῆς, τόμος πρῶτος, 'Αθῆναι 1962.

Τὰ σχήματα ὑπ' ἀριθμ. 36γ καὶ 116β ἐλήφθησαν ἐκ τοῦ βιβλίου : Κουγιουμζέλη - Περιστεράκη, Στοιχεῖα Φυσικῆς Ι, 'Αθῆναι 1965.

Τὸ βιβλίον περιλαμβάνει τὴν ὕλην τὴν καθοριζομένην ὑπὸ τοῦ ἐπισήμου ἀναλυτικοῦ προγράμματος τοῦ 'Υπουργείου Παιδείας. 'Επὶ πλέον περιέχονται καὶ μερικὰ κεφάλαια σημειούμενα δι' ἀστερίσκου.

Στοιχειοθεσία - Βιβλιοδεσία : Χρήστου Στ. Χρήστου
'Εκτύπωσις OFFSET : Γ. Βουλγαρίδη - Δ. Χατζηστύλη

ΕΞΩΦΥΛΛΟ: ΤΑΣΟΣ ΧΑ