

ΔΙΟΝ. Π. ΛΕΟΝΤΑΡΙΤΟΥ
ΚΑΘΗΓΗΤΟΥ ΕΝ ΤΩ ΠΡΑΚΤΙΚΩ ΛΥΚΕΙΩ ΑΘΗΝΩΝ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

ΔΙΑ ΤΗΝ Ε' ΤΑΞΙΝ ΤΩΝ ΓΥΜΝΑΣΙΩΝ ΠΑΛΑΙΟΥ ΤΥΠΟΥ



ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΣΧΟΛΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ
ΕΝ ΑΘΗΝΑΙΣ
1940

ΔΙΟΝ. Π. ΛΕΟΝΤΑΡΙΤΟΥ
ΚΑΘΗΓΗΤΟΥ ΕΝ ΤΩ ΠΡΑΚΤΙΚΩ ΛΥΚΕΙΩ ΑΘΗΝΩΝ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

ΔΙΑ ΤΗΝ Ε' ΤΑΞΙΝ ΤΩΝ ΓΥΜΝΑΣΙΩΝ ΠΑΛΑΙΟΥ ΤΥΠΟΥ



ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ ΣΧΟΛΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ
ΕΝ ΑΘΗΝΑΙΣ
1940

17940

14283

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟΝ

ΥΛΗ-ΚΙΝΗΣΙΣ-ΔΥΝΑΜΕΙΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Α'

ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΑΙ ΕΝΝΟΙΑΙ

Ναός

ΥΛΗ

1. Τὸ πᾶν εἰς τὴν Φύσιν, τὸ ζῷον, τὸ φυτόν, ὁ βράχος, ὁ ἄηρ, τὸ νέφος, ὁ ποταμός, ἔξαφανίζεται ἀδιακόπως καὶ ἀναφαίνεται, ἀλλάσσει σταθερῶς ὅψιν, ἀλλὰ δὲν καταστρέφεται. Τοῦτο τὸ πᾶν εἶναι ἡ ψῆφη, ἡ δποία ἀδιαλείπτως ἀποσυντίθεται καὶ ἀνασυντίθεται, ἀναπαριστῶσα συνεχῶς ὅμοια ἀντικείμενα.

Ζῷόν τι ἀποθνήσκει. Ἡ ψῆφη, ἐκ τῆς δποίας συνίσταται τὸ σῶμά του, ἀποσυντίθεται. Καὶ ἄλλα μὲν ἐκ τῶν προϊόντων τῆς ἀποσυνθέσεως διασκορπίζονται ὑπὸ μορφὴν 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 δποία παραλαμβάνουν ἐκ τοῦ ἀέρος διὰ τῶν φύλλων καὶ ἐκ τοῦ ἐδάφους διὰ τῶν φιλῶν των τὰς ἀναγκαίας διὰ τὴν ἀνάπτυξίν των τροφάς. Τὰ φυτὰ πάλιν θὰ χρησιμεύσουν ὡς τροφὴ τῶν φυτοφάγων ζώων καὶ ταῦτα θὰ καταβροχθισθοῦν ὑπὸ τῶν σαρκοφάγων θηρίων καὶ τῶν ἀνθρώπων καὶ οὕτω καθ' ἔκτης.

Πᾶν δὲ τι δύναται νὰ ξυγισθῇ εἶναι ψῆφη.

ΣΩΜΑΤΑ

2. **Σῶμα** καλεῖται πᾶν μέρος ψῆφης, τὸ δποίον καταλαμβάνει θέσιν τινὰ εἰς τὸ διάστημα καὶ τὸ δποίον δυνάμεθα νὰ ἀντιληφθῶμεν διά

τινος τῶν αἰσθήσεών μας. Τὸ διοξείδιον τοῦ ἄνθρακος, τὸ δόποιον ἐκ φεύγει ἐκ τῶν πνευμόνων μας ἢ ἐκ τῆς ἑστίας, τὸ ἐκ τῆς πηγῆς ἀναβλύζον ὕδωρ, ὃ χάλιξ τῆς ὁδοῦ, ἐν πτηνόν, ἢ ἵς τοῦ ἔριου, τεμάχιον σιδήρου, εἰς ἰχθὺς κτλ. εἶναι **σώματα**.

Τὰ σώματα ὑποπίπτουν εἰς τὰς αἰσθήσεις ἡμῶν κατὰ διαφόρους τρόπους, τοὺς δόποιους καλοῦμεν **ἰδιότητας** αὐτῶν. Οὕτω π.χ. ἡ ὑαλος ἔχει τὴν ἴδιοτηταν νὰ εἶναι διαφανής, ὃ λίθος νὰ εἶναι σκληρός, ἡ κιμωλία νὰ εἶναι λευκὴ κτλ. Ἐκ τῶν ἴδιοτήτων τῶν σωμάτων ἄλλαι μὲν ἀπαντοῦν εἰς τινα μόνον σώματα, ὡς π.χ. ἡ **διαφάνεια**, ἡ **μαγνητικὴ ἴδιοτης** κτλ., ἄλλαι δὲ εἶναι γενικαὶ παρατηρούμεναι ἐπὶ πάντων ἐν γένει τῶν σωμάτων, ὅπως π.χ. τὸ βάρος. Ἐπίσης γενικαὶ ἴδιοτητες εἶναι ἡ **ἕκτασις**, τὸ **ἀδιαχώρητον**, τὸ **διαιρετόν**, τὸ **συμπιεστόν**, ἡ **ἔλαστικότης** κτλ.

3. **Ἔκτασις.** — Τὰ σώματα, οἰαδήποτε καὶ ἀν εἶναι, καταλαμβάνουν πάντοτε ἐν μέρος τοῦ διαστήματος· ἐν ἄλλοις λόγοις, **ἔχουν ἕκτασιν δριζομένην διὰ τῶν τριῶν διαστάσεων: μήκους, πλάτους, ὕψους** (τὸ βάθος ἢ τὸ πάχος ἀντικαθιστοῦν πολλάκις τὸ ὄψος). Ἡ **ἕκτασις** εἶναι τοιουτορόπως συνώνυμος πρὸς τὸν ὄγκον.

4. **Ἄδιαχώρητον.** — Τὸ ἀδιαχώρητον εἶναι ἡ ἴδιοτης κατὰ τὴν δόποιαν δύο διακεκριμένα ὑλικὰ σώματα δὲν δύνανται νὰ συνυπάρχουν εἰς τὸν αὐτὸν χῶρον τοῦ διαστήματος.

5. **Διαιρετόν.** — Ἐν σῶμα δύναται νὰ διαιρεθῇ εἰς πολὺ μικρὰ τεμάχια· ἐν τεμάχιον π.χ. κιμωλίας δύναται νὰ διαιρεθῇ εἰς τεμαχίδια ἔξοχα μικρά, ἔκαστον τῶν δόπιων εἶναι ἐπίσης κιμωλία, διατηρεῖ δηλ. τὰς χαρακτηριστικὰς ἴδιοτητας τῆς κιμωλίας. Ἡ γενικὴ αὐτὴ ἴδιοτης τῶν σωμάτων, καθ' ἣν ταῦτα δύνανται νὰ διαιρεθοῦν εἰς ἔξοχας μικρὰ μέρη, χωρὶς νὰ ξάσονταν τὰς χαρακτηριστικὰς αὐτῶν ἴδιοτητας, καλεῖται **διαιρετόν**.

Οὕτω κατασκευάζονται ἐξ ὑάλου ἀντικείμενα, ἔχοντα πάχος ἐνὸς μόνον χιλιοστοῦ τοῦ χιλιοστομέτρου. Ἐκ τῆς πλατίνης λαμβάνομεν διὰ τοῦ συρματούργου σύρματα 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 ὅποιου δύναται νὰ προχωρήσῃ ἡ διαιρέσις τῆς ὕλης, δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ δρισθῇ. Ἀλλὰ διὰ τοῦτο δύναται ἄρα γε ἡ διαιρέσις νὰ χωρήσῃ καὶ πέραν παντὸς δρίου;

Εἰς τὴν παροῦσαν κατάστασιν τῆς Ἐπιστήμης παραδεχόμεθα, ὅτι ἡ διαιρέσις τῆς ὕλης δὲν δύναται νὰ χωρήσῃ ἐπ’ ἀπειρον. Καὶ ἀνὸποιητός ὑποθέσωμεν, ὅτι μεταχειρίζομεθα μεθόδους διαιρέσεως πολὺ τελειοτέρας ἀπὸ ἐκείνας τὰς ὅποιας διαθέτομεν σήμερον, καὶ τότε ἀκόμη θὰ ἔσταματο μεν ἐπὶ τέλους εἰς ἓν ὅριον ἀνυπέρβλητον, εἰς τὸ μόριον.

Τὸ μόριον εἶναι λοιπὸν ἡ ἐλαχίστη ποσότης ἐνὸς σώματος, ἡ ὅποια δύναται νὰ ὑπάρχῃ ἐν ἐλευθέρᾳ καταστάσει, διαιτηροῦσα τὰς ἴδιότητας τοῦ σώματος.

Οἱ χημικοὶ παραδέχονται ὅτι τὸ μόριον δύναται νὰ ὑποδιαιρεθῇ (ὄχι μηχανικῶς, ἀλλὰ διὰ χημικῶν ἀντιδράσεων) εἰς ἀκόμη μικρότερα μέρη, τὰ ὅποια 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 ἐνὸς μορίου δύνανται νὰ ἀντικατασταθοῦν ἀπὸ ἄλλα ἄτομα καὶ νὰ ἀποτελέσουν μόριον νέας οὐσίας.

Σημ. Αἱ πλέον πρόσφατοι ἐργασίαι κατέληξαν εἰς τὸ ὅτι ἔκαστον ἄτομον συνίσταται ἐξ ἐνὸς κεντρικοῦ πυρῆνος, ἥλεκτροισμένου θετικῶς, περὶ τὸν ὅποιον στρέφονται μετὰ μεγίστης ταχύτητος σωμάτια ὅμοια, πολὺ μικρότερα, ἥλεκτροισμένα ἀρνητικῶς, τὰ ὅποια καλοῦνται **ἥλεκτρόνια**.

6. Συμπιεστόν. Μοριακοὶ πόροι.— Τὰ μόρια δὲν ἐφάπτονται ἀλλήλων. Γνωρίζομεν πράγματα ὅτι ὅλα τὰ σώματα ἐλαττοῦνται κατ’ ὅγκον, ὅταν τὰ **συμπιέζωμεν** διὰ μηχανικῆς ἐνεργείας ἢ διὰ ψύξεως· καὶ ἐπειδὴ δύο μόρια δὲν δύνανται νὰ κατέχουν συγχρόνως τὸν αὐτὸν χῶρον, πρέπει νὰ παραδεχθῶμεν ὅτι ἡ ἐλάττωσις τοῦ ὅγκου τῶν σωμάτων προέρχεται ἀπὸ τὴν ἐλάττωσιν τοῦ μεγέθους τῶν μεταξὺ 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 ὅποια φέρουν σώματά τινα, καλούμενα **πορώδη**, ὡς ὁ σπόγγος, ἢ κίσσηρις κτλ.

‘*Η ιδιότης, τὴν ὅποίαν ἔχουν πάντα τὰ σώματα, νὰ ἐλαττοῦνται κατ’ ὅγκον, δταν συμπιέζωνται, καλεῖται συμπιεστόν.*

7. **Ἐλαστικότης.**—Τεμάχιον ἐλαστικοῦ ἐπιμηκύνεται, ἐὰν ἐλέξωμεν τὰ ἄκρα του κατ’ ἀντιθέτους φοράς· ἀναλαμβάνει δὲ τὸ ἀρχικόν του μῆκος, εὐθὺς ὡς ἀφήσωμεν αὐτὸν ἐλεύθερον. Ἐπίσης δ ὁ ὅγκος ἐνὸς ἀερίου πιεζομένου ἐλαττοῦται· εὐθὺς ὅμως ὡς παύσῃ ἡ πίεσις, τὸ ἀέριον ἀναλαμβάνει τὸν ἀρχικόν του ὅγκον.

‘*Η ιδιότης αὕτη πάντων τῶν σωμάτων, κατὰ τὴν ὅποίαν ταῦτα μετασχηματίζόμενα διὰ μηχανικῆς ἐνεργείας τείνονταν νὰ ἀραλάβονταν τὸ σχῆμά των, εὐθὺς ὡς παύσῃ νὰ ἐνεργῇ ἡ αἰτία τοῦ μετασχηματισμοῦ, καλεῖται ἐλαστικότης.*

‘Ο μετασχηματισμὸς τῶν σωμάτων δύναται νὰ παραχθῇ διὰ ἐλέξεως, διὰ συμπιέσεως, διὰ στρέψεως, διὰ κάμψεως.

‘*Η ἀντίδρασις, τὴν ὅποίαν τὸ σῶμα ἔξασκει ἐπὶ τῆς αἰτίας τοῦ μετασχηματισμοῦ, καλεῖται ἐλαστικὴ δύναμις.*

‘*Η ἐλαστικὴ δύναμις εἶναι ἵση πρὸς τὴν δύναμιν, ἡ ὅποία παράγει τὸν μετασχηματισμόν.*

‘*Η ἐλαστικὴ δύναμις ἐνὸς ἀερίου εἶναι ἡ πίεσις, τὴν ὅποίαν ἔξασκει τὸ ἀέριον τοῦτο ἐπὶ τῶν τοιχωμάτων τοῦ δοχείου, ἐντὸς τοῦ ὅποίου συμπιέζεται. Ἡ ἐλαστικὴ δύναμις τοῦ ἀτμοῦ τοῦ ὕδατος χρησιμοποιεῖται ὡς κινητήριος δύναμις εἰς τὰς ἀτμομηχανάς.*

ΑΙ ΤΡΕΙΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

Nau

8. **Συνοχή.**—Τὰ μόρια, ἐκ τῶν ὅποίων συνίστανται τὰ σώματα, παραμένουν συσσωρευμένα, διότι ἔξασκοῦν τὰ μὲν ἐπὶ τῶν δὲ **ἀμοιβαῖς ἐλέξεις**. ‘*Η δύναμις, ἡ ὅποία τὰ συνδέει, καλεῖται συνοχή.*

‘*Ολα τὰ σώματα παρουσιάζονται ὑπὸ μίαν τῶν ἐπομένων τριῶν καταστάσεων: τὴν στερεάν, τὴν ὑγράν, τὴν ἀεριώδην.*

9. **Στερεὰ κατάστασις.**—Τὰ στερεὰ σώματα (ξύλον, μάρμαρον, σίδηρος κτλ.) ἔχουν σχῆμα καὶ ὅγκον ὡρισμένον καὶ ἀντιτάσσουν ἀντίστασιν εἰς πᾶσαν μεταβολὴν τοῦ σχήματος ἢ τοῦ ὅγκου των. ‘*Η συνοχὴ τῶν μορίων των εἶναι σημαντικὴ καὶ, διὰ νὰ ἀποχωρισθοῦν ταῦτα, χρειάζεται δύναμις ἔξωτερη καὶ μᾶλλον ἢ ἴττον μεγάλη.*

10. **Ὑγρὰ κατάστασις.**—*Tὰ ὑγρὰ ἔχουν ὅγκον ὡρισμένον*

ὅπως τὰ στερεά· ἀλλὰ τὰ μόριά των, ἔνεκα τῆς πολὺ μικρᾶς συνοχῆς των, δόλισθαίνουν εὐκόλως τὰ μὲν ἐπὶ τῶν δέ, **δὲν ἔχουν λίδιον σχῆμα**, ἀλλὰ λαμβάνουν τὸ σχῆμα τῶν περιεχόντων αὐτὰ διγγείων, ἀπολήγουν δὲ εἰς ἐλευθέραν ἐπιφάνειαν.

Τὰ ὑγρὰ εἶναι πολὺ δλίγον συμπιεστὰ καὶ τελείως ἐλαστικά.

11. Αεριώδης κατάστασις.—Τὰ ἀέρια δὲν ἔχουν οὔτε σχῆμα οὔτε ὅγκον ώρισμένον, τὰ μόριά των μίγνυνται καὶ ἐμφανίζονται ἀνεν συνοχῆς, εἶναι λίαν συμπιεστὰ καὶ ή ἐλαστικότης των εἶναι τελεία, ὅπως καὶ τῶν ὑγρῶν. Τὸ συμπιεστὸν καὶ τὴν ἐλαστικότητα τῶν ἀερίων ἀποδεικνύομεν διὰ τοῦ **δι' ἀέρος πυρείου**. Ἡ συσκευὴ αὕτη συνίσταται ἐξ ὑαλίνου κυλίνδρου μὲ παχέα τοιχώματα, κλειστοῦ κατὰ πό ἐν ἄκρον (σχ. 1). Διὰ τοῦ ἀνοικτοῦ στομίου εἰσέρχεται ἐμβολεὺς ἐφαρμοζόμενος ἀεροστεγῶς. “Οταν καταβιβάσωμεν τὸν ἐμβολέα, ὁ ἀήρ συμπιέζεται καὶ ὁ ὅγκος του γίνεται ἐλάχιστος· εἰνθὺς ὅμως ὡς παύσωμεν νὰ πιέζωμεν τὸν ἐμβολέα, ὁ πεπιεσμένος ἀήρ ἀναβιβάζει αὐτόν, ἀναλαμβάνων τὸν ὅγκο του.

Τὰ ἀέρια δὲν ἔχουν ἐλευθέραν ἐπιφάνειαν. Διακρίνονται τῶν ὑγρῶν διὰ τῆς διαχυτικότητός των, ἔνεκα τῆς δοποίας καταλαμβάνουν ὅλον τὸν προσφερόμενον χῶρον. Ἐν ἀέριον δομοιάζει μὲ ἐλατήριον σταθερῶς τεταμένον· τὰ μόριά του, ὡς εἴπομεν, ἐξασκοῦν ἐπὶ τῶν τοιχωμάτων τοῦ δοχείου, τὸ δποῖον τὸ περιέχει, πλειστὶ ἡ ἐλαστικὴν δύναμιν.

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

12. Μεταβολὴ τῆς καταστάσεως τῶν σωμάτων.—Ἐν καὶ τὸ αὐτὸς σῶμα, διατηροῦν τὴν φύσιν του, δύναται νὰ ἐμφανισθῇ καὶ ὑπὸ τάς τρεῖς καταστάσεις. Τὸ θεῖον π.χ. θερμαινόμενον καθίσταται ὑγρὸν καὶ κατόπιν ἀέριον· τὸ ὑδωρ ὑπάρχει εἰς κατάστασιν ἀτμοῦ εἰς τὸν ἀέρα, μεταβάλλεται δὲ εἰς πάγον διὰ τῆς ψύξεως. Ἐπίσης ἐν ἀέριον διὰ τῆς ψύξεως καθίσταται ὑγρόν, κατόπιν δὲ στερεόν.

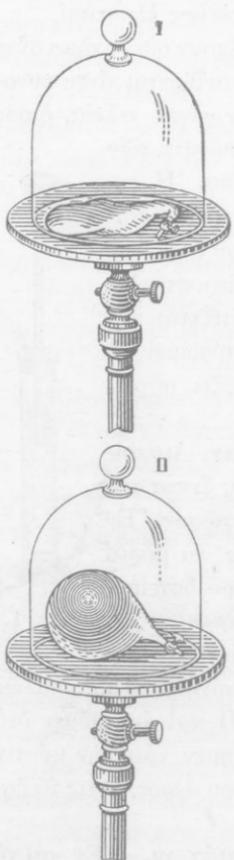


Σχ. 1.

Νομι

ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΦΥΣΙΚΑ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΑ

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



Σχ. 2.

14. **Χημικὰ φαινόμενα**.—Τὰ σώματα δύνανται νὰ ὑφίστανται μεταβολάς, αἱ δποῖαι ἐπιφέρουν μονίμων ἀλλοίωσιν τῶν ἰδιοτήτων αὐτῶν. Οὕτω π.χ. τεμάχιον ἀσβεστολίθου πυρούμενον ἵσχυρῶς ἔλαττοῦται καὶ κατὰ τὸ βάρος καὶ κατὰ τὸν ὅγκον καὶ μετατρέπεται εἰς ἄσβεστον. Ἐπίσης, ἐὰν θερμάνωμεν ἐπ' ἀρκετὸν χρόνον ὑδραργύρου εἰς τὸν ἀέρα, οὗτος μεταβάλλεται εἰς στερεάν τινα ἐρυθρὰν οὐσίαν, τελείως διάφορον τοῦ ὑδραργύρου, ἥ δποία καλεῖται ἐρυθρὸν δξείδιον τοῦ ὑδραργύρου. Τὰ φαινόμενα ταῦτα καλοῦνται **χημικά**.

15. **Φυσικὰ φαινόμενα**.—Ἄλλα φαινόμενα, καλούμενα **φυσικά**, ἐκδηλοῦνται, κωδὶς νὰ ἐπιφέρουν μονίμους ἀλλοίωσεις εἰς τὴν φύσιν τῶν σωμάτων, ὅπως π.χ. ἥ μεταβολὴ τοῦ ὕδατος, τὸ δποῖον ἥ θερμότης μετατρέπει εἰς ἀτμόν, ἥ ἥ μεταβολὴ τῆς ὑάλου, τὴν δποίαν ἡλεκτροίζομεν διὰ τῆς τριβῆς. Αἱ μεταβολαὶ αὗται ἔξαφανίζονται εὐθὺς ὡς ἐκλείψῃ ἥ αἰτία, ἥ δποία τὰς παρήγαγεν. Ἡ μελέτη κυρίως τῶν παροδικῶν τούτων μεταβολῶν εἶναι τὸ ἀντικείμενον τῆς Φυσικῆς.

Σημ. Διατηροῦμεν τὴν διαιρέσιν τῶν φαινομένων εἰς φυσικὰ καὶ χημικὰ διὰ λόγους καθαρῶς ταξινομικούς· ἥ διάκρισις αὕτη σήμερον δὲν δύναται νὰ θεωρηθῇ ἀκριβῆς, καθόδσον μεταξὺ τῶν ἄκρων φαινομένων τῶν δύο διμάδων ὑπάρχει ὀλόκληρος σειρὰ φαινομένων, τὰ πλεῖστα τῶν δποίων παρόντας καρκτῆρα μεικτόν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Β'

ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΕΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

ΚΙΝΗΤΙΚΗ

16. Ἡρεμία καὶ κίνησις.—Οταν βλέπωμεν διάφορα ἀντικείμενα, τῶν δποίων αἱ ἀμοιβαῖαι ἀποστάσεις δὲν μεταβάλλονται, λέγομεν ὅτι ταῦτα εὑρίσκονται ἐν ἡρεμίᾳ τὰ μὲν ὡς πρὸς τὰ δέ. Ἀν δμως αἱ ἀποστάσεις σώματός τυνος ἀπὸ τῶν ἀντικειμένων τούτων μεταβάλλονται, λέγομεν ὅτι τὸ σῶμα κινεῖται ὡς πρὸς αὐτά. Π. χ. ὅταν σῶμά τι πίπτῃ ἐντὸς αἰθουσῆς, αἱ ἀποστάσεις τοῦ σώματος τούτου ἀπὸ τὰ διάφορα σημεῖα τῆς αἰθουσῆς μεταβάλλονται.

Ἡ ἐπιστήμη, ἥ δποία ἔξετάζει τὴν κίνησιν καὶ τὰ αἴτια αὐτῆς, ὡς καὶ τὰ ἀποτελέσματα καὶ τὰς ἐφαρμογάς της, λέγεται *Μηχανική*. Ἡ Μηχανικὴ διαιρεῖται εἰς τρία μέρη: τὴν *Κινητικήν*, τὴν *Στατικήν* καὶ τὴν *Δυναμικήν*.

Εἰς τὴν *Κινητικὴν* ἔξετάζομεν τὴν κίνησιν καθ' ἑαυτήν, ὑπὸ ἔποψιν καθαρῶς ἀφριδημένην καὶ γεωμετρικήν, χωρὶς νὰ λαμβάνωμεν ὑπ' ὄψιν τὰς αἰτίας, αἱ δποίαι τὴν παραγόντα.

Εἰς τὰ δύο ἄλλα μέρη τῆς Μηχανικῆς ἔξετάζομεν τὰς δυνάμεις, δηλ. τὰς αἰτίας τῆς κινήσεως, θεωρουμένας εἴτε εἰς τὴν κατάστασιν τῆς ίσορροπίας (*Στατική*) εἴτε εἰς τὴν κατάστασιν τῆς ἐνεργείας (*Δυναμική*).

Ἄρχεται μέρος ἀπὸ τὴν *Κινητικήν*, διότι ἥ ἐννοια τῆς κινήσεως συλλαμβάνεται διὰ τῆς ἀμέσου παρατηρήσεως.

17. Μέτρησις τῶν μηκῶν. Μονάς μήκους.—Διὰ νὰ μετρήσωμεν μῆκός τι, τὸ συγκρίνομεν πρὸς ἄλλο τι μῆκος ἐκλεγόμενον αὐθαιρέτως, τὸ δποῖον λαμβάνομεν ὡς **μονάδα**.

Διὰ νὰ ὑπάρχῃ μονάς ἀπολύτως ἀμετάβλητος, κατεσκεύασαν, ὑπὸ τὸ ὄνομα *διεθνὲς πρότυπον*, κανόνα ἐκ λευκοχρυσού (σχ. 3), φέροντα πλησίον τῶν ἀκρων του δύο γραμμάς, τῶν δποίων ἥ ἀπόστα-



Σχ. 3.

σις, ὅταν ἡ ράβδος εύρισκεται εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ 0°, δρίζει τὸ διεθνὲς μέτρον. Τὸ μῆκος τοῦτο παριστᾶ (μὲ ἐλάχιστον λάθος) τὸ τεσσαρακοντάκις ἑκατομμυριοστὸν τοῦ μήκους τοῦ γηίνου μεσημβρινοῦ.

*Αφ' ἔτερου, εἰς τὸ Διεθνὲς συνέδριον τῶν ἡλεκτρολόγων τοῦ 1881 ἐθεσπίσθη διὰ τὴν μέτρησιν τῶν διαφόρων μεγεθῶν σύστημα μονάδων, τὸ δόποιον ὀνομάσθη **σύστημα C.G.S.** (ἐκ τῶν δονομάτων τῶν τριῶν θεμελιωδῶν μονάδων του: centimètre, gramme, seconde). Εἰς τὸ σύστημα τοῦτο ἔξελέγη ὡς μονὰς μήκους τὸ ἑκατοστόμετρον, ἥτοι τὸ ἑκατοστὸν τοῦ διεθνοῦς μέτρου.

18. **"Ἐννοια τοῦ χρόνου.** — Ἡ κίνησις ἐνὸς σώματος, δηλ. ἡ μετάβασίς του ἀπὸ μιᾶς θέσεως εἰς ἄλλην, γεννᾷ εἰς ἡμᾶς μίαν νέαν ἔννοιαν, τὴν ἔννοιαν τοῦ **χρονικοῦ διαστήματος**. Καθὼς δὲ εἰς τὴν Γεωμετρίαν ἀπὸ τὴν ἔννοιαν τοῦ πεπερασμένου τιμήματος εὐθείας σχηματίζομεν τὴν γενικὴν ἔννοιαν τῆς ἀπειρομήκους εὐθείας, τοιουτορόπως καὶ ἐνταῦθα ἀπὸ τὴν ἔννοιαν τοῦ **πεπερασμένου χρονικοῦ διαστήματος** σχηματίζομεν τὴν γενικὴν ἔννοιαν τοῦ **ἀπειρον χρόνου**.

Ο χρόνος διὰ τὴν Μηχανικὴν εἶναι ποσὸν θεμελιωδες, τοῦ δόποιου ὅμως ἡ ἔννοια εἶναι τόσον ἀπλῆ, ὥστε δὲν δύναται νὰ δρισθῇ μὲ ἄλλας ἀπλουστέρας.

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

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

19. **Μέτρησις τοῦ χρόνου.** — Οπως πᾶν ποσόν, οὕτω καὶ ὁ χρόνος ἐπιδέχεται μέτρησιν. Ἡ μέτρησις τοῦ χρόνου στηρίζεται ἐπὶ κινήσεως, ἡ δροία ἐπὶ πολὺν χρόνον παραμένει ἀπολύτως ἡ αὐτή. Τοιαύτη κίνησις εἶναι π.χ. ἡ περιστροφὴ τῆς γῆς περὶ τὸν ἀξονά της ἢ καὶ ἡ κίνησις ἐκκρεμοῦς ὠρολογίου, ἡ δροία κανονίζεται συμφώνως πρὸς τὴν περιστροφὴν τῆς Γῆς. Ἐπειδὴ δηλ. δὲν δυνάμεθα νὰ συγκρίνωμεν ἀπ' εὐθείας δύο χρονικὰ διαστήματα, διὰ νὰ ἴδωμεν ἐὰν εἶναι ἵσα ἢ ἄνισα, τὰ συγκρίνομεν ἐμμέσως διὰ τῶν τοπικῶν διαστημάτων, τὰ

δποῖα κατὰ τὴν κίνησιν ταύτην διέτρεξε τὸ κινητὸν ἐντὸς τῶν χρονικῶν τούτων διαστημάτων. Καὶ ἂν μὲν τὰ τοπικὰ ταῦτα διαστήματα εἶναι ἵσα, λέγομεν ἶσα καὶ τὰ χρονικά· ἂν δὲ εἶναι ἄνισα, λέγομεν καὶ τὰ χρονικὰ ἀνισα· καὶ γενικῶς λέγομεν λόγον δύο χρονικῶν διαστημάτων τὸν λόγον τῶν ἀντιστοίχων τοπικῶν διαστημάτων κατὰ τὴν θεμελιώδη ταύτην κίνησιν.

*Ως μονάδα τοῦ χρόνου λαμβάνομεν εἰς τὴν Μηχανικὴν τὸ δεύτερον λεπτόν, δηλ. τὸ $\frac{1}{86400}$ τῆς μέσης ἡλιακῆς ήμέρας.

*Αλγεβρικὴ τιμὴ χρονικοῦ διαστήματος.—Κατὰ τοὺς ἀλγεβρικοὺς ὑπολογισμοὺς μετροῦμεν τὰ χρονικὰ διαστήματα ἀρχόμενοι ἀπὸ δοθείσης στιγμῆς, τὴν ὅποιαν καλοῦμεν ἀρχὴν τοῦ χρόνου ἢ χρόνον μηδέν. Μεταγενεστέρα τῆς ἀρχῆς τοῦ χρόνου στιγμὴ παρίσταται τότε δι' ἀριθμοῦ θετικοῦ, προγενεστέρα δὲ δι' ἀριθμοῦ ἀρνητικοῦ.

~~ΔΙΑΦΟΡΟΙ ΚΙΝΗΣΕΙΣ~~

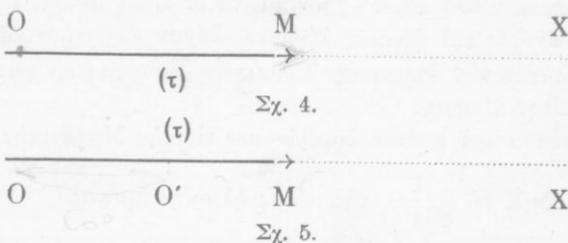
20. Ορισμοί.—Καλοῦμεν κινητὸν πᾶν σῶμα, τὸ ὅποιον εὑρίσκεται ἐν κίνησει.

*Ο τόπος τῶν θέσεων, τὰς ὅποιας τὸ κινητὸν καταλαμβάνει διαδοχικῶς εἰς τὸ διάστημα, καλεῖται τροχιά τοῦ κινητοῦ.

21. Κίνησις εὐθύγραμμος ~~καὶ~~ κίνησις καμπυλόγραμμος.—Ἐάν θεωρήσωμεν ἐν μόνον σημεῖον τοῦ κινητοῦ ἢ κινητὸν ἀρκετὰ μικρόν, ὥστε νὰ δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς σημεῖον, ἢ τροχιά του εἶναι γραμμή. 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, ἐνῷ ἡ κίνησις σημείου βλήματος φιπτομένου πλαγίως εἶναι καμπυλόγραμμος.

22. Κίνησις εὐθύγραμμος ὁμαλή.—Καλοῦμεν ὁμαλὴν τὴν κίνησιν, κατὰ τὴν ὅποιαν τὸ κινητὸν διατρέχει ἵσα διαστήματα εἰς ἴσους χρόνους οίουσδήποτε. Τὴν λέξιν διάστημα λαμβάνομεν ἐνταῦθα ὑπὸ τὴν περιωρισμένην ἔννοιαν τοῦ δρόμου τοῦ διανυομένου ἐπὶ τῆς τροχιᾶς ἢ μέρους τῆς τροχιᾶς.

Τὰ διανυόμενα διαστήματα μετροῦμεν, ἀρχόμενοι ἀπὸ σημείου τινὸς Ο (σχ. 4), τὸ δποῖον καλοῦμεν *ἀρχὴν τῶν διαστημάτων*, καὶ



τοὺς χρόνους ἀπὸ ὧδισμένης στιγμῆς, τὴν δποίαν καλοῦμεν *ἀρχὴν τῶν χρόνων*.

Ταχύτης.— Καλοῦμεν *ταχύτητα* εἰς τὴν δμαλὴν 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.

Μονάς ταχύτητος. Εἰς τὸ σύστημα τῶν ἀπολύτων μονάδων (C. G. S.) τὸ ἐκατοστόμετρον εἶναι ἡ μονὰς τοῦ μήκους καὶ τὸ δευτερόλεπτον ἡ μονὰς τοῦ χρόνου. Ἡ ταχύτης δὲ ἐκφράζεται εἰς ἐκατοστόμετρα κατὰ δευτερόλεπτον. Συνεπῶς *μονὰς ταχύτητος* εἶναι ἡ ταχύτης κινητοῦ, κινούμενου *ἴσοταχῶς* καὶ διανύοντος ἐν ἐκατοστόμετρον κατὰ δευτερόλεπτον.

Νόμοι. Ἐκ τοῦ δρισμοῦ προκύπτει ὅτι εἰς τὴν δμαλὴν κίνησιν ἡ ταχύτης εἶναι σταθερά. Συνεπῶς τὸ εἰς 2,3,4... δευτερόλεπτα διανυθὲν ὑπὸ τοῦ κινητοῦ διάστημα θὰ *ἴσοιται* μὲ 2, 3, 4... φοράς τὴν ταχύτητά του. Ἐντεῦθεν προκύπτουν οἱ ἀκόλουθοι νόμοι τῆς δμαλῆς κινήσεως:

Νόμος τῶν ταχυτήτων. Ἡ ταχύτης εἶναι σταθερά.

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

Ἐξισώσεις τῆς κινήσεως. Ἐὰν παραστήσωμεν διὰ τὴν ταχύτητα τῆς δμαλῆς κινήσεως καὶ διὰ α τὸ σταθερὸν διάστημα τὸ διανύμενον ὑπὸ τοῦ κινητοῦ εἰς ἐν δευτερόλεπτον, θὰ ἔχωμεν κατὰ πρῶτον

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

Ἐὰν ἡ ἀρχὴ τῶν διαστημάτων εἶναι τὸ σημεῖον, εἰς τὸ δποῖον

ενδόσκεται τὸ κινητὸν κατὰ τὴν ἀρχὴν τοῦ χρόνου (σχ. 4, τροχιὰ OX), δὲ νόμος τῶν διαστημάτων θὰ ἐκφρασθῇ διὰ τῆς ἔξισώσεως

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

ἥτις παριστᾶ τὸ διανυθὲν διάστημα εἰς χ δευτερόλεπτα. Τὸ διάστημα δὲ μετρεῖται θετικῶς μὲν κατὰ τὴν φορὰν τῆς κινήσεως, ἀρνητικῶς δὲ κατὰ τὴν ἀντίθετον φοράν. ⁷Αν., τέλος, κατὰ τὴν ἀρχὴν τῶν χρόνων τὸ κινητὸν εἶχεν ἥδη διανύσει τὸ διάστημα OO' = δ₀ (σχ. 5), τροχιὰ OX), δὲ νόμος τῶν διαστημάτων θὰ ἐκφρασθῇ ὑπὸ τῆς ἔξισώσεως

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

Τὸ δ₀ δύναται νὰ εἴναι θετικὸν ἢ ἀρνητικόν, ἐφ' ὅσον τὸ OO' διηγούμενη κατὰ τὴν θετικὴν φορὰν ἢ κατὰ τὴν ἀρνητικήν.

⁸Αμφότεραι αἱ ἔξισώσεις (2) καὶ (3) ἔξαρτονται ἐκ τοῦ χρόνου, εἴναι δηλ. συναρτήσεις τοῦ χρόνου.

Αἱ ἔξισώσεις (1), (2) καὶ (3) καλοῦνται ἔξισώσεις τῆς κινήσεως. ⁹Ἐκ τούτων ἡ μὲν πρώτη εἴναι ἡ ἔξισωσις τῶν ταχυτήτων, αἱ δὲ λοιπαὶ δύο αἱ ἔξισώσεις τῶν διαστημάτων.

Μία κίνησις ὁμαλή, καὶ γενικῶς οἰαδήποτε κίνησις, εἴναι πλήρως ὠρισμένη, ὅταν γνωρίζωμεν τὴν τροχιὰν τοῦ κινητοῦ καὶ τὰς ἔξισώσεις τῆς κινήσεως, καθὼς καὶ τὴν ἀρχὴν τῶν διαστημάτων καὶ τὴν ἀρχὴν τῶν χρόνων.

Σημ. ¹⁰Ἐκ τῶν ἔξισώσεων (1), (2) καὶ (3) λαμβάνομεν

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

Δυνάμεθα λοιπὸν νὰ εἴπωμεν, ὅτι εἰς τὴν ὁμαλὴν κίνησιν ταχύτης εἴναι ἡ σχέσις τοῦ διανυθέντος διαστήματος πρὸς τὸν χρόνον, καθ' ὃν τοῦτο διηγούμενη, ἢ μᾶλλον ἡ σχέσις τῆς αὐξήσεως τοῦ διαστήματος πρὸς τὴν αὔξησιν τοῦ χρόνου. ✓

Γραφικὴ παράστασις τῆς ὁμαλῆς κινήσεως.—¹¹Αντὶ νὰ παραστήσωμεν τὸν νόμον τῆς κινήσεως διὰ τύπου, δυνάμεθα νὰ τὸν παραστήσωμεν διὰ γραμμῆς. ¹²Η γραμμὴ αὕτη λέγεται γραφικὴ παράστασις ἢ διάγραμμα τῆς κινήσεως.

Λαμβάνομεν δύο ἄξονας διαθέσιν OX καὶ OD (σχ. 6). ¹³Ἐπὶ τοῦ διαίζοντίου ἄξονος, ἢ ἄξονος τῶν χρόνων, λαμβάνομεν τμήματα OA

καὶ ΟΑ' ἀνάλογα πρὸς τὸν διαδοχικὸν χρόνον, κατὰ τὴν διάρκειαν τῶν ὁποίων τὸ κινητὸν θὰ εὑρίσκεται εἰς κίνησιν. Ἐπὶ τῶν σημείων Α καὶ Α' φέρομεν καθέτους ἐπὶ τὸν ΟΧ καὶ ἐπὶ τῶν καθέτων τούτων λαμβάνομεν τμήματα ΜΑ καὶ Μ'Α' ἀνάλογα πρὸς τὰ διαστήματα δ καὶ δ', τὰ ὁποῖα διηγούμενα διαδοχικῶς ὑπὸ τοῦ κινητοῦ κατὰ τὸν χρόνον χ καὶ χ'. Κατὰ τὴν σχέσιν $\tau = \frac{\delta}{\chi}$, πρέπει νὰ ἔχωμεν

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

(διότι ΜΑ παριστᾶ τὸ διάστημα καὶ ΟΑ τὸν χρόνον)

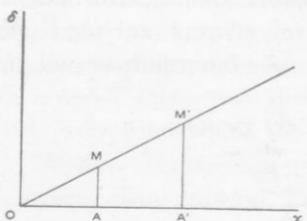
$$\text{καὶ } \frac{M'A'}{OA'} = \frac{\delta'}{\chi'} = \tau. \text{ Άρα } \frac{MA}{OA} = \frac{M'A'}{OA'}.$$

Συνεπῶς τὰ σημεῖα Μ καὶ Μ' θὰ εὑρίσκωνται ἐπὶ εὐθείας μετὰ τοῦ Ο. Τὸ διάγραμμα τῆς διαδοχικῆς κινήσεως θὰ είναι λοιπὸν εὐθεῖα.

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

Η μεταβαλλομένη κίνησις δύναται νὰ είναι εὐθύγραμμος ἢ καμπυλόγραμμος.

24. Κίνησις εὐθύγραμμος όμαλῶς μεταβαλλομένη.—*Η ἀπλουστέρα τῶν μεταβαλλομένων κινήσεων καὶ συγχρόνως ἡ μᾶλλον ἐνδιαφέρουσα εἰς τὴν πρᾶξιν είναι ἡ εὐθύγραμμος όμαλῶς μεταβαλλομένη κίνησις.*



Σχ. 6.

της αὐτῆς αὐξάνεται ἢ ἐλαττοῦται κατὰ ποσότητας ἵσας εἰς ἵσους χρόνους, οἷον σδῆμποτε. Καὶ κατὰ μὲν τὴν πρώτην περίπτωσιν ἡ κίνησις είναι **όμαλῶς ἐπιταχυνομένη**, κατὰ δὲ τὴν δευτέραν **όμαλῶς ἐπιβραδυνομένη**.

*Επιτάχυνσις.—*Η θετικὴ ἢ ἀρνητικὴ ποσότης, κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ ταχύτης μεταβάλλεται εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου, καλεῖται **ἐπιτάχυνσις**.*

Εἰς μίαν τοιαύτην κίνησιν ἡ μεταβολὴ τῆς ταχύτητος Δτ είναι

ἀνάλογος πρὸς τὸν χρόνον $\Delta\chi$, κατὰ τὸν ὅποιον ἡ μεταβολὴ ἐπῆλθεν.
Ἄρα ἡ ἐπιτάχυνσις γ εἶναι τὸ σταθερὸν πηλίκον :

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

Μονάς ἐπιταχύνσεως. — Εἰς τὸν ἔχωμεν συγχρόνως $\Delta\tau = 1$ καὶ $\Delta\chi = 1$, ἡ ἐξίσωσις, ἡτοις δρῖει τὸ γ , δίδει $\gamma = 1$. Λοιπὸν **μονάς ἐπιταχύνσεως** εἶναι ἡ ἐπιτάχυνσις κινήσεως εὐθυγράμμου, δμαλῶς μεταβαλλομένης, τῆς ὁποίας ἡ ταχύτης μεταβάλλεται κατὰ τὴν μονάδα τῆς ταχύτητος εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου.

Ἐξισώσεις τῆς εὐθυγράμμου δμαλῶς μεταβαλλομένης κινήσεως. — Εστωσαν εἰς μίαν τοιαύτην κίνησιν α μὲν ἡ ταχύτης εἰς χρόνον 0, τ δὲ ἡ ταχύτης εἰς χρόνον χ , δόποτε ἡ μεταβολὴ τῆς ταχύτητος $\Delta\tau$ εἰς χρόνον χ θὰ εἶναι $\tau - \alpha$.

Κατὰ τὸν δρισμὸν ἔχομεν :

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

Αὕτη εἶναι ἡ ἐξίσωσις τῶν ταχυτήτων.

Τὸ εἰς χρόνον χ διανυόμενον διάστημα δίδεται ὑπὸ τῆς ἐξίσωσεως

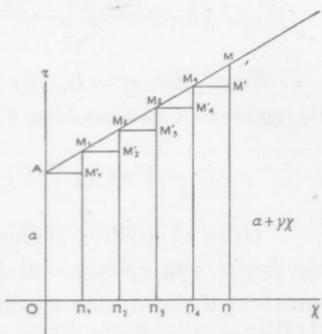
$$\delta = \alpha\chi + \frac{\gamma\chi^2}{2} \quad (2)$$

ἵτις καλεῖται ἐξίσωσις τῶν διαστημάτων.

Σημ. Τὴν ἐξίσωσιν τῶν διαστημάτων δυνάμεθα νὰ λάβωμεν διὰ γεωμετρικῆς μεθόδου ὡς ἔξῆς :

Λαμβάνομεν δύο ἄξονας δροθογνίους Οτ τῶν ταχυτήτων καὶ Οχ

τῶν χρόνων (σχ. 7). Επὶ τοῦ Οτ λαμβάνομεν τμῆμα $OA = \alpha$. ΠΜ εἶναι ἡ ταχύτης εἰς χρόνον χ ($\tau = \alpha + \gamma\chi$). Διαιροῦμεν τὸν χρόνον χ εἰς ὀρισμένον ἀριθμὸν μικροτέρων διαστημάτων $O\P_1 = \chi, \P_1\P_2 = \chi, \dots, \P_{n-1}\P_n = \chi$, κτλ. Φαντασῶμεν ἡδη κινητόν, τὸ ὅποιον ἀναχωρεῖ εἰς χρόνον 0 μετὰ ταχύτητος α καὶ τοῦ ὅποίου ἡ κίνησις παραμένει δμαλὴ κατὰ τὸν χρό-



Σχ. 7.

νον χ₁. Κατὰ τὸν χρόνον τοῦτον διανύει διάστημα αχ₁, τὸ δποῖον παρίσταται ὑπὸ τοῦ ἐμβαδοῦ τοῦ ὁρθογωνίου ΑΜ₁Π₁Ο. Κατὰ τὸν χρόνον χ₂ δίδομεν εἰς τὸ κινητὸν τὴν σταθερὰν ταχύτητα τ₁ = Π₁Μ₁. Ὅποιον τὰς συνθήκας ταύτας θὰ διανύσῃ τὸ διάστημα τ₁χ₂, τὸ δποῖον εἶναι τὸ ἐμβαδὸν τοῦ ὁρθογωνίου Π₁Μ₁Μ₂Π₂ καὶ οὕτω καθεξῆς. Τὸ διάστημα, τὸ δποῖον θὰ διανύσῃ τὸ κινητόν, θὰ εἶναι τὸ ἀθροισμα τῶν ἐμβαδῶν τῶν ὁρθογωνίων. Εἶναι φανερὸν ὅτι, δσον μεγαλύτερος εἶναι ὁ ἀριθμὸς τῶν μερῶν, εἰς τὰ δποῖα διηρέσαμεν τὸν χρόνον χ, τόσον τὸ ὑπὸ τοῦ φανταστικοῦ κινητοῦ διανυόμενον διάστημα θὰ πλησιάζῃ πρὸς τὸ διάστημα, τὸ δποῖον τὸ πραγματικὸν κινητὸν θὰ διανύσῃ. Συγχρόνως τὸ ἀθροισμα τῶν ἐμβαδῶν τῶν ὁρθογωνίων θὰ πλησιάζῃ ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον πρὸς τὸ ἐμβαδὸν τοῦ τραπεζίου ΟΑΜΠ. Πρόπει λοιπὸν νὰ συμπεράνωμεν, ὅτι τὸ ἐμβαδὸν τοῦτο παριστᾷ τὸ διάστημα, τὸ δποῖον θὰ διανύσῃ τὸ κινητὸν κατὰ τὸν χρόνον χ. Ἐχομεν συνεπῶς :

$$\delta = \text{ἐμβαδὸν } \text{ΟΑΜΠ} = \frac{\text{ΟΑ} + \text{ΜΠ}}{2}. \text{ ΟΠ } \eta$$

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

Σημ. Ἐὰν $\alpha = 0$, ἐὰν δηλ. τὸ κινητὸν δὲν ἔχῃ ἀρχικὴν ταχύτητα εἰς χρόνον 0, αἱ ἔξισώσεις (1) καὶ (2) γίνονται :

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

“Οταν τὸ κινητὸν ενδίσκεται εἰς τὴν ἀρχὴν τῶν διαστημάτων κατὰ τὴν ἀρχὴν τοῦ χρόνου, καὶ ὅταν κατὰ τὴν στιγμὴν ταύτην ἡ ταχύτης του εἶναι 0, δυνάμεθα νὰ διατυπώσωμεν τὰς ἐπομένας δύο προτάσεις, αἱ δποῖαι ἀποτελοῦν τότε τοὺς νόμους τῆς δμαλῶς ἐπιταχυνομένης κινήσεως :

α') Νόμος τῶν ταχυτῶν. 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 δποίους διηνύθησαν. Δηλ. ἐὰν α μέτρα εἶναι τὸ διανυθὲν διάστημα εἰς 1 δεύτερον

λεπτόν, τὰ διαστήματα τὰ δύοια θὰ διανυθῶσιν εἰς 2, 3, 4 κλπ. δεύτερα λεπτὰ θὰ είναι 4α, 9α, 16α κτλ.

Σημ. Εἰς τὴν περίπτωσιν, καθ' ἥν ἡ κίνησις εἶναι διμαλῶς ἐπιβραδυνομένη, αἱ ἔξισώσεις εἶναι αἱ αὐταί, ἀλλὰ τὸ γ ἔχει σημεῖον ἀρνητικόν :

$$\tau = \alpha - \gamma \chi \quad \delta = \alpha \chi - \frac{\gamma \chi^2}{2}.$$

*Υπολογισμὸς τῆς ταχύτητος ἐκ τοῦ διαστήματος. *Ἐκ τῶν ἔξισώσεων: $\delta = \alpha \chi + \frac{\gamma \chi^2}{2}$ καὶ $\tau = \alpha + \gamma \chi$, ὑψοῦντες τὴν δευτέραν εἰς τὸ τετράγωνον ἔχομεν: $\tau^2 = \alpha^2 + 2\alpha\gamma\chi + \gamma^2\chi^2$ καὶ ἔξαγοντες τὸ 2γ κοινὸν παράγοντα εἰς τοὺς δύο τελευταίους ὅρους, ἔχομεν:

$$\tau^2 = \alpha^2 + 2\gamma(\alpha\chi + \frac{\gamma\chi^2}{2}). \text{ Καὶ ἐπειδὴ } \alpha\chi + \frac{\gamma\chi^2}{2} = \delta, \text{ ἔχομεν:}$$

$$\tau = \alpha^2 + 2\gamma\delta. \text{ Ἡ, ἀν τὸ γ ἀρνητικόν, } \tau^2 = \alpha^2 - 2\gamma\delta.$$

*Ἀν εἰς τὴν ἔξισωσιν $\tau^2 = \alpha^2 + 2\gamma\delta$ ὑποτεθῇ $\alpha = 0$, τότε $\tau^2 = 2\gamma\delta$.

Ανανεφαλαίωσις τῶν ἔξισώσεων. *Ἀνευ ἀρχικῆς ταχύτητος:

$$\tau = \gamma \chi \quad (1)$$

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

$$\tau = \sqrt{2\gamma\delta} \quad (3)$$

Μετ' ἀρχικῆς ταχύτητος α:

$$\tau = \alpha \pm \gamma \chi \quad (1')$$

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

$$\tau = \sqrt{\alpha^2 \pm 2\gamma\delta} \quad (3')$$

Σημ. Θέτοντες εἰς τὴν (2) $\chi = 1$, ἔχομεν $\delta = \frac{\gamma}{2}$ καὶ $\gamma = 2\delta$.

*Ητοι ἡ ἐπιτάχυνσις εἶναι τὸ διπλάσιον τοῦ διαστήματος τοῦ διανυμένου εἰς τὴν πρώτην μονάδα τοῦ χρόνου.

*Αριθμητικὰ ἐφαρμογαὶ.— a) Λίθος ἀφήνεται νὰ πέσῃ

ἀπὸ ὕψος 100 μέτρων. Ποίαν ταχύτητα θὰ ἔχῃ, ὅταν φθάσῃ εἰς τὸ ἔδαφος καὶ ποία θὰ είναι ἡ διάρκεια τῆς πτώσεως;

"Ἐχομεν $\tau = \sqrt{2\gamma\delta}$.

³Επειδὴ ἡ πτῶσις 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 δποῖον είναι ἡ ἐπιταχυνσις ἡ ὀφειλομένη εἰς τὴν βαρύτητα.

"Ἐχομεν λοιπὸν $\tau = \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 100} = 44,2$ μ.

Διάρκεια τῆς πτώσεως:

$$\text{Έκ τοῦ τύπου } \frac{g\chi^2}{2} = \delta \text{ ἔχομεν: } \chi = \sqrt{\frac{2\delta}{g}} = \sqrt{\frac{200}{9,8}} = 4'', 5.$$

β) Ρίπτομεν σῶμα κατακορύφως πρὸς τὰ ἄνω μετ' ἀρχικῆς ταχύτητος 125 μέτρων κατὰ δευτερόλεπτον. ³Επὶ πόσον χρόνον θὰ ἀνέρχεται καὶ εἰς ποῖον ὕψος θὰ φθάσῃ;

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

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

Διὰ νὰ εῦρωμεν δὲ τὸ ὕψος εἰς τὸ δποῖον θὰ φθάσῃ, ἀρκεῖ εἰς τὸν τύπον $\delta = a\chi - \frac{g\chi^2}{2}$ νὰ ἀντικαταστήσωμεν τὰ γράμματα διὰ τῶν τιμῶν των. Θὰ ἔχωμεν τότε:

$$\delta = 125 \cdot 12,7 - \frac{9,8 \cdot 12,7^2}{2} \quad \text{ἢ} \quad \delta = 797,2 \text{ μέτρα.}$$

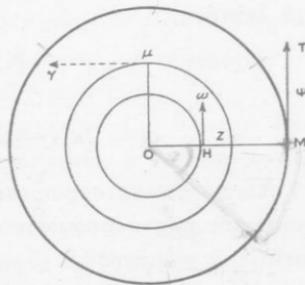
25. **Κίνησις καμπυλόγραμμος.**—³Η καμπυλόγραμμος κίνησις δύναται νὰ είναι ὁμαλὴ ἢ μεταβαλλομένη.

Κίνησις ὁμαλὴ κυκλική. Μία τῶν καμπυλογράμμων κινήσεων, τῶν συχνοτέρων εἰς τὰς ἐφαρμογάς, είναι ἡ κίνησις σημείου, τὸ δποῖον μετατίθεται ἐπὶ περιφερείας (κυκλικὴ κίνησις). Τὰ σημεῖα τῶν περισσοτέρων μηχανῶν, τῶν μυλολίθων, τῶν ὑδραυλικῶν τροχῶν κτλ. ἀνήκουν εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην. Πολλάκις αἱ κινήσεις αὗται είναι ὁμαλαί, δηλ. τὰ ὑπὸ τοῦ σημείου τούτου ἐπὶ τῆς τροχιᾶς του

διανύμενα τόξα είναι άνάλογα πρὸς τοὺς χρόνους, καθ' οὓς τὸ σημεῖον τὰ διήνυσεν. Ἡ ταχύτης τοῦ σημείου εἰς τὰς περιπτώσεις ταύτας είναι τὸ μῆκος τοῦ τόξου τοῦ διαγραφομένου εἰς ἐν δεύτερον λεπτὸν καὶ καλεῖται **γραμμικὴ ἢ περιφερειακὴ ταχύτης**. Δυνάμεθα νὰ εἴπωμεν ἐπίσης, ὅτι γραμμικὴ ταχύτης τοῦ σημείου εἶνε ὁ λόγος $\tau = \frac{\delta}{\chi}$

τοῦ μῆκους δ τοῦ ὑπὸ τοῦ σημείου τούτου διανυθέντος τόξου πρὸς τὸν χρόνον χ , τὸν ὅποιον τὸ σημείον ἔχοειάσθη διὰ νὰ τὸ διανύσῃ.

Γωνιώδης ταχύτης. Καλοῦμεν **γωνιώδη ταχύτητα** τῆς κινήσεως σημείου, τὸ δοῦλον μετατίθεται μὲ κίνησιν διμαλὴν ἐπὶ περιφερείας, τὴν ταχύτητα ω , τὴν δοῦλαν θὰ ἔχῃ κινητὸν H (σχ. 8), εὐρισκόμενον πάντοτε ἐπὶ τῆς αὐτῆς ἀκτίνος OM μετὰ τοῦ M καὶ διαγράφον περιφέρειαν ἀκτίνος 1. Αὕτη εἰς κίνησιν κυκλικὴν καὶ διμαλὴν είναι σταθερὰ καὶ ἰσοῦται ἀριθμητικῶς πρὸς τὴν γωνίαν (ἐκφραζομένην εἰς ἀκτίνα), τὴν δοῦλαν διαγράφει ἡ OM εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου.



Σχ. 8.

Ἐπειδὴ αἱ ταχύτητες τ καὶ ω τῶν M καὶ H είναι άνάλογοι πρὸς τὰς ἀκτίνας τῶν περιφερειῶν, τὰς δοῦλας τὰ σημεῖα ταῦτα διαγράφουν, ἔχομεν, ἐὰν $OM = a$:

$$\frac{\tau}{\omega} = \frac{a}{1}, \quad \text{ἢ} \quad \tau = a \cdot \omega.$$

Δυνάμεθα λοιπὸν νὰ εἴπωμεν, ὅτι **ἡ γραμμικὴ ταχύτης** τῆς κυκλικῆς κινήσεως σημείου εὐρισκομένου εἰς ἀπόστασιν αἱ πόλη τοῦ κέντρου ἰσοῦται μὲ τὴν γωνιώδη ταχύτητα ω πολλαπλασιασθεῖσαν ἐπὶ τὴν ἀπὸ τοῦ κέντρου ἀπόστασιν.

Περί οδος καὶ συγνότης.—**Περίοδος** Τ είναι ὁ χρόνος δ ἀπαιτούμενος ἵνα τὸ κινητὸν M διανύσῃ διάκληδον τὴν περιφέρειαν. **συχνότητα** δὲ N τῆς κινήσεως καλοῦμεν τὸν ἀριθμὸν τῶν περιύδων εἰς ἐν δεύτερον λεπτόν.

"Εχομεν λοιπὸν $T = \frac{1}{N}$. Αφ' ἐτέρου εἰς 1" τὸ κινητὸν διαγράφει γωνίαν $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{\pi}{\frac{1}{N}} = 2\pi N$.

"Αριθμού τι καὶ ἐφαρμογαί.—α) Ποία ἡ γωνιώδης ταχύτης τῆς Γῆς, ἔκτελούσης μίαν στροφὴν εἰς 24 ὥρας ἢ 86400";

"Εχομεν $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2.3,14}{86400} = 0,000072$.

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

"Εχομεν $N = \frac{45}{60} = \frac{3}{4}$ καὶ

$$\omega = 2\pi N = 2.3,14 \cdot \frac{3}{4} = \frac{3,14 \cdot 3}{2} = 4,71.$$

Κίνησις περιστροφική.—Λέγομεν ὅτι σῶμα τι στερεόν εὑρεται εἰς περιστροφικὴν κίνησιν, ὅταν κατὰ τὴν κίνησιν πάντα τὰ σημεῖα τοῦ σώματος τὰ εὐρισκόμενα ἐπὶ μιᾶς εὐθείας παραμένουν σταθερά. "Η εὐθεῖα αὗτη καλεῖται ἀξων τῆς περιστροφῆς.

Εἰς μίαν τοιαύτην κίνησιν ἔκαστον σημεῖον τοῦ σώματος γράφει περιφέρειαν, τῆς δοπίας τὸ κέντρον εὑρίσκεται ἐπὶ τοῦ ἀξονος καὶ τῆς δοπίας τὸ ἐπίπεδον εἶναι κάθετον ἐπὶ τοῦ ἀξονος τούτου.

"Οταν ἡ περιστροφικὴ κίνησις εἶναι διμαλή, ἡ κίνησις ἐκάστου σημείου εἶναι κυκλικὴ διμαλή. Αἱ ἐπίκεντροι γωνίαι, αἱ δοποῖαι ἀντιστοιχῶν εἰς τὰ τόξα τὰ γραφόμενα ὑπὸ ἐκάστου σημείου, εἶναι ἵσαι διὰ τοὺς αὐτοὺς χρόνους. Πάντα δηλαδὴ τὰ σημεῖα τοῦ στερεοῦ στρέφονται μετὰ τῆς γωνιώδους ταχύτητος, τὴν δοπίαν καλοῦμεν γωνιώδη ταχύτητα τῆς περιστροφῆς. "Η περιστροφὴ εἶναι διμαλή, ἀν ἡ γωνιώδης ταχύτης εἶναι σταθερά· ἀλλως θὰ εἶναι μεταβαλλομένη.

Προβλήματα

1ον. Κινητὸν εὐρισκόμενον ἐν ἡρεμίᾳ ὑποβάλλεται εἰς τὴν ἐνέργειαν δυνάμεως σταθερᾶς καὶ συνεχοῦς, ἡτις μεταδίδει εἰς αὐτὸν ἐπιτά-

χυνσιν 6,25 μ. κατὰ δευτερόλεπτον. Ζητεῖται ὁ χρόνος, κατὰ τὸν δρόποιον τὸ κινητὸν διήνυσε διάστημα 2812,5 μέτρων.

2ον. Ποία εἶναι ἡ ἐπιτάχυνσις κινήσεως ὅμαλῶς 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 δρόποιον ἀπέχει 20 χλμ., κινούμενον εὐθυγράμμως. Ἀναχωρεῖ ἐκ τοῦ Α μὲν ἀρχικὴν ταχύτητα 0, διανύει 500 μ. μὲν κίνησιν ὅμαλῶς ἐπιταχυνομένην, δρόποιε ἡ ἀποκτωμένη ταχύτητα ἀνέρχεται εἰς 70 χλμ. καθ' ὅραν, τὴν ἐποίαν διατηρεῖ μέχρις ὅτου φθάσῃ εἰς ἀπόστασιν 200 μ. ἀπὸ τοῦ Β, καὶ τὴν ἀπόστασιν ταύτην τῶν 200 μ. διανύει μὲν κίνησιν ὅμαλῶς ἐπιβραδυνομένην, τῆς δροίας ἡ ταχύτητας μηδενίζεται εἰς τὸ Β. Ζητεῖται ὁ χρόνος, τὸν δρόποιον ἔχοντας θὺμην διὰ νὰ διανύσῃ τὴν ἀπόστασιν AB . (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 τού;

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

6ον. Ὁδοντωτὸς τροχὸς στρέφεται μὲν γωνιώδη ταχύτητα 5. Πόσας στροφὰς ἔκτελεῖ κατὰ λεπτόν;

ΔΥΝΑΜΕΙΣ—ΣΤΑΤΙΚΗ

26. Ἀδράνεια τῆς ὕλης. Ἀρχὴ τῆς ἀδρανείας. — Τὰ ὑλικὰ σώματα εἶναι ἀνίκανα νὰ μεταβάλλουν ἀφ' ἔαυτῶν τὴν κατάστασίν των τῆς ἡρεμίας ἢ τῆς κινήσεως. Αἱ ἐπόμεναι δύο προτάσεις δρίζουν τὴν ἀρχὴν τῆς ἀδρανείας:

α) "Αν σῶμά τι εὑρίσκεται ἐν ἡρεμίᾳ εἰς τὸ διάστημα, παραμένει ἐν ἡρεμίᾳ, ἀν οὐδεμία ἔξωτερη αἰτία ἐνεργῇ ἐπ' αὐτοῦ.

β) "Αν σῶμά τι εὑρίσκεται ἐν κινήσει εἰς τὸ διάστημα, ἡ κίνησις αὐτοῦ εἶναι εὐθύγραμμος καὶ ὅμαλή, ἀν οὐδεμία αἰτία ἐνεργῇ ἐπ' αὐτοῦ.

"Η πρώτη πρότασις τῆς ἀρχῆς εἶναι ἀφ' ἔαυτῆς φανερά. Πράγματι, οὐδέποτε βλέπομεν τὰ ὑλικὰ σώματα, ἔκτος τῶν ζώντων, νὰ

τίθενται εἰς κίνησιν μόνα των. Εἰς τὴν δευτέραν πρότασιν τῆς ἀρχῆς ἀγόμεθα διὰ τοῦ ἐπομένου πειράματος. Σφαιραὶ φιττομένη ἐπὶ λειοτάτου ἔδαφους κινεῖται αἰσθητῶς κατ' εὐθείαν γραμμήν. Εἶναι ἀληθὲς ὅτι ἡ ταχύτης αὐτῆς δὲν εἶνε σταθερὰ καὶ ὅτι ἐλαττοῦται βραδέως. Ἀλλὰ τοῦτο ὀφείλεται εἰς ἔξωτερικὰ αἴτια, εἰς τὴν τριβὴν δηλ. τῆς σφαιρᾶς ἐπὶ τοῦ ἔδαφους καὶ εἰς τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀέρος.

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

27. **Ορισμὸς τῆς δυνάμεως.** — Ὁσάκις σῶμά τι μεταβαίνει ἀπὸ τῆς καταστάσεως τῆς ἡρεμίας εἰς τὴν καταστάσιν τῆς κίνησεως ἢ μᾶλλον δσάκις εὑρίσκεται εἰς κίνησιν μεταβαλλομένην ἢ εἰς κίνησιν ὁμαλὴν μὴ εὐθύγραμμον, δυνάμεθα νὰ βεβαιωθῶμεν ὅτι τὸ σῶμα ὑφίσταται 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 βαρύτης ἥτις εἶναι ἡ αἰτία τῆς πτώσεως τῶν σωμάτων, αἱ ἡλεκτρικαὶ καὶ μαγνητικαὶ δυνάμεις κτλ.

Ύλικὸν σημεῖον. — Θὰ ὑποθέσωμεν κατ' ἀρχὰς ὅτι αἱ δυνάμεις ἐνεργοῦν ἐπὶ σωμάτων πολὺ μικρῶν διαστάσεων ἐν σχέσει πρὸς τὰ λοιπὰ σώματα, πρὸς τὰ δποῖα τὰ συγκρίνομεν. Τὰ τοιαῦτα σώματα λέγονται **ύλικὰ σημεῖα**.

Ἐὰν οὐδεμία δύναμις ἐνεργῇ ἐπὶ ὑλικοῦ σημείου, τοῦτο θὰ εὑρίσκεται ἢ εἰς ἡρεμίαν ἢ εἰς κίνησιν εὐθύγραμμον καὶ ὁμαλήν. Οὐδεμίαν δηλ. ὑφίσταται **ἐπιτάχνυσιν**. Τὸ ἀποτέλεσμα λοιπὸν μιᾶς δυνάμεως εἶναι νὰ μεταδώσῃ εἰς ὑλικὸν σημεῖον **ἐπιτάχνυσιν**.

Ταχύτης εἰς δοθεῖσαν στιγμήν. — Ἐὰν εἰς δεδομένην στιγμὴν χ καταργήσωμεν τὴν δύναμιν, ἡ δποία ἐνεργεῖ ἐπὶ ὑλικοῦ σημείου, τοῦτο ἔξακολουθεῖ νὰ κινηθῇ μετὰ τῆς ταχύτητος, τὴν δποίαν εἶχε, καθ' ἥν στιγμὴν κατηργήσαμεν τὴν δύναμιν.

Θὰ λάβῃ λοιπὸν κίνησιν εὐθύγραμμον ὁμαλήν, διενθυνομένην κατὰ τὴν ἐφαπτομένην τῆς τροχιᾶς εἰς τὸ σημεῖον, εἰς τὸ δποῖον ἀφηρέσαμεν τὴν δύναμιν. Τὴν ταχύτητα τῆς ὁμαλῆς ταύτης κινήσεως καλοῦμεν **ταχύτητα τῆς μεταβαλλομένης κινήσεως** κατὰ τὴν στιγμὴν χ.

‘Η ἀνωτέρῳ πρότασις, ἡ δοῦλα συμπληροῖ τὴν ἀρχὴν τῆς ἀδρανείας, ἐπαληθεύεται διὰ τοῦ πειράματος. Ἐὰν στρέφοντες λίθον διὰ σφενδόνης ἀφῆσωμεν τὸ ἐν τῶν ἄκρων αὐτῆς ἐλεύθερον, θὰ ἔδωμεν τὸν λίθον ἐκσφενδονιζόμενον κατὰ τὴν ἐφαπτομένην τῆς τροχιᾶς, τὴν δοῦλα οὗτος διέγραφεν.

‘Ως πρὸς δὲ τὴν ἀριθμητικὴν τιμὴν τῆς ταχύτητος, τὴν δοῦλα λαμβάνει ἐν σῶμα, ὅταν καταργῶμεν τὴν δύναμιν, ἡ δοῦλα ἐνεργεῖ ἐπ’ αὐτοῦ, ἀποδεικνύεται ὅτι εἶναι ἵση πρὸς τὴν ταχύτητα, τὴν δοῦλα εἰχεν ἡ κίνησις, καθ’ ἥν στιγμὴν κατηργήσαμεν τὴν δύναμιν. (Τὰ πειράματα ταῦτα γίγονται διὰ τῆς μηχανῆς τοῦ Atwood, ὡς θὰ μάθωμεν πατατέρω).

142/4c ‘Εννοια τῆς μάζης.—Ἐὰν ἡ αὐτὴ δύναμις ἐνεργήσῃ διαδοχικῶς ἐπὶ διαφόρων σωμάτων, δὲν μεταδίδει εἰς αὐτὰ τὴν ἰδίαν ἐπιτάχυνσιν. Ἐὰν π.χ. ἔλεωμεν διαδοχικῶς, μετὰ τῆς αὐτῆς μυεκῆς ἴσχυος, δύο λέμβους πολὺ διαφόρων διαστάσεων, εὐρισκομένας ἐν ἴσορροπίᾳ ἐπὶ ἡρεμοῦντος ὑδατος, θὰ ἔδωμεν ὅτι ἡ μικροτέρα θὰ κινηθῇ πολὺ ταχύτερον ἀπὸ τὴν μεγαλυτέραν. Τὰ διάφορα σώματα δὲν ἀντιτάσσουν 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 μάζαν. Θὰ εἴναι τουναντίον τῆς αὐτῆς μάζης, ἐὰν ἀφοῦ ὑποστῶσι διαδοχικῶς τὴν ἐνέργειαν τῆς αὐτῆς δυνάμεως λάβουν τὴν αὐτὴν ἐπιτάχυνσιν.

Σύγκρισις τῶν μάζῶν.—Θὰ εἴπωμεν ὅτι δύο σώματα ἔχουν τὴν αὐτὴν μάζαν, ἐὰν ἡ αὐτὴ δύναμις μεταδίδῃ εἰς αὐτὰ τὴν αὐτὴν ἐπιτάχυνσιν. Σῶμά τι Β θὰ ἔχῃ μάζαν διπλασίαν τῆς μάζης ἐνὸς ἀλλού σώματος Α, ἐὰν ἡ αὐτὴ δύναμις μεταδίδῃ τὴν αὐτὴν ἐπιτάχυνσιν εἰς τὸ Β καὶ εἰς σῶμα ἀποτελούμενον ἐκ τῆς ἐνώσεως δύο μάζῶν ἵσων πρὸς τὴν τοῦ Α. Τὸ Β θὰ ἔχῃ μάζαν ν φορὰς μεγαλυτέραν ἀπὸ τὴν μάζαν τοῦ Α, ἐὰν ἡ αὐτὴ δύναμις μεταδίδῃ τὴν αὐτὴν ἐπιτάχυνσιν εἰς τὸ Β καὶ εἰς σῶμα ἀποτελούμενον ἀπὸ ν μάζας ἵσας πρὸς τὴν μάζαν τοῦ Α.

7/101 ‘Η μάζα λοιπὸν σώματος διμοιομεροῦς θὰ εἴναι ἀνάλογος πρὸς τὸν δγκον του, δηλ. πρὸς τὸ ποσὸν τῆς ὕλης, τὴν δοῦλα 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 δύνομάζεται **γραμμάριον**. Τὸ γραμμάριον εἶναι περὶ που ἡ μᾶζα ἐνὸς κυβικοῦ δακτύλου ὕδατος εἰς 4^o. Εἶναι ἀκριβῶς τὸ χιλιοστὸν τῆς μάζης τοῦ **προτύπου χιλιογράμμου**, τὸ δποῖον εἶναι κύλινδρος ἐκ λευκοχρόου κατατεθειμένος εἰς τὸ Διεθνὲς γραφεῖον τῶν μέτρων καὶ σταθμῶν.

29. Ορισμὸς τῶν στοιχείων τῆς δυνάμεως.—**Σημεῖον ἔφαρμογῆς**, διεύθυνσις καὶ φορά, ἔντασις. Ἐὰν δύναμίς τις μεταδίδῃ εἰς ὑλικὸν σημεῖον ἐπιτάχνουσιν, λέγομεν ὅτι ἡ δύναμις αὗτη εἶναι ἔφαρμοσμένη εἰς τὸ σημεῖον τοῦτο ἢ ὅτι τὸ σημεῖον τοῦτο εἶναι τὸ σημεῖον τῆς ἔφαρμογῆς της. Ὄταν δύναμίς τις ἐνεργῇ ἐπὶ σώματος, τοῦ δποίου δὲν δυνάμεθα νὰ ἀγνοήσωμεν τὰς διαστάσεις, ὑπάρχει πάντοτε ἐν σημεῖον τοῦ σώματος ἐπὶ τοῦ δποίου αὗτη ἐνεργεῖ ἀπ' εὐθείας καὶ τοῦτο εἶναι τὸ σημεῖον τῆς ἔφαρμογῆς της. Ἐὰν π.χ. ἔλκωμεν διὰ σχοινίου βάρος τι, τὸ σημεῖον, εἰς τὸ δποῖον εἶναι προσδεδεμένον τὸ σχοινίον, εἶναι τὸ σημεῖον τῆς ἔφαρμογῆς τῆς δυνάμεως, τὴν δποίαν καταβάλλομεν.

Θὰ καλέσωμεν διεύθυνσιν καὶ φορὰν μιᾶς δυνάμεως, ἡ δποία ἐνεργεῖ ἐπὶ ὑλικοῦ σημείου, τὴν διεύθυνσιν καὶ φορὰν τῆς ἐπιταχύνσεως, τὴν δποίαν αὗτη μεταδίδει εἰς τὸ ὑλικὸν σημεῖον. Ἐάν, εἰδικῶς, τὸ ὑλικὸν σημεῖον εὑρίσκεται εἰς ἥρεμίαν, ἡ διεύθυνσις καὶ φορὰ τῆς δυνάμεως θὰ εἶναι ἡ διεύθυνσις καὶ φορά, κατὰ τὰς δποίας τὸ ὑλικὸν σημεῖον θὰ μετατεθῇ.

"**Ἐντασις**.—Θὰ καλέσωμεν ἔντασιν δυνάμεως τὸ γινόμενον τῆς μάζης τοῦ ὑλικοῦ σημείου, ἐφ' οὗ αὕτη ἐνεργεῖ, ἐπὶ τὴν ἐπιτάχνουσιν, τὴν δποίαν λαμβάνει τὸ ὑλικὸν τοῦτο σημεῖον ὑπὸ τὴν ἐπίδρασίν της.

Ἐάν, λοιπόν, καλέσωμεν Δ τὴν ἔντασιν τῆς δυνάμεως, μ τὴν μᾶζαν τοῦ ὑλικοῦ σημείου καὶ γ τὴν ἐπιτάχνυσιν, τὴν δποίαν μεταδίδει εἰς αὐτὸν ἡ δύναμις, ἔχομεν : $\Delta = \mu \gamma$ (1)

"Ἐκ τοῦ δρισμοῦ τούτου συνάγομεν τὰ ἔξης πορίσματα :

α) Ἐὰν δύο δυνάμεις ἐντάσεων Δ καὶ Δ' ἐνεργοῦν ἐπὶ δύο ὑλικῶν σημείων τῆς αὐτῆς μάζης 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) Εάν ή αὐτὴ δύναμις ἐντάσεως Δ ἐνεργῇ διαδοχικῶς ἐπὶ δύο ὑλικῶν σημείων διαφόρων μᾶζων μ καὶ μ', αἱ ἐπιταχύνσεις γ καὶ γ', τὰς δόποιας ταῦτα λαμβάνουν, εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογοι πρὸς τὰς μάζας των. Διότι ἔχομεν :

$$\Delta = \mu \gamma \text{ καὶ } \Delta' = \mu' \gamma', \text{ δθεν } \mu \gamma = \mu' \gamma' \text{ η } \frac{\gamma}{\gamma'} = \frac{\mu'}{\mu}.$$

30. **Μονάς δυνάμεως.—Δύνη.** Εάν εἰς τὴν σχέσιν $\Delta = \mu \gamma$ δε-
χθῶμεν $\mu = 1$ καὶ $\gamma = 1$, θὰ ἔχωμεν καὶ $\Delta = 1$. Ὡστε μονάς δυνάμεως
εἶναι ή δύναμις, ή δόποια μεταδίδει τὴν μονάδα τῆς ἐπιταχύνσεως εἰς
ὑλικὸν σημεῖον ἔχον μᾶζαν ἵσην πρὸς τὴν μονάδα τῆς μάζης.

Εἰδικῶς εἰς τὸ σύστημα C.G.S. μονάς τῆς δυνάμεως εἶναι ή δύ-
ναμις, ή δόποια μεταδίδει εἰς ὑλικὸν σημεῖον, ἔχον μᾶζαν ἐνδε γραμμα-
ρίου, ἐπιτάχυνσιν ἵσην πρὸς τὴν μονάδα C.G.S. τῆς ἐπιταχύνσεως.
Ἡ δύναμις αὗτη ὀνομάσθη **δύνη**.

31. **Παράδειγμα δυνάμεως.**—Εάν σῶμα ἀρκετά μικρόν, ὥστε νὰ
δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς ὑλικὸν σημεῖον, ἀφήσωμεν ἐλεύθερον εἰς τὸ
κενόν, τοῦτο πίπτει μὲ κίνησιν διμαλῶς ἐπιταχυνομένην κατά τινα εὐ-
θεῖαν, τὴν δόποιαν καλοῦμεν **κατακόρυφον** καὶ ή δόποια διευθύνεται
σχεδὸν πρὸς τὸ κέντρον τῆς Γῆς. Τὸ ὑλικὸν τοῦτο σημεῖον ὑφίσταται
λοιπὸν τὴν ἐνέργειαν δυνάμεως, ή δόποια ἔλκει αὐτὸ πρὸς τὸ κέντρον
τῆς Γῆς. Ἡ δύναμις αὗτη εἶναι σταθερὰ καθ' ὅλην τὴν διάρκειαν τῆς
πτώσεως, διότι ή ἐπιτάχυνσις μένει σταθερά.

Τὴν ἐπιτάχυνσιν ταύτην μετροῦμεν, ὡς θὰ μάθωμεν, διὰ τοῦ ἐκ-
κρεμοῦς. Ἡ τιμὴ αὐτῆς ἐν Ἀθήναις εἶναι περίπου 980 C.G.S., ση-
μειοῦται δὲ γενικῶς διὰ τοῦ g.

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

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

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

[°]Αριθμητική ἐφαρμογή. [°]Υλικὸν σημεῖον ζυγίζει 2 γρ.
Ἐφαρμόζομεν ἐπ' αὐτοῦ δύναμιν σταθερὰν 3 γρ. Ποία θὰ εἴναι
ἐπιτάχυνσις ἡ παραγομένη ὑπὸ τῆς δυνάμεως ταύτης;

[°]Εκ τῶν τύπων $\Delta = \mu g$ καὶ $B = \mu g$ λαμβάνομεν :

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

Προβλήματα

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

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

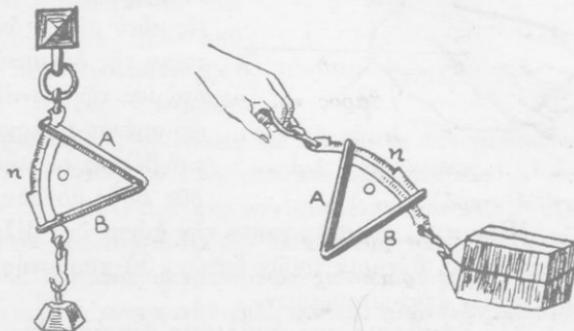
3ον. Ποία σταθερὰ δύναμις πρέπει νὰ ἐφαρμοσθῇ εἰς ύλικὸν σημεῖον, βάρους 5 γρ., διὰ νὰ εἴναι ἡ παραγομένη ἐπιτάχυνσις 2 μ. κατὰ δευτερόλεπτον;

32. Περίπτωσις, καθ' ἥν αἱ δυνάμεις δὲν παράγουν κίνησιν.—Παραμορφώσεις τῶν στερεῶν ὑπὸ τὴν ἐνέργειαν δυνάμεων. Πολλάκις δύναμίς τις ἐνεργοῦσα ἐπὶ σώματος στερεοῦ ενδισκομένου εἰς ἥρεμίαν δὲν θέτει αὐτὸν εἰς κίνησιν, π.χ. ὅταν προσπαθῶμεν νὰ ἐγείρωμεν πολὺ βαρὺ σῶμα, ὅταν ὀθῶμεν κώλυμα ἀνθιστάμενον κτλ. Ἐὰν ἔξετάσωμεν μετὰ προσοχῆς τὰς περιπτώσεις ταύτας, θὰ ἴδωμεν ὅτι τὸ στερεόν σῶμα, ἐπὶ τοῦ δποίου ἐνεργεῖ ἡ δύναμις, ὑφίσταται παραμόρφωσιν μᾶλλον ἢ ἡτον σημαντικήν. Ἐὰν π.χ. κρεμάσωμεν βάρος διὰ νήματος ἐλαστικοῦ, βλέπομεν ὅτι τὸ νῆμα ἐπιμηκύνεται αἰσθητῶς καὶ τέλος ἰσορροπεῖ. Ἐὰν ἐπαναλάβωμεν τὸ αὐτὸν πείραμα μὲ νῆμα χαλύβδινον, παράγεται μὲν ἐπιμήκυνσις, ἀλλ' αὕτη εἴναι πολὺ ἀσθενής καὶ ἔχει ἀνάγκην, διὰ νὰ γίνῃ καταφανής, λεπτῶν πειραματικῶν μέσων. Ἡ αἵτια τῆς ἰσορροπίας εἴναι ἡ ἀνάπτυξις, ἔνεκα τῆς παραμορφώσεως τοῦ σώματος, νέας δυνάμεως, τὴν δποίαν καλοῦμεν ἀντίδρασιν τοῦ σώματος καὶ ἡ δποία καταστρέφει τὸ ἀποτέλεσμα τῆς πρώτης. Ἐὰν τὸ σῶμα, εἰς τὸ δποῖον εἴναι ἐφηρμοσμένη ἡ δύναμις, εἴναι ἐλατήριον ἐκ χάλυβος ἢ γενικῶς σῶμα πολὺ ἐλαστικόν, ἡ δὲ δύναμις καὶ συνεπῶς ἡ παραγομένη παραμόρφωσις δὲν εἴναι πολὺ σημαντική, τὸ πείραμα δεικνύει ὅτι, ὅταν ἡ ἐνέργεια τῆς δυνάμεως

παύση, τὸ σῶμα λαμβάνει ἀφ' ἑαυτοῦ τὴν ἀρχικήν του μορφήν. Αἱ λεπτομέρειαι αὗται ἐπιτρέπουν νὰ συγκρίνωμεν μεταξύ των τὰς ἐντάσεις τῶν δυνάμεων δὲ ὅργανων, τὰ δόποια στηρίζονται ἐπὶ τῶν Ἰδιοτήτων τῶν ἔλατηρίων καὶ τὰ δόποια καλοῦμεν **δυναμόμετρα**.

Δυναμόμετρα.—Ταῦτα συνίστανται κυρίως ἐκ τίνος ἔλατηρίου, τοῦ δόποιου ἡ ἔλαστικότης δύναται νὰ ἰσορροπήσῃ δυνάμεις μεταβλητάς.

Τὸ ἀπλούστερον καὶ εὐχρηστότερον δυναμόμετρον συνίσταται ἐξ ἔλασματος χαλυβδίνου, ἥγκωνισμένου κατὰ τὸ μέπον του (σχ. 9). Εἰς τὸ ἄκρον ἑκάστου σκέλους εἶναι προσηλωμένον τόξον μετάλλινον, τὸ δόποιον διερχόμενον ἐλευθέρως δι' ὅπῆς τοῦ ἄλλου σκέλους καταλήγει τὸ μὲν εἰς ἄγκιστρον, τὸ δὲ εἰς δακτύλιον, διὰ τοῦ δόποιον δυνάμεθα νὰ ἔξαρτησωμεν τὸ ὅργανον ἀπὸ σταθεροῦ στηρίγματος. Διὰ νὰ βαθμολογήσωμεν τὸ δυναμόμετρον τοῦτο, ἀφοῦ ἔξαρτησωμεν αὐτὸν ἀπὸ σταθεροῦ στηρίγματος, κρεμῶμεν εἰς τὸ ἄγκιστρον διαδοχικῶς βάροη ἐνός, δύο, τριῶν κλπ. χιλιογράμμων. Τότε τὸ ἀνώτερον σκέλος κάμπτεται ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον, ἡ δὲ λόγῳ τῆς παραμορφώσεως ταύτης ἀναπτυσσομένη ἀντίδρασις ἰσορροπεῖ τὸ βάρος. Σημειοῦμεν τότε ἐπὶ τοῦ ἀκινήτου ἔξωτεροικοῦ τόξου, εἰς τὸ σημεῖον, εἰς τὸ δόποιον ἀντιστοιχεῖ ἐκάστοτε τὸ ἄκρον τοῦ ἀνωτέρου σκέλους, 1, 2, 3 κτλ.



Σχ. 9.

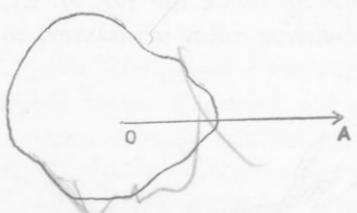
Προσκειμένου ἦδη νὰ μετρήσωμεν δύναμιν τινα, στερεοῦμεν τὸ ὅργανον διὰ τοῦ δακτυλίου καὶ ἐφαρμόζομεν τὴν δύναμιν εἰς τὸ ἄγκιστρον· τότε ἡ διαίρεσις, εἰς τὴν δόποιαν θὰ φθάσῃ τὸ ἄκρον τοῦ ἀνωτέρου σκέλους, μᾶς δίδει διὰ τῆς ἐπ' αὐτῆς ἀναγραφομένης τιμῆς τὴν ἐντασιν τῆς δυνάμεως εἰς χιλιόγραμμα.

Σημ. Πρέπει νὰ σημειώσωμεν ὅτι αἱ κάμψεις τοῦ ἔλασματος

είναι αἰσθητῶς ἀνάλογοι πρὸς τὰς ἐντάσεις τῶν δυνάμεων, δηλ. πρὸς τὰ διαδοχικὰ βάρη. Τοῦτο ἀφ' ἐνὸς μὲν διευκολύνει τὴν βαθμολογίαν τοῦ ὁργάνου, ἀφ' ἑτέρου δὲ μᾶς δεικνύει ὅτι «δυνάμεις ἐνεργοῦσαι εἰς τὸ αὐτὸ σημεῖον καὶ κατὰ τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν καὶ φορὰν προστίθενται».

Νοτι

33. Γραφικὴ παράστασις τῶν δυνάμεων.—Πᾶσαν δύναμιν παριστῶμεν γραφικῶς (σχ. 10) διὰ βέλους OA, τὸ δποῖον ἔχει τὴν διεύθυνσιν



Σχ. 10.

καὶ φορὰν τῆς δυνάμεως καὶ τοῦ δποίου ἡ ἀρχὴ εὑρίσκεται εἰς τὸ σημεῖον τῆς ἐφαρμογῆς τῆς δυνάμεως. Δίδομεν δὲ εἰς αὐτὸ μῆκος ἀνάλογον πρὸς τὴν ἐντασιν τῆς δυνάμεως. Πρὸς τοῦτο παριστῶμεν τὴν μονάδα τῆς δυνάμεως δι' ὀρισμένου 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 ἐνὸς ἑκατοστομέτρου, δύναμιν τριῶν δυνῶν θὰ παραστήσωμεν διὰ βέλους μήκους τριῶν ἑκατοστομέτρων.

Νοτι

34. Σύνθεσις καὶ ἀνάλυσις δυνάμεων.—Οταν πολλαὶ δυνάμεις είναι ἐφηρμοσμέναι εἰς τὸ αὐτὸ σῶμα, δυνάμεθα πάντοτε νὰ τὰς ἀντικαταστήσωμεν διὰ μιᾶς δυνάμεως, ἡ δποία, ἐνεργοῦσα μόνη ἐπὶ τοῦ σώματος τούτου νὰ παράγῃ τὸ αὐτὸ ἀποτέλεσμα, ὅπερ παράγοντας αἱ δυνάμεις αὗται συγχρόνως ἐνεργοῦσαι.

Γενικῶς, δσάκις 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 τῶν λέγεται *σύνθεσις* δυνάμεων, ἡ δὲ ἀντικατάστασις μιᾶς δυνάμεως διὰ τῶν *συνιστωσῶν* τῆς καλεῖται *ἀνάλυσις* δυνάμεως.

35. Σύνθεσις δυνάμεων ἐφηρμοσμένων εἰς τὸ αὐτὸ σημεῖον.—Εἰδομεν διό δύο δυνάμεις τῆς αὐτῆς διεύθυνσεως καὶ φορᾶς ἐφηρμοσμέναι εἰς τὸ αὐτὸ σημεῖον προστίθενται· δυνάμεθα λοιπὸν νὰ τὰς ἀντικαταστήσωμεν διὰ μιᾶς δυνάμεως, ἡ δποία νὰ ἔχῃ ἐντασιν ἵσην μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἐντάσεων τῶν δυνάμεων τούτων.

Ἐὰν δῆμος αἱ δυνάμεις, ἂν καὶ ἐφηρμοσμέναι εἰς τὸ αὐτὸ σημεῖον, δὲν ἔχουν τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν καὶ σχηματίζουν γωνίαν μικρότεραν τῶν 180° , διὰ νὰ εὑρωμεν τὴν συνισταμένην, πρέπει νὰ κατασκευάσωμεν παραλληλόγραμμον ἔχον ώς προσκειμένας πλευρὰς τὰς δύο δυνάμεις (παραλληλόγραμμον τῶν δυνάμεων). Ἐστωσαν π.χ. αἱ δυνάμεις MA καὶ MB , ἐντάσεων Δ καὶ Δ' (σχ. 11), ἐφηρμοσμέναι εἰς τὸ σημεῖον M . Ἡ συνισταμένη των Σ δίδεται κατὰ μέγεθος, διεύθυνσιν καὶ φορὸν ὑπὸ τῆς διαγωνίου MK τοῦ παραλληλόγραμμον τοῦ κατασκευαζομένου μὲ τὰς δύο ταύτας δυνάμεις.

Ἐὰν ἔχωμεν περισσοτέρας δυνάμεις $\Delta, \Delta_1, \Delta_2, \Delta_3$ ἐφηρμοσμένας εἰς τὸ αὐτὸ σημεῖον A (σχ. 12), ἀντικαθιστῶμεν τὰς δυνάμεις Δ καὶ

Δ_1 , διὰ τῆς συνισταμένης των $A\Sigma_1$. Ἀντικαθιστῶμεν ἔπειτα τὴν $A\Sigma_1$ καὶ Δ_2 διὰ τῆς συνισταμένης των $A\Sigma_2$, τέλος συνθέτοντες τὴν $A\Sigma_2$ καὶ Δ_3 φθάνομεν εἰς μίαν μόνην συνισταμένην ἀντικαθιστῶσαν τὸ ὅλον σύστημα τῶν δυνάμεων.

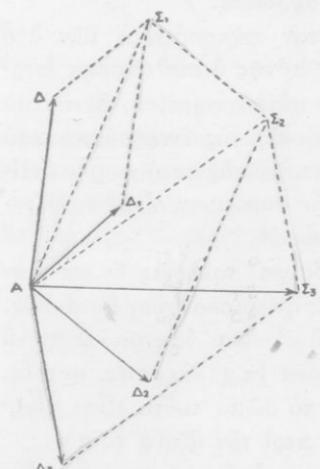
Ἡ συνισταμένη αὕτη εἶναι ἡ αὐτή, οἵανδήποτε σειρὰν καὶ ἔὰν ἀκολουθήσωμεν κατὰ τὴν σύνθεσιν τῶν δυνάμεων.

Ἀντιστόφως, δοθείσης δυνάμεως (σχ. 13) MK , δυνάμεθα νὰ τὴν ἀναλύσωμεν εἰς δύο ἄλλας, διευθυνομένας κατὰ τὰς MX καὶ $M\Psi$, ἔὰν ἐκ τοῦ ἄκρου K τῆς MK φέρωμεν παραλλήλους πρὸς τὰς δοθείσας διευθύνσεις τῶν τριῶν δυνάμεων $MK, M\Delta, M\Theta$ εύρισκομένων ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ἐπιπέδου. Τὰ μεγέθη τῶν συνιστωσῶν παρίστανται ὑπὸ τῶν πλευρῶν τοῦ παραλληλογράμμου, τοῦ δῆμού του ἡ MK εἶναι ἡ διαγώνιος.

36. **Εἰδικαὶ περιπτώσεις.** Ἐστωσαν δύο δυνάμεις Δ καὶ Δ' . Ως



Σχ. 11.



Σχ. 12.

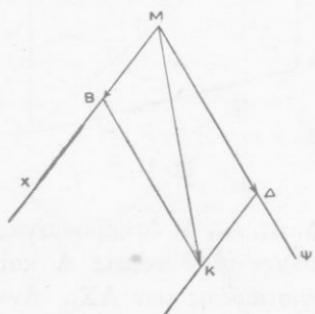
φαίνεται ἐκ τοῦ σχήματος 11 ἡ συνισταμένη των Σ θὰ αὐξάνεται, ἐφ' ὅσον ἡ γωνία M ἐλαττοῦται καὶ θὰ τείνῃ πρὸς τὸ ἀθροισμα τῶν δύο συνιστωσῶν.

⁷Εὰν ἡ γωνία M=0, ἡ Δ ἐφαρμόζεται ἐπὶ τῆς Δ' καὶ Σ=Δ+Δ'.

Τουναντίον, ἡ συνισταμένη ἐλαττοῦται, ἐφ' ὅσον ἡ γωνία αὐξάνεται. Διὰ M=180°, ἡ συνισταμένη Σ θὰ ἰσοῦται μὲ τὴν διαφορὰν τῶν δύο συνιστωσῶν καὶ θὰ διευθύνεται κατὰ τὴν φορὰν τῆς μεγαλυτέρας.

Εἰς τὴν περίπτωσιν, καθ' ἥν αἱ δύο αὗται δυνάμεις εἶναι ἵσαι κατὰ τὴν ἔντασιν, ἡ ἐνέργεια των μηδενίζεται.

⁸Ωστε δύο δυνάμεις ἴσαι καὶ κατ' εὐθεῖαν ἀντίθετοι ἐξουδετεροῦνται ἀμοιβαίως, ἦτοι ἔχουν συνισταμένην O. Λέγομεν τότε ὅτι αἱ δυνάμεις αὗται εὑρίσκονται ἐν ἰσορροπίᾳ.



Σχ. 13.

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 ἀθροισμα τῶν ἐντάσεων τῶν συνιστωσῶν.

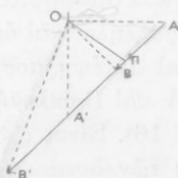
37. Ροπαὶ τῶν δυνάμεων.— Συμβαίνει πολλάκις ἐν στερεόν σῶμα, τὸ δόπιον ὑφίσταται τὴν ἐνέργειαν μιᾶς ἡ περισσοτέρων δυνάμεων, νὰ εἶναι στερεωμένον δι' ἐνὸς σημείου του ἢ νὰ εἶναι ὑποχρεωμένον νὰ μετατίθεται στρεφόμενον περὶ σταθερὸν ἄξονα (π.χ. ἐκκρεμές, μοχλός, ζυγός κτλ.). Ἡ μόνη δυνατὴ κίνησις διὰ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

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

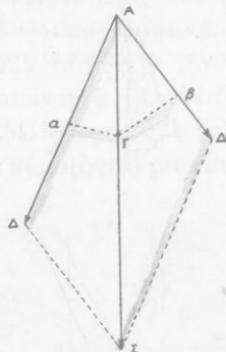
Ἡ ροπὴ δυνάμεως AB (σχ. 14) ὡς πρὸς σταθερὸν σημεῖον O εἶναι τὸ γινόμενον AB.OΠ τῆς ἐντάσεως τῆς δυνάμεως ἐπὶ τὴν ἀπόστασίν της OΠ ἀπὸ τοῦ σταθεροῦ σημείου.

Είναι φανερόν ότι τὸ γινόμενον τοῦτο μηδενίζεται, ὅταν ἡ ἀπόστασις ΟΠ μηδενίζεται, δηλ. ὅταν τὸ σταθερὸν σημεῖον εὑρίσκεται ἐπὶ τῆς διευθύνσεως τῆς δυνάμεως.

³ Επίσης είναι φανερόν ότι ἡ ροπὴ αὗτη διατηρεῖ τὴν αὐτὴν τιμήν, ἐὰν ἡ δύναμις δὲισθαίνῃ κατὰ τὴν διεύθυνσίν της καὶ λαμβάνῃ π.χ. τὴν θέσιν Α'Β'.



Σχ. 14.



Σχ. 15.

Τὸ σταθερὸν σημεῖον Ο καλεῖται **κέντρον τῶν ροπῶν**. Αἱ δὲ ἀποστάσεις τῶν δυνάμεων ἀπὸ τοῦ κέντρου τῶν ροπῶν, ὥπως π.χ. ἡ ΟΠ, καλοῦνται **μοχλοβραχίονες** τῶν δυνάμεων τούτων.

³ Αποδεικνύεται ότι αἱ ροπαὶ δύο δυνάμεων ἐφηρμοσμένων εἰς τὸ αὐτὸν σημεῖον ὡς πρὸς σίγουρήποτε σημεῖον τῆς συνισταμένης των εἰναι ἵσαι, δηλ. θὰ ἔχωμεν (σχ. 15) :

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

Σημ.— Τοῦτο είναι μία περίπτωσις θεωρήματος, τὸ δποῖον είναι γνωστὸν ὑπὸ τὸ ὄνομα «**θεώρημα τῶν ροπῶν**» ή «**θεώρημα τοῦ Varignon**».

³ Αριθμητικὴ ἔφαρμογή. Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἔντασις τῆς συνισταμένης τῶν δυνάμεων $\Delta_1 = 4$ χλγ. καὶ $\Delta_2 = 3$ χλγ., αἱ δποῖαι τέμνονται καθέτως εἰς τὸ σημεῖον Ο.

³ Επειδὴ τὸ παραλληλόγραμμον τῶν δυνάμεων τούτων θὰ είναι δρομογώνιον, θὰ ἔχωμεν :

$$\Sigma^2 = \Delta_1^2 + \Delta_2^2 = 16 + 9 = 25$$

$$\Sigma = \sqrt{25} = 5 \text{ χλγ.}$$

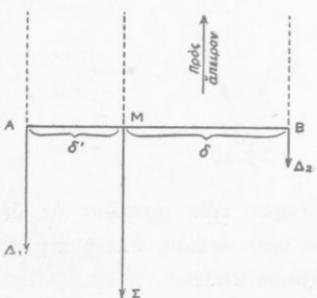
Προβλήματα

Iov. Νὰ εὑρεθῇ ἡ συνισταμένη δύο δυνάμεων ἵσων, ἐντάσεως 6 χλγ., ἐνεργουσῶν ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ σημείου καὶ σχηματιζουσῶν γωνίας α') 60° β') 120°.

Sov. Τρεῖς δυνάμεις A, B, Γ , τὸ ἄθροισμα τῶν ἐντάσεων τῶν δποίων ἰσοῦται πρὸς 100 χλγ., ἐνόρθωσαν ἐν τοῦ σημείου A καὶ B σχηματιζούσαις ἑκάστης τῶν τριῶν τούτων δυνάμεων, γνωστοῦ ὅτι ἡ A σχηματίζει μετὰ τῆς B γωνίαν 120°, μετὰ τῆς Γ δὲ γωνίαν 150°.

Sov. Νὰ εὑρεθῇ ἡ συνισταμένη τριῶν δυνάμεων ἵσων, σχηματιζουσῶν γωνίας 120° πρὸς ἀλλήλας.

38. Σύνθεσις δυνάμεων παραλλήλων καὶ ὁμορρόπων.—¹Ε-



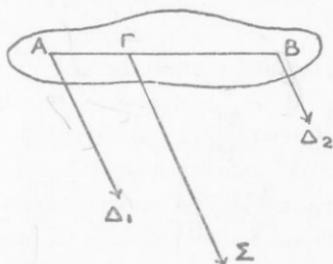
Σχ. 16.

σημείον M τῆς συνισταμένης των. Θὰ ἔχωμεν τότε $\Delta_1 \cdot \delta' = \Delta_2 \cdot \delta$ ἢ $\frac{\Delta_1}{\Delta_2} = \frac{\delta'}{\delta}$, ἦτοι αἱ ἀποστάσεις δ καὶ δ' εἴναι ἀντιστρόφως ἀνάλογοι πρὸς τὰς ἐντάσεις τῶν δυνάμεων.

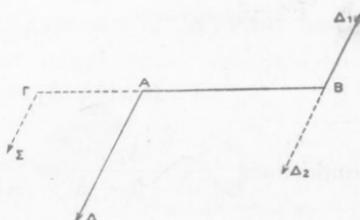
Συνεπῶς: ²Η συνισταμένη δύο δυνάμεων παραλλήλων καὶ ὁμορρόπων ἐφηρμοσμένων ἐπὶ δύο σημείων ἀκλονήτως συνδεδεμένων εἰναι παραλλῆλος καὶ δμόρροπος πρὸς τὰς συνιστώσας καὶ ἵση πρὸς τὸ ἄθροισμα αὐτῶν. Τὸ δὲ σημεῖον τῆς ἐφαρμογῆς τῆς συνισταμένης ταύτης διαιρεῖ τὴν εὐθεῖαν τὴν ἐνοῦσαν τὰ σημεῖα ἐφαρμογῆς τῶν συνιστώσων εἰς δύο τμήματα ἀντιστρόφως ἀνάλογα πρὸς τὰς συνιστώσας.

Σημ. Εἰς τὸ ἀνωτέρῳ παράδειγμα, ὑπεθέσαμεν ὅτι αἱ δυνάμεις εἴναι κάθετοι ἐπὶ τὴν εὐθεῖαν τὴν ἔνοῦσαν τὰ σημεῖα τῆς ἐφαρμογῆς των. Ἀλλὰ τὸ θεώρημα εἴναι γενικὸν καὶ δύναται νὰ ἐφαρμοσθῇ καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν καθ' ἥν αἱ δυνάμεις σχηματίζουν οἰασδήποτε γωνίας μὲ τὴν εὐθεῖαν τὴν ἔνοῦσαν τὰ σημεῖα ἐφαρμογῆς των· ἀρκεῖ νὰ παρα-ένουν παράλληλοι πρὸς ἀλλήλας.

39. Ἀνάλυσις δυνάμεως εἰς δύο ἄλλας παραλλήλους καὶ ὁμορρόπους.—*Περίπτωσις, καθ' ἥν δίδονται τὰ σημεῖα ἐφαρμο-*



Σχ. 17.



Σχ. 18.

γῆς τῶν συνιστωσῶν. Ἐστω Σ ἡ δύναμις, τὴν δποίαν πρόκειται νὰ ἀναλύσωμεν εἰς δύο ἄλλας παραλλήλους καὶ ὁμορρόπους πρὸς αὐτήν, ἐφηρημοσμένας εἰς τὰ σημεῖα A καὶ B (σχ. 17). Ἀγομεν τὴν AB καὶ ἐφαρμόζομεν τὴν Σ εἰς τὰ σημεῖον Γ , ὅπου ἡ διεύθυνσίς της συναντᾷ τὴν AB . Πρέπει νὰ ἔχωμεν τὰς σχέσεις $\Delta_1 + \Delta_2 = \Sigma$ καὶ $\frac{\Delta_1}{\Delta_2} = \frac{\Gamma B}{A \Gamma}$.

Ἐκ τῆς δευτέρας λαμβάνομεν :

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

εξ ὧν *Math* $\Delta_1 = \Sigma \frac{\Gamma B}{AB}$ καὶ $\Delta_2 = \Sigma \frac{A \Gamma}{AB}$.

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 $\Delta > \Delta_1$.

[°]Αναλύομεν τὴν μεγαλειτέραν δύναμιν Δ εἰς δύο ἄλλας παραλλήλους καὶ διμορφόπους πρὸς αὐτήν, τὴν μὲν ἵσην πρὸς τὴν Δ_1 ἐφηρμοσμένην εἰς τὸ σημεῖον B , τὴν δὲ $\Sigma = \Delta - \Delta_1$ ἐφηρμοσμένην εἰς σημεῖον Γ , ἐπὶ τῆς προεκτάσεως τῆς AB τοιοῦτον, ὥστε

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

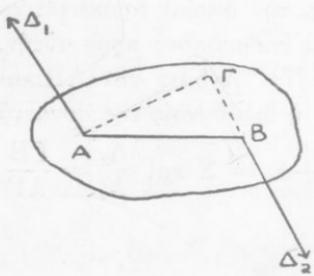
Ἄι δυνάμεις Δ_1 καὶ Δ_2 , ὡς ἵσαι καὶ κατ' εὐθεῖαν ἀντίθετοι, ἔξουδετεροῦνται. [°]Ωστε μένει μόνον ἡ δύναμις $\Sigma = \Delta - \Delta_1$, ἣτις προφανῶς εἶναι ἡ ζητουμένη συνισταμένη.

Ἐκ τῆς σχέσεως $\frac{\Delta_2}{\Delta - \Delta_1} = \frac{AG}{AB}$ (1)

$$\text{ἢ } (\text{ἐπειδὴ } \Delta_2 = \Delta_1) \quad \frac{\Delta_1}{\Delta - \Delta_1} = \frac{AG}{AB}, \quad \text{span style="float: right;">(2)}$$

λαμβάνομεν $\frac{\Delta_1}{\Delta - \Delta_1 + \Delta_1} = \frac{AG}{AB + AG} \quad \text{ἢ } \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{AG}{BG}$ (3)

[°]Ωστε ἡ συνισταμένη δύο δυνάμεων παραλλήλων καὶ ἀντιρρόπων ἐφηρμοσμένων ἐπὶ δύο σημείων ἀκλονήτως συνδεδεμένων ἴσουνται μὲ τὴν



Σχ. 19.

41. Ζεῦγος. — Εἰδικὴ περίπτωσις εἶναι ἔκεινη, καθ' ἓν αἱ δύο παραλλήλοι καὶ ἀντίρροποι δυνάμεις εἶναι ἴσαι (σχ. 19). Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην ἡ συνισταμένη εἶναι μηδέν. Πράγματι, ἡ σχέσις (3) δύναται νὰ γραφῇ:

$$\frac{BG}{\Delta} = \frac{AG}{\Delta_1} = \frac{BG - AG}{\Delta - \Delta_1} = \frac{AB}{\Delta - \Delta_1}, \quad \text{ἢ ἢς } BG = AB \cdot \frac{\Delta}{\Delta - \Delta_1}.$$

‘Υποθέσωμεν δτι ή δύναμις Δ , ανξάνεται ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον. τότε ή διαφορὰ $\Delta - \Delta$, ἐλαττοῦται, συνεπῶς ή $B\Gamma$ ανξάνεται. ‘Η συνισταμένη $\Sigma = \Delta - \Delta$, ἐλαττοῦται ἀπείρως. Καὶ δταν $\Delta_1 = \Delta$, θὰ ἔχωμεν $\Sigma = 0$ καὶ $B\Gamma = \infty$. Εἶναι λοιπὸν ἀδύνατον νὰ εὔρωμεν συνισταμένην καὶ συνεπῶς νὰ ἴσορροπήσωμεν τὰς δύο δυνάμεις Δ καὶ Δ_1 .

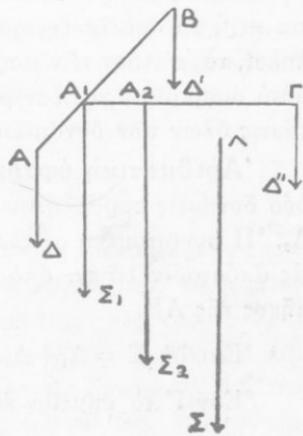
Τὸ σύστημα δύο δυνάμεων ἵσων, παραλλήλων καὶ ἀντιρρόπων, ἐφηρμοσμένων ἐπὶ δύο διαφόρων σημείων τοῦ αὐτοῦ σώματος, καλεῖται **ζεῦγος δυνάμεων**.

Τὸ ζεῦγος ἔχει ως ἀποτέλεσμα νὰ στρέψῃ τὸ σῶμα, εἰς τὸ δποῖον εἶναι ἐφηρμοσμένον.

42. Σύνθεσις πολλῶν παραλλήλων καὶ ὁμορρόπων δυνάμεων.—‘Εστωσαν $\Delta, \Delta', \Delta'' \dots$, δυνάμεις παραλληλοι καὶ ὁμόρροποι δσαιδήποτε (σχ. 20). Δυνάμεθα προφανῶς νὰ συνθέσωμεν τὰς Δ, Δ' καὶ νὰ τὰς ἀντικαταστήσωμεν διὰ τῆς συνισταμένης αὐτῶν Σ_1 . Κατόπιν, συνθέτοντες τὰς Σ_1 καὶ Δ'' , θὰ ἔχωμεν συνισταμένην Σ_2 , ἵσην πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν τριῶν δυνάμεων $\Delta + \Delta' + \Delta''$ καὶ οὕτω καθ' ἔξης.

Οὕτω σύστημα δυνάμεων παραλλήλων καὶ ὁμορρόπων, ἐφηρμοσμένων εἰς σημεῖα ἀκλονήτως συνδεδεμένα, δύναται νὰ ἀντικατασταθῇ ὑπὸ μιᾶς συνισταμένης Σ , παραλλήλου καὶ ὁμορρόπου πρὸς τὰς δυνάμεις ταύτας, τῆς δποίας ή ἔντασις νὰ εἴναι ἵση πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν ἔντασεων τῶν συνιστωσῶν καὶ τῆς δποίας ή θέσις εἴναι τελείως ὠρισμένη.

43. Σύνθεσις πολλῶν δυνάμεων παραλλήλων, μὴ ὁμορρόπων.—Δυνάμεθα προφανῶς νὰ συνθέσωμεν ὅλας τὰς δυνάμεις, αἱ δποῖαι ἐνεργοῦν κατὰ τὴν μίαν φοράν. Αὗται ἔχουν συνισταμένην Σ_1 , ἵσην μὲ τὸ ἄθροισμα αὐτῶν, παραλληλον πρὸς αὐτὰς καὶ ἐνεργοῦσαν κατὰ τὴν φοράν των. Δυνάμεθα νὰ συνθέσωμεν κατόπιν ὅλας τὰς δυνάμεις τὰς ἐνεργούσας κατὰ τὴν ἀντίθετον φοράν. Αὗται θὰ ἔχουν συνισταμένην Σ_2 , ἵσην πρὸς τὸ ἄθροισμα αὐτῶν καὶ τῆς αὐτῆς φορᾶς. Δυνά-



Σχ. 20.

μεθα τέλος νὰ συνθέσωμεν τὰς δύο δυνάμεις Σ_1 καὶ Σ_2 . Θὰ ἔχωμεν οὕτω μίαν δύναμιν Σ ἐντελῶς ὀρισμένην, ἢ δποία θὰ εἴναι ἡ συνισταμένη ὅλου τοῦ συστήματος. ³Εὰν αἱ Σ_1 καὶ Σ_2 ἔχουν τὴν αὐτὴν ἐντασιν, χωρὶς νὰ ἐνεργοῦν κατὰ τὴν αὐτὴν εὐθεῖαν, τὸ σύστημα τῶν δυνάμεων καθίσταται **ζεῦγος**. ³Εὰν αἱ ἵσαι δυνάμεις Σ_1 καὶ Σ , ἐνεργοῦν εἰς τὸ αὐτὸ σημεῖον, κατὰ τὴν αὐτὴν εὐθεῖαν, ἐπειδὴ εἴναι ἀντιθέτου φορᾶς, ἔξουδετεροῦνται καὶ συνεπῶς τὸ σύστημα ἰσορροπεῖ.

44. Κέντρον πολλῶν παραλλήλων δυνάμεων.—³Εὰν ἐφαρμόσωμεν ἑκάστην μερικὴν συνισταμένην εἰς τὸ σημεῖον, ὃπου αὗτη συναντᾷ τὴν εὐθεῖαν τὴν συνδέουσαν τὰ σημεῖα ἐφαρμογῆς τῶν δύο συνιστωσῶν, τὸ οὕτω δοιζόμενον σημεῖον ἐφαρμογῆς τῆς τελικῆς συνισταμένης καλεῖται **κέντρον τῶν παραλλήλων δυνάμεων**. Τὸ σημεῖον τοῦτο ἔχει μίαν ἀδιότητα ἀξιοσημείωτον: ³Εὰν αἱ δυνάμεις στρέφωνται περὶ τὰ σημεῖα ἐφαρμογῆς αὐτῶν, διαμένουσαι πάντοτε παραλλήλοι, τὸ κέντρον τῶν παραλλήλων δυνάμεων παραμένει σταθερόν. Τὸ αὐτὸ συμβαίνει, καὶ ἐὰν μεταβληθοῦν ὑπὸ τὴν αὐτὴν ἀναλογίαν αἱ ἐντάσεις δλων τῶν δυνάμεων τοῦ συστήματος.

Ἄριθμητικὴ ἐφαρμογή.— Εἰς τὰ ἄκρα εὐθείας AB ἐνεργοῦν δύο δυνάμεις παραλλήλοι καὶ τῆς αὐτῆς φορᾶς, ἢ $\Delta_1 = 3$ χλγ. καὶ ἢ Δ_2 . ³Η συνισταμένη αὐτῶν ἔχει ἐντασιν 8 χλγ. καὶ εἴναι ἐφορμοσμένη εἰς ἀπόστασιν 15 ἑκ. ἀπὸ τοῦ ἄκρου A τῆς εὐθείας AB . Ζητεῖται τὸ μῆκος τῆς AB .

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

³Εὰν Γ τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τῆς συνισταμένης, θὰ ἔχωμεν:

$$\frac{\Delta_1}{\Delta_2} = \frac{\Gamma B}{\Gamma A} \quad \text{ἢ} \quad \frac{\Delta_1}{\Gamma B} = \frac{\Delta_2}{\Gamma A} = \frac{\Delta_1 + \Delta_2}{\Gamma B + \Gamma A} = \frac{\Sigma}{AB},$$

ἢ ἢς

$$AB = \frac{\Sigma \cdot \Gamma A}{\Delta_2} = \frac{8.15}{5} = 24 \text{ ἑκ.}$$

Π ρ ο β λ ή μ α τ α

1ον. Ἐπὶ εὐθείας AB , μήκους 88 ἑκ., ἐνεργοῦν τρεῖς δυνάμεις A_1 , A_2 , A_3 , παράλληλοι καὶ διμόρφοι. Ἐκ τούτων ἡ μὲν $A_1 = 10$ χλγ. καὶ $A_3 = 30$ χλγ. εἰς τὰ ἄκρα τῆς εὐθείας, ἡ δὲ $A_2 = 4$ χλγ. εἰς τὸ μέσον. Νὰ προσδιορισθῇ ἡ δύναμις, ἣτις δύναται νὰ ἴσορροπήσῃ τὰς τρεῖς ταύτας δυνάμεις.

2ον. Εἰς τὰς κορυφὰς κανονικοῦ ἔξαγώνου δριζοντίου ἐφαρμόζομεν βάρη 1, 2, 3, 4, 5, 6 χλγ. Νὰ εὑρεθῇ τὸ κέντρον τῶν ἔξι τούτων δυνάμεων.

3ον. Δίδονται δύο ἵσαι δυνάμεις δροθογώνιοι $A\Delta$, καὶ $A\Delta_2$, ἐντάσεως δ χλγ. Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἀπόστασις τῆς συνισταμένης των $A\Delta$ ἀπὸ σημείου Ο τῆς προεκτάσεως τῆς $\Sigma\Delta_2$ τοιούτου, ὥστε $\Delta_2O = 2\delta$.

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

ΔΥΝΑΜΙΚΗ

ΕΡΓΟΝ ΤΩΝ ΔΥΝΑΜΕΩΝ - ΕΝΕΡΓΕΙΑ

45. Μηχανικὸν ἔργον δυνάμεως σταθερᾶς κατὰ μέγεθος καὶ διεύθυνσιν.—Λέγομεν ὅτι δύναμίς τις ἔκτελει ἔργον, ὅταν τὸ σημεῖον τῆς ἐφαρμογῆς αὐτῆς μετατίθεται. Ἡ ἀπλουστέρα περίπτωσις εἶναι ἔκείνη, κατὰ τὴν διποίαν 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

X	A	B	Ψ
Σχ. 21.			

