ΜΑΡΙΑΣ Γ. ΜΑΡΚΕΤΟΥ
Δρ. Φ. Ε. Ἐπιμελητρίας τοῦ Ἐργαστηρίου Φυσικῆς
τοῦ Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

ΕΓΚΕΚΡΙΜΕΝΑ

ΔΙΑ ΤΗΝ Ε΄. ΤΑΞΙΝ ΤΩΝ ΓΥΜΝΑΣΙΩΝ

Ἀριθ. ἐγκρ. ἀποφάσεως 41794
ἡμερομ. 3 Αὐγούστου 1933
Ἀντίτυπα 2.000

ΕΚΔΟΣΙΣ Α΄.

ΕΚΔΟΤΙΚΟΣ ΟΙΚΟΣ
ΠΕΤΡΟΥ ΔΗΜΗΤΡΑΚΟΥ Α. Ε.
ΑΘΗΝΑΙ — ΠΕΣΜΑΖΟΓΛΟΥ 8
1933

Τὰ γνήσια ἀντίτυπα φέρουν τὴν ὑπογραφὴν τῆς συγγραφέως.

ΣΤΟΝ ΑΛΗΣΜΟΝΗΤΟ ΑΔΕΛΦΟ ΜΟΥ

ΑΝΔΡΕΑ

26—7—1933

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. Σκοπὸς τῆς Φυσικῆς. Σκοπὸς τῆς Φυσικῆς ἐπιστήμης εἶναι ἡ μελέτη τῶν *φαινομένων*, δηλ. τῶν μεταβολῶν, αἱ ὁποῖαι διαρκῶς λαμβάνουν χώραν εἰς τὸν ἐξωτερικὸν κόσμον τὸν ὑποπίπτοντα εἰς τὰς αἰσθήσεις τοῦ ἀνθρώπου.

Αἱ μεταβολαὶ αὗται, ὡς εὐκόλως ἀντιλαμβανόμεθα διὰ τῆς καθημερινῆς παρατηρήσεως, εἶναι ποικιλώταται.

Ἡ ἀλλαγὴ τῆς θέσεως ἑνὸς ἀντικειμένου ἐπιφέρει μεταβολὴν εἰς τὸν ἐξωτερικὸν κόσμον, ἀποτελεῖ ἑπομένως φαινόμενον, τὸ ὁποῖον ἐξετάζει ἡ Φυσική. Ἡ θέρμανσις ἑνὸς σώματος εἶναι φαινόμενον, διότι τὸ σῶμα θερμανθὲν μετεβλήθη. Πρὸ τῆς θερμάνσεως εἴχομεν σῶμα *ψυχρόν*, μετὰ τὴν θέρμανσιν ἔχομεν σῶμα *θερμόν*, ὡς θὰ ἴδωμεν δὲ βραδύτερον κατὰ τὴν θέρμανσιν σώματός τινος ἐπέρχεται μεταβολὴ καὶ εἰς τὸ μέγεθος αὐτοῦ. Ὁ βρασμὸς ἐπίσης εἶναι φαινόμενον, ἐπιφέρον τὴν μεταβολὴν ὑγροῦ εἰς ἀέριον, τὸν ἀτμόν. Ἡ τῆξις τοῦ πάγου καὶ ἀντιθέτως ἡ πῆξις τοῦ ὕδατος εἰς πάγον, ἡ ἐλάττωσις τοῦ βάρους σώματος βυθιζομένου ἐντὸς ὑγροῦ, ἡ παραγωγὴ ἤχου ὑπὸ σώματος πληττομένου εἶναι φαινόμενα.

2. Φυσικὰ καὶ Χημικὰ φαινόμενα. Εἰς τὰ φαινόμενα, τὰ ὁποῖα μέχρι τοῦδε ἀνεφέραμεν, εὐκόλως ἀναγνωρίζεται πῶς ἦτο τὸ σῶμα πρὸ τῆς μεταβολῆς, διότι δὲν ἐπῆλθε ριζικὴ μεταβολὴ εἰς τὴν ὕλην τοῦ σώματος. Αἱ ἰδιότητες, τὰς ὁποίας θεωροῦμεν ὡς χαρακτηριστικὰς διὰ τὸ σῶμα, διετηρήθησαν καὶ μετὰ τὸ φαινόμενον αἱ αὐταί· π.χ. τὸν θερμὸν καὶ τὸν ψυχρὸν σίδηρον ἀναγνωρίζομεν πάντως ὡς *σίδηρον*, τὴν ἠχοῦσαν χορδὴν ὡς *χορδήν*.

Ἀλλὰ καὶ ὅταν ἀκόμη ἐλλείπουν τινὲς ἐκ τῶν ἀρχικῶν ἰδιοτήτων τοῦ σώματος καὶ ἐμφανίζονται νέαι, ὅπως π. χ. κατὰ τὴν μεταβολὴν τοῦ ὕδατος εἰς ἀτμὸν ἢ εἰς πάγον, εὐκόλως ἀνακτᾷ τὸ σῶμα ὅλας τὰς προτέρας αὐτοῦ ἰδιότητας, ὅταν παύσῃ νὰ ἐπενεργῇ ἡ αἰτία, ἡ ὁποία προὐκάλεσε τὴν μεταβολήν. Π.χ. ὁ ἀτμὸς ψυχόμενος λαμβάνει πάλιν τὴν ὑγρὰν μορφήν, τὸ σῶμα, τοῦ ὁποίου μετεβλήθη τὸ μέγεθος λόγῳ θερμάνσεως, ψυχθὲν ἀναλαμβάνει τὸ ἀρχικὸν μέγεθος κλπ.

Συμβαίνουν ὅμως καὶ ἄλλα φαινόμενα, κατὰ τὰ ὁποῖα ἡ ὕλη τοῦ σώματος μεταβάλλεται ριζικῶς, τὸ σῶμα χάνει τὰς χαρακτηριστικάς του ἰδιότητας καὶ παρουσιάζει ἐντελῶς νέας, τὰς ὁποίας διατηρεῖ, καὶ ἀφοῦ παύσῃ νὰ ἐπενεργῇ ἡ αἰτία τοῦ φαινομένου. Π. χ. ὁ σίδηρος ἐκτιθέμενος εἰς ὑγρασίαν μεταβάλλεται ἐπιφανειακῶς εἰς ἄλλο σῶμα, τὴν σκωρίαν, ὅταν δὲ ἀποσυρθῇ ἐκ τῆς ὑγρασίας, ἡ σκωρία δὲν μεταβάλλεται πάλιν εἰς σίδηρον. Τὸ ὕδωρ εἶναι δυνατόν, ὡς θὰ ἴδωμεν βραδύτερον, νὰ μεταβληθῇ διὰ τῆς ἐπιδράσεως ἠλεκτρικοῦ ρεύματος εἰς δύο ἀέρια σώματα μὲ χαρακτηριστικὰς ἰδιότητας ἐντελῶς διαφόρους τοῦ ὕδατος. Τὸ ξύλον καιόμενον μεταβάλλεται εἰς ἀέρια καὶ εἰς τέφραν, σώματα ἐντελῶς διάφορα τοῦ ξύλου.

Τὰ πρῶτα φαινόμενα καλοῦνται *Φυσικὰ φαινόμενα* καὶ ταῦτα εἰδικῶς μελετᾷ ἡ Φυσική, τὰ δὲ ἄλλα *Χημικὰ φαινόμενα* καὶ ἡ μὲ τὴν μελέτην αὐτῶν ἀσχολουμένη ἐπιστήμη καλεῖται *Χημεία*.

3. Τρόπος μελέτης τῶν φαινομένων. Διὰ τὴν μελέτην τῶν φαινομένων εἴτε ἀρκούμεθα εἰς τὴν ἁπλῆν παρατήρησιν αὐτῶν, ὅπως συμβαίνουν εἰς τὴν φύσιν, εἴτε ἐκτελοῦμεν *πειράματα*, προκαλοῦμεν δηλαδὴ ἡμεῖς οἱ ἴδιοι τὰ φαινόμενα ὑπὸ συνθήκας εὐνοϊκωτέρας διὰ τὴν παρατήρησιν.

Ἐπὶ παραδείγματι, πρὸς μελέτην τοῦ φαινομένου τῆς πτώσεως τῶν σωμάτων καὶ ἀνεύρεσιν τῶν *νόμων*, τοὺς ὁποίους τοῦτο ἀκολουθεῖ, δὲν ἀρκούμεθα εἰς τὸ νὰ παρατηροῦμεν σώματα πίπτοντα, ἀλλὰ ἐκτελοῦμεν πειράματα, εἰς τὰ ὁποῖα ἀναγκάζομεν τὰ σώματα νὰ πίπτουν βραδύτερον, ὁπότε ἡ πτῶσις παρακολουθεῖται λεπτομερέστερον.

4. Μετρήσεις. Ἡ ἔρευνα τῶν φαινομένων εἶναι πλήρης, ὅταν μελετᾶται ὄχι μόνον *ποία* εἶναι ἡ ἐπελθοῦσα μεταβολή, ἀλλὰ καὶ *πόση* εἶναι αὕτη. Π. χ. εἰς τὸ φαινόμενον τῆς μεταβολῆς τοῦ μεγέθους θερμανθέντος σώματος πρέπει νὰ μελετηθῇ ὄχι μόνον ἂν μετεβλήθη τὸ μέγεθος αὐτοῦ ἢ ὄχι, ἀλλὰ καὶ κατὰ πόσον μετεβλήθη. Δηλαδὴ πρέπει νὰ γίνῃ *μέτρησις* τῶν μεταβαλλομένων ποσῶν. Λέγοντες δὲ μέτρησιν ἑνὸς ποσοῦ ἐννοοῦμεν τὴν σύγκρισιν αὐτοῦ πρὸς ἄλλο ὁμοειδές, τὸ ὁποῖον λαμβάνεται ὡς μονάς.

Σύγκρισις δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ γίνῃ μεταξὺ δύο ποσῶν ἀνομοειδῶν. Μῆκος θὰ μετρηθῇ διὰ συγκρίσεως πρὸς μῆκος, ἐπιφάνεια διὰ συγκρίσεως πρὸς ἐπιφάνειαν, βάρος διὰ συγκρίσεως πρὸς βάρος κ.ο.κ.

5. Μονάδες. Συμφώνως πρὸς τὸν ὁρισμὸν τῆς μετρήσεως χρειάζεται νὰ ὁρισθῇ ἰδιαιτέρα μονὰς μετρήσεως δι' ἕκαστον ποσόν.

Μονὰς μήκους. Ὡς μονὰς μήκους ἐλήφθη κατόπιν κοινῆς συμφωνίας πολλῶν κρατῶν τὸ $\frac{1}{40.000.000}$ τοῦ μήκους τοῦ μεσημβρινοῦ* τῆς Γῆς καὶ ἐκλήθη ***μέτρον***. Μετὰ τὴν συμφωνίαν κατεσκευάσθη ράβδος ἐξ εὐγενοῦς μετάλλου, (διὰ νὰ μὴ προσβάλλεται ἐκ τῶν ἀτμοσφαιρικῶν συνθηκῶν) ἔχουσα τὸ ὁρισθὲν μῆκος καὶ κληθεῖσα *πρότυπον μέτρον*, ἐπὶ τῇ βάσει τοῦ ὁποίου κατασκευάζονται ὅλα τὰ ἐν χρήσει μέτρα. Τὸ πρότυπον μέτρον φυλάσσεται εἰς τὸ ἐν Γαλλίᾳ διεθνὲς γραφεῖον μέτρων καὶ σταθμῶν.

Μῆκος ἑνὸς μέτρου παρίσταται διὰ τοῦ συμβόλου 1 m (Meter).

Πολλαπλάσιον τοῦ μέτρου εἶναι τὸ χιλιόμετρον, τὸ ὁποῖον παρίσταται διὰ τοῦ συμβόλου 1 Km (Kilometer).

Εἶναι δέ : 1 Km=1.000m.

Ὑποπολλαπλάσια τοῦ μέτρου εἶναι :

τὸ δεκατόμετρον	(decimeter)	1dm =1/10m	ἄρα 1m=10dm.
τὸ ἑκατοστόμετρον	(centimeter)	1cm =1/100m	ἄρα 1m=100cm
τὸ χιλιοστόμετρον	(millimeter)	1mm=1/1000m	ἄρα 1m=1.000mm.

Λαμβάνεται ὡς μονὰς τὸ χιλιόμετρον, ὅταν τὸ μετρούμενον ποσὸν εἶναι πολὺ μέγα καὶ ἡ σύγκρισις αὐτοῦ πρὸς τὸ μέτρον θὰ ἔδιδε δύσχρηστον ἀριθμόν, π. χ. προκειμένου περὶ ἀποστάσεως δύο πόλεων λέγομεν ὅτι εἶναι αὕτη 25km καὶ ὄχι 25.000 m. Ἀντιθέτως λαμβάνονται ὡς μονάδες τὰ ὑποπολλαπλάσια τοῦ μέτρου κατὰ τὰς μετρήσεις μηκῶν μικροτέρων τοῦ 1 m πρὸς ἀποφυγὴν κλασματικῶν ἀριθμῶν· π. χ. ἀντὶ νὰ γράψωμεν ὅτι τὸ μετρηθὲν μῆκος εἶναι 35/1.000 τοῦ μέτρου ἢ εἰς δεκαδικόν, ὅπως γράφεται συνήθως, 0,035m γράφομεν 35mm ἢ 3,5 cm.

Ἡ παρακειμένη κλῖμαξ (Σχ. 1) εἶναι μήκους 10cm καὶ ὑποδιαιρεῖται εἰς χιλιοστόμετρα.

Μονὰς ἐπιφανείας. Μετὰ τὴν ἐκλογὴν τῆς μονάδος μήκους

---

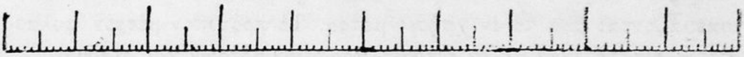
* Μεσημβρινοὶ καλοῦνται οἱ κύκλοι, καθ' οὓς τέμνουν τὴν γηίνην σφαίραν τὰ ἐπίπεδα τὰ διερχόμενα διὰ τῶν δύο πόλων.

ἡ μονὰς ἐπιφανείας προσδιορίζεται εὐκολώτατα, διότι ἡ μέτρησις ἐπιφανείας (ἐμβαδοῦ) ἀνάγεται ὡς γνωστὸν εἰς μέτρησιν μήκους π. χ. ἡ ἐπιφάνεια ὀρθογωνίου τετραπλεύρου εὑρίσκεται διὰ πολλαπλασιασμοῦ τῶν μηκῶν τῶν δύο πλευρῶν αὐτοῦ.

Ἂν σχηματίσωμεν τετράγωνον μὲ πλευρὰν 1m, τοῦτο θὰ ἔχῃ ἐμβαδὸν $1\times1=1$. Οὕτω ὁρίζεται ἡ μονὰς ἐπιφανείας ὡς τὸ τετράγωνον, τοῦ ὁποίου ἡ πλευρὰ ἔχει μῆκος ἴσον πρὸς 1m.

Ἡ μονὰς αὐτὴ καλεῖται τετραγωνικὸν μέτρον καὶ σημειοῦται διὰ τοῦ συμβόλου 1m□ ἢ καλύτερον διὰ $1m^2$.

Πολλαπλάσιον εἶναι τὸ τετραγωνικὸν χιλιόμετρον $1km^2$.



(Σχ. 1)

Ὑποπολλαπλάσια δὲ τὸ τετραγωνικὸν δεκάμετρον $1dm^2$, τὸ τετραγωνικὸν ἑκατοστόμετρον $1cm^2$, καὶ τὸ τετραγωνικὸν χιλιοστόμετρον $1mm^2$. Μεταξὺ τῶν πολλαπλασίων καὶ ὑποπολλαπλασίων ὑπάρχουν αἱ ἑξῆς σχέσεις :

$1km^2$	$=1.000.000m^2$	$1mm^2$	$= 0,01cm^2$
$1m^2$	$=10.000\ cm^2$	$1cm^2$	$= 0,0001dm^2$
$1cm^2$	$=100\ mm^2$	$1dm^2$	$= 0,000001m^2$

Μονὰς ὄγκου. Ἡ μονὰς τοῦ ὄγκου ὁρίζεται ἀναλόγως ὡς κύβος μὲ ἀκμὴν ἴσην πρὸς 1 μέτρον, καλεῖται δὲ κυβικὸν μέτρον ἢ καὶ τόνος χωρητικότητος καὶ παρίσταται διὰ $1m^3$ ἢ 1 τόν.

Καὶ εἰς τὰς μονάδας ὄγκου ἔχομεν πολλαπλάσια καὶ ὑποπολλαπλάσια, τὰ ὁποῖα καθορίζονται ἐπὶ τῇ βάσει τῶν πολλαπλασίων καὶ ὑποπολλαπλασίων τοῦ μέτρου, ἤτοι :

$$km^3,\ m^3,\ dm^3,\ cm^3,\ mm^3.$$

Τὸ km^3 εἶναι κύβος, τοῦ ὁποίου ἡ ἀκμὴ εἶναι ἴση πρὸς 1km.

6. Γενικαὶ ἰδιότητες τῆς ὕλης. Τὰ ὑλικὰ σώματα παρουσιάζονται μὲ ἀπειρίαν ἰδιοτήτων, διαφόρων εἰς τὰ διάφορα σώματα. Ἐν τούτοις ἰδιότητές τινες παρατηροῦνται πάντοτε ἐφ' ὅλων ἀνεξαιρέτως τῶν σωμάτων. Ταύτας καλοῦμεν γενικὰς ἰδιότητας τῆς ὕλης. Γενικὴ ἰδιότης τῆς ὕλης εἶναι π.χ. τὸ ὅτι κάθε σῶμα, ὅταν ἀφεθῇ ἐλεύθερον, πίπτει.

Ἔκτασις. Ἡ πρώτη γενικὴ ἰδιότης, ἡ ὁποία ὑποπίπτει ἀμέσως εἰς τὴν ἀντίληψιν ἡμῶν εἶναι ὅτι ἕκαστον ὑλικὸν σῶμα καταλαμβάνει εἰς τὸν κόσμον *χῶρόν* τινα. Ἡ ἰδιότης αὕτη λέγεται *ἔκτασις*.

Ἀδιαχώρητον. Εἰς τὸν χῶρον, ὁ ὁποῖος εἶναι κατειλημμένος ἀπὸ ἓν σῶμα, εἶναι προφανὲς ὅτι εἶναι ἀδύνατον νὰ εἰσχωρήσῃ **συγχρόνως** οἱονδήποτε ἄλλο σῶμα. Ἡ γενικὴ αὕτη ἰδιότης καλεῖται ἀδιαχώρητον.

Πορῶδες. Τὰ ὑλικὰ σώματα, ἀκόμη καὶ ὅσα μᾶς φαίνονται συμπαγέστατα, ἔχουν κενὰ εἰς τὴν μᾶζαν αὐτῶν. Τὰ κενὰ ταῦτα λέγονται πόροι τῶν σωμάτων καὶ ἡ ἰδιότης αὐτῶν τοῦ νὰ ἔχουν πόρους λέγεται πορῶδες. Εἰς τὴν παραδοχὴν τῆς ἰδιότητος αὐτῆς ἀγόμεθα μεταξὺ ἄλλων καὶ ἐκ τοῦ γεγονότος ὅτι ὅλα τὰ σώματα πιεζόμενα ὑφίστανται ἐλάττωσιν τοῦ ὄγκου των, κατὰ τὸ μᾶλλον ἢ ἧττον μεγάλην. Ἀπόδειξιν ἐπίσης τοῦ πορώδους μᾶς δίδει τὸ φαινόμενον τῆς διαπιδύσεως, τὸ ὁποῖον θὰ γνωρίσωμεν βραδύτερον.

Πλὴν τῶν ἀνωτέρω γενικῶν ἰδιοτήτων θὰ γνωρίσωμεν περαιτέρω λεπτομερέστερον καὶ ἄλλας σπουδαιοτάτας γενικὰς ἰδιότητας π.χ. τὸ βάρος, τὴν ἀδράνειαν, τὴν σύστασιν τῆς ὕλης ἐκ μορίων καὶ ἀτόμων κ.ἄ.

7. Καταστάσεις τῶν σωμάτων. Τὰ ὑλικὰ σώματα εὑρίσκονται ὑπὸ μεγίστην ποικιλίαν εἰς τὴν φύσιν. Ἐν τούτοις πλεῖστα ἔχουσι κοινὰς χαρακτηριστικὰς ἰδιότητας, ἐπὶ τῇ βάσει τῶν ὁποίων εἶναι δυνατὸν ταῦτα νὰ ἀποτελέσουν μίαν ὁμάδα.

Τοιαύτας μεγίστας ὁμάδας ἔχομεν τρεῖς, τὴν ὁμάδα τῶν στερεῶν σωμάτων, τὴν ὁμάδα τῶν ὑγρῶν καὶ τὴν ὁμάδα τῶν ἀερίων.

Τὰ σώματα, τὰ ὁποῖα περιλαμβάνονται εἰς τὴν ὁμάδα τῶν στερεῶν, λέγομεν ὅτι εὑρίσκονται ὑπὸ στερεὰν κατάστασιν, τὰ εἰς τὴν ὁμάδα τῶν ὑγρῶν ὑπὸ ὑγρὰν κατάστασιν, καὶ τὰ εἰς τὴν ὁμάδα τῶν ἀερίων ὑπὸ ἀερίαν.

Αἱ κοιναὶ χαρακτηριστικαὶ ἰδιότητες, αἵτινες ἐχρησίμευσαν ὡς βάσις τοῦ χωρισμοῦ, εἶναι διὰ τὰ στερεὰ ὅτι ἔχουν ὡρισμένον ὄγκον καὶ ὡρισμένον σχῆμα. Λέγοντες δὲ ὄγκον ἐννοοῦμεν τὸν χῶρον, τὸν ὁποῖον καταλαμβάνει τὸ σῶμα εἰς τὸ διάστημα.

Ἐκ πείρας γνωρίζομεν ὅτι τὰ σώματα, τὰ ὁποῖα ὀνομάζομεν στερεὰ π.χ. οἱ λίθοι, ὁ σίδηρος, ὁ χάρτης, τὸ ξύλον κλπ., ἔχουν τὸν ὄγκον καὶ τὸ σχῆμα αὐτῶν ἐντελῶς ὡρισμένα.

Κοινὸν γνώρισμα τῶν ὑγρῶν (π.χ. ὕδωρ, οἰνόπνευμα, βενζίνη κ.τ.λ., εἶναι ὅτι ταῦτα ἔχουν μὲν ὡρισμένον ὄγκον, ἀλλὰ δὲν ἔχουν ὡρισμένον σχῆμα. Τὸ σχῆμα τῶν ὑγρῶν εἶναι τὸ αὐτὸ μὲ τὸ σχῆμα τοῦ ἐσωτερικοῦ τοῦ δοχείου, ἐντὸς τοῦ ὁποίου ἑκάστοτε φυλάσσονται.

Τὰ ἀέρια π.χ. ἀήρ, ὀξυγόνον, διοξείδιον τοῦ ἄνθρακος κ.τ.λ. χαρακτηρίζονται ἐκ τῆς ἐλλείψεως καὶ σχήματος, ἀλλὰ καὶ ὄγκου ὡρισμένου. Ὁ ὄγκος τῶν ἀερίων τείνει πάντοτε νὰ αὐξήσῃ, διὰ τοῦτο τὰ ἀέρια, ἐφ᾿ ὅσον εὑρίσκουν χῶρον διαθέσιμον, ἐκτείνονται, μέχρις ὅτου πληρώσουν αὐτόν. Εἶναι ἀδύνατον χῶρός τις νὰ εἶναι κατὰ τὸ ἥμισυ μόνον κατηλειμμένος ὑπὸ ἀερίου, ὅπως δοχεῖον εἶναι κατὰ τὸ ἥμισυ πλῆρες ὑγροῦ. Ὁσονδήποτε μικρὰ καὶ ἂν εἶναι ἡ ποσότης τοῦ ἀερίου, θὰ καταλάβῃ ὁλόκληρον τὸν χῶρον.

Τὰ ὑγρὰ καὶ τὰ ἀέρια ἕνεκα τοῦ κοινοῦ χαρακτηριστικοῦ τῆς ἐλλείψεως σταθεροῦ σχήματος καλοῦνται μαζὺ *ρευστά*.

Ἡ κατάστασις, ὑπὸ τὴν ὁποίαν παρουσιάζεται σῶμά τι, δὲν εἶναι ἀπολύτως ἀμετάβλητος, ἀλλ᾿ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὰς συνθήκας, ὑπὸ τὰς ὁποίας εὑρίσκεται. Ἐπὶ παραδείγματι σῶμα, τὸ ὁποῖον ὑπὸ τὰς συνήθεις συνθήκας εὑρίσκεται εἰς ὑγρὰν κατάστασιν, ὑπὸ ἄλλας δυνατὸν νὰ παρουσιασθῇ ὑπὸ τὴν στερεὰν ἢ τὴν ἀερίαν π.χ. τὸ ὕδωρ εἰς τὴν συνήθη θερμοκρασίαν τῆς ἀτμοσφαίρας εἶναι ὑγρόν, ὅταν ὅμως ψυχθῇ κάτω τοῦ μηδενὸς γίνεται στερεὸν (πάγος), ἐνῷ ἀντιθέτως, ὅταν θερμανθῇ ἄνω τῶν 100 βαθμῶν, γίνεται ἀέριον (ἀτμός).

Βραδύτερον θὰ γνωρίσωμεν λεπτομερῶς τὰς μεταβολὰς τῶν καταστάσεων τῶν σωμάτων εἰς ἀλλήλας.

8. Διαίρεσις τῆς Φυσικῆς. Ἡ Φυσικὴ διαιρεῖται εἰς πέντε μεγάλα κεφάλαια, ἕκαστον τῶν ὁποίων ἐξετάζει φαινόμενα ἔχοντα πολλὰς ἀναλογίας πρὸς ἄλληλα. Τὰ κεφάλαια ταῦτα εἶναι: *Μηχανική*, *Θερμότης*, *Ἀκουστική*, *Ὀπτικὴ* καὶ *Ἠλεκτρισμός*.

Θὰ ἀσχοληθῶμεν μὲ τὴν μελέτην τῶν δύο πρώτων.

ΜΗΧΑΝΙΚΗ

9. Θέμα τῆς μηχανικῆς. Ὅταν σῶμά τι μεταβάλλῃ τὴν θέσιν του εἰς τὸν χῶρον, λέγομεν ὅτι *κινεῖται* καὶ ἡ ἀλλαγὴ τῶν θέσεων λέγεται *κίνησις*.

Τὸ κεφάλαιον τῆς Φυσικῆς, τὸ ὁποῖον μελετᾷ τὸ φαινόμενον τῆς κινήσεως, καλεῖται *Μηχανική*.

Ἡ μελέτη μιᾶς κινήσεως δύναται νὰ γίνῃ ἀπὸ τριῶν διαφόρων ἀπόψεων, ἐπὶ τῇ βάσει τῶν ὁποίων ὑποδιαιρεῖται ἡ Μηχανικὴ εἰς τρία τμήματα, δηλαδή:

1) Ἐξετάζεται ἡ κίνησις αὐτὴ καθ' ἑαυτήν, χωρὶς νὰ ἀναζητῶνται τὰ αἴτια, τὰ ὁποῖα τὴν προκαλοῦν, δηλαδὴ ἐξετάζεται τὸ *πῶς* κινεῖται ἓν σῶμα, *ἀδιαφόρως* τοῦ *διατί* κινεῖται οὕτως.

Τὸ μέρος τοῦτο τῆς Μηχανικῆς καλεῖται *Κινητική*.

2) Ἐξετάζονται μόνον τὰ αἴτια, τὰ ὁποῖα εἶναι δυνατὸν νὰ προκαλέσουν τὴν κίνησιν καὶ αἱ σχέσεις, αἵτινες πρέπει νὰ ὑπάρχουν μεταξὺ διαφόρων τοιούτων αἰτίων ἐπιδρώντων ἐπί τινος σώματος, ὥστε τοῦτο νὰ μένῃ ἀκίνητον *Στατικὴ* καὶ

3) Ἐξετάζεται ἡ κίνησις ἐν σχέσει πρὸς τὰ προκαλοῦντα αὐτὴν αἴτια, δηλ. *πῶς* κινεῖται τὸ σῶμα καὶ *διατὶ* κινεῖται οὕτως. *Δυναμική*.

Τὸ κεφάλαιον τῆς Μηχανικῆς περιλαμβάνει τὴν Μηχανικὴν τῶν στερεῶν, τὴν Μηχανικὴν τῶν ὑγρῶν ἢ *Ὑδρομηχανικὴν* καὶ τὴν Μηχανικὴν τῶν ἀερίων ἢ *Ἀερομηχανικήν*.

ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ

Α. ΚΙΝΗΤΙΚΗ

10. Ὑλικὸν σημεῖον. Τροχιά.—Ἡ μελέτη τῆς κινήσεως σώματός τινος δυσχεραίνεται πολὺ ἐκ τοῦ ὅτι ὅλα τὰ σημεῖα τοῦ σώματος δὲν κινοῦνται ὁμοίως. Ἂν φαντασθῶμεν π. χ. κύλινδρον κυλιόμενον ἐπὶ ἐπιπέδου, κατὰ τὴν κίνησιν ταύτην τὰ σημεῖα τοῦ ἄξονος τοῦ κυλίνδρου εὑρίσκονται πάντοτε εἰς τὴν αὐτὴν ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ ἐπιπέδου, ἐνῷ τὰ σημεῖα τῆς κυρτῆς ἐπιφανείας του εὑρίσκονται ἄλλοτε ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου καὶ ἄλλοτε εἰς διαφόρους ἀπ' αὐτοῦ ἀποστάσεις.

Ἐὰν αἱ διαστάσεις τοῦ κινητοῦ φαίνωνται τόσον ἐλάχισται, ὥστε τὸ ὅλον σῶμα νὰ δίδῃ τὴν ἐντύπωσιν *ὑλικοῦ σημείου*, ἡ ἐξέτασις τῆς κινήσεώς του περιορίζεται εἰς τὴν ἐξέτασιν τῆς ἁπλουστάτης δυνατῆς κινήσεως ἑνὸς μόνον ὑλικοῦ σημείου. Ἐὰν π.χ. ὁ ἀνωτέρω ἀναφερθεὶς κύλινδρος ἔχει πολὺ μικρὰς διαστάσεις ἢ ἐξετάζεται ἀπὸ πολὺ μακράν, ἡ διάφορος ἑκάστοτε θέσις τῶν σημείων του ἀπὸ τοῦ ἐπιπέδου δὲν εἶναι αἰσθητή.

Οἱ πλανῆται εἶναι γνωστὸν ὅτι, ἐνῷ μετατίθενται ἐπὶ τῆς οὐρανίου σφαίρας, στρέφονται συγχρόνως περὶ τὸν ἄξονά των. Ἐν τούτοις εἰς ἡμᾶς, οἱ ὁποῖοι βλέπομεν τοὺς ἀστέρας ὡς ὑλικὰ σημεῖα, ἡ περιστροφὴ αὕτη δὲν εἶναι ἀντιληπτὴ καὶ κατὰ τὴν μελέτην τῆς μεταθέσεως αὐτῶν εἶναι περιττὸν νὰ λάβωμεν ὑπ᾽ ὄψιν μας τὴν διάφορον θέσιν τῶν σημείων τοῦ ἀστέρος ὡς πρὸς τὸν ἄξονα περιστροφῆς του.

Τὸ σύνολον τῶν διαδοχικῶν θέσεων, τὰς ὁποίας καταλαμβάνει τὸ κινούμενον ὑλικὸν σημεῖον, λέγεται *τροχιὰ* αὐτοῦ.

Ὅταν ἡ τροχιὰ εἶναι εὐθεῖα γραμμή, ἡ κίνησις λέγεται εὐθύγραμμος, ὅταν δὲ καμπύλη καμπυλόγραμμος.

Ὅταν αἱ τροχιαὶ τῶν διαφόρων σημείων κινουμένου σώματος εἶναι παράλληλοι, δυνάμεθα νὰ ὀνομάσωμεν τροχιὰν αὐτοῦ τὴν τροχιὰν ἑνὸς ἐκ τῶν σημείων του καὶ νὰ ὁμιλῶμεν περὶ εὐθυγράμμου καὶ καμπυλογράμμου τροχιᾶς σώματος.

Εἰς τὸ ἑξῆς θὰ ἐξετάσωμεν μόνον κινήσεις σωμάτων μὲ παραλλήλους τροχιὰς τῶν σημείων των.

Ἡ ἁπλουστάτη τροχιὰ εἶναι ἡ εὐθεῖα γραμμή. Θὰ ἐξετάσωμεν λοιπὸν κατὰ πρῶτον τὴν εὐθύγραμμον κίνησιν.

11. Εὐθύγραμμος καὶ ὁμαλὴ κίνησις. Ὅταν κινητὸν διαγράφον εὐθύγραμμον τροχιὰν διανύῃ εἰς ἴσους χρόνους ἴσα διαστήματα, λέγομεν ὅτι ἔχει εὐθύγραμμον καὶ ὁμαλὴν κίνησιν. Π.χ. ὅταν σιδηρόδρομος διατρέχῃ εἰς κάθε μίαν ὥραν σταθερῶς διάστημα 50 χιλιομ. καὶ οὐδέποτε μικρότερον ἢ μεγαλύτερον, ἔχει κίνησιν ὁμαλήν.

Ἡ εὐθύγραμμος ὁμαλὴ κίνησις εἶναι ἡ ἁπλουστάτη πασῶν τῶν κινήσεων.

Καλεῖται *ταχύτης κινουμένου σώματος τὸ πηλίκον τοῦ διανυθέντος ὑπ᾽ αὐτοῦ διαστήματος διὰ τοῦ χρόνου κατὰ τὸν ὁποῖον διηνύθη.*

Εἰς τὸ προηγούμενον παράδειγμα ἡ ταχύτης τοῦ σιδηροδρόμου εἶναι 50 χιλιομ. καθ᾽ ὥραν.

Ἐὰν παραστήσωμεν τὸ διάστημα διὰ τοῦ s καὶ τὸν χρόνον, κατὰ τὸν ὁποῖον διηνύθη τὸ διάστημα τοῦτο, διὰ t ἡ ταχύτης v εἶναι κατὰ τὸν ὁρισμόν:

$$(1) \quad v = \frac{s}{t}$$

Ἐὰν εἰς τὴν σχέσιν ταύτην θέσωμεν $t=1$ γίνεται:

$$v=s$$

δηλαδὴ ἡ ταχύτης ἐκφράζεται μὲ τὸν αὐτὸν ἀριθμόν, μὲ τὸν ὁποῖον ἐκφράζεται καὶ τὸ διάστημα τὸ διανυθὲν κατὰ τὴν μονάδα τοῦ χρόνου. Εἰς τὴν ὁμαλὴν κίνησιν ἡ ταχύτης εἶναι σταθερά.

Ἐκ τῆς σχέσεως (1) ἔχομεν:

$$(2) \quad s=vt$$

ἤτοι, τὸ διάστημα τὸ διανυθὲν ὑπὸ τοῦ κινητοῦ εἴς τινα χρόνον ἰσοῦται μὲ τὸ γινόμενον τῆς ταχύτητος αὐτοῦ ἐπὶ τὸν χρόνον.

Ἐάν, ὅταν ἀρχίζῃ ἡ παρατήρησις ἡμῶν, ἔχῃ ἤδη διανύσει τὸ κινητὸν διάστημα s_0, τότε τὸ ὅλον διανυθὲν διάστημα μετὰ πάροδον χρόνου t ἀπὸ τὴν στιγμὴν τῆς παρατηρήσεως, θὰ εἶναι.

$$(3) \qquad s=s_0+vt$$

vt παριστᾷ τὸ διάστημα, τὸ ὁποῖον διηνύθη ἀπὸ τὴν στιγμήν, καθ' ἣν ἤρχισεν ἡ παρατήρησις.

Τῇ βοηθείᾳ τῶν σχέσεων (1) (2) καὶ (3) δυνάμεθα νὰ προσδιορίσωμεν ἓν ἐκ τῶν τριῶν ποσῶν διαστήματος ταχύτητος καὶ χρόνου, ὅταν τὰ δύο ἄλλα εἶναι γνωστά.

Παραδείγματα. 1) Κινητόν τι κινεῖται ἐπὶ 12 ὥρας μὲ ταχύτητα 50 χιλιομ. καθ' ὥραν (συντόμως $50 \frac{km}{ὥρα}$). Πόσον διάστημα διήνυσε;

Συμφώνως πρὸς τὴν ἐξ. 2 ἔχομεν

$$s=50 \times 12=600 km.$$

2) Πόση ὑπῆρξεν ἡ ταχύτης κινητοῦ διανύσαντος εἰς 4 ὥρας 2 χιλιόμετρα;

Ἐκ τῆς σχέσεως (1) ἔχομεν

$$v=\frac{2}{4}= 0{,}5 \text{ km } /ὥραν$$

ἢ ἐκφραζομένη εἰς μέτρα καθ' ὥραν 500 m/ὥραν

ἢ εἰς μέτρα κατὰ λεπτὸν $\frac{400}{60}=8{,}33$ m/λ.

3) Εἰς ποίαν ἀπόστασιν ἀπὸ τῆς ἀφετηρίας εὑρίσκεται κατὰ

τὴν 6 μ.μ. ἁμαξοστοιχία κινουμένη μὲ ταχύτητα 50 χιλιομ. καθ' ὥραν, ἡ ὁποία κατὰ τὴν μεσημβρίαν εὑρίσκετο εἰς ἀπόστασιν 65 χιλιομέτρων ;

Ἐκ τῆς σχέσεως (3) ἔχομεν

$$s=65+50\times6=365 \text{ km.}$$

12. Εὐθύγραμμος ὁμαλῶς μεταβαλλομένη κίνησις.

Ὅταν κινητὸν διανύῃ εἰς ἴσους χρόνους ἄνισα διαστήματα, ἡ κίνησίς του λέγεται μεταβαλλομένη.

Ἡ ταχύτης (τὸ πηλίκον τοῦ διαστήματος διὰ τοῦ χρόνου) δὲν εἶναι τότε σταθερά, ἀλλὰ ἄλλοτε μικροτέρα καὶ ἄλλοτε μεγαλυτέρα.

Ἐὰν ἡ ταχύτης *διαρκῶς* ἐλαττοῦται καὶ ἡ ἐλάττωσις αὐτὴ εἶναι ὁμαλή, δηλ. εἰς ἴσα χρονικὰ διαστήματα ἐλαττοῦται ἡ ταχύτης κατὰ σταθερὰν ποσότητα, ἡ κίνησις λέγεται ὁμαλῶς ἐπιβραδυνομένη, ἐὰν δὲ διαρκῶς καὶ ὁμαλῶς αὐξάνεται λέγεται ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένη. Ἡ ἁπλουστάτη μεταβαλλομένη κίνησις εἶναι ἡ εὐθύγραμμος ὁμαλῶς μεταβαλλομένη.

Τὸ πηλίκον τῆς μεταβολῆς τῆς ταχύτητος διὰ τοῦ χρόνου λέγεται *ἐπιτάχυνσις*· δηλαδὴ ἐὰν ἡ ταχύτης ἀπὸ v_1 γίνῃ v_2 μετὰ χρόνον t, ἡ ἐπιτάχυνσις γ εἶναι :

$$(1) \qquad \gamma = \frac{v_2 - v_1}{t}$$

διὰ $t=1$ εἶνε $v_2-v_1=\gamma$, δηλ. ἡ ἐπιτάχυνσις ἐκφράζεται μὲ τὸν αὐτὸν ἀριθμόν, μὲ τὸν ὁποῖον καὶ ἡ μεταβολὴ τῆς ταχύτητος κατὰ μίαν χρονικὴν μονάδα. Ὁ ἀριθμὸς ὁ παριστῶν τὴν ἐπιτάχυνσιν γράφεται ὡς κλάσμα μὲ ἀριθμητὴν τὴν μεταβολὴν τῆς ταχύτητος καὶ παρανομαστὴν τὸν χρόνον εἰς τὸ τετράγωνον. π.χ. ἡ ἐπιτάχυνσις κινητοῦ, τοῦ ὁποίου ἡ ταχύτης μεταβάλλεται κατὰ 10 m εἰς ἕκαστον δευτερόλεπτον, παρίσταται διὰ τοῦ συμβόλου $10\frac{m}{sec^2}$

(sec εἶναι τὰ ἀρχικὰ γράμματα τῆς λέξεως Seconde = δευτερόλεπτα). Ὅταν ἡ ταχύτης αὐξάνεται, ἡ ἐπιτάχυνσις θεωρεῖται θετική, ὅταν δὲ ἡ ταχύτης ἐλαττοῦται, θεωρεῖται ἀρνητική (ἐπιβράδυνσις). Ἐὰν τὸ κινητὸν εἰς τὴν θέσιν, ἀπὸ τὴν ὁποίαν ἀρχίζει ἡ παρατήρησίς μας, εἶχε ταχύτητα v_0, μετὰ χρόνον t θὰ ἔχῃ ταχύτητα

$$v=v_0+\gamma t$$

Ἂν ἡ ταχύτης εἶναι 0 εἰς τὴν ἀρχὴν καὶ ἡ ἐπιτάχυνσις γ, εἰς χρόνον t ἡ ταχύτης εἶναι γt. Ὁ μέσος ὅρος τῆς ταχύτητος εἶναι $\frac{0+\gamma t}{2}$ δηλ. $\frac{\gamma t}{2}$ ἢ $\frac{1}{2}\cdot\gamma\cdot t$ ἄρα τὸ ~~διάστημα~~ $S=\left(\frac{1}{2}\gamma t\right)\cdot t=\frac{1}{2}\gamma t^2$

Τὸ δὲ διάστημα, τὸ ὁποῖον θὰ ἔχῃ διανύσει, δίδεται ὑπὸ τῆς ἐξισώσεως.

$$(2)\quad s=v_0t+\frac{1}{2}\gamma t^2$$

Ἐὰν ἡ ἀρχικὴ ταχύτης ενἶαι μηδέν, τὸ διανυθὲν μετὰ χρόνον t διάστημα θὰ εἶναι

$$(3)\quad s=\frac{1}{2}\gamma t^2$$

δηλ. ἰσοῦται μὲ τὸ ἥμισυ τῆς ἐπιταχύνσεως ἐπὶ τὸ τετράγωνον τοῦ χρόνου.

Αἱ ἐξισώσεις αὗται δίδουν τοὺς νόμους τῆς ὁμαλῶς μεταβαλλομένης εὐθυγράμμου κινήσεως.

Παραδείγματα. 1) Ὁ ἑπόμενος πίναξ δίδει τὸ διανυθὲν διάστημα, τὴν ταχύτητα καὶ τὴν ἐπιτάχυνσιν κινητοῦ ἔχοντος κίνησιν εὐθύγραμμον καὶ ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένην.

Χρόνος t	Διάστημα s	Ταχύτης v	Ἐπιτάχυνσις γ
		$V_1=10-0=10\frac{cm}{sec}$	
1 »	$10=10\times1^2$		$V_2-V_1=30-10=20\frac{cm}{sec^2}$
		$V_2=40-10=30$ »	
2	$40=10\times2^2$		$V_3-V_2=50-30=20$ »
		$V_3=90-40=50$ »	
3	$90=10\times3^2$		$V_4-V_3=70-50=20$ »
		$V_4=160-90=70$ »	
4	$160=10\times4^2$		

Ἐκ τοῦ ἀνωτέρω πίνακος βλέπομεν ὅτι ἡ ἐπιτάχυνσις εἶναι πάντοτε ἴση πρὸς 20 cm/sec², δηλ. ἡ ταχύτης αὐξάνεται ἀπὸ τοῦ πρώτου δευτερ. μέχρι τοῦ δευτέρου καὶ ἀπὸ τοῦ δευτέρου μέχρι τοῦ τρίτου κ.ο.κ. πάντοτε κατὰ 20 cm/sec. τὸ δὲ διάστημα δίδεται ἑκάστοτε ἀπὸ τὸ γινόμενον τοῦ τετραγώνου τοῦ χρόνου (2^2, 3^3...) ἐπὶ τὸν ἀριθμὸν 10, δηλ. ἐπὶ τὸ ἥμισυ τῆς ἐπιταχύνσεως.

2) Πόσον διάστημα ἔχει διανύσει μετὰ 20 δευτερόλεπτα κινητόν, ἔχον ἀρχικὴν ταχύτητα 5m/sec. καὶ κινούμενον εὐθυγράμμως μὲ ἐπιτάχυνσιν 2m/sec²;

Ἐκ τῆς σχέσεως (2) ἔχομεν:

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

$2s = \gamma t^2$

$$s=5\times 20+\frac{1}{2}\times 2\times 20^2=500m.$$

3) Πόση εἶναι εἰς τὸ τέλος τοῦ 5ου δευτερολέπτου ἡ ἐπιτάχυνσις σώματος κινουμένου εὐθυγράμμως καὶ ὁμαλῶς ἄνευ ἀρχικῆς ταχύτητος καὶ ἔχοντος διανύσει εἰς 12 δευτ. διάστημα 36 μέτρων;

'Εκ τῆς σχέσεως (3) προκύπτει :

$$\gamma=\frac{2s}{t^2}=\frac{2\times 36}{12^2}=0{,}5m/sec.\ \text{ἢ}\ 50cm/sec^2$$

$\frac{2s}{t^2}$

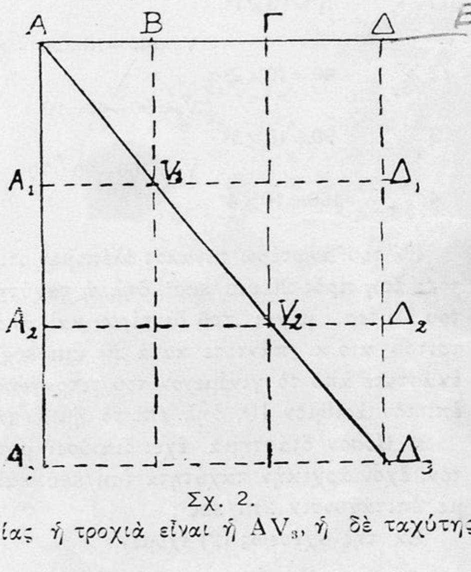
12 × 12 = 144

72/144 = 0,5 μ.

13. Σύνθεσις κινήσεων.—Φαντασθῶμεν ὑλικὸν σημεῖον Α κινούμενον ἐπὶ τῆς εὐθείας ΑΕ ὁμαλῶς (σχ. 2) ἐκ τοῦ Α πρὸς τὸ Ε. Μετὰ πάροδον μιᾶς χρονικῆς μονάδος (π.χ. 1 δευτερολ.) θὰ εὑρίσκεται τοῦτο εἰς Β, θὰ ἔχῃ διανύσει δηλ. τὸ διάστημα ΑΒ. Τὸ τμῆμα ΑΒ παριστᾷ ἑπομένως γραφικῶς τὴν ταχύτητα τοῦ κινητοῦ. Μετὰ 2 δευτερόλεπτα θὰ εὑρίσκεται εἰς Γ κ.ο.κ. Θὰ ἐξετάσωμεν ποία θὰ εἶναι ἡ τροχιὰ τοῦ κινητοῦ, ὅταν ἡ εὐθεῖα ΑΕ δὲν μένει ἀκίνητος, ἀλλ' ἔχει καὶ αὕτη κίνησίν τινα.

῎Ας ὑποθέσωμεν π.χ. ὅτι ἡ εὐθεῖα ΑΔ κινεῖται ἐπίσης ὁμαλῶς ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου τοῦ σχήματος καὶ παραλλήλως πρὸς ἑαυτήν.

Μετὰ 1 δευτερ. θὰ ἔχῃ τὴν θέσιν $Α_1Δ_1$, (ἡ ταχύτης αὐτῆς παρίσταται διὰ τοῦ τμήματος $ΑΑ_1$), μετὰ 2 δευτερ. τὴν $Α_2Δ_2$ κ.ο.κ. ῾Επομένως τὸ ὑλικὸν σημεῖον κινούμενον μετὰ τῆς εὐθείας θὰ εὑρίσκεται μετὰ 1 δευτερ. ἐπὶ τῆς διευθύνσεως $Α_1$ $Δ_1$ καὶ ὡς ἐκ τῆς ἰδίας του ταχύτητος θὰ ἔχῃ διαγράψῃ ἐπ' αὐτῆς τὸ διάστημα $Α_1 V_1 = ΑΒ$. Τὸ κινητὸν μετὰ 1 δευτερ. θὰ εὑρίσκεται πράγματι εἰς τὴν θέσιν V_1, μετὰ 2 δευτερ. εἰς V_2 κ.ο.κ. ῞Ωστε τὸ κινητὸν ἐκτελεῖ σύνθετον κίνησιν, τῆς ὁποίας ἡ τροχιὰ εἶναι ἡ $ΑV_3$, ἡ δὲ ταχύτης



Σχ. 2.

ταχύτης

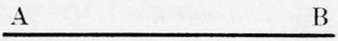
αὐτοῦ παρίσταται ἐπὶ τοῦ τμήματος AV_1, τὸ ὁποῖον εἶναι ἡ συνισταμένη τῶν μερικῶν ταχυτήτων AB καί AA_1. Ἡ περιγραφεῖσα σύνθετος κίνησις εἶναι ἡ ἁπλουστάτη δυνατή.

Τροχιὰν συνθέτου κινήσεως τῆς ἀνωτέρω μορφῆς δυνάμεθα νὰ χαράξωμεν εὐκόλως ὡς ἑξῆς : Κινοῦμεν τὴν γραφίδα ἐπὶ φύλλου χάρτου κατὰ μῆκος κανόνος, ἐνῷ συγχρόνως μεταθέτομεν τὸν κανόνα παραλλήλως πρὸς ἑαυτὸν (κατὰ διεύθυνσιν κάθετον ἐπὶ τὸ μῆκός του).

14. Περιοδικαὶ κινήσεις. Περιοδικὴ κίνησις καλεῖται ἡ κίνησις, ἡ ὁποία ἐπαναλαμβάνεται κατὰ ἴσα χρονικὰ διαστήματα ἡ αὐτή. Λέγοντες ὅτι ἐπαναλαμβάνεται ἡ *αὐτὴ* ἐννοοῦμεν ὅτι δὲν ἐπέρχεται μεταβολὴ οὔτε εἰς τὴν μορφὴν τῆς τροχιᾶς, οὔτε εἰς τὴν ταχύτητα.

Π.χ. ἡ κίνησις τῶν δεικτῶν τοῦ ὡρολογίου, ἡ κίνησις τῶν πλανητῶν περὶ τὸν ἥλιον. Αἱ περιοδικαὶ κινήσεις εἶναι σπουδαιόταται εἰς τὴν Φυσικήν. Ὁ ἦχος π.χ. παράγεται διὰ περιοδικῶν κινήσεων τῶν ἠχούντων σωμάτων καὶ διαδίδεται διὰ περιοδικῶν κινήσεων τοῦ ἀέρος.

Θὰ μελετήσωμεν τὴν ἁπλουστάτην τῶν περιοδικῶν κινήσεων τὴν εὐθύγραμμον περιοδικήν.



Σχ. 3

Εὐθύγραμμος περιοδικὴ κίνησις. Ὑποθέσωμεν ὅτι σῶμά τι κινεῖται ἐπὶ τῆς εὐθείας AB (σχ. 3). Ἡ κίνησις ἀρχίζει ἐκ τοῦ A μὲ φορὰν ἐκ τοῦ A πρὸς τὸ B. Ὅταν τὸ κινητὸν φθάσῃ εἰς B, σταματᾷ ἐπ᾿ ὀλίγον καὶ εἶτα ἄρχεται κινούμενον κατ᾿ ἀντίθετον φοράν, δηλαδὴ ἐκ τοῦ B πρὸς τὸ A. Εἰς τὸ A πάλιν σταματᾷ ἐπ᾿ ὀλίγον καὶ κινεῖται ἐκ νέου πρὸς τὸ B. Ἐκ τοῦ B δὲ ἀντιθέτως κινεῖται πρὸς τὸ A, εἶτα πάλιν πρὸς τὸ B κ. ο. κ.

Ἡ κίνησις αὕτη λέγεται εὐθύγραμμος περιοδική. Ὁ χρόνος, τὸν ὁποῖον χρειάζεται τὸ κινητόν, διὰ νὰ φθάσῃ ἐκ τοῦ A εἰς τὸ B καὶ *νὰ ἐπανέλθῃ ἐκ νέου εἰς τὸ A*, λέγεται *περίοδος* τῆς κινήσεως. Γενικῶς περίοδος εἰς πᾶσαν περιοδικὴν κίνησιν καλεῖται ὁ χρόνος, ὁ ὁποῖος χρειάζεται, διὰ νὰ γίνῃ πλήρης ἡ κίνησις καὶ νὰ ἐπανέλθῃ τὸ κινητὸν εἰς τὸ σημεῖον τῆς τροχιᾶς, ἀπὸ τοῦ ὁποίου ἡ κίνησις ἐπαναλαμβάνεται πάλιν ἡ αὐτή· ἡ περίοδος παρίσταται συνήθως διὰ τοῦ γράμματος T.

Κατὰ τὴν πάροδον μιᾶς περιόδου λέγομεν ὅτι τὸ κινητὸν ἐκτελεῖ ἕνα *παλμόν*. Ὁ ἀντίστροφος ἀριθμὸς τῆς περιόδου λέγεται *συχνότης* τῆς κινήσεως καὶ παρίσταται διὰ ν, δηλ. $\nu = \frac{1}{T}$ Ἑπομένως κατὰ τὴν ἀνωτέρω σχέσιν συχνότης εἶναι ὁ ἀριθμὸς τῶν ἐκτελουμένων παλμῶν κατὰ τὴν μονάδα τοῦ χρόνου· εἰς τὴν κίνησιν τῶν δεικτῶν τοῦ ὡρολογίου ἡ περίοδος τοῦ μὲν λεπτοδείκτου εἶναι 60 λ. τοῦ δὲ ὡροδείκτου 12 ὧραι. Εἰς τὴν περιοδικὴν κίνησιν τῆς Γῆς περὶ τὸν ἥλιον ἡ περίοδος εἶναι ἓν ἔτος, εἰς τὴν κίνησιν τῆς Γῆς περὶ τὸν ἄξονά της 24 ὧραι. Ἡ περίοδος τῆς περιστροφῆς τῆς σελήνης περὶ τὴν γῆν εἶναι περίπου 28 ἡμέραι. Εἰς τὴν εὐθύγραμμον περιοδικὴν κίνησιν ἡ ἀπόστασις μεταξὺ τῶν δύο ἄκρων θέσεων τοῦ κινητοῦ ΑΒ λέγεται *πλάτος* τῆς κινήσεως.

Ἀσκήσεις.

1) Πόσον διάστημα διανύει κινητόν, κινούμενον ὁμαλῶς μὲ ταχύτητα 30 m/sec, *ἐπὶ 30 πρῶτα λεπτά;*

2) Πόση εἶναι ἡ ταχύτης τῆς γῆς εἰς τὴν κίνησίν της περὶ τὸν ἥλιον, ἐὰν ὑποτεθῇ ὅτι ἡ κίνησις γίνεται ὁμαλῶς ἐπὶ κυκλικῆς τροχιᾶς ἀκτῖνος 150.000.000 km; *Ὁ χρόνος μιᾶς πλήρους περιστροφῆς εἶναι 365 ἡμέραι περίπου.*

3) Πόσον χρόνον χρειάζεται τὸ φῶς, διὰ νὰ φθάσῃ ἀπὸ τὸν ἥλιον εἰς τὴν γῆν; Ἡ μέση ἀπόστασις μεταξὺ τῶν δύο οὐρανίων σωμάτων εἶναι 150 ἑκατομμύρια χιλιόμετρα καὶ ἡ ταχύτης τοῦ φωτὸς 300.000 χιλιόμετρα κατὰ δευτερόλεπτον.

4) Ἀτμόπλοιον κινούμενον ἐντὸς ποταμοῦ ἔχει, ὅταν κινῆται μὲν κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ ρεύματος, ταχύτητα 6 m/sec, *ἀντιθέτως δὲ πρὸς ταύτην 4* m/sec. *Ζητεῖται ἡ πραγματικὴ ταχύτης τοῦ πλοίου καὶ ἡ ταχύτης τοῦ ρεύματος.*

$x + \psi = 6$

$x - \psi = 4$

$2x = 10$ ἄρα $\psi = 1$

$x = 5$

5) Κινητὸν διαγράφει εὐθύγραμμον τροχιὰν μὲ ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένην κίνησιν καὶ μετὰ 1 δευτ. ἔχει διανύσει διάστημα 20 cm. *Ζητεῖται πόσον δρόμον θὰ ἔχῃ διατρέξει μετὰ πάροδον 10 δευτερολέπτων.*

Ἀφοῦ εἰς χρόνον 1'' ἔχει διάστημα 20 cm

Β. ΣΤΑΤΙΚΗ

15. Δυνάμεις. Ἡ Στατική, ὡς εἴδομεν, ἐξετάζει, 1) τὰ αἴτια, τὰ ὁποῖα προκαλοῦν τὴν κίνησιν τῶν σωμάτων καὶ τὰ ὁποῖα καλοῦμεν *δυνάμεις* καὶ 2) τὴν σχέσιν, ἡ ὁποία πρέπει νὰ ὑπάρχῃ

$S = \frac{1}{2}\gamma t^2$

$20 = \frac{1}{2}\gamma \cdot 1^2$ ἢ $\gamma = 40$. ὥστε $S = \frac{1}{2} \cdot 40 \cdot 10^2 = 20 \cdot 100 = 2000$

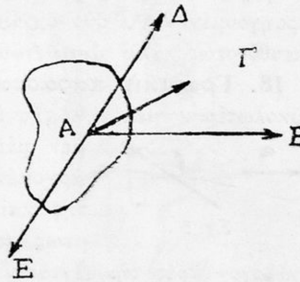
μεταξὺ διαφόρων δυνάμεων ἐπιδρωσῶν ἐπί τινος σώματος, ὥστε τοῦτο νὰ ἠρεμῇ, * δηλ. τὴν *ἰσορροπίαν τῶν δυνάμεων.*

Διὰ νὰ κινηθῇ σῶμά τι, πρέπει κάποια δύναμις νὰ ἐνεργήσῃ ἐπ' αὐτοῦ.

16. Φύσις τῶν δυνάμεων. Ὑπάρχουν δυνάμεις διαφόρου φύσεως π.χ. ἡ ζωϊκὴ δύναμις (δύναμις τοῦ ἀνθρώπου καὶ τῶν ζῴων), ἡ δύναμις τοῦ ἀνέμου, ἡ δύναμις τοῦ πίπτοντος ὕδατος κτλ.

Τὰ σώματα, ὅταν ἀφεθοῦν ἐλεύθερα, πίπτουν, δηλ. κινοῦνται πρὸς τὸ ἔδαφος, ὡς ἐὰν ἡ Γῆ ἕλκῃ αὐτά. Ἡ αἰτία, ἡ ὁποία προκαλεῖ τὴν πτῶσιν τῶν σωμάτων, λέγεται *βαρύτης*. Ἡ δὲ δύναμις, ἡ ὁποία ἐξ αἰτίας τῆς βαρύτητος ἐπιδρᾷ ἐφ' ἑκάστου σώματος καὶ ἀναγκάζει αὐτὸ νὰ πίπτῃ, λέγεται *βάρος* αὐτοῦ. Βραδύτερον θὰ μελετήσωμεν τὴν βαρύτητα καὶ θὰ γνωρίσωμεν τὴν μονάδα τῆς δυνάμεως.

17. Χαρακτηριστικὰ τῆς δυνάμεως. Εἰς τὸ σημεῖον Α τοῦ σώματος τοῦ σχήματος 4 προσαρμόζομεν νῆμα καὶ ἕλκομεν αὐτὸ κατὰ τὴν διεύθυνσιν ΑΒ. Λέγομεν τότε ὅτι εἰς τὸ σημεῖον Α τοῦ σώματος ἐνεργεῖ δύναμις, ἢ εἶναι ἐφηρμοσμένη δύναμις. Τὸ σῶμα θὰ κινηθῇ κατὰ τὴν διεύθυνσιν ΑΒ. Ἡ διεύθυνσις, κατὰ τὴν ὁποίαν κινεῖται τὸ σῶμα ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς ἐφαρμοζομένης δυνάμεως, λέγεται διεύθυνσις τῆς δυνάμεως ταύτης.



Σχ. 4

Ἕλκομεν τώρα τὸ νῆμα κατὰ τὴν ΑΓ. Καὶ πάλιν εἶναι ἐφηρμοσμένη εἰς τὸ Α μία δύναμις, ἀλλὰ τώρα ἐνεργεῖ κατ' ἄλλην διεύθυνσιν. Ἐπίσης ἂν ἕλκωμεν κατὰ τὴν ΑΔ, ἐφαρμόζομεν πάλιν εἰς τὸ Α δύναμιν, ἀλλὰ κατ' ἄλλην διεύθυνσιν, τὴν ΑΔ.

Εἴς τι *σημεῖον* λοιπὸν εἶναι δυνατὸν νὰ ἐνεργῇ μία δύναμις κατὰ διαφόρους διευθύνσεις. Τὸ σημεῖον, εἰς τὸ ὁποῖον ἡ δύναμις ἐνεργεῖ, λέγεται *σημεῖον ἐφαρμογῆς τῆς δυνάμεως*.

Ἡ ἐφαρμοζομένη δύναμις εἶναι δυνατὸν νὰ εἶναι εἴτε ἰσχυρά,

* Ἢ ὥστε νὰ μὴ μεταβληθῇ ἡ κινητική του κατάστασις.

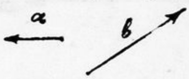
δύναμις δηλ. *μεγάλης ἐντάσεως*, εἴτε ἀσθενής, δύναμις *μικρᾶς ἐντάσεως*.

Συμφώνως πρὸς τὰ ἀνωτέρω ἑκάστη δύναμις ἔχει τὰ ἑξῆς τρία *χαρακτηριστικά*: 1) ὡρισμένον σημεῖον, εἰς τὸ ὁποῖον ἐφαρμόζεται καλούμενον *σημεῖον ἐφαρμογῆς*, 2) ὡρισμένην *διεύθυνσιν*, κατὰ τὴν ὁποίαν ἐνεργεῖ καὶ 3) ὡρισμένην *ἔντασιν*, μὲ τὴν ὁποίαν ἐνεργεῖ.

Τὰ τρία ταῦτα χαρακτηριστικὰ εἶναι ἐντελῶς ἀνεξάρτητα ἀλλήλων. Εἶναι δυνατὸν δύο ἢ περισσότεραι δυνάμεις νὰ ἔχουν τὸ αὐτὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς, ἀλλὰ διάφορον διεύθυνσιν ἢ ἔντασιν, ὅπως ἐπίσης εἶναι δυνατὸν νὰ ἐφαρμόζωνται εἰς διάφορα σημεῖα, ἀλλὰ νὰ ἔχουν τὴν αὐτὴν ἔντασιν καὶ διεύθυνσιν ἢ καὶ διαφόρους.

Πλὴν τῆς διευθύνσεως τῆς δυνάμεως πρέπει νὰ ὁρίζεται καὶ ἡ *φορά*, καθ' ἣν αὕτη μετακινεῖ τὸ σημεῖον τῆς ἐφαρμογῆς της. Ἂν ἕλκωμεν τὸ σῶμα τοῦ σχήματος 4 κατὰ τὴν ΑΔ, θὰ κινηθῇ ἐκ τοῦ Α πρὸς τὸ Δ, ἂν ὅμως ἕλκωμεν κατὰ τὴν ΑΕ, τὸ σῶμα θὰ κινηθῇ ἐκ τοῦ Α πρὸς τὸ Ε, δηλ. κατὰ φορὰν ἀντίθετον πρὸς τὴν προηγουμένην. Αἱ δύο δυνάμεις ΑΔ καὶ ΑΕ εἶναι μὲν τῆς αὐτῆς διευθύνσεως, ἀλλ' *ἀντιθέτου φορᾶς*.

18. Γραφικὴ παράστασις τῶν δυνάμεων. Διὰ τὴν εὐκολωτέραν μελέτην τῆς ἰσορροπίας τῶν δυνάμεων παριστῶμεν μίαν δύναμιν γραφικῶς δι' εὐθείας, ἀρχομένης ἀπὸ τὸ σημεῖον τῆς ἐφαρμογῆς της καὶ ἐχούσης τὴν διεύθυνσιν τῆς δυνάμεως (σχ. 5). Τὸ μῆκος τῆς εὐθείας εἶναι ἀνάλογον πρὸς τὴν ἔντασιν τῆς δυνάμεως. Τὸ βέλος β δεικνύει δύναμιν διπλασίας ἐντάσεως καὶ διαφόρου διευθύνσεως τοῦ α.

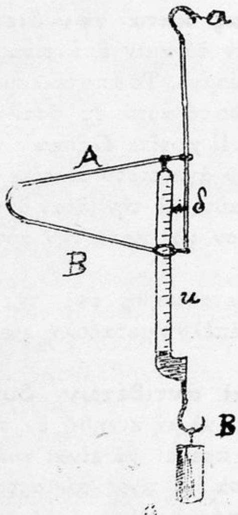


Σχ. 5

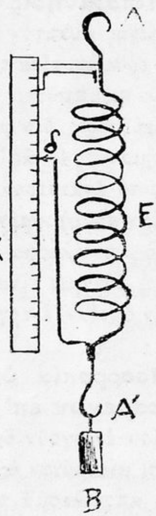
19. Δυνάμεις ἴσης ἐντάσεως. Ὅταν δύο δυνάμεις ἐνεργοῦσαι κατ' ἀντίθετον φορὰν ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ σημείου σώματός τινος ἰσορροποῦν, λέγομεν ὅτι ἔχουν τὴν αὐτὴν ἔντασιν ἢ ὅτι εἶναι *ἴσαι*. Ὅταν μία δύναμις Α ἰσορροπῇ δύο δυνάμεις ἴσας πρὸς Β καὶ ἀντιρρόπους πρὸς αὐτήν, λέγομεν ὅτι εἶναι διπλασία τῆς Β.

20. Μέτρησις τῶν δυνάμεων. Τὰ ὄργανα, διὰ τῶν ὁποίων μετρεῖται ἡ ἔντασις τῶν δυνάμεων, καλοῦνται *δυναμόμετρα*. Ἡ λειτουργία αὐτῶν στηρίζεται ἐπὶ τῆς ἰδιότητος τῶν στερεῶν νὰ ὑφίστανται παραμορφώσεις ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν δυνάμεων καὶ μόνον ἐφ' ὅσον διαρκεῖ ἡ ἐπίδρασις αὕτη. Εἰς μέγαν βαθμὸν ἔχει τὴν ἰδιότητα ταύτην ὁ χάλυψ. Τὸ σχ. 6α παριστάνει ἐλατήριον ἐκ χάλυβος ἔχον σχῆμα γωνίας. Εἰς τὸ σκέλος Α τῆς γωνίας εἶναι προσηρμοσμένη κλῖμαξ κ, ἡ ὁποία διέρχεται ἐλευθέρως διὰ δακτυλίου τοῦ ἄλλου σκέλους Β καὶ καταλήγει εἰς τὸ ἄγκιστρον β. Εἰς τὸ σκέλος Β στερεοῦται τὸ ἄγκιστρον α, τοῦ ὁποίου τὸ στέλεχος φέρει δείκτην δ.

Ἂν ἐξαρτήσωμεν τὸ ὄργανον ἀπὸ τὸ ἓν ἄγκιστρον καὶ ἐφαρμόσωμεν εἰς τὸ ἄλλο δύναμιν, ἡ γωνία ἐλαττοῦται καὶ ὁ δείκτης δ μετακινεῖται ἐπὶ τῆς κλίμακος.



Σχ. 6α



Σχ. 6β

Δυνάμεις τῆς αὐτῆς ἐντάσεως ἐφαρμοζόμεναι ἐπὶ τοῦ ἐλατηρίου ἐπιφέρουν ἴσας παραμορφώσεις καὶ φέρουν ἑπομένως τὸν δείκτην εἰς τὸ αὐτὸ σημεῖον τῆς κλίμακος. Ἡ βαθμολογία τοῦ ὀργάνου γίνεται δι᾽ ἐφαρμογῆς δυνάμεων γνωστῆς ἐντάσεως, ὡς ἑξῆς:

Ἐφαρμόζομεν εἰς τὸ β δύναμιν ἐντάσεως π.χ. 1 καὶ εἰς τὴν θέσιν, εἰς τὴν ὁποίαν σταματᾷ ὁ δείκτης, σημειοῦμεν τὸν ἀριθμὸν 1. Ἐξακολουθοῦμεν ὁμοίως μὲ δυνάμεις διαφόρου ἐντάσεως καὶ σημειοῦμεν τὰς τιμὰς τῆς δυνάμεως εἰς τὰς θέσεις τῆς κλίμακος, ὅπου ἑκάστοτε σταματᾷ ὁ δείκτης. Ἂν τώρα ἐφαρμόσωμεν ἄγνωστον δύναμιν, ἡ διαίρεσις τῆς κλίμακος, εἰς τὴν ὁποίαν σταματᾷ ὁ δείκτης, δίδει τὴν ἔντασιν αὐτῆς.

Τὸ σχ. 6β δεικνύει σπειροειδὲς ἐλατήριον Ε καταλῆγον ἑκατέρωθεν εἰς δύο ἄγκιστρα Α καὶ Α′. Τὸ ἓν ἐξ αὐτῶν χρησιμεύει διὰ τὴν ἐξάρτησιν τοῦ ὀργάνου, εἰς δὲ τὸ ἄλλο ἐφαρμόζεται ἡ δύναμις. Ἐπὶ τοῦ ἐλατηρίου εἶναι προσηρμοσμένος ὁ δείκτης δ, ὁ ὁποῖος κινεῖται ἐνώπιον τῆς κλίμακος Κ.

Κατὰ τὴν ἐφαρμογὴν τῆς δυνάμεως αἱ σπεῖραι ἀπομακρύνονται ἀπ᾽ ἀλλήλων καὶ τὸ ἐλατήριον ἐπιμηκύνεται.

21. Μετακίνησις τῆς δυνάμεως κατὰ τὴν διεύθυνσίν της. Εἶναι δυνατὸν νὰ ἐφαρμόσωμεν δύναμιν ἐπί τινος σημείου εἴτε ἀπ᾽ εὐθείας, εἴτε τῇ βοηθείᾳ συνδέσμου. Τὸ ἀποτέλεσμα καὶ κατὰ τὰς δύο περιπτώσεις θὰ εἶναι ἐντελῶς τὸ αὐτό, ἐφ᾽ ὅσον ἡ ἔντασις καὶ ἡ διεύθυνσις δὲν μεταβάλλονται. Π.χ. εἴτε ἕλξωμεν τὸ σῶμα τοῦ σχήματος 4 ἀπ᾽ εὐθείας ἐκ τοῦ ἀγκίστρου α, εἴτε δέσωμεν νῆμα εἰς τὸ ἄγκιστρον καὶ ἕλξωμεν αὐτὸ μὲ τὴν ἰδίαν δύναμιν, μὲ τὴν ὁποίαν προηγουμένως τὸ ἄγκιστρον, καὶ κατὰ τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν τὸ ἀποτέλεσμα εἶναι τὸ αὐτό.

Ἄρα ἡ δύναμις εἶναι δυνατὸν νὰ μετακινηθῇ ἐπὶ τῆς εὐθείας, κατὰ τὴν ὁποίαν ἐνεργεῖ, χωρὶς νὰ ἐπέλθῃ μεταβολὴ εἰς τὸ ἀποτέλεσμα.

22. Ἰσορροπία δύο ἴσων καὶ ἀντιθέτων δυνάμεων ἐφηρμοσμένων ἐπ᾽ εὐθείας. Διὰ νὰ μὴ κινηθῇ ἓν σῶμα, ἐπὶ τοῦ ὁποίου ἐνεργοῦν δυνάμεις, αὗται πρέπει νὰ εἶναι *τοὐλάχιστον* δύο, διότι μία μόνον δύναμις ἐνεργοῦσα ἐπί τινος σώματος θὰ ἐπιφέρῃ τὸ ἀποτέλεσμά της, ἐὰν δὲν ὑπάρχῃ *μία τοὐλάχιστον ἄλλη*, ἡ ὁποία νὰ ἐμποδίσῃ τὴν πρώτην.

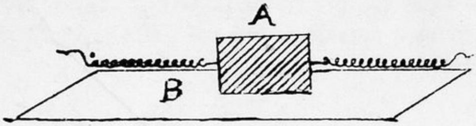
Δύο ἴσαι δυνάμεις ἐνεργοῦσαι ἐπὶ τῆς αὐτῆς εὐθείας κατ᾽ ἀντίθετον φορὰν ἰσορροποῦν.

Τοῦτο δεικνύεται διὰ τοῦ ἑπομένου πειράματος (σχ. 7).

Εἰς τὸ σῶμα Α, στηριζόμενον ἐπὶ τῆς βάσεως Β, προσαρμόζονται δύο δυναμόμετρα, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα. Ἐὰν ἕλξωμεν τὸ ἓν μὲ δύναμιν Δ, τὸ σῶμα θὰ κινηθῇ ἐπὶ τῆς βάσεως. Ἐὰν ὅμως ἕλκωμεν ἀμφότερα τὰ δυναμόμετρα, ἐπιτυγχάνομεν νὰ μείνῃ τὸ σῶμα ἀκίνητον. Τὴν στιγμὴν ταύτην παρατηροῦμεν ὅτι τὰ δύο δυναμόμετρα δεικνύουν τὴν αὐτὴν ἔντασιν δυνάμεως.

Ὥστε δύο ἴσαι δυνάμεις ἰσορροποῦν, ὅταν ἐνεργοῦν κατὰ τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν καὶ κατ' ἀντίθετον φοράν. Δὲν εἶναι ἀνάγκη νὰ ἔχουν καὶ κοινὸν σημεῖον ἐφαρμογῆς.

23. Σύνθεσις δυνάμεων. Ὅταν ἐπί τινος σώματος εἶναι ἐφηρμοσμέναι πολλαὶ δυνάμεις, ἑκάστη τείνει νὰ παρασύρῃ τὸ σῶμα κατὰ τὴν διεύθυνσίν της.



Σχ. 7

Ἐκ τῆς παρατηρήσεως ὅμως καὶ τῶν πειραμάτων ἐγνώσθη ὅτι ὅλαι αὐταὶ αἱ δυνάμεις εἶναι δυνατὸν νὰ ἀντικατασταθοῦν ὑπὸ *μιᾶς μόνης*, τῆς ὁποίας τὴν διεύθυνσιν θὰ ἀκολουθήσῃ τὸ σῶμα.

Ἡ ἀντικαθιστῶσα δύναμις λέγεται *συνισταμένη*, αἱ δὲ ἀντικαθιστάμεναι *συνιστῶσαι*. Ἡ ἀντικατάστασις δύο ἢ περισσοτέρων συνιστωσῶν ὑπὸ τῆς συνισταμένης αὐτῶν καλεῖται *σύνθεσις* τῶν δυνάμεων.

Τὰ χαρακτηριστικὰ τῆς συνισταμένης (σημεῖον ἐφαρμογῆς, ἔντασις καὶ διεύθυνσις) ἐξαρτῶνται μόνον ἀπὸ τὰ χαρακτηριστικὰ τῶν συνιστωσῶν. Ἑπομένως, ἐφ' ὅσον αἱ συνιστῶσαι εἶναι ὡρισμέναι, καὶ ἡ συνισταμένη εἶναι ὡρισμένη καὶ *μία καὶ μόνη*.

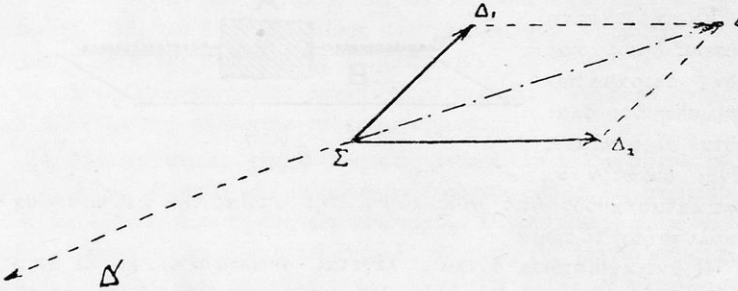
Διότι, ἂν ὑποθέσωμεν πρὸς στιγμὴν ὅτι ὑπάρχουν δύο συνιστάμεναι, αὗται πρέπει νὰ ἔχουν τὸ αὐτὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς, τὴν αὐτὴν ἔντασιν καὶ τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν, ἄρα θὰ συμπίπτουν ἐντελῶς.

Θὰ ζητήσωμεν κατ' ἀρχὰς τὴν συνισταμένην δυνάμεων ἐνεργουσῶν ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ σημείου καὶ εἶτα δυνάμεων ἐνεργουσῶν εἰς διάφορα σημεῖα ἑνὸς σώματος.

24. Σύνθεσις δύο δυνάμεων, ἐνεργουσῶν ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ σημείου. Α') ***Ὑπὸ γωνίαν.*** Ἐπὶ τοῦ σημείου Σ (σχ. 8) ἐφαρμόζονται αἱ δυνάμεις $Δ_1$ καὶ $Δ_2$. Μὲ πλευρὰς τὰς δύο δυνάμεις σχηματίζομεν παραλληλόγραμμον, τὸ $ΣΔ_1 ΔΔ_2$. Ἀποδεικνύεται θεωρητικῶς ὅτι *ἡ διαγώνιος αὐτοῦ ΣΔ εἶναι ἡ συνισταμένη τῶν δυνάμεων $Δ_1$ καὶ $Δ_2$*. Ἑπομένως, διὰ νὰ ἰσορροπήσωμεν αὐτάς, πρέπει νὰ ἐφαρμόσωμεν ἐπὶ τοῦ Σ τὴν ΣΔ', ἴσην πρὸς τὴν ΣΔ καὶ ἀντιθέτου φορᾶς.

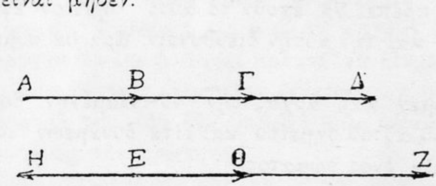
Ἡ ἀρχὴ αὕτη, καθ' ἣν συντίθενται δύο δυνάμεις ἐφηρμοσμέναι ὑπὸ γωνίαν ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ σημείου λέγεται *ἀρχὴ τοῦ παραλληλογράμμου τῶν δύο δυνάμεων*.

Β΄) ***Ὅταν αἱ δύο δυνάμεις ἔχουν τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν*** ἡ



Σχ. 8

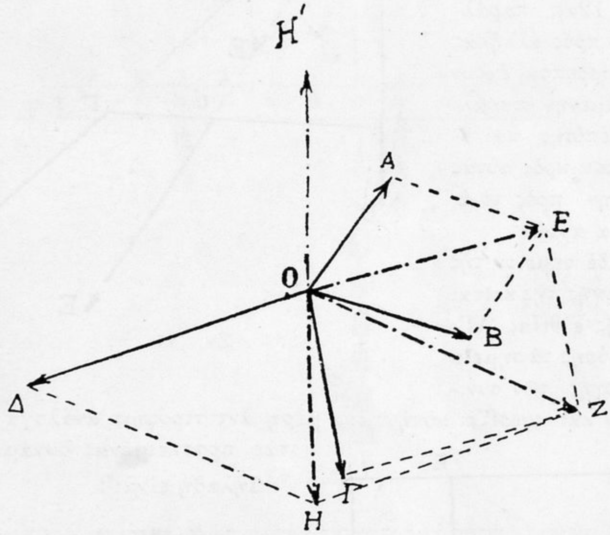
συνισταμένη αὐτῶν ἰσοῦται πρὸς τὸ ἀλγεβρικὸν ἄθροισμα τῶν συνιστωσῶν. Π.χ. τῶν ΑΒ καὶ ΑΓ συνισταμένη εἶναι ἡ ΑΔ (σχ. 9), τῶν ΕΖ καὶ ΕΗ ἡ ΕΘ, (ἐπειδὴ αἱ δύο συνιστῶσαι ἔχουν ἀντίθετον φορὰν ἡ συνισταμένη παρίσταται ὑπὸ τμήματος ἴσου πρὸς τὴν διαφορὰν αὐτῶν), τῶν ΑΔ₁ καὶ ΑΔ₂, ἴσων καὶ ἀντιθέτων ἡ συνισταμένη εἶναι μηδέν.



Σχ. 9

25. Σύνθεσις πολλῶν δυνάμεων ἐνεργουσῶν ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ σημείου. Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην συνθέτομεν πρῶτον δύο ἐκ τῶν δυνάμεων, *οἱασδήποτε*, διὰ τῆς κατασκευῆς τοῦ παραλληλογράμμου αὐτῶν. Τὴν συνισταμένην αὐτῶν συνθέτομεν πρὸς τρίτην δύναμιν, τὴν νέαν συνισταμένην συνθέτομεν πρὸς τετάρτην δύναμιν κ.ο.κ.

Π. χ. εἰς τὸ σχ. 10 συνισταμένη τῶν Α καὶ Β εἶναι ἡ Ε, τῶν Ε καὶ Γ ἡ Ζ, τῶν Ζ καὶ Δ ἡ Η. Ἄρα ἡ συνισταμένη ὅλου τοῦ συστήματος εἶναι ἡ ΟΗ. Ἐὰν εἰς τὸ σύστημα ὑπῆρχεν ἀκόμη καὶ ἡ δύναμις ΟΗ′, ἴση καὶ ἀντίθετος πρὸς τὴν ΟΗ

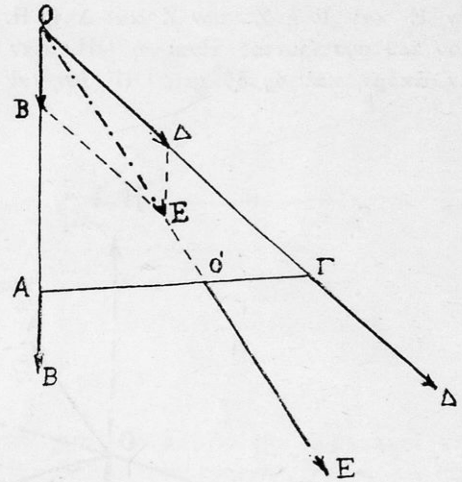


Σχ. 10

ἡ συνισταμένη θὰ ἦτο μηδέν. Αἱ πέντε δυνάμεις εἶναι ὡς ἂν δὲν ὑπῆρχον.

26. Σύνθεσις δυνάμεων ἐφηρμοσμένων εἰς δύο διάφορα σημεῖα τοῦ αὐτοῦ σώματος. Ὅταν δυνάμεις ἐφηρμοσμέναι εἰς διάφορα σημεῖα δὲν εἶναι παράλληλοι, ὅπως αἱ ΑΒ καὶ ΓΔ τοῦ σχ. 11, ἡ σύνθεσις αὐτῶν γίνεται ὡς ἑξῆς: Μεταφέρομεν αὐτὰς κατὰ τὴν διεύθυνσίν των μέχρι τοῦ σημείου συναντήσεως εἰς τὰς θέσεις ΟΒ καὶ ΟΔ, ὁπότε ἀγόμεθα εἰς τὴν προηγουμένην περίπτωσιν τῆς συνθέσεως δυνάμεων ἐνεργουσῶν ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ σημείου. Ἡ συνισταμένη αὐτῶν εἶναι ἡ ΟΕ. Θὰ ἀσχοληθῶμεν λοιπὸν μόνον μὲ τὴν σύνθεσιν παραλλήλων δυνάμεων.

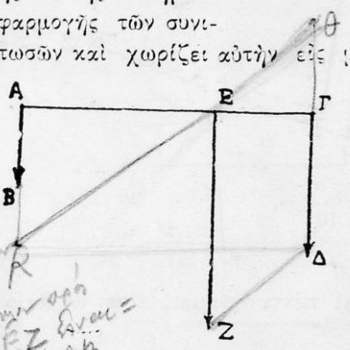
27. Σύνθεσις δύο δυνάμεων παραλλήλων καὶ ὁμορρόπων (δηλ. τῆς αὐτῆς φορᾶς).



Σχ. 11

Αἱ δυνάμεις Β καὶ Δ (σχ. 12α), παράλληλοι πρὸς ἀλλήλας καὶ ὁμόρροποι, ἔχουν συνισταμένην παράλληλον ἐπίσης καὶ ὁμόρροπον πρὸς αὐτὰς καὶ ἴσην πρὸς τὸ ἄθροισμα αὐτῶν.

Τὸ δὲ σημεῖον τῆς ἐφαρμογῆς της κεῖται ἐπὶ τῆς εὐθείας ΑΓ, τῆς ἑνούσης τὰ σημεῖα ἐφαρμογῆς τῶν συνιστωσῶν καὶ χωρίζει αὐτὴν εἰς μέρη ἀντιστρόφως ἀνάλογα πρὸς τὰς προσκειμένας δυνάμεις.



Σχ. 12α

Ἐὰν φέρω ἀπὸ Ε παράλληλον πρὸς τὴν ΓΔ ἢ ἀπὸ Δ παράλληλον ... ΕΘ. τότε ἡ ΕΖ εἶναι = μὲ ΔΓ+ΓΘ = ΔΓ+ΑΒ.

Δηλαδὴ εἶναι :

$$Z = B + \Delta \text{ καὶ}$$
$$\frac{AE}{E\Gamma} = \frac{\Delta}{B}$$

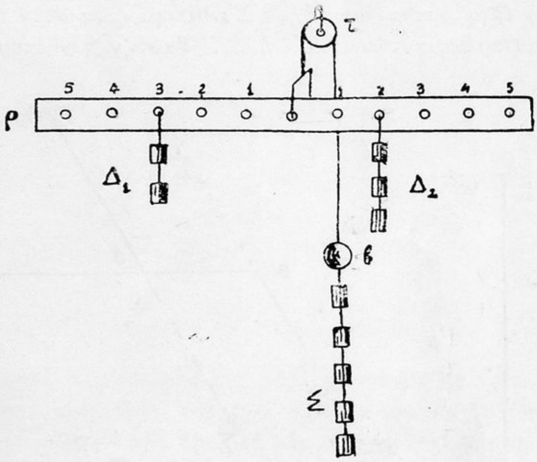
Τὴν σύνθεσιν παραλλήλων καὶ ὁμορρόπων δυνάμεων δεικνύομεν πειραματικῶς ὡς ἑξῆς :

Τὴν ῥάβδον ρ (σχ. 12β) ἐξαρτῶμεν ἀπὸ τοῦ κέντρου της διὰ νήματος, τὸ ὁποῖον διέρχεται διὰ τῆς τροχαλίας τ καὶ φέρει εἰς τὸ ἄκρον τὸ βάρος β, χρησιμεῦον διὰ νὰ ἰσορροπῆ τὸ βάρος τῆς ῥάβδου. Εἰς ἴσας ἀπὸ τοῦ κέν-

(Σχ. 12α) Γεωμετρική κατασκευή.
λαμβάνω ΑΚ = ΓΔ
ΓΘ = ΑΒ.
φέρω την ΚΘ. Τὸ Ε εἶναι τὸ σημεῖον ... συνισταμένης, διότι ... ΚΑΕ ἢ ΕΘΓ, ἔχομεν
ΑΕ : ΕΓ = ΑΚ : ΓΘ = ΓΔ : ΑΒ. #

τρου ἀποστάσεις φέρει ἡ ράβδος ὀπάς, ἀπὸ τὰς ὁποίας διὰ νημά-των δυνάμεθα νὰ ἐξαρτήσωμεν βάρη.

Εἰς τὴν συσκευὴν ταύτην αἱ συνιστῶσαι δυνάμεις πρέπει νὰ εἶναι τοιαῦται, ὥστε ἡ συνισταμένη νὰ ἔχῃ τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς της εἰς τὸ κέντρον, διότι ἐκεῖ τῇ βοηθείᾳ τῆς τροχαλίας δυνάμεθα νὰ ἐφαρμόσωμεν δύναμιν ἀντιθέτου φορᾶς τῆς συνισταμένης, διὰ νὰ ἰσορροπήσῃ τὸ σύστημα.



Σχ. 12β

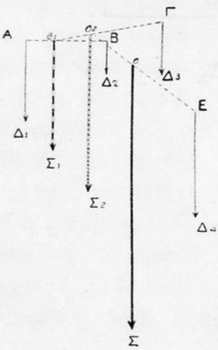
Πρὸς τοῦτο πρέπει νὰ ἐκλέξωμεν καταλλήλως τὰ σημεῖα ἐφαρμογῆς καὶ τὰ μεγέθη τῶν συνιστωσῶν. Ἐὰν π. χ. ὡς σημεῖα ἐφαρμογῆς τῶν συνιστωσῶν λάβωμεν τὴν ὀπὴν 2 δεξιὰ καὶ τὴν 3 ἀριστερά, πρέπει νὰ ἐφαρμόσωμεν τοιαύτας δυνάμεις, ὥστε ὁ λόγος των νὰ εἶναι :

$$\frac{\Delta_1}{\Delta_2} = \frac{2}{3}$$

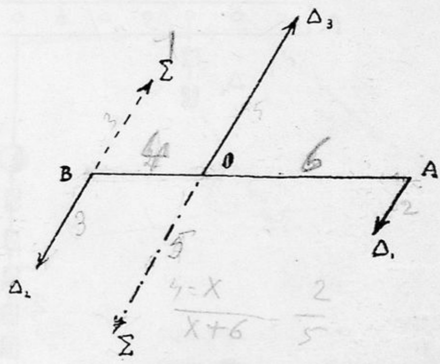
Εἰς τὸ σχῆμα εἶναι $\Delta_1 = 2$ καὶ $\Delta_2 = 3$, ἰσχύει ἑπομένως ἡ σχέσις αὕτη. Ἐπίσης θὰ ἠδυνάμεθα νὰ ἐφαρμόσωμεν π. χ. δυνάμεις $\Delta_1 = 6$ καὶ $\Delta_2 = 9$ εἰς τὰ αὐτὰ σημεῖα, διότι $6/9 = 2/3$. Τὰς δυνάμεις 2 καὶ 3 δυνάμεθα νὰ ἐφαρμόσωμεν ἐπίσης εἰς τὰ σημεῖα 4 δεξιὰ καὶ 6 ἀριστερὰ κλπ.

