

ΔΙΟΝ. Π. ΛΕΟΝΤΑΡΙΤΟΥ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

ΔΙΑ ΤΗΝ Ε' ΤΑΞΙΝ ΤΩΝ ΓΥΜΝΑΣΙΩΝ



ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ ΣΧΟΛΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ
ΕΝ ΑΘΗΝΑΙΣ 1953

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

ΔΙΟΝ. Π. ΛΕΟΝΤΑΡΙΤΟΥ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

ΔΙΑ ΤΗΝ Ε' ΤΑΞΙΝ ΤΩΝ ΓΥΜΝΑΣΙΩΝ



18982

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ ΣΧΟΛΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ
ΕΝ ΑΘΗΝΑΙΣ 1953

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ, ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ



ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟΝ

ΥΛΗ - ΚΙΝΗΣΙΣ - ΔΥΝΑΜΕΙΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Α'

ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΑΙ ΕΝΝΟΙΑΙ

Υ Λ Η

1. Τὸ πᾶν εἰς τὴν Φύσιν, τὸ ζῶον, τὸ φυτόν, ὁ βράχος, ὁ ἄήρ, τὸ νέφος, ὁ ποταμός, ἔξαφανίζεται ἀδιακόπως καὶ ἀναφαίνεται, ἀλλάσσει σταθερῶς ὄψιν, ἀλλὰ δὲν καταστρέφεται. Τοῦτο τὸ πᾶν εἶναι ἡ ὕλη, ἡ ὁποία ἀδιαλείπτως ἀποσυντίθεται καὶ ἀνασυντίθεται, ἀναπαριστῶσα συνεχῶς ὅμοια ἀντικείμενα.

Ζῶον τι ἀποθνήσκει. Ἡ ὕλη, ἐκ τῆς ὁποίας συνίσταται τὸ σῶμά του, ἀποσυντίθεται. Καὶ ἄλλα μὲν ἐκ τῶν προϊόντων τῆς ἀποσυνθέσεως διασκορπίζονται ὑπὸ μορφήν ἀερίων εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν, ἄλλα δὲ ἀναμιγνύονται μετὰ τοῦ ἐδάφους ὡς στερεὰ καὶ ὑγρά. Ὡρισμέναι ἐκ τῶν οὐσιῶν τούτων θὰ ἀπορροφηθοῦν ὑπὸ τῶν φυτῶν, τὰ ὁποῖα παραλαμβάνουν ἐκ τοῦ ἀέρος διὰ τῶν φύλλων καὶ ἐκ τοῦ ἐδάφους διὰ τῶν ριζῶν τινὰς ἀναγκαίας διὰ τὴν ἀνάπτυξιν των τροφάς. Τὰ φυτὰ πάλιν θὰ χρησιμεύσουν ὡς τροφή τῶν φυτοφάγων ζῴων καὶ ταῦτα θὰ καταβροχθισθοῦν ὑπὸ τῶν σαρκοφάγων θηρίων καὶ τῶν ἀνθρώπων καὶ οὕτω καθ' ἑξῆς.

Πᾶν ὅ,τι δύναται νὰ ζυγισθῇ εἶναι ὕλη.

Σ Ω Μ Α Τ Α

2. Σῶμα καλεῖται πᾶν μέρος ὕλης, τὸ ὁποῖον καταλαμβάνει θέσιν τινὰ εἰς τὸ διάστημα καὶ τὸ ὁποῖον δυνάμεθα νὰ ἀντιληφθῶμεν διὰ τινος τῶν αἰσθήσεών μας. Τὸ διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος, τὸ ὁποῖον ἐκφεύγει ἐκ τῶν πνευμόνων μας ἢ ἐκ τῆς ἐστίας, τὸ ἐκ τῆς πηγῆς ἀνα-

βλύζον ὕδωρ, ὁ χάλις τῆς ὁδοῦ, ἐν πτηνόν, ἡ ἴς τοῦ ἐρίου, τεμάχιον σιδήρου, εἰς ἰχθύς κτλ. εἶναι **σώματα**.

Τὰ σώματα ὑποπίπτουν εἰς τὰς αἰσθήσεις ἡμῶν κατὰ διαφόρους τρόπους, τοὺς ὁποίους καλοῦμεν **ιδιότηας** αὐτῶν. Οὕτω π.χ. ἡ ὕαλος ἔχει τὴν ιδιότητα νὰ εἶναι διαφανής, ὁ λίθος νὰ εἶναι σκληρός, ἡ κιμωλία νὰ εἶναι λευκή κτλ. Ἐκ τῶν ιδιοτήτων τῶν σωμάτων ἄλλαι μὲν ἀπαντοῦν εἰς τινὰ μόνον σώματα, ὡς π.χ. ἡ **διαφάνεια**, ἡ **μαγνητικὴ ιδιότης** κτλ., ἄλλαι δὲ εἶναι γενικαί, παρατηρούμεναι ἐπὶ πάντων ἐν γένει τῶν σωμάτων, ὅπως π.χ. τὸ βάρος. Ἐπίσης γενικαὶ ιδιότητες εἶναι ἡ **ἔκτασις**, τὸ **ἀδιαχώρητον**, τὸ **διαιρετόν**, τὸ **συμπιεστόν**, ἡ **ἐλαστικότης** κτλ.

3. **Ἐκτασις**.—Τὰ σώματα, οἵαδήποτε καὶ ἂν εἶναι, καταλαμβάνουν πάντοτε ἐν μέρος τοῦ διαστήματος· ἐν ἄλλοις λόγοις, **ἔχουν ἔκτασιν ὀριζομένην διὰ τῶν τριῶν διαστάσεων: μήκους, πλάτους, ὕψους** (τὸ βάθος ἢ τὸ πάχος ἀντικαθιστοῦν πολλάκις τὸ ὕψος). Ἡ ἔκτασις εἶναι τοιοῦτοτρόπως συνώνυμος πρὸς τὸν ὄγκον.

4. **Ἀδιαχώρητον**.—Τὸ ἀδιαχώρητον εἶναι ἡ ιδιότης κατὰ τὴν ὁποίαν δύο διακεκομμένα ὕλικά σώματα δὲν δύναται νὰ συνυπάρχουν εἰς τὸν αὐτὸν χώρον τοῦ διαστήματος.

5. **Διαιρετόν**.—Ἐν σῶμα δύναται νὰ διαιρεθῇ εἰς πολὺ μικρὰ τεμάχια· ἐν τεμάχιον π.χ. κιμωλίας δύναται νὰ διαιρεθῇ εἰς τεμαχίδια ἐξόχως μικρά, ἕκαστον τῶν ὁποίων εἶναι ἐπίσης κιμωλία, διατηρεῖ δηλ. τὰς χαρακτηριστικὰς ιδιότητας τῆς κιμωλίας.

Ἡ γενικὴ αὕτη ιδιότης τῶν σωμάτων, καθ' ἣν ταῦτα δύναται νὰ διαιρεθοῦν εἰς ἐξόχως μικρὰ μέρη, χωρὶς νὰ χάσουν τὰς χαρακτηριστικὰς αὐτῶν ιδιότητας, καλεῖται **διαιρετόν**.

Οὕτω κατασκευάζονται ἐξ ὕαλου ἀντικείμενα, ἔχοντα πάχος ἐνὸς μόνον χιλιοστοῦ τοῦ χιλιοστομέτρου. Ἐκ τῆς πλατίνης λαμβάνομεν διὰ τοῦ σφυροματοσύρτου σύματα διαμέτρου 0,8 τοῦ χιλιοστοῦ τοῦ χιλιοστομέτρου. Ἐκ τοῦ χρυσοῦ προκύπτουν διὰ σφυρηλασίας φύλλα ἔχοντα πάχος 0,1 τοῦ χιλιοστοῦ τοῦ χιλιοστομέτρου. Πρέπει δηλ. νὰ θέσῃ τις ἐπ' ἀλλήλων δέκα χιλιάδας τοιούτων φύλλων, διὰ νὰ ἀποτελέσουν ταῦτα πάχος ἐνὸς χιλιοστομέτρου κτλ.

Μόρια καὶ ἄτομα. Πάντα τὰ ἀνωτέρω παραδείγματα ἀποδεικνύουν, ὅτι τὸ σημεῖον, μέχρι τοῦ ὁποίου δύναται νὰ προχωρήσῃ ἡ διαίρεσις τῆς ὕλης, δὲν εἶναι δυνατόν νὰ ὁρισθῇ. Ἀλλὰ διὰ τοῦτο δύ-

ναι αἰσθάνονται ἡ διαίρεσις νὰ χωρήσῃ καὶ πέραν παντὸς ὁρίου ;

Εἰς τὴν παροῦσαν κατάστασιν τῆς Ἐπιστήμης παραδεχόμεθα, ὅτι ἡ διαίρεσις τῆς ὕλης δὲν δύναται νὰ χωρήσῃ ἐπ' ἄπειρον. Καὶ ἂν ἀκόμη ὑποθέσωμεν, ὅτι μεταχειριζόμεθα μεθόδους διαιρέσεως πολὺ τελειότερας ἀπὸ ἐκείνας τὰς ὁποίας διαθέτομεν σήμερον, καὶ τότε ἀκόμη θὰ ἔσταματῶμεν ἐπὶ τέλους εἰς ἓν ὅριον ἀνυπερβλήτον, εἰς τὸ **μόριον**.

Τὸ μόριον εἶναι λοιπὸν ἡ ἐλαχίστη ποσότης ἑνὸς σώματος, ἡ ὁποία δύναται νὰ ὑπάρχῃ ἐν ἐλευθέρᾳ καταστάσει, διατηροῦσα τὰς χαρακτηριστικὰς ιδιότητας τοῦ σώματος.

Οἱ χημικοὶ παραδέχονται, ὅτι τὸ μόριον δύναται νὰ ὑποδιαιεθεῖ (ὄχι μηχανικῶς, ἀλλὰ διὰ χημικῶν ἀντιδράσεων) εἰς ἀκόμη μικρότερα μέρη, τὰ ὁποῖα λέγονται **ἄτομα**. Τὰ ἄτομα δὲν ὑφίστανται ἐν ἐλευθέρᾳ καταστάσει ἢ μεμονωμένα, ἀλλὰ ἐνοῦνται μεταξύ των διὰ νὰ ἀποτελέσουν μόρια. Δὲν δυνάμεθα νὰ ἀφαιρέσωμεν κανὲν ἄτομον ἀπὸ τὸ μόριον, χωρὶς νὰ τὸ καταστρέψωμεν ἢ χωρὶς νὰ σχηματίσωμεν μόριον νέου σώματος· ἐπίσης τὰ ἄτομα ἑνὸς μορίου δύνανται νὰ ἀντικατασταθῶν ἀπὸ ἄλλα ἄτομα καὶ νὰ ἀποτελέσουν μόριον νέας οὐσίας.

Σημείωσις.— Αἱ πλέον πρόσφατοι ἐργασίαι κατέληξαν εἰς τὸ ὅτι ἕκαστον ἄτομον συνίσταται ἐξ ἑνὸς κεντρικοῦ πυρήνος, ἠλεκτρισμένου θετικῶς, περὶ τὸν ὁποῖον στρέφονται μετὰ μεγίστης ταχύτητος σωματία ὅμοια, πολὺ μικρότερα, ἠλεκτρισμένα ἀρνητικῶς, τὰ ὁποῖα καλοῦνται **ἠλεκτρόνια**.

6. Συμπιεστόν. Μοριακοὶ πόροι.— Τὰ μόρια δὲν ἐφάπτονται ἀλλήλων. Γνωρίζομεν πράγματι, ὅτι ὅλα τὰ σώματα ἐλαττοῦνται κατ' ὄγκον, ὅταν τὰ **συμπιέζωμεν** διὰ μηχανικῆς ἐνεργείας ἢ διὰ ψύξεως· καὶ ἐπειδὴ δύο μόρια δὲν δύνανται νὰ κατέχουν συγχρόνως τὸν αὐτὸν χώρον, πρέπει νὰ παραδεχθῶμεν, ὅτι ἡ ἐλάττωσις τοῦ ὅγκου τῶν σωμάτων προέρχεται ἀπὸ τὴν ἐλάττωσιν τοῦ μεγέθους τῶν μεταξύ τῶν μορίων κενῶν διαστημάτων. Τὰ διαστήματα ταῦτα καλοῦνται **μοριακοὶ πόροι**. Οἱ μοριακοὶ πόροι, ἀόρατοι διὰ τοῦ μικροσκοπίου, δὲν πρέπει νὰ συγχέωνται πρὸς τὰ φυσικὰ ἢ τυχαῖα χάσματα, τὰ ὁποῖα φέρουν σώματά τινα, καλούμενα **πορώδη**, ὡς ὁ σπόγγος, ἡ κίσσηρις κτλ.

Ἡ **ιδιότης**, τὴν ὁποίαν ἔχουν πάντα τὰ σώματα, νὰ ἐλαττώνται κατ' ὄγκον, ὅταν συμπιέζωνται, καλεῖται **συμπιεστόν**.

7. Ἐλαστικότητα.— Τεμάχιον ἐλαστικοῦ ἐπιμηκύνεται, ἐὰν ἔλξωμεν τὰ ἄκρα του κατ' ἀντιθέτους φορὰς· ἀναλαμβάνει δὲ τὸ ἀρχικόν του

μῆκος, εὐθύς ὥς ἀφήσωμεν αὐτὸ ἐλεύθερον. Ἐπίσης ὁ ὄγκος ἐνὸς αἵριου πιεζομένου ἐλαττοῦται· εὐθύς ὅμως ὥς παύσῃ ἡ πίεσις, τὸ αἶριον ἀναλαμβάνει τὸν ἀρχικόν του ὄγκον.

Ἡ ἰδιότης αὕτη πάντων τῶν σωμάτων, κατὰ τὴν ὁποίαν ταῦτα μετασχηματιζόμενα διὰ μηχανικῆς ἐνεργείας τείνουν νὰ ἀναλάβουν τὸ σχῆμά των, εὐθύς ὥς παύσῃ νὰ ἐνεργῇ ἡ αἰτία τοῦ μετασχηματισμοῦ, καλεῖται **ἐλαστικότητα**.

Ὁ μετασχηματισμὸς τῶν σωμάτων, δύναται νὰ παραχθῇ διὰ ἑλξεως, διὰ συμπίεσεως, διὰ στρέψεως, διὰ κάμψεως.

Ἡ ἀντίδρασις, τὴν ὁποίαν τὸ σῶμα ἑξασκεῖ ἐπὶ τῆς αἰτίας τοῦ μετασχηματισμοῦ, καλεῖται **ἐλαστικὴ δύναμις**.

Ἡ ἐλαστικὴ δύναμις εἶναι ἴση πρὸς τὴν δύναμιν, ἡ ὁποία παράγει τὸν μετασχηματισμόν.

Ἐλαστικὴ δύναμις ἐνὸς αἵριου εἶναι ἡ πίεσις, τὴν ὁποίαν ἑξασκεῖ τὸ αἶριον τοῦτο ἐπὶ τῶν τοιχωμάτων τοῦ δοχείου, ἐντὸς τοῦ ὁποίου συμπίεζεται. Ἡ ἐλαστικὴ δύναμις τοῦ ἀτμοῦ τοῦ ὕδατος χρησιμοποιεῖται ὥς κινητήριος δύναμις εἰς τὰς ἀτμομηχανάς.

ΑΙ ΤΡΕΙΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

8. **Συνοχή.**—Τὰ μόρια, ἐκ τῶν ὁποίων συνίστανται τὰ σώματα, παραμένουν συσσωρευμένα, διότι ἑξασκοῦν τὰ μὲν ἐπὶ τῶν δὲ **ἀμοιβαίας ἑλξεις**. Ἡ δύναμις, ἡ ὁποία τὰ συνδέει, καλεῖται **συνοχή**.

Ὅλα τὰ σώματα παρουσιάζονται ὑπὸ μίαν τῶν ἐπομένων τριῶν καταστάσεων : τὴν **στερεάν**, τὴν **ὕγρην**, τὴν **ἀερίωδην**.

9. **Στερεὰ κατάστασις.**—Τὰ στερεὰ σώματα (ξύλον, μάρμαρον, σίδηρος κτλ.) ἔχουν σχῆμα καὶ ὄγκον ὠρισμένον καὶ ἀντιτάσσουσιν ἀντίστασιν εἰς πᾶσαν μεταβολὴν τοῦ σχήματος ἢ τοῦ ὄγκου των. Ἡ συνοχή τῶν μορίων των εἶναι σημαντικὴ καί, διὰ νὰ ἀποχωρισθοῦν ταῦτα, χρειάζεται δύναμις ἐξωτερικὴ κατὰ τὸ μᾶλλον ἢ ἥττον μεγάλην.

10. **Υγρὰ κατάστασις.**—Τὰ ὑγρά ἔχουν ὄγκον ὠρισμένον ὅπως τὰ στερεὰ· ἀλλὰ τὰ μόριά των, ἕνεκα τῆς πολλῆς μικρᾶς συνοχῆς των, ὀλισθαίνουν εὐκόλως τὰ μὲν ἐπὶ τῶν δέ, δὲν ἔχουν ἴδιον σχῆμα, ἀλλὰ λαμβάνουν τὸ σχῆμα τῶν περιεχόντων αὐτὰ ἀγγείων, ἀπολήγουν δὲ εἰς ἐλευθέραν ἐπιφάνειαν.

Τὰ ὑγρά εἶναι πολὺ ὀλίγον συμπιεστὰ καὶ τελείως ἐλαστικά.

11. **Ἀερίωδης κατάστασις.**—Τὰ αἶρια δὲν ἔχουν οὔτε σχῆμα,

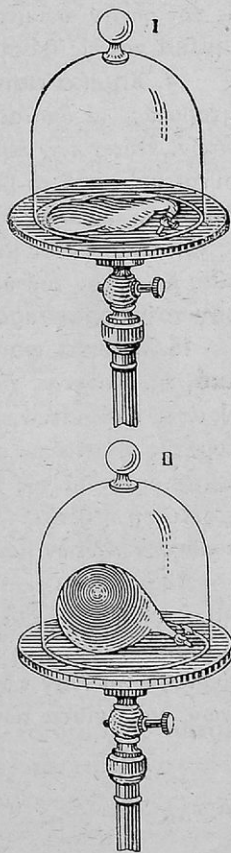
οὔτε ὄγκον ὠρισμένον, τὰ μόριά των μίγνυνται καὶ ἐμφανίζονται ἄνευ συνοχῆς, εἶναι λίαν συμπιεστὰ καὶ ἡ ἐλαστικότης των εἶναι τελεία, ὅπως καὶ τῶν ὑγρῶν. Τὸ συμπιεστὸν καὶ τὴν ἐλαστικότητα τῶν αὐτῶν ἀποδεικνύομεν διὰ τοῦ δι' αέρος πυρείου. Ἡ συσκευή αὕτη συνίσταται ἐξ ὑαλίνου κυλίνδρου μὲ παχέα τοιχώματα, κλειστοῦ κατὰ τὸ ἐν ἄκρον (σχ. 1). Διὰ τοῦ ἀνοικτοῦ στομίον εἰσέρχεται ἐμβολεὺς ἐφαρμοζόμενος ἀεροστεγῶς. Ὅταν καταβιβάσωμεν τὸν ἐμβολέα, ὁ αἶθρ συμπιέζεται καὶ ὁ ὄγκος του γίνεται ἐλάχιστος· εὐθὺς ὁμως ὡς παύσωμεν νὰ πιέζωμεν τὸν ἐμβολέα, ὁ πεπιεσμένος αἶθρ ἀναβιβάζει αὐτόν, ἀναλαμβάνων τὸν ὄγκον του.



Σχ. 1

Τὰ αέρια δὲν ἔχουν ἐλευθέραν ἐπιφάνειαν. Διακρίνονται τῶν ὑγρῶν διὰ τῆς διαχυτικότητός των, ἔνεκα τῆς ὁποίας καταλαμβάνουν ὅλον τὸν προσφερόμενον χώρον. Ἐν αέριον ὁμοιάζει μὲ ἐλατήριο σταθερῶς τεταμένον· τὰ μόριά του, ὡς εἵπομεν, ἐξασκοῦν ἐπὶ τῶν τοιχωμάτων τοῦ δοχείου, τὸ ὅποιον τὸ περιέχει, πίεσιν ἢ ἐλαστικὴν δύναμιν.

Διὰ νὰ ἀποδείξωμεν τὴν ἐλαστικὴν ταύτην δύναμιν τῶν αερίων, θέτομεν κύστιν περιέχουσαν μικρὰν ποσότητα αέρος, καλῶς κλεισμένην, ὑπὸ τὸν κώδωνα ἀεραντλίας (σχ. 2, I) καὶ ἀραιοῦμεν διὰ τῆς μηχανῆς ταύτης τὸν αέρα τοῦ κώδωνος. Βλέπομεν τότε τὴν κύστιν ἐξογκουμένην ταχέως ἔνεκα τῆς ἐκτάσεως τοῦ ὀλίγου αέρος, ὅστις ὑπῆρχεν ἐντὸς αὐτῆς (σχ. 2, II).



Σχ. 2

12. Μεταβολὴ τῆς καταστάσεως τῶν σωμάτων.—Ἐν καὶ τὸ αὐτὸ σῶμα, διατηροῦν τὴν φύσιν του, δύναται νὰ ἐμφανισθῇ καὶ ὑπὸ τὰς τρεῖς καταστάσεις. Τὸ θεῖον π.χ. θερμαινόμενον καθίσταται ὑγρὸν καὶ κατόπιν αέριον· τὸ ὕδωρ ὑπάρχει εἰς κατάστασιν ἀτμοῦ εἰς τὸν αέρα, μεταβάλλεται δὲ εἰς πάγον διὰ τῆς

ψύξεως. Ἐπίσης ἐν ἀέριον διὰ τῆς ψύξεως καθίσταται ὑγρόν, κατόπιν δὲ στερεόν.

ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΧΗΜΙΚΑ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΑ

13. Τὰ φαινόμενα, δηλ. αἱ μεταβολαὶ τὰς ὁποίας ὑφίστανται τὰ εἰς τὴν φύσιν σώματα, διαιροῦνται εἰς δύο μεγάλας κατηγορίας: εἰς **χημικὰ** καὶ εἰς **φυσικὰ** φαινόμενα.

14. **Χημικὰ φαινόμενα.**—Τὰ σώματα δύνανται νὰ ὑφίστανται μεταβολάς, αἱ ὁποῖαι ἐπιφέρουν μόνιμον ἀλλοίωσιν τῶν ιδιοτήτων αὐτῶν. Οὕτω π.χ. τεμάχιον ἄσβεστολίθου πυρούμενον ἰσχυρῶς ἐλαττοῦται καὶ κατὰ τὸ βάρος καὶ κατὰ τὸν ὄγκον καὶ μετατρέπεται εἰς ἄσβεστον. Ἐπίσης, ἐὰν θερμάνωμεν ἐπ' ἀρκετὸν χρόνον ὑδραργύρον εἰς τὸν ἀέρα, οὗτος μεταβάλλεται εἰς στερεάν τινα ἐρυθρὰν οὐσίαν, τελείως διάφορον τοῦ ὑδραργύρου, ἡ ὁποία καλεῖται **ἐρυθρὸν ὀξειδον τοῦ ὑδραργύρου**. Τὰ φαινόμενα ταῦτα καλοῦνται **χημικὰ**.

15. **Φυσικὰ φαινόμενα.**—Ἄλλα φαινόμενα, καλούμενα **φυσικὰ**, ἐκδηλοῦνται, χωρὶς νὰ ἐπιφέρουν μόνιμους ἀλλοιώσεις εἰς τὴν φύσιν τῶν σωμάτων, ὅπως π.χ. ἡ μεταβολὴ τοῦ ὕδατος, τὸ ὁποῖον ἡ θερμότης μετατρέπει εἰς ἀτμόν, ἢ ἡ μεταβολὴ τῆς ὑάλης, τὴν ὁποίαν ἠλεκτρίζομεν διὰ τῆς τριβῆς. Αἱ μεταβολαὶ αὗται ἐξαφανίζονται εὐθὺς ὡς ἐκλείψῃ ἡ αἰτία, ἡ ὁποία τὰς παρήγαγεν. Ἡ μελέτη κυρίως τῶν παροδικῶν τούτων μεταβολῶν εἶναι τὸ ἀντικείμενον τῆς Φυσικῆς.

Σημείωσις.—Διατηροῦμεν τὴν διαίρεσιν τῶν φαινομένων εἰς χημικὰ καὶ φυσικὰ διὰ λόγους καθαρῶς ταξινομητικούς· ἡ διάκρισις αὕτη σήμερον δὲν δύναται νὰ θεωρηθῇ ἀκριβής, καθ' ὅσον μεταξὺ τῶν ἄκρων φαινομένων τῶν δύο ομάδων ὑπάρχει ὁλόκληρος σειρὰ φαινομένων, τὰ πλεῖστα τῶν ὁποίων παρουσιάζουν χαρακτῆρα μεικτὸν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Β'

ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΕΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

ΚΙΝΗΤΙΚΗ

16. Ἡρεμία καὶ κίνησις.—Ὅταν βλέπωμεν διάφορα ἀντικείμενα, τῶν ὁποίων αἱ ἀμοιβαίαι ἀποστάσεις δὲν μεταβάλλονται, λέγομεν, ὅτι ταῦτα εὐρίσκονται ἐν ἡρεμίᾳ τὰ μὲν ὡς πρὸς τὰ δέ. Ἄν ὅμως αἱ

ἀποστάσεις σώματός τινος ἀπὸ τῶν ἀντικειμένων τούτων μεταβάλλονται, λέγομεν, ὅτι τὸ σῶμα κινεῖται ὡς πρὸς αὐτά. Π.χ. ὅταν σῶμά τι πίπτη ἐντὸς αἰθούσης, αἱ ἀποστάσεις τοῦ σώματος τούτου ἀπὸ τὰ διάφορα σημεῖα τῆς αἰθούσης μεταβάλλονται.

Ἡ ἐπιστήμη, ἡ ὁποία ἐξετάζει τὴν κίνησιν καὶ τὰ αἷτια αὐτῆς, ὡς καὶ τὰ ἀποτελέσματα καὶ τὰς ἐφαρμογὰς της, λέγεται **Μηχανική**. Ἡ Μηχανικὴ διαιρεῖται εἰς τρία μέρη: τὴν **Κινητικὴν**, τὴν **Στατικὴν** καὶ τὴν **Δυναμικὴν**.

Εἰς τὴν **Κινητικὴν** ἐξετάζομεν τὴν κίνησιν καθ' ἑαυτήν, ὑπὸ ἔποψιν καθαρῶς ἀφηρημένην καὶ γεωμετρικὴν, χωρὶς νὰ λαμβάνωμεν ὑπ' ὄψιν τὰς αἰτίας, αἱ ὁποῖαι τὴν παράγουν.

Εἰς τὰ δύο ἄλλα μέρη τῆς Μηχανικῆς ἐξετάζομεν τὰς δυνάμεις, δηλ. τὰς αἰτίας τῆς κινήσεως, θεωρουμένης εἴτε εἰς τὴν κατάστασιν τῆς ἰσορροπίας (**Στατικὴ**) εἴτε εἰς τὴν κατάστασιν τῆς ἐνεργείας (**Δυναμικὴ**).

Ἀρχίζομεν ἀπὸ τὴν **Κινητικὴν**, διότι ἡ ἔννοια τῆς κινήσεως συλλαμβάνεται διὰ τῆς ἀμέσου παρατηρήσεως.

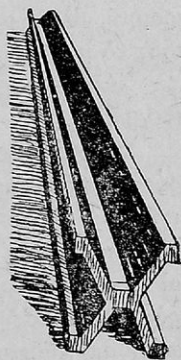
17. Μέτρησις τῶν μηκῶν. Μονὰς μήκους.—

Διὰ νὰ μετρήσωμεν μῆκός τι, τὸ συγκρίνομεν πρὸς ἄλλο τι μῆκος ἐκλεγόμενον αὐθαιρέτως, τὸ ὁποῖον λαμβάνομεν ὡς **μονάδα**.

Διὰ νὰ ὑπάρῃ μονὰς ἀπολύτως ἀμετάβλητος, κατεσκευάσαν, ὑπὸ τὸ ὄνομα **διεθνὲς πρότυπον**, κανόνα ἐκ λευκοχρύσου (σχ. 3), φέροντα πλησίον τῶν ἄκρων του δύο γραμμὰς, τῶν ὁποίων ἡ ἀπόστασις, ὅταν ἡ ὁρὰ εὐρίσκειται εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ 0°, ὀρίζει τὸ **διεθνὲς μέτρον**. Τὸ μῆκος τοῦτο παριστᾷ (μὲ ἐλάχιστον λάθος) τὸ τεσσαρακοντάκις ἑκατομμυριοστὸν τοῦ μήκους τοῦ γήινου μεσημβρινοῦ.

Ἀφ' ἐτέρου, εἰς τὸ Διεθνὲς Συνέδριον τῶν Ἡλεκτρολόγων τοῦ 1881 ἐθεσπίσθη διὰ τὴν μέτρησιν τῶν διαφορῶν μεγεθῶν σύστημα μονάδων, τὸ ὁποῖον ὠνομάσθη **σύστημα C.G.S.** (ἐκ τῶν ὀνομάτων τῶν τριῶν θεμελιωδῶν μονάδων του: centimètre, gramme, seconde). Εἰς τὸ σύστημα τοῦτο ἐξελέγη ὡς μονὰς μήκους τὸ ἑκατοστόμετρον, ἦτοι τὸ ἑκατοστὸν τοῦ διεθνοῦς μέτρον.

18. Ἐννοια τοῦ χρόνου.— Ἡ κίνησις ἐνὸς σώματος, δηλ. ἡ μεταβάσις του ἀπὸ μιᾶς θέσεως εἰς ἄλλην, γεννᾷ εἰς ἡμᾶς μίαν νέαν ἔν-



Σχ. 3

νοιαν, τὴν ἔννοιαν τοῦ **χρονικοῦ διαστήματος**. Καθὼς δὲ εἰς τὴν Γεωμετρίαν ἀπὸ τὴν ἔννοιαν τοῦ πεπερασμένου τμήματος εὐθείας σχηματίζομεν τὴν γενικὴν ἔννοιαν τῆς ἀπειρομήκους εὐθείας, τοιοῦτοτρόπως καὶ ἐνταῦθα ἀπὸ τὴν ἔννοιαν τοῦ **πεπερασμένου χρονικοῦ διαστήματος** σχηματίζομεν τὴν γενικὴν ἔννοιαν τοῦ **ἀπείρου χρόνου**.

Ὁ χρόνος διὰ τὴν Μηχανικὴν εἶναι ποσὸν θεμελιῶδες, τοῦ ὁποίου ὅμως ἡ ἔννοια εἶναι τόσον ἀπλῆ, ὥστε δὲν δύναται νὰ ὀρισθῇ μὲ ἄλλας ἀπλουστερας.

Ὁ χρόνος, ἀντιθέτως πρὸς τὸν χῶρον, ὅστις ἔχει τρεῖς διαστάσεις, εἶναι ποσὸν μὲ μίαν μόνον διάστασιν (μῆκος), ἀντιστοιχεῖ δηλ. πρὸς τὴν γραμμὴν, ἡ ὁποία καὶ αὐτὴ ἔχει μόνον μῆκος, μὲ τὴν διαφορὰν, ὅτι ὁ χρόνος δὲν δύναται νὰ διανυθῇ κατὰ δύο φοράς, ὅπως ἡ γραμμὴ, ἀλλὰ μόνον κατὰ μίαν, δηλ. ἀπὸ τὸ παρελθὸν ἢ τὸ παρὸν πρὸς τὸ μέλλον, οὐχὶ δὲ ἀντιστρόφως.

Ἐκάτερον τῶν ἄκρων χρονικοῦ διαστήματος λέγεται **χρονικὴ στιγμή**.

19. Μέτρησις τοῦ χρόνου. — Ὅπως πᾶν ποσόν, οὕτω καὶ ὁ χρόνος ἐπιδέχεται μέτρησιν. Ἡ μέτρησις τοῦ χρόνου στηρίζεται ἐπὶ κινήσεως, ἡ ὁποία ἐπὶ πολὺν χρόνον παραμένει ἀπολύτως ἡ αὐτή. Τοιαύτη κίνησις εἶναι π.χ. ἡ περιστροφή τῆς γῆς περὶ τὸν ἄξονά της ἢ καὶ ἡ κίνησις ἐκκρεμοῦς ὥρολογίου, ἡ ὁποία κανονίζεται συμφώνως πρὸς τὴν περιστροφὴν τῆς Γῆς. Ἐπειδὴ δηλ. δὲν δυνάμεθα νὰ συγκρίνωμεν ἀπ' εὐθείας δύο χρονικὰ διαστήματα, διὰ νὰ ἴδωμεν ἂν εἶναι ἴσα ἢ ἄνισα, τὰ συγκρίνομεν ἐμμέσως διὰ τῶν τοπικῶν διαστημάτων, τὰ ὁποία κατὰ τὴν κίνησιν ταύτην διέτρεξε τὸ κινητὸν ἐντὸς τῶν χρονικῶν τούτων διαστημάτων. Καὶ ἂν μὲν τὰ τοπικὰ ταῦτα διαστήματα εἶναι ἴσα, λέγομεν **ἴσα** καὶ τὰ χρονικά· ἂν δὲ εἶναι ἄνισα, λέγομεν καὶ τὰ χρονικά **ἄνισα**· καὶ γενικῶς λέγομεν **λόγον** δύο χρονικῶν διαστημάτων τὸν λόγον τῶν ἀντιστοιχῶν τοπικῶν διαστημάτων κατὰ τὴν θεμελιώδη ταύτην κίνησιν.

Ὡς μονάδα τοῦ χρόνου λαμβάνομεν εἰς τὴν Μηχανικὴν τὸ δεῦτερον λεπτόν, δηλ. τὸ $\frac{1}{86400}$ τῆς μέσης ἡλιακῆς ἡμέρας.

Ἀλγεβρικὴ τιμὴ χρονικοῦ διαστήματος. Κατὰ τοὺς ἀλγεβρικοὺς ὑπολογισμοὺς μετροῦμεν τὰ χρονικὰ διαστήματα ἀρχόμενοι ἀπὸ δοθείσης στιγμῆς, τὴν ὁποίαν καλοῦμεν **ἀρχὴν τοῦ χρόνου** ἢ

χρόνον μηδέν. Μεταγενεστέρα τῆς ἀρχῆς τοῦ χρόνου στιγμή παρίσταται τότε δι' ἀριθμοῦ θετικοῦ, προγενεστέρα δὲ δι' ἀριθμοῦ ἀρνητικοῦ.

ΔΙΑΦΟΡΟΙ ΚΙΝΗΣΕΙΣ

20. Ὅρισμοί.— Καλοῦμεν **κινητὸν** πᾶν σῶμα, τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται ἐν κινήσει.

Ὁ τόπος τῶν θέσεων, τὰς ὁποίας τὸ κινητὸν καταλαμβάνει διαδοχικῶς εἰς τὸ διάστημα, καλεῖται **τροχιά** τοῦ κινήτου.

21. Κίνησις εὐθύγραμμος καὶ κίνησις καμπυλόγραμμος.— Ἐὰν θεωρήσωμεν ἐν μόνον σημεῖον τοῦ κινήτου ἢ κινήτων ἀρκετὰ μικρόν, ὥστε νὰ δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς σημεῖον, ἡ τροχία του εἶναι γραμμὴ. Καθ' ὅσον δὲ ἡ γραμμὴ αὕτη εἶναι εὐθεῖα ἢ καμπύλη, λέγομεν, ὅτι ἡ κίνησις εἶναι **εὐθύγραμμος** ἢ **καμπυλόγραμμος**. Οὕτω ἡ κίνησις σημείου σώματος πίπτοντος ἐλευθέρως εἶναι εὐθύγραμμος, ἐνῶ ἡ κίνησις σημείου βλήματος ριπτομένου πλαγίως εἶναι καμπυλόγραμμος.

22. Κίνησις εὐθύγραμμος ὁμαλή.— Καλοῦμεν **ὁμαλὴν** τὴν κίνησιν, κατὰ τὴν ὁποίαν τὸ κινητὸν διατρέχει ἴσα διαστήματα εἰς ἴσους χρόνους οἰουσδήποτε. Τὴν λέξιν **διάστημα** λαμβάνομεν ἐνταῦθα ὑπὸ τὴν περιορισμένην ἔννοιαν τοῦ δρόμου τοῦ διανυομένου ἐπὶ τῆς τροχιάς ἢ μέρους τῆς τροχιάς.

Τὰ διανυόμενα διαστήματα μετροῦμεν, ἀρχόμενοι ἀπὸ σημείου τινὸς O (σχ. 4), τὸ ὁποῖον καλοῦμεν **ἀρχὴν τῶν διαστημάτων**, καὶ τοὺς χρόνους ἀπὸ ὁρισμένης στιγμῆς, τὴν ὁποίαν καλοῦμεν, **ἀρχὴν τῶν χρόνων**.

Ταχύτης. Καλοῦμεν **ταχύτητα** εἰς τὴν ὁμαλὴν κίνησιν τὸ εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου διανυόμενον διάστημα. Ἐὰν λάβωμεν τὸ μέτρον ὡς μονάδα τοῦ μήκους καὶ τὸ δευτερόλεπτον ὡς μονάδα τοῦ χρόνου, θὰ ἐκφράσωμεν τὴν ταχύτητα εἰς μέτρα κατὰ δευτερόλεπτον.

Μονὰς ταχύτητος. Εἰς τὸ σύστημα τῶν ἀπολύτων μονάδων (C.G.S.) τὸ ἑκατοστόμετρον εἶναι ἡ μονὰς τοῦ μήκους καὶ τὸ δευτερόλεπτον ἡ μονὰς τοῦ χρόνου. Ἡ ταχύτης δὲ ἐκφράζεται εἰς ἑκατοστόμετρα κατὰ δευτερόλεπτον.

Συνεπῶς **μονὰς ταχύτητος** εἶναι ἡ ταχύτης κινήτου, κινουμένου ἰσοταχῶς καὶ διανύοντος ἐν ἑκατοστόμετρον κατὰ δευτερόλεπτον.

Νόμοι. Ἐκ τοῦ ὁρισμοῦ προκύπτει, ὅτι εἰς τὴν ὁμαλὴν κίνησιν ἡ ταχύτης εἶναι σταθερά. Συνεπῶς τὸ εἰς 2, 3, 4, ... δευτερόλεπτα δια-

νυθὲν ὑπὸ τοῦ κινητοῦ διάστημα θὰ ἰσοῦται μὲ 2, 3, 4... φορὰς τὴν ταχύτητά του. Ἐντεῦθεν προκύπτουν οἱ ἀκόλουθοι νόμοι τῆς ὁμαλῆς κινήσεως:

Νόμος τῶν ταχυτήτων. Ἡ ταχύτης εἶναι σταθερά.

Νόμος τῶν διαστημάτων. Τὰ διανυόμενα διαστήματα εἶναι ἀνάλογα πρὸς τοὺς χρόνους, εἰς τοὺς ὁποίους διηνύθησαν.

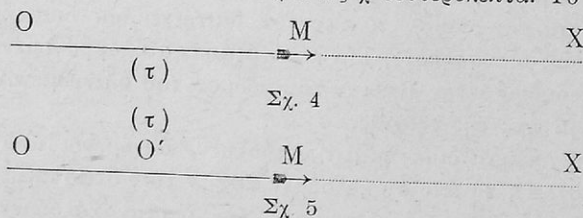
Ἐξισώσεις τῆς κινήσεως. Ἐὰν παραστήσωμεν διὰ τ τὴν ταχύτητα τῆς ὁμαλῆς κινήσεως καὶ διὰ α τὸ σταθερὸν διάστημα τὸ διανυόμενον ὑπὸ τοῦ κινητοῦ εἰς ἓν δευτερόλεπτον, θὰ ἔχωμεν κατὰ πρῶτον

$$\tau = \alpha \quad (1)$$

Ἐὰν ἡ ἀρχὴ τῶν διαστημάτων εἶναι τὸ σημεῖον, εἰς τὸ ὁποῖον εὑρίσκεται τὸ κινητὸν κατὰ τὴν ἀρχὴν τοῦ χρόνου (σχ. 4, τροχιά OX), ὁ νόμος τῶν διαστημάτων θὰ ἐκφρασθῇ διὰ τῆς ἐξισώσεως

$$\delta = \alpha \chi \quad (2)$$

ἥτις παριστᾷ τὸ διανυθὲν διάστημα εἰς χ δευτερόλεπτα. Τὸ διάστημα



δ μετρεῖται θετικῶς μὲν κατὰ τὴν φορὰν τῆς κινήσεως, ἀρνητικῶς δὲ κατὰ τὴν ἀντίθετον φορὰν. Ἄν, τέλος, κατὰ τὴν ἀρχὴν τῶν χρόνων τὸ κινητὸν εἶχεν ἤδη διανύσει τὸ διάστημα $OO' = \delta_0$ (σχ. 5, τροχιά OX), ὁ νόμος τῶν διαστημάτων θὰ ἐκφρασθῇ ὑπὸ τῆς ἐξισώσεως

$$\delta = \delta_0 + \alpha \chi \quad (3)$$

Τὸ δ_0 δύναται νὰ εἶναι θετικὸν ἢ ἀρνητικόν, ἐφ' ὅσον τὸ OO' διηνύθῃ κατὰ τὴν θετικὴν φορὰν ἢ κατὰ τὴν ἀρνητικὴν.

Ἀμφότεραι αἱ ἐξισώσεις (2) καὶ (3) ἐξαρτῶνται ἐκ τοῦ χρόνου, εἶναι δηλ. συναρτήσεις τοῦ χρόνου.

Αἱ ἐξισώσεις (1), (2) καὶ (3) καλοῦνται **ἐξισώσεις τῆς κινήσεως**. Ἐκ τούτων ἡ μὲν πρώτη εἶναι ἡ ἐξίσωσις τῶν ταχυτήτων, αἱ δὲ λοιπαὶ δύο αἱ ἐξισώσεις τῶν διαστημάτων.

Μία κίνησις ὁμαλή, καὶ γενικῶς οἰαδήποτε κίνησις, εἶναι πλήρως

ὠρισμένη, ὅταν γνωρίζωμεν τὴν τροχίαν τοῦ κινητοῦ καὶ τὰς ἐξισώσεις τῆς κινήσεως, καθὼς καὶ τὴν ἀρχὴν τῶν διαστημάτων καὶ τὴν ἀρχὴν τῶν χρόνων.

Σημείωσις.—Ἐκ τῶν ἐξισώσεων (1), (2) καὶ (3) λαμβάνομεν

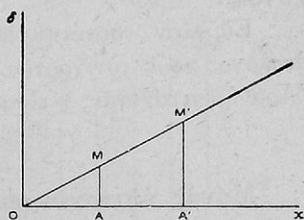
$$\text{εἴτε } \tau = \frac{\delta}{\chi} \quad \text{εἴτε} \quad \tau = \frac{\delta - \delta_0}{\chi}.$$

Δυνάμεθα λοιπὸν νὰ εἰπώμεν, ὅτι εἰς τὴν ὁμαλὴν κίνησιν **ταχύτης** εἶναι ἡ σχέσις τοῦ διανυθέντος διαστήματος πρὸς τὸν χρόνον, καθ' ὃν τοῦτο διηγύθη, ἢ μᾶλλον ἡ σχέσις τῆς αὐξήσεως τοῦ διαστήματος πρὸς τὴν αὐξήσιν τοῦ χρόνου.

Γραφικὴ παράστασις τῆς ὁμαλῆς κινήσεως.—Ἀντὶ νὰ παραστήσωμεν τὸν νόμον τῆς κινήσεως διὰ τύπου, δυνάμεθα νὰ τὸν παραστήσωμεν διὰ γραμμῆς. Ἡ γραμμὴ αὕτη λέγεται **γραφικὴ παράστασις ἢ διάγραμμα τῆς κινήσεως**.

Λαμβάνομεν δύο ἄξονας ὀρθογωνίους $O\chi$ καὶ $O\delta$ (σχ. 6). Ἐπὶ τοῦ ὀριζοντίου ἄξονος ἢ ἄξονος τῶν χρόνων, λαμβάνομεν τμήματα OA καὶ OA' **ἀνάλογα πρὸς τοὺς διαδοχικοὺς χρόνους**, κατὰ

τὴν διάρκειαν τῶν ὁποίων τὸ κινητὸν θὰ εὑρίσκηται εἰς κίνησιν. Ἐπὶ τῶν σημείων A καὶ A' φέρομεν καθέτους ἐπὶ τὸν $O\chi$ καὶ ἐπὶ τῶν καθέτων τούτων λαμβάνομεν τμήματα MA καὶ $M'A'$ ἀνάλογα πρὸς τὰ διαστήματα δ καὶ δ' , τὰ ὅποια διηγύθησαν διαδοχικῶς ὑπὸ τοῦ κινητοῦ κατὰ



Σχ. 6

τοὺς χρόνους χ καὶ χ' . Κατὰ τὴν σχέσιν $\tau = \frac{\delta}{\chi}$, πρέπει νὰ ἔχωμεν

$$\frac{MA}{OA} = \frac{\delta}{\chi} = \tau$$

(διότι MA παριστᾷ τὸ διάστημα καὶ OA τὸν χρόνον)

$$\text{καὶ} \quad \frac{M'A'}{OA'} = \frac{\delta'}{\chi'} = \tau. \quad \text{Ἄρα} \quad \frac{MA}{OA} = \frac{M'A'}{OA'}.$$

Συγεπῶς τὰ σημεῖα M καὶ M' θὰ εὑρίσκωνται ἐπ' εὐθείας μετὰ τοῦ O . Τὸ διάγραμμα τῆς ὁμαλῆς κινήσεως θὰ εἶναι λοιπὸν εὐθεῖα.

23. Κίνησις μεταβαλλομένη.—Ἡ κίνησις καλεῖται **μεταβαλλομένη**, ὅταν τὸ κινητὸν διανύῃ εἰς ἴσους χρόνους ἄνισα διαστήματα.

Ἡ μεταβαλλομένη κίνησις δύναται νὰ εἶναι εὐθύγραμμος ἢ καμπυλόγραμμος.

24. Κίνησις εὐθύγραμμος ὁμαλῶς μεταβαλλομένη.— Ἡ ἀπλοστέρα τῶν μεταβαλλομένων κινήσεων καὶ συγχρόνως ἢ μᾶλλον ἐνδιαφέρουσα εἰς τὴν πρᾶξιν εἶναι ἡ εὐθύγραμμος ὁμαλῶς μεταβαλλομένη κίνησις.

Μία κίνησις εὐθύγραμμος λέγεται ὁμαλῶς μεταβαλλομένη, ὅταν ἡ ταχύτης αὐτῆς αὐξάνεται ἢ ἐλαττοῦται κατὰ ποσότητος ἴσας εἰς ἴσους χρόνους, οἴουσδήποτε. Καὶ κατὰ μὲν τὴν πρώτην περίπτωσιν ἡ κίνησις εἶναι ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένη, κατὰ δὲ τὴν δευτέραν ὁμαλῶς ἐπιβραδυνομένη.

Ἐπιτάχυνσις. Ἡ θετική ἢ ἀρνητική ποσότης, κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ ταχύτης μεταβάλλεται εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου, καλεῖται ἐπιτάχυνσις.

Εἰς μίαν τοιαύτην κίνησιν ἡ μεταβολὴ τῆς ταχύτητος Δτ εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸν χρόνον Δχ, κατὰ τὸν ὅποιον ἡ μεταβολὴ ἐπῆλθεν. Ἄρα ἡ ἐπιτάχυνσις γ εἶναι τὸ σταθερὸν πηλίκον:

$$\frac{\Delta\tau}{\Delta\chi} = \gamma.$$

Μονὰς ἐπιταχύνσεως. Ἐὰν ἔχωμεν συγχρόνως Δτ = 1 καὶ Δχ = 1, ἡ ἐξίσωσις, ἣτις ὁρίζει τὸ γ, δίδει γ = 1.

Λοιπὸν μονὰς ἐπιταχύνσεως εἶναι ἡ ἐπιτάχυνσις κινήσεως εὐθύγραμμου, ὁμαλῶς μεταβαλλομένης, τῆς ὁποίας ἡ ταχύτης μεταβάλλεται κατὰ τὴν μονάδα τῆς ταχύτητος εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου.

Ἐξισώσεις τῆς εὐθυγράμμου ὁμαλῶς μεταβαλλομένης κινήσεως. Ἐστῶσαν εἰς μίαν τοιαύτην κίνησιν α μὲν ἡ ταχύτης εἰς χρόνον 0, τ δὲ ἡ ταχύτης εἰς χρόνον χ, ὁπότε ἡ μεταβολὴ τῆς ταχύτητος Δτ εἰς χρόνον χ θὰ εἶναι τ — α.

Κατὰ τὸν ὁρισμὸν ἔχομεν:

$$\frac{\tau - \alpha}{\chi} = \gamma, \quad \text{ἔξ ἧς } \tau - \alpha = \gamma\chi \quad \text{καὶ} \quad \tau = \alpha + \gamma\chi. \quad (1)$$

Αὕτη εἶναι ἡ ἐξίσωσις τῶν ταχυτήτων.

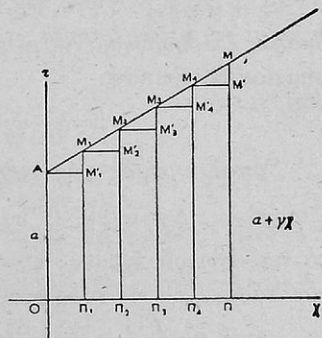
Τὸ εἰς χρόνον χ διανυόμενον διάστημα δίδεται ὑπὸ τῆς ἐξισώσεως

$$\delta = \alpha\chi + \frac{\gamma\chi^2}{2} \quad (2)$$

ἣτις καλεῖται ἐξίσωσις τῶν διαστημάτων.

Σημείωσις 1.— Τὴν ἐξίσωσιν τῶν διαστημάτων δυνάμεθα νὰ λάβωμεν διὰ γεωμετρικῆς μεθόδου ὡς ἐξῆς :

Λαμβάνομεν δύο ἄξονας ὀρθογωνίους, Ὅτ τῶν ταχυτήτων καὶ Ὁχ τῶν χρόνων (σχ. 7). Ἐπὶ τοῦ Ὅτ λαμβάνομεν τμήμα ὍΑ = α. ΜΠ εἶναι ἡ ταχύτης εἰς χρόνον χ (τ = α + γχ). Διαιροῦμεν τὸν χρόνον χ εἰς ὠρισμένον ἀριθμὸν μικροτέρων διαστημάτων ὍΠ₁ = χ₁, Π₁Π₂ = χ₂ κτλ. Φαντασθῶμεν ἤδη κινητὸν, τὸ ὁποῖον ἀναχωρεῖ εἰς χρόνον 0 μετὰ ταχύτητος α καὶ τοῦ ὁποῖου ἡ κίνησις παρομένει ὁμαλὴ κατὰ τὸν χρόνον χ₁. Κατὰ τὸν χρόνον τοῦτον διανύει διάστημα αχ₁, τὸ ὁποῖον παρίσταται ὑπὸ τοῦ ἑμβადοῦ τοῦ ὀρθογωνίου ΑΜ₁Π₁Ο. Κατὰ τὸν χρόνον χ₂ δίδομεν εἰς τὸ κινητὸν τὴν σταθερὰν ταχύτητα τ₁ = Π₁Μ₁. Ὑπὸ τὰς συνθήκας ταύτας θὰ διανύσῃ τὸ διάστημα τ₁χ₂, τὸ ὁποῖον εἶναι τὸ ἑμβάδον τοῦ ὀρθογωνίου Π₁Μ₁Μ₂Π₂, καὶ οὕτω καθεξῆς. Τὸ διάστημα, τὸ ὁποῖον θὰ διανύσῃ τὸ κινητὸν, θὰ εἶναι τὸ ἄθροισμα τῶν ἑμβადῶν τῶν ὀρθογωνίων. Εἶναι φανερόν ὅτι, ὅσον μεγαλύτερος εἶναι ὁ ἀριθμὸς τῶν μερῶν, εἰς τὰ ὁποῖα διηρέσαμεν τὸν χρόνον χ, τόσον τὸ ὑπὸ τοῦ φανταστικοῦ κινητοῦ διανυόμενον διάστημα θὰ πλησιάζῃ πρὸς τὸ διάστημα, τὸ ὁποῖον τὸ πραγματικὸν κινητὸν θὰ διανύσῃ. Συγχρόνως τὸ ἄθροισμα τῶν ἑμβადῶν τῶν ὀρθογωνίων θὰ πλησιάζῃ ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον πρὸς τὸ ἑμβάδον τοῦ τραπεζίου ΟΑΜΠ. Πρέπει λοιπὸν νὰ συμπεράνωμεν, ὅτι τὸ ἑμβάδον τοῦτο παριστᾷ τὸ διάστημα, τὸ ὁποῖον θὰ διανύσῃ τὸ κινητὸν κατὰ τὸν χρόνον χ. Ἐχομεν συνεπῶς :



Σχ. 7

$$\delta = \text{ἑμβάδον ΟΑΜΠ} = \frac{\text{ΟΑ} + \text{ΜΠ}}{2} \cdot \text{ΟΠ} \quad \eta$$

$$\delta = \frac{\alpha + (\alpha + \gamma\chi)}{2} \cdot \chi = \frac{2\alpha + \gamma\chi}{2} \cdot \chi = \alpha\chi + \frac{\gamma\chi^2}{2}.$$

Σημείωσις 2.— Ἐὰν α = 0, ἔὰν δηλ. τὸ κινητὸν δὲν ἔχῃ ἀρχικὴν ταχύτητα εἰς χρόνον 0, αἱ ἐξισώσεις (1) καὶ (2) γίνονται :

$$T = \gamma\chi \quad (1') \quad \text{καὶ} \quad \delta = \frac{\gamma\chi^2}{2} \quad (2').$$

Ὅταν τὸ κινητὸν εὑρίσκεται εἰς τὴν ἀρχὴν τῶν διαστημάτων κατὰ

τὴν ἀρχὴν τοῦ χρόνου, καὶ ὅταν κατὰ τὴν στιγμὴν ταύτην ἡ ταχύτης τοῦ εἶναι 0, δυνάμεθα νὰ διατυπώσωμεν τὰς ἐπομένους δύο προτάσεις, αἱ ὁποῖαι ἀποτελοῦν τότε τοὺς νόμους τῆς ὁμαλῶς μεταβαλλομένης κινήσεως:

α') Νόμος τῶν ταχυτήτων. Αἱ ταχύτητες αὐξάνονται ἀναλόγως πρὸς τοὺς χρόνους. Δηλ. μετὰ χρόνον διπλάσιον, τριπλάσιον, τετραπλάσιον κτλ. ἡ ταχύτης εἶναι 2, 3, 4 κλπ. φορὰς μεγαλυτέρα.

β') Νόμος τῶν διαστημάτων. Τὰ διανυόμενα διαστήματα εἶναι ἀνάλογα πρὸς τὰ τετράγωνα τῶν χρόνων, κατὰ τοὺς ὁποίους διηνύθησαν. Δηλ. ἐὰν α μέτρα εἶναι τὸ διανυθὲν διάστημα εἰς 1 δευτέρον λεπτόν, τὰ διαστήματα, τὰ ὁποῖα θὰ διανυθῶσιν εἰς 2, 3, 4 κλπ. δευτέρα λεπτά, θὰ εἶναι 4α, 9α, 16α κλπ.

Σημείωσις. — Εἰς τὴν περίπτωσιν, καθ' ἣν ἡ κίνησις εἶναι ὁμαλῶς επιβραδυνομένη, αἱ ἐξισώσεις εἶναι αἱ αὐταί, ἄλλὰ τὸ γ ἔχει σημεῖον ἀρνητικόν:

$$v = a - \gamma t, \quad \delta = at - \frac{\gamma t^2}{2}.$$

Ὑπολογισμὸς τῆς ταχύτητος ἐκ τοῦ διαστήματος. Ἐκ τῶν ἐξισώσεων: $\delta = at + \frac{\gamma t^2}{2}$ καὶ $v = a + \gamma t$, ὑποῦντες τὴν δευτέραν εἰς τὸ τετράγωνον, ἔχομεν: $v^2 = a^2 + 2a\gamma t + \gamma^2 t^2$ καὶ, ἐξάγοντες τὸ 2γ κοινὸν παράγοντα εἰς τοὺς δύο τελευταίους ὅρους, ἔχομεν:

$$v^2 = a^2 + 2\gamma \left(at + \frac{\gamma t^2}{2} \right). \text{ Καὶ ἐπειδὴ } at + \frac{\gamma t^2}{2} = \delta, \text{ ἔχομεν:}$$

$$v^2 = a^2 + 2\gamma\delta. \text{ Ἡ, ἂν τὸ } \gamma \text{ ἀρνητικόν, } v^2 = a^2 - 2\gamma\delta.$$

Ἄν εἰς τὴν ἐξίσωσιν $v^2 = a^2 + 2\gamma\delta$ ὑποτεθῇ $a=0$, τότε $v^2 = 2\gamma\delta$.

Ἀνακεφαλαίωσις τῶν ἐξισώσεων. Ἄνευ ἀρχικῆς ταχύτητος:

$$v = \gamma t \quad (1) \quad \delta = \frac{\gamma t^2}{2} \quad (2) \quad v = \sqrt{2\gamma\delta} \quad (3)$$

Μετ' ἀρχικῆς ταχύτητος α:

$$v = a \pm \gamma t \quad (1') \quad \delta = at \pm \frac{\gamma t^2}{2} \quad (2') \quad v = \sqrt{a^2 \pm 2\gamma\delta} \quad (3')$$

Σημείωσις. — Θέτοντες εἰς τὴν (2) $\gamma = 1$, ἔχομεν $\delta = \frac{v^2}{2}$ καὶ $\gamma = 2\delta$. Ἡτοι ἡ επιτάχυνσις εἶναι τὸ διπλάσιον τοῦ διαστήματος τοῦ διανυομένου εἰς τὴν πρώτῃν μονάδα τοῦ χρόνου.

Ἀριθμητικαὶ ἐφαρμογαί. α') Λίθος ἀφίηται νὰ πέσῃ ἀπὸ ὕψος 100 μέτρων. Ποίαν ταχύτητα θὰ ἔχῃ, ὅταν φθάσῃ εἰς τὸ ἔδαφος καὶ ποία θὰ εἶναι ἡ διάρκεια τῆς πτώσεως;

$$^{\circ}\text{Ε}χ\omicron\mu\epsilon\nu\ \tau = \sqrt{2\gamma\delta}.$$

Ἐπειδὴ ἡ πτώσις τῶν σωμάτων πραγματοποιεῖ, θεωρητικῶς, τοὺς νόμους τῆς ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένης κινήσεως, διὰ τοῦτο ἀρκεῖ εἰς τοὺς ἀνωτέρω τύπους νὰ ἀντικαταστήσωμεν τὸ γ διὰ $g = 9,8$, τὸ ὁποῖον εἶναι ἡ ἐπιτάχυνσις ἡ ὀφειλομένη εἰς τὴν βαρύτητα.

$$^{\circ}\text{Ε}χ\omicron\mu\epsilon\nu\ \lambda\omicron\iota\pi\omicron\nu\ \tau = \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 100} = 44,2\ \mu.$$

Διάρκεια τῆς πτώσεως :

$$^{\circ}\text{Ε}κ\ \tau\omicron\upsilon\ \tau\acute{\upsilon}π\omicron\upsilon\ \frac{g\chi^2}{2} = \delta\ \acute{\epsilon}\chi\omicron\mu\epsilon\nu\ :\ \chi = \sqrt{\frac{2\delta}{g}} = \sqrt{\frac{200}{9,8}} = 4'',5.$$

β') Ρίπτομεν σῶμα κατακορύφως πρὸς τὰ ἄνω μετ' ἀρχικῆς ταχύτητος 125 μέτρων κατὰ δευτερόλεπτον. Ἐπὶ πόσον χρόνον θὰ ἀνέρχεται καὶ εἰς ποῖον ὕψος θὰ φθάσῃ;

Εἶναι φανερόν, ὅτι τὸ σῶμα θὰ ἀνέρχεται μέχρις ὅτου ἡ ταχύτης του μηδενισθῇ. Θὰ ἔχωμεν λοιπὸν ἐκ τοῦ τύπου :

$$\tau = \alpha - g\chi \quad \alpha - g\chi = 0 \quad \text{καὶ} \quad \chi = \frac{\alpha}{g} = \frac{125}{9,8} = 12'',7.$$

Διὰ νὰ εὗρωμεν δὲ τὸ ὕψος εἰς τὸ ὁποῖον θὰ φθάσῃ, ἀρκεῖ εἰς τὸν τύπον $\delta = \alpha\chi - \frac{g\chi^2}{2}$ νὰ ἀντικαταστήσωμεν τὸ χ διὰ τῆς τιμῆς

του, $\frac{\alpha}{g}$. Θὰ ἔχωμεν τότε :

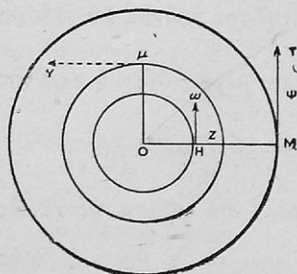
$$\delta = \frac{\alpha^2}{g} - \frac{g}{2} \cdot \frac{\alpha^2}{g^2} = \frac{\alpha^2}{2g}, \text{ συνεπῶς } \delta = \frac{125^2}{19,6} = 797,2 \text{ μέτρα.}$$

25. Κίνησις καμπυλόγραμμος. — Ἡ καμπυλόγραμμος κίνησις δύναται νὰ εἶναι ὁμαλὴ ἢ μεταβαλλομένη.

Κίνησις ὁμαλὴ κυκλική. Μία τῶν καμπυλογράμμων κινήσεων, τῶν συχνότερων εἰς τὰς ἐφαρμογὰς, εἶναι ἡ κίνησις σημείου, τὸ ὁποῖον μετατίθεται ἐπὶ περιφερείας (κυκλικὴ κίνησις). Τὰ σημεῖα τῶν περισσοτέρων μηχανῶν, τῶν μυλολίθων, τῶν ὑδραυλικῶν τροχῶν κλπ. ἀνήκουν εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην. Πολλάκις αἱ κινήσεις αὗται εἶναι ὁμαλαί, δηλ. τὰ ὑπὸ τοῦ σημείου τούτου ἐπὶ τῆς τροχιάς του διανύμενα τόξα εἶναι ἀνάλογα πρὸς τοὺς χρόνους, καθ' οὓς τὸ σημεῖον τὰ διήνυσεν. Ἡ ταχύτης τοῦ σημείου εἰς τὰς περιπτώσεις ταύ-

τας είναι τὸ μῆκος τοῦ τόξου τοῦ διαγραφομένου εἰς ἓν δεύτερον λεπτόν καὶ καλεῖται **γραμμικὴ ἢ περιφερειακὴ ταχύτης**. Δυνάμεθα νὰ εἰπωμεν ἐπίσης, ὅτι γραμμικὴ ταχύτης τοῦ σημείου εἶναι ὁ λόγος $\tau = \frac{\delta}{\chi}$ τοῦ μήκους δ τοῦ ὑπὸ τοῦ σημείου τούτου διανυθέντος τόξου πρὸς τὸν χρόνον χ , τὸν ὁποῖον τὸ σημεῖον ἐχρειάσθη διὰ νὰ τὸ διανύσῃ.

Γωνιώδης ταχύτης. Καλοῦμεν **γωνιώδη ταχύτητα** τῆς κινήσεως σημείου M , τὸ ὁποῖον μετατίθεται μὲ κίνησιν ὁμαλὴν ἐπὶ περιφερείας, τὴν ταχύτητα ω , τὴν ὁποίαν θὰ ἔχῃ κινητὸν H (σχ. 8), εὐρισκόμενον πάντοτε ἐπὶ τῆς αὐτῆς ἀκτίνος OM μετὰ τοῦ M καὶ διαγράφον περιφέρειαν ἀκτίνος l . Αὕτη εἰς κίνησιν κυκλικὴν καὶ ὁμαλὴν εἶναι σταθερὰ καὶ ἰσοῦται ἀριθμητικῶς πρὸς τὴν γωνίαν (ἐκφραζομένην εἰς ἀκτίνια), τὴν ὁποίαν διαγράφει ἡ OM εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου.



Σχ. 8

Ἐπειδὴ αἱ ταχύτητες τ καὶ ω τῶν M καὶ H εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τὰς ἀκτίνους τῶν περιφερειῶν, τὰς ὁποίας τὰ σημεία ταῦτα διαγράφουν, ἔχομεν, ἔαν $OM = a$:

$$\frac{\tau}{\omega} = \frac{a}{l}, \text{ ἔξ ἧς } \tau = a \cdot \omega.$$

Δυνάμεθα λοιπὸν νὰ εἰπωμεν, ὅτι ἡ **γραμμικὴ ταχύτης** τῆς κυκλικῆς κινήσεως σημείου εὐρισκόμενου εἰς ἀπόστασιν a ἀπὸ τοῦ κέντρου ἰσοῦται μὲ τὴν γωνιώδη ταχύτητα ω , πολλαπλασιασθεῖσαν ἐπὶ τὴν ἀπὸ τοῦ κέντρου ἀπόστασιν.

Περίοδος καὶ συχνότης. **Περίοδος** T εἶναι ὁ χρόνος ὁ ἀπαιτούμενος ἵνα τὸ κινητὸν M διανύσῃ ὁλόκληρον τὴν περιφέρειαν· **συχνότης** δὲ N τῆς κινήσεως καλοῦμεν τὸν ἀριθμὸν τῶν περιόδων εἰς ἓν δεύτερον λεπτόν.

Ἐχομεν λοιπὸν $T = \frac{1}{N}$. Ἀφ' ἑτέρου εἰς 1'' τὸ κινητὸν διαγράφει γωνίαν $\omega = \frac{2\pi}{T}$ ἢ $\omega = \frac{2\pi}{\frac{1}{N}} = 2\pi N$.

Ἀριθμητικαὶ ἐφαρμογαί. α') Ποία ἡ γωνιώδης ταχύτης τῆς Γῆς ἐκτελούσης μίαν στροφὴν εἰς 24 ὥρας ἢ 86400'';

$$\text{Ἔχομεν} \quad \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2 \cdot 3,14}{86400} = 0,000072.$$

β') Ποία ἡ γωνιώδης ταχύτης τροχοῦ ἐκτελοῦντος 45 στροφὰς κατὰ λεπτόν;

$$\text{Ἔχομεν} \quad N = \frac{45}{60} = \frac{3}{4} \quad \text{καὶ}$$

$$\omega = 2\pi N = 2 \cdot 3,14 \cdot \frac{3}{4} = \frac{3,14 \cdot 3}{2} = 4,71.$$

Κίνησις περιστροφική. Λέγομεν ὅτι σῶμά τι στερεὸν εὐρίσκεται εἰς περιστροφικὴν κίνησιν, ὅταν κατὰ τὴν κίνησιν πάντα τὰ σημεῖα τοῦ σώματος τὰ εὐρισκόμενα ἐπὶ μιᾶς εὐθείας παραμένουν σταθερά. Ἡ εὐθεῖα αὕτη καλεῖται **ἄξων τῆς περιστροφῆς**.

Εἰς μίαν τοιαύτην κίνησιν ἕκαστον σημεῖον τοῦ σώματος γράφει περιφέρειαν, τῆς ὁποίας τὸ κέντρον εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ ἄξονος καὶ τῆς ὁποίας τὸ ἐπίπεδον εἶναι κάθετον ἐπὶ τὸν ἄξονα τοῦτον.

Ὅταν ἡ περιστροφικὴ κίνησις εἶναι ὁμαλή, ἡ κίνησις ἑκάστου σημείου εἶναι κυκλικὴ ὁμαλή. Αἱ ἐπίκεντροι γωνίαί, αἱ ὁποῖαι ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰ τόξα τὰ γραφόμενα ὑπὸ ἑκάστου σημείου, εἶναι ἴσαι διὰ τοὺς αὐτοὺς χρόνους. Πάντα δηλαδὴ τὰ σημεῖα τοῦ στερεοῦ στρέφονται μετὰ τῆς αὐτῆς γωνιώδους ταχύτητος, τὴν ὁποίαν καλοῦμεν **γωνιώδη ταχύτητα τῆς περιστροφῆς**. Ἡ περιστροφή εἶναι **ὁμαλή**, ἂν ἡ γωνιώδης ταχύτης εἶναι σταθερά· ἄλλως θὰ εἶναι **μεταβαλλομένη**.

Π ρ ο β λ ῆ μ α τ α

1ον. Κινητὸν εὐρισκόμενον ἐν ἡρεμίᾳ ὑποβάλλεται εἰς τὴν ἐνέργειαν δυνάμεως σταθερᾶς καὶ συνεχοῦς, ἥτις μεταδίδει εἰς αὐτὸ ἐπιτάχυνσιν 6,25 μ. κατὰ δευτερόλεπτον. Ζητεῖται ὁ χρόνος, κατὰ τὸν ὁποῖον τὸ κινητὸν διήνυσε διάστημα 2812,5 μέτρων.

2ον. Ποία εἶναι ἡ ἐπιτάχυνσις κινήσεως ὁμαλῶς μεταβαλλομένης, ἥτις κάμνει νὰ διανύσῃ ἐν χιλιόμετρον εἰς 5 δεύτερα λεπτὰ κινητὸν ἔχον ἀρχικὴν ταχύτητα 100 μ. κατὰ δευτερόλεπτον;

3ον. Κινητὸν ἀναχωρεῖ ἐκ τοῦ Α πρὸς τὸ Β, τὸ ὁποῖον ἀπέχει 20 χλμ., κινούμενον εὐθυγράμμως. Ἀναχωρεῖ ἐκ τοῦ Α με ἀρχικὴν ταχύτητα 0, διανύει 500 μ. με κίνησιν ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένην, ὅποτε ἡ ἀποκτωμένη ταχύτης ἀνέρχεται εἰς 70 χλμ. καθ' ὥραν, τὴν ὁποίαν διατηρεῖ μέχρις ὅτου φθάσῃ εἰς ἀπόστασιν 200 μ. ἀπὸ τοῦ Β, καὶ τὴν

ἀπόστασιν ταύτην τῶν 200 μ. διανύει μὲ κίνησιν ὁμαλῶς ἐπιβραδυνόμενην, τῆς ὁποίας ἡ ταχύτης μηδενίζεται εἰς τὸ Β. Ζητεῖται ὁ χρόνος, τὸν ὅποιον ἐχρειάσθη τὸ κινητὸν διὰ νὰ διανύσῃ τὴν ἀπόστασιν ΑΒ. (Δαμβάνομεν ὡς μονάδας τὴν ὥραν καὶ τὸ χιλιόμετρον).

4ον. Σημεῖον τροχοῦ ἔχει γραμμικὴν ταχύτητα 1,2 μ. κατὰ δευτερόλεπτον καὶ ἀπέχει ἀπὸ τοῦ ἄξονος 0,4 μ. Ποία ἡ γωνιώδης ταχύτης του;

5ον. Τροχὸς ἔχει γωνιώδη ταχύτητα 6. Ποία ἡ γραμμικὴ ταχύτης σημείου τοῦ τροχοῦ ἀπέχοντος ἀπὸ τοῦ ἄξονος 0,98 μ.;

6ον. Ὁδοντωτὸς τροχὸς στρέφεται μὲ γωνιώδη ταχύτητα 5. Πόσας στροφὰς ἐκτελεῖ κατὰ λεπτόν;

ΔΥΝΑΜΕΙΣ - ΣΤΑΤΙΚΗ

26. Ἀδράνεια τῆς ὕλης. Ἀρχὴ τῆς ἀδρανείας.—Τὰ ὑλικά σώματα εἶναι ἀνίκανα νὰ μεταβάλλουν ἀφ' ἑαυτῶν τὴν κατάστασιν των τῆς ἠρεμίας ἢ τῆς κινήσεως. Αἱ ἐπόμεναι δύο προτάσεις ὁρίζουν τὴν ἀρχὴν τῆς ἀδρανείας:

α) Ἄν σῶμά τι εὐρίσκεται ἐν ἠρεμίᾳ εἰς τὸ διάστημα, παραμένει ἐν ἠρεμίᾳ, ἂν οὐδεμία ἐξωτερικὴ αἰτία ἐνεργῇ ἐπ' αὐτοῦ.

β) Ἄν σῶμά τι εὐρίσκεται ἐν κινήσει εἰς τὸ διάστημα, ἡ κίνησις αὐτοῦ εἶναι εὐθύγραμμος καὶ ὁμαλὴ, ἂν οὐδεμία αἰτία ἐνεργῇ ἐπ' αὐτοῦ.

Ἡ πρώτη πρότασις τῆς ἀρχῆς εἶναι ἀφ' ἑαυτῆς φανερά. Πράγματι, οὐδέποτε βλέπομεν τὰ ὑλικά σώματα, ἐκτὸς τῶν ζώντων, νὰ τίθενται εἰς κίνησιν μόνα των.

Εἰς τὴν δευτέραν πρότασιν τῆς ἀρχῆς ἀγόμεθα διὰ τοῦ ἐπομένου πειράματος.

Σφαῖρα ριπτομένη ἐπὶ λειοτάτου ἐδάφους κινεῖται αἰσθητῶς κατ' εὐθεῖαν γραμμὴν. Εἶναι ἀληθές, ὅτι ἡ ταχύτης αὐτῆς δὲν εἶναι σταθερὰ καὶ ὅτι ἐλαττοῦται βραδέως. Ἀλλὰ τοῦτο ὀφείλεται εἰς ἐξωτερικά αἴτια, εἰς τὴν τριβὴν δηλ. τῆς σφαίρας ἐπὶ τοῦ ἐδάφους καὶ εἰς τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀέρος.

Ἡ ἀρχὴ αὕτη δὲν ἔχει ἀποδειχθῇ ἀκριβῆς διὰ τοῦ πειράματος. Παραδεχόμεθα ὅμως τὴν ἀλήθειαν αὐτῆς διὰ τῆς ἐπαγωγῆς, ὅπως εἰς τὴν Γεωμετρίαν παραδεχόμεθα τὰ θεμελιώδη ἀξιώματα.

27. Ὁρισμὸς τῆς δυνάμεως.—Ὅσάκις σῶμά τι μεταβαίνει ἀπὸ

τῆς καταστάσεως τῆς ἡρεμίας εἰς τὴν κατάστασιν τῆς κινήσεως ἢ μάλ-
λον ὁσάκις εὐρίσκεται εἰς κίνησιν μεταβαλλομένην ἢ εἰς κίνησιν ὁμα-
λὴν μὴ εὐθύγραμμον, δυνάμεθα νὰ βεβαιωθῶμεν, ὅτι τὸ σῶμα ὑφίστα-
ται ἔξωτερικὴν ἐνέργειαν. Ἡ ἐνέργεια αὕτη γενικῶς καλεῖται **δύναμις**.

Ἡ φύσις παρέχει εἰς ἡμᾶς διάφορα παραδείγματα δυνάμεων.
Π. χ. αἱ μυϊκαὶ προσπάθειαι τοῦ ἀνθρώπου καὶ τῶν ζώων, ἡ βαρύ-
της, ἥτις εἶναι ἡ αἰτία τῆς πτώσεως τῶν σωμάτων, αἱ ἠλεκτρικαὶ καὶ
μαγνητικαὶ δυνάμεις κλπ.

Ὑλικὸν σημεῖον. Θὰ ὑποθέσωμεν κατ' ἀρχάς, ὅτι αἱ δυνάμεις
ἐνεργοῦν ἐπὶ σωμάτων πολὺ μικρῶν διαστάσεων ἐν σχέσει πρὸς τὰ
λοιπὰ σώματα, πρὸς τὰ ὁποῖα τὰ συγκρίνομεν. Τὰ τοιαῦτα σώματα
λέγονται **ὕλικά σημεῖα**.

Ἐὰν οὐδεμία δύναμις ἐνεργῇ ἐπὶ ὕλικου σημείου, τοῦτο θὰ εὐ-
ρίσκεται ἢ εἰς ἡρεμίαν ἢ εἰς κίνησιν εὐθύγραμμον καὶ ὁμαλὴν. Οὐδε-
μίαν δηλ. ὑφίσταται **ἐπιτάχυνσιν**. Τὸ ἀποτέλεσμα λοιπὸν μιᾶς δυνά-
μεως εἶναι νὰ μεταδώσῃ εἰς ὕλικὸν σημεῖον ἐπιτάχυνσιν.

Ταχύτης εἰς δοθεῖσαν στιγμὴν. Ἐὰν εἰς δεδομένην στιγμὴν
χ καταργήσωμεν τὴν δύναμιν, ἢ ὁποία ἐνεργεῖ ἐπὶ ὕλικου σημείου,
τοῦτο ἔξακολουθεῖ νὰ κινῆται μετὰ τῆς ταχύτητος, τὴν ὁποίαν εἶχε καθ'
τὴν στιγμὴν καταργήσαμεν τὴν δύναμιν.

Θὰ λάβῃ λοιπὸν κίνησιν εὐθύγραμμον ὁμαλὴν, διευθυνομένην κατὰ
τὴν ἐφαπτομένην τῆς τροχιάς εἰς τὸ σημεῖον, εἰς τὸ ὁποῖον ἀφηρέσαμεν
τὴν δύναμιν. Τὴν ταχύτητα τῆς ὁμαλῆς ταύτης κινήσεως καλοῦμεν **τα-
χύτητα τῆς μεταβαλλομένης κινήσεως κατὰ τὴν στιγμὴν χ**.

Ἡ ἀνωτέρω πρότασις, ἢ ὁποία συμπληροῖ τὴν ἀρχὴν τῆς ἀδρα-
νείας, ἐπαληθεύεται διὰ τοῦ πειράματος. Ἐάν, στρέφοντες λίθον διὰ
σφενδόνης, ἀφήσωμεν τὸ ἐν τῶν ἄκρων αὐτῆς ἐλεύθερον, θὰ ἴδωμεν
τὸν λίθον ἐκσφενδονιζόμενον κατὰ τὴν ἐφαπτομένην τῆς τροχιάς, τὴν
ὁποίαν οὗτος διέγραφεν.

Ὡς πρὸς δὲ τὴν ἀριθμητικὴν τιμὴν τῆς ταχύτητος, τὴν ὁποίαν
λαμβάνει ἐν σῶμα, ὅταν καταργῶμεν τὴν δύναμιν, ἢ ὁποία ἐνεργεῖ
ἐπ' αὐτοῦ, ἀποδεικνύεται, ὅτι εἶναι ἴση πρὸς τὴν ταχύτητα, τὴν ὁποίαν
εἶχεν ἢ κίνησις, καθ' ἣν στιγμὴν καταργήσαμεν τὴν δύναμιν. (Τὰ πει-
ράματα ταῦτα γίνονται διὰ τῆς μηχανῆς τοῦ Atwood, ὡς θὰ μάθω-
μεν κατωτέρω).

28. Ἐννοία τῆς μάξης.—Ἐὰν ἡ αὐτὴ δύναμις ἐνεργήσῃ διαδο-

χικῶς ἐπὶ διαφόρων σωμάτων, δὲν μεταδίδει εἰς αὐτὰ τὴν ἰδίαν ἐπιτάχυνσιν. Ἐὰν π. χ. ἔλξωμεν διαδοχικῶς, μετὰ τῆς αὐτῆς μυϊκῆς ἰσχύος, δύο λέμβους πολὺ διαφόρων διαστάσεων, εὗρισκομένους ἐν ἰσορροπίᾳ ἐπὶ ἡρεμοῦντος ὕδατος, θὰ ἴδωμεν, ὅτι ἡ μικροτέρα θὰ κινηθῇ πολὺ ταχύτερον ἀπὸ τὴν μεγαλυτέραν. Τὰ διάφορα σώματα δὲν ἀντιτάσσουσιν λοιπὸν τὴν ἰδίαν ἀντίστασιν εἰς τὴν κίνησιν, δὲν εἶναι δηλ. εἰς τὸν αὐτὸν βαθμὸν **ἀδρανῆ**. Τοῦτο ἐκφράζομεν λέγοντες, ὅτι δύο σώματα, λαμβανόμενα κατὰ τύχην, **δὲν ἔχουν τὴν αὐτὴν μᾶζαν**. Θὰ εἶναι τουναντίον τῆς αὐτῆς μάζης, ἐάν, ἀφοῦ ὑποστῶσι διαδοχικῶς τὴν ἐνέργειαν τῆς αὐτῆς δυνάμεως, λάβουν τὴν αὐτὴν ἐπιτάχυνσιν.

Σύγκρισις τῶν μαζῶν. Θὰ εἴπωμεν, ὅτι δύο σώματα ἔχουν τὴν αὐτὴν μᾶζαν, ἐάν ἡ αὐτὴ δύναμις μεταδίδῃ εἰς αὐτὰ τὴν αὐτὴν ἐπιτάχυνσιν. Σῶμά τι B θὰ ἔχῃ μᾶζαν διπλασίαν τῆς μάζης ἐνὸς ἄλλου σώματος A, ἐάν ἡ αὐτὴ δύναμις μεταδίδῃ τὴν αὐτὴν ἐπιτάχυνσιν εἰς τὸ B καὶ εἰς σῶμα ἀποτελούμενον ἐκ τῆς ἐνώσεως δύο μαζῶν ἴσων πρὸς τὴν τοῦ A. Τὸ B θὰ ἔχῃ μᾶζαν ν φορὰς μεγαλυτέραν ἀπὸ τὴν μᾶζαν τοῦ A, ἐάν ἡ αὐτὴ δύναμις μεταδίδῃ τὴν αὐτὴν ἐπιτάχυνσιν εἰς τὸ B καὶ εἰς σῶμα ἀποτελούμενον ἀπὸ ν μάζας ἴσας πρὸς τὴν μᾶζαν τοῦ A. Ἡ μᾶζα λοιπὸν σώματος ὁμοιομεροῦς θὰ εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸν ὄγκον του, δηλ. πρὸς τὸ ποσὸν τῆς ὕλης, τὴν ὁποίαν τὸ σῶμα περιέχει.

Μονὰς C. G. S. τῆς μάζης. Γραμμάριον. Εἰς τὸ σύστημα τῶν μονάδων C. G. S. ἡ μονὰς τῆς μάζης εἶναι μία ἀπὸ τὰς θεμελιώδεις μονάδας καὶ ὀνομάζεται **γραμμάριον**. Τὸ γραμμάριον εἶναι περίπου ἡ μᾶζα ἐνὸς κυβικοῦ δακτύλου ὕδατος εἰς 4°. Εἶναι ἀκριβῶς τὸ χιλιοστὸν τῆς μάζης τοῦ **προτύπου χιλιογράμμου**, τὸ ὁποῖον εἶναι κύλινδρος ἐκ λευκοχρύσου κατατεθειμένος εἰς τὸ Διεθνὲς Γραφεῖον τῶν Μέτρων καὶ Σταθμῶν.

29. Ὅρισμός τῶν στοιχείων τῆς δυνάμεως. **Σημεῖον ἐφαρμογῆς, διεύθυνσις καὶ φορά, ἔντασις.** Ἐὰν δύναμις τις μεταδίδῃ εἰς ὕλικὸν σημεῖον ἐπιτάχυνσιν, λέγομεν ὅτι ἡ δύναμις αὕτη εἶναι ἐφηρμοσμένη εἰς τὸ σημεῖον τοῦτο ἢ ὅτι τὸ σημεῖον τοῦτο εἶναι **τὸ σημεῖον τῆς ἐφαρμογῆς τῆς**. Ὅταν δύναμις τις ἐνεργῇ ἐπὶ σώματος, τοῦ ὁποίου δὲν δυνάμεθα νὰ ἀγνοήσωμεν τὰς διαστάσεις, ὑπάρχει πάντοτε ἐν σημεῖον τοῦ σώματος, ἐπὶ τοῦ ὁποίου αὕτη ἐνεργεῖ ἀπ' εὐθείας καὶ τοῦτο εἶναι τὸ σημεῖον τῆς ἐφαρμογῆς. Ἐὰν π. χ. ἔλκωμεν διὰ σχοινίου βάρος τι, τὸ σημεῖον, εἰς τὸ ὁποῖον εἶναι προσ-

δεδεμένον τὸ σχοινίον, εἶναι τὸ σημεῖον τῆς ἐφαρμογῆς τῆς δυνάμεως τὴν ὁποίαν καταβάλλομεν.

Θὰ καλέσωμεν **διεύθυνσιν** καὶ **φορὰν** μιᾶς δυνάμεως, ἡ ὁποία ἐνεργεῖ ἐπὶ ὑλικοῦ σημείου, τὴν διέυθυνσιν καὶ φορὰν τῆς ἐπιταχύνσεως, τὴν ὁποίαν αὕτη μεταδίδει εἰς τὸ ὑλικὸν σημεῖον. Ἐάν, εἰδικῶς, τὸ ὑλικὸν σημεῖον εὐρίσκεται εἰς ἡρεμίαν, ἡ διέυθυνσις καὶ φορὰ τῆς δυνάμεως θὰ εἶναι ἡ διέυθυνσις καὶ φορὰ, κατὰ τὰς ὁποίας τὸ ὑλικὸν σημεῖον θὰ μετατεθῇ.

Ἔντασις. Θὰ καλέσωμεν **ἐντασιν** δυνάμεως τὸ γινόμενον τῆς μᾶζης τοῦ ὑλικοῦ σημείου, ἐφ' οὗ αὕτη ἐνεργεῖ, ἐπὶ τὴν ἐπιταχύνσιν, τὴν ὁποίαν λαμβάνει τὸ ὑλικὸν τοῦτο σημεῖον ὑπὸ τὴν ἐπίδρασίν της.

Ἐάν, λοιπόν, καλέσωμεν Δ τὴν ἐντασιν τῆς δυνάμεως, μ τὴν μᾶζαν τοῦ ὑλικοῦ σημείου καὶ γ τὴν ἐπιταχύνσιν, τὴν ὁποίαν μεταδίδει εἰς αὐτὸ ἡ δύναμις, ἔχομεν :

$$\Delta = \mu \gamma \quad (1)$$

Ἐκ τοῦ ὁρισμοῦ τούτου συνάγομεν τὰ ἑξῆς πορίσματα :

α) Ἐάν δύο δυνάμεις ἐντάσεως Δ καὶ Δ' ἐνεργοῦν ἐπὶ δύο ὑλικῶν σημείων τῆς αὐτῆς μᾶζης μ , θὰ μεταδίδουν εἰς αὐτὰ ἐπιταχύνσεις γ καὶ γ' ἀναλόγους πρὸς τὰς ἐντάσεις των. Διότι θὰ ἔχωμεν :

$$\Delta = \mu \gamma \quad \text{καὶ} \quad \Delta' = \mu \gamma'.$$

Διαιροῦντες δὲ αὐτὰς κατὰ μέλη, λαμβάνομεν :

$$\frac{\Delta}{\Delta'} = \frac{\gamma}{\gamma'}.$$

β) Ἐάν ἡ αὐτὴ δύναμις ἐντάσεως Δ ἐνεργῇ διαδοχικῶς ἐπὶ δύο ὑλικῶν σημείων διαφόρων μαζῶν μ καὶ μ' , αἱ ἐπιταχύνσεις γ καὶ γ' , τὰς ὁποίας ταῦτα λαμβάνουν, εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογοι πρὸς τὰς μᾶζας των. Διότι ἔχομεν :

$$\Delta = \mu \gamma \quad \text{καὶ} \quad \Delta = \mu' \gamma', \quad \text{ὅθεν} \quad \mu \gamma = \mu' \gamma' \quad \text{ἢ} \quad \frac{\gamma}{\gamma'} = \frac{\mu'}{\mu}.$$

30. Μονὰς δυνάμεως. Δύνη.—Ἐάν εἰς τὴν σχέσιν $\Delta = \mu \gamma$ δεχθῶμεν $\mu = 1$ καὶ $\gamma = 1$, θὰ ἔχωμεν καὶ $\Delta = 1$. Ὡστε **μονὰς δυνάμεως** εἶναι ἡ δύναμις, ἡ ὁποία μεταδίδει τὴν μονάδα τῆς ἐπιταχύνσεως εἰς ὑλικὸν σημεῖον ἔχον μᾶζαν ἴσην πρὸς τὴν μονάδα τῆς μᾶζης.

Εἰδικῶς εἰς τὸ σύστημα C.G.S. μονὰς τῆς δυνάμεως εἶναι ἡ δύναμις, ἡ ὁποία μεταδίδει εἰς ὑλικὸν σημεῖον ἔχον μᾶζαν ἑνὸς γραμμα-

ρίου, επιτάχυνσιν ἴσην πρὸς τὴν μονάδα C.G.S. τῆς επιταχύνσεως. Ἡ δύναμις αὕτη ὠνομάσθη **δύνη**.

31. Παράδειγμα δυνάμεως.—Ἐὰν σῶμα ἀρκετὰ μικρόν, ὥστε νὰ δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς ὑλικὸν σημεῖον, ἀφήσωμεν ἐλεύθερον εἰς τὸ κενόν, τοῦτο πίπτει μὲ κίνησιν ὁμαλῶς επιταχυνομένην κατὰ τινα εὐθεΐαν, τὴν ὁποίαν καλοῦμεν **κατακόρυφον** καὶ ἡ ὁποία διευθύνεται σχεδὸν πρὸς τὸ κέντρον τῆς Γῆς. Τὸ ὑλικὸν τοῦτο σημεῖον ὑφίσταται λοιπὸν τὴν ἐνέργειαν δυνάμεως, ἡ ὁποία ἔλκει αὐτὸ πρὸς τὸ κέντρον τῆς Γῆς. Ἡ δύναμις αὕτη εἶναι σταθερὰ καθ' ὅλην τὴν διάρκεια τῆς πτώσεως, διότι ἡ επιτάχυνσις μένει σταθερά.

Τὴν επιτάχυνσιν ταύτην μετροῦμεν, ὡς θὰ μάθωμεν, διὰ τοῦ ἐκκρεμοῦς. Ἡ τιμὴ αὐτῆς ἐν Ἀθήναις εἶναι περίπου 980 C.G.S., σημειοῦται δὲ γενικῶς διὰ τοῦ g.

Ἐὰν παραστήσωμεν διὰ B τὸ βάρος σώματος εἰς δύνας (δηλ. τὴν ἑλκτικήν δύναμιν τῆς γῆς ἐπὶ τοῦ σώματος τούτου) καὶ διὰ μ τὴν μάζαν αὐτοῦ εἰς γραμμάρια, κατὰ τὴν σχέσιν $\Delta = \mu g$, θὰ ἔχωμεν $B = \mu g$.

Εἰδικῶς, τὸ βάρος 1 γραμμαρίου ἐν Ἀθήναις ($\mu = 1$) εἶναι $B = g \cdot 1 = 980$ δύναι.

$$\text{Ἄρα } 1 \text{ δύνη} = \frac{1}{980} \text{ γρ.}$$

Ἀριθμητικὴ ἐφαρμογή. Ὑλικὸν σημεῖον ζυγίζει 2 γρ. Ἐφαρμόζομεν ἐπ' αὐτοῦ δύναμιν σταθερὰν 3 γρ. Ποία θὰ εἶναι ἡ επιτάχυνσις ἡ παραγομένη ὑπὸ τῆς δυνάμεως ταύτης;

Ἐκ τῶν τύπων $\Delta = \mu g$ καὶ $B = \mu g$ λαμβάνομεν:

$$\frac{\Delta}{B} = \frac{\gamma}{g} \quad \text{καὶ} \quad \gamma = \frac{\Delta g}{B} = \frac{3 \cdot 9,8}{2} = 14,7 \mu.$$

Π ρ ο β λ ῆ μ α τ α

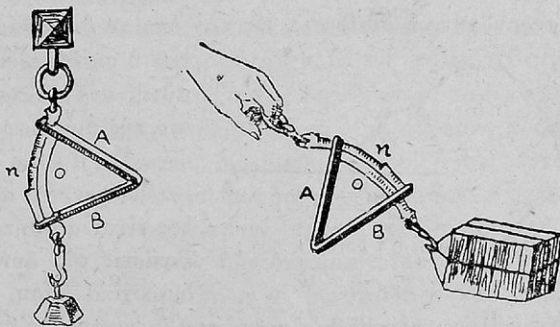
1ον. Ποία εἶναι ἡ σταθερὰ δύναμις, ἥτις εἰς 4'' θὰ κάμῃ σῶμα βάρους 4 χλγ. νὰ διανύσῃ 100 μέτρα;

2ον. Δύναμις σταθερὰ 6 χλγ. κάμνει σῶμά τι νὰ διανύσῃ 100 μ. εἰς 4''. Ποῖον τὸ βάρος τοῦ σώματος τούτου;

3ον. Ποία σταθερὰ δύναμις πρέπει νὰ ἐφαρμοσθῇ εἰς ὑλικὸν σημεῖον, βάρους 5 γρ., διὰ νὰ εἶναι ἡ παραγομένη επιτάχυνσις 2 μ. κατὰ δευτερόλεπτον;

32. Περίπτωσις, καθ' ἣν αἱ δυνάμεις δὲν παράγουν κίνη-

σιν.— Παραμορφώσεις τῶν στερεῶν ὑπὸ τὴν ἐνέργειαν δυνάμεων. Πολλάκις δυνάμεις τις, ἐνεργοῦσα ἐπὶ σώματος στερεοῦ, εὗρισκόμενου εἰς ἡρεμίαν, δὲν θέτει αὐτὸ εἰς κίνησιν, π.χ. ὅταν προσπαθῶμεν νὰ ἐγείρωμεν πολὺ βαρὺ σῶμα, ὅταν ὠθῶμεν κώλυμα ἀντιστάμενον κτλ. Ἐὰν ἐξετάσωμεν μετὰ προσοχῆς τὰς περιπτώσεις ταύτας, θὰ ἴδωμεν, ὅτι τὸ στερεὸν σῶμα, ἐπὶ τοῦ ὁποίου ἐνεργεῖ ἡ δύναμις, ὑφίσταται παραμόρφωσιν κατὰ τὸ μᾶλλον ἢ ἥττον σημαντικὴν. Ἐὰν π.χ. κορεάσωμεν βάρος διὰ νήματος ἐλαστικοῦ, βλέπομεν, ὅτι τὸ νῆμα ἐπιμηκύνεται αἰσθητῶς καὶ τέλος ἰσορροπεῖ. Ἐὰν ἐπαναλάβωμεν τὸ αὐτὸ πείραμα μὲ νῆμα χαλύβδινον, παράγεται μὲν ἐπιμήκυνσις, ἀλλ' αὕτη εἶναι πολὺ ἀσθενὴς καὶ ἔχει ἀνάγκην, διὰ νὰ γίνῃ καταφανὴς, λεπτῶν πειραματικῶν μέσων. Ἡ αἰτία τῆς ἰσορροπίας εἶναι ἡ ἀνάπτυξις, ἕνεκα τῆς παραμορφώσεως τοῦ σώματος, νέας δυνάμεως, τὴν ὁποίαν καλοῦμεν **ἀντίδρασιν** τοῦ σώματος καὶ ἡ ὁποία καταστρέφει τὸ ἀποτέλεσμα τῆς πρώτης. Ἐὰν τὸ σῶμα, εἰς τὸ ὁποῖον εἶναι ἐφηρμοσμένη ἡ δύναμις, εἶναι ἐλατήριον ἢ ἐλατῆριον ἢ ἐλατῆριον ἢ γε-



Σχ. 9

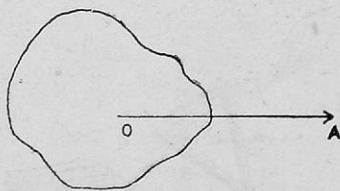
νικῶς σῶμα πολὺ **ἐλαστικόν**, ἡ δὲ δύναμις καὶ συνεπῶς ἡ παραγομένη παραμόρφωσις δὲν εἶναι πολὺ σημαντικὴ, τὸ πείραμα δεικνύει ὅτι, ὅταν ἡ ἐνέργεια τῆς δυνάμεως παύσῃ, τὸ σῶμα λαμβάνει ἀφ' ἑαυτοῦ τὴν ἀρχικὴν του μορφήν. Αἱ λεπτομέρειαι αὗται ἐπιτρέπουν νὰ συγκρίνωμεν μεταξύ των τὰς ἐντάσεις τῶν δυνάμεων δι' ὀργάνων, τὰ ὁποῖα στηρίζονται ἐπὶ τῶν ἰδιοτήτων τῶν ἐλατηρίων καὶ τὰ ὁποῖα καλοῦμεν **δυναμόμετρα**.

Δυναμόμετρα. Ταῦτα συνίστανται κυρίως ἐκ τινος ἐλατηρίου, τοῦ ὁποίου ἡ ἐλαστικότης δύναται νὰ ἰσορροπήσῃ δυνάμεις μεταβλητάς.

Τὸ ἀπλούστερον καὶ εὐχρηστότερον δυναμόμετρον συνίσταται ἐξ ἐλάσματος χαλυβδίνου, ἠγκωνισμένου κατὰ τὸ μέσον του (σχ. 9). Εἰς

τὸ ἄκρον ἐκάστου σκέλους εἶναι προσηλωμένον τόξον μετάλλινον, τὸ ὁποῖον, διερχόμενον ἐλευθέρως δι' ὀπῆς τοῦ ἄλλου σκέλους, καταλήγει τὸ μὲν εἰς ἄγκιστρον, τὸ δὲ εἰς δακτύλιον, διὰ τοῦ ὁποῖου δυνάμεθα νὰ ἐξαρθήσωμεν τὸ ὄργανον ἀπὸ σταθεροῦ στηρίγματος. Διὰ νὰ βαθμολογήσωμεν τὸ δυναμόμετρον τοῦτο, ἀφοῦ ἐξαρθήσωμεν αὐτὸ ἀπὸ σταθεροῦ στηρίγματος, κρεμῶμεν εἰς τὸ ἄγκιστρον διαδοχικῶς βάρη ἐνός, δύο, τριῶν κτλ. χιλιογράμμων. Τότε τὸ ἀνώτερον σκέλος κάμπτεται ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον, ἢ δὲ λόγῳ τῆς παραμορφώσεως ταύτης ἀναπτυσσομένη ἀντίδρασις ἰσορροπεῖ τὸ βάρος. Σημειοῦμεν τότε ἐπὶ τοῦ ἀκινήτου ἐξωτερικοῦ τόξου, εἰς τὸ σημεῖον, εἰς τὸ ὁποῖον ἀντιστοιχεῖ ἐκάστοτε τὸ ἄκρον τοῦ ἀνωτέρου σκέλους, 1, 2, 3 κτλ.

Προκειμένον ἤδη νὰ μετρήσωμεν δυνάμιν τινα, στερεοῦμεν τὸ ὄργανον διὰ τοῦ δακτυλίου καὶ ἐφαρμόζομεν τὴν δύναμιν εἰς τὸ ἄγκιστρον· τότε ἡ διαίρεσις, εἰς τὴν ὁποίαν θὰ φθάσῃ τὸ ἄκρον τοῦ ἀνωτέρου σκέλους, μᾶς δίδει διὰ τῆς ἐπ' αὐτῆς ἀναγραφομένης τιμῆς τὴν ἔντασιν τῆς δυνάμεως εἰς χιλιογράμματα.



Σχ. 10

Σημείωσις.—Πρέπει νὰ σημειώσωμεν, ὅτι αἱ κάμψεις τοῦ ἐλάσματος εἶναι αἰσθητῶς ἀνάλογοι πρὸς τὰς ἐντάσεις τῶν δυνάμεων, δηλ. πρὸς τὰ διαδοχικὰ βάρη. Τοῦτο ἀφ' ἐνός μὲν

διευκολύνει τὴν βαθμολογίαν τοῦ ὄργανου, ἀφ' ἑτέρου δὲ μᾶς δεικνύει ὅτι δυνάμεις ἐνεργοῦσαι εἰς τὸ αὐτὸ σημεῖον καὶ κατὰ τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν καὶ φορὰν προστίθενται.

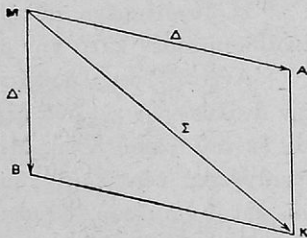
33. Γραφικὴ παράστασις τῶν δυνάμεων.—Πᾶσαν δύναμιν παριστῶμεν γραφικῶς (σχ. 10) διὰ βέλους OA , τὸ ὁποῖον ἔχει τὴν διεύθυνσιν καὶ φορὰν τῆς δυνάμεως καὶ τοῦ ὁποῖου ἡ ἀρχὴ εὐρίσκεται εἰς τὸ σημεῖον τῆς ἐφαρμογῆς τῆς δυνάμεως. Δίδομεν δὲ εἰς αὐτὸ μῆκος ἀνάλογον πρὸς τὴν ἔντασιν τῆς δυνάμεως. Πρὸς τοῦτο παριστῶμεν τὴν μονάδα τῆς δυνάμεως δι' ὠρισμένου μήκους καὶ λαμβάνομεν ἐπὶ τοῦ βέλους τὸ μῆκος τοῦτο τόσας φορὰς ὅσας μονάδας περιέχει ἡ δύναμις.

Ἐὰν π. χ. παραστήσωμεν τὴν δύνην διὰ βέλους μήκους ἐνός ἑκατοστομέτρου, δύναμιν τριῶν δυνῶν θὰ παραστήσωμεν διὰ βέλους μήκους τριῶν ἑκατοστομέτρων.

34. Σύνθεσις καὶ ἀνάλυσις δυνάμεων.—Ὅταν πολλαὶ δυνάμεις εἶναι ἐφηρμοσμέναι εἰς τὸ αὐτὸ σῶμα, δυνάμεθα πάντοτε νὰ τὰς ἀντικαταστήσωμεν διὰ μιᾶς δυνάμεως, ἥ ὁποία, ἐνεργοῦσα μόνη ἐπὶ τοῦ σώματος τούτου, νὰ παράγῃ τὸ αὐτὸ ἀποτέλεσμα, ὅπερ παράγουν αἱ δυνάμεις αὗται συγχρόνως ἐνεργοῦσαι.

Γενικῶς, ὁσάκις μία δύναμις δύναται οὕτω νὰ ἀντικαταστήσῃ δύο ἢ περισσοτέρας ἄλλας δυνάμεις, καλεῖται **συνισταμένη** τῶν δυνάμεων τούτων, αἱ δὲ δυνάμεις αὗται καλοῦνται **συνιστώσαι** αὐτῆς.

Ἡ ἀντικατάστασις δυνάμεων διὰ τῆς συνισταμένης αὐτῶν λέγεται **σύνθεσις** δυνάμεων, ἡ δὲ ἀντικατάστασις μιᾶς δυνάμεως διὰ τῶν συνιστωσῶν αὐτῆς καλεῖται **ἀνάλυσις** δυνάμεως.



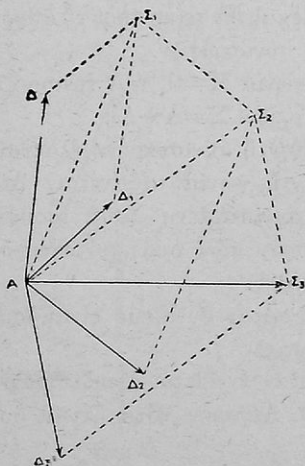
Σχ. 11

35. Σύνθεσις δυνάμεων ἐφηρμοσμένων εἰς τὸ αὐτὸ σημεῖον.—Ἐῖδομεν, ὅτι δύο δυνάμεις τῆς αὐτῆς διευσθύνσεως καὶ φορᾶς,

ἐφηρμοσμέναι εἰς τὸ αὐτὸ σημεῖον, προστίθενται· δυνάμεθα λοιπὸν νὰ τὰς ἀντικαταστήσωμεν διὰ μιᾶς δυνάμεως, ἥ ὁποία νὰ ἔχῃ ἔντασιν ἴσην μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἐντάσεων τῶν δυνάμεων τούτων.

Ἐὰν ὅμως αἱ δυνάμεις, ἂν καὶ ἐφηρμοσμέναι εἰς τὸ αὐτὸ σημεῖον, δὲν ἔχουν τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν καὶ σχηματίζουν γωνίαν μικροτέραν τῶν 180° , διὰ νὰ εὐρωμεν τὴν συνισταμένην, πρέπει νὰ κατασκευάσωμεν παραλληλόγραμμον ἔχον ὡς προσκειμένας πλευρὰς τὰς δύο δυνάμεις (παραλληλόγραμμον τῶν δυνάμεων).

Ἐστώσαν π.χ. αἱ δυνάμεις MA καὶ MB, ἐντάσεων Δ καὶ Δ' (σχ. 11), ἐφηρμοσμέναι εἰς τὸ σημεῖον M. Ἡ συνισταμένη τῶν Σ



Σχ. 12

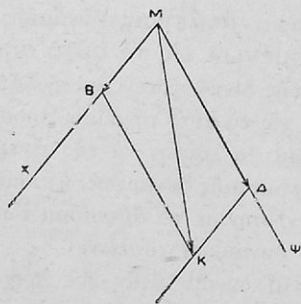
δίδεται κατὰ μέγεθος, διεύθυνσιν καὶ φορὰν ὑπὸ τῆς διαγωνίου MK τοῦ παραλληλογράμμου τοῦ κατασκευαζομένου μὲ τὰς δύο ταύτας δυνάμεις.

Ἐὰν ἔχωμεν περισσοτέρας δυνάμεις Δ, Δ₁, Δ₂, Δ₃ ἐφηρμοσμένας εἰς τὸ αὐτὸ σημεῖον A (σχ. 12), ἀντικαθιστῶμεν τὰς δυνάμεις Δ καὶ Δ₁

διὰ τῆς συνισταμένης των $\Lambda\Sigma_1$. Ἀντικαθιστῶμεν ἔπειτα τὰς $\Lambda\Sigma_1$ καὶ Δ_2 διὰ τῆς συνισταμένης των $\Lambda\Sigma_2$. Τέλος, συνθέτοντες τὰς $\Lambda\Sigma_2$ καὶ Δ_3 φθάνομεν εἰς μίαν μόνην συνισταμένην, ἀντικαθιστῶσαν τὸ ὅλον σύστημα τῶν δυνάμεων.

Ἡ συνισταμένη αὕτη εἶναι ἡ αὐτή, οἷανδήποτε σειρὰν καὶ ἐὰν ἀκολουθήσωμεν κατὰ τὴν σύνθεσιν τῶν δυνάμεων.

Ἀντιστρόφως, δοθείσης δυνάμεως (σχ. 13) MK , δυνάμεθα νὰ τὴν ἀναλύσωμεν εἰς δύο ἄλλας, διευθυνομένας κατὰ τὰς MX καὶ MY , ἐὰν ἐκ τοῦ ἄκρου K τῆς MK φέρωμεν παραλλήλους πρὸς τὰς δοθείσας διευθύνσεις, τῶν τριῶν δυνάμεων MK , MD , MB εὐρισκομένων ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ἐπιπέδου. Τὰ μεγέθη τῶν συνιστωσῶν παρίστανται ὑπὸ τῶν πλευρῶν τοῦ παραλληλογράμιου, τοῦ ὁποῦ ἡ MK εἶναι διαγώνιος.



Σχ. 13

36. Εἰδικαὶ περιπτώσεις.— Ἐστωσαν δύο δυνάμεις Δ καὶ Δ' . Ὡς φαίνεται ἐκ τοῦ σχήματος 11, ἡ συνισταμένη των Σ θὰ αὐξάνεται, ἐφ' ὅσον ἡ γωνία M ἐλαττωταὶ καὶ θὰ τείνῃ πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν δύο συνιστωσῶν.

Ἐὰν ἡ γωνία $M=0$, ἡ Δ ἐφαρμόζεται ἐπὶ τῇ Δ' καὶ $\Sigma=\Delta+\Delta'$.

Τομναντίον ἡ συνισταμένη ἐλαττωταὶ, ἐφ' ὅσον ἡ γωνία αὐξάνεται. Διὰ $M=180^\circ$, ἡ συνισταμένη Σ θὰ ἰσοῦται μὲ τὴν διαφορὰν τῶν δύο συνιστωσῶν

καὶ θὰ ἔχῃ φορὰν τὴν φορὰν τῆς μεγαλυτέρας.

Εἰς τὴν περίπτωσιν, καθ' ἣν αἱ δύο αὗται δυνάμεις εἶναι ἴσαι κατὰ τὴν ἔντασιν, ἡ ἐνέργειά των μηδενίζεται.

Ὡστε δύο δυνάμεις ἴσαι καὶ κατ' ἐθέλειαν ἀντίθετοι ἐξουδετερῶνται ἀμοιβαίως, ἥτοι ἔχουν συνισταμένην 0. Λέγομεν τότε, ὅτι αἱ δυνάμεις αὗται εὐρίσκονται ἐν ἰσορροπίᾳ.

Τέλος, ὅταν περισσότεραι τῶν δύο δυνάμεων τῆς αὐτῆς διευθύνσεως ἐνεργοῦν ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ σημείου, δυνάμεθα νὰ δώσωμεν, κατὰ συνθήκην, τὸ σημεῖον + εἰς τὰς ἐνεργούσας κατὰ τὴν μίαν φορὰν καὶ τὸ σημεῖον — εἰς τὰς ἐνεργούσας κατὰ φορὰν ἀντίθετον. Τότε ἡ συνισταμένη τοῦ συνόλου τῶν δυνάμεων εἶναι τὸ ἀλγεβρικὸν ἄθροισμα τῶν ἐντάσεων τῶν συνιστωσῶν.

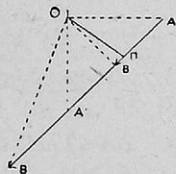
37. Ροπαὶ τῶν δυνάμεων.— Συμβαίνει πολλάκις ἐν στερεὸν σῶμα, τὸ ὁποῖον ὑφίσταται τὴν ἐνέργειαν μιᾶς ἢ περισσοτέρων δυνάμεων νὰ εἶναι στερεωμένον δι' ἐνὸς σημείου του ἢ νὰ εἶναι ὑποχρεωμένον νὰ μετατίθεται στρεφόμενον περὶ σταθερὸν ἄξονα, (π.χ. ἔκκρεμές, μοχλός, ζυγὸς κτλ.). Ἡ μόνη δυνατὴ κίνησις διὰ τὸ σῶμα τοῦτο εἶναι κίνησις περιστροφικὴ περὶ τὸ σημεῖον τοῦτο ἢ περὶ τὸν ἄξονα τοῦτον.

Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην, ἡ ἐνέργεια ἐκάστης δυνάμεως δὲν ξαφρᾶται μόνον ἐκ τῆς ἐντάσεώς της, ἀλλὰ καὶ ἐκ τῆς **ροπῆς τῆς δυνάμεως** ταύτης.

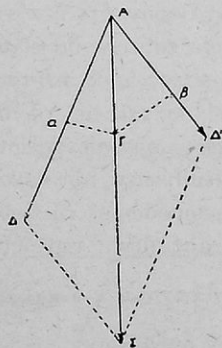
Ἡ ροπὴ δυνάμεως AB (σχ. 14) ὡς πρὸς τὸ σταθερὸν σημεῖον O εἶναι τὸ γινόμενον $AB \cdot O\Pi$ τῆς ἐντάσεως τῆς δυνάμεως ἐπὶ τὴν ἀπόστασιν της $O\Pi$ ἀπὸ τοῦ σταθεροῦ σημείου.

Εἶναι φανερόν ὅτι τὸ γινόμενον τοῦτο μηδενίζεται, ὅταν ἡ ἀπόστασις $O\Pi$ μηδενίζεται, δηλ. ὅταν τὸ σταθερὸν σημεῖον εὐρίσκεται ἐπὶ τῆς διευθύνσεως τῆς δυνάμεως.

Ἐπίσης εἶναι φανερόν, ὅτι ἡ ροπὴ αὕτη διατηρεῖ τὴν αὐτὴν τιμὴν, ἂν ἡ δύναμις ὀλισθαίνει κατὰ τὴν διεύθυνσίν της καὶ λαμβάνη π.χ. τὴν θέσιν $A'B'$.



Σχ. 14



Σχ. 15

Τὸ σταθερὸν σημεῖον O καλεῖται **κέντρον τῶν ροπῶν**. Αἱ δὲ ἀποστάσεις τῶν δυνάμεων ἀπὸ τοῦ κέντρου τῶν ροπῶν, ὅπως π.χ. ἡ $O\Pi$, καλοῦνται **μοχλοβραχίονες** τῶν δυνάμεων τούτων.

Ἀποδεικνύεται, ὅτι αἱ ροπαὶ δύο δυνάμεων ἐφηρμοσμένων εἰς τὸ αὐτὸ σημεῖον ὡς πρὸς οἱ-οδήποτε σημεῖον τῆς συνισταμένης των εἶναι ἴσαι, δηλ. θὰ ἔχωμεν (σχ. 15) :

$$\Delta \cdot \Gamma\alpha = \Delta' \cdot \Gamma\beta$$

Σημείωσις.— Τοῦτο εἶναι μία περίπτωσις θεωρήματος, τὸ ὁποῖον εἶναι γνωστὸν ὑπὸ τὸ ὄνομα «**θεώρημα τῶν ροπῶν**» ἢ «**θεώρημα τοῦ Varignon**».—

Ἀριθμητικὴ ἐφαρμογή. Νὰ εὐρεθῇ ἡ ἐντάσις τῆς συνισταμένης τῶν δυνάμεων $\Delta_1 = 4$ χλγ. καὶ $\Delta_2 = 3$ χλγ., αἱ ὁποῖαι τέμνονται καθέτως εἰς τὸ σημεῖον O .

Ἐπειδὴ τὸ παραλληλόγραμμον τῶν δυνάμεων τούτων θὰ εἶναι ὀρθογώνιον, θὰ ἔχωμεν :

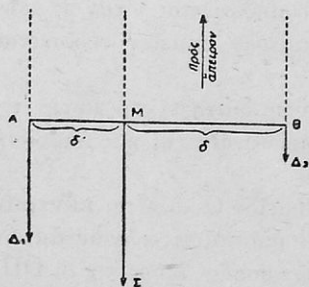
$$\Sigma^2 = \Delta_1^2 + \Delta_2^2 = 16 + 9 = 25 \quad \Sigma = \sqrt{25} = 5 \text{ χλγ.}$$

Π ρ ο β λ ή μ α τ α.

1ον. Νὰ εὐρεθῇ ἡ συνισταμένη δύο δυνάμεων ἴσων, ἐντάσεως 6 χλγ., ἐνεργουσῶν ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ σημείου καὶ σχηματίζουσῶν γωνίας α') 60' καὶ β') 120°.

2ον. Τρεῖς δυνάμεις A, B, Γ , τὸ ἄθροισμα τῶν ἐντάσεων τῶν ὁποίων ἰσοῦται πρὸς 100 χλγ., εὐρίσκονται ἐν ἰσορροπίᾳ. Νὰ εὐρεθῇ ἡ ἐντάσις ἐκάστης τῶν τριῶν τούτων δυνάμεων, γνωστοῦ ὄντος ὅτι ἡ A σχηματίζει μετὰ τῆς B γωνίαν 120°, μετὰ τῆς Γ δὲ γωνίαν 150°.

3ον. Νὰ εὐρεθῇ ἡ συνισταμένη τριῶν δυνάμεων ἴσων, σχηματίζουσῶν γωνίας 120° πρὸς ἀλλήλας.



Σχ. 16

38. Σύνθεσις δυνάμεων παραλλήλων καὶ ὁμορρόπων. — Ἐστῶσαν αἱ παράλληλοι καὶ ὁμόρροποι δυνάμεις Δ_1 καὶ Δ_2 , ἐφαρμοσμέναι ἐπὶ δύο σημείων A καὶ B ἀκλονήτως συνδεδεμένων (σχ. 16). Εἶναι φανερόν, ὅτι ἡ συνισταμένη τῶν δυνάμεων τούτων θὰ εἶναι παράλληλος καὶ ὁμόρροπος πρὸς ταύτας, ἡ δὲ ἐντάσις της θὰ ἰσοῦται μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἐντάσεων τῶν δυνάμεων.

Ἀφ' ἑτέρου δυνάμεθα νὰ παραδεχθῶμεν, ὅτι αἱ διευθύνσεις τῶν δυνάμεων τούτων τέμνονται εἰς τὸ ἄπειρον καὶ νὰ ἐφαρμόσωμεν τὸ θεώρημα τῶν ροπῶν ὡς πρὸς ἓν σημεῖον M τῆς συνισταμένης των. Θὰ ἔχωμεν τότε $\Delta_1 \cdot \delta' = \Delta_2 \cdot \delta$ ἢ $\frac{\Delta_1}{\Delta_2} = \frac{\delta}{\delta'}$, ἥτοι αἱ ἀποστάσεις δ καὶ δ' εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογοι πρὸς τὰς ἐντάσεις τῶν δυνάμεων.

Συνεπῶς: Ἡ συνισταμένη δύο δυνάμεων παραλλήλων καὶ ὁμορρόπων, ἐφαρμοσμένων ἐπὶ δύο σημείων ἀκλονήτως συνδεδεμένων, εἶναι παράλληλος καὶ ὁμόρροπος πρὸς τὰς συνιστώσας καὶ ἴση πρὸς τὸ ἄθροισμα αὐτῶν. Τὸ δὲ σημεῖον τῆς ἐφαρμογῆς τῆς συνισταμένης ταύτης διαιρεῖ τὴν εὐθεῖαν τὴν ἐνοῦσαν τὰ σημεῖα ἐφαρμογῆς τῶν συνιστωσῶν εἰς δύο τμήματα, ἀντιστρόφως ἀνάλογα πρὸς τὰς συνιστώσας.

Σημείωσις : Εἰς τὸ ἀνωτέρω παράδειγμα ὑπεθέσαμεν, ὅτι αἱ δυνάμεις εἶναι κάθετοι ἐπὶ τὴν εὐθεῖαν τὴν ἐνοῦσαν τὰ σημεῖα τῆς ἐφαρμογῆς των. Ἀλλὰ τὸ θεώρημα εἶναι γενικὸν καὶ δύναται νὰ ἐφαρμοσθῇ καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν, καθ' ἣν αἱ δυνάμεις σχηματίζουν οἷαςδήποτε γωνίας μετὰ τὴν εὐθεῖαν τὴν ἐνοῦσαν τὰ σημεῖα ἐφαρμογῆς των· ἀρκεῖ νὰ παραμένουν παράλληλοι πρὸς ἀλλήλας.

39. Ἀνάλυσις δυνάμεως εἰς δύο ἄλλας παραλλήλους καὶ ὁμορρόπους. — Περίπτωσις, καθ' ἣν διδονται τὰ σημεῖα ἐφαρμογῆς τῶν συνιστωσῶν. Ἐστω Σ ἡ δύναμις,

τὴν ὁποίαν πρόκειται νὰ ἀναλύσωμεν εἰς δύο ἄλλας παραλλήλους καὶ ὁμορρόπους πρὸς αὐτήν, ἐφηρμοσμένας εἰς τὰ σημεῖα A καὶ B (σχ. 17). Ἀγομεν τὴν AB καὶ ἐφαρμόζομεν τὴν Σ εἰς τὸ σημεῖον Γ, ὅπου ἡ διεύθυνσίς της συναντᾷ τὴν

AB. Πρέπει νὰ ἔχωμεν τὰς σχέσεις $\Delta_1 + \Delta_2 = \Sigma$ καὶ $\frac{\Delta_1}{\Delta_2} = \frac{GB}{AG}$.

Ἐκ τῆς δευτέρας λαμβάνομεν :

$$\frac{\Delta_1}{GB} = \frac{\Delta_2}{AG} = \frac{\Delta_1 + \Delta_2}{GB + AG} = \frac{\Sigma}{AB}$$

ἐξ ὧν $\Delta_1 = \Sigma \frac{GB}{AB}$ καὶ $\Delta_2 = \Sigma \frac{AG}{AB}$.

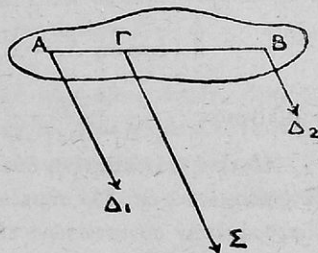
40. Σύνθεσις δυνάμεων παραλλήλων καὶ ἀντιρρόπων. —

Ἐστωσαν Δ, Δ_1 (σχ. 18) δύο δυνάμεις παράλληλοι καὶ ἀντίρροποι ἐνεργοῦσαι ἐπὶ τῶν σημείων A καὶ B καὶ ὑποθέσωμεν ὅτι $\Delta > \Delta_1$.

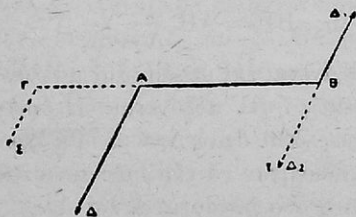
Ἀναλύομεν τὴν μεγαλυτέραν δύναμιν Δ εἰς δύο ἄλλας παραλλήλους καὶ ὁμορρόπους πρὸς αὐτήν, τὴν μὲν Δ_2 ἴσην πρὸς τὴν Δ_1 , ἐφηρ-

μοσμένην εἰς τὸ σημεῖον B, τὴν δὲ $\Sigma = \Delta - \Delta_1$ ἐφηρμοσμένην εἰς σημεῖον Γ, ἐπὶ τῆς προεκτάσεως τῆς AB τοιοῦτον, ὥστε

$$\frac{\Delta_2}{\Delta - \Delta_1} = \frac{AG}{AB}, \text{ ἐξ ἧς } AG = \frac{\Delta_1 \cdot AB}{\Delta - \Delta_1} \quad (\text{ἐπειδὴ } \Delta_2 = \Delta_1).$$



Σχ. 17



Σχ. 18

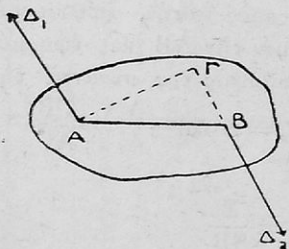
Αἱ δυνάμεις Δ_1 καὶ Δ_2 , ὡς ἴσαι καὶ κατ' εὐθείαν ἀντίθετοι, ἐξουδετεροῦνται. Ὡστε μένει μόνον ἡ δύναμις $\Sigma = \Delta - \Delta_1$, ἥτις προφανῶς εἶναι ἡ ζητούμενη συνισταμένη.

$$\text{Ἐκ τῆς σχέσεως} \quad \frac{\Delta_2}{\Delta - \Delta_1} = \frac{ΑΓ}{ΑΒ} \quad (1)$$

$$\text{ἢ (ἐπειδὴ } \Delta_2 = \Delta_1) \quad \frac{\Delta_1}{\Delta - \Delta_1} = \frac{ΑΓ}{ΑΒ} \quad (2)$$

$$\text{λαμβάνομεν} \quad \frac{\Delta_1}{\Delta - \Delta_1 + \Delta_1} = \frac{ΑΓ}{ΑΒ + ΑΓ} \quad \text{ἢ} \quad \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{ΑΓ}{ΒΓ}. \quad (3)$$

Ὡστε ἡ συνισταμένη δύο δυνάμεων παραλλήλων καὶ ἀντιρρόπων ἐφαρμοσμένων ἐπὶ δύο σημείων ἀκλονήτως συνδεδεμένων ἰσοῦται μετὰ τὴν διαφορὰν τῶν συνιστωσῶν, εἶναι παράλληλος πρὸς αὐτὰς καὶ ὁμόροπος πρὸς τὴν μεγαλυτέραν, τὸ δὲ σημεῖον τῆς ἐφαρμογῆς αὐτῆς κεῖται ἐπὶ τῆς προεκτάσεως τῆς εὐθείας τῆς ἐνούσης τὰ σημεῖα ἐφαρμογῆς τῶν συνιστωσῶν, πρὸς τὸ μέρος τῆς μεγαλυτέρας οὕτως, ὥστε αἱ ἀπ' αὐτῶν ἀποστάσεις αὐτοῦ νὰ εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογοι πρὸς τὰς δοθείσας δυνάμεις.



Σχ. 19

41. Ζευγος. Εἰδικὴ περίπτωσις εἶναι ἐκείνη, καθ' ἣν αἱ δύο παράλληλοι καὶ ἀντίροποι δυνάμεις εἶναι ἴσαι (σχ. 19). Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην ἡ συνισταμένη εἶναι μηδέν. Πράγματι, ἡ σχέση (3) δύναται νὰ γραφῇ:

$$\frac{ΒΓ}{\Delta} = \frac{ΑΓ}{\Delta_1} = \frac{ΒΓ - ΑΓ}{\Delta - \Delta_1} = \frac{ΑΒ}{\Delta - \Delta_1}, \quad \text{ἐξ ἧς } ΒΓ = ΑΒ \cdot \frac{\Delta}{\Delta - \Delta_1}.$$

Ὑποθέσωμεν, ὅτι ἡ δύναμις Δ_1 αὐξάνεται ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον· τότε ἡ διαφορὰ $\Delta - \Delta_1$ ἐλαττοῦται, συνεπῶς ἡ $ΒΓ$ αὐξάνεται. Ἡ συνισταμένη $\Sigma = \Delta - \Delta_1$ ἐλαττοῦται ἀπείρως. Καὶ ὅταν $\Delta_1 = \Delta$, θὰ ἔχωμεν $\Sigma = 0$ καὶ $ΒΓ = \infty$. Εἶναι λοιπὸν ἀδύνατον νὰ εὑρωμεν συνισταμένην καὶ συνεπῶς νὰ ἰσορροπήσωμεν τὰς δύο δυνάμεις Δ καὶ Δ_1 .

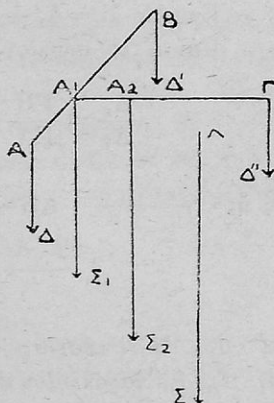
Τὸ σύστημα δύο δυνάμεων ἴσων, παραλλήλων καὶ ἀντιρρόπων, ἐφαρμοσμένων ἐπὶ δύο διαφόρων σημείων τοῦ αὐτοῦ σώματος, καλεῖται **ζευγος δυνάμεων**.

Τὸ ζευγος ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα νὰ στρέψῃ τὸ σῶμα, εἰς τὸ ὁποῖον εἶναι ἐφαρμοσμένον.