ἔντασιν Δ τῆς δυνάμεως. Ἐχομεν λοιπόν, παριστῶντες διὰ E τὴν ἀριθμητικὴν τιμὴν τοῦ ἔργου: $E = \Delta \cdot \delta$.

Ὑποθέσωμεν π.χ. ὅτι ἀνυψοῦμεν 100 χιλιόγρ. εἰς ὕψος 1 μέτρου. Εἰς τὴν ἀντίστασιν τὴν προερχομένην ἐκ τῆς βαρύτητος ἀντιτίθεται μία δύναμις ἵση καὶ ἀντίθετος, ἣτις κάμνει τὸ βάρος νὰ διανύσῃ 1 μέτρον. Ἐκτελεῖται λοιπὸν ἔργον. Ἀν εῖχομεν ἀνυψώσει τὰ 100 χλγ.

εἰς ὕψος 2 μέτρων, θὰ εἴχομεν ἐκτελέσει διπλάσιον ἔργον. Ἐπίσης διπλάσιον ἔργον θὰ ἐκτελέσωμεν, καὶ ἐὰν ἀνυψώσωμεν 200 χλγ. εἰς ὕψος 1 μέτρου. Οὕτω τὸ ἔργον εἶναι προφανῶς ἀνάλογον καὶ πρὸς τὸ ἀνυψωθὲν βάρος, δηλ. πρὸς τὴν ἔντασιν τῆς καταβαλλομένης δυνάμεως, καὶ πρὸς τὸ ὕψος εἰς τὸ ὅποῖον αὗτη ἔφερε τοῦτο, δηλ. πρὸς τὸ ὑπὸ τοῦ σημείου τῆς ἐφαρμογῆς τῆς δυνάμεως διανυθὲν διάστημα.

W.M. 46. **Μονάδες ἔργου.—Χιλιογραμμόμετρον. Erg. Joule.** Ὁ δοισμὸς τοῦ ἔργου προσδιορίζει τὴν μονάδα.

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

“Ωστε μονὰς ἔργου εἶναι τὸ ἔργον, τὸ ὅποῖον ἐκτελεῖ ἡ μονὰς τῆς δυνάμεως μεταθέτοντα τὸ σημεῖον τῆς ἐφαρμογῆς της κατὰ τὴν μονάδα τοῦ μήκους πρὸς τὴν διεύθυνσίν της.

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

Εἰς τὸ σύστημα C. G. S., εἰς τὸ ὅποῖον μονὰς δυνάμεως εἶναι ἡ δύνη καὶ μονὰς μήκους τὸ ἐκατοστόμετρον, μονὰς ἔργου, ἡ ὅποια καλεῖται erg, εἶναι τὸ ἔργον μιᾶς δύνης μεταθετούσης τὸ σημεῖον τῆς ἐφαρμογῆς της κατὰ ἐν ἐκατοστόμετρον 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 χλγ. ἴσοδυναμεῖ μὲ 980000 δύνας. 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 αὗτη εἶναι **κινητήριος** καὶ ὅτι ἐκτελεῖ **ἔργον κινητήριον**. Τοιαύτη εἶναι π.χ. ἡ δύναμις, τὴν ὅποιαν καταβάλλομεν, διὰ νὰ ἀνυψώσωμεν ἐν βάρος. Δύναται ὅμως νὰ συμβαίνῃ, ὥστε μία δύναμις νὰ ἐνεργῇ κατὰ φορὰν ἀντίθετον πρὸς τὴν μετάθεσιν, τὴν ὅποιαν τὸ σῶμα ὑφίσταται. Τοῦτο

συμβαίνει π.χ., όταν φύπτωμεν βλῆμα 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 δὲ ἀνθιστάμενον ὡς ἀρνητικόν.

³Αλλ' ἐπειδὴ ἡ δρᾶσις εἶναι πάντοτε ἵση μὲ τὴν ἀντίδρασιν, δυνάμεθα τὰ προσθέσωμεν ὅτι τὸ **ἀνθιστάμενον** ἔργον εἶναι **ἵσον μὲ τὸ κινητήριον**.

48. **Ίσχὺς κινητῆρος.**—⁴Ο κινητὴρ εἶναι μηχανή, ἡ ὁποία ἐκτελεῖ ἔργον. ⁵Εκτιμῶμεν τὴν ἴσχυν τοῦ κινητῆρος εὐρίσκοντες τὸ πηλίκον τοῦ ἔργου E, τὸ ὅποιον οὗτος ἔξετέλεσε, διὰ τοῦ χρόνου χ , τὸν ὅποιον ἔχειάσθη διὰ νὰ τὸ ἐκτελέσῃ. Εἴναι τότε ἡ ἴσχὺς ἀριθμητικῶς ἵση πρὸς τὴν ποσότητα τοῦ ἔργου, τὸ ὅποιον ὁ κινητὴρ παρέχει εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου :

$$\text{Ίσχὺς} = \frac{E}{\chi}. \quad \text{Ἐὰν } \chi = 1'', \text{ ἴσχὺς} = E.$$

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

⁶Οὐεν μονάς **ἴσχύος** εἶναι ἡ **ἴσχὺς κινητῆρος**, διστις ἐκτελεῖ τὴν μονάδα τοῦ ἔργου εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου.

⁷Ἐὰν $\chi=1$ δεύτερον λεπτὸν καὶ $E=1$ erg, μονάς **ἴσχύος** (εἰς τὸ σύστημα C.G.S) εἶναι τὸ κατὰ δευτερόλεπτον erg, δηλ. ἡ **ἴσχὺς κινητῆρος**, διστις ἐκτελεῖ ἐν erg κατὰ δεύτερον λεπτόν.

⁸Ἐὰν $\chi=1''$ καὶ $E=1$ joule, μονάς **ἴσχύος** εἶναι τὸ watt, ἦτοι ἡ **ἴσχὺς κινητῆρος** ἐκτελοῦντος ἔργον 1 joule κατὰ δευτερόλεπτον.

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

Εἰς τὸ μετρικὸν σύστημα μονάς **ἴσχύος** εἶναι ἡ **ἴσχὺς κινητῆρος** ἐκτελοῦντος 1 χιλιογραμμόμετρον κατὰ δευτερόλεπτον. Τὴν μονάδα ταύτην σπανίως μεταχειρίζομεθα. Ταύτην ἀντικατέστησεν ὁ **ἴππος** (ch).

⁹Ιππος εἶναι ἡ **ἴσχὺς κινητῆρος**, διστις ἐκτελεῖ 75 χιλιογραμμόμετρα κατὰ δεύτερον λεπτόν.

Τιμὴ **ἴππου** εἰς watts. — Γνωρίζομεν ὅτι 1 χιλιογραμμόμετρον **ἴσοδυναμεῖ** μὲ 9,80 joules. Εἰς **ἴππος** **ἴσοδυναμεῖ** λοιπὸν μὲ $9,80 \times 75 = 735$ watts.

³Εν Ἀγγλίᾳ ἡ συνήθης μονάς ἵσχυος εἶναι τὸ horse-power (h-p), τοῦ δποίου ἡ τιμὴ εἶναι 75,9 χιλιογραμμόμετρα κατὰ δεύτερον λεπτόν.

49. **Ἐνέργεια.**—³Οταν ἀνυψώνωμεν βάρος τι, παράγομεν ἔργον, τὸ δποῖον δυνάμεθα νὰ ἐκτιμήσωμεν εἰς χιλιογραμμόμετρα. Θὰ εἴπωμεν τότε ὅτι ἀναπτύσσομεν ἐνέργειαν. ³Ἐπίστης, θὰ εἴπωμεν ὅτι σύστημά τι ἐγκλείει ἐνέργειαν, ὅταν τὸ σύστημα τοῦτο θὰ εἶναι ἰκανὸν νὰ παραγάγῃ ἔργον. Οὕτω π.χ., ὅταν χορδίζωμεν ὠρολόγιον, παράγομεν ὠρισμένην ἐνέργειαν, τὴν δποίαν ἀποθηκεύει τὸ ἐλατήριον· ἐὰν θέσωμεν μικρὸν στέλεχος μεταξὺ τῶν τροχῶν, ἡ κίνησις σταματᾷ· ἡ ἐνέργεια παύει τότε νὰ εἶναι δρατή, καὶ ἐν τούτοις ὑφίσταται. ³Η κεκρυμμένη αὕτη ἐνέργεια, ἡ λανθάνουσα, καλεῖται **δυναμική**. Πρόγαματι, ἐὰν ἔξαγαγωμεν τὸ μεταξὺ τῶν τροχῶν στέλεχος, ἡ κίνησις ἀρχεται πάλιν, ἡ ἐνέργεια τοῦ ἐλατηρίου καθίσταται πάλιν δρατή· ἡ ἐνέργεια αὕτη καλεῖται **κινητική**.

³Ἐπανέλθωμεν εἰς τὸ παράδειγμα τοῦ βάρους, τὸ δποῖον ἀνυψούμεν. ³Οταν τὸ σῶμα φθάσῃ εἰς ὠρισμένον ὑψος, θέτομεν αὐτὸν ἐπὶ τινος ὑποστηρίγματος· ἡ ἐνέργεια μας παρήγαγεν ὠρισμένον κινητήριον ἔργον, διὰ νὰ ὑπερνικήσῃ τὴν ἀντίστασιν· ἐπειδὴ τὸ σῶμα ἔπαυσε νὰ ἀνέρχεται, φαίνεται ὅτι ἡ ἐνέργεια αὕτη ἀπωλέσθη· πραγματικῶς ὅμως, δπως εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ ἐλατηρίου, αὕτη ἔχει ἀποθηκευθῆ: εἶναι **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 ὑψος) θὰ ἀποδοθῇ· διότι, ὅταν τὸ σῶμα φθάσῃ εἰς τὸ ἔδαφος, θὰ ἔχῃ ἐκτελέσει ἔργον κατὰ ἀντίθετον φορῶν ἵσον πρὸς B.Y, δηλ. ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια θὰ ἔχῃ μετατραπῆ εἰς κινητικήν. ³Αν δὲν ὑπῆρχον αἱ τριβαὶ καὶ ἀν τὸ σῶμα ἥτο τελείως ἐλαστικόν, δπως π.χ. σφαῖρα ἔξ ἐλεφαντόδοντος πίπτουσα ἐπὶ ἀκάμπτου ἐπιπέδου, θὰ παρετηροῦμεν ὅτι ἡ σφαῖρα θὰ ἀνεπήδα μέχρι τοῦ σημείου τῆς ἀναχωρήσεως, ἔξ οὗ ἀποδεικνύεται ὅτι τὸ κατὰ τὴν πτῶσιν παραγόμενον ἔργον εἶναι ἵσον πρὸς τὸ τῆς ἀνυψώσεως.

Μεταξὺ λοιπὸν τῆς δυναμικῆς ἐνέργειας καὶ τῆς κινητικῆς ὑπάρχει σχέσις, τὴν δποίαν καθιστᾶ φανερὰν δ ἐπόμενος πίναξ:

Λάβωμεν τὸ παράδειγμα σώματος βάρους B ἀνυψουμένου εἰς ὠρισμένον ὑψος Y:

Εἰς ὑψος Y	B.Y	0	B.Y
Εἰς τὸ ἔδαφος	0	B.Y	B.Y

Παρατηροῦμεν οὖτω, ὅτι ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια μετατρέπεται εἰς κινητικὴν κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς πτώσεως, τῆς κινητικῆς αὐξανομένης, ἐνῷ ἡ δυναμικὴ ἐλαττοῦται. Ἡ διλικὴ ὅμως ἐνέργεια παραμένει σταθερά.

“Η διαπίστωσις αυτή είναι σπουδαιοτάτη καὶ δυνάμεθα νὰ τὴν θεωρήσωμεν ὡς γενικὴν εἰς τὴν φύσιν· αἱ δυνάμεις μετατρέπονται, ἡ ἐνέργεια ἐμφανίζεται ὑπὸ διαφόρους μορφάς, ὡς θερμότης, ἥλεκτροι-σμός, μαγνητισμὸς κτλ., ἀλλὰ τὸ ἄθροισμα τῆς ἐνέργειας παραμένει σταθερὸν (ἀφθαρσία τῆς ἐνέργειας).

³ Αριθμητική ἐφαρμογή. Μηχανή δύναται νὰ ἀνυψώσῃ 1800 κλγ. εἰς ὕψος 25 μ. ἐντὸς 30''. α) Ποῖον ἔργον ἔκτελε; β) Ποία ἡ ἴσχυς της;

$$\text{Ίσχυς} = \frac{E}{\gamma} = \frac{45000}{30} = 1500 \text{ κλγμ.} = \frac{1500}{75} = 20 \text{ ίπποι.}$$

Προβλήματα

1ον. Ἐργάτης ἀναβιβάζων φορτία κατακορύφως δύναται νὰ ὑψώσῃ βάρος 65 χλγ. μὲ ταχύτητα 4 έκατ. κατὰ δευτερόλεπτον καὶ ἐπὶ 6 ώρας τὴν ἡμέραν. Ποῖον ἔργον θὰ ἐκτελέσῃ ἐν δλῷ εἰς μίαν ἡμέραν;

2ον. Ὡρὴ ὥδατος παρέχουσα 120 κ.μ. ὥδατος κατὰ λεπτὸν ἐνεργεῖ
ἐπὶ τροχοῦ ὑδρομύλου ἀπὸ ὡψούς 2 μέτρων. Ποῖον τὸ ἔργον, τὸ διποῖον
ἡ πτῶσις αὗτη ἐκτελεῖ εἰς 10 ὥρας;

Λαμβανομένου δὲ ὑπὸ δψιν ὅτι ἐπὶ τοῦ ἄξονος τοῦ τροχοῦ ἔνεργον μόνον τὰ $\frac{2}{3}$ τοῦ ἔργον τούτου, τοῦ ὑπολοίπου χαρομένου διὰ διαφόρους αἰτίας, νὰ προσδιορισθῇ εἰς ἕππους ἡ χρησιμοποιουμένη ἴσχυς.

Σον. Κινητήρας 10 ππων κινεῖ άντλιαν, ή δποία άποστέλλει όδωρο εις δεξαμενήν ενδισκομένην εις ύψος 25μ. Γνωστοῦ δυτικοῦ ἐνεκά

τῶν τριβῶν τὰ $\frac{3}{5}$ μόνον τοῦ κινητηρίου ἔργου χρησιμοποιοῦνται, ζητεῖται ποῖον ὅγκον ὑδατος θὰ συσσωρεύσωμεν ἐντὸς τῆς δεξαμενῆς εἰς 4 ὥρας;

ΚΕΝΤΡΟΜΟΛΟΣ ΚΑΙ ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΟΣ ΔΥΝΑΜΙΣ

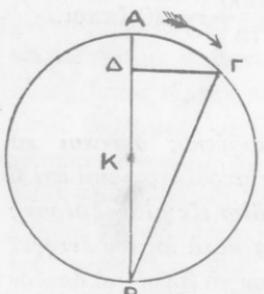
50. **Κεντρομόλος καὶ φυγόκεντρος δύναμις.**—Όταν σῶμά τι στρέφεται περὶ κέντρον μὲ κίνησιν κυκλικήν, πρέπει νὰ παραδεχθῶμεν ὅτι ἀσκεῖται ἔλξις ὑπὸ τοῦ κέντρου τούτου. ¹ Άλλως, δυνάμει τῆς ἀδρανείας, τὸ κινητὸν θὰ διέφευγε κατ' εὐθεῖαν γραμμὴν κατὰ μίαν ἐφαπτομένην. Τοῦτο π.χ. συμβαίνει εἰς τὴν σφενδόνην. ² Όλοι γνωρίζομεν ὅτι χρειάζεται προσπάθεια σταθερὰ διὰ νὰ συγκρατήσωμεν τὸν λίθον, δ ὅποιος τείνει ἀκαταπαύστως νὰ ἐκτιναχθῇ μακράν. ³ Εάν η προσπάθεια αὕτη καὶ μίαν μόνον στιγμὴν παύσῃ ἢ ἐὰν τὸ σχοινίον κοπῇ, δ λίθος θὰ διαφύγῃ.

Ἡ δύναμις, ἡ ὅποια ἀναγκάζει τὸ κινητὸν νὰ διαγράφῃ κυκλικὴν τροχιάν, ὠνομάσθη **κεντρομόλος**. ⁴ Άλλ⁵ ἐπειδὴ δὲν δύναται νὰ νοηθῇ δρᾶσις ἀνευ ἀντιδράσεως, εἶναι φανερὸν ὅτι ἡ κεντρομόλος δύ-

ναμις, ἡ ἔξασκον μένη ἐπὶ τοῦ στρεφομένου σώματος διὰ νὰ τὸ ἐμποδίσῃ νὰ ἀπομακρυνθῇ ἐκ τοῦ κέντρου, θὰ συνοδεύεται ἀπὸ ἵσην καὶ ἀντίθετον ἀντίδρασιν. ⁶ Η ἀντίδρασις αὕτη καλεῖται **φυγόκεντρος δύναμις.**

51. **Τιμὴ τῆς κεντρομόλου δυνάμεως.**—Θεωρήσωμεν κινητὸν εἰς τὸ A (σχ. 22) στρεφόμενον κατὰ τὴν φορὰν τοῦ βέλους περὶ τὸ κέντρον K μὲ κίνησιν ὁμαλήν. ⁷ Η διεύθυνσίς του κατὰ πᾶσαν στιγμὴν εἶναι ἐφαπτομένη εἰς τὴν περιφέρειαν· ἀλλ⁸ εἰς τὸ τέλος τῆς μονάδος τοῦ χρόνου τὸ κινητόν, ὑπὸ τὴν ἐνέργειαν τῆς κεντρομόλου δυνάμεως, ἔχει ἔλθει εἰς τὸ Γ, ἀφοῦ διέγραψε τὸ τόξον ΑΓ, τὸ ὅποιον δυνάμεθα νὰ θεωρήσωμεν ὡς ταυτίζόμενον μετὰ τῆς κορδῆς του, ἐὰν τὸ τόξον ὑποτεθῇ ἀπείρως μικρόν. Τὸ σῶμα ἔχει πέσει λοιπὸν κατὰ ΑΔ.

¹ Άλλὰ κατὰ τὸν τύπον ($\Delta = \text{μγ}$ (1), ἡ ἔντασις τῆς δυνάμεως, τὴν ὅποιαν πρόκειται νὰ ὑπολογίσωμεν, ἐκφράζεται διὰ τοῦ γινομένου τῆς



Σχ. 22.

μάζης μ τοῦ κινητοῦ ἐπὶ τὴν ἀντίστοιχον ἐπιτάχυνσιν, ή 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 $A\Delta$, ή ἐπιτάχυνσις ή ὅφειλομένη εἰς τὴν κεντρομόλον δύναμιν θὰ ἴσοιται μὲ 2. $A\Delta = \gamma$

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

³Αφ' ἑτέρου τὸ τόξον (ἢ ή χορδὴ) $A\Gamma$ εἶναι τὸ διάστημα τὸ διανυθὲν ὑπὸ τοῦ κινητοῦ εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου κατὰ τὴν ὅμαλὴν κυκλικὴν κίνησιν, δηλ. ή ταχύτης τ τοῦ κινητοῦ, ἦτοι $A\Gamma = \tau$.

³Εάν δὲ παραστήσωμεν δι' α τὴν ἀκτῖνα τῆς διαγραφομένης περιφερείας ἔχομεν :

$$AB = 2a.$$

³Εκ τοῦ δρομογωνίου τριγώνου $A\Gamma B$ ἔχομεν :

$$A\Gamma^2 = AB \cdot A\Delta \quad \text{ἢ} \quad \tau^2 = 2a \cdot \frac{\gamma}{2} \quad \text{ἢ} \quad \gamma = \frac{\tau^2}{a}.$$

Καὶ ἀντικαθιστῶντες εἰς τὴν (1), λαμβάνομεν :

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

52. "Εκφρασις τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως."—³Η φυγόκεντρος δύναμις εἶναι ή ἀντίδρασις τῆς κεντρομόλου. ³Επομένως ὁ τύπος θὰ εἶναι ὁ αὐτός. ³Άλλ' ἂν αἱ ἐντάσεις εἶναι ἵσαι, δὲν πρέπει νὰ λησμονῶμεν ὅτι ἔγταῦθα αἱ διευθύνσεις θὰ εἶναι ἀντίθετοι. Θὰ ἔχωμεν λοιπόν :

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

53. Νόμοι.—³Εκ 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 ἀκτῖνος, εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τὰς μάζας ταύτας.

β') Αἱ φυγόκεντροι δυνάμεις διὰ δύο ἵσας μάζας, διαγραφούσας

περιφερείας τῆς αὐτῆς ἀκτῖνος μετὰ διαφόρων ταχυτήτων, εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τὰ τετράγωνα τῶν ταχυτήτων τούτων.

γ') Άλι φυγόκεντροι δυνάμεις διὰ δύο ἵσας μάζας, κινούμενας μετὰ τῆς αὐτῆς ταχύτητος καὶ διαγραφούσας περιφερείας διαφόρων ἀκτίνων, εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογοι πρὸς τὰς ἀκτῖνας ταύτας.

Ωρί Ο τύπος (2) δὲν περιλαμβάνει τὸν χρόνον μᾶς διοκλήσον περιφορᾶς. Έὰν καλέσωμεν χ τὸν χρόνον τοῦτον, ἐπειδὴ τὸ κινητὸν εἰς χρόνον χ διαγράφει τὴν περιφέρειαν 2πα μὲ κίνησιν ὁμαλήν, θὰ ἔχωμεν:

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

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

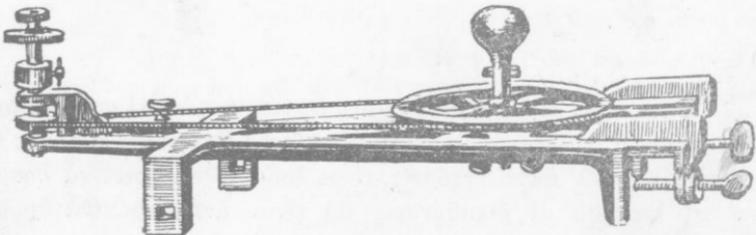
$$\Delta = \frac{\mu}{\alpha} \cdot \frac{4\pi^2 a^2}{\chi^2}$$

ἢ, μετὰ τὴν ἀπλοποίησιν:

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

Συνεπῶς:

δ') Άλι φυγόκεντροι δυνάμεις διὰ δύο ἵσας μάζας, διαγραφού-

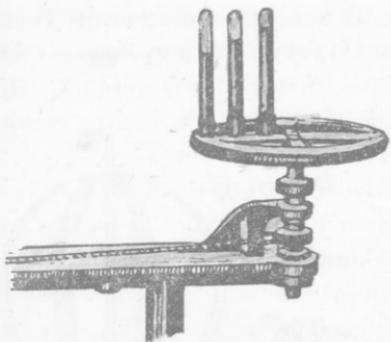


Σχ. 23.

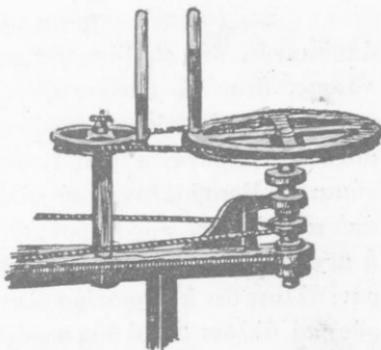
σας εἰς τὸν αὐτὸν χρόνον, περιφερείας διαφόρων ἀκτίνων, εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τὰς ἀκτῖνας ταύτας.

Πειραματικαὶ ἀποδείξεις. — Ή παραγωγὴ τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως καὶ οἱ νόμοι αὐτῆς ἀποδεικνύονται πειραματικῶς διὰ τῆς ἐν τῷ σχήματι 23 παριστωμένης μηχανῆς, ἐπὶ τῆς δύοίας δυνάμεων νὰ κοχλιώσωμεν διαφόρους συσκευὰς καὶ νὰ θέσωμεν αὐτὰς εἰς περιστροφὴν κίνησιν.

Α') Θέτομεν ἐπὶ τῆς μηχανῆς δίσκον φέροντα, ὡς δεικνύει τὸ σχῆμα 24, τρεῖς διμοίους ὑαλίνους σωλῆνας εἰς ἀποστάσεις 1, 2, 3 ἀπὸ τοῦ ἄξονος καὶ πλήρεις κεχρωσμένου ὕδατος. Θέτομεν κατόπιν τὴν συσκευὴν εἰς περιστροφικὴν κίνησιν. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι τὸ ὕδωρ ἔκσφενδονίζεται ἐκ τῶν σωλήνων, δπερ ἀποδεικνύει τὴν ἀνάπτυξιν φυγοκέντρου δυνάμεως· τόσον δὲ περισσότερον ὕδωρ ἔκσφενδονίζεται, ὅσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ ἀπόστασις τοῦ σωλήνος ἀπὸ τοῦ ἄξονος. Ἐὰν συγκρίνωμεν τὴν κατάπτωσιν τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος εἰς τοὺς τρεῖς σωλῆνας, διαπιστοῦμεν ὅτι τὸ ποσὸν τοῦ ἔκσφενδονι-



Σχ. 24.

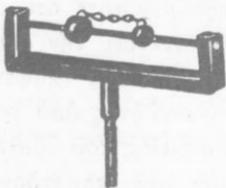


Σχ. 25.

σθέντος ὕδατος εἶναι ἀνάλογον πρὸς τὴν ἀπόστασιν τῶν διαφόρων σωλήνων ἀπὸ τοῦ ἄξονος. Τοῦτο ἀποδεικνύει ὅτι ἡ φυγόκεντρος δύναμις εἶναι **ἀνάλογος τῆς ἀκτίνος**, ὅταν οἱ χρόνοι τῆς περιστροφῆς καὶ αἱ μᾶζαι εἶναι ἴσαι.

Β') Ἀφαιροῦμεν τοὺς σωλῆνας καὶ κοχλιοῦμεν εἰς τὴν μηχανὴν καὶ δεύτερον δίσκον, τοῦ δποίου ἡ διάμετρος εἶναι τὸ ἥμισυ τῆς τοῦ πρώτου, συνδέομεν δὲ αὐτοὺς διὰ λωρίου, ὡς δεικνύει τὸ σχῆμα 25. Ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῶν δίσκων τούτων, ἀνωθεν τοῦ λωρίου, κοχλιοῦμεν δύο ἴσοπαχεῖς σωλῆνας πλήρεις κεχρωσμένου ὕδατος. Κατὰ τὴν περιστροφὴν ἀμφότεροι οἱ σωλῆνες ἔχουν τὴν αὐτὴν ταχύτητα, δηλ. τὴν ταχύτητα τὴν δποίαν μεταδίδει εἰς αὐτοὺς τὸ λωρίον, ἀλλ᾽ ὁ σωλὴν δὲ εὑρισκόμενος ἐπὶ τοῦ μικροῦ δίσκου παροισιάζει διπλασίαν κατάπτωσιν τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος. Συνεπῶς ὑφίσταται φυγόκεντρον δύνα-

μιν διπλασίαν ἀπὸ τὴν τοῦ σωλῆνος τοῦ μεγαλειτέρου δίσκου, ὅπερ ἀποδεικνύει ὅτι ἡ φυγόκεντρος δύναμις εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὰς ἀκτῖνας, ὅταν αἱ μᾶζαι καὶ αἱ ταχύτητες εἶναι ἵσαι.

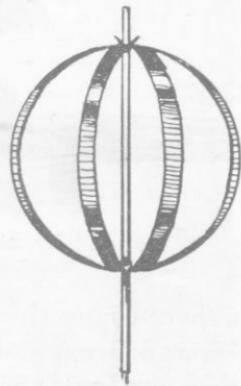


Σχ. 26.

Γ) Θέτομεν ἐπὶ τῆς μηχανῆς τὴν ἐν τῷ σχήματι 26 συσκευήν, διὰ τῆς ὁποίας δυνάμεθα νὰ ἔκτελέσωμεν σειρὰν σχετικῶν πειραμάτων, π.χ. 1) θέτομεν ἐπὶ τοῦ σύρματος δύο ἵσας σφαίρας ἰσάκις ἀπεχούσας ἀπὸ τοῦ ἄξονος καὶ προσδεδεμένας διὰ νήματος. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι αὗται ἰσορροποῦν κατὰ τὴν περιστροφήν. Τοῦτο

ἀποδεικνύει ὅτι εἰς ἵσας μᾶζας ἀντιστοιχοῦν ἴσαι φυγόκεντροι δυνάμεις, ὅταν αἱ ἀκτῖνες εἶναι ἵσαι καὶ ἡ ταχύτης ἡ αὐτή. 2) Θέτομεν ἐπὶ τοῦ σύρματος δύο σφαίρας, ὧν αἱ μᾶζαι ἔχουν λόγον 2 πρὸς 1, συνδεδεμένας διὰ νήματος. Μεταβάλλοντες τὰς ἀποστάσεις αὐτῶν ἀπὸ τοῦ ἄξονος, παρατηροῦμεν ἄλλοτε μὲν ὅτι ἡ μεγαλειτέρα ἔλκει πρὸς ἑαυτὴν τὴν μικροτέραν, ἄλλοτε ὅτι ἡ μικροτέρα ἔλκει τὴν μεγαλειτέραν καὶ ἄλλοτε ὅτι αἱ δύο σφαίραι ἰσορροποῦν.

Τέλος, διὰ τῆς ἐν τῷ σχήματι 27 συσκευῆς ἔξηγοῦμεν τὴν πλάτυνσιν περὶ τοὺς πόλους καὶ τὴν ἔξόγκωσιν περὶ τὸν ἴσημερινόν, ἃς ὑπέστη ἡ Γῆ ἔνεκα τῆς περιστροφικῆς αὐτῆς κινήσεως, ὅτε ἀκόμη εὑρίσκετο ἐν διαπύρῳ καὶ τετηκυίᾳ καταστάσει.



Σχ. 27.

7/21 ³Αριθμητικὴ ἐφαρμογὴ. Υλικὸν σημείον βάρους 5 γρ. διανύει περιφέρειαν κύκλου, ἀκτῖνος 0,8 μ. μετὰ ταχύτητος σταθερᾶς 4 μέτρων κατὰ δευτερόλεπτον. Ποία ἡ ἔντασις τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως, τὴν ὁποίαν ὑφίσταται τὸ σημεῖον τοῦτο;

$$\text{Έχομεν } \Delta = \frac{\mu r^2}{\alpha} \quad \text{καὶ} \quad \mu = \frac{B}{g}$$

$$\text{ἄρα } \Delta = \frac{B}{g} \cdot \frac{r^2}{\alpha} = \frac{5 \cdot 4^2}{9,8 \cdot 0,8} = 10,2 \text{ γρ.}$$

54. Φαινόμενα ἔξηγούμενα διὰ τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως.—Πλεῖστα φαινόμενα ἔξηγούνται διὰ τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως.

Διὰ τῆς ἐνεργείας τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως οἱ τροχοὶ ἀμάξης ἐκσφενδονίζουν μακρὰν τὸν ἐπ' αὐτῶν προσκολλώμενον βόρβορον.

Οἱ δόηγοὶ τῶν ἀμάξοστοιχῶν εἰς τὰς στροφὰς τῆς γραμμῆς μετριάζουν τὴν ταχύτητα, ἵνα ἐλαττώσουν τὴν ἀναπτυσσομένην φυγόκεντρον δύναμιν καὶ ἀποφύγουν τὴν ἐκτροχίασιν. Διὰ τὸν αὐτὸν λόγον τοποθετεῖται ἡ ἔξωτεροικὴ ἁβρός-δλίγον ὑψηλότερον ἀπὸ τὴν ἐσωτερικήν, ὥστε ἡ ἀμάξοστοιχία νὰ κλίνῃ πρὸς τὰ ἔσω. Λαμβάνει τότε αὕτη διεύθυνσιν τοιαύτην, ὥστε ἡ σύνισταμένη τοῦ βάρους τῆς καὶ τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως νὰ εἴναι κάθετος ἐπὶ τοῦ ἐδάφους καὶ συνεπῶς νὰ ἴσορροπήται ὑπὸ τῆς ἀντιστάσεως τούτου.

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

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

Πρόβλήματα

1ον. Σφαιραὶ μεταλλική, μάζης 500 γρ. προσδεδεμένη εἰς τὸ ἔνακτον σχοινίον, μήκους 1 μ., περιστρέφεται περὶ τὸ ἔτερον τούτου ἄκρον μετὰ ταχύτητος τοιαύτης, ὥστε νὰ διαγράφῃ μίαν καὶ ἡμίσειαν στροφὴν κατὰ δευτερόλεπτον. Νὰ προσδιοισθῇ ἡ τάσις, ἣν ἔφίσταται τὸ νῆμα.

2ον. Κρεμῶμεν ἀπὸ χορδὴν, μήκους 1,5 μ., δοχεῖον πλήρες ὕδατος, τοῦ δποίον τὸ δικιὸν βάρος εἴναι 3 χιλ. καὶ τὸ περιστρέφομεν οὕτως, ὥστε νὰ διαγράφῃ κύκλουν κατακύρωσφον.

Ζητεῖται :

α) Ποία πρέπει νὰ εἴναι ἡ ταχύτητος 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 ὅμαλήν.

γ) Νὰ εὑρεθῇ 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 ύγρα, φερόμενα εἰς
"';ψος τι καὶ ἀφιέμενα ἐλεύθερα, πίπτουν, ήτοι διευθύνονται πρὸς
τὴν Γῆν· ἐὰν τεθοῦν ἐπὶ ὑποστηρίγματος, ἔξασκοῦν ἐπὶ τούτου ὡρι-
σμένην πίεσιν. Λέγομεν τότε ὅτι ταῦτα εἶναι βαρέα.

Καὶ τὰ ἀέρια εἶναι βαρέα· ἐὰν δὲ τὰ πλεῖστα τῶν ἀερίων, ὁ κα-
πνός, τὰ ἀερόστατα ἀνυψοῦνται εἰς τὸν ἀέρα, τοῦτο ὅφείλεται εἰς τὸ
ὅτι ὁ ἀήρ, ὁ δποῖος εἶναι καὶ αὐτὸς βαρύς, ἔξασκεῖ ἐπὶ ὅλων τῶν σω-
μάτων τούτων ὥσιν ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω πολὺ μεγαλειτέραν ἀπὸ
τὴν δρᾶσιν, τὴν δποίαν ἔξασκεῖ ἐπὶ τῶν σωμάτων τούτων ἡ βαρύτης.
Ἡ δωσις αὕτη τὰ ἀνυψοῦ, καθὼς τὸ ὕδωρ ἀνυψοῦ τεμάχιον φελλοῦ,
τὸ δποῖον βυθίζομεν ἐντὸς αὐτοῦ καὶ ἔπειτα τὸ ἀφήνομεν ἐλεύθερον.

Ἡ αἵτια τῆς πτώσεως τῶν σωμάτων, δηλ. ἡ δύναμις ἡ δποία
τείνει νὰ παρασύῃ ὅλα τὰ σώματα πρὸς τὸ κέντρον τῆς γῆς, καλεῖται
βαρύτης. Ἐπειδὴ ἡ βαρύτης εἶναι δύναμις, διὰ νὰ δρισθῇ τελείωσις,
πρέπει νὰ γνωρίζωμεν α) τὴν διεύθυνσιν καὶ φορὰν αὐτῆς, β) τὴν
ἔντασιν, γ) τὸ σημεῖον τῆς ἐφαρμογῆς τῆς.

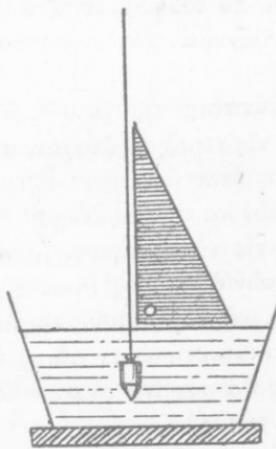
56. **Διεύθυνσις τῆς βαρύτητος.** Νῆμα τῆς στάθμης.— Διεύ-
θυνσις τῆς βαρύτητος εἶναι ἡ γραμμή, τὴν δποίαν ἀκολουθεῖ σῶμα
βαρὺ πίπτον ἐλεύθερως. Ἡ διεύθυνσις αὕτη καλεῖται **κατακόρυφος** καὶ
δίδεται ὑπὸ τοῦ νήματος τῆς στάθμης. Τοῦτο εἶναι νῆμα εὔκαμπτον,
ἀπὸ τὸ ἄκρον τοῦ δποίου ἔξαρταται σῶμα κυλινδροκωνικὸν (σχ. 28)
ἔξ ὀρειχάλκου. Ὁταν τὸ νῆμα τοῦτο, ἀφοῦ στερεωθῇ κατὰ τὸ ἄνωτε-
ρον αὐτοῦ ἄκρον, ἀφεθῇ ἐλεύθερον, τείνεται ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς

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

Ἡ διεύθυνσις τοῦ νήματος τῆς στάθμης εἶναι κάθετος ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῶν ἡρεμούντων ὑγρῶν (σχ. 29). Εἶναι ἡ αὐτὴ διὸ ὅλα τὰ σώματα εἰς τὸν αὐτὸν τόπον. Διότι, ἐὰν τοποθετήσωμεν παραπλεύρως



Σχ. 28.



Σχ. 29.

ἀλλήλων πολλὰ νήματα τῆς στάθμης, ἐκ διαφόρων οὖσιών συνιστάμενα, διαπιστοῦμεν διτὶ αἱ διευθύνσεις των εἶναι παράλληλοι, δταν εὐρίσκωνται ἐν ἴσορροπίᾳ.

Πᾶν ἐπίπεδον διερχόμενον διὰ τῆς κατακορύφου τόπου τινὸς καλεῖται *κατακόρυφον ἐπίπεδον*. Πᾶν δὲ ἐπίπεδον κάθετον ἐπὶ τὴν κατακόρυφον καλεῖται *ἐπίπεδον δριζόντιον*.

Ἡ βαρύτης διευθύνεται πρὸς τὸ κέντρον τῆς Γῆς.— Ἡ ἐπιφάνεια τῶν ὑδάτων σχηματίζει, εἰς ἔκαστον τόπον, ἐπίπεδον δριζόντιον, ἐφαπτόμενον τῆς γηίνης 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.

Σημ. "Οταν θεωρῶμεν δύο σημεῖα, τὰ δποῖα δὲν ἀπέχουν πολὺ

ἀπ' ἄλλήλων, δυνάμεθα, ἔνεκα τῆς σμικρότητος τῆς σχηματιζομένης γωνίας, νὰ θεωρήσωμεν τὰς κατακορύφους τῶν σημείων τούτων ὡς αἰσθητῶς παραλλήλους.

✓ "Η φορά, κατὰ τὴν ὅποιαν ἐνεργεῖ ἡ βαρύτης κατὰ τὴν κατακόρυφον διεύθυνσιν, εἶναι ἡ φορὰ ἡ παραγόντα τὴν τάσιν τοῦ νήματος, ἐκ τῶν ἀνω δηλ. πρὸς τὰ κάτω. Ἡ δύναμις λοιπὸν διεύθυνεται πάντοτε πρὸς τὸ ἔδαφος. Ἡ ἀντίδρασις συνεπῶς τοῦ σημείου τῆς στηρίξεως διευθύνεται κατ' ἀντίθετον φοράν, δηλ. ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἀνω." *Wad*

57. "Εντασις τῆς βαρύτητος. Βάρος.—"Οταν ἐν σῶμα εἶναι διηρημένον εἰς τεμάχια, ἔκαστον τεμάχιον, δσονδήποτε μικρὸν καὶ ἄν εἶναι, πίπτει, ὅταν ἀφεθῇ ἐλεύθερον, ὅπως καὶ ὀλόκληρον τὸ σῶμα. Πρέπει λοιπὸν νὰ συμπεριάνωμεν ὅτι τὰ μόρια ἐνὸς σώματος ὑπόκεινται ἔκαστον εἰς τὴν ἐνέργειαν μικρᾶς κατακορύφου δυνάμεως διεύθυνομένης ἐκ τῶν ἀνω πρὸς τὰ κάτω. "Ολαι αἱ δυνάμεις αὗται εἶναι ἵσαι καὶ δύνανται νὰ θεωρηθοῦν παραλληλοι. Ἐμάθομεν δύμας ὅτι δυνάμεθα νὰ ἀντικαταστήσωμεν αὐτὰς διὰ μιᾶς μόνης, ήτις ἐνεργοῦσα ἐπὶ τοῦ σώματος θὰ παράγῃ τὸ αὐτὸν ἀποτέλεσμα, τὸ ὅποιον παραγόνταν καὶ αἱ δυνάμεις αὗται.

✓ "Ἡ δύναμις αὕτη εἶναι ἡ συνισταμένη ὅλων τῶν ἐνεργειῶν τῆς βαρύτητος ἐπὶ τοῦ σώματος, ἰσοῦται δὲ μὲ τὸ ἀθροισμα ὅλων τῶν ὡς ἀνωτέρῳ μικρῶν κατακορύφων δυνάμεων καὶ ἔχει καὶ αὐτὴ διεύθυνσιν κατακόρυφον. Τὸ μέγεθος αὐτῆς παριστᾶ τὸ βάρος τοῦ σώματος. Δυνάμεθα λοιπὸν νὰ δρίσωμεν τὸ βάρος ἐνὸς σώματος ὡς τὴν ἔντασιν τῆς συνισταμένης ὅλων τῶν ἐνεργειῶν τῶν ἔξασκον μένων ἐπὶ τοῦ σώματος τούτου ὑπὸ τῆς βαρύτητος.

"Ἐπειδὴ τὸ βάρος ἐνὸς σώματος εἶναι δύναμις, πρέπει νὰ ὑπολογίζεται εἰς δύνας ἡ 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 ἔξασκον μένων ἐπὶ τοῦ σώματος τούτου ὑπὸ τῆς βαρύτητος.

58. **Κέντρον τοῦ βάρους τῶν ὁμοιομερῶν σωμάτων.**—Λέγομεν ὅτι σῶμά τι εἶναι **ὅμοιομερές**, ὅταν ἡ ὕλη αὐτοῦ εἶναι ὁμαλῶς δια-

νεμημένη καθ' ὅλην αὐτοῦ τὴν ἔκτασιν, ὥστε, δύο οἰοιδήποτε ἵσοι ὅγκοι, λαμβανόμενοι ἀπὸ δύο διάφορα μέρη τοῦ σώματος, νὰ ἔχουν τὸ αὐτὸ βάρος.

Εἰς δλα τὰ διμοιομερῆ σώματα, ἡ θέσις τοῦ κέντρου τοῦ βάρους ἔξαρταται ἐκ τοῦ σχήματος τοῦ σώματος. Ἐὰν τοῦτο εἴναι γεωμετρικῶς ὀρισμένον, ἡ ἀναζήτησις τοῦ κέντρου τοῦ βάρους ἀποτελεῖ πρόβλημα πάντοτε δυνατόν. Εἰς τὴν ἀντίθετον περίπτωσιν τὸ κέντρον τοῦ βάρους προσδιογίζεται 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 εὑρίσκεται ἐπὶ τοῦ ἄξονος ἢ ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου τῆς συμμετρίας. Ἐπίσης, ἐὰν ἐπιφάνειά τις ἔχῃ διάμετρον, τὸ κέντρον τοῦ βάρους τῆς εὑρίσκεται ἐπὶ τῆς διαμέτρου ταύτης. Τὸ κέντρον τοῦ βάρους περιφερείας, κύκλου, σφαίρας, πολυγώνου κανονικοῦ, συμπίπτει μετὰ τοῦ γεωμετρικοῦ των κέντρου. Τὸ κέντρον βάρους παραλληλογράμμου, παραλληλεπιπέδου, πολυέδρου κανονικοῦ, συμπίπτει μὲ τὸ σημεῖον τῆς τομῆς τῶν διαγωνίων.

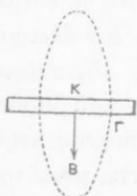
Σημ. Μία ἐπιφάνεια, ἡ ὅποια δὲν ἔχει πάχος καὶ μία γραμμὴ ἢ δοπία ἔχει μίαν μόνον διάστασιν, δὲν δύνανται νὰ ἔχουν βάρος καὶ συνεπῶς καὶ κέντρον βάρους. Ἀλλὰ δυνάμεθα νὰ ἔννοήσωμεν τὴν ἐπιφάνειαν καὶ τὴν γραμμὴν διηγημένας, τὴν μὲν εἰς στοιχεῖα ἐπιφανειακά, τὴν δὲ εἰς στοιχεῖα γραμμικά, εἰς τὰ ὅποια ὑποθέτομεν ἐφηρμοσμένα βάρη ἀνάλογα πρὸς τὰς διαστάσεις των. Αἱ δυνάμεις αὗται ἔχουν συνισταμένην ἵσην πρὸς τὸ ἀμφοισμά των. Τὸ σημεῖον τῆς ἐφαρμογῆς τῆς συνισταμένης ταύτης καλεῖται κέντρον τοῦ βάρους τῆς ἐπιφάνειας ἢ τῆς γραμμῆς.

59. **Συνδήκη ἰσορροπίας τῶν στερεῶν σωμάτων.**—^{Wey} Η ἐνέργεια τῆς βαρύτητος ἐπὶ σώματος συντίθεται πάντοτε, ὡς ἐμάθομεν, εἰς μίαν μόνον δύναμιν κατακόρυφον, διευθυνομένην ἐκ τῶν ἀνω πρὸς τὰ κάτω καὶ ἐφηρμοσμένην εἰς τὸ κέντρον τοῦ βάρους τοῦ σώματος. Ἰναλοιπὸν τὸ σῶμα ἰσορροπῇ, πρέπει καὶ ἀρκεῖ ἡ δύναμις αὕτη, δηλ. τὸ βάρος τοῦ σώματος, νὰ ἰσορροπῇ ται ὑπὸ τῆς ἀντιστάσεως τοῦ ὑποστηρίγματος.

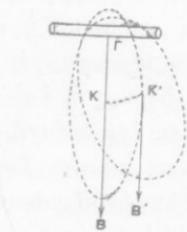
a) **Σώματα οινητὰ περὶ δριζόντιον ἄξονα.**—Τοιαύτη εἴναι ἡ περίπτωσις τροχοῦ ἢ τοῦ δίσκου τῶν σχιμάτων τῆς ἐπομένης σελίδος.

Ίσορροπία ἀδιάφορος. — Εὰν δὲ ἄξων διέρχεται ἀκριβῶς διὰ τοῦ κ. β. τοῦ σώματος (σχ. 30), εἰς οἰανδήποτε θέσιν καὶ ἀν εὐρίσκεται τὸ σῶμα, τὸ βάρος του ἔξουδετεροῦται ὑπὸ τῆς ἀντιστάσεως τοῦ ἄξονος καὶ συνεπῶς ἴσορροπεῖ εἰς ὅλας τὰς θέσεις. Ἡ ἴσορροπία αὕτη καλεῖται **ἀδιάφορος**.

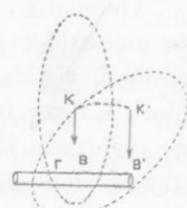
Ίσορροπία εὐσταθής καὶ ἀσταθής. — Εὰν δὲ ἄξων δὲν διέρχεται διὰ τοῦ κ. β., ὑπάρχουν δύο θέσεις ἴσορροπίας (κατὰ τὰς δποίας



Σχ. 30.



Σχ. 31.



Σχ. 32.

τὸ βάρος ἔξουδετεροῦται ὑπὸ τῆς ἀντιστάσεως τοῦ ὑποστηρίγματος), αἱ θέσεις κατὰ τὰς δποίας ἡ κατακόρυφος τοῦ κ. β. συναντᾶ τὸν ἄξονα.

Τὸ κ. β. δύναται νὰ κεῖται κάτωθεν (σχ. 31) ἢ ἀνωθεν (σχ. 32) τοῦ ἄξονος. Εἰς τὴν πρώτην περίπτωσιν λέγομεν ὅτι τὸ σῶμα εὐρίσκεται εἰς **εὐσταθή ἴσορροπίαν**. Διότι, ἐὰν ἀπομακρύνωμεν αὐτὸν ἀπὸ τὴν θέσιν τῆς ἴσορροπίας καὶ τὸ ἀφήσωμεν ἐλεύθερον, τὸ βάρος του Β τὸ ἐπαναφέρει εἰς τὴν θέσιν τῆς ἴσορροπίας. Εἰς τὴν δευτέραν περίπτωσιν, ἡ ἴσορροπία λέγεται **ἀσταθής**, διότι, ἐὰν ἀπομακρύνωμεν δλίγον τὸ σῶμα ἐκ τῆς θέσεως τῆς ἴσορροπίας, τὸ βάρος του τείνει νὰ τὸ ἀπομακρύνῃ ἔτι μᾶλλον, διὰ νὰ τὸ φέρῃ εἰς τὴν θέσιν τῆς εὐσταθοῦς ἴσορροπίας.

Σημ. Εἰς μὲν τὴν πρώτην θέσιν τὸ κ. β. κεῖται ὅσον τὸ δυνατὸν κατωτέρω τοῦ ἄξονος, εἰς δὲ τὴν δευτέραν ὅσον τὸ δυνατὸν ἀνωτέρω αὐτοῦ· εἰς τὴν θέσιν τῆς ἀδιαφόρου ἴσορροπίας τὸ κ. β. διατηρεῖ τὸ αὐτὸν ὄψος κατὰ τὴν κίνησιν τοῦ σώματος.

β) Στερεὸν σῶμα κινητὸν περὶ σημεῖον. — Τοιαύτη εἶναι π.χ. ἡ περίπτωσις κανόνος κρεμαμένου διὰ δακτυλίου. Εὰν τὸ σημεῖον τῆς ἔξαρτήσεως δὲν συμπίπτῃ μετὰ τοῦ κ. β., ὑπάρχουν δύο θέσεις ἴσορρο-

πίας : ή μὲν εὐσταθής (σχ. 33), ή δὲ ἀσταθής (σχ. 34), τοιαῦται, ὥστε ή κατακόρυφος τοῦ κ. β. νὰ συναντᾶ τὸ σημεῖον τῆς ἔξαρτήσεως.

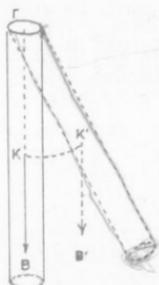
γ) **Σώματα στηριζόμενα ἐπὶ δριζοντίου ἐπιπέδου δι᾽ ἐνδες σημείου.**— "Οταν τὸ σημεῖον

τῆς ἐπαφῆς μένη σταθερὸν κατὰ τὴν μετάθεσιν τοῦ σώματος, ή περίπτωσις αὕτη ἀνάγεται εἰς τὴν προηγουμένην.

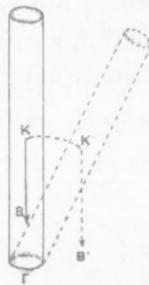
"Αλλοτε τὸ σημεῖον τῆς ἐπαφῆς δὲν εἶναι σταθερόν· τοιαύτη ή περίπτωσις ὡδὖ, ὅπερ δύναται νὰ κυλίεται ἐπὶ τραπέζης. "Υπάρχουν δύο θέσεις ἴσορροπίας, αἱ δύο θέσεις καθ'

ἄς ή κατακόρυφος τοῦ κ. β.

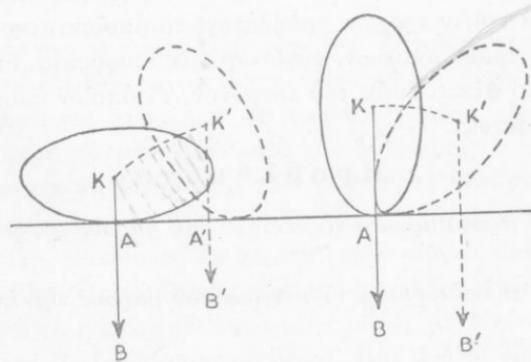
διέρχεται διὰ τοῦ σημείου τῆς στηρίξεως. Τὸ βάρος τότε ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα νὰ στηρίζῃ τὸ ὠδὸν ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου. Καὶ ή μὲν θέσις, καθ' ἣν τὸ κ. β. κεῖται ὅσον τὸ δυνατὸν κατωτέρῳ (σχ. 35), εἶναι εὐσταθής, διότι, ἐὰν ἀπομακρύνωμεν τὸ σῶμα ἐκ τῆς θέσεως ταύτης, τὸ βάρος του τεί-



Σχ. 33.



Σχ. 34.



Σχ. 35.

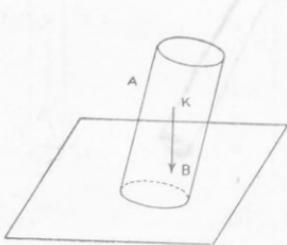
Σχ. 36.

νει/νὰ τὸ ἐπαναφέρῃ εἰς ταύτην τούναντίον, ή θέσις, καθ' ἣν τὸ κ. β. κεῖται ὅσον τὸ δυνατὸν ὑψηλότερον (σχ. 36), εἶναι ἀσταθής.

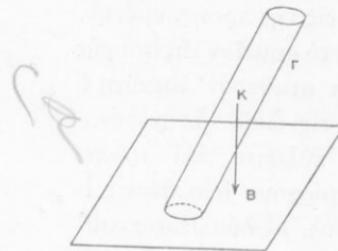
"Οταν μία σφαῖρα κυλίεται ἐπὶ δριζοντίου ἐπιπέδου, εὑρίσκεται

εἰς ἴσορροπίαν ἀδιάφορον καθ' ὅλας αὐτῆς τὰς θέσεις. Τὸ κ.β διατηρεῖ σταθερὸν ὑψός καὶ ἡ κατακόρυφος τούτου συναντᾷ πάντοτε τὸ σημεῖον τῆς στηρίζεως.

δ) Σώματα στηριζόμενα διὰ βάσεως ἐπὶ δριξοντίον ἐπιπέδου.— Διὰ νὰ εὑρίσκεται ἐν τοιοῦτον σῶμα ἐν ἴσορροπίᾳ, πρέπει καὶ ἀρκεῖ ἡ κατακόρυφος τοῦ κ.β. νὰ διέρχεται διὰ τοῦ ἐσωτερικοῦ τῆς βάσεως, διὰ τῆς ὁποίας τὸ σῶμα στηρίζεται. Είναι πράγματι φανερὸν



Σχ. 37.



Σχ. 38.

ὅτι ὁ κύλινδρος Α εὑρίσκεται ἐν ἴσορροπίᾳ, τὸ δὲ βάρος του (σχ. 37) τείνει νὰ στηρίξῃ αὐτὸν ἐπὶ τοῦ ὑποστηρίγματος. Ο κύλινδρος Γ τοῦντίον (σχ. 38) δὲν θὰ ἴσορροπήσῃ, ἐὰν ἀφήσωμεν αὐτὸν ἐλεύθερον.

Τὸ μετὰ τριῶν τροχῶν ποδήλατον, τὸ ὅποιον στηρίζεται ἐπὶ τοῦ ἐδάφους διὰ τριῶν σημείων, εὑρίσκεται ἐν ἴσορροπίᾳ, διότι ἡ κατακόρυφος τοῦ κ.β πίπτει ἐντὸς τοῦ τριγώνου, τὸ ὅποιον ἀποτελεῖ τὸ πολύγωνον τῆς βάσεως.

Προβλήματα

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

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

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Δ'

ΝΟΜΟΙ ΤΗΣ ΠΤΩΣΕΩΣ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

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

61. Δεύτερος νόμος.—Τὰ διαστήματα τὰ διανυόμενα ὑπὸ σώματος, τὸ ὅποιον 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 ὅποιον ἀναχωροῦν ἐκ τῆς ἡρεμίας πίπτει ἐλευθέρως, εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τοὺς χρόνους τοὺς διαρρεύσαντας ἀπὸ τῆς ἀρχῆς τῆς πτώσεως.

Οἱ νόμοι οὗτοι ἀφορῶσιν εἰς τὴν πτῶσιν ἐν τῷ **κενῷ**.

Οἱ δύο τελευταῖοι χαρακτηρίζουν **κίνησιν δμαλῶς ἐπιταχυνομένην** καὶ ὁ εἰς εἶναι συνέπεια τοῦ ἄλλου. Ἐκφράζονται συνεπῶς διὰ τῶν ἔξισώσεων :

$$\delta = \frac{g\chi^2}{2} \quad \tau = g\chi.$$

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

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

Εἶναι δηλ. ἀνάλογος πρὸς τὴν τετραγωνικὴν ὁ ὅπεραν τοῦ ὕψους τῆς πτώσεως.

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

63. Πειραματικὴ ἀπόδειξις τῶν ἀνωτέρω νόμων.—**Πρῶτος νόμος.** Ἐὰν ἀφήσωμεν νὰ πέσουν συγχρόνως, ἀπὸ τὸ αὐτὸν 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 μεγαλείτερον 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 δριζοντίου), θὰ ἔδωμεν ὅτι καὶ τὰ δύο φθάνονταν εἰς τὸ ἔδαφος συγχρόνως. Τοῦτο συμβαίνει, διότι ὁ ἀὴρ δὲν ἐπιφέρει πλέον ἀντίστασιν εἰς τὸν χάρτην, καθόσον ἐκτοπίζεται ὑπὸ τοῦ νομίσματος.

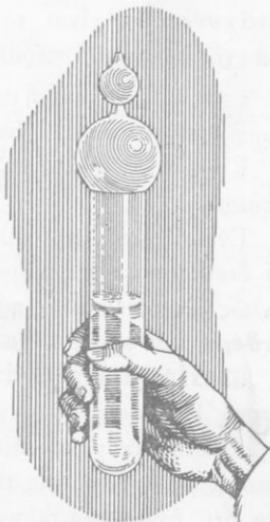
Διὰ νὰ ἔξετάσωμεν τὴν ἐπίδρασιν τῆς βαρύτητος μόνης, πρέπει λοιπὸν νὰ καταργήσωμεν τὴν ἑνέργειαν τοῦ ἀέρος. Τοῦτο δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν διὰ τοῦ *σωλῆνος τοῦ Νεύτωνος* (σχ. 39). Ὁ σωλὴν οὗτος ἔχει ὑψος 2 περίπου μέτρων καὶ διάμετρον 7-8 ἑκατ.



καὶ εἶναι κλειστὸς κατὰ τὸ ἓν ἄκρον, κατὰ δὲ τὸ ἔτερον καταλήγει εἰς μεταλλικὸν πόδια μετὰ στρόφιγγος, διὰ τοῦ δποίου δύναται νὰ κοχλιωθῇ εἰς τὴν ἀεραντλίαν. Εἰσάγομεν ἐντὸς αὐτοῦ διάφορα σώματα, π.χ. σφαῖραν ἐκ μολύβδου, τεμάχιον φελλοῦ, τμῆμα πτεροῦ· ἔπειτα δὲ ἀραιοῦμεν τὸν ἐντὸς αὐτοῦ ἀέρα ὅσον τὸ δυνατὸν περισσότερον. Ἐὰν ἀναστρέψωμεν τότε ἀποτόμως τὸν σωλῆνα, παρατηροῦμεν ὅτι δλα τὰ ἐντὸς αὐτοῦ σώματα φθάνουν εἰς τὸν πυθμένα τοῦ σωλῆνος συγχρόνως. Ἐὰν δμως ἀφήσωμεν νὰ εἰσέλθῃ βαθμηδὸν ὁ ἀήρ, διαπιστοῦμεν ὅτι ἡ διαφορὰ μεταξὺ τῶν διαρκειῶν τῆς πτώσεως τῶν διαφόρων σωμάτων καθίσταται τόσον μεγαλειτέρα, ὅσον ἡ ποσότης τοῦ εἰσελθόντος ἀέρος εἶναι μεγαλειτέρα.

64. Ἐφαρμογαὶ τῆς ἀντιστάσεως τοῦ ἀέρος. α) Ἐίς τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀέρος διείλεται διασκορπισμὸς τῶν ὑγρῶν, τὰ δποία πίπτουν εἰς τὸν ἀέρα· εἰς τὸ κενὸν ἡ πτῶσίς των γίνεται δι^ο δλης τῆς μάζης των, ὅπως ἡ τῶν στερεῶν. Τοῦτο ἀποδεικνύεται διὰ τῆς *ὑδροσφύρας* (σχ. 40). Αὕτη εἶναι σωλὴν ὑάλινος περιέχων ὕδωρ καὶ κενὸς ἀέρος. Ὁταν τὸν ἀναστρέψωμεν ἀποτόμως, τὸ ὕδωρ πίπτει μετὰ ἔηροῦ κρότου, δμοίου μὲ τὸν κρότον στερεᾶς μάζης, ἡ δποία κτυπᾷ τὸν πυθμένα τοῦ σωλῆνος.

β) Διὰ νὰ ἐμποδίσωμεν νὰ ἐπιταχυνθῇ ἡ κίνησις ὁργάνων τινῶν, τὰ ἀναγκάζομεν νὰ παρασύρουν τροχὸν μὲ πτερύγια. Ὁ τροχὸς οὗτος



Σχ. 40.

ἔφισταται ἀντίστασιν ἐκ μέρους τοῦ ἀέρος τόσον μεγαλειτέραν, ὅσον ἡ ταχύτης τῆς στροφῆς εἶναι μεγαλειτέρα.

γ) Οἱ ἀεροναῦται χρησιμοποιοῦν τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀέρος, μεταχειριζόμενοι τὰ ἀλεξίπτεωτα (σχ. 41), διὰ τῶν δοποίων κατέρχονται ἐγκαταλείποντες τὸ σκάφος τῶν ἐν περιπτώσει ἀτυχήματος ἢ δι᾽ ἄλλους λόγους.

δ) Τέλος, ἀπὸ τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀέρος ὑποστηρίζονται οἱ χαρταετοί, τὰ ἀεροπλάνα καὶ τὰ πτηνά, ὅσα πλανῶνται εἰς τὸν ἀέρα



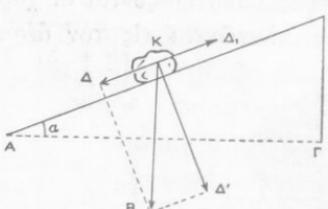
Σχ. 41.

Wald Novi

65. Δεύτερος νόμος: Νόμος τῶν διαστημάτων.—Διὰ τὴν πειραματικὴν ἀπόδειξιν τοῦ νόμου τούτου, ὃς καὶ τοῦ νόμου τῶν ταχυτῶν, παρουσιάζονται δύο μεγάλαι δυσκολίαι: α) Ἡ αὐξούσα ταχύτης τῆς πτώσεως, ἥ δοπιά καθιστᾶ δύσκολον τὴν παρατήρησιν, διότι μικρὸν λάθος κατὰ τὴν μέτρησιν τοῦ χρόνου συνεπάγεται σημαντικὸν λάθος διὰ τὸ διάστημα. β) Ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀέρος. Ἡ ἐπιβράδυνσις τούναντίον τῆς κινήσεως εὐκολύνει τὰς μετρήσεις, ἀφ' ἐτέρου δὲ ἡ ἐλύττωσις τῆς ταχύτητος ἔλαττώνει τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀέρος.

Πρὸς τοῦτο ἐπενοήθησαν διάφοροι συσκευαί, διὰ τῶν ὅποιών ἐπιβραδύνεται ἡ ταχύτης τῆς πτώσεως, χωρὶς νὰ μεταβληθῇ ἡ σχέσις μεταξὺ διαστήματος καὶ 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 δρίζοντος. ⁷Εστω ΑΕΓ (σχ. 42)



Σχ. 42.

τομῇ τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου ὑπὸ ἐπιπέδου καθέτον ἐπὶ τὴν τομήν του μετὰ τοῦ δρίζοντος ἐπιπέδου. Θεωρήσωμεν σῶμα μᾶζης μετατιθέμενον ἀνευ τριβῆς κατὰ τὸ μῆκος τοῦ ἐπιπέδου ΕΑ. Τὸ βάρος $B = mg$ τοῦ σώματος τούτου, ἐφηρμοσμένον εἰς τὸ κέντρον τοῦ βάρους του K , δύναται νὰ ἀναλυθῇ εἰς δύο δυνάμεις τὴν Δ' καθέτον ἐπὶ τὸ

κεκλιμένον ἐπίπεδον, ἢ ὅποια ἔξουδετεροῦται ἀπὸ τὴν ἀντίστασιν τούτου, ἐὰν διέρχεται διὰ τοῦ σημείου τῆς στηρίξεως, καὶ τὴν Δ παράλληλον πρὸς τὸ μῆκος ΑΕ τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου, ἢ ὅποια τείνει νὰ μεταθέσῃ τὸ σῶμα. ⁷Επειδὴ αἱ ὁξεῖαι γωνίαι ΓAE καὶ ΔBK εἶναι ἔσαι, ὡς ἔχουσα τὰς πλευράς των καθέτους, τὰ δρυγώνια τρίγωνα AGE καὶ $B\Delta K$ εἶναι ὄμοια. Συνεπῶς ἔχομεν :

$$\frac{K\Delta}{KB} = \frac{EG}{AE} \quad \text{ἢ} \quad \frac{\Delta}{B} = \frac{v}{\mu} \quad (1)$$

(ἔνθα $v = EG$, τὸ ὑψος τοῦ ἐπιπέδου καὶ $\mu = AE$, τὸ μῆκος αὐτοῦ),

$$\text{ἐκ τῆς ὅποιας } \Delta = B \frac{v}{\mu}.$$

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

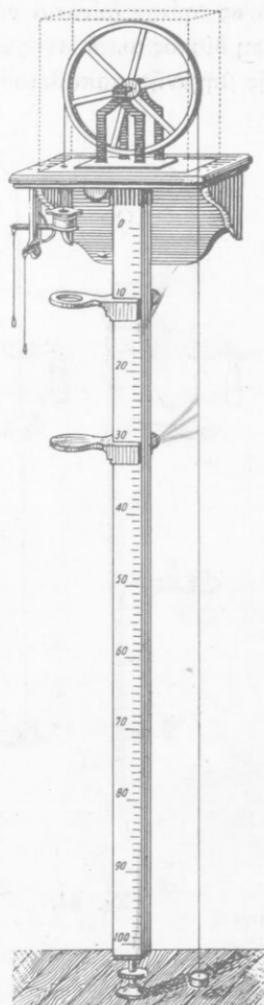
$$\frac{\mu g}{\mu g} = \frac{v}{\mu} \quad \text{ἢ} \quad \frac{\gamma}{g} = \frac{v}{\mu} \quad \text{καὶ} \quad \gamma = g \frac{v}{\mu}$$

Τοιουτοφόπως, ἐλαττοῦντες τὸ υ, ἐπιβραδύνομεν τὴν κίνησιν τὴν δφειλομένην εἰς τὴν βαρύτητα, ὥστε νὰ καταστήσωμεν εὐκολωτέραν τὴν παρατήρησιν.

Πραγματοποιοῦμεν εὐκόλως κεκλιμένον ἐπίπεδον, κατασκευάζοντες μακρὰν αὐλακα εἰς μεταλλίνην δοκὸν κεκλιμένην, εὐθυτάτην καὶ λειτοτάτην. Ἀφήνοντες τότε ἐλευθέραν εἰς τὸ ἀνώτερον μέρος τῆς αὐλακος σφαιραῖς ἐξ ἐλαφαντοστοῦ 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 βάρος σταθερόν, ὅπως εἰς τὴν ἐλευθέραν πτῶσιν. Ἐλαττοῦμεν δμως τὴν ἐνέργειάν του, ἀναγκάζοντες αὐτὸν νὰ παρασύρῃ ἐκτὸς τῆς μᾶζης του καὶ ἄλλην μᾶζαν μεγαλειτέραν.

Ἡ μηχανὴ τοῦ Atwood συνίσταται ἐκ κατακορύφου κανόνος, δστις φέρει εἰς τὴν κορυφήν του τροχαλίαν πολὺ ἐλαφράν, κινητὴν περὶ δριζόντιον ἀξονα (σχ. 43). Ἐπὶ τῆς αὐλακος τῆς τροχαλίας διέρχεται λεπτὸν νῆμα φέρον εἰς τὰ δύο ἀκρα του ἐξηρτημένας δύο ἵσας μᾶζας M. Τὸ βάρος τοῦ νήματος δὲν λαμβάνεται ὑπὸ δψιν ἐπομένως τὰ βάρη τῶν δύο μαζῶν θὰ εὐρίσκωνται ἐν ἴσορροπίᾳ δι' ὅλας τὰς θέσεις αὐτῶν. Ἐπιφορτίζομεν τὴν μίαν ἀπὸ τὰς ἵσας μᾶζας μὲ πρόσθετον μᾶζαν μ, ἢ δροία παρασύρει τὸ σύστημα. Εἰς τὴν περίπτωσιν ἐλευθέρας πτώσεως, τὸ πρόσθετον βάρος θὰ παρέσυρε μόνον τὴν μᾶζαν του μ' ἥδη παρασύρει τὴν μᾶζαν $2M + \mu$.

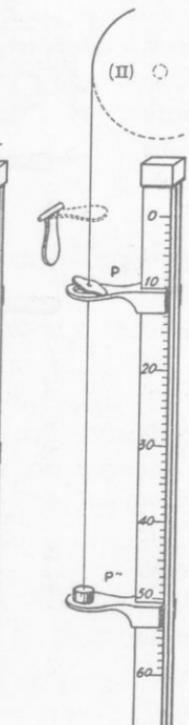


Σχ. 43.

68. Ἀπόδειξις τοῦ νόμου τῶν διαστημάτων.—⁹Η μᾶζα κατέρχεται παραλλήλως πρὸς κατακόρυφον κανόνα διηρημένον.⁹ Επὶ τοῦ κανόνος τούτου δύναται νὰ στερεοῦται διὰ πιεστικοῦ κοχλίου εἰς διάφορα ὑψη δίσκος μετάλλινος πλήρης. Κατάλληλον χρονόμετρον, παραπλεύρως τῆς μηχανῆς τοποθετούμενον, μᾶς δίδει ἵσας μονάδας χρόνου. Κατ'

ἀρχάς, ἡ μᾶζα $M + \mu$ ἀναβιβάζεται, ὥστε ἡ κατωτέρᾳ βάσις της νὰ κεῖται ἀπέναντι τοῦ μηδενὸς τοῦ διηρημένου κανόνος. Δι⁹ εἰδικῆς 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 διαιρεσιν τοῦ κανόνος τοιαίτην, ὥστε νὰ ἀκούσωμεν συγχρόνως τὸ κτύπημα τοῦ χρονομέτρου δεικνύοντος τὴν ἔναρξιν τῆς δευτέρας μονάδος χρόνου καὶ τὴν κρούσιν τῆς μάζης ἐπὶ τοῦ πλήρους δίσκου.

⁹ Επαναφέρομεν τὸ σύστημα $M + \mu$ εἰς τὸ μηδὲν καὶ ζητοῦμεν νὰ εündωμεν διὰ δοκιμῶν εἰς ποίαν διαιρεσιν πρέπει νὰ θέσωμεν τὸν δίσκον, ἵνα ἡ κατερχομένη μᾶζα κτυπήσῃ ἐπ' αὐτοῦ μετὰ δύο, τρεῖς κτλ. μονάδας χρόνου. Μετροῦμεν οὕτω τὰ διαστήματα τὰ διανυόμενα εἰς 1, 2, 3 μονάδας χρόνου.



Σχ. 44.

⁹ Εὰν τὸ διάστημα δ τὸ διανυόμενον κατὰ τὴν πρώτην μονάδα χρόνου εἶναι π.χ. 10 ἑκατ., θὰ ἔχωμεν

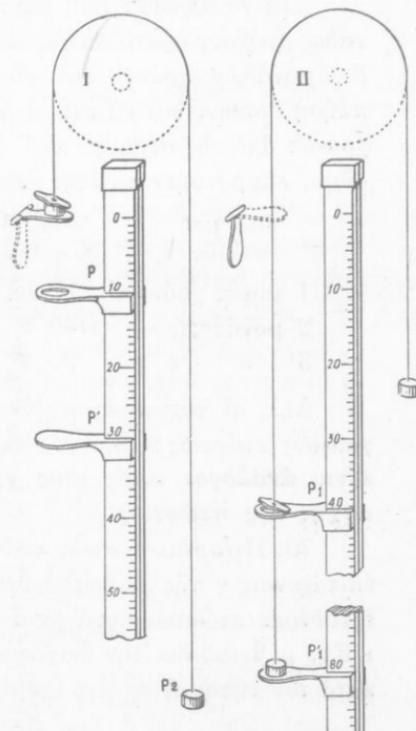
$\delta_1 = 10 \quad \delta_2 = 40 = 10.4 \quad \delta_3 = 90 = 10.9 \quad \delta_4 = 160 = 10.16$
Βλέπομεν δηλ. ὅτι τὰ διανυόμενα διαστήματα εἶναι ἀνάλογα πρὸς τὰ τετράγωνα τῶν χρόνων.

Nom Men'

69. Τρίτος νόμος: Νόμος τῶν ταχυτήτων.—Τὸν νόμον τοῦτον ἀποδεικνύομεν ἐπίσης διὰ τῆς μηχανῆς τοῦ Atwood. Ὑποθέσωμεν ὅτι ἀφαιροῦμεν τὴν πρόσθετον μᾶζαν μετὰ πτῶσιν μᾶς μονάδος χρόνου. Συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς ἀδρανείας, τὸ ὑπόλοιπον σύστημα $2M$ θὰ ἔξακολουθήσῃ νὰ κινηται, ἀλλ ἡ κίνησίς του καθίσταται ὁμαλὴ καὶ ἡ ταχύτης τῆς κινήσεως ταύτης θὰ εἴναι ἡ ταχύτης, τὴν δποίαν ἀποκτᾷ τὸ σύστημα ὁλόκληρον ($2M + \mu$) μετὰ πτῶσιν μᾶς μονάδος χρόνου. Ἐὰν ἀφαιρέσωμεν τὴν μᾶζαν μετὰ πτῶσιν δύο μονάδων χρόνου, ἡ ταχύτης τῆς ὁμαλῆς κινήσεως, τὴν δποίαν θὰ λάβῃ τὸ σύστημα $2M$, θὰ εἴναι ἡ ταχύτης, ἢν ἀποκτᾷ τὸ σύστημα $2M + \mu$ μετὰ πτῶσιν δύο μονάδων χρόνου καὶ οὕτω καθ³ ἔξης. Συνεπῶς, διὰ νὰ ἀποδείξωμεν τὸν νόμον, ἀρχεῖ νὰ μετρήσωμεν ἐκάστην φορὰν τὰ διαστήματα τὰ διανυόμενα ὑπὸ τοῦ συστήματος $2M$ εἰς μίαν μονάδα χρόνου μετὰ τὴν ἀφαίρεσιν τῆς μᾶζης μ .

Τοποθετοῦμεν λοιπὸν εἰς τὴν διαίρεσιν 10, δπον, ὡς εἴδομεν, φθάνει τὸ σύστημα $2M + \mu$ εἰς τὸ τέλος τῆς πρώτης μονάδος τοῦ χρόνου, δακτυλιοειδῆ δίσκον, ὅστις ἀφήνει μὲν τὴν μᾶζαν M νὰ διέλθῃ, κρατεῖ δύως κατὰ τὴν δίοδον αὐτῆς τὴν πρόσθετον μᾶζαν μ, ἡ δποία εἴναι ὀλίγον μακροτέρᾳ τῆς ἐσωτερικῆς διαμέτρου τοῦ δακτυλίου (σχ.

44). Ἀφήνομεν κατόπιν τὸ σύστημα $2M + \mu$ ἔλευθερον ἀπὸ τοῦ 0 τῆς κλίμακος. Μετὰ πτῶσιν μᾶς μονάδος χρόνου ἀφαιρεῖται ὑπὸ τοῦ δακτυλίου ἡ μᾶζα μ, ἡ δὲ μᾶζα M ἔξακολουθεῖ νὰ κατέρχεται. Ζητοῦμεν διὰ δοκιμῶν νὰ τὴν σταματήσωμεν εἰς τὸ τέλος τῆς δευτέρας μονάδος χρόνου· εὑρίσκομεν οὕτω ὅτι πρέπει νὰ θέσωμεν τὸν πλήρη δίσκον εἰς τὴν διαίρεσιν 30. Συνεπῶς ἡ μᾶζα M μόνη διήγυνσεν εἰς μίαν μονάδα



Σχ. 45.

χρόνου $30 - 10 = 20$ έκ. Ἐπαναλαμβάνομεν τὸ πείραμα, ζητοῦντες νὰ σταματήσωμεν τὴν μᾶζαν Μ δύο μονάδας χρόνου (σχ. 44), τρεῖς μονάδας χρόνου κτλ. μετὰ τὴν ἀφαιρέσιν τῆς προσθέτου μᾶζης μ. Ενδιόσκομεν τοιουτοτρόπως ὅτι διανύει μόνη 40, 60... έκατ., δηλ. διανύει 20 έκ. κατὰ μονάδα χρόνου. Συνεπῶς ή κίνησίς της εἶναι δμαλῆ.

Διὰλιὰ νὰ εὑρωμεν ἥδη τὰς ταχύτητας τοῦ κινητοῦ μετὰ 1, 2, 3... μονάδας χρόνου, ἀρκεῖ νὰ ἀφαιρέσωμεν τὴν μᾶζαν μ μετὰ πτῶσιν 1, 2, 3... μονάδων χρόνου καὶ νὰ ζητήσωμεν ποῦ πρέπει νὰ θέσωμεν τὸν πλήγη δίσκον, διὰ νὰ σταματήσωμεν τὴν Μ εἰς τὸ τέλος μιᾶς μονάδος χρόνου ἀπὸ τῆς στιγμῆς, καθ' ἥν ἀφηρέθη ἡ μᾶζα μ. Πειραματιζόμενοι οὕτω, λαμβάνομεν τὰ ἔξης ἀποτελέσματα (σχ. 45):

Διάρκειαι πτώσεως	Θέσις δακτυλίου	Θέσις πλήγους δίσκου	Ταχύτητες μιας μονάδεως
1 μονάς χρόνου	10 έκ.	30 έκ.	20 έκ.
2 μονάδες »	40 »	80 »	40 »
3 » »	90 »	150 »	60 »

Δηλ. αἱ ταχύτητες γίνονται 2, 3, 4... φορὰς μεγαλείτεραι μετὰ χρόνους πτώσεως 2, 3, 4... φορὰς μεγαλειτέρους. Ἀρα αἱ ταχύτητες εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τοὺς χρόνους τοὺς διαφεύγοντας ἀπὸ τῆς ἀρχῆς τῆς πτώσεως.

70. Προσδιορισμὸς τοῦ g.—Εἰς τὴν μηχανὴν τοῦ Atwood ἡ ἐπιτάχυνσις γ τῆς ἐπιβραδυνθείσης κινήσεως καὶ ἡ ἐπιτάχυνσις g τῆς ἐλευθέρας πτώσεως συνάγονται ἡ μία ἐκ τῆς ἄλλης. Τὸ βάρος β τῆς μᾶζης μ μεταδίδει τὴν ἐπιτάχυνσιν γ εἰς τὴν μᾶζαν $2M + \mu$. Συνεπῶς, κατὰ τὸν τύπον $\Delta = \mu g$, ἔχομεν :

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

Ἄλλος η μᾶζα μ, πίπτουσα ἐλευθέρως καὶ μόνη, θὰ λάβῃ ἐπιτάχυνσιν g. Ἐπομένως ἔχομεν : $\beta = \mu g$.

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

$$\mu g = (2M + \mu)g, \quad \text{εἴ τις} \quad g = \frac{2M + \mu}{\mu} g \quad \text{ἢ} \quad g = \frac{2B + \beta}{\beta} g,$$

διότι αἱ μᾶζαι εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τὰ βάρη. Αἱ μᾶζαι M καὶ μ προσδιορίζονται διὰ τοῦ ζυγοῦ, ἡ δὲ γ εἶναι ἵση μὲ τὸ διπλάσιον τοῦ διαστήματος τοῦ διανυθέντος κατὰ τὸ πρῶτον δευτερόλεπτον τῆς πτώ-

σεως. Συνεπῶς λαμβάνομεν τὸ g κατὰ προσέγγισιν. Μὲ μεγαλυτέραν προσέγγισιν λαμβάνεται τὸ g διὰ τοῦ ἐκκρεμοῦς, ὡς θὰ ἴδωμεν κατωτέρω.

Σημ. Γνωρίζοντες τὸ g, διὰ τοῦ αὐτοῦ τύπου δυνάμεθα νὰ προσδιορίσωμεν τὸ γ. Ἐχομεν :

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

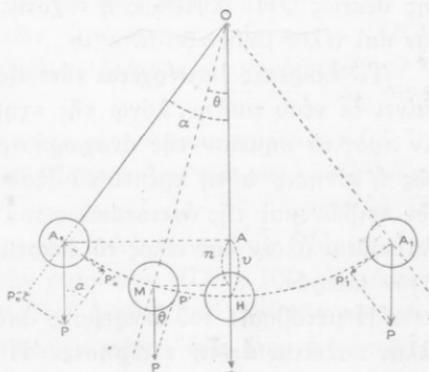
ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ε'
Noi ΕΚΚΡΕΜΕΣ

71. **Όρισμοί.**— Ὁνομάζομεν ἐκκρεμὲς πᾶν σῶμα βαρύ, κινητὸν περὶ ἄξονα ὅριζόντιον, ὅστις δὲν διέρχεται διὰ τοῦ κέντρου τοῦ βάρους τοῦ σώματος.

Ἀπλοῦν ἐκκρεμὲς καλοῦμεν ὀλικὸν σημεῖον βαρὸν ἐξηρτημένον διὰ νήματος μὴ ἐκτακτοῦ καὶ ἄνευ βάρους ἀπὸ σταθεροῦ σημείου. Τοῦτο εἶναι ἐκκρεμὲς φανταστικόν, τοῦ ὅποιου ἡ ἐπινόησις χρησιμεύει διὰ τὴν διατύπωσιν τῶν νόμων τῆς κινήσεως τοῦ ἐκκρεμοῦς.

Πᾶν ἄλλο ἐκκρεμὲς καλεῖται **σύνθετον**.

72. **Αἰώρησις.**— Ἐστω ἐκκρεμὲς ἀποτελούμενον ἀπὸ βαρεῖαν σφαῖδαν, ἡ ὅποια κρέμαται διὰ μεταλλικοῦ σύρματος λεπτοτάτου. Θεωρήσωμεν τὸ κατακόρυφον ἐπίπεδον τὸ διερχόμενον διὰ τοῦ κέντρου τοῦ βάρους του H. Ὁ ὅριζόντιος ἄξων τῆς ἐξαρτήσεως τέμνει τὸ ἐπίπεδον τοῦτο εἰς τὸ O (σχ. 46). Ὅταν ἡ κατακόρυφος P ἡ ἀγομένη διὰ τοῦ κέντρου τοῦ βάρους διέρχεται διὰ τοῦ ἄξονος τῆς ἐξαρτήσεως, τὸ ἐκκρεμὲς εὑρίσκεται εἰς εὐσταθῆ ἰσορροπίαν, διότι τὸ βάρος τοῦ ἐκ-



Σχ. 46.

κρεμοῦς ἔξουδετεροῦται ἀπὸ τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἄξονος. Ἀπομακρύνομεν τὸ ἐκκρεμὲς ἀπὸ τὴν θέσιν τῆς ἴσορροπίας του οὔτως, ὥστε νὰ φέρωμεν τὸ κέντρον τοῦ βάρους αὐτοῦ εἰς τὸ Α_o καὶ τὸ ἀφήνομεν ἔπειτα ἐλεύθερον. Τὸ βάρος αὐτοῦ P δύναται νὰ ἀναλυθῇ κατὰ τὸν κανόνα τοῦ παραλληλογράμμου τῶν δυνάμεων εἰς δύο συνιστώσας P_o καὶ P_o'', ἐν τῷ κατακορύφῳ ἐπιπέδῳ OHA_o. Ἐκ τούτων ἡ μὲν δύναμις P_o'', εὑρισκομένη κατὰ τὴν προέκτασιν τοῦ νήματος, οὐδὲν φέρει ἀποτέλεσμα, ἡ δὲ δύναμις P_o', ἣτις εἶναι κάθετος ἐπὶ τὴν P_o'', τείνει νὰ ἐπαναφέρῃ τὸ ἐκκρεμὲς εἰς τὴν θέσιν τῆς ἴσορροπίας. Ἡ δύναμις αὗτη ἐλαττοῦται μετὰ τῆς γωνίας α· ἀλλ' ἐπειδὴ ἐνεργεῖ πάντοτε κατὰ τὴν φορὰν τῆς κινήσεως, ἐφ' ὅσον τὸ ἐκκρεμὲς δὲν ἔχει φθάσει εἰς τὴν θέσιν τῆς ἴσορροπίας του OH, ἡ ταχύτης βαίνει αὐξανομένη μέχρι τοῦ H. "Οταν τὸ ἐκκρεμὲς φθάσῃ εἰς τὴν θέσιν OH, ἡ δύναμις P_o' ἔχει μηδενισθῆ. Τὸ ἐκκρεμὲς ἐν τούτοις δὲν σταματᾷ, ἐνεκα τῆς κτηθείσης ταχύτητος. Εὐθὺς ως διέλθῃ τὴν θέσιν τῆς ἴσορροπίας, ἡ συνιστώσα P_o' ἐνεργεῖ κατὰ φορὰν ἀντίθετον τῆς κινήσεως καὶ ἡ τιμή της αὐξάνεται, ἐφ' ὅσον τὸ ἐκκρεμὲς ἀπομακρύνεται τῆς θέσεως OH. Συνεπῶς ἡ ταχύτης ἐλαττοῦται ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον καὶ τέλος μηδενίζεται.

Τὸ ἐκκρεμὲς ἐπανέρχεται τότε εἰς τὴν θέσιν τῆς ἴσορροπίας, ὑπερβαίνει ἐκ νέου ταύτην, λόγῳ τῆς κτηθείσης ταχύτητος, ἐπιστρέφει πάλιν πρὸς τὸ σημεῖον τῆς ἀναχωρήσεως καὶ οὕτω καθ' ἔξῆς. Θεωρητικῶς ἡ κίνησις αὗτη πρέπει νὰ ἔξακολουθήσῃ ἐπ' ἄπειρον, ἀλλ' ἐνεκα τῶν τοιβῶν καὶ τῆς ἀντιστάσεως τοῦ ἀέρος ἡ ταχύτης τοῦ ἐκκρεμοῦς ἐλαττοῦται δόλεν καὶ τέλος τὸ ἐκκρεμὲς ἡρεμεῖ μετὰ χρόνον μᾶλλον ἢ ἡττον μακρόν.

Ἡ μετάβασις τοῦ ἐκκρεμοῦς ἀπὸ τῆς μιᾶς ἄκρας θέσεως εἰς τὴν ἄλλην καλεῖται **ἀπλῆς αἰώρησις**. Ἡ πλήρης αἰώρησις περιλαμβάνει δύο ἀπλᾶς αἰώρησις κατ' ἀντιθέτους φοράς. **Περίοδος** δὲ εἶναι ὁ χρόνος, ὃ διποῖος ἀπαιτεῖται ἵνα τὸ κινητὸν ἐκτελέσῃ μίαν πλήρη αἰώρησιν.

Τέλος, ἡ γωνία τῆς μεγίστης ἀπομακρύνσεως, ἡ σχηματιζομένη ὑπὸ τῶν δύο ἄκρων θέσεων τοῦ ἐκκρεμοῦς, καλεῖται **πλάτος** τῆς αἰώρησεως.

Σημ. Κατὰ τὴν ἀπομάκρυνσιν τοῦ ἐκκρεμοῦς ἐκ τῆς θέσεως τῆς

Ισορροπίας, τὸ κέντρον τοῦ βάρους αὐτοῦ ἀνέρχεται καθ' ὑψος ΗΑ=υ. Μεταδίδεται λοιπὸν εἰς τὸ ἐκκρεμές δυναμικὴ ἐνέργεια Mgυ, ἔγθα Μή μᾶζα τοῦ ἐκκρεμοῦς. Κατὰ τὴν κατάβασιν ἐκ τοῦ Α.ο εἰς τὸ Η ἡ δυναμικὴ αὕτη ἐνέργεια μετατρέπεται εἰς κινητικήν, ἥτις πάλιν μεταμορφοῦται εἰς δυναμικήν ἐκ τοῦ Η εἰς τὸ Α.ι καὶ οὕτω καθ' ἔξῆς.

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

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

ἔνθα χ ἡ διάρκεια τῆς αἰωρήσεως εἰς δεύτερα λεπτά, π δ 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. — ‘Εκ τοῦ ἀνωτέρῳ τύπου τῆς διαρκείας τῶν μικρῶν αἰωρήσεων συνάγομεν τοὺς ἔξῆς νόμους :

α) Νόμος τοῦ ίσοχρονου τῶν μικρῶν αἰωρήσεων. — Αἱ μικραὶ αἰωρήσεις ἀπλοῦ ἐκκρεμοῦς εἶναι ίσοχρονοι, οἵονδήποτε καὶ ἄν εἶναι τὸ πλάτος τῆς αἰωρήσεως.

Πειραματικοῦνομεν πολὺ διλίγον τὸ ἐκκρεμές ἀπὸ τὴν θέσιν τῆς ισορροπίας του καὶ τὸ ἀφήνομεν ἐλεύθερον, διὰ χρονομέτρου δὲ προσδιορίζομεν τὴν διάρκειαν 100 αἰωρήσεων. Ἀναμένομεν ἵνα τὸ πλάτος τῶν αἰωρήσεων γίνῃ περίπου τὸ ἥμισυ καὶ μετροῦμεν ἐκ νέου τὴν διάρκειαν ἄλλων 100 αἰωρήσεων. Εὑρίσκομεν ὅτι ἡ διάρκεια αὕτη εἴναι ἡ αὐτὴ μὲ τὴν τῶν προηγουμένων. Δυνάμεθα νὰ ἔξακολουθήσωμεν οὕτω, ἔως ὅτου τὸ ἐκκρεμὲς ἡρεμήσῃ.

Σημ. Λαμβάνοντες τὸ ἐκατοστὸν τῆς εὐρεθείσης διαρκείας, εὐρίσκομεν τὴν διάρκειαν μιᾶς αἰωρήσεως.

β) Νόμος τῶν οὖσιῶν καὶ μαζῶν. — ‘Η διάρκεια τῆς αἰωρήσεως εἰς τὸν ἔδιον τόπον εἶναι ἀνεξάρτητος τῆς οὐσίας, ἐκ τῆς δποίας σύγκειται τὸ βαρὺ ὑλικὸν σημεῖον, ἀνεξάρτητος δὲ ἐπίσης τοῦ σχήματος καὶ τοῦ βάρους αὐτοῦ.

Πειραματική ἀπόδειξις. — Λαμβάνομεν νήματα τοῦ αὐτοῦ μήκους, ἐκ τῶν δύοίων ἔξαρτῶμεν μικρὰς μάζας, σχήματος καὶ ὅγκου οἶστρης ποτε, ἐκ διαφόρων οὐσιῶν, π. χ. λευκοχρύσου, μολύβδου, ἐλεφαντοστοῦ κτλ. (σχ. 47). Ἀπομακρύνομεν τὰ ἐκκρεμῆ ταῦτα κατὰ τὴν αὐτὴν μικρὰν γωνίαν καὶ τὰ ἀφήνομεν ἐλεύθερα κατὰ τὴν αὐτὴν στιγμήν. Μετροῦντες τὰς διαρκείας τῶν αἰωρήσεων αὐτῶν, διαπιστοῦμεν ὅτι εἶναι αἱ αὐταὶ διὸ δλα τὰ ἐκκρεμῆ.

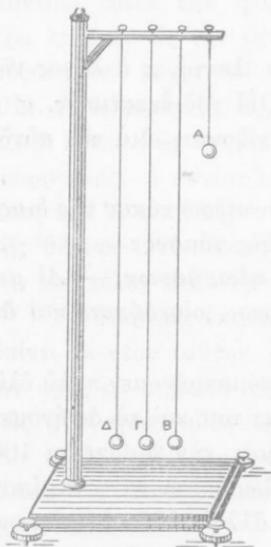
γ) *Νόμος τῶν μηκῶν.* *Εἰς τὸν αὐτὸν τόπον αἱ διάρκειαι τῶν μικρῶν πλάτους αἰωρήσεων ἐκκρεμῶν διαφόρων μηκῶν εἴναι ἀνάλογοι πρὸς τὰς τετραγωνικὰς φύσιας τῶν μηκῶν τῶν ἐκκρεμῶν τούτων.*

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

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

Πειραματική ἀπόδειξις. — Ἐὰν θέσωμεν συγχρόνως εἰς αἰώνησιν τοία ἐκκρεμῆ, ὡν τὰ μήκη εἶναι μεταξύ των ὡς οἱ ἀριθμοὶ 1, 4 καὶ 9, βεβαιούμεθα ὅτι αἱ διάρκειαι τῶν μικρῶν αἰωρήσεων αὐξάνονται ὡς οἱ ἀριθμοὶ 1, 2 καὶ 3.

75. *Μέτρησις τῆς ἑντάσεως τῆς βαρύτητος.* — Οἱ ἀριθμὸς g παριστᾶ εἰς δύνας τὸ βάρος τῆς μονάδος τῆς μάζης εἰς δοθέντα τόπον. Διότι κατὰ τὴν σχέσιν $B = mg$ τὸ βάρος τῆς μονάδος τῆς μάζης εἰς δύνας ἐκφράζεται διὰ τοῦ αὐτοῦ ἀριθμοῦ, διὰ τοῦ δοπίου καὶ ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς βαρύτητος εἰς ἐκαπιστόμετρα (ἐὰν $\mu = 1$, $B = g$). Διὰ τοῦτο τὸν ἀριθμὸν τοῦτον δονομάζομεν *ἔντασιν τῆς βαρύτητος* εἰς τὸν δοθέντα τόπον. Ἐκ τοῦ τύπου τοῦ ἐκκρεμοῦς λαμβάνομεν :



Σχ. 47.

$\chi^2 = \pi^2 \frac{\mu}{g}$ $\hat{e} \xi \text{ o } \check{\nu}$ $g = \frac{\pi^2 \mu}{\chi^2}$.

Ἐὰν λοιπὸν εἰς δοθέντα τόπον μετρήσωμεν τὴν διάρκειαν χιλιαδών αἰωνίσεως ἐκκρεμοῦς καὶ προσδιορίσωμεν τὸ μῆκος αὐτοῦ μ., εὑρίσκομεν τὴν ἔντασιν τῆς βαρύτητος εἰς τὸν τόπον τοῦτον.

Αἱ μετρήσεις, αἱ δόποιαι ἐγένοντο εἰς διάφορα μέρη τῆς Γῆς, ἀπέδειξαν ὅτι ἡ ἔντασις τῆς βαρύτητος ἐλαττοῦται, καθ' ὃσον ὑψούμεθα ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας τῆς θαλάσσης καὶ καθ' ὃσον πλησιάζομεν εἰς τὸν Ισημερινὸν. Οὕτω εἰς πλάτος 80° $g=983$, εἰς τὸν Ισημερινὸν $g=978$, ἐν Ἀθήναις $g=979, 99$ εἰς πλάτος 45° καὶ παρὰ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς θαλάσσης $g=980, 6$.

Προβλήματα

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

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

3ον. Σῶμα ρίπτεται κατακορύφως ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω καὶ φθάνει εἰς ὕψος $122,5$ μ. Ζητεῖται ἡ ἀρχικὴ ταχύτης του καὶ ὁ χρόνος, διν ἐχρειάσθη διὰ τὰ 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 ρίπτεται κατακορύφως πρὸς τὰ ἄνω καὶ φθάνει εἰς ὕψος v μέτρων. Ζητεῖται ἡ ἀρχικὴ ταχύτης του καὶ ὁ χρόνος, διν ἐχρειάσθη ὡντα 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 ποίαν ταχύτητα θὰ ἔχῃ ἀποκτήσει τὴν στιγμήν, καθ' ἥν θὰ φθάσῃ εἰς τὸ ἐδάφος ($g=980$).

7ον. Ποίαν κλίσιν πρέπει τὰ δώσωμεν εἰς κεντιμένον ἐπίπεδον, ὡντα σῶμά τι τηρηθῇ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας αὐτοῦ ἐν Ισορροπίᾳ διὰ δυνάμεως τῆς πρὸς τὸ $0,1$ τοῦ βάρους αὐτοῦ;

8ον. Ποῖον ὕψος πρέπει νὰ ἔχῃ κεκλιμένου ἐπίπεδου μῆκος 300 μ., ἐν τόπῳ ἔνθα $g = 980$ ἵνα ἡ ἐπιτάχυνσις, σώματος κυλιομένου ἐπ' αὐτοῦ εἶναι 49 ἑκ.;

9ον. Ἐπὶ κεκλιμένου ἐπίπεδου μῆκος 5 μ. καὶ ὕψους 3 μ. κατέρχεται σφαῖρα βάρους 5 χρ., ἀναβιβάζουσα σῶμα βάρους 2 χρ. συνδεδεμένου μετ' αὐτῆς διὰ τήματος διαπερῶντος τὴν αὔλακα τροχαλίας τοποθετημένης ἐπὶ τῆς κορυφῆς τοῦ κεκλιμένου ἐπίπεδου. Ζητεῖται ὁ χρόνος ὃ ἀπαιτούμενος ἵνα τὸ ἀνασυρόμενον σῶμα διανύσῃ τὸ ὕψος τοῦ ἐπίπεδου.

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

11ον. Εἰς μηχανὴν τοῦ Atwood τὰ δύο ἵσα βάροι ἔχοντα ἑκαστον μᾶζαν 40 γρ. καὶ ὕψος 2 ἑκ. Θέτομεν ἐπὶ τοῦ ἔνδος πρόσθετον βάρος 3 γρ. Εἰς ποίαν διάρεσιν τῆς κλίμακος πρέπει νὰ θέσωμεν α) τὸν δακτύλιον, β) τὸν δίσκον, ἵνα τὸ πρόσθετον βάρος ἀφαιρεθῇ μετὰ πτῶσιν 2'' καὶ ὃ ἀπαλλαγεῖς τοῦ προσθέτου βάρους κύλινδρος φθάσῃ εἰς τὸν κατώτερον δίσκον 3'' μετὰ τὴν ἀφαίρεσιν τοῦ προσθέτου βάρους; ($g = 981$).

12ον. Ὅποδέτομεν μηχανὴν τοῦ Atwood ἐνεργοῦσαν ἐντὸς ὑγροῦ πυκνότητος δὲ μὲν μάζας πυκνότητος δ'. Εἰς τὸ ἐν ἄκρον τοῦ τήματος ποέμαται 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 δόποῖον ἅποινθεται ὅτι παρασύρεται ἐν τῷ ἐπιπέδῳ τοῦ ἴσημερινοῦ ὑπὸ τῆς περιστροφικῆς κινήσεως τῆς Γῆς, ἵνα τὸ φαινόμενον βάρος του μηδενισθῇ;

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

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

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΣΤ'
ΑΠΛΑΙ ΜΗΧΑΝΑΙ

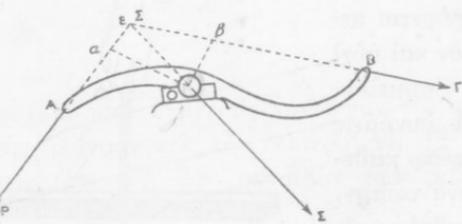
76. Ὁρισμοί.—Καλοῦμεν **μηχανὰς** ὅργανα, τὰ ὅποια χρησιμοποιοῦμεν εἴτε διὰ νὰ ἰσορροπήσωμεν ὡρισμένας δυνάμεις, αἱ ὅποιαι λέγονται **ἀντιστάσεις** (ἢ ἀνθιστάμεναι δυνάμεις), εἴτε διὰ νὰ μεταθέσωμεν τὰ σημεῖα ἐφορμογῆς τῶν δυνάμεων τούτων διὰ μέσου ἄλλων δυνάμεων, καλούμενων **κινητηρίων δυνάμεων**, αἱ ὅποιαι δὲν εἶναι οὔτε ἵσαι οὔτε κατ' εὐθεῖαν ἀντιθετοὶ πρὸς τὰς πρώτας.

Ἡ ἀπλῆ μηχανὴ ἀποτελεῖται ἐξ ἑνὸς μόνου ὅργανου προσηλωμένου μὲ δωρισμένας συνδέσεις, ὅπως π.χ. ὁ μοχλός, ἢ τροχαλία, τὸ βαροῦλκον κτλ.

Ἡ σύνθετος μηχανὴ ἀποτελεῖται ἀπὸ περισσότερα ὅργανα, τὰ ὅποια εἶναι καὶ ταῦτα ἀπλαῖ μηχανάι, ὅπως π.χ. ἡ ἀτμομηχανή.

ΜΟΧΛΟΣ

77. Ὁ **μοχλὸς** γενικῶτερον εἶναι σῶμα στερεὸν οἵασδήποτε μορφῆς, κινητὸν περὶ σταθερὸν σημεῖον. Ἐπὶ τοῦ μοχλοῦ ἐνεργοῦν δύο δυνάμεις, ἡ **κυριώς δύναμις** καὶ ἡ **ἀντίστασις**. Αἱ δύο αὗται

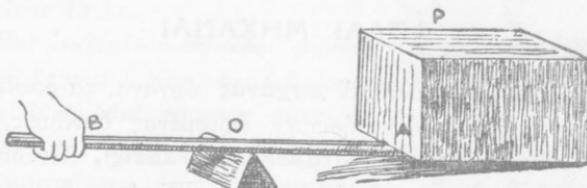


Σχ. 48.

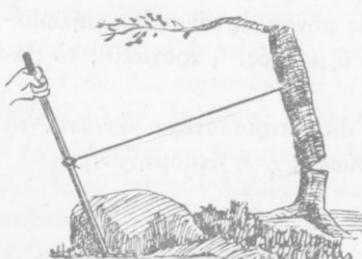
δυνάμεις τείνουν νὰ περιστρέψουν τὸ σῶμα κατ' ἀντιθέτους φοράς. Συνήθως δίδουν εἰς τὸν μοχλὸν μορφὴν φάρδου ἀκάμπτου, κινητῆς περὶ σταθερὸν σημεῖον, τὸ δόποιον λέγεται **ὑπομόχλιον** (σχ. 48).

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

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



Σχ. 49.



Σχ. 50.

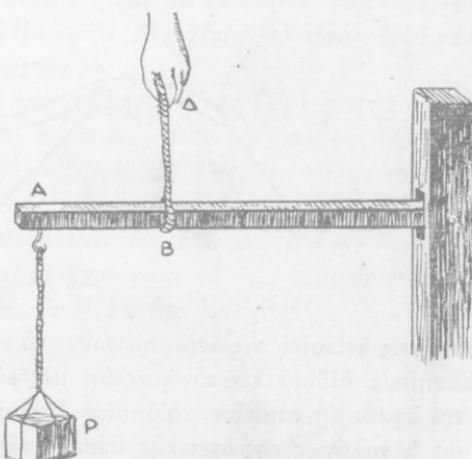
Σημ. Ἐν τῇ πραγματικότητι δὲ μοχλὸς στρέφεται περὶ ἄξονα σταθερὸν καὶ οὐχὶ περὶ σταθερὸν σημεῖον. Ἄλλος ἐπιειδὴ αἱ δυνάμεις ἔνεργοι ἐν ἐπιπέδῳ καθέτῳ πρὸς τὸν ἄξονα τούτον, ἔξετάζομεν τί συμβαίνει εἰς τὴν τομὴν τῆς μηχανῆς ὑπὸ τοῦ ἐπιπέδου τούτου καὶ διὰ τοῦτο ἀγόμεθα εἰς τὴν περίπτωσιν σταθεροῦ σημείου.

78. **Συνθήκη ἴσορροπίας τοῦ μοχλοῦ.**—*Iva-*

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

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

Αἱ ἀποστάσεις Οα καὶ Οβ (σχ. 48) τοῦ ὑπομοχλίου Ο ἀπὸ τὰς διευθύνσεις τῶν δυνάμεων λέγονται **μοχλοβραχίονες** τῶν δυνάμεων τούτων.



Σχ. 51.

πραγματοποιηθῇ ἡ ἴσορροπία, πρέπει καὶ ἀρκεῖ αἱ δύο δυνάμεις P καὶ Γ (*σχ. 48*) νὰ συντίθενται εἰς μίαν συνισταμένην, ἡ δποία νὰ διέρχεται διὰ τοῦ σταθεροῦ σημείου O , τὸ δποῖον ἔξασκεῖ τότε ἀντίδρασιν ἵσην καὶ ἀντιθέτου φορᾶς.

Διὰ νὰ συμβαίνῃ τοῦτο, πρέπει :

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

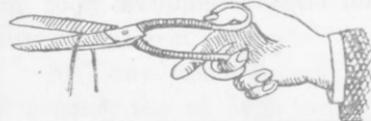
β) Αἱ ροπαὶ τῶν δύο τούτων δυνάμεων ὡς πρὸς τὸ σημεῖον O νὰ εἶναι ἴσαι,

$$\eta_{\text{τοι}} \quad P.O\alpha = \Gamma.O\beta \quad (\sigma\chi. 48)$$

$$\frac{\eta}{\Gamma} = \frac{o\beta}{o\alpha}$$

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

79. Διάφοροι ἐφαρμογαὶ τῶν μοχλῶν.—Τὰ διάφορα εἰδη τῶν μοχλῶν ἔχονταν ἐφαρμοσθῆ εἰς πλῆθος ἐργαλείων καὶ συσκευῶν. Οὕτω

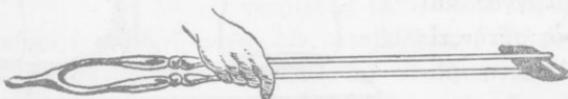


Σχ. 52.



Σχ. 53.

τὸν πρωτογενῆ μοχλὸν ἀπαντῶμεν εἰς τὸν ζυγόν, τὸν στατῆρα, τὴν ψαλίδα (*σχ. 52*), τὴν ἥλαγραν κτλ. τὸν δευτερογενῆ εἰς τὴν χειράμαξαν, τὸν καρυοθραύστην (*σχ. 53*), τὴν μάχαιραν τῶν βιβλιοδετείων, τὴν



Σχ. 54.

κώπην τῆς λέμβου κτλ. τὸν τριτογενῆ εἰς τὴν πυράγραν (*σχ. 54*), τὰς διὰφόρους λαβίδας, τὸ ἀκονιστήριον (*σχ. 55*) κτλ.

Καὶ

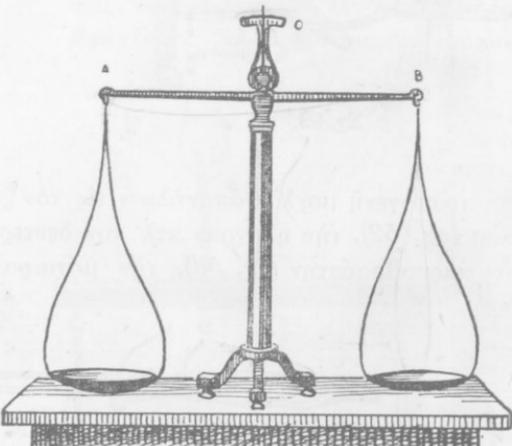
ΖΥΓΟΣ

80. Ὁ ξυγδός εἶναι ὅργανον, διὰ τοῦ ὅποίου συγκρίνομεν μεταξύ των τὰ βάρη τῶν σωμάτων.



Σχ. 55.

δύο λείων πλακῶν χ, ψ ἐξ ἀχάτου ἡ χάλυβος. Τοιουτοτρόπως ἔλαττοῦται σημαντικῶς ἡ τριβὴ τοῦ ἄξονος. Τὰ ἄκρα τῆς φάλαγγος διαπερῶνται κατὰ τὸν αὐτὸν τρόπον ὑπὸ δύο μικροτέρων τριγωνικῶν προσμάτων, τῶν ὅποιων αἱ ἀκμαὶ εἶναι ἐστραμμέναι πρὸς τὰ ἄνω, παραλλήλως πρὸς τὴν ἀκμὴν τοῦ κεντρικοῦ προσματος. Ἐπὶ τῶν ἀκμῶν τούτων στηρίζονται ἀγκιστροειδεῖς κρεμαστῆρες, ἀπὸ τῶν ὅποιων ἐξαρτῶνται διὰ συρμάτων οἱ δίσκοι. Τέλος, εἰς τὸ ἀνώτερον μέρος τῆς φάλαγγος καὶ καθέτως πρὸς αὐτὴν εἶναι προσηλωμένη μακρὰ βελόνη, ἥτις ταλαντεύεται ἐνώπιον τόξου α, φέροντος χαραγμένας διαιρέσεις. Τὸ τόξον τοῦτο φέρεται ὑπὸ τῆς ὁρειχαλκίνης στήλης, ἐπὶ τῆς ὅποιας ὑπάρχουν καὶ αἱ πλάκες χ, ψ, καὶ ἥτις στηρί-

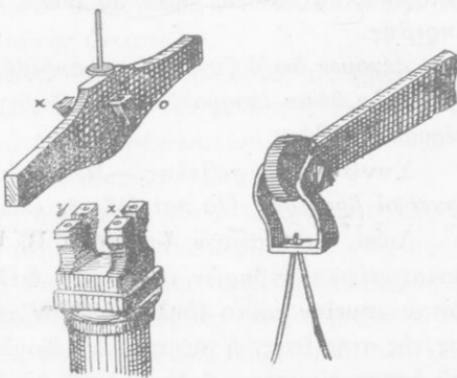


Σχ. 56.

ζεται ἐπὶ τραπέζης διὰ τριῶν ποδῶν μὲ ἰσοπεδωτικοὺς κοχλίας.

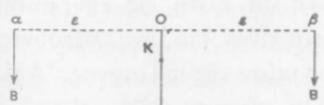
“Οταν ἡ φάλαγξ εἶναι δριζοντία, ἡ αἰχμὴ τῆς βελόνης ἀντιστοιχεῖ εἰς τὸ μέσον τοῦ τόξου, ὅπου εἶναι χαραγμένον Ο.

81. **Θεωρία τοῦ ζυγοῦ.**—α) “Οταν ἡ φάλαγξ εἶναι μόνη, ἄνευ τῶν δίσκων, διατίθεται τοιουτορόπως, ὥστε ἡ κατακόρυφος τοῦ κέντρου τοῦ βάρους αὐτῆς νὰ συναντᾷ τὸν ἀξονα τῆς στηρίξεως. Διὰ νὰ εἶναι λοιπὸν δυνατὸν νὰ πραγματοποιῆται εὐσταθής ἰσορροπία, πρέπει τὸ κέντρον τοῦ βάρους τῆς φάλαγγος νὰ εὑρίσκεται κάτωθεν τῆς ἀκμῆς τοῦ πρίσματος. Ἐὰν ἡ φάλαγξ εἶναι τελείως συμμετρικὴ καὶ ὡς πρὸς τὰς διαστάσεις καὶ ὡς πρὸς τὴν διανομὴν τῆς μάζης της, ἐν τῇ θέσει τῆς ἰσορροπίας αὐτῆς εἶναι δριζοντία.



Σχ. 57.

β) “Οταν προσθέσωμεν τοὺς δίσκους, ἔνεκα τῆς εὐκινησίας τῆς ἔξαρτησεώς των τὰ βάρη αὐτῶν ἐφαρμόζονται πάντοτε εἰς τὰ ἄκρα α καὶ β τῆς φάλαγγος (σχ. 58). Ἡ συνισταμένη τῶν δύο τούτων παραλ-



Σχ. 58.

λήλων δυνάμεων ἐφαρμόζεται λοιπόν, οἵαδήποτε καὶ ἀν εἶναι ἡ θέσις τῆς φάλαγγος, εἰς τὸ αὐτὸ σημεῖον τῆς εὐθείας α β. Ἐὰν τὸ σημεῖον τοῦτο κεῖται ἐπὶ τοῦ ἀξονος τῆς στηρίξεως Ο, ἡ θέσις τῆς ἰσορροπίας,

τὴν δποίαν εἶχεν ἡ φάλαγξ μόνη, δὲν μεταβάλλεται ἄλλως ἡ φάλαγξ διατίθεται οὕτως, ὥστε ἡ συνισταμένη τοῦ συνόλου τῶν βαρῶν τῆς φάλαγγος καὶ τῶν δίσκων νὰ συναντᾶ τὸν ἀξονα τῆς στηρίξεως. Γενικῶς, ὁ κατασκευαστὴς φροντίζει, ὥστε ἡ φάλαγξ νὰ εἶναι δριζοντία εἰς τὴν θέσιν τῆς ἰσορροπίας καὶ συγχρόνως ἡ βελόνη νὰ δεικνύῃ τὸ μηδέν. Τοῦτο ἐπιτυγχάνει εὐκόλως, προσθέτων κατάλληλον βάρος εἰς ἕνα τῶν δίσκων ἢ εἰς ἕνα τῶν βραχιόνων τῆς φάλαγγος.

82. **Απλῆ στάθμισις.** — Ακριβεία. — Διὰ νὰ σταθμίσωμεν σῶμα τι, θέτομεν αὐτὸ ἐπὶ τοῦ ἔνδος τῶν δίσκων, ἐπὶ δὲ τοῦ ἔτερου θέτομεν σταθμά, μέχρις ὃτου ἡ βελόνη δεῖξῃ τὸ μηδέν, λάβῃ δηλ. τὴν θέσιν, τὴν ὅποιαν εἴχε καὶ ὅτε οἱ δίσκοι ἦσαν κενοί. Ἡ ἐργασία αὕτη, καλουμένη **ἀπλῆ στάθμισις**, ἡ ὅποια χρησιμοποιεῖται πάντοτε εἰς τὰς ἐμπορικὰς σταθμίσεις, δίδει τὸ βάρος τοῦ σώματος, ἐὰν ὁ ζυγὸς εἶναι **ἀκριβής**.

Λέγομεν ὅτι ὁ ζυγὸς εἶναι **ἀκριβής**, ἢν μὴ φάλαγξ αὐτοῦ διατηρῇ τὴν αὐτὴν θέσιν **ἰσορροπίας**, καὶ ὅταν οἱ δίσκοι εἶναι κενοί καὶ ὅταν φέρονται **ἴσα βάρον**.

Συνθήκη ἀκριβείας. — *"Ινα ὁ ζυγὸς εἶναι ἀκριβής, πρέπει καὶ ἀρκεῖ οἱ βραχίονες Οα καὶ Οβ τῆς φάλαγγος νὰ εἶναι ίσοι.*

Διότι, ἂν θέσωμεν **ἴσα βάρον** Β, Β (σημ. 58) εἰς τὸν δίσκον, ἡ συνισταμένη τῶν βαρῶν τούτων θὰ διέλθῃ διὰ τοῦ μέσου τῆς αβ καὶ, ἐὰν τὸ σημεῖον τοῦτο (δηλ. τὸ μέσον τῆς αβ) ενδίσκεται ἐπὶ τοῦ ἄξονος τῆς στηρίξεως, ἡ συνισταμένη ἔξουσιος εργοῦται ὑπὸ τῆς ἀντιστάσεως τοῦ ὑποστηρίγματος, ἡ δὲ φάλαγξ θὰ διατηρῇ τὴν αὐτὴν θέσιν, τὴν ὅποιαν εἴχε καὶ ὅτε οἱ δίσκοι ἦσαν κενοί. Θὰ κλίνῃ τουναντίον ἡ φάλαγξ, ἐὰν δὲ ἄξει τῆς στηρίξεως δὲν διέρχεται διὰ τοῦ μέσου τῆς αβ.

Ἐπαλήθευσις τῆς ἀκριβείας. Θέτομεν τὰ φορτία ἐπὶ τοῦ δίσκου οὕτως, ὥστε ἡ βελόνη νὰ λάβῃ τὴν αὐτὴν θέσιν, τὴν ὅποιαν εἴχε καὶ ὅτε οἱ δίσκοι ἦσαν κενοί, ἐναλλάσσομεν δὲ κατόπιν τὰ φορτία ταῦτα. **Ἐὰν** ὁ ζυγὸς εἶναι **ἀκριβής**, ἡ βελόνη θὰ ἔλθῃ εἰς τὴν αὐτὴν θέσιν. Διότι, ἐὰν Οα=Οβ καὶ τὰ φορτία εἶναι **ἴσα**, **ἐναλλάσσοντες** τὰ φορτία οὐδόλως μεταβάλλομεν τὴν **ἰσορροπίαν** τῆς φάλαγγος. **Άλλ** ἂν π. χ., τοῦ Οβ ὅντος μεγαλυτέρου τοῦ Οα, εἴχομεν 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 ἔλαφρότερον πρὸς τὸ μέρος τοῦ μικροτέρου, καὶ ἡ φάλαγξ θὰ κλίνῃ προφανῶς πρὸς τὸ μέρος τοῦ μεγαλειτέρου βραχίονος.