Κατὰ τὴν περίπτωσιν τοῦ σχήματος ἰσορροπία ἐπέρχεται, ὅταν κάτωθεν τοῦ 6 κρεμάσωμεν 5 ὅμοια βάρη. Ἄρα ἡ συνισταμένη ἰσοῦται πρὸς 5 (τὸ ἄθροισμα τῶν συνιστωσῶν) καὶ εἶναι ἀντίθετος πρὸς τὴν ΟΣ, ἔχει ἑπομένως τὴν διεύθυνσιν καὶ τὴν φορὰν τῶν συνιστωσῶν.

28. Σύνθεσις πολλῶν παραλλήλων καὶ ὁμορρόπων δυνάμεων. Συνθέτομεν πρῶτον δύο τυχούσας, τὴν συνισταμένην αὐτῶν συνθέτομεν πρὸς τρίτην, τὴν συνισταμένην τούτων πρὸς τετάρτην κ.ο.κ. Διὰ νὰ συνθέσωμεν π. χ. τὰς δυνάμεις Δ_1, Δ_2, Δ_3 καὶ Δ_4 (σχ. 13) ἐργαζόμεθα ὡς ἑξῆς: Συνθέτομεν πρῶτον τὰς Δ_1 καὶ Δ_2. Ἡ συνισταμένη αὐτῶν εἶναι ἡ Σ_1. Ταύτην συνθέτομεν μὲ τὴν



Σχ. 13



Σχ. 14

Δ_3. Ἡ νέα συνισταμένη εἶναι ἡ Σ_2. Ταύτην συνθέτομεν πάλιν μὲ τὴν Δ_4 καὶ ἡ συνισταμένη αὐτῶν Σ εἶναι ἡ συνισταμένη τῶν τεσσάρων δυνάμεων. Τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τῆς τελικῆς συνισταμένης εἶναι ἀνεξάρτητον τῆς σειρᾶς τῆς συνθέσεως. Ἐπίσης εἶναι ἀνεξάρτητον τῆς διευθύνσεως τῶν συνιστωσῶν, ἀρκεῖ μόνον αὗται νὰ εἶναι παράλληλοι πρὸς ἀλλήλας. Τὸ σημεῖον τοῦτο καλεῖται *κέντρον τῶν παραλλήλων δυνάμεων.*

29. Σύνθεσις δύο δυνάμεων παραλλήλων καὶ ἀντιρρόπων. Αἱ τρεῖς δυνάμεις Δ_1, Δ_2 καὶ Δ_3 ἰσορροποῦν (σχ. 14). (Ἡ Δ_3 εἶναι ἴση καὶ ἀντίρροπος πρὸς τὴν συνισταμένην τῶν δύο ἄλλων ΟΣ). Ἄρα μία οἱαδήποτε ἐξ αὐτῶν ἐπιφέρει ἴσον καὶ ἀντίθετον ἀποτέλεσμα πρὸς τὰς δύο ἄλλας, εἶναι δηλ. ἴση καὶ ἀντίρροπος πρὸς τὴν συνισταμένην τῶν δύο ἄλλων. Π.χ. ἡ Δ_2 ἰσορροπεῖ τὰς Δ_1 καὶ Δ_3, ἄρα ἡ συνισταμένη τῶν δύο παραλλήλων καὶ ἀντιρρόπων δυνάμεων Δ_1 καὶ Δ_3 εἶναι ἡ ΒΣ, ἴση καὶ ἀντίρροπος πρὸς τὴν Δ_2.

Γνωρίζομεν ὅτι εἶναι :

$$\Sigma = \Delta_1 + \Delta_2 \text{ ἐξ οὗ } \Delta_2 = \Sigma - \Delta_1 \text{ ἢ } \Sigma' = \Delta_3 - \Delta_1 \quad (1)$$

Ἤτοι ἡ συνισταμένη ἰσοῦται πρὸς τὴν *διαφορὰν* τῶν δύο δυνάμεων : εἶναι δὲ παράλληλος πρὸς τὰς συνιστώσας καὶ ἔχει φορὰν τὴν τῆς μεγαλυτέρας δυνάμεως.

* (Τὸ σημεῖον τῆς ἐφαρμογῆς της ὁρίζεται τῇ βοηθείᾳ τῆς γνωστῆς σχέσεως :

$$\frac{OA}{OB} = \frac{\Delta_2}{\Delta_1}$$

ἂν ἀλλάξωμεν τοὺς μέσους ὅρους τῆς ἀναλογίας ἔχομεν :

$$\frac{OA}{\Delta_2} = \frac{OB}{\Delta_1}$$

καὶ ἐπειδὴ $\Delta_2 = \Sigma'$ ἡ ἀναλογία γίνεται :

$$\frac{OA}{\Sigma'} = \frac{OB}{\Delta_1} = \frac{OA+OB}{\Sigma'+\Delta_1} = \frac{AB}{\Delta_3} \quad (2)$$

ἤτοι

$$\frac{OB}{\Delta_1} = \frac{AB}{\Delta_3} \quad \text{ἢ} \quad \frac{OB}{AB} = \frac{\Delta_1}{\Delta_3}$$

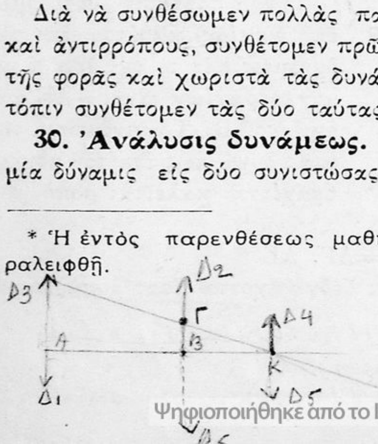
Τὸ σημεῖον τῆς ἐφαρμογῆς τῆς συνισταμένης κεῖται ἐπὶ τῆς εὐθείας τῆς διερχομένης διὰ τῶν σημείων ἐφαρμογῆς τῶν συνιστωσῶν, πέραν τούτων καὶ πρὸς τὸ μέρος τῆς μεγαλυτέρας δυνάμεως. Αἱ ἀποστάσεις δὲ αὐτοῦ ἀπ' ἐκείνων εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογοι πρὸς τὰ μεγέθη τῶν προσκειμένων δυνάμεων. Εἶναι δηλαδὴ :

$$\frac{OB}{AB} = \frac{\Delta_1}{\Delta_3}$$

Διὰ νὰ συνθέσωμεν πολλὰς παραλλήλους δυνάμεις ὁμορρόπους καὶ ἀντιρρόπους, συνθέτομεν πρῶτον χωριστὰ τὰς δυνάμεις τῆς αὐτῆς φορᾶς καὶ χωριστὰ τὰς δυνάμεις τῆς ἀντιθέτου φορᾶς καὶ κατόπιν συνθέτομεν τὰς δύο ταύτας μερικὰς συνισταμένας.

30. Ἀνάλυσις δυνάμεως. Πολλάκις χρειάζεται νὰ ἀναλυθῇ μία δύναμις εἰς δύο συνιστώσας, π.χ. ὅταν σῶμά τι κυλίεται ἐπὶ

* Ἡ ἐντὸς παρενθέσεως μαθηματικὴ ἀνάλυσις δύναται νὰ παραλειφθῇ.



Ίνα συνθέσω τας Δ1 κ Δ2 φέρω την Δ3 ίσην προς Δ2, κ την ΒΓ ίσην προς Δ1. Προεκτείνω την ΑΒ κ φέρω την Δ3Γ, συναντά την προέκτασιν της ΑΒ εις το Κ. Φέρω εκ του Κ την Δ4 ίσην προς Δ2 − Δ1. Αύτη είναι η συνισταμένη, διότι η Δ5 ίση [illegible] ἐπιπέδου κεκλιμένου πρὸς τὸ ὁριζόντιον (σχ. 41), ἡ δύναμις, ἡ ὁποία ἐνεργεῖ ἐπ' αὐτοῦ καὶ τὸ ἀναγκάζει νὰ πίπτῃ, εἶναι τὸ βάρος του. Ἀλλ' ἕνεκα τῆς ὑπάρξεως τοῦ ὑποστηρίγματος ΚΚ' ἡ πτῶσις δὲν γίνεται κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς δυνάμεως. Ἐνδιαφέρει δὲ κυρίως, καθὼς θὰ ἴδωμεν, ἡ ἔντασις τῆς δυνάμεως κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς κινήσεως.

Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην σχηματίζομεν παραλληλόγραμμον, τοῦ ὁποίου ὡς *διαγώνιον θέτομεν τὴν πρὸς ἀνάλυσιν δύναμιν*. Ὡς διευθύνσεις τῶν πλευρῶν λαμβάνονται ἡ διεύθυνσις τῆς μετακινήσεως καὶ ἡ κάθετος ἐπ' αὐτήν. Αἱ πλευραὶ τοῦ οὕτω κατασκευασθέντος παραλληλογράμμου δίδουν τὰς ζητουμένας συνιστώσας.

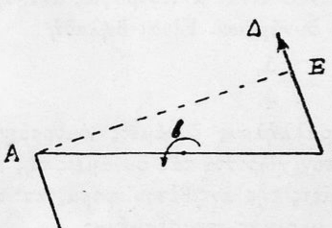
Τὰ μεγέθη αὐτῶν εἶναι ὡρισμένα, ἀφοῦ ἡ διαγώνιος εἶναι ὡρισμένη. Εἰς τὸ προηγούμενον παράδειγμα αἱ δύο συνιστῶσαι εἶναι αἱ ΣΔ καὶ ΣΔ'.

31. Ζεῦγος δυνάμεων.—Ἐκ τῆς σχέσεως (1) τῆς § 21 φαίνεται ὅτι, ἂν ἡ συνιστῶσα δύναμις $Δ_3$ διαρκῶς ἐλαττοῦται, ἡ συνισταμένη Σ' ἐλαττοῦται ἐπίσης. Ὅταν δὲ $Δ_3$ γίνῃ ἴση πρὸς τὴν $Δ_1$, ἡ συνισταμένη εἶναι μηδέν, δηλ. πράγματι δὲν ὑπάρχει συνισταμένη.

Τὸ σύστημα λοιπὸν τῶν δύο ἴσων παραλλήλων καὶ ἀντιρρόπων δυνάμεων δὲν ἔχει συνισταμένην. Τὸ σύστημα τοῦτο καλεῖται *ζεῦγος*.

Ἐπίπεδον τοῦ ζεύγους λέγεται τὸ ἐπίπεδον τὸ διερχόμενον διὰ τῶν δύο δυνάμεων.

Τὸ ζεῦγος τείνει νὰ περιστρέψῃ τὸ σῶμα, ἐπὶ τοῦ ὁποίου ἐνεργεῖ, περὶ ἄξονα κάθετον ἐπὶ τὸ ἐπίπεδόν του. Ἡ ἀπόστασις τῶν δύο δυνάμεων καλεῖται *μοχλοβραχίων* τοῦ ζεύγους.



Σχ. 15α

Τὴν ἀπόστασιν μετροῦμεν ἐπ' εὐθείας καθέτου ἐπὶ τὰς δυνάμεις. Εἰς τὸ σχ. 15α π. χ. μοχλοβραχίων εἶναι ἡ ΑΕ καὶ ὄχι ἡ ΑΒ. Τὸ γινόμενον τῆς μιᾶς δυνάμεως ἐπὶ τὸν μοχλοβραχίονα καλεῖται *ῥοπὴ τοῦ ζεύγους*.

Ῥοπὴ Ρ=ΑΓ. ΑΕ

Διὰ πειραμάτων δεικνύεται ὅτι ζεύγη ἔχοντα ἴσας ῥοπὰς παρά-

αλλ' ὅτι η Δ4 θα ισορροπεί τας συνιστώσας της Δ1 κ Δ2
όπως θα ορίσει η Δ6 να είναι συνισταμένη των Δ5 κ Δ1. Είναι δε
διότι ... των ... το άθροισμα (διότι) ...
ότι το Β ...

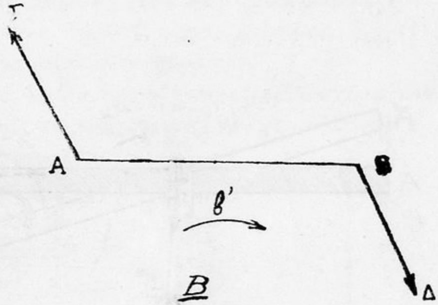
γουν τὸ αὐτὸ ἀποτέλεσμα. Ἐκ τούτου φαίνεται ὅτι τὸ ζεῦγος χαρακτηρίζεται ἀπὸ τὴν ροπήν του καὶ ὄχι μόνον ἀπὸ τὴν ἔντασιν τῶν δυνάμεων αὐτοῦ ἢ μόνον ἀπὸ τὸν μοχλοβραχίονά του.

Διὰ νὰ μεταβληθῇ ἡ ροπὴ τοῦ ζεύγους ἀρκεῖ, συμφώνως πρὸς τὸν ὁρισμὸν τῆς ροπῆς, νὰ μεταβληθῇ ἢ ὁ μοχλοβραχίων ἢ αἱ δυνάμεις αὐτοῦ.

Ἐπίσης ἄλλο χαρακτηριστικὸν τοῦ ζεύγους εἶναι ἡ *φορά*, καθ᾽ ἣν τείνει νὰ περιστρέψῃ τὸ σῶμα, ἐπὶ τοῦ ὁποίου ἐνεργεῖ.

Εἰς τὸ σχ. 15α ἡ περιστροφὴ θὰ γίνῃ κατὰ τὴν φορὰν τοῦ βέλους β, ἐνῷ εἰς τὸ σχ. 15β κατ᾽ ἀντίθετον φορὰν (βέλος β′).

32. Ἰσορροπία ζευγῶν. Δύο ζεύγη ἔχοντα ἴσας καὶ ἀντιθέτους ροπὰς ἐφαρμοζόμενα ἐπί τινος σώματος, εἰς τρόπον ὥστε νὰ κεῖνται ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ἐπιπέδου ἢ ἐπὶ ἐπιπέδων παραλλήλων, ἰσορροποῦν.

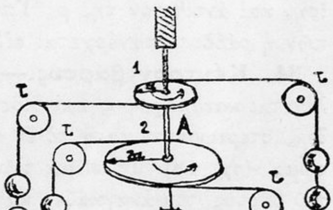


Σχ. 15β

Τοῦτο δεικνύομεν διὰ τοῦ ἑξῆς πειράματος:

Τὸ σύστημα τοῦ σχ. 16 ἀποτελεῖται ἐκ δύο παραλλήλων τροχαλιῶν 1 καὶ 2, μὲ ἀκτῖνας α καὶ 2α, συνδεδεμένων διὰ τοῦ κοινοῦ ἄξονος Α. Εἰς τὰς αὔλακας τῶν τροχαλιῶν τ τυλίσσομεν νήματα, τὰ ὁποῖα διὰ βοηθητικῶν μικρῶν τροχαλιῶν κρατοῦνται εἰς τὸ κατάλληλον ὕψος.

Ἂν τυλίξωμεν τὰ νήματα, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα, οὕτως ὥστε αἱ ροπαὶ τῶν δύο ζευγῶν νὰ εἶναι ἀντίθετοι, ἰσορροπία ἐπέρχεται, ὅταν εἰς τὰ νήματα τῆς τροχαλίας 1 ἐφαρμόσωμεν διπλάσια βάρη ἢ εἰς τὰ τῆς 2, ὁπότε αἱ ροπαὶ εἶναι καὶ ἴσαι. Εἰς τὸ σχῆμα εἶναι ἡ μὲν μία ροπὴ εἶναι $2 \times \alpha$, ἡ δὲ ἄλλη $1 \times 2\alpha$.



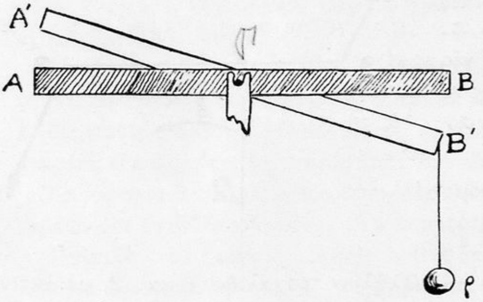
Σχ. 16.

33. Ροπὴ δυνάμεως. Εἰς τὸ ἄκρον ράβδου ΑΒ στηριζομένης κατὰ τὸ μέσον της Γ ὁριζοντίως ἐφαρμόζομεν δύναμιν, π.χ. κρεμῶμεν βάρος τι ρ (σχ. 17). Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ράβδος στρέφεται περὶ τὸ σημεῖον στηρίξεως καὶ λαμβάνει τὴν θέσιν ΑΒ΄.

Ἀλλὰ γνωρίζομεν ὅτι περιστροφὴ προκαλεῖται ἐκ τῆς ἐπιδράσεως ζεύγους, ἐδῶ δὲ ἔχομεν ἐπίδρασιν μιᾶς μόνον δυνάμεως. Πράγματι ὅμως καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην ἐνεργεῖ ζεῦγος, τοῦ ὁποίου ἡ δευτέρα δύναμις παρέχεται ὑπὸ τοῦ ὑποστηρίγματος.

Ἡ ροπὴ τοῦ ζεύγους τούτου εἶναι : $P = \Gamma B \times \rho$ καὶ λέγεται *ροπὴ τῆς δυνάμεως ρ ὡς πρὸς τὸ σημεῖον στηρίξεως τῆς ράβδου.*

Ἐὰν καὶ εἰς τὸ ἄλλο ἄκρον τῆς ράβδου ἐφαρμοσθῇ δύναμις ρ΄ ἴση πρὸς τὴν ρ, ἔχει αὕτη ὡς πρὸς τὸ σημεῖον στηρίξεως ροπὴν



Σχ. 17,

Σχ. 18.

ἴσην καὶ ἀντίθετον τῆς ρ. Ὑπὸ τὴν ἐνέργειαν τῶν δύο τούτων ροπῶν ἡ ράβδος ἐπανέρχεται εἰς τὴν ὁριζοντίαν θέσιν.

34. Κέντρον βάρους.—Ἡ διεύθυνσις τοῦ *βάρους* (ὅλ. § 16) λέγεται *κατακόρυφος* καὶ δίδεται ἀπὸ τὸ *νῆμα τῆς στάθμης*, νῆμα δηλ. στερεωμένον κατὰ τὸ ἕν ἄκρον καὶ φέρον εἰς τὸ ἄλλο βαρὺ σῶμα (σχ. 18). Τὸ σῶμα τεῖνον νὰ κινηθῇ κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ βάρους του ἀναγκάζει καὶ τὸ νῆμα νὰ λάβῃ τὴν διεύθυνσιν ταύτην. Τὸ νῆμα τῆς στάθμης χρησιμοποιεῖται συχνὰ εἰς τὴν πρᾶξιν, διὰ νὰ ἐλεγχθῇ ἂν ἀντικείμενόν τι εἶναι κατακόρυφον π.χ. ὑπὸ τῶν ἐργατῶν κατὰ τὴν οἰκοδόμησιν τῶν τοίχων.

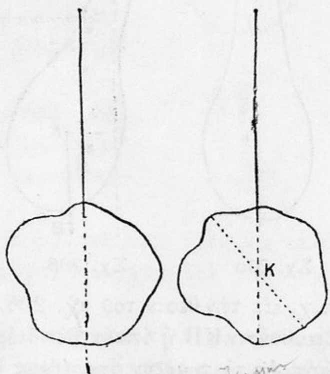
Εἰς ἕκαστον σημεῖον παντὸς σώματος ἐπενεργεῖ ἡ δύναμις τοῦ βάρους του μὲ διεύθυνσιν κατακόρυφον.

Ἡ συνισταμένη δὲ τῶν βαρῶν ὅλων τῶν ἐλαχίστων τμημάτων τοῦ σώματος εἶναι δύναμις παράλληλος πρὸς τὰς συνιστώσας, ὅπως γνωρίζομεν, μὲ τὸ σημεῖον τῆς ἐφαρμογῆς της ἐντελῶς ὡρισμένον.

Τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τῆς συνισταμένης παραλλήλων δυνάμεων γνωρίζομεν ὅτι λέγεται κέντρον τῶν παραλλήλων δυνάμεων. Ὅταν δὲ πρόκειται εἰδικῶς περὶ τῆς δυνάμεως τοῦ βάρους, λέγεται *κέντρον βάρους* τοῦ σώματος.

35. Προσδιορισμὸς τῆς θέσεως τοῦ κέντρου βάρους. Ἡ γνῶσις τῆς θέσεως τοῦ κέντρου βάρους εἶναι χρήσιμος διὰ τὴν μελέτην τῶν συνθηκῶν ἰσορροπίας τῶν σωμάτων.

Τὸ Κ.Β. τῶν σωμάτων, τὰ ὁποῖα ἔχουν γεωμετρικὸν σχῆμα καὶ εἶναι ὁμογενῆ*, εὑρίσκεται εἰς τὸ γεωμετρικὸν κέντρον αὐτῶν. Π.χ. τὸ Κ.Β. ὁμογενοῦς σφαίρας εἶναι τὸ γεωμετρικὸν κέντρον αὐτῆς. Τὸ Κ.Β. κυλίνδρου εἶναι εἰς τὸ μέσον τῆς εὐθείας, ἡ ὁποία ἑνώνει τὰ κέντρα τῶν βάσεων (ἄξων τοῦ κυλίνδρου).



Σχ. 19.

Πειραματικῶς προσδιορίζεται ἡ θέσις τοῦ Κ.Β., ὅταν τὰ σώματα ἔχουν μικρὸν πάχος, ὡς ἑξῆς:

Ἐξαρτῶμεν τὸ σῶμα διὰ νήματος (σχ. 19) καὶ σημειοῦμεν ἐπ' αὐτοῦ τὴν προέκτασιν τοῦ νήματος, ἡ ὁποία εἶναι ἡ διεύθυνσις τῆς κατακορύφου. Τὸ Κ.Β. θὰ κεῖται ἐπ' αὐτῆς. Διὰ νὰ ὁρισθῇ ἀκριβῶς ἡ θέσις του, κρεμῶμεν τὸ σῶμα καὶ ἐξ ἄλλου σημείου καὶ σημειοῦμεν πάλιν τὴν διεύθυνσιν τῆς κατακορύφου. Τὸ σημεῖον, ὅπου τέμνονται αἱ δύο διευθύνσεις, εἶναι προφανῶς τὸ κέντρον βάρους τοῦ σώματος.

36. Ἰσορροπία στερεοῦ σώματος ἐξηρτημένου ἀπὸ ὁριζοντίου ἄξονος. Ἔστω τὸ στερεὸν Σ ἐξηρτημένον ἀπὸ τοῦ

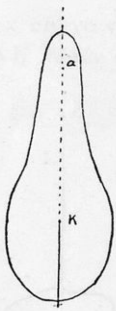
---

* Ἔχουν δηλ. καθ' ὅλην τὴν μᾶζαν των τὴν αὐτὴν πυκνότητα.

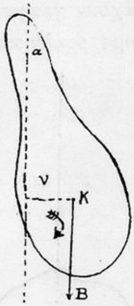
σημείου α ἀπὸ ἄξονα, περὶ τὸν ὁποῖον δύναται νὰ στρέφεται ἐλευθέρως. Τὸ κέντρον τοῦ βάρους του εἶναι δυνατὸν νὰ ἔχῃ τρεῖς διαφόρους θέσεις σχετικῶς πρὸς τὸ σημεῖον ἐξαρτήσεως. Δηλαδή :

1) Τὸ Κ.Β. εὑρίσκεται εἰς Κ, κάτωθεν τοῦ ἄξονος ἐξαρτήσεως καὶ ἐπὶ τῆς κατακορύφου αΚ, ἡ ὁποία διέρχεται δι' αὐτοῦ.

Εἰς τὴν θέσιν ταύτην τὸ σῶμα ἰσορροπεῖ, διότι τὸ βάρος Β ἐνεργεῖ κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς κατακορύφου (σχ.20α) καὶ ἰσορροπεῖται ἀπὸ τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἄξονος, ἡ ῥοπὴ τοῦ Β ὡς πρὸς α εἶναι μηδέν. Ἐκτρέπομεν τώρα τὸ σῶμα ὀλίγον ἐκ τῆς θέσεως ταύτης, τὸ φέρομεν

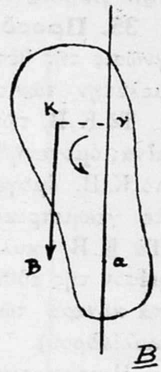


Σχ. 20α



Σχ. 20β.

Σχ. 21α.



ΣΧ. 21β.

π.χ. εἰς τὴν θέσιν τοῦ σχ. 20β. Τὸ βάρος του ἐνεργεῖ τότε κατὰ τὴν διεύθυνσιν ΚΒ, ἡ ὁποία δὲν διέρχεται διά τοῦ α. Ἡ ῥοπὴ τοῦ βάρους ὡς πρὸς τὸ σημεῖον στηρίξεως δὲν εἶναι πλέον μηδέν, ἀλλ' ἴση πρὸς Β×Κν καὶ τείνει νὰ περιστρέψῃ τὸ σῶμα κατὰ τὴν φορὰν τοῦ βέλους. Τὸ σῶμα θὰ στραφῇ λοιπὸν περὶ τὸ α καὶ θὰ σταματήσῃ εἰς τὴν θέσιν τοῦ σχ. 20α, ὅπου *τὸ Κ εὑρίσκεται ἐπὶ τῆς κατακορύφου τῆς διερχομένης διὰ τοῦ α.* Ἡ θέσις αὕτη λέγεται θέσις τῆς εὐσταθοῦς ἰσορροπίας. Ὥστε, ὅταν σῶμά τι ἐκτραπῇ ὀλίγον ἀπὸ τὴν θέσιν τῆς εὐσταθοῦς ἰσορροπίας, ἀναπτύσσεται ζεῦγος, τὸ ὁποῖον τείνει νὰ τὸ ἐπαναφέρῃ εἰς αὐτήν.

2) Τὸ κέντρον βάρους εὑρίσκεται ἐπὶ τῆς κατακορύφου αΚ, ἀλλ' ἄνωθεν τοῦ σημείου ἐξαρτήσεως. (σχ. 21α).

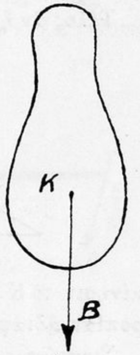
Τὸ σῶμα ἰσορροπεῖ καὶ πάλιν, διότι ἡ ῥοπὴ τοῦ βάρους του ὡς πρὸς α εἶναι μηδέν. Ἡ ἰσορροπία του ὅμως εἶναι ἀσταθής, διότι, ἂν ὀλίγον ἀπομακρυνθῇ ἐκ ταύτης, ἀναπτύσσεται ζεῦγος ροπῆς P = B×Kν (σχ. 21б) τεῖνον νὰ τὸ ἀπομακρύνῃ ἔτι περισσότερον καὶ τὸ φέρει τέλος εἰς τὴν θέσιν τῆς εὐσταθοῦς ἰσορροπίας. Ἡ θέσις αὕτη λέγεται θέσις τῆς *ἀσταθοῦς ἰσορροπίας.*

Καὶ εἰς τὰς δύο ἐξετασθείσας περιπτώσεις παρατηροῦμεν ὅτι τὸ σῶμα, ὅταν ἀπομακρυνθῇ ἀπὸ τὴν θέσιν τῆς εὐσταθοῦς ἰσορροπίας, κινεῖται οὕτως, ὥστε τὸ κέντρον βάρους του νὰ κατέλθῃ.

Ἡ θέσις τῆς εὐσταθοῦς ἰσορροπίας εἶναι ἐκείνη, εἰς τὴν ὁποίαν τὸ Κ.Β. εὑρίσκεται εἰς τὴν χαμηλοτέραν δυνατὴν θέσιν.

3) Τὸ σῶμα εἶναι ἐξηρτημένον ἐκ τοῦ κέντρου βάρους του (σχ. 22). Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην, ὁπωσδήποτε καὶ ἂν περιστραφῇ τὸ σῶμα περὶ τὸν ἄξονα ἐξαρτήσεως ἡ ροπὴ τοῦ βάρους του ὡς πρὸς αὐτὸν εἶναι πάντοτε μηδὲν καὶ ἡ ἰσορροπία ὑφίσταται εἰς οἱανδήποτε θέσιν.

Ἡ θέσις αὕτη λέγεται θέσις τῆς *ἀδιαφόρου ἰσορροπίας.*



Σχ. 22.

37. Ἰσορροπία στερεοῦ σώματος ἐπὶ ἐπιφανείας. Σῶμά τι εἶναι δυνατὸν νὰ στηρίζεται ἐπὶ ἐπιφανείας δι᾽ ἑνός, δύο ἢ περισσοτέρων σημείων.

Ὅταν στηρίζεται δι᾽ ἑνὸς σημείου, ἰσορροπεῖ, ἐὰν ἡ ἐκ τοῦ κέντρου τοῦ βάρους του ἀγομένη κατακόρυφος διέρχεται διὰ τοῦ σημείου στηρίξεως.

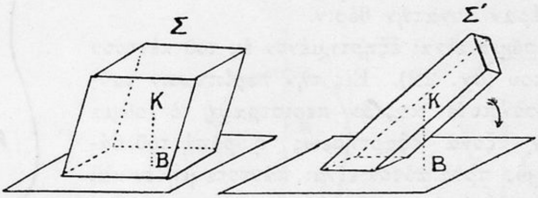
Ἐὰν τὰ σημεῖα στηρίξεως εἶναι δύο, ἰσορροπεῖ τὸ σῶμα, ὅταν ἡ κατακόρυφος ἡ διερχομένη διὰ τοῦ κέντρου βάρους συναντᾷ τὴν εὐθεῖαν, ἡ ὁποία ἑνώνει τὰ σημεῖα στηρίξεως.

Κατὰ τὴν τρίτην περίπτωσιν, τὴν τῆς στηρίξεως διὰ περισσοτέρων τῶν δύο σημείων *μὴ κειμένων ἐπ᾽ εὐθείας,* ἔχομεν ἰσορροπίαν, ὅταν ἡ ἐκ τοῦ Κ.Β. κατακόρυφος πίπτῃ ἐντὸς τοῦ πολυγώνου, τὸ ὁποῖον σχηματίζεται ὑπὸ τῶν σημείων στηρίξεως. Π.χ. τὸ σῶμα Σ τοῦ σχ. 23 ἰσορροπεῖ, διότι ἡ ἐκ τοῦ κέντρου βάρους του κατακόρυφος ΚΒ διέρχεται διὰ τῆς βάσεως, ἐνῷ τὸ Σ′ δὲν ἰσορροπεῖ, ἀλλὰ πίπτει. Καὶ κατὰ τὴν στήριξιν σώματος ἐπὶ ἐπιφανείας, ὅπως καὶ κατὰ τὴν ἐξάρτησιν, διακρίνομεν εὐσταθῆ, ἀσταθῆ καὶ ἀδιάφορον ἰσορροπίαν.

Γενικῶς εὐσταθῆ ἰσορροπίαν ἔχει τὸ σῶμα, ὅταν στηρίζεται κατὰ τρόπον, ὥστε ἐλαχίστη μετακίνησις νὰ ἀναβιβάζῃ τὸ κέντρον βάρους του, ὅπως εἰς τὴν περίπτωσιν 1 τῆς § 36, ὁπότε τὸ βάρος τοῦ σώματος ἀνθίσταται εἰς τὴν ἀνύψωσιν καὶ τὸ σῶμα ἐπιστρέφει εἰς τὴν πρώτην του θέσιν.

Εἰς τὴν θέσιν τῆς ἀσταθοῦς ἰσορροπίας τοὐναντίον μὲ μικρὰν μετακίνησιν τὸ κέντρον τοῦ βάρους κατέρχεται. Τὸ βάρος φυσικὰ ὑποβοηθεῖ τὴν τοιαύτην κίνησιν καὶ τὸ σῶμα κινεῖται, μέχρις ὅτου φθάσῃ τὴν θέσιν τῆς εὐσταθοῦς ἰσορροπίας (περίπτωσις 2 τῆς § 36).

Τέλος ἂν ἡ θέσις τοῦ σώματος εἶναι τοιαύτη, ὥστε κατὰ τὴν μετα-

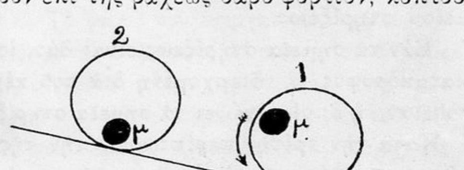


Σχ. 23.

κίνησιν τὸ Κ.Β. οὔτε ἀνέρχεται οὔτε κατέρχεται, τὸ σῶμα ἔχει ἰσορροπίαν ἀδιάφορον (περίπτωσις 3 τῆς προηγουμένης παραγράφου).

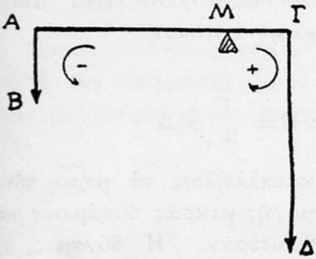
Συμφώνως πρὸς τὰ ἀνωτέρω σῶμά τι στηρίζεται τόσον εὐσταθέστερον, ὅσον τὸ Κ.Β. του εὑρίσκεται χαμηλότερον καὶ ἡ βάσις του εἶναι μεγαλυτέρα. Διότι, ὅσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ βάσις, τοσοῦτο περισσότερον πρέπει νὰ ἀπομακρυνθῇ ἐκ τῆς ἀρχικῆς του θέσεως, ἵνα ἡ ἐκ τοῦ Κ.Β. διερχομένη κατακόρυφος μὴ συναντᾷ τὴν βάσιν.

Οἱ ἀχθοφόροι, ὅταν φέρουν ἐπὶ τῆς ράχεως βαρὺ φορτίον, κύπτουν πρὸς τὰ ἐμπρός. Οὕτω μετατίθεται τὸ Κ.Β. τοῦ συστήματος ἀνθρώπου—φορτίου εἰς τρόπον, ὥστε ἡ δι' αὐτοῦ ἀγομένη κατακόρυφος διέρχεται μεταξὺ τῶν ποδῶν καὶ ἡ ἰσορροπία εἶναι εὐσταθής.

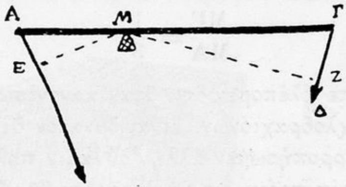


Σχ. 24.

Ὅταν κρατῇ τις μέγα βάρος εἰς τὴν μίαν χεῖρα, κύπτει πρὸς τὸ ἀντίθετον μέρος διὰ τὸν αὐτὸν λόγον. Τὸ σχῆμα 24 παριστᾷ τομὴν ξυλίνου κυλίνδρου, ὁ ὁποῖος εἰς τὴν θέσιν μ διαπερᾶται ἀπὸ ράβδον μολυβδίνην. Ὡς ἐκ τῆς ἀνομοιογενείας ταύτης τὸ κέντρον βάρους τοῦ κυλίνδρου δὲν εὑρίσκεται ἐπὶ τοῦ ἄξονος αὐτοῦ, ἀλλὰ παρὰ τὸ μ. Ἐὰν ὁ κύλινδρος τεθῇ ἐπὶ κεκλιμένου ἐπιπέδου, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα (θέσις 1), ἔχει ἰσορροπίαν ἀσταθῆ, διότι ἡ ἐκ τοῦ Κ.Β. κατακόρυφος δὲν συναντᾷ τὸ σημεῖον στηρίξεως. Τὸ Κ.Β. θὰ τείνῃ νὰ πλησιάσῃ πρὸς τὸ ὑποστήριγμα καὶ ὁ κύλινδρος θὰ στραφῇ κατὰ τὴν φορὰν τοῦ βέλους. Εἰς τὴν θέσιν 2 ἔχει εὐσταθῆ ἰσορροπίαν καὶ θὰ ἔπρεπε νὰ σταματήσῃ, ἐξακολουθεῖ ὅμως στρεφόμενον ἀκόμη λόγῳ τῆς κεκτημένης ταχύτητος, ἐπανέρχεται πάλιν εἰς τὴν θέσιν ἀσταθοῦς ἰσορροπίας καὶ λαμβάνει νέαν ὤθησιν κ.ο.κ. Οὕτω



Σχ. 25.



Σχ. 26.

ὁ κύλινδρος ἀνέργεται τὸ κεκλιμένον ἐπίπεδον ἀντὶ νὰ πέσῃ. Πράγματι ὅμως κατὰ τὴν κίνησιν ταύτην τὸ κ. βάρος του πίπτει.

38. Ἁπλαῖ μηχαναί. Θὰ ἐξετάσωμεν μερικὰς ἁπλᾶς μηχανάς, αἱ ὁποῖαι χρησιμεύουν εἰς τὴν μεταβολὴν τῆς ἐντάσεως ἢ τῆς διευθύνσεως τῶν δυνάμεων ἢ εἰς τὴν μετάθεσιν τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς των. Τοιαῦται μηχαναὶ εἶναι ὁ μοχλός, ἡ τροχαλία, τὸ βαροῦλκον, ὁ κοχλίας καὶ ἄλλαι.

39. Μοχλός. *Μοχλὸς καλεῖται γενικῶς σῶμα στερεόν, δυνάμενον νὰ στραφῇ περὶ ἀκλόνητον ἄξονα καὶ εἰς δύο σημεῖα τοῦ ὁποίου ἐνεργοῦν δυνάμεις εἰς ἐπίπεδα κάθετα ἐπὶ τὸν ἄξονα περιστροφῆς.*

Συνηθέστατα ὡς μοχλὸς χρησιμοποιεῖται στερεὰ ῥάβδος. Ὁ ἄξων περιστροφῆς λέγεται *ὑπομόχλιον.** Αἱ κάθετοι αἱ ἀγόμεναι ἐκ τοῦ ὑπομοχλίου ἐπὶ τὰς δυνάμεις λέγονται μοχλοβραχίονες τῶν δυνάμεων. Εἰς τὸ σχ. 25 μοχλὸς εἶναι ἡ ΑΓ. Τὸ ὑπομόχλιον εὑρίσκεται εἰς Μ, μοχλοβραχίονες δὲ εἶναι τῆς μὲν δυνάμεως Β ἡ ἀπόστασις ΜΑ, τῆς δὲ Δ ἡ ΜΓ.

Εἰς τὸ σχ.26 μοχλοβραχίων τῆς Β εἶναι ἡ ΜΕ, τῆς δὲ Δ ἡ ΜΖ.

---

* Κυρίως τὸ ὑπομόχλιον εἶναι τὸ σημεῖον, εἰς τὸ ὁποῖον ὁ ἄξων περιστροφῆς συναντᾷ τὸ ἐπίπεδον τῶν δυνάμεων.

40. Συνθήκη ἰσορροπίας τοῦ μοχλοῦ. Διὰ νὰ ἰσορροπῇ ὁ μοχλός, πρέπει καὶ ἀρκεῖ αἱ ῥοπαὶ τῶν δύο δυνάμεων ὡς πρὸς τὸ ὑπομόχλιον νὰ εἶναι ἴσαι καὶ ἀντίθετοι. Εἰς τὸ σχ. 25 αἱ ῥοπαὶ εἶναι ἀντίθετοι· (ὅπως ἐπίσης καὶ εἰς τὸ σχ. 26), Διὰ τὴν ἰσορροπίαν ἀρκεῖ λοιπὸν νὰ ἀληθεύῃ ἡ σχέσις:

$$\mathrm{B}\times\mathrm{MA}=\Delta\times\mathrm{M\Gamma}. \text{ ἢ } \frac{\mathrm{B}}{\Delta}=\frac{\mathrm{M\Gamma}}{\mathrm{MA}}$$

ἤτοι

ὁ λόγος τῶν δυνάμεων εἰς τὸν ἰσορροποῦντα μοχλὸν εἶναι ἀντίστροφος τοῦ λόγου τῶν ἀντιστοίχων μοχλοβραχιόνων.

Εἰς τὸ σχ. 25 εἶναι:

$$\frac{\mathrm{M\Gamma}}{\mathrm{MA}}=\frac{1}{3} \qquad \text{ἄρα } \mathrm{B}=\frac{1}{3}\times\Delta$$

ὥστε βλέπομεν ὅτι, ὅταν κανονίσωμεν καταλλήλως τὰ μήκη τῶν μοχλοβραχιόνων, εἶναι δυνατὸν δι' ἐφαρμογῆς μικρᾶς δυνάμεως νὰ ἰσορροπήσωμεν ἄλλην δύναμιν πολὺ μεγαλυτέραν. Ἡ δύναμις, ἡ ὁποία πρόκειται νὰ ἰσορροπηθῇ ἢ νὰ ὑπερνικηθῇ λέγεται, συνήθως *ἀντίστασις.*

41. Εἴδη μοχλοῦ. Τὸ ὑπομόχλιον δὲν εἶναι ἀπαραίτητον νὰ εὑρίσκεται μεταξὺ τῶν σημείων ἐφαρμογῆς τῶν δυνάμεων. Εἶναι δυνατὸν νὰ εὑρίσκεται καὶ πέραν τούτων, ὅπως π.χ. εἰς τὸ σχ. 27, καὶ πλησιέστερα πρὸς τὸ ὑπομόχλιον νὰ ἐφαρμόζεται εἴτε ἡ δύναμις εἴτε ἡ ἀντίστασις· π.χ. εἶναι δυνατὸν νὰ ἐφαρμοσθῇ εἰς Δ_1 ἡ δύναμις εἰς Δ_2 ἡ ἀντίστασις ἢ καὶ ἀντιστρόφως. Ἐκ τούτου προκύπτουν διάφορα εἴδη μοχλῶν*, εἰς τὰ ὁποῖα ὅμως *γενικῶς ἡ συνθήκη ἰσορροπίας εἶναι ἡ αὐτή.*

Σχ. 27.

* Τὰ εἴδη τῶν μοχλῶν εἶναι τὰ ἑξῆς τρία: 1) Τὸ ὑπομόχλιον εὑρίσκεται μεταξὺ τῆς δυνάμεως καὶ τῆς ἀντιστάσεως. (σχ. 25, 26, 28), 2) Τὸ ὑπομόχλιον εὑρίσκεται εἰς τὸ ἓν ἄκρον τοῦ μοχλοῦ, ὡς

Εἰς τὸ σχ. 27 εἶναι :

$$\Delta_1 \times MB = \Delta_2 \times MA$$

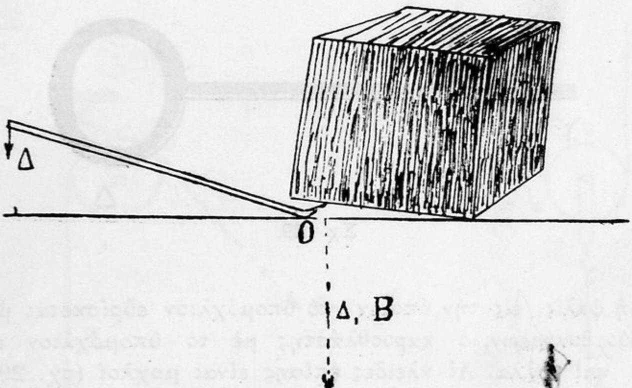
$$\frac{\Delta_1}{\Delta_2} = \frac{MA}{MB}$$

καὶ ἂν εἶναι π. χ.

$$\frac{MA}{MB} = \frac{1}{4} \text{ θὰ εἶναι}$$

$$\Delta_1 = \frac{1}{4} \times \Delta_2$$

Ὥστε, οἱαδήποτε καὶ ἂν εἶναι ἡ θέσις τοῦ ὑπομοχλίου, πάντοτε κατὰ τὴν ἰσορροπίαν αἱ δυνάμεις θὰ εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογοι τῶν μοχλοβραχιόνων αὐτῶν.



Σχ. 28.

Ὁ μοχλὸς εὑρίσκει ἐφαρμογὴν εἰς πολλὰ ἐπιστημονικὰ ὄργανα, ὅπως π. χ. εἰς τὸν ζυγόν, τὴν τροχαλίαν καὶ ἀλλαχοῦ.

Εἰς τὴν πρᾶξιν γίνεται καθημερινὴ χρῆσις αὐτοῦ. Οἱ ἐργάται μεταχειρίζονται τὸν μοχλὸν διὰ μετακίνησιν μεγάλων βαρῶν· ἐφαρμόζουν τὸ βάρος εἰς τι σημεῖον τοῦ μοχλοῦ παρὰ τὸ ὑπομόχλιον (σχ. 28) καὶ εἰς ἕτερον, ἀρκετὰ μεμακρυσμένον ἀπὸ τοῦ

τὸ ἄλλο ἄκρον ἐφαρμόζεται ἡ δύναμις καὶ μεταξὺ τῶν δύο ἡ ἀντίστασις (σχ. 27). 3) Τὸ ὑπομόχλιον εὑρίσκεται πάλιν εἰς τὸ ἓν ἄκρον τοῦ μοχλοῦ, ἀλλὰ εἰς τὸ ἄλλο ἄκρον ἐφαρμόζεται τώρα ἡ ἀντίστασις καὶ μεταξὺ τῶν δύο ἡ δύναμις (σχ. 27).

ὑπομοχλίου, τὴν δύναμίν των Δ. Τοιουτοτρόπως διὰ τῆς ἁπλουστάτης ταύτης μηχανῆς ὁ ἐργάτης ἰσορροπεῖ ἢ καὶ μετακινεῖ βάρη πολὺ μεγαλύτερα τῆς δυνάμεώς του.

Διὰ τὴν ἐκρίζωσιν δένδρων χρησιμοποιεῖται στερεὰ ράβδος, τῆς ὁποίας τὸ ἓν ἄκρον στηρίζεται εἰς βαρὺν λίθον, χρησιμεύοντα ὡς ὑπομόχλιον. Τὸ μέσον προσδένεται εἰς τὸ δένδρον (ἀντίστασις) καὶ εἰς τὸ ἄλλο ἄκρον ἐφαρμόζεται ἡ δύναμις.

Αἱ χειράμαξαι εἶναι μοχλοὶ μὲ τὸ ὑπομόχλιον εἰς τὸ ἓν ἄκρον (τροχὸς), τὴν δύναμιν εἰς τὸ ἄλλο (χεῖρες) καὶ τὴν ἀντίστασιν, δηλ. τὸ φορτίον, μεταξὺ αὐτῶν.

Πλεῖστα μικρὰ ἐργαλεῖα οἰκιακῆς χρήσεως εἶναι μοχλοί, ὅπως

Σχ. 29.

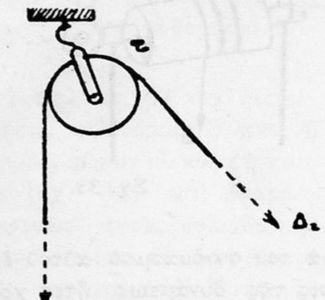
π. χ. ἡ ψαλίς, εἰς τὴν ὁποίαν τὸ ὑπομόχλιον εὑρίσκεται μεταξὺ τῶν δύο δυνάμεων, ὁ καρυοθλάστης μὲ τὸ ὑπομόχλιον εἰς τὸ ἄκρον καὶ ἄλλα. Αἱ κλεῖδες ἐπίσης εἶναι μοχλοί (σχ. 29). Τὸ ὑπομόχλιον εἶναι εἰς Υ, Εἰς τὴν λαβὴν ἐφαρμόζεται ἡ δύναμις καὶ εἰς τὸ Α ἡ ἀντίστασις.

42. Τροχαλία. Ἡ τροχαλία εἶναι δίσκος κυκλικός φέρων ἐνσκαφὴν εἰς τὴν περιφέρειαν καὶ δυνάμενος νὰ στραφῇ περὶ ἄξονα διερχόμενον διὰ τοῦ κέντρου του. Ἡ τροχαλία δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ ὡς μηχανὴ κατὰ δύο τρόπους, ὡς *ἀκίνητος* καὶ ὡς *κινητή*.

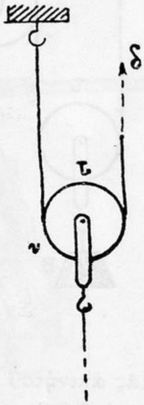
α) Ἀκίνητος τροχαλία. Στερεοῦται ἡ τροχαλία, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχ. 30, καὶ διὰ τῆς ἐνσκαφῆς της διέρχεται σχοινίον, εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ὁποίου ἐφαρμόζονται αἱ δυνάμεις. Ἐνταῦθα τὸ ὑπομόχλιον εἶναι εἰς τὸν ἄξονα τῆς τροχαλίας καὶ οἱ μοχλοβραχίονες τῶν δύο δυνάμεων εἶναι ἴσοι, (αἱ ἀκτῖνες τῆς τροχαλίας), ὥστε ἐν ἰσορροπίᾳ καὶ αἱ δυνάμεις θὰ εἶναι ἴσαι.

Διὰ τῆς ἀκινήτου τροχαλίας κατορθοῦται μόνον ἀλλαγὴ τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς καὶ τῆς διευθύνσεως τῆς δυνάμεως, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον εἶναι πολλάκις χρησιμώτατον. Π. χ. εἶναι πολὺ εὐκολώτερον νὰ ἕλκωμεν ἐκ τῶν ἄνω πρὸς τὰ κάτω ἢ ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω μὲ τὴν αὐτὴν ἔντασιν δυνάμεως. Διὰ τοῦτο, ὅταν πρόκειται νὰ ἀνυψωθῇ βαρὺ σῶμα, στερεοῦται ἡ τροχαλία εἰς τρόπον, ὥστε τὰ σχοινία νὰ εἶναι κατακόρυφα. Εἰς τὸ ἄκρον τοῦ ἑνὸς προσδένεται τὸ σῶμα, εἰς δὲ τὸ ἄλλο ἐφαρμόζεται δύναμις μὲ διεύθυνσιν ἐκ τῶν ἄνω πρὸς τὰ κάτω.

Σταθερᾶς τροχαλίας γίνεται χρῆσις ἐπὶ παραδείγματι διὰ τὴν ἀνέλκυσιν ἐκ βαθέων φρεάτων δοχείου πλήρους ὕδατος.



Σχ. 30.



Σχ. 31.

β) Κινητὴ τροχαλία. Τὸ ἓν ἄκρον σχοινίου στερεοῦται εἰς ἀκλόνητον στήριγμα, εἰς δὲ τὸ ἄλλο, ἀφοῦ διέλθῃ διὰ τῆς ἐνσκαφῆς τῆς τροχαλιᾶς, ἐφαρμόζεται ἡ μία δύναμις δ. Ἡ ἄλλη δύναμις Δ ἐφαρμόζεται εἰς τὸν ἄξονα τῆς τροχαλίας. (σχ. 31).

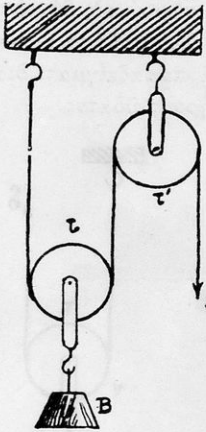
Τὸ ὑπομόχλιον εἶναι εἰς τὸ υ, ἄρα μοχλοβραχίων τῆς Δ εἶναι ἡ ἀκτίς, τῆς δὲ δ ἡ διάμετρος, ἑπομένως μεταξὺ τῶν δύο δυνάμεων ὑπάρχει ἡ σχέσις :

$$δ = \frac{Δ}{2}$$

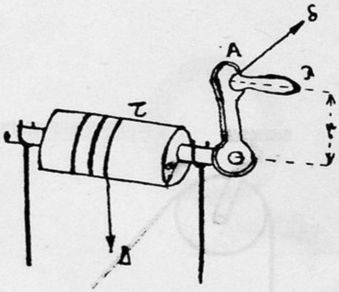
ὥστε διὰ τῆς κινητῆς τροχαλίας ἐπιτυγχάνεται μεταβολὴ τῆς ἐντάσεως τῆς δυνάμεως.

Ἐὰν πρόκειται νὰ ἀνυψωθῇ βάρος κρεμώμενον ἐκ τοῦ ἄξονος τῆς τροχαλίας, θὰ χρειασθῇ δύναμις ἴση πρὸς τὸ ἥμισυ τοῦ βάρους.

43. Πολύσπαστον. Συνδυασμὸς κινητῶν καὶ ἀκινήτων τροχαλιῶν ἀποτελεῖ τὸ πολύσπαστον. Πολύσπαστον ἁπλουστάτης μορφῆς εἶναι τὸ τοῦ σχήματος 32, ἀποτελούμενον ἐκ μιᾶς κινητῆς



Σχ. 32.



Σχ. 33.

καὶ μιᾶς ἀκινήτου τροχαλίας. Διὰ τοῦ συνδυασμοῦ αὐτοῦ ἐπιτυγχάνεται ἀφ' ἑνὸς μὲν ἡ ἐλάττωσις τῆς δυνάμεως, ἥτις χρειάζεται διὰ νὰ ἰσορροπηθῇ τὸ βάρος Β, εἰς τὸ ἥμισυ, ἀφ' ἑτέρου δὲ ἡ μεταβολὴ τῆς διευθύνσεως αὐτῆς.

44. Βαροῦλκον. Τὸ βαροῦλκον εἶναι τύμπανον τ, στηριζόμενον ὁριζοντίως διὰ τοῦ ἄξονός του καὶ στρεφόμενον περὶ αὐτὸν διὰ λαβῆς (σχ. 33).

Εἰς τὴν περιφέρειαν τοῦ τυμπάνου τυλίσσεται διὰ τῆς περιστροφῆς σχοινίον, τοῦ ὁποίου τὸ ἓν ἄκρον εἶναι στηριγμένον ἐπὶ τοῦ τυμπάνου, εἰς δὲ τὸ ἄλλο ἐφαρμόζεται δύναμις Δ. Μοχλοβραχίων τῆς Δ εἶναι ἡ ἀκτὶς α τοῦ τυμπάνου. Ἡ δύναμις δ, ἡ ὁποία περιστρέφει τὸν κύλινδρον, ἐφαρμόζεται εἰς Α, ἔχει ἐπομένως μοχλοβραχίονα τὴν ἀπόστασιν μ.

Ὅταν τὸ σύστημα ἰσορροπῇ, εἶναι, συμφώνως πρὸς ὅσα γνωρίζομεν:

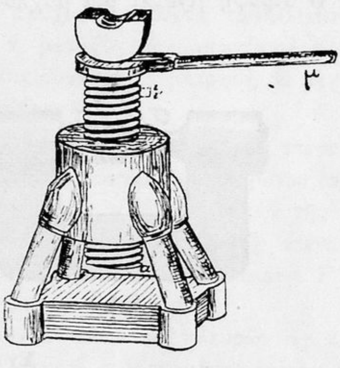
$$\frac{\delta}{\Delta}=\frac{\alpha}{\mu}$$

Ἤτοι: Ἡ δύναμις, ἡ ὁποία πρέπει νὰ ἐφαρμοσθῇ εἰς τὴν λαβήν, διὰ νὰ ἰσορροπηθῇ ἡ Δ, εἶναι τόσον μικροτέρα, ὅσον ὁ λόγος $\frac{\alpha}{\mu}$ εἶναι μικρότερος, δηλ. ὅσον ἡ ἀκτὶς τοῦ τυμπάνου εἶναι μικροτέρα καὶ ἡ ἀπόστασις μ μεγαλυτέρα. Ἂν ἐφαρμοσθῇ κατά τι μεγαλυτέρα δύναμις ἀπὸ τὴν ἀπαιτουμένην διὰ τὴν ἰσορροπίαν, ἡ Δ ὑπερνικᾶται καὶ τὸ ἐξηρτημένον βάρος σύρεται πρὸς τὰ ἄνω.

Διὰ τοῦ βαρούλκου ἐπιτυγχάνεται μεταβολὴ καὶ τῆς ἐντάσεως καὶ τῆς διευθύνσεως τῆς δυνάμεως, ἡ ὁποία χρειάζεται νὰ ἰσορροπήσῃ ἑτέραν δοθεῖσαν δύναμιν.

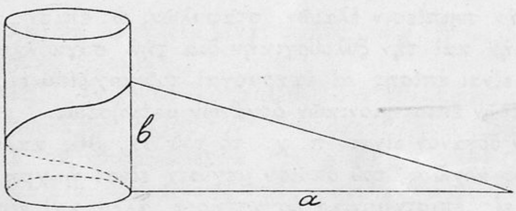
Τοῦ βαρούλκου γίνεται εὐρεῖα χρῆσις διὰ τὴν ἄντλησιν ὕδατος ἐκ φρεάτων. Χρησιμοποιεῖται ἐπίσης εἰς τὰς οἰκοδομὰς διὰ τὴν ἀνύψωσιν τοῦ οἰκοδομικοῦ ὑλικοῦ.

45. Κοχλίας. Ὁ κοχλίας εἶναι πλήρης κύλινδρος, ξύλινος ἢ μετάλλινος, φέρων ἑλικοειδῆ προεξοχὴν (σχ. 34) καὶ ἐφαρμόζων ἀκριβῶς ἐντὸς κυλινδρικῆς ὀπῆς, τῆς ὁποίας τὰ τοιχώματα φέρουν ἀντίστοιχον ἑλικοειδῆ κοιλότητα. Ἡ ὀπὴ αὕτη λέγεται *περικόχλιον*.



Σχ. 34.

Τὸ ἴχνος τῆς ἕλικος ἐπὶ τῆς κυλινδρικῆς ἐπιφανείας τοῦ κυλίνδρου δύναται νὰ χαραχθῇ ὡς ἑξῆς (σχ. 35):



Σχ. 35.

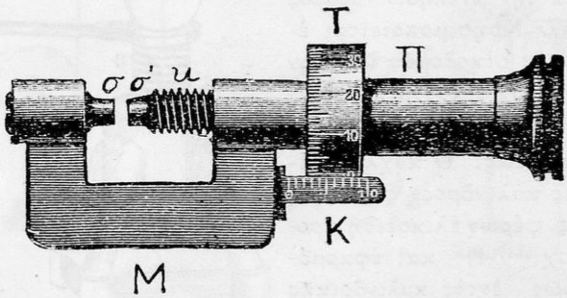
Κόπτομεν ἐκ χάρτου ὀρθογώνιον τρίγωνον, τοῦ ὁποίου ἡ μία κάθετος πλευρὰ νὰ ἰσοῦται μὲ τὴν περίμετρον τῆς βάσεως τοῦ κυλίνδρου.

Ἐφαρμόζομεν αὐτὸ ἐπὶ τῆς κυλινδρικῆς ἐπιφανείας οὕτως, ὥστε ἡ μία κάθετος πλευρὰ νὰ ταυτισθῇ μὲ τὴν περίμετρον (ἢ ἴση πρὸς ταύτην), ὁπότε ἡ ἄλλη θὰ συμπέσῃ μὲ μίαν γεννέτειραν. Ἡ ὑποτείνουσα δίδει τότε τὸ ἴχνος τῆς ἕλικος.

Ἡ ἀπόστασις μεταξὺ δύο διαδοχικῶν ἑλίκων λέγεται *βῆμα* τοῦ κοχλίου. Στροφὴ τοῦ κοχλίου ἐντὸς τοῦ περικοχλίου του ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα τὴν μετακίνησιν αὐτοῦ καὶ μάλιστα στροφὴ κατὰ 360° προκαλεῖ μετακίνησιν τοῦ κοχλίου κατὰ ἓν βῆμα.

Ὁ κοχλίας χρησιμοποιεῖται εἰς τὴν πρᾶξιν ὡς πιεστικὴ μηχανή.

Ἡ στροφὴ γίνεται διὰ μοχλοῦ μ (σχ. 34) καὶ τὸ πρὸς συμπίεσιν



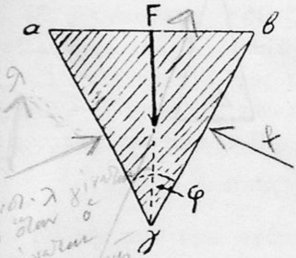
Σχ. 36.

ἀντικείμενον τοποθετεῖται κάτωθεν τοῦ ἄκρου α ἐπὶ σταθερᾶς βάσεως. Ἡ πίεσις, τὴν ὁποίαν εἶναι δυνατὸν νὰ ἐπιτύχωμεν διὰ τοῦ κοχλίου, εἶναι τόσον μεγαλυτέρα, ὅσον μικρότερον εἶναι τὸ βῆμα καὶ ὅσον μεγαλύτερος ὁ μοχλὸς μ. Τοῦ κοχλίου γίνεται χρῆσις π.χ. διὰ τὴν συμπίεσιν ἐλαιῶν, σταφυλῶν, ὡς ἐπίσης καὶ εἰς τὴν βιβλιοδετικὴν καὶ τὴν ξυλουργικὴν διὰ τὴν συγκόλλησιν ξύλων. Σπουδαῖαι εἶναι ἐπίσης αἱ ἐφαρμογαὶ τοῦ κοχλίου εἰς τὴν κατασκευὴν λεπτῶν ἐπιστημονικῶν ὀργάνων μετρήσεως.

Τοιοῦτον ὄργανον εἶναι π. χ. τὸ τοῦ σχ. 36, καλούμενον *μικρομετρικὸς κοχλίας*, τοῦ ὁποίου μεγίστη εἶναι ἡ χρησιμοποίησις ὄχι μόνον εἰς ἐπιστημονικὰ ἐργαστήρια ἀλλὰ καὶ εἰς τὴν καθημερινὴν τεχνικὴν διὰ τὴν μέτρησιν τοῦ πάχους συρμάτων, χαρτονίων κ.λ.π.

Τὸ ὄργανον τοῦτο ἀποτελεῖται ἀπὸ τὸ εἰς σχ. ΙΙ μετάλλινον στέλεχος Μ, τοῦ ὁποίου τὸ ἓν ἄκρον ἀπολήγει εἰς τὸ σταθερὸν ἐπίπεδον σ, τὸ δὲ ἄλλο εἰς τὸ περικόχλιον Π, ἐντὸς τοῦ ὁποίου στρέφεται ὁ κοχλίας κ. Τὸ πρὸς μέτρησιν σύρμα ἢ ἄλλο ἀντικείμενον φέρεται μεταξὺ τῶν ἐπιπέδων σ καὶ σ′ εἰς ἐπαφὴν πρὸς αὐτά. Ἡ ἀπόστασις σσ′ ἰσοῦται πρὸς τὸ ζητούμενον πάχος.

Τὸ βῆμα τοῦ κοχλίου εἶναι 1 mm· ἡ δὲ μετακίνησίς του μετρεῖται ἐπὶ τῆς κλίμακος Κ. Μετὰ τοῦ κοχλίου στρέφεται καὶ τὸ τύμπανον Τ, τοῦ ὁποίου ἡ ἐπιφάνεια φέρει 100 διαιρέσεις. Ὅταν ὁ κοχλίας κινῆται κατὰ ἓν βῆμα, δηλ. κατὰ ἓν χιλιοστόν, τὸ τύμπανον ἐκτελεῖ μίαν πλήρη στροφήν. Ὅταν ἑπομένως τὸ τύμπανον ἔχει στραφῆ μόνον κατὰ μίαν διαίρεσιν, δηλ. κατὰ τὸ 1/100 τῆς πλήρους στροφῆς, ὁ κοχλίας θὰ ἔχῃ προχωρήσει κατὰ τὸ 0,01mm· Οὕτως ἡ μεταξὺ τῶν σιαγόνων σ. σ′ ἀπόστασις δύναται νὰ μετρηθῇ μὲ μεγάλην ἀκρίβειαν.



Σχ. 37.

46. Σφήν. Ὁ σφὴν εἶναι στερεὸν πρίσμα τομῆς ἰσοσκελοῦς τριγώνου (σχ. 37), τὸ ὁποῖον μὲ τὴν ἀκμὴν τῆς ὀξείας γωνίας εἰσχωρεῖ ἐντὸς στερεοῦ ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς δυνάμεως F ἐφαρμοζομένης καθέτως ἐπὶ τὴν ἀπέναντι πλευράν.

Ἐκ μέρους τοῦ στερεοῦ ἐξασκοῦνται ἐπὶ τῶν πλευρῶν αγ καὶ βγ τοῦ σφηνὸς ἀντιστάσεις, τῶν ὁποίων ἡ συνισταμένη τείνει νὰ ἐξαγάγῃ τὸν σφῆνα. Ὅταν ἡ δύναμις F ὑπερνικήσῃ τὴν συνισταμένην ἀντίστασιν, ὁ σφὴν εἰσχωρεῖ ἐντὸς τοῦ στερεοῦ καὶ διασπᾷ αὐτό. Ὅσον ὀξύτερος εἶναι ὁ σφήν, ὅσον μικροτέρα δηλ. ἡ γωνία φ, τόσον μικροτέρα δύναμις ἀπαιτεῖται διὰ τὴν διάσπασιν ἑνὸς στερεοῦ.

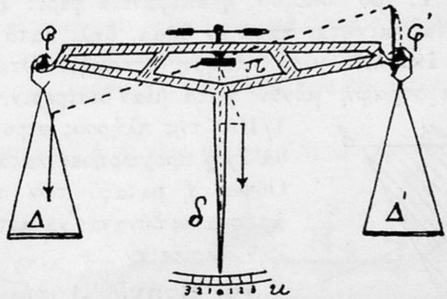
Πλεῖστα συνήθη ἐργαλεῖα εἶναι σφῆνες, π.χ. ἡ μάχαιρα, ὁ πέλεκυς, ἡ πλάνη, ἡ σμίλη.

47. Ζυγός. Ὁ ζυγὸς χρησιμεύει διὰ τὸν προσδιορισμὸν τοῦ βάρους τῶν σωμάτων. Πρὸς τὸν αὐτὸν σκοπὸν γνωρίζομεν ὅτι χρησιμεύουν καὶ τὰ δυναμόμετρα (βλ. § 20). Εἰς τὸν ζυγὸν ἡ μέτρησις γίνεται διὰ συγκρίσεως πρὸς σώματα γνωστοῦ βάρους, τὰ *σταθμά*.

Ἡ πρᾶξις τοῦ προσδιορισμοῦ τοῦ βάρους καλεῖται *ζύγισις.*

Ὁ συνήθης ζυγὸς ἀποτελεῖται κυρίως ἀπὸ τὴν *φάλαγγα* καὶ τὰς δύο *πλάστιγγας.*

Ἡ φάλαγξ εἶναι μοχλὸς φφ΄ ἐλαφρὸς καὶ ἄκαμπτος ἐξ ἀργιλλίου καὶ δύναται νὰ στρέφεται ἤ, ὅπως λέγεται εἰδικώτερον εἰς τὸν ζυγόν, νὰ αἰωρῆται περὶ ὁριζόντιον ἄξονα, διερχόμενον διὰ τοῦ μέσου αὐτοῦ (ὑπομόχλιον). Ἐκ τῶν δύο ἄκρων τῆς φάλαγγος ἐξαρτῶνται δύο δίσκοι Δ, Δ΄ ἰσοβαρεῖς, αἱ *πλάστιγγες.* Ἐπὶ τῆς



Σχ. 38.

μιᾶς πλάστιγγος τίθενται τὰ ζυγιζόμενα σώματα, ἐπὶ δὲ τῆς ἄλλης τὰ σταθμά. Ἡ φάλαγξ στηρίζεται ἐπὶ τοῦ ὑποστηρίγματος (σχ. 38) διὰ τῆς ἀκμῆς πρίσματος π, προσηρμοσμένου εἰς τὸ μέσον αὐτῆς. Ἡ ἀκμὴ αὕτη εἶναι καὶ ὁ ἄξων αἰωρήσεως τῆς φάλαγγος. Αἱ πλάστιγγες ἐξαρτῶνται ὁμοίως ἀπὸ τὰς ἀκμὰς πρισμάτων. Αἱ ἀκμαὶ τῶν τριῶν πρισμάτων εἶναι παράλληλοι πρὸς ἀλλήλας. Ὁ τρόπος οὗτος τῆς στηρίξεως ἐπιτρέπει ἐλευθέραν κίνησιν τῆς φάλαγγος καὶ τῶν δίσκων. Ὁ δείκτης δ, προσηρμοσμένος ἐπὶ τῆς φάλαγγος, δεικνύει ἐνώπιον τῆς κλίμακος κ, χαραγμένης ἐπὶ τοῦ στηρίγματος, τὴν γωνίαν, τὴν ὁποίαν ἡ φάλαγξ σχηματίζει ἑκάστοτε μὲ τὴν ὁριζοντίαν θέσιν.

48. Συνθήκη ἰσορροπίας. Ἀκρίβεια ζυγοῦ. Ἐπειδὴ οἱ δύο μοχλοβραχίονες τῆς φάλαγγος εἶναι ἴσοι καὶ τὰ βάρη τῶν πλαστίγγων ἐπίσης ἴσα, ἐνεργοῦν ἐπὶ τῆς φάλαγγος ὡς πρὸς τὸν ἄξονα π δύο ῥοπαὶ ἴσαι καὶ ἀντίθετοι. Ἡ φάλαγξ ἰσορροπεῖ λοιπὸν εἰς τὴν ὁριζοντίαν θέσιν καὶ ὁ δείκτης δεικνύει τὸ μέσον τῆς κλίμακος κ. Ὅταν ὅμως ἐπὶ τοῦ ἑνὸς δίσκου τεθῇ σῶμά τι βάρους Β, αὐξά-

Προϋπόθεσις ακριβείας – εφ' όσον η ακρίβεια εξαρτάται μόνον
από την ισότητα της δύο μοχλοβραχιόνων, δεν θα
[illegible]

μέχρις ὅτου αἱ ῥοπαὶ του δ. ἰσορροποῦσιν
ρ·Δ ⟷ ρ·Δ + ρ·βάρη ρ·φτλη

νεται ἡ μία ροπὴ καὶ ἡ φάλαγξ κλίνει πρὸς τὸ μέρος τοῦ δίσκου αὐτοῦ. Διὰ νὰ ἐπανέλθῃ ἡ φάλαγξ εἰς τὴν ὁριζοντίαν θέσιν, πρέπει νὰ τεθοῦν καὶ ἐπὶ τοῦ ἄλλου δίσκου σταθμὰ βάρους Σ, ὥστε αἱ δύο ροπαὶ $B \times \varphi\pi$ καὶ $\Sigma \times \pi\varphi'$ νὰ γίνουν ἴσαι δηλ.

$$B \times \pi\varphi = \Sigma \times \pi\varphi' \quad \text{ἐξ οὗ, ἐπειδὴ } \pi\varphi = \pi\varphi'$$

$$\text{ἔχομεν} \qquad B = \Sigma$$

δηλαδὴ τὰ σταθμὰ ἰσοῦνται πρὸς τὸ βάρος τοῦ σώματος. + ἡ συνεπής ὁ δείκτης εἶναι στὸ 0

Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην, ὅταν δηλ. *ἡ φάλαγξ παραμένη ὁριζοντία* + *τιθεμένων ἴσων βαρῶν ἐπὶ τῶν πλαστίγγων, ὁ ζυγὸς καλεῖται ἀκριβής.*

Διὰ νὰ εἶναι ὁ ζυγὸς ἀκριβὴς ἀρκεῖ, ὡς εἴδομεν, νὰ εἶναι ἴσοι οἱ μοχλοβραχίονες τῆς φάλαγγος καὶ ἴσα τὰ βάρη τῶν δύο δίσκων.

49. Εὐπάθεια τοῦ ζυγοῦ. Ἐκτὸς τῆς ἀκριβείας τοῦ ζυγοῦ ἐνδιαφέρει καὶ ἡ *εὐπάθεια ἢ εὐαισθησία* αὐτοῦ. Εὐπάθεια τοῦ ζυγοῦ καλεῖται ὁ λόγος τῆς γωνίας φ, κατὰ τὴν ὁποίαν ἀποκλίνει ἡ φάλαγξ, ὅταν ἐπὶ τῶν πλαστίγγων τεθοῦν ἄνισα βάρη, διὰ τῆς διαφορᾶς τῶν βαρῶν $B - B'$.

$$\text{εὐπάθεια} = \frac{\text{γωνία } \varphi}{\text{βάρος } (B - B')}$$

Ἐκ τῆς ἀνωτέρω σχέσεως φαίνεται ὅτι μεταξὺ δύο ζυγῶν εὐπαθέστερος εἶναι ἐκεῖνος, εἰς τὸν ὁποῖον ὡρισμένη διαφορὰ τῶν ἐπὶ τῶν πλαστίγγων βαρῶν προκαλεῖ τὴν μεγαλυτέραν ἀπόκλισιν.

Ὅροι συντελοῦντες εἰς τὴν αὔξησιν τῆς εὐπαθείας τοῦ ζυγοῦ εἶναι οἱ ἑξῆς :

1) *Μεγάλοι μοχλοβραχίονες*, διότι τότε διὰ μικρὰν διαφορὰν βάρους τῶν δύο πλαστίγγων ἀναπτύσσεται μεγάλη διαφορὰ ροπῶν καὶ ἡ φάλαγξ ἀποκλίνει ἰσχυρῶς.

2) *Ἐλαφρότης τῆς φάλαγγος καὶ τῶν δίσκων.*

3) Ἐπίσης ὁ ζυγὸς εἶναι τόσον εὐπαθέστερος, ὅσον *τὸ κέντρον τοῦ βάρους τοῦ ὅλου συστήματος* φάλαγγος καὶ πλαστίγγων εἶναι *πλησιέστερον πρὸς τὸν ἄξονα αἰωρήσεως.*

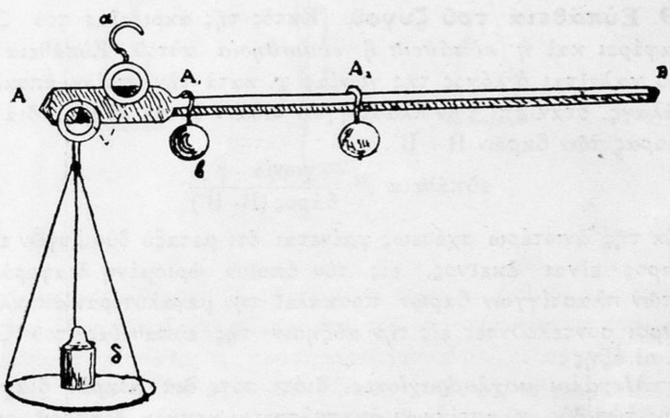
Ἡ εὐπάθεια εἶναι ἐντελῶς ἀνεξάρτητος τῆς ἀκριβείας.

Εἶναι δυνατὸν ὁ ζυγὸς νὰ δεικνύῃ τὴν ὕπαρξιν καὶ ἐλαχίστης διαφορᾶς βάρους τῶν δύο πλαστίγγων, ἀλλὰ νὰ μὴ δίδῃ ἀκριβῶς τὸ μέγεθος τῆς διαφορᾶς ταύτης, ἂν οἱ μοχλοβραχίονες τῆς φάλαγγος δὲν εἶναι ἴσοι. Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην ὁ ζυγὸς εἶναι μὲν εὐπαθής, ἀλλὰ δὲν εἶναι ἀκριβής. Ἀντιθέτως δυνατὸν νὰ εἶναι μὲν ὁ ζυγὸς ἀκριβής, ἀλλ᾽ ὄχι πολὺ εὐαίσθητος.

50. Σταθμά. Τὰ σταθμὰ κατασκευάζονται συνήθως ἐξ ὀρειχάλκου καὶ φέρουν ἐξωτερικῶς στρῶμα ἐκ μετάλλου, μὴ ὀξειδουμένου εὐκόλως π.χ. νικελίου, ἀργύρου ἢ χρυσοῦ. Ἡ σειρὰ τῶν σταθμῶν εἶναι τοιαύτη, ὥστε εἶναι δυνατὸν νὰ ἀποτελεσθῇ οἱοσδήποτε ἀριθμός, μέχρις ἑνὸς ὁρίου.

51. Στατὴρ ἢ Ρωμαϊκὸς ζυγός. Εἰς τὸν στατῆρα ἡ φάλαγξ ἔχει ἀνίσους μοχλοβραχίονας (σχ. 39). Ἀπὸ τὸ ἄκρον τοῦ μικροτέρου ἐξαρτᾶται δίσκος δ, ἐπὶ τοῦ ὁποίου τίθεται τὸ ζυγιζόμενον σῶμα. Κατὰ μῆκος τοῦ μεγαλυτέρου, φέροντος κλίμακα, μετακινεῖται τὸ βάρος β. Ἡ φάλαγξ ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ ἄξονος περιστροφῆς, (ὑπομοχλίου) διὰ τοῦ ἀγκίστρου α.

Ὅταν ἐπὶ τοῦ δίσκου δὲν ὑπάρχῃ βάρος, ὁ ζυγὸς ἰσορροπεῖ, ἐὰν

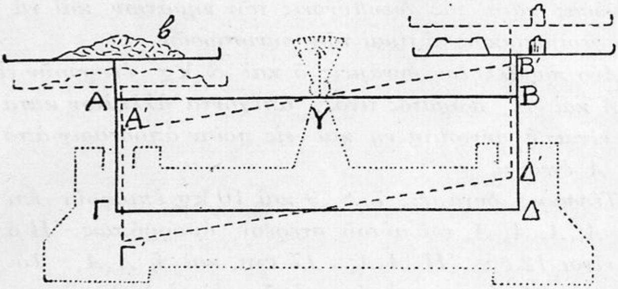


Σχ. 39.

τὸ κινητὸν βάρος β τεθῇ εἰς τὴν θέσιν A_1 παρὰ τὸ ὑπομόχλιον. Ἂν τώρα θέσωμεν ἐπὶ τοῦ δίσκου βάρος Β, ἀναπτύσσεται ῥοπὴ ὡς πρὸς τὸν ἄξονα ἴση πρὸς $B \times AO$. Διὰ νὰ ἰσορροπήσῃ αὐτὴν ἡ ἐκ τοῦ βάρους β προκαλουμένη ῥοπή, πρέπει νὰ ἐνεργήσῃ τοῦτο μὲ μεγαλύτερον μοχλοβραχίονα, νὰ τεθῇ π. χ. εἰς τὴν θέσιν A_2. Ἡ κλῖμαξ βαθμολογεῖται τῇ βοηθείᾳ γνωστῶν βαρῶν, τιθεμένων ἐπὶ τοῦ δίσκου. Ἂν π.χ., ὅταν τεθοῦν ἐπὶ τοῦ δίσκου 5 χιλιογρ., ἐπέλθῃ ἰσορροπία μὲ τὸ βάρος β εἰς τὴν θέσιν A_2, γράφεται εἰς A_2 5 χλγρ.

Εἶναι φανερὸν ὅτι ὅσον μεγαλύτερος εἶναι ὁ λόγος $\frac{OB}{OA}$ τῶν μοχλοβραχιόνων, τόσον μεγαλύτερον τὸ βάρος, τὸ ὁποῖον εἶναι δυνατὸν νὰ ζυγισθῇ. Πλὴν τοῦ ἀγκίστρου α ὑπάρχει καὶ δεύτερον ἀκόμη πλησιέστερον πρὸς τὸν δίσκον. Δι᾽ ἐξαρτήσεως τῆς φάλαγγος ἐξ αὐτοῦ ἐπιτυγχάνεται ἡ ζύγισις σωμάτων πολὺ βαρυτέρων. Ὁ στατὴρ εἶναι πολὺ εὔχρηστος, ὀλιγώτερον ἀκριβὴς ὅμως ἀπὸ τὸν συνήθη ζυγόν.

52. Δεκαπλασιαστικὸς ζυγὸς (κοινῶς πλάστιγξ). Ὁ ζυγὸς οὗτος ἀποτελεῖται ἐκ τῆς φάλαγγος καὶ τῶν δύο πλαστίγγων, ἀλλ᾽ ὁ εἷς μοχλοβραχίων εἶναι δεκάκις μεγαλύτερος τοῦ ἄλλου. Ἐπὶ τῆς πλάστιγγος, ἡ ὁποία ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ μικροτέρου μοχλοβραχίονος, τίθεται τὸ πρὸς ζύγισιν σῶμα, ἐπὶ δὲ τῆς πλάστιγγος



Σχ. 40.

τῆς ἐξαρτωμένης ἐκ τοῦ μεγάλου μοχλοβραχίονος τὰ σταθμά.

Τοιουτοτρόπως διὰ τὴν ζύγισιν χρησιμοποιοῦνται σταθμά, ἴσα πρὸς τὸ δέκατον τοῦ βάρους τοῦ ζυγιζομένου σώματος.

Ὁ δεκαπλασιαστικὸς ζυγὸς χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν ζύγισιν μεγάλων βαρῶν, διὰ τοῦτο καὶ ἡ στήριξις τῶν πλαστίγγων καὶ ἐν γένει ἡ ὅλη κατασκευὴ εἶναι πολὺ στερεωτέρα τοῦ συνήθους ζυγοῦ.

Ἀλλὰ δὲν θὰ εἰσέλθωμεν εἰς τὴν περιγραφὴν τῶν τεχνικῶν λεπτομερειῶν.

53. Ζυγὸς Roberval. Ὁ ζυγὸς Roberval εἶναι κατ᾽ ἐξοχὴν εὔχρηστος, περισσότερον ἀκριβὴς δὲ τοῦ στατῆρος, διὰ τοῦτο καὶ χρησιμοποιεῖται ἀποκλειστικῶς σχεδὸν οὗτος εἰς τὸ ἐμπόριον. Ἀποτελεῖται κυρίως ἀπὸ ἀρθρωτὸν στερεὸν παραλληλόγραμμον ΑΒΓΔ (σχ. 40). Αἱ πλευραὶ ΑΒ καὶ ΓΔ στηρίζονται κατὰ τὸ μέσον, ὅπως ἡ φάλαγξ τοῦ συνήθους ζυγοῦ. Ἐπὶ δὲ τῶν κατακορύφων πλευρῶν ΑΓ καὶ ΒΔ στηρίζονται αἱ δύο πλάστιγγες ὁριζοντίως.

Ὅταν ἐπὶ τῆς μιᾶς πλάστιγγος ἐφαρμοσθῇ βάρος β, τὸ παραλληλόγραμμον λαμβάνει τὴν θέσιν Α΄Β΄Γ΄Δ΄, αἱ πλάστιγγες ὅμως παραμένουν ὁριζόντιοι. Διὰ νὰ ἐπανέλθῃ ὁ ζυγὸς εἰς τὴν θέσιν τῆς ἰσορροπίας, πρέπει ἐπὶ τῆς ἄλλης πλάστιγγος νὰ τεθῇ ἴσον βάρος, ἀφοῦ ΑΥ=ΥΒ.

'Ασκήσεις.

1) $x^2 = 20^2 + 50^2 = 2900$ $x = \sqrt{2900}$

1) Νὰ εὑρεθῇ ἡ τιμὴ τῆς συνισταμένης δύο δυνάμεων 20 καὶ 50 kg, ἐνεργουσῶν ὑπὸ ὀρθὴν γωνίαν ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ σημείου.

2) Βάρος 6 kg ἐξαρτᾶται ἀπὸ δύο νήματα, σχηματίζοντα γωνίαν 30° πρὸς τὴν ὁριζοντίαν διεύθυνσιν. Νὰ εὑρεθῇ μὲ πόσην δύναμιν τείνεται ἑκάτερον νῆμα. Δηλ. νὰ ἀναλυθῇ τὸ βάρος εἰς δύο συνιστώσας κατὰ τὰς διευθύνσεις τῶν νημάτων καὶ νὰ ὑπολογισθοῦν γεωμετρικῶς αἱ τιμαὶ τῶν συνιστωσῶν. 6 kg

3) Δύο παράλληλοι δυνάμεις 5 καὶ 8 kg ἐνεργοῦν εἰς τὰ σημεῖα Α καὶ Β. σώματός τινος, ἀπέχοντα ἀλλήλων κατὰ 12 cm. Πόση εἶναι ἡ συνισταμένη καὶ εἰς ποίαν ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ σημείου Α ἐνεργεῖ ; συνισ. = 13 Kg $\frac{5}{8} = \frac{ΒΓ}{ΑΓ}$ ΒΓ+ΑΓ=12.

4) Τέσσαρες δυνάμεις 7, 8, 9 καὶ 10 kg ἐπιδροῦν ἐπὶ τῶν σημείων $Α_1, Α_2, Α_3. Α_4$ τοῦ αὐτοῦ στερεοῦ ὁμορρόπως. Ἡ ἀπόστασις $Α_1Α_2$ εἶναι 12 cm. Ἡ $Α_2Α_3$ 17 cm, καὶ ἡ $Α_3Α_4$ 15 cm. Νὰ κατασκευασθῇ ἡ συνισταμένη αὐτῶν καὶ νὰ δοθῇ τὸ σημεῖον τῆς ἐφαρμογῆς καὶ ἡ ἔντασις αὐτῆς. 34

5) Ἐπὶ τοῦ ἑνὸς μοχλοβραχίονος μοχλοῦ, μήκους 20 cm ἐνεργεῖ δύναμις 50 kg. Πόση δύναμις πρέπει νὰ ἐφαρμοσθῇ ἐπὶ τοῦ ἄλλου βραχίονος, ἔχοντος μῆκος 30 cm, διὰ νὰ ἐπέλθῃ ἰσορροπία;

$\frac{20}{30} = \frac{x}{50}$ $x = \frac{100}{3} = 33,33$

6) Πόση εἶναι ἡ εὐπάθεια ζυγοῦ, τοῦ ὁποίου ὁ δείκτης δεικνύει ἀπόκλισιν 10 διαιρέσεων ἀπὸ τοῦ μηδενὸς διὰ διαφορὰν βαρῶν ἐπὶ τῶν δύο πλαστίγγων 0,05 gr.

$E = \frac{10}{0,05} = 200.$

Γ. ΔΥΝΑΜΙΚΗ

54. 'Αξιώματα τῆς Δυναμικῆς. Ἡ Δυναμική, δηλ. ἡ μελέτη τῆς κινήσεως τῶν σωμάτων ἐν σχέσει πρὸς τὰς προκαλούσας ταύτην δυνάμεις στηρίζεται ἐπὶ τῶν ἑξῆς τριῶν ἀξιωμάτων τοῦ Νεύτωνος :

1. 'Αξίωμα τῆς ἀδρανείας. Σῶμα ἀκίνητον δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ τεθῇ εἰς κίνησιν, ἂν δὲν ἐνεργήσῃ ἐπ' αὐτοῦ καμμία δύναμις καὶ ἀντιθέτως σῶμα κινούμενον δὲν σταματᾷ ἄνευ τῆς ἐπενεργείας δυνάμεώς τινος, οὔτε ὑφίσταται οἱανδήποτε μεταβολὴν εἰς τὴν ταχυτητά του, οὔτε κατὰ τὸ μέγεθος, οὔτε κατὰ τὴν διεύθυνσιν.

Γενικῶς *ἡ κινητικὴ κατάστασις σώματός τινος δὲν μεταβάλλεται ἄνευ τῆς ἐπενεργείας δυνάμεως.*

Τὸ ὅτι ἀκίνητον σῶμα δὲν τίθεται εἰς κίνησιν ἄνευ τῆς ἐπιδράσεως δυνάμεως καθημερινῶς ἀντιλαμβανόμεθα. Ἐπίσης γνωρίζομεν ἐκ πείρας ὅτι σῶμα τεθὲν ἅπαξ εἰς κίνησιν ἐξακολουθεῖ τόσον περισσότερον νὰ κινῆται, ὅσον μικρότερα εἶναι τὰ ἐμπόδια, τὰ ὁποῖα ἀντιτίθενται εἰς τὴν κίνησίν του. π. χ. λίθος ριφθεὶς ἐπὶ ἀνωμάλου ἐδάφους σταματᾷ εἰς μικρὰν ἀπόστασιν ἀπὸ τῆς ἀφετηρίας, διότι ἡ τριβὴ τοῦ λίθου πρὸς τὸ ἔδαφος ἀνθίσταται εἰς τὴν κίνησιν. Μακρύτερον φθάνει, ὅταν κινῆται ἐπὶ πλακοστρώτου καὶ πολὺ περισσότερον ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας παγωμένης λίμνης, ἥτις εἶναι ὁμαλωτάτη καὶ δὲν παρέχει σημαντικὴν ἀντίστασιν εἰς τὴν κίνησιν. Ἐκ τούτων συμπεραίνομεν ὅτι, ἂν ἦτο δυνατὸν νὰ μὴ ὑπάρχῃ κανὲν ἐμπόδιον εἰς τὴν κίνησιν τῶν σωμάτων, οὐδεμία τριβὴ πρὸς τὰ σώματα, ἐπὶ τῶν ὁποίων κινοῦνται, ἡ κίνησις αὐτῶν θὰ ἐξηκολούθει ἐπ᾽ ἄπειρον καὶ θὰ ἐχρειάζετο ἡ ἐπίδρασις δυνάμεως διὰ νὰ τὰ σταματήσῃ. Εἰς τὰ προηγούμενα παραδείγματα ἡ δύναμις αὕτη εἶναι ἡ τριβὴ τῶν κινουμένων σωμάτων ἐπὶ τοῦ ἐδάφους. Ἐὰν ἐπὶ κινουμένου σώματος παύσῃ νὰ ἐπιδρᾷ ἡ κινητήριος δύναμις, ἡ κίνησις θὰ ἐξακολουθήσῃ συμφώνως πρὸς τὸ ἀξίωμα τῆς ἀδρανείας μὲ τὴν ταχύτητα, τὴν ὁποίαν εἶχε τὴν στιγμήν, καθ᾽ ἣν ἔπαυσεν ἡ ἐπίδρασις τῆς δυνάμεως, ἡ δὲ τροχιὰ θὰ εἶναι εἰς τὸ ἑξῆς εὐθύγραμμος. Τοῦτο θὰ ἴδωμεν βραδύτερον κατὰ τὴν μελέτην τῆς πτώσεως τῶν σωμάτων τῇ βοηθείᾳ τῆς μηχανῆς Atwood.

Ὥστε: *Ὅταν ἐπὶ κινουμένου σώματος δὲν ἐπενεργῇ καμμία δύναμις ἡ κίνησίς του εἶναι εὐθύγραμμος καὶ ὁμαλή.* Ἐφ᾽ ὅσον χρόνον ὅμως ἐπὶ τοῦ κινητοῦ ἐνεργεῖ ἡ κινητήριος δύναμις ἡ ταχύτης του διαρκῶς αὐξάνεται.

Παραδείγματα ἀδρανείας βλέπομεν συχνότατα εἰς τὴν καθημερινὴν ζωήν· π. χ. εἶναι γνωστὸν ὅτι τὰ κινούμενα ὀχήματα, αὐτοκίνητα, σιδηρόδρομοι κ.λ.π. δὲν σταματοῦν ἀμέσως μόλις παύσῃ νὰ λειτουργῇ ἡ κινητήριος μηχανή, ἀλλὰ ἐξακολουθοῦν νὰ κινοῦνται, μέχρις ὅτου αἱ ἐκ τῶν τριβῶν ἀντιστάσεις τὰ ἀναγκάσουν νὰ σταματήσουν. Διὰ νὰ προκαλέσωμεν δὲ ταχέως τὴν στάσιν χρησιμοποιοῦμεν τροχοπέδας.