42. Σύνθεσις πολλῶν παραλλήλων καὶ ὁμορρόπων δυνάμεων.— Ἐστῶσαν Δ , Δ' , Δ'' . . . , δυνάμεις παράλληλοι καὶ ὁμορροποι ὁσαυδήποτε (σχ. 20). Δυνάμεθα προφανῶς νὰ συνθέσωμεν τὰς Δ καὶ Δ' καὶ νὰ τὰς ἀντικαταστήσωμεν διὰ τῆς συνισταμένης αὐτῶν Σ_1 . Κατόπιν, συνθέτοντες τὰς Σ_1 καὶ Δ'' , θὰ ἔχωμεν συνισταμένην Σ_2 , ἴσην πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν τριῶν δυνάμεων $\Delta + \Delta' + \Delta''$ καὶ οὕτω καθ' ἑξῆς :

Οὕτω σύστημα δυνάμεων παραλλήλων καὶ ὁμορρόπων, ἐφαρμοσμένων εἰς σημεῖα ἀκλονήτως συνδεδεμένα, δύναται νὰ ἀντικατασταθῇ ὑπὸ μιᾶς συνισταμένης Σ , παραλλήλου καὶ ὁμορρόπου πρὸς τὰς δυνάμεις ταύτας, τῆς ὁποίας ἡ ἔντασις νὰ εἶναι ἴση πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν ἐντάσεων τῶν συνιστωσῶν καὶ τῆς ὁποίας ἡ θέσις εἶναι τελείως ὠρισμένη.

43. Σύνθεσις πολλῶν δυνάμεων παραλλήλων, μὴ ὁμορρόπων.— Δυνάμεθα προφανῶς νὰ συνθέσωμεν ὅλας τὰς δυνάμεις, αἱ ὁποῖαι ἐνεργοῦν κατὰ τὴν μίαν φορὰν. Αὗται ἔχουν συνισταμένην Σ_1 , ἴσην μὲ τὸ ἄθροισμα αὐτῶν, παράλληλον πρὸς αὐτὰς καὶ ἐνεργοῦσαν κατὰ τὴν φορὰν των. Δυνάμεθα νὰ συνθέσωμεν κατόπιν ὅλας τὰς δυνάμεις τὰς ἐνεργοῦσας κατὰ τὴν ἀντίθετον φορὰν. Αὗται θὰ ἔχουν συνισταμένην Σ_2 , ἴσην πρὸς τὸ ἄθροισμα αὐτῶν καὶ τῆς αὐτῆς φορᾶς. Δυνάμεθα τέλος νὰ συνθέσωμεν τὰς



Σχ. 20

δύο δυνάμεις Σ_1 καὶ Σ_2 . Θὰ ἔχωμεν οὕτω μίαν δύναμιν Σ ἐντελῶς ὠρισμένην, ἡ ὁποία θὰ εἶναι ἡ συνισταμένη ὅλου τοῦ συστήματος. Ἐὰν αἱ Σ_1 καὶ Σ_2 ἔχουν τὴν αὐτὴν ἔντασιν, χωρὶς νὰ ἐνεργοῦν κατὰ τὴν αὐτὴν εὐθείαν, τὸ σύστημα τῶν δυνάμεων καθίσταται **ζεῦγος**. Ἐὰν αἱ ἴσαι δυνάμεις Σ_1 καὶ Σ_2 ἐνεργοῦν εἰς τὸ αὐτὸ σημεῖον, κατὰ τὴν αὐτὴν εὐθείαν, ἐπεὶδὴ εἶναι ἀντιθέτου φορᾶς, ἐξουδετεροῦνται καὶ συνεπῶς τὸ σύστημα ἰσορροπεῖ.

44. Κέντρον τῶν παραλλήλων δυνάμεων.— Ἐὰν ἐφαρμόσωμεν ἐκάστην μερικὴν συνισταμένην εἰς τὸ σημεῖον, ὅπου αὕτη συναντᾷ τὴν εὐθείαν τὴν συνδέουσαν τὰ σημεῖα ἐφαρμογῆς τῶν δύο συνιστωσῶν, τὸ οὕτως ὀριζόμενον σημεῖον ἐφαρμογῆς τῆς τελικῆς συνι-

σταμένης καλεῖται **κέντρον τῶν παραλλήλων δυνάμεων**. Τὸ σημεῖον τοῦτο ἔχει μίαν ιδιότητα ἀξιοσημείωτον: Ἐὰν αἱ δυνάμεις στρέφονται περὶ τὰ σημεῖα ἐφαρμογῆς αὐτῶν, διαμένουσαι πάντοτε παράλληλοι, τὸ κέντρον τῶν παραλλήλων δυνάμεων παραμένει σταθερόν. Τὸ αὐτὸ συμβαίνει καὶ ἐὰν μεταβληθῶν ὑπὸ τὴν αὐτὴν ἀναλογίαν αἱ ἐντάσεις ὅλων τῶν δυνάμεων τοῦ συστήματος.

Ἀριθμητικὴ ἐφαρμογή. Εἰς τὰ ἄκρα εὐθείας AB ἐνεργοῦν δύο δυνάμεις παράλληλοι καὶ τῆς αὐτῆς φορᾶς, ἡ $\Delta_1 = 3$ χλγ. καὶ ἡ Δ_2 . Ἡ συνισταμένη αὐτῶν ἔχει ἐντασιν 8 χλγ. καὶ εἶναι ἐφηρμοσμένη εἰς ἀπόστασιν 15 ἐκ. ἀπὸ τοῦ ἄκρου A τῆς εὐθείας AB. Ζητεῖται τὸ μῆκος τῆς AB.

Ἐπειδὴ $\Sigma = \Delta_1 + \Delta_2$, θὰ ἔχωμεν $\Delta_2 = \Sigma - \Delta_1 = 8 - 3 = 5$.

Ἐὰν Γ τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τῆς συνισταμένης, θὰ ἔχωμεν:

$$\frac{\Delta_1}{\Delta_2} = \frac{\Gamma B}{\Gamma A} \quad \eta \quad \frac{\Delta_1}{\Gamma B} = \frac{\Delta_2}{\Gamma A} = \frac{\Delta_1 + \Delta_2}{\Gamma B + \Gamma A} = \frac{\Sigma}{AB}$$

ἔξ ἧς

$$AB = \frac{\Sigma \cdot \Gamma A}{\Delta_2} = \frac{8 \cdot 15}{5} = 24 \text{ ἐκ.}$$

Π ρ ο β λ ῆ μ α τ α

1ον. Ἐπὶ εὐθείας AB, μῆκους 88 ἐκ., ἐνεργοῦν τρεῖς δυνάμεις Δ_1 , Δ_2 , Δ_3 , παράλληλοι καὶ ὁμόρροποι. Ἐκ τούτων ἡ μὲν $\Delta_1 = 10$ χλγ. καὶ $\Delta_3 = 30$ χλγ. εἰς τὰ ἄκρα τῆς εὐθείας, ἡ δὲ $\Delta_2 = 4$ χλγ. εἰς τὸ μέσον. Νὰ προσδιορισθῇ ἡ δύναμις, ἥτις δύναται νὰ ἰσορροπῇ τὰς τρεῖς ταύτας δυνάμεις.

2ον. Εἰς τὰς κορυφὰς κανονικοῦ ἑξαγώνου ὁριζοντίου ἐφαρμόζομεν βάρη 1, 2, 3, 4, 5, 6 χλγ. Νὰ εὑρεθῇ τὸ κέντρον τῶν ἐξ τούτων δυνάμεων.

3ον. Δίδονται δύο ἴσαι δυνάμεις ὀρθογώνιοι AD_1 καὶ AD_2 , ἐντάσεως δ χλγ. Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἀπόστασις τῆς συνισταμένης τῶν AD_1 ἀπὸ σημείου O τῆς προεκτάσεως τῆς AD_2 τοιούτου, ὥστε $AO = 2\delta$.

4ον. Τρεῖς δυνάμεις παράλληλοι, ἐντάσεως 1, 4, 7 χλγ. εἶναι ἐφηρμοσμένοι εἰς τρία σημεῖα A, B, Γ εὐθείας τοιαύτα, ὥστε $AB = BG = \mu$. Ἡ τρίτη δύναμις εἶναι φορᾶς ἀντιθέτου πρὸς τὴν τῶν δύο ἄλλων. Νὰ προσδιορισθῇ τὸ κέντρον O τῶν τριῶν τούτων δυνάμεων.

ΔΥΝΑΜΙΚΗ

ΕΡΓΟΝ ΤΩΝ ΔΥΝΑΜΕΩΝ - ΕΝΕΡΓΕΙΑ

45. Μηχανικὸν ἔργον δυνάμεως σταθερᾶς κατὰ μέγεθος καὶ διεύθυνσιν.— Λέγομεν, ὅτι δυνάμεις τις ἐκτελεῖ ἔργον, ὅταν τὸ σημεῖον τῆς ἐφαρμογῆς αὐτῆς μετατίθεται. Ἡ ἀπλουστέρα περίπτωση εἶναι ἐκείνη, κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ μετάθεσις γίνεται κατὰ τὴν διεύθυνσιν καὶ τὴν φορὰν τῆς δυνάμεως. Καλοῦμεν τότε **ἔργον** τῆς δυνάμεως, διὰ τὴν μετάθεσιν AB , τὸ γινόμενον τοῦ διαστήματος $AB = \delta$ (σχ. 21) ἐπὶ τὴν ἔντασιν Δ τῆς δυνάμεως. Ἐχομεν λοιπόν, παριστῶντες διὰ E τὴν ἀριθμητικὴν τιμὴν τοῦ ἔργου: $E = \Delta \cdot \delta$.

Ὑποθέσωμεν π.χ., ὅτι ἀνυψοῦμεν 10 χιλιόγρ. εἰς ὕψος 1 μέτρου. Ἐκτελοῦμεν ὠρισμένον ἔργον. Ἄν εἴχωμεν ἀνυψώσει τὰ 10 χλγ. εἰς ὕψος 2 μέτρων, θὰ εἴχωμεν ἐκτελέσει διπλάσιον ἔργον. Ἐπίσης διπλάσιον ἔργον θὰ ἐκτελέσωμεν, καὶ ἐὰν ἀνυψώσωμεν 20 χλγ. εἰς ὕψος 1 μέτρου. Οὕτω τὸ ἔργον εἶναι προφανῶς ἀνάλογον καὶ πρὸς τὸ ἀνυψωθὲν βάρος, δηλ. πρὸς τὴν ἔντασιν τῆς καταβαλλομένης δυνά-

X	A	B	Ψ
$\Sigma \chi. 21$			

μεως καὶ πρὸς τὸ ὕψος, εἰς τὸ ὁποῖον αὕτη ἔφερε τοῦτο, δηλ. πρὸς τὸ ὑπὸ τοῦ σημείου τῆς ἐφαρμογῆς τῆς δυνάμεως διανυθὲν διάστημα.

46. Μονάδες ἔργου.— **Χιλιογραμμόμετρον.** Erg. Joule. Ὁ ὁρίσμος τοῦ ἔργου προσδιορίζει τὴν μονάδα.

Πράγματι, ἂν εἰς τὸν τύπον τοῦ ἔργου θέσωμεν $\Delta = 1$ καὶ $\delta = 1$, θὰ ἔχωμεν καὶ $E = 1$.

Ὡστε μονὰς ἔργου εἶναι τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον ἐκτελεῖ ἡ μονὰς τῆς δυνάμεως μεταθέτουσα τὸ σημεῖον τῆς ἐφαρμογῆς τῆς κατὰ τὴν μονάδα τοῦ μήκους πρὸς τὴν διεύθυνσίν της.

Εἰδικῶς εἰς τὸ μετρικὸν σύστημα, εἰς τὸ ὁποῖον μονὰς δυνάμεως εἶναι τὸ βάρος τοῦ χιλιογράμμου καὶ μονὰς μήκους τὸ μέτρον, ὡς μονὰς ἔργου λαμβάνεται τὸ **χιλιογραμμόμετρον**. Τοῦτο εἶναι τὸ ἔργον τὸ ἀναγκασιὺν διὰ νὰ ἀνυψωθῇ 1 χιλιόγρ. κατὰ 1 μέτρον.

Εἰς τὸ σύστημα C.G.S., εἰς τὸ ὁποῖον μονὰς δυνάμεως εἶναι ἡ δύνη καὶ μονὰς μήκους τὸ ἑκατοστόμετρον, μονὰς ἔργου, ἡ ὁποία κα-

λείται erg, είναι τὸ ἔργον μιᾶς δύνης μεταθετοῦσης τὸ σημεῖον τῆς ἐφαρμογῆς της κατὰ ἓν ἑκατοστόμετρον πρὸς τὴν διεύθυνσίν της.

Τὸ erg εἶναι πολὺ μικρὰ μονάς. Διὰ τοῦτο εἰς τὸ σύστημα C.G.S. λαμβάνεται μία δευτερεύουσα μονάς, ἡ joule = 10^7 ergs.

Τιμὴ τοῦ χιλιογραμμομέτρου εἰς ergs. Γνωρίζομεν, ὅτι τὸ βάρος 1 γλγ. ἰσοδυναμεῖ μὲ 980000 δύνας, καὶ 1 μέτρο. = 100 ἑκατ. Συνεπῶς 1 χιλιογραμμόμετρον = $980000 \times 100 = 98.000.000$ ergs

$$\text{ἢ } \frac{98000000}{10^7} = 9,80 \text{ joules.}$$

47. Κινητήριον καὶ ἀνθιστάμενον ἔργον.— Ἐὰν ἡ μετάθεσις γίνεται κατὰ τὴν φορὰν τῆς δυνάμεως, λέγομεν ὅτι ἡ δύναμις αὕτη εἶναι **κινητήριος** καὶ ὅτι ἐκτελεῖ **ἔργον κινητήριον**. Τοιαύτη εἶναι π.χ. ἡ δύναμις, τὴν ὁποίαν καταβάλλομεν διὰ νὰ ἀννῶσωμεν ἓν βάρος. Δύναται ὁμως νὰ συμβαίνει, ὥστε μία δύναμις νὰ ἐνεργῇ κατὰ φορὰν ἀντίθετον πρὸς τὴν μετάθεσιν, τὴν ὁποίαν τὸ σῶμα ὑφίσταται. Τοῦτο συμβαίνει π.χ., ὅταν ῥίπτωμεν βλήμα κατακορύφως ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω. Τὸ βάρος τοῦ βλήματος εἶναι δύναμις διευθυνομένη κατὰ φορὰν ἀντίθετον πρὸς τὴν φορὰν τῆς μεταθέσεως. Λέγομεν τότε, ὅτι ἡ δύναμις εἶναι **ἀνθισταμένη** καὶ ὅτι ἐκτελεῖ ἔργον **ἀνθιστάμενον**.

Θεωροῦμεν τὸ μὲν κινητήριον ἔργον ὡς θετικόν, τὸ δ' ἀνθιστάμενον ὡς ἀρνητικόν.

Ἄλλ' ἐπειδὴ ἡ δρᾶσις εἶναι πάντοτε ἴση μὲ τὴν ἀντίδρασιν, δυνάμεθα νὰ προσθέσωμεν, ὅτι **τὸ ἀνθιστάμενον ἔργον εἶναι ἴσον μὲ τὸ κινητήριον**.

48. Ἰσχύς κινητήρος.— Ὁ κινητὴρ εἶναι μηχανή, ἡ ὁποία ἐκτελεῖ ἔργον. Ἐκτιμῶμεν τὴν ἰσχὺν τοῦ κινητήρος, εὐρίσκοντες τὸ πηλίκον τοῦ ἔργου E, τὸ ὁποῖον οὗτος ἐξετέλεσε, διὰ τοῦ χρόνου χ, τὸν ὁποῖον ἔχρησάσθη διὰ νὰ τὸ ἐκτελέσῃ. Εἶναι τότε ἡ ἰσχύς ἀριθμητικῶς ἴση πρὸς τὴν ποσότητα τοῦ ἔργου, τὸ ὁποῖον ὁ κινητὴρ παρέχει εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου.

$$\text{Ἰσχύς} = \frac{E}{\chi}.$$

$$\text{Ἐὰν } \chi = 1'', \text{ ἰσχύς} = E.$$

$$\text{Ἐὰν } \chi = 1 \text{ καὶ } E = 1, \text{ ἔχομεν ἰσχύς} = 1.$$

Ὅθεν μονὰς ἰσχύος εἶναι ἡ ἰσχύς κινητήρος, ὅστις ἐκτελεῖ τὴν μονάδα τοῦ ἔργου εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου.

Ἐὰν $\chi = 1$ δεύτερον λεπτόν καὶ $E = 1$ erg, μονὰς ἰσχύος (εἰς τὸ σύστημα C.G.S.) εἶναι τὸ κατὰ δευτερόλεπτον erg, δηλ. ἡ ἰσχύς κινητῆρος, ὅστις ἐκτελεῖ ἐν erg κατὰ δεύτερον λεπτόν.

Ἐὰν $\chi = 1''$ καὶ $E = 1$ joule, μονὰς ἰσχύος εἶναι τὸ watt, ἥτοι ἡ ἰσχύς κινητῆρος ἐκτελοῦντος ἔργον 1 joule κατὰ δευτερόλεπτον.

Πολλαπλάσια τοῦ watt εἶναι τὸ hectowatt = 100 watt καὶ τὸ kilowatt = 1000 watts.

Εἰς τὸ μετρικὸν σύστημα μονὰς ἰσχύος εἶναι ἡ ἰσχύς κινητῆρος ἐκτελοῦντος 1 χιλιογραμμόμετρον κατὰ δευτερόλεπτον. Τὴν μονάδα ταύτην σπανίως μεταχειρίζομεθα. Ταύτην ἀντικατέστησεν ὁ ἵππος (ch).

Ἴππος εἶναι ἡ ἰσχύς κινητῆρος, ὅστις ἐκτελεῖ 75 χιλιογραμμόμετρα κατὰ δεύτερον λεπτόν.

Τιμὴ ἵππου εἰς watts. Γνωρίζομεν, ὅτι 1 χιλιογραμμόμετρον ἰσοδυναμεῖ μὲ 9,80 joules. Εἰς ἵππος ἰσοδυναμεῖ λοιπὸν μὲ $9,80 \times 75 = 735$ watts.

Ἐν Ἀγγλίᾳ ἡ συνήθης μονὰς ἰσχύος εἶναι τὸ horse power (h-p), τοῦ ὁποίου ἡ τιμὴ εἶναι 75,9 χιλιογραμμόμετρα κατὰ δεύτερον λεπτόν.

49. Ἐνέργεια.—Ὅταν ἀνυψώσωμεν βάρος τι, παράγομεν ἔργον, τὸ ὁποῖον δυνάμεθα νὰ ἐκτιμήσωμεν εἰς χιλιογραμμόμετρα. Θὰ εἴπωμεν τότε, ὅτι ἀναπτύσσομεν **ἐνέργειαν**. Ἐπίσης, θὰ εἴπωμεν, ὅτι σύστημα τι ἐγκλείει ἐνέργειαν, ὅταν τὸ σύστημα τοῦτο θὰ εἶναι ἱκανὸν νὰ παραγάγῃ ἔργον. Οὕτω π.χ. ὅταν χορδίζωμεν ὥρολόγιον, παράγομεν ὠρισμένην ἐνέργειαν, τὴν ὁποίαν ἀποθηκεύει τὸ ἐλατήριον· ἐὰν θέσωμεν μικρὸν στέλεχος μεταξὺ τῶν τροχῶν, ἡ κίνησις σταματᾷ· ἡ ἐνέργεια παύει τότε νὰ εἶναι ὁρατὴ, καὶ ἐν τούτοις ὑφίσταται. Ἡ κεκρυμμένη αὕτη ἐνέργεια, ἡ λανθάνουσα, καλεῖται **δυναμικὴ**. Πράγματι, ἐὰν ἐξαγάγωμεν τὸ μεταξὺ τῶν τροχῶν στέλεχος, ἡ κίνησις ἀρχεται πάλιν, ἡ ἐνέργεια τοῦ ἐλατηρίου καθίσταται πάλιν ὁρατὴ· ἡ ἐνέργεια αὕτη καλεῖται **κινητικὴ**.

Ἐπανελθόμεν εἰς τὸ παράδειγμα τοῦ βάρους, τὸ ὁποῖον ἀνυψοῦται. Ὅταν τὸ σῶμα φθάσῃ εἰς ὠρισμένον ὕψος, θέτομεν αὐτὸ ἐπὶ τινος ὑποστηρίγματος· ἡ ἐνέργειά μας παρήγαγεν ὠρισμένον κινητήριον ἔργον, διὰ νὰ ὑπερνικήσῃ τὴν ἀντίστασιν, ἐπειδὴ τὸ σῶμα ἔπαισε νὰ ἀνέρχεται, φαίνεται, ὅτι ἡ ἐνέργεια αὕτη ἀπωλέσθη· πραγματικῶς ὅμως, ὅπως εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ ἐλατηρίου, αὕτη ἔχει ἀποθηκευθῇ,

είναι δυναμική. Διότι, ἐὰν αἰφνιδίως ἀφαιρέσωμεν τὸ ὑποστήριγμα, τὸ σῶμα θὰ πέσῃ πάλιν, καὶ τὸ ἐκτελεσθὲν κατὰ τὴν ἀνύψωσιν ἔργον B.Y (B τὸ βάρος, Y τὸ ὕψος) θὰ ἀποδοθῇ· διότι, ὅταν τὸ σῶμα φθάσῃ εἰς τὸ ἔδαφος, θὰ ἔχῃ ἐκτελέσει ἔργον κατ' ἀντίθετον φορὰν ἴσον πρὸς B.Y, δηλ. ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια θὰ ἔχῃ μετατραπῇ εἰς κινητικὴν. Ἄν δὲν ὑπῆρχον αἱ τριβαὶ καὶ ἂν τὸ σῶμα ἦτο τελείως ἐλαστικόν, ὅπως π.χ. σφαῖρα ἐξ ἐλεφαντόδοντος πίπτουσα ἐπὶ ἀκάμπτου ἐπιπέδου, θὰ παρατηροῦμεν, ὅτι ἡ σφαῖρα θὰ ἀνεπήδα μέχρι τοῦ σημείου τῆς ἀναχωρήσεως, ἐξ οὗ ἀποδεικνύεται ὅτι τὸ κατὰ τὴν πτώσιν παραγόμενον ἔργον εἶναι ἴσον πρὸς τὸ τῆς ἀνυψώσεως.

Μεταξὺ λοιπὸν τῆς δυναμικῆς ἐνεργείας καὶ τῆς κινητικῆς ὑπάρχει σχέσις, τὴν ὁποίαν καθιστᾷ φανερὰν ὁ ἐπόμενος πίναξ.

Λάβωμεν τὸ παράδειγμα σώματος βάρους B ἀνυψομένου εἰς ὀρισμένον ὕψος Y :

	ἐνέργεια δυναμικὴ	ἐνέργεια κινητικὴ	ὅλική ἐνέργεια
Εἰς ὕψος Y	B. Y	0	B. Y
Εἰς τὸ ἔδαφος	0	B. Y	B. Y

Παρατηροῦμεν οὕτω, ὅτι ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια μετατρέπεται εἰς κινητικὴν κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς πτώσεως, τῆς κινητικῆς αὐξανόμενης, ἐνῶν ἡ δυναμικὴ ἐλαττοῦται. Ἡ ὅλική ὁμως ἐνέργεια παραμένει σταθερά.

Ἡ διαπίστωσις αὕτη εἶναι σπουδαιοτάτη καὶ δυνάμεθα νὰ τὴν θεωρήσωμεν ὡς γενικὴν εἰς τὴν φύσιν· αἱ δυνάμεις μετατρέπονται, ἡ ἐνέργεια ἐμφανίζεται ὑπὸ διαφόρους μορφάς, ὡς θερμότης, ἡλεκτρισμός, μαγνητισμός κτλ., ἀλλὰ τὸ ἄθροισμα τῆς ἐνεργείας παραμένει σταθερὸν (ἀφθαρσία τῆς ἐνεργείας).

Ἀριθμητικὴ ἐφαρμογή. Μηχανὴ δύνата νὰ ἀνυψώσῃ 1800 χλγ. εἰς ὕψος 25 μ. ἐντὸς 30''. α') Ποῖον ἔργον ἐκτελεῖ; β') Ποία ἡ ἰσχύς της;

ἔχομεν $E = 1800 \cdot 25 = 45.000$ χιλιογραμμόμετρα.

$$\text{Ἰσχύς} = \frac{E}{\chi} = \frac{45000}{30} = 1500 \text{ χλγρμ.} = \frac{1500}{75} = 20 \text{ ἵπποι.}$$

Π ρ ο β λ ῆ μ α τ α

1ον. Ἐργάτης ἀναβιβάζων φορτία κατακορύφως δύνата νὰ ὑψώσῃ βάρος 65 χλγ. μετὰ ταχύτητα 4 ἐκατ. κατὰ δευτερόλεπτον καὶ ἐπὶ

6 ὥρας τὴν ἡμέραν. Ποῖον ἔργον θὰ ἐκτελέσῃ ἐν ὅλῳ εἰς μίαν ἡμέραν ;
 2ον. Ποῖ ὕδατος παρέχουσα 120 κ. μ. ὕδατος κατὰ λεπτὸν ἐνεργεῖ ἐπὶ τροχοῦ ὑδρομύλου ἀπὸ ὕψους 2 μέτρων. Ποῖον τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον ἢ πτώσις αὕτη ἐκτελεῖ εἰς 10 ὥρας ;

Λαμβανομένου δὲ ὑπ' ὄψιν ὅτι ἐπὶ τοῦ ἄξονος τοῦ τροχοῦ ἐνεργοῦν μόνον τὰ $\frac{3}{4}$ τοῦ ἔργου τούτου, τοῦ ὑπολοίπου χανομένου διὰ διαφόρους αἰτίας, νὰ προσδιορισθῇ εἰς ἵππους ἢ χρησιμοποιουμένη ισχύς.

3ον. Κινητὴρ ισχύος 10 ἵππων κινεῖ ἀντλίαν, ἣ ὁποία ἀποστέλλει ὕδωρ εἰς δεξαμενὴν εὐρισκομένην εἰς ὕψος 25 μ. Γνωστοῦ ὄντος, ὅτι ἐνεκα τῶν τριβῶν τὰ $\frac{3}{5}$ μόνον τοῦ κινητηρίου ἔργου χρησιμοποιοῦνται, ζητεῖται ποῖον ὄγκον ὕδατος θὰ συσσωρεύσωμεν ἐντὸς δεξαμενῆς εἰς 4 ὥρας.

ΚΕΝΤΡΟΜΟΛΟΣ ΚΑΙ ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΟΣ ΔΥΝΑΜΙΣ

50. Κεντρομόλος καὶ φυγόκεντρος δύναμις. — Ὅταν σῶμα τι στρέφεται περὶ κέντρον μὲ κίνησιν κυκλικήν, πρέπει νὰ παραδεχθῶμεν, ὅτι ἀσκεῖται ἔλξις ὑπὸ τοῦ κέντρου τούτου. Ἄλλως, δυνάμει τῆς ἀδρανείας, τὸ κινητὸν θὰ διέφευγε κατ' εὐθείαν γραμμὴν κατὰ μίαν ἐφαπτομένην. Τοῦτο π.χ. συμβαίνει εἰς τὴν σφενδόνην. Ὅλοι γνωρίζομεν ὅτι χρειάζεται προσπάθεια σταθερὰ διὰ νὰ συγκρατήσωμεν τὸν λίθον, ὃ ὁποῖος τείνει ἀκαταπαύστως νὰ ἐκτιναχθῇ μακράν. Ἐὰν ἡ προσπάθεια αὕτη καὶ μίαν μόνον στιγμὴν παύσῃ ἢ ἐὰν τὸ σχοινίον κοπῇ, ὃ λίθος θὰ διαφύγῃ.

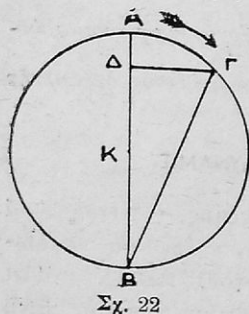
Ἡ δύναμις, ἣ ὁποία ἀναγκάζει τὸ κινητὸν νὰ διαγράφῃ κυκλικὴν τροχίαν, ὠνομάσθη **κεντρομόλος**. Ἄλλ' ἐπειδὴ δὲν δύναται νὰ νοηθῇ ὁρᾶσις ἄνευ ἀντιδράσεως, εἶναι φανερόν ὅτι ἡ κεντρομόλος δύναμις, ἣ ἐξασκουμένη ἐπὶ τοῦ στρεφομένου σώματος διὰ νὰ τὸ ἐμποδίσῃ νὰ ἀπομακρυνθῇ ἐκ τοῦ κέντρου, θὰ συνοδεύεται ἀπὸ ἴσην καὶ ἀντίθετον ἀντίδρασιν. Ἡ ἀντίδρασις αὕτη καλεῖται **φυγόκεντρος δύναμις**.

51. Τιμὴ τῆς κεντρομόλου δυνάμεως. — Θεωρήσωμεν κινητὸν εἰς τὸ Α (σχ. 22) στρεφόμενον κατὰ τὴν φορὰν τοῦ βέλους περὶ τὸ κέντρον Κ μὲ κίνησιν ὁμαλήν. Ἡ διεύθυνσίς του κατὰ πᾶσαν στιγμὴν εἶναι ἐφαπτομένη εἰς τὴν περιφέρειαν' ἀλλ' εἰς τὸ τέλος τῆς πρώτης

μονάδος τοῦ χρόνου τὸ κινητόν, ὑπὸ τὴν ἐνέργειαν τῆς κεντρομόλου δυνάμεως, ἔχει ἔλθει εἰς τὸ Γ, ἀφοῦ διέγραψε τὸ τόξον ΑΓ, τὸ ὁποῖον δυνάμεθα νὰ θεωρήσωμεν ὡς ταυτιζόμενον μετὰ τῆς χορδῆς του, ἐὰν τὸ τόξον ὑποτεθῇ ἀπείρως μικρόν. Τὸ σῶμα ἔχει πέσει λοιπὸν κατὰ ΑΔ.

Ἀλλὰ κατὰ τὸν τύπον $\Delta = \mu\gamma (1)$, ἡ ἔντασις τῆς δυνάμεως, τὴν ὁποίαν πρόκειται νὰ ὑπολογίσωμεν, ἐκφράζεται διὰ τοῦ γινομένου τῆς μάζης μ τοῦ κινητοῦ ἐπὶ τὴν ἀντίστοιχον ἐπιτάχυνσιν, ἡ δὲ ἐπιτάχυνσις εἶναι τὸ διπλάσιον τοῦ διαστήματος τοῦ διανυθέντος κατὰ τὴν πρώτην μονάδα τοῦ χρόνου. Καί, ἐπειδὴ τὸ εἰς τὴν πρώτην μονάδα τοῦ χρόνου διανυθὲν διάστημα εἶναι ΑΔ, ἡ ἐπιτάχυνσις ἡ ὀφειλομένη εἰς τὴν κεντρομόλον δύναμιν θὰ ἰσοῦται μὲ 2. $\Delta = \gamma$

$$\text{ἄρα } \Delta = \frac{\gamma}{2}.$$



Ἀφ' ἑτέρου τὸ τόξον (ἢ ἡ χορδὴ) ΑΓ εἶναι τὸ διάστημα τὸ διανυθὲν ὑπὸ τοῦ κινητοῦ εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου κατὰ τὴν ὁμαλὴν κυκλικὴν κίνησιν, δηλ. ἡ ταχύτης τ τοῦ κινητοῦ, ἥτοι

$$ΑΓ = \tau.$$

Ἐὰν δὲ παραστήσωμεν δι' α τὴν ἀκτῖνα τῆς διαγραφομένης περιφερείας, ἔχομεν:

$$ΑΒ = 2\alpha.$$

Ἐκ τοῦ ὀρθογωνίου τριγώνου ΑΓΒ ἔχομεν:

$$(ΑΓ)^2 = ΑΒ \cdot ΑΔ \quad \text{ἢ} \quad \tau^2 = 2\alpha \cdot \frac{\gamma}{2} \quad \text{ἢ} \quad \gamma = \frac{\tau^2}{\alpha}.$$

Καί, ἀντικαθιστῶντες εἰς τὴν (1), λαμβάνομεν:

$$\Delta = \frac{\mu\tau^2}{\alpha}.$$

52. Ἐκφρασις τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως.—Ἡ φυγόκεντρος δύναμις εἶναι ἡ ἀντίδρασις τῆς κεντρομόλου. Ἐπομένως ὁ τύπος θὰ εἶναι ὁ αὐτός. Ἀλλ' ἂν αἱ ἐντάσεις εἶναι ἴσαι, δὲν πρέπει νὰ λησμονῶμεν, ὅτι ἐνταῦθα αἱ φοραὶ θὰ εἶναι ἀντίθετοι. Θὰ ἔχωμεν λοιπὸν, ἐὰν Φ ἡ ἔντασις τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως.

$$\Phi = \Delta = \frac{\mu\tau^2}{\alpha} \quad (2)$$

53. Νόμοι.—Ἐκ τῶν τύπων τούτων συνάγομεν τοὺς ἐπομένους νόμους τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως :

α') Αἱ φυγόκεντροι δυνάμεις διὰ δύο διαφόρους μάζας, διαγραφούσας μετὰ τῆς αὐτῆς ταχύτητος δύο περιφερείας τῆς αὐτῆς ἀκτίνος, εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τὰς μάζας ταύτας.

β') Αἱ φυγόκεντροι δυνάμεις διὰ δύο ἴσας μάζας, διαγραφούσας περιφερείας τῆς αὐτῆς ἀκτίνος μετὰ διαφόρων ταχυτήτων, εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τὰ τετράγωνα τῶν ταχυτήτων τούτων.

γ') Αἱ φυγόκεντροι δυνάμεις διὰ δύο ἴσας μάζας, κινουμένας μετὰ τῆς αὐτῆς ταχύτητος καὶ διαγραφούσας περιφερείας διαφόρων ἀκτίνων εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογοι πρὸς τὰς ἀκτίννας ταύτας.

Ὁ τύπος (2) δὲν περιλαμβάνει τὸν χρόνον μιᾶς ὁλοκλήρου περιφορᾶς. Ἐὰν καλέσωμεν χ τὸν χρόνον τοῦτον, ἐπειδὴ τὸ κινητὸν εἰς χρόνον χ διαγράφει τὴν περιφέρειαν $2\pi a$ μὲ κίνησιν ὁμαλὴν, θὰ ἔχωμεν :

$$\tau \cdot \chi = 2\pi a \quad \eta \quad \tau = \frac{2\pi a}{\chi}.$$

Εἰσάγοντες δὲ εἰς τὸν τύπον (2) τὴν τιμὴν τοῦ τ , ἔχομεν :

$$\Phi = \frac{\mu}{a} \cdot \frac{4\pi^2 a^2}{\chi^2}$$

ἢ μετὰ τὴν ἀπλοποίησιν :

$$\Phi = \frac{4\pi^2 a \cdot \mu}{\chi^2}.$$

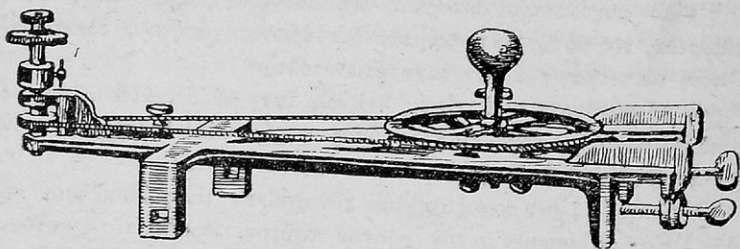
Συνεπῶς :

δ') Αἱ Φυγόκεντροι δυνάμεις διὰ δύο ἴσας μάζας διαγραφούσας εἰς τὸν αὐτὸν χρόνον περιφερείας διαφόρων ἀκτίνων, εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τὰς ἀκτίννας ταύτας.

Πειραματικαὶ ἀποδείξεις. Ἡ παραγωγὴ τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως καὶ οἱ νόμοι αὐτῆς ἀποδεικνύονται πειραματικῶς διὰ τῆς ἐν τῷ σχήματι 23 παριστωμένης μηχανῆς, ἐπὶ τῆς ὁποίας δυνάμεθα νὰ κοχλιώσωμεν διαφόρους συσκευὰς καὶ νὰ θέσωμεν αὐτὰς εἰς περιστροφικὴν κίνησιν.

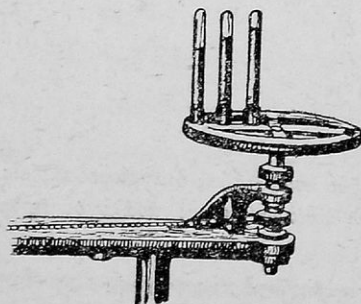
Α') Θέτομεν ἐπὶ τῆς μηχανῆς δίσκον φέροντα, ὥς δεικνύει τὸ σχῆμα 24, τρεῖς ὁμοίους ὑαλίνους σωλῆνας εἰς ἀποστάσεις 1, 2, 3 ἀπὸ τοῦ ἄξονος καὶ πλήρεις γεχωσμένου ὕδατος. Θέτομεν κατόπιν τὴν συ-

σκευὴν εἰς περιστροφικὴν κίνησιν. Παρατηροῦμεν τότε, ὅτι τὸ ὕδωρ ἐκσφενδονίζεται ἐκ τῶν σωλῆνων, ὅπερ ἀποδεικνύει τὴν ἀνάπτειν φυγοκέντρου δυνάμεως· τόσον δὲ περισσότερον ὕδωρ ἐκσφενδονίζεται, ὅσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ ἀπόστασις τοῦ σωλῆνος ἀπὸ τοῦ ἄξονος. Ἐὰν συγκρίνωμεν τὴν κατὰπτωσιν τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος εἰς

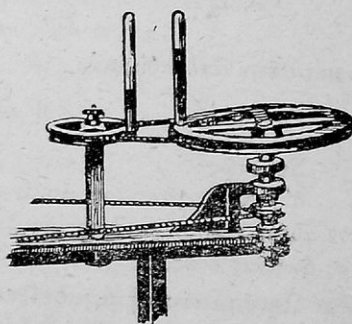


Σχ. 23

τοὺς τρεῖς σωλῆνας, διαπιστοῦμεν, ὅτι τὸ ποσὸν τοῦ ἐκσφενδονισθέντος ὕδατος εἶναι ἀνάλογον πρὸς τὴν ἀπόστασιν τῶν διαφόρων σωλῆνων ἀπὸ τοῦ ἄξονος. Τοῦτο ἀποδεικνύει, ὅτι ἡ φυγόκεντρος δύναμις εἶναι ἀνάλογος τῆς ἀκτίνος, ὅταν οἱ χρόνοι τῆς περιστροφῆς καὶ αἱ μᾶζαι εἶναι ἴσαι.



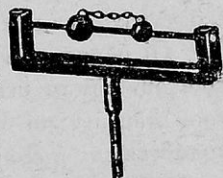
Σχ. 24



Σχ. 25

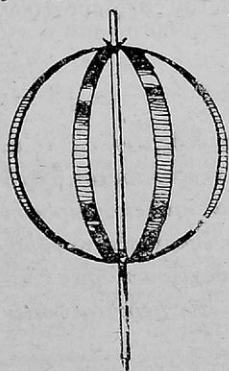
Β') Ἀφαιροῦμεν τοὺς σωλῆνας καὶ κοχλιοῦμεν εἰς τὴν μηχανὴν καὶ δεύτερον δίσκον, τοῦ ὁποίου ἡ διάμετρος εἶναι τὸ ἥμισυ τῆς τοῦ πρώτου, συνδέομεν δὲ αὐτοὺς διὰ λωρίου, ὥς δεικνύει τὸ σχῆμα 25. Ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῶν δίσκων τούτων, ἄνωθεν τοῦ λωρίου, κοχλιοῦμεν δύο ὁμοίους σωλῆνας πλήρεις κεχωρασμένου ὕδατος. Κατὰ τὴν

περιστροφὴν ἀμφοτέρωι οἱ σωλῆνες ἔχουν τὴν αὐτὴν ταχύτητα, δηλ. τὴν ταχύτητα, τὴν ὁποίαν μεταδίδει εἰς αὐτοὺς τὸ λωρίον, ἀλλ' ὁ σωλὴν ὁ εὐρισκόμενος ἐπὶ τοῦ μικροῦ δίσκου παρουσιάζει διπλασίαν κατὰπτωσιν τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος. Συνεπῶς ὑφίσταται φυγόκεντρον δύναμιν διπλασίαν ἀπὸ τὴν τοῦ σωλῆνος τοῦ μεγαλύτερου δίσκου, ὅπερ ἀποδεικνύει, ὅτι ἡ φυγόκεντρος δύναμις εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὰς ἀκτῖνας, ὅταν αἱ μᾶζαι καὶ αἱ ταχύτητες εἶναι ἴσαι.



Σχ. 26

Γ') Θέτομεν ἐπὶ τῆς μηχανῆς τὴν ἐν τῷ σχήματι 26 συσκευὴν, διὰ τῆς ὁποίας δυνάμεθα νὰ ἐκτελέσωμεν σειρὰν σχετικῶν πειραμάτων. Π.χ. 1) Θέτομεν ἐπὶ τοῦ σύρματος δύο ἴσας σφαῖρας, ἰσάκως ἀπεχούσας ἀπὸ τοῦ ἄξονος καὶ προσδεμέναις διὰ νήματος. Παρατηροῦμεν τότε, ὅτι αὗται ἰσορροποῦν κατὰ τὴν περιστροφὴν. Τοῦτο ἀποδεικνύει, ὅτι εἰς ἴσας μᾶζας ἀντιστοιχοῦν ἴσαι φυγόκεντροι δυνάμεις, ὅταν αἱ ἀκτῖνες εἶναι ἴσαι καὶ ἡ ταχύτης ἡ αὐτή. 2) Θέτομεν ἐπὶ τοῦ σύρματος δύο σφαῖρας, ὧν αἱ μᾶζαι ἔχουν λόγον 2 πρὸς 1, συνδεμέναις διὰ νήματος. Μεταβάλλοντες



Σχ. 27

τὰς ἀποστάσεις αὐτῶν ἀπὸ τοῦ ἄξονος, παρατηροῦμεν ἄλλοτε μὲν ὅτι ἡ μεγαλύτερα ἔλκει πρὸς ἑαυτὴν τὴν μικροτέραν, ἄλλοτε ὅτι ἡ μικροτέρα ἔλκει τὴν μεγαλύτεραν καὶ ἄλλοτε ὅτι αἱ δύο σφαῖραι ἰσορροποῦν.

Τέλος, διὰ τῆς ἐν τῷ σχήματι 27 συσκευῆς ἐξηγοῦμεν τὴν πλάτυνσιν περὶ τοὺς πόλους καὶ τὴν ἐξόγκωσιν περὶ τὸν ἰσημερινόν, ὅς ὑπέστη ἡ Γῆ, ἔνεκα τῆς περιστροφικῆς αὐτῆς κινήσεως, ὅτε ἀκόμη εὐρίσκετο ἐν διαπύρῳ καὶ τετηκυῖα καταστάσει.

Ἀριθμητικὴ ἐφαρμογή. Ὑλικὸν σημεῖον βάρους 5 γρ. διανύει περιφέρειαν κύκλου, ἀκτῖνος 0,8 μ. μετὰ ταχύτητος σταθερᾶς 4 μέτρων κατὰ δευτερόλεπτον. Ποία ἡ ἔντασις τῆς φυγόκεντρον δυνάμεως, τὴν ὁποίαν ὑφίσταται τὸ σημεῖον τοῦτο;

$$\text{Ἔχομεν } \Phi = \frac{\mu v^2}{a} \text{ καὶ } \mu = \frac{B}{g}$$

$$\ddot{\alpha}\rho\alpha \quad \Phi = \frac{B}{g} \cdot \frac{\tau^2}{a} = \frac{5.4^2}{9,8,0,8} = 10,2 \text{ γρ.}$$

54. Φαινόμενα ἐξηγούμενα διὰ τῆς φυγοκέντρου δύναμews.— Πλείστα φαινόμενα ἐξηγοῦνται διὰ τῆς φυγοκέντρου δύναμews.

Διὰ τῆς ἐνεργείας τῆς φυγοκέντρου δύναμews οἱ τροχοὶ ἁμάξης ἐκσπενδονίζουσιν μακρὰν τὸν ἐπ' αὐτῶν προσκολλώμενον πηλόν.

Οἱ ὁδηγοὶ τῶν ἁμαξοστοιχιῶν εἰς τὰς στροφὰς τῆς γραμμῆς μετατρέχουσιν τὴν ταχύτητα, ἵνα ἐλαττώσουν τὴν ἀναπτυσσομένην φυγοκέντρον δύναμιν καὶ ἀποφύγουν τὴν ἐκτροχίασιν. Διὰ τὸν αὐτὸν λόγον τοποθετεῖται ἡ ἐξωτερικὴ ράβδος ὀλίγον ὑψηλότερον ἀπὸ τὴν ἐσωτερικὴν, ὥστε ἡ ἁμαξοστοιχία νὰ κλίνη πρὸς τὰ ἔσω. Λαμβάνει τότε αὕτη διεύθυνσιν τοιαύτην, ὥστε ἡ συνισταμένη τοῦ βάρους τῆς καὶ τῆς φυγοκέντρου δύναμews νὰ εἶναι κάθετος ἐπὶ τοῦ ἐδάφους καὶ συνεπῶς νὰ ἰσορροπῇται ὑπὸ τῆς ἀντιστάσεως τοῦτου.

Διὰ τὸν αὐτὸν λόγον οἱ ἵπποι καὶ οἱ ἀναβάται εἰς τὰ ἵπποδρόμια κλίνουν τὸ σῶμά των πρὸς τὸ κέντρον τῆς κυκλικῆς τροχίᾳς των.

Ἐὰν εἰς σφαιρικὸν ἢ κυλινδρικὸν δοχεῖον, τὸ ὁποῖον περιέχει ὕδωρ, δώσωμεν ταχεῖαν περιστροφικὴν κίνησιν, παρατηροῦμεν, ὅτι ἡ ἐλευθέρα αὐτοῦ ἐπιφάνεια κοιλαίνεται, καὶ τοσοῦτον περισσότερον, ὅσον ἡ περιστροφικὴ κίνησις εἶναι ταχύτερα κτλ.

Π ρ ο β λ ή μ α τ α

1ον. Σφαῖρα μεταλλικὴ, μάζης 500 γρ., προσδεδεμένη εἰς τὸ ἐν ἄκρον σχοινίου, μήκους 1 μ., περιστρέφεται περὶ τὸ ἕτερον τούτου ἄκρον μετὰ ταχύτητος τοιαύτης, ὥστε νὰ διαγράφῃ μίαν καὶ ἡμίσειαν στροφὴν κατὰ δευτερόλεπτον: Νὰ προσδιορισθῇ ἡ τάσις, ἣν ὑφίσταται τὸ νῆμα.

2ον. Κρεμῶμεν ἀπὸ χορδὴν, μήκους 1,5 μ., δοχεῖον πλήρες ὕδατος, τοῦ ὁποῖου τὸ ὀλικὸν βάρος εἶναι 3 γγρ. καὶ τὸ περιστρέφομεν οὕτως, ὥστε νὰ διαγράφῃ κύκλον κατακόρυφον.

Ζητεῖται:

α) Ποία πρέπει νὰ εἶναι ἡ ταχύτης τοῦ δοχείου, δηλ. πόσους κύκλους πρέπει νὰ διαγράφῃ κατὰ δευτερόλεπτον, διὰ νὰ μὴ πίπτῃ τὸ ὕδωρ.

β) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ τάσις τῆς χορδῆς εἰς δύνας, ὅταν τὸ δοχεῖον διαγράφῃ δύο κύκλους εἰς 1'' μὲ κίνησιν ὁμαλήν.

γ) Νὰ εὗρεθῇ ἡ μεγίστη καὶ ἡ ἐλαχίστη τιμὴ τῆς τάσεως ταύτης.

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΝ

ΒΑΡΥΤΗΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Α'

ΓΕΝΙΚΑΙ ΕΝΝΟΙΑΙ ΕΠΙ ΤΗΣ ΒΑΡΥΤΗΤΟΣ

55. Βαρύτης.— Πάντα τὰ σώματα, στερεὰ ἢ ὑγρά, φερόμενα εἰς ὕψος τι καὶ ἀφιέμενα ἐλεύθερα, **πίπτουν**, ἥτοι **διευθύνονται πρὸς τὴν Γῆν**· ἐὰν τεθοῦν ἐπὶ ὑποστηρίγματος, ἐξασκοῦν ἐπὶ τούτου ὀρισμένην πίεσιν. Λέγομεν τότε, ὅτι ταῦτα εἶναι **βαρέα**.

Καὶ τὰ ἀέρια εἶναι βαρέα· ἐὰν δὲ τὰ πλείστα τῶν ἀερίων, ὁ καπνός, τὰ ἀερόστατα, ἀνυψοῦνται εἰς τὸν ἀέρα, τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι ὁ ἀήρ, ὁ ὁποῖος εἶναι καὶ αὐτὸς βαρὺς, ἐξασκεῖ ἐπὶ ὅλων τῶν σωμάτων τούτων ὥσιν ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω πολὺ μεγαλυτέραν ἀπὸ τὴν δοῶσιν, τὴν ὁποίαν ἐξασκεῖ ἐπὶ τῶν σωμάτων τούτων ἡ βαρύτης. Ἡ ὥσις αὕτη τὰ ἀνυψοῖ, καθὼς τὸ ὕδωρ ἀνυψοῖ τεμάχιον φελλοῦ, τὸ ὁποῖον βυθίζομεν ἐντὸς αὐτοῦ καὶ ἔπειτα τὸ ἀφίνομεν ἐλεύθερον.

Ἡ αἰτία τῆς πτώσεως τῶν σωμάτων, δηλ. ἡ δύναμις ἡ ὁποία τείνει νὰ παρασύρῃ ὅλα τὰ σώματα πρὸς τὸ κέντρον τῆς Γῆς, καλεῖται **βαρύτης**. Ἐπειδὴ ἡ βαρύτης εἶναι δύναμις, διὰ νὰ ὁρισθῇ τελείως, πρέπει νὰ γνωρίζωμεν: α) τὴν διεύθυνσιν καὶ φορὰν αὐτῆς, β) τὴν ἔντασιν, γ) τὸ σημεῖον τῆς ἐφαρμογῆς τῆς.

56. Διεύθυνσις τῆς βαρύτητος. Νῆμα τῆς στάθμης.— Διεύθυνσις τῆς βαρύτητος εἶναι ἡ γραμμὴ, τὴν ὁποίαν ἀκολουθεῖ σῶμα βαρὺ πῖπτον ἐλευθέρως. Ἡ διεύθυνσις αὕτη καλεῖται **κατακόρυφος** καὶ δίδεται ὑπὸ τοῦ νήματος τῆς στάθμης. Τοῦτο εἶναι νῆμα εὐκαμπτον ἀπὸ τὸ ἄκρον τοῦ ὁποῖου ἐξαρτᾶται σῶμα κυλινδροκωνικόν (σχ. 28) ἐξ ὀρειχάλκου. Ὄταν τὸ νῆμα τοῦτο, ἀφοῦ στερεωθῇ κατὰ τὸ ἀνώτερον αὐτοῦ ἄκρον, ἀφεθῇ ἐλεύθερον, τείνεται ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς

βαρύτητος. Καὶ ἐπειδὴ ἡ τάσις αὐτοῦ ἰσορροπεῖ τὴν βαρύτητα, αἱ δύο αὗται δυνάμεις εἶναι κατ' ἀνάγκην τῆς αὐτῆς διευθύνσεως.



Σχ. 28

Ἡ διεύθυνσις τοῦ νήματος τῆς στάθμης εἶναι κάθετος ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῶν ἡρεμούντων υγρῶν (σχ. 29). Εἶναι ἡ αὐτὴ δι' ὅλα τὰ σώματα εἰς τὸν αὐτὸν τόπον. Διότι, ἐὰν τοποθετήσωμεν παραπλεύρως ἀλλήλων πολλὰ νήματα τῆς στάθμης, ἐκ διαφόρων οὐσιῶν συνιστάμενα, διαπιστοῦμεν, ὅτι αἱ διευθύνσεις τῶν εἶναι παράλληλοι ὅταν εὐρίσκωνται ἐν ἰσορροπίᾳ.

Πᾶν ἐπίπεδον διερχόμενον διὰ τῆς κατακόρυφου τόπου τινὸς καλεῖται **κατακόρυφον ἐπίπεδον**. Πᾶν δὲ ἐπίπεδον κάθετον ἐπὶ τὴν κατακόρυφον καλεῖται **ἐπίπεδον ὀριζόντιον**.

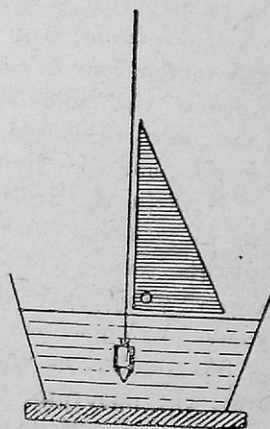
Ἡ βαρύτης διευθύνεται πρὸς τὸ κέντρον τῆς Γῆς. Ἡ ἐπιφάνεια τῶν ὑδάτων σχηματίζει, εἰς ἕκαστον τόπον, ἐπίπεδον ὀριζόντιον, ἐφαπτόμενον τῆς γῆνης σφαίρας. Αἱ δὲ κατακόρυφοι, ὡς κάθετοι εἰς πᾶν σημεῖον ἐπὶ τὸ κατὰ τὸ σημεῖον τοῦτο

ἐφαπτόμενον εἰς τὴν σφαῖραν ἐπίπεδον, ἔχουν τὴν διεύθυνσιν τῶν ἀκτίνων. Ἐπομένως ἡ βαρύτης διευθύνεται πρὸς τὸ κέντρον τῆς Γῆς.

Σημείωσις. — Ὅταν θεωρῶμεν δύο σημεῖα, τὰ ὁποῖα δὲν ἀπέχουν πολὺ ἀπ' ἀλλήλων, δυνάμεθα ἔνεκα τῆς σμικρότητος τῆς σχηματιζομένης γωνίας, νὰ θεωρήσωμεν τὰς κατακόρυφους τῶν σημείων τούτων ὡς αἰσθητῶς παραλλήλους.

Ἡ **φορά**, κατὰ τὴν ὁποίαν ἐνεργεῖ ἡ βαρύτης κατὰ τὴν κατακόρυφον διεύθυνσιν, εἶναι ἡ φορὰ ἡ παράγουσα τὴν τάσιν τοῦ νήματος, ἐκ τῶν ἄνω δηλ. πρὸς τὰ κάτω. Ἡ δύναμις λοιπὸν διευθύνεται πάντοτε πρὸς τὸ ἔδαφος. Ἡ ἀντίδρασις συνεπῶς τοῦ σημείου τῆς στηριξέως διεύθνεται κατ' ἀντίθετον φορὰν, δηλ. ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω.

57. Ἐντασις τῆς βαρύτητος. Βάρος. — Ὅταν ἐν σῶμα εἶναι



Σχ. 29

διηρημένον εἰς τεμάχια, ἕκαστον τεμάχιον, ὅσονδήποτε μικρὸν καὶ ἂν εἶναι, πίπτει, ὅταν ἀφεθῇ ἐλεύθερον, ὅπως καὶ ὁλόκληρον τὸ σῶμα. Πρέπει λοιπὸν νὰ συμπεράνωμεν, ὅτι τὰ μόρια ἐνὸς σώματος ὑπόκεινται ἕκαστον εἰς τὴν ἐνέργειαν μιᾶς κατακορύφου δυνάμεως, διευθυνομένης ἐκ τῶν ἄνω πρὸς τὰ κάτω. Ὅλοι αἱ δυνάμεις αὗται εἶναι ἴσαι καὶ δύνανται νὰ θεωρηθοῦν παράλληλοι. Ἐμάθομεν ὅμως, ὅτι δυνάμεθα νὰ ἀντικαταστήσωμεν αὐτὰς διὰ μιᾶς μόνης, ἥτις, ἐνεργοῦσα ἐπὶ τοῦ σώματος, θὰ παράγῃ τὸ αὐτὸ ἀποτέλεσμα, τὸ ὁποῖον παράγουν καὶ αἱ δυνάμεις αὗται.

Ἡ δύναμις αὕτη εἶναι ἡ συνισταμένη ὅλων τῶν ἐνεργειῶν τῆς βαρύτητος ἐπὶ τοῦ σώματος, ἰσοῦται δὲ μὲ τὸ ἄθροισμα ὅλων τῶν ὡς ἂνωτέρω μικρῶν κατακορύφων δυνάμεων καὶ ἔχει καὶ αὕτη διεύθυνσιν κατακόρυφον. Τὸ μέγεθος αὐτῆς παριστᾷ τὸ **βάρος** τοῦ σώματος. Δυνάμεθα λοιπὸν νὰ ὀρίσωμεν τὸ **βάρος** ἐνὸς σώματος ὡς τὴν ἔντασιν τῆς συνισταμένης ὅλων τῶν ἐνεργειῶν, τῶν ἐξασκουμένων ἐπὶ τοῦ σώματος τούτου ὑπὸ τῆς βαρύτητος.

Ἐπειδὴ τὸ βάρος ἐνὸς σώματος εἶναι δύναμις, πρέπει νὰ ὑπολογίζεται εἰς δύνας ἢ χιλιόγραμμα. Δυνάμεθα δὲ νὰ τὸ προσδιορίσωμεν κατὰ προσέγγισιν διὰ δυναμομέτρου, ὅπως εἶναι ὁ μετ' ἐλατηρίου ζυγός.

Κέντρον τοῦ βάρους. Κέντρον τοῦ βάρους ἐνὸς σώματος εἶναι τὸ σημεῖον τῆς ἐφαρμογῆς τῆς συνισταμένης ὅλων τῶν ἐνεργειῶν, τῶν ἐξασκουμένων ἐπὶ τοῦ σώματος τούτου ὑπὸ τῆς βαρύτητος.

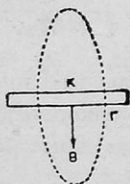
58. **Κέντρον τοῦ βάρους τῶν ὁμοιομερῶν σωμάτων.**—Λέγομεν, ὅτι σῶμα τι εἶναι **ὁμοιομερές**, ὅταν ἡ ὕλη αὐτοῦ εἶναι ὁμαλῶς διανεμημένη καθ' ὅλην αὐτοῦ τὴν ἔκτασιν, ὥστε, δύο οἰοιδήποτε ἴσοι ὄγκοι, λαμβανόμενοι ἀπὸ δύο διάφορα μέρη τοῦ σώματος, νὰ ἔχουν τὸ αὐτὸ βάρος.

Εἰς ὅλα τὰ ὁμοιομερῆ σώματα, ἡ θέσις τοῦ κέντρου τοῦ βάρους ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ σχήματος τοῦ σώματος. Ἐὰν τοῦτο εἶναι γεωμετρικῶς ὠρισμένον, ἡ ἀναζήτησις τοῦ κέντρου τοῦ βάρους ἀποτελεῖ πρόβλημα πάντοτε δυνατόν. Εἰς τὴν ἀντίθετον περίπτωσιν τὸ κέντρον τοῦ βάρους προσδιορίζεται κατὰ προσέγγισιν.

Οὕτω π.χ., ἐὰν τὸ σῶμα παρουσιάζῃ κέντρον ἢ ἄξονα ἢ ἐπίπεδον συμμετρίας, τὸ κέντρον τοῦ βάρους του συμπίπτει μετὰ τοῦ κέντρου τούτου ἢ εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ ἄξονος ἢ ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου τῆς συμ-

μετρίας. Ἐπίσης, ἐὰν ἐπιφάνειά τις ἔχη διάμετρον, τὸ κέντρον τοῦ βάρους της εὐρίσκεται ἐπὶ τῆς διαμέτρου ταύτης. Τὸ κέντρον τοῦ βάρους περιφερείας, κύκλου, σφαίρας, πολυγώνου κανονικοῦ, συμπίπτει μετὰ τοῦ γεωμετρικοῦ των κέντρον. Τὸ κέντρον τοῦ βάρους παραλληλογράμμου, παραλληλεπιπέδου, πολυέδρου κανονικοῦ συμπίπτει μὲ τὸ σημεῖον τῆς τομῆς τῶν διαγωνίων.

Σημείωσις.— Μία ἐπιφάνεια, ἡ ὁποία δὲν ἔχει πάχος καὶ μία γραμμὴ, ἡ ὁποία ἔχει μίαν μόνον διάστασιν, δὲν δύνανται νὰ ἔχουν βάρος καὶ συνεπῶς καὶ κέντρον βάρους. Ἀλλὰ δυνάμεθα νὰ ἐννοήσωμεν τὴν ἐπιφανείαν καὶ τὴν γραμμὴν διηρημένας, τὴν μὲν εἰς στοιχεῖα ἐπιφανειακά, τὴν δὲ εἰς στοιχεῖα γραμμικά, εἰς τὰ ὁποῖα ὑποθέτομεν ἐφηρμοσμένα βάρος ἀνάλογα πρὸς τὰς διαστάσεις των. Αἱ δυνάμεις αὗται ἔχουν συνισταμένην ἴσην πρὸς τὸ ἄθροισμά των. Τὸ σημεῖον τῆς ἐφαρμογῆς τῆς συνισταμένης ταύτης καλεῖται κέντρον τοῦ βάρους τῆς ἐπιφανείας ἢ τῆς γραμμῆς.



Σχ. 30

59. Συνθήκη ἰσορροπίας τῶν στερεῶν σωμάτων.— Ἡ ἐνέργεια τῆς βαρύτητος ἐπὶ σώματος συντίθεται πάντοτε, ὡς ἐμάθομεν, εἰς μίαν μόνον δύναμιν κατακόρυφον, διευθυνομένην ἐκ τῶν ἄνω πρὸς τὰ κάτω καὶ ἐφηρμοσμένην εἰς τὸ κέντρον τοῦ βάρους τοῦ σώματος. Ἴνα λοιπὸν τὸ σῶμα ἰσορροπῇ, πρέπει καὶ ἀρκεῖ ἡ δύναμις αὕτη, δηλ. τὸ βάρος τοῦ σώματος, νὰ ἰσορροπῇται ὑπὸ τῆς ἀντιστάσεως τοῦ ὑποστηρίγματος.

α) Σώματα κινητὰ περὶ ὀριζόντιον ἄξονα. Τοιαύτη εἶναι ἡ περίπτωσις τροχοῦ ἢ τοῦ δίσκου τῶν σχημάτων τῆς ἐπομένης σελίδος.

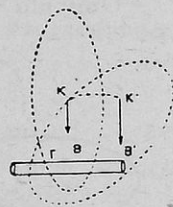
Ἴσορροπία ἀδιάφορος. Ἐὰν ὁ ἄξων διέρχεται ἀκριβῶς διὰ τοῦ κ. β. τοῦ σώματος (σχ. 30), εἰς οἵανδήποτε θέσιν καὶ ἂν εὐρίσκεται τὸ σῶμα, τὸ βάρος του ἐξουδετεροῦται ὑπὸ τῆς ἀντιστάσεως τοῦ ἄξονος καὶ συνεπῶς ἰσορροπεῖ εἰς ὅλας τὰς θέσεις. Ἡ ἰσορροπία αὕτη καλεῖται **ἀδιάφορος**.

Ἴσορροπία εὐσταθῆς καὶ ἀσταθῆς. Ἐὰν ὁ ἄξων δὲν διέρχεται διὰ τοῦ κ. β., ὑπάρχουν δύο θέσεις ἰσορροπίας (κατὰ τὰς ὁποίας τὸ βάρος ἐξουδετεροῦται ὑπὸ τῆς ἀντιστάσεως τοῦ ἄξονος), αἱ θέσεις κατὰ τὰς ὁποίας ἡ κατακόρυφος τοῦ κ. β. συναντᾷ τὸν ἄξονα.

Τὸ κ. β. δύναται νὰ κεῖται κάτωθεν (σχ. 31) ἢ ἄνωθεν (σχ. 32) τοῦ ἄξονος. Εἰς τὴν πρώτην περίπτωσιν, λέγομεν, ὅτι τὸ σῶμα εὐρίσκεται εἰς **εὐσταθῆ ἰσορροπίαν**. Διότι, ἐὰν ἀπομακρύνωμεν αὐτὸ ἀπὸ τὴν θέσιν τῆς ἰσορροπίας καὶ τὸ ἀφήσωμεν ἐλεύθερον, τὸ βάρος τοῦ Β τὸ ἐπαναφέρει εἰς τὴν θέσιν τῆς ἰσορροπίας. Εἰς τὴν δευτέραν περίπτωσιν, ἡ ἰσορροπία λέγεται **ἀσταθῆς**, διότι, ἐὰν ἀπομακρύνωμεν ὀλίγον τὸ σῶμα ἐκ τῆς θέσεως τῆς ἰσορροπίας, τὸ βάρος τοῦ τείνει νὰ τὸ ἀπομακρύνῃ ἔτι μᾶλλον, διὰ νὰ τὸ φέρῃ εἰς τὴν θέσιν τῆς εὐσταθοῦς ἰσορροπίας.



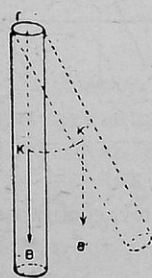
Σχ. 31



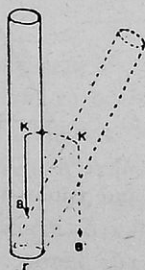
Σχ. 32

Σημείωσις. — Εἰς μὲν τὴν πρώτην θέσιν τὸ κ. β. κεῖται ὅσον τὸ δυνατόν κατωτέρω τοῦ ἄξονος, εἰς δὲ τὴν δευτέραν ὅσον τὸ δυνατόν ἄνωτέρω αὐτοῦ· εἰς τὴν θέσιν τῆς ἀδιαφόρου ἰσορροπίας τὸ κ.β. διατηρεῖ τὸ αὐτὸ ὕψος κατὰ τὴν κίνησιν τοῦ σώματος.

β) Στερεὸν σῶμα κινητὸν περὶ σημεῖον. Τοιαύτη εἶναι π.χ. ἡ περίπτωσις κανόνος κρεμαμένου διὰ δακτυλίου. Ἐὰν τὸ σημεῖον τῆς ἐξαρτήσεως δὲν συμπίπτῃ μετὰ τοῦ κ.β., ὑπάρχουν δύο θέσεις ἰσορροπίας: ἡ μὲν εὐσταθῆς (σχ. 33), ἡ δὲ ἀσταθῆς (σχ. 34), τοιαῦται ὥστε ἡ κατακόρυφος τοῦ κ. β. νὰ συναντᾷ τὸ σημεῖον τῆς ἐξαρτήσεως.



Σχ. 33

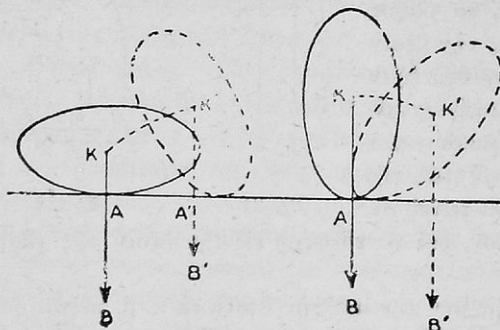


Σχ. 34

γ) Σώματα στηριζόμενα ἐπὶ ὀριζοντίου ἐπιπέδου δι' ἑνὸς σημείου. Ὅταν τὸ σημεῖον τῆς ἐπαφῆς μὲν σταθερὸν κατὰ τὴν μετάθεσιν τοῦ σώματος, ἡ περίπτωσις αὕτη ἀνάγεται εἰς τὴν προηγουμένην. Ἄλλοτε τὸ σημεῖον τῆς ἐπαφῆς δὲν εἶναι σταθερόν· τοιαύτη ἡ περίπτωσις ὡσοῦ, ὅπερ δύναται νὰ κυλίστα ἐπὶ τραπέζης. Ὑπάρχουν δύο θέσεις ἰσορροπίας, αἱ δύο θέσεις, καθ' ἃς ἡ κατακόρυφος τοῦ κ.β.

διότι, ἐὰν ἀπομακρύνωμεν τὸ σῶμα ἐκ τῆς θέσεως ταύτης, τὸ βάρος του τείνει νὰ τὸ ἐπαναφέρῃ εἰς ταύτην· τοῦναντίον, ἡ θέσις, καθ' ἣν τὸ κ.β. κεῖται ὅσον τὸ δυνατόν ὑψηλότερον (σχ. 36) εἶναι ἀσταθῆς.

Ὅταν μία σφαῖρα κυλίσεται ἐπὶ ὀριζοντίου ἐπιπέδου, εὐρίσκεται εἰς ἰσορροπίαν ἀδιάφορον καθ' ὅλας αὐτῆς τὰς θέσεις. Τὸ κ. β. διατηρεῖ σταθερὸν ὕψος καὶ ἡ κατακόρυφος τοῦτου συναντᾷ πάντοτε τὸ σημεῖον τῆς στηρίξεως.



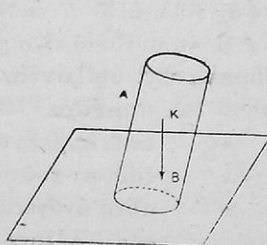
Σχ. 35

Σχ. 36

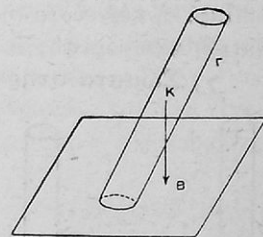
δ) Σώματα στηριζόμενα διὰ βάσεως ἐπὶ ὀριζον-

τίου ἐπιπέδου. Διὰ νὰ εὐρίσκεται ἐν τοιοῦτον σῶμα ἐν ἰσορροπίᾳ, πρέπει καὶ ἀρκεῖ ἡ κατακόρυφος τοῦ κ. β. νὰ διέρχεται διὰ τοῦ ἐσωτερικοῦ τῆς βάσεως, διὰ τῆς ὁποίας τὸ σῶμα στηρίζεται. Εἶναι πράγματι φανερόν, ὅτι ὁ κύλινδρος Α εὐρίσκεται ἐν ἰσορροπίᾳ, τὸ δὲ βάρος του (σχ. 37) τείνει νὰ στηρίξῃ αὐτὸν ἐπὶ τοῦ ὑποστηρίγματος. Ὁ κύλινδρος Β τοῦναντίον (σχ. 38) δὲν θὰ ἰσορροπήσῃ, ἐὰν ἀφήσωμεν αὐτὸν ἐλεύθερον.

Τὸ μετὰ τριῶν τριγῶν ποδηλάτων,



Σχ. 37



Σχ. 38

τὸ ὁποῖον στηρίζεται ἐπὶ τοῦ ἐδάφους διὰ τριῶν σημείων, εὐρίσκεται ἐν ἰσορροπίᾳ, διότι ἡ κατακόρυφος τοῦ κ. β. πίπτει ἐντὸς τοῦ τριγώνου, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ τὸ πολύγωνον τῆς βάσεως.

Π ρ ο β λ ή μ α τ α

1ον. Νὰ προσδιορισθῇ τὸ κέντρον τοῦ βάρους τῆς περιμέτρου τριγώνου.

2ον. Νὰ προσδιορισθῇ τὸ κέντρον τοῦ βάρους τῆς ἐπιφανείας τριγώνου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Β΄

ΝΟΜΟΙ ΤΗΣ ΠΤΩΣΕΩΣ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

60. Πρώτος νόμος.—Εἰς τὸν αὐτὸν τόπον, πάντα τὰ σώματα πίπτουν μετὰ τῆς αὐτῆς ταχύτητος.

61. Δεύτερος νόμος.—Τὰ διαστήματα τὰ διανυόμενα ὑπὸ σώματος, τὸ ὁποῖον, ἀναχωροῦν ἐκ τῆς ἡρεμίας, πίπτει ἐλευθέρως, εἶναι ἀνάλογα πρὸς τὰ τετράγωνα τῶν χρόνων, καθ' οὓς διηνύθησαν.

62. Τρίτος νόμος.—Αἱ ταχύτητες αἱ κτηθεῖσαι ὑπὸ σώματος, τὸ ὁποῖον, ἀναχωροῦν ἐκ τῆς ἡρεμίας, πίπτει ἐλευθέρως, εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τοὺς χρόνους τοὺς διαρρέυσαντας ἀπὸ τῆς ἀρχῆς τῆς πτώσεως.

Οἱ νόμοι οὗτοι ἀφορῶσιν εἰς τὴν πῴσιν ἐν τῷ κενῷ.

Οἱ δύο τελευταῖοι χαρακτηρίζουν κίνησιν ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένην καὶ ὁ εἰς εἶναι συνέπεια τοῦ ἄλλου. Ἐκφράζονται συνεπῶς διὰ τῶν ἑξισώσεων :

$$s = \frac{g\tau^2}{2}, \quad v = g\tau.$$

Ἡ σταθερὰ αὔξησις τῆς ταχύτητος κατὰ δεύτερον λεπτόν ἢ ἡ ἐπιτάχυνσις g εἶναι τὸ διπλάσιον τοῦ διαστήματος τοῦ διανυομένου κατὰ τὸ πρῶτον δευτερόλεπτον τῆς πτώσεως.

$\tau = \sqrt{2g\delta}$ εἶναι ἡ κτηθεῖσα ταχύτης ὑπὸ σώματος πίπτοντος ἀπὸ ὕψους δ εἰς τὸ κενόν, ἄνευ ἀρχικῆς ταχύτητος.

Εἶναι δηλ. ἀνάλογος πρὸς τὴν τετραγωνικὴν ῥίζαν τοῦ ὕψους τῆς πτώσεως.

Γνωρίζομεν, ὅτι τὸ βάρος σώματος εἶναι δύναμις σταθερὰ κατὰ τὴν διεύθυνσιν εἰς ὠρισμένον τόπον. Ἐκ τοῦ ὅτι δὲ ἡ κίνησις εἶναι ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένη προκύπτει, ὅτι τὸ βάρος τοῦτο εἶναι δύναμις σταθερὰ καὶ κατὰ τὸ μέγεθος, κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς πτώσεως.

63. Πειραματική απόδειξις τῶν ἀνωτέρω νόμων. — **Πρῶτος νόμος.** Ἐὰν ἀφήσωμεν νὰ πέσουν συγχρόνως, ἀπὸ τὸ αὐτὸ ὕψος, νόμισμα μεταλλικὸν καὶ δίσκος ἐκ χάρτου, τῶν αὐτῶν διαστάσεων, τὸ νόμισμα θὰ φθάσῃ εἰς τὸ ἔδαφος πρὸ τοῦ χαρτίνου δίσκου. Ὁ λόγος εἶναι ὅτι, ἐπειδὴ τὸ βάρος τοῦ νομίσματος εἶναι μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ βάρος τοῦ χάρτου, ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀέρος εἶναι διὰ τὸ νόμισμα σχετικῶς μικροτέρα. Ἀλλ' ἐὰν θέσωμεν τὸν ἐκ χάρτου δίσκον ἐπὶ τοῦ νομίσματος καὶ ἀφήσωμεν τὸ σύστημα νὰ πέσῃ (τοῦ νομίσματος διατηρουμένου ὀριζοντίου), θὰ ἴδωμεν, ὅτι καὶ τὰ δύο φθάνουν εἰς τὸ ἔδαφος συγχρόνως. Τοῦτο συμβαίνει, διότι ὁ ἀῆρ δὲν ἐπιφέρει πλέον ἀντίστασιν εἰς τὸν χάρτην, καθόσον ἐκτοπίζεται ὑπὸ τοῦ νομίσματος.



Διὰ νὰ ἐξετάσωμεν τὴν ἐπίδρασιν τῆς βαρύτητος μόνης, πρέπει λοιπὸν νὰ καταργήσωμεν τὴν ἐνέργειαν τοῦ ἀέρος. Τοῦτο δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν διὰ τοῦ **σωλήνος τοῦ Νεύτωνος** (σχ. 39). Ὁ σωλὴν οὗτος ἔχει ὕψος 2 περίπου μέτρων καὶ διάμετρον 7 — 8 ἑκατ. καὶ εἶναι κλειστὸς κατὰ τὸ ἐν ἄκρον, κατὰ δὲ τὸ ἕτερον καταλήγει εἰς μεταλλικὸν πόδα μετὰ στροφίγγος, διὰ τοῦ ὁποίου δύναται νὰ κοχλιωθῇ εἰς τὴν ἀεραντλίαν. Εἰσάγομεν ἐντὸς αὐτοῦ διάφορα σώματα, π.χ. σφαῖραν ἐκ μολύβδου, τεμάχιον φελλοῦ, τμήμα περοῦ, ἔπειτα δὲ ἀραιοῦμεν τὸν ἐντὸς αὐτοῦ ἀέρα ὅσον τὸ δυνατόν περισσότερον. Ἐὰν ἀναστρέψωμεν τότε ἀποτόμως τὸν σωλὴνα, παρατηροῦμεν, ὅτι ὅλα τὰ ἐντὸς αὐτοῦ σώματα φθάνουν εἰς τὸν πυθμένα τοῦ σωλήνος συγχρόνως. Ἐὰν ὁμως ἀφήσωμεν νὰ εἰσελθῇ βαθμηδὸν ὁ ἀῆρ, διαπιστοῦμεν, ὅτι ἡ διαφορὰ μεταξὺ τῶν διαρκειῶν τῆς πτώσεως τῶν διαφόρων σωμάτων καθίσταται τόσον μεγαλύτερα, ὅσον ἡ ποσότης τοῦ εἰσελθόντος ἀέρος εἶναι μεγαλύτερα.

64. Ἐφαρμογαὶ τῆς ἀντιστάσεως τοῦ ἀέρος. — α)

Εἰς τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀέρος ὀφείλεται ὁ διασκορπισμὸς τῶν ὕδρων, τὰ ὁποῖα πίπτουν εἰς τὸν ἀέρα· εἰς τὸ κενὸν ἢ πτωσις των γίνεται δι' ὅλης τῆς μάζης των, ὅπως ἡ τῶν στερεῶν. Τοῦτο ἀποδεικνύεται διὰ τῆς **ὑδροσφύρας** (σχ. 40). Αὕτη εἶναι σωλὴν ὑάλινος περιέχων ὕδωρ καὶ κενὸς ἀέρος. Ὅταν τὸν ἀναστρέψωμεν ἀποτόμως, τὸ ὕδωρ πίπτει μετὰ ξηροῦ κορότου, ὁμοίου μὲ τὸν κορό-

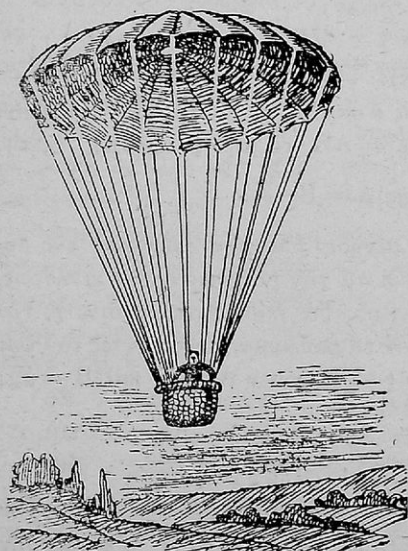
Σχ. 39

τον στερεᾶς μάζης, ἡ ὁποία κτυπᾷ τὸν πυθμένα τοῦ σωλῆνος.

β) Διὰ νὰ ἐμποδίσωμεν νὰ ἐπιταχυνθῇ ἡ κίνησις ὀργάνων τινῶν, τὰ ἀναγκάζομεν νὰ παρασύρουν τροχὸν μὲ περὺγια. Ὁ τροχὸς οὗτος ὑφίσταται ἀντίστασιν ἐκ μέρους τοῦ ἀέρος τόσον μεγαλύτεραν, ὅσον ἡ ταχύτης τῆς στροφῆς εἶναι μεγαλύτερα.

γ) Οἱ ἀερόναυται χρησιμοποιοῦν τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀέρος, μεταχειριζόμενοι τὰ ἀλεξίπτωτα (σχ. 41), διὰ τῶν ὁποίων κατέρχονται ἐγκαταλείποντες τὸ σκάφος των ἐν περιπτώσει ἀτυχήματος ἢ δι' ἄλλους λόγους.

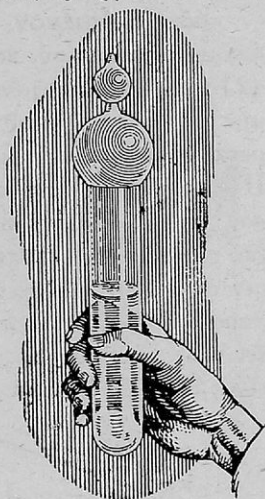
δ) Τέλος, ἀπὸ τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀέρος ὑποστηρίζονται οἱ χαρταετοί, τὰ ἀεροπλάνα καὶ τὰ πτηνὰ



Σχ. 41

ρου δὲ ἡ ἐλάττωσις τῆς ταχύτητος ἐλαττώνει τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀέρος.

Πρὸς τοῦτο ἐπενοήθησαν διάφοροι συσκευαί, διὰ τῶν ὁποίων ἐπιβραδύνεται ἡ ταχύτης τῆς πτώσεως, χωρὶς νὰ μεταβληθῇ ἡ σχέσις



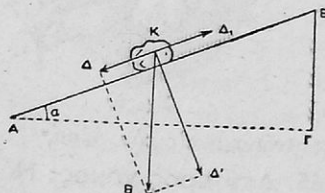
Σχ. 40

ὅσα πλανῶνται εἰς τὸν ἀέρα.

65. Δεύτερος νόμος: Νόμος τῶν διαστημάτων.—Διὰ τὴν πειραματικὴν ἀπόδειξιν τοῦ νόμου τούτου, ὡς καὶ τοῦ νόμου τῶν ταχυτήτων, παρουσιάζονται δύο μεγάλαι δυσκολίαι: α) Ἡ αὔξουσα ταχύτης τῆς πτώσεως, ἡ ὁποία καθιστᾷ δύσκολον τὴν παρατήρησιν, διότι μικρὸν λάθος κατὰ τὴν μέτρησιν τοῦ χρόνου συνεπάγεται σημαντικὸν λάθος διὰ τὸ διάστημα. β) Ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀέρος. Ἡ ἐπιβράδυνσις τοῦναντίον τῆς κινήσεως εὐκολύνει τὰς μετρήσεις, ἀφ' ἐτέ-

μεταξύ διαστήματος και χρόνου. Τοιαῦται εἶναι τὸ κεκλιμένον ἐπίπεδον, ἢ μηχανὴ τοῦ Atwood καὶ ἄλλαι.

66. Κεκλιμένον ἐπίπεδον.—Τοῦτο συνίσταται ἐξ ἐπιπέδου ἀκάμπτου καὶ λείου, κεκλιμένου ἐπὶ τοῦ ὀρίζοντος. Ἐστω ΑΕΓ (σχ. 42) τομὴ τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου ὑπὸ ἐπιπέδου καθέτου ἐπὶ τὴν τομὴν του μετὰ τοῦ ὀριζοντίου ἐπιπέδου. Θεωρήσωμεν σῶμα μάζης μ μετατιθέμενον ἄνευ τριβῆς κατὰ τὸ μῆκος τοῦ ἐπιπέδου ΕΑ. Τὸ βάρος $B = \mu g$ τοῦ σώματος τούτου, ἐφαρμοσμένον εἰς τὸ κέντρον τοῦ βάρους του Κ, δύναται νὰ ἀναλυθῇ εἰς δύο δυνάμεις: τὴν Δ' , κάθετον ἐπὶ τὸ κεκλιμένον ἐπίπεδον, ἢ ὁποία ἐξουδετεροῦται ἀπὸ τὴν ἀντίστασιν τούτου, ἔαν διέρχεται διὰ τοῦ σημείου τῆς στηρίξεως, καὶ τὴν Δ , παράλληλον πρὸς τὸ μῆκος ΑΕ τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου, ἢ ὁποία τείνει νὰ μεταθέσῃ τὸ σῶμα. Ἐπειδὴ αἱ ὀξεῖαι γωνίαι ΓΑΕ καὶ ΔΒΚ εἶναι ἴσαι, ὥς ἔχουσιν τὰς πλευράς των καθέτους, τὰ ὀρθογώνια τρί-



Σχ. 42

γωνία ΑΓΕ καὶ ΒΔΚ εἶναι ὅμοια. Συνε-

πῶς ἔχομεν :

$$\frac{ΚΑ}{ΚΒ} = \frac{ΕΓ}{ΑΕ} \quad \eta \quad \frac{\Delta}{B} = \frac{v}{\mu'} \quad (1)$$

(ἐνθα $v = ΕΓ$, τὸ ὕψος τοῦ ἐπιπέδου, καὶ $\mu' = ΑΕ$, τὸ μῆκος αὐτοῦ), ἐκ τῆς

$$\deltaοῖας \Delta = B \frac{v}{\mu'}.$$

Τὸ σῶμα θὰ τεθῇ λοιπὸν εἰς κίνησιν ὑπὸ τὴν ἐνέργειαν τῆς δυνάμεως Δ , ἢ ὁποία εἶναι σταθερὰ κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς κινήσεως, καθὼς εἶναι καὶ τὸ βάρος B . Συνεπῶς θὰ λάβῃ ἐπιτάχυνσιν γ , τὴν ὁποίαν δυνάμεθα νὰ ἐλαττώσωμεν κατὰ βούλησιν, ἐλαττοῦντες τὸ ὕψος τοῦ ἐπιπέδου. Διότι, ἔαν εἰς τὴν (1) θέσωμεν $\Delta = \mu \gamma$ καὶ $B = \mu g$, θὰ ἔχομεν :

$$\frac{\mu \gamma}{\mu g} = \frac{v}{\mu'} \quad \eta \quad \frac{\gamma}{g} = \frac{v}{\mu'} \quad \text{καὶ} \quad \gamma = g \frac{v}{\mu'}.$$

Τοιοιτοτρόπως, ἐλαττοῦντες τὸ v , ἐπιβραδύνομεν τὴν κίνησιν τὴν ὀφειλομένην εἰς τὴν βαρύτητα, ὥστε νὰ καταστήσωμεν εὐκολωτέραν τὴν παρατήρησιν.

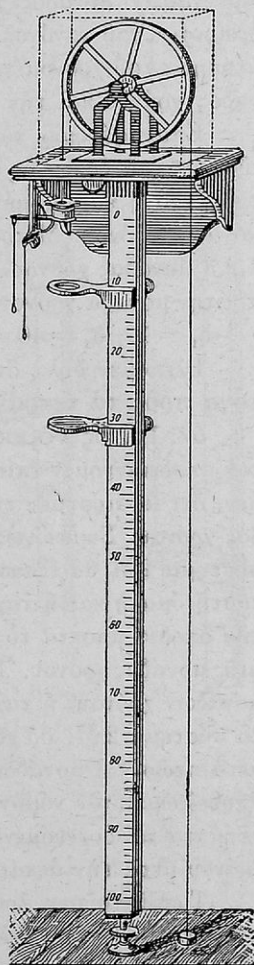
Πραγματοποιούμεν εὐκόλως κεκλιμένον ἐπίπεδον, κατασκευάζοντες μακρὰν αὐλάκα εἰς μεταλλίνην δοκὸν κεκλιμένην, εὐθυτάτην καὶ λειοτάτην. Ἀφίροντες τότε ἐλευθέραν εἰς τὸ ἀνώτερον μέρος τῆς αὐ-

λακος σφαῖραν ἐξ ἐλεφαντοστοῦ ἢ χάλυβος καὶ προσδιορίζοντες τὰ ὑπὸ ταύτης διανυόμενα διαστήματα εἰς 1, 2, 3 . . . δευτερόλεπτα, εὐρίσκομεν, ὅτι τὰ διαστήματα ταῦτα εἶναι ἀνάλογα πρὸς τὰ τετράγωνα τῶν χρόνων.

67. Μηχανὴ τοῦ Atwood.— Εἰς τὴν μηχανὴν τοῦ Atwood ἡ ἐνεργοῦσα δύναμις εἶναι ἐν βάρους σταθερόν, ὅπως εἰς τὴν ἐλευθέραν πτώσιν. Ἐλαττοῦμεν ὅμως τὴν ἐνέργειάν του, ἀναγκάζοντες αὐτὸ νὰ παρασύρῃ ἐκτὸς τῆς μάζης του καὶ ἄλλην μᾶζαν μεγαλύτεραν.

Ἡ μηχανὴ τοῦ Atwood συνίσταται ἐκ κατακορύφου κανόνος, ὅστις φέρει εἰς τὴν κορυφὴν του τροχαλίαν πολὺ ἐλαφράν, κινητὴν περὶ ὀριζόντιον ἄξονα (σχ. 43). Ἐπὶ τῆς αὐλάκος τῆς τροχαλίας διέρχεται λεπτὸν νῆμα, φέρον εἰς τὰ δύο ἄκρα του ἐξηρημένας δύο ἴσας μᾶζας M . Τὸ βάρος τοῦ νήματος δὲν λαμβάνεται ὑπ' ὄψιν· ἐπομένως τὰ βάρη τῶν δύο μαζῶν θὰ εὐρίσκωνται ἐν ἰσορροπίᾳ δι' ὅλας τὰς θέσεις αὐτῶν. Ἐπιφορτίζομεν τὴν μίαν ἀπὸ τὰς ἴσας μᾶζας μὲ πρόσθετον μᾶζαν μ , ἡ ὁποία παρασύρει τὸ σύστημα. Εἰς τὴν περίπτωσιν ἐλευθέρας πτώσεως, τὸ πρόσθετον βάρος θὰ παρέσυρε μόνον τὴν μᾶζαν του μ , ἥδη παρασύρει τὴν μᾶζαν $2M + \mu$.

68. Ἀποδείξεις τοῦ νόμου τῶν διαστημάτων.— Ἡ μᾶζα κατέρχεται παραλλήλως πρὸς κατακόρυφον κανόνα διηρημένον. Ἐπὶ τοῦ κανόνος τούτου δύναται νὰ στερεοῦται διὰ πιεστικοῦ κοιλίου εἰς διάφορα ὕψη δίσκος μεταλλινὸς πλήρης. Κατάλληλον χρονόμετρον, παραπλεύρως τῆς μηχανῆς τοποθετούμενον, μᾶς δίδει ἴσας μονάδας χρόνου. Κατ' ἀρχάς, ἡ μᾶζα $M + \mu$ ἀναβιβάζεται, ὥστε ἡ κατωτέρα βᾶσις της νὰ κεῖται ἀπέναντι τοῦ μηδενὸς τοῦ διηρημένου



Σχ. 43

κανόνος. Δι' ειδικῆς διατάξεως (σχ. 43), τὸ σύστημα $M + \mu$ παύει νὰ ὑποστηρίζεται, καθ' ἣν στιγμὴν τὸ κτύπημα τοῦ χρονομέτρου δεικνύει τὴν ἔναρξιν μονάδος χρόνου. Διὰ δοκιμῶν, θέτομεν τὸν δίσκον εἰς διαίρεσιν τοῦ κανόνος τοιαύτην, ὥστε νὰ ἀκούσωμεν **συγχρόνως** τὸ κτύπημα τοῦ χρονομέτρου, δεικνύοντος τὴν ἔναρξιν τῆς δευτέρας μονάδος χρόνου καὶ τὴν κοῦσιν τῆς μάζης ἐπὶ τοῦ πλήρους δίσκου.

Ἐπαναφέρομεν τὸ σύστημα $M + \mu$ εἰς τὸ μηδὲν καὶ ζητοῦμεν νὰ εὗρωμεν διὰ δοκιμῶν εἰς ποίαν διαίρεσιν πρέπει νὰ θέσωμεν τὸν δίσκον, ἵνα ἡ κατερχομένη μάζα κτυπήσῃ ἐπ' αὐτοῦ μετὰ δύο, τρεῖς κλπ. μονάδας χρόνου. Μετροῦμεν οὕτω τὰ διαστήματα τὰ διανυόμενα εἰς 1, 2, 3 μονάδας χρόνου. Ἐὰν τὸ διάστημα δ_1 τὸ διανυόμενον κατὰ τὴν πρώτην μονάδα χρόνου, εἶναι π.χ. 10 ἑκατ., θὰ ἔχωμεν :

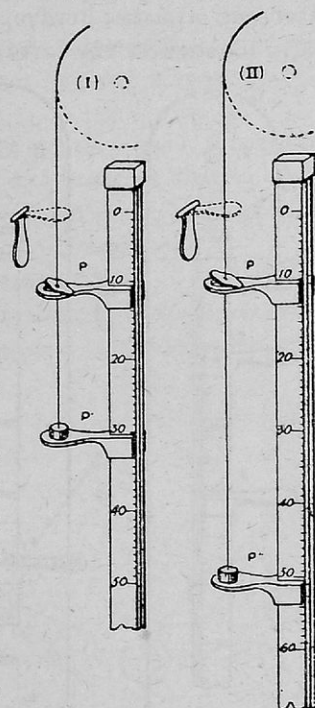
$$\delta_1 = 10, \delta_2 = 40 = 10 \cdot 4, \delta_3 = 90 = 10 \cdot 9, \delta_4 = 160 = 10 \cdot 16.$$

Βλέπομεν δηλ., ὅτι τὰ διανυόμενα διαστήματα εἶναι **ἀνάλογα** πρὸς τὰ τετράγωνα τῶν χρόνων.

69. Τρίτος νόμος : Νόμος τῶν ταχυτήτων.— Τὸν νόμον τοῦτον ἀποδεικνύομεν ἐπίσης διὰ τῆς μηχανῆς τοῦ Atwood. Ὑποθέσωμεν, ὅτι ἀφαιροῦμεν τὴν πρόσθετον μάζαν μ μετὰ πτώσιν μιᾶς μονάδος χρόνου. Συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς ἀδραναίας, τὸ ὑπόλοιπον σύστημα $2M$ θὰ ἐξακολουθήσῃ νὰ κινῆται, ἀλλ' ἡ κίνησίς του θὰ καταστῇ ὁμαλὴ καὶ ἡ ταχύτης τῆς κινήσεως ταύτης θὰ εἶναι ἡ ταχύτης, τὴν ὁποίαν ἀποκτᾷ τὸ σύστημα ὁλόκληρον ($2M + \mu$) μετὰ πτώσιν μιᾶς μονάδος χρόνου. Ἐὰν ἀφαιρέσωμεν τὴν μάζαν μ μετὰ πτώσιν δύο μονάδων χρόνου, ἡ ταχύτης τῆς ὁμαλῆς κινήσεως, τὴν ὁποίαν θὰ λάβῃ τὸ σύστημα $2M$, θὰ εἶναι ἡ ταχύτης, ἣν ἀποκτᾷ τὸ σύστημα $2M + \mu$ μετὰ πτώσιν 2 μονάδων χρόνου καὶ οὕτω καθ' ἑξῆς. Συνεπῶς διὰ νὰ ἀποδείξωμεν τὸν νόμον, ἀρκεῖ νὰ μετρήσωμεν ἐκάστην φορὰν τὰ διαστήματα τὰ διανυόμενα ὑπὸ τοῦ συστήματος $2M$ εἰς μίαν μονάδα χρόνου μετὰ τὴν ἀφαίρεσιν τῆς μάζης μ .

Τοποθετοῦμεν λοιπὸν εἰς τὴν διαίρεσιν 10, ὅπου, ὥς εἶδομεν, φθάνει τὸ σύστημα $2M + \mu$ εἰς τὸ τέλος τῆς πρώτης μονάδος τοῦ χρόνου, δακτυλιοειδῆ δίσκον, ὅστις ἀφίνει μὲν τὴν μάζαν M , νὰ διέλθῃ, κρατεῖ ὅμως κατὰ τὴν δίοδον αὐτῆς τὴν πρόσθετον μάζαν μ , ἡ ὁποία εἶναι ὀλίγον μακροτέρα τῆς ἐσωτερικῆς διαμέτρου τοῦ δακτυλίου (σχ. 44). Ἀφίνομεν κατόπιν τὸ σύστημα $2M + \mu$ ἐλεύθερον ἀπὸ τοῦ 0 τῆς κλίμακος. Μετὰ πτώσιν μιᾶς μονάδος χρόνου ἀφαιρεῖται ὑπὸ τοῦ δα-

κυλίου ή μάζα μ , ή δέ μάζα M εξακολουθεῖ νά κατέρχεται. Ζητοῦμεν διὰ δοκιμῶν νά τήν σταματήσωμεν εἰς τὸ τέλος τῆς δευτέρας μονάδος χρόνου· εὐρίσκομεν οὕτω, ὅτι πρέπει νά θέσωμεν τὸν πλήρη δίσκον εἰς τὴν διαίρεσιν 30. Συνεπῶς ή μάζα M μόνη διήνυσεν εἰς μίαν μονάδα χρόνου $30 - 10 = 20$ ἐκ. Ἐπαναλαμβάνομεν τὸ πείραμα, ζητοῦντες νά σταματήσωμεν τὴν μάζαν M εἰς δύο μονάδας χρόνου (σχ. 44), τρεῖς μονάδας χρόνου κτλ., μετὰ τὴν ἀφαίρεσιν τῆς προσθέτου μάζης μ . Εὐρίσκομεν τοιοῦτοτρόπως, ὅτι διανύει μόνη 40, 60... ἐκατ., δηλ. διανύει 20 ἐκατ. κατὰ μονάδα χρόνου. Συνεπῶς ή κίνησις της κατέστη ὁμαλή, καὶ διὰ νά εὐρωμεν τὰς ταχύτητας τοῦ κινητοῦ μετὰ 1, 2, 3... μονάδας χρόνου, ἀρκεῖ νά ἀφαιρέσωμεν τὴν μάζαν μ μετὰ πτώσιν 1, 2, 3... μονάδων χρόνου καὶ νά ζητήσωμεν ποῦ πρέπει νά θέσωμεν τὸν πλήρη δίσκον, διὰ νά σταματήσωμεν τὴν M εἰς τὸ τέλος μιᾶς μονάδος χρόνου ἀπὸ τῆς στιγμῆς, καθ' ἣν ἀφηρέθη ή μάζα μ . Πειραματιζόμενοι οὕτω, λαμβάνομεν τὰ ἑξῆς ἀποτελέσματα (σχ. 45):



Σχ. 44

Διάρκειαι πτώσεως	Θέσις δακτυλίου	Θέσις πλήρους δίσκου	Ταχύτητες ὁμαλῆς κινήσεως
1 μονάς χρόνου	10 ἐκ.	30 ἐκ.	20 ἐκ.
2 μονάδες »	40 »	80 »	40 »
3 » »	90 »	150 »	60 »

Δηλ. αἱ ταχύτητες γίνονται 2, 3, 4... φορές μεγαλύτεραι μετὰ χρόνους πτώσεων 2, 3, 4... φορές μεγαλύτερους. Ἄρα, αἱ κτηθεισάι ταχύτητες εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τοὺς χρόνους τοὺς διαρρέυσαντας ἀπὸ τῆς ἀρχῆς τῆς πτώσεως.

70. Προσδιορισμός τοῦ g . — Εἰς τὴν μηχανὴν τοῦ Atwood ἡ ἐπιτάχυνσις γ τῆς ἐπιβραδυνθείσης κινήσεως καὶ ἡ ἐπιτάχυνσις g τῆς ἐλευθέρως πτώσεως συνάγονται ἡ μία ἐκ τῆς ἄλλης. Τὸ βάρος β τῆς μάζης μ μεταδίδει τὴν ἐπιτάχυνσιν γ εἰς τὴν μάζαν $2M + \mu$. Συνεπῶς

κατὰ τὸν τύπον $\Delta = \mu\gamma$, ἔχομεν :

$$\beta = (2M + \mu) \gamma. \quad (1)$$

Ἄλλ' ἡ μάζα μ , πίπτουσα ἐλευθέρως καὶ μόνη, θὰ λάβῃ ἐπιτάχυνσιν g . Ἐπομένως ἔχομεν : $\beta = \mu g$.

Ἄρα, ἀντικαθιστῶντες τὸ β εἰς τὴν (1) διὰ τῆς τιμῆς του, ἔχομεν :

$$\mu g = (2M + \mu) \gamma, \quad \text{ἔξ ἧς}$$

$$g = \frac{2M + \mu}{\mu} \gamma \quad \text{ἢ} \quad g = \frac{2B + \beta}{\beta} \gamma$$

διότι αἱ μάζαι εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τὰ βάρη. Αἱ μάζαι M καὶ μ προσδιορίζονται διὰ τοῦ ζυγοῦ, ἡ δὲ γ εἶναι ἴση μὲ τὸ διπλάσιον τοῦ διαστήματος τοῦ διανυθέντος κατὰ τὸ πρῶτον δευτερόλεπτον τῆς πτώσεως. Συνεπῶς λαμβάνομεν τὸ g κατὰ προσέγγισιν. Μὲ μεγαλυτέραν προσέγγισιν λαμβάνεται τὸ g διὰ τοῦ ἐκκρεμοῦς, ὡς θὰ ἴδωμεν κατωτέρω.

Σχ. 45

Σημείωσις. — Γνωρίζοντες τὸ g , διὰ τοῦ αὐτοῦ τύπου δυνάμεθα νὰ προσδιορίσωμεν τὸ γ . Ἔχομεν :

$$\gamma = g \cdot \frac{\mu}{2M + \mu} \quad \text{ἢ} \quad \gamma = g \cdot \frac{\beta}{2B + \beta}.$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Γ'

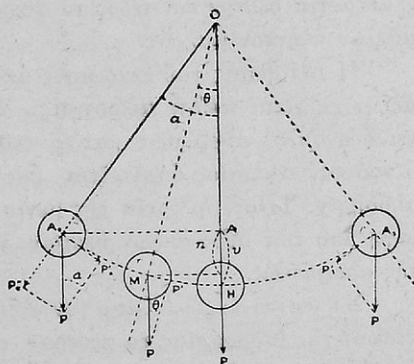
ΕΚΚΡΕΜΕΣ

71. Ὅρισμοί.—Ὀνομάζομεν *ἐκκρεμὲς* πᾶν σῶμα βαρὺ, κινητὸν περὶ ἄξονα ὁριζόντιον, ὅστις δὲν διέρχεται διὰ τοῦ κέντρου τοῦ βάρους τοῦ σώματος.

Ἀπλοὺν ἐκκρεμὲς καλοῦμεν ὕλικὸν σημεῖον βαρὺ ἐξηρτημένον διὰ νήματος μὴ ἐκτατοῦ καὶ ἄνευ θάρους ἀπὸ σταθεροῦ σημείου. Τοῦτο εἶναι ἐκκρεμὲς φανταστικόν, τοῦ ὁποίου ἡ ἐπινόησις χρησιμεύει διὰ τὴν διατύπωσιν τῶν νόμων τῆς κινήσεως τοῦ ἐκκρεμοῦς.

Πᾶν ἄλλο ἐκκρεμὲς καλεῖται *σύνθετον*.

72. Αἰώρησης.—Ἐστω ἐκκρεμὲς ἀποτελούμενον ἀπὸ βαρεῖαν σφαῖραν, ἡ ὁποία κρέμεται διὰ μεταλλικοῦ σύρματος λεπτοτάτου. Θεωρήσωμεν τὸ κατακόρυφον ἐπίπεδον τὸ διερχόμενον διὰ τοῦ κέντρου τοῦ βάρους τοῦ H . Ὁ ὁριζόντιος ἄξων τῆς ἐξαρτήσεως τέμνει τὸ ἐπίπεδον τοῦτο εἰς τὸ O (σχ. 46). Ὅταν ἡ κατακόρυφος P ἢ ἀγομένη διὰ τοῦ κέντρου τοῦ βάρους διέρχεται διὰ τοῦ ἄξονος τῆς ἐξαρτήσεως, τὸ ἐκκρεμὲς εὐρίσκεται εἰς εὐσταθῆ ἰσορροπίαν, διότι τὸ βάρος τοῦ ἐκκρεμοῦς ἐξουδετεροῦται ἀπὸ τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἄξονος. Ἀπομακρύνο-



Σχ. 46

μεν τὸ ἐκκρεμὲς ἀπὸ τὴν θέσιν τῆς ἰσορροπίας του οὕτως, ὥστε νὰ φέρωμεν τὸ κέντρον τοῦ βάρους αὐτοῦ εἰς τὸ A_0 καὶ τὸ ἀφίνομεν ἔπειτα ἐλεύθερον. Τὸ βάρος αὐτοῦ P δύναται νὰ ἀναλυθῇ, κατὰ τὸν κανόνα τοῦ παραλληλογράμμου τῶν δυνάμεων, εἰς δύο συνιστώσας P_0' καὶ P_0'' , ἐν τῷ κατακόρυφῳ ἐπιπέδῳ OHA_0 . Ἐκ τούτων ἡ μὲν δύναμις P_0'' , εὐρισκομένη κατὰ τὴν προέκτασιν τοῦ νήματος, οὐδὲν φέρει ἀποτέλεσμα, ἡ δὲ δύναμις P_0' , ἥτις εἶναι κάθετος ἐπὶ τὴν P_0'' τείνει νὰ ἐπαναφέρῃ τὸ ἐκκρεμὲς εἰς τὴν θέσιν τῆς ἰσορροπίας. Ἡ δύναμις αὕτη ἐλαττοῦται μετὰ τῆς γωνίας α' ἀλλ' ἐπειδὴ ἐνεργεῖ πάντοτε κατὰ τὴν φορὰν τῆς κινήσεως, ἐφ' ὅσον τὸ ἐκκρεμὲς δὲν ἔχει φθιά-

σει εἰς τὴν θέσιν τῆς ἰσορροπίας του ΟΗ, ἡ ταχύτης βαίνει αὐξανόμενη μέχρι τοῦ Η. Ὄταν τὸ ἐκκρεμὲς φθάσῃ εἰς τὴν θέσιν ΟΗ, ἡ δύναμις Ρ_ο ἔχει μηδενισθῇ. Τὸ ἐκκρεμὲς ἐν τούτοις δὲν σταματᾷ, ἔνεκα τῆς κτηθείσης ταχύτητος. Εὐθὺς ὥς διέλθῃ τὴν θέσιν τῆς ἰσορροπίας, ἡ συνιστώσα Ρ_ο ἐνεργεῖ κατὰ φορὰν ἀντίθετον τῆς κινήσεως καὶ ἡ τιμὴ τῆς αὐξάνεται, ἐφ' ὅσον τὸ ἐκκρεμὲς ἀπομακρύνεται τῆς θέσεως ΟΗ. Συνεπῶς ἡ ταχύτης ἐλαττοῦται ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον καὶ τέλος μηδενίζεται.

Τὸ ἐκκρεμὲς ἐπανέρχεται τότε εἰς τὴν θέσιν τῆς ἰσορροπίας, ὑπερβαίνει ἐκ νέου ταύτην, λόγῳ τῆς κτηθείσης ταχύτητος, ἐπιστρέφει πάλιν πρὸς τὸ σημεῖον τῆς ἀναχωρήσεως καὶ οὕτω καθ' ἑξῆς. Θεωρητικῶς ἡ κίνησις αὕτη πρέπει νὰ ἐξακολουθήσῃ ἐπ' ἀπειρον, ἀλλ' ἔνεκα τῶν τριβῶν καὶ τῆς ἀντιστάσεως τοῦ ἀέρος, ἡ ταχύτης τοῦ ἐκκρεμοῦς ἐλαττοῦται ὀλονὲν καὶ τέλος τὸ ἐκκρεμὲς ἡρεμεῖ μετὰ χρόνον κατὰ τὸ μᾶλλον ἢ ἥττον μακρόν.

Ἡ μετάβασις τοῦ ἐκκρεμοῦς ἀπὸ τῆς μιᾶς ἄκρας θέσεως εἰς τὴν ἄλλην καλεῖται **ἀπλῇ αἰώρησις**. Ἡ **πλήρης αἰώρησις** περιλαμβάνει δύο ἀπλᾶς αἰωρήσεις κατ' ἀντιθέτους φοράς. **Περίοδος** δὲ εἶναι ὁ χρόνος, ὁ ὁποῖος ἀπαιτεῖται ἵνα τὸ κινητὸν ἐκτελέσῃ μίαν πλήρη αἰώρησιν. Τέλος, ἡ γωνία τῆς μεγίστης ἀπομακρύνσεως, ἡ σχηματίζομένη ὑπὸ τῶν δύο ἄκρων θέσεων τοῦ ἐκκρεμοῦς, καλεῖται **πλάτος** τῆς αἰωρήσεως.

Σημείωσις.— Κατὰ τὴν ἀπομάκρυνσιν τοῦ ἐκκρεμοῦς ἐκ τῆς θέσεως τῆς ἰσορροπίας τὸ κέντρον τοῦ βάρους αὐτοῦ ἀνέρχεται καθ' ὕψος $HA = v$. Μεταδίδεται λοιπὸν εἰς τὸ ἐκκρεμὲς δυναμικὴ ἐνέργεια Mgv , ἐνθα M ἡ μᾶζα τοῦ ἐκκρεμοῦς. Κατὰ τὴν κατάβασιν ἐκ τοῦ Α, εἰς τὸ Η ἡ δυναμικὴ αὕτη ἐνέργεια μετατρέπεται εἰς κινητικὴν, ἥτις πάλιν μεταμορφοῦται εἰς δυναμικὴν ἐκ τοῦ Η εἰς τὸ Α₁ κ.ο.κ.

73. Διάρκεια τῆς αἰωρήσεως.— Ἡ διάρκεια τῆς αἰωρήσεως εἶναι ἀνεξάρτητος τοῦ πλάτους τῆς αἰωρήσεως, ὅταν τοῦτο εἶναι πολὺ μικρόν. Αὕτη διὰ μίαν ἀπλῆν αἰώρησιν εἶναι :

$$\chi = \pi \sqrt{\frac{\mu}{g}},$$

ἐνθα χ ἡ διάρκεια τῆς αἰωρήσεως εἰς δευτέρα λεπτά, π ὁ λόγος τῆς περιφερείας πρὸς τὴν διάμετρον, μ τὸ μῆκος ΟΗ τοῦ ἐκκρεμοῦς, g ἡ

ἐπιτάχυνσις τῆς βαρύτητος. Τὰ μ καὶ g ὑπολογίζονται διὰ τῆς αὐτῆς μονάδος μήκους.

74. Νόμοι τῶν αἰωρήσεων.—Ἐκ τοῦ ἀνωτέρω τύπου τῆς διαρκείας τῶν μικρῶν αἰωρήσεων συνάγομεν τοὺς ἑξῆς νόμους:

α) Νόμος τοῦ ἰσοχρόνου τῶν μικρῶν αἰωρήσεων.—Αἱ μικραὶ αἰωρήσεις ἀπλοῦ ἐκκρεμοῦς εἶναι ἰσόχρονοι, οἷονδήποτε καὶ ἂν εἶναι τὸ πλάτος τῆς αἰωρήσεως.

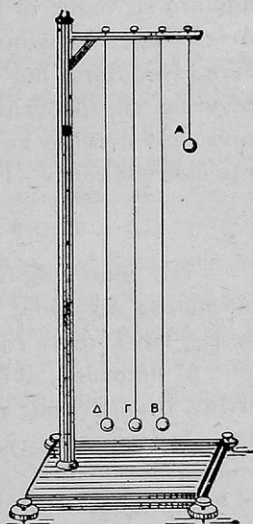
Πειραματικὴ ἀπόδειξις. Ἀπομακρύνομεν πολὺ δλίγον τὸ ἐκκρεμὲς ἀπὸ τὴν θέσιν τῆς ἰσορροπίας του καὶ τὸ ἀφίνομεν ἐλεύθερον, διὰ χρονομέτρου δὲ προσδιορίζομεν τὴν διάρκειαν 100 αἰωρήσεων. Ἀναμένομεν, ἵνα τὸ πλάτος τῶν αἰωρήσεων γίνῃ περίπου τὸ ἥμισυ καὶ μετροῦμεν ἔκ νέου τὴν διάρκειαν ἄλλων 100 αἰωρήσεων. Εὐρίσκομεν, ὅτι ἡ διάρκεια αὕτη εἶναι ἡ αὐτὴ μὲ τὴν τῶν προηγούμενων. Δυνάμεθα νὰ ἐξακολουθήσωμεν οὕτω, ἕως ὅτου τὸ ἐκκρεμὲς ἡρεμήσῃ.

Σημείωσις.—Λαμβάνοντες τὸ ἑκατοστὸν τῆς εὐρεθείσης διαρκείας, εὐρίσκομεν τὴν διάρκειαν μιᾶς αἰωρήσεως.

β) Νόμος τῶν οὐσιῶν καὶ μαζῶν. Ἡ διάρκεια τῆς αἰωρήσεως εἰς τὸν ἴδιον τόπον εἶναι ἀνεξάρτητος τῆς οὐσίας, ἐκ τῆς ὁποίας σύγκειται τὸ βαρὺ ὕλικόν σημεῖον, ἀνεξάρτητος δὲ ἐπίσης τοῦ σχήματος καὶ τοῦ βάρους αὐτοῦ.

Πειραματικὴ ἀπόδειξις. Λαμβάνομεν νήματα τοῦ αὐτοῦ μήκους, ἔκ τῶν ὁποίων ἑξαρτῶμεν μικρὰς μάζας, σχήματος καὶ ὄγκου οἷονδήποτε, ἔκ διαφόρων οὐσιῶν, π.χ. λευκοχρύσου, μολύβδου, ἐλεφαντοστοῦ κλπ. (σχ. 47). Ἀπομακρύνομεν τὰ ἐκκρεμῆ ταῦτα κατὰ τὴν αὐτὴν μικρὰν γωνίαν καὶ τὰ ἀφίνομεν ἐλεύθερα κατὰ τὴν αὐτὴν στιγμήν. Μετροῦντες τὰς διαρκείας τῶν αἰωρήσεων αὐτῶν, διαπιστοῦμεν, ὅτι εἶναι αἱ αὐταὶ δι' ὅλα τὰ ἐκκρεμῆ.

γ) Νόμος τῶν μηκῶν. Εἰς τὸν αὐτὸν τόπον αἱ διάρκειαι τῶν μικρῶν αἰωρήσεων ἐκκρεμῶν διαφόρων μηκῶν εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τὰς τετραγωνικὰς ρίζας τῶν μηκῶν τῶν ἐκκρεμῶν τούτων.



Σχ. 47

Δοθέντων δύο ἔκκρεμῶν μήκους μ καὶ μ' , ἐὰν χ καὶ χ' αἱ διάρκειαι τῶν αἰωρήσεων των, θὰ ἔχωμεν :

$$\frac{\chi}{\chi'} = \sqrt{\frac{\mu}{\mu'}}.$$

Πειραματικὴ ἀπόδειξις. Ἐὰν θέσωμεν συγχρόνως εἰς αἰώρησιν τρία ἔκκρεμῃ, ὧν τὰ μήκη εἶναι μεταξύ των ὡς οἱ ἀριθμοὶ 1, 4 καὶ 9, βεβαιούμεθα, ὅτι αἱ διάρκειαι τῶν μικρῶν αἰωρήσεων αὐτῶν ἀξάνονται ὡς οἱ ἀριθμοὶ 1, 2 καὶ 3.

75. Μέτρησις τῆς ἐντάσεως τῆς βαρύτητος. — Ὁ ἀριθμὸς g παριστᾷ εἰς δύνας τὸ βάρος τῆς μονάδος τῆς μάζης εἰς δοθέντα τόπον. Διότι κατὰ τὴν σχέσιν $B = \mu g$ τὸ βάρος τῆς μονάδος τῆς μάζης εἰς δύνας ἐκφράζεται διὰ τοῦ αὐτοῦ ἀριθμοῦ, διὰ τοῦ ὁποίου καὶ ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς βαρύτητος εἰς ἑκατοστόμετρα (ἐὰν $\mu = 1$, $B = g$). Διὰ τοῦτο τὸν ἀριθμὸν τοῦτον ὀνομάζομεν **ἐντασιν τῆς βαρύτητος** εἰς τὸν δοθέντα τόπον. Ἐκ τοῦ τύπου τοῦ ἔκκρεμοῦς λαμβάνομεν :

$$\chi^2 = \pi^2 \frac{\mu}{g}, \quad \text{ἐξ οὗ} \quad g = \frac{\pi^2 \mu}{\chi^2}.$$

Ἐὰν λοιπὸν εἰς δοθέντα τόπον μετρήσωμεν τὴν διάρκειαν χ μιᾶς αἰωρήσεως ἔκκρεμοῦς καὶ προσδιορίσωμεν τὸ μήκος αὐτοῦ μ , εὐρίσκομεν τὴν ἐντασιν τῆς βαρύτητος εἰς τὸν τόπον τοῦτον.

Αἱ μετρήσεις, αἱ ὁποῖαι ἐγένονταί εἰς διάφορα μέρη τῆς Γῆς, ἀπέδειξαν, ὅτι ἡ ἐντασις τῆς βαρύτητος ἐλαττοῦται, καθ' ὅσον ὑψούμεθα ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας τῆς θαλάσσης καὶ καθ' ὅσον πλησιάζομεν εἰς τὸν ἰσημερινόν. Οὕτω εἰς πλάτος 80° , $g = 983$, εἰς τὸν ἰσημερινὸν $g = 978$, ἐν Ἀθήναις $g = 979,99$ εἰς πλάτος 45° καὶ παρὰ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς θαλάσσης $g = 980,6$.

Προβλήματα

1ον. Σῶμά τι πίπτει ἄνευ ἀρχικῆς ταχύτητος ἐξ ὕψους Y καὶ διανύει τὸ ἥμισυ τοῦ ὕψους τούτου κατὰ τὸ τελευταῖον δευτερόλεπτον τῆς πτώσεως. Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ὕψος Y καὶ ἡ ὅλική διάρκεια τῆς πτώσεως ($g = 981$).

2ον. Ρίπτομεν σῶμά τι κατακορύφως πρὸς τὰ ἄνω μετ' ἀρχικῆς ταχύτητος a . Νὰ εὐρεθῶν αἱ χρονικαὶ στιγμαί, καθ' ἃς θὰ διέλθῃ τοῦτο ἀπὸ τὸ ἥμισυ τοῦ μεγίστου ὕψους, εἰς ὃ εἶναι δυνατὸν νὰ φθάσῃ.

3ον. Σῶμα ῥίπτεται κατακορύφως ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω καὶ φθάνει εἰς ὕψος 122,5 μ. Ζητεῖται ἡ ἀρχικὴ ταχύτης του καὶ ὁ χρόνος, ὃν ἐχρειάσθη διὰ νὰ ἀνέλθῃ.

4ον. Βλῆμά τι ἐκσφενδονίζεται κατακορύφως πρὸς τὰ ἄνω μετ' ἀρχικῆς ταχύτητος 490 μ. Ἐπὶ πόσον χρόνον θὰ ἀνέρχεται καὶ εἰς ποῖον ὕψος θὰ φθάσῃ;

5ον. Σῶμά τι ρίπεται κατακορύφως πρὸς τὰ ἄνω καὶ φθάνει εἰς ὕψος v μέτρων. Ζητεῖται ἡ ἀρχικὴ ταχύτης του a καὶ ὁ χρόνος, δν ἐχρειάσθῃ ἵνα ἀνέλθῃ εἰς τὸ ὕψος v .

6ον. Βλῆμα ἐκσφενδονίζεται κατακορύφως πρὸς τὰ ἄνω μετ' ἀρχικῆς ταχύτητος 245 μ. Μετὰ πόσον χρόνον θὰ πέσῃ πάλιν ἐπὶ τοῦ ἐδάφους καὶ ποῖαν ταχύτητα θὰ ἔχῃ ἀποκτήσῃ τὴν στιγμὴν, καθ' ἣν θὰ φθάσῃ εἰς τὸ ἐδαφος; ($g = 980$).

7ον. Ποῖαν κλίσιν πρέπει νὰ δώσωμεν εἰς κεκλιμένον ἐπίπεδον, ἵνα σῶμά τι τηρηθῇ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας αὐτοῦ ἐν ἰσορροπία διὰ δυνάμεως ἴσης πρὸς τὸ 0,1 τοῦ βάρους αὐτοῦ;

8ον. Ποῖον ὕψος πρέπει νὰ ἔχῃ κεκλιμένον ἐπίπεδον μήκους 300 μ., ἐν τόπῳ ἔνθα $g = 980$, ἵνα ἡ ἐπιτάχυνσις σώματος κυλισμένου ἐπ' αὐτοῦ εἶναι 49 ἐκ.;

9ον. Ἐπὶ κεκλιμένον ἐπίπεδον μήκους 5 μ. καὶ ὕψους 3 μ. κατέρχεται σφαῖρα βάρους 5 χγρ., ἀναβιβάζουσα σῶμα βάρους 2 χγρ., συνδεδεμένον μετ' αὐτῆς διὰ νήματος διαπερῶντος τὴν αὐλακα τροχαλίας τοποθετημένης ἐπὶ τῆς κορυφῆς τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου. Ζητεῖται ὁ χρόνος ὁ ἀπαιτούμενος, ἵνα τὸ ἀνασυρόμενον σῶμα διανύσῃ τὸ ὕψος τοῦ ἐπιπέδου.

10ον. Αἱ δύο μᾶζαι μηχανῆς τοῦ Atwood ζυγίζουν ἑκατέρα 20 γρ. Ἐπιφορτίζομεν τὴν μίαν δι' ἐνὸς γραμ. Ποία θὰ εἶναι διὰ τῆς μηχανῆς ταύτης ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς πτώσεως ἐν τόπῳ, ἔνθα $g = 981$;

11ον. Εἰς μηχανὴν τοῦ Atwood τὰ δύο ἴσα βάρη ἔχουν ἕκαστον μᾶζαν 40 γρ. καὶ ὕψος 2 ἐκ. Θέτομεν ἐπὶ τοῦ ἐνὸς πρόσθετον βάρους 3 γρ. Εἰς ποῖαν διαίρεσιν τῆς κλίμακος πρέπει νὰ θέσωμεν: α) τὸν δακτύλιον, β) τὸν δίσκον, ἵνα τὸ πρόσθετον βάρους ἀφαιρεθῇ μετὰ πῶσιν 2" καὶ ὁ ἀπαλλαγὴς τοῦ προσθέτου βάρους κύλινδρος φθάσῃ εἰς τὸν κατώτερον δίσκον 3" μετὰ τὴν ἀφαίρεσιν τοῦ προσθέτου βάρους; ($g = 981$).

12ον. Ὑποθέτομεν μηχανὴν τοῦ Atwood ἐνεργοῦσαν ἐντὸς ὑγροῦ πυκνότητος δ μὲ μᾶζας πυκνότητος δ' . Εἰς τὸ ἐν ἄκρον τοῦ νήματος κρέμαται μᾶζα M καὶ εἰς τὸ ἄλλο μᾶζα M' . Ποία θὰ εἶναι ἡ ἐπιτάχυνσις γ τῆς κινήσεως ἐν τῇ μηχανῇ;

13ον. Εἰς ποίαν ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ κέντρου τῆς Γῆς πρέπει νὰ τεθῇ σῶμα, τὸ ὁποῖον ὑποτίθεται ὅτι παρασύρεται ἐν τῷ ἐπιπέδῳ τοῦ ἰσημερινοῦ ὑπὸ τῆς περιστροφικῆς κινήσεως τῆς Γῆς, ἵνα τὸ φαινόμενον βάρος του μηδενισθῇ;

Γνωρίζομεν, ὅτι εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς Γῆς καὶ εἰς τὸν ἰσημερινὸν τὸ φαινόμενον βάρος σώματος εἶναι κατὰ τὸ $\frac{1}{289}$ μικρότερον τοῦ βάρους, τὸ ὁποῖον θὰ εἶχε τοῦτο, ἂν ἡ Γῆ ἦτο ἀκίνητος.

14ον. Ἐκκρεμές, τὸ ὁποῖον κυπαῖ δευτερόλεπτα εἰς ἓνα τόπον ἔχει μῆκος 98 ἐκ. Ζητεῖται: α) τὸ μῆκος τοῦ ἐκκρεμοῦς, τὸ ὁποῖον εἰς τὸν αὐτὸν τόπον κάμνει 25 αἰωρήσεις κατὰ 1' καὶ β) τὸ διάστημα, τὸ ὁποῖον θὰ διανύσῃ εἰς τὸ πρῶτον δευτερόλεπτον τῆς πτώσεώς του σῶμα πῦπτον ἐλευθέρως εἰς τὸν αὐτὸν τόπον.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Δ'

ΑΠΛΑΙ ΜΗΧΑΝΑΙ

76. Ὅρισμοί.— Καλοῦμεν μηχανὰς ὄργανα, τὰ ὁποῖα χρησιμοποιοῦμεν εἴτε διὰ νὰ ἰσορροπήσωμεν ὠρισμένας δυνάμεις, αἱ ὁποῖαι λέγονται ἀντιστάσεις (ἢ ἀνθιστάμεναι δυνάμεις), εἴτε διὰ νὰ μεταθέσωμεν τὰ σημεῖα ἐφαρμογῆς τῶν δυνάμεων τούτων διὰ μέσου ἄλλων δυνάμεων, καλουμένων **κινητηρίων δυνάμεων**, αἱ ὁποῖαι δὲν εἶναι οὔτε ἴσαι οὔτε κατ' εὐθείαν ἀντίθετοι πρὸς τὰς πρώτας.

Ἡ ἀπλὴ μηχανὴ ἀποτελεῖται ἕξ ἑνὸς μόνου ὀργάνου προσηλωμένου μὲ ὠρισμένας συνδέσεις, ὅπως π. χ. ὁ μοχλός, ἡ τροχαλία, τὸ βαροῦλκον κτλ.

Ἡ σύνθετος μηχανὴ ἀποτελεῖται ἀπὸ περισσότερα ὄργανα, τὰ ὁποῖα εἶναι καὶ ταῦτα ἀπλὰ μηχαναί, ὅπως π. χ. ἡ ἀτμομηχανή.

ΜΟΧΛΟΣ

77. Ὁ μοχλός γενικώτερον εἶναι σῶμα στερεόν, οἷα σδήποτε μορφῆς, κινητὸν περὶ σταθερὸν σημεῖον. Ἐπὶ τοῦ μοχλοῦ ἐνεργοῦν δύο δυνάμεις, ἡ κυρίως δύναμις καὶ ἡ ἀντίστασις. Αἱ δύο αὗται δυνάμεις τείνουν νὰ περιστρέψουν αὐτὸν κατ' ἀντιθέτους φορὰς.

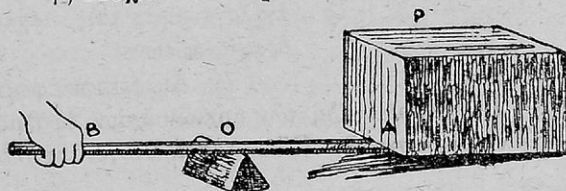
Συνήθως δίδουν εἰς τὸν μοχλὸν μορφὴν ράβδου ἀκάμπτου, κινητῆς περὶ σταθερὸν σημεῖον, τὸ ὁποῖον λέγεται **ὑπομόχλιον** (σχ. 48).