83. Διπλῆ στάθμισις. — Οταν οἱ δύο βραχίονες τῆς φάλαγγος δὲν εἶναι **ἴσοι**, ὁ ζυγὸς δὲν εἶναι **ἀκριβής**. Δυνάμεθα ἐν τούτοις νὰ εῦρωμεν καὶ δι' αὐτοῦ τὸ **ἀκριβές** βάρος, μεταχειριζόμενοι τὴν μέθοδον τοῦ Borda, ἡ ὅποια καλεῖται **μέθοδος τῆς διπλῆς σταθμίσεως**. Πρὸς τοῦτο θέτομεν τὸ σταθμιστέον σῶμα εἰς τὸν ἔνα τῶν δίσκων καὶ **ἰσορ-**

ροποῦμεν αὐτὸ διὰ χόνδρων μολύβδου ἢ δι᾽ ἄμμου, τὴν δποίαν θέτομεν εἰς τὸν ἔτερον δίσκον. Κατόπιν ἀφαιροῦμεν ἐκ τοῦ δίσκου τὸ σῶμα καὶ τὸ ἀντικαθιστῶμεν διὰ σταθμῶν, ἔως ὅτου ἡ ἴσορροπία ἀποκατασταθῇ εἰς τὴν αὐτὴν θέσιν. Τὸ ἀθροισμα τῶν σταθμῶν τούτων παριστᾶ τὸ βάρος τοῦ σώματος. Διότι καὶ κατὰ τὰς δύο ταύτας σταθμίσεις τὸ σῶμα καὶ τὰ σταθμὰ ἐνίργησαν διαδοχικῶς ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ βραχίονος, διὰ νὰ ἴσορροπήσουν τὴν αὐτὴν ἀντίστασιν.

84. Εδαισθησία τοῦ ζυγοῦ.—Λέγομεν ὅτι ζυγός τις εἶναι εὐαισθητός, ὅταν δεικνύῃ διὰ μεγάλης κλίσεως τῆς φάλαγγος σμικροτάτην διαφορὰν μεταξὺ τῶν βαρῶν, τὰ δποῖα πρόκειται νὰ συγκρίνωμεν.

*Η εὐαισθησία τοῦ ζυγοῦ εἶναι τόσον μεγαλυτέρα:

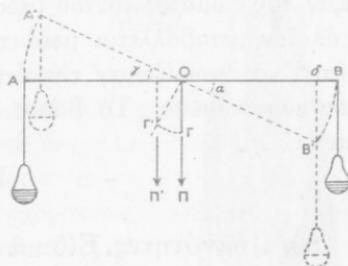
α) "Οσον οἱ βραχίονες τῆς φάλαγγος εἶναι μικρότεροι. Εἰς τὸ σχῆμα 59 ὑποθέσωμεν ὅτι ἐπὶ τοῦ πρὸς τὰ δεξιὰ δίσκου ἐτέθη πρόσθιτον βάρος β. Τότε ἡ φάλαγξ θὰ λάβῃ νέαν τινὰ θέσιν ἴσορροπίας Α' Β'. Τὸ βάρος β εἶναι ἐφηρμοσμένον εἰς τὸν μοχλοβραχίονα Οδ. Ἀλλ ὁ βραχίων οὗτος, ὁ δποῖος εἶναι προβολὴ τοῦ ΟΒ' ἐπὶ τοῦ ΟΒ, θὰ εἶναι τόσον μεγαλύτερος, ὅσον ὁ βραχίων τῆς φάλαγγος εἶναι μικρότερος. Αρα τὸ ἀποτέλεσμα τοῦ β αὐξάνεται μετὰ τοῦ μήκους τοῦ βραχίονος.

β) "Οσον τὸ βάρος τῆς φάλαγγος εἶναι μικρότερον.

γ) "Οσον τὸ κέντρον τοῦ βάρους τῆς φάλαγγος εἶναι πλησιέστερον πρὸς τὸν ἀξονα τῆς στηρίξεως.

Διότι ἡ δύναμις, ἡ δποία ἀντιτίθεται εἰς τὴν κλίσιν τῆς φάλαγγος, εἶναι ἀκριβῶς τὸ βάρος Π τῆς φάλαγγος, ἐφηρμοσμένον εἰς τὸν μοχλοβραχίονα Ογ, Ογ δὲ εἶναι ἡ προβολὴ τοῦ ΟΓ' = ΟΓ, ἡ δποία εἶναι τόσον μικροτέρα, ὅσον καὶ ἡ ΟΓ εἶναι μικροτέρα. Αρα ὅσον αἱ ποσότητες Π καὶ ΟΓ εἶναι μικρότεραι, τόσον ἡ ἀντίστασις εἰς τὴν κλίσιν θὰ εἶναι μικροτέρα.

85. Αποτελέσματα σταθμίσεών.—**Μέτρησις τῆς μάζης.** Ο ζυγὸς δεικνύει ἀν τὰ βάρη δύο σωμάτων εἶναι ἵσα εἰς τὸν τόπον ὃπου γίνεται ἡ στάθμισις. Εὰν ἐπαναλάβωμεν τὴν στάθμισιν εἰς ἄλ-



Σχ. 59.

λον τόπον, τὰ βάρη τῶν δύο σωμάτων θὰ ἔχουν μεταβληθῆ, καθὼς ἐπίσης καὶ ἡ ἔντασις τῆς βαρύτητος, ἀλλὰ θὰ παραμένουν ἵσα, καὶ ὁ ζυγὸς θὰ δώσῃ τὸ αὐτὸ ἀποτέλεσμα. Τοῦτο δεικνύει ὅτι αἱ μᾶζαι τῶν δύο σωμάτων εἶναι ἵσαι. Διότι, ἐὰν μ καὶ μ' αἱ μᾶζαι αὐτῶν, Β καὶ Β' τὰ βάρη, g δὲ ἡ ἔντασις τῆς βαρύτητος εἰς τὸν τόπον ὃπου εὑρίσκονται, θὰ ἔχωμεν $B = \mu g$ καὶ $B' = \mu' g$. Καὶ ἐάν, ἐπειδὴ ὁ ζυγὸς ἴσορροπεῖ, $B = B'$, θὰ εἶναι καὶ $\mu g = \mu' g$, ἄρα καὶ $\mu = \mu'$. Εἰς ἄλλον τόπον, ὃπου ἡ ἔντασις τῆς βαρύτητος εἶναι g_1 , τὰ βάρη Β καὶ Β' θὰ λάβουν τὰς τιμάς B_1 καὶ B'_1 , τοιαύτας, ὥστε $B_1 = \mu g$, καὶ $B'_1 = \mu' g_1$. Καὶ ἐάν $\mu = \mu'$, τότε καὶ $B_1 = B'_1$. Διὰ τοῦτο ὁ ζυγὸς δίδει τὸ αὐτὸ ἀποτέλεσμα. Ἐν πρῶτον συμπέρασμα εἶναι, ὅτι ὅταν κατασκευάζωμεν σταθμά, 1 π.χ. γρ., ἀναζητοῦμεν διὰ τοῦ ζυγοῦ μᾶζαν λευκοχρύσου, ἢτις νὰ ἔχῃ τὸ αὐτὸ βάρος μὲ ἔνα κυβικὸν δάκτυλον ὅδατος 4°. Ἐχει λοιπὸν τοῦτο τὴν αὐτὴν μᾶζαν, ἐν γραμμάριον. Δηλ. οἱ ἐπὶ τῶν σταθμῶν ἀριθμοὶ παριστοῦν τὴν μᾶζαν αὐτῶν. Ὁ ζυγὸς, ὅστις δίδει διὰ δοθὲν σῶμα τὸ αὐτὸ ἀποτέλεσμα, δποιοσδήποτε καὶ ἂν εἶναι ὁ τόπος εἰς τὸν δποιὸν γίνεται ἡ στάθμισις, μετρεῖ τὴν μᾶζαν τοῦ σώματος τούτου (ποσὸν ἀμετάβλητον) καὶ ὅχι τὸ βάρος του, τὸ δποιὸν μεταβάλλεται μετὰ τοῦ τόπου. Διὰ νὰ εὔρωμεν τὸ βάρος, πρέπει νὰ γνωρίζωμεν τὴν ἔντασιν g τῆς βαρύτητος εἰς τὸν τόπον ὃπου εὑρισκόμεθα. Τὸ βάρος ὑπολογίζεται τότε εἰς δύνας διὰ τοῦ τύπου:

$$B = \mu g.$$

✓

86. **Πυκνότητες. Εἰδικὰ βάρη.**—“Ολα τὰ σώματα ὑπὸ τὸν αὐτὸν δγκον δὲν ἔχουν τὴν αὐτὴν μᾶζαν. **Πυκνότης** ἡ εἰδικὴ μᾶζα σώματος δμοιομεροῦς εἶναι ἡ μᾶζα αὐτοῦ κατὰ μονάδα δγκον. **Πυκνότης** οὐσίας τινὸς εἶναι λοιπὸν τὸ βάρος εἰς γραμμάρια ἐνὸς κυβικοῦ ἐκατοστομέτρου ἐκ τῆς οὐσίας ταύτης. Ἐάν δ ἡ πυκνότης τοῦ σώματος καὶ Ο ὁ δγκος του, ἡ μᾶζα αὐτοῦ θὰ εἶναι $M = Od$.

Καλοῦμεν **εἰδικὸν βάρος** οὐσίας τινὸς τὸ βάρος εἰς δύνας ἡ τὸ ἀπόλυτον βάρος ἐνὸς κυβικοῦ ἐκατοστομέτρου τῆς οὐσίας ταύτης. Τὸ εἰδικὸν βάρος σώματος πυκνότητος δ εἶναι δg.

Ἡ πυκνότης ἐνὸς σώματος εἶναι ἀμετάβλητος, ἀλλὰ τὸ εἰδικόν του βάρος μεταβάλλεται, δπως καὶ τὸ g , μετὰ τοῦ τόπου τῆς παρα-

τηρήσεως. Ἡ πυκνότης τοῦ καθαροῦ ὕδατος εἰς 4 βαθμοὺς εἶναι πανταχοῦ ἵση πρὸς 1° τὸ εἰδικὸν αὐτοῦ βάρος εἶναι 981 δύναι περίπου.

Ἡ πυκνότης τοῦ ὑδραργύρου εἰς 0° εἶναι 13,59° τὸ εἰδικόν του βάρος εἶναι εἰς 0° 13,59.981.

Εἰς τὸν αὐτὸν τόπον τὰ εἰδικὰ βάρη (δg καὶ δ'g) εἶναι ἀνάλογα πρὸς τὰς πυκνότητας. ~~+~~

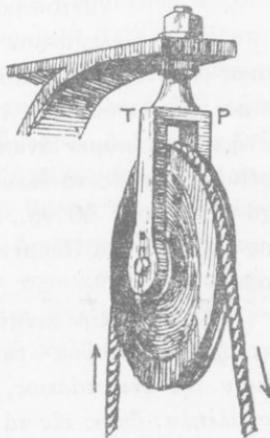
1091

ΤΡΟΧΑΛΙΑΙ, ΠΟΛΥΣΠΑΣΤΑ, ΒΑΡΟΥΛΚΟΝ

87. Τροχαλίαι.— Ἡ τροχαλία εἶναι δίσκος ἔγγινος ἢ μετάλλινος, ὁ δποῖος φέρει καθ' ὅλην τὴν περιφέρειάν του αὐλακα, διὰ τῆς δποίας διέρχεται σχοινίον ἢ ἄλυσις.

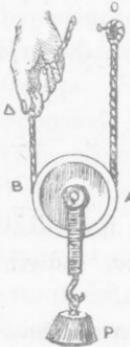
Ο δίσκος οὗτος δύναται νὰ περιστρέφεται ἐλευθέρως περὶ ἄξονα, ὁ δποῖος διέρχεται διὰ τοῦ κέντρου αὐτοῦ καὶ εἶναι κάθετος ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου αὐτοῦ. Τὰ δύο ἄκρα τοῦ ἄξονος τούτου στηρίζονται εἰς τὰ δύο σκέλη ἐπικαμποῦς στελέχους TP, τὸ δποῖον λέγεται τροχαλιοθήκη (σχ. 60).

88. Παγία τροχαλία.— Ἡ τροχαλία λέγεται παγία, ὅταν ἡ τροχαλιοθήκη στερεοῦται ἀκλονήτως εἰς ἓν σημεῖον (σχ. 60). Εἰς τὴν παγίαν τροχαλίαν τὸ σῶμα, τὸ δποῖον πρόκειται νὰ ἀνυψώσωμεν (ἀντίστασις), προσδένεται εἰς τὸ ἓν ἄκρον τοῦ σχοινίου, εἰς δὲ τὸ ἄλλο ἐφαρμόζεται ἡ δύναμις. Τοιουτορόπως ἡ παγία τροχαλία εἶναι μοχλὸς πρώτου εἴδους, εἰς τὸν δποῖον ὑπομόχλιον μὲν εἶναι δ ἄξων O, βραχίων τῆς δυνάμεως ἡ ἀπόστασις τοῦ ἄξονος ἀπὸ τοῦ ἑνὸς σχοινίου καὶ μοχλοβραχίων τῆς ἀντιστάσεως ἡ ἀπόστασις τοῦ ἄξονος ἀπὸ τοῦ ἄλλου σχοινίου. Ἐὰν εἰς τὰ δύο ἄκρα τοῦ σχοινίου κρεμάσωμεν ἵσα βάρη, θὰ ἴδωμεν ὅτι ταῦτα ἴσορροποῦν (διότι οἱ βραχίονες εἶναι ἵσοι, ὡς ἀκτῖνες τοῦ αὐτοῦ κύκλου). Ἀρα εἰς τὴν παγίαν τροχαλίαν ἡ δύναμις εἶναι ἵση μὲ τὴν ἀντίστασιν, μὲ τὴν διάφορὰν ὅτι εὐκολυνόμεθα εἰς τὸ νὰ ἀνυψώνωμεν διάφορα ἀντικείμενα.



Σχ. 60.

Ἐπίσης ἔχομεν τὸ πλεονέκτημα ὅτι ἡ δύναμις ἐνεργεῖ ἐκ τῶν ἄνω πρὸς τὰ κάτω. Π.χ. διὰ νὰ ἀντιλήσωμεν ὅδωρ ἀπὸ φρέαρ, εἶναι εὐκολότερον μὲ τὴν τροχαλίαν νὰ σύρωμεν τὸ σχοινίον ἐκ τῶν ἄνω πρὸς τὰ κάτω, ἀντὶ νὰ ἀναβιβάζωμεν τὸ πλῆρες ὕδατος δοχεῖον σύροντες τὸ σχοινίον ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω.



Σχ. 61.

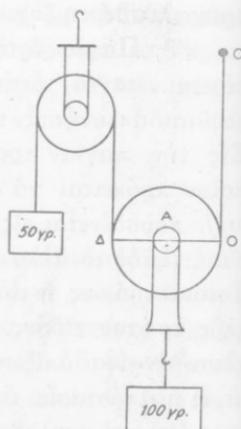
89. **Κινητὴ τροχαλία.** — Ἡ κινητὴ τροχαλία (σχ. 61) διαφέρει ἀπὸ τὴν *παγίαν* κατὰ τὸ ὅτι ὁ ἄξων αὐτῆς μετατίθεται, ὅταν ἡ τροχαλία στρέφεται. Εἰς τὴν κινητὴν τροχαλίαν τὸ ἐν ἄκρον τοῦ σχοινίου προσδένεται εἰς ἐν σταθερὸν σημεῖον, εἰς δὲ τὸ ἄλλο ἄκρον ἐνεργεῖ ἡ δύναμις ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω. Ἡ ἀντίστασις, δηλ. τὸ βάρος τὸ ὅποιον πρόκειται νὰ ἀνυψώσωμεν, κρέμαται δι᾽ ἀγκίστρου ἀπὸ τοῦ ἄκρου τῆς τροχαλιοθήκης.

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

Ἄρα εἰς τὴν κινητὴν τροχαλίαν ἡ δύναμις ἡ ἰσορροποῦσα τὴν ἀντίστασιν εἶναι τὸ ἥμισυ τῆς ἀντιστάσεως, ὅταν τὰ ῥήματα εἶναι παράλληλα, δῆλος εἰς τὰ ἔναντι σχήματα.

90. **Πολύσπαστον.** — Τὸ πολύσπαστον είναι συνδυασμὸς κινητῶν καὶ παγίων τροχαλιῶν.

Τὸ σχῆμα 63 παριστὰ πολύσπαστον. Τοῦτο ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο ἀριθμὸν τροχαλιῶν περιστρεφομένων περὶ τὸν αὐτὸν ἄξονα. Ἡ ἀνωτέρα παγία τροχαλιοθήκη φέρει δακτύλιον, εἰς τὸν ὅποιον προσδένεται τὸ σχοινίον. Τοῦτο κατερχόμενον περιβάλλει τὴν αὐλακα τῆς πρώτης κινητῆς τροχαλίας,



Σχ. 62.

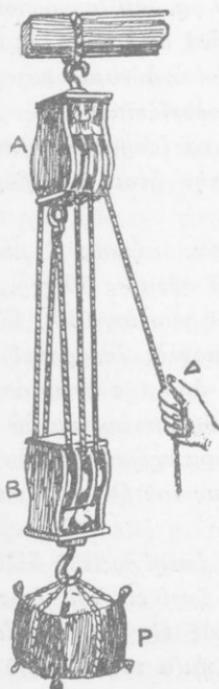
ἐπειτα δὲ ἀνερχόμενον περιβάλλει τὴν αὐλακα τῆς πρώτης παγίας τροχαλίας· κατερχόμενον περιβάλλει τὴν αὐλακα τῆς δευτέρας κινητῆς καὶ οὕτω καθεξῆς, ἐξέρχεται δὲ τέλος ἐκ τῆς τελευταίας τῶν παγίων τροχαλιῶν.

Εἰς τὸ ἄκρον τοῦ σκοινίου ἐφαρμόζεται ἡ δύναμις.

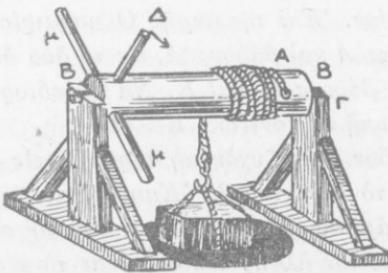
³ Εὰν ἔκαστη τροχαλιοθήκη ἔχῃ π.χ. τρεῖς τροχαλίας, ἐπειδὴ τὸ βάρος διανέμεται εἰς $2 \times 3 = 6$ σκοινία, ἔκαστον σκοινίον θὰ ὑφίσταται πίεσιν ἵσην μὲ τὸ $1/6$ τῆς ἀντιστάσεως, ἐπομένως καὶ ἡ δύναμις, ἡ δούλια θὰ ἴσορροπῇ τὴν ἀντίστασιν, θὰ είναι τὸ $1/6$ ταύτης.

³ Εὰν ἔκαστη τροχαλιοθήκη φέρῃ 4 τροχαλίας, ἡ δύναμις θὰ είναι τὸ $\frac{1}{2 \times 4} = \frac{1}{8}$ τῆς ἀντιστάσεως P· καὶ γενικῶς, ἐὰν $2.v$ ὁ ὀλικὸς ἀριθμὸς τῶν τροχαλιῶν τοῦ πολυσπάστου, $\Delta = \frac{P}{2.v}$.

91. Βαροῦλκον.—Τὸ βαροῦλκον ἀποτελεῖται κυρίως ἐκ κυλίνδρου A (σχ. 64), κινητοῦ περὶ ἄξονα δριζόντιον BB στηριζόμενον ἐπὶ δύο σταθερῶν ὑποστηριγμάτων. Διὰ τῶν ράβδων μμ ἐξασκοῦμεν δύναμιν Δ κάθετον ἐπὶ τῶν ράβδων καὶ συνεπῶς ἐφαπτομένην εἰς περιφέρειαν ἀκτίνος Bμ. Τὸ βάρος P, τὸ δούλιον πρόκειται νὰ ἀνυψωθῇ (ἀντίστασις), κρέμαται ἀπὸ τὸ ἐλεύθερον ἄκρον σκοινίου, τοῦ δούλοιον τὸ ἄλλο ἄκρον προσδένεται ἐπὶ μικροῦ δακτυλίου στερεωμένου ἐπὶ τοῦ κυλίνδρου.



Σχ. 63.



Σχ. 64.

Τὸ βαροῦλκον δύναται νὰ θεωρηθῇ μοχλὸς τοῦ πρώτου εἴδους; εἰς τὸν δποῖον τὸ ὑπομόγλιον μὲν εἶναι εἰς τὸν ἄξονα, μοχλοβραχίονες δὲ τῆς μὲν ἀντιστάσεως εἶναι ἡ ἀκτὶς τοῦ κυλίνδρου, τῆς δὲ δυνάμεως τὸ μῆκος μιᾶς τῶν φρέσκων μμ λογιζόμενον μέχρι τοῦ κέντρου τοῦ κυλίνδρου. Ἐὰν αἱ ἀκτὶς τοῦ κυλίνδρου καὶ Α ἡ ἀκτὶς Βμ, διὰ νὰ

ἔχωμεν ἴσορροπίαν, πρόπει $\frac{\Delta}{P} = \frac{a}{A}$ καὶ $\Delta = P \frac{a}{A}$, ἦτοι ἡ δύναμις

θὰ εἶναι κλάσμα τῆς ἀντιστάσεως ἐκφραζόμενον ὑπὸ τοῦ λόγου τῆς ἀκτίνος τοῦ κυλίνδρου πρὸς τὴν ἀκτῖνα τῆς περιφερείας τῆς διαγραφομένης ὑπὸ τοῦ ἄκρου τοῦ στροφάλου.

Προβλήματα

1ον. Τὸ ἄκρον κανόνος μήκους 80 ἑκ. στηρίζομεν ἐπὶ σταθεροῦ σημείου, εἰς τὸ ἄλλο δὲ ἄκρον προεμψεν βάρος 50 γρ. καὶ ἴσορροποῦμεν τὸ σύστημα προτούτες διὰ τῆς χειρὸς τὸν κανόνα ἀπό τυνος σημείου ἀπέχοντος 20 ἑκ. ἀπὸ τοῦ σταθεροῦ σημείου. Ποίαν δύναμιν καταβάλλει ἡ χείρ μας; (Τὸ βάρος τοῦ κανόνος δὲν ὑπολογίζεται).

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

3ον. Εἰς τὸ ἄκρον μοχλοῦ ΑΔ πρώτου εἴδους μήκους 1 μέτρου καὶ τοῦ δποίου τὸ βάρος δὲν ὑπολογίζεται, ἐνεργεῖ δύναμις 50 χγρ., τῆς δποίας ἡ διεύθυνσις σχηματίζει μετὰ τοῦ μοχλοῦ γωνίαν 150°. Εἰς τὸ ἔτερον ἄκρον προέμπεται βάρος 800 χγρ. καὶ δομοῦ μοχλὸς ἴσορροποῦ δριζοτίως. Ζητεῖται ἡ ἀπόστασις τοῦ ὑπομογλίου ἀπὸ τῆς ἀντιστάσεως.

4ον. Ἐπὶ τῆς ἀκμῆς Ο μαχαιρίου τίθεται δριζοτίως κανὼν ΑΒ μήκους Δ καὶ βάρους Λ, εἰς τὰ δύο δὲ αὐτοῦ ἄκρα προέμπεται δύο σώματα, βάρους Π καὶ Κ. Νὰ προσδιορισθῇ ἡ θέσις τοῦ Ο ἵνα δ κανὼν ἴσορροπῇ δριζοτίως. $K > P$.

5ον. Εἰς ζυγὸν μὴ ἀκριβῆ δεῖται δραχίων αἱ δύναμεις τοῦ ἄλλου β κατὰ τὸ 0,01 τοῦ β. Ἐμπορός τις κάμνει 100 ζυγίσεις τοῦ ἑνὸς χιλιογράμμου, θέτων τὸ πρὸς ζύγισιν σῶμα ἐναλλάξ εἰς τὸν δίσκον καὶ εἰς τὸν ἄλλον. Ποῖον εἶναι τὸ κέρδος ἢ ἡ ζημία του ἐπὶ τοῦ παραδιδομένου ἐμπορεύματος;

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΝ

ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Α'

ΠΙΕΣΕΙΣ ΤΩΝ ΥΓΡΩΝ — ΑΡΧΗ ΤΟΥ ΠΑΣΚΑΛ

ΠΙΕΣΕΙΣ ΤΩΝ ΥΓΡΩΝ

92. Γενικαὶ ἴδιότητες τῶν ύγρῶν.—Τὰ ύγρα χαρακτηρίζονται διὰ τῆς εὐκολίας μετὰ τῆς δροίας τὰ μόριά των δύνανται νὰ ὀλισθαίνουν ἐπ' ἄλλήλων. Διὰ τοῦτο λέγονται καὶ **φευστά**. Τὰ ύγρα εἶναι πολὺ δλίγον συμπιεστά. Ἡ ἐλάττωσις τοῦ ὅγκου, τὴν δροίαν ύφεστανται ὑπὸ τὴν ἐνέργειαν ἵσχυροτάτων πιέσεων, εἶναι ἀνεπαίσθητος. Ἀναλαμβάνουν δὲ ἀμέσως τὸν ἀρχικὸν αὐτῶν ὅγκον, μόλις ἡ συμπίεσις παύσῃ νὰ ἐνεργῇ. Διὰ τοῦτο λέγομεν ὅτι τὰ ύγρα εἶναι **τελείως ἔλαστικά**. Εἰς τὴν σπουδὴν τῶν ύγρῶν παραδεχόμεθα ὅτι ἡ φευστότης των εἶναι τελεία καὶ ὅτι εἶναι ἐντελῶς ἀσυμπίεστα, ἀν καὶ οὐδὲν ύγρὸν ἔχει ἀκριβῶς τὰς ἴδιότητας ταύτας.

93. **"Ἐννοια τῆς πιέσεως."**—Οταν σῶμά τι στηρίζεται ἐπὶ ὑποστηρίγματος, ἔξασκεν ἐπὶ τούτου ὀρισμένην ὁμησιν, ἡ δροία παρίσταται διὰ τοῦ βάρους του.

Θεωρήσωμεν, διὰ τὸ ἀπλούστερον, μίαν σφαῖραν ἡ δροία στηρίζεται ἐπὶ δριζοντίου ἐπιπέδου¹ ἡ ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου ἐπιφερομένη πίεσις εἶναι δύναμις κατακόρυφος, ἡ δροία παριστᾶ τὸ βάρος Β τῆς σφαίρας. Ἐπειδὴ τοῦτο ἰσορροπεῖ, εἶναι φανερὸν ὅτι ἔξουδετεροῦται ὑπὸ μιᾶς ἄλλης δυνάμεως ίσης καὶ ἀντιθέτου φορᾶς, ἡ δροία ἀναπτύσσεται ὑπὸ τοῦ ἐπιπέδου.

²Ἐὰν τὸ σῶμα, ἀντὶ νὰ στηρίζεται διεπί ἐνὸς σημείου ὅπως ἡ σφαῖρα, ἔχῃ βάσιν δριζοντίαν ἐμβαδοῦ ε τελείως ἐφηρμοσμένην ἐπὶ τοῦ ὑποστηρίγματος, τὸ βάρος Π θὰ διανεμηθῇ ἐφ' ὅλης τῆς βάσεως

ταύτης. Εἰς τὴν περίπτωσιν ἵσης διανομῆς του βάρους Π, ἔκαστον σημεῖον τοῦ σώματος θὰ μεταβιβάσῃ ἐν ἵσον μέρος τοῦ βάρους εἰς τὸ ὑποστήριγμα, καὶ ἐκάστη μονὰς ἐπιφανείας τοῦ ὑποστηρίγματος θὰ δεχθῇ ποσότητα ἐκ τῆς δυνάμεως ταύτης $\pi = \frac{\Pi}{\varepsilon}$.

✓Τὴν ποσότητα ταύτην π τῆς δυνάμεως, τῆς ἔξασκον μένης ἐπὶ τῆς μονάδος τῆς ἐπιφανείας, καλοῦμεν πλεσιν.

94. Πιέσεις ἐπὶ τῶν τοιχωμάτων τοῦ δοχείου καὶ εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τῶν ὑγρῶν. — Τὰ ὑγρὰ εἶναι βαρέα, ἔξασκον δὲ διὰ τοῦ βάρους των πιέσεις ἐπὶ τῶν πυθμένων τῶν δοχείων ἐντὸς τῶν δποίων περιέχονται. Καὶ τὰ ἀνώτερα ἐπίσης μέρη τῶν ὑγρῶν ἐπιφέρουν πιέσεις ἐπὶ τῶν κατωτέρων, αἱ κατάκόρυφοι δὲ αὗται πιέσεις, λόγῳ τῆς ορευστότητος τοῦ οὔτω συμπιεζόμενου ὑγροῦ, δημιουργοῦν πιέσεις πλαγίας ἐπὶ τῶν τοιχωμάτων τοῦ δοχείου. Ἡ ὑπαρξίας τῶν πιέσεων τούτων ἀποδεικνύεται, ἐὰν ἀνοίξωμεν ἐπὶ τοῦ τοιχώματος δπὰς διὰ τῶν δποίων ἀναπηδῆ τὸ ὑγρόν, οἰαδήποτε καὶ ἐὰν εἶναι τῶν δπῶν τούτων ἡ θέσις. Παρατηροῦμεν ἐπίσης ὅτι ἡ διεύθυνσις τῆς ἀναπηδήσεως τοῦ ὑγροῦ πλησίον τῶν τοιχωμάτων, προτοῦ δηλ. ἡ βαρύτης τὴν παρεκκλίνῃ, εἶναι κάθετος ἐπὶ τούτων. Συνάγομεν ὅτε ἡ πλεσιν εἶναι κάθετος ἐπὶ τῶν τοιχωμάτων.

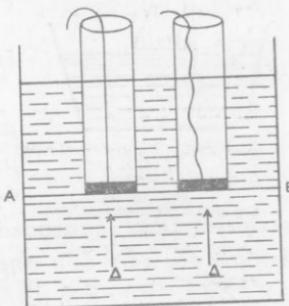
Εἰς ἐν σημεῖον οἰονδήποτε ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ δυνάμεθα, χωρὶς νὰ μεταβάλωμεν τὴν ἰσορροπίαν, νὰ ὑποθέσωμεν ὅτι ὑπάρχει ἐν στερεὸν ἐπίπεδον. Ἐπειδὴ τοῦτο ἰσορροπεῖ, πρέπει νὰ συμπεράνωμεν ὅτι ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου τούτου ἔξασκονται πιέσεις ἵσαι καὶ ἀντίθετοι. Συνεπῶς εἰς ἔκαστον σημεῖον τὸ ὑγρὸν ὑφίσταται, καθ' ὅλας τὰς φοράς, πιέσεις ἵσαις καὶ ἀντιθέτους ἀνὰ δύο.

95. Ὁμαλότης τῆς πιέσεως ἐπὶ ὁριζοντίου ἐπιπέδου.— Λαμβάνομεν σωλῆνα ὑάλινον, τοῦ δποίου τὸ κατώτερον ἄνοιγμα κλείεται διὰ λεπτοῦ ὑαλίνου δίσκου. Ὁ δίσκος οὗτος διατηρεῖται προστηλωμένος ἐπὶ τοῦ ἀνοίγματος διὰ νήματος προσδεδεμένου εἰς τὸ κέντρον αὐτοῦ. Βυθίζομεν τὸν σωλῆνα κατακορύφως εἰς τὸ ὑδωρ οὔτως, ὥστε δίσκος νὰ εὑδίσκεται ἐπὶ διοιζοντίου ἐπιπέδου οἰονδήποτε AB, καὶ ἀφήνομεν τὸ νῆμα. Ὁ δίσκος παραμένει προστηλωμένος ἐπὶ τοῦ σωλῆνος ἔνεκα τῆς πιέσεως τῆς ἔξασκον μένης ὑπὸ τοῦ ὑγροῦ ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω (σχ. 65). Τὴν πλεσιν ταύτην καλοῦμεν *ἄνωσιν*.

³ Εὰν χύσωμεν ἡρέμα ὅδωρ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος, ὁ δίσκος θὰ ἀποσπασθῇ, δταν ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὄρατος θὰ εὑρίσκεται καὶ ἐντὸς καὶ ἐκτὸς τοῦ σωλῆνος ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ἐπιπέδου. ⁴ Η πίεσις τότε, τὴν ὅποιαν ἐπιφέρει ἡ στήλη τοῦ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος ὄρατος, μετρεῖ τὴν πίεσιν Δ τὴν ὅποιαν ὑφίσταται ἐπιφάνεια τοῦ ἐπιπέδου AB ἵση μὲ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ δίσκου.

Σημ. ⁵ Επειδή, κατὰ τὸν δρισμόν, ἡ πίεσις μετρεῖται διὰ τῆς δυνάμεως, ἡ ὅποια ἔξασκεται ἐπὶ τῆς μονάδος τῆς ἐπιφανείας, δυνάμεθα νὰ ὑποθέσωμεν ὅτι ὁ κύλινδρος ἔχει τομὴν 1 τετρ. ἑκατ. Εὰν υ ἑκατ. τὸ ὑψος τῆς ἐντὸς τοῦ σωλῆνος στήλης τοῦ ὄρατος, τότε ὁ ὅγκος τοῦ ὄρατος θὰ εἴναι 1.υ = υ κυβ. ἑκατ. Συνεπῶς τὸ βάρος αὐτοῦ, δηλ. ἡ ἀνωσις, θὰ ἴσοιται μὲ υ γραμμάρια. ⁶ Εὰν πρόκειται περὶ ἄλλου ὑγροῦ τοῦ ὅποιον ἡ πυκνότης εἴναι δ, τότε: ἀνωσις = υ.δ.

⁷ Εὰν μεταθέσωμεν τὸν σωλῆνα οὕτως, ὥστε ὁ δίσκος νὰ μένῃ πάντοτε εἰς τὸ ἐπίπεδον AB, παρατηροῦμεν ὅτι ἀποσπᾶται πάντοτε ὑπὸ τὴν πίεσιν τῆς αὐτῆς στήλης ὄρατος. Συνεπῶς: ἐντὸς ὑγροῦ *ἰσορροποῦντος*, ἐπιφάνειαι λαμβανόμεναι ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ δριζοντίου ἐπιπέδου ὑφίστανται τὴν αὐτὴν πλεσιν (ἐπὶ τῆς μονάδος τῆς ἐπιφανείας, κατὰ τὸν δρισμόν).



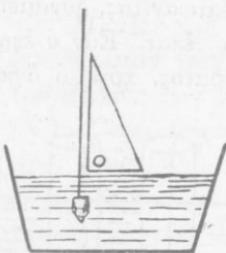
Σχ. 65.

⁸ Ανιστρόφως, πᾶν ἐπίπεδον ἐντὸς *ἰσορροποῦντος* ὑγροῦ εἰς τὸ ὅποιον ἵσαι ἐπιφάνειαι πιέζονται ἐξ ἴσου, εἴναι δριζόντιον. ⁹ Επίσης ἡ ἐλευθέρᾳ ἐπιφάνεια ὑγροῦ, δηλ. ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ ἡ ὅποια ἐφάπτεται τῆς ἀτμοσφαίρας, εἴναι εἰς μικρὰν ἔκτασιν ἐπίπεδον δριζόντιον, διότι ὑφίσταται εἰς δλα αὐτῆς τὰ σημεῖα τὴν αὐτὴν πίεσιν, ητις εἴναι ἡ ἀτμοσφαιρική.

Διὰ νὰ ἐπαληθεύσωμεν τοῦτο πειραματικῶς, φέρομεν νῆμα τῆς στάθμης ὑπεράνω δοχείου περιέχοντος ὅδωρ καὶ ἀφήνομεν νὰ βυθισθῇ ἡ μᾶζα, ἡ ὅποια κρέμαται ἐκ τοῦ νήματος (σχ. 66). ¹⁰ Οταν τὸ νῆμα τοῦτο *ἰσορροπήσῃ*, πλησιάζομεν γνώμονα οὕτως, ὥστε ἡ μικρὰ τούτου πλευρὰ νὰ ἐφαρμόζεται ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὄρατος. Παρατηροῦμεν

τότε ὅτι τὸ νῆμα ἀκολουθεῖ ἀκριβῶς τὴν διεύθυνσιν τῆς μεγάλης πλευρᾶς τῆς δρυμῆς γωνίας. Ἐὰν ἐπαναλάβωμεν τὴν ἐπαλήθευσιν ταύτην καὶ κατὰ πᾶσαν ἄλλην διεύθυνσιν, καὶ μὲ οἰονδήποτε ὑγρόν, δυνάμεθα νὰ συμπεράνωμεν ὅτι ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια ὑγροῦ ἐν ἰσορροπίᾳ εἶναι ἐπίπεδον ὁριζόντιον.

96. Μεταβολὰ τῆς πιέσεως μετὰ τοῦ βάθους.—Ἐὰν βυθίσωμεν διαδοχικῶς τὸν σωλῆνα μὲ τὸν δίσκον εἰς δύο διάφορα βάθη



Σχ. 66.

ὑγροῦ εὐρισκομένου ἐν ἰσορροπίᾳ καὶ ἐπαναλάβωμεν ἐκάστην φορὰν τὸ προηγούμενον πείρωμα, διαπιστοῦμεν ὅτι ἡ πίεσις αὐξάνεται μετὰ τοῦ βάθους. Ἐὰν δὲ προσδιορίσωμεν τὰς πιέσεις εἰς δύο διάφορα βάθη, συνάγομεν τὸ ἐπόμενον *θεμελιώδες θεώρημα*:

Ἡ διαφορὰ τῶν πιέσεων εἰς δύο σημεῖα ὑγροῦ εὐρισκομένου ἐν ἰσορροπίᾳ μετρεῖται διὰ τοῦ βάρους στήλης ἐκ τοῦ

ὑγροῦ τούτου, ἥτις ἔχει ὡς βάσιν μὲν ἐν τετραγωνικὸν ἐκατοστόμετρον καὶ ὡς ψυφος τὴν κατακόρυφον ἀπόστασιν τῶν δύο σημείων.

Σημ. Ἐὰν πὴ πίεσις εἰς τὸ κατώτερον σημεῖον εὐρισκόμενον εἰς βάθος υ', π' ἡ πίεσις εἰς τὸ ἀνώτερον εὐρισκόμενον εἰς βάθος υ'', καὶ δὴ πυκνότης τοῦ ὑγροῦ, θὰ ἔχωμεν

$$\pi = \upsilon' \delta \quad \text{καὶ} \quad \pi' = \upsilon'' \delta,$$

συνεπῶς $\pi - \pi' = \upsilon' \delta - \upsilon'' \delta \quad \text{ἢ} \quad \pi - \pi' = \delta(\upsilon' - \upsilon'')$.

Καί, ἐὰν θέσωμεν $\upsilon' - \upsilon'' = v$, θὰ ἔχωμεν $\pi - \pi' = vd$.

Ἄριθμος πηγαδικαὶ ἐφαρμοζεῖται πρότοις σημεῖοιν διαφορὰ τῶν πιέσεων εἰς δύο ἐντὸς ὕδατος σημεῖα, τῶν δποίων ἡ κατακόρυφος ἀπόστασις εἶναι 1 μέτρον;

Ἐχομεν $v = 100$ ἑκατ. καὶ $d = 1$. Ἄρα $\pi - \pi' = 100$ γρ. κατὰ τετραγ. ἑκατ.

β) Ποία κατακόρυφος ἀπόστασις πρέπει νὰ χωρίζῃ δύο σημεῖα ἐντὸς ὕδραργύρου ($d = 13,6$), διὰ νὰ παρουσιάζουν διαφορὰν πιέσεως 1 γρ. (κατὰ τετρ. ἑκατ.). Θὰ ἔχωμεν:

$$\pi - \pi' = vd \quad \text{καὶ} \quad v = \frac{\pi - \pi'}{d} = \frac{1000}{13,6} = 73,5 \text{ ἑκ.}$$

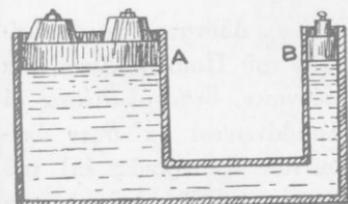
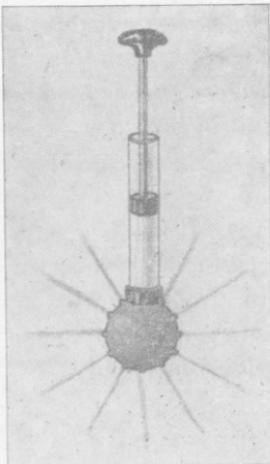
Νοτι
ΑΡΧΗ ΤΟΥ ΠΑΣΚΑΛ

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

Διὰ νὰ μελετήσωμεν τὴν μετάδοσιν τῶν πιέσεων, χρησιμοποιοῦμεν σφαῖδαν κοίλην, τῆς ὁποίας ἡ ἐπιφάνεια φέρει δπὰς μικρὰς καθ' ὅλην αὐτῆς τὴν ἔκτασιν. Ἡ σφαῖδα αὕτη εἴναι συνδεδεμένη μετὰ κυλινδρικοῦ σωλῆνος, ἐντὸς τοῦ ὅποιου δύναται νὰ κινήται ἐμβολεὺς ἐφαρμοζόμενος ὑδατοστεγῶς (σχ. 67). Ἐάν, ἀφοῦ πληρώσωμεν τὴν σφαῖδαν καὶ μέρος τοῦ σωλῆνος μὲν ὕδωρ, πιέσωμεν τὸν ἐμβολέα, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι τὸ ὕδωρ ἐκτοξεύεται μετὰ δυνάμεως ἐξ ὅλων τῶν δπῶν συγχρόνως. Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου συνάγομεν ὅτι τὰ ὑγρὰ μεταδίδουν τὰς πιέσεις καθ' δλας τὰς διευθύνσεις.

Θεωρήσωμεν ἡδη σύστημα δύο κατακορύφων σωλήνων κυλινδρικῶν συγκοινωνούντων δι' δριζοντίου σωλῆνος, τῶν δποίων ὁ εἰς ἔχει τομὴν 100 φορὰς μεγαλυτέραν ἀπὸ τὴν τομὴν τοῦ

Σχ. 67.



Σχ. 68.

ἄλλου. Ἀφοῦ πληρώσωμεν αὐτὸ μὲν ὕδωρ μέχρι τινός, κλείομεν τοὺς κυλίνδρους δι' ἐμβολέων A καὶ B (σχ. 68). Οἱ ἐμβολεῖς οὗτοι ἐφαρμοζοῦνται ὑδατοστεγῶς ἐπὶ τῶν κυλινδρῶν, ἀποτελοῦνται ἐκ τῆς αὐτῆς οὐσίας, ἔχουν τὸ αὐτὸ πάχος καὶ βάσεις ἐπιπέδους καὶ παραλλήλους. Ἐὰν κατόπιν ἐπιφέρωμεν ἐπὶ τοῦ ἐμβολέως B οἵας δήποτε πίεσιν, π.χ. ἐὰν θέσωμεν ἐπ' αὐτοῦ βάρος 10 γρ., θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι, διὰ νὰ ἐμποδίσωμεν τὸν ἐμβολέα A νὰ ἀνυψωθῇ, θὰ χρειασθῇ νὰ θέσωμεν ἐπ' αὐτοῦ βάρος 1000 γραμμ. Ἐκ τοῦ πειράματος

διαλέγομεν τὴν πιέσην τοῦ βάρους τοῦ αὐτοῦ βάρους, οὐδὲν διαφέρειν, π.χ. 100 γραμμ. Καὶ τοῦτο τὸ πειράματος αποτελεῖται τὸν παραπάνω πειράματος τοῦ Πασκάλα.

τούτου συνάγομεν ὅτι ἡ πίεσις μετεδόθη δλόκληρος ἐπὶ τοῦ ἐμβολέως Α (διότι, ἐὰν Ε ἡ τομὴ τοῦ ἐμβολέως Β, θὰ ἔχωμεν :

$$\text{πίεσις ἐπὶ τοῦ } B = \frac{10}{E}, \text{ πίεσις ἐπὶ τοῦ } A = \frac{1000}{100 E} = \frac{10}{E}.$$

³Ἐκ τῶν παρατηρήσεων τούτων ὁ Πασκᾶλ συνήγαγε τὴν ἔξῆς ἀρχήν : *Πᾶσα πίεσις, ἡ δποία ἐπιφέρεται καθέτως ἐπὶ μέρους τῆς ἐπιφανείας ὑγροῦ ενδρισκομένου ἐν ἴσορροπίᾳ ἐντὸς κλειστοῦ δοχείου, μεταδίδεται ἀκεραίᾳ εἰς πᾶσαν ἵσην ἐπιφάνειαν λαμβανομένην ἐπὶ τῶν τοιχωμάτων τοῦ δοχείου ἢ ἐντὸς τῆς μάξης τοῦ ὑγροῦ.*

³Ἐκ τῆς ἀρχῆς ταύτης προκύπτει ὅτι ἐπιφάνεια διπλασία, τριπλασία τῆς πιεζομένης ἐπιφανείας θὰ δεχθῇ πίεσιν διπλασίαν, τριπλασίαν. Γενικῶς, ἐὰν Δ ἡ πίεσις ἡ δποία ἔξασκεῖται καθέτως ἐπὶ ἐπιφανείας Ε ὑγροῦ ενδρισκομένου ἐν ἴσορροπίᾳ ἐντὸς κλειστοῦ δοχείου (τὸ ὑγρὸν ὑποτίθεται ἀπλλαγμένον τῆς ἐπιδράσεως τῆς βαρύτητος), καὶ Δ' ἡ πίεσις τὴν δποίαν δέχεται ἐπιφάνεια οἰαδήποτε Ε' τοῦ δοχείου, θὰ ἔχωμεν :

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

⁴Ἡ ἀρχὴ τοῦ Πασκᾶλ μᾶς παρέχει συνεπῶς μέσον πολλαπλασιασμοῦ τῶν δυνάμεων.

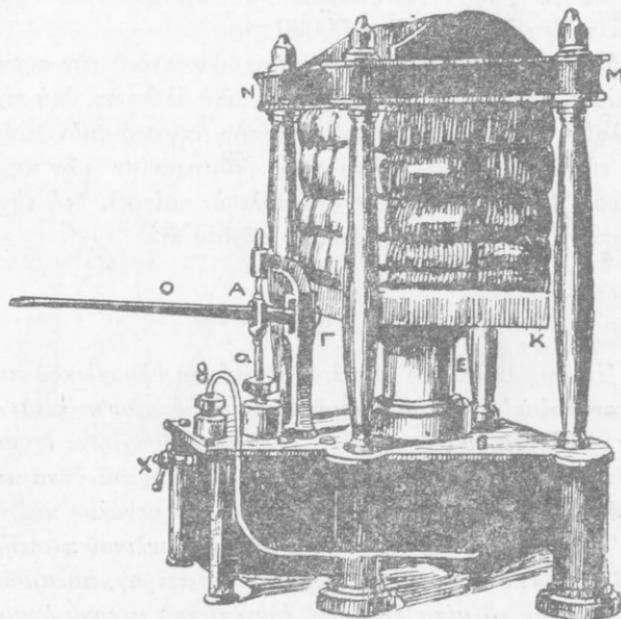
⁴Ἡ σπουδαιοτέρα ἐφαρμογὴ τῆς ἀρχῆς ταύτης εἶναι τὸ **ὑδραυλικὸν πιεστήριον**.

Σημ. ⁵Ἐπειδὴ τὰ ὑγρὰ ἔχουν βάρος, εἶναι ἀδύνατον νὰ ἀποδείξωμεν ἀκριβῶς διὰ τοῦ πειράματος τὴν ἀρχὴν τοῦ Πασκᾶλ. Δυνάμεθα ἐν τούτοις νὰ τὴν ἀποδείξωμεν κατὰ προσέγγισιν, ὅταν αἱ πίεσεις αἱ δφειλόμεναι εἰς τὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ δὲν λαμβάνωνται ὑπὸ ὅψιν ἀπεναντί πολὺ μεγαλυτέρων πιέσεων ἔξασκουμένων ἔξωτερικῶς ἐπὶ τοῦ ὑγροῦ. ⁶Αλλὸς ὅταν αἱ πίεσεις αὗται δὲν διαφέρουν πολὺ ἀπὸ τὰς πιέσεις αἱ δποῖαι ἔξασκοῦνται ἔξωτερικῶς, τότε ἡ πίεσις, τὴν δποίαν δέχεται μέρος τῶν τοιχωμάτων, εἶναι τὸ ἄθροισμα τῆς πιέσεως τῆς προερχομένης ἀπὸ τὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ καὶ τῆς ἔξωτερικῶς ἐπιφερομένης πιέσεως. Δυνάμεθα τότε νὰ εἴπωμεν ὅτι, ⁷ἐὰν μέρος τῶν τοιχωμάτων ὑφίσταται αὔξησιν πιέσεως, ἡ αὔξησις αὕτη μεταδίδεται

ἀκεραία καθ' δλας τὰς διευθύνσεις. Ἀλλωστε ἡ διαφορὰ τῶν πιέσεων εἰς δύο σημεῖα τοῦ ὑγροῦ προέρχεται ἐκ τῆς ἐνεργείας τῆς βαρύτητος.

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

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



Σχ. 69.

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

‘Ο ἐμβολεὺς τοῦ μικροῦ δοχείου τίθεται εἰς κίνησιν διὰ μοχλοῦ Ο. Οὕτω ἡ ἐπιφάνεια του δέχεται πίεσιν, ἡ δποία ἵσοῦται πρὸς τὴν δύναμιν Δ τὴν ἔξασκουμένην εἰς τὸ ἄκρον τοῦ μοχλοῦ πολλαπλασιασθεῖσαν 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, ἡ δποία ἐνεργεῖ ἐπὶ τῶν πρὸς συμπίεσιν σωμάτων.

Ἐφ αρμογή — Εστω $\Delta = 50$ χγρ., διὰ τῶν μοχλοβραχίονων $= 10$ καὶ διὰ τῶν τομῶν τῶν δοχείων $= 100$. Ἡ τελικὴ πίεσις θάτερος εἶναι $= 50 \cdot 10 \cdot 100 = 50000$ χγρ.

Τὸ ὑδραυλικὸν πιεστήριον χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν σφυρηλασίαν τῶν μετάλλων, τὴν δοκιμὴν τῆς ἀντοχῆς τῶν ἀλύσεων, διὰ τὴν ἔξαγωγὴν τοῦ ἔλαϊου ἐκ τῶν πυρήνων, διὰ τὸν ἀποχωρισμὸν τοῦ ἔλαϊκου δεξέος ἀπὸ τὰ ἄλλα παχέα δεξέα εἰς τὴν βιομηχανίαν τῶν κηρίων, διὰ τὴν ἀνύψωσιν βαρέων σωμάτων (ὑδραυλικὸς κρίκος), διὰ τὴν ἐλάττωσιν τοῦ ὅγκου ὑφασμάτων, βάμβακος, χάρτου κτλ.

Προβλήματα

1ον. Ἡ ἐπιφάνεια τοῦ μεγάλου κυλίνδρου ὑδραυλικοῦ πιεστηρίου εἶναι ἔκατον ταπλασία τῆς τοῦ μικροῦ, ἐντὸς τοῦ δποίου κινεῖται ἐμβολεὺς μὲ μοχλὸν τοῦ δευτέρου εἴδους, οὗτοις οἱ μοχλοβραχίονες ἔχοντες λόγον 4 πρὸς 1. Ἐὰν ἐφαρμόσωμεν εἰς τὸ ἄκρον τοῦ μοχλοῦ δύναμιν 5 χγρ., μὲ ποίαν δύναμιν θὰ ἀνυψωθῇ διὰ ἐμβολεὺς τοῦ μεγάλου κυλίνδρου;

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

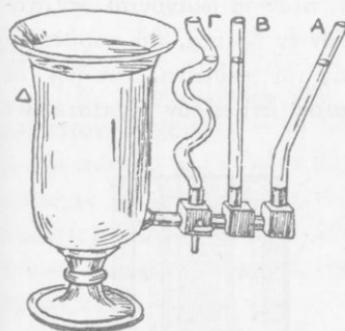
3ον. Θέτομεν τὸ μικρὸν δοχεῖον ὑδραυλικοῦ πιεστηρίου εἰς συγκοινωνίαν μετὰ λέβητος πλήρους ὕδατος. Ποίαν δύναμιν πρέπει νὰ ἔχει σκήσωμεν εἰς τὸ ἄκρον α τοῦ μοχλοῦ αβγ, διστις κινεῖται τὸν ἐμβολέα τοῦ μικροῦ δοχείου, συνδεδεμένον μετὰ τούτου κατὰ τὸ β, ἵνα τὰ τοιχώματα τοῦ λέβητος δεχθοῦν πίεσιν 10 χγρ.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

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Β'

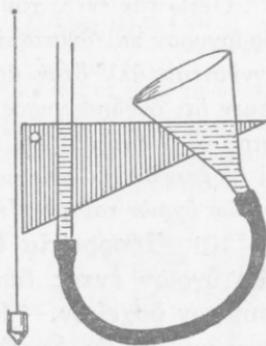
**ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΟΥΝΤΑ ΔΟΧΕΙΑ.
ΠΙΕΣΕΙΣ ΟΦΕΙΛΟΜΕΝΑΙ ΕΙΣ ΤΗΝ ΒΑΡΥΤΗΤΑ**

*Διάγραμμα***ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΟΥΝΤΑ ΔΟΧΕΙΑ**

99. Ἰσορροπία ὑγροῦ ἐντὸς συγκοινωνούντων δοχείων.—[°]Οταν ὑγρόν τι εὑρίσκεται ἐν Ἰσορροπίᾳ ἐντὸς δύο ἢ περισσοτέρων δοχείων, τὰ δόποια συγκοινωνοῦν μεταξύ των (καὶ εἶναι ἀνοικτὰ εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν), αἱ ἐλεύθεραι ἐπιφάνειαι τοῦ ὑγροῦ εἰς δλα τὰ δοχεῖα εὑρίσκονται εἰς τὸ αὐτὸ δριζόντιον ἐπίπεδον (σχ. 70). [°]Αποδεικνύομεν πειραματικῶς τὴν ἀρχὴν ταύτην διὰ τῆς συσκευῆς, τὴν δόποιαν παρι-



Σχ. 70.

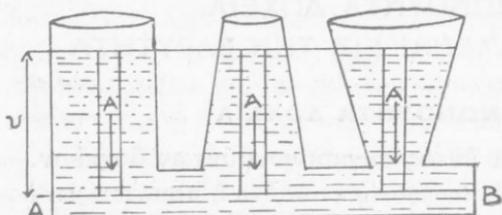


Σχ. 71.

στὴ 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, δτι αἱ ἐλεύθεραι ἐπιφάνειαι τοῦ ὑγροῦ εἰς τὰ δύο δοχεῖα εὑρίσκονται εἰς τὸ αὐτὸ δριζόντιον ἐπίπεδον.

[°]Ἐξηγοῦμεν τὴν ἀρχὴν ταύτην θεωροῦντες ἐν δριζόντιον ἐπίπεδον AB κοινὸν εἰς πολλὰ συγκοινωνοῦντα δοχεῖα (σχ. 72). [°]Ἐπὶ τοῦ ἐπίπεδου τούτου καὶ ἐντὸς ἔκαστον δοχείου λαμβάνομεν μίαν μονάδα ἐπιφανείας. [°]Ολαι αἱ μονάδες αὗται τῆς ἐπιφανείας, ὡς ἐμάθομεν,

πρέπει νὰ ὑφίστανται τὴν αὐτὴν πίεσιν, ἀφοῦ εὑρίσκονται ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ δριζοντίου ἐπιπέδου. Τοῦτο ὅμως θὰ συμβαίνῃ, εἰὰν αἱ ἀποστάσεις αὐτῶν ἀπὸ τῆς ἐλεύθερας ἐπιφανείας εἴναι ἵσαι.



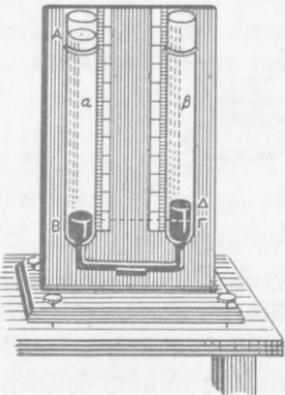
Σχ. 72.

σουν ἐπὶ ἄλληλων χημικῶς, εὑρίσκονται εἰς τὸ αὐτὸ δοχεῖον, ὑπέροχειται ἄλληλων κατὰ τάξιν αὐξούσης πυκνότητος ἐκ τῶν ἀρω πρὸς τὰ κάτω.

Οὕτω ἐὰν ἔντὸς τοῦ αὐτοῦ δοχείου φίψωμεν ὕδωρ, ἔλαιον καὶ ὑδραγγυδον καὶ ἀναταράξωμεν τὸ δοχεῖον, τὰ ὑγρὰ φαίνονται ὅτι ἀναμιγνύονται· ἀλλ' ὅταν ἀφήσωμεν τὸ δοχεῖον ἐν ἡρεμίᾳ, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι δὲ ὑδραγγυδος θὰ εὑρίσκεται εἰς τὸν πυθμένα, ἀνωθεν δὲ αὐτοῦ τὸ ὕδωρ, καὶ ἐπὶ τοῦ ὕδατος τὸ ἔλαιον ἐπὶ πλέον διαπιστοῦμεν ὅτι αἱ ἐπιφάνειαι τοῦ χωρισμοῦ μεταξὺ τῶν ὑγρῶν τούτων εἶναι δριζόνται.

101. Ἰσορροπία δύο ἑτερογενών ὑγρῶν ἔντὸς δύο συγκοινωνούντων δοχείων.—Ἐὰν ἔντὸς δύο συγκοινωνούντων δοχείων (ἀνοικτῶν ἀνωθεν) χύσωμεν δύο διάφορα ὑγρά, π.χ. ὑδραγγυδον καὶ ὕδωρ, παρατηροῦμεν ὅτι τὰ κατακόρυφα ὑψη τοῦ ὑδραγγύδου καὶ τοῦ ὕδατος, μετρούμενα ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας τοῦ χωρισμοῦ τῶν δύο ὑγρῶν ΒΓ (σχ. 73), εἴναι ἀνισα.

Ἐστω ν τὸ ὑψος ΒΑ τοῦ ὕδατος εἰς τὸ δοχεῖον α καὶ υ' τὸ ὑψος ΓΔ τοῦ ὑδραγγύδου εἰς τὸ δοχεῖον β, δ ἡ πυκνότης τοῦ ὕδατος καὶ δ' ἡ τοῦ ὑδραγγύδου. Αἱ πιέσεις (ἐπὶ τῆς μονάδος τῆς ἐπιφανείας) ἐπὶ τοῦ



Σχ. 73.

ἐπιπέδου ΒΓ είναι υδ εἰς τὸ δοχεῖον α καὶ υ' δ' εἰς τὸ δοχεῖον β, καὶ ἐπειδὴ είναι ἵσαι (διότι τὸ δοχεῖον ἐπίπεδον ΒΓ εὑρίσκεται ἐν ἴσοροπίᾳ), θὰ ἔχωμεν :

$$υδ = υ'δ' \quad \text{ἢ} \quad \frac{υ}{υ'} = \frac{\delta'}{\delta}.$$

"*Ἔτοι τὰ κατακόρυφα ὑψη δύο διαφόρων ὑγρῶν* (δηλ. ἀνίσου πυκνότητος καὶ μὴ ἐπιδρώντων χημικῶς ἐπ' ἄλλήλων) *ἐντὸς δύο συγκοινωνούντων δοχείων*, *μετρούμενα ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας τοῦ χωρισμοῦ τῶν δύο ὑγρῶν*, *είναι ἀντιστρόφως ἀνάλογα πρὸς τὰς πυκνότητας τῶν ὑγρῶν*.

Πειραματικὴ ἀπόδειξις. "Ἄς μετρήσωμεν τὰ ὑψη τοῦ ὑδραργύρου καὶ τοῦ ὕδατος, εἰς τὸ ἀνωτέρῳ πείραμα, ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας τοῦ χωρισμοῦ τῶν δύο ὑγρῶν. Εὑρίσκομεν π.χ. $υ = 340$ χιλιοστά, $υ' = 25$ χιλιοστά. Συνεπῶς :

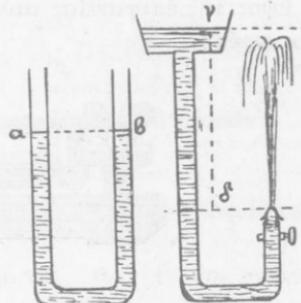
$$\frac{BA}{\Gamma\Delta} = \frac{340}{25} = \frac{13,6}{1} \quad \text{καὶ} \quad BA = 13.6. \Gamma\Delta.$$

Πράγματι δὲ δὲ ὁ ὑδραργυρος είναι 13,6 φορὰς πυκνότερος ἀπὸ τὸ ὕδωρ.

102. *Ἐφαρμογαὶ τῆς ἴσοροπίας ὑγροῦ ἐντὸς συγκοινωνούντων δοχείων.* — α) Τὰ *ὑδραγωγεῖα* τῶν πόλεων κατασκευάζονται πάντοτε εἰς ὑψηλὸν μέρος, ἵνα δύναται τὸ ὕδωρ νὰ ἀνέρχεται εἰς τοὺς ὑψηλοτέρους δρόφους τῶν οἰκιῶν καὶ νὰ φθάνῃ εἰς τὰς ὑψηλοτέρας συνοικίας τῆς πόλεως.

β) *Ἀναβρυτήρια.* Τὸ σχῆμα 74 ἀρκεῖ ὅπως ἔξηγήσῃ τὴν κατασκευὴν τῶν ἀναβρυτηρίων. Ἐὰν ἀνοίξωμεν τὴν στροφιγγα ἢ ὅποια εὑρίσκεται εἰς τὸ βραχὺ σκέλος, τὸ ὕδωρ θὰ ἀναπηδήσῃ, διότι τείνει νὰ φθάσῃ εἰς τὸ δοχεῖον ἐπίπεδον τῆς ἐπιφανείας αὐτοῦ εἰς τὴν δεξαμενήν. Ἡ ἀντίστασις ὅμως τοῦ ἀέρος, ἢ σύγκρουσις τῶν σταγόνων, αἱ ὅποιαι ἐπαναπίπτουν, καθὼς καὶ ἡ ἔνεκα τῆς ροῆς ἐλάττωσις τῆς πιέσεως ἐλαττώνουν τὸ ὑψος, εἰς τὸ ὅποιον φθάνει τὸ ὕδωρ.

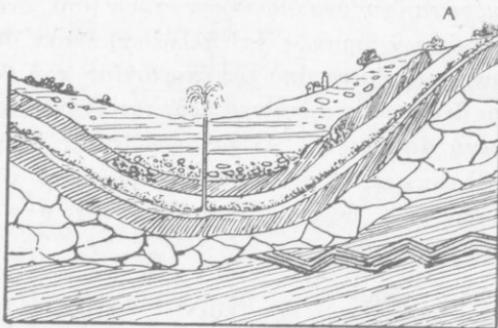
γ) *Ἄρτεσιαν φρέατα.* Ταῦτα είναι δπαὶ στεναὶ, αἱ ὅποιαι



Σχ. 74.

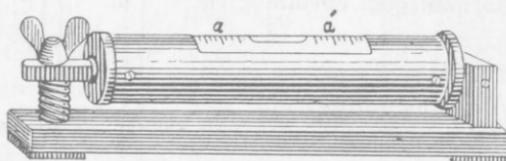
ἀνοίγονται εἰς τὸ ἔδαφος διὸ εἰδικῶν τρυπάνων μέχρις ὑπογείων δεξαμενῶν ὕδατος καὶ ἐντὸς τῶν ὁποίων τὸ ὕδωρ ἀνέρχεται φυσικῶς, τεῖνον νὰ φθάσῃ εἰς τὸ ὑψος τῆς ἀνωτέρας ἐπιφανείας του εἰς τὴν δεξαμενὴν ταύτην (σχ. 75).

⁷Ἐὰν κατασκευάσωμεν ὅπλας εἰς σημεῖα τοῦ ἔδαφους τὰ ὁποῖα



Σχ. 75.

κείνται ὑψηλότερον ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ὕδατος εἰς τὴν ὑπόγειον δεξαμενήν, τὸ ὕδωρ θὰ ἀνυψωθῇ ἐντὸς αὐτῶν, μέχρις ὅτου φθάσῃ εἰς τὸ ὑψος τῆς ἐπιφανείας ταύτης, καὶ τοιουτοτρόπως θὰ ἔχωμεν ἐν **κοινώνῳ φρέᾳ**.



Σχ. 76.

δ) **Αεροστάθμη.** Αὕτη χρησιμεύει διὰ νὰ ἔξελέγχωμεν τὴν δριζοντιότητα εὐθείας, ἐπὶ τῆς ὁποίας τὴν θέτομεν. Συνίσταται ἀπὸ ἕνα ὑάλινον σωλήνα κλειστὸν κατ' ἀμφότερα τὰ ἄκρα καὶ ἐλαφρῶς κεκαμμένον (σχ. 76). 'Ο σωλὴν περιέχει φυσαλίδα ἀέρος ὑπεράνω λίαν εὐκινήτου ὑγροῦ, ἐκ τοῦ ὁποίου εἶναι πλήρης (π.χ. οἰνοπνεύματος ἢ

αἰθέρος). Τὸ ἐπίπεδον τοῦ χωρισμοῦ τῆς φυσαλίδος καὶ τοῦ ὑγροῦ εἶναι πάντοτε δριζόντιον. Ὁ σωλὴν οὗτος εἶναι ἐγκεκλεισμένος ἐντὸς δρειχαλκίνης θήκης, τῆς δοπίας ἡ βάσις εἶναι ἀκριβῶς παραλληλος πρὸς τὴν ἐλευθέραν ἐπιφάνειαν τοῦ ὑγροῦ. Τὸ δργανον κανονίζεται οὕτως ὥστε, ὅταν ἡ βάσις αὕτη εἶναι δριζοντία, ἡ φυσαλίς νὰ περιλαμβάνεται μεταξὺ δύο ἔγκαρδίων γραμμῶν τοῦ κυρτοῦ μέρους τοῦ ὑαλίνου σωλῆνος. Ἐὰν ἡ βάσις τεθῇ ἐπὶ εὐθείας δριζοντίας, ἡ φυσαλίς σταματᾷ μεταξὺ τῶν δύο γραμμῶν· ἐὰν ἡ εὐθεῖα δὲν εἶναι δριζοντία, ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ, πάντοτε δριζοντία, δὲν εἶναι πλέον παραλληλος πρὸς τὴν βάσιν καὶ ἡ φυσαλίς δὲν παραμένει μεταξὺ τῶν γραμμῶν.

Διὰ νὰ ἐπαληθεύσωμεν τὴν δριζοντιότητα ἐπίπεδου τινός, τοποθετοῦμεν τὴν βάσιν τῆς ἀεροστάθμης διαδοχικῶς κατὰ δύο εὐθείας τοῦ ἐπιπέδου σχεδὸν καθέτους πρὸς ἄλληλας· ἐὰν αἱ εὐθεῖαι αὕται εἶναι δριζόντιαι, τὸ ἐπίπεδον εἶναι δριζόντιον (διότι περιέχει δύο δριζοντίας, αἱ δοποῖαι δὲν εἶναι παραλληλοι).

Δεκτή ΠΙΕΣΕΙΣ ΟΦΕΙΛΟΜΕΝΑΙ ΕΙΣ ΤΗΝ ΒΑΡΥΤΗΤΑ

103. Πίεσις ἐπὶ τοῦ δριζοντίου πυθμένος δοχείου.—Εἰς ἔκαστον τετρ. ἐκατοστόμετρον τοῦ δριζοντίου πυθμένος ἡ πίεσις θὰ լισοῦται μὲ τὸ βάρος ὑγρᾶς στήλης, ἡ δοποίᾳ ἔχει ὡς βάσιν ἐν τετραγ. ἐκατ. καὶ ὡς ὑψος τὴν ἀπόστασίν του ἀπὸ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ (θεμελιῶδες θεώρημα). Ἐὰν π ἡ πίεσις αὕτη, υ ἐκατ. τὸ ὑψος τῆς ὑγρᾶς στήλης καὶ δ ἡ πυκνότης τοῦ ὑγροῦ, θὰ ἔχωμεν :

$$\pi = 1.u.\delta \quad \gamma\varrho.$$

Ἐπομένως ἡ διλικὴ πίεσις ἐπὶ τοῦ πυθμένος ἐπιφανείας Ε τετρ. ἐκατ. θὰ εἴναι :

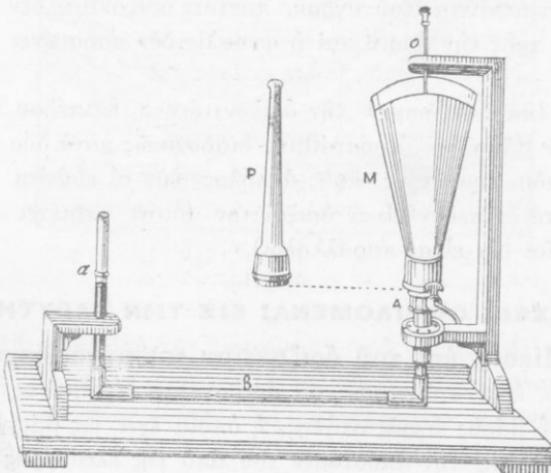
$$\Pi = E.\pi = E.u.\delta. \quad \gamma\varrho.$$

Ἐπειδὴ δὲ Ευ είναι δ ὅγκος στήλης ὑγροῦ ἔχουσης βάσιν Ε καὶ υψος υ, δυνάμεθα νὰ εἴπωμεν ὅτι ἡ διλικὴ πίεσις, τὴν δοποίαν ὑφίσταται δ πυθμήν τοῦ δοχείου, լισοῦται πρὸς τὸ βάρος στήλης ἐκ τοῦ ὑγροῦ τούτου, ἡ δοποίᾳ ἔχει βάσιν τὴν ἐπιφάνειαν Ε τοῦ πυθμένος καὶ υψος τὴν κατακόρυφον ἀπόστασιν αὐτοῦ ἀπὸ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας, οἰονδήποτε καὶ ἐὰν εἴναι τὸ σχῆμα τοῦ δοχείου.

Πειραματική ἀπόδειξις.—Αὕτη ἐπιτυγχάνεται διὰ τῆς συσκευῆς τοῦ Haldat.

Ἡ συσκευὴ αὕτη συνίσταται ἐξ ἑνὸς σωλῆνος κεκαμμένου ABa, εἰς τὸ ἐν ἄκρον A τοῦ δποίου εἶναι δυνατὸν νὰ κοχλιωθοῦν διαδοχικῶς τὰ δοχεῖα M καὶ P, ἔχοντα ὑψος μὲν τὸ αὐτό, ἀλλὰ σχῆμα καὶ χωρητικότητα διάφορον (σχ. 77).

Διὰ νὰ ἐκτελέσωμεν τὸ πείραμα, χύνομεν πρῶτον ὑδραργυρὸν εἰς τὸν σωλῆνα ABa, ἔως ὅτου ἡ ἐπιφάνεια αὐτοῦ φθάσῃ διλίγον κατω-



Σχ. 77.

τέρω τῆς στρόφιγγος A. Κοχλιοῦμεν τότε ἐπὶ τοῦ σωλῆνος τὸ δοχεῖον M, τὸ δποίον πληροῦμεν ὑδατος. Τὸ ὑδωρ διὰ τοῦ βάρους αὗτοῦ πιέζει τὸν ὑδραργυρὸν, ὃ δποίος ὑψοῦται εἰς τὸν σωλῆνα a. Τὸ ὑψος τοῦ ὑδραργυροῦ σημειοῦμεν διὰ δακτυλίου κινητοῦ κατὰ μῆκος τοῦ σωλῆνος, σημειοῦμεν δὲ ἐπίσης καὶ τὸ ὑψος τοῦ ὑδατος 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 αὗτοῦ ὑδωρ, παρατηροῦμεν ὅτι ὁ ὑδραργυρος (ὅστις ἐν τῷ μεταξὺ εἶχεν ἀναλάβει τὸ ἀρχικὸν αὗτοῦ ὑψος ἐντὸς τῶν δύο βραχιόνων τοῦ σωλῆνος ABa) ὑψοῦται ἐκ νέου

ἐντὸς τοῦ σωλῆνος α, φθάνει δὲ ἀκριβῶς μέχρι τοῦ δακτυλίου, ὅταν τὸ ὑδωρ εἰς τὸ δοχεῖον Ρ φθάσῃ τὸ ὑψος τὸ δόποιον εἶχεν εἰς τὸ δοχεῖον Μ καὶ τὸ δόποιον μᾶς δεικνύει ὁ δείκτης Ο.

⁵Ἐκ τούτου συμπεραινομεν, ὅτι καὶ εἰς τὰς δύο περιπτώσεις ἡ πίεσις τὴν δόποιαν ἐδέχθη ὁ ὑδραγγυρος κατὰ τὴν διεύθυνσιν ΑΒα εἶναι ἡ αὐτή, καὶ ὅτι ἐπομένως ἡ πίεσις αὕτη δὲν ἔξαρταται ἀπὸ τὸ σχῆμα τοῦ δοχείου καὶ τὴν ποσότητα τοῦ ὑγροῦ ἀλλὰ μόνον ἀπὸ τὸ βάθος καὶ τὴν πυκνότητα τοῦ ὑγροῦ.

Σημ. ‘Ως πυθμὴν κατ’ ἀμφοτέρας τὰς φάσεις τοῦ πειράματος ἔχοντις μευσεν ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραγγύρου εἰς τὸν σωλῆνα Α.

104. Πιέσεις ἐπὶ ἐπιπέδου πλαγίου τοιχώματος.—Εἴδομεν ὅτι ἡ πίεσις, τὴν δόποιαν ἐπιφέρει ὑγρόν τι ἐπὶ τῶν τοιχωμάτων τοῦ περιέχοντος αὐτὸ δοχείου, εἶναι κάθετος πρὸς αὐτά. **Ἡ δλικὴ πίεσις, τὴν δόποιαν ὑφίσταται στοιχεῖον ἐπίπεδον πλαγίου τοιχώματος, ἵσονται μὲ τὸ βάρος στήλης ἐκ τοῦ ὑγροῦ τούτου, ἡ δόποια ἔχει βάσιν μὲν τὸ στοιχεῖον τοῦτο, ὑψος δὲ τὴν κατακόρυφον ἀπάστασιν τοῦ κέντρου τοῦ βάρους τοῦ στοιχείου ἀπὸ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ.**

Διότι αἱ πιέσεις μεταδίδονται ἐξ ἴσου κατὰ πᾶσαν φορὰν καὶ ἡ πίεσις θὰ εἶναι ἡ αὐτὴ μὲ τὴν πίεσιν τὴν δόποιαν θὰ ὑφίστατο τὸ στοιχεῖον τοῦτο, ἀν καθίστατο δριζόντιον διὰ στροφῆς περὶ τὸ κέντρον του.

Συνεπῶς, ἐπειδὴ ἡ πίεσις τὴν δόποιαν ἔξασκει τὸ ὑγρὸν ἐπὶ μέρους τοῦ πλαγίου τοιχώματος ἔξαρταται ἀπὸ τὸ ὑψος τοῦ ὑγροῦ ὑπεράνω τοῦ τοιχώματος τούτου, συνάγομεν ὅτι δυνάμεθα νὺν ἐπιφέρωμεν σημαντικὰς πιέσεις διὰ σχετικῶς μικρᾶς ποσότητος ὑγροῦ.

Διὰ νὰ ἀποδεῖξῃ τοῦτο ὁ Πασκάλ, ἐφήρμοσε σωλῆνα στενὸν καὶ μακρὸν ἐπὶ τῆς ἀνωτέρας βάσεως κάδου πλήρους ὕδατος (σχ. 78), κα-



Σχ. 78.

τόπιν δὲ ἔχουσεν ὕδωρ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος. Εὐθὺς ὡς τοῦτο ἀνῆλθεν εἰς ὀρκετὸν ὑψος, ὃ κάδος διερράγη ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς σημαντικῆς πιέσεως, τὴν δποίαν ἐπέφερε τὸ ὕδωρ ἐπ' αὐτοῦ.

³Αριθμητικὴ ἐφαρμογή. ⁴Εστω 5 μέτρο. τὸ μέσον ὑψος τοῦ ὕδατος ἄνωθεν μιᾶς σανίδος τοῦ βαρελίου, 80 ἑκατ. τὸ ὑψος καὶ 10 ἑκ. τὸ πλάτος τῆς σανίδος. ⁵Η ἐπιφάνεια τῆς σανίδος εἶναι $80 \cdot 10 = 800$ τετρ. ἑκ. καὶ ἡ πίεσις, ἣν ὑφίσταται, εἶναι τὸ βάρος στήλης ὕδατος ὅγκου $800 \cdot 500 = 400.000$ κυβ. ἑκατ. = 400.000 γρ. = 400 χλγ.

105. **Συνισταμένη τῶν πιέσεων ἐπὶ τοῦ συνόλου τῶν τοιχωμάτων.** — ⁶Εὰν θέσωμεν διαδοχικῶς ἐπὶ τοῦ δίσκου ζυγοῦ διάφορα δοχεῖα οἰνοδήποτε σχημάτων, κατ' ἀρχὰς μὲν κενά, ἐπειτα δὲ περιέχοντα τὴν αὐτὴν ποσότηταν ὕδατος, ὃ ζυγὸς θὰ δείξῃ πάντοτε τὴν αὐτὴν αὔξησιν βάρους, καὶ ἡ αὔξησις αὕτη θὰ εἶναι ἀκριβῶς ἵση πρὸς τὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ τοῦ περιεχομένου εἰς ἔκαστον δοχεῖον. Συνεπῶς συμπεραίνομεν ὅτι **ἡ συνισταμένη δύων τῶν πιέσεων, αἱ δποίαι ἐξασκοῦνται ὑπὸ τοῦ ὑγροῦ ἐπὶ τοῦ συνόλου τῶν τοιχωμάτων τοῦ περιέχοντος αὐτὸ δοχείου, ἰσοῦται μὲ τὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ.**

Προβλήματα

1ον. Δοχεῖον πλῆρες ὕδραργύρου, ἔχον σχῆμα κώνου, στηρίζεται ἐπὶ ἐπιπέδου δριζοντίου. ⁷Η βάσις αὐτοῦ ἔχει ἐμβαδὸν 150 τ. δακτ., ὃ δὲ ὅγκος του εἶναι ἵσος πρὸς μίαν κυβ. παλάμην. Ποία ἡ ἐπὶ τοῦ πυθμένος ἐπιφερομέρη πίεσις;

2ον. Χύνομεν ὕδωρ μέχρι τοῦ μέσου ὑψους ὑοειδοῦς σωλῆνος, τοῦ δποίου οἱ ἵσοι βραχίονες ἔχουν ὑψος 42 ἑκ. Γεμίζομεν ἐπειτα τὸν ἔνα τῶν βραχιόνων δι' ἐλαίου πυκνότητος 0,8. Ποῖον ὑψος θὰ καταλάβῃ τὸ ἔλαιον;

3ον. Δύο σωλῆνες κατακόρυφοι, ἔχοντες ἔκαστος τομὴν 2 τ. ἑκ. καὶ συγκοινωνοῦντες δι' δριζοντίου σωλῆνος, περιέχουν ὕδραργυρον ὑψους δλίγων ἐκαστοτῶν. Χύνομεν εἰς τὸν ἔνα 60 γρ. ὑγροῦ ἐλαφροτέρον τοῦ ὕδραργύρου. Νὰ ενδεθῇ κατὰ πόσα χιλιοστὰ ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὕδραργύρου θὰ μετατεθῇ εἰς τὸν ἄλλον σωλῆνα.

4ον. Σωλὴν ὑοειδῆς περιέχει ὕδραργυρον. Εἰς τὸ ἔτερον τῶν σκελῶν αὐτοῦ προσθέτομεν τερεβινθέλαιον πυκνότητος 0,87. ⁸Εὰν τὸ ὑψος

τῆς στήλης τοῦ τερεβίνθελαίου εἶναι 68 χιλιοστά, πόσον θὰ εἶναι τὸ ὑψος τοῦ ὄνδραργύρου ἀπὸ τοῦ ἐπιπέδου τοῦ χωρισμοῦ τῶν δύο ὑγρῶν;

Δύο κυλινδρικοὶ σωλῆνες ἔχοντες τομὰς 25 τ.ἐκ. καὶ 10 τ.ἐκ. συγκοινωνοῦν διὰ σωλῆνος (τοῦ δποίου ἡ χωρητικότης δὲν ὑπολογίζεται), δστις εἰς τὸ μέσον φέρει στρόφιγγα. Ὁ μεγαλύτερος περιέχει ἔλαιον (πυκνότης = 0,8), τὸ δποῖον ἀνέρχεται 26 ἐκ. ἄνωθεν τοῦ πυθμένος, δὲ μικρότερος περιέχει ὕδωρ, τὸ δποῖον ἀνέρχεται 50 ἐκ. ὑπεράνω τοῦ πυθμένος. Ἀροίγομεν τὴν στρόφιγγα. Εἰς ποῖον ὑψος θὰ ἀνέλθῃ εἰς ἔκαστον σωλῆνα τὸ ὕδωρ;

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Γ'

ΑΡΧΗ ΤΟΥ ΑΡΧΙΜΗΔΟΥΣ

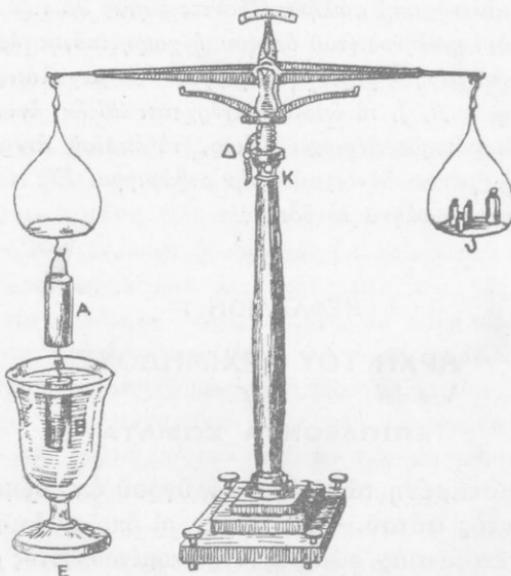
ΕΠΙΠΛΕΟΝΤΑ ΣΩΜΑΤΑ

Nom.

106. Συνισταμένη τῶν πιέσεων ὑγροῦ ἐπὶ σώματος ἐμβαπτισμένου ἐντὸς αὐτοῦ.—Αἱ πιέσεις, αἱ δποῖαι ἐπιφέρονται ὑπὸ ὑγροῦ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας σώματος εὑρισκομένου ἐντὸς αὐτοῦ, ἔχουν συνισταμένην ἵσην καὶ ἀντιθέτου φορᾶς πρὸς τὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ τοῦ ἐκτοπιζομένου ὑπὸ τοῦ σώματος (*Ἄρχη τοῦ Ἀρχιμήδους*).

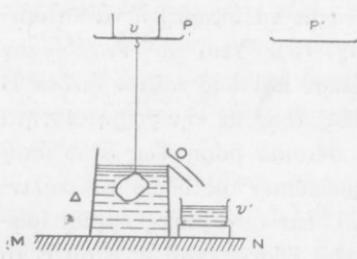
Πειραματικὴ ἀπόδειξις. — A) Διὰ τοῦ ὄνδροστατικοῦ ζυγοῦ. Οὗτος εἶναι συνήθης ζυγός, τοῦ δποίου ἔκαστος δίσκος φέρει κάτωθεν ἄγκιστρον καὶ τοῦ δποίου ἡ φάλαγξ δύναται νὰ ὑψωθῇ ἢ νὰ καταβιβασθῇ διὰ κοχλίου Κ κατὰ βούλησιν (σχ. 79). Ὅπὸ τὸν ἔνα δίσκον ἔξαρτῶμεν κοῖλον κύλινδρον Α ἐξ ὀρειχάλκου καὶ ὑπὸ τοῦτον ἔτερον Β πλήρη, τοῦ δποίου δ ὅγκος εἶναι ἀκριβῶς ἵσος μὲ τὴν χωρητικότητα τοῦ πρώτου. Ἐπὶ δὲ τοῦ ἔτερου δίσκου θέτομεν βάρη, ἔως δτού ἀποκατασταθῇ ἡ ἴσορροπία. Ἔὰν τότε πληρώσωμεν μὲ ὕδωρ τὸν κύλινδρον Α, ἡ ἴσορροπία καταστρέφεται· ἀλλ' ἐὰν συγχρόνως ἐμβαπτίσωμεν τὸν κύλινδρον Β δλόκληρον ἐντὸς τοῦ ὕδατος τοῦ δοχείου Ε τὸ δποῖον φέρομεν ὑπὸ αὐτόν, ἡ ἴσορροπία ἐκ νέου ἀποκαθίσταται. Ὁ κύλινδρος Β ὑφίσταται λοιπὸν διὰ τῆς καταδύσεως αὐτοῦ ἄνωσιν ἵσην μὲ τὸ βάρος τοῦ ὕδατος τὸ δποῖον ἔχύσαμεν ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου Α, ἵσην δηλ. μὲ τὸ βάρος τοῦ ὑπὸ αὐτοῦ ἐκτοπισθέντος ὕδατος.

B) Διὰ νὰ ἀποδεῖξωμεν τὴν ἀρχὴν ταύτην μὲ σῶμα οἰασδήποτε μορφῆς, θέτομεν ἐπὶ τοῦ ἑνὸς τῶν δίσκων ζυγοῦ δοχείον κενὸν



Σχ. 79.

υ (σχ. 80) καὶ ἔξαρτῶμεν τὸ σῶμα κάτωθεν τοῦ αὐτοῦ δίσκου. Ἀφοῦ ισορροπήσωμεν τὸν ζυγὸν διὰ σταθμῶν, τὰ δόποια θέτομεν εἰς τὸν ἔτε-



Σχ. 80.

υ τὸ ἔκτοπισθὲν ὄγαρο, τὸ δόποιον συλλέγεται εἰς τὸ δοχεῖον υ'. Συνεπῶς ἡ πίεσις, τὴν δόποιαν δέχεται τὸ σῶμα ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω, ισοῦται μὲ τὸ βάρος τοῦ ὄγαρος τοῦ ἔκτοπισθέντος ὑπὸ τοῦ σώματος.

Σημ. Ἐπειδὴ δὲ ὅγκος τοῦ ἐκτοπιζομένου ὕδατος ἵσοῦται μὲ τὸν ὅγκον τοῦ σώματος, ἐάν, ἀντὶ νὰ θέσωμεν ἐντὸς τοῦ δοχείου υ τὸ ἐκτοπισθὲν ὕδωρ, θέσωμεν σταθμὰ μέχρις ἀποκαταστάσεως τῆς ἰσορροπίας, τὰ σταθμὰ ταῦτα εἰς γραμμάρια θὰ δεικνύουν τὸν ὅγκον τοῦ ἐκτοπισθέντος ὕδατος καὶ συνεπῶς τὸν ὅγκον τοῦ σώματος εἰς κυβ. ἐκατοστά. Ἐὰν π.χ. τὰ σταθμὰ ταῦτα εἶναι 150 γρ., δὲ ὅγκος τοῦ σώματος θὰ εἶναι 150 κυβ. ἑκατ., ἀφοῦ ἐν γραμμάριον ὕδατος ἔχει ὅγκον ἐνὸς κυβ. ἑκατοστοῦ.

Παρατήρησις.—Σημειωτέον δτι καὶ τὸ ἀντίστροφον τῆς ὡς ἀνωτέρῳ ἀρχῆς τοῦ Ἀρχιμήδους ἀληθεύει. Δηλαδὴ πᾶν σῶμα ἐμβεβαπτισμένον δλόκληρον ἐντὸς ὑγροῦ ἰσορροποῦντος ἐπιφέρει ἐπ' αὐτοῦ πιεσίς, τῶν δποίων ἥ συνισταμένη εἶναι ἵση πρὸς τὸ βάρος τοῦ ἐκτοπιζομένοις ὑγροῦ.

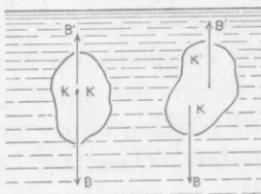
Τὴν ἀλήθειαν ταύτην δυνάμεθα νὰ ἀποδεῖξωμεν πειραματικῶς ὡς ἔξῆς :

Ἐπὶ τοῦ ἐνὸς δίσκου ζυγοῦ θέτομεν ἄγγειον 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 δὲ πλήρης ἐμβαπτισθῇ δλόκληρος ἐντὸς τοῦ ὕδατος τοῦ ἄγγειου. Ἀμέσως ἥ ἰσορροπία καταστέφεται καὶ ἥ φάλαγξ κλίνει πρὸς τὸ μέρος τοῦ ἄγγειου. Ἀν ἀφαιρέσωμεν ὅμως ἐκ τοῦ ὕδατος δύον χρειάζεται ἵνα πληρωθῇ δὲ κοῖλος κύλινδρος, ἥ ἰσορροπία ἀποκαθίσταται.

Κατόπιν τῆς παρατηρήσεως ταύτης εἶναι εὔκολον νὰ ἔξηγηθῇ καὶ τὸ ἔξῆς φαινόμενον :

Ἀν θέσωμεν ἐπὶ τοῦ ἐνὸς δίσκου ζυγοῦ δοχείον πλήρες ὕδατος καὶ πλησίον αὐτοῦ σῶμά τι καὶ ἰσορροπήσωμεν, κατόπιν δὲ φύσωμεν τὸ σῶμα ἐντὸς τοῦ ὕδατος, ἥ ἰσορροπία οὐδόλως διαταράσσεται.

107. Συνέπειαι τῆς ἀρχῆς τοῦ Ἀρχιμήδους.—Πᾶν σῶμα ἐμβαπτισμένον ἐντὸς ὑγροῦ ὑφίσταται τὴν ἐνέργειαν δύο δυνάμεων κατακούφων καὶ ἀντιθέτου φορῶν : τοῦ βάρους αὐτοῦ Β (σχ. 81) ἐφηρ-



Σχ. 81.

μοσμένου εἰς τὸ κέντρον τοῦ βάρους Κ καὶ τῆς ἀνώσεως Β' ἐφηρ-
μοσμένης εἰς τὸ κέντρον τῆς ἀνώσεως Κ', εἰς τὸ κέντρον δηλ. τοῦ
βάρους τοῦ ἐκτοπιζομένου δύκον τοῦ ὑγροῦ. ⁷Αν τὸ στερεὸν καὶ τὸ
ὑγρὸν εἶναι σώματα ὅμοιομερη, τὰ κέντρα βάρους αὐτῶν συμπίπτουν
εἰς ἓν μόνον καὶ αἱ δυνάμεις Β καὶ Β' εἶναι κατ' εὐθεῖαν ἀντίθετοι.
⁸Ἐν ἐναντίᾳ περιπτώσει, τὰ σημεῖα ἐφαρμογῆς Κ καὶ Κ' τοῦ βάρους
καὶ τῆς ἀνώσεως εἶναι διάφορα.

Αἱ δυνάμεις Β καὶ Β', παράλληλοι καὶ ἀντιθέτου φορᾶς, ἔχουν
πάντοτε συνισταμένην ἵσην μὲ τὴν διαφορὰν αὐτῶν. ⁹Ως 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 φύσιμεν ὡὸν ἐντὸς δο-
χείου περιέχοντος καθαρὸν ὕδωρ.

β) **Ἐὰν τὸ βάρος εἶναι ἴσον μὲ τὴν ἀνωσιν (B = B')*, τὸ
σῶμα ἰσορροπεῖ ἐντὸς τῆς μάζης τοῦ ὑγροῦ. Τοῦτο π.χ. συμβαίνει,
ἐὰν φύσιμεν ὡὸν ἐντὸς καταλλήλου διαλύματος μαγειρικοῦ ἄλατος.

γ) **Ἐὰν ἡ ἀνωσις εἶναι μεγαλύτερα τοῦ βάρους (B'>B)*,
τὸ σῶμα ἀνέρχεται πρὸς τὴν ἐλευθέραν ἐπιφάνειαν ὑπὸ τὴν ἐνέργειαν
τῆς σταθερᾶς δυνάμεως B'—B, συνεπῶς μὲ κίνησιν ὅμαλῶς ἐπιταχυνο-
μένην. ¹⁰Αφ' ἣς ὅμως στιγμῆς τὸ σῶμα ἀναδύεται ἐκ τοῦ ὑγροῦ, ἡ δύ-
ναμις Β' ἐλαττοῦται, διότι ἐλαττοῦται ὁ δύκος τοῦ ἐκτοπιζομένου
ὑγροῦ, μέχρις ὅτου γίνη ἵση μὲ τὸ βάρος τοῦ σώματος, διόπτες ἔπειρε
τὸ σῶμα νὰ ἰσορροπήσῃ. ¹¹Άλλ' ἐνεκα 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 παλικῶν κινήσεων. Λέγομεν τότε ὅτι τὸ σῶμα
ἐπιπλέει. ¹²Οπως π.χ. ἐπιπλέει πῶμα ἐκ φελλοῦ ἐπὶ τοῦ ὕδατος ἢ μό-
λυβδος ἐπὶ τοῦ ὑδραργύρου.

108. Συνθῆκαι ἰσορροπίας τῶν ἐπιπλεόντων σωμάτων.—
“Ινα σῶμά τι ἐπιπλέον ἰσορροπῇ, πρέπει :

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

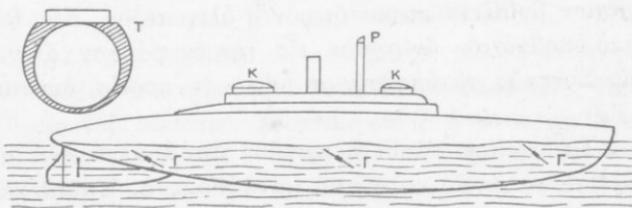
β) *Τὸ κέντρον τοῦ βάρους τοῦ σώματος ναὶ τὸ κέντρον τῆς
ἀνώσεως νὰ εὐρίσκωνται ἐπὶ τῆς αὐτῆς κατανοούφου.*

109. *Ἐφαρμογαὶ διάφοροι.*—¹³Η ἀρχὴ τοῦ Ἀρχιμήδους ἔχει

πολλάς ἐφαρμογάς. Δι' αὐτῆς ἔξηγεῖται, διατὶ μία λέμβος βυθίζεται ὀλιγώτερον εἰς τὴν θάλασσαν παρὰ εἰς τὸ γλυκὺ ὕδωρ, διατὶ οἱ ἵχθυες δύνανται νὰ ἀνέρχωνται καὶ νὰ κατέρχωνται ἐντὸς τοῦ ὕδατος συμπιέζοντες περισσότερον ἢ ὀλιγώτερον τὴν νηκτικὴν αὐτῶν κύστιν. Ἐπίσης διατὶ τὰ πτώματα τῶν πνιγομένων ἀνέρχονται μετά τινας ἡμέρας εἰς τὴν ἐπιφάνειαν· τοῦτο συμβαίνει, διότι ταῦτα ἔξογκοῦνται ὑπὸ τῶν ἀερίων, τὰ δποῖα προέρχονται ἐκ τῆς ἀποσυνθέσεως, καὶ συνεπῶς ὁ ὅγκος τοῦ ἐκτοπιζομένου ὑγροῦ, ἐπομένως καὶ ἡ ἄνωσις, αὐξάνεται.

Πλήθυς συσκευῶν εἶναι ἐφαρμογαὶ τῆς ἀρχῆς τοῦ Ἀρχιμήδους, π.χ. τὰ σωσίβια, οἱ σημαντῆρες, τὰ ὑποβρύχια, οἱ πλωτῆρες οἱ δποῖοι δεικνύουν τὸ ὑψός τοῦ ὕδατος ἐντὸς τῶν ἀτμολεβήτων κτλ.

Υποβρύχια πλοῖα. Τὸ ὑποβρύχιον συνίσταται ἀπὸ ἐν κέλυφος χαλύβδινον ἀτρακτοειδές, ἔγκαρδσίας τομῆς γενικῶς κυκλικῆς. Εἰς τὸν



Σχ. 82.

πυθμένα τοῦ ὑποβρύχιου εὑρίσκονται κλειστὰ διαμερίσματα περιέχοντα ὕδωρ. Τὰ διαμερίσματα ταῦτα, τὰ δποῖα περιέχουν τὸ ὑγρὸν ἔρμα, εἶναι πολὺ στερεά, διὰ νὰ δύνανται νὰ ἀντέχουν εἰς τὴν πίεσιν τοῦ πεπιεσμένου ἀέρος, δ ὁ δποῖος ἐκδιώκει τὸ ὕδωρ, ὅταν πρόκειται τὸ πλοῖον νὰ ἀνέλθῃ. Τέλος, ἔλιξ τοποθετημένη εἰς τὸ δπίσθιον μέρος χρησιμεύει διὰ τὴν κίνησιν τοῦ πλοίου (σχ. 82).

Τὸ ὑποβρύχιον εἶναι ἐφωδιασμένον μὲ διαφόρους ἀντλίας, μὲ δοχεῖα πεπιεσμένου ἀέρος δ ὁ δποῖος χρησιμεύει διὰ τὴν ἐκδίωξιν τοῦ ὕδατος ἐκ τῶν διαμερισμάτων καὶ τὸν ἀερισμόν, μὲ περισκόπιον διὰ τοῦ δποίου οἱ ἐν αὐτῷ κατοπτεύοντα τὸν δρίζοντα ὅταν τὸ πλοῖον εὐρίσκεται ὑπὸ τὸ ὕδωρ, μὲ μανόμετρα τὰ δποῖα δεικνύουν τὴν ἔξωτερηκὴν πίεσιν καὶ συνεπῶς τὸ βάθος εἰς τὸ δποῖον εὐρίσκεται τὸ πλοῖον, καὶ τέλος μὲ κινητῆρας διὰ τὴν κίνησιν τῆς ἔλικος, τῶν ἀντλιῶν κτλ.

‘Η ίσορροπία τῶν ὑποβρυχίων, λόγῳ τοῦ σχήματός των, εἶναι ἀστιθῆς. Εἰναι δύνατὸν διὰ τῆς λειτουργίας τῶν ἀντλιῶν νὰ διορθοῦται ἔκάστην στιγμὴν ἢ τάσις τοῦ ὑποβρυχίου πρὸς ἄνοδον ἢ κάθοδον· ἐν τούτοις προτιμοῦν νὰ διατηροῦν εἰς αὐτὰ μίαν τάσιν πρὸς ἄνοδον εἰς τὴν ἐπιφάνειαν. Τὰ διευθετοῦν λοιπὸν οὕτως, ὥστε τὸ βάρος Β’ τοῦ ὑποβρυχίου νὰ μένῃ μικρότερον ἀπὸ τὴν ἄνωσιν Β καὶ τὸ ὑποβρύχιον νὰ δύναται νὰ ἀνέρχεται ὑπὸ τὴν ἐνέργειαν τῆς δυνάμεως Β—Β’. Ἀλλ’ ὅταν τὸ ὑποβρύχιον, ὡθούμενον ὑπὸ τῆς ἔλικός του, τίθεται εἰς κίνησιν δριζοντίαν κατὰ τὸν ἀξονα ἀντοῦ, τὸ ὕδωρ συναντᾷ τὰ πλάγια πτερύγια Γ, Γ (σχ. 82), τὰ δόποια εἶναι ἐπίπεδα κεκλιμένα, τοποθετημένα οὕτως, ὥστε ὑπὸ τὴν ἐνέργειαν τῆς κινήσεως ἢ πίεσις τοῦ ὕδατος νὰ παράγῃ ἐμβύθισιν τοῦ ὑποβρυχίου. Εἴναι φανερὸν ὅτι διὰ μεταβολῆς τῆς κλίσεως τῶν πτερυγίων ἢ τῆς ταχύτητος, τὸ ὑποβρύχιον βυθίζεται περισσότερον ἢ διλιγώτερον. Ἐὰν ἡ ἔλιξ σταματήσῃ, τὸ ὑποβρύχιον ἀνέρχεται εἰς τὴν ἐπιφάνειαν ἀνευ οὐδενὸς χειρισμοῦ. Συνεπῶς τὸ ὑποβρύχιον μόνον ἐν πορείᾳ δύναται νὰ καταδυθῇ.

Σημ. Τὰ ἀνωτέρω πλοῖα ἢ **κυρίως ὑποβρύχια** ἀντικατεστάθησαν δι’ ἄλλων, τὰ δόποια καλοῦνται **καταδυόμενα**. Ταῦτα κατασκευάζονται εἰδικῶς διὰ νὰ πλέουν εἰς τὴν ἐπιφάνειαν, καταδύονται δὲ μόνον ἐφ’ ὅσον χρόνον εἶναι ἀνάγκη. Ταῦτα εἶναι γενικῶς πλοῖα μεγάλα, ἐπιδεκτικὰ καταδύσεως. Ἐχουν δύο διαφόρους κινητήρας, τὸν ἕνα (διὰ πετρελαίου) διὰ νὰ πλέουν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας, τὸν ἄλλον (ἡλεκτρικὸν) διὰ νὰ πλέουν ὑπὸ τὸ ὕδωρ. Ἐχουν διπλᾶ τοιχώματα· τὸ ἐσωτερικὸν δὲ ἔχει τομὴν κυκλικὴν καθὼς τὸ τῶν κυρίως ὑποβρυχίων. Τὸ διάστημα μεταξὺ τῶν δύο τοιχωμάτων εἶναι διηρημένον εἰς διαμερίσματα, ἐντὸς τῶν δόποιων εἰσάγεται τὸ ὕδωρ τὸ ἀναγκαιοῦν διὰ τὴν κατάδυσιν.

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΠΥΚΝΟΤΗΤΩΝ

110. Τὰ βάρη ἵσων ὅγκων διαφόρων οὖσιῶν π.χ. χαλκοῦ, ύάλου, φελλοῦ κτλ. εἶναι διάφορα. Τὰς διαφορὰς ταύτας χαρακτηρίζομεν μετροῦντες τὸ **εἰδικὸν βάρος** ἐνὸς σώματος ἢ τὸ **βάρος τῆς μονάδος τοῦ ὅγκου τοῦ σώματος τούτου**.

³ Επειδὴ τὸ εἰδικὸν βάρος εἶναι τὸ γινόμενον τῆς πυκνότητος ἐπὶ τὴν ἐπιτάχυνσιν τῆς βαρύτητος (ἐδ. 86), ἡ σύγκρισις τῶν εἰδικῶν βαρῶν, εἰς τὸν ἔδιον τόπον, ἀνάγεται εἰς τὴν σύγκρισιν τῶν πυκνοτήτων.

⁴ Εὰν ε καὶ ε' τὰ εἰδικὰ βάρη δύο σωμάτων καὶ δ καὶ δ' αἱ πυκνότητες αὐτῶν, θὰ ἔχωμεν εἰς τὸν ἔδιον τόπον:

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

⁵ Η πυκνότης μᾶς οὖσίας εἰς θ^ο εἶναι ἡ μᾶζα ἐνδεκτή. ἐκατοστομέτρου τῆς οὖσίας ταύτης εἰς θ^ο.

Θὰ ἔχωμεν τὴν πυκνότητα ἐνδεκτή σώματος εἰς θ^ο, ἐὰν λάβωμεν τὸν λόγον τῆς μάζης του εἰς γραμμάρια πρὸς τὸν ὅγκον του εἰς κυβ. ἐκατ. εἰς θ^ο.

⁶ Εὰν ἡ μέτρησις γεωμετρικῶς τοῦ ὅγκου τοῦ σώματος εἶναι δύσκολος, δυνάμεθα νὰ μετρήσωμεν τὴν μᾶζαν ὅγκου ὕδατος εἰς 4° ἵσου πρὸς τὸν ὅγκον τοῦ σώματος. Τοιουτορόπως ἡ πυκνότης ἐνδεκτή σώματος εἶναι δ λόγος τῶν μαζῶν ἵσων ὅγκων τοῦ σώματος εἰς θ^ο καὶ τοῦ ὕδατος εἰς 4°.

⁷ Επομένως, διὰ νὰ προσδιορίσωμεν τὴν πυκνότητα σώματός τυνος, ἀρκεῖ νὰ μετρήσωμεν διὰ τῆς μεθόδου τῆς διπλῆς σταθμίσεως α) τὸ βάρος τοῦ σώματος εἰς γραμμάρια, β) τὸ βάρος εἰς γραμμάρια ὅγκου ὕδατος εἰς 4°, ἵσου πρὸς τὸν ὅγκον τοῦ σώματος εἰς θ^ο. Τὸ πηλίκον τοῦ πρώτου ἔξαγομένου διὰ τοῦ δευτέρου θὰ εἶναι ἡ πυκνότης τοῦ σώματος εἰς θ^ο.

Σημ. Εἰς τὰς συνήθεις θερμοκρασίας (περὶ τὸν 15°) τὰ βάρη ἵσων ὅγκων ὕδατος εἰς 4° καὶ εἰς θ^ο διαφέρουν ἐλάχιστα. Τοιουτορόπως πρακτικῶς ἡ πυκνότης ἐνδεκτή σώματος εἰς θ^ο εἶναι δ λόγος τῶν βαρῶν εἰς θ^ο ὅγκου τινὸς τοῦ σώματος πρὸς ἵσον ὅγκον ὕδατος.

111. Εὔρεσις τῆς πυκνότητος τῶν στερεῶν.— A) Διὰ τῆς μεθόδου τῆς ληκύθου. Ἡ ἀκριβεστέρα μέθοδος πρὸς προσδιορισμὸν τῆς πυκνότητος τῶν στερεῶν καὶ τῶν ὑγρῶν εἶναι ἡ μέθοδος τῆς ληκύθου.

Μεταχειρίζόμεθα μικρὰν λήκυθον, ἡ ὁποίᾳ κλείεται διὰ πώματος ὑαλίνου ἐσμυρισμένου. Τὸ πῶμα τοῦτο προεκτείνεται πρὸς τὰ ἄνω εἰς

τριχοειδῆ σωλῆνα, ὁ δποῖος καταλήγει εἰς χωνίον (σχ. 83). Ἐπὶ τοῦ τριχοειδοῦς σωλῆνος ὑπάρχει χαραγμένον σημεῖον τι α, μέχρι τοῦ δποίου πρέπει νὰ πληροῦται ἐκάστοτε ἡ λήκυθος.

α) Θέτομεν τὴν λήκυθον, πλήρη ὕδατος ἀπεσταγμένου, ἐντὸς την κομένου πάγου. Ὅταν πλέον ἡ θέσις τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος δὲν



Σχ. 83.

μεταβάλλεται ἐντὸς τοῦ σωλῆνος, ἀφαιροῦμεν τὴν περίσσειαν τοῦ ὕδατος ὑπεράνω τοῦ σημείου α διὸ ἀπορροφητικοῦ χάρτου. Ἐξάγομεν τὴν λήκυθον ἀπὸ τὸν πάγον καὶ ἀφήνομεν 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 δποίου θέλομεν νὰ προσδιορίσωμεν τὸ εἰδικὸν βάρος, καὶ ίσορροποῦμεν διὰ χόνδρων μολύβδου. Ἐπειτα ἀφαιροῦμεν τὰ τεμάχια τοῦ σώματος καὶ τὰ ἀντικαθιστῶμεν διὰ Β γραμμαρίων. Τὰ γραμμάρια ταῦτα

θὰ παριστοῦν τὴν μᾶζαν τοῦ σώματος.

β) Ἀφαιροῦμεν τὰ σταθμὰ καὶ τὴν λήκυθον ἀπὸ τὸν δίσκον καὶ εἰσάγομεν τὰ τεμάχια τοῦ σώματος ἐντὸς αὐτῆς. Θέτομεν τὴν λήκυθον ἐντὸς τηκομένου πάγου, ἔως 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 ὑφίσταται πλέον, διότι ποσότης τις ὕδατος ἔξεδιώχθη· προσθέτομεν τότε Β' γραμμάρια πρὸς τὸ μέρος τῆς ληκύθου, ἔως ὅτου ἡ φάλαγξ ίσορροπήσῃ ἐκ νέου. Τὰ νέα ταῦτα σταθμὰ παριστοῦν προφανῶς τὴν μᾶζαν ὅγκου ὕδατος εἰς 0° ἵσου μὲ τὸν ὅγκον τοῦ σώματος. Θὰ ἔχωμεν τότε :

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

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



νέα
B) Διὰ τῆς μεθόδου τοῦ ὑδροστατικοῦ ζυγοῦ.—‘Η μέθοδος αὗτη εἶναι ἀμεσος ἐφαρμογὴ τῆς ἀρχῆς τοῦ Ἀρχιμήδους. Κατὰ ταύτην:

α) Ἐξαρτῶμεν τὸ σῶμα διὰ λεπτοῦ νήματος ἀπὸ τοῦ ἀγκίστρου τοῦ ἔνδος τῶν δίσκων (σχ. 84) καὶ ἴσορροποῦμεν αὐτὸ δι^ο δλίγης ἀμμού, τὴν δποίαν θέτομεν εἰς τὸν ἄλλον δίσκον. Ἀφαιροῦμεν κατόπιν τὸ σῶμα καὶ ἀντικαθιστῶμεν αὐτὸ διὰ σταθμῶν, ἕως ὅτου ἀποκατασταθῇ πάλιν ἡ ἴσορροπία, ἔστωσαν δὲ Β γραμμάρια τὰ σταθμά, τὰ δποῖα ἔχοιειάσθησαν πρὸς τοῦτο. Τότε δ ἀριθμὸς Β παριστᾶ προφανῶς τὴν μᾶζαν τοῦ σώματος.

β) Ἀφαιροῦμεν τὰ σταθμὰ καὶ ὑπὸ τὸν αὐτὸν δίσκον ἔξαρτῶμεν πάλιν τὸ σῶμα. Ἐμβαπτίζομεν τότε τὸ σῶμα ὀλόκληρον ἐντὸς τοῦ ὑδατος δοχείου, τὸ δποῖον τοποθετοῦμεν ὑπὸ αὐτό.

Ἐπειδὴ τὸ ἐμβαπτισθὲν σῶμα ὑφίσταται ἄνωσιν (ἴσην πρὸς τὸ βάρος τοῦ ἐκτοπισθέντος ὑδατος), προσθέτομεν ἐπὶ τοῦ ἀντιστοίχου δίσκου Β' γραμμάρια, τὰ δποῖα ἐπαναφέρονταν τὴν φάλαγγα εἰς τὴν πρώτην αὐτῆς θέσιν τῆς δριζοντιότητος· δ ἀριθμὸς Β' παριστᾶ τὴν μᾶζαν ὅγκου ὑδατος ίσου πρὸς τὸν τοῦ σώματος.

Διαιροῦντες τέλος τὸ Β διὰ τοῦ Β', εὑρίσκομεν τὴν ζητουμένην πυκνότητα, ἦτοι :

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

Σημ. Ἐὰν τὸ σῶμα τοῦ δποίου ζητοῦμεν τὴν πυκνότητα διαλύεται εἰς τὸ ὑδωρ, λαμβάνομεν τὴν πυκνότητα αὐτοῦ ἐν σχέσει πρὸς ὑγρόν, ἐντὸς τοῦ δποίου δὲν διαλύεται. Κατόπιν δὲ πολλαπλασιάζομεν τὴν οὕτω εὑρεθεῖσαν πυκνότητα ἐπὶ τὴν πυκνότητα τοῦ βοηθητικοῦ ὑγροῦ ὡς πρὸς τὸ ὑδωρ.

Ἐὰν π.χ. πρόκειται νὰ προσδιορίσωμεν τὴν πυκνότητα τοῦ σακχάρου, μεταχειριζόμεθα τὴν μέθοδον τῆς ληκύθου ἐπὶ ἔλαιου, ἐντὸς τοῦ δποίου τὸ σάκχαρον εἶναι τελείως ἀδιάλυτον.



Σχ. 84.

δικ "Εστω Β ἡ μᾶζα τοῦ σακχάρου, Β' ἡ μᾶζα ἵσου δγκου ύδατος, Β'' ἡ μᾶζα ἵσου δγκου ἑλαίου. Τότε ἡ πυκνότης τοῦ σακχάρου ὡς πρὸς τὸ ἑλαιον εἶναι :

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

ἡ δὲ πυκνότης τοῦ ἑλαιον ὡς πρὸς τὸ ύδωρ θὰ εἴναι :

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

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

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

ἵτοι τὴν πυκνότητα τοῦ σακχάρου ὡς πρὸς τὸ ύδωρ.

Πίναξ τῆς πυκνότητος στερεῶν τινων σωμάτων

Λευκόχρυσος	21,35	Κασσίτερος	7,29
Χρυσός	19,33	Ψευδάργυρος	7,2
Μόλυβδος	11,38	Ἄδαμας	3,5
Ἄργυρος	10,5	Μάρμαρον	2,84
Χαλκὸς	8,9	Ἄργιλον	2,57
Νικέλιον	8,28	Υαλὸς	2,5
Χάλυψ	7,7	Θεῖον	2
Σίδηρος χυτὸς	7,6	Φελλὸς	0,24

112. Εὔρεσις τῆς πυκνότητος τῶν ύγρῶν.—Α) Διὰ τῆς μεθόδου τῆς ληκύθου. Διὰ τὰ ὑγρὰ μεταχειριζόμεθα λήκυθον ἰδιαιτέρου σχήματος (σχ. 85). Αὕτη συνίσταται ἀπὸ ἓν δοχείον κυλινδρικὸν β., τὸ ὅποιον προεκτείνεται πρὸς τὰ ἄνω εἰς τριχοειδῆ σωλῆνα, καταλήγοντα εἰς χωνίον α., τὸ ὅποιον δυνάμεθα νὰ κλείωμεν διὰ πώματος ὑαλίνου. Ἐπὶ τοῦ τριχοειδοῦς στελέχους ὑπάρχει χαραγμένον σημεῖον γ., μέχρι τοῦ ὅποιον πρέπει νὰ πληροῦται αὕτη. Ἀφ' οὗ πληρώσωμεν τὴν λήκυθον εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος διὰ τοῦ ὑγροῦ τοῦ ὅποιον ζητεῖται ἡ πυκνότης, φέρομεν αὐτὴν ἐντὸς τηκομένου πάγου καὶ, δταν λάβῃ τὴν θερμοκρασίαν τούτου, ἀφαιροῦμεν τὴν περίσ-

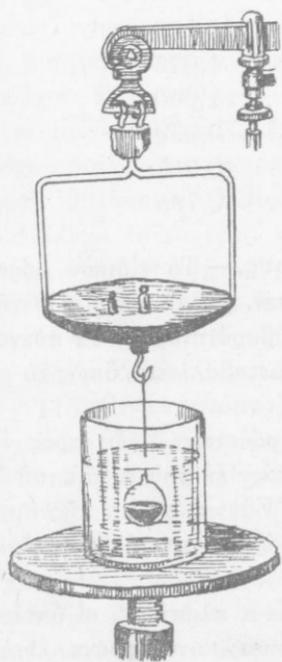
σειαν τοῦ ὑγροῦ ὑπεράνω τοῦ σημείου γ. Ἀφήνομεν τὴν συσκευὴν νὰ ἀναλάβῃ τὴν ἔξωτερικὴν θερμοκρασίαν, δπως ἀποφύγωμεν τὴν ἀπόθεσιν δρόσου ἐπὶ αὐτῆς, σπογγίζομεν καλῶς, τὴν φέρομεν ἐπὶ τοῦ δίσκου ζυγοῦ καὶ ἴσορροπούμεν διὰ χόνδρων μολύβδου. Κατόπιν κενοῦμεν τὴν λήκυθον, ἔηραίνομεν αὐτὴν ἔσωτερικῶς καὶ τὴν ἐπαναφέρομεν κενὴν ἐπὶ τοῦ δίσκου τοῦ ζυγοῦ. Διὰ νὰ ἀποκαταστήσωμεν τὴν ἴσορροπίαν, προσθέτομεν ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ δίσκου σταθμὰ Β γραμ. Ταῦτα παριστοῦν τὴν μᾶζαν τοῦ ὑγροῦ τοῦ περιεχομένου ἐντὸς τῆς ληκύθου εἰς 0° μέχρι τοῦ σημείου γ. Ἐπαναλαμβάνοντες τὰ αὐτὰ μὲ ὄδωρ ἀπεσταγμένον, λαμβάνομεν τὴν μᾶζαν Β' τοῦ ὄδατος τοῦ περιεχομένου εἰς τὴν λήκυθον εἰς 0°.