Ὅταν εὑρισκώμεθα ἐντὸς κινουμένου ὀχήματος καὶ σταθῇ τοῦτο ἀποτόμως, τὸ σῶμά μας τείνει λόγῳ τῆς ἀδρανείας νὰ ἐξακολουθήσῃ τὴν κίνησίν του καὶ πίπτει πρὸς τὰ ἐμπρός. Ἐπίσης κατὰ τὴν ἀπότομον ἐκκίνησιν τὸ σῶμά μας πίπτει πρὸς τὰ ὀπίσω, διότι τείνει λόγῳ τῆς ἀδρανείας νὰ διατηρήσῃ τὴν ἀρχικήν του ἠρεμίαν, χρειάζεται δὲ χρονικόν τι διάστημα, μέχρις ὅτου τὸ σῶμά μας ὑποστῇ τὴν ἐπίδρασιν τῆς κινητηρίου δυνάμεως καὶ ἀρχίσῃ νὰ κινῆται.

2. ***Ἀξίωμα διαλυτικόν.*** Μιὰ δύναμις ἐπιδράσασα ἐπί τινος σώματος ἐπὶ χρόνον τινὰ προσέδωσεν εἰς αὐτὸ ταχύτητα v, ἡ ὁποία, ὡς εἴδομεν, διατηρεῖται σταθερὰ ἀφοῦ παύσῃ νὰ ἐπιδρᾷ ἡ δύναμις.

Ἂν τώρα ἐπιδράσῃ νέα δύναμις *θὰ ἐπιφέρῃ ἀποτέλεσμα ἐντελῶς ἀνεξάρτητον τῆς κινητικῆς καταστάσεως τοῦ σώματος,* καὶ μετά τινα χρόνον θὰ τοῦ προσδώσῃ ταχύτητα v′, τὴν αὐτὴν τὴν ὁποίαν θὰ τοῦ πρόσδιδε καὶ *ἂν τὸ σῶμα ἦτο ἀκίνητον.* Ἡ νέα ταχύτης προστίθεται εἰς τὴν ἀρχικὴν καὶ τὸ σῶμα κινεῖται μὲ ταχύτητα $v+v'$. Ἐὰν ἐπιδράσῃ καὶ τρίτη δύναμις θὰ προσδώσῃ ταχύτητα v'' *ἀνεξάρτητον τῶν ἄλλων* καὶ ἡ ὅλη ταχύτης γίνεται $v+v'+v''$. Ἐὰν αἱ τρεῖς αὗται δυνάμεις (ἢ καὶ περισσότεραι) ἀντὶ νὰ ἐνεργήσουν ἀλληλοδιαδόχως ἐνεργήσουν συγχρόνως καὶ ἑκάστη ἐπὶ τὸν αὐτὸν χρόνον, καθ' ὃν ἐνήργησε μόνη, τὸ ἀποτέλεσμα θὰ εἶναι ἐντελῶς τὸ αὐτό.

Τὰ ἀνωτέρω συνοψίζονται εἰς τὸ ἑξῆς ἀξίωμα :

Δύο ἢ περισσότεραι δυνάμεις ἐνεργοῦσαι ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ σώματος ἐπί τινα χρόνον παράγουν τὸ αὐτὸ ἀποτέλεσμα εἴτε ἐνεργήσουν ὅλαι συγχρόνως, εἴτε ἡ μία μετὰ τὴν ἄλλην ἐπὶ τὸν αὐτὸν χρόνον.

3. ***Ἀξίωμα τῆς δράσεως καὶ ἀντιδράσεως.*** *Ἐὰν σῶμά τι A ὑφίσταται ἐπίδρασιν ἐξ ἄλλου σώματος B, ἐξασκεῖ συγχρόνως ἐπὶ τοῦ B ἐπίδρασιν ἴσην καὶ ἀντίθετον.*

Π. χ. ἀντικείμενον στηριζόμενον ἐπὶ τραπέζης ἀσκεῖ ἐπ' αὐτῆς πίεσιν διὰ τοῦ βάρους του. Εἰς τὴν πίεσιν τοῦ ἀντικειμένου ἀντιδρᾷ ἡ τράπεζα καὶ ἡ ἀντίδρασις αὕτη ἰσορροπεῖ τὴν πίεσιν.

Ὁ μαγνήτης ἕλκει τὸν σίδηρον καὶ ἂν ὁ σίδηρος εἶναι ἐλεύθερος νὰ κινηθῇ θὰ πλησιάσῃ τὸν μαγνήτην. Κατὰ τὸ ἀξίωμα τῆς δράσεως καὶ ἀντιδράσεως καὶ ἐκ μέρους τοῦ σιδήρου ἐνεργεῖ ἐπὶ τοῦ μαγνήτου δύναμις ἴση. Ἕνεκα τούτου παρατηροῦμεν ὅτι ἂν ὁ σίδηρος εἶναι ἀμετάθετος καὶ δύναται τοὐναντίον νὰ κινηθῇ ὁ μαγνήτης, θὰ πλησιάσῃ οὗτος πρὸς τὸν σίδηρον.

55. Κίνησις παραγομένη ὑπὸ σταθερᾶς δυνάμεως. Ἐὰν ἐπὶ κινητοῦ ἔχοντος κατά τινα χρονικὴν στιγμὴν ταχύτητα v, ἐνεργήσῃ δύναμις κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς κινήσεως, αὐξάνει εἰς ἓν δευτερόλεπτον τὴν ταχύτητα αὐτοῦ κατὰ γ, συμφώνως πρὸς τὸ διαλυτικὸν ἀξίωμα καὶ ἡ νέα ταχύτης τοῦ κινητοῦ εἶναι $v+\gamma$. Ἐὰν ἐξακολουθῇ νὰ ἐπιδρᾷ ἡ δύναμις, αὐξάνει τὴν ταχύτητα μετὰ 1 δλ. πάλιν κατὰ γ καὶ νέα ἡ ταχύτης εἶναι $v+2\gamma$.

Μετὰ t δλ. τὸ κινητὸν θὰ κινῆται μὲ ταχύτητα $v+\gamma t$, ἄρα ἡ κίνησίς του εἶναι ὁμαλῶς μεταβαλλομένη (βλ. § 12) μὲ ἐπιτάχυνσιν γ.

56. Μᾶζα. Ἀναλογία τῶν δυνάμεων πρὸς τὰς ἐπιταχύνσεις. Ἡ δύναμις f ἐνεργοῦσα ἐπί τινος σώματος αὐξάνει εἰς ἕκαστον δευτερόλεπτον τὴν ταχύτητά του κατὰ ε, δηλ. τοῦ προσδίδει ἐπιτάχυνσιν ε. Διπλασία δύναμις προσδίδει, συμφώνως πρὸς τὸ διαλυτικὸν ἀξίωμα, διπλασίαν ἐπιτάχυνσιν, καὶ γενικῶς ἡ δύναμις $F=\nu f$ προσδίδει ν φορὰς μεγαλυτέραν ἐπιτάχυνσιν, δηλ. $\gamma=\nu\varepsilon$.

ἡ δύναμις $F'=\nu' f$ προσδίδει ἐπιτάχυνσιν $\gamma'=\nu'\varepsilon$.

Λαμβάνομεν τοὺς λόγους

$$\frac{F}{F'},=\frac{\nu f}{\nu' f}=\frac{\nu\varepsilon}{\nu'\varepsilon}=\frac{\gamma}{\gamma'} \text{ δηλ. } \quad \frac{F}{F'}=\frac{\gamma}{\gamma'} \text{ ἤτοι:}$$

αἱ ἐπιταχύνσεις, τὰς ὁποίας δύο (ἢ καὶ περισσότεραι) δυνάμεις προσδίδουν εἰς τὸ αὐτὸ σῶμα, εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τὰς δυνάμεις ταύτας.

Ἡ ἀναλογία δύναται νὰ γραφῇ καὶ ὡς ἑξῆς:

$$(1)\ \frac{F}{\gamma}=\frac{F'}{\gamma'}=m$$

δηλ. ὁ λόγος τῆς ἐνεργούσης δυνάμεως πρὸς τὴν προσδιδομένην ἐπιτάχυνσιν εἶναι ἀριθμὸς *σταθερὸς διὰ τὸ αὐτὸ σῶμα*, παριστᾷ δὲ τὴν *μᾶζαν τοῦ σώματος*.

Ἐκ τῆς σχέσεως $\frac{F}{\gamma}=m$ ἔχομεν $\qquad (2) \quad F=\gamma m$

ἤτοι ἡ δύναμις ἐκφράζεται ὡς γινόμενον μάζης ἐπὶ ἐπιτάχυνσιν

'Εκ τῆς σχέσεως (2) βλέπομεν ὅτι δύο σώματα ἴσης μάζης ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν ἴσων δυνάμεων λαμβάνουν ἴσην ἐπιτάχυνσιν.

57. 'Αναλογία τῶν βαρῶν πρὸς τὰς μάζας. 'Ωνομάσαμεν *βάρος* ἑνὸς σώματος τὴν δύναμιν, ἡ ὁποία ἐνεργεῖ ἐπ' αὐτοῦ συνεπείᾳ τῆς γηΐνης βαρύτητος (βλ. § 16). Θὰ ἴδωμεν βραδύτερον ὅτι ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς βαρύτητος εἶναι *ἡ αὐτὴ δι' ὅλα τὰ σώματα*, παρίσταται δὲ διὰ g. Ἑπομένως τὰ βάρη δύο σωμάτων, τῶν ὁποίων αἱ μᾶζαι εἶναι m καὶ m', θὰ εἶναι, συμφώνως πρὸς ὅσα εἴπομεν εἰς τὴν προηγουμένην παράγραφον, ἴσα πρὸς τὸ γινόμενον τῶν μαζῶν των ἐπὶ τὴν ἐπιτάχυνσιν τῆς βαρύτητος ἤτοι:

$$B = mg$$
$$B' = m'g$$

Ἂν λάβωμεν τοὺς λόγους ἔχομεν

$$\frac{B}{B'} = \frac{m}{m'}$$

δηλ. *Τὰ βάρη τῶν σωμάτων εἶναι ἀνάλογα πρὸς τὰς μάζας αὐτῶν.*

Δύο σώματα ἴσου βάρους ἔχουν καὶ ἴσην μᾶζαν. Μᾶζα ὅμως καὶ βάρος δὲν εἶναι τὰ αὐτὰ ποσά. Ἡ μᾶζα σώματός τινος παριστᾷ τὸ ποσὸν τῆς ὕλης, τὸ ὁποῖον περιέχει τὸ σῶμα, ἐνῷ τὸ βάρος, ἴσον πρὸς τὸ *γινόμενον τῆς μάζης ἐπὶ τὴν ἐπιτάχυνσιν τῆς βαρύτητος*, παριστᾷ τὴν δύναμιν, μὲ τὴν ὁποίαν ἡ ὕλη αὕτη ἕλκεται ὑπὸ τῆς γῆς.

58. Μονὰς μάζης καὶ μονὰς βάρους. Ὡς μονὰς μάζης ἐλήφθη ἡ μᾶζα ἑνὸς κυβικοῦ ἑκατοστομέτρου ὕδατος ἀπεσταγμένου 4° θερμοκρασίας καὶ ἐκλήθη *μᾶζα ἑνὸς γραμμαρίου.*

Ὡς μονὰς βάρους δὲ ἐλήφθη ἡ δύναμις, μὲ τὴν ὁποίαν ἡ γῆ ἕλκει τὴν μᾶζαν ἑνὸς γραμμαρίου καὶ ἐκλήθη *βάρος ἑνὸς γραμμαρίου*, ἢ καὶ ἁπλῶς γραμμάριον, καὶ σημειοῦται διὰ τοῦ **gr.** (gramme.) Πολλαπλάσια τοῦ γραμμαρίου εἶναι τὸ χιλιόγραμμον 1Kg=1000 gr. καὶ ὁ τόνος βάρους 1 ton=1000kg. Ὑποπολλαπλάσια δὲ εἶναι τὸ δέκατον τοῦ γραμμαρίου 1dgr.=0,1gr. τὸ ἑκατοστὸν τοῦ γραμμαρίου 1cgr.=0,01gr. καὶ τὸ χιλιοστὸν 1mgr.=0,001gr.

59. Μονὰς δυνάμεως. 'Εκ τῆς σχέσεως $F = mg$ ὁρίζεται ἡ μονὰς τῆς δυνάμεως ὡς ἡ δύναμις, ἡ ὁποία ἐνεργοῦσα ἐπὶ μάζης ἑνὸς γραμμαρίου προσδίδει εἰς αὐτὴν ἐπιτάχυνσιν ἴσην πρὸς ἓν ἑκατοστόμετρον κατὰ δευτερόλεπτον καὶ καλεῖται *δύνη*. Ἡ δύνη εἶναι τὸ 1/980 περίπου τοῦ βάρους ἑνὸς γραμμαρίου.

60. Πυκνότης. Ὁ λόγος τῆς μάζης M σώματός τινος διὰ τοῦ ὄγκου αὐτοῦ Ω καλεῖται πυκνότης τοῦ σώματος, δηλ.

$$(1) \qquad d=\frac{M}{\Omega}$$

Ἄν θέσωμεν $\Omega=1$ ἔχομεν $d=M$, δηλ. ἡ πυκνότης ἐκφράζεται διὰ τοῦ αὐτοῦ ἀριθμοῦ, διὰ τοῦ ὁποίου καὶ ἡ μᾶζα τῆς μονάδος τοῦ ὄγκου ($1\ cm^3$). Ἡ σχέσις 1 γράφεται καὶ ὡς ἑξῆς:

$$M=\Omega d$$

ἤτοι *ἡ μᾶζα ἰσοῦται μὲ τὸ γινόμενον τοῦ ὄγκου ἐπὶ τὴν πυκνότητα.*

Η πυκνότης εἶναι διάφορος εἰς τὰ διάφορα σώματα, δηλ. τὸ ποσὸν τῆς ὕλης, τὸ ὁποῖον περιέχεται εἰς $1 cm^3$, ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς φύσεως τοῦ σώματος.

Ὡς μονὰς πυκνότητος ἐλήφθη ἡ πυκνότης τοῦ ἀπεσταγμένου ὕδατος, θερμοκρασίας 4^o.

Ἀφοῦ $d=1$ διὰ τὸ ὕδωρ θὰ εἶναι καὶ $M=\Omega$ ὡς φαίνεται ἐκ τῆς σχέσεως 1, ἤτοι *ἡ μᾶζα καὶ ὁ ὄγκος τοῦ ὕδατος ἐκφράζονται διὰ τοῦ αὐτοῦ ἀριθμοῦ.* Ἑπομένως δυνάμεθα εἰς τὴν σχέσιν (1) νὰ θέσωμεν ἀντὶ τοῦ ὄγκου Ω τοῦ σώματος, τὴν μᾶζαν ἴσου ὄγκου ὕδατος.

$$d=\frac{M}{\mu}$$

ἤ, ἂν ἀντὶ τοῦ λόγου τῶν μαζῶν λάβωμεν τὸν λόγον τῶν βαρῶν,

$$d=\frac{B}{\beta}$$

Ἐκ τῆς σχέσεως ταύτης προκύπτει ὁ ἑξῆς νέος ὁρισμὸς τῆς πυκνότητος:

Πυκνότης εἶναι ὁ λόγος τοῦ βάρους τοῦ σώματος πρὸς τὸ βάρος ἴσου ὄγκου ὕδατος ἀπεσταγμένου, θερμοκρασίας 4^o.

Ἀντὶ τοῦ ὅρου πυκνότης γίνεται ὁμοίως χρῆσις καὶ τοῦ ὅρου *εἰδικὸν βάρος.*

Βραδύτερον θὰ γνωρίσωμεν τὰς μεθόδους προσδιορισμοῦ τῆς πυκνότητος τῶν σωμάτων.

61. Κίνησις τῶν σωμάτων ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς βαρύτητος.—Μετὰ τὴν μελέτην τῶν θεμελιωδῶν ἀρχῶν τῆς Δυναμικῆς προχωροῦμεν εἰς τὴν ἐξέτασιν τῶν κινήσεων τῶν σωμάτων ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς βαρύτητος, δηλ. εἰς τὴν μελέτην τῆς *πτώσεως τῶν σωμάτων.*

Ἡ δύναμις, ἡ ὁποία προκαλεῖ τὴν πτῶσιν, γνωρίζομεν ὅτι λέ-

178
290

γεται βάρος τοῦ σώματος. Ἡ διεύθυνσις τοῦ βάρους δίδεται ἀπὸ τὴν διεύθυνσιν τοῦ νήματος τῆς στάθμης, καὶ λέγεται, ὡς γνωρίζομεν ἤδη, κατακόρυφος. Ἐπίπεδον κάθετον ἐπὶ τὴν κατακόρυφον λέγεται *ὁριζόντιον* ἐπίπεδον.

Ἐὰν ἀφήσωμεν νὰ πέσουν συγχρόνως διάφορα σώματα π.χ. λίθον καὶ τεμάχιον χάρτου ἀπὸ τὸ αὐτὸ ὕψος, παρατηροῦμεν ὅτι δὲν φθάνουν ὅλα συγχρόνως εἰς τὸ ἔδαφος.

Τοῦτο θὰ ἐσήμαινεν ὅτι ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς βαρύτητος δὲν πίπτουν ὅλα τὰ σώματα ἐξ ἴσου ταχέως. Ἂν ὅμως ἐκτελέσωμεν τὸ αὐτὸ πείραμα εἰς χῶρον, ἀπὸ τοῦ ὁποίου ἀφῃρέθη ὁ ἀήρ, παρατηροῦμεν τοὐναντίον ὅτι ὅλα πίπτουν ἐξ ἴσου ταχέως καὶ φθάνουν συγχρόνως εἰς τὸ ἔδαφος. Εἰς τὸν ἀέρα δὲν πίπτουν ὅλα συγχρόνως ἕνεκα τῆς ἀντιστάσεως, τὴν ὁποίαν ὁ ἀὴρ προβάλλει εἰς τὰ πίπτοντα σώματα καὶ ἡ ὁποία ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς μορφῆς τοῦ σώματος.

62. Σωλὴν τοῦ Νεύτωνος. Τὸ πείραμα τῆς πτώσεως τῶν σωμάτων εἰς τὸ κενὸν ἐκτελεῖται τῇ βοηθείᾳ τοῦ σωλῆνος τοῦ Νεύτωνος. Ὁ σωλὴν οὗτος εἶναι ὑάλινος, μήκους 2 μέτρων περίπου, κλεισμένος ἑκατέρωθεν ἀεροστεγῶς καὶ φέρων στρόφιγγα, διὰ τῆς ὁποίας τίθεται εἰς συγκοινωνίαν μὲ τὴν ἀεραντλίαν.

Ἐντὸς αὐτοῦ ὑπάρχουν πτίλον, τεμάχιον φελλοῦ καὶ σφαῖρα μολυβδίνη. Ἂν ἀφαιρέσωμεν τὸν ἀέρα τοῦ σωλῆνος καὶ ἀναστρέψωμεν αὐτὸν ἀποτόμως, εἰς τρόπον ὥστε τὰ σώματα νὰ εὑρεθοῦν εἰς τὸ ἀνώτερον ἄκρον, παρατηροῦμεν ὅτι *πίπτουν ὅλα συγχρόνως*, ἐνῷ, ἂν ἀφήσωμεν νὰ εἰσέλθῃ πάλιν ὁ ἀήρ, πίπτει πρῶτον ἡ σφαῖρα, κατόπιν ὁ φελλὸς καὶ τελευταῖον τὸ πτίλον.

63. Κεκλιμένον ἐπίπεδον. Ἡ πτῶσις τῶν σωμάτων γίνεται ταχύτατα καὶ εἶναι ἀδύνατον νὰ παρακολουθήσωμεν αὐτήν, ὅπως συμβαίνει εἰς τὴν φύσιν, καὶ νὰ μελετήσωμεν τοὺς νόμους της. Διὰ τοῦτο προσπαθοῦμεν νὰ ἐπιβραδύνωμεν αὐτήν, χωρὶς νὰ μεταβάλωμεν τοὺς νόμους κατὰ τοὺς ὁποίους γίνεται. Συσκευαί, διὰ τῶν ὁποίων ἐπιτυγχάνεται τοῦτο, εἶναι τὸ *κεκλιμένον ἐπίπεδον*, ἡ *μηχανὴ* τοῦ Atwood καὶ ἄλλαι.

Τὸ κεκλιμένον ἐπίπεδον (σχ. 41) εἶναι σανὶς στηριζομένη εἰς τρόπον, ὥστε νὰ σχηματίζῃ γωνίαν μὲ τὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον, καὶ φέρουσα αὔλακα, εἰς τὴν ὁποίαν κυλίεται μικρὰ σφαῖρα. Ἡ δύναμις, ἡ ὁποία ἀναγκάζει τὴν σφαῖραν νὰ πίπτῃ, εἶναι ἡ κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου συνιστῶσα τοῦ βάρους της, Δ. Ἡ ἄλλη συνιστῶσα Δ′, κάθετος ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον, ἐξουδετεροῦται ὑπὸ τῆς ἀντιστάσεως αὐτοῦ (βλ. περὶ ἀναλύσεως δυνάμεων § 30)·

Ἐκ τοῦ σχήματος φαίνεται ὅτι ἡ συνιστῶσα Δ εἶναι μικροτέρα τοῦ ὅλου βάρους Β, γίνεται δὲ τόσον μικροτέρα, ὅσον μικροτέρα εἶναι ἡ γωνία α. διότι $\alpha' = \alpha$ συνεπῶς $\Delta = B$ ημ.α

$B = M.g$

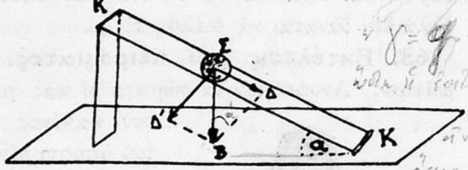
$\Delta = M.g$ ημ.α

$\Delta = M.\gamma$

$M.\gamma = M.g$ ημ.α

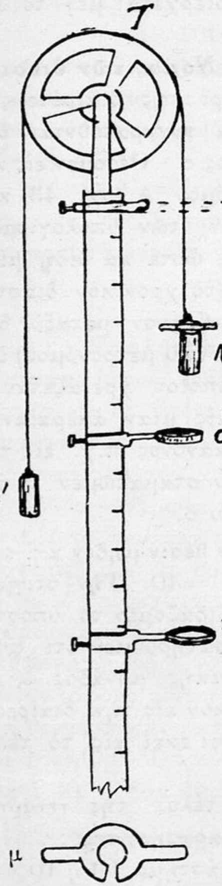
$\gamma = g$ ημ.α

Ἑπομένως καὶ ἡ κίνησις εἶναι τόσον βραδυτέρα, ὅσον μικροτέρα εἶναι ἡ γωνία, τὴν ὁποίαν σχηματίζει τὸ κεκλιμένον ἐπίπεδον πρὸς τὸν ὁρίζοντα.



Σχ. 41.

64. Μηχανὴ τοῦ Atwood. Ἡ μηχανὴ τοῦ Atwood, διὰ τῆς ὁποίας μελετῶνται ἀκριβέστερον οἱ νόμοι τῆς πτώσεως, ἀποτελεῖται ἀπὸ εὐκίνητον τροχαλίαν Τ (σχ. 42) στρεπτὴν περὶ ὁριζόντιον ἄξονα. Διὰ τῆς αὔλακος αὐτῆς διέρχεται λεπτὸν νῆμα, εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ὁποίου κρέμανται δύο σώματα Μ καὶ Μ′ ἴσης μάζης. Ἐπειδὴ τὸ βάρος τοῦ νήματος εἶναι πολὺ μικρὸν σχετικῶς πρὸς τὰ βάρη τῶν Μ καὶ Μ′, τὸ σύστημα ἰσορροπεῖ δι' οἱανδήποτε θέσιν τῶν μαζῶν Μ καὶ Μ′. Ἐὰν ὅμως αὐξηθῇ κατά τι ἡ μία μᾶζα π.χ. ἡ Μ διὰ τῆς προσθήκης τοῦ μ, ἡ ἰσορροπία καταστρέφεται, τὰ Μ καὶ μ κινοῦνται πρὸς τὰ κάτω καὶ ἀνυψώνουν τὸ Μ′. Ἡ κινητήριος δύναμις προέρχεται μόνον ἐκ τοῦ βάρους τοῦ μ καὶ δι' αὐτῆς κινοῦνται αἱ μᾶζαι μ, Μ καὶ Μ′· ἐπομένως ἡ κίνησις θὰ εἶναι πολὺ βραδυτέρα ἢ ἐὰν τὸ μ ἐκινεῖτο ἐλευθέρως, ὁπότε ἡ αὐτὴ δύναμις θὰ παρέσυρε



Σχ. 42.

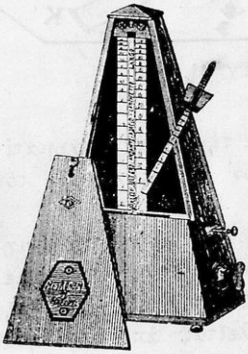
$f = \mu \cdot \gamma$

$f = (M + m + \mu) \cdot \gamma$

μικροτέραν μᾶζαν. (βλ. § 56 σχέσιν δυνάμεως, μάζης καὶ ἐπιταχύνσεως).

Κάτωθεν τῆς τροχαλίας ὑπάρχει κατακόρυφος κανὼν φέρων ὑποδιαιρέσεις κατ' ἴσας ἀποστάσεις. Ἐπ' αὐτοῦ δύναται νὰ στηριχθῇ εἰς διαφόρους θέσεις ὁ δίσκος δ, ὁ ὁποῖος σταματᾷ τὸ πῖπτον βάρος, καὶ ὁ δακτύλιος δ', διὰ τοῦ ὁποίου διέρχεται μὲν τὸ Μ, ἀλλὰ δὲν δύναται νὰ διέλθῃ τὸ μ.

65. Ἐκτέλεσις τοῦ πειράματος. ***Α'. Νόμος τῶν διαστημάτων.*** Ἀνυψοῦμεν τὰ σώματα Μ καὶ μ μέχρι τῆς διαιρέσεως 0 τοῦ κανόνος, ὅπου συγκρατοῦνται διὰ τοῦ ὑποστηρίγματος σ. Θέτομεν εἰς κίνησιν ἕνα μετρονόμον Α (σχ. 43) καὶ διὰ τὴν εὐκολίαν τῶν ὑπολογισμῶν κανονίζομεν αὐτόν, ὥστε νὰ δίδῃ μίαν χρονικὴν μονάδα (τὸ χρονικὸν διάστημα τὸ περιλαμβανόμενον μεταξὺ δύο διαδοχικῶν κτύπων τοῦ μετρονόμου) διὰ τὸν χρόνον, τὸν ὁποῖον χρειάζεται τὸ βάρος, ἵνα φθάσῃ εἰς μίαν ἀκεραίαν ὑποδιαίρεσιν τοῦ κανόνος π.χ. εἰς τὴν διαίρεσιν 10, ὅπου σταματῶμεν τὸ βάρος διὰ τοῦ δίσκου δ.



Σχ. 43.

Ἀκολούθως ἐπαναφέρομεν τὸ βάρος εἰς τὴν θέσιν μηδὲν καὶ στερεοῦμεν τὸν δίσκον εἰς τὴν διαίρεσιν $4 \times 10 = 40$. Τὴν στιγμὴν κατὰ τὴν ὁποίαν κτυπᾷ ὁ μετρονόμος, καταβιβάζομεν τὸ ὑποστήριγμα σ καὶ ἀφήνομεν τὸ βάρος νὰ πέσῃ. Παρατηροῦμεν ὅτι φθάνει τὸν δίσκον εἰς τὸ τέλος τῆς *δευτέρας* χρονικῆς μονάδος.

Ἂν ἐπαναλάβωμεν τὸ πείραμα μὲ τὸν δίσκον εἰς τὴν διαίρεσιν $9 \times 10 = 90$, παρατηροῦμεν ὅτι τὸ βάρος φθάνει ἐκεῖ εἰς τὸ τέλος τῆς *τρίτης* χρονικῆς μονάδος.

Εἰς τὴν θέσιν $16 \times 10 = 160$ φθάνει εἰς τὸ τέλος τῆς *τετάρτης* χρονικῆς μονάδος. Δηλαδὴ ἔχομεν τὰς ἑξῆς παρατηρήσεις:

Εἰς 1 χρονικὴν μονάδα	διανύει τὸ κινητὸν διάστημα			10 ἢ 10×1
» 2 χρονικὰς μονάδας	»	»	»	10×4 ἢ 10×2^2
» 3 »	»	»	»	10×9 » 10×3^2
» 4 »	»	»	»	10×16 » 10×4^2

Ἐκ τοῦ πίνακος τούτου παρατηροῦμεν ὅτι τὰ διανυθέντα διαστήματα δὲν εἶναι ἁπλῶς ἀνάλογα τοῦ χρόνου, καθ' ὃν διηνύθησαν, ὅπως εἰς τὴν εὐθύγραμμον καὶ ὁμαλὴν κίνησιν (βλ. § 11), *ἀλλ' ἀνάλογα πρὸς τὸ τετράγωνον τοῦ χρόνου*. Ἑπομένως ἡ κίνησις ἡ προκαλουμένη ὑπὸ τῆς βαρύτητος, δηλ. ἡ πτῶσις, δὲν εἶναι ὁμαλή. Αἱ σχέσεις τοῦ ἀνωτέρω πίνακος δύνανται νὰ παρασταθοῦν γενικῶς ὡς ἑξῆς:

$$s=10t^2, \text{ ὅπου } s=\text{διάστημα}, \ t=\text{χρόνος}.$$

Ὁ συντελεστής, ἐπὶ τὸν ὁποῖον πολλαπλασιαζόμενον τὸ τετράγωνον τοῦ χρόνου δίδει τὸ διανυθὲν διάστημα (ἐνταῦθα τὸ 10), εἶναι, ὅπως γνωρίζομεν, ἴσος πρὸς τὸ ἥμισυ τῆς ἐπιταχύνσεως (βλ. § 12).

Εἰς τὴν ἐλευθέραν πτῶσιν οὗτος εἶναι $1/2g$, ὅπου g εἶναι ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς βαρύτητος. Ἄρα ὁ τύπος, ὁ ὁποῖος δίδει τὸ διάστημα τὸ διανυθὲν εἰς χρόνον t ὑπὸ σώματος πίπτοντος θὰ εἶναι:

$$s=\frac{1}{2}gt^2$$

Β′) ***Ἐπαλήθευσις τῶν σχέσεων μεταξὺ δυνάμεως καὶ ἐπιταχύνσεως.*** Εἴδομεν προηγουμένως (§ 56) ὅτι ὁ λόγος τῶν δυνάμεων, αἱ ὁποῖαι ἐνεργοῦν ἐπί τινος σώματος, πρὸς τὰς ἐπιταχύνσεις, τὰς ὁποίας προσδίδουν εἰς αὐτό, εἶναι σταθερὸς ἀριθμὸς καὶ παριστᾷ τὴν μᾶζαν τοῦ σώματος.

Τοῦτο δυνάμεθα νὰ ἐπαληθεύσωμεν διὰ τῆς μηχανῆς Atwood.

Εἰς τὸ πείραμα τῆς προηγουμένης παραγράφου ἡ κινητήριος δύναμις εἶναι τὸ βάρος τοῦ σώματος μ, τὸ ὁποῖον ἂς καλέσωμεν 6, ἡ δὲ ἐπιτάχυνσις εἶναι 20. Ἐκτελοῦμεν τὸ αὐτὸ πείραμα μὲ τὰς αὐτὰς μάζας Μ καὶ Μ′, ἀλλὰ μὲ διπλάσιον πρόσθετον βάρος. Ἡ κινητήριος δύναμις εἶναι τώρα 26. [Ἐπειδὴ ἡ μᾶζα τοῦ προσθέτου βάρους εἶναι μικρὰ σχετικῶς πρὸς τὰς Μ καὶ Μ′ δυνάμεθα νὰ θεωρήσωμεν κατὰ προσέγγισιν ὅτι ἡ ὅλη κινουμένη μᾶζα δὲν μετεβλήθη]. Μετροῦμεν τὴν ἐπιτάχυνσιν καὶ εὑρίσκομεν αὐτὴν ἴσην πρὸς 40. Ἐὰν ἐπαναλάβωμεν ὁμοίως τὸ πείραμα μὲ βάρος 36, εὑρίσκομεν ἐπιτάχυνσιν 60. Οἱ λόγοι $\frac{6}{20}=\frac{26}{40}=\frac{36}{60}$ βλέπομεν ὅτι εἶναι σταθερὸς ἀριθμός.

Γ′) ***Νόμος τῶν ταχυτήτων.*** Τοποθετοῦμεν τὸν δακτύλιον δ′ εἰς τὴν διαίρεσιν 10. Ὅταν τὸ πῖπτον σῶμα μετὰ μίαν χρονικὴν μονάδα φθάσῃ εἰς τὸν δακτύλιον, ἀφήνει τὸ πρόσθετον βάρος μ καὶ ἐξακολουθεῖ κινούμενον.

᾿Αφοῦ ἔπαυσε νὰ ἐπιδρᾷ ἡ δύναμις, ἡ ὁποία προὐκάλεσε τὴν πτῶσιν (τὸ βάρος τοῦ μ), ἡ κίνησις θὰ ἐξακολουθῇ πλέον ἰσοταχῶς, κατὰ τὸ ἀξίωμα τῆς ἀδρανείας (βλ. §). Ἡ δὲ ταχύτης τῆς κινήσεως εἶναι ἐκείνη, τὴν ὁποίαν εἶχε τὸ κινητὸν τὴν στιγμήν, καθ᾿ ἣν ἔπαυσεν ἐνεργοῦσα ἡ δύναμις. Διὰ νὰ εὕρωμεν ταύτην ἐργαζόμεθα ὡς ἑξῆς:

Τοποθετοῦμεν τὸν δίσκον δοκιμαστικῶς εἰς τοιαύτην θέσιν, ὥστε τὸ σῶμα Μ νὰ φθάσῃ αὐτὸν εἰς τὸ τέλος τῆς *δευτέρας* χρονικῆς μονάδος. Ἔστω ὅτι τοῦτο ἐπιτυγχάνεται εἰς τὴν διαίρεσιν 30. Τότε τὸ κινητὸν εἰς μίαν χρονικὴν μονάδα διήνυσε τὸ διάστημα $20=30-10$. Ἄρα εἰς τὸ τέλος τῆς πρώτης χρονικῆς μονάδος, ὅτε διήρχετο διὰ τοῦ δακτυλίου, εἶχεν ἀποκτήσει ταχύτητα *20 διαιρέσεις τῆς κλίμακος κατὰ μίαν χρονικὴν μονάδα.*

Διὰ νὰ εὕρωμεν τὴν ταχύτητα, τὴν ὁποίαν θὰ ἔχῃ ἀποκτήσει εἰς τὸ τέλος τῆς δευτέρας χρονικῆς μονάδος, τοποθετοῦμεν τὸν δακτύλιον εἰς τὴν διαίρεσιν 40, ὅπου γνωρίζομεν ἐκ τοῦ προηγουμένου πειράματος ὅτι φθάνει τὸ βάρος εἰς τὸ τέλος τῆς δευτέρας χρονικῆς μονάδος. Ἐκεῖθεν κινεῖται πλέον μόνη ἡ μᾶζα Μ ἄνευ προσθέτου βάρους ἰσοταχῶς, παρατηροῦμεν δὲ ὅτι εἰς τὸ τέλος τῆς τρίτης χρονικῆς μονάδος συναντᾷ τὸν δίσκον, ἂν θέσωμεν αὐτὸν εἰς τὴν θέσιν 80. Ἄρα κατὰ τὴν τρίτην χρονικὴν μονάδα διήνυσε τὸ διάστημα $40=80-40$· ἐπομένως τὸ τέλος τῆς δευτέρας χρονικῆς μονάδος εἶχεν ἀποκτήσει ταχύτητα 40.

Ἂν τοποθετήσωμεν τὸν μὲν δακτύλιον εἰς τὴν διαίρεσιν 90, ὅπου φθάνει τὸ κινητὸν εἰς τὸ τέλος τῆς τρίτης χρονικῆς μονάδος, τὸν δὲ δίσκον εἰς τὴν διαίρεσιν 150, παρατηροῦμεν ὅτι τὸ διάστημα $150-90=60$ διανύεται εἰς μίαν χρονικὴν μονάδα. Ἄρα ἡ ταχύτης εἰς τὸ τέλος τῆς τρίτης χρονικῆς μονάδος εἶναι 60. Συνοψίζομεν τὰ ἀποτελέσματα τοῦ πειράματος εἰς τὸν κατωτέρω πίνακα:

Εἰς	τὸ	τέλος	τῆς 1	χρονικῆς	μονάδος	ἡ ταχύτης	τοῦ	κιν.	εἶναι 20.
»	»	»	» 2	»	»	»	»	»	$40=20\times2$
»	»	»	» 3	»	»	»	»	»	$60=20\times3$

ἤτοι *ἡ ταχύτης, τὴν ὁποίαν ἀποκτᾷ σῶμά τι κινούμενον ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς βαρύτητος εἶναι ἀνάλογος τοῦ χρόνου, κατὰ τὸν ὁποῖον διήρκεσεν ἡ κίνησις.*

Δίδεται ἑπομένως ὑπὸ τῆς σχέσεως $v=\gamma t$, ὅπου v ἡ ταχύτης, t ὁ χρόνος καὶ γ ἡ ἐπιτάχυνσις

Ὥστε *ἡ πτῶσις εἶναι κίνησις ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένη*. Ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς πτώσεως εἶναι ἡ αὐτὴ δι᾽ ὅλα τὰ σώματα, ὡς εἴδομεν καὶ εἰς τὸ πείραμα τοῦ σωλῆνος τοῦ Νεύτωνος. Εἰς τὸ πείραμά μας εὑρέθη ἡ ἐπιτάχυνσις ἴση πρὸς 20 διαιρέσεις τῆς κλίμακος κατὰ μίαν χρονικὴν μονάδα.

Εἰς τὴν ἐλευθέραν πτῶσιν ἡ ἐπιτάχυνσις σημειοῦται διὰ g καὶ εἶναι περίπου $9,80 \frac{m}{sec^2}$ δηλ. παντὸς σώματος πίπτοντος ἐλευθέρως αὐξάνεται *ἀνὰ πᾶν δευτερόλεπτον* ἡ ταχύτης κατὰ 9,80 μέτρα εἰς τὸ δευτερόλεπτον.

Ἡ ἐπιτάχυνσις εἰς τὴν ἐλευθέραν πτῶσιν μετρεῖται διὰ τοῦ ἐκκρεμοῦς, τὸ ὁποῖον θὰ γνωρίσωμεν βραδύτερον. Αἱ μετρήσεις εἰς διαφόρους τόπους ἔδειξαν ὅτι τὸ g δὲν εἶναι σταθερόν, ἀλλὰ παρουσιάζει μικρὰς διαφορὰς ἀπὸ τόπου εἰς τόπον. Εἰδικώτερον τὸ g αὐξάνεται ἐκ τοῦ ἰσημερινοῦ πρὸς τοὺς πόλους. Εἰς τὰς περὶ τὸν ἰσημερινὸν χώρας ἡ τιμὴ αὐτοῦ εἶναι περίπου 9,78, εἰς δὲ τὰς περὶ τὸν πόλον 9,83. Ἡ γειτνίασις ὀρέων ἐπιδρᾷ ἐπὶ τῆς τιμῆς τοῦ g. Τοὺς λόγους τῶν μεταβολῶν τούτων θὰ γνωρίσωμεν βραδύτερον εἰς τὸ περὶ παγκοσμίου ἕλξεως κεφάλαιον.

66. Κίνησις σώματος ἔχοντος ἀρχικὴν ταχύτητα. Ἕως τώρα ἐξητάσαμεν τὴν κίνησιν τῶν σωμάτων, τὰ ὁποῖα ἀφήνονται ἐλεύθερα νὰ πέσουν χωρὶς ἀρχικὴν ταχύτητα. Τώρα θὰ προχωρήσωμεν εἰς τὴν ἐξέτασιν κινήσεων, αἱ ὁποῖαι γίνονται ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς βαρύτητος καὶ ἀρχικῆς ταχύτητος.

67. Τὸ σῶμα ἔχει ἀρχικὴν ταχύτητα v_0 διευθυνομένην πρὸς τὰ κάτω. Δηλ. ἀντὶ νὰ *ἀφήσωμεν* ἁπλῶς τὸ σῶμα νὰ πέσῃ, ὁπότε θὰ *ἀποκτήσῃ* ταχύτητα ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς βαρύτητος, δίδομεν εἰς αὐτὸ ἀρχικὴν ὤθησιν οὕτως, ὥστε, τὴν στιγμὴν κατὰ τὴν ὁποίαν ἀρχίζομεν νὰ παρατηροῦμεν τὴν κίνησιν (χρόνος $t=0$), ἔχει ἤδη ἀρχικὴν ταχύτητα πρὸς τὰ κάτω ἴσην πρὸς v_0. Μετὰ πάροδον ἑνὸς δευτερολέπτου θὰ ἔχῃ ἀποκτήσει ἐκ τῆς βαρύτητος ταχύτητα g, δηλ. εἶναι:

$$\text{εἰς } t=0 \qquad v=v_0$$

Μετὰ 1 δλ. ἡ ὅλη ταχύτης τοῦ κιν. εἶναι $v_1 = v_0 + g$

» 2 » » » » » $v_2 = v_0 + 2g$

» 3 » » » » » $v_3 = v_0 + 3g$

καὶ γενικῶς μετὰ t δλ. » » » $vt = v_0 + tg$

ἐνῷ, ἂν ἔπιπτε χωρὶς ἀρχικὴν ταχύτητα, μετὰ χρόνον t θὰ εἶχε ταχύτητα μόνον gt. Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην ἡ ἐξίσωσις ἡ ὁποία δίδει τὸ διανυθὲν διάστημα εἶναι :

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2,$$

ἔνθα v_0 εἶναι ἡ ἀρχικὴ ταχύτης.

Παράδειγμα : Σῶμα ρίπτεται ἀπὸ ὕψους 25 μέτρων μὲ ἀρχικὴν ταχύτητα 2 μέτρων κατὰ δευτερόλεπτον. Μετὰ πόσον χρόνον θὰ φθάσῃ τὸ ἔδαφος ;

Λύομεν τὴν προηγουμένην ἐξίσωσιν ὡς πρὸς t καὶ ἔχομεν :

$$t = \frac{-v_0 \pm \sqrt{v_0^{\,2} + 2\,gs}}{g}$$

$$= \frac{-2 \pm \sqrt{4 + 2 \times 9{,}8 \times 25}}{9{,}8} = 2{,}14 \text{ δλ.}$$

ἂν ἔπιπτε ἄνευ ἀρχικῆς ταχύτητος θὰ ἐχρειάζετο χρόνον

$$t = \sqrt{\frac{2s}{g}} = \sqrt{\frac{50}{9{,}8}} = 2{,}\ 26 \text{ δλ.}$$

68. Τὸ σῶμα ἔχει ἀρχικὴν κατακόρυφον ταχύτητα πρὸς τὰ ἄνω. Ἐὰν ρίψωμεν σῶμά τι πρὸς τὰ ἄνω μὲ ἀρχικὴν ταχύτητα v_0, ἐπ' αὐτοῦ θὰ ἐπιδρᾷ καὶ ἡ βαρύτης, ἡ ὁποία τείνει νὰ κινήσῃ αὐτὸ ἀντιθέτως πρὸς τὰ κάτω. Ἀποτέλεσμα τῆς ἐνεργείας ταύτης τῆς βαρύτητος εἶναι ἡ ἐλάττωσις τῆς ταχύτητος v_0 εἰς ἕκαστον δευτερόλεπτον κατὰ τὸ ποσὸν g. Ἑπομένως :

εἰς τὸ τέλος τοῦ 1 δευτερολέπτου θὰ ἔχῃ τὸ κιν. ταχ. $v_1 = v_0 - 1g$

» » » » 2 » » » » $v_2 = v_0 - 2g$

» » » » 3 » » » » $v_3 = v_0 - 3g$

» » » » t » » » » $v_t = v_0 - tg$

Ἡ κίνησις εἶναι ἑπομένως *ὁμαλῶς ἐπιβραδυνομένη* καὶ ἡ ἐπιβράδυνσις ἴση πρὸς g. Ὅταν ἡ ἐκ τῆς βαρύτητος ἐπιβράδυνσις γίνῃ ἴση μὲ τὴν ἀρχικὴν πρὸς τὰ ἄνω ταχύτητα, ὅταν δηλαδὴ $v_0 = gt$, τότε ἡ ταχύτης τοῦ κινητοῦ θὰ μηδενισθῇ. Διὰ νὰ ἴδωμεν πότε θὰ γίνῃ τοῦτο, λύομεν τὴν προηγουμένην σχέσιν ὡς προς τὸν χρόνον καὶ ἔχομεν $t = \frac{v_0}{g}$ (1) Τὴν στιγμὴν ταύτην τὸ σῶμα θὰ παύσῃ πλέον νὰ ἀνέρχεται καὶ θὰ ἀρχίσῃ νὰ πίπτῃ ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς βαρύτητος. Τὸ ὕψος, εἰς τὸ ὁποῖον ἔφθασε τὸ κινητόν, δηλ. τὸ διάστημα, τὸ ὁποῖον διήνυσε, ἰσοῦται μέ:

$$x = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2 \quad (2)$$

Παράδειγμα: Σῶμά τι ρίπτεται πρὸς τὰ ἄνω μὲ ἀρχικὴν ταχύτητα $50 \frac{m}{sec}$. Μετὰ πόσον χρόνον θὰ παύσῃ ἀνερχόμενον καὶ εἰς ποῖον ὕψος θὰ φθάσῃ;

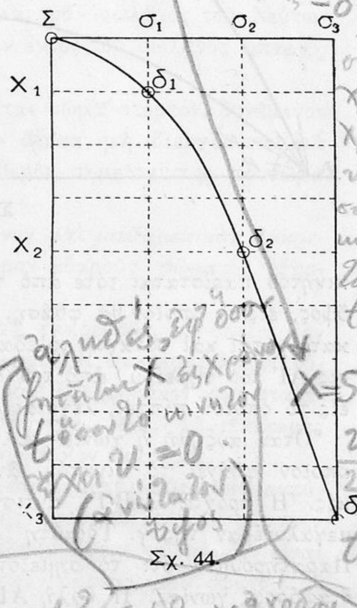
Ἐκ τῆς σχ. (1) εὑρίσκομεν πρῶτον τὸν χρόνον

$$t = \frac{50}{9,80} = 5,1 \text{ δλ.}$$

Μετὰ 5,1 δλ. θὰ παύσῃ νὰ ἀνέρχεται καὶ θὰ ἀρχίσῃ νὰ κατέρχεται. Διὰ νὰ εὕρωμεν τὸ ὕψος, εἰς τὸ ὁποῖον θὰ φθάσῃ, ἀντικαθιστῶμεν τὴν τιμὴν ταύτην τοῦ t εἰς τὴν ἐξ (2) καὶ ἔχομεν:

$$x = 50 \times 5,1 - \frac{1}{2} \times 9,8 \times 5,1^2 = 127,6 \text{ m.}$$

69. Τὸ σῶμα ρίπτεται ὁριζοντίως μὲ ἀρχικὴν ταχύτητα. Τὴν τροχιὰν τοῦ κινητοῦ εὑρίσκομεν εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην εὐκόλως γραφικῶς ὡς ἑξῆς: Ὑποθέτομεν ὅτι ἀρχικῶς τὸ κινητὸν (σχ. 44) εὑρίσκεται εἰς τὴν θέσιν Σ καὶ τοῦ δίδεται μία ὁριζοντία ὤθησις. Ἐὰν ἐκινεῖτο μόνον ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς ὠθήσεως ταύτης, θὰ διέγραφεν ὁριζοντίαν τροχιὰν μὲ ὁμαλὴν ταχύτητα. Δηλ. μετὰ 1 δλ. θὰ εὑρίσκετο π. χ. εἰς σ_1, μετὰ 2 δλ. εἰς σ_2, μετὰ 3 δλ. εἰς σ_3 κ. ο. κ. Τὰ διαστήματα $\Sigma\sigma_1$, $\sigma_1\sigma_2$, $\sigma_2\sigma_3$ κλπ. εἶναι ἴσα πρὸς ἄλληλα. Συγχρόνως ὅμως ἐνεργεῖ ἐπὶ τοῦ κινητοῦ καὶ ἡ βαρύτης. Ἐὰν ἐνήργει μόνη ἡ βαρύτης, τὸ κινη-

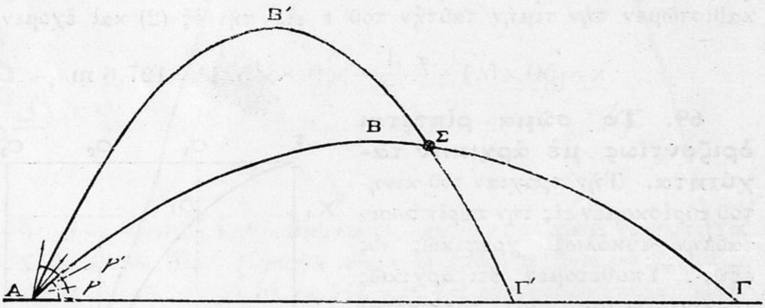


Σχ. 44.

τὸν θὰ ἐκινεῖτο κατακορύφως καὶ μετὰ 1 δλ. θὰ εὑρίσκετο π.χ. εἰς χ_1, μετὰ 2 δλ. εἰς $\chi_2=4\chi_1$, μετὰ 3 δλ. εἰς $\chi_3=9\chi_1$ κ.ο.κ.

Ἐπειδὴ ὅμως ἐνεργεῖ συγχρόνως καὶ ἡ ὁριζοντία ὤθησις, τὸ κινητὸν εἰς τὸ τέλος τοῦ 1 δλ. θὰ εὑρίσκεται εἰς τὸ σημεῖον δ_1, θὰ ἔχῃ διανύσει δηλ. ὁριζοντίως μὲν διάστημα ἴσον πρὸς $\Sigma\sigma_1$, ἀλλὰ καὶ κατακορύφως ἐπίσης τὸ διάστημα $\Sigma\chi_1$. Εἰς τὸ τέλος τοῦ 2 δλ. θὰ ἔχῃ διανύσει κατακορύφως μὲν διάστημα ἴσον πρὸς $4\times\Sigma\chi_1$, ὁριζοντίως δὲ ἴσον πρὸς $\Sigma\sigma_1$ πάλιν. Θὰ εὑρίσκεται ἑπομένως εἰς δ_2. Ὁμοίως σκεπτόμενοι εὑρίσκομεν ὅτι εἰς τὸ τέλος τοῦ 3 δευτερολέπτου θὰ εὑρίσκεται εἰς δ_3 κ.ο.κ.

70. Τὸ σῶμα ρίπτεται πλαγίως μὲ ἀρχικὴν ταχύτητα. Θὰ ἐξετάσωμεν τώρα τὴν περίπτωσιν, κατὰ τὴν ὁποίαν τὸ σῶμα ρίπτεται πλαγίως μὲ ἀρχικὴν ταχύτητα v_0, κατὰ διεύθυνσιν σχηματίζουσαν γωνίαν γ μὲ τὸν ὁρίζοντα (σχ. 45). Ἡ τροχιὰ τοῦ



Σχ. 45.

κινητοῦ παρίσταται τότε ἀπὸ τὴν καμπύλην ΑΒΓ. Τὸ μέγιστον ὕψος, εἰς τὸ ὁποῖον θὰ φθάσῃ, εἶναι τὸ Β. Ἐκεῖθεν ἀρχίζει νὰ κατέρχεται καὶ συναντᾷ τὸ ἔδαφος εἰς τὸ σημεῖον Γ. Ἡ ἀπόστασις ΑΓ τοῦ σημείου, ἀπὸ τοῦ ὁποίου ἐρρίφθη, μέχρι τοῦ σημείου εἰς τὸ ὁποῖον πίπτει, λέγεται *βεληνεκές*.

Ὅταν αὐξηθῇ ἡ γωνία βολῆς, αὐξάνεται καὶ τὸ ὕψος, εἰς τὸ ὁποῖον φθάνει τὸ κινητόν, ἀντιθέτως δὲ ἐλαττοῦται τὸ βεληνεκές. Ἡ τροχιὰ Α′Β′Γ′ ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν γωνίαν βολῆς γ′ μεγαλυτέραν τῆς γ. Τοιαύτη εἶναι ἡ κίνησις τῶν βλημάτων. Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ σημεῖον Σ εἶναι δυνατὸν νὰ βληθῇ ὑπὸ δύο διαφόρους γωνίας. Ἡ βολὴ ΑΒΓ ὑπὸ τὴν μικροτέραν γωνίαν λέγεται *εὐθύφορος*, ἡ δὲ ΑΒ'Γ' ὑπὸ τὴν μεγαλυτέραν γωνίαν *ἐπισκηπτική*.

71. Ἐπίδρασις τῆς ἀντιστάσεως τοῦ ἀέρος ἐπὶ τῆς κινήσεως τῶν σωμάτων. Ἡ τριβὴ τῶν κινουμένων σωμάτων μὲ τὸν ἀέρα προκαλεῖ ἀντίστασιν εἰς τὴν κίνησιν. Διὰ τοῦτο αἱ τροχιαὶ εἶναι εἰς τὴν πραγματικότητα κατά τι διάφοροι ἀπὸ τὰς ἀνωτέρω ἐκτεθείσας, αἱ ὁποῖαι ὑπετέθησαν διαγραφόμεναι εἰς τὸ κενόν.

Π.χ. εἰς σῶμα πῖπτον ἐντὸς τοῦ ἀέρος ἡ ταχύτης θὰ εἶναι μικροτέρα ἢ ἂν ἡ πτῶσις ἐγίνετο εἰς τὸ κενόν. Τὸ μέγιστον ὕψος, εἰς τὸ ὁποῖον θὰ φθάσῃ σῶμα ριπτόμενον πρὸς τὰ ἄνω, θὰ εἶναι μικρότερον τοῦ ὑπολογιζομένου. Ἐπίσης τὸ βεληνεκὲς τῶν βλημάτων καὶ τὸ ὕψος, εἰς τὸ ὁποῖον φθάνουν, εἶναι μικρότερα καὶ ἐν γένει ἡ τροχιὰ διάφορος παρὰ εἰς τὸ κενόν.

Ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀέρος εἰς τὴν κίνησιν τῶν σωμάτων ἐξαρτᾶται πολὺ ἀπὸ τὸ σχῆμα αὐτῶν. Ὅταν ἔχουν πολὺ μεγάλην ἐπιφάνειαν σχετικῶς πρὸς τὸ βάρος των (π.χ. πτίλα, τρίχες), ὑφίστανται πολὺ μεγάλην ἀντίστασιν καὶ ἡ κίνησίς των εἶναι βραδυτάτη. Ἕνεκα τούτου εἰς τὸ πείραμα τοῦ σωλῆνος τοῦ Νεύτωνος τὸ πτίλον πίπτει τελευταῖον, ὅταν ἐντὸς τοῦ σωλῆνος ὑπάρχῃ ἀήρ.

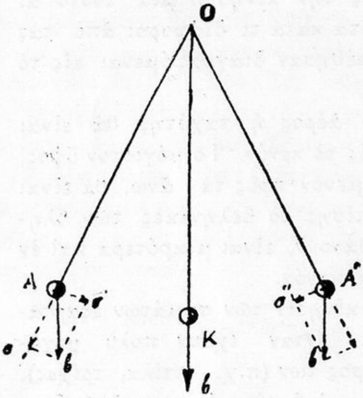
72. Ἐκκρεμές. Ἐκκρεμὲς καλεῖται σῶμα στερεόν, δυνάμενον νὰ στραφῇ περὶ σταθερὸν ὁριζόντιον ἄξονα, μὴ διερχόμενον διὰ τοῦ κέντρου βάρους του, ἢ περὶ σταθερὸν σημεῖον· π.χ. τὸ σῶμα τοῦ σχ. 20 εἶναι ἐκκρεμές.

Τὸ ἁπλούστατον ἐκκρεμές, καλούμενον καὶ *μαθηματικὸν ἐκκρεμές*, θὰ ἦτο ὑλικὸν σημεῖον εἰς τὸ ἄκρον ἀβαροῦς σώματος, ἐξηρτημένου ἀπὸ σταθεροῦ σημείου.

Πρὸς τὴν μορφὴν τοῦ μαθηματικοῦ ἐκκρεμοῦς, ἡ ὁποία δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ πραγματοποιηθῇ, πλησιάζει ἐκκρεμὲς ἀποτελούμενον ἀπὸ βαρὺ σφαιρίδιον πολὺ μικρόν, ἐξηρτημένον ἀπὸ σταθερὸν σημεῖον διὰ νήματος λεπτοτάτου (σχ. 46). Τὸ ἐκκρεμὲς τοῦτο θὰ ὀνομάζωμεν εἰς τὸ ἑξῆς μαθηματικὸν ἐκκρεμές.

73. Αἰωρήσεις τοῦ μαθηματικοῦ ἐκκρεμοῦς. Ἀπομακρύνομεν τὸ ἐκκρεμὲς ἀπὸ τὴν θέσιν τῆς ἰσορροπίας καὶ φέρομεν αὐτὸ εἰς τὴν θέσιν ΟΑ (σχ. 46). Εἰς τὴν θέσιν ταύτην δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ ἰσορροπήσῃ, διότι τὸ κέντρον βάρους τοῦ σφαιριδίου εὑρίσκεται ὑψηλότερον ἀπὸ τὴν θέσιν τῆς ἰσορροπίας καί, καθὼς γνωρίζομεν (§ 36), τὸ κέντρον βάρους τείνει πάντοτε νὰ κατέρχεται.

Τὴν δύναμιν, ἡ ὁποία ἀναγκάζει τὸ ἐκκρεμὲς νὰ κινηθῇ, εὑρίσκομεν ὡς ἑξῆς:



Σχ. 46.

Ἀναλύομεν τὸ βάρος β τοῦ σφαιριδίου εἰς δύο δυνάμεις, μίαν κατὰ τὴν προέκτασιν τοῦ νήματος τὴν σ καὶ ἄλλην κάθετον ἐπ' αὐτήν, τὴν σ΄. Ἐκ τούτων ἡ μὲν σ ἐξουδετεροῦται ὑπὸ τῆς ἀντιστάσεως τοῦ νήματος, ἡ δὲ σ΄ μετακινεῖ τὸ ἐκκρεμὲς κατὰ τὴν διεύθυνσίν της, μέχρις ὅτου τὸ φέρῃ εἰς τὴν θέσιν ΟΚ, ὅπου θὰ ἔπρεπε νὰ ἰσορροπήσῃ, διότι ἡ συνιστῶσα σ΄ μηδενίζεται. Ἕνεκα τῆς κεκτημένης ταχύτητος ὅμως ὑπερβαίνει τὴν θέσιν ταύτην τῆς ἰσορροπίας καὶ φθάνει εἰς τὴν ΟΑ΄, συμετρικὴν τῆς ΟΑ ὡς πρὸς τὴν εὐθεῖαν ΟΚ (δηλ. ἡ γωνία ΑΟΚ εἶναι ἴση πρὸς τὴν γωνίαν Α΄ΟΚ). Εἰς τὴν θέσιν ταύτην πάλιν ἀναλύεται τὸ βάρος κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ νήματος καὶ κατὰ τὴν κάθετον ἐπ' αὐτήν. Ἐκ τῆς συνιστώσης σ΄΄ προκαλεῖται κίνησις τοῦ ἐκκρεμοῦς πρὸς τὴν θέσιν ΟΚ. Ὅταν ὅμως φθάσῃ εἰς αὐτήν, τὴν ὑπερβαίνει πάλιν, ἔρχεται εἰς Α, ἐκεῖθεν πάλιν εἰς Α΄ κ.ο.κ.

Τὸ ἐκκρεμὲς λοιπὸν ἀπομακρυνθὲν ἐκ τῆς θέσεως τῆς ἰσορροπίας ἐκτελεῖ περιοδικὴν κίνησιν, τῆς ὁποίας τὸ πλάτος εἶναι ἡ γωνιακὴ ἀπόστασις τῶν δύο ἄκρων θέσεων ΑΑ΄. Μία ἁπλῆ μετάβασις τοῦ ἐκκρεμοῦς ἐκ τῆς θέσεως Α εἰς τὴν Α΄, ἢ καὶ ἀντιθέτως λέγεται ἁπλῆ *αἰώρησις*. Πλήρης αἰώρησις λέγεται ἡ μετάβασις ἐκ τῆς Α εἰς Α΄ καὶ ἐκ νέου ἐπιστροφὴ εἰς Α. Μία πλήρης αἰώρησις περιλαμβάνει δύο ἁπλᾶς.

Τὸ πλάτος τῶν διαδοχικῶν αἰωρήσεων δὲν μένει τὸ αὐτό, ἀλλὰ βαθμηδὸν ἐλαττοῦται, διότι ἕνεκα τῆς τριβῆς εἰς τὸ σημεῖον στηρίξεως καὶ τῆς ἀντιστάσεως τοῦ ἀέρος ἡ κεκτημένη ταχύτης τοῦ ἐκκρεμοῦς διαρκῶς ἐλαττοῦται καὶ τέλος μηδενίζεται καὶ τὸ ἐκκρεμὲς σταματᾷ εἰς τὴν θέσιν τῆς ἰσορροπίας. Ἡ αἰώρησις λέγεται διὰ τοῦτο *φθίνουσα*.

Τὸ ἐπίπεδον, τὸ διερχόμενον διὰ τῶν δύο ἄκρων θέσεων λέγεται *ἐπίπεδον αἰωρήσεως* τοῦ ἐκκρεμοῦς.

74. Νόμος τοῦ ἐκκρεμοῦς. *Αἱ αἰωρήσεις μικροῦ πλάτους εἶναι ἰσόχρονοι*, ὁ δὲ χρόνος T μιᾶς πλήρους αἰωρήσεως εἶναι:

$$T = 2\pi \times \sqrt{\frac{1}{g}}$$

ἔνθα 1. εἶναι τὸ μῆκος τοῦ ἐκκρεμοῦς, δηλ. ἡ ἀπόστασις τοῦ κέντρου βάρους τοῦ σφαιριδίου ἀπὸ τοῦ σημείου ἐξαρτήσεως, g ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς βαρύτητος καὶ π ὁ λόγος τῆς περιφερείας πρὸς τὴν διάμετρον. Ἕνεκα τῆς ἰδιότητός των ταύτης τὰ ἐκκρεμῆ χρησιμοποιοῦνται εἰς τὰ ὡρολόγια. Τῇ βοηθείᾳ ἐκκρεμοῦς, τοῦ ὁποίου γνωρίζομεν τὸ μῆκος καὶ τὸν χρόνον αἰωρήσεως, δυνάμεθα ἐκ τῆς ἀνωτέρω σχέσεως νὰ προσδιορίσωμεν τὸ g.

Ἐκ τοῦ τύπου τοῦ ἐκκρεμοῦς προκύπτουν τὰ ἑξῆς συμπεράσματα, τὰ ὁποῖα δεικνύονται δι᾽ ἁπλῶν πειραμάτων.

α) *Ὁ χρόνος αἰωρήσεως δὲν ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς ὕλης ἢ τοῦ βάρους τοῦ ἐκκρεμοῦς.*

Πράγματι ἂν κατασκευάσωμεν ἐκκρεμῆ ἐκ διαφόρων σωμάτων, ἀλλὰ τοῦ αὐτοῦ μήκους, εὑρίσκομεν δι᾽ ὅλα τὸν αὐτὸν χρόνον αἰωρήσεως.

β) *Οἱ χρόνοι τῶν αἰωρήσεων ἐκκρεμῶν διαφόρων μηκῶν εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τὴν τετραγωνικὴν ῥίζαν τῶν μηκῶν.*

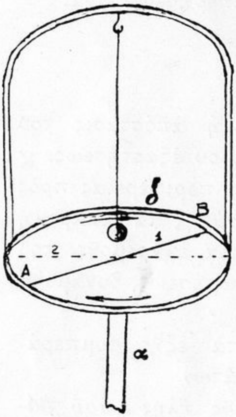
Ἂν κατασκευάσωμεν τρία ἐκκρεμῆ ἔχοντα μήκη 4, 9 καὶ 16 (π.χ. 40,90 καὶ 160 cm) καὶ μετρήσωμεν τοὺς χρόνους αἰωρήσεως, εὑρίσκομεν ὅτι ἔχουν τὴν σχέσιν τῶν ἀριθμῶν 2,3 καὶ 4, δηλ. ἂν διὰ τὸ πρῶτον εἶναι 2 δλ., διὰ τὸ δεύτερον θὰ εἶναι 3 καὶ διὰ τὸ τρίτον 4 δλ. Ἤτοι:

διὰ μήκη	χρόνος
4	2 δλ. $=\sqrt{4}$
9	3 $=\sqrt{9}$
16	4 $=\sqrt{16}$

γ) *Ὁ χρόνος αἰωρήσεως εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος τῆς τετραγωνικῆς ῥίζης τοῦ g.*

Διὰ τοῦτο τὸ αὐτὸ ἐκκρεμὲς εἰς σημεῖα τῆς γηΐνης ἐπιφανείας ὅπου ἡ τιμὴ τοῦ g εἶναι διάφορος, θὰ ἔχῃ διάφορον χρόνον αἰωρήσεως.

75. Σταθερότης τοῦ ἐπιπέδου αἰωρήσεως τοῦ ἐκκρεμοῦς. Πείραμα τοῦ Foucault. Ἡ διεύθυνσις τοῦ ἐπιπέδου αἰωρήσεως τοῦ ἐκκρεμοῦς παραμένει πάντοτε ἡ αὐτὴ καὶ ἂν ἀκόμη τὸ σημεῖον στηρίξεως τοῦ ἐκκρεμοῦς στρέφεται. Τοῦτο δεικνύεται πειραματικῶς διὰ τῆς συσκευῆς τοῦ σχ. 40, ἡ ὁποία ἀποτελεῖται ἐκ τοῦ δίσκου δ, φέροντος τόξον τ, ἐκ τοῦ ὁποίου ἐξαρτᾶται ἐκκρεμές. Τῇ βοηθείᾳ του ἄξονος α εἶναι δυνατὸν νὰ προσαρμοσθῇ ἡ συσκευὴ εἰς τὴν φυγοκεντρικὴν μηχανὴν (βλ. § 77) καὶ νὰ τεθῇ εἰς περιστροφικὴν κίνησιν,



Σχ. 47,

Θέτομεν τὸ ἐκκρεμὲς εἰς αἰώρησιν καὶ σημειοῦμεν ἐπὶ τοῦ δίσκου τὴν διεύθυνσιν τοῦ ἐπιπέδου αἰωρήσεως, ἔστω δὲ αὕτη ἡ AB. Ἂν θέσωμεν ἤδη τὴν συσκευὴν εἰς περιστροφικὴν κίνησιν κατὰ τὴν φορὰν τοῦ βέλους, στρέφεται βεβαίως καὶ τὸ σημεῖον ἐξαρτήσεως τοῦ ἐκκρεμοῦς.

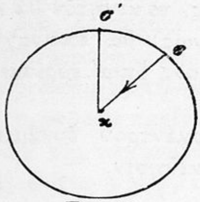
Ἐὰν καὶ τὸ ἐπίπεδον αἰωρήσεως τοῦ ἐκκρεμοῦς ἐστρέφετο ὅπως καὶ ὁ δίσκος, ἡ διεύθυνσις αὐτοῦ θὰ ἐδίδετο πάντοτε ὑπὸ τῆς εὐθείας AB. Δὲν συμβαίνει ὅμως τοῦτο, διότι μετά τινα χρόνον ἡ εὐθεῖα AB εὑρίσκεται εἰς τὴν θέσιν 2, ἐνῷ τὸ ἐπίπεδον αἰωρήσεως διατηρεῖ τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν 1.

Ἐὰν συγκρίνωμεν τὴν νέαν θέσιν τοῦ ἐπιπέδου αἰωρήσεως ὡς πρὸς τὴν εὐθεῖαν AB πρὸς τὴν ἀρχικήν, βλέπομεν ὅτι τὸ ἐπίπεδον αἰωρήσεως *φαίνεται* στρεφόμενον μὲ φορὰν ἀντίθετον τοῦ δίσκου.

Ἡ ἰδιότης αὕτη τοῦ ἐκκρεμοῦς δύναται νὰ χρησιμεύσῃ διὰ νὰ δειχθῇ ἂν τὸ ὑπὸ τὴν σφαῖραν τοῦ ἐκκρεμοῦς ἔδαφος στρέφεται. Οὕτως ἔδειξεν ὁ Foucault τὴν περιστροφὴν τῆς Γῆς δι᾽ ἐκκρεμοῦς, τὸ ὁποῖον ἐξήρτησεν ἐκ τῆς ὀροφῆς τοῦ Πανθέου τῶν Παρισίων. Ἡ διεύθυνσις τοῦ ἐπιπέδου αἰωρήσεως ἐγράφετο ἐπὶ σωροῦ ἄμμου δι᾽ ἀκίδος προσηρμοσμένης ἐπὶ τῆς σφαίρας τοῦ ἐκκρεμοῦς. Μετά τινα χρόνον παρετήρησεν ὁ Foucault ὅτι ἡ διεύθυνσις τοῦ ἐπιπέδου αἰωρήσεως εἶχε στραφῆ πρὸς Δυσμάς, ὅπερ δεικνύει, ὅπως γνωρίζομεν, ὅτι πράγματι ἡ Γῆ ἐστράφη πρὸς Ἀνατολάς.

Τὰ ἐκκρεμῆ ἐκτὸς τῆς ἐφαρμογῆς αὐτῶν εἰς τὰ ὡρολόγια χρησιμοποιοῦνται ἐπίσης καὶ εἰς τὰ ἐπιστημονικὰ ἐργαστήρια καὶ κυρίως διὰ τὸν προσδιορισμὸν τῆς ἐπιταχύνσεως τῆς βαρύτητος εἴς τινα τόπον,

76. Φυγόκεντρος δύναμις. Διὰ νὰ κινῆται σῶμά τι ἐπὶ κυκλικῆς τροχιᾶς, πρέπει νὰ ἐνεργῇ ἐπ' αὐτοῦ διαρκῶς κάποια δύναμις, διότι, ὡς γνωρίζομεν, ἀφ' ἧς στιγμῆς θὰ ἔπαυεν ἐνεργοῦσα ἡ κινητήριος δύναμις, ἡ κίνησις θὰ ἐξηκολούθει εὐθυγράμμως, καὶ ὁμαλῶς συμφώνως πρὸς τὸ ἀξίωμα τῆς ἀδρανείας.

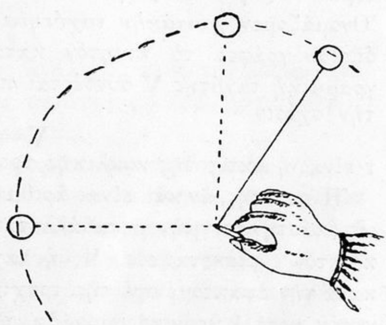


Σχ(48.

Ἡ δύναμις, ἡ ὁποία εἰς πᾶσαν στιγμὴν ἀναγκάζει τὸ κινητὸν νὰ παρεκκλίνῃ τῆς εὐθείας τροχιᾶς διευθύνεται κατὰ τὴν ἀκτῖνα τῆς τροχιᾶς καὶ ἔχει φορὰν ἐκ τῆς περιφερείας πρὸς τὸ κέντρον, καλεῖται δὲ *κεντρομόλος*. Ὅταν π.χ. τὸ κινητὸν εὑρίσκεται εἰς σ (σχ. 48), ἡ κεντρομόλος δύναμις διευθύνεται κατὰ τὴν σκ καὶ ἔχει τὴν φορὰν τοῦ βέλους. Εἰς σ' διευθύνεται κατὰ τὴν σ'κ.

Συμφώνως τώρα πρὸς τὸ ἀξίωμα τῆς δράσεως καὶ ἀντιδράσεως ἀναπτύσσεται ἐπὶ τοῦ κινητοῦ δύναμις ἴση καὶ ἀντίθετος πρὸς τὴν κεντρομόλον, καλουμένη *φυγόκεντρος*.. Συνεπείᾳ τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως τὸ κινητὸν τείνει νὰ ἀπομακρυνθῇ ἀπὸ τοῦ κέντρου καὶ νὰ παρεκκλίνῃ τῆς τροχιᾶς του.

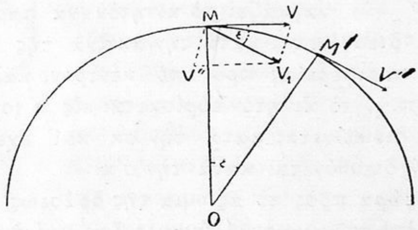
Ἡ κεντρομόλος δύναμις δύναται διαφοροτρόπως νὰ ἐξασκῆται. π. χ. εἰς σῶμα δεδεμένον διὰ νήματος καὶ περιστρεφόμενον διὰ τῆς χειρός μας (σχ. 49) ἡ κεντρομόλος δύναμις ἀσκεῖται ὑπὸ τῆς χειρὸς διὰ μέσου τοῦ νήματος. Ἡ ὕπαρξις τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως καθίσταται ἐντκῦθα καταφανὴς ἐκ τῆς τάσεως τοῦ νήματος, εἶναι δὲ αἰσθητὴ καὶ ὡς ἕλξις ἐπὶ τῆς χειρός μας. Ἐὰν τὸ περιστρεφόμενον σῶμα εἶναι δοχεῖον πλῆρες ὕδατος καὶ ἡ περιστροφὴ γίνεται ἐν ἐπιπέδῳ κατακορύφῳ, παρατηροῦμεν ὅτι καὶ ὅταν


Σχ. 49.

τὸ δοχεῖον διέρχεται διὰ τοῦ ἀνωτάτου σημείου τῆς τροχιᾶς, ὁπότε εἶναι ἀνεστραμμένον, τὸ ὕδωρ δὲν χύνεται, διότι τὸ βάρος του ἰσορροπεῖται ὑπὸ τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως. Ὅταν ὁ σιδηρόδρομος κινῆται ἐπὶ κυκλικῆς τροχιᾶς, ἡ κεντρομόλος δύναμις παρέχεται ὑπὸ τῆς ἀντιστάσεως τῆς σιδηροτροχιᾶς.

Ἐὰν παύσῃ ἐνεργοῦσα ἡ κεντρομόλος δύναμις, τὸ κινητὸν θὰ κινηθῇ πλέον εὐθυγράμμως, καὶ ὁμαλῶς, ἑπομένως θὰ ἐκτιναχθῇ κατὰ τὴν ἐφαπτομένην τῆς τροχιᾶς εἰς τὸ σημεῖον, ὅπου εὑρίσκετο ὅταν ἔπαυσεν ἡ ἐπίδρασις τῆς κεντρομόλου.

Διὰ νὰ ὑπολογίσωμεν τὴν ἔντασιν τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως πρέπει πρῶτον νὰ μελετήσωμεν τὴν κυκλικὴν κίνησιν.



Σχ. 50.

77. Κυκλικὴ κίνησις ὁμαλή. Ὑποθέσωμεν ὅτι ὑλικὸν σημεῖον Σ κινεῖται ἐπὶ κυκλικῆς τροχιᾶς (σχ. 50) μὲ ταχύτητα σταθερὰν v. (δηλ. εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου διανύει τόξον μήκους v). Ὀνομάζομεν *γωνιακὴν ταχύτητα* τοῦ κινητοῦ τὴν γωνίαν ε, τὴν ὁποίαν γράφει τὸ κινητὸν κατὰ τὴν μονάδα τοῦ χρόνου. Ἡ γραμμικὴ ταχύτης V συνδέεται πρὸς τὴν γωνιακὴν ταχύτητα ε μὲ τὴν σχέσιν

$$V = r\varepsilon \quad (1)$$

r εἶναι ἡ ἀκτὶς τῆς κυκλικῆς τροχιᾶς.

Ἡ ταχύτης, ἂν καὶ εἶναι ἀριθμητικῶς πάντοτε ἡ αὐτή, ἐν τούτοις εἰς ἑκάστην στιγμὴν μεταβάλλεται κατὰ διεύθυνσιν, π.χ. Ὅταν τὸ κινητὸν εὑρίσκεται εἰς M, ἡ ταχύτης ἔχει τὴν διεύθυνσιν MV κατὰ τὴν ἐφαπτομένην τῆς τροχιᾶς εἰς τὸ σημεῖον M. Ὅταν τὸ κινητὸν μετὰ 1 χρονικὴν μονάδα φθάσῃ εἰς M′ ἡ ταχύτης ἔχει τὴν διεύθυνσιν M V′, τῆς ἐφαπτομένης τῆς τροχιᾶς εἰς τὸ σημεῖον M′.

Ἐκ τοῦ M καὶ παραλλήλως πρὸς τὴν M′V′ φέρομεν τὴν MV_1 καὶ μὲ διαγώνιον αὐτὴν καὶ μίαν πλευρὰν τὴν MV γράφομεν παραλληλόγραμμον.

+

Ἡ ἄλλη πλευρὰ τοῦ παραλληλογράμμου MV″ ἔχει περίπου τὴν διεύθυνσιν τῆς ἀκτῖνος καὶ φορὰν ἐκ τῆς περιφερείας πρὸς τὸ κέντρον. Καθ᾽ ὅσον δὲ τὰ σημεῖα Μ Μ΄ εὑρίσκονται πλησιέστερον, ὅσον μικροτέρας διαφορὰς χρόνου δηλ. θεωροῦμεν, τόσον περισσότερον πλησιάζει πρὸς τὴν ἀκτῖνα ἡ διεύθυνσις τῆς MV″. Ὥστε ἡ νέα ταχύτης τοῦ κινητοῦ ἐμφανίζεται ὡς συνισταμένη τῆς ἀρχικῆς καὶ μιᾶς δευτέρας ταχύτητος $MV''=\gamma$. Μετεβλήθη δηλ. εἰς μίαν χρονικὴν μονάδα ἡ ταχύτης κατὰ τὸ τμῆμα MV″, τὸ ὁποῖον ἑπομένως παριστᾷ τὴν ἐπιτάχυνσιν τῆς κινήσεως. Ἡ ἐπιτάχυνσις εἰς τὴν παροῦσαν περίπτωσιν προκαλεῖ μεταβολὴν μόνον εἰς *τὴν διεύθυνσιν* τῆς ταχύτητος καὶ ὄχι καὶ εἰς τὴν ἀριθμητικήν της τιμήν.

Ἡ γωνία VMV_1 εἶναι ἴση μὲ τὴν ε (διότι αἱ πλευραὶ των εἶναι κάθετοι ἀνὰ δύο) ἄρα, ἂν λάβωμεν ἀντὶ τοῦ τόξου τὴν χορδήν του καὶ θέσωμεν $MV''=\gamma$ ἔχομεν $\gamma=\varepsilon V$ (2). Ἂν εἰς τὴν σχέσιν ταύτην θέσωμεν τὴν τιμὴν τοῦ ε ἐκ τῆς σχ. (1) προκύπτει:

$$\gamma=\frac{V^2}{r}$$

Πᾶσα γωνία ἰσοῦται μὲ τὸ λόγον τοῦ ἀντιστοίχου τόξου διὰ τῆς ἀκτῖνος
$\frac{\text{Τόξον ΜΜ}}{\text{ἀκτῖνα}}=\varepsilon$
ἢ $\varepsilon=\frac{v.t}{\text{ἀκτ.}}$
... ἡ γωνία ... ταχυτήτων = ... τόξον (χορδὴ) ... ἀκτῖνος. δηλ. $\varepsilon=\frac{\delta}{v}$
ἢ $\varepsilon=\frac{\delta}{v}$
$\gamma=\frac{\delta}{t}=v$ ...

78. Τιμὴ τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως.

Ἡ ἐπιτάχυνσις αὕτη προέρχεται ἐκ τῆς κεντρομόλου δυνάμεως.

Ἡ κεντρομόλος δύναμις καὶ συνεπῶς καὶ ἡ φυγόκεντρος ὡς ἴση πρὸς αὐτὴν ἔχει κατὰ τὰ γνωστὰ ἔντασιν ἴσην πρὸς τὴν μᾶζαν τοῦ κινουμένου ὑλικοῦ σημείου ἐπὶ τὴν ἐπιτάχυνσιν γ, τὴν ὁποίαν προκαλεῖ, εἶναι δηλ. $F=m\gamma$ ἤ, ἂν ἀντικαταστήσωμεν τὸ γ διὰ τῆς τιμῆς, τὴν ὁποίαν εὕρομεν εἰς τὴν προηγουμένην παράγραφον.

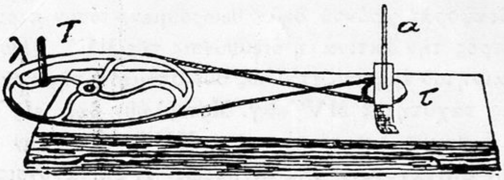
$$F=\frac{mv^2}{r}$$

ἤτοι: Ἡ φυγόκεντρος δύναμις εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν μᾶζαν τοῦ κινητοῦ καὶ πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ταχύτητος αὐτοῦ, ἀντιστρόφως δὲ ἀνάλογος πρὸς τὴν ἀκτῖνα τῆς τροχιᾶς.

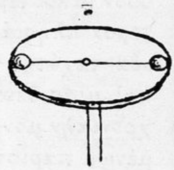
Αἱ σχέσεις αὗται δεικνύονται πειραματικῶς τῇ βοηθείᾳ τῆς *φυγοκεντρικῆς μηχανῆς* (σχ. 51). Αὕτη εἶναι σύστημα δύο τροχῶν Τ καὶ τ συνεζευγμένων διὰ λωρίου, ἐκ τῶν ὁποίων ὁ εἷς τίθεται διὰ στροφάλου λ εἰς περιστροφικὴν κίνησιν καὶ ἀναγκάζει καὶ τὸν ἄλλον νὰ περιστραφῇ. Ὁ δεύτερος τροχὸς φέρει ἄξονα α κοῖλον, εἰς τὸν ὁποῖον προσαρμόζονται διάφορα ὄργανα κατάλληλα διὰ τὴν κατάδειξιν τῶν νόμων τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως.

79. Πειράματα ἐκτελούμενα διὰ τῆς φυγοκεντρικῆς μηχανῆς.

α) Διὰ νὰ δειχθῇ ὅτι ἡ φυγόκεντρος δύναμις εἶναι μεγαλυτέρα εἰς σώματα μεγαλυτέρας μάζης (ὑπὸ τὴν αὐτὴν ταχύτητα καὶ ἀκτῖνα τροχιᾶς) χρησιμοποιεῖται ὁ δίσκος τ (σχ. 52), ὁ



Σχ. 51,

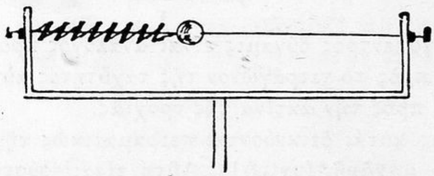


Σχ. 52.

ὁποῖος φέρει εἰς τὰ πέρατα μιᾶς διαμέτρου του δύο ὀπάς. Ἐπ' αὐτῶν τοποθετοῦνται δύο σφαῖραι ἀνίσου μάζης, π.χ. δύο ἰσομεγέθεις ἐκ διαφόρου ὑλικοῦ ἢ δύο ἐκ τοῦ αὐτοῦ ὑλικοῦ, ἀλλὰ ἀνισομεγέθεις. Ἡ ταχύτης τῶν δύο σφαιρῶν εἶναι προφανῶς ἡ αὐτή, καθὼς καὶ ἡ ἀκτὶς τῆς τροχιᾶς.

Ἂν προσαρμόσωμεν τὸν δίσκον εἰς τὴν φυγοκεντρικὴν μηχανὴν καὶ περιστρέψωμεν, παρατηροῦμεν ὅτι ἐκφεύγει τῆς τροχιᾶς της καὶ πίπτει πρῶτον ἡ σφαῖρα, ἡ ὁποία ἔχει τὴν μεγαλυτέραν μᾶζαν. Ἄρα αὕτη ὑφίσταται φυγόκεντρον δύναμιν ἰσχυροτέραν ἐκείνης, τὴν ὁποίαν ὑφίσταται ἡ ἄλλη. Ἐὰν περιστρέψωμεν ταχύτερον, ὥστε νὰ αὐξηθῇ ἡ φυγόκεντρος δύναμις, πίπτει καὶ ἡ ἄλλη σφαῖρα.

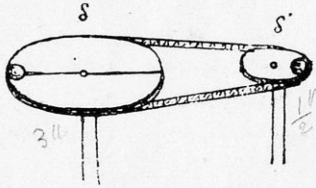
β) Διὰ νὰ δείξωμεν ὅτι ἡ φυγόκεντρος δύναμις αὐξάνεται μετὰ τῆς ταχύτητος, χρησιμοποιοῦμεν τὴν συσκευὴν τοῦ σχ. 53. Αὕτη



Σχ. 53

ἀποτελεῖται ἐξ ὀρθογωνίου πλαισίου Π, εἰς τὴν μίαν ὁριζοντίαν πλευρὰν τοῦ ὁποίου ὡς περὶ ἄξονα εἶναι τυλιγμένον ἐλατήριον δυναμομέτρου. Τὸ ἓν ἄκρον τοῦ ἐλατηρίου εἶναι ἀκλονήτως στερεωμένον εἰς τὸ πλαίσιον, τὸ δὲ ἄλλο συνδέεται μὲ σφαῖραν, δυναμένην νὰ κινηθῇ κατὰ μῆκος τοῦ ἄξονος αὐτοῦ. Τό ὅλον σύστημα δύναται νὰ περιστραφῇ περὶ κατακόρυφον ἄξονα. Ἂν θέσωμεν τὸ σύστημα εἰς περιστροφικὴν κίνησιν διὰ τῆς φυγοκεντρικῆς μηχανῆς, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ σφαῖρα ὠθεῖται λόγῳ τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως πέραν τοῦ ἄξονος περιστροφῆς καὶ τείνει τὸ ἐλατήριον τοῦ δυναμομέτρου. Ἡ τάσις δέ, τὴν ὁποίαν μετροῦμεν εἰς τὸ δυναμόμετρον, εἶναι τόσον μεγαλυτέρα, ὅσον ἡ περιστροφὴ εἶναι ταχυτέρα,

γ) Διὰ τὴν κατάδειξιν τοῦ ὅτι ἡ φυγόκεντρος δύναμις εἶναι μικροτέρα εἰς τροχιὰν μεγαλυτέρας ἀκτῖνος (διὰ τὴν αὐτὴν ~~ταχύτητα~~ καὶ μᾶζαν τοῦ κινητοῦ) χρησιμεύουν οἱ δύο δίσκοι δ καὶ δ′ (σχ. 54), φέροντες κατὰ τὴν περιφέρειαν ἐνσκαφάς, εἰς τὰς ὁποίας συγκρατοῦνται δύο σφαῖραι ἴσης μάζης. Ἡ ἀκτὶς τοῦ δ εἶναι μεγαλυτέρα τῆς τοῦ δ′. Ὁ εἷς ἐκ τῶν δίσκων προσαρμόζεται εἰς τὸν ἄξονα τῆς φυγοκεντρικῆς μηχανῆς, μεταδίδει δὲ τὴν περιστροφὴν εἰς τὸν ἕτερον τῇ βοηθείᾳ τοῦ ἱμάντος μ διερχομένου ἐξ αὔλακος τῶν περιφερειῶν.



Σχ. 54.

Ἡ ταχύτης τῶν σημείων τῆς περιφερείας εἶναι ἡ αὐτὴ καὶ διὰ τοὺς δύο δίσκους.

Ἂν θέσωμεν εἰς κίνησιν τὴν μηχανὴν μὲ ταχύτητα αὔξουσαν, παρατηροῦμεν ὅτι πίπτει πρῶτον ἡ σφαῖρα τοῦ μικροῦ δίσκου καὶ κατόπιν, ὅταν ἡ ταχύτης αὐξηθῇ ἀρκετά, ἡ τοῦ μεγάλου.

Ἑπομένως εἰς τὴν τροχιὰν τῆς μικροτέρας ἀκτῖνος ἀναπτύσεται μεγαλυτέρα φυγόκεντρος δύναμις παρὰ εἰς τὴν τροχιὰν τῆς μεγαλυτέρας ἀκτῖνος, ὅταν ἀμφότεραι διαγράφωνται μὲ τὴν αὐτὴν ταχύτητα.

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. Δύο σώματα ἔχοντα ἑκάτερον μᾶζαν 10gr κινοῦνται τὸ μὲν ἓν ἐπὶ κυκλικῆς τροχιᾶς ἀκτῖνος 4cm, τὸ δὲ ἄλλο ἐπὶ κυκλικῆς τροχιᾶς ἀκτῖνος 2cm μὲ ταχύτητα $60\frac{cm}{sec}$. Αἱ φυγόκεντροι δυνάμεις, εἰς τὰς ὁποίας ὑπόκεινται, εἶναι διὰ μὲν τὸ πρῶτον $F = \frac{10 \times 60^2}{4}$, διὰ δὲ τὸ δεύτερον

$$F' = \frac{10 \times 60^2}{2} = 2F$$

Ποιοτικ

Τὰ ἀνωτέρω ἐκτεθέντα πειράματα δεικνύουν μόνον τὰς ~~ποσοτι-~~κὰς σχέσεις μεταξὺ τῶν ποσῶν, τὰ ὁποῖα εἰσέρχονται εἰς τὸν τύπον τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως. Δεικνύουν δηλ. ἁπλῶς ὅτι ἡ φυγόκεντρος δύναμις αὐξάνεται, ὅταν αὐξηθῇ ἡ μᾶζα ἢ ἡ ταχύτης τοῦ κινητοῦ, καὶ ὅτι τοὐναντίον ἐλαττοῦται, ὅταν αὐξηθῇ ἡ ἀκτὶς τῆς τροχιᾶς. Διὰ νὰ εὕρωμεν τὰς ποσοτικὰς σχέσεις καὶ νὰ ἐπαληθεύσωμεν τὸν τύπον θὰ ἔπρεπε νὰ μετρήσωμεν τὰ ποσὰ ταῦτα.