Ἀναλόγως τῆς σχετικῆς θέσεως τῶν σημείων ἐφαρμογῆς τῶν δυνάμεων ὡς πρὸς τὸ ὑπομόχλιον, διακρίνομεν τρία εἶδη μοχλῶν :

α) **Μοχλὸν τοῦ πρώτου εἴδους**, ὅταν τὸ ὑπομόχλιον εὐρίσκεται μεταξύ δυνάμεως καὶ ἀντιστάσεως (σχ. 48 καὶ 49).

β) **Μοχλὸν τοῦ δευτέρου εἴδους**, ὅταν ἡ ἀντίστασις εὐρίσκεται μεταξύ δυνάμεως καὶ ὑπομοχλίου (σχ. 50).

γ) **Μοχλὸν τοῦ τρίτου εἴδους**, ὅταν ἡ δύναμις εὐρίσκεται μεταξύ ἀντιστάσεως καὶ ὑπομοχλίου (σχ. 51).

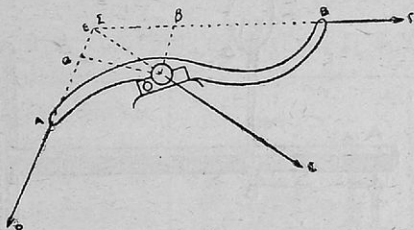


Σχ. 49

λέγονται **μοχλοβραχίονες** τῶν δυνάμεων τούτων.

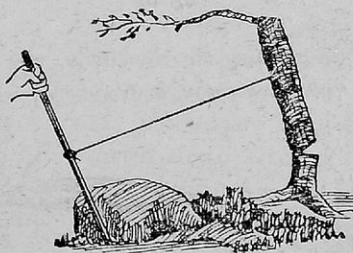
Σημείωσις. — Ἐν τῇ πραγματικότητι ὁ μοχλὸς στρέφεται περὶ ἄξονα σταθερὸν καὶ οὐχὶ περὶ σταθερὸν σημεῖον. Ἄλλ' ἐπειδὴ αἱ δυνάμεις ἐνεργοῦν ἐν ἐπιπέδῳ καθέτῳ πρὸς τὸν ἄξονα τοῦτον, ἐξετάζομεν τί συμβαίνει εἰς τὴν τομὴν τῆς μηχανῆς ὑπὸ τοῦ ἐπιπέδου τούτου καὶ διὰ τοῦτο ἀγόμεθα εἰς τὴν περιπτώσιν σταθεροῦ σημείου.

78. Συνθήκη ἰσορροπίας τοῦ μοχλοῦ. — Ἰνα πραγματοποιηθῇ ἡ ἰσορροπία, πρέπει καὶ ἀρκεῖ αἱ δύο δυνάμεις P καὶ Γ (σχ. 48) νὰ συντίθενται εἰς μίαν συνισταμένην, ἡ ὁποία νὰ διέρχεται διὰ τοῦ σταθεροῦ σημείου O , τὸ ὁποῖον ἔξασκει τότε ἀντίδρασιν ἴσην καὶ ἀντιθέτου φορᾶς.



Σχ. 48

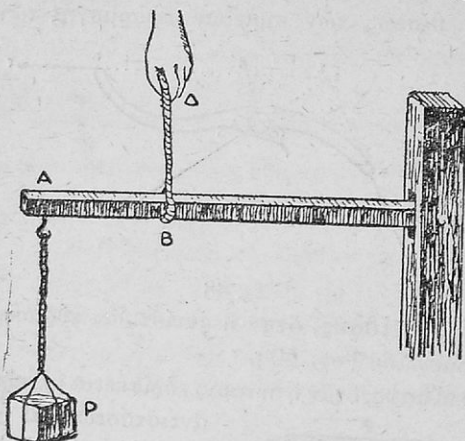
Αἱ ἀποστάσεις Oa καὶ $O\beta$ (σχ. 48) τοῦ ὑπομοχλίου O ἀπὸ τὰς διευθύνσεις τῶν δυνάμεων



Σχ. 50

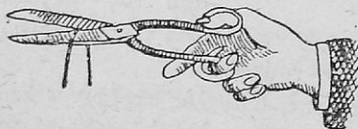
Διὰ τὸ συμβαίνει τοῦτο πρέπει :

α) Αἱ δύο δυνάμεις P καὶ Γ νὰ εὗρισκωνται εἰς τὸ αὐτὸ ἐπίπεδον μετὰ τοῦ σταθεροῦ σημείου O .

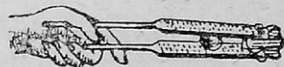


Σχ. 51

μογαὶ τῶν μοχλῶν.—Τὰ διάφορα εἶδη τῶν μοχλῶν ἔχουν ἐφαρμοσθῇ εἰς πλῆθος ἐργαλείων καὶ συσκευῶν. Οὕτω τὸν πρωτογενῆ μοχλὸν

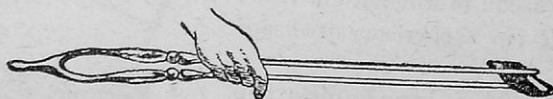


Σχ. 52



Σχ. 53

ἀπαντῶμεν εἰς τὸν ζυγόν, τὸν στατήρα, τὴν ψαλίδα (σχ. 52), τὴν ἡλάναν κτλ., τὸν δευτερογενῆ εἰς τὴν χειράμαξαν, τὸν καρποθραύστην



Σχ. 54

(σχ. 53), τὴν μάχαιραν τῶν βιβλιοδετείων, τὴν κώπην τῆς λέμβου κτλ. τὸν τριτογενῆ εἰς τὴν πυράγραν (σχ. 54), τὰς διαφόρους λαβίδας, τὸ ἀκονιστήριον (σχ. 55) κτλ.

β) Αἱ ῥοπαὶ τῶν δύο τούτων δυνάμεων ὡς πρὸς τὸ σημεῖον O νὰ εἶναι ἴσαι, ἥτοι :

$$P \cdot OA = \Gamma \cdot OB \quad (\text{σχ. 48})$$

$$\eta \quad \frac{P}{\Gamma} = \frac{OB}{OA}$$

ὅπερ δεικνύει, ὅτι αἱ ἐντάσεις τῶν δύο δυνάμεων πρέπει νὰ εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογοι πρὸς τοὺς μοχλοβραχίονάς των.

79. Διάφοροι ἐφαρ-

ΖΥΓΟΣ

80. Ὁ ζυγὸς εἶναι ὄργανον, διὰ τοῦ ὁποίου συγκρίνομεν μεταξύ των τὰ βάρη τῶν σωμάτων.

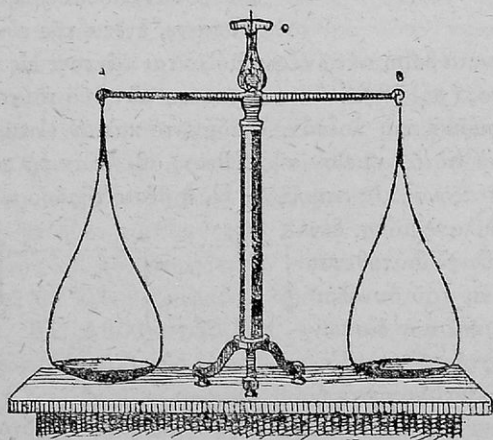
Περιγραφή. Ὁ συνήθης ζυγὸς (σχ 56) συνίσταται ἐξ ἑνὸς πρωτογενοῦς μοχλοῦ, ὅστις καλεῖται **φάλαγξ**.

Ἐκ τῶν δύο ἄκρων τῆς φάλαγγος ἑξαρτῶνται **δίσκοι** ἰσοβαρεῖς, ἐπὶ τῶν ὁποίων θέτομεν ἀφ' ἑνὸς μὲν τὸ πρὸς στάνθμισιν ἀντικείμενον, ἀφ' ἑτέρου δὲ τὰ σταθμά. Ἡ φάλαγξ διαπερᾶται εἰς τὸ μέσον αὐτῆς ὑπὸ χαλυβδίνου τριγωνικοῦ πρίσματος (σχ. 57), τοῦ ὁποίου ἡ ἀκμὴ ἀποτελεῖ τὸν ἄξονα, περὶ τὸν ὁποῖον στρέφεται ἡ φάλαγξ· στηρίζεται δὲ ἡ ἀκμὴ αὕτη ἐπὶ δύο λείων πλακῶν χ, ψ ἐξ ἀκάτου ἢ χάλυβος. Τοιου-

τοτρόπως ἐλαττοῦται σημαντικῶς ἡ τριβὴ τοῦ ἄξονος. Τὰ ἄκρα τῆς φάλαγγος διαπερῶνται κατὰ τὸν αὐτὸν τρόπον ὑπὸ δύο μικροτέρων τριγωνικῶν πρισμάτων, τῶν ὁποίων αἱ ἀκμαὶ εἶναι ἐστραμμέναι πρὸς τὰ



Σχ. 55



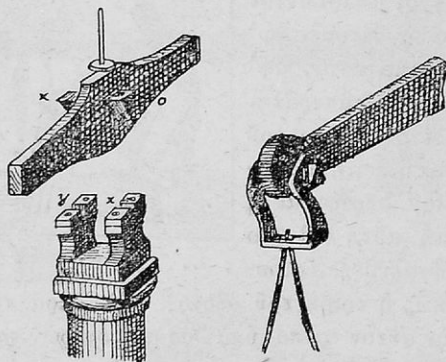
Σχ. 56

λος, εἰς τὸ ἀνώτερον μέρος τῆς φάλαγγος καὶ καθέτως πρὸς αὐτὴν εἶναι προσηλωμένη μακρὰ βελόνη, ἣτις ταλαντεύεται ἐνώπιον τόξου α , φέροντος χαραγμένας διαιρέσεις. Τὸ τόξον τοῦτο φέρεται ὑπὸ τῆς ὀρειχαλκίνης στήλης, ἐπὶ τῆς ὁποίας ὑπάρχουν καὶ αἱ πλάκες χ, ψ , καὶ ἣτις

ἄνω, παραλλήλως πρὸς τὴν ἀκμὴν τοῦ κεντρικοῦ πρίσματος. Ἐπὶ τῶν ἀκμῶν τούτων στηρίζονται ἀγκιστροειδεῖς κρεμαστῆρες, ἀπὸ τῶν ὁποίων ἑξαρτῶνται διὰ συρμάτων οἱ δίσκοι. (Αἱ ἀκμαὶ τῶν τριῶν τούτων πρισμάτων εὐρίσκονται εἰς τὸ αὐτὸ ὀριζόντιον ἐπίπεδον καὶ διευθύνονται καθέτως πρὸς τὸν κατὰ μῆκος ἄξονα τῆς φάλαγγος) Τέ-

στηρίζεται ἐπὶ τῆς τραπέζης διὰ τριῶν ποδῶν μὲ ἰσοπεδωτικούς κοχλίας. Ὅταν ἡ φάλαγξ εἶναι ὀριζοντία, ἡ αἰχμὴ τῆς βελόνης ἀντιστοιχεῖ εἰς τὸ μέσον τοῦ τόξου, ὅπου εἶναι χαραγμένον O.

81. Θεωρία τοῦ ζυγοῦ.—α) Ὅταν ἡ φάλαγξ εἶναι μόνη, ἄνευ τῶν δίσκων, διατίθεται τοιουτοτρόπως, ὥστε ἡ κατακόρυφος τοῦ κέντρου τοῦ βάρους αὐτῆς νὰ συναντᾷ τὸν ἄξονα τῆς στηρίξεως. Διὰ



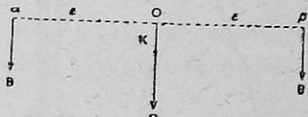
Σχ. 57

νὰ εἶναι λοιπὸν δυνατόν νὰ πραγματοποιηθῇ εὐσταθῆς ἰσορροπία, πρέπει τὸ κέντρον τοῦ βάρους τῆς φάλαγγος νὰ εὐρίσκεται κάτωθεν τῆς ἀκμῆς τοῦ πρίσματος. Ἐὰν ἡ φάλαγξ εἶναι τελείως συμμετρικὴ καὶ ὥς πρὸς τὰς διαστάσεις καὶ ὥς πρὸς τὴν διανομὴν τῆς μάζης της, ἐν τῇ θέσει τῆς ἰσορροπίας αὐτῆς εἶναι ὀριζοντία.

β) Ὅταν προσθέσωμεν

τοὺς δίσκους, ἔνεκα τῆς εὐκι-

νησίας τῆς ἐξαρτήσεώς των, τὰ βάρη αὐτῶν ἐφαρμόζονται πάντοτε εἰς τὰ ἄκρα α καὶ β τῆς φάλαγγος (σχ. 58). Ἡ συνισταμένη τῶν δύο τούτων παραλλήλων δυνάμεων ἐφαρμόζεται λοιπὸν, οἰαδήποτε καὶ ἂν εἶναι ἡ θέσις τῆς φάλαγγος, εἰς τὸ αὐτὸ σημεῖον τῆς εὐθείας αβ. Ἐὰν τὸ σημεῖον τοῦτο κεῖται ἐπὶ τοῦ ἄξονος τῆς στηρίξεως O, ἡ θέσις τῆς ἰσορροπίας, τὴν ὅποιαν εἶχεν ἡ φάλαγξ μόνη, δὲν μεταβάλλεται ἄλλως ἢ φάλαγξ διατίθεται οὕτως, ὥστε ἡ συνισταμένη τοῦ συνόλου τῶν βαρῶν τῆς φάλαγγος καὶ τῶν δίσκων νὰ συναντᾷ τὸν ἄξονα τῆς στηρίξεως. Γενικῶς, ὁ κατασκευαστὴς φροντίζει, ὥστε ἡ



Σχ. 58

φάλαγξ νὰ εἶναι ὀριζοντία εἰς τὴν θέσιν τῆς ἰσορροπίας καὶ συγχρόνως ἡ βελόνη νὰ δεικνύη τὸ μηδέν. Τοῦτο ἐπιτυγχάνει εὐκόλως, προσθέτων κατ'ἀλλήλον βάρος εἰς ἓνα τῶν δίσκων ἢ ἓνα τῶν βραχιόνων τῆς φάλαγγος.

82. Ἀπλὴ στάθμισις.—Ἀκριβεία. Διὰ νὰ σταθμίσωμεν σῶμά τι θέτομεν αὐτὸ ἐπὶ τοῦ ἑνὸς τῶν δίσκων, ἐπὶ δὲ τοῦ ἐτέρου θέτομεν σταθμὰ, μέχρις ὅτου ἡ βελόνη δείξῃ τὸ μηδέν, λάβῃ δηλ. τὴν θέ-

σιν, τὴν ὁποίαν εἶχε καὶ ὅτε οἱ δίσκοι ἦσαν κενοί. Ἡ ἐργασία αὕτη, καλουμένη **ἀπλῇ σταθμίσει**, ἡ ὁποία χρησιμοποιεῖται πάντοτε εἰς τὰς ἐμπορικὰς σταθμίσεις, δίδει τὸ βάρος τοῦ σώματος, ἐὰν ὁ ζυγὸς εἶναι **ἀκριβής**.

Λέγομεν, ὅτι ὁ ζυγὸς εἶναι ἀκριβής, ἂν ἡ φάλαγξ αὐτοῦ διατηρῇ τὴν αὐτὴν θέσιν ἰσορροπίας, καὶ ὅταν οἱ δίσκοι εἶναι κενοὶ καὶ ὅταν φέρουν ἴσα βάρη.

Συνθήκη ἀκριβείας. Ἦνα ὁ ζυγὸς εἶναι ἀκριβής, πρέπει καὶ ἀρκεῖ οἱ βραχίονες $O\alpha$ καὶ $O\beta$ τῆς φάλαγγος νὰ εἶναι ἴσοι.

Διότι, ἂν θέσωμεν ἴσα βάρη B, B (σχ. 58) εἰς τοὺς δίσκους, ἡ συνισταμένη τῶν βαρῶν τούτων θὰ διέλθῃ διὰ τοῦ μέσου τῆς ab καί, ἐὰν τὸ σημεῖον τοῦτο (δηλ. τὸ μέσον τῆς ab) εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ ἄξονος τῆς στηρίξεως, ἡ συνισταμένη ἐξουδετεροῦται ὑπὸ τῆς ἀντιστάσεως τοῦ ὑποστηρίγματος, ἡ δὲ φάλαγξ θὰ διατηρῇ τὴν αὐτὴν θέσιν, τὴν ὁποίαν εἶχε καὶ ὅτε οἱ δίσκοι ἦσαν κενοί. Θὰ κλίνη τοῦναντίον ἡ φάλαγξ, ἐὰν ὁ ἄξων τῆς στηρίξεως δὲν διέρχεται διὰ τοῦ μέσου τῆς ab .

Ἐπαλήθευσις τῆς ἀκριβείας. Θέτομεν τὰ φορτία ἐπὶ τῶν δίσκων οὕτως, ὥστε ἡ βελὼν νὰ λάβῃ τὴν αὐτὴν θέσιν, τὴν ὁποίαν εἶχε καὶ ὅτε οἱ δίσκοι ἦσαν κενοί, ἐναλλάσσομεν δὲ κατόπιν τὰ φορτία ταῦτα. Ἐὰν ὁ ζυγὸς εἶναι ἀκριβής ἡ βελὼν θὰ ἔλθῃ εἰς τὴν αὐτὴν θέσιν. Διότι, ἐὰν $O\alpha = O\beta$ καὶ τὰ φορτία εἶναι ἴσα, ἐναλλάσσοντες τὰ φορτία, οὐδόλως μεταβάλλομεν τὴν ἰσορροπίαν τῆς φάλαγγος. Ἀλλ' ἂν π. χ., τοῦ $O\beta$ ὄντος μεγαλυτέρου τοῦ $O\alpha$, εἴωμεν θέσει εἰς τὸ α φορτίον μεγαλύτερον τοῦ ἐπὶ τοῦ β , κατὰ τὴν ἐναλλαγὴν θὰ θέσωμεν τὸ βαρύτερον σῶμα πρὸς τὸ μέρος τοῦ μεγαλυτέρου βραχίονος καὶ τὸ ἐλαφρότερον πρὸς τὸ μέρος τοῦ μικροτέρου, καὶ ἡ φάλαγξ θὰ κλίνη προφανῶς πρὸς τὸ μέρος τοῦ μεγαλυτέρου βραχίονος.

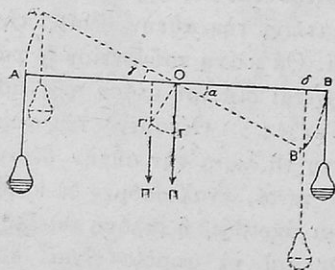
83. Διπλῇ σταθμίσει.—Ὅταν οἱ δύο βραχίονες τῆς φάλαγγος δὲν εἶναι ἴσοι, ὁ ζυγὸς δὲν εἶναι ἀκριβής. Δυνάμεθα ἐν τούτοις νὰ εὕρωμεν καὶ δι' αὐτοῦ τὸ ἀκριβὲς βάρος, μεταχειριζόμενοι τὴν μέθοδον τοῦ Borda, ἡ ὁποία καλεῖται **μέθοδος τῆς διπλῆς σταθμίσεως**. Πρὸς τοῦτο θέτομεν τὸ σταθμιστέον σῶμα εἰς τὸν ἓνα τῶν δίσκων, καὶ ἰσοροποῦμεν αὐτὸ διὰ χόνδρων μολύβδου ἢ δι' ἄμμου, τὴν ὁποίαν θέτομεν εἰς τὸν ἕτερον δίσκον. Κατόπιν ἀφαιροῦμεν ἐκ τοῦ δίσκου τὸ σῶμα καὶ τὸ ἀντικαθιστῶμεν διὰ σταθμῶν, ἕως ὅτου ἡ ἰσορροπία ἀποκατασταθῇ εἰς τὴν αὐτὴν θέσιν. Τὸ ἄθροισμα τῶν σταθμῶν τούτων παρι-

στῇ τὸ βάρος τοῦ σώματος. Διότι καὶ κατὰ τὰς δύο ταύτας σταθμίσεις τὸ σῶμα καὶ τὰ σταθμὰ ἐνήργησαν διαδοχικῶς ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ βραχίονος, διὰ νὰ ἰσορροπήσουν τὴν αὐτὴν ἀντίστασιν.

84. Εὐαίσθησία τοῦ ζυγοῦ.— Λέγομεν, ὅτι ζυγὸς τις εἶναι εὐαίσθητος, ὅταν δεικνύῃ διὰ μεγάλης κλίσεως τῆς φάλαγγος σμικροτάτην διαφοράν μεταξὺ τῶν βαρῶν, τὰ ὁποῖα πρόκειται νὰ συγκρίνωμεν.

Ἡ εὐαίσθησία τοῦ ζυγοῦ εἶναι τόσον μεγαλυτέρα :

α) Ὅσον οἱ βραχίονες τῆς φάλαγγος εἶναι μακρότεροι. Εἰς τὸ σχῆμα 59 ὑποθέσωμεν, ὅτι ἐπὶ τοῦ πρὸς τὰ δεξιὰ δίσκου ἐτέθη πρόσθετον βάρος β. Τότε ἡ φάλαγξ θὰ λάβῃ νέαν τινὰ θέσιν ἰσορροπίας Α'Β'. Τὸ βάρος β εἶναι ἐφηρμοσμένον εἰς τὸν μοχλοβραχίονα Οδ. Ἀλλ' ὁ βραχίων οὗτος, ὁ ὁποῖος εἶναι προβολὴ τοῦ ΟΒ' ἐπὶ τοῦ ΟΒ, θὰ εἶναι τόσον μεγαλύτερος, ὅσον ὁ βραχίων τῆς φάλαγγος εἶναι μα-



Σχ. 59

κρότερος. Ἀρα τὸ ἀποτέλεσμα τοῦ β αἰξάνεται μετὰ τοῦ μήκους τοῦ βραχίονος.

β) Ὅσον τὸ βάρος τῆς φάλαγγος εἶναι μικρότερον.

γ) Ὅσον τὸ κέντρον τοῦ βάρους τῆς φάλαγγος εἶναι πλησιέστερον πρὸς τὸν ἄξονα τῆς στηρίξεως. Διότι ἡ δύναμις, ἡ ὁποία ἀντιτίθεται εἰς τὴν κλίσιν τῆς φάλαγ-

γος, εἶναι ἀκριβῶς τὸ βάρος Π τῆς φάλαγγος ἐφηρμοσμένον εἰς τὸν μοχλοβραχίονα Ογ, Ογ δὲ εἶναι ἡ προβολὴ τοῦ ΟΓ' = ΟΓ, ἡ ὁποία εἶναι τόσον μικρότερα, ὅσον καὶ ἡ ΟΓ εἶναι μικρότερα. Ἀρα, ὅσον αἱ ποσότητες Π καὶ ΟΓ εἶναι μικρότεροι, τόσον ἡ ἀντίστασις εἰς τὴν κλίσιν θὰ εἶναι μικρότερα.

85. Ἀποτελέσματα σταθμίσεων.—Μέτρησις τῆς μάζης. Ὁ ζυγὸς δεικνύει ἂν τὰ βάρη δύο σωμάτων εἶναι ἴσα εἰς τὸν τόπον, ὅπου γίνεται ἡ στάθμισις. Ἐὰν ἐπαναλάβωμεν τὴν στάθμισιν εἰς ἄλλον τόπον, τὰ βάρη τῶν δύο σωμάτων θὰ ἔχουν μεταβληθῇ, καθὼς ἐπίσης καὶ ἡ ἔντασις τῆς βαρύτητος, ἀλλὰ θὰ παραμένουν ἴσα, καὶ ὁ ζυγὸς θὰ δώσῃ τὸ αὐτὸ ἀποτέλεσμα. Τοῦτο δεικνύει, ὅτι αἱ μᾶζαι τῶν δύο σωμάτων εἶναι ἴσαι. Διότι, ἐὰν μ καὶ μ' αἱ μᾶζαι αὐτῶν, Β καὶ Β' τὰ βάρη, g δὲ ἡ ἔντασις τῆς βαρύτητος εἰς τὸν τόπον ὅπου εὐρί-

σκοινται, θὰ ἔχωμεν $B = \mu g$ καὶ $B' = \mu' g$. Καὶ ἐάν, ἐπειδὴ ὁ ζυγὸς ἰσορροπεῖ, $B = B'$, θὰ εἶναι καὶ $\mu g = \mu' g$, ἄρα καὶ $\mu = \mu'$. Εἰς ἄλλον τόπον, ὅπου ἡ ἔντασις τῆς βαρύτητος εἶναι g_1 , τὰ βάρη B καὶ B' θὰ λάβουν τὰς τιμὰς B_1 καὶ B'_1 , τοιαύτας, ὥστε $B_1 = \mu g_1$ καὶ $B'_1 = \mu' g_1$. Καὶ ἐὰν $\mu = \mu'$, τότε καὶ $B_1 = B'_1$. Διὰ τοῦτο ὁ ζυγὸς, δίδει τὸ αὐτὸ ἀποτελέσμα. Ἐν πρῶτον συμπέρασμα εἶναι, ὅτι, ὅταν κατασκευάζωμεν σταθμὰ, 1 π.χ. γρ., ἀναζητοῦμεν διὰ τοῦ ζυγοῦ μᾶζαν λευκοχρόσου, ἣτις νὰ ἔχη τὸ αὐτὸ βάρος μετὰ ἓνα κυβικὸν δάκτυλον ὕδατος 4°. Ἐχει λοιπὸν τοῦτο τὴν αὐτὴν μᾶζαν, ἓν γραμμαρίον. Δηλ. οἱ ἐπὶ τῶν σταθμῶν ἀριθμοὶ παριστοῦν τὴν μᾶζαν αὐτῶν. Ὁ ζυγὸς, ὅστις δίδει διὰ δοθὲν σῶμα τὸ αὐτὸ ἀποτελέσμα, ὁποιοσδήποτε καὶ ᾗ εἶναι ὁ τύπος εἰς τὸν ὁποῖον γίνεται ἡ στάθμισις, μετρεῖ τὴν μᾶζαν τοῦ σώματος τούτου (ποσὸν ἀμετάβλητον) καὶ ὄχι τὸ βάρος του, τὸ ὁποῖον μεταβάλλεται μετὰ τοῦ τόπου. Διὰ νὰ εὗρωμεν τὸ βάρος, πρέπει νὰ γνωρίζωμεν τὴν ἔντασιν g τῆς βαρύτητος εἰς τὸν τόπον ὅπου εὐρισκόμεθα. Τὸ βάρος ὑπολογίζεται τότε εἰς δύνas διὰ τοῦ τύπου :

$$B = \mu g.$$

86. Πυκνότητες. Εἰδικὰ βάρη.—Ὅλα τὰ σώματα ὑπὸ τὸν αὐτὸν ὄγκον δὲν ἔχουν τὴν αὐτὴν μᾶζαν. Πυκνότης ἡ εἰδικὴ μᾶζα σώματος ὁμοιομεροῦς εἶναι ἡ μᾶζα αὐτοῦ κατὰ μονάδα ὄγκου. Πυκνότης οὐσίας τινὸς εἶναι λοιπὸν τὸ βάρος εἰς γραμμάρια ἑνὸς κυβικοῦ ἑκατοστομέτρου ἐκ τῆς οὐσίας ταύτης. Ἐὰν δὲ ἡ πυκνότης τοῦ σώματος καὶ O ὁ ὄγκος του, ἡ μᾶζα αὐτοῦ θὰ εἶναι $M = O\delta$.

Καλοῦμεν **εἰδικὸν βάρος** οὐσίας τινὸς τὸ βάρος εἰς δύνas ἡ τὸ ἀπόλυτον βάρος ἑνὸς κυβικοῦ ἑκατοστομέτρου τῆς οὐσίας ταύτης. Τὸ εἰδικὸν βάρος σώματος πυκνότητος δ εἶναι δg .

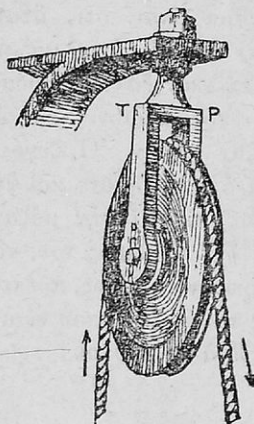
Ἡ πυκνότης ἑνὸς σώματος εἶναι ἀμετάβλητος ἀλλὰ τὸ εἰδικὸν του βάρος μεταβάλλεται, ὅπως καὶ τὸ g , μετὰ τοῦ τόπου τῆς παρατηρήσεως. Ἡ πυκνότης τοῦ καθαροῦ ὕδατος εἰς 4 βαθμοὺς εἶναι πανταχοῦ ἴση πρὸς 1· τὸ εἰδικὸν αὐτοῦ βάρος εἶναι 981 δύναι περίπου.

Ἡ πυκνότης τοῦ ὕδατος τοῦ γύρου εἰς 0° εἶναι 13,59· τὸ εἰδικόν του βάρος εἰς 0° εἶναι 13,59.981 δύναι.

Εἰς τὸν αὐτὸν τόπον τὰ εἰδικὰ βάρη (δg καὶ $\delta' g$) εἶναι ἀνάλογα πρὸς τὰς πυκνότητας.

87. Τροχαλία.—Ἡ τροχαλία εἶναι δίσκος ξύλινος ἢ μεταλλινός, ὃ ὁποῖος φέρει καθ' ὅλην τὴν περιφέρειάν του αὐλάκα, διὰ τῆς ὁποίας διέρχεται σχοινίον ἢ ἄλυσις.

Ὁ δίσκος οὗτος δύναται νὰ περιστρέφεται ἐλευθέρως περὶ ἄξονα,



Σχ. 60

ὃ ὁποῖος διέρχεται διὰ τοῦ κέντρου αὐτοῦ καὶ εἶναι κάθετος ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου αὐτοῦ. Τὰ δύο ἄκρα τοῦ ἄξονος τούτου στηρίζονται εἰς τὰ δύο σκέλη ἐπικαμποῦς στελέχους ΤΡ, τὸ ὁποῖον λέγεται **τροχαλιοθήκη** (σχ. 60).

88. Παγία τροχαλία.—Ἡ τροχαλία λέγεται **παγία**, ὅταν ἡ τροχαλιοθήκη στερεοῦται ἀκλονήτως εἰς ἓν σημεῖον (σχ. 60). Εἰς τὴν παγίαν τροχαλίαν τὸ σῶμα, τὸ ὁποῖον πρόκειται νὰ ἀνυψώσωμεν (ἀντίστασις), προσδένεται εἰς τὸ ἐν ἄκρον τοῦ σχοινίου, εἰς δὲ τὸ ἄλλο ἐφαρμόζεται ἡ δύναμις. Τονοτοτρόπως ἡ παγία τροχαλία εἶναι μοχλὸς πρώτου εἴδους, εἰς τὸν ὁποῖον ὑπομό-

χλιον μὲν εἶναι ὁ ἄξων Ο, βραχίων τῆς δυνάμεως ἡ ἀπόστασις τοῦ ἄξονος ἀπὸ τοῦ ἐνὸς σχοινίου καὶ μοχλοβραχίων τῆς ἀντιστάσεως ἡ ἀπόστασις τοῦ ἄξονος ἀπὸ τοῦ ἄλλου σχοινίου. Ἐὰν εἰς τὰ δύο ἄκρα τοῦ σχοινίου κρεμάσωμεν ἴσα βάρη, θὰ ἴδωμεν, ὅτι ταῦτα ἰσορροποῦν (διότι οἱ βραχίονες εἶναι ἴσοι ὡς ἀκτῖνες τοῦ αὐτοῦ κύκλου). Ἄρα εἰς τὴν παγίαν τροχαλίαν ἡ δύναμις εἶναι ἴση μὲ τὴν ἀντίστασιν, μὲ τὴν διαφοράν, ὅτι εὐκολυνόμεθα εἰς τὸ νὰ ἀνυψώσωμεν διάφορα ἀντικείμενα. Ἐπίσης ἔχομεν τὸ πλεονέκτημα, ὅτι ἡ δύναμις ἐνεργεῖ ἐκ τῶν ἄνω πρὸς τὰ κάτω. Π. χ. διὰ νὰ ἀντλήσωμεν ὕδωρ ἀπὸ φρέαρ, εἶναι εὐκολώτερον μὲ τὴν τροχαλίαν νὰ σύρωμεν τὸ σχοινίον ἐκ τῶν ἄνω πρὸς τὰ κάτω, ἀντὶ νὰ ἀναβιβάσωμεν τὸ πλήρες ὕδατος δοχεῖον, σύροντες τὸ σχοινίον ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω.

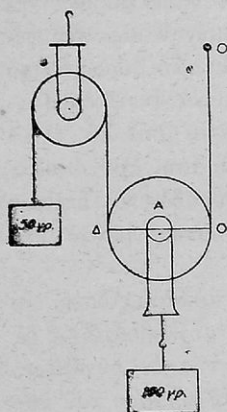


Σχ. 61

89. Κινητή τροχαλία.—Ἡ κινητή τροχαλία (σχ. 61) διαφέρει ἀπὸ τὴν παγίαν κατὰ τὸ ὅτι ὁ ἄξων αὐτῆς μετατίθεται, ὅταν ἡ τροχαλία στρέφεται. Εἰς τὴν κινητὴν τροχαλίαν τὸ ἐν ἄκρον τοῦ σχοινίου

προσδένεται εἰς ἓν σταθερὸν σημεῖον, εἰς δὲ τὸ ἄλλον ἄκρον ἐνεργεῖ ἡ δύναμις ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω. Ἡ ἀντίστασις, δηλ. τὸ βάρος τὸ ὁποῖον πρόκειται νὰ ἀνυψώσωμεν, κρέμαται δι' ἀγκίστρον ἀπὸ τοῦ ἄκρου τῆς τροχαλιοθήκης.

Ἐὰν τὸ ἐλεύθερον ἄκρον τοῦ σχοινίου διαβιβάσωμεν διὰ τῆς αὐλακος παγίας τροχαλίας (σχ. 62), ἵνα μεταβάλωμεν τὴν διεύθυνσιν τῆς δυνάμεως (ἡ ἔντασις αὐτῆς, ὡς εἵπομεν ἀνωτέρω, μένει ἡ αὐτὴ) καὶ κρεμάσωμεν εἰς τὸ ἐλεύθερον μὲν ἄκρον τοῦ σχοινίου βάρος 50 γρ., εἰς δὲ τὸ ἀγκίστρον βάρος 100 γρ. θὰ ἴδωμεν, ὅτι τὰ δύο βάρη ἰσορροποῦν.



Σχ. 62

Ἐκάστη τῶν ὁποίων φέρει ἴσον ἀριθμὸν τροχαλιῶν περιστρεφομένων περὶ τὸν αὐτὸν ἄξονα. Ἡ ἀνωτέρα παγία τροχαλιοθήκη φέρει πρὸς τὰ κάτω δακτύλιον, εἰς τὸν ὁποῖον προσδένεται τὸ σχοινίον. Τοῦτο κατερχόμενον περιβάλλει τὴν αὐλακὰ τῆς πρώτης κινητῆς τροχαλίας, ἔπειτα δὲ ἀνερχόμενον περιβάλλει τὴν αὐλακὰ τῆς πρώτης παγίας τροχαλίας· κατερχόμενον περιβάλλει τὴν αὐλακὰ τῆς δευτέρας κινητῆς καὶ οὕτω καθέξης, ἐξέρχεται δὲ τέλος ἐκ τῆς τελευταίας τῶν παγίων τροχαλιῶν.

Εἰς τὸ ἄκρον τοῦτο τοῦ σχοινίου ἐφαρμόζεται ἡ δύναμις.

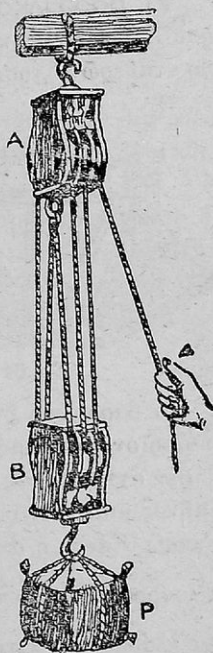
Ἐὰν ἑκάστη τροχαλιοθήκη ἔχη π.χ. τρεῖς τροχαλίας, ἐπεὶδὴ τὸ βάρος διανέμεται εἰς $2 \times 3 = 6$ σχοινία, ἕκαστον σχοινίον θὰ ὑφίστα-

Ἄρα, εἰς τὴν κινητὴν τροχαλίαν ἡ δύναμις ἡ ἰσορροποῦσα τὴν ἀντίστασιν εἶναι τὸ ἥμισυ τῆς ἀντιστάσεως, ὅταν τὰ σχοινία εἶναι παράλληλα, ὅπως εἰς τὰ ἑξῆς σχήματα.

90. Πολύσπαστον.—

Τὸ πολύσπαστον εἶναι συνδυασμὸς κινητῶν καὶ παγίων τροχαλιῶν.

Τὸ σχῆμα 63 παριστᾷ πολύσπαστον. Τοῦτο ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο τροχα-



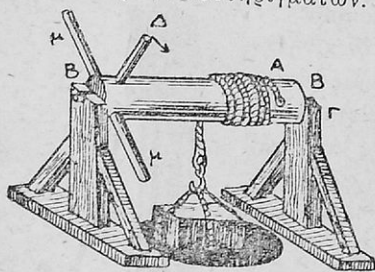
Σχ. 63

ται πίεσιν ἴσην μετὸ $\frac{1}{6}$ τῆς ἀντιστάσεως, ἐπομένως καὶ ἡ δύναμις, ἡ ὁποία θὰ ἰσορροπῇ τὴν ἀντίστασιν, θὰ εἶναι τὸ $\frac{1}{6}$ ταύτης.

Ἐὰν ἐκάστη τροχαλιοθήκη φέρῃ 4 τροχαλίας, ἡ δύναμις θὰ εἶναι τὸ $\frac{1}{2 \times 4} = \frac{1}{8}$ τῆς ἀντιστάσεως P · καὶ γενικῶς, ἐὰν $2 \cdot n$ ὁ ὀλικὸς

ἀριθμὸς τῶν τροχαλιῶν τοῦ πολυσπάστου, $\Delta = \frac{P}{2 \cdot n}$.

91. Βαροῦλκον.—Τὸ βαροῦλκον ἀποτελεῖται κυρίως ἐκ κυλίνδρου A (σχ. 64), κινήτου περὶ ἄξονα ὁριζόντιον BB στηριζόμενον ἐπὶ δύο σταθερῶν ὑποστηρίγματων. Διὰ τῶν ράβδων $\mu\mu$ ἑξασκοῦμεν δύνα-



Σχ. 64

μιν Δ κάθετον ἐπὶ τῶν ράβδων καὶ συνελπῶς ἐφαπτομένην εἰς περιφέρειαν ἀκτίνος $B\mu$. Τὸ βάρος P , τὸ ὁποῖον πρόκειται νὰ ἀνυψωθῇ (ἀντίστασις), κρέμεται ἀπὸ τὸ ἐλεύθερον ἄκρον σχοινίου, τοῦ ὁποῖου τὸ ἄλλο ἄκρον προσδένεται ἐπὶ μικροῦ δακτυλίου στερεωμένου ἐπὶ τοῦ κυλίνδρου.

Τὸ βαροῦλκον δύναται νὰ θεωρηθῇ μοχλὸς τοῦ πρώτου εἴδους, εἰς τὸν ὁποῖον τὸ ὑπομόχλιον μὲν εἶναι εἰς τὸν ἄξονα, μοχλοβραχίονες δὲ τῆς μὲν ἀντιστάσεως εἶναι ἡ ἀκτίς τοῦ κυλίνδρου, τῆς δὲ δυνάμεως τὸ μῆκος μιᾶς τῶν ράβδων $\mu\mu$ λογιζόμενον μέχρι τοῦ κέντρου τοῦ κυλίνδρου. Ἐὰν a ἡ ἀκτίς τοῦ κυλίνδρου καὶ A ἡ ἀκτίς $B\mu$, διὰ νὰ ἔχωμεν ἰσορροπίαν, πρέπει $\frac{\Delta}{P} = \frac{a}{A}$ καὶ $\Delta = P \frac{a}{A}$, ἥτοι ἡ δύναμις θὰ εἶναι κλάσμα τῆς ἀντιστάσεως, ἐκφραζόμενον ὑπὸ τοῦ λόγου τῆς ἀκτίνος τοῦ κυλίνδρου πρὸς τὴν ἀκτίναν τῆς περιφερείας τῆς διαγραφομένης ὑπὸ τοῦ ἄκρου τοῦ στροφάλου.

Προβλήματα

1ον. Τὸ ἄκρον κανόνος μήκους 80 ἐκ. στηρίζομεν ἐπὶ σταθεροῦ σημείου, εἰς τὸ ἄλλο δὲ ἄκρον κρεμῶμεν βάρος 50 γρ. καὶ ἰσορροποῦμεν τὸ σύστημα, κρατοῦντες διὰ τῆς χειρὸς τὸν κανόνα ἀπὸ τινος σημείου ἀπέχοντος 20 ἐκ. ἀπὸ τοῦ σταθεροῦ σημείου. Ποίαν δύναμιν καταβάλλει ἡ χεὶρ μας; (Τὸ βάρος τοῦ κανόνος δὲν ὑπολογίζεται).

2ον. Ποίαν δύναμιν θὰ καταβάλωμεν διὰ νὰ ἰσορροπήσωμεν τὸ ἀνωτέρω βάρος τῶν 50 γρ., ἐὰν ἐναλλάξωμεν τὴν θέσιν τοῦ βάρους καὶ τῆς χειρὸς μας;

3ον. Εἰς τὸ ἄκρον μοχλοῦ AD πρώτου εἴδους, μήκους 1 μέτρον, καὶ τοῦ ὁποῖου τὸ βάρος δὲν ὑπολογίζεται, ἐνεργεῖ δύναμις 50 γρ., τῆς ὁποίας ἡ διεύθυνσις σχηματίζει μετὰ τοῦ μοχλοῦ γωνίαν 150° . Εἰς τὸ ἕτερον ἄκρον κρέμαται βάρος 800 γρ. καὶ ὁ μοχλὸς ἰσορροπεῖ ὁριζοντίως. Ζητεῖται ἡ ἀπόστασις τοῦ ὑπομοχλίου ἀπὸ τῆς ἀντιστάσεως.

4ον. Ἐπὶ τῆς ἀκμῆς O μαχαιρίου τίθεται ὁριζοντίως κανὼν AB μήκους Δ καὶ βάρους Λ , εἰς τὰ δύο δὲ αὐτοῦ ἄκρα κρέμονται δύο σώματα βάρους Π καὶ K . Νὰ προσδιορισθῇ ἡ θέσις τοῦ O , ἵνα ὁ κανὼν ἰσορροπῇ ὁριζοντίως. $K > \Pi$.

5ον. Εἰς ζυγὸν μὴ ἀκριβῆ ὁ εἰς βραχίον α ὑπερέχει τοῦ ἄλλου β κατὰ τὸ 0,01 τοῦ β. Ἐμπορὸς τις κάμνει 100 ζυγίσαις τοῦ ἐνὸς χιλιogramμου, θέτων τὸ πρὸς ζύγισιν σῶμα ἐναλλάξ εἰς τὸν ἓνα δίσκον καὶ εἰς τὸν ἄλλον. Ποῖον εἶναι τὸ κέρδος ἢ ἡ ζημία του ἐπὶ τοῦ παρατιδομένου ἐμπορεύματος;

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟΝ

ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Α'

ΠΙΕΣΕΙΣ ΤΩΝ ΥΓΡΩΝ. ΑΡΧΗ ΤΟΥ ΠΑΣΚΑΛ

ΠΙΕΣΕΙΣ ΤΩΝ ΥΓΡΩΝ

92. Γενικαὶ ιδιότητες τῶν ὑγρῶν.—Τὰ ὑγρά χαρακτηρίζονται διὰ τῆς εὐκολίας, μετὰ τῆς ὁποίας τὰ μόριά των δύνανται νὰ ὀλισθαίνουν ἐπ' ἀλλήλων. Διὰ τοῦτο λέγονται καὶ **ρευστά**. Τὰ ὑγρά εἶναι πολὺ ὀλίγον συμπιεστά. Ἡ ἐλάττωσις τοῦ ὅγκου, τὴν ὁποίαν ὑφίστανται ὑπὸ τὴν ἐνέργειαν ἰσχυροτάτων πιέσεων, εἶναι ἀνεπαίσθητος. Ἀναλαμβάνουν δ' ἀμέσως τὸν ἀρχικὸν αὐτῶν ὅγκον, μόλις ἡ συμπίεσις παύσῃ νὰ ἐνεργῇ. Διὰ τοῦτο λέγομεν, ὅτι τὰ ὑγρά εἶναι **τελείως ἐλαστικά**. Εἰς τὴν σπουδὴν τῶν ὑγρῶν παραδεχόμεθα, ὅτι ἡ ρευστότης των εἶναι τελεία καὶ ὅτι εἶναι ἐντελῶς ἀσυμπίεστα, ἂν καὶ οὐδὲν ὑγρὸν ἔχει ἀκριβῶς τὰς ιδιότητας ταύτας.

93. Ἐννοία τῆς πίεσεως.—Ὅταν σῶμά τι στηρίζεται ἐπὶ ὑποστηρίγματος, ἐξασκεῖ ἐπὶ τούτου ὥρισμένην ὥθησιν, ἡ ὁποία παρίσταται διὰ τοῦ βάρους του.

Θεωρήσωμεν, διὰ τὸ ἀπλούστερον, σφαῖραν, ἡ ὁποία στηρίζεται ἐπὶ ὀριζοντίου ἐπιπέδου· ἡ ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου ἐπιφερομένη ὥθησις εἶναι δύναμις κατακόρυφος, ἡ ὁποία παριστᾷ τὸ βάρος Π τῆς σφαίρας. Ἐπειδὴ δ' αὕτη ἰσορροπεῖ, εἶναι φανερόν, ὅτι ἡ δύναμις Π ἐξουδετεροῦται ὑπὸ μιᾶς ἄλλης δυνάμεως ἴσης καὶ ἀντιθέτου φορᾶς, ἡ ὁποία ἀναπτύσσεται ὑπὸ τοῦ ἐπιπέδου.

Ἐὰν τὸ σῶμα, ἀντὶ νὰ στηρίζεται δι' ἐνὸς σημείου, ὅπως ἡ σφαῖρα, ἔχη βάσιν ὀριζοντίαν, ἐμβαδοῦ ε, τελείως ἐφηρμοσμένην ἐπὶ τοῦ ὑπο-

στηρίγματος, τὸ βάρος Π θὰ διανεμηθῇ ἐφ' ὅλης τῆς βάσεως ταύτης. Εἰς τὴν περίπτωσιν ἴσης διανομῆς τοῦ βάρους Π , ἕκαστον σημεῖον τοῦ σώματος θὰ μεταβιβάσῃ ἐν ἴσον μέρος τοῦ βάρους εἰς τὸ ὑποστήριγμα καὶ ἕκαστη μονὰς ἐπιφανείας τοῦ υποστηρίγματος θὰ δεχθῇ ποσότητα ἐκ τῆς δυνάμεως ταύτης $\pi = \frac{\Pi}{\varepsilon}$.

Τὴν ποσότητα ταύτην π τῆς δυνάμεως, τῆς ἐξασκουμένης ἐπὶ τῆς μονάδος τῆς ἐπιφανείας, καλοῦμεν **πίεσιν**.

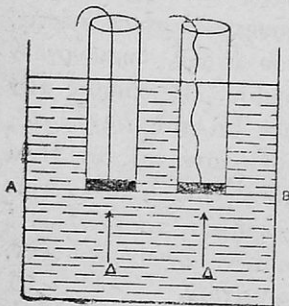
94. Πίεσεις ἐπὶ τῶν τοιχωμάτων τοῦ δοχείου καὶ εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τῶν ὑγρῶν.—Τὰ ὑγρά εἶναι βαρέα, ἐξασκοῦν δὲ διὰ τοῦ βάρους τῶν πιέσεις ἐπὶ τῶν πυθμένων τῶν δοχείων ἐντὸς τῶν ὁποίων περιέχονται. Καὶ τὰ ἀνώτερα ἐπίσης μέρη τῶν ὑγρῶν ἐπιφέρουν πιέσεις ἐπὶ τῶν κατωτέρων, αἱ κατακόρυφοι δὲ αὗται πιέσεις, λόγῳ τῆς ρευστότητος τοῦ οὕτω συμπιεζομένου ὑγροῦ, δημιουργοῦν πιέσεις πλαγίας ἐπὶ τῶν τοιχωμάτων τοῦ δοχείου. Ἡ ὑπαρξὶς τῶν πιέσεων τούτων ἀποδεικνύεται ἐὰν ἀνοίξωμεν ἐπὶ τοῦ τοιχώματος ὀπὰς, διὰ τῶν ὁποίων ἀναπηδᾷ τὸ ὑγρὸν, οἰαδήποτε καὶ ἐὰν εἶναι τῶν ὁπῶν τούτων ἡ θέσις. Παρατηροῦμεν ἐπίσης, ὅτι ἡ διεύθυνσις τῆς ἀναπηδήσεως τοῦ ὑγροῦ πλησίον τῶν τοιχωμάτων, προτοῦ δηλ. ἡ βαρύτες τὴν παρεκλίνη, εἶναι κάθετος ἐπὶ τούτων. Συνάγομεν ὅθεν, ὅτι ἡ **πίεσις εἶναι κάθετος ἐπὶ τῶν τοιχωμάτων**.

Εἰς ἐν σημεῖον οἷονδήποτε ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ δυνάμεθα, χωρὶς νὰ μεταβάλωμεν τὴν ἰσορροπίαν, νὰ ὑποθέσωμεν ὅτι ὑπάρχει ἐν στερεὸν ἐπίπεδον. Ἐπειδὴ τοῦτο ἰσορροπεῖ, πρέπει νὰ συμπεράνωμεν, ὅτι ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου τούτου ἐξασκοῦνται πιέσεις ἴσαι καὶ ἀντίθετοι. Συνεπῶς εἰς ἕκαστον σημεῖον τὸ ὑγρὸν ὑφίσταται, καθ' ὅλας τὰς φορὰς, πιέσεις ἴσας καὶ ἀντιθέτους ἀνὰ δύο.

95. Ὁμαλότης τῆς πίεσεως ἐπὶ ὀριζοντίου ἐπιπέδου.—Λαμβάνομεν σωλῆνα ὑάλινον, τοῦ ὁποίου τὸ κατώτερον ἀνοίγμα κλείεται διὰ λεπτοῦ ὑαλίνου δίσκου. Ὁ δίσκος οὗτος διατηρεῖται προσηλωμένος ἐπὶ τοῦ ἀνοίγματος διὰ νήματος προσδεδεμένου εἰς τὸ κέντρον αὐτοῦ. Βυθίζομεν τὸν σωλῆνα κατακορύφως εἰς τὸ ὕδωρ οὕτως, ὥστε ὁ δίσκος νὰ εὑρίσκηται ἐπὶ ὀριζοντίου ἐπιπέδου οἷουδήποτε AB , καὶ ἀφίνομεν τὸ νῆμα. Ὁ δίσκος παραμένει προσηλωμένος ἐπὶ τοῦ σωλῆνος, ἔνεκα τῆς πίεσεως τῆς ἐξασκουμένης ὑπὸ τοῦ ὑγροῦ ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω (σχ. 65). Τὴν πίεσιν ταύτην καλοῦμεν **ἄνωσιν**.

Ἐὰν χύσωμεν ἡρέμα ὕδωρ ἐντὸς τοῦ σωλήνος, ὁ δίσκος θὰ ἀποσπασθῇ, ὅταν ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὕδατος θὰ εὐρίσκεται καὶ ἐντὸς καὶ ἐκτὸς τοῦ σωλήνος ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ἐπιπέδου. Ἡ πίεσις τότε, τὴν ὁποίαν ἐπιφέρει ἡ στήλη τοῦ ἐντὸς τοῦ σωλήνος ὕδατος, μετρεῖ τὴν πίεσιν Δ, τὴν ὁποίαν ὑφίσταται ἐπιφάνεια τοῦ ἐπιπέδου ΑΒ ἴση μὲ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ δίσκου.

Σημείωσις.—Ἐπειδὴ, κατὰ τὸν ὁρισμόν, ἡ πίεσις μετρεῖται διὰ τῆς δυνάμεως, ἡ ὁποία ἐξασκεῖται ἐπὶ τῆς μονάδος τῆς ἐπιφανείας, δυνάμεθα νὰ ὑποθέσωμεν, ὅτι ὁ κύλινδρος ἔχει τομὴν 1 τετρ. ἕκατ. Ἐὰν u ἕκατ. τὸ ὕψος τῆς ἐντὸς τοῦ σωλήνος στήλης τοῦ ὕδατος, τότε ὁ ὄγκος τοῦ ὕδατος θὰ εἶναι 1. $u = v$ κυβ. ἕκατ. Συνεπῶς τὸ βάρος αὐτοῦ, δηλ. ἡ ἄνωσις, θὰ ἰσοῦται μὲ v γραμμάρια. Ἐὰν πρόκειται περὶ ἄλλου ὑγροῦ, τοῦ ὁποίου ἡ



Σχ. 65

Ἐὰν μεταθέσωμεν τὸν σωλήνα οὕτως, ὥστε ὁ δίσκος νὰ μένῃ πάντοτε εἰς τὸ ἐπίπεδον ΑΒ, παρατηροῦμεν ὅτι ἀποσπᾶται πάντοτε ὑπὸ τὴν πίεσιν τῆς αὐτῆς στήλης ὕδατος. Συνεπῶς: ἐντὸς ὑγροῦ ἰσορροποῦντος, ἐπιφάνειαι λαμβανόμεναι ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ὀριζοντίου ἐπιπέδου ὑφίστανται τὴν αὐτὴν πίεσιν (ἐπὶ τῆς μονάδος τῆς ἐπιφανείας, κατὰ τὸν ὁρισμόν).

Ἀντιστρόφως, πᾶν ἐπίπεδον ἐντὸς ἰσορροποῦντος ὑγροῦ, εἰς τὸ ὁποῖον ἴσαι ἐπιφάνειαι πιέζονται ἐξ ἴσου, εἶναι ὀριζόντιον. Ἐπίσης ἡ ἐλευθέρᾳ ἐπιφάνεια ὑγροῦ, δηλ. ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ, ἡ ὁποία ἐφάπτεται τῆς ἀτμοσφαίρας, εἶναι εἰς μικρὰν ἔκτασιν ἐπίπεδον ὀριζόντιον, διότι ὑφίσταται εἰς ὅλα αὐτῆς τὰ σημεῖα τὴν αὐτὴν πίεσιν, ἥτις εἶναι ἡ ἀτμοσφαιρική.

Διὰ νὰ ἐπαληθεύσωμεν τοῦτο πειραματικῶς, φέρομεν νῆμα τῆς στάθμης ὑπεράνω δοχείου περιέχοντος ὕδωρ καὶ ἀφίνομεν νὰ βυθισθῇ ἡ μᾶζα, ἡ ὁποία κρέμαται ἐκ τοῦ νήματος (σχ. 66). Ὅταν τὸ νῆμα τοῦτο ἰσορροπῇ, πλησιάζομεν γνώμονα οὕτως, ὥστε ἡ μικρὰ τούτου πλευρὰ νὰ ἐφαρμόζεται ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος. Παρατηροῦμεν τότε, ὅτι τὸ νῆμα ἀκολουθεῖ ἀκριβῶς τὴν διεύθυνσιν τῆς μεγάλης πλευ-

οῦς τῆς ὀρθῆς γωνίας. Ἐὰν ἐπαναλάβωμεν τὴν ἐπαλήθευσιν ταύτην καὶ κατὰ πᾶσαν ἄλλην διεύθυνσιν καὶ μὲ οἷονδῆποτε ὑγρόν, δυνάμεθα νὰ συμπεράνωμεν, ὅτι ἡ ἐλευθέρᾳ ἐπιφάνεια ὑγροῦ ἐν ἰσορροπία εἶναι ἐπίπεδον ὀριζόντιον.

96. Μεταβολαὶ τῆς πίεσεως μετὰ τοῦ βάθους.—Ἐὰν βυθίσωμεν διαδοχικῶς τὸν σωλῆνα μὲ τὸν δίσκον εἰς δύο διάφορα βάθη ὑγροῦ εὐρισκομένου ἐν ἰσορροπία καὶ ἐπαναλάβωμεν ἐκάστην φορὰν τὸ προηγούμενον πείραμα, διαπιστοῦμεν, ὅτι ἡ πίεσις αὐξάνεται μετὰ τοῦ βάθους. Ἐὰν δὲ προσδιορίσωμεν τὰς πιέσεις εἰς δύο διάφορα βάθη, συνάγομεν τὸ ἐπόμενον θεμελιῶδες θεώρημα:

Ἡ διαφορὰ τῶν πιέσεων εἰς δύο σημεῖα ὑγροῦ εὐρισκομένου ἐν ἰσορροπία μετρεῖται διὰ τοῦ βάθους στήλης ἐκ τοῦ ὑγροῦ τούτου, ἣτις ἔχει ὡς βάσιν μὲν ἐν τετραγωνικὸν ἑκατοστόμετρον καὶ ὡς ὕψος τὴν κατακόρυφον ἀπόστασιν τῶν δύο σημείων.

Σημείωσις.—Ἐὰν π ἡ πίεσις εἰς τὸ κατώτερον σημεῖον εὐρισκόμενον εἰς βάθος ν , π' ἡ πίεσις εἰς τὸ ἀνώτερον εὐρισκόμενον εἰς βάθος ν'' καὶ δ ἡ πυκνότης τοῦ ὑγροῦ, θὰ ἔχωμεν:

$$\pi = \nu \delta \text{ καὶ } \pi' = \nu'' \delta,$$

συνεπῶς $\pi - \pi' = \nu \delta - \nu'' \delta$ ἢ $\pi - \pi' = \delta (\nu - \nu'')$.

Καί, ἐὰν θέσωμεν $\nu - \nu'' = \nu$, θὰ ἔχωμεν $\pi - \pi' = \nu \delta$.

Ἀριθμητικαὶ ἐφαρμογαί.—α) Ποία ἡ διαφορὰ τῶν πιέσεων εἰς δύο ἐντὸς τοῦ ὕδατος σημεῖα, τῶν ὁποίων ἡ κατακόρυφος ἀπόστασις εἶναι 1 μέτρον;

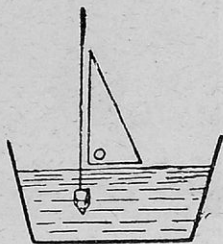
Ἔχομεν $\nu = 100$ ἑκατ. καὶ $\delta = 1$. Ἄρα $\pi - \pi' = 100$ γρ. κατὰ τετραγ. ἑκατ.

β) Ποία κατακόρυφος ἀπόστασις πρέπει νὰ χωρίξη δύο σημεῖα ἐντὸς ὑδρογύρου ($\delta = 13,6$), διὰ νὰ παρουσιάξουν διαφορὰν πίεσεως 1 γρ. (κατὰ τετρ. ἑκατ.);

Θὰ ἔχωμεν: $\pi - \pi' = \nu \delta$ καὶ $\nu = \frac{\pi - \pi'}{\delta} = \frac{1000}{13,6} = 73,5$ ἑκ.

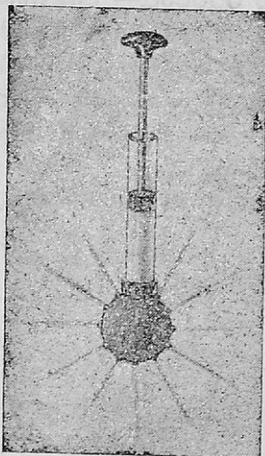
ΑΡΧΗ ΤΟΥ ΠΑΣΚΑΛ

97. Ἀρχὴ τοῦ Πασκάλ.—Μία σημαντικὴ ιδιότης τῶν ὑγρῶν εἶναι ὅτι μεταδίδουν τὰς πιέσεις τὰς ἐξασκουμένας ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας αὐτῶν.



Σχ. 66

Διὰ τὴν μελετήσωμεν τὴν μετάδοσιν τῶν πιέσεων, χρησιμοποιοῦμεν σφαίραν κοίλην, τῆς ὁποίας ἡ ἐπιφάνεια φέρει ὁπὰς μικρὰς καθ' ὅλην αὐτῆς τὴν ἔκτασιν. Ἡ σφαῖρα αὕτη εἶναι συνδεδεμένη μετὰ κυλινδρικοῦ σωλήνος, ἐντὸς τοῦ ὁποίου δύναται νὰ κινῆται ἔμβολος ἐφαρμοζόμενος ὕδατοστεγῶς (σχ. 67). Ἐάν,

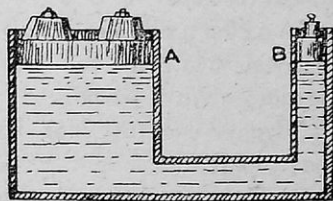


Σχ. 67

ἀφοῦ πληρώσωμεν τὴν σφαῖραν καὶ μέρος τοῦ σωλήνος μὲ ὕδωρ, πιέσωμεν τὸν ἔμβολον, θὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι τὸ ὕδωρ ἐκτοξεύεται μετὰ δυνάμεως ἐξ ὅλων τῶν ὁπῶν συγχρόνως. Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου συνάγομεν, ὅτι τὰ ὑγρά μεταδίδουν τὰς πιέσεις καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις.

Θεωρήσωμεν ἤδη σύστημα δύο κατακορύφων σωλήνων κυλινδρικῶν συγκοινωνούντων δι' ὀριζοντίου σωλήνος, τῶν ὁποίων ὁ εἰς ἔχει τομὴν 100 φορὰς μεγαλύτεραν ἀπὸ τὴν τομὴν τοῦ ἄλλου. Ἀφοῦ πληρώσωμεν αὐτὸ μὲ ὕδωρ μέχρι τινός, κλείομεν τοὺς κυλίνδρους δι' ἔμβολων Α καὶ Β (σχ. 68). Οἱ ἔμβολοι οὗτοι

ἐφαρμόζονται ὕδατοστεγῶς ἐπὶ τῶν κυλίνδρων, ἀποτελοῦνται ἐκ τῆς αὐτῆς οὐσίας, ἔχουν τὸ αὐτὸ πάχος καὶ βάσεις ἐπιπέδους καὶ παραλλήλους. Ἐάν κατόπιν ἐπιφέρωμεν ἐπὶ τοῦ ἔμβολου Β οἰανδήποτε πίεσιν, π. χ. ἐάν θέσωμεν ἐπ' αὐτοῦ βάρος 10 γρ., θὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι, διὰ τὴν ἐμποδίσωμεν τὸν ἔμβολον Α ν' ἀνυψωθῇ, θὰ χρειασθῇ νὰ θέσωμεν ἐπ' αὐτοῦ βάρος 1000 γρμ. Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου συνάγομεν ὅτι ἡ πίεσις μετεδίδηται ὁλόκληρος ἐπὶ τοῦ ἔμβολου Α (διότι, ἐάν Ε ἡ τομὴ τοῦ ἔμβολου Β, θὰ ἔχωμεν:



Σχ. 68

$$\text{πίεσις ἐπὶ τοῦ Β} = \frac{10}{E}, \quad \text{πίεσις ἐπὶ τοῦ Α} = \frac{1000}{100 E} = \frac{10}{E}.$$

Ἐκ τῶν παρατηρήσεων τούτων ὁ Πασκάλ συνήγαγε τὴν ἐξῆς

ἀρχήν: Πᾶσα πίεσις, ἡ ὁποία ἐπιφέρεται καθέτως ἐπὶ μέρος τῆς ἐπιφανείας ὑγροῦ εὐρισκομένου ἐν ἰσορροπίᾳ ἐντὸς κλειστοῦ δοχείου, μεταδίδεται ἀκεραία εἰς πᾶσαν ἴσην ἐπιφάνειαν λαμβανομένην ἐπὶ τῶν τοιχωμάτων τοῦ δοχείου ἢ ἐντὸς τῆς μάζης τοῦ ὑγροῦ.

Ἐκ τῆς ἀρχῆς ταύτης προκύπτει, ὅτι ἐπιφάνεια διπλασία, τριπλασία τῆς πιεζομένης ἐπιφανείας θὰ δεχθῇ πίεσιν διπλασίαν, τριπλασίαν. Γενικῶς, ἐὰν Δ ἡ πίεσις, ἡ ὁποία ἐξασκεῖται καθέτως ἐπὶ ἐπιφανείας E ὑγροῦ εὐρισκομένου ἐν ἰσορροπίᾳ ἐντὸς κλειστοῦ δοχείου (τὸ ὑγρὸν ὑποτίθεται ἀπηλλαγμένον τῆς ἐπιδράσεως τῆς βαρύτητος), καὶ Δ' ἡ πίεσις, τὴν ὁποίαν δέχεται ἐπιφάνεια οἰαδήποτε E' τοῦ δοχείου, θὰ ἔχωμεν:

$$\frac{\Delta'}{\Delta} = \frac{E'}{E} \quad \text{ἢ} \quad \Delta' = \Delta \cdot \frac{E'}{E}.$$

Ἡ ἀρχὴ τοῦ Πασκάλ μᾶς παρέχει συνεπῶς μέσον πολλαπλασιασμοῦ τῶν δυνάμεων.

Ἡ σπουδαιότερα ἐφαρμογὴ τῆς ἀρχῆς ταύτης εἶναι τὸ **ὑδραυλικὸν πιεστήριον**.

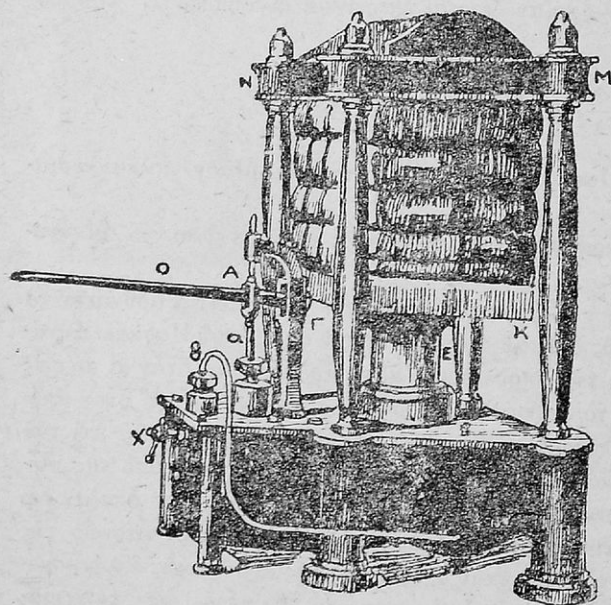
Σημείωσις.—Ἐπειδὴ τὰ ὑγρά ἔχουν βάρος, εἶναι ἀδύνατον νὰ ἀποδείξωμεν ἀκριβῶς διὰ τοῦ πειράματος τὴν ἀρχὴν τοῦ Πασκάλ. Δυνάμεθα ἐν τούτοις νὰ τὴν ἀποδείξωμεν κατὰ προσέγγισιν, ὅταν αἱ πίεσεις αἱ ὀφειλόμεναι εἰς τὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ δὲν λαμβάνονται ὑπ' ὄψιν ἀπέναντι πολὺ μεγαλυτέρων πιέσεων ἐξασκουμένων ἐξωτερικῶς ἐπὶ τοῦ ὑγροῦ. Ἄλλ' ὅταν αἱ πίεσεις οὗται δὲν διαφέρουν πολὺ ἀπὸ τὰς πιέσεις, αἱ ὁποῖαι ἐξασκοῦνται ἐξωτερικῶς, τότε ἡ πίεσις τὴν ὁποίαν δέχεται μέρος τῶν τοιχωμάτων, εἶναι τὸ ἄθροισμα τῆς πιέσεως τῆς προερχομένης ἀπὸ τὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ καὶ τῆς ἐξωτερικῶς ἐπιφερομένης πιέσεως. Δυνάμεθα τότε νὰ εἴπωμεν ὅτι, ἐὰν μέρος τῶν τοιχωμάτων ὑφίσταται αὐξήσιν πιέσεως, ἡ αὐξήσις αὕτη μεταδίδεται ἀκεραία καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις. Ἄλλωστε ἡ διαφορὰ τῶν πιέσεων εἰς δύο σημεία τοῦ ὑγροῦ προέρχεται ἐκ τῆς ἐνεργείας τῆς βαρύτητος.

98. Ὑδραυλικὸν πιεστήριον.—Τὸ ὑδραυλικὸν πιεστήριον εἶναι συσκευὴ διὰ τῆς ὁποίας δυνάμεθα νὰ ἐπιφέρωμεν πολὺ μεγάλας πιέσεις, χρησιμοποιοῦντες δυνάμεις σχετικῶς μικράς.

Συνίσταται ἐκ δύο κυλινδρικών δοχείων ἀνίσων τομῶν (σχ. 69). Τὸ μικρότερον δοχεῖον εἶναι μεικτὴ ἀντλία, ἡ ὁποία ἀναρροφᾷ ὕδωρ

ἐκ πλαγίου δοχείου καὶ συμπιέζει αὐτὸ διὰ μεταλλικοῦ σωλήνος εἰς τὸ μέγα δοχεῖον, τὸ ὁποῖον κυρίως ἀποτελεῖ τὸ ὑδραυλικὸν πιεστήριον. Τὰ πρὸς συμπίεσιν ἀντικείμενα τοποθετοῦνται μεταξὺ πλακῶς ἐφηρμοσμένης ἐπὶ τοῦ ἐμβολῶς τοῦ μεγάλου δοχείου καὶ ἑτέρας πλακῶς παραλλήλου πρὸς τὴν πρώτην, ἥ ὁποία διατηρεῖται σταθερὰ ἐπὶ τεσσάρων σιδηρῶν στύλων.

Ὁ ἐμβολεὺς τοῦ μικροῦ δοχείου τίθεται εἰς κίνησιν διὰ μοχλοῦ Ο. Οὕτω ἐπιφέρει πίεσιν, ἥ ὁποία ἰσοῦται πρὸς τὴν δύναμιν Δ τὴν ἐξασκουμένην εἰς τὸ ἄκρον τοῦ μοχλοῦ, πολλαπλασια-



Σχ. 69

σθεῖσαν ἐπὶ τὸν λόγον τοῦ μεγάλου μοχλοβραχίονος πρὸς τὸν μικρόν. Ἐὰν δὲ πολλαπλασιάσωμεν τὴν πίεσιν ταύτην ἐπὶ τὸν λόγον τῆς τομῆς τοῦ μεγάλου δοχείου πρὸς τὴν τομὴν τοῦ μικροῦ, λαμβάνομεν τὴν τελικὴν πίεσιν, ἥ ὁποία ἐνεργεῖ ἐπὶ τῶν πρὸς συμπίεσιν σωμάτων.

Ἐφαρμογή. Ἐστω $\Delta = 50 \text{ χγρ.}$, ὁ λόγος τῶν μοχλοβραχίων $= 10$ καὶ ὁ λόγος τῶν τομῶν τῶν δοχείων $= 100$. Ἡ τελικὴ πίεσις θὰ εἶναι $= 50 \cdot 10 \cdot 100 = 50000 \text{ χγρ.}$

Τὸ ὑδραυλικὸν πιεστήριον χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν σφυρηλασίαν τῶν μετάλλων, τὴν δοκιμὴν τῆς ἀντοχῆς τῶν ἀλύσεων, διὰ τὴν ἐξαγωγήν τοῦ ἐλαίου ἐκ τῶν πυρήνων, διὰ τὸν ἀποχωρισμὸν τοῦ ἐλαικοῦ ὀξέος ἀπὸ τὰ ἄλλα παχέα ὀξέα εἰς τὴν βιομηχανίαν τῶν κηρίων, διὰ

τὴν ἀνύψωσιν βαρέων σωμάτων (ὕδραυλικὸς κρῖκος), διὰ τὴν ἐλάττωσιν τοῦ ὕγκου ὑφασμάτων, βάμβακος, χαρτοῦ κλπ.

Π ρ ο β λ ῆ μ α τ α

1ον. Ἡ τομὴ τοῦ μεγάλου κυλίνδρου ὑδραυλικοῦ πιεστηρίου εἶναι ἑκατονταπλασία τῆς τοῦ μικροῦ, ἐντὸς τοῦ ὁποίου κινεῖται ἐμβολεὺς μὲ μοχλὸν τοῦ δευτέρου εἶδους, οὕτινος οἱ μοχλοβραχίονες ἔχουν λόγον 4 πρὸς 1. Ἐὰν ἐφαρμόσωμεν εἰς τὸ ἄκρον τοῦ μοχλοῦ δύναμιν 5 χγρ., μὲ ποίαν δύναμιν θὰ ἀνυψωθῇ ὁ ἐμβολεὺς τοῦ μεγάλου κυλίνδρου;

2ον. Ἡ τομὴ τοῦ μικροῦ ἐμβόλου ὑδραυλικοῦ πιεστηρίου ἔχει ἐμβαδὸν 3 τετρ. ἑκατ. καὶ ἡ τοῦ μεγάλου 1,8 τετραγ. παλαμῶν. Ποίαν πίεσιν θὰ ἐπιφέρῃ τὸ μέγα ἐμβολον, ἐὰν ἐπὶ τοῦ μικροῦ ἐφαρμόσωμεν 4 χιλιόγραμμα;

3ον. Θέτομεν τὸ μικρὸν δοχεῖον ὑδραυλικοῦ πιεστηρίου εἰς συγκοινωνίαν μετὰ λέβητος πλήρους ὕδατος. Ποίαν δύναμιν πρέπει νὰ ἐξασκήσωμεν εἰς τὸ ἄκρον α τοῦ μοχλοῦ αβγ, ὅστις κινεῖ τὸν ἐμβολέα τοῦ μικροῦ δοχείου, συνδεδεμένον μετὰ τούτου κατὰ τὸ β, ἵνα τὰ τοιχώματα τοῦ λέβητος δεχθῶν πίεσιν 10 χγρ. κατὰ τετρ. ἑκατ.; Διάμετρος ἐμβολέως = 0,04 μ., αβ = 0,60 μ., αγ = 0,75.

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο Ν Β'

ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΟΥΝΤΑ ΔΟΧΕΙΑ

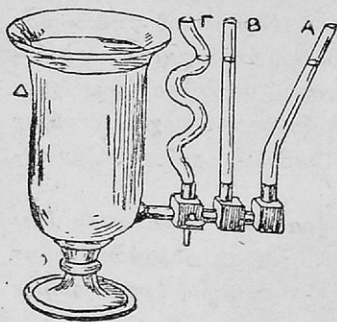
ΠΙΕΣΕΙΣ ΟΦΕΙΛΟΜΕΝΑΙ ΕΙΣ ΤΗΝ ΒΑΡΥΤΗΤΑ

ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΟΥΝΤΑ ΔΟΧΕΙΑ

99. Ἴσορροπία ὑγροῦ ἐντὸς συγκοινωνούντων δοχείων.—

Ὅταν ὑγρὸν τι εὐρίσκεται ἐν ἰσορροπίᾳ ἐντὸς δύο ἢ περισσοτέρων δοχείων, τὰ ὅποια συγκοινωνοῦν μεταξὺ των (καὶ εἶναι ἀνοικτὰ εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν), αἱ ἐλεύθεραι ἐπιφάνειαι τοῦ ὑγροῦ εἰς ὅλα τὰ δοχεῖα εὐρίσκονται εἰς τὸ αὐτὸ ὀριζόντιον ἐπίπεδον (σχ. 70). Ἀποδεικνύομεν πειραματικῶς τὴν ἀρχὴν ταύτην διὰ τῆς συσκευῆς, τὴν ὁποίαν παριστᾷ τὸ σχῆμα 71. Χύνομεν ἐρυθρὸν ὑγρὸν εἰς τὸ χωνίον. Τὸ ὑγρὸν

διέρχεται διὰ τοῦ ἐλαστικοῦ σωλῆνος καὶ ἀνέρχεται εἰς τὸν ὑάλινον σωλῆνα. Δυνάμεθα τότε μὲ νῆμα στάθμης καὶ γνώμονα νὰ βεβαιωθῶμεν, ὅτι αἱ ἐλευθέραι ἐπιφάνειαι τοῦ ὑγροῦ εἰς τὰ δύο δοχεῖα εὐρίσκονται εἰς τὸ αὐτὸ ὀριζόντιον ἐπίπεδον.

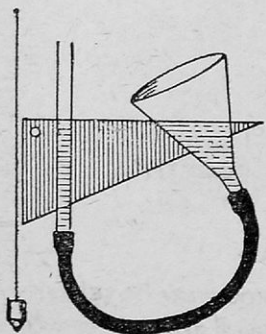


Σχ. 70

Ἐξηγοῦμεν τὴν ἀρχὴν ταύτην θεωροῦντες ἓν ὀριζόντιον ἐπίπεδον ΑΒ κοινὸν εἰς πολλὰ συγκοινωνοῦντα δοχεῖα (σχ. 72). Ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου τούτου καὶ ἐντὸς ἐκάστου δοχείου λαμβάνομεν μίαν μονάδα ἐπιφανείας. Ὅλαι αἱ μονάδες αὗται τῆς ἐπιφανείας, ὥς ἐμάθομεν, πρέπει νὰ ὑφίστανται τὴν αὐτὴν πίεσιν, ἀφοῦ εὐρίσκονται ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ὀριζοντίου ἐπιπέδου. Τοῦτο ὅμως θὰ συμβαίνει, ἐὰν αἱ ἀπο-

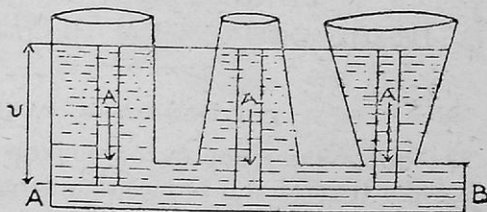
στάσεις αὐτῶν ἀπὸ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας εἶναι ἴσαι.

100. Ἰσορροπία πολλῶν ὑγρῶν ἐντὸς τοῦ αὐτοῦ δοχείου. — Ὅταν πολλὰ ὑγρά, τὰ ὁποῖα δὲν δύνανται νὰ ἀναμιχθῶν οὔτε νὰ ἐπιδράσουν ἐπ' ἀλλήλων χημικῶς, εὐρίσκονται εἰς τὸ αὐτὸ δοχεῖον, ὑπέρκεινται· ἀλλήλων κατὰ τάξιν ἀξίωσης πυκνότητος ἐκ τῶν ἄνω πρὸς τὰ κάτω.



Σχ. 71

Οὕτω, ἐὰν ἐντὸς τοῦ αὐτοῦ δοχείου ρίψωμεν ὕδωρ, ἔλαιον καὶ ὑδράργυρον καὶ ἀναταράξωμεν τὸ δοχεῖον, τὰ ὑγρά φαίνον-



Σχ. 72

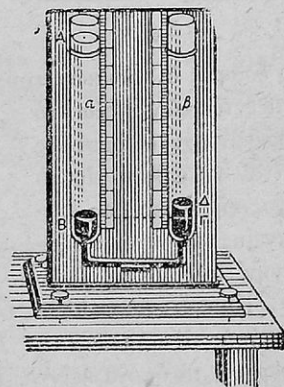
ται ὅτι ἀναμιγνύονται· ἀλλ' ὅταν ἀφήσωμεν τὸ δοχεῖον ἐν ἡρεμίᾳ, θὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι ὁ ὑδράργυρος θὰ εὐρίσκεται εἰς τὸν πυθμένα, ἄνωθεν δὲ αὐτοῦ τὸ ὕδωρ καὶ ἐπὶ τοῦ ὕδατος τὸ ἔλαιον· ἐπὶ πλέον

διαπιστοῦμεν, ὅτι αἱ ἐπιφάνειαι τοῦ χωρισμοῦ μεταξύ τῶν ὑγρῶν τούτων εἶναι ὀριζόντιαι.

101. Ἴσορροπία δύο ἐτερογενῶν ὑγρῶν ἐντὸς δύο συγκοινωνούντων δοχείων.—Ἐὰν ἐντὸς δύο συγκοινωνούντων δοχείων (ἀνοικτῶν ἀνωθεν) χύσωμεν δύο διάφορα ὑγρά, π.χ. ὑδράργυρον καὶ ὕδωρ, παρατηροῦμεν, ὅτι τὰ κατακόρυφα ὕψη τοῦ ὑδραργύρου καὶ τοῦ ὕδατος, μετρούμενα ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας τοῦ χωρισμοῦ τῶν δύο ὑγρῶν ΒΓ (σχ. 73), εἶναι ἄνισα.

Ἐστω v τὸ ὕψος ΒΑ τοῦ ὕδατος εἰς τὸ δοχεῖον α καὶ v' τὸ ὕψος ΓΔ τοῦ ὑδραργύρου εἰς τὸ δοχεῖον β, ἡ δὲ πυκνότης τοῦ ὕδατος καὶ δ' ἡ τοῦ ὑδραργύρου. Αἱ πιέσεις (ἐπὶ τῆς μονάδος τῆς ἐπιφανείας) ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου ΒΓ εἶναι ὡς εἰς τὸ δοχεῖον α καὶ v' εἰς τὸ δοχεῖον β, καὶ ἐπειδὴ εἶναι ἴσαι (διότι τὸ ὀριζόντιον ἐπίπεδον ΒΓ εὐρίσκεται ἐν ἰσορροπίᾳ), θὰ ἔχωμεν:

$$v\delta = v'\delta' \quad \eta \quad \frac{v}{v'} = \frac{\delta'}{\delta}.$$



Σχ. 73

Ἦτοι τὰ κατακόρυφα ὕψη δύο διαφόρων ὑγρῶν (δηλ. ἀνίσου πυκνότητος καὶ μὴ ἐπιδρώντων χημικῶς ἐπ' ἀλλήλων) ἐντὸς δύο συγκοινωνούντων δοχείων, μετρούμενα ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας τοῦ χωρισμοῦ τῶν δύο ὑγρῶν, εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογα πρὸς τὰς πυκνότητας τῶν ὑγρῶν.

Πειραματικὴ ἀπόδειξις. Ἐς μετρήσωμεν τὰ ὕψη τοῦ ὑδραργύρου καὶ τοῦ ὕδατος, εἰς τὸ ἀνωτέρω πείραμα, ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας τοῦ χωρισμοῦ τῶν δύο ὑγρῶν.

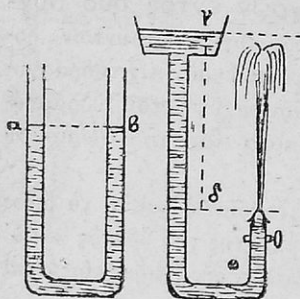
Εὐρίσκομεν π.χ. $v = 340$ χιλιοστά, $v' = 25$ χιλιοστά. Συνεπῶς:

$$\frac{BA}{\Gamma\Delta} = \frac{340}{25} = \frac{13,6}{1} \quad \text{καὶ} \quad BA = 13,6 \cdot \Gamma\Delta.$$

Πράγματι δὲ ὁ ὑδράργυρος εἶναι 13,6 φορὰς πυκνότερος ἀπὸ τὸ ὕδωρ.

102. Ἐφαρμογαὶ τῆς ἰσορροπίας ὑγροῦ ἐντὸς συγκοινωνούντων δοχείων.—α.) Τὰ ὑδραγωγεῖα τῶν πόλεων κατασκευάζονται πάντοτε εἰς ὑψηλὸν μέρος, ἵνα δύναται τὸ ὕδωρ νὰ ἀνέρχεται εἰς τοὺς ὑψηλοτέρους ὁρόφους τῶν οἰκιῶν καὶ νὰ φθάνη εἰς τὰς ὑψηλότερας συνοικίας τῆς πόλεως.

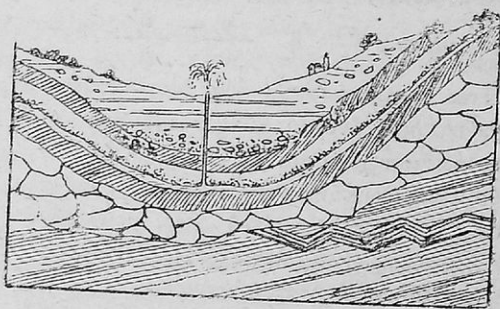
β) **Ἀναβρυτήρια.** Τὸ σχῆμα 74 ἀρκεῖ ὅπως ἐξηγήσῃ τὴν κατασκευὴν τῶν ἀναβρυτηρίων. Ἐὰν ἀνοίξωμεν τὴν στροφίγγα, ἡ ὁποία εὐρίσκεται εἰς τὸ βραχὺ σκέλος, τὸ ὕδωρ θὰ ἀναπηδήσῃ, διότι τείνει νὰ φθάσῃ εἰς τὸ ὀριζόντιον ἐπίπεδον τῆς ἐπιφανείας αὐτοῦ εἰς τὴν δεξαμενὴν. Ἡ ἀντίστασις ὁμως τοῦ ἀέρος, ἡ σύγκρουσις τῶν σταγόνων, αἱ ὁποῖαι ἐπαναπίπτουν, καθὼς καὶ ἡ ἔνεκα τῆς ῥοῆς ἐλάττωσις τῆς πίεσεως ἐλαττώνουν τὸ ὕψος, εἰς τὸ ὁποῖον φθάνει τὸ ὕδωρ.



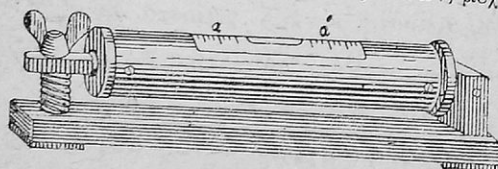
Σχ. 74

τὸ ἔδαφος δι' εἰδικῶν τρυπάνων μέχρις ὑπογείων δεξαμενῶν ὕδατος, καὶ ἐντὸς τῶν ὁποίων τὸ ὕδωρ ἀνέροχεται φυσικῶς τεῖνον νὰ φθάσῃ εἰς τὸ ὕψος τῆς ἀνωτέρας ἐπιφανείας του εἰς τὴν δεξαμενὴν ταύτην (σχ. 75).

Ἐὰν κατασκευάσωμεν ὅπως εἰς σημεῖα τοῦ ἔδαφους, τὰ ὁποῖα κεῖνται ὑψηλότερον ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ὕδατος εἰς τὴν ὑπόγειον δεξαμενὴν, τὸ ὕδωρ θὰ ἀνυψωθῇ ἐντὸς αὐτῶν, μέχρις ὅτου φθάσῃ εἰς τὸ ὕψος



Σχ. 75



Σχ. 76

τῆς ἐπιφανείας ταύτης καὶ οὕτω θὰ ἔχωμεν ἐν κοινὸν φρέαρ.

δ) **Ἀεροστάθμη.**

Αὕτη χρησιμεύει διὰ νὰ ἐξελέγχωμεν τὴν ὀριζοντιότητα εὐθείας, ἐπὶ τῆς ὁποίας τὴν θέτομεν. Συνίσταται ἀπὸ ἓνα ἰάλινον σωλῆνα κλειστὸν κατ' ἀμφοτέρα τὰ ἄκρα καὶ ἐλαφρῶς κεκαμμένον (σχ. 76). Ὁ σωλὴν περι-

ἔχει φυσαλίδα ἀέρος ὑπεράνω λίαν εὐκινήτου ὑγροῦ, ἐκ τοῦ ὁποίου εἶναι πλήρης (π.χ. οἶνοπνεύματος ἢ αἰθέρος). Τὸ ἐπίπεδον τοῦ χωρισμοῦ τῆς φυσαλίδος καὶ τοῦ ὑγροῦ εἶναι πάντοτε ὀριζόντιον. Ὁ σωλὴν οὗτος εἶναι ἐγκεκλεισμένος ἐντὸς ὀρειχαλκίνης θήκης, τῆς ὁποίας ἡ βάσις εἶναι ἀκριβῶς παράλληλος πρὸς τὴν ἐλευθέραν ἐπιφάνειαν τοῦ ὑγροῦ. Τὸ ὄργανον κανονίζεται οὕτως, ὥστε, ὅταν ἡ βάσις αὕτη εἶναι ὀριζοντία, ἡ φυσαλὶς νὰ περιλαμβάνεται μεταξὺ δύο ἐγκαρσίων γραμμῶν τοῦ κυρτοῦ μέρους τοῦ ὑαλίνου σωλήνος. Ἐὰν ἡ βάσις τεθῇ ἐπὶ εὐθείας ὀριζοντίας, ἡ φυσαλὶς στιματᾷ μεταξὺ τῶν δύο γραμμῶν· ἐὰν ἡ εὐθεῖα δὲν εἶναι ὀριζοντία, ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ, πάντοτε ὀριζοντία, δὲν εἶναι πλέον παράλληλος πρὸς τὴν βάσιν καὶ ἡ φυσαλὶς δὲν παραμένει μεταξὺ τῶν γραμμῶν.

Διὰ νὰ ἐπαληθεύσωμεν τὴν ὀριζοντιότητα ἐπιπέδου τινός, τοποθετοῦμεν τὴν βάσιν τῆς ἀεροστάθμης διαδοχικῶς κατὰ δύο εὐθείας τοῦ ἐπιπέδου σχεδὸν καθέτους πρὸς ἀλλήλας· ἐὰν αἱ εὐθεῖαι αὗται εἶναι ὀριζόντιαι, τὸ ἐπίπεδον εἶναι ὀριζόντιον (διότι περιέχει δύο ὀριζοντίας, αἱ ὁποῖαι δὲν εἶναι παράλληλοι).

ΠΙΕΣΙΣ ΟΦΕΙΛΟΜΕΝΑΙ ΕΙΣ ΤΗΝ ΒΑΡΥΤΗΤΑ

103. Πίσις ἐπὶ τοῦ ὀριζοντίου πυθμένος δοχείου.— Εἰς ἕκαστον τετραγ. ἑκατοστόμετρον τοῦ ὀριζοντίου πυθμένος ἡ πίσις θὰ ἰσοῦται μὲ τὸ βάρος ὑγρᾶς στήλης, ἡ ὁποία ἔχει βάσις / ἐν τετραγ. ἐκ. καὶ ὕψος τὴν ἀπόστασίν του ἀπὸ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ (θεμελιῶδες θεώρημα). Ἐὰν π ἡ πίσις αὕτη, ν ἑκατ. τὸ ὕψος τῆς ὑγρᾶς στήλης καὶ δ ἡ πυκνότης τοῦ ὑγροῦ, θὰ ἔχωμεν :

$$\pi = 1. \nu. \delta. \gamma\rho.$$

Ἐπομένως ἡ ὀλικὴ πίσις ἐπὶ τοῦ πυθμένος ἐπιφανείας E τετρ. ἑκατ. θὰ εἶναι :

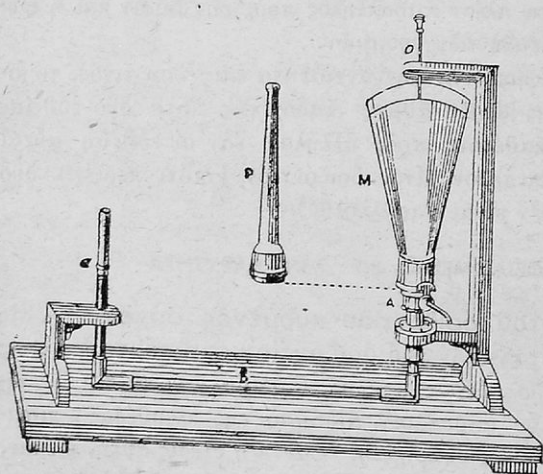
$$\Pi = E. \pi = E. \nu. \delta. \gamma\rho.$$

Ἐπειδὴ δὲ $E\nu$ εἶναι ὁ ὄγκος στήλης ὑγροῦ ἐχούσης βάσιν E καὶ ὕψος ν , δυνάμεθα νὰ εἴπωμεν, ὅτι ἡ ὀλικὴ πίσις, τὴν ὁποίαν ὑφίσταται ὁ πυθμὴν τοῦ δοχείου, ἰσοῦται πρὸς τὸ βάρος τῆς στήλης ἐκ τοῦ ὑγροῦ τούτου, ἡ ὁποία ἔχει βάσιν τὴν ἐπιφάνειαν E τοῦ πυθμένος καὶ ὕψος τὴν κατακρύφον ἀπόστασιν αὐτοῦ ἀπὸ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας, οἷον δὴ ποτε καὶ ἂν εἶναι τὸ σχῆμα τοῦ δοχείου.

Πειραματική απόδειξις. Αὕτη ἐπιτυγχάνεται διὰ τῆς συσκευῆς τοῦ Haldat.

Ἡ συσκευή αὕτη συνίσταται ἐξ ἐνὸς σωλῆνος κεκαμμένου ABa, εἰς τὸ ἐν ἄκρον A τοῦ ὁποίου εἶναι δυνατόν νὰ κοχλιοθοῦν διαδοχικῶς τὰ δοχεῖα M καὶ P, ἔχοντα ὕψος μὲν τὸ αὐτό, ἀλλὰ σχῆμα καὶ χωρητικότητα διάφορον (σχ. 77).

Διὰ νὰ ἐκτελέσωμεν τὸ πείραμα, χύνομεν πρῶτον ὑδράργυρον εἰς τὸν σωλῆνα ABa, ἕως ὅτου ἡ ἐπιφάνεια αὐτοῦ φθάσῃ ὀλίγον κατωτέρω τῆς στρόφιγγος A. Κοχλιοῦμεν τότε ἐπὶ τοῦ σωλῆνος τὸ δοχεῖον M, τὸ ὁποῖον πληροῦμεν ὕδατος. Τὸ ὕδωρ διὰ τοῦ βάρους αὐτοῦ πιέ-



Σχ. 77

ζει τὸν ὑδράργυρον, ὁ ὁποῖος ὑψοῦται εἰς τὸν σωλῆνα α. Τὸ ὕψος τοῦ ὑδραργύρου σημειοῦμεν διὰ δακτυλίου κινητοῦ κατὰ μῆκος τοῦ σωλῆνος, σημειοῦμεν δ' ἐπίσης καὶ τὸ ὕψος τοῦ ὕδατος ἐντὸς τοῦ δοχείου M διὰ τοῦ κινητοῦ στελέχους O. Κατόπιν κενοῦμεν τὸ δοχεῖον M διὰ τῆς στρόφιγγος A, ἀφαιροῦμεν αὐτὸ καὶ ἀντ'

αὐτοῦ κοχλιοῦμεν τὸ δοχεῖον P. Χύνοντες κατόπιν ἐντὸς αὐτοῦ ὕδωρ παρατηροῦμεν, ὅτι ὁ ὑδράργυρος (ὅστις ἐν τῷ μεταξύ εἶχεν ἀναλάβει τὸ ἀρχικὸν αὐτοῦ ὕψος ἐντὸς τῶν δύο βραχιόνων τοῦ σωλῆνος ABa) ὑψοῦται ἐκ νέου ἐντὸς τοῦ σωλῆνος α, φθάνει δὲ ἀκριβῶς μέχρι τοῦ δακτυλίου, ὅταν τὸ ὕδωρ εἰς τὸ δοχεῖον P φθάσῃ τὸ ὕψος, τὸ ὁποῖον εἶχεν εἰς τὸ δοχεῖον M, καὶ τὸ ὁποῖον μᾶς δεικνύει ὁ δείκτης O.

Ἐκ τούτου συμπεραίνομεν, ὅτι καὶ εἰς τὰς δύο περιπτώσεις ἡ πίεσις, τὴν ὁποίαν ἐδέχθη ὁ ὑδράργυρος κατὰ τὴν διεύθυνσιν ABa, εἶναι ἡ αὐτὴ καὶ ὅτι ἐπομένως ἡ πίεσις αὕτη δὲν ἐξαρτᾶται ἀπὸ τοῦ σχῆμα τοῦ δοχείου καὶ τὴν ποσότητα τοῦ ὑγροῦ, ἀλλὰ μόνον ἀπὸ τὸ βάθος καὶ τὴν πυκνότητα τοῦ ὑγροῦ.

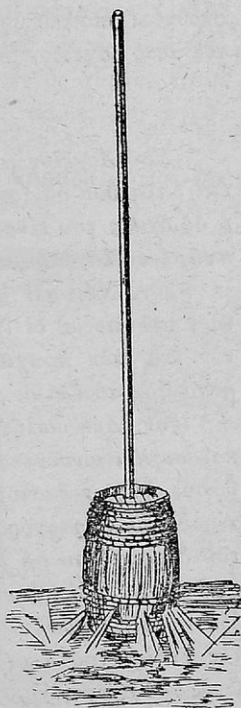
Σημείωσις. — Ὡς πυθμὴν κατ' ἀμφοτέρας τὰς φάσεις τοῦ πειράματος ἐχρησίμευσεν ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου εἰς τὸν σωλῆνα Α.

104. Πίσεις ἐπὶ ἐπιπέδου πλαγίου τοιχώματος. — Εἶδομεν, ὅτι ἡ πίσις, τὴν ὁποίαν ἐπιφέρει ὑγρὸν τι ἐπὶ τῶν τοιχωμάτων τοῦ περιέχοντος αὐτὸ δοχείου, εἶναι κάθετος πρὸς αὐτά. Ἡ ὁλικὴ πίσις, τὴν ὁποίαν ὑφίσταται στοιχεῖον ἐπίπεδον πλαγίου τοιχώματος, ἰσοῦται μὲ τὸ βάρος στήλης ἐκ τοῦ υἱροῦ τούτου, ἡ ὁποία ἔχει βάσιν μὲν τὸ στοιχεῖον τοῦτο, ὕψος δὲ τὴν κατακόρυφον ἀπόστασιν τοῦ κέντρου τοῦ βάρους τοῦ στοιχείου ἀπὸ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ υἱροῦ.

Διότι αἱ πίσεις μεταδίδονται ἐξ ἴσου κατὰ πᾶσαν φορὰν καὶ ἡ πίσις θὰ εἶναι ἡ αὐτὴ μὲ τὴν πίσιν, τὴν ὁποίαν θὰ ὑφίστατο τὸ στοιχεῖον τοῦτο, ἂν καθίστατο ὀριζόντιον διὰ στροφῆς περὶ τὸ κέντρον του.

Συνεπῶς, ἐπειδὴ ἡ πίσις, τὴν ὁποίαν ἔξασκεῖ τὸ ὑγρὸν ἐπὶ μέρους τοῦ πλαγίου τοιχώματος, ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ ὕψος τοῦ υἱροῦ ὑπεράνω τοῦ τοιχώματος τούτου, συνάγομεν, ὅτι δυνάμεθα νὰ ἐπιφέρωμεν σημαντικὰς πίσεις διὰ σχετικῶς μικρᾶς ποσότητος υἱροῦ.

Διὰ νὰ ἀποδείξῃ τοῦτο ὁ Πασκάλ, ἐφήρμοσε σωλῆνα στενὸν καὶ μακρὸν ἐπὶ τῆς ἀνωτέρας βάσεως κάδου πλήρους ὕδατος (σχ. 78), κατόπιν δὲ ἔχυσεν ὕδωρ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος. Εὐθὺς ὡς τοῦτο ἀνῆλθεν εἰς ἀρκετὸν ὕψος, ὁ κάδος διεργράγη ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς σημαντικῆς πίσεως, τὴν ὁποίαν ἐπέφερε τὸ ὕδωρ ἐπ' αὐτοῦ.



Σχ. 78

Ἀριθμητικὴ ἐφαρμογή. Ἐστω 5 μέτρα τὸ μέσον ὕψος τοῦ ὕδατος ἀνωθεν μιᾶς σανίδος τοῦ βαρελίου, 80 ἑκατ. τὸ ὕψος καὶ 10 ἑκατ. τὸ πλάτος τῆς σανίδος. Ἡ ἐπιφάνεια τῆς σανίδος εἶναι $80 \cdot 10 = 800$ τετρ. ἐκ. καὶ ἡ πίσις, ἣν ὑφίσταται εἶναι τὸ βάρος στήλης ὕδατος ὅγκου $800 \cdot 500 = 400.000$ κυβ. ἑκατ. $= 400.000$ γρ. $= 400$ χλγ.

105. Συνισταμένη τῶν πίσεων ἐπὶ τοῦ συνόλου τῶν τοι-

χωμάτων.—Ἐὰν θέσωμεν διαδοχικῶς ἐπὶ τοῦ δίσκου ζυγοῦ διάφορα δοχεῖα, οἰωνδήποτε σχημάτων, κατ' ἀρχὰς μὲν κενά, ἔπειτα δὲ περιέχοντα τὴν αὐτὴν ποσότητα ὕδατος, ὁ ζυγὸς θὰ δείξῃ πάντοτε τὴν αὐτὴν αὔξησιν βάρους καὶ ἡ αὔξησις αὐτὴ θὰ εἶναι ἀκριβῶς ἴση πρὸς τὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ τοῦ περιεχομένου εἰς ἕκαστον δοχεῖον. Συνεπῶς συμπεραίνομεν, ὅτι ἡ **συνισταμένη** ὅλων τῶν πιέσεων, αἱ ὁποῖαι ἐξασκοῦνται ὑπὸ τοῦ ὑγροῦ ἐπὶ τοῦ συνόλου τῶν τοιχωμάτων τοῦ περιέχοντος αὐτὸ δοχείου, ἰσοῦται μὲ τὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ.

Π ρ ο β λ ῆ μ α τ α

1ον. Δοχεῖον πλήρες ὑδροαργύρου, ἔχον σχῆμα κώνου, στηρίζεται ἐπὶ ἐπιπέδου ὀριζοντίου. Ἡ βάσις αὐτοῦ ἔχει ἐμβαδὸν 150 τ. δακτ., ὁ δὲ ὄγκος του εἶναι ἴσος πρὸς μίαν κυβ. παλάμην. Ποῖα ἡ ἐπὶ τοῦ πνυθμένος ἐπιφερομένη πίεσις;

2ον. Χύνομεν ὕδωρ μέχρι τοῦ μέσου τοῦ ὕψους ὑοειδοῦς σωλῆρος, τοῦ ὁποίου οἱ ἴσοι βραχίονες ἔχουν ὕψος 42 ἐκ. Γεμίζομεν ἔπειτὰ τὸν ἕνα τῶν βραχιόνων δι' ἐλαίου πυκνότητος 0,8. Ποῖον ὕψος θὰ καταλάβῃ τὸ ἔλαιον;

3ον. Δύο σωλῆνες κατακόρυφοι, ἔχοντες ἕκαστος τομὴν 2 τ. ἐκ. καὶ συγκοινωνοῦντες δι' ὀριζοντίου σωλῆνος, περιέχουν ὑδροαργύρον ὕψους ὀλίγων ἑκατοστῶν. Χύνομεν εἰς τὸν ἕνα 60 γρ. ὑγροῦ ἐλαφροτέρου τοῦ ὑδροαργύρου. Νὰ εὑρεθῇ κατὰ πόσα χιλιοστά ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑδροαργύρου θὰ μετατεθῇ εἰς τὸν ἄλλον σωλῆνα;

4ον. Σωλὴν ὑοειδῆς περιέχει ὑδροαργύρον. Εἰς τὸ ἔτερον τῶν σκελῶν αὐτοῦ προσθέτομεν τερεβινθέλαιον πυκνότητος 0,87. Ἐὰν τὸ ὕψος τῆς στήλης τοῦ τερεβινθέλαιου εἶναι 68 χιλιοστά, πόσον θὰ εἶναι τὸ ὕψος τοῦ ὑδροαργύρου ἀπὸ τῶ ἐπιπέδου τοῦ χωρισμοῦ τῶν δύο ὑγρῶν;

5ον. Δύο κυλινδρικοὶ σωλῆνες ἔχοντες τομὰς 25 τ. ἐ. καὶ 10 τ. ἐκ. συγκοινωνοῦν διὰ σωλῆνος (τοῦ ὁποίου ἡ χωρητικότης δὲν ὑπολογίζεται), ὅστις εἰς τὸ μέσον φέρει στρόφιγγα. Ὁ μεγαλύτερος περιέχει ἔλαιον (πυκνότης = 0,8), τὸ ὁποῖον ἀνέρχεται 25 ἑκατ. ἄνωθεν τοῦ πνυθμένος, ὁ δὲ μικρότερος περιέχει ὕδωρ, τὸ ὁποῖον ἀνέρχεται 50 ἐκ. ὑπεράνω τοῦ πνυθμένος. Ἀνοίγομεν τὴν στρόφιγγα. Εἰς ποῖον ὕψος θὰ ἀνέλθῃ εἰς ἕκαστον σωλῆνα τὸ ὕδωρ;

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Γ'

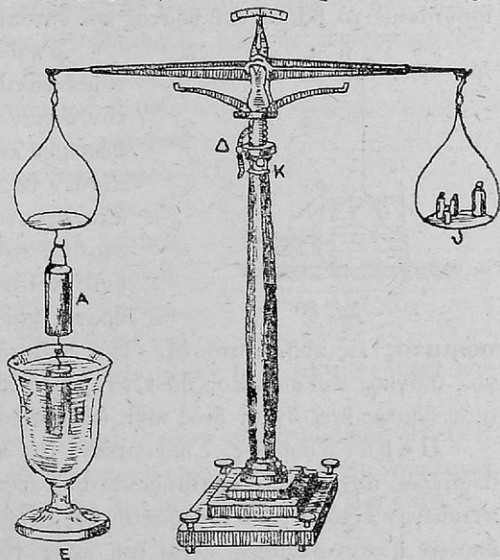
ΑΡΧΗ ΤΟΥ ΑΡΧΙΜΗΔΟΥΣ

ΕΠΙΠΛΕΟΝΤΑ ΣΩΜΑΤΑ

106. Συνισταμένη τῶν πιέσεων ὑγροῦ ἐπὶ σώματος ἔμβαπτισμένου ἐντὸς αὐτοῦ. — Αἱ πιέσεις, αἱ ὁποῖαι ἐπιφέρονται ὑπὸ ὑγροῦ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας σώματος εὐρισκομένου ἐντὸς αὐτοῦ, ἔχουν συνισταμένην ἴσην καὶ ἀντιθέτου φορᾶς πρὸς τὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ τοῦ ἐκτοπιζομένου ὑπὸ τοῦ σώματος (Ἀρχὴ τοῦ Ἀρχιμήδους).

Πειραματικὴ ἀπόδειξις. Α) Διὰ τοῦ ὑδροστατικοῦ ζυ-

γοῦ. Οὗτος εἶναι συνήθης ζυγός, τοῦ ὁποῦ ἐκαστος δίσκος φέρει κάτωθεν ἄγκιστρον καὶ τοῦ ὁποῦ ἢ φάλαγξ δύναται νὰ ὑψωθῇ ἢ νὰ καταβιβασθῇ διὰ κοιλίου Κ κατὰ βούλησιν (σχ. 79). Ὑπὸ τὸν ἓνα δίσκον ἑξαεῶμεν κοῖλον κύλινδρον Α ἔξ ὀρει-

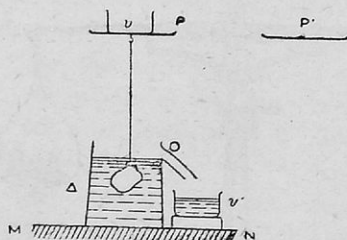


Σχ. 79

χάλλου καὶ ὑπὸ τοῦτον ἕτερον Β πλήρη, τοῦ ὁποῦ ὁ ὄγκος εἶναι ἀκριβῶς ἴσος μὲ τὴν χωρητικότητα τοῦ πρώτου. Ἐπὶ δὲ τοῦ ἑτέρου δίσκου θέτομεν βάρη, ἕως ὅτου ἀποκατασταθῇ ἡ ἰσορροπία. Ἐὰν τότε πληρώσωμεν μὲ ὕδωρ τὸν κύλινδρον Α, ἡ ἰσορροπία καταστρέφεται· ἀλλ' ἐὰν συγχρόνως ἔμβαπτίσωμεν τὸν κύλινδρον Β ὁλόκληρον ἐντὸς τοῦ ὕδατος τοῦ δοχείου Ε, τὸ ὁποῖον φέρομεν ὑπ' αὐτόν, ἡ ἰσορροπία ἐκ νέου ἀποκαθίσταται. Ὁ κύλινδρος Β ὑφίσταται λοιπὸν διὰ τῆς καταδύσεως αὐτοῦ ἄνωσιν ἴσην μὲ τὸ βάρος τοῦ ὕδατος, τὸ ὁποῖον ἐχύσαμεν ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου

Α, ἴσην δηλ. μὲ τὸ βάρος τοῦ ὑπ' αὐτοῦ ἐκτοπισθέντος ὕδατος.

Β) Διὰ τὴν ἀποδείξωμεν τὴν ἀρχὴν ταύτην μὲ σῶμα οἰασθήποτε μορφῆς, θέτομεν ἐπὶ τοῦ ἐνὸς τῶν δίσκων ζυγοῦ δοχεῖον κενὸν ν (σχ. 80) καὶ ἐξαρτῶμεν τὸ σῶμα κάτωθεν τοῦ αὐτοῦ δίσκου. Ἀφοῦ ἰσορροπήσωμεν τὸν ζυγὸν διὰ σταθμῶν, τὰ ὁποῖα θέτομεν εἰς τὸν ἕτερον δίσκον, ἐμβαπτιζόμεν τὸ σῶμα ἐντὸς δοχείου Δ πλήρους ὕδατος μέχρι τοῦ πλευρικοῦ στομίου Ο. Παρατηροῦμεν τότε: α) ὅτι ἡ ἰσορροπία καταστρέφεται καὶ ὁ ζυγὸς κλίνει πρὸς τὸ μέρος τῶν σταθμῶν, (ὅπερ ἀποδεικνύει, ὅτι τὸ σῶμα δέχεται πίεσιν ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω)· β) ὅτι ἡ ἰσορροπία ἀποκαθίσταται, ἐὰν χύσωμεν εἰς τὸ δοχεῖον ν τὸ ἐκτοπισθὲν ὕδωρ, τὸ ὁποῖον συλλέγεται εἰς τὸ δοχεῖον ν'. Συνεπῶς ἡ πίεσις, τὴν ὁποίαν δέχεται τὸ σῶμα ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω, ἰσοῦται μὲ τὸ βάρος τοῦ ὕδατος τοῦ ἐκτοπισθέντος ὑπὸ τοῦ σώματος.



Σχ. 80

Σημειώσεις.— Ἐπειδὴ ὁ ὄγκος τοῦ ἐκτοπιζομένου ὕδατος ἰσοῦται μὲ τὸν ὄγκον τοῦ σώματος, ἐὰν, ἀντὶ τὴν θέσωμεν ἐντὸς τοῦ δοχείου ν τὸ ἐκτοπισθὲν ὕδωρ, θέσωμεν σταθμὰ μέχρις ἀποκαταστάσεως τῆς ἰσορροπίας, τὰ σταθμὰ ταῦτα εἰς γραμμάρια θὰ δεικνύουν τὸν ὄγκον τοῦ ἐκτοπισθέντος ὕδατος καὶ συνεπῶς τὸν ὄγκον τοῦ σώματος εἰς κυβ. ἑκατοστά. Ἐὰν π.χ. τὰ σταθμὰ ταῦτα εἶναι 150 γρ., ὁ ὄγκος τοῦ σώματος θὰ εἶναι 150 κυβ. ἑκατ., ἀφοῦ ἐν γραμμάριον ὕδατος ἔχει ὄγκον ἐνὸς κυβ. ἑκατοστοῦ.

Παρατήρησις. Σημειωτέον, ὅτι καὶ τὸ ἀντίστροφον τῆς ὡς ἀνωτέρω ἀρχῆς τοῦ Ἀρχιμήδους ἀληθεύει. Δηλαδή πᾶν σῶμα ἐμβαπτισμένον ἐντὸς ὑγροῦ ἰσορροποῦντος ἐπιφέρει ἐπ' αὐτοῦ πιέσεις, τῶν ὁποίων ἡ συνισταμένη εἶναι ἴση πρὸς τὸ βάρος τοῦ ἐκτοπιζομένου ὑγροῦ.

Τὴν ἀλήθειαν ταύτην δυνάμεθα νὰ ἀποδείξωμεν πειραματικῶς ὡς ἑξῆς:

Ἐπὶ τοῦ ἐνὸς δίσκου ζυγοῦ θέτομεν ἀγγεῖον περιέχον ὕδωρ, ἰσορροποῦμεν δὲ διὰ σταθμῶν. Λαμβάνομεν κατόπιν τοὺς δύο κυλίνδρους, τὸν πλήρη ὑπὸ τὸν κοῖλον, καὶ καταβιβάζομεν τὸ σύστημα, κρατοῦντες αὐτὸ διὰ νήματος, μέχρις ὅτου ὁ πλήρης ἐμβαπτισθῇ ὁλόκλη-

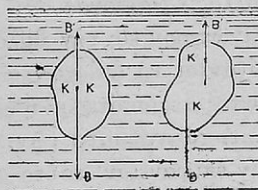
ρος ἐντὸς τοῦ ὕδατος τοῦ ἀγγείου. Ἀμέσως ἡ ἰσορροπία καταστρέφεται καὶ ἡ φάλαγξ κλίνει πρὸς τὸ μέρος τοῦ ἀγγείου. Ἄν ἀφαιρέσωμεν ὅμως ἐκ τοῦ ὕδατος, ὅσον χρειάζεται, ἵνα πληρωθῇ ὁ κοῖλος κύλινδρος, ἡ ἰσορροπία ἀποκαθίσταται.

Κατόπιν τῆς παρατηρήσεως ταύτης εἶναι εὐκόλον νὰ ἐξηγηθῇ καὶ τὸ ἐξῆς φαινόμενον :

Ἄν θέσωμεν ἐπὶ τοῦ ἐνὸς δίσκου ζυγοῦ δοχεῖον πλήρες ὕδατος καὶ πλησίον αὐτοῦ σῶμά τι καὶ ἰσορροπίσωμεν, κατόπιν δὲ ῥίψωμεν τὸ σῶμα ἐντὸς τοῦ ὕδατος, ἡ ἰσορροπία οὐδόλως διαταράσσεται.

107. Συνέπειαι τῆς ἀρχῆς τοῦ Ἀρχιμήδους. — Πᾶν σῶμα ἐμβαπτισμένον ἐντὸς ὑγροῦ ὑφίσταται τὴν ἐνέργειαν δύο δυνάμεων κατακορύφων καὶ ἀντιθέτου φορᾶς: τοῦ βάρους αὐτοῦ B (σχ. 81), ἐφηρμοσμένου εἰς τὸ κέντρον τοῦ βάρους K , καὶ τῆς ἀνώσεως B' , ἐφηρμοσμένης εἰς τὸ κέντρον τῆς ἀνώσεως K' , εἰς τὸ κέντρον δηλ. τοῦ βάρους τοῦ ἐκτοπιζομένου ὅγκου τοῦ ὑγροῦ.

Ἄν τὸ στερεὸν καὶ τὸ ὑγρὸν εἶναι σώματα ὁμοιομερῆ, τὰ κέντρα βάρους αὐτῶν συμπίπτουν εἰς ἓν μόνον καὶ αἱ δυνάμεις B καὶ B' εἶναι κατ' εὐθείαν ἀντίθετοι. Ἐν ἐναντίᾳ περιπτώσει, τὰ σημεῖα ἐφαρμογῆς K καὶ K' τοῦ βάρους καὶ τῆς ἀνώσεως εἶναι διάφορα.



Σχ. 81

Αἱ δυνάμεις B καὶ B' , παράλληλοι καὶ ἀντιθέτου φορᾶς, ἔχουν πάντοτε συνισταμένην ἴσην μὲ τὴν διαφορὰν αὐτῶν. Ὡς ἐκ τούτου :

α) Ἐὰν τὸ βάρος εἶναι μεγαλύτερον τῆς ἀνώσεως ($B > B'$), τὸ σῶμα πίπτει πρὸς τὸν πυθμένα, παρασυρόμενον ὑπὸ τῆς σταθερᾶς δυνάμεως $(B - B')$. Τοῦτο π.χ. θὰ συμβῇ, ἐὰν ῥίψωμεν ὦν ἐντὸς δοχείου περιέχοντος καθαρὸν ὕδωρ.

β) Ἐὰν τὸ βάρος εἶναι ἴσον μὲ τὴν ἄνωσιν ($B = B'$), τὸ σῶμα ἰσορροπεῖ ἐντὸς τῆς μάζης τοῦ ὑγροῦ. Τοῦτο π.χ. συμβαίνει, ἐὰν ῥίψωμεν ὦν ἐντὸς καταλλήλου διαλύματος μαγειρικοῦ ἁλατος.

γ) Ἐὰν ἡ ἄνωσις εἶναι μεγαλύτερα τοῦ βάρους ($B' > B$), τὸ σῶμα ἀνέρχεται πρὸς τὴν ἐλευθέραν ἐπιφάνειαν ὑπὸ τὴν ἐνέργειαν τῆς σταθερᾶς δυνάμεως $B' - B$, συνεπῶς μὲ κίνησιν ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένην. Ἀφ' ἧς ὅμως στιγμῆς τὸ σῶμα ἀναδύεται ἐκ τοῦ ὑγροῦ, ἡ δύναμις B' ἐλαττοῦται, διότι ἐλαττοῦται ὁ ὅγκος τοῦ ἐκτοπιζομένου ὑγροῦ,

μέχρις ὅτου γίνη ἴση μὲ τὸ βάρος τοῦ σώματος, ὁπότε ἔπρεπε τὸ σῶμα νὰ ἰσορροπήσῃ. Ἄλλ' ἔνεκα τῆς κτηθείσης ταχύτητος, τὸ σῶμα ὑπερβαίνει τὴν θέσιν τῆς ἰσορροπίας, κατόπιν ἐπανέρχεται πάλιν εἰς ταύτην ὑπὸ τὴν ἐνέργειαν τοῦ βάρους του καὶ τέλος ἰσορροπεῖ, ἀφοῦ ἐκτελέσῃ σειρὰν παλμικῶν κινήσεων. Λέγομεν τότε, ὅτι τὸ σῶμα **ἐπιπλέει**. Ὅπως π.χ. ἐπιπλέει πῶμα ἐκ φελλοῦ ἐπὶ τοῦ ὕδατος ἢ μόλυβδος ἐπὶ τοῦ ὕδραργύρου.

108. Συνδῆκαι ἰσορροπίας τῶν ἐπιπλεόντων σωμάτων.— Ἵνα σῶμά τι ἐπιπλέον ἰσορροπῇ, πρέπει :

α) Τὸ βάρος τοῦ ἐκτοπιζομένου ὕγρου νὰ εἶναι ἴσον μὲ τὸ βάρος τοῦ σώματος.

β) Τὸ κέντρον τοῦ βάρους τοῦ σώματος καὶ τὸ κέντρον τῆς ἀνώσεως νὰ εὐρίσκωνται ἐπὶ τῆς αὐτῆς κατακορύφου.

109. Ἐφαρμοгаὶ διάφοροι.— Ἡ ἀρχὴ τοῦ Ἀρχιμήδους ἔχει πολλὰς ἐφαρμογὰς. Δι' αὐτῆς ἐξηγεῖται διατὶ μία λέμβος βυθίζεται ὀλιγώτερον εἰς τὴν θάλασσαν παρὰ εἰς τὸ γλυκὺ ὕδωρ, διατὶ οἱ ἰχθύες δύνανται νὰ ἀνέρχωνται καὶ νὰ κατέρχωνται ἐντὸς τοῦ ὕδατος συμπιέζοντες περισσότερον ἢ ὀλιγώτερον τὴν νηκτικὴν αὐτῶν κύστιν. Ἐπίσης διατὶ τὰ πτώματα τῶν πνιγομένων ἀνέρχονται μετὰ τινος ἡμέρας εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦτο συμβαίνει, διότι ταῦτα ἐξογκοῦνται ὑπὸ τῶν ἀερίων, τὰ ὅποια προέρχονται ἐκ τῆς ἀποσυνθέσεως, καὶ συνεπῶς ὁ ὕγκος τοῦ ἐκτοπιζομένου ὕγρου, ἐπομένως καὶ ἡ ἀνωσις αὐξάνεται.

Πλήθος συσκευῶν εἶναι ἐφαρμοгаὶ τῆς ἀρχῆς τοῦ Ἀρχιμήδους, π.χ. τὰ σωσίβια, οἱ σημαντήρες, τὰ ὑποβρύχια, οἱ πλωτήρες, οἱ ὅποιοι δεικνύουν τὸ ὕψος τοῦ ὕδατος ἐντὸς τῶν ἀτμολεβήτων κτλ.

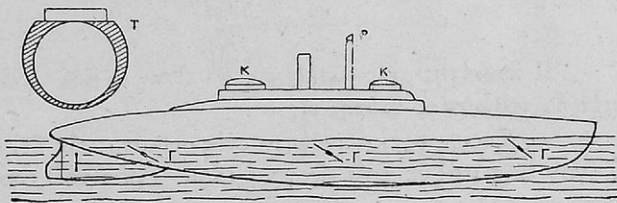
Ὑποβρύχια πλοῖα. Τὸ ὑποβρύχιον συνίσταται ἀπὸ ἐν κέλυφος χαλύβδινον ἀτρακτοειδές, ἐγκαρσίας τομῆς γενικῶς κυκλικῆς. Εἰς τὸν πυθμένα τοῦ ὑποβρυχίου εὐρίσκονται κλειστὰ διαμερίσματα, περιέχοντα ὕδωρ. Τὰ διαμερίσματα ταῦτα, τὰ ὅποια περιέχουν τὸ ὕγρὸν ἔρμα, εἶναι πολὺ στερεά, διὰ νὰ δύνανται νὰ ἀντέχουν εἰς τὴν πίεσιν τοῦ πεπιεσμένου ἀέρος, ὁ ὁποῖος ἐκδιώκει τὸ ὕδωρ, ὅταν πρόκειται τὸ πλοῖον νὰ ἀνέλθῃ. Τέλος, ἔλιξ τοποθετημένη εἰς τὸ ὀπίσθιον μέρος χρησιμεύει διὰ τὴν κίνησιν τοῦ πλοίου (σχ. 82).

Τὸ ὑποβρύχιον εἶναι ἐφωδιασμένον μὲ διαφόρους ἀντλίας, μὲ δοχεῖα πεπιεσμένου ἀέρος, ὁ ὁποῖος χρησιμεύει διὰ τὴν ἐκδίωξιν τοῦ ὕδατος ἐκ τῶν διαμερισμάτων καὶ τὸν ἀερισμόν, μὲ περισκόπιον, διὰ

τοῦ ὁποίου οἱ ἐν αὐτῷ κατοπεύουν τὸν ὁρίζοντα, ὅταν τὸ πλοῖον εὗ-
ρίσκεται ὑπὸ τὸ ὕδωρ, μὲ μανόμετρα, τὰ ὁποῖα δεικνύουν τὴν ἑξωτε-
ρικήν πίεσιν καὶ συνεπῶς τὸ βάθος, εἰς τὸ ὁποῖον εὗρίσκεται τὸ
πλοῖον, καὶ τέλος μὲ κινητῆρας διὰ τὴν κίνησιν τῆς ἑλικος, τῶν ἀν-
τλιῶν κλπ.

Ἡ ἰσορροπία τῶν ὑποβρυχίων, λόγῳ τοῦ σχήματός των, εἶναι
ἀσταθής. Εἶναι δυνατόν διὰ τῆς λειτουργίας τῶν ἀντλιῶν νὰ διορθοῦ-
ται ἐκάστην στιγμήν ἡ τάσις τοῦ ὑποβρυχίου πρὸς ἄνοδον ἢ καθόδον·
ἐν τούτοις προτιμοῦν νὰ διατηροῦν εἰς αὐτὰ μίαν τάσιν πρὸς ἄνοδον
εἰς τὴν ἐπιφάνειαν. Τὰ διευθετοῦν λοιπὸν οὕτως, ὥστε τὸ βάρος B'
τοῦ ὑποβρυχίου νὰ μένῃ μικρότερον ἀπὸ τὴν ἄνωσιν B καὶ τὸ ὑποβρυ-
χιον νὰ δύναται νὰ ἀνέρχεται ὑπὸ τὴν ἐνέργειαν τῆς δυνάμεως $B - B'$.
Ἄλλ' ὅταν τὸ ὑποβρύχιον, ὠθούμενον ὑπὸ τῆς ἑλικός του, τίθεται εἰς
κίνησιν ὁρίζοντιαν κατὰ τὸν ἄξονα αὐτοῦ, τὸ ὕδωρ συναντᾷ τὰ πλάγια

πετρύγια Γ, Γ
(σχ. 82), τὰ ὁ-
ποῖα εἶναι ἐπί-
πεδα κεκλιμέ-
να, τοποθετη-
μένα οὕτως, ὥ-
στε ὑπὸ τὴν ἐν-
έργειαν τῆς



Σχ. 82

κινήσεως ἡ πίεσις τοῦ ὕδατος νὰ παράγῃ ἐμβύθισιν τοῦ ὑποβρυχίου.
Εἶναι φανερόν, ὅτι διὰ μεταβολῆς τῆς κλίσεως τῶν πετρυγίων ἢ τῆς
ταχύτητος, τὸ ὑποβρύχιον βυθίζεται περισσότερον ἢ ὀλιγώτερον. Ἐὰν
ἡ ἑλιξ σταματήσῃ, τὸ ὑποβρύχιον ἀνέρχεται εἰς τὴν ἐπιφάνειαν ἄνευ
οὐδενὸς χειρισμοῦ. Συνεπῶς τὸ ὑποβρύχιον μόνον ἐν πορείᾳ δύναται
νὰ καταδυθῇ.

Σημείωσις.—Τὰ ἀνωτέρω πλοῖα ἢ κυρίως ὑποβρύχια ἀντι-
κατεστάθησαν δι' ἄλλων, τὰ ὁποῖα καλοῦνται **καταδυόμενα**. Ταῦτα
κατασκευάζονται εἰδικῶς διὰ νὰ πλέουν εἰς τὴν ἐπιφάνειαν, καταδύον-
ται δὲ μόνον ἐφ' ὅσον χρόνον εἶναι ἀνάγκη. Ταῦτα εἶναι γενικῶς
πλοῖα μεγάλα, ἐπιδεκτικὰ καταδύσεως. Ἐχουν δύο διαφόρους κινητῆ-
ρας, τὸν ἓνα (διὰ πετρελαίου) διὰ νὰ πλέουν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας, τὸν
ἄλλον (ἠλεκτρικὸν) διὰ νὰ πλέουν ὑπὸ τὸ ὕδωρ. Ἐχουν διπλὰ τοιχώ-
ματα· τὸ ἐσωτερικὸν δὲ ἔχει τομὴν κυκλικὴν καθὼς τὸ τῶν κυρίως ὑπο-

βρυχίων. Τὸ διάστημα μεταξύ τῶν δύο τοιχωμάτων εἶναι διηρημένον εἰς διαμερίσματα, ἐντὸς τῶν ὁποίων εἰσάγεται τὸ ὕδωρ τὸ ἀναγκαιοῦν διὰ τὴν κατὰδυσιν.