Ἡ πυκνότης τοῦ ὑγροῦ θὰ είναι τότε :

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



Σχ. 85.



Σχ. 86.

Β) Διὰ τῆς μεθόδου τοῦ ὄδροστατικοῦ ζυγοῦ. — Ἀπὸ τοῦ ἀγκίστρου τοῦ ἐνὸς δίσκου τοῦ ὄδροστατικοῦ ζυγοῦ ἔξαρτωμεν σῶμά τι, ἐπὶ τοῦ ὄδοιον τὸ ὑγρὸν τοῦ ὄδοιον ζητοῦμεν τὴν πυκνότητα νὰ μὴ ἐπιδρῇ χημικῶς. Συνήθως μεταχειρίζομεθα κοίλην ὑαλίνην σφαῖραν καταλλήλως ἔρματισθεῖσαν διὰ μολύβδου ἢ ὄδροαργύρου (σχ. 86). Τὴν σφαῖραν ταύτην ἴσορροποῦμεν μὲ ἄλμον, κατόπιν δὲ ἐμβαπτίζομεν αὐτὴν διαδοχικῶς πρῶτον μὲν εἰς τὸ ἀπεσταγμένον ὄδωρ, ἔπειτα δὲ εἰς τὸ ὑγρὸν τοῦ ὄδοιον ζητοῦμεν τὴν πυκνότητα. Ἡ ἴσορροπία ἔκαστοτε καταστρέφεται, τὰ δὲ

Β' καὶ Β γραμμάρια, τὰ ὄδοια εἶναι ἀνάγκη νὰ προσθέσωμεν διὰ νὰ ἀποκαταστήσωμεν αὐτήν, παριστοῦν προφανῶς τὸ μὲν πρῶτον τὴν μᾶζαν τοῦ ἐκτοπισθέντος ὄδατος, τὸ δὲ

δεύτερον τὴν μᾶζαν τοῦ ἐκτοπισθέντος ἵσου ὅγκου ὑγροῦ. Ἐχομεν
λοιπόν:

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

Σημ. Κατὰ τὸν ἀνωτέρῳ προσδιορισμὸν τῶν πυκνοτήτων τῶν στερεῶν ὡς καὶ τῶν ὑγρῶν δὲν ἔμετρήσαμεν τὸ βάρος ἵσου ὅγκου ὕδατος εἰς 4° ἀλλὰ εἰς 0° . Διὰ τοῦτο ὅταν πρόκειται περὶ μεγάλης ἀκριβείας, πολλαπλασιάζομεν τὴν οὕτω εὑρεθεῖσαν πυκνότητα ἐπὶ τὴν πυκνότητα τοῦ ὕδατος εἰς 0° , ἢ ὅποια ἵσουται μὲν $0,9998$.

Πίναξ τῆς πυκνότητος ὑγρῶν τινων

"Υδράργυρος	13,596
"Υδωρ θαλάσσιον	1,026
"Υδωρ ἀπεσταγμένον εἰς 4°	1,000
"Υδωρ ἀπεσταγμένον εἰς 0°	0,999
"Ελαιον ἔλαιων	0,915
"Απόλυτον οἰνόπνευμα	0,795

113. **Υπολογισμὸς τοῦ εἰδικοῦ βάρους.**—Τὸ εἰδικὸν βάρος ἐκφράζεται εἰς δύνας, ἵσουται 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, δπως τὸ g, μετὰ τοῦ τόπου τῆς παρατηρήσεως.

Σημ. *Σχετικὸν εἰδικὸν βάρος* ἐνδὲ σώματος A ὡς πρὸς ἐν σῶμα B εἶναι ὁ λόγος τῶν βαρῶν ἵσων ὅγκων ἐκ τοῦ A καὶ τοῦ B καὶ εἶναι τὸ αὐτὸν εἰς δλους τοὺς τόπους. Ἐὰν τὸ σῶμα τῆς συγκρίσεως εἶναι τὸ ὕδωρ, τὸ σχετικὸν εἰδικὸν βάρος εἶναι ὁ ἔδιος ἀριθμὸς μὲ τὴν πυκνότητα.

114. **Ἄραιόμετρα.**—Τὰ ἀραιόμετρα εἶναι πλωτῆρες, οἵ δποῖοι ἔρματίζονται καταλήλως, ὥστε νὰ διατηρῶνται κατακόρυφοι ἐντὸς τῶν ὑγρῶν. Ἀποτελοῦνται ἐκ κοίλης ὑάλου καὶ καταλήγουν πρὸς τὰ κάτω μὲν εἰς σφαιρικὴν ἔξγκωσιν, ἢ δποία περιέχει ὑδράργυρον ἢ χόνδρους μολύβδου (σχ. 87), πρὸς τὰ ἄνω δὲ εἰς στέλεχος κυλινδρικόν, τὸ δποῖον φέρει τὴν κλίμακα.

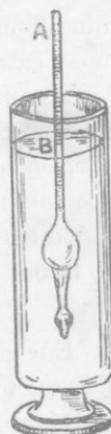
Ἐπειδὴ ἐν ἀραιόμετρον θὰ ἴσορροπῇ ἐντὸς ὑγροῦ, ὅταν τὸ βάρος του ἴσουται μὲ τὸ βάρος τοῦ ἔκτοπιζομένου ὑγροῦ, ἔπειται ὅτι θὰ βυθίζεται τόσον περισσότερον, ὅσον τὸ ὑγρὸν εἶναι ἀραιότερον. Ἐπομένως τὰ ἀραιόμετρα ταῦτα εἶναι σταθεροῦ βάρους καὶ μεταβλητοῦ βυθιζομένου δύκου.

Ἄλλοτε ἔχοντι μοποίουν διὰ τὰ ἀραιόμετρα αὐθαιρέτους βαθμολογίας, γενικῶς τὰς τοῦ Baumé σήμερον δὲν παραδέχονται πλέον εἰς τὰς ἐμπορικὰς σχέσεις τὰς ἐνδείξεις ταύτας, ἀλλὰ μόνον τὰς πυκνότητας τῶν ὑγρῶν αἱ ὅποιαι δίδονται ἀπ' εὐθείας ὑπὸ τῶν πυκνομέτρων.

Οξυζύγια Baumé.—Τὰ ἀραιόμετρα ταῦτα ἔχοντι μεν διὰ τὰ πυκνότερα τοῦ ὕδατος ὑγρά. Διὰ νὰ βαθμολογήσωμεν ὁξυζύγιον, τὸ ἐρματίζομεν οὔτως, ὥστε νὰ βυθίζεται σχεδὸν μέχρι τοῦ ἀνωτάτου ἄκρου τοῦ στελέχους ἐντὸς ὕδατος, ἐκεῖ δὲ σημειοῦμεν 0. Μετὰ ταῦτα ἐμβαπτίζομεν τὸ ἀραιόμετρον ἐντὸς ἀλατούχου διαλύματος, τὸ ὅποιον ἀποτελεῖται ἀπὸ 15 γρ. ἔηροῦ θαλασσίου ἀλατος καὶ 85 γρ. ὕδατος. Ἐπειδὴ τὸ διάλυμα τοῦτο εἶναι πυκνότερον τοῦ ὕδατος, τὸ δογανὸν θὰ βυθισθῇ δλιγώτερον σημειοῦμεν 15 εἰς τὸ σημείον τῆς ἐπιπολῆς. Κατόπιν διαιροῦμεν τὸ μεταξὺ 0 καὶ 15 διάστημα εἰς 15 Ⅲσα μέρη καὶ ἐπεκτείνομεν τὴν βαθμολογίαν μέχρι τῆς βάσεως τοῦ στελέχους Γ.

115. **Oινοπνευματοζύγια Baumé.**—Ταῦτα ἔχοντι μεν διὰ τὰ ἀραιότερα τοῦ ὕδατος ὑγρά. Τὸ ἀραιόμετρον τοῦτο ἐρματίζομεν οὔτως, ὥστε νὰ βυθίζεται μέχρι τοῦ κατωτέρου μέρους τοῦ στελέχους ἐντὸς ἀλατούχου διαλύματος ἀποτελουμένου ἀπὸ 10 γρ. θαλασσίου ἀλατος καὶ 90 γρ. ὕδατος, καὶ σημειοῦμεν ἐκεῖ τὸ 0. Ἐμβαπτίζομεν κατόπιν αὐτὸδ ἐντὸς καθαροῦ ὕδατος, εἰς τὸ ὅποιον βυθίζεται περισσότερον, ἐπειδὴ τὸ ὕδωρ εἶναι ἀραιότερον τοῦ ἀλατούχου διαλύματος, καὶ σημειοῦμεν 10 εἰς τὸ σημείον ἐπιπολῆς. Διαιροῦμεν κατόπιν τὸ μεταξὺ 0 καὶ 10 διάστημα εἰς 10 Ⅲσα μέρη καὶ ἐπεκτείνομεν τὰς διαιρέσεις μέχρι τῆς κορυφῆς τοῦ στελέχους.

Τὰ ἀραιόμετρα ταῦτα δὲν δεικνύουν δι' ἀπλῆς ἀναγνώσεως τοῦ σημείου τῆς ἐπιπολῆς ἐντὸς διοφόρων διαλυμάτων οὔτε τὰς πυκνό-



Σχ. 87.

τητας τῶν ὑγρῶν, οὕτε τὰς διαλυμένας ποσότητας τοῦ ἄλατος, ἀλλὰ μόνον ἐὰν ἐν διάλυμα ἢ ἐν δὲξ ἔχῃ φθάσει εἰς ὁρισμένον βαθμὸν συμπυκνώσεως. Π.χ. τὸ δέξιον πρόπει τὰ δεικνύη 66 εἰς τὸ πυκνὸν θεικὸν δέξιον, 36 εἰς τὸ νιτρικὸν δέξιον, 3 εἰς τὸ θαλάσσιον ὕδωρ. Τὸ δὲ οἰνοπνευματοζύγιον πρόπει νὰ δεικνύῃ 65 εἰς τὸν καθαρὸν αἴθερα, 25 εἰς τὴν ἀγοραίαν ἀμμωνίαν κτλ.

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

***Αρχή.**—Ἐστω ἀραιόμετρον διηρημένον εἰς 1000 μέρη ἵσης χωροτικότητος καὶ ἐρματισμένον οὕτως, ὥστε νὰ βυθίζεται εἰς τὸ καθαρὸν ὕδωρ μέχρι τῆς διαιρέσεως 1000 ενδισκομένης εἰς τὸ ἀνώτερον μέρος τοῦ στελέχους. Ἐὰν Ο₁ δὲ ὅγκος μιᾶς διαιρέσεως καὶ Β τὸ βάρος τοῦ ἀραιομέτρου, θὰ ἔχωμεν προφανῶς :

Βάρος ἀραιομέτρου = βάρος ἐκτοπιζομένου ὕδατος,
ήτοι : $B = 1000 \cdot O_1$

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

Βάρος ἀραιομέτρου = βάρος ἐκτοπιζομένου ὑγροῦ, ητοι :

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

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

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

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

Εἰς τὰ πυκνόμετρα τὰ χρησιμεύοντα διὰ τὰ πυκνότερα τοῦ ὕδατος ὑγρὰ τὸ σημεῖον τῆς ἐπιπολῆς εἰς τὸ καθαρὸν ὕδωρ εὑρίσκεται εἰς τὸ ἀνώτερον μέρος τοῦ στελέχους, ἐνῷ εἰς τὰ πυκνόμετρα τὰ προωρισμένα διὰ τὰ ἀραιότερα τοῦ ὕδατος ὑγρὰ τοῦτο εὑρίσκεται εἰς τὸ

κατώτερον μέρος τοῦ στελέχους. Τέλος, κατασκευάζονται πυκνόμετρα γενικὰ ἐφωδιασμένα διὰ δευτέρου κινητοῦ ἔρματος, τὰ ὅποια δύνανται νὰ χρησιμοποιῶνται συγχρόνως καὶ διὰ τὰ πυκνότερα καὶ διὰ τὰ ἀραιότερα τοῦ ὄντος ὑγρά. Διὰ τοῦτο καὶ φέρουν ταῦτα δύο κλίμακας.

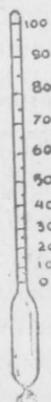
117. Ἐκατοντάβαθμον οἰνοπνευματόμετρον τοῦ Gay Lussac.—Τὸ οἰνοπνευματόμετρον τοῦ Gay - Lussac εἶναι ἀραιόμετρον, τὸ ὅποιον διὸ ἀπλῆς ἀναγνώσεως δεικνύει τὴν ἀναλογίαν ἐπὶ τοῖς ἑκατὸν εἰς ὅγκους τοῦ καθαροῦ οἰνοπνεύματος, τὸ ὅποιον περιέχεται εἰς ἓν οἰνοπνευματοῦχον ὑγρόν, εἰς τὴν θερμοκρασίαν τῶν 15° Κελσίου (σχ. 88).

Διὰ νὰ βαθμολογήσωμεν ἀπὸ εὐθείας ἓν οἰνοπνευματόμετρον, τὸ ἔρματίζομεν οὕτως, ὥστε τὸ σημεῖον τῆς ἐπιπολῆς νὰ εὑρίσκεται εἰς τὸ κατώτερον μέρος τοῦ στελέχους, εἰς τὸ καθαρὸν ὄντωρ θερμοκρασίας 15° , ὃπου σημειοῦμεν 0. Βυθίζομεν κατόπιν τὸ ὅργανον εἰς διάφορα ὑγρὰ θερμοκρασίας 15° , ἀποτελούμενα ἀπὸ 5, 10, 15... ὅγκους καθαροῦ οἰνοπνεύματος, εἰς τοὺς ὅποιους προσθέτομεν ἀπεσταγμένον ὄντωρ, διὰ νὰ ἔχωμεν ἑκάστοτε 100 ὅγκους, καὶ σημειοῦμεν διαδοχικῶς 5, 10, 15... εἰς τὰ διάφορα σημεῖα τῆς ἐπιπολῆς. Τὰ διαστήματα, τὰ ὅποια λαμβάνομεν τοιουτούρπως, διαιροῦμεν εἰς 5 ἵπτα μέρη ἔκαστον διὰ νὰ ἔχωμεν τὴν κλίμακα.

Σχ. 88.

Τὸ οἰνοπνευματόμετρον τοῦτο δίδει ἀκριβεῖς ἐνδείξεις μόνον εἰς ὑγρὰ τὰ ὅποια περιέχουν ὄντωρ καὶ οἰνόπνευμα. Διὰ νὰ προσδιορίσωμεν τὸ ποσὸν τοῦ οἰνοπνεύματος, τὸ περιεχόμενον π.χ. εἰς τὸ οἶνον, ἀποστάζομεν γνωστὸν ὅγκον οἴνου κατόπιν εἰς τὸ ἐκ τῆς ἀποστάξεως ληφθὲν οἰνόπνευμα προσθέτομεν ὄντωρ μέχρις ὃτου λάβωμεν τὸν ἀρχικὸν ὅγκον τοῦ οἴνου, εἰς τὸ μεῖγμα δὲ τοῦτο βυθίζομεν τὸ οἰνοπνευματόμετρον.

Ἡ περιεκτικότης οἰνοπνευματοῦχον ὑγροῦ εἰς οἰνόπνευμα δίδεται διὸ ἀπλῆς ἀναγνώσεως, ὅταν ἡ θερμοκρασία εἶναι 15° ἐὰν εἶναι διάφορος τῶν 15° , πρέπει νὰ χρησιμοποιήσωμεν εἰδικοὺς πίνακας, οἵ δοποῖοι μᾶς δίδουν τὴν ἀντίστοιχον διόρθωσιν.



ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Δ'

ΜΟΡΙΑΚΑΙ ΔΡΑΣΕΙΣ

118. Όρισμένα φυσικά φαινόμενα άποδίδονται εἰς εἰδικήν ἐνέργειαν: θερμαντικήν, φωτεινήν, ήλεκτρικήν, μαγνητικήν· ἄλλα φυσικά φαινόμενα εἶναι δράσεις ἑλκτικαί, καλούμεναι **μοριακαὶ ή δυνάμεις συνοχῆς**, αἱ δρόποιαι ἔξασκοῦνται μεταξὺ τῶν μορίων τῶν σωμάτων. Εἰς τὰς δυνάμεις ταύτας, αἱ δρόποιαι ἐνεργοῦν ἀπὸ ἐλαχίστης ἀποστάσεως, διφείλεται, ώς ἐμάθομεν, ἡ συνοχὴ τῶν στερεῶν σωμάτων. Εἰς ταῦτα ἡ δύναμις αὗτη εἶναι πολὺ μεγάλη, διότι τὰ μόρια κεῖνται πολὺ πλησίον ἄλληλων.

Τὰ φαινόμενα τῆς συναφείας, δηλαδὴ τῆς ἔλξεως ἡ δρόποια ἔξασκεῖται μεταξὺ τῶν γειτονικῶν μορίων δύο σωμάτων, εἶναι ἐπίσης συνέπεια τῶν δινάμεων συνοχῆς. Διὰ νὰ δείξωμεν 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 παράγεται καὶ εἰς τὸ κενόν, δὲν δυνάμεθα νὰ ἀποδώσωμεν τὴν συνάφειαν εἰς τὴν ἀτμοσφαιρικήν πίεσιν. Ἐπίσης εὐκόλως δυνάμεθα νὰ ἀποδείξωμεν τὴν συνάφειαν μεταξὺ τῶν ὑγρῶν καὶ τῶν στερεῶν. Ἐὰν π.χ. θέσωμεν δίσκουν ὑαλίνον ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ὑγροῦ κατόπιν δὲ ἀνυψώσωμεν αὐτόν, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ὁ δίσκος συνεπιφέρει ἐπὶ τῆς κατωτέρας ἐπιφανείας του στρῶμα ὑγροῦ. Ἐπίσης ἐὰν βυθίσωμεν φάρβην ὑαλίνην ἐντὸς ὕδατος καὶ τὴν ἔξαγάγωμεν κατόπιν, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι εἰς τὸ κατώτερον ἄκρον τῆς φάρβης μένει προσκολλημένη σταγὼν ὕδατος. Τὸ ὑγρόν, τὸ δρόποιον εὑρίσκεται εἰς ἄμεσον ἐπαφὴν μετὰ τῆς ὑάλου, συγκρατεῖται ἐνεκαὶ τῆς συναφείας ἡ δρόποια ἔξασκεῖται μεταξὺ τοῦ ὑγροῦ καὶ τοῦ στερεοῦ, τὸ ὑπόλοιπον δὲ τῆς σταγόνος διατηρεῖται ἐνεκαὶ τῆς ἰδίας συνοχῆς τοῦ ὑγροῦ.

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

Τὰ φαινόμενα βαφῆς (χρώσεως) εἶναι ἐπίσης ἐφαρμογὴ τῶν φαινομένων συναφείας. Ἡ συνάφεια, ἡ δρόποια ἔξασκεῖται μεταξὺ τῆς χρω-

στικῆς οὐσίας 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 ἔξαιρέσεις τῶν νόμων τῆς Ὑδροστατικῆς.

Εἰς τὴν Ὑδροστατικὴν παρατηροῦμεν, ὅτι πᾶν ὑγρὸν παρουσιάζει τοὺς ἔξης χαρακτῆρας: α) δὲν ἔχει σχῆμα ὡρισμένον, β) ἡ ἐλεύθερα ἐπιφάνειά του εἶναι δριζοντία, γ) ἐντὸς δύο ἢ περισσοτέρων συγκοινωνούντων δοχείων ἡ ἐπιφάνεια αὐτοῦ ενδίσκεται εἰς τὸ αὐτὸ δριζόντιον ἐπίπεδον. Οἱ νόμοι οὗτοι ὑποθέτουν ὅτι τὰ ὑγρὰ μόρια δὲν ὑφίστανται τὴν ἐνέργειαν ἀλλων δυνάμεων ἐκτὸς τῆς βαρύτητος. Ἐνίστε ὅμως οἱ νόμοι οὗτοι παρουσιάζονται ἐλλιπεῖς. Οὕτω α) ἐπὶ λείας ἐπιπέδου ἐπιφανείας μικρὰ σταγὼν ὑδραργύρου λαμβάνει σχῆμα, τὸ διοῖον πλησιάζει τόσον περισσότερον εἰς τὸ σφαιρικόν, ὅσον ἡ σταγὼν εἶναι μικροτέρα, β) ἡ ἐπιφάνεια ὑγροῦ πλησίον τῶν τοιχωμάτων τοῦ δοχείου δὲν εἶναι δριζοντία, γ) ἐντὸς στενοῦ ὑαλίνου σωλῆνος (**τριχοειδοῦς**) ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ δὲν ενδίσκεται εἰς τὸ αὐτὸ ἐπίπεδον μετὰ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἔξωτερικοῦ ὑγροῦ, ἡ δὲ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος δὲν εἶναι ἐπίπεδος.

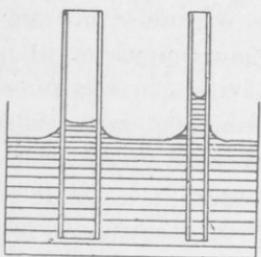
Αἱ φαινομενικαὶ αὗται ἔξαιρέσεις ἀποτελοῦν διμάδα φαινομένων, τὰ διοῖα καλοῦνται **τριχοειδῆ**, διότι ἡ ἔξήγησις αὐτῶν συνδέεται μὲ τὴν θεωρίαν τῶν ἀνυψώσεων καὶ ταπεινώσεων τῶν ὑγρῶν ἐντὸς στενῶν σωλήνων ἔνεκα τῆς συναφείας.

120. Ἀνυψώσεις καὶ ταπεινώσεις τριχοειδεῖς.—Τὰ φαινόμενα διαφέρουν ἐντὸς στενῶν σωλήνων, καθ' ὅσον τὸ ὑγρὸν **διαβροχεῖται** ἢ **δὲν διαβροχεῖται** τὸ στερεόν. Ὅγον τι λέγομεν ὅτι διαβροχεῖται ἐν στερεού (ὔδωρ καὶ ὑαλος), διαφέρει τοῦ πρὸς τὸ στερεόν ὑπερβαίνῃ τὴν συνοχήν του· δὲν τὸ διαβροχεῖται δέ, ἐὰν ἡ συνοχὴ αὐτοῦ ὑπερβαίνῃ τὴν συνάφειάν του πρὸς τὸ στερεόν (ὑδράργυρος καὶ ὑαλος).

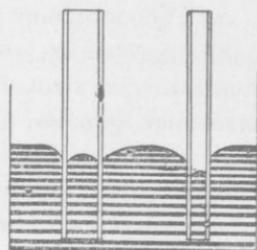
Ἐντὸς πολὺ στενοῦ σωλῆνος, ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ, ἀντὶ νὰ μένῃ ἐπίπεδος, λαμβάνει σχῆμα κοῖλον (**κοῖλος μηνίσκος**), τὸ δὲ ὑγρὸν ἔσωτερικῶς ἀνυψοῦται ὑπὲρ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἔξωτερικοῦ ὑγροῦ (σχ. 89), ἐὰν τὸ ὑγρὸν διαβροχεῖται τὸν σωλῆνα. Ἐὰν τὸ ὑγρὸν δὲν διαβροχεῖται τὸν σωλῆνα, ἡ ἐλευθέρα αὐτοῦ ἐπιφάνεια εἶναι κυρτὴ (**κυρτὸς μηνίσκος**), τὸ δὲ ὑγρὸν ἔσωτερικῶς ταπεινοῦται (σχ. 90). Ἡ διαφορὰ τοῦ ὑψους τῶν ἐπιφανειῶν εἶναι εἰς ἕκατέραν τῶν περιπτώ-

σεων ἡ αὐτὴ καὶ εἰς τὸν ἀέρα καὶ εἰς τὸ κενόν, ὅπερ ἀποκλείει τὴν ἐπίδρασιν τῆς πλέσεως τοῦ ἀέρος.

121. Νόμος τῶν ψύχων.—⁴Η θεωρία καὶ τὸ πείραμα συμφω-

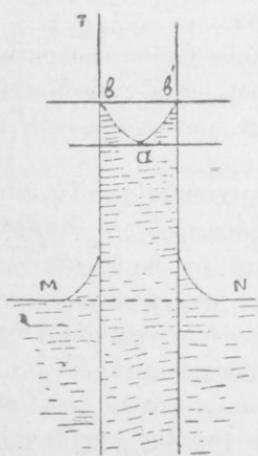


Σχ. 89.



Σχ. 90.

νοῦν εἰς τὸ ὅτι, διὰ τὸ αὐτὸν ὑγρὸν καὶ διὰ τὴν αὐτὴν θεομοκρασίαν, τὰ μέσα ὑψη τῆς ἀνυψώσεως εἰς τοὺς κυλινδρικοὺς κατακορύφους σωλῆνας εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογα πρὸς τὰς ἀκτῖνας τῶν σωλήνων τούτων.



Σχ. 91.

122. Διεύθυνσις τῆς τριχοειδοῦς δράσεως.—⁴Η διαφορὰ τοῦ ψύχους τῶν ἐπιφανειῶν ἐντὸς καὶ ἐκτὸς σωλῆνος τριχοειδοῦς δρείλεται εἰς δύναμιν κατακόρυφον, ἡ δποία λέγεται τριχοειδῆς δράσης. Αὕτη εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὴν διάμετρον τοῦ σωλῆνος καὶ ἐνεργεῖ ἐπὶ τοῦ ὑγροῦ ἐκ τῆς κυρτότητος πρὸς τὴν κοιλότητα τοῦ μηνίσκου. Εἶναι λοιπὸν ἀνυψωτικὴ μέν, ἐὰν ὁ μηνίσκος εἶναι κοῖλος καταβιβαστικὴ δέ, ἐὰν ὁ μηνίσκος εἶναι κυρτός. Ἐκ μέρους τοῦ ὑγροῦ ἔξασκεῖται ἐπὶ τοῦ στερεοῦ ἵση καὶ ἀντίθετος ἀντίδρασις, ἡ δποία βυθίζει μὲν τὸν σωλῆνα, ἐὰν ὁ μηνίσκος εἶναι κοῖλος ἀνυψοῦ δὲ αὐτόν, ἐὰν ὁ μηνίσκος εἶναι κυρτός.

Σημ. Τὰ τριχοειδῆ φαινόμενα ἔξηγοῦνται εὐκόλως, ἐὰν ἔξομοιώ-

σωμεν τὴν ἐλευθέραν ἐπιφάνειαν τῶν ὑγρῶν μὲν μεμβράνην ἐλαστικὴν τεταμένην ἐπὶ τῶν ὑγρῶν. Οὕτω ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια ὑγροῦ ἐντὸς τριχοειδοῦς σωλῆνος ἔξομοιοῦται μὲν ἐλαστικὴν μεμβράνην τεταμένην βαθ' (σχ. 91), μορφῆς ἡμισφαιρικῆς, προσκεκολλημένην εἰς τὰ τοιχώματα τοῦ σωλῆνος τὸν δποῖον διαβρέχει τὸ ὑγρόν.

‘Η μεμβράνη αὗτη καταβιβάζει τὸ ὑγρὸν τὸ δποῖον δὲν διαβρέχει τὸν σωλῆνα. ~~Χ~~

Π ρ ο β λ ή μ α τ α

1ον. Ποῖον τὸ εἰδικὸν βάρος τοῦ ἐλαίου, τὸ δποῖον ἵσταται εἰς βαρομετρικὸν σωλῆνα εἰς ὅψις 11,68 μ., δταν παρακείμενον βαρόμετρον ὑδραργυρικὸν δεικνύη 76 ἑκ. ;

2ον. Ἐπὶ ξυλίνης σχεδίας βάρους 96 χρ. καὶ ὅγκου 200 κ. παλαμῶν, ἵσταται ἀνθρωπος δρόμιος. Ἡ σχεδία ἐπιπλέει ἐπὶ τοῦ ὕδατος βυθιζομένη δλόκηρος 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 ὅγκον ὕδατος, βάρους 6 γρ. Εἴναι 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 κνβ. παλαμῶν χωρεῖ 81,5 χρ. γάλακτος. Μήπως ἐνοθεύθῃ τὸ γάλα δι' ὕδατος; Καὶ ἐν τοιαύτῃ περιπτώσει, πόσον τὸ εἰσαχθὲν ὕδωρ;

5ον. Ἐντὸς δοχείου περιέχοντος ὕδωρ καὶ ὑδραργυρον ἔχομεν σφαῖραν ἐκ σιδήρου ἐν λισσορροπίᾳ. Τῆς σφαίρας ταύτης μέρος μὲν βυθίζεται εἰς τὸν ὑδραργυρον, τὸ δὲ ὑπόλοιπον εἰς τὸ ὕδωρ. Ζητεῖται ὁ λόγος τοῦ ὅγκου χ τοῦ βυθιζομένου εἰς τὸ ὕδωρ πρὸς τὸν ὅγκον ψ τὸν βυθιζόμενον εἰς τὸν ὑδραργυρον (εἰδ. βάρος σιδήρου 7,8).

6ον. Ὅδραργυρικὸν θερμόμετρον ζυγίζει 20 γρ. Ἐντὸς τοῦ ὕδατος ζυγίζει 15 γρ. Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ βάρος τοῦ ὑδραργύρου, τὸν δποῖον περιέχει. Εἰδ. βάρος ὑάλου 2,5.

7ον. Στέφανος χρυσοῦς βάρους 1200 γρ. βυθισμένος εἰς ἀπεσταγμένον ὕδωρ ζυγίζει 1127,5 γρ. Περιέχει δ στέφανος ἀργυρον καὶ πόσον; (εἰδ. βάρ. τοῦ ἀργύρου 10,5, τοῦ χρυσοῦ 19).

8ον. Λύο σφαῖραι μεταλλικαί, τῶν δποίων τὰ εἰδ. βάρη εἴναι 5

καὶ 10, ἔχονν τὰ αὐτὰ βάρη εἰς τὸ κερόν. Ἐξαρτῶμεν αὐτὰς εἰς τὰ ἄκρα μοχλοῦ καὶ τὰς βυθίζομεν εἰς τὸ ὕδωρ. Ποία πρέπει νὰ εἶναι τότε ἡ σχέσις τῶν μηκῶν τῶν δύο μοχλοβραχιόνων, ἵνα αἱ δύο σφαῖραι καὶ ἴσορροποῦν;

9ον. Κύλινδρος ὅψους 20 ἑκ. πρέμαται κάτωθεν τοῦ δίσκου ὑδροστατικοῦ ζυγοῦ. Ὅταν 5 ἑκ. τοῦ κυλίνδρου τούτου βυθίζωται εἰς τὸ ὕδωρ, πρέπει νὰ θέσωμεν εἰς τὸν ἄλλον δίσκον βάρος 57 γρ. διὰ νὰ ὑπάρχῃ ἴσορροπία. Ὅταν δὲ 12 ἑκ. τοῦ κυλίνδρου βυθίζωται εἰς ὑγρὸν πυκνότητος 0,83, πρέπει νὰ θέσωμεν 22 γρ. εἰς τὸν ἄλλον δίσκον διὰ νὰ ἔχωμεν ἴσορροπίαν. Ποῖον τὸ βάρος καὶ ποίᾳ ἡ πυκνότης τοῦ κυλίνδρου;

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

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

12ον. Ἀραιόμετρον φέρει κλίμακα διηγημένην εἰς ἵσα μέρη. Τὸ ἀραιόμετρον τοῦτο εἰς μὲν τὸ ὕδωρ δεικνύει Ν βαθμούς, εἰς δὲ τὸ οἰνόπνευμα (εἶδ. βάρος ΙΙ) μ βαθμούς. Ζητεῖται ἡ πυκνότης ὑγροῦ, εἰς τὸ δποῖον τὸ ἀραιόμετρον δεικνύει ν βαθμούς.

13ον. Ἀραιόμετρον Baumé δεικνύει 5^ο εἰς τὸ καθαρὸν γάλα, 20,2 δὲ εἰς γάλα ἀραιωμένον δι^ο ὕδατος. Ποία ἡ ἀναλογία τοῦ προστεθέντος ὕδατος; Ἡ πυκνότης τοῦ ἀλατούχον διαλύματος, τὸ δποῖον ἔχοντος μενούσε διὰ νὰ δώσῃ κατὰ τὴν βαθμολογίαν τὸ 15^ο, εἶναι 1,116.

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟΝ
ΑΕΡΟΣΤΑΤΙΚΗ

Nom
ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Α'

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΠΙΕΣΙΣ-ΒΑΡΟΜΕΤΡΑ-
ΜΕΤΑΒΟΛΑΙ ΤΗΣ ΕΛΑΣΤΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΕΩΣ
ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ

123. **Άέρια.** — Καλούμεν **άέρια** πάσας τὰς οὐσίας, αἱ δποῖαι ὑπὸ τὰς συνήθεις ἀτμοσφαιρικὰς συνθήκας παρουσιάζονται ὑπὸ τὴν ἀεριώδη κατάστασιν.

Πᾶν ἀέριον εἶναι οευστὸν **εὐδιάχυτον**, **συμπιεστὸν** καὶ **έλαστικόν**. 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 ἔξωγκωθη.

"Ενεκα τῆς διαχυτικότητός του τὸ ἀέριον δὲν καταλαμβάνει μόνον τὸν πυθμένα, ἀλλὰ πληροῦ ὅλοκληρον τὸ δοχεῖον, ἐντὸς τοῦ δποίου ἔγκλείσται. Συνεπῶς δὲν ἔχει **έλευθεραν** **ἐπιφάνειαν**.

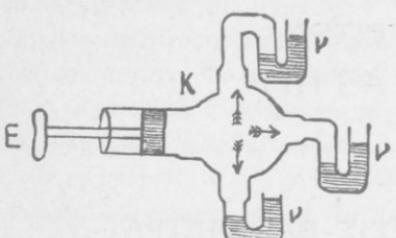
124. **Συμπιεστὸν καὶ έλαστικότης τῶν ἀερίων.** — Τὰ ἀέρια εἶναι πολὺ μᾶλλον τῶν ὑγρῶν συμπιεστά· ὑφίστανται μεγάλην ἔλαστρωσιν τοῦ ὄγκου των ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν ἀσθενῶν δυνάμεων. Τὸ συμπιεστὸν τῶν ἀερίων ἀπεδείξαμεν μὲ τὸ **δι^τό** **δέρος** **πνυρεῖον**.

Τὰ ἀέρια εἶναι **τελείως έλαστικά**, ἀναλαμβάνουν δηλ. τὸν ὄγκον των, εὐθὺς ὡς παύσῃ ἡ συμπίεσις. Οὕτω ἔαν, ἀφοῦ συμπιέσωμεν ἀέριόν τι, ἀφήσωμεν ἐλεύθερον τὸ ἔμβολον, τοῦτο ἐπανέρχεται εἰς τὴν προτέραν θέσιν του ἔνεκα τῆς ἔλαστικότητος τοῦ ἀερίου.

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

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

Διὰ νὰ δείξωμεν τοῦτο, χρησιμοποιοῦμεν δοχεῖον (σχ. 92) φέρον



Σχ. 92.

τὰς διευθύνσεις καὶ ἀναγκάζει τὸ ὑγρὸν τῶν σωλήνων νὰ ἀνέλθῃ ἐξ ἵσου εἰς ἔκαστον σωλῆνα.

126. Βάρος τῶν ἀερίων. — Τὰ ἀέρια, ὅπως πάντα τὰ σώματα, ἔχουν βάρος (ἄν καὶ δὲν τὰ βλέπομεν νὰ πίπτουν). Διὰ νὰ ἀποδείξωμεν ὅτι ὁ ἀὴρ π.χ. ἔχει βάρος, ἔξαρτῷμεν ἐκ τοῦ ἐνὸς δίσκου πολὺ εὐπαθοῦς ζυγοῦ σφαιραῖς ὑαλίνην, τῆς δποίας ὁ λαιμὸς φέρει στρόφιγγα, καὶ τὴν ἴσορροποῦμεν (σχ. 93) διὰ χόνδρων μολύβδου. Ἀφαιροῦμεν κατόπιν τὴν σφαιρὰν καὶ ἔξαγομεν ἐξ αὐτῆς τὸν ἀέρα δόσον τὸ δυνατὸν τελειότερον, κλείομεν τὴν στρόφιγγα καὶ τὴν ἔξαρτῷμεν ἐκ νέου ἐκ τοῦ αὐτοῦ δίσκου τοῦ ζυγοῦ. Ἡ ἴσορροπία καταστέφεται καὶ ἡ φάλαγξ κλίνει πρὸς τὸ μέρος τῶν χόνδρων· συνεπῶς ὁ ἀὴρ ἔχει βάρος. Διὰ νὰ ἐπαναφέρωμεν τὴν ἴσορροπίαν, πρέπει νὰ προσθέσωμεν εἰς τὸν ἄνωθεν τῆς σφαιρᾶς δίσκον γραμμάρια τινά, τὰ δποῖα παριστοῦν προφανῶς τὸ βάρος τοῦ ἀέρος, δστις ἔξηχθη ἐκ τῆς σφαιρᾶς.

Διὸ ἀκριβεστέρων πειραμάτων εὑρέθη, ὅτι μία κυβ. παλάμη ἀέρος ζυγίζει 1,293 γραμ. ἢ 1,3 γραμ. περίπου.

127. Ἀτμόσφαιρα. **Ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις.** — Ἡ ἀτμόσφαιρα εἶναι τὸ στρῶμα τοῦ ἀέρος, τὸ δποῖον περιβάλλει τὴν γῆν.



Σχ. 93.

‘Ο ἀτμοσφαιρικὸς ἀὴρ εἶναι μεῖγμα. Εἰς 100 κυβ. παλάμας ἀέρος ὑπάρχουν περίπου 21 κυβ. παλάμαι δέξυγόνου, 78 κυβ. παλάμαι ἀζώτου, 1 κυβ. παλάμη ἀργοῦ, ἵχνη ἄλλων ἀερίων (κρυπτοῦ, νέου, ξένου, ἥλιου), μικραὶ ποσότητες ὑδρατμοῦ 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.

‘Η ἐπιφάνεια τῆς γῆς ὑφίσταται πίεσιν ἵσην μὲ τὸ βάρος τῆς ἀτμοσφαίρας.

✓ Καλοῦμεν **ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν** τὴν πίεσιν, τὴν ὅποιαν ἔξασκεῖ ἡ ἀτμόσφαιρα ἐπὶ τῆς μονάδος τῆς ἐπιφανείας τῶν σωμάτων τῶν εὐρισκομένων πλησίον τοῦ ἔδαφους. ‘Η πίεσις αὕτη δὲν δύναται νὰ ὑπολογισθῇ, καθ’ ὅσον δὲν γνωρίζομεν οὔτε τὸ ὑψος τῆς ἀτμοσφαίρας, οὔτε τὸν νόμον τῆς ἐλαττώσεως τῆς πυκνότητος αὐτῆς, καθ’ ὅσον ἀνερχόμεθα. Δίδεται δῆμος ἀπ’ εὐθείας διὰ τοῦ πειράματος τοῦ Torricelli, ὅπως θὰ ἔδωμεν κατωτέρω.

Σημ. Εἰς 5500 μέτρα ἀνωθεν τοῦ ἔδαφους, ἡ στήλη τοῦ ἀέρος χάνει τὸ ἥμισυ τοῦ βάρους της. Παραδέχονται ὅτι ἀνωθεν τοῦ στρωμάτος τοῦ ἀέρος ἔξι δέξυγόνου καὶ ἀζώτου ὑπάρχει ἀτμόσφαιρα ἔξι ἐλαφρῶν ἀερίων, ὅπως τὸ ὑδρογόνον, ἡ ὅποια δύναται νὰ ἐκτείνεται μέχρι πολὺ μεγάλου ὑψους. Πάντως, τὰ ἔξωτερικὰ στρώματα τῆς ἀτμοσφαίρας δὲν φθάνουν τὸ δριόν, ὅπου ἡ φυγόκεντρος δύναμις μηδενίζει τὴν βαρύτητα ἀλλως θὰ διεσπείροντο εἰς τὸ διάστημα.

128. **Συνέπειαι τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως.** — ‘Η ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις παρέρχεται συνήθως ἀπαρατήρητος, διότι αἱ πιέσεις αἱ ὅποιαι ἔξασκονται ὑπὸ τῆς ἀτμοσφαίρας ἐπὶ τινος ἀντικειμένου λοορροποῦν 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 δριόν περιέχεται ἐντὸς τοῦ ποτηρίου, εἶναι μικρότερον ἀπὸ τὴν πίεσιν τὴν ὅποιαν ἔξασκεῖ ἡ ἀτμόσφαιρα ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἀνω (σχ. 94).

β) Ἐὰν βυθίσωμεν ἐντὸς τοῦ ὕδατος σωλῆνα ὑάλινον καὶ ἀναρ-

ροφήσωμεν τὸν ἀέρα ἀπὸ τὸ ἀνώτερον ἄκρων τοῦ σωλῆνος, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι τὸ ὑδωρ ἀνέρχεται ἐντὸς αὐτοῦ. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὴν πίεσιν, τὴν δποίαν ἔξασκεῖ ἡ ἀτμόσφαιρα

ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος τοῦ εύρισκομένου εἰς τὸ δοχεῖον. Πρὸ τῆς ἀναρροφήσεως ἡ πίεσις αὕτη ἔξησκεῖτο ἐξ ἴσου καὶ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος καὶ ἐκτὸς αὐτοῦ. Μετὰ τὴν ἀναρρόφησιν ἔξελιπεν ἡ ἐσωτερικὴ πίεσις, ἡ δποία ἔξουδετερωνε τὴν ἐξωτερικὴν καὶ τὸ ὑγρὸν ἀνῆλθεν εἰς τὸν σωλῆνα.



Σχ. 94.

γ) *Πελραμα τῶν ἡμισφαιρίων τοῦ Magdeburgiorum*.—‘Η συσκευὴ αὕτη, ἐπινοηθεῖσα

ὑπὸ τοῦ Otto de Guericke, δημάρχου τοῦ Μαγδεβούργου, συνίσταται ἀπὸ δύο κοίλα ἡμισφαιρία δρειχάλκινα, (σχ. 95) ἐφηρμοσμένα τὸ ἐν ἐπὶ τοῦ ἄλλου διὰ τῆς μεσολαβήσεως δερματίνου δακτυλίου ἀλειμμένου διὰ στέατος. Τὸ κατώτερον ἡμισφαιρίον φέρει καὶ στρόφιγγα εἰς τὸν πόδα αὐτοῦ, διὰ τοῦ δποίου κοχλιοῦται ἐπὶ τῆς ἀεραντλίας.

Ἐφ’ ὅσον τὰ ἡμισφαιρία περιέχουν ἀέρα, ἀποχωρίζονται εὐκόλως, διότι ἡ πίεσις τὴν δποίαν ἔξασκεῖ ἡ ἀτμόσφαιρα ἔξουδετεροῦται ἀπὸ τὴν πίεσιν τοῦ ἐσωτερικοῦ ἀέρος· ἀλλ’ ὅταν οὗτος ἀφαιρεθῇ, ἀπαιτεῖται μεγάλη δύναμις ὅπως ἀποχωρισθοῦν τὰ ἡμισφαιρία.

129. Μέτρησις τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως.—

Πελραμα τοῦ Torricelli.—Ο Torricelli, μαθητὴς τοῦ Γαλιλαίου, ἔξετέλεσε τῷ 1643 πείραμα, διὰ τοῦ δποίου ὅχι μόνον ἀποδεικνύεται ἡ ὑπαρξία τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως, ἀλλὰ δύναται καὶ



Σχ. 95.

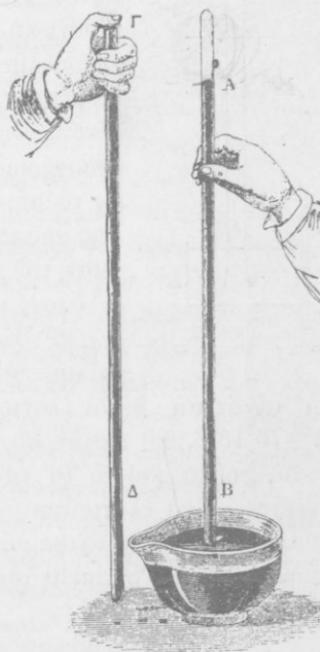


νὰ μετρηθῇ. Τὸ πείραμα τοῦτο ἐπαναλαμβάνομεν ὡς ἔξῆς:

Πληροῦμεν τελείως μὲν ὑδράργυρον ὑάλινον σωλῆνα μήκους 80 ἐκατοστομέτρων καὶ ἐσωτερικῆς διαμέτρου 6-7 χιλιοστομέτρων, κλειστὸν κατὰ τὸ ἐν αὐτοῦ ἄκρον (σχ. 96). Ἀφοῦ κλείσωμεν τὸ ἀνοικτὸν ἄκρον διὰ τοῦ δακτύλου, ἀναστρέφομεν αὐτὸν καὶ τὸν ἐμβαπτίζομεν ἐντὸς λεκάνης πλήρους ὑδραργύρου. Ἀποσύροντες τὸν δάκτυλον, βλέπομεν ὅτι ὁ ὑδράργυρος καταπίπτει καὶ σταματᾷ εἰς ὕψος 76 περίπου ἐκατοστομέτρων ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας αὐτοῦ εἰς τὴν λεκάνην, ἀφῆνων οὕτω ἄνωθέν του χῶρον κενόν, ὃ δποῖος λέγεται **βαρομετρικὸς θάλαμος.**

Ἐξ ἡγησις. — Θεωρήσωμεν δύο μονάδας ἐπιφανείας, τὴν μὲν μίαν β' ἐπὶ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου τῆς λεκάνης, τὴν δὲ ἄλλην β' ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ὁρίζοντιον ἐπιπέδου, ἀλλ' ἐντὸς τοῦ σωλῆνος (σχ. 97). Ἐπειδὴ αἱ δύο αὗται ἐπιφάνειαι εὐρίσκονται εἰς τὸ αὐτὸ δοριζόντιον ἐπίπεδον ὑγροῦ εὑρισκομένου ἐν ἴσορροπίᾳ, ὑφίστανται τὴν αὐτὴν πίεσιν. Καὶ ἐπὶ μὲν τοῦ στοιχείου β' ἐπιφέρεται ἀμέσως ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις, ἐνῷ ἐπὶ τοῦ β' τὸ βάρος τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης καὶ μόνον, διότι κατὰ τὸ αἱ, ὑπεράνω τοῦ ὑδραργύρου, ὑπάρχει χῶρος κενός. Συμπεραίνομεν λοιπόν, ὅτι ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις ἴσορροπεῖ τὸ βάρος τῆς ἀνυψωμένης στήλης τοῦ ὑδραργύρου.

130. Τιμὴ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως. — Ἡ ἀτμοσφαιρικὴ λοιπὸν πίεσις, ἐπὶ ἐπιφανείας ἐνὸς τετραγωνικοῦ ἐκατοστομέτρου, εἴναι τὸ βάρος στήλης ὑδραργύρου, ἡ δποία ἔχει βάσιν ἐν τετραγ. ἐκατοστόμετρον καὶ ὕψος τὴν κατακόρυφον ἀπόστασιν τῶν ἐπιφανειῶν τοῦ ὑδραργύρου εἰς τὸν σωλῆνα καὶ τὴν λεκάνην. Διὶ ὕψος 76 ἔκατ. ἡ ἀνυ-



Σχ. 96.

ψωμένη στήλη ἔχει βάρος $1.76 \cdot 13,6 = 1033,6$ γρ. Τὸ βάρος τοῦτο εἰς δύνας εἶναι περίπου 1033.980. Καλοῦμεν τοῦτο πίεσιν **μιᾶς ἀτμοσφαιρικῆς.**

Παρατηρήσεις.—*α)* Ἐὰν ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις μένη σταθερά, καὶ τὸ κατακόρυφον ὑψος τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης ἐντὸς τοῦ σωλῆνος μένει σταθερόν. Εἶναι δὲ ἀνεξάρτητον τοῦ σχήματος, τῆς διαμέτρου καὶ τῆς κλίσεως τοῦ σωλῆνος. Πράγματι, ἐὰν ἀναστρέψωμεν ἐντὸς τῆς αὐτῆς λεκάνης σωλῆνας τοῦ Torricelli διαφόρων σχημάτων καὶ διαμέτρων, ἄλλους κατακορύφους καὶ ἄλλους κεκλιμένους, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι αἱ ἐπιφάνειαι τοῦ ὑδραργύρου εἰς ὅλους τοὺς σωλῆνας, θὰ εὑρίσκωνται εἰς τὸ αὐτὸ δριζόντιον ἐπίπεδον καὶ ὅτι ἡ κατακόρυφος ἀπόστασις τοῦ ἐπιπέδου τούτου ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ὑδραργύρου ἐν τῇ λεκάνῃ θὰ εἶναι ἡ αὐτὴ δι' ὅλους τοὺς σωλῆνας.



Σχ. 97.

β) Ἐὰν ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις αὐξάνεται ἡ ἐλατοῦται, καὶ τὸ ὑψος τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης πρέπει νὰ αὐξάνεται ἡ νὰ ἐλαττοῦται συγχρόνως. Διότι, εἰς τὸν τύπον $\Delta = 76.13,6 \cdot 980$ 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 σωλῆνας Torricelli τοποθετημένους εἰς διάφορα ὑψη, ὡς θὰ μάθωμεν κατωτέρω.

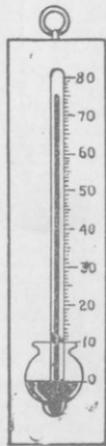
γ) Ἐὰν ἐπαναλάβωμεν τὸ πείραμα τοῦ Torricelli μὲ ἄλλο ὑγρόν, τὸ ὑψος τῆς στήλης τοῦ ὑγροῦ τούτου, ἡ δοία θὰ ισορρόπει τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν, θὰ εἶναι τόσας φορὰς μεγαλείτερον, ὅσας φορὰς τὸ ὑγρὸν θὰ εἶναι διλιγώτερον πυκνόν.

Ἐφαρμογαί. Ὁ Πασκάλ, διὰ νὰ ἐπιβεβαιώσῃ τὸ πείραμα τοῦ Torricelli, μετεχειρίσθη σωλῆνα μήκους 15 μέτρων, τὸν δοῖον ἐπλήρωσε μὲ ἐρυθρὸν οἶνον. Οὗτῳ διεπίστωσεν ὅτι τὸ ὑγρὸν τοῦτο, τὸ δοῖον εἶναι περίπου 13,5 φορὰς διλιγώτερον πυκνὸν ἀπὸ τὸν ὑδραργυρόν, ἀνυψώθη εἰς 10,40 μέτρα, δηλ. εἰς ὑψος περίπου 13,5 φορὰς μεγαλείτερον ἀπὸ τὸ τοῦ ὑδραργύρου.

102
131. Βαρόμετρα.—Τὰ βαρόμετρα εἶναι ὅγανα διὰ τῶν ὅποίων μετροῦμεν μετ' ἀκριβείας κατὰ πᾶσαν στιγμὴν καὶ εἰς πάντα τόπον τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν. Διότι ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις μεταβάλλεται ὅχι μόνον ἀπὸ τόπου εἰς τόπον, ἀλλὰ καὶ εἰς τὸν αὐτὸν τόπον.

Κοινὸν βαρόμετρον.—Τοῦτο εἶναι σωλὴν τοῦ Torricelli, στερεωμένος ἐπὶ κατακορύφου σανίδος, ἡ ὅποια ὑποβαστάζει ἀρκετὰ εὑρεῖαν λεκάνην περιέχουσαν ὑδράργυρον ἐντὸς τοῦ ὅποίου βυθίζεται ὁ σωλήν. Κατὰ μῆκος τοῦ ἀνωτέρου μέρους τοῦ σωλῆνος ὑπάρχει κλίμαξ, τῆς ὅποίας τὸ μηδὲν συμπίπτει πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ὑδραργύρου τῆς λεκάνης (σχ. 98). Ὁταν ἡ πίεσις αὐξάνεται καὶ ὁ ὑδράργυρος ἀνυψοῦται εἰς τὸν σωλῆνα, ἡ ἐπιφάνεια του εἰς τὴν λεκάνην κατέρχεται καὶ συνεπῶς δὲν ἀντιστοιχεῖ πλέον εἰς τὸ μηδὲν τῆς κλίμακος. Ἀλλ' ἡ μεταβολὴ αὕτη εἰς τὴν λεκάνην δὲν λαμβάνεται ὑπὸ ὅψιν, καθ' ὃσον αὕτη ἔχει διάμετρον πολὺ μεγαλειτέραν τῆς τοῦ σωλῆνος καὶ ἔπομένως αἱ ἀνυψώσεις καὶ καταπτώσεις τοῦ ὑδραργύρου ἐντὸς τοῦ σωλῆνος ἐπιφέρουν ἀνεπαίσθιτον μεταβολὴν τοῦ ὑψους τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου εἰς τὴν λεκάνην.

Βαρόμετρον τοῦ Fortin.—Τὸ βαρόμετρον τοῦτο ἀποτελεῖται κυρίως ἐκ κυλινδρικῆς λεκάνης ὑαλίνης (σχ. 99), ἡ ὅποια φέρει πυθμένα ἐκ δέρματος, ὅστις δύναται νὰ ἀνυψοῦται ἢ νὰ ταπεινοῦται διὰ μεγάλου κοχλίου εὑρισκομένου ὑπὸ αὐτῆν. Ἐπὶ τῆς ἀνωτέρας βάσεως τῆς κυλινδρικῆς λεκάνης εἶναι στερεωμένη λεπτὴ ἀκίς (a), ἐξ ἐλεφαντοστοῦ, τῆς ὅποίας ἡ αἰχμὴ πρόπει νὰ ἐφάπτεται πάντοτε τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου τῆς λεκάνης. Κατὰ τὸ μέσον τῆς βάσεως ταύτης ὑπάρχει ὅπῃ, διὰ τῆς ὅποίας διέρχεται ὁ βαρομετρικὸς σωλήν, τοῦ ὅποίου τὸ κατώτερον ἄνοικτὸν ἄκρον βυθίζεται ἐντὸς τοῦ ὑδραργύρου τὸν ὅποιον περιέχει ἡ λεκάνη. Ἰνα δὲ μὴ ὁ ὑδράργυρος ἔξερχεται ἐκ τῆς λεκάνης κατὰ τὴν μεταφορὰν τοῦ ὅργανου, ἡ ὅπῃ διὰ τῆς ὅποίας εἰσέρχεται ὁ βαρομετρικὸς σωλήν κλείεται καλῶς διὰ δέρματος, διὰ τῶν πόρων τοῦ ὅποίου μεταδίδεται ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις ἐπὶ τοῦ ὑδραργύρου τῆς λεκάνης. Τὸ κατώτερον μέρος τῆς λεκάνης περιβάλλεται μὲ δρειχαλκίνην θήκην, ἡ ὅποια διὰ τριῶν ἥλων συ-



Σχ. 98.

δέεται μετὰ τοῦ καλύμματος αὐτῆς. Καὶ δὲ βαρομετρικὸς σωλὴν ἐπίσης περιβάλλεται μὲν ὁρειχαλκίνην θήκην, ἥ δποίᾳ πρὸς τὸ ἀνώτερον μέρος φέρει ἀπέναντι ἄλλήλων δύο ἐπιμήκεις θυρίδας, διὰ τῶν δποίων διακρίνεται ἥ ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου ἐντὸς τοῦ σωλῆνος (κατὰ τὸ A, σχ. 100). Ἐπὶ τῆς θήκης ταύτης εἶναι χαραγμέναι εἰς χιλιοστὰ τοῦ μέτρου αἱ διαιρέσεις τῆς κλίμακος, τῆς δποίας τὸ μηδὲν ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν αἰχμὴν τῆς ἀκίδος.

Ἡ ὁρειχαλκίνη θήκη εἰς τὸ ἀνώτερον μέρος φέρει δακτύλιον (Γ), διὰ τοῦ δποίου ἔξαρτᾶται τὸ ὅργανον ἐκ σταθεροῦ ὑποστηρίγματος οὗτως, ὥστε δὲ σωλὴν αὐτοῦ νὰ εἴναι κατακόρυφος.

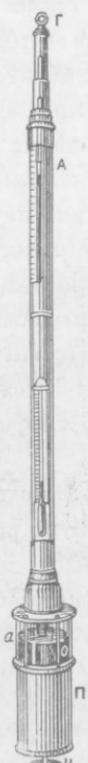
Προκειμένου νὰ προσδιορίσωμεν τὸ βαρομετρικὸν ὕψος εἰς τόπον τινά, στρέφομεν τὸν κοχλίαν τῆς κινητῆς βάσεως τῆς λεκάνης, μέχρις ὃτου, ἥ ἐπιφάνεια τοῦ ἐντὸς αὐτῆς ὑδραργύρου ἔλθῃ ἀκριβῶς εἰς ἐπαφὴν μετὰ τῆς αἰχμῆς τῆς ἀκίδος καὶ κατόπιν ἀναγινώσκομεν μετὺ τίνος διαιρέσεως τῆς κλίμακος συμπίπτει ἥ κυρτὴ ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου εἰς τὸν σωλῆνα.

Προκειμένου δὲ νὰ μετακομίσωμεν τὸ ὅργανον, στρέφομεν τὸν κοχλίαν, μέχρις ὃτου πληρωθῇ καὶ ἡ λεκάνη καὶ δὲ βαρομετρικὸς σωλὴν διὸ ὑδραργύρου, δπότε δὲν ὑπάρχει φόβος ἥ κροῦσις τοῦ ὑδραργύρου νὰ θραύσῃ τὸν σωλῆνα.]

132. Μεταλλικὰ βαρόμετρα.—Τὰ βαρόμετρα ταῦτα συνίστανται κυρίως ἐκ μεταλλικοῦ τυμπάνου λεπτοῦ, ἔρμητικῶς κλειστοῦ καὶ περιέχοντος πολὺ ἀραιοθέντα ἀέρα. Ἐνεκα τῶν μεταβολῶν τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως τὸ τύμπανον παραμορφοῦται, αἱ δὲ μικραὶ μετατο-



Σχ. 99.

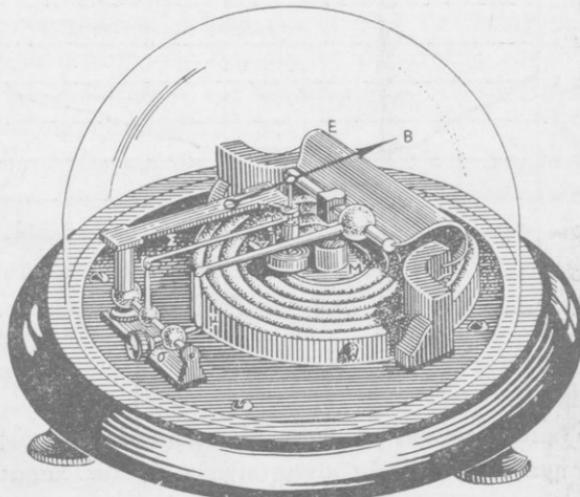


Σχ. 100.

πίσεις τοῦ ἐλαστικοῦ τοιχώματος, μεγαλοποιούμεναι διὰ συστήματος ποχλῶν ἐκδηλοῦνται διὰ κινήσεως βελόνης ἐπὶ τόξου βαθμολογημένου.

Τὰ βαρόμετρα ταῦτα βαθμολογοῦνται διὰ συγκρίσεως πρὸς βαρόμετρον ὑδραργυρικόν, ὡς λίαν δὲ εὐμετακόμιστα χοησιμοποιοῦνται εἰς πάσας τὰς παρατηρήσεις, αἱ δποῖαι δὲν ἀπαιτοῦν μεγάλην ἀκρίβειαν.

Εἰς τὸ βαρόμετρον τοῦ Vidi (σχ. 101) τὸ κενὸν τύμπανον ἔχει σχῆμα κυλινδρικῆς θήκης, τῆς δποίας ἢ μὲν κάτω βάσις εἶναι ἐπίπεδος, ἢ δὲ ἄνω φέρει συγκεντρικὰς αὐλακας, αἱ δποῖαι αὐξάνονται πολὺ

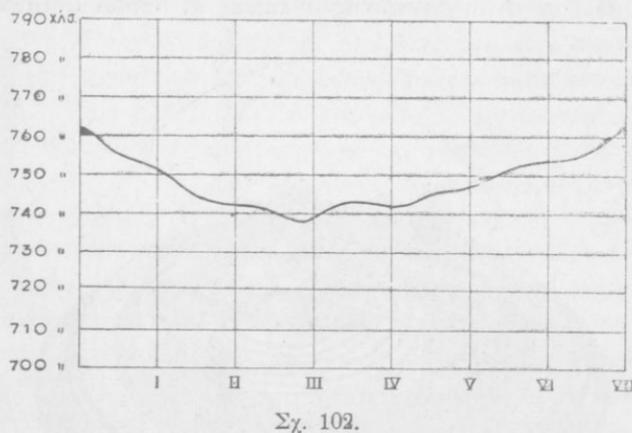


Σχ. 101.

τὴν εὐκαμψίαν αὐτῆς. Ἰσχυρὸν ἐλατήριον προσηλωμένον εἰς τὸ μέσον τῆς θήκης διαιτηρεῖ τὰς βάσεις ἀπομακρυσμένας ἀπὸ ἀλλήλων παρὰ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν ἥτις τείνει νὰ τὰς πλησιάσῃ. Ὅταν ἡ πίεσις αὐξάνεται, ἡ ἀνωτέρα βάσις κοιλαίνεται, καὶ ἡ κάμψις αὕτη προκαλεῖ τὴν κατακόρυφον μετατόπισιν βραχείας καὶ παχείας μεταλλικῆς στήλης Μ προσηλωμένης εἰς τὸ κέντρον τῆς ἀνω βάσεως. Ἡ κίνησις αὕτη μεταδίδεται διὰ τῆς μεσολαβήσεως τοῦ ἴσχυροῦ ἐλατηρίου Ε, τῶν συνηρθόμενων στελεχῶν μ καὶ τοῦ ἀξονος σ, εἰς μικρὰν ἀλυσιν Σ, ἡ δποία εἶναι σταθερῶς τεταμένη διὰ μικροῦ σπειροειδοῦς ἐλατηρίου

καὶ περιτυλίσσεται ἐπὶ μικρᾶς τροχαλίας, τῆς δποίας δ ἄξων φέρει τὴν βελόνην. Ἡ βελόνη οὕτω μετακινεῖται ὑπεράνω πλαισίου διηρημένου, τὸ δποίον εἰς τὸ σχῆμα ἔχει ἀφαιρεθῆ διὰ νὰ καταστῇ τοῦτο εὐκρινέστερον.

Γραφικὴ παράστασις τῶν πιέσεων.—Τὰς μεταβολὰς τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως παριστῶμεν γραφικῶς ὡς ἔξης: Λαμβάνομεν δύο ἄξονας ὁρθογωνίους, τὸν ἄξονα τῶν ὠρῶν (δριζόντιον) καὶ τὸν ἄξονα



Σχ. 102.

τῶν πιέσεων (κατακόρυφον, σχ. 102). Μία καμπύλη συνεχής διέρχεται διὰ τῶν σημείων τὰ δποῖα ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰς παρατηρηθείσας πιέσεις.

133. *"Ετεραι χρήσεις τῶν βαρομέτρων.*—Α) *Πρόγνωσις τοῦ καιροῦ.* Αἱ μεταβολαὶ τοῦ βαρομετρικοῦ ὑψους παρέχουν χρησίμους ἐνδείξεις διὰ τὴν πρόγνωσιν τοῦ καιροῦ. Οἱ βορειοανατολικοὶ ἄνεμοι προκαλοῦν ὑψωσιν τοῦ βαρομέτρου, ἐπειδὴ ὁ ψυχρὸς ἄὴρ εἶναι πυκνότερος τοῦ θερμοῦ· ἐπὶ πλέον, ἐπειδὴ διέρχονται σχεδὸν μόνον διὰ ἡπείρων, εἰνε ὀλίγον ὑγροὶ καὶ ἡ ἀφιξίς των προαγγέλλει κατὰ κανόνα καλοκαιρίαν. Τουναντίον, οἱ νοτιοδυτικοὶ ἄνεμοι, θερμοὶ καὶ ὑγροί, προκαλοῦν κατάπτωσιν τοῦ βαρομέτρου καὶ προαγγέλλουν συνήθως βροχήν. Στηριζόμενοι ἐν μέρει ἐπὶ τῶν γενικῶν τούτων παρατηρήσεων, παραδεχόμεθα γενικῶς διὰ τὰ πρὸς πρόγνωσιν τοῦ καιροῦ προοριζόμενα βαρόμετρα εἰδικὴν βαθμολογίαν (καταιγίς, ραγδαία βροχή,

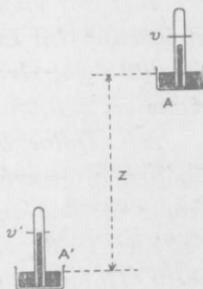
βροχὴ ἢ ἄνεμος, μεταβλητὸς καιρός, ὡραῖος καιρός, ὡραῖος σταθερός καιρός, πολὺ ἔηρός.

Σημ. Αἱ τοιαύτης φύσεως ἐνδείξεις αἱ παρεχόμεναι ὑπὸ τοῦ βαρομέτρου δὲν εἶναι ἀπόλυτοι. Ἐὰν θέλωμεν νὰ ἔχωμεν πρόγνωσιν τοῦ πιθανοῦ καιροῦ, πρέπει νὰ λάβωμεν ὑπὸ ὅψιν ὅχι μόνον τὰς μεταβολὰς τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως, ἀλλὰ καὶ τὰς μεταβολὰς τῆς θερμοκρασίας, τὴν ὅψιν τοῦ οὐρανοῦ καὶ τὰ προγνωστικά, τὰ διόποια δι᾽ ἔκαστον τόπου ἢ πεῖρα 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 ἀνυψώσεως τῆς στήλης, τροπὴν δὲ ἐπὶ τὰ χειρόω διὰ τὴν περίπτωσιν τῆς καταπτώσεως. Αἱ ἀπότομοι μετακινήσεις προοιωνίζουν καταγίδας.

Τὰ πλεῖστα τῶν κρατῶν τῆς Εὐρώπης ἔχουν διογγανώσει τακτικὴν ὑπηρεσίαν βαρομετρικῶν παρατηρήσεων, ἐκτελουμένων κατὰ τὴν αὐτὴν ὥραν καὶ κανδρὸν ἑκάστην ἡμέραν. Αἱ παρατηρήσεις αὗται συγκεντρούμεναι χρησιμεύουν εἰς τὴν σύνταξιν τῶν δελτίων τῆς προγνώσεως τοῦ καιροῦ. Αἱ δὲ σχετικαὶ πληροφορίαι μεταδίδονται διὰ τοῦ ἀσυρμάτου πολλάκις τῆς ἡμέρας.

B) **Ψυμέτρησις.**—Ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις ἐπὶ τῆς μονάδος τῆς ἐπιφανείας ὀφείλεται εἰς τὸ βάρος τῆς στήλης τοῦ ἀέρος ἢ διόποια πιέζει ταύτην. Ὅταν παρατηρῶμεν τὸ βαρόμετρον εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἐδάφους A' , τοῦτο δεικνύει π. χ. υ' ἑκατοστόμετρα (σχ. 103). Ἐὰν ὅμως ἀνέλθωμεν εἰς τὸ A , εἰς ὑψος Z , ἢ πίεσις θὰ ἐλαττωθῇ κατὰ τὸ βάρος τῆς στήλης τοῦ ἀέρος, ἢ διόποια εὑρίσκεται μεταξὺ A' καὶ A . Ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου συνεπῶς κατέρχεται. Ἔστω υ ἐκ τὸ ὑψος τοῦ ὑδραργύρου εἰς τὸ βαρόμετρον A . Ἡ ἐλάττωσις αὕτη $u'-u=\lambda$ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως μετρεῖται ἀφ' ἑνὸς μὲν διὰ τοῦ βάρους στήλης ἀέρος ὑψους Z ἐκατ., ἀφ' ἑτέρου δὲ διὰ τοῦ βάρους ὑδραργυρικῆς στήλης ὑψους λ ἐκατ. Τὰ δύο ταῦτα βάρη λοιπόν, ἐκπεφρασμένα εἰς γραμμάρια, εἶναι ἵσα. Ἐχομεν ἄρα :

$$1.Z.0,001293 = 1.\lambda. 13,6$$



Σχ. 103.

$$\text{ξε } \bar{\lambda} \text{ ισ } \frac{Z}{\lambda} = \frac{13,6}{0,001293}.$$

Σημ. Εάν $\lambda = 0,001$ μέτρα, έχομεν :

$$\frac{Z}{0,001} = \frac{13,6}{0,001293} \quad \text{η} \quad Z = \frac{13,6 \cdot 0,001}{0,001293} = 10,5 \text{ μέτρα περίπου.}$$

Ο άνωτέρω υπολογισμὸς προϋποθέτει ότι ή θερμοκρασία είναι 0, ότι δὲ ἀλήρ είναι ἀσυμπίεστος, ότι τὸ εἰδικὸν βάρος τοῦ ὑδραργύρου είναι τὸ αὐτὸν εἰς πᾶν ὄψιν. Οὐδεμία ὅμως τῶν υποθέσεων τούτων ἀληθεύει· ή θερμοκρασία, μεταβλητή, ὡς γνωρίζομεν, εἰς ἕκαστον τόπον, ἐλαττοῦται γενικῶς μετὰ τοῦ ὄψους, τοῦτο δὲ ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα νὰ συστέλλῃ τὸν ἀριθμὸν τὸ βάρος του. Οἱ ἀληρ τῶν κατωτέρων στρωμάτων συνθλιβόμενος ὑπὸ τῶν ἀνωτέρων καταλαμβάνει ὅγκον μικρότερον καὶ συνεπῶς είναι πυκνότερος. Τέλος, ή ἔντασις τῆς βαρύτητος ἐλαττοῦται αὐξανομένου τοῦ ὄψους καὶ δὲ ὑδραργυρος καθίσταται διλιγότερον πυκνός. Διὰ τοῦτο δὲ υπολογισμὸς οὗτος ἐφαρμόζεται μόνον διὰ μικρὰ ὄψη. Διὰ μεγάλα ὄψη γίνεται χρῆσις εἰδικῶν τύπων.

Προβλήματα

1ον. Νὰ υπολογισθῇ εἰς δύνας η πίεσις, τὴν δποίαν ἐπιφέρει η ἀτμοσφαίρα ἐπὶ ἐπιφανείας ἐνδὸς τετρ. ἐκατοστομέτρου, ὅταν τὸ βαρομετρικὸν ὄψος είναι 75 ἑκ. Πυκνότης ὑδραργύρου 13,596. (*Ἐν γραμμάριον = 980,68 δύνασις*).

2ον. Ποῖον θὰ ἔται τὸ ὄψος τῆς ἀτμοσφαίρας εἰς τόπον ἐνθα τὸ βαρομετρον δεικνύει 76, ἀν δὲ ἀλήρ εἶχε σταθερὰν πυκνότητα καὶ ἔντασις τῆς βαρύτητος δὲν μετεβάλλετο μετὰ τοῦ ὄψους;

3ον. Τὸ βαρομετρικὸν ὄψος είναι 76 εἰς τὴν βάσιν λόφου ὄψους 300 μ. Ποῖον θὰ είναι εἰς τὴν κορυφήν;

4ον. Ποία η πυκνότης τοῦ ἑλαίου, τὸ δποῖον ἀνέρχεται εἰς βαρομετρικὸν σωλήνα εἰς ὄψος 11,68 μ., ὅταν τὸ ὑδραργυρικὸν βαρομετρον δεικνύει 76 ἑκ.;

5ον. Πρόκειται νὰ κατασκευάσωμεν βαρόμετρον διὰ θεικοῦ δξέος (εἰδ. βάρος 1,8). Ποῖον τὸ ἐλάχιστον ὄψος, τὸ δποῖον πρέπει νὰ ἔχῃ δὲ βαρομετρικὸς σωλήνη;

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Β'

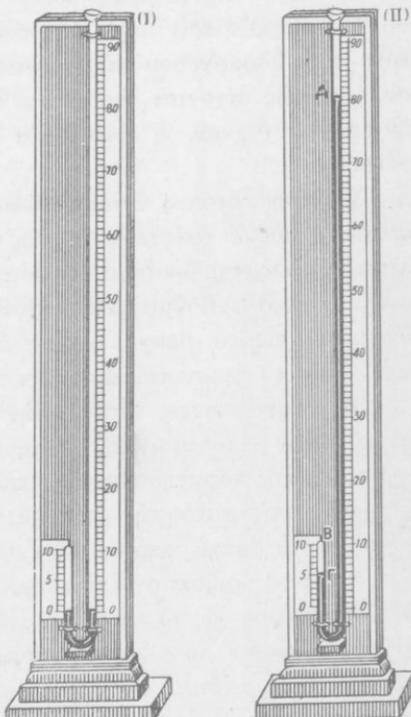
ΣΥΜΠΙΕΣΤΟΝ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ

134. Συμπιεστὸν καὶ ἐλαστικότης τῶν ἀερίων. — Ὅταν συμπιέζωμεν βαθμηδὸν ἐν ἀεριον, ὅπως π.χ. εἰς τὸ δι' ἀέρος πυρεῖον, αἰσθανόμεθα ἀντίστασιν ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον μεγάλην. Τοῦτο προέρχεται ἐκ τοῦ ὅτι, ὅσον ὁ ὅγκος τοῦ ἀερίου ἐλαττοῦται, τόσον ἡ ἐλαστική του δύναμις αὐξάνεται.

Ο νόμος τοῦ συμπιεστοῦ τῶν ἀερίων ἀνευρέθη σχεδὸν συγχρόνως ὑπὸ τοῦ Μαριότου ἐν Γαλλίᾳ καὶ τοῦ Boyle ἐν Ἀγγλίᾳ.

135. Μεταβολαὶ τῆς ἐλαστικῆς δυνάμεως τῶν ἀερίων.— 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 διποῖον εἶναι κλειστόν, ὑπάρχει κλῖμαξ, ἡ ὅποια δεικνύει ἵσας χωρητικότητας. Ἡ κατὰ μῆκος δὲ τοῦ μεγάλου σκέλους (τὸ διποῖον εἶναι ἀνοικτὸν) κλῖμαξ προσδιορίζει μήκη εἰς ἑκατοστόμετρα. Τὰ μηδενικὰ τῶν δύο κλιμάκων εὑρίσκονται ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ὅριζοντίου ἐπιπέδου.

Χύνομεν διὰ τοῦ ἀνοικτοῦ ἄκρου ἐντὸς τοῦ σωλῆνος δλίγον ὑδράργυρον· τότε ἐντὸς τοῦ μικροῦ σκέλους ἔγκλείεται ἀήρ, ὅστις συμπιεζό-



Σχ. 104.

μενος ἀντιδοξ̄ καὶ ἀνυψοῖ τὸν ὑδράργυρον εἰς τὸ μεγαλύτερον σκέλος κλίνοντες δλίγον τὸν σωλῆνα ἀφήνομεν νὰ ἔξελθῃ μέρος τοῦ ἐγκεκλεισμένου ἀέρος, δπότε αἱ ἐπιφάνειαι τοῦ ὑδραργύρου εἰς ἀμφότερα τὰ σκέλη ἔχονται εἰς τὸ αὐτὸ δριζόντιον ἐπίπεδον. Προσθέτοντες βαθμηδὸν ὑδράργυρον καὶ κλίνοντες δλίγον τὸν σωλῆνα ἐπιτυγχάνομεν, ὥστε αἱ δύο ἐπιφάνειαι τοῦ ὑδραργύρου νὰ εὑρίσκωνται εἰς τὸ δριζόντιον ἐπίπεδον τὸ διερχόμενον διὰ τοῦ μηδενὸς τῶν κλιμάκων. ⁷ Εχομεν τότε ἐγκεκλεισμένον εἰς τὸ βραχὺ σκέλος ὡρισμένον δγκον ἀέρος, π.χ. 10 κυβ. ἔκατ. ὑπὸ πίεσιν μιᾶς ἀτμοσφαίρας (διότι ἀμφότεραι αἱ ἐπιφάνειαι τοῦ ὑδραργύρου εὑρίσκονται εἰς τὸ αὐτὸ δριζόντιον ἐπίπεδον, συνεπῶς δέχονται ἀμφότεραι πίεσιν ἵσην μὲ τὴν ἀτμοσφαιρικήν, τὴν δποίαν δέχεται ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου εἰς τὸ ἀνοικτὸν σκέλος).

Χύνομεν κατόπιν ἐντὸς τοῦ σωλῆνος καὶ ἄλλον ὑδράργυρον⁸ ἡ ἐπιφάνεια αὐτοῦ ἀνέρχεται ταχέως εἰς τὸ ἀνοικτὸν σκέλος, ἐνῷ εἰς τὸ κλειστὸν ἀνέρχεται βραδέως ἔνεκα τῆς ἀντιδράσεως τοῦ ἐγκεκλεισμένου ἀέρος. ⁹ Εξακολουθοῦμεν οὕτω χύνοντες ὑδράργυρον, μέχρις δτου δγκος τοῦ εἰς τὸ βραχὺ σκέλος ἐγκεκλεισμένου ἀέρος γίνῃ 5 κυβ. ἔκατ., δηλ. τὸ ἥμισυ τοῦ ἀρχικοῦ.

¹⁰ Αναγιγνώσκοντες τότε εἰς τὴν κλίμακα τοῦ μεγάλου σκέλους τὴν κατακόρυφον ἀπόστασιν τῶν ἐπιφανειῶν τοῦ ὑδραργύρου εἰς ἀμφότερα τὰ σκέλη, παρατηροῦμεν δτι αὗτη ἴσοῦται ἀκριβῶς πρὸς τὸ βαρομετρικὸν ὑψος κατὰ τὴν στιγμὴν τοῦ πειράματος. ¹¹ Αρα δ ἐγκεκλεισμένος εἰς τὸ βραχὺ σκέλος ἀῃρετο εὑρίσκεται ὑπὸ πίεσιν 2 ἀτμοσφαιρῶν. Διότι τὸ δριζόντιον 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 δποίαν δέχεται εἰς τὸ ἀνοικτὸν σκέλος (δηλ. τὴν πίεσιν στήλης ὑδραργύρου ἵσης μὲ τὸ βαρομετρικὸν ὑψος ἡ δποία ἴσοῦται μὲ πίεσιν μιᾶς ἀτμοσφαίρας, καὶ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν ἡ δποία ἐπιφέρεται ἐπὶ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου εἰς τὸ σκέλος τοῦτο).

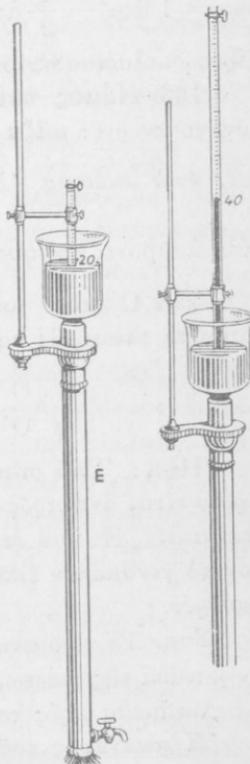
¹² Επομένως τοῦ δγκον τοῦ ἀέρος ὑποδιπλασιασθέντος ἡ ἐλαστική του δύναμις ἐδιπλασιάσθη.

¹³ Εὰν τὸ μῆκος τοῦ μεγάλου σκέλους τὸ ἐπιτρέπῃ, χύνομεν ἐντὸς αὐτοῦ καὶ ἄλλον ὑδράργυρον, μέχρι δτου δγκος τοῦ ἐγκεκλεισμένου

ἀέρος γείνη ἵσος πρὸς τὸ τρίτον τοῦ ἀρχικοῦ· θὰ παρατηρήσωμεν τότε ὅτι ἡ ἐλαστικὴ του δύναμις γίνεται τριῶν ἀτμοσφαιρῶν.

Β) Διὰ πιέσεις μικροτέρας τῆς ἀτμοσφαιρικῆς.—Πρὸς τοῦτο βυθίζομεν ἐντὸς βαθείας λεκάνης, ἥ ὅποια περιέχει ὑδραργυρον (σχ. 105), κυλινδρικὸν σωλῆνα ὑάλινον. Ὁ σωλὴν οὕτος φέρει πρὸς τὰ ἄνω στρόφιγγα ἀνοικτὴν καὶ κλίμακα ἥ ὅποια δεικνύει ἵσας χωρητικότητας. Αἱ ἐπιφάνειαι τοῦ ὑδραργύρου, κατὰ τὴν ἀρχὴν τῶν συγκοινωνύντων δοχείων, εὐρίσκονται εἰς τὸ αὐτὸ δριζόντιον ἐπίπεδον καὶ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος καὶ εἰς τὴν λεκάνην. Βυθίζομεν τὸν σωλῆνα μέχρι τῆς διαιρέσεως 20 καὶ κλείσμεν τὴν στρόφιγγα. Ἐχομεν τότε ἐντὸς τοῦ σωλῆνος ὅγκον ἀέρος 20 κυβ. ἔκατ. ὑπὸ πίεσιν μιᾶς ἀτμοσφαιράς (διότι αἱ ἐπιφάνειαι τοῦ ὑδραργύρου, καὶ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος καὶ εἰς τὴν λεκάνην, δέχονται τὴν αὐτὴν πίεσιν, ἵσην μὲ τὴν ἀτμοσφαιρικήν, τὴν δοιάν δέχεται ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου εἰς τὴν λεκάνην).

Ἀνασύρομεν κατόπιν τὸν σωλῆνα· ὁ ὅγκος τοῦ ἐγκεκλεισμένου ἀέρος αὐξάνεται, ἥ πίεσίς του δὲ ἐλαττοῦται, διότι ὁ ὑδραργυρος ἀνέρχεται ἐντὸς τοῦ σωλῆνος ὑπὲρ τὴν ἐπιφάνειαν αὐτοῦ εἰς τὴν λεκάνην. Ὅταν ὁ ὅγκος τοῦ ἐγκεκλεισμένου ἀέρος γίνῃ 40 κυβ. ἔκατ., στερεοῦμεν τὸν σωλῆνα εἰς τὴν θέσιν ταύτην καὶ μετροῦντες τὴν καταχόρυφον ἀπόστασιν τῶν ἐπιφανεῶν τοῦ ὑδραργύρου εἰς τὸν σωλῆνα καὶ εἰς τὴν λεκάνην εὑρίσκομεν αὐτὴν ἵσην πρὸς τὸ ἡμίσυ τοῦ βαρομετρικοῦ ὕψους κατὰ τὴν στιγμὴν τοῦ πειράματος. Ὁ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος ἀληθεύεισκεται ἥδη ὑπὸ πίεσιν ἡμισείας ἀτμοσφαιράς (διότι τὸ δριζόντιον ἐπίπεδον τὸ διερχόμενον διὰ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου εἰς τὴν λεκάνην δέχεται καὶ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος καὶ ἐκτὸς αὐτοῦ τὴν αὐ-



Σχ. 105.

τὴν πίεσιν, ἵσην μὲ τὴν ἀτμοσφαιρικήν, τὴν ὅποιαν δέχεται καὶ ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια αὐτοῦ εἰς τὴν λεκάνην).

Συνεπῶς, πίεσις ἐγκεκλεισμένου ἀέρος + βάρος ὑδραργυροῦ στήλης $\left(\frac{1}{2} \text{ ἀτμοσφαίρας}\right) = 1 \text{ ἀτμόσφαιρα.}$ Ἀρα πίεσις ἐγκεκλεισμένου ἀέρος = 1 ἀτμ. — $\frac{1}{2}$ ἀτμ. = $\frac{1}{2}$ ἀτμοσφαίρας). Ἡτοι τοῦ ὅγκου τοῦ ἀέρος διπλασιασθέντος, ἡ ἐλαστική δύναμις αὐτοῦ ὑπεδιπλασιάσθη.

136. Νόμος τοῦ Μαριόττου.—Ἐκ τῶν ἀνωτέρω πειραμάτων συνάγομεν ὅτι: μᾶζα τις ἀερίου ὅγκου O ὑπὸ πίεσιν P λαμβάνει, ὑπὸ πιέσεις $2P, 3P\dots$, ὅγκους $\frac{O}{2}, \frac{O}{3}\dots$ Ἐπίσης ἡ μᾶζα αὐτη λαμβάνει ὅγκους $2.O, 3.O\dots$ ὑπὸ πιέσεις $\frac{P}{2}, \frac{P}{3}\dots$

Ἐὰν O καὶ O' οἱ ὅγκοι μᾶζης ἀερίου εἰς τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν ὑπὸ πιέσεις P καὶ P' , θὰ ἔχωμεν:

$$\frac{O}{O'} = \frac{P'}{P} \quad \text{ἢ} \quad OP = O'P'.$$

Ἡτοι: "Υπὸ σταθερὰν θερμοκρασίαν, οἱ ὅγκοι δοθείσης μᾶζης ἀερίου εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογοι πρὸς τὰς πιέσεις, τὰς δοπιάς αὐτη ὑφίσταται. Ἡ: διὰ δεδομένην μᾶζαν ἀερίου εἰς τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν τὸ γινόμενον ἐκάστοτε τοῦ ὅγκου αὐτῆς ἐπὶ τὴν πίεσιν εἶναι σταθερόν.

Σημ. Τὸ γινόμενον τοῦτο εἶναι ὁ ὅγκος τοῦ ἀερίου, ἀναχθεὶς εἰς τὴν μονάδα τῆς πιέσεως.

Δυνάμεθα πρὸς τούτοις νὰ εἴπωμεν ὅτι:

"Ἡ πυκνότης τοῦ ἀερίου ὑπὸ σταθερὰν θερμοκρασίαν μεταβάλλεται ἀναλόγως πρὸς τὴν πίεσιν, τὴν δοπιάν τὸ ἀέριον ὑφίσταται.

Διότι ἔστω M ἡ μᾶζα ἀερίου, τὸ δοπίον ὑπὸ σταθερὰν θερμοκρασίαν καταλαμβάνει διαδοχικῶς τοὺς ὅγκους O καὶ O' ὑπὸ πιέσεις P καὶ P' , δὲ ἡ πυκνότης τοῦ ἀερίου τούτου ὑπὸ πιέσιν P καὶ δὲ ἡ πυκνότης του ὑπὸ πιέσιν P' . Θὰ ἔχωμεν: $\delta = \frac{M}{O}$ καὶ $\delta' = \frac{M}{O'}$.

Καὶ διαιροῦντες κατὰ μέλη ἔχομεν: $\frac{\delta'}{\delta} = \frac{O}{O'}$.

² Άλλὰ κατὰ τὰ ἀνωτέρω $\frac{O}{O'} = \frac{\Pi'}{\Pi}$. ² Αρα $\frac{\delta'}{\delta} = \frac{\Pi'}{\Pi}$.

Παραδείγματα. — α) ² Αέριον καταλαμβάνει ὅγκον 30 κυβ. ἐκατ. ὑπὸ πίεσιν 75 ἑκ. ὑδραργύρου· ποίαν πίεσιν πρέπει νὰ ἐπιφέρωμεν εἰς αὐτό, ἵνα ὁ ὅγκος του γίνη 8 κυβ. ἑκ.;

"Εστω χ ἑκ. ὑδραργύρους ἡ ζητούμενη πίεσις. Τότε θὰ ἔχωμεν $8.\chi = 75.30$, ἐξ ᾧ $\chi = \frac{75.30}{8} = 281$ ἑκ. ὑδραργύρου πεοίπου.

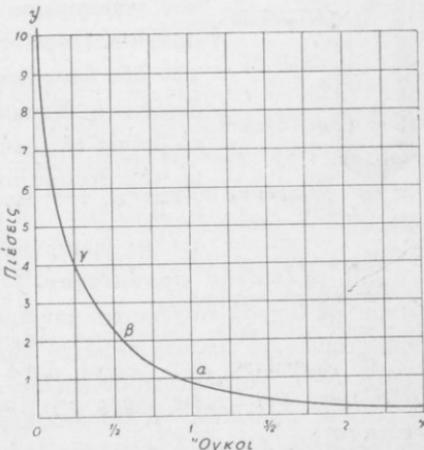
β) ² Αέριον καταλαμβάνει ὅγκον 22,4 κυβ. παλαμῶν ὑπὸ πίεσιν 1 χγρ. κατὰ τετρ. ἑκ. Ποῖος θὰ εἴναι ὁ ὅγκος του ὑπὸ πίεσιν 6 χγρ.;

Θὰ ἔχωμεν, ἐάν χ ὁ ζητούμενος ὅγκος, $6.\chi = 22,4.1$

$$\text{καὶ } \chi = \frac{22,4}{6} = 3,7 \text{ κυβ. παλ.}$$

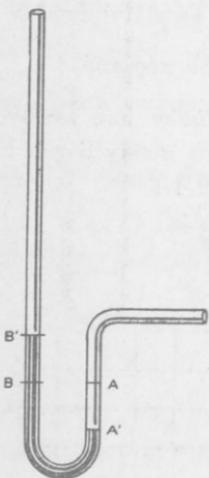
Γραφικὴ παράστασις τοῦ νόμου τοῦ Μαριώττου. Οἱ ἀνωτέρω νόμοις παρίσταται γραφικῶς διὰ καμπύλης (σχ. 106). Αἱ τομαὶ ταύτης μετὰ τῶν κατακορύφων μὲν γραμμῶν δεικνύουν τοὺς ὅγκους χ δοθείσης μάζης ἀερίου, μετὰ δὲ τῶν δριζοντίων τὰς ἀντιστοιχούσας πιέσεις.

137. Μανόμετρα. — Τὰ μανόμετρα μετροῦν τὴν κατὰ τετραγωνικὸν ἔκατοστόμετρον πίεσιν τῶν ἀερίων ἢ τῶν ἀτμῶν ἐντὸς κλειστῶν δοχείων. Βιομηχανικῶς ἐκφράζομεν τὰς πιέσεις εἰς χιλιόγραμμα βάρους ἢ εἰς ἀτμοσφαίρας (1,033 χγρ.). Εἰς τὰς μετρήσεις ἀκριβείας ὑπολογίζομεν τὰς πιέσεις εἰς δύνας.



Σχ. 106.

138. **Ανοικτὸν μανόμετρον* (σχ. 107). — Τοῦτο συνίσταται ἐκ σωλῆνος κεκαμμένου, ὃ δόποῖος περιέχει ὑδράργυρον. Ἡ πίεσις τοῦ ἀερίου ἔξασκεται διὰ τοῦ βραχέος σκέλους. Τὸ μακρὸν σκέλος εἶναι ἀνοικτόν. Αἱ ἐπιφάνειαι τοῦ ὑδραργύρου εὑρίσκονται εἰς τὸ αὐτὸν δριζόντιον ἐπίπεδον AB, ἐὰν ἡ πίεσις τοῦ ἀερίου ἰσοῦται μὲ τὴν ἀτμοσφαιρικήν. Ὁ ὑδράργυρος κατέρχεται εἰς τὸ βραχὺ σκέλος καὶ ἀνέρχεται εἰς τὸ ἄλλο, ἐὰν ἡ πίεσις τοῦ ἀερίου ὑπερβαίνῃ τὴν ἀτμοσφαιρικήν. Ἐὰν ἡ κατακόρυφος ἀπόστασις τῶν δύο ἐπιφανειῶν τοῦ ὑδραργύρου εἶναι A' B'=Y ἑκατ., ἡ πίεσις τοῦ ἀερίου ἰσοῦται μὲ τὸ βάρος στήλης ὑδραργύρου, βάσεως ἐνὸς τετραγωνικοῦ ἔκατοστοῦ καὶ ὕψους Π+Y, ἔνθα Π ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις εἰς στήλην ὑδραργύρου, ἐπὶ τοῦ B'. Ἐὰν Y=76, ἡ πίεσις τοῦ ἀερίου εἶναι δύο ἀτμοσφαιρῶν.



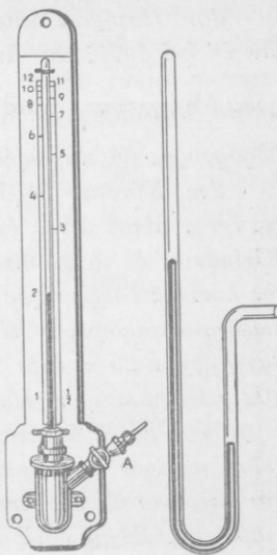
Σχ. 107.

Ἐὰν ἡ πίεσις τοῦ ἀερίου εἰς τὸ A εἶναι μικροτέρα τῆς ἀτμοσφαιρικῆς, ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου εὑρίσκεται ὑψηλότερον εἰς τὸ βραχὺ σκέλος. Ἐὰν Y ἡ κατακόρυφος ἀπόστασις τῶν δύο ἐπιφανειῶν τοῦ ὑδραργύρου, ἡ πίεσις τοῦ ἀερίου ἡ ἔξασκονμένη εἰς τὸ A, αὐξηθεῖσα κατὰ τὸ βάρος τῆς στήλης Y τοῦ ὑδραργύρου, ἰσοῦται μὲ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν Π, ἡ δούια ἔξασκεται εἰς τὸ B. Ἀρα ἡ πίεσις τοῦ ἀερίου ἰσορροπεῖται ὑπὸ στήλης ὑδραργύρου ζητεῖσθαι πρὸς Π—Y.

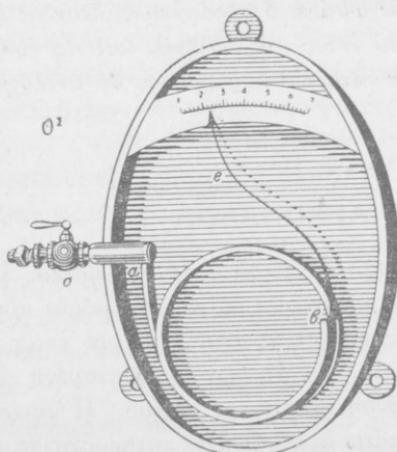
139. *Κλειστὸν μανόμετρον*. — Τοῦτο ἀποτελεῖται ἐκ σωλῆνος ὑαλίνου μὲ ἴσχυρὰ τοιχώματα κακαμμένου εἰς δύο κατακόρυφα σκέλη ἀνίσων τομῶν, ὃ δόποῖος περιέχει ὑδράργυρον εἰς τὸ κατώτερον μέρος του (σχ. 108). Τὸ πλατύτερον σκέλος A συγκοινωνεῖ μετὰ τοῦ ἀερίου, τοῦ δοπίου πρόκειται νὰ προδιορίσωμεν τὴν πίεσιν. Τὸ στενότερον εἶναι κλειστὸν ἄνω καὶ περιέχει ἀέρα ἔηρόν, τοῦ δοπίου ἡ ἐλαστικὴ δύναμις αὐξάνεται, δταν ὁ ὅγκος του ἐλαττοῦται. Ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου εὑρίσκεται εἰς τὸ αὐτὸν δριζόντιον ἐπίπεδον εἰς τὰ δύο σκέλη, ἐὰν ἡ πίεσις τοῦ ἀερίου ἰσοῦται μὲ τὴν πίεσιν τοῦ ἐγκεκλεισμένου ἀέρος. Ἐὰν ἡ πίεσις τοῦ ἀερίου αὐξάνεται, ὁ ὑδράργυρος ἀνέρχεται εἰς τὸ κλειστὸν σκέλος, καὶ συμπιέζει τὸν ἀέρα. Ὅταν παύσῃ νὰ

ἀνέρχεται ὁ ὑδραργυρος, ἡ πίεσις τοῦ ἀερίου θὰ ἴσοιται μὲ τὸ ἄθροισμα τῆς πιέσεως τοῦ πεπιεσμένου ἀέρος καὶ τῆς πιέσεως στήλης ὑδραργύρου ἵσης μὲ τὴν κατακόρυφον ἀπόστασιν τῶν ἐπιφανειῶν αὐτοῦ εἰς τὰ δύο σκέλη. Τὸ μάνιμετρον τοῦτο βαθμολογῖται συγκριτικῶς πρὸς ἀνοικτὸν μανόμετρον.

140. Μεταλλικὰ μανόμετρα.—Μανόμετρον τοῦ Bourdon. Τὰ μεταλλικὰ μανόμετρα, καθὼς καὶ τὰ μεταλλικὰ βαρόμετρα, στηρίζονται ἐπὶ τῆς παραμορφώσεως, τὴν ὅποιαν ὑφίστανται δοχεῖα μὲ ἔλαστικὰ μεταλλικὰ τοιχώματα ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν πιέσεως. Τὸ μανόμετρον τοῦ Bourdon, τὸ ὅποιον γενικῶς χρησιμοποιεῖται εἰς τὴν βιομηχανίαν, συνίσταται ἐκ μεταλλίνου σωλῆνος, κεκαμένου ἐλικοειδῶς εἰς μίαν καὶ ἡμίσειαν στροφὴν (σχ. 109). Ὁ σωλὴν οὗτος συγ-



Σχ. 108.



Σχ. 109.

κοινωνεῖ διὰ τοῦ ἀνοικτοῦ ἄκρου α μετὰ τοῦ ὑποδοχέως, ὃ ὅποιος περιέχει τὸ ἀέριον ἢ τὸν ἀτμόν, τοῦ ὅποίου πρόκειται νὰ μετρήσωμεν τὴν πίεσιν. Ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς πιέσεως 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.

Προβλήματα

1ον. Ποτήριον κυλινδρικὸν ὕψους 12 ἑκ. πλῆρες ἀέρος ὑπὸ πίεσιν 76 ἔκ. βυθίζεται ἀνεστραμμένον καὶ καθέτως ἐντὸς λεκάνης πλήρους ὑδραργύρου, κατὰ τὰ $\frac{3}{4}$ τοῦ ὕψους του. Μέχρι ποίου ὕψους ὁ ὑδραργύρος θὰ εἰσχωρήσῃ εἰς τὸ ποτήριον;

2ον. Χύνομεν ὑδραργύρου ἐντὸς βαρομετρικοῦ σωλῆνος, ἀφήνοντες ἐντὸς αὐτοῦ 15 κ. ἑκατ. ἀέρος ἔχον ὅπο τὴν ἔξωτερην πίεσιν. Κλείσαντες δὲ τὸ ἀνοικτὸν ἄκρον διὰ τοῦ δακτύλου, ἀναστρέφομεν ἐντὸς λεκάνης ὑδραργύρου καὶ ἀποσύρομεν τὸν δάκτυλον. Κρατοῦντες τὸν σωλῆνα κατακόρυφον ενδίσκομεν ὅτι δὲ μὲν ἐγκλεισθεὶς ἀήρ καταλαμβάνει ὅγκον 25 κ. ἑκατ., εἰς δὲ τὸν σωλῆνα ὑφοῦται στήλη ὑδραργύρου 302 χιλιοστομέτρων. Ποία ἡ ἔξωτερη ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις;

3ον. Ἐντὸς ἀνοικτοῦ μανομέτρου, τὸ δποῖον συγκοινωνεῖ μὲδοχεῖον περιέχον πεπιεσμένον ἀέρα, ὁ ὑδραργύρος ἀνέρχεται 570 χιλιοστὰ ὑπεράνω τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου τῆς λεκάνης (ὑποτιθεμένης σταθερᾶς). Τὸ βαρομετρικὸν ὕψος εἶναι 750 χμ. Ποία ἡ πίεσις τοῦ πεπιεσμένου ἀέρος;

4ον. Τὸ ὕψος τοῦ σωλῆνος πλειστοῦ μανομέτρου εἶναι 67,7 ἔκ. ὑπεράνω τοῦ σημείου, εἰς τὸ δποῖον φθάνει ὁ ὑδραργύρος, ὅταν αἱ ἐπιφάνειαι εἶναι εἰς τὸ αὐτὸν ὕψος καὶ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος καὶ εἰς τὴν λεκάνην διὰ πίεσιν 76 ἔκ. Λιὰ ποίαν πίεσιν ὁ ὑδραργύρος θὰ ἀνέλθῃ εἰς 35,2 ἔκ.;

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Γ'

ΑΕΡΟΣΤΑΤΑ - ΑΕΡΟΠΛΑΝΑ

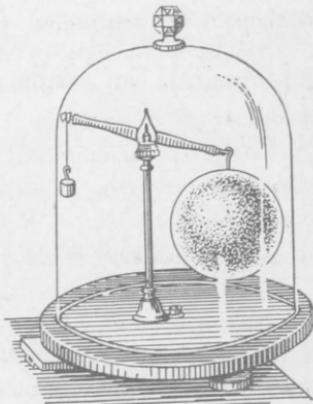
141. Αρχὴ τοῦ Αρχιμήδους.—Ἐπειδὴ ὁ ἀτμοσφαιρικὸς ἀήρ, καθὼς καὶ πάντα τὰ ἀέρια, ἔχουν βάρος, καὶ ἐπειδὴ τὰ μόρια αὐτῶν εἶναι πολὺ εὐκίνητα, ἐπιφέρουν, ὅπως καὶ τὰ ὑγρά, ἐπὶ τῶν ἐντὸς αὐτῶν ἐμβαπτισμένων σωμάτων πιέσεις, τῶν δποίων ἡ συνισταμένη εἶναι ἵση πρὸς τὸ βάρος τοῦ ἐκτοπιζομένου ὅγκου τοῦ ἀερίου. Ἡ συνισταμένη αὕτη, διευθυνομένη ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω κατακορύφως, καλεῖται καὶ ἐνταῦθα **ἀνωσίς**. 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 ἔτερον σφαιραν κοίλην (σχ. 110). Τὰ βάρη ταῦτα τοποθετοῦνται τοιουτοτρόπως, 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 σφαιρίας, τὸ δῶμαν ἀποδεικνύει ὅτι τὸ πραγματικὸν βάρος αὐτῆς εἶναι μεγαλύτερον ἔκεινου, τὸ δῶμαν παρουσιᾶζει εἰς τὸν ἀέρα. Ἡ ἰσορροπία δὲ τῶν δύο σωμάτων εἰς τὸν ἀέρα ἔξηγεται διὰ τῆς μεγαλυτέρας ἀνώσεως, τὴν δῶμαν ὑφίσταται ἐντὸς αὐτοῦ ἡ σφαιρα.

143. Διορθώσεις τῶν σταθμισεων.— Ἡ δύναμις, ἡ δῶματος ἐξασκεῖται ὑπὸ σώματος ἐπὶ τοῦ ἐνὸς τῶν δίσκων ζυγοῦ, εἶναι τὸ φαινόμενον βάρος του, τὸ δῶμαν 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 ἄνωσιν, τὴν δῶμαν ὑφίσταται εἰς τὸν ἀέρα. Αἱ ζυγίσεις λοιπὸν πρέπει νὰ ὑφίστανται διόρθωσιν καὶ ὡς πρὸς τὰ σταθμιστέα σώματα καὶ ὡς πρὸς τὰ σταθμά, τῶν δῶμαν ἡ τιμὴ ἔχει προσδιορισθῆ ἐις 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 δῶμας ἐγένετο ἡ στάθμισις. Τὸ πραγματικὸν βάρος τοῦ σώματος θὰ εἶναι χg.

Ο ὅγκος τοῦ σώματος εἶναι $\frac{\chi}{\delta}$, συνεπῶς ἡ ἄνωσις, δηλ. τὸ βάρος τοῦ ἐκτοπιζομένου ἀέρος, θὰ ἰσοῦται μὲ $\frac{\chi}{\delta} \cdot \text{ag.}$



Σχ. 110.

• Η ἐπὶ τοῦ ζυγοῦ λοιπὸν ἐνεργοῦσα δύναμις, τὸ φαινόμενον δηλ.
βάρος, θὰ εἴναι : $\chi g - \frac{\chi}{\delta} \cdot ag = \chi g \left(1 - \frac{a}{\delta}\right)$.

Ομοίως, ὅτι M γρ. ἡ τιμὴ τῶν σταθμῶν, τὰ ὅποια ἀντικατέστησαν τὸ σῶμα κατὰ τὴν διπλῆν στάθμισιν, καὶ δ' ἡ πυκνότης τοῦ μετάλλου τῶν σταθμῶν, τὸ φαινόμενον βάρος αὐτῶν θὰ εἴναι $Mg \left(1 - \frac{a}{\delta'}\right)$. Καὶ ἐπειδὴ κατὰ τὴν διπλῆν στάθμισιν αἱ δύο δυνάμεις εἴναι ἔσται, θὰ ἔχωμεν : $\chi g \left(1 - \frac{a}{\delta}\right) = Mg \left(1 - \frac{a}{\delta'}\right)$

$$\text{ὅθεν } \chi = M \frac{1 - \frac{a}{\delta'}}{1 - \frac{a}{\delta}} = M \frac{\delta(\delta' - a)}{\delta'(\delta - a)} \quad (1)$$

Η τοιαύτη περὶ τὰς σταθμίσεις ἀκρίβεια καθίσταται ἀπαραίτητος, διὰν πρόκειται νὰ εῦρωμεν τὸ βάρος ἀερίων ἢ ἀτμῶν.

Συνέπεια. — Ἐκ τῆς ἀνωτέρῳ ἀρχῆς τοῦ Ἀρχιμήδους προκύπτει, ὅτι πᾶν σῶμα ἐμβαπτισμένον εἰς τὸν ἀέρα ἢ εἰς οἰονδήποτε ἀερίουν ὑφίσταται τὴν ἐνέργειαν δύο δυνάμεων κατακορύφων καὶ ἀντιθέτου φορᾶς, τοῦ βάρους του B καὶ τῆς ἀνώσεως A τῆς ἔξασκουμένης ὑπὸ τοῦ ἀερίου. Ἔπομένως :

1ον) Ἐὰν $B > A$, τότε τὸ σῶμα πίπτει παρασυρόμενον ὅχι ὑπὸ τοῦ πραγματικοῦ του βάρους B , ἀλλὰ ὑπὸ τοῦ φαινομενικοῦ $B - A$.

2ον) Ἐὰν $B = A$, τὸ σῶμα ἀλωρεῖται 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 ὅποια ἀπομακρύνονται ἐκ τῆς ἑστίας, εἰς τοὺς ἀτμοὺς τοῦ ὄντας, εἰς τὰ ἀερόστατα κτλ.

144. **Αερόστατα.** — Ταῦτα εἴναι συνήθως σφαῖλαι ἐξ ἐλαφροῦ ὑφάσματος, αἱ ὅποιαι, πληρούμεναι ἀερίου ἐλαφροτέρου τοῦ ἀέρος τῶν κατωτέρων στρωμάτων τῆς ἀτμοσφαίρας, ἀνυψοῦνται ἐντὸς αὐτῆς συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τοῦ Ἀρχιμήδους (σχ. 111).

Τὰ πρῶτα ἀερόστατα κατεσκευάσθησαν ὑπὸ τῶν ἀδελφῶν Montgolfier καὶ ἐπληροῦντο διὰ θερμοῦ ἀέρος. Σήμερον πληροῦν τὰ ἀερό-

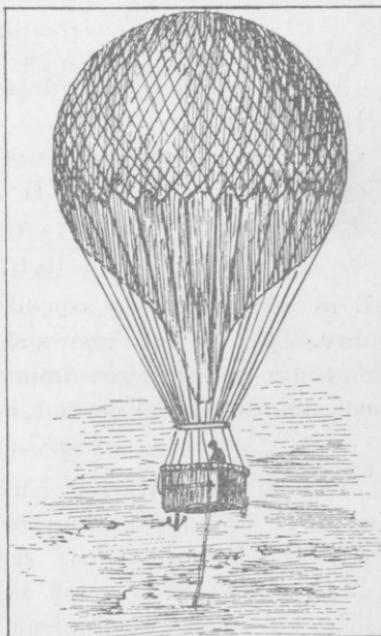
στατα διὰ φωταερίου ἢ διὸ οὐδογόνου, ἐνίστε δὲ καὶ διὸ ἡλίου, τὸ δποῖον ἔχει τὸ πλεονέκτημα νὰ είναι ἀκαυστον.

Κατασκευὴ τῶν ἀεροστάτων. — Τὰ συνήθη ἀερόστατα ἔχουν σχῆμα σφαιρικόν. Τὸ περίβλημα ἀποτελεῖται ἐκ δύο ὑφασμάτων μεταξύνων, μεταξὺ τῶν δποίων παρεντίθενται φύλλον ἐκ καυτσούκ. Τοιουτορόπως καθίστανται ἀδιαπέραστα ὑπὸ τῶν ἀερίων.

Τὸ περίβλημα καταλήγει εἰς τὸ κατώτερον μέρος του εἰς δπὴν συνδεομένην μὲ σωληνοειδῆ προεκβολήν, διὰ τῆς δποίας πληροῦται τὸ ἀερόστατον διὰ τοῦ ἐλαφροῦ ἀερίου καὶ διὰ τῆς δποίας ἐκφεύγει κατὰ τὴν ἀνάβασιν ἢ περίσσεια τοῦ ἀερίου εἰς τὴν περίπτωσιν ὑπερβολικῆς ἔξογκωσεως τοῦ ἀεροστάτου. Εἰς τὸ ἀνώτερον μέρος τὸ περίβλημα φέρει δπὴν κλειομένην διὰ δικλεῖδος, τὴν δποίαν δύνανται οἱ ἀεροναῦται νὰ ἀνοίξουν διὰ σχοινίου, τὸ δποῖον εἶναι προσδεδεμένον ἐπ' αὐτῆς. Τὸ ἀερόστατον καλύπτεται κατὰ τὸ ἀνώτερον μέρος του ὑπὸ σχοινίου πλέγματος, ἀπὸ τοῦ δποίου ἔξαρταται ἡ λέμβος· εἰς ταύτην ἐπιβαίνουν οἱ ἀεροναῦται καὶ τοποθετοῦνται διάφορα ὅργανα καὶ ἄλλα ἀντικείμενα π. χ. βαρόμετρον, θερμόμετρον, πυξίς, ἀνάλογον ἔζωμα (σάκκοι πλήρεις ἄμμου), σχοινίον μετ' ἀγκύρας κτλ. (σχ. 111).

Ἀνυψωτικὴ δύναμις τῶν ἀεροστάτων. — Ἡ ἀνυψωτικὴ δύναμις Δ ἀεροστάτου, θεωρουμένου ἀνευ τοῦ περικαλύμματος καὶ τῆς λέμβου του, εἶναι ἡ διαφορὰ μεταξὺ τοῦ βάρους B τοῦ ἐκτοπιζόμενου ἀέρος καὶ τοῦ βάρους β τοῦ ἐλαφροῦ ἀερίου, τὸ δποῖον πληροῖ τὸ ἀερόστατον, ἦτοι :

$$\Delta = B - \beta. \quad (1)$$



Σχ. 111.

25/1 Εὰν δὲ ή πυκνότης τοῦ ἀερίου ώς πρὸς τὸν ἀέρα, δηλ. ὁ λόγος τῶν βαρῶν β καὶ B, οἷσιν ὅγκων ἀερίου καὶ ἀέρος, ἵτοι $\delta = \frac{\beta}{B}$, θὰ ἔχωμεν, οἰαδήποτε καὶ ἀν εἶναι ή θερμοκρασία καὶ ή πίεσις, $B = \frac{\beta}{\delta}$.

"Αρα, ἀντικαθιστῶντες εἰς τὴν (1) ἔχομεν :

$$\Delta = \frac{\beta}{\delta} - \beta = \beta \left(\frac{1}{\delta} - 1 \right) = \beta \cdot \frac{1-\delta}{\delta}.$$

Δηλ. ὡρισμένον βάρος ἀερίου φανερώνει ὡρισμένην ἀνυψωτικήν δύναμιν.

Ἐστω π.χ. ἀερόστατον περιέχον κατὰ τὴν ἀναχώρησιν 100 κγρ. ὑδρογόνου, πυκνότητος 0,07. Ἡ ἀνυψωτική του δύναμις θὰ εἴνει

$$\Delta = 100 \cdot \frac{1-0,07}{0,07} = 1328 \text{ κγρ.}$$

Δηλ. τὸ μέγιστον βάρος περικαλύματος, δικτύου, σχοινίων, λέμβου, ἔρματος, δργάνων καὶ ἀεροναυτῶν δύναται νὰ εἴνει 1328 κγρ. Ἔὰν ὑποθέσωμεν ὅτι ἐκτὸς τοῦ ἀερίου του φέρει καὶ βάρος 1200 κγρ., ή πραγματικὴ ἀνυψωτικὴ δύναμις θὰ εἴνει :

$$\Delta_1 = 1328 - 1200 = 128 \text{ κγρ.}$$

Τὸ ἀερόστατον, τελείως πεπληρωμένον, ἀνέρχεται καὶ τὸ ἀερίον τείνει νὰ λάβῃ ὅγκον μεγαλείτερον, διότι ή ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις ἐλαττοῦται. Ἡ θυρὶς πληρώσεως, ενδισκομένη εἰς τὸ κατώτερον μέρος, ἐπιτρέπει νὰ ἔξελθῃ μέρος τοῦ ἀερίου, διότι ἄλλως τὸ ἀερόστατον θὰ διερρήγνυτο. Οὕτω, ἀνερχομένου τοῦ ἀεροστάτου, μέρος τοῦ ἀερίου ἔξερχεται καὶ συνεπῶς ή ἀνυψωτικὴ δύναμις ἐλαττοῦται, μέχρις ὅτου μηδενισθῇ, διπότε τὸ ἀερόστατον παύει νὰ ἀνέρχεται. Τότε θὰ εἴναι :

$$\beta \cdot \frac{1-\delta}{\delta} = \Pi$$

(ἔνθα Π τὸ βάρος τοῦ περικαλύμματος, τοῦ δικτύου κτλ.).

Νεκτ. Διὰ νὰ ἀνυψωθῇ ἀκόμη περισσότερον, πρέπει νὰ ἀπορριφθῇ μέρος τοῦ ἔρματος (σχ. 112).

Διὰ νὰ κατέλθῃ τὸ ἀερόστατον, πρέπει νὰ ἀφεθῇ νὰ ἐκφύγῃ μέ-

ρος τοῦ ἀερίου καὶ ἀντικατασταθῆ ὑπὸ ἀέρος, δστις εἶναι βαρύ-
τερος· πρὸς τοῦτο ἀνοίγουν τὴν δικλεῖδα σύροντες τὸ σχοινίον. Τότε
ἐκφεύγει ἀέριον καὶ εἰσέρχεται ἀήρ κάτωθεν, διότι σχηματίζεται ἐντὸς
τοῦ ἀεροστάτου ρεῦμα ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω, μεταξὺ τῶν δύο θυ-
ρίδων (τῆς θυρίδος πληρώσεως, ἣτις εἶναι ἀνοικτή, καὶ τῆς ἀνοιγεί-
σης δικλεῖδος).

Ἄπο τινων ἐτῶν, τοποθετοῦν ἐντὸς τοῦ ἀεροστάτου μικρὸν θύ-
λακον, τὸν δποῖον δύνανται
νὰ πληρώσουν μὲ ἀέρα διὰ
ψυστῆρος. Ὁ ἀήρ οὗτος δὲν
ἀναμιγνύεται μετὰ τοῦ ἀερίου·
διατηρεῖται τοιουτορόπως τὸ
ἀέριον καθαρὸν καὶ ἀφ' ἔτέ-
ρου τὸ ἀερόστατον διατηρεῖ τὸ
περίβλημά του τεταμένον.

**145. Διευθυνόμενα ἀε-
ρόστατα.**—Τὰ συνήθη ἀερό-
στατα παρασύρονται ὑπὸ τοῦ
ἀνέμου. Διὰ τοῦτο ἔζητησαν
νὰ κατασκευάσουν ἀερόστατα,
τὰ δποῖα νὰ δύνανται νὰ ἀν-
θίστανται ἐνάντιον τῶν ἀτμο-
σφαιρικῶν ρευμάτων καὶ νὰ
διευθύνωνται εἰς τὸν ἀέρα,
καθὼς τὰ πλοῖα εἰς τὸ θύρω.
Ἐν τούτοις ὑπάρχει μεγάλη
διαφορὰ μεταξὺ τῶν δύο

τούτων προβλημάτων. Διότι εἰς τὰ ἀτμοσφαιρικὰ ρεύματα γίνεται
μεταφορὰ τῆς ἀερώδους μάζης, ἐντὸς τῆς δποίας εὑρίσκεται τὸ ἀε-
ρόστατον· τούναντίον εἰς τὸ θύρω (ἐκτὸς τῆς περιπτώσεως ρεόντων
θύρων καὶ θαλασσίων ρευμάτων) δὲν γίνεται μεταφορὰ τοῦ θύρατος.
Διὰ νὰ διευθύνεται τὸ ἀερόστατον ἐντὸς τοῦ ἀέρος, πρέπει ἡ ταχύτης
του νὰ είναι τούλαχιστον ἵση πρὸς τὴν τοῦ ἀνέμου. Ἀν καὶ τὸ πρό-
βλημα τῆς ἀεροπλοΐας δὲν ἔχει ἀκόμη τελείως λυθῆ, ἔφθασαν ἐν τού-
τοις εἰς ἀξιόλογα ἀποτελέσματα.