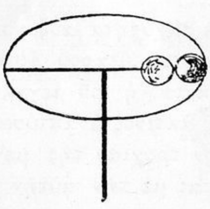
80. Σχέσις τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως πρὸς τὸν χρόνον περιστροφῆς. Ἡ ταχύτης v κινητοῦ, κινουμένου ἐπὶ κυκλικῆς τροχιᾶς ἰσοῦται μὲ τὸ πηλίκον τοῦ μήκους τῆς περιφερείας $2\pi r$ διὰ τοῦ χρόνου T μιᾶς περιστροφῆς, ἤτοι:

$$v = \frac{2\pi r}{T} \quad (1)$$

Ἂν ἀντικαταστήσωμεν τὴν τιμὴν ταύτην τοῦ v εἰς τὸν τύπον τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως ἔχομεν:

$$F = \frac{m}{r} \times \frac{4\pi^2 r^2}{T^2} = \frac{4\pi^2 m r}{T^2} \quad (2)$$

Ἐκ τοῦ τύπου τούτου φαίνεται ὅτι *διὰ τὸν αὐτὸν χρόνον περιστροφῆς ἡ φυγόκεντρος δύναμις εἶναι ἀνάλογος τῆς ἀκτῖνος*. Δηλ. μεταξὺ δύο κινητῶν, τὰ ὁποῖα κινοῦνται ἐπὶ κυκλικῶν τροχιῶν *διαφόρου ἀκτῖνος*, ἀλλὰ διαγράφουν ἀμφότερα μίαν πλήρη περιφέρειαν εἰς τὸν *αὐτὸν χρόνον*, μεγαλυτέραν, φυγόκεντρον δύναμιν ὑφίσταται ἐκεῖνο τὸ ὁποῖον κινεῖται ἐπὶ τῆς τροχιᾶς τῆς ἐχούσης τὴν μεγαλυτέραν ἀκτῖνα.



Σχ. 55.

Τοῦτο δεικνύεται διὰ τοῦ ἑπομένου πειράματος: Ὁ δίσκος δ (σχ. 55) φέρει εἰς δύο διαφόρους ἀποστάσεις ἀπὸ τοῦ κέντρου του δύο ἐνσκαφάς, ἐντὸς τῶν ὁποίων τίθενται δύο σφαῖραι τῆς αὐτῆς μάζης.

Ὅταν περιστρέφεται ὁ δίσκος, αἱ δύο σφαῖραι ἐκτελοῦν μίαν πλήρη περιστροφὴν (γωνίαν 2π) εἰς τὸν αὐτὸν χρόνον, ἔχουν δηλ. τὴν αὐτὴν *γωνιακὴν* ταχύτητα, ἀλλὰ διαγράφουν τροχιὰς διαφόρου ἀκτῖνος.

Ἡ φυγόκεντρος δύναμις θὰ εἶναι ἑπομένως μεγαλυτέρα εἰς τὴν μᾶλλον ἀπομεμακρυσμένην ἀπὸ τοῦ κέντρου, διὰ τοῦτο καὶ πίπτει αὕτη πρώτη.

Ὁ ἀνωτέρῳ νόμος δὲν ἀντιφάσκει πρὸς τὸν τρίτον νόμον, τῆς προηγουμένης παραγράφου, κατὰ τὸν ὁποῖον εἰς δύο τροχιὰς διαφόρου ἀκτῖνος ἡ φυγόκεντρος δύναμις εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος τῶν τροχιῶν. Διότι ὁ τρίτος νόμος ἰσχύει μόνον, ὅταν αἱ τροχιαὶ διαγράφωνται μὲ τὴν αὐτὴν ταχύτητα. Ἡ ταχύτης, μὲ τὴν ὁποίαν τὸ κινητὸν διαγράφει τὴν περιφέρειαν τοῦ κύκλου, λέγεται καὶ *γραμμικὴ* ταχύτης, πρὸς διάκρισιν ἀπὸ τὴν *γωνιακήν*, τὴν ὁποίαν ὡρίσαμεν ἀνωτέρω.

Εἰς τὸ ἀνωτέρω πείραμα αἱ δύο σφαῖραι ἔχουν μὲν τὴν *αὐτὴν γωνιακὴν* ταχύτητα, *ἀλλὰ διάφορον γραμμικήν*. Ἐὰν r_1 εἶναι ἡ ἀπόστασις τῆς μιᾶς σφαίρας ἀπὸ τὸ κέντρον καὶ r_2 τῆς ἄλλης, καὶ r_1 r_2 ἡ γραμμικὴ ταχύτης τῆς μὲν πρώτης εἶναι $\frac{2\pi r_1}{T}$ τῆς δὲ δευτέρας $\frac{2\pi r_2}{T}$ μεγαλυτέρα τῆς πρώτης.

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. Θεωρήσωμεν πάλιν τὰ δύο σώματα τοῦ παραδείγματος τῆς προηγουμένης παραγράφου, μάζης 10gr. ἕκαστον, στρεφόμενα ἐπὶ τροχιῶν ἀκτίνων 4cm τὸ ἓν καὶ 2cm τὸ ἄλλο, καὶ διαγράφοντα μίαν πλήρη περιφέρειαν εἰς 1 δευτερόλεπτον. Κατὰ τὴν σχέσιν (2) αἱ φυγόκεντροι δυνάμεις εἶναι διὰ μὲν τὸ πρῶτον,

$$F_1 = \frac{4\pi^2 \times 10 \times 4}{1}$$ διὰ δὲ τὸ δεύτερον

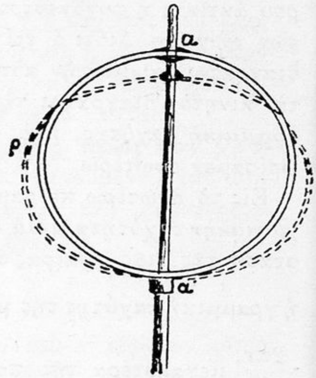
$$F_2 = \frac{4^2\pi \times 10 \times 2}{1} = \frac{1}{2} F_1$$

Ἀνάλογον πείραμα πρὸς τὸ προηγούμενον εἶναι καὶ τὸ ἑξῆς:

Διὰ τοῦ κυκλικοῦ ἐλάσματος τοῦ σχήμ. 56 διέρχεται ἄξων αα΄. Εἰς τὴν θέσιν α τὸ ἔλασμα εἶναι στερεωμένον ἐπὶ τοῦ ἄξονος, ἐνῷ εἰς τὴν α΄ φέρει ὀπὴν καὶ δύναται νὰ μετακινῆται ἐλευθέρως κατὰ μῆκος τοῦ ἄξονος. Ἂν τεθῇ τὸ ἔλασμα εἰς ταχεῖαν περιστροφικὴν κίνησιν, λαμβάνει τὴν μορφὴν τὴν παριστωμένην εἰς τὸ σχῆμα ὑπὸ τῆς στικτῆς γραμμῆς. Τὸ σχῆμα τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὴν ἑξῆς αἰτίαν:

Ἐπειδὴ ἡ γωνιακὴ ταχύτης ὅλων τῶν σημείων τοῦ ἐλάσματος εἶναι ἡ αὐτή, ἡ φυγόκεντρος δύναμις εἶναι μεγαλυτέρα εἰς τὰ σημεῖα τὰ διαγράφοντα τροχιὰν μεγαλυτέρας ἀκτῖνος. Διὰ τοῦτο τείνουν ταῦτα νὰ ἀπομακρυνθοῦν τοῦ ἄξονος περιστροφῆς περισσότερον τῶν ἄλλων καὶ ἐπέρχεται οὕτως ἡ παραμόρφωσις τοῦ ἀρχικοῦ σχήματος.

Τὸ πείραμα τοῦτο δίδει μίαν ποιοτικὴν ἐξήγησιν τοῦ σχήματος τῆς γῆς. Ὅταν ἀκόμη ἡ γῆ δὲν ἦτο ἐντελῶς στερεοποιημένη καὶ ἠδύνατο νὰ μεταβάλλῃ σχῆμα, ἔλαβε τὸ σχῆμα, τὸ ὁποῖον ἔχει σήμερον, ἐξωγκωμένον περὶ τὸν ἰσημερινὸν καὶ πεπιεσμένον εἰς τοὺς πόλους, συνεπείᾳ τῆς περιστροφῆς περὶ τὸν ἄξονά της.



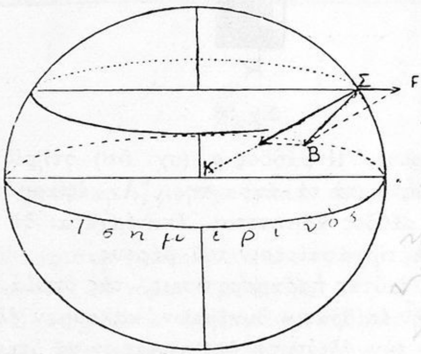
Σχ. 56.

81. Ἐφαρμογαὶ τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως. Ἡ φυγόκεντρος δύναμις χρησιμοποιεῖται πολλαχῶς εἰς τὴν πρᾶξιν π.χ. διὰ τὸν καθαρισμὸν ὑγρῶν, τὰ ὁποῖα εἶναι θολὰ ὡς ἐκ τῆς αἰωρήσεως ἐντὸς αὐτῶν στερεῶν σωματιδίων. Τὸ ὑγρὸν τίθεται ἐντὸς δοχείου, τὸ ὁποῖον τίθεται εἰς ταχεῖαν περιστροφικὴν κίνησιν. Λόγῳ τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως τὸ στερεὸν συσσωρεύεται εἰς τὸ βάθος τοῦ δοχείου καὶ μένει τὸ ὑγρὸν καθαρόν.

Φυγοκεντρικαὶ μηχαναὶ χρησιμοποιοῦνται ἐπίσης ὡς ξηραντήρια ὑφασμάτων. Τὸ ὕδωρ τῶν ὑφασμάτων, τὰ ὁποῖα τοποθετούμενα ἐντὸς καταλλήλων δοχείων τίθενται εἰς ταχεῖαν περιστροφικὴν κίνησιν, ἐκτινάσσεται διὰ τῶν ὀπῶν τῶν δοχείων καὶ συλλέγεται εἰς ἄλλα δοχεῖα, περιβάλλοντα τὰ πρῶτα. Ἐπίσης κατὰ τὸν ἀποχωρισμὸν τοῦ βουτύρου ἀπὸ τὸ γάλα χρησιμοποιεῖται ἡ φυγόκεντρος δύναμις. Ποδηλατισταί, οἱ ὁποῖοι τρέχουν μὲ μεγάλην ταχύτητα ἐπὶ κατακορύφου κυκλικῆς τροχιᾶς, δὲν πίπτουν, οὔτε ὅταν εὑρεθοῦν εἰς τὸ ἀνώτατον σημεῖον τῆς τροχιᾶς, διότι ἡ ἀναπτυσσομένη φυγόκεντρος δύναμις ἰσορροπεῖ τὸ βάρος των. Οἱ δρομεῖς ἢ ἱππεῖς, ὅταν τρέχουν ἐπὶ κυκλικῆς τροχιᾶς, κλίνουν τὸ σῶμα πρὸς τὸ ἐσωτερικὸν τῆς τροχιάς. Οὕτω μεταθέτουν τὴν θέσιν τοῦ κέντρου βάρους αὐτῶν, ὥστε ἡ συνισταμένη τῆς δι' αὐτοῦ διερχομένης κατακορύφου καὶ τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως νὰ διέρχεται διὰ τῆς βάσεώς των καὶ ἔχουν οὕτως εὐσταθῆ ἰσορροπίαν. Διὰ τὸν αὐτὸν λόγον εἰς τὰς καμπὰς ἡ ἐσωτερικὴ τροχιὰ τῶν σιδηροδρομικῶν γραμμῶν εἶναι χαμηλότερα τῆς ἐξωτερικῆς καὶ ὁ σιδηρόδρομος κλίνει πρὸς τὰ ἔσω. Ἐκτὸς τῆς προφυλάξεως ταύτης εἰς τὰς καμπὰς ὁ σιδηρόδρομος κινεῖται μὲ μικροτέραν ταχύτητα ἢ εἰς τὴν εὐθεῖαν, διὰ νὰ μὴ ἀνυπτυχθῇ μεγάλη φυγόκεντρος δύναμις, ὁπότε θὰ ὑπῆρχεν ὁ κίνδυνος νὰ ἐκτιναχθῇ τῆς τροχιᾶς του.

82. Ἐπίδρασις τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως ἐπὶ τῆς ἐπιταχύνσεως τῆς βαρύτητος. Εἰς ἕκαστον σημεῖον τῆς γηΐνης ἐπιφανείας τὸ βάρος σώματός τινος εἶναι ἡ συνισταμένη τῆς δυνάμεως, μὲ τὴν ὁποίαν ἕλκεται τοῦτο ὑπὸ τῆς γῆς, καὶ τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως, ἡ ὁποία ἐνεργεῖ ἐπ᾽ αὐτοῦ λόγῳ τῆς περιστροφῆς τῆς γῆς.

Ἡ φυγόκεντρος δύναμις ἔχει, συμφώνως πρὸς ὅσα εἴδομεν εἰς τὴν προηγούμενην παράγραφον, τὴν μεγαλυτέραν ἔντασίν της εἰς τὸν Ἰσημερινὸν καὶ ἐλαττοῦται πρὸς τοὺς πόλους. Ἡ δὲ διεύθυνσίς

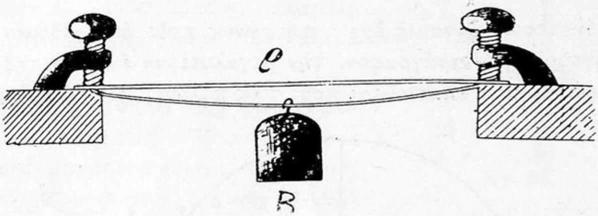


Σχ. 57.

της εἰς ἕκαστον σημεῖον εἶναι ἡ διεύθυνσις τῆς ἀκτῖνος τοῦ δι᾽ αὐτοῦ διερχομένου παραλλήλου. Ἑπομένως εἰς τὸν Ἰσημερινὸν ἔχει τὴν διεύθυνσιν τῆς βαρύτητος καὶ ἀντίθετον φορὰν καὶ ἀφαιρεῖται ἀπ᾽ αὐτῆς.

Ἐκ τῆς ἐπιδράσεως ταύτης ἡ τιμὴ τοῦ g ἐλαττοῦται εἰς τὸν Ἰσημερινόν. Εἰς τὰ παρὰ τοὺς πόλους σημεῖα ἡ ἐπίδρασις τῆς φ. δ. εἶναι πολὺ μικρά, εἰς δὲ τὰ μεταξὺ τοῦ ἰσημερινοῦ καὶ τῶν πόλων ἐκ τῆς φ. δ. ἐλαττοῦται τὸ g κατὰ *ποσότητα*, ἡ ὁποία γίνεται διαρκῶς μικροτέρα, καθόσον τὸ πλάτος τοῦ τόπου εἶναι μεγαλύτερον. Ἐπίσης ἐκ τῆς ἐπιδράσεως ταύτης προκαλεῖται ἀκόμη μεταβολὴ καὶ εἰς τὴν διεύθυνσιν τῆς βαρύτητος. Εἰς τὸ σημεῖον Σ τοῦ σχ. 57 ἡ βαρύτης ἄνευ τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως θὰ εἶχε τὴν διεύθυνσιν ΣΚ. Διεύθυνσις τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως εἶναι ἡ ΣF καὶ ἡ βαρύτης λαμβάνει πράγματι τὴν διεύθυνσιν τῆς συνισταμένης αὐτῶν ΣΒ.

83. Ἐλαστικότης. Τὰ ὑλικὰ σώματα, στερεά, ὑγρὰ καὶ ἀέρια, ὑφίστανται παραμορφώσεις ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν δυνάμεων. Π.χ. ἂν εἰς τὸ ἓν ἄκρον μεταλλίνου σύρματος στερεῶς ἐξηρτημένου ἀπὸ τὸ ἄλλο ἄκρον ἐφαρμοσθῇ βάρος τι, τὸ μῆκος τοῦ σύρματος θὰ αὐξηθῇ, λαμβάνει δὲ πάλιν τὴν ἀρχικήν του τιμὴν μετὰ τὴν



Σχ. 58.

ἀφαίρεσιν τοῦ βάρους. Ἡ ῥάβδος ρ (σχ. 58) στηρίζεται ὁριζοντίως καὶ ἀκλονήτως κατὰ τὰ ἄκρα της. Ἂν ἐφαρμόσωμεν εἰς τὸ μέσον βάρος Β, ἡ ῥάβδος κάμπτεται, ἐπανέρχεται δὲ εἰς τὴν ὁριζοντίαν θέσιν μετὰ τὴν ἀφαίρεσιν τοῦ βάρους.

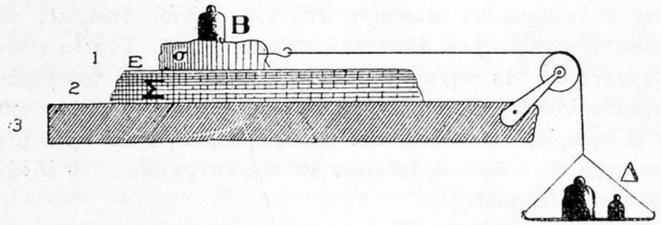
Τὰς παροδικὰς ταύτας παραμορφώσεις, τὰς ὁποίας ὑφίστανται τὰ σώματα ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν δυνάμεων, καλοῦμεν *ἐλαστικὰς παραμορφώσεις*, καὶ τὴν ἰδιότητα τῶν σωμάτων νὰ ὑφίστανται ἐλαστικὰς παραμορφώσεις *ἐλαστικότητα*.

Ὅλα τὰ σώματα δὲν ἔχουν τὸν αὐτὸν βαθμὸν ἐλαστικότητος, δὲν εἶναι δηλ. ἐξ ἴσου *ἐλαστικά*. Π.χ. ἂν ῥάβδος ρ εἶναι ἐκ μολύβδου, μὲ τὴν ἐπίδρασιν μικρᾶς σχετικῶς δυνάμεως θὰ ὑποστῇ παραμόρφωσιν *μόνιμον*, καὶ ὄχι παροδικήν. Ἀφοῦ δηλ. ἀφαιρεθῇ τὸ βάρος, δὲν ἐπανέρχεται πλέον εἰς τὸ ἀρχικόν της σχῆμα.

Πολὺ ἐλαστικὰ λέγονται τὰ σώματα, τὰ ὁποῖα εἶναι δυνατὸν νὰ ὑποστοῦν τὴν ἐπίδρασιν ἰσχυρῶν δυνάμεων, χωρὶς νὰ ὑποστοῦν μόνιμον παραμόρφωσιν. Ἡ μεγίστη ἔντασις τῆς δυνάμεως, τὴν ὁποίαν εἶναι δυνατὸν νὰ ὑποστῇ σῶμά τι χωρὶς νὰ πάθῃ μόνιμον παραμόρφωσιν, λέγεται *ὅριον ἐλαστικότητος* τοῦ σώματος. Τὰ μᾶλλον ἐλαστικὰ ἐκ τῶν σωμάτων εἶναι τὰ ὑγρὰ καὶ τὰ ἀέρια. Ἐκ τῶν στερεῶν πάλιν τὰ μᾶλλον ἐλαστικὰ εἶναι ὁ χάλυψ καὶ τὸ ἐλεφαντοστοῦν, ἐνῷ ἄλλα εἶναι ἐλάχιστα ἐλαστικά. Τοιαῦτα σώματα εἶναι π.χ. ὁ μόλυβδος καὶ τὸ ἐλαστικὸν κόμμι, τὰ ὁποῖα μὲ τὴν ἐλαχίστην δύναμιν παραμορφοῦνται μονίμως καὶ θραύονται.

84. Τριβή. Ὅταν δύο σώματα, τὰ ὁποῖα εὑρίσκωνται εἰς ἐπαφὴν καὶ πιέζωνται πρὸς ἄλληλα, ὀλισθήσουν τὸ ἓν σχετικῶς πρὸς τὸ ἄλλο, ἀναπτύσσεται δύναμις, ἡ ὁποία ἀνθίσταται εἰς τὴν κίνησιν.

Τὴν ἀνθισταμένην ταύτην δύναμιν καλοῦμεν *τριβὴν* τῶν σωμάτων. Ἡ τριβὴ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τῶν τριβομένων ἐπιφανει-



Σχ. 59.

ῶν καὶ ἀπὸ τὴν δύναμιν, μὲ τὴν ὁποίαν πιέζονται αὗται πρὸς ἀλλήλας.

Τὸ σχ. 59 παριστᾷ συσκευήν, καλουμένην *τριβόμετρον*, διὰ τῆς ὁποίας μελετῶνται οἱ νόμοι τῆς τριβῆς.

Τὸ σῶμα Σ στηρίζεται ὁριζοντίως. Ἡ ἄνω ἐπιφάνεια αὐτοῦ Ε εἶναι ἐπίπεδος. Ἐπ' αὐτοῦ τίθεται τὸ σῶμα σ, τοῦ ὁποίου ἡ πρὸς τὰ κάτω ἐπιφάνεια, ἡ ἐφαπτομένη τῆς Ε, εἶναι ἐπίσης ἐπίπεδος καὶ πιέζεται ἐπὶ τοῦ Σ ὑπὸ τοῦ βάρους Β. Εἰς τὸ σ προσδένομεν νῆμα καὶ εἰς τὸ ἄκρον του ἐφαρμόζομεν βάρος Δ. Ἐφ' ὅσον τὸ Δ εἶναι μικρότερον τῆς τριβῆς, τὸ σ μένει ἀκίνητον. Ὅταν ὅμως τὸ Δ ὑπερβῇ κατά τι τὴν δύναμιν τῆς τριβῆς, τὸ σ ἀρχίζει νὰ κινῆται. Θέτοντες ἐπὶ τοῦ σ βάρη 2Β, 3Β κ.λ.π. παρατηροῦμεν ὅτι, διὰ νὰ ἀρχίσῃ ἡ κίνησις, πρέπει νὰ ἐξαρτήσωμεν ἐκ τοῦ νήματος βάρη 2Δ, 3Δ κ. ο. κ. ἤτοι: ἡ τριβὴ εἶναι *ἀνάλογος τῆς δυνάμεως, μὲ τὴν ὁποίαν τὰ τριβόμενα σώματα πιέζονται τὸ ἓν ἐπὶ τοῦ ἄλλου.*

Ἡ τριβὴ ἐξαρτᾶται ἐπίσης ἐκ τῆς φύσεως τῶν τριβομένων ἐπιφανειῶν. Ἄλλη εἶναι ἡ τριβὴ π.χ. μεταξὺ δύο ξυλίνων ἐπιφανειῶν, ἢ μεταξὺ δύο σιδηρῶν, ἢ μεταξὺ μιᾶς ξυλίνης καὶ μιᾶς σιδηρᾶς.

Εἶναι *ὅμως ἀνεξάρτητος τοῦ μεγέθους τῶν τριβομένων ἐπιφανειῶν*. Τοῦτο βλέπομεν εὐκόλως εἰς τὸ τριβόμετρον, ἐὰν ἐργασθῶμεν μὲ ἐπιφανείας τῆς αὐτῆς μὲν φύσεως, ἀλλὰ διαφόρου μεγέθους, ὁπότε παρατηροῦμεν ὅτι τὸ βάρος Δ παραμένει σταθερόν.

Ἡ τριβὴ μεταξὺ στερεῶν σωμάτων ἐλαττοῦται πολύ, ὅταν παρεμβληθῇ λεπτὸν λιπαντικὸν στρῶμα (ἐλαίου ἢ λίπους). Ἡ λίπανσις τῶν ἀξόνων τῶν μηχανῶν ἔχει ἀκριβῶς τὸν σκοπὸν τῆς ἐλαττώσεως τῆς τριβῆς.

Μεταξὺ τῶν αὐτῶν στερεῶν ἐπιφανειῶν ἡ τριβὴ εἶναι μικροτέρα, ὅταν τὸ ἕν σῶμα δὲν ὀλισθαίνῃ ἐπὶ τοῦ ἄλλου, ὅπως εἰς τὸ προηγούμενον παράδειγμα, ἀλλὰ κυλίεται ἐπ' αὐτοῦ. Τούτου γίνεται ἐφαρμογὴ εἰς τὰς μηχανάς. Μεταξὺ τοῦ ἄξονος καὶ τοῦ ἑδράνου παρεμβάλλονται χαλύβδινα σφαιρίδια. Κατὰ τὴν στροφὴν τοῦ ἄξονος τὰ σφαιρίδια κυλίονται καὶ οὕτως ἡ τριβὴ εἶναι πολὺ μικροτέρα παρὰ ἂν ὁ ἄξων ὠλίσθαινεν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἑδράνου, ἔστω καὶ λιπασμένης.

85. Παγκόσμιος ἕλξις. Εἰς τὸ φαινόμενον τῆς πτώσεως τῶν σωμάτων ἐδόθη ἡ ἑρμηνεία τῆς ἕλξεως αὐτῶν ὑπὸ τῆς γῆς.

Ἡ ἕλξις τῶν σωμάτων δὲν ὑφίσταται μόνον εἰς τὴν μερικὴν αὐτὴν περίπτωσιν. Πράγματι ὅλα τὰ σώματα ἕλκουσιν ἄλληλα, ἡ δὲ βαρύτης εἶναι μερικὴ περίπτωσις τῆς παγκοσμίου ἕλξεως, εἶναι ἡ ἕλξις μεταξὺ τῆς γῆς καὶ τῶν γηΐνων σωμάτων. Ἡ γῆ ὅμως ἕλκει ἐπίσης καὶ ὅλα τὰ οὐράνια σώματα καὶ ἕλκεται ὑπ' αὐτῶν.

Ἡ ἕλξις τῆς γῆς ὑπὸ τοῦ ἡλίου εἶναι ἡ κεντρομόλος δύναμις, ἡ ἀναγκάζουσα τὴν γῆν νὰ διαγράφῃ τὴν περὶ τὸν ἥλιον τροχιάν της, ὅπως ἡ ἕλξις τῆς γῆς ἐπὶ τῆς σελήνης ἀναγκάζει αὐτὴν νὰ στρέφεται περὶ τὴν γῆν. Αἱ κινήσεις τῶν οὐρανίων σωμάτων γενικῶς ἐξηγοῦνται διὰ τοῦ νόμου τῆς παγκοσμίου ἕλξεως. Τὸν νόμον τοῦτον ἐξέφρασεν ὁ Νεύτων. Κατὰ τὸν νόμον τοῦ Νεύτωνος ἡ ἕλξις μεταξὺ δύο σωμάτων εἶναι ἀνάλογος τοῦ γινομένου τῶν μαζῶν αὐτῶν m καὶ m' καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος τοῦ τετραγώνου τῆς ἀπ' ἀλλήλων ἀποστάσεως ρ ἤτοι:

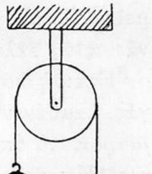
$$f = K \frac{mm'}{\rho^2}$$

Ὁ συντελεστὴς K λέγεται *σταθερὰ τῆς παγκοσμίου ἕλξεως*. Ἐὰν εἰς τὴν ἀνωτέρω σχέσιν θέσωμεν m m' καὶ ρ ἴσα πρὸς 1 τότε βλέπομεν ὅτι $f = K$ δηλ. ἡ σταθερὰ τῆς παγκοσμίου ἕλξεως παρίσταται διὰ τοῦ αὐτοῦ ἀριθμοῦ, διὰ τοῦ ὁποίου καὶ ἡ δύναμις ἡ ἐξασκουμένη μεταξὺ δύο σωμάτων μάζης 1, ὅταν εὑρίσκωνται εἰς ἀπόστασιν 1. Ἐὰν ληφθῇ ὡς μονὰς μάζης τὸ γραμμάριον καὶ ἀποστάσεως τὸ ἑκατοστόμετρον, τότε τὸ K εἶναι ἴσον πρὸς $6{,}65 \times 10^{-8}$dyne.

Ἐκ τῆς ἀνωτέρω σχέσεως καθίσταται προφανὲς διατὶ αὐξάνεται ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς βαρύτητος πρὸς τοὺς πόλους. Διότι ἡ ἀκτὶς τῆς γῆς εἶναι μικροτέρα εἰς τοὺς πόλους καὶ αὐξάνεται πρὸς τὸν ἰσημερινόν. Ἑπομένως ἡ δύναμις, μὲ τὴν ὁποίαν ἡ γῆ ἕλκει τὰ σώματα, καθίσταται μεγαλυτέρα ἐκ τοῦ ἰσημερινοῦ πρὸς τοὺς πόλους, ἄρα καὶ ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς βαρύτητος ἐπίσης μεγαλυτέρα. Ἐκτὸς τῆς αἰτίας ταύτης εἴδομεν ὅτι τὸ g ἐλαττοῦται πρὸς τὸν ἰσημερινὸν καὶ λόγῳ τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως.

86. Ἔργον. Ὅταν ὑψώνωμεν σῶμά τι ἐκ τοῦ ἐδάφους ὑπερνικῶντες τὸ βάρος αὐτοῦ, λέγομεν ὅτι καταναλίσκομεν πρὸς τοῦτο *ἔργον*, τὸ ὁποῖον παρέχεται ὑπὸ τῆς μυϊκῆς δυνάμεως ἡμῶν. Διὰ τὴν κίνησιν ἁμαξοστοιχίας ἢ πλοίου καταναλίσκεται ἔργον παρεχόμενον ὑπὸ τῆς ἀτμομηχανῆς.

Γενικῶς λέγομεν ὅτι *καταναλίσκεται ἔργον*, ὅταν ὑπερνικᾶται μία ἀντίστασις καὶ μετατίθεται τὸ σημεῖον τῆς ἐφαρμογῆς της κατὰ φορὰν ἀντίθετον πρὸς τὴν φορὰν αὐτῆς. Εἰς τὰ προηγούμενα παραδείγματα ἡ ὑπερνικωμένη ἀντίστασις εἶναι τὸ βάρος τοῦ σώματος, ἡ τριβὴ τῆς ἁμαξοστοιχίας πρὸς τὴν σιδηροτροχιὰν καὶ ἡ τριβὴ τοῦ πλοίου πρὸς τὸ ὕδωρ. Διὰ νὰ ὑπερνικήσωμεν τὴν ἀντίστασιν, ἐφαρμόζομεν ἐπὶ τοῦ σώματος, τὸ ὁποῖον πρόκειται νὰ μετακινηθῇ, δύναμιν ἔχουσαν τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν καὶ ἀντίθετον φορὰν πρὸς τὴν ἀντίστασιν. Διὰ τοῦτο ἀντὶ νὰ λέγωμεν ὅτι μετακινοῦμεν τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τῆς ἀντιστάσεως *ἀντιθέτως πρὸς τὴν φορὰν* αὐτῆς, λέγομεν ὅτι μετακινοῦμεν τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τῆς δυνάμεως *κατὰ τὴν φορὰν* αὐτῆς.



Σχ. 60.

Ἐὰν εἰς τὰ ἄκρα νήματος διερχομένου διὰ τῆς αὔλακος τροχαλίας ἐφαρμοσθοῦν δύο ἴσα βάρη, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχ. 60, τὸ σύστημα ἰσορροπεῖ. Ἐὰν τώρα δώσωμεν τὴν ἐλαχίστην ὤθησιν εἰς τὸ ἐπάνω βάρος B, τοῦτο μὲν κατέρχεται, ἐνῷ τὸ B′ ἀνέρχεται. Διὰ τὴν ἀνύψωσιν τοῦ B′ καταναλίσκεται ὡς εἴπομεν ἔργον. Ἐνταῦθα πόθεν παρέχεται τὸ καταναλισκόμενον ἔργον; Προφανῶς, ὅπως δεικνύει τὸ πείραμα, ἐκ τοῦ ἄλλου σώματος Β, τὸ ὁποῖον πίπτει, δηλ. ἐκ τῆς μετακινήσεως τοῦ βάρους κατὰ τὴν διεύθυνσιν καὶ φορὰν τῆς βαρύτητος. Ὥστε, ὅταν μετακινῆται τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς μιᾶς δυνάμεως κατὰ τὴν φορὰν αὐτῆς, *παράγεται ἔργον*. Ἀμφοτέρας τὰς περιπτώσεις τῆς καταναλώσεως καὶ τῆς παραγωγῆς ἔργου συνοψίζομεν ὡς ἑξῆς:

Ὅταν μετακινῆται τὸ σημεῖον τῆς ἐφαρμογῆς μιᾶς δυνάμεως, *ἐκτελεῖται ἔργον* καί, ἂν μὲν ἡ μετακίνησις γίνεται κατὰ τὴν φορὰν τῆς δυνάμεως, τὸ ἔργον εἶναι *θετικὸν* (παραγωγὴ ἔργου), ἐὰν δὲ ἀντιθέτως, *ἀρνητικὸν* (κατανάλωσις ἔργου).

Τὸ ποσὸν τοῦ παραγομένου ἔργου ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς ἐντάσεως τῆς δυνάμεως καὶ ἐκ τῆς μετακινήσεως. Κατὰ τὴν ἁπλουστέραν περίπτωσιν, καθ' ἣν ἡ κίνησις γίνεται κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς δυνάμεως, τὸ ἔργον w ἰσοῦται πρὸς τὸ γινόμενον τῆς ἐντάσεως τῆς δυνάμεως F ἐπὶ τὴν μετακίνησιν χ: ἤτοι $w = F.\chi$. (1).

Εἰς τὴν γενικὴν περίπτωσιν, καθ' ἣν ἡ κίνησις δὲν γίνεται κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς δυνάμεως, γνωρίζομεν ὅτι ἡ ἐνεργὸς δύναμις εἶναι ἡ κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς κινήσεως συνιστῶσα τῆς δυνάμεως (βλ. § 30)

Ἡ μονὰς τοῦ ἔργου ὁρίζεται κατὰ τὴν σχέσιν (1) ἐκ τῶν μονάδων δυνάμεως καὶ μήκους. Ὡς θεωρητικὴ μονὰς ἔργου ἐλήφθη τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον ἐκτελεῖ δύναμις 1 dyne, ὅταν μετακινήσῃ τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς της κατὰ 1cm (κατὰ τὴν διεύθυνσίν της). Ἡ μονὰς αὕτη ἐκλήθη erg. $1\text{erg} = 1\ \text{dyne} \times 1\text{cm}$.

Ἐπειδὴ ὅμως αὕτη εἶναι πολὺ μικρὰ διὰ τὰς πρακτικὰς ἐφαρμογάς, λαμβάνονται πολλαπλάσια αὐτῆς καὶ κυρίως τὸ *χιλιογραμμόμετρον*, τὸ ὁποῖον ἰσοῦται μὲ τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον παράγει δύναμις 1Kg, ὅταν μετακινήσῃ τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς της κατὰ 1m.

87. Ἀπόδοσις ἢ ἰσχύς. Τὸ πηλίκον τοῦ ἐκτελουμένου ἔργου διὰ τοῦ χρόνου t, κατὰ τὸν ὁποῖον ἐκτελεῖται, λέγεται *ἀπόδοσις* ἢ *ἰσχὺς* τῆς μηχανῆς, ἥτις ἐκτελεῖ τὸ ἔργον. Δηλ. ἐὰν παραστήσωμεν τὴν ἰσχὺν διὰ J εἶναι:

$$J = \frac{W}{t}$$

Ἐὰν θέσωμεν $t = 1$, τότε $J = W$. Δηλ. ἡ ἰσχὺς ἐκφράζεται διὰ τοῦ αὐτοῦ ἀριθμοῦ, διὰ τοῦ ὁποίου ἐκφράζεται καὶ τὸ ἔργον τὸ παραγόμενον κατὰ τὴν μονάδα τοῦ χρόνου.

Ὅταν ἀτμομηχανὴ σύρῃ ἁμαξοστοιχίαν ἢ κινῇ πλοῖον κλπ., παράγει ἔργον διὰ τῆς δυνάμεως τοῦ ἀτμοῦ. Κατὰ τὴν μονάδα τοῦ χρόνου δὲ παράγει ἔργον, δηλ. ἔχει ἀπόδοσιν ἢ ἰσχύν, ἴσην πρὸς τὴν δύναμιν, μὲ τὴν ὁποίαν ἕλκει το ὄχημα, ἐπὶ τὴν ταχύτητα αὐτοῦ. Ἑπομένως ὅσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ ἰσχὺς τῆς χρησιμοποιουμένης μηχανῆς, τόσον μεγαλυτέρα καὶ ἡ ταχύτης, τὴν ὁποίαν δύναται νὰ ἀναπτύξῃ ἡ ἁμαξοστοιχία ἢ τὸ πλοῖον κ.τ.λ. ἢ τόσον μεγαλύτερον εἶναι τὸ βάρος, τὸ ὁποῖον δύναται νὰ κινήσῃ ἡ μηχανή.

Ὡς θεωρητικὴ μονὰς ἰσχύος λαμβάνεται ἡ ἰσχὺς μηχανῆς, ἡ ὁποία ἐκτελεῖ ἔργον 1erg κατὰ 1 δευτερόλεπτον. Ὡς πρακτικὴ δὲ ὁ *ἵππος*, ἡ ὁποία εἶναι ἡ ἰσχὺς μηχανῆς, ἐκτελούσης ἔργον 75 χιλιογραμμομέτρων κατὰ δευτερόλεπτον. Ἐπίσης ἡ μονὰς Watt, ἡ ὁποία εἶναι :

1Watt=10.000.000 θεωρητικαὶ μονάδες καὶ ἡ

Kilowatt=1000 Watt

Οἱ συνήθεις μικροὶ ἠλεκτρικοὶ κινητῆρες π.χ., τῶν ἀνεμιστήρων, ἔχουν ἰσχὺν $^1/_8$ ἢ $^1/_4$ τοῦ ἵππου. Αἱ μηχαναὶ τῶν αὐτοκινήτων 12—50 ἵππων. Αἱ ἀτμομηχαναὶ τῶν σιδηροδρόμων μέχρι 2000 ἵππων, τῶν πλοίων μέχρι 50.000 ἵππων, τῶν ἀεροπλάνων μέχρι 800 ἵππων.

88. Ἀρχὴ τῆς διατηρήσεως τοῦ ἔργου. Ἐκ τῶν πειραμάτων ἐδείχθη ὅτι οὐδέποτε συμβαίνει ἀπώλεια παραχθέντος ἔργου ἢ παραγωγὴ ἔργου χωρὶς σύγχρονον κατανάλωσιν ἴσου ποσοῦ. Τοῦτο συμβαίνει εἰς ὅλας γενικῶς τὰς μηχανὰς παραγωγῆς ἔργου. Τ, *θετικὸν* ἔργον εἶναι πάντοτε ἴσον μὲ τὸ *ἀρνητικόν*.

Ἡ σπουδαιοτάτη αὕτη ἀρχὴ λέγεται *ἀρχὴ τῆς διατηρήσεως τοῦ ἔργου* καὶ ἀποτελεῖ μερικὴν περίπτωσιν τῆς γενικῆς ἀρχῆς τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας, τὴν ὁποίαν θὰ γνωρίσωμεν εἰς τὸ κεφάλαιον τῆς θερμότητος.

Εἰς τὰς ἁπλᾶς μηχανάς, τὰς ὁποίας ἐγνωρίσαμεν, ἐνεργοῦμεν διὰ δυνάμεως F πρὸς ὑπερνίκησιν τοῦ βάρους B. Κατὰ τὴν ἀρχὴν τῆς διατηρήσεως τοῦ ἔργου πρέπει τὸ ἔργον τῆς δυνάμεως νὰ εἶναι ἴσον πρὸς τὸ ἔργον τῆς ἀντιστάσεως.

Ἂν ὀνομάσωμεν χ_1 τὴν μετακίνησιν τοῦ F καὶ χ_2 τὴν τοῦ B εἶναι : $F\chi_1 = B\chi_2$. Ἐπειδὴ ἡ δύναμις F εἶναι συνήθως πολὺ μικροτέρα τῆς B θὰ εἶναι χ_2 πολὺ μικρότερον τοῦ χ_1. Δηλαδὴ ἡ μετακίνησις τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς τῆς ἀντιστάσεως εἶναι πολὺ μικροτέρα τῆς τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς τῆς δυνάμεως. Ὥστε συμβαίνει τὸ ἑξῆς: Εἰς τὰς μηχανὰς ἔχομεν κέρδος μὲν ὡς πρὸς τὴν δύναμιν, διότι μὲ μικρὰς δυνάμεις ὑπερνικῶμεν μεγάλας ἀντιστάσεις· ἀλλ' ἀφ' ἑτέρου ἔχομεν ἀπώλειαν χρόνου.

Π. χ. κατὰ τὴν ἄντλησιν ὕδατος ἐκ φρέατος διὰ βαρούλκου, ὅταν ἐκτελοῦμεν μίαν πλήρη περιστροφὴν τοῦ μοχλοῦ (σχ. 33), ἡ μετακίνησις εἶναι διὰ μὲν τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τῆς δυνάμεως ἴση πρὸς 2πμ, διὰ δὲ τὸ τῆς ἀντιστάσεως 2πα. Καὶ ἐπειδὴ τὸ α πρέπει νὰ εἶναι πολὺ μικρότερον τοῦ μ, διὰ νὰ εἶναι ἡ δύναμις πολὺ μικροτέρα τῆς ἀντιστάσεως, εἰς ἑκάστην περιστροφὴν τοῦ βαρούλκου ἔχομεν μικρὰν ἀνύψωσιν τοῦ κάδου καὶ χρειαζόμεθα ἑπομένως πολὺ περισσότερον χρόνον παρὰ ἂν ἡ ἄντλησις ἐγίνετο ἁπλῶς διὰ σχοινίου ἑλκομένου ὑπὸ τῆς χειρός.

$f = 7840 = m.\gamma = 200.\gamma$ ἄρα $\gamma = \frac{7840}{200} = 39,2$ cm

$S = \frac{1}{2}\gamma t^2 = \frac{1}{2} 39,2 . 4^2 = 19,6 . 16 = 313,6$ cm

Ἀσκήσεις.

1 Εἰς τὰ δύο ἄκρα τοῦ νήματος μηχανῆς Atwood *κρέμανται τὰ βάρη 96 καὶ 104* gr. *Ἐὰν ἀφεθῇ τὸ σύστημα ἐλεύθερον, ποίας μορφῆς κίνησιν θὰ λάβῃ; Ἐὰν ἡ κίνησις εἶναι ἐπιταχυνομένη, πόση θὰ εἶναι ἡ ἐπιτάχυνσις καὶ πόσον διάστημα θὰ ἔχῃ διανύσει τὸ κινητὸν εἰς τὸ τέλος τοῦ 4 δευτ.;*

2. Εἰς μηχανὴν Atwood *τὸ πρόσθετον βάρος εἶναι 6 γραμ., κινεῖται δὲ τὸ ὅλον σύστημα μὲ ἐπιτάχυνσιν 29,4* cm/sec² *Πόσον εἶναι ἑκάτερον τῶν δύο κυρίων βαρῶν;*

3. Κατὰ τὴν ἐκτέλεσιν πειράματος διὰ τῆς μηχανῆς Atwood, *τῆς ὁποίας ἕκαστον κινούμενον βάρος εἶναι 99 γραμ., τὸ δὲ πρόσθετον 2 γραμ., εὑρέθη ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς κινήσεως ἴση πρὸς 9,8* cm/sec² *Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς ἐλευθέρας πτώσεως.* → $2gr = 1960$ δύναι $= \gamma . m = \gamma . 2$. ἄρα $\gamma = \frac{1960}{2} = 980$ cm ἢ 9,80

4. Δύναμις 12 kg *ἐπιδρᾷ ἐπί τινος σώματος συνεχῶς ἐπὶ 15 δευτ. καὶ μετακινεῖ αὐτὸ κατὰ τὸ διάστημα 600*m. *Πόση εἶναι ἡ μᾶζα τοῦ σώματος;* → 9000 γραμμ.

5. Πρὸς πόσας δύνας ἀντιστοιχεῖ τὸ βάρος 1 χιλιοστογράμμου; ἄρα 980.000 δύναι

6. Πόση εἶναι ἡ ἐπιτάχυνσις σώματος, κινουμένου ἰσοταχῶς ἐπὶ κυκλικῆς τροχιᾶς ἀκτῖνος 2 μέτρων, ὅταν ὅλη ἡ περιφέρεια διαγράφεται εἰς 3 δευτ., καὶ πόση ἡ ἀναπτυσσομένη φυγόκεντρος δύναμις α) ἂν ἡ μᾶζα τοῦ κινητοῦ εἶναι 10 kg *καὶ β) ἂν ἡ μᾶζα του εἶναι 20* kg.*;*

$f = m.\gamma = 10000 . 873 = 8730000$ δύναι ἡ φ. δυν. τοῦ κινητοῦ ἐπὶ τροχιᾶς 20 ἐκ. εἶναι διπλασία τῆς ... 10

$f = \frac{m.v^2}{10} = \frac{M}{10} \cdot \frac{4\pi^2 \cdot 10^2}{T^2}$

$f' = \frac{m.v^2}{20} = \frac{M}{20} \cdot \frac{4\pi^2 \cdot 20^2}{T^2}$

7. Ποία σχέσις ὑπάρχει μεταξὺ τῶν φυγοκέντρων δυνάμεων, αἱ ὁποῖαι ἐνεργοῦν ἐπὶ δύο σωμάτων τῆς αὐτῆς μάζης, κινουμένων μὲ τὴν αὐτὴν γωνιακὴν ταχύτητα ἐπὶ δύο κυκλικῶν τροχιῶν ἀκτίνων 10 καὶ 20 cm.;

8. Πόση εἶναι ἡ περίοδος αἰωρήσεως (πλήρους) μαθηματικοῦ ἐκκρεμοῦς, τοῦ ὁποίου τὸ μῆκος εἶναι 0,5 μέτρα ; (g=980). $T = 6,28\sqrt{\frac{0,5}{9,80}}$

9. Πόσον εἶναι τὸ μῆκος τοῦ μαθηματικοῦ ἐκκρεμοῦς, τοῦ ὁποίου μία ἁπλῆ αἰώρησις διαρκεῖ 1 δευτερόλεπτον ;

$T^2 = 6,28^2 \cdot \frac{0,5}{9,8}$

10. Πόση εἶναι ἡ δύναμις ἕλξεως μεταξὺ δύο σφαιρῶν μάζης 500 καὶ 800 Kg, *τῶν ὁποίων τὰ κέντρα ἀπέχουν ἀπ' ἀλλήλων 1,25 μέτρα;*

$T^2 = 39,43 \frac{5}{98}$

$T = \sqrt{2}$

Ἀσκ. 9. $T = 2'' = 6,28\sqrt{\frac{l}{9,8}}$

$2^2 = 6,28^2 \cdot \frac{l}{9,8}$ ἤ $\frac{9,8 \cdot 2^2}{6,28^2} = l$

Ἀσκ. 10 $f = \frac{500.000 \cdot 800.000}{1,25^2} = \dots$

$f = \frac{m.4\pi^2.10}{T^2}$

$f' = \frac{m.4\pi^2.20}{T^2}$

$\frac{f}{f'} = \frac{m.4\pi^2.10}{m.4\pi^2.20} = \frac{1}{2}$

ΥΔΡΟΜΗΧΑΝΙΚΗ

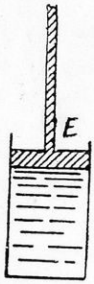
ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΗ

89. Θέμα τῆς ὑδροστατικῆς. Ἐκ τῆς ὑδρομηχανικῆς θὰ ἐξετάσωμεν μόνον τὴν ὑδροστατικήν. Ἡ ὑδροστατικὴ μελετᾷ τὰς συνθήκας ἰσορροπίας τῶν ὑγρῶν. Ὠνομάσαμεν ὑγρὰ τὰ σώματα, τὰ ὁποῖα ἔχουν σταθερὸν μὲν ὄγκον, ἀλλ᾿ οὐχὶ καὶ ὡρισμένον σχῆμα.

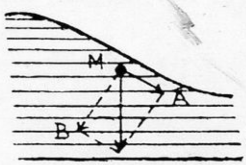
Ἐὰν κινήσωμεν βραδέως τὴν χεῖρα μας ἐντὸς μάζης ὑγροῦ, δὲν αἰσθανόμεθα σημαντικὴν ἀντίστασιν εἰς τὴν κίνησιν. Τὰ μέρη τῆς ὑγρᾶς μάζης εὐκόλως μετακινοῦνται σχετικῶς πρὸς ἄλληλα, ἐκ τούτου δὲ προέρχεται καὶ ἡ ἔλλειψις ὡρισμένου σχήματος.

Τοὐναντίον συναντῶμεν μεγάλην ἀντίστασιν, ἂν θελήσωμεν διὰ συμπιέσεως νὰ ἐλαττώσωμεν τὸν ὄγκον τῶν ὑγρῶν.

Ἐὰν κύλινδρον πλήρη ὕδατος κλείσωμεν ὑδατοστεγῶς δι᾿ ἐμβόλου Ε (σχ.61), δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ μετακινήσωμεν διὰ τῆς χειρὸς



Σχ. 61.



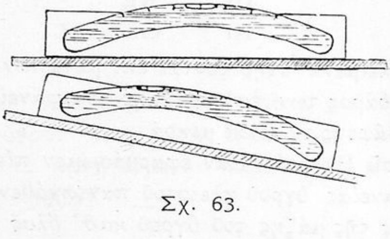
Σχ. 62.

τὸ ἔμβολον πρὸς τὰ κάτω καὶ νὰ ἐλαττώσωμε τὸν ὄγκον τοῦ ὕδατος. Διὰ νὰ κατορθωθῇ τοῦτο, χρειάζεται ἐπίδρασις ἰσχυροτάτης δυνάμεως. Ἀφοῦ παύσῃ ἐπενεργοῦσα ἡ δύναμις, τὸ ὑγρὸν λαμβάνει πάλιν τὸν ἀρχικόν του ὄγκον.

90. Σχῆμα τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τῶν ὑγρῶν. Τὰ ὑγρὰ λαμβάνουν τὸ σχῆμα τῆς ἐσωτερικῆς ἐπιφανείας τοῦ δοχείου ἐντὸς τοῦ ὁποίου φυλάσσονται. Ἡ ἐλευθέρα ὅμως ἐπιφάνεια παντὸς ὑγροῦ εἶναι πάντοτε *ἐπίπεδος* καὶ *ὁριζοντία*. Τοῦτο δεικνύεται διὰ τῆς ἑξῆς σκέψεως:

Ἂς ὑποθέσωμεν πρὸς στιγμὴν ὅτι ἦτο δυνατὸν νὰ μὴν εἶναι ἐπίπεδος καὶ ὅτι παρουσίαζε π.χ. τὴν μορφὴν τῆς ἐπιφανείας τοῦ σχ. 62. Εὐκόλως δεικνύεται ὅτι τοιαύτη ἐπιφάνεια δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ εὑρίσκεται εἰς ἰσορροπίαν. Διότι ἡ διεύθυνσις τοῦ βάρους μικρᾶς τινος ποσότητος ὑγροῦ π.χ. περὶ τὸ σημεῖον Μ δὲν εἶναι κάθετος ἐπὶ τὴν ἐπιφάνειαν, ἀφοῦ τὸ μὲν βάρος διευθύνεται κατακορύφως ἡ δὲ ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ δὲν εἶναι ὁριζοντία. Δύναται ἑπομένως νὰ ἀναλυθῇ εἰς δύο συνιστώσας, μίαν διευθυνομένην παραλλήλως πρὸς τὸ τμῆμα τῆς ἐπιφανείας τὸ ἄνωθεν τοῦ Μ, τὴν ΜΑ καὶ μίαν κάθετον ἐπ' αὐτήν, τὴν ΜΒ. Ἡ κάθετος συνιστῶσα τείνει νὰ φέρῃ τὸ περὶ τὸ Μ. ὑγρὸν πρὸς τὰ κάτω πιέζουσα τὰ κατώτερα στρώματα τείνει δηλ. νὰ ἐλαττώσῃ τὸν ὄγκον τοῦ ὑγροῦ, ἡ δὲ παράλληλος θὰ μετακινήσῃ αὐτὸ κατὰ τὴν διεύθυνσίν της. Ἑπομένως ἰσορροπία θὰ ὑπάρξῃ, μόνον ὅταν ὅλα τὰ τμήματα τῆς ἐπιφανείας κεῖνται ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ἐπιπέδου καθέτου ἐπὶ τὴν κατακόρυφον δηλ. ὁριζοντίου, ὁπότε ἡ συνιστῶσα ΜΑ εἶναι μηδέν.

91. Ἀεροστάθμη. Ἡ ἀεροστάθμη σχ. 63 εἶναι ὄργανον χρησι-



Σχ. 63.

μεῦον διὰ τὴν ὁριζοντίωσιν ἐπιπέδων, ἡ λειτουργία του δὲ στηρίζεται εἰς τὸ ὅτι ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τῶν ὑγρῶν εἶναι ἐπίπεδον ὁριζόντιον. Ἡ ἀεροστάθμη εἶναι ὑάλινον κυλινδρικὸν μικρὸν δοχεῖον ἐντελῶς κλειστὸν μὲ μικρὰν καμπυλότητα καὶ πλῆρες εὐκινήτου ὑγροῦ (οἰνοπνεύματος ἢ αἰθέρος). Ἡ πλήρωσις δὲν γίνεται τελείως, ἀλλὰ ἀφίνεται μικρὰ φυσαλλὶς ἀέρος. Ὅταν ἡ ἀεροστάθμη τεθῇ ἐπὶ ἐπιπέδου ὁριζοντίου ἡ φυσαλλὶς εἶναι εἰς τὸ μέσον. Ἐὰν ὅμως τὸ ἐπίπεδον σχηματίζῃ γωνίαν μὲ τὸν ὁρίζοντα, ἡ φυσαλλὶς ὠθουμένη ἀπὸ τὸ ὑγρὸν ἀνέρχεται εἰς ὑψηλότερον σημεῖον τοῦ δοχείου. Ἐκ τούτου πειθόμεθα ὅτι τὸ ἐπίπεδον δὲν εἶναι ὁριζόντιον καὶ μεταβάλλομεν τὴν κλίσιν αὐτοῦ, μέχρις ὅτου ἡ φυσαλλὶς ἔλθῃ εἰς τὸ μέσον. Ἡ μορφὴ τῆς ἀεροστάθμης εἶναι ἐνίοτε ἐλαφρῶς διάφορος τῆς περιγραφείσης.

92. Πίεσις. Τὸ πηλίκον τῆς δυνάμεως, ἡ ὁποία ἐνεργεῖ ἐπί τινος ἐπιφανείας, διὰ τοῦ ἐμβαδοῦ τῆς ἐπιφανείας ταύτης καλεῖται *πίεσις*.

Σῶμά τι βάρους B κρατεῖται ὑπὸ ὑποστηρίγματος ἔχοντος ἐπιφάνειαν E. Τὸ ὑποστήριγμα ὑφίσταται τὴν ὁλικὴν δύναμιν B, ἡ μονὰς δὲ τῆς ἐπιφανείας αὐτοῦ ὑφίσταται τὴν πίεσιν $p = \frac{B}{E}$

Π.χ. ἂν τὸ βάρος εἶναι 10 χιλιογρ. καὶ ἡ ἐπιφάνεια $5 cm^2$ ἡ πίεσις εἶναι :

$$p = \frac{10}{5} = 2$$ χιλιόγραμμα κατὰ τετραγωνικὸν ἑκατοστόμετρον ἢ συντόμως $2 \frac{kg}{cm^2}$

Ἐὰν τὸ αὐτὸ βάρος στηρίζεται ἐπὶ ὑποστηρίγματος διπλασίας ἐπιφανείας, ἡ κατὰ μονάδα ἐπιφανείας ἐπιδρῶσα δύναμις, ἡ πίεσις δηλαδή, εἶναι τὸ ἥμισυ τῆς προηγουμένης.

$$p = \frac{10}{10} = 1 \frac{Kg}{cm^2}$$

Τὸ βαρέα ἀντικείμενα στηρίζονται ἐπὶ μεγάλων βάσεων, διὰ νὰ κατανέμεται τὸ βάρος των ἐπὶ μεγάλης ἐπιφανείας καὶ οὕτω ἡ πίεσις ἐπὶ τοῦ ἐδάφους νὰ εἶναι μικρά.

93. Ἀρχὴ τοῦ Pascal. Ἐὰν ἐφαρμόσωμεν πίεσιν p ἐπὶ τμήματος τῆς ἐπιφανείας ὑγροῦ κλειστοῦ πανταχόθεν, ἡ πίεσις αὕτη μεταδίδεται ἐντὸς τῆς μάζης τοῦ ὑγροῦ *καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις* μὲ τὴν αὐτὴν ἔντασιν.

Δηλ. ἂν εἰς 1 cm^2 ἐφαρμόσωμεν πίεσιν 5 Kg, οἱαδήποτε ἐπιφάνεια 1 cm^2 (α,β,γ,δ) ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ ὑφίσταται ἐπίσης πίεσιν 5Kg. (σχ. 64). Ἐπιφάνεια ἴση πρὸς α cm^2 ὑφίσταται ὁλικὴν δύναμιν 5α kg. Ἡ ἀρχὴ αὕτη τῆς ὑδροστατικῆς καλουμένη καὶ *ἀρχὴ τοῦ* Pascal δεικνύεται διὰ τοῦ ἑξῆς πειράματος:

Τὸ δοχεῖον τοῦ σχ. 65 κλειστὸν πανταχόθεν καὶ πλῆρες ὕδατος φέρει εἰς τὸ ἄνω τοίχωμα δύο κυλίνδρους, ἐντὸς τῶν ὁποίων κινοῦνται ὑδατοστεγῶς δύο ἔμβολα τομῆς ε καὶ E. Ἡ τομὴ τοῦ E εἶναι τριπλασία τῆς τομῆς τοῦ ε.

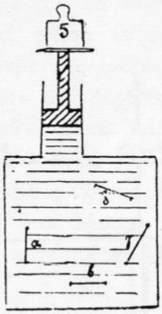
Ἐὰν ἐπὶ τοῦ ε θέσωμεν βάρος B, παρατηροῦμεν ὅτι τὸ ἔμβολον E ὠθεῖται πρὸς τὰς ἐπάνω καὶ ἰσορροπία ἐπέρχεται, ὅταν θέσωμεν ἐπ' αὐτοῦ βάρος 3B, ὥστε νὰ ἰσορροπηθῇ ἡ δύναμις ἡ προερχομένη ἐκ τοῦ ὑγροῦ. Ἡ πίεσις εἶναι εἰς μὲν τὸ ε

$$p = \frac{B}{\varepsilon}$$

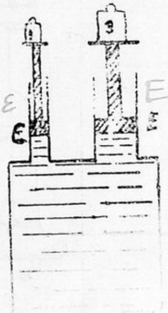
εἰς δὲ τὸ E

$$p=\frac{3B}{3\varepsilon}=\frac{B}{\varepsilon}$$

Ἡ ἀρχὴ αὕτη δύναται νὰ ἐκφρασθῇ καὶ ὡς ἑξῆς:



Σχ. 64.



Σχ. 65.

Αἱ ὁλικαὶ δυνάμεις αἱ ἐνεργοῦσαι ἐπὶ δύο ἐπιφανειῶν ἐντὸς τῆς μάζης ὑγροῦ τινὸς εἶναι ἀνάλογοι τοῦ ἐμβαδοῦ τῶν ἐπιφανειῶν. Εἰς τὸ προηγγούμενον παράδειγμα αἱ δύο δυνάμεις ἔχουν λόγον ὡς 1 πρὸς 3.

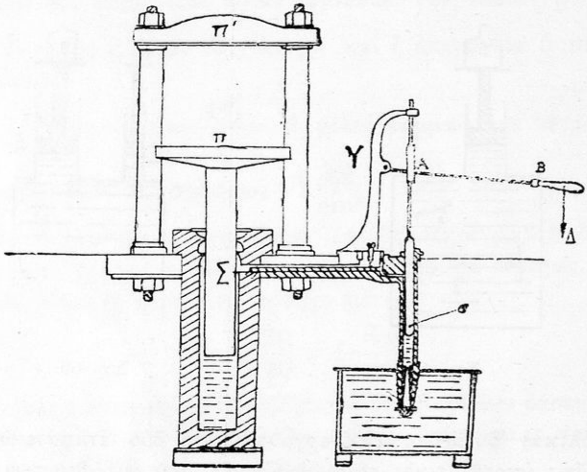
$$\frac{B}{3B}=\frac{\varepsilon}{3\varepsilon}=\frac{1}{3}$$

Οὕτω δυνάμεθα διὰ μικρᾶς δυνάμεως νὰ ἰσορροπήσωμεν ἄλλην πολὺ μεγαλυτέραν.

94. Ὑδραυλικὸν πιεστήριον. Ἐπὶ τῆς ἀρχῆς τοῦ Pascal στηρίζεται ἡ λειτουργία μηχανῆς καλουμένης ὑδραυλικὸν πιεστήριον.

Αὕτη ἀποτελεῖται ἐκ δύο κυλίνδρων κατακορύφων, πολὺ μεγάλης διαφορᾶς τομῆς, κλειομένων δι᾿ ἐμβόλων καὶ συγκοινωνούντων διὰ σωλῆνος πρὸς ἀλλήλους. (σχ. 66) Ἡ τομὴ τοῦ μικροῦ ἐμβόλου ἔστω σ, τοῦ δὲ μεγάλου Σ. Ἡ ὅλη συσκευὴ εἶναι πλήρης ὕδατος. Τὸ ἔμβολον τοῦ στενοῦ κυλίνδρου κινεῖται διὰ μοχλοῦ, τοῦ ὁποίου τὸ ὑπομόχλιον εἶναι Υ. Ἐπὶ τοῦ ἐμβόλου τοῦ ἄλλου κυλίνδρου εἶναι προσηρμοσμένη πλὰξ Π, ἄνωθεν τῆς ὁποίας εὑρίσκεται ἄλλη πλὰξ Π′ στερεωμένη ἐπὶ τῆς βάσεως τοῦ κυλίνδρου.

Ἐὰν $ΑΥ=\frac{1}{10}ΥΒ$ καὶ ἐνεργῇ εἰς Β ἡ δύναμις Δ, ἐπὶ τοῦ ἐμβόλου ἐνεργεῖ ἡ δύναμις 10 Δ, ὡς γνωρίζομεν ἐκ τῆς μελέτης τοῦ μοχλοῦ. Ἐὰν δὲ Σ=10σ, τὸ ἔμβολον τοῦ μεγάλου κυλίνδρου ἀνωθεῖται μὲ δύναμιν δεκαπλασίαν τῆς ἐνεργούσης ἐπὶ τοῦ σ, δηλ.



Σχ. 66.

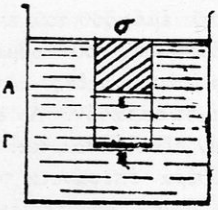
10×10Δ=100Δ. Ὅταν π.χ. ἐνεργήσῃ ἐπὶ τοῦ μοχλοῦ δύναμις 30 χιλιογρ., σῶμα τιθέμενον μεταξὺ τῶν πλακῶν Π καὶ Π′ ὑφίσταται τὴν ἐνέργειαν δυνάμεως 30×100=3000 χιλιογρ.

Διὰ καταλλήλου διατάξεως, τὴν ὁποίαν θὰ γνωρίσωμεν κατὰ τὴν μελέτην τῶν ἀντλιῶν, τὸ ἔμβολον Σ τοῦ εὐρέος κυλίνδρου δὲν ἐπανέρχεται εἰς τὴν ἀρχικήν του θέσιν, ὅταν ἀνυψωθῇ τὸ ἔμβολον σ τοῦ στενοῦ κυλίνδρου. Διὰ νέας δὲ εἰσχωρήσεως τοῦ ἐμβόλου σ ἀνωθεῖται τὸ Σ κατὰ τὸ αὐτὸ διάστημα, οὕτως ὥστε ἡ ἀπόστασις τῶν δύο πλακῶν Π καὶ Π′ διαρκῶς ἐλαττοῦται καὶ τὸ μεταξὺ αὐτῶν σῶμα διαρκῶς πιέζεται περισσότερον,

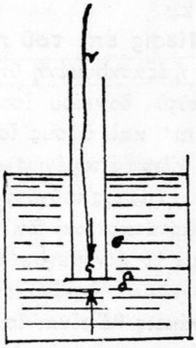
Τὸ ὑδραυλικὸν πιεστήριον χρησιμεύει διὰ τὴν συμπίεσιν ὀγκωδῶν ἀντικειμένων π.χ. δεμάτων βάμβακος, διὰ τὴν δοκιμασίαν τῆς ἀντοχῆς διαφόρων ὑλικῶν εἰς τὴν πίεσιν. Χρησιμοποιεῖται ἐπίσης εἰς τὴν οἰκοδομικὴν διὰ τὴν ἀνύψωσιν ἢ καὶ τὴν μετακίνησιν κεκλιμένων γεφυρῶν ἢ οἰκοδομῶν· π.χ. τὸ μνημεῖον τοῦ πολέμου εἰς τὸ Βερολῖνον διὰ 12 ὑδραυλικῶν πιεστηρίων ἀνυψώθη κατὰ 8 μέτρα καὶ συγχρόνως ἐστράφη κατὰ 24°.

95. Πίεσις προερχομένη ἐκ τῆς μάζης του ὑγροῦ. (Ὑδροστατικὴ πίεσις). Καὶ ὅταν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ὑγροῦ τινὸς δὲν ἐνεργῇ ἔξωθεν δύναμις, ἐντὸς τῆς μάζης αὐτοῦ ὑφίσταται πίεσις προερχομένη ἐκ τοῦ βάρους τοῦ ὑγροῦ. Ἡ πίεσις αὕτη καλεῖται *ὑδροστατικὴ πίεσις*. Τὰ ἀνώτερα στρώματα τοῦ ὑγροῦ πιέζουν τὰ κατώτερα. Καὶ πᾶσα ἐπιφάνεια εὑρισκομένη εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸ ὑγρόν, *εἴτε ἐντὸς τῆς μάζης αὐτοῦ κειμένη, εἴτε ἀποτελοῦσα μέρος τῶν τοιχωμάτων τοῦ δοχείου* ὑφίσταται ἐκ μέρους τοῦ ὑγροῦ πίεσιν.

Ἡ πίεσις αὕτη εἶναι κάθετος ἐπὶ τὴν ἐπιφάνειαν καὶ ἔχει φορὰν ἐκ τοῦ ὑγροῦ πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν, Δὲν εἶναι ὅμως ἡ αὐτὴ πανταχοῦ, ὅπως εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς ἐξωτερικῆς πιέσεως. Ἀφοῦ προέρχεται ἐκ τοῦ βάρους τοῦ ὑγροῦ, προφανῶς θὰ αὐξάνεται, ὅσον ἡ ἐπιφάνεια εὑρίσκεται βαθύτερον ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ. Ἐπὶ τοῦ



Σχ. 67.



Σχ. 68.

αὐτοῦ ὅμως ὁριζοντίου ἐπιπέδου εἶναι σταθερὰ καὶ *ἴση μὲ τὸ βάρος στήλης ὑγροῦ ἐχούσης βάσιν τὴν μονάδα ἐπιφανείας καὶ ὕψος τὴν κατακόρυφον ἀπόστασιν αὐτῆς ἀπὸ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ*.

Π.χ. εἰς τὸ τμῆμα ε ἐπιφανείας ΑΒ (σχ. 67) ἡ πίεσις εἶναι ἴση μὲ τὸ βάρος τῆς στήλης εσ καὶ εἰς πᾶν ἄλλο τμῆμα ἴσον πρὸς ε τῆς αὐτῆς ἐπιφανείας εἶναι ἡ αὐτή. Ἐπὶ τοῦ τμήματος η=ε τῆς ἐπιφανείας ΓΔ εὑρισκομένης εἰς μεγαλύτερον βάθος τῆς ΑΒ, ἡ πίεσις εἶναι μεγαλυτέρα καὶ ἰσοῦται μὲ τὴν στήλην ησ,

96. Πειραματικὴ κατάδειξις τῆς ὑδροστατικῆς πιέσεως καὶ μέτρησις αὐτῆς. Κλείομεν τὸ ἓν ἄκρον τοῦ ὑαλίνου σωλῆνος σ (σχ. 68) διὰ λεπτοῦ καὶ ἐλαφροῦ δίσκου δ, τὸν ὁποῖον συγκρατοῦμεν διὰ νήματος ν, βυθίζομεν τὸν σωλῆνα ἐντὸς δοχείου πλήρους ὕδατος καὶ ἀφήνομεν τὸ νῆμα. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι ὁ δίσκος δὲν πίπτει, διότι ἡ ὑδροστατικὴ πίεσις ἐνεργοῦσα ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω συγκρατεῖ αὐτόν. Ἂν χύσωμεν ὅμως μὲ προσοχὴν ὕδωρ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος, παρατηροῦμεν ὅτι ὁ δίσκος πίπτει, ὅταν ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὕδατος ἐντὸς τοῦ σωλῆνος φθάσῃ τὴν ἐλευθέραν ἐπιφάνειαν τοῦ δοχείου. Ἄρα τὸ βάρος τοῦ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος χυθέντος ὕδατος ἐξουδετέρωσε τὴν ὑδροστατικὴν πίεσιν. Ἑπομένως ἡ ὑδροστατικὴ πίεσις εἶναι ἴση πρὸς τὸ βάρος τοῦτο.

Δύτης εὑρισκόμενος π.χ. εἰς βάθος 20 μέτρων ὑπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς θαλάσσης ὑφίσταται εἰς ἕκαστον τετραγωνικὸν ἑκατοστόμετρον τοῦ σώματός του δύναμιν ἴσην πρὸς τὸ βάρος στήλης ὕδατος ὕψους 20 m καὶ τομῆς 1 cm^2. Τὸ βάρος τοῦτο εἶναι περίπου 2 kg.

97. Πίεσις ἐπὶ τοῦ πυθμένος. Συμφώνως πρὸς τὰ ἀνωτέρω ἡ πίεσις ἡ ἐξασκουμένη ὑπὸ τοῦ ὑγροῦ ἐπὶ τοῦ πυθμένος τοῦ περιέχοντος αὐτὸ δοχείου ἰσοῦται μὲ τὸ βάρος ὑγρᾶς στήλης, βάσεως 1cm^2 καὶ ὕψους ἴσου πρὸς τὸ ὕψος τοῦ ὑγροῦ ἐντὸς τοῦ δοχείου. Εἶναι ἑπομένως ἀνεξάρτητος τοῦ ἐμβαδοῦ τοῦ πυθμένος καὶ τοῦ σχήματος τοῦ δοχείου. Ἡ ὁλικὴ ὅμως ἐπὶ τοῦ πυθμένος δύναμις ἐξαρτᾶται καὶ ἐκ τοῦ ἐμβαδοῦ τῆς ἐπιφανείας αὐτοῦ καὶ ἰσοῦται μὲ τὸ γινόμενον τῆς πιέσεως ἐπὶ τὸ ἐμβαδόν. Ἂν εἰς διάφορα δοχεῖα αἱ ἐπιφάνειαι τῶν πυθμένων εἶναι ἴσαι καὶ αἱ ὁλικαὶ δυνάμεις θὰ εἶναι ἴσαι, ὅταν ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ ὕδατος εὑρίσκεται εἰς τὸ αὐτὸ ὕψος, ἀνεξαρτήτως τοῦ περιεχομένου εἰς ἕκαστον δοχεῖον ποσοῦ ὕδατος.

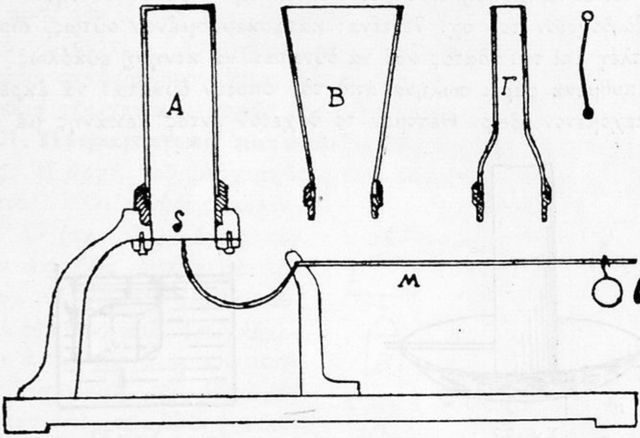
Τοῦτο δεικνύεται διὰ τοῦ ἑξῆς πειράματος :

Εἰς τὸ ἓν ἄκρον τοῦ μοχλοῦ Μ (σχ. 69) εἶναι στερεωμένος δίσκος δ, ὁ ὁποῖος χρησιμεύει διαδοχικῶς ὡς πυθμὴν εἰς τὰ τρία ἄνευ πυθμένος καὶ διαφόρου σχήματος δοχεῖα, Α,Β,Γ, ἀπὸ δὲ τὸ ἄλλο κρέμαται τὸ βάρος β.

Ἂν κοχλιώσωμεν ἄνωθεν τοῦ πυθμένος δ διαδοχικῶς τὰ τρία δοχεῖα, παρατηροῦμεν ὅτι πρέπει νὰ χύσωμεν ἐντὸς αὐτῶν ὕδωρ πάντοτε μέχρι τοῦ αὐτοῦ ὕψους, διὰ νὰ ἰσορροπήσωμεν τὸ βάρος β. Ἄρα ἡ ὁλικὴ ἐπὶ τοῦ πυθμένος δύναμις εἶναι καὶ εἰς τὰς τρεῖς περιπτώσεις ἴση πρὸς β, ἀδιάφορον ἂν περιέχεται εἰς ἄλλο δοχεῖον περισσότερον καὶ εἰς ἄλλο ὀλιγώτερον ὕδωρ.

98. Πίεσις ἐπὶ τῶν δοχείων. Συμφώνως πρὸς τὴν θεμελιώδη ἀρχὴν τῆς ὑδροστατικῆς πιέσεως (§ 96) καὶ ἐπὶ τῶν παρειῶν τοῦ περιέχοντος τὸ ὑγρὸν δοχείου θὰ ἐξασκῆται πίεσις ἐκ τοῦ βάρους του.

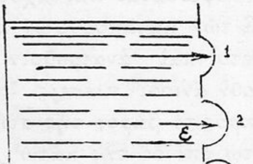
Ἡ πίεσις ἐπὶ τῶν παρειῶν δεικνύεται διὰ δοχείου, φέροντος



Σχ. 69.

πλευρικὰς ὀπάς, κλειομένας δι᾽ ἐλαστικῆς μεμβράνης (σχ. 70). Αἱ μεμβράναι ἐξογκοῦνται, ὅταν τὸ δοχεῖον πληρωθῇ ὕδατος, καὶ μάλιστα τόσον περισσότερον, ὅσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ ἀπόστασις τῆς μεμβράνης ἀπὸ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ.

Ἡ πίεσις ἐπὶ πλευρικῆς ἐπιφανείας ἰσοῦται μὲ τὴν πίεσιν ἐπὶ



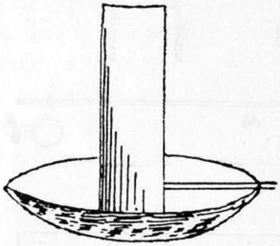
Σχ. 70.

Σχ. 71.

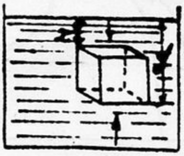
ὁριζοντίου ἐπιφανείας ἰσοϋψοῦς πρὸς τὴν πλευρικὴν π.χ. ἡ πίεσις ἐπὶ τῆς μεμβράνης 2 ἰσοῦται μὲ τὴν πίεσιν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ε,

99. Κίνησις προερχομένη ἐκ τῆς ὑδροστατικῆς πιέσεως. Αἱ ἐπὶ τῶν παρειῶν τοῦ δοχείου πιέσεις ἀναιροῦσιν ἀλλήλας διότι εἶναι ἴσαι καὶ ἀντιθέτου φορᾶς (σχ. 71). Ἂν ὅμως ἡ παρειὰ διατρυπηθῇ εἴς τι σημεῖον ἐκεῖ δὲν ἐνεργεῖ πλέον ἡ ὑδροστατικὴ πίεσις καὶ ἡ πίεσις, ἡ ὁποία ἐνεργεῖ ἐπὶ τοῦ ἀντιστοίχου σημείου τοῦ ἀπέναντι τοιχώματος, μένει ἐλευθέρα νὰ δράσῃ καὶ τείνει νὰ κινήσῃ τὸ δοχεῖον κατὰ τὴν διεύθυνσίν της.

Τὸ δοχεῖον τοῦ σχ. 72 εἶναι κατασκευασμένον οὕτως, ὥστε νὰ ἐπιπλέῃ ἐπὶ τοῦ ὕδατος καὶ νὰ δύναται νὰ κινηθῇ εὐκόλως. Παρὰ τὸν πυθμένα φέρει σωλῆνα, ἀπὸ τὸν ὁποῖον δύναται νὰ ἐκρέῃ τὸ περιεχόμενον ὕδωρ. Θέτομεν τὸ δοχεῖον ἐντὸς λεκάνης μὲ ὕδωρ,



Σχ. 72.



Σχ. 73.

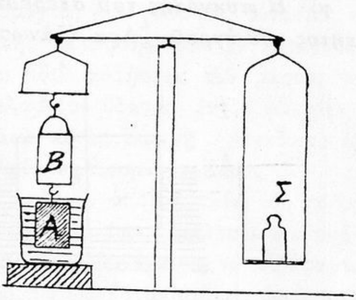
πληροῦμεν αὐτὸ ὕδατος καὶ ἐκπωματίζομεν τὸν σωλῆνα ἐκροῆς. Τὸ ὕδωρ ἐκφεύγει ἐξ αὐτοῦ, ἐνῷ τὸ δοχεῖον κινεῖται κατὰ διεύθυνσιν ἀντίθετον τῆς ἐκροῆς, ὠθούμενον ὑπὸ τῆς ὑδροστατικῆς πιέσεως, ἡ ὁποία ἐνεργεῖ εἰς τὸ ἀπέναντι τῆς ὀπῆς τοίχωμα.

100. Ἄνωσις ἢ Ἀρχὴ τοῦ Ἀρχιμήδους. Σῶμά τι (σχ. 73) βυθισμένον *ἐντελῶς* ἐντὸς ὑγροῦ ὑφίσταται πανταχόθεν τὴν ὑδροστατικὴν πίεσιν. Καὶ αἱ μὲν ἐπὶ τῶν κατακορύφων πλευρῶν πιέσεις εἶναι ἀνὰ δύο ἴσαι καὶ ἀντίθετοι καὶ ἀναιροῦσιν ἀλλήλας. Ἐπὶ τῶν ὁριζοντίων ὅμως ἐνεργοῦν ἄνισοι πιέσεις. Ἐπὶ τῆς ἄνω ἐπιφανείας ἐνεργεῖ δύναμις ἴση πρὸς τὸ βάρος τῆς στήλης χ καὶ μὲ φορὰν ἐκ τῶν ἄνω πρὸς τὰ κάτω ἐπὶ δὲ τῆς κάτω ἐνεργεῖ δύναμις ἴση πρὸς τὸ βάρος τῆς στήλης ψ, μεῖζον τοῦ τῆς χ καὶ μὲ φορὰν ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω. Ἄρα *ἡ τελικὴ συνισταμένη ὅλων τῶν ὑδροστατικῶν δυνάμεων εἶναι διάφορος τοῦ μηδενὸς καὶ ἔχει διεύθυνσιν ἀντίθετον πρὸς τὸ βάρος τοῦ σώματος.* Ἑπομένως ἀφαιρεῖται ἀπὸ τὸ βάρος τοῦ σώματος, τὸ ὁποῖον οὕτω φαίνεται μικρότερον.

Ἡ συνισταμένη αὕτη δύναμις λέγεται *ἄνωσις.* Τὸ σημεῖον τῆς ἐφαρμογῆς της λέγεται κέντρον τῆς ἀνώσεως.

Ἡ ἄνωσις ἰσοῦται, ὅπως εὐκόλως φαίνεται ἐκ τοῦ σχήματος, μὲ τὸ *βάρος στήλης ὑγροῦ, ἐχούσης ὄγκον ἴσον πρὸς τὸν ὄγκον τοῦ σώματος*. Ἄρα: τὰ σώματα ἐντὸς τῶν ὑγρῶν φαίνονται ἐλαφρότερα κατὰ ποσὸν ἴσον πρὸς τὸ βάρος ὑγροῦ, ἔχοντος ὄγκον ἴσον πρὸς τὸν ἰδικόν των. Ἡ ἀρχὴ αὕτη, λέγεται ἀρχὴ τοῦ Ἀρχιμήδους, διότι ὁ Ἀρχιμήδης ἐξέφρασε πρῶτος αὐτήν. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω σκέψεων προκύπτει ὅτι ἡ ἀρχὴ τοῦ Ἀρχιμήδους εἶναι συνέπεια τῆς γενικῆς ἀρχῆς τῆς ὑδροστατικῆς πιέσεως.

101. Πειραματικὴ κατάδειξις τῆς ἀρχῆς τοῦ Ἀρχιμήδους. Ἡ ἀρχὴ τοῦ Ἀρχιμήδους δεικνύεται διὰ τοῦ ἑπομένου πειράματος: Ὁ πλήρης κύλινδρος Α (σχ. 74) ἔχει τὸν αὐτὸν ἀκριβῶς ὄγκον μὲ τὸν κοῖλον κύλινδρον Β. Τὸ σύστημα τῶν δύο κυλίνδρων ἐξαρτῶμεν ἀπὸ τῆς μιᾶς πλάστιγγος ζυγοῦ καὶ ἰσορροποῦμεν θέτοντες ἐπὶ τῆς ἄλλης σταθμὸν Σ.



Σχ. 74.

Ἐὰν τώρα βυθίσωμεν τὸν πλήρη κύλινδρον ἐντὸς ὑγροῦ τινος, ἔστω ὕδατος, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἰσορροπία καταστρέφεται καὶ ἡ φάλαγξ κλίνει πρὸς τὰ σταθμά. Ἄρα ὁ κύλινδρος Α βυθισθεὶς ἐντὸς τοῦ ὕδατος ἔχασε βάρος. Ἡ ἰσορροπία ἐπανέρχεται, ὅταν πληρώσωμεν ὕδατος τὸν κύλινδρον Β. Ἑπομένως τὸ βάρος, τὸ ὁποῖον ἔχασεν ὁ κύλινδρος Α, ἰσοῦται πρὸς τὸ βάρος τοῦ ὕδατος τοῦ περιεχομένου εἰς τὸν κύλινδρον Β., τοῦ ὁποίου ὁ ὄγκος, ὡς εἴπομεν, ἰσοῦται μὲ τὸν ὄγκον τοῦ Α.

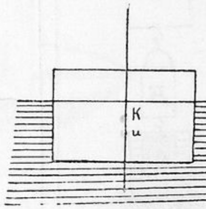
102. Ἰσορροπία στερεῶν ἐντὸς ὑγρῶν. Ὅταν στερεὸν εἶναι ἐμβαπτισμένον ἐντὸς ὑγροῦ, ἐνεργοῦν ἐπ' αὐτοῦ δύο δυνάμεις ἀντίθετοι, τὸ βάρος του καὶ ἡ ἄνωσις. Μεταξὺ τῶν δύο τούτων δυνάμεων εἶναι δυνατὸν νὰ ὑπάρξουν αἱ ἑξῆς τρεῖς διάφοροι σχέσεις:

α) Τὸ στερεὸν εἶναι πυκνότερον τοῦ ὑγροῦ. Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην τὸ βάρος τοῦ στερεοῦ εἶναι μεγαλύτερον τῆς ἀνώσεως, Διότι ἡ ἄνωσις ἰσοῦται μὲ τὸ βάρος ἴσου ὄγκου ὑγροῦ, ἀφοῦ ἑπομένως ἡ πυκνότης τοῦ ὑγροῦ εἶναι μικροτέρα της τοῦ στερεοῦ, ὑπὸ ἴσους ὄγκους ὑγροῦ καὶ στερεοῦ τὸ στερεὸν ἔχει τὸ μεγαλύτερον βάρος (βλ. σχέσιν πυκνότητος, βάρους καὶ ὄγκου εἰς § 56).

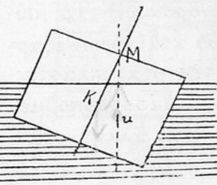
Τὸ στερεὸν θὰ βυθισθῇ ἑπομένως ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ, μέχρις ὅτου φθάσῃ εἰς τὸν πυθμένα τοῦ δοχείου π.χ. τεμάχιον μολύβδου, σιδήρου, ὑάλου βυθίζεται ἐντὸς τοῦ ὕδατος.

β) Τὸ στερεὸν ἔχει τὴν αὐτὴν πυκνότητα μὲ τὸ ὑγρόν. Ἡ ἄνωσις τότε εἶναι ἴση πρὸς τὸ βάρος τοῦ στερεοῦ καὶ ἰσορροπεῖ τοῦτο εἰς οἱανδήποτε θέσιν ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ. Τὸ στερεὸν αἰωρεῖται ἑπομένως ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ.

γ) *Ἡ πυκνότης τοῦ στερεοῦ εἶναι μικροτέρα τῆς πυκνότητος τοῦ ὑγροῦ.* Ἄρα ἡ ἄνωσις εἶναι μεγαλυτέρα τοῦ βάρους.



Σχ. 75α.



Σχ. 75β.

Τὸ στερεὸν ἀνέρχεται τότε εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ὑγροῦ καὶ τμῆμά τι αὐτοῦ ὑπερέχει ταύτης. Τὸ ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ μέρος τοῦ στερεοῦ ἐκτοπίζει ὑγρὸν ἔχον βάρος ἴσον πρὸς τὸ βάρος τοῦ ὅλου σώματος.

103. Ἰσορροπία ἐπιπλεόντων σωμάτων. Τὸ σχ. 75α παριστᾷ σῶμα ἐπιπλέον ἐπὶ τοῦ ὕδατος. Τὸ κέντρον τοῦ βάρους του εἶναι εἰς Κ τὸ δὲ κέντρον τῆς ἀνώσεως εἰς κ. Δίδομεν μίαν κλίσιν εἰς τὸ σῶμα, οὕτως ὥστε τὸ κέντρον τῆς ἀνώσεως νὰ ἔλθῃ π.χ. εἰς τὴν θέσιν τοῦ σχ. 75β. Τὸ σημεῖον Μ, εἰς τὸ ὁποῖον ἡ ἐκ τοῦ κ κατακόρυφος τέμνει τὴν ἀρχικὴν διεύθυνσιν Κκ λέγεται *μετάκεντρον*.

Ὅταν τὸ Κ.Β. τοῦ σώματος εἶναι χαμηλότερα τοῦ μετακέντρου ἡ ἰσορροπία τοῦ ἐπιπλέοντος σώματος εἶναι εὐσταθής. Ἀναπτύσσεται τότε ζεῦγος, τὸ ὁποῖον τείνει νὰ ἐπαναφέρῃ αὐτὸ εἰς τὴν ἀρχικήν του θέσιν.

Ἐὰν ὅμως ἐπιπλέον σῶμα λάβῃ τοιαύτην κλίσιν, ὥστε τὸ Κ.Β. τοῦ νὰ κατέλθῃ κάτωθεν του μετακέντρου, ἀναπτύσσεται ζεῦγος, τὸ ὁποῖον τείνει νὰ ἀνατρέψῃ αὐτό. Ἡ ἰσορροπία εἶναι ἀσταθής.

Ἡ μέση πυκνότης τοῦ ὑλικοῦ, ἐκ τοῦ ὁποίου κατασκευάζονται τὰ μεγάλα πλοῖα εἶναι πολὺ μεγαλύτερα τῆς τοῦ θαλασσίου ὕδατος. Ἐν τούτοις ταῦτα ἐπιπλέουν, διότι ἔχουν τοιοῦτον σχῆμα, ὥστε μέρος αὐτῶν βυθιζόμενον ἐντὸς τῆς θαλάσσης ἐκτοπίζει μέγαν ὄγκον ὕδατος, τοῦ ὁποίου τὸ βάρος ἰσορροπεῖ τὸ βάρος ὁλοκλήρου τοῦ πλοίου, ἡ ἰσορροπία των δὲ εἶναι εὐσταθής, διότι τὸ κέντρον τοῦ βάρους εἶναι χαμηλότερα τοῦ μετακέντρου.

104. Ὑποβρύχια. Τὰ ὑποβρύχια, ὡς γνωστόν, δύνανται νὰ πλέουν καὶ εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς θαλάσσης καὶ ἐν καταδύσει. Ἡ κατάδυσις ἐπιτυγχάνεται δι᾿ αὐξήσεως τοῦ βάρους τοῦ ὑποβρυχίου διὰ τῆς εἰσροῆς θαλασσίου ὕδατος ἐντὸς ὡρισμένων διαμερισμάτων τοῦ σκάφους. Διὰ νὰ ἐπιτευχθῇ ἡ ἀνάδυσις ἐκδιώκεται τὸ ὕδωρ τοῦτο τῇ βοηθείᾳ πεπιεσμένου ἀέρος.

Μικραὶ μεταβολαὶ τοῦ βάθους, εἰς τὸ ὁποῖον πλέει τὸ ὑποβρύχιον, ἐπιτυγχάνονται δι᾿ εἰδικῶν πηδαλίων, καλουμένων πηδαλίων βάθους. Ταῦτα εἶναι ἐπιφάνειαι δυνάμεναι νὰ στρέφωνται περὶ ὁριζόντιον ἄξονα. Ἐὰν εἶναι οὕτως ἐστραμμέναι, ὥστε κατὰ τὸν πλοῦν τὸ ὕδωρ νὰ κτυπᾷ ἐκ τῶν ἄνω, τὸ ὑποβρύχιον βυθίζεται. Ἐὰν ἀντιστρόφως στραφοῦν οὕτως, ὥστε τὸ ὕδωρ νὰ κτυπᾷ τὸ πηδάλιον ἐκ τῶν κάτω τὸ ὑποβρύχιον ἀνέρχεται.

Τὰ τοιχώματα τῶν ὑποβρυχίων πρέπει νὰ εἶναι ἀπολύτως ὑδατοστεγῆ καὶ ἐξαιρετικῶς ἀνθεκτικά, διὰ νὰ ἀντέχουν εἰς τὰς μεγάλας πιέσεις τοῦ βάθους.