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΠΥΚΝΟΤΗΤΩΝ

110. Τὰ βάρη ἴσων ὄγκων διαφόρων οὐσιῶν, π.χ. χαλκοῦ, ὕδατος, φελλοῦ, κτλ., εἶναι διάφορα. Τὰς διαφορὰς ταύτας χαρακτηρίζομεν μετροῦντες τὸ **εἰδικὸν βάρος** ἐνὸς σώματος ἢ τὸ **βάρος τῆς μονάδος τοῦ ὄγκου** τοῦ σώματος τούτου.

Ἐπειδὴ τὸ εἰδικὸν βάρος εἶναι τὸ γινόμενον τῆς πυκνότητος ἐπὶ τὴν ἐπιτάχυνσιν τῆς βαρύτητος (σελ. 73), ἡ σύγκρισις τῶν εἰδικῶν βαρῶν, εἰς τὸν ἴδιον τόπον, ἀνάγεται εἰς τὴν σύγκρισιν τῶν πυκνοτήτων. Ἐὰν ε καὶ ε' τὰ εἰδικὰ βάρη δύο σωμάτων καὶ δ καὶ δ' αἱ πυκνότητες αὐτῶν, θὰ ἔχωμεν εἰς τὸν ἴδιον τόπον :

$$\frac{\varepsilon}{\varepsilon'} = \frac{\delta g}{\delta' g} = \frac{\delta}{\delta'}.$$

Ἡ πυκνότης μιᾶς οὐσίας εἰς θ° εἶναι ἢ μᾶζα ἐνὸς κυβ. ἑκατοστομέτρου τῆς οὐσίας ταύτης εἰς θ° .

Θὰ ἔχωμεν τὴν πυκνότητα ἐνὸς σώματος εἰς θ° , ἐὰν λάβωμεν τὸν **λόγον τῆς μᾶζης τοῦ εἰς γραμμάρια πρὸς τὸν ὄγκον τοῦ εἰς κυβ. ἑκατ. εἰς θ° .**

Ἐὰν ἡ μέτρησις γεωμετρικῶς τοῦ ὄγκου τοῦ σώματος εἶναι δύσκολος, δυνάμεθα νὰ μετρήσωμεν τὴν μᾶζαν ὄγκου ὕδατος εἰς 4° ἴσου πρὸς τὸν ὄγκον τοῦ σώματος. Τοιοῦτοτρόπως ἡ πυκνότης ἐνὸς σώματος εἶναι ὁ λόγος τῶν μαζῶν ἴσων ὄγκων τοῦ σώματος εἰς θ° καὶ τοῦ ὕδατος εἰς 4° .

Ἐπομένως, διὰ νὰ προσδιορίσωμεν τὴν πυκνότητα σώματός τινος, ἀρκεῖ νὰ μετρήσωμεν διὰ τῆς μεθόδου τῆς διπλῆς σταθμίσεως : α) τὸ βάρος τοῦ σώματος εἰς γραμμάρια, β) τὸ βάρος εἰς γραμμάρια ὄγκου ὕδατος εἰς 4° , ἴσου πρὸς τὸν ὄγκον τοῦ σώματος εἰς θ° . Τὸ πηλίκον τοῦ πρώτου ἔξαγομένου διὰ τοῦ δευτέρου θὰ εἶναι ἡ πυκνότης τοῦ σώματος εἰς θ° .

Σημείωσις. — Εἰς τὰς συνήθεις θερμοκρασίας (περὶ τοὺς 15°) τὰ βάρη ἴσων ὄγκων ὕδατος εἰς 4° καὶ εἰς θ° διαφέρουν ἐλάχιστα. Τοιοῦτοτρόπως **πρακτικῶς** ἡ πυκνότης ἐνὸς σώματος εἰς θ° εἶναι ὁ λόγος τῶν βαρῶν εἰς θ° ὄγκου τινὸς τοῦ σώματος πρὸς ἴσον ὄγκον ὕδατος.

111. Εὗρεσις τῆς πυκνότητος τῶν στερεῶν.—Α) Διὰ τῆς μεθόδου τῆς ληκύθου. Ἡ ἀκριβεστέρα μέθοδος ποδὸς προσδιορισμὸν τῆς πυκνότητος τῶν στερεῶν καὶ τῶν ὑγρῶν εἶναι ἡ μέθοδος τῆς ληκύθου.

Μεταχειριζόμεθα μικρὰν λήκυθον, ἡ ὁποία κλείεται διὰ πώματος ὑαλίνου ἐσφυρισμένου. Τὸ πῶμα τοῦτο προεκτείνεται πρὸς τὰ ἄνω εἰς τριχοειδῆ σωλῆνα, ὃ ὁποῖος καταλήγει εἰς χωνίον (σχ. 83). Ἐπὶ τοῦ τριχοειδοῦς σωλῆνος ὑπάρχει χαραγμένον σημεῖον τι α, μέχρι τοῦ ὁποίου πρέπει νὰ πληροῦται ἐκάστοτε ἡ λήκυθος.

α) Θέτομεν τὴν λήκυθον, πλήρη ὕδατος ἀπεσταγμένου, ἐντὸς τηχομένου πάγου. Ὅταν πλέον ἡ θέσις τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος δὲν μεταβάλλεται ἐντὸς τοῦ σωλῆνος, ἀφαιροῦμεν τὴν περίσσειαν τοῦ ὕδατος ὑπεράνω τοῦ σημείου α δι' ἀπορροφητικοῦ χάρτου. Ἐξάγομεν τὴν λήκυθον ἀπὸ τὸν πάγον καὶ ἀφίνομεν νὰ λάβῃ τὴν θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος, κατόπιν δὲ σπογγίζομεν αὐτὴν καλῶς καὶ τὴν θέτομεν ἐπὶ τοῦ ἐνὸς δίσκου ζυγοῦ, παραπλεύρως δὲ θέτομεν καὶ μικρὰ τεμάχια ἐκ τοῦ σώματος, τοῦ ὁποίου θέλομεν νὰ προσδιορίσωμεν τὴν πυκνότητα, καὶ ἰσορροποῦμεν διὰ χόνδρων μολύβδου. Ἐπειτα ἀφαιροῦμεν τὰ τεμάχια τοῦ σώματος καὶ τὰ ἀντικαθιστῶμεν διὰ Β γραμμαρίων. Τὰ γραμμάρια ταῦτα θὰ παριστοῦν τὴν μᾶζαν τοῦ σώματος.



Σχ. 83

β) Ἀφαιροῦμεν τὰ σταθμὰ καὶ τὴν λήκυθον ἀπὸ τὸν δίσκον καὶ εἰσάγομεν τὰ τεμάχια τοῦ σώματος ἐντὸς αὐτῆς. Θέτομεν τὴν λήκυθον ἐντὸς τηχομένου πάγου, ἕως ὅτου ἡ θέσις τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος παύσῃ νὰ μεταβάλλεται, τότε δὲ ἀφαιροῦμεν τὴν περίσσειαν τοῦ ὕδατος ὑπεράνω τοῦ σημείου α. Ἐξάγομεν τὴν λήκυθον ἀπὸ τὸν πάγον καὶ ἀφοῦ λάβῃ τὴν θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος σπογγίζομεν αὐτὴν καλῶς καὶ τὴν ἐπαναφέρομεν ἐπὶ τοῦ ζυγοῦ. Ἰσορροπία δὲν ἐφίσταται πλέον, διότι ποσότης τις ὕδατος ἔξειδιώχθη· προσθέτομεν τότε Β' γραμμάρια πρὸς τὸ μέρος τῆς ληκύθου, ἕως ὅτου ἡ φάλαγξ ἰσορροπήσῃ ἐκ νέου. Τὰ νέα ταῦτα σταθμὰ παριστοῦν προφανῶς τὴν μᾶζαν ὅγκου ὕδατος εἰς 0° ἴσου μὲ τὸν ὅγκον τοῦ σώματος. Θὰ ἔχωμεν τότε

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

Τὸ κυριώτερον πλεονέκτημα τῆς μεθόδου ταύτης εἶναι, ὅτι πειραματιζόμεθα ἐπὶ τεμαχίων τοῦ σώματος ἀρκετὰ μικρῶν, ὥστε νὰ ἀποφεύγωμεν τὰς ἐσωτερικὰς κοιλότητας.

Β) Διὰ τῆς μεθόδου τοῦ ὑδροστατικοῦ ζυγοῦ. Ἡ μέθοδος αὕτη εἶναι ἄμεσος ἐφαρμογὴ τῆς ἀρχῆς τοῦ Ἀρχιμήδους. Κατὰ ταύτην:

α) Ἐξαρτῶμεν τὸ σῶμα διὰ λεπτοῦ νήματος ἀπὸ τοῦ ἀγκίστρου τοῦ ἐνὸς τῶν δίσκων ζυγοῦ (σχ. 84) καὶ ἰσορροποῦμεν αὐτὸ δι' ὀλίγης ἄμμου, τὴν ὁποίαν θέτομεν εἰς τὸν ἄλλον δίσκον. Ἀφαιροῦμεν κατόπιν τὸ σῶμα καὶ ἀντικαθιστῶμεν αὐτὸ διὰ σταθμῶν, ἕως ὅτου ἀποκατασταθῇ πάλιν ἡ ἰσορροπία, ἔστωσαν δὲ Β γραμμάρια τὰ σταθμὰ, τὰ ὁποῖα ἐχρειάσθησαν πρὸς τοῦτο. Τότε ὁ ἀριθμὸς Β παριστᾷ προφανῶς τὴν μᾶζαν τοῦ σώματος.

β) Ἀφαιροῦμεν τὰ σταθμὰ καὶ ὑπὸ τὸν αὐτὸν δίσκον ἐξαρτῶμεν πάλιν τὸ σῶμα. Ἐμβαπτίζομεν τότε τὸ σῶμα ὁλόκληρον ἐντὸς τοῦ ὕδατος δοχείου, τὸ ὁποῖον τοποθετοῦμεν ὑπ' αὐτό.

Ἐπειδὴ τὸ ἐμβαπτισθὲν σῶμα ὑφίσταται ἄνωσιν (ἴσην πρὸς τὸ βάρος τοῦ ἐκτοπισθέντος ὕδατος), προσθέτομεν ἐπὶ τοῦ ἀντιστοίχου δίσκου Β' γραμμάρια, τὰ ὁποῖα ἐπαναφέρουν τὴν φάλαγγα εἰς τὴν πρώτην αὐτῆς θέσιν τῆς ὀριζοντιότητος· ὁ ἀριθμὸς Β' παριστᾷ τὴν μᾶζαν ὅγκου ὕδατος ἴσου πρὸς τὸν τοῦ σώματος.

Διαιροῦντες τέλος τὸ Β διὰ τοῦ Β', εὐρίσκομεν τὴν ζητουμένην πυκνότητα, ἥτοι:

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

Σημείωσις.—Ἐὰν τὸ σῶμα, τοῦ ὁποίου ζητοῦμεν τὴν πυκνότητα, διαλύεται εἰς τὸ ὕδωρ, λαμβάνομεν τὴν πυκνότητα αὐτοῦ ἐν σχέσει πρὸς ὑγρόν, ἐντὸς τοῦ ὁποίου δὲν διαλύεται. Κατόπιν δὲ πολλαπλασιάζομεν τὴν οὕτω εὑρεθεῖσαν πυκνότητα ἐπὶ τὴν πυκνότητα τοῦ βοηθητικοῦ ἵγρου ὡς πρὸς τὸ ὕδωρ.

Ἐὰν π.χ. πρόκειται νὰ προσδιορίσωμεν τὴν πυκνότητα τοῦ σακχάρου, μεταχειριζόμεθα τὴν μέθοδον τῆς λεγκύθου ἐπὶ ἐλαίου, ἐντὸς τοῦ ὁποίου τὸ σάκχαρον εἶναι τελείως ἀδιάλυτον.

Ἐστω Β ἡ μᾶζα τοῦ σακχάρου, Β' ἡ μᾶζα ἴσου ὅγκου ὕδατος, Β'' ἡ μᾶζα ἴσου ὅγκου ἐλαίου.



Σχ. 84

Τότε ἡ πυκνότης τοῦ σακχάρου ὡς πρὸς τὸ ἔλαιον εἶναι :

$$\delta_1 = \frac{B}{B''} \quad (1)$$

ἡ δὲ πυκνότης τοῦ ἐλαίου ὡς πρὸς τὸ ὕδωρ θὰ εἶναι :

$$\delta_2 = \frac{B''}{B'} \quad (2)$$

Πολλαπλασιάζοντες κατὰ μέλη τὰς ἰσότητας (1) καὶ (2), ἔχομεν :

$$\delta_1 \cdot \delta_2 = \frac{B}{B''} \cdot \frac{B''}{B'} = \frac{B}{B'} = \delta,$$

ἥτοι τὴν πυκνότητα τοῦ σακχάρου ὡς πρὸς τὸ ὕδωρ.

ΠΙΝΑΞ ΤΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΟΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΤΙΝΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

Λευκόχρυσος	21,35	Κασσίτερος	7,29
Χρυσὸς	19,33	Ψευδάργυρος	7,2
Μόλυβδος	11,38	Ἀδάμας	3,5
Ἀργυρος	10,5	Μάρμαρον	2,84
Χαλκὸς	8,9	Ἀργίλιον	2,57
Νικέλιον	8,28	Ὑαλος	2,5
Χάλυψ	7,7	Θεῖον	2
Σίδηρος χυτὸς	7,6	Φελλὸς	0,24

112. Εὗρεσις τῆς πυκνότητος τῶν ὑγρῶν.— Α) Διὰ τῆς μεθόδου τῆς λήκνυθου. Διὰ τὰ ὑγρά μεταχειριζόμεθα λήκνυθον ἰδιαίτερου σχήματος (σχ. 85). Αὕτη συνίσταται ἀπὸ δοχεῖον κυλινδρικὸν β, τὸ ὁποῖον προεκτείνεται πρὸς τὰ ἄνω εἰς τριχοειδῆ σωλῆνα, καταλήγοντα εἰς χωνίον α, τὸ ὁποῖον δυνάμεθα νὰ κλείσωμεν διὰ πώματος ὑαλίνου. Ἐπὶ τοῦ τριχοειδοῦς στελέχους ὑπάρχει χαραγμένον σημεῖον γ, μέχρι τοῦ ὁποίου πρέπει νὰ πληροῦται αὕτη. Ἀφ' οὗ πληρώσωμεν τὴν λήκνυθον εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος διὰ τοῦ ὑγροῦ, τοῦ ὁποίου ζητεῖται ἡ πυκνότης, φέρομεν αὐτὴν ἐντὸς τηκομένου πάγου, καί, ὅταν λάβῃ τὴν θερμοκρασίαν τούτου, ἀφαιροῦμεν τὴν περίσσειαν τοῦ ὑγροῦ ὑπεράνω τοῦ σημείου γ. Ἀφίνομεν τὴν συσκευὴν νὰ ἀναλάβῃ τὴν ἐξωτερικὴν θερμοκρασίαν, ὅπως ἀποφύγωμεν τὴν ἀπώθεσιν δρόσου ἐπ' αὐτῆς, σπογγίζομεν καλῶς, τὴν φέρομεν ἐπὶ τοῦ δίσκου ξυγοῦ καὶ ἰσορροποῦμεν διὰ χόνδρων μολύβδου. Κατόπιν κενοῦμεν τὴν λήκνυθον, ξηραίνομεν αὐτὴν ἐσωτερικῶς καὶ τὴν ἐπαναφέρομεν

κενήν ἐπὶ τοῦ δίσκου τοῦ ζυγοῦ. Διὰ τὴν ἀποκαταστήσωμεν τὴν ἰσορροπίαν, προσθέτομεν ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ δίσκου σταθμὰ Β γραμ. Ταῦτα παριστοῦν τὴν μᾶζαν τοῦ ὑγροῦ τοῦ περιεχομένου ἐντὸς τῆς λήκυθου εἰς 0° μέχρι τοῦ σημείου γ. Ἐπαναλαμβάνοντες τὰ αὐτὰ μετὰ ὕδωρ ἀπεσταγμένον, λαμβάνομεν τὴν μᾶζαν Β' τοῦ ὕδατος τοῦ περιεχομένου εἰς τὴν λήκυθον εἰς 0°.

Ἡ πυκνότης τοῦ ὑγροῦ θὰ εἴναι τότε :

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

Β) Διὰ τῆς μεθόδου τοῦ ὑδροστατικοῦ ζυγοῦ.

Ἀπὸ τοῦ ἀγκίστρου τοῦ ἐνὸς δίσκου τοῦ ὑδροστατικοῦ ζυγοῦ ἔξαρθωμεν σῶμά τι, ἐπὶ τοῦ ὁποίου τὸ ὑγρόν, τοῦ ὁποίου ζητοῦμεν τὴν πυκνότητα, νὰ μὴν ἐπιδρῷ χημικῶς. Συνήθως μεταχειρίζομεθα κοίλην σφαιρίνην σφαιρα, καταλλήλως ἐρμα-

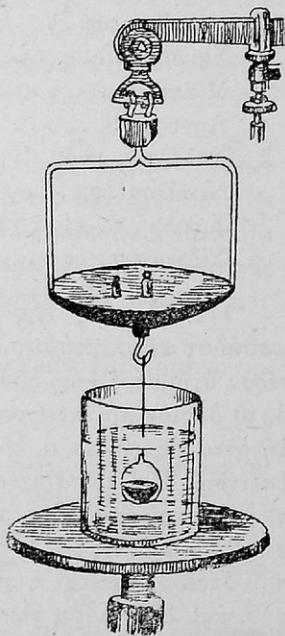
Σχ. 85

τισθεῖσαν διὰ μολύβδου ἢ ὑδραργύρου (σχ. 86). Τὴν σφαιρίνην ταύτην ἰσορροποῦμεν μετὰ ἄμμιον, κατόπιν δὲ ἐμβαπτίζομεν αὐτὴν διαδοχικῶς πρῶτον μὲν εἰς τὸ ἀπεσταγμένον ὕδωρ, ἔπειτα δὲ εἰς τὸ ὑγρόν, τοῦ ὁποίου ζητοῦμεν τὴν πυκνότητα. Ἡ ἰσορροπία ἐκάστοτε καταστρέφεται, τὰ δὲ Β' καὶ Β γραμμάτια, τὰ ὁποῖα εἶναι ἀνάγκη νὰ προσθέσωμεν διὰ ν' ἀποκαταστήσωμεν αὐτήν, παριστοῦν προφανῶς τὸ μὲν πρῶτον τὴν μᾶζαν τοῦ ἐκτοπισθέντος ὕδατος, τὸ δὲ δεύτερον τὴν μᾶζαν τοῦ ἐκτοπισθέντος ἴσου ὄγκου ὑγροῦ.

Ἔχομεν λοιπόν : $\delta = \frac{B}{B'}$.

Σημειώσεις.— Κατὰ τὸν ἀνωτέρω προσδιορισμὸν τῶν πυκνοτήτων τῶν στερεῶν ὡς καὶ τῶν ὑγρῶν δὲν ἐμετρήσαμεν τὸ βάρος

ἴσου ὄγκου ὕδατος εἰς 4° ἀλλὰ εἰς 0°. Διὰ τοῦτο, ὅταν πρόκειται περὶ μεγάλης ἀκριβείας, πολλαπλασιάζομεν τὴν οὕτως εὑρεθεῖσαν πυκνότητα ἐπὶ τὴν πυκνότητα τοῦ ὕδατος εἰς 0°, ἢ ὁποῖα ἴσεται μετὰ 0,9998.



Σχ. 86

ΠΙΝΑΞ ΤΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΟΣ ΥΓΡΩΝ ΤΙΝΩΝ

Υδράργυρος	13,596
Υδωρ θαλάσσιον	1,026
Υδωρ ἀπεσταγμένον εἰς 4°	1,000
Υδωρ ἀπεσταγμένον εἰς 0°	0,999
Ἐλαιον ἐλαιῶν	0,915
Ἀπόλυτον οἶνονπνευμα	0,795

113. Ὑπολογισμός τοῦ εἰδικοῦ βάρους. — Τὸ εἰδικὸν βάρος ἐκφράζεται εἰς δύνας, ἰσοῦται δέ, ὡς ἐμάθομεν, μὲ τὸ γινόμενον τῆς πυκνότητος τοῦ σώματος ἐπὶ τὴν ἔντασιν τῆς βαρύτητος g . Ἡ πυκνότης εἶναι ἀμετάβλητος, ἀλλὰ τὸ εἰδικὸν βάρος μεταβάλλεται, ὅπως τὸ g , μετὰ τοῦ τόπου τῆς παρατηρήσεως.

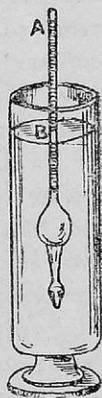
Σημείωσις. — Σχετικὸν εἰδικὸν βάρος ἑνὸς σώματος A ὡς πρὸς ἓν σῶμα B εἶναι ὁ λόγος τῶν βαρῶν ἴσων ὄγκων ἐκ τοῦ A καὶ τοῦ B καὶ εἶναι τὸ αὐτὸ εἰς ὅλους τοὺς τόπους. Ἐὰν τὸ σῶμα τῆς συγκρίσεως εἶναι τὸ ὕδωρ, τὸ σχετικὸν εἰδικὸν βάρος εἶναι ὁ ἴδιος ἀριθμὸς μὲ τὴν πυκνότητα.

114. Ἀραιόμετρα. — Τὰ ἀραιόμετρα εἶναι πλωτῆρες, οἱ ὁποῖοι ἐρματίζονται καταλλήλως, ὥστε νὰ διατηρῶνται κατακόρυφοι ἐντὸς τῶν ὑγρῶν. Ἀποτελοῦνται ἐκ κοίλης ὑάλου καὶ καταλήγουν πρὸς τὰ κάτω μὲν εἰς σφαιρικὴν ἐξόγκωσιν, ἣ ὁποία περιέχει ὑδράργυρον ἢ χόνδρους μολύβδου (σχ. 87), πρὸς τὰ ἄνω δὲ εἰς στέλεχος κυλινδρικόν, τὸ ὁποῖον φέρει τὴν κλίμακα.

Ἐπειδὴ ἓν ἀραιόμετρον θὰ ἰσορροπῇ ἐντὸς ὑγροῦ, ὅταν τὸ βάρος του ἰσοῦται μὲ τὸ βάρος τοῦ ἐκτοπιζομένου ὑγροῦ, ἔπεται ὅτι θὰ βυθίζεται τόσο περισσότερον, ὅσον τὸ ὑγρὸν εἶναι ἀραιότερον. Ἐπομένως τὰ ἀραιόμετρα ταῦτα εἶναι σταθεροῦ βάρους καὶ μεταβλητοῦ βυθιζομένου ὄγκου.

Ἄλλοτε ἐχρησιμοποιοῦν διὰ τὰ ἀραιόμετρα αὐθαίρετους βαθμολογίας, γενικῶς τὰς τοῦ *Baumé*· σήμερον δὲν παραδέχονται πλέον εἰς τὰς ἐμπορικὰς σχέσεις τὰς ἐνδείξεις ταύτας, ἀλλὰ μόνον τὰς πυκνότητος τῶν ὑγρῶν, αἱ ὁποῖαι δίδονται ἀπ' εὐθείας ὑπὸ τῶν πυκνομέτρων.

Ὁξυζύγια *Baumé*. — Τὰ ἀραιόμετρα ταῦτα ἐχρησίμευον διὰ τὰ πυκνότερα τοῦ ὕδατος ὑγρά. Διὰ νὰ βαθμολογήσωμεν ὀξυζύγιον, τὸ



σχ. 87

ἐρματίζομεν οὕτως, ὥστε νὰ βυθίζεται σχεδὸν μέχρι τοῦ ἀνωτάτου ἄκρου τοῦ στελέχους ἐντὸς καθαροῦ ὕδατος, ἐκεῖ δὲ σημειοῦμεν O . Μετὰ ταῦτα ἐμβαπτίζομεν τὸ ἀραιόμετρον ἐντὸς ἀλατοῦχου διαλύματος, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖται ἀπὸ 15 γρ. ξηροῦ θαλασσίου ἄλατος καὶ 85 γρ. ὕδατος. Ἐπειδὴ τὸ διάλυμα τοῦτο εἶναι πυκνότερον τοῦ ὕδατος, τὸ ὄργανον θὰ βυθισθῇ ὀλιγώτερον· σημειοῦμεν 15 εἰς τὸ σημεῖον τῆς ἐπιπολῆς. Κατόπιν διαιροῦμεν τὸ μεταξὺ O καὶ 15 διάστημα εἰς 15 ἴσα μέρη καὶ ἐπεκτείνομεν τὴν βαθμολογίαν μέχρι τῆς βάσεως τοῦ στελέχους.

115. Οἶνοπνευματοζύγια Βαυμέ.— Ταῦτα ἐχρησίμευον διὰ τὰ ἀραιότερα τοῦ ὕδατος ὑγρά. Τὸ ἀραιόμετρον τοῦτο ἐρματίζομεν οὕτως, ὥστε νὰ βυθίζεται μέχρι τοῦ κατωτέρου μέρους τοῦ στελέχους ἐντὸς ἀλατοῦχου διαλύματος ἀποτελουμένου ἀπὸ 10 γρ. θαλασσίου ἄλατος καὶ 90 γρ. ὕδατος καὶ σημειοῦμεν ἐκεῖ τὸ O . Ἐμβαπτίζομεν κατόπιν αὐτὸ ἐντὸς καθαροῦ ὕδατος, εἰς τὸ ὁποῖον βυθίζεται περισσότερον, ἔπειδὴ τὸ ὕδωρ εἶναι ἀραιότερον τοῦ ἀλατοῦχου διαλύματος, καὶ σημειοῦμεν 10 εἰς τὸ σημεῖον ἐπιπολῆς. Διαιροῦμεν κατόπιν τὸ μεταξὺ O καὶ 10 διάστημα εἰς 10 ἴσα μέρη καὶ ἐπεκτείνομεν τὰς διαιρέσεις μέχρι τῆς κορυφῆς τοῦ στελέχους.

Τὰ ἀραιόμετρα ταῦτα δὲν δεικνύουν δι' ἀπλῆς ἀναγνώσεως τοῦ σημείου τῆς ἐπιπολῆς ἐντὸς διαφόρων διαλυμάτων οὔτε τὰς πυκνότητας τῶν ὑγρῶν, οὔτε τὰς διαλυμένας ποσότητας τοῦ ἄλατος, ἀλλὰ μόνον ἐὰν ἐν διάλυμα ἢ ἐν ὀξὺ ἔχη φθάσει εἰς ὁρισμένον βαθμὸν συμπυκνώσεως. Π.χ. τὸ ὀξυζύγιον πρέπει νὰ δεικνύει 66 εἰς τὸ πυκνὸν θεικὸν ὀξύ, 36 εἰς τὸ νιτρικὸν ὀξύ, 3 εἰς τὸ θαλάσσιον ὕδωρ. Τὸ δὲ οἶνοπνευματοζύγιον πρέπει νὰ δεικνύῃ 65 εἰς τὸν καθαρὸν αἰθέρα, 25 εἰς τὴν ἀγοραίαν ἀμμωνίαν κτλ.

116. Πυκνόμετρα.— Οὕτω καλοῦνται ἀραιόμετρα βαθμολογημένα οὕτως, ὥστε δι' ἀπλῆς ἀναγνώσεως τῆς διαιρέσεως, μέχρι τῆς ὁποίας βυθίζονται, νὰ δίδουν τὰς πυκνότητας τῶν ὑγρῶν, ἐντὸς τῶν ὁποίων ἐπιπλέουν.

Ἀρχή.—Ἐστω ἀραιόμετρον διηρημένον εἰς 1000 μέρη ἴσης χωρητικότητος καὶ ἐρματισμένον οὕτως, ὥστε νὰ βυθίζεται εἰς τὸ καθαρόν ὕδωρ μέχρι τῆς διαιρέσεως 1000 εὐρισκομένης εἰς τὸ ἀνώτερον μέρος τοῦ στελέχους. Ἐὰν O_1 ὁ ὄγκος μιᾶς διαιρέσεως καὶ B τὸ βάρος τοῦ ἀραιομέτρου, θὰ ἔχωμεν προφανῶς :

Βάρος ἀραιομέτρου = βάρος ἐκτοπιζομένου ὕδατος, ἦτοι :

$$B = 1000. O_1$$

Ἐὰν τὸ ἀραιόμετρον τοῦτο βυθίζεται μέχρι τῆς διαιρέσεως 800 π.χ. ἐντὸς ὑγροῦ πυκνότητος $\delta > 1$, θὰ ἔχωμεν :

Βάρος ἀραιομέτρου = βάρος ἐκτοπιζομένου ὑγροῦ, ἦτοι :

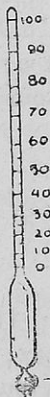
$$B = 800. O_1. \delta.$$

$$\text{Συνεπῶς} \quad 800. O_1. \delta = 1000. O_1$$

$$\text{καὶ} \quad \delta = \frac{1000}{800} = \frac{5}{4} = 1,25.$$

Τὸ πηλίκον τοῦτο εὐρίσκεται προηγουμένως δι' ὅλας τὰς διαιρέσεις τῆς κλίμακος καὶ ἡ ἀντιστοιχοῦσα πυκνότης ἀναγράφεται ἀπέναντι ἐκάστης διαιρέσεως. Ἐὰν λοιπὸν τὸ πυκνόμετρον ἐπιπλήξῃ ἐντὸς ὑγροῦ τινος, τὸ σημεῖον τῆς ἐπιπολῆς μᾶς δίδει δι' ἀπλῆς ἀναγνώσεως τὴν πυκνότητα τοῦ ὑγροῦ τούτου.

Εἰς τὰ πυκνόμετρα τὰ χρησιμεύοντα διὰ τὰ πυκνότερα τοῦ ὕδατος ὑγρά τὸ σημεῖον τῆς ἐπιπολῆς εἰς τὸ καθαρὸν ὕδωρ εὐρίσκεται εἰς τὸ ἀνώτερον μέρος τοῦ στελέχους, ἐνῶ εἰς τὰ πυκνόμετρα τὰ προωρισμένα διὰ τὰ ἀραιότερα τοῦ ὕδατος ὑγρά, τοῦτο εὐρίσκεται εἰς τὸ κατώτερον μέρος τοῦ στελέχους. Τέλος, κατασκευάζονται πυκνόμετρα **γενικὰ** ἐφαδιασμένα διὰ δευτέρου κινητοῦ ἔρματος, τὰ ὁποῖα δύνανται νὰ χρησιμοποιῶνται συγχρόνως καὶ διὰ τὰ πυκνότερα καὶ διὰ τὰ ἀραιότερα τοῦ ὕδατος ὑγρά. Διὰ τοῦτο καὶ φέρουν ταῦτα δύο κλίμακας.



117. Ἑκατοντάβαθμον οἶνοπνευματόμετρον τοῦ Σχ. 88 Gay Lussac.—Τὸ οἶνοπνευματόμετρον τοῦ Gay Lussac εἶναι ἀραιόμετρον, τὸ ὁποῖον δι' ἀπλῆς ἀναγνώσεως δεικνύει τὴν ἀναλογίαν ἐπὶ τοῖς ἑκατὸν εἰς ὄγκους τοῦ καθαροῦ οἶνουπνεύματος, τὸ ὁποῖον περιέχεται εἰς ἓν οἶνοπνευματοῦχον ὑγρὸν, εἰς τὴν θερμοκρασίαν τῶν 15° Κελσίου (σχ. 88).

Διὰ νὰ βαθμολογήσωμεν ἀπ' εὐθείας ἓν οἶνοπνευματόμετρον, τὸ ἐρματίζομεν οὕτως, ὥστε τὸ σημεῖον τῆς ἐπιπολῆς νὰ εὐρίσκεται εἰς τὸ κατώτερον μέρος τοῦ στελέχους, εἰς τὸ καθαρὸν ὕδωρ θερμοκρασίας 15°, ὅπου σημειοῦμεν 0. Βυθίζομεν κατόπιν τὸ ὄργανον εἰς διάφορα ὑγρά θερμοκρασίας 15°, ἀποτελούμενα ἀπὸ 5, 10, 15 ... ὄγκους καθαροῦ οἶνουπνεύματος, εἰς τοὺς ὁποίους προσθέτομεν ἀπεσταγμένον ὕδωρ, διὰ νὰ ἔχωμεν ἐκάστοτε 100 ὄγκους, καὶ σημειοῦμεν διαδοχικῶς

5, 10, 15 . . . εἰς τὰ διάφορα σημεῖα τῆς ἐπιπολῆς. Τὰ διαστήματα τὰ ὁποῖα λαμβάνομεν τοιουτοτρόπως, διαιροῦμεν εἰς 5 ἴσα μέρη ἕκαστον διὰ νὰ ἔχωμεν τὴν κλίμακα.

Τὸ οἶνονπνευματόμετρον τοῦτο δίδει ἀκριβεῖς ἐνδείξεις μόνον εἰς ὑγρά, τὰ ὁποῖα περιέχουν ὕδωρ καὶ οἶνονπνευμα. Διὰ νὰ προσδιορίσωμεν τὸ ποσὸν τοῦ οἶνονπνεύματος, τὸ περιεχόμενον π.χ. εἰς τὸν οἶνον, ἀποστάζομεν γνωστὸν ὄγκον οἴνου· κατόπιν εἰς τὸ ἐκ τῆς ἀποστάξεως ληφθὲν οἶνονπνευμα προσθέτομεν ὕδωρ μέχρις ὅτου λάβωμεν τὸν ἀρχικὸν ὄγκον τοῦ οἴνου, εἰς τὸ μείγμα δὲ τοῦτο βυθίζομεν τὸ οἶνονπνευματόμετρον.

Ἡ περιεκτικότης οἶνονπνευματούχου ὑγροῦ εἰς οἶνονπνευμα δίδεται δι' ἀπλῆς ἀναγνώσεως, ὅταν ἡ θερμοκρασία εἶναι 15°. ἂν εἶναι διάφορος τῶν 15°, πρέπει νὰ χρησιμοποιήσωμεν εἰδικoὺς πίνακας, οἱ ὁποῖοι μᾶς δίδουν τὴν ἀντίστοιχον διόρθωσιν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Δ'

ΜΟΡΙΑΚΑΙ ΔΡΑΣΕΙΣ

118. Ὁρισμένα φυσικὰ φαινόμενα ἀποδίδονται εἰς εἰδικὴν ἐνέργειαν: θερμαντικὴν, φωτεινὴν, ἡλεκτρικὴν, μαγνητικὴν· ἄλλα φυσικὰ φαινόμενα εἶναι δράσεις ἑλκτικαί, καλούμεναι **μοριακαὶ ἢ δυνάμεις συνοχῆς**, αἱ ὁποῖαι ἐξασκοῦνται μεταξὺ τῶν μορίων τῶν σωμάτων. Εἰς τὰς δυνάμεις ταύτας, αἱ ὁποῖαι ἐνεργοῦν ἀπὸ ἐλαχίστης ἀποστάσεως, ὀφείλεται, ὥς ἐμάθομεν, ἡ συνοχὴ τῶν στερεῶν σωμάτων. Εἰς ταῦτα ἡ δύναμις αὕτη εἶναι πολὺ μεγάλη, διότι τὰ μόρια κεῖνται πολὺ πλησίον ἀλλήλων.

Τὰ φαινόμενα τῆς συναφείας, δηλαδή τῆς ἔλξεως, ἡ ὁποία ἐξασκεῖται μεταξὺ τῶν γειτονικῶν μορίων δύο σωμάτων, εἶναι ἐπίσης συνέπεια τῶν δυνάμεων συνοχῆς. Διὰ νὰ δεῖξωμεν τὴν συνάφειαν μεταξὺ δύο στερεῶν σωμάτων, ἐφαρμόζομεν δύο πλάκας ὑαλίνας, τελείως λείας τὴν μίαν ἐπὶ τῆς ἄλλης. Θὰ παρατηρήσωμεν τότε, ὅτι πολὺ δυσκόλως χωρίζονται. Ἐπειδὴ τὸ φαινόμενον παρὰγεται καὶ εἰς τὸ κενόν, δὲν δυνάμεθα νὰ ἀποδώσωμεν τὴν συνάφειαν εἰς τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν. Ἐπίσης ἐνκόλως δυνάμεθα νὰ ἀποδείξωμεν τὴν συνάφειαν

μεταξὺ τῶν ὑγρῶν καὶ τῶν στερεῶν. Ἐὰν π.χ. θέσωμεν δίσκον ὑάλινον ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ὑγροῦ, κατόπιν δὲ ἀννψώσωμεν αὐτόν, θὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι ὁ δίσκος συνεπιφέρει ἐπὶ τῆς κατωτέρας ἐπιφανείας του στῶμα ὑγροῦ. Ἐπίσης ἐὰν βυθίσωμεν ράβδον ὑαλίνην ἐντὸς ὕδατος καὶ τὴν ἐξαγάγωμεν κατόπιν, θὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι εἰς τὸ κατώτερον ἄκρον τῆς ράβδου μένει προσκεκολλημένα σταγὼν ὕδατος. Τὸ ὑγρὸν, τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται εἰς ἄμεσον ἐπαφὴν μετὰ τῆς ὑάλου, συγκρατεῖται ἔνεκα τῆς συναφείας, ἣ ὁποία ἐξασκεῖται μεταξὺ τοῦ ὑγροῦ καὶ τοῦ στερεοῦ, τὸ ὑπόλοιπον δὲ τῆς σταγόνος διατηρεῖται ἔνεκα τῆς ἰδίας συνοχῆς τοῦ ὑγροῦ.

Πάντα τὰ φαινόμενα ταῦτα τῆς συναφείας παράγονται ἐν ἐπαφῇ. Εὐθὺς ὥς ἡ ἀπόστασις μεταξὺ τῶν σωμάτων καταστῇ αἰσθητή, οὐδὲν ἴχνος συναφείας ἐκδηλοῦται.

Τὰ φαινόμενα βαφῆς (χρώσεως) εἶναι ἐπίσης ἐφαρμογὴ τῶν φαινομένων συναφείας. Ἡ συνάφεια, ἣ ὁποία ἐξασκεῖται μεταξὺ τῆς χρωστικῆς οὐσίας καὶ τοῦ στερεοῦ, κάμνει ὥστε ἡ χρωστικὴ οὐσία νὰ προσφύεται τελείως ἐπὶ τοῦ ὑφάσματος.

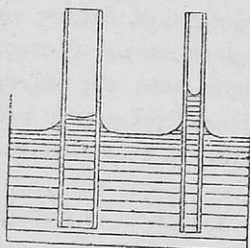
119. Τριχοειδές. — Τὰ φαινόμενα τῆς συναφείας μεταξὺ στερεῶν καὶ ὑγρῶν ἄγουν εἰς φαινομενικὰς ἐξαιρέσεις τῶν νόμων τῆς Ὑδροστατικῆς.

Εἰς τὴν Ὑδροστατικὴν παρατηροῦμεν, ὅτι πᾶν ὑγρὸν παρουσιάζει τοὺς ἐξῆς χαρακτηρὰς: α) δὲν ἔχει σχῆμα ὀρισμένον, β) ἡ ἐλευθέρᾳ ἐπιφάνειά του εἶναι ὀριζοντία, γ) ἐντὸς δύο ἢ περισσοτέρων συγκοινωνούντων δοχείων ἡ ἐπιφάνεια αὐτοῦ εὐρίσκεται εἰς τὸ αὐτὸ ὀριζόντιον ἐπίπεδον. Οἱ νόμοι οὗτοι ὑποθέτουν, ὅτι τὰ ὑγρά μόρια δὲν ὑφίστανται τὴν ἐνέργειαν ἄλλων δυνάμεων ἐκτὸς τῆς βαρύτητος. Ἐνίοτε ὅμως οἱ νόμοι οὗτοι παρουσιάζονται ἐλλειπεῖς. Οὕτω α) ἐπὶ λείας ἐπιπέδου ἐπιφανείας μικρὰ σταγὼν ὑδρογύρου λαμβάνει σχῆμα, τὸ ὁποῖον πλησιάζει τόσον περισσότερον εἰς τὸ σφαιρικόν, ὅσον ἡ σταγὼν εἶναι μικροτέρα, β) ἡ ἐπιφάνεια ὑγροῦ πλησίον τῶν τοιχωμάτων τοῦ δοχείου δὲν εἶναι ὀριζοντία, γ) ἐντὸς στενοῦ ὑαλίνου σωλήνος (**τριχοειδοῦς**) ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ δὲν εὐρίσκεται εἰς τὸ αὐτὸ ἐπίπεδον μετὰ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐξωτερικοῦ ὑγροῦ, ἡ δὲ ἐλευθέρᾳ ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ ἐντὸς τοῦ σωλήνος δὲν εἶναι ἐπίπεδος.

Αἱ φαινομενικαὶ αὗται ἐξαιρέσεις ἀποτελοῦν ὁμάδα φαινομένων, τὰ ὁποῖα καλοῦνται **τριχοειδῇ**, διότι ἡ ἐξήγησις αὐτῶν συνδέεται μὲ

τὴν θεωρίαν τῶν ἀνυψώσεων καὶ ταπεινώσεων τῶν ὑγρῶν ἐντὸς στενῶν σωλήνων ἕνεκα τῆς συναφείας.

120. Ἀνυψώσεις καὶ ταπεινώσεις τριχοειδεῖς.—Τὰ φαινόμενα διαφέρουν ἐντὸς στενῶν σωλήνων, καθ' ὅσον τὸ ὑγρὸν διαβρέχει

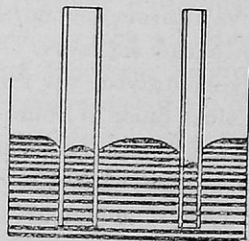


Σχ. 89

ἢ δὲν διαβρέχει τὸ στερεόν. Ὑγρὸν τι λέγομεν, ὅτι διαβρέχει ἐν στερεόν (ὑδωρ καὶ ὕαλος), ὅταν ἡ συνάφειά του πρὸς τὸ στερεόν ὑπερβαίνει τὴν συνοχήν του· δὲν τὸ διαβρέχει δέ, ἐὰν ἡ συνοχή αὐτοῦ ὑπερβαίνει τὴν συνάφειάν του πρὸς τὸ στερεόν (ὑδράργυρος καὶ ὕαλος). Ἐντὸς πολὺ στενοῦ σωλήνος, ἡ ἐλευθέρᾳ ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ, ἀντὶ νὰ μένῃ ἐπίπεδος, λαμβάνει σχῆμα κοῖλον (**κοῖλος μηνίσκος**), τὸ δὲ ὑγρὸν ἐσωτερικῶς ἀνυψοῦται ὑπὲρ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἐξωτερικοῦ ὑγροῦ (σχ. 89), ἐὰν τὸ ὑγρὸν διαβρέχῃ τὸν σωλήνα: Ἐὰν τὸ ὑγρὸν δὲν διαβρέχῃ τὸν σωλήνα, ἡ ἐλευθέρᾳ αὐτοῦ ἐπιφάνεια εἶναι κυρτὴ (**κυρτὸς μηνίσκος**), τὸ δὲ ὑγρὸν ἐσωτερικῶς ταπεινοῦται (σχ. 90). Ἡ διαφορὰ τοῦ ὕψους τῶν ἐπιφανειῶν εἶναι εἰς ἑκατέραν τῶν περιπτώσεων ἡ αὐτὴ καὶ εἰς τὸν ἀέρα καὶ εἰς τὸ κενόν, ὅπερ ἀποκλείει τὴν ἐπίδρασιν τῆς πίεσεως τοῦ ἀέρος.

121. Νόμος τῶν ὑψῶν.—Ἡ θεωρία καὶ τὸ πείραμα συμφωνοῦν εἰς τὸ ὅτι, διὰ τὸ αὐτὸ ὑγρὸν καὶ διὰ τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν, τὰ μέσα ὕψη τῆς ἀνυψώσεως ἢ ταπεινώσεως εἰς τοὺς κυλινδρικοὺς κατακορύφους σωλήνας εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογα πρὸς τὰς ἀκτῖνας τῶν σωλήνων τούτων.

122. Διεύθυνσις τῆς τριχοειδοῦς δρᾶσεως.—Ἡ διαφορὰ τοῦ ὕψους τῶν ἐπιφανειῶν ἐντὸς καὶ ἐκτὸς σωλήνος τριχοειδοῦς ὀφείλεται εἰς δύναμιν κατακόρυφον, ἡ ὁποία λέγεται **τριχοειδὴς δρᾶσις**. Αὕτη εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὴν διάμετρον τοῦ σωλήνος καὶ ἐνεργεῖ ἐπὶ τοῦ ὑγροῦ ἐκ τῆς κυρτότητος πρὸς τὴν κοιλότητα τοῦ μηνίσκου. Εἶναι λοιπὸν ἀνυψωτικὴ μὲν, ἐὰν ὁ μηνίσκος εἶναι κοῖλος· καταβιβαστικὴ δέ, ἐὰν ὁ μηνίσκος εἶναι κυρτός. Ἐκ μέρους τοῦ ὑγροῦ ἐξασκεῖται ἐπὶ τοῦ στερεοῦ ἴση καὶ ἀντίθετος ἀντίδρασις, ἡ ὁποία βυθίζει μὲν τὸν σωλήνα, ἐὰν ὁ μηνίσκος

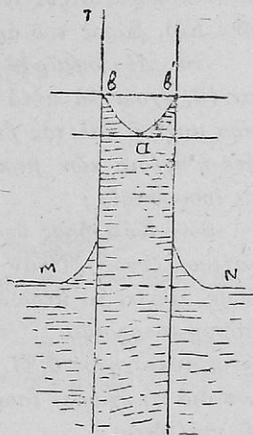


Σχ. 90

εἶναι κοίλος, ἀνυψοῖ δὲ τὸν σωλῆνα, ἔαν ὁ μηνίσκος εἶναι κυρτός.

Σ η μ ε ῖ ω σ ι ς.—Τὰ τριχοειδῆ φαινόμενα ἐξηγοῦνται εὐκόλως, ἔαν ἑξομοιώσωμεν τὴν ἐλευθέραν ἐπιφάνειαν τῶν ὑγρῶν μὲ μεμβράνην ἑλαστικὴν τεταμένην ἐπὶ τῶν ὑγρῶν. Οὕτω ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια ὑγροῦ ἐντὸς τριχοειδοῦς σωλῆνος ἑξομοιοῦται μὲ ἑλαστικὴν μεμβράνην τεταμένην βαβ' (σχ. 91), μορφῆς ἡμισφαιρικῆς, προσκεκολλημένην εἰς τὰ τοιχώματα τοῦ σωλῆνος, τὸν ὅποιον διαβρέχει τὸ ὑγρόν.

Ἡ μεμβράνη αὕτη καταβιβάζει τὸ ὑγρόν, τὸ ὅποιον δὲν διαβρέχει τὸν σωλῆνα.



Σχ. 91

Π ρ ο β λ ῆ μ α τ α

1ον. Ποῖον τὸ εἰδικὸν βάρος τοῦ ἐλαίου, τὸ ὅποιον ἴσται εἰς βαρομετρικὸν σωλῆνα εἰς ὕψος 11,68 μ., ὅταν παρακείμενον βαρομετρον ὑδραργυρικὸν δεικνύει 76 ἐκ.;

2ον. Ἐπὶ ξυλίνης σχεδίας βάρους 96 χγρ. καὶ ὄγκου 200 κ. παλαμῶν ἴσται ἀνθρώπος ὀρθιος. Ἡ σχεδιά ἐπιπλέει ἐπὶ τοῦ ὕδατος βυθιζομένη ὁλόκληρος ἐντὸς αὐτοῦ. Ποῖον τὸ βάρος τοῦ ἀνθρώπου; Καὶ ποῖον τὸ εἰδ. βάρος τοῦ ξύλου τῆς σχεδίας;

3ον. Σφαῖρα ἐκ χρυσοῦ ζυγίζει 96,25 γρ. Ἐμβαπτιζομένη εἰς ὕδωρ ἐκτοπίζει ὄγκον ὕδατος, βάρους 6 γρ. Εἶναι τελείως πλήρης ἡ σφαῖρα ἢ ἐνέχει κοιλότητα; Καὶ ἐν τῇ περιπτώσει ταύτῃ, ποῖον τὸ μέγεθος τῆς ἐγκλεισμένης κοιλότητος; Εἰδ. βάρος χρυσοῦ = 19,25.

4ον. Δοχεῖον χωρητικότητος 80 κυβ. παλαμῶν χωρεῖ 81,5 χγρ. γάλακτος. Μήπως ἐνοθεύθη τὸ γάλα δι' ὕδατος; Καὶ ἐν τοιαύτῃ περιπτώσει, πόσον τὸ εἰσαχθὲν ὕδωρ; Εἰδ. βάρος γάλακτος = 1,03.

5ον. Ἐντὸς δοχείου περιέχοντος ὕδωρ καὶ ὑδραργυρον ἔχομεν σφαῖραν ἐκ σιδήρου ἐν ἰσορροπία. Τῆς σφαίρας ταύτης μέρος μὲν βυθίζεται εἰς τὸν ὑδραργυρον, τὸ δὲ ὑπόλοιπον εἰς τὸ ὕδωρ. Ζητεῖται ὁ λόγος τοῦ ὄγκου χ τοῦ βυθιζομένου εἰς τὸ ὕδωρ πρὸς τὸν ὄγκον ψ τὸν βυθιζόμενον εἰς τὸν ὑδραργυρον. Εἰδ. βάρος σιδήρου = 7,8.

6ον. Ὑδραργυρικὸν θερμομετρον ζυγίζει 20 γρ. Ἐντὸς τοῦ ὕδα-

τος ζυγίζει 15 γρ. Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ βάρος τοῦ ὑδραργύρου, τὸν ὅποιον περιέχει. Εἶδ. βάρος ὕαλου 2,5.

7ον. Στέφανος χρυσοῦς βάρους 1200 γρ. βυθισμένος εἰς ἀπεσταγμένον ὕδωρ ζυγίζει 1127,5 γρ. Περιέχει ὁ στέφανος ἄργυρον καὶ πόσον; Εἶδ. βάρος τοῦ ἀργύρου = 10,5, τοῦ χρυσοῦ = 19.

8ον. Δύο σφαῖραι μεταλλικαί, τῶν ὁποίων τὰ εἶδ. βάρη εἶναι 5 καὶ 10, ἔχουν τὰ αὐτὰ βάρη εἰς τὸ κενόν. Ἐξαργύωμεν αὐτὰς εἰς τὰ ἄκρα μοχλοῦ καὶ τὰς βυθίζομεν εἰς τὸ ὕδωρ. Ποία πρέπει νὰ εἶναι τότε ἡ σχέσηις τῶν μηκῶν τῶν δύο μοχλοβραχιόνων, ἵνα αἱ δύο σφαῖραι ἰσορροποῦν;

9ον. Κύλινδρος ὕψους 20 ἐκ. κρέμαται κάτωθεν τοῦ δίσκου ὑδροστατικοῦ ζυγοῦ. Ὄταν 5 ἐκ. τοῦ κυλίνδρου τούτου βυθίζωνται εἰς τὸ ὕδωρ, πρέπει νὰ θέσωμεν εἰς τὸν ἄλλον δίσκον βάρος 57 γρ. διὰ νὰ ὑπάρῃ ἰσορροπία. Ὄταν δὲ 12 ἐκ. τοῦ κυλίνδρου βυθίζωνται εἰς ὑγρὸν πυκνότητος 0,83, πρέπει νὰ θέσωμεν 22 γρ. εἰς τὸν ἄλλον δίσκον διὰ νὰ ἔχωμεν ἰσορροπίαν. Ποῖον τὸ βάρος καὶ ποία ἡ πυκνότης τοῦ κυλίνδρου;

10ον. Λήκνθος πλήρης ὕδατος ζυγίζει 44 γρ. Εἰσάγομεν εἰς αὐτὴν 10 γρ. σιδήρου καὶ ἀφαιροῦμεν τὴν περίσσειαν τοῦ ὕδατος ὑπεράνω τοῦ ὠρισμένου σημείου. Ἡ λήκνθος ζυγίζει τότε 52,7 γρ. Ποῖον τὸ εἶδ. βάρος τοῦ σιδήρου;

11ον. Λήκνθος ζυγίζει κενὴ μὲν 14,72 γρ., πλήρης ὕδατος 39,74 γρ., πλήρης δὲ ἁλατοῦχου διαλύματος 44,85 γρ. Ποία ἡ πυκνότης τοῦ διαλύματος τούτου;

12ον. Ἀραιόμετρον φέρει κλίμακα διηρομένην εἰς ἴσα μέρη. Τὸ ἀραιόμετρον τοῦτο εἰς μὲν τὸ ὕδωρ δεικνύει Ν βαθμούς, εἰς δὲ τὸ οἰνόπνευμα (εἶδ. βάρους Π) μ βαθμούς. Ζητεῖται ἡ πυκνότης ὑγροῦ, εἰς τὸ ὅποιον τὸ ἀραιόμετρον δεικνύει ν βαθμούς.

13ον. Ἀραιόμετρον Baumé δεικνύει 5° εἰς τὸ καθαρὸν γάλα, 2°, 2 δὲ εἰς γάλα ἀραιωμένον δι' ὕδατος. Ποία ἡ ἀναλογία τοῦ προστεθέντος ὕδατος; Ἡ πυκνότης τοῦ ἁλατούχου διαλύματος, τὸ ὅποιον ἐχρησίμευσε διὰ νὰ δώσῃ κατὰ τὴν βαθμολογίαν τὸ 15°, εἶναι 1,116.

ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟΝ

ΑΕΡΟΣΤΑΤΙΚΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Α'

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΠΙΕΣΙΣ - ΒΑΡΟΜΕΤΡΑ - ΜΕΤΑΒΟΛΑΙ ΤΗΣ ΕΛΑΣΤΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΕΩΣ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ

123. Ἀέρια. — Καλοῦμεν **ἀέρια** πάσας τὰς οὐσίας, αἱ ὁποῖαι ὑπὸ τὰς συνήθεις ἀτμοσφαιρικὰς συνθήκας παρουσιάζονται ὑπὸ τὴν ἀεριώδη κατάστασιν.

Πᾶν ἀέριον εἶναι ρευστὸν **εὐδιάχυτον, συμπιεστὸν καὶ ἐλαστικόν.**

Τὴν διαχυτικότητα τῶν ἀερίων ἀπεδείξαμεν, θέσαντες ὑπὸ τὸν κώδωνα τῆς ἀεραντλίας κύστιν καλῶς κλεισμένην, περιέχουσαν μικρὰν ποσότητα ἀέρος. Μετὰ τὴν ἀραιώσιν τοῦ ἀέρος τοῦ κώδωνος ἡ κύστις ἐξωγκώθη (σχ. 2).

Ἐνεκα τῆς διαχυτικότητός του ἓν ἀέριον δὲν καταλαμβάνει μόνον τὸν πυθμένα, ἀλλὰ πληροῖ ὁλόκληρον τὸ δοχεῖον, ἐντὸς τοῦ ὁποίου ἐγκλείεται. Συνεπῶς δὲν ἔχει **ἐλευθέραν ἐπιφάνειαν.**

124. Συμπιεστὸν καὶ ἐλαστικότης τῶν ἀερίων. — Τὰ ἀέρια εἶναι πολὺ μᾶλλον τῶν ὑγρῶν συμπιεστά· ὑφίστανται μεγάλην ἐλάττωσιν τοῦ ὄγκου των ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν ἀσθενῶν δυνάμεων.

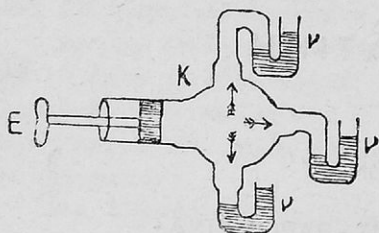
Τὸ συμπιεστὸν τῶν ἀερίων ἀπεδείξαμεν μὲ τὸ δι' **ἀέρος πυρεῖον** (σχ. 1).

Τὰ ἀέρια εἶναι **τελειῶς ἐλαστικά**, ἀναλαμβάνουν δηλ. τὸν ὄγκον των, εὐθὺς ὡς παύση ἡ συμπίεσις. Οὕτω ἐάν, ἀφοῦ συμπίεσωμεν ἀέριόν τι, ἀφήσωμεν ἐλεύθερον τὸ ἔμβολον, τοῦτο ἐπανέρχεται εἰς τὴν προτέραν θέσιν του ἔνεκα τῆς ἐλαστικότητος τοῦ ἀερίου.

125. Μετάδοσις τῶν πιέσεων διὰ τῶν ἀερίων. — Ὅπως τὰ ὑγρά, οὕτω καὶ τὰ ἀέρια, λόγῳ τῆς εὐκινησίας τῶν μορίων των, με-

ταδίδουν καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις τὰς πιέσεις, αἱ ὁποῖαι ἐπιφέρονται ἐπ' αὐτῶν.

Διὰ τὸ νὰ δείξωμεν τοῦτο, χρησιμοποιοῦμεν δοχεῖον (σχ. 92) φέρον εἰς τὸ Κ κυλινδρικὸν σωλῆνα, ἐντὸς τοῦ ὁποίου δύναται νὰ ὀλισθαίνει

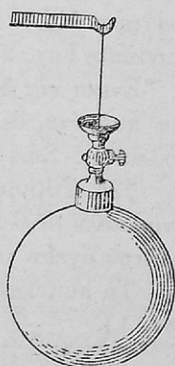


Σχ. 92

διευθύνσεις καὶ ἀναγκάζει τὸ ὑγρὸν τῶν σωλῆνων νὰ ἀνέλθῃ ἐξ ἴσου εἰς ἕκαστον σωλῆνα.

126. Βάρος τῶν ἀερίων.— Τὰ ἀέρια, ὅπως πάντα τὰ σώματα, ἔχουν βάρος (ἂν καὶ δὲν τὰ βλέπομεν νὰ πίπτουν). Διὰ τὸ νὰ ἀποδείξωμεν, ὅτι ὁ ἀήρ π.χ. ἔχει βάρος, ἐξαρθῶμεν ἐκ τοῦ ἐνὸς δίσκου πολὺ εὐπαθοῦς ζυγοῦ σφαῖραν ὑαλίνην, τῆς ὁποίας ὁ λαίμδος φέρει στρόφιγγα, καὶ τὴν ἰσορροποῦμεν (σχ. 93) διὰ χόνδρων μολύβδου. Ἀφαιροῦμεν κατόπιν τὴν σφαῖραν καὶ ἐξάγομεν ἐξ αὐτῆς τὸν ἀέρα, ὅσον τὸ δυνατὸν τελειότερον, κλείομεν τὴν στρόφιγγα καὶ τὴν ἐξαρθῶμεν ἐκ νέου ἐκ τοῦ αὐτοῦ δίσκου τοῦ ζυγοῦ. Ἡ ἰσορροπία καταστρέφεται καὶ ἡ φάλαγξ κλίνει πρὸς τὸ μέρος τῶν χόνδρων· συνεπῶς ὁ ἀήρ ἔχει βάρος. Διὰ τὸ νὰ ἐπαναφέρωμεν τὴν ἰσορροπίαν, πρέπει νὰ προσθέσωμεν εἰς τὸν ἄνωθεν τῆς σφαίρας δίσκον γραμμάρια τινά, τὰ ὁποῖα παριστοῦν προφανῶς τὸ βάρος τοῦ ἀέρος, ὅστις ἐξήχθη ἐκ τῆς σφαίρας.

Δι' ἀκριβεστέρων πειραμάτων εὐρέθη, ὅτι μία κυβ. παλάμη ἀέρος ζυγίζει 1,293 γραμ. ἢ 1,3 γραμ. περιπου.



Σχ. 93

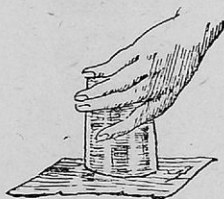
127. Ἀτμόσφαιρα. Ἀτμοσφαιρική πίεσις.— Ἡ ἀτμόσφαιρα εἶναι τὸ στρώμα τοῦ ἀέρος, τὸ ὁποῖον περιβάλλει τὴν γῆν.

Ὁ ἀτμοσφαιρικός ἀήρ εἶναι μείγμα. Εἰς 100 κυβ. παλάμας ἀέρος ὑπάρχουν περίπου 21 κυβ. παλάμαι ὀξυγόνου, 78 κυβ. παλάμαι ἀζώτου, 1 κυβ. παλάμη ἀργοῦ, ἴχνη ἄλλων ἀερίων (κρυπτοῦ, νέου, ξένου,

ήλιου), μικραὶ ποσότητες ὕδρατμοῦ καὶ διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος. Τὸ βάρος τῶν ἀνωτέρων στρωμάτων τῆς ἀτμοσφαίρας συμπιέζει τὰ κατώτερα στρώματα καὶ ἡ πυκνότης αὐτῆς αὐξάνεται, καθ' ὅσον πλησιάζομεν πρὸς τὸ ἔδαφος. Ἡ ἐπιφάνεια τῆς γῆς ὑφίσταται πίεσιν ἴσην μὲ τὸ βάρος τῆς ἀτμοσφαίρας.

Καλοῦμεν **ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν** τὴν πίεσιν, τὴν ὁποίαν ἔξασκει ἡ ἀτμόσφαιρα ἐπὶ τῆς μονάδος τῆς ἐπιφανείας τῶν σωμάτων τῶν εὐρισκομένων πλησίον τοῦ ἐδάφους. Ἡ πίεσις αὕτη δὲν δύναται νὰ ὑπολογισθῇ, καθ' ὅσον δὲν γνωρίζομεν οὔτε τὸ ὕψος τῆς ἀτμοσφαίρας, οὔτε τὸν νόμον τῆς ἐλαττώσεως τῆς πυκνότητος αὐτῆς, καθ' ὅσον ἀνερχόμεθα. Δίδεται ὅμως ἀπ' εὐθείας διὰ τοῦ πειράματος τοῦ Torricelli, ὅπως θὰ ἴδωμεν κατωτέρω.

Σ η μ ε ί ω σ ι ς. — Εἰς 5500 μέτρα ἀνωθεν τοῦ ἐδάφους, ἡ στήλη τοῦ ἀέρος χάνει τὸ ἥμισυ τοῦ βάρους της. Παραδέχονται, ὅτι ἀνωθεν τοῦ στρώματος τοῦ ἀέρος ἔξ ὀξυγόνου καὶ αἰῶτου ὑπάρχει ἀτμόσφαιρα ἔξ ἐλαφρῶν αερίων, ὅπως τὸ ὕδρογόνον, ἡ ὁποία δύναται νὰ ἐκτείνεται μέχρι πολὺ μεγάλου ὕψους. Πάντως, τὰ ἐξωτερικὰ στρώματα τῆς ἀτμοσφαίρας δὲν φθάνουν τὸ ὅριον, ὅπου ἡ φυγόκεντρος δύναμις μηδενίζει τὴν βαρύτητα· ἄλλως θὰ διεσπείροντο εἰς τὸ διάστημα.



Σχ. 94

128. Συνέπεται τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πίεσεως. — Ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις παρέχεται συνήθως ἀπαρατήρητος, διότι αἱ πιέσεις, αἱ ὁποῖαι ἔξασκοῦνται ὑπὸ τῆς ἀτμοσφαίρας ἐπὶ τινος ἀντικειμένου, ἰσορροποῦν ἀλλήλας ἐπαισθητῶς. Ἐν τούτοις ἀποδεικνύομεν αὐτὴν διὰ διαφόρων πειραμάτων.

α) Ἐὰν ἐπὶ τῶν χειλέων ποτηρίου πλήρους ὕδατος ἐφαρμόσωμεν φύλλον χάρτου καὶ ἀναστρέψωμεν τὸ ποτήριον μετὰ προσοχῆς, παρατηροῦμεν, ὅτι τὸ ὕδωρ δὲν πίπτει. Τοῦτο προέρχεται ἐκ τοῦ ὅτι τὸ βάρος τοῦ ὕδατος, τὸ ὁποῖον περιέχεται ἐντὸς τοῦ ποτηρίου, εἶναι μικρότερον ἀπὸ τὴν πίεσιν, τὴν ὁποίαν ἔξασκει ἡ ἀτμόσφαιρα ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω (σχ. 94).

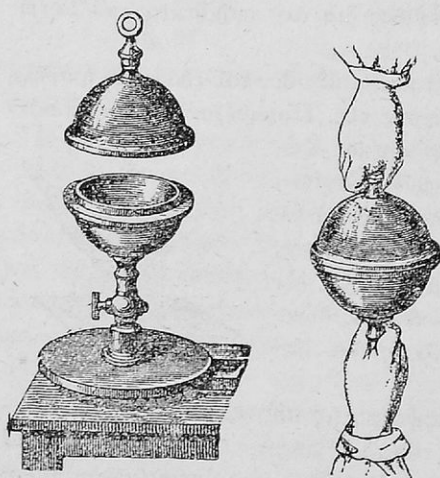
β) Ἐὰν βυθίσωμεν ἐντὸς τοῦ ὕδατος σωλῆνα ὑάλινον καὶ ἀναρροφήσωμεν τὸν ἀέρα ἀπὸ τὸ ἀνώτερον ἄκρον τοῦ σωλῆνος, θὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι τὸ ὕδωρ ἀνέρχεται ἐντὸς αὐτοῦ. Τὸ φαινόμενον τοῦτο

οφείλεται εἰς τὴν πίεσιν, τὴν ὁποίαν ἔξασκεῖ ἡ ἀτμόσφαιρα ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος τοῦ εὗρισκομένου εἰς τὸ δοχεῖον. Πρὸ τῆς ἀναρροφήσεως ἡ πίεσις αὕτη ἐξησκειτο ἐξ ἴσου καὶ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος καὶ ἐκτὸς αὐτοῦ. Μετὰ τὴν ἀναρρόφησιν ἐξέλιπεν ἡ ἐσωτερικὴ πίεσις, ἡ ὁποία ἐξουδετέρωνε τὴν ἐξωτερικὴν καὶ τὸ ὕγρὸν ἀνῆλθεν εἰς τὸν σωλῆνα.

γ) **Πείραμα τῶν ἡμισφαιρίων τοῦ Μαγδεμβούργου.** Ἡ συσκευὴ αὕτη, ἐπινοηθεῖσα ὑπὸ τοῦ Otto de Guericke, δημάρχου τοῦ Μαγδεμβούργου, συνίσταται ἀπὸ δύο κοίλα ἡμισφαίρια ὀρειχάλκινα, (σχ. 95), ἐφηρμοσμένα τὸ ἓν ἐπὶ τοῦ ἄλλου διὰ τῆς μεσολαβήσεως δερ-

ματίνου δακτυλίου ἀλειμμένου διὰ στέατος. Τὸ κατώτερον ἡμισφαίριον φέρει καὶ στρόφιγγα εἰς τὸν πόδα αὐτοῦ, διὰ τοῦ ὁποίου κοχλιοῦται ἐπὶ τῆς ἀεραντλίας.

Ἐφ' ὅσον τὰ ἡμισφαίρια περιέχουν ἀέρα, ἀποχωρίζονται εὐκόλως, διότι ἡ πίεσις, τὴν ὁποίαν ἔξασκεῖ ἡ ἀτμόσφαιρα, ἐξουδετεροῦται ἀπὸ τὴν πίεσιν τοῦ ἐσωτερικοῦ ἀέρος· ἀλλ' ὅταν οὗτος ἀφαιρεθῇ, ἀπαιτεῖται μεγάλη δύναμις ὅπως ἀποχωρισθοῦν τὰ ἡμισφαίρια.



Σχ. 95

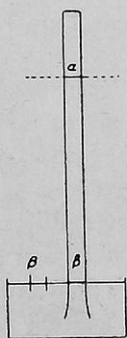
129. **Μέτρησις τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πίεσεως.**— **Πείραμα τοῦ Torricelli.** Ὁ Torricelli, μαθητὴς τοῦ Γαλιλαίου, ἐξετέλεσε τῷ 1643 πείραμα, διὰ τοῦ ὁποίου ὄχι μόνον ἀποδεικνύεται ἡ ὑπαρξίς τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πίεσεως, ἀλλὰ δύναται καὶ νὰ μετρηθῇ. Τὸ πείραμα τοῦτο ἐπαναλαμβάνομεν ὡς ἑξῆς:

Πληροῦμεν τελείως μὲ ὑδρογόνου ὑάλινον σωλῆνα μήκους 80 ἑκατοστομέτρων καὶ ἐσωτερικῆς διαμέτρου 6 — 7 χιλιοστομέτρων, κλειστὸν κατὰ τὸ ἓν αὐτοῦ ἄκρον (σχ. 96). Ἀφοῦ κλείσωμεν τὸ ἀνοικτὸν ἄκρον διὰ τοῦ δακτύλου, ἀναστρέφομεν αὐτὸν καὶ τὸν ἐμβαπτίζομεν ἐντὸς λεκάνης πλήρους ὑδρογόνου. Ἀποσύροντες τὸν δάκτυλον, βλέ-

πομεν, ὅτι ὁ ὑδραργυρος καταπίπτει καὶ σταματᾷ εἰς ὕψος 76 περίπου ἑκατοστομέτρων ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας αὐτοῦ εἰς τὴν λεκάνην, ἀφίνων οὕτω ἄνωθὲν τοῦ χώρου κενόν, ὃ ὁποῖος λέγεται **βαρομετρικὸς θάλαμος**.

Ἐξηγήσεις. Θεωρήσωμεν δύο μονάδας ἐπιφανείας, τὴν μὲν μίαν β' ἐπὶ τῆς ἐλευθέρως ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου τῆς λεκάνης, τὴν δὲ ἄλλην β' ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ὀριζοντίου ἐπιπέδου, ἀλλ' ἐντὸς τοῦ σωλήνος (σχ. 97). Ἐπειδὴ αἱ δύο αὗται ἐπιφάνειαι εὐρίσκονται εἰς τὸ αὐτὸ ὀριζόντιον ἐπίπεδον ὑγροῦ εὐρισκομένου ἐν ἰσορροπίᾳ, ὑφίστανται τὴν αὐτὴν πίεσιν. Καὶ ἐπὶ μὲν τοῦ στοιχείου β' ἐπιφέρεται ἀμέσως ἡ ἀτμοσφαιρική πίεσις, ἐνῶ ἐπὶ τοῦ β' τὸ βάρος τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης καὶ μόνον, διότι κατὰ τὸ α, ὑπεράνω τοῦ ὑδραργύρου ὑπάρχει χώρος κενός. Συμπεραίνομεν λοιπόν, ὅτι ἡ ἀτμοσφαιρική πίεσις ἰσορροπεῖ τὸ βάρος τῆς ἀνυψωμένης στήλης τοῦ ὑδραργύρου.

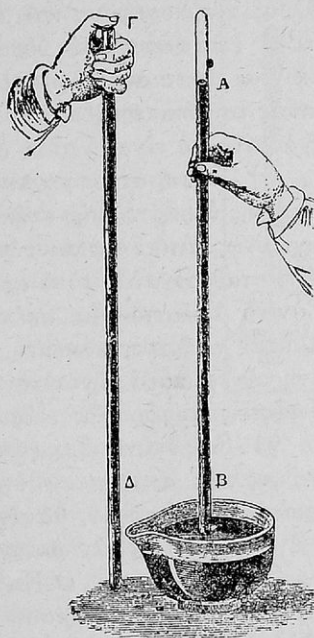
130. Τιμὴ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς



Σχ. 97

πίεσεως.—Ἡ ἀτμοσφαιρική λοιπὸν πίεσις ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ἐνὸς τετραγωνικοῦ ἑκατοστομέτρου ἰσοῦται μὲ τὸ βάρος στήλης ὑδραργύρου, ἡ ὁποία ἔχει βάσιν ἐν τετρ. ἑκατοστόμετρον καὶ ὕψος τὴν κατακόρυφον ἀπόστασιν τῶν ἐπιφανειῶν τοῦ ὑδραργύρου εἰς τὸν σωλῆνα καὶ τὴν λεκάνην. Δι' ὕψος 76 ἑκατ. ἡ ἀνυψωμένη στήλη ἔχει βάρος $1.76.13,6 = 1033,6$ γρ. Τὸ βάρος τοῦτο εἰς δύνας εἶναι περίπου 1033.980. Καλοῦμεν τοῦτο πίεσιν **μιας ἀτμοσφαίρας**.

Παρατηρήσεις. α) Ἐὰν ἡ ἀτμοσφαιρική πίεσις μὲν σταθερά, καὶ τὸ κατακόρυφον ὕψος τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης ἐντὸς τοῦ σωλήνος μένει σταθερόν. Εἶναι δὲ ἀνεξάρτητον τοῦ σχήματος, τῆς διαμέτρου καὶ τῆς



Σχ. 96

κλίσεως τοῦ σωλήνος. Πράγματι, ἐὰν ἀναστρέψωμεν ἐντὸς τῆς αὐτῆς λεκάνης σωλήνας τοῦ Torricelli διαφόρων σχημάτων καὶ διαμέτρων, ἄλλους κατακορύφους καὶ ἄλλους κεκλιμένους, θὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι αἱ ἐπιφάνειαι τοῦ ὑδραργύρου εἰς ὅλους τοὺς σωλήνας θὰ εὐρίσκωνται εἰς τὸ αὐτὸ ὀριζόντιον ἐπίπεδον καὶ ὅτι ἡ κατακόρυφος ἀπόστασις τοῦ ἐπιπέδου τούτου ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ὑδραργύρου ἐν τῇ λεκάνῃ θὰ εἶναι ἡ αὐτὴ δι' ὅλους τοὺς σωλήνας.

β) Ἐὰν ἡ ἀτμοσφαιρική πίεσις αὐξάνεται ἢ ἐλαττοῦται, καὶ τὸ ὕψος τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης πρέπει νὰ αὐξάνεται ἢ νὰ ἐλαττοῦται συγχρόνως. Διότι εἰς τὸν τύπον $\Delta = 76.13,6.980$, ἐπειδὴ τὸ 13,6.980 μένει σταθερόν, ἐὰν τὸ Δ αὐξάνεται πρέπει καὶ τὸ 76 νὰ αὐξάνεται. Ἐὰν τὸ Δ ἐλαττοῦται, πρέπει καὶ τὸ 76 νὰ ἐλαττοῦται. Δυνάμεθα ἄλλως τε νὰ ἐπαληθεύσωμεν τὸ συμπέρασμα τοῦτο πειραματικῶς, παρατηροῦντες κατὰ τὴν αὐτὴν στιγμὴν σωλήνας Torricelli τοποθετημένους εἰς διάφορα ὕψη, ὥς θὰ μάθωμεν κατωτέρω.

γ) Ἐὰν ἐπαναλάβωμεν τὸ πείραμα τοῦ Torricelli μὲ ἄλλο ὑγρόν, τὸ ὕψος τῆς στήλης τοῦ ὑγροῦ τούτου, ἢ ὁποία θὰ ἰσορροπῇ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν, θὰ εἶναι τόσας φορὰς μεγαλύτερον ὅσας φορὰς τὸ ὑγρὸν θὰ εἶναι ὀλιγώτερον πυκνόν.

Ἐφαρμογαί. Ὁ Πασκάλ, διὰ νὰ ἐπιβεβαιώσῃ τὸ πείραμα τοῦ Torricelli, μετεχειρίσθη σωλήνα μήκους 15 μέτρων, τὸν ὁποῖον ἐπλήρωσε μὲ ἐρυθρὸν οἶνον. Οὕτω διεπίστωσεν, ὅτι τὸ ὑγρὸν τοῦτο, τὸ ὁποῖον εἶναι περίπου 13,5 φορὰς ὀλιγώτερον πυκνὸν ἀπὸ τὸν ὑδράργυρον, ἀνυψώθη εἰς 10,40 μέτρα, δηλ. εἰς ὕψος περίπου 13,5 φορὰς μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ τοῦ ὑδραργύρου.

131. Βαρόμετρα.—Τὰ βαρόμετρα εἶναι ὄργανα, διὰ τῶν ὁποίων μετροῦμεν μετ' ἀκριβείας κατὰ πᾶσαν στιγμὴν καὶ εἰς πάντα τόπον τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν. Διότι ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις μεταβάλλεται ὄχι μόνον ἀπὸ τόπου εἰς τόπον, ἀλλὰ καὶ εἰς τὸν αὐτὸν τόπον.

Κοινὸν βαρόμετρον. Τοῦτο εἶναι σωλὴν τοῦ Torricelli, στερωμένος ἐπὶ κατακορύφου σανίδος, ἢ ὁποία ὑποβαστάζει ἀρκετὰ εὐρεῖαν λεκάνην, περιέχουσαν ὑδράργυρον, ἐντὸς τοῦ ὁποίου βυθίζεται ὁ σωλὴν. Κατὰ μῆκος τοῦ ἀνωτέρου μέρους τοῦ σωλήνος ὑπάρχει κλίμαξ, τῆς ὁποίας τὸ μηδὲν συμπίπτει πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ὑδραργύρου τῆς λεκάνης (σχ. 98). Ὄταν ἡ πίεσις αὐξάνεται καὶ ὁ ὑδράργυρος ἀνυψοῦται εἰς τὸν σωλὴνα, ἡ ἐπιφάνειά του εἰς τὴν λεκάνην κα-

τέρχεται καὶ συνεπῶς δὲν ἀντιστοιχεῖ πλέον εἰς τὸ μηδὲν τῆς κλίμακος. Ἄλλ' ἡ μεταβολὴ αὕτη εἰς τὴν λεκάνην δὲν λαμβάνεται ὑπ' ὄψιν, καθ' ὅσον αὕτη ἔχει διάμετρον πολὺ μεγαλυτέραν τῆς τοῦ σωλήνος καὶ ἐπομένως αἱ ἀνυψώσεις καὶ καταπτώσεις τοῦ ὑδραργύρου ἐντὸς τοῦ σωλήνος ἐπιφέρουν ἀνεπαίσθητον μεταβολὴν τοῦ ὕψους τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου εἰς τὴν λεκάνην.

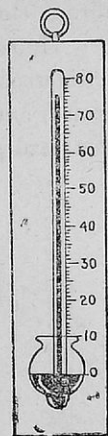
Βαρόμετρον τοῦ Fortin. Τὸ βαρόμετρον τοῦτο ἀποτελεῖται κυρίως ἐκ κυλινδρικῆς λεκάνης ὑαλίνης (σχ. 99), ἡ ὁποία φέρει πυθμένα ἐκ δέρματος, ὅστις δύναται νὰ ἀνυψοῦται ἢ νὰ ταπεινοῦται διὰ μεγάλου κοχλίου εὐρισκομένου ὑπ' αὐτήν. Ἐπὶ τῆς ἀνωτέρας βάσεως τῆς κυλινδρικῆς λεκάνης εἶναι στερεωμένη λεπτὴ ἀκίς (α), ἕξ ἑλεφαντοστοῦ, τῆς ὁποίας ἡ αἰχμὴ πρέπει νὰ ἐφάπτεται πάντοτε τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου τῆς λεκάνης.

Κατὰ τὸ μέσον τῆς βάσεως ταύτης ὑπάρχει ὀπή, διὰ τῆς ὁποίας διέρχεται ὁ βαρομετρικὸς σωλήν, τοῦ ὁποίου τὸ κατώτερον ἀνοικτὸν ἄκρον βυθίζεται ἐντὸς τοῦ ὑδραργύρου, τὸν ὁποῖον περιέχει ἡ λεκάνη. Ἵνα δὲ μὴ ὁ ὑδραργυρὸς ἐξέρχεται ἐκ τῆς λεκάνης κατὰ τὴν μεταφορὰν τοῦ ὄργάνου, ἡ ὀπή, διὰ τῆς ὁποίας εἰσέρχεται ὁ βαρομετρικὸς σωλήν, κλείεται καλῶς διὰ δέρματος, διὰ τῶν πόρων τοῦ ὁποίου μεταδίδεται ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις ἐπὶ τοῦ ὑδραργύρου τῆς λεκάνης. Τὸ κατώτερον μέρος τῆς λεκάνης περιβάλλεται μὲ ὀρειχαλκίνην θήκην, ἡ ὁποία διὰ τριῶν ἡλῶν συνδέεται μετὰ τοῦ καλύμματος αὐτῆς. Καὶ ὁ βαρομετρικὸς σωλήν ἐπίσης περιβάλλεται μὲ ὀρειχαλκίνην θήκην, ἡ ὁποία πρὸς τὸ ἀνώτερον μέρος φέρει ἀπέναντι ἀλλήλων δύο ἐπιμήκεις θυρίδας, διὰ τῶν ὁποίων διακρίνεται ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου ἐντὸς τοῦ σωλήνος (κατὰ τὸ Α, σχ. 100). Ἐπὶ τῆς θήκης ταύτης εἶναι χαραγμένοι εἰς χιλιοστὰ τοῦ μέτρου αἱ διαιρέσεις τῆς κλίμακος, τῆς ὁποίας τὸ μηδὲν ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν αἰχμὴν τῆς ἀκίδος.

Ἡ ὀρειχαλκίνη θήκη εἰς τὸ ἀνώτερον μέρος φέρει δακτύλιον (Γ),



Σχ. 99



Σχ. 98

διὰ τοῦ ὁποίου ἐξαεῖται τὸ ὄργανον ἐκ σταθεροῦ ὑποστηρίγματος οὕτως, ὥστε ὁ σωλὴν αὐτοῦ νὰ εἶναι κατακόρυφος.

Προκειμένου νὰ προσδιορίσωμεν τὸ βαρομετρικὸν ὕψος εἰς τόπον τινά, στρέφομεν τὸν κοχλίαν τῆς κινητῆς βάσεως τῆς λεκάνης, μέχρις ὅτου ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ἐντὸς αὐτῆς ὑδραργύρου ἔλθῃ ἀκριβῶς εἰς ἐπαφὴν μετὰ τῆς αἰχμῆς τῆς ἀκίδος, καὶ κατόπιν ἀναγινώσκομεν μετὰ τίνος διαιρέσεως τῆς κλίμακος συμπίπτει ἡ κυρτὴ ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου εἰς τὸν σωλῆνα.

Προκειμένου δὲ νὰ μετακομίσωμεν τὸ ὄργανον στρέφομεν τὸν κοχλίαν, μέχρις ὅτου πληρωθῇ καὶ ἡ λεκάνη καὶ ὁ βαρομετρικὸς σωλὴν δι' ὑδραργύρου, ὅποτε δὲν ὑπάρχει φόβος ἡ κροῦσις τοῦ ὑδραργύρου νὰ θραύσῃ τὸν σωλῆνα.

132. Μεταλλικὰ βαρόμετρα.—Τὰ βαρόμετρα ταῦτα συνίστανται κυρίως ἐκ μεταλλικοῦ τυμπάνου λεπτοῦ, ἐριμητικῶς κλειστοῦ καὶ περιέχοντος πολὺ ἀραιωθέντα ἀέριον. Ἔνεκα τῶν μεταβολῶν τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πίεσεως τὸ τύμπανον παραμορφοῦται, αἱ δὲ μικραὶ μετατοπίσεις τοῦ ἐλαστικοῦ τοιχώματος, μεγαλοποιούμεναι διὰ συστήματος μοχλῶν, ἐκδηλοῦνται διὰ κινήσεως βελόνης ἐπὶ τόξου βαθμολογημένου.

Τὰ βαρόμετρα ταῦτα βαθμολογοῦνται διὰ συγκρίσεως πρὸς βαρόμετρον ὑδραργυρικόν, ὡς λίαν δὲ εὐμετακόμιστα χρησιμοποιοῦνται εἰς πάσας τὰς παρατηρήσεις, αἱ ὁποῖαι δὲν ἀπαιτοῦν μεγάλην ἀκρίβειαν.

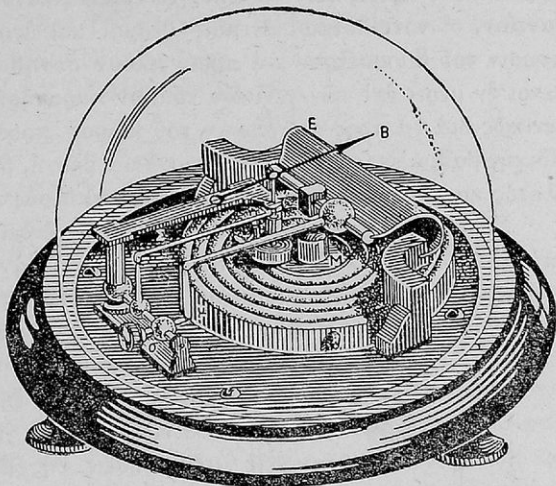
Εἰς τὸ βαρόμετρον τοῦ Vidi (σχ. 101) τὸ κενὸν τύμπανον ἔχει σχῆμα κυλινδρικής θήκης, τῆς ὁποίας ἡ μὲν κάτω βίασις εἶναι ἐπίπεδος, ἡ δὲ ἄνω φέρει συγκεντρικὰς αὐλάκας, αἱ ὁποῖαι αὐξάνουν πολὺ τὴν εὐκαμψίαν αὐτῆς. Ἰσχυρὸν ἐλατήριον προσηλωμένον εἰς τὸ μέσον τῆς θήκης διατηρεῖ τὰς βάσεις ἀπομεμακρυσμένας ἀπ' ἀλλήλων παρὰ

τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν, ἥτις τείνει νὰ τὰς πλησιάσῃ. Ὄταν ἡ πίεσις αὐξάνεται, ἡ ἄνωτέρα βίασις κοιλαίνεται, καὶ ἡ κάμψις αὕτη προκαλεῖ τὴν κατακόρυφον μετατόπισιν βραχείας καὶ παχείας μεταλλικῆς στήλης Μ προσηλωμένης εἰς τὸ κέντρον τῆς ἄνω βάσεως. Ἡ κίνησις αὕτη μεταδίδεται διὰ τῆς μεσολαβήσεως τοῦ ἰσχυροῦ ἐλατηρίου Ε, τῶν συνηθρομένων στελεχῶν μ καὶ τοῦ ἄξονος σ, εἰς μικρὰν ἄλυσιν Σ,



Σχ. 100

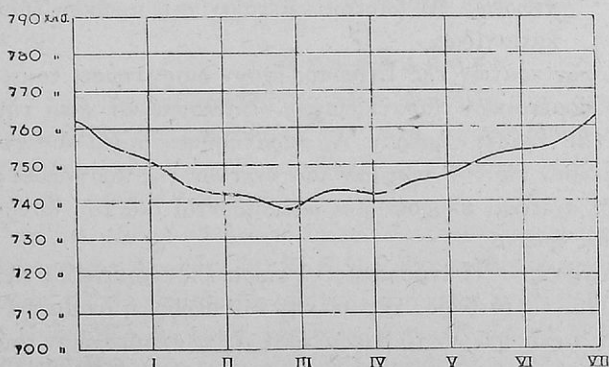
ἢ ὅποια εἶναι σταθερῶς τεταμένη διὰ μικροῦ σπειροειδοῦς ἐλατηρίου καὶ περιτυλίσσεται ἐπὶ μικρᾶς τροχαλίας, τῆς ὁποίας ὁ ἄξων φέρει τὴν βελόνην. Ἡ βελόνη οὕτω μετακινεῖται ὑπεράνω πλαισίου διηρημένου, τὸ ὁποῖον εἰς τὸ σχῆμα ἔχει ἀφαιρεθῆ διὰ νὰ καταστή τούτο εὐκρινέστερον.



Σχ. 101

Γραφικὴ παράστασις τῶν πιέσεων. — Τὰς μεταβολὰς τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πίεσεως παριστῶμεν γραφικῶς ὡς ἑξῆς:

Λαμβάνομεν δύο ἄξονας ὀρθογωνίους, τὸν ἄξονα τῶν ὥρῶν (ὀριζόντιον) καὶ τὸν ἄξονα τῶν πιέσεων (κατακόρυφον, σχ. 102). Μία καμπύλη συνεχῆς διέρχεται διὰ τῶν σημείων, τὰ ὁποῖα ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰς παρατηρηθείσας πιέσεις.



Σχ. 102

133. "Ετεραι χρήσεις τῶν βαρομέτρων. — Α) Πρόγνωσις τοῦ καιροῦ.

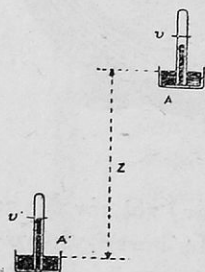
Αἱ μεταβολαὶ

τοῦ βαρομετρικοῦ ὕψους παρέχουν χρησίμους ἐνδείξεις διὰ τὴν πρόγνωσιν τοῦ καιροῦ. Οἱ βορειοανατολικοὶ ἄνεμοι προκαλοῦν ὑψωσιν

τοῦ βαρομέτρου, ἐπειδὴ ὁ ψυχρὸς ἀήρ εἶναι πυκνότερος τοῦ θερμοῦ· ἐπὶ πλέον, ἐπειδὴ διέρχονται σχεδὸν μόνον διὰ ἡπείρων, εἶναι ὀλίγον ὑγροὶ καὶ ἡ ἀφίξις των προκαγγέλλει κατὰ κανόνα καλοκαιρίαν. Τοῦναντίον, οἱ νοτιοδυτικοὶ ἄνεμοι, θερμοὶ καὶ ὑγροὶ, προκαλοῦν κατὰ πτωσιν τοῦ βαρομέτρου καὶ προαγγέλουν συνήθως βροχὴν. Στηριζόμενοι ἐν μέρει ἐπὶ τῶν γενικῶν τούτων παρατηρήσεων, παραδεχόμεθα γενικῶς διὰ τὰ πρὸς πρόγνωσιν τοῦ καιροῦ προοριζόμενα βαρόμετρα εἰδικὴν βαθμολογίαν (καταιγίς, ραγδαία βροχή, βροχή ἢ ἄνεμος, μεταβλητὸς καιρὸς, ὥραιος καιρὸς, ὥραιος σταθερὸς καιρὸς, πολὺ ξηρὸς).

Σημειώσεις.— Αἱ τοιαύτης φύσεως ἐνδείξεις, αἱ παρεχόμεναι ὑπὸ τοῦ βαρομέτρου, δὲν εἶναι ἀπόλυτοι. Ἐὰν θέλωμεν νὰ ἔχωμεν πρόγνωσιν τοῦ πιθανοῦ καιροῦ, πρέπει νὰ λάβωμεν ὑπ' ὄψιν ὅχι μόνον τὰς μεταβολὰς τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πίεσεως ἀλλὰ καὶ τὰς μεταβολὰς

τῆς θερμοκρασίας, τὴν ὅψιν τοῦ οὐρανοῦ καὶ τὰ προγνωστικά, τὰ ὁποῖα δι' ἕκαστον τόπον ἢ πείρα ἀπέδειξεν ἀλάνθαστα. Ἐν γένει αἱ βραδεῖαι καὶ συνεχεῖς μετακινήσεις τῆς βαρομετρικῆς στήλης καθιστοῦν τὰς ὑπὸ τοῦ βαρομέτρου παρεχομένας ἐνδείξεις πιθανάς: βελτίωσιν μὲν τοῦ καιροῦ διὰ τὴν περίπτωσιν τῆς ἀννψώσεως τῆς στήλης, τροπὴν δὲ ἐπὶ τὰ χεῖρω διὰ τὴν περίπτωσιν τῆς κατωπώσεως. Αἱ ἀπότομοι μετακινήσεις προοιωνίζουσιν καταιγίδας.



Σχ. 103

Τὰ πλεῖστα τῶν κρατῶν τῆς Εὐρώπης ἔχουν διοργανώσει τοκτικήν ὑπηρεσίαν βαρομετρικῶν παρατηρήσεων, ἐκτελουμένων κατὰ τὴν αὐτὴν ὥραν καὶ καθ' ἑκάστην ἡμέραν. Αἱ παρατηρήσεις αὗται συγκεντροῦνται χρησιμεύουσιν εἰς τὴν σύνταξιν τῶν δελτίων τῆς προγνώσεως τοῦ καιροῦ. Αἱ δὲ σχετικαὶ πληροφορίαι μεταδίδονται διὰ τοῦ ἀσυρμάτου πολλάκις τῆς ἡμέρας.

Β) Ὑψιμέτρησις.— Ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις ἐπὶ τῆς μονάδος τῆς ἐπιφανείας ὀφείλεται εἰς τὸ βάρος τῆς στήλης τοῦ ἀέρος, ἡ ὁποία πιέζει ταύτην. Ὅταν παρατηρῶμεν τὸ βαρόμετρον εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἐδάφους Α', τοῦτο δεικνύει π. χ. u' ἑκατοστόμετρα (σχ. 103). Ἐὰν ὅμως ἀνέλθωμεν εἰς τὸ Α, εἰς ὕψος Ζ, ἡ πίεσις θὰ ἐλαττωθῇ κατὰ τὸ βάρος τῆς στήλης τοῦ ἀέρος, ἡ ὁποία εὐρίσκεται μεταξὺ Α' καὶ Α. Ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑδροαργύρου συνεπὶς κατέρχεται. Ἐστω u ἐκ. τὸ ὕψος

τοῦ ὑδραργύρου εἰς τὸ βαρόμετρον Α. Ἡ ἐλάττωσις αὕτη $u' - u = \lambda$ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πίεσεως μετρεῖται ἀφ' ἐνὸς μὲν διὰ τοῦ βάρους στήλης ἀέρος ὕψους Z ἑκατ., ἀφ' ἑτέρου δὲ διὰ τοῦ βάρους ὑδραργυρικῆς στήλης ὕψους λ ἑκατ. Τὰ δύο ταῦτα βάρη λοιπόν, ἐκπεφρασμένα εἰς γραμμάρια, εἶναι ἴσα. Ἐχομεν ἄρα :

$$1.Z.0,001293 = 1.\lambda.13,6$$

$$\text{ἔξ ἧς } \frac{Z}{\lambda} = \frac{13,6}{0,001293}.$$

Σημείωσις.—Ἐὰν $\lambda = 0,001$ μέτρα, ἔχομεν :

$$\frac{Z}{0,001} = \frac{13,6}{0,001293} \quad \text{ἢ} \quad Z = \frac{13,6.0,001}{0,001293} = 10,5 \text{ μέτρα περίπου.}$$

Ὁ ἀνωτέρω ὑπολογισμὸς προϋποθέτει, ὅτι ἡ θερμοκρασία εἶναι 0°, ὅτι ὁ ἀήρ εἶναι ἀσυμπίεστος, ὅτι τὸ εἰδικὸν βάρος τοῦ ὑδραργύρου εἶναι τὸ αὐτὸ εἰς πᾶν ὕψος. Οὐδεμία ὅμως τῶν ὑποθέσεων τούτων ἀληθεύει· ἡ θερμοκρασία, μεταβλητή, ὥς γνωρίζομεν, εἰς ἕκαστον τόπον, ἐλαττοῦται γενικῶς μετὰ τοῦ ὕψους, τοῦτο δὲ ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα νὰ συστέλλῃ τὸν ἀέρα καὶ νὰ αὐξάνῃ τὸ βάρος του. Ὁ ἀήρ τῶν κατωτέρων στρωμάτων συνθλιβόμενος ὑπὸ τῶν ἀνωτέρων καταλαμβάνει ὄγκον μικρότερον καὶ συνεπῶς εἶναι πυκνότερος. Τέλος, ἡ ἔντασις τῆς βαρύτητος ἐλαττοῦται ἀξανομένου τοῦ ὕψους καὶ ὁ ὑδραργυρὸς καθίσταται ὀλιγώτερον πυκνός. Διὰ τοῦτο ὁ ὑπολογισμὸς οὗτος ἐφαρμόζεται μόνον διὰ μικρὰ ὕψη. Διὰ μεγάλα ὕψη γίνεται χρῆσις εἰδικῶν τύπων.

Π ρ ο β λ ή μ α τ α

1ον. Νὰ ὑπολογισθῇ εἰς δύνاس ἡ πίεσις, τὴν ὁποίαν ἐπιφέρει ἡ ἀτμόσφαιρα ἐπὶ ἐπιφανείας ἐνὸς τετρ. ἐκατοστομέτρου, ὅταν τὸ βαρομετρικὸν ὕψος εἶναι 75 ἐκ. Πυκνότης ὑδραργύρου 13,596. (Ἐν γραμμάριον = 980,68 δύνας).

2ον. Ποῖον θὰ ἦτο τὸ ὕψος τῆς ἀτμοσφαίρας εἰς τόπον ἔνθα τὸ βαρόμετρον δεικνύει 76, ἂν ὁ ἀήρ εἶχε σταθερὰν πυκνότητα καὶ ἡ ἔντασις τῆς βαρύτητος δὲν μετεβάλλετο μετὰ τοῦ ὕψους ;

3ον. Τὸ βαρομετρικὸν ὕψος εἶναι 76 εἰς τὴν βάσιν λόφου ὕψους 300 μ. Ποῖον θὰ εἶναι εἰς τὴν κορυφὴν ;

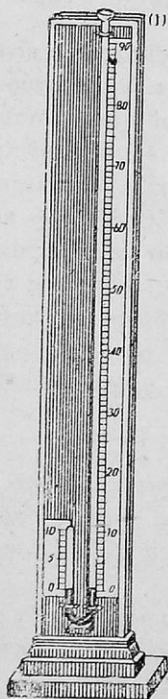
4ον. Ποία ἡ πυκνότης τοῦ ἐλαίου, τὸ ὁποῖον ἀνέρχεται εἰς βαρομετρικὸν σωλῆνα εἰς ὕψος 11,68 μ. ὅταν τὸ ὑδραργυρικὸν βαρόμετρον δεικνύῃ 76 ἐκ. ;

5ον. Πρόκειται νὰ κατασκευάσωμεν βαρόμετρον διὰ θειικοῦ ὀξέος (εἰδ. βάρος 1,8). Ποῖον τὸ ἐλάχιστον ὕψος, τὸ ὁποῖον πρέπει νὰ ἔχη ὁ βαρομετρικὸς σωλὴν ;

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Β΄

ΣΥΜΠΙΕΣΤΟΝ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ

134. Συμπιεστόν καὶ ἐλαστικότης τῶν αερίων.— Ὅταν συμπίεζωμεν βαθμυδὸν ἐν αέριον, ὅπως π.χ. εἰς τὸ δι' αέρος πυρεῖον, αἱ



(I)



(II)

σθανόμεθα ἀντίστασιν ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον μεγάλην. Τοῦτο προέρχεται ἐκ τοῦ ὅτι, ὅσον ὁ ὄγκος τοῦ αερίου ἐλαττωῖται, τόσον ἡ ἐλαστικὴ του δύναμις αὐξάνεται.

Ὁ νόμος τοῦ συμπιεστοῦ τῶν αερίων ἀνευρέθη σχεδὸν συγχρόνως ὑπὸ τοῦ Μαριόττου ἐν Γαλλίᾳ καὶ τοῦ Boyle ἐν Ἀγγλίᾳ.

135. Μεταβολαὶ τῆς ἐλαστικῆς δυνάμεως τῶν αερίων.— Α) Διὰ πιέσεις μεγαλυτέρας τῆς ἀτμοσφαιρικῆς. Ἐπὶ ξυλίνης σανίδος κατακορύφου στερεώνομεν ὑάλινον σωλῆνα κεκαμμένον εἰς δύο ἄνισα σκέλη (σχ. 104). Κατὰ μῆκος τοῦ μικροῦ σκέλους, τὸ ὁποῖον εἶναι κλειστόν, ὑπάρχει κλίμαξ, ἡ ὁποία δεικνύει ἴσας χωρητικότητας.

Ἡ κατὰ μῆκος δὲ τοῦ μεγάλου σκέλους (τὸ ὁποῖον εἶναι ἀνοικτὸν) κλίμαξ προσδιορίζει μῆκην εἰς ἑκατοστόμετρα. Τὰ μηδενικὰ τῶν δύο κλιμάκων εὐρίσκονται ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ὀριζοντίου ἐπιπέδου.

Σχ. 104

Χύνομεν διὰ τοῦ ἀνοικτοῦ ἄκρου ἐντὸς τοῦ σωλῆνος ὀλίγον ὑδράργυρον· τότε ἐντὸς τοῦ μικροῦ σκέλους ἐγκλείεται ἀήρ, ὅστις συμπιεζόμενος ἀντιδρᾷ καὶ ἀνυψοῖ τὸν ὑδράργυρον εἰς τὸ μεγαλύτερον σκέλος· κλίνοντες ὀλίγον τὸν σωλῆνα ἀφίνομεν νὰ ἐξέλθῃ μέρος τοῦ ἐγκεκλεισμένου ἀέρος, ὁπότε αἱ ἐπιφάνειαι τοῦ ὑδραργύρου εἰς ἀμφοτέρα τὰ σκέλη ἔρχονται εἰς τὸ αὐτὸ ὀριζόντιον ἐπίπεδον. Προσθέτοντες βαθμὴν δὸν ὑδράργυρον καὶ κλίνοντες ὀλίγον τὸν σωλῆνα ἐπιτυγχάνομεν, ὥστε αἱ δύο ἐπιφάνειαι τοῦ ὑδραργύρου νὰ εὐρίσκωνται εἰς τὸ ὀριζόντιον ἐπίπεδον τὸ διερχόμενον διὰ τοῦ μηδενὸς τῶν κλιμάκων. ἔχομεν τότε ἐγκεκλεισμένον εἰς τὸ βραχὺ σκέλος ὠρισμένον ὄγκον ἀέρος, π. χ. 10 κυβ. ἑκατ. ὑπὸ πίεσιν μιᾶς ἀτμοσφαίρας (διότι ἀμφοτέραι αἱ ἐπιφάνειαι τοῦ ὑδραργύρου εὐρίσκονται εἰς τὸ αὐτὸ ὀριζόντιον ἐπίπεδον, συνετῶς δέχονται ἀμφοτέραι πίεσιν ἴσην μὲ τὴν ἀτμοσφαιρικήν, τὴν ὁποίαν δέχεται ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου εἰς τὸ ἀνοικτὸν σκέλος).

Χύνομεν κατόπιν ἐντὸς τοῦ σωλῆνος καὶ ἄλλον ὑδράργυρον· ἡ ἐπιφάνεια αὐτοῦ ἀνέρχεται ταχέως εἰς τὸ ἀνοικτὸν σκέλος, ἐνῶ εἰς τὸ κλειστὸν ἀνέρχεται βραδέως ἕνεκα τῆς ἀντιδράσεως τοῦ ἐγκεκλεισμένου ἀέρος. Ἐξακολουθοῦμεν οὕτω χύνοντες ὑδράργυρον, μέχρις ὅτου ὁ ὄγκος τοῦ εἰς τὸ βραχὺ σκέλος ἐγκεκλεισμένου ἀέρος γίνῃ 5 κυβ. ἑκατ., δηλ. τὸ ἥμισυ τοῦ ἀρχικοῦ.

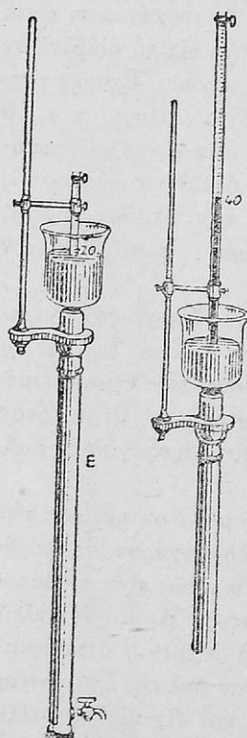
Ἀναγινώσκοντες τότε εἰς τὴν κλίμακα τοῦ μεγάλου σκέλους τὴν κατακόρυφον ἀπόστασιν τῶν ἐπιφανειῶν τοῦ ὑδραργύρου εἰς ἀμφοτέρα τὰ σκέλη, παρατηροῦμεν, ὅτι αὕτη ἰσοῦται ἀκριβῶς πρὸς τὸ βαρομετρικὸν ὕψος κατὰ τὴν στιγμὴν τοῦ πειράματος. Ἄρα ὁ ἐγκεκλεισμένος εἰς τὸ βραχὺ σκέλος ἀήρ εὐρίσκεται ὑπὸ πίεσιν 2 ἀτμοσφαιρῶν. Διότι τὸ ὀριζόντιον ἐπίπεδον, τὸ διερχόμενον διὰ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου εἰς τὸ κλειστὸν σκέλος, δέχεται καὶ εἰς τὰ δύο σκέλη τὴν αὐτὴν πίεσιν τῶν δύο ἀτμοσφαιρῶν, τὴν ὁποίαν δέχεται εἰς τὸ ἀνοικτὸν σκέλος (δηλ. τὴν πίεσιν στήλης ὑδραργύρου ἴσης μὲ τὸ βαρομετρικὸν ὕψος, ἡ ὁποία ἰσοῦται μὲ πίεσιν μιᾶς ἀτμοσφαίρας, καὶ τὴν ἀτμοσφαιρικήν πίεσιν, ἡ ὁποία ἐπιφέρεται ἐπὶ τῆς ἐλευθέρως ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου εἰς τὸ σκέλος τοῦτο).

Ἐπομένως, τοῦ ὄγκου τοῦ ἀέρος ὑποδιπλασιασθέντος, ἡ ἐλαστικὴ του δύναμις ἐδιπλασιάσθη.

Ἐὰν τὸ μῆκος τοῦ μεγάλου σκέλους τὸ ἐπιτρέπη, χύνομεν ἐντὸς

αὐτοῦ καὶ ἄλλον ὑδραργυρον, μέχρις ὅτου ὁ ὄγκος τοῦ ἐγκλεισμένου ἀέρος γίνῃ ἴσος πρὸς τὸ τρίτον τοῦ ἀρχικοῦ· θὰ παρατηρήσωμεν τότε, ὅτι ἡ ἐλαστικὴ του δύναμις γίνεται τριῶν ἀτμοσφαιρῶν.

Β) **Διὰ πίεσεις μικροτέρας τῆς ἀτμοσφαιρικῆς.** Πρὸς τοῦτο βυθίζομεν ἐντὸς βαθείας λεκάνης, ἡ ὁποία περιέχει ὑδραργυρον (σχ. 105), κυλινδρικὸν σωλῆνα ὑάλινον. Ὁ σωλῆν οὗτος φέρει πρὸς τὰ



Σχ. 105

ἄνω στρόφιγγα ἀνοικτὴν καὶ κλίμακα, ἡ ὁποία δεικνύει ἴσας χωρητικότητας. Αἱ ἐπιφάνειαι τοῦ ὑδραργύρου, κατὰ τὴν ἀρχὴν τῶν συγκοινωνούντων δοχείων, εὐρίσκονται εἰς τὸ αὐτὸ ὀριζόντιον ἐπίπεδον καὶ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος καὶ εἰς τὴν λεκάνην. Βυθίζομεν τὸν σωλῆνα μέχρι τῆς διαιρέσεως 20 καὶ κλείομεν τὴν στρόφιγγα. Ἐχομεν τότε ἐντὸς τοῦ σωλῆνος ὄγκον ἀέρος 20 κυβ. ἐκατ. ὑπὸ πίεσιν μιᾶς ἀτμοσφαίρας (διότι αἱ ἐπιφάνειαι τοῦ ὑδραργύρου, καὶ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος καὶ εἰς τὴν λεκάνην, δέχονται τὴν αὐτὴν πίεσιν, ἴσην μὲ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν, τὴν ὁποίαν δέχεται ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου εἰς τὴν λεκάνην).

Ἀνασύρομεν κατόπιν τὸν σωλῆνα· ὁ ὄγκος τοῦ ἐγκλεισμένου ἀέρος αὐξάνεται, ἡ πίεσίς του δὲ ἐλαττοῦται, διότι ὁ ὑδραργυρος ἀνέρχεται ἐντὸς τοῦ σωλῆνος ὑπὲρ τὴν ἐπιφάνειαν αὐτοῦ εἰς τὴν λεκάνην. Ὅταν ὁ ὄγκος τοῦ ἐγκλεισμένου ἀέρος γίνῃ 40 κυβ. ἐκατ., στερεοῦμεν τὸν σωλῆνα εἰς τὴν θέσιν ταύτην καί, μετροῦντες τὴν κατακόρυφον ἀπόστασιν τῶν ἐπιφανειῶν τοῦ ὑδραργύρου εἰς τὸν σωλῆνα καὶ εἰς τὴν λεκάνην, εὐρίσκομεν αὐτὴν ἴσην πρὸς τὸ ἥμισυ τοῦ βαρομετρικοῦ ὕψους κατὰ τὴν στιγμὴν τοῦ πειράματος. Ὁ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος ἀῆρ εὐρίσκεται ἤδη ὑπὸ πίεσιν ἡμισείας ἀτμοσφαίρας (διότι τὸ ὀριζόντιον ἐπίπεδον τὸ διερχόμενον διὰ τῆς ἐλευθέρως ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου εἰς τὴν λεκάνην δέχεται καὶ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος καὶ ἐκτὸς αὐτοῦ τὴν αὐτὴν πίεσιν, ἴσην μὲ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν,

τὴν ὁποίαν δέχεται καὶ ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια αὐτοῦ εἰς τὴν λεκάνην).

Συνεπῶς, πίσεις ἐγκεκλεισμένου ἀέρος + βάρους ὕδραργ. στήλης
 $\left(\frac{1}{2} \text{ ἀτμοσφαίρας}\right) = 1 \text{ ἀτμόσφαιρα.}^{\circ}$ Ἄρα πίσεις ἐγκεκλεισμένου ἀέ-

ρος $= 1 \text{ ἀτμ.} - \frac{1}{2} \text{ ἀτμ.} = \frac{1}{2} \text{ ἀτμοσφαίρας.}$ Ἦτοι, τοῦ ὄγκου τοῦ
 ἀέρος διπλασιασθέντος, ἡ ἐλαστικὴ δύναμις αὐτοῦ ὑπεδιπλασιάσθη.

136. Νόμος τοῦ Μαριόττου.—Ἐκ τῶν ἀνωτέρω πειραμάτων
 συνάγομεν ὅτι : μᾶζα τις ἀερίου ὄγκου O ὑπὸ πίεσιν Π λαμβάνει, ὑπὸ
 πίεσεως 2Π , $3\Pi \dots$ ὄγκους $\frac{O}{2}$, $\frac{O}{3} \dots$ Ἐπίσης ἡ μᾶζα αὕτη λαμ-
 βάνει ὄγκους $2 \cdot O$, $3 \cdot O \dots$ ὑπὸ πίεσεως $\frac{\Pi}{2}$, $\frac{\Pi}{3} \dots$

Ἐὰν O καὶ O' οἱ ὄγκοι μάζης ἀερίου εἰς τὴν αὐτὴν θερμοκρα-
 σίαν ὑπὸ πίεσεως Π καὶ Π' , θὰ ἔχωμεν :

$$\frac{O}{O'} = \frac{\Pi'}{\Pi} \quad \text{ἢ} \quad O\Pi = O'\Pi'.$$

Ἦτοι : Ὑπὸ σταθερὰν θερμοκρασίαν, οἱ ὄγκοι δοθείσης μάζης
 ἀερίου εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογοι πρὸς τὰς πίσεις, τὰς ὁποίας αὕτη
 ὑφίσταται. Ἡ : διὰ δεδομένην μᾶζαν ἀερίου εἰς τὴν αὐτὴν θερμοκρα-
 σίαν τὸ γινόμενον ἐκάστοτε τοῦ ὄγκου αὐτῆς ἐπὶ τὴν πίεσιν εἶναι στα-
 θερόν.

Σημείωσις.—Τὸ γινόμενον τοῦτο εἶναι ὁ ὄγκος τοῦ ἀερίου,
 ἀναχθεὶς εἰς τὴν μονάδα τῆς πίσεως.

Δυνάμεθα πρὸς τοῦτο νὰ εἴπωμεν ὅτι : Ἡ πυκνότης τοῦ ἀερίου ὑπὸ
 σταθερὰν θερμοκρασίαν μεταβάλλεται ἀναλόγως πρὸς τὴν πίεσιν, τὴν
 ὁποίαν τὸ ἀέριον ὑφίσταται.

Διότι, ἔστω M ἡ μᾶζα ἀερίου, τὸ ὁποῖον ὑπὸ σταθερὰν θερμο-
 κρασίαν καταλαμβάνει διαδοχικῶς τοὺς ὄγκους O καὶ O' ὑπὸ πίεσεως
 Π καὶ Π' , δὲ ἡ πυκνότης τοῦ ἀερίου τούτου ὑπὸ πίεσιν Π , καὶ δ'
 ἡ πυκνότης τοῦ ὑπὸ πίεσιν Π' . Θὰ ἔχωμεν $\delta = \frac{M}{O}$ καὶ $\delta' = \frac{M}{O'}$.

Καὶ διαιροῦντες κατὰ μέλη ἔχομεν : $\frac{\delta'}{\delta} = \frac{O}{O'}$.

Ἀλλὰ κατὰ τὰ ἀνωτέρω $\frac{O}{O'} = \frac{\Pi'}{\Pi}$. Ἄρα $\frac{\delta'}{\delta} = \frac{\Pi'}{\Pi}$.

Παραδείγματα: α) Ἀέριον καταλαμβάνει ὄγκον 30 κυβ. ἐκ. ὑπὸ πίεσιν 75 ἐκ. ὑδραργύρου· ποίαν πίεσιν πρέπει νὰ ἐπιφέρωμεν εἰς αὐτό, ἵνα ὁ ὄγκος του γίνη 8 κυβ. ἐκ.;

Ἐστω χ ἐκ. ὑδραργύρου ἡ ζητούμενη πίεσις. Τότε θὰ ἔχωμεν $8 \cdot \chi = 75 \cdot 30$, ἐξ ἧς $\chi = \frac{75 \cdot 30}{8} = 281$ ἐκ. ὑδραργύρου περίπου.

β) Ἀέριον καταλαμβάνει ὄγκον 22,4 κυβ. παλαμῶν ὑπὸ πίεσιν 1 χλγ. κατὰ τετρ. ἐκ. Ποῖος θὰ εἶναι ὁ ὄγκος του ὑπὸ πίεσιν 6 χλγ.;

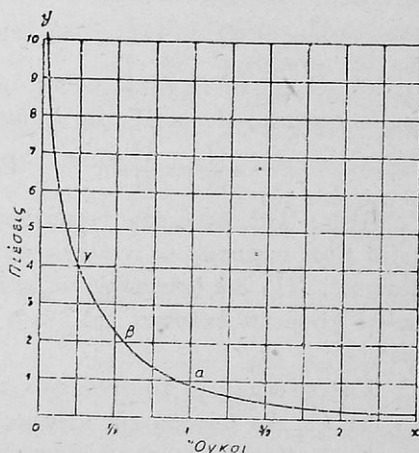
Θὰ ἔχωμεν, ἐὰν χ ὁ ζητούμενος ὄγκος, $6 \cdot \chi = 22,4 \cdot 1$

$$\text{καὶ } \chi = \frac{22,4}{6} = 3,7 \text{ κυβ. παλ.}$$

Γραφικὴ παράστασις τοῦ νόμου τοῦ Μαριόττου. Ὁ ἀνωτέρω νόμος παρίσταται γραφικῶς διὰ καμπύλης (σχ. 106). Αἱ τοιαῖα ταύτης μετὰ τῶν κατακορύφων μὲν γραμμῶν δεικνύουν τοὺς ὄγκους χ δοθείσης μάζης αἰρίου, μετὰ δὲ τῶν ὀριζοντίων τὰς ἀντιστοιχούσας πιέσεις.

137. Μανόμετρα.—Τὰ μανόμετρα μετροῦν τὴν κατὰ τετραγωνικὸν ἑκατοστόμετρον πίεσιν τῶν αἰρίων ἢ τῶν ἀτμῶν ἐντὸς κλειστῶν δοχείων. Βιομηχανικῶς ἐκφράζομεν τὰς πιέσεις εἰς χιλιόγραμμα βάρους ἢ εἰς ἀτμοσφαίρας (1,033 χλγ.). Εἰς τὰς μετρήσεις ἀκριβείας ὑπολογίζομεν τὰς πιέσεις εἰς δύνες.

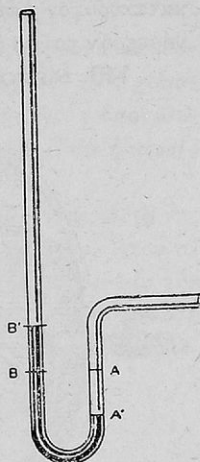
138. Ἀνοικτὸν μανόμετρον.—Τοῦτο συνίσταται ἐκ σωλῆνος κεκαμμένου, ὃ ὁποῖος περιέχει ὑδράργυρον (σχ. 107). Ἡ πίεσις τοῦ αἰρίου ἐξασκεῖται διὰ τοῦ βραχέος σκέλους. Τὸ μακρὸν σκέλος εἶναι ἀνοικτὸν. Αἱ ἐπιφάνειαι τοῦ ὑδραργύρου εὐρίσκονται εἰς τὸ αὐτὸ ὀριζόντιον ἐπίπεδον AB, ἐὰν ἡ πίεσις τοῦ αἰρίου ἰσοῦται μὲ τὴν ἀτμοσφαιρικήν. Ὁ ὑδράργυρος κατέρχεται εἰς τὸ βραχὺ σκέλος καὶ ἀνέρχεται εἰς τὸ ἄλλο, ἐὰν ἡ πίεσις τοῦ αἰρίου ὑπερβαίῃ τὴν ἀτμοσφαι-



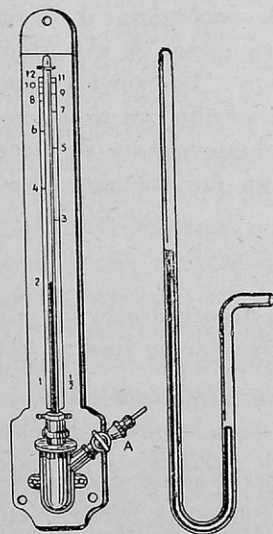
Σχ. 106

ρικήν. Ἐὰν ἡ κατακόρυφος ἀπόστασις τῶν δύο ἐπιφανειῶν τοῦ ὕδαργύρου εἶναι $A'B' = Y$ ἑκατ., ἡ πίεσις τοῦ αερίου ἰσοῦται μὲ τὸ βάρος στήλης ὕδαργύρου, βάσεως ἑνὸς τετραγωνικοῦ ἑκατοστοῦ καὶ ὕψους $\Pi + Y$, ἔνθα Π ἡ ἀτμοσφαιρική πίεσις εἰς στήλην ὕδαργύρου, ἐπὶ τοῦ B' . Ἐὰν $Y = 76$, ἡ πίεσις τοῦ αερίου εἶναι δύο ἀτμοσφαιρῶν.

Ἐὰν ἡ πίεσις τοῦ αερίου εἰς τὸ A εἶναι μικροτέρα τῆς ἀτμοσφαιρικῆς, ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὕδαργύρου εὐρίσκεται ὑψηλότερον εἰς τὸ βραχὺ σκέλος. Ἐὰν Y ἡ κατακόρυφος ἀπόστασις τῶν δύο ἐπιφανειῶν τοῦ ὕδαργύρου, τότε ἡ πίεσις τοῦ αερίου, ἡ ἐξασκουμένη εἰς τὸ A , αὐξηθεῖσα κατὰ τὸ βάρος τῆς στήλης Y τοῦ ὕδαργύρου, ἰσοῦται μὲ τὴν ἀτμοσφαιρικήν Π , ἡ ὁποία ἐξασκεῖται εἰς τὸ B . Ἄρα ἡ πίεσις τοῦ αερίου ἰσορροπεῖται ὑπὸ στήλης ὕδαργύρου ἴσης πρὸς $\Pi - Y$.



Σχ. 107



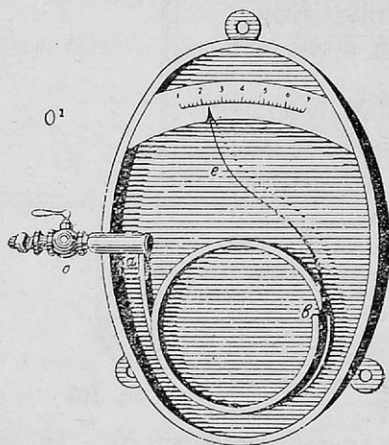
Σχ. 108

139. Κλειστὸν μανόμετρον.—Τοῦτο ἀποτελεῖται ἐκ σωλῆνος ὑαλίνου μὲ ἰσχυρὰ τοιχώματα κεκαμμένου εἰς δύο κατακόρυφα σκέλη ἀνίσων τομῶν, ὁ ὁποῖος περιέχει ὕδαργυρον εἰς τὸ κατώτερον μέρος του (σχ. 108). Τὸ πλατύτερον σκέλος συγκοινωνεῖ μετὰ τοῦ αερίου, τοῦ ὁποίου πρόκειται νὰ προσδιορίσωμεν τὴν πίεσιν. Τὸ στενώτερον εἶναι κλειστὸν ἄνω καὶ περιέχει ἀέρα ξηρόν, τοῦ ὁποίου ἡ ἐλαστικὴ δύναμις αὐξάνεται ὅταν ὁ ὄγκος του ἐλαττωθῇ. Ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὕδαργύρου εὐρίσκεται εἰς τὸ αὐτὸ ὀριζόντιον ἐπίπεδον εἰς τὰ δύο σκέλη, ἐὰν ἡ πίεσις τοῦ αερίου ἰσοῦται μὲ τὴν πίεσιν τοῦ ἐγκεκλεισμένου ἀέρος. Ἐὰν ἡ πίεσις τοῦ αερίου αὐξάνεται, ὁ ὕδαργυρος ἀνέρχεται εἰς τὸ κλειστὸν σκέλος καὶ συμπιέζει τὸν ἀέρα. Ὅταν παύσῃ νὰ ἀνέρχεται ὁ ὕδαργυρος,

ἡ πίεσις τοῦ αερίου θὰ ἰσοῦται μὲ τὸ ἄθροισμα τῆς πιέσεως τοῦ

πεπιεσμένου αέρος καὶ τῆς πίεσεως στήλης ὑδραργύρου ἴσης μὲ τὴν κατακόρυφον ἀπόστασιν τῶν ἐπιφανειῶν αὐτοῦ εἰς τὰ δύο σκέλη. Τὸ μανόμετρον τοῦτο βαθμολογεῖται συγκριτικῶς πρὸς ἀνοικτὸν μανόμετρον.

140. Μεταλλικὰ μανόμετρα.—Μανόμετρον τοῦ Bourdon.



Σχ. 109

τοῦ ὁποίου πρόκειται νὰ μετρήσωμεν τὴν πίεσιν. Ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς πίεσεως ταύτης, ὁ σωλὴν τείνει νὰ ἀνορθωθῇ καὶ τὸ ἄκρον β ἐνεργεῖ ἐπὶ βελόνης ε, κινητῆς ἐπὶ τόξου, βαθμολογημένου εἰς ἀτμοσφαίρας. Τὰ μανόμετρα ταῦτα βαθμολογοῦνται διὰ συγκρίσεως πρὸς ἀνοικτὸν μανόμετρον.

Τὰ μεταλλικὰ μανόμετρα, καθὼς καὶ τὰ μεταλλικὰ βαρόμετρα, στηρίζονται ἐπὶ τῆς παραμορφώσεως, τὴν ὁποίαν ὑφίστανται δοχεῖα μὲ ἐλαστικὰ μεταλλικὰ τοιχώματα ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν πίεσεως. Τὸ μανόμετρον τοῦ Bourdon, τὸ ὁποῖον γενικῶς χρησιμοποιεῖται εἰς τὴν βιομηχανίαν, συνίσταται ἐκ μεταλλίνου σωλῆνος, κεκαμμένου ἐλικοειδῶς εἰς μίαν καὶ ἡμίσειαν στροφήν (σχ. 109). Ὁ σωλὴν οὗτος συγκοινωνεῖ διὰ τοῦ ἀνοικτοῦ ἄκρου α μετὰ τοῦ ὑποδοχέως, ὁ ὁποῖος περιέχει τὸ αέριον ἢ τὸν αἰμὸν,

Π ρ ο β λ ῆ μ α τ α

1ον. Ποτήριον κυλινδρικὸν ὕψους 12 ἐκ. πλήρες αέρος ὑπὸ πίεσιν 76 ἐκ. βυθίζεται ἀνεστραμμένον καὶ καθέτως ἐντὸς λεκάνης πλήρους ὑδραργύρου, κατὰ τὰ $\frac{3}{4}$ τοῦ ὕψους του. Μέχρι ποίου ὕψους ὁ ὑδράργυρος θὰ εἰσχωρήσῃ εἰς τὸ ποτήριον;

2ον. Χύνομεν ὑδράργυρον ἐντὸς βαρομετρικοῦ σωλῆνος, ἀφίνοντες ἐντὸς αὐτοῦ 15 κ. ἐκ. αέρος ξηροῦ ὑπὸ τὴν ἐξωτερικὴν πίεσιν. Κλείσαντες δὲ τὸ ἀνοικτὸν ἄκρον διὰ τοῦ δακτύλου, ἀναστρέφομεν ἐντὸς λεκάνης ὑδραργύρου καὶ ἀποσύρομεν τὸν δάκτυλον. Κρατοῦντες τὸν σωλῆνα κατακόρυφον, εὐρίσκομεν, ὅτι ὁ μὲν ἐγκλεισθὲν αἶρ καταλαμβάνει

ὄγκον 25 κ. ἑκατ., εἰς δὲ τὸν σωλῆνα ὑψοῦται στήλη ὑδραργύρου 302 χιλιοστομέτρων. Ποία ἡ ἑξωτερικὴ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις;

3ον. Ἐντὸς ἀνοικτοῦ μανομέτρου, τὸ ὁποῖον συγκοινωνεῖ μὲ δοχεῖον περιέχον πεπιεσμένον ἀέρα, ὁ ὑδράργυρος ἀνέρχεται 570 χιλιοστά ὑπεράνω τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου τῆς λεκάνης (ὑποτιθεμένης σταθερᾶς). Τὸ βαρομετρικὸν ὕψος εἶναι 750 χλσ. Ποία ἡ πίεσις τοῦ πεπιεσμένου ἀέρος;

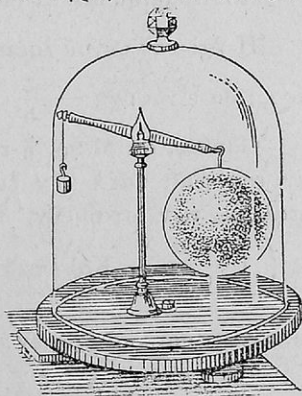
4ον. Τὸ ὕψος τοῦ σωλῆνος κλειστοῦ μανομέτρου εἶναι 67,7 ἑκ. ὑπεράνω τοῦ σημείου, εἰς τὸ ὁποῖον φθάνει ὁ ὑδράργυρος, ὅταν αἱ ἐπιφάνειαι εἶναι εἰς τὸ αὐτὸ ὕψος καὶ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος καὶ εἰς τὴν λεκάνην διὰ πίεσιν 76 ἑκ. Διὰ ποίαν πίεσιν ὁ ὑδράργυρος θὰ ἀνέλθῃ εἰς 35,2 ἑκ.;

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Γ'

ΑΕΡΟΣΤΑΤΑ - ΑΕΡΟΠΛΑΝΑ

141. Ἀρχὴ τοῦ Ἀρχιμήδους.—Ἐπειδὴ ὁ ἀτμοσφαιρικὸς ἀήρ, καθὼς καὶ πάντα τὰ ἀέρια, ἔχουν βάρος καὶ ἐπειδὴ τὰ μόρια αὐτῶν εἶναι πολὺ εὐκίνητα, ἐπιφέρουν, ὅπως καὶ τὰ ὑγρά, ἐπὶ τῶν ἐντὸς αὐτῶν ἐμβαπτισμένων σωμάτων, πιέσεις, τῶν ὁποίων ἡ συνισταμένη εἶναι ἴση πρὸς τὸ βάρος τοῦ ἐκτοπιζομένου ὄγκου τοῦ αερίου. Ἡ συνισταμένη αὕτη, διευθυνομένη ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω κατακορύφως, καλεῖται καὶ ἐνταῦθα ἄνωσις. Τὴν ἄνωσιν ταύτην ἀποδεικνύομεν πειραματικῶς διὰ τοῦ βαροσκοπίου.