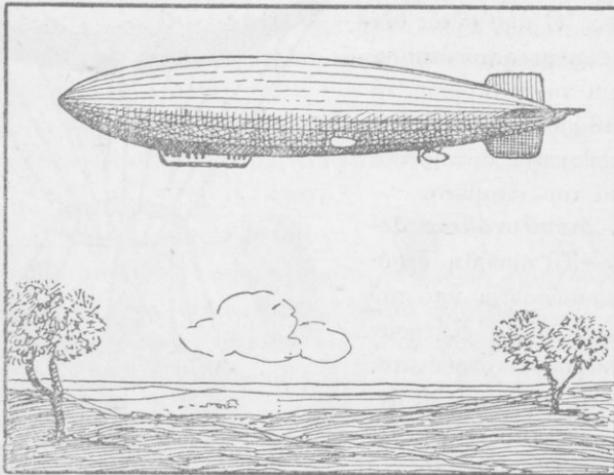


Σχ. 112.

Τὰ διευθυνόμενα ἀερόστατα ἔχουν σχῆμα ἐπίμηκες διὰ νὰ ἐλαττώνουν τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀέρος. Ἡ λέμβος των φέρει μίαν ἢ δύο ἔλικας κινουμένας διὰ ἡλεκτρικῶν κινητήρων ἢ κινητήρων διὸ ἐκρήξεων. Κανονίζουν δὲ τὴν διεύθυνσιν διὰ πηδαλίου (σχ. 113).

146. **Αεροπλάνα.**— Ταῦτα βασίζονται ἐπὶ ἀρχῆς τελείως διαφόρου τῆς τῶν ἀεροστάτων. Ἐνῷ τὰ ἀερόστατα εἶναι ἐλαφρότερα τοῦ ἀέρος, τὰ ἀεροπλάνα εἶναι βαρύτερα αὐτοῦ.

Ἡ λειτουργία ἀεροπλάνου (ἄντωσις) διατηρεῖται πράγματι ἀπὸ



Σχ. 113.

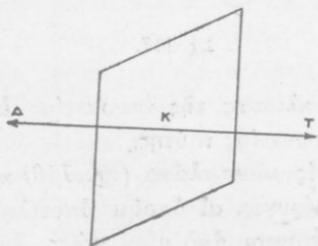
τὴν ἀντίστασιν, τὴν δποίαν ἀντιτάσσει ὁ ἀὴρ εἰς μίαν ἐπιφάνειαν ἐν κινήσει.

Θεωρήσωμεν ἐπίπεδον ἐπιφάνειαν ἄκαμπτον ἐνὸς τετραγωνικοῦ μέτρου, τὴν δποίαν θέλομεν νὰ μεταθέσωμεν ταχέως ἐντὸς τοῦ ἀέρος κατὰ διεύθυνσιν κάθετον πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν ταύτην (σχ. 114). Θὰ δοκιμάσωμεν ὥρισμένην ἀντίστασιν, ἡ δποία δύναται νὰ ὑπολογισθῇ εἰς χιλιόγραμμα. Τὸ πείραμα δεικνύει 1) ὅτι ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀέρος εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν θεωρουμένην ἐπιφάνειαν (τῆς ταχύτητος παραμενούσης σταθερᾶς).

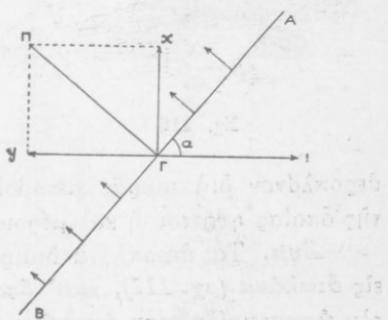
2) Ὅτι ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀέρος εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγω-

νον τῆς ταχύτητος. Θεωρήσωμεν ἥδη ὅτι ἡ ἐπιφάνεια εἶναι ἀκίνητος καὶ κάθετος πρὸς τὴν διεύθυνσιν τοῦ ἀνέμου, τοῦ ὅποιου ἡ ταχύτης εἶναι τὸ μέτρον κατὰ δευτερόλεπτον.⁵ Η ἐνέργεια τοῦ ἀνέμου ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ταύτης θὰ εἶναι ἡ αὐτή, ἡ ὅποια ὅταν ἡ ταχύτης της εἴη ἀκίνητος καὶ ἡ ἐπιφάνεια ἔκινετο ἀντιθέτως μὲτα ταχύτητα τ.

Ὑποθέσωμεν ὅτι ἡ ἐπιφάνεια τοποθετεῖται πλαγίως ὡς πρὸς τὴν διεύθυνσιν τοῦ ἀνέμου (σχ. 115).⁶ Η περίπτωσις αὕτη πραγματοποιεῖται εἰς τὸν χαρταετὸν τῶν παίδων. Η ἐνέργεια τοῦ ἀνέμου ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ταύτης εἶναι πάλιν δύναμις ΓΠ κάθετος ἐπὶ τὴν ἐπιφάνειαν. Η δύναμις αὕτη ἀναλύεται εἰς δύο ἄλλας, τὴν ψ δριζοντίαν καὶ τὴν χ κατακόρυφον, ἡ ὅποια τείνει νὰ ἀνυψώσῃ τὴν ἐπιφάνειαν,



Σχ. 114.



Σχ. 115.

καὶ ἡ ὅποια συνεπῶς ἀντιτάσσεται πρὸς τὸ βάρος τῆς ἐπιφανείας. Τὴν δύναμιν ταύτην καλοῦμεν *ἀνωσιν*.

Η ἀνωσις αὐξάνεται καθὼς τὸ τετράγωνον τῆς ταχύτητος. Συνεπῶς, ἐὰν ἡ ταχύτης τοῦ ἀνέμου αὐξάνεται, θὰ ἔλθῃ στιγμή, κατὰ τὴν ὅποιαν θὰ γείνη ἵση ἡ μεγαλείτερα τοῦ βάρους τῆς ἐπιφανείας, ἢτις θὰ διατηρηται τότε ἐν ἴσορροπίᾳ ἡ θὰ ἀνυψωθῇ.

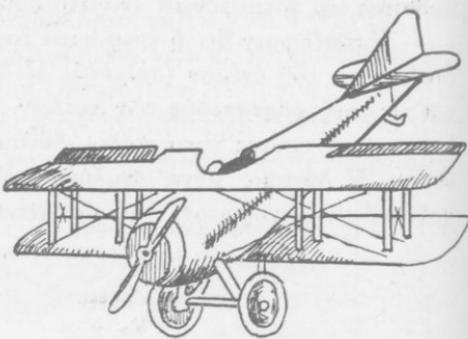
Εἰς τὸ αὐτὸν ἀποτέλεσμα θὰ φθάσωμεν, ἐὰν ὑποθέσωμεν τὸν ἀέρα ἀκίνητον καὶ τὴν ἐπιφάνειαν μετατιθεμένην κατὰ διεύθυνσιν πλαγίων πρὸς τὸ ἐπίπεδόν της.

Εἰς τὸν χαρταετὸν τὴν ἀνωσιν παράγει ὁ ἀνεμος εἰς τὰ ἀεροπλάνα ἡ ἀνωσις δημιουργεῖται διὰ τῆς μεταθέσεως τούτων δριζοντίων μὲτα ταχύτητα ἀπὸ 60 ἕως 90 καὶ πλέον χλμ. καθ' ὧδαν.

Ἐὰν μεταβληθῇ ἡ κλίσις τῆς ἐπιφανείας ὡς πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς κινήσεως, καὶ ἡ ἄνωσις θὰ μεταβληθῇ. Εἶναι λοιπὸν δυνατὸν νὰ κινῆται εἰς ὅρισμένον ὑψος ἢ νὰ ἀνυψωῦται ἢ νὰ κατέρχεται τὸ



Σχ. 116.



Σχ. 117.

ἀεροπλάνον διὰ μικρᾶς μεταβολῆς τῆς κλίσεως τῆς ἐπιφανείας ἐπὶ τῆς ὁποίας φέρεται ἢ καὶ μέρους τῆς ἐπιφανείας ταύτης.

Σημ. Τὰ ἀεροπλάνα διαιροῦνται εἰς **μονοπλάνα** (σχ. 116) καὶ εἰς **διπλάνα** (σχ. 117), καθ' ὅσον αἱ πτέρυγες, αἱ ὁποῖαι ἀποτελοῦν τὴν **ὑποστηρεζούσαν ἐπιφάνειαν**, συνίστανται ἀπὸ μίαν μόνον ἐπιφάνειαν ἢ ἀπὸ δύο ὑπερκειμένας τοιαύτας.

Προβλήματα

1ον. Ἀερόστατον σφαιρικὸν ἀλωρεῖται εἰς τὸν ἀέρα. Εἶναι κατεσκενασμένον ἐκ λεπτοῦ ὑφάσματος, τοῦ δποίου τὸ βάρος εἶναι 30 γρ. κατὰ τετρ. παλάμην, εἶναι δὲ πλῆρες φωταερόν. Ποία ἡ διάμετρος τοῦ ἀεροστάτου; Βάρος μιᾶς κυβ. παλ. φωταερόν = 0,646 γρ.

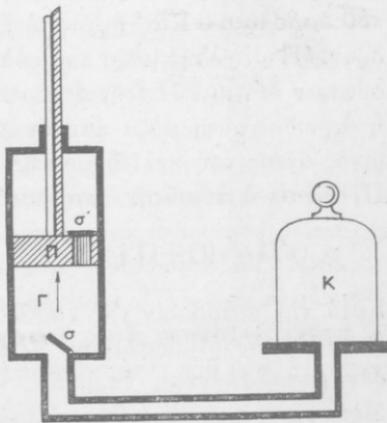
2ον. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀνυψωτικὴ δύναμις σφαιρικοῦ ἀεροστάτου, τοῦ δποίου τὸ περίβλημα ζυγίζει 78,54 χγρ., καὶ τὸ δποῖον εἶναι πλῆρες ὑδρογόνου ζυγίζοντος 0,1 χγρ., κατὰ κυβ. μέτρον. Τὸ ὑφασμα, ἐκ τοῦ δποίου εἶναι κατεσκενασμένον τὸ περίβλημα, ζυγίζει 0,250 χγρ., κατὰ τετρ. μέτρον. Γνωρίζομεν πρὸς τούτοις δτι 1 κυβ. μέτρον ἀέρος ζυγίζει 1,3 χγρ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Δ'
Νομ ΑΕΡΑΝΤΛΙΑΙ

147. Αἱ ἀεραντλίαι περιλαμβάνουν τὰς **πνευματικὰς μηχανάς**, προωρισμένας νὰ ἀραιώνουν τὸν ἀέρα (ἢ ἄλλο τι ἀέριον), ὁ δποῖος περιέχεται ἐντὸς κλειστοῦ δοχείου καὶ τὰς **ἀεριοθλιπτικὰς μηχανάς**, διὰ τῶν δποίων συμπιέζομεν ἐντὸς κλειστοῦ δοχείου ἀέρα (ἢ ἄλλο τι ἀέριον).

148. **Πνευματικὴ μηχανή.**— Ἡ πνευματικὴ μηχανὴ ἀποτελεῖται ἀπὸ κοῦλον κύλινδρον Γ (σχ.

118), δ ὁ δποῖος εἰς τὸ κέντρον τῆς βάσεώς του φέρει ὅπὴν κλεισμένην διὰ κικλεῖδος σ . Ἐκ τῆς ὅπῆς ταύτης ἀρχεται σωλήν, δ ὁδποῖος καταλήγει εἰς τὸ κέντρον μεταλλικοῦ δίσκου ἐπιπέδου. Ὑάλινος κώδων K καλύπτει τὸν δίσκον τοῦτον. Ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου Γ κινεῖται ἔμβολον, τὸ δποῖον ἐφαρμόζεται ἀεροστεγῶς καὶ φέρει κατὰ τὸν ἀξονα αὐτοῦ δχετόν. Ὁ δχετός οὔτος κλείεται διὰ δικλεῖδος σ' , ἢ δποία ἀνοίγεται ὅπως καὶ ἡ σ ἐκ κάτω πρὸς τῶν τὰ ἄνω.



Σχ. 118.

Ὀταν τὸ ἔμβολον ἀνέρχεται, τείνει νὰ σχηματισθῇ κάτωθεν αὐτοῦ κενόν. Τότε δ ἀηρ τοῦ κώδωνος, ἐνεκα τῆς ἐλαστικότητός του, ἀνοίγει τὴν δικλεῖδα σ καὶ λόγῳ τῆς διαχυτικότητός του εἰσέρχεται εἰς τὸν κύλινδρον. Ἡ δικλεῖδα σ' παραμένει κλειστὴ διὰ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως (ἢ πίεσις τοῦ ἐσωτερικοῦ ἀερίου ἔχει ἐλαττωθῆ ἐνεκα τῆς αὐξήσεως τοῦ δγκου του). Ὁταν τὸ ἔμβολον φθάσῃ εἰς τὸ τέλος τοῦ δρόμου του, ἡ ἐλαστικὴ δύναμις τοῦ ἀερίου παύει νὰ ἐλαττοῦται ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου καὶ ἡ δικλεῖδα σ , πιεζομένη ἔξ ἴσου καὶ ἐκ τῶν κάτω καὶ ἐκ τῶν ἄνω, καταπίπτει λόγῳ τοῦ βάρους τῆς.

Ἐὰν ἡδη καταβιβασθῇ τὸ ἔμβολον, ὁ ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου ἀὴρ συμπιέζεται, ἐπειδὴ ἐλαττοῦται ὁ ὅγκος του· ὅταν δὲ ἡ ἐλαστική του δύναμις ὑπερβῇ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν, ἥ δικλεὶς σ' ἀνοίγεται. Ἀπας τότε ὁ ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου ἀὴρ ἐκφεύγει εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν, ὅταν τὸ ἔμβολον φθάσῃ εἰς τὴν βάσιν τοῦ κυλίνδρου. Τοιουτορόπως μέρος τοῦ ἀέρος τοῦ κώδωνος ἔξερχεται καὶ ἡ ἐλαστικὴ δύναμις τοῦ ἀέρος ἐλαττοῦται.

Δι^ι ἀλλεπαλλήλων ἀναβάσεων καὶ καταβάσεων τοῦ ἔμβολου ἀφαιρεῖται ἀὴρ ἐκ τοῦ κώδωνος καὶ ἡ ἐλαστικὴ δύναμις τοῦ ἀέρος ἐντὸς αὐτοῦ διαρκῶς ἐλαττοῦται.

Ἐλαστικὴ δύναμις ἐντὸς τοῦ κώδωνος μετὰ ν καταβάσεις τοῦ ἔμβολου.—Κατ^α ἀρχὰς τὸ ἔμβολον ἐγγίζει τὸν πυθμένα τοῦ κυλίνδρου. Ἡ ἀερώδης μᾶζα τοῦ κώδωνος ἔχει ὅγκον π.χ. Ο' καὶ ἐλαστικὴν δύναμιν δύναμιν Π (τὴν ἀτμοσφαιρικὴν). Ὅταν τὸ ἔμβολον ἀνυψωθῇ, ἥ ἀερώδης αὕτη μᾶζα καταλαμβάνει ὅγκον Ο' + Ο (ἐνθα Ο ὁ ἐσωτερικὸς ὅγκος τοῦ κυλίνδρου τῆς ἀντλίας). Ἡ ἐλαστικὴ αὐτῆς δύναμις Π, θὰ εἶναι τοιαύτη, ὥστε κατὰ τὸν νόμον τοῦ Μαριόττου:

$$\text{Ο}'\Pi = (\text{Ο}+\text{Ο}') \cdot \Pi_1, \quad \text{ἔξης} \quad \Pi_1 = \frac{\text{Ο}'}{\text{Ο}+\text{Ο}'} \cdot \Pi \quad (1)$$

Κατὰ τὴν κατάβασιν τοῦ ἔμβολου, ὁ ἀὴρ ἔξωθενται ἐκτὸς τοῦ κυλίνδρου εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν. *Ο δύκος τοῦ ἐντὸς τοῦ κώδωνος δέρος δὲν μεταβάλλεται*, ἐπομένως καὶ ἡ πίεσις αὐτοῦ μένει ἥ αὐτὴ Π₁. Μετὰ τὴν δευτέραν ἀνάβασιν τοῦ ἔμβολου ἥ πίεσις εἶναι Π₂ τοιαύτη,

$$\text{ώστε} \quad \text{Ο}'\Pi_1 = (\text{Ο}+\text{Ο}')\Pi_2, \quad \text{ἔξης} \quad \Pi_2 = \frac{\text{Ο}'}{\text{Ο}+\text{Ο}'} \cdot \Pi_1$$

καὶ ἀντικαθιστῶντες τὴν Π₁ διὰ τῆς τιμῆς της ἐκ τῆς (1) ἔχομεν:

$$\Pi_2 = \left(\frac{\text{Ο}'}{\text{Ο}+\text{Ο}'} \right)^2 \cdot \Pi$$

καὶ γενικῶς μετὰ τὴν νιοστὴν ἀνάβασιν:

$$\Pi_v = \left(\frac{\text{Ο}'}{\text{Ο}+\text{Ο}'} \right)^v \cdot \Pi.$$

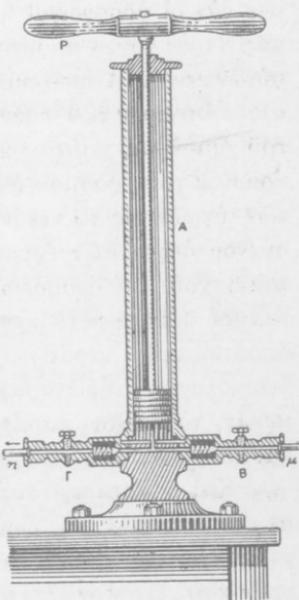
Ἐπιζήμιος χωρητικότης. Ἡ ἀραιώσις ἐν τούτοις τοῦ ἐντὸς τοῦ κώδωνος ἀέρος δὲν προχωρεῖ ἐπ^α ἀπειρον, τοῦ ν αὐξανομένου,

δπως δεικνύει δ ἀνωτέρῳ τύπος. Πράγματι, καὶ ἐὰν ὑποθέσωμεν διτὶ τὸ ἔμβολον καὶ αἱ δικλεῖδες ἔχουν τελείαν ἐφαρμογῆν, φθάνει στιγμή, κατὰ τὴν δποίαν ἡ μηχανὴ δὲν λειτουργεῖ πλέον ἐπωφελῶς. Διότι εἶναι πρακτικῶς ἀδύνατον νὰ κατασκευασθῇ ἔμβολον, τοῦ δποίου ἡ κατωτέρᾳ ἐπιφάνεια νὰ προσαρμόζεται ἀκριβῶς εἰς τὴν βάσιν τοῦ κυλίνδρου. Ὅταν τὸ ἔμβολον εὑρίσκεται εἰς τὸ κατώτερον μέρος τοῦ δρόμου του, ὑπάρχει πάντοτε κάτωθεν τούτου ὁρισμένον διάστημα ἐλεύθερον. Τὸ διάστημα τοῦτο καλεῖται ἐπιζήμιος χωρητικότητης. Ὅταν ἡ πίεσις ἐντὸς τοῦ κώδωνος γείνῃ ἵση πρὸς τὴν πίεσιν τοῦ ἀέρος τῆς ἐπιζημίου χωρητικότητος (ὅστις πληροῖ τὸν κύλινδρον κατὰ τὴν ἀνάβασιν τοῦ ἔμβολου) ἡ δικλεῖδις σ δὲν ἀνοίγεται πλέον.

149. Ἀεριοθλιπτικὴ μηχανὴ. —

Ἡ ἀεριοθλιπτικὴ μηχανὴ ἀποτελεῖται ἀπὸ κύλινδρον μικρᾶς διαμέτρου (σχ. 119), ἐντὸς τοῦ δποίου κινεῖται ἔμβολον πλῆρες (μὴ φέρον δικλεῖδα). Εἰς τὴν βάσιν τοῦ κυλίνδρου ὑπάρχουν δύο δοιζόντιοι σωλῆνες μὲ στροφίγγας καὶ δικλεῖδας (ο παρὰ τὸ Β καὶ ν παρὰ τὸ Γ). Αἱ δικλεῖδες αὗται χρησιμεύουν ἡ μὲν διὰ τὴν ἀναρρόφησιν, ἡ δὲ διὰ τὴν συμπίεσιν τοῦ ἀερίου. Ἡ δικλεῖδις τῆς ἀναρροφήσεως ἀνοίγεται ἐκ τῶν ἔξω πρὸς τὰ ἔσω, ἡ δὲ τῆς συμπίεσεως ἐκ τῶν ἔσω πρὸς τὸν ὑποδοχέα.

Ὅταν τὸ ἔμβολον ἀνέρχεται, τείνει νὰ σχηματισθῇ ὑπὸ αὐτὸ κενόν. Διὰ τοῦτο ἡ μὲν δικλεῖδις ο ἀνοίγεται ὑπὸ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως, ἡ δὲ ἄλλη δικλεῖδις ν διατηρεῖται κλειστή, ἔνεκα τῆς πιέσεως τῆς προερχομένης ἐκ τοῦ ὑποδοχέως. Ο ἔξωτερος λοιπὸν ἀηροπληροῖ τὸν κύλινδρον. Καταβιβαζομένου κατόπιν τοῦ ἔμβολου δ ὑπὸ αὐτὸ ἀηροπληρούμενος τὴν μὲν δικλεῖδα ο διατηρεῖ κλειστήν, δταν δὲ ἡ πίεσίς του καταστῇ ἀρκετὰ ἴσχυρά, ἀνοίγει τὴν δικλεῖδα ν καὶ εἰσέρχεται εἰς τὸν ὑποδοχέα. Ἐὰν ἀναβιβάσωμεν πάλιν τὸ ἔμβολον, δ κύ-



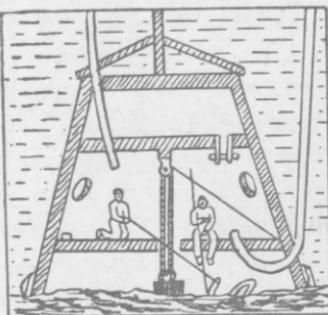
Σχ. 119.

λινδρος πληροῦται ἀέρος ὑπὸ τὴν ἔξωτερην πίεσιν καὶ κατὰ τὴν κατάβασιν τοῦ ἐμβόλου δ ἀηρού οὗτος συμπιέζεται εἰς τὸν ὑποδοχέα. Ἡ προσπάθεια βαίνει αὐξανομένη ἔνεκα τῆς ἀντιστάσεως τοῦ ἐντὸς τοῦ ὑποδοχέως συμπιεζομένου ἀέρος, ὅστις ἀντιτάσσεται εἰς τὸ ἄνοιγμα τῆς βαλβίδος ν.

150. Ἐφαρμογαὶ τοῦ ἡραιωμένου καὶ τοῦ συμπεπιεσμένου ἀέρος. — Ἡ ἀραιώσις τοῦ ἀέρος ἐφαρμόζεται, διὰ νὰ βεβαιωθῶμεν ἐὰν οἱ ὑδραγωγοὶ ἢ ἀεριαγωγοὶ σωλήνες δὲν παρουσιάζουν διαφυγάς. Πρὸς τοῦτο παρατηροῦμεν ἀν δυνάμεθα νὰ παραγάγωμεν ἐντὸς αὐτῶν κενόν. Ἀναφέρομεν πρὸς τούτοις: *τὴν ἐν τῷ κενῷ ἔξατμισιν καὶ συμπύκνωσιν* τῶν σακχαρωδῶν χυμῶν (τῶν σιροπίων, τῆς γλυκερίνης, τοῦ χυμοῦ τοῦ κρέατος κτλ.), οἱ δόποι θὰ ἥλλοιούντο εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ βρασμοῦ ὑπὸ τὴν συνήθη πίεσιν· τὴν *ταχεῖαν διήθησιν* τῶν ὑγρῶν εἰς τὸ κενόν· τὸν *ἀερισμὸν* δι⁵ ἀναρροφήσεως τοῦ μολυσμένου ἀέρος τῶν ἐργαστηρίων καὶ θεάτρων· τὸν *καθαρισμὸν* διὰ τοῦ κενοῦ, δι⁵ ἀναρροφήσεως δηλ. τῆς κόνεως, παραπετασμάτων καὶ ταπήτων· ἐπίσης τὸ *μερικὸν κενόν*, τὸ δόποιν παραγάγουν ἐντὸς τῶν ἀποστακτικῶν κεράτων, κατὰ τὴν ἀπόσταξιν τοῦ λιθάνθρακος πρὸς διευκόλυνσιν τῆς *παραγωγῆς* καὶ *ἐκλύσεως* τοῦ ἀερίου· ἐπίσης τὸ *κενόν*, τὸ δόποιν παραγάγουν εἰς τὰς ἥλεκτρικὰς λυχνίας διαπυρώσεως καὶ τοὺς σωλήνας τῶν ἀκτίνων Χ κτλ.

Καὶ δ *πεπιεσμένος ἀηρού* χρησιμοποιεῖται συχνάκις. ³ Αναφέρομεν: α) τὴν διανομὴν τῆς ὥρας εἰς δλόκληρον πόλιν δι⁵ *εἰδικῶν ὁρολογίων* λειτουργούντων διὰ πεπιεσμένου ἀέρος. Ρεῦμα ἀέρος, ἀναχωροῦν καθ³ ἔκαστον λεπτὸν ἐξ ὑποδοχέως πλήρους πεπιεσμένου ἀέρος ὑπὸ μικρὰν πίεσιν καὶ διατρέχον δίκτυον σωλήνων, μετακινεῖ κατὰ μίαν διαίρεσιν τὴν βελόνην ἔκάστου τῶν ὥρολογίων τῆς συνοικίας. β) Τὴν μεταβίβασιν τῶν τηλεγραφημάτων, ἐγκλειομένων ἐντὸς κοίλου ἐμβολέως κυλινδρικοῦ. ⁴ Ο ἐμβολεὺς οὗτος ἔξακοντάζεται ἐντὸς σωλῆνος ἐκ χυτοσιδήρου ἔως τὸν ἄλλον σταθμὸν διὰ πεπιεσμένου ἀέρος, ὅστις διοχετεύεται δπισθεν αὐτοῦ. γ) Τὴν διανομὴν πεπιεσμένου ἀέρος ὡς *κινητηρίου* δυνάμεως διὰ τὴν κίνησιν μικρῶν κινητήρων. δ) Τὴν λειτουργίαν τῶν φυσητήρων τῶν σιδηρουργείων καὶ τῶν ὑψηλαμίνων. ε) Τὸν ἀερισμὸν τῶν σηράγγων καὶ τῶν αἰθουσῶν τῶν θεάτρων. ζ) Τὴν διὰ πεπιεσμένου ἀέρος ἔξογκωσιν τῶν κοίλων ἐλαστικῶν περιβλη-

μάτων τῶν τροχῶν τῶν ποδηλάτων καὶ αὐτοκινήτων. ζ) Τὴν διὰ πεπιεσμένου ἀέρος λειτουργοῦσαν **τροχοπέδην** (φρένο) τῶν τραίνων. η) Τὴν λειτουργίαν τῶν **διατρητικῶν μηχανῶν**, τῶν χρησιμοποιουμένων διὰ τὴν **διάνοιξιν σηράγγων**, ἐντὸς τῶν ὅποιων ἡ χρῆσις ἀτμομηχανῶν θὰ καθίστα τὸν ἀέρα ἀκατάλληλον πρὸς ἀναπνοήν. θ) Τὴν **ἐκτόξευσιν τῶν τορπιλλῶν**. Αἱ τορπίλαι, τεθεῖσαι εἰς τοὺς τορπιλοβλητικοὺς σωλῆνας, τοὺς ὅποιους φέρουν τὰ πολεμικὰ πλοῖα, ἐκτοξεύονται διὰ τῆς ἐνεργείας πεπιεσμένου ἀέρος. ι) Τὰς **ὑποβρυχίους ἐργασίας**. Διὰ νὰ ἐκτελέσουν διαφόρους ἐργασίας ὑπὸ τὸ ὕδωρ ποταμῶν ἡ θαλασσῶν, μεταχειρίζονται τὸν **καταδυτικὸν κώδωνα**. Οὗτος εἶναι εὐρύχωρον κιβώτιον, ἀνοικτὸν κάτωθεν καὶ ὑδατοστεγῶς 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, δστις ἐκδιώκει τὸ ὕδωρ, καὶ οἱ ἐργάται δύνανται τότε νὰ ἐργάζωνται ἐπὶ τοῦ πυθμένος.



Σχ. 120.

Σκάφανδρον. Τὸ σκάφανδρον εἶναι ὅργανον, τὸ ὅποιον χρησιμοποιεῖται ὡς ἐπὶ τὸ πλεῖστον ὑπὸ τῶν δυτῶν. Τοῦτο εἶναι συνεχὲς διπλοῦν ἐκ καυτοσούν περίβλημα τοῦ σώματος, τοῦ ὅποιου ἐκάστη χειρὶς περατοῦται εἰς τὸν καρπὸν τῆς χειρὸς καὶ πιέζεται ἔξωθεν διὰ ψελίου ἐκ τῆς αὐτῆς οὐσίας. Τὸ εἰδικὸν τοῦτο ἔνδυμα συνδέεται τελείως ὑδατοστεγῶς μὲ καλκοῦν κράνος, τὸ ὅποιον εἶναι καὶ τὸ κυριώτερὸν μέρος τῆς ἔξαρτησεως (σχ. 121). Τὸ κράνος τοῦτο συγκοινωνεῖ διὰ σωλῆνος μὲ ἀντλίαν, ἡ ὅποια ἀποστέλλει ἀέρα ἐντὸς αὐτοῦ, καθὼς καὶ εἰς δλόκληρον τὸ ἔλαστικὸν περίβλημα τοῦ σώματος τοῦ δύτου. Ἡ περισσεια τοῦ ἀέρος ὡς καὶ τὰ προϊόντα τῆς ἐκπνοῆς ἔξερχονται διὰ βαλβίδος, ἥτις ἀνοίγεται ἐκ τῶν ἐσω πρὸς τὰ ἔξω. Ὁ δύτης δύναται νὰ βλέπῃ καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις διὰ τεσσάρων θυρίδων κλεισ-

μένων μὲ παχείας ύάλους, ἐξ ὧν ἡ μία εὐρίσκεται ἔμποροσθεν, αἱ δύο εἰς τὰ πλάγια καὶ ἡ ἄλλη εἰς τὸ ὀνώτερον μέρος τοῦ κράνους. Ὁ δύτης δύναται νὰ συνεννοῆται μετὰ τῶν ἐντὸς τοῦ πλοίου δι^ῃ ἄλλου σωλῆνος ἀρχομένου ἐκ τοῦ κράνους, εἴτε καὶ διὰ τηλεφάνου. Διὰ νὰ δύναται δὲ νὰ διατηρῇται εἰς τὸν πυθμένα παρὰ τὴν ἄνωσιν τὴν ὅποιαν ὑφίσταται, φέρει παχείας πλάκας ἐκ μολύβδου, μίαν ἐπὶ τοῦ στήθους καὶ ἄλλην ἐπὶ τῆς ζάχεως. Ἐπίσης καὶ τὰ ὑποδήματα αὐτοῦ φέρουν πρός τὰ κάτω παχεῖαν πλάκα μολυβδίνην.

Τέλος, εἰς τὴν ὁσφύν του φέρει ὁ δύτης προσδεδεμένον σχοινίον, διὰ τοῦ ὅποιου δύναται νὰ ἀνασύρεται.

Πρὸς ἀποφυγὴν τῶν ἐκ τῶν ἀποτόμων μεταβολῶν τῆς πιέσεως κινδύνων, ἡ κατάβασις πρέπει νὰ γίνεται βραδέως, ἔτι δὲ βραδύτερον ἢ ἀνάβασις, ὑπὸ τὴν ἀναλογίαν ἐνὸς μέτρου κατὰ λεπτόν.

Προβλήματα

1ον. Τεμάχιον λευκοχρόου εἰδ. βάρος 22 λισσορροπεῖται εἰς τὸν ἀέρα (εἰς 0° καὶ ὑπὸ πίεσιν 76) διὰ σταθμῶν ἐξ δρειχάλκου 100 γρ. Ποία είναι ἡ μᾶζα τοῦ τεμαχίου τοῦ λευκοχρόου εἰς τὸ κενόν; Εἰδ. βάρος δρειχάλκου 8,4.

2ον. Ἡ πίεσις ἐντὸς τοῦ κώδωνος πνευματικῆς μηχανῆς είναι 5 ἐκ. μετὰ 10 ἀναβάσεις τοῦ ἐμβολέως, ἐνῷ ἡ ἀρχικὴ πίεσις ἐντὸς αὐτοῦ ἦτο 75 ἐκ. Πόσον θὰ είναι ἡ πίεσις ἐντὸς τοῦ κώδωνος μετὰ 20 ἀναβάσεις τοῦ ἐμβολέως;



Σχ. 121.

3ον. Ὁ κώδων πνευματικῆς μηχανῆς ἔχει χωρητικότητα 379 έκαστοστῶν τῆς ανθρακίου καὶ δὲ κύλινδρος 58 ἑκ. τῆς κυβικῆς παλάμης. Μετὰ πόσας ἀναβάσεις τοῦ ἐμβολέως ἡ πίεσις τοῦ ἀέρος τοῦ κώδωνος θὰ γείνη τὸ $\frac{1}{10}$ τῆς ἀρχικῆς;

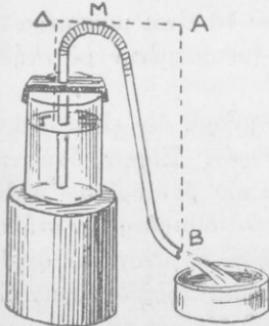
4ον. Ποία ἡ ἀναλογία τῶν χωρητικοτήτων τοῦ κώδωνος καὶ τοῦ κυλίνδρου τῆς πνευματικῆς ἀντλίας, ἐὰν εἰς τὸ τέλος τῆς 4ης ἀναβάσεως τοῦ ἐμβολέως ἡ πίεσις τοῦ ἀέρος τοῦ κώδωνος ἔχῃ γείνη τὰ $\frac{81}{256}$ τῆς ἀρχικῆς;

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ε'

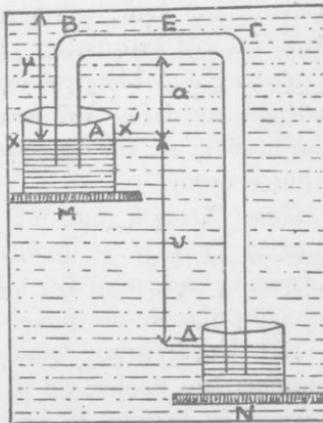
ΣΙΦΩΝ, ΣΙΦΩΝΙΟΝ, ΥΔΡΑΝΤΛΙΑΙ

151. **Σίφων.**—Ο σίφων εἶναι σωλὴν κεκαμμένος εἰς δύο σκέλη ἄνισα (σχ. 122), χρησιμεύει δὲ διὰ νὰ μεταγγίζωμεν ὑγρὰ διὰ συνεχοῦς ορῆς, χωρὶς νὰ ἀνοίξωμεν ὅπτὴν εἰς τὸν πυθμένα τοῦ δοχείου.

Δειτουργία. Διὰ νὰ μεταγγίζωμεν ὑγρόν τι ἐκ δοχείου Μ (σχ. 123) εἰς ἄλλο, εἰς τὸ ὅποιον ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ εὑρίσκεται χαμηλότερον, πληροῦμεν διὰ τοῦ μεταγγιστέου ὑγροῦ σίφωνα ΑΕΔ καὶ διατηροῦντες κλειστὰ τὰ δύο αὐτοῦ στόμια, ἀναστρέφομεν αὐτὸν, καὶ βυθίζομεν τὸ βραχὺ σκέλος εἰς τὸ δοχεῖον, εἰς τὸ ὅποιον ἡ ἐπιφάνεια



Σχ. 122.



Σχ. 123.

τοῦ ὑγροῦ εὑρίσκεται εἰς τὸ μεγαλείτερον ὑψος. Ἐὰν ἀνοίξωμεν τότε τὰ δύο στόμια, τὸ ὑγρὸν ρέει διερχόμενον διὰ τοῦ σίφωνος ἐκ τοῦ δοχείου Μ πρὸς τὸ Ν.

Ἐξήγησις. — ‘Υποθέσωμεν ὅτι εἰς τὸν κεκαμμένον σωλῆνα (σχ. 123), τοῦ δποίου οἱ δύο βραχίονες ἔχουν χωριστὰ ἔκαστος ὑψος μικρότερον τοῦ ἀντιστοιχοῦντος εἰς τὴν ἀτμοφαιρικὴν πίεσιν (1033 ἑκατ. διὰ τὸ ὕδωρ, 76 ἑκατ. διὰ τὸν ὑδράργυρον) παρεντίθεται εἰς τὶ σημεῖον τοῦ δριζοντίου μέρους αὐτοῦ διάφραγμα Ε. Τὰ δύο χωρισμένα ἥδη μέρη ΑΒΕ καὶ ΔΓΕ, τὰ δποῖα εἶχον πληρωθῆν ὑγροῦ, μετὰ τὴν ἀφαίρεσιν τῶν πωμάτων ὃ μείνουν πλήρη ἔνεκα τῆς ἀτμοσφαιρικῆς ποιέσεως Π. Ἡ πίεσις ἔξι ἀριστερῶν πρὸς τὰ δεξιά ἐπὶ τοῦ διαφράγματος Ε θὰ εἴναι Π—α (Π εἰς τὴν στήλην ἐκ τοῦ αὐτοῦ ὑγροῦ), ἡ δὲ πίεσις ἐκ δεξιῶν πρὸς τὰ ἀριστερά ἐπὶ τοῦ Ε θὰ εἴναι Π—(α+ν). Ἡ διαφράγματος διευθύνεται ἔξι ἀριστερῶν πρὸς τὰ δεξιά καὶ εἴναι ἵση πρὸς Π—α—Π+α+ν=υ, μετρουμένη εἰς ὑψος τοῦ αὐτοῦ ὑγροῦ. Ἐὰν τρυπήσωμεν τὸ διάφραγμα, ἡ ροή θὰ ἀρχίσῃ ἔξι ἀριστερῶν πρὸς τὰ δεξιά, ἡ τομὴ Ε θὰ ἀντικατασταθῇ ὑπὸ ἄλλης καὶ τὸ ὑγρὸν τοῦ δοχείου Μ θὰ μεταβαίνῃ εἰς τὸ Ν. Ἡ ταχύτης τῆς ροῆς ἐλατοῦται μετὰ τοῦ ν.

Τρία δ σίφων δυνηθῆ νὰ λειτουργήσῃ, πρέπει ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ εἰς τὸ δοχείον Μ νὰ εὑρίσκεται ὑψηλότερον ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἐντὸς τοῦ δοχείου Ν ὑγροῦ, ἡ δὲ πίεσις ἡ δποία ἔξασκεῖται ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας χχ' νὰ διατηρῇ τὸν σίφωνα πλήρη ἢ ἡ κατακόρυφος ἀπόστασις τοῦ ὑψηλοτέρου σημείου τοῦ σίφωνος ἀπὸ τὴν ἐλευθέραν ἐπιφάνειαν τοῦ μεταγιστέου ὑγροῦ νὰ εἴναι μικρότερα τῆς ἀντιστοιχούσης εἰς τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν (μετρουμένην μὲ στήλην τοῦ αὐτοῦ ὑγροῦ).

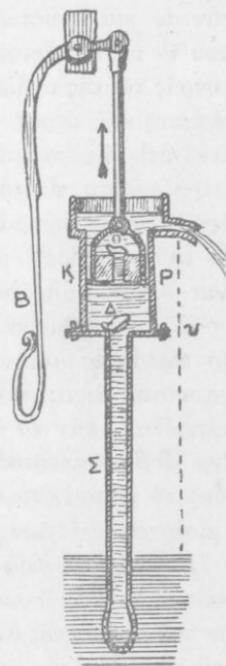
Σήμ. — Οταν ἡ τομὴ τοῦ σωλῆνος εἴναι μικρά, δὲν εἴναι ἀνάγκη δ μακρὸς βραχίων νὰ βυθίζεται εἰς τὸ ὑγρόν. Σίφων δμως μεγάλης τομῆς πρέπει νὰ ἔχῃ καὶ τὰ δύο ἀκρα του βυθισμένα. Ἀλλως θὰ ἀνέλθῃ ἀλῷ εἰς τὸν μακρὸν βραχίονα καὶ θὰ διαιρέσῃ τὴν στήλην.

152. Σιφώνιον. — Οὗτο καλεῖται μικρὸν δργανον, τὸ δποῖον χρησιμοποιεῖται κυρίως εἰς τὰ χημικὰ ἐργαστήρια πρὸς ἀντλησιν ὀλίγου ὑγροῦ ἐκ δοχείου, τὸ δποῖον δὲν θέλουν ἢ δὲν δύνανται νὰ μετακινήσουν. Τὸ σιφώνιον εἴναι σωλὴν ὑάλινος, εὐθύς, ἀνοικτὸς κατ

ἀμφότερα τὰ ἄκρα (σχ. 124). Τὸ κατώτερον αὐτοῦ ἄκρον εἰναι αἰχμη-
ρόν. Ἐμβαπτίζομεν τὸ κάτω μέρος τοῦ ὀργάνου τούτου ἐντὸς ὑγροῦ,
ἐνῷ τὸ ἀνώτερον στόμιον εἶναι ἀνοικτόν. Τὸ ὀργανον πληροῦται μέ-
χρι τινός, κατὰ τὴν ἀρχὴν τῶν συγκοινωνούντων δοχείων. Φράσσομεν
τότε διὰ τοῦ δακτύλου τὸ ἀνώτερον στόμιον καὶ ἀποσύρομεν τὸ ὀργα-
νον ἐκτὸς τοῦ ὑγροῦ. Τὸ ὑγρὸν ἔκρεει, ἔως δ-
τον ἡ πίεσις τοῦ εἰς τὸ ἀνώτερον μέρος τοῦ
ὑγράνου ἀέρος, αὐξηθεῖσα κατὰ τὴν πίεσιν τὴν
διφειλομένην εἰς τὸ βάρος τῆς στήλης τοῦ ὑ-
γροῦ τὸ δποῖον ἔμεινεν ἐντὸς τοῦ σιφωνίου,
Ισορροπήσῃ τὴν ἔξωτερην πίεσιν. Τὴν στιγμὴν ταύτην
ἡ ἔκροή παύει.

153. Ὑδραντλίαι. — Αἱ
ὑδραντλίαι εἶναι συσκευαὶ χρη-
σιμεύονται διὰ τὴν ἀνύψωσιν
τῶν ὑγρῶν.

**Ὑδραντλία ἀναρροφη-
τική.** Αὕτη συνίσταται ἐκ κυ-
λίνδρου Κ ἐντὸς τοῦ ὁποίου
κινεῖται ἔμβιολον Ρ (σχ. 125).
Τὸ ἔμβιολον φέρει κατὰ τὸν
ἄξονά του ὁχετὸν κλειδώμενον
ἀνωθεν διὰ δικλεῖδος Ο, ἣτις
ἀνοίγεται ἐκ τῶν κάτω πρὸς
τὰ ἄνω. Ὁ κύλινδρος συγ-
κοινωνεῖ δι' ἀναρροφητικοῦ
σωλῆνος Σ μετὰ τῆς δεξαμε-



Σχ. 125.

νῆς ἣτις περιέχει τὸ πρὸς ἀνύψωσιν ὑγρόν. Εἰς τὴν ἀρχὴν τοῦ
ἀναρροφητικοῦ σωλῆνος ὑπάρχει δικλείς Δ, ἡ δποία ἀνοίγεται ἐπί-
σης ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω· εἰς δὲ τὸ ἀνώτερον μέρος ὁ κύλινδρος
φέρει πλευρικὸν σωλῆνα διὰ τὴν ἔκροήν τοῦ ὑγροῦ. Ἡ ἀντλία αὕτη
λειτουργεῖ κατ' ἀρχὰς ὡς ἀεραντλία.

“Οταν τὸ ἔμβιολον ενδρίσκεται εἰς τὸ κατώτερον μέρος τοῦ δρόμου
του, ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ καὶ ἐντὸς τοῦ ἀναρροφητικοῦ σωλῆνος καὶ

ἐντὸς τῆς δεξαμενῆς εὑρίσκεται εἰς τὸ αὐτὸ δριζόντιον ἐπίπεδον. "Οταν ἀναβιβάσωμεν τὸ ἔμβολον, τείνει νὰ σχηματισθῇ κάτωθεν αὐτοῦ κενόν· ή δικλεῖς Ο παραμένει κλειστὴ ἔνεκα τοῦ βάρους της καὶ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πίεσεως· ή δικλεῖς Δ ἀνοίγεται πιεζομένη ὑπὸ τοῦ ἀέρος τοῦ ἀναρροφητικοῦ σωλῆνος, δστις εὑρίσκεται ὑπὸ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν. 'Ο ἀήρ οὗτος εἰσέρχεται τότε ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου, δ ὅγκος του αὐξάνεται καὶ συνεπῶς ἐλαττοῦται ή ἐλαστικὴ του δύναμις. "Ἐνεκα τούτου τὸ ὑγρὸν ἀνέρχεται μέχρι τινὸς ἐντὸς τοῦ σωλῆνος. Τὸ βάρος τῆς ὑγρᾶς ταύτης στήλης, προστιθέμενον εἰς τὴν πίεσιν τοῦ ἀραιωθέντος ἐσωτερικοῦ ἀέρος, λισσορροπεῖ τὴν ἐξωτερικὴν πίεσιν, ή ὅποια ἐξασκεῖται ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐντὸς τῆς δεξαμενῆς ὑγροῦ. "Οταν τὸ ἔμβολον φθάσῃ εἰς τὸ ἀνώτερον μέρος τοῦ δρόμου του, ή δικλεῖς Δ κλείεται ἔνεκα τοῦ βάρους της. "Οταν καταβιβάσωμεν τὸ ἔμβολον, δ ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου ἀήρ συμπιέζεται, ή πίεσίς του ἀνοίγει τὴν δικλεῖδα Ο καὶ δ ἀήρ ἐκφεύγει εἰς τὴν ἀτμοσφαιραν.

"Εὰν ἀναβιβάσωμεν πάλιν τὸ ἔμβολον, τὸ ὑγρὸν ἐξακολουθεῖ νὰ ἀνέρχεται ἐντὸς τοῦ σωλῆνος καὶ κατὰ τὴν κατάβασιν τοῦ ἔμβολου νέα ποσότης ἀέρος ἐκφεύγει. Μετὰ δὲ λίγας ἀναβάσεις καὶ καταβάσεις τοῦ ἔμβολου, ἐὰν τὸ ψύχος τοῦ ἀναρροφητικοῦ σωλῆνος δὲν ὑπερβαίνῃ τὸ βαρομετρικὸν ψύχος εἰς στήλην τοῦ αὐτοῦ ὑγροῦ (10,33 μ. διὰ τὸ ὄρδον), τὸ ὑγρὸν φθάνει εἰς τὴν δικλεῖδα Δ, τὴν ἀνοίγει καὶ εἰσέρχεται εἰς τὸν κύλινδρον.

"Εὰν ή κατωτέρα ἐπιφάνεια τοῦ ἔμβολου ἀνυψωμένου δὲν ἀπέχῃ περισσότερον τῶν 10,33 μ. (προκειμένου περὶ ὑδατος) ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ὑγροῦ τῆς δεξαμενῆς, τὸ ὑγρὸν ἀκολουθοῦν κατὰ τὴν ἀνοδον αὐτοῦ τὸ ἔμβολον, σχηματίζει στήλην συνεχῆ καὶ πληροῦ τὸν κύλινδρον.

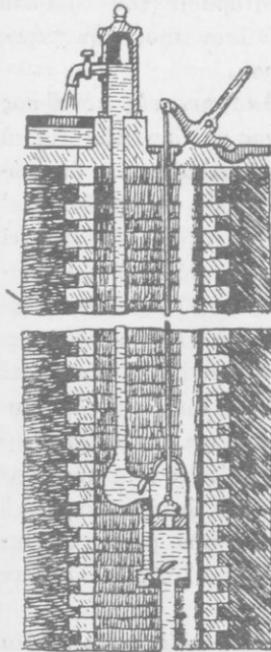
Κατὰ τὴν κατάβασιν τοῦ ἔμβολου, ή δικλεῖς Δ κλείεται, τὸ δὲ ὑγρὸν συμπιεζόμενον ἀνοίγει τὴν δικλεῖδα Ο καὶ ἀνέρχεται ὑπεράνω τοῦ ἔμβολου. Κατὰ τὴν ἔπομένην ἀνάβασιν τὸ ὑγρὸν φέρεται μέχρι τοῦ σωλῆνος ἐκροής, διόπθεν ἐκρέει.

"Αφ' ής στιγμῆς τὸ ὑγρὸν πληρώσῃ τὸν κύλινδρον, ἐκάστη ἀνάβασις τοῦ ἔμβολου ἀνυψοῦ ὅγκον ὑγροῦ ἵσον πρὸς τὴν χωρητικότητα τοῦ κυλίνδρου.

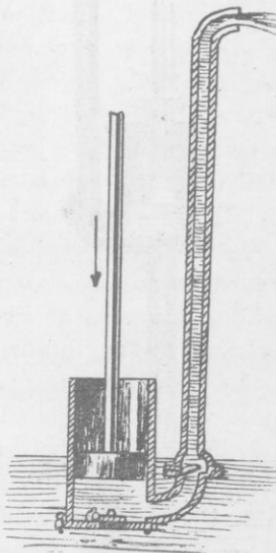
Σημ. — 'Η ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις δύναται νὰ λισσορροπήσῃ βάρος

στήλης ύδατος ύψους $0,76 \times 13,6 = 10,33$ μ. Εἰς τὴν πρᾶξιν ὅμως ἔνεκα διαφόρων ἀτελειῶν ἡ ἀνωτέρῳ ἀντλίᾳ δὲν δύναται νὰ ἀνυψώσῃ τὸ ὑδωρ ὑπὲρ τὰ 8 μέτρα. Δυνάμεθα ὅμως νὰ ἀνυψώσωμεν ὅσον θέλομεν τὸν σωλῆνα τῆς ἐκροῆς (σχ. 126).

Υδραντίλια καταθλιπτική. Αὕτη δὲν ἔχει ἀναρροφητικὸν σωλῆνα (σχ. 061). Ο κύλινδρος ἐμβαπτίζεται ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ καὶ φέρει



Σχ. 126.



Σχ. 127.

εἰς τὴν κατωτέραν βάσιν του δικλεῖδα, ἡ δοπία ἀνοίγεται ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω. Ο πλάγιος σωλήνη, διὰ τοῦ δοπίου ἐκτοξεύεται τὸ ὑγρὸν ἀρχεται ἀπὸ τὸ κατώτερον μέρος τοῦ κυλίνδρου, μετὰ τοῦ δοπίου συγκοινωνεῖ δι' ὅπῆς. Η δὴ αὕτη κλείεται ὑπὸ δικλεῖδος, ἥτις ἀνοίγεται ἐκ τῶν ἔσω πρὸς τὰ ἔξω. Ἐμβολὸν δὲ πλῆρες κινεῖται ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου.

Οταν τὸ ἐμβολὸν ἀνυψωῦται, τείνει νὰ σχηματισθῇ κενὸν ὑπ'

αὐτὸν καὶ ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις ὥθει τὸ ὑγρὸν ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου διὰ τῆς δικλεῖδος τῆς βάσεως. "Οταν τὸ ἐμβόλον σταματήσῃ, ἡ δικλεὶς αὕτη κλείεται ἔνεκα τοῦ βάρους της. Κατὰ τὴν κατάβασιν τοῦ ἐμβόλου, ἡ πλαγία δικλεὶς ἀνοίγεται καὶ τὸ ὑγρὸν ἀνέρχεται εἰς τὸν πλάγιον σωλῆνα. Μετά τινας ἀναβάσεις καὶ καταβάσεις τοῦ ἐμβόλου τὸ ὑγρὸν ἐκτοξεύται ἐκ τοῦ ἀνωτέρου μέρους τοῦ σωλῆνος. "Η ἀντλία αὕτη εἰς ἐκάστην κατάβασιν τοῦ ἐμβόλου παρέχει ὅγκον ὑγροῦ ἵσον πρὸς τὴν χωρητικότητα τοῦ κυλίνδρου.

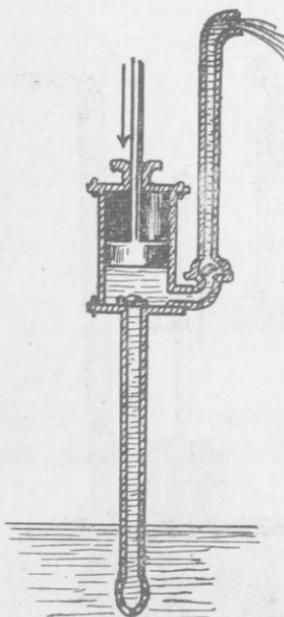
Οὐδὲν δριον ὑπάρχει εἰς τὸ ὕψος τοῦ πλαγίου σωλῆνος καὶ συνεπῶς εἰς τὸ ὕψος, εἰς τὸ δποῖον δυνάμεθα νὰ ἀνυψώσωμεν τὸ ὑγρόν. Τὸ ὑγρὸν ἀνυψοῦτοι ἀπ' εὐθείας διὰ τῆς πιέσεως, τὴν δποίαν ἔξασκει τὸ ἐμβόλον. "Η δύναμις λοιπόν, ἡ δποία ἀπαιτεῖται διὰ τὴν κατάβασιν τοῦ ἐμβόλου, αὐξάνεται μετὰ τοῦ ὕψους τοῦ πλαγίου σωλῆνος.

"Υδραντλία ἀναρροφητικὴ ἀμα καὶ καταθλιπτική. — Αὕτη διαφέρει τῆς προηγουμένης, καὶ δυνάμεις φέρει καὶ ἀναρροφητικὸν σωλῆνα (σχ. 128). "Η ἀντλία αὕτη λειτουργεῖ κατὰ πρῶτον μὲν ὡς ἀναρροφητικὴ μέχρις ὅτου φέρῃ τὸ ὑγρὸν μέχρι τῆς δικλεῖδος τῆς βάσεως τοῦ κυλίνδρου, κατόπιν δὲ ὡς καταθλιπτική.

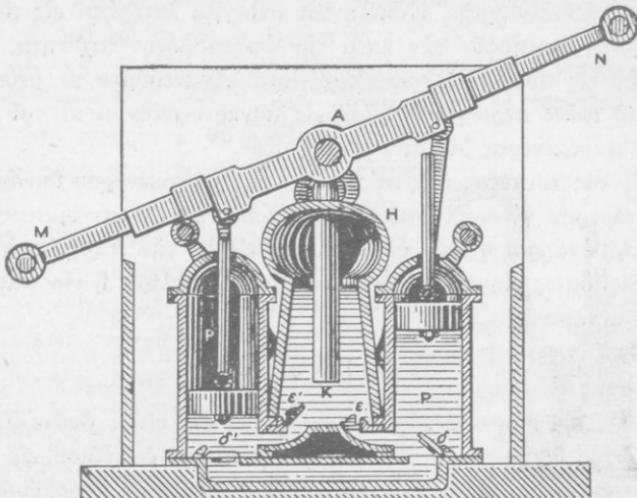
Πυροσβεστικὴ ὑδραντλία. — "Η ἀντλία αὕτη εἶναι συνδυασμὸς δύο καταθλιπτικῶν ἀντλιῶν (σχ. 129) ενρισκομένων ἐντὸς δεξαμενῆς

ὑδατος. Τὰ ἐμβόλα τούτων κινοῦνται ἐναλλάξ οὕτως, ὥστε ὅταν τὸ ἐν ἀναρροφῇ ὕδωρ ἐκ τῆς δεξαμενῆς, τὸ ἄλλο ἀποστέλλει αὐτὸν εἰς τὸν πλήρη ἀέρος κώδωνα Κ. Ἐκεῖθεν διὰ στομίου ὧθεῖται εἰς μακρὸν σωλῆνα, διὰ τοῦ δποίου ἐκτοξεύεται εἰς τὰ καιόμενα ἀντικείμενα. Εἰς τὴν ἀντλίαν ταύτην, κατ' ἀντίθεσιν πρὸς πάσας τὰς προηγουμένας ἀντλίας, ἡ ἐκροή εἶναι σχεδόν συνεχῆς, ἀφ' ἐνὸς ἔνεκα τῆς διαδοχικῆς λειτουργίας τῶν δύο ἀντλιῶν, ἀφ' ἐτέρου δὲ — καὶ κυριώτατα — ἔνεκα

Σχ. 128.



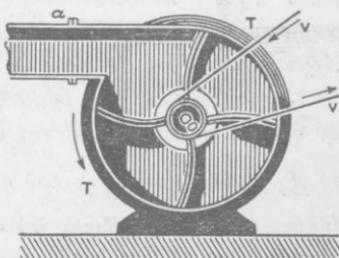
τοῦ ἀέρος τοῦ κώδωνος, δστις συμπιεζόμενος ὑπεράνω τοῦ ὑγροῦ ἀντιδρᾷ ἐπ' αὐτοῦ καὶ τὸ ἔξακοντίζει συνεχῶς.



Σχ. 129.

154. Ἀντλίαι διὰ φυγοκέντρου δυνάμεως.—Διὰ τῶν μηχανῶν τούτων, αἴτινες στηρίζονται ἐπὶ τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως, δυνάμεθα νὰ ἀνυψώνωμεν τὰ ὑγρά, νὰ ἀραιώνωμεν καὶ νὰ συμπιέζωμεν τὰ ἀέρια.

Ἄρχη.—Ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ἄξονος (σχ. 130) εἶναι στερεωμένα πτερύγια, τὰ δποῖα σχηματίζουν πρός ἄλληλα γωνίας ἵσας καὶ τῶν δποίων τὰ ἐπίπεδα περιέχουν τὸν ἄξονα. Τὸ σύστημα τοῦτο τιθέμενον εἰς ταχεῖαν περιστροφὴν συμπαρασύρει τὸ ὁρυστὸν (ὑγρὸν ἢ ἀέριον), ἐντὸς τοῦ δποίου ενρίσκεται. Τὸ ὁρυστὸν τοῦτο ὑφίσταται λοιπὸν τὴν ἐνέργειαν φυγοκέντρου δυνάμεως, ἥτις αὐξάνεται μετὰ τῆς ἀποστάσεως ἀπὸ τοῦ ἄξονος.



Σχ. 130.

Ἐὰν τὸ σύστημα εἶναι ἐγκεκλεισμένον ἐντὸς κυλινδρικοῦ κιβωτίου, τὸ πληροῦν τὸ κιβώτιον ὁευστὸν θὰ πιέζῃ τὰ τοιχώματα αὐτοῦ, διότι θὰ τείνῃ νὰ ἔκπιναχθῇ. Ἐν πλάγιον ἀνοιγμα ἐπιτρέπει εἰς τὸ ὁευστὸν νὰ διαφύγῃ διατηροῦν τὴν κατὰ τὴν ἐφαπτομένην ταχύτητα, ἵτις εἴλε μεταδοθῇ εἰς αὐτὸν ὑπὸ τῶν πτερυγίων. Ἀνανεοῦμεν τὸ ὁευστόν, θέτοντες τὸ τοῦτο περιέχον δοχεῖον εἰς συγκοινωνίαν μετὰ τοῦ κέντρου, διόπου ἡ φυγόκεντρος δύναμις εἶναι μηδέν.

Εἰς τὰς τοιαύτας μηχανάς, λόγῳ τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως, εἰς μὲν τὸ κέντρον γίνεται ἀναρρόφησις, δπως εἰς τὴν πνευματικὴν μηχανὴν ἡ τὴν ἀναρροφητικὴν ὑδραντίλιαν, εἰς δὲ τὴν περιφέρειαν γίνεται συμπίεσις, δπως εἰς τὴν καταθλιπτικὴν ἀεραντίλιαν ἡ τὴν καταθλιπτικὴν ὑδραντίλιαν.

Προβλήματα

1ον. Σιφωνίον κυλινδρικὸν ὕψους 25 ἑκ. εἶναι βυθισμένον κατὰ 20 ἑκ. ἐντὸς ὑδραργύρου. Τὸ κλείομεν διὰ τοῦ δακτύλου εἰς τὸ ἀνώτερον μέρος καὶ τὸ ἔξαγομεν κατακορύφως ἐκ τοῦ ὑδραργύρου. Ποῖον ὕψος θὰ ἔχῃ τὸ ὑγρόν, τὸ δοποῖον θὰ μείνῃ ἐντὸς τοῦ σιφωνίου, δταν παύση ἡ δοή; Ἀτμ. πίεσις 75. ἑκ.

2ον. Ὁ ἀναρροφητικὸς σωλὴν ὑδραντίλιας ἔχει ὕψος 4 μέτρα καὶ τομὴν 3 τετρ. ἑκ. Ὁ κύλινδρος τῆς ἀντίλιας ἔχει τομὴν 200 τετρ. ἑκ. Ποῖον πρέπει νὰ εἶναι τὸ ὕψος τοῦ κυλίνδρου, ἵνα διὰ τῆς πρώτης ἀναβάσεως τοῦ ἐμβόλου τὸ ὕδωρ πληρώσῃ τὸν ἀναρροφητικὸν σωλῆνα; Ἀτμ. πίεσις 75 ἑκ.

3ον. Ὁ κύλινδρος ὑδραντίλιας ἔχει ὕψος 40 ἑκ. ἡ δὲ κάτω βάσις του ἀπέχει 6 μέτρα ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος ἐν τῇ δεξαμενῇ.

Ἔν τομὴ τοῦ ἀναρροφητικοῦ σωλῆνος εἶναι τὸ $\frac{1}{5}$ τῆς τομῆς τοῦ κυλίνδρου. Εἰς ποῖον ὕψος θὰ ἀνέλθῃ τὸ ὕδωρ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος, δταν ὑνυψώσωμεν τὸ ἐμβόλον; Ἀτμοσφ. πίεσις 76 ἑκ.

4ον. Ὁ σωλὴν ἀναρροφητικῆς ὑδραντίλιας εἶναι πλήρης ἀέρος ὑπὸ τὴν ἀτμοσφ. πίεσιν, τοῦ ἐμβόλου δύτος εἰς τὴν κατωτέραν θέσιν του. Ζητεῖται μέχρι ποίου ὕψους θὰ ἀνυψωθῇ τὸ ὑγρόν, δταν ἀναβιβάσωμεν τὸ ἐμβόλον· ν καὶ ε εἶναι τὸ ὕψος καὶ ἡ τομὴ τοῦ ἀναρροφητικοῦ σωλῆνος, υ' καὶ ε' τὸ ὕψος καὶ ἡ τομὴ τοῦ κυλίνδρου τῆς ἀντίλιας.

ΜΕΡΟΣ ΠΕΜΠΤΟΝ

ΘΕΡΜΟΤΗΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Α' ΘΕΡΜΟΤΗΣ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΙΑ

ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΙΑ

155. Γενικὰ ἀποτελέσματα τῆς θερμότητος. — **Θερμοκαστία καὶ ποσότης θερμότητος.** "Οταν λαμβάνωμεν ἀνὰ χεῖρας τεμάχιον πάγου, δοκιμάζομεν δ, τι καλοῦμεν αἰσθήμα τοῦ ψυχροῦ. Τουνατίον, δοκιμάζομεν τὸ αἰσθήμα τοῦ θερμοῦ πλησιάζοντες τὴν χεῖρα εἰς ἀνημένην ἐστίαν. Ἡ αἵτια, εἰς τὴν δοποίαν ἀποδίδομεν τὰ αἰσθήματα ταῦτα τοῦ ψυχροῦ καὶ τοῦ θερμοῦ, εἶναι ἡ θερμότης. Ἡ θερμότης πρὸς τούτοις ἐπιφέρει τὸν βρασμὸν τοῦ ὄντος, τὴν τῆξιν τοῦ πάγου, τὴν διαπύρωσιν τοῦ σιδήρου. Τέλος, σχεδὸν πάντα τὰ σώματα αὐξάνονται κατ' ὅγκον, ὅταν ὑφίστανται τὴν ἐνέργειαν τῆς θερμότητος. Τοῦτο ἐκφράζομεν λέγοντες ὅτι τὰ σώματα διαστέλλονται.

Βυθίσωμεν ἐντὸς δοχείου, περιέχοντος ὄντωρ ψυχρόν, μᾶζαν μετάλλου ἵσχυρῶς θερμανθεῖσαν· τὸ ὄντωρ θερμαίνεται, ἐνῷ τὸ μέταλλον ψύχεται, ὡς ἔαν εἴχε μεταδώσει εἰς τὸ ὄντωρ μέρος τῆς θερμότητος του.

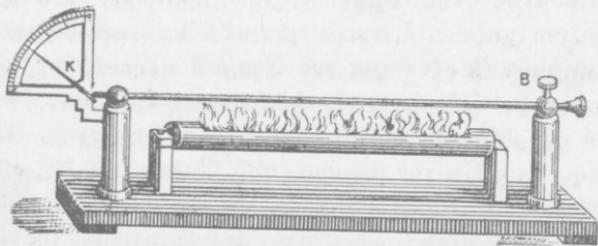
Ἡ φλὸξ φωταερίου π.χ. εἶναι πηγὴ θερμότητος. Ἔὰν θέσωμεν ὑπεράνω τῆς φλογὸς ταύτης δοχείον πλῆρες ὄντος, τοῦτο λαμβάνει συνεχῶς ἐκ τῆς θερμότητος ταύτης καὶ παρατηροῦμεν, ὅτι καθίσταται ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον θερμότερον, ἐφ' ὅσον ἀπορροφᾷ ποσότητας θερμότητος ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον μεγαλυτέρας. Διὰ νὰ ἐκφράσωμεν ὅτι τὰ σώματα εἶναι περισσότερον ἢ διλιγώτερον θερμά, λέγομεν ὅτι ἔχουν θερμοκαστίας διαφέρουσ: ὑψηλοτέραν μὲν τὸ θερμότερον, ταπεινοτέραν δὲ τὸ διλιγώτερον θερμόν.

"Ἐὰν ἀφήσωμεν ἐπὶ τὸν αὐτὸν χρόνον ἀνωθεν τῆς αὐτῆς φλογὸς κατὰ πρῶτον μὲν μικρὰν ποσότητα ὄντος, κατόπιν δὲ διλίγον με-

γαλυτέραν, διαπιστοῦμεν ὅτι ἡ μικροτέρα ποσότης καθίσταται θερμοτέρα τῆς ἄλλης πρέπει νὰ θερμάνωμεν τὴν δευτέραν ἐπὶ περισσότερον χρόνον, νὰ μεταδώσωμεν δηλ. εἰς αὐτὴν περισσότεραν θερμότητα, ἵνα θερμανθῇ καὶ αὕτη ὅσον ἡ πρώτη. Ἡ **θερμοκρασία** λοιπὸν ἐνὸς σώματος, ἡ ὅποια εἶναι ἀποτέλεσμα τῆς ἐνεργείας τῆς θερμότητος ἐπὶ τούτου, πρέπει νὰ διαχριθῇ ἀπὸ τὴν ποσότητα τῆς θερμότητος, ἡ ὅποια τὴν παράγει.

Ποσότης τις θερμότητος δύναται νὰ εἶναι διπλασία, τριπλασία κτλ. ἄλλης. Είναι λοιπὸν αὕτη μέγεθος δυνάμεων νὰ μετρηθῇ. Θὰ ἴδωμεν ὅτι δὲν συμβαίνει τὸ αὐτὸν διὰ τὴν θερμοκρασίαν.

Πρῶται ἔννοιαι ἐπὶ τῆς διαστολῆς τῶν σωμάτων.—Τὴν διαστολὴν τῶν σωμάτων δυνάμεθα νὰ καταστήσωμεν φανερὰν διάτιγων ἀπλῶν πειραμάτων.



Σχ. 131.

156. α) Διαστολὴ τῶν στερεῶν.—Λαμβάνομεν οάρδον μεταλλικὴν (σχ. 131), τὸ ἐν ἄκρον τῆς ὅποιας στερεοῦμεν εἰς τὸ Β. Τὸ ἐλεύθερον ἄκρον τῆς οάρδου ταύτης τίθεται εἰς ἐπαφὴν μετὰ τοῦ μικροτέρου βραχίονος μοχλοῦ Κ, δστις δύναται νὰ κινηθῇ ἐπὶ τόξου. Ὅποιας τὸ τόξον οὐδὲν πάρχει ἐπιμήκης σκαφίς, ἐντὸς τῆς ὅποιας ἀνάπτουμεν οἰνόπνευμα. Ἡ βελόνη ενδισκεται κατ' ἀρχὰς εἰς τὸ μηδὲν τοῦ τόξου· καθ' ὅσον ὅμως ἡ οάρδος θερμαίνεται, ἡ βελόνη ἀνέρχεται. Τοῦτο δεικνύει τὴν κατὰ μῆκος διαστολὴν τῆς οάρδου.

“Οταν στερεόν τι θερμαίνεται, ὅλαι αἱ διαστάσεις του αὐξάνονται. Οὕτω:

Διὰ τοῦ 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 αὗτη θεομανθῆ διὰ λύχνου οἰνοπνεύματος, χωρὶς νὰ θεομανθῆ καὶ δ δακτύλιος, δὲν δύναται πλέον νὰ διέλθῃ διὰ μέσου τοῦ δακτυλίου· συνεπῶς δ ὅγκος τῆς σφαίρας ηὔξηθη.

Διέρχεται ὅμως ἡ σφαῖρα διὰ τοῦ δακτυλίου, ἐὰν συγχρόνως θεομάνωμεν καὶ τοῦτο. Γενικῶς, σῶμά τι κοίλον αὐξάνεται κατ' ὅγκον, ως ἐὰν ἦτο πλῆρες.

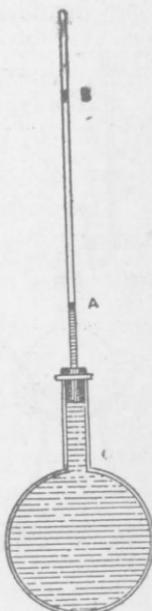
Σημ. Σώματά τινα, ὅπως π. χ. τὸ καουτσούχ, τὸ ἀργίλιον, θεομαινόμενα συστέλλονται, ἀντὶ νὰ διαστέλλωνται.

157. β) *Διαστολὴ τῶν ὑγρῶν*. — Ἡ διαστολὴ τῶν ὑγρῶν εἶναι πολὺ μεγαλυτέρα τῆς τῶν στερεῶν.

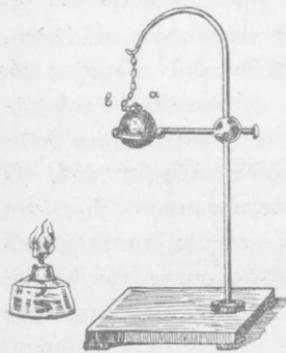
Διὰ νὰ δείξωμεν τοῦτο, πληροῦμεν ὑαλίνην σφαῖραν καταλήγουσαν εἰς εὐθὺν σωλῆνα διὰ κεχρωσμένου ὑγροῦ (σχ. 133).

Ἐὰν θέσωμεν ἀποτόμως τὴν σφαῖραν ταύτην ἐντὸς θεομοῦ ὕδατος, βλέπομεν κατ' ἀρχὰς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς ὑγρᾶς στήλης νὰ κατέρχεται ἔνεκα τῆς διαστολῆς τῆς σφαίρας. Ἄλλο

ἐπειδὴ ἡ διαστολὴ τοῦ ὑ-



Σχ. 133.



Σχ. 132.

γροῦ εἶναι πολὺ μεγαλυτέρα τῆς διαστολῆς τῆς ὑάλου, ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ ἀνέρχεται σχεδὸν ἀμέσως καὶ ὑπερβαίνει κατὰ πολὺ τὴν ἀρχικήν τῆς θέσιν. Ἡ αὕτησις τοῦ ὅγκου, τὴν ὅποιαν φαίνεται ὅτι λαμβάνει τὸ ὑγρὸν ἐντὸς τοῦ δοχείου του, τὸ ὅποιον διαστέλλεται διλιγώτερον ἀπὸ αὐτό, καλεῖται φαινομένη διαστολὴ τοῦ ὑγροῦ. Αὕτη προφανῶς εἶναι μικροτέρα τῆς ἀπολύτου διαστολῆς του, δηλ. τῆς αὐξήσεως τοῦ ὅγκου, τὴν ὅποιαν πράγματι τοῦτο ὑφίσταται.

158. γ) *Διαστολὴ τῶν ἀερίων*. — Τὴν μεγάλην διαστολὴν τῶν ἀερίων καθιστῶμεν φανεράν διὰ τῆς αὐτῆς συσκευῆς. Πρὸς τοῦτο ἀφή-

νομεν εἰς τὴν ἀνωτέρω σφαιρικὴν φιάλην τὰ $\frac{2}{3}$ τοῦ κεχρωσμένου ὑγροῦ, τὸ ὅποιον περιεῖχε, καὶ καταβιβάζομεν τὸν σωλῆνα, ὥστε νὰ βυθίσθῃ 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 χειρός μας διαστέλλεται.

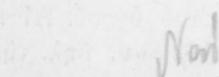
Εἰς τὸ πείραμα τοῦτο, ἡ ἐλαστικὴ δύναμις τοῦ ἀέρος παραμένει ἵση μὲ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν. Λέγομεν τότε ὅτι ὁ ἀήρ διαστέλλεται ὑπὸ σταθερὰν πίεσιν.

Ἐὰν δημοσίως ἐμποδίσωμεν τὴν διαστολὴν τοῦ ἀερίου, ἡ ἐλαστικὴ του δύναμις βαθμηδὸν αὐξάνεται.

Κλείομεν σφαιρικὸν δοχεῖον διὰ πώματος φέροντος ἀσφαλιστικὸν σωλῆνα, χύνομεν ἐντὸς τοῦ σωλῆνος τούτου ὀλίγον ὑδράργυρον καὶ κατόπιν βυθίζομεν τὸ δοχεῖον ἐντὸς θερμοῦ ὕδατος (σχ. 134). Οἱ ὑδράργυρος τότε κατέρχεται εἰς τὸν μικρὸν βραχίονα καὶ ἀνέρχεται εἰς τὸν μέγαν, ἔνεκα τῆς διαστολῆς τοῦ ἐντὸς τοῦ δοχείου ἀέρος. Ἐπαναφέρομεν τὸν ὑδράργυρον εἰς τὴν ἀρχικὴν του θέσιν α εἰς τὸν μικρὸν βραχίονα, χύνοντες ἐντὸς τοῦ μεγαλυτέρου ὑδράργυρον. Ἡ ἀπόστασις υ τῶν δύο ἐπιφανειῶν τοῦ ὑδραργύρου δίδει τὴν αὐξῆσιν τῆς ἐλαστικῆς δυνάμεως τοῦ ἀερίου ὑπὸ σταθερὸν ὅγκον.

Σχ. 134.

Σημ. Εἰς τὰ ἀνωτέρω πειράματα τὰ σώματα, ὅταν ψυχθοῦν, ἀναλαμβάνουν τὸν ἀρχικὸν των ὅγκων. Ἐκ τούτου ἀποδεικνύεται, ὅτι ἡ ψύξις προκαλεῖ τὴν συστολὴν τῶν σωμάτων.



ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΙ

159. Γενικαὶ ἔννοιαι τῶν θερμοκρασιῶν.—Δυνάμεθα νὰ ἐκτιμήσωμεν διὰ συγκρίσεως τὰς θερμοκρασίας τῶν σωμάτων ἀπτόμενοι αὐτῶν· ἀλλ᾽ ὁ τρόπος οὗτος ἐνεργείας δὲν θὰ είναι κατάλληλος διὰ

σώματα πολὺ θερμά 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 δικου**, τὰς διποίας ὑφίστανται τὰ σώματα ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς θερμότητος.

Θεωρήσωμεν τὴν ἀνωτέρῳ σφαιρικὴν φιάλην (σχ. 133) πλήρῃ θερμαργύρου. ⁷Ἐφ' ὅσον ἡ ἐπιφάνεια τούτου εἰς τὸν σωλῆνα μένει σταθερά, ἡ θερμοκρασία τοῦ ὁργάνου εἶναι **στάσιμος**. ⁸Εὰν ἵδωμεν ὅτι ἡ ἐπιφάνεια τούτου ἀνέρχεται, ἡ φαινομένη αὕτη διαστολὴ τοῦ θερμαργύρου δεικνύει ὅτι οὗτος θερμαίνεται. Λέγομεν τότε ὅτι ἡ θερμοκρασία του **ἀνέρχεται**. ⁹Αντιστρόφως, πτῶσις τῆς ἐπιφανείας τοῦ θερμαργύρου θὰ δεῖξῃ **πτῶσιν** τῆς θερμοκρασίας.

"Ἄς βυθίσωμεν τὴν φιάλην ταύτην ἐντὸς θερμοῦ ὕδατος. Τὸ ὕδωρ ψύχεται δλίγον, θερμαίνον τὴν φιάλην καὶ ἡ ἐπιφάνεια τοῦ θερμαργύρου ἀνέρχεται. Ἄρα ἡ θερμοκρασία του ἀνέρχεται. Τοῦτο θὰ ἔξακολουθῇ νὰ συμβαίνῃ, ἔως ὅτου τὰ δύο σώματα γίνονται ἐξ Ἰσου θερμά· αἱ θερμοκρασίαι των τότε θὰ εἶναι ἴσαι. ¹⁰Η ἐπιφάνεια τοῦ θερμαργύρου μένει στάσιμος, διότι ἡ φιάλη λαμβάνει ἀπὸ τὸ ὕδωρ τόσην θερμότητα, ὅσην παραχωρεῖ εἰς αὐτό. ¹¹Εφοδιάζοντες λοιπὸν τὸν σωλῆνα τοῦ ὁργάνου μὲν κλίμακα βαθμολογημένην, διὰ νὰ σημειώνωμεν τὸ ὑψος τοῦ θερμαργύρου, δυνάμεθα νὰ **συγκρίνωμεν** τὰς θερμοκρασίας τῶν διαφόρων μέσων, ἐντὸς τῶν διποίων φέρομεν τὸ ὄργανον διαδοχικῶς.

¹²Ἐκ τῶν ἀνωτέρῳ βλέπομεν, ὅτι ἡ θερμοκρασία δὲν εἶναι μέγεθος δυνάμενον νὰ μετρηθῇ.

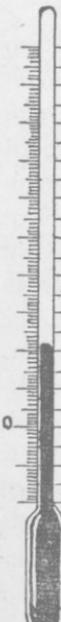
Διὰ νὰ δυνηθῶμεν λοιπὸν νὰ σπουδάσωμεν τὰς θερμοκρασίας, πρέπει νὰ χρησιμοποιήσωμεν συμβατικὴν κλίμακα διηρημένην, εἰς τὴν διποίαν μία θερμοκρασία θὰ παρίσταται ὑπὸ ἀριθμοῦ τόσον μεγαλυτέρου, ὃσον καὶ ἡ θερμοκρασία αὕτη θὰ εἶναι περισσότερον ὑψηλή.

160. **Θερμοκρασίαι σταθεραί.**—¹³Ἐὰν φέρωμεν ἐντὸς τηκομένου πάγου τὸ ἀνωτέρῳ ὄργανον, διαπιστοῦμεν ὅτι ἡ ἐπιφάνεια τοῦ θερμαργύρου εἰς τὸν σωλῆνα θὰ παραμείνῃ σταθερὰ εἰς ὠρισμένον σημεῖον, ἐφ' ὅσον ὑπάρχει τεμάχιον πάγου ἀτηκτον. Γενικῶς, σῶμα **βυθισμένον** ἐντὸς τηκομένου πάγου δὲν μεταβάλλεται κατ' ὅγκον.

"Αρα ή θερμοκρασία τοῦ τηκομένου πάγου εἶναι σταθερά. Κατὰ συνθήκην, ὁνομάζομεν τὴν θερμοκρασίαν ταύτην Ο.

"Εὰν θέσωμεν τὸ δργανόν ἐντὸς τῶν ἀτμῶν ζέοντος ὕδατος, ὑπὸ ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν 76 ἔκ., δὲ οὐδάργυρος καταλαμβάνει τὸ σφαιρικὸν δοχεῖον καὶ τὸν σωλῆνα μέχρις ὑψους πολὺ μεγαλυτέρου ἀπὸ τὸ ὑψος, τὸ δποῖον εἶχε λάβει ἐντὸς τοῦ τηκομένου πάγου. Τὸ ὑψος τοῦτο δὲν μεταβάλλεται, ἐφ' ὅσον δὲν μεταβάλλεται η ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις. **"Ο ἀτμὸς λοιπὸν τοῦ ζέοντος ὕδατος ὑπὸ πίεσιν 76 ἔκ. ἔχει θερμοκρασίαν σταθεράν.** Κατὰ συνθήκην ὁνομάζομεν τὴν θερμοκρασίαν ταύτην 100.

"Η κλίμαξ τῶν θερμοκρασιῶν, τῆς δποίας τὰ δύο σταθερὰ σημεῖα χαρακτηρίζονται διὰ τοῦ Ο καὶ τοῦ 100 εἶναι η μᾶλλον χρησιμοποιουμένη καὶ καλεῖται ἑκατονταδική.


161. Θερμόμετρα.—Τὰ θερμόμετρα εἶναι δργανα, τὰ δποῖα διὰ τῆς μεταβολῆς τοῦ δγκου τοῦ περιεχομένου των μᾶς γνωρίζουν τὴν θερμοκρασίαν σώματος (ἢ περιοχῆς), μετὰ τοῦ δποίου ἐτέθησαν εἰς ἐπαφήν.

Τὰ μᾶλλον χρησιμοποιούμενα θερμόμετρα εἶναι τὰ δι' οὐδαργύρου, μὲ κλίμακα ἑκατονταδικήν.

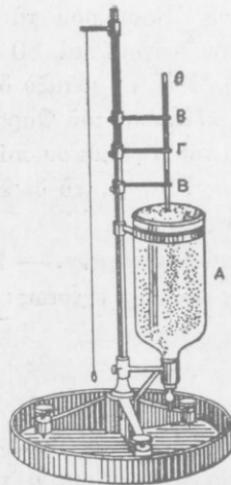
Θερμόμετρον δι' οὐδαργύρου.—Εἰς τὴν κατασκευὴν τῶν θερμομέτρων προτιμῶμεν τὸν οὐδαργυρὸν, διότι οὔτος ὡς μέταλλον ἄγει τὴν θερμότητα καλλίτερον ἀπὸ ὅλα τὰ ἄλλα ὑγρὰ καὶ τίθεται τοιουτορόπτως ταχύτερον ἀπὸ ἐκεῖνα εἰς ίσορροπίαν θερμοκρασίας μετὰ τοῦ περιβάλλοντος. **"Ἐπὶ πλέον, διαστέλλεται κανονικώτατα καὶ ζέει εἰς 357°, παραμένων ὑγρὸς μέχρι —39°.** Τέλος, εὐκόλως λαμβάνεται καθαρὸς καὶ καθίσταται δρατὸς ἐντὸς πολὺ λεπτοῦ σωλῆνος.

Τὰ οὐδαργυρικὰ θερμόμετρα συνίστανται ἐκ σωλῆνος οὐαλίνου πολὺ μικρᾶς ἐσωτερικῆς διαμέτρου, δὲ δποῖος ἀπολήγει κατὰ τὸ ἐν ἄκρον εἰς κυλινδρικὸν ἢ σφαιρικὸν δοχεῖον σχ. 135. περιέχον οὐδαργυρὸν. Τὸ ἄλλο ἄκρον τοῦ σωλῆνος εἶναι κλειστὸν (σχ. 135).

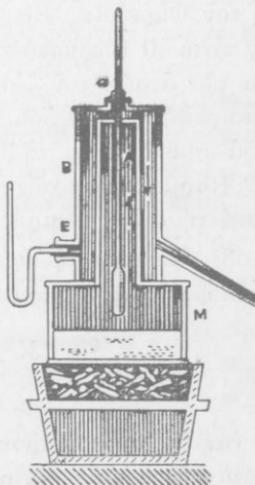
Βαθμολογία τοῦ θερμομέτρου. Προσδιορισμὸς τοῦ μηδενός.—Διὰ νὰ προσδιορίσωμεν τὸ μηδέν, εἰσάγομεν τὸ θερμόμετρον ἐντὸς τριμένου πάγου ούτως, ὥστε τὸ μέρος τοῦ θερμομέτρου τὸ

περιέχον τὸν ὑδραγγυρὸν νὰ εὐρίσκεται ἐντὸς τοῦ πάγου (σχ. 136). "Οταν δὲ ὑδραγγυρὸς παύσῃ νὰ συστέλλεται, δταν δηλ. ή ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραγγύρου μείνῃ στάσιμος εἰς ὡρισμένον σημεῖον τοῦ σωλῆνος, χαράσσομεν εἰς τὸ σημεῖον τοῦτο, τὸ δποῖον 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 δποίας παραγόνται διὰ βρασμοῦ ἀτμοὶ ὕδατος. Τὸ δοχεῖον δὲν πρέ-



Σχ. 136.



Σχ. 137.

πει νὰ βυθίζεται εἰς τὸ ὕδωρ· τὸ διατηροῦμεν εἰς ἀπόστασιν δύο περίπου ἑκατοστῶν ἀνωθεν τῆς ἐπιφανείας τοῦ ζέοντος ὕδατος. "Ο ὑδραγγυρὸς θερμαινόμενος ὑπὸ τῶν ἀτμῶν διαστέλλεται καὶ ἀνέρχεται ἐντὸς σωλῆνος. "Οταν παύσῃ νὰ ἀνέρχεται, δταν δηλ. ή ἐπιφάνειά του μείνῃ στάσιμος εἰς ὡρισμένον σημεῖον τοῦ σωλῆνος, χαράσσομεν εἰς τὸ σημεῖον τοῦτο, τὸ δποῖον ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν θερμοκρασίαν τῶν ἀτμῶν τοῦ ζέοντος ὕδατος, τὸ 100.

"Αφ' οὗ προσδιορίσωμεν τοιουτορόπως τὰ δύο σταθερὰ σημεῖα, διαιροῦμεν τὸ μεταξὺ αὐτῶν διάστημα εἰς 100 ίσα μέρη, τὰ δποῖα κα-

λοῦμεν **βαθμούς**, καὶ ἐπεκτείνομεν τὰς διαιρέσεις ὑπεράνω τῶν 100 καὶ κάτω τοῦ 0.

Οἱ βαθμοὶ σημειοῦνται διὰ μικροῦ μηδενικοῦ, τὸ ὅποιον γράφομεν ὡς ἐκθέτηγ ἐπὶ τοῦ ἀριθμοῦ τοῦ δεικνύοντος τὴν θεομοκρασίαν, πρὸς διάκρισιν δὲ σημειοῦμεν διὰ τοῦ — (πλὴν) τὰς κάτω τοῦ μηδενὸς θεομοκρασίας.

162. "Αλλαι κλίμακες." — Εκτὸς τῆς ἀνωτέρω ἑκατονταβάθμου κλίμακος (κλίμαξ τοῦ Κελσίου, ἐκ τοῦ ὀνόματος τοῦ προτείναντος αὐτὴν Σουηδοῦ Φυσικοῦ Κελσίου), ὑφίστανται καὶ ἡ κλίμαξ τοῦ Ρεωμύρου καὶ ἡ τοῦ Φαρενάϊτ. Εἰς τὴν κλίμακα τοῦ Ρεωμύρου τὰ σταθερὰ σημεῖα εἶναι 0 (θεομοκρασία τοῦ τηκομένου πάγου) καὶ 80 (θεομοκρασία τῶν ἀτμῶν τοῦ ζέοντος ὕδατος), τὸ δὲ ἐν τῷ μεταξὺ διάστημα ἔχει διαιρεθῆ εἰς 80 ἵσα μέρη. Εἰς τὴν κλίμακα τοῦ Φαρενάϊτ, τὰ σταθερὰ σημεῖα εἶναι τὸ 32 (θεομοκρασία τοῦ τηκομένου πάγου) καὶ τὸ 212 (θεομοκρασία τῶν ἀτμῶν τοῦ ζέοντος ὕδατος), τὸ δὲ ἐν τῷ μεταξὺ διάστημα ἔχει διαιρεθῆ εἰς 180 ἵσα μέρη.

163. Μετατροπὴ τῶν θεομομετρικῶν βαθμῶν. — Γενικῶς, μετατρέπομεν τοὺς θεομομετρικοὺς βαθμοὺς διὰ τῆς σχέσεως:

$$\frac{K}{5} = \frac{P}{4} = \frac{\Phi - 32}{9}.$$

Διότι, ἐπὶ θεομομέτρου φέροντος καὶ τὰς τρεῖς κλίμακας καλέσωμεν καὶ τὸ μῆκος μᾶς διαιρέσεως τῆς κλίμακος Κελσίου, ρ τὸ μῆκος μᾶς διαιρέσεως τῆς κλίμακος Ρεωμύρου καὶ φ τὸ μῆκος μᾶς διαιρέσεως τῆς κλίμακος Φαρενάϊτ, τὸ διάστημα τὸ περιλαμβανόμενον μεταξὺ 0 καὶ 100 ἴσοῦται πρὸς $100\kappa = 80\rho = 180\phi$. (1)

Ἐάν παραστήσωμεν διὰ K, P καὶ Φ τοὺς ἀριθμοὺς τῶν βαθμῶν τῶν σημειουμένων ἐπὶ τῶν τριῶν κλιμάκων διὰ τὴν αὐτὴν θεομοκρασίαν, τὸ μῆκος τὸ περιλαμβανόμενον μεταξὺ τοῦ μηδενὸς καὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου εἶναι ἐπὶ τῶν τριῶν κλιμάκων τὸ αὐτό. "Αρική K = Pρ = (Φ - 32)φ. (2)

Διαιροῦντες κατὰ μέλη τὰς (2) καὶ (1), λαμβάνομεν:

$$\frac{K}{100} = \frac{P}{80} = \frac{\Phi - 32}{180} \quad \text{ἢ} \quad \frac{K}{5} = \frac{P}{4} = \frac{\Phi - 32}{9}.$$

164. *Οἰνοπνευματικὸν θερμόμετρον.* — Διὰ τὸν προσδιορισμὸν πολὺ χαμηλῶν θερμοκρασιῶν χρησιμοποιεῖται τὸ δι' οἰνοπνεύματος θερμόμετρον, διότι ὁ ὑδραργυρος πήγνυται εἰς θερμοκρασίαν — 39° K, ἐνῷ τὸ οἰνόπνευμα πήγνυται εἰς θερμοκρασίαν — 130° , 7 K.

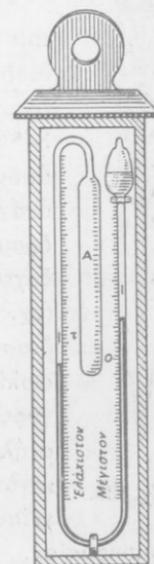
Τὰ θερμόμετρα ταῦτα ἔχουν σωλῆνα εὐρύτερον τῶν ὑδραργυρικῶν, διότι τὸ οἰνόπνευμα διαστέλλεται πολὺ περισσότερον τοῦ ὑδραργύρου. Βαθμολογοῦνται δὲ διὰ συγκρίσεως πρὸς ὑδραργυρικὸν θερμόμετρον.

165. *Θερμόμετρα μεγίστου καὶ ἐλαχίστου.* — Τὰ θερμόμετρα ταῦτα χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν μετεωρολογίαν. Ταῦτα εἶναι κατεσκευασμένα τοιουτούρπως, ὥστε νὰ διατηροῦν τὰς ἐνδείξεις τῆς ὑψηλοτέρας καὶ τῆς ταπεινότερας θερμοκρασίας, αἱ δόποια ἐσημειώθησαν ἐντὸς ὀρισμένου χρονικοῦ διαστήματος.

a) *Θερμόμετρον Six καὶ Bellani.* Τὸ σχῆμα 138 παριστᾶ θερμόμετρον μεγίστου καὶ ἐλαχίστου τῶν Six καὶ Bellani. Τοῦτο περιέχει ὑδραργυρον, πρὸς τὰ ἄνω δέ, ἐντὸς τῶν δύο βραχίονων, οἰνόπνευμα. Ὁ πρὸς τὰ ἀριστερὰ βραχίων, τελείως πλήρης, συγκοινωνεῖ μετὰ τοῦ δοχείου A· ὁ πρὸς τὰ δεξιά εἶναι ἐν μέρει πεπληρωμένος. Δύο δείκται ἐκ χάλυβος εὐρίσκονται ἐντὸς τοῦ οἰνοπνεύματος, ἀνωθεν τοῦ ὑδραργύρου, εἰς τοὺς δύο βραχίονας. Ἐλαφρὰ τριβὴ ἐπὶ τῆς ὑάλου ἀρκεῖ νὰ τοὺς διατηρῇ, παρὰ τὸ βάρος των, εἰς οἷανδήποτε θέσιν ἐντὸς τοῦ σωλῆνος τοῦ θερμομέτρου.

Διὰ νὰ μεταχειρισθῶμεν τὸ ὅργανον, φέρομεν τὸν δείκτην ἐκάστου βραχίονος εἰς ἐπαφὴν μετὰ τοῦ ὑδραργύρου, χρησιμοποιοῦντες πρὸς τοῦτο ἐξωτερικῶς μαγνήτην, διὰ τοῦ ὅποίου τὸν καταβιβάζομεν.

“Οταν ἡ θερμοκρασία ἀνέρχεται, τὸ οἰνόπνευμα διαστέλλεται καὶ πιέζει τὸν ὑδραργυρον ἐξ ἀριστερῶν πρὸς τὰ δεξιά. Ὁ δείκτης τοῦ ἀριστεροῦ βραχίονος παραμένει εἰς τὴν θέσιν του, τὸ δὲ οἰνόπνευμα διέρχεται πέριξ αὐτοῦ, χωρὶς νὰ τὸν μετακινήσῃ. Ὁ δείκτης τότε τοῦ δεξιοῦ βραχίονος ἀνωθεῖται ὑπὸ τοῦ ὑδραργύρου μέχρι σημείου, ἀπὸ τοῦ



Σχ. 138.

δποίου δὲν κατέρχεται, ὅταν κατέλθῃ ἡ θερμοκρασία. Ἀντιστρόφως, ὅταν ἡ θερμοκρασία κατέλθῃ, ὁ ὑδράργυρος προχωρῶν εἰς τὸν ἀριστερὸν βραχίονα ἀνυψοῖ τὸν δείκτην, ὅστις εὑρίσκεται πρὸς τὸ μέρος τοῦτο. Ὁ ἄλλος δείκτης παραμένει εἰς τὴν θέσιν του. Ὁ ἀνυψωθεὶς δείκτης δὲν κατέρχεται πλέον. Οἱ δύο βραχίονες φέρουν ἔκαστος κλίμακα, ἡ δποία ἔχαράθη διὰ συγκρίσεως πρὸς θερμόμετρον ὑδραργυρικόν. Ὁ πρὸς τὰ ἀριστερὰ δείκτης δεικνύει τὴν ἐλαχίστην θερμοκρασίαν, ὁ δὲ πρὸς τὰ δεξιά τὴν μεγίστην (διὰ τῶν ἄκρων αὐτῶν τῶν ἐστραμμένων πρὸς τὸν ὑδράργυρον).



Σχ. 139.

β) *Θερμόμετρα λαρικά*. — Ταῦτα εἶναι θερμόμετρα ὑδραργυρικὰ τοῦ μεγίστου, διὰ τῶν δποίων προσδιορίζομεν τὴν θερμοκρασίαν τοῦ ἀνθρωπίνου 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 ὑδραργυρικὴ στήλη νὰ μὴ δύναται νὰ διπισθοδρομῆσῃ. Πρὸς τοῦτο ὁ σωλῆνος φέρει στένωμα ὑπεράνω τοῦ δοχείου, τοῦτο δὲ ἐμποδίζει τὴν κίνησιν τοῦ ὑδραργύρου (σχ. 139). Ὁταν ἡ θερμοκρασία ἀνυψοῦται, ὁ ὑδράργυρος διαστέλλεται, διέρχεται τὸ στένωμα καὶ ἀνέρχεται εἰς τὸν σωλῆνα ἀλλ’ ὅταν ἡ θερμοκρασία ταπεινοῦται, ὁ ὑδράργυρος συστέλλεται εὐθύν, ἀλλὰ τὸ στένωμα διατηρεῖ τὴν στήλην τοῦ ὑδραργύρου ἐντὸς τοῦ σωλῆνος καὶ παράγεται κενὸν μεταξὺ τοῦ στενώματος καὶ τοῦ ὑδραργύρου τοῦ δοχείου. Δυνάμεθα λοιπὸν νὰ παρατηρήσωμεν ἀνέτως τὴν θερμοκρασίαν.

Πρὸ πάσης χοήσεως κανονίζομεν τὸ ὅργανον κρατοῦντες αὐτὸ μὲ τὸ δοχεῖον πρὸς τὰ ἔξω καὶ τινάσσοντες ἴσχυρῶς πρὸς τὰ κάτω τοιουτορόπως ἡ ὑδραργυρικὴ στήλη ἔρχεται εἰς ἐπαφὴν μετὰ τῆς ὑπολοίπου μάζης τοῦ ὑδραργύρου. >

Προβλήματα

1ον. Νὰ τραπῶσιν εἰς βαθμοὺς Ρεωμύρου:

α) 35 βαθμοὶ Κελσίου

β) 12 βαθμοὶ Φαρενάϊτ

γ) -12 » »

δ) 45 » »

Ζον. Νὰ τραπῶσιν εἰς βαθμοὺς Κελσίου :

- | | |
|-----------------------|-----------------------|
| a) 28 βαθμοὶ Ρεωμύρων | β) 32 βαθμοὶ Φαρενάῖτ |
| γ) 44 » » | δ) —40 » » |

Ζον. Νὰ τραπῶσιν εἰς βαθμοὺς Φαρενάῖτ :

- | | |
|----------------------|-----------------------|
| a) 40 βαθμοὶ Κελσίου | β) 32 βαθμοὶ Ρεωμύρων |
| γ) —40 » » | δ) —30 » » |

Ζον. Δύο θερμόμετρα, ἐν τοῦ Κελσίου καὶ ἐν τοῦ Φαρενάῖτ, τοποθετημένα παραλλήλως, ἔδειξαν κατά τινα στιγμὴν τὸν αὐτὸν ἀριθμὸν βαθμῶν, χαρακτηριζόμενον διὰ τοῦ αὐτοῦ σημείου. Ζητεῖται : ποῖος ὁ ἀριθμὸς οὗτος καὶ ποῖον τὸ σημεῖον αὐτοῦ ;

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Β'

ΣΠΟΥΔΗ ΤΩΝ ΔΙΑΣΤΟΛΩΝ

Ned ΔΙΑΣΤΟΛΗ ΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ

166. Συντελεσταὶ 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 ὠρισμένου μέρους τῆς ἐπιφανείας του (κατ' *ἐπιφράνειαν* διαστολῆ). εἴτε τέλος τὴν αὔξησιν τοῦ ὄγκου του (*κυβικὴ διαστολή*).

167. Γραμμικὴ διαστολή. — Καλέσωμεν μὲν τὸ μῆκος φάσης δύο εἰς 0° , μὲν δὲ τὸ μῆκος, τὸ δόποιον λαμβάνει ἡ αὐτὴ φάσης δύο εἰς 0° . Ἡ διαστολὴ αὐτῆς γραμμικὴ διαστολὴ μεταξὺ 0 καὶ 0° εἶναι μὲν —μο., ἡ διαστολὴ κατὰ μονάδα μήκους (μετρουμένην εἰς 0°) εἶναι $\frac{\mu_{\theta} - \mu_0}{\mu_0}$, καὶ ἡ διαστολὴ κατὰ μονάδα μήκους δι^o ὑψωσιν θερμοκρασίας κατὰ 1° εἶναι $\frac{\mu_{\theta} - \mu_0}{\mu_0 \vartheta}$.

Ἡ τελευταία αὕτη σχέσις καλεῖται *συντελεστὴς τῆς γραμμικῆς διαστολῆς*. Παραστήσωμεν αὐτὴν διὰ λ , ἥτοι

$$\frac{\mu_{\theta} - \mu_0}{\mu_0 \vartheta} = \lambda. \quad (1)$$

Συντελεστὴς λοιπὸν τῆς γραμμικῆς διαστολῆς μιᾶς φάσης δύο εἶναι

ἡ σιαθερὰ ἐπιμήκυνσις, τὴν δποίαν ὑφίσταται ἡ μονάς τοῦ μήκους τῆς ράβδο ουταύτης, λαμβανομένη εἰς 0°, δι' ὕψωσιν θερμοκρασίας κατὰ 1°.

Ἐκ τῆς σχέσεως (1) λαμβάνομεν:

$$\begin{aligned} \mu_{\theta} - \mu_0 &= \mu_0 \vartheta \lambda, & \text{εξ ᾧ} & \mu_{\theta} = \mu_0 + \mu_0 \vartheta \lambda \\ \overset{\text{η}}{\mu_{\theta}} &= \mu_0 (1 + \vartheta \lambda) & & (2) \end{aligned}$$

τὸ (1+λθ) καλεῖται **διώνυμον τῆς γραμμικῆς διαστολῆς**.

"Ητοι: διὰ νὰ εῦρωμεν τὸ μῆκος εἰς θ° μᾶς ράβδου, πολλαπλασιάζομεν τὸ μῆκος αὐτῆς εἰς 0° ἐπὶ τὸ διώνυμόν τῆς γραμμικῆς διαστολῆς.

Ἐὰν μὲν τὸ μῆκος τῆς αὐτῆς ράβδου εἰς θερμοκρασίαν θ', θὰ ἔχωμεν: $\mu_{\theta'} = \mu_0 (1 + \lambda \theta')$. (3)

Καὶ διαιροῦντες κατὰ μέλη τὰς (3) καὶ (2) θὰ ἔχωμεν:

$$\frac{\mu_{\theta'}}{\mu_{\theta}} = \frac{1 + \lambda \theta'}{1 + \lambda \theta}.$$

"Ητοι τὰ μῆκη μὲν καὶ μὲν τῆς αὐτῆς ράβδου εἰς δύο διαφόρους θερμοκρασίας εἶναι ἀνάλογα πρὸς τὰ διώνυμα τῆς διαστολῆς.

168. **Τύποι σχετικοὶ πρὸς τὴν κατ' ἐπιφάνειαν διαστολήν.** — "Εστω 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 ἀνυψωθεῖται κατὰ 1°, ἐκφράζεται ὑπὸ τῆς σχέσεως $\frac{E_{\theta} - E_0}{E_0 \vartheta}$. Ἡ αὔξησις αὗτη εἶναι ὁ

συντελεστὴς τῆς κατ' ἐπιφάνειαν διαστολῆς τοῦ σώματος παραστῶμεν τοῦτον δι' ε. Οἱ τύποι οἱ σχετικοὶ πρὸς τὴν κατ' ἐπιφάνειαν διαστολὴν εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τοὺς τύπους τῆς γραμμικῆς διαστολῆς.

"Ητοι $E_{\theta} = E_0 (1 + \varepsilon \vartheta)$ καὶ $E_{\theta'} = E_0 (1 + \varepsilon \vartheta')$,

$$\text{εξ ὧν} \quad \frac{E_{\theta'}}{E_{\theta}} = \frac{1 + \varepsilon \vartheta'}{1 + \varepsilon \vartheta}.$$

"Ο συντελεστὴς τῆς κατ' ἐπιφάνειαν διαστολῆς σώματος στερεοῦ εἶναι αἰσθητῶς ἵσος πρὸς τὸ διπλάσιον τοῦ συντελεστοῦ τῆς γραμμικῆς αὐτοῦ διαστολῆς, εἶναι δηλ. $\varepsilon = 2\lambda$.

"Απόδειξις. "Εστω τετράγωνον πλευρᾶς μῆκους ἐνὸς ἐκατοστομέτρου

εἰς 0° . Τὸ ἐμβαδὸν αὐτοῦ εἰς 0° θὰ εἴναι 1 τετρ. ἔκατ., ἵνα $E_o = 1$. Ἐὰν θερμάνωμεν τὸ τετράγωνον τοῦτο εἰς 1° , τὸ μῆκος τῆς πλευρᾶς του γίνεται $1+\lambda$ ($\lambda = \text{συντελεστὴς γραμ. διαστολῆς}$) καὶ τὸ ἐμβαδὸν αὐτοῦ εἰς 1° γίνεται $(1+\lambda)^2$,

$$\begin{aligned} \text{ἵνα } E_1 &= (1+\lambda)^2 \quad \text{ἄρα } E_1 - E_o = (1+\lambda)^2 - 1 \\ \text{ἢ } E_1 - E_o &= 1 + 2\lambda + \lambda^2 - 1 \quad \text{καὶ } E_1 - E_o = 2\lambda + \lambda^2. \end{aligned}$$

Ἐπειδὴ δὲ λ εἴναι ἀριθμὸς πολὺ μικρός, τὸ τετράγωνόν αὐτοῦ ὡς ἐλάχιστον δὲν λαμβάνεται ὑπὸ ὅψιν καὶ ἔχομεν $E_1 - E_o = 2\lambda$.

Ἄλλὰ $E_1 - E_o$ παριστᾶ τὴν αὔξησιν, ἣν ὑφίσταται τὸ ἐμβαδὸν τῆς μονάδος τῆς ἐπιφανείας διὸ αὔξησιν θερμοκρασίας κατὰ 1° , ἵνα, κατὰ τὸν δρισμόν, τὸν συντελεστὴν ϵ . Ἐχομεν λοιπόν : $\epsilon = 2\lambda$.

169. **Τύποι σχετικοὶ πρὸς τὴν κυβικὴν διαστολήν.**—Ἐστω O_θ δὲ ὅγκος εἰς 0° σώματος στερεοῦ καὶ O_ϑ δὲ ὅγκος αὐτοῦ εἰς ϑ° . Ἡ αὔξησις τῆς μονάδος τοῦ ὅγκου, δταν ἡ θερμοκρασία αὐτοῦ ἀνυψοῦται κατὰ 1° , ἐκφράζεται ὑπὸ τῆς σχέσεως $\frac{O_\vartheta - O_o}{O_o \vartheta}$. Ἡ αὔξησις αὗτη εἴναι δὲ συντελεστὴς τῆς κυβικῆς διαστολῆς τοῦ σώματος. Παριστῶμεν αὐτὸν διὰ κ .

Καὶ οἱ τύποι οἱ σχετικοὶ πρὸς τὴν κυβικὴν διαστολὴν εἴναι ἀνάλογοι πρὸς τοὺς τύπους τῆς γραμμικῆς διαστολῆς. Ἐχομεν :

$$O_\vartheta = O_o (1 + \kappa \vartheta) \quad \text{καὶ} \quad O_\vartheta' = O_o (1 + \kappa \vartheta'), \quad \text{ἔξων} \quad \frac{O_\vartheta'}{O_\vartheta} = \frac{1 + \kappa \vartheta'}{1 + \kappa \vartheta}.$$

Σκεπτόμενοι, ὅπως καὶ διὰ τὸν συντελεστὴν τῆς κατὸς ἐπιφάνειαν διαστολῆς, ἀνευρίσκομεν ὅτι δὲ συντελεστὴς τῆς κυβικῆς διαστολῆς σώματος στερεοῦ εἴναι αἰσθητῶς ἵσος πρὸς τὸ τριπλάσιον τοῦ συντελεστοῦ τῆς γραμμικῆς αὐτοῦ διαστολῆς $\kappa = 3\lambda$.

170. **Μεταβολὴ τῆς πυκνότητος μετὰ τῆς θερμοκρασίας.**—Οταν θερμαίνωμεν σῶμά τι, δὲ ὅγκος αὐτοῦ μεταβάλλεται, ἀλλὸς δὲ μᾶξα του μένει σταθερά. Θὰ ἔχωμεν λοιπὸν $M = O_o \delta_o$ καὶ $M = O_\vartheta \delta_\vartheta$. συνεπῶς $O_o \delta_o = O_\vartheta \delta_\vartheta$, ἔνθα O_o καὶ δ_o παριστοῦν τὸν ὅγκον καὶ τὴν πυκνότητα τοῦ σώματος εἰς 0° , O_ϑ δὲ καὶ δ_ϑ τὸν ὅγκον καὶ τὴν πυκνότητα αὐτοῦ εἰς ϑ° . Ἐὰν ἀντικαταστήσωμεν τὸν O_ϑ διὰ τῆς τιμῆς

του, παριστῶντες διὰ κ τὸν συντελεστὴν τῆς κυβικῆς διαστολῆς τοῦ σώματος, $[O_\theta = O_0(1+\chi\theta)]$, ἔχομεν :

$$O_0 \delta_0 = O_0(1+\chi\theta) \delta_\theta, \quad \text{εἰς οὐ} \quad \delta_\theta = \frac{\delta_0}{1+\chi\theta}.$$

* Η σχέσις αὗτη ἐφαρμόζεται καὶ εἰς τὰ ὑγρά, ὅπως καὶ εἰς τὰ στερεά.

* Άριθμητικὴ ἐφαρμογή. * Η πυκνότης τοῦ ἀργύρου εἶναι 10,31 εἰς 0° . Ποία θὰ εἶναι ἡ πυκνότης του εἰς 150° ; Συντελεστὴς κυβ. διαστολῆς ἀργύρου = 0,000058. Θὰ ἔχωμεν :

$$\delta_{150} = \frac{10,31}{1+0,000058 \cdot 150} = 10,22.$$

Προβλήματα

1ον. Ράβδος μεταλλική, εἰς 45° μὲν ἔχει μῆκος 140,2159 μέτρα, εἰς $8,5^\circ$ δὲ ἔχει μῆκος 140,175 μ. Ποῖος δ συντελεστὴς τῆς γραμμικῆς διαστολῆς τοῦ μετάλλου τούτου;

2ον. Τὸ μῆκος ράβδου ἐκ ψευδαργύρου εἶναι 6,219 μέτρα, ὅταν αὗτη ἔχῃ θερμοκρασίαν 78° . Ποῖον θὰ εἶναι τὸ μῆκος αὐτῆς, ὅταν ἡ θερμοκρασία της θὰ εἶναι 15° . Συντελεστὴς 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 δακτύλιος, ἵνα ἡ σφαῖρα διέλθῃ διὰ τοῦ δακτυλίου; Συντελεστὴς διαστολῆς σιδήρου 0,0000118, ψευδαργύρου 0,000031.

ΔΙΑΣΤΟΛΗ ΤΩΝ ΥΓΡΩΝ

171. Εἰς τὰ ὑγρά, ὡς ἐμάθομεν, διακρίνομεν τὴν ἀπόλυτον ἡ πραγματικὴν διαστολὴν καὶ τὴν φαινομένην διαστολὴν. *Επειδὴ τὰ ὑγρὰ λαμβάνουν πάντοτε τὸ σχῆμα τοῦ δοχείου, ἐντὸς τοῦ δοπίου περιέχονται, θὰ ἔξετάσωμεν ἀπ' εὐθείας τὴν κυβικὴν διαστολὴν αὐτῶν.

*Ο συντελεστὴς τῆς κυβικῆς διαστολῆς ὑγροῦ εἶναι ἡ αὐξησις Δ, τὴν δοπίαν ύφεσταται ἡ μονάς τοῦ δγκου τοῦ ὑγροῦ τούτου δι' ψφωσιν τῆς θερμοκρασίας κατὰ ἔνα βαθμόν.

Είναι δυνατὸν νὰ ὑπολογισθῇ ἀπὸ εὐθείας ὁ συντελεστὴς οὗτος τῆς ἀπολύτου διαστολῆς δοθέντος ὑγροῦ, χωρὶς νὰ ὑπολογισθῇ προηγουμένως ἡ διαστολὴ τοῦ δοχείου.

Οὕτω οἱ Dulong καὶ Petit εὔρον ὅτι ὁ συντελεστὴς τῆς ἀπολύτου διαστολῆς τοῦ ὑδραργύρου εἶναι $\frac{1}{550}$.

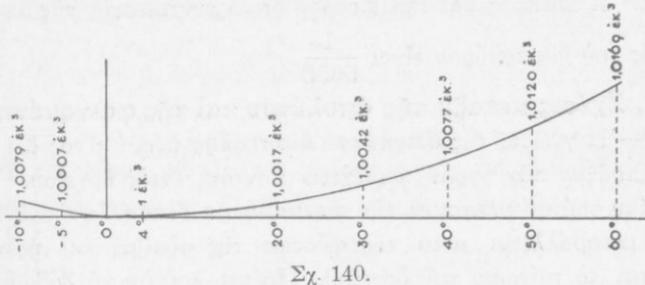
172. Σχέσις μεταξὺ τῆς ἀπολύτου καὶ τῆς φαινομένης διαστολῆς.—¹Η γνῶσις τῆς ἀπολύτου διαστολῆς ὑγροῦ τινος δὲν ἀρκεῖ. Εἰς τὴν πρᾶξιν πᾶν ὑγρὸν περιέχεται πάντοτε ἐντὸς δοχείου. ²Ἐντὸς τοῦ δοχείου τούτου βλέπομεν τὴν φαινομένην διαστολὴν τοῦ ὑγροῦ, ἡ δοπία μεταβάλλεται μετὰ τῆς φύσεως τῆς οὐσίας, ἐκ τῆς δοπίας ἀποτελεῖται τὸ τοίχωμα τοῦ δοχείου. Πρόπει λοιπὸν νὰ λάβωμεν ὑπὸ δψιν τὴν διαστολὴν τοῦ δοχείου, ἡ δοπία 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 Δ. ³Ο τελευταῖος οὗτος εἶναι αἰσθητῶς ἵσος περὸς τὸν συντελεστὴν τῆς φαινομένης διαστολῆς, αὐξηθεντὰ κατὰ τὸν συντελεστὴν καὶ τῆς κυβικῆς διαστολῆς τοῦ δοχείου, ἥτοι $\Delta = \delta + \kappa$.

173. Μέγιστον τῆς πυκνότητος τοῦ ὕδατος.—Συνήθως, ὁ δύγκος ὑγροῦ τινος αὐξάνεται σταθερῶς, ὅταν τὸ ὑγρὸν θεομαίνεται. Τὸ ὕδωρ παρουσιάζει εἰδικὴν ἀνωμαλίαν. Λαμβανόμενον εἰς 0° , συστέλλεται μέχρι τῶν 4° , κατόπιν δὲ διαστέλλεται κανονικῶς. Εἰς 4° ὁ δύγκος ὀδρισμένης μάξης ὕδατος εἶναι δ ἐλάχιστος, ἡ δὲ πυκνότης αὐτοῦ μεγίστη.

¹Ἐντὸς ὑαλίνου δοχείου δ ἡ φαινόμενος δύκος τοῦ ὕδατος εἶναι ἐλάχιστος περὶ τὸν 5° . Πράγματι, ἐὰν ψυχρωμεν συγχρόνως, ἀπὸ τῶν 15° περίπου, ὑδραργυρικὸν θεομόμετρον καὶ σωλῆνα θεομομετρικόν, δ δοπίος περιέχει ὕδωρ, αἱ ἐπιφάνειαι τῶν ὑγρῶν κατέρχονται συγχρόνως εἰς τοὺς δύο σωλῆνας. Περὶ τοὺς 5° ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὕδατος ἐντὸς τοῦ θεομομετρικοῦ σωλῆνος φαίνεται στάσιμος. ²Ἐὰν ἔξακολουθήσωμεν νὰ ψύχωμεν, ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὕδατος ἀνέρχεται, ἐνῷ ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου ἔξακολουθεῖ 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 άνερχεται. Ούτω δηλη ή μᾶζα τοῦ υδατος δύναται νὰ φθάσῃ εἰς θερμοκρασίαν 4° . Μεταξὺ 4° καὶ 0° τὸ υδωρ ὡς διλιγώτερον πυκνὸν παραμένει εἰς τὴν ἐπιφάνειαν καὶ πήγνυται.