Κατὰ τὸν πλοῦν εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς θαλάσσης ὡς κινητήριοι μηχαναὶ χρησιμοποιοῦνται καὶ εἰς τὰ ὑποβρύχια αἱ συνήθεις ἀτμομηχαναὶ ἢ μηχαναὶ ἐσωτερικῆς καύσεως (βλ. θερμότητα), αἱ ὁποῖαι χρησιμοποιοῦνται καὶ εἰς τὰ πλοῖα. Διὰ τὸν πλοῦν ἐν καταδύσει ὅμως προτιμῶνται οἱ ἠλεκτρικοὶ κινητῆρες, διότι οἱ ἄλλοι κατὰ τὴν λειτουργίαν των παράγουν δηλητηριώδη ἀέρια, τὰ ὁποῖα μολύνουν τὸν περιωρισμένον ἀέρα τοῦ σκάφους.

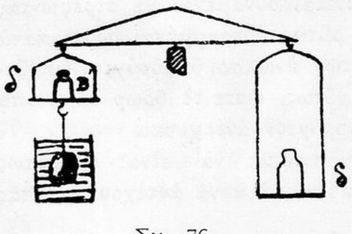
105. Ἰσορροπία πολλῶν ὑγρῶν ἐν τῷ αὐτῷ δοχείῳ. Ὅταν ἐντὸς τοῦ αὐτοῦ δοχείου χύσωμεν ὑγρὰ διαφόρου πυκνότητος, τὰ ὁποῖα δὲν μιγνύονται οὔτε ἐπιδροῦν χημικῶς ἐπ᾿ ἀλλήλων, παρατηροῦμεν ὅτι λαμβάνουν ἐντὸς τοῦ δοχείου θέσιν ὁριζομένην ἐκ τῆς πυκνότητος αὐτῶν. Εἰς τὸν πυθμένα κατέρχεται τὸ πυκνότερον, ἄνωθεν αὐτοῦ τὸ ἀμέσως ὀλιγώτερον πυκνὸν κ.ο.κ.

Π. χ. ἂν χύσωμεν καθ' οἱανδήποτε σειρὰν ἐντὸς τοῦ αὐτοῦ δοχείου ὑδράργυρον, ὕδωρ καὶ ἔλαιον, πάντοτε ὁ ὑδράργυρος θὰ καταλάβῃ τὸν παρὰ τὸν πυθμένα χῶρον, ἄνωθεν αὐτοῦ θὰ εἶναι τὸ ὕδωρ καὶ τέλος ἄνωθεν τοῦ ὕδατος τὸ ἔλαιον. Ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ ἄνω ὑγροῦ εἶναι ἐπίπεδον ὁριζόντιον, ὡς ἐπίσης καὶ ἡ ἐπιφάνεια ἡ διαχωρίζουσα δύο ὑγρά.

ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ ΤΗΣ ΑΡΧΗΣ ΤΗΣ ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΗΣ

Προσδιορισμὸς τῆς πυκνότητος.

106. Α΄. Διὰ τῆς μεθόδου τῆς ἀνώσεως. Ὡς ὡρίσθη εἰς τὴν § 56 πυκνότης σώματός τινος λέγεται ὁ λόγος τοῦ βάρους τοῦ σώματος πρὸς τὸ βάρος ἴσου ὄγκου ὕδατος ἀπεσταγμένου θερμοκρασίας 4°. Ὁ προσδιορισμὸς τῆς πυκνότητος εἶναι δυνατὸν νὰ γίνῃ δι' ἐφαρμογῆς τοῦ φαινομένου τῆς ἀνώσεως, ὡς ἑξῆς:



Σχ. 76.

α) Στερεῶν σωμάτων. Ζυγίζομεν τὸ στερεόν, τοῦ ὁποίου ζητεῖται ἡ πυκνότης. Ἔστω Β τὸ βάρος αὐτοῦ. Κατόπιν ἐξαρτῶμεν αὐτὸ ἀπὸ τὸν ἕνα δίσκον δ ζυγοῦ (σχ. 76) καὶ ἰσορροποῦμεν θέτοντες ἐπὶ τοῦ ἄλλου δίσκου δ΄ οἱονδήποτε ἀντιστάθμισμα. Ἀφοῦ ἰσορροπήσῃ ὁ ζυγός, βυθίζομεν τὸ στερεὸν ἐντὸς ὕδατος, θερμοκρασίας 4°, ὁπότε συνεπείᾳ τῆς ἀνώσεως, ὡς γνωρίζομεν, καταστρέφεται ἡ ἰσορροπία. Διὰ νὰ ἐπανέλθῃ ἡ ἰσορροπία, πρέπει νὰ προσθέσωμεν ἐπὶ τοῦ δίσκου δ΄ σταθμὰ Β΄. Τὰ σταθμὰ ταῦτα παριστοῦν τὸ βάρος ὕδατος ὄγκου ἴσου πρὸς τὸν ὄγκον τοῦ σώματος. Ἄρα ὁ λόγος $\frac{B}{B'}$ εἶναι ἡ ζητουμένη πυκνότης.

β) Ὑγρῶν σωμάτων. Ἐξαρτῶμεν ἀπὸ τὸν ἕνα δίσκον δ ζυγοῦ βάρος τι, συνήθως ὑάλινον δοχεῖον ἑρματισμένον, *(τὸ βοηθητικὸν τοῦτο βάρος καλεῖται πλωτήρ)*, καὶ ἰσορροποῦμεν θέτοντες ἐπὶ τοῦ ἄλλου δίσκου ἀντιστάθμισμα.

Βυθίζομεν κατόπιν τὸν πλωτῆρα ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ, τοῦ ὁποίου ζητεῖται ἡ πυκνότης. Ἡ ἰσορροπία καταστρέφεται, ἐπανέρχεται δὲ αὕτη, ὅταν ἐπὶ τοῦ δίσκου δ θέσωμεν σταθμὰ Σ, ἴσα πρὸς τὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ, τοῦ ἔχοντος ὄγκον ἴσον πρὸς τὸν ὄγκον τοῦ πλωτῆρος. Ἀφαιροῦμεν ἀκολούθως τὰ σταθμὰ Σ, βυθίζομεν τὸν πλωτῆρα ἐντὸς ὕδατος καὶ ἰσορροποῦμεν διὰ προσθήκης σταθμῶν Σ΄ ἐπὶ τοῦ δίσκου δ. Ἔχομεν οὕτω τὰ βάρη ἴσων ὄγκων ὕδατος καὶ ὑγροῦ. Ὁ λόγος Σ/Σ΄ εἶναι ἡ πυκνότης τοῦ ὑγροῦ.

107. Β΄. Διὰ τῆς ληκύθου. Ἡ λήκυθος εἶναι μικρὰ φιάλη ὑαλίνη, ἀπολήγουσα εἰς σωλῆνα, ἐπὶ τοῦ ὁποίου εἶναι χαραγμένη μία γραμμή. (σχ. 77)

Εἰς τὴν μέθοδον τῆς ληκύθου κάμνομεν ἐφαρμογὴν τοῦ εἰς τὴν § 60 δοθέντος πρώτου ὁρισμοῦ τῆς πυκνότητος, ὅτι δηλ. πυκνότης εἶναι ὁ λόγος τοῦ βάρους τοῦ σώματος διὰ τοῦ ὄγκου του.

Σχ. 77.

α) Στερεῶν σωμάτων. Εὑρίσκομεν τὸ βάρος τοῦ σώματος διὰ τοῦ ζυγοῦ καὶ ἀκολούθως προσδιορίζομεν τὸν ὄγκον του διὰ τῆς ληκύθου ὡς ἑξῆς:

Πληροῦμεν τὴν λήκυθον ὕδατος θερμοκρασίας 4° μέχρις τῆς γραμμῆς τοῦ σωλῆνος καὶ ζυγίζομεν αὐτήν. Ἔστω β τὸ βάρος της. Εἰσάγομεν ἀκολούθως τὸ στερεὸν ἐντὸς τῆς ληκύθου. Ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὕδατος ἀνέρχεται ὑπεράνω τῆς γραμμῆς κατὰ ποσὸν ἴσον πρὸς τὸν ὄγκον τοῦ σώματος. Ἀφαιροῦμεν τὸ πλεονάζον ὕδωρ καὶ ζυγίζομεν ἐκ νέου. Τὸ νέον βάρος Σ ἰσοῦται πρὸς τὸ ἀρχικὸν β, μεῖον τὸ βάρος β΄ τοῦ ἀφαιρεθέντος ὕδατος, σὺν τὸ βάρος τοῦ σώματος.

$$β - β' + B = Σ$$

Ἐκ τῆς σχέσεως ταύτης, ἀφοῦ γνωρίζομεν τὰ β καὶ Β ὑπολογίζομεν τὸ βάρος β΄ τοῦ ἀφαιρεθέντος ὕδατος, τὸ ὁποῖον ἰσοῦται μὲ τὸν ὄγκον τοῦ σώματος.

β΄. Ὑγρῶν σωμάτων. Ζυγίζομεν κατ᾽ ἀρχὰς τὴν λήκυθον κενὴν καὶ ἔστω β τὸ βάρος της. Ἀκολούθως πληροῦμεν αὐτὴν ὕδατος μέχρι τῆς γραμμῆς καὶ ζυγίζομεν ἐκ νέου. Ἂν τὸ νέον βάρος εἶναι B_1, τὸ βάρος τοῦ περιεχομένου ὕδατος εἶναι $B_1 - β$. Τέλος χύνομεν τὸ ὕδωρ καὶ πληροῦμεν αὐτὴν μέχρι τοῦ αὐτοῦ σημείου ἐκ τοῦ ὑγροῦ, τοῦ ὁποίου ζητοῦμεν τὴν πυκνότητα. Λαμβάνομεν οὕτω ὄγκον ὑγροῦ ἴσον πρὸς τὸν τοῦ ὕδατος. Ἂν τὸ νέον βάρος εἶναι B_2, τὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ εἶναι $B_2 - \beta$ καὶ ἑπομένως ἡ πυκνότης του $\frac{B_2-\beta}{B_1-\beta}$

108. Ἀραιόμετρα. Εὐκολώτατα προσδιορίζεται ἡ πυκνότης τῶν ὑγρῶν διὰ τῶν ἀραιομέτρων. Τὸ ἀραιόμετρον εἶναι δοχεῖον ὑάλινον ἑρματισμένον καταλλήλως καὶ ἀπολῆγον εἰς στενὸν σωλῆνα κλειστὸν (σχ. 78) καὶ φέροντα διαιρέσεις.

Ἐντὸς ὑγροῦ τὸ ἀραιόμετρον θὰ βυθισθῇ, μέχρις ὅτου τὸ βάρος τοῦ ἐκτοπιζομένου ὑγροῦ ἰσορροπήσῃ τὸ βάρος του. Ἑπομένως ὅσον τὸ ὑγρὸν εἶναι πυκνότερον, τόσον ὀλιγώτερον βυθίζεται τὸ ἀραιόμετρον ἐντὸς αὐτοῦ.

Σχ. 78.

Τὸ ὄργανον βαθμολογοῦμεν βυθίζοντες αὐτὸ ἐντὸς ὑγρῶν γνωστῆς πυκνότητος καὶ σημειοῦντες τὴν πυκνότητα εἰς τὴν διαίρεσιν, μέχρι τῆς ὁποίας ἑκάστοτε βυθίζεται.

Διὰ νὰ μετρήσωμεν τὴν πυκνότητα ὑγροῦ τινὸς διὰ τοῦ ἀραιομέτρου, ἀρκεῖ νὰ βυθίσωμεν αὐτὸ ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ καὶ νὰ ἀναγνώσωμεν τὸν ἀριθμὸν τὸν ἀντιστοιχοῦντα εἰς τὴν διαίρεσιν τῆς κλίμακος, μέχρι τῆς ὁποίας βυθίζεται. Οὗτος, συμφώνως πρὸς τὸν τρόπον τῆς βαθμολογίας παριστᾷ τὴν ζητουμένην πυκνότητα.

109. Ἀραιόμετρα Beaumé. Ἐκτὸς τῆς βαθμολογίας, ἥτις δίδει τὴν ἀπόλυτον πυκνότητα, ὑπάρχουν καὶ ἄλλα διάφορα εἴδη αὐθαιρέτου βαθμολογίας τῶν ἀραιομέτρων.

Ἐκ τούτων λίαν ἐν χρήσει ἀκόμη εἰς τὴν βιομηχανίαν εἶναι ἡ βαθμολογία τῶν ἀραιομέτρων Beaumé. Ἀραιόμετρα Beaumé ὑπάρχουν ἄλλα διὰ τὰ πυκνότερα τοῦ ὕδατος ὑγρὰ καὶ ἄλλα διὰ τὰ ἀραιότερα. Εἰς τὰ πρῶτα ἡ βαθμολογία γίνεται ὡς ἑξῆς: Τὸ βάρος τοῦ ἀραιομέτρου εἶναι τόσον, ὥστε ἐντὸς ὕδατος καθαροῦ νὰ βυθίζεται μέχρι τοῦ ἀνωτάτου περίπου ἄκρου τοῦ σωλῆνος. Ἐκεῖ σημειοῦται μηδέν. Εἰς δὲ τὸ σημεῖον, μέχρι τοῦ ὁποίου βυθίζεται τὸ ἀραιόμετρον ἐντὸς διαλύματος μαγειρικοῦ ἅλατος ἀναλογίας 15 μερῶν ἅλατος πρὸς 85 ὕδατος, σημειοῦται ὁ βαθμὸς 15. Τὸ μεταξὺ μηδενὸς καὶ 15 διάστημα χωρίζεται εἰς 15 ἴσα μέρη, ἐπεκτείνεται δὲ ὁμοίως πέραν τοῦ 15 ἡ βαθμολογία.

Ἀνάλογος εἶναι ὁ τρόπος βαθμολογίας καὶ διὰ τὰ ἀραιόμετρα τὰ προοριζόμενα διὰ τὰ ἀραιότερα τοῦ ὕδατος ὑγρά, μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι τὸ βάρος τοῦ ἀραιομέτρου εἶναι τόσον, ὥστε ἐντὸς καθαροῦ ὕδατος νὰ βυθίζεται μέχρι τοῦ κατωτάτου ἄκρου τοῦ σωλῆνος. Ὁ κατωτέρω πίναξ δίδει τὴν σχέσιν τῶν βαθμῶν Beaumé πρὸς τήν ἀπόλυτον πυκνότητα.

1) Ἀραιόμετρα διὰ τὰ πυκνότερα τοῦ ὕδατος ὑγρά :
Βαθμοὶ Beaumé 0,0 —24,2 — 41,5 —54,4 —64,5 — 72,6
Ἀπόλ. πυκνότης. 1,0 — 1,2 — 1,4 — 1,6 — 1,8 — 2,0
2) Ἀραιόμετρα διὰ τὰ ἀραιότερα τοῦ ὕδατος ὑγρά.
Βαθμοὶ Beaumé. 10,0 —17,7 — 26,1 — 35,6 —46,3 —58,4
Ἀπόλ. πυκνότης. 1,0 —0,95 — 0,90 — 0,85 —0,80 —0,75.

Πίναξ πυκνότητος τῶν συνηθεστέρων σωμάτων.

α΄ Στερεῶν.

ἄνθραξ (ἀδάμας)	3,5	ἀργίλλιον	2,7
» (γραφίτης)	2,3	μόλυβδος	11,3
πάγος	0,91	σίδηρος	7,8
ὕαλος κοινὴ περίπου	2,3	χρυσὸς	19,3
» ὀπτικῶν πρισμάτων		ἄργυρος	10,5
καὶ φακῶν περίπου	3,5	χαλκὸς	8,9
κηρὸς περίπου	0,97	νικέλιον	8,8
		λευκόχρυσος	21,4,

Β΄ Ὑγρῶν.

αἰθὴρ	0,72	γλυκερίνη	1,26
οἰνόπνευμα	0,79	πετρέλαιον	0,80
χλωροφόρμιον	1,49	ὑδράργυρος	13,60
τερεβινθέλαιον	0,87	θαλάσσιον ὕδωρ	1,02
ἔλαιον ἐλαιῶν	0,91		

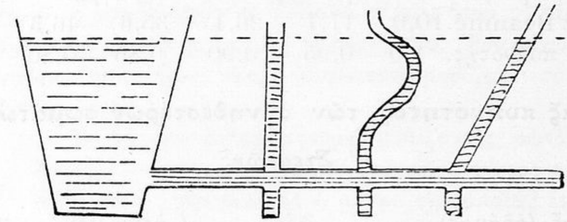
γ΄ ἀερίων

Εἰς θερμοκρασίαν 0° καὶ πίεσιν 760 mm/Hg

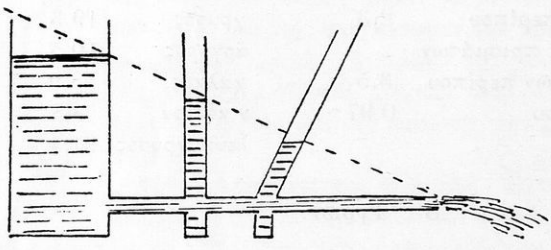
ἀὴρ	0,00129	ὑδρογόνον	0,00009
ὀξυγόνον	0,00143	διοξείδιον τοῦ	
ἄζωτον	0,00125	ἄνθρακος	0,00197.

Συγκοινωνοῦντα δοχεῖα.

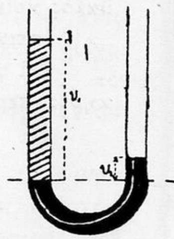
110. Συγκοινωνοῦντα δοχεῖα περιέχοντα τὸ αὐτὸ ὑγρόν. Ἐὰν εἰς δύο ἢ περισσότερα δοχεῖα οἱουδήποτε σχήματος, συγκοινωνοῦντα πρὸς ἄλληλα χύσωμεν ὑγρὸν, ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια φθάνει εἰς ὅλα εἰς τὸ αὐτὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον (σχ. 79).



Σχ. 79.



Σχ. 80.



Σχ. 81

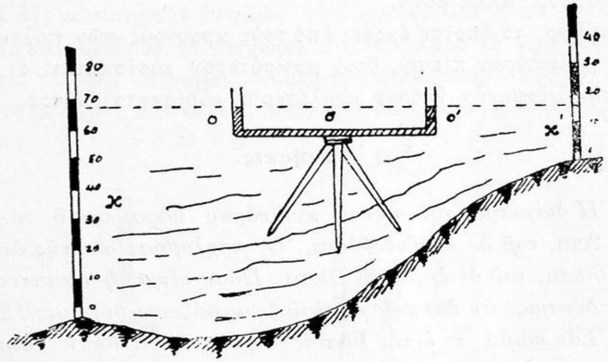
Τὸ γεγονὸς τοῦτο εἶναι συνέπεια τῆς ὁριζοντιότητος τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τῶν ὑγρῶν· τὰ συγκοινωνοῦντα δοχεῖα εἶναι πράγματι ὡς ἓν δοχεῖον, εἰς τὸ ὁποῖον ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ θὰ πρέπῃ νὰ εὑρίσκεται ὁλόκληρος ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ὁριζοντίου ἐπιπέδου.

Ἐὰν ὅμως τὸ ὑγρὸν δὲν ἰσορροπῇ, ἐὰν π.χ. τὸ ἄκρον τοῦ συνδετικοῦ σωλῆνος εἶναι ἀνοικτὸν καὶ τὸ ὑγρὸν ῥέῃ ἐξ αὐτοῦ, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια δὲν εὑρίσκεται εἰς ὅλα τὰ δοχεῖα εἰς τὸ αὐτὸ ὕψος, ἀλλ' εἶναι τόσον χαμηλότερα, ὅσον τὸ δοχεῖον εὑρίσκεται πλησιέστερα πρὸς τὴν ὀπὴν τῆς ἐκροῆς (σχ. 80).

111. Συγκοινωνοῦντα δοχεῖα μὲ διάφορα ὑγρά. Ἐὰν χύσωμεν δύο διάφορα ὑγρὰ μὴ μιγνυόμενα (π.χ. ὕδωρ καὶ ὑδράργυρον) εἰς δύο συγκοινωνοῦντα δοχεῖα, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια δὲν εὑρίσκεται εἰς ἀμφότερα εἰς τὸ αὐτὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον (σχ. 81) Ὑψηλότερα εὑρίσκεται ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ ἀραιοτέρου ὑγροῦ. Τὰ ὕψη τῶν ἐλευθέρων ἐπιφανειῶν ἀπὸ τοῦ ἐπιπέδου τοῦ διαχωρίζοντος τὰ δύο ὑγρὰ εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογα πρὸς τὰς πυκνότητας αὐτῶν· δηλ. ἂν θέσωμεν $υ_1$ καὶ $υ_2$ τὰ ὕψη καὶ d_1 καὶ d_2 τὰς πυκνότητας εἶναι:

$$\frac{υ_1}{υ_2} = \frac{d_2}{d_1}$$

112. Ἐφαρμογαί. Μία τῶν ἐφαρμογῶν τοῦ φαινομένου τῶν



Σχ. 82.

συγκοινωνούντων δοχείων εἶναι ὁ *ὑδροστάτης*,* (σχ. 82) ὄργανον χρησιμοποιούμενον εἰς τὴν μέτρησιν τῆς διαφορᾶς ὕψους δύο σημείων τῆς γηΐνης ἐπιφανείας.

Οὗτος ἀποτελεῖται ἐκ σωλῆνος σ ὑαλίνου κεκαμμένου δὶς κατ᾽ ὀρθὴν γωνίαν καὶ πλήρους μέχρι τοῦ μέσου τῶν κεκαμμένων σκελῶν διὰ χρωματισμένου ὕδατος. Χρησιμοποιεῖται δὲ ὡς ἑξῆς: Εἰς τὰ σημεῖα, τῶν ὁποίων πρόκειται νὰ μετρηθῇ ἡ διαφορὰ ὕψους, τοποθετοῦνται κατακόρυφοι κλίμακες κ καὶ κ′ καὶ μεταξὺ αὐτῶν ὁ ὑδροστάτης. Φέρομεν τὸν ὀφθαλμὸν εἰς τὸ ὕψος τῆς

* Τὰ περὶ ὑδροστάτου τῆς παραγράφου 112 δύνανται νὰ παραληφθοῦν.

ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ Ο καὶ σκοπεύομεν πρῶτον τὴν μίαν κλίμακα. Κατόπιν ἐκ τῆς θέσεως Ο΄ σκοπεύομεν τὴν ἄλλην κλίμακα. Ἡ διαφορὰ τῶν ἀναγνώσεων τῶν δύο σκοπεύσεων εἶναι προφανῶς ἡ διαφορὰ ὕψους τῶν δύο σημείων. Εἰς τὸ σχῆμα εἶναι αὕτη 68—16=52.

Τὰ Ἀρτεσιανὰ φρέατα καὶ οἱ πίδακες ἐξηγοῦνται διὰ τοῦ φαινομένου τῶν συγκοινωνούντων ἀγγείων. Τὸ ὕδωρ, τὸ ὁποῖον εἶναι ἀποθηκευμένον μεταξὺ ἀδιαβρόχων στρωμάτων τῆς γῆς, ῥέει ὑπογείως καί, ὅταν συναντήσῃ ὀπὴν πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν, ἀνέρχεται τεῖνον νὰ φθάσῃ εἰς τὸ ὕψος τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τῆς ἀποθήκης, τοῦτο δὲ ἐπιτυγχάνεται τόσον καλύτερον, ὅσον ἡ διάτρησις γίνῃ πλησιέστερον πρὸς τὴν ἀποθήκην, διότι ἐδῶ δὲν ἔχομεν ἰσορροπίαν ὕδατος, ἀλλὰ ῥοήν.

Τὸ ὕδωρ, τὸ ὁποῖον ἐκρέει ἀπὸ τοὺς κρουνοὺς τῶν πόλεων, ἔχει τόσον μικροτέραν πίεσιν, ὅσον μακρύτερον εὑρίσκεται ὁ κρουνὸς ἀπὸ τὴν δεξαμενὴν ἢ ὅσον ὑψηλότερον εὑρίσκεται οὗτος.

$x = 12 \times \frac{60}{10} \cdot 400 = 28800$kg

Ἀσκήσεις.

1) Ἡ διάμετρος τοῦ στενοῦ κυλίνδρου ὑδραυλικοῦ πιεστηρίου εἶναι 2cm, τοῦ δὲ εὐρέος 40cm. Ὁ μοχλοβραχίων τῆς δυνάμεως εἶναι 60cm, τοῦ δὲ ἐμβόλου 10cm. Πόση εἶναι ἡ ἀναπτυσσομένη ὁλικὴ δύναμις, ἂν ἐπὶ τοῦ μοχλοῦ ἐφαρμόζεται δύναμις 12kg;

2) Ἐὰν σῶμά τι ἐντὸς ὕδατος ὑφίστατο ἄνωσιν ἴσην πρὸς 52gr., πόσην ὑφίσταται ἐντὸς τοῦ οἰνοπνεύματος, τοῦ ὁποίου ἡ πυκνότης εἶναι 0,8, καὶ πόσην ἐντὸς τοῦ ὑδραργύρου; (πυκνότης ὑδραργύρου 13,6).

3) Πόσον ζυγίζει ἐντὸς τοῦ πετρελαίου χαλκίνη σφαῖρα, ἀκτῖνος 4cm; Πυκνότης χαλκοῦ 8,9, πετρελαίου 0,84.

$= 52 \cdot 0{,}8 = 41{,}6$ gr

$= 52 \cdot 13{,}6 = 707{,}2$ gr

$\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot 64 = 267{,}94$

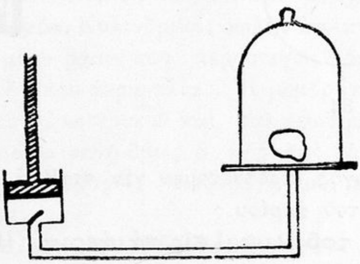
$x = 2259{,}59$

ΑΕΡΟΜΗΧΑΝΙΚΗ

ΑΕΡΟΣΤΑΤΙΚΗ

113. Χαρακτηριστικαὶ ἰδιότητες τῶν ἀερίων. Ἐκ τῆς ἀερομηχανικῆς θὰ ἐξετάσωμεν μόνον τὴν ἀεροστατικήν. Τὰ ἀέρια ὡς εἴδομεν (§ 7) χαρακτηρίζονται ἐκ τῆς ἐλλείψεως ὡρισμένου σχήματος καὶ ὡρισμένου ὄγκου. Ὁ ὄγκος μιᾶς ὡρισμένης ποσότητος ἀερίου τείνει διαρκῶς νὰ αὐξηθῇ.

Ἡ ἰδιότης αὕτη τῶν ἀερίων καλεῖται *ἐκτατόν*. Ἕνεκα τοῦ ἐκτατοῦ των τὰ ἀέρια πληροῦν ἐντελῶς τὸ δοχεῖον, ἐντὸς τοῦ ὁποίου κρατοῦνται, καὶ πιέζουν τὰ τοιχώματα αὐτοῦ πρὸς τὰ ἔξω. Τοῦτο βλέπομεν εἰς τὸ ἑξῆς πείραμα : Φυσῶμεν εἰς ἐλαστικὴν κύστιν μικρὰν ποσότητα ἀέρος καὶ κλείομεν αὐτήν. Δὲν παρατηροῦμεν ἐξόγ-



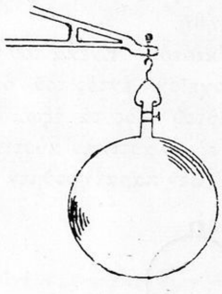
Σχ. 83.

κωσιν τῶν τοιχωμάτων τῆς κύστεως λόγῳ τοῦ ὅτι καὶ ὁ ἀὴρ τῆς ἀτμοσφαίρας ἐξασκεῖ ἐπ᾽ αὐτῶν πίεσιν ὅπως θὰ ἴδωμεν βραδύτερον. Ἂν ὅμως τὴν κύστιν θέσωμεν ὑπὸ τὸν κώδωνα τῆς ἀεραντλίας καὶ ἀφαιροῦμεν τὸν ἀέρα τοῦ κώδωνος, ἡ κύστις ἐξογκοῦται καὶ τόσον περισσότερον, ὅσον προχωρεῖ ἡ ἀραίωσις (σχ. 33).

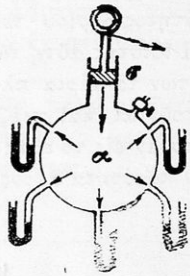
Ἄλλη χαρακτηριστικὴ ἰδιότης τῶν ἀερίων εἶναι τὸ λίαν συμπιεστὸν αὐτῶν.

Τὰ ἀέρια, ἐν ἀντιθέσει πρὸς τὰ ὑγρά, συμπιέζονται εὐκολώτατα δι᾽ ἐπιδράσεως μικρᾶς δυνάμεως, μετὰ τὴν συμπίεσιν δὲ ἀναλαμβάνουν ἐντελῶς τὸν ἀρχικόν των ὄγκον. Βραδύτερον θὰ γνωρίσωμεν τὴν σχέσιν τὴν ὑπάρχουσαν μεταξὺ τῆς πιέσεως, τὴν ὁποίαν ὑφίσταται ἀέριόν τι, καὶ τοῦ ὄγκου, τὸν ὁποῖον καταλαμβάνει.

114. Βάρος τῶν ἀερίων. Τὰ ἀέρια, ὅπως ὅλα τὰ σώματα, ἔχουν βάρος Ἓν λίτρον ἀέρος ζυγίζει περίπου 1,3 gr. Πρὸς κατάδειξιν τοῦ βάρους τῶν ἀερίων ἐκτελοῦμεν τὸ ἑξῆς πείραμα: Ἀφαιροῦμεν τὸν ἀέρα τῆς σφαίρας τοῦ σχήμ. 84 διὰ τῆς ἀεραντλίας καὶ ζυγίζομεν αὐτήν. Κατόπιν ἀνοίγομεν τὴν στρόφιγγα καὶ ἀφήνομεν νὰ εἰσέλθῃ ἀὴρ ἢ εἰσάγομεν οἱονδήποτε ἄλλο ἀέριον, Ἡ φάλαγξ τότε κλίνει πρὸς τὸ μέρος τῆς σφαίρας καὶ διὰ νὰ



Σχ. 84.



Σχ. 85.

ἰσορροπήσῃ ὁ ζυγός, προσθέτομεν νέα σταθμά, τὰ ὁποῖα εἶναι ἴσα πρὸς τὸ βάρος τοῦ ἀερίου.

115. Ἀρχὴ τοῦ Pascal **εἰς τὰ ἀέρια.** Ἡ ἀρχὴ τοῦ Pascal, τὴν ὁποίαν ἐγνωρίσαμεν εἰς τὸν ὑδροστατικὴν (§ 93), ἰσχύει καὶ διὰ τὰ ἀέρια.

Ἐὰν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ἀερίου ἐφαρμοσθῇ πίεσις, μεταδίδεται αὕτη ἐντὸς τῆς μάζης αὐτοῦ καθ᾽ ὅλας τὰς διευθύνσεις μετὰ τῆς αὐτῆς ἐντάσεως. Διὰ τὴν πειραματικὴν κατάδειξιν τῆς ἀρχῆς τοῦ Pascal χρησιμοποιοῦμεν τὴν σφαῖραν α (σχ. 85), ἥτις καταλήγει εἰς ἐπιμήκη σωλῆνα, ἐντὸς τοῦ ὁποίου κινεῖται ἀεροστεγῶς ἔμβολον καὶ φέρει μανόμετρα (περὶ μανομ. βλ. § 126) εἰς τὰς παρειὰς δεικνύοντα τὴν πίεσιν τοῦ ἐντός, αὐτῆς περιεχομένου ἀέρος. Ἂν ὠθήσωμεν τὸ ἔμβολον πρὸς τὰ ἐντός, παρατηροῦμεν ὅτι ὅλα τὰ μανόμετρα δεικνύουν ἴσην αὔξησιν τῆς πιέσεως.

Ἐντὸς τῆς μάζης παντὸς ἀερίου ὑφίσταται πάντοτε πίεσις προερχομένη ἐκ τοῦ βάρους τῶν ἀνωτέρων στρωμάτων, ὅπως καὶ εἰς τά ὑγρὰ (§ 95), πᾶσα δὲ ἐπιφάνεια εὑρισκομένη ἐντὸς τοῦ ἀερίου ὑπόκειται εἰς τὴν ἀεροστατικὴν ταύτην πίεσιν.

Ἡ ἀεροστατικὴ πίεσις εἶναι, ὅπως καὶ ἡ ὑδροστατική, σταθερὰ ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ὁριζοντίου ἐπιπέδου καὶ ἴση πρὸς τὸ βάρος τῆς ἀερίας στήλης, ἡ ὁποία ὑπάρχει ἄνωθεν βάσεως 1cm².

Ἡ διαφορὰ τῶν πιέσεων εἰς δύο ἐπίπεδα ἰσοῦται μὲ βάρος στήλης τομῆς 1cm² καὶ ὕψους ἴσου πρὸς τὴν ἀπόστασιν τῶν δύο ἐπιπέδων.

116. Ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις. Ἡ ἀτμόσφαιρα εἶναι μᾶζα ἀέριος περιβάλλουσα τὴν γῆν καὶ παρακολουθοῦσα αὐτὴν εἰς ὅλας της τὰς κινήσεις. Ἡ ἀτμόσφαιρα δὲν ἔχει εἰς ὅλα τά στρώματα τὴν αὐτὴν πυκνότητα. Τὰ ἀνώτερα στρώματα συμπιέζουν τὰ κατώτερα ἕνεκα τοῦ βάρους των καὶ διὰ τοῦτο ἡ πυκνότης τῆς ἀτμοσφαίρας αὐξάνεται ἐκ τῶν ἀνωτέρων στρωμάτων πρὸς τὸ ἔδαφος.

Ἡ ἀτμόσφαιρα ἀσκεῖ διὰ τοῦ βάρους της ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς γῆς πίεσιν, τὴν ὁποίαν καλοῦμεν *ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν*.

Ἡ ὕπαρξις τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως δεικνύεται διὰ πλείστων πειραμάτων, τινὰ ἐκ τῶν ὁποίων ἀναφέρομεν.

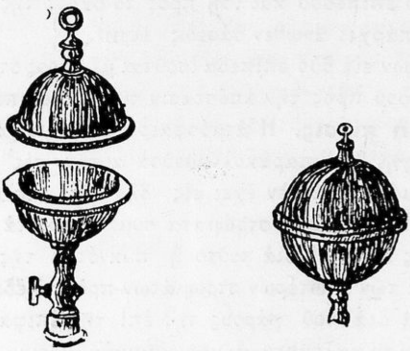
1) ***Κυστορραγία.*** Κυλινδρικὸς σωλὴν ἀνοικτὸς ἑκατέρωθεν κλείεται κατὰ τὴν μίαν βάσιν του ἀεροστεγῶς διὰ μεμβράνης καὶ τίθεται ἐπὶ τοῦ δίσκου ἀεραντλίας. Ἡ μεμβράνη ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῶν πιέσεων τοῦ ἐσωτερικοῦ καὶ τοῦ ἐξωτερικοῦ ἀέρος κρατεῖται τεταμένη. Ἂν ἀφαιρεθῇ ὅμως ὁ ἀὴρ ἀπὸ τὸν κύλινδρον, ἡ μεμβράνη κάμπτεται ἰσχυρῶς πιεζομένη ὑπὸ τῆς ἀτμοσφαίρας καὶ τέλος θραύεται.

2) ***Ἡμισφαίρια τοῦ Μαγδεμβούργου.*** Ταῦτα εἶναι δύο μετάλλινα ἡμισφαίρια (σχ. 86), προσαρμοζόμενα ἀεροστεγῶς πρὸς ἄλληλα καὶ ἀποτελοῦντα κοίλην σφαῖραν. Τὸ ἓν τούτων φέρει στρόφιγγα, δι' ἧς τίθενται εἰς συγκοινωνίαν πρὸς τὴν ἀεραντλίαν. Ὅταν ἐντὸς τῆς κοιλότητος ὑπάρχῃ ἀήρ, τὰ ἡμισφαίρια εὐκόλως ἀποχωρίζονται ἀλλήλων. Ἂν ὅμως ἀφαιρεθῇ ὁ ἀήρ, χρειάζεται ἰσχυροτάτη δύναμις διὰ νὰ κατορθωθῇ τοῦτο.

Τὸ ὄνομα τῶν ἡμισφαιρίων ὀφείλεται εἰς τὴν πόλιν, ὅπου πρῶτον ἐξετελέσθη τὸ πείραμα ὑπὸ τοῦ δημάρχου αὐτῆς Otto de Guericke.

3) Γνωστότατον καὶ ἁπλούστατον πείραμα δεικνῦον τὴν ὕπαρξιν τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως εἶναι τὸ ἑξῆς:

Πληροῦμεν ἐντελῶς δι' ὕδατος ποτήριον, καλύπτομεν αὐτὸ διὰ φύλλου χάρτου, τὸ ὁποῖον πιέζομεν ἐλαφρῶς, καὶ κρατοῦμεν διὰ τῆς χειρός· κατόπιν ἀναστρέφομεν τὸ ποτήριον καὶ ἀποσύρομεν τὴν χεῖρα (σχ. 87). Τὸ ὕδωρ δὲν χύνεται συγκρατούμενον ὑπὸ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως, ἡ ὁποία ὑφίσταται μόνον κατὰ τὴν ὑπὸ

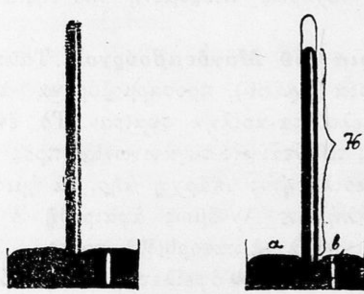


Σχ. 86.

Σχ. 87.

τοῦ βέλους δεικνυομένην διεύθυνσιν. Ἐκ τῶν ἔσω τοῦ ποτηρίου πρὸς τὰ ἔξω ἐνεργεῖ μόνον τὸ βάρος τοῦ ὕδατος, δὲν ἐνεργεῖ ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις, διότι δὲν ὑπάρχει ἐντὸς τοῦ ποτηρίου ἀήρ.

117. Μέτρησις τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως. Πείραμα τοῦ Torricelli. Ὁ Torricelli ἐμέτρησε τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν διὰ τοῦ ἑξῆς ἁπλοῦ πειράματος. Ἐπλήρωσεν ἐντελῶς δι' ὑδραργύρου ὑάλινον σωλῆνα κλειστὸν κατὰ τὸ ἓν ἄκρον, μήκους περίπου 1m. Ἔκλεισε τὸ ἄλλο ἄκρον διὰ τοῦ δακτύλου καὶ ἀνατρέψας τὸν σωλῆνα ἐβύθισεν αὐτὸ εἰς λεκάνην μὲ ὑδράργυρον (σχ. 88).



Σχ. 88.

Μετὰ ταῦτα ἀπέσυρε τὸν δάκτυλον καὶ παρετήρησεν ὅτι ὁ ὑδράργυρος κατῆλθεν ἐντὸς τοῦ σωλῆνος μέχρις ἀποστάσεως 76cm περίπου ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ὑδραργύρου τῆς λεκάνης καὶ ἀφῆκεν ἄνωθεν αὐτοῦ κενὸν χῶρον, ὁ ὁποῖος καλεῖται βαρομετρικὸς χῶρος. Ἐντὸς τοῦ σωλῆνος ἡ ἐπιφάνεια αβ εἰς τὸ ὕψος τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τῆς λεκάνης ὑφίσταται μόνον τὴν πίεσιν ἐκ τοῦ βάρους τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης, διότι ὁ βαρομετρικὸς χῶρος εἶναι κενὸς ἀέρος.

Ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς λεκάνης ἐνεργεῖ μόνον ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις.

Γνωρίζομεν ὅτι αἱ πιέσεις ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας αβ καὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς λεκάνης εἶναι ἴσαι, ἀφοῦ ἀμφότεραι αἱ ἐπιφάνειαι εὑρίσκονται ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ὁριζοντίου ἐπιπέδου. Ἄρα ἡ ἀτμοσφαιρική πίεσις ἰσοῦται μὲ τὸ βάρος τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης τοῦ σωλῆνος.

Ἡ κατὰ μονάδα ἐπιφανείας ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις ἰσοῦται μὲ τὸ βάρος στήλης ἐχούσης τομὴν $1cm^2$.

Ἂν λάβωμεν ὡς ὕψος τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης τοῦ σωλῆνος 76 cm, τὸ βάρος αὐτῆς (τομῆς $1cm^2$) ἰσοῦται πρὸς

$76 \times 13,6 = 1033gr$ (13.6 εἶναι ἡ πυκνότης τοῦ ὑδραργύρου).

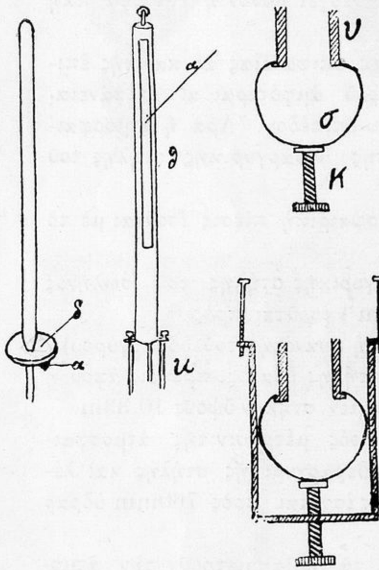
Διὰ νὰ ἐπέλθῃ τοιαύτη πίεσις ἐκ στήλης ὕδατος, πρέπει, ἀφοῦ ἡ πυκνότης τοῦ ὕδατος εἶναι 1, νὰ ἔχωμεν στήλην ὕψους 10,33m.

Ἀντὶ τοῦ βάρους γίνεται χρῆσις πρὸς μέτρησιν τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως ἁπλῶς τοῦ ὕψους τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης καὶ λέγομεν π.χ. ὅτι ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις ἰσοῦται πρὸς 760mm ὑδραργύρου ἢ συντόμως 760mm Hg.

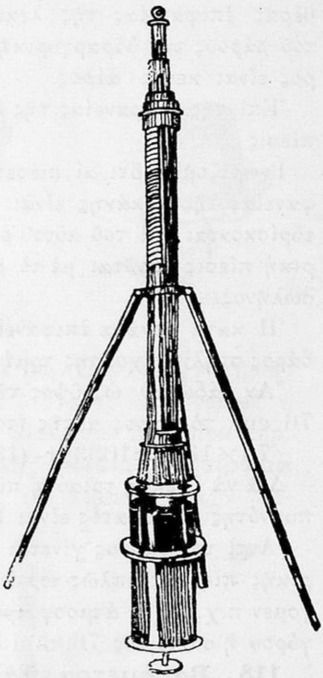
118. Βαρόμετρα. Τὰ ὄργανα, τὰ ὁποῖα μετροῦν τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν, ὅπως ἡ συσκευὴ τοῦ Toricelli, καλοῦνται βαρόμετρα.

Ὑπάρχουν πολλὰ εἴδη βαρομέτρων· θὰ περιγράψωμεν ἐκ τούτων τὸ βαρόμετρον Fortin, τοῦ ὁποίου γίνεται μεγίστη χρῆσις διότι ἔχει τὸ πλεονέκτημα νὰ μεταφέρεται εὐκόλως χωρὶς κίνδυνον καταστροφῆς. Τοῦτο ἀποτελεῖται κυρίως ἀπὸ τὸν πληρούμενον ὑδραργύρου ὑάλινον σωλῆνα, καλούμενον βαρομετρικὸν σωλῆνα καὶ τὴν λεκάνην, καταλλήλως προσηρμοσμένα πρὸς ἄλληλα. Ὁ βαρομετρικὸς σωλὴν φέρει παρὰ τὸ ἀνοικτὸν ἄκρον του προσηρμοσμένον ξύλινον δίσκον δ καὶ ἐπ' αὐτοῦ μικρὰν ἀκίδα α (σχ, 89α), περιβάλλεται δὲ χάριν προφυλάξεως καθ' ὅλον τὸ μῆκός του μέχρι του δίσκου δ ὑπὸ μεταλλίνης θήκης φερούσης δύο ἀνοίγματα α ἀπέναντι ἀλλήλων διὰ τὴν παρατήρησιν. Ἐπὶ τῆς θήκης εἶναι χαραγμένη κλῖμαξ εἰς χιλιοστόμετρα, τῆς ὁποίας τὸ μηδὲν ἀντιστοιχεῖ εἰς τὸ ἄκρον τῆς ἀκίδος.

Ἡ λεκάνη εἶναι κύλινδρος ὑάλινος φέρων ὡς πυθμένα σάκκον



Σχ. 89α.



Σχ. 89β.

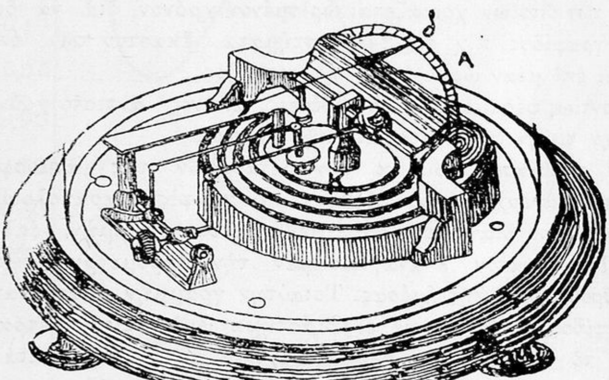
ἐκ δέρματος σ, ὁ ὁποῖος ἀναβιβάζεται ἢ καταβιβάζεται διὰ τοῦ κοχλίου Κ. Ὁ σάκκος περιβάλλεται ὑπὸ μεταλλίνης θήκης θ′, ἡ ὁποία συνδέεται μετὰ τῆς θήκης τοῦ σωλῆνος διὰ τῶν κοχλιῶν κ καὶ οὕτω ἡ λεκάνη μετὰ τοῦ σωλῆνος ἀποτελοῦν ἓν σῶμα.

Τὸ βαρόμετρον στηρίζεται ἐπὶ ἰδίας τρίποδος βάσεως.

Τὸ σχ. 89 β δίδει τὴν ἐξωτερικὴν μορφὴν βαρομέτρου Fortin. Ὅταν τὸ βαρόμετρον πρόκειται νὰ μεταφερθῇ, ἀνυψοῦμεν τὸν κοχλίαν Κ, ἡ χωρητικότης τῆς λεκάνης ἐλαττοῦται καὶ ὁ ὑδράργυρος πληροῖ αὐτὴν ἐντελῶς καθὼς καὶ τὸν σωλῆνα, οὕτως ὥστε δὲν ὑπάρχει φόβος θραύσεως τοῦ σωλῆνος ἐκ τῆς προσκρούσεως τοῦ ὑδραργύρου, οὔτε εἰσαγωγῆς ἀέρος ἐντὸς τοῦ βαρομετρικοῦ σωλῆνος.

119 Χρῆσις τοῦ βαρομέτρου. Ἡ χρῆσις τοῦ βαρομέτρου Fortin εἶναι ἁπλουστάτη. Στρέφομεν τὸν κοχλίαν Κ, μέχρις ὅτου ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ἐν τῇ λεκάνῃ ὑδραργύρου ἔλθῃ εἰς ἐπαφὴν πρὸς τὴν ἀκμὴν τῆς ἀκίδος α, καὶ εἶτα παρατηροῦμεν εἰς ποίαν διαίρεσιν τῆς κλίμακος ἀντιστοιχεῖ ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ ἐν τῷ σωλῆνι ὑδραργύρου. Ἡ διαίρεσις αὕτη παριστᾷ προφανῶς τὸ ὕψος τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης μεταξὺ τῶν ἐλευθέρων ἐπιφανειῶν τοῦ ὑδραργύρου τῆς λεκάνης καὶ τοῦ σωλῆνος, ἑπομένως καὶ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν εἰς χιλιοστόμετρα ὑδραργύρου.

120. Μεταλλικὰ βαρόμετρα. Πλὴν τῶν ὑδραργυρικῶν βαρομέτρων κατασκευάζονται καὶ τὰ μεταλλικά, εἰς τὰ ὁποῖα με-



Σχ. 90.

τρεῖται ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις ἐκ τοῦ μεγέθους τῆς παραμορφώσεως, τὴν ὁποίαν ὑφίστανται ἐκ ταύτης κατάλληλα ἐλάσματα.

Τοιοῦτον βαρόμετρον παριστᾶ τὸ σχ. 90. Τὸ οὐσιῶδες μέρος αὐτοῦ εἶναι ὀρειχάλκινον τύμπανον Κ, ἀεροστεγὲς καὶ κενὸν ἀέρος.

Ἡ ἀνωτέρα βάσις τοῦ τυμπάνου ἀποτελεῖται ἀπὸ λεπτὴν καὶ εὔκαμπτον πλάκα, τῆς ὁποίας ἡ ἐπιφάνεια εἶναι κυματοειδὴς πρὸς αὔξησιν τῆς εὐκαμψίας.

Ἡ πλὰξ αὕτη ἀνέρχεται ἢ κατέρχεται, καθόσον τὸ τύμπανον παραμορφοῦται ἐκ τῶν μεταβολῶν τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως, καὶ ἡ κίνησίς της μεταδίδεται καταλλήλως εἰς δείκτην δ, κινούμενον ενώπιον κλίμακος Α, ἡ ὁποία βαθμολογεῖται διὰ συγκρίσεως πρὸς ὑδραργυρικὸν βαρόμετρον.

Τὰ μεταλλικὰ βαρόμετρα δὲν ἔχουν μὲν τὴν ἀκρίβειαν τῶν ὑδραργυρικῶν, ἀλλ' εἶναι κατ' ἐξοχὴν εὔχρηστα.

121. Βαρογράφοι. Χρησιμώτατα, ἰδίως εἰς τὴν Μετεωρολογίαν, εἶναι τὰ αὐτογραφικὰ βαρόμετρα, καλούμενα καὶ βαρογράφοι.

Ταῦτα εἶναι βαρόμετρα συνήθως μεταλλικά, ἐπὶ τοῦ ἐλάσματος τῶν ὁποίων προσαρμόζεται ἀντὶ τοῦ δείκτου γραφίς, ἡ ὁποία ἐφάπτεται τυμπάνου κεκαλυμμένου διὰ χάρτου καὶ στρεφομένου περὶ τὸν ἄξονά του δι' ὡρολογιακοῦ μηχανισμοῦ.

Ὁ χάρτης εἶναι διῃρημένος κατακορύφως εἰς ἴσα διαστήματα, ἕκαστον τῶν ὁποίων χρειάζεται ὡρισμένον χρόνον, διὰ νὰ διέλθῃ πρὸ τῆς γραφίδος, π.χ. εἰς 24 διαστήματα, ἕκαστον τῶν ὁποίων διέρχεται ἐπὶ μίαν ὥραν πρὸ τῆς γραφίδος.

Ὁριζοντίως φέρει ἐπίσης διαιρέσεις, αἵτινες ἀντιστοιχοῦν εἰς ὡρισμένην τιμὴν τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως.

Ὅταν τὸ ἔλασμα, ὡς ἐκ τῶν μεταβολῶν τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως ἀνέρχεται ἢ κατέρχεται, ἡ γραφὶς παρακολουθοῦσα τὴν κίνησίν του διαγράφει ἐπὶ τοῦ χάρτου γραμμὴν, ἐπὶ τῆς ὁποίας εἶναι δυνατὸν ν' ἀναγνώσωμεν τὴν βαρομετρικὴν πίεσιν εἰς διαφόρους ὥρας τῆς ἡμέρας. Τοιαύτην γραμμὴν γραφεῖσαν ὑπὸ τῆς γραφίδος βαρογράφου εἰς διάστημα ἑνὸς εἰκοσιτετραώρου παριστᾷ τὸ σχῆμα 91. Εἰς τὸ σχῆμα αὐτὸ π. χ. κατὰ τὴν ὥραν 8 ἡ πίεσις εἶναι 760,3 mm. Hg.

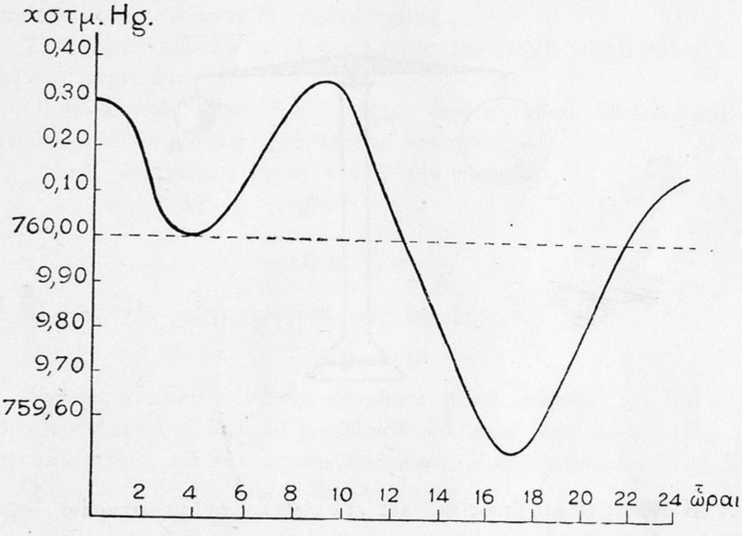
122. Μεταβολαὶ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως. ***Ὑψομέτρησις διὰ βαρομέτρου.*** Ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις δὲν εἶναι σταθερά. Γνωρίζομεν ἤδη ὅτι, καθόσον ἀνερχόμεθα ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐδάφους, τὸ ὕψος τῆς ἀτμοσφαίρας καὶ ἡ πυκνότης αὐτῆς καθίστανται μικρότερα, ἑπομένως καὶ ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις ἐλαττοῦται. Ἡ ἐλάττωσις εἶναι περίπου 1mm διὰ 10,5m, ἐφ' ὅσον δὲν ἀνερχόμεθα εἰς μεγάλα ὕψη.

Εἰς τὰ μεγάλα ὕψη ἡ ἐλάττωσις καθίσταται ὁλοὲν μικροτέρα. Ἀλλὰ καὶ εἰς τὸ αὐτὸ ὕψος ἡ ἀτμ. πίεσις μεταβάλλεται κατὰ καιρούς, ἐξαρτωμένη ἐκ τῶν ἀτμοσφαιρικῶν συνθηκῶν, ὅπως ἐκ τῶν ἀνέμων, τῆς θερμοκρασίας τοῦ τόπου κλπ. Παρὰ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς θαλάσσης ἡ ἀτμ. πίεσις εἶναι κατὰ μέσον ὅρον 760.mm ὑδραργύρου. Ἡ γνῶσις τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως εἶναι χρησιμωτάτη.

Ἐκ ταύτης εἶναι δυνατὸν νὰ ὑπολογίσωμεν κατὰ προσέγγισιν τὸ ὕψος τοῦ τόπου.

Πρὸς τὸν σκοπὸν τοῦτον χρησιμοποιοῦνται κυρίως μεταλλικὰ βαρόμετρα καὶ βαρογράφοι, τῶν ὁποίων ἡ βαθμολογία γίνεται ἀπ᾽ εὐθείας εἰς μέτρα ἐπὶ τῇ βάσει μιᾶς πολυπλόκου σχέσεως δοθείσης ὑπὸ τοῦ Laplace.

Εἰς τὴν σχέσιν ταύτην εἰσέρχονται αἱ ἀτμοσφαιρικαὶ πιέσεις εἰς τοὺς δύο τόπους, τῶν ὁποίων ζητεῖται ἡ διαφορὰ ὕψους, μετρηθεῖ-



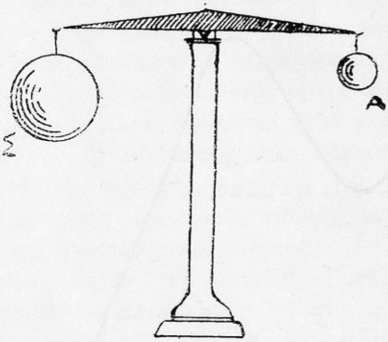
Σχ. 91.

σαι κατὰ τὴν αὐτὴν στιγμὴν καὶ ἐν ὥρᾳ νηνεμίας, αἱ θερμοκρασίαι αὐτῶν καὶ τὸ πλάτος τοῦ τόπου. Ὁ ἑπόμενος πίναξ δίδει ἰδέαν τῆς μεταβολῆς τῶν ἀτμοσφαιρικῶν πιέσεων μετὰ τοῦ ὕψους, ὅταν ἡ πίεσις εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς θαλάσσης εἶναι 760 καὶ ἡ θερμοκρασίας 10^{0} κατὰ μέσον ὅρον.

Πίεσις εἰς χιλιοστ.	Ὕψος εἰς μέτρα
760	0
724	400
690	800
658	1200
627	1600
598	2000

Ὑψομετρικὰ βαρόμετρα χρησιμοποιοῦν καὶ εἰς τὰ ἀεροπλάνα. Εἰς τὴν Μετεωρολογίαν ἡ παρακολούθησις τῶν μεταβολῶν τῆς ἀτμοσφ. πιέσεως τῇ βοηθείᾳ τῶν βαρογράφων χρησιμεύει εἰς τὴν πρόγνωσιν τῶν καιρικῶν μεταβολῶν.

123. Ἀρχὴ τοῦ Ἀρχιμήδους διὰ τὰ ἀέρια. Ἡ ἀρχὴ τοῦ Ἀρχιμήδους ἰσχύει καὶ διὰ τὰ ἀέρια, ὅπως καὶ διὰ τὰ ὑγρά. Σῶμά τι βυθισμένον ἐντὸς ἀερίου ὑφίσταται ἄνωσιν ἴσην πρὸς τὸ βάρος τοῦ ἐκτοπιζομένου ἀερίου.



Σχ. 92.

Ἡ ἄνωσις εἶναι, ὅπως καὶ εἰς τὰ ὑγρά, ἡ συνισταμένη τῶν πιέσεων, τὰς ὁποίας ὑφίσταται τὸ σῶμα ἐκ τοῦ ἀερίου.

Πειραματικῶς δεικνύεται ἡ ἄνωσις διὰ συσκευῆς καλουμένης *βαροσκόπιον* (σχ. 92). Τοῦτο εἶναι μικρὰ φάλαγξ ζυγοῦ, ἀπὸ τὸ ἓν ἄκρον τῆς ὁποίας κρέμαται ἐλαφρὰ καὶ ὀγκώδης σφαῖρα Σ, ἰσορροπουμένη δι᾿ ἀντιβάρου Α, πολὺ μικροτέρων διαστάσεων. Ἂν τὸ βαροσκόπιον τεθῇ ὑπὸ τὸν κώδωνα τῆς ἀεραντλίας, παρατηροῦμεν ὅτι, καθόσον ἀφαιρεῖται ὁ ἀήρ, ἡ φάλαγξ κλίνει πρὸς τὴν σφαῖραν. Ἑπομένως εἰς τὸν κενὸν χῶρον φαίνεται αὕτη βαρυτέρα ἢ ἐντὸς τοῦ ἀέρος, ὅπου ἀπὸ τὸ βάρος της ἀφαιρεῖται ἡ ἄνωσις.

Καὶ τὸ ἀντίβαρον ὑφίσταται ἐπίσης ἄνωσιν, ἀλλὰ πολὺ μικροτέραν τῆς σφαίρας, ἕνεκα τοῦ μικροῦ του ὄγκου.

124. Συμπίεσις τῶν ἀερίων. Νόμος Boyle - Mariotte.

Γνωρίζομεν ὅτι τὰ ἀέρια εἶναι **λίαν** συμπιεστά. Ἐξ ἄλλου τείνουν διαρκῶς νὰ αὐξήσουν τὸν ὄγκον των καὶ ἕνεκα τούτου ἐξασκοῦν πίεσιν ἐπὶ τῶν τοιχωμάτων τῶν **δοχείων**. Καθ᾽ ὅσον δὲ ἐλαττοῦται ὁ ὄγκος ἀερίου τινὸς δι᾽ ἐπιδράσεως ἐξωτερικῆς πιέσεως, ἡ πίεσις τοῦ ἀερίου ἐπὶ τῶν τοιχωμάτων αὐξάνεται. Διὰ νὰ κατορθωθῇ ἐπομένως ἡ ἐλάττωσις τοῦ ὄγκου, πρέπει νὰ ἐφαρμοσθῇ ἔξωθεν πίεσις μεγαλυτέρα τῆς ἀναπτυσσομένης ὑπὸ τοῦ ἀερίου.

Μεταξὺ τῆς ἐλαττώσεως τοῦ **ὄγκου καὶ** τῆς αὐξήσεως τῆς πιέσεως ὑπάρχει πάντοτε ὡρισμένη σχέσις.

Τὴν σχέσιν ταύτην μᾶς δίδει ὁ **νόμος** τοῦ Boyle - Mariotte ὁ ὁποῖος λέγει ὅτι :

Οἱ ὄγκοι μιᾶς ὡρισμένης μάζης ἀερίου εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογοι τῶν πιέσεων, τὰς ὁποίας ὑφίσταται.

Δηλ. ἂν ἔχωμεν ὄγκον v ὑπὸ τὴν πίεσιν p
καὶ ὁ ὄγκος γίνῃ v′ » » » p′

εἶναι: $$\frac{v}{v'}=\frac{p'}{p}$$

Ἡ ἀναλογία αὕτη γράφεται καὶ ὡς ἑξῆς :

$$vp=v'p'$$

Ἐκ τῆς ἀναλογίας ταύτης **προκύπτει** νέα διατύπωσις τοῦ νόμου Boyle - Mariotte δηλ. *τὸ **γινόμενον τοῦ** ὄγκου μιᾶς ἀερίας μάζης ἐπὶ τὴν πίεσιν, εἰς τὴν ὁποίαν **ὑπόκειται**, εἶναι ἀριθμὸς σταθερός.*

Ἔστω v ὁ ὄγκος ἀερίου ὑπὸ τὴν πίεσιν p

ἐὰν ὁ ὄγκος γίνῃ $\frac{v}{2}$, ἡ πίεσις θὰ γίνῃ 2p κατὰ τὸν νόμον

» » » $\frac{v}{3}$ » » » » 3p » » »

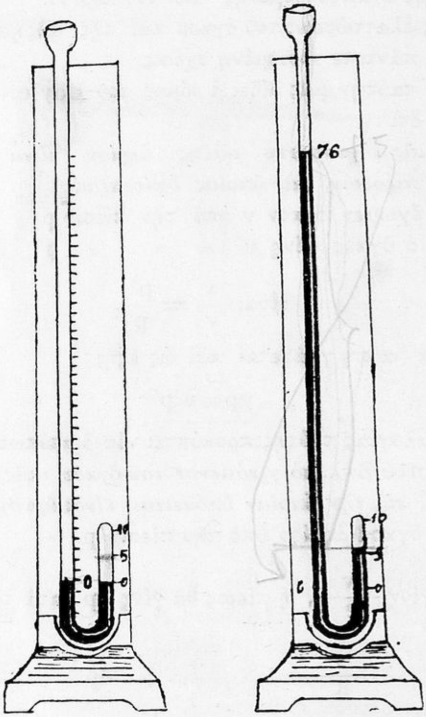
» » » $\frac{v}{\nu}$ » » » » νp » » »

τὰ γινόμενα τοῦ ὄγκου ἐπὶ τὴν **πίεσιν** εἶναι πάντοτε σταθερὸς ἀριθμὸς ἴσος πρὸς

$$p\times v \text{ δηλ } \left(\frac{v}{2}\times 2p, \frac{v}{3}\times 3p, \frac{v}{4}\times 4p, \frac{v}{\nu}\times \nu p.\right)$$

Ὁ νόμος οὗτος ἰσχύει μόνον, ἐφ᾽ ὅσον ἡ θερμοκρασία τοῦ ἀερίου δὲν μεταβάλλεται. Βραδύτερον εἰς τὸ κεφάλαιον τῆς θερμοκρασίας θὰ γνωρίσωμεν τὸν νόμον, ὁ ὁποῖος δίδει τὴν σχέσιν πιέσεως καὶ ὄγκου εἰς διαφόρους θερμοκρασίας.

125. Πειραματικὴ κατάδειξις τοῦ νόμου. ***α) Διὰ πιέσεις μεγαλυτέρας τῆς ἀτμοσφαιρικῆς.*** Ὁ νόμος Boyle-Mariot-



Σχ. 93.

te δεικνύεται πειραματικῶς τῇ βοηθείᾳ τῆς συσκευῆς τοῦ σχ. 93. Αὕτη ἀποτελεῖται ἀπὸ σωλῆνα ὑάλινον κεκαμμένον εἰς σχῆμα υ μὲ ἄνισα σκέλη. Τὸ βραχὺ σκέλος εἶναι κλειστόν, τὸ δὲ ἄλλο ἀνοικτόν. Ὁ σωλὴν εἶναι προσηρμοσμένος ἐπὶ κατακορύφου σανίδος φερούσης κλίμακας, παρὰ τὰ σκέλη. Χύνομεν ὑδράργυρον μέχρι τῶν διαιρέσεων 0, αἵτινες εὑρίσκονται ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ὁριζοντίου ἐπιπέδου εἰς ἀμφότερα τὰ σκέλη. Οὕτως ἀποχωρίζεται ἐντὸς τοῦ βραχέος σκέλους ποσότης τις ἀέρος.

Ἡ πίεσις ἐπὶ τῶν ἐπιφανειῶν τοῦ ὑδραργύρου εἰς τὰ δύο σκέλη εἶναι ἡ αὐτή, ὡς γνωρίζομεν. Ἐπὶ τοῦ ἀνοικτοῦ σκέλους ἐνεργεῖ ἡ πίεσις τῆς ἀτμποσφαίρας, ἄρα καὶ ὁ ἐντὸς τοῦ μικροῦ σκέλους ἀὴρ ἔχει πίεσιν μιᾶς ἀτμοσφαίρας.

Προσθέτομεν ἐκ τοῦ ἀνοικτοῦ σκέλους ὑδράργυρον, μέχρις ὅτου ὁ ὄγκος τοῦ ἀέρος ἐλαττωθῇ εἰς τὸ ἥμισυ. Ἂν μετρήσωμεν τὴν ἀπόστασιν τῶν ἐπιφανειῶν τοῦ ὑδραργύρου εἰς τὰ δύο σκέλη, εὑρίσκομεν αὐτὴν ἴσην πρὸς 76cm.

Ἡ πίεσις τῆς στήλης ταύτης, ἴση πρὸς τὴν πίεσιν μιᾶς ἀτμοσφαίρας, προσετέθη εἰς τὴν ἀτμοσφαιρικὴν καὶ ὁ ἐν τῷ μικρῷ σκέλει ἀὴρ ὑφίσταται πίεσιν δύο ἀτμοσφαιρῶν.

Διὰ νὰ ἐλαττώσωμεν τὸν ὄγκον εἰς τὸ τρίτον, χρειάζεται πίεσις τριῶν ἀτμοσφαιρῶν κ.ο.κ.

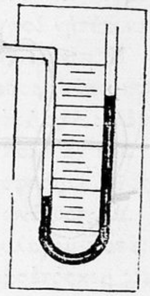
Διὰ τοῦ ἀνωτέρω πειράματος ἐδείχθη ἡ ἰσχὺς τοῦ νόμου διὰ πιέσεις μεγαλυτέρας τῆς ἀτμοσφαιρικῆς, ἰσχύει ὅμως καὶ διὰ πιέσεις μικροτέρας τῆς ἀτμοσφαιρικῆς, ὅπως δεικνύεται διὰ τοῦ ἑξῆς πειράματος:

δ΄) ***Διὰ πιέσεις μικροτέρας τῆς ἀτμοσφαιρικῆς***. Πρὸς τοῦτο χρησιμοποιοῦμεν τὴν συσκευὴν τοῦ σχ. 113 (ἴδε θερμότητα) ἀποτελουμένην ἀπὸ ἐπιμήκη λεκάνην, εἰς τὴν ὁποίαν χύνεται ὁ ὑδράργυρος, καὶ ἀπὸ ἕνα βαρομετρικὸν σωλῆνα, ἐντὸς τοῦ ὁποίου ἀποκλείεται ὡρισμένη ποσότης ἀέρος. Ὁ βαρομετρικὸς σωλὴν πρέπει νὰ φέρῃ εἰς τὸ ἄνω μέρος στρόφιγγα. Βυθίζομεν αὐτὸν μὲ τὴν στρόφιγγα ἀνοικτὴν ἐντὸς τῆς λεκάνης πλήρους ὑδραργύρου. Θὰ ἔχωμεν τότε δύο συγκοινωνοῦντα δοχεῖα, τὸν σωλῆνα μὲ τὴν λεκάνην, ἑπομένως ὁ ὑδράργυρος θὰ ἀνέλθῃ ἐντὸς αὐτοῦ μέχρι τοῦ ὕψους, εἰς τὸ ὁποῖον εὑρίσκεται καὶ εἰς τὴν λεκάνην. Κλείομεν ἀκολούθως τὴν στρόφιγγα, ὁπότε ἀποκλείεται ἐντὸς τοῦ σωλῆνος ποσότης τις ἀέρος V ὑπὸ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν. Ἐὰν ἀνυψώσωμεν τὸν σωλῆνα, οὕτως ὥστε τὸ ἀέριον νὰ καταλάβῃ μεγαλύτερον ὄγκον V_1, ἡ πίεσις τοῦ ἀερίου γίνεται μικροτέρα τῆς ἀτμοσφαιρικῆς καὶ ὁ ὑδράργυρος ἀνέρχεται ἐντὸς τοῦ σωλῆνος. Ἡ πίεσις τοῦ ἀερίου εἶναι τώρα ἴση μὲ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν H ἠλαττωμένην κατὰ τὴν πίεσιν h_1 τῆς ἐντὸς τοῦ σωλῆνος στήλης τοῦ ὑδραργύρου. Ἀνυψοῦμεν ἐκ νέου τὸν σωλῆνα, ὥστε ὁ μὲν ὄγκος νὰ αὐξηθῇ εἰς V_2 ἡ δὲ πίεσις νὰ ἐλαττωθῇ εἰς $H-h_2$ κ.ο.κ. Ἐὰν ὑπολογίσωμεν τὰ γινόμενα $V\times H$, $V_1\times(H-h_1)$, $V_2\times(H-h_2)$, κ.ο.κ., θὰ ἴδωμεν ὅτι ταῦτα εἶναι ἴσα πρὸς ἄλληλα.

ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ ΤΩΝ ΑΡΧΩΝ ΤΗΣ ΑΕΡΟΣΤΑΤΙΚΗΣ

Μανόμετρα.

126. Τὰ μανόμετρα εἶναι ὄργανα χρησιμεύοντα πρὸς μέτρησιν τῆς πιέσεως ἀερίων εὑρισκομένων ἐντὸς κλειστῶν χώρων. Ἔχομεν τὰ δι' ὑγροῦ μανόμετρα καὶ τὰ μεταλλικά. Ἐκ τῶν πρώτων ὑπάρχουν τὰ *ἀνοικτὰ* καὶ τὰ *κλειστά*.



Σχ. 94.

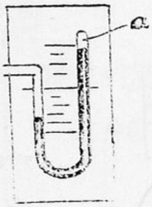
127. Ἀνοικτὸν μανόμετρον. Ἀνοικτὸν μανόμετρον ἀποτελεῖ ὑάλινος σωλὴν κεκαμμένος εἰς σχῆμα υ (σχ. 94), ἀνοικτὸς ἑκατέρωθεν, περιέχων ὑγρόν τι, συνήθως ὑδράργυρον. Ὁ σωλὴν στηρίζεται κατακορύφως ἐπὶ σανίδος, φερούσης χαραγμένην κλίμακα μεταξὺ τῶν σκελῶν του.

Πρὸς μέτρησιν τῆς πιέσεως τοῦ ἀερίου χώρου τινός, τίθεται τὸ ἓν σκέλος εἰς συγκοινωνίαν μὲ τὸν χῶρον. Ἡ πίεσις ἐπὶ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ἄλλου σκέλους ἰσοῦται πρὸς τὴν ἀτμοσφαιρικήν.

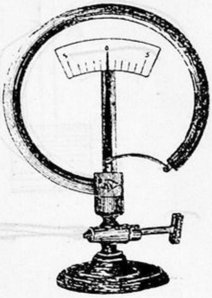
Ἂν ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου εὑρίσκεται εἰς τὸ αὐτὸ ὕψος εἰς ἀμφότερα τὰ σκέλη, ἡ πίεσις τοῦ χώρου ἰσοῦται μὲ τὴν ἀτμοσφαιρικήν. Ἂν ὅμως εἶναι μεγαλυτέρα ταύτης, ὁ ὑδράργυρος κατέρχεται εἰς τὸ σκέλος τὸ συνδεδεμένον μὲ τὸν χῶρον καὶ ἀνέρχεται εἰς τὸ ἄλλο. Ἂν τοὐναντίον εἶναι μικροτέρα, ἀνέρχεται εἰς τὸ συνδεδεμένον σκέλος καὶ κατέρχεται εἰς τὸ ἐλεύθερον. Ἡ διαφορὰ τοῦ ὕψους τῶν ὑδραργυρικῶν στηλῶν εἰς τὰ δύο σκέλη δίδει τὴν διαφορὰν τῆς πιέσεως τοῦ ἀερίου ἀπὸ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς. Ἐὰν π.χ. ἡ διαφορὰ εἶναι 20cm, ἡ πίεσις τοῦ ἀερίου ἰσοῦται μὲ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν σὺν ἢ μεῖον τῇ πιέσει στήλης ὑδραργύρου ὕψους 20cm. (*σὺν* ὅταν ὁ ὑδράργυρος ἐντὸς τοῦ σκέλους τοῦ συνδεδεμένου μὲ τὸν χῶρον ἔχει μικρότερον ὕψος τοῦ ἄλλου).

128. Κλειστὸν μανόμετρον. ***α´) διὰ μικρὰς πιέσεις.*** Χρησιμοποιεῖται διὰ μετρήσεις πιέσεων μικροτέρων τῆς ἀτμοσφαιρικῆς καὶ ἀποτελεῖται πάλιν ἀπὸ σωλῆνα κεκαμμένον εἰς σχῆμα υ, πλήρη ὑδραργύρου μέχρι τινός, τοῦ ὁποίου ὅμως τὸ ἓν σκέλος εἶναι κλειστὸν (σχ. 95). Ἀπὸ τοῦ χώρου α ἔχει ἀφαιρεθῆ ὁ ἀήρ, ἑπομένως ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου δὲν ὑφίσταται πίεσιν. Τὸ ἀνοικτὸν σκέλος τίθεται εἰς συγκοινωνίαν μὲ τὸν χῶρον, τοῦ ὁποίου πρόκειται νὰ μετρηθῇ ἡ πίεσις, ἡ ὁποία ἰσοῦται προφανῶς μὲ τὴν διαφορὰν τοῦ ὕψους τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης εἰς τὰ δύο σκέλη.

Διὰ τοῦ μανομέτρου τούτου εἶναι δυνατὸν νὰ μετρηθοῦν πιέσεις μέχρις 1mm Hg.



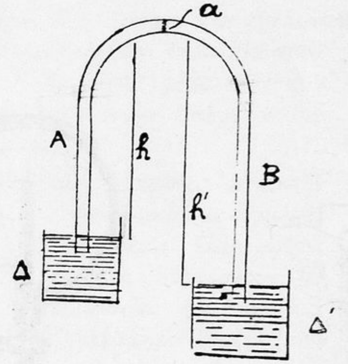
Σχ. 95.



Σχ. 96,

β΄) διὰ μεγάλας πιέσεις. Εἶναι ὅμοιον πρὸς τὸ προηγούμενον, μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι εἰς τὸν χῶρον α ὑπάρχει ἀποκλεισμένη ποσότης ἀέρος, ἡ ὁποία πιέζει τὴν στήλην τοῦ ὑδραργύρου. Ἡ πίεσις ἐντὸς τοῦ ἐξεταζομένου χώρου ἰσοῦται μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν πιέσεων τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης καὶ τοῦ ἀέρος εἰς τὸν χῶρον α. Ἡ βαθμολογία τοῦ μανομέτρου τούτου γίνεται διὰ συγκρίσεως πρὸς ἀνοικτὸν μανόμετρον.

129. Μεταλλικὰ μανόμετρα. Πλὴν τῶν δι᾿ ὑγροῦ λειτουργούντων μανομέτρων, χρησιμοποιοῦνται πολὺ καὶ μεταλλικά, ὡς περισσότερον εὔχρηστα (σχ 96). Ταῦτα ἀποτελοῦνται ἐκ λεπτοῦ καὶ εὐκάμπτου μεταλλίνου σωλῆνος σ, τομῆς ἐλλειπτικῆς, κεκαμμένου σπειροειδῶς. Τὸ ἓν ἄκρον τοῦ σωλῆνος συγκοινωνεῖ διὰ στρόφιγγος μὲ τὸν χῶρον, τοῦ ὁποίου μετρεῖται ἡ πίεσις, τὸ δὲ ἄλλο εἶναι κλειστὸν καὶ συνδέεται μὲ δείκτην κινούμενον ἐνώπιον κλίμακος. Ὅταν ἡ πίεσις αὐξάνεται εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ σωλῆνος, ἡ μορφὴ τῆς τομῆς μεταβάλλεται τείνουσα νὰ γίνῃ κυκλική, ἐπομένως αἱ σπεῖραι ἀνοίγουν καὶ ὁ δείκτης κινεῖται πρὸ τῆς κλίμακος κατὰ μίαν διεύθυνσιν. Ὅταν τοὐναντίον ἡ πίεσις ἐλαττοῦται, ἡ τομὴ γίνεται περισσότερον ἐλλειπτική, ἡ σπεῖρα κλείεται καὶ ὁ δείκτης κινεῖται ἀντιθέτως. Ἡ βαθμολογία τῶν μεταλλικῶν μανομέτρων γίνεται, ὅπως καὶ εἰς τὰ μεταλλικὰ βαρόμετρα, διὰ συγκρίσεως πρὸς τὰ δι᾿ ὑγροῦ λειτουργοῦντα.



Σχ. 97.

Σίφων.

130. Ἔστωσαν δύο δοχεῖα Δ καὶ Δ′ (σχ. 97) πλήρη ἐκ τοῦ αὐτοῦ ὑγροῦ, εἰς τὰ ὁποῖα ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ δὲν εὑρίσκεται εἰς τὸ αὐτὸ ὕψος. Ἂν εἰς τὰ δοχεῖα βυθίσωμεν τὰ δύο σκέλη σωλῆνος σ κεκαμμένου καὶ πλήρους ἐκ τοῦ αὐτοῦ ὑγροῦ, παρατηροῦμεν ὅτι διὰ τοῦ σωλῆνος ἐκρέει ὑγρὸν ἐκ τοῦ δοχείου, εἰς τὸ ὁποῖον ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια εὑρίσκεται ὑψηλότερα εἰς τὸ ἄλλο.

Τὸ ὄργανον τοῦτο καλεῖται σίφων. Ὁ σίφων χρησιμοποιεῖται πρὸς μετάγγισιν ὑγροῦ ἔκ τινος δοχείου εἰς ἄλλο.

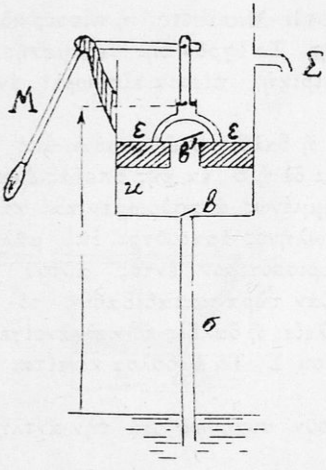
Ἡ λειτουργία του ἐξηγεῖται εὐκόλως ὡς ἑξῆς:

Ἂς φαντασθῶμεν μίαν λεπτὴν στιβάδα α τοῦ ὑγροῦ εἰς τὸ ἀνώτατον σημεῖον τοῦ σωλῆνος καὶ ὑπολογίσωμεν τὰς πιέσεις, αἵτινες ἐνεργοῦν ἐπ᾿ αὐτῆς ἑκατέρωθεν. Ἐξ ἀριστερῶν πρὸς τὰ δεξιὰ ἐνεργεῖ ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις Η, ἠλαττωμένη κατὰ τὴν πίεσιν, ἡ ὁποία προέρχεται ἐκ τοῦ ὑγροῦ τοῦ περιεχομένου εἰς τὸ σκέλος Α καὶ ἡ ὁποία ὡς γνωστὸν ἰσοῦται μὲ τὸ βάρος στήλης ὑγροῦ ὕψους

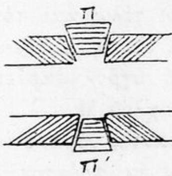
h. Ἄρα ἡ ἐπὶ τῆς στιβάδος α συνισταμένη πίεσις εἶναι H—h. Ἐκ δεξιῶν πρὸς τὰ ἀριστερὰ ἐνεργεῖ πάλιν ἡ ἀτμοσφαιρικὴ ἠλαττωμένη κατὰ τὴν πίεσιν τῆς στήλης τοῦ ὑγροῦ h′, ἄρα ἐνεργεῖ ἡ πίεσις H—h′. Ἐπειδὴ ἡ πίεσις h′ εἶναι μεγαλυτέρα τῆς h, διότι τὸ σκέλος B εἶναι μακρότερον, ἡ ἐξ ἀριστερῶν πρὸς τὰ δεξιὰ πίεσις ὑπερτερεῖ καὶ τὸ ὑγρὸν ῥέει κατὰ τὴν φορὰν ταύτην.

Ὑδραντλίαι.

131. Ἀναρροφητικὴ ἀντλία. Αἱ ὑδραντλίαι γενικῶς εἶναι μηχαναί, διὰ τῶν ὁποίων ἐπιτυγχάνεται ἀνύψωσις ὑγρῶν.



Σχ. 98.



Σχ. 99.

Ἡ ἀναρροφητικὴ ἀντλία ἀποτελεῖται κυρίως ἐκ κυλίνδρου κ (σχ. 98) ἀπολήγοντος εἰς μακρὸν σωλῆνα σ. Τὸ παρὰ τὸν κύλινδρον ἄκρον τοῦ σωλῆνος κλείεται διὰ *βαλβίδος* β.

Βαλβὶς εἶναι θυρίς, ἡ ὁποία εἶναι δυνατὸν νὰ ἀνοίγῃ μόνον κατὰ μίαν ὡρισμένην φορὰν καὶ ὄχι καὶ κατὰ τὴν ἀντίθετον. Βαλβὶς π.χ. εἶναι τὸ κωνικὸν πῶμα π τῆς ὀπῆς τοῦ σχ. 99 ἀνοῖγον μόνον ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω, ἐνῷ τὸ πῶμα π′ ἀνοίγει μόνον ἐκ τῶν ἄνω πρὸς τὰ κάτω.

Ἡ βαλβὶς β τῆς ἀντλίας ἀνοίγει ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω. Ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου κινεῖται ἔμβολον ε, φέρον ὀπὴν κλειομένην διὰ βαλβῖδος β′, ἡ ὁποία ἀνοίγει ἐπίσης ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω,

Λειτουργία τῆς ἀντλίας. Τὸ κατώτερον ἄκρον τοῦ σωλῆνος σ βυθίζεται ἐντὸς τῆς δεξαμενῆς, τῆς ὁποίας πρόκειται νὰ ἀντληθῇ τὸ ὑγρόν. Ἐντὸς τοῦ σωλῆνος σ ὑπάρχει ἐγκεκλεισμένη ποσότης τις ἀέρος ὑπὸ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν καὶ πληροῖ τὸν κενὸν χῶρον τοῦ σωλῆνος.

Ὅταν τὸ ἔμβολον εὑρίσκεται εἰς τὴν κατωτάτην δυνατὴν θέσιν, ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου δὲν ὑπάρχει ἀήρ. Ἐὰν ἀνασύρωμεν τὸ ἔμβολον, σχηματίζεται κάτωθεν αὐτοῦ κενὸν καὶ ἡ βαλβὶς β πιεζομένη ὑπὸ τοῦ ἀέρος τοῦ σωλῆνος ἀνοίγει, ἐνῷ ἡ β', πιεζομένη ἔξωθεν ὑπὸ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως παραμένει κλειστή. Ἑπομένως ὁ ἀὴρ τοῦ σωλῆνος ἐπεκτείνεται καὶ ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου καὶ κατὰ συνέπειαν, συμφώνως πρὸς τὸν νόμον Boyle-Mariotte, ἡ πίεσις αὐτοῦ γίνεται μικροτέρα τῆς ἀτμοσφαιρικῆς. Τὸ ὑγρὸν τῆς δεξαμενῆς, τὸ ὁποῖον εὑρίσκεται ὑπὸ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν εἰσχωρεῖ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος σ.

Ὅταν καταβιβάσωμεν τὸ ἔμβολον, ἡ βαλβὶς β ὠθουμένη ὑπὸ τοῦ ἐν τῷ κυλίνδρῳ ἀέρος κλείει, ἀνοίγει δὲ ἡ β', ἐκ τῆς ὁποίας ἐκφεύγει μέρος τοῦ ἀέρος. Ἐὰν ἐπανειλημμένως ἀνασύρωμεν καὶ καταβιβάσωμεν τὸ ἔμβολον, ὁ ἀὴρ τοῦ σωλῆνος ἀραιοῦται ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον, τὸ ὑγρὸν ἀνέρχεται περισσότερον ἐντὸς αὐτοῦ καὶ πληροῖ τέλος καὶ τὸν κύλινδρον. Ἐὰν τώρα καταβιβασθῇ τὸ ἔμβολον, ἐκ τῆς πιέσεως τοῦ ὑγροῦ κλείει ἡ βαλβὶς β καὶ ἀνοίγει ἡ β'. Τὸ ὑγρὸν ἐκρέει ἐκ τοῦ στομίου Σ. Τὸ ἔμβολον κινεῖται διὰ τοῦ μοχλοῦ Μ.

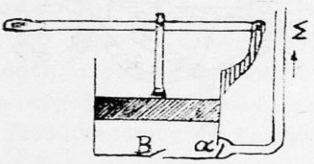
Τοιαύτας ὑδραντλίας χρησιμοποιοῦν συνήθως διὰ τὴν ἄντλησιν ὕδατος ἐκ φρέατος.

Διὰ νὰ εἶναι δυνατὴ ἡ ἄνοδος τοῦ ὕδατος μέχρι τοῦ στομίου Σ, πρέπει ἡ κατακόρυφος ἀπόστασις αὐτοῦ ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ὕδατος τῆς δεξαμενῆς νὰ εἶναι μικροτέρα τῶν 10m, διότι, ὡς γνωρίζομεν, τόσον περίπου εἶναι τὸ ὕψος τῆς στήλης ὕδατος, τὴν ὁποίαν εἶναι δυνατὸν νὰ συγκρατήσῃ ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις.

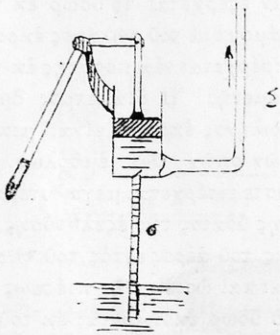
132. Καταθλιπτικὴ ἀντλία. Εἰς τὴν καταθλιπτικὴν ἀντλίαν τὸ κύριον μέρος ἀποτελεῖ πάλιν κύλινδρος (σχ. 100), ἐντὸς τοῦ ὁποίου κινεῖται ἔμβολον. Ὁ κύλινδος φέρει εἰς τὸν πυθμένα αὐτοῦ ὀπὴν κλειομένην διὰ βαλβῖδος Β, ἡ ὁποία ἀνοίγει ἐκ τῶν ἔξω πρὸς τὰ ἔσω, δὲν καταλήγει ὅμως εἰς σωλῆνα, ὅπως εἰς τὴν ἀναρροφητικήν, τὸ δὲ ἔμβολον δὲν φέρει ὀπήν. Τὸ ὕδωρ ἐξέρχεται διὰ τοῦ σωλῆνος Σ, ὁ ὁποῖος ἀρχίζει ἀπὸ τὴν βάσιν τοῦ κυλίνδρου καὶ κλείεται διὰ βαλβῖδος α, ἡ ὁποία ἀνοίγει ἐκ τοῦ κυλίνδρου πρὸς τὸν σωλῆνα. Ἡ διάταξις τῶν δύο βαλβίδων εἶναι τοιαύτη, ὥστε, ὅταν ἡ μία κλείῃ, ἡ ἄλλη ἀνοίγει.

Λειτουργία τῆς ἀντλίας. Διὰ νὰ λειτουργήσῃ, ἡ ἀντλία πρέπει ὁ κύλινδρος νὰ βυθίζεται ἐντὸς τῆς δεξαμενῆς.

Ὅταν ἀνέρχεται τὸ ἔμβολον, ἡ πίεσις ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου ἐλαττοῦται, ἡ βαλβὶς α ὠθουμένη ὑπὸ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως κλείει, ἡ δὲ Β ἀνοίγει καὶ τὸ ὕδωρ εἰσέρχεται ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου. Ἂν τώρα κατέλθῃ τὸ ἔμβολον, ἡ μὲν βαλβὶς Β κλείει ἐκ τῆς πιέσεως τοῦ ὕδατος, ἡ δὲ α ἀνοίγει. Τὸ ὕδωρ ἐκχύνεται ἐκ τοῦ σωλῆνος Σ. Τὸ ὕψος εἰς τὸ ὁποῖον δύναται νὰ φθάσῃ τὸ ὕδωρ, ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς πιέσεως, τὴν ὁποίαν εἶναι δυνατὸν νὰ ἐφαρμόσωμεν διὰ τοῦ ἐμβόλου,



Σχ. 100.



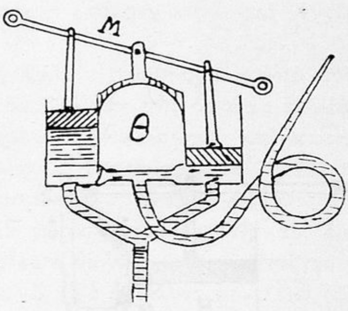
Σχ. 101.

133. Μικτὴ ἀντλία. Ἡ μικτὴ ἀντλία εἶναι καταθλιπτική, εἰς τὴν ὁποίαν ὅμως ὁ κύλινδρος δὲν βυθίζεται ἀπ᾿ εὐθείας εἰς τὴν δεξαμενήν, ἀλλὰ συγκοινωνεῖ μὲ αὐτὴν διὰ σωλῆνος (σχ. 101). Ἐκ τοῦ σωλῆνος ἀνέρχεται εἰς τὸν κύλινδρον τὸ ὕδωρ, συνεπείᾳ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως, ὅταν δι᾿ ἀνόδου τοῦ ἐμβόλου ἀραιωθῇ ὁ ἀὴρ αὐτοῦ, ὅπως καὶ εἰς τὴν ἀναρροφητικὴν ἀντλίαν. Ἐκ τοῦ κυλίνδρου δὲ ἐξωθεῖται εἰς τὸν σωλῆνα Σ διὰ τῆς πιέσεως τοῦ ἐμβόλου, ὅπως εἰς τὴν καταθλιπτικήν.