142. Βαροσκόπιον.—Τοῦτο εἶναι φάλαγξ ζυγοῦ φέρουσα εἰς μὲν τὸ ἐν ἄκρον τῆς μικρὸν βάρος κυλινδρικόν, εἰς δὲ τὸ ἕτερον σφαῖραν κοίλην (σχ. 110). Τὰ βάρη ταῦτα τοποθετοῦνται τοιούτῳ τρόπῳ, ὥστε νὰ ἰσορροποῦν εἰς τὸν ἀέρα. Μετὰ ταῦτα φέρομεν τὴν συσκευὴν ὑπὸ τὸν κώδωνα ἀεραντλίας καὶ ἀραιοῦμεν τὸν ἀέρα. Βλέπομεν τότε ὅτι ἡ φάλαγξ κλίνει πρὸς τὸ μέρος τῆς σφαίρας, τὸ ὁποῖον ἀποδει-



σχ. 110

κνύει, ὅτι τὸ πραγματικὸν βάρος αὐτῆς εἶναι μεγαλύτερον ἐκείνου, τὸ ὁποῖον παρουσιάζει εἰς τὸν ἀέρα. Ἡ ἰσορροπία δὲ τῶν δύο σωμάτων εἰς τὸν ἀέρα ἐξηγεῖται διὰ τῆς μεγαλυτέρας ἀνώσεως, τὴν ὁποίαν ὑφίσταται ἐντὸς αὐτοῦ ἡ σφαῖρα.

143. Διορθώσεις τῶν σταδμίσεων.— Ἡ δύναμις, ἡ ὁποία ἐξασκεῖται ὑπὸ σώματος ἐπὶ τοῦ ἐνὸς τῶν δίσκων ζυγοῦ, εἶναι τὸ φαινόμενον βάρος του, τὸ ὁποῖον εἶναι ἡ διαφορὰ μεταξὺ τοῦ πραγματικοῦ του βάρους καὶ τῆς ἀνώσεως τοῦ ἀέρος. Ἐπομένως, διὰ νὰ ἔχωμεν τὸ πραγματικὸν βάρος τοῦ σώματος, πρέπει εἰς τὸ φαινόμενον βάρος του νὰ προσθέσωμεν τὴν ἀνωσιν, τὴν ὁποίαν ὑφίσταται εἰς τὸν ἀέρα. Αἱ ζυγίσεις λοιπὸν πρέπει νὰ ὑφίστανται διόρθωσιν καὶ ὡς πρὸς τὰ σταθμιστέα σώματα καὶ ὡς πρὸς τὰ σταθμά, τῶν ὁποίων ἡ τιμὴ ἔχει προσδιορισθῇ εἰς τὸ κενόν.

Ἐστω χ ἡ πραγματικὴ μᾶζα τοῦ σώματος εἰς τὸ κενὸν εἰς γραμμάρια, δ ἡ πυκνότης αὐτοῦ καὶ α ἡ μᾶζα ἐνὸς κυβ. ἐκατοστομέτρου ἀέρος ὑπὸ τὰς συνθήκας θερμοκρασίας καὶ πιέσεως, κατὰ τὰς ὁποίας ἐγένετο ἡ στάθμισις. Τὸ πραγματικὸν βάρος τοῦ σώματος θὰ εἶναι χg .

Ὁ ὄγκος τοῦ σώματος εἶναι $\frac{\chi}{\delta}$, συνεπῶς ἡ ἀνωσις, δηλ. τὸ βάρος τοῦ ἐκτοπιζομένου ἀέρος, θὰ ἰσοῦται μὲ $\frac{\chi}{\delta} \cdot ag$.

Ἡ ἐπὶ τοῦ ζυγοῦ λοιπὸν ἐνεργοῦσα δύναμις, τὸ φαινόμενον δηλ. βάρος, θὰ εἶναι: $\chi g - \frac{\chi}{\delta} \cdot ag = \chi g \left(1 - \frac{a}{\delta}\right)$.

Ὅμοίως, ἂν M γρ. ἡ τιμὴ τῶν σταθμῶν, τὰ ὁποῖα ἀντικατέστησαν τὸ σῶμα κατὰ τὴν διπλὴν στάθμισιν, καὶ δ' ἡ πυκνότης τοῦ μετᾶλλου τῶν σταθμῶν, τὸ φαινόμενον βάρος αὐτῶν θὰ εἶναι $Mg \left(1 - \frac{a}{\delta'}\right)$. Καὶ ἐπειδὴ κατὰ τὴν διπλὴν στάθμισιν αἱ δύο δυνά-

μεις εἶναι ἴσαι, θὰ ἔχωμεν: $\chi g \left(1 - \frac{a}{\delta}\right) = Mg \left(1 - \frac{a}{\delta'}\right)$

$$\text{ὅθεν } \chi = M \frac{1 - \frac{a}{\delta'}}{1 - \frac{a}{\delta}} = M \frac{\delta (\delta' - a)}{\delta' (\delta - a)} \quad (1)$$

Ἡ τοιαύτη περὶ τὰς σταθμίσεις ἀκρίβεια καθίσταται ἀπαραίτητος, ὅταν πρόκειται νὰ εὗρωμεν τὸ βάρος ἀερίων ἢ ἀτμῶν.

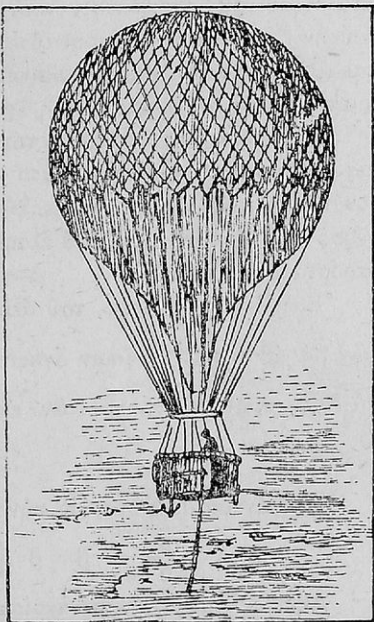
Συνέπειαι. Ἐκ τῆς ἀνωτέρω ἀρχῆς τοῦ Ἀρχιμήδους προκύπτει, ὅτι πᾶν σῶμα ἐμβαπτισμένον εἰς τὸν ἀέρα ἢ εἰς οἶονδῆποτε ἀέριον ὑφίσταται τὴν ἐνέργειαν δύο δυνάμεων κατακορύφων καὶ ἀντιθέτου φορᾶς, τοῦ βάρους τοῦ Β καὶ τῆς ἀνώσεως Α τῆς ἐξασκουμένης ὑπὸ τοῦ ἀερίου. Ἐπομένως :

1ον) Ἐὰν $B > A$, τότε τὸ σῶμα πίπτει παρασυρόμενον ὄχι ὑπὸ τοῦ πραγματικοῦ τοῦ βάρους Β, ἀλλὰ ὑπὸ τοῦ φαινομενικοῦ $B - A$.

2ον) Ἐὰν $B = A$, τὸ σῶμα αἰωρεῖται εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν.

3ον) Ἐὰν $B < A$, τὸ σῶμα, ἀφιέμενον ἐλεύθερον, ἀνέρχεται κατακορύφως ὑπὸ τὴν ἐνέργειαν τῆς δυνάμεως $A - B$. Ἡ περίπτωσις αὕτη ἐφαρμόζεται εἰς τὰ θερμὰ ἀέρια, τὰ ὁποῖα ἀπομακρύνονται ἐκ τῆς ἐστίας, εἰς τοὺς ἀτμοὺς τοῦ ὕδατος, εἰς τὰ ἀερόστατα κτλ.

144. Ἀερόστατα.— Ταῦτα εἶναι συνήθως σφαῖραι ἐξ ἐλαφροῦ ὑφάσματος, αἱ ὁποῖαι, πληρούμεναι δι' ἀερίου ἐλαφροτέρου τοῦ ἀέρος τῶν κατωτέρων στρωμάτων τῆς ἀτμοσφαίρας, ἀνυψοῦνται ἐντὸς αὐτῆς συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τοῦ Ἀρχιμήδους (σχ. 111).



Σχ. 111

Τὰ πρῶτα αερόστατα κατεσκευάσθησαν ὑπὸ τῶν ἀδελφῶν Montgolfier καὶ ἐπληροῦντο διὰ θερμοῦ ἀέρος. Σήμερον πληροῦν τὰ αερόστατα διὰ φωταερίου ἢ δι' ὕδρογόνου, ἐνίοτε δὲ καὶ δι' ἡλίου, τὸ ὁποῖον ἔχει τὸ πλεονέκτημα νὰ εἶναι ἀκαυστον.

Κατασκευὴ τῶν αεροστάτων. Τὰ συνήθη αερόστατα ἔχουν σχῆμα σφαιρικόν. Τὸ περίβλημα ἀποτελεῖται ἐκ δύο ὑφασμάτων μεταξίνων, μεταξὺ τῶν ὁποίων παρεντίθεται φύλλον ἐκ καουτσούκ. Τοιούτοτρόπως καθίστανται ἀδιαπέραστα ὑπὸ τῶν ἀερίων.

Τὸ περίβλημα καταλήγει εἰς τὸ κατώτερον μέρος του εἰς ὅλην συνδεομένην μὲ σωληνοειδῇ προεκβολήν, διὰ τῆς ὁποίας πληροῦται τὸ αερόστατον διὰ τοῦ ἐλαφροῦ αερίου καὶ διὰ τῆς ὁποίας ἐκφεύγει κατὰ τὴν ἀνάβασιν ἡ περίσσεια τοῦ αερίου εἰς τὴν περίπτωσιν ὑπερβολικῆς ἐξογκώσεως τοῦ αεροστάτου. Εἰς τὸ ἀνώτερον μέρος τὸ περίβλημα φέρει ὅλην κλειομένην διὰ δικλείδος, τὴν ὁποίαν δύναται οἱ αεροναῦται νὰ ἀνοίγουν διὰ σχοινίου, τὸ ὁποῖον εἶναι προσδεδεμένον ἐπ' αὐτῆς. Τὸ αερόστατον καλύπτεται κατὰ τὸ ἀνώτερον μέρος του ὑπὸ σχοινίνου πλέγματος, ἀπὸ τοῦ ὁποίου ἐξαρτᾶται λέμβος· εἰς ταύτην ἐπιβαίνουν οἱ αεροναῦται καὶ τοποθετοῦνται διάφορα ὄργανα καὶ ἄλλα ἀντικείμενα, π.χ. βαρόμετρον, θερμόμετρον, πυξίς, ἀνάλογον ἔρμα (σάκκοι πλήρεις ἄμμου), σχοινίον μετ' ἀγκύρας κ.τ.λ. (σχ. 111).

Ἀνυψωτικὴ δύναμις τῶν αεροστάτων. Ἀνυψωτικὴ δύναμις Δ αεροστάτου, θεωρουμένου ἄνευ τοῦ περικαλύμματος καὶ τῆς λέμβου του, εἶναι ἡ διαφορὰ μεταξὺ τοῦ βάρους B τοῦ ἐκτοπιζομένου αέρος καὶ τοῦ βάρους β τοῦ ἐλαφροῦ αερίου, τὸ ὁποῖον πληροῖ τὸ αερόστατον, ἦτοι:

$$\Delta = B - \beta. \quad (1)$$

Ἐὰν δ ἡ πυκνότης τοῦ αερίου ὡς πρὸς τὸν αέρα, δηλ. ὁ λόγος τῶν βαρῶν β καὶ B , ἴσων ὄγκων αερίου καὶ αέρος, ἦτοι $\delta = \frac{\beta}{B}$,

θὰ ἔχωμεν, οἷαδήποτε καὶ ἂν εἶναι ἡ θερμοκρασία καὶ ἡ πίεσις,

$$B = \frac{\beta}{\delta}.$$

Ἄρα ἀντικαθιστῶτες εἰς τὴν (1) ἔχομεν:

$$\Delta = \frac{\beta}{\delta} - \beta = \beta \left(\frac{1}{\delta} - 1 \right) = \beta \cdot \frac{1 - \delta}{\delta}.$$

Δηλ. ὠρισμένον βάρος αερίου φανερώγει ὠρισμένην ἀνυψωτικὴν δύναμιν.

Ἐστω π.χ. αερόστατον περιέχον κατὰ τὴν ἀναχώρησιν 100 χγρ. ὑδρογόνου, πυκνότητος 0,07. Ἡ ἀνυψωτικὴ του δύναμις θὰ εἶναι:

$$\Delta = 100 \frac{1 - 0,07}{0,07} = 1328 \text{ χγρ.}$$

Δηλ. τὸ μέγιστον βάρος περικαλύματος, δικτύου, σχοινίων, λέμβου, ἔρματος, ὀργάνων καὶ αεροναυτῶν δύναται νὰ εἶναι 1328 χγρ. Ἐὰν υποθέσωμεν, ὅτι ἐκτὸς τοῦ αερίου του φέρει βάρος 1200 χγρ., ἡ πραγματικὴ ἀνυψωτικὴ του δύναμις θὰ εἶναι:

$$\Delta_1 = 1328 - 1200 = 128 \text{ γρ.}$$

Τὸ ἀερόστατον, τελείως πεπληρωμένον, ἀνέρχεται καὶ τὸ ἀέριον τείνει νὰ λάβῃ ὄγκον μεγαλύτερον, διότι ἡ ἀτμοσφαιρική πίεσις ἐλαττοῦται. Ἡ θυρὶς πληρώσεως, εὗρισκομένη εἰς τὸ κατώτερον μέρος, ἐπιτρέπει νὰ ἐξέλθῃ μέρος τοῦ αἰρίου, διότι ἄλλως τὸ ἀερόστατον θὰ διερεγγνυτο. Οὕτως, ἀνερχομένου τοῦ ἀεροστάτου, μέρος τοῦ αἰρίου ἐξέρχεται καὶ συνεπῶς ἡ ἀννυπωτική του δύναμις ἐλαττοῦται, μέχρις ὅτου μηδενισθῇ, ὅποτε τὸ ἀερόστατον παύει νὰ ἀνέρχεται. Τότε θὰ εἶναι :

$$\beta. \frac{1 - \delta}{\delta} = \Pi$$

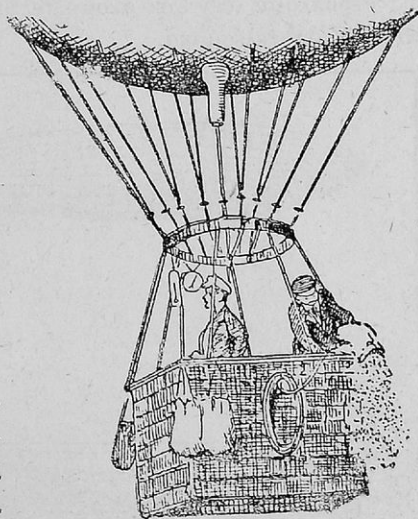
(ἐνθα Π τὸ βάρος τοῦ περικαλύμματος, τοῦ δικτύου κλπ.).

Διὰ νὰ ἀννυπωθῇ ἀκόμη περισσότερον, πρέπει νὰ ἀπορριφθῇ μέρος τοῦ ἔρματος (σχ. 112).

Διὰ νὰ κατέλθῃ τὸ ἀερόστατον, πρέπει νὰ ἀφελθῇ νὰ ἐκφύγῃ μέρος τοῦ αἰρίου καὶ νὰ ἀντικατασταθῇ ὑπὸ ἀέρος, ὅστις εἶναι βαρύτερος πρὸς τοῦτο ἀνοίγουν τὴν δικλεῖδα, σύροντες τὸ σχοινίον. Τότε ἐκφεύγει ἀέριον καὶ εἰσέρχεται αἶρ κατωθεν, διότι σχηματίζεται ἐντὸς τοῦ ἀεροστάτου ρεῦμα ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω, μεταξὺ τῶν δύο θυρίδων (τῆς θυρίδος πληρώσεως, ἣτις εἶναι ἀνοικτή, καὶ τῆς ἀνοίγεισης δικλείδος).

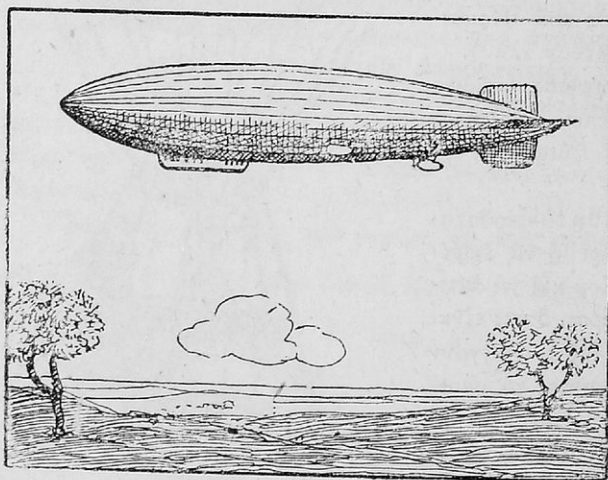
Ἀπὸ τινων ἐτῶν, τοποθετοῦν ἐντὸς τοῦ ἀεροστάτου μικρὸν θύλακον, τὸν ὁποῖον δύνανται νὰ πληρώσουν μὲ ἀέρα διὰ φυσητήρος. Ὁ αἶρ οὗτος δὲν ἀναμιγνύεται μετὰ τοῦ αἰρίου· διατηρεῖται τοιούτοτρόπως τὸ ἀέριον καθαρὸν καὶ ἀφ' ἑτέρου τὸ ἀερόστατον διατηρεῖ τὸ περίβλημά του τεταμένον.

145. Διευδυνόμενα ἀερόστατα.—Τὰ συνήθη ἀερόστατα παρασύρονται ὑπὸ τοῦ ἀνέμου. Διὰ τοῦτο ἐξήτησαν νὰ κατασκευάσουν ἀερόστατα, τὰ ὁποῖα νὰ δύνανται νὰ ἀνθίστανται ἐναντίον τῶν ἀτμο-



Σχ. 112

σφαιρικών ρευμάτων καὶ νὰ διευθύνωνται εἰς τὸν ἀέρα, καθὼς τὰ πλοῖα εἰς τὸ ὕδωρ. Ἐν τούτοις ὑπάρχει μεγάλη διαφορὰ μεταξὺ τῶν δύο τούτων προβλημάτων. Διότι εἰς τὰ ἀτμοσφαιρικά ρεύματα γίνεται μεταφορὰ τῆς ἀερώδους μάζης, ἐντὸς τῆς ὁποίας εὐρίσκεται τὸ ἀερόστατον· τοῦναντίον εἰς τὸ ὕδωρ (ἐκτὸς τῆς περιπτώσεως ρεόντων ὑδάτων καὶ θαλασσίων ρευμάτων) δὲν γίνεται μεταφορὰ τοῦ ὕδατος. Διὰ νὰ διευθύνεται τὸ ἀερόστατον ἐντὸς τοῦ ἀέρος, πρέπει ἡ ταχύτης του νὰ εἶναι τοῦλάχιστον ἴση πρὸς τὴν τοῦ ἀνέμου. Ἄν καὶ τὸ πρόβλημα τῆς ἀεροπλοΐας δὲν ἔχει ἀκόμη τελείως λυθῇ, ἔφθασαν ἔν τούτοις εἰς ἀξιόλογα ἀποτελέσματα.



Σχ. 113

Τὰ διευθυ-
νόμενα ἀερό-
στατα ἔχουν
σχῆμα ἐπίμη-
κες διὰ νὰ ἐ-
λαττώνουν τὴν
ἀντίστασιν τοῦ
ἀέρος. Ἡ λέμ-
βὸς των φέρει
μίαν ἢ δύο ἑ-
λικας, κινουμέ-
νας διὰ ἡλεκ-
τρικῶν κινητή-
ρων ἢ κινητή-
ρων δι' ἐκρή-
ξεων. Κανονί-

ζουν δὲ τὴν διεύθυνσιν διὰ πηδαλίου (σχ. 113).

146. Ἀεροπλάνα.— Ταῦτα βασίζονται ἐπὶ ἀρχῆς τελείως δια-
φόρου τῆς τῶν ἀεροστατών. Ἐνῶ τὰ ἀερόστατα εἶναι ἐλαφρότερα
τοῦ ἀέρος, τὰ ἀεροπλάνα εἶναι βαρύτερα αὐτοῦ.

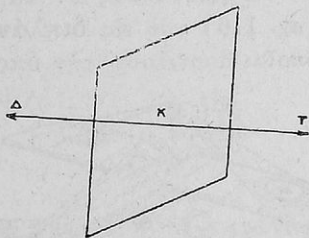
Τὰ ἀεροπλάνα διὰ τὴν διατήρησίν των εἰς τὸν ἀέρα, χρησιμο-
ποιοῦν τὴν ἀντίστασιν, τὴν ὁποίαν ἀντιτάσσει ὁ ἀῆρ εἰς ἐπιφάνειαν
κινουμένην ἐντὸς αὐτοῦ.

Θεωρήσωμεν ἐπίπεδον ἐπιφάνειαν ἄκαμπτον ἐνὸς τετραγωνικοῦ
μέτρου, τὴν ὁποίαν θέλομεν νὰ μεταθέσωμεν ταχέως ἐντὸς τοῦ ἀέρος
κατὰ διεύθυνσιν κάθετον πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν ταύτην (σχ. 114). Θὰ

δοκιμάσωμεν ὠρισμένην ἀντίστασιν, ἡ ὁποία δύναται νὰ ὑπολογισθῇ εἰς χιλιόγραμμα. Τὸ πείραμα δεικνύει :

1) ὅτι ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀέρος εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν θεωρουμένην ἐπιφάνειαν (τῆς ταχύτητος παραμενοῦσης σταθερᾶς).

2) ὅτι ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀέρος εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ταχύτητος. Θεωρήσωμεν ἤδη, ὅτι ἡ ἐπιφάνεια εἶναι ἀκίνητος καὶ κάθετος πρὸς τὴν διεύθυνσιν τοῦ ἀνέμου, τοῦ ὁποίου ἡ ταχύτης εἶναι τ μέτρα κατὰ δευτερόλεπτον. Ἡ ἐνέργεια τοῦ ἀνέμου ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ταύτης θὰ εἶναι ἡ αὐτή, ἡ ὁποία θὰ ἦτο καὶ ἂν ὁ αἶρ ἦτο ἀκίνητος καὶ ἡ ἐπιφάνεια ἐκινεῖτο ἀντιθέτως μὲ ταχύτητα τ .



Σχ. 114

Ὑποθέσωμεν, ὅτι ἡ ἐπιφάνεια τοποθετεῖται πλαγίως ὡς πρὸς τὴν διεύθυνσιν τοῦ ἀνέμου (σχ. 115). Ἡ περίπτωσις αὕτη πραγματοποιεῖται εἰς τοὺς **χαρταετοὺς** τῶν παιδῶν. Ἡ ἐνέργεια τοῦ ἀνέμου ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ταύτης εἶναι πάλιν δύναμις ΓΠ κάθετος ἐπὶ τὴν ἐπιφάνειαν. Ἡ δύναμις αὕτη ἀναλύεται εἰς δύο ἄλλας, τὴν ψ ὀριζοντίαν καὶ τὴν χ κατακόρυφον, ἡ ὁποία τείνει νὰ ἀνυψώσῃ τὴν ἐπιφάνειαν καὶ ἡ ὁποία συνεπῶς ἀντιτάσσεται πρὸς τὸ βάρος τῆς ἐπιφανείας.

τὴν δύναμιν ταύτην καλοῦμεν **ἄνωσιν**.

Ἡ ἄνωσις αὐξάνεται καθὼς τὸ τετράγωνον τῆς ταχύτητος. Συνεπῶς, ἐὰν ἡ ταχύτης τοῦ ἀνέμου αὐξάνεται, θὰ ἔλθῃ στιγμή, κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ ἄνωσις θὰ γίνῃ ἴση ἢ μεγαλύτερα τοῦ βάρους τῆς ἐπιφανείας, ἥτις θὰ διατηρῇται τότε ἐν ἰσορροπίᾳ ἢ θὰ ἀνυψωθῇ.

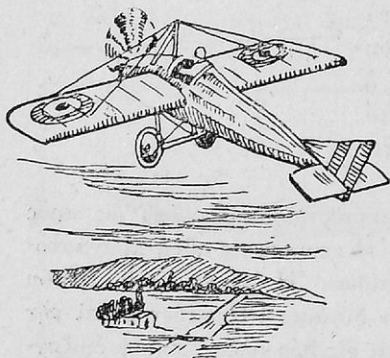
Εἰς τὸ αὐτὸ ἀποτέλεσμα θὰ φθάσωμεν, ἐὰν ὑποθέσωμεν τὸν ἀέρα ἀκίνητον καὶ τὴν ἐπιφάνειαν μετατιθεμένην κατὰ διεύθυνσιν πλαγίαν πρὸς τὸ ἐπίπεδόν της.

Εἰς τὸν χαρταετὸν τὴν ἄνωσιν παράγει ὁ ἄνεμος· εἰς τὰ ἀεροπλάνα ἡ ἄνωσις δημιουργεῖται διὰ τῆς μεταθέσεως τούτων ὀριζοντίως μὲ ταχύτητα ἀπὸ 60 ἕως 90 καὶ πλέον χλμ. καθ' ὥραν.

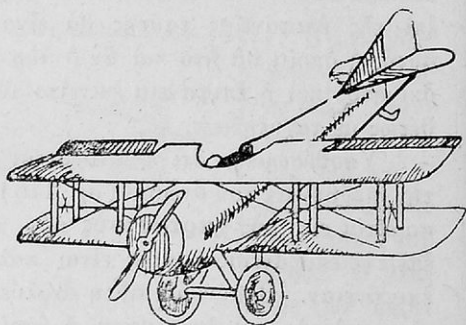
Εἰς τὸν χαρταετὸν τὴν ἄνωσιν παράγει ὁ ἄνεμος· εἰς τὰ ἀεροπλάνα ἡ ἄνωσις δημιουργεῖται διὰ τῆς μεταθέσεως τούτων ὀριζοντίως μὲ ταχύτητα ἀπὸ 60 ἕως 90 καὶ πλέον χλμ. καθ' ὥραν.

Ἐὰν μεταβληθῇ ἡ κλίσις τῆς ἐπιφανείας ὡς πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς κινήσεως, καὶ ἡ ἄνωσις θὰ μεταβληθῇ. Εἶναι λοιπὸν δυνατόν νὰ κινῆται εἰς ὠρισμένον ὕψος ἢ νὰ ἀνυψοῦται ἢ νὰ κατέρχεται τὸ ἀεροπλάνον διὰ μικρᾶς μεταβολῆς τῆς κλίσεως τῆς ἐπιφανείας ἐπὶ τῆς ὁποίας φέρεται, ἢ καὶ μέρους τῆς ἐπιφανείας ταύτης.

Σημείωσις α'. Τὰ ἀεροπλάνα διαιροῦνται εἰς **μονοπλάνα** (σχ. 116) καὶ εἰς **διπλάνα** (σχ. 117), καθ' ὅσον αἱ πτέρυγες, αἱ ὁποῖαι ἀποτελοῦν τὴν ὑποστηρίζουσαν ἐπιφάνειαν, συνίστανται



Σχ. 116



Σχ. 117

ἢ ἀπὸ ἑνὸς ἐπίπεδον ἢ ἀπὸ δύο ὑπερκείμενα τοιαῦτα.

Σημείωσις β'. Ἡ μετάθεσις ὀριζοντίως τῶν ἀεροπλάνων γίνεται διὰ μεγάλων **ἐλίκων**, κινουμένων διὰ κινητηρίων μηχανῶν, εὐρισκομένων ἐπὶ τοῦ ἀεροπλάνου.

Ἡ **ἑλιξ** εἶναι ἓν εἶδος κοιλίου (βίδας), ὃ ὁποῖος, ὅταν στρέφεται βιδώνεται εἰς τὸν ἀέρα, ὅπως μία συνήθης βίδα βιδώνεται εἰς τὸ ξύλον. Ὅταν αὕτη βιδώνεται εἰς τὸ ξύλον, προχωρεῖ ἐντὸς αὐτοῦ. Καθ' ὅμοιον τρόπον καὶ ἡ ἑλιξ, ὅταν βιδώνεται εἰς τὸν ἀέρα, μετατίθεται καὶ παρασύρει τὸ ἀεροπλάνον, εἰς τὸ ὁποῖον εἶναι στερεωμένη.

Π ρ ο β λ ή μ α τ α

1ον. Ἀερόστατον σφαιρικὸν αἰωρεῖται εἰς τὸν ἀέρα. Εἶναι κατεσκευασμένον ἐκ λεπτοῦ ὑφάσματος, τοῦ ὁποῖου τὸ βάρος εἶναι 30 γρ. κατὰ τετρ. παλάμην, εἶναι δὲ πλήρες φωταερίου. Ποία ἡ διάμετρος τοῦ ἀεροστάτου; Βάρος μιᾶς κυβ. παλ. φωταερίου = 0,646 γρ.

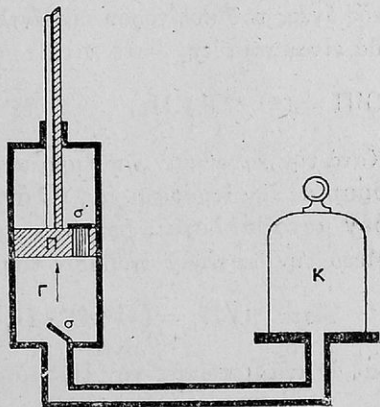
2ον. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀννρωτική δύναμις σφαιρικοῦ ἀεροστάτου, τοῦ ὁποῖου τὸ περιβλήμα ζυγίζει 78,54 χγρ. καὶ τὸ ὁποῖον εἶναι πλη-
ρες ὕδρογονου, ζυγίζοντος 0,1 χγρ. κατὰ κυβ. μέτρον. Τὸ ὕφασμα, ἐκ
τοῦ ὁποῖου εἶναι κατεσκευασμένον τὸ περιβλήμα, ζυγίζει 0,250 χγρ.
κατὰ τετρ. μέτρον. Γνωρίζομεν πρὸς τούτοις, ὅτι 1 κυβ. μέτρον ἀέρος
ζυγίζει 1,3 χγρ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Δ'

ΑΕΡΑΝΤΛΙΑΙ

147. Αἱ ἀεραντλίας περιλαμβάνουν τὰς πνευματικὰς μηχανάς,
προωρισμένας νὰ ἀραιώνουν τὸν ἀέρα (ἢ ἄλλο τι ἀέριον), ὁ ὁποῖος πε-
ριέχεται ἐντὸς κλειστοῦ δοχείου, καὶ τὰς ἀεριοθλιπτικὰς μηχανάς, διὰ
τῶν ὁποίων συμπιέζομεν ἐντὸς κλειστοῦ δοχείου ἀέρα (ἢ ἄλλο τι ἀέριον).

148. Πνευματικὴ μηχανή.— Ἡ πνευματικὴ μηχανὴ ἀποτελεῖ-
ται ἀπὸ κοῖλον κύλινδρον Γ (σχ.
118), ὁ ὁποῖος εἰς τὸ κέντρον τῆς
βάσεώς του φέρει ὀπὴν κλειομένην
διὰ δικλείδος σ. Ἐκ τῆς ὀπῆς ταύ-
της ἄρχεται σωλήν, ὁ ὁποῖος κατα-
λήγει εἰς τὸ κέντρον μεταλλικοῦ δί-
σκου ἐπιπέδου. Ὑάλινος κώδων Κ
καλύπτει τὸν δίσκον τοῦτον. Ἐντὸς
τοῦ κυλίνδρου Γ κινεῖται ἔμβολον,
τὸ ὁποῖον ἐφαρμόζεται ἀεροστεγῶς
καὶ φέρει παρὰ τὸν ἄξονα αὐτοῦ ὄχε-
τόν. Ὁ ὄχετος οὗτος κλείεται διὰ δι-
κλείδος σ', ἡ ὁποία ἀνοίγεται ὅπως
καὶ ἡ σ ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω.



Σχ. 118

Ὅταν τὸ ἔμβολον ἀνέρχεται, τείνει νὰ σχηματισθῇ κάτωθεν αὐτοῦ
κενόν. Τότε ὁ αἷρ τοῦ κώδωνος, ἕνεκα τῆς ἐλαστικότητός του, ἀνοίγει
τὴν δικλείδα σ καὶ λόγῳ τῆς διαχυτικότητός του πληροῖ τὸν κύλιν-
δρον. Ἡ δικλείς σ' παραμένει κλειστὴ διὰ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πίε-
σεως (ἡ πίεσις τοῦ ἐσωτερικοῦ ἀερίου ἔχει ἐλαττωθῇ, ἕνεκα τῆς αὐξή-

σεως τοῦ ὄγκου του). Ὅταν τὸ ἔμβολον φθάσῃ εἰς τὸ τέλος τοῦ δρόμου του, ἡ ἐλαστικὴ δύναμις τοῦ ἀερίου παύει νὰ ἐλαττοῦται ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου καὶ ἡ δικλείς σ, πιεζομένη ἐξ ἴσου καὶ ἐκ τῶν κάτω καὶ ἐκ τῶν ἄνω, καταπίπτει λόγῳ τοῦ βάρους της.

Ἐὰν ἤδη καταβιβασθῇ τὸ ἔμβολον, ὁ ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου ἀῆρ συμπίεζεται, ἐπειδὴ ἐλαττοῦται ὁ ὄγκος του· ὅταν δὲ ἡ ἐλαστικὴ του δύναμις ὑπερβῇ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν, ἡ δικλείς σ' ἀνοίγεται. Ἄσας τότε ὁ ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου ἀῆρ ἐκφεύγει εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν, ὅταν τὸ ἔμβολον φθάσῃ εἰς τὴν βάσιν τοῦ κυλίνδρου.

Δι' ἀλλεπαλλήλων ἀναβάσεων καὶ καταβάσεων τοῦ ἐμβόλου ὁ ἀῆρ ἐντὸς τοῦ κώδωνος ἀραιοῦται ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον καὶ ἡ ἐλαστικὴ του δύναμις διαρκῶς ἐλαττοῦται.

Ἐλαστικὴ δύναμις ἐντὸς τοῦ κώδωνος μετὰ ν ἀναβάσεις τοῦ ἐμβόλου. Κατ' ἀρχὰς τὸ ἔμβολον ἐγγίζει τὸν πυθμένα τοῦ κυλίνδρου. Ἡ ἀερώδης μᾶζα τοῦ κώδωνος ἔχει ὄγκον π.χ. O' καὶ ἐλαστικὴν δύναμιν Π (τὴν ἀτμοσφαιρικὴν). Ὅταν τὸ ἔμβολον ἀνυψωθῇ, ἡ ἀερώδης αὕτη μᾶζα καταλαμβάνει ὄγκον $O' + O$ (ἐνθα O ὁ ἐσωτερικὸς ὄγκος τοῦ κυλίνδρου τῆς ἀντλίας). Ἡ ἐλαστικὴ αὐτῆς δύναμις Π_1 θὰ εἶναι τοιαύτη, ὥστε κατὰ τὸν νόμον τοῦ Μαριόττου:

$$O'\Pi = (O' + O)\Pi_1, \quad \text{ἐξ ἧς} \quad \Pi_1 = \frac{O'}{O' + O} \cdot \Pi \quad (1)$$

Κατὰ τὴν κατάβασιν τοῦ ἐμβόλου, ὁ ἀῆρ ἐξωθεῖται ἐκτὸς τοῦ κυλίνδρου εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν. Ὁ ὄγκος τοῦ ἐντὸς τοῦ κώδωνος ἀέρος δὲν μεταβάλλεται, ἐπομένως καὶ ἡ πίεσις αὐτοῦ μένει ἡ αὐτὴ Π_1 . Μετὰ τὴν δευτέραν ἀνάβασιν τοῦ ἐμβόλου ἡ πίεσις εἶναι Π_2 τοιαύτη,

$$\text{ὥστε} \quad O'\Pi_1 = (O' + O)\Pi_2, \quad \text{ἐξ ἧς} \quad \Pi_2 = \frac{O'}{O' + O} \cdot \Pi_1$$

καὶ ἀντικαθιστῶντες τὴν Π_1 διὰ τῆς τιμῆς της ἐκ τῆς (1) ἔχομεν

$$\Pi_2 = \left(\frac{O'}{O' + O} \right)^2 \cdot \Pi$$

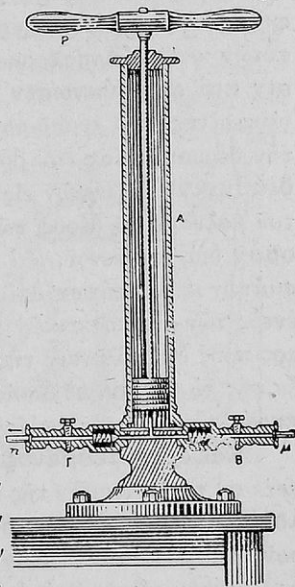
καὶ γενικῶς μετὰ τὴν νιοστὴν ἀνάβασιν:

$$\Pi_n = \left(\frac{O'}{O' + O} \right)^n \cdot \Pi.$$

Ἐπιζήμιος χωρητικότητα. Ἡ ἀραιώσις ἐν τούτοις τοῦ ἐντὸς τοῦ κώδωνος ἀέρος δὲν προχωρεῖ ἐπ' ἄπειρον, τοῦ ν αὐξανομένου, ὅπως δεικνύει ὁ ἀνωτέρω τύπος. Πράγματι, καὶ ἐὰν ὑποθέσωμεν, ὅτι τὸ ἔμβολον καὶ αἱ δικλείδες ἔχουν τελείαν ἐφαρμογὴν, φθάνει στιγμή, κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ μηχανὴ δὲν λειτουργεῖ πλέον ἐπωφελῶς. Διότι εἶναι πρακτικῶς ἀδύνατον νὰ κατασκευασθῇ ἔμβολον, τοῦ ὁποίου ἡ κατωτέρα ἐπιφάνεια νὰ προσαρμόζεται ἀκριβῶς εἰς τὴν βάσιν τοῦ κυλίνδρου. Ὄταν τὸ ἔμβολον εὐρίσκεται εἰς τὸ κατώτερον μέρος τοῦ δρόμου του, ὑπάρχει πάντοτε κάτωθεν τούτου ὠρισμένον διάστημα ἐλεύθερον. Τὸ διάστημα τοῦτο καλεῖται **ἐπιζήμιος χωρητικότης**. Ὄταν ἡ πίεσις ἐντὸς τοῦ κώδωνος γίνῃ ἴση πρὸς τὴν πίεσιν τοῦ ἀέρος τῆς ἐπιζημίου χωρητικότητος (ὅστις πληροῖ τὸν κύλινδρον κατὰ τὴν ἀνάβασιν τοῦ ἐμβόλου), ἡ δικλείς σ δὲν ἀνοίγεται πλέον.

149. Ἀεριοθλιπτικὴ μηχανή.— Ἡ ἀεριοθλιπτικὴ μηχανὴ ἀποτελεῖται ἀπὸ κύλινδρον μικρᾶς διαμέτρου (σχ. 119), ἐντὸς τοῦ ὁποίου κινεῖται ἔμβολον πλήρες (μὴ φέρον δικλείδα). Εἰς τὴν βάσιν τοῦ κυλίνδρου ὑπάρχουν δύο ὀριζόντιοι σωλῆνες μὲ στρόφιγγας καὶ δικλείδας (ο παρὰ τὸ Β καὶ ν παρὰ τὸ Γ). Αἱ δικλείδες αὗται χρησιμεύουν ἢ μὲν διὰ τὴν ἀναρρόφησιν, ἢ δὲ διὰ τὴν συμπίεσιν τοῦ αερίου. Ἡ δικλείς τῆς ἀναρρόφησης ἀνοίγεται ἐκ τῶν ἔξω πρὸς τὰ ἔσω, ἡ δὲ τῆς συμπίεσεως ἐκ τῶν ἔσω πρὸς τὸν ὑποδοχέα.

Ὄταν τὸ ἔμβολον ἀνέρχεται, τείνει νὰ σχηματισθῇ ὑπ' αὐτὸ κενόν. Διὰ τοῦτο ἡ μὲν δικλείς ο ἀνοίγεται ὑπὸ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πίεσεως, ἡ δὲ ἄλλη δικλείς ν διατηρεῖται κλειστή, ἕνεκα τῆς πίεσεως τῆς προσερχομένης ἐκ τοῦ ὑποδοχέως. Ὁ ἑξωτερικὸς λοιπὸν ἀῆρ πληροῖ τὸν κύλινδρον. Καταβιβαζομένου κατόπιν τοῦ ἐμβόλου, ὁ ὑπ' αὐτὸ ἀῆρ συμπιεζόμενος τὴν μὲν δικλείδα ο διατηρεῖ κλειστήν, ὅταν δὲ ἡ πίεσίς του καταστῇ ἀρκετὰ ἰσχυρά, ἀνοίγει τὴν δικλείδα ν καὶ εἰσέρχεται εἰς τὸν ὑποδοχέα. Ἐὰν ἀναβιβάσωμεν πάλιν τὸ ἔμβολον, ὁ κύλινδρος πλη-



Σχ. 119

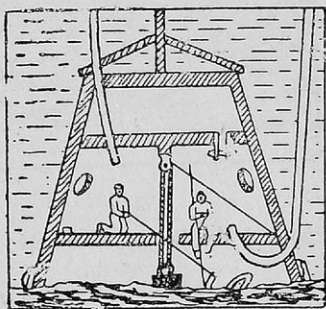
ροῦται ἄερος ὑπὸ τὴν ἐξωτερικὴν πίεσιν καὶ κατὰ τὴν κατάβασιν τοῦ ἐμβόλου ὁ ἀήρ οὗτος συμπιέζεται εἰς τὸν ὑποδοχέα. Ἡ προσπάθεια βαίνει αὐξανομένη, ἔνεκα τῆς ἀντιστάσεως τοῦ ἐντὸς τοῦ ὑποδοχέως συμπιεζομένου ἀέρος, ὅστις ἀντιτάσσεται εἰς τὸ ἀνοιγμα τῆς βαλβίδος ν.

150. Ἐφαρμογαὶ τοῦ ἡραιωμένου καὶ τοῦ συμπεπιεσμένου ἀέρος. — Ἡ ἀραιώσις τοῦ ἀέρος ἐφαρμόζεται, διὰ νὰ βεβαιωθῶμεν ἐὰν οἱ ὑδραγωγοὶ ἢ ἀεριαγωγοὶ σωλῆνες δὲν παρουσιάζουν διαφυγὰς. Πρὸς τοῦτο παρατηροῦμεν ἂν δυνάμεθα νὰ παραγάγωμεν ἐντὸς αὐτῶν κενόν. Ἀναφέρομεν πρὸς τούτοις **τὴν ἐν τῷ κενῷ ἐξάτμισιν καὶ συμπύκνωσιν** τῶν σακχαρωδῶν χυμῶν (τῶν σιροπιῶν, τῆς γλυκερίνης, τοῦ χυμοῦ τοῦ κρέατος κτλ.), οἱ ὅποιοι θὰ ἡλλοιοῦντο εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ βρασμοῦ ὑπὸ τὴν συνήθη πίεσιν· τὴν **ταχεῖαν διήθησιν** τῶν ὑγρῶν εἰς τὸ κενόν· τὸν **ἀερισμὸν** δι' ἀναρροφήσεως τοῦ μολυσμένου ἀέρος τῶν ἐργαστηρίων καὶ θεάτρων· τὸν **καθαρισμὸν** διὰ τοῦ κενοῦ, δι' ἀναρροφήσεως δηλ. τῆς κόνεως, παραπετασμάτων καὶ ταπήτων· ἐπίσης τὸ **μερικὸν κενόν**, τὸ ὁποῖον παράγουν ἐντὸς τῶν ἀποστακτικῶν κεράτων, κατὰ τὴν ἀπόσταξιν τοῦ λιθάνθρακος πρὸς διευκόλυνσιν τῆς **παραγωγῆς καὶ ἐκλύσεως** τοῦ ἀερίου· ἐπίσης τὸ **κενόν**, τὸ ὁποῖον παράγουν εἰς τὰς ἡλεκτρικὰς λυχνίας διαπυρώσεως καὶ τοὺς σωλῆνας τῶν ἀκτίνων X κτλ.

Καὶ ὁ **πεπιεσμένος ἀήρ** χρησιμοποιεῖται συχνάκις. Ἀναφέρομεν: α) τὴν διανομὴν τῆς ὥρας εἰς ὁλόκληρον πόλιν δι' **εἰδικῶν ὥρολογίων** λειτουργούντων διὰ πεπιεσμένου ἀέρος. Ρεῦμα ἀέρος ἀναχωροῦν καθ' ἕκαστον λεπτόν ἐξ ὑποδοχέως πλήρους πεπιεσμένου ἀέρος ὑπὸ μικρὰν πίεσιν καὶ διατρέχον δίκτυον σωλῆνων, μετακινεῖ κατὰ μίαν διαίρεσιν τὴν βελόνην ἑκάστου τῶν ὥρολογίων τῆς συνοικίας. β) Τὴν μεταβίβασιν τῶν τηλεγραφημάτων, ἐγκλειομένων ἐντὸς κοίλου ἐμβολέως κυλινδρικοῦ. Ὁ ἐμβολεὺς οὗτος ἐξακοντίζεται ἐντὸς σωλῆνος ἐκ χυτοσιδήρου ἕως τὸν ἄλλον σταθμὸν διὰ πεπιεσμένου ἀέρος, ὅστις διοχετεύεται ὀπισθεν αὐτοῦ. γ) Τὴν διανομὴν πεπιεσμένου ἀέρος ὡς **κινητηρίου** δυνάμεως διὰ τὴν κίνησιν μικρῶν κινητήρων. δ) Τὴν λειτουργίαν τῶν **φυσητήρων** τῶν σιδηρουργείων καὶ τῶν ὑψικαμίνων. ε) Τὸν ἀερισμὸν τῶν σηράγγων καὶ τῶν αἰθουσῶν τῶν θεάτρων. στ) Τὴν διὰ πεπιεσμένου ἀέρος ἐξόγκωσιν τῶν κοίλων ἐλαστικῶν περιβλημάτων τῶν τροχῶν τῶν ποδηλάτων καὶ αὐτοκινήτων. ζ) Τὴν διὰ πε-

πιεσμένου αέρος λειτουργοῦσαν **τροχοπέδην** (φρένο) τῶν τραίνων. η) τὴν λειτουργίαν τῶν **διατρητικῶν μηχανῶν**, τῶν χρησιμοποιουμένων διὰ τὴν **διάνοιξιν σηράγγων**, ἐντὸς τῶν ὁποίων ἡ χοῆσις ἀτμομηχανῶν θὰ καθίστα τὸν ἀέρα ἀκατάλληλον πρὸς ἀναπνοήν. θ) Τὴν **ἐκτόξευσιν τῶν τορπιλλῶν**. Αἱ τορπίλλαι, τεθεισάαι εἰς τοὺς τορπιλλοβλητικούς σωλήνας, τοὺς ὁποίους φέρουν τὰ πολεμικὰ πλοῖα, ἐκτοξεύονται διὰ τῆς ἐνεργείας πεπιεσμένου αέρος. ι) Τὰς **ὑποβρυχίους ἐργασίας**. Διὰ νὰ ἐκτελέσουν διαφόρους ἐργασίας ὑπὸ τὸ ὕδωρ ποταμῶν ἢ θαλασσῶν, μεταχειρίζονται τὸν **καταδυτικὸν κώδωνα**. Οὗτος εἶναι εὐρύχωρον κιβώτιον, ἀνοικτὸν κάτωθεν καὶ ὕδατοστεγῶς ἐκ πάντων τῶν λοιπῶν μερῶν κεκλεισμένον (σχ. 120). Τὸ κιβώτιον τοῦτο καταβιβάζεται μετὰ τῶν ἐργαλείων καὶ τῶν ἐργατῶν ὑπὸ τὸ ὕδωρ, ἐπὶ τοῦ πυθμένος τῆς θαλάσσης, εἰς ἣν θέσιν πρόκειται νὰ ἐκτελεσθῇ ἡ ἐργασία. Ἀποστέλλεται κατόπιν εἰς τὸν κώδωνα ἀήρ, ὅστις ἐκδιώκει τὸ ὕδωρ, καὶ οἱ ἐργάται δύναται τότε νὰ ἐργάζωνται ἐπὶ τοῦ πυθμένος.

Σκάφανδρον. Τὸ σκάφανδρον εἶναι ὄργανον τὸ ὁποῖον χρησιμοποιεῖται, ὡς ἐπὶ τὸ πλεῖστον, ὑπὸ τῶν δυτῶν. Τοῦτο εἶναι συνεχὲς διπλοῦν ἐκ καουτσούκ περιβλημα τοῦ σώματος,



Σχ. 120

τοῦ ὁποίου ἐκάστη χεὶρ περατοῦται εἰς τὸν καρπὸν τῆς χειρὸς καὶ πιέζεται ἔξωθεν διὰ ψελλίου ἐκ τῆς αὐτῆς οὐσίας. Τὸ εἰδικὸν τοῦτο ἔνδυμα συνδέεται τελείως ὕδατοστεγῶς μὲ χαλκοῦν κράνος, τὸ ὁποῖον εἶναι καὶ τὸ κυριώτερον μέρος τῆς ὅλης συσκευῆς (σχ. 121). Τὸ κράνος τοῦτο συγκοινωνεῖ διὰ σωλήνος μὲ ἀντλίαν, ἡ ὁποία ἀποστέλλει ἀέρα ἐντὸς αὐτοῦ, καθὼς καὶ εἰς ὁλόκληρον τὸ ἐλαστικὸν περιβλημα τοῦ σώματος τοῦ δύτου. Ἡ περίσσεια τοῦ αέρος καθὼς καὶ τὰ προϊόντα τῆς ἐκπνοῆς ἐξέρχονται διὰ βαλβίδος, ἥτις ἀνοίγεται ἐκ τῶν ἔσω πρὸς τὰ ἔξω. Ὁ δύτης δύναται νὰ βλέπῃ καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις διὰ τεσσάρων θυρίδων κλειομένων μὲ παχείας ὑάλους, ἐξ ὧν ἡ μία εὐρίσκειται ἔμπροσθεν, αἱ δύο εἰς τὰ πλάγια καὶ ἡ ἄλλη εἰς τὸ ἀνώτερον μέρος τοῦ κράνους. Ὁ δύτης δύναται νὰ συνεννοῖται μετὰ τῶν ἐντὸς τοῦ πλοίου δι' ἄλλου σωλήνος, ἀρχομένου ἐκ τοῦ κράνους, εἴτε καὶ διὰ τηλε-

φώνου. Διὰ νὰ δύναται δὲ νὰ διατηρῇται εἰς τὸν πυθμένα παρὰ τὴν



Σχ. 121

ἄνωσιν, τὴν ὁποίαν ὑφίσταται, φέρει παχείας πλάκας ἐκ μολύβδου, μίαν ἐπὶ τοῦ στήθους καὶ ἄλλην ἐπὶ τῆς ράχews. Ἐπίσης καὶ τὰ ὑποδήματα αὐτοῦ φέρουν πρὸς τὰ κάτω παχεῖαν πλάκα μολυβδίνην.

Τέλος, εἰς τὴν ὁσφύν του φέρει ὁ δύτης προσδεδεμένον σχοινίον, διὰ τοῦ ὁποίου δύναται νὰ ἀνασύρεται.

Πρὸς ἀποφυγὴν τῶν ἐκ τῶν ἀποτόμων μεταβολῶν τῆς πίεσεως κινδύνων, ἡ κατάβασις πρέπει νὰ γίνεται βραδέως, ἔτι δὲ βρα-

δύτερον ἢ ἀνάβασις, ὑπὸ τὴν ἀναλογίαν ἐνὸς μέτρου κατὰ λεπτόν.

Π ρ ο β λ ῆ μ α τ α

1ον. Τεμάχιον λευκοχρύσου εἰδ. βάρους 22 ἰσορροπεῖται εἰς τὸν ἀέρα (εἰς 0° καὶ ὑπὸ πίεσιν 76) διὰ σταθμῶν ἐξ ὀρειχάλκου 100 γρ. Ποία εἶναι ἡ μᾶζα τοῦ τεμαχίου τοῦ λευκοχρύσου εἰς τὸ κενόν; Εἰδ. βάρους ὀρειχάλκου 8,4.

2ον. Ἡ πίεσις ἐντὸς τοῦ κώδωνος πνευματικῆς μηχανῆς εἶναι 5 ἐκ. μετὰ 10 ἀναβάσεις τοῦ ἐμβολέως, ἐνῶ ἡ ἄρχικὴ πίεσις ἐντὸς αὐτοῦ ἦτο 75 ἐκ. Πόση θὰ εἶναι ἡ πίεσις ἐντὸς τοῦ κώδωνος μετὰ 20 ἀναβάσεις τοῦ ἐμβολέως;

3ον. Ὁ κώδων πνευματικῆς μηχανῆς ἔχει χωρητικότητα 3,79 κυβικῶν παλαμῶν καὶ ὁ κύλινδρος 0,58 κυβ. παλ. Μετὰ πόσας ἀναβάσεις τοῦ ἐμβολέως ἡ πίεσις τοῦ ἀέρος τοῦ κώδωνος θὰ γίνῃ τὸ $\frac{1}{10}$ τῆς ἀρχικῆς;

5ον. Ποία ἡ ἀναλογία τῶν χωρητικότητων τοῦ κώδωνος καὶ τοῦ

κυλίνδρου τῆς πνευματικῆς ἀντλίας, ἐὰν εἰς τὸ τέλος τῆς 4ης ἀναβά-
σεως τοῦ ἐμβολέως ἡ πίεσις τοῦ ἀέρος τοῦ κώδωνος ἔχει γίνει τὰ
 $\frac{81}{256}$ τῆς ἀρχικῆς;

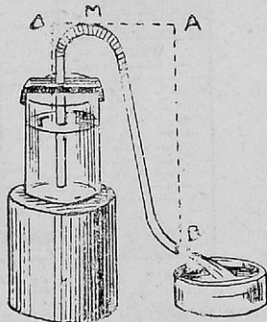
ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ε΄

ΣΙΦΩΝ, ΣΙΦΩΝΙΟΝ, ΥΔΡΑΝΤΑΙΑΙ

151. Σίφων. — Ὁ σίφων εἶναι σωλὴν κεκαμμένος εἰς δύο σκέλη
ἄνισα (σχ. 122), χρησιμεύει δὲ διὰ νὰ μεταγγίζωμεν ὑγρὰ διὰ συνε-
χοῦς ροῆς, χωρὶς νὰ ἀνοίξωμεν ὁπὴν εἰς τὸν πυθμένα τοῦ δοχείου.

Λειτουργία. Διὰ νὰ μεταγγίσωμεν ὑγρὸν τι ἐκ δοχείου Μ (σχ.
123) εἰς ἄλλο, εἰς τὸ ὁποῖον ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ εὐρίσκεται χαμη-
λότερα, πληροῦμεν διὰ τοῦ μεταγγιστέου ὑγροῦ σίφωνα ΑΒΔ καὶ
διατηροῦντες κλειστὰ τὰ δύο αὐτοῦ στόμια, ἀναστρέφωμεν αὐτὸν καὶ
βυθίζομεν τὸ βραχὺ σκέλος εἰς τὸ δοχεῖον, εἰς τὸ ὁποῖον ἡ ἐπιφάνεια
τοῦ ὑγροῦ εὐρίσκεται εἰς τὸ μεγαλύτερον ὕψος. Ἐὰν ἀνοίξωμεν τότε τὰ
δύο στόμια, τὸ ὑγρὸν ῥεεῖ, διερχόμενον διὰ
τοῦ σίφωνος ἐκ τοῦ δοχείου Μ πρὸς τὸ Ν.

Ἑξήγησις. Ὑποθέσωμεν, ὅτι εἰς τὸν
κεκαμμένον σωλῆνα (σχ. 123), τοῦ ὁποίου
οἱ δύο βραχίονες ἔχουν χωριστὰ ἕκαστος
ὑψὸς μικρότερον τοῦ ἀντιστοιχοῦντος εἰς
τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν (1033 ἑκατ. διὰ
τὸ ὕδωρ, 76 ἑκατ. διὰ τὸν ὑδράργυρον),
παρεντίθεται εἰς τι σημεῖον τοῦ ὀριζοντίου
μέρους αὐτοῦ διάφραγμα Ε. Τὰ δύο χωρι-
σμένα ἤδη μέρη ΑΒΕ καὶ ΔΓΕ, τὰ ὁποῖα
εἶχον πληρωθῇ ὑγροῦ, μετὰ τὴν ἀφαίρεσιν τῶν πωμάτων, θὰ μένουν
πλήρη ἔνεκα τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πίεσεως Π. Ἡ πίεσις ἐξ ἀριστερῶν
πρὸς τὰ δεξιὰ ἐπὶ τοῦ διαφράγματος Ε θὰ εἶναι $\Pi - \alpha$ (Π εἰς τὴν
στήλην ἐκ τοῦ αὐτοῦ ὑγροῦ), ἡ δὲ πίεσις ἐκ δεξιῶν πρὸς τὰ ἀριστερὰ
ἐπὶ τοῦ Ε θὰ εἶναι $\Pi - (\alpha + \nu)$. Ἡ διαφορὰ διενθύνεται ἐξ ἀριστε-
ρῶν πρὸς τὰ δεξιὰ καὶ εἶναι ἴση πρὸς $\Pi - \alpha - \Pi + \alpha + \nu = \nu$, με-
τρουμένη εἰς ὕψος τοῦ αὐτοῦ ὑγροῦ. Ἐὰν τρυπήσωμεν τὸ διάφραγμα,
ἡ ροὴ θὰ ἀρχίσῃ ἐξ ἀριστερῶν πρὸς τὰ δεξιὰ, ἡ τομὴ Ε θὰ ἀντικατα

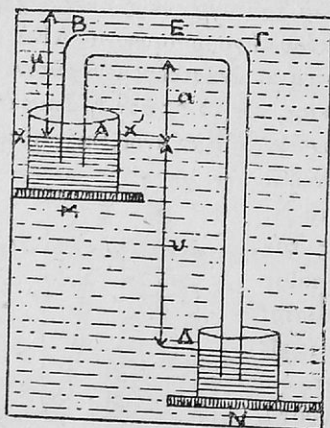


Σχ. 122

σταθῇ ὑπὸ ἄλλης καὶ τὸ ὑγρὸν τοῦ δοχείου M θὰ μεταβαίνει εἰς τὸ N. Ἡ ταχύτης τῆς ροῆς ἐλαττοῦται μετὰ τοῦ υ.

Ἵνα ὁ σίφων δουγηθῇ νὰ λειτουργήσῃ, πρέπει ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ εἰς τὸ δοχεῖον M νὰ εὐρίσκεται ὑψηλότερον ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἐντὸς τοῦ δοχείου N ὑγροῦ, ἡ δὲ πίεσις, ἡ ὁποία ἐξασκεῖται ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας χχ' νὰ διατηρῇ τὸν σίφωνα πλήρη ἢ ἡ κατακόρυφος ἀπόστασις τοῦ ὑψηλότερου σημείου τοῦ σίφωνος ἀπὸ τὴν ἐλευθέραν ἐπιφάνειαν τοῦ μεταγγιστέου ὑγροῦ νὰ εἶναι μικροτέρα τῆς ἀντιστοιχούσης εἰς τὴν ἀτμοσφαιρικήν πίεσιν (μετρουμένην με στήλην τοῦ αὐτοῦ ὑγροῦ).

Σημείωσις.—Ὅταν ἡ τομὴ τοῦ σωλῆνος εἶναι μικρά, δὲν εἶναι ἀνάγκη ὁ μακρὸς βραχίον νὰ βυθίζεται εἰς τὸ ὑγρὸν. Σίφων ὅμως μεγάλης τομῆς πρέπει νὰ ἔχῃ καὶ τὰ



Σχ. 123

δύο ἄκρα του βυθισμένα. Ἄλλως θὰ ἀνέλθῃ ἀπὸ εἰς τὸν μακρὸν βραχίονα καὶ θὰ διαιρέσῃ τὴν στήλην.

152. Σιφώνιον.—Οὕτω καλεῖται μικρὸν ὄργανον, τὸ ὁποῖον χρησιμοποιεῖται κυρίως εἰς τὰ χημικὰ ἐργαστήρια πρὸς ἀντλήσιν ὁλί-



Σχ. 124

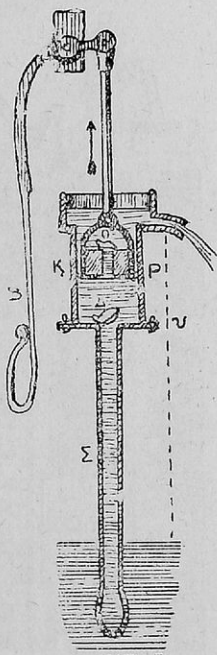
γοῦ ὑγροῦ ἐκ δοχείου, τὸ ὁποῖον δὲν θέλουν ἢ δὲν δύ-
ναι νὰ μετακινήσουν. Τὸ σιφώνιον εἶναι σωλὴν ὑάλινος, εὐθύς,
ἀνοικτὸς κατ' ἀμφότερα τὰ ἄκρα (σχ. 124). Τὸ κατώτερον αὐτοῦ ἄκρον
εἶναι αἰχμηρόν. Ἐμβαπτιζομεν τὸ κάτω μέρος τοῦ ὄργανου τούτου
ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ, ἐνῶ τὸ ἀνώτερον στόμιον εἶναι ἀνοικτόν. Τὸ ὄργα-
νον πληροῦται μέχρι τινός, κατὰ τὴν ἀρχὴν τῶν συγκαινωνούντων δο-
χείων. Φράσσομεν τότε διὰ τοῦ δακτύλου τὸ ἀνώτερον στόμιον καὶ
ἀποσύρομεν τὸ ὄργανον ἐκτὸς τοῦ ὑγροῦ. Τὸ ὑγρὸν ἐκρέει, ἕως ὅτου ἡ
πίεσις τοῦ εἰς τὸ ἀνώτερον μέρος τοῦ ὄργανου ἀέρος, ἀξήθεισα κατὰ
τὴν πίεσιν τὴν ὀφειλομένην εἰς τὸ βάρος τῆς στήλης τοῦ ὑγροῦ, τὸ

ὁποῖον ἔμεινεν ἐντὸς τοῦ σιφωνίου, ἰσορροπήσῃ τὴν ἐξωτερικὴν πίεσιν. Τὴν στιγμὴν ταύτην ἡ ἔκροθὴ παύει.

153. Ὑδραντλίας. — Αἱ ὑδραντλίας εἶναι συσκευαὶ χρησιμεύουσαι διὰ τὴν ἀνύψωσιν τῶν ὑγρῶν.

Ὑδραντλία ἀναρροφητικὴ. Αὕτη συνίσταται ἐκ κυλίνδρου Κ, ἐντὸς τοῦ οὗοῦ κινεῖται ἔμβολον Ρ (σχ. 125). Τὸ ἔμβολον φέρει κατὰ τὸν ἄξονά του ὀχετὸν κλειόμενον ἀνωθεν διὰ δικλείδος Ο, ἥτις ἀνοίγεται ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω. Ὁ κύλινδρος συγκοινωνεῖ δι' ἀναρροφητικοῦ σωλήνος Σ μετὰ τῆς δεξαμενῆς, ἥτις περιέχει τὸ πρὸς ἀνύψωσιν ὑγρὸν. Εἰς τὴν ἀρχὴν τοῦ ἀναρροφητικοῦ σωλήνος ὑπάρχει δικλὴς Δ, ἡ ὁποία ἀνοίγεται ἐπίσης ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω· εἰς δὲ τὸ ἀνώτερον μέρος ὁ κύλινδρος φέρει πλευρικὸν σωλῆνα διὰ τὴν ἔκροθὴν τοῦ ὑγροῦ. Ἡ ἀντλία αὕτη λειτουργεῖ κατ' ἀρχὰς ὡς ἀεραντλία.

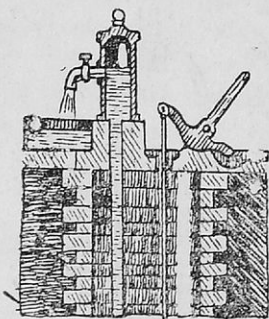
Ὅταν τὸ ἔμβολον εὐρίσκεται εἰς τὸ κατώτερον μέρος τοῦ δρόμου του, ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ καὶ ἐντὸς τοῦ ἀναρροφητικοῦ σωλήνος καὶ ἐντὸς τῆς δεξαμενῆς εὐρίσκεται εἰς τὸ αὐτὸ ὀριζόντιον ἐπίπεδον. Ὅταν ἀναβιβάσωμεν τὸ ἔμβολον, τείνει νὰ σχηματισθῇ κάτωθεν αὐτοῦ κενόν· ἡ δικλὴς Ο παραμένει κλειστὴ ἔνεκα τοῦ βάρους τῆς καὶ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πίεσεως· ἡ δικλὴς Δ ἀνοίγεται πιεζομένη ὑπὸ τοῦ ἀέρος τοῦ ἀναρροφητικοῦ σωλήνος, ὅστις εὐρίσκεται ὑπὸ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν. Ὁ αἶρ οὗτος εἰσέρχεται τότε ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου, ὁ ὄγκος του αὐξάνεται καὶ συνεπῶς ἐλαττοῦται ἡ ἐλαστικὴ του δύναμις. Ἐνεκα τούτου τὸ ὑγρὸν ἀνέρχεται μέχρι τινὸς ἐντὸς τοῦ σωλήνος. Τὸ βάρος τῆς ὑγρᾶς ταύτης στήλης, προστιθέμενον εἰς τὴν πίεσιν τοῦ ἀραιωθέντος ἐσωτερικοῦ ἀέρος, ἰσορροπεῖ τὴν ἐξωτερικὴν πίεσιν, ἡ ὁποία ἐξασκεῖται ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐντὸς τῆς δεξαμενῆς ὑγροῦ. Ὅταν τὸ ἔμβολον φθάσῃ εἰς τὸ ἀνώτερον μέρος τοῦ δρόμου του, ἡ δικλὴς Δ κλείεται ἔνεκα τοῦ βάρους τῆς. Ὅταν καταβιβάσωμεν τὸ ἔμβολον, ὁ ἐντὸς τοῦ



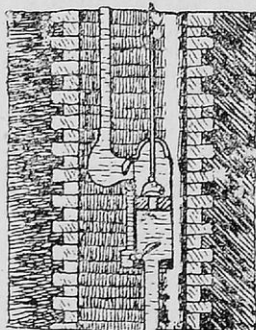
Σχ. 125

κύλινδρου ἂν συμπιέζεται, ἡ πίεσις του ἀνοίγει τὴν δικλείδα Ο καὶ ὁ ἂν ἐκφεύγει εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν.

Ἐὰν ἀναβιβάσωμεν πάλιν τὸ ἔμβολον, τὸ ὑγρὸν ἐξακολουθεῖ νὰ ἀνέρχεται ἐντὸς τοῦ σωλῆνος καὶ κατὰ τὴν κατάβασιν τοῦ ἐμβόλου νέα ποσότης ἀέρος ἐκφεύγει. Μετὰ ὀλίγας ἀναβάσεις καὶ καταβάσεις τοῦ ἐμβόλου, ἐὰν τὸ ὕψος τοῦ ἀναρροφητικοῦ σωλῆνος δὲν ὑπερβαίνει τὸ βαρομετρικὸν ὕψος εἰς στήλην τοῦ αὐτοῦ ὑγροῦ (10,33 μ. διὰ τὸ ὕδωρ), τὸ ὑγρὸν φθάνει εἰς τὴν δικλείδα Δ, τὴν ἀνοίγει καὶ εἰσέρχεται εἰς τὸν κύλινδρον.



Ἐὰν ἡ κατωτέρα ἐπιφάνεια τοῦ ἐμβόλου ἀνυψωμένου δὲν ἀπέχη περισσότερον τῶν 10,33 μ. (προκειμένου περὶ ὕδατος) ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ὑγροῦ τῆς δεξαμενῆς, τὸ ὑγρὸν, ἀκολουθοῦν κατὰ τὴν ἀνοδὸν αὐτοῦ τὸ ἔμβολον, σχηματίζει στήλην συνεχῇ καὶ πληροῖ τὸν κύλινδρον.



Κατὰ τὴν κατάβασιν τοῦ ἐμβόλου, ἡ δικλείς Δ κλείεται, τὸ δὲ ὑγρὸν συμπιεζόμενον ἀνοίγει τὴν δικλείδα Ο καὶ ἀνέρχεται ὑπεράνω τοῦ ἐμβόλου. Κατὰ τὴν ἐπομένην ἀνάβασιν τὸ ὑγρὸν φέρεται μέχρι τοῦ σωλῆνος ἐκροῆς, ὁπόθεν ἐκρέει.

Ἀφ' ἧς στιγμῆς τὸ ὑγρὸν πληρώσῃ τὸν κύλινδρον, ἐκάστη ἀνάβασις τοῦ ἐμβόλου ἀνυψοῖ ὅγκον ὑγροῦ ἴσον πρὸς τὴν χωρητικότητα τοῦ κυλίνδρου.

Σημείωσις. Ἡ ἀτμοσφαιρική πίεσις δύναται νὰ ἰσορροπήσῃ βάρος στήλης

ὑδατος ὕψους $0,76 \times 13,6 = 10,33$ μ. Εἰς τὴν προᾶξιν ὅμως, ἔνεκα διαφόρων ἀτελειῶν, ἡ ἀνωτέρω ἀντλία δὲν δύναται νὰ ἀνυψώσῃ τὸ ὕδωρ ὑπὲρ τὰ 8 μέτρα. Δυνάμεθα ὅμως νὰ ἀνυψώσωμεν ὅσον θέλομεν τὸν σωλῆνα τῆς ἐκροῆς (σχ. 126).

Υδραντλία καταθλιπτική. Αὕτη δὲν ἔχει ἀναρροφητικὸν σωλῆνα (σχ. 127). Ὁ κύλινδρος ἐμβαπτίζεται ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ καὶ φέρει εἰς τὴν κατωτέραν βάσιν του δικλείδα, ἡ ὁποία ἀνοίγεται ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω. Ὁ πλάγιος σωλῆν, διὰ τοῦ ὁποίου ἐκτοξεύεται τὸ

Σχ. 126

ύγρὸν, ἄρχεται ἀπὸ τὸ κατώτερον μέρος τοῦ κυλίνδρου, μετὰ τοῦ ὁποίου συγκοινωνεῖ δι' ὀπῆς. Ἡ ὀπή αὕτη κλείεται ὑπὸ δικλείδος, ἣτις ἀνοίγεται ἐκ τῶν ἔσω πρὸς τὰ ἔξω. Ἐμβολὸν δὲ πλήρες κινεῖται ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου.

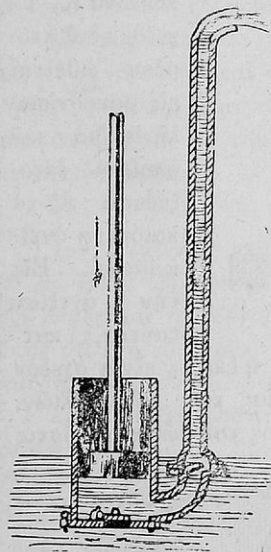
Ὅταν τὸ ἔμβολον ἀνυψοῦται, τείνει νὰ σχηματισθῇ κενὸν ὑπ' αὐτὸ καὶ ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις ὠθεῖ τὸ ὑγρὸν ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου διὰ τῆς δικλείδος τῆς βάσεως. Ὅταν τὸ ἔμβολον σταματήσῃ, ἡ δικλείς αὕτη κλείεται ἔνεκα τοῦ βάρους τῆς. Κατὰ τὴν κατάβασιν τοῦ ἐμβόλου, ἡ πλαγία δικλείς ἀνοίγεται καὶ τὸ ὑ-

γρὸν ἀνέρχεται εἰς τὸν πλαγίον σωλῆνα. Μετὰ τινὰς ἀναβάσεις καὶ καταβάσεις τοῦ ἐμβόλου τὸ ὑγρὸν ἐκτοξεύεται ἐκ τοῦ ἀνωτέρου μέρους τοῦ σωλῆνος. Ἡ ἀντλία αὕτη εἰς ἐκάστην κατάβασιν τοῦ ἐμβόλου παρέχει ὄγκον ὑγροῦ ἴσον πρὸς τὴν χωρητικότητα τοῦ κυλίνδρου.

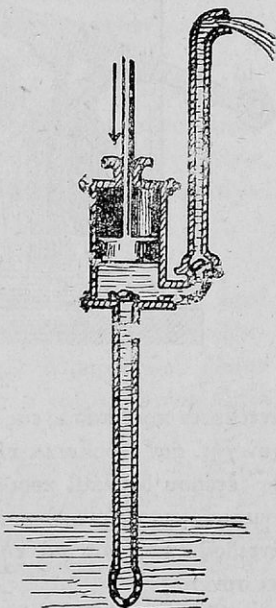
Οὐδὲν ἔριον ὑπάρχει εἰς τὸ ὕψος τοῦ πλαγίου σωλῆνος καὶ συνεπῶς εἰς τὸ ὕψος,

εἰς τὸ ὁποῖον δυνάμεθα νὰ ἀνυψώσωμεν τὸ ὑγρὸν. Τὸ ὑγρὸν ἀνυψοῦται ἀπ' εὐθείας διὰ τῆς πίεσεως, τὴν ὁποίαν ἐξασκεῖ τὸ ἔμβολον. Ἡ δύναμις λοιπόν, ἡ ὁποία ἀπαιτεῖται διὰ τὴν κατάβασιν τοῦ ἐμβόλου, αὐξάνεται μετὰ τοῦ ὕψους τοῦ πλαγίου σωλῆνος.

Ὑδραντλία ἀναρροφητικὴ ἅμα καὶ καταθλιπτικὴ. Αὕτη διαφέρει τῆς προηγουμένης, καθ' ὅσον φέρει καὶ ἀναρροφητικὸν σωλῆνα (σχ. 128). Ἡ ἀντλία αὕτη λειτουργεῖ κατὰ πρῶτον μὲν ὡς ἀναρροφητικὴ, μέχρις ὅτου φέρει τὸ ὑγρὸν μέχρι τῆς δικλείδος τῆς βάσεως τοῦ κυλίνδρου, κατόπιν δὲ ὡς καταθλιπτικὴ.

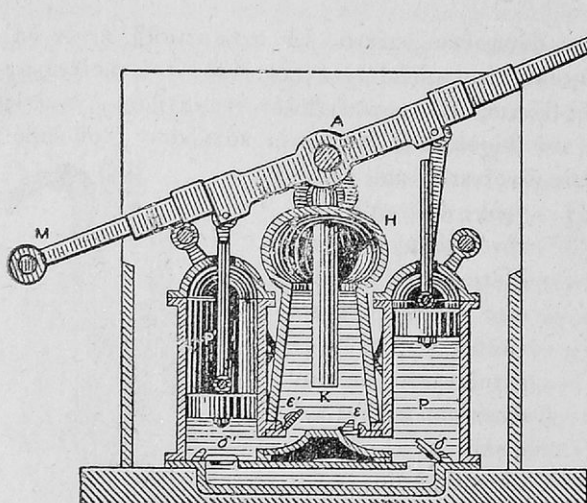


Σχ. 127



Σχ. 128

Πυροσβεστική ύδραντλία. Ἡ ἀντλία αὕτη εἶναι συνδυασμὸς δύο καταθλιπτικῶν ἀντλιῶν (σχ. 129) εὐρισκομένων ἐντὸς δεξαμενῆς ὕδατος. Τὰ ἔμβολα τούτων κινοῦνται ἐναλλάξ οὕτως, ὥστε, ὅταν τὸ ἐν

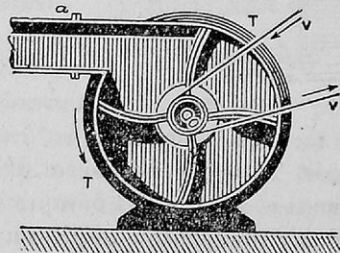


Σχ. 129

ἀντίθεσιν πρὸς πάσας τὰς προηγουμένας ἀντλίας, ἡ ἐκροή εἶναι σχεδὸν συνεχής, ἀφ' ἐνὸς ἕνεκα τῆς διαδοχικῆς λειτουργίας τῶν δύο ἀντλιῶν, ἀφ' ἑτέρου δὲ—καὶ κυριώτατα—ἕνεκα τοῦ ἀέρος τοῦ κώδωνος, ὅστις συμπιεζόμενος ὑπεράνω τοῦ ὑγροῦ ἀντιδρᾷ ἐπ' αὐτοῦ καὶ τὸ ἐξακοντίζει συνεχῶς.

154. Ἀντλίας διὰ φυγοκέντρου δυνάμεως.—Διὰ τῶν μηχανῶν τούτων, αἵτινες στηρίζονται ἐπὶ τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως, δυνάμεθα νὰ ἀνυψώσωμεν τὰ ὑγρά, νὰ ἀραιώσωμεν καὶ νὰ συμπιέζωμεν τὰ ἀέρια.

Ἀρχή.—Ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ἄξονος (σχ. 130) εἶναι στερεωμένα πτερύγια, τὰ ὅποια σχηματίζουν πρὸς ἄλληλα γωνίας ἴσας καὶ τῶν ὁποίων τὰ ἐπίπεδα περιέχουν τὸν ἄξονα. Τὸ σύστημα τοῦτο τιθέμενον εἰς ταχεῖαν περιστροφὴν συμπαρασύρει τὸ ρευστὸν (ὑγρὸν ἢ ἀέριον),



Σχ. 130

ἐντὸς τοῦ ὁποίου εὐρίσκεται. Τὸ ρευστὸν τοῦτο ὑφίσταται λοιπὸν τὴν ἐνέργειαν φυγοκέντρου δυνάμεως, ἥτις αὐξάνεται μετὰ τῆς ἀποστάσεως ἀπὸ τοῦ ἄξονος.

Ἐὰν τὸ σύστημα εἶναι ἐγκεκλεισμένον ἐντὸς κυλινδρικοῦ κιβωτίου, τὸ πληροῦν τὸ κιβώτιον ρευστὸν θὰ πιέξῃ τὰ τοιχώματα αὐτοῦ, διότι θὰ τείνῃ νὰ ἐκτιναχθῇ. Ἐν πλάγιον ἄνοιγμα ἐπιτρέπει εἰς τὸ ρευστὸν νὰ διαφύγῃ, διατηροῦν τὴν κατὰ τὴν ἐφαπτομένην ταχύτητα, ἥτις εἶχε μεταδοθῇ εἰς αὐτὸ ὑπὸ τῶν πτερυγίων. Ἀνανεοῦμεν τὸ ρευστόν, θέτοντες τὸ τοῦτο περιέχον δοχεῖον εἰς συγκοινωνίαν μετὰ τοῦ κέντρου, ὅπου ἡ φυγόκεντρος δύναμις εἶναι μηδέν.

Εἰς τὰς τοιαύτας μηχανάς, λόγῳ τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως, εἰς μὲν τὸ κέντρον γίνεται ἀναρρόφησης, ὅπως εἰς τὴν πνευματικὴν μηχανὴν ἢ τὴν ἀναρροφητικὴν ὑδραντλίαν, εἰς δὲ τὴν περιφέρειαν γίνεται συμπίεσις, ὅπως εἰς τὴν καταθλιπτικὴν ἀεραντλίαν ἢ τὴν καταθλιπτικὴν ὑδραντλίαν.

Προβλήματα

1ον. Σιφώνιον κυλινδρικὸν ὕψους 25 ἐκ. εἶναι βυθισμένον κατὰ 20 ἐκ. ἐντὸς ὑδραργύρου. Τὸ κλείομεν διὰ τοῦ δακτύλου εἰς τὸ ἀνώτερον μέρος καὶ τὸ ἐξάγομεν κατακορύφως ἐκ τοῦ ὑδραργύρου. Ποῖον ὕψος θὰ ἔχῃ τὸ ὑγρὸν, τὸ ὁποῖον θὰ μεῖνῃ ἐντὸς τοῦ σιφωνίου, ὅταν παύσῃ ἡ ροή; Ἀτμ. πίσεις 75 ἐκ.

2ον. Ὁ ἀναρροφητικὸς σωλὴν ὑδραντλίας ἔχει ὕψος 4 μέτρα καὶ τομὴν 3 τετρ. ἐκ. Ὁ κύλινδρος τῆς ἀντλίας ἔχει τομὴν 200 τετρ. ἐκ. Ποῖον πρέπει νὰ εἶναι τὸ ὕψος τοῦ κυλίνδρου, ἵνα διὰ τῆς πρώτης ἀναβάσεως τοῦ ἐμβόλου τὸ ὕδωρ πληρώσῃ τὸν ἀναρροφητικὸν σωλὴνα; Ἀτμ. πίσεις 75 ἐκ.

3ον. Ὁ κύλινδρος ὑδραντλίας ἔχει ὕψος 40 ἐκ., ἡ δὲ κάτω βάσις του ἀπέχει 6 μέτρα ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος ἐν τῇ δεξαμενῇ. Ἡ τομὴ τοῦ ἀναρροφητικοῦ σωλῆνος εἶναι τὸ $1/5$ τῆς τομῆς τοῦ κυλίνδρου. Εἰς ποῖον ὕψος θὰ ἀνέλθῃ τὸ ὕδωρ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος, ὅταν ἀνυψώσωμεν τὸ ἐμβόλον; Ἀτμ. πίσεις 76 ἐκατ.

4ον. Ὁ σωλὴν ἀναρροφητικῆς ὑδραντλίας εἶναι πλήρης ἀέρος ὑπὸ τὴν ἀτμοσφ. πίεσιν, τοῦ ἐμβόλου ὄντος εἰς τὴν κατωτέραν θέσιν του. Ζητεῖται μέχρι ποίου ὕψους θὰ ἀνυψωθῇ τὸ ὑγρὸν, ὅταν ἀναβιβάσωμεν τὸ ἐμβόλον· ὡ καὶ εἶναι τὸ ὕψος καὶ ἡ τομὴ τοῦ ἀναρροφητικοῦ σωλῆνος, ὡ καὶ εἶ τὸ ὕψος καὶ ἡ τομὴ τοῦ κυλίνδρου τῆς ἀντλίας.

ΜΕΡΟΣ ΠΕΜΠΤΟΝ

Θ Ε Ρ Μ Ο Τ Η Σ

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο Ν Α '

ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΙΑ

155. Γενικά αποτελέσματα τῆς θερμότητος.—Θερμοκρασία καὶ ποσότης θερμότητος. Ὅταν λαμβάνωμεν ἀνὰ χεῖρας τεμάχιον πάγου, δοκιμάζομεν ὅ,τι καλοῦμεν αἶσθημα τοῦ ψυχροῦ. Τοῦναντίον, δοκιμάζομεν τὸ αἶσθημα τοῦ θερμοῦ πλησιάζοντες τὴν χεῖρα εἰς ἀνημμένην ἐστίαν. Ἡ αἰτία, εἰς τὴν ὁποίαν ἀποδίδομεν τὰ αἰσθήματα ταῦτα τοῦ ψυχροῦ καὶ τοῦ θερμοῦ, εἶναι ἡ θερμότης. Ἡ θερμότης πρὸς τούτοις ἐπιφέρει τὸν βρασμὸν τοῦ ὕδατος, τὴν τῆξιν τοῦ πάγου, τὴν διαπύρωσιν τοῦ σιδήρου. Τέλος, σχεδὸν πάντα τὰ σώματα αὐξάνονται κατ' ὄγκον, ὅταν ὑφίστανται τὴν ἐνέργειαν τῆς θερμότητος. Τοῦτο ἐκφράζομεν λέγοντες, ὅτι τὰ σώματα διαστελλονται.

Βυθίσωμεν ἐντὸς δοχείου, περιέχοντος ὕδωρ ψυχρόν, μᾶζαν μετάλλου ἰσχυρῶς θερμανθεῖσαν· τὸ ὕδωρ θερμαίνεται, ἐνῶ τὸ μέταλλον ψύχεται, ὥς ἂν εἶχε μεταδώσει εἰς τὸ ὕδωρ μέρος τῆς θερμότητός του.

Ἡ φλόξ φωταερίου π.χ. εἶναι πηγὴ θερμότητος. Ἐὰν θέσωμεν ὑπεράνω τῆς φλογὸς ταύτης δοχεῖον πλήρες ὕδατος, τοῦτο λαμβάνει συνεχῶς ἐκ τῆς θερμότητος ταύτης καὶ παρατηροῦμεν, ὅτι καθίσταται ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον θερμότερον, ἐφ' ὅσον ἀπορροφᾷ ποσότητας θερμότητος ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον μεγαλυτέρας. Διὰ τὰ ἐκφράσωμεν, ὅτι τὰ σώματα εἶναι περισσότερον ἢ ὀλιγώτερον θερμά, λέγομεν, ὅτι ἔχουν θερμοκρασίας διαφόρους : ὑψηλοτέραν μὲν τὸ θερμότερον, ταπεινοτέραν δὲ τὸ ὀλιγώτερον θερμόν.

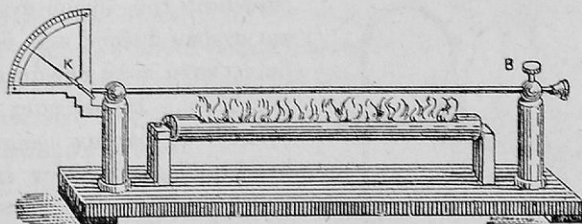
Ἐὰν ἀφήσωμεν ἐπὶ τὸν αὐτὸν χρόνον ἄνωθεν τῆς αὐτῆς φλογὸς κατὰ πρῶτον μὲν μικρὰν ποσότητα ὕδατος, κατόπιν δὲ ὀλίγον

μεγαλύτεραν, διαπιστοῦμεν, ὅτι ἡ μικροτέρα ποσότης καθίσταται θερμότερα τῆς ἄλλης· πρέπει νὰ θερμάνωμεν τὴν δευτέραν ἐπὶ περισσότερον χρόνον, νὰ μεταδώσωμεν δηλ. εἰς αὐτὴν περισσοτέραν θερμότητα, ἵνα θερμανθῇ καὶ αὕτη ὅσον ἡ πρώτη. Ἡ θερμοκρασία λοιπὸν ἐνὸς σώματος, ἡ ὁποία εἶναι ἀποτέλεσμα τῆς ἐνεργείας τῆς θερμότητος ἐπὶ τούτου, πρέπει νὰ διακριθῇ ἀπὸ τὴν ποσότητα τῆς θερμότητος, ἡ ὁποία τὴν παράγει.

Ποσότης τῆς θερμότητος δύναται νὰ εἶναι διπλασία, τριπλασία κτλ. ἄλλης. Εἶναι λοιπὸν αὕτη μέγεθος δυνάμενον νὰ μετρηθῇ. Θὰ ἴδωμεν, ὅτι δὲν συμβαίνει τὸ αὐτὸ διὰ τὴν θερμοκρασίαν.

Πρῶται ἐννοιαὶ ἐπὶ τῆς διαστολῆς τῶν σωμάτων. Τὴν διαστολὴν τῶν σωμάτων δυνάμεθα νὰ καταστήσωμεν φανερὰν διὰ τινων ἀπλῶν πειραμάτων.

156. α) Διαστολὴ τῶν στερεῶν. — Λαμβάνομεν ράβδον μεταλλικὴν (σχ. 131), τὸ ἐν ἄκρον τῆς ὁποίας στερεοῦμεν εἰς τὸ Β. Τὸ



Σχ. 131

ἐλεύθερον ἄκρον τῆς ράβδου τούτης τίθεται εἰς ἐπαφὴν μετὰ τοῦ μικροτέρου βραχίονος βελόνης κινητῆς περὶ σταθερὸν ἄξονα Κ. Ὑπὸ τὴν ράβδον ὑπάρχει ἐπιμήκης σκαφίς, ἐντὸς τῆς ὁποίας ἀνάπτομεν οἰνόπνευμα. Παρατηροῦμεν τότε, ὅτι, καθ' ὅσον ἡ ράβδος θερμαίνεται, ὁ μεγαλύτερος βραχίων τῆς βελόνης μετατίθεται πρὸς τὰ ἄνω. Τοῦτο δεικνύει, ὅτι ἡ ράβδος ἐπιμηκύνεται καὶ ὠθεῖ τὸν μικρότερον βραχίονα τῆς βελόνης.

Ὅταν στερεόν τι θερμαίνεται, ὅλαι αἱ διαστάσεις του αὐξάνονται.

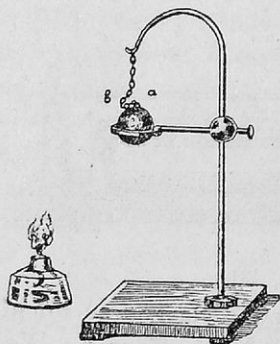
Οὕτω : διὰ μεταλλικοῦ δακτυλίου (σχ. 132) διέρχεται ἐλευθέρως, εἰς τὴν συνήθη θερμοκρασίαν, σφαῖρα α ἐκ χαλκοῦ ἔχουσα τὴν αὐτὴν περίπου διάμετρον μετὰ τοῦ δακτυλίου. Ἐὰν ἡ σφαῖρα αὕτη θερμανθῇ διὰ λύχνου οἰνοπνεύματος, χωρὶς νὰ θερμανθῇ καὶ ὁ δακτύλιος, δὲν δύναται πλέον νὰ διέλθῃ διὰ μέσου τοῦ δακτυλίου· συνεπῶς ὁ ὄγκος τῆς σφαίρας ἠϋξήθη.

Διέρχεται ὅμως ἡ σφαῖρα διὰ τοῦ δακτυλίου, ἐὰν συγχρόνως θερ-

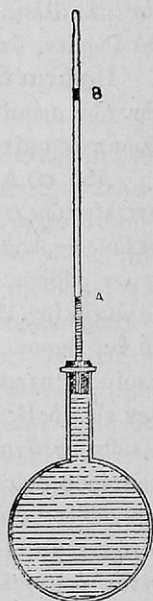
μάνωμεν καὶ τοῦτον. Γενικῶς, σῶμά τι καὶλον ἀυξάνεται κατ' ὄγκον, ὡς ἐὰν ᾗτο πλήρες.

Σημείωσις. Σώματά τινα, ὅπως π.χ. τὸ καουτσούκ, τὸ ἀργίλιον, θερμαινόμενα συστέλλονται, ἀντὶ νὰ διαστέλλωνται.

157. β) Διαστολὴ τῶν ὑγρῶν.—Ἡ διαστολὴ τῶν ὑγρῶν εἶναι πολὺ μεγαλυτέρα τῆς τῶν στερεῶν. Διὰ νὰ δείξωμεν τοῦτο, πληροῦμεν ὑαλίνην σφαῖραν, καταλήγουσαν εἰς εὐθὺν σωλῆνα, διὰ κεχρωσμένου ὑγροῦ (σχ. 133). Ἐὰν θέσωμεν ἀποτόμως τὴν σφαῖραν ταύτην ἐντὸς θερμοῦ ὕδατος, βλέπομεν κατ' ἀρχὰς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς ὑγρᾶς στήλης νὰ κατέρχεται, ἔνεκα τῆς διαστολῆς τῆς σφαίρας. Ἀλλ' ἐπειδὴ ἡ διαστολὴ τοῦ ὑγροῦ εἶναι πολὺ μεγαλυτέρα τῆς διαστολῆς τῆς ὑάλου, ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ ἀνέρχεται σχεδὸν ἀμέσως καὶ ὑπερβαίνει κατὰ πολὺ τὴν ἀρχικὴν τῆς θέσιν. Ἡ αὔξησις τοῦ ὄγκου, τὴν ὁποίαν φαίνεται ὅτι λαμβάνει τὸ ὑγρὸν ἐντὸς τοῦ δοχείου του, τὸ ὁποῖον διαστέλλεται ὀλιγώτερον ἀπὸ αὐτό, καλεῖται **φαινομένη διαστολὴ τοῦ ὑγροῦ**. Αὕτη προφανῶς εἶναι μικροτέρα τῆς **ἀπολύτου διαστολῆς** του, δηλ. τῆς αὐξήσεως τοῦ ὄγκου, τὴν ὁποίαν πράγματι τοῦτο ὑφίσταται.



Σχ. 132



Σχ. 133

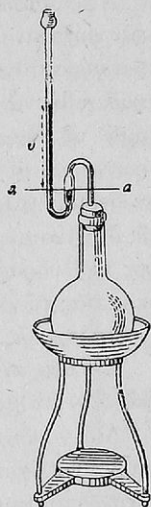
158. γ) Διαστολὴ τῶν ἀερίων.—Τὴν μεγάλην διαστολὴν τῶν ἀερίων καθιστῶμεν φανεράν διὰ τῆς αὐτῆς συσκευῆς. Πρὸς τοῦτο ἀφίνομεν εἰς τὴν ἀνωτέρω σφαιρικὴν φιάλην τὰ $\frac{2}{3}$ τοῦ κεχρωσμένου ὑγροῦ, τὸ ὁποῖον περιεῖχε, καὶ καταβιβάζομεν τὸν σωλῆνα, ὥστε νὰ βυθισθῇ ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ. Ἐὰν κατόπιν ἐφαρμόσωμεν τὰς παλάμας μας ἐπὶ τῆς φιάλης, τὸ ὑγρὸν ἀνέρχεται ταχέως ἐντὸς τοῦ σωλῆνος. Τοῦτο συμβαίνει, διότι τὸ ὑγρὸν πιέζεται ὑπὸ τοῦ ἐντὸς τῆς φιάλης ἀέρος, ὅστις θερμαινόμενος ὑπὸ τῆς θερμότητος τῆς χειρὸς μας, διαστέλλεται.

Εἰς τὸ πείραμα τοῦτο ἡ ἐλαστικὴ δύναμις τοῦ αἵματος παραμένει ἴση μὲ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν. Λέγομεν τότε, ὅτι ὁ αἷρ διαστέλλεται ὑπὸ **σταθερὰν πίεσιν**.

Ἐὰν ὅμως ἐμποδίσωμεν τὴν διαστολὴν τοῦ αἵματος, ἡ ἐλαστικὴ του δύναμις βαθμηδὸν αὐξάνεται.

Κλείομεν σφαιρικὸν δοχεῖον διὰ πώματος φέροντος ἀσφαλίστικὸν σωλῆνα, χύνομεν ἐντὸς τοῦ σωλῆνος τούτου ὀλίγον ὑδράργυρον καὶ κατόπιν βυθίζομεν τὸ δοχεῖον ἐντὸς θερμοῦ ὕδατος (σχ. 134). Ὁ ὑδράργυρος τότε κατέρχεται εἰς τὸν μικρὸν βραχίονα καὶ ἀνέρχεται εἰς τὸν μέγαν, ἔνεκα τῆς διαστολῆς τοῦ ἐντὸς τοῦ δοχείου αἵματος. Ἐπαναφέρομεν τὸν ὑδράργυρον εἰς τὴν ἀρχικὴν του θέσιν α εἰς τὸν μικρὸν βραχίονα, χύνοντες ἐντὸς τοῦ μεγαλυτέρου ὑδράργυρον. Ἡ ἀπόστασις u τῶν δύο ἐπιφανειῶν τοῦ ὑδράργυρου δίδει τὴν αὐξήσιν τῆς ἐλαστικῆς δυνάμεως τοῦ αἵματος ὑπὸ **σταθερὸν ὄγκον**.

Σημειώσις. Εἰς τὰ ἀνωτέρω πειράματα τὰ σώματα, ὅταν ψυχθοῦν, ἀναλαμβάνουν τὸν ἀρχικὸν τῶν ὄγκον. Ἐκ τούτου ἀποδεικνύεται, ὅτι ἡ ψῦξις προκαλεῖ τὴν συστολὴν τῶν σωμάτων.



Σχ. 134

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΙ

159. Γενικαὶ ἔννοιαι τῶν θερμοκρασιῶν.— Δυνάμεθα νὰ ἐκτιμήσωμεν διὰ συγκρίσεως τὰς θερμοκρασίας τῶν σωμάτων ἀπτόμενοι αὐτῶν· ἀλλ' ὁ τρόπος οὗτος τῆς ἐνεργείας δὲν θὰ εἶναι κατάλληλος διὰ σώματα πολὺ θερμὰ ἢ πολὺ ψυχρά· διὰ τὰ λοιπὰ ἡ μέθοδος αὕτη δὲν θὰ δώσῃ ἀρκετὴν ἀκρίβειαν.

Διὰ τοῦτο προκειμένου νὰ ἐκτιμήσωμεν τὰς θερμοκρασίας μετὰ ὠρισμένης ἀκριβείας, καταφεύγομεν εἰς τὰς **μεταβολὰς τοῦ ὄγκου**, τὰς ὁποίας ὑφίστανται τὰ σώματα ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς θερμότητος.

Θεωρήσωμεν τὴν ἀνωτέρω σφαιρικὴν φιάλην (σχ. 133) πλήρη ὑδραργύρου. Ἐφ' ὅσον ἡ ἐπιφάνεια τούτου εἰς τὸν σωλῆνα μένει σταθερά, ἡ θερμοκρασία τοῦ ὁργάνου εἶναι **στάσιμος**. Ἐὰν ἴδωμεν, ὅτι ἡ ἐπιφάνεια τούτου ἀνέρχεται, ἡ φαινομένη αὕτη διαστολὴ τοῦ ὑδράργυρου δεικνύει, ὅτι οὗτος θερμαίνεται. Λέγομεν τότε, ὅτι ἡ θερμοκρα-

σία του **ἀνέρχεται**. Ἀντιστρόφως, πτώσις τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου θὰ δείξῃ **πτῶσιν** τῆς θερμοκρασίας.

Ἄς βυθίσωμεν τὴν φιάλην ταύτην ἐντὸς θερμοῦ ὕδατος. Τὸ ὕδωρ ψύχεται ὀλίγον, θερμαῖνον τὴν φιάλην καὶ ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου ἀνέρχεται· ἄρα ἡ θερμοκρασία του ἀνέρχεται. Τοῦτο θὰ ἐξακολουθῇ νὰ συμβαίνει, ἕως ὅτου τὰ δύο σώματα γίνουν ἐξ ἴσου θερμά· αἱ θερμοκρασίαι των τότε θὰ εἶναι ἴσαι. Ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου μένει στάσιμος, διότι ἡ φιάλη λαμβάνει ἀπὸ τὸ ὕδωρ τόσην θερμότητα, ὅσην παραχωρεῖ εἰς αὐτό. Ἐφοδιάζοντες τὸν σωλῆνα τοῦ ὄργανου μὲ κλίμακα βαθμολογημένην, διὰ νὰ σημειώωμεν τὸ ὕψος τοῦ ὑδραργύρου, δυνάμεθα λοιπὸν νὰ **συγκρίνωμεν** τὰς θερμοκρασίας τῶν διαφόρων μέσων, ἐντὸς τῶν ὁποίων φέρομεν τὸ ὄργανον διαδοχικῶς.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω βλέπομεν, ὅτι ἡ θερμοκρασία δὲν εἶναι μέγεθος δυνάμενον νὰ μετρηθῇ.

Διὰ νὰ δυνηθῶμεν νὰ σπουδάσωμεν τὰς θερμοκρασίας, πρέπει λοιπὸν νὰ χρησιμοποιήσωμεν συμβατικὴν κλίμακα διηρημένην, εἰς τὴν ὁποίαν μία θερμοκρασία θὰ παρίσταται ὑπὸ ἀριθμοῦ τόσον μεγαλυτέρου, ὅσον ἡ θερμοκρασία αὕτη θὰ εἶναι περισσότερον ὑψηλή.

160. Θερμοκρασίαι σταθεραί.—Ἐὰν φέρωμεν ἐντὸς τηχομένου πάγου τὸ ἀνωτέρω ὄργανον, διαπιστοῦμεν, ὅτι ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου εἰς τὸν σωλῆνα θὰ παραμένῃ σταθερὰ εἰς ὠρισμένον σημεῖον, ἐφ' ὅσον ὑπάρχει τεμάχιον πάγου ἄτηκτον. Γενικῶς, σῶμα **βυθισμένον** ἐντὸς τηχομένου πάγου δὲν μεταβάλλεται κατ' ὄγκον. Ἄρα ἡ θερμοκρασία τοῦ τηχομένου πάγου εἶναι σταθερά. Κατὰ συνθήκην, ὀνομάζομεν τὴν θερμοκρασίαν ταύτην 0.

Ἐὰν θέσωμεν τὸ ὄργανον ἐντὸς τῶν ἀτμῶν ζέοντος ὕδατος, ὑπὸ ἀτμοσφαιρικῇ πίεσιν 76 ἐκ., ὁ ὑδραργυρος καταλαμβάνει τὸ σφαιρικὸν δοχεῖον καὶ τὸν σωλῆνα μέχρις ὕψους πολὺ μεγαλυτέρου ἀπὸ τὸ ὕψος, τὸ ὁποῖον εἶχε λάβει ἐντὸς τοῦ τηχομένου πάγου. Τὸ ὕψος τοῦτο δὲν μεταβάλλεται, ἐφ' ὅσον δὲν μεταβάλλεται ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις. Ὁ ἀτμὸς λοιπὸν τοῦ ζέοντος ὕδατος ὑπὸ πίεσιν 76 ἐκ. ἔχει θερμοκρασίαν σταθεράν. Κατὰ συνθήκην ὀνομάζομεν τὴν θερμοκρασίαν ταύτην 100.

Ἡ κλίμαξ τῶν θερμοκρασιῶν, τῆς ὁποίας τὰ δύο σταθερὰ σημεία

χαρακτηρίζονται διὰ τοῦ 0 καὶ τοῦ 100, εἶναι ἡ μᾶλλον χρησιμο-
ποιουμένη καὶ καλεῖται **ἐκατονταδική**.

161. Θερμόμετρα.—Τὰ θερμόμετρα εἶναι ὄργανα, τὰ ὁποῖα
διὰ τῆς μεταβολῆς τοῦ ὅγκου τοῦ περιεχομένου των μᾶς γνωρίζουν
τὴν θερμοκρασίαν σώματος (ἢ περιοχῆς), μετὰ τοῦ ὁποῖου ἐτέθησαν
εἰς ἐπαφὴν.

Τὰ μᾶλλον χρησιμοποιούμενα θερμόμετρα εἶναι τὰ δι' ὕδραρ-
γύρου, μὲ κλίμακα ἐκατονταδικήν.

Θερμόμετρον δι' ὕδραργύρου.—Εἰς τὴν κατα-
σκευὴν τῶν θερμομέτρων προτιμῶμεν τὸν ὕδραργυρον,
διότι οὗτος ὡς μέταλλον ἄγει τὴν θερμότητα καλύτερον
ἀπὸ ὅλα τὰ ἄλλα ὑγρὰ καὶ τίθεται τοιουτοτρόπως ταχύτε-
ρον ἀπὸ ἐκεῖνα εἰς ἰσορροπίαν θερμοκρασίας μετὰ τοῦ
περιβάλλοντος. Ἐπὶ πλέον, διαστέλλεται κανονικώτατα
καὶ ζεεὶ εἰς 357°, παραμένων ὑγρὸς μέχρι—39°. Τέλος εὐ-
κόλως λαμβάνεται καθαρὸς καὶ καθίσταται ὁρατὸς ἐντὸς
πολὺ λεπτοῦ σωλήνος.

Τὰ ὕδραργυρικά θερμόμετρα συνίστανται ἐκ σωλήνος
ὑαλίνου πολὺ μικρᾶς ἐσωτερικῆς διαμέτρου, ὃ ὁποῖος
ἀπολήγει κατὰ τὸν ἓν ἄκρον εἰς κυλινδρικὸν ἢ σφαιρικὸν
δοχεῖον περιέχον ὕδραργυρον. Τὸ ἄλλο ἄκρον τοῦ σωλή-
νος εἶναι κλειστὸν (σχ. 135).

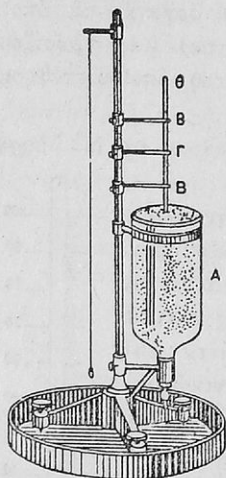
**Βαθμολογία τοῦ θερμομέτρου. Προσδιορισμὸς
τοῦ μηδενός.**—Διὰ νὰ προσδιορίσωμεν τὸ μηδέν, εἰσά-
γομεν τὸ θερμόμετρον ἐντὸς τριμμένου πάγου, οὕτως, ὥστε
τὸ μέρος τοῦ θερμομέτρου τὸ περιέχον τὸν ὕδραργυρον
νὰ εὐρίσκεται ἐντὸς τοῦ πάγου (σχ. 136). Ὅταν ὁ ὕδραρ-
γυρος παύσῃ νὰ συστέλλεται, ὅταν δηλ. ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὕδραργύ-
ρου μείνῃ στάσιμος εἰς ὥρισμένον σημεῖον τοῦ σωλήνος, χαράσσομεν
εἰς τὸ σημεῖον τοῦτο, τὸ ὁποῖον ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν θερμοκρασίαν
τοῦ τηκομένου πάγου, τὸ 0.

Προσδιορισμὸς τοῦ 100.—Διὰ νὰ προσδιορίσωμεν τὸ 100,
τοποθετοῦμεν τὸ θερμόμετρον ἐντὸς εἰδικῆς συσκευῆς (σχ. 137), ἐντὸς
τῆς ὁποίας παράγονται διὰ βρασμοῦ ἅτμοι ὕδατος. Τὸ δοχεῖον δὲν
πρέπει νὰ βυθίζεται εἰς τὸ ὕδωρ· τὸ διατηροῦμεν εἰς ἀπόστασιν δύο πε-
ρίπου ἐκατοστῶν ἄνωθεν τῆς ἐπιφανείας τοῦ ζέοντος ὕδατος. Ὁ ὕδραρ-



Σχ. 135

γυρος, θερμαινόμενος ὑπὸ τῶν ἀτμῶν, διαστέλλεται καὶ ἀνέρχεται ἐν-
τὸς τοῦ σωλῆνος. Ὄταν παύσῃ νὰ ἀνέρχεται, ὅταν δηλ. ἡ ἐπιφάνειά



Σχ. 136

του μείνῃ στάσιμος εἰς ὠρισμένον σημεῖον τοῦ σωλῆνος, χαράσσομεν εἰς τὸ σημεῖον τοῦτο, τὸ ὁποῖον ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν θερμοκρασίαν τῶν ἀτμῶν τοῦ ζέοντος ὕδατος, τὸ 100.

Ἀφ' οὗ προσδιορίζομεν τοιοῦτοτρόπως τὰ δύο σταθερὰ σημεῖα, διαιροῦμεν τὸ μεταξὺ αὐτῶν διάστημα εἰς 100 ἴσα μέρη, τὰ ὁποῖα καλοῦμεν **βαθμούς**, καὶ ἐπεκτείνομεν τὰς διαιρέσεις ὑπεράνω τῶν 100 καὶ κάτω τοῦ 0.

Οἱ βαθμοὶ σημειοῦνται διὰ μικροῦ μηδενικοῦ, τὸ ὁποῖον γράφομεν ὡς ἐκθέτην ἐπὶ τοῦ ἀριθμοῦ τοῦ δεικνύοντος τὴν θερμοκρασίαν, πρὸς διάκρισιν δὲ σημειοῦμεν διὰ τοῦ—(πλὴν) τὰς κάτω τοῦ μηδενὸς θερμοκρασίας.

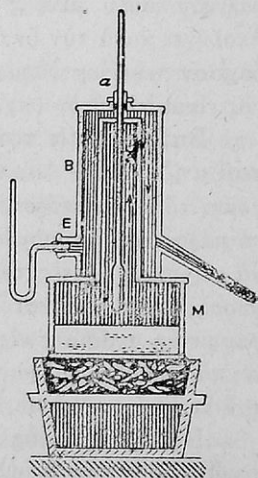
162. Ἄλλαι κλίμακες:—Ἐκτὸς τῆς

ἀνωτέρω ἑκατονταβάθμου κλίμακος (κλίμαξ τοῦ

Κελσίου, ἐκ τοῦ ὀνόματος τοῦ προτείνοντος αὐτὴν Σουηδοῦ φυσικοῦ Κελσίου), ὑφίστανται καὶ ἡ κλίμαξ τοῦ Ρεωμύρου καὶ ἡ τοῦ Φαρενάιτ. Εἰς τὴν κλίμακα τοῦ Ρεωμύρου τὰ σταθερὰ σημεῖα εἶναι 0 (θερμοκρασία τοῦ τηχομένου πάγου) καὶ 80 (θερμοκρασία τῶν ἀτμῶν τοῦ ζέοντος ὕδατος), τὸ δὲ ἐν τῷ μεταξὺ διάστημα ἔχει διαιρεθῇ εἰς 80 ἴσα μέρη. Εἰς τὴν κλίμακα τοῦ Φαρενάιτ, τὰ σταθερὰ σημεῖα εἶναι τὸ 32 (θερμοκρασία τοῦ τηχομένου πάγου) καὶ τὸ 212 (θερμοκρασία τῶν ἀτμῶν τοῦ ζέοντος ὕδατος), τὸ δὲ ἐν τῷ μεταξὺ διάστημα ἔχει διαιρεθῇ εἰς 180 ἴσα μέρη.

163. Μετατροπὴ τῶν θερμομετρικῶν βαθμῶν.—Γενικῶς, μετατρέπομεν τοὺς θερμομετρικοὺς βαθμοὺς διὰ τῆς σχέσεως:

$$\frac{K}{5} = \frac{P}{4} = \frac{F - 32}{9}$$



Σχ. 137

Διότι, ἐὰν ἐπὶ θερμομέτρου φέροντος καὶ τὰς τρεῖς κλίμακας καλέσωμεν κ τὸ μῆκος μιᾶς διαιρέσεως τῆς κλίμακος Κελσίου, ρ τὸ μῆκος μιᾶς διαιρέσεως τῆς κλίμακος Ρεωμύρου καὶ ϕ τὸ μῆκος μιᾶς διαιρέσεως τῆς κλίμακος Φαρενάϊτ, τὸ διάστημα τὸ περιλαμβανόμενον μεταξύ 0 καὶ 100 ἴσονται πρὸς $100\kappa = 80\rho = 180\phi$. (1)

Ἐὰν παραστήσωμεν διὰ K , P καὶ Φ τοὺς ἀριθμοὺς τῶν βαθμῶν τῶν σημειουμένων ἐπὶ τῶν τριῶν κλιμάκων διὰ τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν, τὸ μῆκος τὸ περιλαμβανόμενον μεταξύ τοῦ μηδενὸς καὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου εἶναι ἐπὶ τῶν τριῶν κλιμάκων τὸ αὐτό. Ἄρα $K\kappa = P\rho = (\Phi - 32)\phi$. (2)

Διαιροῦντες κατὰ μέλη τὰς (2) καὶ (1) λαμβάνομεν:

$$\frac{K}{100} = \frac{P}{80} = \frac{\Phi - 32}{180} \quad \eta \quad \frac{K}{5} = \frac{P}{4} = \frac{\Phi - 32}{9}.$$

(K = βαθμοὶ Κελσίου, P = βαθμοὶ Ρεωμύρου, Φ = βαθμοὶ Φαρενάϊτ).

164. Οἶνοπνευματικὸν θερμόμετρον. — Διὰ τὸν προσδιορισμὸν πολὺ χαμηλῶν θερμοκρασιῶν χρησιμοποιεῖται τὸ δι' οἶνοπνεύματος θερμόμετρον, διότι ὁ ὑδράργυρος πήγνυται εἰς θερμοκρασίαν $-39^\circ K$, ἐνῶ τὸ οἶνόπνευμα πήγνυται εἰς θερμοκρασίαν $-130^\circ, 7 K$.

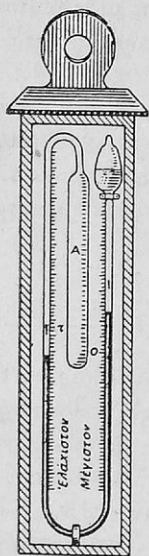
Τὰ θερμόμετρα ταῦτα ἔχουν σωλῆνα εὐρύτερον τῶν ὑδραργυρικῶν, διότι τὸ οἶνόπνευμα διαστέλλεται πολὺ περισσότερον τοῦ ὑδραργύρου. Βαθμολογοῦνται δὲ διὰ συγκρίσεως πρὸς ὑδραργυρικὸν θερμόμετρον.

165. Θερμόμετρα μεγίστου καὶ ἐλαχίστου. — Τὰ θερμόμετρα ταῦτα χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν μετεωρολογίαν. Ταῦτα εἶναι κατεσκευασμένα τοιοῦτοτρόπως, ὥστε νὰ διατηροῦν τὰς ἐνδείξεις τῆς ὑψηλοτέρας καὶ τῆς ταπεινοτέρας θερμοκρασίας, αἱ ὁποῖαι ἐσημειώθησαν ἐντὸς ὁρισμένου χρονικοῦ διαστήματος.

α) Θερμόμετρον Six καὶ Bellani. Τὸ σχῆμα 138 παριστᾷ θερμόμετρον μεγίστου καὶ ἐλαχίστου τῶν Six καὶ Bellani. Τοῦτο περιέχει ὑδράργυρον, πρὸς τὰ ἄνω δέ, ἐντὸς τῶν δύο βραχιόνων, οἶνόπνευμα. Ὁ πρὸς τὰ ἀριστερὰ βραχίον, τελείως πλήρης, συγκοινωνεῖ μετὰ τοῦ δοχείου A , ὃ δὲ πρὸς τὰ δεξιὰ εἶναι ἐν μέρει πεπληρωμένος. Δύο δεῖκται ἐκ χάλυβος εὐρίσκονται ἐντὸς τοῦ οἶνοπνεύματος, ἄνωθεν τοῦ ὑδραργύρου, εἰς τοὺς δύο βραχίονας. Ἐλαφρὰ τριβὴ ἐπὶ τῆς ὑάλου ἀρχεῖ νὰ τοὺς διατηρῇ, παρὰ τὸ βάρος των, εἰς οἵανδήποτε θέσιν ἐντὸς τοῦ σωλῆνος τοῦ θερμομέτρου.

Διὰ νὰ μεταχειρισθῶμεν τὸ ὄργανον, φέρομεν τὸν δείκτην ἐκά-

στου βραχίονος εἰς ἐπαφὴν μετὰ τοῦ ὑδραργύρου, χρησιμοποιοῦντες πρὸς τοῦτο ἑξωτερικῶς μαγνήτην, διὰ τοῦ ὁποίου τὸν καταβιβάζομεν.



Σχ. 138

Ὅταν ἡ θερμοκρασία ἀνέρχεται, τὸ οἰνόπνευμα διαστέλλεται καὶ πιέζει τὸν ὑδράργυρον ἐξ ἀριστερῶν πρὸς τὰ δεξιὰ. Ὁ δείκτης τοῦ ἀριστεροῦ βραχίονος παραμένει εἰς τὴν θέσιν του, τὸ δὲ οἰνόπνευμα διέρχεται πέραν αὐτοῦ, χωρὶς νὰ τὸν μετακινήσῃ. Ὁ δείκτης τότε τοῦ δεξιοῦ βραχίονος ἀνωθίζεται ὑπὸ τοῦ ὑδραργύρου μέχρι σημείου, ἀπὸ τοῦ ὁποίου δὲν κατέρχεται, ὅταν κατέλθῃ ἡ θερμοκρασία. Ἀντιστρόφως, ὅταν ἡ θερμοκρασία κατέλθῃ, ὁ ὑδράργυρος προχωρῶν εἰς τὸν ἀριστερὸν βραχίονα ἀνυψοῖ τὸν δείκτην, ὅστις εὐρίσκεται πρὸς τὸ μέρος τοῦτο. Ὁ ἄλλος δείκτης παραμένει εἰς τὴν θέσιν του. Ὁ ἀνυψωθείς δείκτης δὲν κατέρχεται πλέον. Οἱ δύο βραχίονες φέρουν ἕκαστος κλίμακα, ἡ ὁποία ἐχαράχθη διὰ συγκρίσεως πρὸς θερμομέτρον ὑδραργυρικόν. Ὁ πρὸς τὰ ἀριστερὰ δείκτης δεικνύει τὴν ἐλαχίστην θερμοκρασίαν, ὁ δὲ πρὸς τὰ δεξιὰ τὴν μενίστην (διὰ τῶν ἄκρων αὐτῶν τῶν ἐστραμμέ-

ων πρὸς τὸν ὑδράργυρον).

β) Θερμόμετρα ἰατρικά. Ταῦτα εἶναι θερμομέτρα ὑδραργυρικά τοῦ μεγίστου, διὰ τῶν ὁποίων προσδιορίζομεν τὴν θερμοκρασίαν τοῦ ἀνθρώπινου σώματος. Εἶναι βαθμολογημένα εἰς δέκατα τοῦ βαθμοῦ, μεταξὺ 34° καὶ 44°. Ἐπειδὴ ἡ ἀνάγνωσις γίνεται μόνον μετὰ τὴν ἀπομάκρυνσιν τοῦ θερμομέτρου ἀπὸ τοῦ σώματος, εἶναι ἀνάγκη ἡ ὑδραργυρική στήλη νὰ μὴ δύναται νὰ ὀπισθοδρομήσῃ. Πρὸς τοῦτο ὁ σωλὴν φέρει στένωμα ὑπεράνω τοῦ δοχείου, τοῦτο δὲ ἐμποδίζει τὴν κίνησιν τοῦ ὑδραργύρου (σχ. 139). Ὅταν ἡ θερμοκρασία ἀνυψοῦται, ὁ ὑδράργυρος διαστέλλεται, διέρχεται τὸ στένωμα καὶ ἀνέρχεται εἰς τὸν σωλῆνα· ἀλλ' ὅταν ἡ θερμοκρασία ταπεινοῦται, ὁ ὑδράργυρος συστέλλεται εὐθύς, ἀλλὰ τὸ στένωμα διατηρεῖ τὴν στήλην τοῦ ὑδραργύρου ἐντὸς τοῦ σωλῆνος καὶ παραγάγει κενὸν μεταξὺ τοῦ στενώματος καὶ τοῦ ὑδραργύρου τοῦ δοχείου.

Δυνάμεθα λοιπὸν νὰ παρατηρήσωμεν ἀνέτως τὴν θερμοκρασίαν.



Σχ. 139

Πρὸ πάσης χρήσεως κανονίζομεν τὸ ὄργανον κρατοῦντες αὐτὸ μὲ τὸ δοχεῖον πρὸς τὰ ἔξω καὶ τινάσσοντες ἰσχυρῶς πρὸς τὰ κάτω· τοιοῦτοτρόπως ἡ ὑδραργυρική στήλη ἔρχεται εἰς ἐπαφὴν μετὰ τῆς ὑπολοίπου μάξης τοῦ ὑδραργύρου.

Π ρ ο β λ ή μ α τ α

1ον. *Νὰ τραπῶσιν εἰς βαθμοὺς Ρεωμόρου:*

- α) 35 βαθμοὶ Κελσίου β) 12 βαθμοὶ Φαρενάιτ
 γ) — 12 » » δ) 45 » »

2ον. *Νὰ τραπῶσιν εἰς βαθμοὺς Κελσίου:*

- α) 28 βαθμοὶ Ρεωμόρου β) 32 βαθμοὶ Φαρενάιτ
 γ) 44 » » δ) — 40 » »

3ον. *Νὰ τραπῶσιν εἰς βαθμοὺς Φαρενάιτ*

- α) 40 βαθμοὶ Κελσίου β) 32 βαθμοὶ Ρεωμόρου
 γ) — 40 » » δ) — 30 » »

4ον. *Δύο θερμομέτρα, ἐν τοῦ Κελσίου καὶ ἐν τοῦ Φαρενάιτ, τοποθετημένα παραλλήλως, ἔδειξαν κατὰ τινα στιγμὴν τὸν αὐτὸν ἀριθμὸν βαθμῶν, χαρακτηριζόμενον δια τοῦ αὐτοῦ σημείου. Ζητεῖται: ποῖος ὁ ἀριθμὸς οὗτος καὶ ποῖον τὸ σημεῖον αὐτοῦ;*

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο Ν Β'

Σ Π Ο Υ Δ Η Τ Ω Ν Δ Ι Α Σ Τ Ο Λ Ω Ν

Δ Ι Α Σ Τ Ο Λ Η Τ Ω Ν Σ Τ Ε Ρ Ε Ω Ν

166. *Συντελεσται διαστολῆς.*— Εἰς τὴν διαστολὴν σώματος στερεοῦ, δυνάμεθα νὰ θεωρήσωμεν εἴτε τὴν αὔξησιν τῆς ἀποστάσεως δύο ἐκ τῶν σημείων αὐτοῦ (γραμμικὴ διαστολή), εἴτε τὴν αὔξησιν τοῦ ἐμβαδοῦ ὀρισμένου μέρους τῆς ἐπιφανείας του (κατ' ἐπιφάνειαν διαστολή), εἴτε τέλος τὴν αὔξησιν τοῦ ὄγκου του (κυβικὴ διαστολή).

167. *Γραμμικὴ διαστολή.*— Καλέσωμεν μ_0 τὸ μῆκος ράβδου εἰς 0° , μ_θ δὲ τὸ μῆκος, τὸ ὁποῖον λαμβάνει ἡ αὐτὴ ράβδος εἰς θ° . Ἡ ὀλικὴ αὐτῆς γραμμικὴ διαστολὴ μεταξὺ 0 καὶ θ° εἶναι $\mu_\theta - \mu_0$, ἡ διαστολὴ κατὰ μονάδα μήκους (μετρουμένην εἰς 0°) εἶναι $\frac{\mu_\theta - \mu_0}{\mu_0}$

καὶ ἡ διαστολὴ κατὰ μονάδα μήκους δι' ὕψωσιν θερμοκρασίας κατὰ
 1° εἶναι $\frac{\mu_{\theta} - \mu_0}{\mu_0 \theta}$.

Ἡ τελευταία αὕτη σχέσις καλεῖται **συντελεστὴς τῆς γραμμικῆς διαστολῆς**. Παραστήσωμεν αὐτὴν διὰ λ , ἥτοι :

$$\frac{\mu_{\theta} - \mu_0}{\mu_0 \theta} = \lambda. \quad (1)$$

Συντελεστὴς λοιπὸν τῆς γραμμικῆς διαστολῆς μιᾶς ράβδου εἶναι ἡ σταθερὰ ἐπιμήκυνσις, τὴν ὁποῖαν ὑφίσταται ἡ μονὰς τοῦ μήκους τῆς ράβδου ταύτης, λαμβανομένη εἰς 0°, δι' ὕψωσιν θερμοκρασίας κατὰ 1°.

Ἐκ τῆς σχέσεως (1) λαμβάνομεν :

$$\mu_{\theta} - \mu_0 = \mu_0 \lambda \theta, \quad \text{ἢ} \quad \mu_{\theta} = \mu_0 (1 + \lambda \theta). \quad (2)$$

τὸ $(1 + \lambda \theta)$ καλεῖται **διώνυμον τῆς γραμμικῆς διαστολῆς**.

Ἦτοι : διὰ νὰ εὗρωμεν τὸ μῆκος εἰς θ° μιᾶς ράβδου, πολλαπλασιάζομεν τὸ μῆκος αὐτῆς εἰς 0° ἐπὶ τὸ διώνυμον τῆς γραμμικῆς διαστολῆς.

Ἐὰν $\mu_{\theta'}$ τὸ μῆκος τῆς αὐτῆς ράβδου εἰς θερμοκρασίαν θ' , θὰ ἔχωμεν :

$$\mu_{\theta'} = \mu_0 (1 + \lambda \theta'). \quad (3)$$

Καὶ διαιροῦντες κατὰ μέλη τὰς (3) καὶ (2) θὰ ἔχωμεν :

$$\frac{\mu_{\theta'}}{\mu_{\theta}} = \frac{1 + \lambda \theta'}{1 + \lambda \theta}.$$

Ἦτοι τὰ μήκη $\mu_{\theta'}$ καὶ μ_{θ} τῆς αὐτῆς ράβδου εἰς δύο διαφόρους θερμοκρασίας εἶναι ἀνάλογα πρὸς τὰ διώνυμα τῆς διαστολῆς.

168. Τύποι σχετικοὶ πρὸς τὴν κατ' ἐπιφάνειαν διαστολήν.— Ἐστω E_0 τὸ ἐμβαδὸν τῆς ἐπιφανείας στερεᾶς πλακὸς εἰς 0° καὶ E_{θ} τὸ ἐμβαδὸν αὐτῆς εἰς θ° . Ἡ αὔξησις τοῦ ἐμβαδοῦ τῆς μονάδος τῆς ἐπιφανείας, ὅταν ἡ θερμοκρασία αὐτῆς ἀνυψοῦται κατὰ 1°, ἐκφράζεται ὑπὸ τῆς σχέσεως $\frac{E_{\theta} - E_0}{E_0 \theta}$. Ἡ αὔξησις αὕτη εἶναι ὁ

συντελεστὴς τῆς κατ' ἐπιφάνειαν διαστολῆς τοῦ σώματος· παριστῶμεν τοῦτον δι' ϵ . Οἱ τύποι οἱ σχετικοὶ πρὸς τὴν κατ' ἐπιφάνειαν διαστολήν εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τοὺς τύπους τῆς γραμμικῆς διαστολῆς.

Ἦτοι $E_{\theta} = E_0 (1 + \epsilon \theta)$ καὶ $E_{\theta'} = E_0 (1 + \epsilon \theta')$,

$$\epsilon \theta \quad \frac{E_{\theta'}}{E_{\theta}} = \frac{1 + \epsilon \theta'}{1 + \epsilon \theta}.$$

Ἡ συντελεστής τῆς κατ' ἐπιφάνειαν διαστολῆς σώματος στερεοῦ εἶναι αἰσθητῶς ἴσος πρὸς τὸ διπλάσιον τοῦ συντελεστοῦ τῆς γραμμικῆς αὐτοῦ διαστολῆς, εἶναι δηλ. $\epsilon = 2\lambda$.

Ἀπόδειξις. Ἐστω τετράγωνον πλευρᾶς μήκους ἑνὸς ἑκατοστομέτρου εἰς 0° . Τὸ ἐμβαδὸν αὐτοῦ εἰς 0° θὰ εἶναι 1 τετρ. ἑκατ., ἥτοι $E_0 = 1$. Ἐὰν θερμάνωμεν τὸ τετράγωνον τοῦτο εἰς 1° , τὸ μήκος τῆς πλευρᾶς του γίνεται $1 + \lambda$ (λ = συντελεστής γραμμ. διαστολῆς) καὶ τὸ ἐμβαδὸν αὐτοῦ εἰς 1° γίνεται $(1 + \lambda)^2$,

$$\text{ἥτοι } E_1 = (1 + \lambda)^2, \quad \text{ἄρα } E_1 - E_0 = (1 + \lambda)^2 - 1$$

$$\text{ἢ } E_1 - E_0 = 1 + 2\lambda + \lambda^2 - 1 \quad \text{καὶ } E_1 - E_0 = 2\lambda + \lambda^2.$$

Ἐπειδὴ ὁ λ εἶναι ἀριθμὸς πολὺ μικρὸς, τὸ τετράγωνον αὐτοῦ ὡς ἐλάχιστον δὲν λαμβάνεται ὑπ' ὄψιν καὶ ἔχομεν $E_1 - E_0 = 2\lambda$.

Ἀλλὰ $E_1 - E_0$ παριστᾷ τὴν αὔξησιν, ἣν ὑφίσταται τὸ ἐμβαδὸν τῆς μονάδος τῆς ἐπιφανείας δι' αὔξησιν θερμοκρασίας κατὰ 1° , ἥτοι, κατὰ τὸν ὁρισμὸν, τὸν συντελεστὴν ϵ . Ἐχομεν λοιπόν: $\epsilon = 2\lambda$.

169. Τύποι σχετικοὶ πρὸς τὴν κυβικὴν διαστολὴν. — Ἐστω O_0 ὁ ὄγκος εἰς 0° σώματος στερεοῦ καὶ O_θ ὁ ὄγκος αὐτοῦ εἰς θ° . Ἡ αὔξησις τῆς μονάδος τοῦ ὄγκου, ὅταν ἡ θερμοκρασία αὐτοῦ ἀνυψοῦται κατὰ 1° , ἐκφράζεται ὑπὸ τῆς σχέσεως $\frac{O_\theta - O_0}{O_0 \theta}$. Ἡ αὔξησις αὕτη εἶναι ὁ συντελεστής τῆς κυβικῆς διαστολῆς τοῦ σώματος. Παριστῶμεν αὐτὸν διὰ κ .

Καὶ οἱ τύποι οἱ σχετικοὶ πρὸς τὴν κυβικὴν διαστολὴν εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τοὺς τύπους τῆς γραμμικῆς διαστολῆς. Ἐχομεν:

$$O_\theta = O_0 (1 + \kappa \theta) \quad \text{καὶ} \quad O_\theta = O_0 (1 + \kappa \theta'), \quad \text{ἐξ ὧν } \frac{O_\theta}{O_0} = \frac{1 + \kappa \theta'}{1 + \kappa \theta}.$$

Σκεπτόμενοι, ὅπως καὶ διὰ τὸν συντελεστὴν τῆς κατ' ἐπιφάνειαν διαστολῆς, ἀνευρίσκομεν, ὅτι ὁ συντελεστής τῆς κυβικῆς διαστολῆς σώματος στερεοῦ εἶναι αἰσθητῶς ἴσος πρὸς τὸ τριπλάσιον τοῦ συντελεστοῦ τῆς γραμμικῆς αὐτοῦ διαστολῆς, $\kappa = 3\lambda$.

170. Μεταβολὴ τῆς πυκνότητος μετὰ τῆς θερμοκρασίας. — Ὅταν θερμαίνωμεν σῶμά τι, ὁ ὄγκος αὐτοῦ μεταβάλλεται, ἀλλ' ἡ μᾶζα του μένει σταθερά. Θὰ ἔχωμεν λοιπόν $M = O_0 \cdot \delta_0$ καὶ $M = O_\theta \cdot \delta_\theta$ · συνεπῶς $O_0 \cdot \delta_0 = O_\theta \cdot \delta_\theta$, ἔνθα O_0 καὶ δ_0 παριστοῦν τὸν ὄγκον καὶ τὴν πυκνότητα τοῦ σώματος εἰς 0° , O_θ δὲ καὶ δ_θ τὸν ὄγκον καὶ τὴν πυκνότητα αὐτοῦ εἰς θ° . Ἐὰν ἀντικαταστήσωμεν τὸν

O_0 διὰ τῆς τιμῆς του, παριστῶντες διὰ κτὸν συντελεστὴν τῆς κυβικῆς διαστολῆς τοῦ σώματος, $[O_0 = O_0(1 + \kappa\theta)]$, ἔχομεν :

$$O_0 \delta_0 = O_0(1 + \kappa\theta) \delta_0, \text{ ἔξ οὗ } \delta_0 = \frac{\delta_0}{1 + \kappa\theta}.$$

Ἡ σχέσις αὕτη ἐφαρμόζεται καὶ εἰς τὰ ὑγρά, ὅπως καὶ εἰς τὰ στερεά.

Ἀριθμητικὴ ἐφαρμογή. Ἡ πυκνότης τοῦ ἀργύρου εἶναι 10,31 εἰς 0° . Ποία θὰ εἶναι ἡ πυκνότης του εἰς 150° ; Συντελεστής κυβ. διαστολῆς ἀργύρου = 0,000058. Θὰ ἔχωμεν :

$$\delta_{150} = \frac{10,31}{1 + 0,000058 \cdot 150} = 10,22.$$

Προβλήματα

1ον. Ράβδος μεταλλικὴ, εἰς 45° μὲν ἔχει μῆκος 140,2159 μέτρα, εἰς $8^\circ,5$ δὲ ἔχει μῆκος 140,175 μ. Ποῖος ὁ συντελεστής τῆς γραμμικῆς διαστολῆς τοῦ μετάλλου τούτου ;

2ον. Τὸ μῆκος ράβδου ἐκ ψευδαργύρου εἶναι 6,219 μέτρα, ὅταν αὕτη ἔχη θερμοκρασίαν 78° . Ποῖον θὰ εἶναι τὸ μῆκος αὐτῆς, ὅταν ἡ θερμοκρασία της θὰ εἶναι 15° . Συντελεστής τῆς γραμμικῆς διαστολῆς τοῦ ψευδαργύρου 0,000029.

3ον. Σφαῖρα ἐκ σιδήρου διαμέτρου 5,01 ἑκατοστομέτρων εἰς 0° τίθεται ἐπὶ δακτυλίου ἐκ ψευδαργύρου διαμέτρου 5 ἑκατοστομ. Εἰς ποίαν θερμοκρασίαν πρέπει νὰ θερμανθῶσιν ἡ σφαῖρα καὶ ὁ δακτύλιος, ἵνα ἡ σφαῖρα διέλθῃ διὰ τοῦ δακτυλίου ; Συντελεστής διαστολῆς σιδήρου 0,0000118, ψευδαργύρου 0,000031.

ΔΙΑΣΤΟΛΗ ΤΩΝ ΥΓΡΩΝ

171. Εἰς τὰ ὑγρά, ὡς ἐμάθομεν, διακρίνομεν τὴν ἀπόλυτον ἢ πραγματικὴν διαστολὴν καὶ τὴν φαινομένην διαστολὴν. Ἐπειδὴ τὰ ὑγρά λαμβάνουν πάντοτε τὸ σχῆμα τοῦ δοχείου, ἐντὸς τοῦ ὁποίου περιέχονται, θὰ ἔξετάσωμεν ἀπ' εὐθείας τὴν κυβικὴν διαστολὴν αὐτῶν.

Ὁ συντελεστής τῆς κυβικῆς διαστολῆς ὑγροῦ εἶναι ἡ αὐξησις Δ, τὴν ὁποίαν ὑφίσταται ἡ μονὰς τοῦ ὄγκου τοῦ ὑγροῦ τούτου δι' ὕψωσιν τῆς θερμοκρασίας κατὰ ἓνα βαθμόν.

Εἶναι δυνατὸν νὰ ὑπολογισθῇ ἀπ' εὐθείας ὁ συντελεστής οὗτος

τῆς ἀπολύτου διαστολῆς δοθέντος ὑγροῦ, χωρὶς νὰ ὑπολογισθῇ προηγουμένως ἡ διαστολὴ τοῦ δοχείου.

Οὕτω οἱ Dulong καὶ Petit εὗρον, ὅτι ὁ συντελεστὴς τῆς ἀπολύτου διαστολῆς τοῦ ὑδραργύρου εἶναι $\frac{1}{5550}$.

172. Σχέσις μεταξύ τῆς ἀπολύτου καὶ τῆς φαινομένης διαστολῆς.—Ἡ γνῶσις τῆς ἀπολύτου διαστολῆς ὑγροῦ τινος δὲν ἀρκεῖ. Εἰς τὴν προᾶξιν πᾶν ὑγρὸν περιέχεται πάντοτε ἐντὸς δοχείου. Ἐντὸς τοῦ δοχείου τούτου βλέπομεν τὴν φαινομένην διαστολὴν τοῦ ὑγροῦ, ἡ ὁποία μεταβάλλεται μετὰ τῆς φύσεως τῆς οὐσίας, ἐκ τῆς ὁποίας ἀποτελεῖται τὸ τοίχωμα τοῦ δοχείου. Πρέπει λοιπὸν νὰ λάβωμεν ὑπ' ὄψιν τὴν διαστολὴν τοῦ δοχείου, ἡ ὁποία συντελεῖ εἰς τὸ νὰ μεταβάλλεται ἡ φαινομένη διαστολὴ τοῦ ὑγροῦ. Εἰς τὴν φαινομένην καὶ τὴν ἀπόλυτον διαστολὴν ὑγροῦ τινος ἀντιστοιχεῖ εἰς συντελεστὴς φαινομένης διαστολῆς δ καὶ εἰς συντελεστὴς ἀπολύτου διαστολῆς Δ. Ὁ τελευταῖος οὗτος εἶναι ἀλσθητῶς ἴσος πρὸς τὸν συντελεστὴν τῆς φαινομένης διαστολῆς, ἀξήθენტα κατὰ τὸν συντελεστὴν κ τῆς κυδικῆς διαστολῆς τοῦ δοχείου, ἥτοι $\Delta = \delta + \kappa$.

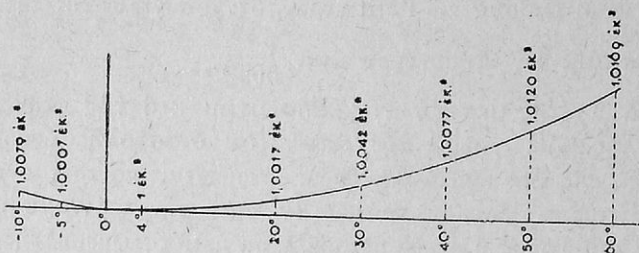
173. Μέγιστον τῆς πυκνότητος τοῦ ὕδατος.—Συνήθως, ὁ ὄγκος ὑγροῦ τινος αὐξάνεται σταθερῶς, ὅταν τὸ ὑγρὸν θερμαίνεται.

Τὸ ὕδωρ παρουσιάζει εἰδικὴν ἀνωμαλίαν. Λαμβανόμενον εἰς 0°, συστέλλεται μέχρι τῶν 4°, κατόπιν δὲ διαστέλλεται κανονικῶς. Εἰς 4° ὁ ὄγκος ὠρισμένης μάζης ὕδατος εἶναι ὁ ἐλάχιστος, ἡ δὲ πυκνότης αὐτοῦ μεγίστη.

Ἐντὸς ὑαλίνου δοχείου ὁ φαινόμενος ὄγκος τοῦ ὕδατος εἶναι ἐλάχιστος, περὶ τοὺς 5°. Πράγματι, ἐὰν ψύξωμεν συγχρόνως, ἀπὸ τῶν 15° περίπου, ὑδραργυρικὸν θερμομέτρον καὶ σωλῆνα θερμομετρικόν, ὁ ὁποῖος περιέχει ὕδωρ, αἱ ἐπιφάνειαι τῶν ὑγρῶν κατέρχονται συγχρόνως εἰς τοὺς δύο σωλῆνας. Περὶ τοὺς 5° ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὕδατος ἐντὸς τοῦ θερμομετρικοῦ σωλῆνος φαίνεται **στάσιμος**. Ἐὰν ἐξακολουθήσωμεν νὰ ψύχωμεν, ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὕδατος ἀνέρχεται, ἐνῶ ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου ἐξακολουθεῖ νὰ κατέρχεται.

Κατὰ τὸν χειμῶνα, ἡ ψύξις τῶν λιμνῶν, τῶν ἐλῶν, τῶν ποταμῶν γίνεται εἰς τὴν ἐπιφάνειαν. Τὸ ψυχθὲν ὕδωρ πίπτει καὶ τὸ ὕδωρ τοῦ πυθμένος ἀνέρχεται. Οὕτω ὅλη ἡ μᾶζα τοῦ ὕδατος δύναται νὰ φθάσῃ εἰς θερμοκρασίαν 4°. Μεταξὺ 4° καὶ 0° τὸ ὕδωρ ὡς ὀλιγώτερον πυκνόν, παραμένει εἰς τὴν ἐπιφάνειαν καὶ πῆγνυται.

Κατὰ τὸν χρόνον τοῦτον ἡ θερμοκρασία εἰς τὸ βάθος διατηρεῖται εἰς 4° καὶ ἡ ζῶη ἐκεῖ ἐξακολουθεῖ νὰ ὑφίσταται.



Σχ. 140

Παραθέτομεν γραφικὴν παράστασιν τῶν μεταβολῶν τοῦ ὄγκου ἑνὸς γραμμαρίου ὕδατος εἰς διαφόρους θερμοκρασίας (σχ. 140).

ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ ΤΗΣ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ ΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΚΑΙ ΥΓΡΩΝ

174. Μηχανικά ἀποτελέσματα τῆς διαστολῆς καὶ συστολῆς τῶν στερεῶν.—Ράβδος σιδηρᾶ μήκους ἑνὸς μέτρου διαστέλλεται κατὰ 0,123 ἑκατοστόμ. ὅταν ἡ θερμοκρασία αὐτῆς ὑψωθῇ κατὰ 100° . Εὐρέθη, ὅτι διὰ νὰ ἐπιφέρωμεν τὴν αὐτὴν ἐπιμήκυνσιν ἐπὶ σιδηρᾶς ράβδου τοῦ αὐτοῦ μήκους καὶ 1 τετρ. ἑκατ. τομῆς, εἶναι ἀνάγκη νὰ ὑποβάλωμεν αὐτὴν εἰς ἔλξιν 2600 χιλιογράμμων. Εἶναι λοιπὸν προφανὲς ὅτι, ἐὰν ἐμποδίσωμεν τὴν ράβδον ταύτην νὰ διασταλῇ, ἐφαρμόζοντες τὰ ἄκρα αὐτῆς ἐπὶ δύο ἀκλονήτων ὑποστηρικτῶν, ἡ ράβδος θὰ ἐπιφέρῃ ἐπὶ τούτων δι' ὑψοσιν θερμοκρασίας κατὰ 100° τὴν πέλωρίαν πίεσιν τῶν 2600 περίπου χιλιογράμμων.

Τὰ τεράστια ταῦτα μηχανικά ἀποτελέσματα χρησιμοποιοῦμεν εἰς τινὰς περιστάσεις ἐν τῇ βιομηχανίᾳ. Διὰ νὰ περιβάλωμεν π.χ. τοὺς τροχοὺς τῶν ἀμαξῶν διὰ σιδηρῶν στεφανῶν, ἀφ' οὗ θερμάνωμεν ἱκανῶς τὴν στεφάνην, εἰσάγομεν ἐντὸς αὐτῆς τὸν ξύλινον τροχόν, ἐφαρμόζομενον ἀκριβῶς εἰς τὴν ὑψηλὴν ταύτην θερμοκρασίαν. Ὅταν ὁμοῦς ἡ στεφάνη ψυχθῇ, συστέλλεται καὶ περισφίγγει ἰσχυρῶς τὸν τροχόν.

Ἐπίσης τὰ φύλλα τῶν ἐκ ψευδαργύρου στεγῶν προσηλοῦνται μόνον κατὰ τὸ ἐν αὐτῶν ἄκρον, διὰ νὰ δύνανται νὰ διαστέλλωνται καὶ συστέλλωνται ἐλευθέρως.

Διὰ τὸν αὐτὸν λόγον ἀφίνονται μικρὰ διαστήματα μεταξὺ τῶν

διαδοχικῶν ράβδων τῶν σιδηροδρόμων, διὰ νὰ δύνανται αὐταὶ νὰ διαστέλλονται ἐλευθέρως κατὰ τὸ θέρος.

Ἐπίσης δοχεῖον ὑάλινον μὲ παχείας παρεΐας, θερμαινόμενον ἄνευ προφυλάξεως, θραύεται. Διότι, ἐπειδὴ ἡ ὕαλος εἶναι δυσθερμαγωγός, τὰ μέρη τοῦ δοχείου, τὰ ὁποῖα ἐθερμάνθησαν, διαστέλλονται καὶ χωρίζονται ἀπὸ τὰ συνεχόμενα μέρη, τὰ ὁποῖα παραμένουν ψυχρά.

175. Ἐφαρμογαὶ τῆς διαστολῆς τῶν στερεῶν.— Α) Διόρθωσις εἰς τὰς μετρήσεις τῶν μηκῶν. Αἱ διαιρέσεις αἱ σημειούμεναι ἐπὶ τῶν βαθμολογημένων κανόνων ἐπιμηκύνονται, ὅταν ὑψοῦται ἡ θερμοκρασία, ἔνεκα δὲ τούτου ἡ τιμὴ αὐτῶν μόνον εἰς 0° εἶναι ἀκριβής. Ἄν λοιπὸν καθ' οἷανδήποτε μέτρησιν ἀνεγνώσαμεν μ' ἑκατοστόμετρα ἐπὶ κανόνος, τοῦ ὁποίου ἡ θερμοκρασία εἶναι θ° καὶ ὁ συντελεστὴς τῆς διαστολῆς λ, τὸ ἀληθὲς μῆκος θὰ εἶναι: $\mu' = \mu (1 + \lambda \theta)$.

Β) Ἐκκρεμῇ ἐπανορθωτικά.— Γνωρίζομεν, ὅτι ἡ κίνησις τῶν ὥρολογίων ρυθμίζεται ὑπὸ ἐκκρεμοῦς, τοῦ ὁποίου αἱ μικραὶ αἰωρήσεις εἶναι πᾶσαι τῆς αὐτῆς διαρκείας, ἐφ' ὅσον τὸ μῆκος τοῦ ἐκκρεμοῦς μένει σταθερόν.

Ὑποθέσωμεν ἤδη, ὅτι τὸ ἐκκρεμὲς ἔχει κατασκευασθῇ ἐξ ἑνὸς μόνον μετάλλου. Ὅταν ἡ θερμοκρασία ἀνέροχεται, τὸ ἐκκρεμὲς ἐπιμηκύνεται καί, ἐπειδὴ τότε αἰωρεῖται βραδύτερον, τὸ ὥρολόγιον ὑστερεῖ. Τὸ ἀντίθετον συμβαίνει, ὅταν ἡ θερμοκρασία κατέρχεται. Διὰ τὴν ἐξουδετέρωσιν τῆς ἐνεργείας τῆς θερμότητος, ἐπενοήθησαν τὰ ἐπανορθωτικὰ ἐκκρεμῇ, τὰ ὁποῖα ἔχουν πάντοτε τὴν αὐτὴν περίοδον αἰωρήσεως, ὅποιαδήποτε καὶ ἂν εἶναι αἱ μεταβολαὶ τῆς θερμοκρασίας. Τοιοῦτον π. χ. εἶναι τὸ ἐκκρεμὲς Leroy. Ὁ φακὸς τοῦ ἐκκρεμοῦς τούτου (σχ. 141) ἐξαρτᾶται ἀπὸ σειρὰν ράβδων ἐναλλὰξ χαλυβδίνων καὶ ὀρειχαλκίνων, συνδυασμένων κατὰ τοιοῦτον τρόπον ὥστε, ὅσον ἡ διαστολὴ τοῦ χάλυβος τείνει νὰ καταβιβάσῃ τὸν φακόν, τόσον ἀκριβῶς τείνει νὰ ἀναβιβάσῃ αὐτὸν ἡ τοῦ ὀρειχάλκου.

Σημείωσις.—Εἰς τὸ παρατιθέμενον σχῆμα ὁ χάλυψ παρίσταται διὰ βαθυτέρου χρώματος.

176. Ἐφαρμογαὶ τῆς διαστολῆς τῶν ὑγρῶν.—Μηχανικὰ



Σχ. 141

ἀποτελέσματα τῆς διαστολῆς τῶν ὑγρῶν.—Τὰ ὑγρά εἶναι πολὺ ὀλίγον συμπιεστά. Ἐὰν λοιπὸν θερμαίνωμεν ὑγρὸν τι ἐντὸς δοχείου κλειστοῦ καὶ τελείως πλήρους, ἐντὸς τοῦ ὁποίου δὲν δύναται νὰ διασταλῇ, τὸ ὑγρὸν ἐξασκεῖ ἐπὶ τῶν παρειῶν πιέσεις ὑπερβολικὰς, αἱ ὁποῖαι ἐπιφέρουν τὴν θραῦσιν τοῦ δοχείου, ἐὰν τοῦτο δὲν εἶναι πολὺ ἀνθεκτικόν. Θερμόμετρον π.χ. θραύεται, εὐθύς ὥς τὸ ὑγρὸν του φθάσῃ εἰς τὸ ἀνώτατον μέρος τοῦ στελέχους καὶ δὲν ἔχη πλέον θέσιν διὰ νὰ διασταλῇ. Διὰ τοῦτο φροντίζουν νὰ ἀφίνουν εἰς τὴν κορυφὴν τοῦ στελέχους μικρὰν κοιλότητα, ὅπου νὰ δύναται τὸ ὑγρὸν νὰ ἐκχειλίσῃ, ἐὰν τὸ ὄργανον ἀχθῇ τυχαίως εἰς πολὺ ὑψηλὴν θερμοκρασίαν.

Προβλήματα

1ον. Ἡ πυκνότης τοῦ ὑδραργύρου εἶναι 13,6 εἰς 0°. Ποία θὰ εἶναι ἡ πυκνότης του εἰς 20°;

2ον. Ἐπὶ κανόνος ἐξ ὀρειχάλκου, βαθμολογημένου εἰς 0°, ἀναγινώσκουμεν μεταξὺ δύο σημείων διάστημα 87,2 ἑκατοστομέτρων εἰς 28°. Ποία εἶναι ἡ πραγματικὴ ἀπόστασις τῶν δύο τούτων σημείων; Συντελεστὴς διαστολῆς ὀρειχάλκου 0,000019.

3ον. Σωλὴν κυλινδρικοῦς ἐξ ὕαλου μήκους ἐνὸς μέτρου καὶ διαμέτρου δύο ἑκατοστομέτρων εἰς 0° περιέχει ὑδραργυρον μέχρις ὕψους 0,95 μέτρου. Εἰς ποίαν θερμοκρασίαν πρέπει νὰ θερμανθῇ ὁ σωλὴν, ἵνα πληρωθῇ τελείως διὰ τοῦ ὑδραργύρου τούτου; Συντελεστὴς διαστολῆς ὑδραργύρου $\frac{1}{5550}$, ὕαλου $\frac{1}{38700}$.

ΔΙΑΣΤΟΛΗ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ

177. Τὰ αέρια εἶναι τὰ μᾶλλον διασταλτὰ ἐκ τῶν σωμάτων, ἡ δὲ διαστολὴ αὐτῶν παρουσιάζει τὴν μεγαλυτέραν κανονικότητα καὶ οἱ διάφοροι αὐτῶν συντελεσταὶ παρουσιάζουν τὰς ὀλιγωτέρας μεταξὺ των διαφοράς. Ἐπὶ μακρὸν μάλιστα παρεδέχθησαν, ὅτι πάντα τὰ αέρια διαστέλλονται ἐξ ἴσου διὰ τὴν αὐτὴν μεταβολὴν τῆς θερμοκρασίας. Τοῦτο προέκυπτεν ἐκ πειραμάτων, γενομένων σχεδὸν ταυτοχρόνως ὑπὸ τοῦ Gay-Lussac ἐν Γαλλίᾳ καὶ τοῦ Dalton ἐν Ἀγγλίᾳ.

178. Γενικὰ ἀποτελέσματα.—Νόμοι τοῦ Gay-Lussac. Ἀπὸ τὰ πειράματα ταῦτα ὁ Gay-Lussac κατέληξεν εἰς τὰ αὐτὰ γενικὰ

ἀποτελέσματα, εἰς τὰ ὅποια καὶ ὁ Dalton. Τὰ ἀποτελέσματα ταῦτα ἐκφράζονται ὑπὸ τῶν ἐπομένων νόμων :

α) Πάντα τὰ ἀέρια διαστέλλονται ἐξ ἴσου μεταξὺ 0° καὶ 100°.

β) Πάντα τὰ ἀέρια ἔχουν τὸν αὐτὸν συντελεστὴν διαστολῆς

(ὅστις εἶναι ἴσος πρὸς $0,00366$ ἢ $\frac{1}{273}$).

γ) Ἡ διαστολὴ τῶν ἀερίων εἶναι ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὴν ἐξωτερικὴν πίεσιν.

ΠΥΚΝΟΤΗΣ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΚΑΙ ΑΤΜΩΝ

179. Εἰδικὴ μᾶζα τῶν ἀεριοδῶν σωμάτων. — Πυκνότης ὡς πρὸς τὸν ἀέρα. Ἡ εἰδικὴ μᾶζα ἢ ἡ ἀπόλυτος πυκνότης (δηλ. ἡ μᾶζα τῆς μονάδος τοῦ ὄγκου) ἀερίου τινὸς ἢ ἀτμοῦ μεταβάλλεται πολὺ μετὰ τῆς θερμοκρασίας καὶ τῆς πίεσεως. Διότι ὁ ὄγκος μιᾶς μάζης ἀερίου ἢ ἀτμοῦ αὐξάνεται πολὺ, ὅταν ἡ θερμοκρασία ἀνέροχεται καὶ ὅταν ἡ πίεσις ἐλαττοῦται, ὁπότε ἡ εἰδικὴ μᾶζα ἐλαττοῦται. Διὰ τοῦτο εὐρίσκομεν δι' ὅλα τὰ ἀεριοῶδη σώματα τὴν πυκνότητα ὡς πρὸς τὸν ἀέρα, δηλ. τὸ πηλίκον $\delta = \frac{M}{M'}$ τῆς μάζης ὀρισμένου ὄγκου τοῦ ἀερίου διὰ τῆς μάζης ἴσου ὄγκου ἀέρος, ἀμφοτέρων λαμβανομένων εἰς τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν καὶ ὑπὸ τὴν αὐτὴν πίεσιν.

Ἐάν τὸ θεωρούμενον ἀέριον καὶ ὁ ἀῆρ ἀκολουθοῦν ἀκριβῶς τοὺς αὐτοὺς νόμους συμπίεστοῦ καὶ διαστολῆς, ἴσοι ὄγκοι εἰς δοθεῖσαν θερμοκρασίαν καὶ πίεσιν θὰ μένουν ἴσοι καὶ εἰς πᾶσαν ἄλλην θερμοκρασίαν καὶ ὑπὸ πᾶσαν ἄλλην πίεσιν. Τότε ἡ πυκνότης δ θὰ εἶναι σταθερά.

Διὰ νὰ εἶναι δυνατὸν νὰ παραβάλλωνται αἱ πυκνότητες τῶν διαφόρων ἀερίων, συμφωνήθη νὰ προσδιορίζωνται εἰ μᾶζαι M καὶ M' εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ 0° καὶ ὑπὸ τὴν κανονικὴν πίεσιν, ἡ ὁποία παρίσταται δι' 76 ἐκατ. ὑδραργύρου. Αἱ πυκνότητες τῶν ἀερίων, αἱ ὑπὸ τὰς συνθήκας ταύτας προσδιοριζόμεναι, καλοῦνται **κανονικαί**.

Οὕτω ἡ κανονικὴ πυκνότης τοῦ ὀξυγόνου εἶναι 1,1052, τοῦ ὑδρογόνου 0,006947, τοῦ χλωρίου 2,491 κλπ. Τέλος προσδιορίσθη ἡ ἀπόλυτος πυκνότης ἢ ἡ εἰδικὴ μᾶζα τοῦ ἀέρος ὑπὸ τὰς κανονικὰς συνθήκας. Αὕτη εἶναι 0,001293, ὅπερ σημαίνει, ὅτι ὑπὸ τὰς κανονικὰς συνθήκας, ἡ μᾶζα ἑνὸς κυβ. δακτύλου ἀέρος εἶναι 0,001293 γραμμάρια. Ἡ μᾶζα μιᾶς κυβ. παλάμης ἀέρος εἶναι 1,293 γρ.

Π ρ ο β λ ή μ α τ α

1ον. Εἰς ποίαν θερμοκρασίαν πρέπει νὰ θερμάνωμεν ὄγκον τινὰ ἀέρος, ἵνα διπλασιασθῇ, τῆς πίεσεως παραμενούσης σταθερᾶς;

2ον. 15 λίτρα ἀέρος ψύχονται ἀπὸ 27° εἰς 7°. Ποία θὰ εἶναι ἡ ἐλάττωσις τοῦ ὄγκου των;

3ον. Ὁ ὄγκος μάζης τινὸς αἰρίου εἰς 15° εἶναι 400 κυβ. ἑκατοστόμετρα. Εἰς ποίαν θερμοκρασίαν ὁ ὄγκος του θὰ εἶναι 500 κυβ. ἑκατ., τῆς πίεσεως παραμενούσης σταθερᾶς;

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Γ'

Θ Ε Ρ Μ Ι Δ Ο Μ Ε Τ Ρ Ι Α

180. Πηγαί θερμότητος.— Τὰ σώματα, τὰ ὅποια ἀννυσοῦν τὴν θερμοκρασίαν τῶν πέριξ σωμάτων, εἶναι πηγαί θερμότητος. Τοιαῦτα π.χ εἶναι ὁ ἥλιος, σῶμα θερμὸν ψυχόμενον, ὑγρὸν πηγνύμενον, ἀτμός συμπυκνούμενος, εὐφλεκτοὶ ὕλαι καίόμεναι, οἱ ζῶντες ὁργανισμοί, ἀγωγὸς διαρρεόμενος ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος κλπ.

Διὰ νὰ θερμάνωμεν σῶμά τι, διὰ νὰ τὸ τήξωμεν, διὰ νὰ τὸ ἐξαερίωσωμεν, θέτομεν αὐτὸ εἰς συγκοινωνίαν μετὰ πηγῆς θερμότητος.

181. Ποσότης θερμότητος.— Ἐκ τοῦ ὅτι πρέπει σταθερῶς νὰ καίωμεν τὸ αὐτὸ βάρος ἄνθρακος, διὰ νὰ θερμάνωμεν σῶμά τι ἀπὸ 0° εἰς 9°, συμπεραίνομεν, ὅτι τὸ σῶμα τοῦτο ἀπαιτεῖ πάντοτε τὴν αὐτὴν ποσότητα θερμότητος διὰ νὰ μεταστῇ ἀπὸ 0° εἰς 9°. Ἡ θέρμανσις ἀπὸ 0° εἰς 9° δύο ἢ τριῶν ὁμοίων σωμάτων τοῦ αὐτοῦ βάρους ἀπαιτεῖ ποσότητα θερμότητος διπλασίαν ἢ τριπλασίαν ἐκείνης, τὴν ὁποίαν ἐχρειάσθη τὸ ἐν ἑξ αὐτῶν. Ἡ ποσότης λοιπὸν τῆς θερμότητος εἶναι μέγεθος τὸ ὁποῖον δύναται νὰ μετρηθῇ.

Ἡ ἔννοια τῆς ποσότητος τῆς θερμότητος διακρίνεται ἀπὸ τὴν ἔννοιαν τῆς θερμοκρασίας. Δύο σώματα Α καὶ Β τῆς αὐτῆς θερμοκρασίας, εὐρίσκονται εἰς θερμικὴν ἰσορροπίαν, ἂν καὶ αἱ ποσότητες τῆς θερμότητός των δύνανται νὰ εἶναι διάφοροι. Μεταξὺ δύο σωμάτων διαφόρων θερμοκρασιῶν, τὰ ὅποια ἐγκλείουν ποσότητας θερμότητος ἴσας, γίνεται ἀνταλλαγὴ θερμαντικῆς μέχρις ἐξισώσεως τῶν θερμοκρασιῶν.

Οὕτω καὶ εἰς δύο συγκοινωνοῦντα δοχεῖα ὑπάρχει ἰσορροπία, ἐὰν αἱ ἐπιφάνειαι τοῦ ἐντὸς αὐτῶν ὑγροῦ εὐρίσκωνται εἰς τὸ αὐτὸ ὀριζόντιον ἐπίπεδον, οἷαιδὴ ποτε καὶ ἂν εἶναι αἱ τομαὶ τῶν δοχείων καὶ συνεπῶς αἱ ποσότητες τοῦ ὑγροῦ. Ἐὰν αἱ ἐπιφάνειαι τοῦ ὑγροῦ δὲν εὐρίσκωνται εἰς τὸ αὐτὸ ὀριζόντιον ἐπίπεδον, τὸ ὑγρὸν κινεῖται ἀπὸ τοῦ δοχείου, εἰς τὸ ὁποῖον ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ εὐρίσκεται ὑψηλότερον, πρὸς τὸ ἄλλο. Ἡ ἰσορροπία ἀποκαθίσταται, ὅταν ἀμφοτέραι αἱ ἐπιφάνειαι εὐρεθῶν εἰς τὸ αὐτὸ ὀριζόντιον ἐπίπεδον. Αἱ θερμοκρασίαι ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰ ὕψη τοῦ ὑγροῦ, αἱ δὲ ποσότητες τῆς θερμότητος εἰς τὰς ποσότητας τοῦ ὑγροῦ.

Σκοπὸς τῆς θερμομετρίας. Ἡ θερμομετρία μετρεῖ τὰς ποσότητας τῆς θερμότητος, αἱ ὁποῖαι ἀπορροφῶνται ἢ παραχωροῦνται ὑπὸ σώματος, τοῦ ὁποίου ἡ θερμοκρασία μεταβάλλεται ἢ τὸ ὁποῖον ὑφίσταται μεταβολὴν καταστάσεως.

Θερμὶς (calorie).—Υπολογίζομεν τὰς ποσότητας τῆς θερμότητος διὰ μονάδος, ἣτις εἰς τὸ σύστημα C.G.S. εἶναι ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, τὴν ὁποίαν πρέπει νὰ παραχωρήσωμεν εἰς ἓν γραμμάριον ὕδατος, διὰ νὰ ἀνυψωθῇ ἡ θερμοκρασία του κατὰ ἓνα βαθμὸν. Ἡ μονὰς αὕτη καλεῖται **κανονικὴ θερμὶς** ἢ ἀπλῶς **θερμὶς**.

Εἰς τὸ μετρικὸν σύστημα, λαμβάνεται ὡς μονὰς ἡ **μεγάλῃ θερμὶς**, ἡ ὁποία εἶναι ποσότης θερμότητος ἴση μὲ 1000 κανονικὰς θερμίδας.

182. Μέτρησις ποσότητος θερμότητος διὰ τῆς μεθόδου τῶν μειγμάτων.—Τὸ πείραμα δεικνύει, ὅτι ἀπαιτεῖται πάντοτε νὰ προσληφθῇ ἢ νὰ ἀποδοθῇ μία θερμὶς, διὰ νὰ ἀνυψωθῇ ἡ καταβιβασθῇ κατὰ 1° ἡ θερμοκρασία ἑνὸς γραμμαρίου ὕδατος. Πράγματι, ἐὰν ἀναμείξωμεν ταχέως 1 γρ. ὕδατος εἰς 0° καὶ 1 γρ. ὕδατος εἰς 2°, λαμβάνομεν 2 γρ. ὕδατος εἰς 1°. Συνάγομεν λοιπόν, ὅτι τὸ δεῦτερον γραμμάριον ψυχθὲν ἀπὸ 2° εἰς 1° παρεχώρησε μίαν θερμίδα εἰς τὸ 1 γρ. ὕδατος, διὰ νὰ τὸ θερμάνῃ ἀπὸ 0° εἰς 1°. Γενικῶς, ἐὰν ἐπαναλάβωμεν τὸ αὐτὸ πείραμα μὲ ἴσας ποσότητας ὕδατος εἰς ἄλλας θερμοκρασίας, εὐρίσκομεν πάντοτε, ὅτι ἡ τελικὴ θερμοκρασία εἶναι ὁ **μέσος ὁρος** τῶν ἀρχικῶν θερμοκρασιῶν (ὑπὸ τὸν ὅρον ἡ ὑψηλότερα θερμοκρασία νὰ μὴ ὑπερβαίῃ τοὺς 50°).

Κατὰ ταῦτα, διὰ νὰ ἀνυψώσωμεν τὴν θερμοκρασίαν ἑνὸς γραμμαρίου ὕδατος ἀπὸ θ° εἰς θ'°, πρέπει νὰ παραχωρήσωμεν εἰς αὐτὸ

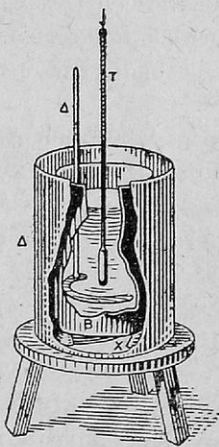
($\theta' - \theta$) θερμίδας. Ἐπομένως ἡ ποσότης Π τῆς θερμότητος, ἡ ἀναγκαζομένη διὰ τὴν ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας B γραμμαρίων ὕδατος ἀπὸ θ° εἰς θ'° , δίδεται ὑπὸ τοῦ τύπου :

$$\Pi = B (\theta' - \theta) \text{ θερμίδες.} \quad (1)$$

Ἀριθμητικὴ ἐφαρμογή. Ποία ποσότης θερμότητος χρειάζεται διὰ νὰ θερμάνωμεν εἰς 100° δύο χιλιόγραμμα ὕδατος, θερμοκρασίας 15° ; Ἐφαρμόζομεν τὸν τύπον :

$$\Pi = B (\theta' - \theta) = 2000 (100 - 15) = 2000.85 = 170.000 \text{ θερμίδες.}$$

Χρησιμοποιοῦμεν τὴν σχέσιν (1) εἰς τὴν μέτρησιν τῶν ποσοτήτων τῆς θερμότητος διὰ τῆς μεθόδου τῶν **μειγμάτων**. Πρὸς τοῦτο παραχωροῦμεν τὰς ποσότητας ταύτας τῆς θερμότητος εἰς δεδομένην μᾶζαν ὕδατος B γρ. καὶ παρατηροῦμεν τὴν μεταβολὴν τῆς θερμοκρασίας αὐτῆς $\theta' - \theta$, ὅθεν συνάγομεν τὸ Π .



Σχ. 142

Τὸ δοχεῖον τὸ προωρισμένον νὰ περιλάβῃ τὸ ὕδωρ καλεῖται **θερμιδόμετρον δι' ὕδατος**. Τοῦτο εἶναι δοχεῖον κυλινδρικόν (σχ. 142) ἐκ πολὺ λεπτοῦ ὀρειχάλκου, τοῦ ὁποῖου ἡ ἐξωτερικὴ ἐπιφάνεια εἶναι τελείως λεία, πρὸς ἐλάττωσιν τῆς διαχύσεως τῆς θερμότητος. Τοῦτο στηρίζεται διὰ τριῶν τεμαχίων φελλοῦ (ὁ ὁποῖος εἶναι πολὺ δυσθερμαγωγὸν σῶμα) ἐπὶ τοῦ πυθμένου δευτέρου δοχείου ἐξ ὀρειχάλκου, ἐσωτερικῶς λείου, τὸ ὁποῖον πέμπει πάλιν πρὸς τὸ πρῶτον δι' ἀνακλάσεως ὅλην σχεδὸν τὴν ὑπὸ τούτου ἀκτινοβολουμένην θερμότητα.

Αἱ θερμοκρασίαι, ἀρχικὴ καὶ τελικὴ, τοῦ ὕδατος δίδονται ὑπὸ λίαν εὐαίσθητου θερμομέτρου, στερεωμένου ἐπὶ ξυλίνου ὑποστηρίγματος. Τέλος, διὰ τοῦ στελέχους Δ ἀνακινεῖται τὸ ὕδωρ, ὥστε νὰ καταστῇ ἡ θερμοκρασία του ἴση καθ' ὅλην αὐτοῦ τὴν μᾶζαν.

Ἐπειδὴ ἡ πρὸς μέτρησιν θερμότητος δὲν μεταδίδεται μόνον εἰς τὸ ὕδωρ, ἀλλ' ἐν μέρει καὶ εἰς τὸ θερμιδόμετρον, εἰς τὴν ράβδον καὶ εἰς τὸ θερμόμετρον, πρέπει νὰ ὑπολογισθοῦν καὶ αἱ ποσότητες αὗται. Τὰ σῶματα ταῦτα, διὰ νὰ μεταβοῦν ἀπὸ τῆς θερμοκρασίας θ° εἰς τὴν θερμοκρασίαν θ'° , ἀπορροφοῦν ποσότητα θερμότητος ἀνάλογον πρὸς τὴν

($\theta' - \theta$), ἔστω π.χ. β ($\theta' - \theta$). Ὁ παράγων λοιπὸν β εἶναι κατὰ τὸν τύπον (1) ἴσος πρὸς τὴν μᾶζαν τοῦ ὕδατος, ἡ ὁποία θὰ ἐχρειάζετο τὴν θερμότητα, ὅσῃν τὰ ἀνωτέρω σώματα, διὰ τὰ θερμανθῇ ἀπὸ θ° εἰς θ'° . Τοῦτο εἶναι τὸ **ἰσοδύναμον αὐτῶν εἰς ὕδωρ**. Ἡ ποσότης λοιπὸν τῆς παραχωρουμένης θερμότητος ἐν συνόλῳ εἶναι :

$$\Pi = B (\theta' - \theta) + \beta (\theta' - \theta) = (B + \beta) (\theta' - \theta). \quad (2)$$

183. Εἰδικαὶ θερμότητες γενικῶς.—Ὅταν καίωμεν 1 γρ. ἄνθρακος, ὥστε ἡ ἐκλυομένη θερμότης νὰ χρησιμοποιηθῇ διὰ τὴν θέρμανσιν 1000 γρ. ὕδατος, ἡ θερμοκρασία τοῦ ὑγροῦ τούτου ἀνυψοῦται κατὰ 8° . Ἄν ἡ αὐτὴ ποσότης θερμότητος ἐχρησιμοποιεῖτο διὰ τὴν θέρμανσιν τῆς αὐτῆς μάζης σιδήρου, χαλκοῦ, ὕδραργύρου, ἡ ὑψωσις τῆς θερμοκρασίας θὰ ἦτο περίπου 70° διὰ τὸν σίδηρον, 80° διὰ τὸν χαλκόν, 240° διὰ τὸν ὕδραργυρον. Παρατηροῦμεν οὕτω, ὅτι αἱ διάφοροι οὐσίαι ὑπὸ ἴσην μᾶζαν δὲν θερμαίνονται κατὰ τὸν αὐτὸν ἀριθμὸν βαθμῶν, ὅταν παραχωρῶμεν εἰς αὐτάς τὴν αὐτὴν ποσότητα θερμότητος. Δηλ. ἀπαιτοῦν αὗται διαφόρους ποσότητας θερμότητος, διὰ τὰ θερμανθῶν κατὰ τὸν αὐτὸν ἀριθμὸν βαθμῶν.

Καλοῦμεν **εἰδικὴν θερμότητα** σώματός τινος τὸν ἀριθμὸν τῶν θερμίδων, τὸν ὁποῖον πρέπει νὰ παραχωρήσωμεν εἰς ἓν γραμμάριον τοῦ σώματος τούτου, ἵνα ὑψωθῇ ἡ θερμοκρασία του κατὰ 1° .

Ἐὰν παραστήσωμεν διὰ ϵ τὴν εἰδικὴν θερμότητα σώματός τινος, ἡ ἀναγκαία ποσότης τῆς θερμότητος διὰ τὴν ἀνύψωσιν ἀπὸ θ° εἰς θ'° τῆς θερμοκρασίας 1 γρ. ἐκ τοῦ σώματος τούτου θὰ εἶναι $\epsilon (\theta' - \theta)$. Συνεπῶς ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, ἥτις θὰ χρειασθῇ διὰ τὴν ὑψωσιν τῆς θερμοκρασίας B γρ. τοῦ σώματος τούτου ἀπὸ θ εἰς θ' βαθμύς, δίδεται ὑπὸ τοῦ τύπου $\Pi = B\epsilon (\theta' - \theta)$ θερμίδες.

Εἶναι φανερόν, ὅτι τὸ ἀνωτέρω σῶμα, ψυχόμενον ἀπὸ θ'° εἰς θ° , παραχωρεῖ ποσότητα θερμότητος ἴσην τῇ Π . Δυνάμεθα λοιπὸν νὰ εἰπωμεν, ὅτι **ἡ εἰδικὴ θερμότης** ἑνὸς σώματος μετρεῖται ἀπὸ τὸν ἀριθμὸν τῶν θερμίδων, τὰς ὁποίας παραχωρεῖ 1 γραμμάριον τοῦ σώματος τούτου, ὅταν ἡ θερμοκρασία του κατέρχεται κατὰ 1 βαθμόν.

Σημείωσις.—Κατὰ τὸν ὁρισμὸν τῆς θερμίδος, ἡ εἰδικὴ θερμότης τοῦ ὕδατος εἶναι 1.

184. Προσδιορισμὸς τῶν εἰδικῶν θερμότητων τῶν στερεῶν καὶ τῶν ὑγρῶν.—**Μέθοδος τῶν μειγμάτων.** Ἀρχή.—Μετροῦμεν διὰ θερμιδομέτρου τὴν ποσότητα τῆς θερμότητος, τὴν ὁποίαν

παραχωρεῖ ὀρισμένη μᾶζα τοῦ σώματος, ὅταν ψύχεται ἀπὸ μιᾶς θερμοκρασίας εἰς ἄλλην.

Πειράματα.—Α) Κατὰ πρῶτον προσδιορίζομεν τὸ **ισοδύναμον εἰς ὕδωρ** τοῦ θερμιδομέτρου, ὡς ἑξῆς:

Χύνομεν ἐντὸς τοῦ θερμιδομέτρου 200 γρ. ὕδατος, τοῦ ὁποίου προσδιορίζομεν τὴν θερμοκρασίαν. Ἐστω αὕτη $\vartheta_1 = 15^\circ, 2$. Προσθέτομεν ταχέως 200 γρ. ὕδατος θερμοκρασίας π. χ. $\vartheta_2 = 25^\circ, 6$, ἀναταράσσομεν καὶ σημειοῦμεν τὴν τελικὴν θερμοκρασίαν. Ἐστω αὕτη $\vartheta_3 = 20^\circ, 2$. Τὰ 200 γρ. τοῦ θερμότερου ὕδατος, ψυχθέντα ἀπὸ $25^\circ, 6$ εἰς $20^\circ, 2$ παρεχώρησαν 200 · (25,6 — 20,2) = 200 · 5,4 = 1080 θερμίδας. Τὰ 200 γρ. τοῦ ψυχροῦ ὕδατος θερμανθέντα ἀπὸ $15^\circ, 2$ εἰς $20^\circ, 2$ ἀπερρόφησαν 200 · (20,2 — 15,2) = 200 · 5 = 1000 θερμίδας. Προφανῶς ἡ διαφορά 1080 — 1000 = 80 θερμίδες ἀπερροφήθη ὑπὸ τοῦ θερμιδομέτρου καὶ τῶν ἐξαρτημάτων του, τῶν ὁποίων ἡ θερμοκρασία ἀνῆλθεν ἀπὸ $15^\circ, 2$ εἰς $20^\circ, 2$, ἤτοι κατὰ 5° . Τὸ **ισοδύναμον** λοιπὸν αὐτῶν εἰς ὕδωρ εἶναι $\frac{80}{5} = 16$.

Τὸ θερμιδόμετρον καὶ τὰ ἐξαρτήματά του ἀπορροφοῦν **16 θερμίδας** κατὰ βαθμὸν, δηλ. φέρονται ὡς **16 γραμμάρια ὕδατος**.

Β) Προσδιορισμὸς τῆς **εἰδικῆς θερμότητος** π. χ. τοῦ ἀργιλίου.

α) Προσδιορίζομεν τὴν μᾶζαν ἐνὸς τεμαχίου ἔξ αὐτοῦ διὰ τοῦ ζυγοῦ. Ἐστω αὕτη $\beta = 78$ γρ.

β) Δένομεν τὸ τεμάχιον τοῦτο εἰς τὸ ἄκρον λεπτοῦ σιδηροῦ σύρματος καὶ τὸ εἰσάγομεν ἐντὸς ζέοντος ὕδατος. Ἀφίνομεν αὐτὸ ἐπὶ τινα χρόνον, ὥστε νὰ λάβῃ τὴν θερμοκρασίαν τοῦ ὕδατος τούτου, ἡ ὁποία ἔστω ὅτι εἶναι $\vartheta = 100^\circ$.

γ) Χύνομεν ἐντὸς τοῦ θερμιδομέτρου (τοῦ ὁποίου τὸ **ισοδύναμον** εἰς ὕδωρ εἶναι $\Gamma = 16$ γρ.) μᾶζαν ὕδατος $B = 200$ γρ. θερμοκρασίας, ἔστω $\vartheta_a = 15^\circ, 2$.

δ) Διὰ τοῦ σιδηροῦ σύρματος ἐξάγομεν τὸ σῶμα ἀπὸ τὸ ζέον ὕδωρ καὶ τὸ εἰσάγομεν ταχέως ἐντὸς τοῦ θερμιδομέτρου, ἀναταράσσομεν τὸ ὕδωρ διὰ τοῦ σώματος, τὸ ὁποῖον κρατοῦμεν μὲ τὸ σύρμα, καὶ παρακολουθοῦμεν τὴν πορείαν τοῦ θερμομέτρου. Ὅταν τοῦτο παύσῃ νὰ ἀνέρχεται, σημειοῦμεν τὴν θερμοκρασίαν, εἰς ἣν ἔφθασεν. Ἐστω αὕτη $\vartheta_r = 21^\circ, 2$.

ε) Ὑπολογισμός.—Σημειοῦμεν, ὅτι ἡ ποσότης τῆς θερμότη-

τητος, τὴν ὁποίαν ἔχασε τὸ σῶμα ψυχθέν, ἰσοῦται μὲ τὴν ποσότητα τῆς θερμότητος, τὴν ὁποίαν ἀπερρόφησε τὸ θερμοδόμετρον.

Ἐστω ἤδη χ ἡ ζητούμενη εἰδικὴ θερμότης τοῦ ἀργιλίου. Τὰ 78 γρ. αὐτοῦ ψυχθέντα ἀπὸ 100° εἰς $21^\circ,2$ παρεχώρησαν

$$\beta\chi (\vartheta - \vartheta_\tau) = 78.(100 - 21,2) \chi = 78.78,8 \cdot \chi \text{ θερμίδας.}$$

Τὰ $B + \Gamma = (200 + 16)$ γρ. ὕδατος θερμανθέντα ἀπὸ $\vartheta_\alpha = 15^\circ,2$ εἰς $\vartheta_\tau = 21^\circ,2$ ἀπερρόφησαν $(B + \Gamma) (\vartheta_\tau - \vartheta_\alpha) = 216.(21,2 - 15,2) = 216.6$ θερμίδας. Ἐχομεν λοιπὸν τὴν ἑξίσωσιν :

$$\beta\chi (\vartheta - \vartheta_\tau) = (B + \Gamma) (\vartheta_\tau - \vartheta_\alpha) \text{ ἢ } 78.78,8 \cdot \chi = 216.6$$

$$\text{ἢ } \chi = \frac{216.6}{78.78,8} = 0,21.$$

Σημείωσις. — Διὰ τὰ ὑπολογίσωμεν τὴν εἰδικὴν θερμότητα ὑγροῦ ἢ στερεοῦ εἰς κόνιν, ἐγκλείομεν τὸ σῶμα ἐντὸς δοχείου. Προσδιορίζομεν προηγουμένως τὸ ἰσοδύναμον Γ' εἰς ὕδωρ τοῦ δοχείου τούτου. Ἡ ἑξίσωσις τότε γράφεται :

$$\beta\chi (\vartheta - \vartheta_\tau) + \Gamma' (\vartheta - \vartheta_\tau) = (B + \Gamma) (\vartheta_\tau - \vartheta_\alpha).$$

Π ρ ο β λ ῆ μ α τ α

1ον. Πόσῃν θερμότητα ἀποβάλλουν 500 γρ. ὕδραργύρου ψυχόμενα ἀπὸ 20° εἰς 12° , τῆς εἰδικῆς θερμότητος τοῦ ὕδραργύρου οὔσης 0,033 ;

2ον. Θερμοδόμετρον περιέχει 70 γρ. ὕδατος εἰς 10° . Χύνομεν ἐντὸς αὐτοῦ 50 γρ. ὕδατος θερμοκρασίας 50° . Ἡ τελικὴ θερμοκρασία εἶναι 25° . Ποῖον τὸ ἰσοδύναμον εἰς ὕδωρ τοῦ θερμοδομέτρου ;

3ον. Ἐχομεν δύο δοχεῖα περιέχοντα ὕδωρ, τὸ μὲν πρῶτον θερμοκρασίας 15° , τὸ δὲ δεύτερον 95° . Πόσον πρέπει νὰ λάβωμεν ἐξ ἑκατέρου, ἵνα ἀποτελέσωμεν μείγμα 325 κυβ. παλαμῶν, θερμοκρασίας 35° ; Ὑποτίθεται, ὅτι οὐδεμία ἀπώλεια ἢ ἀπορρόφησις θερμότητος γίνεται κατὰ τὴν διάρκειαν τοῦ πειράματος.

4ον. Δοχεῖον ἐξ ὀρειχάλκου βάρους 45 γρ. περιέχει 400 γρ. ὕδατος θερμοκρασίας 10° . Ἐμβαπτίζομεν ἐντὸς αὐτοῦ 100 γρ. σιδήρου. Ἡ τελικὴ θερμοκρασία εἶναι 11° . Ποία ἦτο ἡ ἀρχικὴ θερμοκρασία τοῦ σιδήρου: Εἰδικὴ θερμότης ὀρειχάλκου 0,0939, σιδήρου 0,1137.

ΜΕΤΑΒΟΛΑΙ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΣ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

ΤΗΞΙΣ ΚΑΙ ΠΗΞΙΣ

185. Μεταβολαὶ τῆς καταστάσεως γενικῶς.—Ἐκτὸς τῶν μεταβολῶν τοῦ ὄγκου, τὰς ὁποίας ἐμελετήσαμεν ὑπὸ τὸ ὄνομα τῶν **διαστολῶν**, τὰ σώματα, ὅταν ὑπόκεινται εἰς μεταβολὰς θερμοκρασίας, δύνανται νὰ ὑφίστανται καὶ μεταβολὰς καταστάσεως. Θερμάνωμεν θεῖον μετὰ προσοχῆς ἐντὸς ὑαλίνου σωλήνος. Τὸ θεῖον διαστέλλεται καὶ ἡ θερμοκρασία αὐτοῦ μικρὸν κατὰ μικρὸν ἀνυψοῦται. Ἀλλὰ κατὰ δεδομένην στιγμὴν παρατηροῦμεν, ὅτι σχηματίζεται στρώμα ὑγρὸν. Λέγομεν τότε, ὅτι γίνεται **τῆξις**. Κατόπιν, ἐὰν ἐξακολουθήσωμεν νὰ θερμαίνωμεν, τὸ ὑγρὸν θεῖον μετατρέπεται εἰς ἀτμόν.

Ἀντιστρόφως, ὁ ἀτμὸς τοῦ θεῖου ψυχόμενος μεταπίπτει κατὰ πρῶτον εἰς τὴν κατάστασιν τοῦ ὑγροῦ θεῖου καὶ κατόπιν εἰς τὴν τοῦ στερεοῦ. Αἱ διαφοροὶ αὗται μεταβολαί : **τῆξις, ἐξαερίωσις, ὑγροποίησης, στερεοποίησης**, οὐδόλως ἄλλοιοῦν τὴν φύσιν τοῦ θεῖου· εἶναι μεταβολαὶ φυσικῆς καταστάσεως.

186. Τῆξις.—Τῆξιν καλοῦμεν τὴν μετάθεσιν ἐνδὸς σώματος ἀπὸ τῆς στερεᾶς καταστάσεως εἰς τὴν ὑγράν, ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς θερμότητος.

Ὅταν θερμαίνωμεν βαθμηδὸν σῶμά τι στερεὸν ὑπὸ τὴν συνήθη πίεσιν, δυνάμεθα νὰ παρατηρήσωμεν τὰ ἐξῆς διάφορα φαινόμενα :

α) Γενικῶς τὸ σῶμα τήκεται, δηλ. μεταπίπτει ἐκ τῆς στερεᾶς καταστάσεως εἰς τὴν ὑγράν ἀνευ ἐνδιαμέσων καταστάσεων, ὅπως π.χ. ὁ πάγος, ὁ κασσίτερος, ὁ μόλυβδος, ὁ φωσφόρος κτλ.

β) Σώματά τινα στερεά, καθὼς ὁ ἰσπανικὸς κηρός, ἡ ὑάλος, ὁ σίδηρος κτλ. ἀπαλύνονται κατὰ πρῶτον, κατόπιν δὲ εἰς ὑψηλοτέραν θερμοκρασίαν λαμβάνουν τὴν σύστασιν ζύμης, ἀποκτῶντα πλαστικότητά τινα, καὶ τέλος μεταπίπτουν εἰς τὴν ὑγράν κατάστασιν, ὅταν φθάσουν εἰς τὴν θερμοκρασίαν, ἣ ὁποία κυρίως καλεῖται **θερμοκρασία τῆς τήξεως**.

γ) Τὸ στερεὸν μετατρέπεται κατ' εὐθείαν εἰς ἀτμόν, χωρὶς νὰ διέλθῃ διὰ τῆς ὑγρᾶς καταστάσεως. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται

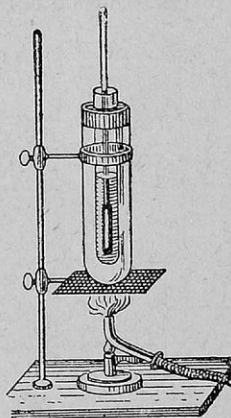
ἐξάχνωσις. Τοῦτο π.χ. παρατηρεῖται εἰς τὸ ἀρσενικόν.

δ) Πολλὰ σύνθετα ὀργανικά σώματα ἀποσυντίθενται ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς θερμότητος, ὅπως π.χ. ὁ βάμβαξ, ὁ χάρτης, τὸ ξύλον, ἡ δεξτρίνη κλπ.

ε) Ὁρισμένα τινὰ στερεὰ σώματα, καλούμενα διὰ τοῦτο **ἔμμονα**, δὲν μεταβάλλονται οὔτε εἰς ὑψηλὴν θερμοκρασίαν καὶ παρουσιάζονται ἀτηκτα, ὅπως π.χ. ἡ ἄσβεστος, ἡ ἄργιλος, ἡ μαγνησία, ὁ ἀνθράξ κλπ. Πράγματι ὅμως τὰ σώματα ταῦτα εἶναι μόνον **δύστηκτα**, διότι τήκονται εἰς πολὺ ὑψηλοτέραν θερμοκρασίαν, π.χ. εἰς τὴν θερμοκρασίαν τῆς δξυδρικῆς φλογὸς ἢ τῆς ἡλεκτρικῆς καμίνου.

Εἰς τὸ κεφάλαιον τοῦτο θὰ ἀσχοληθῶμεν μὲ τὴν πρώτην ἐκ τῶν ἀνωτέρω περιπτώσεων.

Περιγραφή τοῦ φαινομένου τῆς τήξεως. Ἐντὸς δοκιμαστικοῦ σωλῆνος θέτομεν μικρὰ τεμάχια ναφθαλίνης καὶ θερμόμετρον. Τὸν σωλῆνα τοῦτον περιβάλλομεν διὰ δευτέρου σωλῆνος εὐρύτερου (σχ. 143), τὸν ὁποῖον θερμαίνομεν ἡπίως. Τοιοῦτοτρόπως πραγματοποιοῦμεν μεταξὺ τῶν δύο σωλῆνων λουτρὸν δι' αἵετος, τὸ ὁποῖον παράγει βραδεῖαν καὶ κανονικὴν θέρμανσιν τῆς ναφθαλίνης. Παρατηροῦμεν τότε, ὅτι ἡ θερμοκρασία αὐτῆς **ἀνυψοῦται** κατ' ἄρχας βραδέως, κατόπιν σταθεροποιεῖται εἰς ὠρισμένην τιμὴν (80°). Κατὰ τὴν στιγμὴν ταύτην **ἄρχεται ἡ τήξις**. Ὅταν ὅλον τὸ σῶμα γίνῃ ὑγρὸν, ἡ θερμοκρασία ὅλης τῆς μάζης αὐτοῦ **ἀνυψοῦται** ἐκ νέου.



Σχ. 143

Τὸ φαινόμενον τοῦτο παριστῶμεν διὰ διαγράμματος, τὸ ὁποῖον δεικνύει τὴν μεταβολὴν τῆς θερμοκρασίας τοῦ θερμαινόμενου σώματος συναρτήσει τοῦ χρόνου. Ἡ καμπύλη χαρακτηρίζεται ἀπὸ **βαθμίδα ὀριζοντίαν**, ἡ ὁποία ἀντιστοιχεῖ εἰς τὸ σταθερὸν τῆς θερμοκρασίας κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς τήξεως (σχ. 144).

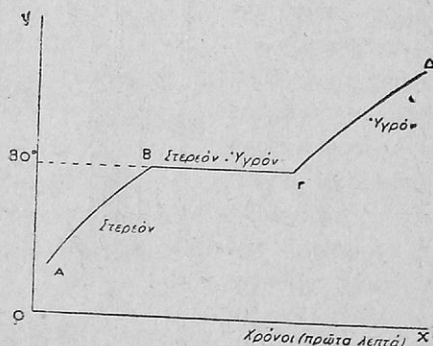
Δυνάμεθα λοιπὸν νὰ διατυπώσωμεν τοὺς ἐπομένους νόμους:

Νόμοι τῆς τήξεως.—**1ος νόμος:** Ὑπὸ σταθερὰν πίεσιν, ἡ τήξις παράγεται πάντοτε διὰ τὸ αὐτὸ καθαρὸν σῶμα εἰς ὠρισμένην θερμοκρασίαν, τὴν ὁποίαν καλοῦμεν σημεῖον τῆς τήξεώς του. Οὕτω π.χ. σημεῖον τήξεως τοῦ πάγου ὑπὸ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν εἶναι

τὸ 0, τῆς ναφθαλίνης 80° , τοῦ θείου $114^{\circ},5$, τοῦ κασσιτέρου 232° , τοῦ μολύβδου 325° κτλ.

2ος νόμος: Ἡ τήξις δὲν εἶναι ἀκαριαία. Ἀπὸ τῆς στιγμῆς, κατὰ τὴν ὁποίαν τὸ σῶμα θὰ ἀρχίσῃ νὰ τήκεται, ἡ θερμοκρασία μένει ἀμετάβλητος, ἕως ὅτου τὸ σῶμα τακτῇ δολοκλήρον.

Θερμότης τήξεως. Ἐπειδὴ ἡ θερμοκρασία παραμένει οὕτω σταθερά καθ' ὅλην τὴν διάρκειαν τῆς τήξεως, πρέπει νὰ παραδεχθῶμεν, ὅτι ἡ θερμότης, ἡ ὁποία παραχωρεῖται ὑπὸ τῆς ἐστίας εἰς τὴν τηκομένην μᾶζαν χρησιμοποιεῖται ἐξ ὁλοκλήρου διὰ νὰ φέρῃ τὰ μόρια εἰς σχετικὰς θέσεις διαφόρους ἀπὸ ἐκείνας, τὰς ὁποίας ταῦτα κατεῖχον κατὰ τὴν στερεὰν κατάστασιν ὑπὸ τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν. Ἡ τοιούτοτρόπως μεταμορφουμένη εἰς ἔργον ποσότης τῆς θερμότητος ἀλλάσ-



Σχ. 144

σει ἀπὸ σώματος εἰς σῶμα καὶ ἀποτελεῖ δι' ἕκαστον ἐξ αὐτῶν εἰδικὴν ιδιότητα.

Ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, ἡ ὁποία ἀπορροφᾶται ὑπὸ ἐνὸς γραμμαρίου στερεοῦ σώματος, διὰ νὰ μεταφέρῃ τοῦτο εἰς τὴν ὑγρὰν κατάστασιν ἄνευ μεταβολῆς τῆς θερμοκρασίας, καλεῖται **θερμότης τήξεως** τοῦ στερεοῦ σώματος. Ταύτην προσδιορίζο-

μεν διὰ τῆς μεθόδου τῶν μειγμάτων. Οὕτω εὐρέθη ὅτι ἡ θερμότης τήξεως τοῦ πάγου εἶναι 80 περίπου θερμίδες. Δηλ. ἐν γραμμαρίον πάγου εἰς 0° ἀπορροφᾷ 80 θερμίδας διὰ νὰ μετατραπῇ εἰς ὕδωρ 0° .

Μεταβολὴ τοῦ ὅγκου συνοδεύουσα τὴν τήξιν.—Τὰ πλείστα τῶν στερεῶν σωμάτων, μεταβαίνοντα εἰς τὴν ὑγρὰν κατάστασιν, αὐξάνονται κατ' ὄγκον. Τὸ λαμβανόμενον ὑγρὸν εἶναι συνεπῶς ὀλιγώτερον πυκνὸν ἀπὸ τὸ στερεόν. Διὰ τοῦτο κατὰ τὴν τήξιν τοῦ θείου, τοῦ κηροῦ, τοῦ μολύβδου, τὰ μέρη τὰ μένοντα ἀκόμη στερεὰ παραμένουν πάντοτε εἰς τὸν πυθμένα τοῦ δοχείου.

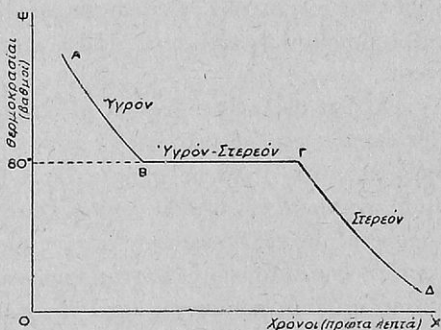
Σώματά τινα ἐν τούτοις, καθὼς ὁ πάγος, ὁ χυτοσίδηρος, τὸ βισμούθιον, μεταβαίνοντα εἰς ὑγρὰν κατάστασιν, ὑφίστανται ἐλάττωσιν τοῦ ὅγκου των καὶ συνεπῶς αὔξησιν τῆς πυκνότητός των. Διὰ τὸν

λόγον τοῦτον παρατηροῦμεν ἐπὶ πάντων τούτων τῶν σωμάτων, ὅτι τὰ μέρη τὰ μένοντα ἀκόμη στερεὰ ἐπιπλέουν.

187. Πήξις. — Πήξις εἶναι ἡ μετάβασις ἐνδὸς σώματος ἀπὸ τῆς ὑγρᾶς καταστάσεως εἰς τὴν στερεὰν διὰ ψύξεως.

Περιγραφή τοῦ φαινομένου τῆς πήξεως. Ἀπομακρύνομεν τὴν πυρὰν ἀπὸ τὴν τακεῖσαν ναφθαλίνην καὶ ἀφίνομεν τὴν ὑγρὰν ναφθαλίνην νὰ ψυχθῇ βραδέως.

Τὰ προηγούμενα φαινόμενα ἀναπαράγονται κατ' ἀντίθετον φορὰν. Δηλ. ἡ θερμοκρασία τοῦ ὑγροῦ **κατέρχεται**, κατόπιν σταθεροποιεῖται εἰς τοὺς 80° , ὅπως καὶ εἰς τὴν τήξιν. Κατὰ τὴν στιγμὴν ταύτην στερεὰ μόρια ἀναφαίνονται ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ· **ἄρχεται ἡ πήξις**. Ἡ θερμοκρασία ἀρχίζει νὰ κατέρχεται ἐκ νέου, **ὅταν ὅλη ἡ μάζα στερεοποιηθῇ**. Τὸ διάγραμμα τοῦ σχήματος 145 δεικνύει τὴν μεταβολὴν τῆς θερμοκρασίας τοῦ ψυχόμενου σώματος συναρτήσει τοῦ χρόνου. Ἡ **βαθμὶς στερεοποιήσεως** ΒΓ ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν μὲ τὴν **βαθμίδα τῆς τήξεως** τοῦ προηγούμενου σχήματος.



Σχ. 145

Δυνάμεθα λοιπὸν νὰ διατυπώσωμεν τοὺς ἐπομένους νόμους:

Πρῶτος νόμος: Δι' ἕκαστον καθαρὸν σῶμα ἡ πήξις παράγεται εἰς ὀρισμένην θερμοκρασίαν, ἡ ὁποία εἶναι ἡ αὐτὴ μὲ τὴν τῆς τήξεως.

Δεύτερος νόμος: Ἡ θερμοκρασία τῆς μάζης, ἡ ὁποία πῆγνυται, εἶναι σταθερὰ καθ' ὅλην τὴν διάρκειαν τοῦ φαινομένου, οἷα-δήποτε καὶ ἂν εἶναι αἱ ἐξωτερικαὶ αἰτίαι τῆς ψύξεως.

Ἐκ τοῦ δευτέρου τούτου νόμου προκύπτει, ὅτι ἡ πήξις συνοδεύεται ἀπὸ ἔκλυσιν θερμότητος. Ἡ θερμότης αὕτη, ἡ ὁποία διατηρεῖ σταθερὰν τὴν θερμοκρασίαν τῆς μάζης παρὰ τὴν ψύξιν, εἶναι ἀκριβῶς ἴση μὲ τὴν ἀπορροφηθεῖσαν κατὰ τὴν τήξιν.

188. Ὑπέρτηξις. — Λέγομεν, ὅτι ὑγρὸν τι εὐρίσκεται ἐν ὑπερ-τήξει, ὅταν ἡ θερμοκρασία του κατέλθῃ κάτωθεν τοῦ σημείου

τῆς στερεοποιήσεώς του, χωρὶς ἐν τῷ μεταξὺ νὰ στερεοποιηθῇ. Ἡ ἐξαιρέσις αὕτη εἰς τὸν πρῶτον νόμον τῆς πήξεως παρατηρεῖται ἐπὶ πλείστων ὑγρῶν, ὅταν τὰ ἀφίνωμεν νὰ ψυχθοῦν προφυλαγμένα ἀπὸ πάσης διαταράξεως καὶ πρὸ παντός, ὅταν ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ οὐδὲν ὑπολείπεται μέρος στερεὸν τῆς αὐτῆς οὐσίας.

Μεταβολὴ τοῦ ὄγκου συνοδεύουσα τὴν πήξιν.—Διὰ τὰ σώματα, τὰ ὁποῖα αὐξάνονται κατ' ὄγκον τηκόμενα, ἡ πήξις συνοδεύεται ὑπὸ ἐλαττώσεως τοῦ ὄγκου. Λέγομεν τότε, ὅτι τὰ σώματα ταῦτα ὑφίστανται συστολήν. Διὰ τοῦτο ὁ φωσφόρος δὲν προσκολλᾶται εἰς τοὺς κυλινδρικοὺς τύπους, ἐντὸς τῶν ὁποίων χύνεται.

Ἀντιστρόφως, τὰ σώματα, τὰ ὁποῖα τηκόμενα ὑφίστανται ἐλάττωσιν τοῦ ὄγκου των, αὐξάνονται κατ' ὄγκον, ὅταν πηγνύονται. Οὕτω τὸ βισμούθιον θραύει τοὺς ὑαλίνους σωλῆνας, ἐντὸς τῶν ὁποίων χύνεται.

Αἱ μεταβολαὶ τοῦ ὄγκου, αἱ ὁποῖαι συνοδεύουν τὴν πήξιν, εἶναι εἰδικῶς ἀξιοσημεῖωτοι διὰ τὸν πάγον. Ὁ Ἄγγλος Φυσικὸς Tyndal ἀπέδειξεν, ὅτι ὁ πάγος σχηματίζεται διὰ τῆς ἐνώσεως μεγάλου ἀριθμοῦ μικρῶν ἀστεροειδῶν κρυστάλλων (ἄνθη τοῦ πάγου), οἱ ὁποῖοι παρουσιάζουν εἰς τὸ κέντρον αὐτῶν μικρὸν διάστημα κενόν. Ἡ ὑπαρξίς τῶν κενῶν τούτων διασθηματίων προκύπτει ἀπὸ τὴν αὔξησιν τοῦ ὄγκου, ἡ ὁποία παράγεται κατὰ τὴν πήξιν.

Ἡ αὔησις τοῦ ὄγκου, τὴν ὁποίαν ὑφίσταται τὸ ὕδωρ στερεοποιούμενον, ἐπιφέρει πολὺ ἰσχυρὰ μηχανικὰ ἀποτελέσματα. Κατὰ τὸν χειμῶνα σωλῆνες, οἱ ὁποῖοι ἀφένθησαν πλήρεις ὕδατος, συχνάκις θραύονται. Ἡ διασταλτικὴ αὕτη δύναμις ἐξηγεῖ πῶς καταστρέφονται τὰ φυτὰ ὑπὸ τοῦ ψύχους· τὸ ὕδωρ τὸ ὁποῖον σχηματίζει κατὰ μέγα μέρος τὸν χυμὸν αὐτῶν, στερεοποιεῖται ἐντὸς τῶν τριχοειδῶν ἀγγείων, τῶν ὁποίων τὰ τοιχώματα σχίζονται διὰ τῆς ἐκτάσεως τοῦ πάγου. Πολλοὶ λίθοι πορώδεις θρυμματίζονται κατὰ τὴν ἐποχὴν τῶν παγετῶν. Ἡ θρυμματίσις αὕτη ὀφείλεται εἰς τὴν πήξιν τοῦ ὕδατος τῆς βροχῆς, τὸ ὁποῖον εἶχεν εἰσδύσει ἐντὸς τῶν πόρων του.

ΔΙΑΛΥΣΙΣ - ΚΡΙΣΤΑΛΛΩΣΙΣ

189. Διάλυσις.— Λέγομεν, ὅτι στερεόν τι σῶμα διαλύεται ἐντὸς ὑγροῦ, ὅταν σχηματίζῃ μετὰ τούτου ὑγρὸν μείγμα ὁμοιομερές, τὸ ὁποῖον καλεῖται διάλυμα.

Ἡ διάλυσις στερεοῦ σώματος ἐντὸς ὑγροῦ εἶναι **ὕδροποιήσις**, ἡ ὁποία γίνεται εἰς **πᾶσαν θερμοκρασίαν**.

Σῶμά τι εἶναι συνήθως διαλυτὸν εἰς ὠρισμένα ὑγρά. Πολλὰ μεταλλικὰ ἄλατα διαλύονται εἰς τὸ ὕδωρ. Τὸ οἰνόπνευμα, ὁ αἰθέρ, ἡ βενζίνη, τὸ ὀξείκον ὀξὺ διαλύουν πλῆθος ὀργανικῶν οὐσιῶν. Τὸ σάκχαρον, λίαν διαλυτὸν εἰς τὸ ὕδωρ, εἶναι ἀδιάλυτον εἰς τὸ οἰνόπνευμα· τὸ λίπος, ἀδιάλυτον εἰς τὸ ὕδωρ, εἶναι διαλυτὸν εἰς τὴν βενζίνη.

Μία διάλυσις λέγεται **κεκορυσμένη**, ἐὰν τὸ διαλυτικὸν ὑγρὸν ἐγκλείῃ τὸ μέγιστον μέρος τοῦ στερεοῦ, τὸ ὁποῖον δύναται νὰ διαλύσῃ.

190. Θερμότης διαλύσεως.—Ἡ διάλυσις καθὼς καὶ ἡ τήξις ἀπορροφᾷ θερμότητα. Ἐὰν ἡ διάλυσις συνοδεύεται ὑπὸ χημικοῦ ἀποτελέσματος, ὑπάρχουν δύο ἀντίθετοι δράσεις: ἡ **χημική**, ἡ ὁποία εἶναι πηγὴ θερμότητος, καὶ ἡ **ὕδροποιήσις**, ἡ ὁποία ἀπορροφᾷ θερμότητα. Αἱ ἀναλογίαι ἔχουν λοιπὸν οὐσιώδη σημασίαν.

Ἐὰν ρίψωμεν ὀλίγον πάγον εἰς πολὺ θεικὸν ὀξύ, ἔχομεν ἔκλυσιν θερμότητος· τοῦναντίον, ἐὰν ρίψωμεν πολὺν πάγον εἰς ὀλίγον θεικὸν ὀξύ, ἔχομεν ἀπορρόφησιν θερμότητος. Ἐὰν δὲν ὑπάρχῃ χημικὴ δρᾷσις ἢ ἐὰν ἡ ἐκλυομένη διὰ τῆς χημικῆς δράσεως θερμότης εἶναι μικροτέρα ἀπὸ τὴν ἀπορροφωμένην ὑπὸ τῆς διαλύσεως, ἡ θερμοκρασία καταπίπτει. Τὸ μείγμα εἶναι τότε **ψυκτικόν**.

191. Μείγματα ψυκτικά.—Ἐν τοιοῦτον μείγμα περιέχει τοῦλάχιστον ἓν στερεόν, διὰ νὰ παραχθῇ ἐντὸς αὐτοῦ ψῆξις διὰ διαλύσεως.

Πολὺ χρησιμοποιούμενον μείγμα εἶναι τὸ τοῦ τριμμένου πάγου καὶ τοῦ θαλασσίου ἁλατος, διὰ τοῦ ὁποίου δυνάμεθα νὰ καταβιβάσωμεν τὴν θερμοκρασίαν εἰς—22°.

192. Κρυστάλλωσις.—Ὅταν ἡ ἐπάνοδος εἰς τὴν στερεὰν κατάστασιν στερεοῦ τινος σώματος, τὸ ὁποῖον ὑδροποιήθη, γίνεται ἀρκετὰ βραδέως, τὰ μόρια συσσωματοῦνται ἐνίοτε, σχηματίζοντα γεωμετρικὰ στερεά, μὲ ἐπιπέδους ἑδρας, τὰ ὁποῖα καλοῦνται **κρύσταλλοι** (σχ. 146).

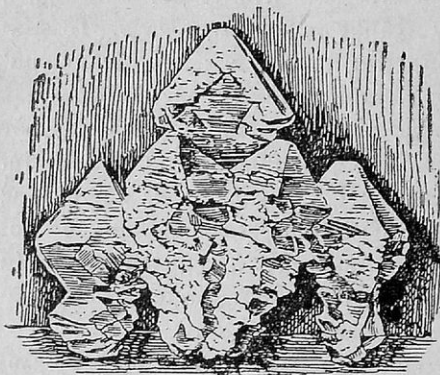
Ἡ κρυστάλλωσις δύναται νὰ γίνῃ διὰ **ξηρᾶς ὁδοῦ**, ἄνευ διαλυτικοῦ.

α) **Διὰ τήξεως**, μὲ σώματα, τῶν ὁποίων τὸ σημεῖον τῆς τήξεως δὲν εἶναι πολὺ ὑψηλόν, ὅπως π.χ. τὸ θεῖον.

β) **Δι' ἐξαχνώσεως**, μὲ σώματα ὥς τὸ ἀρσενικόν, τὰ ὁποῖα μεταβαίνουν ἐκ τῆς ἀεριώδους καταστάσεως εἰς τὴν στερεάν, χωρὶς νὰ διέλθουν διὰ τῆς ὑγρᾶς.

Ἡ κρυστάλλωσις γίνεται ἐπίσης μετὰ διάλυσιν, δι' ὑγρᾶς ὁδοῦ :

α) Δι' ἑξατμίσεως. Εἰς δεδομένην θερμοκρασίαν μία κεκορεσμένη διάλυσις ἀφίνει νὰ ἀποτεθῇ μέρος τοῦ στερεοῦ, ὅταν ἑξατμίζωμεν τὸ διαλυτικὸν ὑγρὸν (ἅλας θαλάσσιον ἐντὸς ὕδατος).



Σχ. 146

Ἡ κρυστάλλωσις, ὅπως πᾶσα στερεοποίησης, συνοδεύεται ἀπὸ ἔκλυσιν θερμότητος.

193. Ὑπέρκορος.—Τοῦτο εἶναι φαινόμενον ἀνόλογον πρὸς τὴν ὑπέρτηξιν. Κεκορεσμένη διάλυσις ἐν θερμῷ δύναται γενικῶς, ὅταν λαμβάνωμεν ὠρισμένας προφυλάξεις, νὰ ὑφίσταται πῶσιν τῆς θερμοκρασίας περισσότερον ἢ ὀλιγώτερον σημαντικὴν, χωρὶς τὸ διαλυμένον σῶμα νὰ ἀποτίθεται ἢ νὰ κρυσταλλοῦται· τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται ὑπέρκορος.

Προβλήματα

1ον. Ἀναμιγνύομεν 300 γρ. τηκομένου πάγου καὶ 700 γρ. ὕδατος θερμοκρασίας 100° . Ποία θὰ εἶναι ἡ τελικὴ θερμοκρασία τοῦ μείγματος ;

2ον. Πόσα χιλιόγραμμα πάγου 0° τήκονται διὰ 50 χγρ. ζέοντος ὕδατος ;

3ον. Πόσον ζέον ὕδωρ εἶναι ἀναγκαῖον, διὰ νὰ τηχθῶσιν 25 χγρ. πάγου 0° ;

4ον. Ἡ Γῆ δέχεται παρὰ τοῦ Ἡλίου κατὰ τὴν μεσημβρίαν 3 θερμίδας κατὰ τετραγωνικὴν παλάμην καὶ κατὰ δεύτερον λεπτόν. Ποῖον πάχος πάγου θὰ δυνηθῇ νὰ τήξῃ ἡ ἡλιακὴ θερμότης εἰς μίαν ὥραν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐδάφους ; (Πυκνότης τοῦ πάγου 0,92. Θερμότης τήξεως τοῦ πάγου 80).

ΣΠΟΥΔΗ ΤΩΝ ΑΤΜΩΝ

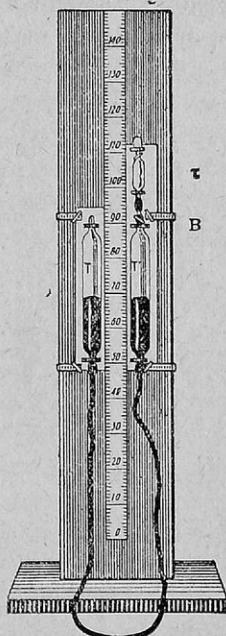
194. Ἐξαερίωσις γενικῶς.—Λέγομεν, ὅτι ὑγρὸν τι (ἢ καὶ στερεόν) **ἐξαεριοῦται**, ὅταν μετατρέπεται εἰς ἀέριον, τὸ ὁποῖον καλοῦμεν τότε **ἀτμόν**. Ἡ λέξις **ἀτμός** δὲν ἀναφέρεται συνεπῶς εἰς νέαν τιὰν (τετάρτην) κατάστασιν τῆς ὕλης· μόνον δεικνύει, ὅτι τὸ θεωρούμενον σῶμα δὲν εἶναι ἀέριον εἰς τὴν συνήθη θερμοκρασίαν. Ὁ σχηματισμὸς τῶν ἀτμῶν γίνεται εἰς πᾶσαν θερμοκρασίαν διὰ τὰ πλεῖστα τῶν ὑγρῶν καὶ διὰ τινὰ στερεὰ (ιώδιον, καφουρά). Συνεπῶς δὲν ὑπάρχει ἐνταῦθα σημεῖον **ἐξαερίωσης** ἀνάλογον πρὸς τὸ **σημεῖον τήξεως**.

Τὸ ὑγρὸν λέγεται **πητικόν**, ἂν γίνεται ἀτμός εἰς θερμοκρασίαν ὅχι πολὺ ὑψηλὴν.

Ἡ ἐξαερίωσις ὑγροῦ τινος δύναται νὰ γίνη κατὰ δύο τρόπους: Ἐὰν τὸ ὑγρὸν ἔχῃ ἀφεθῇ εἰς τὸν ἐλεύθερον ἀέρα ἐντὸς δοχείου, ὃ ὄγκος αὐτοῦ ἐλαττοῦται ὀλίγον κατ' ὀλίγον ἕνεκα τῆς βραδείας παραγωγῆς ἀτμῶν ἐκ τῆς ἐπιφανείας· λέγομεν τότε ὅτι γίνεται **ἐξάτμισις**. Ἐὰν τὸ αὐτὸ ὑγρὸν θερμαίνεται βαθμηδόν, φθάνει στιγμῇ, κατὰ τὴν ὁποίαν βλέπομεν πομφόλυγας ἀτμοῦ σχηματιζομένας ἐντὸς τῆς μάζης τοῦ ὑγροῦ, αἱ ὁποῖαι θραύονται εἰς τὴν ἐπιφάνειαν. Λέγομεν τότε ὅτι τὸ ὑγρὸν **ζέει**.

195. Σχηματισμὸς τῶν ἀτμῶν εἰς τὸ κενόν.—Ὅταν ὑγρὸν τι εἰσαχθῇ εἰς τὸ κενόν, γίνεται ἀκαριαία παραγωγή ἀτμῶν, τῶν ὁποίων ἡ ἐλαστικὴ δύναμις δύναται νὰ παραβληθῇ πρὸς τὴν τῶν ἀερίων.

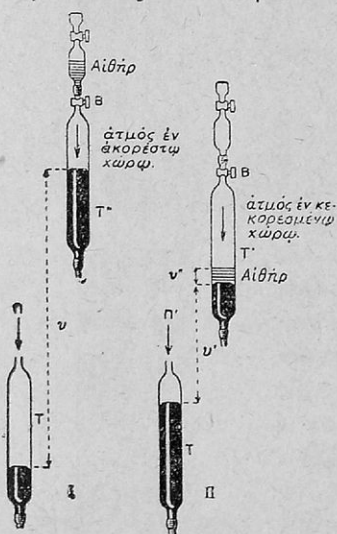
Διὰ νὰ δείξωμεν τοῦτο, μεταχειρίζομεθα τὴν ὑπὸ τοῦ σχήματος 147 παριστωμένην συσκευήν. Αὕτη ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο εὐρύχωρα ὑάλινα δοχεῖα, τὰ ὁποῖα περιέχουν ὑδρόργυρον καὶ συγκοινωνοῦν διὰ μακροῦ σωλήνος ἐκ καουτσούκ. Τὰ δοχεῖα ταῦτα εἶναι προσηλωμένα ἐπὶ λεπτῶν τεμαχίων ἐκ ξύλου. Τὰ τεμάχια ταῦτα δύναται νὰ ὀλισθαίνουν κατὰ μῆκος κατακορύφου σανίδος, ἐκατέρωθεν κλίμακος διηρημένης εἰς ἑκατοστόμετρα, ἣ ὁποία εἶναι χαραγμένη ἐπὶ τῆς σανίδος ταύτης. Διὰ πιεστικῶν κοχλιῶν δύναται νὰ προσηλωθῶνται τὰ δοχεῖα ἐπὶ



Σχ. 147

τῆς σανίδος. Τέλος, τὸ ἐν δοχεῖον T εἶναι ἀνοικτὸν εἰς τὸν ἀέρα, ἐνῶ τὸ ἄλλο T' διὰ στρόφιγγος ἐξ ὑάλου B δύναται νὰ συγκοινωνῇ μετὰ χοανοειδοῦς δοχείου τ , τὸ ὁποῖον περιέχει αἰθέρα καὶ φέρει πῶμα ἐσμυρισμένον.

Ἀφοῦ ἀνοίξωμεν τὴν στρόφιγγα B καὶ ἀφαιρέσωμεν τὸ πῶμα τοῦ δοχείου τ , ἀνυψοῦμεν τὸν σωλῆνα T , ἕως ὅτου ὁ ὑδραργυρος πληρώσῃ τελείως τὸν σωλῆνα T' . Κλείομεν τότε τὴν στρόφιγγα B , πωματίζομεν τὸ δοχεῖον τ καὶ καταβιβάζομεν τὸν σωλῆνα T . Ἐδημιουργήθη οὕτω εἰς τὸν σωλῆνα T' βαρομετρικὸς θάλαμος, ἡ δὲ κατακόρυφος



Σχ. 148

ἀπόστασις τῶν ἐπιφανειῶν τοῦ ὑδραργύρου εἰς τοὺς δύο σωλῆνας μετρεῖ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν. Ἐὰν ἀνοίξωμεν κατόπιν τὴν στρόφιγγα B ἐπὶ κλάσμα τι τοῦ δευτερολέπτου οὕτως, ὥστε νὰ εἰσέλθουν εἰς τὸν βαρομετρικὸν θάλαμον σταγόνες τινὲς αἰθέρος, οὗτος ἔξαφανίζεται ἀκαριαίως καὶ συγχρόνως ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου κατέρχεται εἰς τὸν σωλῆνα T' (σχ. 148 I).

Ἡ ἐλαστικὴ δύναμις τοῦ ἀτμοῦ τοῦ αἰθέρος, ὅστις καταλαμβάνει τὸ διάστημα τὸ ὑπεράνω τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου, εἶναι προφανῶς ἴση μὲ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν, ἡλαττωμένην κατὰ τὴν κατακόρυφον ἀπόστασιν ν τῶν ἐπιφανειῶν τοῦ ὑδραργύρου εἰς τοὺς δύο σωλῆνας.

Ἀφίνομεν νὰ διέλθουν ἐκ νέου σταγόνες τινὲς αἰθέρος εἰς τὸν σωλῆνα T' · ἔξαεριοῦνται καὶ αὗται καὶ ὁ ὑδραργυρος ὑφίσταται νέαν κατὰπτωσιν, τὸ ὁποῖον ἀποδεικνύει, ὅτι ἡ ἐλαστικὴ δύναμις τοῦ ἀτμοῦ τοῦ αἰθέρος αὐξάνεται. Ἐν τούτοις ἡ ἐλαστικὴ δύναμις τοῦ ἀτμοῦ τούτου δὲν αὐξάνεται ἐπ' ἀπειρον. Ἐὰν ἔξακολουθήσωμεν νὰ εἰσάγωμεν αἰθέρα, φθάνει στιγμή, κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ ἔξαερίωσις παύει. Τὸ ὑγρὸν σχηματίζει τότε μικρὸν στρῶμα εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ὑδραργύρου, τοῦ ὁποίου ἡ ἐπιφάνεια δὲν μετακινεῖται πλέον (σχ. 148 II). Ὅταν περὶσσεια αἰθέρος εὗρίσκεται οὕτω ἐν ἐπαφῇ μετὰ τοῦ ἀτμοῦ, τὸ ὑπεράνω τοῦ ὑδραργύρου διάστημα ἐγκλείει τὴν μεγίστην ποσό-

τητα ατμοῦ αἰθέρος, τὴν ὁποίαν δύναται νὰ περιέχῃ εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ πειράματος.

Λέγομεν τότε, ὅτι ὁ χῶρος οὗτος εἶναι κεκορεσμένος ἢ ἀκόμη ὅτι ὁ αἰμὸς εὐρίσκεται ἐν χῶρῳ κεκορεσμένῳ. Ἀλλὰ καὶ ἡ πίεσις τοῦ αἰμοῦ τούτου, ὑπολογιζομένου τοῦ μικροῦ στρώματος υἴ τοῦ αἰθέρος, ὅστις ὑπέρκειται τοῦ ὑδραργύρου, δὲν δύναται νὰ γίνῃ μεγαλύτερα. Καλοῦμεν ταύτην **μεγίστην ἐλαστικὴν δύναμιν ἢ μεγίστην τάσιν** τοῦ αἰμοῦ τοῦ αἰθέρος εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ πειράματος.

Κατὰ ταῦτα, ἐφ' ὅσον ὁ αἰμὸς δὲν εὐρίσκεται εἰς ἐπαφὴν μετὰ περισσεΐας τοῦ παράγοντος αὐτὸν ὑγροῦ, ὁ ὑπεράνω τοῦ ὑδραργύρου χῶρος δὲν εἶναι κεκορεσμένος καὶ ὁ αἰμὸς ὁ ὁποῖος πληροῖ αὐτόν, εὐρίσκεται ἐν ἀκορέστῳ χῶρῳ. Οἱ ἐν ἀκορέστῳ χῶρῳ αἱμοὶ φέρονται ὡς ἀέρια καὶ ἀκολουθοῦν κατὰ μεγάλην προσέγγισιν τοὺς νόμους τοῦ Μαριόττου καὶ τοῦ Gay-Lussac. Οἱ ἐν κεκορεσμένῳ χῶρῳ αἱμοὶ ἔχουν ἰδιαιτέρας ιδιότητες, τὰς ὁποίας θὰ ἐξετάσωμεν.

196. Γενικαὶ ιδιότητες τῶν ἐν κεκορεσμένῳ χῶρῳ αἰμῶν.— α) Διαθέτομεν τὸ ὄργανον οὕτως, ὥστε ὁ ὑπεράνω τοῦ ὑδραργύρου χῶρος τοῦ σωλῆνος Γ' νὰ εἶναι κεκορεσμένος δι' αἰμῶν αἰθέρος. Κατόπιν δοκιμάζομεν νὰ μεταβάλωμεν τὴν μεγίστην τάσιν τοῦ αἰμοῦ τούτου, μεταθέτοντες τὸν σωλῆνα Τ. Ἐὰν ἀνεγείρωμεν τὸν σωλῆνα τοῦτον, ὁ ὄγκος τοῦ αἰμοῦ τοῦ αἰθέρος ἐλαττοῦται, ἀλλ' ἡ τάσις αὐτοῦ δὲν μεταβάλλεται. Θὰ ἴδωμεν μόνον, ὅτι τὸ πάχος τοῦ στρώματος τοῦ ὑγροῦ αἰθέρος αὐξάνεται, διότι μέρος τοῦ αἰμοῦ τοῦ αἰθέρος ἐπανέρχεται εἰς τὴν ὑγρὰν κατάστασιν. Ἐὰν καταβιβάσωμεν τὸν σωλῆνα Τ οὕτως, ὥστε ὁ ὄγκος τοῦ αἰμοῦ νὰ αὐξηθῇ, ἡ τάσις μένει καὶ τότε ἀμετάβλητος· διότι μέρος τοῦ ὑγροῦ μετατρέπεται εἰς αἶμα καὶ τὸ ὕψος αὐτοῦ ἐλαττοῦται. Καταβιβάζοντες ἐπαρκῶς τὸν σωλῆνα Τ, δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν τὴν τελείαν ἐξαερίωσιν τοῦ ὑγροῦ. Ἐξακολουθοῦντες νὰ καταβιβάζωμεν τὸν σωλῆνα Τ, διαπιστοῦμεν, ὅτι ἡ τάσις τοῦ αἰμοῦ, ὅστις εὐρίσκεται ἤδη ἐν μὴ κεκορεσμένῳ χῶρῳ, βαίνει ἐλαττουμένη, ἐφ' ὅσον ὁ ὄγκος τοῦ αὐξάνεται, καὶ τοῦτο συμφώνως μὲ τὸν νόμον τοῦ Μαριόττου, ὅπερ δεικνύει, ὅτι οἱ μὴ ἐν κεκορεσμένῳ χῶρῳ αἱμοὶ φέρονται ὅπως πάντα τὰ ἀέρια.

β) Ἐὰν περιφέρωμεν τὴν φλόγα λύχνου κατὰ μῆκος τοῦ σωλῆνος Τ', ὅταν οὗτος περιέχῃ αἱμοὺς ἐν κεκορεσμένῳ χῶρῳ, ἡ ἀπόστα-

σις τῶν ἐπιφανειῶν τοῦ ὑδροαργύρου υ' ἐλαττοῦται, ὅπερ δεικνύει, ὅτι ἡ ἐλαστικὴ δύναμις τοῦ αἰμοῦ αὐξάνεται ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον. Ἐὰν ἀφήσωμεν τὸν σωλῆνα Τ' νὰ ἐπανέλθῃ εἰς τὴν συνήθη θερμοκρασίαν, ὁ ὑδροαργυρὸς ἀνέρχεται ὀλίγον κατ' ὀλίγον καὶ τέλος ἀναλαμβάνει τὴν προτέραν τοῦ θέσιν. Ἄρα, ἡ μεγίστη τάσις αἰμοῦ ἐν κεκορεσμένῳ χώρῳ αὐξάνεται, ἐφ' ὅσον ἡ θερμοκρασία ὑψοῦται.

γ) Τέλος, ἃς ἐπαναλάβωμεν τὸ πείραμα τοῦ προηγουμένου ἐδαφίου, χρησιμοποιοῦντες διάφορα ὑγρά, π.χ. οἰνόπνευμα, ὕδωρ. Θὰ παρατηρήσωμεν τὰ αὐτὰ φαινόμενα, τὰ ὁποῖα καὶ μὲ τὸν αἰθέρα, ἀλλ' ἡ τάσις τοῦ αἰμοῦ θὰ εἶναι μικροτέρα εἰς τὸ οἰνόπνευμα παρὰ εἰς τὸν αἰθέρα καὶ ἀκόμη μικροτέρα εἰς τὸ ὕδωρ. Συνάγομεν λοιπόν, ὅτι εἰς τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν ἡ μεγίστη τάσις αἰμοῦ ἐδρισκομένου ἐν κεκορεσμένῳ χώρῳ μεταβάλλεται μετὰ τῆς φύσεως τοῦ παράγοντος τὸν αἶμὸν τοῦτον ὑγροῦ.

ΕΞΑΤΜΙΣΙΣ ΚΑΙ ΒΡΑΣΜΟΣ

197. Ἐξάτμισις.—Ἐντὸς περιορισμένου χώρου ὑγρὸν τι ἑξαεριοῦται, ἐφ' ὅσον ὁ αἶμος αὐτοῦ δὲν κορεννύει τὸν χῶρον.

Ἡ ἑξαερίωσις ὑγροῦ ἐντὸς περιορισμένου χώρου γίνεται πλήρης, εἰάν, καθ' ὅσον παράγεται ὁ αἶμος, τὸν ἀφαιροῦμεν δι' ἀεραντλίας ἢ τὸν ἀπορροφῶμεν δι' ἀντιδράσεως.

Εἰς ἀπεριόριστον αἰμόσφαιραν, ὅπου ὁ χῶρος δὲν δύναται νὰ εἶναι κεκορεσμένος, τὰ πλεῖστα τῶν ὑγρῶν ἑξαεριοῦνται βαθμηδὸν καὶ τέλος ἑξαφανίζονται.

Ἡ ἑξαερίωσις ὑγροῦ ἀπὸ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας του εἰς ἀπεριόριστον αἰμόσφαιραν καλεῖται εἰδικῶς ἑξάτμισις.

198. Ταχύτης ἑξατμίσεως εἰς ἀπεριόριστον αἰμόσφαιραν.—Ταχύτης ἑξατμίσεως εἰς ἀπεριόριστον αἰμόσφαιραν καλεῖται τὸ βάρος τοῦ ἑξατμιζομένου ὑγροῦ εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου.

Προσδιορίζοντες τὴν ταχύτητα τῆς ἑξατμίσεως διὰ σταθμίσεως τοῦ ὑγροῦ πρὸ τῆς ἑξατμίσεως καὶ μετ' αὐτήν, καθορίζομεν τὰς συνθήκας οἱ ὁποῖαι ἐπιδροῦν ἐπὶ ταύτης.

199. Νόμοι τοῦ Dalton.—α) Ἡ ταχύτης τῆς ἑξατμίσεως εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ μέγεθος τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ.

Αἱ ἄλυνκαί, εἰς τὰς ὁποίας τὸ θαλάσσιον ὕδωρ ἐκτίθεται εἰς μεγάλας ἐκτάσεις, εἶναι ἐφαρμογὴ τῆς ἀρχῆς ταύτης.

β) Ἡ ταχύτης τῆς ἐξατμίσεως εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν διαφορὰν μεταξὺ τῆς μεγίστης τάσεως Δ τοῦ ἀτμοῦ τοῦ ὑγροῦ εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ πειράματος καὶ τῆς τάσεως δ , τὴν ὁποίαν ἔχει κατὰ τὴν αὐτὴν στιγμὴν ὁ ἀτμὸς τοῦ ὑγροῦ εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν.

Ἡ διαφορὰ αὕτη $\Delta - \delta$ καλεῖται **παράγων ἐξατμίσεως**. Κατὰ τὸν νόμον τοῦτον, εἰς ἄερα ἀπολύτως ξηρόν, ὅπου $\delta = 0$, ἡ ἐξατμισὶς τοῦ ὕδατος εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ Δ . Εἰς ἄερα κεκορεσμένον, εἰς τὸν ὁποῖον $\delta = \Delta$, ἡ ἐξατμισὶς τοῦ ὕδατος ἰσοῦται μὲ τὸ μηδέν.

Ὑφουμένης τῆς θερμοκρασίας, ἡ μεγίστη τάσις Δ αὐξάνεται, συνεπῶς δὲ καὶ ἡ ταχύτης τῆς ἐξατμίσεως. Πράγματι, διαβροχὸν ἀντικείμενον ξηραίνεται ταχέως, ὅταν θερμανθῇ.

Ρεῦμα ἀέρος ἐπιταχύνει τὴν ἐξατμισιν, διότι συμπαρασύρει τοὺς σχηματιζομένους ἀτμοὺς καὶ φέρει συνεχῶς ἀέρα ξηρότερον εἰς ἐπαφὴν μετὰ τοῦ ἐξατμιζομένου ὑγροῦ. Ἡ ἐξατμισὶς λοιπὸν ἐπιταχύνεται διὰ τῆς ἀνανεώσεως τοῦ ἀέρος.

γ) Ἡ ταχύτης τῆς ἐξατμίσεως εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν.

Εἰς τὸ κενὸν ἡ ἐξατμισὶς γίνεται ἀκαριαίως.

Οἱ νόμοι οὗτοι περιλαμβάνονται εἰς τὸν τύπον
$$T = \frac{KE(\Delta - \delta)}{\Pi},$$

ὅπου K σταθερὸς συντελεστής, ὁ ὁποῖος ἐξαγορᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ ὑγροῦ, E τὸ μέγεθος τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐξατμιζομένου ὑγροῦ, Π ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις καὶ $(\Delta - \delta)$ ὁ παράγων ἐξατμίσεως.

200. Βρασμός.—Ὅταν θερμαίνωμεν ὑγρὸν τι βαθμὴν δὴν, γίνεται εὐθὺς ἐξ ἀρχῆς ἐξατμισὶς εἰς τὴν ἐπιφάνειαν αὐτοῦ, συγχρόνως δὲ καὶ θέρμανσις ἐντὸς τῆς μάζης αὐτοῦ. Πέραν ὥρισμένου σημείου, ἡ θερμοκρασία δὲν ἀνυψοῦται πλέον καὶ γίνεται τότε βρασμός, παραγωγὴ δηλ. πομπολύγων ἀτμοῦ ἐντὸς τῆς μάζης τοῦ ὑγροῦ.

201. Νόμοι τοῦ βρασμοῦ.—α) Ὑπὸ δεδομένην πίεσιν, ὁ βρασμὸς ἀρχεται εἰς θερμοκρασίαν, ἡ ὁποία εἶναι σταθερὰ δι' ἕκαστον ὑγρὸν.

Ἡ θερμοκρασία αὕτη καλεῖται **σημεῖον ζέσεως**. Τὸ σημεῖον ζέσεως ὑπὸ πίεσιν 76 ἐκ. καλεῖται **κανονικόν**.

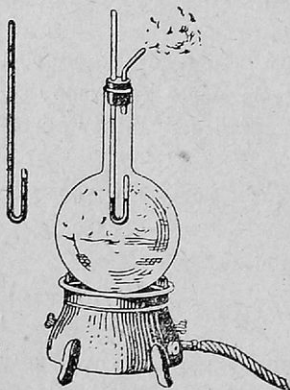
β) Καθ' ὅλην τὴν διάρκειαν τοῦ βρασμοῦ παρὰ τὴν συνεχῆ δρᾶσιν τῆς ἐστίας, ἡ θερμοκρασία καθαροῦ ὑγροῦ μένει σταθερά.

Οἱ δύο οὗτοι νόμοι ἀποδεικνύονται διὰ τοῦ θερμομέτρου. Ἡ σταθερότης τῆς θερμοκρασίας κατὰ τὴν διάρκειαν τοῦ βρασμοῦ ὀφείλεται εἰς τὴν **θερμότητα ἐξαεριώσεως**. Ἡ θερμότης τῆς ἐστίας χρησιμευοῖται ὁλόκληρος, καθὼς καὶ εἰς τὴν τῆξιν, εἰς τὸ νὰ παραγάγῃ τὸ ἀναγκαῖον ἐσωτερικὸν ἔργον διὰ τὴν μεταβολὴν τῆς καταστάσεως ἄνευ ὑψώσεως τῆς θερμοκρασίας.

Ὑγρὸν ξέον μὲ μεγάλας πομφόλυγας δὲν εἶναι θερμότερον ἀπὸ ὅ,τι θὰ ἦτο, ἂν ἔξεν ἡπίως. Ἐξαεριοῦται ὁμως ταχύτερον.

Ἐπὶ τοῦ νόμου τούτου στηρίζεται, ὡς εἶδομεν, ὁ προσδιορισμὸς τοῦ σημείου 100 τῆς ἑκατονταδικῆς κλίμακος τοῦ θερμομέτρου.

γ) Κατὰ τὴν διάρκειαν τοῦ βρασμοῦ, ἡ ἐλαστικὴ δύναμις τοῦ ἐκλυομένου ἀτμοῦ ἰσοῦται πρὸς τὴν πίεσιν, ἡ ὁποία ἐξασκεῖται ἐπὶ τοῦ ὑγροῦ.



Σχ. 149

Διὰ νὰ ἀποδείξωμεν τὸν νόμον τοῦτον εἰς τὴν περίπτωσιν βρασμοῦ εἰς ἐλεύθερον ἄερα, μεταχειριζόμεθα σωλῆνα κεκαμμένον, τοῦ ὁποίου τὸ βραχὺ σκέλος εἶναι κλειστὸν καὶ τὸ μέγα ἀνοικτὸν (σχ. 149). Ἀφοῦ πληρώσωμεν τὸ μικρὸν σκέλος μὲ ὑδρογύρον, εἰσάγομεν εἰς αὐτὸ μικρὰν ποσότητα ὕδατος, ἀφοῦ τὴν ἀπαλλάξωμεν προηγουμένως ἀπὸ τὸν διαλυμένον ἄερα διὰ βρασμοῦ. Κατόπιν εἰσάγομεν τὸν σωλῆνα ἐντὸς σφαιρικῆς φιάλης, ἡ ὁποία περιέχει ὕδωρ, τὸ ὁποῖον θέτομεν εἰς βρασμόν. Εὐθὺς ὡς ἀρχίσῃ ἡ ἐκ-

λυσὶς ἀτμοῦ, τὸ ὕδωρ τὸ ἐγκεκλεισμένον εἰς τὸ βραχὺ σκέλος μετατρέπεται καὶ αὐτὸ εἰς ἀτμὸν καὶ βλέπομεν τότε, ὅτι αἱ ἐπιφάνειαι τοῦ ὑδρογύρου τίθενται εἰς ἀμφοτέρω τὰ σκέλη εἰς τὸ αὐτὸ ὀριζόντιον ἐπίπεδον. Ἄρα ἀμφοτέρω αἱ ἐπιφάνειαι δέχονται τὴν αὐτὴν πίεσιν καὶ συνεπῶς ἡ ἐλαστικὴ δύναμις τοῦ ἀτμοῦ τοῦ σχηματισθέντος εἰς τὸ βραχὺ σκέλος ἰσοῦται μὲ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν.

202. Περιγραφή τοῦ φαινομένου τοῦ βρασμοῦ τοῦ ὕδατος.—Ὅταν θερμαίνωμεν ὕδωρ ἐντὸς ὑαλίνου δοχείου (σχ. 150), παρατηροῦμεν κατὰ πρῶτον ἐκλυομένας μικρὰς φυσαλίδας, αἱ ὁποῖαι προέρχονται ἀπὸ τὸν διαλυμένον ἄερα καὶ ἀπὸ τὸν ἄερα τὸν περιλαμβανόμενον μεταξὺ τοῦ ὑγροῦ καὶ τῶν τοιχωμάτων τοῦ δοχείου. Βραδύτε-

ρον, ἔφ' ὅσον ἡ θερμοκρασία ἀνυψοῦται, ἐμφανίζονται ἐπὶ τῶν ἀπ' εὐθείας θερμαινομένων τοιχωμάτων τοῦ δοχείου φυσαλίδες μεγαλύτεραι, αἱ ὁποῖαι εἶναι **πομφόλυγες ἀτμοῦ**. Ἡ ἐλαστικὴ αὐτῶν δύναμις, κατὰ τὴν στιγμὴν τοῦ σχηματισμοῦ των, εἶναι ἴση πρὸς τὴν πίεσιν τοῦ ἐξωτερικοῦ ἀέρος, ἠὺξημένην κατὰ τὴν πίεσιν τῆς ὑπερκειμένης ὑγρᾶς στήλης. Αἱ φυσαλίδες αὗται σμικρύνονται, ἔφ' ὅσον ἀνέρχονται, καὶ ἐπὶ τέλους ἐξαφανίζονται, διότι συμπυκνοῦνται ἐρχόμεναι εἰς ἐπαφὴν μὲ στρώματα ὀλιγώτερον θερμά, ὅπου ἡ ἐλαστικὴ των δύναμις καθίσταται μικρότερα ἀπὸ τὴν ἐξωτερικὴν πίεσιν. Ὅταν ὅλη ἡ μάζα θερμανθῇ ἐπαρκῶς, πομφόλυγες σχηματισθεῖσαι εἰς τὸν πυθμένα ἢ ἐπὶ τῶν τοιχωμάτων τοῦ δοχείου δὲν συμπυκνοῦνται πλέον· ἐξογκοῦνται τὴν φορὰν ταύτην, καθ' ὅσον ἀνέρχονται, διότι ἡ ἐλαστικὴ των δύναμις ἐλαττοῦται, ἐπειδὴ ἡ ὑπερκειμένη ὑγρὰ στήλη ἐλαττοῦται, καθ' ὅσον αἱ φυσαλίδες ἀνέρχονται. Εἰς τὴν ἐπιφάνειαν ἔχουν ἐλαστικὴν δύναμιν ἴσην πρὸς τὴν ἐξωτερικὴν πίεσιν καὶ ἡ θερμοκρασία αὐτῶν ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν ἐλαστικὴν ταύτην δύναμιν (100° ὑπὸ πίεσιν 76).



Σχ. 150

ΣΥΝΘΗΚΑΙ ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΥΣΑΙ ΤΟ ΣΗΜΕΙΟΝ ΤΗΣ ΖΕΣΕΩΣ

203. Πτῶσις τοῦ σημείου τῆς ζέσεως ὑπὸ μικρὰς πιέσεις. — Ὅταν ἡ ἐξωτερικὴ πίεσις ἐλαττοῦται, ὁ ἀτμὸς τοῦ ὑγροῦ λαμβάνει εἰς θερμοκρασίαν χαμηλοτέραν μεγίστην ἐλαστικὴν δύναμιν, ἴσην πρὸς τὴν ἐξωτερικὴν πίεσιν. Συνεπῶς τὸ σημεῖον τῆς ζέσεως ἐλαττοῦται.

Ἡ πτῶσις τοῦ σημείου τῆς ζέσεως μετὰ τῆς πιέσεως παρατηρεῖται παρὰ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς γῆς ἐντὸς ἀνοικτοῦ δοχείου, καθ' ὅσον ἀνερχόμεθα. Ὑπὸ πίεσιν 76 ἐκ. τὸ ὕδωρ ζεεῖ εἰς 100° .

Εἰς τὴν κορυφὴν τοῦ Puit du Dôme, ὅπου ἡ πίεσις εἶναι 63 ἐκ. τὸ σημεῖον τῆς ζέσεως τοῦ ὕδατος εἶναι 95° , ἐπὶ δὲ τοῦ Λευκοῦ ὄρους $84,5^{\circ}$. Ἡ παρατήρησις τοῦ σημείου τῆς ζέσεως τοῦ ὕδατος ἐπιτρέπει εἰς ἡμᾶς νὰ ὑπολογίσωμεν τὸ ὕψος τοῦ τόπου.

204. Ἀνύψωσις τοῦ σημείου τῆς ζέσεως μετὰ τῆς πίεσεως.— Ἐὰν ἡ πίεσις ὑπερβαίνει τὰ 76 ἐκ., ἡ θερμοκρασία τοῦ ὑγροῦ ὑψοῦται ἄνω τοῦ κανονικοῦ σημείου τῆς ζέσεως. Ὑπὸ πίεσιν δύο ἀτμοσφαιρῶν τὸ ὕδωρ ζεεῖ εἰς 120°.

205. Ἐπίδρασις τοῦ βάθους τοῦ ὑγροῦ ἐπὶ τῆς θερμοκρασίας τῆς ζέσεως.— Ὁ ἀτμός σχηματίζεται, ὅταν ἡ ἐλαστικὴ του δύναμις εἶναι τοῦλάχιστον ἴση πρὸς τὴν ἐπ' αὐτοῦ ἐξασκουμένην πίεσιν.

Ἐπειδὴ ἡ πίεσις αὕτη αὐξάνεται ἐντὸς ὑγροῦ μετὰ τῆς αποστάσεως ἀπὸ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας, ἡ θερμοκρασία ἐντὸς ὑγροῦ ζέοντος αὐξάνεται μετὰ τοῦ βάθους, εἰς τὸ ὅποῖον τὸ θερμομέτρον ἔχει βυθισθῇ.

206. Ὑγρὸν θερμαίνόμενον ἐντὸς κλειστοῦ δοχείου.— Ὅταν ὑγρὸν θερμαίνεται ἐντὸς κλειστοῦ δοχείου, δὲν γίνεται βρασμός, ἐὰν πάντα τὰ τοιχώματα τοῦ δοχείου ἔχουν τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν. Βρασμός τότε γίνεται, ἐὰν ἐν μέρος τῶν τοιχωμάτων διατηρεῖται ψυχρότερον.

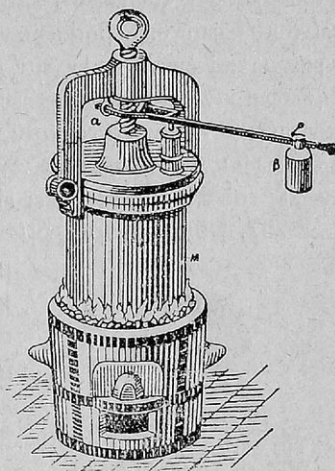
Α) Πάντα τὰ μέρη τοῦ τοιχώματος ἔχουν τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν. Τότε βρασμός δὲν γίνεται, διότι ὁ ἄνωθεν τοῦ ὑγροῦ ἐλεύθερος χώρος **κορἐννυται** ἀμέσως δι' αἰμοῦ, ὁ ὁποῖος προσθέτει ἀδιακόπως τὴν τάσιν του εἰς τὴν ἐλαστικὴν δύναμιν τοῦ αἵρος, ὁ ὁποῖος περιέχεται ἐντὸς τοῦ δοχείου ὑπεράνω τοῦ ὑγροῦ. Οὕτω ἡ πίεσις ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ βαίνει σταθερῶς αὐξανόμενη, ἡ δὲ θερμοκρασία ὑψοῦται, ἐφ' ὅσον θερμαίνομεν, χωρὶς νὰ παραχθῇ βρασμός. Ἡ ἐξαερίωσις δηλ. παύει. Τοιαύτη εἶναι ἡ περίπτωσις τῆς χύτρας τοῦ Papin.

Σημειώσεις.— Εἰς τὸν λέβητα τῆς ἀτμομηχανῆς βρασμός γίνεται, ἐφ' ὅσον ἀφαιρεῖται ὁ ἐντὸς αὐτοῦ ἀτμός.

Χύτρα τοῦ Papin.— Αὕτη εἶναι κυλινδρικὸν δοχεῖον Μ ἐξ ὀρειχάλκου (σχ. 151) μὲ ἰσχυρὰ τοιχώματα, ἐν μέρει πεπληρωμένον δι' ὕδατος καὶ κλειόμενον διὰ καλύμματος ἐκ τοῦ αὐτοῦ μετάλλου. Τὸ κάλυμμα τοῦτο διατηρεῖ πιεστικὸς κοχλίας στερεῶς προσηρμοσμένον. Τὸ ἐν λόγῳ κάλυμμα φέρει μικρὰν ὀπὴν, ἡ ὁποία κλείεται διὰ δικλείδος. Ἐπὶ τῆς κεφαλῆς τῆς δικλείδος στηρίζεται τριτογενὴς μοχλός, ἐπιφορτισμένος μὲ κινητὸν βάρος. Κανονίζεται ἡ ἀπόστασις τοῦ βάρους ἀπὸ τὸ ὑπομόχλιον, οὕτως ὥστε ἡ δικλὴς νὰ ἀνυψωθῇ καὶ παρὰ σκη διέξοδον εἰς τὸν αἰμόν, ὅταν οὗτος ἀποκτήσῃ ἐντὸς τῆς χύτρας

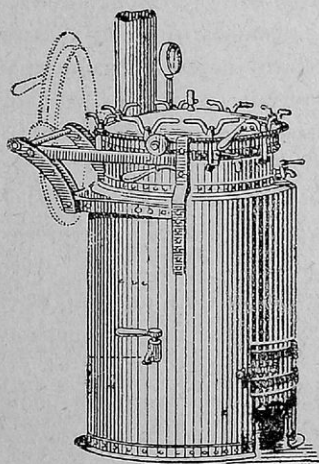
πίεσιν ὠρισμένην. Διὰ τὸν λόγον τοῦτον, ὡς προλαμβάνον τὴν διάρρηξιν τῆς συσκευῆς, τὸ ὄργανον τοῦτο ὀνομάσθη **δικλεῖς ἀσφαλείας**.

Τὸ ὕδωρ, τὸ θερμαινόμενον ἐντὸς τοῦ κλειστοῦ τούτου δοχείου, δύναται νὰ φθάσῃ εἰς θερμοκρασίαν ἄνωτέραν τῶν 100° , χωρὶς νὰ τεθῇ εἰς βρασμόν, ὁ δὲ ἀτμὸς νὰ ἀποκτήσῃ τάσιν πολλῶν ἀτμοσφαιρῶν, ἀναλόγως τοῦ ἐπὶ τῆς δικλείδος βάρους. Ὅταν ἡ βαλβὶς ἀνοιχθῇ, ἡ πίεσις ἐλαττοῦται ἀποτόμως ἐντὸς τοῦ λέβητος καὶ παράγεται ζωηρὸς βρασμός. Ἡ θερμοκρασία κατέχεται ἀμέσως εἰς τοὺς 100° , ἐὰν τὸ μέγεθος τῆς ὀπῆς ἐπιτρέπη εἰς τὸν ἀτμὸν νὰ ἐκφεύγῃ ἀρκετὰ ἐλευθέρως, ἵνα ἡ πίεσις κατέλθῃ εἰς 76 ἑκατ.



Σχ. 151

Αὐτόκλειστα.—Ἡ χύτρα τοῦ Papin ἐχρησιμοποιήθη ὑπὸ τὸ ὄνομα **αὐτόκλειστον** διὰ τὴν θέρμανσιν τῶν ὑγρῶν ἄνω τοῦ σημείου τῆς ζέσεώς των. Τὰ **αὐτόκλειστα** εἶναι δοχεῖα ἀνθεκτικά, χρησιμοποιούμενα διὰ τὴν ἀποστείρωσιν διατηρουμένων τροφίμων, διὰ τὴν σαπωνοποίησιν τῶν παχέων σωμάτων, διὰ τὴν αὔξησιν τῆς διαλυτικότητος τοῦ ὕδατος κατὰ διαφοροὺς ἐνεργείας τῆς βιομηχανικῆς χημείας, ὅπως π.χ. διὰ τὴν ἐντὸς αὐτοῦ διάλυσιν τῆς πηκτῆς τῶν ὀστέων κτλ. Τὸ σχῆμα 152 δίδει ἰδέαν τοῦ συνόλου ἐνὸς αὐτοκλείστου χρησιμοποιουμένου διὰ τὴν ἀποστείρωσιν τροφίμων.

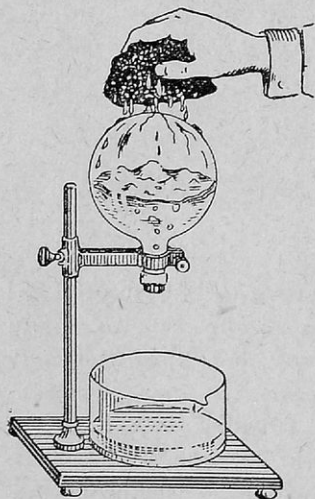


Σχ. 152

Β) Ἐν μέρος τοῦ τοιχώματος ἔχει θερμοκρασίαν μικροτέραν τῆς τοῦ ὑγροῦ. Βρασμός γίνεται ἐντὸς κλειστοῦ δοχείου, ἐὰν ἡ θερμοκρασία

μέρους τοῦ τοιχώματος διατηρῆται κατωτέρα τῆς θερμοκρασίας τοῦ ὑγροῦ. (Ἀρχὴ τῆς ψυχρᾶς παρειᾶς). Τοιαύτη εἶναι ἡ περίπτωσις τῶν ἀποστακτικῶν συσκευῶν, ἐπίσης δὲ καὶ τοῦ **πειράματος** τοῦ Φραγκλίνου. Ἀφοῦ δηλ. βράσωμεν ὕδωρ ἐπὶ τινὰς στιγμὰς ἐντὸς ὑαλίνης σφαίρας καὶ ἐκδιώξωμεν τὸν ἀέρα διὰ τοῦ ἀτμοῦ, πωματίζομεν καλῶς τὴν σφαῖραν καὶ τὴν ἀναστρέφομεν (σχ. 153). Ὁ βρασμὸς παύει· ἀλλ' ἐὰν ψύξωμεν τὴν ἐπιφάνειαν τῆς σφαίρας, ρίπτοντες ἐπ' αὐτῆς ὕδωρ, ἢ ἐλάττωσις τῆς ἐλαστικῆς δυνάμεως, τὴν ὁποίαν παράγει ἡ συμπύκνωσις τοῦ ἀτμοῦ, ἐπιτρέπει εἰς τὸ ὑγρὸν νὰ τεθῇ ἐκ νέου εἰς βρασμόν.

207. **Ψύχος παραγόμενον διὰ τῆς ἐξαερίωσης.**—Ὁ σχηματισμὸς ἀτμοῦ ἀπαιτεῖ θερμότητα, ὅπως καὶ ἡ μετάβασις ἐκ τῆς στερεᾶς καταστάσεως εἰς τὴν ὑγρὰν. Ἐν ὑγρὸν τὸ ὅποιον ἐξατμίζεται, θὰ λάβῃ ἀπὸ τὸν ἑαυτὸν του καὶ τὰ γειτονικὰ σώματα τὴν ἀναγκαίαν θερμότητα, διὰ νὰ παραγάγῃ τὴν μεταβολὴν τῆς καταστάσεως. Ἐξ αὐτοῦ προκύπτει πῶσις τῆς θερμοκρασίας. Οὕτω ὁ αἰθὴρ χυνόμενος ἐπὶ τῆς χειρὸς παράγει, ἐξατμιζόμενος, ζωηρὸν αἶσθημα ψύξεως. Χυνόμενος ἐπὶ τοῦ δοχείου θερμομέτρου περιβεβλημένου διὰ μουσελίνης, καταβιβάζει τὴν θερμοκρασίαν κάτω τοῦ 0°.



Σχ. 153

χρησιμοποιεῖται πρὸς ψύξιν τοῦ ὕδατος κατὰ τὸ θέρος. Πρὸς τοῦτο τίθεται τὸ ὕδωρ ἐντὸς πηλίνων ἀγγείων, τὰ ὁποῖα εἶναι πορώδη, ὥστε τὸ ὕδωρ διερχόμενον βραδέως διὰ μέσου τῶν πόρων τῶν τοιχωμάτων νὰ ἐξατμίζεται ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς αὐτῶν ἐπιφανείας.

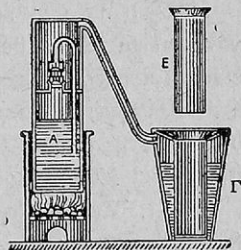
Ἡ ψυκτικὴ ἐνέργεια τῆς αὐτομάτου ἐξατμίσεως δύναται τοσοῦτον νὰ ἐνταθῇ διὰ καταλλήλων μέσων, ὥστε νὰ ἐπέλθῃ καὶ αὕτῃ ἡ πῆξις τοῦ ὕδατος.

208. **Κατασκευὴ τοῦ πάγου δι' ἐξαερίωσης ὑγροποιημένης ἀρμονίας.**—Δοχεῖον Α περιέχον κεκορεσμένον διάλυμα ἀρμονίας συγκοινωνεῖ διὰ σωλῆνος μὲ κοῖλον δοχεῖον Γ, τὸ ὅποιον σχηματίζει μετὰ

τούτου περιοχὴν κλειστὴν (σχ. 154). Ὄταν θερμανθῇ τὸ δοχεῖον Α, ἡ ἀμμωνία ἐκλύεται καὶ ὑγροποιεῖται εἰς τὸ Γ. Ἐὰν κατόπιν βυθισθῇ τὸ δοχεῖον Α εἰς ψυχρὸν ὕδωρ, ἡ ὑγροποιηθεῖσα ἀμμωνία ἐξαεριοῦται, τὴν φορὰν ταύτην ἄνευ θερμότητος. Παράγει δὲ τόσον ψῦχος εἰς τὸ δοχεῖον Γ ὥστε, ἐὰν εἰς τὴν κοιλότητα τοῦ δοχείου Γ ἔξῃ εἰσαχθῇ κύλινδρος Ε πλήρης ὕδατος, τὸ ὕδωρ τοῦ κυλίνδρου πῆγνυται.

209. Θερμότης ἐξαερίωσης.—Θερμότης ἐξαερίωσης ὑγροῦ τινος εἰς 1° καλεῖται ὁ ἀριθμὸς τῶν θερμίδων, τὰς ὁποίας πρέπει νὰ παραχωρήσωμεν εἰς ἓν γραμμάριον τοῦ ὑγροῦ τούτου, διὰ νὰ μετατρέψωμεν αὐτὸ εἰς τὴν κατάστασιν ἀτμοῦ κεκορεσμένου χώρου καὶ εἰς τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν.

Οὕτω διὰ νὰ μετατραπῇ ἓν γραμμάριον ὕδατος, θερμανθὲν εἰς 100° , εἰς ἀτμὸν κεκορεσμένου χώρου, τῆς αὐτῆς θερμοκρασίας τῶν 100° , ἀπαιτοῦνται 537 θερμίδες. Ἡ θερμότης ἐξαερίωσης λοιπὸν τοῦ ὕδατος εἰς 100° εἶναι 537 θερμίδες. Ἀντιστρόφως, ὅταν ἀτμὸς συμπυκνοῦται, παρέχει ποσότητα θερμότητος ἴσην πρὸς ἐκείνην τὴν ὁποίαν ἔλαβε διὰ νὰ ἐξαεριωθῇ. Ἐπὶ τῆς ιδιότητος ταύτης στηριζόμενοι προσδιορίζομεν τὴν θερμότητα ἐξαερίωσης τοῦ ὕδατος καὶ τῶν περισσοτέρων ὑγρῶν διὰ τῆς μεθόδου τῶν μειγμάτων.



Σχ. 154

Προβλήματα

1ον. Πόσα γραμμάρια ὑδρατμοῦ (θερμοκρασίας 100°) πρέπει νὰ συμπυκνώσωμεν ἐντὸς δύο χιλιογράμμων ὕδατος 15° , ἵνα τὸ μείγμα λάβῃ θερμοκρασίαν 30° ; Τὸ ὕδωρ περιέχεται ἐντὸς δοχείου ἐξ ὀρειχάλκου, βάρους 100 γρ. καὶ εἶδ. θερμ. 0,0939.

2ον. Ἐντὸς θερμιδομέτρου, τοῦ ὁποίου τὸ ἰσοδύναμον εἰς ὕδωρ εἶναι 1000 γρ., συμπυκνοῦμεν 26 γρ. ὑδρατμοῦ εἰς 100° . Ἡ ἀρχικὴ θερμοκρασία τοῦ θερμιδομέτρου εἶναι 4° , ἡ δὲ τελικὴ 20° . Ποία ἡ θερμότης ἐξαερίωσης τοῦ ὕδατος εἰς 100° ;

ΥΓΡΟΠΟΙΗΣΙΣ ΤΩΝ ΑΤΜΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ

210. Κρίσιμον σημεῖον.—Ἀπὸ φυσικῆς ἀπόψεως οὐδεμία οὐσιώδης διαφορὰ ὑπάρχει μεταξὺ ἀτμῶν καὶ αερίων. Ἐπειδὴ πάντα τὰ αἶρια ἔχουν ὑγροποιηθῇ, δύνανται νὰ θεωρηθοῦν ὡς ἀτμοὶ σωμάτων

ύγρῳν. Ἀφ' ἑτέρου ἡ μελέτη τῶν ἀτμῶν δεικνύει, ὅτι ὅσον οὗτοι ἀπομακρύνονται ἀπὸ τὸ σημεῖον τοῦ κόρου, εἴτε δι' ἀνυψώσεως τῆς θερμοκρασίας εἴτε δι' ἐλαττώσεως τῆς πίεσεως, τόσον αἱ ιδιότητες αὐτῶν πλησιάζουν πρὸς τὰς ιδιότητες τῶν ἀερίων. Αἱ μέθοδοι λοιπόν, διὰ τῶν ὁποίων ὑγροποιοῦνται τὰ ἀέρια καὶ οἱ ἀτμοί, πρέπει κατ' ἀρχὴν νὰ εἶναι ἀνάλογοι.

Ἡ πρώτη ἀναγκαία συνθήκη, διὰ νὰ εἶναι ἡ ὑγροποίησις δυνατή, εἶναι ὅτι ἡ θερμοκρασία τοῦ ἀερίου ἢ τοῦ ἀτμοῦ πρέπει νὰ εἶναι μικροτέρα τῆς κρίσιμου αὐτοῦ θερμοκρασίας.

Κρίσιμος θερμοκρασία ἀερίου ἢ ἀτμοῦ καλεῖται ἡ θερμοκρασία, ὑπεράνω τῆς ὁποίας εἶναι ἀδύνατον τοῦτο νὰ ὑγροποιηθῇ, ὁσηδὴποτε πίεσις καὶ ἂν ἐφαρμοσθῇ ἐπ' αὐτοῦ.

211. Ὑγροποίησις.—Ἡ ὑγροποίησις εἶναι φαινόμενον ἀντίθετον τῆς ἐξαερίωσης, ἡ μετὰβασις, δηλ. σώματός τινος ἀπὸ τῆς ἀερίωδους καταστάσεως εἰς τὴν ὑγράν.

Συνθῆκαι ὑγροποιήσεως τῶν ἀερίωδων σωμάτων. Διὰ νὰ ὑγροποιήσωμεν ἀέριον ἢ ἀτμόν, πρέπει νὰ ψύξωμεν αὐτὸ κάτω τῆς κρίσιμου θερμοκρασίας του. Δυνάμεθα τότε νὰ τὸ ὑγροποιήσωμεν κατὰ δύο τρόπους:

α) Εἰς θερμοκρασίαν ἐπαρκῶς χαμηλὴν, ἡ ὁποία εἶναι τὸ **κανονικὸν σημεῖον ζέσεως** τοῦ ὑγροῦ, τὸ ὁποῖον θὰ προέλθῃ ἐκ τῆς ὑγροποιήσεως. Τὸ ἀέριον ὑγροποιεῖται τότε ὑπὸ τὴν **ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν**.

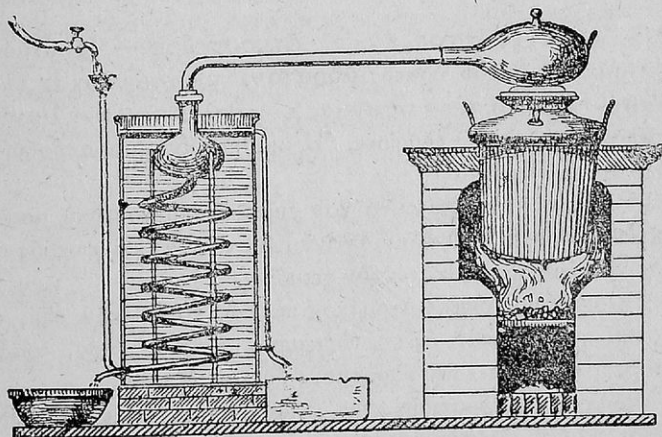
β) Εἰς θερμοκρασίαν ἀνωτέραν τοῦ κανονικοῦ σημείου ζέσεως, ἀλλὰ μικροτέραν τῆς κρίσιμου θερμοκρασίας, ἡ ὑγροποίησις γίνεται δι' ἐπαρκoὺς πίεσεως, μεγαλυτέρας τῆς ἀτμοσφαιρικῆς. Τὸ ἀέριον ἄγεται εἰς κατάστασιν ἀτμοῦ κεκορεσμένου χώρου καὶ κατόπιν ὑγροποιεῖται.

212. Ἀπόσταξις.—Ἀπόσταξις ὑγροῦ τινος καλεῖται ἡ ἐξαερίωσις αὐτοῦ ἐντὸς πρώτου τινὸς δοχείου καὶ ἡ συμπύκνωσις τῶν παραγομένων ἀτμῶν εἰς δεύτερον δοχεῖον ψυχρότερον.

Τὸ σχῆμα 155 παριστᾷ συσκευὴν χρησιμοποιουμένην διὰ τὴν ἀπόσταξιν τοῦ ὕδατος. Τοῦτο θερμαίνεται μέχρι ζέσεως ἐντὸς λέβητος. Οἱ παραγόμενοι ἀτμοὶ συμπυκνοῦνται ἐντὸς ὀφιοειδοῦς σωλήνος, ἐμβαπτισμένου εἰς ψυκτῆρα πλήρη ψυχροῦ ὕδατος, διαρκῶς ἀνανεουμένου. Τὸ ἀπεσταγμένον ὕδωρ συλλέγεται ἐντὸς ἐξωτερικοῦ δοχείου.

Κλασματική απόσταξις. Διὰ τῆς ἀποστάξεως χωρίζομεν ὑγρά ἀνίσως ἐξατμιστά. Κατὰ τὴν ἀπόσταξιν μείγματος δύο ὑγρῶν Α καὶ Β, τῶν ὁποίων τὰ σημεῖα ζέσεως εἶναι π.χ. 50° καὶ 100° , τὸ Α φθάνει εἰς τοὺς 50° καὶ ὁ αἰθρὸς αὐτοῦ συμπυκνοῦται· κατόπιν τὸ Β φθάνει εἰς τοὺς 100° . Τὸ μείγμα κατὰ τὸν τρόπον τοῦτον χωρίζεται. Τοιοῦτοτρόπως τὸ ἀκάθαρτον πετρέλαιον παρέχει διάφορα προϊόντα διὰ τῆς κλασματικῆς ἀποστάξεως.

Ἐὰν αἱ θερμοκρασίαι ζέσεως τῶν Α καὶ Β δὲν ἀπέχουν πολὺ, τὰ πρῶτα συλλεγόμενα μέρη τοῦ Α περιέχουν ὠρισμένην ποσότητα ἐκ τοῦ Β. Ἀποσπάζοντες πάλιν τότε τὸ ληφθὲν ἀπόσταγμα, ἐλαττοῦ-



Σχ. 155

μεν τὴν ποσότητα τοῦ Β εἰς τὸ νέον προϊόν καὶ οὕτω καθ' ἑξῆς. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον π.χ. ἀπαλλάσσομεν τελείως τὸ οἶνόπνευμα ἐκ τοῦ ὕδατος.

213. Στερεοποίησις τῶν ἀερίων.—Ὅταν ἀναγκάζωμεν ὑγροποιημένον τι ἀέριον νὰ ἐξατμισθῇ ταχύτατα, ἡ θερμοκρασία αὐτοῦ καταπίπτει συνήθως ἀρκετά, ὥστε νὰ προκληθῇ ἡ πῆξις τοῦ ὑπολοίπου ὑγροῦ.

Οὕτω διὰ ταχείας ἐξατμίσεως ὁ ὑγροποιημένος ἀὴρ στερεοποιεῖται ὑπὸ μορφήν ἡμιπῆκτου μάζης, ἀποτελουμένης ἐκ τοῦ στερεοποιηθέντος ἀζώτου καὶ ἔτι ὑγροῦ ὀξυγόνου.

214. Βιομηχανικαὶ ἐφαρμογαὶ τῶν ὑγροποιημένων ἀε-

ρίων.—Ἡ ἀμμωνία, τὸ διοξειδίου τοῦ θείου, τὸ διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος εἰς ὑγρὰν κατάστασιν χρησιμοποιοῦνται πολὺ διὰ τὴν παραγωγὴν ταπεινῶν θερμοκρασιῶν, χρησίμων εἰς τὴν παρασκευὴν τοῦ πάγου καὶ τὴν διατήρησιν διαφόρων ἐδωδίσμων, ὑποκειμένων εἰς σῆψιν, οἷον κρεάτων, γλυκισμάτων κτλ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ε΄

ΥΓΡΟΜΕΤΡΙΑ

215. Ἀτμός ὕδατος ἐν τῇ ἀτμοσφαίρᾳ.—Ἡ ἀτμόσφαιρα περιέχει πάντοτε ἀτμὸν ὕδατος **ἀόρατον**, προερχόμενον ἐκ τῆς συνεχοῦς ἐξατμίσεως ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας τῶν θαλασσῶν, τῶν λιμνῶν, τῶν ποταμῶν καὶ αὐτοῦ τοῦ ἐδάφους. Ἡ καθημερινὴ παρατήρησις ἀποδεικνύει τοῦτο. Πράγματι :

α) Βλέπομεν τὸν ἀτμὸν τοῦτον συμπυκνούμενον ὑπὸ μορφὴν λεπτοτάτης δρόσου ἐπὶ ψυχρῶν ἀντικειμένων, π.χ. ἐπὶ ψυχρᾷ φιάλῃ, ἢ ἐπὶ τῶν ὑαλοπινάκων κατὰ τὸν χειμῶνα.

β) Ὄρισμένοι οὐσίαι ὑγροσκοπικαί, ὥς τὸ θεικὸν ὀξύ, ὃ ἀνυδρίτης τοῦ φωσφορικοῦ ὀξέος, ἀφιέμεναι εἰς τὸν ἀέρα, αὐξάνονται κατὰ βάρος, ἀπορροφῶσαι ὑδρατμοὺς ἐκ τοῦ ἀέρος.

Τὸ βάρος τῶν ὑδρατμῶν τῆς ἀτμοσφαίρας εἶναι **μεταβλητόν**. Τοῦτο ἐπιδρᾷ ἐπὶ πλείστων φαινομένων, π.χ. ἐπὶ τοῦ σχηματισμοῦ τῆς ὁμίχλης, τῶν νεφῶν, τῆς δρόσου κλπ. Τὰ φαινόμενα ταῦτα δὲν ἐξαρτῶνται μόνον ἀπὸ τὸ βάρος β τοῦ ὑδρατμοῦ, ὅστις περιέχεται εἰς ἐκάστην μονάδα ὅγκου ἀέρος κατὰ δεδομένην στιγμὴν, ἀλλὰ καὶ ἀπὸ τὸ βάρος B, τὸ ὁποῖον θὰ περιεῖχεν αὕτη εἰς τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν, ἂν ὁ ἀήρ ἦτο κεκορεσμένος. Λέγομεν, ὅτι ὁ ἀήρ εἶναι **ὑγρὸς**, ὅταν ἡ διαφορὰ B — β εἶναι μικρὰ καὶ μικρὰ πῶσις τῆς θερμοκρασίας δύναται νὰ ἐπιφέρῃ συμπύκνωσιν τοῦ ἀτμοῦ. Ὁ ἀήρ λέγεται **ξηρὸς** εἰς τὴν ἀντίθετον περίπτωσιν, ὁπότε προκαλεῖ τὴν ἐξάτμισιν τοῦ ὕδατος.

216. Σκοπὸς τῆς ὑγρομετρίας.—Σκοπὸς τῆς ὑγρομετρίας εἶναι ὁ προσδιορισμὸς τοῦ θάρους τοῦ ὑδρατμοῦ τοῦ περιεχομένου καθ' ὀρισμένην στιγμὴν, εἰς γνωστὸν ὅγκον ἀέρος.

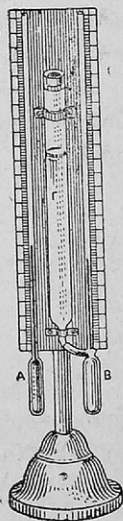
Ύγρομετρικὴ κατάστασις.—Ὁ λόγος $\frac{\beta}{B}$, ὅστις χαρακτηρίζει εἰς δεδομένην στιγμὴν τὴν ὑγρασίαν ἢ ξηρασίαν τοῦ ἀέρος, καλεῖται **ὕγρομετρικὴ κατάστασις τοῦ ἀέρος**. Ὁ λόγος οὗτος εἶναι τοσοῦτον μεγαλύτερος, ὅσον ὁ ἀήρ εἶναι ὑγρότερος, λαμβάνει δὲ τὴν μεγίστην αὐτοῦ τιμὴν 1, ὅταν ὁ ἀήρ εἶναι κεκορεσμένος, διότι τότε θὰ ἔχωμεν $\beta = B$.

Εἰς ἀέρα τελείως ξηρὸν $\frac{\beta}{B} = 0$.

217. Ὑγρόμετρα.—Τὰ ὑγρόμετρα εἶναι ὄργανα, διὰ τῶν ὁποίων προσδιορίζομεν τὴν ὑγρομετρικὴν κατάστασιν τοῦ ἀέρος.

Ψυχρόμετρον τοῦ Αὐγούστου.—Διὰ τοῦ ὑγρομέτρου τούτου, τὸ ὁποῖον ὑπὸ τοῦ ἐπινοήσαντος αὐτὸ καθηγητοῦ Αὐγούστου ἐκλήθη **ψυχρόμετρον**, ἀναγνωρίζομεν ἐμμέσως τὸν βαθμὸν τῆς ὑγρότητος τῆς ἀτμοσφαίρας διὰ τῆς ταχύτητος τῆς ἐξατμίσεως, ἣτις γίνεται ἐπὶ σώματος διαβρόχου ἐκτεθειμένου εἰς αὐτήν.

Τὸ ὄργανον τοῦτο συνίσταται ἀπὸ δύο θερμομέτρα Α καὶ Β (σχ. 156) προσηλωμένα παραλλήλως ἐπὶ κατακόρυφον πλακός. Τὸ δοχεῖον τοῦ θερμομέτρου Β περιβάλλεται δι' ὑφάσματος συνεχῶς βρεχομένου δι' ὕδατος, τὸ ὁποῖον φέρεται ἀπὸ τὸ δοχεῖον Γ διὰ θρυαλίδος ἐκ βάμβακος. Τὸ ὕδωρ τοῦτο ἐξατμιζόμενον ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ δοχείου Β, ψύχει αὐτό· συνεπῶς τὸ θερμομέτρον Β δεικνύει σταθερῶς θερμοκρασίαν θ' κατωτέραν τῆς θ, τὴν ὁποίαν δεικνύει τὸ θερμομέτρον Α. Ἡ διαφορὰ εἶναι τόσον μεγαλύτερα, ὅσον ἡ ἐξατμίσις εἶναι ταχύτερα, δηλ. ὅσον περισσότερον ὁ ἀήρ ἀπέχει τοῦ σημείου τοῦ κόρου. Ἀπὸ τὴν διαφορὰν ταύτην τῶν θερμοκρασιῶν (θ — θ') εὐρίσκεται ἡ ὑγρομετρικὴ κατάσταση τοῦ ἀέρος δι' εἰδικῶν πινάκων.



Σχ. 156

218. Χρησιμότης τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ὕδρατμου.—Α) **Συντήρησις τῆς ζωῆς.** Τὰ φυτὰ καὶ τὰ ζῶα ἔχουν ἀνάγκην ὕδατος διὰ νὰ ζήσουν. Τὸ ὕδωρ τοῦτο παρέχεται εἰς αὐτὰ ἀπ' εὐθείας ὑπὸ τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ὕδρατμου. Ἄν τὸ ὕδωρ δὲν ἐξέπεμπεν ἀτμούς, τὰ νέφη, ἡ βροχή, αἱ πηγαὶ δὲν θὰ ὑπῆρχον. Τὸ ὕδωρ θὰ συνεκεντροῦτο

εἰς τὰς θαλάσσας, τὸ δ' ἐσωτερικὸν τῶν ἡπείρων θὰ ἦτο ἔρημον καὶ ἀκατοίκητον.

Β) Μεταφορὰ θερμότητος καὶ ρυθμιστικὸς προορισμός.— Ἡ ἐπιφάνεια τῆς θαλάσσης παραλαμβάνει παρὰ τοῦ Ἡλίου, ὅστις τὴν θερμαίνει, τὴν ἀναγκαίαν θερμότητα διὰ τὴν ἐξάτμισιν. Ὁ σχηματισθεὶς ἀτμός, παρασυρόμενος ὑπὸ τῶν ἀνέμων, συμπυκνοῦται περαιτέρω ὑπὸ μορφήν νεφῶν καὶ βροχῆς. Ἀποδίδει τότε τὴν θερμότητα ἐξαερίωσης, τὴν ὁποίαν ἀπερρόφησε κατὰ τὸν σχηματισμὸν του.

Ὁ ἀτμοσφαιρικὸς ὕδρατμός μεταφέρει λοιπὸν τὴν θερμότητα. Ἐκ τούτου προκύπτει, ὅτι ἡ δριμύτης τῶν κλιμάτων ἐλαττοῦται, ἐπιβραδύνονται δὲ αἱ πολὺ ἀπότομοι μεταβολαὶ τῆς θερμοκρασίας.

Γ) Προστασία κατὰ τῆς ἀκτινοβολίας.— Ὁ ἀόρατος ὕδρατμός, παρεντιθέμενος μεταξὺ τοῦ γῆτινου ἐδάφους καὶ τῶν οὐρανίων διαστημάτων, σχηματίζει ἐν εἶδος διαφράγματος, τὸ ὁποῖον προφυλάσσει τὸ ἔδαφος ἀπὸ πολὺ ἰσχυρᾶς ἡλιασέως κατὰ τὴν ἡμέραν καὶ ἀπὸ πολὺ μεγάλης ψύξεως κατὰ τὴν νύκτα.

Τὰ νέφη καὶ αἱ δμίχλαι, αἱ ὁποῖαι σχηματίζονται ὑπὸ τοῦ ὕδατος συμπυκνουμένου, ἐνεργοῦν ἀκόμη δραστικώτερον κατὰ τῆς ἀκτινοβολίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΣΤ'

ΔΙΑΔΟΣΙΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΟΣ

219. Διάδοσις τῆς θερμότητος.— Ὅταν δύο σώματα ἀνίσων θερμοκρασιῶν εὐρίσκονται εἰς τὴν αὐτὴν περιοχὴν, ἡ ἰσορροπία τῆς θερμοκρασίας τείνει νὰ ἀποκατασταθῇ διὰ διαδόσεως τῆς θερμότητος ἐκ τοῦ θερμότερου σώματος εἰς τὸ ψυχρότερον. Ἡ διάδοσις γίνεται :

Α) Διὰ μεταφορᾶς.— Κατὰ τὸν τρόπον τοῦτον τῆς διαδόσεως ὅταν ἐν θερμὸν σῶμα εὐρίσκεται εἰς ἐπαφὴν μετὰ ρευστοῦ, θερμαίνει ἁμέσως τὰ στρώματα τοῦ ρευστοῦ, τὰ ὁποῖα ἐφάπτονται αὐτοῦ. Ταῦτα μεταφέρονται μετὰ τῆς θερμότητος, τὴν ὁποίαν ἔλαβον, καὶ ἀντικαθίστανται δι' ἄλλων, τὰ ὁποῖα ἐπίσης θερμαίνονται, καὶ οὕτω καθέξης.

Β) Δι' ἀγωγῆς.— Κατὰ τὸν τρόπον τοῦτον τῆς διαδόσεως ἡ

θερμότης μεταβαίνει δι' ἐπαφῆς ἐκ τῶν θερμῶν μερῶν εἰς τὰ ψυχρά, καὶ ἀνυψοῖ βραδέως τὴν θερμοκρασίαν αὐτῶν ἄνευ μεταφορᾶς ὕλης καὶ ἄνευ μεταβολῆς τῶν σχετικῶν θέσεων τῶν μορίων.

Γ) Δι' ἀκτινοβολίας. — Εἰς τὴν ἀκτινοβολίαν κίνησις θερμοαντικῇ μεταδίδεται, ὅπως τὸ φῶς, ἀπὸ ἀποστάσεως, διὰ τοῦ αἰθέρος, μετὰ μεγίστης ταχύτητος, χωρὶς νὰ θερμάνῃ τὰ σώματα, τὰ ὁποῖα διαπερᾷ, μέχρις ὅτου συναντήσῃ σῶμα, ὅπερ ἀπορροφῶν ταύτην θερμαίνεται.

ΔΙΑΔΟΣΙΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΟΣ ΔΙ' ΑΓΩΓΗΣ

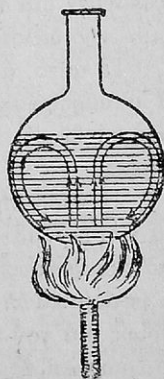
220. Εὐθερμαγωγὰ καὶ δυσθερμαγωγὰ σώματα. — Πάντα τὰ σώματα δὲν μεταδίδουν κατὰ τὸν τρόπον τοῦτον μετὰ τῆς αὐτῆς εὐκολίας τὴν θερμότητα. Καλοῦμεν εὐθερμαγωγὰ μὲν ἐκεῖνα, τὰ ὁποῖα μεταδίδουν αὐτὴν εὐκόλως, ὅπως π.χ. τὰ μέταλλα· δυσθερμαγωγὰ δὲ ἐκεῖνα, τὰ ὁποῖα μεταδίδουν αὐτὴν δυσκόλως· τοιαῦτα εἶναι τὰ ξύλα, ἡ ὕαλος, αἱ ρητῖναι, καὶ πρὸ πάντων τὰ ὑγρά καὶ τὰ ἀεριώδη σώματα.

Ἐκ τῶν ὑγρῶν μόνον ὁ ὕδραργυρος ἀποτελεῖ ἐξαίρεσιν, καὶ τοῦτο ἔνεκα τῆς μεταλλικῆς αὐτοῦ φύσεως.

ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΟΣ

221. Ὑγρά ἢ ἀεριώδη ρεύματα. — Ὅταν θερμαίνωμεν ὑγρὸν τι ἐντὸς δοχείου, τὰ θερμαινόμενα στρώματα διαστέλλονται, γίνονται συνεπῶς ἐλαφρότερα καὶ ἀνέρχονται, τὰ δὲ ἀνώτερα στρώματα ὡς βαρύτερα κατέρχονται. Διὰ τὸν λόγον τοῦτον, ἐὰν ῥίψωμεν ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ ρινίσματα ξύλου, καθιστῶμεν φανερὰ δύο ρεύματα ὑγρά, ἐν ἀναβατικὸν εἰς τὸ κέντρον καὶ ἐν καταβατικὸν κατὰ μῆκος τῶν τοιχωμάτων (σχ. 157). Ἡ μεταφορὰ αὕτη τῆς θερμότητος ἐξισώνει τὰς θερμοκρασίας.

Εἰς ἀεριώδη μᾶζαν, τῆς ὁποίας τὰ μόρια εἶναι μᾶλλον διασταλτά καὶ μᾶλλον εὐκίνητα τῶν ὑγρῶν μορίων, ἡ μετάδοσις τῆς θερμότητος γίνεται ἐπίσης διὰ μεταφορᾶς. Ὁ ἀήρ θερμαινόμενος ἐν ἐπαφῇ μετὰ θερμῆς ἐπιφανείας ἀνυψοῦται καὶ ἀντικαθίσταται ὑπὸ ἀέρος ψυχροῦ.



Σχ. 157

222. Θερμαγωγὸν τῶν ὑγρῶν. — Πάντα τὰ ὑγρά, ἐκτὸς τοῦ ὑδροαργύρου, ἔχουν πολὺ μικρὰν ἀγωγιμότητα. Διὰ τὰ ἀποδείξωμεν τοῦτο, πληροῦμεν μὲ ὕδωρ σωλῆνα καὶ εἰς τὸν πυθμένα αὐτοῦ θέτομεν τεμάχιον πάγου συγκατατούμενον ἐκεῖ διὰ καταλλήλου ἔρματος. Ἐὰν θερμάνωμεν διὰ λύχνου τὸν σωλῆνα κατὰ τὸ μέσον διὰ τὰ ἐμποδίσωμεν τὴν μεταφορὰν, παρατηροῦμεν ὅτι, ἐνῶ τὸ ὕδωρ ζέει πρὸς τὸ ἀνώτερον μέρος, ὁ πάγος δὲν τήκεται.

223. Θερμαγωγὸν τῶν ἀερίων. — Ἡ ἀγωγιμότης τῶν ἀερίων εἶναι ἀκόμη μικροτέρα ἀπὸ τὴν τῶν ὑγρῶν. Ἡ ἐλαχίστη αὕτη ἀγωγιμότης τῶν ἀερίων ἀποκρύπτεται πολλάκις ὑπὸ τῶν ρευμάτων μεταφορᾶς.

Ἄλλ' ἔὰν ἐμποδίσωμεν τὴν παραγωγὴν τῶν ρευμάτων τούτων, ἐγκλείοντες τὰ ἀέρια ἐντὸς νηματοδῶν οἰσιῶν (βάμβακος, ἀχύρων, πτίλων κτλ.), ἡ κακὴ ἀγωγιμότης τῶν ἀερίων ἀναφαίνεται.

224. Θερμαγωγὸν τοῦ κενοῦ. — Τὸ θερμαγωγὸν τοῦ κενοῦ εἶναι μηδέν.

225. Ἐφαρμογαὶ τοῦ εὐθερμαγωγοῦ ἢ τοῦ δυσθερμαγωγοῦ τῶν σωμάτων. — Θερμικὴ ἀπομόνωσις. Τῆς εὐκολωτέρας ἢ δυσκολωτέρας μεταδόσεως τῆς θερμότητος ὑπὸ τῶν διαφόρων σωμάτων ἔχομεν πολυαρίθμους ἐφαρμογὰς. Ἐὰν π.χ. θέλωμεν νὰ διατηρήσωμεν ὑγρὸν τι ἐπὶ μακρὸν χρόνον θερμόν, θέτομεν αὐτὸ ἐντὸς δοχείου, τὸ ὁποῖον φέρει διπλᾶ τοιχώματα, τὸ μεταξὺ δὲ αὐτῶν κενὸν διάστημα πληροῦμεν διὰ σώματος δυσθερμαγωγοῦ, οἷον ρινισμάτων ξύλου, τετριμμένης ὑάλου, κόνεως ἀνθρώπων, ἀχύρων κτλ.

Τὸ αὐτὸ μέσον μεταχειρίζομεθα διὰ τὰ ἐμποδίσωμεν σῶμα τι νὰ ἀπορροφήσῃ θερμότητα. Διὰ τὰ διατηρήσωμεν π.χ. τὸν πάγον κατὰ τὸ θέρος, περιβάλλομεν αὐτὸν δι' ἀχύρων ἢ διὰ μαλλίνου ὑφάσματος.

Ἡ θερμικὴ ἀπομόνωσις τοῦ ἀνθρωπίνου σώματος ἐπιτυγχάνεται διὰ τῶν ἐνδυμάτων, τὰ ὁποῖα τὸ προστατεύουν κατὰ μὲν τὸν χειμῶνα ἀπὸ τοῦ ψύχους, κατὰ δὲ τὸ θέρος ἀπὸ τῆς ὑπερβολικῆς θερμότητος· τὰ ὑφάσματα ἐκ τῶν ὁποίων κατασκευάζονται τὰ ἐνδύματα, ἀπομονοῦν κυρίως διὰ τοῦ ἀέρος, τὸν ὁποῖον κρατοῦν μεταξὺ τῶν ἰνῶν αὐτῶν. Τὸ ἔριον καὶ ἡ μέταξα εἶναι τὰ καλλίτερα ἀπομονωτικά.

ΙΣΟΔΥΝΑΜΟΝ ΤΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ ΚΑΙ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΟΣ

226. Πηγαί θερμότητος.—Ἡ θερμότης εἶναι μία μορφή τῆς ἐνεργείας, ἡ ὁποία ἐμφανίζεται εἰς πλείστας περιπτώσεις. Αἱ χημικαὶ ἀντιδράσεις, αἱ ὁποῖαι ἐκλύουν ἐνέργειαν συνήθως ὑπὸ μορφήν θερμότητος (καύσεις, ὀξειδώσεις κτλ.), καλοῦνται **ἐξωθερμικαί**. Ὑπάρχουν πρὸς τούτοις πολυάριθμα φυσικὰ φαινόμενα ἐπίσης ἐξωθερμικά, ὅπως π. χ. ἡ πήξις ὑγροῦ, ἡ συμπύκνωσις ἀτμοῦ, ἡ κρυστάλλωσις στερεοῦ διαλελυμένου κτλ. Ἐπίσης τὰ φαινόμενα τῆς ζωῆς εἰς τὸν ἄνθρωπον καὶ τὰ ἄνωτερα ζῶα παράγουν θερμότητα κατὰ τρόπον συνεχῆ, οὕτω δὲ ἡ θερμοκρασία τοῦ ζῶντος ὁργανισμοῦ παραμένει ἐπαισθητῶς σταθερὰ καὶ ἀνωτέρα τῆς θερμοκρασίας τοῦ περιβάλλοντος. Καὶ ἡ δίοδος τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος διὰ στερεοῦ ἀγωγοῦ παράγει θερμότητα.

Ἡ θερμότης εἶναι μία τῶν μορφῶν τῆς ἐνεργείας· ὑπάρχουν ὅμως καὶ ἄλλαι: ἡ μηχανικὴ, ἡ ἡλεκτρικὴ, ἡ χημικὴ ἐνέργεια, τὸ φῶς, ἡ ραδιενέργεια. Μία οἰαδήποτε τῶν μορφῶν τῆς ἐνεργείας λαμβάνει γένεσιν διὰ μετατροπῆς ἰσοδυνάμου ποσότητος ἄλλης μορφῆς ἐνεργείας, τοῦτο δὲ γενικῶς ἐπιτυγχάνεται διὰ τινος ὁργάνου ἢ μηχανῆς. Οὕτως ἡ ἀτμομηχανὴ μετατρέπει τὴν θερμότητα εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν, ἡ δυναμοηλεκτρικὴ μηχανὴ τὴν μηχανικὴν ἐνέργειαν εἰς ἡλεκτρικὴν ἢ ἀντιστρόφως, οἱ ἡλεκτρικοὶ λαμπτήρες μετατρέπουν τὴν ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν εἰς φῶς κτλ.

227. Μετατροπὴ τῆς μηχανικῆς ἐνεργείας εἰς θερμαντικὴν ἐνέργειαν.—Τὰ μᾶλλον ἐνδιαφέροντα παραδείγματα μετατροπῆς τῆς μηχανικῆς ἐνεργείας εἰς ἐνέργειαν θερμαντικὴν παρέχονται συχνότατα κατὰ τὴν τριβὴν καὶ τὴν κορυθμίσιν τῶν στερεῶν, καθὼς ἐπίσης καὶ κατὰ τὴν συμπίεσιν τῶν ἀερίων.

Οὕτω π.χ. εἶναι γνωστόν, ὅτι κομβίον μέταλλινον προστριβόμενον ἐπὶ τραπέζης θερμαίνεται. Ἐπίσης ὁ σίδηρος, ὅταν σφυρηλατῆται, θερμαίνεται. Εἰς τὸ δι' ἀέρος πυρεῖον, ἐὰν πιέσωμεν ἀποτόμως τὸν ἐμβολέα, ἀναπτύσσεται τόση θερμότης, ὥστε τεμάχιον ἀγαρικοῦ, τεθὲν ὑπὸ τὸν ἐμβολέα, ἀναφλέγεται.

228. Μετατροπή τῆς θερμαντικῆς ἐνεργείας εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν.—Ἀντιστρόφως, ἡ θερμότης δύναται νὰ παραγάγῃ μηχανικὸν ἔργον. Διὰ τοῦτο πάντα τὰ σώματα διαστέλλονται δι' αὐτῆς παρὰ τὴν ἐξωτερικὴν πίεσιν. Ἡ ἀξιολογώτερά τῶν μετατροπῶν τούτων εἰς τὴν ἐφαρμογὴν παράγεται εἰς τὰς ἀτμομηχανάς. Ὡθῶν τὸν ἐμβολέα ὁ ἀτμός, **ψύχεται**. Τὸ ἐκτελεσθὲν λοιπὸν ἔργον εἶναι τὸ ἀποτέλεσμα τῆς δαπανηθείσης θερμότητος. Ἐπίσης εἰς τοὺς δι' ἐκρήξεων κινήτηρας ἡ θερμότης ὀφείλεται εἰς τὴν καύσιν τῆς βενζίνης ἢ τοῦ οἰνοπνεύματος ἢ τοῦ χρησιμοποιοιθέντος καυσίμου ἀερίου καὶ ἡ θερμότης αὕτη μετατρέπεται εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν.

229. Μετατροπὴ τῆς ἡλιακῆς ἐνεργείας.—Ὁ ἥλιος εἶναι ἡ πρώτη πηγὴ σχεδὸν πάσης ἐνεργείας, ἡ ὁποία ἐκδηλοῦται ἐπὶ τῆς Γῆς.

Ἡ ἡλιακὴ θερμότης ἐξαερώνει τὸ ὕδωρ, σχηματίζει τὰ νέφη, προκαλεῖ τὴν γένεσιν τῆς βροχῆς, τῆς χιόνος, τοῦ πάγου, τῶν ρευμάτων τοῦ ὕδατος καὶ ἀποτελεῖ συνεπῶς τὴν ἰσχυροτέραν τῶν μηχανικῶν δυνάμεων. Ἡ θερμότης αὕτη, διὰ τῆς ἀνίσου θερμάνσεως τοῦ ἀέρος εἰς διάφορα σημεῖα τῆς ἀτμοσφαίρας, παράγει τοὺς ἀνέμους, οἱ ὅποιοι ἐξογκώνουν τὰ ἱστία τῶν πλοίων, στρέφουν τοὺς ἀνεμομύλους κτλ. Συντελεῖ ἐπίσης εἰς τὸ νὰ φύονται τὰ φυτὰ καὶ διατηρεῖ συνεπῶς τὴν ζωὴν τοῦ ἀνθρώπου, καθὼς καὶ πάντων τῶν ζώων. Τὴν ἐνέργειαν ταύτην τὴν καταγομένην ἐκ τοῦ Ἡλίου, ἡ ὁποία παρέχει εἰς ἡμᾶς τὰς τροφάς, ὁ ὄργανισμὸς ἡμῶν διὰ χημικῆς ἐνεργείας, διὰ καύσεως, μετατρέπει εἰς θερμότητα καὶ κίνησιν. Τὰ ξύλα καὶ ἄλλαι καύσιμοι ὕλαι φυτικῆς ἢ ζωϊκῆς προελεύσεως, καιόμενα, ἀποδίδουν ἐπίσης τὴν ἡλιακὴν ἐνέργειαν.

Τὴν ἐκ τοῦ Ἡλίου προερχομένην ἐνέργειαν παρέχει εἰς τὰς ἀτμομηχανάς μας ὁ γαϊάνθραξ, ἔλκων τὴν καταγωγὴν του ἐκ τῶν φυτῶν.

230. Μηχανικὸν ἰσοδύναμον τῆς θερμίδος.—Εἰς πάντα τὰ προηγούμενα παραδείγματα παρατηρεῖται ἐξαφάνισις μηχανικοῦ ἔργου, συμπίπτουσα μετὰ παραγωγῆς ὠρισμένης ποσότητος θερμότητος, ἡ ἀντιστρόφως, ἐξαφάνισις θερμότητος καὶ σύγχρονος παραγωγῆς ἔργου.

Ἡ ἀναλογία μεταξὺ τοῦ ἐξαφανιζομένου ἔργου καὶ τῆς ἀναπτυσσομένης θερμότητος ἢ μεταξὺ τῆς δαπανωμένης θερμότητος καὶ τοῦ παραγομένου ἔργου ἄγει εἰς τὴν διατύπωσιν τῆς **ἀρχῆς τοῦ ἰσοδυνάμου τῆς θερμότητος καὶ τοῦ ἔργου**, κατὰ τὴν ὁποίαν: Κατὰ πᾶσαν μετατροπὴν μηχανικῆς ἐνεργείας εἰς ἐνέργειαν θερμαντικὴν πα-

ρατηρείται σταθερά σχέσις μεταξύ τῆς ποσότητος τοῦ ἔργου καὶ τῆς ποσότητος τῆς θερμότητος, αἱ ὁποῖαι παρεμβαίνουν. Ἀρκεῖ ἡ τελικὴ κατάστασις τοῦ συστήματος νὰ παραμένῃ ὁμοία πρὸς τὴν ἀρχικὴν (δηλ. νὰ μὴ ὑπάρχῃ ἄλλη μετατροπὴ τῆς ἐνεργείας). Ἡ σχέσις αὕτη εἶναι ἀνεξάρτητος τῆς φύσεως τῶν σωμάτων καὶ τοῦ μηχανισμοῦ, κατὰ τὸν ὁποῖον γίνεται ἡ μετατροπὴ. Ἐὰν E ἡ ποσότης τοῦ ἔργου καὶ Θ ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, θὰ ἔχωμεν $\frac{E}{\Theta} = M$, ἔνθα M εἶναι μέγεθος σταθερόν, τοῦ ὁποῖου ἡ τιμὴ ἐξαετᾶται ἐκ τῶν μονάδων, τὰς ὁποίας θὰ ἐκλέξωμεν.

Ἐὰν θέσωμεν $\Theta = 1$, ἔχομεν $E = M$.

Δηλ. τὸ M εἶναι ἀριθμητικῶς ἴσον πρὸς τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον λαμβάνομεν, ὅταν δαπανῶμεν ποσότητα θερμότητος ἴσην μὲ τὴν μονάδα. Ἐπειδὴ δὲ μονὰς τῆς ποσότητος τῆς θερμότητος εἶναι ἡ θερμὸς, ὁ λόγος οὗτος καλεῖται **μηχανικὸν ἰσοδύναμον τῆς θερμίδος**.

Εἰς τὸ σύστημα C.G.S. ἡ τιμὴ τοῦ M εἶναι $4,18 \times 10^7$ ergs ἢ 4,18 joules. Εἰς τὸ μετρικὸν σύστημα, εἰς τὸ ὁποῖον μονὰς τοῦ ἔργου εἶναι τὸ χιλιογραμμόμετρον ($= 9,81$ joules) καὶ μονὰς τῆς ποσότητος τῆς θερμότητος ἡ μεγάλῃ θερμὸς ($= 1000$ μικραί), ἡ τιμὴ τοῦ M εἶναι :

$$\frac{4,18 \times 1000}{9,81} = 426 \text{ χιλιογραμμόμετρα.}$$

Ἀντιστρόφως, τὸ **θερμαντικὸν ἰσοδύναμον** τῆς joule εἶναι ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, ὑπολογιζομένη εἰς θερμίδας, τὴν ὁποίαν λαμβάνομεν, ὅταν δαπανῶμεν ἔργον μιᾶς joule. Τὸ ἰσοδύναμον τοῦτο εἶναι προφανῶς τὸ ἀντίστροφον τοῦ μηχανικοῦ ἰσοδυναμοῦ τῆς θερμίδος ἔχει δὲ ὡς τιμὴν $\frac{1}{4,18} = 0,24$ περίπου τῆς μικρᾶς θερμίδος. Εἰς τὸ μετρικὸν σύστημα, τὸ θερμαντικὸν ἰσοδύναμον τοῦ χιλιογραμμόμετρον ἔχει ὡς τιμὴν $\frac{1}{426} = 0,00234$ τῆς μεγάλης θερμίδος.

231. Ἀτμομηχαναί. — Μία θερμικὴ μηχανὴ μετατρέπει κανονικῶς τὴν θερμικὴν ἐνέργειαν εἰς μηχανικὸν ἔργον ἢ κινητικὴν ἐνέργειαν. Εἰς τὴν ἀτμομηχανὴν ἡ μετατροπὴ αὕτη γίνεται διὰ τῆς αὐξήσεως τῆς ἐλαστικῆς δυνάμεως τοῦ ἀτμοῦ.

Τὰ οὐσιώδη ὄργανα πάσης ἀτμομηχανῆς εἶναι τὰ ἑξῆς :

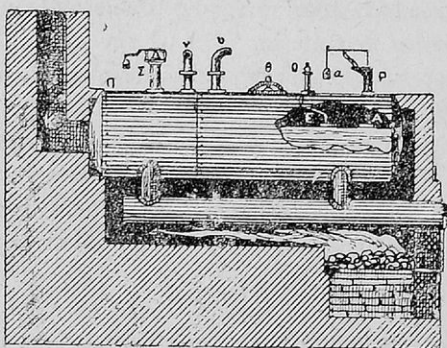
α) Ὁ ἀτμογόνος λέβης. Οὗτος εἶναι ἐπιμήκης σιδηροῦς κύλινδρος

ΠΡ (σχ. 158), ὁ ὁποῖος συγκοινωνεῖ μὲ δύο ἄλλους κυλίνδρους μικροτέρας διαμέτρου, κειμένους ὑπ' αὐτὸν καὶ καλουμένους **βραστήρας**.

Ὁ ἀτμός σχηματίζεται κατὰ πρῶτον εἰς τοὺς βραστήρας, οἱ ὁποῖοι εὐρίσκονται ἐντὸς τῆς ἐστίας καὶ ὁ ἀτμός οὗτος θερμαίνει τὸ ὕδωρ τοῦ κυλίνδρου ΠΡ συμπυκνούμενος ἐντὸς αὐτοῦ.

β) Ὁ **κύλινδρος**. Ὁ ἀτμός φέρεται ἐκ τοῦ λέβητος εἰς κυλινδρὸν δοχεῖον, ὅπου κινεῖ ἐμβολέα διαμέτρου ἴσης μὲ τὴν ἐσωτερικὴν τοῦ κυλίνδρου (σχ. 159 καὶ 160). Τὸ στέλεχος Α τοῦ ἐμβολέως διέρχεται διὰ τῆς μιᾶς τῶν βάσεων τοῦ κυλίνδρου, ὀλισθαίνον ἐντὸς κυτίου Β μετὰ στυπίου, ὅπερ ἐμποδίζει τὰς διαφυγὰς τοῦ ἀτμοῦ.

γ) Ὁ **πυκνωτής**. Οὗτος εἶναι δοχεῖον ἐρμητικῶς κλειστόν, κενὸν



Σχ. 158

ἀέρος, διατηρούμενον διὰ ψυχροῦ ὕδατος εἰς ταπεινὴν θερμοκρασίαν. Κατὰ τὴν ἀρχὴν τῆς ψυχρᾶς παρειᾶς, ὁ ἀτμός τοῦ κυλίνδρου, μετὰ τοῦ ὁποῖου τίθεται εἰς συγκοινωνίαν, συγκέντροῦται καὶ συμπυκνοῦται ἐκεῖ. Ὑπὸ τὰς συνθήκας ταύτας, ὁ ἐμβολεύς, κινούμενος, ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου, δὲν ἐκδιώκει πλέον κατὰ τὴν ἐπιστροφὴν του τὸν ἀτμὸν καὶ δὲν εἶναι ἡναγκασμένος

νὰ ἀποκρούσῃ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν. Διότι ἡ πίεσις εἰς τὸν πυκνωτὴν δὲν ὑπερβαίνει τὴν μεγίστην τάσιν τοῦ ὑδρατμοῦ εἰς τὴν θερμοκρασίαν τῆς συμπυκνώσεως, ἡ ὁποία εἶναι κατὰ πολὺ ἀσθενεστέρα τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πίεσεως.

Τοιοιτοτρόπως διὰ τῆς μεσολαβήσεως τοῦ **πυκνωτοῦ** περιορίζεται σημαντικῶς ἡ ἀντιδρῶσα δύναμις, τὴν ὁποίαν ἡ ἀτμόσφαιρα ἐξασκεῖ ἐπὶ τοῦ ἐμβολέως καὶ ἡ ὁποία ἐλαττώνει κατὰ πολὺ τὴν ὥσιν τοῦ ἀτμοῦ.

Αἱ ἀτμομηχαναὶ τῶν σιδηροδρόμων δὲν ἔχουν πυκνωτάς, διότι μόνον τὸ ἀναγκαῖον πρὸς τροφοδότησιν τοῦ λέβητος ὕδωρ δύναται νὰ φέρουν μεθ' ἑαυτῶν. Εἰς τὰς μηχανὰς ταύτας ὁ ἀτμός ἐξερχόμενος τοῦ κυλίνδρου διευθύνεται εἰς τὴν καπνοδόχον καὶ ἡ ἐξακόντισις τοῦ

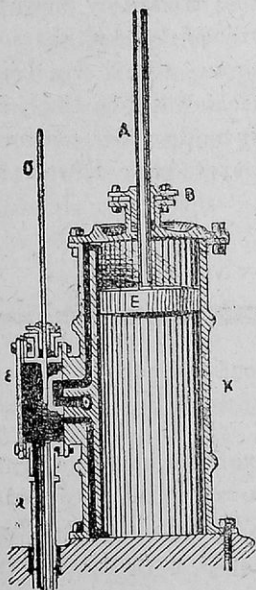
ατμοῦ χρησιμοποιεῖται οὕτω πρὸς παραγωγὴν ἀναβατικοῦ ρεύματος ἐντὸς τῆς ἐστίας.

Ἡ χρῆσις τοῦ πυκνωτοῦ εἶναι τοῦναντίον γενικὴ εἰς τὰς ἀμεταθέτους ἀτμομηχανὰς καὶ τὰς μηχανὰς τῶν ἀτμοπλοίων. Ὁ λέβης μάλιστα τῶν τοιούτων μηχανῶν τροφοδοτεῖται διὰ τοῦ θερμοῦ ὕδατος, τὸ ὁποῖον προέρχεται ἀπὸ τὸν πυκνωτήν.

δ) Ὁ ἀτμονόμος σύρτης. Ἡ διανομὴ τοῦ ατμοῦ εἰς τὸν κύλινδρον ἐκτελεῖται δι' ἐιδικοῦ μηχανισμοῦ, ὅστις ἐπιτρέπει εἰς τὸν ἀτμὸν νὰ διέρχεται ἐναλλάξ ὑπεράνω καὶ ὑποκάτω τοῦ ἐμβολέως.

Ὁ ἀτμὸς ἐρχόμενος ἐκ τοῦ λέβητος διὰ τοῦ σωλήνος χ (σχ. 159 καὶ 160) εἰσέρχεται ἐλευθέρως εἰς τὸν θάλαμον διανομῆς ε. Ἐπὶ τῆς μιᾶς ἐξδρας τούτου ἀνοίγονται τρεῖς ὀχετοί. Οἱ δύο α καὶ β φέρουν τὸν ἀτμὸν εἰς τὰ δύο ἅκρα τοῦ κυλίνδρου (σχ. 159). Ὁ μέσος ο ὁδηγεῖ αὐτὸν πρὸς τὸν πυκνωτήν.

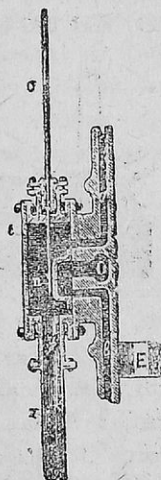
Κατὰ μῆκος τῆς αὐτῆς ἐξδρας ὀλισθαίνει, διὰ παλινδρομικῆς κινήσεως, ὁ ἀτμονόμος σύρτης, ὁδηγούμενος ὑπὸ στελέχους σ καὶ καλύπτων ἐκάστοτε δύο ἐκ τῶν τριῶν ἀνοιγμάτων τῶν ὀχετῶν. Εἰς τὸ σχ. 160 ὁ ἀνώτερος ἀγωγὸς α εἶναι κλειστὸς καὶ ὁ ἀτμὸς, φθάνων ὑπὸ τὸν ἐμβολέα, ἀναγκάζει αὐτὸν νὰ ἀνέλθῃ. Συγχρόνως ὁ ἀτμὸς, ὁ εὐρισκόμενος ἀνωθεν τοῦ ἐμβολέως ἀπωθεῖται διὰ τοῦ ὀχετοῦ α εἰς τὴν κοιλότητα τοῦ σύρτου καὶ ἀπὸ ἐκεῖ διὰ τοῦ ὀχετοῦ ο φέρεται εἰς τὸν πυκνωτήν. Τοῦναντίον εἰς τὸ σχῆμα 159 κλειστὸς εἶναι ὁ β καὶ ἐπομένως ὁ ἀτμὸς, φθάνων ὑπεράνω τοῦ ἐμβολέως, θὰ ἀναγκάσῃ αὐτὸν νὰ κατέλθῃ, ἐνῶ



Σχ. 160

διὰ τοῦ ὀχετοῦ β καὶ τῆς κοιλότητος ο τοῦ σύρτου ὁ πυκνωτὴς δέχεται τὸν ἀτμὸν, ὁ ὁποῖος εὐρίσκεται ὑπὸ τὸν ἐμβολέα.

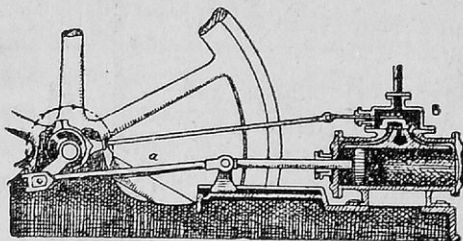
Μετατροπὴ τῆς παλινδρομικῆς κινήσεως τοῦ ἐμβολέως εἰς



Σχ. 159

κίνησιν κυκλικήν. Τὸ στέλεχος τοῦ ἐμβολέως (σχ. 161) μεταδίδει τὴν κίνησιν διὰ τοῦ διωστήρος α εἰς τὸ στρόφαλον η, τὸ ὁποῖον στρέφει τὸν ἄξονα τῆς μηχανῆς, μετατρεπομένης οὕτω τῆς παλινδρομικῆς κινήσεως εἰς κυκλικήν.

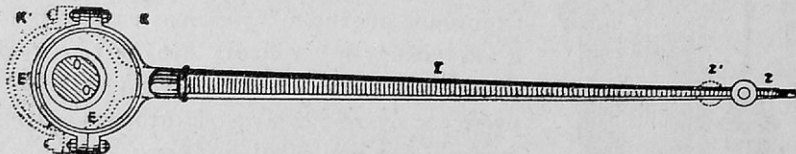
Ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ἄξονος στερεοῦται μέγας καὶ βαρύντατος τροχός,



Σχ. 161

ὁ σφόνδυλος, κανονίζων τὴν κίνησιν καὶ συνεχίζων αὐτήν, καθ' ἃς ἀκόμη στιγμὰς ὁ ἐμβολεὺς εὐρίσκεται εἰς τὰ νεκρὰ σημεῖα, δηλ. εἰς τὴν μίαν ἢ τὴν ἄλλην τῶν ἄκρων αὐτοῦ θέσεων, ὅποτε ὁ ἀτμός οὐδὲν ἐπιφέρει ἀποτέλεσμα.

232. Ἐκκεντρον.—Τοῦτο εἶναι δισκοειδὲς στρόφαλον βραχύτατον, ἐφηρμοσμένον ἐπὶ τοῦ ἄξονος τῆς περιστροφῆς οὕτως, ὥστε νὰ περιστρέφεται περὶ τι σημεῖον, ἐκτὸς τοῦ κέντρου αὐτοῦ εὐρισκόμενον. Ὁ δίσκος οὗτος περιβάλλεται διὰ δακτυλίου Κ (σχ. 162), ἐπὶ τοῦ ὁποίου εἶναι προσηλωμένη ἡ ράβδος Σ, συνηρθωμένη μετὰ τοῦ στελέχους τοῦ ἀτμονόμου σύρτου, ὅστις τοιουτοτρόπως τίθεται εἰς αὐτόματον παλινδρομικὴν κίνησιν (σχ. 161).



Σχ. 162

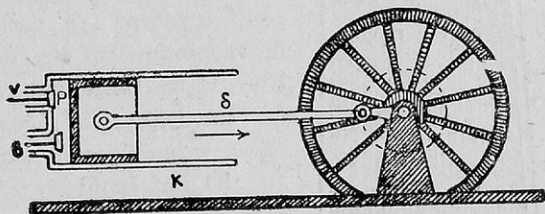
233. Μηχαναὶ δι' ἐκρήξεων.—Οἱ δι' ἐκρήξεων κινητῆρες χρησιμοποιοῦν τὴν μηχανικὴν ἐνέργειαν, ἡ ὁποία παράγεται δι' ἀναφλέξεως μείγματος ἀέρος καὶ εὐφλέκτων ἀτμῶν. Ἡ ἀνάφλεξις δὲν εἶναι συνεχής, ἀλλ' ὀφείλεται εἰς σειρὰν ἐκρήξεων κατὰ κανονικὰ διαστήματα διαδεχόμενα ταχέως ἄλληλα.

Περιγραφή. Ἡ ἀνάφλεξις εἶναι ἐσωτερικὴ, γινομένη ἐντὸς κυλίνδρου μὲ ἰσχυρὰ τοιχώματα, ὁ ὁποῖος ἔχει τριπλοῦν προορισμόν. Πράγματι χρησιμεύει οὗτος ὡς ἐστία, ὡς λέβης καὶ ὡς κύλινδρος. Τὸ ἀερίωδες μείγμα συμπεπιεσμένον φέρεται διὰ τῆς ἐκρήξεώς του εἰς ὑψη-

λὴν θερμοκρασίαν, ἡ ἔλαστικὴ δὲ αὐτοῦ δύναμις ὠθεῖ τὸν ἐμβολέα P, ὁ ὁποῖος εἶναι τὸ κινητήριον ὄργανον (σχ. 163). Ὁ ἐμβολεὺς ὠθεῖ τὸν διωστήρα δ καὶ οὗτος θέτει εἰς κίνησιν τὸν ἄξονα διὰ τοῦ στροφάλου. Ὁ κύλινδρος εἶναι ἀνοικτὸς κατὰ τὸ ἐν τῶν ἄκρων αὐτοῦ καὶ κλειστὸς κατὰ τὸ ἕτερον. Εἰς τὸν θάλαμον ἐκρήξεως, ὅστις περιλαμβάνεται μετὰ τοῦ κλειστοῦ ἄκρου καὶ τοῦ ἐμβολέως, δύναται νὰ ἀνοίγεται βαλβὶς β, διὰ τῆς ὁποίας εἰσέρχεται τὸ ἀναφλέξιμον ἀέριον, καὶ βαλβὶς γ, διὰ τῆς ὁποίας ἐξέρχονται τὰ προϊόντα τῆς καύσεως τοῦ ἀερίου. Κατὰ τὴν ἡρεμίαν αἱ δύο αὗται βαλβίδες παραμένουν κλεισταί.

Τὸ ἀεριῶδες μείγμα ἀναφλέγεται διὰ σπινθήρος μαγνητοηλεκτρικῆς μηχανῆς, ὅστις ἐκρήγνυται μετὰξὺ δύο συρμάτων ἐκ λευκοχρύσου.

Λειτουργία. Θεωρήσωμεν κινητήρα μονοκύλινδρον μὲ τέσσαρας χρόνους. Ὁ κύκλος περιλαμβάνει τέσσαρας διαδοχικὰς διαδρομὰς τοῦ ἐμβολέως (διὰ δύο στροφὰς τοῦ στροφάλου καὶ τοῦ ἄξονος). Ὑποθέσωμεν, ὅτι ὁ κινητὴρ ἔχει τεθῆ εἰς κίνησιν καὶ ὅτι ἡ περιστροφή τοῦ σφονδύλου θέτει τὸν ἐμβολέα ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου εἰς παλινδρομικὴν κίνησιν.



Σχ. 163

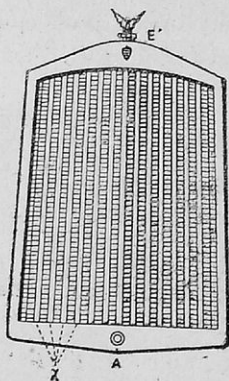
Πρῶτος χρόνος: Ἀπομάκρυνσις τοῦ ἐμβολέως καὶ ἀναρρόφησης τοῦ ἐκρηκτικοῦ μείγματος. Παρασυρόμενος ὑπὸ τοῦ σφονδύλου ὁ ἐμβολεὺς, ἀπομακρύνεται τοῦ πυθμένος τοῦ κυλίνδρου. Ἡ βαλβὶς τῆς ἀναρροφήσεως ἀνοίγεται, τὸ ἀεριῶδες μείγμα εἰσέρχεται εἰς τὸν κύλινδρον καὶ πληροῖ αὐτόν, ὅταν ὁ ἐμβολεὺς φθάσῃ εἰς τὸ τέλος τοῦ δρόμου του.

Δεύτερος χρόνος: Ἐπιστροφή τοῦ ἐμβολέως καὶ συμπίεσις τοῦ ἐκρηκτικοῦ μείγματος. Ἡ βαλβὶς τῆς ἀναρροφήσεως κλείεται. Παρασυρόμενος πάντοτε ὑπὸ τοῦ σφονδύλου ὁ ἐμβολεὺς, ἐπανάγεται εἰς τὸν πυθμένα τοῦ κυλίνδρου καὶ ἀπωθεί τὸ ἀέριον, συμπιέζων αὐτὸ εἰς τὸν θάλαμον τῆς ἐκρήξεως. Κατὰ τοὺς δύο τούτους χρόνους ὁ ἄξων τῆς μηχανῆς ἐξετέλεσε μίαν πλήρη στροφήν.

Τρίτος χρόνος (ἀπομάκρυνσις τοῦ ἐμβολέως): Ἀνάφλε-

ΞΙΣ, ἔκρηξις καὶ κινητήριον ἀποτέλεσμα. — Ὁ ἔμβολεὺς εὐρίσκεται πλησίον τοῦ πυθμένου τοῦ κυλίνδρου. Αἱ δύο βαλβίδες εἶναι κλεισταὶ καὶ ὁ θάλαμος ἐκρήξεως ἐγκλείει τὸ ἐκρηκτικὸν μεῖγμα συμπιεσμένον. Σπινθήρ ἐκρήγνυται τότε ἐκεῖ, ἐκπυρσοκρότησις γίνεται, ὁ ἔμβολεὺς ἀπωθεῖται καὶ ἡ ἀναπτυσχθεῖσα ἐνέργεια ἀποταμιεύεται ἐν μέρει εἰς τὸν σφόνδυλον.

Τέταρτος χρόνος (ἐπιστροφή τοῦ ἔμβολεως): Ἐξώθησις τῶν καέντων αερίων. — Τὰ αέρια τῆς ἐκρήξεως ἔχουσι ψυχρῇ διὰ τῆς διαστολῆς καὶ τῆς ἐπαφῆς αὐτῶν μετὰ τῶν τοιχωμάτων τοῦ κυλίνδρου. Ὁ σφόνδυλος ἐξακολουθεῖ νὰ στρέφεται λόγῳ τῆς ἀδραναίας, ὁ ἔμβολεὺς ἐπανερχεται εἰς τὸν πυθμένα τοῦ κυλίνδρου, ἡ βαλβὶς τῆς ἐξόδου τῶν αερίων ἀνοίγεται καὶ τὰ προϊόντα τῆς καύσεως ἐξωθοῦνται.



Σχ. 164

Ὁ ἔμβολεὺς δέχεται ἐνέργειαν μόνον κατὰ τὸν ἓνα χρόνον· αἱ τρεῖς ἄλλαι κινήσεις του διατηροῦνται ὑπὸ τῆς ἀδραναίας τοῦ σφονδύλου. Ἡ ἀνάφλεξις καὶ τὸ ἀνοίγμα τῶν βαλβίδων κανονίζεται δι' ὀδοντωτῶν τροχῶν, ὧν οἱ ἄξονες παρασύρονται ὑπὸ τοῦ κινητήρος.

Ὁ μετ' ἐκρήξεων κινητὴρ δὲν δύναται νὰ τεθῇ εἰς κίνησιν μόνος του. Διὰ τοῦτο πρέπει νὰ μεταδώσῃ εἰς αὐτὸν ἀρχικὴν κίνησιν. Εἰς τὴν περίπτωσιν μικρᾶς ἰσχύος, στρέφομεν τὸν ἄξονα τοῦ κινητήρος διὰ στροφάλου, διὰ

νὰ ἀναρροφηθῇ τὸ καύσιμον αέριον καὶ συμπιεσθῇ διὰ τοῦ ἔμβολεως.

234. Ψυγεῖον. — Ἐπειδὴ κατὰ τὰς ἀλλεπαλλήλους ἐκρήξεις ἀναπτύσσεται ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου ἀρκετὰ μεγάλη θερμοτης, ἡ ὁποία μετὰ τινὰ ἀριθμὸν στροφῶν θὰ ἠδύνατο νὰ προκαλέσῃ τὴν ἀνάφλεξιν τοῦ αερίου εὐθὺς ὥς εἰσέλθῃ τοῦτο εἰς τὸν κύλινδρον, διὰ τοῦτο οὗτος περιβάλλεται ὑπὸ μεταλλικοῦ μανδύου, μεταξὺ δὲ τῶν τοιχωμάτων τοῦ κυλίνδρου καὶ τοῦ μανδύου κυκλοφορεῖ ψυχρὸν ὕδωρ, τὸ ὁποῖον ψύχει τὸν κύλινδρον. Τὸ ὕδωρ τοῦτο, θερμαινόμενον ἐξ ἐπαφῆς μετὰ τοῦ κυλίνδρου ἀνέρχεται διὰ σωλῆνος εἰς τινὰ δεξαμενὴν, ἀπὸ ἐκεῖ δὲ κατέρχεται εἰς τὸ ψυγεῖον (σχ. 164), τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται εἰς ἐπαφὴν μετὰ τοῦ αέρος διὰ μεγάλης ἐπιφανείας, οὕτω δὲ ψυχθὲν ἐπανερχεται εἰς τὸν μανδύαν.

ΜΕΡΟΣ ΕΚΤΟΝ

ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ

235. Μετέωρα.— Μετέωρα εἶναι τὰ φαινόμενα τῆς ἀτμοσφαίρας. **Μετεωρολογία** δὲ ἡ ἐπιστήμη τῶν φαινομένων τούτων.

Α'. ΥΔΑΤΩΔΗ ΜΕΤΕΩΡΑ

236. Δρόσος καὶ πάχνη.—**Δρόσον** καλοῦμεν τὰ ὑδάτινα σταγονίδια, τὰ ὁποῖα καλύπτουν ὡς ἐπὶ τὸ πλεῖστον τὰ φύλλα τῶν φυτῶν τὴν πρωΐαν μετὰ νύκτα ἡσυχον καὶ ἀνέφελον.

Τὰ διάφορα ἀντικείμενα τὰ εὗρισκόμενα εἰς τὴν ἐπιφάνειαν ἀκαλύπτου ἐδάφους ἀκτινοβολοῦν θερμότητα πρὸς τὸ διάστημα. Κατὰ τὴν ἡμέραν τὸ ἔδαφος, φωτιζόμενον ὑπὸ τοῦ Ἡλίου, δέχεται ἐξ αὐτοῦ περισσοτέραν θερμότητα, ἀπ' ὅσην ἀκτινοβολεῖ, καὶ θερμαίνεται. Κατὰ τὴν νύκτα, μόνον ἀκτινοβολεῖ θερμότητα καὶ ἐπομένως ψύχεται. Δρόσος τότε παράγεται ἐπὶ τῶν διαφόρων ἀντικειμένων, ὅταν ταῦτα ψυχοῦν ἐπαρκῶς, ὥστε ὁ ἐφαπτόμενος αὐτῶν ἀῆρ νὰ καταστῇ κεκορεσμένος.

Ἐὰν ἡ ψῦξις ἐξακολουθήσῃ καὶ μετὰ τὴν ἀπόθεσιν τῆς δρόσου, ὥστε ἡ θερμοκρασία τῶν σωμάτων, ἐπὶ τῶν ὁποίων ἀπετέθη αὕτη, νὰ κατέλθῃ ὑπὸ τὸ μηδέν, τὰ ὑδάτινα σταγονίδια πῆγνυνται, ἀποτελεῖται δὲ τότε ἡ **πάχνη**.

Ἐπίδρασις τῆς φύσεως τῶν ἐπιφανειῶν.— Τὴν νύκτα, ὅταν ὁ οὐρανὸς εἶναι διανγῆς, τὰ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς γῆς σώματα ψύχονται, ἐὰν ἀκτινοβολοῦν πολλὴν θερμότητα καὶ πρὸ πάντων ἐὰν ἡ **ἀγωγιμότης** τῶν εἶναι μικρά, διότι δὲν δέχονται οὕτω θερμότητα ἀπὸ τὸ ἔδαφος. Ἡ δρόσος π. χ. δὲν ἀναφαίνεται ἐπὶ τῶν λείων μετάλλων τὰ ὁποῖα ἀκτινοβολοῦν πολλὴ ὀλίγην θερμότητα. Τὰ σκιερὰ σώματα καὶ πρὸ πάντων τὰ **πράσινα χόρτα**, τὰ ὁποῖα ἀκτινοβολοῦν πολλὴν θερμότητα καὶ ἡ ἀγωγιμότης τῶν εἶναι μετρία, ψύχονται περισσότερον ἀπὸ τὸ ἔδαφος. Ὁ ἀῆρ κατόπιν ψύχεται ἐν ἐπαφῇ μετ' αὐτῶν καί, ἐὰν

φέρη ἀρκετοὺς ὑδρατμούς, διὰ νὰ κορεσθῇ εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ ψυχροῦ σώματος, ὁ ἀτμός οὗτος συμπυκνοῦται εἰς σταγονίδια.

Ἐπίδρασις τῶν στεγασμάτων καὶ τῶν νεφῶν.—Ἐν ἀντικείμενον ψύχεται τόσον περισσότερον δι' ἀκτινοβολίας, ὅσον περισσότερον οὐρανὸν βλέπει. Οὕτως ἐξηγεῖται ὁ σχηματισμὸς τῆς δρόσου, ὅταν τὸ ἔδαφος δὲν εἶναι στεγασμένον καὶ ὁ οὐρανὸς εἶναι καθαρός. Ἡ παρουσία στεγάσματος, ἐπειδὴ ἐλαττώνει τὴν ἀκτινοβολίαν, δύναται νὰ ἐμποδίσῃ τὸν σχηματισμὸν τῆς δρόσου. Διότι ἡ θερμότης, ἥ ὁποία χάνεται δι' ἀκτινοβολίας, σχεδὸν ἀντισταθμίζεται ἀπὸ τὴν θερμότητα, τὴν ὁποίαν ἐκπέμπει πρὸς τὰ κάτω τὸ στέγασμα. Διὰ τοῦτο ὑπὸ ὑπόστεγον, ὑπὸ τράπεζαν, ἡ χλόη μένει ξηρά. Τέλος, οὐδέποτε ὑπάρχει δρόσος, ἐὰν ὁ οὐρανὸς καλύπτεται ὑπὸ νεφῶν.

Ἐπίδρασις τοῦ ἀνέμου. Ὁ ἄνεμος ἐμποδίζει τὸν σχηματισμὸν τῆς δρόσου, διότι ἀπομακρύνει τὰ στρώματα τοῦ ἀέρος, τὰ ὁποῖα ἐφάπτονται τοῦ ἐδάφους καὶ ἀνανεώνει αὐτά, προτοῦ λάβουν καιρὸν νὰ ψυχθῶν ἀρκετά, διὰ νὰ κορεσθῶν. Τοῦναντίον μικρὰ διατάραξις τοῦ ἀέρος εὖνοεῖ τὸν σχηματισμὸν τῆς δρόσου, ἐπειδὴ ἀνανεώνει βραδέως τὰ στρώματα τοῦ ἀέρος, τὰ ὁποῖα ἔχουν οὕτω τὸν καιρὸν νὰ ἀποθέσουν τὴν ὑγρασίαν των ἐπὶ τῶν σωμάτων, τὰ ὁποῖα ἐψύχθησαν.

237. Ὁμίχλη καὶ νέφη.—Ὅταν μᾶζα ψυχροῦ ἀέρος ψύχεται ἐπαρκῶς, ὁ ἀτμός, τὸν ὁποῖον περιέχει, ψύχεται ἐν μέρει καθ' ὅλην αὐτοῦ τὴν μᾶζαν. Σχηματίζεται τοιοῦτοτρόπως πλῆθος σταγονιδίων ὕδατος, τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦν ὁμίχλην μὲν ὅταν ἡ συμπύκνωσις γίνεται πλησίον τοῦ ἐδάφους, νέφος δὲ ὅταν αὕτη γίνεται εἰς ἀρκετὴν ἀπὸ τοῦ ἐδάφους ἀπόστασιν. Τὴν αὐτὴν ἐντύπωσιν αἰσθανόμεθα εὐρισκόμενοι ἐντὸς νέφους ἐπὶ τῆς κλιτύος ὄρους ἢ ἐν μέσῳ ὁμίχλης εἰς τὴν πεδιάδα.

Σύστασις τῆς ὁμίχλης καὶ τῶν νεφῶν. Τὰ ὑδάτινα σταγονίδια νέφους ἢ ὁμίχλης εἶναι πολὺ μικρὰ (διαμέτρου $\frac{1}{50}$ τοῦ χιλιοστομέτρου).

Τὰ σταγονίδια ταῦτα δὲν αἰωροῦνται εἰς τὸν ἀέρα, ἀλλὰ πίπτουν συνεχῶς, μὲ ταχύτητα ὅμως τόσον μικράν (περίπου ἐν ἑκατοστόμετρον κατὰ δευτερόλεπτον), ὥστε ὁ ἐλάχιστος ἄνεμος διατηρεῖ αὐτὰ ἐν αἰωρήσει ἢ τὰ ἀνυψοῖ. Ἡ ὑπερβολικὴ βραδύτης τῆς πτώσεώς των ὀφείλεται εἰς τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀέρος. Αἱ κόνεις τοῦ ἀέρος πολὺ λε-

πτότεραι, πίπτουν ἀκόμη βραδύτερον· αἱ σταγόνες τῆς βροχῆς, αἱ ὁποῖαι εἶναι πολὺ παχύτεραι, πίπτουν ταχύτερον.

Ἐν νέφος, τὸ ὁποῖον φαίνεται ἀκίνητον, δὲν ἀποτελεῖται διαρκῶς ἀπὸ τὰ αὐτὰ σταγονίδια. Διότι τὰ κατώτερα μέρη του μεταβάλλονται πάλιν εἰς ἀτμὸν ἀόρατον ἐντὸς τῶν θερμοτέρων στρωμάτων, ἐνῶ τὰ ἀνώτερα αὐξάνονται διὰ νέας συμπυκνώσεως.

238. Βροχή.—Τὰ ἐκ τῆς συμπυκνώσεως τῶν ὑδρατμῶν προερχόμενα σταγονίδια, τὰ ὁποῖα, ὡς εἵπομεν, πίπτουν βραδέως, ἔξατμίζονται πάλιν, ἐὰν συναντήσουν στρώματα θερμότερου ἀέρος. Συνεπῶς διὰ νὰ φθάσουν μέχρι τοῦ ἐδάφους, πρέπει τὸ μέγεθος τῶν σταγόνων νὰ ὑπερβαῖν ὡρισμένον ὅριον. Τοῦτο ἐπιτυγχάνεται διὰ τῆς συνε-

νώσεως πολλῶν

σταγονιδίων εἰς

μῖαν σταγόνα.

Τότε ἡ ταχύτης

τῆς πτώσεως αὐ-

ξάνεται κατὰ πολὺ

καὶ ἡ σταγὼν

φθάνει μέχρι τοῦ

ἐδάφους, ὁπότε ἔ-

χομεν τὸ φαινόμε-

νον τῆς βροχῆς.

Αἱ σταγόνες τῆς

βροχῆς εἶναι με-

γαλύτεραι κατὰ τὸ θέρος παρὰ κατὰ τὸν χειμῶνα· ἐπίσης μεγαλύτεραι

εἰς τὰς θερμὰς χώρας παρὰ εἰς τὰς ψυχράς, διότι ὁ κεκορεσμένος ἀήρ,

ἐντὸς τοῦ ὁποῖου παράγονται, περιέχει τόσον περισσοτέραν ποσότητα

ὑδρατμῶν, ὅσον εἶναι θερμότερος.

239. Χιὼν.—Ἡ χιὼν προκύπτει ἀπὸ τὴν βραδεῖαν συμπύκνωσιν

τοῦ ὑδρατμοῦ τῆς ἀτμοσφαίρας εἰς θερμοκρασίαν κατωτέραν τοῦ 0°.

Ἡ χιὼν εἶναι ὕδωρ, τὸ ὁποῖον ἐστερεοποιήθη εἰς μικροὺς κρυστάλ-

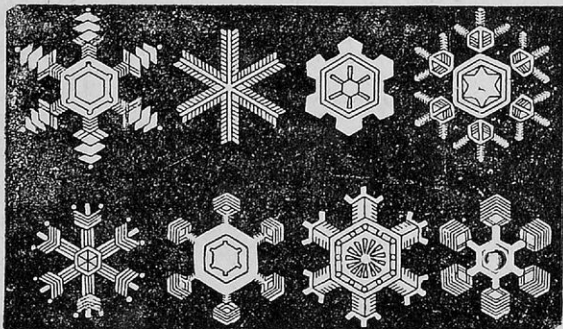
λους ἀστεροειδεῖς. Οἱ κρύσταλλοι οὗτοι φέρουν ἕξ ἀκτῖνας μὲ διακλα-

δώσεις μᾶλλον ἢ ἥττον πολυπλόκους (σχ. 165).

240. Χάλαζα.—Ἡ χάλαζα προκύπτει ἀπὸ τὴν ταχεῖαν συμπύ-

κνωσιν τοῦ ὑδρατμοῦ κατ' εὐθείαν εἰς τὴν στερεὰν κατάστασιν ἢ ἀπὸ

τὴν ἀπότομον πῆξιν τῶν ἐν ὑπερτήξει ὑγρῶν σταγονιδίων.

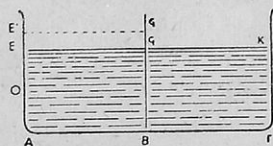


Σχ. 165

241. Ἀερώδη μετέωρα.—Ταῦτα εἶναι φαινόμενα, τὰ ὁποῖα προκύπτουν ἐκ τῆς μεταφορᾶς μαζῶν ἀέρος τῆς ἀτμοσφαιρᾶς.

242. Ἀνεμοί.—Ἄν κατὰ πᾶσαν στιγμήν ἡ ἀτμοσφαιρική πίεσις ἦτο παντοῦ ἡ αὐτή, δὲν θὰ ὑπῆρχον ἀνεμοί. Ἐὰν ὅμως, ἔνεκα διαφορᾶς πίεσεως μεταξὺ δύο γειτονικῶν μαζῶν ἀέρος, διαταραχθῇ ἡ ἰσορροπία, ὁ ἀῆρ τίθεται εἰς κίνησιν. Ὁ ἐν κινήσει ἀῆρ εἶναι ὁ ἀνεμος. Ὁ ἀνεμος πνέει ἀπὸ τὸ μέρος, εἰς τὸ ὁποῖον ἡ πίεσις εἶναι ὑψηλότερα, πρὸς τὸ μέρος ὅπου αὐτὴ εἶναι ταπεινότερα. Ἡ πίεσις μεταβάλλεται πρὸ πάντων διὰ τῶν ἀνισοτήτων τῆς θερμοκρασίας.

Ἀνισότητες θερμοκρασίας. Ὅταν δύο μάζαι ἀέρος γειτονικαί εἶναι ἀνίσως θερμαί, παράγεται ἀνεμος. Διὰ τοῦ ἐπομένου πειράματος, τὸ ὁποῖον δανειζόμεθα ἐκ τῶν ὑγρῶν, θὰ ἐννοήσωμεν καλλίτερον τὴν παραγωγὴν τῶν ἀνέμων τούτων.



Σχ. 166

Δοχεῖον Ο (σχ. 166) περιέχει ὑγρὸν ἐν ἰσορροπίᾳ, διάφραγμα δὲ κατακόρυφον Βφ χωρίζει τὸ δοχεῖον εἰς δύο διαμερίσματα. Φαντασθῶμεν ὅτι θερμαίνομεν τὸ πρὸς τὰ ἀριστερὰ διαμέρισμα, ἐνῶ διατηροῦμεν ψυχρὸν τὸ πρὸς τὰ δεξιὰ. Τὸ ὑγρὸν, τὸ ὁποῖον ἐθερμάνθη, διαστέλλεται, γίνεται ἐλαφρότερον καὶ ἡ ἐλευθέρᾳ αὐτοῦ ἐπιφάνεια ἀνυψοῦται ἀπὸ Εφ εἰς Ε'φ'. Ἀφαιρέσωμεν τότε ἡρέμα τὸ διά-

φραγμα. Ἡ ἰσορροπία δὲν δύναται πλέον νὰ διατηρηθῇ. Τὸ θερμὸν ὑγρὸν, τὸ ὁποῖον εἶναι ἐλαφρότερον, κυλίνεται ἐπὶ τοῦ ψυχροῦ εἰς τὸ ἀνώτερον μέρος, ἐνῶ πρὸς τὰ κάτω, τὸ ψυχρὸν ὑγρὸν, ὡς βαρύτερον, ὀλισθαίνει ὑπὸ τὸ θερμὸν ὕδωρ, τὸ ὁποῖον τοιουτοτρόπως θὰ ἀνυψωθῇ. Ἐὰν διατηρήσωμεν σταθερὰν τὴν διαφορὰν τῆς θερμοκρασίας, ἡ ὁποία εἶναι ἡ αἰτία τῆς κινήσεως ταύτης, ἡ κυκλοφορία θὰ συνεχισθῇ κατὰ τὴν φορὰν τῶν βελῶν.

Τὸ αὐτὸ συμβαίνει καὶ διὰ τὸν ἀτμοσφαιρικὸν ἀέρα. Τὸ ἔδαφος καὶ ὁ ἀτμοσφαιρικὸς ὕδρατμος θερμαίνονται ὑπὸ τοῦ Ἡλίου καὶ θερμαίνουσι τὸν ἀέρα δι' ἐπαφῆς. Ἄν δύο γειτονικαὶ χώραι ἐθερμάνθησαν ἀνίσως, τὰ στρώματα τοῦ ἀέρος, τὰ ὁποῖα ὑπέρχονται εἰς τὰς χώρας ταύτας, θὰ εἶναι ἀνίσως θερμά· θὰ παραχθῇ λοιπόν:

α) άνεμος πνέων πλησίον τοῦ ἑδάφους ἀπὸ τὴν ψυχρὰν χώραν πρὸς τὴν θερμὴν.

β) ἀντίθετος άνεμος εἰς τὰ ὑψηλότερα στρώματα τῆς ἀτμοσφαίρας.

Διεύθυνσις τῶν άνέμων. Ἐίπομεν ὅτι ὁ άνεμος εἶναι ἀῆρ ἐν κινήσει. Ἡ διεύθυνσις τῆς κινήσεως ταύτης εἶναι γενικῶς ὀριζοντία.

Προσδιορίζομεν τὴν διεύθυνσιν τοῦ άνέμου, ὀνομάζοντες τὸ μέρος τοῦ ὀρίζοντος, ἀπὸ τὸ ὁποῖον ὁ άνεμος ἔρχεται. Λέγομεν π.χ. **ἀνατολικὸς άνεμος**, διὰ νὰ δηλώσωμεν άνεμον, ὅστις πνέει ἐξ ἀνατολῶν πρὸς δυσμάς.

Διακρίνομεν ὁκτὼ κυρίας διευθύνσεις τῶν άνέμων, ἐξ ὧν καὶ ὀνομάζονται: **βορρᾶς** (τραμουντάνας), **βορειοανατολικὸς** (γραῖγος), **ἀνατολικὸς** (λεβάντες), **νοτιοανατολικὸς** (σιρόκος), **νότος** (ὄστρια), **νοτιοδυτικὸς** (γαρμπῆς), **δυτικὸς** (πουνέντες) καὶ **βορειοδυτικὸς** (μαῖστρος).

Τὴν παρὰ τὸ ἑδάφος διεύθυνσιν τῶν άνέμων προσδιορίζομεν διὰ τῶν **άνεμοδεικτῶν**, τοὺς ὁποίους προσανατολίζει ὁ άνεμος. Τοιοῦτον άνεμοδείκτην ἀποτελεῖ μεταξίνη ταινία (μέλαινα), μήκους ἡμίσεος περιπὸν μέτρου καὶ πλάτους 2 — 3 ἑκατ. Ἡ ταινία αὕτη προσδένεται διὰ νήματος εἰς τὸ ἄκρον μακροῦ καὶ εὐκάμπτου στελέχους, τὸ ὁποῖον τοποθετεῖται ὅσον τὸ δυνατόν ὑψηλότερον. Ἐπίσης προσδιορίζεται ἡ διεύθυνσις τοῦ άνέμου δι' ἑλαφρῶν σωμάτων παρασυρομένων ὑπ' αὐτοῦ, π.χ. κόψεως, καπνοῦ κ.τ.λ.

Τὴν διεύθυνσιν τῶν άνέμων τῶν ὑψηλῶν τῆς ἀτμοσφαίρας χωρῶν παρακολουθοῦμεν μέχρις ὕψους 10 χλμ., παρατηροῦντες τὰ νέφη, τὰ ὁποῖα παρασύρονται. Διὰ μεγαλύτερα ὕψη, ὅπου δὲν ὑπάρχουν νέφη, πληροφοροῦμεθα ἐκ τῆς διευθύνσεως, τὴν ὁποίαν ἀκολουθοῦν τὰ βολιστικά ἀερόστατα, τὰ ὁποῖα φθάνουν εἰς τὰς χώρας ἐκείνας.

Ταχύτης τῶν άνέμων.—Ἡ ταχύτης τῶν άνέμων μετρεῖται μὲ εἰδικὰ ὄργανα, τὰ ὁποῖα καλοῦνται **άνεμόμετρα** (σχ. 167).

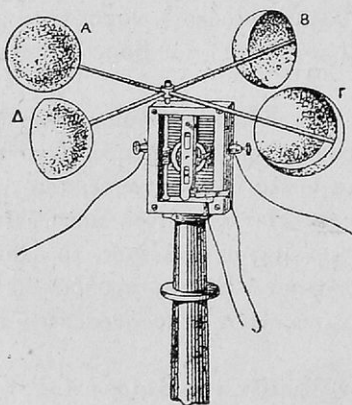
Εἰς μεγάλα ὕψη ἡ ταχύτης τοῦ άνέμου συνάγεται ἐκ τῆς παρατήρησεως τῶν νεφῶν ἢ τῶν βολιστικῶν ἀεροστάτων.

Ὀνομάζομεν **ἀσθενῆ** τὸν άνεμον, ὅταν ἡ ταχύτης αὐτοῦ εἶναι μικροτέρα τῶν 4 μέτρων κατὰ δευτερόλεπτον· **μέτριον**, ὅταν ἔχη ταχύτητα μέχρις 8 μ. (κατὰ δευτερόλεπτον)· **ἰσχυρὸν**, ὅταν ἔχη ταχύτητα μέχρι 12 μ.· **σφοδρὸν**, ὅταν ἔχη ταχύτητα μέχρι 14 μ.· **ὀρμητικόν**, ὅταν ἔχη ταχύτητα μέχρις 20 μ.· **θύελλαν**, ὅταν ἔχη ταχύτητα μέχρι 30 μ.· καὶ **λαίλαπα**, ὅταν ἔχει ταχύτητα ἄνω τῶν 30 μέτρων. Ἐπὶ

τῆς ξηρᾶς ὁ ἄνεμος εἶναι συνήθως ὀλιγώτερον ἰσχυρὸς καὶ ὀλιγώτερον κανονικὸς παρὰ ἐπὶ τῆς θαλάσσης, ἔνεκα τῶν τριβῶν καὶ τῶν ἐμποδίων. Διὰ τὸν αὐτὸν λόγον ἡ ταχύτης τοῦ ἀνέμου αὐξάνεται μετὰ τοῦ ὕψους. Εἰς τινα χιλιόμετρα ὑπεράνω τοῦ ἐδάφους διαπιστοῦμεν συχνάκις ταχύτητας 30 μ. κατὰ δευτερόλεπτον.

243. Ἄνεμοι περιοδικοί.—Οἱ περιοδικοὶ ἄνεμοι πνέουν κανονικῶς πρὸς μίαν διεύθυνσιν κατὰ τὰς αὐτὰς ἐποχὰς ἢ κατὰ τὰς αὐτὰς ὥρας τῆς ἡμέρας. Τοιοῦτοι ἄνεμοι εἶναι ἡ **αὔρα**, οἱ **μουσσῶνες**, ὁ **σιμὸν** κτλ.

Αὔρα. Ἡ αὔρα εἶναι ἄνεμος περιοδικός, ἐπικρατῶν ἐπὶ τῶν παραλίων χωρῶν κατὰ τὸ θέρος, ἀλλάσσων δὲ διεύθυνσιν δις κατὰ τὴν διάρκειαν μιᾶς καὶ τῆς αὐτῆς ἡμέρας.



Σχ. 167

Ἡ **θαλασσία αὔρα** πνέει τὴν ἡμέραν ἀπὸ τῆς θαλάσσης πρὸς τὰς ἀκτὰς. Τοῦτο συμβαίνει, διότι τὸ ἔδαφος θερμαίνεται ταχύτερον τῶν ὑδάτων· ὁ ἀῆρ λοιπὸν ὑψοῦται ὑπεράνω τῆς ξηρᾶς, ὁ δὲ ψυχρότερος ἀῆρ τῆς θαλάσσης συρροεῖ πρὸς τὴν ἀραιουμένην χώραν. Τὴν ἐσπέραν, μετὰ τὴν δύσιν τοῦ ἡλίου, ἀντίστροφον φαινόμενον παράγεται, διότι τὰ ὕδατα ψύχονται βραδύτερον τοῦ ἐδάφους. Ρεῦμα τότε ἄερος ἀπὸ τῶν ἀκτῶν ὁρμαῖ, ὅπως ἀντι-

καταστήσῃ τὸν ἄερα τῆς θαλάσσης, ὅστις ὥς θερμότερος ἀνέρχεται. Οὕτω γεννᾶται ἡ **ἀπόγειος αὔρα**.

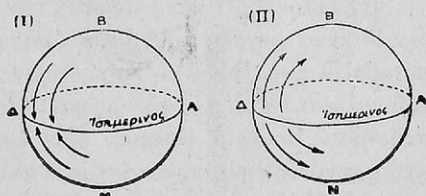
Μουσσῶνες. Οὗτοι εἶναι ἄνεμοι περιοδικοί, οἱ ὁποῖοι παρατηροῦνται εἰς τὸν Ἰνδικὸν ὠκεανὸν καὶ εἰς τὰς θάλασσας τῆς Κίνας, καὶ οἱ ὁποῖοι πνέουν ἕξ μῆνας κατὰ μίαν διεύθυνσιν (ἀπὸ τῆς θαλάσσης πρὸς τὴν ξηρὰν) καὶ ἑτέρους ἕξ κατ' ἀντίθετον.

Ὁ **σιμὸν** εἶναι ἄνεμος καυστικός, πνέων ἐκ τῶν ἐρήμων τῆς Ἀσίας καὶ τῆς Ἀφρικῆς, χαρακτηρίζεται δὲ διὰ τῆς ὑψηλῆς του θερμοκρασίας καὶ τῆς ἄμμου, τὴν ὁποίαν ἀνυψοῖ εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν καὶ μεταφέρει μεθ' ἑαυτοῦ. Ὁ ἄνεμος οὗτος εἰς τὸ Ἀλγέριον καὶ τὴν Ἰταλίαν εἶναι γνωστὸς ὑπὸ τὸ ὄνομα **σιρόκος**. Ἐν Αἰγύπτῳ, ὅπου

εἶναι αἰσθητὸς ἀπὸ τοῦ τέλους τοῦ Ἀπριλίου μέχρι τοῦ Ἰουνίου, φέρει τὸ ὄνομα **χαμψίν**.

244. Ἄνεμοι σταθεροί.—Οἱ μᾶλλον ἀξιοσημεῖοι σταθεροὶ ἄνεμοι εἶναι οἱ **ἀληγεῖς**. Ἐπὶ ζώνῃς παραλλήλου πρὸς τὸν Ἰσημερινόν, πλάτους περίπου 500 χιλιομέτρων, αἱ ἡλιακαὶ ἀκτῖνες, προσπίπτουσαι σχεδὸν κατακορύφως ἐπὶ τῆς Γῆς, ἀναπτύσσουν θερμοκρασίαν ὁμαλήν, πολὺ ὑψηλήν, ὅπου ὁ ἀῆρ εἶναι ἥρεμος, **ὀριζοντίως**. Αὕτη εἶναι ἡ **ζώνη τῶν ἰσημερινῶν νηνεμιῶν**. Ὁ θερμανθεὶς ἀῆρ ἀνυψοῦται, τὸ δὲ παραγόμενον σχετικὸν κενὸν συμπληροῦται εἰς τὴν θερμὴν ταύτην ζώνην ὑπὸ δύο ρευμάτων ἀέρος, τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦν τοὺς **ἀληγεῖς ἀνέμους**, επικρατοῦντας εἰς τὰς **τροπικὰς χώρας**· ἐκ τούτων τὸ μὲν ἓν ἔρχεται ἐκ τοῦ βορείου ἡμισφαίριου, τὸ δὲ ἄλλο ἐκ τοῦ νοτίου.

Τὰ στρώματα τοῦ θερμοῦ ἀέρος, ὅστις ἀνυψοῦται **κατακορύφως** ὑπεράνω τοῦ Ἰσημερινοῦ εἰς ὕψος πολλῶν χιλιομέτρων, ψύχονται εἰς τὰς ὑψηλὰς ταύτας χώρας τῆς ἀτμοσφαίρας, καὶ ἐπειδὴ τότε γίνονται βαρύτερα, κλίνουν βαθμηδὸν πρὸς τὸ ἔδαφος. Ὡς ἐκ τούτου δύο **ἀνώτερα ρεύματα**, ἀπο-



Σχ. 168

τελοῦντα τοὺς **ἀνταληγεῖς**, διευθύνονται τὸ μὲν πρὸς τὸν βόρειον πόλον, τὸ δὲ πρὸς τὸν νότιον. Οἱ ἀληγεῖς καὶ οἱ ἀνταληγεῖς πνέουν καθ' ὅλον τὸ ἔτος (σχ. 168). Ἄν ἡ Γῆ ἦτο ἀκίνητος, οἱ ἀληγεῖς ἄνεμοι θὰ ἔπνεον καθέτως πρὸς τὸν ἰσημερινόν· ἀλλ' ἔνεκα τῆς περιστροφῆς τῆς Γῆς ἐκτρέπονται τῆς διευθύνσεως ταύτης. Οὕτω εἰς τὸ βόρειον ἡμισφαίριον ὁ ἀληγῆς μεταβάλλεται εἰς βορειοανατολικὸν ἄνεμον, εἰς δὲ τὸ νότιον εἰς νοτιοδυτικόν. Οἱ ἀνταληγεῖς πνέουν κατ' ἀντιθέτους φορὰς,

245. Πρόγνωσις τοῦ καιροῦ.—**Μετεωρολογικοὶ χάρται.** Ἡ διανομὴ τῶν πιέσεων εἰς τὰς διαφόρους χώρας εἶναι στενῶς συνδεδεμένη μετὰ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς κυκλοφορίας. Ἐννοοῦμεν λοιπὸν πόσον ἐνδιαφέρον εἶναι νὰ γνωρίζωμεν καθ' ἑκάστην ἡμέραν τὴν διανομὴν ταύτην.

Ἐκάστην πρωΐαν οἱ μετεωρολογικοὶ σταθμοὶ ὅλης τῆς Εὐρώπης τηλεγραφοῦν εἰς τὸ κεντρικὸν μετεωρολογικὸν γραφεῖον τῶν Παρι-

σίων τὰς πίσεις τὰς παρατηρουμένας εἰς τοὺς σταθμούς των. Οἱ ἀριθμοὶ σημειοῦνται ἐπὶ χάρτου, συνδέονται δὲ διὰ καμπύλων γραμμῶν τὰ σημεία ἴσης πίσεως. Αἱ καμπύλαι αὗται λέγονται **ἰσοβαρεῖς**. Σημειοῦται πρὸς τούτοις διὰ βελῶν ἢ διεύθυνσις τοῦ ἀνέμου εἰς τοὺς διαφόρους σταθμούς. Τοιουτοτρόπως λαμβάνεται ὁ **μετεωρολογικὸς χάρτης τῆς Εὐρώπης**. Συγκρίνεται κατόπιν οὗτος πρὸς τοὺς τῶν προηγουμένων ἡμερῶν καὶ ἡ σύγκρισις αὕτη εἶναι ἓν τῶν κυριωτέρων στοιχείων τῆς προγνώσεως τοῦ καιροῦ.

Ἀνάλογος ἐργασία γίνεται καὶ εἰς τὰς λοιπὰς χώρας ὅλου τοῦ κόσμου. Αἱ παρατηρήσεις τῶν ναυτικῶν δίδουν τὰ ἀναγκαῖα δεδομένα διὰ τὰς θαλάσσας.

Προγνώσεις τοπικαί. Εἰς δοθέντα τόπον παρατηρητὴς μὴ ἔχων εἰς τὴν διάθεσίν του μετεωρολογικοὺς χάρτας δύναται νὰ προῖδῃ μετὰ μεγάλης πιθανότητος τὸν καιρὸν ὡς ἀκολουθῶς:

α) Παρατηρεῖ κατὰ πρῶτον τὴν πίεσιν. Ἡ ἀπόλυτος αὐτῆς τιμὴ δὲν δεικνύει μεγάλα πράγματα· ἐκεῖνο, τὸ ὁποῖον ἐνδιαφέρει, εἶναι αἱ μεταβολαὶ τῆς. Ἐὰν τὸ βαρόμετρον ταλαντεύεται κατὰ δέκατὰ τινα τοῦ χιλιοστομέτρου καθ' ἡμέραν, τοῦτο δεικνύει ὅτι ὁ καιρὸς εἶναι στάσιμος. Βραδεῖα ὕψωσις, ἐξακολουθοῦσα ἐπὶ πολλὰς ἡμέρας, δεικνύει γενικῶς τὴν ἀποκατάστασιν καιροῦ καλοῦ.

β) Ἡ θερμοκρασία καὶ ἡ ὑγρασία εἶναι παράγοντες σημαντικοί. Ἀφθονος ἀπόθεσις δρόσου τὴν πρωῒαν δεικνύει σημαντικὴν νυκτερινὴν ψύξιν καὶ συνεπῶς σχετικὴν ξηρότητα τῶν ὑψηλῶν τῆς ἀτμοσφαίρας χωρῶν, τὸ ὁποῖον εἶναι σημεῖον καλοῦ καιροῦ.

γ) Ἡ ὄψις τοῦ οὐρανοῦ παρέχει ἐπίσης πολυτίμους πληροφορίες, διότι αὕτη ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς ὑδροσκοπικῆς καταστάσεως τῆς ἀτμοσφαίρας. Διὰ τοὺς αὐτόχθονας μιᾶς χώρας, τὸ χρῶμα τοῦ οὐρανοῦ, τὸ σχῆμα καὶ αἱ κινήσεις τῶν νεφῶν ἀποτελοῦν σημεία σχεδὸν ἀλάνθιστα πρὸς πρόγνωσιν τοῦ καιροῦ τῆς ἐπομένης ἡμέρας.

ΜΕΡΟΣ ΕΒΔΟΜΟΝ

ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Α΄

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΔΙΑΔΟΣΙΣ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

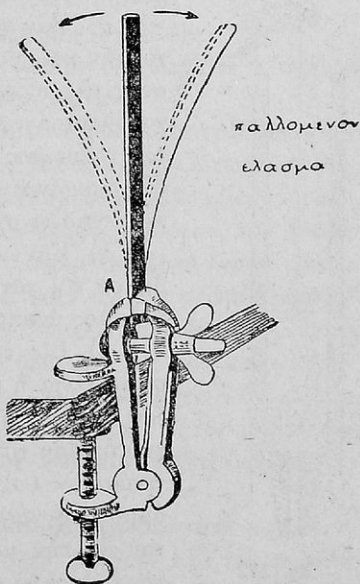
246. Ἀκουστική εἶναι τὸ μέρος τῆς Φυσικῆς, τὸ ὁποῖον ἔχει σκοπὸν τὴν σπουδὴν τῶν ἤχων, δηλ. τῶν ἐντυπώσεων, τὰς ὁποίας δεχόμεθα διὰ τῶν ὀργάνων τῆς ἀκοῆς.

247. Ἠχητικοὶ κραδασμοί.
—Οἱ ἤχοι προέρχονται ἀπὸ διαδοχικοὺς κραδασμούς, δηλ. ἀλληλοδιαδόχους κινήσεις, αἱ ὁποῖαι ἀναπαράγονται κατὰ πολὺ μικρὰ χρονικὰ διαστήματα. Οἱ κραδασμοὶ τῶν ἡχογόνων σωμάτων εἶναι αἰωρήσεις, ἀνάλογοι πρὸς τὰς τοῦ ἐκκρεμοῦς, ἐκτελούμεναι ἐκατέρωθεν μιᾶς μέσης θέσεως.

Τὰς παλμικὰς κινήσεις τῶν ἡχογόνων σωμάτων ἀποδεικνύομεν διὰ πολλῶν πειραμάτων :

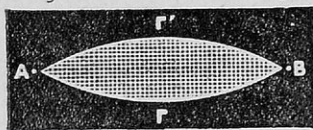
α) Ἐὰν στερεώσωμεν ἀκλονήτως κατὰ τὸ ἐν ἄκρον αὐτοῦ ἔλασμα ἐκ χάλυβος (σχ. 169) καί, ἀφοῦ ἀπομακρύνωμεν τὸ ἐλεύθερον ἄκρον

ἐκ τῆς θέσεως τῆς ἰσορροπίας, ἀφήσωμεν ἔπειτα αὐτὸ ἐλεύθερον, τοῦτο ἐπανέρχεται εἰς τὴν κατακόρυφον θέσιν του, τὴν ὑπερβαίνει ἕνεκα τῆς

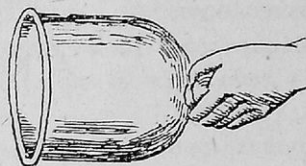


Σχ. 169

κτηθείσης ταχύτητος, καὶ ἐκτελεῖ ἐκατέρωθεν ταύτης παλινδρομικὰς κινήσεις. Ὅλα τὰ μέρη τοῦ ἐλασματος ἐκτελοῦν τὰς παλμικὰς των κινήσεις εἰς τὸν αὐτὸν χρόνον, ἀλλὰ τὸ πλάτος τῆς παλμικῆς κινήσεως διαφέρει ἀναλόγως τῆς ἀποστάσεως ἐκάστου σημείου ἀπὸ τοῦ σταθεροῦ

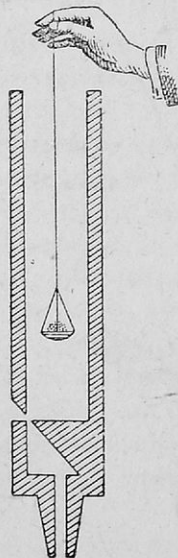


Σχ. 170



Σχ. 171

ἄκρου. Ὄταν τὸ ἐλασμα εἶναι μακρόν, ἡ παλμικὴ κίνησις εἶναι ὁρατὴ, ἀλλὰ δὲν ἀκούεται ἤχος. Ἐὰν βραχύνωμεν ἐπαρκῶς τὸ ἐλασμα, ἀκούομεν ἤχον, ἀλλὰ αἱ παλμικαὶ κινήσεις εἶναι τόσον ταχεῖαι, ὥστε δὲν δυνάμεθα νὰ τὰς διακρίνωμεν.



Σχ. 172

β) Ἐὰν τείνωμεν μεταξὺ δύο σημείων ἐλαστικὴν χορδὴν καί, ἀφοῦ ἀπομακρύνωμεν αὐτὴν ἐκ τῆς θέσεως τῆς ἰσορροπίας, τὴν ἀφήσωμεν ἐλευθέραν, ἡ χορδὴ παράγει ἤχον, ἐνῶ συγχρόνως πάλλεται. Ἔνεκα τῆς ταχύτητος τῶν παλμικῶν της κινήσεων, ἡ χορδὴ δὲν διακρίνεται εἰς τὰς διαδοχικὰς της θέσεις, ἀλλὰ παρουσιάζει σχῆμα ἀτρακτοειδὲς (σχ. 170).

γ) Ἐὰν ἐντὸς ὑαλίνου κώδωνος (σχ. 171) ρίψωμεν ἄμμον καὶ κατόπιν κρούσωμεν αὐτόν, θὰ ἴδωμεν, ὅτι ἡ ἄμμος ἀναπηδᾷ, ἐφ' ὅσον ὁ κώδων παράγει ἤχον.

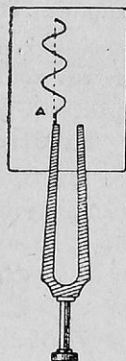
δ) Εἰς τοὺς ἡχητικοὺς σωλῆνας τὸ ἡχογόνον σῶμα εἶναι ἡ μάζα τοῦ ἐντὸς αὐτῶν ἀέρος. Διότι, ἐὰν εἰσαγάγωμεν ἐντὸς τοιοῦτου σωλῆνος ἡχοῦντος, τοῦ ὁποίου τὸ ἐν τοίχωμα εἶναι ὑαλινόν, μεμβράναν τεταμένην (σχ. 172), ἐπὶ τῆς ὁποίας ἐτέθη ὀλίγη ἄμμος, αἱ παλμικαὶ κινήσεις τοῦ ἀέρος μεταδίδονται εἰς τὴν μεμβράναν, ἔνεκα τούτου δὲ βλέπομεν τὴν ἄμμον νὰ ἀναπηδᾷ.

ε) Τὴν παλμικὴν κίνησιν τῶν ἡχογόνων σωμάτων σπουδάζομεν πλήρως διὰ τῆς γραφικῆς μεθόδου. Πρὸς τοῦτο στερεώνομεν εἰς τὸ ἄκρον τοῦ ἐνὸς σκέλους **διαπασῶν** (σχ. 173) ἀκίδα καθέτως πρὸς τὸ

ἐπίπεδον τῶν σκελῶν του, ἡ ὁποία ἐφάπτεται ὑαλίνης πλακός, ἐπὶ τῆς ὁποίας ἔχει τεθῆ ἑλεπτόν στρώμα αἰθάλης. Ἐὰν ἀναγκάσωμεν τὸ διαπασῶν νὰ παραγάγῃ ἦχον καὶ σύρωμεν ταχέως τὴν πλάκα, λαμβάνομεν ἐπὶ ταύτης κυματοειδῇ γραμμὴν συνεχῇ καὶ κανονικῇ, ἐκάστη κύμανσις τῆς ὁποίας ἀντιστοιχεῖ εἰς μίαν αἰώρησιν τοῦ ἡχοῦντος σώματος.

248. Μετάδοσις τῆς παλμικῆς κινήσεως.—

Διὰ νὰ παραγάγουν ἐντύπωσιν ἐπὶ τοῦ ὠτὸς οἱ ἡχητικοὶ κραδασμοί, πρέπει νὰ μεταβιβασθοῦν μέχρις αὐτοῦ. Ἡ μεταβίβασις δύναται νὰ γίνῃ διὰ μέσου ἐλαστικοῦ, τὸ ὁποῖον νὰ τίθεται καὶ αὐτὸ εἰς παλμικὴν κίνησιν καὶ νὰ μεταδίδῃ ταύτην ἀπὸ μορίου εἰς μόνιον. Τοιοῦτον μέσον εἶναι ὁ ἀήρ. Διότι, ἐὰν θέσωμεν μεταξὺ ἰσχυρῶς ἡχοῦντος κώδωνος καὶ τοῦ ὠτὸς μεμβρᾶναν λεπτὴν καὶ ἐλαστικὴν τεταμένην ἐπὶ κατακορύφῳ πλαισίῳ, κατὰ μῆκος τῆς ὁποίας κρέματα ἐλαφρὸν ἐκκρεμῆς (σχ. 174), παρατηροῦμεν, ὅτι τοῦτο ἀναπηδᾷ, τὸ ὁποῖον δεικνύει ὅτι ἡ παλμικὴ κίνησις τοῦ ἀέρος μεταδίδεται εἰς τὴν μεμβρᾶναν.



Σχ. 173

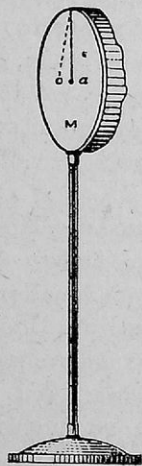
Τὰ συμπαγῇ στερεὰ σώματα μεταδίδουν καλῶς τοὺς ἡχητικοὺς κραδασμούς. Οὕτως ἐὰν ἐφαρμόσωμεν τὸ οὗς εἰς τὸ ἐν ἄκρον μακρᾶς ξυλίνης δοκοῦ, ἀκούομεν εὐκρινῶς τὸν ἐλαφρὸν κρότον, τὸν ὁποῖον παράγει ὥρολόγιον εὐρισκόμενον εἰς τὸ ἕτερον ἄκρον.

Ἐπίσης καὶ διὰ τῶν ὑγρῶν μεταδίδεται ὁ ἦχος. Οὕτως οἱ δῦται ἀκούουν τοὺς ἦχους, οἱ ὁποῖοι παράγονται ἐντὸς τοῦ ὕδατος ἢ ἐπὶ τῆς παραλίας.

Τὰ στερεὰ σώματα, τὰ ἐστερημένα ἐλαστικότητος, ὅπως π.χ. παραπετάσματα, τάπητες, μαλακὰ σώματα, δὲν πᾶλλονται καὶ διὰ τοῦτο ἀποσβύνουν τὸν ἦχον.

Ὁ ἦχος δὲν μεταδίδεται διὰ τοῦ κενοῦ.—

Διὰ νὰ ἀποδείξωμεν τοῦτο, θέτομεν ὑπὸ τὸν κώδωνα ἀεραντλίας κωδωνίσκον, ὁ ὁποῖος δύναται νὰ ἤχῃ διὰ μηχανισμοῦ ὥρολογίου (σχ. 175). Ἐφ' ὅσον ὁ κώδων τῆς ἀεραντλίας περιέχει ἀέρα, ὁ ἦχος τοῦ κωδωνίσκου ἀκούεται. Ἀραιοῦμεν κατόπιν διὰ τῆς ἀεραντλίας τὸν ἐντὸς τοῦ κώδωνος ἀέρα. Παρατηροῦμεν ὅτι, καθ'

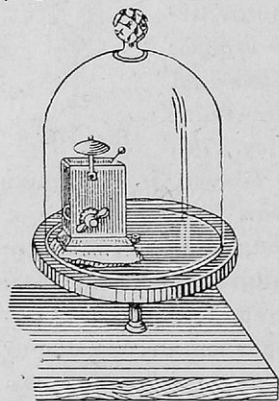


Σχ. 174

ὅσον ἀραιοῦμεν τὸν ἀέρα, ὁ ἦχος καθίσταται ὁλονὲν ἀσθενέστερος καὶ παύει νὰ ἀκούεται, ὅταν ὁ κώδων τῆς ἀεραντλίας κενωθῇ ἐπαρκῶς.

249. Ταχύτης τοῦ ἤχου.—Ἡ μετάδοσις τοῦ ἤχου δὲν εἶναι ἀκαριαία. Πράγματι, ἐὰν ἀπὸ ἀποστάσεως παρατηροῦμεν ὄπλον ἐκπυρσοκροτοῦν, πρῶτον βλέπομεν τὴν λάμψιν καὶ μετὰ τινα χρόνον ἀκούομεν τὸν κρότον, ἃν καὶ τὰ δύο παράγονται συγχρόνως, διότι ὁ ἦχος χρειάζεται χρόνον διὰ νὰ διανύσῃ τὸ ἐν τῷ μεταξὺ διάστημα.

Ταχύτης τοῦ ἤχου εἰς τὸν ἀέρα.—Αἱ πρῶται ἀκριβεῖς μετρήσεις τῆς ταχύτητος τοῦ ἤχου εἰς τὸν ἀέρα ἐγένοντο κατὰ τὰ 1733. Δύο τηλεβόλα ἐτοποθετήθησαν εἰς δύο σταθμούς, τῶν ὁποίων ἐμετρήθη ἀκριβῶς ἡ ἀπόστασις. Τὰ πυροβόλα ταῦτα ἐξεπυρσοκρότουν ἀλληλοδιαδό-



Σχ. 175

χως ἀνὰ 10 λεπτά τῆς ὥρας. Παρατηρηταὶ δὲ εὗρισκόμενοι εἰς ἕκαστον σταθμὸν ἐσημείουν ἐκάστοτε τὸ μεσολαβοῦν χρονικὸν διάστημα μεταξὺ τῆς στιγμῆς, καθ' ἣν ἔβλεπον τὴν λάμψιν, καὶ τῆς στιγμῆς, καθ' ἣν ἤκουον τὸν κρότον. Ἐπειδὴ τὸ φῶς ἔχει παμμεγίστην ταχύτητα, ἡ λάμψις ἐγένετο ἀντιληπτή, καθ' ἣν στιγμὴν παρήγετο ὁ ἦχος, καὶ συνεπῶς τὸ χρονικὸν διάστημα, τὸ μεσολαβοῦν μεταξὺ τῆς λάμψεως καὶ τοῦ ἤχου, ἦτο ὁ χρόνος, τὸν ὁποῖον ἐχρειάζετο ὁ ἦχος διὰ νὰ διανύσῃ τὴν μεταξὺ τῶν δύο σταθμῶν ἀπόστασιν.

Ἡ κίνησις τῆς διαδόσεως τοῦ ἤχου εἶναι ὁμαλή.—Πρὸς προσδιορισμὸν τῆς φύσεως τῆς κινήσεως ἐτοποθετήσαν διαδοχικῶς μεταξὺ τῶν δύο σταθμῶν πολλοὺς παρατηρητάς, οἱ ὁποῖοι ἐσημείουν τοὺς χρόνους τοὺς μεσολαβοῦντας μεταξὺ λάμψεως καὶ κρότου. Παρετήρησαν λοιπὸν, ὅτι οἱ χρόνοι οὗτοι ἦσαν ἀνάλογοι τῆς ἀποστάσεως τοῦ παρατηρητοῦ ἀπὸ τοῦ σταθμοῦ τῆς ἐκπυρσοκροτήσεως. Δηλ. ὁ ἦχος ἐχρειάζετο διπλάσιον, τριπλάσιον κτλ. χρόνον διὰ νὰ διανύσῃ διπλασίαν, τριπλασίαν κτλ. ἀπόστασιν. Συνεπῶς ἡ κίνησις τῆς διαδόσεως τοῦ ἤχου ὁμαλή. Ταχύτης λοιπὸν τοῦ ἤχου εἶναι τὸ διάστημα, τὸ ὁποῖον οὗτος διανύει εἰς ἓν δευτερόλεπτον.

Ἀποτελέσματα. Ἐκ τῶν γενομένων πειραμάτων συνήχθησαν τὰ ἑξῆς ἀποτελέσματα :

Εἰς ἀέρα ἤρεμον, ξηρὸν καὶ θερμοκρασίας 0° , ἡ ταχύτης τοῦ ἤχου εἶναι 331 μέτρα κατὰ δευτερόλεπτον. Ἡ ταχύτης αὕτη **αὐξάνεται μετὰ τῆς θερμοκρασίας**· εἰς 9° εἶναι $331\sqrt{1+\alpha\theta}$, ἔνθα α ὁ συντελεστής τῆς διαστολῆς τοῦ ἀέρος. Εἰς 15° φθάνει 340 μέτρα. Εἰς τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν ἡ ταχύτης τοῦ ἤχου, **ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὴν ἐλαστικὴν δύναμιν τοῦ ἀερίου**, εἶναι ἡ αὐτὴ καὶ εἰς τὰς πεδιάδας καὶ ἐπὶ τῶν ὄρεων, ὅπου ὁ ἀῆρ εἶναι ἀραιότερος· ἐπίσης εἶναι ἡ αὐτὴ καὶ κατὰ τὴν κατακόρυφον διεύθυνσιν καὶ κατὰ τὴν ὀριζοντίαν.

Εἰς ἀέριον πυκνότητος δ ὡς πρὸς τὸν ἀέρα ἡ ταχύτης εἰς 9° εἶναι $331\sqrt{\frac{1+\alpha\theta}{\delta}}$, δηλ. ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὴν τετραγωνικὴν ρίζαν τῆς πυκνότητος τοῦ ἀερίου. Οὕτως, ἐπειδὴ ἡ πυκνότης τοῦ ὕδρογόνου εἶναι 16 φορὰς μικροτέρα τῆς τοῦ ὀξυγόνου, ἡ ταχύτης τοῦ ἤχου εἰς τὸ ὕδρογόνον εἶναι 4 φορὰς μεγαλυτέρα παρὰ εἰς τὸ ὀξυγόνον.

Ταχύτης τοῦ ἤχου εἰς τὸ ὕδωρ.—Κατὰ τὸ ἔτος 1827 οἱ Colladon καὶ Sturn ἐμέτρησαν τὴν ταχύτητα τῆς διαδόσεως τοῦ ἤχου εἰς τὸ ὕδωρ τῆς λίμνης τῆς Γενεύης, μεταξὺ δύο πλοιαρίων τοποθετημένων εἰς ἀπόστασιν 13 χιλιομέτρων ἀπ' ἀλλήλων. Ἀπὸ τοῦ ἑνὸς τῶν πλοιαρίων τούτων ἐκρέματο κώδων, ὅστις ἐκρούετο ἐντὸς τοῦ ὕδατος διὰ σφύρας, ἡ ὁποία συγχρόνως ἀνέφλεγε μικρὰν ποσότητα πυρίτιδος, ἥτις εὐρίσκετο ἐπὶ τῆς λέμβου. Εἰς τὸ ἄλλο πλοιαρίον εὐρίσκετο παρατηρητής, ὅστις ἐφήρμοζεν εἰς τὸ οὖς αὐτοῦ τὸ λεπτὸν ἄκρον ἀκουστικοῦ κέρατος. Τοῦ κέρατος τούτου, ὁ ὄλμος, κλεισμένος διὰ μεμβράνης καὶ βυθισμένος ἐντὸς τοῦ ὕδατος, ἦτο ἐστραμμένος πρὸς τὸν κώδωνα. Ὁ παρατηρητής ἐσημείου τὸ χρονικὸν διάστημα τὸ μεσολαβοῦν μεταξὺ τῆς λάμπσεως τῆς ἀναφλεγομένης πυρίτιδος καὶ τῆς ἀντιλήψεως τοῦ ἤχου. Τοιουτοτρόπως εὐρέθη ἡ ταχύτης τοῦ ἤχου εἰς τὸ ὕδωρ εἰς θερμοκρασίαν 8° ἴση πρὸς 1435 μέτρα κατὰ δευτερόλεπτον.

Ταχύτης τοῦ ἤχου εἰς τὰ στερεά.—Ἡ ταχύτης τοῦ ἤχου εἰς τὰ στερεὰ εἶναι κατὰ πολὺ μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν ταχύτητα αὐτοῦ εἰς τὰ ρευστά· π.χ. εἰς τὸν χάλυβα εἶναι 5000 μέτρα, εἰς τὸν χαλκὸν 3700 μέτρα κλπ.

Σημείωσις.—Τὴν ταχύτητα τοῦ ἤχου εἰς τὸν χυτοσίδηρον ἐμέτρησεν ὁ Biot ὡς ἐξῆς: Σωλὴν ἐκ χυτοῦ σιδήρου μήκους M μέ-

τρων ἐκρούετο εἰς τὸ ἐν τῶν ἄκρων αὐτοῦ διὰ σφύρας. Παρατηρητῆς εὗρισκόμενος εἰς τὸ ἄλλο ἄκρον ἤκουε δύο διαδοχικοὺς ἤχους. Πρῶτον τὸν διὰ τοῦ μετάλλου μεταδιδόμενον καὶ ἔπειτα τὸν διὰ τοῦ ἀέρος, ἔσημείου δὲ τὸν χρόνον δ , ὅστις παρήρχετο μεταξύ τῆς ἀντιλήψεως τῶν δύο τούτων ἤχων. Ἐὰν τ ἡ ταχύτης τοῦ ἤχου εἰς τὸν ἀέρα καὶ τ' εἰς τὸν χυτοσίδηρον, ἡ διάρκεια τῆς διαδόσεως τοῦ ἤχου διὰ μὲν τοῦ ἐν τῷ σωλῆνι ἀέρος ἦτο $\frac{M}{\tau}$, διὰ δὲ τοῦ μετάλλου $\frac{M}{\tau'}$. Καὶ ἔπειδὴ ἡ διαφορὰ τῶν δύο τούτων χρόνων ἦτο δ , ἔχομεν :

$$\frac{M}{\tau} - \frac{M}{\tau'} = \delta, \quad \text{ἐξ ἧς} \quad \tau' = \frac{M\tau}{M - \delta\tau}.$$

Τοιοιτοτρόπως εὐρέθη ὅτι ἡ ταχύτης τοῦ ἤχου εἰς τὸν χυτοσίδηρον ἦτο 10,5 φορὰς μεγαλυτέρα παρὰ εἰς τὸν ἀέρα.

Π ρ ο β λ ή μ α τ α

1ον. Ποία ἡ ταχύτης τοῦ ἤχου εἰς τὸν ἀέρα, ὅταν ἡ θερμοκρασία αὐτοῦ εἶναι 30°; Συντελεστής διαστολῆς ἀέρος $\alpha = \frac{1}{273}$.

2ον. Εἰς ποίαν θερμοκρασίαν ἡ ταχύτης τῆς διαδόσεως τοῦ ἤχου εἰς τὸν ἀέρα εἶναι 336 μέτρα;

3ον. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ταχύτης τοῦ ἤχου εἰς τὸ ὑδρογόνον, ὅταν ἡ ταχύτης αὐτοῦ εἰς τὸν ἀέρα εἶναι 340 μ.

4ον. Σῶμά τι πίπτει ἐντὸς φρέατος καὶ ἀκούεται ὁ κρότος τῆς συγκρούσεως τοῦ σώματος ἐπὶ τοῦ ὕδατος τοῦ φρέατος β δευτερόλεπτα μετὰ τὴν ἔναρξιν τῆς πτώσεως. Ζητεῖται τὸ βάθος τοῦ φρέατος. Ταχύτης τοῦ ἤχου 340 μ. καὶ $g = 9,8$ μ.

250. Ἀνάκλασις τοῦ ἤχου. — Ὁ ἤχος ἀνακλᾶται ἐπὶ ἐπιπέδου ἀκάμπτου, καθὼς τὸ φῶς ἐπὶ κατόπτρου. Καλοῦμεν ἡχητικὴν ἀκτῖνα πᾶσαν εὐθύγραμμον διεύθυνσιν, ἡ ὁποία ἄρχεται ἀπὸ τῆς ἡχογόνου πηγῆς. Ἡ εὐθεῖα, ἡ ὁποία συνδέει ἡχογόνον σημεῖον O μὲν ἐν σημεῖον I τοῦ ἐπιπέδου, εἶναι ἀκτὶς προσπίπτουσα. Ἡ ἀκτὶς αὕτη ἀνακλᾶται εἰς τὸ I (σχ. 176) καὶ λαμβάνει διεύθυνσιν IK τοιαύτην, ὥστε νὰ φαίνεται ὅτι προέρχεται ἀπὸ ἐν ἡχογόνον κέντρον O' συμμετρικὸν τοῦ O ὡς πρὸς τὸ ἐπίπεδον AM .

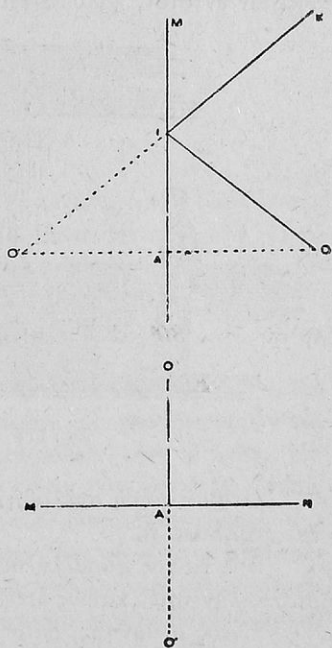
Ἦχώ. Ἀντήχησις. — Ἦχώ καλεῖται τὸ φαινόμενον τῆς ἐπανα-

λήψεως ἤχου τινός, ἔνεκα ἀνακλάσεως αὐτοῦ ἐπὶ τινος κωλύματος, π.χ. τοίχου, δάσους, βράχου κτλ. Ἐὰν παρατηρητὴς Ο ἐκπέμπῃ ἤχον σύντομον (ἀναρθρον) ἀπέναντι ἀνακλώσεως ἐπιπέδου ἐπιφανείας MN (σχ. 176), εὗρισκομένης εἰς ἀπόστασιν AO, ὃ ἤχος οὗτος ἀνακλᾶται, ὥσει προήρχετο ἀπὸ φανταστικὸν ἠχογόνον κέντρον Ο'. Μεταξὺ τῆς στιγμῆς τῆς ἐκπομπῆς καὶ τῆς στιγμῆς τῆς ἐπιστροφῆς τοῦ ἤχου τούτου, μετὰ τροχιάν 2.AO διὰ τὴν μετάβασιν καὶ ἐπιστροφὴν, παρέρχεται χρόνος $\frac{2AO}{\tau}$ (ἔνθα τ ἡ ταχύτης τοῦ ἤχου).

Ἐὰν ὁ ἔξ ἀνακλάσεως ἤχος φθάσῃ εἰς τὸν παρατηρητὴν προτοῦ παρέλθῃ 0,1 δευτερολέπτου (μέση διάρκεια τῆς παραμονῆς τῆς ἠχητικῆς ἐντυπώσεως), ἡ νέα ἐντύπωσις ἐνισχύει καὶ παρατείνει ἀπλῶς τὴν πρώτην, δηλ. τὴν τοῦ ἀπ' εὐθείας ἤχου. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται ἀντήχησις.

Διὰ νὰ ὑπάρξῃ ἠχώ, πρέπει ὁ ἤχος νὰ χρειασθῇ τουλάχιστον 0,1 τοῦ δευτερολέπτου διὰ νὰ διανύσῃ τὴν ἀπόστασιν 2.OA, δηλαδή $\frac{2.OA}{340} = 0,1$, ἔξ ἧς λαμβάνομεν $2.OA = 34$ καὶ $OA = 17$ μέτρα. Συνεπῶς ἡ OA πρέπει νὰ εἶναι μεγαλυτέρα τῶν 17 μέτρων. Ἐὰν λοιπὸν ὁ παρατηρητὴς εὗρίσκεται εἰς ἀπόστασιν ὀλίγον μεγαλυτέραν τῶν 17 μέτρων ἀπὸ τοῦ κωλύματος καὶ ἐκπέμπῃ ἤχον ἀναρθρον, θὰ ἀντιληφθῇ ἠχώ (σχ. 177).