Κατὰ τὸν χρόνον τοῦτον η θερμοκρασία εἰς τὸ βάθος διατηρεῖται εἰς 4° καὶ ή ζωὴ ἐκεὶ ἔξακολουθεῖ νὰ ὑφίσταται.

Παραδέτομεν γραφικὴν παράστασιν τῶν μεταβολῶν τοῦ ὅγκου ἐνὸς γραμμαρίου υδατος εἰς διαφόρους θερμοκρασίας (σχ. 140).

ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ ΤΗΣ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ ΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΚΑΙ ΥΓΡΩΝ

174. Μηχανικὰ ἀποτελέσματα τῆς διαστολῆς καὶ συστολῆς τῶν στερεῶν.—Ράβδος σιδηρᾶ μήκους ἐνὸς μέτρου διαστέλλεται κατὰ 0,123 ἑκατοστόμ. ὅταν η θερμοκρασία αὐτῆς ὑψωθῇ κατὰ 100°. Εὑρέθη 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, ἐάν ἐμποδίσωμεν τὴν ράβδον ταύτην νὰ διασταλῇ, ἐφαρμόζοντες τὰ ἄκρα αὐτῆς ἐπὶ δύο ἀκλονήτων ὑποστηριγμάτων, η ράβδος θὰ ἐπιφέρῃ ἐπὶ τούτων δι' ὑψωσιν θερμοκρασίας κατὰ 100° τὴν πελωρίαν πίεσιν τῶν 2600 περίπου χιλιογράμμων.

Τὰ τεραστια ταῦτα μηχανικὰ ἀποτελέσματα χοησιμοποιοῦμεν εἰς τινας περιστάσεις ἐν τῇ βιομηχανίᾳ. Διὰ νὰ περιβάλωμεν π.χ. τοὺς τροχοὺς τῶν ἀμαξῶν διὰ σιδηρῶν στεφανῶν, ἀφ' οὗ θερμανομένης τὴν στεφάνην, εἰσάγομεν ἐντὸς αὐτῆς τὸν ἔκτινον τροχόν, ἐφαρμόζόμενον ἀκριβῶς εἰς τὴν ὑψηλὴν ταύτην θερμοκρασίαν. "Οταν δύμως η στεφάνη ψυχθῇ, συστέλλεται καὶ περισφίγγει ἰσχυρῶς τὸν τροχόν.

[°]Επίσης 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 ἀφήνονται μικρὰ διαστήματα μεταξὺ τῶν διαδοχικῶν ράβδων τῶν σιδηροδρόμων, διὰ νὰ δύνανται αὐταὶ νὰ διαστέλλωνται ἐλευθέρως κατὰ τὸ θέρος.

[°]Επίσης δοχεῖον ύπαλινον μὲ παχείας παρειάς, θερμαινόμενον ἄνευ προφυλάξεως, θραύσεται. Διότι, ἐπειδὴ ἡ ὕαλος εἶναι δυσθερμαγώγος, τὰ μέρη τοῦ δοχείου, τὰ δποῖα ἐθερμάνθησαν, διαστέλλονται καὶ χωρίζονται ἀπὸ τὰ συνεχόμενα μέρη, τὰ δποῖα παραμένουν ψυχρά.

175. *Ἐφαρμογαὶ τῆς διαστολῆς τῶν στερεῶν.* — A) *Διόρθωσις εἰς τὰς μετρητήσεις 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. "Αν λοιπὸν καθ' οἵανδήποτε μέτρησιν ἀνεγνώσαμεν μὲ κατοστόμετρα ἐπὶ κανόνος, τοῦ δποίου ἡ θερμοκρασία εἶναι ϑ° καὶ δ συντελεστὴς τῆς διαστολῆς λ, τὸ ἀληθὲς μῆκος θὰ εἶναι: $\mu' = \mu(1+\lambda\vartheta)$. >

B) *Ἐκκρεμῆ ἐπανορθωτικά.* — Γνωρίζομεν ὅτι ἡ κίνησις τῶν ὠρολογίων ωνθμίζεται ὑπὸ ἐκκρεμοῦς, τοῦ δποίου αἱ μικραὶ αἰωρήσεις εἶναι πᾶσαι τῆς αὐτῆς διακείσας, ἐφ' ὅσον τὸ μῆκος τοῦ ἐκκρεμοῦς μένει σταθερόν.

"Υποθέσωμεν ἥδη ὅτι τὸ ἐκκρεμὲς ἔχει κατασκευασθῆ ἐξ ἐνὸς μόνον μετάλλου. "Οταν ἡ θερμοκρασία ἀνέρχεται, τὸ ἐκκρεμὲς ἐπιμηκύνεται, καὶ ἐπειδὴ τότε αἰωρεῖται βραδύτερον, τὸ ὠρολόγιον ὑστερεῖ. Τὸ ἀντίθετον συμβαίνει, ὅταν ἡ θερμοκρασία κατέρχεται. Διὰ τὴν ἔξουδετέρωσιν τῆς ἐνεργείας τῆς θερμότητος, ἐπενοήθησαν τὰ *ἐπανορθωτικά ἐκκρεμῆ*, τὰ δποῖα ἔχουν πάντοτε τὴν αὐτὴν περίοδον αἰωρήσεως, δποιαὶδήποτε καὶ ἂν εἶναι αἱ μεταβολαὶ τῆς θερμοκρασίας. Τοιοῦτον π.χ. εἶναι τὸ *ἐκκρεμὲς Leroy*. "Ο φακὸς τοῦ ἐκκρεμοῦς τούτου (σχ. 141) ἔξαρτᾶται ἀπὸ σειρὰν ράβδων ἐναλλὰξ χαλυβδίνων



Σχ. 141.

καὶ δρειχαλκίνων, συνδυασμένων κατὰ τοιοῦτον τρόπον ὥστε, ὅσον ἡ διαστολὴ τοῦ χάλυβος τείνει νὰ καταβιβάσῃ τὸν φακόν, τόσον ἀκριβῶς τείνει νὰ ἀναβιβάσῃ αὐτὸν ἡ τοῦ δρειχάλκου.

Σημ. Εἰς τὸ παρατιθέμενον σχῆμα ὁ χάλυψ παρίσταται διὰ βαθυτέρου χρώματος.

176. **Ἐφαρμογαὶ τῆς διαστολῆς τῶν ὑγρῶν.** — *Μηχανικὰ ἀποτελέσματα τῆς διαστολῆς τῶν ὑγρῶν.* Τὰ ὑγρὰ εἶναι πολὺ δλίγον συμπιεστά. Ἐὰν λοιπὸν θερμαίνωμεν ὑγρόν τι ἐντὸς δοχείου κλειστοῦ καὶ τελείως πλήρους, ἐντὸς τοῦ δοποίου δὲν δύναται νὰ διασταλῇ, τὸ ὑγρὸν ἔξασκεῖ ἐπὶ τῶν παρειῶν πιέσεις ὑπερβολικάς, αἱ δοποῖαι ἐπιφέρουν τὴν θραῦσιν τοῦ δοχείου, ἐὰν τοῦτο δὲν εἶναι πολὺ ἀνθεκτικόν. Θερμόμετρον π.χ. θραύεται, εὐθὺς ὡς τὸ ὑγρόν του φθάσῃ εἰς τὸ ἀνώτατον μέρος τοῦ στελέχους καὶ δὲν ἔχῃ πλέον θέσιν διὰ νὰ διασταλῇ. Διὰ τοῦτο φροντίζουν νὰ ἀφήνουν εἰς τὴν κορυφὴν τοῦ στελέχους μικρὰν κοιλότητα, δπου νὰ δύναται τὸ ὑγρὸν νὰ ἔκχειλίζῃ, ἐὰν τὸ δργανον 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 καρόνος ἔξ δρειχάλκου, βαθμολογημένου εἰς 0° , ἀραγιγνώσκομεν μεταξὺ δύο σημείων διάστημα $87,2$ ἑκατοστομέτρων εἰς 28° . Ποία εἶναι ἡ πραγματικὴ ἀπόστασις τῶν δύο τούτων σημείων; Συντελεστὴς διαστολῆς δρειχάλκου $0,000019$.

3ον. Σωλήνη κυλινδρικὸς ἔξ ὑάλου μήκους ἑνὸς μέτρου καὶ διαμέτρου δύο ἑκατοστομέτρων εἰς 0° περιέχει ὑδράργυρον μέχρι ὕψους $0,95$ μέτρου. Εἰς ποίαν θερμοκρασίαν πρέπει νὰ θερμαθῇ διὰ την πληρωθῆ τελείως διὰ τοῦ ὑδραργύρου τούτου; Συντελεστὴς διαστολῆς ὑδραργύρου $\frac{1}{5550}$, ὑάλου $\frac{1}{38700}$.

ΔΙΑΣΤΟΛΗ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ

177. Τὰ ἀέρια εἶναι τὰ μᾶλλον διασταλτὰ ἐκ τῶν σωμάτων, ἡ δὲ διαστολὴ αὐτῶν παρουσιάζει τὴν μεγαλειτέραν κανονικότητα καὶ οἱ

διάφοροι αὐτῶν συντελεσταὶ παρουσιάζουν τὰς δόλιγωτέρας μεταξύ των διαφοράς. Ἐπὶ μακρὸν μάλιστα παρεδέχθησαν, ὅτι πάντα τὰ δέρια διαστέλλονται ἐξ ἵσου διὰ τὴν αὐτὴν μεταβολὴν τῆς θερμοκρασίας. Τοῦτο προέκυπτεν ἐκ πειραμάτων, γενομένων σχεδὸν ταυτοχόνως ὑπό τε τοῦ Gay - Lussac ἐν Γαλλίᾳ καὶ τοῦ Dalton ἐν Ἀγγλίᾳ.

178. **Γενικὰ ἀποτελέσματα.**—*Nόμοιοι τοῦ Gay-Lussac.* Ἀπὸ τὰ πειράματα ταῦτα ὁ Gay - Lussac κατέληξεν εἰς τὰ αὐτὰ γενικὰ ἀποτελέσματα, εἰς τὰ δόρια καὶ ὁ Dalton. Τὰ ἀποτελέσματα ταῦτα ἐκφράζονται ὑπὸ τῶν ἐπομένων νόμων :

α) **Πάντα τὰ δέρια διαστέλλονται ἐξ ἵσου μεταξὺ O° καὶ 100° .**

β) **Πάντα τὰ δέρια ἔχουν τὸν αὐτὸν συντελεστὴν διαστολῆς**

(ὅστις εἶναι ἵσος πρὸς $0,00366 \frac{1}{273}$).

γ) **Ἡ διαστολὴ τῶν δερῶν εἶναι ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὴν ἐξωτερικὴν πίεσιν.**

Not

ΠΥΚΝΟΤΗΣ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΚΑΙ ΑΤΜΩΝ

179. Εἰδικὴ μᾶζα τῶν ἀεριωδῶν σωμάτων.—*Πυκνότης ὡς πρὸς τὸν δέρα.* Ἡ εἰδικὴ μᾶζα ἡ ἡ ἀπόλυτος πυκνότης (δηλ. ἡ μᾶζα τῆς μονάδος τοῦ ὅγκου) δερίου τινὸς ἢ ἀτμοῦ μεταβάλλεται πολὺ μετὰ τῆς θερμοκρασίας καὶ τῆς πιέσεως. Διότι ὁ ὅγκος μιᾶς μάζης δερίου ἢ ἀτμοῦ αὐξάνεται πολύ, ὅταν ἡ θερμοκρασία ἀνέρχεται καὶ ὅταν ἡ πίεσις ἐλαττοῦται, διότε ἡ εἰδικὴ μᾶζα ἐλαττοῦται. Διὰ τοῦτο εὑρίσκομεν διὸ δλα τὰ ἀεριώδη σώματα τὴν πυκνότητα ὡς πρὸς τὸν δέρα, δηλ. τὸ σημεῖον $\delta = \frac{M}{M'}$ τῆς μάζης ὡρισμένου ὅγκου τοῦ δερίου διὰ τῆς μάζης ἵσου ὅγκου δέρας, ἀμφοτέρων λαμβανομένων εἰς τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν καὶ ὑπὸ τὴν αὐτὴν πίεσιν.

Ἐὰν τὸ θεωρούμενον δερίον καὶ ὁ ἀλόγος ἀκολουθοῦν ἀκριβῶς τοὺς αὐτοὺς νόμους συμπιεστοῦ καὶ διαστολῆς, ἵσοι ὅγκοι εἰς δοθεῖσαν θερμοκρασίαν καὶ πίεσιν θὰ μένουν ἵσοι καὶ εἰς πᾶσαν ἄλλην θερμοκρασίαν καὶ ὑπὸ πᾶσαν ἄλλην πίεσιν. Τότε ἡ πυκνότης δ θὰ εἴναι σταθερά.

Διὰ νὰ εἴναι δυνατὸν νὰ παραβάλλωνται αἱ πυκνότητες τῶν διαφόρων δερίων, συνεφωνήθη νὰ προσδιορίζωνται αἱ μᾶζαι M καὶ M'

εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ 0° καὶ ὑπὸ τὴν κανονικὴν πίεσιν, ἡ ὅποια παρίσταται δι² 76 ἑκατ. ὑδραργύρου. Αἱ πυκνότητες τῶν ἀερίων, αἱ ὑπὸ τὰς συνθήκας ταύτας προσδιοριζόμεναι, καλοῦνται **κανονικαῖ**.

Οὕτω ἡ κανονικὴ πυκνότης τοῦ δεξιγόνου εἶναι 1,1052, τοῦ ὑδρογόνου 0,006947, τοῦ χλωρίου 2,491 κτλ. Τέλος, προσδιωρίσθη 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 ἐνὸς κυβ. δακτύλου ἀέρος-εἶναι 0,001293 γραμμάρια. Ἡ μᾶζα μιᾶς κυβ. παλάμης ἀέρος εἶναι 1,293 γρ.

Π ρ ο β λή μ α τ α

1ον. Εἰς ποίαν θερμοκρασίαν πρέπει νὰ θερμάνωμεν δύκον τινὰ ἀέρος, ἵνα διπλασιασθῇ, τῆς πιέσεως παραμενούσης σταθερᾶς;

2ον. 15 λίτρα ἀέρος ψύχονται ἀπὸ 27° εἰς 7°. Ποία θὰ εἶναι ἡ ἐλάττωσις τοῦ δύκου των;

3ον. Ὁ δύκος μάζης τινὸς ἀερίου εἰς 15° εἶναι 400 κυβ. ἔκατοντετρα. Εἰς ποίαν θερμοκρασίαν δὸς δύκος του θὰ εἶναι 500 κυβ. ἑκατ., τῆς πιέσεως παραμενούσης σταθερᾶς;

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Γ'

ΘΕΡΜΙΔΟΜΕΤΡΙΑ

R = μ. I

R = ε. μ. Θ

180. Πηγαὶ θερμότητος.— Τὰ σώματα, τὰ ὅποια ἀνυψοῦν τὴν θερμοκρασίαν τῶν πέριξ σωμάτων, εἶναι πηγαὶ θερμότητος. Τοιαῦτα π.χ. εἶναι ὁ ἥλιος, σῶμα θερμὸν ψυχόμενον, ὑγρὸν πηγανύμενον, ἀτμὸς συμπυκνούμενος, εὔφλεκτοι ὅλαι καιόμεναι, οἱ ζῶντες ὀργανισμοί, ἄγωγὸς διαρρεόμενος ὑπὸ ἥλεκτρικοῦ φεύματος κτλ.

Διὰ νὰ θερμάνωμεν σῶμά τι, διὰ νὰ τὸ τήξωμεν, διὰ νὰ τὸ ἔξαειριώσωμεν, θέτομεν αὐτὸ εἰς συγκοινωνίαν μετὰ πηγῆς θερμότητος.

181. Ποσότης θερμότητος. — Ἐκ τοῦ ὅτι πρέπει σταθερᾶς νὰ καίωμεν τὸ αὐτὸ βάρος ἀνθρακος, διὰ νὰ θερμάνωμεν σῶμά τι ἀπὸ 0° εἰς θ°, συμπεραίνομεν ὅτι τὸ σῶμα τοῦτο ἀπαιτεῖ πάντοτε τὴν αὐτὴν ποσότητα θερμότητος διὰ νὰ μεταστῇ ἀπὸ 0° εἰς θ°. Ἡ θέρμανσις ἀπὸ 0° εἰς θ° δύο ἢ τριῶν διμοίων σωμάτων τοῦ αὐτοῦ βάρους

ἀπαιτεῖ ποσότητα θερμότητος διπλασίαν ἢ τριπλασίαν ἔκείνης, τὴν δῆποιαν ἔχοειάσθη τὸ ἐν ἔξ αὐτῶν. Ἡ ποσότης λοιπὸν τῆς θερμότητος εἶναι μέγεθος τὸ δποῖον 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 ίσορροπίαν, ἂν καὶ αἱ ποσότητες τῆς θερμότητος τῶν δύνανται νὰ εἶναι διάφοροι. Μεταξὺ δύο σωμάτων διαφόρων θερμοκρασιῶν, τὰ δποῖα ἐγκλείουν ποσότητας θερμότητος ὡσας, γίνεται ἀνταλλαγὴ θερμαντικὴ μέχρις ἔξισώσεως τῶν θερμοκρασιῶν.

Οὕτω καὶ εἰς δύο συγκοινωνοῦντα δοχεῖα ὑπάρχει ίσορροπία, ἐὰν αἱ ἐπιφάνειαι τοῦ ἐντὸς αὐτῶν ὑγροῦ εὐρίσκωνται εἰς τὸ αὐτὸ δριζόντιον ἐπίπεδον, οἵαιδήποτε καὶ ἄν εἶναι αἱ τομαὶ τῶν δοχείων καὶ συνεπῶς αἱ ποσότητες τοῦ ὑγροῦ. Ἐὰν αἱ ἐπιφάνειαι τοῦ ὑγροῦ δὲν εὐρίσκωνται εἰς τὸ αὐτὸ δριζόντιον ἐπίπεδον, τὸ ὑγρὸν κινεῖται ἀπὸ τοῦ δοχείου εἰς τὸ δποῖον ἢ ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ εὐρίσκεται ὑψηλότερον πρὸς τὸ ἄλλο. Ἡ ίσορροπία ἀποκαθίσταται, ὅταν ἀμφότεραι αἱ ἐπιφάνειαι εὐρεθοῦν εἰς τὸ αὐτὸ δριζόντιον ἐπίπεδον. Αἱ θερμοκρασίαι ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰ ὑψη τοῦ ὑγροῦ, αἱ δὲ ποσότητες τῆς θερμότητος εἰς τὰς ποσότητας τοῦ ὑγροῦ.

Σκοπὸς τῆς θερμιδομετρίας. — Ἡ θερμιδομετρία μετρεῖ τὰς ποσότητας τῆς θερμότητος, αἱ δποῖαι ἀπορροφῶνται ἢ παραχωροῦνται ὑπὸ σώματος, τοῦ δποίου ἢ θερμοκρασία μεταβάλλεται ἢ τὸ δποῖον ὑφίσταται μεταβολὴν καταστάσεως.

Θερμίς (calorie). — Υπολογίζομεν τὰς ποσότητας τῆς θερμότητος διὰ μονάδος, ἣτις εἰς τὸ σύστημα C. G. S. εἶναι ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, τὴν δποίαν πρέπει νὰ παραχωρήσωμεν εἰς ἐν γραμμάριον ὕδατος, διὰ νὰ ἀνυψωθῇ ἢ θερμοκρασία του κατὰ ἔνα βαθμόν. Ἡ μονὰς αὗτη καλεῖται **κανονικὴ θερμίς** ἢ ἀπλῶς **θερμίς**.

Εἰς τὸ μετρικὸν σύστημα, λαμβάνεται ὡς μονὰς ἡ **μεγάλη θερμίς**, ἡ δποία εἶναι ποσότης θερμότητος ὡση 1000 κανονικὰς θερμίδας.

182. Μέτρησις ποσότητος θερμότητος διὰ τῆς μεθόδου τῶν μειγμάτων. — Τὸ πείραμα δεικνύει, ὅτι ἀπαιτεῖται πάντοτε νὰ προσληφθῇ ἢ νὰ ἀποδοθῇ μία θερμίς, διὰ νὰ ὑψωθῇ ἢ καταβιβασθῇ

κατὰ 1° ἡ θερμοκρασία ἐνὸς γραμμαρίου ὕδατος. Πράγματι, ἐὰν ἀναμεῖσθωμεν ταχέως 1 γρ. ὕδατος εἰς 0° καὶ 1 γρ. ὕδατος εἰς 2° , λαμβάνομεν 2 γρ. ὕδατος εἰς 1° . Συνάγομεν λοιπὸν δτι τὸ δεύτερον γραμμαρίου ψυχθὲν ἀπὸ 2° εἰς 1° παρεχώρησε μίαν θερμιδα 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, εὑρίσκομεν πάντοτε δτι ἡ τελικὴ θερμοκρασία εἶναι ὁ μέσος δρος τῶν ἀρχικῶν θερμοκρασιῶν (ὑπὸ τὸν δρον ἡ ὑψηλοτέρα θερμοκρασία νὰ μὴ ὑπερβαίνῃ τοὺς 50°).

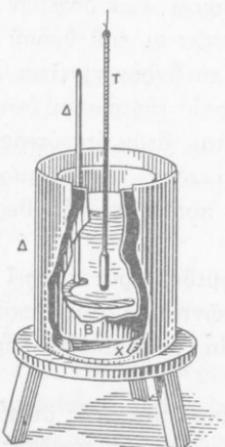
Κατὰ ταῦτα, διὰ νὰ ἀναψύσωμεν τὴν θερμοκρασίαν ἐνὸς γραμμαρίου ὕδατος ἀπὸ θ° εἰς ϑ° , πρέπει νὰ παραχωρήσωμεν εἰς αὐτὸ

($\vartheta' - \vartheta$) θερμιδας. Ἐπομένως ἡ ποσότης Π τῆς θερμότητος ἡ ἀναγκαιοῦσα διὰ τὴν ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας Β γραμμαρίων ὕδατος ἀπὸ θ° εἰς ϑ° δίδεται ὑπὸ τοῦ τύπου:

$$\Pi = B(\vartheta' - \vartheta) \text{ θερμιδες.} \quad (1)$$

²Αριθμητικὴ ἐφαρμογὴ. Ποία ποσότης θερμότητος χρειάζεται διὰ νὰ θερμάνωμεν εἰς 100° δύο χιλιόγραμμα ὕδατος θερμοκρασίας 15° ; ³Εφαρμόζομεν τὸν τύπον:

$$\begin{aligned} \Pi &= B(\vartheta' - \vartheta) = 2000 (100 - 15) = \\ &= 2000.85 = 170.000 \text{ θερμιδες.} \end{aligned}$$



Σχ. 142.

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 Β γρ. καὶ παρατηροῦμεν τὴν μεταβολὴν τῆς θερμοκρασίας αὐτῆς $\vartheta' - \vartheta$, δθεν συνάγομεν τὸ Π.

Τὸ δοχεῖον τὸ προωρισμένον νὰ περιλάβῃ τὸ ὕδωρ καλεῖται **θερμιδόμετρον δι' ὕδατος**. Τοῦτο εἶναι δοχεῖον κυλινδρικὸν (σχ. 142) ἐκ πολὺ λεπτοῦ δρειχάλκου, τοῦ δοπίου ἡ ἔξωτερη ἐπιφάνεια εἶναι τελείως λεία πρὸς ἐλάττωσιν τῆς διαχύσεως τῆς θερμότητος. Τοῦτο στηρίζεται διὰ τριῶν τεμαχίων φελλοῦ (δοπίοις εἶναι πολὺ δυσθερμαγωγὸν σῶμα) ἐπὶ τοῦ πυνθάνοντος δευτέρου δοχείου ἐξ δρειχάλκου, ἐσω-

τερικῶς λείου, τὸ δποῖον πέμπει πάλιν πρὸς τὸ πρῶτον δι^ο ἀνακλάσεως ὅλην σχεδὸν τὴν ὑπὸ τούτου ἀκτινοβιολουμένην θερμότητα.

Αἱ θερμοκρασίαι, ἀρχική καὶ τελική, τοῦ ὕδατος δίδονται ὑπὸ λίαν εὐαισθήτου θερμομέτρου, στερεωμένου ἐπὶ ξυλίνου ὑποστηρίγματος. Τέλος, διὰ τοῦ στελέχους σ' ἀνακινεῖται τὸ ὕδωρ, ὥστε νὰ καταστῇ ἡ θερμοκρασία του ἵση καθ^ο ὅλην αὐτοῦ τὴν μᾶζαν.

⁹Ἐπειδὴ ἡ πρὸς μέτρησιν θερμότης δὲν μεταδίδεται μόνον εἰς τὸ ὕδωρ, ἀλλ^ο ἐν μέρει καὶ εἰς τὸ θερμιδόμετρον, εἰς τὴν ράβδον καὶ εἰς τὸ θερμόμετρον, πρέπει νὰ ὑπολογισθοῦν καὶ αἱ ποσότητες αὗται. Τὰ σώματα ταῦτα, διὰ νὰ μεταβοῦν ἀπὸ τῆς θερμοκρασίας θ^ο εἰς τὴν θερμοκρασίαν θ'^ο, ἀπορροφοῦν ποσότητα θερμότητος ἀνάλογον πρὸς τὴν (θ'—θ), ἔστω π.χ. β (θ'—θ). ¹⁰Ο παράγων λοιπὸν β εἶναι κατὰ τὸν τύπον (1) ἵσος πρὸς τὴν μᾶζαν τοῦ ὕδατος, ἡ δποία θὰ ἔχοιει¹¹ετο τόσην θερμότητα, δησην τὰ ἀνωτέρω σώματα, διὰ νὰ θερμανθῇ ἀπὸ θ^ο εἰς θ'^ο. Τοῦτο εἶναι τὸ *ἴσοδύναμον αὐτῶν εἰς ὕδωρ*. ¹²Η 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.**—¹³Οταν καίωμεν 1 γρ. ἄνθρακος, ὥστε ἡ ἔκλινομένη θερμότης νὰ χρησιμοποιηθῇ διὰ τὴν θέρμανσιν 1000 γρ. ὕδατος, ἡ θερμοκρασία τοῦ ὑγροῦ τούτου ἀνυψοῦται κατὰ 8°. ¹⁴Αν ἡ αὐτὴ ποσότης θερμότητος ἔχοισι μάζης σιδήρου, χαλκοῦ, ὑδραργύρου, ἡ ὑψωσις τῆς θερμοκρασίας θὰ ἦτο περίπου 70° διὰ τὸν σίδηρον, 80° διὰ τὸν χαλκόν, 240° διὰ τὸν ὑδραργυρόν. Παρατηροῦμεν οὕτω, δτι αἱ διάφοροι οὖσιαι ὑπὸ ἵσην μᾶζαν δὲν θερμαίνονται κατὰ τὸν αὐτὸν ἀριθμὸν βαθμῶν, δταν παραχωρῶμεν εἰς αὐτὰς τὴν αὐτὴν ποσότητα θερμότητος. Δηλ. ἀπαίτοντας αὗται διαφέρους ποσότητας θερμότητος, διὰ νὰ θερμανθοῦν κατὰ τὸν αὐτὸν ἀριθμὸν βαθμῶν.

Καλοῦμεν *εἰδικὴν θερμότητα* σώματός τινος τὸν ἀριθμὸν τῶν θερμίδων, τὸν δποῖον πρέπει νὰ παραχωρήσωμεν, εἰς ἐν γραμμάριον τοῦ σώματος τούτου, ἵνα ὑψωθῇ ἡ θερμοκρασία του κατὰ 1°.

¹⁵Ἐὰν παραστήσωμεν διὰ ε τὴν εἰδικὴν θερμότητα σώματός τινος, ἡ ἀναγκαία ποσότης τῆς θερμότητος διὰ τὴν ἀνύψωσιν ἀπὸ θ^ο εἰς θ'^ο τῆς θερμοκρασίας 1 γρ. ἐκ τοῦ σώματος τούτου θὰ εἶναι ε (θ'—θ).

Συνεπῶς ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, ἥτις θὰ χρειασθῇ διὰ τὴν ὑψωσιν τῆς θερμοκρασίας Β γρ. τοῦ σώματος τούτου ἀπὸ θ εἰς θ' βαθμούς, δίδεται ὑπὸ τοῦ τύπου Π=Βε (θ'-θ) θερμίδες.

Είναι φανερὸν ὅτι τὸ ἀνωτέρω σῶμα ψυχόμενον ἀπὸ θ' εἰς θ^ο παραχωρεῖ ποσότητα θερμότητος ἵσην τῇ Π. Δυνάμεθα λοιπὸν νὰ εἴπωμεν ὅτι ἡ εἰδικὴ θερμότης ἐνὸς σώματος μετρεῖται ἀπὸ τὸν ἀριθμὸν τῶν θερμίδων τὰς δποίας παραχωρεῖ 1 γραμμάριον τοῦ σώματος τούτου ὅταν ἡ θερμοκρασία του κατέρχεται κατὰ ἕνα βαθμόν.

Σημ. Κατὰ τὸν ὄρισμὸν τῆς θέρμιδος, ἡ εἰδικὴ θερμότης τοῦ ὕδατος εἶναι 1.

184. Προσδιορισμὸς τῶν εἰδικῶν θερμοτήτων τῶν στερεῶν καὶ τῶν ύγρων.—Μέθοδος τῶν μειγμάτων. **Αρχή.** Μετροῦμεν διὰ θερμιδομέτρου τὴν ποσότητα τῆς θερμότητος, τὴν δποίαν παραχωρεῖ ὡρισμένη μᾶζα τοῦ σώματος, ὅταν ψύχεται ἀπὸ μιᾶς θερμοκρασίας εἰς ἄλλην.

Πειράματα.—Α) Κατὰ πρῶτον προσδιορίζομεν τὸ *Ισοδύναμον εἰς ὕδωρ* τοῦ θερμιδομέτρου, ὃς ἔξῆς :

Χύνομεν ἐντὸς τοῦ θερμιδομέτρου 200 γρ. ὕδατος, τοῦ δποίου προσδιορίζομεν τὴν θερμοκρασίαν. **Ἐστω αὕτη** θ₁=15°,2. Προσθέτομεν ταχέως 200 γρ. ὕδατος θερμοκρασίας π. χ. θ₂=25°,6, ἀναταράσσομεν καὶ σημειοῦμεν τὴν τελικὴν θερμοκρασίαν. **Ἐστω αὕτη** θ₃=20°,2. Τὰ 200 γρ. τοῦ θερμοτέρου ὕδατος ψυχθέντα ἀπὸ 25°,6 εἰς 20°,2 παρεχώρησαν 200.(25,6-20,2)=200.5,4=1080 θερμίδας. Τὰ 200 γρ. τοῦ ψυχροῦ ὕδατος θερμανθέντα ἀπὸ 15°,2 εἰς 20°,2 ἀπερρόφησαν 200(20,2-15,2)=200.5=1000 θερμίδας. Προφανῶς ἡ διαφορὰ 1080-1000=80 θερμίδες ἀπερροφήθη ὑπὸ τοῦ θερμιδομέτρου καὶ τῶν ἔξαρτημάτων του, τῶν δποίων ἡ θερμοκρασία ἀνῆλθε ἀπὸ 15°,2 εἰς 20°,2, ἥτοι κατὰ 5°. Τὸ ισοδύναμον λοιπὸν αὐτῶν εἰς ὕδωρ εἶναι $\frac{80}{5}=16$.

Τὸ θερμιδόμετρον καὶ τὰ ἔξαρτηματά του ἀπορροφοῦν **16 θερμίδας** κατὰ βαθμόν, δηλ. φέρονται ὡς **16 γραμμάρια ὕδατος**.

B) **Προσδιορισμὸς τῆς εἰδικῆς θερμότητος π. χ. τοῦ ἀργιλλού.**—α) Προσδιορίζομεν τὴν μᾶζαν ἐνὸς τεμαχίου ἔξ αὐτοῦ διὰ τοῦ ζυγοῦ. **Ἐστω αὕτη** β=78 γρ.

β) Δένομεν τὸ τεμάχιον τοῦτο εἰς τὸ ἄκρον λεπτοῦ σιδηροῦ σύρματος καὶ τὸ εἰσάγομεν ἐντὸς ζέοντος ὕδατος. Ἀφήνομεν αὐτὸν ἐπί τινα χρόνον, ὅπερε νὰ λάβῃ τὴν θερμοκρασίαν τοῦ ὕδατος τούτου, ἥ διοπία ἔστω ὅτι εἶναι $\vartheta = 100^\circ$.

γ) Χύνομεν ἐντὸς τοῦ θερμιδομέτρου (τοῦ ὅποίου 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 ἔξαγομεν τὸ σῶμα ἀπὸ τὸ ζέον ὕδωρ καὶ τὸ εἰσάγομεν ταχέως ἐντὸς τοῦ θερμιδομέτρου, ἀναταράσσομεν τὸ ὕδωρ διὰ τοῦ σώματος τὸ διποῖον κρατοῦμεν μὲ τὸ σύρμα καὶ παρακολουθοῦμεν τὴν πορείαν τοῦ θερμομέτρου. Ὅταν τοῦτο παύσῃ νὰ ἀνέρχεται, σημειοῦμεν τὴν θερμοκρασίαν εἰς ἥν ἔφθασεν. Ἐστω αὕτη $\vartheta_t = 21^\circ,2$.

ε) Ὅποιοι για συμόρια.—Σημειοῦμεν ὅτι ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, τὴν διοπίαν ἔχασε τὸ σῶμα ψυχθέν, ισοῦται μὲ τὴν ποσότητα τῆς θερμότητος, τὴν διοπίαν ἀπερρόφησε τὸ θερμιδόμετρον.

Ἐστω ἡδη χ ἡ ζητούμενη εἰδικὴ θερμότης τοῦ ἀργιλίου. Τὰ 78 γρ. αὐτοῦ ψυχθέντα ἀπὸ 100° εἰς $21^\circ,2$ παρεχώρησαν $\beta\chi(\vartheta - \vartheta_t) = 78.(100 - 21,2)\chi = 78.78,8.\chi$ θερμίδας.

Τὰ $B + \Gamma = (200 + 16)$ γρ. ὕδατος θερμανθέντα ἀπὸ $\vartheta_a = 15^\circ,2$ εἰς $\vartheta_t = 21^\circ,2$ ἀπερρόφησαν $(B + \Gamma)(\vartheta_t - \vartheta_a) = 216.(21,2 - 15,2) = 216,6$ θερμίδας. Ἐχομεν λοιπὸν τὴν ἔξισωσιν:

$$\beta\chi(\vartheta - \vartheta_t) = (B + \Gamma)(\vartheta_t - \vartheta_a) \quad \text{ἢ} \quad 78.78,8.\chi = 216,6$$

$$\text{ἔξις} \quad \chi = \frac{216,6}{78.78,8} = 0,21.$$

Σημ. Διὰ νὰ ὑπολογίσωμεν τὴν εἰδικὴν θερμότητα ὑγροῦ ἢ στερεοῦ εἰς κόνιν, ἔγκλείσομεν τὸ σῶμα ἐντὸς δοχείου. Προσδιορίζομεν προηγουμένως τὸ ισοδύναμον Γ' εἰς ὕδωρ τοῦ δοχείου τούτου. Ἡ ἔξισωσις τότε γράφεται $\beta\chi(\vartheta - \vartheta_t) + \Gamma'(\vartheta - \vartheta_t) = (B + \Gamma)(\vartheta_t - \vartheta_a)$.

Προβλήματα

1ον. Πόσην θερμότητα ἀποβάλλουν 500 γρ. ὕδραργύρου ψυχόμενα ἀπὸ 20° εἰς 12° , τῆς εἰδικῆς θερμότητος τοῦ ὕδραργύρου ο��ης 0,033;

2ον. Θερμιδόμετρον περιέχει 70 γρ. ὕδατος εἰς 10° . Χύνομεν ἐντὸς

αὐτοῦ 50 γρ. ὅδατος θερμοκρασίας 50°. Ἡ τελικὴ θερμοκρασία εἶναι 25°. Ποία ἡ θερμοχωρητικότης τοῦ θερμιδομέτρου;

3ον. Ἐχομεν δύο δοχεῖα περιέχοντα ὕδωρ, τὸ μὲν πρῶτον θερμοκρασίας 15°, τὸ δὲ δεύτερον 95°. Πόσον πρέπει νὰ λάβωμεν ἐξ ἑκατέρου, ἵνα ἀποτελέσωμεν μεῖγμα 325 κυβ. παλαμᾶν, θερμοκρασίας 35°; Ὑποτίθεται ὅτι οὐδεμία ἀπώλεια ἢ ἀπορρόφησις θερμότητος γίνεται κατὰ τὴν διάρκειαν τοῦ πειράματος.

4ον. Δοχεῖον ἐξ δρειχάλκου 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 δρειχάλκου 0,0939, σιδήρου 0,1137.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Δ'

ΜΕΤΑΒΟΛΑΙ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΣ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ ΤΗΞΙΣ ΚΑΙ ΠΗΞΙΣ

185. Μεταβολαὶ τῆς καταστάσεως γενικῶς. — Ἐκτὸς τῶν μεταβολῶν τοῦ ὅγκου, τὰς δοποίας ἐμελετήσαμεν ὑπὸ τὸ ὄνομα τῶν διαστολῶν, τὰ σώματα, ὅταν ὑπόκεινται εἰς μεταβολὰς θερμοκρασίας, δύνανται νὰ ύψιστανται καὶ μεταβολὰς καταστάσεως. Θερμάνωμεν θεῖον μετὰ προσοχῆς ἐντὸς ὑαλίνου σωλῆνος. Τὸ θεῖον διαστέλλεται καὶ ἡ θερμοκρασία αὐτοῦ μικρὸν κατὰ μικρὸν ἀνυψοῦται. Ἄλλὰ κατὰ δεδομένην στιγμὴν παρατηροῦμεν ὅτι σχηματίζεται στρῶμα ὑγρόν. Λέγομεν τότε γίνεται τῆξις. Κατόπιν, ἐὰν ἐξακολουθήσωμεν νὰ θερμάνωμεν, τὸ ὑγρὸν θεῖον μετατρέπεται εἰς ἀτμόν.

Ἄντιστρόφως, ὁ ἀτμὸς τοῦ θείου ψυχόμενος μεταπίπτει κατὰ πρῶτον εἰς τὴν κατάστασιν τοῦ ὑγροῦ θείου καὶ κατόπιν εἰς τὴν τοῦ στερεοῦ. Αἱ διάφοροι αὗται μεταβολαὶ: τῆξις, ἐξαερίωσις, ὑγροποίησις, στερεοποίησις, οὐδόλως ἀλλοιοῦν τὴν φύσιν τοῦ θείου εἶναι μεταβολαὶ φυσικῆς καταστάσεως.

186. Τῆξις.—Τῆξιν καλοῦμεν τὴν μετάβασιν ἐνδε σώματος ἀπὸ τῆς στερεᾶς καταστάσεως εἰς τὴν ὑγρὰν ὑπὸ τὴν ἐπιδρασιν τῆς θερμότητος.

“Οταν 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 ὑγρὰν ἄνευ ἐνδιαμέσων καταστάσεων, ὅπως π.χ. ὁ πάγος, ὁ κασσίτερος, ὁ μόλυβδος, ὁ φωσφόρος κτλ.

β) Σώματά τινα στερεά, καθὼς ὁ Ἰσπανικὸς κηρός, ἡ ὕαλος, ὁ σίδηρος κτλ., ἀπαλύνονται κατὰ πρῶτον, κατόπιν δὲ εἰς ὑψηλοτέραν θερμοκρασίαν λαμβάνουν τὴν σύστασιν ζύμης, ἀποκτῶντα πλαστικότητά τινα, καὶ τέλος μεταπίπτουν εἰς τὴν ὑγρὰν καταστάσιν, ὅταν φθάσουν εἰς τὴν θερμοκρασίαν ἡ ὅποια κυρίως καλεῖται **θερμοκρασία τῆς τήξεως**.

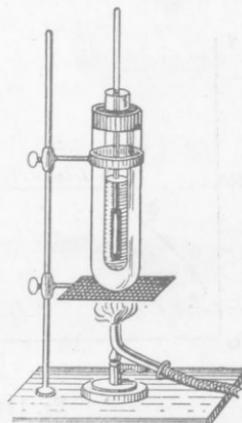
γ) Τὸ στερεὸν μετατρέπεται κατ' εὐθεῖαν εἰς ἀτμόν, χωρὶς νὰ διέλθῃ διὰ τῆς ὑγρᾶς καταστάσεως. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **ἔξαχνωσις**. Τοῦτο π.χ. παρατηρεῖται εἰς τὸ ἀρσενικόν.

δ) Πολλὰ σύνθετα ὁργανικὰ σώματα ἀποσυντίθενται ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς θερμότητος, ὥπως π.χ. ὁ βάμβακ, ὁ χάρτης, τὸ ἔύλον, ἡ δεξτρίνη κτλ.

ε) Ὁρισμένα τινὰ στερεὰ σώματα, καλούμενα διὰ τοῦτο **χύμονα**, δὲν μεταβάλλονται οὔτε εἰς ὑψηλὴν θερμοκρασίαν καὶ παρουσιάζονται ἀτηκτα, ὥπως π.χ. ἡ ἀσβεστος, ἡ ἄργιλος, ἡ μαγνησία, ὁ ἄνθραξ κτλ. Πράγματι δύως τὰ σώματα ταῦτα εἶναι μόνον **δύστηκτα**, διότι τίκονται εἰς πολὺ ὑψηλοτέραν θερμοκρασίαν, π.χ. εἰς τὴν θερμοκρασίαν τῆς δέξυνδροικῆς φλογὸς ἢ τῆς ἡλεκτρικῆς καμίνου.

Εἰς τὸ κεφάλαιον τοῦτο θὰ ἀσχοληθῶμεν μὲ τὴν πρώτην ἐκ τῶν ἀνωτέρω περιπτώσεων.

Περιγραφὴ τοῦ φαινομένου τῆς τήξεως. Ἐντὸς δοκιμαστικοῦ σωλῆνος θέτομεν μικρὰ τεμάχια ναφθαλίνης καὶ θερμόμετρον. Τὸν σωλῆνα τοῦτον περιβάλλομεν διὰ δευτέρου σωλῆνος εὐρυτέρου (σχ. 143), τὸν διόποιον θερμαίνομεν ἡπίως. Τοιουτορόπτως πραγματοποιοῦμεν μεταξὺ τῶν δύο σωλήνων λουτρὸν δι᾽ ἀρέος τὸ διόποιον παράγει βραδεῖαν καὶ κανονικὴν θέρμανσιν τῆς ναφθαλίνης. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι ἡ θερμοκρασία αὐτῆς **ἀνυψοῦται** κατ' ἀρχὰς βραδέως, κατόπιν σταθεροποιεῖται εἰς ὠρισμένην τιμὴν (80°). Κατὰ τὴν στιγμὴν



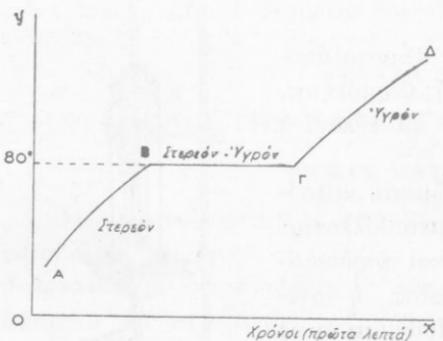
Σχ. 143.

ταύτην ἀρχεται ή τῆξις. "Οταν δλον τὸ σῶμα γείνη ὑγρόν, ή θερμοκρασία ὅλης τῆς μάζης αὐτοῦ ἀνυψωθεῖται ἐκ νέου.

Τὸ φαινόμενον τοῦτο παριστῶμεν διὰ διαγράμματος, τὸ δποῖον δεικνύει τὴν μεταβολὴν τῆς θερμοκρασίας τοῦ θερμαινομένου σώματος συναρτήσει τοῦ χρόνου. Ἡ καμπύλη χαρακτηρίζεται ἀπὸ βαθμίδα δριξοντίαν, ή δποία ἀντιστοιχεῖ εἰς τὸ σταθερόν τῆς θερμοκρασίας κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς τήξεως (σχ. 144).

Δυνάμεθα λοιπὸν νὰ διατυπώσωμεν τοὺς ἔπομένους νόμους :

Νόμοι τῆς τήξεως.— 1ος νόμος : "Υπὸ σταθερὰν πίεσιν, ή τῆξις παράγεται πάντοτε διὰ τὸ αὐτὸν καθαρὸν σῶμα εἰς ὁρισμένην θερμοκρασίαν, τὴν δποίαν καλοῦμεν σημεῖον τῆς τήξεως τον. Οὗτο 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.



Σχ. 144.

2ος νόμος : "Ἡ τῆξις δὲν εἶναι ἀκαριαία. Ἀπὸ τῆς στιγμῆς κατὰ τὴν δποίαν τὸ σῶμα θὰ ἀρχίσῃ νὰ τήκεται, ή θερμοκρασία μένει ἀμε-

τάβλητος, ἔως δτον τὸ σῶμα τακῇ δλόκληρον.

Θερμότης τήξεως.— Ἐπειδὴ ή θερμοκρασία παραμένει οὕτω σταθερὰ καθ' ὅλην τὴν διάρκειαν τῆς τήξεως, πρέπει νὰ παραδεχθῶμεν ὅτι ή θερμότης ή δποία παραχωρεῖται ὑπὸ τῆς ἑστίας εἰς τὴν τηκομένην μᾶζαν χρησιμοποιεῖται ἐξ δλοκλήρου διὰ νὰ φέρῃ τὰ μόρια εἰς σχετικὰς θέσεις διαφόρους ἀπὸ ἐκείνας, τὰς δποίας ταῦτα κατεύχον κατὰ τὴν στερεὰν κατάστασιν ὑπὸ τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν. Ἡ τοιουτορόπως μεταμορφουμένη εἰς ἔργον ποσότης τῆς θερμότητος ἀλλάσσει ἀπὸ σώματος εἰς σῶμα καὶ ἀποτελεῖ δι' ἔκαστον ἐξ αὐτῶν εἰδικὴν ἰδιότητα.

"Ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, ή δποία ἀπορροφᾶται ὑπὸ ἐνὸς γραμμαρίου στερεοῦ σώματος, διὰ νὰ μεταφέρῃ τοῦτο εἰς τὴν ὑγρὰν κατά-

στασιν ἄνευ μεταβολῆς τῆς θερμοκρασίας, καλεῖται θερμότης τήξεως τοῦ στερεοῦ σώματος. Ταύτην προσδιορίζουμεν διὰ τῆς μεθόδου τῶν μειγμάτων. Οὕτω ενδέθη ὅτι ἡ θερμότης τήξεως τοῦ πάγου εἶναι 80 περίπου θερμίδες. Δηλ. ἐν γραμμάριον πάγου εἰς 0° ἀπορροφᾷ 80 θερμίδας διὰ νὰ μετατραπῇ εἰς 80°.

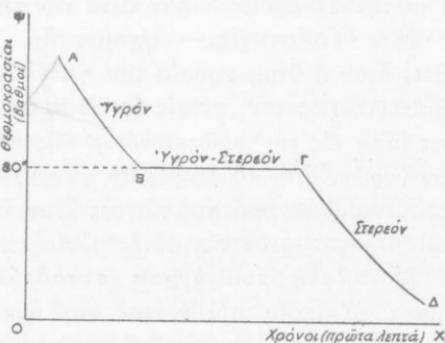
Μεταβολὴ τοῦ δγκου συνοδεύουσα τὴν τήξιν. — Τὰ πλεῖστα τῶν στερεῶν σωμάτων μεταβαίνοντα εἰς τὴν ὑγρὰν κατάστασιν αὐξάνονται κατ' δγκον. Τὸ λαμβανόμενον ὑγρὸν εἶναι συνεπῶς δλιγάτερον πυκνὸν ἀπὸ τὸ στερεόν. Διὰ τοῦτο κατὰ τὴν τήξιν τοῦ θερμού, τοῦ κηροῦ, τοῦ μολύβδου, τὰ μέρη τὰ μένοντα ἀκόμη στερεὰ παραμένουν πάντοτε εἰς τὸν πυθμένα τοῦ δοχείου.

Σώματά τινα ἐν τούτοις, καθὼς ὁ πάγος, ὁ χυτοσίδηρος, τὸ βισμούθιον, μεταβαίνοντα εἰς ὑγρὰν κατάστασιν ὑφίστανται ἔλαττωσιν τοῦ δγκου τῶν καὶ συνεπῶς αὐξῆσιν τῆς πυκνότητός των. Διὰ τὸν λόγον τούτον 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.

Περιγραφὴ τοῦ φαινομένου τῆς πήξεως. Ἀπομακρύνομεν τὴν πυρὰν ἀπὸ τὴν τακεῖσαν ναφθαλίνην καὶ ἀφήνομεν τὴν ὑγρὰν ναφθαλίνην νὰ ψυχθῇ βραδέως.

Τὰ προηγούμενα φαινομένα ἀναπαράγονται κατ' ἀντίθετον φοράν. 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 ἀρχεται ἡ πήξις. Ἡ θερμοκρασία ἀρχίζει νὰ κατέρχεται ἐκ νέου, **ὅταν δλη ἡ μᾶζα στερεοποιηθῇ**. Τὸ διάγραμμα τοῦ σχήματος 145 δεικνύει τὴν μεταβολὴν τῆς θερμοκρασίας τοῦ ψυχομένου σώματος συναρτήσει τοῦ χρόνου.



Σχ. 145.

‘Η βαθμίς στερεοποιήσεως ΒΓ ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν μὲ τὴν βαθμίδα τῆς τήξεως τοῦ προηγουμένου σχήματος.

Δυνάμεθα λοιπὸν νὰ διατυπώσωμεν τοὺς ἐπομένους νόμους:

Πρῶτος νόμος: Δι’ ἔκαστον καθαρὸν σῶμα ἡ πῆξις παράγεται εἰς ὁρισμένην θερμοκρασίαν, ἡ δποία εἶναι ἡ αὐτὴ μὲ τὴν τῆς τήξεως.

Δεύτερος νόμος: Ἡ θερμοκρασία τῆς μάζης, ἡ δποία πήγνυται, εἶναι σταθερὰ καθ’ δλην τὴν διάρκειαν τοῦ φαινομένου, οἰαίδηποτε καὶ ἂν εἶναι αἱ ἔξατεραι αἰτίαι τῆς ψύξεως.

Ἐκ τοῦ δευτέρου τούτου νόμου προκύπτει ὅτι ἡ πῆξις συνοδεύεται ἀπὸ ἔκλυσιν θερμότητος. Ἡ θερμότης αὐτῇ, ἡ δποία διατηρεῖ σταθερὰν τὴν θερμοκρασίαν τῆς μάζης παρὰ τὴν ψύξιν, εἶναι ἀκριβῶς ἵση μὲ τὴν ἀπορροφηθεῖσαν κατὰ τὴν τήξιν.

188. **Υπέρτηξις.**— Λέγομεν ὅτι ὑγρόν τι εύρισκεται ἐν ὑπερτήξει, ὅταν ἡ θερμοκρασία του κατέλθῃ κάτωθεν τοῦ σημείου τῆς στερεοποιήσεώς του, χωρὶς ἐν τῷ μεταξὺ νὰ στερεοποιηθῇ. Η ἔξαιρεσις αὕτη εἰς τὸν πρῶτον νόμον τῆς πήξεως παρατηρεῖται ἐπὶ πλείστων ὑγρῶν, ὅταν τὰ ἀφήνωμεν νὰ ψυχθοῦν προφυλαγμένα ἀπὸ πάσης διαταράξεως καὶ πρὸ παντὸς ὅταν ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ οὐδὲν ὑπολείπεται μέρος στερεὸν τῆς αὐτῆς οὐσίας.

Μεταβολὴ τοῦ ὅγκου συνοδεύοντα τὴν πήξιν.— Διὰ τὰ σώματα, τὰ δποῖα αὐξάνονται κατ’ ὅγκον τηκόμενα, ἡ πῆξις συνοδεύεται ὑπὸ ἐλαττώσεως τοῦ ὅγκου. Λέγομεν τότε ὅτι τὰ σώματα ταῦτα ὑφίστανται συστολήν. Διὰ τοῦτο δὲ φωσφόρος δὲν προσκολλᾶται εἰς τοὺς κυλινδρικοὺς τύπους, ἐντὸς τῶν δποίων χύνεται.

Ἀντιστρόφως, τὰ σώματα, τὰ δποῖα τηκόμενά ὑφίστανται ἐλάττωσιν τοῦ ὅγκου των, αὐξάνονται κατ’ ὅγκον, ὅταν πηγνύνωνται. Οὕτω τὸ βισμούνθιον θραύει τοὺς ὑαλίνους σωληνας, ἐντὸς τῶν δποίων χύνεται.

Αἱ μεταβολαὶ τοῦ ὅγκου, αἱ δποῖαι συνοδεύοντα τὴν πήξιν εἶναι εἰδικῶς ἀξιοσημείωτοι διὰ τὸν πάγον. Ο “Αγγλος φυσικὸς Tyndal ἀπέδειξεν, ὅτι δὲ πάγος σχηματίζεται διὰ τῆς ἐνώσεως μεγάλου ἀριθμοῦ μικρῶν ἀστεροειδῶν κρυστάλλων (ἄνθη τοῦ πάγου), οἱ δποῖοι παρουσιάζουν εἰς τὸ κέντρον αὐτῶν μικρὸν διάστημα κενόν. Ἡ ὑπαρξίας τῶν κενῶν τούτων διασηματίων προκύπτει ἀπὸ τὴν αὔξησιν τοῦ ὅγκου, ἡ δποία παράγεται κατὰ τὴν πήξιν.

‘Η αὕησις τοῦ ὅγκου, τὴν δποίαν ὑφίσταται τὸ ὕδωρ στερεοποιούμενον, ἐπιφέρει πολὺ ἵσχυρὰ μηχανικὰ ἀποτελέσματα. Κατὰ τὸν χειμῶνα σωλῆνες, οἵ δποῖοι ἀφέθησαν πλήρεις ὕδατος, συχνάκις θραύνονται. ‘Η διασταλτικὴ αὕτη δύναμις ἔξηγεῖ πῶς καταστρέφονται τὰ φυτὰ ὑπὸ τοῦ ψύχους’ τὸ ὕδωρ, τὸ δποῖον σχηματίζει κατὰ μέγα μέρος τὸν χυμὸν αὐτῶν, στερεοποιεῖται ἐντὸς τῶν τριχοειδῶν ἄγγειών, τῶν δποίων τὰ τοιχώματα σχίζονται διὰ τῆς ἐκτάσεως τοῦ πάγου. Πολλοὶ λίθοι πορώδεις θρυμματίζονται κατὰ τὴν ἐποχὴν τῶν παγετῶν. ‘Η θρυμματίσις αὕτη δφείλεται εἰς τὴν πηξιν τοῦ ὕδατος τῆς βροχῆς, τὸ δποῖον εἰχεν εἰσδύσει ἐντὸς τῶν πόρων του.

ΔΙΑΛΥΣΙΣ - ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΣΙΣ

189. **Διάλυσις.**— Λέγομεν δτι στερεόν τι σῶμα **διαλύεται** ἐντὸς ὑγροῦ, δταν σχηματίζη μετὰ τούτου ὑγρὸν μεῖγμα δμοιομερές, τὸ δποῖον καλεῖται **διάλυμα**.

‘Η διάλυσις στερεοῦ σώματος ἐντὸς ὑγροῦ εἶναι **ὑγροποίησις**, ή δποία γίνεται εἰς πᾶσαν **θερμοκρασίαν**.

Σῶμά τι εἶναι συνήθως διαλυτὸν εἰς ὧδισμένα ὑγρά. Πολλὰ μεταλλικὰ ἄλατα διαλύονται εἰς τὸ ὕδωρ. Τὸ οἰνόπνευμα, δ αἰλῆρο, ἥ βενζίνη, τὸ δξεικὸν δξύ, διαλύουν πλῆθος δργανικῶν ούσιῶν. Τὸ σάκχαρον, λίαν διαλυτὸν εἰς τὸ ὕδωρ, εἶναι ἀδιάλυτον εἰς τὸ οἰνόπνευμα· τὸ λίπος ἀδιάλυτον εἰς τὸ ὕδωρ, εἶναι διαλυτὸν εἰς τὴν βενζίνην.

Μία διάλυσις λέγεται **κεκορεσμένη**, ἐὰν τὸ διαλυτικὸν ὑγρὸν ἐγκλείῃ τὸ μέγιστον μέρος τοῦ στερεοῦ, τὸ δποῖον δύναται νὰ διαλύσῃ.

190. **Θερμότης διαλύσεως.**— ‘Η διάλυσις καθὼς καὶ ἡ τῆξις ἀπορροφῇ θερμότητα. ‘Ἐὰν ἡ διάλυσις συνοδεύεται ὑπὸ χημικοῦ ἀποπτελέσματος, ὑπάρχουν δύο ἀντίθετοι δράσεις: ἡ **χημικὴ** ἡ δποία εἶναι πηγὴ θερμότητος, καὶ ἡ **ὑγροποίησις** ἡ δποία ἀπορροφῇ θερμότητα. Αἱ ἀναλογίαι ἔχουν λοιπὸν οὖσιόδη σημασίαν.

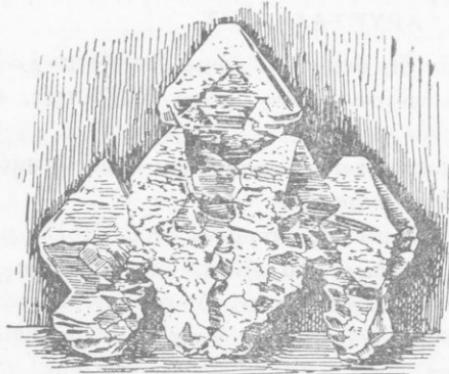
‘Ἐὰν φίψωμεν δλίγον πάγον εἰς πολὺ θεικὸν δξύ, ἔχομεν ἔκλυσιν θερμότητος’ τουναντίον, ἐὰν φίψωμεν πολὺν πάγον εἰς δλίγον θειικὸν δξύ, ἔχομεν ἀπορρόφησιν θερμότητος. ‘Ἐὰν δὲν ὑπάρχῃ χημικὴ δράσις ἡ ἐὰν ἡ ἔκλυσιν θερμότητη διὰ τῆς χημικῆς δράσεως θερμότης εἶναι μικροτέρα ἀπὸ τὴν ἀπορροφωμένην ὑπὸ τῆς διαλύσεως, ἡ θερμοκρασία καταπίπτει. Τὸ μεῖγμα εἶναι τότε **ψυκτικόν**.

191. Μείγματα ψυκτικά.—"Ἐν τοιοῦτο μεῖγμα περιέχει τουλάχιστον ἐν στερεόν, διὰ νὰ παραχθῇ ἐντὸς αὐτοῦ ψύξις διὰ διαλύσεως.

Πολὺ χρησιμοποιούμενον μεῖγμα εἶναι τὸ τοῦ τριμμένου πάγου καὶ τοῦ θαλασσίου ἄλατος, διὰ τοῦ ὅποίου δυνάμεθα νὰ καταβιβάσωμεν τὴν θερμοκρασίαν εἰς — 22° .

192. Κρυστάλλωσις.—"Οταν ἡ ἐπάνοδος εἰς τὴν στερεὰν κατάστασιν στερεοῦ τινος σώματος, τὸ ὅποιον ὑγροποιήθη, γίνεται ἀρκετὰ βραδέως, τὰ μόρια συσσωματοῦνται ἐνίστε, σχηματίζοντα γεωμετρικὰ στερεά, μὲ ἐπιπέδους ἔδρας, τὰ ὅποια καλοῦνται **κρύσταλλοι** (σχ. 146).

* Η κρυστάλλωσις δύναται γίνη διὰ **ξηρᾶς δόσου**, ἀνεν διαλυτικοῦ:



Σχ. 146.

α) Διὰ τήξεως, μὲ σώματα τῶν ὅποίων τὸ σημεῖον τῆς τήξεως δὲν εἶναι πολὺ ὑψηλόν, ὅπως, π.χ. τὸ θεῖον.

β) Διὸς ἔξαχνώσεως, μὲ σώματα ὡς τὸ ἀρσενικόν, τὰ ὅποια μεταβαίνουν ἐκ τῆς ἀεριώδους καταστάσεως εἰς τὴν στερεάν, χωρὶς νὰ διέλθουν διὰ τῆς ὑγρᾶς.

* Η κρυστάλλωσις γίνεται ἐπίσης μετὰ διάλυσιν, **διὸς θρησκασίας δόσου**:

α) Διὸς ἔξατμισεως. Εἰς

δεδομένην θερμοκρασίαν μία κεκορεσμένη διάλυσις ἀφήνει νὰ ἀποτελῇ μέρος τοῦ στερεοῦ, ὅταν ἔξατμισωμεν τὸ διαλυτικὸν ὑγρὸν (ἄλας θαλάσσιον ἐντὸς ὕδατος).

β) Διὰ ψύξεως. Ἐὰν κεκορεσμένη διάλυσις ἔχῃ παρασκευασθῆν ὑπὸ θερμῆς, ὅταν ψυχθῇ τὸ ὑγρόν, δὲν συγκρατεῖ διαλυμένον ὅλον τὸ στερεόν, τὸ ὅποιον περιεῖχε (θειικὸς χαλκὸς ἐν ὕδατι).

* Η κρυστάλλωσις, ὅπως πᾶσα στερεοποίησις, συνοδεύεται ἀπὸ ἔκλυσιν θερμότητος.

193. **Υπέροχοος**. Τοῦτο εἶναι φαινόμενον ἀνάλογον πρὸς τὴν **ὑπέρτηξιν**. Κεκορεσμένη διάλυσις ἐν θερμῷ δύναται γενικῶς, ὅταν λαμβάνωμεν ὠρισμένας προφυλάξεις, νὰ ὑφίστανται πτῶσιν τῆς θερ-

μοκρασίας περισσότερον ἢ δύλιγώτερον σημαντικήν, χωρὶς τὸ διαλυμένον σῶμα νὰ ἀποτίθεται ἢ νὰ κρυσταλλοῦται· τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **ὑπέρρηξος**.

Προβλήματα

1ον. Ἀγαμιγνύομεν 300 γρ. τηκομένου πάγου καὶ 700 γρ. ὕδατος θερμοκρασίας 100°. Ποία θὰ είναι ἡ τελικὴ θερμοκρασία τοῦ μείγματος;

2ον. Πόσα χιλιόγραμμα πάγου 0° τήκονται διὰ 50 κχρ. ζέοντος ὕδατος;

3ον. Πόσον ζέον ὕδωρ είναι ἀναγκαῖον, διὰ νὰ τηχθῶσιν 25 κχρ. 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 ήλιακὴ θερμότης εἰς μίαν ὥραν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἑδάφους; (Πυκνότης τοῦ πάγου 0,92. Θερμότης τήξεως τοῦ πάγου 80).

ΣΠΟΥΔΗ ΤΩΝ ΑΤΜΩΝ

194. **Ἐξαερίσις γενικῶς.**—Λέγομεν ὅτι ὑγρόν τι (ἢ καὶ στερεόν) **ἐξαεριοῦται**, ὅταν μετατρέπεται εἰς ἀέριον, τὸ δποῖον καλοῦμεν τότε **ἀτμόν**. Ἡ λέξις **ἀτμός** δὲν ἀναφέρεται συνεπῶς εἰς νέαν τινὰ (τετάρτην) κατάστασιν τῆς ὕλης¹ μόνον δεικνύει ὅτι τὸ θεωρούμενον σῶμα δὲν είναι ἀέριον εἰς τὴν συνήθη θερμοκρασίαν. Ο σχηματισμὸς τῶν ἀτμῶν γίνεται εἰς πᾶσαν θερμοκρασίαν διὰ τὰ πλεῖστα τῶν ὑγρῶν καὶ διὰ τινα στερεὰ (ἰώδιον, καφφουρά). Συνεπῶς δὲν ὑπάρχει ἐνταῦθα σημεῖον **ἐξαεριώσεως** ἀνάλογον πρὸς τὸ **σημεῖον τήξεως**.

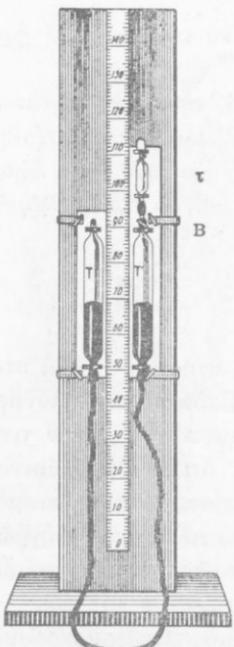
Τὸ ὑγρὸν λέγεται πτητικόν, ἐὰν γίνεται ἀτμὸς εἰς θερμοκρασίαν ὅχι πολὺ ὑψηλήν.

“**Ἡ ἐξαερίσις** ὑγροῦ τινος δύναται νὰ γείνῃ κατὰ δύο τρόπους: **Ἐὰν** τὸ ὑγρὸν **ἐξῃ** ἀφεθῆ εἰς τὸν ἐλεύθερον ἀέρα ἐντὸς δοχείου ὃ ὅγκος αὐτοῦ ἐλαττοῦται δλίγον κατ’ δλίγον ἔνεκα τῆς βραδείας παραγωγῆς ἀτμῶν ἐκ τῆς ἐπιφανείας· λέγομεν τότε ὅτι γίνεται **ἐξάτμισις**. **Ἐὰν** τὸ αὐτὸν ὑγρὸν θερμαίνεται βαθμηδόν, φθάνει στιγμή, κατὰ τὴν

δποίαν βλέπομεν πομφόλυγας ἀτμοῦ σχηματιζομένας ἐντὸς τῆς μάζης τοῦ ὑγροῦ, αἱ δποῖαι θραύονται εἰς τὴν ἐπιφάνειαν. Λέγομεν τότε ὅτι τὸ ὑγρὸν ζέει.

195. Σχηματισμὸς τῶν ἀτμῶν εἰς τὸ κενόν.—"Οταν ὑγρόν τι εἰσαχθῇ εἰς τὸ κενόν, γίνεται ἀκαριαία παραγωγὴ ἀτμῶν, τῶν δποίων ἡ ἐλαστικὴ δύναμις δύναται νὰ παραβληθῇ πρὸς τὴν τῶν ἀερίων.

Διὰ νὰ δείξωμεν τοῦτο, μεταχειριζόμεθα τὴν ὑπὸ τοῦ σχήματος 147 παριστωμένην συσκευήν. Αὕτη ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο εὐρύχωρα ὑάλινα



Σχ. 147.

δοχεῖα, τὰ δποῖα περιέχουν ὑδραργυροὺν καὶ συγκινωνοῦν διὰ μακροῦ σωλῆνος ἐκ καουτσούν. Τὰ δοχεῖα ταῦτα εἶναι προσηλωμένα ἐπὶ λεπτῶν τεμαχίων ἐκ ἔντου. Τὰ τεμάχια ταῦτα δύνανται νὰ δλισθαίνουν κατὰ μῆκος κατακορύφου σανίδος, ἐκατοστόμετρα, ἡ δποίᾳ εἶναι χαραγμένη ἐπὶ τῆς σανίδος ταῦτης. Διὰ πιεστικῶν κοχλιῶν δύνανται νὰ προσηλοῦνται τὰ δοχεῖα ἐπὶ τῆς σανίδος. Τέλος, τὸ ἐν δοχεῖον Τ εἶναι ἀνοικτὸν εἰς τὸν ἀέρα, ἐνῷ τὸ ἄλλο Τ' διὰ στροφιγγος ἐξ ὑάλου Β δύναται νὰ συγκοινωνῇ μετὰ χοανοειδοῦς δοχείου τὸ δποῖον περιέχει αἰνθέρα καὶ φέρει πῶμα ἐσμυρισμένον.

"Αφοῦ ἀνοίξωμεν τὴν στροφιγγα Β καὶ ἀφαιρέσωμεν τὸ πῶμα τοῦ δοχείου τ, ἀνυψοῦμεν τὸν σωλῆνα Τ, ἔως ὅτου ὁ ὑδραργυρος πληρώσῃ τελείως τὴν σωλῆνα Τ'. Κλείομεν τότε τὴν στροφιγγα Β, πωματίζομεν τὸ δοχεῖον τ καὶ καταβιβάζομεν τὸν σωλῆνα Τ. Ἐδημιουργήθη οὕτω εἰς τὸν σωλῆνα Τ' βαρομετρικὸς θάλαμος, ἡ δὲ κατακόρυφος ἀπόστασις

τῶν ἐπιφανειῶν τοῦ ὑδραργύρου εἰς τοὺς δύο σωλῆνας μετρεῖ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν. Ἐὰν ἀνοίξωμεν κατόπιν τὴν στροφιγγα Β ἐπὶ κλάσμα τι τοῦ δευτερολέπτου οὕτως, ὥστε νὰ εἰσέλθουν εἰς τὸν βαρομετρικὸν θάλαμον σταγόνες τινὲς αἰλέρος, οὕτος ἐξαφανίζεται

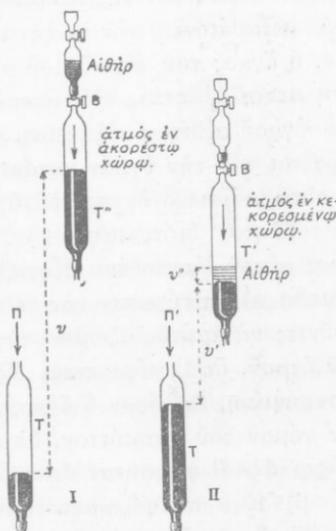
ἀκαριαίως καὶ συγχρόνως ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου κατέρχεται εἰς τὸν σωλῆνα Τ' (σχ. 148 I).

Ἡ ἐλαστικὴ δύναμις τοῦ ἀτμοῦ τοῦ αἰθέρος, δστις καταλαμβάνει τὸ διάστημα τὸ ὑπεράνω τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου, εἴναι προφανῶς ἵση μὲ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν, ἥλαττωμένην κατὰ τὴν κατακόσυφον ἀπόστασιν ν τῶν ἐπιφανειῶν τοῦ ὑδραργύρου εἰς τὸν δύο σωλῆνας.

Ἄφήνομεν νὰ διέλθουν ἐκ νέου σταγόνες τινὲς αἰθέρος εἰς τὸν σωλῆνα Τ'. ἔξαεριοῦνται καὶ αὔται καὶ ὁ ὑδραργυρος ὑφίσταται νέαν κατάπτωσιν, τὸ δποῖον 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 δποίαν ἡ ἔξαερίωσις παύει. Τὸ ὑγρὸν σχηματίζει τότε μικρὸν στρῶμα εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ὑδραργύρου, τὸ δποίον ἡ ἐπιφάνεια δὲν μετακινεῖται πλέον (σχ. 148 II). Ὅταν περίσσεια αἰθέρος εὑρίσκεται οὕτῳ ἐν ἐπαφῇ μετὰ τοῦ ἀτμοῦ, τὸ ὑπεράνω τοῦ ὑδραργύρου διάστημα ἐγκλείει τὴν μεγίστην ποσότητα ἀτμοῦ αἰθέρος, τὴν δποίαν δύναται νὰ περιέχῃ εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ πειράματος.

Λέγομεν τότε ὃτι ὁ χῶρος οὗτος εἶναι *κενορρεσμένος* ἢ ἀκόμη ὃτι ὁ ἀτμὸς εὑρίσκεται ἐν χώρῳ *κενορρεσμένῳ*. Ἀλλὰ καὶ ἡ πίεσις τοῦ ἀτμοῦ τούτου, ὑπολογιζομένου τοῦ μικροῦ στρῶματος *υ'* τοῦ αἰθέρος δστις ὑπέροχεται τοῦ ὑδραργύρου, δὲν δύναται νὰ γίνῃ μεγαλυτέρα. Καλοῦμεν ταύτην *μεγίστην ἐλαστικὴν δύναμιν* ἢ *μεγίστην τάσιν* τοῦ ἀτμοῦ τοῦ αἰθέρος εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ πειράματος.

Κατὰ ταῦτα, ἐφ' ὅσον ὁ ἀτμὸς δὲν εὑρίσκεται εἰς ἐπαφὴν μετὰ



Σχ. 148.

περισσείας τοῦ παράγοντος αὐτὸν ὑγροῦ, δὲ ὑπεράνω τοῦ ὑδραργύρου χῶρος δὲν εἶναι κεκορεσμένος καὶ δὲ ἀτμὸς δὲ ποιοῖς πληροῖ αὐτὸν εὑρίσκεται ἐν ἀκορέστῳ χώρῳ. Οἱ ἐν ἀκορέστῳ χώρῳ ἀτμοὶ φέρονται ὡς ἀέρια καὶ ἀκολουθοῦν κατὰ μεγάλην προσέγγισιν τοὺς νόμους τοῦ Μαριόττου καὶ τοῦ Gay - Lussac. Οἱ ἐν κεκορεσμένῳ χώρῳ ἀτμοὶ ἔχουν ἰδιαιτέρας ἰδιότητας, τὰς δποίας θὰ ἔξετάσωμεν.

196. Γενικαὶ ἰδιότητες τῶν ἐν κεκορεσμένῳ χώρῳ ἀτμῶν.—

α) Διαθέτομεν τὸ ὅργανον οὕτως, ὥστε δὲ ὑπεράνω τοῦ ὑδραργύρου χῶρος τοῦ σωλῆνος Τ' νὰ εἶναι κεκορεσμένος δι᾽ ἀτμῶν αἰθέρος. Κατόπιν δοκιμάζομεν νὰ μεταβάλωμεν τὴν μεγίστην τάσιν τοῦ ἀτμοῦ τούτου, μεταθέτοντες τὸν σωλῆνα Τ. Ἐὰν ἀνεγείρωμεν τὸν σωλῆνα τούτου, δὲ ὅγκος τοῦ ἀτμοῦ τοῦ αἰθέρος ἐλαττοῦται, ἀλλ᾽ ή τάσις αὐτοῦ δὲν μεταβάλλεται. Θὰ ἴδωμεν μόνον δτι τὸ πάχος τοῦ στρώματος τοῦ ὑγροῦ αἰθέρος αὐξάνεται, διότι μέρος τοῦ ἀτμοῦ τοῦ αἰθέρος ἐπανέρχεται εἰς τὴν ὑγρὰν κατάστασιν. Ἐὰν καταβιβάσωμεν τὸν σωλῆνα Τ οὕτως, ὥστε δὲ ὅγκος τοῦ ἀτμοῦ νὰ αὐξηθῇ, ή τάσις μένει καὶ τότε ἀμετάβλητος· διότι μέρος τοῦ ὑγροῦ μετατρέπεται εἰς ἀτμὸν καὶ τὸ ὕψος αὐτοῦ ἐλαττοῦται. Καταβιβάζοντες ἐπαρκῶς τὸν σωλῆνα Τ, δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν τὴν τελείαν ἔξαερίσιν τοῦ ὑγροῦ. Ἐξακολουθοῦντες νὰ καταβιβάζωμεν τὸν σωλῆνα Τ, διαπιστοῦμεν δτι ή τάσις τοῦ ἀτμοῦ, δστις εὑρίσκεται ἡδη ἐν μὴ κεκορεσμένῳ χώρῳ, βαίνει ἐλαττουμένη, ἐφ᾽ δσον δὲ ὅγκος του αὐξάνεται, καὶ τοῦτο συμφώνως μὲ τὸν νόμον τοῦ Μαριόττου, δπερ δεικνύει δτι οἱ μὴ ἐν κεκορεσμένῳ χώρῳ ἀτμοὶ φέρονται δπως πάντα τὰ ἀέρια.

β) Ἐὰν περιφέρωμεν τὴν φλόγα λύχνου κατὰ μῆκος τοῦ σωλῆνος Τ', δταν οὕτος περιέχῃ ἀτμοὺς ἐν κεκορεσμένῳ χώρῳ, ή ἀπόστασις τῶν ἐπιφανειῶν τοῦ ὑδραργύρου υ' ἐλαττοῦται, δπερ δεικνύει δτι ή ἐλαστικὴ δύναμις τοῦ ἀτμοῦ αὐξάνεται ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον. Ἐὰν ἀφήσωμεν τὸν σωλῆνα Τ' νὰ ἐπανέλθῃ εἰς τὴν συνήθη θερμοκρασίαν, δὲ ὑδραργυρος ἀνέρχεται δλίγον κατ᾽ δλίγον καὶ τέλος ἀναλαμβάνει τὴν προτέραν του θέσιν. Ἀρα ή μεγίστη τάσις ἀτμοῦ ἐν κεκορεσμένῳ χώρῳ αὐξάνεται, ἐφ᾽ δσον ή θερμοκρασία ἴνοῦται.

γ) Τέλος, δις ἐπαναλάβωμεν τὸ πείραμα τοῦ προηγουμένου ἔδαφίου χρησιμοποιοῦντες διάφορα ὑγρά, π.χ. οἰνόπνευμα, ὕδωρ. Θὰ παρατηρήσωμεν τὰ αὐτὰ φαινόμενα τὰ δποῖα καὶ μὲ τὸν αἰθέρα, ἀλλ᾽

ἡ τάσις τοῦ ἀτμοῦ θὰ εἶναι μικροτέρα εἰς τὸ οἰνόπνευμα παρὰ εἰς τὸν αἱθέρα καὶ ἀκόμη μικροτέρα εἰς τὸ ὕδωρ. Συνάγομεν λοιπόν, ὅτι εἰς τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν ἡ μεγίστη τάσις ἀτμοῦ ενδισκομένου ἐκ κεκορεσμένῳ χώρῳ μεταβάλλεται μετὰ τῆς φύσεως τοῦ παράγοντος τὸν ἀτμὸν τοῦτον ὑγροῦ.

+ *✓*

ΕΞΑΤΜΙΣΙΣ ΚΑΙ ΒΡΑΣΜΟΣ

197. **Ἐξάτμισις.** — Ἐντὸς περιωρισμένου χώρου ὑγρόν τι ἔξαεριουται, ἐφ' ὃσον δὲ ἀτμὸς αὐτοῦ δὲν κορεννύει τὸν χῶρον.

“*Η ἔξαερίωσις ὑγροῦ ἐντὸς περιωρισμένου χώρου γίνεται πλήρης ἐάν, καθ' ὃσον παράγεται δὲ ἀτμός, τὸν ἀφαιροῦμεν δι' ἀεραντλίας ἢ τὸν ἀπορροφῶμεν δι' ἀντιδράσεως.*

Εἰς ἀπεριόριστον ἀτμόσφαιραν, ὅπου δὲ χῶρος δὲν δύναται νὰ εἶναι κεκορεσμένος, τὰ πλεῖστα τῶν ὑγρῶν ἔξαεριοῦνται βαθμηδὸν καὶ τέλος ἔξαερανται.

“*Η ἔξαερίωσις ὑγροῦ ἀπὸ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ εἰς ἀπεριόριστον ἀτμόσφαιραν καλεῖται εἰδικῶς ἔξατμισις.*

198. **Ταχύτης ἔξατμίσεως** εἰς ἀπεριόριστον ἀτμόσφαιραν.—
Ταχύτης ἔξατμισεως εἰς ἀπεριόριστον ἀτμόσφαιραν καλεῖται τὸ **βάρος τοῦ ἔξατμιζομένου ὑγροῦ εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου.**

Προσδιορίζοντες τὴν ταχύτητα τῆς ἔξατμίσεως διὰ σταθμίσεως τοῦ ὑγροῦ πρὸ τῆς ἔξατμίσεως καὶ μετ' αὐτήν, καθορίζομεν τὰς συνθήκας, αἱ δύοιαι ἐπιδροῦν ἐπὶ ταύτης.

199. **Νόμοι τοῦ Dalton.** — α) *Η ταχύτης τῆς ἔξατμίσεως εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ μέγεθος τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ.*

Αἱ ἄλυκαί, εἰς τὰς δύοιας τὸ θαλάσσιον ὕδωρ ἐκτίθεται εἰς μεγάλας ἐκτάσεις, εἶναι ἐφαρμογὴ τῆς ἀρχῆς ταύτης.

β) *Η ταχύτης τῆς ἔξατμίσεως εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν διαφορὰν μεταξὺ τῆς μεγίστης τάσεως Δ τοῦ ἀτμοῦ τοῦ ὑγροῦ εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ πειράματος καὶ τῆς τάσεως δ, τὴν δύοιαν ἔχει κατὰ τὴν αὐτὴν στιγμὴν δ ἀτμὸς τοῦ ὑγροῦ εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν.*

“*Η διαφορὰ αὗτη Δ — δ καλεῖται παράγων ἔξατμισεως. Κατὰ τὸν νόμον τοῦτον, εἰς ἀέρα ἀπολύτως ἔηρον ὅπου δ = 0 ἡ ἔξατμισις τοῦ ὕδατος εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ Δ. Εἰς ἀέρα κεκορεσμένον, εἰς τὸν δύοιον δ = Δ, ἡ ἔξατμισις τοῦ ὕδατος ἰσοῦται μὲ τὸ μηδέν.*

Τυχούμενης τῆς θερμοκρασίας, ἡ μεγίστη τάσις Δ, αὐξάνεται, συνεπῶς δὲ καὶ ἡ ταχύτης τῆς ἔξατμίσεως. Πρόγματι, διάβροχον ἀντικείμενον ἔχονται ταχέως, διὰ τὴν θερμανθή.

Ρεῦμα ἀέρος ἐπιταχύνει τὴν ἔξατμισιν, διότι συμπαρασύρει τοὺς σχηματιζομένους ἀτμοὺς καὶ φέρει συνεχῶς ἀέρα ἔχοντερον εἰς ἐπαφὴν μετὰ τοῦ ἔξατμιζομένου ὑγροῦ. **Η ἔξατμισις λοιπὸν ἐπιταχύνεται διὰ τῆς ἀνανεώσεως τοῦ ἀέρος.**

γ) **Η ταχύτης τῆς ἔξατμίσεως εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν.**

Εἰς τὸ κενὸν ἡ ἔξατμισις γίνεται ἀκαριαίως.

Οἱ νόμοι οὗτοι περιλαμβάνονται εἰς τὸν τύπον $T = \frac{KE(\Delta-\delta)}{\Pi}$, δπου Κ σταθμοδὸς συντελεστὴς δ ὁποῖος ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ ὑγροῦ, Ε τὸ μέγεθος τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἔξατμιζομένου ὑγροῦ, Π ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις καὶ ($\Delta-\delta$) ὁ παράγων ἔξατμίσεως.

200. Βρασμός.—**Οταν θερμαίνωμεν ὑγρόν τι βαθμηδόν, γίνεται εὐθὺς ἔξι ἀρχῆς ἔξατμισις εἰς τὴν ἐπιφάνειαν αὐτοῦ, συγχρόνως δὲ καὶ θέρμανσις ἐντὸς τῆς μάζης αὐτοῦ. Πέραν ὀρισμένου σημείου, **ἡ θερμοκρασία δὲν ἀνυψώνεται πλέον** καὶ γίνεται τότε **βρασμός, παραγωγὴ δηλ. πομφολύγων ἀτμοῦ ἐντὸς τῆς μάζης τοῦ ὑγροῦ.****

201. Νόμοι τοῦ βρασμοῦ.—α) **Τὸ δεδομένην πίεσιν, δ βρασμὸς ἀρχεται εἰς θερμοκρασίαν, ἡ δοίᾳ εἶναι σταθερὰ δι' ἔκαστον ὑγρόν.**

Η θερμοκρασία αὕτη καλεῖται σημεῖον ζέσεως. Τὸ σημεῖον ζέσεως ὑπὸ πίεσιν 76 ἔκ. 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. **Η σταθερότης τῆς θερμοκρασίας κατὰ τὴν διάρκειαν τοῦ βρασμοῦ ὀφείλεται εἰς τὴν θερμότητα ἔξαεριώσεως.** **Η θερμότης τῆς ἐστίας κορισμοποιεῖται ὀλόκληρος, καθὼς καὶ εἰς τὴν τῆξιν, εἰς τὸ νὰ παραγάγῃ τὸ ἀναγκαῖον ἔσωτερικὸν ἔογον διὰ τὴν μεταβολὴν τῆς καταστάσεως ἀνευ ὑψώσεως τῆς θερμοκρασίας.**

Τὸ γρόδον ζέον μὲ μεγάλας πομφόλυγας δὲν εἶναι θερμότερον ἀπὸ ὅ, τι θὰ ἔτο, ἀν ἔζεεν ἡπίως. **Ἐξαεριοῦται ὅμως ταχύτερον.**

³Ἐπὶ τοῦ νόμου τούτου στηρίζεται, ώς εἴδομεν, ὁ προσδιορισμὸς τοῦ σημείου 100 τῆς ἑκατονταδικῆς κλίμακος τοῦ θερμομέτρου.

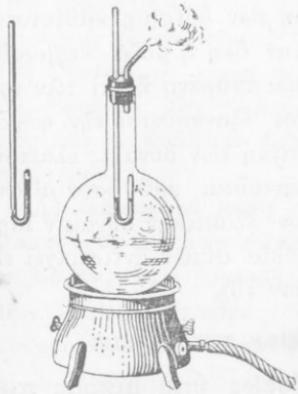
γ) Κατὰ τὴν διάρκειαν τοῦ βρασμοῦ, ἡ ἐλαστικὴ δύναμις τοῦ ἐκλυομένου ἀτμοῦ ἰσοῦται πρὸς τὴν πίεσιν, ἡ δοῖα ἐξασκεῖται ἐπὶ τοῦ ὑγροῦ.

Διὰ νὰ ἀποδεῖξωμεν τὸν νόμον τοῦτον εἰς τὴν περίπτωσιν βρασμοῦ εἰς ἐλεύθερον ἀέρα, μεταχειριζόμεθα σωλῆνα κεκαμμένον, τοῦ

δοῖον τὸ βραχὺ σκέλος εἶναι κλειστὸν καὶ τὸ μέγα ἀνοικτὸν (σχ. 149). ³Αφοῦ πληρώσωμεν τὸ μικρὸν σκέλος μὲ νόδοργυρον, εἰσάγομεν εἰς αὐτὸ μικρὰν ποσότητα ὕδατος, ἀφοῦ τὴν ἀπαλλάξωμεν προηγουμένως ἀπὸ τὸν διαλυμένον ἀέρα διὰ βρασμοῦ. Κατόπιν εἰσάγομεν τὸν σωλῆνα ἐντὸς σφαιρικῆς φιάλης, ἡ δοῖα περιέχει ὕδωρ, τὸ δοῖον θέτομεν εἰς

βρασμόν. Εὐθὺς ὡς ἀρχίσῃ ἡ ἔκλυσις ἀτμοῦ, τὸ ὕδωρ τὸ ἐγκεκλεισμένον εἰς τὸ βραχὺ σκέλος μετατρέπεται καὶ αὐτὸ εἰς ἀτμὸν καὶ βλέπομεν τότε ὅτι αἱ ἐπιφάνειαι τοῦ νόδοργυρου τίθενται εἰς ἀμφότερα τὰ σκέλη εἰς τὸ αὐτὸ δοιζόντιον ἐπίπεδον. ³Ἄρα ἀμφότεραι 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. *Περιγραφὴ τοῦ φαινομένου τοῦ βρασμοῦ τοῦ ὕδατος.*—³Οταν θερμάνωμεν ὕδωρ ἐντὸς ὑαλίνου δοχείου (σχ. 150) παρατηροῦμεν κατὰ πρῶτον ἐκλυομένας μικρὰς φυσαλίδας, αἱ δοῖαι προέρχονται ἀπὸ τὸν διαλυμένον ἀέρα καὶ ἀπὸ τὸν ἀέρα τὸν περιλαμβανόμενον μεταξὺ τοῦ



Σχ. 149.



Σχ. 150.

νύγροῦ καὶ τῶν τοιχωμάτων τοῦ δοχείου. Βραδύτερον, ἐφ^º ὅσον ἡ θεομοκρασία ἀνυψοῦται, ἐμφανίζονται ἐπὶ τῶν ἀπ' εὐθείας θεομαινομένων τοιχωμάτων τοῦ δοχείου φυσαλίδες μεγαλύτεραι, αἱ δποῖαι εἶναι πομφόλυγες ἀτμοῦ. Ἡ ἐλαστικὴ αὐτῶν δύναμις, κατὰ τὴν στιγμὴν τοῦ σχηματισμοῦ των, εἶναι ἵση πρὸς τὴν πίεσιν τοῦ ἔξωτερικοῦ ἀρέος ηὑρημένην κατὰ τὴν πίεσιν τῆς ὑπεροχειμένης ὑγρᾶς στήλης. Αἱ φυσαλίδες αὗται σμικρύνονται ἐφ^º ὅσον ἀνέρχονται καὶ ἐπὶ τέλους ἔξαφανίζονται, διότι συμπυκνοῦνται ἐρχόμεναι εἰς ἐπαφὴν μὲν στρώματα ὀλιγώτερον θεομά, ὅπου ἡ ἐλαστικὴ των δύναμις καθίσταται μικροτέρα ἀπὸ τὴν ἔξωτερικὴν πίεσιν. Ὅταν δλη ἡ μᾶζα θεομανθῆ ἐπαρκῶς, πομφόλυγες σχηματισθεῖσαι εἰς τὸν πυθμένα ἢ ἐπὶ τῶν τοιχωμάτων τοῦ δοχείου δὲν συμπυκνοῦνται πλέον· ἔξογκοῦνται τὴν φροὰν ταύτην καθ^º ὅσον ἀνέρχονται, διότι ἡ ἐλαστικὴ των δύναμις ἐλαττοῦται, ἐπειδὴ ἡ ὑπεροχειμένη ὑγρὰ στήλη ἐλαττοῦται καθ^º ὅσον αἱ φυσαλίδες ἀνέρχονται. Εἰς τὴν ἐπιφάνειαν ἔχουν ἐλαστικὴν δύναμιν ἵσην πρὸς τὴν ἔξωτερικὴν πίεσιν καὶ ἡ θεομοκρασία αὐτῶν ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν ἐλαστικὴν ταύτην δύναμιν (100° ὑπὸ πίεσιν 76).



ΣΥΝΘΗΚΑΙ ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΥΣΑΙ ΤΟ ΣΗΜΕΙΟΝ ΤΗΣ ΖΕΣΕΩΣ

203. Πτῶσις τοῦ σημείου τῆς ζέσεως ὑπὸ μικρὰς πιέσεις.—“Οταν ἡ ἔξωτερικὴ πίεσις ἐλαττοῦται, ὁ ἀτμὸς τοῦ ὑγροῦ λαμβάνει εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς γῆς ἐντὸς ἀνοικτοῦ δοχείου, καθ^º ὅσον ἀνερχόμεθα. Ὅπο πίεσιν 76 ἔκ. τὸ ὄντως ζέει εἰς 100°.

Ἐις τὴν κορυφὴν τοῦ Puit de Dôme, ὅπου ἡ πίεσις εἶναι 63 ἔκ. τὸ σημείον τῆς ζέσεως τοῦ ὄντως εἶναι 95°, ἐπὶ δὲ τοῦ Λευκοῦ ὄρους 84,°5. Ἡ παρατήρησις τοῦ σημείου τῆς ζέσεως τοῦ ὄντως ἐπιτρέπει εἰς ἡμᾶς νὰ ὑπολογίσωμεν τὸ ὄψος τοῦ τόπου.

204. Ἀνύψωσις τοῦ σημείου τῆς ζέσεως μετὰ τῆς πιέσεως.—Ἐὰν ἡ πίεσις ὑπερβαίνῃ τὰ 76 ἔκ. ἡ θεομοκρασία τοῦ ὑγροῦ ὑψοῦται ἄνω τοῦ κανονικοῦ σημείου τῆς ζέσεως. Ὅπο πίεσιν δύο ἀτμοσφαιρῶν τὸ ὄντως ζέει εἰς 120°.

205. Ἐπίδρασις τοῦ βάθους τοῦ ύγρου ἐπὶ τῆς θερμοκρασίας τῆς ζέσεως.—Οἱ ἀτμὸς σηματίζεται, ὅταν ἡ ἐλαστική του δύναμις εἴναι του λάχιστον ἵση πρὸς τὴν ἐπί^τ αὐτοῦ ἔξασκουμένην πίεσιν.

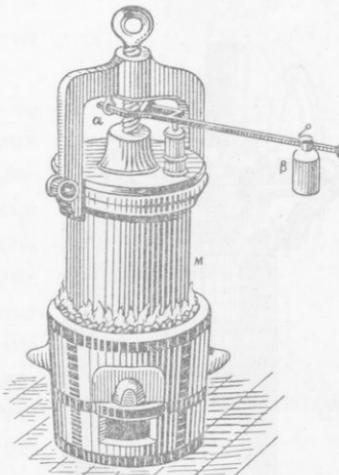
Ἐπειδὴ ἡ πίεσις αὗτη αὐξάνεται ἐντὸς ύγρου μετὰ τῆς ἀποστάσεως ἀπὸ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας, ἡ θερμοκρασία ἐντὸς ύγρου ζέοντος αὐξάνεται μετὰ τοῦ βάθους, εἰς τὸ δόποιον τὸ θερμόμετρον ἔχει βυθισθῆ.

206. Υγρὸν θερμαίνομενον ἐντὸς κλειστοῦ δοχείου. — "Οταν ύγρὸν θερμαίνεται ἐντὸς κλειστοῦ δοχείου, δὲν γίνεται βρασμός, ἐὰν πάντα τὰ τοιχώματα τοῦ δοχείου ἔχουν τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν. Βρασμὸς τότε γίνεται, ἐὰν ἐν μέρος τῶν τοιχωμάτων διατηρῆται ψυχρότερον.

A) Πάντα τὰ μέρη τοῦ τοιχώματος ἔχουν τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν. Τότε βρασμὸς δὲν γίνεται, διότι ὁ ἄνωθεν τοῦ ύγρου ἐλεύθερος χῶρος κορέννυται ἀμέσως δι' ἀτμοῦ, ὁ δόποιος προσθέτει ἀδιακόπως τὴν τάσιν του εἰς τὴν ἐλαστικὴν δύναμιν τοῦ ἀέρος ὁ δόποιος περιέχεται ἐντὸς τοῦ δοχείου ὑπεράνω τοῦ ύγρου. Οὕτω ἡ πίεσις ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ύγρου βαίνει σταθεῶς αὐξανομένη, ἡ δὲ θερμοκρασία ὑψοῦται, ἐφ' ὅσον θερμαίνομεν, χωρὶς νὰ παραχθῇ βρασμός. Ἡ ἔξαρσίας δηλ. παύει. Τοιαύτη εἴναι ἡ περίπτωσις τῆς χύτρας τοῦ Papin.

Σημ. Εἰς τὸν λέβητα τῆς ἀτμομηχανῆς βρασμὸς γίνεται, ἐφ' ὅσον ἀφαιρεῖται ὁ ἐντὸς αὐτοῦ ἀτμός.

Xύτρα τοῦ Papin. — Αὕτη εἴναι κυλινδρικὸν δοχεῖον Μ ἔξ δρειχάλκου (σχ. 151) μὲ ἰσχυρὰ τοιχώματα, ἐν μέρει πεπληρωμένον δι' ὕδατος καὶ κλεισμένον διὰ καλύμματος ἐκ τοῦ αὐτοῦ μετάλλου. Τὸ κάλυμμα τοῦτο διατηρεῖ πιεστικὸς κοχλίας στερεῶς προσηρμοσμένον.



Σχ. 151.

Τὸ ἐν λόγῳ κάλυμμα φέρει μικρὰν δπήν, ή δποία κλείεται διὰ δικλεῖδος. Ἐπὶ τῆς κεφαλῆς τῆς δικλεῖδος στηρίζεται τριτογενῆς μοχλός, ἐπιφορτισμένος μὲ κινητὸν βάρος Κανονίζεται ή ἀπόστασις τοῦ βάρους ἀπὸ τὸ ὑπομόχλιον οὔτως, ὥστε η δικλεῖς νὰ ἀνυψωθῇ καὶ παράσχῃ διέξοδον εἰς τὸν ἀτμόν, ὅταν οὕτος ἀποκτήσῃ ἐντὸς τῆς χύτρας πίεσιν ὠρισμένην. Διὰ τὸν λόγον τοῦτον, ὡς προλαμβάνον τὴν διάρρηξιν τῆς συσκευῆς, τὸ ὅργανον τοῦτο ὠνομάσθη **δικλεῖς ἀσφαλεῖας.**

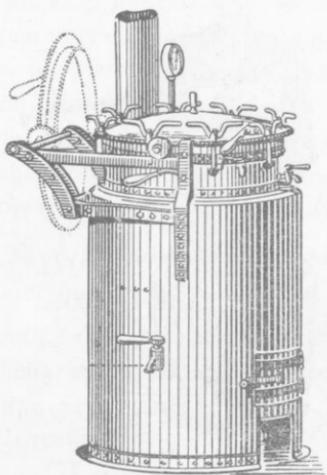
Τὸ ὕδωρ, τὸ θερμαινόμενον ἐντὸς τοῦ κλειστοῦ τούτου δοχείου, δύναται νὰ φθάσῃ εἰς θερμοκρασίαν ἀνωτέραν τῶν 100°, χωρὶς νὰ

τεθῇ εἰς βρασμόν, δὲ ἀτμὸς νὰ ἀποκτήσῃ τάσιν πολλῶν ἀτμοσφαιρῶν, ἀναλόγως τοῦ ἐπὶ τῆς δικλεῖδος βάρους. Ὅταν η βαλβὶς ἀνοιχθῇ, η πίεσις ἐλαττοῦται ἀποτόμως ἐντὸς τοῦ λέβητος καὶ παράγεται ζωηρὸς βρασμός. Ἡ θερμοκρασία κατέρχεται ἀμέσως εἰς τὸν 100°, ἐὰν τὸ μέγεθος τῆς δπῆς ἐπιτρέπῃ εἰς τὸν ἀτμὸν νὰ ἔκφευγῃ ἀρκετὰ ἐλευθέρως, ἵνα η πίεσις κατέλθῃ εἰς 76 ἑκ. >

μην Αὐτόκλειστα. — Ἡ χύτρα τοῦ Papin ἔχοντι μοποιήθη ὑπὸ τὸ ὅνομα **αὐτόκλειστον** διὰ τὴν θέρμανσιν τῶν ὑγρῶν ἄνω τοῦ σημείου τῆς ζέσεώς των. Τὰ **αὐτόκλειστα** εἶναι δοχεῖα ἀνθεκτικά, χρησιμοποιούμενα

διὰ τὴν ἀποστείρωσιν διατηρούμενων τροφίμων, διὰ τὴν σαπωνοποίησιν τῶν παχέων σωμάτων, διὰ τὴν αὔξησιν τῆς διαλυτικότητος τοῦ ὕδατος κατὰ διαφόρους ἐνεργείας τῆς βιομηχανικῆς χημείας, δπως π.χ. διὰ τὴν ἐντὸς αὐτοῦ διάλυσιν τῆς πηκτῆς τῶν ὀστῶν κτλ. Τὸ σχῆμα 152 δίδει ἰδέαν τοῦ συνόλου ἐνὸς αὐτοκλείστου χρησιμοποιούμενου διὰ τὴν ἀποστείρωσιν τροφίμων.

B) **Ἐν μέρος τοῦ τοιχώματος ἔχει θερμοκρασίαν μικροτέραν τῆς τοῦ ὑγροῦ.** Βρασμὸς γίνεται ἐντὸς κλειστοῦ δοχείου, ἐὰν η



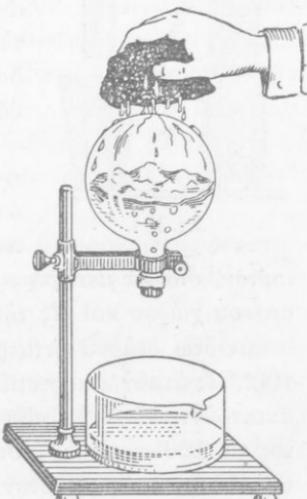
Σχ. 152.

θερμοκρασία μέρους τοῦ τοιχώματος διατηρήται κατωτέρα τῆς θερμοκρασίας τοῦ ψυχροῦ (*Ἄρκη τῆς ψυχρᾶς παρειᾶς*). Τοιαύτη είναι ἡ περίπτωσις τῶν ἀποστακτικῶν συσκευῶν, ἐπίσης δὲ καὶ τοῦ *πειράματος* τοῦ Φραγκλίνου. Ἀφοῦ δηλ. βράσωμεν ὕδωρ ἐπί τινας στιγμὰς ἐντὸς ὑαλίνης σφαίρας καὶ ἐκδιώξωμεν τὸν ἀέρα διὰ τοῦ ἀτμοῦ, πωματίζομεν καλῶς τὴν σφαίραν καὶ τὴν ἀναστρέφομεν (σχ. 153). Ὁ βρασμὸς παύει· ἀλλ’ ἐὰν ψύξωμεν τὴν ἐπιφάνειαν τῆς σφαίρας, φύπτοντες ἐπ’ αὐτῆς ὕδωρ, ἡ ἐλάττωσις τῆς ἐλαστικῆς δυνάμεως, τὴν δόποιαν παράγει ἡ συμπύκνωσις τοῦ ἀτμοῦ, ἐπιτρέπει εἰς τὸ ψυχρὸν νὰ τεθῇ ἐκ νέου εἰς βρασμόν.

207. Ψῦχος παραγόμενον διὰ τῆς ἔξαερισσεως. — Ὁ σχηματισμὸς ἀτμοῦ ἀπαιτεῖ θερμότητα, δπως καὶ ἡ μετάβασις ἐκ τῆς στερεᾶς καταστάσεως εἰς τὴν ψυχράν. Ἐν ψυχρὸν τὸ δόποιον ἔξατμίζεται, θὰ λάβῃ ἀπὸ τὸν ἔαυτόν του καὶ τὰ γειτονικὰ σώματα τὴν ἀναγκαίαν θερμότητα διὰ νὰ παραγάγῃ τὴν μεταβολὴν τῆς καταστάσεως. Ἐξ αὐτοῦ προκύπτει πτῶσις τῆς θερμοκρασίας. Οὕτω δὲ αἰδήρη χυνόμενος ἐπὶ τῆς χειρὸς παράγει, ἔξατμιζόμενος, ζωηρὸν αἴσθημα ψύξεως. Χυνόμενος ἐπὶ τοῦ δοχείου θερμομέτρου περιβεβλημένου διὰ μουσελίνης, καταβιβάζει τὴν θερμοκρασίαν κάτω τοῦ 0° .

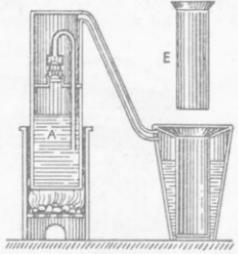
Ἐφαρμογὴ τοῦ ψύχους τοῦ παραγομένου διὰ τῆς ἔξατμισσεως. Τὸ ψῦχος τὸ παραγόμενον διὰ τῆς ἔξατμισσεως χρησιμοποιεῖται πρὸς ψύξιν τοῦ ὕδατος κατὰ τὸ θέρος. Πρὸς τοῦτο τίθεται τὸ ὕδωρ ἐντὸς πηλίνων ἀγγείων, τὰ δόποια εἶναι πορώδη, ὥστε τὸ ὕδωρ διερχόμενον βραδέως διὰ μέσου τῶν πόρων τῶν τοιχωμάτων νὰ ἔξατμίζεται ἐπὶ τῆς ἔξωτροικῆς αὐτῶν ἐπιφανείας.

Ἡ ψυκτικὴ ἐνέργεια τῆς αὐτομάτου ἔξατμισσεως δύναται τοσοῦτον νὰ ἐνταθῇ διὰ καταλλήλων μέσων, ὥστε νὰ ἐπέλθῃ καὶ αὐτὴ ἡ *πῆξις* τοῦ ὕδατος.



Σχ. 153.

208. Κατασκευὴ τοῦ πάγου δι' ἔξατμίσεως ὑγρᾶς ἀμμωνίας.—Δοχεῖον Α περιέχον κεκορεσμένον διάλυμα ἀμμωνίας συγκοινωνεῖ διὰ σωλῆνος μὲ κοῦλον δοχεῖον Γ, τὸ ὅποιον σχηματίζει μετὰ τούτου περιοχὴν κλειστὴν (σχ. 154). Ὁταν θερμανθῇ τὸ δοχεῖον Α, ἡ ἀμμωνία ἐκλύεται καὶ ὑγροποιεῖται εἰς τὸ Γ. Ἐὰν κατόπιν βυθισθῇ τὸ δοχεῖον Α εἰς ψυχὸν ὕδωρ, ἡ ὑγροποιηθεῖσα ἀμμωνία ἔξαεριοῦται, τὴν φορὰν ταύτην ἄνευ θερμότητος. Παράγει δὲ τόσον ψῦχος εἰς τὸ δοχεῖον Γ ὥστε, ἐὰν εἰς τὴν κοιλότητα τοῦ δοχείου Γ ἔχῃ εἰσαχθῆ κύλινδρος Ε πλήρης ὕδατος, τὸ ὕδωρ τοῦ κυλίνδρου πήγνυται.



σχ. 154.

209. Θερμότης ἔξαεριώσεως.—Θερμότης ἔξαεριώσεως ὑγροῦ τινος εἰς θ^ο καλεῖται ὁ ἀριθμὸς τῶν θερμίδων, τὰς δροὶας πρέπει νὰ παραχωρήσωμεν εἰς ἐν γραμμάριον τοῦ ὑγροῦ τούτου, διὰ νὰ μεταφέρωμεν αὐτὸν εἰς τὴν κατάστασιν ἀτμοῦ κεκορεσμένου χώρου καὶ εἰς τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν.

Οὕτω διὰ νὰ μετατραπῇ ἐν γραμμάριον ὕδατος, θερμανθὲν εἰς 100°, εἰς ἀτμὸν κεκορεσμένου χώρου, τῆς αὐτῆς θερμοκρασίας τῶν 100°, ἀπαιτοῦνται 537 θερμίδες. Ἡ θερμότης ἔξαεριώσεως λοιπὸν τοῦ ὕδατος εἰς 100° εἶναι 537 θερμίδες.

Ἄντιστρόφως, ὅταν ἀτμὸς συμπυκνοῦται, παρέχει ποσότητα θερμότητος ἵσην πρὸς ἐκείνην τὴν δροίαν ἐλαβε διὰ νὰ ἔξαεριωθῇ. Ἐπὶ τῆς ἴδιότητος ταύτης στηριζόμενοι προσδιορίζομεν τὴν θερμότητα ἔξαεριώσεως τοῦ ὕδατος καὶ τῶν περισσοτέρων ὑγρῶν διὰ τῆς μεθόδου τῶν μειγμάτων. ▶

Προβλήματα

1ον. Πόσα γραμμάρια ὑδρατμοῦ (θερμοκρασίας 100°) πρέπει νὰ συμπυκνώσωμεν ἐντὸς δύο χιλιογράμμων ὕδατος 15°, ἵνα τὸ μεῖγμα λάβῃ θερμοκρασίαν 30°; Τὸ ὕδωρ περιέχεται ἐντὸς δοχείου ἐξ δρειχάλκου, βάρον 100 γρ. καὶ εἰδ. θερμ. 0,0939.

2ον. Ἔντὸς θερμιδομέτρου, τοῦ δροίου τὸ ἰσοδύναμον εἰς ὕδωρ εἶναι 1000 γρ. συμπυκνοῦμεν 26 γρ. ὑδρατμοῦ εἰς 100°. Ἡ ἀρχική

θερμοκρασία του θερμιδομέτρου είναι 4° , ή δε τελική 20° . Πού α ή θερμότης έξαρισεως του ύδατος είναι 100° ;

ΥΓΡΟΠΟΙΗΣΙΣ ΤΩΝ ΑΤΜΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ Wet

210. Κρίσιμον σημεῖον. —¹ Από φυσικῆς ἀπόψεως οὐδεμία οὐσιώδης διαφορὰ ύπαρχει μεταξὺ ἀτμῶν καὶ ἀερίων. ² Επειδὴ πάντα τὰ ἀέρια ἔχουν ὑγροποιηθῆ, δύνανται νὰ θεωρηθοῦν ὡς ἀτμοὶ σωμάτων ὑγρῶν. ³ Αφ' ἐτέρου η μελέτη τῶν ἀτμῶν δεικνύει, ὅτι ὅσον οὗτοι ἀπομακρύνονται ἀπὸ τὸ σημεῖον τοῦ κόρου, εἴτε δι' ἀνυψώσεως τῆς θερμοκρασίας, εἴτε δι' ἐλαττώσεως τῆς πιέσεως, τόσον αἱ ἰδιότητες αὐτῶν πλησιάζουν πρὸς τὰς ἰδιότητας τῶν ἀερίων. Αἱ μέθοδοι λοιπὸν διὰ τῶν δρπίων ὑγροποιοῦνται τὰ ἀέρια καὶ οἱ ἀτμοὶ πρέπει κατ' ἀρχὴν νὰ είναι ἀνάλογοι.

Ἡ πρώτη ἀναγκαία συνθήκη, διὰ νὰ είναι η ὑγροποίησις δυνατή, είναι ὅτι η θερμοκρασία τοῦ ἀερίου ἥ τοῦ ἀτμοῦ πρέπει νὰ είναι μικροτέρα τῆς κρισίμου αὐτοῦ θερμοκρασίας.

Κρίσιμος θερμοκρασίας ἀερίου ἡ ἀτμοῦ καλεῖται η θερμοκρασία, ύπερανω τῆς δρπίας είναι ἀδύνατον τοῦτο νὰ ὑγροποιηθῇ, διηδήποτε πιέσις καὶ ἀν ἐφαρμοσθῇ ἐπ' αὐτοῦ.

211. Υγροποίησις. —¹ Η ὑγροποίησις είναι φαινόμενον ἀντίθετον τῆς ἔξαρισεως, η μετάβασις δηλ. σώματός τυνος ἀπὸ τῆς ἀεριώδους καταστάσεως εἰς τὴν ὑγράν.

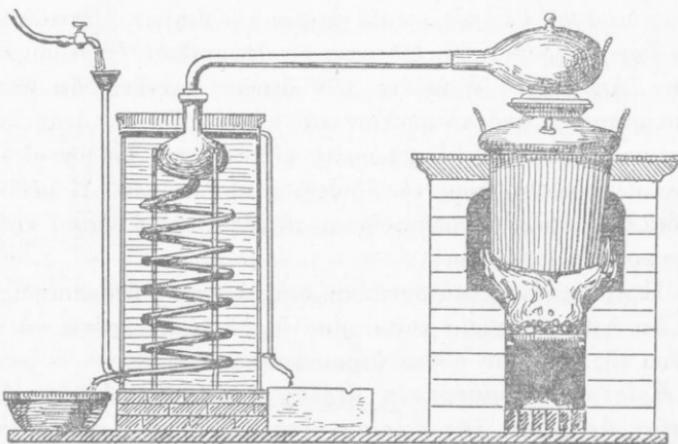
Συνθῆκαι ὑγροποιήσεως τῶν ἀεριωδῶν σωμάτων. — Διὰ νὰ ὑγροποιήσωμεν ἀέριον ἥ ἀτμόν, πρέπει νὰ ψύξωμεν αὐτὸν κάτω τῆς κρισίμου θερμοκρασίας του. Δυνάμεθα τότε νὰ τὸ ὑγροποιήσωμεν κατὰ δύο τρόπους:

α) Εἰς θερμοκρασίαν ἐπαρκῶς χαμηλήν, η δρπία είναι τὸ **κανονικὸν σημεῖον** ζέσεως τοῦ ὑγροῦ τὸ δρπίον θὰ προέλθῃ ἐκ τῆς ὑγροποιήσεως. Τὸ ἀέριον ὑγροποιεῖται τότε ὑπὸ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν.

β) Εἰς θερμοκρασίαν ἀνωτέραν τοῦ κανονικοῦ σημείου ζέσεως, ἀλλὰ μικροτέραν τῆς κρισίμου θερμοκρασίας, η ὑγροποίησις γίνεται δι' ἐπαρκοῦς πιέσεως, μεγαλυτέρας τῆς ἀτμοσφαιρικῆς. Τὸ ἀέριον ἄγεται εἰς κατάστασιν ἀτμοῦ κεκορεσμένου χώρου καὶ κατόπιν ὑγροποιεῖται.

212. **Απόσταξις.*—**Απόσταξις* ύγροῦ τινος καλεῖται ἡ ἔξαερίωσις αὐτοῦ ἐντὸς πρώτου τινὸς δοχείου καὶ ἡ συμπύκνωσις τῶν παραγομένων ἀτμῶν εἰς δεύτερον δοχεῖον ψυχρότερον.

Τὸ σχῆμα 155 παριστᾶ συσκευὴν χρησιμοποιουμένην διὰ τὴν ἀπόσταξιν τοῦ үδατος. Τοῦτο θερμαίνεται μέχρι ζέσεως ἐντὸς λέ-



Σχ. 155.

βητος. Οἱ παραγόμενοι ἀτμοὶ συμπυκνοῦνται ἐντὸς δοφιοειδοῦς σωλῆνος ἐμβαπτισμένου εἰς ψυκτῆρα πλήρη ψυχροῦ үδατος διαρκῶς ἀνανεούμενου. Τὸ ἀπεσταγμένον үδωρ συλλέγεται ἐντὸς ἔξωτεροιο δοχείου.

Κλασματικὴ ἀπόσταξις.—Διὰ τῆς ἀποστάξεως χωρίζομεν ύγρὰ ἀνίσως ἔξατμιστά. Κατὰ τὴν ἀπόσταξιν μείγματος δύο ύγρῶν A καὶ B, τῶν δποίων τὰ σημεῖα ζέσεως εἶναι π. χ. 50° καὶ 100° , τὸ A φθάνει εἰς τοὺς 50° καὶ ὁ ἀτμὸς αὐτοῦ συμπυκνοῦται· κατόπιν τὸ B φθάνει εἰς τοὺς 100° , καὶ συμπυκνοῦται καὶ τούτου ὁ ἀτμός. Τὸ μεῖγμα κατὰ τὸν τρόπον τοῦτον χωρίζεται. Τοιουτοτρόπως τὸ ἀκάθαρτον πετρέλαιον παρέχει διάφορα προϊόντα διὰ τῆς κλασματικῆς ἀποστάξεως.

Ἐὰν αἱ θερμοκρασίαι ζέσεως τῶν A καὶ B δὲν ἀπέχουν πολὺ, τὰ πρῶτα συλλεγόμενα μέρη τοῦ A περιέχουν ὀρισμένην ποσότητα ἐκ τοῦ B. **Αποστάζοντες* πάλιν τότε τὸ ληφθὲν ἀπεσταγμα, ἐλαττοῦ-

μεν τὴν ποσότητα τοῦ Β εἰς τὸ γέον προϊὸν καὶ οὕτω καθ' ἔξῆς. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον π. χ. ἀπαλλάσσομεν τελείως τὸ οἰνόπνευμα ἐκ τοῦ ὕδατος.

213. **Στερεοποίησις τῶν ἀερίων.**—Οταν ἀναγκάζωμεν ὑγροποιημένον τι ἀέριον νὰ ἔξατμισθῇ ταχύτατα, ἡ θερμοκρασία αὐτοῦ καταπίπτει συνήθως ἀρκετά, ὥστε νὰ προκληθῇ ἡ πῆξις τοῦ ὑπολοίπου ὑγροῦ.

Οὕτω διὰ ταχείας ἔξατμίσεως ὁ ὑγρὸς ἀήρ στερεοποιεῖται ὑπὸ μορφὴν ἡμιπήκτου μάζης, ἀποτελουμένης ἐκ τοῦ στερεοποιηθέντος ἀζώτου καὶ τοῦ ἔτι ὑγροῦ δευγόνου.