Εἰς τὰς περιγραφείσας ἀντλίας ἡ κίνησις τοῦ ὑγροῦ δὲν εἶναι συνεχής, διότι, ὅταν τὸ ἔμβολον κινῆται κατὰ τὴν μίαν φοράν, γίνεται ἀναρρόφησις καὶ ὅταν κινηθῇ κατὰ τὴν ἀντίθετον, ἔξοδος τοῦ ἀναρροφηθέντος ὕδατος.

134. Πυροσβεστικὴ ἀντλία. Ἡ πυροσβεστικὴ ἀντλία εἶναι μικτὴ (σχ. 102), εἰς τὴν ὁποίαν ὅμως ὑπάρχουν δύο κύλινδροι, οἵτινες ἐκβάλλουν εἰς τὸν αὐτὸν θάλαμον, ἐκ τοῦ ὁποίου ἀναχωρεῖ ὁ σωλὴν ἐκροῆς. Ἡ ὕπαρξις δύο κυλίνδρων ἔχει τὸν ἑξῆς σκοπόν: Ὅταν διὰ τοῦ ἑνὸς κυλίνδρου γίνεται ἀπορρόφησις, διὰ τοῦ ἄλλου γίνεται ἐκροὴ τοῦ ὕδατος, οὕτως ὥστε ἡ ἐκροὴ εἶναι περίπου συνεχὴς μὲ μικρὰς διακοπὰς κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς ἀλλαγῆς κατευθύνσεως τῶν ἐμβόλων.

Ἀλλὰ διὰ τοῦ θαλάμου Θ (καλουμένου ἀεροθλιπτικοῦ θαλάμου) ἐπιτυγχάνεται ἡ συνέχισις τῆς ροῆς καὶ κατὰ τὴν στιγμὴν ταύτην. Ἡ λειτουργία τοῦ θαλάμου εἶναι ἡ ἑξῆς: Κατὰ τὴν πρώτην κίνησιν τῶν ἐμβόλων εἰσέρχεται ὕδωρ ἐντὸς τοῦ θαλάμου καὶ ἀποκλείει ἐντὸς αὐτοῦ ποσότητά τινα ἀέρος. Εἰς τὴν ἑπομένην κίνησιν ἐξέρχεται τὸ ὕδωρ ἐκ τοῦ θαλάμου διὰ τοῦ σωλῆνος ἐκροῆς καὶ εἰσέρχεται νέα ποσότης ἐκ τῆς δεξαμενῆς. Ἡ διάμετρος ὅμως τοῦ σωλῆνος ἐκροῆς εἶναι μικροτέρα τῶν ὀπῶν τῶν ἐμβόλων, οὕτως ὥστε εἰσέρχεται μεγαλυτέρα ποσότης ὕδατος τῆς ἐξελθούσης, ἡ πίεσις τοῦ ἀέρος ἐντὸς τοῦ Θ αὐξάνεται καὶ ὡς ἐκ τῆς πιέσεως ταύτης τὸ ὕδωρ ἐκδιώκεται ἐκ τοῦ θαλάμου εἰς τὸν σωλῆνα ἐκροῆς, καὶ καθ' ἣν στιγμὴν τὰ ἔμβολα εἶναι πρὸς στιγμὴν ἀκίνητα.



Σχ(102.

Τὰ ἔμβολα τῶν δύο κυλίνδρων κινοῦνται συγχρόνως διὰ τοῦ αὐτοῦ μοχλοῦ Μ.

Ἀεραντλίαι.

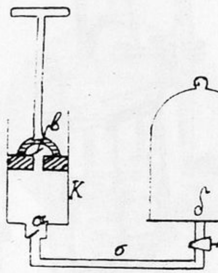
135. Αἱ ἀεραντλίαι χρησιμεύουν πρὸς ἀραίωσιν ἢ πρὸς συμπίεσιν τοῦ ἀέρος χώρου τινός.

Ὑπάρχουν πολλοὶ τύποι ἀεραντλιῶν. Ἐκ τούτων θὰ περιγράψωμεν τὰς ἀεραντλίας μὲ ἔμβολον, τῶν ὁποίων ἡ λειτουργία εἶναι ἐντελῶς ἀνάλογος πρὸς τὴν λειτουργίαν τῶν περιγραφεισῶν ὑδραντλιῶν,

136. Ἀναρροφητικὴ ἀντλία. Ἀποτελεῖται ἐκ κυλίνδρου (σχ. 103) φέροντος ὀπὴν εἰς τὸν πυθμένα, διὰ τῆς ὁποίας συγκοινωνεῖ τῇ βοηθείᾳ τοῦ σωλῆνος σ μὲ τὸν χῶρον, ἀπὸ τοῦ ὁποίου πρόκειται νὰ ἀφαιρεθῇ ὁ ἀήρ. Ἡ ὀπὴ αὕτη κλείεται διὰ βαλβῖδος α, ἡ ὁποία ἀνοίγει ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω. Ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου κινεῖται ἔμβολον, φέρον ἐπίσης ὀπὴν κλειομένην διὰ βαλβῖδος β, ἡ ὁποία ἀνοίγει ὅπως καὶ ἡ προηγουμένη.

Πολλάκις ὁ σωλὴν σ καταλήγει εἰς ἐπίπεδον δίσκον, ὁ ὁποῖος καλύπτεται ὑπὸ ὑαλίνου κώδωνος. Ἐπὶ τοῦ δίσκου τίθενται συσκευαί, τῶν ὁποίων χρειάζεται νὰ μελετηθῇ ἡ λειτουργία εἰς ἀραιωμένον ἀέρα (βλ. § 123 βαροσκόπιον).

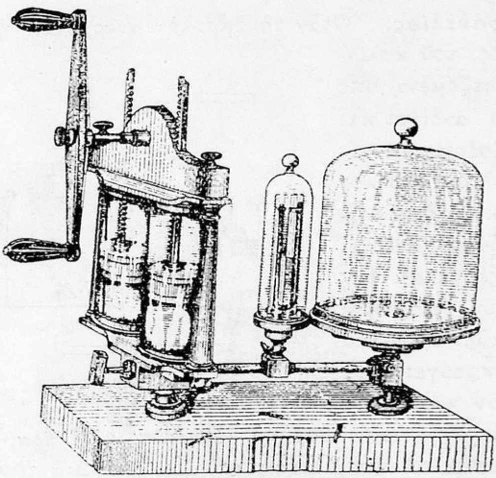
Λειτουργία τῆς ἀεραντλίας. Ὅταν τὸ ἔμβολον ἀνέρχεται, ἡ πίεσις ἐλαττοῦται ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου. Ἡ βαλβὶς α πιεζομένη ὑπὸ τοῦ ἀέρος τοῦ χώρου ἀνοίγει καὶ μέρος τοῦ ἀέρος εἰσέρχεται εἰς τὸν κύλινδρον. Ὅταν τὸ ἔμβολον κατέρχεται, ὁ ἐν τῷ κυλίνδρῳ ἀὴρ πιεζόμενος ὑπὸ τοῦ ἐμβόλου ἀνοίγει τὴν βαλβῖδα β καὶ ἐξέρχεται. Εἰς νέαν ἄνοδον τοῦ ἐμβόλου, εἰσχωρεῖ ἐκ τοῦ χώρου εἰς τὸν κύλινδρον νέα ποσότης ἀέρος, ἡ ὁποία ἐκφεύγει κατὰ τὴν κάθοδον τοῦ ἐμβόλου καὶ ο.κ.ο.



Σχ. 103.

Τοιουτοτρόπως ὁ ἀὴρ τοῦ χώρου διαρκῶς ἀραιοῦται. Ἡ ἀραίωσις ὅμως δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ προχωρήσῃ ἐπ' ἄπειρον. Διὰ τῶν τελειοτάτων ἀεραντλιῶν ἡ ἀραίωσις προχωρεῖ τόσον, ὥστε ἡ πίεσις τοῦ ὑπολειπομένου ἀερίου μετρουμένη εἰς ὕψος ὑδραργυρικῆς στήλης νὰ εἶναι μόλις ἑκατομμυριοστὰ τοῦ χιλιοστομέτρου. Διὰ τῶν ἀεραντλιῶν τοῦ περιγραφέντος τύπου ὅμως τὸ ἐπιτυγχανόμενον ἀποτέλεσμα εἶναι πολὺ μικρότερον. Ἡ ἀραίωσις φθάνει μόλις περὶ τὰ 2mm/Hg. Αἰτία τούτου εἶναι ἀφ' ἑνὸς μὲν τὸ ὅτι αἱ βαλβῖδες καὶ τὸ ἔμβολον δὲν εἶναι τελείως ἀεροστεγῆ, κυρίως ὅμως τὸ ὅτι ἡ κατωτέρα ἐπιφάνεια τοῦ ἐμβόλου εἶναι ἀδύνατον νὰ ἐφαρμόζῃ τελείως ἐπὶ τοῦ πυθμένος τῆς ἀντλίας. Ὡς ἐκ τούτου μεταξὺ τῆς βάσεως τοῦ ἐμβόλου καὶ τοῦ πυθμένος τοῦ κυλίνδρου παραμένει ἀήρ, τοῦ ὁποίου ἡ πίεσις δὲν εἶναι ἀρκετὴ διὰ νὰ ἀνοίξῃ τὴν βαλβῖδα β καὶ νὰ ἐξέλθῃ, ἑπομένως εἰς ἑκάστην κάθοδον τοῦ ἐμβόλου δὲν ἐκδιώκεται ἐκ τοῦ κυλίνδρου ὅλος ὁ ἀήρ. Ὁ χῶρος οὗτος καλεῖται *ἐπιζήμιος χωρητικότης*. Ἡ ἐπιζήμιος χωρητικότης ἀποφεύγεται, ἐὰν ὑπάρχῃ εἰς τὸν πυθμένα τοῦ κυλίνδρου μικρὰ ποσότης ἐλαίου, ἡ ὁποία πληροῖ τὸν μεταξὺ πυθμένος καὶ ἐμβόλου χῶρον. Τὸ σχ. 104 παριστᾷ συνήθη τύπον ἀναρροφητικῆς ἀντλίας μὲ δύο κυλίνδρους, εἰς τὴν ὁποίαν ἡ ἀναρρόφησις εἶναι σχεδὸν συνεχής.

137. Καταθλιπτικὴ ἀεραντλία. Ἡ καταθλιπτικὴ ἀεραντλία χρησιμεύει διὰ τὴν συμπύκνωσιν τοῦ ἀέρος εἴς τινα χῶρον. Αὕτη ἔχει τὴν μορφὴν τῆς ἀναρροφητικῆς μὲ διάφορον ὅμως διάταξιν



Σχ. 104.

Σχ. 105.

τῶν βαλβίδων, αἵτινες ἐδῶ ἀνοίγουν ἀντιθέτως (σχ. 105) ἐκ τῶν ἄνω πρὸς τὰ κάτω.

Ὁ σωλὴν σ ἐκβάλλει εἰς τὸν χῶρον, ὅπου γίνεται ἡ συμπίεσις. Ὁ τρόπος τῆς λειτουργίας τῆς ἀντλίας εἶναι προφανής. Ὅταν τὸ ἔμβολον ἀνέρχεται, ἐλαττοῦται ἡ πίεσις ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου, καὶ ἡ βαλβὶς β ὠθουμένη ὑπὸ τῆς πιέσεως τοῦ ἀέρος τοῦ χώρου κλείει, ἐνῷ ἡ α ὠθουμένη ὑπὸ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως ἀνοίγει, οὕτως ὥστε εἰς τὸν κύλινδρον εἰσέρχεται ποσότης ἀέρος.

Ὅταν τώρα τὸ ἔμβολον κατέλθῃ, αἱ βαλβῖδες πιέζονται ὑπὸ τοῦ ἐν τῷ κυλίνδρῳ ἀερίου καὶ ἡ μὲν α κλείει, ἡ δὲ β ἀνοίγει καὶ ὁ ἐν τῷ κυλίνδρῳ ἀὴρ εἰσρέει εἰς τὸν χῶρον, μὲ τὸν ὁποῖον συγκοινωνεῖ ἡ ἀντλία, Ἡ καταθλιπτικὴ ἀεραντλία εὑρίσκει πολλαπλᾶς ἐφαρμογὰς εἰς τὴν βιομηχανίαν, π.χ. διὰ τὴν ἐμφύσησιν ἰσχυροῦ ρεύματος ἀέρος εἰς τὰς καμίνους τήξεως τῶν μετάλλων, διὰ τὴν λειτουργίαν κινητήρων κλπ.

Ἀεροπλοΐα.

138. Ἡ ἀνύψωσις συσκευῶν εἰς τὸν ἀέρα ἐπιτυγχάνεται διὰ δύο ἀντιθέτων ὁδῶν. Χρησιμοποιοῦνται δηλ. πρὸς τοῦτο συσκευαὶ εἴτε ἐλαφρότεραι τοῦ ἐκτοπιζομένου ἀέρος εἴτε βαρύτεραι. Αἱ πρῶται καλοῦνται ἀερόστατα, αἱ δὲ δεύτεραι ἀεροπλάνα.

139. Ἀερόστατα. Τὸ πρῶτον ἀερόστατον κατεσκευάσθη κατὰ τὸ ἔτος 1783, ὑπὸ τῶν ἀδελφῶν Mongolfier καὶ ἔλαβε τὸ ὄνομα Μογγολφιέρα. Ἡ Μογγολφιέρα ἀπετελεῖτο ἀπὸ χαρτίνην σφαῖραν, ἡ ὁποία πρὸς τὰ κάτω ἦτο ἀνοικτὴ (σχ. 106) Κάτωθεν τοῦ ἀνοίγματος ἐστερεώνετο διὰ σχοινίων, τὰ ὁποῖα περιέβαλλον τὴν σφαῖραν, ἐλαφρὸν δοχεῖον, ἐντὸς τοῦ ὁποίου ἠνάπτετο πυρά. Ὁ ἀὴρ τῆς σφαίρας θερμαινόμενος καθίστατο εἰδικῶς ἐλαφρότερος τοῦ περιβάλλοντος ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος καὶ ἑπομένως ἡ σφαῖρα ἀνήρχετο, συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς ἀνώσεως.

Σχ. 106.

Βραδύτερον κατεσκευάσθησαν ἀερόστατα ἐξ ὑφάσματος μὴ διαπερατοῦ ὑπὸ τῶν ἀερίων καὶ τὰ ὁποῖα πληροῦνται ὑπὸ ἀερίων ἀραιοτέρων τοῦ ἀέρος καὶ ἑπομένως ἐλαφροτέρων ὑπὸ ἴσον ὄγκον.

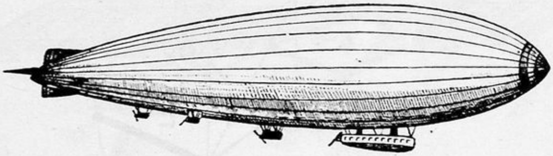
Ὡς τοιαῦτα ἀέρια ἐχρησιμοποιήθησαν κυρίως τὸ ὑδρογόνον, τὸ ἥλιον, καὶ διάφορα μείγματα. Κάτωθεν τῆς σφαίρας ἐκρεμᾶτο διὰ σχοινίων κάλαθος ἢ λέμβος, ἐντὸς τῆς ὁποίας ἐπέβαινον οἱ ἀεροπόροι. Διὰ καταλλήλου ἐπενδύσεως καὶ βερνικώσεως τοῦ ὑφάσματος ἐπιτυγχάνεται ἀφ' ἑνὸς μὲν τὸ ἀδιαπέρατον αὐτοῦ ὑπὸ τῶν ἀερίων καὶ ἀφ' ἑτέρου ἡ ἀποφυγὴ τῆς ὑπερθερμάνσεως τοῦ ἀερίου, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον θὰ ἠδύνατο νὰ προκαλέσῃ διάρρηξιν τοῦ περιβλήματος. Τὸ μέγεθος τῆς σφαίρας ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ ὁλικὸν βάρος τοῦ ἀεροστάτου. Ὅταν ἡ ἄνωσις εἶναι μεγαλυτέρα τοῦ βάρους, ἐὰν ἀφεθῇ ἐλεύθερον τὸ ἀερόστατον, θὰ ἀνέλθῃ. Ἡ διαφορὰ ἀνώσεως καὶ βάρους λέγεται *ἀνυψωτικὴ δύναμις* τοῦ ἀεροστάτου.

Καθ' ὅσον ἀνέρχεται τὸ ἀερόστατον, συναντᾷ τὰ ἀραιότερα στρώματα τῆς ἀτμοσφαίρας, ἑπομένως ὑφίσταται μικροτέραν ἄνωσιν, ἡ ἀνυψωτική του δύναμις ἐλαττοῦται καὶ ἐπέρχεται στιγμὴ καθ' ἣν τὸ βάρος του εἶναι ἴσον πρὸς τὸ βάρος τοῦ ἐκτοπιζομένου ἀέρος, ὁπότε σταματᾷ ἡ παραιτέρω ἀνύψωσις. Ἐν τούτοις τὸ ἀερόστατον δύναται νὰ ὑψωθῇ ἀκόμη ἀποβάλλον ἐκ τοῦ ἕρματος, τὸ ὁποῖον ὑπάρχει πάντοτε ἐντὸς τῆς λέμβου (σάκκοι ἄμμου). Ὅταν πρόκειται νὰ κατέλθῃ τὸ ἀερόστατον, ἀνοίγει ὁ ἀεροπόρος διὰ σχοινίου βαλβῖδα εὑρισκομένην εἰς τὸ ἄνω μέρος τῆς σφαίρας, ὁπότε ἐκφεύγει μέρος τοῦ ἀερίου καὶ τὸ ἀερόστατον, ἀποκτᾷ μικρότερον ὄγκον ὑπὸ τὸ αὐτὸ βάρος, ὑφίσταται ἑπομένως μικροτέραν ἄνωσιν, ἡ ὁποία δὲν ἀρκεῖ διὰ νὰ ἰσορροπήσῃ πλέον τὸ βάρος του. Ἀερόστατα τοῦ τύπου τούτου χρησιμοποιοῦνται σήμερον μόνον δι' ἐπιστημονικὰς παρατηρήσεις εἰς τὰ ἀνώτερα στρώματα τῆς ἀτμοσφαίρας. Συνηθέστατα χρησιμοποιοῦνται εἰς τὰ μετεωροσκοπεῖα τὰ *δέσμια ἀερόστατα*, τὰ ὁποῖα κρατοῦνται διὰ μακροῦ σχοινίου ἡνωμένα μὲ τὴν γῆν, καὶ τῶν ὁποίων δὲν ἐπιβαίνουν ἀεροπόροι. Ἐντὸς τοῦ ἀεροστάτου ὑπάρχουν αὐτογραφικὰ ὄργανα, ὅπως βαρογράφος, ἀνεμογράφος, ὑγρογράφος, θερμογράφος κ.ἄ. διὰ τὴν καταγραφὴν τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως, τῆς ταχύτητος καὶ διευθύνσεως τοῦ ἀνέμου, τῆς ὑγρασίας, τῆς θερμοκρασίας κλπ. Τὸ συνδετικὸν σχοινίον ἀφίεται ἐλεύθερον, μέχρις ὅτου τὸ ἀερόστατον ἀνέλθῃ εἰς τὸ ἐπιθυμούμενον ὕψος. Ἐκεῖ ἀφίεται, ὅσον χρειάζεται, καὶ κατόπιν σύρεται διὰ τοῦ σχοινίου πρὸς τὴν γῆν.

140. Πηδαλιουχούμενα ἀερόστατα. Διὰ νὰ εἶναι κατορθωτὴ ἡ διακυβέρνησις τοῦ ἀεροστάτου πρέπει πρῶτον νὰ δύναται νὰ ἀναπτύξῃ τοῦτο ἰδικήν του ταχύτητα μεγαλυτέραν τῆς ταχύτητος τοῦ ἑκάστοτε πνέοντος ἀνέμου καὶ δεύτερον νὰ εἶναι ἐφωδιασμένον διὰ καταλλήλων πηδαλίων.

Σήμερον κατασκευάζονται πηδαλιουχούμενα ἀερόστατα, εἰς τὰ ὁποῖα δίδεται μορφὴ οὐχὶ πλέον σφαιρική, ἀλλὰ ἰχθυοειδὴς (σχ. 107), διότι οὕτω ἀποφεύγεται ἡ μεγάλη ἀντίστασις τοῦ ἀέρος κατὰ τὴν κίνησιν, προσδίδεται δὲ εἰς αὐτὰ ἰδία ταχύτης ὑπὸ ἑλίκων στρεφομένων ὑπὸ εἰδικῶν μηχανῶν. Τὸ σχῆμα καὶ ὁ ὄγκος τοῦ ἀεροστάτου πρέπει νὰ μένουν σταθερά, διότι ἄλλως θὰ μετεκινοῦντο τὸ κέντρον βάρος καὶ τὸ κέντρον τῆς ἀνώσεως καὶ θὰ ἠδύνατο νὰ προκληθῇ ζεῦγος ἀνατροπῆς τοῦ ἀεροστάτου. Ἡ σταθερότης αὕτη ἐπιτυγχάνεται διὰ ἐλαφροῦ σκελετοῦ ἐξ ἀργιλλίου εὑρισκομένου ὑπὸ τὸ περίβλημα ἐξ ὑφάσματος, οὕτως ὥστε τοῦτο εἶναι πάντοτε τεταμένον εἰς ὡρισμένον σχῆμα καὶ ὄγκον. Διὰ νὰ ἐλαττοῦται ὁ κίνδυνος ὁ προερχόμενος ἐκ τυχὸν σχίσεως τοῦ περιβλήματος, χωρίζεται ὁ χῶρος εἰς πολλὰ μικρὰ διαμερίσματα χωριζόμενα ἀεροστεγῶς ἀπ' ἀλλήλων, οὕτως ὥστε μία τυχὸν προξενηθεῖσα βλάβη ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα διαφυγὴν μικρᾶς μόνον ποσότητος ἀερίου.

Τὰ πηδάλια τοῦ ἀεροστάτου εἶναι κατακόρυφοι καὶ ὁριζοντίαι ἐπιφάνειαι, εὑρίσκονται εἰς τὸ ὄπισθεν μέρος τοῦ κυρίου σώματος, *τὴν οὐράν*, ὁ χειρισμὸς δὲ αὐτῶν γίνεται διὰ σχοινίων ἀπὸ τῆς θέσεως τοῦ πιλότου, ἡ ὁποία εὑρίσκεται εἰς τὸ πρόσθιον μέρος.



Σχ. 107.

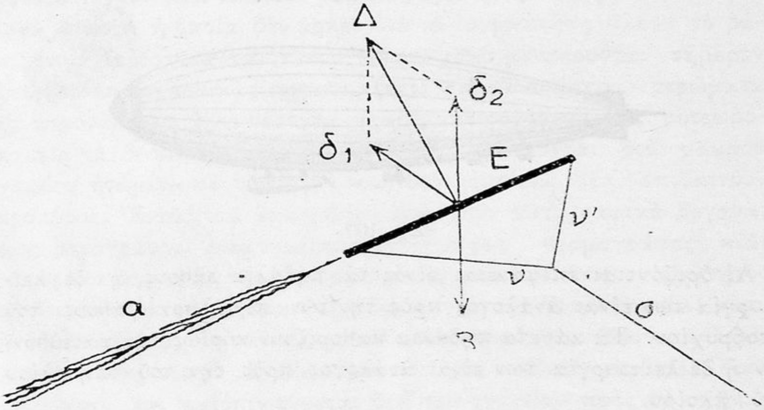
Αἱ ὁριζόντιαι ἐπιφάνειαι εἶναι τὰ πηδάλια βάθους, ἡ δὲ λειτουργία των εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν τῶν πηδαλίων βάθους τοῦ ὑποβρυχίου. Τὰ κάθετα πηδάλια καθορίζουν κυρίως τὴν κατεύθυνσιν ἡ δὲ λειτουργία των εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν τοῦ πηδαλίου τοῦ πλοίου.

141. Συσκευαὶ βαρύτεραι τοῦ ἐκτοπιζομένου ἀέρος. Αἱ βαρύτεραι τοῦ ἀέρος συσκευαὶ συγκρατοῦνται εἰς τὸν ἀέρα ἢ καὶ ἀνυψοῦνται ἐντὸς αὐτοῦ λόγῳ δυνάμεων, αἵτινες ἀναπτύσσονται ἐκ τῆς σχετικῆς κινήσεως τῆς συσκευῆς ὡς πρὸς τὸν ἀέρα. Σχετικὴν κίνησιν λέγοντες ἐννοοῦμεν τὴν ἀλλαγὴν τῆς θέσεως τῆς συσκευῆς ἐντὸς τοῦ ἀέρος, ἀδιάφορον ἂν ἡ ἀλλαγὴ αὕτη ὀφείλεται εἰς κίνησιν τῆς συσκευῆς ἢ τοῦ ἀέρος.

Ἁπλουστάτη τοιαύτη συσκευὴ εἶναι ὁ χαρταετός.

142. Χαρταετός. Οὗτος ἀποτελεῖται κυρίως ἐκ χαρτίνης ἐπιφανείας ε (σχ. 108), ἥτις κρατεῖται διὰ σχοινίου σ, συνδεομένου πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν Ε ἐμμέσως, τῇ βοηθείᾳ μικρῶν νημάτων ν καὶ ν′, οὕτως ὥστε, ὅταν τὰ νήματα εἶναι τεταμένα, τὸ σχοινίον δὲν εἶναι κάθετον ἐπὶ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ χαρταετοῦ. Ἡ οὐρὰ α ἔχει σκοπὸν νὰ προσανατολίζῃ τὸν χαρταετὸν ὡς πρὸς τὸν ἄνεμον.

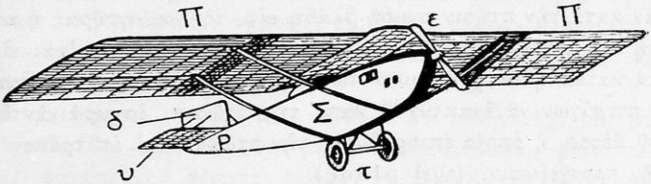
Ὁ χαρταετὸς ἐκτίθεται εἰς τὸν ἄνεμον, εἰς τρόπον ὥστε τὸ ρεῦμα τοῦ ἀνέμου νὰ ἔχῃ φορὰν ἐκ τοῦ σχοινίου πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν. Ἐκ τῆς ἐπιδράσεως τοῦ ἀνέμου ἐνεργεῖ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας Ε ἡ δύναμις Δ κάθετος ἐπ' αὐτήν. Ταύτην ἀναλύομεν κατὰ τὸ παραλληλόγραμμον τῶν δυνάμεων (βλ. § 30) εἰς τὴν δ_1 κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ σχοινίου καὶ τὴν δ_2, κατακόρυφον Ἐκ τῶν συνιστωσῶν τούτων ἡ μὲν δ_1 ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα νὰ τείνῃ ἁπλῶς τὰ νήματα, ἡ δὲ δ_2 ἰσσορροπεῖ τὸ βάρος τοῦ χαρταετοῦ καὶ ἂν εἶναι μεγαλυτέρα τοῦ βάρους του προκαλεῖ τὴν ἀνύψωσιν αὐτοῦ.



Σχ. 108.

143. Ἀεροπλάνα. Εἰς τὰ ἀεροπλάνα δὲν ἀναμένεται νὰ ἀναπτυχθοῦν ἐκ τῆς κινήσεως τοῦ ἀνέμου αἱ δυνάμεις διὰ τὴν ἀνύψωσιν καὶ τὴν συγκράτησιν τοῦ ἀετοῦ εἰς τὸν ἀέρα, ὅπως εἰς τὸν χαρταετόν, ἀλλὰ προσδίδεται εἰς αὐτὰ ἰδία κίνησις διὰ τῆς ἕλικος. Ὅταν ἡ ἕλιξ περιστρέφεται, προχωρεῖ ἐντὸς τοῦ ἀέρος ὡς κοχλίας ἐντὸς τοῦ περικοχλίου του. Ἡ ἕλιξ εἶναι συνήθως ξυλίνη ἀποτελουμένη ἐκ πολλῶν λεπτῶν ἐπαλλήλων στρωμάτων. Ἡ μορφὴ αὐτὴ τῆς ἕλικος εὑρέθη ὅτι ἔχει τὴν μεγαλυτέραν ἀντοχὴν εἰς τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀέρος. Ἐνίοτε ἡ ἕλιξ εἶναι ἐξ ἀργιλλίου. Οἱ κινητῆρες, διὰ τῶν ὁποίων περιστρέφεται ἡ ἕλιξ, εἶναι μηχαναὶ ἐσωτερικῆς καύσεως, ὅπως οἱ κινητῆρες τῶν αὐτοκινήτων (βλ. εἰς θερμότητα) καίουσαι βενζίνην.

Ἡ ἐξωτερικὴ μορφὴ τοῦ ἀεροπλάνου εἶναι σήμερον ποικιλωτάτη. Γενικῶς ὅμως τὰ οὐσιώδη μέρη εἰς ἕκαστον ἀεροπλάνον εἶναι τὰ ἑξῆς τρία: Τὸ *κυρίως* **σῶμα** Σ (σχ. 109), αἱ *πτέρυγες* ἢ *φέρουσαι ἐπιφάνειαι* Π, ἡ **οὐρὰ** Ρ καὶ σύστημα προσγειώσεως, δηλ. τροχοὶ τ, διὰ τῶν ὁποίων τὸ ἀεροπλάνον προσγειοῦται καὶ τρέχει ἐπὶ τοῦ ἐδάφους. Τὰ ὑδροπλάνα διαφέρουν τῶν ἀεροπλάνων κατὰ τὸ ὅτι ἀντὶ τοῦ συστήματος προσγειώσεως φέρουν σύστημα προσθαλασσώσεως, δηλ. μικρὰν λέμβον. Τὸ κύριον σῶμα ἔχει μορφὴν ἰχθυοειδῆ. Ἐντὸς αὐτοῦ ὑπάρχουν οἱ κινητῆρες, τὰ ὄργανα χειρισμοῦ καὶ αἱ θέσεις τῶν ἐπιβατῶν.



Σχ. 109.

Αἱ πτέρυγες ἀποτελοῦν σπουδαιότατον τμῆμα τοῦ ἀεροπλάνου. Εἶναι τοποθετημέναι οὕτως, ὥστε ἐνεργεῖ ἐπ᾽ αὐτῶν ἡ πίεσις τοῦ ἀέρος καὶ ἀνυψώνει ἢ συγκρατεῖ τὸ ἀεροπλάνον, διὰ τοῦτο καλοῦνται ἀκόμη καὶ *φέρουσαι* **ἐπιφάνειαι**. Ἡ ὁλικὴ δύναμις, ἡ ὁποία λόγῳ τῆς πιέσεως τοῦ ἀέρος ἐνεργεῖ ἐπὶ τῶν πτερύγων, καλουμένη *ἀνυψωτικὴ δύναμις*, ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ μεγέθους αὐτῶν, τοῦτο δὲ καθορίζεται κατὰ τὴν κατασκευὴν τοῦ ἀεροπλάνου ἀναλόγως πρὸς τὸ ὅλον βάρος αὐτοῦ καὶ εἶναι ἀπὸ $30m^2$ διὰ τὰ μικρὰ ἀεροπλάνα μέχρι $150m^2$ διὰ τὰ μεγάλα ἐπιβατικά. Αἱ πτέρυγες εἶναι ἢ δύο (μονοπλάνα), ὁπότε εὑρίσκονται ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ἐπιπέδου ἑκατέρωθεν τοῦ κυρίου σώματος, ἢ τέσσαρες, ὁπότε εὑρίσκονται ἐπὶ δύο ἐπαλλήλων ἐπιπέδων (διπλάνα).

Τὸ κύριον σῶμα καθὼς καὶ αἱ πτέρυγες εἶναι ἢ ἐξ ὁλοκλήρου μετάλλινα, ἢ ἔχουν μόνον μετάλλινον σκελετόν, ἐπενδεδυμένον μὲ ἀδιάβροχον ὕφασμα.

Ἐπὶ τῆς οὐρᾶς εὑρίσκονται τὰ *πηδάλια*, δηλ. κατακόρυφοι καὶ ὁριζόντιαι κινηταὶ ἐπιφάνειαι. Αἱ κατακόρυφοι δ εἶναι τὰ πηδάλια διευθύνσεως, αἱ δὲ ὁριζόντιαι υ τὰ πηδάλια ὕψους.

Ἡ ἔντασις τῆς ἀνυψωτικῆς δυνάμεως ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς σχετικῆς ταχύτητος τοῦ ἀεροπλάνου ὡς πρὸς τὸν ἀέρα καὶ τῆς γωνίας προσπτώσεως τοῦ ρεύματος τοῦ ἀέρος.

Ὅταν πρόκειται νὰ ἀνυψωθῇ τὸ ἀεροπλάνον, τρέχει κατ᾽ ἀρχὰς ἐπὶ τοῦ ἐδάφους μὲ ὁλονὲν αὔξουσαν ταχύτητα, μέχρις ὅτου ἡ ἀνυψωτικὴ δύναμις ὑπερνικήσῃ τὸ βάρος του καὶ ἀνυψώσῃ αὐτό.

Διὰ τοῦ πηδάλιου ὕψους ρυθμίζεται ἡ γωνία προσπτώσεως οὕτως, ὥστε ἡ ἀνυψωτικὴ δύναμις νὰ αὐξάνεται, ὁπότε τὸ ἀεροπλάνον ἀνέρχεται ἢ ἐλαττοῦται, ὁπότε τὸ ἀεροπλάνον κατέρχεται.

Τὰ πηδάλια διευθύνσεως χρησιμεύουν διὰ τὸν κανονισμὸν τῆς διευθύνσεως, ἡ λειτουργία των δὲ εἶναι ἡ αὐτὴ μὲ τὴν τοῦ πηδαλίου τοῦ πλοίου.

Ἐὰν κατὰ τὴν πτῆσιν συμβῇ βλάβη εἰς τὸν κινητῆρα, ἡ καταστροφὴ τοῦ ἀεροπλάνου δὲν εἶναι ἀναπόφευκτος, διότι εἶναι δυνατὸν διὰ καταλλήλων χειρισμῶν τῶν πηδαλίων ὕψους καὶ βοηθητικῶν πτερύγων νὰ ἀναπτυχθῇ κατὰ τὴν πτῶσιν ἰσχυρὰ ἀντίστασις τοῦ ἀέρος, ἡ ὁποία ἐπιβραδύνει τὴν πτῶσιν καὶ ἐπιτρέπει κανονικὴν προσγείωσιν, (vol plané).

Φαινόμενα ὀφειλόμενα εἰς δυνάμεις ἐνεργούσας μεταξὺ τῶν μορίων.

144. Δυνάμεις συναφείας. Μεταξὺ τῶν μορίων τῶν στερεῶν σωμάτων, ἐνεργοῦν δυνάμεις, αἵτινες τείνουν νὰ πλησιάσουν ταῦτα πρὸς ἄλληλα. Τὰς δυνάμεις ταύτας ἀντιλαμβανόμεθα ὡς ἀντίστασιν, ὅταν προσπαθοῦμεν νὰ κόψωμεν τὸ στερεόν, ν᾽ ἀπομακρύνωμεν δηλαδὴ τὰ μόρια ἀπ᾽ ἀλλήλων ἢ ἐν γένει νὰ μεταβάλωμεν τὸ σχῆμα τοῦ στερεοῦ. Αἱ δυνάμεις αὗται καλοῦνται *δυνάμεις συναφείας*.

Αἱ δυνάμεις συναφείας, αἵτινες εἶναι ἀρκετὰ μεγάλης ἐντάσεως, λόγῳ τῆς ἐλαχίστης ἀποστάσεως τῶν μορίων, καθίστανται ἐλάχισται καὶ παύουν νὰ γίνωνται ἀντιληπταί, ὅταν τὰ μόρια ἀπομακρυνθοῦν. Θραύσματα στερεοῦ δὲν συγκολλῶνται δι᾽ ἁπλῆς ἐπαφῆς, διότι ἡ προσέγγισις τῶν μορίων δὲν εἶναι ἀρκετὴ διὰ τὴν ἀνάπτυξιν ἰσχυρῶν δυνάμεων.

Ἐὰν ὅμως ἡ ἐπαφὴ γίνῃ ὅσον τὸ δυνατὸν τελειοτέρα, τὰ δύο σώματα προσφύονται καὶ χρειάζεται ἰσχυρὰ δύναμις διὰ νὰ ἀποχωρισθοῦν. Ἐπὶ παραδείγματι, ἐὰν πλησιάσωμεν πρὸς ἀλλήλας δύο ὑαλίνας πλάκας ἐπιπέδους καὶ ἐντελῶς λείας, προσφύονται τόσον ἰσχυρῶς πρὸς ἀλλήλας, ὥστε καθίσταται δύσκολος ὁ ἀποχωρισμὸς αὐτῶν.

Ἡ ἐπικάθησις καὶ ἡ συγκράτησις κονιορτοῦ ἐπὶ τῶν μὴ οριζοντίων ἀντικειμένων ὀφείλεται εἰς τὰς δυνάμεις συναφείας. Ἡ ἐνέργεια τῆς κόλλας ἐπίσης ἐξηγεῖται διὰ τῶν δυνάμεων συναφείας.

Τὰ ὑγρά, ἐν ἀντιθέσει πρὸς τὰ στερεά, χαρακτηρίζονται, ὡς γνωρίζομεν, ἀπὸ τὴν ἔλλειψιν σταθεροῦ σχήματος καὶ τὸν εὔκολον ἀποχωρισμὸν τῶν μορίων των ἀπ᾽ ἀλλήλων.

Ἐν τούτοις ὑπάρχουν περιπτώσεις, καθ᾽ ἃς ὑγροὶ ὄγκοι παρουσιάζουν ὡρισμένον σχῆμα, π. χ. μικραὶ σταγόνες ὑγροῦ παρουσιάζουν σχῆμα περίπου σφαιρικόν. Εἰς τὰς πομφόλυγας τὰς παραγομένας ἐκ διαλύματος σάπωνος εἰς ὕδωρ, ἔχομεν σφαιρικὸν περίβλημα ἐκ τοῦ διαλύματος, περιβάλλον ἐν εἴδει μεμβράνης τὸν ἐγκεκλεισμένον ἀέρα.

Τὰ φαινόμενα ταῦτα μᾶς πείθουν ὅτι καὶ μεταξὺ τῶν μορίων τῶν ὑγρῶν, ὅπως μεταξὺ τῶν μορίων τῶν στερεῶν, ὑφίστανται δυνάμεις συναφείας, αἵτινες τείνουν νὰ πλησιάσουν ταῦτα πρὸς ἄλληλα καὶ νὰ δώσουν εἰς τὴν ἐλευθέραν ἐπιφάνειαν σφαιρικὸν σχῆμα. Τοῦτο δὲ κατορθοῦται εἰς μικρὰς ποσότητας ὑγροῦ, ὁπότε ἡ δύναμις τοῦ βάρους εἶναι ἀρκετὰ μικρὰ καὶ δὲν ὑπερτερεῖ τῶν δυνάμεων συναφείας. Αἱ δυνάμεις συναφείας ἀνθίστανται εἰς τὰς δυνάμεις, αἵτινες προσπαθοῦν νὰ καταστρέψουν τὴν συνοχὴν τῶν μορίων τοῦ ὑγροῦ. Ἐὰν π. χ. ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ὕδατος θέσωμεν μὲ προσοχὴν λεπτὴν βελόνην ἀλειμμένην διὰ λίπους, αὕτη δὲν καταβυθίζεται ἀλλὰ συγκρατεῖται ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας, ἥτις κοιλαίνεται ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ βάρους της.

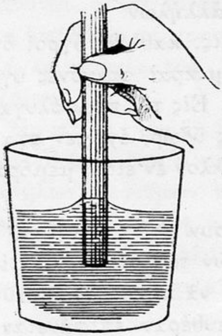
Τοῦτο συμβαίνει, διότι τὸ βάρος τῆς βελόνης δὲν εἶναι ἀρκετὸν διὰ νὰ ὑπερνικήσῃ τὰς δυνάμεις συναφείας καὶ νὰ διασπάσῃ τὴν συνοχὴν τῶν μορίων τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ. Δυνάμεις συναφείας ὑφίστανται καὶ μεταξὺ στερεῶν καὶ ὑγρῶν.

Συνέπεια τούτων εἶναι τὰ τριχοειδῆ φαινόμενα, καλούμενα οὕτω διότι παρετηρήθησαν τὸ πρῶτον ἐντὸς τριχοδιαμετρικῶν σωλήνων.

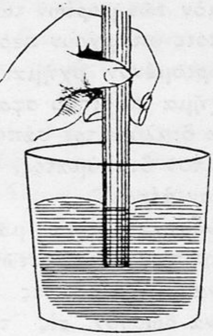
145. Τριχοειδῆ φαινόμενα. Τὰ φαινόμενα ταῦτα εἶναι τὰ ἑξῆς: Ἐὰν βυθίσωμεν στερεὸν σῶμα ἐντὸς ὑγροῦ, παρατηροῦμεν ὅτι εἰς τὰ σημεῖα ἐπαφῆς ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ δὲν παραμένει ἐπίπεδος, ἀλλὰ καθίσταται κοίλη μὲν (σχ. 110α) ἐὰν τὸ ὑγρὸν διαβρέχῃ τὸ στερεόν, ἐὰν δηλαδὴ ἀφοῦ ἀνασύρωμεν τὸ στερεὸν παραμένῃ ἐπ᾽ αὐτοῦ ποσότης τις ὑγροῦ, ὅπως π. χ. τὸ ὕδωρ ἐπὶ τῆς ὑάλου, κυρτὴ δὲ ἂν τὸ ὑγρὸν δὲν διαβρέχῃ τὸ στερεόν, ὅπως π. χ. ὁ ὑδράργυρος τὴν ὕαλον (σχ. 110β)

Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἐξηγεῖται διὰ τῶν δυνάμεων συναφείας.

Ἐνταῦθα ἔχομεν ἀφ᾽ ἑνὸς μὲν δυνάμεις συναφείας μεταξὺ τῶν μορίων τοῦ ὑγροῦ καὶ ἀφ᾽ ἑτέρου δυνάμεις συναφείας μεταξὺ τῶν μορίων τῶν στερεῶν καὶ τῶν μορίων τοῦ ὑγροῦ. Ἐὰν αἱ πρῶται εἶναι ἰσχυρότεραι τῶν δευτέρων, τὸ ὑγρὸν συσπειροῦται τρόπον



Σχ. 110α.



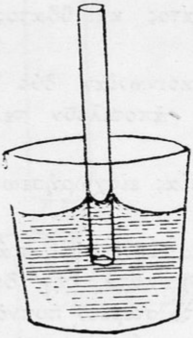
Σχ. 110β.

τινὰ περὶ ἑαυτό, τεῖνον νὰ λάβῃ σφαιρικὸν σχῆμα, χωρὶς νὰ ἐφάπτεται τοῦ στερεοῦ.

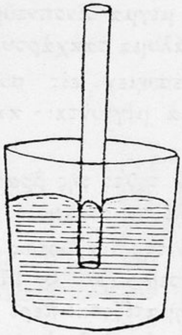
Ἐὰν τοὐναντίον αἱ δεύτεραι ὑπερτεροῦν τῶν πρώτων, τὸ στερεὸν ἕλκει τὸ ὑγρὸν πρὸς ἑαυτὸ καὶ ἐντεῦθεν παρατηρεῖται ἡ ἀνύψωσις τῆς ἐπιφανείας του.

Ἐὰν βυθίσωμεν ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ ὑάλινον σωλῆνα πολὺ μικρᾶς διαμέτρου πλὴν τῶν προηγουμένων φαινομένων παρατηροῦμεν προσέτι καὶ τὸ ἑξῆς: Παρὰ τὴν ἀρχὴν τῶν συγκοινωνούντων δοχείων ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ δὲν εὑρίσκεται ἐντὸς τοῦ σωλῆνος εἰς τὸ αὐτὸ ὕψος, εἰς τὸ ὁποῖον εὑρίσκεται αὕτη ἐντὸς τοῦ εὐρέος δοχείου, ἀλλὰ ὑψηλότερα μὲν ἐὰν τὸ ὑγρὸν διαβρέχῃ τὰ ὑάλινα τοιχώματα τοῦ σωλῆνος (111 α) χαμηλότερα δὲ ἂν δὲν τὰ διαβρέχῃ (σχ. 111 β). Ἡ ἀνύψωσις αὕτη εἶναι συνέπεια τῶν δυνάμεων συναφείας.

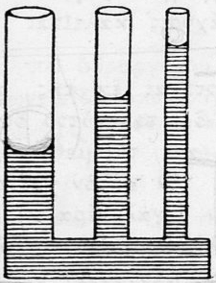
Ὅταν συγκοινωνοῦν πολλοὶ στενοὶ σωλῆνες διαφόρων διαμέτρων τὸ ὑγρὸν δὲν εὑρίσκεται εἰς ὅλους εἰς τὸ αὐτὸ ὕψος, ἀλλά, ἐὰν μὲν διαβρέχῃ τὰ τοιχώματα τῶν σωλήνων, τόσον ὑψηλότερον ὅσον ἡ διάμετρος τοῦ σωλῆνος εἶναι μικροτέρα (σχ. 112 α)· ἐὰν δὲ δὲν διαβρέχῃ τὰ τοιχώματα, τόσον χαμηλότερον, ὅσον ἡ διάμετρος εἶναι μικροτέρα (σχ. 112 β).



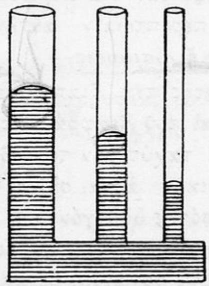
Σχ. 111α.



Σχ. 111β.



Σχ. 112α.



Σχ. 112β.

146. Διάχυσις. Ἐὰν χύσωμεν ἐντὸς δοχείου ὑγρὰ μιγνυόμενα π.χ. ὕδωρ καὶ οἰνόπνευμα, ἢ πυκνὸν διάλυμα σακχάρου καὶ ὕδωρ καὶ κατ᾽ ἀρχὰς τὸ πυκνότερον, ἄνωθεν δὲ αὐτοῦ μετὰ προσοχῆς τὰ ἀραιότερα, οὕτως ὥστε νὰ σχηματισθῇ διακεκριμένη στιβὰς ἐξ ἑκάστου ὑγροῦ, παρατηροῦμεν ὅτι παρὰ τὰ γνωστὰ ἐκ τῶν νόμων τῆς βαρύτητος (βλ. § 105) μετ᾽ ὀλίγον ἡ ἰσορροπία διαταράσσεται. Καὶ τὸ μὲν πυκνότερον ὑγρὸν ἀνέρχεται βραδύτατα ἐντὸς τοῦ ἀραιοτέρου, τὸ δὲ ἀραιότερον κατέρχεται ἐντὸς τοῦ

Πείραμα διά διάχυσιν υγρών ή διαπίδυσιν.

Διάχυσις

πυκνοτέρου, οὕτως ὥστε τελικῶς ὑπάρχει ἐντὸς τοῦ δοχείου ἓν νέον ὑγρόν, μῖγμα τῶν ἀρχικῶν, ἔχον καθ' ὅλην τὴν μᾶζάν του τὴν αὐτὴν πυκνότητα. Εἰς τὸ πρῶτον ἀναφερθὲν παράδειγμα θὰ ἔχομεν τελικῶς μῖγμα οἰνοπνεύματος καὶ ὕδατος, εἰς δὲ τὸ δεύτερον ἀραιὸν διάλυμα σακχάρου.

Ὁμοίως ἂν θέσωμεν εἰς συγκοινωνίαν δύο δοχεῖα πλήρη ἀερίων, τὰ ἀέρια μίγνυνται καὶ ἀποτελοῦν τελικῶς ἕνα νέον ἀέριον.

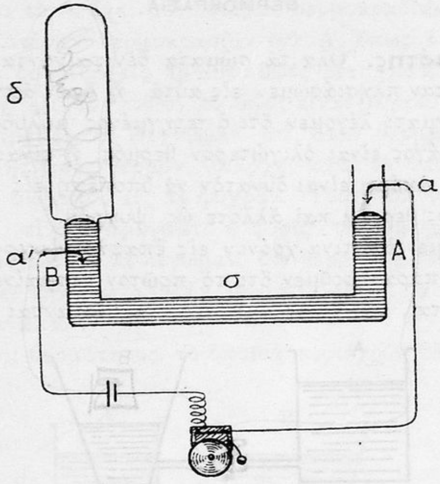
Τὸ φαινόμενον τοῦτο τῆς βραδείας εἰσχωρήσεως σώματός τινος ἐντὸς ἄλλου καλεῖται διάχυσις.

Τὸ φαινόμενον τῆς διαχύσεως παρακολουθεῖ πάντοτε τὸ φαινόμενον τῆς διαλύσεως (βλ. § 178) κατὰ τὴν διάλυσιν στερεοῦ ἐντὸς ὑγροῦ, σχηματίζεται περὶ τὸ στερεὸν πυκνὸν διάλυμα, τὸ ὁποῖον διαχέεται εἰς τὸ διαλυτικὸν μέσον.

147. Διαπίδυσις. Ἡ διάχυσις λαμβάνει χώραν καὶ ὅταν ἀκόμη τὰ ρευστὰ σώματα δὲν εὑρίσκωνται εἰς ἄμεσον ἐπαφήν, ἀλλὰ χωρίζονται διὰ πορώδους διαφράγματος ἢ διὰ μεμβράνης. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ διάχυσις καλεῖται εἰδικώτερον *διαπίδυσις* ἢ *ὤσμωσις*.

Ἡ ταχύτης τῆς διαπιδύσεως ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς φύσεως τοῦ ρευστοῦ καὶ τοῦ διαφράγματος, π.χ. διὰ τοῦ αὐτοῦ διαφράγματος διέρχονται ταχύτερον τὸ ὑδρογόνον καὶ τὸ μεθάνιον ἀπὸ τὸν ἀτμοσφαιρικὸν ἀέρα, οὕτως ὥστε εἰς τὸν αὐτὸν χρόνον θὰ ἔχῃ διέλθῃ ποσότης ὑδρογόνου ἢ μεθανίου μεγαλυτέρα τῆς τοῦ ἀέρος. Τῆς ἰδιότητος ταύτης γίνεται ἐπωφελὴς χρῆσις εἰς τὴν λειτουργίαν τοῦ ἑξῆς ὀργάνου, δεικνύοντος τὴν παρουσίαν τοῦ ἐπικινδύνου μεθανίου ἐντὸς τῶν ἀνθρακωρυχείων.

Τὸ πορῶδες δοχεῖον δ ἀπολήγει εἰς τὸν δὶς κεκαμμένον κατ' ὀρθὴν γωνίαν σωλῆνα σ (σχ. 113), ὁ ὁποῖος πληροῦται μέχρι τινος δι' ὑδραργύρου. Ἡ μεταλλίνη ἀκὶς α στερεοῦται ὀλίγον ἄνωθεν τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου, ἐνῷ ἡ α′ εὑρίσκεται ἐντὸς αὐτοῦ. Αἱ ἀκίδες α καὶ α′ συνδέονται πρὸς ἠλεκτρικὸν κύκλωμα περιλαμβάνον ἠλεκτρικὸν κώδωνα. Ἐφ' ὅσον ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου εὑρίσκεται κάτωθεν τῆς ἀκίδος α, τὸ κύκλωμα εἶναι ἀνοικτὸν καὶ ὁ κώδων δὲν λειτουργεῖ. Ἐὰν τώρα τὸ δοχεῖον δ εὑρεθῇ ἐντὸς χώρου περιέχοντος μεθάνιον, εἰσέρχεται ἐντὸς αὐτοῦ ποσότης τις μεθανίου, ἐνῷ ὁ περιεχόμενος ἀὴρ δὲν προφθάνει νὰ ἐξέλθῃ, οὕτως ὥστε ἡ πίεσις ἐντὸς αὐτοῦ αὐξάνεται, ὁ ὑδράργυρος κατέρχεται εἰς τὸ σκέλος Β καὶ ἀνέρχεται εἰς τὸ Α. Ἡ ἀκὶς βυθί-



Σχ. 113.

ζεται ἐντὸς τοῦ ὑδραργύρου, κλείει τὸ ἠλεκτρικὸν κύκλωμα καὶ ἠχεῖ ὁ κώδων, εἰδοποιῶν οὕτω περὶ τῆς παρουσίας τοῦ μεθανίου.

1,35 × 10000 = διότι 1 m² = 10000 εκ² = 13500 τ. εκατοστόμετρα

Ἀσκήσεις.

4. Πόση εἶναι ἡ ἐπὶ τοῦ ἀνθρωπίνου σώματος (ἐπιφανείας 1,35 m²) ἐφαρμοζομένη ὁλικὴ δύναμις συνεπείᾳ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως; X = 13500 × (76 · 13,6) = 13500 × 1033 = 739,455 Kg.

5. Τεμάχιον μολύβδου καὶ τεμάχιον ἀργιλλίου ζυγίζουν ἕκαστον 1kg. Ποῖον ἐκ τῶν δύο καθίσταται βαρύτερον εἰς τὸ κενὸν καὶ κατὰ πόσον;

ὄγκος Αργιλλ = 1 κιλ. / 2,7 = 370 κυβ. εκατοστ.
ὄγκος Μολυβ = 1 / 11,3 = 80 κυβ. εκατ.

βάρος ἀέρος ὄγκου 370 κ. εκ. = F
" " " 80 κ. εκ. = F°

F = 370 · 0,00129 = 0,47730 γρ.

F° = 80 · 0,00129 = 0,10320 γρ.

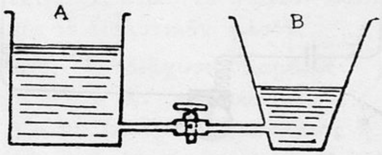
Αργ. βάρος εις κενόν = 1000 γρ + 0,4773 γρ
Μολυβ " " " = 1000 + 0,10320

ΘΕΡΜΟΤΗΣ

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

148. Θερμότης. Ὅλα τὰ σώματα δὲν φαίνονται εἰς ἡμᾶς ἐξ ἴσου θερμά, ὅταν πλησιάσωμεν εἰς αὐτά, ἢ ὅταν ἁπτώμεθα αὐτῶν. Ἐπὶ παραδείγματι λέγομεν ὅτι ὁ τετηγμένος μόλυβδος εἶναι *θερμός*, ἐνῷ ὁ πάγος εἶναι ὀλιγώτερον θερμός, ἢ εἶναι *ψυχρός*. Καὶ τὸ αὐτὸ σῶμα ἀκόμη εἶναι δυνατὸν νὰ ὑποπέσῃ εἰς τὰς αἰσθήσεις μας, ἄλλοτε ὡς θερμὸν καὶ ἄλλοτε ὡς ψυχρόν.

Ἂν ἀφήσωμεν ἐπί τινα χρόνον εἰς ἐπαφὴν ψυχρὸν σῶμα πρὸς ἄλλο θερμόν, παρατηροῦμεν ὅτι τὸ πρῶτον θερμαίνεται, ἐνῷ τὸ δεύτερον ψύχεται, καὶ τέλος ἀμφότερα καθίστανται ἐξ ἴσου θερ-



Σχ. 114.

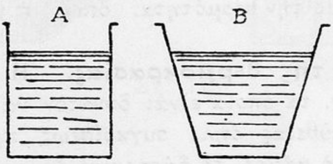
μά. Ἀνάλογον τούτου φαινόμενον ἐγνωρίσαμεν εἰς τὴν ὑδροστατικήν, τὸ φαινόμενον τῶν συγκοινωνούντων ἀγγείων. Ἂν τεθοῦν εἰς συγκοινωνίαν δύο ἢ περισσότερα δοχεῖα μὲ ὑγρόν, εἰς τά ὁποῖα τὸ ὕψος τοῦ ὑγροῦ εἶναι διάφορον (σχ. 114), ὑγρὸν ἐκ τοῦ δοχείου, ὅπου τὸ ὕψος εἶναι μεγαλύτερον, θὰ ρεύσῃ πρὸς τὸ ἄλλο, μέχρις ὅτου ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ φθάσῃ εἰς τὸ αὐτὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον, ἀνεξαρτήτως τοῦ ποσοῦ τοῦ ὑγροῦ, τὸ ὁποῖον ἑκάτερον περιέχει καὶ τὸ ὁποῖον δυνατὸν νὰ διαφέρῃ εἰς τὰ δύο δοχεῖα.

Ἂν συγκρίνωμεν τὰ δύο ταῦτα φαινόμενα, τὸ ὑδροστατικὸν πρὸς τὸ θερμικόν, εὑρίσκομεν 1) ὅτι εἰς τὸ δεύτερον ἐμφανίζεται κάποιο ποσὸν ἀνάλογον πρὸς τὸ ὕψος τοῦ ὑγροῦ, τὸ ὁποῖον ἔχει *τὴν αὐτὴν τιμὴν* εἰς τὰ δύο ἐν ἐπαφῇ σώματα καὶ τὸ ὁποῖον *δίδει τὴν ἐντύπωσιν τοῦ ὅτι ταῦτα εἶναι ἐξ ἴσου θερμά*.

Τὸ ποσὸν τοῦτο καλεῖται *θερμοκρασία*.

Ὅταν λοιπὸν δύο σώματα μᾶς φαίνωνται ἐξ ἴσου θερμά, λέγομεν ὅτι ἔχουν τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν καὶ ὅταν σῶμά τι θερμαίνεται, λέγομεν ὅτι ἡ θερμοκρασία του ὑψοῦται, ὅταν δὲ ψύχεται ὅτι ἡ θερμοκρασία του πίπτει. Ὅταν σῶμα Α εἶναι θερμότερον ἄλλου Β, λέγομεν ὅτι τὸ Α ἔχει ὑψηλοτέραν θερμοκρασίαν τοῦ Β, τὸ δὲ Β ἔχει χαμηλοτέραν θερμοκρασίαν τοῦ Α. ὅπως διὰ νὰ ἔλθῃ τὸ ὑγρὸν τῶν δύο δοχείων εἰς τὸ αὐτὸ ὕψος ῥέει ποσότης τις ὑγροῦ ἐκ τοῦ δοχείου, εἰς τὸ ὁποῖον το ὕψος εἶναι μεγαλύτερον, πρὸς τὸ ἄλλο, οὕτω πρέπει νὰ δεχθῶμεν ὅτι, ὅταν θερμαίνεται ψυχρὸν σῶμα ἐξ ἐπαφῆς πρὸς θερμόν, ὑπάρχει κάτι, τὸ ὁποῖον μεταβαίνει ἐκ τοῦ θερμοῦ σώματος εἰς τὸ ψυχρόν. Τοῦτο τὸ ὀνομάζομεν θερμότητα. Ποία εἶναι πράγματι ἡ φύσις τῆς θερμότητος δὲν θὰ ἐξετάσωμεν. Δυνάμεθα νὰ λέγωμεν, ὅτι θερμότης εἶναι ἡ αἰτία, ἡ ὁποία προκαλεῖ τὴν μεταβολὴν σώματός τινος ἀπὸ θερμοῦ εἰς ψυχρὸν καὶ τανάπαλιν.

Τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος, τὸ ὁποῖον περιέχουν τὰ σώματα, ἀντι-



Σχ. 115.

στοιχεῖ πρὸς τὸ ποσὸν τοῦ ὄγκου τῶν δοχείων. Ὅπως δὲ εἰς δύο διάφορα δοχεῖα εἶναι δυνατὸν νὰ ἔχωμεν ὑγρὸν μέχρι τοῦ αὐτοῦ μὲν ὕψους, ἀλλὰ διάφορον εἰς ἑκάτερον δοχεῖον ποσὸν (σχ. 115), οὕτω δύο διάφορα (διαφόρου μεγέθους ἢ ἐκ διαφόρου ὑλικοῦ) σώματα ἔχοντα τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν περιέχουν διάφορον ποσὸν θερμότητος.

Ἐφ' ὅσον ἡ θερμοκρασία δύο ἐν ἐπαφῇ σωμάτων εἶναι διάφορος, θερμότης θὰ ῥέῃ ἐκ τοῦ ἔχοντος μεγαλυτέραν θερμοκρασίαν πρὸς το ἄλλο. Ἰσορροπία δὲ θὰ ἐπέλθῃ, ὅταν αἱ θερμοκρασίαι τῶν δύο σωμάτων ἐξισωθοῦν. Κατὰ ταῦτα πᾶν σῶμα εἶναι πηγὴ θερμότητος δι' ἄλλο, ἔχον θερμοκρασίαν κατωτέραν τῆς ἰδικῆς του.

Ὅ,τι ἐλέχθη περὶ δύο σωμάτων, ἰσχύει χωρὶς καμμίαν διαφορὰν καὶ διὰ περισσότερα. Ὁσαδήποτε σώματα διαφόρου θερμοκρασίας τιθέμενα εἰς ἐπαφήν, ἀποκτοῦν ὅλα μετά τινα χρόνον τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν.

Ὅταν ἓν σῶμα καθίσταται θερμότερον, λέγομεν ὅτι κερδίζει θερμότητα, ὅταν δὲ καθίσταται ψυχρότερον, λέγομεν ὅτι χάνει θερμότητα.

Τὰ νεῦρα, τὰ ὁποῖα ἐρεθίζονται ὑπὸ τῆς θερμότητος καὶ προκαλοῦν τὸ αἴσθημα τοῦ θερμοῦ καὶ τοῦ ψυχροῦ, δὲν συγκεντροῦνται εἰς ὡρισμένον αἰσθητήριον ὄργανον, ὅπως π.χ. τὰ νεῦρα τὰ εὐαίσθητα εἰς τὸ φῶς καὶ εἰς τὸν ἦχον, ἀλλ' εἶναι ἐξηπλωμένα καθ' ὅλον ἡμῶν τὸ σῶμα καὶ ἑπομένως καθ' ὅλον τὸ σῶμα ἔχομεν τὸ αἴσθημα τοῦ θερμοῦ καὶ τοῦ ψυχροῦ.

149. Φαινόμενα προκαλούμενα ὑπὸ τῆς θερμότητος. Ἡ θερμότης εἶναι αἰτία ποικιλωτάτων φαινομένων. Οὕτω π.χ. διὰ θερμάνσεως αὐξάνουν αἱ διαστάσεις τῶν σωμάτων. Πολλὰ στερεὰ θερμαινόμενα ἰσχυρῶς μεταβάλλουν κατάστασιν, μετατρεπόμενα εἰς ὑγρά, ταῦτα δὲ εἰς ἀέρια. Ἡ πυκνότης τῶν σωμάτων ἐπίσης μεταβάλλεται διὰ θερμάνσεως. Πλεῖστα μετεωρολογικὰ φαινόμενα ὀφείλονται εἰς τὴν θερμότητα, ὅπως π.χ. ἡ βροχή, οἱ ἄνεμοι, κλπ.

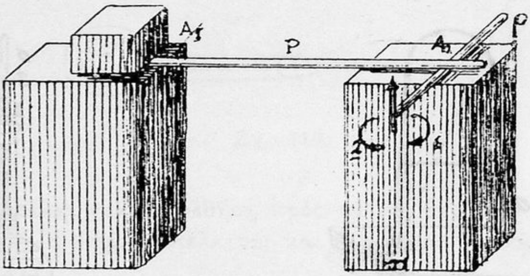
150. Μέτρησις τῆς θερμοκρασίας. Ἡ θερμοκρασία δὲν εἶναι ἐκ τῶν ποσῶν, τὰ ὁποῖα εἶναι δυνατὸν νὰ ὑποστοῦν ἄμεσον μέτρησιν, δι' ἀπ' εὐθείας δηλ. συγκρίσεως πρὸς τὴν μονάδα, ὅπως γίνεται διὰ τὸ μῆκος, τὸ βάρος καὶ ἄλλα. Γνωρίζομεν ὅμως ποσὰ μετρούμενα εὐκόλως, τῶν ὁποίων τὸ μέγεθος ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς θερμοκρασίας, ὅπως αἱ διαστάσεις τῶν σωμάτων καὶ ἡ πυκνότης. Ἑπομένως ἐκ τοῦ μεγέθους οἱουδήποτε τοιούτου ποσοῦ, δυνάμεθα νὰ κρίνωμεν περὶ τοῦ μεγέθους τῆς θερμοκρασίας. Ὡς τὸ καταλληλότερον ποσὸν πρὸς τὸν σκοπὸν τοῦτον ἐκρίθη ὁ ὄγκος τῶν σωμάτων, διότι αἱ μεταβολαὶ αὐτοῦ σχετικῶς εὐκόλως προσδιορίζονται.

Διὰ νὰ γνωρίσωμεν τὰ ὄργανα, τὰ ὁποῖα χρησιμεύουν πρὸς μέτρησιν τῆς θερμοκρασίας, πρέπει πρῶτον νὰ μελετήσωμεν τὸ φαινόμενον, ἐπὶ τοῦ ὁποίου ταῦτα στηρίζονται, δηλ. τὸ φαινόμενον τῆς μεταβολῆς τοῦ ὄγκου τῶν σωμάτων, ὅταν μεταβάλλεται ἡ θερμοκρασία αὐτῶν.

Διαστολὴ τῶν σωμάτων.

151. Ἡ αὔξησις τοῦ μήκους στερεᾶς ράβδου δεικνύεται διὰ τοῦ ἑξῆς πειράματος.

Μεταλλίνη ράβδος Ρ (σχ. 116) στερεοῦται κατὰ τὸ ἓν ἄκρον της A_1 ἀκλονήτως, κατὰ δὲ τὸ ἄλλο A_2 στηρίζεται ἐπὶ κυλινδρικοῦ ραβδίου ρ, εἰς τὸ ἄκρον τοῦ ὁποίου εἶναι προσηρμοσμένη βελόνη χρησιμεύουσα ὡς δείκτης. Ἂν θερμάνωμεν τὴν ράβδον, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ βελόνη στρέφεται κατὰ τὴν φορὰν τοῦ βέλους 1, ἄρα καὶ τὸ ραβδίον ρ ἐστράφη πρὸς τὴν αὐτὴν φοράν. Ἡ στροφὴ δὲ αὕτη ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι ἡ ράβδος Ρ διεστάλη καί,



Σχ. 116.

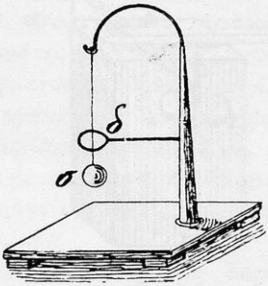
ἐπειδὴ τὸ ἄκρον A_1 εἶναι ἀκλονήτως στηριγμένον, προχωρεῖ μόνον τὸ A_2 καὶ ἀναγκάζει τὸ ραβδίον ρ νὰ κυλισθῇ. Ἐὰν τώρα ἀφήσωμεν τὴν ράβδον νὰ ψυχθῇ, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ βελόνη ἐπανέρχεται βαθμηδὸν εἰς τὴν ἀρχικήν της θέσιν. Ἡ ράβδος λοιπὸν ψυχομένη συστέλλεται καὶ συστελλομένη ἀναγκάζει τὸ ραβδίον νὰ κυλισθῇ κατὰ τὴν φορὰν τοῦ βέλους 2.

Διὰ τοῦ ἀνωτέρω πειράματος ἐξητάσαμεν τὴν *γραμμικὴν* διαστολὴν τοῦ σώματος, δηλ. τὴν διαστολὴν *μιᾶς* μόνον διαστάσεως, τοῦ μήκους. Ὅταν ἐξετάζωμεν τὴν αὔξησιν τοῦ *ὄγκου* τοῦ σώματος (αὔξησιν δηλ. τοῦ γινομένου τῶν *τριῶν* διαστάσεων), καλοῦμεν τὴν διαστολὴν *κυβικήν*.

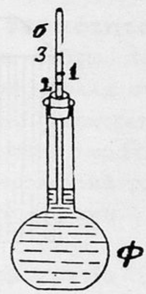
Ἡ κυβικὴ διαστολὴ δεικνύεται διὰ τοῦ ἑξῆς πειράματος: Ἡ μεταλλίνη σφαῖρα σ (σχ. 117) διέρχεται ἀκριβῶς διὰ τοῦ δακτυλίου δ. Ἐὰν ὅμως ἡ σφαῖρα θερμανθῇ, δὲν δύναται νὰ διέλθῃ πλέον, ἑπομένως ηὐξήθη ὁ ὄγκος της. Ἐὰν ἀφήσωμεν αὐτὴν νὰ ψυχθῇ, διέρχεται ἐκ νέου διὰ τοῦ δακτυλίου. Ἄρα ψυχθεῖσα συνεστάλη.

152. Διαστολὴ τῶν ὑγρῶν. Ἐπειδὴ τὰ ὑγρὰ δὲν ἔχουν ὡρισμένον σχῆμα, ἐξετάζεται βεβαίως *μόνον* ἡ κυβικὴ διαστολὴ αὐτῶν, τὴν ὁποίαν παρατηροῦμεν ὡς ἑξῆς:

Μικρὰν φιάλην (σχ. 118) πωματίζομεν διὰ φελλοῦ, φέροντος ὀπήν, διὰ τῆς ὁποίας διέρχεται στενὸς ὑάλινος σωλὴν σ. Πληροῦμεν τὴν φιάλην καὶ τὸν σωλῆνα οἱουδήποτε ὑγροῦ, ἔστω ὕδατος, μέχρι τοῦ σημείου 1. Θερμαίνοντες τώρα τὴν φιάλην παρατηροῦμεν κατ᾽ ἀρχὰς ὅτι ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὕδατος κατέρχεται εἰς τὸν σωλῆνα μέχρι τοῦ σημείου π.χ. 2. Εἶτα ἀνέρχεται πάλιν καὶ ὑπερ-



Σχ. 117.



Σχ. 118.

βαίνει τὴν ἀρχικήν της θέσιν, φθάνουσα μέχρι τοῦ σημείου π.χ. 3. Ἡ ἐξήγησις τοῦ φαινομένου τούτου εἶναι εὔκολος. Κατ᾽ ἀρχὰς ἐθερμάνθη ἀμέσως ἡ ὕαλος καὶ διεστάλη. Οὕτω, ἐπειδὴ ηὔξησεν ὁ ὄγκος τῆς φιάλης, ὁ ὄγκος τοῦ ὕδατος *ἐφάνη* μικρότερος. Βαθμηδὸν θερμαίνεται καὶ τὸ ὕδωρ, διαστέλλεται καὶ ἀνέρχεται ἐντὸς τοῦ σωλῆνος.

Κατὰ τὴν ψῦξιν ψύχεται πρῶτον ἡ φιάλη καὶ συστέλλεται. Ἑπομένως τὸ ὕδωρ ἀνέρχεται ὀλίγον εἰς τὸν σωλῆνα, ὅταν δὲ ψυχθῇ καὶ τὸ ὕδωρ, συστέλλεται καὶ ἡ ἐπιφάνειά του φθάνει πάλιν εἰς τὴν πρώτην θέσιν 1.

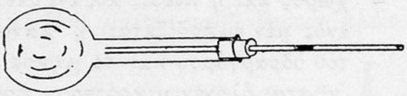
Χάριν προφυλάξεως δὲν θερμαίνομεν τὴς φιάλην ἀπ᾽ εὐθείας εἰς τὴν φλόγα, ἀλλ᾽ ἐντὸς λουτροῦ θερμοῦ ὕδατος.

Ἡ προσθήκη τοῦ στενοῦ σωλῆνος σ χρησιμεύει ὥστε νὰ γίνεται καταφανὴς καὶ μικρὰ μεταβολὴ τοῦ ὄγκου τοῦ ὑγροῦ.

153. Διαστολὴ τῶν ἀερίων. Ἡ διαστολὴ τῶν ἀερίων παρατηρεῖται διὰ συσκευῆς ὁμοίας πρὸς ἐκείνην, ἡ ὁποία μᾶς ἐχρησίμευσε διὰ τὴν διαστολὴν τῶν ὑγρῶν.

Εἰς τὴν φιάλην τοῦ σχήματος 119 προσαρμόζομεν πολὺ λεπτὸν σωλῆνα καὶ εἰσάγομεν εἰς αὐτὸν σταγόνα ὕδατος ἢ ὑδραργύρου, οὕτως ὥστε νὰ χωρίσωμεν ἀπὸ τὴν ἀτμόσφαιραν τὸν ἐν τῇ φιάλῃ ἀέρα. Διὰ νὰ μὴ πέσῃ ἡ σταγὼν ἐντὸς τῆς φιάλης, κρατεῖται αὕτη μὲ τὸν σωλῆνα ὁριζόντιον.

Ἁπλῆ θέρμανσις διὰ τῆς χειρὸς ἀρκεῖ διὰ νὰ διαστείλῃ τὸν



Σχ. 119.

ἀέρα τῆς φιάλης καὶ νὰ ὠθήσῃ πρὸς τὰ ἔξω τὴν σταγόνα. Ὅταν ψυχθῇ πάλιν ὁ ἀήρ, συστέλλεται καὶ ἡ σταγὼν ἐπανέρχεται εἰς τὴν θέσιν της.

Θερμόμετρα.

154. Τὰ ὄργανα τὰ ὁποῖα χρησιμεύουν πρὸς προσδιορισμὸν τῆς θερμοκρασίας, καλοῦνται *θερμόμετρα*.

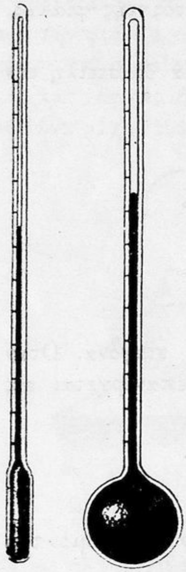
Τὰ θερμόμετρα, ὡς εἴπομεν καὶ προηγουμένως, ἔχουν τὴν ἀρχήν των εἰς τὸ φαινόμενον τῆς διαστολῆς τῶν σωμάτων.

Τὰ μᾶλλον διαστελλόμενα σώματα εἶναι τὰ ἀέρια, ἐν τούτοις διὰ τὰ θερμόμετρα χρησιμοποιοῦνται συνήθως τὰ ὑγρὰ ὡς εὐχρηστότερα τῶν ἀερίων καὶ ἐκ τούτων κυρίως ὁ ὑδράργυρος καὶ ὀλιγώτερον τὸ οἰνόπνευμα.

Ὁ ὑδράργυρος κυρίως εἶναι τὸ καταλληλότερον ὑγρόν, διότι δὲν προσφύεται εἰς τὰ ὑάλινα τοιχώματα, λαμβάνει ταχέως τὴν θερμοκρασίαν τοῦ σώματος, μὲ τὸ ὁποῖον ἔρχεται εἰς ἐπαφήν, πήγνυται εἰς ἀρκετὰ ταπεινὴν καὶ ζέει εἰς ὑψηλὴν θερμοκρασίαν.

Τὰ θερμόμετρα ἀποτελοῦνται ἐκ μικροῦ ὑαλίνου δοχείου συνήθως κυλινδρικοῦ ἢ σφαιρικοῦ, ἐντὸς τοῦ ὁποίου τίθεται τὸ ὑγρόν, ἀπολήγοντος εἰς μακρὸν καὶ στενώτατον σωλῆνα (τριχοδιαμετρικὸν) (σχ,120) φέροντα διαιρέσεις. Πληροῦται τὸ δοχεῖον μὲ τὴν κατάλληλον ποσότητα τοῦ ὑδραργύρου, κατόπιν ἀφαιρεῖται ἐπιμελῶς ὁ ἀὴρ καὶ κλείεται ὁ σωλήν. Ἡ ἀφαίρεσις τοῦ άέρος άπό τοῦ θερμομετρικοῦ σωλῆνος. ἐπιβάλλεται διὰ τοὺς ἑξῆς λόγους κυρίως.

1) Ὁ ὑδράργυρος παρουσίᾳ ἀέρος ὀξειδοῦται, τὸ δὲ ὀξείδιον τοῦ ὑδραργύρου προσφύεται εἰς τὰ ὑάλινα τοιχώματα καὶ ἐμποδίζει τὴν ἐλευθέραν κίνησιν.



Σχ. 120.

2) Συνεπεία τῆς διαστολῆς τοῦ ὑδραργύρου ἐλαττοῦται ὁ εἰς τὸν ἀέρα διαθέσιμος χῶρος καὶ ἡ πίεσις αὐξάνεται. Ἐκ τούτου ἀφ' ἑνὸς μὲν ἐμποδίζεται ἡ κανονικὴ διαστολὴ τοῦ ὑδραργύρου καὶ τὸ μῆκος ἑνὸς βαθμοῦ θὰ γίνεται ὁλονὲν μικρότερον πρὸς τὸ ἀνώτερον σημεῖον τῆς κλίμακος, καὶ ἀφ' ἑτέρου ὑπάρχει κίνδυνος θραύσεως τοῦ θερμομέτρου.

Ὅταν ὁ ὑδράργυρος εὑρίσκεται ἐντὸς τοῦ σωλῆνος εἰς τὴν θέσιν π.χ. 2, ἔχει κάποιαν θερμοκρασίαν ὡρισμένην, τὴν ὁποίαν δυνάμεθα ὅπως θέλομεν νὰ ὀνομάσωμεν π. χ. θερμοκρασίαν 2. Ἐὰν ἀνέλθῃ μέχρι τῆς θέσεως 7, ἔχει θερμοκρασίαν μεγαλυτέραν, τὴν ὁποίαν καλοῦμεν θερμοκρασίαν 7 κ.ο.κ.

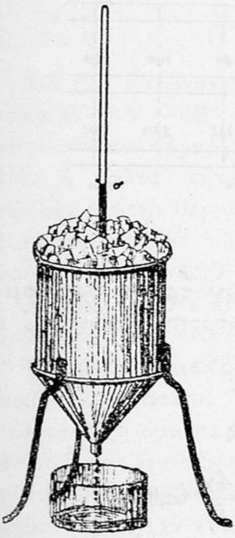
Τὸ θερμόμετρον χρησιμοποιοῦμεν ὡς ἑξῆς: Θέτομεν τὸ δοχεῖόν του εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸ σῶμα, τοῦ ὁποίου ζητοῦμεν τὴν θερμοκρασίαν. Ὅπως γνωρίζομεν, μετά τινα χρόνον θὰ λάβῃ τὴν θερμοκρασίαν τοῦ σώματος καί, ἐὰν ὁ ὑδράργυρος φθάσῃ π.χ. εἰς τὴν θέσιν 5, λέγομεν ὅτι τὸ σῶμα ἔχει θερμοκρασίαν 5, ἂν φθάσῃ εἰς τὴν 3 λέγομεν ὅτι ἡ θερμοκρασία τοῦ σώματος εἶναι 3 κ.ο.κ.

155. Σταθερὰ σημεῖα τοῦ θερμομέτρου.

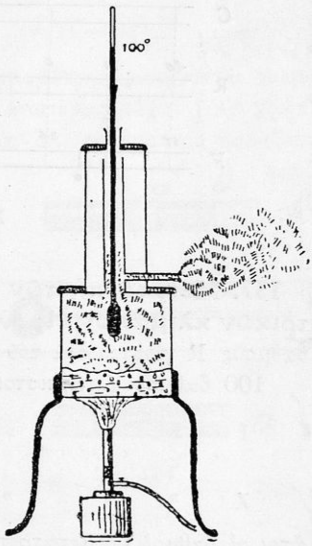
Ἡ ἀνωτέρω ὅμως θερμομετρικὴ κλῖμαξ εἶναι ἐντελῶς αὐθαίρετος καὶ ἔπρεπεν, ὅπως καὶ κατὰ τὸν ὁρισμὸν τοῦ μέτρου, νὰ ὁρισθῇ πρότυπος θερμομετρικὴ κλῖμαξ, ἐπὶ τῇ βάσει τῆς ὁποίας νὰ γίνεται ἡ βαθμολογία τῶν θερμομέτρων, οὕτως ὥστε αἱ ἐνδείξεις αὐτῶν νὰ συμπίπτουν.

Διὰ νὰ εἶναι ἐντελῶς ὡρισμένη ἡ θερμομετρικὴ κλῖμαξ, ἀρκεῖ νὰ ὁρισθοῦν 2 σταθεραὶ θερμοκρασίαι. Ὡς τοιαῦται ἐλήφθησαν ἀφ' ἑνὸς μὲν ἡ θερμοκρασία τὴν ὁποίαν ἔχει ὁ πάγος, ὅταν τήκεται καὶ ἡ ὁποία ὠνομάσθη 0, καὶ ἀφ' ἑτέρου ἡ τῶν ἀτμῶν τοῦ ὕδατος, ὅταν ζέῃ ὑπὸ τὴν κανονικὴν πίεσιν 760m.m. Hg, ἥτις ὠνομάσθη 100.

Διὰ τὸν προσδιορισμὸν τοῦ 0 χρησιμοποιεῖται δοχεῖον ὅπως τοῦ σχ. 121, φέρον κάτωθεν ὀπὴν διὰ τὴν ἐκροὴν τοῦ ἐκ τῆς τήξεως τοῦ πάγου ὕδατος. Πληροῦται τὸ δοχεῖον μικρῶν τεμαχίων πάγου, τίθεται ἐντὸς αὐτοῦ τὸ δοχεῖον τοῦ θερμομέτρου καὶ εἰς τὴν θέσιν, εἰς τὴν ὁποίαν σταματᾷ ὁ ὑδράργυρος, σημειοῦμεν 0. Ὁ προσδιορισμὸς τοῦ 100 γίνεται καθ' ὅμοιον τρόπον, τῇ βοηθείᾳ



Σχ. 121.



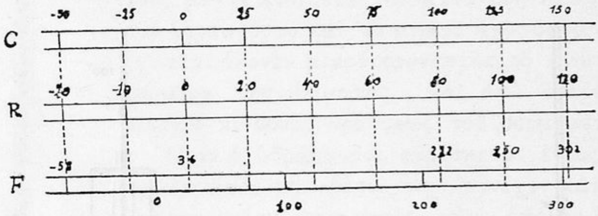
Σχ. 122.

τοῦ ὑπὸ τοῦ σχήματος 122 παριστανομένου βραστῆρος. Τὸ μεταξὺ τοῦ 0 καὶ 100 τμῆμα τῆς κλίμακος, χωρίζεται εἰς 100 ἴσα μέρη, τὰ ὁποῖα καλοῦνται *βαθμοί*, προχωρεῖ δὲ ἡ ὑποδιαίρεσις ὁμοίως πέραν τοῦ 100 καὶ πρὸς τὸ ἕτερον τοῦ 0 μέρος διὰ τὰς χαμηλοτέρας τοῦ 0 θερμοκρασίας. Οἱ ἄνω τοῦ 0 βαθμοὶ σημειοῦνται ὡς ἑξῆς: $+5^{o}$, $+98^{o}$, οἱ δὲ κάτω τοῦ μηδενὸς διὰ -5^{o}, -40^{o} κλπ.

156. Ἄλλαι θερμομετρικαὶ κλίμακες. Ἡ περιγραφεῖσα κλῖμαξ ὀνομάζεται ἑκατονταβάθμιος ἢ κλῖμαξ τοῦ Κελσίου.

Πλὴν ταύτης ὑπάρχει καὶ ἡ τοῦ Reaumure, εἰς τὴν ὁποίαν τὰ σταθερὰ σημεῖα σημειοῦνται διὰ τοῦ 0 καὶ τοῦ 80 καὶ ἡ τοῦ Fahrenheit εἰς τὴν ὁποίαν ταῦτα σημειοῦνται διὰ τοῦ 32 καὶ 212. Οἱ βαθμοὶ Κελσίου σημειοῦνται διὰ τῆς προσθήκης ἑνὸς C παρὰ τὸν ἀριθμὸν π.χ. $+5^oC$, οἱ τοῦ Reaumure διὰ R π.χ. $+5^oR$, καὶ οἱ τοῦ Fahrenheit διὰ F, π.χ. —10F.

Εἰς τὸν κατωτέρω πίνακα (σχ 123) φαίνεται καλλίτερον ἡ ἀντιστοιχία τῶν τριῶν πινάκων.



Σχ. 123.

157. Μετατροπὴ τῶν ἐνδείξεων τῶν τριῶν θερμομετρικῶν κλιμάκων εἰς ἀλλήλας. Ἡ μετατροπὴ βαθμῶν C εἰς βαθμοὺς R γίνεται διὰ τοῦ ἑξῆς συλλογισμοῦ :

100 βαθμοὶ C ἀντιστοιχοῦν εἰς 80 R

1 » » » » $\frac{80}{100}$ R

χ » » » » $\frac{80\chi}{100}=\frac{4\chi}{5}$ βαθμοὺς R

ἤτοι οἱ βαθμοὶ C μετατρέπονται εἰς R, ὅταν πολλαπλασιασθοῦν ἐπὶ 4/5.

Η μετατροπή C εις R γίνεται διά πολ/σμού διά 4 διαιρέσεως διά 5 ή αντιθέτως διαιρέσεως διά 5 πολ/σμού διά 4.

Διὰ τὴν μετατροπὴν βαθμῶν C εἰς βαθμοὺς F, σκεπτόμεθα ὡς ἑξῆς :

Εἰς 100 C ἀντιστοιχοῦν 212—32=180F

» 1 » » $\frac{180}{100}$ »

» χ » » $\frac{180\chi}{100}$ βαθμοὶ F$=\frac{9\chi}{5}$ F

Δηλ. ἀριθμὸς βαθμῶν χ Κελσίου, ἰσοῦται πρὸς ἀριθμὸν $\frac{9\chi}{5}$

Η μετατροπή βαθμών C εις F, πρακτικώς (εμπειρικώς) ευρίσκεται ως εξής: πολ/ζομεν τους βαθμούς C επί το 2 αφαιρούμεν από το γινόμενον 10% ή δε την διαφοράν προσθέτομεν τον αριθμόν 32. Π.Χ. 50° C αντιστοιχούν εις 2.50=100 μείον 10% (δηλ 10) 90 + 32 = 122 F.

βαθμῶν F. Ἐπειδὴ δὲ εἰς τὸ 0 τοῦ C ἀντιστοιχεῖ τὸ 32 τοῦ F ἡ ἔνδειξις τοῦ θερμομέτρου F θὰ εἶναι:

$$\frac{9\,\chi}{5}+32$$

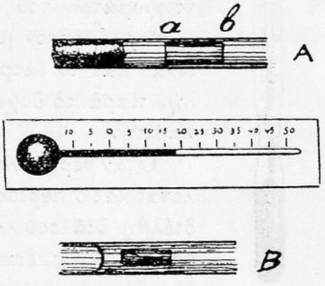
Δι' ὁμοίων σκέψεων εὑρίσκομεν ὅλας τὰς σχέσεις μεταξὺ τῶν τριῶν κλιμάκων, εἶναι δὲ αὗται αἱ ἑξῆς:

A βαθ. C ἰσοῦνται πρὸς $A\,\frac{4}{5}$ βαθ. R καὶ $A\,\frac{9}{5}+32$ βαθμοὺς F

B » R » » $B\,\frac{5}{4}$ » C $= B\,\frac{9}{4}+32$ » F

Γ » F » $(\Gamma-32)\,\frac{5}{9}$ » C $= (\Gamma-32)\frac{4}{9}$ » R

Διὰ τῶν *ὑαλίνων* ὑδραργυρικῶν θερμομέτρων μετροῦνται θερμοκρασίαι ἀπὸ -38° ἕως $+350^{\circ}$. Δι' ἀνωτέρας μέχρι 750° χρησιμοποιοῦνται ὑδραργυρικὰ θερμόμετρα ἐκ τετηγμένου χαλαζίου, διότι ἡ ὕαλος τήκεται εἰς τὴν ὑψηλὴν ταύτην θερμοκρασίαν καὶ διὰ ταπεινοτέρας τῶν -38° μέχρι περίπου -120° τὰ δι' οἰνοπνεύματος, διότι εἰς -39° ὁ ὑδράργυρος πήγνυται.



Σχ. 124.

158. Θερμόμετρα μεγίστου καὶ ἐλαχίστου. Οὕτω καλοῦνται θερμόμετρα, τὰ ὁποῖα δεικνύουν τὴν μεγίστην ἢ τὴν ἐλαχίστην θερμοκρασίαν, εἰς τὴν ὁποίαν εὑρέθησαν ἐντὸς ὡρισμένου χρονικοῦ διαστήματος. Τοιαῦτα θερμόμετρα εἶναι χρήσιμα π. χ. εἰς μετεωρολογικὰς παρατηρήσεις διὰ τὴν γνῶσιν τῆς μεγίστης καὶ τῆς ἐλαχίστης θερμοκρασίας τοῦ 24ώρου.

Τὰ θερμόμετρα μεγίστου εἶναι συνήθως ὑδραργυρικὰ καὶ τοποθετοῦνται συνήθως μὲ τὸν σωλῆνα ὁριζόντιον (σχ. 124). Ἐντὸς τοῦ σωλῆνος εὑρίσκεται μικρὸς σιδηροῦς δείκτης αβ (σχ. Α). Τῇ βοηθείᾳ μαγνήτου φέρεται οὗτος μέχρι τοῦ ἄκρου τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης.

Ἡ λειτουργία τοιούτου θερμομέτρου εἶναι ἡ ἑξῆς:

Ὅταν ὁ ὑδράργυρος διαστέλλεται, δὲν δύναται νὰ διέλθῃ μεταξὺ τῶν τοιχωμάτων τοῦ σωλῆνος καὶ τοῦ δείκτου, διότι δὲν διαβρέχει οὔτε τὴν ὕαλον, οὔτε τὸν σίδηρον. Διὰ τοῦτο ὠθεῖ τὸν δείκτην καὶ ἀναγκάζει αὐτὸν νὰ μετακινηθῇ. Ὅταν ὅμως ὁ ὑδράργυρος συστέλλεται, ὁ δείκτης δὲν ἔχει κανένα λόγον νὰ μετακινηθῇ καὶ μένει εἰς τὴν θέσιν του. Οὕτω τὸ πρὸς τὸν ὑδράργυρον ἄκρον α τοῦ δείκτου δεικνύει τὴν μεγίστην θερμοκρασίαν, εἰς τὴν ὁποίαν εὑρέθη τὸ θερμόμετρον.