Σημείωσις.— Διὰ νὰ εἶναι ἡ ἠχώ εὐκρινής, οἱ ἀναρθροὶ ἤχοι ἀπαιτοῦν ἐλαχίστην ἀπόστασιν, πολὺ μεγαλυτέραν παρὰ οἱ ἀναρθροὶ ἤχοι. Ἄν παραδεχθῶμεν, ὅτι ἀκούομεν εὐκρινῶς τέσσαρας συλλαβὰς κατὰ δευτερολέπτου, θὰ ἀκούσωμεν συλλαβὴν ἀνακλασθεῖσαν κατόπιν τῆς συλλαβῆς, ἣτις ἔρχεται κατ' εὐθείαν, ἐὰν παρέλθῃ ἐν τέταρτον δευτερολέπτου μεταξὺ τῆς ἀρχῆς τοῦ ἀπ' εὐθείας ἤχου καὶ τῆς ἀρχῆς τοῦ ἀνακλωμένου ἤχου. Εἰς ἀπόστασιν OA τοιαύτην, ὥστε

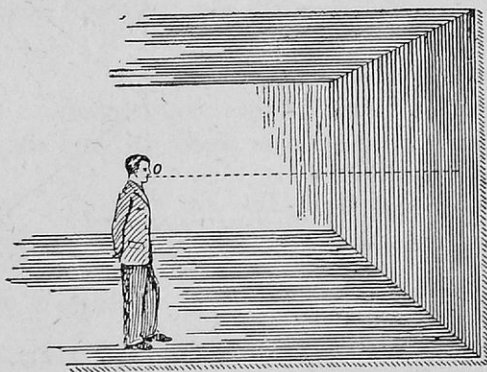


Σχ. 176

$$\frac{2 \cdot OA}{\tau} = \frac{1}{4} \left(\xi \xi \quad \eta \eta \quad OA = \frac{\tau}{8} = 42,5 \mu. \text{ διὰ } \tau = 340 \right)$$

ἐὰν προφέρωμεν μίαν μόνον συλλαβήν, ἀκούομεν ἀμέσως τὴν ἀνακλωμένην.

Ὅταν περισσότεραι συλλαβαὶ προφέρονται ἄνευ διακοπῆς, αἱ πρῶται ἀνακλασθεῖσαι συλλαβαὶ ἐπιτίθενται διὰ τὸ οὗς εἰς τὰς ἀπ' εὐθείας ἐρχομένας συλλαβὰς. Ἐπειδὴ δὲ αἱ ἀνακλασθεῖσαι εἶναι ὀλιγότερον ἔντονοι, καλύπτονται ὑπὸ τῶν ἀπ' εὐθείας, φθάνει δὲ μόνον



Σχ. 177

ἢ τελευταῖα ἀνακλασθεῖσα, ὅταν ὁ ἀπ' εὐθείας ἦχος ἔξη παύσει, καὶ τοιουτοτρόπως φαίνεται, ὅτι μόνῃ αὐτῇ ἐπαναλαμβάνεται. Ἡ ἡχὴ τότε εἶναι **μονοσύλλαβος**.

Αἱ τελευταῖαι συλλαβαὶ θὰ ἐπαγαληφθοῦν, ἐὰν ἡ ἀπόστασις OA εἶναι ἴση πρὸς $v. 42,5$. Ἡ ἡχὴ θὰ εἶναι τότε **πολυσύλλαβος**.

Ὅταν ἡ αὐτὴ συλλαβὴ ἐπαναλαμβάνεται πολλάκις, ἡ ἡχὴ καλεῖται **πολλαπλῇ**.

Δύο τοῖχοι παράλληλοι ἀπομακρυσμένοι δύνανται νὰ παραγάγουν πολλαπλὴν ἡχὴν, καθὼς δύο παράλληλα κάτοπτρα δίδουν πολλὰ εἰδωλα.

Ἐντὸς αἰθούσης, ὅπου οἱ τοῖχοι, τὸ δάπεδον, ἡ ὀροφή, ἀνακλοῦν τὸν ἦχον, οἱ ἐξ ἀνακλάσεως ἦχοι, δύνανται νὰ μὴ ἐπιτίθενται εἰς τοὺς ἀπ' εὐθείας ἦχους· γίνεται τότε **σύγχυσις**. Ἀποφεύγομεν τὰς ἀνακλάσεις καλύπτοντες τοὺς τοίχους διὰ παραπετασμάτων, δηλ. οὐσιῶν μὴ ἐλαστικῶν, αἱ ὁποῖαι ἀποσβύνουν τὰς παλμικὰς κινήσεις.

Π ρ ο β λ ῆ μ α τ α

1ον. Κραυγὴ παραχθεῖσα ὑπὸ παραιτηρητοῦ ἐνώπιον τοίχου ἐπανερχεται εἰς αὐτὸν μετὰ 1,5 δευτερόλεπτα. Ποία ἡ ἀπόστασις τοῦ παραιτηρητοῦ ἀπὸ τοῦ τοίχου ;

2ον. Δύο παρατηρηταὶ A καὶ B εὐρίσκονται εἰς ἴσας ἀποστάσεις χ ἀπὸ τινος ἐπιπέδου $\Gamma\Delta$. Ἡ ἀπ' ἀλλήλων ἀπόστασις αὐτῶν AB εἶναι 20 μέτρα. Ὁ παρατηρητὴς A παράγει ἤχον, τὸν ὁποῖον ἀκούει ὁ B πρῶτον μὲν δι' ἀμέσου διαδόσεως, ἔπειτα δὲ κατόπιν ἀνακλάσεως ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου $\Gamma\Delta$. Ζητεῖται ἡ ἐλαχίστη τιμὴ τοῦ χ , ἵνα ὁ ἄμεσος ἤχος ἀκουσθῇ 0,1 τοῦ δευτερολέπτου πρὸ τοῦ ἐξ ἀνακλάσεως. Ἡ θερμοκρασία εἶναι 15° .

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Β'

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

251. Οἱ ἤχοι διακρίνονται διὰ τριῶν χαρακτήρων ἢ ιδιοτήτων : ἐντάσεως, ὕψους, χροιάς. Αἱ ιδιότητες αὗται ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰ στοιχεῖα πάσης παλμικῆς κινήσεως : δηλ. τὸ πλάτος αὐτῆς, τὴν συχνότητα καὶ τὴν μορφήν.

Α'. ΕΝΤΑΣΙΣ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

252. Διὰ τῆς ἐντάσεως διακρίνεται ἤχος τις ἰσχυρὸς ἀπὸ ἄλλου ἤχου ἀσθενοῦς. Ἐὰν θέσωμεν εἰς παλμικὴν κίνησιν διαπασῶν καὶ τὸ ἀφήσωμεν κατόπιν ἐλεύθερον, παρατηροῦμεν, ὅτι ὁ ἤχος, τὸν ὁποῖον παράγει, ἐξασθενεῖ βαθμηδὸν καὶ τέλος δὲν ἀκούεται πλέον. Ἐὰν ἐγγράψωμεν τὰς παλμικὰς κινήσεις τοῦ διαπασῶν τούτου ἐπὶ αἰθαλωμένης ἐπιφανείας, θὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι τὸ πλάτος τῶν παλμῶν βαίνει ἐλαττούμενον μετὰ τῆς ἐντάσεως τοῦ ἤχου καὶ τέλος μηδενίζεται μετ' αὐτῆς. Ἐπίσης ἡ ἔντασις τοῦ ἤχου τοῦ διαπασῶν εἶναι τόσον μεγαλυτέρα ὅσον ἰσχυρότερον κρούομεν αὐτό. Ἐὰν ἐγγράψωμεν τοὺς παλμοὺς τοὺς ἀντιστοιχοῦντας εἰς διαφόρους κρούσεις, θὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι ἡ ἔντασις τοῦ ἤχου αὐξάνεται μετὰ τοῦ πλάτους τῶν παλμῶν τῶν διαπασῶν. Ὁ ὑπολογισμὸς ἀποδεικνύει, ὅτι ἡ ἔντασις τοῦ ἤχου εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τοῦ πλάτους τῶν παλμῶν τοῦ ἡχογόνου σώματος. Ἡ ἔντασις τοῦ ἤχου ἐλαττοῦται πρὸς τοὺς μετὰ τῆς πυκνότητος τοῦ μέσου, ἐντὸς τοῦ ὁποίου ὁ ἤχος διαδίδεται. Τοιοῦτοτρόπως ὁ ἤχος κώδωνος ἡχοῦντος ἐντὸς ὑαλίνης σφαίρας γίνεται τόσον ἀσθενέστερος, ὅσον περισσότερον ἀραιοῦμεν τὸν ἀέρα τῆς σφαίρας.

Ἐπίσης ἡ ἔντασις τοῦ ἤχου μεταβάλλεται κατὰ λόγον ἀντίστροφον πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἀποστάσεως. Οὕτω 4 ὅμοιοι κώδωνες ἐξ ἴσου καὶ συγχρόνως πληττόμενοι ἀκούονται μετὰ τῆς αὐτῆς ἐντάσεως, μετὰ τῆς ὁποίας ἀκούεται ὁ ἤχος, τὸν ὁποῖον παράγει εἰς μόνον ὅμοιος κώδων ἐξ ἴσου πληττόμενος, ὅταν τεθῇ εἰς τὸ ἥμισυ τῆς ἀποστάσεως.

Τέλος, ἡ ἔντασις τοῦ ἤχου ἐξαρτᾶται καὶ ἐκ τῆς καταστάσεως τῆς ἀτμοσφαίρας. Ὅσον αὕτη εἶναι ἡρεμωτέρα, τόσον ἡ ἔντασις τοῦ ἤχου εἶναι ἰσχυροτέρα. Ἐπίσης ἐξαρτᾶται καὶ ἐκ τῆς διευθύνσεως τοῦ πνέοντος ἀνέμου. Ὅταν ὁ ἤχος ἔχη τὴν αὐτὴν μετὰ τοῦ ἀνέμου φοράν, ἡ ἔντασις του εἶναι μεγαλυτέρα.

Β'. ΥΨΟΣ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

253. Διὰ τοῦ γνωρίσματος τοῦ ὕψους διακρίνονται οἱ ὀξεῖς ἤχοι ἀπὸ τοὺς βαρεῖς. Τὸ ὕψος ἤχου τινὸς ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς συχνότητος τῶν παλμικῶν κινήσεων, δηλ. ἐκ τοῦ ἀριθμοῦ τῶν παλμικῶν κινήσεων, τὰς ὁποίας τὸ ἡχογόνον σῶμα ἐκτελεῖ κατὰ δευτερόλεπτον, οἷαδὴποτε καὶ ἂν εἶναι ἡ φύσις τοῦ ἡχογόνου σώματος. Δύο ἤχοι τοῦ αὐτοῦ ὕψους ἀντιστοιχοῦν εἰς τὸν αὐτὸν ἀριθμὸν παλμικῶν κινήσεων κατὰ δευτερόλεπτον. Διὰ ἤχον ὀξύν, ὁ ἀριθμὸς τῶν κατὰ δευτερόλεπτον παλμικῶν κινήσεων εἶναι μεγαλύτερος παρὰ διὰ ἤχον βαρύν.

Ἡ συχνότης δὲν μεταβάλλεται, ὅταν ὁ ἤχος ἐξασθενῇ, δηλ. ὅταν τὸ πλάτος τῶν παλμικῶν κινήσεων ἐλαττωῖται.

Προσδιορισμὸς τοῦ ὕψους ἤχου τινός. Τὸ ὕψος ἤχου τινός, δηλ. τὸν ἀριθμὸν τῶν παλμικῶν κινήσεων, τὰς ὁποίας τὸ ἡχογόνον σῶμα ἐκτελεῖ κατὰ δευτερόλεπτον, προσδιορίζομεν κατὰ δύο μεθόδους:

α) Μέθοδος ἀκουστικῆ. Κατὰ τὴν μέθοδον ταύτην ἀποκαθιστῶμεν ὁμοφωνίαν, δηλ. τὸ αὐτὸ ὕψος μεταξὺ τοῦ ἐξεταζομένου ἤχου καὶ τοῦ ἤχου συσκευῆς, ἡ ὁποία παρέχει μεταβλητοὺς ἤχους, τῶν ὁποίων εὐκόλως δυνάμεθα νὰ ὑπολογίσωμεν τὴν συχνότητα. Ἡ συχνότης τοῦ ἤχου τοῦ ἐν ὁμοφωνίᾳ πρὸς τὸν ἐξεταζόμενον ἤχον εἶναι κατὰ τὰ ἀνωτέρω ἴση πρὸς τὴν συχνότητα τοῦ ἐξεταζομένου ἤχου. Τὸ οὗς διακρίνει μετ' ἀκριβείας ἐὰν δύο ἤχοι εὗρισκωνται ἐν ὁμοφωνίᾳ.

β) Μέθοδος γραφικῆ. Κατὰ τὴν μέθοδον ταύτην τὸ ἡχογόνον σῶμα ἐγγράφει κυματοειδῆ γραμμὴν, τῆς ὁποίας ὁ ἀριθμὸς τῶν κυμάνσεων, αἱ ὁποῖαι ἐνεγράφησαν εἰς ὠρισμένον χρόνον, εἶναι ἴσος

πρὸς τὸν ἀριθμὸν τῶν παλμικῶν κινήσεων, τὰς ὁποίας ἐξετέλεσε τὸ ἡχογόνον σῶμα κατὰ τὸν αὐτὸν χρόνον.

254. Ὅρια τῶν ἀντιληπτῶν ἤχων. — Μία ἡχητικὴ παλμικὴ κίνησις γίνεται ἀντιληπτὴ μεταξὺ ὠρισμένων ὁρίων, περιλαμβανομένων γενικῶς μεταξὺ 8 καὶ 24000 διπλῶν παλμῶν κατὰ δευτερόλεπτον.

ΜΟΥΣΙΚΑ ΔΙΑΣΤΗΜΑΤΑ - ΚΛΙΜΑΚΕΣ

255. Διάστημα δύο ἤχων. — Ἡ σύγχρονος ἢ διαδοχικὴ ἀκρόασις δύο ἤχων παράγει ἐπὶ τοῦ ὠτός μας ἐντύπωσιν, ἣτις δὲν ἐξαρθᾶται ἐκ τοῦ ἀπολύτου ὕψους των, ἀλλ' ἐκ τοῦ **διαστήματος** αὐτῶν. Τὸ διάστημα δύο ἤχων ἐκφράζει τὴν σχέσιν τῶν συχνοτήτων τῶν δύο τούτων ἤχων. Ἐπειδὴ κατὰ συνήθειαν λαμβάνουν ὡς ἀριθμητὴν τὴν συχνότητα τοῦ ὀξυτέρου ἤχου, τὸ διάστημα εἶναι πάντοτε ἀριθμὸς μεγαλύτερος τῆς μονάδος.

Τὸ οὗς ἡμῶν δέχεται εὐχαρίστως διαδοχικοὺς ἢ συγχρόνους ἤχους, τῶν ὁποίων τὰ διαστήματα εἶναι σχέσεις ἀπλαῖ. Διὰ τοῦτο οἱ χρησιμοποιούμενοι εἰς τὴν μουσικὴν ἤχοι σχηματίζουν σειρὰς ὠρισμένων διαστημάτων. Οἱ μουσικοὶ ἀναγνωρίζουν τὰ διαστήματα διὰ τῆς ἀκοῆς. Οἱ φυσικοὶ τὰ καθορίζουν διὰ τῶν σχέσεων τῶν συχνοτήτων.

256. Κλίμακες. Τὸ θεμελιῶδες στοιχεῖον τοῦ μουσικοῦ συστήματος εἶναι ἡ **κλίμαξ**. Καλοῦμεν **κλίμακα** ὁμάδα 7 ἤχων, καλουμένων **φθόγγων**, οἱ ὅποιοι σχηματίζουν μελωδίαν συμβατικοῦ τύπου⁽¹⁾. Ὁ βαρύτερος ἤχος καλεῖται **τονικὴ**, οἱ ἑξ ἄλλοι διαδέχονται ἀλλήλους, παρουσιάζοντες μετὰ τοῦ πρώτου τὰ διαστήματα :

$$\frac{9}{8}, \quad \frac{5}{4}, \quad \frac{4}{3}, \quad \frac{3}{2}, \quad \frac{5}{3}, \quad \frac{15}{8}.$$

Τὸ μουσικὸν σύστημα ὁλόκληρον περιλαμβάνει πολλὰς κλίμακας, δηλ. ὁμάδας ἑξ 7 φθόγγων, αἱ ὁποῖαι διαδέχονται ἀλλήλας με ὠρισμένα διαστήματα. Τὰ διαστήματα ταῦτα ἐπαναλαμβάνονται κατὰ τὴν αὐτὴν σειρὰν εἰς ἐκάστην κλίμακα.

Οἱ 7 φθόγγοι ἔχουν τὸ αὐτὸ ὄνομα εἰς ἐκάστην κλίμακα. Τὰ ὀνόματα τῶν φθόγγων τούτων μετὰ τῶν διαστημάτων ἐκάστου φθόγγου πρὸς τὸν πρῶτον εἶναι :

Εἰς τὴν μελωδίαν οἱ ἤχοι εἶναι διαδοχικοί, εἰς τὴν ἁρμονίαν εἶναι σύγχρονοι.

do	re	mi	fa	sol	la	si	do
1	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{15}{8}$	2.

Μετά τὸν φθόγγον si, τελευταῖον οἰασθήποτε κλίμακος, ἔρχεται ὁ φθόγγος do, πρῶτος τῆς ἐπομένης κλίμακος· τὸ διάστημα τοῦ νέου τούτου do πρὸς τὸ προηγούμενον εἶναι 2 ἢ διάστημα **ὀγδόης**· τοῦτο εἶναι ἐπίσης τὸ διάστημα δύο φθόγγων τῆς αὐτῆς τάξεως εἰς δύο διαδοχικὰς κλίμακας.

Αἱ διαδοχικαὶ κλίμακες χαρακτηρίζονται δι' ἀριθμῶν, οἱ ὅποιοι καλοῦνται **δείκται**. Οὗτοι ἀνῃκάνονται μετὰ τῆς συχνότητος

— 2 — 1 1 2 3 4 5 6 7.

Δύο φθόγγοι τῆς αὐτῆς τάξεως ὥς πρὸς τὸ do ἔχουν τὸ αὐτὸ ὄνομα εἰς δύο κλίμακας, ἀλλὰ διαφέρουν κατὰ τὸν δείκτην, διὰ δύο δὲ διαδοχικοὺς δείκτας τὸ διάστημά των εἶναι μία ὀγδόη.

257. Κανονικὸν διαπασῶν.—Ἐπειδὴ τὸ μουσικὸν σύστημα πρέπει νὰ περιλαμβάνεται μεταξὺ ὁρισμένων ὁρίων, ἀνεξαρκήτων τοῦ ἀπολύτου ὕψους τοῦ ἀποδιδόμενου εἰς ἓνα τῶν φθόγγων, ἐκρίθη ἐπωφελὲς νὰ σταθεροποιηθῇ ἀμεταβλήτως, κατὰ συνθήκην, τὸ ὕψος ἑνὸς φθόγγου.

Εἰδικὸν συνέδριον, συνελθὼν τῷ 1885 εἰς τὴν Βιέννην, ἀπεφάσισε νὰ συνδυάσῃ ὅλους τοὺς φθόγγους πρὸς τὸν ἦχον ἑνὸς προτύπου ἢ **κανονικοῦ** διαπασῶν, τὸ ὅποιον ἐκτελεῖ 435 διπλοὺς παλμοὺς κατὰ δευτερόλεπτον εἰς θερμοκρασίαν 15°. Ὁ ἦχος οὗτος εἶναι κατὰ συνθήκην τὸ κανονικὸν la. Τὸ do τῆς κλίμακος, εἰς τὴν ὁποίαν ἀνήκει τὸ la τοῦτο, εἶναι φθόγγος 261 διπλῶν παλμῶν ($435 : \frac{5}{3}$).

258. Ἐπέκτασις τῆς μουσικῆς κλίμακος.—Ἡ κλίμαξ, εἰς τὴν ὁποίαν ἀνήκει τὸ κανονικὸν la, καλεῖται **θεμελιώδης**· τοὺς φθόγγους αὐτῆς προσδιορίζουν διὰ τοῦ δείκτου 3. Π.χ. do₃ re₃... la₃ si₃.

Αἱ ὑψηλότεραι κλίμακες ἔχουν τοὺς δείκτας 4, 5, 6..., αἱ βαρύτεραι τοὺς δείκτας 2, 1, — 1, — 2...

259. Διαδοχικὰ διαστήματα μιᾶς κλίμακος.—Τόνοι καὶ ἡμιτόνια. Γράψωμεν διὰ μίαν κλίμακα εἰς μίαν πρώτην σειρὰν τὰ διαστήματα μεταξὺ οἰουδήποτε φθόγγου καὶ τοῦ πρώτου καὶ εἰς δευτέραν τὰ διαστήματα δύο φθόγγων διαδοχικῶν :

do	re	mi	fa	sol	la	si	do
1	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{15}{8}$	2

$$\frac{9}{8} : 1 = \frac{9}{8}, \frac{5}{4} : \frac{9}{8} = \frac{10}{9}, \frac{4}{3} : \frac{5}{4} = \frac{16}{15}, \frac{3}{2} : \frac{4}{3} = \frac{9}{8}, \frac{5}{3} : \frac{3}{2} = \frac{10}{9}, \frac{15}{8} : \frac{5}{3} = \frac{9}{8}, 2 : \frac{15}{8} = \frac{16}{15}$$

Παρατηροῦμεν, ὅτι τὰ 7 διαδοχικὰ διαστήματα ἀνάγονται εἰς τρία· ἐκ τούτων τὸ μεγαλύτερον $\frac{9}{8}$ καλεῖται **μεῖζων τόνος**, τὸ $\frac{10}{9}$ **ἐλάσσων τόνος**, τὸ μικρότερον $\frac{16}{15}$ **μεῖζον ἡμιτόνιον**.

Τὰ διαστήματα $\frac{9}{8}$ καὶ $\frac{10}{9}$ συγγέονται, διότι ἔχουν λόγον $\frac{81}{80}$, ὅστις θεωρεῖται πρακτικῶς ἴσος μέ την μονάδα. Διὰ τοῦτο δίδεται τὸ ἴδιον ὄνομα τοῦ **τόνου** εἰς τὰ διαστήματα $\frac{9}{8}$ καὶ $\frac{10}{9}$. Τὸ κατόπιν διάστημα $\frac{16}{15}$ καλεῖται **ἡμιτόνιον**.

Δηλαδή μία κλίμαξ σχηματίζεται ἐκ τῆς διαδοχῆς δύο τόνων καὶ ἑνὸς ἡμιτονίου, τριῶν τόνων καὶ ἑνὸς ἡμιτονίου. Ἐὰν παραστήσωμεν διὰ Τ τοὺς τόνους καὶ διὰ τ τὰ ἡμιτόνια, θὰ ἔχωμεν 2 Τ, τ, 3 Τ, τ.

260. Συγχορδίαί.—Ἡ σύγχορονος ἐκπομπὴ δύο ἢ περισσοτέρων ἤχων, χωριζομένων διὰ μουσικῶν διαστημάτων, ἀποτελεῖ **συγχορδίαν**.

Ἡ συγχορδία εἶναι **σύμφωνος** μέν, ἐὰν παράγῃ εὐάρεστον ἐντύπωσιν εἰς τὸ οὖς, **διάφωνος** δὲ ἐὰν ἡ ἐντύπωσις εἶναι δυσάρεστος.

Τὰ σύμφωνα διαστήματα εἶναι ὀλίγα· τὸ μᾶλλον σύμφωνον εἶναι ἡ **ὁμοφωνία** $\frac{1}{1}$. Κατόπιν τὰ διαστήματα ὀγδῶς $\frac{2}{1}$, πέμπτης $\frac{3}{2}$, τετάρτης $\frac{4}{3}$, μεΐζονος τρίτης $\frac{5}{4}$, ἐλάσσονος τρίτης $\frac{6}{5}$.

Τελεία συγχορδία.—Ἡ παραγωγὴ τριῶν ἤχων, ἐκ τῶν ὁποίων οἱ δύο τελευταῖοι παρουσιάζουν μετὰ τοῦ πρώτου διαστήματα μεΐζονος τρίτης ἢ πέμπτης, δίδει συγχορδίαν, ἣτις καλεῖται **τελεία μεΐζων**.

Εἰς τὴν κλίμακα τοῦ *do* ἀντιστοιχεῖ ἡ τελεία συγχορδία *do, mi, sol*, εἰς τὴν ὁποίαν οἱ ἀριθμοὶ τῶν παλμῶν εἶναι ὡς οἱ ἀριθμοὶ 4, 5, 6.

Ἐκάστη τῶν ἄλλων κλιμάκων χαρακτηρίζεται ὑπὸ μιᾶς τελείας συγχορδίας. Π.χ. διὰ τὴν κλίμακα τοῦ *sol*, ἔχομεν τὴν συγχορδίαν *sol, si, re*.

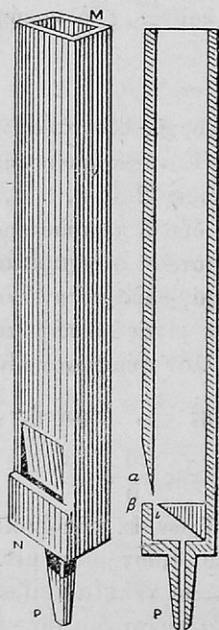
261. Ἀρμονικοὶ ἤχοι.—Καλοῦμεν **ἀρμονικοὺς** τοὺς ἤχους, τῶν ὁποίων αἱ συχνότητες εἶναι μεταξύ των καθὼς ἡ φυσικὴ σειρὰ τῶν

ἀκεραίων ἀριθμῶν 1, 2, 3, 4, 5, 6. Ὁ βαρυτάτος ἦχος, ὁ πρῶτος τῆς σειρᾶς, καλεῖται **θεμελιώδης**, οἱ δὲ λοιποὶ **δεύτερος** **ἁρμονικός**, **τρίτος ἁρμονικός** τοῦ θεμελιώδους ἤχου κτλ.

ΗΧΗΤΙΚΟΙ ΣΩΛΗΝΕΣ

262. Ὁ ἡχητικός σωλὴν εἶναι σωλὴν μὲ ἀνθεκτικὰ καὶ λεῖα τοιχώματα, ὅστις ἀποδίδει ἦχον, ὅταν ὁ ἀήρ, τὸν ὁποῖον ἐγκλείει, τίθεται εἰς παλμικὴν κίνησιν.

Ἡ δόνησις τοῦ ἀέρος παράγεται συνήθως ὑπὸ ἡχητικῆς πηγῆς, τῆς ὁποίας τὰ σχήματα ἄγονται εἰς δύο τύπους: ἐπιστόμιον μὲ στόμα καὶ ἐπιστόμιον μὲ γλωττίδα.



Σχ. 178

πηδᾷ, ὅταν ὁ σωλὴν παράγῃ ἦχον, ὅπερ καθιστᾷ φανερὰν τὴν παλμικὴν κατάστασιν τοῦ ἀέρος.

Ἐπίδρασις τῶν τοιχωμάτων. Τὸ ἦχον σῶμα εἶναι ὁ ἀήρ. Τὰ τοιχώματα δὲν ἐπιδροῦν ἐπὶ τοῦ ὕψους τοῦ ἤχου. Πράγματι, ἐὰν τοποθετήσωμεν ἐπὶ φυσητηρίου τρεῖς σωλῆνας τοῦ αὐτοῦ μήκους καὶ τῆς αὐτῆς διαμέτρου, μὲ ὅμοια ἐπιστόμια, ἀλλὰ τὸν πρῶτον ἐκ ξύλου,

263. **Ἐπιστόμιον μὲ στόμα.**— Εἰς τὸ ἐπιστόμιον τοῦτο, τὸ χρησιμοποιούμενον εἰς τοὺς πλείστους τῶν σωλῆνων τῶν πνευστῶν ὀργάνων, ὁ ἀήρ ἐξέρχεται ἐκ φυσητηῆρος, ἐντὸς τοῦ ὁποίου εἶναι πεπιεσμένος. Διέρχεται διὰ σωλῆνος P (σχ. 178) καὶ φθάνει εἰς θάλαμον, ἐκ τοῦ ὁποίου ἐξερχόμενος διὰ στενῆς σχισμῆς ι προσκορπεῖ ἐπὶ ἐλάσματος α. Τοῦτο εἶναι λοξῶς τετμημένον καὶ σχηματίζει τὸ ἀνώτερον χεῖλος ἐγκαρσίου ἀνοίγματος, τὸ ὁποῖον καλεῖται **στόμα**. Τὸ ρεῦμα τοῦ ἀέρος, θραυόμενον ἐπὶ τοῦ ἐλάσματος, παράγει σειρὰν ὥσεων, αἱ ὁποῖαι μεταδίδονται εἰς τὴν ἀερώδη στήλην.

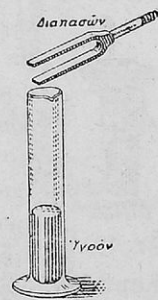
Ὁ ἀήρ πάλλεται ἐντὸς ἡχητικοῦ σωλῆνος. Πράγματι, ἐὰν εἰσαγάγωμεν ἐντὸς τοῦ σωλῆνος (σχ. 172) μικρὸν ὀριζόντιον δίσκον ἐκ μεμβράνης, ἐπὶ τῆς ὁποίας ἔχομεν θέσει ὀλίγην ἄμμο, παρατηροῦμεν, ὅτι ἡ ἄμμος ἀνα-

τὸν δεύτερον ἐκ χαλκοῦ καὶ τὸν τρίτον ἐκ χονδροῦ χάρτου, θὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι καὶ οἱ τρεῖς ἤχοι ἔχουν τὸ αὐτὸ ὕψος· μόνον ἡ χροιά αὐτῶν διαφέρει.

Ἐπίδρασις τῆς φύσεως τοῦ αἵριου. Τὸ ὕψος τοῦ ἤχου αὐξάνεται, ὅταν ἡ πυκνότης τοῦ αἵριου ἐλαττωταί. Ὁ ἤχος εἶναι ὀξύτερος εἰς τὸ ὑδρογόνον παρὰ εἰς τὸν αἶρα· εἰς τὸ διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος εἶναι βαρύτερος.

Ὁ ἤχητικὸς σωλὴν ἐνισχύει τὸν ἤχον. Διὰ νὰ ἀποδείξωμεν τοῦτο, φέρομεν ἄνωθεν κυλινδρικοῦ ὑαλίνου δοχείου (σχ. 179) ἐν διαπασῶν. Καθ' ὃν χρόνον τὸ διαπασῶν παράγει ἤχον, ῥίπτομεν ὀλίγον κατ' ὀλίγον ἐντὸς τοῦ δοχείου ὕδωρ, οὕτως ὥστε νὰ σμικρύνωμεν βαθμηδὸν τὸ ὕψος τῆς ἐντὸς αὐτοῦ αἱρώδους στήλης· θὰ παρατηρήσωμεν τότε, ὅτι ὁ ἤχος τοῦ διαπασῶν ἐνισχύεται σημαντικῶς τὴν στιγμὴν, καθ' ἣν ἡ στήλη τοῦ αἵρος λάβῃ τὸ κατάλληλον μῆκος.

264. Νόμοι τῶν κυλινδρικών ἢ πρισματικών σωλήνων.—Εἰς σωλήνας πολὺ μικρᾶς διαμέτρου ὥς πρὸς τὸ μῆκος των, τὸ ὕψος τῶν ἤχων ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ μήκους καὶ οὐχὶ ἐκ τῆς διαμέτρου. Σωλὴν εὐθύς καὶ σωλὴν κεκαμμένος τοῦ αὐτοῦ μήκους ἀποδίδουν τοὺς αὐτοὺς ἤχους. Οἱ ἤχοι διαφέρουν, καθ' ὅσον τὸ ἀπέναντι τοῦ ἐπιστομίου ἄκρον τοῦ σωλήνος εἶναι **κλειστὸν ἢ ἀνοικτόν.**



Σχ. 179

265. Νόμοι τῶν ἁρμονικῶν.—Σ ω λ ἦ ν ε ς κ λ ε ι σ τ ο ῖ. Αἱ συχνότητες τῶν ὑπὸ κλειστοῦ σωλήνος ἀποδιδόμενων ἤχων εἶναι Ν, 3Ν, 5Ν, 7Ν Ὁ βαρύτερος ἤχος καλεῖται **θεμελιώδης**, οἱ ἄλλοι εἶναι οἱ **περιττοὶ ἁρμονικοὶ** τοῦ θεμελιώδους ἤχου.

Σ ω λ ἦ ν ε ς ἀ ν ο ι κ τ ο ῖ. Αἱ συχνότητες τῶν ἀποδιδόμενων ἤχων εἶναι Ν', 2Ν', 3Ν' Οἱ ἀποδιδόμενοι ἤχοι εἶναι εἰς **θεμελιώδης** καὶ οἱ **διαδοχικοὶ ἁρμονικοὶ** αὐτοῦ.

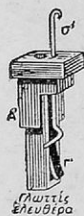
Νόμος τῶν μηκῶν. α) τὸ ὕψος τοῦ θεμελιώδους ἤχου διὰ σωλήνας τοῦ αὐτοῦ εἶδους (εἴτε ἀνοικτοῦς εἴτε κλειστοῦς) εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογον πρὸς τὸ μῆκος τοῦ σωλήνος. Οὕτω δυνάμεθα νὰ ἀνυψώσωμεν κατὰ μίαν ὀγδόην τὸν ἤχον σωλήνος, βραχύνοντες αὐτὸν κατὰ τὸ ἥμισυ.

β) Κλειστὸς σωλὴν δίδει τὸν αὐτὸν θεμελιώδη ἤχον, τὸν ὅποιον καὶ

σωλήν ἀνοικτὸς διπλασίου μήκους. Τὸν νόμον τοῦτον δυνάμεθα νὰ διατυπώσωμεν καὶ ὡς ἑξῆς: Ὁ θεμελιώδης ἤχος κλειστοῦ σωλήνος εἶναι κατὰ μίαν ὀγδόην βαρύτερος τοῦ θεμελιώδους ἤχου σωλήνος ἀνοικτοῦ, τοῦ αὐτοῦ μήκους. Διὰ νὰ ἀποδείξωμεν τὸν νόμον τοῦτον, κάμνομεν ἀνοικτὸν σωλήνα νὰ ἀποδώσῃ τὸν θεμελιώδη ἤχον· ἐὰν κατόπιν κλείσωμεν διὰ σανίδος τὸ ἄκρον αὐτοῦ, θὰ ἀκούσωμεν ἤχον κατὰ μίαν ὀγδόην βαρύτερον.

266. Ἐπιστόμιον μετὰ γλωττίδος.—Εἰς ἡχητικὸν σωλήνα, αἱ περιοδικαὶ ἔξοδοι τοῦ ρεύματος τοῦ ἀέρος δύνανται νὰ γίνωνται διὰ τῶν παλμικῶν κινήσεων ἐλαστικοῦ ἐλάσματος, τὸ ὁποῖον καλεῖται **γλωττίς**. Ὁ σωλήν ἐνισχύει ἓνα τῶν ἤχων τοῦ ἐλάσματος τούτου.

Ἐλευθέρα γλωττίς. Εἰς τοὺς σωλήνας τῶν πνευστῶν ὀργάνων, ἡ γλωττίς τοποθετεῖται εἰς τὸ ἀνώτερον μέρος τοῦ σωλήνος. Ὁ σωλήν, στερεωμένος διὰ τοῦ ποδός του ἐπὶ φυσητηρίου, κλείεται ἄνωθεν διὰ ξυλίνου πρισματικοῦ κιβωτίου, τὸ ὁποῖον εἰσάγεται ἐντὸς τοῦ σωλήνος. Ἡ ἐντὸς τοῦ σωλήνος κοίλη προέκτασις τοῦ κιβωτίου τούτου φέρει πλαγίως ὀρθογώνιον θυρίδα ἐπιμήκη, ἐντὸς τῆς ὁποίας κινεῖται λεπτὸν ἔλασμα Γ' ἐξ ὀρειχάλκου (σχ. 180). Τὸ ἔλασμα τοῦτο εἶναι προσηλωμένον διὰ τοῦ ἀνωτέρου ἄκρου του εἰς μίαν τῶν μικρῶν πλευρῶν τῆς θυρίδος. Ἡ γλωττίς Γ' καλεῖται



Σχ. 180

ἐλευθέρα, διότι πάλ्लεται ἐλευθέρως καὶ ἀπὸ τὰ δύο μέρη τῆς θυρίδος, χωρὶς νὰ ἐφάπτηται τῶν χειλέων αὐτῆς. Ὁ ἀήρ τοῦ φυσητηρίου φθάνει διὰ τοῦ σωλήνος, ὥθει τὸ ἔλασμα πρὸς τὰ ἔσω τοῦ κιβωτίου, οὕτω δὲ διέρχεται ἐλευθέρως καὶ ἐκφεύγει διὰ ὁπῆς τοῦ καλύμματος. Λόγω τῆς ἐλαστικότητός του τὸ ἔλασμα ἐπανέρχεται εἰς τὴν θέσιν τῆς ἰσορροπίας του, τὴν ὑπερβαίνει καὶ πάλ्लεται ἐγκαρσίως, ἀνοίγον καὶ κλείον τὴν θυρίδα. Τοιοῦτοτρόπως παράγονται παλμικαὶ κινήσεις εἰς τὸν ἀέρα, ἐπομένως καὶ ἤχος, τοῦ ὁποίου τὸ ὕψος ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς ταχύτητος τοῦ ρεύματος τοῦ ἀέρος.

Πληττουσα γλωττίς. Εἰς ταύτην (σχ. 181) τὸ ἐλαστικὸν ἔλασμα εἶναι ὀλίγον πλατύτερον τῆς θυρίδος, ἐπομένως πάλ्लεται μόνον ἐκ τοῦ ἐνὸς μέρους αὐτῆς, πληττον τὰ χεῖλη τῆς ὁπῆς. Καὶ εἰς τὰ δύο εἶδη τῶν γλωττίδων καθιστῶμεν τὸν ἤχον ὀξύτερον, ἐλαττοῦντες τὸ μήκος τοῦ παλλομένου μέρους αὐτῆς διὰ τοῦ στελέχους σ.

ΠΑΛΜΟΙ ΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

267. Τὰ ἐλαστικά στερεὰ σώματα σχηματίζουν πολλές ομάδας παλλομένων σωμάτων :

α) Σώματα, τῶν ὁποίων τὸ μῆκος εἶναι μέγα σχετικῶς πρὸς τὸ πλάτος καὶ τὸ πάχος· τοιαῦτα εἶναι : α) ράβδοι (ἄκαμπτοι), 2) χορδαὶ (εὐκαμπτοι).

β) Σώματα, τῶν ὁποίων τὸ πάχος εἶναι πολὺ μικρὸν ἐν σχέσει πρὸς τὸ μῆκος καὶ πλάτος· τοιαῦτα εἶναι : 1) πλάκες (ἄκαμπτοι), 2) μεμβράναι (εὐκαμπτοι).

γ) Σώματα οἰοῦδήποτε σχήματος : κώδωνες, κύμβαλα κτλ.

Ἐκ τούτων θὰ ἐξετάσωμεν τὰς χορδὰς.

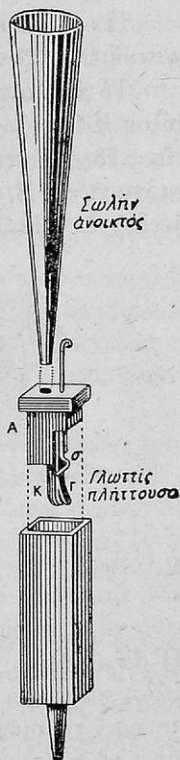
268. Ἐγκάρσιοι παλμοὶ τῶν χορδῶν. — Αἱ ἤχητικαὶ χορδαὶ εἶναι νήματα ἔξ ἐντέρου ἢ ἐκ μετάλλου, προσηλωμένα κατὰ τὰ δύο ἄκρα των καὶ τεταμένα. Ἐὰν τοιαύτην χορδὴν ἔλξωμεν καθέτως πρὸς τὸ μῆκος της καὶ τὴν ἀφήσωμεν ἔπειτα ἐλευθέραν, αὕτη πάλ्लεται ταχέως ἐκατέρωθεν τῆς ἀρχικῆς θέσεως τῆς ἰσορροπίας της. Αἱ παλμικαὶ αὗται κινήσεις, αἱ ἀνάθετοι πρὸς τὸ μῆκος τῆς χορδῆς, λέγονται ἐγκάρσιοι.

Νόμοι. Οἱ νόμοι τῶν ἐγκαρσίων παλμῶν τῶν χορδῶν περιλαμβάνονται εἰς τὸν θεωρητικῶς ἐξαγόμενον τύπον :

$$N = \frac{1}{2\alpha \cdot \mu} \sqrt{\frac{Mg}{\pi \delta}}$$

ἐνθα N ὁ ἀριθμὸς τῶν κατὰ δευτερόλεπτον πλήρων παλμικῶν κινήσεων χορδῆς κυλινδρικῆς, ἡ ὁποία πάλ्लεται καθ' ὅλον τὸ μῆκος της καὶ ἀποδίδει οὕτω τὸν βαρύτερον ἦχον (θεμελιώδη), M τὸ τεῖνον βάρος εἰς γραμμάρια, (Mg εἰς δύνας), δ ἡ πυκνότης τῆς χορδῆς, μ τὸ μῆκος της εἰς ἑκατοστόμετρα, α ἡ ἀκτίς τῆς τομῆς της εἰς ἑκατοστόμετρα.

Ἡ συχνότης λοιπὸν τοῦ θεμελιώδους ἦχου μεταβάλλεται κατὰ λόγον ἀντίστροφον πρὸς τὸ μῆκος, τὴν διάμετρον καὶ τὴν τετραγωνικὴν ρίζαν τῆς πυκνότητος τῆς χορδῆς, εἶναι δὲ ἀνάλογος πρὸς τὴν τετραγωνικὴν ρίζαν τοῦ τεῖνοντος βάρους.



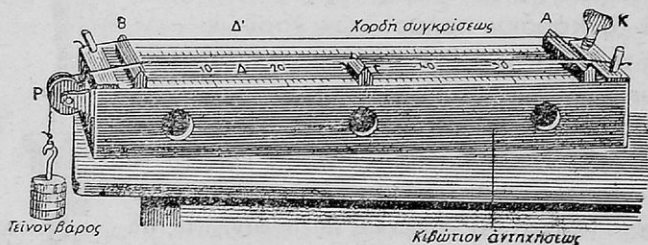
Σχ. 181

Τὰ προσηλωμένα ἄκρα τῆς παλλομένης χορδῆς, τὰ ὁποῖα δὲν πάλ-
λονται, λέγονται **δεσμοί**· τὸ δὲ μέσον, ὅπου οἱ παλμοὶ παρουσιάζουν
τὸ μέγιστον αὐτῶν πλάτος, λέγονται **κοιλίαι**.

Σημείωσις.—Ὅποιοσδήποτε καὶ ἂν εἶναι ὁ ἀριθμὸς τῶν
ἐνδιαμέσων δεσμῶν, τὸ μῆκος μ τῆς χορδῆς περιλαμβάνει κατ' ἀκέ-
ραιον ἀριθμὸν φορῶν τὸ μεταξὺ δύο δεσμῶν διάστημα.

Πειραματικὴ ἐπαλήθευσις. Ἡχόμετρον. Ἡ πειρα-
ματικὴ ἐπαλήθευσις γίνεται διὰ τοῦ ἡχομέτρου.

Τὸ **ἡχόμετρον** εἶναι μακρὸν ὀρθογώνιον κιβώτιον (σχ. 182) ἐκ
ξύλου ἐλάτης, προωρισμένον νὰ ἐνισχύη τοὺς ἤχους. Ἐπὶ τῆς ἀνωτέ-
τερας ἑδρας αὐτοῦ εἶναι προσηλωμένα δύο τριγωνικὰ ξύλινα ὑποστηρί-
γματα Α καὶ Β, αἱ ἀκμαὶ τῶν ὁποίων εἶναι παράλληλοι καὶ ἀπέχουν ἐν
μέτρῳ ἀπ' ἀλλήλων. Ἐπὶ τῶν ἀκμῶν τείνονται δύο χορδαί, τῶν ὁποίων



Σχ. 182

τὸ ἐν ἄκρον προσδένεται στερεῶς κατὰ τὸ ἕτερον ἄκρον ἢ μία τῶν χορ-
δῶν, ἥτις εἶναι σταθερά, περιτυλίσσεται ἐπὶ ἄξονος, τὸν ὁποῖον δυνά-
μεθα νὰ στρέφωμεν διὰ κλειδὸς Κ, ἵνα μεταβάλλωμεν τὴν τάσιν αὐτῆς.
Ἡ ἄλλη χορδή, ἥτις εἶναι μεταβλητή, διέρχεται διὰ τῆς αὐλάκος τρο-
χαλίας καὶ φέρει ἐξηρημένον εἰς τὸ ἄκρον τῆς βάρος, τὸ ὁποῖον τὴν
διατηρεῖ τεταμένην. Μεταξὺ τῶν δύο σταθερῶν ἀκμῶν Α καὶ Β δύ-
ναται νὰ ὀλισθαίνει ὑπὸ τὴν χορδὴν ταύτην κινητὸν ὑποστήριγμα Γ
κατὰ μῆκος κανόνος διηρημένου εἰς ἑκατοστὰ τοῦ μέτρου. Διὰ τοῦ
ὑποστηρίγματος τούτου μεταβάλλομεν τὸ παλλόμενον μῆκος τῆς μετα-
βλητῆς χορδῆς. Τὰς ἐγκαρσίας παλμικὰς κινήσεις τῆς χορδῆς προκα-
λοῦμεν εἴτε ἀπομακρύνοντες αὐτὴν ἐκ τῆς θέσεως τῆς ἰσορροπίας διὰ
τοῦ δακτύλου καὶ ἀφίροντες ἔπειτα ἐλευθέραν, εἴτε προστρίβοντες
ταύτην καθέτως πρὸς τὸ μῆκος τῆς, διὰ δοξαρίου, ἐπιχρισμένου διὰ
κόνεως κολοφωνίου.

α) **Νόμος τῶν μηκῶν.** Ἀφοῦ κανονίσωμεν διὰ βαρῶν τὴν τάσιν τῆς μεταβλητῆς χορδῆς, θέτομεν αὐτὴν εἰς παλμικὴν κίνησιν. Συγχρόνως, τείνοντες διὰ τῆς κλειδῶς Κ τὴν σταθερὰν χορδὴν, θέτομεν αὐτὴν εἰς ὁμοφωνίαν μετὰ τῆς μεταβλητῆς. Συνεπῶς αὕτη διατηρεῖ, διὰ τὴν σύγκρισιν, τὸν ἦχον τῆς μεταβλητῆς χορδῆς παλλομένης ἐξ ὁλοκλήρου.

Φέρομεν κατόπιν τὸ ὑποστήριγμα Γ εἰς τὸ μέσον τῆς μεταβλητῆς χορδῆς. Θέτοντες εἰς παλμικὴν κίνησιν τὸ ἐν ἡμῖς τῆς χορδῆς ταύτης, παρατηροῦμεν, ὅτι τὸ ὕψος τοῦ ἀποδιδομένου ἡχου εἶναι διπλάσιον τοῦ ὕψους τοῦ ὑπὸ ὁλοκλήρου τῆς χορδῆς ἀποδιδομένου ἡχου, τὸν ὁποῖον μᾶς παρέχει ἡ σταθερὰ χορδή. Φέρομεν κατόπιν τὸ ὑποστήριγμα εἰς τὸ $\frac{1}{3}$ τῆς χορδῆς καὶ θέτοντες αὐτὸ εἰς παλμικὴν κίνησιν παρατηροῦμεν, ὅτι νῦν τὸ ὕψος τοῦ ἀποδιδομένου ἡχου εἶναι τριπλάσιον τοῦ ὕψους τοῦ ἡχου τοῦ ὑπὸ ὁλοκλήρου τῆς χορδῆς ἀποδιδομένου. Ἄρα τοῦ μήκους τῆς χορδῆς ὑποδιπλασιασθέντος, ὑποτριπλασιασθέντος κτλ., τὸ ὕψος τοῦ ἡχου, καὶ συνεπῶς ἡ συχνότης αὐτοῦ, διπλασιάζεται, τριπλασιάζεται κτλ.

β) **Νόμος τῶν διαμέτρων.** Τείνομεν ἐπὶ τοῦ ἡχομέτρου δύο χορδὰς ὁμοίας, ὧν ἡ μία ἔχει διάμετρον διπλασίαν τῆς διαμέτρου τῆς ἄλλης. Παρατηροῦμεν τότε, ὅτι ἡ λεπτοτέρα χορδὴ δίδει ἦχον, τοῦ ὁποῖου τὸ ὕψος εἶναι διπλάσιον τοῦ ὕψους τοῦ ἡχου τῆς ἄλλης. Ἦτοι τῆς διαμέτρου τῆς χορδῆς ὑποδιπλασιασθείσης, τὸ ὕψος τοῦ ἡχου διπλασιάζεται.

γ) **Νόμος τῶν βαρῶν.** Τείνομεν τὴν μεταβλητὴν χορδὴν διὰ βάρους ἐνὸς χιλιογράμμου. Θέτομεν κατόπιν αὐτὴν εἰς παλμικὴν κίνησιν καὶ σημειώνομεν τὸ ὕψος τοῦ ἀποδιδομένου ἡχου, θέτοντες ἐν ὁμοφωνίᾳ μετ' αὐτῆς τὴν σταθερὰν χορδὴν. Ἐὰν κατόπιν τὴν αὐτὴν χορδὴν τείνωμεν διὰ βάρους 4 χιλιογράμμων, θὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι τὸ ὕψος τοῦ ἀποδιδομένου τότε ἡχου εἶναι διπλάσιον τοῦ ὕψους τοῦ ἀποδιδομένου ὑπὸ τῆς σταθερᾶς χορδῆς. Ἄρα τοῦ τείνοντος βάρους τετραπλασιασθέντος, τὸ ὕψος τοῦ ἡχου ἐγένετο διπλάσιον, δηλ. ἀνάλογον πρὸς τὴν τετραγωνικὴν ρίζαν τοῦ 4.

δ) **Νόμος τῶν πυκνοτήτων.** Τείνομεν ἐπὶ τοῦ ἡχομέτρου, διὰ τῶν αὐτῶν βαρῶν, δύο ὁμοίας χορδὰς, ἀλλ' ἐκ δύο διαφόρων μετάλλων, τῶν ὁποίων αἱ πυκνότητες νὰ εἶναι ὡς 4 ὁ πρὸς τὸν 1. Πειραματιζόμενοι ὡς ἀνωτέρω ἀποδεικνύομεν, ὅτι τὸ ἀραιότερον σύρμα ἀποδι-

δει ἦχον ὕψους διπλασίου τοῦ ὕψους τοῦ ἦχου τοῦ ἀποδιδομένου ὑπὸ τοῦ πυκνότερου. Ὅτι τοῦ ὕψους τοῦ ἦχου ἐγένετο διπλάσιον, ὅταν ἡ πυκνότης τῆς χορδῆς ἐγένετο ὑποτετραπλασία, δηλ. μεταβάλλεται κατὰ λόγον ἀντίστροφον πρὸς τὴν τετραγωνικὴν ρίζαν τῆς πυκνότητος.

Ἀριθμητικὴ ἐφαρμογή. Νὰ εὑρεθῇ τὸ ὕψος τοῦ ἦχου τοῦ ἀποδιδομένου ὑπὸ χορδῆς ἐκ χάλυβος πυκνότητος 7,8 ἐχούσης μῆκος ἐνὸς μέτρου, διάμετρον ἐνὸς χιλιοστοῦ τοῦ μέτρου καὶ τεινομένης ὑπὸ βάρους 42,54 γρ.

ἔχομεν $\alpha=0,05$ ἐκ. $\mu=100$ ἐκ. $M=42540$ γρ. $g=981$
 $\pi=3,1416$ $\delta=7,8$. Ἀντικαθιστώντες εἰς τὸν τύπον

$$N = \frac{1}{2\alpha\mu} \sqrt{\frac{Mg}{\pi\delta}}, \quad \text{ἔχομεν}$$

$$N = \frac{1}{2 \cdot 0,05 \cdot 100} \sqrt{\frac{42540 \cdot 981}{3,1416 \cdot 7,8}}, \quad \text{ἔξ ἧς } N = 130,5.$$

Ποβλήματα

1ον. Δύο χορδαὶ μεταλλικαί, ἐκ τῆς αὐτῆς οὐσίας καὶ τοῦ αὐτοῦ πάχους, ἔχουν μῆκη 1 μ. καὶ 1,20 μέτρο. Ποία πρέπει νὰ εἶναι ἡ σχέση τῶν τάσεων αὐτῶν, ἵνα ἡ βραχυτέρα δώσῃ ἀριθμὸν παλμικῶν κινήσεων, ὅστις πρὸς τὸν τῆς ἄλλης νὰ ἔχη λόγον 3:2;

2ον. Δύο χορδαὶ ἰσομήκεις καὶ ἰσοπαχεῖς, ἡ μὲν ἐκ σιδήρου, ἡ δὲ ἐκ λευκοχρύσου, τεινόμεναι δι' ἴσων βαρῶν κραδαίνονται. Ἄν ἡ ἐκ σιδήρου χορδὴ ἐκτελῇ 880 παλμικὰς κινήσεις κατὰ δευτερόλεπτον, ποῖος ὁ ἀριθμὸς τῶν παλμικῶν κινήσεων, τὰς ὁποίας ἡ ἐκ λευκοχρύσου θὰ ἐκτελέσῃ εἰς τὸν αὐτὸν χρόνον; Πυκνότης σιδήρου 7,7, λευκοχρύσου 21,2.

3ον. Χορδὴ ἐκ χάλυβος, μήκους μ μέτρων καὶ χορδὴ ἐκ χαλκοῦ τοῦ αὐτοῦ μήκους παρέχουσι τὸν αὐτὸν ἦχον παλλόμεναι ἐγκαρσίως. Ἀντικαθιστῶμεν τὴν ἐκ χαλκοῦ χορδὴν διὰ χορδῆς ἐκ λευκοχρύσου, τοῦ αὐτοῦ μήκους καὶ τῆς αὐτῆς τομῆς, χωρὶς νὰ ἀλλάξωμεν τὴν τάσιν. Νὰ εὑρεθῇ τὸ μῆκος τὸ ὁποῖον πρέπει νὰ δώσωμεν εἰς τὴν ἐκ χάλυβος χορδὴν, ἵνα αὕτη ἀποδίδῃ ἦχον ὕψους διπλασίου τοῦ ὕψους τοῦ ἦχου τοῦ ἀποδιδομένου ὑπὸ τῆς ἐκ λευκοχρύσου χορδῆς. Πυκνότης λευκοχρύσου 21,2, χαλκοῦ 8,8.

ΣΥΝΗΧΗΣΙΣ Ἡ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ

269. Αἱ περιοδικαὶ αἰωρήσεις σώματος, τὸ ὅποιον δύναται νὰ τεθῇ εἰς αἰώρησιν, εἶναι δυνατὸν νὰ προκληθοῦν καὶ νὰ διατηρηθοῦν ὑπὸ τῆς παρουσίας ἄλλου σώματος, τὸ ὅποιον αἰωρεῖται περιοδικῶς.

Ἡ μετάδοσις τῶν αἰωρήσεων ἐξασκεῖται διὰ τοῦ ἐλαστικοῦ μέσου, ἐντὸς τοῦ ὁποίου εὐρίσκονται τὰ δύο σώματα, ἢ διὰ τῆς μεσολαβήσεως κοινοῦ ἐλαστικοῦ ὑποστηρίγματος καὶ καλεῖται **συντονισμὸς ἢ συνήχησις**.

Οὕτω π.χ. ἐκ τεταμένου νήματος ἐξαρθῶμεν δύο ἐκκρεμῇ τοῦ αὐτοῦ μήκους καὶ συνεπῶς τῆς αὐτῆς περιόδου καὶ θέτομεν τὸ ἐν ἐξ αὐτῶν εἰς αἰώρησιν. Παρατηροῦμεν μετ' ὀλίγον, ὅτι καὶ τὸ ἄλλο ἐκκρεμὲς τίθεται εἰς αἰώρησιν ὑπὸ πλάτος, τὸ ὅποιον ὀλίγον κατ' ὀλίγον αὐξάνεται. Αἱ περιοδικαὶ λοιπὸν αἰωρήσεις τοῦ πρώτου ἐκκρεμοῦς (διεγέρτου) μετεδόθησαν εἰς τὸ δεύτερον ἐκκρεμὲς (δέκτην) διὰ τοῦ νήματος καὶ τοῦ ἀέρος.

Αἱ αἰωρήσεις τοῦ δέκτου διατηροῦνται, ἐὰν αἱ ἰδιαιτέραι περίοδοι τῶν δύο σωμάτων (δηλ. αἱ περίοδοί των, ὅταν ἕκαστον τούτων αἰωρῇται ἀνεξαρτήτως τοῦ ἄλλου) εἶναι ἴσαι ἢ διαφέρουν ὀλίγον.

Ἐὰν ὅμως ἡ περίοδος τῆς αἰωρήσεως τοῦ δέκτου διαφέρει πολὺ ἀπὸ τὴν περίοδον τῆς κινήσεως τοῦ διεγέρτου, δὲν συμβαίνει συντονισμός. Οὕτω εἰς τὸ ἀνωτέρω παράδειγμα, ἐὰν αἱ ἰδιαιτέραι περίοδοι τῶν δύο ἐκκρεμῶν (δηλ. τὰ μήκη των) διαφέρουν ὀλίγον, αἱ ἀμοιβαῖαι ἀντιδράσεις των τὰς ἐξισώνουν τελείως. Ἐὰν ὅμως αἱ περίοδοί των διαφέρουν πολὺ, δὲν γίνεται συντονισμός.

Ἀνάλογα παραδείγματα μηχανικοῦ συντονισμοῦ, ὀφειλομένου εἰς συγχρόνους ὤσεις, παρέχονται ὑπὸ κοινῶν συνθέτων ἐκκρεμῶν, π.χ. αἰώρας ἢ κώδωνος. Ἀφοῦ ὠθήσωμεν πρὸς τὰ ἔμπρὸς αἰώραν, ἐνισχύομεν τὸ πλάτος τῆς αἰωρήσεως διὰ διαδοχικῶν ὤσεων τῆς αὐτῆς φορᾶς κατὰ χρονικὰ διαστήματα ἴσα πρὸς τὴν περίοδον τῆς κινήσεως τῆς αἰώρας.

Παρόμοια φαινόμενα παρουσιάζονται καὶ εἰς τὴν Ἀκουστικὴν. Οὕτω π.χ. ἐὰν ἀνεγείρωμεν τὸ κάλυμμα κλειδοκυμβάλου καὶ ἀνυψώσωμεν τὸ πιέζον τὰς χορδὰς ὄργανον, ἵνα δύνανται αὐταὶ νὰ πάλλωνται ἐλευθέρως, θὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι πᾶς ἤχος παραγόμενος πλησίον τῶν χορδῶν καὶ διατηρούμενος ἐπὶ χρόνον ἀρκετὸν, προκαλεῖ διὰ συν-

τονισμού τὴν παλμικὴν κίνησιν χορδῆς, ἀποδιδούσης τὸν αὐτὸν ἦχον ἢ ἓνα τῶν ἁρμονικῶν του.

Ἐπίσης, ἐὰν πλησίον διαπασῶν ἡρεμοῦντος θέσωμεν ἄλλο διαπασῶν τῆς αὐτῆς περιόδου ἦχον, παρατηροῦμεν ὅτι καὶ τὸ πρῶτον ἄρχεται ἡχοῦν. Ἐὰν σταματήσωμεν διὰ τῆς χειρὸς τὴν παλμικὴν κίνησιν τοῦ δευτέρου, ὁ ἦχος τοῦ πρώτου συνεχίζεται μόνος καὶ ἀκούεται εὐκρινῶς, ἐὰν πλησιάσωμεν τὸ οὗς εἰς αὐτό.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγωμεν ὅτι, ἐὰν πλησίον τοῦ ἡχογόνου σώματος, τὸ ὁποῖόν δύναται νὰ ἀποδώσῃ ὠρισμένους ἦχους, παράγωμεν ἓνα ἐκ τῶν ἡχων τούτων, τὸ ἡχογόνον σῶμα τίθεται εἰς παλμικὴν κίνησιν, ἐνισχύον οὕτω τὸν διεγείραντα αὐτὸ ἦχον. Τὸ σῶμα τοῦτο, τὸ ὁποῖον ἐνισχύει τὸν διεγείραντα ἦχον, καλεῖται ἡχείον. Ἡ ἐνίσχυσις εἶναι ἐντονωτάτη, ὅταν ὁ θεμελιώδης ἦχος τοῦ ἡχείου εἶναι τοῦ αὐτοῦ ὕψους πρὸς τὸν διεγείραντα ἦχον. Οὕτως ὁ ἀσθενὴς ἦχος διαπασῶν ἐνισχύεται σημαντικῶς, ἐὰν τὸ διαπασῶν τεθῇ ἐπὶ ξυλίνου κιβωτίου καταλλήλων διαστάσεων, ὥστε ἡ θεμελιώδης συχνότης του νὰ εἶναι ἡ αὐτὴ μὲ τὴν τοῦ διαπασῶν.

Τῶν ἡχείων γίνεται χρῆσις πρὸς ἐνίσχυσιν τοῦ ἡχου εἰς τὰ διάφορα μουσικὰ ὄργανα, π.χ. εἰς τὸ ἡχόμετρον, τὸ βιολίον, τὴν κιθάραν κλπ.

Γ'. ΧΡΟΙΑ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

270. Ἦχοι τοῦ αὐτοῦ ὕψους ἀποδιδόμενοι ὑπὸ διαφόρων ὁργάνων διακρίνονται διὰ τῆς **χροιάς**. Ἡ χροιά ὀφείλεται εἰς τὴν συγχρόνως μὲ τὸν κύριον ἦχον παραγωγὴν πολλῶν ἐκ τῶν ἁρμονικῶν του.

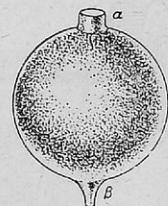
271. Ἦχος ἀπλοῦς. Ἦχος σύνθετος. — Καλοῦμεν **ἀπλοῦν** τὸν ἦχον, ὅστις ἀντιστοιχεῖ εἰς ἓνα ὠρισμένον ἀριθμὸν παλμῶν κατὰ δευτερόλεπτον· ὁ ἦχος εἶναι ὡς ἐπὶ τὸ πλεῖστον **σύνθετος** καὶ προκύπτει ἐκ τῆς συγχρόνου παραγωγῆς ἀπλῶν ἡχων.

Χορδὴ παλλομένη ἐγκαρσίως δύναται νὰ ἀποδώσῃ **διαδοχικῶς** ἓνα θεμελιώδη ἦχον καὶ τοὺς ἁρμονικοὺς του. Οἱ ἁρμονικοὶ συνυπάρχουν ἄλλως τε μετὰ τοῦ θεμελιώδους ἡχου. Ἐὰν π.χ. μία χορδὴ πάλλεται καθ' ὅλον αὐτῆς τὸ μήκος, ὁ θεμελιώδης ἦχος, ὅστις ἐπικρατεῖ, συνοδεύεται ὑπὸ τῶν ἁρμονικῶν του. Καθ' ὃν χρόνον δηλ. ἡ χορδὴ πάλλεται δλόκληρος, ὑποδιαιρεῖται ἀφ' ἑαυτῆς εἰς 2, 3, 4 ... ἴσα τμήματα, τὰ ὁποῖα πάλλονται συγχρόνως.

Τὰ διαπασῶν, οἱ σφαιρικοὶ σωλήνες, ἀποδίδουν ἦχους ἀπλοῦς. Τὸ

διαπασῶν ἐκπέμπει ἀπλοῦν ἦχον, διότι οἱ ἁρμονικοί, οἱ συνοδεύοντες τὸν κύριον ἦχον, ἀποσβύνονται τάχιστα. Ἐπίσης σφαιρικός σωλὴν ἐνισχύει πρακτικῶς ἓνα ἦχον. Διὰ τὴν ιδιότητά των ταύτην χρησιμοποιοῦμεν τὰ διαπασῶν καὶ τοὺς σφαιρικοὺς σωλῆνας διὰ τὴν ἀνάλυσιν τῶν ἡχῶν. Ἐπειδὴ τὰ ὕψη τῶν ὑπὸ διαφόρων σφαιρικῶν σωλῆνων ἐνισχυομένων ἡχῶν μεταβάλλονται κατὰ λόγον ἀντίστροφον πρὸς τὰς ἀκτῖνας των, δυνάμεθα νὰ κατασκευάσωμεν σειρὰν σφαιρικῶν σωλῆνων, οἱ ὅποιοι νὰ ἀποδίδουν ὠρισμένους ἦχους.

272. Ἀνάλυσις τῶν ἡχῶν.—Διὰ τὴν ἀνάλυσιν τῶν ἡχῶν χρησιμοποιοῦμεν κοίλας σφαίρας ἐξ ὑάλου ἢ χαλκοῦ (σχ. 183), αἱ ὁποῖαι φέρουν δύο ἐκ διαμέτρου ἀντίθετα στόμια, τὸ μὲν ἐν κυλινδρικῶν (α), τὸ δὲ ἕτερον κωνικῶν (β). Ἐν τοιοῦτον ἡχείον πάλλεται ἰσχυρῶς διὰ συντονισμοῦ, ὅταν ὁ ἦχος, τὸν ὁποῖον δύναται νὰ ἐνισχύσῃ, παράγεται πρὸ αὐτοῦ. Ὁ παρατηρητὴς εἰσάγει τὸ κωνικὸν στόμιον εἰς τὸ ἐν αὐτοῦ οὖς, φροντίζων συγχρόνως νὰ φράξῃ τὸ ἕτερον. Τοιουτοτρόπως τὸ οὖς μένει ἀνεπηρέαστον εἰς πάντα ἄλλον ἦχον, πλὴν τοῦ προερχομένου ἐκ τοῦ ἡχείου, ὅστις καὶ διακρίνεται εὐκρινέστατα.



Σχ. 183

Ἡχός τις ἀναγνωρίζεται ὡς ἀπλοῦς, ἐὰν κάμνῃ ἐν μόνον ἡχείον νὰ ἡχήσῃ ὡς σύνθετος δέ, ἐὰν κάμνῃ νὰ ἡχήσουν περισσότερα ἡχεῖα.

Ἐὰν δύο ὄργανα ἀποδίδουν τὸν αὐτὸν φθόγγον τῆς κλίμακος, ἡ συχνότης των βεβαίως εἶναι ἡ αὐτή, ἀλλ' εἰς τὸν κύριον ἦχον ἐκάστου προστίθενται ἁρμονικοὶ διάφοροι. Ἐὰν λοιπὸν κατασκευάσωμεν σειρὰν σφαιρικῶν ἡχείων καταλλήλων διὰ τὸν κύριον φθόγγον καὶ διὰ τοὺς ἁρμονικοὺς του, ἀναγνωρίζομεν δι' ἕκαστον ὄργανον τοὺς εἰδικοὺς ἁρμονικοὺς, οἱ ὅποιοι συνοδεύουν τὸν φθόγγον του. Πρὸς τοῦτο εἰσάγομεν διαδοχικῶς εἰς τὸ οὖς τὸ κωνικὸν στόμιον ἐκάστου ἡχείου τῆς σειρᾶς.

Ἡχος τις φαίνεται τόσον περισσότερον μουσικός, ὅσον εἶναι πλουσιώτερος εἰς ἁρμονικοὺς μικρᾶς ἐντάσεως, οἱ ὅποιοι προστίθενται εἰς τὸν κύριον ἦχον.

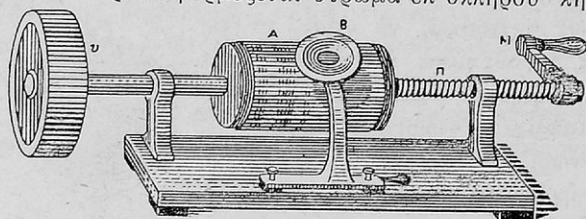
Φύσις τῆς χροιάς. Δύο ἦχοι τοῦ αὐτοῦ ὕψους διακρίνονται ἀπ' ἀλλήλων διὰ τῶν ἁρμονικῶν, οἱ ὅποιοι προστίθενται εἰς τὸν ἐπικρατοῦντα ἦχον ἢ συγχώνευσις τῶν αἰσθημάτων τῶν ὀφειλομένων εἰς τὸν

κύριον ἦχον καὶ τοὺς προσθέτους ἁρμονικοὺς παράγει τὴν χροιάν (*).

ΦΩΝΟΓΡΑΦΟΣ

273. Ὁ φωνογράφος εἶναι συσκευή, ἥ ὁποία ἀποδεικνύει ἀναμφισβητήτως τὴν φύσιν τοῦ ἡχου. Παράγματι, χρησιμεύει: α) διὰ τὴν ἐγγραφὴν μιᾶς παλμικῆς κινήσεως ἐπὶ κυλίνδρου ἐκ κηροῦ, β) διὰ τὴν ἀναπαραγωγὴν τῆς παλμικῆς ταύτης κινήσεως τῇ βοηθεῖᾳ λεπτοτάτου ἐλάσματος, τὸ ὁποῖον ἀποδίδει τοὺς ἡχους τοὺς ἐκπεμφθέντας κατὰ τὴν πρώτῃν περίπτωσιν.

Ὁ φωνογράφος συνίσταται κυρίως ἐκ κυλίνδρου ὀρειχαλκίνου (σχ. 184), ὅστις διαπεράτῃται ὑπὸ ἄξονος Π φέροντος βῆμα ἑλικος. Διὰ τῆς ἑλικος ὁ κύλινδρος στρεφόμενος ἰσοταχῶς περὶ τὸν ἄξονά του μετατίθεται συγχρόνως ἰσοταχῶς πρὸς τὰ πρόσω καὶ ὀριζοντίως. Ἐπὶ τοῦ κυλίνδρου ἐφαρμόζεται στρῶμα ἐκ σκληροῦ κηροῦ τελείως λείου.



Σχ. 184

Ἐπὶ τῆς κυρτῆς ἐπιφανείας τοῦ κυλίνδρου στηρίζεται ὀξεῖα ἀκίς, ἥτις εἶναι προσηρμοσμένη καθέτως εἰς τὸ κέν-

τρον ἐλάσματος σχηματίζοντος τὸν πυθμένα κωνικοῦ ὄλμου Β.

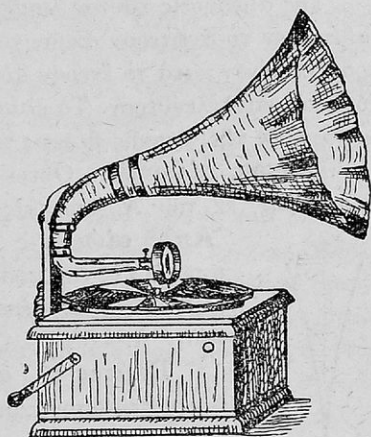
Ὅταν ὁ κύλινδρος στρέφεται, ἡ ἀκίς χαράσσει ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ κυλίνδρου κανονικὴν ἑλικοειδῆ αὐλάκα, σταθεροῦ βάθους. (Τὸ βῆμα τῆς αὐλάκας ταύτης εἶναι ἴσον μὲ τὸ βῆμα τῆς ἑλικος τοῦ ἄξονος). Ἄλλ' ἐὰν ἐνώπιον τοῦ ὄλμου παράγεται ἡχος τις, ἐνῶ ὁ κύλινδρος στρέφεται, τὸ ἔλασμα τίθεται εἰς παλμικὴν κίνησιν, τὴν ὁποίαν μεταδίδει εἰς τὴν ἀκίδα. Ἡ ἀκίς τότε χαράσσει ἐπὶ τοῦ κηροῦ πολυπλόκους ἐλιγμούς, τῶν ὁποίων τὸ βάθος, ὁ ἀριθμὸς καὶ ἡ μορφή ἀντιστοιχοῦν εἰς τὴν ἔντασιν, τὸ ὕψος καὶ τὴν χροιάν τοῦ ἐνεργήσαντος ἡχου.

Διὰ τὴν ἀναπαραγωγὴν τῶν ἐγγραφέντων ἡχων ἀρκεῖ νὰ ἐπανα-

(*) Ἡ χροιά τῆς ἀνθρωπίνης φωνῆς ὀφείλεται εἰς συνοδείαν ἁρμονικῶν, παραγομένων ὑπὸ τῆς συνηχίσεως τοῦ ἀέρος τοῦ περιεχομένου εἰς τὰς κοιλότητας τοῦ στόματος, τῆς ρινὸς καὶ τοῦ λάρυγγος.

φέρωμεν τὴν ἀκίδα εἰς τὸ σημεῖον τῆς ἀναχωρήσεως καὶ νὰ θέσωμεν εἰς κίνησιν τὸν κύλινδρον κατὰ τὴν αὐτὴν φορὰν καθ' ἣν καὶ ἀρχικῶς. Ἡ ἀκὶς ἀκολουθεῖ τότε τὸν πυθμένα τῆς ἐπὶ τοῦ κηροῦ ἐγγραφείσης κοίλης αὐλακος. Ἡ αὐλαξ ἀντιδρᾷ ἐπὶ τῆς ἀκίδος καὶ τὴν ἀναγκάζει νὰ ἐκτελῇ τὰς κινήσεις τῆς ἐγγραφῆς μὲ ὅλας τὰς λεπτομερείας των. Αἱ κινήσεις αὗται μεταδίδονται εἰς τὸ ἔλασμα. Τοῦτο δὲ τότε ἐκτελεῖ τὰς αὐτὰς παλμικὰς κινήσεις, τὰς ὁποίας προηγουμένως μετέδωκεν εἰς αὐτὸ ὁ ἦχος, δι' οὗ ἐχαράχθη ἡ αὐλαξ. Αἱ παλμικαὶ κινήσεις μεταδιδόμεναι εἰς τὸν ἀέρα ἀναπαράγουν τὸν ἀρχικὸν ἦχον μετὰ τῆς χροιάς του. Πρὸς ἐνίσχυσιν δὲ τοῦ παραγομένου ἦχου, τοποθετεῖται ἐπὶ τοῦ ὅλμου μεταλλικὸς κῶνος.

Ὁ ἀρχικὸς φωνογράφος, ἐφευρεθεὶς ὑπὸ τοῦ Edison, ἐτελειοποιήθη βραδύτερον. Τὸ σχῆμα 185 παριστᾷ συσκευὴν τελειοποιηθεῖσαν, ἡ ὁποία ἐκλήθη ὑπὸ τῶν κατασκευαστῶν τῆς **γραμμόφωνον** καὶ



Σχ. 185

εἰς τὴν ὁποίαν ὁ κύλινδρος ἔχει ἀντικατασταθῇ ὑπὸ δίσκου.

Σημείωσις.—Ἐὰν διὰ τοῦ φωνογράφου ἐγγράψωμεν τὸν φθόγγον Ia, παραγόμενον ὑπὸ τοῦ διαπασῶν, καὶ τὸν αὐτὸν φθόγγον παραγόμενον π.χ. ὑπὸ βιολίου, θὰ ἴδωμεν, ὅτι αἱ δύο χαραχθεῖσαι αὐλακες παρουσιάζουν εἰς τὸν αὐτὸν χρόνον ἴσον ἀριθμὸν ἐλιγμῶν, ἀλλ' ἡ μορφή των ἐλιγμῶν τούτων εἶναι διάφορος. Συνεπῶς ἡ χροιά ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς μορφῆς τῆς παλμικῆς κινήσεως.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Γ'

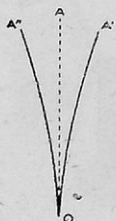
ΠΑΛΜΙΚΑΙ ΚΙΝΗΣΕΙΣ

274. Κίνησις παλμική.— Κατὰ τὴν κίνησιν ταύτην, ἐν μέρει τοῦ σώματος, τὸ ὁποῖον ἀπεμακρύνθη ἀπὸ τὴν θέσιν τῆς ἰσορροπίας

του, συμπαρασύρει τὰ ἄλλα γειτονικά μόρια, μετὰ τῶν ὁποίων εἶναι συνδεδεμένον. Ταῦτα ἀντιδροῦν καὶ τὸ ἐπαναφέρουν πρὸς τὴν θέσιν τῆς ἰσορροπίας του. Ἡ ταχύτης, τὴν ὁποίαν τοῦτο λαμβάνει κατὰ τὴν κίνησιν τῆς ἐπιστροφῆς του, τὸ ἀναγκάζει νὰ ὑπερβῇ τὴν ἀρχικὴν του θέσιν, καὶ τοιουτοτρόπως πάλλεται μεταξὺ δύο ἄκρων θέσεων, εὐρισκομένων ἑκατέρωθεν τῆς θέσεως τῆς ἰσορροπίας του.

Τὰς αἰωρήσεις ταύτας λαμβάνομεν, δι' ἄθροισμα μορίων, ἐὰν μεταθέσωμεν τὸ ἀνώτερον ἄκρον χαλυβδίνου ἐλάσματος, τὸ ὁποῖον εἶναι προσηλωμένον κατὰ τὸ ἕτερον αὐτοῦ ἄκρον (σχ. 186), καὶ ἀφήσωμεν αὐτὸ κατόπιν ἐλεύθερον. Τὸ ἔλασμα ἐκτελεῖ τότε σειρὰν αἰωρήσεων ἑκατέρωθεν τῆς ἀρχικῆς θέσεως τῆς ἰσορροπίας.

Πλήρης αἰώρησις. Οὕτω καλεῖται ἡ κίνησις μεταβάσεως καὶ ἐπιστροφῆς, ἐκ τοῦ Α' δηλ. εἰς τὸ Α'' καὶ ἐκ τοῦ Α'' εἰς τὸ Α'.



Ἀπλῇ αἰώρησις εἶναι ἡ κίνησις μόνον τῆς μεταβάσεως ἢ τῆς ἐπιστροφῆς. Ἡ ταχύτης τῆς κινήσεως εἶναι μηδὲν εἰς τὰς θέσεις Α' καὶ Α'', μεγίστη δὲ εἰς τὴν θέσιν Α.

Πλάτος τῆς αἰωρήσεως μορίου παλλομένου εἶναι ἡ μεγίστη ἀπομάκρυνσις αὐτοῦ ἀπὸ τὴν θέσιν τῆς ἰσορροπίας.

Σχ. 186

Ἐφ' ὅσον αἱ αἰωρήσεις παραμένουν πολὺ μικραί, εἶναι ἰσόχρονοι ἢ ἴσης διαρκείας, καθὼς καὶ αἱ αἰωρήσεις ἐκκρεμοῦς, ἀνεξαρτήτως τοῦ πλάτους.

Ἡ κίνησις, ἡ ὁποία ἀναπαράγεται κατὰ ἴσα χρονικά διαστήματα, εἶναι **κίνησις περιοδική**.

Περίοδος Π εἶναι ἡ διάρκεια μιᾶς πλήρους αἰωρήσεως καὶ ἰσοῦται μὲ τὸν χρόνον, ὅστις παρέρχεται μεταξὺ δύο διαδοχικῶν διαβάσεων ἑνὸς μορίου, κατὰ τὴν αὐτὴν φορὰν, διὰ τῆς θέσεως τῆς ἰσορροπίας του. **Ἡμιπερίοδος** δὲ εἶναι ἡ διάρκεια μιᾶς ἀπλῆς αἰωρήσεως.

Ὁ ἀριθμὸς Ν τῶν κατὰ δευτερόλεπτον περιόδων εἶναι ἡ συχνότης τῆς παλμικῆς κινήσεως.

Κατὰ τὸν ὁρισμὸν τοῦτον ἔχομεν $N = \frac{1}{\Pi}$ καὶ $N\Pi = 1$.

ΥΓΡΑ ΚΥΜΑΤΑ

275. Ἐπειδὴ ἡ διάδοσις παλμικῆς κινήσεως ἐντὸς ἐλαστικοῦ

μέσου γίνεται ὁμαλῶς, δυνάμεθα νὰ λάβωμεν ὡς παράδειγμα τὴν παλμικὴν κίνησιν, ἥ ὁποία παράγεται κατὰ τὴν πτώσιν λίθου ἐπὶ τοῦ ὕδατος.

Διάδοσις τοῦ ὑγροῦ κύματος. Ἡ πτώσις λίθου εἰς ἓν σημεῖον ὑγροῦ ἀκινήτου παράγει ἀπότομον ταπεινώσιν τοῦ ὑγροῦ. Ἀφοῦ φθάσῃ τοῦτο εἰς ὠρισμένον βάθος, ἐπαναφέρεται πρὸς τὴν ἀρχικὴν του θέσιν ὑπὸ τῶν πλαγίων συνδέσμων του. Ἐνεκα τῆς κτηθείσης ταχύτητός του ὑπερβαίνει, κατὰ τὴν ἐπιστροφὴν του τὴν ἐλευθέραν ἐπιφάνειαν. Ἀνύψωσις λοιπὸν διαδέχεται τὴν ταπεινώσιν. Τοιουτοτρόπως παράγονται παλμικαὶ κινήσεις κατακόρυφοι ἢ παλινδρομικαὶ κατακόρυφοι, ἐκάστη τῶν ὁποίων μεταδίδεται εἰς τὸ περὶ τὸ συγκρουσθὲν σημεῖον ὑγρόν.

Ἐπειδὴ ἡ διάδοσις γίνεται κατὰ τὸν αὐτὸν τρόπον καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις, ἐκτείνεται περὶ τὸ συγκρουσθὲν σημεῖον κυκλικὴ ταπείνωσις, ἥ ὁποία αὐξάνεται εἰς πλάτος. Τὴν ταπείνωσιν ταύτην διαδέχεται ἀνύψωσις ὁμοίως ἐκτεινομένη. Τοιουτοτρόπως σχηματίζονται κυκλικαὶ ρυτίδες ἀπὸ κοίλους καὶ κυρτοὺς ὁμοκέντρους δακτυλίους, τὰς ὁποίας ἀκολουθοῦν ἄλλαι, παραγόμεναι ἀπὸ τὰς περιοδικὰς ἀνυψώσεις καὶ ταπεινώσεις τοῦ κέντρου. Αἱ ρυτίδες αὗται διαδίδονται, ἀκόμη καὶ ὅταν ἔχῃ παύση ἡ κινήσις τοῦ κέντρου.

Κατὰ τὴν διάδοσιν ταύτην δὲν γίνεται μετακίνησις τοῦ ὑγροῦ. Πράγματι, ἐάν ρίψωμεν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ ρινίσματα ξύλου, θὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι κατὰ τὴν δίοδον τῆς ρυτίδος ταῦτα ἀνυψοῦνται ἢ ταπεινοῦνται κατακορύφως, χωρὶς νὰ μετατίθενται.

Αἱ ρυτίδες μικρὸν κατὰ μικρὸν ἐξαλείφονται, διότι ἡ δύναμις τῶν κεντρικῶν μορίων διασκορπίζεται ἐπὶ περιφερείων ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον μεγαλυτέρων. Εἰς ἓν σημεῖον μιᾶς τῶν περιφερείων τούτων, ἥτις ἔχει ὡς κέντρον τὸ συγκρουσθὲν σημεῖον, χρειάζεται μία ἡμιπερίοδος, ἵνα ἓν ὑγρὸν μόριον φθάσῃ ἀπὸ τοῦ πυθμένος τοῦ κοίλου δακτυλίου εἰς τὴν κορυφὴν τοῦ κυρτοῦ, μία δὲ περίοδος διὰ νὰ ἐπανέλθῃ εἰς τὸν πυθμένα.

Μῆκος κύματος. Τὴν αὐτὴν στιγμὴν, δύο διαδοχικοὶ κοῖλοι δακτύλιοι περιλαμβάνουν μεταξὺ αὐτῶν ἓνα κυρτόν· τὸ σύνολον ἑνὸς κοίλου δακτυλίου καὶ τοῦ κυρτοῦ, ὅστις ἔπεται, σχηματίζει ἓν κύμα.

Ἐπὶ ἀκτίνος ἀγομένης ἐκ τοῦ κέντρου, ἢ ἀπόστασις, εἴτε τῶν ταπεινοτέρων σημείων δύο διαδοχικῶν κοίλων δακτυλίων εἴτε τῶν ὑψη-

λοτέρων δύο διαδοχικῶν κυρτῶν, εἶναι τὸ διάστημα τὸ διανυθὲν ὑπὸ τῆς παλμικῆς κινήσεως κατὰ μίαν περίοδον. Τὸ διάστημα τοῦτο λ , τὸ ὁποῖον καλεῖται **μῆκος κύματος**, μένει σταθερὸν καὶ ὅταν τὸ ὕψος τῶν κατακορύφων ἀνυψώσεων ἔχῃ ἐλαττωθῇ.

Τὸ διάστημα λ , δηλ. τὸ διάστημα τὸ διανυόμενον κατὰ τὴν διάρκειαν ἐνὸς παλμοῦ, εἶναι τὸ γινόμενον τῆς ταχύτητος T τῆς διαδόσεως τῆς παλμικῆς κινήσεως ἐπὶ τὴν περίοδον Π , ἥτοι: $\lambda = \Pi \cdot T$.

Π ρ ο β λ ῆ μ α τ α

1ον. Ποῖον εἶναι τὸ μῆκος κύματος ἐν τῷ ἀέρι ἤχου, τοῦ ὁποίου ἡ συχνότης εἶναι 435, τῆς ταχύτητος τῆς διαδόσεως τοῦ ἤχου ἐν τῷ ἀέρι οὖσης 331 μέτρα;

2ον. Ποῖον εἶναι τὸ μῆκος κύματος ἐν τῷ ἀέρι ἤχου, ὅστις ἀντιστοιχεῖ εἰς 40 παλμικὰς κινήσεις κατὰ δευτερόλεπτον, εἰς θερμοκρασίαν, εἰς ἣν ἡ ταχύτης τῆς διαδόσεως ἐν τῷ ἀέρι εἶναι 336 μέτρα;

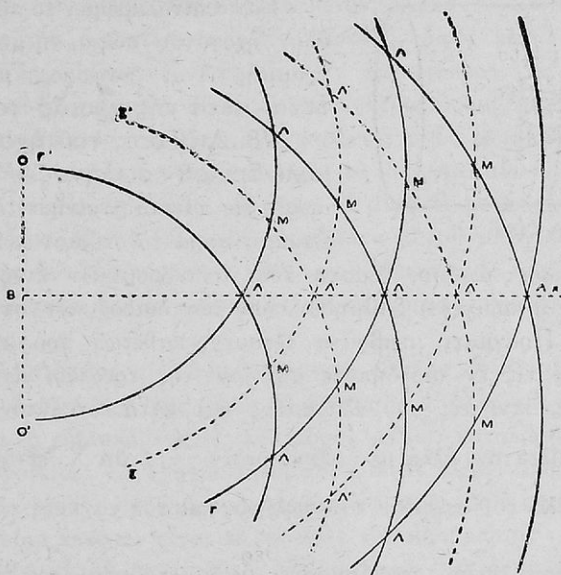
3ον. Ποῖον εἶναι τὸ μῆκος κύματος εἰς τὸ ὕδωρ τοῦ ἤχου τοῦ προηγούμενου προβλήματος; Ἡ ταχύτης τῆς διαδόσεως τοῦ ἤχου εἰς τὸ ὕδωρ εἶναι 1435 μέτρα εἰς 8°.

Σ Υ Μ Β Ο Λ Η

276. Ἀφήνομεν νὰ πέσουν ἐλευθέρως ἐκ τοῦ αὐτοῦ ὕψους συγχρόνως δύο λίθοι ἰσομεγέθεις εἰς δύο γειτονικὰ σημεῖα O καὶ O' τῆς ἐπιφανείας ὑγροῦ εὐρισκομένου ἐν ἰσορροπίᾳ. Αἱ κατακόρυφοι παλμικαὶ κινήσεις, αἱ ὁποῖαι προκαλοῦνται εἰς τὰ δύο ταῦτα σημεῖα, παράγουν δύο συστήματα κυκλικῶν κυμάτων, τῶν ὁποίων κέντρα θὰ εἶναι τὰ σημεῖα O καὶ O' . Τὰ δύο ταῦτα συστήματα διασταυροῦνται, ἀλλ' ἕκαστον διαδίδεται ἀνεξαρτήτως τοῦ ἄλλου. Εἰς ἕκαστον σημεῖον τῆς ἐπιφανείας ἡ κατακόρυφος μετάθεσις τῶν μορίων εἶναι τὸ ἄθροισμα τῶν μεταθέσεων, τὰς ὁποίας ἕκαστον τῶν κέντρων θὰ παρῇγε κεχωρισμένως. Εἰς δύο σημεῖα Λ ἔξ ἴσου ἀπέχοντα ἀπὸ τὰ O καὶ O' (σχ. 187), ὅπου ἐν κύρτωμα τοῦ συστήματος τοῦ προερχομένου ἐκ τοῦ O συμπίπτει μὲ κύρτωμα τοῦ συστήματος τοῦ προερχομένου ἐκ τοῦ O' , τὸ ὕδωρ φθάνει εἰς ὕψος διπλάσιον ἀνωθεν τῆς ἀρχικῆς ἐπιφανείας. Εἰς τὰ σημεῖα Λ' , ὅπου συμπίπτουν κοιλώματα τῶν δύο συστημάτων, ἡ κατάπτωσις εἶναι διπλασία. Εἰς τὰ σημεῖα M , ὅπου κοιλώμα τοῦ πρώτου συστήματος συμπίπτει μὲ κύρτωμα τοῦ δευτέρου (ὅπερ συμβαίνει,

ὅταν ἡ διαφορά τῶν ἀποστάσεων MO καὶ MO' ἰσοῦται μὲ περιττὸν ἀριθμὸν ἡμι-μηκῶν κύματος), αἱ κινήσεις ἐξαφανίζονται καὶ ἡ ἐπιφάνεια μένει εἰς μέσον ὕψος.

Ἡ ἐξαφάνισις κυρίως τῆς κινήσεως διὰ τῆς συμπτώσεως δύο ἀντιθέτων κινήσεων καλεῖται συμβολή.



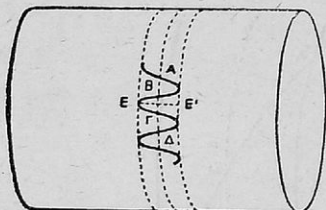
Σχ. 187

ΗΧΗΤΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ

277. Θεωρήσωμεν διαπασῶν παλλόμενον, τοῦ ὁποίου ὁ εἶς τῶν βραχίωνων εἶναι ἐφωδιασμένος δι' ἀκίδος, ἥτις στηρίζεται ἐλαφρῶς ἐπὶ τῆς κυρτῆς ἐπιφανείας κυλίνδρου στρεφομένου. Ἡ ἀκὴς πάλλεται παραλλήλως πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ κυλίνδρου, γράφουσα γραμμὴν κυματοειδῇ ἐπὶ τῆς αἰθαλωμένης τούτου ἐπιφανείας (σχ. 188).

Δι' ἓνα πλήρη παλμὸν τοῦ διαπασῶν, ἡ γραμμὴ συνίσταται ἀπὸ δύο ἡμίση κυματισμοῦ συμμετρικά. Ἐπὶ περιφερείας καθέτου πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ κυλίνδρου ἡ ἀπόστασις $ΑΓ$ δύο σημείων τῆς γραμμῆς, λαμβανομένων κατὰ τὴν αὐτὴν φορὰν, εἶναι σταθερά, ὅταν ἡ στροφὴ τοῦ κυλίνδρου εἶναι ὁμαλή.

Ὁ χρόνος, ὃν ἐχρειάσθη ὁ κύλινδρος διὰ νὰ στραφῇ κατὰ τὸ τόξον ΑΓ, εἶναι μία **περίοδος** τοῦ διαπασῶν. Ἡ ἀπόστασις ΕΕ' τῶν ἁκρῶν θέσεων εἶναι τὸ διπλάσιον τοῦ **πλάτους**. Ὁ ἀριθμὸς τῶν κυματισμῶν, τοὺς ὁποίους ἔγραψεν εἰς ἓν δευτερόλεπτον, εἶναι ἡ συχνότης. Ἐπειδὴ τὸ διάστημα ΑΓ εἶναι σταθερόν, οἱ παλμοὶ εἶναι **ισόχρονοι**.



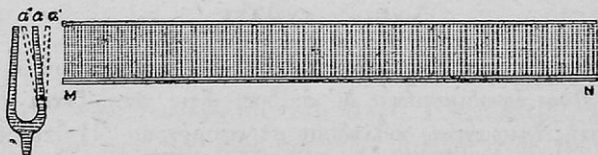
Σχ. 188

Ἐὰν ἐπαναλάβωμεν τὸ πείραμα με ἄλλο ἡχογόνον σῶμα, ἡ μορφή τῆς γραμμῆς εἶναι διάφορος· **μεταβάλλεται μετὰ τῆς χροιάς τοῦ ἤχου**.

278. Διάδοσις τοῦ ἤχου ἐντὸς κυλινδρικοῦ σωλήνος.—Ἐὰν θέσωμεν εἰς παλμικὴν κίνησιν ἑλαστικὸν ἔλασμα, παρὰ τὸ στόμιον κυλινδρικοῦ

σωλήνος πλήρους ἀερίου, ἐκάστη τῶν παλινδρομικῶν κινήσεων τοῦ ἐλάσματος ἀναπαράγεται βαθμηδὸν ὑπὸ τῶν διαδοχικῶν στρωμάτων τοῦ ἀερίου. Πράγματι, μεμβρᾶνα τεταμένη καθέτως πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ σωλήνος εἰς ἓν οἰονδήποτε σημεῖον τῆς τροχιάς, ἀναπαράγει τὰς παλμικὰς κινήσεις τοῦ ἐλάσματος καὶ κατὰ τὸν αὐτὸν ἀριθμὸν κατὰ δευτερόλεπτον, ἀλλὰ με ἐπιβράδυνσιν $\frac{X}{\tau}$, ἔνθα X εἶναι ἡ ἀπόστασις τῆς ἀπὸ τοῦ στομίου τοῦ σωλήνος καὶ τ ἡ ταχύτης τῆς διαδόσεως.

Εἰς πλήρης παλμὸς περιλαμβάνει μίαν μετάβασιν τοῦ ἐλάσματος ἐκ τοῦ α'' πρὸς τὸ α' (σχ. 189), διαρκείας μιᾶς ἡμιπεριοδου, καὶ μίαν



Σχ. 189

μετάβασιν ἐκ τοῦ α' εἰς τὸ α'' , τῆς αὐτῆς διαρκείας. Ἡ ταχύτης τοῦ ἐλάσματος εἶναι μηδὲν εἰς τὸ α'' καὶ α' , ὅπου ἡ ἀπομάκρυνσις εἶναι μεγίστη, κατὰ δὲ τὴν διάβασιν αὐτοῦ διὰ τοῦ α , ὅπου ἡ ἀπομάκρυνσις εἶναι μηδέν, ἡ ταχύτης εἶναι μεγίστη.

Κατὰ τὴν μετάβασιν τοῦ ἐκ τοῦ α'' εἰς τὸ α' , τὸ ἔλασμα μεταθέτει

τὸ παρακείμενον στρώμα τοῦ ἀέρος, συμπίεζον αὐτό· τοῦτο μεταθέτει καὶ συμπίεζει τὸ ἐπόμενον στρώμα καὶ εἰς μίαν ἡμιπερίοδον ἢ συμπίεσις φθάνει εἰς ἓν ἡμι-μῆκος κύματος. Κατὰ τὴν ἐπιστροφὴν τοῦ ἐκ τοῦ α' εἰς τὸ α'', τὸ ἔλασμα παρασύρει τὸ πρὸ αὐτοῦ συνεχόμενον στρώμα τοῦ ἀέρος· τοῦτο παρασύρει τὸ ἐπόμενον, συνεπῶς σχηματίζεται ὅπισθεν τοῦ ἐλάσματος μερικὸν κενόν, ἔνεκα τοῦ ὁποίου ὁ ἀῆρ ὅπισθεν αὐτοῦ διαστελλεται. Ἡ διαστολή, ὅπως καὶ ἡ συμπίεσις, φθάνει ἓν ἡμι-μῆκος κύματος, εἰς μίαν ἡμιπερίοδον. Μία συμπίεσις καὶ μία διαστολή παράγουν ἓν πλήρες ἡχητικὸν κύμα, μήκους λ. Ἡμίκυμα πεπυκνωμένον δύναται νὰ παραβληθῇ πρὸς τὸ κύρωμα ὑγροῦ κύματος, ἡμίκυμα δὲ ἡραιωμένον πρὸς τὸ κοίλωμα αὐτοῦ. Ἀλλὰ κατὰ τὴν διάδοσιν τῶν ἡχητικῶν κυμάτων, αἱ **μικραὶ** μεταθέσεις τῶν μορίων τοῦ ἀέρος εἰς τὰ διαδοχικὰ στρώματα αὐτοῦ γίνονται **κατὰ τὴν φορὰν τῆς διαδόσεως**, ἀντὶ νὰ εἶναι κάθετοι πρὸς αὐτήν, ὅπως εἰς τὰ ὑγρά κύματα. Διὰ τὸν λόγον τοῦτον αἱ ἡχητικαὶ κυμάνσεις λέγονται **ἐπιμήκεις**.

279. Διάδοσις εἰς ἀπεριόριστον μέσον. — Εἰς ἀπεριόριστον μέσον, τὸ ὁποῖον ἔχει τὰς αὐτὰς ιδιότητας καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις, τὰ σημεῖα τὰ εὗρισκόμενα εἰς τὴν αὐτὴν κίνησιν καταλαμβάνουν σφαιρικὰς ἐπιφανείας. Τὸ ἡχητικὸν κύμα δὲν εἶναι πλέον, ὅπως ἐντὸς σωλῆνος, κυλινδρικὸν στρώμα πάχους λ, ἀλλὰ σφαιρικὸν στρώμα πάχους λ, τοῦ ὁποίου κέντρον εἶναι τὸ κέντρον τοῦ κραδασμοῦ.

280. Συμβολὴ ἡχητικῇ. — Θεωρήσωμεν δύο ἡχητικὰς πηγὰς Σ καὶ Σ' τῆς αὐτῆς περιόδου καὶ τοῦ αὐτοῦ πλάτους παλλομένας εἰς τὸ στόμιον σωλῆνος περιέχοντος ἀέρα. Ἀποδεικνύεται πειραματικῶς, ὅτι ἐπὶ τομῆς Μ καθέτου ἐπὶ τοῦ ἄξονος τοῦ σωλῆνος, ἡ μικρὰ μετάθεσις τοῦ ἀέρος γίνεται κατὰ τὸν ἄξονα. Εἶναι δὲ αὕτη ἐκάστην στιγμήν διπλασία ἀπὸ τὴν μετάθεσιν, ἡ ὁποία θὰ ἐγένετο μὲ μίαν μόνον πηγὴν, ἐὰν ἡ διαφορὰ ΣΣ' = ΣΜ - Σ'Μ ἰσοῦται μὲ **ἄρτιον ἀριθμὸν ἡμι-μηκῶν κύματος**. Τοῦναντίον, ἡ μετάθεσις μηδενίζεται, δηλ. γίνεται **συμβολὴ** καὶ ἡρεμία συνεχῆς, ἐὰν ἡ διαφορὰ ΣΣ' = ΣΜ - Σ'Μ ἰσοῦται μὲ **περιττὸν ἀριθμὸν ἡμι-μηκῶν κύματος**.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟΝ

ΥΛΗ - ΚΙΝΗΣΙΣ - ΔΥΝΑΜΕΙΣ

ΚΕΦ. Α'. ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΑΙ ΕΝΝΟΙΑΙ

	Σελ.
Υλη	5
Σώματα : Ἐκτασις (σ. 6), ἀδιαχώρητον (σ. 6), διαιρετόν (σ. 6), μόρια καὶ ἄτομα (σ. 6), συμπιεστόν (σ. 7), ἐλαστικότης (σ. 7) . . .	5-8
Αἱ τρεῖς καταστάσεις τῶν σωμάτων : Συνοχή (σ. 8), στερεὰ κατάστασις (σ. 8), ὑγρὰ κατάστασις (σ. 8), ἀερίωδης κατάστασις (σ. 8), μεταβολὴ τῆς καταστάσεως τῶν σωμάτων (σ. 9). . .	8-9
Φαινόμενα φυσικὰ καὶ χημικὰ : Χημικὰ φαινόμενα (σ. 10), φυσικὰ φαινόμενα (σ. 10)	10

ΚΕΦ. Β'. ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΕΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

Κινητικὴ : Ἡρεμία καὶ κίνησις (σ. 10), μέτρησις τῶν μηκῶν (σ. 11), ἔννοια τοῦ χρόνου (σ. 11), μέτρησις τοῦ χρόνου (σ. 12), ἀλγεβρικὴ τιμὴ χρονικοῦ διαστήματος (σ. 12)	11-12
Διάφοροι κινήσεις : Ὅρισμοὶ (σ. 13), κινήσις εὐθύγραμμος καὶ κινήσις καμπυλόγραμμος (σ. 13), κινήσις εὐθύγραμμος ὁμαλὴ (σ. 13), ταχύτης καὶ μονὰς αὐτῆς (σ. 13), νόμοι καὶ ἔξισώσεις τῆς κινήσεως (σ. 13), γραφικὴ παράστασις τῆς ὁμαλῆς κινήσεως (σ. 15), κινήσις μεταβαλλομένη (σ. 15), κινήσις εὐθύγραμμος, ὁμαλῶς μεταβαλλομένη (σ. 16), ἐπιτάχυνσις καὶ μονὰς αὐτῆς (σ. 16), ἔξισώσεις τῆς εὐθυγράμμου ὁμαλῶς μεταβαλλομένης κινήσεως (σ. 16), κινήσις καμπυλόγραμμος (σ. 19), κινήσις ὁμαλὴ κυκλικὴ (σ. 19), γωνιώδης ταχύτης (σ. 20), περίοδος καὶ συχνότης (σ. 20), κινήσις περιστροφικὴ (σ. 21).	13-21
Δυνάμεις - Στατικὴ : Ἀδράνεια τῆς ὕλης (σ. 22), ὁρισμὸς τῆς δυνάμεως (σ. 22), ὕλικόν σημεῖον (σ. 23), ταχύτης εἰς δοθεῖσαν στιγμὴν (σ. 23), ἔννοια τῆς μάξης (σ. 23), σύγκρισις τῶν μαζῶν (σ. 24), μονὰς μάξης (σ. 24), ὁρισμὸς τῶν στοιχείων τῆς δυνά-	

μεως (σ. 24), ἔντασις δυνάμεως (σ. 25), μονάς δυνάμεως (σ. 25), περίπτωσις καθ' ἣν αἱ δυνάμεις δὲν παράγουν κίνησιν (σ. 26), δυναμόμετρα (σ. 27), γραφικὴ παράστασις τῶν δυνάμεων (σ. 28), σύνθεσις καὶ ἀνάλυσις δυνάμεων (σ. 29), σύνθεσις δυνάμεων ἐφηρμοσμένων εἰς τὸ αὐτὸ σημεῖον (σ. 29), εἰδικαὶ περιπτώσεις (σ. 30), ροπαὶ τῶν δυνάμεων (σ. 31), σύνθεσις δυνάμεων παραλλήλων καὶ ὁμορρόπων (σ. 32), ἀνάλυσις δυνάμεως εἰς δύο ἄλλας παραλλήλους καὶ ὁμορρόπους (σ. 33), σύνθεσις δυνάμεων παραλλήλων καὶ ἀντιρρόπων (σ. 33), ζευγος (σ. 34), σύνθεσις πολλῶν παραλλήλων καὶ ὁμορρόπων δυνάμεων (σ. 35), σύνθεσις πολλῶν δυνάμεων παραλλήλων καὶ μὴ ὁμορρόπων (σ. 35), κέντρον πολλῶν παραλλήλων δυνάμεων (σ. 35).	22-36
Δυναμική: Μηχανικὸν ἔργον δυνάμεως σταθερᾶς κατὰ μέγεθος καὶ διεύθυνσιν (σ. 37), μονάδες ἔργου (σ. 37), κινητήριον καὶ ἀνθιστάμενον ἔργον (σ. 38), ἰσχύς κινητήρος (σ. 38), ἐνέργεια (σ. 39).	37-40
Κεντρομόλος καὶ φυγόκεντρος δύναμις: Τιμὴ τῆς κεντρομόλου δυνάμεως (σ. 41), ἔκφρασις τῆς φυγόκεντρος δυνάμεως (σ. 42), νόμοι (σ. 43), πειραματικαὶ ἀποδείξεις (σ. 43), φαινόμενα ἐξηγούμενα διὰ τῆς φυγόκεντρος δυνάμεως (σ. 46).	41-46

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΝ

ΒΑΡΥΤΗΣ

ΚΕΦ. Α'. ΓΕΝΙΚΑΙ ΕΝΝΟΙΑΙ ΕΠΙ ΤΗΣ ΒΑΡΥΤΗΤΟΣ

Βαρύτης: Διεύθυνσις τῆς βαρύτητος (σ. 47), ἔντασις τῆς βαρύτητος (σ. 48), κέντρον τοῦ βάρους (σ. 49), συνθήκη ἰσορροπίας τῶν στερεῶν σωμάτων (σ. 50), σώματα κινητὰ περὶ ὀριζόντιον ἄξονα (σ. 50), στερεὸν σῶμα κινητὸν περὶ σημεῖον (σ. 51), σώματα στηριζόμενα ἐπὶ ὀριζοντίου ἐπιπέδου δι' ἐνὸς σημείου (σ. 51), σώματα στηριζόμενα διὰ βάσεως ἐπὶ ὀριζοντίου ἐπιπέδου (σ. 52).	47-52
--	-------

ΚΕΦ. Β'. ΝΟΜΟΙ ΤΗΣ ΠΤΩΣΕΩΣ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

Νόμοι: Πειραματικὴ ἀπόδειξις (σ. 54), κεκλιμένον ἐπιπέδον (σ. 56), μηχανὴ τοῦ Atwood (σ. 57), προσδιορισμὸς τοῦ g (σ. 60).	53-60
---	-------

ΚΕΦ. Γ'. ΕΚΚΡΕΜΕΣ

Αἰώρησις: Διάρκεια τῆς αἰώρησεως (σ. 62), νόμοι (σ. 63), μέτρησις τῆς ἐντάσεως τῆς βαρύτητος (σ. 64).	61-65
--	-------

ΚΕΦ. Δ'. ΑΠΛΑΙ ΜΗΧΑΝΑΙ

Μοχλός: Τὰ τρία εἶδη τῶν μοχλῶν (σ. 67), ἐφαρμογαὶ (σ. 68) . . .	66-68
Ζυγός: Περιγραφή καὶ θεωρία (σ. 69), ἀπλῇ στάθμισις (σ. 70), διπλῇ στάθμισις (σ. 71), εὐαισθησία τοῦ ζυγοῦ (σ. 72), ἀποτελέσματα σταθμίσεων (σ. 72), πυκνότητες καὶ εἰδικὰ βάρη (σ. 73) . . .	69-73
Τροχαλῖαι - πολύσπαστα - βαροῦλκον: Παγία τροχαλία (σ. 74), κινητὴ τροχαλία (σ. 74), πολύσπαστον (σ. 75), βαροῦλκον (σ. 76)	74-77

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟΝ

Υ Δ Ρ Ο Σ Τ Α Τ Ι Κ Η

ΚΕΦ. Α'. ΠΙΕΣΕΙΣ ΤΩΝ ΥΓΡΩΝ - ΑΡΧΗ ΤΟΥ ΠΑΣΚΑΛ

Πιέσεις τῶν ὑγρῶν: Γενικαὶ ιδιότητες τῶν ὑγρῶν (σ. 78), ἔννοια τῆς πίεσεως (σ. 78), πιέσεις ἐπὶ τῶν τοιχωμάτων τοῦ δοχείου καὶ εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τῶν ὑγρῶν (σ. 79), ὁμαλότης τῆς πίεσεως ἐπὶ ὀριζοντίου ἐπιπέδου (σ. 79), μεταβολαὶ τῆς πίεσεως μετὰ τοῦ βάθους (σ. 81)	78-81
Ἀρχὴ τοῦ Πασκάλ: Πειραματικὴ ἀπόδειξις (σ. 81), ὑδραυλικὸν πιεστήριον (σ. 83)	81-85

ΚΕΦ. Β'. ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΟΥΝΤΑ ΔΟΧΕΙΑ

Ἴσορροπία ὑγροῦ ἐντὸς συγκοινων. δοχείων: Ἴσορροπία πολλῶν ὑγρῶν ἐντὸς τοῦ αὐτοῦ δοχείου (σ. 86), ἰσορροπία δύο ἑτερογενῶν ὑγρῶν ἐντὸς δύο συγκοινωνούντων δοχείων (σ. 87), ἐφαρμογαὶ τῆς ἰσορροπίας ὑγροῦ ἐντὸς συγκοιν. δοχείων (σ. 87).	85-89
Πιέσεις ὀφειλόμεναι εἰς τὴν βαρύτητα: Πιέσεις ἐπὶ τοῦ ὀριζοντίου πυθμένος δοχείου (σ. 86), πιέσεις ἐπὶ ἐπιπέδου πλαγίου τοιχώματος (σ. 91), συνισταμένη τῶν πιέσεων ἐπὶ τοῦ συνόλου τῶν τοιχωμάτων (σ. 91)	89-92

ΚΕΦ. Γ'. ΑΡΧΗ ΤΟΥ ΑΡΧΙΜΗΔΟΥΣ

Ἐπιπλέοντα σώματα: Συνισταμένη τῶν πιέσεων ὑγροῦ ἐπὶ σώματος ἑμβαπτισμένου ἐντὸς αὐτοῦ (σ. 93), συνέπειαι τῆς ἀρχῆς τοῦ Ἀρχιμήδους (σ. 95), ὑποβρύχια (σ. 96)	93-97
Προσδιορισμὸς τῶν πυκνοτήτων: Εὗρεσις τῆς πυκνότητος τῶν στερεῶν (σ. 99), εὗρεσις τῆς πυκνότητος τῶν ὑγρῶν (σ. 101), ὑπολογισμὸς τοῦ εἰδικοῦ βάρους (σ. 103), ἀραιόμετρα (σ. 103), ὄξυ-	

ζύγια (σ. 103), οἰνοπνευματοζύγια (σ. 104), πυκνόμετρα (σ. 104), ἐκατοντάβαθμον οἰνοπνευματόμετρον τοῦ Gay-Lussac (σ. 105).	98-106
--	--------

ΚΕΦ. Δ'. ΜΟΡΙΑΚΑΙ ΔΡΑΣΕΙΣ

Σύναφεια : Τριχοειδές (σ. 107), ἀνυψώσεις καὶ ταπεινώσεις τριχοει- δεῖς (σ. 108), νόμος τῶν ὑψῶν (σ. 108), διεύθυνσις τῆς τριχοει- δοῦς δρᾶσεως (σ. 108).	106-109
--	---------

ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟΝ

ΑΕΡΟΣΤΑΤΙΚΗ

ΚΕΦ. Α'. ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΠΙΕΣΙΣ

Ἀέρια : Συμπιεστὸν καὶ ἐλαστικότης τῶν ἀερίων (σ. 111), μετάδοσις τῶν πιέσεων διὰ τῶν ἀερίων (σ. 111), βάρος τῶν ἀερίων (σ. 112)	111-112
Ἀτμόσφαιρα, ἀτμοσφ. πίεσις : Συνέπειαι τῆς ἀτμοσφαιρ. πίεσεως (σ. 113), μέτρησις τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πίεσεως (σ. 114), τιμὴ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πίεσεως (σ. 115)	112-116
Βαρόμετρα : Κοινὸν βαρόμετρον (σ. 116), βαρόμετρον τοῦ Fortin (σ. 117), μεταλλικὰ βαρόμετρα (σ. 118), γραφικὴ παράστασις τῶν πιέσεων (σ. 119), χρήσεις τῶν βαρομέτρων (σ. 119)	116-121

ΚΕΦ. Β'. ΣΥΜΠΙΕΣΤΟΝ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ

Συμπιεστὸν καὶ ἐλαστικότης τῶν ἀερίων : Μεταβολαὶ τῆς ἐλαστι- κῆς δυνάμεως τῶν ἀερίων, Α' διὰ πιέσεις μεγαλυτέρας τῆς ἀτμοσφαιρικῆς (σ. 122), Β' διὰ πιέσεις μικροτέρας τῆς ἀτμο- σφαιρικῆς (σ. 124), νόμος τοῦ Μαριόττου (σ. 125), μανόμετρα (σ. 126), ἀνοικτὸν μανόμετρον (σ. 126), κλειστὸν μανόμετρον (σ. 127), μεταλλικὰ μανόμετρα (σ. 128)	122-128
--	---------

ΚΕΦ. Γ'. ΑΕΡΟΣΤΑΤΑ - ΑΕΡΟΠΛΑΝΑ

Ἀρχὴ τοῦ Ἀρχιμήδους : Βαροσκόπιον (σ. 129), διορθώσεις τῶν στα- θμίσεων (σ. 130)	129-131
Ἀερόστατα : Κατασκευὴ (σ. 131), ἀνυψωτικὴ δύναμις (σ. 132), διεύ- θυνόμενα αερόστατα (σ. 133)	131-134
Ἀεροπλάνα : Θεωρία (σ. 134)	134-136

ΚΕΦ. Δ'. ΑΕΡΑΝΤΛΙΑΙ

Πνευματικὴ μηχανή (σ. 137), ἀεριοθλιπτικὴ μηχανή (σ. 139),

ἐφαρμογαὶ τοῦ ἡραιωμένου καὶ τοῦ συμπεπιεσμένου ἀέρος (σ. 140)	137-144
---	---------

ΚΕΦ. ΣΙΦΩΝ, ΣΙΦΩΝΙΟΝ, ΥΔΡΑΝΤΙΔΙΑΙ

Σίφων	143-144
Σιφώνιον	144
Υδραντῖαι: Ὑδραντῖα ἀναρροφητικὴ (σ. 145), ὕδραντῖα καταθλιπτικὴ (σ. 146), ὕδραντῖα ἀναρροφητικὴ αἷμα καὶ καταθλιπτικὴ (σ. 147), ὕδραντῖα πυροσβεστικὴ (σ. 148), ἀντῖαι διὰ φυγοκέντρου δυνάμεως (σ. 148).	145-149

ΜΕΡΟΣ ΠΕΜΠΤΟΝ

ΘΕΡΜΟΤΗΣ

ΚΕΦ. Α'. ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΙΑ

Γενικά ἀποτελέσματα τῆς θερμότητος: Θερμοκρασία καὶ ποσότης θερμότητος	150
Πρῶται ἔννοιαι ἐπὶ τῆς διαστολῆς τῶν σωμάτων: Διαστολὴ τῶν στερεῶν (σ. 151), διαστολὴ τῶν ὑγρῶν (σ. 152), διαστολὴ τῶν ἀερίων (σ. 152).	151-153
Θερμοκρασίαι: Θερμοκρασίαι σταθεραὶ (σ. 154), θερμόμετρα (σ. 155), θερμόμετρον δι' ὑδραργύρου (σ. 155), ἄλλαι κλίμακες (σ. 156), μετατροπὴ τῶν θερμομετρικῶν βαθμῶν (σ. 156), οἰνοπνευματικὸν θερμόμετρον (σ. 157), θερμόμετρα μεγίστου καὶ ἐλαχίστου (σ. 157), θερμόμετρα ἱατρικὰ (σ. 158).	153-159

ΚΕΦ. Β'. ΣΠΟΥΔΗ ΤΩΝ ΔΙΑΣΤΟΛΩΝ

Διαστολὴ τῶν στερεῶν: Συντελεστὰι διαστολῆς (σ. 159), γραμμικὴ διαστολὴ (σ. 159), κατ' ἐπιφάνειαν διαστολὴ (σ. 160), κυβικὴ διαστολὴ (σ. 161), μεταβολὴ τῆς πυκνότητος μετὰ τῆς θερμοκρασίας (σ. 161).	159-162
Διαστολὴ τῶν ὑγρῶν: Ἀπόλυτος καὶ φαινομένη διαστολὴ τῶν ὑγρῶν (σ. 162), σχέσις μετὰ τῆς ἀπολύτου καὶ τῆς φαινομένης διαστολῆς (σ. 193), μέγιστον τῆς πυκνότητος τοῦ ὕδατος (σ. 163).	162-164
Ἐφαρμογαὶ τῆς διαστολῆς τῶν στερεῶν καὶ ὑγρῶν: Μηχανικὰ ἀποτελέσματα τῆς διαστολῆς καὶ συστολῆς τῶν στερεῶν. Διόρθωσις εἰς τὰς μετρήσεις τῶν μηκῶν (σ. 165), ἐκκρεμῇ ἐπανορθω-	

τικά (σ. 165), μηχανικά αποτελέσματα της διαστολής των υγρών (σ. 165).	164-166
Διαστολή των αερίων: Νόμοι του Gay-Lussac (σ. 166).	166-167
Πυκνότης των αερίων: Ειδική μάζα των αεριοδών σωμάτων (σ. 167), πυκνότης ως προς τον αέρα (σ. 167).	167-168

ΚΕΦ. Γ'. ΘΕΡΜΙΔΟΜΕΤΡΙΑ

Πηγαί θερμότητος: Ποσότης θερμότητος (σ. 168), σκοπός της θερμομετρίας (σ. 169), θερμίδς (σ. 169).	168-169
Μέτρησις ποσότητος θερμότητος διὰ τῆς μεθόδου τῶν μειγμάτων: Ειδικοί θερμότητες γενικῶς (σ. 171), προσδιορισμός τῶν ειδικῶν θερμοτήτων τῶν στερεῶν καὶ τῶν υγρῶν (σ. 171).	169-173

ΚΕΦ. Δ'. ΜΕΤΑΒΟΛΑΙ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΣ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

Τήξις: Περιγραφή τοῦ φαινομένου τῆς τήξεως (σ. 174), νόμοι τῆς τήξεως (σ. 175), θερμότης τήξεως (σ. 175), μεταβολὴ τοῦ ὄγκου συνοδεύουσα τὴν τήξιν (σ. 176).	174-176
Πήξις: Περιγραφή τοῦ φαινομένου τῆς πήξεως (σ. 177), νόμοι τῆς πήξεως (σ. 177), μεταβολὴ τοῦ ὄγκου συνοδεύουσα τὴν πήξιν (σ. 178).	177-178
Διάλυσις: Θερμότης διαλύσεως (σ. 179), μείγματα ψυκτικά (σ. 179).	178-179
Κρυστάλλωσις: Ὑπερκορεσμός (σ. 180).	179-180
Ἐξαέρωσις: Σχηματισμός ἀτμῶν εἰς τὸ κενὸν (σ. 181), γενικαὶ ιδιότητες τῶν ἐν κενωρεσμένῳ χώρῳ ἀτμῶν (σ. 183).	181-184
Ἐξάτμισις: Νόμοι τοῦ Dalton.	184-185
Βρασμός: Νόμοι τοῦ βρασμοῦ (σ. 185), περιγραφή τοῦ φαινομένου τοῦ βρασμοῦ τοῦ ὕδατος (σ. 186), πτώσις τοῦ σημείου τῆς ζέσεως ὑπὸ μικρὰς πιέσεως (σ. 187), ἀνύψωσις τοῦ σημείου τῆς ζέσεως μετὰ τῆς πιέσεως (σ. 188), ἐπίδρασις τοῦ βάθους τοῦ ὑγροῦ ἐπὶ τῆς θερμοκρασίας τῆς ζέσεως (σ. 188), ὑγρὸν θερμομαίνόμενον ἐντὸς κλειστοῦ δοχείου (σ. 188), χύτρα τοῦ Papin (σ. 188), αὐτόκλειστα (σ. 189).	185-189
Ψῦχος παραγόμενον διὰ τῆς ἐξαερίωσης: Ἐφαρμογὴ τοῦ ψύχους τοῦ παραγομένου διὰ τῆς ἐξατμίσεως (σ. 190), κατασκευὴ πάγου δι' ἐξαερίωσης τῆς ὑγρᾶς ἀμμωνίας (σ. 190).	190-191
Θερμότης ἐξαερίωσης.	191
Ὑγροποίησις τῶν ἀτμῶν καὶ τῶν αερίων: Κρίσιμον σημεῖον (σ. 191), συνθήκαι ὑγροποιήσεως τῶν αεριοδών σωμάτων (σ. 192).	191-192
Ἀπόσταξις: Κλασματικὴ ἀπόσταξις (σ. 192).	192-193
Στερεοποίησις τῶν αερίων.	193
Βιομηχανικαὶ ἐφαρμογαὶ τῶν ὑγροποιημένων αερίων.	193-194

ΚΕΦ. Ε'. ΥΓΡΟΜΕΤΡΙΑ

	Σελ.
Ἄτμος ὕδατος ἐν τῇ ἀτμοσφαίρᾳ.	194
Σκοπὸς τῆς ὑγρομετρίας.	194
Ὑγρόμετρα: Ψυχρόμετρον τοῦ Αὐγούστου.	195
Χρησιμότης τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ὕδρατμος.	195-196

ΚΕΦ. ΣΤ'. ΔΙΑΔΟΣΙΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΟΣ

Διάφοροι τρόποι διαδόσεως τῆς θερμότητος: Εὐθερμαγωγὰ καὶ δυσθερμαγωγὰ σώματα (σ. 197).	196-197
Μεταφορὰ τῆς θερμότητος: Ὑγρὰ ἢ ἀερίωδη ρεῦματα (σ.197), θερμαγωγὸν τῶν ὑγρῶν (σ. 198), θερμαγωγὸν τῶν ἀερίων (σ. 198), θερμαγωγὸν τοῦ κενοῦ (σ. 198), ἐφαρμογαὶ τοῦ εὐ- θερμαγωγοῦ ἢ δυσθερμαγωγοῦ τῶν σωμάτων (σ. 198).	197-198

ΚΕΦ. Ε'. ΙΣΟΔΥΝΑΜΟΝ ΤΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ ΚΑΙ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΟΣ

Πηγὰι θερμότητος.	199
Μετατροπὴ τῆς μηχανικῆς ἐνεργείας εἰς θερμαντικὴν ἐνέργειαν καὶ τάνάπαλιν.	199-200
Μετατροπαὶ τῆς ἡλιακῆς ἐνεργείας.	200
Μηχανικὸν ἰσοδύναμον τῆς θερμίδος	200
Ἀτμομηχαναί.	201-204
Μηχαναὶ δι' ἐκρήξεων	204-206

ΜΕΡΟΣ ΕΚΤΟΝ

ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ

Ὑδατώδη μετέωρα: Δρόσος καὶ πάχνη (σ. 207), δμίχλη καὶ νέφη (σ. 208), βροχὴ (σ. 209), χιὼν (σ. 209), χάλαζα (σ. 209).	207-209
Ἀερώδη μετέωρα: Ἄνεμοι (σ. 210), ἄνεμοι περιοδικοὶ (σ. 212), ἄνεμοι σταθεροὶ (σ. 213).	210-213
Πρόγνωσις τοῦ καιροῦ.	213-214

ΜΕΡΟΣ ΕΒΔΟΜΟΝ

ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ

ΚΕΦ. Α'. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΔΙΑΔΟΣΙΣ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

Ἠχητικοὶ κραδασμοί: Μετάδοσις τῆς παλμικῆς κινήσεως (σ. 217).	215-217
---	---------

Ταχύτης τοῦ ἤχου: Εἰς τὸν ἀέρα (σ. 218), εἰς τὸ ὕδωρ (σ. 219), εἰς τὰ στερεὰ (σ. 219).	218-220
Ἀνάκλασις τοῦ ἤχου: Ἐχὼ καὶ ἀντήχησις (σ. 220).	220-222

ΚΕΦ. Β'. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

Ἔντασις τοῦ ἤχου.	223-224
Ὑψος τοῦ ἤχου: Μουσικὰ διαστήματα: Διάστημα δύο ἡχων (σ. 225), κλίμακες (σ. 225), κανονικὸν διαπασῶν (σ. 226), ἐπέκτασις τῆς μουσικῆς κλίμακος (σ. 226), διαδοχικὰ διαστή- ματα μιᾶς κλίμακος (σ. 227), συγχορδαί (σ. 227), τελεία συγ- χορδία (σ. 227), ἀρμονικοὶ ἤχοι (σ. 227). Ἠχητικοὶ σω- λήνες: Ἐπιστόμιον μετὰ στόμα (σ. 228), νόμοι τῶν κυλινδρι- κῶν ἢ πρισματικῶν σωλήνων (σ. 229), νόμοι τῶν ἀρμονικῶν (σ. 229), ἐπιστόμιον μετὰ γλωττίδος (σ. 230). Παλμοὶ τῶν στερεῶν σωμάτων: Ἐγκάρσιοι παλμοὶ τῶν χορδῶν (σ. 231), νόμοι (σ. 231), ἡχόμετρον (σ. 232). Συνήχησις ἢ συντονισμὸς (σ. 235).	224-236
Χροιά τοῦ ἤχου: Ἦχος ἀπλοῦς, ἦχος σύνθετος (σ. 236), ἀνάλυσις τῶν ἡχων (σ. 237), φύσις τῆς χροιάς (σ. 237).	236-237
Φωνογράφος.	238-239

ΚΕΦ. Γ'. ΠΑΛΜΙΚΑΙ ΚΙΝΗΣΕΙΣ

Πλήρης αἰώρησις: Πλάτος αἰωρήσεως (σ. 240), περίοδος (σ. 240).	239-240
Ὑγρὰ κύματα: Διάδοσις ὑγροῦ κύματος (σ. 241), μῆκος κύματος (σ. 241) Συμβολή.	240-242 242-243
Ἠχητικὰ κύματα: Διάδοσις τοῦ ἤχου ἐντὸς κυλινδρικοῦ σωλήνος (σ. 244), διάδοσις εἰς ἀπεριόριστον μέσον (σ. 245), συμβολή ἡχητικῇ (σ. 245).	243-245



024000028415

Ἐπιμελητὴς τῆς ἐκδόσεως ὁ καθηγητὴς **ΑΝΑΓΥΡΟΣ ΚΑΛΥΒΙΑΡΗΣ**
(ἀπ. Δ. Σ. ΟΕΣΒ 485/28.3.53).

Ἀνάδοχοι ἐκτυπώσεως καὶ βιβλιοδεσίας
Μ. ΖΟΥΡΜΠΑΚΗΣ - Π. ΛΟΥΚΕΑΣ (ὁδὸς Ζωοδόχου Πηγῆς 15), Ἀθήναι.