214. **Βιομηχανικαὶ ἐφαρμογαὶ τῶν ὑγροποιημένων ἀερίων.**—*Ἡ ἀμμωνία, τὸ διοξείδιον τοῦ φεύοντος, τὸ διοξείδιον τοῦ ἀνθρακος* εἰς ὑγρὰν κατάστασιν χρησιμοποιοῦνται πολὺ διὰ τὴν παραγωγὴν ταπεινῶν θερμοκρασιῶν, χρησίμων εἰς τὴν παρασκευὴν τοῦ πάγου καὶ τὴν διατήρησιν διαφόρων, ἐδωδίμων, ὑποκειμένων εἰς σηψιν, οἷον κρεάτων, γλυκισμάτων κτλ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ε'

ΥΓΡΟΜΕΤΡΙΑ

215. **Άτμος ὕδατος ἐν τῇ ἀτμοσφαίρᾳ.**—*Ἡ ἀτμόσφαιρα* περιέχει πάντοτε ἀτμὸν ὕδατος *ἀδρατον*, προερχόμενον ἐκ τῆς συνεχοῦς ἔξατμίσεως 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 ψυχρᾶς φιάλης ἢ ἐπὶ τῶν ὑαλοπινάκων κατὰ τὸν χειμῶνα.

β) *Ωρισμέναι οὖσίαι* ὑγροσκοπικαί, ὡς τὸ θεικὸν δξύ, ὁ ἀνυδρίτης τοῦ φωσφορικοῦ δξέος, 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 διμίχλης, τῶν νεφῶν, τῆς δρόσου κλπ. Τὰ φαινόμενα ταῦτα δὲν

ἔξαρτῶνται μόνον ἀπὸ τὸ βάρος β τοῦ ὑδρατμοῦ, ὅστις περιέχεται εἰς ἐκάστην μονάδα δύγκου ἀέρος κατὰ δεδομένην στιγμήν, ἀλλὰ καὶ ἀπὸ τὸ βάρος Β τὸ ὅποιον θὰ περιείχεν αὕτη εἰς τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν, ἢν δ ἀλλοὶ ἦτο κεκορεσμένος. Λέγομεν ὅτι δ ἀλλοὶ εἶναι **ὑγρός**, ὅταν ἡ διαφορὰ Β—β εἴναι μικρὰ καὶ μικρὰ πιῶσις τῆς θερμοκρασίας δύνανται νὰ ἐπιφέρῃ σύμπτυκνωσιν τοῦ ἀτμοῦ. ‘Ο ἀλλοὶ λέγεται **ξηρός** εἰς τὴν ἀντίθετον περίπτωσιν, δπότε προκαλεῖ τὴν ἔξατμισιν τοῦ ὑδατος.

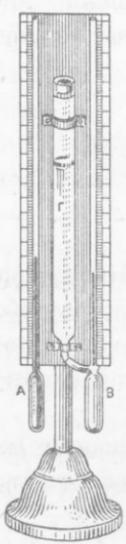
216. Σκοπὸς τῆς ὑγρομετρίας.—Σκοπὸς τῆς ὑγρομετρίας είναι δ προσδιορισμὸς τοῦ βάρους τοῦ ὑδρατμοῦ τοῦ περιεχομένου καθ' ώρισμένην στιγμὴν εἰς γνωστὸν δύγκον ἀέρος.

Ὑγρομετρικὴ κατάστασις.—‘Ο λόγος $\frac{\beta}{B}$, ὅστις χαρακτηρίζει εἰς δεδομένην στιγμὴν τὴν ὑγρασίαν ἡ ἔηρασίαν τοῦ ἀέρος, καλεῖται **ὑγρομετρικὴ κατάστασις τοῦ ἀέρος**. ‘Ο λόγος οὗτος είναι τοσοῦτον μεγαλύτερος, ὅσον δ ἀλλοὶ εἶναι ὑγρότερος, λαμβάνει δὲ τὴν μεγίστην αὐτοῦ τιμὴν 1, ὅταν δ ἀλλοὶ εἶναι κεκορεσμένος, διότι τότε θὰ ἔχωμεν $\beta=B$.

$$\text{Εἰς ἀέρα τελείως } \xi\eta\delta\circ\gamma\text{ δὲ } \frac{\beta}{B} = 0.$$

217. Υγρόμετρα.—Τὰ ὑγρόμετρα είναι ὅργανα, διὰ τῶν ὅποιων προσδιορίζομεν τὴν ὑγρομετρικὴν κατάστασιν τοῦ ἀέρος.

Ψυχρόμετρον τοῦ Αὔγοντος.—Διὰ τοῦ ὑγρομέτρου τούτου, τὸ ὅποιον ὑπὸ τοῦ ἐπινοήσαντος αὐτὸ καθηγητοῦ Αὔγοντου ἐκλήθη **ψυχρόμετρον**, ἀναγνωρίζομεν ἐμμέσως τὸν βαθμὸν τῆς ὑγρότητος τῆς ἀτμοσφαίρας διὰ τῆς ταχύτητος τῆς ἔξατμισεως, ἢτις γίνεται ἐπὶ σώματος διαβρόχου ἐκτεθειμένου εἰς αὐτήν.



Σχ. 156.

Τὸ ὅργανον τοῦτο συνίσταται ἀπὸ δύο θερμομέτρων Α καὶ Β (σχ. 156) προσηλωμένα παραλλήλως ἐπὶ κατακορύφου πλακός. Τὸ δοχεῖον τοῦ θερμομέτρου Β περιβάλλεται δι' ὑφάσματος συνεχῶς βρεχομένου δι' ὑδατος, τὸ ὅποιον φέρεται ἀπὸ τὸ δοχεῖον Γ διὰ θρυαλλίδος ἐκ βάμβακος. Τὸ ὕδωρ τοῦτο ἔξατμιζόμενον ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ δοχείου Β, ψύχει αὐτό· συνεπῶς τὸ θερμόμετρον Β δεικνύει σταθερῶς θερμοκρασίαν θ'

κατωτέραν τῆς θ, τὴν δποίαν δεικνύει τὸ θεομόμετρον A. Ἡ διαφορὰ εἶναι τόσον μεγαλειτέρα, δσον ἡ ἔξατμισις εἶναι ταχυτέρα, δηλ. δσον περισσότερον δ ἀλλο ἀπέχει τοῦ σημείου τοῦ κόρου. Ἀπὸ τὴν διαφορὰν ταύτην τῶν θεομοκρασιῶν (θ—θ') εὑρίσκεται ἡ ὑγρομετρικὴ κατάστασις τοῦ ἀέρος δι' εἰδικῶν πινάκων.

218. Χρησιμότης τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ὑδρατμοῦ.—A) Συντήρησις τῆς ζωῆς. Τὰ φυτὰ καὶ τὰ ζῷα ἔχουν ἀνάγκην ὑδατος διὰ νὰ ζήσουν. Τὸ ὕδωρ τοῦτο παρέχεται εἰς αὐτὰ ἀπ' εὐθείας ὑπὸ τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ὑδρατμοῦ. Ἀν τὸ ὕδωρ δὲν θὰ ἔξεπεμπεν ἀτμούς, τὰ νέφη, ἡ βροχή, αἱ πηγαὶ δὲν θὰ ὑπῆρχον. Τὸ ὕδωρ θὰ συνεκεντροῦτο εἰς τὰς θαλάσσας, τὸ δ' ἐσωτερικὸν τῶν ἡπείρων θὰ ἥτο ἔρημον καὶ ἀκατοίκητον.

B) Μεταφορὰ θεομότητος καὶ ωθμιστικὸς προσορισμός. — Ἡ ἐπιφάνεια τῆς θαλάσσης παραλαμβάνει παρὰ τοῦ Ἡλίου, δστις τὴν θεομαίνει, τὴν ἀναγκαίαν θεομότητα διὰ τὴν ἔξατμισιν. Ὁ σηματισθεὶς ἀτμός, παρασυρόμενος ὑπὸ τῶν ἀνέμων, συμπυκνοῦται περισσότερον ὑπὸ μορφὴν νεφῶν καὶ βροχῆς. Ἀποδίδει τότε τὴν θεομότητα ἔξαεριώσεως, τὴν δποίαν ἀπερρόφησε κατὰ τὸν σχηματισμὸν του.

Ο ἀτμοσφαιρικὸς ὑδρατμὸς μεταφέρει λοιπὸν τὴν θεομότητα. Ἐκ τούτου προκύπτει ὅτι ἡ δριμύτης τῶν κλιμάτων ἐλαττοῦται, ἐπιβραδύνονται δὲ αἱ πολὺ ἀπότομοι μεταβολαὶ τῆς θεομοκρασίας.

G) Προστασία κατὰ τῆς ἀκτινοβολίας. — Ο ἀόρατος ὑδρατμός, παρεντιθέμενος μεταξὺ τοῦ γηίνου ἐδάφους καὶ τῶν οὐρανίων διαστημάτων, σχηματίζει ἐν εἰδος διαφράγματος, τὸ δποῖον προφυλάσσει τὸ ἐδαφος ἀπὸ πολὺ λιχνούσεως κατὰ τὴν ἡμέραν καὶ ἀπὸ πολὺ μεγάλης ψύξεως κατὰ τὴν νύκια.

Τὰ νέφη καὶ αἱ διμήλαι, αἱ δποῖαι σχηματίζονται ὑπὸ τοῦ ὑδρατμοῦ συμπυκνουμένου, ἐνεργοῦν ἀκόμη δραστικώτερον κατὰ τῆς ἀκτινοβολίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Γ'

ΔΙΑΔΟΣΙΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΟΣ *Watt*

219. Διάδοσις τῆς θεομότητος. — Ὅταν δύο σώματα ἀνίσων θεομοκρασιῶν εὑρίσκονται εἰς τὴν αὐτὴν περιοχήν, ἡ λισορροπία τῆς

θεομοκρασίας τείνει νὰ ἀποκατασταθῇ διὰ διαδόσεως τῆς θεομότητος ἐκ τοῦ θεομοτέρου σώματος εἰς τὸ ψυχρότερον. Ἡ διάδοσις γίνεται:

A) Διὰ μεταφορᾶς. — Κατὰ τὸν τρόπον τοῦτον τῆς διαδόσεως, ὅταν ἐν θεομόν σῶμα εὑρίσκεται εἰς ἐπαφὴν μετὰ ρευστοῦ, θεομαίνει ἀμέσως τὰ στρώματα τοῦ ρευστοῦ, τὰ δόποια ἐφάπτονται αὐτοῦ. Ταῦτα μεταφέρονται μετὰ τῆς θεομότητος, τὴν δόποιαν ἔλαβον καὶ ἀντικαθίστανται δι’ ἄλλων, τὰ δόποια ἐπίσης θεομαίνονται καὶ οὕτω καθεξῆς.

B) Δι’ ἀγωγῆς. — Κατὰ τὸν τρόπον τοῦτον τῆς διαδόσεως ἡ θεομότης μεταβαίνει ἀπὸ μορίου εἰς μόριον ἐκ τῶν θεομοτέρων μερῶν εἰς τὰ ψυχρότερα καὶ ἀνυψοῖ βραδέως τὴν θεομοκρασίαν αὐτῶν, ἀνευ μεταφορᾶς ὑλῆς καὶ ἀνευ μεταβολῆς τῶν σχετικῶν θέσεων τῶν μορίων.

Γ) Δι’ ἀκτινοβολίας. — Εἰς τὴν ἀκτινοβολίαν κίνησις θεοματικὴ μεταδίδεται, ὅπως τὸ φῶς, ἀπὸ ἀποστάσεως, διὰ τοῦ αἰθέρος μετὰ μεγίστης ταχύτητος, χωρὶς νὰ θεομάνῃ τὰ σώματα, τὰ δόποια διαπερᾷ, μέχρις ὅτου συναντήσῃ σῶμα, ὅπερ ἀπορροφῶν ταύτην θεομαίνεται.

ΔΙΑΔΟΣΙΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΟΣ ΔΙ' ΑΓΩΓΗΣ

220. **Εύθεομαγωγὰ καὶ δυσθεομαγωγὰ σώματα.** — Πάντα τὰ σώματα δὲν μεταδίδουν κατὰ τὸν τρόπον τοῦτον μετὰ τῆς αὐτῆς εὐκολίας τὴν θεομότητα. Καλοῦμεν εὐθεομαγωγὰ μὲν ἐκεῖνα, τὰ δόποια μεταδίδουν αὐτὴν εὐκόλως, ὅπως π.χ. τὰ μέταλλα· δυσθεομαγωγὰ δὲ ἐκεῖνα, τὰ δόποια μεταδίδουν αὐτὴν δυσκόλως· τοιαῦτα εἰναι τὰ ξύλα, ἡ ὑαλος, αἱ ορητίναι καὶ πρὸ πάντων τὰ ὑγρὰ καὶ τὰ ἀεριώδη σώματα.

*Ἐκ τῶν ὑγρῶν μόνον ὁ ὑδράργυρος ἀποτελεῖ ἔξαιρεσιν, καὶ τοῦτο ἔνεκα τῆς μεταλλικῆς αὐτοῦ φύσεως.

ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΟΣ

221. **Υγρὰ ἡ ἀεριώδη ρεύματα.** — Ὁταν θεομαίνωμεν ὑγρόν τι ἐντὸς δοχείου, τὰ θεομαινόμενα στρώματα διαστέλλονται, γίνονται συγεπῶς ἔλαφρότερα καὶ ἀνέρχονται, τὰ δὲ ἀνώτερα στρώματα ὡς βαρύτερα κατέρχονται. Διὰ τὸν λόγον τοῦτον, ἐὰν ωφελούμενον ἐντὸς τοῦ

νήροῦ οινίσματα ξύλου, καθιστῶμεν φανερὰ δύο ρεύματα ὑγρά, ἐν ἀναβατικὸν εἰς τὸ κέντρον καὶ ἐν καταβατικὸν κατὰ μῆκος τῶν τοιχωμάτων (σχ. 157). Ἡ μεταφορὰ αὕτη τῆς θεομότητος ἔξισώνει τὰς θερμοκρασίας.

Εἰς ἀεριώδη μᾶζαν, τῆς δόποιας τὰ μόρια είναι μᾶλλον διασταλτὰ καὶ μᾶλλον εὐκίνητα τῶν ὑγρῶν μορίων, ἡ μετάδοσις τῆς θεομότητος γίνεται ἐπίσης διὰ μεταφορᾶς. Ὁ ἀὴρ θεομανόμενος ἐν ἐπαφῇ μετὰ θεομῆς ἐπιφανείας ἀνυψοῦται καὶ ἀντικαθίσταται ὑπὸ ἀέρος ψυχροῦ.

222. Θεομαγωγὸν τῶν ὑγρῶν.—Πάντα τὰ ὑγρά, ἐκτὸς τοῦ ὕδραργύρου, ἔχουν πολὺ μικρὸν ἀγωγιμότητα. Διὰ νὰ ἀποδεῖξωμεν τοῦτο, πληροῦμεν μὲ ὕδωρ σωλῆνα καὶ εἰς τὸν πυθμένα αὐτοῦ θέτομεν τεμάχιον πάγου συγκρατούμενον ἐκεῖ διὰ καταλλήλου ἔρματος. Ἐὰν θεομάνωμεν διὰ λύχνου τὸν σωλῆνα κατὰ τὸ μέσον διὰ νὰ ἐμποδίσωμεν τὴν μεταφοράν, παρατηροῦμεν διὰ, ἐνῷ τὸ ὕδωρ ἔζει πρὸς τὸ ἀνώτερον μέρος, ὁ πάγος δὲν τήκεται.

223. Θεομαγωγὸν τῶν ἀερίων.—Ἡ ἀγωγιμότης τῶν ἀερίων είναι ἀκόμη μικροτέρᾳ ἀπὸ τὴν τῶν ὑγρῶν. Ἡ ἐλαχίστη αὕτη ἀγωγιμότης τῶν ἀερίων ἀποκρύπτεται πολλάκις ὑπὸ τῶν ρευμάτων μεταφορᾶς.

Ἄλλος ἔὰν ἐμποδίσωμεν τὴν παραγωγὴν τῶν ρευμάτων τούτων, ἐγκλείοντες τὰ ἀερία ἐντὸς νηματῶδῶν οὖσιῶν (βάμβακος, ἀχύρων, πτίλων κτλ.), ἡ κακὴ ἀγωγιμότης τῶν ἀερίων ἀναφαίνεται.

224. Θεομαγωγὸν τοῦ κενοῦ.—Τὸ θεομαγωγὸν τοῦ κενοῦ εἶναι μηδέν.

225. Ἐφαρμογαὶ τοῦ εὐθεομαγωγοῦ ἢ τοῦ δυσθεομαγωγοῦ τῶν σωμάτων.—**Θεομικὴ ἀπομόνωσις.** Τῆς εὐκολωτέρας ἢ δυσκολωτέρας μεταδόσεως τῆς θεομότητος ὑπὸ τῶν διαφόρων σωμάτων ἔχομεν πολυαριθμούς ἐφαρμογάς. Ἐὰν π.χ. θέλωμεν νὰ διατηρήσωμεν ὑγρόν τι ἐπὶ μακρὸν χρόνον θεομόν, θέτομεν αὐτὸν ἐντὸς δοχείου, τὸ δοποῖον φέρει διπλᾶ τοιχώματα, τὸ μεταξὺ δὲ αὐτῶν κενὸν διάστημα πληροῦμεν διὰ σώματος δυσθεομαγωγοῦ, οἷον οινισμάτων ξύλου, τετριμμένης οὐσίας, κόνεως ἀνθράκων, ἀχύρων κτλ.



Σχ. 157.

Τὸ αὐτὸν μέσον μεταχειριζόμεθα καὶ διὰ νὰ ἐμποδίσωμεν σῶμά τι νὰ ἀπορριφθῇ θερμότητα. Διὰ νὰ διατηρήσωμεν π.χ. τὸν πάγον κατὰ τὸ θέρος, περιβάλλομεν αὐτὸν δι᾽ ἀχύρων ἢ διὰ μαλλίνου ὑφάσματος.

‘Η θερμικὴ ἀπομόνωσις τοῦ ἀνθρωπίνου σώματος ἐπιτυγχάνεται διὰ τῶν ἐνδυμάτων, τὰ ὅποια τὸ προστατεύουν κατὰ μὲν τὸν χειμῶνα ἀπὸ τοῦ ψύχους, κατὰ δὲ τὸ θέρος ἀπὸ τῆς ὑπερθολικῆς θερμότητος· τὰ ὑφάσματα, ἐκ τῶν δοπιών κατασκευάζονται τὰ ἐνδύματα, ἀπομονοῦν κυρίως διὰ τοῦ ἀέρος, τὸν δοπιὸν κρατοῦν μεταξὺ τῶν ἴνῶν αὐτῶν. Τὸ ἔξιον καὶ ἡ μέταξα εἶναι τὰ καλλίτερα ἀπομονωτικά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ζ'

ΙΣΟΔΥΝΑΜΟΝ ΤΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ ΚΑΙ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΟΣ

226. Πηγαὶ θερμότητος.—‘Η θερμότης εἶναι μία μορφὴ τῆς ἐνεργείας, ἡ ὅποια ἐμφανίζεται εἰς πλείστας περιπτώσεις. Αἱ χημικαὶ ἀντιδράσεις, αἱ ὅποιαι ἐκλύουν ἐνέργειαν συνήθως ὑπὸ μορφὴν θερμότητος (καύσεις, δξειδώσεις κτλ.) καλοῦνται *ἔξωθερμικα*. ‘Υπάρχουν πρὸς τούτοις πολυάριθμα φυσικὰ φαινόμενα ἐπίσης *ἔξωθερμικά*. ὅπως π. χ. ἡ πηγεὶς ὑγροῦ, ἡ συμπύκνωσις ἀτμοῦ, ἡ κρυστάλλωσις στερεοῦ διαλελυμένου κτλ. Ἐπίσης τὰ φαινόμενα τῆς ζωῆς εἰς τὸν ἀνθρωπὸν καὶ τὰ ἀνώτερα ζῶα παράγουν θερμότητα κατὰ τρόπον συνεχῆ, οὕτω δὲ ἡ θερμοκρασία τοῦ ζῶντος δργανισμοῦ παραμένει ἐπασθητῶς σταθερὰ καὶ ἀνωτέρα τῆς θερμοκρασίας τοῦ περιβάλλοντος. Καὶ ἡ δίοδος τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος διὰ στερεοῦ ἀγωγοῦ παράγει θερμότητα.

‘Η θερμότης εἶναι μία τῶν μορφῶν τῆς ἐνεργείας· ὑπάρχουν ὅμως καὶ ἄλλαι: ἡ μηχανική, ἡ ἡλεκτρική, ἡ χημικὴ ἐνέργεια, τὸ φῶς, ἡ φαδιενέργεια. Μία οἰαδήποτε τῶν μορφῶν τῆς ἐνεργείας λαμβάνει γένεσιν διὰ μεταρροπῆς ίσοδυνάμου ποσότητος ἄλλης μορφῆς ἐνεργείας, τοῦτο δὲ γενικῶς ἐπιτυγχάνεται διά τινος δργάνου ἢ μηχανῆς. Οὕτω ἡ ἀτμομηχανὴ μετατρέπει τὴν θερμότητα εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν, ἡ δυναμοηλεκτρικὴ μηχανὴ τὴν μηχανικὴν ἐνέργειαν εἰς ἡλεκτρικὴν ἢ

ἀντιστρόφως οἵ ἡλεκτρικοὶ λαμπτῆρες 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 κροῦσιν τῶν στερεῶν, καθὼς ἐπίσης καὶ κατὰ τὴν συμπίεσιν τῶν ἀερίων.

Οὕτω π.χ. εἶναι γνωστόν, ὅτι κομβίον μετάλλινον προστριβόμενον ἐπὶ τραπέζης θερμαίνεται.³ Ἐπίσης δὲ σίδηρος, ὅταν σφυρηλατήται, θερμαίνεται. Εἰς τὸ δι’ ἀέρος πυρεῖον, ἐὰν πιέσωμεν ἀποτόμως τὸν ἐμβολέα, ἀναπτύσσεται τόση θερμότης, ὥστε τεμάχιον ἀγαρικοῦ τεθὲν ὑπὸ τὸν ἐμβολέα ἀναφλέγεται.

228. Μετατροπὴ τῆς θερμαντικῆς ἐνεργείας εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν.— Ἀντιστρόφως, ἡ θερμότης δύναται νὰ παραγάγῃ μηχανικὸν ἔργον. Διὰ τοῦτο πάντα τὰ σώματα διαστέλλονται δι’ αὐτῆς παρὰ τὴν ἔξωτερην πίεσιν. Ἡ ἀξιολογωτέρα τῶν μετατροπῶν τούτων εἰς τὴν ἐφαρμογὴν παράγεται εἰς τὰς ἀτμομηχανάς.⁴ Οὐθῶν τὸν ἐμβολέα δὲ ἀτμός, ψύχεται. Τὸ ἐκτελεσθὲν λοιπὸν ἔργον εἶναι τὸ ἀποτέλεσμα τῆς δαπανηθείσης θερμότητος. Ἐπίσης εἰς τοὺς δι’ ἔκρηκτες κινητῆρας ἡ θερμότης διφεύλεται εἰς τὴν καῦσιν τῆς βενζίνης ἢ τοῦ οινοπνεύματος ἢ τοῦ χορηματοιηθέντος καυσίμου ἀερίου καὶ ἡ θερμότης αὐτῆς μετατρέπεται εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν.

229. Μετατροπαὶ τῆς ἡλιακῆς ἐνεργείας.— Ὁ Ἡλιος εἶναι ἡ πρώτη πηγὴ σκεδὸν πάσης ἐνεργείας, ἡ ὁποία ἐκδηλοῦται ἐπὶ τῆς Γῆς.

Ἡ ἡλιακὴ θερμότης ἔξαεριώνει τὸ ὕδωρ, σχηματίζει τὰ νέφη, προκαλεῖ τὴν γένεσιν τῆς βροχῆς, τῆς χιόνος, τοῦ πάγου, τῶν οευμάτων τοῦ ὄδατος καὶ ἀποτελεῖ συνεπῶς τὴν ἴσχυροτέραν τῶν μηχανικῶν δυνάμεων. Ὁ Ἡλιος, διὰ τῆς ἀνίσου θερμάνσεως τοῦ ἀέρος εἰς διάφορα σημεῖα τῆς ἀτμοσφαίρας, παράγει τοὺς ἀνέμους, οἱ διοῖοι ἔξογκώνουν τὰ ἴστια τῶν πλοίων, στρέφουν τοὺς ἀνεμομύλους κτλ. Συντελεῖ ἐπίσης εἰς τὸ νὰ φύωνται τὰ φυτὰ καὶ διατηρεῖ συνεπῶς τὴν ζωὴν τοῦ ἀνθρώπου, καθὼς καὶ πάντων τῶν ζώων. Τὴν ἐνέργειαν ταύτην τὴν καταγομένην ἐκ τοῦ Ἡλίου, δὲ ὁποῖος παρέχει εἰς ἡμᾶς τὰς τροφάς, δὲ ὀργανισμὸς ἡμῶν διὰ χημικῆς ἐνεργείας, διὰ καύσεως, μετατρέπει εἰς θερμό-

τητα και κίνησιν. Τὰ ἔνδια και αἱ ἄλλαι καύσιμοι ὕλαι φυτικῆς ἢ ζωϊκῆς προελεύσεως, καιόμεναι, ἀποδίδουν ἐπίσης τὴν ἥλιακὴν ἐνέργειαν.

Τὴν ἐκ τοῦ Ἡλίου προερχομένην ἐνέργειαν παρέχει εἰς τὰς ἀτμομηχανάς μας ὁ γαιάνθραξ, ἔλκων τὴν καταγωγήν του ἐκ τῶν φυτῶν.
230. **Μηχανικὸν ἰσοδύναμον τῆς θερμότητος.** — Εἰς πάντα τὰ προηγούμενα παραδείγματα παρατηρεῖται ἔξαφάνισις μηχανικοῦ ἔργου, συμπίπτουσα μετὰ παραγωγῆς δώρισμένης ποσότητος θερμότητος, ἢ ἀντιστρόφως ἔξαφάνισις θερμότητος και σύγχρονος παραγωγὴ ἔργου.

Ἡ ἀναλογία αὕτη μεταξὺ τοῦ ἔξαφανιζομένου ἔργου και τῆς ἀναπτυσσομένης θερμότητος ἢ μεταξὺ τῆς δαπανωμένης θερμότητος και τοῦ παραγομένου ἔργου ἀγει εἰς τὴν διατύπωσιν τῆς **ἀρχῆς τοῦ ἰσοδύναμου τῆς θερμότητος καὶ τοῦ ἔργου**, κατὰ τὴν ὅποιαν: «Κατὰ πᾶσαν μετατροπὴν μηχανικῆς ἐνεργείας εἰς ἐνέργειαν θερμαντικὴν παρατηρεῖται σταθερὰ σχέσις μεταξὺ τῆς ποσότητος τοῦ ἔργου και τῆς ποσότητος τῆς θερμότητος, αἱ ὅποιαι παρεμβαίνουν. Ἀρκεῖ ἡ τελικὴ κατάστασις τοῦ συστήματος νὰ παραμένῃ ὅμοια πρὸς τὴν ἀρχὴν (δηλ. νὰ μὴ ὑπάρχῃ ἄλλη μετατροπὴ τῆς ἐνεργείας). Ἡ σχέσις αὕτη εἶναι ἀνεξάρτητος τῆς φύσεως τῶν σωμάτων και τοῦ μηχανισμοῦ, κατὰ τὸν ὅποιον γίνεται ἡ μετατροπή. Ἐὰν Ε ἡ ποσότης τοῦ ἔργου και Θ ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, θὰ ἔχωμεν $\frac{E}{\Theta} = M$, ἐνθα M εἶναι μέγεθος σταθερόν, τὸ ὅποιον ἡ τιμὴ ἔξαρταται ἐκ τῶν μονάδων, τὰς ὅποιας θὰ ἐκλέξωμεν.

Ἐὰν θέσωμεν $\Theta = 1$, ἔχομεν $E = M$.

Δηλ. τὸ M εἶναι ἀριθμητικῶς ἵσον πρὸς τὸ ἔργον, τὸ ὅποιον λαμβάνομεν, ὅταν δαπανῶμεν ποσότητα θερμότητος ἵσην μὲ τὴν μονάδα. Ἐπειδὴ δὲ μονὰς τῆς ποσότητος τῆς θερμότητος εἶναι ἡ θερμίς, ὁ λόγος οὗτος καλεῖται **μηχανικὸν ἰσοδύναμον τῆς θερμότητος**.

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 ὅποιον μονὰς τοῦ ἔργου εἶναι τὸ χιλιογραμμόμετρον (= 9,81 joules) και μονὰς τῆς ποσότητος τῆς θερμότητος ἡ μεγάλη θερμίς (= 1000 μικραί), ἡ τιμὴ τοῦ M εἶναι :

$$\frac{4,18 \times 1000}{9,18} = 426 \text{ χιλιογραμμόμετρα.}$$

[°]Αντιστροφώς, τὸ θερμαντικὸν ἰσοδύναμον τῆς joule είναι ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, ὑπολογιζομένη εἰς θερμίδας, τὴν ὅποιαν λαμβάνομεν, ὅταν δαπανῶμεν ἔργον μιᾶς joule. Τὸ ἰσοδύναμον τοῦτο είναι προφανῶς τὸ ἀντίστροφον τοῦ μηχανικοῦ ἰσοδυνάμου τῆς θερμίδος, ἔχει δὲ ὡς τιμὴν $\frac{1}{4,18} = 0,24$ τῆς μικρᾶς θερμίδος. Εἰς τὸ μετρικὸν σύστημα, τὸ θερμαντικὸν ἰσοδύναμον τοῦ χιλιογραμμομέτρου ἔχει ὡς τιμὴν $\frac{1}{426} = 0,00236$ τῆς μεγάλης θερμίδος.

231. Ἀτμομηχανή.— Μία θερμική μηχανή μετατρέπει κανονικῶς τὴν θερμικὴν ἐνέργειαν εἰς μηχανικὸν ἔργον ἢ κινητικὴν ἐνέργειαν. Εἰς τὴν ἀτμομηχανήν ἡ μετατροπὴ αὕτη γίνεται διὰ τῆς αὐξήσεως τῆς ἔλαστικῆς δυνάμεως τοῦ ἀτμοῦ.

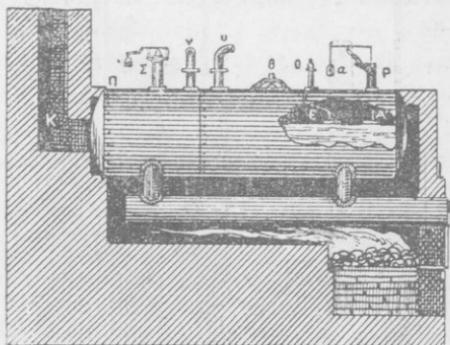
Τὰ οὖσιώδη ὅργανα πά-
σις ἀτμομηχανῆς εἶναι τὰ
ἔξης:

α) Ὁ ἀτμογόνος λέ-
βης. Οὗτος εἶναι ἐπιμήκης
σιδηροῦς κύλινδρος ΠΡ
(σχ. 158), δ ὅποῖς συγκοι-
νωνεῖ μὲ δύο ἄλλους κυ-
λίνδρους μικροτέρας διαμέ-
τρου, κειμένους ὑπὸ αὐτὸν

‘Ο ἀτμὸς σχηματίζεται κατὰ πρῶτον εἰς τὸν βραστῆρα, οἱ δέ ποιοι εὑρίσκονται ἐντὸς τῆς ἑστίας, καὶ ὁ ἀτμὸς οὗτος θερμαίνει τὸ ὕδωρ τοῦ κυλίνδρου ΠΡ συμπυκνούμενος ἐντὸς αὐτοῦ.

β) Ο κυλινδρος. Ο ἀτμὸς φέρεται ἐκ τοῦ λέβητος εἰς κυλινδρικὸν δοχεῖον, δπου κινεῖ ἐμβολέα διαμέτρου ἵσης μὲ τὴν ἐσωτερικὴν τοῦ κυλίνδρου (σχ. 159 καὶ 160). Τὸ στέλεχος Α τοῦ ἐμβολέως διέρχεται διὰ τῆς μιᾶς τῶν βάσεων τοῦ κυλίνδρου, δλισθαῖνον ἐντὸς κυτίου Β μετὰ στυπίου, δπερ ἐμποδίζει τὰς διαφυγὰς τοῦ ἀτμοῦ.

γ) Ο πυκνωτής. Ούτος είναι δοχείον έρμητικώς κλειστόν, κενόν άρεος, διατηρούμενον διὰ ψυχοῦ ὄντας εἰς ταπεινὴν θερμο-



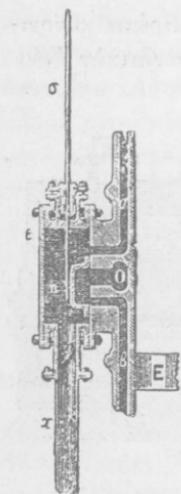
Σγ. 158.

κρασίαν. Κατὰ τὴν ἀρχὴν τῆς ψυχρᾶς παρειᾶς, δὲ ἀτμὸς τοῦ κυλίνδου, μετὰ τοῦ ὅποί τινεται εἰς συγκοινωνίαν, συγκεντροῦται καὶ σύμπτυκνοῦται ἐκεῖ. Υπὸ τὰς συνθήκας ταύτας, δὲ ἐμβολεὺς κινούμενος ἐντὸς τοῦ κυλίνδου δὲν ἐκδιώκει πλέον κατὰ τὴν ἐπιστροφήν του τὸν ἀτμὸν καὶ δὲν εἶναι ἡναγκασμένος νὰ ἀποκρούσῃ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν. Διότι ἡ πίεσις εἰς τὸν πυκνωτὴν δὲν ὑπερβαίνει τὴν μεγίστην

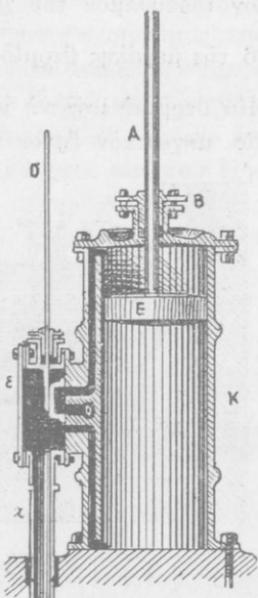
τάσιν τοῦ ὑδρατμοῦ εἰς τὴν θερμοκρασίαν τῆς συμπτυκνώσεως, ἡ ὅποια εἶναι κατὰ πολὺ ἀσθενεστέρα τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πίεσεως.

Τοιουτότοπως διὰ τῆς μεσολαβήσεως τοῦ πυκνωτοῦ περιορίζεται σημαντικῶς ἡ ἀντιδρῶσα δύναμις, τὴν ὅποιαν ἡ ἀτμόσφαιρα ἔξασκε ἐπὶ τοῦ ἐμβολέως καὶ ἡ ὅποια ἐλαττώνει κατὰ πολὺ τὴν ὄσιν τοῦ ἀτμοῦ.

Αἱ ἀτμομηχαναὶ τῶν σιδηροδρόμων δὲν ἔχουν πυκνωτάς, διότι μόνον τὸ ἀναγκαῖον πρὸς τροφοδότησιν τοῦ λέβητος ὕδωρ δύνανται νὰ φέρουν μεθ' εαυτῶν. Εἰς τὰς μηχανὰς



Σχ. 159.



Σχ. 160.

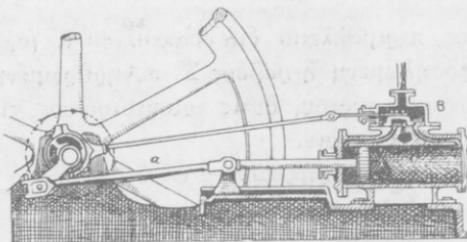
ταύτας δὲ ἀτμὸς ἔξερχόμενος τοῦ κυλίνδου διευθύνεται εἰς τὴν καπνοδόχον καὶ ἡ ἔξακόντισις τοῦ ἀτμοῦ χρησιμοποιεῖται οὕτῳ πρὸς παραγωγὴν ἀναβατικοῦ ρεύματος ἐντὸς τῆς ἑστίας.

Ἡ χρῆσις τοῦ πυκνωτοῦ εἶναι τουναντίον γενικὴ εἰς τὰς ἀμεταθέτους ἀτμομηχανὰς καὶ τὰς μηχανὰς τῶν ἀτμοπλοίων. Οἱ λέβητοι μάλιστα τῶν τοιούτων μηχανῶν τροφοδοτεῖται διὰ τοῦ θερμοῦ ὕδατος, τὸ ὅποῖον προέρχεται ἀπὸ τὸν πυκνωτὴν.

δ) Ὁ ἀτμονόμος σύρτης. Ἡ διανομὴ τοῦ ἀτμοῦ εἰς τὸν κύλιν-

δρον ἐκτελεῖται διὸ εἰδικοῦ μηχανισμοῦ, ὃστις ἐπιτρέπει εἰς τὸν ἀτμὸν νὰ διέρχεται ἐναλλάξ ὑπεράνω καὶ ὑποκάτω τοῦ ἐμβολέως.

Οἱ ἀτμὸς ἐρχόμενος ἐκ τοῦ λέβητος διὰ τοῦ σωλῆνος χ (σχ. 159 καὶ 160), εἰσέρχεται ἐλευθέρως εἰς τὸν θάλαμον διανομῆς ε. Ἐπὶ τῆς μιᾶς ἔδρας τούτου ἀνοίγονται τρεῖς ὁρεῖοι. Οἱ δύο αἱ καὶ β φέρουν τὸν ἀτμὸν εἰς τὰ δύο ἄκρα τοῦ κυλίνδρου (σχ. 159). Οἱ μέσοι οἱ ὁδηγεῖ αὐτὸν πρὸς τὸν πυκνωτήν. Κατὰ μῆκος τῆς αὐτῆς ἔδρας ὀλισθαίνει, διὰ παλινδρομικῆς κινήσεως, διὰ τοῦντος σύρτης ὁδηγούμενος ὑπὸ στελέχους σ. καὶ καλύπτων ἐκάστοτε δύο ἐκ τῶν τριῶν ἀνοιγμάτων τῶν ὁρεῶν. Εἰς τὸ σχ. 160 ὁ ἀνώτερος ἄγωγὸς αἱ εἶναι κλειστὸς καὶ διὰ τοῦ φθάνων ὑπὸ τὸν ἐμβολέα ἀναγκάζει αὐτὸν νὰ ἀνέλθῃ. Συγχρόνως διὰ τοῦ φθάνων ὑπὸ τὸν ἐμβολέα ἀνωθεῖ τοῦ ἐμβολέως ἀπωθεῖται διὰ τοῦ ὁρεοῦ αἱ εἰς τὴν



Σχ. 161.

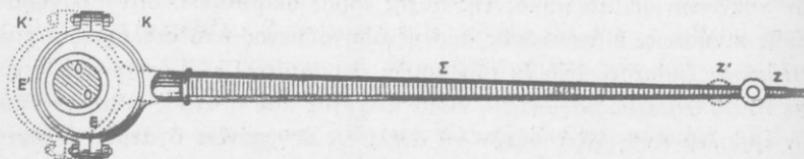
κοιλότητα τοῦ σύρτου καὶ ἀπὸ ἐκεῖ διὰ τοῦ ὁρεοῦ οἱ φέρεται εἰς τὸν πυκνωτήν. Τούναντίον εἰς τὸ σχῆμα 159 κλειστὸς εἶναι διὰ τῆς καὶ ἐπομένως διὰ τοῦ φθάνων, φθάνων ὑπεράνω τοῦ ἐμβολέως, θὰ ἀναγκάσῃ αὐτὸν νὰ κατέλθῃ, ἐνῷ διὰ τοῦ ὁρεοῦ β καὶ τῆς κοιλότητος οἱ τοῦ σύρτου διὰ τοῦ φθάνων δέχεται τὸν ἀτμόν, διὰ τοῦ φθάνων διόποιος εὑρίσκεται ὑπὸ τὸν ἐμβολέα.

Μετατροπὴ τῆς παλινδρομικῆς κινήσεως τοῦ ἐμβολέως εἰς κινησιν κυκλικήν. Τὸ στέλεχος τοῦ ἐμβολέως (σχ. 161) μεταδίδει τὴν κίνησιν διὰ τοῦ διωστῆρος αἱ εἰς τὸ στρόφαλον η, τὸ διόποιον στρέψει τὸν ἄξονα τῆς μηχανῆς, μετατρέπομένης οὕτω τῆς παλινδρομικῆς κινήσεως εἰς κυκλικήν.

Ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ἄξονος στερεοῦται μέγας καὶ βαρύτατος τροχός, διὰ σφόνδυλος, κανονίζων τὴν κίνησιν καὶ συνεχίζων αὐτὴν καθ' ἄς

ἀκόμη στιγμὰς ὁ ἐμβολεὺς εὑρίσκεται εἰς τὰ *νευρὰ σημεῖα* δηλ. εἰς τὴν μίαν ἢ τὴν ἄλλην τῶν ἀκρων αὐτοῦ θέσεων, δπότε ὁ ἀτμὸς οὐδὲν ἐπιφέρει ἀποτέλεσμα.

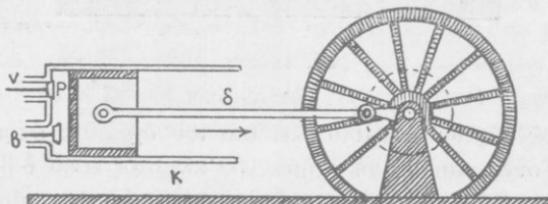
232. *Ἐκκεντρὸν*. — Τοῦτο εἶναι δισκοειδὲς στροφαλον βραχύτατον ἐφηρμοσμένον ἐπὶ τοῦ ἄξονος τῆς περιστροφῆς οὗτως, ὥστε νὰ περιστρέφεται περὶ τι σημεῖον, ἔκτὸς τοῦ κέντρου αὐτοῦ εὑρισκόμενον.



Σχ. 162.

Ο δίσκος οὗτος περιβάλλεται διὰ δακτυλίου Κ (σχ. 162), ἐπὶ τοῦ δποίου εἶναι προσηλωμένη ἡ φάδος Σ, συνηρθρωμένη μετὰ τοῦ στελέχους τοῦ ἀτμονόμου σύρτου, δστις τοιουτορόπως τίθεται εἰς αὐτόματον παλινδρομικὴν κίνησιν.

233. *Μηχαναὶ δι' ἐκρήξεων*. — Οἱ δι' ἐκρήξεων κινητῆρες χρη-



Σχ. 163.

σιμοποιοῦν τὴν μηχανικὴν ἐνέργειαν, ἡ δποία παράγεται δι' ἀναφλέξεως μείγματος ἀέρος καὶ εὐφλέκτων ἀτμῶν. Ἡ ἀνάφλεξις δὲν εἶναι συνεχής, ἀλλ' ὅφείλεται εἰς σειρὰν ἐκρήξεων κατὰ κανονικὰ διαστήματα διαδεχόμενα ταχέως ἀλληλα.

Περιγραφὴ. — Ἡ ἀνάφλεξις εἶναι ἐσωτερική, γινομένη ἐντὸς κυλίνδρου μὲ ἰσχυρὰ τοιχώματα, ὁ δποῖος ἔχει τριπλοῦν προορισμόν. Πράγματι χρησιμεύει οὗτος ὡς ἑστία, ὡς λέβης καὶ ὡς κύλινδρος. Τὸ

άεριῶδες μεῖγμα συμπεπιεσμένον φέρεται διὰ τῆς ἐκρήξεώς του εἰς ὑψηλὴν θερμοκρασίαν, ἡ ἐλαστικὴ δ' αὐτοῦ δύναμις ὀθεῖ τὸν ἐμβολέα P, δ' ὅποιος εἶναι τὸ κινητήριον ὅργανον. 'Ο ἐμβολεὺς ὀθεῖ τὸν διωστῆρα δ (σχ. 163) καὶ οὕτος θέτει εἰς κίνησιν τὸν ἄξονα διὰ τοῦ στροφάλου σ. 'Ο κύλινδρος εἶναι ἀνοικτὸς κατὰ τὸ ἐν τῶν ἀκρων αὐτοῦ καὶ κλειστὸς κατὰ τὸ ἔτερον. Εἰς τὸν θάλαμον ἐκρήξεως, ὅστις περιλαμβάνεται μεταξὺ τοῦ κλειστοῦ ἀκρου καὶ τοῦ ἐμβολέως, δύναται νὰ ἀνοίγεται βαλβὶς β, διὰ τῆς ὅποιας εἰσέρχεται τὸ ἀναφλέξιμον ἀέριον, καὶ βαλβὶς ν, διὰ τῆς ὅποιας ἔξερχονται τὰ προϊόντα τῆς καύσεως τοῦ ἀερίου. Κατὰ τὴν ἡρεμίαν αἱ δύο αὗται βαλβίδες παραμένουν κλεισταί.

Τὸ ἀεριῶδες μεῖγμα ἀναφλέγεται διὰ σπινθῆρος μαγνητολεκτρικῆς μηχανῆς, ὅστις ἐκρήγνυται μεταξὺ δύο συρμάτων ἐκ λευκοχρόύσου.

Δειτουργία. — Θεωρήσωμεν κινητήρα μονοκύλινδρον μὲ τέσσαρας χερόνους. 'Ο κύκλος περιλαμβάνει τέσσαρας διαδοχικὰς διαδομὰς τοῦ ἐμβολέως (διὰ δύο στροφάς τοῦ στροφάλου καὶ τοῦ ἄξονος). 'Υποθέσωμεν ὅτι διὰ κινητὴρο ἔχει τεθῆ εἰς κίνησιν καὶ ὅτι ἡ περιστροφὴ τοῦ σφραγίδου θέτει τὸν ἐμβολέα ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου εἰς παλινδρομικὴν κίνησιν.

Πρῶτος χρόνος: 'Απομάκρυνσις τοῦ ἐμβολέως καὶ ἀναρρόφησις τοῦ ἐκρηκτικοῦ μείγματος. — Παρασυρόμενος ὑπὸ τοῦ σφραγίδου δ' ἐμβολεύς, ἀπομακρύνεται τοῦ πυθμένος τοῦ κυλίνδρου. 'Η βαλβὶς τῆς ἀναρροφήσεως ἀνοίγεται, τὸ ἀεριῶδες μεῖγμα εἰσέρχεται εἰς τὸν κύλινδρον καὶ πληροῖ αὐτόν, ὅταν δ' ἐμβολεὺς φθάσῃ εἰς τὸ τέλος τοῦ δρόμου του.

Δεύτερος χρόνος: 'Επιστροφὴ τοῦ ἐμβολέως καὶ συμπίεσις τοῦ ἐκρηκτικοῦ μείγματος. — 'Η βαλβὶς τῆς ἀναρροφήσεως κλείεται. Παρασυρόμενος πάντοτε ὑπὸ τοῦ σφραγίδου δ' ἐμβολεύς, ἐπανέρχεται εἰς τὸν πυθμένα τοῦ κυλίνδρου καὶ ἀπωθεῖ τὸ ἀέριον συμπιέζων αὐτὸν εἰς τὸν θάλαμον τῆς ἐκρήξεως. Κατὰ τοὺς δύο τούτους χρόνους δ' ἀξων τῆς μηχανῆς ἔξετέλεσεν μίαν πλήρη στροφήν.

Τρίτος χρόνος (ἀπομάκρυνσις τοῦ ἐμβολέως): 'Ανάφλεξις, ἐκρηξις καὶ κινητήριον ἀποτέλεσμα. — 'Ο ἐμβολεὺς εὑρίσκεται πλησίον τοῦ πυθμένος τοῦ κυλίνδρου. Αἱ δύο βαλβίδες εἶναι κλεισταὶ καὶ δ' θάλαμος ἐκρήξεως ἐγκλείει τὸ ἐκρηκτικὸν μεῖγμα συμπεπιεσμένον. Σπινθῆρος ἐκρήγνυται τότε ἐκεῖ, ἐκπυρσο-

κρότησις γίνεται, ὁ ἐμβολεὺς ἀπωθεῖται καὶ ἡ ἀναπτυχθεῖσα ἐνέργεια ἀποταμιεύεται ἐν μέρει εἰς τὸν σφόνδυλον.

Τέταρτος χρόνος (ἐπιστροφὴ τοῦ ἐμβολέως): Ἐξώθησις τῶν καέντων ἀερίων. — Τὰ ἀέρια τῆς ἐκρήξεως ἔχουσι ψυχθῆ διὰ τῆς διαστολῆς καὶ τῆς ἐπαφῆς αὐτῶν μετά τῶν τοιχωμάτων τοῦ κυλίνδρου. Οἱ σφόνδυλοις ἔξακολουθεῖν νὰ στρέφεται λόγῳ τῆς ἀδρανείας, ὁ ἐμβολεὺς ἐπανέρχεται εἰς τὸν πυθμένα τοῦ κυλίνδρου, ἥ βαλβίς τῆς ἔξόδου τῶν ἀερίων ἀνοίγεται καὶ τὰ προϊόντα τῆς καύσεως ἔξαθοῦνται.

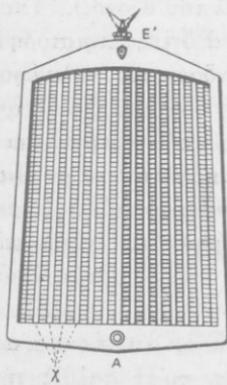
Οἱ ἐμβολεὺς δέχεται ἐνέργειαν μόνον κατὰ τὸν ἑναρχόντα· αἱ τρεῖς ἄλλαι κινήσεις του διατηροῦνται ὑπὸ τῆς ἀδρανείας τοῦ σφονδύλου. Ἡ ἀνάφλεξις καὶ τὸ ἀνοιγμα τῶν βαλβίδων κανονίζεται διὸ δοδοντωτῶν τροχῶν, ὃν οἱ ἄξονες παρασύρονται ὑπὸ τοῦ κινητῆρος.

Ο μετ' ἐκρήξεων κινητὴρ δὲν δύναται νὰ τεθῇ εἰς κίνησιν μόνος

του. Διὰ τοῦτο πρέπει νὰ μεταδώσωμεν εἰς αὐτὸν ἀρχικὴν κίνησιν. Εἰς τὴν περίπτωσιν μικρᾶς ἴσχύος, στρέφομεν τὸν ἄξονα τοῦ κινητῆρος διὰ στροφάλου, διὰ νὰ ἀναρροφηθῇ τὸ καύσιμον ἀέριον καὶ συμπιεσθῇ διὰ τοῦ ἐμβολέως.

234. **Ψυγεῖον.**— Ἐπειδὴ κατὰ τὰς ἀλλεπαλλήλους ἐκρήξεις ἀναπτύσσεται ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου ἀφετὰ μεγάλη θερμότης, ἥ δοπιά μετά τινα ἀριθμὸν στροφῶν θὰ ἡδύνατο νὰ προκαλέσῃ τὴν ἀνάφλεξιν τοῦ ἀερίου εὐθὺς ὃς εἰσέλθῃ τοῦτο εἰς τὸν κύλινδρον, διὰ τοῦτο οὕτος περιβάλλεται ὑπὸ μεταλλικοῦ μανδύου, μεταξὺ δὲ τῶν τοιχωμάτων τοῦ κυλίνδρου καὶ τοῦ μανδύου κυκλοφορεῖ ψυχθὸν ὕδωρ, τὸ δοπιῶν

ψύχει τὸν κύλινδρον. Τὸ ὕδωρ τοῦτο, θερμαινόμενον ἐξ ἐπαφῆς μετὰ τοῦ κυλίνδρου, ἀνέρχεται διὰ σωλῆνος εἰς τινα δεξαμενήν, ἀπὸ ἐκεῖ δὲ κατέρχεται εἰς τὸ **ψυγεῖον** (σχ. 164), τὸ δοπιῶν εὑρίσκεται εἰς ἐπαφὴν μετὰ τοῦ ἀέρος διὰ μεγάλης ἐπιφανείας, οὗτον δὲ ψυχθὲν ἐπανέρχεται εἰς τὸν μανδύαν.



Σχ. 164.

ΜΕΡΟΣ ΕΚΤΟΝ

ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ

235. **Μετέωρα.**—Μετέωρα είναι τὰ φαινόμενα τῆς ἀτμοσφαίρας, **Μετεωρολογία** δὲ ἡ ἐπιστήμη τῶν φαινομένων τούτων.

Α'. ΥΔΑΤΩΔΗ ΜΕΤΕΩΡΑ

236. **Δρόσος καὶ πάχνη.**—*Δρόσον* καλοῦμεν τὰ ὑδάτινα σταγονίδια, τὰ ὅποια καλύπτουν ὡς ἐπὶ τὸ πλεῖστον τὰ φύλλα τῶν φυτῶν τὴν πρωίαν μετὰ νύκτα ἥσυχον καὶ ἀνέφελον.

Τὰ διάφορα ἀντικείμενα τὰ ενδισκόμενα εἰς τὴν ἐπιφάνειαν ἀκαλύπτουν ἐδάφους ἀκτινοβολοῦν θερμότητα πρὸς τὸ διάστημα. Κατὰ τὴν ἡμέραν τὸ ἔδαφος φωτιζόμενον ὑπὸ τοῦ Ἡλίου δέχεται ἐξ αὐτοῦ περισσοτέραν θερμότητα ἀπὸ δοσην ἀκτινοβολεῖ, καὶ θερμαίνεται. Κατὰ τὴν νύκτα, μόνον ἀκτινοβολεῖ θερμότητα καὶ ἐπομένως ψύχεται. Δρόσος τότε παραγέται ἐπὶ τῶν διαφόρων ἀντικειμένων, ὅταν ταῦτα ψυχθοῦν ἐπαρκῶς, ὥστε δὲ φαπτόμενος αὐτῶν ἀῃρεταῖται καταστῆ κεκορεσμένος.

Ἐὰν η ψύξις ἔξακολουθήσῃ καὶ μετὰ τὴν ἀπόθεσιν τῆς δρόσου, ὥστε ἡ θερμοκρασία τῶν σωμάτων, ἐπὶ τῶν ὅποιων ἀπετέθη αὔτη, νὰ κατέληπῃ ὑπὸ τὸ μηδέν, τὰ ὑδάτινα σταγονίδια πήγνυνται, ἀποτελεῖται δὲ τότε η **πάχνη**.

Ἐπιδρασίς τῆς φύσεως τῶν ἐπιφανειῶν.—Τὴν νύκτα, ὅταν ὁ οὐρανὸς είναι διαυγῆς, τὰ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς γῆς σώματα ψύχονται, ἐὰν ἀκτινοβολοῦν πολλὴν θερμότητα καὶ πρὸ πάντων ἐὰν ἡ ἀγωγιμότης τῶν είναι μικρά, διότι δὲν δέχονται οὕτω θερμότητα ἀπὸ τὸ ἔδαφος. Ἡ δρόσος π.χ. δὲν ἀναφαίνεται ἐπὶ τῶν λείων μετάλλων, τὰ ὅποια ἀκτινοβολοῦν πολὺ διάγην θερμότητα. Τὰ σκιερὰ σώματα καὶ πρὸ πάντων τὰ **πράσινα χόρτα**, τὰ ὅποια ἀκτινοβολοῦν πολλὴν θερμότητα καὶ η ἀγωγιμότης τῶν είναι μετρία, ψύχονται περισσότερον

ἀπὸ τὸ ἔδαφος. ‘Ο ἀὴρ κατόπιν ψύχεται ἐν ἐπαφῇ μετ’ αὐτῶν καὶ, ἐὰν φέρῃ ἀρκετοὺς ὑδρατιμούς, διὰ νὰ κορεσθῇ εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ ψυχροῦ σώματος, ὁ ἀτμὸς οὗτος συμπυκνοῦται εἰς σταγονίδια.

Ἐπίδρασις τῶν στεγασμάτων καὶ τῶν νεφῶν. — Ἐν ἀντικείμενον ψύχεται τόσον περισσότερον διὰ τῆς ἀκτινοβολίας, **δσον περιστερον οὐρανὸν βλέπει.** Οὕτω ἔξηγεῖται ὁ σχηματισμὸς τῆς δρόσου, ὅταν τὸ ἔδαφος δὲν εἶναι στεγασμένον καὶ δ οὐρανὸς εἶναι καθαρός. Ἡ παρουσία στεγάσματος, ἐπειδὴ ἐλαττώνει τὴν ἀκτινοβολίαν, δύναται νὰ ἐμβοδίσῃ τὸν σχηματισμὸν τῆς δρόσου. Διότι ἡ θερμότης, ἡ δρόσια χάνεται δι’ ἀκτινοβολίας, σχεδὸν ἀντισταθμίζεται ἀπὸ τὴν θερμότητα τὴν δρόσιαν ἐκπέμπει πρὸς τὰ κάτω τὸ στέγασμα. Διὰ τοῦτο ὑπὸ στεγον, ὑπὸ τράπεζαν, ἡ χλόη μένει ξηρά. Τέλος, οὐδέποτε ὑπάρχει δρόσος, ἐὰν δ οὐρανὸς καλύπτεται ὑπὸ νεφῶν.

Ἐπίδρασις τοῦ ἀνέμου. Ὁ ἀνεμος ἐμποδίζει τὸν σχηματισμὸν τῆς δρόσου, διότι ἀπομακρύνει τὰ στρώματα τοῦ ἀέρος τὰ δρόσια ἐφάπτονται τοῦ ἔδαφους καὶ ἀνανεώνει αὐτά, προτοῦ λάβουν καιδὸν νὰ ψυχθοῦν ἀρκετά, διὰ νὰ κορεσθοῦν. Τούναντίον μικρὰ διατάραξις τοῦ ἀέρος εὑνοεῖ τὸν σχηματισμὸν τῆς δρόσου, ἐπειδὴ ἀνανεώνει βραδέως τὰ στρώματα τοῦ ἀέρος, τὰ δρόσια ἔχουν οὕτω τὸν καιρὸν νὰ ἀποθέσουν τὴν ὑγρασίαν των ἐπὶ τῶν σωμάτων τὰ δρόσια ἐψύχθησαν.

237. **Ομίχλη καὶ νέφη.** — Ὅταν μᾶζα ὑγροῦ ἀέρος ψύχεται ἐπαρκῶς, ὁ ἀτμός, τὸν δρόσον περιέχει, ψύχεται ἐν μέρει καθ’ ὅλην αὐτοῦ τὴν μᾶζαν. Σχηματίζεται τοιουτοτρόπως πλῆθος σταγονίδων ὕδατος, τὰ δρόσια ἀποτελοῦν **δμίχλην** μὲν ὅταν ἡ συμπύκνωσις γίνεται πλησίον τοῦ ἔδαφους, **νέφος** δὲ ὅταν αὕτη γίνεται εἰς ἀρκετὴν ἀπὸ τοῦ ἔδαφους ἀπόστασιν. Τὴν αὕτην ἐντύπωσιν αἰσθανόμεθα εὐρισκόμενοι ἐντὸς νέφους ἐπὶ τῆς κλιτύος ὅρους ἢ ἐν μέσῳ δμίχλης εἰς τὴν πεδιάδα.

Σύστασις τῆς δμίχλης καὶ τῶν νεφῶν. Τὰ ὕδατινα σταγονίδια νέφους ἢ δμίχλης εἶναι πολὺ μικρὰ (διαμέτρου $\frac{1}{50}$ τοῦ χιλιοστομέτρου).

Τὰ σταγονίδια ταῦτα δὲν αἰωροῦνται εἰς τὸν ἀέρα, ἀλλὰ **πεπτον** συνεχῶς, μὲ ταχύτητα ὅμως τόσον μικρὰν (περίπου ἐν ἑκατοστόμετρον κατὰ δευτερόλεπτον), ὥστε δ ἐλάχιστος ἀνεμος διατηρεῖ αὐτὰ

ἐν αἰωρήσει ἢ τὰ ἀνυψοῖ. Ἡ ὑπερβολικὴ βραδύτης τῆς πτώσεώς των δφείλεται εἰς τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀέρος. Αἱ κόνεις τοῦ ἀέρος πολὺ λεπτότεραι, πίπτουν ἀκόμη βραδύτερον· αἱ σταγόνες τῆς βροχῆς, αἱ ὅποιαι εἶναι πολὺ παχύτεραι, πίπτουν ταχύτερον.

Ἐν νέφος, τὸ ὅποιον φαίνεται ἀκίνητον, δὲν ἀποτελεῖται διαρκῶς ἀπὸ τὰ αὐτὰ σταγονίδια. Διότι τὰ κατώτερα μέρη του μεταβάλλονται πάλιν εἰς ἀτμὸν ἀόρατον ἐντὸς τῶν θερμοτέρων στρωμάτων, ἐνῷ τὰ ἀνώτερα αὐξάνονται διὰ νέας συμπυκνώσεως.

238. Βροχή.— Τὰ ἐκ τῆς συμπυκνώσεως τῶν ὑδρατμῶν προερχόμενα σταγονίδια, τὰ ὅποια, ὡς εἴπομεν, πίπτουν βραδέως, ἔξατμίζονται πάλιν, ἐάν συναντήσουν στρώματα θερμοτέρου ἀέρος. Συνεπῶς διὰ νὰ φθάσουν μέχρι τοῦ ἐδάφους, πρέπει τὸ μέγεθος τῶν σταγόνων νὰ ὑπερβαίνῃ ὠρισμένον δριον. Τοῦτο ἐπιτυγχάνεται διὰ τῆς συνενώσεως πολλῶν σταγονιδίων εἰς μίαν σταγόνα. Τότε ἡ ταχύτης τῆς πτώσεως αὐξάνεται κατὰ πολὺ καὶ ἡ σταγὼν φθάνει μέχρι τοῦ ἐδάφους, ὅπότε ἔχομεν τὸ φαινόμενον τῆς **βροχῆς**.

Αἱ σταγόνες τῆς βροχῆς εἶναι μεγαλύτεραι κατὰ τὸ θέρος παρὰ κατὰ τὸν χειμῶνα· ἐπίσης μεγαλείτεραι εἰς τὰς θερμὰς χώρας παρὰ εἰς τὰς ψυχράς, διότι ὁ κεκορεσμένος ἀήρ, ἐντὸς τοῦ ὅποιου παράγονται, περιέχει τόσον περισσοτέραν ποσότητα ὑδρατμῶν, ὃσον εἶναι θερμότερος.

239. Χιών.— Ἡ χιὼν προκύπτει ἀπὸ τὴν βραδεῖαν συμπύκνωσιν τοῦ ὑδρατμοῦ τῆς ἀτμοσφαίρας εἰς θερμοκρασίαν κατωτέρων τοῦ 0°. Ἡ χιὼν εἶναι ὕδωρ, τὸ ὅποιον ἐστερεοποιήθη εἰς μικροὺς κρυστάλλους ἀστεροειδεῖς. Οἱ κρύσταλλοι οὗτοι φέρουν ἔξι ἀκτῖνας μὲ διακλαδώσεις μᾶλλον ἢ ἥττον πολυπλόκους (σχ. 165).

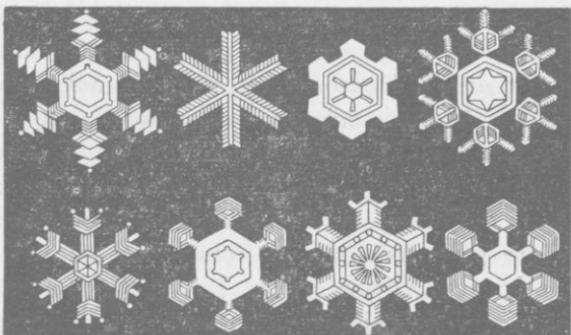
240. Χάλαζα.— Ἡ χάλαζα προκύπτει ἀπὸ τὴν ταχεῖαν συμπύκνωσιν τοῦ ὑδρατμοῦ κατ' εὐθεῖαν εἰς τὴν στερεὰν κατάστασιν ἢ ἀπὸ τὴν ἀπότομον πῆξιν τῶν ἐν ὑπερτήξει ὑγρῶν σταγονιδίων.

B'. ΑΕΡΩΔΗ ΜΕΤΕΩΡΑ

241. Αερώδη μετέωρα.— Ταῦτα εἶναι φαινόμενα, τὰ ὅποια προκύπτουν ἐκ τῆς μεταφορᾶς μαζῶν ἀέρος τῆς ἀτμοσφαίρας.

242. Ανεμοί.— "Αν κατὰ πᾶσαν στιγμὴν ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίε-

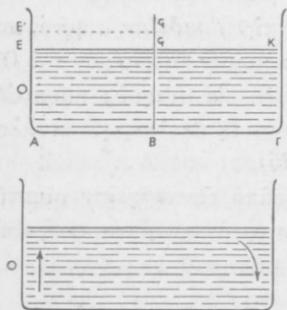
σις ἡτο παντοῦ ἡ αὐτή, δὲν θὰ ὑπῆρχον ἄνεμοι. Ἐὰν δημως ἔνεκα διαφόρας πιέσεως μεταξὺ δύο γειτονικῶν μαζῶν ἀέρος διαταραχθῇ ἡ ἴσορροπία, δὲν ἀλλάται εἰς πίεσιν. Ὁ ἐν πινήσει ἀλλάται δὲν



Σχ. 165.

ἄνεμος. Ὁ ἄνεμος πνέει ἀπὸ τὸ μέρος, εἰς τὸ διποῖον ἡ πίεσις εἶναι ὑψηλοτέρα, πρὸς τὸ μέρος ὃπου αὕτη εἶναι ταπεινοτέρα. Ἡ πίεσις μεταβάλλεται σφόδρα πάντων διὰ τῶν ἀνισοτήτων τῆς θερμοκρασίας.

***Ανισότητες θερμοκρασίας.** Ὄταν



Σχ. 166.

δύο μάζαι ἀέρος γειτονικαὶ εἶναι ἀνίσως θερμαί, παράγεται ἄνεμος. Διὰ τοῦ ἐπομένου πειράματος, τὸ διποῖον δανειζόμεθα ἐκ τῶν ὑγρῶν, θὰ ἐννοήσωμεν καλλίτερον τὴν παραγωγὴν τῶν ἀνέμων τούτων.

Δοχεῖον Ο (σχ. 166) περιέχει ὑγρὸν ἐν ἴσορροπίᾳ, διάφραγμα δὲ κατακόρυφον Βφ χωρίζει τὸ δοχεῖον εἰς δύο διαμερίσματα. Φαντασθῶμεν ὅτι θερμαίνομεν τὸ πρὸς τὰ ἀριστερὰ διαμέρισμα, ἐνῷ

διατηροῦμεν ψυχρὸν τὸ πρὸς τὰ δεξιά. Τὸ ὑγρόν, τὸ διποῖον ἔθερμανθη, διαστέλλεται, γίνεται ἐλαφρότερον καὶ ἡ ἐλευθέρα αὐτοῦ ἐπιφάνεια ἀνυψοῦται ἀπὸ Εφ εἰς Ε'φ'. Ἀφαιρέσωμεν τότε ἥρεμα τὸ διάφραγμα.

‘Η ισορροπία δὲν δύναται πλέον νὰ διατηρηθῇ. Τὸ θεῷμὸν ὑγρόν, τὸ δῆποῖον εἶναι ἐλαφρότερον, κυλίεται ἐπὶ τοῦ ψυχροῦ εἰς τὸ ἀνώτερον μέρος, ἐνῷ πρὸς τὰ κάτω, τὸ ψυχρὸν ὑγρόν, ὃς βαρύτερον, διλισθαίνει ὑπὸ τὸ θεῷμὸν ὕδωρ, τὸ δῆποῖον τοιουτοτρόπως θὰ ἀνυψωθῇ. Ἐὰν διατηρήσωμεν σταθερὰν τὴν διαφορὰν τῆς θεῷμοκρασίας, ἡ δῆποία 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 ὑδρατμὸς θεῷμαίνονται ὑπὸ τοῦ Ἡλίου καὶ θερμαίνονται τὸν ἀέρα δι᾽ ἐπαφῆς. Ἄν δύο γειτονικαὶ χῶραι ἔθεμαίνθησαν **ἀνίσως**, τὰ στρώματα τοῦ ἀέρος, τὰ δῆποῖα ὑπέροχεινται εἰς τὰς χώρας ταύτας, θὰ εἶναι **ἀνίσως** θεῷμά· θὰ παραχθῇ λοιπόν: α) ἀνεμος πνέων πλησίον τοῦ ἔδαφους ἀπὸ τὴν ψυχρὰν χώραν πρὸς τὴν θεῷμήν.

β) ἀντίθετος ἀνεμος εἰς τὰ ὑψηλότερα στρώματα τῆς ἀεροσφαίρας.

Διεύθυνσις τῶν ἀνέμων. Εἴπομεν ὅτι ὁ ἀνεμος εἶναι ἀῃρὲν κινήσει. Ἡ διεύθυνσις τῆς κινήσεως ταύτης εἶναι γενικῶς δοιζοντία.

Προσδιορίζομεν τὴν διεύθυνσιν τοῦ ἀνέμου, δημοάζοντες τὸ μέρος τοῦ δοίζοντος, ἀπὸ τὸ δῆποῖον ὁ ἀνεμος ἔρχεται. Λέγομεν π.χ. **ἀνατολικὸς ἀνεμος**, διὰ νὰ δηλώσωμεν ἀνεμον, δῆστις πνέει ἐξ ἀνατολῶν πρὸς δυσμάς. Διακρίνομεν δικτὸν κυρίας διευθύνσεις τῶν ἀνέμων, ἐξ ὧν καὶ δημοάζονται: **βορρᾶς** (τραμουντάνας), **βορειοανατολικὸς** (γραιγανος), **ἀνατολικὸς** (λεβάντες), **νοτιοανατολικὸς** (σιρόκος), **νότος** (όστρια), **νοτιοδυτικὸς** (γαρμπῆς), **δυτικὸς** (πουνέντες) καὶ **βορειοδυτικὸς** (μαϊστρος).

Τὴν παρὰ τὸ ἔδαφος διεύθυνσιν τῶν ἀνέμων προσδιορίζομεν διὰ τῶν **ἀνεμοδεικτῶν**, τοὺς δῆποίους προσανατολίζει ὁ ἀνεμος. Τοιοῦτον ἀνεμοδείκτην ἀποτελεῖ μεταξίνη ταινία (μέλαινα), μήκους ἡμίσεος περίπου μέτρου καὶ πλάτους 2 - 3 ἑκατ. Ἡ ταινία αὕτη προσδένεται διὰ νήματος εἰς τὸ ἄκρον μακροῦ καὶ εὐκάμπτου στελέχους, τὸ δῆποῖον τοποθετεῖται ὅσον τὸ δυνατὸν ὑψηλότερον. Ἐπίσης προσδιορίζεται ἡ διεύθυνσις τοῦ ἀνέμου δι᾽ ἐλαφρῶν σωμάτων παρασυρομένων ὑπὸ αὐτοῦ, π.χ. κόνεως, καπνοῦ κτλ.

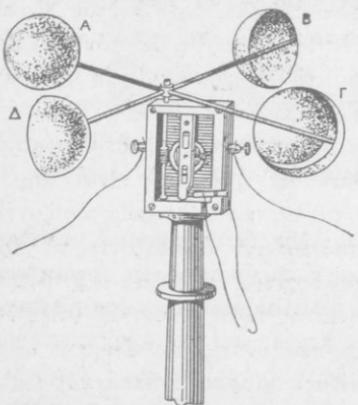
Τὴν διεύθυνσιν τῶν ἀνέμων τῶν ὑψηλῶν τῆς ἀτμοσφαίρας χωρῶν δυνάμεθα νὰ παρακολουθήσωμεν μέχρις ὕψους 10 χλμ., παρατηροῦντες

τὰ νέφη, τὰ ὅποια παρασύρονται. Διὰ μεγαλύτερα ὑψη, ὅπου δὲν ὑπάρχουν νέφη, πληροφορούμεθα ἐκ τῆς διευθύνσεως, τὴν ὅποιαν ἀκολουθοῦν τὰ βολιστικὰ ἀερόστατα, τὰ ὅποια φθάνουν εἰς τὰς χώρας ἔκεινας.

Ταχύτης τῶν ἀνέμων. — Ἡ ταχύτης τῶν ἀνέμων μετρεῖται μὲν εἰδικὰ ὅργανα, τὰ ὅποια καλοῦνται ἀνεμόμετρα (σχ. 167).

Εἰς μεγάλα ὑψη ἡ ταχύτης τοῦ ἀνέμου συνάγεται ἐκ τῆς παρατηρήσεως τῶν νεφῶν ἢ τῶν βολιστικῶν ἀεροστάτων.

Όνομάζομεν ἀσθενῆ τὸν ἀνέμον, ὅταν ἡ ταχύτης αὐτοῦ εἴναι μικροτέρα τῶν 4 μέτρων κατὰ δευτερόλεπτον· μέτραιον, ὅταν ἔχῃ ταχύτητα μέχρις 8 μ. (κατὰ δευτερόλεπτον) λισχυρόν, ὅταν ἔχῃ ταχύτητα



Σχ. 167.

μέχρι 12 μ. σφοδρόν, ὅταν ἔχῃ ταχύτητα μέχρι 14 μ. δραμητικόν, ὅταν ἔχῃ ταχύτητα μέχρις 20 μ. θύελλαν, ὅταν ἔχει ταχύτητα μέχρι 30 μ. καὶ λαλαπά, ὅταν ἔχῃ ταχύτητα ἄνω τῶν 30 μέτρων. Ἐπὶ τῆς ξηρᾶς ὁ ἀνέμος εἴναι συνήθως ὀλιγώτερον λισχυρός καὶ ὀλιγώτερον κανονικὸς παρὰ ἐπὶ τῆς θαλάσσης, ἔνεκα τῶν τριβῶν καὶ τῶν ἐμποδίων. Διὰ τὸν αὐτὸν λόγον ἡ ταχύτης τοῦ ἀνέμου αὐξάνεται μετὰ τοῦ ὑψους. Εἴς τινα χιλιόμετρα διπεράνω τοῦ ἐδάφους διαπιστοῦμεν συχνάκις ταχύτητας 30 μ. κατὰ δευτερόλεπτον.

243. "Ανεμοί περιοδικοί. — Οἱ περιοδικοὶ ἀνεμοί πνέουν κανονικῶς πρὸς μίαν διεύθυνσιν κατὰ τὰς αὐτὰς ἐποχὰς ἢ κατὰ τὰς αὐτὰς ὥρας τῆς ἡμέρας. Τοιοῦτοι ἀνεμοί εἴναι ἡ αὔρα, οἱ μουσσᾶνες, ὁ σιμοὺν κτλ.

Αὔρα. — Ἡ αὔρα εἴναι ἀνεμος περιοδικός, ἐπικρατῶν ἐπὶ τῶν παραλίων χωρῶν κατὰ τὸ θέρος, ἀλλάσσον δὲ διεύθυνσιν δἰς κατὰ τὴν διάρκειαν μιᾶς καὶ τῆς αὐτῆς ἡμέρας.

"**Ἡ θαλασσία** αὔρα πνέει τὴν ἡμέραν ἀπὸ τῆς θαλάσσης πρὸς τὰς ἀκτὰς. Τοῦτο συμβαίνει, διότι τὸ ἐδαφός θερμαίνεται ταχύτερον τῶν ὑδάτων· ὁ ἀηρολοιπόν ὑψοῦται ὑπεράνω τῆς ξηρᾶς, ὁ δὲ ψυ-

χρότερος ἀλλοὶ τῆς θαλάσσης συρρέει πρὸς τὴν ἀραιούμενην χώραν.

Τὴν ἐσπέραν, μετὰ τὴν δύσιν τοῦ ἡλίου, ἀντίστροφον φαινόμενον παραγέται, διότι τὰ ὅδατα ψύχονται βραδύτερον τοῦ ἐδάφους. Ρεῦμα τότε ἀέρος ἀπὸ τῶν ἀκτῶν ὅρμῃ, ὅπως ἀντικαταστήσῃ τὸν ἀέρα τῆς θαλάσσης, ὅστις ὡς θερμότερος ἀνέρχεται. Οὕτω γεννᾶται ἡ ἀπόγειος.

Μουσσᾶνες. Οὕτοι εἶναι ἀνεμοὶ περιοδικοί, οἱ ὅποιοι παρατηροῦνται εἰς τὸν Ἱνδικὸν ὥκεανὸν καὶ εἰς τὰς θαλάσσας τῆς Κίνας καὶ οἱ ὅποιοι πνέουν ἔξι μῆνας κατὰ μίαν διεύθυνσιν (ἀπὸ τῆς θαλάσσης πρὸς τὴν Ἑηράν) καὶ ἑτέρους ἔξι κατ' ἀντίθετον.

Οἱ **σιμοὺν** εἶναι ἀνεμοὶ καυστικοί, πνέων ἐκ τῶν ἐρήμων τῆς Ἀσίας καὶ τῆς Ἀφρικῆς, χαρακτηρίζεται δὲ διὰ τῆς ὑψηλῆς του θερμοκρασίας καὶ τῆς ἄμμου τὴν ὅποιαν ἀνυψοῖ εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν καὶ μεταφέρει μεθ' ἑαυτοῦ. Οἱ ἀνεμοὶ οὗτοι 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**.

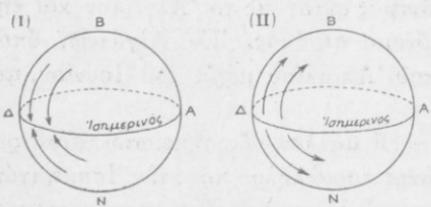
244. **Ανεμοὶ σταθεροί.**— Οἱ μᾶλλον ἀξιοσημείωτοι σταθεροὶ ἀνεμοὶ εἶναι οἱ **ἀληγεῖς**. Ἐπὶ ζώνης παραλλήλου πρὸς τὸν Ἰσημερινόν, πλάτους περίπου 500 χιλιομέτρων αἱ ἥλιαι καὶ ἀκτῖνες, προσπίπτουσαι σχεδὸν κατακορύφως ἐπὶ τῆς γῆς ἀναπτύσσουν θερμοκρασίαν ὀμαλήν, πολὺ ὑψηλήν, ὅπου δὲ ἀλλοὶ εἶναι ἡρεμοὶ **δριζοντίως**. Αὕτη εἶναι ἡ **ζώνη τῶν ισημερινῶν νηνεμιῶν**. Οἱ θερμανθεῖς ἀλλοὶ ἀνυψοῦται, τὸ δὲ παραγόμενον σχετικὸν κενὸν συμπληροῦται εἰς τὴν θερμὴν ταύτην ζώνην ὑπὸ δύο δευμάτων ἀέρος, τὰ δποῖα ἀποτελοῦν τοὺς **ἀληγεῖς ἀνέμους**, ἐπικρατοῦντας εἰς τὰς **τροπικὰς χώρας** ἐκ τούτων τὸ μὲν ἐν ἔρχεται ἐκ τοῦ βιοείου ἡμισφαιρίου, 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, αἰλίνουν βαθμηδὸν πρὸς τὸ ἔδαφος. Ως ἐκ τούτου δύο **ἀνάτερα** **ρεύματα**, ἀποτελοῦντα τοὺς **ἀνταληγεῖς**, διευθύνονται τὸ μὲν πρὸς τὸν βόρειον πόλον, τὸ δὲ πρὸς τὸ νότιον. Οἱ ἀληγεῖς καὶ οἱ ἀνταληγεῖς πνέουν καθ' ὅλον τὸ ἔτος (σχ. 168). **Ἄν** ἡ Γῆ ἦτο ἀκίνη-

τος, οι ἀληγεῖς ἄνεμοι θὰ ἔπνεον καθέτως πρὸς τὸν ἰσημερινόν· ἀλλ' ἔνεκα τῆς περιστροφῆς τῆς Γῆς ἐκτρέπονται τῆς διευθύνσεως ταύτης. Οὕτω εἰς τὸ βόρειον ἡμισφαίριον ὁ ἀληγὴς μεταβάλλεται εἰς βορειο-ανατολικὸν ἄνεμον, εἰς δὲ τὸ νότιον εἰς νοτιοδυτικόν. Οἱ ἀνταληγεῖς πνέουν κατ' ἀντιθέτους φοράς.

245. Πρόγνωσις τοῦ καιροῦ.—Μετεωρολογικοὶ χάρται. Ἡ διανομὴ τῶν πιέσεων εἰς τὰς διαφόρους χώρας εἶναι στενῶς συνδεδεμένη μετὰ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς κυκλοφορίας. Ἔννοοῦμεν λοιπὸν πόσον ἐνδιαφέρον εἶναι νὰ γνωρίζωμεν καθ' ἐκάστην ἡμέραν τὴν διανομὴν ταύτην.

Ἐκάστην πρωΐαν οἱ μετεωρολογικοὶ σταθμοὶ ὅλης τῆς Εὐρώπης τηλεγραφοῦν εἰς τὸ κεντρικὸν μετεωρολογικὸν γραφεῖον τῶν Παρισίων τὰς πιέσεις τὰς παρατηρουμένας εἰς τοὺς σταθμούς των. Οἱ ἀριθμοὶ



Σχ. 168.

σημειοῦνται ἐπὶ χάρτου, συνδέονται δὲ διὰ καμπύλων γραμμῶν τὰ σημεῖα ἵσης πιέσεως. Αἱ καμπύλαι αὗται λέγονται *Ισοβαρεῖς*. Σημειοῦνται πρὸς τούτοις διὰ βελῶν ἡ διεύθυνσις τοῦ ἀνέμου εἰς τοὺς διαφόρους σταθμούς. Τοιουτοτρόπως λαμ-

βάνεται ὁ *μετεωρολογικὸς χάρτης τῆς Ευρώπης*. Συγκρίνεται κατόπιν οὗτος πρὸς τοὺς τῶν προηγουμένων ἡμερῶν καὶ ἡ σύγκρισις αὕτη εἶναι ἐν τῶν κυριωτέρων στοιχείων τῆς προγνώσεως τοῦ καιροῦ.

Ἄναλογος ἔργασία γίνεται καὶ εἰς τὰς λοιπὰς χώρας δὲν τοῦ κόσμου. Αἱ παρατηρήσεις τῶν ναυτικῶν δίδουν τὰ ἀναγκαῖα δεδομένα διὰ τὰς θαλάσσας.

Προγνώσεις τοπικαί. Εἰς δοθέντα τόπον παρατηρητὴς μὴ ἔχων εἰς τὴν διάμεσίν του μετεωρολογικὸς χάρτας δύναται νὰ προΐδῃ μετὰ μεγάλης πιθανότητος τὸν καιρὸν ὡς ἀκολούθως:

α) Παρατηρεῖ κατὰ πρῶτον τὴν πίεσιν. Ἡ ἀπόλυτος αὐτῆς τιμὴ δὲν δεικνύει μεγάλα πράγματα· ἐκεῖνο τὸ δόποιον ἐνδιαφέρει εἶναι αἱ μεταβολαὶ τῆς. Ἐὰν τὸ βαρόμετρον ταλαντεύεται κατὰ δέκατά τινα τοῦ χιλιοστομέτρου καθ' ἡμέραν, τοῦτο δεικνύει ὅτι ὁ καιρὸς εἶναι στάσι-

μος. Βραδεῖα ὑψωσις, ἔξακολουθοῦσα ἐπὶ πολλὰς ἡμέρας, δεικνύει γενικῶς τὴν ἀποκατάστασιν καιροῦ καλοῦ.

β) Ἡ θερμοκρασία καὶ ἡ ὑγρασία εἰναι παράγοντες σημαντικοί. Αφθονος ἀπόθεσις δρόσου τὴν πρωῖαν δεικνύει σημαντικὴν νυκτερινὴν ψύξιν καὶ συνεπῶς σχετικὴν ἔηρτητα τῶν ὑψηλῶν τῆς ἀτμοσφαίρας χωρῶν, τὸ διποῖον εἰναι σημεῖον καλοῦ καιροῦ.

γ) Ἡ ὄψις τοῦ οὐρανοῦ παρέχει ἐπίσης πολυτίμους πληροφορίας, διότι αὕτη ἔξαρταται ἐκ τῆς ὑγροσκοπικῆς καταστάσεως τῆς ἀτμοσφαίρας. Διὰ τοὺς αὐτόχθονας μιᾶς χώρας, τὸ χρῶμα τοῦ οὐρανοῦ, τὸ εἶδος καὶ αἱ κινήσεις τῶν ἀνέμων ἀποτελοῦν σημεῖα σχεδὸν ἀλάνθαστα πρὸς πρόγνωσιν τοῦ καιροῦ τῆς ἐπομένης ἡμέρας.

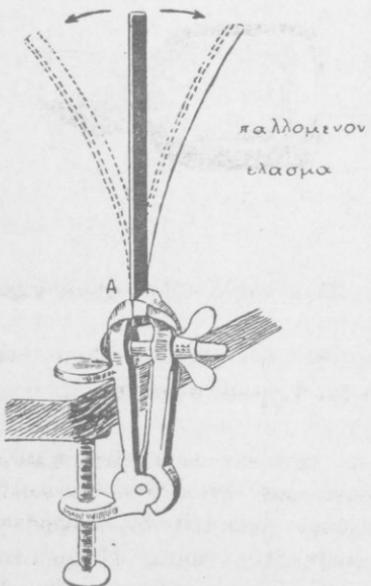
ΜΕΡΟΣ ΕΒΔΟΜΟΝ

ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Α'

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΔΙΑΔΟΣΙΣ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

246. Ἀκουστικὴ εἶναι τὸ μέρος τῆς Φυσικῆς, τὸ ὅποιον ἔχει σκοπὸν τὴν σπουδὴν τῶν ἥχων, δηλ. τῶν ἐντυπώσεων, τὰς ὅποιας δεχόμεθα διὰ τῶν δργάνων τῆς ἀκοῆς.



Σχ. 169.

247. Ἡχητικὸν κραδασμοί.—

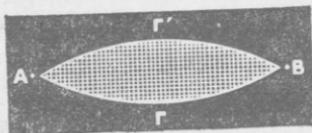
Οἱ ἥχοι προέρχονται ἀπὸ διαδοχικοὺς κραδασμούς, δηλ. ἀλληλοδιαδόχους κινήσεις, αἱ ὅποιαι ἀναπαράγονται κατὰ πολὺ μικρὰ χρονικὰ διαστήματα. Οἱ κραδασμοὶ τῶν ἡχογόνων σωμάτων εἶναι αἰωρήσεις, ἀνάλογοι πρὸς τὰς τοῦ ἐκκρεμοῦς, ἐκτελούμεναι ἐκατέρωθεν μᾶς μέσης θέσεως.

Τὰς παλμικὰς κινήσεις τῶν ἡχογόνων σωμάτων ἀποδεικνύομεν διὰ πολλῶν πειραμάτων : α) Ἐὰν στερεώσωμεν ἄκλονήτως κατὰ τὸ ἐν ἄκρον αὐτοῦ ἔλασμα ἐκ χάλυβος (σχ. 169) καί, ἀφοῦ ἀπομακρύνωμεν τὸ ἐλεύθερον ἄκρον ἐκ τῆς θέσεως τῆς ἰσορροπίας, ἀφήσωμεν ἔπειτα αὐτὸ διατάξεις.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

χεται εις τὴν κατακόρυφον θέσιν του, τὴν ὑπερβαίνει ἔνεκα τῆς κτηθείσης ταχύτητος και ἐκτελεῖ ἕκατεροθεν ταύτης παλινδρομικὰς κινήσεις. Ὁλα τὰ μέρη του ἔλασματος ἐκτελοῦν τὰς παλιμικάς των κινήσεως εἰς τὸν αὐτὸν χρόνον, ἀλλὰ τὸ πλάτος τῆς παλιμικῆς κινήσεως διαφέρει ἀναλόγως τῆς ἀποστάσεως ἑκάστου σημείου ἀπὸ τοῦ σταθεροῦ ἄκρου. Ὅταν τὸ ἔλασμα εἶναι μακρόν, ἢ παλιμικὴ κίνησις εἶναι δρατή, ἀλλὰ δὲν ἀκούεται ἥχος. Ἐὰν βραχύνωμεν ἐπαρκῶς τὸ ἔλασμα, ἀκούομεν ἥχον, ἀλλὰ αἱ παλιμικαὶ κινήσεις εἶναι τόσον ταχεῖαι, ὥστε δὲν δυνάμενα νὰ τὰς διακρίνωμεν.

β) Ἐὰν τείνωμεν μεταξὺ δύο σημείων ἔλαστικὴν χορδὴν καὶ, ἀφοῦ ἀπομακρύνωμεν αὐτὴν ἐκ τῆς θέσεως τῆς ἴσορροπίας, τὴν ἀφῆσωμεν ἐλευθέραν, ἢ χορδὴ παράγει ἥχον, ἐνῷ συγχρόνως πάλλεται. Ἔνεκα τῆς ταχύτητος τῶν παλιμικῶν τῆς κινήσεων, ἢ χορδὴ δὲν δια-



Σχ. 170.



Σχ. 171.

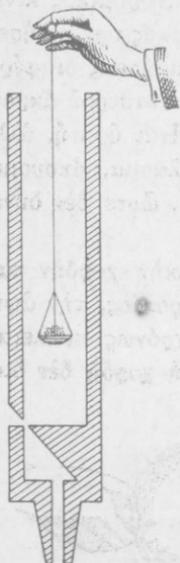
κρίνεται εἰς τὰς διαδοχικάς της θέσεις, ἀλλὰ παρουσιάζει σχῆμα ἀτρακτοειδές (σχ. 170).

γ) Ἐὰν ἐντὸς ὑαλίνου κώδωνος (σχ. 171) φύωμεν ἄμμον και κατόπιν κρούσωμεν αὐτόν, θὰ ἰδωμεν ὅτι ἢ ἄμμος ἀναπηδᾷ, ἐφ' ὅσον δὲν κώδων παράγει ἥχον.

δ) Εἰς τοὺς ἡχητικοὺς σωλῆνας τὸ ἥχογόνον σῶμα εἶναι ἢ μᾶζα τοῦ ἐντὸς αὐτῶν ἀέρος. Διότι, ἐὰν εἰσαγάγωμεν ἐντὸς τοιούτου σωλήνους ἥχοῦντος, τοῦ δποίου τὸ ἓν τοίχωμα εἶναι ὑαλίνον, μεμβράναν τεταμένην (σχ. 172), ἐπὶ τῆς δποίας ἐτέθη δλίγη ἄμμος, αἱ παλιμικαὶ κινήσεις τοῦ ἀέρος μεταδίδονται εἰς τὴν μεμβράναν, ἔνεκα τούτου δὲ βλέπομεν τὴν ἄμμον νὰ ἀναπηδᾷ.

ε) Τὴν παλιμικὴν κίνησιν τῶν ἥχογόνων σωμάτων σπουδάζομεν πλήρως διὰ τῆς γραφικῆς μεθόδου. Πρὸς τοῦτο στερεώνομεν εἰς τὸ

ἄκρον τοῦ ἑνὸς σκέλους **διαπασῶν** (σχ. 173) ἀκίδα καθέτως πρὸς τὸ ἐπίπεδον τῶν σκελῶν του, ἡ ὅποια ἐφάπτεται ὑαλίνης πλακός, ἐπὶ τῆς ὅποιας ἔχει τεθῆ λεπτὸν στρῶμα αἰθάλης. Ἐὰν ἀναγκάσωμεν τὸ διαπασῶν γὰρ παραγάγῃ ἥχον καὶ σύρωμεν ταχέως τὴν πλάκα, λαμβάνομεν ἐπὶ ταύτης κυματοειδῆ γραμμὴν συνεχῆ καὶ κανονικήν, ἐκάστη κύμανσις τῆς ὅποιας ἀντιστοιχεῖ εἰς μίαν αἰώρησιν τοῦ ἥχοῦντος σώματος.

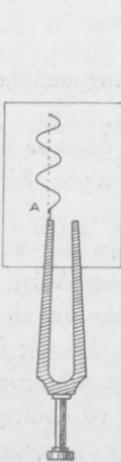


Σχ. 172.

248. Μετάδοσις τῆς παλμικῆς κινήσεως. — Διὰ νὰ παραγάγουν ἐντύπωσιν ἐπὶ τοῦ ὠτὸς οἱ ἥχητικοὶ κραδασμοί, πρέπει νὰ μεταβιβασθοῦν μέχρις αὐτοῦ. Ἡ μεταβίβασις δύναται νὰ γείνη διὰ μέσου ἐλαστικοῦ, τὸ ὅποῖον νὰ τίθεται καὶ αὐτὸς εἰς παλμικὴν κίνησιν καὶ μεταδίδῃ ταύτην ἀπὸ μορίου εἰς μόριον. Τοιοῦτον **μέσον εἶναι δὲ ἀηρός**. Διότι, ἐὰν θέσωμεν μεταξὺ ἵσχυρῶς ἥχοῦντος κώδωνος καὶ τοῦ ὠτὸς μεμβρᾶναν λεπτὴν καὶ ἐλαστικὴν τεταμένην ἐπὶ κατακορύφου πλαισίου, κατὰ μῆκος (σχ. 174) τῆς ὅποιας κρέμαται ἐλαφρὸν ἐκκρεμές, παρατηροῦμεν ὅτι τοῦτο ἀναπηδᾷ, τὸ ὅποῖον δεικνύει ὅτι ἡ παλμικὴ κίνησις τοῦ ἀέρος μεταδίδεται εἰς τὴν μεμβρᾶναν.

Τὰ συμπαγῆ στερεὰ σώματα μεταδίδουν καλῶς τοὺς ἥχητικοὺς κραδασμούς. Οὕτω, ἐὰν ἐφαρμόσωμεν τὸ οὖς εἰς τὸ ἐν ἄκρον μακρᾶς ἔυλινης δοκοῦ, ἀκούομεν εὔκρινῶς τὸν ἐλαφρὸν κρότον, τὸν ὅποῖον παραγάγει ὠδολόγιον εὑρισκόμενον εἰς τὸ ἔτερον ἄκρον.

Ἐπίσης καὶ διὰ τῶν ὑγρῶν μεταδίδεται δὲ ἥχος. Οὕτω οἵ δύται



Σχ. 173.



Σχ. 174.

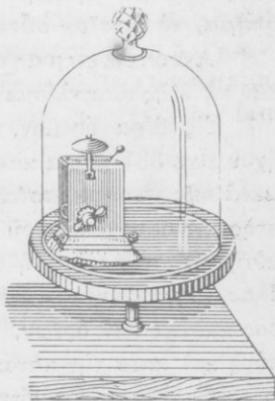
ἀκούουν τοὺς ἥχους, οἵ διοῖοι παράγονται ἐντὸς τοῦ ὕδατος ἢ ἐπὶ τῆς παραλίας.

Τὰ στερεὰ σώματα, τὰ ἐστερημένα ἐλαστικότητος, ὅπως π.χ. παραπετάσματα, τάπητες, μαλακὰ σώματα, δὲν πάλλονται καὶ διὰ τοῦτο ἀποσθύνουν τὸν ἥχον.

Οἱ ἥχοι δὲν διαδίδονται διὰ τοῦ κενοῦ. — Διὰ νὰ ἀποδείξωμεν τοῦτο, θέτομεν ὑπὸ τὸν κώδωνα ἀεραντλίας κωδωνίσκον, ὁ διοῖος δύναται νὰ ἥχῃ διὰ μηχανισμοῦ ὠφολογίου (σχ. 175). Ἐφ' ὅσον ὁ κώδων τῆς ἀεραντλίας περιέχει ἀέρα, ὁ ἥχος τοῦ κωδωνίσκου ἀκούεται. Ἀραιοῦμεν κατόπιν δι' ἀεραντλίας τὸν ἐντὸς τοῦ κώδωνος ἀέρα. Παρατηροῦμεν ὅτι, καθ' ὅσον ἀραιοῦμεν τὸν ἀέρα, ὁ ἥχος καθίσταται ὀλονέν ἀσθενέστερος καὶ παύει νὰ ἀκούεται, ὅταν ὁ κώδων τῆς ἀεραντλίας κενωθῇ ἐπαρκῶς.

249. Ταχύτης τοῦ ἥχου. — Ἡ μετάδοσις τοῦ ἥχου δὲν εἶναι ἀκαριαία. Πράγματι, ἐὰν ἀπὸ ἀποστάσεως παρατηροῦμεν ὅπλον ἐκπυρσοκροτοῦν, πρῶτον βλέπομεν τὴν λάμψιν καὶ μετά τινα χρόνον ἀκούμεν τὸν κρότον, ἀν καὶ τὰ δύο παράγονται συγχρόνως, διότι ὁ ἥχος χρειάζεται χρόνον διὰ νὰ διανύσῃ τὸ ἐν τῷ μεταξὺ διάστημα.

Ταχύτης τοῦ ἥχου εἰς τὸν δέρα. — Αἱ πρῶται ἀκριβεῖς μετρήσεις τῆς ταχύτητος τοῦ ἥχου εἰς τὸν ἀέρα ἐγένοντο κατὰ τὰ 1738. Δύο τηλεβόλα ἐτοποθετήθησαν εἰς δύο σταθμούς, τῶν διοῖων ἐμετρήθη ἀκριβῶς ἡ ἀπόστασις. Τὰ πυροβόλα ταῦτα ἐξεπυρσοκρότουν ἀλληλοιδιαδόχως ἀνὰ 10 λεπτὰ τῆς ὥρας. Παρατηροῦται δὲ εὐρισκόμενοι εἰς ἔκαστον σταθμὸν ἐσημείουν ἔκαστοτε τὸ μεσολαβοῦν χρονικὸν διάστημα μεταξὺ τῆς στιγμῆς καθ' ἣν ἔβλεπον τὴν λάμψιν καὶ τῆς στιγμῆς καθ' ἣν ἥχουν τὸν κρότον. Ἔπειδὴ τὸ φῶς ἔχει παμμεγίστην ταχύτητα, ἡ λάμψις ἐγίνετο ἀντιληπτὴ καθ' ἣν στιγμὴν παρήγετο ὁ ἥχος, καὶ συνεπῶς τὸ χρονικὸν διάστημα, τὸ μεσολαβοῦν μεταξὺ τῆς λάμψεως καὶ τοῦ ἥχου, ἦτο δὲ χρόνος, τὸν διοῖον ἐχρειάζετο ὁ ἥχος διὰ νὰ διανύσῃ τὴν μεταξὺ τῶν δύο σταθμῶν ἀπόστασιν.



Σχ. 175.

‘Η κίνησις τῆς διαδόσεως τοῦ ἥχου εἶναι δμαλή.—Πρὸς προσδιορισμὸν τῆς φύσεως τῆς κινήσεως ἐτοποθέτησαν διαδοχικῶς μεταξὺ τῶν δύο σταθμῶν πολλοὺς παρατηρητάς, οἱ δποῖοι ἐσημείουν τοὺς χρόνους τοὺς μεσολαβοῦντας μεταξὺ λάμψεως καὶ κρότου. Παρετήρησαν λοιπὸν ὅτι οἱ χρόνοι οὗτοι ἦσαν ἀνάλογοι τῆς ἀπόστασεως τοῦ παρατηρητοῦ ἀπὸ τοῦ σταθμοῦ τῆς ἐκπυρσόκροτησεως. Δηλ. ὁ ἥχος ἔχειείται διπλάσιον, τριπλάσιον κτλ. χρόνον διὰ νὰ διανύσῃ διπλασίαν, τριπλασίαν κτλ. ἀπόστασιν. Συνεπῶς ἡ κίνησις τῆς διαδόσεώς του ἦτο δμαλή. **Ταχύτης λοιπὸν τοῦ ἥχου εἶναι τὸ διάστημα, τὸ δποῖον οὗτος διανύει εἰς ἓν δευτερόλεπτον.**

‘Α ποτε λέσματα.—‘Εκ τῶν γενομένων πειραμάτων συνήχθησαν τὰ ἑξῆς ἀποτελέσματα :

Εἰς ἀέρα ἥρεμον, ἔηρὸν καὶ θερμοκρασίας 0°, ἡ ταχύτης τοῦ ἥχου εἶναι 331 μέτρα κατὰ δευτερόλεπτον. ‘Η ταχύτης αὐτὴ αὐξάνεται μετὰ τῆς θερμοκρασίας· εἰς θ° εἶναι $331\sqrt{1+\alpha\theta}$ ἐνθα α ὁ συντελεστὴς τῆς διαστολῆς τοῦ ἀέρος. Εἰς 15° φθάνει 340 μέτρα. Εἰς τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν, ἡ ταχύτης τοῦ ἥχου εἶναι ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὴν ἐλαστικὴν δύναμιν τοῦ ἀερίου, εἶναι ἡ αὐτὴ καὶ εἰς τὰς πεδιάδας καὶ ἐπὶ τῶν ὁρέων, ὅπου ὁ ἀήρ εἶναι ἀραιότερος· ἐπίσης εἶναι ἡ αὐτὴ καὶ κατὰ τὴν κατακόρυφον διεύθυνσιν καὶ κατὰ τὴν ὁρίζονταν.

Εἰς ἀέριον πυκνότητος δ ὡς πρὸς τὸν ἀέρα ἡ ταχύτης εἰς θ° εἶναι $331\sqrt{\frac{1+\alpha\theta}{\delta}}$, δηλ. **ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὴν τετραγωνικὴν φορὰν τῆς πυκνότητος τοῦ ἀερίου.** Οὕτω, ἐπειδὴ ἡ πυκνότης τοῦ ὑδρογόνου εἶναι 16 φορᾶς μικροτέρα τῆς τοῦ ὑδυγόνου, ἡ ταχύτης τοῦ ἥχου εἰς τὸ ὑδρογόνον εἶναι 4 φορᾶς μεγαλυτέρα παρὰ εἰς τὸ ὑδυγόνον.

Ταχύτης τοῦ ἥχου εἰς τὸ ὕδωρ.—Κατὰ τὸ ἔτος 1827 οἱ Colladon καὶ Sturm ἐμέτρησαν τὴν ταχύτητα τῆς διαδόσεως τοῦ ἥχου εἰς τὸ ὕδωρ τῆς λίμνης τῆς Γενεύης, μεταξὺ δύο πλοιαρίων τοποθετημένων εἰς ἀπόστασιν 13 χιλιομέτρων ἀπ’ ἀλλήλων. Ἀπὸ τοῦ ἐνὸς τῶν πλοιαρίων τούτων ἐκρέματο κώδων, δστις ἐκρούετο ἐντὸς τοῦ ὕδατος διὰ σφύρας, ἡ δποία συγχρόνως ἀνέφλεγε μικρὰν ποσότητα πυρίτιδος, ἥτις εὑρίσκετο ἐπὶ τῆς λέμβου. Εἰς τὸ ἄλλο πλοιάριον εὑρίσκεται παρατηρητής, δστις ἐφήρμοζεν εἰς τὸ οὖς αὐτοῦ τὸ λεπτὸν ἄκρον ἀκουστικοῦ κέρατος. Τοῦ κέρατος τούτου δ ὅλμος, κλεισμένος διὰ

μεμβράνης καὶ βυθισμένος ἐντὸς τοῦ ὄντος, ἦτο ἐστραμμένος πρὸς τὸν κώδωνα. Ὁ παρατηρητὴς ἐσημείου τὸ χρονικὸν διάστημα τὸ μεσολαβοῦν μεταξὺ τῆς λάμψεως τῆς ἀναφλεγομένης πυρίτιδος καὶ τῆς ἀντιλήψεως τοῦ ἥχου. Τοιουτοτρόπως εὑρέθη ἡ ταχύτης τοῦ ἥχου εἰς τὸ ὄντον εἰς θερμοκρασίαν 8° ἵση πρὸς 1435 μέτρα κατὰ δευτερόλεπτον.

Ταχύτης τοῦ ἥχου εἰς τὰ στερεά. — Ἡ ταχύτης τοῦ ἥχου εἰς τὰ στερεά εἶναι κατὰ πολὺ μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν ταχύτητα αὐτοῦ εἰς τὰ οευστά· π. χ. εἰς τὸν χάλυβα εἶναι 5000 μέτρα, εἰς τὸν χαλκὸν 3700 μ. κτλ.

Σημ. Τὴν ταχύτητα τοῦ ἥχου εἰς τὸν χυτοσίδηρον ἐμέτρησεν ὁ Biot ὃς ἔξει: Σωλὴν ἐκ χυτοῦ σιδήρου μήκους M μέτρων ἐκρούετο εἰς τὸ ἐν τῶν ἄκρων αὐτοῦ διὰ σφύρας. Παρατηρητὴς εὑρίσκομενος εἰς τὸ ἄλλο ἄκρον ἥχουε δύο διαδοχικοὺς ἥχους. Πρῶτον τὸν διὰ τοῦ μετάλλου μεταδιδόμενον καὶ ἔπειτα τὸν διὰ τοῦ ἀέρος, ἐσημείου δὲ τὸν χρόνον δ, ὅστις παρήρχετο μεταξὺ τῆς ἀντιλήψεως τῶν δύο τούτων ἥχων. Ἐὰν τὴν ταχύτηταν τοῦ ἥχου εἰς τὸν ἀέρα καὶ τὴν τοῦ χυτοσίδηρον, ἡ διάρκεια τῆς διαδόσεως τοῦ ἥχου 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:

$$\frac{M}{\tau} - \frac{M}{\tau'} = \delta, \quad \text{εἴ τοι} \quad \tau' = \frac{M\tau}{M - \delta\tau}.$$

Τοιουτοτρόπως εὑρέθη ὅτι ἡ ταχύτης τοῦ ἥχου εἰς τὸν χυτοσίδηρον ἦτο 10,5 φορὰς μεγαλυτέρα παρὰ εἰς τὸν ἀέρα.

Α σ κ ή σ ε ι ζ

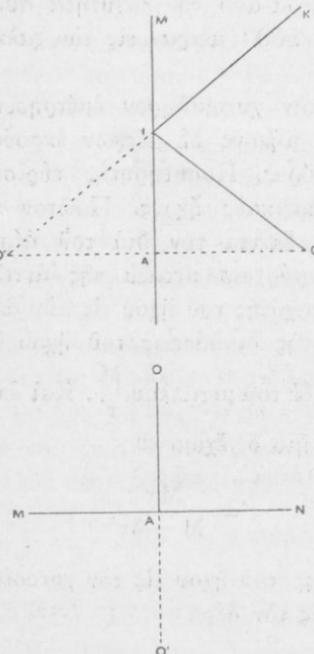
1ον. Ποία ἡ ταχύτης τοῦ ἥχου εἰς τὸν ἀέρα, ὅταν ἡ θερμοκρασία αὐτοῦ εἴναι 30°; Συντελεστὴς διαστολῆς ἀέρος $a = \frac{1}{273}$.

2ον. Εἰς ποίαν θερμοκρασίαν ἡ ταχύτης τῆς διαδόσεως τοῦ ἥχου εἰς τὸν ἀέρα εἴναι 336 μέτρα;

3ον. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ταχύτης τοῦ ἥχου εἰς τὸ ὄντον, ὅταν ἡ ταχύτης αὐτοῦ εἴναι τὸν ἀέρα εἴναι 340 μ.

4ον. Σῶμά τι πίπτει ἐντὸς φρέατος καὶ ἀκούεται ὁ κρότος τῆς συγκρούσεως τοῦ σώματος ἐπὶ τοῦ ὄντος τοῦ φρέατος ἢ δευτερόλεπτα μετὰ τὴν ἔναρξιν τῆς πτώσεως. Ζητεῖται τὸ βάθος τοῦ φρέατος. Ταχύτης τοῦ ἥχου 340 μ. καὶ $g = 0,8 \mu$.

250. **Ανάκλασις τοῦ ἥχου.**—Ο ἥχος ἀνακλᾶται ἐπὶ ἐπιπέδου ἀκάμπτου, καθὼς τὸ φῶς ἐπὶ κατόπτρου. Καλοῦμεν ἡχητικὴν ἀκτῖνα, πᾶσαν εὐθύγραμμον διεύθυνσιν, ἢ δοιά ἀρχεται ἀπὸ τῆς ἥχογόνου πηγῆς. Ἡ εὐθεῖα, ἢ δοιά συνδέει ἥχογόνον σημεῖον Ο μὲν ἐν σημεῖον Ι τοῦ ἐπιπέδου, εἰναι ἀκτὶς προσπίπτουσα. Ἡ ἀκτὶς αὕτη ἀνακλᾶται εἰς τὸ Ι (σχ. 176) καὶ λαμβάνει διεύθυνσιν ΙΚ τοιαύτην, ὥστε νὰ φαίνεται ὅτι προέρχεται ἀπὸ ἐν ἥχογόνον κέντρον Ο' συμμετρικὸν τοῦ Ο ὡς πρὸς τὸ ἐπίπεδον ΑΜ.



Σχ. 176.

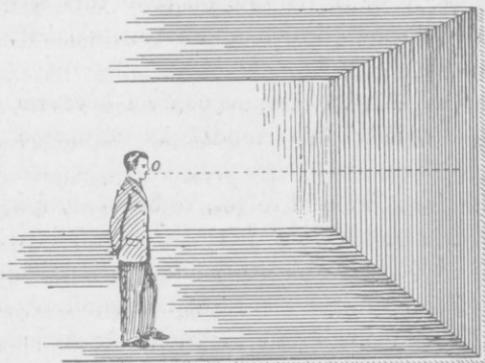
ώσει προήρχετο ἀπὸ φανταστικὸν ἥχογόνον κέντρον Ο'. Μεταξὺ τῆς στιγμῆς τῆς ἐκπομπῆς καὶ τῆς στιγμῆς τῆς ἐπιστροφῆς τοῦ ἥχου τούτου μετὰ τροχιὰν 2.ΑΟ διὰ τὴν μετάβασιν καὶ ἐπιστροφῆν, παρέρχεται χρόνος $\frac{2AO}{\tau}$ (ἔνθα τῇ ταχύτης τοῦ ἥχου).

Εὰν δὲ ἐξ ἀνακλάσεως ἥχος φθάσῃ εἰς τὸν παρατηρητὴν προτοῦ παρέλθῃ 0,1 δευτερολέπτου (μέση διάρκεια τῆς παραμονῆς τῆς ἡχητι-

κῆς ἐντυπώσεως), ἡ νέα ἐντύπωσις ἐνισχύει καὶ παρατείνει ἀπλῶς τὴν πρότην, δηλ. τὴν τοῦ ἀπὸ εὐθείας ἥχου. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **ἀντήχησις**.

Διὰ νὰ ὑπάρξῃ ἥχω, πρέπει ὁ ἥχος νὰ χρειασθῇ τουλάχιστον 0,1 τοῦ δευτερολέπτου διὰ νὰ διανύσῃ τὴν ἀπόστασιν 2.OA, δηλ.
 $\frac{2.OA}{340} = 0,1$ εἰς ἣς λαμβάνομεν $2.OA = 34$ καὶ $OA = 17$ μέτρα. Συ-

νεπῶς ἡ OA πρέπει νὰ εἶναι μεγαλειτέρα τῶν 17 μέτρων. Ἐὰν λοιπὸν δὲ παρατηρητὴς εὑρίσκεται εἰς ἀπόστασιν διίγον μεγαλειτέραν τῶν 17



Σχ. 177.

μέτρων ἀπὸ τοῦ κωλύματος καὶ ἐκπέμψῃ ἥχον ἄναρθρον, θὰ ἀντιληφθῇ ἥχὼ (σχ. 177).

Σημ. Διὰ νὰ εἶναι ἡ ἥχὼ εὐκρινής, οἱ ἄναρθροι ἥχοι ἀπαιτοῦν ἔλαχίστην ἀπόστασιν πολὺ μεγαλυτέραν παρὰ οἱ ἄναρθροι ἥχοι. Ἐν παραδεχθῶμεν ὅτι ἀκούμεν εὐκρινῶς τέσσαρας συλλαβᾶς κατὰ δευτερόλεπτον, θὰ ἀκούσωμεν συλλαβὴν ἀνακλασθεῖσαν κατόπιν τῆς συλλαβῆς ἡτις ἔρχεται κατ' εὐθείαν, ἐὰν παρέλθῃ ἐν τέταρτον δευτερόλεπτου μεταξὺ τῆς ἀρχῆς τοῦ ἀπὸ εὐθείας ἥχου καὶ τῆς ἀρχῆς τοῦ ἀνακλωμένου ἥχου. Εἰς ἀπόστασιν OA τοιαύτην, ὥστε

$$\frac{2.OA}{\tau} = \frac{1}{4} \quad \left(\text{εἰς } \eta \text{ς } OA = \frac{\tau}{8} = 42,5 \text{ μ. διὰ } \tau = 340 \right),$$

ἔαν προφέρωμεν μίαν μόνον συλλαβήν, ἀκούομεν ἀμέσως τὴν ἀνακλωμένην.

Οταν περισσότεραι συλλαβαι προφέρωνται ἄνευ διακοπῆς, αἱ πρῶται ἀνακλασθεῖσαι συλλαβαι ἐπιτίθενται διὰ τὸ οὗς εἰς τὰς ἀπ' εὐθείας ἐρχομένας συλλαβάς. Ἐπειδὴ δὲ αἱ ἀνακλασθεῖσαι εἰναι ὅλιγώτερον ἔντονοι, καλύπτονται ὑπὸ τῶν ἀπ' εὐθείας, φθάνει δὲ μόνον ἡ τελευταία ἀνακλασθεῖσα, ὅταν ὁ ἀπ' εὐθείας ἥχος ἔχῃ παύσει, καὶ τοιουτορόπως φαίνεται ὅτι μόνη αὐτὴ ἐπαναλαμβάνεται. Ἡ ἥχῳ τότε εἶναι **μονοσύλλαβος**.

Αἱ ν τελευταῖαι συλλαβαι θὰ ἐπαναληφθοῦν, ἔὰν ἡ ἀπόστασις ΟΑ εἶναι ἵση πρὸς ν. 42,5. Ἡ ἥχῳ θὰ εἶναι τότε **πολυσύλλαβος**.

Οταν ἡ αὐτὴ συλλαβὴ ἐπαναλαμβάνεται πολλάκις, ἡ ἥχῳ καλεῖται **πολλαπλῆ**.

Δύο τοῖχοι παράλληλοι ἀπομακρυσμένοι δύνανται νὰ παραγάγουν πολλαπλῆν ἥχῳ, καθὼς δύο παράλληλα κάτοπτρα δίδουν πολλὰ εἴδωλα.

Ἐντὸς αἰθουσῆς, ὅπου οἱ τοῖχοι, τὸ δάπεδον, ἡ δρόφη, ἀνακλοῦν τὸν ἥχον, οἱ ἔξ ἀνακλάσεως ἥχοι δύνανται νὰ μὴ ἐπιτίθενται εἰς τοὺς ἀπ' εὐθείας ἥχους· γίνεται τότε **σύγχυσις**. Ἀποφεύγομεν τὰς ἀνακλάσεις καλύπτοντες τοὺς τοίχους διὰ παραπετασμάτων, δηλ. οὓσιῶν μὴ ἐλαστικῶν, αἱ ὅποιαι ἀποσθύνουν τὰς παλμικὰς κινήσεις.

Προβλήματα

1ον. Κρανγὴ παραχθεῖσα ὑπὸ παρατηρητοῦ ἐνώπιον τούχου, ἐπανέρχεται εἰς αὐτὸν μετὰ 1,5 δευτερόλεπτα. Ποία ἡ ἀπόστασις τοῦ παρατηρητοῦ ἀπὸ τοῦ τοίχου;

2ον. Δύο παρατηρηταὶ Α καὶ Β ενδίσκονται εἰς ἵσας ἀποστάσεις χ' ἀπό τυρος ἐπιπέδου ΓΔ. Ἡ ἀπ' ἀλλήλων ἀπόστασις αὐτῶν AB εἶναι 20 μέτρα. Ο παρατηρητὴς Α παράγει ἥχον, τὸν δποῖον ἀκούει δ B πρῶτον μὲν δι' ἀμέσου διαδόσεως, ἐπειτα δὲ κατόπιν ἀνακλάσεως ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου ΓΔ. Ζητεῖται ἡ ἐλαχίστη τιμὴ τοῦ χ, ἵνα δ ἄμεσος ἥχος ἀκονοθῇ 0,1 τοῦ δευτερολέπτου πρὸ τοῦ ἔξ ἀνακλάσεως. Ἡ θερμοκρασία εἶναι 15°.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Β'

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

251. Οι ἥχοι διακρίνονται διὰ τριῶν χαρακτήρων ἢ ἴδιοτήτων: ἐντάσεως, ψυσμού, χροιᾶς. Αἱ ἴδιότητες αὗται ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰ στοιχεῖα πάσης παλμικῆς κινήσεως: δηλ. τὸ πλάτος αὐτῆς, τὴν συνχρόνητα καὶ τὴν μορφήν.

Α'. ΕΝΤΑΣΙΣ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

252. Διὰ τῆς ἐντάσεως διακρίνεται ὥχος τις ἵσχυρὸς ἀπὸ ἄλλου ὥχου ἀσθενοῦς. Ἐὰν θέσωμεν εἰς παλμικὴν κίνησιν διαπασῶν καὶ τὸ ἀφήσωμεν κατόπιν ἐλεύθερον, παρατηροῦμεν ὅτι ὁ ὥχος, τὸν δποῖον παράγει, ἔξασθενεī βαθμηδὸν καὶ τέλος δὲν ἀκούεται πλέον. Ἐὰν ἐγγράψωμεν τὰς παλμικὰς κινήσεις τοῦ διαπασῶν ἐπὶ αἰθαλωμένης ἐπιφανείας, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι τὸ πλάτος τῶν παλμῶν βαίνει ἐλαττούμενον μετὰ τῆς ἐντάσεως τοῦ ὥχου καὶ τέλος μηδενίζεται μετ' αὐτῆς. Ἐπίσης ἡ ἐντασίς τοῦ ὥχου τοῦ διαπασῶν εἶναι τόσον μεγαλυτέρα, ὅσον ἴσχυρότερον κρούομεν αὐτό. Ἐὰν ἐγγράψωμεν τοὺς παλμοὺς τοὺς ἀντιστοιχοῦντας εἰς διαφόρους κρούσεις, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ἡ ἐντασίς τοῦ ὥχου αὐξάνεται μετὰ τοῦ πλάτους τῶν παλμῶν τοῦ διαπασῶν. Ὁ ὑπολογισμὸς ἀποδεικνύει ὅτι ἡ ἐντασίς τοῦ ὥχου εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τοῦ πλάτους τῶν παλμῶν τοῦ ὥχογόνον σώματος. Ἡ ἐντασίς τοῦ ὥχου ἐλαττοῦται πρὸς τούτοις μετὰ τῆς πυκνότητος τοῦ μέσου, ἐντὸς τοῦ δποίου ὁ ὥχος διαδίδεται. Τοιούτοις πρόπως ὁ ὥχος κώδωνος ἥχοντος ἐντὸς ὑαλίνης σφαίρας γίνεται τόσον ἀσθενέστερος, ὅσον περισσότερον ἀραιοῦμεν τὸν ἀέρα τῆς σφαίρας.

Ἐπίσης ἡ ἐντασίς τοῦ ὥχου μεταβάλλεται κατὰ λόγον ἀντίστροφον πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἀποστάσεως. Οὕτω 4 ὅμοιοι κώδωνες ἔξι ἔσου καὶ συγχρόνως πληττόμενοι ἀκούονται μετὰ τῆς αὐτῆς ἐντάσεως, μετὰ τῆς δποίας ἀκούεται ὁ ὥχος, τὸν δποῖον παράγει εἰς μόνον ὅμοιος κώδων ἔξι ἔσου πληττόμενος, ὅταν τεθῇ εἰς τὸ ἥμισυ τῆς ἀποστάσεως.

Τέλος ἡ ἐντασίς τοῦ ὥχου ἔξαρταται καὶ ἐκ τῆς καταστάσεως

τῆς ἀτμοσφαίρας. "Οσον αὗτη εἶναι ἡρεμωτέρα, τόσον ἡ ἔντασις τοῦ ἥχου εἶναι ἰσχυροτέρα. Ἐπίσης ἔξαρτᾶται καὶ ἐκ τῆς διευθύνσεως τοῦ πνέοντος ἀνέμου. "Οταν δὲ ἥχος ἔχῃ τὴν αὐτὴν μετὰ τοῦ ἀνέμου φόράν, ἡ ἔντασίς του εἶναι μεγαλύτερα.

Β'. ΥΨΟΣ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

253. Διὰ τοῦ γνωρίσματος τοῦ ψηφους διακρίνονται οἱ ὅξεις ἥχοι ἀπὸ τοὺς βαρεῖς. Τὸ ψηφος ἥχου τινὸς ἔξαρτᾶται ἐκ τῆς συχνότητος τῶν παλμικῶν κινήσεων, δηλ. ἐκ τοῦ ἀριθμοῦ τῶν παλμικῶν κινήσεων, τὰς δποίας τὸ ἥχογόνον σῶμα ἔκτελει κατὰ δευτερόλεπτον, οἰαδήποτε καὶ ἀν εἶναι ἡ φύσις τοῦ ἥχογόνου σώματος. Δύο ἥχοι τοῦ αὐτοῦ ψηφους ἀντιστοιχοῦν εἰς τὸν αὐτὸν ἀριθμὸν παλμικῶν κινήσεων κατὰ δευτερόλεπτον. Διὰ ἥχον δεῦν, δὲ ἀριθμὸς τῶν κατὰ δευτερόλεπτον παλμικῶν κινήσεων εἶναι μεγαλύτερος παρὰ διὰ ἥχον βαρύν.

'Η συχνότης δὲν μεταβάλλεται, ὅταν δὲ ἥχος ἔξεσθενῃ, δηλ., ὅταν τὸ πλάτος τῶν παλμικῶν κινήσεων ἔλαττονται.

Προσδιορισμὸς τοῦ ψηφους ἥχου τινός.—Τὸ ψηφος ἥχου τινός, δηλ. τὸν ἀριθμὸν τῶν παλμικῶν κινήσεων, τὰς δποίας τὸ ἥχογόνον σῶμα ἔκτελει κατὰ δευτερόλεπτον, προσδιορίζομεν κατὰ δύο μεθόδους.

α) Μέθοδος ἀκούστικης.—Κατὰ τὴν μέθοδον ταύτην ἀποκαθιστῶμεν δμοφωνίαν, δηλ. τὸ αὐτὸ ψηφος, μεταξὺ τοῦ ἔξεταζομένου ἥχου καὶ τοῦ ἥχου συσκευῆς ἡ δποία παρέχει μεταβλητοὺς ἥχους τῶν δποίων εὐκόλως δυναμεθα νὰ ὑπολογίσωμεν τὴν συχνότητα. 'Η συχνότης τοῦ ἥχου τοῦ ἐν δμοφωνίᾳ πρὸς τὸν ἔξεταζόμενον ἥχον εἶναι κατὰ τὰ ἀνωτέρω ἵση πρὸς τὴν συχνότητα τοῦ ἔξεταζομένου ἥχου. Τὸ οὖς διακρίνει μετ' ἀκριβείας ἐὰν δύο ἥχοι εὑρίσκωνται ἐν δμοφωνίᾳ.

β) Μέθοδος γραφικής.—Κατὰ τὴν μέθοδον ταύτην τὸ ἥχογόνον σῶμα ἔγγραφει κυματοειδῆ γραμμήν, τῆς δποίας δὲ ἀριθμὸς τῶν κυμάνσεων, αἱ δποῖαι ἐνεγράφησαν εἰς ὧδισμένον χρόνον, εἶναι ἵσος πρὸς τὸν ἀριθμὸν τῶν παλμικῶν κινήσεων, τὰς δποίας ἔξετέλεσε τὸ ἥχογόνον σῶμα κατὰ τὸν αὐτὸν χρόνον.

254. **"Ορια τῶν ἀντιληπτῶν ἥχων.**—Μία ἡχητικὴ παλμικὴ κίνησις γίνεται ἀντιληπτὴ μεταξὺ ὧδισμένων δρίων, περιλαμβανομένων γενικῶς μεταξὺ 8 καὶ 24000 διπλῶν παλμῶν κατὰ δευτερόλεπτον.

ΜΟΥΣΙΚΑ ΔΙΑΣΤΗΜΑΤΑ - ΚΛΙΜΑΚΕΣ

255. Διάστημα δύο ήχων.—[‘]Η σύγχρονος ἡ διαδοχική ἀκρόασις δύο ήχων παράγει ἐπὶ τοῦ ωτός μας ἐντύπωσιν, ητίς δὲν ἔξαιρεται ἐκ τοῦ ἀπολύτου ὑψους των, ἀλλ᾽ ἐκ τοῦ διαστήματος αὐτῶν. **Tὸ διάστημα δύο ήχων ἐμφράζει τὴν σχέσιν τῶν συχνοτήτων τῶν δύο τούτων ήχων.** [‘]Ἐπειδὴ κατὰ συνήθειαν λαμβάνουν ὡς ἀριθμητὴν τὴν συχνότητα τοῦ ὅχντέου ήχου, τὸ διάστημα εἶναι πάντοτε ἀριθμὸς μεγαλύτερος τῆς μονάδος.

Τὸ οὖς ήμῶν δέχεται εὐχαρίστως διαδοχικὸν ἡ συγχρόνους ήχους, τῶν δποίων τὰ διαστήματα εἶναι σχέσεις ἀπλαῖ. Διὰ τοῦτο οἱ χοησιμοποιούμενοι εἰς τὴν μουσικὴν ἥχοι σχηματίζουν σειρὰς ὠρισμένων διαστημάτων. Οἱ μουσικοὶ ἀναγνωρίζουν τὰ διαστήματα διὰ τῆς ἀκοῆς. Οἱ φυσικοὶ τὰ καθορίζουν διὰ τῶν σχέσεων τῶν συχνοτήτων.

256. Κλίμακες.—Τὸ θεμελιώδες στοιχεῖον τοῦ μουσικοῦ συστήματος εἶναι ἡ **κλίμαξ**. **Κλίμακα** καλοῦμεν ὁμάδα 7 ήχων, καλούμενων **φθόγγων**, οἵ δποῖοι σχηματίζουν μελωδίαν συμβατικοῦ τύπου⁽¹⁾. Οἱ βαρύτατος ἥχος καλεῖται **τονική**, οἵ ἔξι ἄλλοι διαδέχονται ἄλλήλους 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 ὀλόκληρον περιλαμβάνει πολλὰς κλίμακας, δηλ. ὁμάδας ἔξι 7 φθόγγων, αἱ δποῖαι διαδέχονται ἄλλήλας μὲν ὠρισμένα διαστήματα. Τὰ διαστήματα ταῦτα ἐπαναλαμβάνονται κατὰ τὴν αὐτὴν σειρὰν εἰς ἑκάστην κλίμακα.

Οἱ 7 φθόγγοι ἔχουν τὸ αὐτὸ δόνομα εἰς ἑκάστην κλίμακα. Τὰ δνόματα τῶν φθόγγων τούτων μετὰ τῶν διαστημάτων ἑκάστου φθόγγου πρὸς τὸν πρῶτον εἶναι :

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.

Μετὰ τὸν φθόγγον si, τελευταῖον οἰσαδήποτε κλίμακος, ἔρχεται ὁ φθόγγος do, πρῶτος τῆς ἐπομένης κλίμακος· τὸ διάστημα τοῦ νέου

⁽¹⁾ Εἰς τὴν μελωδίαν οἱ ἥχοι εἶναι διαδοχικοί, εἰς τὴν ἀρμονίαν σύγχρονοι.

τούτου do πρὸς τὸ προηγούμενον εἶναι 2 ἢ διάστημα **δγδόης**· τοῦτο εἶναι ἐπίσης τὸ διάστημα δύο φθόγγων τῆς αὐτῆς τάξεως εἰς δύο διαδοχικὰς κλίμακας.

Αἱ διαδοχικαὶ κλίμακες χαρακτηρίζονται δι’ ἀριθμῶν, οἵ δποῖοι καλοῦνται **δεῖκται**. Οὗτοι αὐξάνονται μετὰ τῆς συχνότητος

— 2 — 1 1 2 3 4 5 6 7.

Δύο φθόγγοι τῆς αὐτῆς τάξεως ὡς πρὸς τὸ δὸς ἔχουν τὸ αὐτὸν οὐσίαν δύο κλίμακας, ἀλλὰ διαφέρουν κατὰ τὸν δείκτην, διὰ δύο δὲ διαδοχικοὺς δείκτας τὸ διάστημα τῶν εἶναι μία δγδόη.

257. Κανονικὸν διαπασῶν.—Ἐπειδὴ τὸ μουσικὸν σύστημα πρέπει νὰ περιλαμβάνεται μεταξὺ ὠρισμένων δρίων, ἀνεξαρτήτων τοῦ ἀπολύτου ὑψους τοῦ ἀποδιδομένου εἰς ἕνα τῶν φθόγγων, ἐκρίθη ἐπωφελὲς νὰ σταθεροποιηθῇ ἀμεταβλήτως, κατὰ συνθήκην, τὸ ὑψος ἐνὸς φθόγγου.

Εἰδικὸν συνέδριον συνελθὸν τῷ 1885 εἰς τὴν Βιέννην ἀπεφάσισε νὰ συνδυάσῃ δλους τοὺς φθόγγους πρὸς τὸν ἥχον ἐνὸς προτύπου ἢ **κανονικὸν** διαπασῶν, τὸ δποῖον ἐκτελεῖ 435 διπλοὺς παλμοὺς κατὰ δευτερόλεπτον εἰς θερμοκρασίαν 15°. Ὁ ἥχος οὗτος εἶναι κατὰ συνθήκην τὸ κανονικὸν la. Τὸ do τῆς κλίμακος, εἰς τὴν δποίαν ἀνήκει τὸ la τοῦτο, εἶναι φθόγγος 261 διπλῶν παλμῶν ($435 : \frac{5}{3}$).

258. Ἐπέκτασις τῆς μουσικῆς κλίμακος.—Ἡ κλίμακ, εἰς τὴν δποίαν ἀνήκει τὸ κανονικὸν la, καλεῖται **θεμελιώδης** τοὺς φθόγγους αὐτῆς προσδιορίζουν διὰ τοῦ δείκτου 3. Π.χ. do₈ re₈... la₈ si₈.

Αἱ ὑψηλότεραι κλίμακες ἔχουν τοὺς δείκτας 4, 5, 6..., αἱ βαρύτεραι τοὺς δείκτας 2, 1, —1, —2...

259. Διαδοχικὰ διαστήματα μιᾶς κλίμακος.—**Τόνοι καὶ ήμιτόνια.** 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

$$\frac{9}{8} : 1 = \frac{9}{8} \quad \frac{5}{4} : \frac{9}{8} = \frac{10}{9} \quad \frac{4}{3} : \frac{5}{4} = \frac{15}{16} \quad \frac{3}{2} : \frac{4}{3} = \frac{9}{8} \quad \frac{5}{3} : \frac{3}{2} = \frac{10}{9} \quad \frac{15}{8} : \frac{5}{3} = \frac{9}{8} \quad 2 : \frac{15}{8} = \frac{16}{15}$$

Παρατηροῦμεν ὅτι τὰ 7 διαδοχικὰ διαστήματα ἀνάγονται εἰς τρία· ἐκ τούτων τὸ μεγαλεῖτερον $\frac{9}{8}$ καλεῖται **μεῖζων τόνος**, τὸ $\frac{10}{9}$ **ἔλασσων τόνος**, τὸ μικρότερον $\frac{16}{15}$ **μεῖζον ἡμιτόνιον.**

Τὰ διαστήματα $\frac{9}{8}$ καὶ $\frac{10}{9}$ συγχέονται, διότι ἔχουν λόγον $\frac{81}{80}$, ὅστις θεωρεῖται πρακτικῶς ἵσος μὲ τὴν μονάδα. Διὰ τοῦτο δίδεται τὸ ἕδιον ὄνομα τοῦ **τόνου** εἰς τὰ διαστήματα $\frac{9}{8}$ καὶ $\frac{10}{9}$. Τὸ κατόπιν διάστημα $\frac{16}{15}$ καλεῖται **ἡμιτόνιον.**

Δηλαδὴ μία κλίμαξ σχηματίζεται ἐκ τῆς διαδοχῆς **δύο τόνων καὶ ἑνὸς ἡμιτονίου, τριῶν τόνων καὶ ἑνὸς ἡμιτονίου.** Ἐὰν παραστήσωμεν διὰ Τ τὸν τόνον καὶ διὰ τὰ ἡμιτόνια, θὰ ἔχωμεν 2Τ, τ., 3Τ, τ.

260. **Συγχορδίαι.**—**Ἡ σύγχορονος ἐκπομπὴ δύο ἢ περισσοτέρων ἥχων χωριζομένων διὰ μουσικῶν διαστημάτων ἀποτελεῖ συγχορδίαν.**

Ἡ συγχορδία εἶναι σύμφωνος μέν, ἐὰν παράγῃ εὐάρεστον ἐντύπωσιν εἰς τὸ οὖς, **διάφωνος** δὲ ἐὰν ἢ ἐντύπωσις εἴναι δυσάρεστος.

Τὰ σύμφωνα διαστήματα εἶναι δὲ ὅλιγα· τὸ μᾶλλον σύμφωνον εἴναι **ἡ διμοφωνία** $\frac{1}{1}$. Κατόπιν τὰ διαστήματα διγδόνης $\frac{2}{1}$, πέμπτης $\frac{3}{2}$, τετάρτης $\frac{4}{3}$, μείζονος τρίτης $\frac{5}{4}$, ἔλασσονος τρίτης $\frac{6}{5}$.

Τελεία συγχορδία.—**Ἡ παραγωγὴ τριῶν ἥχων, ἐκ τῶν ὁποίων οἱ δύο τελευταῖοι παρουσιάζουν μετὰ τοῦ πρώτου διαστήματα μείζονος τρίτης ἢ πέμπτης, δίδει συγχορδίαν, ἡτις καλεῖται **τελεία μεῖζων.****

Εἰς τὴν κλίμακα τοῦ δο ἀντιστοιχεῖ ἡ τελεία συγχορδία δο, mi, sol, εἰς τὴν δόπιαν οἱ ἀριθμοὶ τῶν παλμῶν εἶναι ὡς οἱ ἀριθμοὶ 4, 5, 6.

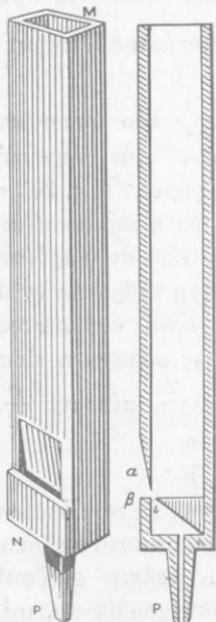
Ἐκάστη τῶν ἀλλων κλιμάκων χαρακτηρίζεται ὑπὸ μιᾶς τελείας συγχορδίας. Π. χ. διὰ τὴν κλίμακα τοῦ sol, ἔχομεν τὴν συγχορδίαν sol, si, re₂.

261. **Ἄρμονικοὶ ἥχοι.**—Καλοῦμεν **ἀρμονικοὺς** τοὺς ἥχους, τῶν ὁποίων αἱ συχνότητες εἶναι μεταξύ των, καθὼς ἡ φυσικὴ σειρὰ τῶν ἀριθμῶν 1, 2, 3, 4, 5, 6..... **Ο βαρύτατος ἥχος,** ὁ πρώτος τῆς σειρᾶς, καλεῖται **θεμελιώδης**, οἱ δὲ λοιποὶ **δεύτερος ἀρμονικός, τρίτος ἀρμονικὸς κτλ.**

ΗΧΗΤΙΚΟΙ ΣΩΛΗΝΕΣ

262. Ὁ ἡχητικὸς σωλὴν εἶναι σωλὴν μὲ ἀνθεκτικὰ καὶ λεῖα τοιχώματα, ὅστις ἀποδίδει ἥχον, ὅταν ὁ ἀὴρ τὸν ὅποιον ἐγκλείει τίθεται εἰς παλμικὴν κίνησιν.

Ἡ δόνησις τοῦ ἀέρος παράγεται ουνήθως ὑπὸ ἡχητικῆς πηγῆς, τῆς ὅποίας τὰ σχήματα ἄγονται εἰς δύο τύπους: ἐπιστόμιον μὲ στόμα καὶ ἐπιστόμιον μὲ γλωττίδα.



Σχ. 178.

263. Ἐπιστόμιον μὲ στόμα. — Εἰς τὸ ἐπιστόμιον τοῦτο, τὸ χρησιμοποιούμενον εἰς τοὺς πλείστους τῶν σωλήνων τῶν πνευστῶν ὁργάνων, ὁ ἀὴρ ἔξερχεται ἐκ φυσητῆρος ἐντὸς τοῦ ὅποιου εἶναι πεπιεσμένος. Διέρχεται διὰ σωλῆνος P (σχ. 178) καὶ φθάνει εἰς θάλαμον κλειστόν. Ἔξερχόμενος δὲ ἐκ τοῦ θαλάμου τούτου διὰ στενῆς σχισμῆς οἱ προσκρούει ἐπὶ ἐλάσματος α. Τοῦτο εἶναι λοεῶς τετμημένον καὶ σχηματίζει τὸ ἀνώτερον χεῖλος ἐγκαρδίου ἀνοίγματος, τὸ ὅποιον καλεῖται στόμα. Τὸ οεῦμα τοῦ ἀέρος, θραυσμένον ἐπὶ τοῦ ἐλάσματος παράγει σειρὰν ὥσεων, αἵ ὅποιαι μεταδίδονται εἰς τὴν ἀερώδη στήλην.

Ὁ ἀὴρ πάλλεται ἐντὸς ἡχητικοῦ σωλῆνος. — Πρόγαματι, ἐὰν εἰσαγάγωμεν ἐντὸς τοῦ σωλῆνος (σχ. 172) μικρὸν δριζόντιον δίσκον ἐκ μεμβράνης, ἐπὶ τῆς ὅποίας ἔχομεν θέσει

δλίγην ἄμμον, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἄμμος ἀναπηδᾷ, ὅταν ὁ σωλὴν παράγῃ ἥχον, ὅπερ καθιστᾶ φανερὰν τὴν παλμικὴν κατάστασιν τοῦ ἀέρος.

Ἐπιλεγασις τῶν τοιχωμάτων. — Τὸ ἥχον σῶμα εἶναι ὁ ἀὴρ. Τὰ τοιχώματα δὲν ἐπιδροῦν ἐπὶ τοῦ ὑψους τοῦ ἥχου. Πρόγαματι, ἐὰν τοποθετήσωμεν ἐπὶ φυσητῆροιν τρεῖς σωλῆνας τοῦ αὐτοῦ μήκους καὶ τῆς αὐτῆς διαμέτρου, μὲ ὅμοια ἐπιστόμια, ἀλλὰ τὸν πρῶτον ἐκ ξύλου,

τὸν δεύτερον ἐκ χαλκοῦ καὶ τὸν τρίτον ἐκ χονδροῦ χάρτου, θὰ παρατηρήσωμεν, διὰ καὶ οἱ τρεῖς ἥχοι ἔχουν τὸ αὐτὸν ὑψος· μόνον ἡ χροιὰ αὐτῶν διαφέρει.

Ἐπίδρασις τῆς φύσεως τοῦ ἀερίου.—Τὸ ὑψος τοῦ ἥχου αὐξάνεται, ὅταν ἡ πυκνότης τοῦ ἀερίου ἔλαττονται. Ὁ ἥχος εἶναι δεύτερος εἰς τὸ ὑδρογόνον παρὰ εἰς τὸν ἀέρα· εἰς τὸ διοξείδιον τοῦ ἄνθρακος εἶναι βαρύτερος.

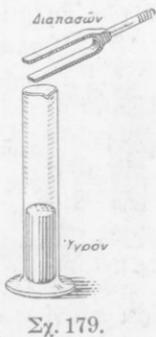
Ο ἥχητικὸς σωλὴν ἐνισχύει τὸν ἥχον.—Διὰ νὰ ἀποδεῖξωμεν τοῦτο, φέρομεν ἄνωθεν κυλινδρικοῦ ὑαλίνου δοχείου (σχ. 179) ἐν διαπασῶν. Καθ' ὃν χρόνον τὸ διαπασῶν παράγει ἥχον, φίπτομεν ὀλίγον κατ' ὀλίγον ἐντὸς τοῦ δοχείου ὕδωρ οὕτως, ὥστε νὰ σμικρύνωμεν βαθμηδὸν τὸ ὑψος τῆς ἐντὸς αὐτοῦ ἀερώδους στήλης· θὰ παρατηρήσωμεν τότε ὅτι ὁ ἥχος τοῦ διαπασῶν ἐνισχύεται σημαντικῶς τὴν στιγμήν, καθ' ἣν ἡ στήλη τοῦ ἀέρος λάβῃ τὸ κατάλληλον μῆκος.

264. **Νόμοι τῶν κυλινδρικῶν ἢ πρισματικῶν σωλήνων.**—Εἰς σωλῆνας πολὺ μικρᾶς διαμέτρου ὡς πρὸς τὸ μῆκός των, τὸ ὑψος τῶν ἥχων ἔξαρταται ἐκ τοῦ μῆκους καὶ οὐχὶ ἐκ τῆς διαμέτρου. Σωλὴν εὐθὺς καὶ σωλὴν κεκαμένος τοῦ αὐτοῦ μῆκους ἀποδίδουν τοὺς αὐτοὺς ἥχους. Οἱ ἥχοι διαφέρουν, καθ' ὃσον τὸ ἀπέναντι τοῦ ἐπιστομίου ἄκρων τοῦ σωλήνος εἶναι κλειστὸν ἢ ἀνοικτόν.

265. **Νόμοι τῶν ἀρμονικῶν.**—Σωλῆνες κλειστοί. Αἱ συχνότητες τῶν ὑπὸ κλειστοῦ σωλήνος ἀποδιδομένων ἥχων εἶναι N, 3N, 5N, 7N..... Ὁ βαρύτατος ἥχος καλεῖται **Θεμελιώδης**, οἱ ἄλλοι εἶναι οἱ **περιττοὶ ἀρμονικοὶ** τοῦ θεμελιώδους ἥχου.

Σωλῆνες ἀνοικτοί.—Αἱ συχνότητες τῶν ἀποδιδομένων ἥχων εἶναι N', 2N', 3N'..... Οἱ ἀποδιδόμενοι ἥχοι εἶναι εἰς θεμελιώδης καὶ οἱ διαδοχικοὶ ἀρμονικοὶ αὐτοῦ.

Νόμος τῶν μηνῶν.—*a)* Τὸ ὑψος τοῦ θεμελιώδους ἥχου διὰ σωλῆνας τοῦ αὐτοῦ εἴδους (εἴτε ἀνοικτοὺς εἴτε κλειστοὺς) εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογον πρὸς τὸ μῆκος τοῦ σωλήνος. Οὕτω δυνάμεθα

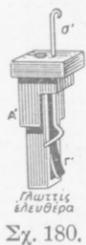


Σχ. 179.

νὰ ἀνυψώσωμεν κατὰ μίαν ὅγδοην τὸν ἥχον σωλῆνος, βραχύνοντες αὐτὸν κατὰ τὸ ἥμισυ.

β) Κλειστὸς σωλὴν δίδει τὸν αὐτὸν θεμελιώδη ἥχον, τὸν δποῖον καὶ σωλὴν ἀνοικτὸς διπλασίου μήκους. Τὸν νόμον τοῦτον δυνάμεθα νὰ διατυπώσωμεν καὶ ὡς ἔξῆς: 'Ο θεμελιώδης ἥχος πλειστοῦ σωλῆνος εἶναι κατὰ μίαν ὅγδοην βαρύτερος τοῦ θεμελιώδους ἥχον σωλῆνος ἀνοικτοῦ, τοῦ αὐτοῦ μήκους. Διὰ νὰ ἀποδείξωμεν τὸν νόμον τοῦτον, κάμνομεν ἀνοικτὸν σωλῆνα νὰ ἀποδώσῃ τὸν θεμελιώδη ἥχον· ἐὰν κατόπιν κλείσωμεν διὰ σανίδος τὸ ἄκρον αὐτοῦ, θὰ ἀκούσωμεν ἥχον κατὰ μίαν ὅγδοην βαρύτερον.

266. *Ἐπιστόμιον μετὰ γλωττίδος.*—Εἰς ἥχητικὸν σωλῆνα, αἱ περιοδικαὶ ἔξοδοι τοῦ ρεύματος τοῦ ἀέρος ἐντὸς δύνανται νὰ γίνωνται διὰ τῶν παλμικῶν κινήσεων ἔλαστικοῦ ἐλάσματος, τὸ δποῖον καλεῖται **γλωττίς**. 'Ο σωλὴν ἐνισχύει ἕνα τῶν ἥχων τοῦ ἐλάσματος τούτου.



Σχ. 180.

Ἐλευθέρα γλωττίς. Εἰς τὸν σωλῆνας τῶν πνευστῶν ὅργανων, ἡ γλωττὶς τοποθετεῖται εἰς τὸ ἀνώτερον μέρος τοῦ σωλῆνος. 'Ο σωλὴν, στερεωμένος διὰ τοῦ ποδός του ἐπὶ φυσητηρίου, κλείεται ἀνωθεν διὰ ἔυλίνου πρισματικοῦ κιβωτίου, τὸ δποῖον εἰσάγεται ἐντὸς τοῦ σωλῆνος.

'Η ἐντὸς τοῦ σωλῆνος κοίλη προέκτασις τοῦ κιβωτίου τούτου φέρει πλαγίως ὅρθιογώνιον ύμνοιδα ἐπιμήκη, ἐντὸς τῆς δποίας κινεῖται λεπτὸν ἔλασμα Γ ἐξ ὀρυχάλκου (σχ. 180). Τὸ ἔλασμα τοῦτο εἶναι προστηλωμένον διὰ τοῦ ἀνωτέρου ἄκρου του εἰς μίαν τῶν μικρῶν πλευρῶν τῆς ύμνοιδος. 'Η γλωττὶς Γ' καλεῖται **ἐλευθέρα**, διότι πάλλεται ἐλευθέρως καὶ ἀπὸ τὰ δύο μέρη τῆς ύμνοιδος, χωρὶς νὰ ἐφάπτηται τῶν χειλέων αὐτῆς. 'Ο ἀρρέν τοῦ φυσητηρίου φθάνει διὰ τοῦ σωλῆνος, ὥθει τὸ ἔλασμα ποδὸς τὰ ἔσω τοῦ κιβωτίου, οὕτω δὲ διέρχεται ἐλευθέρως καὶ ἐκφεύγει διὰ τῆς δπῆς Ο τοῦ καλύμματος. Λόγῳ τῆς ἐλαστικότητος του τὸ ἔλασμα ἐπανέρχεται εἰς τὴν θέσιν τῆς ἰσορροπίας του, τὴν ὑπερβαίνει καὶ πάλλεται ἐγκαρδίως ἀνοίγον καὶ κλείσον τὴν ύμνοιδα. Τοιουτορόπως παραγόνται παλμικαὶ κινήσεις εἰς τὸν ἀέρα, ἐπομένως καὶ ἥχος, τοῦ δποίου τὸ ὑψος ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς ταχύτητος τοῦ ρεύματος τοῦ ἀέρος.

Πλήγττουσα γλωττίς. Εἰς ταύτην (σχ. 181) τὸ ἐλαστικὸν ἔλα-

σμα είναι διάλιγον πλατύτερον τῆς θυρίδος, ἐπομένως πάλλεται μόνον ἐκ τοῦ ἑνὸς μέρους αὐτῆς, πλήττον τὰ χείλη τῆς ὅπῆς. Καὶ εἰς τὰ δύο εἴδη τῶν γλωττίδων καθιστῶμεν τὸν ἥχον δεύτερον ἐλαττοῦντες τὸ μῆκος τοῦ παλλομένου μέρους αὐτῆς διὰ τοῦ στελέχους σ.

ΠΑΛΜΟΙ ΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

267. Τὰ ἐλαστικὰ στερεὰ σώματα σχηματίζουν πολλὰς διμάδας παλλομένων σωμάτων :

α) Σώματα, τῶν ὅποιων τὸ μῆκος είναι μέγα σχετικῶς πρὸς τὸ πλάτος καὶ τὸ πάχος· τοιαῦτα είναι 1) ράβδοι (ἄκαμπτοι), 2) χορδαὶ (εὔκαμπτοι).

β) Σώματα, τῶν ὅποιων τὸ πάχος είναι πολὺ μικρὸν ἐν σχέσει πρὸς τὸ μῆκος καὶ πλάτος, τοιαῦτα είναι 1) πλάκες (ἄκαμπτοι), 2) μεμβρᾶναι (εὔκαμπτοι).

γ) Σώματα οἷου δήποτε σχήματος: κώδωνες, κύμβαλα κτλ.

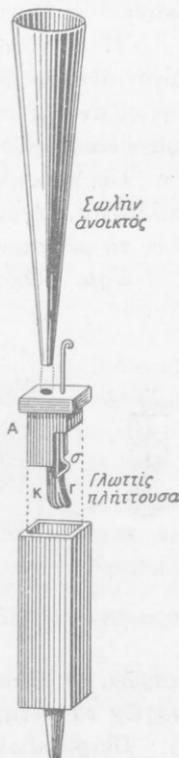
Ἐκ τούτων θὰ ἔξετάσωμεν τὰς χορδάς.

268. *Ἐγκάρσιοι παλμοὶ τῶν χορδῶν.*— Αἱ ἥχητικαὶ χορδαὶ είναι νήματα ἔξι ἐντέρου ἢ ἐκ μετάλλου, προσηλωμένα κατὰ τὰ δύο ἄκρα των καὶ τεταμένα. Ἐὰν τοιαύτην χορδὴν ἔλξωμεν καθέτως πρὸς τὸ μῆκός της καὶ τὴν ἀφήσωμεν ἔπειτα ἐλευθέραν, αὕτη πάλλεται ταχέως ἐκατέρωθεν τῆς ἀρχικῆς θέσεως τῆς ισορροπίας της. Αἱ παλμοὶ καὶ αὗται κινήσεις, αἱ κάθετοι πρὸς τὸ μῆκος τῆς χορδῆς λέγονται *ἐγκάρσιοι*.

Νόμοι. Οἱ νόμοι τῶν ἐγκάρσιων παλμῶν τῶν χορδῶν περιλαμβάνονται εἰς τὸν θεωρητικῶς ἔξαγόμενον τύπον :

$$N = \frac{1}{2a.\mu} \sqrt{\frac{Mg}{\pi\delta}}$$

ἔνθα N ὁ ἀριθμὸς τῶν κατὰ δευτερόλεπτον πλήρων παλμικῶν κινήσεων χορδῆς κυλινδρικῆς, ἡ ὅποια πάλλεται καθ' ὅλον τὸ μῆκός της



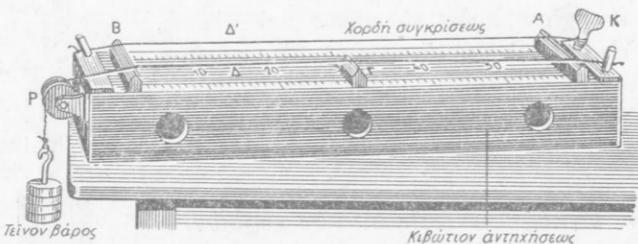
Σχ. 181.

καὶ ἀποδίδει οὕτω τὸν βαρύτατον ἥχον (θεμελιώδη), Μ τὸ τεῖνον βάρος εἰς γραμμάρια (Mg εἰς δύνας), δὴ πυκνότης τῆς χορδῆς, μ τὸ μῆκός της εἰς ἔκατοστόμετρα, α ἥ ἀκτὶς τῆς τομῆς της εἰς ἔκατοστόμετρα.

‘Η συγνότης λοιπὸν τοῦ θεμελιώδους ἥχου μεταβάλλεται κατὰ λόγον ἀντίστροφον πρὸς τὸ μῆκος, τὴν διάμετρον καὶ τὴν τετραγωνικὴν φέζαν τῆς πυκνότητος τῆς χορδῆς, εἴναι δὲ ἀνάλογος πρὸς τὴν τετραγωνικὴν φέζαν τοῦ τείνοντος βάρους.

Τὰ προσηλωμένα ἄκρα τῆς παλλομένης χορδῆς, τὰ δποῖα δὲν πάλλονται, λέγονται **δεσμοί** τὸ δὲ μέσον, ὅπου οἱ παλμοὶ παρουσιάζουν τὸ μέγιστον αὐτῶν πλάτος, λέγονται **κοιλίαι**.

Σημ. ‘Οποιοσδήποτε καὶ ἀν εἴναι ὁ ἀριθμὸς τῶν ἐνδιαμέσων



Σχ. 182.

δεσμῶν, τὸ μῆκος μ τῆς χορδῆς περιλαμβάνει κατ’ ἀκέραιον ἀριθμὸν φορῶν τὸ μεταξὺ δύο δεσμῶν διάστημα.

Πειραματικὴ ἐπαλήθευσις. **Ἡχόμετρον.** — ‘Η πειραματικὴ ἐπαλήθευσις γίνεται διὰ τοῦ ἡχομέτρου.

Τὸ ἡχόμετρον εἴναι μακρὸν ὁρθογώνιον κιβώτιον (σχ. 182) ἐκ ξύλου ἐλάτης, προωρισμένον νὰ ἐνισχύῃ τοὺς ἥχους. Ἐπὶ τῆς ἀνωτέρας ἔδρας αὐτοῦ εἴναι προσηλωμένα δύο τριγωνικὰ ἔγκλινα ὑποστηρίγματα Α καὶ Β, αἱ ἀκμαὶ τῶν δποίων εἴναι παράλληλοι καὶ ἀπέχουν ἐν μέτρον ἀπ’ ἀλλήλων. Ἐπὶ τῶν ἀκμῶν τείνονται δύο χορδαί, τῶν δποίων τὸ ἐν ἄκρον προσδένεται στερεῶς· κατὰ τὸ ἔτερον ἄκρον ἥ μία τῶν χορδῶν, ἥτις εἴναι σταθερά, περιτυλίσσεται ἐπὶ ἀξονος, τὸν δποῖον δυνάμεθα νὰ στρέψωμεν διὰ κλειδὸς Κ ἵνα μεταβάλλωμεν τὴν τάσιν αὐτῆς. Ἡ

ἄλλη χορδή, ἥτις εἶναι μεταβλητή, διέρχεται διὰ τῆς αὐλακος τροχαλίας καὶ φέρει ἔξηρημένον εἰς τὸ ἄκρον της βάρος, τὸ δόποιον τὴν διατηρεῖ τεταμένην. Μεταξὺ τῶν δύο σταθερῶν ἀκμῶν Α καὶ Β δύναται νὰ δὲισθαίνῃ ὑπὸ τὴν χορδὴν ταύτην κινητὸν ὑποστήριγμα Γ κατὰ μῆκος κανόνος διηρημένου εἰς ἔκατοστὰ τοῦ μέτρου. Διὰ τοῦ ὑποστήριγματος τούτου μεταβάλλομεν τὸ παλλόμενον μῆκος τῆς μεταβλητῆς χορδῆς. Τὰς ἐγκαρδίας παλμικὰς κινήσεις τῆς χορδῆς προκαλοῦμεν εἴτε ἀπομακρύνοντες αὐτὴν ἐκ τῆς θέσεως τῆς ἴσορροπίας διὰ τοῦ δακτύλου καὶ ἀφήνοντες ἔπειτα ἐλευθέραν, εἴτε προστρίβοντες ταύτην καθέτως πρὸς τὸ μῆκος της 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 κλειδὸς Κ τὴν σταθερὰν χορδὴν, θέτομεν αὐτὴν εἰς διμοφωνίαν μετὰ τῆς μεταβλητῆς. Συνεπῶς αὕτη διατηρεῖ, διὰ τὴν σύγκρισιν, τὸν ἥχον τῆς μεταβλητῆς χορδῆς παλλομένης ἐξ ὀλοκλήρου.

Φέρομεν κατόπιν τὸ ὑποστήριγμα Γ εἰς τὸ μέσον τῆς μεταβλητῆς χορδῆς. Θέτοντες εἰς παλμικὴν κίνησιν τὸ ἐν ἡμισυ τῆς χορδῆς ταύτης, παρατηροῦμεν ὅτι τὸ ὑψος τοῦ ἀποδιδούμενου ἥχου εἶναι διπλάσιον τοῦ ὑψούς τοῦ ὑπὸ ὀλοκλήρου τῆς χορδῆς ἀποδιδούμενου ἥχου, τὸν δόποιον μᾶς παρέχει ἡ σταθερὰ χορδή. Φέρομεν κατόπιν τὸ ὑποστήριγμα εἰς τὸ $\frac{1}{3}$ τῆς χορδῆς καὶ θέτοντες αὐτὸν εἰς παλμικὴν κίνησιν, παρατηροῦμεν ὅτι νῦν τὸ ὑψος τοῦ ἀποδιδούμενου ἥχου εἶναι τριπλάσιον τοῦ ὑψούς τοῦ ἥχου τοῦ ὑπὸ ὀλοκλήρου τῆς χορδῆς ἀποδιδούμενου. **Ἄρα τὸν μήκον τῆς χορδῆς ὑποδιπλασιασθέντος, ὑποτριπλασιασθέντος κτλ. τὸ ὑψος τοῦ ἥχου, καὶ συνεπῶς ἡ συχνότης αὐτοῦ, διπλασιάζεται, τριπλασιάζεται.**

β) **Νόμος τῶν διαμέτρων.** Τείνομεν ἐπὶ τοῦ ἥχομέτρου δύο χορδὰς διμοίας, ὃν ἡ μία ἔχει διάμετρον διπλασίαν τῆς διαμέτρου τῆς ἄλλης. Παρατηροῦμεν τότε, ὅτι ἡ λεπτοτέρα χορδὴ δίδει ἥχον, τοῦ δόποιον τὸ ὑψος εἶναι διπλάσιον τοῦ ὑψούς τοῦ ἥχου τῆς ἄλλης. **Ἡτοι τῆς διαμέτρου τῆς χορδῆς ὑποδιπλασιασθείσης, τὸ ὑψος τοῦ ἥχου διπλασιάζεται.**

γ) **Νόμος τῶν βαρῶν.** Τείνομεν τὴν μεταβλητὴν χορδὴν διὰ βά-

ρους ἐνδὸς χιλιογράμμου. Θέτομεν κατόπιν αὐτὴν εἰς παλμικὴν κίνησιν καὶ σημειώνομεν τὸ ὑψος τοῦ ἀποδιδομένου ἥχου, θέτοντες ἐν διμοφωνίᾳ μετ' αὐτῆς τὴν σταθερὰν χορδὴν.² Εάν κατόπιν τὴν αὐτὴν χορδὴν τείνωμεν διὰ βάρους 4 χιλιογράμμων, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι τὸ ὑψος τοῦ ἀποδιδομένου τότε ἥχου εἶναι διπλάσιον τοῦ ὑψους τοῦ ἀποδιδομένου ὑπὸ τῆς σταθερᾶς χορδῆς.³ Αρα τοῦ τείνοντος βάρους τετραπλασιασθέντος, τὸ ὑψος τοῦ ἥχου ἐγένετο διπλάσιον, δηλ. ἀνάλογον πρὸς τὴν τετραγωνικὴν φύσιν τοῦ 4.

δ) Νόμος τῶν πυκνοτήτων. — Τείνομεν ἐπὶ τοῦ ἥχομέτρου διὰ τῶν αὐτῶν βαρῶν, δύο διμοίας χορδάς, ἀλλ᾽ ἐκ δύο διαφόρων μετάλλων, τῶν διοιών αἱ πυκνότητες νὰ εἶναι ὡς ὁ 4 πρὸς τὸν 1. Πειραματιζόμενοι ὡς ἀνωτέρῳ ἀποδεικνύομεν, ὅτι τὸ ἀραιότερον σύρμα ἀποδίδει ἥχον ὑψους διπλασίου τοῦ ὑψους τοῦ ἥχου τοῦ ἀποδιδομένου ὑπὸ τοῦ πυκνοτέρου. Ήτοι τὸ ὑψος τοῦ ἥχου ἐγένετο διπλάσιον, σταν ἡ πυκνότης χορδῆς ἐγένετο ὑποτετραπλασία, δηλ. μεταβάλλεται κατὰ λόγον ἀντίστροφον πρὸς τὴν τετραγωνικὴν φύσιν τῆς πυκνότητος.

⁴ Αριθμητικὴ ἐφαρμογὴ. Νὰ εὑρεθῇ τὸ ὑψος τοῦ ἥχου τοῦ ἀποδιδομένου ὑπὸ χορδῆς ἐκ κάλυβος, πυκνότητος 7,8, ἔχούσης μῆκος ἐνδὸς μέτρου, διάμετρον ἐνδὸς χιλιοστοῦ τοῦ μέτρου καὶ τεινομένης ὑπὸ βάρους 42,54 κγρ.

Έχομεν $\alpha = 0,05$ ἐκ. $\mu = 100$ ἐκ. $M = 42540$ γρ. $g = 981$ π = 3,1416 δ = 7,8. Αντικαθιστῶντες εἰς τὸν τύπον

$$N = \frac{1}{2\alpha\mu} \sqrt{\frac{Mg}{\pi\delta}}, \quad \text{ἔχομεν}$$

$$N = \frac{1}{2.0,05.100} \sqrt{\frac{42540.981}{3,1416.7,8}}, \quad \text{εἰς ᾧ} \quad N = 130,5.$$

Προβλήματα

1ον. Δύο χορδαὶ μεταλλικαὶ, ἐκ τῆς αὐτῆς οὐσίας καὶ τοῦ αὐτοῦ πάχους, ἔχουν μήκη 1 μ. καὶ 1,20 μετρ. Ποία πρόπει νὰ εἶναι ἡ σχέσις τῶν τάσεων αὐτῶν, ἵνα ἡ βραχυτέρα δώσῃ ἀριθμὸν παλμικῶν κινήσεων, διτις πρὸς τὸν τῆς ἄλλης νὰ ἔχῃ λόγον 3 : 2;

Σον. Λύο χορδαὶ ἵσοιμήκεις καὶ ἴσοπαχεῖς, ἡ μὲν ἐκ σιδήρου, ἡ δὲ ἐκ λευκοχρόύσου, τεινόμεναι δι’ ὅσων βαρῶν πραδάνονται. *Ἄν* ἡ ἐκ σιδήρου χορδὴ ἑκτελῇ 880 παλμικὰς κινήσεις κατὰ δευτερόλεπτον, ποῖος δ ἀριθμὸς τῶν παλμικῶν κινήσεων, τὰς δποίας ἡ ἐκ λευκοχρόύσου θὰ ἑκτελέσῃ εἰς τὸν αὐτὸν χρόνον; *Εἰδ.* βάρ. σιδήρου 7,7, λευκοχρόύσου 21,2.

Ξον. Χορδὴ ἐκ χάλυβος, μήκους μ μέτρων καὶ χορδὴ ἐκ χαλκοῦ τοῦ αὐτοῦ μήκους, παρέχονται τὸν αὐτὸν ἥχον παλλόμεναι ἔγκαροίως. *Ἄντικαθιστῶμεν* τὴν ἐκ χαλκοῦ χορδὴν διὰ χορδῆς ἐκ λευκοχρόύσου, τοῦ αὐτοῦ μήκους καὶ τῆς αὐτῆς τομῆς, χωρὶς νὰ ἀλλάξωμεν τὴν τάσιν. Νὰ ενδρεθῇ τὸ μῆκος, τὸ δποῖον πρέπει νὰ δώσωμεν εἰς τὴν ἐκ χάλυβος χορδήν, ἵνα αὕτη ἀποδίδῃ ἥχον ὕψους διπλασίου τοῦ ὕψους τοῦ ἥχου τοῦ ἀποδιδομένου ὑπὸ τῆς ἐκ λευκοχρόύσου χορδῆς. *Εἰδ.* βάρος λευκοχρόύσου 21,2, χαλκοῦ 8,8.

ΣΥΝΗΧΗΣΙΣ "Η ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ

269. Αἱ περιοδικαὶ κινήσεις σώματος, τὸ δποῖον δύναται νὰ τεθῇ εἰς παλμικὴν κίνησιν, εἶναι δυνατὸν νὰ προκληθοῦν ὑπὸ τῆς παρουσίας ἄλλου σώματος, τὸ δποῖον πάλλεται περιοδικῶς.

Ἡ πρόκλησις αὕτη τῶν παλμικῶν κινήσεων ἔξασκεῖται διὰ τοῦ ἐλαστικοῦ μέσου, ἐντὸς τοῦ δποίου ενδύσκονται τὰ δύο σώματα, ἢ διὰ τῆς μεσολαβήσεως κοινοῦ ἐλαστικοῦ ὑποστηρίγματος καὶ καλεῖται *συντονισμός* ἢ *συνήχησις*.

Οὕτω π. χ. ἐκ τεταμένου νήματος ἔξαρτῶμεν δύο ἐκκρεμῆ τοῦ αὐτοῦ μήκους καὶ συνεπῶς τῆς αὐτῆς περιόδου καὶ θέτομεν τὸ ἐν ἔξ αὐτῶν εἰς αἰώρησιν. Παρατηροῦμεν μετ' ὀλίγον, ὅτι καὶ τὸ ἄλλο ἐκκρεμὲς τίθεται εἰς αἰώρησιν ὑπὸ πλάτος, τὸ δποῖον ὀλίγον κατ' ὀλίγον αὐξάνεται. Αἱ περιοδικαὶ λοιπὸν κινήσεις τοῦ πρώτου ἐκκρεμοῦς (διεγέρτου), μετεδόθησαν εἰς τὸ δεύτερον ἐκκρεμές (δέκτην) διὰ τοῦ νήματος καὶ τοῦ ἀέρος.

Αἱ αἰώρησις τοῦ δέκτου διατηροῦνται, ἐὰν αἱ ίδιαιτεραι περίοδοι τῶν δύο σωμάτων (δηλ. αἱ περίοδοί των δταν ἔκαστον τούτων αἰώρηται ἀνεξαρτήτως ταῦ ἄλλου) εἶναι ἵσαι ἢ διαφέρουν ὀλίγον.

Ἔὰν δμως ἡ περίοδος τῆς παλμικῆς κινήσεως τοῦ δέκτου διαφέρῃ

πολὺ ἀπὸ τὴν περίοδον τῆς κινήσεως τοῦ διεγέρτου, δὲν συμβαίνει συντονισμός. Οὕτω εἰς τὸ ἀνωτέρῳ παράδειγμα, ἐὰν αἱ Ἰδιαίτεραι περίοδοι τῶν δύο ἐκκρεμῶν (δηλ. τὰ μήκη των) διαφέρουν δλίγον, αἱ ἀμοιβαῖαι ἀντιδράσεις των τὰς ἔξισώνουν τελείως. ⁷ Εὰν δημος αἱ περίοδοι των διαφέρουν πολύ, δὲν γίνεται μετάδοσις τῆς παλμικῆς κινήσεως.

⁸ Ανάλογα παραδείγματα μηχανικοῦ συντονισμοῦ, ὅφειλομένου εἰς συγχρόνους ὕσεις, παρέχονται ὑπὸ κοινῶν συνθέτων ἐκκρεμῶν, π.χ. αἱώρας ἢ κώδωνος. ⁹ Αφοῦ ὡμήσωμεν πρὸς τὰ ἐμπρὸς αἱώραν, ἐνισχύομεν τὸ πλάτος τῆς αἰωρήσεως διὰ διαδοχικῶν ὕσεων τῆς αὐτῆς φορᾶς κατὰ χρονικὰ διαστήματα ἵσα πρὸς τὴν περίοδον τῆς κινήσεως τῆς αἱώρας.

Παρόμοια φαινόμενα παρουσιάζονται καὶ εἰς τὴν ¹⁰ Ακουστικήν. Οὕτω π.χ. ἐὰν ἀνεγέρωμεν τὸ κάλυμμα κλειδοκυμβάλου καὶ ἀνυψώσωμεν τὸ πιεζόν τὰς χορδὰς ὅργανον, ἵνα δύνανται αὔται νὰ πάλλωνται ἐλευθέρως, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι πᾶς ἥχος παραγόμενος πλησίον τῶν χορδῶν καὶ διατηρούμενος ἐπὶ χρόνον ἀρκετόν, προκαλεῖ διὰ συντονισμοῦ τὴν παλμικὴν κίνησιν χορδῆς, ἀποδιδούσης τὸν αὐτὸν ἥχον ἢ ἔνα τῶν ἀρμονικῶν του.

¹¹ Επίσης, ἐὰν πλησίον διαπασῶν ὥρεμοῦντος θέσωμεν ἄλλο διαπασῶν τῆς αὐτῆς περιόδου, ἥχον, παρατηροῦμεν, ὅτι καὶ τὸ πρῶτον ἀρκεται ἥχον. ¹² Εὰν σταματήσωμεν διὰ τῆς χειρὸς τὴν παλμικὴν κίνησιν τοῦ δευτέρου, δ ἥχος τοῦ πρώτου συνεχίζεται μόνος καὶ ἀκούεται εὐκρινῶς, ἐὰν πλησιάσωμεν τὸ οὗς εἰς αὐτό.

¹³ Εκ τῶν ἀνωτέρω συνάγομεν ὅτι, ἐὰν πλησίον ἥχογόνου σώματος, τὸ ὅποιον δύναται νὰ ἀποδώσῃ ὠρισμένους ἥχους, παραγάγωμεν ἔνα ἐκ τῶν ἥχων τούτων, τὸ ἥχογόνον σῶμα τίθεται εἰς παλμικὴν κίνησιν, ἐνισχύον οὕτω τὸν διεγέροντα αὐτὸν ἥχον. Τὸ σῶμα τοῦτο, τὸ ὅποιον ἐνισχύει τὸν διεγέροντα ἥχον, καλεῖται *ἥχειον*. ¹⁴ Η ἐνίσχυσις εἶναι ἐντονωτάτη, ὅταν ὁ θεμελιώδης ἥχος τοῦ ἥχείου εἴναι τοῦ αὐτοῦ ὕψους πρὸς τὸν διεγέροντα ἥχον. Οὕτω ὁ ἀσθενής ἥχος διαπασῶν ἐνισχύεται σημαντικῶς, ἐὰν τὸ διαπασῶν τεθῇ ἐπὶ ἔντονον κιβωτίου καταλλήλων διαστάσεων, ὥστε ἡ θεμελιώδης συχνότης του νὰ εἴναι ἡ αὐτὴ μὲ τὴν τοῦ διαπασῶν.

Τῶν ἥχείων γίνεται χοῆσις πρὸς ἐνίσχυσιν τοῦ ἥχου εἰς τὰ διάφορα μουσικὰ ὅργανα, π.χ. εἰς τὸ ἥχόμετρον, τὸ βιολίον, τὴν κιθάραν κτλ.

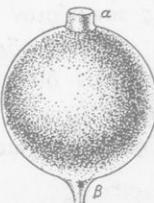
Γ'. ΧΡΟΙΑ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

270. Ἡχοι τοῦ αὐτοῦ ὑψους ἀποδιδόμενοι ὑπὸ διαφόρων δργάνων διακρίνονται διὰ τῆς **χροιᾶς**. Ἡ χροιὰ δοφείλεται εἰς τὴν συγχρόνως μὲ τὸν κύριον ἥχον παραγωγὴν πολλῶν ἐκ τῶν ἀρμονικῶν του.

271. **Ἡχος ἀπλοῦς.** — Ἡχος σύνθετος.—Καλοῦμεν **ἀπλοῦν** τὸν ἥχον, ὅστις ἀντιστοιχεῖ εἰς ἓνα ὠδισμένον ἀριθμὸν παλμῶν κατὰ δευτερόλεπτον· ὁ ἥχος εἶναι ὡς ἐπὶ τὸ πλεῖστον **σύνθετος** καὶ προκύπτει ἐκ τῆς συγχρόνου παραγωγῆς ἀπλῶν ἥχων.

Χορδὴ παλλομένη ἔγκαρσίως δύναται νὰ ἀποδώσῃ **διαδοχιῶς** ἕνα θεμελιώδη ἥχον καὶ τὸν ἀρμονικούς του. Οἱ ἀρμονικοὶ συνυπάρχουν ἄλλως τε μετὰ τοῦ θεμελιώδους ἥχου. Ἐάν π.χ. μία χορδὴ πάλλεται καθ' ὅλον αὐτῆς τὸ μῆκος, διθεμελιώδης ἥχος, ὅστις ἐπικρατεῖ, συνοδεύεται ὑπὸ τῶν ἀρμονικῶν του. **Καθ'** δν **χρόνον** **δηλ.** ἡ χορδὴ πάλλεται **δλόκληρος**, **ὑποδιαιρεῖται** **ἀφ'** **ἐαυτῆς** εἰς 2, 3, 4... **ἴσα τιμήματα**, τὰ δποῖα πάλλονται **συγχρόνως**.

Τὰ διαπασῶν, οἱ σφαιρικοὶ σωλήνες ἀποδίδουν ἥχους **ἀπλοῦς**. Τὸ διαπασῶν ἐκπέμπει ἀπλοῦν ἥχον, διότι οἱ ἀρμονικοί, οἱ συνοδεύοντες τὸν κύριον ἥχον, ἀποσβύνονται τάχιστα. Ἐπίσης σφαιρικὸς σωλὴν ἐνισχύει πρακτικῶς ἕνα ἥχον. Διὰ τὴν ἰδιότητά των ταύτην χρησιμοποιοῦμεν τὰ διαπασῶν καὶ τὸν σφαιρικὸν σωλήνας διὰ τὴν ἀνάλυσιν τῶν ἥχων. Ἐπειδὴ τὰ ὑψη τῶν ὑπὸ διαφόρων σφαιρικῶν σωλήνων ἐνισχυομένων ἥχων μεταβάλλονται κατὰ λόγον ἀντίστροφον πρὸς τὰς ἀκτίνας των, δυνάμεθα νὰ κατασκευάσωμεν σειρὰν σφαιρικῶν σωλήνων, οἱ δποῖοι νὰ ἀποδίδουν ὠρισμένους ἥχους.



Σχ. 183.

272. **Ἀνάλυσις τῶν ἥχων.** — Λιὰ τὴν ἀνάλυσιν τῶν ἥχων, χρησιμοποιοῦμεν κοίλας σφαίρας ἐξ ὑάλου ἢ χαλκοῦ (σχ. 183), αἱ δποῖαι φέρουν δύο ἐκ διαμέτρου ἀντίθετα στόμια, τὸ μὲν ἐν κυλινδρικὸν (**α**), τὸ δὲ ἐτερον κωνικὸν (**β**). Ἐν τοιοῦτον ἥχειον πάλλεται ἴσχυρῶς διὰ συντονισμοῦ, ὅταν δὲ ἥχος, τὸν δποῖον δύναται νὰ ἐνισχύσῃ, παράγεται πρὸς αὐτοῦ. Ὁ παρατηρητής, εἰσάγει τὸ κωνικὸν στόμιον εἰς τὸ ἐν αὐτοῦ οὖς, φροντίζων συγχρόνως νὰ φράξῃ τὸ ἐτερον. Τοιουτορόπως

τὸ οὓς μένει ἀνεπηρέαστον εἰς πάντα ἄλλον ἥχον, πλὴν τοῦ προερχομένου ἐκ τοῦ ἥχείου, δστις καὶ διακρίνεται εὐχρινέστατα.

³ Ήχός τις ἀναγνωρίζεται ὡς ἀπλοῦς, ἐὰν κάμνῃ ἐν μόνον ἥχείον νὰ ἥχήσῃ· ὡς σύνθετος δέ, ἐὰν κάμνῃ νὰ ἥχήσουν περισσότερα ἥχεια.

Ἐάν δύο ὅργανα ἀποδίδουν τὸν αὐτὸν φθόγγον τῆς κλίμακος, ἡ συχνότης των βεβαίως εἶναι ἡ αὐτή, ἀλλ' εἰς τὸν κύριον ἥχον ἐκάστου προστίθενται ἀρμονικοὶ διάφοροι.³ Εάν λοιπὸν κατασκευάσωμεν σειρὰν σφαιρικῶν ἥχειων καταλλήλων διὰ τὸν κύριον φθόγγον καὶ διὰ τοὺς ἀρμονικούς του, ἀναγνωρίζομεν δι³ ἔκαστον ὅργανον τοὺς εἰδικοὺς ἀρμονικούς, οἱ δποῖοι συνοδεύουν τὸν φθόγγον του. Πρὸς τοῦτο εἰσάγομεν διαδοχικῶς εἰς τὸ οὓς τὸ κωνικὸν στόμιον ἐκάστου ἥχείου τῆς σειρᾶς.

³ Ήχός τις φαίνεται τόσον περισσότερον μουσικός, δσον εἶναι πλουσιώτερος εἰς ἀρμονικοὺς μικρᾶς ἐντάσεως, οἱ δποῖοι προστίθενται εἰς τὸν κύριον ἥχον.

Φύσις τῆς χροιᾶς.—Δύο ἥχοι τοῦ αὐτοῦ ὑψους διακρίνονται ἀπ³ ἀλλήλων διὰ τῶν ἀρμονικῶν, οἱ δποῖοι προστίθενται εἰς τὸν ἐπικρατοῦντα ἥχον· ἡ συγχώνευσις τῶν αἰσθημάτων τῶν δφειλομένων εἰς τὸν κύριον ἥχον καὶ τοὺς προσθέτους ἀρμονικοὺς παράγει τὴν χροιάν (*).

ΦΩΝΟΓΡΑΦΟΣ

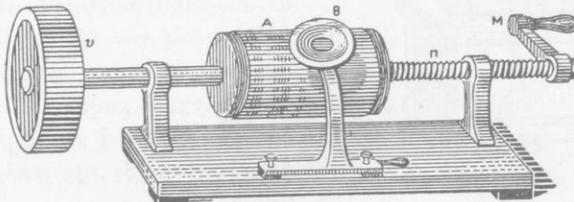
273. ³Ο φωνογράφος εἶναι συσκευή, ἡ δποία ἀποδεικνύει ἀναμφισβήτητως τὴν φύσιν τοῦ ἥχου. Πράγματι, χρησιμεύει α) διὰ τὴν ἐγγοραφὴν μιᾶς παλμικῆς κινήσεως ἐπὶ κυλίνδρου ἐκ κηροῦ, β) διὰ τὴν ἀναπαραγωγὴν τῆς παλμικῆς ταύτης κινήσεως τῇ βιοηθείᾳ λεπτοτάτου ἐλάσματος, τὸ δποῖον ἀποδίδει τοὺς ἥχους τοὺς ἐκπεμφθέντας κατὰ τὴν πρώτην περίπτωσιν.

³Ο φωνογράφος συνίσταται κυρίως ἐκ κυλίνδρου δρειχαλκίνου (σχ. 184), δστις διαπερᾶται ὑπὸ ἀξονος Π φέροντος βῆμα ἔλικος. Διὰ τῆς ἔλικος δ κύλινδρος στρεφόμενος ἵσταχῶς περὶ τὸν ἀξονά του μετατίθεται συγχρόνως ἵσταχῶς πρὸς τὰ πρόσω καὶ δρίζοντίως. ³Επὶ τοῦ κυλίνδρου ἐφαρμόζεται στρῶμα ἐκ σκληροῦ κηροῦ τελείως λείου.

(*) Η χροιά τῆς ἀνθρωπίνης φωνῆς δφείλεται εἰς συνοδείαν ἀρμονικῶν, παραγομένων ὑπὸ τῆς συνηχήσεως τοῦ ἀέρος τοῦ περιεχομένου εἰς τὰς κοιλότητας τοῦ στόματος, τῆς φινὸς καὶ τοῦ λάρυγγος.

⁹ Επὶ τῆς κυρτῆς ἐπιφανείας τοῦ κυλίνδρου στηρίζεται δέξεια ἀκίς, ἣτις εἶναι προσηρμοσμένη καθέτως εἰς τὸ μέσον ἐλάσματος σχηματίζοντος τὸν πυθμένα κωνικοῦ ὅλμου B.

“Οταν δὲ κύλινδρος στρέφεται, ἡ ἀκίς χαράσσει ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ κυλίνδρου κανονικὴν ἑλικοειδῆ αὐλακα, σταθεροῦ βάθους. (Τὸ βῆμα τοῦ αὐλακος ταύτης εἶναι ἵσον μὲ τὸ βῆμα τῆς ἑλικος τοῦ ἀξονος). Ἀλλ' ἐὰν ἐνώπιον τοῦ ὅλμου παράγεται ἥχος τις, ἐνῷ δὲ κύλινδρος στρέφεται, τὸ ἔλασμα τίθεται εἰς παλμικὴν κίνησιν, τὴν δποίαν μεταδίδει εἰς τὴν ἀκίδα. Ἡ ἀκίς τότε χαράσσει ἐπὶ τοῦ κηροῦ πολυπλό-



Σχ. 184.

κους ἑλιγμούς, τῶν δποίων τὸ βάθος, δὲ ἀριθμὸς καὶ ἡ μορφὴ ἀντιστοιχοῦ εἰς τὴν ἔντασιν, τὸ ὑψος καὶ τὴν χροιὰν τοῦ ἐνεργήσαντος ἥχου.

Διὰ τὴν ἀναπαραγωγὴν τῶν ἐγγραφέντων ἥχων ἀρκεῖ νὰ ἐπαναφέρωμεν τὴν ἀκίδα εἰς τὸ σημεῖον τῆς ἀναχωρήσεως καὶ νὰ θέσωμεν εἰς κίνησιν τὸν κύλινδρον κατὰ τὴν αὐτὴν φορὰν καθ' ἥν καὶ ἀρχικῶς. Ἡ ἀκίς ἀκολουθεῖ τότε τὸν πυθμένα τῆς ἐπὶ τοῦ κηροῦ ἐγγραφείσης κοίλης αὐλακος. Ἡ αὐλαξ ἀντιδοῦ ἐπὶ τῆς ἀκίδος καὶ τὴν ἀναγκάζει νὰ ἔκτελῃ τὰς κινήσεις τῆς ἐγγραφῆς μὲ ὅλας τὰς λεπτομερείας των. Αἱ κινήσεις αὗται μεταδίδονται εἰς τὸ ἔλασμα. Τοῦτο δὲ τότε ἔκτελεῖ τὰς αὐτὰς παλμικὰς κινήσεις, τὰς δποίας προηγουμένως μετέδωκεν εἰς αὐτὸ δ ἥχος, δι' οὗ ἐχαράχθη ἡ αὐλαξ. Αἱ παλμικαὶ κινήσεις μεταδιδόμεναι εἰς τὸν ἀέρα ἀναπαράγονταν τὸν ἀρχικὸν ἥχον μετὰ τῆς χροιᾶς του. Πρὸς ἐνίσχυσιν δὲ τοῦ παραγομένου ἥχου, τοποθετεῖται ἐπὶ τοῦ ὅλμου μεταλλικὸς κῶνος.

“Ο ἀρχικὸς φωνογράφος, ἐφευρεθεὶς ὑπὸ τοῦ Edison, ἐτελειο-

ποιήθη βραδύτερον. Τὸ σχῆμα 185 παριστᾶ συσκευὴν τελειοποιηθεῖσαν, ἡ δόποια ἐκλήθη ὑπὸ τῶν κατασκευαστῶν τῆς γραμμόφωνον καὶ εἰς τὴν δόποιαν ὁ κύλινδρος ἔχει ἀντικατασταθῆ ὑπὸ δίσκου.



Σχ. 185.

Σημ. Ἐὰν διὰ τοῦ φωνογράφου ἐγγράψωμεν τὸν φθόγγον la, παραγόμενον ὑπὸ τοῦ διαπασῶν, καὶ τὸν αὐτὸν φθόγγον παραγόμενον π.χ. ὑπὸ βιολίου, θὰ ἴδωμεν ὅτι αἱ δύο χαραχθεῖσαι αὔλακες παρουσιάζουν εἰς τὸν αὐτὸν χρόνον ἵσον ἀριθμὸν ἐλιγμῶν, ἀλλ᾽ ἡ μορφὴ τῶν ἐλιγμῶν τούτων εἶναι διάφορος. **Συνεπῶς ἡ χροιὰ ἐξαρτᾶται ἐπὶ τῆς μορφῆς τῆς παλμικῆς κινήσεως.**

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Γ'

ΠΑΛΜΙΚΑΙ ΚΙΝΗΣΕΙΣ

274. Κίνησις παλμική.— Κατὰ τὴν κίνησιν ταύτην, ἐν μόριον τοῦ σώματος, τὸ δόποιον ἀπεμακρύνθη ἀπὸ τὴν θέσιν τῆς ἰσορροπίας του, συμπαρασύρει τὰ ἄλλα γειτονικὰ μόρια, μετὰ τῶν δόπιων εἶναι συνδεδεμένον. Ταῦτα ἀντιδροῦν καὶ τὸ ἐπαναφέρουν ποὺς τὴν θέσιν τῆς ἰσορροπίας του. Ἡ ταχύτης, τὴν δόποιαν τοῦτο λαμβάνει κατὰ τὴν κίνησιν τῆς ἐπιστροφῆς του, τὸ ἀναγκάζει νὰ ὑπερβῇ τὴν ἀρχικήν του θέσιν, καὶ τοιουτοτόπως πάλλεται μεταξὺ δύο ἄκρων θέσεων, εὑρισκομένων ἐκατέρωθεν τῆς θέσεως τῆς ἰσορροπίας του.

Τὰς αἰωρήσεις ταύτας λαμβάνομεν, διὸ ἀδροισμα μορίων, ἐὰν μεταθέσωμεν τὸ ἀνώτερον ἄκρον χαλυβδίνου ἐλάσματος, τὸ δόποιον εἶναι προσηλωμένον κατὰ τὸ ἔτερον αὐτοῦ ἄκρον (σχ. 186), καὶ ἀφήσωμεν αὐτὸν κατόπιν ἐλεύθερον. Τὸ ἔλασμα ἐκτελεῖ τότε σειρὰν αἰωρήσεων ἐκατέρωθεν 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'. **Απλὴ 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 αἰώρησεως μορίου παλλομένου εἶναι ἡ μεγίστη ἀπομάκρυνσις αὐτοῦ ἀπὸ τὴν θέσιν τῆς ἰσορροπίας.

Ἐφ' ὅσον αἱ αἰώρησεις παραμένουν πολὺ μικραί, εἶναι ἴσο-χρονοι ἢ ἵσης διαρκείας, καθὼς καὶ αἱ αἰώρησεις ἐκκρεμοῦς, ἀνεξαρτήτως τοῦ πλάτους.

Ἡ κίνησις, ἡ ὁποία ἀναπαράγεται κατὰ ἵσα χρονικὰ διαστήματα, εἶναι κίνησις περιοδική.

Περίοδος Π εἶναι ἡ διάρκεια μιᾶς πλήρους αἰώρησεως καὶ ἴσουται μὲ τὸν χρόνον, ὃστις παρέρχεται μεταξὺ δύο διαδοχικῶν διαβάσεων ἐνὸς μορίου, κατὰ τὴν αὐτὴν φοράν, διὰ τῆς θέσεως τῆς ἰσορροπίας του.

Ημιπερίοδος δὲ εἶναι ἡ διάρκεια μιᾶς ἀπλῆς αἰώρησεως. Σχ. 186.

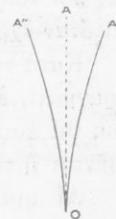
Οἱ ἀριθμὸς Ν τῶν κατὰ δευτερόλεπτον περιόδων εἶναι ἡ συγκότης τῆς παλμικῆς κινήσεως.

Κατὰ τὸν δρισμὸν τοῦτον ἔχομεν $N = \frac{1}{\Pi}$ καὶ $N\Pi = 1$.

ΥΓΡΑ ΚΥΜΑΤΑ

275. Ἐπειδὴ ἡ διάδοσις παλμικῆς κινήσεως ἐντὸς ἑλαστικοῦ μέσου γίνεται διμαλῶς, δυνάμεθα νὰ λάβωμεν ὡς πηράδειγμα τὴν παλμικὴν κίνησιν, ἡ ὁποία παράγεται κατὰ τὴν πτῶσιν λίθου ἐπὶ τοῦ ὄροφος.

Διάδοσις τοῦ ὑγροῦ κύματος. — Ἡ πτῶσις λίθου εἰς ἓν σημεῖον ὑγροῦ ἀκινήτου, παράγει ἀπότομον ταπείνωσιν τοῦ ὑγροῦ. Ἀφοῦ φθάσῃ τοῦτο εἰς ὀρισμένον βάθος, ἐπαναφέρεται πρὸς τὴν ἀρχικὴν τού θέσιν ὑπὸ τῶν πλαγίων συνδέσμων του. Ἔνεκα τῆς κτηθείσης ταχύτητός του ὑπερβαίνει, κατὰ τὴν ἐπιστροφήν του, τὴν ἐλευθέραν ἐπιφάνειαν. Ἀνύψωσις λοιπὸν διαδέχεται τὴν ταπείνωσιν. Τοιουτο-



τρόπως παράγονται παλμικαὶ κινήσεις κατακόρυφοι ἢ παλινδρομικαὶ κατακόρυφοι, ἐκάστη τῶν ὅποιων μεταδίδεται εἰς τὸ περὶ τὸ συγκρουσθὲν σημεῖον ὑγρόν.

Ἐπειδὴ ἡ διάδοσις γίνεται κατὰ τὸν αὐτὸν τρόπον καθ³ ὅλας τὰς διευθύνσεις, ἐκτείνεται περὶ τὸ συγκρουσθὲν σημεῖον κυκλικὴ ταπείνωσις, ἡ ὅποια αὐξάνεται εἰς πλάτος. Τὴν ταπείνωσιν ταύτην διαδέχεται ἀνύψωσις ὁμοίως ἐκτεινομένη. Τοιουτορόπως σχηματίζονται κυκλικαὶ ρυτίδες ἀπὸ κοίλους καὶ κυρτοὺς ὁμοκέντρους δακτυλίους, τὰς ὅποιας ἀκολουθοῦν ἄλλαι, παραγόμεναι ἀπὸ τὰς περιοδικὰς ἀνυψώσεις καὶ ταπεινώσεις τοῦ κέντρου. Αἱ ρυτίδες αὗται διαδίδονται, ἀκόμη καὶ ὅταν ἔχῃ παύσει ἡ κίνησις τοῦ κέντρου.

Κατὰ τὴν διάδοσιν ταύτην δὲν γίνεται μετακίνησις τοῦ ὑγροῦ. Πράγματι, ἐὰν φύωμεν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ φύωματα ξύλου, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι κατὰ τὴν δίοδον τῆς ρυτίδος ταῦτα ἀνυψοῦνται ἡ ταπεινοῦνται κατακορύφως, χωρὶς νὰ μετατίθενται.

Αἱ ρυτίδες μικρὸν κατὰ μικρὸν ἔξαλείφονται, διότι ἡ δύναμις τῶν κεντρικῶν μορίων διασκορπίζεται ἐπὶ περιφερειῶν ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον μεγαλυτέρων. Εἰς ἓν σημεῖον μιᾶς τῶν περιφερειῶν τούτων, ἥτις ἔχει ὡς κέντρον τὸ συγκρουσθὲν σημεῖον χρειάζεται μία ἡμιπερίοδος, ἵνα ἐν 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 στιγμήν, δύο διαδοχικοὶ κοῖλοι δακτύλιοι περιλαμβάνουν μεταξὺ αὐτῶν ἔνα κυρτόν· τὸ σύνολον ἐνὸς κοίλου δακτυλίου καὶ τοῦ κυρτοῦ, δῆτις ἔπειται, σχηματίζει ἐν **κῦμα**.

Ἐπὶ ἀκτῖνος ἀγομένης ἐκ τοῦ κέντρου, ἡ ἀπόστασις εἴτε τῶν ταπεινοτέρων σημείων δύο διαδοχικῶν κοίλων δακτυλίων, εἴτε τῶν ὑψηλοτέρων δύο διαδοχικῶν κυρτῶν, εἶναι τὸ **διάστημα τὸ διανυθὲν ὑπὸ τῆς παλμικῆς κινήσεως κατὰ μίαν περίοδον**. Τὸ διάστημα τοῦτο λ, τὸ ὅποιον καλεῖται **μῆκος κύματος**, μένει σταθερὸν καὶ ὅταν τὸ ὑψός τῶν κατακορύφων ἀνυψώσεων ἔχῃ ἐλαττωθῆ.

Τὸ διάστημα λ, δηλ. τὸ **διάστημα τὸ διανυθόμενον κατὰ τὴν διάρκειαν ἐνὸς παλμοῦ**, εἶναι τὸ γινόμενον τῆς ταχύτητος Τ τῆς διαδόσεως τῆς παλμικῆς κινήσεως ἐπὶ τὴν περίοδον Π, ἥτοι:

$$\lambda = \Pi \cdot T.$$

Π ο ο β λ ή μ α τ α

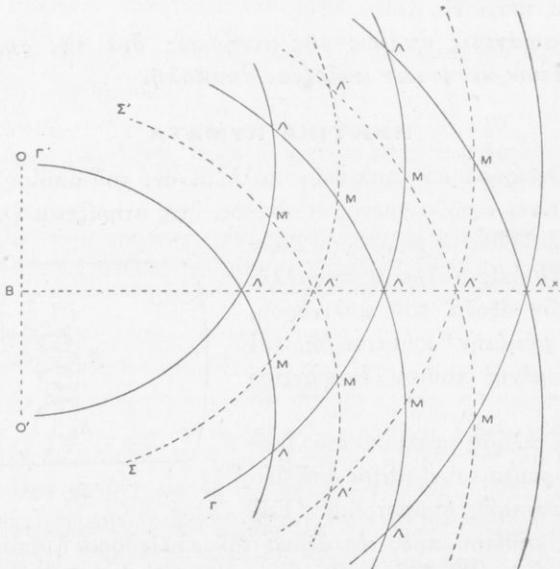
1ον. Ποῖον εἶναι τὸ μῆκος κύματος ἐν τῷ ἀέρι ἥχου, τοῦ δποίου ἡ συχνότης εἶναι 435, τῆς ταχύτητος τῆς διαδόσεως τοῦ ἥχου ἐν τῷ ἀέρι ούσης 331 ὥσης πρὸς μέτρα;

2ον. Ποῖον εἶναι τὸ μῆκος κύματος ἐν τῷ ἀέρι ἥχου, δστις ἀντιστοιχεῖ εἰς 40 παλμικὰς κινήσεις κατὰ δευτερόλεπτον, εἰς θερμοκρασίαν εἰς ἥν ἡ ταχύτης τῆς διαδόσεως ἐν τῷ ἀέρι εἶναι 336 μέτρα;

3ον. Ποῖον εἶναι τὸ μῆκος κύματος εἰς τὸ ὄδωρο τοῦ ἥχου τοῦ προηγούμενου προβλήματος; Ἡ ταχύτης τῆς διαδόσεως τοῦ ἥχου εἰς τὸ ὄδωρο εἶναι 1435 μέτρα εἰς 8°.

ΣΥΜΒΟΛΗ

276. Ἀφήνομεν νὰ πέσουν ἔλευθρώς ἐκ τοῦ αὐτοῦ ὑψους συγχρόνως δύο λίθοι ἰσομεγέθεις εἰς δύο γειτονικὰ σημεῖα Ο καὶ Ο' τῆς



Σχ. 187.

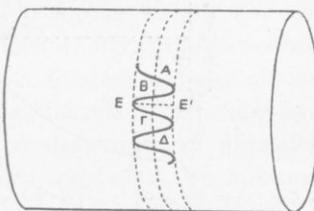
ἐπιφανείας ὑγροῦ εύρισκομένου ἐν ἰσορροπίᾳ. Αἱ κατακόρυφοι παλμικαὶ κινήσεις, αἱ δὲ προκαλοῦνται εἰς τὰ δύο ταῦτα σημεῖα, παράγοντα δύο συστήματα κυκλικῶν κυμάτων, τῶν δποίων κέντρα θὰ εἶναι τὰ σημεῖα Ο καὶ Ο'. Τὰ δύο ταῦτα συστήματα διασταυροῦνται, ἀλλ' ἔκαστον διαδίδεται ἀνεξαρτήτως τοῦ ἄλλου. Εἰς ἔκαστον σημείον τῆς ἐπιφανείας, ἡ κατακόρυφος μετάθεσις τῶν μορίων εἶναι τὸ ἀδροισμα τῶν μεταθέσεων, τὰς δποίας ἔκαστον τῶν κέντρων θὰ παρῆγε κεχωρισμένως. Εἰς δύο σημεῖα Λ ἢ ἶσου ἀπέχοντα ἀπὸ τὰ Ο καὶ Ο' (σχ. 187), δποι ἐν κύρτωμα τοῦ συστήματος τοῦ προερχομένου ἐκ τοῦ Ο συμπίπτει μὲ κύρτωμα τοῦ συστήματος τοῦ προερχομένου ἐκ τοῦ Ο', τὸ ὅδωρ φθάνει εἰς ὑψος διπλάσιον ἀνωμέν της ἀρχικῆς ἐπιφανείας. Εἰς τὰ σημεῖα Λ', δποι συμπίπτουν κοιλώματα τῶν δύο συστημάτων, ἡ κατάπτωσις εἶναι διπλασία. Εἰς τὰ σημεῖα Μ, δποι κοίλωμα τοῦ πρώτου συστήματος συμπίπτει μὲ κύρτωμα τοῦ δευτέρου (ὅπερ συμβαίνει, δταν ἡ διαφορὰ τῶν ἀποστάσεων ΜΟ καὶ ΜΟ' ἵσονται μὲ περιττὸν ἀριθμὸν ἡμι-μηκῶν κύματος), αἱ κινήσεις ἔξαφανίζονται καὶ ἡ ἐπιφάνεια μένει εἰς μέσον ὑψος.

‘Η ἔξαφάνισις κυρίως τῆς κινήσεως διὰ τῆς συμπιώσεως δύο ἀντιθέτων κινήσεων καλεῖται συμβολή.

ΧΧΧΤΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ

277. Θεωρήσωμεν διαπασῶν παλλόμενον, τοῦ δποίου ὁ εἰς τῶν βραχιόνων εἶναι ἐφωδιασμένος δι' ἀκίδος, ἥτις στηρίζεται ἐλαφρῶς ἐπὶ τῆς κυρτῆς ἐπιφανείας κυλίνδρου στρεφομένου. Ἡ ἀκίς πάλλεται παραλλήλως πρὸς τὸν ἀξονα τοῦ κυλίνδρου, γράφουσα γραμμὴν κυματοειδῆ, ἐπὶ τῆς αὐθαλωμένης τούτου ἐπιφανείας (σχ. 188).

Δι' ἓνα πλήρη παλμὸν τοῦ διαπασῶν, ἡ γραμμὴ συνίσταται ἀπὸ δύο ἡμίση κυματισμοῦ συμμετρικά. Ἐπὶ περιφερείας καθέτου πρὸς τὸν ἀξονα τοῦ κυλίνδρου ἡ ἀπόστασις ΑΓ δύο σημείων τῆς γραμμῆς λαμβανομένων κατὰ τὴν αὐτὴν φοράν εἶναι σταθερά, δταν ἡ στροφὴ τοῦ κυλίνδρου εἶναι ὀμαλή.



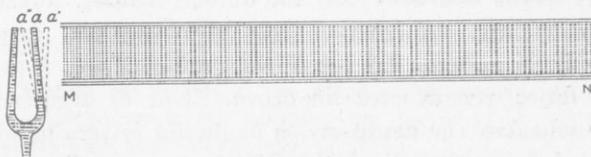
Σχ. 188.

‘Ο χρόνος, δν ἔχοειάσθη δ κύλινδρος διὰ νὰ στραφῇ κατὰ τὸ τόξον ΑΓ, εἶναι μία περίοδος τοῦ διαπασῶν. Ἡ ἀπόστασις ΕΕ' τῶν ἄκρων θέσεων εἶναι τὸ διπλάσιον τοῦ πλάτους. Ὁ ἀριθμὸς τῶν κυματισμῶν, τοὺς δποίους ἔγραψεν εἰς ἐν δευτερόλεπτον, εἶναι ἡ συχνότης. Ἐπειδὴ τὸ διάστημα ΑΓ εἶναι σταθερόν, οἱ παλμοὶ εἶναι ἴσοις.

Ἐὰν ἐπαναλάβωμεν τὸ πείραμα μὲ ἄλλο ἥχογόνον σῶμα, ἡ μορφὴ τῆς γραμμῆς εἶναι διάφορος· μεταβάλλεται μετὰ τῆς χροιᾶς τοῦ ἥχου.

278. Διάδοσις τοῦ ἥχου ἐντὸς κυλινδρικοῦ σωλῆνος. — Ἐὰν θέσωμεν εἰς παλμικὴν κίνησιν ἔλαστικὸν ἔλασμα, παρὰ τὸ στόμιον κυλινδρικοῦ σωλῆνος πλήρους ἀερίου, ἐκάστη τῶν παλινδρομικῶν κινήσεων τοῦ ἔλασματος ἀναπαράγεται βαθμηδὸν ὑπὸ τῶν διαδοχικῶν στρωμάτων τοῦ ἀερίου. Πρόγραμμα, ὡς ἐμάδομεν, μεμβρᾶνα τεταμένη καθέτως πρὸς τὸν ἀξονα τοῦ σωλῆνος εἰς ἐν οἰονδήποτε σημεῖον τῆς τροχιᾶς ἀναπαράγει τὰς παλμικὰς κινήσεις τοῦ ἔλασματος (κατὰ τὸν αὐτὸν ἀριθμὸν κατὰ δευτερόλεπτον, ἀλλὰ μὲ ἐπιβράδυνσιν $\frac{X}{\tau}$, ἐνθα X εἶναι ἡ ἀπόστασίς της ἀπὸ τοῦ στομίου τοῦ σωλῆνος καὶ τὴν ταχύτης τῆς διαδόσεως).

Εἰς πλήρης παλμὸς περιλαμβάνει μίαν μετάβασιν τοῦ ἔλασματος ἐκ τοῦ α'' πρὸς τὸ α' (σχ. 189), διαρκείας μιᾶς ἡμιπεριόδου, καὶ μίαν



Σχ. 189.

μετάβασιν ἐκ τοῦ α' εἰς τὸ α'', τῆς αὐτῆς διαρκείας. Ἡ ταχύτης τοῦ ἔλασματος 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 στρῶμα τοῦ ἀέρος, συμπιέζον αὐτό· τοῦτο μεταθέτει

καὶ συμπιέζει τὸ ἔπόμενον στρῶμα καὶ εἰς μίαν ἡμιπεριόδον ἡ συμπίεσις φθάνει εἰς ἐν ἡμι-μῆκος κύματος. Κατὰ τὴν ἐπιστροφήν του ἐκ τοῦ α' εἰς τὸ α'', τὸ ἔλασμα παρασύρει τὸ πρὸ αὐτοῦ συνεπῶς σχηματίζεται ὅπισθεν τοῦ ἔλασματος μερικὸν κενόν, ἔνεκα τοῦ ὅποίου ὁ ἀλῷ ὅπισθεν αὐτοῦ διαστέλλεται. Ἡ διαστολή, ὅπως καὶ ἡ συμπίεσις, φθάνει ἐν ἡμι-μῆκος κύματος, εἰς μίαν ἡμιπεριόδον. Μία συμπίεσις καὶ μία διαστολὴ παράγουν ἐν πλῆρες ἡχητικὸν κῦμα, μήκους λ. Ἡμίκυμα πεπυκνωμένον δύναται νὰ παραβληθῇ πρὸς τὸ κύρτωμα ὑγροῦ κύματος, ἡμίκυμα δὲ ἡραίωμένον πρὸς τὸ κοίλωμα αὐτοῦ. Ἀλλὰ κατὰ τὴν διάδοσιν τῶν ἡχητικῶν κυμάτων, αἱ **μικραὶ** μεταθέσεις τῶν μορίων τοῦ ἀέρος εἰς τὰ διαδοχικὰ στρῶματα αὐτοῦ γίνονται **κατὰ τὴν φορὰν τῆς διαδόσεως**, ἀντὶ νὰ εἶναι κάθετοι πρὸς αὐτήν, ὅπως εἰς τὰ ὑγρὰ κύματα. Διὰ τὸν λόγον τοῦτον αἱ ἡχητικαὶ κυμάνσεις λέγονται **ἐπιμήκεις**.

279. Διάδοσις εἰς ἀπεριόριστον μέσον.—Εἰς ἀπεριόριστον μέσον, τὸ ὅποῖον ἔχει τὰς αὐτὰς ἴδιοτητας καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις, τὰ σημεῖα τὰ εὑρίσκομενα εἰς τὴν αὐτήν κίνησιν καταλαμβάνουν σφαιρικὰς ἐπιφανείας. Τὸ ἡχητικὸν κῦμα δὲν εἶναι πλέον, ὅπως ἐντὸς σωλῆνος, κυλινδρικὸν στρῶμα πάχους λ., ἀλλὰ σφαιρικὸν στρῶμα πάχους λ., τοῦ ὅποίου κέντρον εἶναι τὸ κέντρον τοῦ κραδασμοῦ.

280. Συμβολὴ ἡχητικῆς.—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 ἀξονος τοῦ σωλῆνος, ἡ μικρὰ μετάθεσις τοῦ ἀέρος γίνεται κατὰ τὸν ὀξονα. Είναι δὲ αὕτη ἐκάστην στιγμὴν διπλασία ἀπὸ τὴν μετάθεσιν, ἡ ὅποια θὰ ἐγίνετο μὲ μίαν μόνον πηγὴν, ἐὰν ἡ διαφορὰ ΣΣ' = ΣΜ - Σ'Μ ἰσοῦται μὲ **ἀριθμὸν ἡμι-μηκῶν κύματος**. Τουναντίον, ἡ μετάθεσις μηδενίζεται, δηλ. γίνεται **συμβολὴ** καὶ ἡρεμία συνεχῆς, ἐὰν ἡ διαφορὰ ΣΣ' = ΣΜ - Σ'Μ ἰσοῦται μὲ **περιττὸν ἀριθμὸν ἡμιμηκῶν κύματος**.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟΝ

ΥΛΗ - ΚΙΝΗΣΙΣ - ΔΥΝΑΜΕΙΣ

ΚΕΦ. Α' — ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΑΙ ΕΝΝΟΙΑΙ

Υλη:	Σελ.
Σώματα: "Επτασις (σ. 6), ἀδιαχώρητον (σ. 6), διαιρετὸν (σ. 6), μόρια καὶ ἄτομα (σ. 7), συμπιεστὸν (σ. 7), ἐλαστικότης (σ. 8)	5
Αἱ τρεῖς καταστάσεις τῶν σωμάτων: Συνοχὴ (σ. 8), στερεὰ κατάστασις (σ. 8), ὑγρὰ κατάστασις (σ. 8), ἀεριώδης κατάστασις (σ. 9), μεταβολὴ τῆς καταστάσεως τῶν σωμάτων (σ. 9)	5-8
Φαινόμενα φυσικὰ καὶ χημικά: Χημικὰ φαινόμενα (σ. 10), φυσικὰ φαινόμενα (σ. 10)	8-9
	10

ΚΕΦ. Β' — ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΕΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

Κινητική: Ἡρεμία καὶ κίνησις (σ. 11), μέτρησις τῶν μηκῶν (σ. 11), ἔννοια τοῦ χρόνου (σ. 12), μέτρησις τοῦ χρόνου (σ. 12), ἀλγεβρικὴ τιμὴ χρονικοῦ διαστήματος (σ. 13)	11-18
Διάφοροι κινήσεις: "Ορισμοί (σ. 13), κίνησις εὐθύγραμμος καὶ κίνησις καμπυλόγραμμος (σ. 13), κίνησις εὐθύγραμμος ὅμαλὴ (σ. 13), ταχύτης καὶ μονάς αὐτῆς (σ. 14), νόμοι καὶ ἔξισώσεις τῆς κινήσεως (σ. 14), γραφικὴ παράστασις τῆς ὅμαλῆς κινήσεως (σ. 15), κίνησις μεταβαλλομένη (σ. 16), κίνησις εὐθύγραμμος, ὅμαλῶς μεταβαλλομένη (σ. 16), ἐπιτάχνησις καὶ μονάς αὐτῆς (σ. 16), ἔξισώσεις τῆς εὐθύγραμμου ὅμαλῶς μεταβαλλομένης κινήσεως (σ. 17), κίνησις καμπυλόγραμμος (σ. 20), κίνησις ὅμαλὴ κυκλικὴ (σ. 20), γωνιώδης ταχύτης (σ. 21), περίοδος καὶ συχνότης (σ. 21), κίνησις περιστροφικὴ (σ. 22)	13-23

Δυνάμεις - Στατική : Άδρανεια τῆς ὅλης (σ. 23), δρισμὸς τῆς δυνάμεως (σ. 24), ὑλικὸν σημεῖον (σ. 24), ταχύτης εἰς δοθεῖσαν στιγμὴν (σ. 24), ἔννοια τῆς μάζης (σ. 25), σύγκρισις τῶν μαζῶν (σ. 25), μονάς μάζης (σ. 25), δρισμὸς τῶν στοιχείων τῆς δυνάμεως (σ. 26), ἔντασις δυνάμεως (σ. 26), μονάς δυνάμεως (σ. 27), περίπτωσις καθ' ἥν αἱ δυνάμεις δὲν παράγουν κίνησιν (σ. 28), δυναμόμετρα (σ. 29), γραφικὴ παράστασις τῶν δυνάμεων (σ. 30), σύνθεσις καὶ ἀνάλυσις δυνάμεων (σ. 30), σύνθεσις δυνάμεων ἐφημοισμένων εἰς τὸ αὐτὸν σημεῖον (σ. 30), εἰδικαὶ περιπτώσεις (σ. 31), ροπαὶ τῶν δυνάμεων (σ. 32), σύνθεσις δυνάμεων παραλλήλων καὶ διμορφῶν (σ. 34), ἀνάλυσις δυνάμεως εἰς δύο ἄλλας παραλλήλους καὶ διμορφόπους (σχ. 35), σύνθεσις δυνάμεων παραλλήλων καὶ ἀντιρρόπων (σ. 35), ζεῦγος (σ. 36), σύνθεσις πολλῶν παραλλήλων καὶ διμορφῶν δυνάμεων (σ. 37), σύνθεσις πολλῶν δυνάμεων παραλλήλων καὶ μὴ διμορφῶν (σ. 37), κέντρον πολλῶν παραλλήλων δυνάμεων (σ. 38)

23-39

Δυναμική : Μηχανικὸν ἔργον δυνάμεως σταθερᾶς πατὰ μέγεθος καὶ διεύθυνσιν (σ. 39), μονάδες ἔργου (σ. 40), κινητήριον καὶ ἀνθετάμενον ἔργον (σ. 40), ἴσχυς κινητήρος (σ. 41), ἐνέργεια (σ. 42)

39-44

Κεντροδομός καὶ φυγόκεντρος δύναμις : Τιμὴ τῆς κεντροδομόλου δυνάμεως (σ. 44), ἔκφρασις τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως (σ. 45), νόμοι (σ. 45), πειραματικαὶ ἀποδείξεις (σ. 46), φαινόμενα ἐξηγούμενα διὰ τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως (σ. 49)

44-49

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΝ

ΒΑΡΥΤΗΣ

ΚΕΦ. Α'—ΓΕΝΙΚΑΙ ΕΝΝΟΙΑΙ ΕΠΙ ΤΗΣ ΒΑΡΥΤΗΤΟΣ

Βαρύτης : Διεύθυνσις τῆς βαρύτητος (σ. 50), ἔντασις τῆς βαρύτητος (σ. 52), κέντρον τοῦ βάρους (σ. 52), συνθήκη ἴσορροπίας τῶν στερεῶν σωμάτων (σ. 53), σώματα κινητά περὶ δριζόντιον ἄξονα (σ. 53), στερεὸν σῶμα κινητόν περὶ σημεῖον (σ. 54), σώματα στηριζόμενα ἐπὶ δριζοντίου ἐπιπέδου δι' ἐνὸς σημείου (σ. 55), σώματα στηριζόμενα διὰ βάσεως ἐπὶ δριζοντίου ἐπιπέδου (σ. 56)

50-56

ΚΕΦ. Β' (*) — ΝΟΜΟΙ ΤΗΣ ΠΤΩΣΕΩΣ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

Νόμοι : Πειραματική ἀπόδειξις (σ. 57), κεκλιμένον ἐπίπεδον (σ. 60). μηχανή τοῦ Atwood (σ. 61), προσδιορισμὸς τοῦ g (σ. 64)	56-65 <i>Σελ.</i>
--	----------------------

ΚΕΦ. Γ' () — ΕΚΚΡΕΜΕΣ**

Αιώρησις : Διάρκεια τῆς αιωρήσεως (σ. 67), νόμοι (σ. 67), μέτρησις τῆς ἐντάσεως τῆς βαρύτητος (σ. 68)	65-70 <i>Σελ.</i>
--	----------------------

ΚΕΦ. Δ' (*) — ΑΠΛΑΙ ΜΗΧΑΝΑΙ**

Μοχλός : Τὰ τρία εἰδη τῶν μοχλῶν (σ. 71), ἔφαρμογαὶ (σ. 73)	71-73 <i>Σελ.</i>
Ζυγός : Περιγραφὴ καὶ θεωρία (σ. 74), ἀπλῆ στάθμισις (σ. 76), διπλῆ στάθμισις (σ. 76), εὐαισθησία τοῦ ζυγοῦ (σ. 77), ἀποτελέσματα σταθμίσεων (σ. 77), πυκνότητες καὶ εἰδικὰ βάρη (σ. 78)	74-79 <i>Σελ.</i>
Τροχαλίαι - πολύσπαστα - βαροῦλκον : Παγία τροχαλία (σ. 79), κινητὴ τροχαλία (σ. 80), πολύσπαστον (σ. 80), βαροῦλκον (σ. 81)	79-82 <i>Σελ.</i>

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟΝ (**)****ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΗ****ΚΕΦ. Α' — ΠΙΕΣΕΙΣ ΤΩΝ ΥΓΡΩΝ - ΑΡΧΗ ΤΟΥ ΠΑΣΚΑΛ**

Πιέσεις τῶν ύγρῶν : Γενικαὶ ἰδιότητες τῶν ύγρῶν (σ. 83), ἔννοια τῆς πιέσεως (σ. 83), πιέσεις ἐπὶ τῶν τοιχωμάτων τοῦ δοχείου καὶ εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τῶν ύγρῶν (σ. 84), διμαλότης τῆς πιέσεως ἐπὶ δριζοντίου ἐπιπέδου (σ. 84), μεταβολαὶ τῆς πιέσεως μετὰ τοῦ βάθους (σ. 86)	83-86 <i>Σελ.</i>
Ἄρχη τοῦ Πασκάλ : Πειραματική ἀπόδειξις (σ. 87), ὑδραυλικὸν πιεστήριον (σ. 89)	87-90 <i>Σελ.</i>

(*) Ἐν τῷ κειμένῳ ἐκ παραδομῆς ἐσημειώθη : ΚΕΦ. Δ'.

(**) Ἐν τῷ κειμένῳ ἐκ παραδομῆς ἐσημειώθη : ΚΕΦ. Ε'.

(***) Ἐν τῷ κειμένῳ ἐκ παραδομῆς ἐσημειώθη : ΚΕΦ. ΣΤ'.

(****) Ἐν τῷ κειμένῳ ἐκ παραδομῆς ἐσημειώθη : ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΝ.

ΚΕΦ. Β' — ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΟΥΝΤΑ ΔΟΧΕΙΑ

Σελ.

'Ισορροπία ύγρου ἐντὸς συγκοινωνίας	91-95
δοχείων: Ισορροπία πολλῶν ὑγρῶν ἐντὸς τοῦ αὐτοῦ δοχείου (σ. 92), ίσορροπία δύο ετερογε- νῶν ύγρων ἐντὸς δύο συγκοινωνούντων δοχείων (σ. 92), ἐφαρ- μογαὶ τῆς ίσορροπίας ύγρου ἐντὸς συγκοινωνίας δοχείων (σ. 93).	
Πιέσεις ὀφειλόμεναι εἰς τὴν βαρύτητα: Πιέσεις ἐπὶ τοῦ δριζοντίου πυθμένος δοχείου (σ. 95), πιέσεις ἐπὶ ἐπιπέδου πλαγίου τοιχώ- ματος (σ. 97), συνισταμένη τῶν πιέσεων ἐπὶ τοῦ συνόλου τῶν τοιχωμάτων (σ. 98)	95-99

ΚΕΦ. Γ' — ΑΡΧΗ ΤΟΥ ΑΡΧΙΜΗΔΟΥΣ

'Επιπλέοντα σώματα: Συνισταμένη τῶν πιέσεων ύγρου ἐπὶ σώματος ἔμβαπτισμένου ἐντὸς αὐτοῦ (σ. 99), συνέπειαι τῆς ἀρχῆς τοῦ Ἀρ- χιμήδους (σ. 101), ὑποβρύχια (σ. 103)	99 - 104
Προσδιορισμὸς τῶν πυκνοτήτων: Εὗρεσις τῆς πυκνότητος τῶν στε- ρεῶν (σ. 105), εὑρεσις τῆς πυκνότητος τῶν ύγρων (σ. 108), ὑπο- λογισμὸς τοῦ εἰδικοῦ βάρους (σ. 110), ἀραιόμετρα (σ. 110), δξυ- ζύγια (σ. 111), οἰνοπνευματοζύγια (σ. 111), πυκνόμετρα (σ. 112), ἐκατοντάβαθμον οἰνοπνευματόμετρον τοῦ Gay - Lussac (σ. 113)	104 - 113

ΚΕΦ. Δ' — ΜΟΡΙΑΚΑΙ ΔΡΑΣΕΙΣ

Συνάφεια: Τριχοειδὲς (σ. 115), ἀνυψώσεις καὶ ταπεινώσεις τριχοειδεῖς (σ. 115), νόμος τῶν ύψων (σ. 116), διεύθυνσις τῆς τριχοειδοῦς δράσεως (σ. 116)	114 - 118
---	-----------

ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟΝ (*)

ΑΕΡΟΣΤΑΤΙΚΗ

ΚΕΦ. Α' — ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΠΙΕΣΙΣ

'Αέρια: Συμπιεστὸν καὶ ἔλαστικότης τῶν ἀερίων (σ. 119), μετάδοσις τῶν πιέσεων διὰ τῶν ἀερίων (σ. 119), βάρος τῶν ἀερίων (σ. 120)	119 - 120
---	-----------

(*) Ἐν τῷ κειμένῳ ἐκ παραδομῆς ἐσημειώθη: ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟΝ.

*Ατμόσφαιρα, άτμοσφ. πίεσις : Συνέπειαι τῆς ἀτμοσφαιρ. πιέσεως (σ. 121), μέτρησις τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως (σ. 122), τιμὴ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως (σ. 123)	120 - 124
Βαρόμετρα : Κοινὸν βαρόμετρον (σ. 125), βαρόμετρον τοῦ Fortin (σ. 125), μεταλλικὰ βαρόμετρα (σ. 126), γραφικὴ παράστασις τῶν πιέσεων (σ. 128), χρήσεις τῶν βαρομέτρων (σ. 128)	125 - 130

ΚΕΦ. Β' — ΣΥΜΠΙΕΣΤΟΝ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ

Συμπιεστὸν καὶ ἔλαστικότης τῶν ἀερίων : Μεταβολαὶ τῆς ἔλαστικῆς δυνάμεως τῶν ἀερίων διὰ πιέσεις μεγαλυτέρας τῆς ἀτμοσφαιρικῆς (σ. 131), νόμος τοῦ Μαριόττου διὰ πιέσεις μικροτέρας τῆς ἀτμοσφαιρικῆς (σ. 133), νόμος τοῦ Μαριόττου (σ. 134), μανόμετρα (σ. 135), ἀνοικτὸν μανόμετρον (σ. 136), κλειστὸν μανόμετρον (σ. 136), μεταλλικὰ μανόμετρα (σ. 137)	131 - 138
---	-----------

ΚΕΦ. Γ' — ΑΕΡΟΣΤΑΤΑ - ΑΕΡΟΠΛΑΝΑ

*Αρχὴ τοῦ Αρχιμήδους : Βαροσκόπιον (σ. 139), διορθώσεις τῶν σταθμίσεων (σ. 139)	138 - 140
*Αερόστατα : Κατασκευὴ (σ. 141), ἀνυψωτικὴ δύναμις (σ. 141), διεύθυνόμενα ἀερόστατα (143).	140 - 144
*Αεροπλάνα : Θεωρία (σ. 144)	144 - 146

ΚΕΦ. Δ' — ΑΕΡΑΝΤΛΙΑΙ

Πνευματικαὶ μηχαναὶ : *Αεραντλία (σ. 147), ἀεριοθλιπτικὴ μηχανὴ (σ. 149), ἐφαρμογαὶ τοῦ ἡραιωμένου καὶ τοῦ συμπεπιεσμένου ἀέρος (σ. 150)	147 - 153
--	-----------

ΚΕΦ. Ε' — ΣΙΦΩΝ, ΣΙΦΩΝΙΟΝ, ΥΔΡΑΝΤΛΙΑ

Σίφων	153 - 154
Σιφώνιον	154 - 155
*Υδραντλίαι : *Υδραντλία ἀναρροφητικὴ (σ. 155), ὑδραντλία καταθλιπτικὴ (σ. 157), ὑδραντλία ἀναρροφητικὴ ἄμα καὶ καταθλιπτικὴ (σ. 158), ὑδραντλία πυροσβεστικὴ (σ. 158), ἀντλίαι διὰ φυγοκέντρου δυνάμεως (σ. 159)	155 - 160

ΜΕΡΟΣ ΠΕΜΠΤΟΝ

ΘΕΡΜΟΤΗΣ

ΚΕΦ. Α'—ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΙΑ

Σελ.

Γενικὰ ἀποτελέσματα τῆς θερμότητος: Θερμοκρασία καὶ ποσότης θερμότητος	161-162
Πρῶται ἔννοιαι ἐπὶ τῆς διαστολῆς τῶν σωμάτων: Διαστολὴ τῶν στερεῶν (σ. 162), διαστολὴ τῶν ὑγρῶν (σ. 163), διαστολὴ τῶν ἀερίων (σ. 163)	162-164
Θερμοκρασίαι: Θερμοκρασίαι σταθεραὶ (σ. 165), θερμόμετρα (σ. 166), θερμόμετρον δὲ ὑδραργύρου (σ. 166), ἄλλαι αλίμακες (σ. 168), μετατροπὴ τῶν θερμομετρικῶν βαθμῶν (σ. 168), οἰνοπνευματικὸν θερμόμετρον (σ. 169), θερμόμετρα μεγίστου καὶ ἐλαχίστου (σ. 169), θερμόμετρα ιατρικὰ (σ. 170)	164-171

ΚΕΦ. Β'—ΣΠΟΥΔΗ ΤΩΝ ΔΙΑΣΤΟΛΩΝ

Διαστολὴ τῶν στερεῶν: Συντελεσταὶ διαστολῆς (σ. 171), γραμμικὴ διαστολὴ (σ. 171), κατ' ἐπιφάνειαν διαστολὴ (σ. 172), κυβικὴ διαστολὴ (σ. 173), μεταβολὴ τῆς πυκνότητος μετὰ τῆς θερμοκρασίας (σ. 173)	171-174
Διαστολὴ τῶν ὑγρῶν: Ἀπόλυτος καὶ φαινομένη διαστολὴ τῶν ὑγρῶν (σ. 174), σχέσις μεταξὺ φαινομένης καὶ ἀπολύτου διαστολῆς (σ. 175), μέγιστον τῆς πυκνότητος τοῦ ὕδατος (σ. 175)	174-176
Ἐφαρμογαὶ τῆς διαστολῆς τῶν στερεῶν καὶ ὑγρῶν: Μηχανικὰ ἀποτελέσματα τῆς διαστολῆς καὶ συστολῆς τῶν στερεῶν. Διόρθωσις εἰς τὰς μετρήσεις τῶν μηκῶν (σ. 177), ἐκκρεμῇ ἐπανορθωτικὰ (σ. 177), μηχανικὰ ἀποτελέσματα τῆς διαστολῆς τῶν ὑγρῶν (σ. 178)	176-178
Διαστολὴ τῶν ἀερίων: Νόμοι τοῦ Gay - Lussac (σ. 179)	178-179
Πυκνότης τῶν ἀερίων: Εἰδικὴ μᾶζα τῶν ἀεριωδῶν σωμάτων (σ. 179), πυκνότης ὡς πρὸς τὸν ἀέρα (σ. 179)	179-180

ΚΕΦ. Γ'—ΘΕΡΜΙΔΟΜΕΤΡΙΑ

Πηγαὶ θερμότητος: Ποσότης θερμότητος (σ. 180), σκοπὸς τῆς θερμοδιομετρίας (σ. 181), θερμὸς (σ. 181)	180-181
---	---------

Μέτρησις ποσότητος θερμότητος διὰ τῆς μεθόδου τῶν μειγμάτων :	
Εἰδικαὶ θερμότητες γενικῶς (σ. 183), προσδιορισμὸς τῶν εἰδικῶν θερμοτήτων τῶν στερεῶν καὶ τῶν ύγρῶν (σ. 184)	183-186

ΚΕΦ. Δ' — ΜΕΤΑΒΟΛΑΙ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΣ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

Τῆξις : Περιγραφὴ τοῦ φαινομένου τῆς τήξεως (σ. 187), νόμοι τῆς τήξεως (σ. 188), θερμότης τήξεως (σ. 188), μεταβολὴ τοῦ ὅγκου συνοδεύουσα τὴν τήξιν (σ. 189)	186-189
Πῆξις : Περιγραφὴ τοῦ φαινομένου τῆς πήξεως (σ. 189), νόμοι τῆς πήξεως (σ. 190), μεταβολὴ τοῦ ὅγκου συνοδεύουσα τὴν πήξιν (σ. 190).	189-191
Διάλυσις : Θερμότης διαλύσεως (σ. 191), ψυκτικὰ μείγματα (σ. 192)	191-192
Κρυστάλλωσις : Ὑπέρχορδος (σ. 192)	192-193
'Εξαερίωσις : Σχηματισμὸς ἀτμῶν εἰς τὸ κενόν (σ. 194), γενικαὶ ἴδιοτετες τῶν ἐν κεκορεμένῳ χώρῳ ἀτμῶν (σ. 196)	193-196
'Εξατμίσις : Νόμοι τοῦ Dalton	197-198
Βρασμός : Νόμοι τοῦ βρασμοῦ (σ. 198), περιγραφὴ τοῦ φαινομένου τοῦ βρασμοῦ τοῦ ὄδατος (σ. 199), πτῶσις τοῦ σημείου τῆς ζέσεως ὑπὸ μικρὸς πιέσεις (σ. 200), ἀνύψωσις τοῦ σημείου τῆς ζέσεως μετὰ τῆς πιέσεως (σ. 200), ἐπίδρασις τοῦ βάθους τοῦ ύγροῦ ἐπειδὴ τῆς θερμοκρασίας τῆς ζέσεως (σ. 201), ύγρὸν θερμανόμενον ἐντὸς κλειστοῦ δοχείου (σ. 201), χύτρα τοῦ Papin (*) (σ. 201), αὐτόλειστα (σ. 202).	198-203
Ψύχος παραγόμενον διὰ τῆς ἔξαεριώσεως : Ἐφαρμογὴ τοῦ ψύχους τοῦ παραγομένου διὰ τῆς ἔξατμίσεως (σ. 203), κατασκευὴ πάγου δι' ἔξατμίσεως τῆς ύγρᾶς ἀμμωνίας (σ. 204)	203-204
Θερμότης ἔξαεριώσεως	204-205
*Υγροποίησις τῶν ἀτμῶν καὶ τῶν ἀερίων : Κρίσιμον σημεῖον (σ. 205), συνθήκαι τῶν ὑγροποιήσεως τῶν ἀεριωδῶν σωμάτων (σ. 205)	205
*Απόσταξις : Κλασματικὴ ἀπόσταξις (σ. 206)	206-207
Στερεοποίησις τῶν ἀερίων	207
Βιομηχανικὴ ἐφαρμογὴ τῶν ύγροποιημένων ἀερίων	207

(*) Ἐν τῷ κειμένῳ ἐκ παραδρομῆς ἐγράφη Parin.

ΚΕΦ. Ε'—ΥΓΡΟΜΕΤΡΙΑ

	Σελ.
'Ατμός ύδατος ἐν τῇ ἀτμοσφαιρᾷ	207-208
Σκοπὸς τῆς ύγρομετρίας	208
'Υγρόμετρα: Ψυχρόμετρον τοῦ Αύγουστου (σ. 208)	208-209
Χρησιμότης τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ύδρατμοῦ	209

ΚΕΦ. ΣΤ'—ΔΙΑΔΟΣΙΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΟΣ

Διάφοροι τρόποι διαδόσεως τῆς θερμότητος: Εύθερμαγωγά καὶ δυσ- θερμαγωγά σώματα (σ. 210)	209-210
Μεταφορὰ τῆς θερμότητος: "Υγρὰ ἢ ἀεριώδη ζεύματα (σ. 210), θερ- μαγωγὸν τῶν ὑγρῶν (σ. 211), θερμαγωγὸν τῶν ἀερίων (σ. 211), θερμαγωγὸν τοῦ κενοῦ (σ. 211), ἐφαρμογαὶ τοῦ εὐθερμαγωγοῦ ἢ δυσθερμαγωγοῦ τῶν σωμάτων (σ. 211)	210-212

ΚΕΦ. Ζ'—ΙΣΟΔΥΝΑΜΟΝ ΤΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ
ΚΑΙ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΟΣ

Πηγαὶ θερμότητος	212-213
Μετατροπὴ τῆς μηχανικῆς ἐνεργείας εἰς θερμαντικὴν ἐνέργειαν καὶ τάναταλιν	213
Μετατροπὴ τῆς ἡλιακῆς ἐνεργείας	213-214
Μηχανικὸν ισοδύναμον τῆς θερμίδος	214-215
'Ατμομηχαναὶ	215-218
Μηχαναὶ δι' ἐκρήξεων	218-220

ΜΕΡΟΣ ΕΚΤΟΝ

ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ

'Υδατώδη μετέωρα: Δρόσος καὶ πάχνη (σ. 221), διμίζλη καὶ νέφη (σ. 222), βροχὴ (σ. 223), χιὼν (σ. 223), χάλαζα (σ. 223)	221-223
'Αερώδη μετέωρα: "Ανεμοί (σ. 223), ἄνεμοι περιοδικοί (σ. 226), ἄνε- μοι σταθεροί (σ. 227)	223-228
Πρόγνωσις τοῦ καιροῦ	228-229

ΜΕΡΟΣ ΕΒΔΟΜΟΝ

ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ

ΚΕΦ. Α'—ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΔΙΑΔΟΣΙΣ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

	Σελ.
Ήχητικοι κραδασμοί: Μετάδοσις τής παλμικῆς κινήσεως (σ. 232)	230-233
Ταχύτης του ήχου: Εἰς τὸν ἀέρα (σ. 233), εἰς τὸ ὄντωρ (σ. 234), εἰς τὰ στερεά (σ. 235)	233-236
'Ανάκλασις του ήχου: 'Ηχώ καὶ ἀντήχησις (σ. 236).	236-238

ΚΕΦ. Β'—ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

"Εντασις τοῦ ήχου	239-240
"Ψυος τοῦ ήχου: Μονσικά διαστάσεις (σ. 241), κανονικόν διαπασῶν (σ. 242), ἐπέκτασις τῆς μουσικῆς κλίμακος (σ. 242), διαδοχικά διαστήματα μιᾶς κλίμακος (σ. 242), συγχορδίαι (σ. 243), τελεία συγχορδία (σ. 243), ἀρμονικοί ήχοι (σ. 243). 'Η χ η τι κο ᴵ σ ω λ η ν ε ε: 'Επιστόμιον μὲ στόμα (σ. 244), νόμοι τῶν κυλινδρικῶν ἡ προσματικῶν σωλήνων (σ. 245), νόμοι τῶν ἀρμονικῶν (σ. 245), ἐπιστόμιον μετὰ γλωττίδος (σ. 246). Παλμοὶ τῶν χορδῶν (σ. 247), νόμοι (σ. 247), ηχόμετρον (σ. 248). Συνήχησις ἡ συντονισμὸς (σ. 251)	240-252
Χροιά τοῦ ήχου: 'Ηχος ἀπλοῦς, ήχος σύνθετος (σ. 253), ἀνάλυσις τῶν ηχῶν (σ. 253), φύσις τῆς χροιᾶς (σ. 254)	253-254
Φωνογράφος	254-256

ΚΕΦ. Γ'—ΠΑΛΜΙΚΑΙ ΚΙΝΗΣΕΙΣ

Πλήρης αιώρησις: Πλάτος αιωρήσεως (σ. 257), περίοδος (σ. 257)	257
*Υγρὰ κύματα: Διάδοσις ὑγροῦ κύματος (σ. 257), μῆκος κύματος (σ. 258)	257-259
Συμβολὴ	259-260
*Ήχητικά κύματα: Διάδοσις τοῦ ήχου ἐντὸς κυλινδρικοῦ σωλήνος (σ. 261), διάδοσις εἰς ἀπεριόριστον μέσον (σ. 262), συμβολὴ ήχητικὴ (σ. 262)	260-262

*Ανάδοχος ἔκτυπώσεως καὶ βιβλιοδετήσεως: «Ελληνική Έκδοτική Εταιρεία» Α.Ε.
*Εργοστάσιον Γραφικῶν Τεχνῶν — Παπαδιαμαντοπόλου 44, *Αθῆναι.

ΔΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΦ. ΔΙΟΙΚΗΣΕΩΣ ΠΡΩΤΕΥΟΥΣΗΣ

ΔΡΧ. 53.—

ΔΙΑ ΤΑΣ ΕΠΑΡΧΙΑΣ ΔΡΧ. 58.30