Τὰ θερμόμετρα ἐλαχίστου εἶναι τοῦ αὐτοῦ τύπου, ἀλλά δι'οἰνοπνεύματος ἀντὶ ὑδραργύρου. Ὁ σιδηροῦς δείκτης φέρεται διὰ τοῦ μαγνήτου ἐντὸς τῆς μάζης τοῦ οἰνοπνεύματος καὶ εἰς τὸ ἄκρον τῆς στήλης (σχ.Β). Τὸ οἰνόπνευμα, ὅταν προχωρῇ,διέρχεται ἐλευθέρως περὶ τὸν σιδηροῦν δείκτην, διότι διαβρέχει καὶ τὸν σίδηρον καὶ τὴν ὕαλον. Ὅταν ὅμως συστελλόμενον ἀποχωρῇ, παρασύρει αὐτόν, διότι, ὅπως γνωρίζομεν, ὁ κοῖλος μηνίσκος τῆς ἐπιφανείας δὲν διασπᾶται εὐκόλως (βλ. παράγρ. 144) ὥστε τὸ οἰνόπνευμα ὑποχωροῦν νὰ διέλθῃ μεταξὺ τῶν τοιχωμάτων τοῦ σωλῆνος καὶ τοῦ δείκτου.

Σχ. 125.

Θερμόμετρον μεγίστου, διαφορετικοῦ ὅμως τύπου, εἶναι καὶ τὸ ἰατρικὸν θερμόμετρον. Εἰς τοῦτο ὁ σωλὴν παρὰ τὸ δοχεῖον εἶναι στενώτατος καὶ σχηματίζει καμπήν.

Ὅταν θερμαίνεται ὁ ὑδράργυρος τοῦ δοχείου,διαστέλλεται καὶ ὁ περισσεύων ἐκ τοῦ δοχείου ἀναγκάζεται νὰ διέλθῃ διὰ τοῦ στενώματος (σχ. 125). Κατὰ τὴν συστολὴν ὅμως, ἐπειδὴ τό βάρος τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης δὲν εἶναι ἀρκετὴ δύναμις διὰ νὰ τὴν ἀναγκάσῃ νὰ διέλθῃ πάλιν διὰ τοῦ στενώματος, ἀποχωρίζεται αὕτη τοῦ συσταλέντος ὑδραργύρου τοῦ δοχείου. Οὕτω παραμένει εἰς τὸ ὕψος τὸ ἀντιστοιχοῦν εἰς τὴν μεγίστην θερμοκρασίαν. Ὁ ὑδράργυρος τοῦ σωλῆνος ἐπαναπίπτει εἰς τὸ δοχεῖον δι' ἐλαφρῶν τιναγμῶν.

Νόμοι τῆς διαστολῆς

159. Ἡ γραμμικὴ διαστολὴ τῶν σωμάτων ἀκολουθεῖ τούς ἑξῆς νόμους.

1) Ἡ ἐπιμήκυνσις ράβδου τινὸς ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς ἀνυψώσεως τῆς θερμοκρασίας αὐτῆς καὶ ὅσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ

ἀνύψωσις τῆς θερμοκρασίας, τοσοῦτον μεγαλυτέρα καὶ ἡ ἐπιμήκυνσις.

2) Ράβδοι ἐκ τοῦ *αὐτοῦ ὑλικοῦ*, ἀλλὰ *διαφόρου μήκους* δὲν ὑφίστανται ἴσην διαστολήν, ὅταν αὐξηθῇ ἡ θερμοκρασία των κατὰ τοὺς αὐτοὺς βαθμούς. Ἡ διαστολὴ εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ ἀρχικὸν μῆκος.

3) Ράβδοι τοῦ *αὐτοῦ μήκους*, ἀλλὰ *διαφόρου ὑλικοῦ*, δὲν διαστέλλονται ὁμοίως, ὅταν ὑποστοῦν τὴν αὐτὴν ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας. Π.χ. ράβδος χαλκοῦ διαστέλλεται πολὺ περισσότερον ἀπὸ ράβδον ὑαλίνην τοῦ αὐτοῦ μήκους, ὅταν ἡ θερμοκρασία ἀμφοτέρων αὐξηθῇ ἐξ ἴσου.

Ἡ αὔξησις τὴν ὁποίαν ὑφίσταται ἡ μονὰς τοῦ μήκους σώματός τινος (1m.), ὅταν ἡ θερμοκρασία του αὐξηθῇ κατὰ 1^{o}, λέγεται *γραμμικὸς συντελεστὴς διαστολῆς*.

Ὁ τρίτος νόμος τῆς διαστολῆς μᾶς λέγει ὅτι ὁ γραμμικὸς συντελεστὴς διαστολῆς εἶναι διάφορος εἰς τὰ διάφορα σώματα.

Οἱ τρεῖς νόμοι τῆς διαστολῆς εἶναι δυνατὸν νὰ συμπεριληφθοῦν εἰς μίαν μόνον ἐξίσωσιν.

Ἐὰν παραστήσωμεν διὰ τοῦ ε τὴν ἐπιμήκυνσιν καὶ διὰ τοῦ λ τὸν γραμμικὸν συντελεστὴν διαστολῆς, ὅταν ράβδος μήκους 1m. θερμανθῇ κατὰ 1^{o} εἶναι $\varepsilon = \lambda$,

Ἂν τὸ ἀρχικὸν μῆκος εἶναι 2m., ἐπειδὴ ἡ διαστολὴ εἶναι ἀνάλογος τοῦ μήκους (2ος νόμος), θὰ ἔχωμεν διαστολὴν

$\varepsilon = 2\lambda$ καὶ ἂν τὸ μῆκος εἶναι γενικῶς μ μέτρα

$\varepsilon = \lambda\mu$, ὅταν ἡ ράβδος θερμανθῇ κατὰ 1^{o}

Ἂν ὅμως θερμανθῇ κατὰ 2^{o} ἡ διαστολὴ θὰ εἶναι

$= 2\lambda\mu$ (1ος νόμος)

Καὶ ἂν θερμανθῇ κατὰ θ βαθμοὺς

$$\varepsilon = \lambda\mu\vartheta.$$

Ἡ ἐξίσωσις αὐτη περιλαμβάνει καὶ τοὺς τρεῖς νόμους τῆς διαστολῆς.

Τούτους δυνάμεθα νὰ συνοψίσωμεν, ὡς ἑξῆς:

Ἡ γραμμικὴ διαστολὴ ε εἶναι ἀνάλογος τοῦ ἀρχικοῦ μήκους λ καὶ τῆς αὐξήσεως τῆς θερμοκρασίας θ καὶ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ ὑλικὸν τοῦ σώματος,

Τὸ μῆκος τῆς ράβδου μετὰ τὴν διαστολὴν εἶναι:

$$M = \mu + \varepsilon = \mu + \lambda\ \mu\ \theta$$

καί, ἂν ἐξαγάγωμεν τὸν κοινὸν παράγοντα μ

$$M = \mu\ (1 + \lambda\theta)$$

δηλαδή:

Τὸ νέον μῆκος ἰσοῦται μὲ τὸ ἀρχικόν, πολλαπλασιασθὲν ἐπὶ τὸ διώνυμον $1+\lambda\theta$, τὸ ὁποῖον καλεῖται *διώνυμον τῆς γραμμικῆς διαστολῆς*.

Τῇ βοηθείᾳ τῆς ἐξισώσεως ταύτης ὑπολογίζομεν τὸ μῆκος ῥάβδου τινὸς εἰς διαφόρους θερμοκρασίας.

Π.χ. Νὰ ὑπολογισθῇ πόσον εἶναι τὸ μῆκος χαλκίνης ῥάβδου εἰς τὴν θερμοκρασίαν 100°, ἂν εἰς 0° εἶναι 0,50m. Ὁ γραμμικὸς συντελεστὴς διαστολῆς τοῦ χαλκοῦ εἶναι $\lambda = 0{,}000017$.

Ἀντικαθιστῶμεν εἰς τὴν ἐξίσωσιν τὰ γράμματα διὰ τῶν τιμῶν καὶ ἔχομεν:

$$M = 0{,}50\ (1 + 0{,}000017 \times 100) = 0{,}50 \times 1{,}0017 = 0{,}50085\text{m}$$

ἡ ἐπιμήκυνσις εἶναι $\varepsilon = 0.50085 - 0{,}50 = 0{,}00085\text{m.} = 0{,}85\text{mm}$ ἤτοι μικροτέρα τοῦ ἑνὸς χιλιοστομέτρου.

160. Ἡ κυβικὴ διαστολὴ ἀκολουθεῖ τοὺς νόμους τῆς γραμμικῆς, δηλ. εἶναι ἀνάλογος τῆς αὐξήσεως τῆς θερμοκρασίας, ἀνάλογος τοῦ ἀρχικοῦ ὄγκου καὶ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ ὑλικὸν τοῦ σώματος.

Ἡ αὔξησις τὴν ὁποίαν ὑφίσταται ἡ μονὰς τοῦ ὄγκου σώματός τινος (1m.^3), ὅταν ἡ θερμοκρασία του αὐξηθῇ κατὰ 1°, καλεῖται *κυβικὸς συντελεστὴς διαστολῆς τοῦ σώματος*.

Ἐὰν παραστήσωμεν τὴν αὔξησιν τοῦ ὄγκου διὰ σ, τὸν ἀρχικὸν ὄγκον διὰ ω, τὴν αὔξησιν τῆς θερμοκρασίας διὰ θ καὶ τὸν κυβικὸν συντελεστὴν διαστολῆς διὰ κ, ἡ ἐξίσωσις τῆς κυβικῆς διαστολῆς εἶναι

$$\sigma = \kappa\omega\theta$$

καὶ ὁ ὄγκος τοῦ σώματος μετὰ τὴν διαστολὴν

$$\omega' = \omega + \sigma = \omega + \kappa\ \omega\ \theta \text{ ἢ}$$

$$\omega' = \omega(1 + \kappa\theta)$$

Ἤτοι:

Ὁ νέος ὄγκος ἰσοῦται μὲ τὸν ἀρχικὸν πολλαπλασιασθέντα ἐπὶ τὸ διώνυμον τῆς κυβικῆς διαστολῆς $1+\kappa\theta$.

161. Σχέσις τοῦ κυβικοῦ συντελεστοῦ διαστολῆς πρὸς τὸν γραμμικόν. Ὁ κυβικὸς συντελεστὴς διαστολῆς ἰσοῦται πρὸς τὸ τριπλάσιον τοῦ γραμμικοῦ, ἤτοι $\kappa = 3\lambda$

* ***Ἀπόδειξις.***

* Ἡ παράγραφος αὕτη δυνατὸν νὰ παραλειφθῇ.

Ἂν θερμάνωμεν κατὰ θ^0 κύβον πλευρᾶς α, ὄγκου ἑπομένως $\omega = \alpha^3$, ἡ μὲν πλευρά του γίνεται

$$\alpha' = \alpha\ (1 + \lambda\theta)$$

ὁ δὲ ὄγκος

$$\omega' = (\alpha')^3 = \alpha^3\ (1 + \lambda\theta)^3 = \omega (1 + \lambda\theta)^3$$

ἐκτελοῦμεν τὴν ὕψωσιν τοῦ ἀθροίσματος εἰς τὸν κύβον

$$\omega' = \omega (1 + \lambda^3\theta^3 + 3\lambda^2\theta^2 + 3\lambda\theta)$$

ἀλλ' ἐπειδὴ ὁ συντελεστὴς λ εἶναι ἀριθμὸς πολὺ μικρότερος τῆς μονάδος, τὰ γινόμενα $3\lambda^2\theta^2$ καὶ $\lambda^3\theta^3$ θὰ εἶναι ἀσήμαντα ποσά, ἑπομένως εἶναι δυνατὸν νὰ παραλειφθοῦν, ὁπότε μένει

$$\omega' = \omega\ (1 + 3\lambda\theta)$$

ἀλλὰ γνωρίζομεν ὅτι ὁ κύβος ὄγκου ω θερμαινόμενος κατὰ θ γίνεται:

$$\omega' = \omega\ (1 + \kappa\theta)$$

Ἐκ τῶν δύο τούτων ἐξισώσεων ἕπεται:

$$\kappa = 3\lambda$$

Ἡ ἐξίσωσις τῆς κυβικῆς διαστολῆς ἰσχύει δι' ὅλα τὰ σώματα, στερεά, ὑγρὰ καὶ ἀέρια. Οἱ συντελεσταὶ διαστολῆς τῶν ὑγρῶν εἶναι γενικῶς μεγαλύτεροι ἀπὸ τοὺς τῶν στερεῶν. Ὁ συντελεστὴς διαστολῆς τοῦ ὕδατος εἶναι 0,00018 (κυβικός, βεβαίως, εἰς τὰ ὑγρὰ καὶ τὰ ἀέρια δὲν δύναται νὰ γίνῃ λόγος περὶ γραμμικοῦ συντελεστοῦ), ἐνῷ ὁ κυβικὸς συν. διαστ. τοῦ χαλκοῦ, εἷς τῶν μεγαλυτέρων συντελ. διαστ. στερεῶν, εἶναι μόνον 0,00005. Τὰ ἀέρια ἔχουν ὅλα τὸν αὐτὸν συντελεστὴν διαστολῆς ἴσον πρὸς 0,0037 $\left(\text{ἢ εἰς κλάσμα } \frac{1}{273}\right)$. Ὁ συντελεστὴς διαστολῆς τῶν ἀερίων εἶναι πολὺ μεγαλύτερος καὶ ἀπὸ τοὺς τῶν ὑγρῶν. Διὰ τοῦτο παρετηρήσαμεν εἰς τὸ πείραμα τῆς διαστολῆς τῶν ἀερίων, ὅτι ἡ μικρὰ ἀνύψωσις τῆς θερμοκρασίας ἡ προκληθεῖσα ὑπὸ τῆς ἐπαφῆς τῆς χειρὸς ἤρκεσε, διὰ νὰ διαστείλῃ καταφανῶς τὸν ἀέρα τῆς φιάλης.

162. Δύναμις τῆς διαστολῆς. Ἡ δύναμις μὲ τὴν ὁποίαν τὰ σώματα θερμαινόμενα τείνουν ν' αὐξηθοῦν κατ' ὄγκον, ἡ *δύναμις τῆς διαστολῆς*, εἶναι μεγίστη. Ἰσοῦται μὲ τὴν δύναμιν, τὴν ὁποίαν θὰ ἔπρεπε νὰ ἐφαρμόσωμεν διὰ νὰ τὰ συμπιέσωμεν κατὰ ποσὸν ἴσον πρὸς τὴν διαστολήν. Γνωρίζομεν δὲ πόσον δυσκόλως συμπιέζονται, ἰδίως τὰ στερεὰ καὶ τὰ ὑγρά. Ἴση πρὸς τὴν δύναμιν τῆς διαστολῆς εἶναι ἡ δύναμις, μὲ τὴν ὁποίαν ψυχόμενα τὰ σώματα, τείνουν νὰ ἐλαττωθοῦν κατ' ὄγκον, ἡ *δύναμις τῆς συστολῆς*.

Τῆς δυνάμεως τῆς διαστολῆς ἢ συστολῆς ἐπωφελούμεθα πολλάκις εἰς τὴν πρᾶξιν. Διὰ νὰ προσαρμόσουν τὴν σιδηρᾶν στεφάνην εἰς τοὺς τροχοὺς τῶν ἁμαξῶν, οἱ ἐργάται θερμαίνουν αὐτήν, ἡ στεφάνη διαστέλλεται καὶ τοποθετεῖται εὐκόλως περὶ τὸν τροχόν. Ὅταν ψυχθῇ, περισφίγγει ἰσχυρῶς αὐτὸν καὶ οὕτω συγκρατεῖται. Ἡ δύναμις τῆς συστολῆς ἐχρησιμοποιήθη διὰ τὴν ἐπαναφορὰν εἰς τὴν κατακόρυφον τοίχων κτιρίων, οἱ ὁποῖοι εἶχον ἀποκλίνει ταύτης. Τοῦτο ἐπιτυγχάνεται ὡς ἑξῆς:

Οἱ τοῖχοι διαπερῶνται ὑπὸ μεταλλίνων ῥάβδων, αἵτινες εἰς τὰ ἄκρα καταλήγουν εἰς πλάκας. Ἀφοῦ θερμανθοῦν αἱ ῥάβδοι, φέρονται αἱ πλάκες εἰς ἐπαφὴν πρὸς τὰ τοιχώματα τοῦ κτηρίου, (τὰ ἐξωτερικὰ) καὶ στερεώνονται καλῶς. Ὅταν αἱ ῥάβδοι ψυχθεῖσαι συσταλοῦν, παρασύρουν τὰς πλάκας καὶ δι᾽ αὐτῶν τούς τοίχους πρὸς τὰ ἔσω τοῦ κτηρίου.

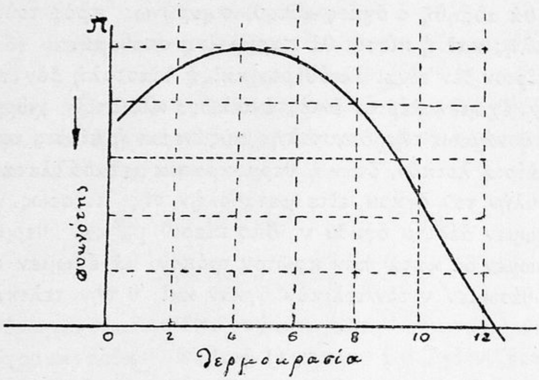
Ἡ δύναμις τῆς διαστολῆς πρέπει νὰ λαμβάνεται πάντοτε ὑπ᾽ὄψει εἰς τὰ τεχνικὰ ἔργα καὶ νὰ ἀφίεται χῶρος πρὸς ἐλευθέραν διαστολήν, ἰδίως ὅταν ὑπάρχουν μέταλλα, τῶν ὁποίων ὁ συντελεστὴς διαστ. εἶναι μέγας.

Σφραγισμέναι φιάλαι δὲν πληροῦνται ποτὲ τελείως ὑγροῦ, διότι εἶναι δυνατὸν νὰ θραυσθῇ ἡ φιάλη, ὅταν δὲν ὑπάρχῃ ἐπαρκὴς χῶρος διὰ τὴν ἐλευθέραν διαστολήν.

163. Διαστολὴ τοῦ ὕδατος. Τὸ ὕδωρ παρουσιάζει ἀνωμαλίαν κατὰ τὴν διαστολήν. Ψυχόμενον συστέλλεται κανονικῶς μέχρι τῆς θερμοκρασίας 4°. Κάτω ταύτης ὅμως *ψυχόμενον διαστέλλεται*, ὥστε εἰς τοὺς 4° ὡρισμένη μᾶζα ὕδατος ἔχει τὸν μικρότερον ὄγκον. Ἑπομένως τὸ ὕδωρ εἰς τὴν θερμοκρασίαν τῶν 4° ἔχει τὴν μεγίστην του πυκνότητα. Τὸ παρατιθέμενον διάγραμμα (σχ. 126) παριστᾷ τὴν μεταβολὴν τῆς πυκνότητος τοῦ ὕδατος εἰς διαφόρους θερμοκρασίας. Ἡ μεταβολὴ αὕτη εἶναι πολὺ μικρά. Οὕτω π.χ. εἰς 4° ἡ πυκνότης εἶναι 1, εἰς 20° εἶναι 0,998 περίπου.

Τὴν ἀνώμαλον διαστολὴν τοῦ ὕδατος παρατηροῦμεν διὰ τοῦ ἑξῆς πειράματος:

Πληροῦμεν ὕδατος μέχρι τοῦ μέσου περίπου τοῦ σωλῆνος τὴν φιάλην τοῦ σχ. 118, ἡ ὁποία μᾶς ἐχρησίμευσε διὰ τὸ πείραμα τῆς διαστολῆς τῶν ὑγρῶν. Θέτομεν αὐτὴν ἐντὸς τηκομένου πάγου, ὥστε νὰ λάβῃ τὴν θερμοκρασίαν 0, καὶ κατόπιν τὴν ἐξάγομεν καὶ ἀφήνομεν νὰ θερμανθῇ. Μέχρι τῶν 4° παρατηροῦμεν ὅτι τὸ ὕδωρ εἰς τὸν σωλῆνα κατέρχεται. Δηλ. τὸ ὕδωρ θερμαινόμενον συστέλλεται μέχρι τῆς θερμοκρασίας 4°. Εἰς τὴν θερμοκρασίαν 4° φθάνει εἰς τὸ κατώτατον σημεῖον καί, ἐὰν θερμανθῇ πέραν τῶν 4°, ἀρχίζει νὰ ἀνέρ-



Σχ. 136.

χεται. Ἄρα πέραν τῶν 4° διαστέλλεται πάλιν. Τὴν θερμοκρασίαν παρατηροῦμεν διὰ θερμομέτρου εἰσαγομένου ἐκ τοῦ σωλῆνος.

Πίναξ συντελεστῶν διαστολῆς τῶν κυριωτέρων σωμάτων

Στερεῶν (Γραμμικὸς)		Ὑγρῶν (Κυβικὸς)	
Ἀργίλλιον	0,000022	Αἰθὴρ	0,0016
Ἄργυρος	0,000018	Οἰνόπνευμα	0,0011
Κασσίτερος	0,000027	Γλυκερίνη	0,0005
Λευκόχρυσος	0,000008	Ἔλαιον ἐλαιῶν	0,0008
Μόλυβδος	0,000030	Πετρέλαιον	0,0010
Νικέλιον	0,000013	Ὑδράργυρος	0,0002
Ὕαλος	0,000015		
Σίδηρος	0,000015		
Χαλκὸς	0,000016		

Νόμος Gay Lussac.

164. Ἐγνωρίσαμεν τὸν νόμον Boyle - Mariotte, ὁ ὁποῖος δίδει τὴν σχέσιν πιέσεως καὶ ὄγκου ἀερίου τινός, ὑπὸ *σταθερὰν θερμοκρασίαν*. Ἐὰν τώρα ἡ θερμοκρασία τοῦ ἀερίου μεταβληθῇ καὶ τὸ γινόμενον pv μεταβάλλεται.

Εἶναι δὲ δυνατὸν νὰ συμβοῦν δύο τινά:

1) Τὸ ἀέριον νὰ εἶναι ἐλεύθερον νὰ διασταλῇ. Ἐν τοιαύτῃ περιπτώσει θὰ αὐξηθῇ ὁ ὄγκος αὐτοῦ, συμφώνως πρὸς τοὺς νόμους τῆς διαστολῆς καὶ ἡ πίεσις θὰ παραμείνῃ σταθερά.

2) Τὸ ἀέριον δὲν εἶναι ἐλεύθερον καὶ ἡ διαστολὴ δὲν εἶναι δυνατή. Π. χ. ἔχομεν ἀέριον ἐντὸς ἐντελῶς κλειστοῦ χώρου, ὁπότε ἕνεκα τῆς δυνάμεως τῆς διαστολῆς αὐξάνεται ἡ πίεσις τοῦ ἀερίου.

Εἰς τὰ ἀέρια λοιπὸν, ὅταν ἡ θερμοκρασία μεταβάλλεται, ἔχομεν εἴτε μεταβολὴν τοῦ ὄγκου, εἴτε μεταβολὴν τῆς πιέσεως.

Ἐὰν ἔχωμεν ἀέριον ὄγκου v_0 ὑπὸ πίεσιν p_0 καὶ θερμοκρασίαν 0^0, θερμάνωμεν δὲ κατὰ τὸν πρῶτον τρόπον, θὰ ἔχωμεν ὡς γνωρίζομεν, ἂν θέσωμεν v τὸν τελικὸν ὄγκον καὶ θ τὴν τελικὴν θερμοκρασίαν.

$$v = v_0\,(1+\alpha\theta)$$

ὅπου α εἶναι ὁ συντελεστὴς διαστολῆς τῶν ἀερίων $=1/273$.

Ἐὰν θερμάνωμεν κατὰ τὸν δεύτερον τρόπον, θὰ ἔχωμεν ἀναλόγως, ἂν p_0 εἶναι ἡ ἀρχικὴ καὶ p ἡ τελικὴ πίεσις:

$$p = p_0\,(1+\beta\theta)$$

Ὁ συντελεστὴς β, καλούμενος ἐνταῦθα συντελεστὴς μεταβολῆς τῆς πιέσεως, εἶναι ὁ αὐτὸς μὲ τὸν συντελεστὴν μεταβολῆς τοῦ ὄγκου α (συντελ. διαστολῆς), ὅπως φαίνεται εὐκόλως. Διότι εἰς τὴν πρώτην περίπτωσιν πρὸ τῆς θερμάνσεως τὸ γινόμενον τοῦ ὄγκου ἐπὶ τὴν πίεσιν ἦτο p_0v_0, μετὰ δὲ τὴν θέρμανσιν ἔγινε:

$$p_0v = p_0v_0\,(1+\alpha\theta) \qquad (1)$$

Εἰς τὴν δευτέραν περίπτωσιν, μετὰ τὴν θέρμανσιν, ἔχομεν:

$$pv_0 = p_0\,(1+\beta\theta)\,v_0 \qquad (2)$$

Κατὰ τὸν νόμον Boyle-Mariotte τὰ γινόμενα (1) καὶ (2), ἐπειδὴ ἀναφέρονται εἰς τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν, εἶναι ἴσα, ἄρα καὶ $\alpha=\beta$. Ἐκ τῶν μετρήσεων εὑρέθη ὅτι μεταξὺ τῆς ἀρχικῆς τιμῆς τοῦ γινομένου pv καὶ τῆς νέας τιμῆς, τὴν ὁποίαν λαμβάνει, ὅταν ἡ θερμοκρασία του αὐξηθῇ κατὰ θ βαθμούς, εἶναι:

$$pv_\theta = pv\,(1+\alpha\theta) \qquad (3)$$

Δηλαδὴ ἡ νέα τιμὴ τοῦ γινομένου pv, ἰσοῦται μὲ τὴν ἀρχικὴν ἐπὶ τὸ διώνυμον τῆς διαστολῆς τῶν ἀερίων. Ὁ συντελεστὴς α εἶναι πάντοτε ὁ αὐτός, ἴσος πρὸς 1/273.

Ὁ γενικὸς τύπος (3), περιλαμβάνει καὶ τὰς εἰδικὰς περιπτώσεις

(1) καὶ (2) διότι, ὅταν θερμάνωμεν ὑπὸ πίεσιν σταθεράν, θὰ εἶναι $p_\theta = p_0$ καὶ ὁ τύπος γίνεται:

$$v_\theta = v_0\,(1+\alpha\theta)$$

Ὅταν δὲ θερμάνωμεν ὑπὸ ὄγκον σταθερόν, γίνεται:

$$p_\theta = p_0\,(1+\alpha\theta)$$

Ἂν εἰς τὴν ἐξίσωσιν ἀντικαταστήσωμεν τὸ α διὰ τῆς τιμῆς του καὶ λάβωμεν ὡς ἀρχικὴν τιμὴν τοῦ γινομένου τὴν τιμήν, τὴν ὁποίαν ἔχει εἰς 0, ἔχομεν:

$$p_\theta v_\theta = (pv)_0\left(1+\frac{1}{273}\,\theta\right) \text{ ἢ}$$

$$pv = (pv)_0 \times \frac{273+\theta}{273}$$

Ἐὰν θέσωμεν $\theta = -273$ ἡ σχέσις αὕτη γίνεται $pv=0$. Δηλ. εἰς τὴν θερμοκρασίαν —273 τὸ γινόμενον pv μηδενίζεται. Ἑπομένως ἡ πίεσις ἢ ὁ ὄγκος τοῦ ἀερίου, καθίσταται 0 εἰς τὴν θερμοκρασίαν ταύτην. Διὰ τοῦτο ἡ θερμοκρασία —273 ἐκλήθη *ἀπόλυτον μηδέν*.

165 Ἐκκρεμῆ ἀντισταθμιζόμενα. Ὡς γνωρίζομεν ὁ χρόνος αἰωρήσεως τοῦ ἐκκρεμοῦς ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ μήκους αὐτοῦ. Τὰ ἐκκρεμῆ, τὰ ὁποῖα χρησιμοποιοῦνται εἰς τὰ ὡρολόγια, δὲν ἔχουσι τὴν ἁπλῆν μορφὴν τοῦ ἐκκρεμοῦς, τὴν ὁποίαν ἐγνωρίσαμεν (βλ. § 72), ἀλλ' ἀποτελοῦνται ἐκ μεταλλίνης ράβδου ἀντὶ νήματος, εἰς τὸ κάτω ἄκρον τῆς ὁποίας κρέμαται τὸ βάρος. Αἱ μεταβολαὶ τῆς θερμοκρασίας ἐπιδρῶσαι ἐπὶ τοῦ μήκους τῆς ράβδου ἐπιφέρουν μεταβολὴν εἰς τὸν χρόνον αἰωρήσεως τοῦ ἐκκρεμοῦς.

Πρὸς ἀποφυγὴν τούτου κατασκευάζονται ἐκκρεμῆ μὲ πολλὰς ράβδους ἐκ διαφορετικῶν ὑλικῶν, εἰς τὰ ὁποῖα κατορθοῦται νὰ ἀντισταθμίζεται ἡ ἐκ τῆς θερμοκρασίας μεταβολὴ τοῦ μήκους.

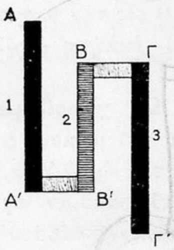
Συνήθης κατασκευὴ τοιούτων ἐκκρεμῶν εἶναι ἡ ἑξῆς:

Αἱ ράβδοι 1 καὶ 3 τοῦ σχήματος 127α εἶναι ἐκ τοῦ αὐτοῦ ὑλικοῦ καὶ ἔχουν τὸ αὐτὸ μῆκος, ἡ δὲ 2 διάφορος. Τὸ σημεῖον Α τῆς ράβδου 1 στηρίζεται εἰς ἀκλόνητον στήριγμα εἰς δὲ τὸ Α′ συνδέεται στερεῶς μὲ τὴν 2 διὰ τοῦ συνδέσμου Α′ Β′, ἡ δὲ 2 συνδέεται ὁμοίως μὲ τὴν 3 διὰ τοῦ Β Γ.

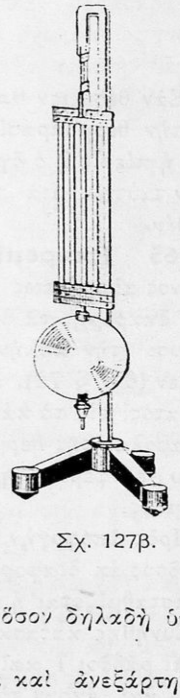
Ὅταν ἡ ράβδος 1 διασταλῇ, τὸ σημεῖον Α′ θὰ προχωρήσῃ πρὸς τὰ κάτω κατὰ τὸ ποσὸν π.χ. Ε.

Ἕνεκα τοῦ στερεοῦ συνδέσμου Α′ Β′ τὸ σημεῖον Β′ δὲν δύναται νὰ προχωρήσῃ πρὸς τὰ κάτω περισσότερον, ἢ ὅσον τοῦ ἐπιτρέπει ἡ αὔξησις τοῦ μήκους Α Α΄, δηλαδὴ περισσότερον τοῦ Ε. Ἑπομένως ἂν ἡ ράβδος 2 ὑποστῇ μεγαλυτέραν διαστολήν, ἔστω π.χ. 2 Ε, κατ' ἀνάγκην τὸ σημεῖον Β θὰ προχωρήσῃ πρὸς τὰ ἄνω κατὰ διάστημα 2 Ε—Ε=Ε. Λόγῳ δὲ τοῦ συνδέσμου ΒΓ θὰ συμπαρασύρῃ καὶ τὸ σημεῖον Γ καὶ ἐπομένως τὴν ράβδον 3.

Ἄρα τὸ σημεῖον Γ΄ ἐπλησίασε πρὸς τὸ Α κατὰ τὸ μῆκος Ε. Ἐπειδὴ ὅμως ἡ ράβδος 3 εἶναι ἐκ τῆς αὐτῆς οὐσίας καὶ τοῦ αὐτοῦ



Σχ. 127α.



Σχ. 127β.

μήκους μὲ τὴν 1, θὰ διασταλῇ ὁμοίως κατὰ Ε, ὅσον δηλαδὴ ὑπεχώρησε λόγῳ τῆς διαστολῆς τῆς ράβδου 2.

Οὕτω, ἡ ἀπόστασις ΑΓ΄ διατηρεῖται σταθερὰ καὶ ἀνεξάρτητος τῆς θερμοκρασίας.

Τὸ ὅλον σύστημα ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ σημείου Α, εἰς δὲ τὸ Γ΄, κρέμαται τὸ βάρος. Διὰ τὴν ἰσορροπίαν δὲ προσαρτῶνται ἀκόμη δύο ράβδοι πρὸς τὸ ἄλλο μέρος τῆς Γ Γ΄, οὕτως ὥστε τὸ ἐκκρεμὲς λαμβάνει τὴν μορφὴν τοῦ σχ. 127β.

166. Μεταβολὴ τῆς πυκνότητος τῶν σωμάτων μετὰ

τῆς θερμοκρασίας. Γνωρίζομεν ὅτι πυκνότης ἑνὸς σώματος λέγεται ὁ λόγος τῆς μάζης αὐτοῦ διὰ τοῦ ὄγκου του.

$$d = \frac{M}{\omega}$$

Ὅταν μεταβάλλεται ἡ θερμοκρασία, μεταβάλλεται καὶ ἡ πυκνότης τοῦ σώματος καὶ μάλιστα ἀντιστρόφως πρὸς ταύτην. Δηλαδὴ αὐξανομένης τῆς θερμοκρασίας ἡ πυκνότης ἐλαττοῦται διότι αὐξάνεται ὁ ὄγκος τοῦ σώματος καὶ ἑπομένως τὸ κλάσμα $\frac{M}{\omega}$ γίνεται μικρότερον.

Ἐλαττουμένης τῆς θερμοκρασίας ἡ πυκνότης αὐξάνεται.

Ὡς παράδειγμα ἀναφέρομεν τὴν πυκνότητα τοῦ ὕδατος εἰς διαφόρους θερμοκρασίας (ἄνω τῶν 4°).

Θερμοκρασία	*Πυκνότης τοῦ ὕδατος*
4°	1
6°	0,9998
10°	0,9997
20°	0,9982
33°	0,9957

Βλέπομεν ὅτι, καθόσον ὑψοῦται ἡ θερμοκρασία, ἡ πυκνότης ἐλαττοῦται.

Εἰδικὴ θερμότης.

167. Ὁρισμὸς τῆς εἰδικῆς θερμότητος. Ἐὰν ρίψωμεν 1Kg ὑδραργύρου θερμοκρασίας 100° ἐντὸς 1Kg ὕδατος θερμοκρασίας 10°, ὁ μὲν ὑδράργυρος θὰ ψυχθῇ, τὸ δὲ ὕδωρ θὰ θερμανθῇ, καὶ τὰ δύο σώματα θὰ ἀποκτήσουν τελικῶς τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν. Ἡ τελικὴ θερμοκρασία εἶναι 13°, ἄρα, *ἐνῷ ὁ ὑδράργυρος ἐψύχθη κατὰ 87°, ἴση ποσότης ὕδατος ἐθερμάνθη μόνον κατὰ 3°.* Ὥστε τὸ ὕδωρ χρειάζεται 87:3 = 29 φορὰς μεγαλύτερον ποσὸν θερμότητος ἀπὸ τὸν ὑδράργυρον διὰ τὴν αὐτὴν μεταβολὴν θερμοκρασίας καὶ ὑπὸ τὴν αὐτὴν μᾶζαν.

Γενικῶς τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος, τὸ ὁποῖον χρειάζεται διὰ νὰ ὑψωθῇ ἡ θερμοκρασία *διαφόρων σωμάτων κατὰ τοὺς αὐτοὺς βαθμούς, εἶναι διάφορον.* Προκειμένου δὲ περὶ τοῦ αὐτοῦ σώματος ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς *μάζης* αὐτοῦ, καὶ μάλιστα εἶναι *ἀνάλογος* πρὸς ταύτην.

Αὔξησις τῆς θερμοκρασίας τοῦ *αὐτοῦ σώματος* κατὰ διπλάσιον ἀριθμὸν βαθμῶν 2 (θ_2—θ_1) ἀπαιτεῖ διπλάσιον ποσὸν θερμότητος. Αὔξησις τῆς θερμοκρασίας κατὰ 3 (θ_2—θ_1), ἀπαιτεῖ τριπλάσιον ποσὸν θερμότητος κ. ο. κ.

Ἤτοι: Τὸ ἀπαιτούμενον ποσὸν θερμότητος διὰ νὰ θερμανθῇ σῶμά τι ἀπὸ θ_1 ἕως θ_2 εἶναι ἀνάλογον πρὸς τὴν αὔξησιν τῆς θερμοκρασίας θ_2—θ_1.

Ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, ἡ ὁποία ἀπαιτεῖται διὰ νὰ θερμανθῇ ἡ μονάς τῆς μάζης σώματός τινος (1 gr), κατὰ 1° λέγεται *εἰδικὴ θερμότης* τοῦ σώματος καὶ παρίσταται συνήθως διὰ ε.

Διὰ νὰ θερμανθῇ κατὰ 1° ἡ μᾶζα m γραμ. σώματος, τοῦ ὁποίου ἡ εἰδ. θερμότης εἶναι ε χρειάζεται, συμφώνως πρὸς ὅσα εἴπομεν προηγουμένως, m φορὰς μεγαλείτερον ποσὸν θερμότητος, ἤτοι ἂν παραστήσωμεν διὰ Q τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος

$$Q = \varepsilon m$$

Διὰ νὰ θερμανθῇ δὲ ἡ αὐτὴ μᾶζα κατὰ θ βαθμούς, χρειάζεται θ φορὰς μεγαλύτερον ποσὸν θερμότητος.

$$(1) \quad Q = \varepsilon m \theta$$

Ὅταν τὸ σῶμα ψυχθῇ, χάνει ποσὸν θερμότητος, ἐπίσης ἀνάλογον πρὸς τὴν μᾶζάν του καὶ τὴν πτῶσιν τῆς θερμοκρασίας θ· ἐπομένως καὶ διὰ τὴν ψῦξιν, ὅπως καὶ διὰ τὴν θέρμανσιν ἰσχύει ἡ αὐτὴ ἐξίσωσις.

Τὸ γινόμενον τῆς εἰδικῆς θερμότητος τοῦ σώματος ἐπὶ τὴν μᾶζαν αὐτοῦ, καλεῖται *θερμοχωρητικότης*.

168. Μονάδες θερμότητος. Ὡς μονὰς εἰδικῆς θερμότητος ἐλήφθη ἡ εἰδικὴ θερμότης τοῦ ὕδατος. Διὰ τὸ ὕδωρ λοιπὸν εἶναι ε=1.

Κατόπιν τοῦ ὁρισμοῦ τῆς μονάδος εἰδικῆς θερμότητος ὁρίζεται ἡ μονὰς τοῦ ποσοῦ θερμότητος ἐκ τῆς ἐξ. (1), διότι διὰ τὸ ὕδωρ ἡ ἐξίσωσις αὕτη εἶναι:

$$Q = m.\theta.$$

Ἐὰν δὲ λάβωμεν μᾶζαν ἑνὸς γραμμαρίου καὶ ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας κατὰ 1°, τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος Q γίνεται ἴσον πρὸς τὴν μονάδα.

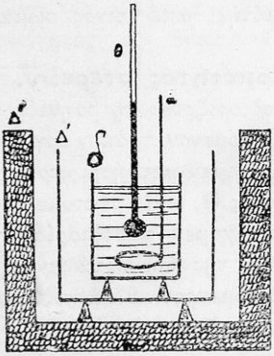
$$Q = 1. \text{ Ἄρα}$$

Μονὰς θερμότητος εἶναι τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος, τὸ ὁποῖον χρειάζεται, διὰ νὰ ὑψωθῇ κατὰ 1° ἡ θερμοκρασία ἑνὸς gr. ὕδατος. Ἡ μονὰς αὕτη καλεῖται *μικρὰ θερμίς*. Πολλαπλάσια ταύτης εἶναι ἡ μεγάλη *θερμίς*, ἴση πρὸς 1000 μικράς, ἐκφράζουσα τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος, τὸ ὁποῖον χρειάζεται διὰ νὰ ὑψωθῇ κατὰ 1° ἡ θερμοκρασία 1 λίτρου ὕδατος καὶ ἡ μεγίστη ἢ βιομηχανικὴ θερμίς, ἢ τοννοθερμίς, ἴση πρὸς 1.000.000 μικρὰς καὶ 1.000 μεγάλας θερμίδας. (Αὔξησις τῆς θερμοκρασίας 1 τόννου ὕδατος, κατὰ 1°).

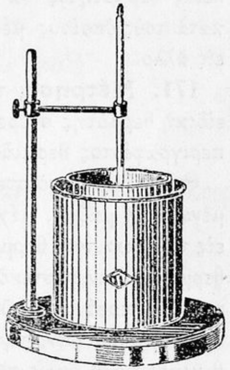
169. Θερμιδομετρία. Μετὰ τὸν ὁρισμὸν τῆς μονάδος τῆς θερμότητος θὰ ἐξετάσωμεν τὴν μέθοδον, διὰ τῆς ὁποίας καθίσταται δυνατὴ ἡ μέτρησις ποσοῦ θερμότητος.

Ἡ μέτρησις ποσοτήτων θερμότητος καλεῖται *θερμιδομετρία*.

Τὰ δὲ ὄργανα τῆς θερμιδομετρίας, *θερμιδόμετρα*.



Σχ. 128α.


Σχ. 128β.

Μέτρησις ποσῶν θερμότητος δι' ἀμέσου συγκρίσεως δὲν εἶναι βεβαίως δυνατή. Διὰ τοῦτο ἡ μέτρησις γίνεται ἐμμέσως, ἐπὶ τῇ βάσει τῆς ἐξισώσεως (1) διὰ προσδιορισμοῦ μάζης καὶ θερμοκρασίας, ὡς ἑξῆς :

Χρησιμοποιοῦμεν τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος, τὸ ὁποῖον ζητοῦμεν νὰ προσδιορίσωμεν, πρὸς ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας σώματος γνωστῆς μάζης καὶ γνωστῆς ἐπίσης εἰδικῆς θερμότητος. Συνηθέστατα χρησιμοποιεῖται ὡς τοιοῦτον σῶμα τὸ ὕδωρ. Ἐὰν προσδιορίσωμεν καὶ τὴν αὔξησιν τῆς θερμοκρασίας, ἔχομεν γνωστὰ ὅλα τὰ ποσά, τὰ ὁποῖα εἰσέρχονται εἰς τὴν ἐξισ. (1) πρὸς προσδιορισμὸν τοῦ Q.

170. Τύπος θερμιδομέτρου. Τὸ θερμιδόμετρον ὑπὸ τὴν ἁπλουστέραν του μορφήν, ἀποτελεῖται ἐκ δοχείου δ (σχ. 128α), συνήθως ὀρειχαλκίνου, ἐντὸς τοῦ ὁποίου τίθεται ὕδωρ. Ἡ θερμοκρασία του λαμβάνεται διὰ θερμομέτρου. Διὰ τοῦ ἀναδευτῆρος α ἀναδεύεται τὸ ὕδωρ, ὥστε νὰ ἔχῃ καθ' ὅλην του τὴν μᾶζαν τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν. Πρὸς ἀποφυγὴν ἀπωλείας θερμότητος εἰς τὸ περιβάλλον λαμβάνονται διάφοροι προφυλάξεις. Οὕτω τὸ δοχεῖον ἔχει στιλπνὸν τὸ ἐξωτερικὸν τοίχωμα καὶ περιβάλλεται ὑπὸ ἑτέρου μεγαλειτέρου δοχείου Δ, ἐπὶ τοῦ ὁποίου στηρίζεται διὰ ποδῶν ἐξ ὑλικοῦ κακοῦ ἀγωγοῦ τῆς θερμότητος (π.χ. φελλοῦ. ὑάλου κλπ.).

Διατὶ διὰ τῶν μέσων τούτων κατορθοῦμεν νὰ μὴ ἔχωμεν ἀπωλείας θερμότητος θὰ γνωρίσωμεν, ὅταν μελετήσωμεν τοὺς τρόπους, κατὰ τοὺς ὁποίους μεταδίδεται ἡ θερμότης ἀπό τινος σώματος εἰς ἄλλο.

171. Μέτρησις τῆς εἰδικῆς θερμότητος στερεῶν. Ἡ εἰδικὴ θερμότης στερεῶν σωμάτων προσδιορίζεται τῇ βοηθείᾳ τοῦ περιγραφέντος θερμιδομέτρου κατὰ τὸν ἑπόμενον τρόπον ἐργασίας.

Θερμαίνομεν τὸ στερεόν, τοῦ ὁποίου ἔχομεν μετρήσει προηγουμένως τὴν μᾶζαν, μέχρι τῆς θερμοκρασίας Θ, καὶ ρίπτομεν αὐτὸ εἰς τὸ ὕδωρ τοῦ θερμιδομέτρου. Τούτου ἔχομεν προσδιορίσει τὴν θερμοκρασίαν, ἔστω δὲ αὕτη θ, μικροτέρα τῆς Θ. Μετά τινα χρόνον τὸ στερεόν, τὸ ὕδωρ καὶ τὸ θερμιδόμετρον, θ' ἀποκτήσουν, ὅπως γνωρίζομεν, τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν θ' μεγαλυτέραν μὲν τῆς θ μικροτέραν ὅμως τῆς Θ.

Ἡ θερμοκρασία τοῦ ὕδατος καὶ τοῦ θερμιδομέτρου ηὐξήθη λοιπὸν κατὰ $\theta'-\theta$ βαθμούς. Ἑπομένως τὸ μὲν ὕδωρ, ἂν ἡ μᾶζά του εἶναι μ, ἐκέρδισε ποσὸν θερμότητος, συμφώνως πρὸς τὴν ἐξισ. (1)

$$Q_1 = \mu\ (\theta' - \theta)$$

Τὸ δὲ δοχεῖον, ἂν ἡ μᾶζά του εἶναι μ' καὶ ἡ εἰδική του θερμότης ε', ἐκέρδισε. ποσὸν θερμότητος.

$$Q_2 = \varepsilon'\mu'\ (\theta' - \theta)$$

Ἡ θερμότης Q_1 καὶ Q_2 προέρχεται ἐκ τοῦ στερεοῦ. Τούτου ἡ θερμοκρασία ἠλαττώθη κατὰ $\Theta - \theta'$ βαθμούς, ἔχασεν ἑπομένως ποσὸν θερμότητος, ἂν ἐκφράσωμεν διὰ τοῦ M τὴν μᾶζάν του καὶ διὰ ε τὴν εἰδικήν του θερμότητα.

$$Q = \varepsilon M\ (\Theta - \theta')$$

Ἐπειδὴ ἡ θερμότης τὴν ὁποίαν ἔχασε τὸ σῶμα μετέβη εἰς τὸ θερμιδόμετρον, εἶναι.

$$\varepsilon M\ (\Theta-\theta')=\mu\ (\theta'-\theta)+\varepsilon'\mu'\ (\theta'-\theta)\ (2)$$

Ἢ ἂν ἐξάγωμεν τὸ $\theta'-\theta$, ὡς κοινὸν παράγοντα, εἰς τὸ δεύτερον μέλος

$$\varepsilon M\ (\Theta-\theta')=(\mu+\varepsilon'\mu').(\theta'-\theta).$$

Καὶ ἂν παραστήσωμεν διὰ Κ τὴν θερμοχωρητικότητα$=\mu+\varepsilon'\mu'$ ὁλοκλήρου τοῦ θερμιδομέτρου καὶ τοῦ ὕδατος καὶ λύσωμεν ὡς πρὸς ε, ἔχομεν

$$\varepsilon=\frac{K\ (\theta'-\theta)}{M\ (\Theta-\theta')}$$

Ἐὰν δὲν εἶναι γνωστὴ ἡ εἰδικὴ θερμότης ε΄ τοῦ δοχείου ἐκτελοῦμεν τὴν αὐτὴν ἀκριβῶς ἐργασίαν μὲ σῶμα γνωστῆς εἰδικῆς θερμότητος, π.χ. ὕδωρ, ὁπότε εἰς τὴν ἐξίσ. (2) θὰ εἶναι μόνος ἄγνωστος τὸ ε΄, καὶ λύομεν ὡς πρὸς αὐτόν.

Μεταβολαὶ τῶν καταστάσεων τῶν σωμάτων εἰς ἀλλήλας

172. Εἴδομεν ὅτι τὰ ὑλικὰ σώματα παρουσιάζονται ὑπὸ στερεάν, ὑγρὰν καὶ ἀερίαν κατάστασιν. Ἐκ τῆς καθημερινῆς παρατηρήσεως μᾶς εἶναι γνωστὸν ὅτι αἱ τρεῖς αὗται καταστάσεις μεταβάλλονται εἰς ἀλλήλας. Βλέπομεν τὸ ὑγρὸν ὕδωρ μεταμορφούμενον εἰς στερεὸν πάγον, ἢ ἀντιθέτως τὸν πάγον εἰς ὕδωρ καὶ τὸ ὕδωρ μεταβαλλόμενον εἰς ἀτμόν. Αἱ μεταβολαὶ αὗται χωροῦσι καθ᾽ ὡρισμένους νόμους, τοὺς ὁποίους θὰ μελετήσωμεν.

Καὶ κατὰ πρῶτον θὰ ἀσχοληθῶμεν μὲ τὸ φαινόμενον τῆς μεταβολῆς στερεοῦ εἰς ὑγρὸν καὶ τὸ ἀντίστροφον τούτου, τῆς μεταβολῆς ὑγροῦ εἰς στερεόν.

173. Τῆξις—πῆξις. Πλεῖστα στερεὰ θερμαινόμενα *τήκονται*, μεταβάλλονται εἰς ὑγρά. Τὸ φαινόμενον τοῦτο, δηλαδὴ *ἡ μεταβολὴ στερεοῦ εἰς ὑγρὸν ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς θερμότητος*, καλεῖται *τῆξις*, τὸ δὲ ἀντίστροφον τούτου, ἡ μεταβολὴ τουτέστιν ὑγροῦ εἰς στερεόν, *πῆξις*.-

Μερικὰ στερεὰ θερμαινόμενα δὲν μεταβάλλονται ἀμέσως εἰς ὑγρά, ἀλλὰ βραδέως καὶ μεταξὺ τῶν στερεῶν μορφῶν καὶ τῶν ὑγρῶν παρουσιάζουν ἐνδιαμέσους μορφὰς καθιστάμενα κατ᾽ ἀρχὰς μαλακώτερα στερεά, εἶτα ὑγρὰ πυκνόρρευστα. Τοιαῦτα σώματα εἶναι ὁ κηρός, τὸ βουλοκέρι, ὁ σίδηρος κλπ. Τὰ ὑγρὰ τὰ ὁποῖα προέρχονται ἐκ τοιούτων σωμάτων, ὅταν ψυχθοῦν, πήγνυνται διερχόμενα πάλιν διὰ τῶν αὐτῶν ἐνδιαμέσων μορφῶν. Δηλαδὴ καθίστανται κατ' ἀρχὰς μᾶλλον πυκνόρρευστα, ἔπειτα στερεοποιοῦνται ὡς στερεὰ μαλακώτατα καὶ τέλος λαμβάνουν τὴν συνήθη των μορφήν. Εἰς πάντας εἶναι γνωστὸς ὁ τρόπος τῆς κατεργασίας τοῦ σιδήρου. Θερμαίνεται οὗτος, μέχρις ὅτου καταστῇ ἐρυθρός, ὁπότε γίνεται πολὺ μαλακώτερος καὶ κατεργάζεται διὰ τῆς σφύρας.

Στερεά τινα θερμαινόμενα μεταβαίνουν ἀμέσως ἀπὸ τῆς στερεᾶς εἰς τὴν ἀερίαν μορφήν. τοιοῦτον σῶμα εἶναι π.χ. τὸ ἰώδιον, στερεὸν εἰς τὴν συνήθη θερμοκρασίαν μεταβάλλεται εἰς ἀέριον, ὅταν θερμανθῇ, χωρὶς νὰ διέλθῃ ἐκ τῆς ὑγρᾶς καταστάσεως.(*)

Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται ἐξάχνωσις.

Θὰ ἐξετάσωμεν μόνον τοὺς νόμους τῆς ἀποτόμου τήξεως καὶ πήξεως.

174. Νόμοι τῆς τήξεως. Ἂν θερμάνωμεν στερεὸν μέχρι τήξεως, παρακολουθοῦντες συγχρόνως καὶ τὴν θερμοκρασίαν αὐτοῦ διὰ θερμομέτρου, παρατηροῦμεν :

1) *Ὅτι ἀφ' ἧς στιγμῆς ἀρχίσῃ ἡ τῆξις, μέχρις ὅτου ὁλόκληρον τὸ στερεὸν τακῇ, ἡ θερμοκρασία αὐτοῦ μένει σταθερά, μολονότι ἐξακολουθοῦμεν νὰ θερμαίνωμεν.*

Ὅταν ὁλόκληρον τὸ στερεὸν μεταβληθῇ εἰς ὑγρόν, ἀρχίζει πάλιν νὰ αὐξάνεται ἡ θερμοκρασία του.

2) Ἐὰν ἐπαναλάβωμεν πολλάκις τὸ πείραμα, *μὲ τὸ αὐτὸ σῶμα*, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ θερμοκρασία, εἰς τὴν ὁποίαν ἄρχεται ἡ μεταβολὴ τοῦ στερεοῦ εἰς ὑγρόν, εἶναι *πάντοτε ἡ αὐτή*.

Ἡ θερμοκρασία αὕτη καλεῖται *σημεῖον τήξεως* τοῦ σώματος. Εἰς ἄλλο σῶμα τὸ σημεῖον τήξεως θὰ εἶναι διάφορον. Βλέπομεν λοιπὸν τώρα ὅτι πολὺ ὀρθῶς ἐλήφθη τὸ σημεῖον τήξεως τοῦ πάγου ὡς σταθερὰ θερμοκρασία, πρὸς βαθμολογίαν τῶν θερμομέτρων.

Ἐὰν ἀφήσωμεν τὸ ὑγροποιηθὲν σῶμα νὰ ψυχθῇ, παρατηροῦμεν πάλιν ὅτι, ὅταν φθάσῃ εἰς ὡρισμένην θερμοκρασίαν, *πάντοτε τὴν αὐτήν*, ἀρχίζει νὰ μεταβάλλεται εἰς στερεόν, νὰ πήγνυται, *ἐν ὅσῳ δὲ ἐξακολουθεῖ ἡ πῆξις ἡ θερμοκρασία εἶναι ἀμετάβλητος*. Ἡ θερμοκρασία αὕτη καλεῖται *σημεῖον πήξεως*.

(*) Τὸ ὑγρὸν τὸ ὁποῖον πωλεῖται εἰς τὰ φαρμακεῖα ὡς ἰώδιον, εἶναι βάμμα ἰωδίου, δηλαδὴ διάλυμα στερεοῦ ἰωδίου εἰς οἰνόπνευμα.

Ἐκ τῶν πειραμάτων ἐγνώσθη ὅτι τὸ σημεῖον πήξεως εἶναι τὸ αὐτὸ μὲ τὸ σημεῖον τήξεως.

175. Μεταβολὴ τοῦ ὄγκου κατὰ τὴν τῆξιν καὶ πῆξιν. Τὰ πλεῖστα τῶν στερεῶν τηκόμενα διαστέλλονται καὶ πηγνύμενα συστέλλονται. Ἓν ἐκ τῶν σωμάτων, τὰ ὁποῖα δὲν ἀκολουθοῦν τὸν νόμον αὐτόν, εἶναι τὸ ὕδωρ. Τοῦτο κατὰ τὴν πῆξιν διαστέλλεται. Συνεπείᾳ τούτου ὁ πάγος ἐπιπλέει εἰς τὸ ὕδωρ. Εἰς τὰς λίμνας καὶ τοὺς ποταμοὺς παγώνουν τὰ ἀνώτατα στρώματα τοῦ ὕδατος καὶ παραμένουν εἰς τὴν ἐπιφάνειαν. Ἐπειδὴ δὲ ὁ πάγος εἶναι κακὸς ἀγωγὸς τῆς θερμότητος, προφυλάσσει τὰ ὑπ᾿ αὐτὸν στρώματα ἀπὸ τὸ ψῦχος καὶ ἡ ζωὴ δύναται νὰ ὑπάρχῃ εἰς αὐτά, ἐνῷ ὁλόκληρος ἡ ἐπιφάνεια εἶναι παγωμένη.

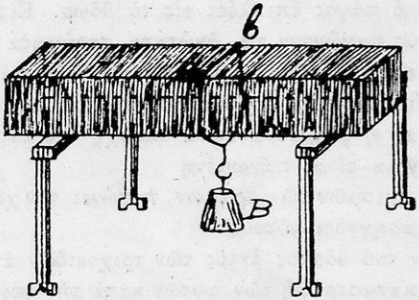
Τὸ ὕδωρ τῶν σχισμῶν τῶν βράχων παγώνει τὸν χειμῶνα, διαστέλλεται καὶ διαρηγνύει αὐτούς.

Εἰς τὴν πῆξιν τοῦ ὕδατος ἐντὸς τῶν τριχοειδῶν ἀγγείων ὀφείλεται ἐπίσης ἡ καταστροφὴ τῶν φυτῶν κατὰ τὴν ἐποχὴν ἰσχυροῦ ψύχους. Διότι ἕνεκα τῆς διαστολῆς τοῦ παγέντος ὕδατος θραύονται τὰ τριχοειδῆ ἀγγεῖα.

176. Ἐπίδρασις τῆς πιέσεως ἐπὶ τοῦ σημείου τήξεως. Τὸ σημεῖον τήξεως εἶναι σταθερὸν διὰ τὸ αὐτὸ σῶμα, ἀλλὰ μόνον ἐφ᾿ ὅσον τὸ στερεὸν εὑρίσκεται ὑπὸ τὴν αὐτὴν πίεσιν. Ἐὰν ἡ πίεσις μεταβληθῇ, καὶ τὸ σημεῖον τήξεως (ἢ πήξεως) μεταβάλλεται. Εἰς τὰ πλεῖστα δὲ τῶν σωμάτων ἀνυψοῦται, ὅταν αὐξηθῇ ἡ πίεσις, εἴς τινα ὅμως, ὅπως εἰς τὸν πάγον, κατέρχεται. Τὴν ἐπίδρασιν τῆς πιέσεως ἐπὶ τοῦ σημείου πήξεως τοῦ πάγου δεικνύει τὸ ἑξῆς πείραμα.

Στήλη πάγου στηρίζεται ὁριζοντίως καὶ περιβάλλεται διὰ λεπτοῦ σύρματος ἐκ τοῦ ὁποίου ἐξαρτᾶται τὸ βάρος Β (σχ. 129). Τὸ τμῆμα αβ τῆς ἐπιφανείας τοῦ πάγου ὑφίσταται πίεσιν ἴσην πρὸς τὴν δύναμιν Β διὰ τῆς ἐπιφανείας. Ἑπομένως ὅσον ἡ ἐπιφάνεια αβ εἶναι μικροτέρα, ὅσον λεπτότερον δηλαδὴ τὸ σύρμα καὶ ἡ στήλη τοῦ πάγου, τόσον μεγαλυτέρα ἡ πίεσις ἡ ἐπιφερομένη διὰ τοῦ αὐτοῦ βάρους. Διὰ τῆς διατάξεως ταύτης ἐπιτυγχάνομεν μεγάλην πίεσιν καὶ ἑπομένως μεγάλην μεταβολὴν τοῦ σημείου τήξεως. Μετά τινα χρόνον παρατηροῦμεν ὅτι τὸ σύρμα ἔχει διαπεράσει τὴν ῥάβδον τοῦ πάγου χωρὶς νὰ κόψῃ αὐτήν. Ἡ ἐξήγησις τοῦ φαινομένου εἶναι ἡ ἑξῆς:

Ἡ ὑπὸ τὸ σύρμα ἐπιφάνεια τοῦ πάγου ἕνεκα τῆς μεγάλης πιέσεως ἐτάκη παρὰ τὴν χαμηλὴν θερμοκρασίαν καὶ τὸ σύρμα ἐβυθίσθη εἰς τὸ ἐκ τῆς τήξεως παραχθὲν ὕδωρ. Τὸ ὕδωρ ὅμως τοῦτο ἀπαλλαγὲν τῆς πιέσεως δὲν εἶναι δυνατὸν εἰς τὴν ταπεινὴν ταύτην θερμοκρασίαν νὰ διατηρήσῃ τὴν ὑγρὰν μορφὴν καὶ ἀναπήγνυται. Ὁ ὑπὸ τὸ σύρμα πάγος τήκεται πάλιν καὶ τὸ ὕδωρ



Σχ. 129.

ἀναπήγνυται καὶ οὕτω προχωρεῖ τὸ σύρμα εἰς τὴν μᾶζαν τοῦ πάγου, χωρὶς νὰ κόπτῃ αὐτήν.

Εἶναι γνωστὸν ὅτι οἱ μεγάλοι ὄγκοι τῶν πάγων, οἱ παγετῶνες καλούμενοι, οἱ ὁποῖοι καλύπτουν μεγάλας ἐκτάσεις εἰς τὰς ψυχρὰς χώρας τῆς γῆς, μετακινοῦνται βραδύτατα. Ἡ κίνησις αὕτη τῶν παγετώνων ὑποβοηθεῖται ἀπὸ τὴν ὀλίσθησιν αὐτῶν ἐπὶ τοῦ ὕδατος, εἰς τὸ ὁποῖον μεταβάλλονται τὰ κατώτερα στώματα τῶν παγετώνων ὑπὸ τὴν πίεσιν τῶν ἀνωτέρων.

177. Θερμότης τήξεως. Παρακολουθοῦντες τὸ φαινόμενον τῆς τήξεως παρατηροῦμεν ὅτι, μολονότι διαρκῶς προσφέρομεν θερμότητα εἰς τὸ τηκόμενον σῶμα, ἡ θερμοκρασία του δὲν αὐξάνεται, ὅπως θὰ ἀνεμένομεν νὰ γίνῃ, συμφώνως πρὸς ὅσα γνωρίζομεν. Ἡ θερμότης λοιπὸν εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν χρησιμεύει μόνον ἵνα ἐπιφέρῃ τὴν μεταβολὴν τῶν στερεῶν εἰς τὴν ὑγρὰν κατάστασιν, χωρὶς νὰ ὑψώσῃ τὴν θερμοκρασίαν.

Τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος, τὸ ὁποῖον χρειάζεται, διὰ νὰ τακῇ ἡ μονὰς τῆς μάζης (1 gr) στερεοῦ τινός, καλεῖται *θερμότης τήξεως*. Ἡ θερμότης αὕτη εἶναι διάφορος εἰς τὰ διάφορα σώματα.

Ἡ θερμότης τήξεως τοῦ πάγου εἶναι 80 μικραὶ θερμίδες. Ἐὰν ἀναμίξωμεν ἑπομένως 1gr ὕδατος θερμοκρασίας 80° καὶ 1gr πάγου θερμοκρασίας 0° ὁ πάγος θὰ τακῇ καὶ θὰ ἔχωμεν 2 gr. ὕδατος θερμοκρασίας 0°. Διότι τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος, τὸ ὁποῖον περιέχει τὸ ὕδωρ εἶναι $1 \times 80 = 80$ μικραὶ θερμίδες, δηλαδὴ ὅσον ἀκριβῶς χρειάζεται, διὰ νὰ μετατρέψῃ τὸ 1gr *τοῦ πάγου* εἰς ὕδωρ.

Διάλυσις.

178. Ὅταν στερεὸν σῶμα τεθῇ εἰς ἐπαφὴν πρὸς ὑγρόν, παρατηροῦμεν (ὑπὸ καταλλήλους συνθήκας) ὅτι τὸ στερεὸν ὀλίγον κατ' ὀλίγον ἐξαφανίζεται, ἐνῷ συγχρόνως ἡ σύστασις τοῦ ὑγροῦ ἀλλάσσει. Τὸ στερεὸν εἰσέρχεται ἐντὸς τῆς μάζης τοῦ ὑγροῦ καὶ οὕτω ἀποτελεῖται ὑγρὸν νέας συστάσεως, τὸ ὁποῖον καλεῖται διάλυμα.

Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται διάλυσις. Τὸ ὑγρόν, τὸ ὁποῖον προκαλεῖ τὴν διάλυσιν, καλεῖται διαλυτικὸν μέσον.

Ὅλα τὰ στερεὰ δὲν διαλύονται εἰς ὅλα τὰ ὑγρά. Π.χ. τὸ σάκχαρον εὐκόλως διαλυόμενον εἰς τὸ ὕδωρ εἶναι ἀδιάλυτον εἰς τὸ οἰνόπνευμα. Τὸ λίπος ἀδιάλυτον εἰς τὸ ὕδωρ διαλύεται εἰς τὸν αἰθέρα.

Μεταξὺ τῶν ὑγρῶν, τὰ ὁποῖα διαλύουν τὸν μεγαλύτερον ἀριθμὸν στερεῶν, εἶναι τὸ ὕδωρ, τὸ οἰνόπνευμα, ὁ αἰθήρ, ἡ βενζίνη, τὸ πετρέλαιον κ.λ.π.

Ὅταν διαθέτωμεν ὡρισμένην ποσότητα διαλυτικοῦ ὑγροῦ, δὲν δυνάμεθα νὰ διαλύσωμεν ἐντὸς αὐτῆς ὁσηνδήποτε θέλομεν ποσότητα στερεοῦ. Ἐπέρχεται στιγμή, καθ' ἣν τὸ διάλυμα παύει ἀπὸ τοῦ νὰ προσλαμβάνῃ νέαν ποσότητα στερεοῦ καὶ μέρος αὐτοῦ παραμένει ἀδιάλυτον. Τὸ διάλυμα τοῦτο λέγεται ὅτι εἶναι *κεκορεσμένον* ἐκ τοῦ διαλελυμένου στερεοῦ. Ἐφ' ὅσον τὸ διάλυμα εἶναι ἱκανὸν νὰ διαλύῃ νέας ποσότητας στερεοῦ, καλεῖται ἀκόρεστον.

179. Θερμότης διαλύσεως. Εἰς τὴν τῆξιν εἴδομεν ὅτι, διὰ νὰ μεταβληθῇ ποσότης τις στερεοῦ εἰς ὑγρόν, χρειάζεται ὡρισμένον ποσὸν θερμότητος. Τὸ αὐτὸ συμβαίνει καὶ κατὰ τὴν διάλυσιν. Διὰ νὰ λάβῃ τὸ στερεὸν τὴν ὑγρὰν μορφήν, ἔχει ἀνάγκην θερμότητος, τὴν ὁποίαν παραλαμβάνει ἀπὸ τὸ πλησίον του σῶμα, τὸ διαλυτικὸν ὑγρόν. Κατὰ συνέπειαν ἡ θερμοκρασία τοῦ διαλύματος καταπίπτει.

Ἡ παραγωγὴ ψύχους διὰ διαλύσεως εὑρίσκει ἐφαρμογὴν εἰς τὴν βιομηχανίαν, διὰ τῆς χρησιμοποιήσεως τῶν *ψυκτικῶν μιγμάτων*. Ταῦτα εἶναι μίγματα στερεοῦ καὶ ὑγροῦ διαλύοντος τὸ στερεόν, εἰς τὰ ὁποῖα ἕνεκα τῆς διαλύσεως ἐλαττοῦται ἡ θερμοκρασία.

Ὁ τηκόμενος πάγος ἔχει θερμοκρασίαν 0°. Ἂν ὅμως τὸ ἐκ τῆς τήξεως ὕδωρ χρησιμοποιήσωμεν διὰ τὴν διάλυσιν μαγειρικοῦ ἅλατος, ἡ θερμοκρασία τοῦ διαλύματος πίπτει μέχρις 20°

180. Στερεοποίησις—κρυστάλλωσις. Ἐκ τοῦ διαλύματος εἶναι δυνατὸν νὰ λάβωμεν πάλιν τὸ διαλυθὲν σῶμα. Τοῦτο κατορθοῦται δι᾽ἐξατμίσεως τοῦ διαλυτικοῦ μέσου, ὁπότε τὸ στερεόν, τὸ ὁποῖον εὑρίσκετο ἐν διαλύσει, καταπίπτει ἐντὸς τοῦ διαλύματος ὑπὸ στερεὰν μορφήν. Τὸ θαλάσσιον ὕδωρ π. χ. ἐκτιθέμενον ἐντὸς δοχείου εἰς τὰς ἡλιακὰς ἀκτῖνας, ἐξατμίζεται καὶ ἀφίνει στερεὸν ὑπόλειμμα ἐκ μαγειρικοῦ ἅλατος.

Διὰ ψύξεως ἐπίσης τοῦ διαλύματος ἐπιτυγχάνεται ἡ συμπύκνωσις τοῦ διαλελυμένου σώματος. Διότι, ὅταν τὸ διαλυτικὸν ὑγρὸν καθίσταται ψυχρότερον τοῦ στερεοῦ, δύναται νὰ κρατήσῃ ἐν διαλύσει ὀλιγώτερον ποσὸν καὶ τὸ πλεονάζον λαμβάνει τὴν στερεὰν μορφήν.

Ὅταν ἡ ἐπιστροφὴ τοῦ ὑγροῦ εἰς τὴν στερεὰν κατάστασιν (εἴτε ἐκ τήξεως, εἴτε ἐκ διαλύσεως) γίνεται ἠρέμως, τὸ στερεὸν λαμβάνει πολλάκις κανονικά, γεωμετρικὰ πολύεδρα σχήματα χαρακτηριστικὰ δι᾽ ἕκαστον σῶμα. Π.χ. δι᾽ ἐξατμίσεως διαλύματος χλωριούχου νατρίου εἰς ὕδωρ, λαμβάνονται κύβοι χλωριούχου νατρίου. Τὰ στερεὰ ταῦτα καλοῦνται *κρύσταλλοι*. Αἱ νιφάδες τῆς χιόνος εἶναι κρύσταλλοι. Τὸ φαινόμενον τοῦ σχηματισμοῦ κρυστάλλων καλεῖται *κρυστάλλωσις*.

Ἀτμοποίησις—Ὑγροποίησις.

181. Μετὰ τὴν μελέτην τῆς μεταβολῆς τῆς στερεᾶς καὶ ὑγρᾶς καταστάσεως εἰς ἀλλήλας, θὰ προχωρήσωμεν εἰς τὸ φαινόμενον τῆς μεταβολῆς ὑγροῦ εἰς ἀέριον καὶ τὸ ἀντίστροφον τούτου, δηλαδὴ τῆς μεταβολῆς ἀερίου εἰς ὑγρόν.

Ἡ μεταβολὴ ὑγροῦ εἰς ἀέριον καλεῖται *ἀτμοποίησις* ἢ *ἐξαέρωσις*, ἡ δὲ μεταβολὴ ἀερίου εἰς ὑγρὸν *ὑγροποίησις*· Τὸ ἐκ τοῦ ὑγροῦ προερχόμενον ἀέριον καλεῖται *ἀτμός*. Ἀτμὸς εἶναι δυνατὸν νὰ σχηματίζεται εἴτε μόνον ἐκ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ, εἴτε καὶ ἐξ ὅλης τῆς μάζης αὐτοῦ. Εἰς τὴν πρώτην περίπτωσιν ἡ ἀτμοποίησις λέγεται εἰδικώτερον *ἐξάτμισις*, εἰς δὲ τὴν δευτέραν *βρασμός*.

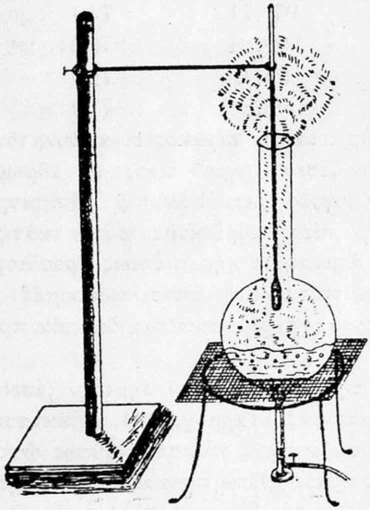
Θὰ μελετήσωμεν χωριστὰ ἑκάστην τῶν δύο περιπτώσεων.

182. Βρασμός. Ἐὰν θερμάνωμεν ἀρκετὰ ὑγρόν τι, παρατηροῦμεν ὅτι ἐξ ὅλης τῆς μάζης αὐτοῦ ἐξέρχεται ὑπὸ μορφὴν φυσαλλίδων ἀέριον, *ἀτμὸς* (σχ. 130). Λέγομεν τότε ὅτι τὸ ὑγρὸν ζέει ἢ ὅτι βράζει καὶ τὸ φαινόμενον ὀνομάζομεν ζέσιν ἢ βρασμόν.

Οἱ νόμοι κατὰ τοὺς ὁποίους γίνεται ὁ βρασμός, ὑπενθυμίζουν πολὺ τοὺς νόμους τῆς τήξεως.

1ος Νόμος.

Ἡ θερμοκρασία τοῦ βρασμοῦ εἶναι σταθερὰ διὰ τὸ αὐτὸ ὑγρόν,



Σχ. 130.

ἐφ' ὅσον ἡ πίεσις δὲν μεταβάλλεται, καὶ λέγεται σημεῖον ζέσεως τοῦ ὑγροῦ.

2ος Νόμος.

Καθ' ὅλην τὴν διάρκειαν τοῦ βρασμοῦ ἡ θερμοκρασία τοῦ ὑγροῦ μένει ἀμετάβλητος ἂν καὶ προσφέρεται εἰς αὐτὸ διαρκῶς θερμότης.

Εἴδομεν ὅτι τὸ σημεῖον ζέσεως τοῦ ὕδατος ὑπὸ πίεσιν 760mm Hg ὡρίσθη ὡς σταθερὸν σημεῖον διὰ τὴν βαθμολογίαν τῶν θερμομέτρων καὶ ὠνομάσθη 100 (εἰς τὴν κλίμακα Κελσίου).

183. Ἐπίδρασις τῆς πιέσεως ἐπὶ τοῦ σημείου ζέσεως.

Ὅταν αὐξηθῇ ἡ πίεσις, εἰς τὴν ὁποίαν ὑπόκειται ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ, τὸ σημεῖον ζέσεως ἀνέρχεται, ὅταν δὲ ἐλαττωθῇ ἡ πίεσις, τὸ σημεῖον ζέσεως κατέρχεται.

Ἡ ἐπίδρασις αὕτη τῆς πιέσεως εἶναι ἀρκετὰ σημαντική, ὅπως φαίνεται ἐκ τοῦ ἑπομένου πίνακος, ὁ ὁποῖος δίδει τὸ σημεῖον ζέσεως τοῦ ὕδατος ὑπὸ διαφόρους πιέσεις.

Πίεσις εἰς mm.	Θερμοκρ. ζέσεως εἰς βαθμοὺς Κελσ.	Πίεσις	Θερμοκρ. ζέσεως
700	97°,71	740	99°,26
710	98,81	750	99,63
720	98,49	760	100°,00
730	98,88	770	100,37

Τῇ βοηθείᾳ ἑνὸς τοιούτου πίνακος εἶναι δυνατόν, ὅταν προσδιορίσωμεν τὸ σημεῖον ζέσεως ὑγροῦ τινος, νὰ εὕρωμεν τὴν πίεσιν ὑπὸ τὴν ὁποίαν τὸ ὑγρὸν ζέει. Ἐὰν π.χ. ὁ βρασμὸς γίνεται ὑπὸ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν εὑρίσκομεν οὕτω ταύτην ἄνευ βαρομέτρου καὶ ἐκ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως προσδιορίζομεν τὸ ὕψος τοῦ τόπου. Διὰ τοῦτο συσκευὴ ἀποτελουμένη ἐξ ἑνὸς βραστῆρος καὶ ἑνὸς θερμομέτρου χρησιμοποιεῖται διὰ τὸν προσδιορισμὸν τοῦ ὕψους.

Τὸ φαινόμενον τῆς αὐξήσεως τοῦ σημείου ζέσεως μετὰ τῆς πιέσεως εὑρίσκει πρακτικὰς ἐφαρμογάς. Π. χ. κατασκευάζονται απολυμαντικοὶ κλίβανοι, ἐντελῶς κλειστοί, οὕτως ὥστε νὰ μὴ διαφεύγῃ ὁ παραγόμενος ἀτμός. Οὕτω προκαλεῖται αὔξησις τῆς πιέσεως καὶ αὔξησις ἑπομένως τῆς θερμοκρασίας τοῦ κλιβάνου. Εἰς τὴν μαγειρικὴν ἐπίσης χρησιμοποιοῦνται κλεισταὶ χύτραι, εἰς τὰς ὁποίας λόγῳ τῆς ὑπερθερμάνσεως, ἡ παρασκευὴ τοῦ φαγητοῦ εἶναι ταχυτέρα καὶ οἰκονομικωτέρα.

184. Θερμότης ἀτμοποιήσεως. Ἡ θερμότης, ἥτις προσφέρεται εἰς τὸ ὑγρὸν κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς ζέσεως, δὲν γίνεται ἀντιληπτὴ διὰ τοῦ θερμομέτρου, διότι δὲν αὐξάνει τὴν θερμοκρασίαν αὐτοῦ, χρησιμεύει δέ, ὅπως καὶ κατὰ τὸ φαινόμενον τῆς τήξεως, *μόνον* διὰ τὴν μεταβολὴν τῆς καταστάσεως. Ἐὰν συλλέγωμεν τὸν παραγόμενον ἀτμὸν καὶ μετὰ τὴν ἀτμοποίησιν ὅλου τοῦ ὑγροῦ ἐξακολουθήσωμεν νὰ θερμάνωμεν, ἡ θερμοκρασία τοῦ ἀτμοῦ τότε βεβαίως θὰ αὐξηθῇ.

Τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος, τὸ ὁποῖον χρειάζεται διὰ νὰ μεταβληθῇ ἡ μονὰς τῆς μάζης ὑγροῦ τινος (1gr.) εἰς ἀτμὸν ἔχοντα θερμοκρασίαν οὐχὶ μεγαλυτέραν τῆς θερμοκρασίας ζέσεως, καλεῖται *θερμότης ἀτμοποιήσεως* ἢ καὶ *λανθάνουσα θερμότης ἀτμοποιήσεως.*

185. Ἐξάτμισις. Οὕτω καλεῖται, ὡς εἴπομεν καὶ προηγουμένως, τὸ φαινόμενον τῆς παραγωγῆς ἀτμῶν, μόνον ἐκ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ.

Ἡ ἐξάτμισις λαμβάνει χώραν πάντοτε, οἱαδήποτε καὶ ἂν εἶναι ἡ θερμοκρασία τοῦ ὑγροῦ καὶ ὄχι μόνον εἰς ὡρισμένην θερμοκρασίαν, ὅπως ὁ βρασμός.

Ὅσον ὅμως ἡ θερμοκρασία εἶναι ταπεινοτέρα, τοσοῦτον μικρότερον τὸ ποσὸν τῶν παραγομένων ἀτμῶν. Καθ' ὅσον ἡ θερμοκρασία τοῦ ὑγροῦ αὐξάνεται καὶ τὸ ποσὸν τῶν ἀτμῶν αὐξάνεται ὁμοίως. Τὴν αἰτίαν τούτου θὰ γνωρίσωμεν κατὰ τὴν μελέτην τῶν ἰδιοτήτων τῶν ἀτμῶν.

186. Ἐπίδρασις τῆς ἐξατμίσεως ἐπὶ τῆς θερμοκρασίας τοῦ ἐξατμιζομένου ὑγροῦ. Γνωρίζομεν ὅτι διὰ τὴν μεταβολὴν τῆς ὑγρᾶς εἰς ἀερίαν κατάστασιν καταναλίσκεται θερμότης. Εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς διὰ βρασμοῦ ἐξαερώσεως, τὸ ἀναγκαῖον ποσὸν θερμότητος προσφέρεται ὑπὸ τῆς θερμικῆς πηγῆς. Κατὰ τὴν ἐξάτμισιν λαμβάνεται τοῦτο ἀπὸ τὸ ὑγρὸν καὶ τὰ παρ' αὐτὸ σώματα, τὰ ὁποῖα οὕτω ψύχονται. Ὅταν λοιπὸν γίνεται ἐξάτμισις, χωρὶς νὰ προσφέρεται ἔξωθεν θερμότης, προκαλεῖται ψῦξις.

Μικρὰ πρακτικὴ ἐφαρμογὴ τῆς δι' ἐξατμίσεως ψύξεως, εἶναι ἡ διατήρησις δροσεροῦ ὕδατος κατὰ τὸ θέρος ἐντὸς πορωδῶν δοχείων. Εἰς ταῦτα τὸ ὕδωρ ἐκφεύγει διὰ τῶν πόρων ὑπὸ μορφὴν λεπτῶν σταγονιδίων καὶ ἐπικάθηται ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας. Ἐκεῖ ἐξατμιζόμενον συντελεῖ εἰς τὴν ψῦξιν τοῦ δοχείου καὶ τοῦ ἐντὸς αὐτοῦ ὕδατος.

Μεγαλυτέρας ἐφαρμογὰς συναντῶμεν εἰς τὴν βιομηχανίαν, ὅπως π.χ. εἰς τὰς παγοποιητικὰς μηχανάς, ὅπου ἡ ἀναγκαία ψῦξις τοῦ ὕδατος προκαλεῖται δι' ἐξατμίσεως ὑγρᾶς ἀμμωνίας.

187. Ὑγροποίησις. Ὅταν οἱ ἀτμοὶ ψυχθοῦν, λαμβάνουν πάλιν τὴν ὑγρὰν κατάστασιν, *ὑγροποιοῦνται*, ἀποδίδουν δὲ ὅλον τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος, τὸ ὁποῖον ἔλαβον διὰ τὴν ἀτμοποίησιν.

Ἐκτὸς τῶν ἀτμῶν ὑγροποιοῦνται ἐπίσης καὶ τὰ σώματα ἐκεῖνα, τὰ ὁποῖα εἶναι ἀέρια εἰς τὴν συνήθη θερμοκρασίαν. Τοῦτο ἐπιτυγχάνεται διὰ ψύξεως καὶ ἐφαρμογῆς ἰσχυρᾶς πιέσεως.

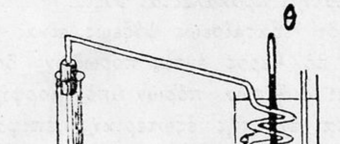
Δὲν ἀρκεῖ ὅμως ἡ ψῦξις καὶ ἡ πίεσις νὰ ἐφαρμοσθοῦν καθ' οἱονδήποτε τρόπον. Δι' ἕκαστον ἀέριον ὑπάρχει ὡρισμένη θερμοκρασία, ἄνω τῆς ὁποίας τὸ ἀέριον δὲν ὑγροποιεῖται ὅσον μεγάλη πίεσις καὶ ἂν ἐφαρμοσθῇ.

Ἡ θερμοκρασία αὕτη καλεῖται *κρίσιμος θερμοκρασία* καὶ εἶναι διάφορος δι' ἕκαστον ἀέριον. Π. χ. διὰ τὸν ἀέρα εἶναι —14°, διὰ τὸ ὀξυγόνον —118,8. διά τό ὑδρογόνον —240°.

Ἡ πίεσις ἡ ὁποία ἀπαιτεῖται διὰ τὴν ὑγροποίησιν, ὅταν τὸ ἀέριον ἔχει τὴν κρίσιμον θερμοκρασιαν, λέγεται *κρίσιμος πίεσις*. Ἐὰν ἡ θερμοκρασία τοῦ ἀερίου κατέλθῃ κάτω τῆς κρισίμου, ἡ ψῦξις ἐπιτυγχάνεται δι' ἐφαρμογῆς πιέσεως, μικροτέρας τῆς κρισίμου. Εἰς θερμοκρασίαν ὅμως ἀνωτέραν τῆς κρισίμου ἡ ψῦξις εἶναι ἀδύνατος.

Ἡ κρίσιμος πίεσις διὰ τὸν ἀέρα εἶναι 39 ἀτμόσφαιραι, διὰ τὸ ὀξυγόνον 50,8 ἀτμόσφαιραι καὶ διὰ τὸ ὑδρογόνον 19,4.

Ἡ ὑγροποίησις τῶν ἀερίων ἐκτὸς τῆς βιομηχανικῆς της ἐκμεταλλεύσεως, ἔχει καὶ μεγάλην ἐπιστημονικὴν σημασίαν. Εἰς τὰς ταπεινοτάτας θερμοκρασίας τῶν ὑγρῶν ἀερίων, μεταβάλλονται ἐντελῶς αἱ ἰδιότητες τῶν σωμάτων. Π. χ. ὁ ὑδράργυρος βυθιζόμενος ἐντὸς ὑγροῦ ἀέρος στερεοποιεῖται ἀμέσως. Σίδηρος παραμείνας ἐπί τινα λεπτὰ ἐντὸς ὑγροῦ ἀέρος χάνει τὴν ἀνθεκτικότητά του καὶ καθίσταται κόνις εἰς ἐλάχιστον κτύπημα.



Σχ. 131.

*** 188. Μέτρησις τῆς θερμότητος ἀτμοποιήσεως.** Τὴν θερμότητα ἀτμοποιήσεως ὑγροῦ τινος προσδιορίζομεν διὰ τῆς γνωστῆς μεθόδου προσδιορισμοῦ ποσοῦ θερμότητος, δηλ. διὰ θερμιδομέτρου. (βλ. παράγρ. 169),

Τὸ πρὸς ἀτμοποίησιν ὑγρὸν τίθεται ἐντὸς φιάλης φ (σχ. 131), ἡ ὁποία συγκοινωνεῖ μὲ ὀφιοειδῆ σωλῆνα σ καταλήγοντα εἰς δοχεῖον δ. Ὁ σωλὴν καὶ τὸ δοχεῖον βυθίζονται ἐντὸς θερμιδομέτρου. Τὸ θερμόμετρον θ δεικνύει τὴν θερμοκρασίαν ζέσεως. Ὅταν τὸ ὑγρὸν βράζῃ, οἱ ἀτμοὶ διοχετεύ-

* Ἡ παροῦσα παράγραφος ἐτέθη χάριν ἀσκήσεως.

ονται εἰς τὸν ὀφιοειδῆ σωλῆνα καὶ ἐκεῖ ψυχόμενοι ὑγροποιοῦνται καὶ ἀποδίδουν εἰς τὸ ὕδωρ τοῦ θερμιδομέτρου τὴν θερμότητα, τὴν ὁποίαν περιέχουν.

Ἡ ἐξίσωσις, ἡ ὁποία προσδιορίζει τὴν ἄγνωστον θερμότητα ἀτμοποιήσεως ἐκ τῶν γνωστῶν ποσῶν τοῦ πειράματος, προκύπτει δι' ἁπλῶν σκέψεων ὡς ἑξῆς :

Ὑπολογίσωμεν κατ' ἀρχὰς τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος, τὸ ὁποῖον ἀφίνουν οἱ ἀτμοί, ὅταν συμπυκνωθοῦν καὶ ψυχθοῦν μέχρι τῆς θερμοκρασίας τ (τ εἶναι ἡ τελικὴ θερμοκρασία τοῦ θερμιδομέτρου μετὰ τὴν διοχέτευσιν τῶν ἀτμῶν).

Ἐὰν ἡ μᾶζα τῶν ἀτμῶν εἶναι μ καὶ λ ἡ θερμότης ἀτμοποιήσεως, τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος, τὴν ὁποίαν ἀφήνουν οἱ ἀτμοί γινόμενοι ὑγρὸν τῆς θερμοκρασίας ζέσεως, εἶναι μλ. Διὰ νὰ ψυχθοῦν δὲ ἀπὸ τῆς θερμοκρασίας ζέσεως Θ μέχρι τῆς τ, χάνουν ποσὸν θερμότητος, ὅπως γνωρίζωμεν, ἴσον μὲ τὴν μᾶζάν των ἐπὶ τὴν εἰδικὴν θερμότητα καὶ ἐπὶ τὴν διαφορὰν τῆς θερμοκρασίας (Θ—τ), ἤτοι :

$$\varepsilon\ \mu\ (\Theta - \tau).$$

Ἄρα τὸ ὁλικὸν ποσὸν τῆς θερμότητος, τὸ ὁποῖον ἔδωσαν εἰς τὸ θερμιδόμετρον οἱ ἀτμοὶ εἶναι :

$$(1)\quad \lambda\mu + \varepsilon\ \mu\ (\Theta - \tau)$$

Τώρα ἂς ὑπολογίσωμεν τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος τὸ ὁποῖον ἔλαβε τὸ θερμιδόμετρον.

Ἐὰν παραστήσωμεν τὴν θερμοκρασίαν του διὰ θ, τὸ μὲν ὕδωρ ἔλαβε ποσὸν θερμότητος, ἂν ὀνομάσωμεν Μ τὴν μᾶζάν του, ἴσον πρὸς :

$$M\ (\tau - \theta)$$

(Διότι ἡ εἰδικὴ θερμότης του εἶναι 1), τὸ δὲ δοχεῖον τοῦ θερμιδομέτρου, ἂν ὀνομάσωμεν Μ τὴν μᾶζάν του καὶ σ τὴν εἰδικήν του θερμότητα.

$$\sigma\ M'\ (\tau - \theta)$$

Ἤτοι ἐν συνόλῳ :

$$M\ (\tau - \theta) + \sigma\ M'\ (\tau - \theta)$$

Ἢ :

$$(2)\quad (M + \sigma\ M')\ (\tau - \theta)$$

Καὶ ἐπειδὴ ἡ θερμότης, τὴν ὁποίαν ἔχασαν οἱ ἀτμοί, μετέβη εἰς τὸ θερμιδόμετρον, ἔχομεν ἰσότητα τῶν δύο ποσῶν 1 καὶ 2 :

$$\lambda\ \mu + \varepsilon\ \mu\ (\Theta - \tau) = (M + \sigma\ M')\ (\tau - \theta)$$

καὶ

$$\lambda = \frac{(M + \sigma M')(\tau - \theta) - \varepsilon\,\mu\,(\Theta - \tau)}{\mu}$$

Ἐκ τῆς ἐξισώσεως ταύτης, ὅταν γνωρίζωμεν τὰ ἄλλα ποσά, προσδιορίζομεν τὸ λ. Τὰς μάζας εὑρίσκομεν διὰ ζυγίσεως.

Ἐὰν δὲν εἶναι γνωστὴ ἡ εἰδικὴ θερμότης τοῦ δοχείου, προσδιορίζεται καθ' ὃν τρόπον γνωρίζομεν (βλ. §171 σελ. 161).

Ἰδιότητες τῶν ἀτμῶν.
Ὁμοιότης αὐτῶν πρὸς τὰ ἐν συνήθει θερμοκρασίᾳ ἀέρια

189. Ἐξάτμισις εἰς τὸ κενόν. Ἂν εἰσαγάγωμεν εἰς τὸν βαρομετρικὸν σωλῆνα μικρὰν ποσότητα ἐξαεροῦμένου ὑγροῦ τῇ βοηθείᾳ μικροῦ λεπτοῦ κεκαμμένου σωλῆνος, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 132α, παρατηροῦμεν ὅτι μόλις φθάσῃ τοῦτο εἰς τὸ βαρομετρικὸν κενόν, ἀμέσως ἐξαεροῦται.

Εἰς τὸ *κενὸν λοιπὸν ἡ ἐξάτμισις εἶναι ταχυτάτη.*

Τὸ ὕψος τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης μετὰ τὴν εἰσαγωγὴν τοῦ ὑγροῦ ἐλαττοῦται ἀποτόμως (σχ. 132α καὶ γ). Τοῦτο δεικνύει ὅτι ὁ ἀτμὸς ἐξασκεῖ πίεσιν, ὅπως καὶ τὰ συνήθη ἀέρια ἢ *ἔχει τάσιν*, ὅπως λέγομεν εἰδικώτερον διὰ τοὺς ἀτμούς. Τὸ ὕψος h τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης (ἀπόστασις τοῦ ἄκρου τῆς στήλης ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐν τῇ λεκάνῃ ὑδραργύρου) δίδει τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν ἠλαττωμένην κατὰ τὴν πίεσιν τῶν ἀτμῶν.

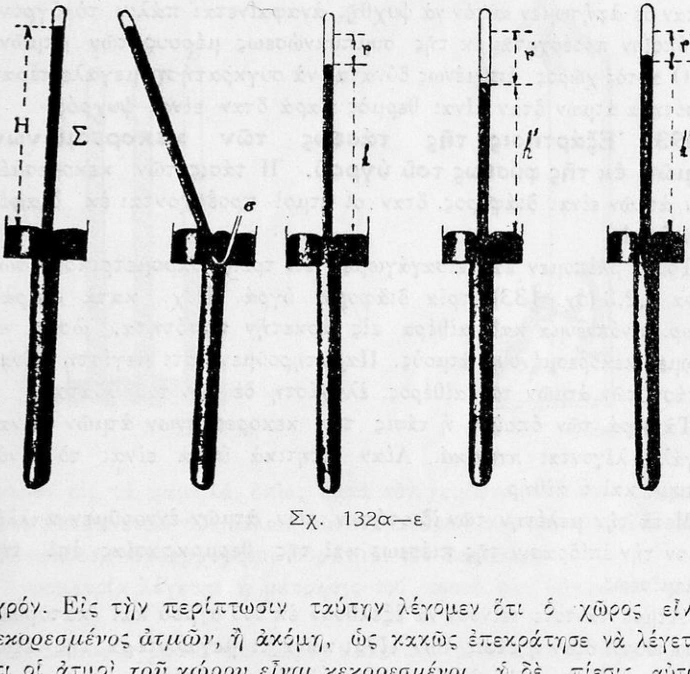
190. Σχέσις πιέσεως καὶ ὄγκου τῶν ἀτμῶν. Ὅταν μεταβληθῇ ὁ ὄγκος, τὸν ὁποῖον καταλαμβάνουν οἱ ἀτμοί, μεταβάλλεται καὶ ἡ πίεσίς των, ἡ δὲ σχέσις πιέσεως καὶ ὄγκου δίδεται ἀπὸ τὸν νόμον Boyle—Mariotte, ὁ ὁποῖος ἰσχύει καὶ διὰ τὰ λοιπὰ ἀέρια.

Δηλαδὴ τὸ γινόμενον τοῦ ὄγκου υ τῶν ἀτμῶν ἐπὶ τὴν τάσιν p αὐτῶν εἶναι ἀριθμὸς σταθερός, ἐφ' ὅσον ἡ θερμοκρασία δὲν μεταβάλλεται.

$$pv = K$$

Ἐὰν θερμάνωμεν τὸν χῶρον τῶν ἀτμῶν, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ὑδραργυρικὴ στήλη κατέρχεται ἔτι μᾶλλον. Ἑπομένως ἡ τάσις τῶν ἀτμῶν αὐξάνεται, ὅταν αὐξήσῃ ἡ θερμοκρασία των.

191. Κεκορεσμένοι ἀτμοί. Ἐπίσης ἐλαττοῦται ἡ βαρομετρικὴ στήλη, ἂν εἰσαγάγωμεν καὶ ἄλλην ποσότητα ὑγροῦ. Ἡ τάσις ἄρα αὐξάνεται ὅταν αὐξηθῇ ἡ ποσότης τῶν ἀτμῶν ἔν τινι χώρῳ, Ἀλλὰ ἡ ποσότης τῶν ἀτμῶν ἐντὸς ὡρισμένου χώρου δὲν δύναται ν' αὐξηθῇ πέραν ὡρισμένου ὁρίου καί, ἂν εἰσαγάγωμεν μεγαλυτέραν ποσότητα ὑγροῦ, ἀπὸ ὅσον δύναται νὰ περιλάβῃ ὁ χῶρος ὑπὸ μορφὴν ἀτμῶν, μέρος αὐτοῦ δὲν ἐξατμίζεται, ἀλλὰ παραμένει ὡς



Σχ. 132α—ε

ὑγρόν. Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην λέγομεν ὅτι ὁ χῶρος εἶναι *κεκορεσμένος ἀτμῶν*, ἢ ἀκόμη, ὡς κακῶς ἐπεκράτησε νὰ λέγεται ὅτι οἱ ἀτμοὶ *τοῦ χώρου εἶναι κεκορεσμένοι*, ἡ δὲ πίεσις αὐτῶν λέγεται *τάσις τῶν κεκορεσμένων ἀτμῶν* (σχ. 132 δ).

Ἐὰν ὑψώσωμεν τὸν σωλῆνα ἐντὸς τῆς λεκάνης, οὕτως ὥστε νὰ αὐξηθῇ ὁ διαθέσιμος εἰς τοὺς ἀτμοὺς χῶρος, νέοι ἀτμοὶ παράγονται καὶ ἡ περίσσεια τοῦ ὑγροῦ ἐλαττοῦται.

Ἐφ' ὅσον ὅμως ὑπάρχει ἀκόμη ὑγρόν, ἐφ' ὅσον δηλαδὴ ὁ χῶρος εἶναι κεκορεσμένος ἀτμῶν, τὸ ὕψος τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης παραμένει σταθερόν. Ἐὰν ἐξακολουθήσωμεν νὰ ἀνασύρωμεν τὸν σωλῆνα, τὸ ὑγρὸν ἐξατμίζεται ἐξ ὁλοκλήρου (σχ. ε). Ὁ χῶρος τότε δὲν εἶναι κεκορεσμένος ἀτμῶν, ἢ *οἱ ἀτμοί εἶναι ἀκόρεστοι*. Ὁ ὑδράργυρος ἀνέρχεται ἐντὸς τοῦ σωλῆνος. Ἄρα ἡ τάσις τῶν ἀκορέστων ἀτμῶν, εἶναι μικροτέρα τῆς τάσεως τῶν κεκορεσμένων. (Ἐννοεῖται, ἐφ' ὅσον ἡ θερμοκρασία τῶν ἀκορέστων καὶ τῶν κεκορεσμένων εἶναι ἡ αὐτή. Διότι, ὡς εἴπομεν ἀνωτέρω, ἡ τάσις αὐξάνεται μετὰ τῆς θερμοκρασίας).

192. Ἐξάρτησις τοῦ κορεσμοῦ χώρου τινὸς ἐκ τῆς θερμοκρασίας του. Ἐὰν θερμάνωμεν χῶρον κεκορεσμένον ἀτμῶν, παρατηροῦμεν ὅτι τὸ περισσότερον ὑγρὸν ἐξατμίζεται. Ὅταν δὲ ἀφήσωμεν αὐτὸν νὰ ψυχθῇ, ἀναφαίνεται πάλιν τὸ ὑγρόν, τὸ ὁποῖον προέρχεται ἐκ τῆς συμπυκνώσεως μέρους τῶν ἀτμῶν. Ὁ αὐτὸς χῶρος ἑπομένως δύναται νὰ συγκρατήσῃ μεγαλειτέραν ποσότητα ἀτμῶν ὅταν εἶναι θερμὸς παρὰ ὅταν εἶναι ψυχρός.

193. Ἐξάρτησις τῆς τάσεως τῶν κεκορεσμένων ἀτμῶν ἐκ τῆς φύσεως τοῦ ὑγροῦ. Ἡ τάσις τῶν κεκορεσμένων ἀτμῶν εἶναι διάφορος, ὅταν οἱ ἀτμοὶ προέρχονται ἐκ διαφόρων ὑγρῶν.

Τοῦτο βλέπομεν ἐὰν εἰσαγάγωμεν εἰς τρεῖς βαρομετρικοὺς σωλῆνα 1,2,3 (σχ. 133), τρία διάφορα ὑγρά. Π.χ. κατὰ σειρὰν ὕδωρ, οἰνόπνευμα καὶ αἰθέρα εἰς ἀρκετὴν ποσότητα, ὥστε νὰ ἔχωμεν κεκορεσμένους ἀτμούς. Παρατηροῦμεν ὅτι μεγίστη εἶναι ἡ τάσις τῶν ἀτμῶν τοῦ αἰθέρος, ἐλαχίστη δὲ τῶν τοῦ ὕδατος.

Τὰ ὑγρά, τῶν ὁποίων ἡ τάσις τῶν κεκορεσμένων ἀτμῶν εἶναι μεγάλη, λέγονται *πτητικά*. Λίαν πτητικὰ ὑγρὰ εἶναι τὸ οἰνόπνευμα καὶ ὁ αἰθήρ.

Μετὰ τὴν μελέτην τῶν ἰδιοτήτων τῶν ἀτμῶν ἐννοοῦμεν καλλίτερον τὴν ἐπίδρασιν τῆς πιέσεως καὶ τῆς θερμοκρασίας ἐπὶ τῆς ἐξατμίσεως.

Ἀτμοὶ πάντοτε τείνουν νὰ ἐξέλθουν ἐκ τοῦ ὑγροῦ καὶ κατορθώνουν τοῦτο, ὅταν ἡ τάσις των εἶναι κατά τι μεγαλυτέρα τῆς ἐξωτερικῆς πιέσεως, τὴν ὁποίαν ἔχουν νὰ ὑπερνικήσουν.

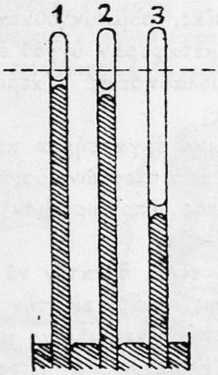
Ὅταν ἡ ἐξωτερικὴ πίεσις αὐξάνεται, πρέπει νὰ αὐξηθῇ καὶ ἡ τάσις τῶν ἀτμῶν διὰ νὰ γίνῃ ἐξάτμισις, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον κατορθοῦται, ὡς εἴδομεν, δι' αὐξήσεως τῆς θερμοκρασίας τοῦ ὑγροῦ.

Εἰς τὸ βαρομετρικὸν κενόν, ὅπου ἡ ἐξωτερικὴ πίεσις εἶναι μηδέν, ἡ ἐξάτμισις γίνεται ταχύτατα εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ δωματίου, ὅπου ἐκτελοῦμεν τὸ πείραμα.

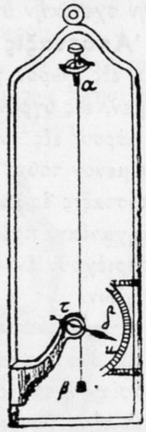
Τὴν ἐξάτμισιν ἐπιταχύνει ρεῦμα ἀέρος, διότι ὁ παρὰ τὸ ὑγρὸν ἀὴρ κορέννυται ὑδρατμῶν καὶ ἐμποδίζει τὴν παραιτέρω ἐξάτμισιν. Ἐὰν ὅμως ἔλθῃ νέος ἀκόρεστος ἀήρ, ἐπαναρχίζει ζωηροτέρα.

194. Ὑγρομετρία. Ὁ ἀτμοσφαιρικὸς ἀὴρ περιέχει πάντοτε ὑδρατμούς, ἄλλοτε εἰς μικρὰν καὶ ἄλλοτε εἰς μεγάλην ποσότητα, προερχομένους ἐκ τῆς διαρκοῦς ἐξατμίσεως τῶν γηΐνων ὑδάτων.

Τοὺς ὑδρατμοὺς τῆς ἀτμοσφαίρας ἀντιλαμβανόμεθα ὡς νέφη εἰς τὰ ὑψηλὰ στρώματα ἢ συμπεπυκνωμένους ἐπὶ ψυχρῶν ἐπι-



Σχ. 133.



Σχ. 134.

φανειῶν εἰς τὰ χαμηλά, ὅπως κατὰ τὸν χειμῶνα ἐπὶ τῶν ἐσωτερικῶν ἐπιφανειῶν τῶν ὑάλων τῶν παραθύρων συμπυκνοῦνται οἱ ἐκ τῆς ἀναπνοῆς προερχόμενοι ὑδρατμοὶ τοῦ δωματίου.

Ὑγρομετρία λέγεται ἡ μέτρησις τοῦ ποσοῦ τῶν ὑδρατμῶν τοῦ ἀέρος.

Ἀπόλυτος ὑγρασία τοῦ ἀέρος καλεῖται τὸ ποσὸν τῶν ὑδρατμῶν, τοὺς ὁποίους περιέχει ἓν m^3 ἀέρος.

Σχετικὴ δὲ ὑγρασία καλεῖται τὸ πηλίκον τῶν ὑδρατμῶν, τοὺς ὁποίους περιέχει ὁ ἀήρ, πρὸς ἐκείνους τοὺς ὁποίους θὰ εἶχεν, ἐὰν ἦτο *κεκορεσμένος ὑπὸ τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν*.

Τὰ ὄργανα διὰ τῶν ὁποίων μετρεῖται ἡ ὑγρασία τοῦ ἀέρος, λέγονται *ὑγρόμετρα*.

Ἁπλούστατον ὑγρόμετρον εἶναι τὸ *διὰ τριχὸς* τοῦ Saussure (σχ. 134).

Τοῦτο στηρίζεται ἐπὶ τῆς ἰδιότητος, τὴν ὁποίαν ἔχει ἡ θρὶξ νὰ ἐπιμηκύνεται, ὅταν ὑγραίνεται, καὶ νὰ ἐπιβραχύνεται πάλιν ξηραινομένη. Τὸ ἓν ἄκρον α τῆς τριχὸς εἶναι στηριγμένον ἀκλονήτως· τὸ δὲ ἄλλο διέρχεται διὰ τῆς αὔλακος μικρᾶς τροχαλίας τ καὶ φέρει μικρὸν βάρος β, διὰ νὰ κρατῇ τὴν τρίχα τεταμένην. Εἰς τὸν ἄξονα τῆς τροχαλίας εἶναι προσηρμοσμένος δείκτης δ κινούμενος ἐνώπιον κλίμακος κ.

Ἡ θέσις τῆς κλίμακος, πρὸ τῆς ὁποίας σταματᾷ ὁ δείκτης, δεικνύει τὴν σχετικὴν ὑγρασίαν.

195. Ἀπόσταξις. Ὅταν οἱ ἀτμοὶ ἀτμοποιηθέντος ὑγροῦ μεταβαίνουν εἰς χῶρον χαμηλῆς θερμοκρασίας, συμπυκνοῦνται, ὡς γνωρίζομεν, εἰς ὑγρόν. Ἔχομεν δηλαδὴ μεταφορὰν ὑγροῦ ἐκ θερμοτέρου μέρους εἰς ψυχρότερον διὰ μεσολαβήσεως ἐξαερώσεως. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται *ἀπόσταξις*.

Ἡ ἀπόσταξις ἐφαρμόζεται εἰς τὰ χημικὰ ἐργαστήρια καὶ εἰς τὴν βιομηχανίαν, πρὸς καθαρισμὸν ὑγρῶν ἀπὸ στερεῶν οὐσιῶν, τὰς ὁποίας περιέχουν ἐν διαλύσει, ἢ καὶ πρὸς ἀποχωρισμὸν ὑγρῶν ἀπ' ἀλλήλων.

Π.χ. μῖγμα οἰνοπνεύματος καὶ ὕδατος εἶναι δυνατὸν νὰ χωρισθῇ εἰς τὰ συστατικά του δι' ἀποστάξεως. Διότι εἰς τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν ἡ τάσις τῶν ἀτμῶν τοῦ οἰνοπνεύματος εἶναι μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν τῶν ἀτμῶν τοῦ ὕδατος. Ἑπομένως θ' ἀποσταχθῇ πρῶτον τὸ οἰνόπνευμα καὶ θὰ μείνῃ εἰς τὸν βραστῆρα τὸ ὕδωρ.

Ἡ ἀποστακτικὴ συσκευὴ ἢ *ἀποστακτὴρ* ἀποτελεῖται ἀπὸ τὸν λέβητα, ἐντὸς τοῦ ὁποίου γίνεται ἡ ἀτμοποίησις, καὶ ἀπὸ τὸν ψυκτῆρα, ὅπου ψύχονται οἱ ἀτμοὶ καὶ συμπυκνοῦνται.

Ὁ ψυκτὴρ εἶναι σωλὴν ὀφιοειδής, ἐντὸς τοῦ ὁποίου κυκλοφορεῖ ψυχρὸν ὕδωρ (σχ. 135).

Οἱ ἀτμοὶ διοχετεύονται εἰς τὸν ὀφιοειδῆ σωλῆνα. Ἡ κυκλοφορία τοῦ ψυχροῦ ὕδατος περὶ τὸν ὀφιοειδῆ σωλῆνα ἐπιταχύνει τὴν ψῦξιν.

Μετάδοσις τῆς θερμότητος

196. Τρόποι μεταδόσεως τῆς θερμότητος. Γνωρίζομεν ὅτι ἔκ τινος σώματος θερμοτέρου μεταβαίνει θερμότης εἰς ψυχρότερον.

Οἱ τρόποι τῆς μεταδόσεως τῆς θερμότητος ἔκ τινος σώματος εἰς ἄλλο, ἢ ἔκ τινος σημείου εἰς ἄλλο τοῦ αὐτοῦ σώματος, εἶναι τρεῖς :

1) δι' ἀγωγῆς

2) διὰ μεταφορᾶς

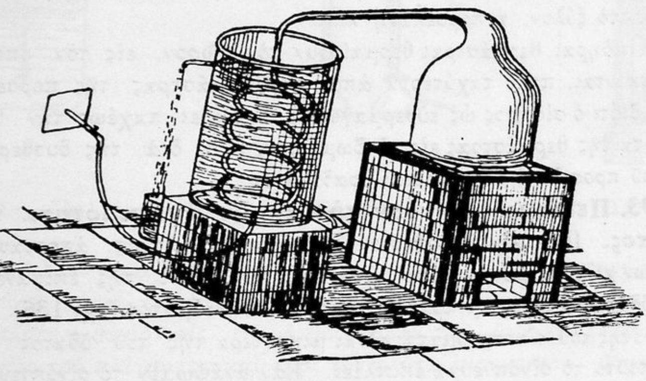
3) δι᾽ ἀκτινοβολίας

Θὰ ἐξετάσωμεν ἰδιαιτέρως ἕνα ἕκαστον.

197. 1ος τρόπος. Ἀγωγή. Δι᾽ ἀγωγῆς λέγομεν ὅτι μεταβαίνει ἡ θερμότης ἔκ τινος σημείου εἰς ἄλλο, ὅταν εἰς τὸ μεταξὺ διάστημα ὑπάρχει ὕλη καὶ διὰ τὴν μετάδοσιν τῆς θερμότητος δὲν τίθεται αὕτη εἰς κίνησιν.

Π.χ. Ὅταν θερμαίνωμεν τὸ ἓν ἄκρον ῥάβδου, ἡ θερμότης διὰ τῆς ὕλης τῆς ῥάβδου ἄγεται μέχρι τοῦ ἑτέρου ἄκρου.

Θερμαίνεται ἐν ἀρχῇ τὸ τμῆμα τῆς ῥάβδου, τὸ πλησιέστερον πρὸς τὸ θερμαινόμενον ἄκρον. Ἐκ τούτου, τὸ ἀμέσως πλησιέστερον καὶ οὕτω προχωρεῖ ἡ θέρμανσις καθ᾽ ὅλην τὴν ῥάβδον.



Σχ. 135.

Γενικῶς ὅλα τὰ σώματα ἄγουν τὴν θερμότητα, ἀλλ᾽ οὐχὶ ἐξ ἴσου εὐκόλως. Δὲν ἔχουν δηλαδὴ ὅλα τὴν αὐτὴν ἀγωγιμότητα.

Ἂν ἐκθέσωμεν εἰς τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν τὰ ἄκρα μιᾶς ῥάβδου ὑαλίνης καὶ ἑτέρας μεταλλίνης, τοῦ αὐτοῦ μήκους, παρατηροῦμεν ὅτι θερμαίνεται ταχύτατα τὸ ἄλλο ἄκρον τῆς μεταλλίνης ῥάβδου, ἐνῷ τῆς ὑαλίνης μετὰ πάροδον ἀρκετοῦ χρόνου. Ἄρα ἡ ἀγωγιμότης τῆς μεταλλίνης ῥάβδου εἶναι μεγαλμτέρα ἀπὸ τὴν ἀγωγιμότητα τῆς ὑαλίνης.

Ἀναλόγως τῆς ἀγωγιμότητός των τὰ σώματα διαιροῦνται εἰς *καλοὺς καὶ κακοὺς ἀγωγοὺς* τῆς θερμότητος, ἢ *εὐθερμαγωγὰ καὶ δυσθερμαγωγά*.

Οἱ καλύτεροι ἀγωγοὶ τῆς θερμότητος εἶναι τὰ μέταλλα καὶ ἐξ αὐτῶν κατὰ σειρὰν ὁ ἄργυρος, ὁ χαλκός, ὁ χρυσός, τὸ ἀργίλλιον κλπ.

Τὰ ὑγρὰ γενικῶς ἔχουν μικρὰν ἀγωγιμότητα. Τοῦ ὕδατος π.χ. ἡ ἀγωγιμότης εἶναι περίπου τὸ 0,001 τῆς τοῦ ἀργύρου, τοῦ δὲ οἰνοπνεύματος, τοῦ ἐλαίου καὶ τοῦ πετρελαίου ἀκόμη μικροτέρα.

Τὴν μεγαλυτέραν ἀγωγιμότητα ἐξ ὅλων τῶν ὑγρῶν ἔχει ὁ ὑδράργυρος (ὑγρὸν μέταλλον) τὸ 0,02 τῆς τοῦ ἀργύρου.

Τὰ ἀέρια εἶναι περισσότερον καὶ τῶν ὑγρῶν κακοὶ ἀγωγοί. Τοῦ ἀέρος ἡ ἀγωγιμότης εἶναι μόλις τὰ 0,00005 τῆς τοῦ ἀργύρου. Πολὺ κακὸς ἀγωγὸς τῆς θερμότητος εἶναι χῶρος, ἀπὸ τοῦ ὁποίου ἔχει ἀφαιρεθῆ ὁ ἀήρ.

Ἐκ τῶν στερεῶν κακοὶ ἀγωγοὶ εἶναι ὁ φελλός, ὁ χάρτης, ἡ ὕαλος, τὸ ξύλον, ἡ πορσελάνη κλπ.

Αἱ σιδηραῖ θερμάστραι θερμαίνουν τὸν χῶρον, εἰς τὸν ὁποῖον εὑρίσκονται, πολὺ ταχύτερον ἀπὸ τὰς θερμάστρας τῆς πορσελάνης, διότι ὁ σίδηρος ὡς εὐθερμαγωγὸς διαδίδει ταχέως τὴν θερμότητα τῆς θερμάστρας εἰς τὸ δωμάτιον, ἐνῷ διὰ τῆς δυσθερμαγωγοῦ προσελάνης διαδίδεται βραδύτατα.

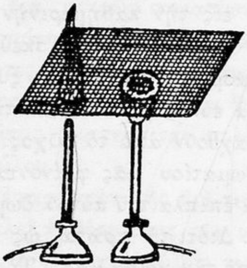
198. Πείραμα δεικνῦον τὴν κακὴν ἀγωγιμότητα τοῦ ὕδατος. Πληροῦμεν ποτήριον δι᾽ ὕδατος, μέχρις ἀποστάσεως ὀλίγων χιλιοστομέτρων ἀπὸ τῶν χειλέων. Ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος χύνομεν μικρὰν ποσότητα οἰνοπνεύματος (σχ. 136). Ἡ πυκνότης τοῦ οἰνοπνεύματος εἶναι μικροτέρα τῆς τοῦ ὕδατος καὶ διὰ τοῦτο τὸ οἰνόπνευμα ἐπιπλέει. Ἐὰν ἀνάψωμεν τὸ οἰνόπνευμα, παρατηροῦμεν ὅτι θερμόμετρον βυθισμένον ἐντὸς τοῦ ὕδατος δὲν δεικνύει αὔξησιν τῆς θερμοκρασίας. Ἑπομένως ἡ θερμότης ἡ ἀναπτυσσομένη ἐκ τῆς καύσεως τοῦ οἰνοπνεύματος δὲν ἄγεται διὰ τοῦ ὕδατος καὶ δὲν δύναται νὰ φθάσῃ μέχρι τοῦ θερμομέτρου.

199. Πείραμα δεικνῦον τὴν μεγάλην ἀγωγιμότητα τοῦ χαλκοῦ. Ἐὰν καλύψωμεν φλόγα φωταερίου διὰ πλέγματος χαλκοῦ, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχ. 137, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ φλὸξ δὲν διατηρεῖται ἄνωθεν τοῦ πλέγματος. Τοῦτο συμβαίνει, διότι τὸ πλέγμα τοῦ χαλκοῦ διαχέει ταχέως εἰς τὸ περιβάλλον τὴν ὑπὸ τῆς φλογὸς παραγομένην θερμότητα καὶ δὲν ἀφήνει αὐτὴν νὰ συγκεντρωθῇ ἄνωθεν τοῦ πλέγματος. Διὰ τοῦτο τὸ ὑπεράνω τοῦ πλέγματος φωταέριον μὴ θερμαινόμενον ἀρκετὰ δὲν ἀναφλέγεται. Τὸ πλέγμα οὐδόλως ἐμποδίζει τὴν δίοδον τοῦ φωταερίου.

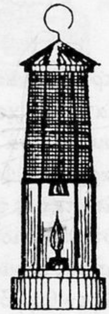
Περὶ τούτου πειθόμεθα ἂν θέσωμεν αὐτὸ ἄνωθεν τοῦ στομίου λύχνου φωταερίου ἐσβεσμένου, ὁπότε ἄνωθεν μὲν τοῦ πλέγματος δυνάμεθα νὰ ἀνάψωμεν τὸ φωτκέριον, ὑπ᾽ αὐτὸ ὅμως δὲν ἀναφλέγεται, δι᾽ ὃν λόγον ἀνεφέραμεν προηγουμένως.

200. Λυχνία Davy. Εἰς τὰ ἀνθρακωρυχεῖα ἐκλύεται πολὺ συχνὰ *μεθάνιον*, ἀέριον λίαν ἐπικίνδυνον, διότι ἀποτελεῖ μετὰ τοῦ ἀέρος ἐκρηκτικὸν μῖγμα, ἀναφλεγόμενον μὲ τὰς λυχνίας τῶν ἐργατῶν καὶ προκαλοῦν καταστρεπτικὰς ἐκρήξεις.

Σχ. 136.



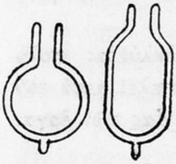
Σχ. 137.



Σχ. 138.

Ὁ Davy κατεσκεύασε προφυλακτικὴν λυχνίαν, στηριζομένην ἐπὶ τῆς μεγάλης ἀγωγιμότητος τοῦ χαλκοῦ (σχ. 138). Ὅταν ὑπάρξῃ μεθάνιον εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν τοῦ ἀνθρακωρυχείου, τὸ ἐντὸς τοῦ πλέγματος καὶ περὶ τὴν φλόγα ἐκρηκτικὸν μῖγμα ἀναφλέγεται. Δὲν ἀνυψοῦται ὅμως μέχρις ἀναφλέξεως καὶ ἡ θερμοκρασία τῆς ἐκτὸς τοῦ λύχνου ἐκρηκτικῆς ἀτμοσφαίρας, διότι ἡ θερμότης ἡ προκληθεῖσα ὑπὸ τῆς ἀναφλέξεως διασκορπίζεται ὑπὸ τοῦ πλέγματος. Ἡ θερμοκρασία ἀναφλέξεως τοῦ μίγματος εἶναι περίπου 700°. Ὅταν ἡ ἀτμόσφαιρα τοῦ ἀνθρακωρυχείου εἶναι πλήρης μεθανίου, ἡ φλὸξ τοῦ λύχνου δὲν ἔχει τὸν ἀπαιτούμενον διὰ τὴν καῦσιν ἀέρα καὶ σβέννυται. Ἐκ τῆς ἀποσβέσεως τῆς φλογὸς ἀντιλαμβάνονται οἱ ἐργάται τὴν ὕπαρξιν τοῦ ἐπικινδύνου ἀερίου καὶ ἐγκαταλείπουν τὰ ὀρυχεῖα.

201. Δοχεῖα Ντγιούαρ (Dewar). Ἐφαρμογὴ τῆς κακῆς ἀγωγιμότητος τοῦ κενοῦ ἀέρος χώρου γίνεται εἰς τὰ δοχεῖα τοῦ Dewar, τὰ ὁποῖα εἶναι δοχεῖα μὲ διπλᾶ ὑάλινα τοιχώματα. Τομὰς δύο τοιούτων δοχείων παριστᾶ τὸ σχῆμα 139. Ἀπὸ τὸ διάμεσον τῶν τοιχωμάτων ἔχει ἀφαιρεθῆ ὁ ἀήρ, ὥστε εἶναι πολὺ δύσκολος ἡ ἐναλλαγὴ θερμότητος μὲ τὸ περιβάλλον.



Σχ. 139.

Εἰς τοιαῦτα δοχεῖα συλλέγονται τὰ ὑγροποιημένα ἀέρια, χρησιμοποιοῦνται δὲ καὶ πρὸς διατήρησιν θερμῶν καὶ ψυχρῶν τροφῶν ἐπ' ἀρκετὰς ὥρας.

Πλεῖσται ἄλλαι ἐφαρμογαὶ τῆς καλῆς ἢ κακῆς ἀγωγιμότητος τῶν σωμάτων γίνονται εἰς τὴν καθημερινὴν ζωήν.

Τὰ μαγειρικὰ σκεύη, αἱ θύραι τῶν θερμαστρῶν, εἶναι ἐφωδιασμέναι μὲ λαβὰς ξυλίνας ἢ ἐκ πορσελάνης. Κατὰ τὸν χειμῶνα τὰ εὐπαθῆ φυτὰ καλύπτονται μὲ στρῶμα ἀχύρου, διὰ νὰ προφυλαχθοῦν ἀπὸ τὸ ψῦχος. Τὰ μέταλλα ἢ τὰ μάρμαρα ἑνὸς ψυχροῦ δωματίου μᾶς φαίνονται ψυχρότερα ἀπὸ τοὺς τάπητας ἢ τὰ ξύλινα ἔπιπλα τοῦ αὐτοῦ δωματίου, ἂν καὶ ἔχουν τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν. Διότι τὰ πρῶτα, ὡς εὐθερμαγωγά, ἀφαιροῦν ταχέως θερμότητα ἀπὸ τὴν χεῖρά μας. Τὸ ἀντίθετον συμβαίνει εἰς χῶρον θερμότερον τοῦ σώματός μας.

202. 2ος τρόπος. Μεταφορὰ τῆς θερμότητος. Μεταφορὰ τῆς θερμότητος καλεῖται ἡ μετάδοσις αὐτῆς διὰ κινουμένης ὕλης. Διὰ μεταφορᾶς θερμαίνονται τὰ ὑγρὰ καὶ τὰ ἀέρια.

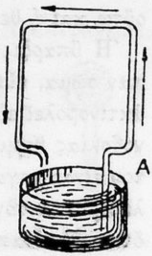
Ὅταν θέσωμεν ἄνωθεν τῆς πυρᾶς δοχεῖον μὲ ὕδωρ, θερμαίνεται πρῶτον τὸ δοχεῖον δι' ἀγωγῆς. Ἐκ τοῦ δοχείου πάλιν δι' ἀγωγῆς μεταδίδεται ἡ θερμότης εἰς τὸ παρὰ τὸ πυθμένα ὕδωρ, τὸ ὁποῖον καθιστάμενον διὰ τῆς θερμότητος ἀραιότερον ἀνέρχεται, ἐνῷ ψυχρὸν ὕδωρ ἔρχεται καὶ καταλαμβάνει τὴν θέσιν του. Τοῦτο θερμαίνεται ὁμοίως καὶ ἀνέρχεται καὶ οὕτω καθ' ἑξῆς διὰ τῶν συνεχῶν ρευμάτων ἐπέρχεται ἡ θέρμανσις ὁλοκλήρου τῆς μάζης τοῦ ὕδατος.

Τὰ ρεύματα ταῦτα παρακολουθοῦμεν εὐκόλως, ἂν θερμάνωμεν τὸ ὕδωρ ἐντὸς ὑαλίνου δοχείου καὶ ρίψωμεν ἐντὸς ρινίσματα ξύλου ἢ ἄλλα ἐλαφρὰ σωμάτια.

Ἐπίσης διακρίνομεν τὰ ρεύματα διὰ τοῦ ἑξῆς πειράματος:

Τὸν σωλῆνα τοῦ σχήματος 140 πληροῦμεν ὕδατος καὶ βυθίζομεν τὸ ἓν σκέλος του ἐντὸς λεκάνης περιεχούσης ὕδωρ χρωματισμένον. Ἂν θερμάνωμεν τὴν γωνίαν Α, παρατηροῦμεν ὅτι τὸ χρωματισμένον ὕδωρ τῆς λεκάνης ἀνέρχεται καὶ σχηματίζεται ρεῦμα κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῶν βελῶν, ἐκ δὲ τοῦ ἄλλου σκέλους ῥέει θερμὸν ὕδωρ.

Εἰς τὰ ἀέρια ἡ μετάδοσις τῆς θερμότητος γίνεται κυρίως διὰ μεταφορᾶς. Διὰ τοῦτο ἂν ἐμποδίσωμεν τὴν παραγωγὴν ρευμάτων ἐντὸς χώρου πλήρους ἀέρος, ἐμποδίζομεν πάρα πολὺ τὴν μετάδοσιν τῆς θερμότητος. Παρακωλύομεν δὲ τὴν κίνησιν τοῦ ἀέρος πληροῦντες τὸν χῶρον διὰ πιτύρου, ἀχύρου, βάμβακος καὶ ἐν γένει διὰ μικρῶν σωματίων, *κακῶν ἀγωγῶν τῆς θερμότητος*, διότι ἂν εἶναι καλοὶ ἀγωγοί, ἐμποδίζοντες τὴν διὰ ρευμάτων μετάδοσιν τῆς θερμότητος, εὐκολύνομεν τὴν δι᾽ ἀγωγῆς. Οὕτω π.χ. ὁ πάγος διατηρεῖται πολὺ καλὰ ἐντὸς πριονιδίων ξύλου.



Σχ. 140

Σπουδαίαν πρακτικὴν ἐφαρμογὴν τῆς διὰ μεταφορᾶς μεταδόσεως τῆς θερμότητος ἀποτελεῖ ἡ θέρμανσις τῶν οἰκιῶν διὰ τῆς κυκλοφορίας θερμοῦ ὕδατος ἐντὸς καταλλήλως τοποθετημένων σωλήνων (καλοριφέρ).

Ἡ ἐξίσωσις τῆς θερμοκρασίας εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τῶν οἰκιῶν γίνεται σχεδὸν ἀποκλειστικῶς διὰ μεταφορᾶς θερμοῦ ἀέρος ἀπὸ ἑνὸς δωματίου εἰς ἄλλο. Τὰ ρεύματα, οἱ ἄνεμοι ὀφείλονται εἰς τὴν διαφορὰν τῆς θερμοκρασίας μεταξὺ δύο χώρων.

Ἐπίσης ἡ θερμαντικὴ ἐπίδρασις τῶν ἐνδυμάτων ὀφείλεται κυρίως εἰς τὸ ὅτι δι᾽ αὐτῶν ἐμποδίζεται ἡ κυκλοφορία τοῦ ἀέρος περὶ τὸ σῶμά μας.

203. 3ος τρόπος. Ἀκτινοβολία τῆς θερμότητος. Κατὰ τὴν μετάδοσιν τῆς θερμότητος δι᾽ ἀγωγῆς καὶ διὰ μεταφορᾶς ὑπάρχει ἀνάγκη ὑλικοῦ σώματος, μέσῳ τοῦ ὁποίου μεταδίδεται ἡ θερμότης. Γνωρίζομεν ὅμως ὅτι ἐναλλαγὴ θερμότητος λαμβάνει χώραν καὶ μεταξὺ σωμάτων, μεταξὺ τῶν ὁποίων δὲν ὑπάρχει ὕλη.

Ἡ ἡλιακὴ θερμότης ἔρχεται εἰς τὴν γῆν, ἐνῷ εἰς τὸ μεταξὺ ἡλίου καὶ Γῆς διάστημα, δὲν ὑπάρχει ὕλη. Ἂν ἔχωμεν θερμόμετρον ἐντὸς ὑαλίνης σφαίρας, ἀπὸ τὴν ὁποίαν ἀφῃρέθη ὁ ἀήρ, καὶ θέσωμεν αὐτὸ ἀπέναντι θερμοῦ σώματος, παρατηροῦμεν ὅτι δεικνύει αὔξησιν τῆς θερμοκρασίας. Ἄρα ἡ θερμότης μετεδόθη ἐντὸς τῆς σφαίρας.

Ὁ τρόπος οὗτος τῆς μεταδόσεως τῆς θερμότητος εἶναι ὅμοιος πρὸς τὸν τρόπον μεταδόσεως τοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον δὲν ἔχει ἀνάγκην ὕλης διὰ τὴν μετάδοσίν του, καλεῖται δὲ *μετάδοσις δι' ἀκτινοβολίας*. Ὅπως διὰ τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων μεταδίδεται τὸ φῶς οὕτω καὶ ἡ θερμότης διὰ τῶν *θερμικῶν ἀκτίνων*.

Ἡ ὕπαρξις ὕλης δὲν ἐμποδίζει τὴν θερμικὴν ἀκτινοβολίαν. Οὕτω πᾶν σῶμα, εἴτε ὑπάρχει περὶ αὐτὸ ἀὴρ καὶ γενικῶς ὕλη εἴτε ὄχι, ἀκτινοβολεῖ εἰς τὸ περιβάλλον θερμότητα καὶ λαμβάνει δι' ἀκτινοβολίας θερμότητα ἐκ τοῦ περιβάλλοντος. Ὅταν ἡ θερμοκρασία του εἶναι μεγαλυτέρα τῆς τοῦ περιβάλλοντος, ἀκτινοβολεῖ μεγαλύτερον ποσὸν θερμότητος, ἢ ὅσον δέχεται ἐκ τοῦ περιβάλλοντος, ὅταν δὲ εἶναι μικροτέρα ἀκτινοβολεῖ μικρότερον ποσὸν θερμότητος ἐκείνου, τὸ ὁποῖον δέχεται ἐκ τοῦ περιβάλλοντος.

* **204. Ἀναλογία θερμικῶν ἀκτίνων πρὸς τὰς φωτεινὰς** ... Γνωρίζομεν ὅτι ὑπάρχουν σώματα ἐπιτρέποντα τὴν διάβασιν τοῦ φωτός, διὰ τῆς μάζης των, *τὰ διαφανῆ*, καὶ ἄλλα ἐμποδίζοντα τοῦτο, *τὰ ἀδιαφανῆ*. Καὶ πρὸς τὴν θερμικὴν ἀκτινοβολίαν ἐπίσης, δὲν φέρονται ὁμοίως ὅλα τὰ σώματα. Ἔχομεν σώματα ἐπιτρέποντα τὴν δίοδον τῶν θερμικῶν ἀκτίνων, τὰ *διάθερμα*, καὶ ἄλλα ἐμποδίζοντα αὐτήν, *τὰ ἀδιάθερμα*.

Π. χ. τὸ ὀρυκτὸν ἅλας, ἡ ὕαλος, εἶναι σώματα διάθερμα. Διὰ τοῦτο τὸ ὀρυκτὸν ἅλας χρησιμοποιεῖται πρὸς μελέτην τῶν νόμων, κατὰ τοὺς ὁποίους διαδίδονται αἱ θερμικαὶ ἀκτῖνες, ὅπως ἡ ὕαλος χρησιμοποιεῖται διὰ τὰς φωτεινὰς ἀκτῖνας.

Οἱ νόμοι διαδόσεως τῶν θερμικῶν ἀκτίνων εἶναι ἐντελῶς ὅμοιοι πρὸς τοὺς νόμους τῆς διαδόσεως τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων. Καὶ αἱ θερμικαὶ ἀκτῖνες διαδίδονται εὐθυγράμμως, ἀνακλῶνται καὶ διαθλῶνται ὅπως αἱ φωτειναί.

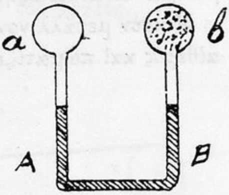
Ἡ ἔντασις τῆς ὑπό τινος σώματος ἀκτινοβολουμένης θερμότητος ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς φύσεως τῆς ἐπιφανείας αὐτοῦ. Αἰθαλωμένη καὶ γενικῶς σκοτεινὴ ἐπιφάνεια ἀκτινοβολεῖ ἐντατικώτερον λευκῆς. Ἐπίσης ἡ τραχεῖα ἐντατικώτερον τῆς λείας καὶ στιλπνῆς. Τοῦτο φαίνεται διὰ τοῦ ἑξῆς πειράματος:

Πληροῦμεν θερμοῦ ὕδατος μετάλλινον κύβον, τοῦ ὁποίου ἡ μία ἐκ τῶν κατακορύφων ἐπιφανειῶν εἶναι λεία καὶ στιλπνή, ἡ δευτέρα τραχεῖα, ἡ τρίτη λευκὴ καὶ ἡ τέταρτη αἰθαλωμένη, Ἐὰν εἰς ἴσας ἀποστάσεις ἀπὸ τῶν τεσσάρων ἐπιφανειῶν θέσωμεν τέσσαρα

* Ἡ παράγραφος αὕτη δύναται νὰ παραλειφθῇ.

θερμόμετρα Τ, παρατηροῦμεν ὅτι τὸ ἀπέναντι τῆς αἰθαλωμένης πλευρᾶς θερμόμετρον δεικνύει ταχύτατα αὔξησιν τῆς θερμοκρασίας, βραδύτερον τὸ ἀπέναντι τῆς τραχείας, ἐνῷ τὸ ἀπέναντι τῆς λείας βραδύτερον ὅλων.

205. Σχέσις ἀπορροφήσεως καὶ ἐκπομπῆς. Αἱ ἐπιφάνειαι, αἱ ὁποῖαι ἀκτινοβολοῦν ἐντατικῶς, ἀπορροφοῦν καὶ μέγα ποσὸν θερμότητος, ὅταν τεθοῦν ἀπέναντι θερμοτέρου σώματος.



Σχ. 141.

Γνωρίζομεν ὅτι ἡ αἰθαλωμένη ἐπιφάνεια ἀκτινοβολεῖ ἐντατικῶς. Διὰ τοῦ ἑξῆς πειράματος βλέπομεν ὅτι καὶ ἀπορροφᾷ ἰσχυρῶς.

Δύο σφαῖραι ὑάλιναι (σχ. 141), ἐκ τῶν ὁποίων ἡ μία (ἡ β) εἶναι ἐξωτερικῶς αἰθαλωμένη, συγκοινωνοῦν δι᾽ ὑαλίνου σωλῆνος πλήρους ὕδατος. Ἂν τεθοῦν ἀπέναντι θερμοῦ σώματος, παρατηροῦμεν ὅτι τὸ ὕδωρ κατέρχεται εἰς τὸ σκέλος Β. Ἄρα ἡ β ἐθερμάνθη ταχύτερον τῆς α καὶ ὁ ἐντὸς αὐτῆς ἀὴρ διεστάλη. Ἂν τώρα θέσωμεν τὸ ἔργανον ἀπέναντι ψυχροτέρου σώματος, π.χ. πάγου ἡ β ἀκτινοβολεῖ ταχύτερον τὴν ἀπορροφηθεῖσαν θερμότητα ἢ ἡ α, ψύχεται ὁ ἐντὸς αὐτῆς ἀήρ, καὶ τό ὕδωρ ἀνέρχεται εἰς τὸ σκέλος Β.

Τὸ θέρος φοροῦμεν ἐνδύματα ἀνοικτοῦ χρώματος, διότι τὰ ἀνοικτοῦ χρώματος ἐνδύματα ἀπορροφοῦν ὀλιγώτερον τὴν θερμότητα τοῦ περιβάλλοντος. Αἱ θερμαὶ ἢ ψυχραὶ τροφαὶ (τέϊον, καφές, παγωτό), διατηροῦν πολὺ περισσότερον χρόνον τὴν θερμοκρασίαν των ἐντὸς δοχείων στιλπνῶν, διότι ταῦτα οὔτε ἀκτινοβολοῦν ἰσχυρῶς εἰς τὸ περιβάλλον τὴν θερμότητα τῶν ἐντὸς αὐτῶν θερμῶν τροφῶν, οὔτε ἀπορροφοῦν ἰσχυρῶς ἐκ τοῦ περιβάλλοντος θερμότητα, ὥστε νὰ θερμάνουν τὰς ἐντὸς ψυχρὰς τροφάς. Διὰ τοῦτο καὶ τὰ τοιχώματα τῶν δοχείων Ντγιούαρ εἶναι ἐντελῶς λεῖα καὶ ἐσωτερικῶς ἐπάργυρα, ὥστε ἀποτελοῦν κάτοπτρον καὶ οὕτω ἀκτινοβολοῦν ἐλάχιστα.

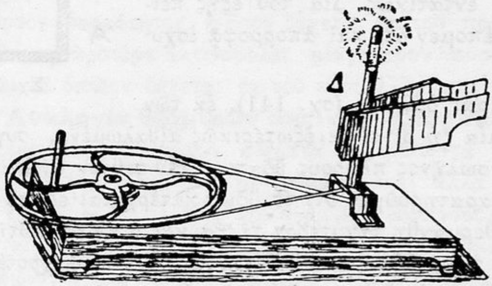
Θερμότης καὶ ἔργον.—Ἀτμομηχαναί.

206. Θερμότης καὶ ἔργον. Ὅταν τρίβωμεν τὰς χεῖράς μας θερμαίνονται. Ἡ πηγὴ τῆς θερμότητος ἐδῶ εἶναι τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον κάμνομεν τρίβοντες τὰς χεῖρας. Ἔχομεν λοιπὸν *μεταβολὴν τοῦ ἔργου εἰς θερμότητα.*

Ἐπίσης διὰ τῆς τριβῆς θερμαίνομεν τὰ πυρεῖα μέχρις ἀναφλέξεως. Ἂν κτυπήσωμεν ἐπανειλημμένως εἰς τὸ αὐτὸ μέρος, παρατηροῦμεν ὕψωσιν τῆς θερμοκρασίας του. Τὸ ἔργον τῆς κρούσεως μετεβλήθη εἰς θερμότητα.

Κλασσικὸν πείραμα δεικνῦον τὴν μεταβολὴν τοῦ ἔργου εἰς θερμότητα εἶναι τὸ ἑξῆς πείραμα τοῦ Tyndall.

Μικρὸν μετάλλινον κυλινδρικὸν δοχεῖον Δ (σχ. 142), πληροῦται αἰθέρος καὶ πωματίζεται διὰ φελλοῦ. Εἶτα τίθεται εἰς περιστρο-



Σχ. 142.

φικὴν κίνησιν, ἐνῷ πιέζεται ἠπίως διὰ ξυλίνης λαβίδος λ. Τοιουτοτρόπως, ἐκεῖ ὅπου ἐφαρμόζεται ἡ λαβίς, τὸ δοχεῖον ὑφίσταται ἰσχυρὰν τριβήν.

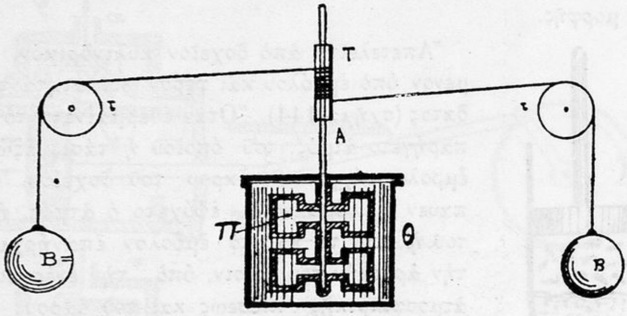
Μετ᾿ ὀλίγον τὸ δοχεῖον ἐκπωματίζεται ἀποτόμως, διότι διὰ τῆς τριβῆς ἀνεπτύχθη θερμότης, ἥτις προεκάλεσε τὴν ζέσιν τοῦ αἰθέρος καὶ τὴν ἐκτίναξιν τοῦ πώματος ὑπὸ τῶν ἀτμῶν αὐτοῦ.

207. Μηχανικὸν ἰσοδύναμον τῆς θερμότητος. Διὰ καταλλήλων πειραμάτων, εἰς τὰ ὁποῖα ἐμετρεῖτο τὸ καταναλισκόμενον ἔργον καὶ τὸ ἀναπτυσσόμενον ποσὸν τῆς θερμότητος, εὑρέθη ὅτι ὑπάρχει ὡρισμένη σχέσις μεταξὺ τῶν δύο τούτων ποσῶν. Δηλαδὴ ὡρισμένον ἔργον παράγει πάντοτε τὸ αὐτὸ ποσὸν θερμότητος.

Ἓν ἐκ τῶν πειραμάτων τούτων εἶναι τὸ τοῦ Joule.

Ἡ συσκευὴ Joule ἀποτελεῖται ἀπὸ θερμιδόμετρον Θ, φέρον ἄξονα Α, ἐπὶ τοῦ ὁποίου εἶναι προσκεκολλημένα πτερύγια Π (σχ. 143).

Εἰς τὸν ἄξονα τυλίγονται κατ᾿ ἀντίθετον φορὰν δύο νήματα, τὰ ὁποῖα στηρίζονται εἰς τὰς βοηθητικὰς τροχαλίας τ καὶ φέρουν εἰς τὰ ἄκρα δύο ἴσα βάρη. Ὅταν πίπτουν τὰ βάρη, παράγεται ἔργον (βλ. § 86). Τὸ ἔργον τοῦτο διὰ τῶν νημάτων μεταδίδεται εἰς τὸν ἄξονα, ὁ ὁποῖος περιστρέφεται. Ἐκ τῆς τριβῆς τῶν πτερυγίων πρὸς τὸ ὕδωρ τοῦ θερμιδομέτρου ἀναπτύσσεται θερμότης, ἡ ὁποία ἀνυψώνει τὴν θερμοκρασίαν τοῦ ὕδατος.



Σχ. 143.

Τὸ ἔργον ὑπολογίζομεν, ὡς γνωστόν, ἐκ τῶν βαρῶν καὶ τοῦ δρόμου. Ἐὰν π.χ. πίπτῃ βάρος 1 Kg ἀπὸ ὕψους 2 m. μέχρι τοῦ ἐδάφους, παράγεται ἔργον ἴσον πρὸς $1 \times 2 = 2$ χιλιογραμμόμετρα.

Τὸ ἀναπτυχθὲν ποσὸν θερμότητος προσδιορίζομεν διὰ τοῦ θερμιδομέτρου.

Ἐκ τῶν πειραμάτων εὑρέθη ὅτι διὰ νὰ παραχθῇ θερμότης ἴση πρὸς μίαν μεγάλην θερμίδα, πρέπει νὰ δαπανηθῇ ἔργον ἴσον πρὸς 427 περίπου χιλιογραμμόμετρα.

Τὸ ποσὸν τοῦτο τοῦ ἔργου λέγεται *μηχανικὸν ἰσοδύναμον τῆς θερμότητος*.

Ὅπως τὸ μηχανικὸν ἔργον παράγει θερμότητα, οὕτω δύναται καὶ ἡ θερμότης νὰ μεταβληθῇ εἰς μηχανικὸν ἔργον.

Ἡ δὲ σχέσις θερμότητος καὶ ἔργου εἶναι ἡ αὐτὴ τῆς ἀντιστρόφου μεταβολῆς. Δηλαδὴ μία μεγάλη θερμὶς παράγει ἔργον ἴσον πρὸς 427 χιλιογραμμόμετρα.

Ἁπλοῦν παράδειγμα παραγωγῆς ἔργου ὑπὸ τῆς θερμότητος ἔχομεν εἰς τὸ προηγούμενον πείραμα τοῦ Tyndall, ὅπου ἕνεκα τῶν ὑπὸ τῆς θερμότητος παραχθέντων ἀτμῶν ἐξετινάχθη τὸ πῶμα. Κυρίως ὅμως ἡ μετατροπὴ τῆς θερμότητος εἰς ἔργον γίνεται διὰ πολυπλοκωτέρων συσκευῶν, ὅπως αἱ ἀτμομηχαναί, τὰς ὁποίας θὰ ἐξετάσωμεν ἀμέσως.

208. Ἀτμομηχαναί. Εἰς τὰς ἀτμομηχανὰς ἡ θερμότης μετατρέπεται εἰς ἔργον δι᾽ ἐνδιαμέσου παραγωγῆς ἀτμῶν.

Δηλαδὴ ἡ θερμότης χρησιμεύει εἰς τὸ νὰ παράγῃ ἀτμόν, ὁ ὁποῖος χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν παραγωγὴν ἔργου. Ἡ πρώτη ἀτμομηχανὴ κατεσκευάσθη ὑπὸ τοῦ Παπίνου καὶ ἦτο ἁπλουστάτης μορφῆς.

Σχ. 144.

Ἀπετελεῖτο ἀπὸ δοχεῖον κυλινδρικόν, κλειόμενον ὑπὸ ἐμβόλου καὶ φέρον ποσότητά τινα ὕδατος (σχῆμα 144). Ὅταν ἐθερμαίνετο τὸ ὕδωρ, παρήγετο ἀτμός, τοῦ ὁποίου ἡ τάσις ἐξώθει τὸ ἔμβολον μέχρι τοῦ ἄκρου τοῦ δοχείου. Ἐὰν ἔπαυεν ἡ θέρμανσις, ἐψύχετο ὁ ἀτμός, ἡ τάσις του ἠλαττοῦτο καὶ τὸ ἔμβολον ἐπανήρχετο εἰς τὴν ἀρχικήν του θέσιν, ὑπὸ τὴν ἐνέργειαν τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως καὶ τοῦ βάρους του.

Ἐπαναλαμβανομένης τῆς θερμάνσεως ὠθεῖτο πάλιν τὸ ἔμβολον καὶ ψυχομένου τοῦ ἀτμοῦ ἐπανήρχετο εἰς τὴν θέσιν του κ.ο.κ. Τὸ ἔμβολον ἐκινεῖτο ὁτὲ μὲν κατὰ τὴν μίαν φοράν ὁτὲ δὲ κατὰ τὴν ἀντίθετον, δηλαδὴ *παλινδρομικῶς*.

Εἰς τὴν πρωτόγονον ταύτην ἀτμομηχανὴν τὸ ὕδωρ, ὁ ἀτμὸς καὶ τὸ ἔμβολον εὑρίσκονται ἐντὸς τοῦ αὐτοῦ δοχείου.

209. Νεώτεραι ἀτμοχηχαναί. Αἱ νεώτεραι ἀτμομηχαναὶ ἀποτελοῦνται ἀπὸ τὰ ἑξῆς κύρια μέρη:

1) Ἀπὸ τὸν λέβητα, εἰς τὸν ὁποῖον παράγεται ὁ ἀτμός.

2) Ἀπὸ τὸν κύλινδρον, ἐντὸς τοῦ ὁποίου κινεῖται τὸ ἔμβολον καὶ εἰς τὸν ὁποῖον διαβιβάζεται ὁ ἀτμός.

3) Ἀπὸ τὸν ψυκτῆρα.

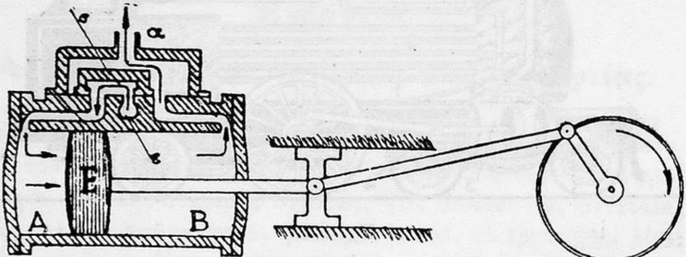
4) Σύστημα διὰ τοῦ ὁποίου ἡ παλινδρομικὴ κίνησις τοῦ ἐμβόλου μεταβάλλεται εἰς περιστροφικὴν καὶ χρησιμοποιεῖται ἔξω τῆς μηχανῆς.

Ἡ λειτουργία τῆς ἀτμομηχανῆς εἶναι, εἰς γενικωτάτας γραμμάς, ἡ ἑξῆς:

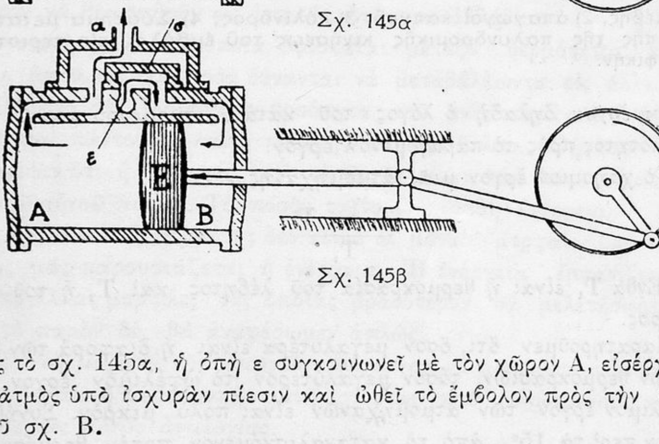
Ὁ ἀτμὸς ἔρχεται διὰ τῆς ὀπῆς ε (σχ. 145 α, β) ἐκ τοῦ λέβητος εἰς τὸν κύλινδρον ὑπὸ πίεσιν. Ὁ κύλινδρος χωρίζεται διὰ τοῦ ἐμβόλου Ε εἰς δύο τμήματα Α καὶ Β. Ἡ ὀπὴ ε, διὰ τῆς ὁποίας μεταβιβάζεται ἐκ τοῦ λέβητος ὁ ἀτμός τίθεται εἰς συγκοινωνίαν ἐναλλάξ, πότε μὲ τὸν χῶρον Α καὶ πότε μὲ τὸν Β.

Τοῦτο ἐπιτυγχάνεται τῇ βοηθείᾳ τοῦ σύρτου σ, ὁ ὁποῖος λαμβάνει διαδοχικῶς τὰς θέσεις τοῦ σχήματος Α καὶ Β. Τὰ βέλη δεικνύουν τὸν δρόμον τοῦ ἀτμοῦ.

Ὅταν τὸ ἔμβολον εὑρίσκεται εἰς τὴν θέσιν, τὴν ὁποίαν ἔχει



Σχ. 145α



Σχ. 145β

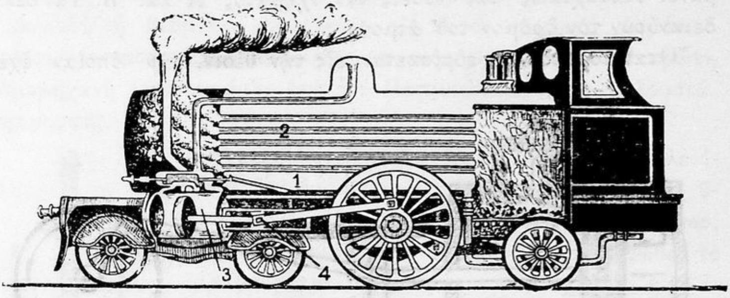
εἰς τὸ σχ. 145α, ἡ ὀπὴ ε συγκοινωνεῖ μὲ τὸν χῶρον Α, εἰσέρχεται ὁ ἀτμὸς ὑπὸ ἰσχυρὰν πίεσιν καὶ ὠθεῖ τὸ ἔμβολον πρὸς τὴν θέσιν τοῦ σχ. Β.

Ὅταν ἡ ὀπὴ ε τεθῇ εἰς συγκοινωνίαν μὲ τὸν χῶρον Β, ὠθεῖ τὸ ἔμβολον ἐκ νέου πρὸς τὴν θέσιν τοῦ σχ. 145α, ἐνῷ ὁ ἀτμὸς τοῦ χώρου Α ἐξέρχεται ἐκ τοῦ σωλῆνος α καὶ οὕτω δὲν ἐμποδίζει τὴν κίνησιν τοῦ ἐμβόλου.

Ἡ παλινδρομικὴ κίνησις τοῦ ἐμβόλου διὰ καταλλήλου διατάξεως μεταβάλλεται εἰς περιστροφικήν.

210. Χρήσιμον ἔργον ἀτμομηχανῆς. Τὸ ἔργον τὸ ὁποῖον παράγει μία ἀτμομηχανή, ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν πίεσιν τοῦ ἀτμοῦ καὶ ἀπὸ τὸ μέγεθος καὶ τὴν διαδρομὴν τοῦ ἐμβόλου. Θεωρητικῶς δὲ εἶναι ἴσον μὲ $W=(F-h)\times\tau\times\chi$ ὅπου F εἶναι ἡ τάσις τοῦ ἀτμοῦ τοῦ λέβητος, h ἡ τάσις τοῦ ἀτμοῦ τοῦ ψυκτῆρος, τ ἡ τομὴ τοῦ ἐμβόλου καὶ χ ἡ διαδρομὴ τοῦ ἐμβόλου.

Ἐνδιαφέρει κυρίως εἰς τὰς ἀτμομηχανὰς τὸ καλούμενον *χρήσι-*



Σχ. 146.

1) Λέβης, 2) ἀπαγωγοὶ καπνοῦ, 3) κύλινδρος, 4) Σύστημα μετατροπῆς τῆς παλυνδρομικῆς κινήσεως τοῦ ἐμβόλου εἰς περιστροφικήν.

σιμον ἔργον, δηλαδὴ ὁ λόγος τοῦ καταναλισκομένου ποσοῦ τῆς θερμότητος πρὸς τὸ παραγόμενον ἔργον.

Τὸ χρήσιμον ἔργον μιᾶς ἀτμομηχανῆς εἶναι :

$$\frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

Ἔνθα T_1 εἶναι ἡ θερμοκρασία τοῦ λέβητος καὶ T_2 ἡ τοῦ ψυκτῆρος.

Παρατηροῦμεν ὅτι, ὅσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ διαφορὰ τῶν δύο αὐτῶν θερμοκρασιῶν, τόσον μεγαλύτερον τὸ ὠφέλιμον ἔργον. Τὸ ὠφέλιμον ἔργον τῶν ἀτμομηχανῶν εἶναι πολὺ μικρόν. Συνήθως μόνον περὶ τὰ 15% ἀπὸ τὸ καταναλισκόμενον ποσὸν θερμότητος μεταβάλλεται εἰς χρήσιμον ἔργον, τὰ ὑπόλοιπα 85% διαφεύγουν. Τὸ σχ. 146 παριστᾷ κατακόρυφον τομὴν ἀτμομηχανῆς ἁμαξοστοιχίας.

211. Μηχαναὶ δι' ἐκρήξεως. Πολὺ οἰκονομικώτεραι τῶν ἀτμομηχανῶν εἶναι αἱ μηχαναὶ δι' ἐκρήξεως. Αὗται διαφέρουν ἀπὸ τὰς ἀτμομηχανάς, καθότι δέν διαβιβάζεται ἀτμὸς ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου, ἀλλὰ πληροῦται περιοδικῶς ὁ κύλινδρος μὲ ἐκρηκτικὸν ἀέριον, τὸ ὁποῖον ἀναφλέγεται ἐντὸς αὐτοῦ καὶ ἐκ τῆς ἐκρήξεως προκαλεῖται ἡ ὤθησις τοῦ ἐμβόλου. Τοιοῦτοι εἶναι π.χ. οἱ κινητῆρες τῶν αὐτοκινήτων, εἰς τοὺς ὁποίους ὡς ἐκρηκτικὸν μῖγμα χρησιμοποιοῦνται ἀτμοὶ βενζίνης καὶ ἀέρος καὶ ἡ ἔκρηξις προκαλεῖται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν σπινθῆρα.

Εἰς τὰς μηχανὰς δι' ἐκρήξεως τὸ χρήσιμον ἔργον δύναται νὰ φθάσῃ μέχρι 34°/₀.

Ἐνέργεια.

Ἀρχὴ τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας.

212. Μορφαὶ τῆς ἐνεργείας. Λόγῳ τοῦ δυνατοῦ τῆς μεταβολῆς τοῦ ἔργου εἰς θερμότητα καὶ ἀντιστρόφως τῆς θερμότητος εἰς ἔργον καὶ τῆς σταθερᾶς σχέσεως, ἥτις συνδέει τὰς μεταβολὰς ταύτας, τὰ δύο ταῦτα ποσά, ἡ θερμότης καὶ τὸ ἔργον, δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ θεωρηθοῦν ὡς ἐντελῶς διάφορα ἀλλήλων.

Ἡ στενὴ σχέσις, ἡ ὁποία ὑφίσταται μεταξὺ θερμότητος καὶ ἔργου, ἀφοῦ τὰ δύο ποσὰ δύνανται νὰ μεταβάλλωνται εἰς ἄλληλα καὶ μάλιστα ἀπὸ ὡρισμένην ποσότητα τοῦ ἑνὸς παράγεται ὡρισμένη καὶ πάντοτε ἡ αὐτὴ ποσότης ἐκ τοῦ ἄλλου, ὡδήγησεν εἰς τὴν σκέψιν ὅτι ἡ θερμότης καὶ τὸ ἔργον εἶναι *δύο διάφοροι μορφαὶ τοῦ αὐτοῦ ποσοῦ*. Τὸ ποσὸν τοῦτο ὠνομάσθη *ἐνέργεια*.

Τὸ ἔργον καὶ ἡ θερμότης δὲν εἶναι αἱ μόναι μορφαί, ὑπὸ τὰς ὁποίας μᾶς παρουσιάζεται ἡ ἐνέργεια. Ἡ ἐνέργεια ἐμφανίζεται καὶ ὑπὸ ἄλλας μορφάς, τὰς ὁποίας βραδύτερον θὰ μελετήσωμεν, πρὸς τὸ παρὸν δέ, θὰ ἀναφέρωμεν ἁπλῶς.

Ὅλαι αἱ μορφαὶ τῆς ἐνεργείας δύνανται νὰ μετατρέπωνται εἰς ἀλλήλας καὶ ἡ μετατροπὴ αὕτη γίνεται καθ' ὡρισμένας καὶ πάντοτε τὰς αὐτὰς ἀναλογίας.

Π.χ. Εἰς τὰς ἀτμομηχανὰς ἔχομεν, ὡς γνωστόν, μεταβολὴν τῆς θερμότητος (δηλαδὴ τῆς θερμικῆς ἐνεργείας) εἰς ἔργον, (δηλαδὴ εἰς *μηχανικὴν* ἐνέργειαν). Ἀλλ' ἡ θερμικὴ ἐνέργεια προῆλθεν ἐκ τῆς καύσεως ἀνθράκων ἢ τοῦ πετρελαίου τῆς μηχανῆς, ἐκ τῆς ἑνώσεως δηλ. τῆς καυσίμου ὕλης μετὰ τοῦ ὀξυγόνου τοῦ ἀέρος· ὥστε εἰς τὴν καύσιμον ὕλην ὑπάρχει ἐγκεκλεισμένη ἐνέργεια, ἡ ὁποία ἀποδίδεται ὡς θερμικὴ ἐνέργεια κατὰ τὴν καῦσιν.

Ἡ ἐνέργεια αὕτη, ἥτις καθίσταται καταφανής, ὅταν λάβῃ χώραν χημικόν τι φαινόμενον, ὅπως εἶναι ἡ καῦσις, καλεῖται *χημικὴ* ἐνέργεια.

Βραδύτερον θὰ γνωρίσωμεν τὰς μηχανάς, αἵτινες παράγουν τὸν ἠλεκτρισμόν, δηλαδὴ τὴν *ἠλεκτρικὴν* ἐνέργειαν.

Εἰς ταύτας ἔχομεν διαδοχικῶς τὰς ἑξῆς μεταβολάς:

1) Μεταβολὴν τῆς χημικῆς ἐνεργείας εἰς θερμότητα.

2) Μεταβολὴν τῆς θερμικῆς ἐνεργείας εἰς κινητικὴν καὶ

3) Μεταβολὴν τῆς κινητικῆς εἰς ἠλεκτρικήν.

Εἶναι γνωστόταται δὲ αἱ μεταβολαὶ τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας εἰς τὰς ἄλλας μορφάς, εἰς θερμικὴν π.χ. (ἠλεκτρικαὶ θερμάστραι), εἰς κινητικήν, π. χ. (ἠλεκτρικοὶ ἀνεμιστῆρες), εἰς χημικὴν (γαλβανοπλαστική).

213. Ἀρχὴ τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας. Ἐνῷ ἡ μετατροπὴ τῶν διαφόρων μορφῶν τῆς ἐνεργείας εἰς ἀλλήλας καθημερινῶς πραγματοποιεῖται, οὐδέποτε ὅμως *κατωρθώθη νὰ παραχθῇ οἱαδήποτε μορφὴ ἐνεργείας ἐκ τοῦ μηδενός.*

Ὁσάκις ἐμφανίζεται μορφή τις ἐνεργείας, πάντοτε θὰ ἔχῃ ἐξαφανισθῆ ἄλλη τις μορφή, ἐκ τῆς ὁποίας παρήχθη ἡ δευτέρα. Ἐπίσης ἡ παρατήρησις ἔδειξεν ὅτι ἡ ἐνέργεια οὐδέποτε καταστρέφεται.

Ὅταν μιὰ μορφὴ ἐνεργείας ἐξαφανίζεται, μία νέα μορφὴ θὰ ἔχῃ προκύψει ἐξ αὐτῆς. Ὥστε ἡ ἐνέργεια, ὅπως καὶ ἡ ὕλη οὔτε γεννᾶται, οὔτε καταστρέφεται, ἀλλὰ μόνον *μετατρέπεται.*

Ἡ ἐν τῷ κόσμῳ ἐνέργεια εἶναι σταθερά. Ἡ ἀρχὴ αὕτη, καλουμένη *ἀρχὴ τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας*, εἶναι ἡ θεμελιώδης ἀρχὴ τῆς Φυσικῆς, ὅπως ἡ ἀρχὴ τῆς διατηρήσεως τῆς ὕλης εἶναι ἡ θεμελιώδης ἀρχὴ τῆς Χημείας.

Ἐπὶ πολλοὺς αἰῶνας οἱ ἄνθρωποι προσεπάθησαν νὰ κατασκευάσουν τὸ *ἀεικίνητον*, μηχανὴν δηλαδή, ἡ ὁποία θὰ ἠδύνατο νὰ παράγῃ ἐκ τοῦ μηδενὸς ἐνέργειαν, ἀλλὰ τελικῶς τοῦτο ἀπεδείχθη ἀδύνατον.

Μετεωρολογικὰ φαινόμενα ὀφειλόμενα εἰς τὴν θερμότητα

214. Δρόσος—πάχνη. Ἐνίοτε τὴν πρωΐαν παρατηροῦμεν ἐπὶ τῶν ἐν ὑπαίθρῳ διανυκτερευσάντων σωμάτων σταγονίδια ὕδατος, τὰ ὁποῖα καλοῦμεν *δρόσον.*

Ἡ δρόσος δὲν πίπτει ὡς βροχή, ἀλλὰ *σχηματίζεται ἐκεῖ ὅπου τὴν βλέπομεν* διὰ συμπυκνώσεως τῶν ὑδρατμῶν τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος, ὅταν οὗτος ψυχθῇ διὰ τῆς ἐπαφῆς πρὸς τὰ ψυχρὰ σώματα. Δρόσος σχηματίζεται εἰς μεγαλυτέραν ποσότητα ἐπὶ τῶν φύλλων τῶν φυτῶν. Αἰτία τούτου εἶναι τὸ ὅτι ἡ τραχεῖα ἐπιφάνεια τῶν φύλλων ἀκτινοβολεῖ τὴν νύκτα ἐντατικῶς θερμότητα εἰς τὸ περιβάλλον (βλ. § 192) καὶ ψύχεται ἰσχυρῶς, ἐνῷ ἀφ' ἑτέρου, δὲν παραλαμβάνει ἐκ τοῦ ἐδάφους, διότι τὰ φυτὰ εἶναι κακοὶ ἀγωγοὶ τῆς θερμότητος.

Ἐὰν ἡ θερμοκρασία τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος εἶναι ἤδη ἀρκετὰ ταπεινή, ἡ ἐκ τῆς ἐπαφῆς μετὰ τῶν ψυχροτέρων σωμάτων τοῦ ἐδάφους προκαλουμένη πτῶσίς της, εἶναι ἐνίοτε ἀρκετὴ διὰ νὰ παγώσῃ τὴν σχηματιζομένην δρόσον, ὁπότε ἔχομεν τὴν *πάχνην*.

215. Νέφη. Τὰ νέφη ἀποτελοῦνται ἐκ λεπτοτάτων σταγονιδίων ὕδατος, προερχομένων ἐκ τῆς συμπυκνώσεως τῶν ὑδρατμῶν εἰς τὰ ἀνώτερα ψυχρὰ στρώματα τῆς ἀτμοσφαίρας.

Τὰ νέφη ὀφείλουν τὴν γένεσίν των κυρίως εἰς τὰ ρεύματα τῆς ἀτμοσφαίρας. Ἐὰν ρεῦμα θερμοῦ καὶ ὑγροῦ ἀέρος ἔλθῃ εἰς ψυχρὸν μέρος τῆς ἀτμοσφαίρας, οἱ ὑδρατμοὶ αὐτοῦ συμπυκνοῦνται πρὸς νέφος.

Τὰ νέφη διαρκῶς μετακινοῦνται καὶ μετασχηματίζονται. Μὴ δυνάμενα νὰ κρατηθοῦν εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν ἕνεκα τοῦ βάρους των, πίπτουν, ἀλλὰ βραδύτατα, λόγῳ τῆς ἀντιστάσεως τοῦ ἀέρος.

Κατὰ τὴν πτῶσιν ταύτην, τὰ κατώτερα στρώματα τῶν νεφῶν συναντῶντα μεγαλυτέραν θερμοκρασίαν, μεταβάλλονται πάλιν εἰς ὑδρατμούς.

Διακρίνομεν διαφόρους κατηγορίας νεφῶν, ἀναλόγως τῆς μορφῆς καὶ τοῦ ὕψους αὐτῶν. Π.χ. τὰ *στρώματα*, λευκὰ νέφη εἰς ὕψος 700—1000 μ., τοὺς *σωρείτας*, ἔχοντα μορφὴν παχέων στρωμάτων βάμβακος, εἰς ὕψος 2.000 μ. περίπου, τοὺς *μελανίας*, μαῦρα νέφη, εἰς ὕψος περίπου 1200 μ..

216. Ὀμίχλη. Ἡ ὀμίχλη εἶναι νέφος σχηματιζόμενον παρὰ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἐδάφους.

217. Βροχή. Ἐὰν κατὰ τὴν πτῶσιν των τὰ νέφη συναντήσουν στρώματα ἀέρος κεκορεσμένα ὑδρατμῶν, ἀποτίθεται ὕδωρ ἐπὶ τῶν σταγονιδίων, τὰ ὁποῖα οὕτω αὐξηθέντα καὶ γενόμενα βαρύτερα, καταπίπτουν ὡς βροχή.

218. Χιὼν—Χάλαζα. Ἂν τὰ νέφη εὑρεθοῦν ἐντὸς ἀτμοσφαιρικῶν στρωμάτων θερμοκρασίας κάτω τοῦ 0°, οἱ ὑδρατμοὶ παγώνουν καὶ ἀναλόγως τῶν συνθηκῶν πιέσεως σχηματίζεται *χιὼν* ἀποτελουμένη ἐκ λεπτῶν κρυσταλλιδίων πάγου συνηνωμένων, ἢ χάλαζα συνισταμένη ἐκ κόκκων πάγου συμπαγοῦς καὶ ἀμόρφου.

219. Ἄνεμοι. Ἄνεμος εἶναι ἀὴρ κινούμενος.

Ἡ κίνησις τοῦ ἀέρος προκαλεῖται λόγῳ ἀνίσου πιέσεως εἰς τὰς διαφόρους χώρας τῆς ἀτμοσφαίρας. Ἀὴρ ἐκ τῆς περιοχῆς τῆς μεγαλυτέρας πιέσεως κινεῖται πρὸς τὴν περιοχὴν τῆς μικροτέρας πιέσεως.

Αἱ τοπικαὶ αὗται διαφοραὶ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως προέρχονται κυρίως ἐκ τῆς διαφορᾶς τῆς θερμοκρασίας:

Ὁ ἀὴρ ἄνωθεν ἐδάφους θερμανθέντος ἐκ τῶν ἡλιακῶν ἀκτίνων καθίσταται θερμότερος, ἑπομένως καὶ ἀραιότερος, τῶν ἀνωτέρων ἀτμοσφαιρικῶν στρωμάτων καὶ ἀνέρχεται. Ἡ πίεσις ἐλαττοῦται κάτωθεν αὐτοῦ καὶ διὰ νὰ ἀποκατασταθῇ ἡ ἰσορροπία, ψυχρὸς ἀὴρ ἔρχεται καὶ καταλαμβάνει τὴν θέσιν του.

Τοιαῦτα ρεύματα ἀέρος σχηματίζονται καὶ μεταξὺ δύο δωματίων ἀνίσου θερμοκρασίας καὶ καθίστανται ἀντιληπτά, ἂν εἰς τὸ ἄνοιγμα τῆς θύρας καὶ εἰς διάφορα ὕψη ἀπὸ τοῦ ἐδάφους θέσωμεν ἀνημμένον κηρίον.

Παρὰ τὸ ἔδαφος παρατηροῦμεν ὅτι ἡ φλὸξ διευθύνεται ἐκ τοῦ ψυχροῦ δωματίου πρὸς τὸ θερμόν, ἄρα ἡ πίεσις εἶναι μικροτέρα εἰς τὸν θερμὸν χῶρον ἢ εἰς τὸν ψυχρόν.

Εἰς τὸ μέσον τῆς θύρας ἡ φλὸξ μένει ἀκίνητος, ὁ ἀὴρ ἑπομένως ἠρεμεῖ. Εἰς τὸ ἀνώτατον ἄκρον τοῦ ἀνοίγματος ἡ φλὸξ διευθύνεται ἐκ τοῦ θερμοῦ δωματίου εἰς τὸ ψυχρόν. Ἄρα ἡ πίεσις εἰς τὰ ἀνώτερα στρώματα εἶναι μεγαλυτέρα εἰς τὸν θερμὸν χῶρον ἢ εἰς τὸν ψυχρόν, λόγῳ τῆς ἀνόδου τοῦ θερμοῦ ἀέρος.

Χαρακτηριστικὰ τοῦ ἀνέμου εἶναι ἡ διεύθυνσις καὶ ταχύτης του. Τὴν διεύθυνσιν τοῦ ἀνέμου δίδουν ἐλαφρὰ σωμάτια, δυνάμενα νὰ κινηθοῦν ἐλευθέρως ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν αὐτοῦ, ὅπως κονιορτός, καπνός, ταινία ὑφάσματος στερεωμένη κατὰ τὸ ἓν ἄκρον.

Ἡ ταχύτης τοῦ ἀνέμου ποικίλλει ἀπὸ 2—30 μέτρων, κατὰ δευτερόλεπτον. Ἀναλόγως τῆς ταχύτητος διακρίνομεν ἄνεμον ἀσθενῆ, μέτριον, σφοδρόν, θύελλαν καὶ λαίλαπα.

220. Περιοδικοὶ ἄνεμοι. Ὅταν ἡ αἰτία ἡ προκαλοῦσα τὸν ἄνεμον ἐνεργῇ περιοδικῶς, θὰ ἔχωμεν περιοδικοὺς ἀνέμους. Π.χ. ἡ θέρμανσις καὶ ἡ ψῦξις τῆς γηΐνης ἐπιφανείας εἶναι περιοδικὸν φαινόμενον, τὸ ὁποῖον ἐν συνδυασμῷ μὲ τὴν διάφορον ἀκτινοβολίαν τῆς θερμότητος ὑπὸ τῆς γῆς καὶ ὑπὸ τῆς θαλάσσης προκαλεῖ περιοδικοὺς ἀνέμους . Ἡ γῆ ἔχει μεγαλυτέραν ἱκανότητα ἀπορροφήσεως καὶ ἐκπομπῆς θερμότητος ἀπὸ τὴν θάλασσαν. Διὰ τοῦτο ἅμα τῇ ἐμφανίσει τοῦ ἡλίου θερμαίνεται ταχύτερον, μετὰ δὲ τὴν δύσιν ψύχεται ὁμοίως ταχύτερον τῆς θαλάσσης.

Συνέπεια τούτου εἶναι ὅτι τὴν μὲν πρωΐαν ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις ὑπὲρ τὸ ἔδαφος, εἶναι μικροτέρα ἢ ὑπὲρ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς θαλάσσης, ἑπομένως πνέει ἄνεμος ἐκ τῆς θαλάσσης πρὸς τὴν ξηράν, ἡ *θαλασσία αὔρα* (κ. μπάτης), τὴν δὲ ἑσπέραν, ἀντιθέτως πνέει ἐκ τῆς ξηρᾶς πρὸς τὴν θάλασσαν ἡ *ἀπόγειος αὔρα*.

Διαρκεῖς ἄνεμοι. Ἄνεμοι ὀφειλόμενοι εἰς διαφορὰς θερμοκρασίας τῆς γηΐνης ἐπιφανείας ὑφισταμένας διαρκῶς, πνέουν σταθερῶς ἄνευ διακοπῆς.

Τοιαῦται μόνιμοι διαφοραὶ θερμοκρασίας, ὑφίστανται μεταξὺ τῶν παρὰ τὸν Ἰσημερινὸν χωρῶν καὶ τῶν τροπικῶν.

Ἐκ τούτων ἔχομεν ψυχρὰ ρεύματα πνέοντα παρὰ τὸ ἔδαφος ἐκ τῶν τροπικῶν πρὸς τὸν Ἰσημερινόν, *τοὺς ἀληγεῖς*, καὶ θερμὰ ρεύματα ἀέρος πνέοντα εἰς μεγάλα ὕψη ἐκ τοῦ Ἰσημερινοῦ πρὸς τὰς τροπικὰς χώρας, *τοὺς ἀνταληγεῖς*.

Ἀσκήσεις

*1) Πόσον γίνεται τὸ μῆκος χαλκίνης ῥάβδου καί πόσον ὑαλίνης εἰς θερμοκρασίαν 50°, ἐὰν εἰς θερμοκρασίαν 15° εἶναι 45*cm.;

2) Σφαῖρα ὀρειχαλκίνη ἔχει εἰς θερμοκρασίαν 16° ἀκτῖνα 20 mm. *Μέχρι ποίας θερμοκρασίας πρέπει νὰ θερμανθῇ διὰ νὰ γίνῃ ἡ ἀκτίς της ἴση πρὸς 20,5* mm. ;

3) Πόσος γίνεται ὁ ὄγκος 13 cm^3 *ὑδραργύρου θερμοκρασίας 18°, ὅταν θερμανθῇ εἰς 95°.* ;

4) Ἡ πυκνότης τοῦ ὑδραργύρου εἰς θερμοκρασίαν 6° εἶναι 13,596. Πόση γίνεται εἰς 100° ;

5) Ποσότης τις ἀέρος καταλαμβάνει ὄγκον 1000 cm^3 *εἰς 18°. Πόσον ὄγκον καταλαμβάνει εἰς τὴν θερμοκρασίαν τῶν 8° ὑπὸ τὴν αὐτὴν πίεσιν* ;

6) Ποσότης τις ἀέρος εὑρίσκεται ἐντὸς κλειστοῦ χώρου ὑπὸ πίεσιν 200 mm/Hg *καὶ θερμοκρασίαν 20°. Πόση θὰ γίνῃ ἡ πίεσις, ἂν τὸ ἀέριον θερμανθῇ μέχρι 50°* ;

7) Μᾶζα ἀερίου καταλαμβάνει ὄγκον 250 cm^3 *ὑπὸ πίεσιν 770* mm/Hg *καὶ θερμοκρασίαν 18°. Νὰ γίνῃ ἀναγωγὴ τοῦ ὄγκου εἰς τὴν κανονικὴν πίεσιν καὶ θερμοκρασίαν. (Δηλ. νὰ εὑρεθῇ πό-*

σον ὄγκον καταλαμβάνει ἡ αὐτὴ μᾶζα εἰς θερμοκρασίαν 0° καὶ πίεσιν 760).

8) Ἀνεμίχθησαν 12 Kg ὕδατος θερμοκρ. 25° μὲ 15 Kg ὕδατος θερμοκρ. 42°. Τίνα θερμοκρασίαν ἔχει τὸ μῖγμα ;

9) Ρίπτονται 4 Kg ὑδραργύρου θερμοκρ. 60° ἐντὸς 6 Kg ὕδατος 25°. Ποία εἶναι ἡ τελικὴ θερμοκρ. τοῦ μίγματος ; (εἰδικὴ θερμότης ὑδραργύρου 0,033).

10) Τεμάχιον σιδήρου, βάρους 15 Kg, θερμοκρ. 100° ρίπτεται ἐντὸς 12 Kg ὕδατος θερμοκρ. 20°. Ἡ θερμοκρ. τοῦ ὕδατος ἀνέρχεται εἰς 29,96. Πόση εἶναι ἡ εἰδικὴ θερμότης τοῦ σιδήρου ;

11) Πόση εἶναι ἡ θερμοκρ. τοῦ ἐρυθροπυρωθέντος σιδήρου, ἐὰν 0,5 Kg αὐτοῦ ριπτόμενα ἐντὸς ὕδατος 2 Kg, ἀρχικῆς θερμοκρ. 15° ἀνυψώνουν αὐτὴν εἰς 28,42 ; (Εἰδικὴ θερμότης σιδήρου 0,114)

12) Τεμάχιον λευκοχρύσου θερμοκρ. 120° ριπτόμενον ἐντὸς ὑδραργύρου ἀρχικῆς θερμοκρ. 15° ἀνυψώνει τὴν θερμοκρασίαν του εἰς 40°. Τὸ αὐτὸ τεμάχιον λευκοχρύσου ἐντὸς τοῦ αὐτοῦ ποσοῦ ὑδραργύρου ἀρχικῆς θερμοκρ. 20° ἀνυψώνει τὴν θερμοκρασίαν του εἰς 50.° Πόση ἦτο ἡ θερμοκρ. τοῦ λευκοχρύσου κατὰ τὴν δευτέραν περίπτωσιν ;

13) Τὶ ποσὸν θερμότητος ἀπαιτεῖται διὰ νὰ θερμανθῇ ὁ ἀὴρ δωματίου ἔχοντος διαστάσεις $6 \times 6 \times 4$ μέτρα ἀπὸ τὴν θερμοκρ. 30° εἰς τὴν θερμοκρ. 18° ἂν ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις εἶναι 750 mm/Hg ; (Ἡ πίεσις χρειάζεται διὰ τὸν ὑπολογισμὸν τῆς πυκνότητος τοῦ ἀέρος).

14) 2,5 Kg πάγου θερμοκρ. 0° ρίπτονται ἐντὸς 10 Kg ὕδατος 65°. Πόση γίνεται ἡ τελικὴ θερμοκρ. τοῦ μίγματος ;

15) Ποίαν ποσότητα πάγου θερμοκρ. —8° δύνανται νὰ τήξουν 10 Kg ὕδατος θερμοκρ. 60° ; Ἡ θερμότης τήξεως τοῦ πάγου εἶναι 80 μικραὶ θερμίδες.

16) Διεβιβάσθησαν 3 γραμ. ὑδρατμοῦ θερμοκρ. 100° εἰς 205 γραμ. ὕδατος ἀρχικῆς θερμοκρ 16°. Ἡ τελικὴ θερμοκρασία ἐγένετο 25°. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ θερμότης ἀτμοποιήσεως τοῦ ὕδατος.

ΠΙΝΑΞ ΤΩΝ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Εἰσαγωγή.

ΜΗΧΑΝΙΚΗ

ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ

Α΄ Κινητική.

Β΄ Στατική.

Γ' Δυναμική.

ΥΔΡΟΜΗΧΑΝΙΚΗ

Ὑδροστατική.

Ἐφαρμογαὶ τῆς ἀρχῆς τῆς ὑδροστατικῆς

Προσδιορισμὸς τῆς πυκνότητος.

Συγκοινωνοῦντα δοχεῖα

ΑΕΡΟΜΗΧΑΝΙΚΗ

Ἀεροστατική.

Ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις—Βαρόμετρα

Ἐφαρμογαὶ τῶν ἀρχῶν τῆς ἀεροστατικῆς

Ἀντλίαι.

Ἀεροπλοΐα.

Φαινόμενα ὀφειλόμενα εἰς δυνάμεις ἐνεργούσας μεταξὺ τῶν μορίων

ΘΕΡΜΟΤΗΣ

Θερμοκρασία.

Διαστολὴ τῶν σωμάτων

Θερμόμετρα

Νόμοι τῆς διαστολῆς

Εἰδικὴ θερμότης

Μεταβολαὶ τῶν καταστάσεων τῶν σωμάτων εἰς ἀλλήλας

Ἀτμοποίησις.—Ὑγροποίησις

Ἰδιότητες τῶν ἀτμῶν. Ὁμοιότης αὐτῶν πρὸς τὰ ἐν συνήθει θερμοκρασίᾳ ἀέρια.

Μετάδοσις τῆς θερμότητος

Θερμότης καὶ ἔργον.—Ἀτμομηχαναί.

Ἐνέργεια.—Ἀρχὴ τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας

Μετεωρολογικὰ φαινόμενα ὀφειλόμενα εἰς τὴν θερμότητα.

ΑΛΦΑΒΗΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΞ