ΠΑΛΑΙΟΛΟΓΟΥ - ΠΕΡΙΣΤΕΡΑΚΗ

ΜΑΘΗΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

1ος ΤΟΜΟΣ

ΒΙΒΛΙΟΠΩΛΕΙΟΝ ΤΗΣ "ΕΣΤΙΑΣ" Ι. Δ. ΚΟΛΛΑΡΟΥ ΚΑΙ Σιας Α.Ε.

ΤΣΩΡΤΣΙΛ 38 ΑΘΗΝΑΙ ΤΣΩΡΤΣΙΛ 38

ΜΑΘΗΜΑΤΑ
ΦΥΣΙΚΗΣ

Προσφέρεται
ὑπό τῶν συγγραφέων
τιμῆς ἕνεκεν

ΜΑΘΗΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

Πρὸς χρῆσιν
τῶν μαθητῶν τῶν κλασικῶν Γυμνασίων

Ὑπὸ

Κ. Δ. ΠΑΛΑΙΟΛΟΓΟΥ
Καθηγητοῦ τῆς Φυσικῆς τοῦ Ε.Μ. Πολυτεχνείου καὶ Σχολῆς Ἰκάρων.

καὶ

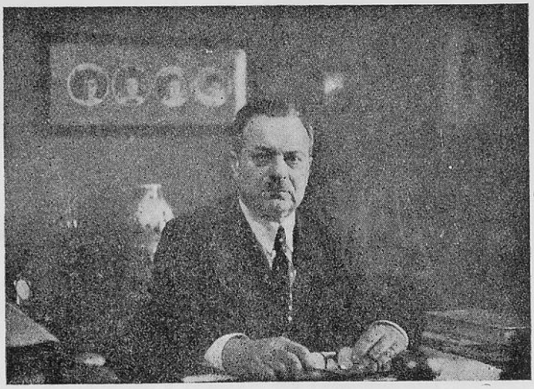
Σ. Γ. ΠΕΡΙΣΤΕΡΑΚΗ
Ἐπιμελητοῦ Ἐργαστηρίου Φυσικῆς τοῦ Πανεπιστημίου Ἀθηνῶν.

ΤΟΜΟΣ Ι

Μηχανική • Ἀκουστική
Θερμότης

ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΠΩΛΗΣΙΣ
ΒΙΒΛΙΟΠΩΛΕΙΟΝ ΤΗΣ "ΕΣΤΙΑΣ„
ΙΩΑΝΝΟΥ Δ. ΚΟΛΛΑΡΟΥ & ΣΙΑΣ Α.Ε.
38 - ΟΔΟΣ ΤΣΩΡΤΣΙΛ - 38, ΑΘΗΝΑΙ
1950

Τύποις: «Ἑλληνικῆς Ἐκδοτικῆς Ἑταιρείας» Α.Ε. — Ἀθῆναι, ὁδὸς Παπαδιαμαντοπούλου 44.



ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ Κ. ΧΟΝΔΡΟΣ

ΤΑΚΤΙΚΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΤΟΥ ΕΘΝΙΚΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ
(ΑΠΟ ΤΟΥ 1912) ΚΑΙ ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ ΤΟΥ Α' ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΦΥΣΙΚΗΣ

Εἰς τὸν σεβαστόν μας διδάσκαλον

ἀφιεροῦται

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

*Μὲ τὰ **Μαθήματα Φυσικῆς** τῶν κ. κ. **Παλαιολόγου - Περιστεράκη** συμπληρώνεται ὁ κύκλος τῶν διδακτικῶν βιβλίων τὰ ὁποῖα ἀπευθύνονται πρὸς ὅλας τὰς κατηγορίας τῶν σπουδαστῶν, ἀπὸ τὸ Γυμνάσιον ἕως τὸ Πανεπιστήμιον.*

Ἰδιαιτέρως χαιρετίζω τὴν ἔκδοσιν τοῦ στοιχειώδους αὐτοῦ βιβλίου μὲ τὸ ὁποῖον γίνονται προσιτὰ εἰς τοὺς μαθητὰς τῶν Γυμνασίων ἡ ἐπιστημονικὴ ἀκριβολογία, εἰς τὴν ὁποίαν τόση — τώρα ἰδίως — ἀποδίδεται σημασία, ὁ χωρισμὸς τοῦ οὐσιώδους ἀπὸ τὸ ἐπουσιῶδες καὶ ἡ ἐξαγωγὴ ἀριθμητικῶν συμπερασμάτων ἀπὸ τὰ φυσικὰ δεδομένα.

Τὸ ὅτι οἱ συγγραφεῖς, ἀδιάφορον ἂν ὁ ἕνας ἀπὸ αὐτοὺς εἶναι τώρα καθηγητὴς τοῦ Πολυτεχνείου, ἀντιπροσωπεύουν τὴν παράδοσιν τῶν Ἐργαστηρίων Φυσικῆς τοῦ Πανεπιστημίου Ἀθηνῶν, κάμνει τὴν εὐχαρίστησίν μου ἀκόμη μεγαλυτέραν.

Δ. ΧΟΝΔΡΟΣ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΤΩΝ ΣΥΓΓΡΑΦΕΩΝ

Τὸ βιβλίον ***Μαθήματα Φυσικῆς*** *προορίζεται κυρίως διὰ τὴν διδασκαλίαν τῶν μαθητῶν τῶν κλασικῶν Γυμνασίων καὶ ὡς ἐκ τούτου περιλαμβάνει ἅπασαν τὴν ὕλην τὴν διδασκομένην εἰς τὰ σχολεῖα ταῦτα, συμφώνως πρὸς τὸ ἀναλυτικὸν πρόγραμμα τῆς Μέσης Ἐκπαιδεύσεως.*

Ἐξ ἄλλου, ἐπειδὴ τελευταίως ἡ Φυσικὴ ἐξελίχθη σημαντικῶς αἱ δὲ νεώτεραι πρακτικαὶ ἐφαρμογαὶ αὐτῆς συναντῶνται εἰς κάθε βῆμα τῆς ζωῆς μας, τὸ βιβλίον συνεπληρώθη κατὰ τοιοῦτον τρόπον ὥστε νὰ περιλάβῃ καὶ τὰς γνώσεις τὰς ἀναφερομένας εἰς τὰς ἀνωτέρω ἐφαρμογάς.

Διὰ νὰ περιορίσωμεν ὅμως τὴν ἔκτασιν τοῦ βιβλίου προέβημεν εἰς τὴν περικοπὴν ἢ συντόμευσιν ὡρισμένων ἄλλων κεφαλαίων, τὰ ὁποῖα ἐκρίναμεν εἴτε ὡς περιττὰ εἴτε ὡς ἀνήκοντα πλέον εἰς τὴν ἱστορίαν τῆς Φυσικῆς.

Ἡ ἔκδοσις τῶν ***Μαθημάτων Φυσικῆς*** *ἀποτελεῖ συνέχειαν τῆς προσπαθείας μας πρὸς ἐξύψωσιν τοῦ ἐπιπέδου τῆς διδασκαλίας τοῦ σπουδαιοτάτου μαθήματος τῆς Φυσικῆς εἰς τὴν Μέσην Ἐκπαίδευσιν. Ἡ ἀπαρχὴ τῆς προσπαθείας ταύτης ἐγένετο διὰ τῆς ἐκδόσεως τοῦ βιβλίου ἡμῶν* ***Στοιχεῖα Φυσικῆς,*** *τοῦ ὁποίου ἡ ὑποδοχὴ ὑπὸ τοῦ ἀναγνωστικοῦ κοινοῦ ὑπῆρξε τόσον εὐμενὴς ὥστε ἐντὸς μιᾶς τριετίας νὰ προβαίνωμεν ἤδη εἰς τρίτην ἔκδοσιν τοῦ βιβλίου.*

Ἐν τούτοις, ἐκ τῆς κτηθείσης πείρας καὶ ἐκ τῶν ἐπιστολῶν τὰς ὁποίας ἐλάβομεν τόσον ἐκ μέρους ἀξιοτίμων συναδέλφων ὅσον καὶ μαθητῶν ἐσχηματίσαμεν τὴν γνώμην ὅτι τὸ βιβλίον μας ***Στοιχεῖα Φυσικῆς,*** *ἐνῷ ἐξυπηρετεῖ καλῶς τοὺς μαθητὰς τῶν Πρακτικῶν Λυκείων καὶ Πρακτικῶν Γυμνασίων, ὡς καὶ τοὺς ὑποψηφίους τοὺς προτιθεμένους νὰ ἀκολουθήσουν τὰς Θετικὰς Ἐπιστήμας, εἶναι μᾶλλον ἐκτενὲς εἰς περιεχόμενον διὰ τοὺς μαθητὰς τῶν Κλασικῶν Γυμνασίων οἵτινες πρόκειται νὰ ἀκολουθήσουν Θεωρητικὰς Ἐπιστήμας.*

Ἡ διαπίστωσις αὕτη ἤγαγεν ἡμᾶς εἰς τὴν ἔκδοσιν τοῦ ἀνὰ χεῖρας βιβλίου τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ ἁπλούστευσιν τοῦ ἤδη κυκλοφοροῦντος βιβλίου μας ***Στοιχεῖα Φυσικῆς*** *διὰ περιορισμοῦ ἀφ' ἑνὸς μὲν τῆς ὕλης, ὥστε αὕτη νὰ διδαχθῇ ἐντὸς τῶν χρονικῶν ὁρίων τοῦ ἐπισήμου προγράμματος, ἀφ' ἑτέρου δὲ διὰ περιορισμοῦ τῶν μαθηματικῶν ἀποδείξεων διαφόρων τύπων οἱ ὁποῖοι δὲν θεωροῦνται ἀπαραίτητοι διὰ τὴν κλασικὴν μόρφωσιν τῶν μαθητῶν.*

Εἰς τὰ ***Μαθήματα Φυσικῆς*** *χρησιμοποιοῦμεν τὸ τεχνικὸν σύστημα μονάδων καὶ τὸ πρακτικὸν διεθνὲς σύστημα ἠλεκτρικῶν μονάδων, εἰς ὡρισμένα δὲ μόνον σημεῖα ἁπλῶς ἀναφέρομεν καὶ τὸ σύστημα μονάδων CGS, δεδομένου ὅτι εἰς ὅλας τὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς χρησιμοποιεῖται σήμερον τὸ τεχνικὸν σύστημα μονάδων.*

Εἰς συμπλήρωσιν τοῦ βιβλίου προσεθέσαμεν στοιχειώδεις γνώσεις ἐκ τῆς Με-

τεωρολογίας, τὰς ὁποίας πρέπει νὰ κατέχῃ σήμερον κάθε ἐγκυκλοπαιδικῶς μορφωμένος ἄνθρωπος, ὡς καὶ στοιχειώδεις γνώσεις ἐκ τῆς Τριγωνομετρίας, πρὸς διευκόλυνσιν τῶν μαθητῶν οἱ ὁποῖοι δὲν ἤκουσαν ἀκόμη τὸ μάθημα τοῦτο, πρὸς κατανόησιν ὡρισμένων τύπων τῆς Φυσικῆς.

Ἐπίσης ἐκρίναμεν σκόπιμον νὰ παραθέσωμεν εἰς τὸ τέλος τοῦ βιβλίου καὶ σύντομον Ἱστορίαν τῆς Φυσικῆς, ἐκ τῆς ὁποίας δεικνύονται τὰ διάφορα στάδια διὰ τῶν ὁποίων διῆλθεν ἡ Φυσικὴ προτοῦ φθάσῃ εἰς τὴν σημερινὴν ἐποχήν, τὴν χαρακτηριζομένην ὡς ἐποχὴν τῆς ἀτομικῆς ἐνεργείας.

Ἡ κατανομὴ τῆς ὕλης γίνεται εἰς τρία μέρη. Οὕτως ἡ ἐκτύπωσις διὰ μεγάλων στοιχείων ἀποτελεῖ τὸ μέρος τῆς ὕλης ὅπου ἐκτίθενται αἱ ἀρχαὶ καὶ αἱ βάσεις τῆς Φυσικῆς, γνώσεις αἱ ὁποῖαι εἶναι ἀπαραίτητοι διὰ πάντα μαθητήν. Ἡ ἐκτύπωσις διὰ μικροτέρων στοιχείων ἀποτελεῖ τὸ μέρος τῆς ὕλης ὅπου περιγράφονται συσκευαί, δίδονται περισσότεραι ἐξηγήσεις διὰ τὴν κατανόησιν τοῦ κειμένου ὡς καὶ αἱ ἀριθμητικαὶ ἐφαρμογαὶ τῶν τύπων, αἱ ἀποδείξεις αὐτῶν, ὑπολογισμοὶ καὶ διάφορα ζητήματα καὶ προβλήματα, ὥστε νὰ ἐμπεδοῦται ἡ γνῶσις αὐτῶν. Τέλος αἱ δι᾽ ἀστερίσκου σημειούμενοι παράγραφοι ἀποτελοῦν τὸ μέρος τῆς ὕλης τὸ ὁποῖον ἀναφέρεται εἰς οὐσιώδη τῆς Φυσικῆς θέματα, δύνανται ὅμως νὰ παραλείπωνται ἄνευ βλάβης τῆς συνοχῆς τῶν ἐννοιῶν, ἰδίως ὅταν ὁ χρόνος δὲν συγχωρῇ τὴν μελέτην αὐτῶν.

Εἰς τὰ Σχολεῖα ὅπου αἱ δύο τελευταῖαι τάξεις δὲν εἶναι διαχωρισμέναι εἰς τάξεις κλασικοῦ καὶ πρακτικοῦ τύπου, δύναται τόσον ὁ καθηγητὴς ὅσον καὶ οἱ μαθηταὶ νὰ χρησιμοποιοῦν τὰ ***Μαθήματα Φυσικῆς*** *ὡς βιβλίον γενικῆς μορφώσεως, οἱ δὲ μαθηταὶ οἱ προοριζόμενοι διὰ τὴν παρακολούθησιν τῶν θετικῶν ἐπιστημῶν εἰς τὰς Ἀνωτάτας Σχολὰς τοῦ Κράτους θὰ δύνανται ἐκ παραλλήλου νὰ συμπληρώνουν τὰς γνώσεις των ἐκ τοῦ βιβλίου ἡμῶν* ***Στοιχεῖα Φυσικῆς.***

Παραδίδοντες καὶ τὸ βιβλίον μας ***Μαθήματα Φυσικῆς*** *εἰς τὴν δημοσιότητα, ἐλπίζομεν ὅτι οἱ ἀναγνῶσται μας θὰ ἐκτιμήσουν τὴν συνεχῶς καταβαλλομένην παρ᾽ ἡμῶν προσπάθειαν διὰ τὴν ἐξύψωσιν τοῦ ἐπιπέδου τῆς διδασκαλίας τῆς Φυσικῆς εἰς τὸν τόπον μας, ἐὰν δὲ καὶ τὸ βιβλίον τοῦτο ἤθελε τύχει τῆς αὐτῆς εὐμενοῦς ὑποδοχῆς ἧς ἔτυχον καὶ τὰ* ***Στοιχεῖα Φυσικῆς,*** *τοῦτο θ᾽ ἀπετέλει δι᾽ ἡμᾶς ὑψίστην ἠθικὴν ἱκανοποίησιν.*

Ἀθῆναι, Σεπτέμβριος 1950.

ΠΙΝΑΞ ΤΩΝ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟΝ

ΜΗΧΑΝΙΚΗ

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΝ

ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟΝ

ΘΕΡΜΟΤΗΣ

ΠΑΡΟΡΑΜΑΤΑ

Σελὶς	36	στίχος	15	(κάτωθεν)	ἀντὶ	F	γρ.	F_2
»	61	»	11		»	$\frac{OM'_1}{OM'_1}$	»	$\frac{OM'_1}{OM_1}$.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. Ὁρισμὸς καὶ περιεχόμενον τῆς Φυσικῆς. Ὁ ὅρος ***Φυσικὴ*** ἀπαντᾶται διὰ πρώτην φορὰν εἰς τὸν Ἀριστοτέλη, ὅστις συνέγραψε σύγγραμμα ἀναφερόμενον εἰς τὴν Φυσικήν, διασωθὲν μέχρι τῶν ἡμερῶν μας.

Εἰς παλαιοτέραν ἐποχήν, ἡ Φυσικὴ περιελαμβάνετο εἰς τὸν γενικώτερον κλάδον τῆς *Φιλοσοφίας τῆς Φύσεως,* ἡ ὁποία ὡς ἀντικείμενον μελέτης εἶχε τὰ φαινόμενα ἅτινα παρατηροῦνται εἰς τὴν *ἄνευ ὀργάνων ὕλην*. Βραδύτερον ὅμως, ἐκ τῆς Φιλοσοφίας τῆς Φύσεως ἀπεσπάσθησαν διάφοροι κλάδοι, οἱ ὁποῖοι ἀποτελοῦν σήμερον ἰδιαιτέρας ἐπιστήμας, ὡς εἶναι ἡ Ἀστρονομία, ἡ Χημεία, ἡ Γεωλογία, ἡ Ὀρυκτολογία κ.ἄ., καὶ οὕτως ἀπέμεινεν ἡ Φυσική, ἥτις ἀσχολεῖται μὲ τὴν σπουδὴν ὡρισμένων μόνον γενικῶν φαινομένων, τὰ ὁποῖα παρατηροῦνται εἰς τὴν ἄνευ ὀργάνων ὕλην, ὡς εἶναι παραδείγματος χάριν τὰ φαινόμενα τῆς κινήσεως τῶν σωμάτων, τῆς ἐπ᾿ αὐτῶν ἐπενεργείας τῶν πάσης φύσεως δυνάμεων κ. ο. κ.

Λόγῳ τοῦ ἀνωτέρω συνδέσμου τῶν καλουμένων ***θετικῶν ἐπιστημῶν*** πρὸς τὴν Φυσικήν, καὶ δεδομένου ὅτι αὗται ἐκ τῆς Φυσικῆς λαμβάνουν τὰς βασικὰς γνώσεις, τὰς ὁποίας χρησιμοποιοῦν διὰ τὴν περαιτέρω ἀνάπτυξίν των, προκύπτει ἡ ἰδιάζουσα σπουδαιότης τὴν ὁποίαν ἔχει ἡ Φυσικὴ διὰ τὴν σπουδὴν ἐν γένει τῶν θετικῶν ἐπιστημῶν.

Σήμερον ὅμως μὲ τὴν καταπληκτικὴν ἐξέλιξιν τὴν ὁποίαν ἔχει λάβει ἡ Φυσική, αἱ γνώσεις ἐκ τῆς Φυσικῆς δὲν εἶναι μόνον σπουδαιοτάτης σημασίας διὰ τοὺς μέλλοντας νὰ τραποῦν πρὸς τὴν σπουδὴν τῶν θετικῶν ἐπιστημῶν, ἀλλ᾿ ἀποτελοῦν πρὸς τούτοις ἀπαραίτητον ἐφόδιον διὰ πάντα ἐγκυκλοπαιδικῶς μορφωμένον ἄνθρωπον. Πράγματι σήμερον συναντῶμεν εἰς τὴν καθημερινήν μας ζωὴν πλῆθος πρακτικῶν ἐφαρμογῶν ἀναφερομένων εἰς τὰς νεωτάτας ἀνακαλύψεις τῆς Φυσικῆς, ὡς π.χ. τὸ ἀεροπλάνον, τὸ ραδιόφωνον, τὴν τηλεόρασιν, ὡς καὶ πλείστας ἄλλας πρακτικὰς ἐφαρμογὰς τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, αἱ ὁποῖαι μάλιστα ἔχουν μεταβάλει οὐσιωδῶς καὶ τὸν τρόπον διαβιώσεώς μας. Ὅλαι αἱ πρακτικαὶ ἐφαρμογαὶ τῆς Φυσικῆς δύνανται νὰ κατανοηθοῦν μόνον διὰ τῆς συστηματικῆς μελέτης αὐτῆς.

2. Φυσικὸς νόμος. Ἡ Φυσική, ὡς βασικὸν σκοπὸν τῆς ἐρεύνης της θέτει τὴν ἀνεύρεσιν τῶν νόμων τοὺς ὁποίους ἀκολουθοῦν τὰ φαινόμενα. ὁ[illegible] φαινομ[illegible] δυνάμ[illegible]

Φυσικὸν νόμον φαινομένου τινὸς ὀνομάζομεν τὴν σχέσιν τὴν ὑφισταμένην μεταξὺ τῶν διαφόρων μεγεθῶν, τὰ ὁποῖα ὑπεισέρχονται κατὰ τὴν σπουδὴν τοῦ φαινομένου. Οὕτως, ἐπὶ παραδείγματι, κατὰ τὴν σπουδὴν τοῦ φαινομένου τῆς ἐπιμηκύνσεως τὴν ὁποίαν ὑφίσταται ἐλατήριον ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς τεινούσης αὐτὸ δυνάμεως, ὁ *φυσικὸς νόμος* ἐκφράζει τὴν σχέσιν τὴν ὑφισταμένην μεταξὺ τοῦ μεγέθους τῆς δυνάμεως καὶ τῆς ἀντιστοίχου ἐπιμηκύνσεως. Ἐκ τῆς ἐρεύ-

1.

νης τοῦ φαινομένου τούτου δυνάμεθα νὰ διατυπώσωμεν τὴν ἀκόλουθον πρότασιν: «*ἡ ἐπιμήκυνσις εἶναι ἀνάλογος τῆς τεινούσης δυνάμεως*», ἡ πρότασις δὲ αὕτη ἀποτελεῖ, εἰς τὴν προκειμένην περίπτωσιν, τὸν φυσικὸν νόμον τοῦ φαινομένου.

3. Παρατήρησις, Πείραμα, Ὑπόθεσις, Θεωρία. Ἡ Φυσική, εἰς τὴν προσπάθειάν της πρὸς ἀνεύρεσιν τῶν φυσικῶν νόμων βασίζεται ἐπὶ τῆς *παρατηρήσεως*, τοῦ *πειράματος*, ὡς καὶ ἐπὶ τῶν *ὑποθέσεων* καὶ *θεωριῶν*.

Ἡ ***παρατήρησις*** ἐπιτρέπει εἰς ἡμᾶς νὰ συλλέγωμεν γνώσεις ἐκ τῆς ἁπλῆς παρακολουθήσεως τῶν φαινομένων, ὡς ταῦτα παράγονται εἰς τὴν φύσιν, χωρὶς νὰ ἐπηρεάζωμεν καθ' οἱονδήποτε τρόπον τὴν ἐξέλιξιν αὐτῶν. Ἐν τούτοις ἡ παρατήρησις δὲν ὁδηγεῖ πάντοτε εἰς τὴν ἀσφαλῆ ἐξαγωγὴν συμπερασμάτων, διότι πολλάκις κατὰ τὴν παρατήρησιν τοῦ φαινομένου ὑπεισέρχονται ξένοι παράγοντες, οἵτινες ἀλλοιώνουν τὴν ἔκβασιν αὐτοῦ καὶ οὕτως ἀγόμεθα εἰς σφαλερὰ συμπεράσματα.

Διὰ τοῦ ***πειράματος***, ὁ παρατηρητὴς ἐπιδιώκει τὴν ἁπλοποίησιν τοῦ παρατηρουμένου φαινομένου διὰ τῆς ἀναπαραγωγῆς αὐτοῦ ἐν τῷ ἐργαστηρίῳ ὑπὸ συνθήκας τοιαύτας, ὥστε νὰ ἀποκλείεται ἡ ἐπίδρασις τῶν παραγόντων ἐκείνων, οἱ ὁποῖοι, κατὰ τὴν ἀντίληψίν του, ἐπηρεάζουν τὴν ἐξέλιξιν τοῦ φαινομένου.

Ἐξ ἄλλου ἡ Φυσική, πρὸς ἑρμηνείαν τῶν παρατηρουμένων φαινομένων, δημιουργεῖ ***ὑποθέσεις*** αἵτινες ὅμως ἔχουν πάντοτε ἀνάγκην πειραματικῆς ἐπιβεβαιώσεως. Ἡ ὑπόθεσις, ἐφ' ὅσον δὲν ἀντιτίθεται πρὸς τὸ πείραμα, δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς ἐπαρκής. Ἡ ἀξία ὅμως μιᾶς ὑποθέσεως καθίσταται τόσον μεγαλυτέρα, ὅσον μεγαλύτερος εἶναι ὁ ἀριθμὸς τῶν ἐπὶ τῇ βάσει αὐτῆς ἑρμηνευομένων φαινομένων.

Ἐφ' ὅσον ὅλα τὰ συμπεράσματα, — εἰς τὰ ὁποῖα, ἐπὶ τῇ βάσει τῆς τεθείσης ὑποθέσεως, καταλήγομεν μεταγενεστέρως — ἐπαληθεύονται ὑπὸ τοῦ πειράματος, ἡ ὑπόθεσις ἐξελίσσεται εἰς ***θεωρίαν***.

4. Μέτρησις φυσικοῦ μεγέθους. Κατὰ τὴν προσπάθειάν μας πρὸς ἀνεύρεσιν τῶν φυσικῶν νόμων διὰ τῆς παρατηρήσεως καὶ τοῦ πειράματος, καταφεύγομεν πάντοτε εἰς μετρήσεις διαφόρων φυσικῶν μεγεθῶν. Καλοῦμεν ***μέτρησιν φυσικοῦ μεγέθους, τὴν σύγκρισιν αὐτοῦ πρὸς ἕτερον ὁμοειδὲς μέγεθος, τὸ ὁποῖον κατόπιν συμφωνίας θεωροῦμεν ὡς μονάδα.***

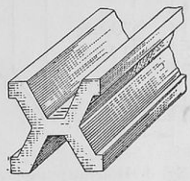
Τὸ ἀποτέλεσμα τῆς μετρήσεως εἶναι ἡ εὕρεσις ἀριθμοῦ τινός, ὁ ὁποῖος δεικνύει πόσας φορὰς τὸ ληφθὲν ὡς μονὰς μέγεθος περιέχεται εἰς τὸ μετρούμενον. Ὁ ἀριθμὸς οὗτος καλεῖται ***ἀριθμητικὴ τιμὴ*** ἢ ***μέτρον*** τοῦ θεωρουμένου μεγέθους.

5. Διάφορα συνήθη φυσικὰ μεγέθη καὶ μονάδες μετρήσεως αὐτῶν. Κατὰ τὴν μελέτην τῆς Φυσικῆς συναντῶμεν μέγα πλῆθος μεγεθῶν, ἐκ τῶν ὁποίων τὰ μᾶλλον συνήθη εἶναι τὸ ***μῆκος***, ἡ ***ἐπιφάνεια***, ὁ ***ὄγκος***, ἡ ***μᾶζα***, ὁ ***χρόνος***, τὸ ***βάρος***, ἡ ***πυκνότης***, τὸ ***εἰδικὸν βάρος***, ἡ ***πίεσις***, τὰ ὁποῖα θέλομεν ἐξετάσει συντόμως ἐνταῦθα.

6. Μῆκος. Ἡ ἔννοια τοῦ μήκους εἶναι τόσον ἁπλῆ ὥστε νὰ μὴ εἶναι δυνατὸν νὰ ὁρισθῇ δι' ἄλλων ἁπλουστέρων ἐννοιῶν.

Ἡ βασικὴ μονὰς μετρήσεως τοῦ μήκους εἰς τὴν Φυσικὴν εἶναι τὸ ***μέτρον***, διὰ τὴν ὁποίαν διεθνῶς ἔχει καθιερωθῆ τὸ σύμβολον **m** (ἀρχικὸν γράμμα τῆς γαλλικῆς λέξεως mètre).

Εἰς παλαιοτέραν ἐποχὴν τὸ μέτρον εἶχεν ὁρισθῆ ὡς τὸ ἓν δεκάκις ἑκατομμυριοστὸν τοῦ ἑνὸς τετάρτου τοῦ μεσημβρινοῦ τῆς Γῆς. Σήμερον ὁ ἀνωτέρω ὁρισμὸς ἔχει ἐγκαταλειφθῆ καὶ τὸ μέτρον καθορίζεται ὑπὸ τοῦ ***προτύπου μέτρου***, τὸ ὁποῖον εἶναι ἡ ἀπόστασις μεταξὺ δύο χαραγῶν ἐπὶ μεταλλικοῦ κανόνος ἀπὸ ἰριδιοῦχον λευκόχρυσον εἰδικοῦ σχήματος (σχ. 1) καὶ ἡ ὁποία εἶναι περίπου ἴση πρὸς τὸ ἓν δεκάκις ἑκατομμυριοστὸν τοῦ τετάρτου τοῦ μεσημβρινοῦ τῆς Γῆς.



Σχ. 1. Σχῆμα τοῦ προτύπου μέτρου. Διακρίνονται μόλις αἱ πρῶται χαραγαὶ τῆς κλίμακος.

Τὸ πρότυπον τοῦτο μέτρον φυλάσσεται εἰς τὸ ἐν Sèvres τῆς Γαλλίας Διεθνὲς Γραφεῖον Μέτρων καὶ Σταθμῶν καὶ ἐπὶ τῇ βάσει αὐτοῦ βαθμολογοῦνται ὅλοι οἱ συνήθεις κανόνες, μέτρα, μετροταινίαι κ.λ.π. ποὺ χρησιμοποιοῦνται εἰς τὰς συνήθεις μετρήσεις μήκους.

Ἐκτὸς τῆς βασικῆς μονάδος μ έ τ ρ ο ν, εἰς τὴν πρᾶξιν χρησιμοποιοῦμεν καὶ ἄλλας μονάδας ἐκ τῶν ὁποίων ἄλλαι μὲν εἶναι πολλαπλάσια ἄλλαι δὲ ὑποπολλαπλάσια τοῦ μέτρου, αἱ συνηθέστεραι δὲ ἐξ αὐτῶν εἶναι αἱ ἀκόλουθοι:

***1 χιλιόμετρον* (km) = *1000 μέτρα* = 10^3 m**
***1 δεκατόμετρον* (dm) = *1/10 μέτρου* = 10^{-1} m**
***1 ἑκατοστόμετρον* (cm) = *1/100 μέτρου* = 10^{-2} m**
***1 χιλιοστόμετρον* (mm) = *1/1000 μέτρου* = 10^{-3} m**

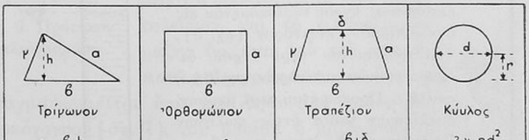
Εἰς τὴν Ἀστρονομίαν χρησιμοποιοῦν μεγαλυτέραν ἀκόμη μονάδα μήκους, τὸ ***ἔτος φωτός***, τὸ ὁποῖον εἶναι ἡ ἀπόστασις τὴν ὁποίαν διατρέχει τὸ φῶς ἐντὸς χρονικοῦ διαστήματος ἴσου πρὸς ἓν ἔτος.

Ἓν ἔτος φωτὸς = 9 460 800 000 000 χιλιόμετρα = $9{,}4608 \cdot 10^{12}$ km.

Εἰς τὴν ναυτιλίαν χρησιμοποιεῖται ὡς μονὰς τὸ ναυτικὸν μίλιον = 1852 μέτρα.

7. Ἐπιφάνεια. Ἐκ τῆς μονάδος μήκους μ έ τ ρ ο ν, προκύπτει ὡς βασικὴ μονὰς ἐπιφανείας (S) τὸ ***τετραγωνικὸν μέτρον*** **(m^2)**. Συνήθως ὡς μονάδα ἐπιφανείας χρησιμοποιοῦμεν καὶ τὸ ***τετραγωνικὸν ἑκατοστόμετρον*** **(cm^2)**, εἶναι δέ:

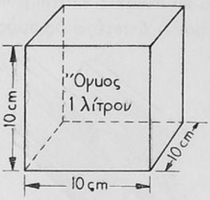
***1 τετραγωνικὸν ἑκατοστόμετρον* = *0,0001* m^2, *ἤτοι* *10^{-4}* m^2.**



Σχ. 2. Αἱ τιμαὶ τῶν S παρέχουν τὰ ἀντίστοιχα ἐμβαδά.

Προκειμένου περὶ ἐπιφανειῶν ἐχουσῶν γεωμετρικὸν σχῆμα ὑπολογίζομεν τὴν ἐπιφάνειαν διὰ μετρήσεως ὡρισμένων γραμμικῶν διαστάσεων καὶ ἐπὶ τῇ βάσει γνωστῶν γεωμετρικῶν τύπων (σχ. 2). Εἰς περίπτωσιν κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ ἐπιφάνεια δὲν ἔχει γεωμετρικὸν σχῆμα, μετροῦμεν αὐτὴν τῇ βοηθείᾳ εἰδικῶν συσκευῶν, καλουμένων *ἐμβαδομέτρων*.

8. Ὄγκος. Ἐκ τῆς βασικῆς μονάδος μήκους μέτρον προκύπτει ὡς βασικὴ μονὰς ὄγκου τὸ ***κυβικὸν μέτρον* (m^3).** Ἐκτὸς τῆς βασικῆς μονάδος ὄγκου m^3 χρησιμοποιοῦν καὶ τὸ ***λίτρον*** (lt) (σχ. 3), τὸ ὁποῖον πολλάκις καλεῖται κυβικὸν δεκατόμετρον ἢ παλαιότερον κυβικὴ παλάμη, ὡς καὶ τὸ ***κυβικὸν ἑκατοστόμετρον* (cm^3).**



Σχ. 3. Πραγματοποίησις ὄγκου 1 λίτρου.

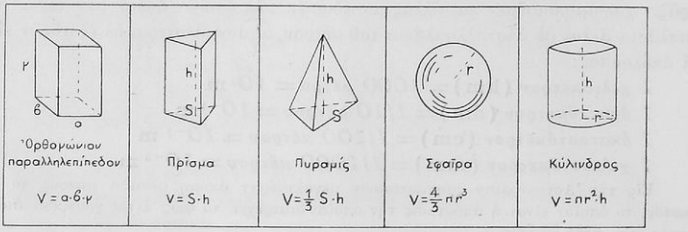
Εἶναι δέ:

1 λίτρον (lt) $= \frac{1}{1000}\ m^3 = 10^{-3}\ m^3$

1 κυβικὸν μέτρον (m^3) $= 1000$ *λίτρα*

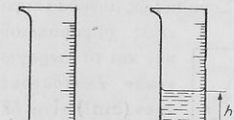
1 κυβικὸν ἑκατοστὸν (cm^3) $= \frac{1}{1\,000\,000}\ m^3 = 10^{-6}\ m^3$.

Προκειμένου περὶ μετρήσεως τοῦ ὄγκου σώματος, ἐφ' ὅσον τοῦτο ἔχει γεωμετρικὸν σχῆμα, π.χ. σφαῖρα, κύλινδρος κ.λ.π., ὑπολογίζομεν τὸν ὄγκον διὰ μετρήσεως ὡρισμένων γραμμικῶν διαστάσεων αὐτοῦ καὶ ἐπὶ τῇ βάσει γνωστῶν γεωμετρικῶν τύπων (σχ. 4).

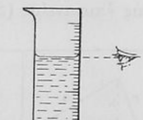


Σχ. 4. Αἱ τιμαὶ τοῦ V παρέχουν τοὺς ἀντιστοίχους ὄγκους.

Ἐὰν τὸ σῶμα δὲν ἔχῃ ἁπλοῦν γεωμετρικὸν σχῆμα, ἐφ' ὅσον μὲν τοῦτο εἶναι στερεόν, ὑπολογίζομεν τὸν ὄγκον αὐτοῦ δι' ἐκτοπίσεως ὑγροῦ εὑρισκομένου εἰς ὀγκομετρικὸν κύλινδρον (σχ. 5), ἐνῷ προκειμένου περὶ ὑγροῦ, δι' ὀγκομετρικῶν κυλίνδρων (σχ. 6) ἢ φιαλῶν. Προκειμένου περὶ ἀερίων, συλλέγομεν ταῦτα ἐντὸς σωλήνων ὀγκομετρικῶν δι' ἐκτοπίσεως ὑδραργύρου ἢ ὕδατος, ὅτε τῇ βοηθείᾳ τοῦ ὀγκομετρικοῦ σωλῆνος καθορίζομεν τὸν ὄγκον τοῦ ἀερίου. Ἐκτενέστερον θὰ μελετήσωμεν τὰς μετρήσεις αὐτὰς εἰς τὰ εἰδικὰ κεφάλαια.



Σχ. 5. Ὀγκομέτρησις στερεοῦ.



Σχ. 6. Ὀγκομετρικὸς κύλινδρος.

9. Γωνία. Ὡς μονάδα γωνίας λαμβάνομεν τὴν ***μοῖραν*** (1^0), θεωροῦντες ὅτι γωνία ἀντιστοιχοῦσα εἰς πλήρη κύκλον εἶναι 360 μοιρῶν. Ἡ μοῖρα ὑποδιαιρεῖται εἰς 60 λεπτά, ἕκαστον δὲ λεπτὸν εἰς 60 δευτερόλεπτα ($1^o = 60', 1' = 60''$).

Ἡ ἄμεσος μέτρησις τῶν γωνιῶν εἰς τὴν Φυσικὴν γίνεται μὲ τὴν βοήθειαν εἰδικῶν συσκευῶν καλουμένων ***γωνιομέτρων***, τῶν ὁποίων διακρίνομεν διαφόρους τύπους, ὡς π.χ. τὰ γωνιόμετρα ἐπαφῆς, τὸ μοιρογνωμόνιον, τὰ ὀπτικὰ γωνιόμετρα κ.λ.π.

10*. Μῆκος περιφερείας. Διὰ νὰ μετρήσωμεν τὴν περιφέρειαν ἑνὸς τροχοῦ ἀρκεῖ νὰ τοποθετήσωμεν ἐπὶ τῆς περιφερείας αὐτοῦ νῆμα εἰς τρόπον ὥστε νὰ καλύπτῃ ὅλην τὴν περιφέρειαν αὐτοῦ.

Ἐὰν μετρήσωμεν τὸ μῆκος τοῦ νήματος τούτου μὲ τὴν βοήθειαν κανόνος εὑρίσκομεν ὅτι τοῦτο εἶναι ἴσον πρὸς τὸ γινόμενον τοῦ ἀριθμοῦ 3,14 ἐπὶ τὴν διάμετρον (d) τοῦ τροχοῦ. Οὕτως ἐὰν ὁ τροχὸς ἔχῃ διάμετρον $d = 0{,}50$ μέτρου εὑρίσκομεν ὅτι τὸ μῆκος τῆς περιφερείας αὐτοῦ εἶναι : $3{,}14 \times 0{,}50 = 1{,}57$ μέτρα.

Ὁ ἀριθμὸς 3,14 ὁ ὁποῖος παριστᾶ κατὰ μεγάλην προσέγγισιν τὸν λόγον τοῦ μήκους τῆς περιφερείας πρὸς τὴν διάμετρον, παριστᾶται διεθνῶς διὰ τοῦ Ἑλληνικοῦ γράμματος π, ἤτοι :

$$\boxed{\pi = \frac{\text{μῆκος περιφερείας}}{\text{μῆκος διαμέτρου}}}$$

Εἰς τὴν Γεωμετρίαν ἀποδεικνύεται ὅτι ὁ ἀριθμὸς π εἶναι ἀσύμμετρος, δηλ. περιέχει ἄπειρα δεκαδικὰ ψηφία ($\pi = 3{,}14159\ldots$). Εἰς τὴν πρᾶξιν ὅμως περιορίζομεν τὸν ἀριθμὸν τῶν δεκαδικῶν ψηφίων ὡς ἐπὶ τὸ πολὺ εἰς δύο.

Ἀντὶ τῆς διαμέτρου d τοῦ κύκλου χρησιμοποιοῦμεν πολλάκις τὴν ἀκτῖνα r καὶ ἐπειδὴ $d = 2r$, θὰ ἔχωμεν τὴν σχέσιν :

$$\text{μῆκος περιφερείας} = \pi \cdot d = 2\,\pi \cdot r$$

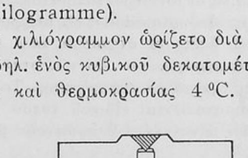
Αἱ γνώσεις αὗται διευκολύνουν τὴν κατανόησιν πολλῶν θεμάτων τῆς Φυσικῆς, ὡς π.χ. τῆς κυκλικῆς ὁμαλῆς κινήσεως, τῆς κεντρομόλου δυνάμεως, τοῦ ἐκκρεμοῦς κ.λ.π.

11. Μᾶζα. ***Διὰ τοῦ ὅρου μᾶζα νοοῦμεν συνήθως τὸ ποσὸν τῆς ὕλης τοῦ σώματος.***

Ὡς μονάδα μάζης χρησιμοποιοῦμεν τὸ ***χιλιόγραμμον***, διὰ τὴν ὁποίαν διεθνῶς ἔχει καθιερωθῆ τὸ σύμβολον **kgr** (τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ σύντμησιν τῆς γαλλικῆς λέξεως kilogramme).

Σχ. 7. Πρότυπον χιλιόγραμμον.

Εἰς παλαιοτέραν ἐποχὴν τὸ χιλιόγραμμον ὡρίζετο διὰ τῆς μάζης μιᾶς κυβικῆς παλάμης (δηλ. ἑνὸς κυβικοῦ δεκατομέτρου ἢ λίτρου) ὕδατος ἀπεσταγμένου καὶ θερμοκρασίας 4 °C. Σήμερον ὁ ὁρισμὸς οὗτος ἔχει ἐγκαταλειφθῆ καὶ τὸ χιλιόγραμμον μάζης ὁρίζεται ὑπὸ τοῦ ***προτύπου χιλιογράμμου***, τὸ ὁποῖον πραγματοποιεῖται ὑπὸ κυλίνδρου ἀπὸ ἰριδιοῦχον λευκόχρυσον (σχ. 7), τοῦ ὁποίου ἡ μᾶζα ἰσοῦται περίπου πρὸς ἓν κυβικὸν δεκατόμετρον (1 λίτρον) ὕδατος ἀπεσταγμένου καὶ θερμοκρασίας 4 °C (σχ. 8). Τὸ πρότυπον χιλιόγραμμον μάζης φυλάσσεται ἐπίσης ὡς καὶ τὸ μέτρον εἰς τὸ Διεθνὲς Γραφεῖον Μέτρων καὶ Σταθμῶν ἐν Sèvres τῆς Γαλλίας.



Σχ. 8. Ἓν λίτρον ὕδατος 4° C ἔχει μᾶζαν 1 χιλιογράμμου.

Ἐκτὸς τοῦ χιλιογράμμου χρησιμοποιοῦμεν καὶ ἄλλας μονάδας, αἱ ὁποῖαι εἶναι εἴτε πολλαπλάσια εἴτε ὑποπολλαπλάσια αὐτῆς καὶ αἱ ὁποῖαι ἀναφέρονται εἰς τὸν κάτωθι πίνακα :

1 τόννος (t) = 1000 χιλιόγραμμα = 10^3 kgr.

1 γραμμάριον (gr) = 0,001 χιλιογράμμου = 10^{-3} kgr.

1 χιλιοστόγραμμον (mgr) = 0,000 001 χιλιογράμμου = 10^{-6} kgr.

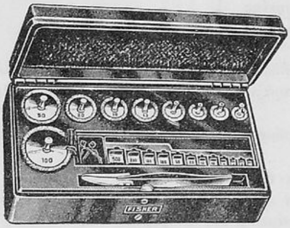
Εἰς τοὺς τεχνικοὺς ὑπολογισμοὺς ὡς βασικὴ μονὰς μάζης λαμβάνεται ἡ ***τεχνικὴ μονὰς μάζης***, μὲ σύμβολον ***Τ.Μ. μάζης***, εἶναι δέ :

1 τεχνικὴ μονὰς μάζης = 9,81 χιλιόγραμμα

ἢ κατὰ προσέγγισιν :

1 τεχνικὴ μονὰς μάζης = 10 χιλιόγραμμα.

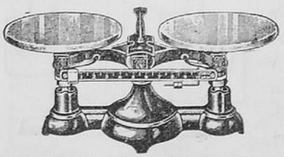
12. **Σταθμά.— *Ζυγός.*** Διὰ τοῦ ὅρου ***σταθμὰ*** νοοῦμεν μεταλλικὰ τεμάχια, συνήθως κυλινδρικοῦ σχήματος, τῶν ὁποίων ἡ μᾶζα ἔχει ἐκ τῶν προτέρων ρυθμισθῆ ὥστε νὰ εἶναι ἴση πρὸς τὸ χιλιόγραμμον ἢ πρὸς πολλαπλάσια ἢ ὑποπολλαπλάσια αὐτοῦ.



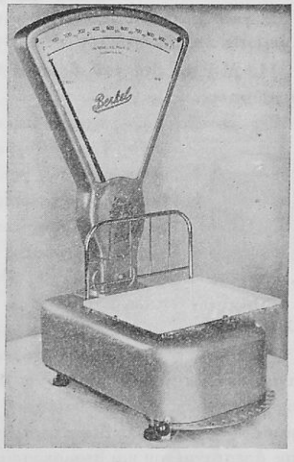
Σχ. 9. Σειρὰ σταθμῶν ἐντὸς κυτίου.

Τὰ σταθμὰ βαθμολογοῦνται ἐπὶ τῇ βάσει τοῦ προτύπου χιλιογράμμου ἢ ἀντιγράφου αὐτοῦ, ἡ δὲ ἀξία ἑκάστου τούτων ἀναγράφεται ἐπὶ τῶν σταθμῶν τὰ ὁποῖα εἶναι τοποθετημένα ἐντὸς ξυλίνου συνήθως κιβωτίου (σχ. 9).

Ἡ μέτρησις τῆς μάζης σώματος πραγματοποιεῖται διὰ τοῦ *ζυγοῦ* (σχ. 10). Εἰς τὸν ἕνα τῶν δίσκων τοῦ ζυγοῦ τίθεται τὸ σῶμα, εἰς δὲ τὸν ἕτερον τοποθετοῦμεν σταθμὰ μέχρις ἀποκαταστάσεως τῆς ἰσορροπίας τοῦ ζυγοῦ, ὁπότε τὸ ἄθροισμα τῶν ἀριθμῶν τῶν ἀναγραφομένων ἐπὶ τῶν σταθμῶν παρέχει τὴν μᾶζαν τοῦ σώματος. Τελευταίως χρησιμοποιοῦνται εἰδικοῦ τύπου ζυγοὶ οἱ ὁποῖοι εἶναι ἐκ τῶν προτέρων βαθμολογημένοι καὶ δὲν ἀπαιτοῦν τὴν χρῆσιν σταθμῶν (σχ. 11).



Σχ. 10. Συνήθης τύπος ζυγοῦ (Roberval).



Σχ. 11. Νεώτερος τύπος αὐτομάτου ζυγοῦ ἐμπορίου.

Ἡ μέτρησις τῆς μάζης διὰ τῶν ζυγῶν τούτων, ἐπιτυγχάνεται ὡς ἑξῆς : Ἐπὶ τῆς πλακὸς ἢ τοῦ δίσκου τοῦ ζυγοῦ τοποθετοῦμεν τὸ σῶμα, ὅτε διὰ καταλλήλου μηχανισμοῦ ὁ δείκτης τοῦ ζυγοῦ μετατοπίζεται πρὸ κλίμακος καὶ σταματᾷ ἔναντι ὡρισμένου ἀριθμοῦ, ὁ ὁποῖος παρέχει τὴν μᾶζαν τοῦ σώματος εἰς χιλιόγραμμα ἢ γραμμάρια.

Εἰς τὴν Ἑλλάδα, εἰς τὸν καθ' ἡμέραν βίον, ὡς μονὰς μάζης χρησιμοποιεῖται ἡ ὀκά, ἡ ὁποία ὑποδιαιρεῖται εἰς 400 δράμια. Εἶναι δέ:

1 ὀκὰ = 1280,3 γραμμάρια ἢ ***1 χιλιόγραμμον = 312,5 δράμια.***

Οἱ Ἀγγλοσάξωνες χρησιμοποιοῦν εἰς τὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς ὡς μονάδα μάζης τὴν ***λίμπραν*** (pound), ὡς μονάδα μήκους τὸν ***πόδα*** (foot) καὶ ὡς μονάδα χρόνου τὸ ***δευτερόλεπτον*** (sec). Ὁ κάτωθι πίναξ δεικνύει τὴν ἀντιστοιχίαν μεταξὺ τῶν διαφόρων μονάδων:

Μονάδες Ἀγγλοσαξωνικῶν χωρῶν

Μῆκος		Ἐπιφάνεια	
1 ἴντζα (in)	= 2,540 cm	1 τετρ. ἴντζα ($1\ in^2$)	= 6,452 cm^2
1 ποῦς (ft) = 12 in	= 0,305 m	1 τετρ. ποῦς ($1\ ft^2$)	= 0,093 m^2
1 ὑάρδα (yd) = 3 ft	= 0,914 m	1 τετρ. μίλιον ($1\ mil^2$)	= 2,59 km^2
1 μίλιον (mil)	= 1,609 km		
Ὄγκος		**Μᾶζα**	
1 κυβικὴ ἴντζα ($1\ in^3$)	= 16,387 cm^3	1 οὐγγία (1 oz. Av)	= 28,35 gr
1 κυβικὸς ποῦς ($1\ ft^3$)	= 0,0283 m^3	1 λίμπρα (1 lb. Av)	= 453,6 gr
1 κυβικὴ ὑάρδα ($1\ yd^3$)	= 0,765 m^3	1 κόκκος (grain)	= 64,8 mgr
1 γαλόνιον (1 gal)	= 3,785 lt	1 τόννος (1 ton = 2 000 lb)	= 907,18 kgr

13. Χρόνος. Ἡ ἔννοια τοῦ χρόνου εἶναι ἐπίσης τόσον ἁπλῆ ὥστε νὰ μὴ εἶναι δυνατὸν νὰ ὁρισθῇ δι' ἄλλων ἁπλουστέρων.

Ὡς βασικὴ μονὰς χρόνου χρησιμεύει τὸ ***δευτερόλεπτον***, διὰ τὴν ὁποίαν διεθνῶς ἔχει καθιερωθῆ τὸ σύμβολον **sec**, (κατὰ σύντμησιν τῆς γαλλικῆς λέξεως seconde). Τὸ δευτερόλεπτον ὡρίσθη ὡς τὸ $\frac{1}{86400}$ μιᾶς μέσης ἡλιακῆς ἡμέρας, ἀποτελουμένης ἐξ 24 ὡρῶν. Ἡ ***ὥρα*** (heure ἢ συμβολικῶς **h**) εἶναι μεγαλυτέρα τῆς μονάδος δευτερόλεπτον. Περιέχει δὲ μία ὥρα 60 πρῶτα λεπτὰ (ἢ ἁπλῶς λεπτά, minutes καὶ συμβολικῶς min), ἕκαστον δὲ λεπτὸν περιέχει 60 δευτερόλεπτα (συμβολικῶς sec).

Ὁ κάτωθι πίναξ δεικνύει τὴν ἀντιστοιχίαν τῶν ἐν χρήσει μονάδων χρόνου:

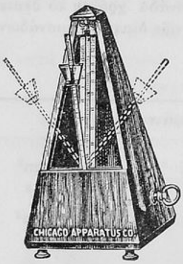
***1 ὥρα* (h) = *60 λεπτὰ* (min) = *3 600 δευτερόλεπτα* (sec).**

1 λεπτὸν* (min)** = 1/60 ὥρας = ***60 δευτερόλεπτα.

1 δευτερόλεπτον* (sec)** = 1/3600 ὥρας = ***1/60 λεπτοῦ.

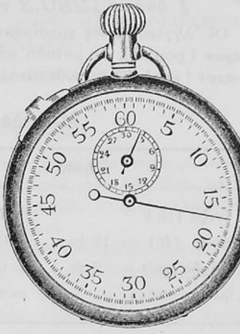
Διὰ τὴν μέτρησιν τοῦ χρόνου δύναται νὰ χρησιμεύσῃ οἱονδήποτε περιοδικὸν φαινόμενον, δηλ. φαινόμενον, τὸ ὁποῖον ἐπαναλαμβάνεται καθ' ὅμοιον τρόπον κατ' ἴσα ἀκριβῶς χρονικὰ διαστήματα. Οὕτω π. χ. δυνάμεθα νὰ μετρήσωμεν τὸν χρόνον δι' ἀπαριθμήσεως τῶν κτύπων ἑνὸς μετρονόμου ἢ ἄλλου ὡρολογιακοῦ ἐκκρεμοῦς, χρονομέτρου κ.λ.π.

Ὁ *μετρονόμος* (Mälzel) εἶναι ἐκκρεμὲς ἐφωδιασμένον μὲ ἕνα μηχανισμὸν ρυθμικῶν κτυπημάτων τῶν ὁποίων ὁ ρυθμὸς δύναται νὰ μεταβληθῇ ἐντὸς εὐρέων ὁρίων διὰ τῆς μετατοπίσεως ἑνὸς μικροῦ δρομέως, ὁ ὁποῖος εὑρίσκεται ἐπὶ τῆς ράβδου τοῦ ἐκκρεμοῦς (σχ. 12). Ὅταν μετατοπίσωμεν τὸν δρομέα πρὸς τὰ ἄνω ὁ ρυθμὸς τῶν κτυπημάτων γίνεται βραδύτερος, ἐνῷ συμβαίνει τὸ ἐναντίον διὰ μεταθέσεως τοῦ δρομέως πρὸς τὰ κάτω. Ὄπισθεν τοῦ δρομέως ὑπάρχει κλῖμαξ ἐπὶ τῆς ὁποίας ἀναγινώσκομεν πόσα κτυπήματα κάμνει ὁ μετρονόμος κατὰ δευτερόλεπτον. Οὗτος λειτουργεῖ μὲ ὡρολογιακὸν μηχανισμὸν δι' ἐλατηρίου.



Σχ. 12. Χρονόμετρον.

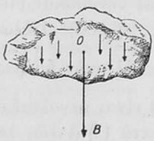
Τὸ *χρονόμετρον* (σχ. 13) εἶναι ὡρολόγιον (τσέπης) μὲ ἕνα μεγάλον δευτερολεπτοδείκτην, ὅστις συνήθως εἰς ἓν λεπτὸν (1 min) ἐκτελεῖ μίαν περιστροφήν. Ἐκτὸς αὐτοῦ εἷς μικρὸς δείκτης ἐκτελεῖ ἐπὶ ἑνὸς μικροτέρου κύκλου μίαν περιστροφὴν εἰς 30 λεπτά. Διὰ πιέσεως ἐπὶ εἰδικοῦ κομβίου τοῦ μηχανισμοῦ τίθεται εἰς λειτουργίαν τὸ χρονόμετρον καὶ ἑπομένως ἡ κίνησις τοῦ δευτερολεπτοδείκτου. Διὰ δευτέρας πιέσεως σταματᾶ ὁ δείκτης καὶ διὰ τρίτης πιέσεως ἐπανέρχονται οἱ δεῖκται εἰς τὸ μηδέν.



Σχ. 13. Χρονόμετρον χειρός.

Διὰ τοῦ χρονομέτρου μετροῦμεν τὸν χρόνον ὅστις ἀπαιτεῖται διὰ τὴν ἐξέλιξιν ἑνὸς φαινομένου, πιέζοντες εἰς τὴν ἀρχὴν καὶ εἰς τὸ τέλος του φαινομένου τὸ πλῆκτρον. Δυνάμεθα τότε νὰ μετρήσωμεν τὸν κατὰ τὴν διάρκειαν τοῦ παρατηρουμένου φαινομένου μεσολαβήσαντα χρόνου μὲ ἀκρίβειαν 0,1 καὶ 0,01 δευτερολέπτου.

14. Βάρος. Ἡ ὕλη παρουσιάζει τὴν ἰδιότητα νὰ ἔχῃ βάρος, δηλ. νὰ ἕλκεται ὑπὸ τῆς Γῆς. ***Τὴν δύναμιν μὲ τὴν ὁποίαν ἕλκει ἡ Γῆ ἓν οἱονδήποτε ὑλικὸν σῶμα εὑρισκόμενον ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας αὐτῆς καλοῦμεν βάρος τοῦ σώματος.*** Ἕνεκα τοῦ βάρους του, ὅταν ὑλικὸν σῶμα κρατῆται εἰς ὕψος ἀπὸ τοῦ ἐδάφους καὶ ἀφεθῇ ἐλεύθερον πίπτει πρὸς τὸ ἔδαφος (σχ. 14).



Σχ. 14. Ἡ Γῆ ἐξασκεῖ ἐπὶ τοῦ σώματος τὴν δύναμιν Β (βάρος).

Ὡς βασικὴ μονὰς βάρους εἰς τοὺς τεχνικοὺς ὑπολογισμοὺς χρησιμοποιεῖται τὸ ***χιλιόγραμμον βάρους***, τὸ ὁποῖον συμβολίζεται ὡς **kgr***, τοῦ ἀστερίσκου τιθεμένου πρὸς διάκρισιν ἀπὸ τῆς μονάδος μάζης, χιλιόγραμμον μάζης (kgr). Παριστᾶ δὲ τὸ kgr* τὴν δύναμιν μὲ τὴν ὁποίαν ἕλκει ἡ Γῆ μᾶζαν 1 χιλιογράμμου καὶ ἑπομένως τὸ βάρος ποσοῦ ὕλης ἢ ἄλλως μάζης 1 χιλιογράμμου. Ἐκτὸς τῆς μονάδος χιλιόγραμμον βάρους χρησιμοποιεῖται καὶ τὸ ***γραμμάριον βάρους*** (**gr***) εἶναι δέ:

$$1 \text{ γραμμάριον βάρους } (\mathbf{gr^*}) = 0{,}001\ \mathbf{kgr^*} = 10^{-3}\ \mathbf{kgr^*}.$$

15. Βάρος καὶ μᾶζα. Εὐθὺς ἐξ ἀρχῆς κατὰ τὴν σπουδὴν τῆς Φυσικῆς, πρέπει νὰ τονισθῇ ὅτι βάρος καὶ μᾶζα εἶναι φυσικὰ μεγέθη ἐντελῶς διάφορα, μολονότι πολλάκις ἐκφράζονται διὰ τοῦ αὐτοῦ ἀριθμοῦ. Οὕτω λέγομεν ὅτι σῶμα τὸ ὁποῖον ἔχει μᾶζαν 5 kgr ἔχει καὶ βάρος 5 kgr*, ἐν τούτοις διὰ τῶν δύο ἀνωτέρω ἐκφράσεων νοοῦμεν διάφορα ἐντελῶς πράγματα.

Ὅταν λέγωμεν ὅτι σῶμα ἔχει μᾶζαν 5 kgr νοοῦμεν ὅτι τὸ σῶμα τοῦτο περικλείει ποσὸν ὕλης ἴσον πρὸς 5 kgr, ἐνῷ ὅταν λέγωμεν ὅτι τὸ αὐτὸ σῶμα ἔχει βάρος 5 kgr* νοοῦμεν ὅτι ἡ Γῆ ἕλκει πρὸς ἑαυτὴν τὸ σῶμα τοῦτο μὲ δύναμιν 5 kgr* καὶ ἑπομένως διὰ νὰ κρατήσωμεν τὸ σῶμα τοῦτο πρέπει νὰ καταβάλωμεν μυϊκὴν δύναμιν ἴσην πρὸς 5 kgr*, ἵνα ἐξουδετερώσωμεν τὸ βάρος αὐτοῦ.

Μία οὐσιώδης διαφορὰ μεταξὺ μάζης καὶ βάρους εἶναι ἡ ἀκόλουθος: Ἡ μᾶζα ἑνὸς σώματος παραμένει ἡ αὐτὴ ὁπουδήποτε ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς καὶ ἂν μεταφερθῇ τὸ σῶμα. Τὸ βάρος ὅμως τοῦ σώματος ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ τόπου, διότι, ὡς θὰ ἴδωμεν λεπτομερῶς εἰς ἄλλην θέσιν, ἡ ἕλξις τὴν ὁποίαν ἀσκεῖ ἡ Γῆ ἐπὶ ὑλικοῦ τινος σώματος ὡρισμένης μάζης μεταβάλλεται μετὰ τοῦ τόπου. Εἰς τὸν αὐτὸν ὅμως τόπον δύο σώματα τὰ ὁποῖα ἔχουν τὸ αὐτὸ βάρος ἔχουν καὶ τὴν αὐτὴν μᾶζαν.

Εἰς τοὺς τεχνικοὺς ὑπολογισμούς, διὰ λόγους τοὺς ὁποίους θὰ ἐκθέσωμεν εἰς ἄλλην θέσιν, βάρος καὶ μᾶζα σώματος ἐκφράζονται διὰ διαφόρων ἀριθμῶν. Οὕτω σῶμα τὸ ὁποῖον ἔχει βάρος 5 kgr*, ἔχει μᾶζαν περίπου $\frac{5}{10} = 0{,}5$ τεχνικὰς μονάδας μάζης (0,5 Τ.Μ. μάζης).

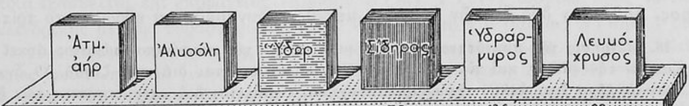
16. Πυκνότης. ***Ἡ πυκνότης ἑνὸς σώματος ὁρίζεται ὡς τὸ πηλίκον τῆς μάζης του διὰ τοῦ ὄγκου αὐτοῦ,*** ὑποτιθεμένου ὅτι ὁ ὄγκος τοῦ σώματος εἶναι τελείως καὶ ὁμοιομόρφως πλήρης ὕλης.

Οὕτως ἐὰν m ἡ μᾶζα τοῦ σώματος καὶ V ὁ ὄγκος αὐτοῦ, ἡ πυκνότης αὐτοῦ ϱ ὁρίζεται ἐκ τοῦ πηλίκου:

$$\boxed{\text{πυκνότης} = \frac{\text{μᾶζα}}{\text{ὄγκος}}} \quad \text{ἤτοι:} \quad \boxed{\varrho = \frac{m}{V}} \qquad (1)$$

δηλ. ἡ πυκνότης ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν μᾶζαν τῆς μονάδος ὄγκου τοῦ σώματος (σχ. 15).

Συνήθως ἡ πυκνότης ἐκφράζεται λαμβανομένης ὡς μονάδος μάζης τοῦ γραμ-



Σχ. 15. Διάφορα σώματα ὑπὸ τὸν αὐτὸν ὄγκον ἔχουν διάφορον μᾶζαν. Ἐὰν δὲ ὁ ὄγκος ἰσοῦται πρὸς 1 cm^3, οἱ κάτωθεν ἀντιστοίχως ἀναγραφόμενοι ἀριθμοὶ παρέχουν τὴν πυκνότητα εἰς gr/cm^3

μαρίου (gr) καὶ ὡς μονάδος ὄγκου τοῦ κυβικοῦ ἑκατοστοῦ (cm^3), ὁπότε ***ἡ πυκνότης ἐκφράζεται εἰς γραμμάρια μάζης κατὰ κυβικὸν ἑκατοστὸν (gr/cm^3).***

Εἰς τοὺς τεχνικοὺς ὑπολογισμοὺς σπανίως χρησιμοποιεῖται ἡ πυκνότης. Ὁσάκις ὅμως χρησιμοποιεῖται δὲν ἐκφράζεται εἰς gr/cm^3 ἀλλ' εἰς τεχνικὰς μονάδας μάζης κατὰ κυβικὸν μέτρον (Τ.Μ. μάζης/m^3).

Ἐκ τοῦ τύπου (1) προκύπτει ὅτι: $\mathbf{m = V \cdot \varrho}$, ἤτοι: ***μᾶζα = ὄγκος × πυκνότης.*** Δοθέντων δύο ἐκ τῶν ἀνωτέρω μεγεθῶν, δυνάμεθα νὰ εὕρωμεν τὸ τρίτον.

17. Εἰδικὸν βάρος. ***Τὸ εἰδικὸν βάρος σώματος ὁρίζεται ὡς τὸ πηλίκον τοῦ βάρους τοῦ σώματος διὰ τοῦ ὄγκου του,*** ὑποτιθεμένου ὅτι ὁ ὄγκος τοῦ σώματος εἶναι τελείως καὶ ὁμοιομόρφως πλήρης ὕλης.

Οὕτως ἐὰν B τὸ βάρος τοῦ σώματος καὶ V ὁ ὄγκος αὐτοῦ, τὸ εἰδικὸν βάρος *ε* ἐκφράζεται ὑπὸ τῆς σχέσεως:

$$\boxed{\text{εἰδικὸν βάρος} = \frac{\text{βάρος}}{\text{ὄγκος}}} \quad \text{ἤτοι:} \quad \boxed{\varepsilon = \frac{B}{V}} \qquad (1)$$

δηλ. τὸ εἰδικὸν βάρος ἀντιστοιχεῖ πρὸς τὸ βάρος τῆς μονάδος ὄγκου τοῦ σώματος.

Συνήθως τὸ βάρος ἐκφράζεται λαμβανομένης ὡς μονάδος βάρους τοῦ γραμμαρίου (gr^*) καὶ ὡς μονάδος ὄγκου τοῦ κυβικοῦ ἑκατοστοῦ (cm^3), ὁπότε ***τὸ εἰδικὸν βάρος ἐκφράζεται εἰς γραμμάρια βάρους κατὰ κυβικὸν ἑκατοστὸν*** (**gr^*/cm^3**).

Ὅταν ἡ πυκνότης ἐκφράζεται εἰς gr/cm^3 καὶ τὸ εἰδικὸν βάρος εἰς gr^*/cm^3 ἀμφότερα τὰ μεγέθη ἐκφράζονται διὰ τοῦ αὐτοῦ ἀριθμοῦ. Οὕτως ἡ πυκνότης τοῦ χαλκοῦ εἶναι 8,93 gr/cm^3, ἀλλὰ καὶ τὸ εἰδικὸν βάρος αὐτοῦ εἶναι 8,93 gr^*/cm^3. Ἕνεκα τοῦ ἀνωτέρω λόγου γίνεται πολλάκις, ἂν καὶ τοῦτο δὲν εἶναι ὀρθόν, χρῆσις τῶν ὅρων πυκνότης καὶ εἰδικὸν βάρος ἀδιακρίτως, διότι ἐκ τῶν ἀνωτέρω ὁρισμῶν συνάγεται σαφῶς, ὅτι πυκνότης καὶ εἰδικὸν βάρος ἀποτελοῦν μεγέθη οὐσιωδῶς διάφορα, ἀκριβῶς ὅπως μᾶζα καὶ βάρος ἀποτελοῦν μεγέθη ἐπίσης οὐσιωδῶς διάφορα.

Εἰς τοὺς τεχνικοὺς ὑπολογισμοὺς τὸ εἰδικὸν βάρος ἐκφράζεται εἰς kgr^*/m^3, ἡ δὲ πυκνότης, ἡ ὁποία χρησιμοποιεῖται σπανίως, ἐκφράζεται εἰς Τ·Μ· μάζης/m^3, δηλ. ἐὰν διαιρέσωμεν τὸ εἰδικὸν βάρος τοῦ σώματος διὰ τοῦ ἀριθμοῦ 9,81 ἢ κατὰ προσέγγισιν τοῦ 10.

Ἐκ τοῦ τύπου (1) προκύπτει ὅτι: $\mathbf{B = V \cdot \varepsilon}$ ἤτοι: ***βάρος = ὄγκος × εἰδικὸν βάρος.*** Δοθέντων δύο ἐκ τῶν ἀνωτέρω μεγεθῶν, δυνάμεθα νὰ εὕρωμεν τὸ τρίτον.

18. Μέτρησις τῆς πυκνότητος. Διὰ νὰ μετρήσωμεν τὴν πυκνότητα σώματος ἀρκεῖ νὰ μετρήσωμεν τὴν μᾶζαν καὶ τὸν ὄγκον του. Ἡ μᾶζα μετρᾶται διὰ τοῦ ζυγοῦ. Ὁ ὄγκος, ἐφ' ὅσον τὸ σῶμα ἔχει ἁπλοῦν γεωμετρικὸν σχῆμα, εὑρίσκεται διὰ καταμετρήσεως τῶν διαστάσεων αὐτοῦ καὶ ἐπὶ τῇ βάσει γνωστῶν τύπων τῆς γεωμετρίας (βλ. σχ. 4).

Ἐὰν τὸ σῶμα δὲν ἔχῃ ἁπλοῦν γεωμετρικὸν σχῆμα, βυθίζομεν αὐτὸ ἐντὸς ὀγκομετρικοῦ κυλίνδρου περιέχοντος ὕδωρ ἢ ἄλλο ὑγρὸν καὶ εὑρίσκομεν τὸν ὄγκον του διὰ μετρήσεως τοῦ ὄγκου τοῦ ἐκτοπιζομένου ὑγροῦ (σχ. 5). Ἐὰν ἐκφράσωμεν τὴν μᾶζαν εἰς gr καὶ τὸν ὄγκον εἰς cm^3, διὰ διαιρέσεως τῶν δύο τούτων ἀριθμῶν εὑρίσκομεν τὴν πυκνότητα εἰς gr/cm^3, ὁπότε, συμφώνως πρὸς τ' ἀνωτέρω, διὰ τοῦ αὐτοῦ ἀριθμοῦ θὰ ἐκφράζεται εἰς gr^*/cm^3 καὶ τὸ εἰδικὸν βάρος τοῦ σώματος.

Ὁ ἐν συνεχείᾳ πίναξ δεικνύει τὰς πυκνότητας οὐσιῶν τινων:

Πυκνότης διαφόρων οὐσιῶν εἰς gr/cm³.

Στερεὰ		Ὀρείχαλκος	8,60	Ἐλαιόλαδον	0,91
Ἀδάμας	3,52	Πάγος	0,917	Λινέλαιον	0,93
Ἄνθραξ	1,8	Σίδηρος (σφυρήλ.)	7,8	Πετρέλαιον	0,8
Ἀργίλλιον	2,65	Σίδηρος (χυτὸς)	7,2	Τερεβινθέλαιον	0,87
Ἄργυρος	10,5	Τσιμέντον	1,5	Ὑδράργυρος	13,6
Κασσίτερος	7,29	Ὕαλος	2,5	**Ἀέρια**	
Καουτσοὺκ	0,94	Φελλὸς	0,24	Ἄζωτον	0,0012507
Κηρὸς	0,96	Χάλυψ	7,7	Ἀὴρ	0,001293
Λευκόχρυσος	21,4	Χαλκὸς	8,93	Ἄνθρακος διοξ.	0,0019768
Μάρμαρον	2,7	Χρυσὸς	19,32	Ἄνθρακος μον.	0,0012503
Μόλυβδος	11,37	Ψευδάργυρος	7,15	Ἥλιον	0,000177
Ξύλον (δρυὸς)	0,80	**Ὑγρὰ**		Ὀξυγόνον	0,0014292
Ξύλον (πεύκης)	0,50	Αἰθὴρ 0 °C	0,735	Ὑδρογόνον	0,0000895
Ὀρυκτὸν ἅλας	2,35	Ἀλκοόλη 20 °C	0,789	Χλώριον	0,0032197

19. Πίεσις. ***Διὰ τοῦ ὅρου πίεσις νοοῦμεν τὴν δύναμιν τὴν ἀσκουμένην ἐπὶ τῆς μονάδος ἐπιφανείας.*** Οὕτως ἐὰν F ἡ δύναμις ἡ ἐπενεργοῦσα ὁμοιομόρφως ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας S, τότε ἡ πίεσις p ἐκφράζεται διὰ τῆς σχέσεως:

$$\boxed{\text{πίεσις} = \frac{\text{δύναμις ἐξασκουμένη ἐπὶ ἐπιφανείας}}{\text{ἐμβαδὸν ἐπιφανείας}}} \quad \text{ἢ} \quad \boxed{p = \frac{F}{S}}$$

Συνήθως ἡ δύναμις ἐκφράζεται εἰς χιλιόγραμμα βάρους (kgr*) καὶ ἡ ἐπιφάνεια εἰς τετραγωνικὰ ἑκατοστὰ (cm^2), ἑπομένως ἡ πίεσις θὰ ἐκφράζεται εἰς kgr^*/cm^2.

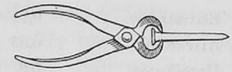
Προκειμένου περὶ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως, ἐκφράζομεν αὐτὴν εἰς ἑκατοστόμετρα στήλης ὑδραργύρου (συμβολικῶς: cm Hg). Οὕτως ἐπὶ παραδείγματι, ὅταν λέγωμεν ὅτι ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις εἶναι 76 cmHg νοοῦμεν ὅτι δύναμις ἡ ὁποία ἐξασκεῖται ἐπὶ ἐπιφανείας ἐμβαδοῦ S (π.χ. 1 cm^2) ἰσοῦται πρὸς τὸ βάρος κυλινδρικῆς στήλης ὑδραργύρου ἐχούσης ὕψος 76 cm καὶ βάσεως S (δηλ. 1 cm^2).

Ἵνα εὕρωμεν τὸ βάρος τῆς στήλης ταύτης εὑρίσκομεν ἐν ἀρχῇ τὸν ὄγκον αὐτῆς, ὁ ὁποῖος ἰσοῦται πρὸς τὸ γινόμενον τοῦ ὕψους ἐπὶ τὴν ἐπιφάνειαν, ἤτοι $76 \times 1 = 76\ cm^3$. Διὰ νὰ εὕρωμεν δὲ τὸ βάρος τῆς στήλης ταύτης ὑδραργύρου εἰς γραμμάρια, πολλαπλασιάζομεν καὶ ἐπὶ τὸ εἰδικὸν βάρος τοῦ ὑδραργύρου, ἤτοι ἐπὶ 13,6 gr^*/cm^3 ὅτε ἔχομεν: $76 \times 13{,}6 = 1033\ gr^*$ ἢ 1,033 kgr*. Ἑπομένως ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις εἶναι 1,033 kgr^*/cm^2, δηλ. κάθε τετραγωνικὸν ἑκατοστὸν ἐπὶ τῆς γηΐνης ἐπιφανείας λόγῳ τῆς ἀτμοσφαίρας ὑφίσταται δύναμιν 1,033 kgr*.

Διὰ τῶν βαρομέτρων ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις καθορίζεται εἰς ἑκατοστόμετρα (cm) ἢ χιλιοστόμετρα (mm) στήλης ὑδραργύρου.

Εἰς τοὺς τεχνικοὺς ὑπολογισμοὺς ἡ πίεσις ἐκφράζεται εἰς χιλιόγραμμα βάρους κατὰ τετραγωνικὸν μέτρον (kgr^*/m^2).

Ὅταν μία δύναμις διανέμεται ὁμοιομόρφως ἐπὶ μεγάλης ἐπιφανείας ἡ ἀναπτυσσομένη πίεσις εἶναι μικρά. Ὅταν ὅμως ἡ αὐτὴ δύναμις διανέμεται ἐπὶ πολὺ μικρᾶς ἐπιφανείας ἡ ἀναπτυσσομένη πίεσις εἶναι πολὺ μεγάλη (σχ. 16). Ἡ τελευταία αὐτη περίπτωσις ἐμφανίζεται εἰς ὅλα τὰ κοπτερὰ ὄργανα, π. χ. μαχαῖρι, ψαλίδι, τανάλια, ἐπίσης εἰς τὰ καρφιά.

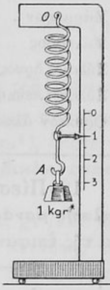


Σχ. 16. Ἡ ἀσκουμένη δύναμις διανέμεται ἐπὶ μικρᾶς ἐπιφανείας.

20. Γραφικὴ παράστασις. Ἡ Φυσική, ἐν τῷ ἔργῳ αὐτῆς διὰ τὴν ἀνεύρεσιν τῶν φυσικῶν νόμων καὶ τὴν ἑρμηνείαν τῶν φυσικῶν φαινομένων, διευκολύνεται τὰ μέγιστα διὰ τῆς γραφικῆς παραστάσεως τῶν μετρήσεων. Ὡς εἴδομεν εἰς τὴν § 2, διὰ νὰ ἀνεύρωμεν τὸν νόμον κατὰ τὸν ὁποῖον μεταβάλλεται ἡ ἐπιμήκυνσις ἑνὸς ἐλατηρίου (σχ. 17), ὅταν φορτίζωμεν τοῦτο διὰ διαφόρων βαρῶν, ἐκτελοῦμεν σειρὰν πειραμάτων καὶ προσδιορίζομεν τὴν ἑκάστοτε ἐπιμήκυνσιν, τὴν ὁποίαν ὑφίσταται τὸ ἐλατήριον ὑπὸ τὴν ἐπενέργειαν τοῦ τείνοντος αὐτὸ βάρους. Ἀποτέλεσμα τῶν διαφόρων πειραμάτων εἶναι ἡ ἀνεύρεσις δύο σειρῶν ἀριθμῶν, ἐκ τῶν ὁποίων ἡ μὲν παριστᾷ τὰ ἐπιμηκύνοντα τὸ ἐλατήριον βάρη, ἡ δὲ ἄλλη τὰς ἀντιστοίχους ἐπιμηκύνσεις (βλέπε παρατιθέμενον πίνακα).

Πειραματικὰ δεδομένα.

Τείνουσα δύναμις εἰς gr*	Ἐπιμήκυνσις ἐλατηρίου εἰς cm
0	0
100	1
200	2
300	3
400	4
500	5



Σχ. 17. Ζυγὸς δι' ἐλατηρίου.

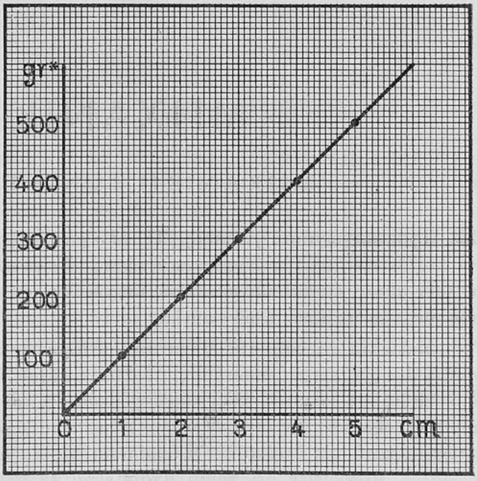
Ἡ ἀνεύρεσις τοῦ νόμου ὁ ὁποῖος καθορίζει πῶς μεταβάλλεται ἡ ἐπιμήκυνσις τοῦ ἐλατηρίου μετὰ τοῦ τείνοντος βάρους, διὰ τῆς συγκρίσεως τῶν ἀριθμῶν τοῦ πίνακος δὲν εἶναι πάντοτε τόσον εὐχερής. Ὡς ἐκ τούτου καταφεύγομεν εἰς τὴν γραφικὴν παράστασιν τῶν ἀποτελεσμάτων τῶν μετρήσεων, ἡ ὁποία εἰς πολλὰς περιπτώσεις μᾶς δίδει σαφῆ εἰκόνα τοῦ τρόπου κατὰ τὸν ὁποῖον συμμεταβάλλεται τὸ θεωρούμενον μέγεθος. Οὕτω θεωροῦμεν εἰς τὸ ἐπίπεδον δύο εὐθείας τεμνομένας κατ' ὀρθὴν γωνίαν, τὰς ὁποίας καλοῦμεν ἄξονας, ἐνῷ τὸ σημεῖον τομῆς αὐτῶν καλοῦμεν ἀρχὴν τῶν ἀξόνων. Ἀκολούθως, ὑπὸ ὡρισμένην κλίμακα, καὶ ἀρχόμενοι ἀπὸ τῆς ἀρχῆς τῶν ἀξόνων, ἀναφέρομεν ἐπὶ μὲν τοῦ ὁριζοντίου ἄξονος τὰς τιμὰς τῶν ἐπιμηκύνσεων, ἐπὶ δὲ τοῦ καθέτου πρὸς αὐτὸν τὰς τιμὰς τῶν τεινόντων βαρῶν (σχ. 18).

Οὕτως εἰς τὸ ἀνωτέρω παράδειγμα, εἰς τὴν κλίμακα τῶν ἐπιμηκύνσεων δεχόμεθα ὅτι μῆκος 1 cm ἀντιστοιχεῖ εἰς ἐπιμήκυνσιν 1 cm, ἐπὶ δὲ τοῦ ἄλλου καθέτου ἄξονος, μῆκος π.χ. 1 cm ἀντιστοιχεῖ εἰς βάρος 100 gr*. Εἶναι φανερόν, ὅτι ἕκαστον ζεῦγος ἀντιστοίχων τιμῶν θὰ καθορίζῃ ἐν τῷ ἐπιπέδῳ ἓν σημεῖον. Ἐὰν δὲ τὰ οὕτως ὁριζόμενα σημεῖα ἑνώσωμεν διὰ συνεχοῦς γραμμῆς, ἡ προκύπτουσα εὐθεῖα ἢ καμπύλη, παριστᾷ γραφικῶς τὸν νόμον τῆς ἐπιμηκύνσεως τοῦ ἐλατηρίου, συναρτήσει τοῦ τείνοντος βάρους. Πλεονέκτημα τῆς γραφικῆς παραστάσεως εἶναι ὅτι δυνάμεθα νὰ καθορίσωμεν τὴν ἐπιμήκυνσιν τοῦ ἐλατηρίου δι' οἱονδήποτε ἄλλο βάρος. Π. χ. διὰ δύναμιν 350 gr* ἔχομεν ἐπιμήκυνσιν 3,5 cm, καὶ ἀντιστρόφως.

21. Ὕλη καὶ φυσικαὶ καταστάσεις αὐτῆς. Μακροχρόνιοι πειραματικαὶ ἔρευναι κατέδειξαν, ὅτι ἡ ὕλη οὔτε ἐκ τοῦ μηδενὸς δύναται νὰ δημιουργηθῇ, ἀλλ' οὔτε καὶ ἡ ὑπάρχουσα ὕλη δύναται νὰ ἐκμηδενισθῇ, ἀλλ' ὅτι, κατὰ τὴν ἐξέλιξιν τῶν διαφόρων φαινομένων, ἡ ὕλη ὑφίσταται ἁπλῶς μεταβολὴν τῆς μορφῆς αὐτῆς.

Ὡς ἐκ τούτου, δεχόμεθα εἰς τὴν Φυσικὴν τὸ **ἀξίωμα τῆς ἀφθαρσίας τῆς ὕλης**, τὸ ὁποῖον πολλάκις καλεῖται καὶ «*ἀξίωμα τῆς διατηρήσεως τῆς ὕλης*» καὶ διατυποῦται ὡς ἑξῆς: ***Ἡ ὕλη οὔτε καταστρέφεται, ἀλλ' οὔτε καὶ ἐκ τοῦ μηδενὸς δύναται νὰ δημιουργηθῇ.***

Ἡ ὕλη, καὶ ἑπομένως τὰ φυσικὰ σώματα ἅτινα ἀποτελοῦνται ἐξ αὐτῆς, ἐμφανίζονται εἰς τὴν φύσιν ὑπὸ τρεῖς βασικὰς καταστάσεις ἢ μορφάς, τὴν στερεάν, ὑγρὰν καὶ ἀέριον.



Σχ. 18. Ἡ σχέσις μεταξὺ τεινούσης δυνάμεως καὶ ἐπιμηκύνσεως ἀποδιδομένη γραφικῶς.

Τὰ ***στερεὰ*** σώματα παρουσιάζουν πολὺ μεγάλην ἀντίστασιν εἰς πᾶσαν μεταβολήν, εἴτε τοῦ ὄγκου εἴτε τοῦ σχήματος αὐτῶν, ὡς ἐκ τούτου δὲ δυσκόλως παραμορφοῦνται καὶ εἶναι εἰς ἐξόχως μικρὸν βαθμὸν συμπιεστά.

Τὰ ***ὑγρὰ*** σώματα παρουσιάζουν ἐλαχίστην ἢ μηδαμινὴν ἀντίστασιν εἰς πᾶσαν μεταβολὴν τοῦ σχήματος αὐτῶν, ἐνῷ ἀντιθέτως, ἀντιτάσσουν πολὺ μεγάλην ἀντίστασιν εἰς πᾶσαν μεταβολὴν τοῦ ὄγκου αὐτῶν. Ὡς ἐκ τούτου, τὰ ὑγρὰ παραμορφοῦνται εὐχερῶς, π. χ. διὰ τῆς μεταγγίσεως αὐτῶν εἰς δοχεῖα διαφόρου σχήματος, ὁπότε λαμβάνουν τὸ σχῆμα τοῦ περιέχοντος δοχείου. Ἐξ ἄλλου, εἶναι πολὺ ὀλίγον συμπιεστά, ἀλλ' ἐν πάσῃ περιπτώσει περισσότερον συμπιεστὰ ἀπὸ τὰ στερεά.

Τὰ ***ἀέρια*** σώματα δὲν παρουσιάζουν ἀντίστασιν οὔτε εἰς τὴν μεταβολὴν τοῦ σχήματος αὐτῶν, οὔτε εἰς τὴν αὔξησιν τοῦ ὄγκου αὐτῶν, ἐνῷ ἀντιτάσσουν μικρὰν ἀντίστασιν εἰς τὴν μείωσιν τοῦ ὄγκου αὐτῶν. Ἕνεκα τῶν ἀνωτέρω λόγων, τὰ ἀέρια ἀποτελοῦν σώματα, τὰ ὁποῖα δύνανται νὰ ὑποστοῦν οἱανδήποτε παραμόρφωσιν σχήματος, εἶναι εὐκόλως συμπιεστά, ἐνῷ ἐξ ἄλλου ἔχουν τὴν ἱκανότητα νὰ διατείνωνται καὶ νὰ καταλαμβάνουν ὁλόκληρον τὸν προσφερόμενον εἰς αὐτὰ χῶρον.

Τὰς τρεῖς καταστάσεις τῆς ὕλης δεικνύομεν διὰ τοῦ ἀκολούθου πειράματος: Ἐντὸς ὑαλίνης φιάλης τοποθετοῦμεν μερικὰ τεμάχια πάγου, ὁ ὁποῖος ἀποτελεῖται ἀπὸ ὕδωρ ἐν στερεᾷ καταστάσει. Ἐὰν θερμάνωμεν τὴν φιάλην ὁ πάγος τήκεται καὶ λαμβάνει τὴν ὑγρὰν κατάστασιν (σύνηθες ὕδωρ). Ἐὰν ἐξακολουθήσωμεν νὰ θερμαίνωμεν τὸ ὕδωρ τοῦτο ἀρχίζει νὰ βράζῃ καὶ μεγάλαι φυσαλίδες ἀτμοῦ, ὁ ὁποῖος ἀποτελεῖται ἀπὸ ὕδωρ ἐν ἀερίῳ καταστάσει, διαταράσσουν τὴν ἐπιφάνειαν αὐτοῦ.

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟΝ

ΜΗΧΑΝΙΚΗ

ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ

22. Προεισαγωγικαὶ γνώσεις. Ἡ *Μηχανικὴ* εἶναι τὸ μέρος τῆς Φυσικῆς τὸ ὁποῖον ἐξετάζει τὰς διαφόρους κινήσεις τῶν σωμάτων, τὰ αἴτια τὰ ὁποῖα προκαλοῦν αὐτάς, ὡς καὶ τὰς συνθήκας ἰσορροπίας τῶν σωμάτων, καὶ ἀποτελεῖ ἓν ἐκ τῶν θεμελιωδεστέρων μερῶν αὐτῆς.

Κατὰ τὴν σπουδὴν τῆς Μηχανικῆς, θεωροῦμεν πολλάκις ὅτι τὸ σῶμα παρουσιάζει ἀπείρως μικρὰς διαστάσεις, μὲ ἄλλους λόγους δὲν λαμβάνομεν ὑπ' ὄψιν τὰς διαστάσεις του σώματος, ἀλλὰ παραδεχόμεθα ὅτι τοῦτο δύναται αἰσθητῶς νὰ θεωρηθῇ ὡς σημεῖον, ὅτε λέγομεν ὅτι τὸ σῶμα ἀποτελεῖ ***ὑλικὸν σημεῖον.*** Εἰς περιπτώσεις, κατὰ τὰς ὁποίας δὲν ἐπιτρέπεται νὰ παραμελῶμεν τὰς διαστάσεις τοῦ σώματος, θεωροῦμεν ὅτι τοῦτο ἀποτελεῖται ἐξ ἀπειροπληθῶν ὑλικῶν σημείων συνδεδεμένων πρὸς ἄλληλα, κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε αἱ ἀποστάσεις αὐτῶν νὰ παραμένουν ἀμετάβλητοι ὑπό τὴν ἐπενέργειαν ἐξωτερικῶν δυνάμεων. Ἐν τοιαύτῃ περιπτώσει, λέγομεν ὅτι τοῦτο ἀποτελεῖ ἀπολύτως στερεὸν σῶμα ἢ ἁπλῶς ***στερεὸν σῶμα.***

Ἕνεκα τοῦ ἀνωτέρω λόγου, ἡ Μηχανικὴ ὑποδιαιρεῖται εἰς ***Μηχανικὴν τοῦ ὑλικοῦ σημείου*** καὶ εἰς ***Μηχανικὴν τοῦ στερεοῦ σώματος,*** ἕκαστος δὲ τῶν κλάδων τούτων ὑποδιαιρεῖται πάλιν, εἰς τὴν Κινηματικήν, τὴν Στατικὴν καὶ τὴν Δυναμικήν.

Ἡ ***Κινηματικὴ*** ἐξετάζει τὰς κινήσεις, τὰς ὁποίας δύναται νὰ ἐκτελῇ ὑλικὸν σημεῖον ἢ στερεὸν σῶμα, διὰ καθαρῶς ἀναλυτικῆς ὁδοῦ ἢ ἄλλως γεωμετρικῶς, χωρὶς νὰ ἐνδιαφέρεται διὰ τὰ αἴτια τὰ προκαλοῦντα τὴν κίνησιν.

Ἡ ***Στατικὴ*** ἐξετάζει τὰς συνθήκας ἰσορροπίας δυνάμεων αἱ ὁποῖαι ἐπενεργοῦν ἐπὶ ὑλικοῦ σημείου ἢ στερεοῦ σώματος.

Ἡ ***Δυναμική,*** τέλος, ἀποτελεῖ συνθετώτερον κλάδον, διότι ἐξετάζει τὰς κινήσεις ἐν συνδυασμῷ πρὸς τὰ προκαλοῦντα αὐτὰς αἴτια.

Κατὰ τὴν ἀνάπτυξιν τῆς Μηχανικῆς θὰ περιορισθῶμεν κυρίως εἰς τὴν σπουδὴν τῆς Μηχανικῆς τοῦ ὑλικοῦ σημείου, διότι ἡ πλήρης περιγραφὴ τῆς Μηχανικῆς τοῦ στερεοῦ σώματος ἐκφεύγει τῶν ὁρίων τοῦ βιβλίου τούτου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Α΄.

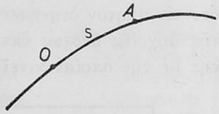
ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ ΤΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΣΗΜΕΙΟΥ

23. Κίνησις. ***Ὑλικὸν σημεῖον καὶ ἐν γένει σῶμα λέγομεν ὅτι κινεῖται, ὅταν μεταβάλλῃ θέσιν εἰς τὸν χῶρον, ἐν σχέσει πρὸς ἕτερον σῶμα, τὸ ὁποῖον κατὰ συνθήκην θεωροῦμεν ὡς ἀκίνητον.***

Εἰς τὴν Φυσικήν, ἐφ᾽ ὅσον δὲν καθορίζεται ἄλλως, ἀναφέρομεν πάντοτε τὴν κίνησιν τοῦ θεωρουμένου σώματος ὡς πρὸς τὴν Γῆν, τὴν ὁποίαν θεωροῦμεν ὡς ἀκίνητον, χωρὶς νὰ λαμβάνωμεν ὑπ᾽ ὄψιν τὴν ἰδίαν αὐτῆς κίνησιν.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει, ὅτι πᾶσαι αἱ κινήσεις τὰς ὁποίας θεωροῦμεν εἰς τὴν Φυσικὴν εἶναι ***σχετικαὶ κινήσεις***, δεδομένου ὅτι αὗται ἀναφέρονται πρὸς τὴν Γῆν, ἡ ὁποία ὅμως πράγματι δὲν εἶναι ἀκίνητος.

Ὁ δρόμος, τὸν ὁποῖον ἀκολουθεῖ ὑλικὸν σημεῖον κατὰ τὴν κίνησιν αὐτοῦ, καλεῖται ***τροχιά***, καὶ δύναται νὰ εἶναι ***εὐθύγραμμος*** ἢ ***καμπυλόγραμμος***. Εἰς περίπτωσιν κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ τροχιὰ εἶναι περιφέρεια κύκλου, ἡ κίνησις λέγεται ***κυκλική***. Ἐφ᾽ ὅσον ἡ τροχιὰ εἶναι ἐκ τῶν προτέρων γνωστὴ ὡς πρὸς τὴν μορφὴν αὐτῆς, ἡ θέσις τοῦ κινουμένου ὑλικοῦ σημείου, εἰς ἑκάστην στιγμὴν τοῦ χρόνου, καθορίζεται ὅταν δίδεται ἡ ἑκάστοτε ἀπόστασίς του, μετρουμένη ἐπὶ τῆς τροχιᾶς του, ἀπὸ ἑτέρου σταθεροῦ σημείου κειμένου ἐπὶ τῆς τροχιᾶς. Οὕτως ἐὰν γνωρίζωμεν ἐκ τῶν προτέρων ὅτι τὸ ὑλικὸν σημεῖον ἀκολουθεῖ τὴν εἰς τὸ σχῆμα 19 εἰκονιζομένην καμπυλόγραμμον τροχιάν, ἡ θέσις αὐτοῦ εἰς ἑκάστην χρονικὴν στιγμήν, π.χ. εἰς Α, καθορίζεται ἐκ τῆς ἀποστάσεως αὐτοῦ ΟΑ = s, μετρουμένης κατὰ μῆκος τοῦ τόξου ΟΑ καὶ ἀπὸ τῆς ἀρχῆς Ο, ἡ ὁποία ἀποτελεῖ σταθερὸν σημεῖον, ἤτοι παραμένει ἀκίνητον ἐπὶ τῆς τροχιᾶς. Ἡ κατὰ μῆκος τῆς τροχιᾶς τοῦ κινουμένου ὑλικοῦ σημείου Α μετρουμένη ἀπόστασις αὐτοῦ ἀπὸ τοῦ σημείου Ο, τὸ ὁποῖον ἐκλέγεται ὡς ἀρχὴ τῆς κινήσεως, καλεῖται ***διάστημα***.



Σχ. 19. Τροχιὰ κινητοῦ.

Χαρακτηριστὰ στοιχεῖα πάσης κινήσεως εἶναι ἡ ***ταχύτης*** καὶ ἡ ***ἐπιτάχυνσις***, ἀμφότερα δὲ τὰ μεγέθη ταῦτα καθορίζονται τελείως ὅταν δοθοῦν: ἡ ἀριθμητικὴ τιμὴ καὶ ἡ διεύθυνσις αὐτῶν.

Οὕτω π.χ. ὅταν λέγομεν ἁπλῶς ὅτι ἡ ταχύτης ἑνὸς κινητοῦ κατά τινα χρονικὴν στιγμὴν εἶναι 30 μέτρα κατὰ δευτερόλεπτον (30 m/sec) διὰ τὴν Φυσικὴν ἡ ταχύτης δὲν ὁρίζεται τελείως· διὰ νὰ ὁρισθῇ πλήρως πρέπει νὰ δοθῇ καὶ ἡ διεύθυνσις πρὸς τὴν ὁποίαν κινεῖται τὸ σῶμα καὶ ἡ ὁποία συμπίπτει πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς ταχύτητος. Διὰ τὸ παράδειγμα τοῦτο ἡ ταχύτης τοῦ σώματος εἶναι πλήρως καθωρισμένη ὅταν λέγομεν ὅτι τὸ κινητὸν κινεῖται μὲ ταχύτητα 30 m/sec καὶ μὲ διεύθυνσιν π.χ. πρὸς Βορρᾶν. Ἡ ταχύτης ἑνὸς κινητοῦ ἐντὸς ὡρισμένου χρονικοῦ διαστήματος θεωρεῖται ***σταθερὰ (ἀμετάβλητος)***, ὅταν τόσον ἡ ἀριθμητικὴ τιμὴ ὅσον καὶ ἡ διεύθυνσις αὐτῆς διατηροῦνται σταθεραὶ καθ' ὅλην τὴν διάρκειαν τοῦ θεωρουμένου χρονικοῦ διαστήματος.

Ἡ ταχύτης (υ) ὁρίζεται ὡς τὸ διανυόμενον διάστημα ὑπὸ τοῦ κινητοῦ εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου, μετρᾶται δὲ ἐκ τοῦ πηλίκου τοῦ διανυομένου διαστήματος διὰ τοῦ ἀντιστοίχου χρόνου.

Ἡ ἐπιτάχυνσις (γ) ὁρίζεται ὡς ἡ μεταβολὴ τῆς ταχύτητος εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου, μετρᾶται δὲ ἐκ τοῦ πηλίκου τῆς μεταβολῆς τῆς ταχύτητος διὰ τοῦ ἀντιστοίχου χρόνου κατὰ τὸν ὁποῖον διαρκεῖ ἡ μεταβολή.

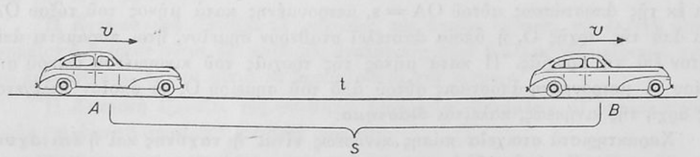
24. Εὐθύγραμμος καὶ ὁμαλὴ κίνησις. Ἐξ ὅλων τῶν κινήσεων ἁπλουστέρα εἶναι ἡ **εὐθύγραμμος καὶ ὁμαλὴ κίνησις,** ἡ ὁποία χαρακτηρίζεται ἐκ τούτου, ὅτι ἡ ταχύτης αὐτῆς εἶναι σταθερὰ κατ' ἀριθμητικὴν τιμὴν καὶ διεύθυνσιν.

Μὲ ἄλλους λόγους, τὸ κινητὸν κινεῖται ἐπ' εὐθείας γραμμῆς, καὶ τὸ εἰς ἑκάστην μονάδα τοῦ χρόνου διανυόμενον ὑπ' αὐτοῦ διάστημα ἔχει πάντοτε τὴν αὐτὴν ἀριθμητικὴν τιμήν.

Ἡ ἐξίσωσις τῆς εὐθυγράμμου καὶ ὁμαλῆς κινήσεως, ἐὰν ληφθῇ ὑπ' ὄψιν ὅτι τὸ κινητὸν διήνησε εἰς χρόνον t τὸ διάστημα s — δηλαδὴ ἡ ἀπόστασις ἀπὸ τῆς ἀρχικῆς θέσεως ἐκκινήσεως μέχρι τῆς τελικῆς εἶναι s — ἡ δὲ σταθερὰ ταχύτης μὲ τὴν ὁποίαν κινεῖται εἶναι υ, δύναται νὰ γραφῇ ὡς ἀκολούθως:

$$\boxed{\text{ταχύτης} = \frac{\text{διανυόμενον διάστημα}}{\text{χρόνος}}} \quad \text{ἤ} \quad \boxed{\upsilon = \frac{s}{t}} \qquad (1)$$

Εἰς τὸ σχῆμα 20 δεικνύεται ἡ ἀλλαγὴ τῆς θέσεως τοῦ αὐτοκινήτου τὸ ὁποῖον



Σχ. 20. Διὰ τὸν ὁρισμὸν τῆς ταχύτητος υ = s/t.

κινεῖται ἀπὸ Α εἰς Β μὲ σταθερὰν ταχύτητα ἐπὶ εὐθυγράμμου τροχιᾶς. Ἡ διανυθεῖσα ἀπόστασις εἶναι ἡ ΑΒ καὶ ὁ χρόνος ὁ ὁποῖος διέρρευσε ἀπὸ Α εἰς Β εἶναι t δευτερόλεπτα.

Ἐὰν ἡ ταχύτης ἑνὸς σώματος εἶναι γνωστὴ ἡ διανυθεῖσα ἀπόστασις δύναται νὰ ὑπολογισθῇ διὰ δεδομένον χρόνον. Εἰς προβλήματα τοιούτου εἴδους ἡ ἐξίσωσις (1) λυομένη ὡς πρὸς s ἢ t γίνεται :

$$\boxed{s = \upsilon \cdot t} \quad (2) \quad \text{καὶ} \quad \boxed{t = \frac{s}{\upsilon}} \quad (3)$$

οἱ τύποι (1), (2) καὶ (3) λύουν ὅλα τὰ προβλήματα τῆς εὐθυγράμμου καὶ ὁμαλῆς κινήσεως.

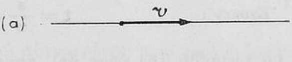
Ὡς βασικὴ μονὰς ταχύτητος λαμβάνεται τὸ ***1 μέτρον κατὰ δευτερόλεπτον* (m/sec)**, τὴν μονάδα δὲ ταύτην χρησιμοποιοῦμεν εἰς τοὺς τεχνικοὺς ὑπολογισμοὺς ὡς καὶ εἰς πλείστας ἄλλας πρακτικὰς ἐφαρμογάς.

Συχνὰ χρησιμοποιοῦμεν καὶ ἄλλας μονάδας, ὡς π.χ. τὸ ***1 χιλιόμετρον καθ' ὥραν* (km/h)** ἢ τὸ ***1 ναυτικὸν μίλλιον καθ' ὥραν***, καλεῖται δὲ ἡ μονὰς αὕτη ***κόμβος*** καὶ χρησιμοποιεῖται πρὸς χαρακτηρισμὸν τῆς ταχύτητος πλοίων. Οὕτω λέγομεν ὅτι ἡ ταχύτης ἑνὸς ἀντιτορπιλλικοῦ εἶναι 32 κόμβων· τοῦτο σημαίνει ὅτι τὸ ἀντιτορπιλλικὸν διανύει ἐντὸς μιᾶς ὥρας 32 ναυτικὰ μίλλια (1 ναυτικὸν μίλλιον = 1852 μέτρα).

Πίναξ ταχυτήτων.

Πεζὸς μὲ κανονικὸν βάδισμα	1,4 m/sec	Ἁμαξοστοιχία συνήθης	50 km/h
Δρομεὺς	7 m/sec	Ἁμαξοστοιχία ταχεῖα	90 km/h
Τροχοφόρα	15—20 km/h	Σφαῖρα ὅπλου	400—600 m/sec
Λέμβος μὲ κουπιὰ	3 m/sec	Ἀτμόπλοιον	7—10 m/sec
Ἱστιοφόρα	5 m/sec	Πολεμικὰ πλοῖα	15 m/sec
Αὐτοκίνητον σύνηθες	40—100 km/h	Ἦχος εἰς τὸν ἀέρα	340 m/sec
Ἄνεμος μέτριος	10 m/sec	Ἀεροπλάνον	250—700 km/h
Ἄνεμος ἰσχυρὸς	18 m/sec	Φῶς	300 000 km/sec

25. Γραφικὴ παράστασις ταχύτητος. Ὁσάκις θέλομεν νὰ ἐκφράσωμεν ὅτι ἡ ταχύτης εἶναι μέγεθος τὸ ὁποῖον χαρακτηρίζεται ἀπὸ ἀριθμητικὴν τιμὴν καὶ διεύθυνσιν, παριστῶμεν αὐτὴν δι' ἑνὸς τμήματος εὐθείας τοῦ ὁποίου τὸ μῆκος ὑπὸ κατάλληλον κλίμακα δεικνύει τὴν ἀριθμητικὴν τιμὴν τῆς ταχύτητος, βέλος δὲ σημειούμενον εἰς τὸ ἓν ἄκρον αὐτοῦ δεικνύει τὴν διεύθυνσιν κατὰ τὴν ὁποίαν κινεῖται τὸ κινητὸν (σχ. 21). Τοιοῦτον τμῆμα εὐθείας μετὰ βέλους εἰς τὸ ἄκρον αὐτοῦ καλεῖται ***ἄνυσμα***. Οὕτως εἰς τὸ σχῆμα 21 (α) ἡ ταχύτης παριστᾶται ὡς ἄνυσμα συμπίπτον μὲ τὴν τροχιὰν τοῦ κινητοῦ, ἐνῷ εἰς τὸ σχῆμα 21 (β) τὸ ἄνυσμα τῆς ταχύτητος εἰς καμπυλόγραμμον κίνησιν συμπίπτει μὲ τὴν ἐφαπτομένην τῆς τροχιᾶς εἰς ἕκαστον σημεῖον ὅπου θεωροῦμεν ὅτι εὑρίσκεται τὸ κινητὸν εἰς τὰς διαδοχικὰς μονάδας τοῦ χρόνου.



Σχ. 21. Τὸ ἄνυσμα δεικνύει τὴν διεύθυνσιν τῆς ταχύτητος.

Ἀριθμητικὰ παραδείγματα. 1. ***Αὐτοκίνητον χρειάζεται 2 ὥρας διὰ νὰ φθάσῃ εἰς μίαν πόλιν ἀπέχουσαν 120 χιλιόμετρα πρὸς ἀνατολάς. Ποία ἡ ταχύτης του.***

Ἡ διανυθεῖσα ἀπόστασις s εἰς τὸ πρόβλημα εἶναι 120 χιλιόμετρα (120 km) καὶ ὁ διαρρεύσας χρόνος t εἶναι δύο ὧραι (2 h), ἄρα ἡ ταχύτης τοῦ αὐτοκινήτου εἶναι:

$$\upsilon = \frac{120}{2} = 60\,\frac{\mathbf{km}}{\mathbf{h}}$$

ἤτοι 60 χιλιόμετρα καθ' ὥραν καὶ μὲ διεύθυνσιν πρὸς ἀνατολάς.

Αἱ μονάδες εἶναι τόσον σπουδαῖαι ὅσον καὶ οἱ ἀριθμοὶ καὶ πρέπει νὰ περιλαμβάνωνται πάντοτε ἀπαραιτήτως εἰς τὴν ἀπάντησιν.

Ἐὰν θέλωμεν νὰ ἐκφράσωμεν τὴν ταχύτητα εἰς τὴν βασικὴν μονάδα ταχύτητος, ἤτοι εἰς m/sec, πρέπει νὰ μετατρέψωμεν τὴν ἀπόστασιν εἰς μέτρα, ἤτοι 120 000 m καὶ τὸν χρόνον εἰς sec, ἤτοι $2 \cdot 3\,600 = 7\,200$ sec, ὁπότε:

$$\upsilon = \frac{120\,000}{7\,200} = 16{,}67\ \mathbf{m/sec}$$

ἤτοι ἡ ταχύτης τοῦ αὐτοκινήτου εἶναι 16,67 μέτρα κατὰ δευτερόλεπτον.

2. ***Σιδηρόδρομος ὁ ὁποῖος κινεῖται κατὰ μῆκος εὐθείας τροχιᾶς μὲ σταθερὰν ταχύτητα χρειάζεται 8 δευτερόλεπτα ἵνα διανύσῃ ἀπόστασιν 20 μέτρων. Νὰ εὑρεθῇ ἡ ταχύτης του.***

Ἀφοῦ $s = 20$ m καὶ $t = 8$ sec, ἡ ταχύτης εἶναι:

$$\upsilon = \frac{20}{8} = 2{,}5\,\frac{\mathbf{m}}{\mathbf{sec}}$$

ἤτοι ἡ ταχύτης τοῦ σιδηροδρόμου εἶναι 2,5 μέτρα κατὰ δευτερόλεπτον.

3. ***Ἐὰν σῶμα κινῆται μὲ ταχύτητα 45 ἑκατοστομέτρων κατὰ δευτερόλεπτον, πόσον διάστημα εἰς ἑκατοστόμετρα θὰ διανύσῃ εἰς 2 λεπτά.***

Ἐπειδὴ ἡ ταχύτης δίδεται εἰς cm/sec καὶ τὸ διάστημα ζητεῖται εἰς cm, θὰ μετατρέψωμεν τὸν χρόνον 2 λεπτὰ (2 min) εἰς δευτερόλεπτα (sec). Ἐπειδὴ 1 min = 60 sec, θὰ εἶναι: $t = 2 \cdot 60 = 120$ sec.

Ἐφαρμόζοντες τὸν τύπον: $s = \upsilon \cdot t$ εὑρίσκομεν:

$$\mathbf{s} = 45 \cdot 120 = \mathbf{5\,400\ cm}$$

4. ***Πλοῖον ταξιδεύει μὲ μέσην ταχύτητα 30 μίλια καθ' ὥραν (30 mil/h). Πόσας ὥρας θὰ χρειασθῇ διὰ νὰ διανύσῃ διάστημα 175 μιλίων.***

Ἔχομεν:

$$\mathbf{t} = \frac{s}{\upsilon} = \frac{175}{30} = \mathbf{5{,}83\ h}$$

ἄρα θὰ χρειασθῇ 5,83 ὥρας, δηλ. περίπου 5 ὥρας καὶ 50 λεπτά.

26. Μεταβαλλομένη κίνησις. Εἴδομεν (§ 23) ὅτι ἡ ταχύτης χαρακτηρίζεται ἀπὸ δύο στοιχεῖα, τὴν ἀριθμητικὴν τιμὴν καὶ τὴν διεύθυνσιν, καὶ ὅτι ὅταν καὶ τὰ δύο στοιχεῖα παραμένουν ἀμετάβλητα ἡ ταχύτης εἶναι σταθερά. Οὕτω συνάγομεν ἀμέσως ὅτι ἡ ταχύτης δὲν παραμένει χρονικῶς σταθερὰ ὅταν μεταβάλλεται εἴτε τὸ ἓν ἐκ τῶν ἀνωτέρω δύο στοιχείων τῆς ταχύτητος, εἴτε καὶ τὰ δύο.

Προκύπτουν λοιπὸν τὰ ἀκόλουθα εἴδη μεταβαλλομένης κινήσεως:

α) ***Εὐθύγραμμος μεταβαλλομένη.*** Ὅταν ἡ διεύθυνσις τῆς ταχύτητος διατηρῆται σταθερὰ καὶ μεταβάλλεται ἡ ἀριθμητικὴ τιμὴ αὐτῆς. Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην ἡ διεύθυνσις τῆς ἐπιταχύνσεως συμπίπτει, ὡς θὰ ἴδωμεν, πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς ταχύτητος ἢ δύναται νὰ εἶναι καὶ ἀντιθέτου διευθύνσεως.

β) ***Κυκλικὴ ὁμαλὴ κίνησις.*** Ὅταν ἡ ἀριθμητικὴ τιμὴ τῆς ταχύτητος παραμένει σταθερὰ καὶ μεταβάλλεται ἡ διεύθυνσις αὐτῆς. Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην ἡ ἐπιτάχυνσις ἔχει διεύθυνσιν, ὡς θὰ ἴδωμεν, πρὸς τὸ κέντρον τῆς περιφερείας καὶ εἶναι κάθετος πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς ταχύτητος.

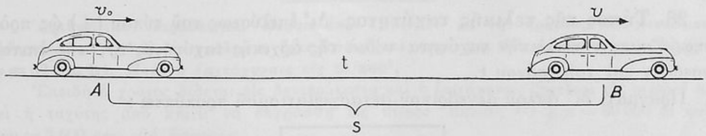
γ) ***Γενικὴ κίνησις.*** Ὅταν μεταβάλλονται τόσον ἡ ἀριθμητικὴ τιμὴ τῆς ταχύτητος ὅσον καὶ ἡ διεύθυνσις αὐτῆς. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ ἐπιτάχυνσις μεταβάλλεται κατ' ἀριθμητικὴν τιμὴν καὶ κατὰ διεύθυνσιν.

Τοιούτου εἴδους κίνησιν ἐκτελεῖ π.χ. ὀβὶς ἐκσφενδονιζομένη ἀπὸ τῆς κάννης πυροβόλου.

Γενικῶς πᾶσα μεταβαλλομένη κίνησις ἔχει ἐπιτάχυνσιν, ἡ ὁποία καθορίζεται τελείως ὅταν δοθῇ ἡ ἀριθμητικὴ τιμὴ καὶ ἡ διεύθυνσις αὐτῆς.

27. Α΄. Εὐθύγραμμος ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένη κίνησις. Ἐξ ὅλων τῶν μεταβαλλομένων κινήσεων ἁπλουστέρα εἶναι ἡ εὐθύγραμμος ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένη κίνησις. Κατὰ τὴν κίνησιν αὐτὴν ἡ διεύθυνσις τῆς ταχύτητος τοῦ κινητοῦ παραμένει ἀμετάβλητος, δηλαδὴ τὸ σῶμα κινεῖται ἐπ' εὐθείας γραμμῆς ἡ δὲ ἀριθμητικὴ τιμὴ τῆς ταχύτητος αὐτοῦ αὐξάνεται κατὰ τὸ αὐτὸ ποσὸν εἰς ἑκάστην μονάδα τοῦ χρόνου, καλεῖται δὲ τὸ ποσὸν τοῦτο ***ἐπιτάχυνσις.***

Ὡς ἁπλοῦν παράδειγμα εὐθυγράμου ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένης κινήσεως θεωροῦμεν τὸ αὐτοκίνητον τοῦ σχήματος 22. Λόγῳ τῆς ἐπενεργείας σταθερᾶς δυ-



Σχ. 22. Διὰ τὸν ὁρισμὸν τῆς ἐπιταχύνσεως $\gamma = \frac{\upsilon - \upsilon_0}{t}$.

νάμεως δημιουργουμένης ὑπὸ τῆς μηχανῆς τοῦ αὐτοκινήτου καὶ μεταδιδομένης εἰς τοὺς τροχούς, τὸ αὐτοκίνητον ἐπιταχύνεται σταθερῶς κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς κινήσεώς του κατὰ μῆκος τῆς εὐθυγράμμου τροχιᾶς του καὶ οὕτως ἐκτελεῖ κίνησιν εὐθύγραμμον ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένην. Ἐὰν τὸ αὐτοκίνητον ἀναχωρῇ ἐκ τῆς ἠρεμίας θὰ διέλθῃ μετά τινα χρόνον ἀπὸ τὸ Α μὲ ταχύτητα υ_0, τὴν ὁποίαν καλοῦμεν ἀρχικὴν ταχύτητα, ἐνῷ ἀργότερα διέρχεται ἀπὸ τὸ σημεῖον Β μὲ μεγαλυτέραν ταχύτητα υ, λόγῳ τῆς ἐπιταχύνσεως. Ἡ ἀρχικὴ ταχύτης λοιπὸν εἶναι υ_0 καὶ ἡ τελικὴ υ.

Ἐὰν ὁ χρόνος ὁ ὁποῖος ἀπαιτεῖται διὰ νὰ μεταβῇ τὸ αὐτοκίνητον ἀπὸ τοῦ Α εἰς Β εἶναι t δευτερόλεπτα, ἡ ἐπιτάχυνσις (γ) τῆς κινήσεώς του, συμφώνως μὲ τὸν ὁρισμὸν τῆς ἐπιταχύνσεως (βλ. σελ. 16), ὁρίζεται ὑπὸ τῆς σχέσεως:

$$\boxed{\text{ἐπιτάχυνσις} = \frac{\text{τελικὴ ταχύτης} - \text{ἀρχικὴ ταχύτης}}{\text{χρόνος διαρρεύσας}}} \quad \text{ἤτοι:} \quad \boxed{\gamma = \frac{\upsilon - \upsilon_0}{t}} \quad (4)$$

Ὅταν τὸ σῶμα ἐκκινῇ ἐκ τῆς ἠρεμίας καὶ ἀποκτᾷ μετὰ πάροδον χρόνου t ταχύτητα υ, τότε ἐπειδὴ ἡ ἀρχικὴ ταχύτης $\upsilon_0 = 0$, ἡ ἐπιτάχυνσις γ, ὡς συνάγεται ἐκ τῆς ἐξισώσεως (4), δίδεται ὑπὸ τῆς σχέσεως:

$$\gamma = \frac{\upsilon}{t} \qquad (5)$$

Βασικὴ καὶ συνηθεστέρα μονὰς ἐπιταχύνσεως εἶναι τὸ **1 m/sec²**· ἐνίοτε χρησιμοποιεῖται καὶ τὸ **1 cm/sec²**.

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. ***Ὑποθέσωμεν ὅτι ἡ ταχύτης τοῦ αὐτοκινήτου εἰς τὴν θέσιν Α (σχ. 22) εἶναι 20 m/sec καὶ εἰς τὴν θέσιν Β εἶναι 40 m/sec καὶ ὅτι χρειάζεται 4 δευτερόλεπτα διὰ νὰ μεταβῇ ἀπὸ τοῦ Α εἰς Β. Πόση εἶναι ἡ ἐπιτάχυνσίς του.***

Δι' ἀντικαταστάσεως εἰς τὸν τύπον τῶν τιμῶν ἔχομεν:

$$\gamma = \frac{40 - 20}{4} = 20\,\frac{\frac{m}{sec}}{sec} = 5\,\frac{m}{sec^2}$$

Ἡ ἀπάντησις ἀναγινώσκεται ὡς ἑξῆς: 5 μέτρα κατὰ δευτερόλεπτον ἀνὰ δευτερόλεπτον, καὶ σημαίνει ὅτι διὰ κάθε δευτερόλεπτον τοῦ χρόνου ἡ ταχύτης αὐξάνεται κατὰ 5 μέτρα κατὰ δευτερόλεπτον.

Οὕτως ἐὰν ἡ ἀρχικὴ ταχύτης εἶναι 20 m/sec, εἰς τὸ τέλος τοῦ πρώτου δευτερολέπτου θὰ εἶναι 25 m/sec, εἰς τὸ τέλος τοῦ δευτέρου δευτερολέπτου 30 m/sec, εἰς τὸ τέλος τοῦ τρίτου δευτερολέπτου 35 m/sec καὶ εἰς τὸ τέλος τοῦ τετάρτου δευτερολέπτου 40 m/sec.

28. Τύπος τῆς τελικῆς ταχύτητος. Δι' ἐπιλύσεως τοῦ τύπου (4) ὡς πρὸς υ ἐκφράζομεν τὴν τελικὴν ταχύτητα υ διὰ τῆς ἀρχικῆς ταχύτητος υ_0, τῆς ἐπιταχύνσεως γ καὶ τοῦ χρόνου t.

Πράγματι δι' ἁπλοῦ ἀλγεβρικοῦ μετασχηματισμοῦ προκύπτει:

$$\boxed{\upsilon = \upsilon_0 + \gamma t} \qquad (6)$$

Εἰς τὸ δεύτερον μέλος ὁ πρῶτος ὅρος (υ_0) παριστᾷ τὴν ἀρχικὴν ταχύτητα καὶ ὁ δεύτερος ($\gamma \cdot t$) τὴν συνολικὴν αὔξησιν τῆς ταχύτητος εἰς χρόνον t.

Ἡ ἐπιτάχυνσις εἰς τὴν εὐθύγραμμον ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένην κίνησιν εἶναι σταθερά, διότι διατηρεῖ καὶ τὴν ἀριθμητικὴν τιμὴν καὶ τὴν διεύθυνσιν αὐτῆς ἀμετάβλητον, δύναται δὲ νὰ εἶναι θετικὴ ὅτε ἡ κίνησις λέγεται ***ἐπιταχυνομένη***, ἢ ἀρνητική, ὁπότε ἡ κίνησις λέγεται ***ἐπιβραδυνομένη***.

Ἡ ἐπιτάχυνσις εἶναι θετικὴ ὅταν ἔχῃ τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν πρὸς τὴν τῆς ἀρχικῆς ταχύτητος, ὁπότε συντελεῖ εἰς αὔξησιν τῆς ταχύτητος, ἀρνητικὴ δὲ ὅταν ἔχῃ ἀντίθετον διεύθυνσιν πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς ἀρχικῆς ταχύτητος, ὅτε συντελεῖ εἰς ἐλάττωσιν αὐτῆς.

Ἀριθμητικὰ παραδείγματα. 1. ***Σῶμα μὲ ἀρχικὴν ταχύτητα 50 cm/sec ὑφίσταται ἐπιτάχυνσιν 8 cm/sec² ἐπὶ 5 δευτερόλεπτα. Ποία ἡ τελικὴ ταχύτης αὐτοῦ.***

Τὰ γνωστὰ ποσὰ εἶναι: $\upsilon_0 = 50$ cm/sec, $\gamma = 8$ cm/sec^2 καὶ $t = 5$ sec. Ἀντικαθιστῶντες οὕτω τὰς τιμὰς ταύτας εἰς τὴν ἀνωτέρω ἐξίσωσιν (6) ἔχομεν:

$$\upsilon = 50 + 8 \cdot 5 = \mathbf{90\ cm/sec}$$

2. ***Αὐτοκίνητον κινεῖται ὑπὸ ταχύτητα 100 m/sec καὶ ὑφίσταται λόγῳ λειτουργίας τῶν φρένων ἐπιτάχυνσιν — 5 m/sec² ἐπὶ 8 δευτερόλεπτα. Πόση ἡ ταχύτης αὐτοῦ εἰς τὸ τέλος τοῦ χρονικοῦ τούτου διαστήματος.***

Τὰ δεδομένα εἶναι $\upsilon_0 = 100$ m/sec καὶ $\gamma = -5$ m/sec^2, ὅτε ἐκ τοῦ τύπου (6) προκύπτει ὅτι: $\upsilon = 100 - 5 \cdot 8 = 100 - 40 = \mathbf{60\ cm/sec}$.

Ἐὰν εἰς τὴν ἐπιβραδυνομένην κίνησιν ἡ ἐπιβράδυνσις δὲν δίδεται ὡς ἀρνητικὴ ἐπιτάχυνσις ἀλλ' ἁπλῶς λέγωμεν ὅτι ἡ ἐπιβράδυνσις τοῦ αὐτοκινήτου εἶναι 5 m/sec^2, τότε ὁ τύπος (6) πρὸ τῆς χρησιμοποιήσεώς του πρέπει νὰ γραφῇ:

$$\upsilon = \upsilon_0 - \gamma t \qquad (6')$$

ὅτε πάλιν καταλήγομεν εἰς τὸ αὐτὸ ἀποτέλεσμα.

Ἐκ τοῦ τύπου (6') παρατηροῦμεν ὅτι τὸ κινητὸν δὲν κινεῖται ἐπ' ἄπειρον, ἀλλὰ θὰ ἔλθῃ στιγμὴ κατὰ τὴν ὁποίαν θὰ σταματήσῃ. Τοῦτο ὅμως πραγματοποιεῖται ὅταν ἡ τελικὴ ταχύτης υ γίνῃ ἴση πρὸς μηδὲν καὶ ὁ χρόνος ὁ ἀπαιτούμενος διὰ νὰ μηδενισθῇ ἡ ταχύτης δίδεται ὑπὸ τοῦ τύπου (6') ἐὰν θέσωμεν $\upsilon = 0$, ὁπότε ἔχομεν: $\upsilon_0 - \gamma t = 0$ καὶ $t = \upsilon_0/\gamma$.

Εἰς τὸ ἀνωτέρω παράδειγμα εἶναι $\mathbf{t} = \frac{100}{5} = \mathbf{20\ sec}$, ἤτοι τὸ αὐτοκίνητον θὰ σταματήσῃ μετὰ 20 δευτερόλεπτα ἀπὸ τῆς στιγμῆς τῆς λειτουργίας τῶν φρένων του.

29. Ἐκκίνησις ἐκ τῆς ἠρεμίας. Ὅταν σῶμα ἐκκινῇ ἐκ τῆς ἠρεμίας καὶ ἐκτελῇ κίνησιν ἐπιταχυνομένην, τότε ἐπειδὴ $\upsilon_0 = 0$ ἡ ἐπιτάχυνσις γ δίδεται ἀπὸ τὴν ἐξίσωσιν $\gamma = \upsilon/t$, καὶ διὰ μετασχηματισμοῦ αὐτῆς προκύπτει:

$$\boxed{\upsilon = \gamma \cdot t} \qquad (7)$$

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. ***Ἀεροπλάνον ἐκκινοῦν ἐκ τῆς ἠρεμίας καὶ κινούμενον εὐθυγράμμως ἐπὶ 8 δευτερόλεπτα ἔχει ἀποκτήσει ταχύτητα 60 χιλιομέτρων καθ' ὥραν. (υ = 60 km/h). Ποία ἡ ἐπιτάχυνσις εἰς m/sec².***

Ἐπειδὴ ὁ χρόνος δίδεται εἰς δευτερόλεπτα καὶ ἡ ἐπιτάχυνσις ζητεῖται εἰς m/sec^2 πρέπει ἡ ταχύτης ἀπὸ km/h νὰ ἐκφρασθῇ εἰς m/sec Ἐπειδὴ 60 km = 60 000 m καὶ 1 ὥρα = 3 600 sec, θὰ ἔχωμεν:

$$\upsilon = \frac{60\,000}{3\,600} = \mathbf{16{,}7\ \frac{m}{sec}}$$

Ἐκ δὲ τοῦ τύπου (7) εὑρίσκομεν: $\gamma = \frac{16{,}7}{8} = \mathbf{2{,}08\ \frac{m}{sec^2}}$.

30. Μέση ταχύτης. Ὡς εἴδομεν, μία ταχύτης εἶναι σταθερὰ ὅταν ἡ ἀριθμητικὴ τιμὴ τῆς ταχύτητος ὡς καὶ ἡ διεύθυνσις παραμένουν σταθεραί. Τὸ κινητὸν τότε κινεῖται ἐπ' εὐθείας καὶ εἰς ἕκαστον δευτερόλεπτον διανύει πάντοτε τὸ ἴδιον διάστημα.

Εἰς τὴν εὐθύγραμμον ὁμαλῶς μεταβαλλομένην κίνησιν τὸ σῶμα ἔχει μεταβλητὴν ταχύτητα διότι εἰς ἴσους χρόνους, π.χ. εἰς ἕκαστον δευτερόλεπτον, δὲν διανύει τὸ αὐτὸ διάστημα. Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην εἰσάγομεν τὴν μέσην ταχύτητα ($\bar{\upsilon}$) ἡ ὁποία ὁρίζεται ἐκ τῆς σχέσεως: $\bar{\upsilon} = \frac{s}{t}$

ὅπου t ὁ συνολικὸς χρόνος ποὺ ἀπητήθη διὰ νὰ διανυθῇ ἡ ὅλη ἀπόστασις s. Οὕτως ἡ μέση ταχύτης ἰσοῦται πρὸς τὴν σταθερὰν ταχύτητα τὴν ὁποίαν ἔπρεπε νὰ ἔχῃ τὸ κινητόν, ἵνα εἰς τὸν αὐτὸν χρόνον διανύῃ τὸ αὐτὸ διάστημα τὸ ὁποῖον διανύει μὲ μεταβαλλομένην ταχύτητα.

Εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς εὐθυγράμμου ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένης κινήσεως, ἐπειδὴ εἰς ἑκάστην μονάδα τοῦ χρόνου ἡ ταχύτης αὐξάνεται κατὰ τὸ αὐτὸ ποσόν, π.χ. υ_0, $\upsilon_0 + \gamma$, $\upsilon_0 + 2\gamma$ κ.ο.κ., βλέπομεν ὅτι ἡ ταχύτης μεταβάλλεται κατὰ πρόοδον ἀριθμητικήν, ἑπομένως ἡ μέση τιμὴ τῆς ταχύτητος ἐντὸς τοῦ χρονικοῦ διαστήματος t θὰ εἶναι ἴση πρὸς τὸ ἡμιάθροισμα τῆς ἀρχικῆς ταχύτητος υ_0 καὶ τῆς τελικῆς υ, ἤτοι:

$$\boxed{\text{μέση ταχύτης} = \frac{\text{ἀρχικὴ ταχύτης} + \text{τελικὴ ταχύτης}}{2}} \quad \text{ἤτοι:} \quad \boxed{\bar{\upsilon} = \frac{\upsilon_0 + \upsilon}{2}} \quad (8)$$

Ἐὰν τὸ σῶμα δὲν ἔχῃ ἀρχικὴν ταχύτητα, ὁπότε $\upsilon_0 = 0$, τότε $\bar{\upsilon} = \upsilon/2$.

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. ***Ἐὰν ἀπαιτοῦνται 5 δευτερόλεπτα διὰ νὰ αὐξηθῇ ἡ ταχύτης ἑνὸς σώματος ἀπὸ 20 cm/sec εἰς 50 cm/sec, ποία εἶναι : α) ἡ μέση ταχύτης καὶ β) ἡ διανυθεῖσα ἀπόστασις.***

Τὰ δεδομένα ποσὰ εἶναι $t = 5$ sec, $\upsilon_0 = 20$ cm/sec καὶ $\upsilon = 50$ cm/sec. Δι' ἀντικαταστάσεως τῶν τιμῶν εἰς τὴν ἀνωτέρω ἐξίσωσιν (8) ἔχομεν:

$$\bar{\upsilon} = \frac{20 + 50}{2} = 35 \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$$

Τὸ διανυόμενον διάστημα εὑρίσκεται ἐκ τῆς σχέσεως τῆς ὁμαλῆς κινήσεως $s = \upsilon \cdot t$, ὅπου τὸ υ θὰ ἀντικατασταθῇ μὲ τὸ $\bar{\upsilon}$, τὸ δὲ t ἰσοῦται πρὸς 5 sec.

Συνεπῶς ἔχομεν: $s = 35 \cdot 5 = 175$ cm.

31. Τύποι τοῦ διαστήματος. Διὰ τὸν ὑπολογισμὸν τοῦ διαστήματος εἰς τὴν εὐθύγραμμον ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένην κίνησιν, δὲν δυνάμεθα νὰ ἐφαρμόσωμεν τὸν γνωστὸν τύπον $s = \upsilon \cdot t$ τῆς εὐθυγράμμου ὁμαλῆς κινήσεως, διότι ἐνταῦθα τὸ υ δὲν παραμένει σταθερόν, ἀλλ' ἔχει διαρκῶς μεταβαλλομένην τιμήν. Δυνάμεθα ὅμως νὰ ἐφαρμόσωμεν τὸν τύπον:

$$s = \bar{\upsilon} \cdot t$$

διότι ἡ μέση ταχύτης ($\bar{\upsilon}$) εἶναι σταθερὰ καθ' ὅλην τὴν διάρκειαν τῆς κινήσεως. Λαμβανομένου δὲ ὑπ' ὄψιν ὅτι:

$\bar{\upsilon} = \frac{\upsilon}{2} = \frac{\gamma t}{2}$, ὅταν τὸ κινητὸν ἐκκινῇ ἐκ τῆς ἠρεμίας, καὶ

$\bar{\upsilon} = \frac{\upsilon_0 + \upsilon_0 + \gamma t}{2}$, ὅταν τὸ κινητὸν ἔχῃ ἀρχικὴν ταχύτητα,

θὰ ἔχωμεν, διὰ τὴν πρώτην περίπτωσιν:

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

καὶ διὰ τὴν δευτέραν:

$$s = \left(\upsilon_0 + \frac{\gamma t}{2}\right) t = \upsilon_0 t + \frac{1}{2}\gamma t^2$$

Οὕτω διὰ τὸ διάστημα προκύπτουν οἱ τύποι:

$$\boxed{s = \frac{1}{2}\gamma t^2} \quad (9) \quad \text{καὶ} \quad \boxed{s = \upsilon_0 t + \frac{1}{2}\gamma t^2} \quad (10)$$

Ἐξ ἄλλου διὰ τὴν ταχύτητα εὕρομεν ἤδη τοὺς τύπους:

$$\boxed{\upsilon = \gamma t} \quad (11) \quad \text{καὶ} \quad \boxed{\upsilon = \upsilon_0 + \gamma t} \quad (12)$$

Ἐὰν ἐκ τοῦ τύπου (11) λάβωμεν τὴν τιμὴν t, ἤτοι $t = \upsilon/\gamma$ καὶ ἀντικαταστήσωμεν αὐτὴν εἰς τὸν τύπον (9), εὑρίσκομεν:

$$s = \frac{1}{2}\gamma\,\frac{\upsilon^2}{\gamma^2}$$

ἁπλοποιοῦντες δὲ καὶ ἀπαλείφοντες τοὺς παρονομαστάς, εὑρίσκομεν:

$$\upsilon^2 = 2\gamma s \quad \text{ἢ} \quad \boxed{\upsilon = \sqrt{2\gamma s}} \quad (13)$$

Ὁμοίως, ἐὰν ἐκ τῆς ἐξισώσεως (12) λάβωμεν τὴν τιμὴν τοῦ χρόνου:

$$t = \frac{\upsilon - \upsilon_0}{\gamma}$$

καὶ ἀντικαταστήσωμεν αὐτὴν εἰς τὴν ἐξίσωσιν (10), εὑρίσκομεν:

$$s = \upsilon_0\,\frac{\upsilon - \upsilon_0}{\gamma} + \frac{1}{2}\gamma\left(\frac{\upsilon - \upsilon_0}{\gamma}\right)^2$$

ἢ

$$s = \frac{\upsilon_0 \cdot \upsilon - \upsilon_0^2}{\gamma} + \frac{1}{2}\gamma\left(\frac{\upsilon^2 - 2\upsilon \cdot \upsilon_0 + \upsilon_0^2}{\gamma^2}\right)$$

Ἐκτελοῦντες τὴν ἀναγωγὴν τῶν ὁμοίων ὅρων καὶ τὰς σχετικὰς ἁπλοποιήσεις, εὑρίσκομεν μετὰ τὴν ἀπαλοιφὴν τῶν παρονομαστῶν:

$$\upsilon^2 = \upsilon_0^2 + 2\gamma s \quad \text{ἢ} \quad \boxed{\upsilon = \sqrt{\upsilon_0^2 + 2\gamma s}} \quad (14)$$

Παρατήρησις. Τοὺς ἀνωτέρω τύπους ἐπεξεργαζόμεθα ὀλίγον ἐκτενῶς διὰ νὰ δείξωμεν, πῶς διὰ συνδιασμοῦ δύο ἤδη εὑρεθέντων βασικῶν τύπων εὑρίσκομεν τρίτον χρήσιμον δι᾽ ἐπίλυσιν σχετικῶν προβλημάτων.

Ἀριθμητικὰ παραδείγματα. *1. Σῶμα μὲ ἀρχικὴν ταχύτητα 50 cm/sec ὑφίσταται ἐπιτάχυνσιν 8 cm sec² ἐπὶ 5 δευτερόλεπτα. Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ διάστημα τὸ ὁποῖον διανύει τὸ κινητὸν εἰς 5 sec.*

Θὰ ἐφαρμόσωμεν τὸν τύπον: $s = \upsilon_0 t + \frac{1}{2}\gamma t^2$. Τὰ δεδομένα εἶναι: $\upsilon_0 = 50$ cm/sec,

$\gamma = 8$ cm/sec^2, $t = 5$ sec καὶ δι' ἀντικαταστάσεως αὐτῶν εἰς τὸν τύπον λαμβάνομεν:

$$s = 50 \cdot 5 + \frac{1}{2}\, 8 \cdot 5^2 = 350 \text{ cm}.$$

2. Αὐτοκίνητον κινεῖται ὑπὸ ταχύτητα 100 m/sec καὶ ὑφίσταται λόγῳ λειτουργίας τῶν φρένων ἐπιτάχυνσιν — 5 m/sec² ἐπὶ 8 sec. Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ διάστημα ποὺ διανύει τὸ κινητὸν ἐντὸς 8 sec.

Θὰ χρησιμοποιήσωμεν τὸν τύπον: $s = \upsilon_0 t + \frac{1}{2}\gamma t^2$. Δεδομένα εἶναι: $\upsilon_0 = 100$ m/sec, $\gamma = -5$ m/sec^2 καὶ $t = 8$ sec. Δι' ἀντικαταστάσεως αὐτῶν εἰς τὸν τύπον ἔχομεν:

$$s = 100 \cdot 8 - \frac{1}{2}\, 5 \cdot 8^2 = 640 \text{ m}.$$

3. Εἰς τὸ ἀνωτέρω πρόβλημα νὰ καθορισθῇ πόσον διάστημα θὰ διανύσῃ τὸ αὐτοκίνητον ἀπὸ τῆς στιγμῆς τῆς λειτουργίας τῶν φρένων του μέχρις ὅτου σταματήσῃ.

Θὰ ἐφαρμόσωμεν τὸν τύπον $s = \upsilon_0 t + \frac{1}{2}\gamma t^2$, ὅπου $\upsilon_0 = 100$ m/sec καὶ $\gamma = -5$ m/sec^2, ὁ δὲ χρόνος t θὰ ὑπολογισθῇ ἐκ τοῦ τύπου (6'), ἤτοι $t = \frac{\upsilon_0}{\gamma} = \frac{100}{5} = 20$ sec, ὁπότε δι' ἀντικαταστάσεως εὑρίσκομεν:

$$s = 100 \cdot 20 - \frac{1}{2} \cdot 5 \cdot 20^2 = 1000 \text{ m}.$$

Τὸ αὐτὸ πρόβλημα δύναται νὰ λυθῇ εὐκολώτερον διὰ τοῦ τύπου: $\upsilon^2 = \upsilon_0^2 - 2\gamma s$, ἐὰν θέσωμεν $\upsilon = 0$, ὅτε προκύπτει: $\upsilon^2 = \upsilon_0^2 - 2\gamma s = 0$. Θέτοντες δὲ $\upsilon_0 = 100$ m/sec καὶ $\gamma = -5$ m/sec^2 εὑρίσκομεν $100^2 = 10 \cdot s$ καὶ $s = \frac{10\,000}{10} = 1000$ m.

Τὸ διάστημα $s = \upsilon_0^2/2\gamma$ τὸ ὁποῖον πρέπει νὰ διανύσῃ τὸ κινητὸν διὰ νὰ σταματήσῃ κατὰ τὴν ἐπιβραδυνομένην κίνησιν καλεῖται *μέγιστον διάστημα*.

4. Σιδηρόδρομος κινεῖται ὑπὸ σταθερὰν ταχύτητα 15 χιλιομέτρων καθ' ὥραν καὶ αἴφνης ὑφίσταται ὑπὸ τῆς μηχανῆς ἐπιτάχυνσιν 5 m/sec² ἐπὶ διαδρομῆς 0,1 χιλιομέτρου. Ποία ἡ τελικὴ ταχύτης αὐτοῦ.

Τὸ πρόβλημα τοῦτο λύεται εὐκολώτερον ἐὰν μετατρέψωμεν τὴν ταχύτητα τοῦ σιδηροδρόμου εἰς m/sec καὶ τὴν διαδρομὴν εἰς μέτρα. Οὕτω θὰ εἶναι: $\upsilon_0 = \frac{15 \cdot 1\,000}{3\,600} = 4{,}25$ m/sec, $s = 100$ m. Ἐφαρμόζομεν τὸν τύπον: $\upsilon^2 = \upsilon_0^2 + 2\gamma s$, ὁπότε ἔχομεν:

$\upsilon^2 = 4{,}25^2 + 2 \cdot 5 \cdot 100 = 1\,018$ καὶ $\upsilon = \sqrt{1018} = 31{,}6$ m/sec ἢ $\upsilon = \frac{31{,}6/1\,000\,\text{km}}{1/3\,600\,\text{h}} = 114\ \frac{\text{km}}{\text{h}}$

ἤτοι ἡ τελικὴ ταχύτης τοῦ σιδηροδρόμου εἶναι $\upsilon = 114$ χιλιόμετρα καθ' ὥραν.

32. Νόμοι τῆς εὐθυγράμμου ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένης κινήσεως. Οἱ τύποι (7) καὶ (9) παρέχουν τοὺς νόμους τῆς εὐθυγράμμου ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένης κινήσεως ὅταν τὸ σῶμα ἀναχωρῇ ἐκ τῆς ἠρεμίας· οἱ νόμοι δὲ οὗτοι εἶναι οἱ ἀκόλουθοι:

1. Ἡ ταχύτης εἶναι ἀνάλογος τοῦ χρόνου.

2. Τὸ διανυόμενον διάστημα εἶναι ἀνάλογον τοῦ τετραγώνου τοῦ χρόνου.

33. Ἀνακεφαλαίωσις. *Οἱ τύποι οἱ λύοντες ὅλα τὰ προβλήματα τῆς εὐθυγράμμου ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένης κινήσεως εἶναι:*

Ἄνευ ἀρχικῆς ταχύτητος	Μετ' ἀρχικῆς ταχύτητος καὶ ἐπιταχύνσεως	Μετ' ἀρχικῆς ταχύτητος καὶ ἐπιβραδύνσεως
$\upsilon = \gamma t$	$\upsilon = \upsilon_0 + \gamma t$	$\upsilon = \upsilon_0 - \gamma t$
$s = \frac{1}{2}\gamma t^2$	$s = \upsilon_0 t + \frac{1}{2}\gamma t^2$	$s = \upsilon_0 t - \frac{1}{2}\gamma t^2$
$\upsilon = \sqrt{2\gamma s}$	$\upsilon = \sqrt{\upsilon_0^2 + 2\gamma s}$	$\upsilon = \sqrt{\upsilon_0^2 - 2\gamma s}$

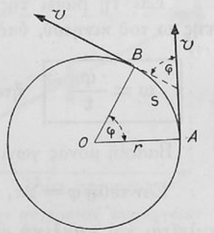
Ἡ ἐπιτάχυνσις εἴδομεν ὅτι δύναται νὰ εἶναι θετική, ὅταν ἡ διεύθυνσις αὐτῆς συμπίπτῃ πρὸς τὴν τῆς ἀρχικῆς ταχύτητος ὅτε ἡ κίνησις εἶναι ἐπιταχυνομένη, ἢ ἀρνητικὴ ὅταν ἡ διεύθυνσις αὐτῆς εἶναι ἀντίθετος πρὸς τὴν τῆς ἀρχικῆς ταχύτητος, ὁπότε ἡ κίνησις εἶναι ἐπιβραδυνομένη

Ἡ ἐπιβράδυνσις δίδεται συνήθως ὡς ἀρνητικὴ ἐπιτάχυνσις. Π.χ. ὅταν λέγωμεν ὅτι ἡ ἐπιτάχυνσις εἶναι $\gamma = -5$ m/sec^2 νοοῦμεν κίνησιν ἐπιβραδυνομένην. Ἐὰν δὲ ἡ δοθεῖσα ἐπιτάχυνσις τεθῇ εἰς τοὺς τύπους τοὺς ἀναφερομένους εἰς κίνησιν μὲ ἀρχικὴν ταχύτητα βλέπομεν ὅτι τὸ σημεῖον τῶν δευτέρων ὅρων ἀλλάσσει. Ἐὰν ὅμως δίδεται ὅτι ἡ ἐπιβράδυνσις εἶναι $\gamma = 5$ m/sec^2 πρέπει πρὸ τῆς ἀντικαταστάσεως τῆς τιμῆς τῆς ἐπιβραδύνσεως ν' ἀλλάξωμεν τὸ σημεῖον τῶν δευτέρων ὅρων τῶν σχετικῶν τύπων, ὁπότε προκύπτουν αἱ ἐξισώσεις τῆς τρίτης στήλης τοῦ πίνακος.

34. Ἐλευθέρα πτῶσις τῶν σωμάτων. Ἡ ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς ἕλξεως τῆς Γῆς ἐλευθέρα πτῶσις τῶν σωμάτων εἶναι κίνησις εὐθύγραμμος ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένη καὶ ἰσχύουν καὶ δι' αὐτήν, ὡς θὰ ἴδωμεν εἰς τὸ κεφάλαιον τῆς βαρύτητος, οἱ αὐτοὶ τύποι.

Ἡ σταθερὰ ἐπιτάχυνσις διὰ ὡρισμένον τινὰ τόπον ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς τὴν ὁποίαν ἔχουν τὰ ἐλευθέρως πίπτοντα σώματα παριστᾶται διὰ τοῦ γράμματος **g**, ἡ δὲ ἀριθμητικὴ τιμὴ αὐτῆς εἶναι περίπου **9,81 m/sec²** ἢ 981 cm/sec². Ἡ πτῶσις θεωρεῖται ἐλευθέρα ὅταν δὲν λαμβάνεται ὑπ' ὄψιν ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀέρος. Εἰς τοὺς πρακτικοὺς ὑπολογισμοὺς λαμβάνεται χάριν εὐκολίας $g = 10$ m/sec^2.

35. Β'. Κίνησις ὁμαλὴ ἐπὶ κυκλικῆς τροχιᾶς. Ἔστω ὅτι ὑλικὸν σημεῖον Α (σχ. 23) κινεῖται ἐπὶ περιφερείας κύκλου, κατὰ τοιοῦτον ὅμως τρόπον, ὥστε εἰς ἑκάστην μονάδα τοῦ χρόνου νὰ διαγράφῃ τόξον τοῦ αὐτοῦ μήκους. Τότε ἡ κίνησις τοῦ ὑλικοῦ σημείου καλεῖται ***κυκλικὴ ὁμαλὴ κίνησις***. Ἡ κίνησις αὐτὴ εἶναι προδήλως μεταβαλλομένη, διότι ἡ ἀριθμητικὴ τιμὴ τῆς ταχύτητος παραμένει σταθερά, μεταβάλλεται ὅμως συνεχῶς ἡ διεύθυνσις τῆς ταχύτητος, ἡ ὁποία συμπίπτει πάντοτε πρὸς τὴν ἐφαπτομένην ἐπὶ τῆς τροχιᾶς εἰς τὰς διαφόρους θέσεις τοῦ κινητοῦ.



Σχ. 23. Ἡ ταχύτης υ ἔχει διεύθυνσιν τὴν ἐφαπτομένην εἰς ἑκάστην θέσιν τοῦ κινητοῦ.

Τοιαύτην κίνησιν ἐκτελεῖ ἓν σημεῖον τροχοῦ, π. χ. σφονδύλου μηχανῆς, στρεφομένου ὑπὸ σταθερὸν ἀριθμὸν στροφῶν ἀνὰ μονάδα χρόνου.

Οὕτως ἐὰν τὸ κινητόν, εἰς τὴν ἀρχὴν τοῦ χρόνου, εὑρίσκεται εἰς τὴν θέσιν Α καὶ μετὰ παρέλευσιν χρόνου t εὑρίσκεται εἰς τὴν θέσιν Β, δεχθῶμεν δὲ ὅτι τὸ τόξον ΑΒ = s, τότε τὸ πηλίκον s/t ὁρίζει τὸ μέτρον τῆς ταχύτητος τοῦ κινητοῦ, ἤτοι: $\upsilon = s/t$.

36. Περίοδος καὶ συχνότης. Χαρακτηριστικὰ μεγέθη τῆς κυκλικῆς κινήσεως εἶναι ἡ ***περίοδος*** καὶ ἡ ***συχνότης.***

Ὁ χρόνος ὁ ἀπαιτούμενος διὰ μίαν πλήρη περιφορὰν τοῦ κινητοῦ καλεῖται περίοδος, καὶ συμβολίζεται διὰ τοῦ γράμματος ***Τ.***

Ἐξ ἄλλου ἡ συχνότης παριστᾶ τὸν ἀριθμὸν τῶν περιφορῶν τοῦ σώματος εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου καὶ παριστᾶται διὰ τοῦ γράμματος **ν.**

Ὡς ἐκ τοῦ ὁρισμοῦ των τὰ δύο μεγέθη συνδέονται διὰ τῆς σχέσεως:

$$\boxed{\nu = \frac{1}{T}} \quad \text{ἤτοι:} \quad \boxed{\text{συχνότης} = \frac{1}{\text{περίοδος}}} \qquad (1)$$

Εἶναι προφανὲς ὅτι ἡ περίοδος, ὡς χρόνος, μετρᾶται εἰς μονάδας χρόνου (sec). Ἐξ ἄλλου, ἐκ τῆς σχέσεως (1) προκύπτει ὅτι ἡ συχνότης μετρᾶται εἰς $\frac{1}{sec}$, δηλ. sec^{-1}. Εἰς τὴν πρᾶξιν ὅμως προκειμένου περὶ στρεφομένου περὶ ἄξονα σώματος, ἡ συχνότης ἐκφράζεται συνήθως εἰς ***στροφὰς κατὰ λεπτόν.***

Οὕτως εἰς τὸ σχῆμα 23 ἐὰν διὰ νὰ ἐπανέλθῃ τὸ κινητὸν εἰς τὴν ἀρχικήν του θέσιν Α ἀφοῦ διαγράψῃ διὰ μίαν φορὰν ὁλόκληρον τὴν περιφέρειαν ἀπαιτῆται χρόνος $t = \frac{1}{10}$ sec, ἡ περίοδος εἶναι ἀκριβῶς ἴση πρὸς $\frac{1}{10}$ sec, ἡ δὲ συχνότης εἶναι: 10 στροφαὶ ἀνὰ δευτερόλεπτον ($\nu = 10\,sec^{-1}$).

37. Γωνιακὴ ταχύτης. Κατὰ τὸ χρονικὸν διάστημα t, ἡ διεύθυνσις τῆς ταχύτητος τοῦ κινητοῦ μεταβάλλεται κατὰ γωνίαν φ, ἤτοι τὸ κινητὸν στρέφεται κατὰ γωνίαν φ, ἡ ὁποία ἰσοῦται πρὸς τὴν ἐπίκεντρον γωνίαν τὴν ἀντιστοιχοῦσαν εἰς τόξον s (σχ. 23).

Ἐπὶ τῇ βάσει τῆς γωνίας φ καὶ τοῦ χρόνου t ὁρίζεται ἡ **γωνιακὴ ταχύτης ω** τοῦ κινητοῦ, ὑπὸ τῆς σχέσεως:

$$\boxed{\omega = \frac{\varphi}{t}} \quad \text{ἤτοι:} \quad \boxed{\text{γωνιακὴ ταχύτης} = \frac{\text{γωνία στροφῆς}}{\text{χρόνος}}} \qquad (2)$$

Βασικὴ μονὰς γωνιακῆς ταχύτητος εἶναι τὸ 1/sec (δηλ. sec^{-1}).

Ἐὰν τεθῇ $\varphi = 2\pi$, τότε $t = T$, καὶ ἔχομεν $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu$. Τὸ μέγεθος ω καλεῖται καὶ ***κυκλικὴ συχνότης.***

38. Σχέσις μεταξὺ τῆς ταχύτητος υ καὶ τῆς γωνιακῆς ταχύτητος ω. Εἶναι προφανὲς ὅτι ὅλα τὰ σημεῖα σώματος περιστρεφομένου ὁμαλῶς περὶ ἄξονα διαγράφουν εἰς χρόνον t τὴν αὐτὴν γωνίαν φ καὶ συνεπῶς ἔχουν τὴν αὐτὴν γωνιακὴν ταχύτητα ω. Δὲν συμβαίνει ὅμως τὸ ἴδιον προκειμένου περὶ τῆς ταχύτητος υ τῶν σημείων τούτων. Πράγματι, ὅλα τὰ σημεῖα τοῦ σώματος εἰς χρόνον μιᾶς περιόδου Τ διαγράφουν περιφερείας τῶν ὁποίων τὸ μῆκος εἶναι τόσον μεγαλύτερον ὅσον ἡ ἀπόστασις τοῦ θεωρουμένου σημείου ἀπὸ τοῦ ἄξονος περιστροφῆς εἶναι μεγαλυτέρα.

Τοῦτο φαίνεται καὶ ἐκ τῆς ἐξισώσεως $\upsilon = s/t = 2\pi r/T$ καὶ ἐπειδὴ $2\pi/T = 2\pi\nu = \omega$ προκύπτει ὅτι :

$$\upsilon = \omega \cdot r$$

ἤτοι : ***γραμμικὴ ταχύτης = γωνιακὴ ταχύτης × ἀκτὶς τροχιᾶς.***

39. Ἐπιτάχυνσις εἰς τὴν κυκλικὴν ὁμαλὴν κίνησιν. Ἡ κυκλικὴ ὁμαλὴ κίνησις εἴδομεν ὅτι εἶναι μεταβαλλομένη κίνησις, διότι ἡ ταχύτης διατηρεῖ σταθερὰν ἀριθμητικὴν τιμήν, ἐνῷ ἡ διεύθυνσις μεταβάλλεται διαρκῶς. Ἑπομένως κατ' ἀνάγκην ἔχει ἐπιτάχυνσιν τῆς ὁποίας ἡ ἀριθμητικὴ τιμὴ παρέχεται ὑπὸ τῶν τύπων :

$$\gamma = \frac{\upsilon^2}{r} = \omega^2 r \qquad (1)$$

2

ὅπου υ ἡ ταχύτης εἰς m/sec, ω ἡ γωνιακὴ ταχύτης εἰς $\sec^{-1}$ καὶ r ἡ ἀκτὶς τῆς τροχιᾶς εἰς m, ὅτε ἡ ἐπιτάχυνσις γ ἐκφράζεται εἰς m/sec^2.

Ἡ ἐπιτάχυνσις διευθύνεται πάντοτε ἐκ τῆς περιφερείας πρὸς τὸ κέντρον καὶ ἕνεκα τοῦ λόγου τούτου καλεῖται *κεντρόμολος ἐπιτάχυνσις* καὶ συντελεῖ ἁπλῶς εἰς τὴν μεταβολὴν τῆς διευθύνσεως τῆς ταχύτητος, ἐνῷ ἀφήνει ἀμετάβλητον τὴν ἀριθμητικὴν τιμὴν αὐτῆς.

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. ***Σφόνδυλος μηχανῆς ἔχει ἀκτῖνα r = 3 μέτρα. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ κεντρομόλος ἐπιτάχυνσις, δεδομένου ὅτι ἡ ταχύτης σημείου εὑρισκομένου ἐπὶ τῆς περιφερείας του εἶναι υ = 12m/sec καὶ ἡ γωνιακὴ ταχύτης αὐτοῦ ω = 4 sec⁻¹.***

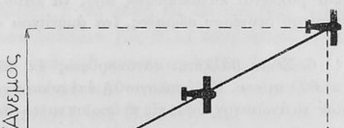
Τὸ θεωρούμενον σημεῖον τοῦ σφονδύλου ἀπέχει ἀπὸ τοῦ κέντρου αὐτοῦ κατὰ 3 m, ἤτοι εἶναι r = 3 m. Ἐξ ἄλλου υ = 12 m/sec, ὅθεν :

$$\gamma = \frac{\upsilon^2}{r} = \frac{12^2}{3} = 48 \text{ m/sec}^2$$

ἢ ἐὰν λάβωμεν ὑπ' ὄψιν ὅτι $\omega = 4 \sec^{-1}$, εὑρίσκομεν :

$$\gamma = \omega^2 r = 4^2 \cdot 3 = 48 \text{ m/sec}^2.$$

40*. Ἀρχὴ τῆς ἀνεξαρτησίας τῶν κινήσεων. Ἡ κινηματικὴ συμπληροῦται ὑπὸ σπουδαιοτάτης ἐμπειρικῆς ἀρχῆς, ἥτις καλεῖται ***ἀρχὴ τῆς ἀνεξαρτησίας τῶν κινήσεων*** καὶ διατυποῦται ὡς ἑξῆς: ***Ἐὰν κινητὸν μετέχῃ δύο ἢ περισσοτέρων κινήσεων, ἑκάστη τούτων ἐκτελεῖται ὅλως ἀνεξαρτήτως τῆς ἑτέρας, καὶ ἡ θέσις εἰς τὴν ὁποίαν τὸ κινητὸν φθάνει, μετὰ παρέλευσιν ὡρισμένου χρόνου, εἶναι ἡ αὐτή, εἴτε ἑκάστη τῶν κινήσεων ἐκτελεῖται χωριστά, καὶ δὴ ἀνεξαρτήτως τοῦ τρόπου τῆς διαδοχῆς αὐτῶν, εἴτε ἐὰν ἀμφότεραι αἱ κινήσεις ἐκτελοῦνται ταυτοχρόνως.***



Σχ. 24. Ὑπὸ τὴν σύγχρονον ἐπενέργειαν τῆς ἰδίας κινήσεως καὶ τῆς ἐκ τοῦ ἀνέμου, τὸ ἀεροπλάνον κινεῖται κατὰ τὴν διαγώνιον τοῦ παραλληλογράμμου.

Εὐκόλως δεικνύεται ὅτι ἡ θέσις εἰς τὴν ὁποίαν φθάνει τὸ κινητόν, ἐφ' ὅσον

Οἱ 1 @ 2 δίδουν τὸν τύπον: $\gamma_\kappa = 4\pi^2\nu^2 r$

μετέχει δύο κινήσεων, εἶναι τὸ ἄκρον τῆς διαγωνίου τοῦ παραλληλογράμμου τῶν διαστημάτων τὰ ὁποῖα τὸ κινητὸν θὰ διήνυε εἰς τὸν αὐτὸν χρόνον, ἐὰν μετεῖχε τῆς μιᾶς μόνον κινήσεως. Ἐφ' ὅσον αἱ δύο κινήσεις εἶναι ὁμοειδεῖς, π.χ. εὐθύγραμμοι καὶ ὁμαλαί, τὸ κινητὸν θὰ κινῆται ἐπὶ τροχιᾶς ἡ ὁποία συμπίπτει πρὸς τὴν διαγώνιον τοῦ παραλληλογράμμου, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 24.

Ἡ ἀρχὴ αὕτη εὑρίσκει σπουδαιοτάτην ἐφαρμογὴν εἰς τὴν ἐπίλυσιν διαφόρων προβλημάτων, ὡς π.χ. τῆς ὁριζοντίας βολῆς καὶ τῆς βολῆς ὑπὸ γωνίαν, ἡ ἐξέτασις τῶν ὁποίων ὅμως ἐκφεύγει τῶν ὁρίων τοῦ βιβλίου τούτου.

Προβλήματα.

1. Ἀεροπλάνον κινούμενον ἐπ' εὐθείας, μὲ κίνησιν εὐθύγραμμον ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένην, αὐξάνει τὴν ταχύτητα αὐτοῦ ἀπὸ 100 km καθ' ὥραν εἰς 160 km καθ' ὥραν, ἐντὸς 3 λεπτῶν. Ποία ἡ ἐπιτάχυνσις αὐτοῦ, καὶ ποῖον τὸ ὑπ' αὐτοῦ διανυθὲν διάστημα, μέχρις ἀποκτήσεως τῆς τελικῆς ταχύτητος. (Ἀπ. $\gamma = 0{,}092$ m/sec^2, $s = 6\,450$ m).

2. Κινητὸν κινεῖται εὐθυγράμμως καὶ ὁμαλῶς, μὲ ταχύτητα $\upsilon = 1$ m/sec, ἀλλ' αἴφνης ὑφίσταται ἐπιτάχυνσιν κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς κινήσεώς του, τῆς ὁποίας ἡ τιμὴ εἶναι $\gamma = 0{,}15$ m/sec^2. Ζητεῖται, ποία θὰ εἶναι ἡ ταχύτης καὶ τὸ διανυθὲν διάστημα μετὰ πάροδον 10 sec ἀπὸ τῆς ἐνάρξεως τῆς ἐπιταχύνσεως. (Ἀπ. $\upsilon = 2{,}5$ m/sec, $s = 17{,}5$ m).

3. Σιδηροδρομικὸς συρμός, ὅστις ἄρχεται κινούμενος ἐκ τῆς ἠρεμίας ἐπ' εὐθείας καὶ ὑπὸ σταθερὰν ἐπιτάχυνσιν, ἀποκτᾷ τὴν κανονικὴν ταχύτητα αὐτοῦ, τῶν 80 km καθ' ὥραν, μετὰ πάροδον 5 λεπτῶν. Ζητεῖται, ποία ἡ ἐπιτάχυνσις αὐτοῦ καὶ ποῖον τὸ ὑπ' αὐτοῦ διανυθὲν διάστημα ἀπὸ τῆς θέσεως ἐκκινήσεως μέχρι τοῦ σημείου ὅπου ἀποκτᾷ τὴν κανονικήν του ταχύτητα. (Ἀπ. $\gamma = 0{,}074$ m/sec^2, $s = 3\,335$ m).

4. Ἡ Σελήνη κινεῖται ἰσοταχῶς ἐπὶ περιφερείας κύκλου τῆς ὁποίας τὸ κέντρον εὑρίσκεται εἰς τὸ κέντρον τῆς Γῆς. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ κεντρομόλος ἐπιτάχυνσις τὴν ὁποίαν ὑφίσταται ἡ Σελήνη, γνωστοῦ ὄντος ὅτι ἡ ἀκτὶς τῆς τροχιᾶς της εἶναι $R = 384\,415{,}5$ km, καὶ ἡ περίοδος τῆς κινήσεως αὐτῆς 27 ἡμέραι 7 ὧραι 43 λεπτὰ καὶ 12 δευτερόλεπτα. (Ἀπ. $\gamma = 0{,}0027$ m/sec^2).

5. Ὑλικὸν σῶμα ἀφίεται νὰ πέσῃ ἐξ ὕψους 100 m ὑπὸ τὴν ἐπενέργειαν τοῦ βάρους του ($g = 10$ m/sec^2). Μετὰ πάροδον 3 sec ἀπὸ τῆς ἀφέσεως τοῦ πρώτου σώματος, δεύτερον σῶμα βάλλεται κατακορύφως πρὸς τὰ κάτω. Ζητεῖται πόση πρέπει νὰ εἶναι ἡ ἀρχικὴ ταχύτης τοῦ δευνέρου σώματος, ἵνα ἀμφότερα φθάσουν εἰς τὸ ἔδαφος ταυτοχρόνως. (Ἀπ. $\upsilon_0 = 60{,}7$ m/sec).

6. Σῶμα βάλλεται κατακορύφως ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω, μὲ ἀρχικὴν ταχύτητα $\upsilon_0 = 600$ m/sec. Νὰ ὑπολογισθῇ ἐπὶ πόσον χρόνον τὸ σῶμα θὰ ἐξακολουθῇ ν' ἀνέρχεται, καὶ ποῖον τὸ ἀνώτατον ὕψος εἰς τὸ ὁποῖον τοῦτο θὰ ἀνέλθῃ ($g = 10$ m/sec^2). (Ἀπ. $t = 60$ sec, $h = 18\,000$ m).

7. Αὐτοκίνητον, κινούμενον ὑπὸ ταχύτητα 48 km/h, ἀκινητεῖ, ἀφοῦ διανύσῃ διάστημα 100 m ἀφ' ἧς στιγμῆς ἐπενεργήσουν αἱ τροχοπέδαι. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἐπιβράδυνσις καὶ ὁ ἀπαιτούμενος διὰ νὰ ἀκινητήσῃ τὸ αὐτοκίνητον χρόνος. (Ἀπ. $\gamma = 0{,}89$ m/sec^2, $t = 15$ sec).

8. Ὑλικὸν σῶμα ἄρχεται κινούμενον ἐκ τῆς ἠρεμίας καὶ ὑπὸ σταθερὰν ἐπιτάχυνσιν 3 m/sec^2. Τὸ κινητὸν διανύει κατὰ τὴν διάρκειαν τοῦ τελευταίου δευτερολέπτου τῆς κινήσεώς του διάστημα 9 m. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ τελικὴ ταχύτης αὐτοῦ. (Ἀπ. $\upsilon = 10{,}5$ m/sec).

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Β΄

ΣΤΑΤΙΚΗ ΤΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΣΗΜΕΙΟΥ ΚΑΙ ΣΤΑΤΙΚΗ ΤΟΥ ΣΤΕΡΕΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ

41. Ἡ στατικὴ τοῦ ὑλικοῦ σημείου καὶ ἡ στατικὴ τοῦ στερεοῦ σώματος ἐξετάζουν τὰς συνθήκας ἰσορροπίας δυνάμεων αἱ ὁποῖαι ἐπενεργοῦν ἐφ᾽ ἑνὸς ὑλικοῦ σημείου ἢ ἐπὶ διαφόρων ὑλικῶν σημείων ἑνὸς στερεοῦ σώματος.

Κατὰ τὴν μελέτην τοῦ κεφαλαίου τούτου θὰ σπουδάσωμεν κυρίως τὴν στατικὴν τοῦ ὑλικοῦ σημείου, ἐκ δὲ τῆς στατικῆς τοῦ στερεοῦ σώματος θὰ ἐξετάσωμεν εἰδικάς τινας μόνον περιπτώσεις, διότι ἡ πλήρης μελέτη τῆς στατικῆς τοῦ στερεοῦ σώματος ἐκφεύγει τῶν ὁρίων τοῦ ἀνὰ χεῖρας βιβλίου.

42. Δύναμις. Τὴν ἔννοιαν τῆς δυνάμεως ἀντιλαμβανόμεθα καλῶς ἐκ τῆς προσπαθείας τὴν ὁποίαν καταβάλλομεν ὁσάκις θέλομεν ν᾽ ἀνυψώσωμεν ἐκ τοῦ ἐδάφους βαρὺ σῶμα.

Πράγματι, ἐκ πείρας γνωρίζομεν ὅτι ἡ Γῆ ἕλκει τὰ σώματα, ἡ ἕλξις δὲ αὕτη τῆς Γῆς ἀποτελεῖ δύναμιν ἡ ὁποία, ὡς ἤδη ἐμάθομεν (βλ. § 14), εἰς τὴν εἰδικὴν αὐτὴν περίπτωσιν καλεῖται ***βάρος*** τοῦ σώματος. Διὰ νὰ ἀνυψώσωμεν ὅθεν ἓν σῶμα ἐκ τοῦ ἐδάφους καταβάλλομεν προσπάθειαν, ἡ ὁποία εἰς τὴν προκειμένην περίπτωσιν προέρχεται ἐκ τῶν μυώνων τῆς χειρός μας καὶ καλεῖται εἰδικώτερον μυϊκὴ δύναμις.

Ἐξ ἄλλου γνωρίζομεν, ἐπίσης ἐκ πείρας, ὅτι διὰ νὰ τεθῇ εἰς κίνησιν ἓν ἀντικείμενον εὑρισκόμενον ἐν ἀκινησίᾳ, π.χ. ἓν αὐτοκίνητον, πρέπει ἢ νὰ ὠθηθῇ τοῦτο, π.χ. ἐκ τῶν ὄπισθεν διὰ καταβολῆς μυϊκῆς δυνάμεως, ἢ νὰ τεθῇ εἰς λειτουργίαν ἡ μηχανή του, ἡ ὁποία παρέχει τότε τὴν κινητήριον δύναμιν. Εἰς ἄλλα τροχοφόρα μεταφορικὰ μέσα ἡ κινητήριος δύναμις παρέχεται ὑπὸ τοῦ σύροντος ταῦτα ἵππου.

Ἐὰν ἐξ ἄλλου ἐπενεργῇ ἐπὶ σώματος δύναμις καὶ τοῦτο δὲν κινῆται, τότε κατ᾽ ἀνάγκην ἐπὶ τοῦ σώματος τούτου θὰ ἐπενεργῇ καὶ ἄλλη δύναμις ἴση καὶ ἀντιθέτου διευθύνσεως πρὸς τὴν πρώτην. Τότε λέγομεν ὅτι αἱ δύο δυνάμεις ἐξουδετεροῦνται ἀμοιβαίως ἢ ἄλλως ὅτι ἰσορροποῦν.

Αἱ δυνάμεις τὰς ὁποίας χρησιμοποιεῖ ὁ ἄνθρωπος διὰ τὰς ἀνάγκας αὐτοῦ, εἶναι ποικίλης προελεύσεως. Π.χ. μυϊκαὶ ἢ ζωϊκαὶ δυνάμεις (ἄνθρωπος, ἵππος), ἡ δύναμις ἀνέμου, ἡ δύναμις ροῆς ὕδατος, ἡ ἠλεκτρικὴ δύναμις, ἡ μαγνητικὴ δύναμις, ἡ βαρύτης, δηλ. ἡ ἕλξις τῆς Γῆς, ἡ ὁποία μάλιστα εἶναι καὶ ἡ γνωστοτέρα εἰς ἡμᾶς δύναμις.

Ἡ Στατική, ὡς εἴδομεν, ἀσχολεῖται μὲ τὴν σπουδὴν τῆς ἰσορροπίας τῶν δυνάμεων, ἡ δὲ Δυναμικὴ μὲ τὴν σπουδὴν τῶν κινήσεων, ἐν συνδυασμῷ πρὸς τὰς δυνάμεις.

43. Χαρακτηριστικὰ δυνάμεως. Γραφικὴ παράστασις. Μία δύναμις ἔχει τρία χαρακτηριστικά: τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς, τὴν διεύθυνσιν καὶ τὴν ἔντασιν ἢ ἀριθμητικὴν τιμήν.

Γραφικῶς ἡ δύναμις παριστᾶται ὑπὸ ἀνύσματος OF, δηλ. ὑπὸ τμήματος εὐθείας φέρον εἰς τὸ ἓν ἄκρον βέλος (σχ. 25).

Ἡ ἀρχὴ O τοῦ ἀνύσματος ἀναφέρεται εἰς τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τῆς δυνάμεως, παριστᾶ δηλ. τὸ ὑλικὸν σημεῖον ἐπὶ τοῦ ὁποίου ἐπενεργεῖ ἡ δύναμις. Τὸ μῆκος OF ὑπὸ κατάλληλον κλίμακα τὴν ὁποίαν ὁρίζομεν ἡμεῖς, παρέχει τὴν ἀριθμητικὴν τιμὴν τῆς δυνάμεως, ἐνῷ τὸ βέλος δεικνύει τὴν διεύθυνσιν τῆς δυνάμεως, δηλ. τὴν διεύθυνσιν πρὸς τὴν ὁποίαν θὰ ἐκινεῖτο τὸ ὑλικὸν σημεῖον ἢ τὸ σῶμα ἐὰν ἦτο ἐλεύθερον.

Σχ. 25. Γραφικὴ παράστασις δυνάμεως.

Διὰ νὰ εἶναι ὅθεν μία δύναμις πλήρως ὡρισμένη, πρέπει ἐκτὸς τοῦ ***σημείου ἐφαρμογῆς*** νὰ γνωρίζωμεν τὴν ***ἀριθμητικὴν τιμὴν*** καὶ τὴν ***διεύθυνσιν*** τῆς δυνάμεως. Συνήθως ἡ εὐθεῖα ἐπὶ τῆς ὁποίας κεῖται τὸ ἄνυσμα OF καλεῖται ***εὐθεῖα ἐπενεργείας*** τῆς δυνάμεως.

Ἐνίοτε εἰς τὴν δύναμιν ἀποδίδεται καὶ τέταρτον χαρακτηριστικόν, ἡ ***φορά.*** Ἐν τοιαύτῃ περιπτώσει τὸ βέλος τοῦ ἀνύσματος δεικνύει τὴν φορὰν τῆς δυνάμεως, ἐνῷ ἡ εὐθεῖα ἐπὶ τῆς ὁποίας κεῖται τὸ ἄνυσμα OF, δηλ. ἡ εὐθεῖα τῆς ἐπενεργείας τῆς δυνάμεως, παρέχει τὴν διεύθυνσιν τῆς δυνάμεως.

44. Ἀριθμητικὰ καὶ ἀνυσματικὰ μεγέθη. Μέχρι τοῦδε ἐγνωρίσαμεν διάφορα μεγέθη, ὡς π.χ. τὴν μᾶζαν, τὴν ταχύτητα, τὴν δύναμιν κ.λ.π.

Ἐὰν ἐξετάσωμεν μετὰ προσοχῆς τὸ μέγεθος μ ᾶ ζ α, βλέπομεν, ὅτι τοῦτο ὁρίζεται πλήρως ὅταν δοθῇ ἡ ἀριθμητική του τιμή, π.χ. μᾶζα 5 χιλιογράμμων. Καλεῖται δὲ ὡς ἐκ τούτου ἡ μᾶζα, ὡς καὶ τὰ ἄλλα μεγέθη τὰ ὁποῖα δύνανται νὰ ὁρισθοῦν δι' ἑνὸς ἀριθμοῦ, ***ἀριθμητικὰ μεγέθη.***

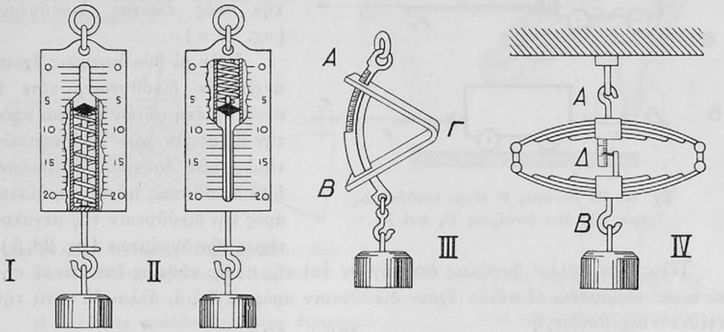
Ἡ ταχύτης ὅμως ὡς καὶ ἡ δύναμις δὲν ὁρίζονται τελείως ὅταν δοθῇ μόνον ἡ ἀριθμητική των τιμή, ἀλλὰ πρέπει πρὸς τούτοις νὰ δοθῇ καὶ ἡ διεύθυνσις αὐτῶν. Ἕνεκα τοῦ ἀνωτέρω λόγου τὰ μεγέθη τοῦ εἴδους τούτου, πρὸς διάκρισιν ἀπὸ τῶν ἀριθμητικῶν μεγεθῶν, καλοῦνται ***ἀνυσματικὰ μεγέθη.***

45. Μονὰς δυνάμεως. Δυναμόμετρα. Ὡς βασικὴ μονὰς τῆς δυνάμεως χρησιμεύει τὸ ***1 χιλιόγραμμον βάρους*** **(kgr*)**. Ἐνίοτε χρησιμοποιεῖται καὶ τὸ ***1 γραμμάριον βάρους*** **(gr*)**. Εἶναι δέ, ὡς γνωστόν, 1 gr* = 0,001 kgr*.

Διὰ τὴν μέτρησιν τῆς τιμῆς τῶν δυνάμεων, χρησιμοποιοῦμεν εἰδικὰ ὄργανα, τὰ ὁποῖα καλοῦνται *δ υ ν α μ ό μ ε τ ρ α.* Τὰ ὄργανα ταῦτα βαθμολογοῦνται ἐκ τῶν προτέρων, ἡ δὲ βαθμολογία αὐτῶν στηρίζεται ἐπὶ τῆς γνωστῆς ἀρχῆς κατὰ τὴν ὁποίαν ἐφ' ὅσον ἡ δύναμις δὲν ὑπερβαίνει ὡρισμένον ὅριον, τὸ μέγεθος τῆς παραμορφώσεως εἶναι ἀνάλογον τῆς ἐπενεργούσης δυνάμεως.

Ἁπλούστατον τύπον δυναμομέτρου ἀποτελεῖ ὁ ***ζυγὸς δι' ἐλατηρίου*** (κοινῶς κανταράκι) (σχ. 26, I καὶ II)· ἡ βαθμολογία αὐτοῦ γίνεται ἐπὶ τῇ βάσει τῆς πειραματικῆς διατάξεως τοῦ σχήματος 17 τῆς σελ. 12. Εἰς τὴν πρᾶξιν χρησιμοποιοῦνται σήμερον ποικίλοι τύποι δυναμομέτρων, τῶν ὁποίων ἡ κατασκευὴ στηρίζεται ἐπὶ τῆς αὐτῆς ἀρχῆς (σχ. 17). Ἕτερος τύπος δυναμομέτρου τὸ ὁποῖον χρησιμεύει διὰ τὴν μέτρησιν μεγάλων δυνάμεων, π. χ.

τῆς δυνάμεως ἕλξεως ἀτμομηχανῆς, εἶναι τὸ δυναμόμετρον (σχ. 26, IV). Τοῦτο ἀποτελεῖται ἀπὸ πολλαπλᾶ ἐλαστικὰ ἐλάσματα Α καὶ Β, τὰ ὁποῖα συζευγνύονται καταλλήλως μεταξύ των. Ἐὰν τὸ ἄνω μέρος Α ἐξαρτηθῇ ἀπὸ ἀκλονήτου στηρίγματος, τὸ δὲ κάτω Β φορτισθῇ



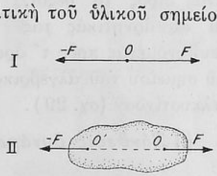
Σχ. 26. I, II, Δυναμόμετρα μὲ σπειροειδὲς ἐλατήριον. III, Δυναμόμετρον κεκαμμένον εἰς σχῆμα γωνίας· ἀναλόγως τοῦ μεγέθους τοῦ ἐξαρτωμένου βάρους, τὸ σκέλος ΑΓ πλησιάζει πρὸς τὸ ΒΓ. IV, Δυναμόμετρον διὰ τὴν μέτρησιν μεγάλων δυνάμεων.

διὰ βάρους, τότε τὰ δύο ἐλάσματα ἀπομακρύνονται, ἡ δὲ ἀπόστασις αὐτῶν μετρᾶται ἑκάστοτε ἐπὶ κλίμακος προσηρμοσμένης εἰς τὸ ἄνω ἔλασμα Α μὲ τὴν βοήθειαν δείκτου Δ, προσηρμοσμένου μονίμως εἰς τὸ κάτω ἔλασμα Β. Διὰ τοῦ δυναμομέτρου τούτου δυνάμεθα νὰ μετρήσωμεν δυνάμεις τῶν ὁποίων τὸ μέγεθος εἶναι πολλῶν ἑκατοντάδων χιλιογράμμων. Διὰ τὴν μέτρησιν τῆς ἕλξεως ἀτμομηχανῆς, τὸ ἔλασμα Β συνδέεται πρὸς τὴν ἀτμομηχανήν, καὶ τὸ Α πρὸς τὸν συρμόν.

46. Θεμελιώδεις ἀρχαὶ τῆς Στατικῆς. Ἡ στατικὴ τοῦ ὑλικοῦ σημείου καὶ τοῦ στερεοῦ σώματος θεμελιοῦται ἐπὶ τῶν ἀκολούθων ἀρχῶν:

α) ***Δύο δυνάμεις ἴσαι καὶ ἀντίθετοι, ἐφηρμοσμέναι ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ὑλικοῦ σημείου, ἰσορροποῦν, δηλ. οὐδὲν ἀποτέλεσμα ἔχουν ἐπὶ τοῦ σώματος*** (σχ. 27, I).

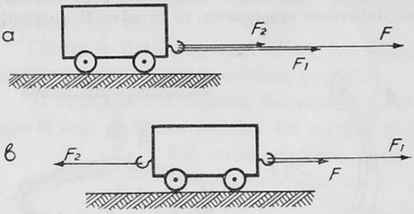
β) ***Δύο δυνάμεις ἴσαι καὶ ἀντίθετοι, ἐφηρμοσμέναι εἰς δύο διάφορα σημεῖα στερεοῦ σώματος ἰσορροποῦν, ὅταν αἱ εὐθεῖαι ἐπενεργείας αὐτῶν κεῖνται ἐπὶ τῆς αὐτῆς εὐθείας*** (σχ. 27, II). Αἱ ἀνωτέρω δύο ἀρχαί, ὡς ἐμπειρικαί, εἶναι αὐταπόδεικτοι.



Σχ. 27. Ἰσορροπία δύο ἴσων καὶ ἀντιθέτων δυνάμεων.

47. Σύνθεσις δυνάμεων. ***Καλοῦμεν σύνθεσιν δύο ἢ περισσοτέρων δυνάμεων τὴν ἀντικατάστασιν αὐτῶν ὑπὸ μιᾶς μόνον δυνάμεως, ἡ ὁποία θὰ ἐπιφέρῃ τὸ αὐτὸ ὡς καὶ ἐκεῖναι ἀποτέλεσμα.*** Συνήθως ἡ νέα δύναμις καλεῖται ***συνισταμένη.***

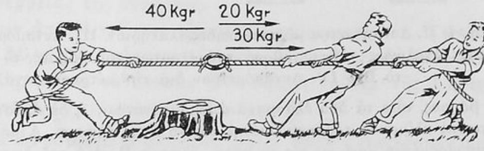
48. Σύνθεσις δυνάμεων ἐφηρμοσμένων ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ὑλικοῦ σημείου. α) ***Σύνθεσις δυνάμεων κειμένων ἐπὶ τῆς αὐτῆς εὐθείας.*** Ἐὰν δύο δυνάμεις ἔχουν τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν, ἡ συνισταμένη ἰσοῦται πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν ἀριθμητικῶν τιμῶν τῶν δοθεισῶν δυνάμεων, καὶ ἔχει τὴν αὐτὴν πρὸς ἐκείνας διεύθυνσιν (σχ. 28, α).



Σχ. 28. Ἡ δύναμις F εἶναι ἰσοδύναμος πρὸς τὰς δύο δυνάμεις F_1 καὶ F_2.

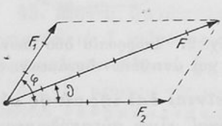
Ἐὰν αἱ δύο δυνάμεις ἔχουν ἀντίθετον διεύθυνσιν, τότε ἡ συνισταμένη αὐτῶν ἰσοῦται πρὸς τὴν διαφορὰν τῶν ἀριθμητικῶν τιμῶν τῶν δοθεισῶν δυνάμεων, ἡ δὲ διεύθυνσις αὐτῆς συμπίπτει πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς μεγαλυτέρας τῶν δυνάμεων (σχ. 28, β).

Τέλος, ἐὰν πολλαὶ δυνάμεις ἐπενεργοῦν ἐπὶ τῆς αὐτῆς εὐθείας ἐπὶ ὑλικοῦ σημείου, καὶ ὡρισμέναι ἐξ αὐτῶν ἔχουν διεύθυνσιν πρὸς τὰ δεξιά, ἄλλαι δὲ κατὰ τὴν ἀντίθετον διεύθυνσιν, ἤτοι πρὸς τ' ἀριστερά, ἡ συνισταμένη αὐτῶν ἰσοῦται πρὸς τὸ ἀλγεβρικὸν ἄθροισμα τῶν δοθεισῶν δυνάμεων, ὑπὸ τὸν ὅρον ὅτι θεωροῦμεν π.χ. ὡς θετικὰς τὰς δυνάμεις τὰς διευθυνομένας πρὸς τὰ δεξιά, καὶ ὡς ἀρνητικὰς τὰς διευθυνομένας πρὸς τ' ἀριστερά. Ἡ διεύθυνσις τῆς συνισταμένης καθορίζεται ἐκ τοῦ σημείου τοῦ ἀλγεβρικοῦ ἀθροίσματος. Ἐφαρμογὴν τούτων εὑρίσκομεν εἰς τὴν διελκυστίνδαν (σχ. 29).



Σχ. 29. Αἱ δυνάμεις 20 kgr* καὶ 30 kgr* ἔχουν συνισταμένην 50 kgr* ἡ ὁποία, μετὰ τῆς δυνάμεως 40 kgr* ἐπενεργούσης κατ' ἀντίθετον διεύθυνσιν, παρέχει ὡς συνισταμένην 10 kgr* διευθυνομένην δεξιά.

β) ***Σύνθεσις δυνάμεων σχηματιζουσῶν γωνίαν.*** Ἔστω ὅτι αἱ δυνάμεις F_1 καὶ F_2 ἐπενεργοῦν ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ὑλικοῦ σημείου καὶ ὅτι αἱ διευθύνσεις αὐτῶν σχηματίζουν γωνίαν φ (σχ. 30). Ἡ συνισταμένη αὐτῶν θὰ παριστᾶται κατ' ἀριθμητικὴν τιμὴν καὶ διεύθυνσιν ὑπὸ τῆς διαγωνίου τοῦ παραλληλογράμμου τῶν δυνάμεων, ἑπομένως ἡ συνισταμένη αὐτῶν εὑρίσκεται διὰ γραφικῆς κατασκευῆς.

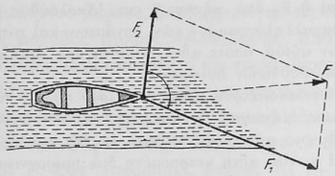


Σχ. 30. Ἡ διαγώνιος τοῦ παραλληλογράμμου F παριστᾷ κατὰ μέγεθος καὶ διεύθυνσιν τὴν συνισταμένην τῶν F_1 καὶ F_2.

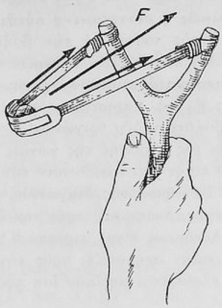
Λογιστικῶς ἡ ἀριθμητικὴ τιμὴ τῆς συνισταμένης ὑπολογίζεται ἐκ τῆς σχέσεως:

$$F = \sqrt{F_1{}^2 + F_2{}^2 + 2\,F_1\,F_2 \cdot \text{συν}\,\varphi}$$

Πρακτικὴν ἐφαρμογὴν τῶν ἀνωτέρω δεικνύει τὸ σχῆμα 31, ὅπου ἐπὶ λέμβου εὑρισκομένης ἐντὸς ποταμοῦ ἐφαρμόζονται αἱ δυνάμεις F_1 καὶ F_2, μεταβιβαζόμεναι διὰ σχοινίων ἀπὸ τῶν δύο ὀχθῶν τοῦ ποταμοῦ, ὁπότε ἡ λέμβος μετατοπίζεται κατὰ τὴν διαγώνιον τοῦ παραλληλογράμμου, ἡ ὁποία δεικνύει τὴν διεύθυνσιν τῆς συνισταμένης. Ἐπίσης, εἰς τὴν σφενδόνην (σχ. 32) τὸ βλῆμα κινεῖται κατὰ τὴν συνισταμένην δύναμιν F.



Σχ. 31. Δύο δυνάμεις ἐπενεργοῦσαι ὑπὸ γωνίαν εἴς τι σημεῖον τῆς λέμβου.

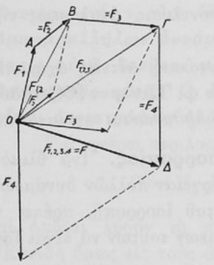


Σχ. 32. Εἰς τὰ δύο σκέλη τῆς σφενδόνης ἐπενεργοῦν δυνάμεις τῶν ὁποίων συνισταμένη εἶναι ἡ F.

γ) ***Σύνθεσις πολλῶν δυνάμεων διαφόρων διευθύνσεων.***

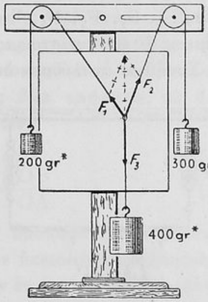
Ὅταν αἱ εἰς τὸ κοινὸν σημεῖον ἐφαρμογῆς ἐπενεργοῦσαι δυνάμεις εἶναι περισσότεραι τῶν δύο, συνθέτομεν ἐν ἀρχῇ δύο ἐξ αὐτῶν καὶ εἰς τὴν προκύπτουσαν δύναμιν συνθέτομεν κατὰ τὸν αὐτὸν τρόπον τὴν τρίτην δύναμιν κ.ο.κ. Οὕτως αἱ δυνάμεις F_1, F_2, F_3, F_4 (σχ. 33) ἔχουν συνισταμένην τὴν F.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει ὅτι τὸ πρόβλημα τῆς εὑρέσεως τῆς συνισταμένης πολλῶν δυνάμεων ἐπενεργουσῶν ἐπὶ ἑνὸς ὑλικοῦ σημείου, ἐπιδέχεται πάντοτε μίαν μόνην λύσιν.



Σχ. 33. Σύνθεσις 4 δυνάμεων F_1, F_2, F_3, F_4. $F_1 + F_2 = F_{1,2}$, $F_{1,2} + F_3 = F_{1,2,3}$. $F_{1,2,3} + F_4 = F_{1,2,3,4} = F$.

49. Πειραματικὴ ἀπόδειξις τῆς συνθέσεως δύο δυνάμεων. Ἡ πειραματικὴ ἀπόδειξις τῆς συνθέσεως δύο δυνάμεων ἐφηρμοσμένων εἰς τὸ αὐτὸ σημεῖον δεικνύεται κατὰ προσέγγισιν διὰ τῆς διατάξεως τοῦ σχήματος 34. Τὰ βάρη ἀποτελοῦν τρεῖς δυνάμεις αἱ ὁποῖαι εἶναι ἐφηρμοσμέναι εἰς ἓν κοινὸν σημεῖον καὶ ἰσορροποῦν. Ἐὰν ἐπὶ τῶν δύο νημάτων μεταφέρωμεν ὑπὸ κατάλληλον κλίμακα τὰς δυνάμεις F_1 καὶ F_2, αἱ ὁποῖαι γραφικῶς παριστῶνται ὑπὸ τῶν ἀντιστοίχων ἀνυσμάτων, καὶ ἐπὶ τῇ βάσει αὐτῶν σχηματίσωμεν τὸ παραλληλόγραμμον καὶ φέρωμεν τὴν διαγώνιον αὐτοῦ, τότε αὕτη θεωρουμένη ὡς ἄνυσμα εἶναι ἀκριβῶς ἴση καὶ ἀντίθετος πρὸς τὴν δύναμιν F_3, ἐξ οὗ συνάγεται ὅτι ἡ διαγώνιος τοῦ παραλληλογράμμου παρέχει κατ' ἀριθμητικὴν τιμὴν καὶ διεύθυνσιν τὴν συνισταμένην. Ἡ ἀπόδειξις πραγματοποιεῖται εὐκόλως ἐὰν προσαρμοσθοῦν καταλλήλως ἐπὶ μαυροπίνακος αἱ δύο τροχαλίαι, ὁπότε μὲ τὴν βοήθειαν κιμωλίας δυνάμεθα νὰ σχηματίσωμεν ἐπὶ τοῦ πίνακος τὸ διάγραμμα.



Σχ. 34. Πειραματικὴ διάταξις συνθέσεως δυνάμεως διὰ βαρῶν. (Παραλληλόγραμμον τῶν δυνάμεων).

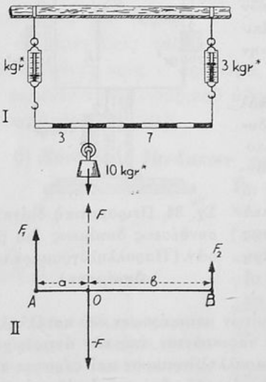
Παράδειγμα. *Ἔστω ὅτι ζητεῖται ἡ εὕρεσις τῆς συνισταμένης δύο δυνάμεων* $\mathbf{F_1 = 2{,}5}$ **kgr*** *καὶ* $\mathbf{F_2 = 4}$ **kgr***, *σχηματιζουσῶν μεταξύ των γωνίαν* $\varphi = 60^0$. *Νὰ εὑρεθῇ γραφικῶς ἡ συνισταμένη αὐτῆς κατ' ἀριθμητικὴν τιμὴν καὶ διεύθυνσιν.*

Πρὸς τοῦτο, μὲ τὴν βοήθειαν μοιρογνωμονίου, σχηματίζομεν τὴν γωνίαν $\varphi = 60^0$ (σχ. 30) καὶ ἐπὶ τῶν πλευρῶν αὐτῆς μεταφέρομεν τὰς δυνάμεις F_1 καὶ F_2, ὁρίζοντες τὴν κλίμακα κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε 1 kgr* νὰ παριστᾶται ὑπὸ μήκους 1 cm, ὁπότε ἡ δύναμις F_1 θὰ παριστᾶται ὑπὸ μήκους 2,5 cm καὶ ἡ F_2 ὑπὸ μήκους 4 cm. Ἀκολούθως μὲ τὴν βοήθειαν δύο τριγώνων σχηματίζομεν τὸ παραλληλόγραμμον τῶν δυνάμεων καὶ σύρομεν ἐκ τῆς κορυφῆς τῆς γωνίας φ τὴν διαγώνιον αὐτοῦ, ὁπότε αὕτη παριστᾷ κατ' ἀριθμητικὴν τιμὴν καὶ διεύθυνσιν τὴν συνισταμένην τῶν δοθεισῶν δυνάμεων.

Τὸ μῆκος τῆς διαγωνίου, μετρούμενον δι' ὑποδεκαμέτρου, εὑρίσκεται ἴσον πρὸς 6 cm, ἑπομένως, συμφώνως πρὸς τὴν ὁρισθεῖσαν κλίμακα, ἡ ἔντασις τῆς συνισταμένης τῶν δοθεισῶν δυνάμεως εἶναι περίπου 6 kgr* καὶ ἡ διεύθυνσις αὐτῆς καθορίζεται ἐκ τῆς γωνίας θ τὴν ὁποίαν σχηματίζει πρὸς τὴν δύναμιν F_2. Ἡ γωνία αὕτη μετρουμένη διὰ μοιρογνωμονίου εὑρίσκεται περίπου ἴση πρὸς 25^0.

50. Ἀνάλυσις δυνάμεως εἰς συνιστώσας. Ὅπως μία δύναμις δύναται ν' ἀντικαταστήσῃ πολλὰς ἄλλας καὶ ν' ἀποτελέσῃ τὴν συνισταμένην τῶν δοθεισῶν δυνάμεων, οὕτω καὶ δοθεῖσα δύναμις δύναται ν' ἀναλυθῇ εἰς ἄλλας, αἱ ὁποῖαι καλοῦνται ***συνιστῶσαι*** αὐτῆς. Ἐνῷ δὲ τὸ πρόβλημα τῆς εὑρέσεως τῆς συνισταμένης πολλῶν δυνάμεων εἶναι ὡρισμένον, τὸ πρόβλημα τῆς ἀναλύσεως δυνάμεως εἰς συνιστώσας εἶναι ἀόριστον. Πράγματι, ἡ συνισταμένη τῶν δυνάμεων F_1, F_2, F_3, F_4 τοῦ σχήματος 33 εἶναι ἡ F. Εἶναι ὅμως πρόδηλον ὅτι καὶ ἡ F δύναται ν' ἀναλυθῇ εἰς τὰς F_1, F_2, F_3, F_4. Ἐν τούτοις δὲν ὑπάρχει μία μόνον λύσις ἀναλύσεως τῆς δυνάμεως F εἰς συνιστώσας, ἀλλ' ἄπειροι.

Συνήθως ἀναλύομεν δυθεῖσαν δύναμιν εἰς δύο συνιστώσας, αἵτινες σχηματίζουν μεταξύ των γωνίαν φ. Ἐὰν $\varphi = 90^0$, αἱ δύο συνιστῶσαι καλοῦνται *ὀρθογώνιοι* συνιστῶσαι.



Σχ. 35. Πειραματικὴ διάταξις συνθέσεως δύο παραλλήλων δυνάμεων.

51. Συνθήκη ἰσορροπίας. Ἵνα ὑλικὸν σημεῖον ὑπὸ τὴν ἐπενέργειαν πολλῶν δυνάμεων ἐφηρμοσμένων ἐπ' αὐτοῦ ἰσορροπῇ, πρέπει ἡ συνισταμένη τῶν δυνάμεων τούτων νὰ εἶναι ἴση πρὸς μηδέν.

52. Σύνθεσις παραλλήλων δυνάμεων ἐπενεργουσῶν εἰς διάφορα σημεῖα στερεοῦ σώματος. Ἡ σύνθεσις αὕτη ἀποτελεῖ μίαν περίπτωσιν τῆς στατικῆς τοῦ στερεοῦ σώματος ἡ ὁποία ἔχει πολλὰς πρακτικὰς ἐφαρμογάς.

Ἔστω ὅτι ἐπὶ στερεοῦ σώματος (σχ. 35, II) ἐπενεργοῦν εἰς τὰ σημεῖα A καὶ B δύο δυνάμεις F_1 καὶ F_2 ὁμοπαράλληλοι, ἤτοι παράλληλοι καὶ τῆς αὐτῆς διευθύνσεως. Ἡ κοινὴ διεύθυνσις τῶν δυνάμεων δεχόμεθα ὅτι εἶναι κάθετος ἐπὶ τὴν εὐθεῖαν AB τὴν ἑνοῦσαν τὰ σημεῖα ἐφαρμογῆς αὐτῶν, διότι, τοῦτο δὲν παραβλάπτει τοὺς μετέπειτα συλλογισμούς μας. Τὴν σύνθεσιν τῶν δυνάμεων τούτων θὰ μελετήσωμεν ἐν ἀρχῇ πειραματικῶς καὶ ἀκολούθως εἰς ἄλλην θέσιν θὰ ἐξετάσωμεν τὸ ζήτημα τοῦτο θεωρητικῶς (βλ. § 57).

Ἔστω ὅτι ἀπὸ ἀκλονήτου δοκοῦ (σχ. 35, I) ἐξαρτῶμεν καταλλήλως δύο δυναμόμετρα διὰ σχοινίων, καὶ εἰς τὸ κάτω μέρος αὐτῶν προσαρμόζομεν ῥάβδον στερεὰν ἀμελητέου βάρους, ὑποδιῃρημένην εἰς δέκα ἴσα μέρη, ἑκάστου μέρους λαμβανομένου ὡς μονάδος μήκους. Ἀκολούθως, ἀπὸ σημείου τῆς ῥάβδου ἀπέχοντος κατὰ τρεῖς μονάδας ἀπὸ τοῦ πρὸς τ' ἀριστερὰ ἄκρου αὐτῆς προσαρμόζομεν βάρος 10 kgr*, ὁπότε βλέπομεν ὅτι ἡ ῥάβδος μετατοπίζεται ὀλίγον παραλλήλως πρὸς ἑαυτὴν καὶ τέλος ἰσορροπεῖ, ἐνῷ τὸ πρὸς τ' ἀριστερὰ δυναμόμετρον δεικνύει βάρος 7 kgr* καὶ τὸ πρὸς τὰ δεξιὰ βάρος 3 kgr*. Ἐφ' ὅσον τὸ σύστημα τῶν τριῶν δυνάμεων 7 kgr*, 3 kgr* καὶ 10 kgr* ἰσορροπεῖ, ἕπεται ὅτι τὸ ἀποτέλεσμα τῆς δυνάμεως 10 kgr* ἐξουδετεροῦται ὑπὸ τοῦ ἀποτελέσματος τῶν δυνάμεων 7 kgr* καὶ 3 kgr*, ἤτοι ἡ δύναμις 10 kgr* εἶναι ἴση καὶ ἀντίθετος πρὸς τὴν συνισταμένην τῶν ὡς ἄνω δυνάμεων.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω παρατηροῦμεν, ὅτι ἡ συνισταμένη τῶν δύο ὁμοπαραλλήλων δυνάμεων ἔχει ἔντασιν $7+3=10$ kgr* καὶ εἶναι ὁμοπαράλληλος πρὸς τὰς δοθείσας, τὸ δὲ σημεῖον ἐφαρμογῆς αὐτῆς κεῖται ἐπὶ τῆς ῥάβδου καὶ διαιρεῖ μάλιστα αὐτὴν εἰς δύο τμήματα, τῶν ὁποίων τὰ μήκη εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογα τῶν ἐντάσεων τῶν δυνάμεων 7 kgr* καὶ 3 kgr*. Ἐπαναλαμβάνοντες τὸ αὐτὸ πείραμα μὲ διαφόρους θέσεις τοῦ βάρους 10 kgr*, εὑρίσκομεν πάντοτε ἐπαληθευομένην τὴν ἀνωτέρω σχέσιν, οὕτω δὲ προκύπτει ἡ ἀκόλουθος πρότασις: ***Ἡ συνισταμένη δύο ὁμοπαραλλήλων δυνάμεων εἶναι ὁμοπαράλληλος πρὸς τὰς δοθείσας, ἡ ἔντασις αὐτῆς ἰσοῦται πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν ἐντάσεων αὐτῶν, τὸ δὲ σημεῖον ἐφαρμογῆς αὐτῆς Ο διαιρεῖ τὴν εὐθεῖαν ΑΒ εἰς δύο τμήματα, τὰ ὁποῖα εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογα τῶν δοθεισῶν δυνάμεων.***

Τ' ἀνωτέρω περιλαμβάνονται εἰς τὰς σχέσεις:

$$F = F_1 + F_2 \quad (1) \qquad ἢ \qquad \frac{F_1}{F_2} = \frac{OB}{OA} \quad (2)$$

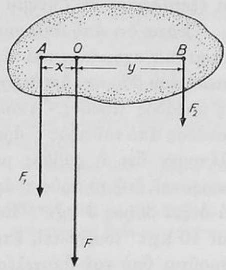
αἱ ὁποῖαι λύουν τὸ πρόβλημα τῆς συνθέσεως δύο ὁμοπαραλλήλων δυνάμεων. Ἐπειδὴ ὅμως εἰς τοὺς ἀνωτέρω τύπους οὐδὲν στοιχεῖον ὑπεισέρχεται, ἐξαρτώμενον ἐκ τοῦ προσανατολισμοῦ τῶν ὁμοπαραλλήλων δυνάμεων ἐν σχέσει πρὸς τὴν εὐθεῖαν ΑΒ, συνάγομεν ὅτι ἡ θέσις τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς τῆς συνισταμένης τῶν ὁμοπαραλλήλων δυνάμεων εἶναι ἀνεξάρτητος τοῦ κοινοῦ προσανατολισμοῦ αὐτῶν. Ἐπίσης, ἡ θέσις αὐτοῦ παραμένει ἀμετάβλητος, ἐὰν ἡ ἔντασις ἀμφοτέρων τῶν δυνάμεων πολλαπλασιασθῇ ἢ διαιρεθῇ διὰ τοῦ αὐτοῦ ἀριθμοῦ. Πολλάκις, τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τῆς συνισταμένης τῶν ὁμοπαραλλήλων δυνάμεων καλεῖται ***κέντρον τῶν παραλλήλων δυνάμεων.***

Εἰς τὴν περίπτωσιν περισσοτέρων ὁμοπαραλλήλων δυνάμεων, συνθέτομεν πρὸς τὴν συνισταμένην τῶν δύο πρώτων τὴν τρίτην, καὶ ἐργαζόμεθα καθ' ὅμοιον τρόπον μέχρις ἐξαντλήσεως ὅλων τῶν δυνάμεων. Οὕτω καταλήγομεν πάλιν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι τὸ πρόβλημα τῆς συνθέσεως πολλῶν ὁμοπαραλλήλων δυνάμεων ἐπιδέχεται πάντοτε λύσιν.

53. Ἀνάλυσις δυνάμεως εἰς δύο ὁμοπαραλλήλους συνιστώσας. Ἔστω ἡ δύναμις F, ἐφηρμοσμένη εἰς τὸ σημεῖον O, καὶ F_1, F_2 αἱ συνιστῶσαι αὐτῆς (σχ. 36).

Ἐφ' ὅσον ἡ F πρέπει νὰ εἶναι συνισταμένη τῶν F_1 καὶ F_2, θὰ ἔχωμεν τὰς σχέσεις:

$$F = F_1 + F_2 \quad \text{καὶ} \quad \frac{F_1}{F_2} = \frac{OB}{OA} = \frac{y}{x}$$

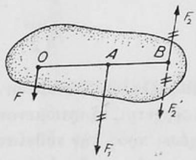


Σχ. 36. Ἡ δύναμις F ἀντικαθιστᾷ τὰς F_1 καὶ F_2.

Εἰς τὸ πρόβλημα τοῦτο ἔχομεν τέσσαρας ἀγνώστους, τοὺς F_1, F_2, x καὶ y, καὶ δύο μόνον ἐξισώσεις, ἑπομένως τὸ πρόβλημα εἶναι ἀόριστον. Διὰ νὰ καταστῇ ὡρισμένον, πρέπει οἱ ἄγνωστοι νὰ περιορισθοῦν εἰς δύο, εἰς τρόπον ὥστε νὰ ἔχωμεν σύστημα δύο ἐξισώσεων μὲ δύο ἀγνώστους. Οὕτως ἐὰν δοθῇ π.χ. ἡ μία τῶν συνιστωσῶν F_1 καὶ ἡ ἀπόστασις x τὸ πρόβλημα ἐπιδέχεται ὡρισμένην λύσιν.

54. Σύνθεσις δύο ἀνίσων καὶ ἀντιπαραλλήλων δυνάμεων. Ἔστωσαν δύο ἄνισοι καὶ ἀντιπαράλληλοι (παράλληλοι καὶ ἀντίρροποι) δυνάμεις F_1 καὶ F_2 (σχ. 37). Τὴν δύναμιν F_1 ἀναλύομεν, ὡς ἐλέχθη ἤδη (§ 53), εἰς δύο ὁμοπαραλλήλους δυνάμεις, ἐκ τῶν ὁποίων ἡ μία F′ ἐφαρμόζεται εἰς τὸ B καὶ εἶναι ἴση καὶ ἀντίθετος πρὸς τὴν F_2, καὶ ἡ ἄλλη F ἐφαρμόζεται εἰς τὸ O, οὕτως ὥστε νὰ ἰσχύουν αἱ σχέσεις: $F_1 = F + F'_2$ (1) καὶ $\frac{OA}{AB} = \frac{F_2}{F}$ (2)

Ἐφ' ὅσον αἱ F'_2 καὶ F εἶναι συνιστῶσαι τῆς F_1, δυνάμεθα ν' ἀντικαταστήσωμεν αὐτὴν διὰ τῶν συνιστωσῶν της, ὁπότε τὸ σύστημα τῶν δύο ἀντιπαραλλήλων δυνάμεων ἀνάγεται εἰς τὰς τρεῖς παραλλήλους δυνάμεις F, F'_2 καὶ F. Αἱ δύο ὅμως εἰς B ἐφηρμοσμέναι δυνάμεις ἐξουδετεροῦνται, καὶ οὕτως ἀπομένει ἡ F, ἡ ὁποία εἶναι συνισταμένη τῶν δοθεισῶν δυνάμεων. Ἐκ τῶν σχέσεων (1) καὶ (2) εὑρίσκομεν:



Σχ. 37. Ἡ δύναμις F εἶναι ἡ συνισταμένη τῶν F_1 καὶ F_2.

$$F = F_1 - F'_2 \quad \text{ἢ} \quad F = F_1 - F_2 \qquad (3)$$

καὶ

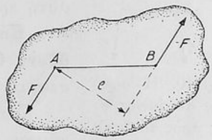
$$OA = AB \frac{F_2}{F_1 - F_2} \qquad (4)$$

Ἐκ τῶν σχέσεων τούτων προκύπτει ἡ ἀκόλουθος πρότασις: ***Ἡ συνισταμένη δύο ἀνίσων καὶ ἀντιπαραλλήλων δυνάμεων ἔχει ἔντασιν ἴσην πρὸς τὴν διαφορὰν τῶν ἐντάσεων τῶν δοθεισῶν, τὸ δὲ σημεῖον ἐφαρμογῆς της O καθορίζεται ἐκ τῆς ἀποστάσεως αὐτοῦ OA ἀπὸ τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς τῆς μεγαλυτέρας τῶν δυνάμεων καὶ ἡ ὁποία δίδεται ἐκ τῆς σχέσεως (4).*** Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει ὅτι ἡ διεύθυνσις τῆς συνισταμένης συμπίπτει πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς μεγαλυτέρας τῶν δυνάμεων, τὸ δὲ σημεῖον ἐφαρμογῆς της κεῖται πέραν τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς τῆς μεγαλυτέρας τῶν δυνάμεων.

55. Σύνθεσις πολλῶν παραλλήλων δυνάμεων. Ἐὰν ἔχωμεν σύστημα πολλῶν παραλλήλων δυνάμεων, εἰς τὸ ὁποῖον ἡ μία ὁμὰς ἀπαρτίζεται ἀπὸ δυνάμεις ὁμοπαραλλήλους, ἡ δὲ ἄλλη ὁμὰς ἀποτελεῖ ἐπίσης σύστημα ὁμοπαραλλήλων δυνάμεων, ἀντιθέτου ὅμως διευθύνσεως τῆς πρώτης ὁμάδος, τότε δυνάμεθα νὰ συνθέσωμεν ἑκατέραν ὁμάδα τῶν δοθεισῶν δυνάμεων χωριστά, ὁπότε τελικῶς θὰ προκύψῃ σύστημα δύο ἀνίσων καὶ ἀντιπαραλλήλων δυνάμεων, τῶν ὁποίων δυνάμεθα νὰ εὕρωμεν τὴν συνισταμένην κατὰ τὸν προηγουμένως ἐκτεθέντα τρόπον.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγομεν ὅτι τὸ πρόβλημα τῆς εὑρέσεως τῆς συνισταμένης πολλῶν παραλλήλων δυνάμεων εἶναι πάντοτε ἐπιδεκτικὸν λύσεως.

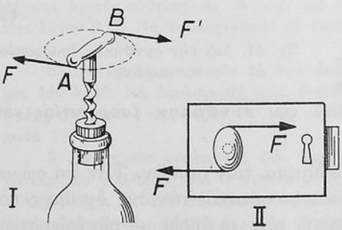
56. Ζεῦγος δυνάμεων. Ἐὰν εἰς τὸν τύπον 4 τῆς § 54 δεχθῶμεν ὅτι αἱ ἄνισοι καὶ ἀντιπαράλληλοι δυνάμεις F_1 καὶ F_2 τείνουν νὰ γίνουν ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον ἴσαι, τότε παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἀπόστασις ΟΑ ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον αὐξάνεται· ἐν ἄλλοις λόγοις τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς Ο τῆς συνισταμένης τῶν δύο δυνάμεων ἀπομακρύνεται ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον ἀπὸ τοῦ Α. Ἐὰν δὲ ἐν τέλει γίνῃ $F_1 = F_2$, τὸ σημεῖον Ο ἐξαφανίζεται εἰς τὸ ἄπειρον, ἡ περίπτωσις δὲ αὕτη λογικῶς ἑρμηνευομένη σημαίνει ὅτι συνισταμένη δὲν ὑφίσταται. Οὕτω καταλήγομεν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι σύστημα δύο ἴσων καὶ ἀντιπαραλλήλων δυνάμεων δὲν δύναται ν' ἀντικατασταθῇ ὑπὸ μιᾶς δυνάμεως, λέγομεν δὲ ὅτι ἀποτελεῖ ***ζεῦγος δυνάμεων.***



Σχ. 38. Ζεῦγος δυνάμεων.

Τὸ σύστημα τῶν δυνάμεων F καὶ — F (σχ. 38) ἀποτελεῖ ***ζεῦγος δυνάμεων,*** καὶ ἐφ' ὅσον δὲν παρέχει συνισταμένην, δὲν δύναται νὰ προκαλέσῃ μεταφορὰν τοῦ σώματος ἐπὶ τοῦ ὁποίου ἐπενεργεῖ, ἀλλὰ μόνον περιστροφικὴν κίνησιν περὶ ἄξονα κάθετον ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον τῶν δυνάμεων τοῦ ζεύγους.

Ἕκαστον ζεῦγος καθορίζεται ἐκ τῆς ροπῆς αὐτοῦ. Ὀνομάζομεν δὲ ***ροπὴν ζεύγους τὸ γινόμενον μιᾶς τῶν δυνάμεων ἐπὶ τὴν κάθετον ἀπόστασιν αὐτῶν, ἡ ὁποία συνήθως καλεῖται βραχίων τοῦ ζεύγους.***



Σχ. 39. Ἡ κίνησις τοῦ ἐκπωματιστοῦ Ι καὶ τῆς χειρολαβῆς θύρας ΙΙ, γίνεται ὑπὸ τὴν ἐπενέργειαν ζεύγους δυνάμεων.

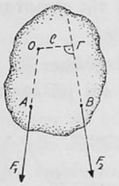
Οὕτως ἐὰν F ἡ μία τῶν ἴσων δυνάμεων καὶ l ὁ βραχίων τοῦ ζεύγους, ἡ ροπὴ αὐτοῦ Μ ἔχει ἀριθμητικὴν τιμήν:

$$\boxed{\mathbf{M} = \mathbf{F} \cdot l}$$

Ἡ ροπὴ ζεύγους ἐκφράζεται εἰς ***χιλιογραμμόμετρα* (kgr*m)**. Ἐπειδὴ δέ, ἐξ ἄλλου, τὸ ζεῦγος δύναται νὰ στρέψῃ τὸ σῶμα εἴτε κατὰ τὴν φορὰν τῆς κινήσεως τῶν δεικτῶν τοῦ ὡρολογίου, εἴτε κατὰ τὴν ἀντίστροφον φοράν, καθιερώθη ὅπως, ὅταν τὸ ζεῦγος στρέφῃ τὸ σῶμα κατὰ φορὰν ἀντίθετον τῆς κινήσεως τῶν δεικτῶν τοῦ ὡρολογίου, ἡ ροπή του λογίζεται ὡς θ ε τ ι κ ή, ὡς ἀ ρ ν η τ ι κ ὴ δὲ ὅταν στρέφῃ τὸ σῶμα κατ' ἀντίθετον φοράν.

Τὸ σχῆμα 39 δεικνύει ἐφαρμογὰς ζεύγους δυνάμεων.

57. Ροπὴ δυνάμεως ὡς πρὸς ἄξονα περιστροφῆς. Ἔστω στερεὸν σῶμα στρεπτὸν περὶ ἄξονα, κάθετον ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον τοῦ σχήματος, καὶ ὁ ὁποῖος εἶναι σταθερὸς ἐν τῷ χώρῳ (δηλ. στηρίζεται ἐπὶ μονίμων ἑδράνων). Ἐὰν ἐπὶ τοῦ σώματος ἐπενεργῇ εἰς τὸ σημεῖον A (σχ. 40) ἡ δύναμις F_1, κειμένη εἰς τὸ ἐπίπεδον τοῦ σχήματος, αὕτη οὐδὲν ἀποτέλεσμα ἔχει ἐπὶ τοῦ σώματος, διότι ἡ εὐθεῖα ἐπενεργείας αὐτῆς, προεκτεινομένη, συναντᾷ τὸν ἄξονα καὶ ἐξουδετεροῦται ὑπὸ τῆς ἀντιστάσεως αὐτοῦ. Ἐὰν ὅμως ἡ αὐτὴ δύναμις ἐπενεργῇ εἰς τὸ σημεῖον B, τότε αὕτη προκαλεῖ περιστροφὴν τοῦ σώματος περὶ τὸν ἄξονα O.



Σχ. 40. Ἡ ροπὴ τῆς δυνάμεως F_1 ὡς πρὸς τὸ O εἶναι μηδέν.

Καλοῦμεν ρ ο π ὴ ν τ ῆ ς δ υ ν ά μ ε ω ς F_2 ὡς πρὸς τὸν ἄξονα O τὸ γινόμενον τῆς δυνάμεως ἐπὶ τὴν κάθετον ἀπόστασιν αὐτῆς ΟΓ ἀπὸ τοῦ ἄξονος περιστροφῆς.

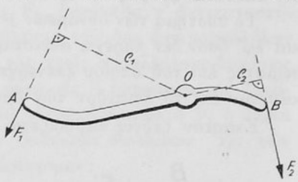
Συνήθως ἡ ἀπόστασις $\text{ΟΓ} = l$ καλεῖται ***βραχίων*** *τῆς δυνάμεως*. Οὕτως ἡ ἐξίσωσις ὁρισμοῦ τῆς ροπῆς δυνάμεως εἶναι:

$$\mathbf{M} = \mathbf{F}_2 \cdot l$$

Ὡς μονὰς ροπῆς δυνάμεως πρὸς ἄξονα χρησιμοποιεῖται ἐπίσης τὸ ***χιλιογραμμόμετρον*** **(kgr*m)**.

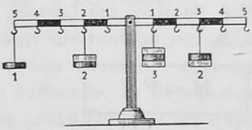
58. Ἐφαρμογὴ ροπῶν. Ἐὰν ἐπὶ στελέχους AB (σχ. 41) στρεπτοῦ περὶ ἄξονα O ἐπενεργοῦν δυνάμεις F_1 καὶ F_2 κείμεναι εἰς ἐπίπεδον κάθετον ἐπὶ τὸν ἄξονα, διὰ νὰ ἰσορροπῇ τὸ στέλεχος πρέπει αἱ δύο ροπαὶ τῶν δυνάμεων τούτων ὡς πρὸς τὸν ἄξονα O νὰ εἶναι ἴσαι, ἤτοι:

$$F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2 \quad \text{ἢ} \quad \frac{F_1}{F_2} = \frac{l_2}{l_1}$$



Σχ. 41. Διὰ τὴν συνθήκην ἰσορροπίας μοχλοῦ.

δηλαδὴ αἱ δυνάμεις εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογοι τῶν βραχιόνων αὐτῶν. Ἡ συνθήκη αὕτη ἀποτελεῖ τὴν ***συνθήκην ἰσορροπίας τοῦ μοχλοῦ.***



Σχ. 42. Πειραματικὴ διάταξις διὰ τὸ θεώρημα τῶν ροπῶν.

59. Θεώρημα τῶν ροπῶν. Ἐὰν ἐπὶ σώματος ἐπιδροῦν περισσότεραι τῶν δύο δυνάμεις καὶ τοῦτο ἰσορροπῇ, τότε τὸ ἄθροισμα τῶν δεξιοστρόφων ροπῶν θὰ ἰσοῦται πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν ἀριστεροστρόφων τοιούτων. Ἤτοι ἡ συνθήκη ἰσορροπίας ἐκφράζεται ὑπὸ τῆς σχέσεως:

ἄθροισμα δεξιοστρ. ροπῶν = ἄθροισμα ἀριστεροστρ. ροπῶν.

Ἐκ ταύτης προκύπτει ἡ πρότασις: ***Ἵνα πολλαὶ δυναμεις, κείμεναι ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ἐπιπέδου καὶ ἐπενεργοῦσαι ἐπὶ διαφόρων σημείων στερεοῦ σώματος στρεπτοῦ περὶ ἄξονα καὶ κάθετον ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον τῶν δυνάμεων, ἰσορροποῦν, πρέπει τὸ ἀλγεβρικὸν ἄθροισμα τῶν ροπῶν αὐτῶν ὡς πρὸς τὸν ἄξονα περιστροφῆς νὰ εἶναι μηδέν.*** Ἡ ἀνωτέρω πρότασις ἐκφράζει τὸ ***θεώρημα τῶν ροπῶν*** ὑπὸ τὴν ἁπλουστέραν αὐτοῦ μορφήν.

Ἐφαρμογή. Εἰς τὸ σχῆμα 42 ὑπάρχει ἰσορροπία, διότι:

$1\times5+2\times2=3\times1+2\times3$ καὶ $(1\times5+2\times2)-(3\times1+2\times3)=0$.

Προβλήματα.

1. Δύο δυνάμεις 3 kgr* καὶ 4 kgr* ἐπενεργοῦν κατ' ὀρθὴν γωνίαν ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ὑλικοῦ σημείου. Νὰ εὑρεθῇ ἡ συνισταμένη αὐτῶν. ('Απ. $F=5$ kgr*).

2. Δύναμις $F_1=7$ kgr* ἐπενεργεῖ ἐπὶ ὑλικοῦ σημείου, ὁμοῦ μεθ' ἑτέρας δυνάμεως F_2. Γνωστοῦ ὄντος ὅτι ἡ συνισταμένη αὐτῶν εἶναι 25 kgr* καὶ ἡ δύναμις F_1 εἶναι κάθετος ἐπὶ τὴν συνισταμένην, νὰ ὑπολογισθῇ ἡ δύναμις F_2. ('Απ. $F_2=26$ kgr*).

3. Δύο δυνάμεις 48 kgr* καὶ 55 kgr* ἐπενεργοῦν ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ὑλικοῦ σημείου κατ' ὀρθὴν γωνίαν· νὰ ὑπολογισθῇ ἡ συνισταμένη αὐτῶν. ('Απ. $F=73$ kgr*).

4. Ἕξ δυνάμεις ὁμοεπίπεδοι $F_1=8$ kgr*, $F_2=15$ kgr*, $F_3=22$ kgr*, $F_4=29$ kgr*, $F_5=36$ kgr*, καὶ $F_6=43$ kgr*, ἐπενεργοῦν ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ὑλικοῦ σημείου, εἰς τρόπον ὥστε νὰ σχηματίζουν ἀνὰ δύο γωνίαν 60^0. Νὰ καθορισθῇ ἡ συνισταμένη αὐτῶν κατ' ἀριθμητικὴν τιμὴν καὶ διεύθυνσιν. ('Απ. 42 kgr*, πρὸς διεύθυνσιν F_5).

5. Τὰ σημεῖα ἐφαρμογῆς δύο παραλλήλων δυνάμεων, ἐντάσεως τῆς μὲν πρώτης 40 kgr*, τῆς δὲ δευτέρας 60 kgr*, ἀπέχουσιν ἀλλήλων 5 m. Ζητεῖται ἡ ἔντασις καὶ τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τῆς συνισταμένης αὐτῶν, α) ὅταν αἱ δύο δυνάμεις εἶναι ὁμοπαράλληλοι, β) ὅταν αἱ δυνάμεις αὗται εἶναι ἀντιπαράλληλοι. ('Απ. $F=100$ kgr*, 3 m, 10 m).

6. Εἰς τὰ δύο ἄκρα εὐθείας $AB=44$ cm ἐφαρμόζονται αἱ δύο ὁμοπαράλληλοι δυνάμεις $F_1=7$ kgr* καὶ $F_2=15$ kgr*. Νὰ εὑρεθῇ ἡ συνισταμένη αὐτῶν καὶ τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς της. ('Απ. $F=22$ kgr*, 30 cm).

7. Δύναμις $F=180$ kgr* ἐπενεργεῖ εἰς τὸ σημεῖον A στερεοῦ σώματος. Ζητεῖται ν' ἀναλυθῇ ἡ δύναμις αὕτη εἰς δύο ὁμοπαραλλήλους συνιστώσας ἐφηρμοσμένας εἰς τὰ ἄκρα A_1 καὶ A_2 τῆς εὐθείας A_1 A A_2, εἰς τρόπον ὥστε αἱ δύο συνιστῶσαι νὰ ἔχουν μεταξύ των λόγον 2 : 7. Νὰ ὑπολογισθοῦν αἱ τιμαὶ τῶν δύο συνιστωσῶν.
('Απ. $F_1=40$ kgr*, $F_2=140$ kgr*).

8. Δύο ἐργάται κρατοῦν τὰ δύο ἄκρα ράβδου ἀπὸ τῆς ὁποίας εἶναι ἐξηρτημένον βάρος 140 kgr*. Νὰ ὑπολογισθῇ πῶς διανέμεται τὸ βάρος ἐπὶ τῶν δύο ἐργατῶν, ὅταν τοῦτο ἀπέχῃ ἀπὸ τοῦ ἑνὸς ἄκρου A τῆς ράβδου κατὰ 0,75 m καὶ ἀπὸ τοῦ ἑτέρου ἄκρου B κατὰ 1 m. ('Απ. $F_1=80$ kgr*, $F_2=60$ kgr*).

9. Τὰ σημεῖα ἐφαρμογῆς δύο ὁμοπαραλλήλων δυνάμεων εὑρίσκονται εἰς ἀπόστασιν 48 cm ἀπ' ἀλλήλων, καὶ ἡ συνισταμένη αὐτῶν εἶναι 30 kgr*, τὸ δὲ σημεῖον ἐφαρμογῆς αὐτῆς ἀπέχει κατὰ 8 cm ἀπὸ τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς τῆς μεγαλυτέρας τῶν δυνάμεων. Νὰ ὑπολογισθοῦν αἱ ἐντάσεις τῶν δύο δυνάμεων. ('Απ. $y=5$ kgr*, $x=25$ kgr*).

10. Δοκὸς μήκους 1,80 m ἰσορροπεῖ, ὅταν ὑποστηρίζεται εἰς ἀπόστασιν 10 cm ἀπὸ τοῦ ἑνὸς ἄκρου αὐτῆς. Ἐὰν εἰς τὸ ἕτερον ἄκρον τῆς ράβδου τοποθετηθῇ βάρος 50 kgr*, πόσον βάρος πρέπει νὰ τεθῇ εἰς τὸ πρῶτον ἄκρον τῆς ράβδου, ἵνα ἀποκατασταθῇ ἡ ἰσορροπία. ('Απ. 850 kgr*).

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Γ΄

ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΤΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΣΗΜΕΙΟΥ

60. Ἡ ***Δυναμικὴ*** ἐξετάζει τὰς κινήσεις τὰς ὁποίας δύναται νὰ ἐκτελῇ ὑλικὸν σημεῖον ἢ στερεὸν σῶμα, ἐν συνδυασμῷ πρὸς τὰ αἴτια τὰ προκαλοῦντα τὴν κίνησιν. Εἰς τὸ κεφάλαιον τοῦτο θὰ περιορισθῶμεν κυρίως εἰς τὴν σπουδὴν τῆς δυναμικῆς τοῦ ὑλικοῦ σημείου, διότι ἡ σπουδὴ τῆς δυναμικῆς τοῦ στερεοῦ σώματος ἐξέρχεται τοῦ πλαισίου τοῦ βιβλίου τούτου.

Θεμελιωταὶ τῆς δυναμικῆς εἶναι ὁ ***Γαλιλαῖος*** καὶ ὁ ***Νεύτων,*** βάσις δὲ τῆς σπουδῆς τῆς δυναμικῆς εἶναι κυρίως τρία δεδομένα ἐκ τῆς ἐμπειρίας, τὰ ὁποῖα, ἐπειδὴ διὰ πρώτην φορὰν διετυπώθησαν ἐπιστημονικῶς ὑπὸ τοῦ Νεύτωνος, εἶναι γνωστὰ ὡς ***ἀξιώματα τοῦ Νεύτωνος.***

SIR ISAAC NEWTON (1641 - 1727)
Ἄγγλος Μαθηματικὸς καὶ Φυσικός. Καθηγητὴς τοῦ Πανεπιστημίου Cambridge. Συγγραφεὺς τοῦ περιφήμου βιβλίου «*Ἀρχαὶ τῆς φιλοσοφίας τῆς φύσεως*». (Principia).

61. Πρῶτον ἀξίωμα τοῦ Νεύτωνος. Τὸ ἀξίωμα τοῦτο διατυποῦται ὡς ἑξῆς: ***Σῶμα ἠρεμοῦν οὐδέποτε δύναται νὰ κινηθῇ ἀφ᾽ ἑαυτοῦ· ἐὰν δὲ κινῆται εὐθυγράμμως καὶ ὁμαλῶς, οὐδέποτε δύναται νὰ ἠρεμήσῃ ἀφ᾽ ἑαυτοῦ.***

Τὸ πρῶτον μέρος τοῦ ἀξιώματος τοῦ Νεύτωνος εἶναι πρόδηλον, ἐνῷ τὸ δεύτερον φαίνεται, ἐκ πρώτης ὄψεως, μὴ ἐπαληθευόμενον ὑπὸ τῆς ἐμπειρίας. Πράγματι, ἐκ πείρας γνωρίζομεν ὅτι, ἐὰν ἐκσφενδονίσωμεν ἐπὶ ὁριζοντίου ἐδάφους μικρὰν σφαῖραν, αὕτη, ἀφοῦ διανύσῃ ὡρισμένον διάστημα, φαίνεται ἐκ πρώτης ὄψεως ὅτι ἠρεμεῖ ἀφ᾽ ἑαυτῆς. Προσεκτικωτέρα ὅμως παρατήρησις τοῦ φαινομένου τούτου ἄγει εἰς τὰ ἀκόλουθα: Ἐὰν ἐκσφενδονίσωμεν διαδοχικῶς τὴν αὐτὴν σφαῖραν ἐπὶ ἐδάφους διαφόρου φύσεως, βλέπομεν ὅτι ἡ σφαῖρα, ἀναλόγως τῆς φύσεως τοῦ ἐδάφους, διανύει διάφορον διάστημα, μέχρις ὅτου ἠρεμήσῃ, καὶ μάλιστα τὸ διανυόμενον διάστημα εἶναι τόσον μεγαλύτερον, ὅσον περισσότερον λεῖον εἶναι τὸ ἔδαφος.

Ἡ παρατήρησις αὕτη δεικνύει ὅτι ἡ αἰτία διὰ τὴν ὁποίαν ἠρεμεῖ ἡ σφαῖρα εἶναι ἡ φύσις τοῦ ἐδάφους ἐπὶ τοῦ ὁποίου αὕτη κινεῖται, μὲ ἄλλους λόγους ἡ τριβή.

Ἐκ τούτου ἀγόμεθα κατ' ἐπέκτασιν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι, ἐὰν ἦτο δυνατὸν νὰ ἐκμηδενίσωμεν τὴν τριβήν, ἡ σφαῖρα, ἐκσφενδονιζομένη ἐπὶ ἐδάφους ἐπὶ τοῦ ὁποίου αὕτη νὰ δύναται νὰ κινηθῇ ἄνευ τριβῆς, θὰ ἐξακολουθῇ νὰ κινῆται εὐθυγράμμως καὶ ὁμαλῶς ἐπ' ἄπειρον. Τὸ αἴτιον, τὸ ὁποῖον προκαλεῖ τὴν μετάβασιν σώματος ἐκ τῆς ἠρεμίας εἰς τὴν κίνησιν ἢ ἐκ τῆς κινήσεως εἰς τὴν ἠρεμίαν, καλοῦμεν ***δύναμιν***.

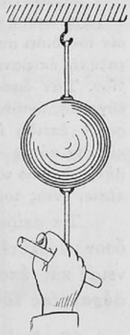
Ἐκ τοῦ πρώτου ἀξιώματος τοῦ Νεύτωνος συνάγομεν τὰ ἀκόλουθα:

Ὅταν σῶμα (ἄψυχον) δὲν ὑπόκειται εἰς τὴν ἐπενέργειαν δυνάμεως, τότε: α) ἐὰν μὲν τὸ σῶμα εὑρίσκεται ἐν ἠρεμίᾳ, παραμένει διαρκῶς εἰς τὴν κατάστασιν αὐτήν, β) ἐὰν εὑρίσκεται ἐν κινήσει ἡ ταχύτης αὐτοῦ διατηρεῖται διαρκῶς σταθερά, ἤτοι κατ' ἀριθμητικὴν τιμὴν καὶ διεύθυνσιν, δηλαδὴ τὸ σῶμα κινεῖται εὐθυγράμμως καὶ ὁμαλῶς.

Ἐὰν δεχθῶμεν ὅτι καὶ ἡ κατάστασις ἠρεμίας ἰσοδυναμῇ μὲ κατάστασιν κινήσεως ὑπὸ ταχύτητα μηδέν, τὸ πρῶτον ἀξίωμα δύναται νὰ διατυπωθῇ κατὰ γενικώτερον τρόπον ὡς ἑξῆς: ***Ἐὰν ἐπὶ σώματος (ἀψύχου) δὲν ἐπενεργῇ δύναμις, τὸ σῶμα κινεῖται ὑπὸ σταθερὰν ταχύτητα.***

62. Ἀδράνεια. Ἐκ τοῦ πρώτου ἀξιώματος τοῦ Νεύτωνος προκύπτει ὅτι ἡ ὕλη ἐμφανίζει τὴν χαρακτηριστικὴν ἰδιότητα νὰ παρουσιάζῃ «***ἀντίστασιν***» εἰς πᾶσαν μεταβολὴν τῆς κινητικῆς της καταστάσεως. Τὴν ἰδιότητα ταύτην τῆς ὕλης καλοῦμεν ***ἀδράνειαν***, διὰ τὸν λόγον δὲ τοῦτον καὶ τὸ πρῶτον ἀξίωμα τοῦ Νεύτωνος καλεῖται πολλάκις ***ἀξίωμα τῆς ἀδρανείας***.

Τὰ ἀποτελέσματα τῆς ἀδρανείας ἐκδηλοῦνται τόσον ἐντονώτερα, ὅσῳ μᾶλλον ἀποτόμως ἐπιδιώκομεν νὰ προκαλέσωμεν τὴν μεταβολὴν τῆς κινητικῆς καταστάσεως τῶν σωμάτων. Οὕτως ἐὰν ἐπιδιώκωμεν νὰ θέσωμεν βαθμιαίως εἰς κίνησιν σῶμα ἠρεμοῦν, τὸ σῶμα φαίνεται ὡς ἑκουσίως ὑπακοῦον εἰς τὴν μεταβολὴν τῆς κινητικῆς του καταστάσεως, χωρὶς νὰ ἐκδηλώνῃ οὐσιώδη ἀντίστασιν· ἐὰν ὅμως ἐπιδιώξωμεν ἀποτόμως νὰ τὸ θέσωμεν εἰς κίνησιν, τὸ σῶμα ἐκδηλώνει μεγάλην ἀντίστασιν εἰς τὴν μεταβολὴν τῆς κινητικῆς του καταστάσεως.



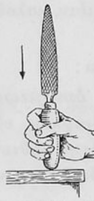
Σχ. 43. Ἡ σφαῖρα ἔχει μᾶζαν 10 kgr περίπου. Ἐὰν σύρωμεν ἠπίως, θραύεται τὸ ἄνω σχοινίον, ἐὰν δὲ σύρωμεν ἀποτόμως θραύεται τὸ κάτω.

Παραδείγματα τῶν ἀποτελεσμάτων τῆς ἀδρανείας συναντῶμεν ἄφθονα εἰς τὸν καθ' ἡμέραν βίον. Οὕτως οἱ ἐπιβάται τροχιοδρομικοῦ ὀχήματος εὑρισκομένου ἐν κινήσει, κλίνουν ἀποτόμως πρὸς τὰ ἐμπρός, ὅταν ὁ ὁδηγός, ἐν ὄψει κινδύνου, προκαλῇ ἀπότομον τροχοπέδησιν (φρενάρισμα) τοῦ ὀχήματος. Ὁμοίως, ἐὰν ἄπειρος ὁδηγὸς προκαλέσῃ τὴν ἀπότομον ἐκκίνησιν τοῦ ὀχήματος, τότε ὅλοι οἱ ἐπιβάται κλίνουν ἀποτόμως πρὸς τὰ ὀπίσω.

Διὰ τὸν αὐτὸν λόγον, προκειμένου νὰ κατέλθῃ τις ἀπὸ ὀχήματος εὑρισκομένου ἐν κινήσει, ὀφείλει κατὰ τὴν κατάβασιν νὰ κλίνῃ τὸ σῶμα του πρὸς τὰ ὀπίσω, ἵνα μὴ καταπέσῃ ἐπὶ τοῦ ἐδάφους.

Λίαν διδακτικὸν παράδειγμα τῆς ἐκδηλώσεως τῆς ἀδρανείας εἶναι καὶ τὸ ἀκόλουθον: Θύρα ἀνοικτὴ δύναται νὰ κλεισθῇ ἁπλῶς δι' ἐλαφρᾶς ὠθήσεως αὐτῆς μὲ τὸ μικρὸν δάκτυλον τῆς χειρός· ἐὰν ὅμως βάλωμεν ἐναντίον τῆς θύρας διὰ πιστολίου, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ σφαῖρα διαπερᾷ τὴν θύραν, χωρὶς ὅμως νὰ ἐπιφέρῃ τὸ κλείσιμον αὐτῆς.

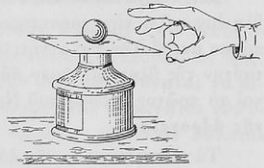
Ὁμοίως εἰς τὸ σχῆμα 43, ὅταν σύρωμεν ἠπίως, θραύεται τὸ ἄνω σχοινίον διότι, λόγῳ τῆς ἠπίας μεταβολῆς τῆς κινητικῆς καταστάσεως τῆς σφαίρας, αὕτη ἐκδηλώνει πολὺ μικρὰν ἀντίστασιν λόγῳ τῆς ἀδρανείας της καί, ὡς ἐκ τούτου, τὸ ἄνω σχοινίον, ὡς εὑρισκόμενον ὑπὸ τὴν ἐπενέργειαν τοῦ βάρους τῆς σφαίρας καὶ τῆς ἑλκτικῆς δυνάμεως τῆς ἀσκουμένης μέσῳ τοῦ κάτω σχοινίου, θραύεται. Ἐὰν ὅμως σύρωμεν ἀποτόμως, τότε ἐπιδιώκομεν νὰ μεταβάλωμεν ἀποτόμως τὴν κινητικὴν κατάστασιν τῆς σφαίρας· ὡς ἐκ τούτου αὕτη ἐκδηλώνει πολὺ μεγάλην ἀντίστασιν καὶ ἕνεκα τοῦ λόγου τούτου θραύεται τὸ κάτω σχοινίον. Ἐπίσης, ἐὰν ἡ σφαῖρα εἶναι προσδεδεμένη διὰ σχοινίου καὶ κεῖται ἐπὶ τοῦ ἐδάφους, ἐὰν ἐπιδιώξωμεν ἐνεργοῦντες ἐπὶ τοῦ σχοινίου νὰ ἀνυψώσωμεν αὐτὴν ἀποτόμως δὲν κατορθοῦμεν τοῦτο, διότι θραύεται τὸ σχοινίον, διὰ τὸν ἀνωτέρω ἐκτεθέντα λόγον



Σχ. 44 Στερέωσις λίμας ἐπὶ ξυλολαβῆς.

Ὅταν θέλωμεν νὰ στερεώσωμεν λίμαν ἐπὶ τῆς ξυλολαβῆς αὐτῆς (σχ. 44), τοποθετοῦμεν ἀρχικῶς αὐτὴν ἐπὶ τῆς ξυλολαβῆς καὶ κρατοῦντες τὴν ξυλολαβὴν διὰ τῆς χειρός, εἰς κατακόρυφον θέσιν, κινοῦμεν αὐτὴν ἀποτόμως ὥστε νὰ προσκρούσῃ ἐπὶ ἀκλονήτου κωλύματος, π.χ. τῆς τραπέζης ἐργασίας (πάγκου). Διὰ τῆς κινήσεως ταύτης μεταδίδομεν ἐπιτάχυνσιν εἰς τὴν λίμαν καὶ ἑπομένως ταχύτητα καὶ ὅταν ἡ ξυλολαβὴ προσκρούσῃ ἐπὶ τοῦ ἀκλονήτου κωλύματος ἀκινητεῖ, ἐνῷ ἡ λίμα λόγῳ τῆς ἀδρανείας της ἐπιδιώκει νὰ διατηρήσῃ τὴν κίνησιν αὐτῆς, οὕτω δὲ εἰσχωρεῖ βαθύτερον ἐπὶ τῆς ξυλολαβῆς.

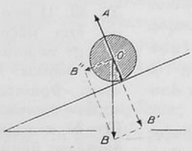
Εἰς τὸ σχῆμα 45, ὅταν σύρωμεν ὁριζοντίως καὶ ἠπίως τὸ χαρτόνιον, ἡ σφαῖρα παρακολουθεῖ αὐτὸ εἰς τὴν κίνησίν του, διότι συγκρατεῖται ἐπ' αὐτοῦ λόγῳ τῆς τριβῆς μεταξὺ τῆς ἐπιφανείας στηρίξεως τῆς σφαίρας καὶ τοῦ χαρτονίου. Ἐὰν ὅμως κτυπήσωμεν ἀποτόμως τὸ χαρτόνιον, λόγῳ τῆς ἐντόνου ἐκδηλώσεως τῆς ἀδρανείας τῆς σφαίρας, — ἐπειδὴ ἐπιδιώκομεν νὰ θέσωμεν ἀποτόμως εἰς κίνησιν αὐτὴν — ἡ δύναμις ἀδρανείας ὑπερνικᾷ τὴν τριβὴν καὶ οὕτω τὸ μὲν χαρτόνιον ἐκτοξεύεται, ἡ δὲ σφαῖρα πίπτει ἐντὸς τοῦ δοχείου.



Σχ. 45. Δι' ἀποτόμου ἐκτινάξεως τοῦ χαρτονίου, ἡ σφαῖρα πίπτει ἐντὸς τοῦ δοχείου.

Ἐκ πείρας γνωρίζομεν ὅτι ὅσον περισσότερον εἶναι τὸ ποσὸν τῆς ὕλης, ἤτοι ὅσον μεγαλυτέραν μᾶζαν ἔχει τὸ σῶμα, τόσον τοῦτο παρουσιάζει μεγαλυτέραν ἀδράνειαν καὶ ἑπομένως δυνάμεθα νὰ λέγωμεν, ὅτι ***ἡ μᾶζα ἀποτελεῖ μέτρον τῆς ἀδρανείας τοῦ σώματος.***

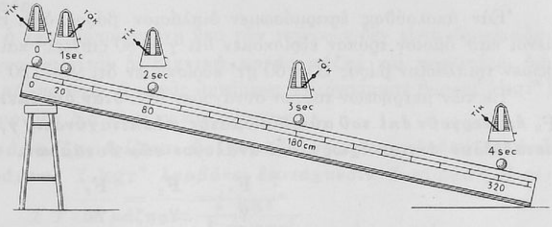
63. Δεύτερον ἀξίωμα τοῦ Νεύτωνος. Τὸ δεύτερον ἀξίωμα τοῦ Νεύτωνος διατυποῦται ὡς ἑξῆς: ***Δύναμις σταθερὰ ἐπενεργοῦσα ἐπὶ σώματος μεταδίδει εἰς αὐτὸ κίνησιν εὐθύγραμμον ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένην.***



Σχ. 46. Κεκλιμένον ἐπίπεδον.

Ἐὰν ἀφήσωμεν μικρὰν σφαῖραν νὰ πίπτῃ ἐπὶ κεκλιμένου ἐπιπέδου (σχ. 46), εὑρίσκομεν διὰ τοῦ πειράματος ὅτι ἡ κίνησις εἶναι εὐθύγραμμος ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένη. Ἐὰν ἐξετάσωμεν λεπτομερέστερον τὴν ἐπὶ τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου εὑρισκομένην σφαῖραν παρατηροῦμεν ὅτι αὕτη εὑρίσκεται ὑπὸ τὴν ἐπενέργειαν δύο δυνάμεων, τοῦ βάρους της B διευθυνομένου κατακορύφως πρὸς τὰ κάτω καὶ τῆς ἀντιδράσεως Α τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου διευθυνομένης καθέτως ἐπὶ τὸ κεκλιμένον ἐπίπεδον καὶ πρὸς τὰ ἄνω. Τὸ βάρος ὅμως Β ἀναλύεται εἰς δύο ὀρθογωνίους συνιστώσας, τὴν Β′ κάθετον ἐπὶ τὸ κεκλιμένον ἐπίπεδον, ἡ ὁποία ἐξουδετεροῦται ὑπὸ τῆς Α, ἐνῷ ἡ ἄλλη συνιστῶσα, ἡ Β′′, ἡ παράλληλος πρὸς τὸ κεκλιμένον ἐπίπεδον ἀποτελεῖ τὴν κινητήριον δύναμιν.

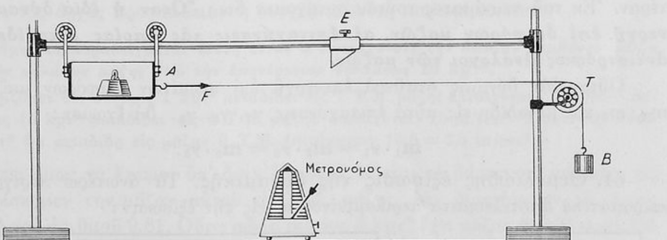
Ἐπὶ τῆς σφαίρας λοιπὸν ἐπενεργεῖ μόνον ἡ δύναμις Β′′ ἡ ὁποία εἶναι σταθερὰ καί, ὡς ἐκ τοῦ πειράματος δεικνύεται, μεταδίδει εἰς αὐτὴν κίνησιν εὐθύγραμμον ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένην. Πράγματι ἐὰν ρυθμίσωμεν τὴν κίνησιν τοῦ χρονομέτρου (μετρονόμου), οὕτως ὥστε εἰς τὸ τέλος τοῦ πρώτου κτυπήματος μετὰ τὸ ἀρχικὸν κτύπημα νὰ φθάνῃ εἰς τὴν διαίρεσιν 20, κατὰ τὸ ἑπόμενον κτύπημα θὰ φθάσῃ εἰς τὸ 80, κατὰ τὸ ἀμέσως ἑπόμενον εἰς τὸ 180 καὶ τέλος εἰς τὸ 320 (σχ. 47). Ἤτοι ***τὰ διαννόμενα διαστήματα εἶναι ἀνάλογα τῶν τετραγώνων τῶν χρόνων.***



Σχ. 47. Πειραματικὴ διάταξις διὰ τὴν σπουδὴν τοῦ 2ου ἀξιώματος τοῦ Νεύτωνος.

Ἂς ἐξετάσωμεν ἤδη ποῖα εἶναι τὰ μηχανικὰ ἐκεῖνα μεγέθη τὰ ὁποῖα δυνάμεθα νὰ μεταβάλλωμεν ὅταν ἔχωμεν ἓν σῶμα τὸ ὁποῖον δύναται ἐλευθέρως νὰ κινῆται ὑπὸ τὴν ἐπενέργειαν σταθερᾶς δυνάμεως.

Ἁπλοῦς συλλογισμὸς δεικνύει ὅτι δύο εἶναι τὰ μεταβλητὰ μεγέθη: ἡ ***τιμὴ***



Σχ. 48. Ὑπὸ τὴν ἐπενέργειαν τοῦ βάρους Β τὸ ἁμάξιον ἀποκτᾷ ἐπιτάχυνσιν. (Ε, κώλυμα διὰ τὸ ἁμάξιον).

τῆς δυνάμεως καὶ ἡ ***μᾶζα τοῦ σώματος.*** Διὰ νὰ καθορίσωμεν πῶς ἐπιδρᾷ ἕκαστον μέγεθος εἰς τὴν κίνησιν τοῦ σώματος καταφεύγομεν εἰς τὸ πείραμα.

Πρὸς τοῦτο ἐκτελοῦμεν μίαν σειρὰν πειραμάτων, διατηροῦντες τὴν μᾶζαν τοῦ σώματος σταθερὰν καὶ μεταβάλλοντες τὴν δύναμιν. Εἰς τὴν διάταξιν τοῦ σχήματος 48 ἐφαρμόζομεν εἰς τὸ ἐλεύθερον ἄκρον τοῦ νήματος βάρος $B = 20\ gr^*$, προσδιορίζομεν δὲ μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ μετρονόμου τὰ διανυόμενα διαστήματα ἐντὸς 1, 2 καὶ 3 δευτερολέπτων, τὰ ὁποῖα εὑρίσκομεν ἀντιστοίχως ἴσα πρὸς 20 cm, 80 cm, 180 cm καὶ ἐκ τοῦ τύπου $s = \frac{1}{2}\gamma t^2$ ἢ $\gamma = \frac{2s}{t^2}$ εὑρίσκομεν τὴν ἐπιτάχυνσιν: $\gamma = 40\ cm/sec^2$.

Ἐὰν ἀκολούθως ἐφαρμόσωμεν διπλάσιον βάρος, δηλ. $B = 40\ gr^*$, ἐργαζόμενοι καθ' ὅμοιον τρόπον εὑρίσκομεν ὅτι $\gamma = 80\ cm/sec^2$ καὶ τέλος ἐὰν ἐφαρμόσωμεν τριπλάσιον βάρος $B = 60\ gr^*$ εὑρίσκομεν ὅτι $\gamma = 120\ cm/sec^2$.

Ἐκ τῶν μετρήσεων τούτων συνάγομεν ὅτι: ***ὅταν δυνάμεις σταθεραὶ*** F_1, F_2, F_3 ***ἐπενεργοῦν ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ σώματος, αἱ ἐπιταχύνσεις*** γ_1, γ_2, γ_3, ***τὰς ὁποίας μεταδίδουν ἀντιστοίχως εἶναι ἀνάλογοι τῶν δυνάμεων.*** Ἢ ἀναλυτικῶς:

$$\frac{F_1}{\gamma_1} = \frac{F_2}{\gamma_2} = \frac{F_3}{\gamma_3}$$

Ἀκολούθως ἐκτελοῦμεν δευτέραν σειρὰν μετρήσεων ἀφήνοντες τὴν κινητήριον δύναμιν ἀμετάβλητον καὶ μεταβάλλοντες τὴν μᾶζαν τοῦ σώματος.

Εἰς τὴν προηγουμένην σειρὰν πειραμάτων τὸ συνολικὸν βάρος τοῦ κινουμένου σώματος ἦτο $500\ gr^*$ καὶ ἑπομένως ἡ μᾶζα του ἦτο 500 gr, ὑπὸ τὴν ἐπενέργειαν δὲ δυνάμεως π.χ. $60\ gr^*$ ἐλάμβανεν ἐπιτάχυνσιν $120\ cm/sec^2$. Ἐὰν ἤδη διὰ καταλλήλου τρόπου αὐξήσωμεν τὸ βάρος τοῦ κινουμένου σώματος εἰς $1000\ gr^*$, ὁπότε ἡ μᾶζα του καθίσταται 1000 gr, ἤτοι διπλασία, διατηρήσωμεν δὲ τὴν αὐτὴν κινητήριον δύναμιν, ἤτοι $60\ gr^*$, εὑρίσκομεν ὅτι ἡ ἐπιτάχυνσις τὴν ὁποίαν λαμβάνει εἶναι: $\gamma = 60\ cm/sec^2$, δηλ. τὸ ἥμισυ τῆς προηγουμένης. Ἤτοι ἡ αὐτὴ κινητήριος δύναμις ἐπενεργοῦσα ἐπὶ σώματος διπλασίας μάζης μεταδίδει ἐπιτάχυνσιν δύο φορὰς μικροτέραν. Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου συνάγομεν ὅτι: ***Ὅταν ἡ ἰδία δύναμις ἐπενεργῇ ἐπὶ διαφόρων μαζῶν, αἱ ἐπιταχύνσεις τὰς ὁποίας μεταδίδει εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογοι τῶν μαζῶν.***

Οὕτως ἐὰν δύναμις σταθερὰ ἐπενεργῇ ἐπὶ σωμάτων διαφόρων μαζῶν m_1, m_2, m_3 καὶ μεταδίδῃ εἰς αὐτὰ ἐπιταχύνσεις γ_1, γ_2, γ_3, θὰ ἔχωμεν:

$$m_1 \cdot \gamma_1 = m_2 \cdot \gamma_2 = m_3 \cdot \gamma_3 .$$

64. Θεμελιώδης ἐξίσωσις τῆς δυναμικῆς. Τὰ ἀνωτέρω περιγραφέντα πειραματικὰ ἀποτελέσματα περιλαμβάνονται εἰς τὴν ἐξίσωσιν:

$$\boxed{F = m \cdot \gamma} \quad \text{ἤτοι:} \quad \boxed{\text{δύναμις} = \text{μᾶζα} \times \text{ἐπιτάχυνσις}} \qquad (1)$$

Ἡ σχέσις αὕτη ἀποτελεῖ ***θεμελιώδη ἀρχὴν τῆς Μηχανικῆς*** καὶ ὑποδηλοῖ ὅτι ἐφ' ὅσον ἐπὶ σώματος τινὸς ἐπενεργεῖ δύναμις, τὸ σῶμα θ' ἀποκτήσῃ ἐπιτάχυνσιν ἀνάλογον τῆς δυνάμεως. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω πειραμάτων προκύπτει ἐπίσης ὅτι ἡ διεύθυνσις τῆς ἐπιταχύνσεως συμπίπτει πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς δυνάμεως.

Ἡ ἐξίσωσις αὕτη, ὡς ἐγράφη, ἰσχύει ἐφ' ὅσον χρησιμοποιοῦμεν ὡρισμένας μονάδας. Μέχρι τοῦδε ὡς βασικὰς μονάδας μήκους καὶ χρόνου ἐθεωρήσαμεν τὸ μέτρον (m) καὶ τὸ δευτερόλεπτον (sec). Αἱ μονάδες αὗται καλοῦνται ***θεμελιώδεις***, διότι χρησιμεύουν διὰ τὴν παραγωγὴν ἄλλων μονάδων αἱ ὁποῖαι καλοῦνται ***παράγωγοι***. Οὕτως ὡς βασικὴ μονὰς ταχύτητος ὡρίσθη τὸ μέτρον κατὰ δευτερόλεπτον, (m/sec ἢ $m \cdot sec^{-1}$) καὶ ὡς βασικὴ μονὰς ἐπιταχύνσεως τὸ μέτρον κατὰ δευτερόλεπτον ἀνὰ δευτερόλεπτον (m/sec^2 ἢ $m \cdot sec^{-2}$), αἱ μονάδες δὲ αὗται καλοῦνται ***παράγωγοι μονάδες***.

Ἡ μονὰς μάζης ἡ χρησιμοποιουμένη ὑπὸ τῶν τεχνικῶν δὲν εἶναι θεμελιώδης μονάς, ἀλλὰ παράγωγος, καλεῖται δὲ ***τεχνικὴ μονὰς μάζης*** καὶ παριστᾶται διὰ τοῦ συμβόλου ***Τ.Μ. μάζης***, ἐνῷ ἡ μονὰς δυνάμεως χιλιόγραμμον βάρους (kgr*) ἀποτελεῖ θεμελιώδη μονάδα διὰ τὸ τεχνικὸν σύστημα.

Ἡ τεχνικὴ μονὰς μάζης ὁρίζεται ὡς ἡ μᾶζα σώματος τὸ ὁποῖον ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν δυνάμεως 1 kgr* λαμβάνει ἐπιτάχυνσιν 1 m/sec², ἤτοι:

$$1\ T \cdot M\ \mu\acute{\alpha}\zeta\eta\varsigma = \frac{1\ \mathrm{kgr}^*}{1\ \mathrm{m/sec}^2}$$

Εἰς τὸν τύπον (1) ὡς μονὰς δυνάμεως χρησιμοποιεῖται τὸ kgr*, ὡς μονὰς μάζης ἡ Τ.Μ. μάζης, καὶ ὡς μονὰς ἐπιταχύνσεως τὸ m/sec^2 καὶ ἑπομένως ἔχομεν:

$$\boxed{\begin{array}{ccccc} \mathbf{F} & = & \mathbf{m} & \times & \gamma \\ \mathbf{kgr^*} & & \mathbf{T.M.} & & \mathbf{m/sec^2} \end{array}} \qquad (2)$$

Ἡ εἰσαγωγὴ τῆς τεχνικῆς μονάδος μάζης, εἶναι ἀληθὲς ὅτι δημιουργεῖ δυσχερείας εἰς τοὺς ἀρχαρίους περὶ τὴν μελέτην τῆς Μηχανικῆς. Ἐν τούτοις ὅμως μὲ μικρὰν εἰς τὰς ἀρχὰς προσπάθειαν ἡ δυσχέρεια αὕτη παρακάμπτεται.

Ἀριθμητικὰ παραδείγματα. ***Πόση εἶναι ἡ ἐπιτάχυνσις τὴν ὁποίαν λαμβάνει σῶμα 6 τεχνικῶν μονάδων μάζης ὑπὸ τὴν ἐπενέργειαν δυνάμεως 15 kgr*.***

Γνωρίζομεν ὅτι δύναμις 1 kgr* μεταδίδει εἰς 1 Τ.Μ. μάζης ἐπιτάχυνσιν 1 m/sec^2 καὶ ὅτι δύναμις 15 kgr* μεταδίδει εἰς 1 Τ.Μ. μάζης ἐπιτάχυνσιν 15 m/sec^2. Ἑπομένως δύναμις 15 kgr* θὰ μεταδίδῃ εἰς μᾶζαν 6 Τ.Μ. ἐπιτάχυνσιν $15/6 = 2{,}5\ m/sec^2$.

Πρέπει ὅμως νὰ ἔχωμεν ὑπ' ὄψιν ὅτι ὅταν δίδεται τὸ βάρος τοῦ σώματος εἰς kgr*, εὑρίσκομεν τὴν μᾶζαν αὐτοῦ εἰς Τ.Μ. μάζης, ἐὰν διαιρέσωμεν τὸ βάρος αὐτοῦ διὰ τοῦ ἀριθμοῦ 9,81. Οὕτω σῶμα βάρους 3 kgr* ἔχει μᾶζαν $3/9{,}81 = 0{,}306$ Τ.Μ. μάζης.

Ἐπίσης ὅταν δίδεται ἡ μᾶζα τοῦ σώματος εἰς kgr εὑρίσκομεν κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον τὴν μᾶζαν του εἰς Τ.Μ., διότι σῶμα τὸ ὁποῖον ἔχει μᾶζαν 3 kgr ἔχει καὶ βάρος 3 kgr*.

Οὐδέποτε ὅμως εἰς τὸν τύπον (2) πρέπει ἡ μᾶζα τοῦ σώματος νὰ τίθεται εἰς kgr, ἀλλὰ πρέπει προηγουμένως νὰ μετατρέπεται εἰς Τ.Μ. μάζης.

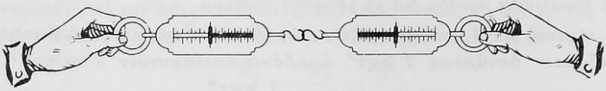
Ἐὰν σῶμα ἔχῃ βάρος Β kgr* καὶ ἐπιτάχυνσιν γ m/sec², ἡ κινητήριος δύναμις εἰς kgr* εὑρίσκεται ἐκ τοῦ τύπου:

$$F = \frac{B}{9{,}81} \cdot \gamma$$

ὅπου ὁ ὅρος Β/9,81 παριστᾶ τὴν μᾶζαν τοῦ σώματος εἰς Τ.Μ. μάζης.

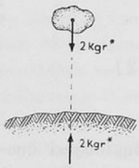
65. Τρίτον ἀξίωμα τοῦ Νεύτωνος. Τὸ ἀξίωμα τοῦτο διατυποῦται ὡς ἑξῆς: ***Ἐὰν σῶμα Α ἐπενεργῇ ἐπὶ ἑτέρου σώματος Β μὲ ὡρισμένην δύναμιν, τότε καὶ τὸ σῶμα Β ἐπενεργεῖ ἐπὶ τοῦ Α μετὰ δυνάμεως ἴσης, ἀλλ᾿ ἀντιθέτου διευθύνσεως.***

Ἐὰν τὴν ἐπενέργειαν τοῦ πρώτου τῶν σωμάτων ἐπὶ τοῦ δευτέρου καλέσωμεν



Σχ. 49. Ἡ δρᾶσις εἶναι ἀκριβῶς ἴση πρὸς τὴν ἀντίδρασιν.

δρᾶσιν, τὴν δὲ ἐπενέργειαν τοῦ δευτέρου ἐπὶ τοῦ πρώτου ***ἀντίδρασιν,*** τὸ τρίτον ἀξίωμα τοῦ Νεύτωνος δύναται νὰ διατυπωθῇ καὶ ὡς ἑξῆς: ***Εἰς πᾶσαν δρᾶσιν ἀναπτύσσεται ἴση ἀντίδρασις.***

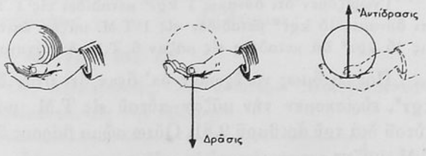


Σχ. 50. Περίπτωσις δράσεως καὶ ἀντιδράσεως.

Ἐκ τοῦ ἀξιώματος τούτου προκύπτει ὅτι οὐδέποτε ἐν τῇ φύσει ἀναφαίνεται ἡ ἐπενέργεια μιᾶς μόνης δυνάμεως, ἀλλ᾿ αὗται ἀναφαίνονται ἀνὰ δύο, ἐκ τούτων δέ, ἡ μία ἀποτελεῖ τὴν δρᾶσιν καὶ ἡ ἄλλη τὴν ἀντίδρασιν (σχ. 49).

Τὸ ἀνωτέρω ἀξίωμα δὲν ἰσχύει μόνον ὅταν τὰ σώματα εὑρίσκωνται εἰς ἐπαφήν, ἢ συνδέωνται διὰ συνδέσμων, ἀλλὰ καὶ ὅταν εὑρίσκωνται εἰς ἀπόστασιν ἀπ᾿ ἀλλήλων. Οὕτω π.χ. ἡ Γῆ ἕλκει ὅλα τὰ ἐν τῇ γειτονίᾳ αὐτῆς εὑρισκόμενα σώματα, τὰ ὁποῖα ἀσκοῦν ἐπίσης ἴσην καὶ ἀντίθετον ἕλξιν ἐπὶ τῆς Γῆς (σχ. 50).

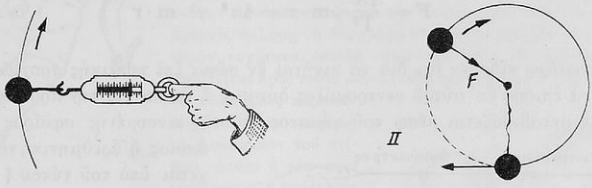
Ἐπίσης, ἐὰν ἐπὶ τραπέζης τοποθετήσωμεν βαρὺ σῶμα, τοῦτο πιέζει τὴν τράπεζαν κατὰ τὴν θέσιν ὑποστηρίξεώς του, ἐκ τῶν ἄνω πρὸς τὰ κάτω, ἀλλὰ καὶ ἡ τράπεζα, λόγῳ ἐλαστικῆς παραμορφώσεως αὐτῆς, πιέζει τὸ σῶμα ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω, μετὰ δυνάμεως τῆς αὐτῆς ἐντάσεως. Ἐπίσης, ὅταν κρατῶμεν διὰ τῆς χειρός μας σφαῖραν (σχ. 51), αὕτη λόγῳ τοῦ βάρους της πιέζει τὴν χεῖρα μας (δρᾶσις), οἱ μυῶνες ὅμως τῆς χειρός μας ἀντιδροῦν καὶ ἐξασκοῦν δύναμιν ἴσην καὶ



Σχ. 51. Ἡ σφαῖρα ἐξασκεῖ δύναμιν (δρᾶσιν), ἀλλὰ καὶ ἡ χεὶρ ἀντιδρᾷ μὲ ἴσην δύναμιν (ἀντίδρασιν).

ἀντίθετον (ἀντίδρασις) καὶ δὲν ἀφήνουν τὴν σφαῖραν νὰ πέσῃ. Πρέπει πάντοτε νὰ ἔχωμεν ὑπ' ὄψιν ὅτι δρᾶσις καὶ ἀντίδρασις ἐφαρμόζονται ἐπὶ δύο διαφόρων σωμάτων.

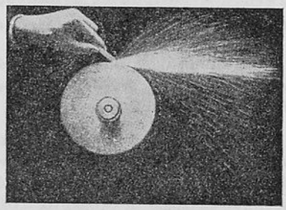
66. Κεντρομόλος καὶ φυγόκεντρος δύναμις. Φαντασθῶμεν ὅτι ἀπὸ τοῦ ἑνὸς ἄκρου νήματος ἐξαρτῶμεν μικρὰν σφαῖραν, καὶ διὰ τοῦ ἑτέρου ἄκρου αὐτοῦ, τὸ ὁποῖον κρατοῦμεν διὰ τῆς χειρός μας, θέτομεν τὴν σφαῖραν εἰς περιστροφικὴν κίνησιν, εἰς τρόπον ὥστε νὰ διαγράψῃ, εἰς κατακόρυφον ἐπίπεδον, περι-



Σχ. 52. I. Τὸ δυναμόμετρον μετρᾷ τὴν ἀναγκαίαν διὰ τὴν περιστροφὴν κεντρομόλον δύναμιν. II. Ὅταν τὸ νῆμα θραυσθῇ, τὸ σῶμα κινεῖται κατὰ τὴν ἐφαπτομένην τῆς τροχιᾶς.

φέρειαν κύκλου. Ἐκ πείρας γνωρίζομεν ὅτι τὸ νῆμα διατείνεται ὡς ἐὰν ἐπενήργει ἐπ' αὐτοῦ δύναμις, τὴν ὁποίαν δυνάμεθα νὰ μετρήσωμεν, ἐὰν μεταξὺ νήματος καὶ σφαίρας παρεμβάλωμεν κατάλληλον δυναμόμετρον (σχ. 52, I). Ἐὰν ἀφήσωμεν τὸ νῆμα ἐλεύθερον, τότε ὁ λίθος παύει νὰ κινῆται ἐπὶ περιφερείας κύκλου ἀλλ' ἐξακολουθεῖ νὰ κινῆται κατὰ τὴν ἐφαπτομένην τῆς τροχιᾶς του, εἰς τὸ σημεῖον ὅπου εὑρίσκετο κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς ἀφέσεως τοῦ νήματος.

Τὴν περίπτωσιν ταύτην δεικνύομεν, πειραματικῶς ἐπίσης, μὲ τὸν σμυριδοτροχὸν (σχ. 53), ὅπου τὰ κατὰ τὴν ἐπιφάνειαν ἀκονιζομένου ἀντικειμένου ἀποσπώμενα διάπυρα σωμάτια κινοῦνται κατὰ τὴν ἐφαπτομένην τοῦ σμυριδοτροχοῦ εἰς τὸ σημεῖον τῆς ἀποσπάσεώς των.



Σχ. 53. Οἱ σπινθῆρες ἐκτινασσόμενοι κινοῦνται κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς ἐφαπτομένης.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει ὅτι διὰ νὰ κινῆται τὸ σῶμα ἐπὶ περιφερείας κύκλου ἀπαιτεῖται ὅπως ἐπιδρᾷ συνεχῶς ἐπ' αὐτοῦ μιὰ δύναμις (F), διευθυνομένη πρὸς τὸ κέντρον τῆς περιφερείας. Εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ σχήματος 52, II τοιαύτην δύναμιν ἐξασκεῖ ἐπὶ τῆς σφαίρας ἡ χεὶρ μέσῳ τοῦ νήματος καὶ αὐτὴν ἀκριβῶς μετρᾷ τὸ δυναμόμετρον. Ἡ ἐν λόγῳ δύναμις καλεῖται ***κεντρομόλος δύναμις.***

Τὴν ἀνωτέρω κίνησιν περιλαμβάνει ἡ ἐξίσωσις:

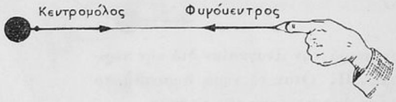
$$\mathbf{F} = \mathbf{m} \cdot \gamma = \mathbf{m}\frac{\upsilon^2}{\mathbf{r}} = \mathbf{m}\,\omega^2\,\mathbf{r} \qquad (1)$$

ὅπου $\frac{\upsilon^2}{r}$ εἶναι ἡ κεντρομόλος ἐπιτάχυνσις (βλ. § 39) ἥτις διευθύνεται πρὸς τὸ κέντρον τῆς περιφερείας, ὅπως καὶ ἡ κεντρομόλος δύναμις.

Ἐὰν ἡ περιστροφὴ ἐκτελῆται μὲ σταθερὰν γωνιακὴν ταχύτητα, τότε ἡ κίνησις θὰ χαρακτηρίζεται ἀπὸ τὴν περίοδον T καὶ τὴν συχνότητα ν, δι' εἰσαγωγῆς τῶν ὁποίων ἡ ἐξίσωσις (1) δίδει:

$$\mathbf{F} = \frac{4\pi^2}{T^2} \cdot \mathbf{m} \cdot \mathbf{r} = 4\pi^2 \cdot \nu^2 \cdot \mathbf{m} \cdot \mathbf{r}$$

Ἀνωτέρω εἴδομεν ὅτι διὰ νὰ κινῆται ἓν σῶμα ἐπὶ κυκλικῆς τροχιᾶς ὁμαλῶς πρέπει νὰ ἐπιδρᾷ ἐπ' αὐτοῦ κεντρομόλος δύναμις ἡ ὁποία εἰς τὴν προκειμένην περίπτωσιν μεταβιβάζεται μέσῳ τοῦ νήματος ἐπὶ τῆς κινουμένης σφαίρας καὶ τῆς ὁποίας ἡ ἀριθμητικὴ τιμὴ παρέχεται ὑπὸ τοῦ τύπου (1). Συμφώνως ὅμως πρὸς τὸ τρίτον ἀξίωμα τοῦ Νεύτωνος καὶ ἡ σφαῖρα ἀντιδρᾷ μετὰ δυνάμεως ἴσης καὶ ἀντιθέτου, ἡ ὁποία ἐφαρμόζεται μέσῳ τοῦ νήματος ἐπὶ τῆς χειρός. Τὴν δύναμιν ταύτην ἥτις γίνεται αἰσθητὴ εἰς τὴν χεῖρα μας καλοῦμεν ***φυγόκεντρον δύναμιν.*** Ἡ ἀριθμητικὴ τιμὴ αὐτῆς παρέχεται ἀπὸ τὴν ἐξίσωσιν (1), ἡ δὲ διεύθυνσίς της εἶναι ἀντίθετος πρὸς τὴν τῆς κεντρομόλου (σχ. 54)·



Σχ. 54. Ἡ ἀντίδρασις πρὸς τὴν κεντρομόλον ἐφαρμόζεται ἐπὶ τῆς χειρός.

Ἐπὶ τῇ βάσει τῶν ἀνωτέρω τύπων συνάγονται οἱ ἀκόλουθοι νόμοι: ***Ἡ κεντρομόλος (ἢ ἡ φυγόκεντρος δύναμις) εἶναι:*** α) ***ἀνάλογος τῆς μάζης τοῦ κινητοῦ,*** β) ***ἀνάλογος τοῦ τετραγώνου τῆς ταχύτητος,*** γ) ***ὑπὸ τὴν αὐτὴν ταχύτητα ἀντιστρόφως ἀνάλογος τῆς ἀκτῖνος τῆς τροχιᾶς*** καὶ δ) ***ὑπὸ τὴν αὐτὴν γωνιακὴν ταχύτητα ἀνάλογος τῆς ἀκτῖνος τῆς τροχιᾶς.***

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. ***Σῶμα μάζης 0,250 kgr προσδεδεμένον εἰς τὸ ἄκρον νήματος μήκους ἑνὸς μέτρου, ἐκτελεῖ 60 στροφὰς κατὰ λεπτόν. Ζητεῖται ποία ἡ ἐξασκουμένη κεντρομόλος δύναμις.***

Πρὸς τοῦτο χρησιμοποιοῦμεν τὸν τύπον $F = 4\pi^2\nu^2 mr$. Ἵνα προσδιορίσωμεν τὴν συχνότητα ν διαιροῦμεν τὸν ἀριθμὸν τῶν στροφῶν ἀνὰ λεπτὸν διὰ τοῦ 60, διὰ νὰ εὕρωμεν τὸν ἀριθμὸν τῶν στροφῶν κατὰ δευτερόλεπτον, ὁπότε λαμβάνομεν $\nu = 60/60 = 1$ στροφὴ κατὰ sec, ἐνῷ ἐξ ἄλλου $m = 0{,}25/10 = 0{,}025$ T.M. μάζης. Ἐπίσης ἔχομεν $r = 1$ m καὶ $\pi = 3{,}14$, ἑπομένως:

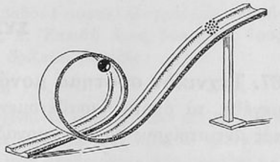
$$F = 4 \cdot 3{,}14^2 \cdot 1^2 \cdot 0{,}025 \cdot 1 = 0{,}986 \text{ kgr}^*$$

ἤτοι ἡ κεντρομόλος δύναμις εἶναι κατὰ μεγάλην προσέγγισιν ἴση πρὸς 1 kgr*. Ἀλλὰ καὶ ἡ ἐκ τοῦ κινουμένου σώματος προερχομένη δύναμις καὶ μέσῳ τοῦ νήματος ἐπενεργοῦσα ἐπὶ τῆς χειρός μας εἶναι ἐπίσης 1 kgr*.

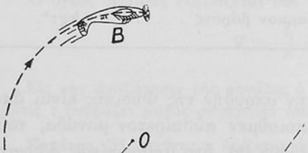
Ὁσάκις κινητὸν διαγράφει τμῆμα καμπύλης τροχιᾶς, τοῦτο δύναται νὰ θεωρηθῇ κατὰ προσέγγισιν ὡς τμῆμα περιφερείας καὶ ἑπομένως θὰ ἰσχύουν διὰ τὴν κεντρομόλον δύναμιν ὅσα ἐλέχθησαν προηγουμένως.

Εἰς τὴν περίπτωσιν δρομέως κινουμένου ἀρχικῶς ἐπὶ εὐθυγράμμου στίβου καὶ ἀκολούθως ἐπιθυμοῦντος νὰ διαγράψῃ τὸ καμπῦλον τμῆμα τοῦ στίβου, πρέπει ἡ ταχύτης του νὰ ἀλλάξῃ διεύθυνσιν, ἄρα πρέπει νὰ ἐνεργήσῃ μία δύναμις (κεντρομόλος). Τοῦτο ἐπιτυγχάνεται διὰ κλίσεως τοῦ δρομέως. Τὴν κεντρομόλον δύναμιν, ἥτις διευθύνεται πρὸς τὸ κέντρον τῆς περιφερείας εἰς τὴν ὁποίαν ἀνήκει τὸ τόξον, ἀνευρίσκομεν διὰ τῆς συνθέσεως τῶν ἑξῆς δύο δυνάμεων: α) τοῦ βάρους Β τοῦ δρομέως καὶ β) τῆς δυνάμεως Α ἥτις παριστᾷ τὴν ἀντίδρασιν τοῦ ἐδάφους (σχ. 55). Ἡ συνισταμένη F τῶν δύο τούτων δυνάμεων παριστᾷ τὴν κεντρομόλον δύναμιν. Ἂν ὁ δρομεὺς θελήσῃ νὰ διαγράψῃ τὴν αὐτὴν τροχιὰν μὲ μεγαλυτέραν ταχύτητα, ἐπειδὴ συμφώνως πρὸς τὴν ἐξίσωσιν (1 ἀπαιτεῖται πρὸς τοῦτο μεγαλυτέρα κεντρομόλος δύναμις, κλίνει αὐτομάτως περισσότερον τὸ σῶμα του πρὸς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ στίβου, ὁπότε ἡ νέα συνισταμένη τῶν δυνάμεων Α καὶ Β γίνεται μεγαλυτέρα. Πρὸς ἀποφυγὴν ἀνατροπῆς ἢ ἐξολισθήσεως δρομέων διαγραφόντων καμπύλας δίδουν μικρὰν κλίσιν τοῦ στίβου πρὸς τὸ κέντρον αὐτοῦ. Ὁ δρομεὺς κλίνει ὁμοίως τὸ σῶμα του πρὸς τὰ ἔσω τῆς καμπύλης τροχιᾶς. Εἰς τὰς δύο ὡς ἄνω κλίσεις (στίβου καὶ δρομέως) ὀφείλεται ἡ ἐμφάνισις τῆς κεντρομόλου δυνάμεως F (σχ. 55) ἀπαραιτήτου ὡς γνωστὸν διὰ τὴν διαγραφὴν κυκλικῆς τροχιᾶς. Κατ' ἀναλογίαν πρὸς τὰ ἀνωτέρω ἱππεὺς καὶ ποδηλάτης κλίνουν μετὰ τοῦ ἵππου ἢ τοῦ ποδηλάτου πρὸς τὰ ἔσω τῆς τροχιᾶς. Διὰ τὸν αὐτὸν λόγον, εἰς τὰς σιδηροδρομικὰς γραμμάς, εἰς ἃς περιοχὰς αὗται δεικνύουν καμπυλότητα, ἡ ἐσωτερικὴ πρὸς τὸ κέντρον σιδηροτροχιὰ τοποθετεῖται ὀλίγον χαμηλότερον τῆς ἐξωτερικῆς, οὕτω δὲ προκαλεῖται αὐτόματος κλίσις τῶν βαγονίων. Ἕτερον παράδειγμα εἶναι ἡ ἀνακύκλωσις ἡ ὁποία δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 56, ὅπου ἡ σφαῖρα

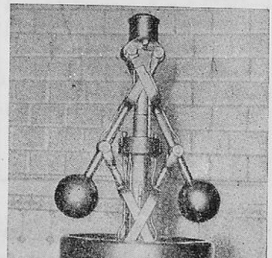
Σχ. 55. Πρὸς ἀποφυγὴν ἀνατροπῆς ὁ δρομεὺς κλίνει τὸ σῶμα του πρὸς τὰ ἔσω τῆς τροχιᾶς.



Σχ. 56. Τροχιὰ ἀνακυκλώσεως.



Σχ. 57. Ἀνακύκλωσις ἀεροπλάνου. (Looping the loop).



Σχ. 58. Περιστρεφομένου τοῦ ἄξονος, αἱ σφαῖραι ἀπομακρύνονται καὶ παρασύρουν πρὸς τὰ ἄνω εἰς κίνησιν τὸν δακτύλιον.

δύναται νὰ ἐκτελέση τὴν ἀνακύκλωσιν χωρὶς νὰ πέση ὅταν φθάση εἰς τὸ ἀνώτατον σημεῖον, ἀλλὰ ἐξέρχεται ἐκ τοῦ ἄλλου μέρους τῆς τροχιᾶς, ἐφ' ὅσον ἀφίεται νὰ πέση ἐκ καταλλήλου ὕψους.

Ἡ διὰ τὴν ἀνακύκλωσιν ἀναγκαία κεντρομόλος δύναμις προέρχεται ἐκ τῆς σιδηροτροχιᾶς ἡ ὁποία ἐπενεργεῖ ἐπὶ τῆς σφαίρας.

Τοιαύτην κίνησιν ἐκτελοῦν καὶ οἱ ἀεροπόροι κατὰ τὰς ἀκροβατικὰς ἀσκήσεις (σχ. 57).

Ἐφαρμογαί. Αἱ φυγοκεντρικαὶ ἀντλίαι, τὰ φυγοκεντρικὰ στροφόμετρα, οἱ φυγοκεντρικοὶ διαχωριστῆρες κ.λ.π., ἀποτελοῦν ἐπίσης πρακτικὰς ἐφαρμογὰς τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως. Ἐφαρμογὴν ἐπίσης ὁμοίαν ἀποτελεῖ ὁ ρυθμιστὴς τοῦ Watt (σχ. 58), ὅστις χρησιμεύει διὰ τὴν ρύθμισιν τῆς εἰσαγωγῆς ρευστῶν (ὕδατος, ἀερίων, κυρίως ὅμως ὑδρατμῶν) εἰς διαφόρους κινητηρίους μηχανάς.

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΟΝΑΔΩΝ

67. Τεχνικὸν σύστημα μονάδων. Μέχρι τοῦδε ἐσπουδάσαμεν διάφορα φυσικὰ μεγέθη, τὰ ὁποῖα παραθέτομεν εἰς τὸν κάτωθι πίνακα μὲ τὰ σύμβολα αὐτῶν καὶ τὰς ἀντιστοίχους βασικὰς μονάδας μετρήσεώς των:

Μέγεθος	Σύμβολον	Βασικὴ μονὰς	Σύμβολον
Μῆκος	s	μέτρον	m
Μᾶζα	m	τεχνικὴ μονὰς μάζης	Τ.Μ.μάζης
Χρόνος	t	δευτερόλεπτον	sec
Ἐπιφάνεια	S	τετραγωνικὸν μέτρον	m^2
Ὄγκος	V	κυβικὸν μέτρον	m^3
Ταχύτης	υ	μέτρον κατὰ δευτερόλεπτον	m/sec
Ἐπιτάχυνσις	γ	μέτρον κατὰ δευτ. ἀνὰ δευτ.	m/sec^2
Δύναμις	F	χιλιόγραμμον βάρους	kgr*

Τὰ μεγέθη τὰ ὁποῖα ὑπεισέρχονται εἰς τὴν σπουδὴν τῆς Φυσικῆς εἶναι ἀπειράριθμα. Ἐὰν δι' ἕκαστον τούτων ἐχρησιμοποιοῦμεν αὐθαίρετον μονάδα, τοῦτο θὰ προεκάλει μεγάλην ἀνωμαλίαν, διότι ὄχι μόνον θὰ ἦτο ἀνθρωπίνως ἀδύνατον νὰ διατηροῦμεν εἰς τὴν μνήμην μας τόσον πλῆθος μονάδων, ἀλλὰ καὶ εἰς τοὺς ὑπολογισμοὺς θὰ προσεκρούομεν εἰς ἀνυπερβλήτους δυσχερείας.

Ἕνεκα τοῦ λόγου τούτου ἐγένετο ἡ συστηματοποίησις τῶν μονάδων διὰ τῆς δημιουργίας τῶν συστημάτων μονάδων, εἰς τρόπον ὥστε διὰ τῆς γνώσεως τῶν μονάδων τριῶν μόνων φυσικῶν μεγεθῶν, καλουμένων ***θεμελιωδῶν μεγεθῶν***, νὰ δυνάμεθα νὰ παραγάγωμεν τὰς μονάδας ὅλων σχεδὸν τῶν ἄλλων φυσικῶν μεγεθῶν.

Εἰς τὴν Φυσικὴν γίνεται χρῆσις πολλῶν συστημάτων μονάδων· εἰς τὸ ἀνὰ χεῖρας ὅμως βιβλίον θὰ περιορισθῶμεν εἰς τὴν σπουδὴν μόνον τοῦ ***τεχνικοῦ συστή-***

ματος μονάδων (Τ. Σ. μονάδων), τὸ ὁποῖον καὶ χρησιμοποιεῖται εἰς τὴν πρᾶξιν.

Εἰς τὸ Τεχνικὸν σύστημα μονάδων ὡς θεμελιώδη μεγέθη τίθενται ἡ ***δύναμις***, τὸ ***μῆκος***, καὶ ὁ ***χρόνος***. Ὡς μονάδες δὲ τῶν τριῶν τούτων θεμελιωδῶν μεγεθῶν, χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν δύναμιν τὸ ***χιλιόγραμμον βάρους*** (**kgr***), διὰ τὸ μῆκος τὸ ***μέτρον*** (**m**) καὶ διὰ τὸν χρόνον τὸ ***δευτερόλεπτον*** (**sec**), καλοῦνται δὲ αἱ μονάδες αὗται ***θεμελιώδεις μονάδες***. Ἐπειδὴ οἱονδήποτε ἄλλο μέγεθος ἐκφράζεται διὰ τῶν θεμελιωδῶν μεγεθῶν καὶ ἡ μονὰς αὐτοῦ θὰ ἐκφράζεται διὰ τῶν θεμελιωδῶν μεγεθῶν καὶ ὡς ἐκ τούτου τὸ μὲν μέγεθος τοῦτο καλεῖται ***παράγωγον μέγεθος*** ἡ δὲ μονὰς αὐτοῦ ***παράγωγος μονάς***. Ἡ εὕρεσις τῆς μονάδος τῶν παραγώγων μεγεθῶν γίνεται κατὰ τὴν εἰς τὰ κατωτέρω παρατιθέμενα παραδείγματα μέθοδον.

Ἐπιφάνεια. Γνωρίζομεν ὅτι ἡ ἐπιφάνεια (ἢ τὸ ἐμβαδὸν) παραλληλογράμμου ἐκφράζεται ὑπὸ τοῦ γινομένου τῆς βάσεως αὐτοῦ l ἐπὶ τὸ ὕψος h. Ἐπειδὴ ὅμως βάσις καὶ ὕψος ὡς μήκη ἐκφράζονται εἰς μέτρα, ἕπεται ὅτι ἡ ἐπιφάνεια ὁρίζεται ὡς ἑξῆς:

$$\mathbf{S} = l(\mathrm{m}) \cdot \mathbf{h}(\mathrm{m}) = l \cdot \mathbf{h}\ (\mathrm{m}^2) \qquad (1)$$

ἤτοι μονὰς ἐπιφανείας εἰς τὸ τεχνικὸν σύστημα μονάδων εἶναι τὸ τετραγωνικὸν μέτρον (m^2).

Προκειμένου περὶ ἐμβαδοῦ τριγώνου γνωρίζομεν ὅτι τοῦτο ἰσοῦται πρὸς τὸ ἥμισυ τοῦ γινομένου τῆς βάσεως ἐπὶ τὸ ὕψος, ἤτοι $S = 1/2\, l \cdot h$. Ὅταν ἀναζητοῦμεν τὴν μονάδα τοῦ ἐμβαδοῦ S ὁ ἀριθμητικὸς συντελεστὴς 1/2 δὲν λαμβάνεται ὑπ' ὄψιν (διότι εἶναι καθαρὸς ἀριθμὸς) καὶ ἑπομένως καταλήγομεν πάλιν εἰς τὴν ἐξίσωσιν (1).

Ὁμοίως ἡ ἐπιφάνεια σφαίρας παρέχεται ἐκ τοῦ τύπου $4\pi r^2$ ἢ $4\pi r \cdot r$ ὅπου r ἡ ἀκτίς. Ὁ ἀφῃρημένος ἀριθμὸς 4π δὲν λαμβάνεται ὑπ' ὄψιν, καὶ ἐπειδὴ r καὶ r εἶναι μήκη, πάλιν συμφώνως μὲ τὴν ἐξίσωσιν (1) εὑρίσκομεν ὡς μονάδα τῆς ἐπιφανείας τὸ m^2.

Ὄγκος. Ὁ ὄγκος V ὀρθογωνίου παραλληλεπιπέδου ἔχοντος ἀκμὰς α, β, γ ἐκφράζεται ὡς γινόμενον τῶν τριῶν διαστάσεων αὐτοῦ. Ἐπειδὴ δὲ α, β καὶ γ ἀποτελοῦν μήκη καὶ μονὰς μήκους εἶναι τὸ μέτρον (m) θὰ ἔχωμεν:

$$\mathbf{V} = \alpha(\mathrm{m}) \cdot \beta(\mathrm{m}) \cdot \gamma(\mathrm{m}) = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma\ (\mathrm{m}^3)$$

ἤτοι μονὰς ὄγκου εἰς τὸ Τ.Σ. μονάδων εἶναι τὸ κυβικὸν μέτρον (m^3).

Ὁ ὄγκος σφαίρας ἐκφράζεται ὑπὸ τοῦ τύπου:

$$\mathbf{V} = \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{4}{3}\pi . r . r . r .$$

Εἰς τὴν ἀναζήτησιν τῆς μονάδος ὁ ἀριθμὸς 4/3 π δὲν λαμβάνεται ὑπ' ὄψιν, καὶ ἐπειδὴ ἡ ἀκτὶς r ἐκφράζει μῆκος συνάγομεν πάλιν ὅτι μονὰς ὄγκου εἶναι τὸ κυβικὸν μέτρον (m^3).

Ταχύτης. Ἡ ταχύτης υ ὁρίζεται ὡς πηλίκον τοῦ διαστήματος (ἤτοι μήκους) διὰ τοῦ χρόνου, ἤτοι:

$$\upsilon = \frac{\mathbf{s}\,(\mathrm{m})}{\mathbf{t}\,(\mathrm{sec})} = \frac{\mathbf{s}}{\mathbf{t}} \left(\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{sec}}\right)$$

Ὅθεν μονὰς ταχύτητος εἶναι τὸ 1 μέτρον κατὰ δευτερόλεπτον, τὴν ὁποίαν συμβολίζομεν διὰ τοῦ 1 m/sec (ἢ $\mathrm{m} \cdot \mathrm{sec}^{-1}$).

Ἐπιτάχυνσις. Ἡ ἐπιτάχυνσις ὁρίζεται ὡς πηλίκον τῆς μεταβολῆς τῆς ταχύτητος διὰ τοῦ χρόνου καθ' ὃν συντελεῖται ἡ μεταβολή, ἤτοι:

$$\gamma = \frac{\upsilon}{t}$$

Μονὰς ταχύτητος εἴδομεν ὅτι εἶναι τὸ 1 m/sec καὶ μονὰς χρόνου τὸ 1 sec, ὅθεν:

$$\gamma = \frac{\upsilon\left(\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{sec}}\right)}{\mathrm{t}\ (\mathrm{sec})} = \frac{\upsilon}{\mathrm{t}}\ \left(\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{sec}^2}\right)$$

Οὕτως εἰς τὸ Τ.Σ. μονάδων μονὰς ἐπιταχύνσεως εἶναι τὸ 1 $\mathrm{m/sec^2}$ (ἢ $\mathrm{m \cdot sec^{-2}}$).

Μᾶζα. Ἐκ τῆς θεμελιώδους ἐξισώσεως τῆς δυναμικῆς γνωρίζομεν τὴν σχέσιν: Δύναμις = μᾶζα × ἐπιτάχυνσις, ἤτοι: $F = m \cdot \gamma$.

Ἐξ αὐτῆς λαμβάνομεν: $\quad$ Μᾶζα $= \dfrac{F}{\gamma}$.

Ἡ μὲν δύναμις ἔχει μονάδα τὸ kgr*, ἡ δὲ ἐπιτάχυνσις τὸ $\mathrm{m/sec^2}$, ὅθεν γράφομεν:

$$\text{Μᾶζα} = \frac{\mathbf{F}\,(\mathrm{kgr}^*)}{\gamma\left(\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{sec}^2}\right)} = \frac{\mathbf{F}}{\gamma}\ \left(\frac{\mathrm{kgr}^* \cdot \mathrm{sec}^2}{\mathrm{m}}\right).$$

Εἰς τὸ Τ.Σ. μονάδων ὡς μονὰς μάζης χρησιμεύει τὸ 1 $\mathrm{kgr^* \cdot sec^2/m}$ (ἢ 1 $\mathrm{kgr^* \cdot sec^2\ m^{-1}}$) καλεῖται δὲ ἡ μονὰς αὕτη ***τεχνικὴ μονὰς μάζης (Τ.Μ.μάζης).***

68. Σύστημα μονάδων CGS. Εἰς τὰς ἐπιστημονικὰς μετρήσεις εἰς τὴν Φυσικὴν χρησιμοποιεῖται ἀντὶ τοῦ τεχνικοῦ συστήματος τὸ ***σύστημα μονάδων CGS.***

Εἰς τὸ σύστημα τοῦτο ὡς θεμελιώδη μεγέθη τίθενται: ἡ ***μᾶζα,*** τὸ ***μῆκος*** καὶ ὁ ***χρόνος,*** ὡς θεμελιώδεις δὲ μονάδες αὐτῶν τὸ ***γραμμάριον μάζης*** (gr), τὸ ***ἑκατοστόμετρον*** (cm) καὶ τὸ ***δευτερόλεπτον*** (sec). Ἐκλήθη δὲ τὸ σύστημα τοῦτο CGS ἐκ τῶν ἀρχικῶν γραμμάτων τῶν λέξεων Centimètre (ἑκατοστόμετρον), Gramme (γραμμάριον), Seconde (δευτερόλεπτον).

Τὸ Τ.Σ. μονάδων διαφέρει τοῦ συστήματος CGS διότι εἰς τὸ πρῶτον ἡ δύναμις θεωρεῖται ὡς θεμελιῶδες μέγεθος καὶ ἡ μᾶζα ὡς παράγωγον, ἐνῷ εἰς τὸ δεύτερον ἡ μᾶζα θεωρεῖται ὡς θεμελιῶδες καὶ ἡ δύναμις ὡς παράγωγον μέγεθος.

Ἐργαζόμενοι καθ' ὅμοιον τρόπον ὡς καὶ εἰς τὸ Τ.Σ. μονάδων εὑρίσκομεν τὰς ἀκολούθους μονάδας διὰ τὸ σύστημα CGS: Μονὰς ἐπιφανείας ($\mathrm{cm^2}$), μονὰς ὄγκου ($\mathrm{cm^3}$), μονὰς ταχύτητος (cm/sec), μονὰς ἐπιταχύνσεως ($\mathrm{cm/sec^2}$). Ἡ δύναμις εἰς τὸ σύστημα CGS ἀποτελεῖ παράγωγον μέγεθος καὶ ἡ μονὰς αὐτῆς εὑρίσκεται ἐκ τῆς θεμελιώδους σχέσεως:

$$\mathbf{F} = \mathbf{m}\,(\mathrm{gr}) \cdot \gamma\,(\mathrm{cm/sec^2}) = \mathbf{m} \cdot \gamma\ \left(\frac{\mathrm{gr \cdot cm}}{\mathrm{sec^2}}\right).$$

Ὥστε μονὰς δυνάμεως εἰς τὸ σύστημα CGS εἶναι τὸ 1 $\mathrm{gr \cdot cm/sec^2}$ (ἢ 1 $\mathrm{gr \cdot cm \cdot sec^{-2}}$) καλεῖται δὲ ἡ μονὰς αὕτη ***δύνη* (Dyn).** Εἶναι δὲ 1 kgr* = 981 000 δύναι ἢ 1 gr* = 981 δύναι ἢ περίπου 1000 δύναι. Δηλαδὴ 1 Dyn = 0,001 = 10^{-3} gr*.

Προβλήματα.

1. Σῶμα ἔχει βάρος 3,5 kgr*. Πόση εἶναι ἡ μᾶζα αὐτοῦ εἰς τὸ Τ.Σ. μονάδων. (Ἀπ. 0,35).

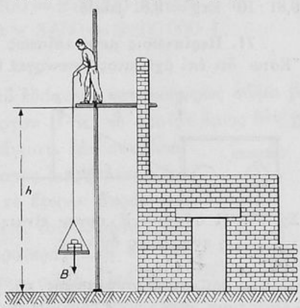
2. Σχοινίον παρουσιάζει ἀντοχὴν θραύσεως 10 kgr*. Εἰς τὸ ἓν ἄκρον τοιούτου σχοινίου μήκους 2 m ἐξαρτᾶται σῶμα βάρους 3 kgr*, καὶ διὰ τοῦ ἑτέρου ἄκρου τίθεται εἰς περιστροφικὴν κίνησιν, διαγράφον ἐν ὁριζοντίῳ ἐπιπέδῳ κύκλον μὲ ταχύτητα αὐξανομένην βαθμηδόν, μέχρις ὅτου τὸ σχοινίον θραυσθῇ. Ζητεῖται ἡ ταχύτης τοῦ σώματος κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς θραύσεως τοῦ σχοινίου. (Ἀπ. $\upsilon = 8{,}1$ m/sec).

3. Πόση δύναμις εἰς kgr* ἀπαιτεῖται διὰ νὰ μεταδώσῃ εἰς σῶμα μάζης 20 kgr ἐπιτάχυνσιν 8 $\mathrm{m/sec^2}$. (Ἀπ. F = 16,33 kgr*).

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Δ΄

ΕΡΓΟΝ. ΙΣΧΥΣ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ. ΑΠΛΑΙ ΜΗΧΑΝΑΙ

69. Ἔργον. Λέγομεν ὅτι ***δύναμις παράγει ἔργον ὅταν μετατοπίζῃ τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς της κατὰ τὴν ἰδίαν αὐτῆς διεύθυνσιν.*** Οὕτως ἐὰν ἐργάτης ἀνυψώνῃ βάρος εἰς ὡρισμένον ὕψος παράγει ἔργον, διότι α) ἐφαρμόζει ἐπὶ τοῦ σχοινίου δύναμιν διὰ νὰ ἐξουδετερώσῃ τὸ βάρος Β τοῦ σώματος, β) σύρει πρὸς τὸ μέρος του τὸ κάτω ἄκρον τοῦ σχοινίου, μὲ ἄλλους δηλαδὴ λόγους μετατοπίζει τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τῆς δυνάμεως (σχ. 59). Γενικῶς διὰ τὴν Φυσικὴν ὑπάρχει ἔργον ὅταν ὑπάρχῃ δύναμις καὶ μετατόπισις τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς τῆς δυνάμεως.



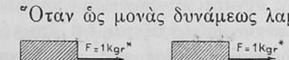
Σχ. 59. Ὁ ἐργάτης ἀνυψῶν τὸ βάρος Β παράγει ἔργον $A = B \cdot h$.

Ἐὰν ὁ ἐργάτης ἁπλῶς συγκρατῇ διὰ τοῦ σχοινίου τὸ σῶμα χωρὶς ν' ἀνυψώνῃ αὐτό, μολονότι καταβάλλει προσπάθειαν, ἀπὸ ἀπόψεως Φυσικῆς οὗτος δὲν παράγει ἔργον.

Τὸ ἔργον τὸ ὁποῖον παράγει ὁ ἐργάτης εἶναι ἀνάλογον τοῦ βάρους, δηλαδὴ ὅταν ὁ ἐργάτης ἀνυψώνῃ βάρος 10 kgr* εἰς ὕψος 1 m, παράγει ἔργον διπλάσιον ἢ ὅταν ἀνυψώνῃ βάρος 5 kgr* εἰς ὕψος 1 m. Ἐπίσης εἶναι ἀνάλογον τῆς μετατοπίσεως, δηλαδὴ ἐὰν ὁ ἐργάτης ἀνυψώνῃ βάρος 5 kgr* εἰς ὕψος 2 m, παράγει ἔργον διπλάσιον ἢ ὅταν ἀνυψώνῃ βάρος 5 kgr* εἰς ὕψος 1 m. Ὡς ἐκ τούτου λέγομεν ὅτι: ***τὸ ἔργον δυνάμεως σταθερᾶς (κατ' ἀριθμητικὴν τιμὴν καὶ διεύθυνσιν) τῆς ὁποίας τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς μετατοπίζεται κατὰ τὴν ἰδίαν αὐτῆς διεύθυνσιν μετρᾶται ὑπὸ τοῦ γινομένου τῆς δυνάμεως ἐπὶ τὴν μετατόπισιν.*** Ἤτοι ἐὰν Α παριστᾶ τὸ ἔργον, F τὴν δύναμιν καὶ s τὴν μετατόπισιν, τὸ ἔργον ἐκφράζεται διὰ τῆς σχέσεως:

$$\boxed{A = F \cdot s} \quad \text{ἤτοι:} \quad \boxed{\text{ἔργον} = \text{δύναμις} \times \text{μετατόπισις}}$$

Ὅταν ὡς μονὰς δυνάμεως λαμβάνεται τὸ 1 kgr* καὶ ὡς μονὰς μετατοπίσεως (μήκους) τὸ 1 m, μονὰς ἔργου εἶναι τὸ ***1 χιλιογραμμόμετρον* (kgr*m)**, παριστᾶ δὲ ἡ μονὰς αὕτη τὸ ἔργον τὸ παραγόμενον ὑπὸ δυνάμεως 1 χιλιογράμμου (kgr*) μετατοπιζούσης τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς της κατὰ 1 μέτρον (m) καὶ κατὰ τὴν ἰδίαν της διεύθυνσιν· ἑπομένως ἔχομεν:



Σχ. 60. Διὰ τὸν ὁρισμὸν τοῦ χιλιογραμμομέτρου.

$$\boxed{\begin{array}{ccc} \mathbf{A} = & \mathbf{F} \times & \mathbf{s} \\ \mathbf{kgr^*m} & \mathbf{kgr^*} & \mathbf{m} \end{array}}$$

Συνήθως εἰς τὴν πρᾶξιν ἀντὶ τῆς μονάδος χιλιογραμμόμετρον χρησιμοποιοῦμεν καὶ τὴν μονάδα **Joule** (Τζάουλ) μὲ σύμβολον **J**, εἶναι δέ:

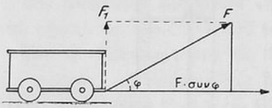
$$1\ \mathrm{kgr^*m} = 9{,}81\ \mathrm{J}$$

70. Μονὰς ἔργου εἰς τὸ σύστημα CGS. Ὡς μονὰς δυνάμεως λαμβάνεται ἡ δύνη (Dyn), ὡς μονὰς δὲ μήκους τὸ ἑκατοστόμετρον (cm). Ὅθεν εἶναι:

$$\mathbf{A} = \mathbf{F}\ (\mathrm{Dyn}) \cdot \mathbf{s}\ (\mathrm{cm}) = \mathbf{F} \cdot \mathbf{s}\ (\mathrm{Dyn} \cdot \mathrm{cm}).$$

Ἡ μονὰς Dyn·cm καλεῖται καὶ ***ἔργιον*** (**Erg**). Εἶναι δὲ $1\ \mathrm{J} = 10^7$ Erg καὶ $1\ \mathrm{kgr^*m} = 9{,}81 \cdot 10^7\ \mathrm{Erg} = 9{,}81$ Joule.

71. Περίπτωσις μετατοπίσεως μὴ συμπιπτούσης πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς δυνάμεως. Ἔστω ὅτι ἐπὶ ὀχήματος ἐπενεργεῖ ἡ δύναμις F (σχ. 61) σχηματίζουσα πρὸς τὴν τροχιὰν τοῦ ὀχήματος τυχοῦσαν γωνίαν φ. Τὴν δύναμιν F ἀναλύομεν εἰς δύο ὀρθογωνίους συνιστώσας ἐκ τῶν ὁποίων ἡ μία νὰ διευθύνεται ὁριζοντίως, ὁπότε ἡ ἄλλη θὰ εἶναι κάθετος ἐπὶ τὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον. Ἐκ τούτων ἡ κάθετος ἐπὶ τὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον, ὡς κάθετος ἐπὶ τὴν μετατόπισιν, δὲν παράγει ἔργον, διότι δὲν συντελεῖ εἰς τὴν μετατόπισιν τοῦ σώματος, ἐνῷ ἡ ὁριζοντία συνιστῶσα, ὡς ἀποτελοῦσα τὴν κινητήριον δύναμιν, παράγει ἔργον. Τὸ ἔργον τότε ὑπολογίζεται ὡς γινόμενον τῆς ὁριζοντίας συνιστώσης τῆς δυνάμεως, ἡ ὁποία ἰσοῦται πρὸς F · συν φ ἐπὶ τὴν μετατόπισιν, ἤτοι:



Σχ. 61. Ἡ δύναμις F · συν φ εἶναι ἡ κινητήριος δύναμις.

$$\mathbf{A} = \mathbf{F} \cdot \mathbf{s} \cdot \text{συν}\,\varphi$$

ὅπου φ ἡ γωνία ἡ σχηματιζομένη μεταξὺ τῆς διευθύνσεως τῆς δυνάμεως F καὶ τῆς διευθύνσεως μετατοπίσεως s.

72. Ἰσχύς. Καλοῦμεν ***ἰσχὺν τὸ πηλίκον τοῦ ἔργου τὸ ὁποῖον παράγεται ἐντὸς τοῦ χρόνου t διὰ τοῦ χρόνου τούτου.*** Οὕτως ὑπὸ τὴν ἄνω προϋπόθεσιν, ἐὰν καλέσωμεν A τὸ ἔργον τὸ παραγόμενον ὑπὸ δυνάμεως εἰς χρόνον t, ἡ ἰσχὺς N θὰ παρέχεται ὑπὸ τῆς σχέσεως:

$$\boxed{\text{ἰσχὺς} = \frac{\text{ἔργον}}{\text{χρόνος}}} \quad \text{ἤτοι:} \quad \boxed{N = \frac{A}{t}} \qquad (1)$$

Ἡ ἀναγκαιότης τῆς εἰσαγωγῆς τῆς ἐννοίας τῆς ἰσχύος προέκυψε ἐκ τοῦ ἀκολούθου λόγου: Μιὰ μηχανὴ ὁσονδήποτε ἀσθενὴς δύναται νὰ ἀποδώσῃ ὁσονδήποτε μεγάλην ποσότητα ἔργου, ἀρκεῖ ν' ἀφήσωμεν αὐτὴν νὰ ἐργάζεται ἐπὶ ἀπεριόριστον χρονικὸν διάστημα. Ἐν τούτοις ἀπὸ βιομηχανικῆς ἀπόψεως, μία μηχανὴ θεωρεῖται τόσον πολυτιμοτέρα ὅσον περισσότερον ἔργον δύναται νὰ ἀποδώσῃ εἰς ὡρισμένον χρονικὸν διάστημα, π.χ. εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου.

73. Μονάδες ἰσχύος. Ἐὰν ὡς μονὰς ἔργου ληφθῇ τὸ χιλιογραμμόμετρον (kgr*m) καὶ ὡς μονὰς χρόνου τὸ δευτερόλεπτον (sec), ἡ μονὰς ἰσχύος εἶναι

***τὸ χιλιογραμμόμετρον κατὰ δευτερόλεπτον* (kgr*m/sec).** Εἰς τὴν πρᾶξιν ὅμως μεταχειριζόμεθα ἄλλας μονάδας ἰσχύος αἱ ὁποῖαι εἶναι αἱ ἑξῆς: Ὁ ***ἵππος* (HP)**, ὁ ὁποῖος ἰσοδυναμεῖ πρὸς 75 kgr*m/sec, τὸ **Watt (W, βὰττ)** τὸ ὁποῖον ἰσοδυναμεῖ πρὸς 1 Joule/sec καὶ τὸ **kilowatt (kW, κιλοβὰττ)** τὸ ὁποῖον ἰσοδυναμεῖ πρὸς 1000 Watt. Ὁ κάτωθι πίναξ δεικνύει τὰς ἐν χρήσει μονάδας ἰσχύος, ὡς καὶ τὸν τρόπον συσχετίσεως αὐτῶν:

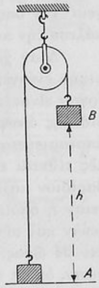
$$1 \text{ HP} = 75 \text{ kgr*m/sec} = 0{,}736 \text{ kW}$$
$$1 \text{ W} = 1 \text{ Joule/sec}$$
$$1 \text{ kW} = 1000 \text{ W} = 10^3 \text{W} = 1{,}359 \text{ HP}.$$

74. Μεγάλαι μονάδες ἔργου. Ἐκ τῶν μονάδων ἰσχύος παράγονται αἱ ἀκόλουθοι μονάδες ἔργου:

Ὡριαῖος ἵππος (HPh) $= 75 \times 3600 = 270\,000$ kgr*m.
Ὡριαῖον κιλοβὰττ (kWh) $= 1000 \times 3\,600 = 3\,600\,000$ J.

Εἰς τὸ σύστημα CGS μονὰς ἰσχύος εἶναι τὸ 1 Erg/sec.

75. Ἐνέργεια. Ὅταν ἀνυψοῦμεν ἐκ τοῦ ἐδάφους κατακορύφως σῶμα βάρους B (σχ. 62) εἰς ὕψος h, τότε παράγομεν ἔργον B · h, τὸ ὁποῖον ὅμως δὲν χάνεται, ἀλλ᾽ ἀποταμιεύεται ἐπὶ τοῦ σώματος. Πράγματι ἐὰν συνδέσωμεν τὸ ἀνυψωθὲν σῶμα πρὸς τὸ ἓν ἄκρον νήματος διερχομένου διὰ τῆς αὔλακος λίαν εὐκινήτου τροχαλίας, εἰς δὲ τὸ ἕτερον ἄκρον τοῦ σχοινίου συνδέσωμεν ἄλλο σῶμα εὑρισκόμενον ἐπὶ τοῦ ἐδάφους, τοῦ ὁποίου ὅμως τὸ βάρος νὰ εἶναι κατά τι μικρότερον ἀπὸ τὸ τοῦ πρώτου σώματος, τότε ἐὰν ἀφήσωμεν τὸ πρῶτον σῶμα ἐλεύθερον, βλέπομεν ὅτι τοῦτο κατέρχεται βραδέως, ἐνῷ ταυτοχρόνως ἀνυψώνει τὸ ἕτερον σῶμα σχεδὸν μέχρι τοῦ αὐτοῦ ὕψους. Ἄρα τὸ ἀνυψωθὲν σῶμα λόγῳ τῆς θέσεως αὐτοῦ ἐν σχέσει πρὸς τὸ ἔδαφος, ἢ ἄλλως πρὸς τὴν Γῆν, δύναται νὰ παραγάγῃ ἔργον. Γενικῶς λέγομεν ὅτι σῶμα ἐγκλείει ἐνέργειαν ὅταν τοῦτο ἔχῃ τὴν ἱκανότητα νὰ παράγῃ (ν᾽ ἀποδίδῃ) ἔργον.

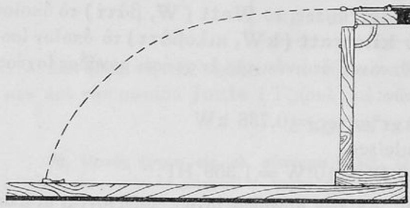


Σχ. 62. Τὸ εἰς ὕψος h εὑρισκόμενον βάρος B ἐγκλείει δυναμικὴν ἐνέργειαν.

Συμφώνως πρὸς τ᾽ ἀνωτέρω τὸ ἀνυψωθὲν εἰς τὸ προηγούμενον παράδειγμα σῶμα ἐγκλείει εἰς τὴν νέαν του θέσιν ἐνέργειαν.

Εἰς τὴν Μηχανικὴν ἡ ἐνέργεια ἐμφανίζεται ὑπὸ δύο μορφάς: ὡς ***δυναμικὴ ἐνέργεια*** (Δ.Ε.) καὶ ὡς ***κινητικὴ ἐνέργεια*** (Κ.Ε.).

Δυναμικὴν ἐνέργειαν ἔχει π.χ. σῶμα εὑρισκόμενον εἰς ὕψος ἀπὸ τοῦ ἐδάφους ἢ λόγῳ τῆς θέσεως αὐτοῦ ὡς πρὸς ἕτερον σῶμα, εἰς τὴν περίπτωσιν δὲ ταύτην ἡ ἐνέργεια καλεῖται καὶ ***ἐνέργεια θέσεως.*** Ἐπίσης σῶμά τι δύναται νὰ ἐγκλείῃ δυναμικὴν ἐνέργειαν λόγῳ τῆς καταστάσεως αὐτοῦ. Οὕτω διὰ νὰ ἐκτείνωμεν ἓν ἐλατήριον δαπανῶμεν ἐπὶ τοῦ ἐλατηρίου ἔργον, τὸ ὁποῖον ἀποταμιεύεται ἐπ᾽ αὐτοῦ ὡς δυναμικὴ ἐνέργεια. Ὁμοίως διὰ νὰ συμπιέσωμεν ἐλατήριον καταναλίσκομεν ἔργον, ὡς ἐπίσης διὰ νὰ συμπιέσωμεν ἀέριον καταναλίσκομεν ἔργον τὸ ὁποῖον ἀποταμιεύεται ἐπ᾽ αὐτῶν ὡς δυναμικὴ ἐνέργεια. Πράγματι, ἐὰν τὸ πεπιεσμένον ἐλατήριον ἀφεθῇ ἐλεύθερον, ἐπανέρχεται εἰς τὴν ἀρχικήν του κατάστασιν καὶ ἀποδίδει ἔργον. Τοῦτο εὑρίσκει ἐφαρμογὴν εἰς τὰ μηχανικὰ πιστόλια, ὅπου χρησιμοποιεῖται ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια τοῦ πεπιεσμένου ἐλατηρίου διὰ τὴν ἐκσφενδόνισιν βλημάτων (σχ. 63).



Σχ. 63. Τὸ βλῆμα, εὑρισκόμενον ἐντὸς τοῦ πιστολίου ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ ἐλατηρίου, ἔχει δυναμικὴν ἐνέργειαν, ἐνῷ ὅταν ἐκσφενδονίζεται ἐξ αὐτοῦ ἀποκτᾷ κινητικὴν ἐνέργειαν.

Ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια, μετρᾶται διὰ τοῦ καταναλωθέντος πρὸς δημιουργίαν αὐτῆς ἔργου. Οὕτως εἰς τὸ παράδειγμα τῆς ἀνυψώσεως τοῦ βάρους ἔχομεν:

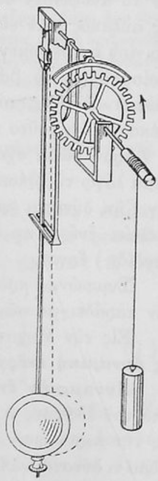
$$\boxed{\Delta.E = B \times h} \quad (1)$$

ἤτοι ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια σώματος ἰσοῦται πρὸς τὸ γινόμενον τοῦ βάρους τοῦ σώματος ἐπὶ τὴν ἀνύψωσιν αὐτοῦ.

Προκειμένου περὶ παραμορφώσεως ἐλατηρίου ἢ συμπιέσεως ἀερίων ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια τὴν ὁποίαν ἐγκλείει τὸ σῶμα εἶναι ἴση πρὸς τὸ καταναλωθὲν ἔργον τὸ ὁποῖον προεκάλεσε τὴν παραμόρφωσιν τοῦ ἐλατηρίου ἢ τὴν συμπίεσιν τοῦ ἀερίου.

Λίαν χαρακτηριστικὸν παράδειγμα σώματος ἐγκλείοντος δυναμικὴν ἐνέργειαν καὶ ἀποδίδοντος αὐτὴν ρυθμικῶς πρὸς ἐπιτέλεσιν ἔργου εἶναι τὸ σύστημα τοῦ ***ὡρολογιακοῦ ἐκκρεμοῦς*** (σχ. 64). Οὕτω διὰ τῆς ἀνυψώσεως τοῦ βαριδίου καταναλίσκομεν ἔργον, τὸ ὁποῖον ἀποταμιεύεται εἰς αὐτὸ ὡς δυναμικὴ ἐνέργεια. Ὅταν ὅμως τὸ ἐκκρεμὲς τίθεται εἰς κίνησιν, τότε διὰ τοῦ ὡρολογιακοῦ μηχανισμοῦ τὸ βαρίδιον κατέρχεται ρυθμικῶς, οὕτω δὲ ἀποδίδει ρυθμικῶς ἐνέργειαν ἡ ὁποία συντελεῖ εἰς τὴν ἐξουδετέρωσιν τῶν ἐκ τριβῆς ἀπωλειῶν καὶ οὕτως ἡ κίνησις τοῦ ἐκκρεμοῦς δύναται νὰ διατηρηθῇ π.χ. ἐπὶ 24 ὥρας, ἕως ὅτου τὸ βαρίδιον κατέλθῃ εἰς τὴν κατωτάτην του θέσιν, ὁπότε τὸ ὡρολόγιον σταματᾷ. Διὰ νὰ ἐξακολουθήσῃ τὸ ὡρολόγιον τὴν κίνησιν αὐτοῦ, πρέπει νὰ ἀνυψώσωμεν ἐκ νέου τὸ βαρίδιον, ἤτοι νὰ ἀποταμιεύσωμεν εἰς αὐτὸ νέον ποσὸν δυναμικῆς ἐνεργείας.

Εἰς τὰ συνήθη ὡρολόγια (χειρός, τσέπης) ἡ ἐνέργεια ἀποταμιεύεται ἐπὶ ἐλατηρίου. Πράγματι κατὰ τὴν συσπείρωσιν τοῦ ἐλατηρίου τοῦ ὡρολογίου διὰ τῆς χειρός μας (κούρδισμα ὡρολογίου) καταναλίσκομεν ἔργον, τὸ ὁποῖον ἀποταμιεύεται ἐπὶ τοῦ ἐλατηρίου ὡς δυναμικὴ ἐνέργεια, ἡ ὁποία μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ ὡρολογιακοῦ μηχανισμοῦ ἀποδίδεται ρυθμικῶς ὑπὸ τοῦ ἐλατηρίου καὶ οὕτω διατηρεῖται ἡ κίνησις αὐτοῦ π.χ. ἐπὶ 24 ἢ 36 ὥρας.



Σχ. 64. Διάταξις μεταδόσεως ἔξωθεν ἐνεργείας εἰς τὸ ἐκκρεμές, διὰ κατερχομένου βάρους

Κινητικὴν ἐνέργειαν ἐγκλείουν ὅλα τὰ ἐν κινήσει εὑρισκόμενα σώματα. Αὕτη ἐκφράζεται ὑπὸ τῆς σχέσεως:

$$\boxed{K.E = \frac{1}{2} m v^2} \quad (2)$$

Ἤτοι ἡ κινητικὴ ἐνέργεια ἰσοῦται πρὸς τὸ ἥμισυ τοῦ γινομένου τῆς μάζης τοῦ σώματος ἐπὶ τὸ τετράγωνον τῆς ταχύτητος αὐτοῦ. Ἐὰν m ἡ μᾶζα τοῦ σώματος εἰς Τ.Μ. μάζης, υ ἡ ταχύτης αὐτοῦ εἰς m/sec, τότε ἡ Κ.Ε ἐκφράζεται εἰς kgr*m.

Πράγματι εἰς τὴν ἐξίσωσιν (2) ὁ ἀριθμητικὸς συντελεστὴς (1/2) εἰς τὴν ἀναζήτησιν τῆς μονάδος δὲν λαμβάνεται ὑπ' ὄψιν. Οὕτως ὡς μονὰς μάζης εἰς τὸ Τ.Σ. μονάδων εἶναι τὸ $kgr^* \cdot sec^2/m$, ὡς μονὰς δὲ μήκους τὸ μέτρον (m), ὅθεν:

$$K.E. = \frac{1}{2} m \left(\frac{kgr^* \cdot sec^2}{m} \right) \cdot \upsilon^2 \left(\frac{m}{sec} \right)^2 = \frac{1}{2} m\upsilon^2 \left(\frac{kgr^* \cdot sec^2 \cdot m^2}{m \cdot sec^2} \right) = \frac{1}{2} m\upsilon^2 \, (kgr^* m)$$

Ἡ κινητικὴ ἐνέργεια ἐκφράζει τὸ ἔργον τὸ ὁποῖον κατηναλώθη ὑπὸ τῆς κινητηρίου δυνάμεως ἡ ὁποία παραλαμβάνει τὸ σῶμα ἐκ τῆς ἠρεμίας καὶ κινεῖ τοῦτο μέχρι μεταδόσεως εἰς αὐτὸ τῆς ἐπιθυμητῆς ταχύτητος.

Ἐὰν τὸ σῶμα δίδεται διὰ τοῦ βάρους του εἰς kgr* ὁπότε ἡ μᾶζα εἰς Τ.Μ. μάζης παρέχεται ἀπὸ τὸν τύπον B/g, ὅπου g ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς βαρύτητος ($g = 9{,}81$ m/sec²) τότε ὁ ἀνωτέρω τύπος γράφεται:

$$K.E. = \frac{1}{2} \frac{B}{g} \upsilon^2$$

Εἰς τὸ σύστημα CGS ἡ κινητικὴ ἐνέργεια ἐκφράζεται εἰς ἔργια (Erg).

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. ***Ὀβὶς βάρους 50 kgr* ἐκφεύγει ἀπὸ τοῦ στομίου κάννης πυροβόλου μὲ ταχύτητα 600 m/sec· πόση ἡ κινητικὴ ἐνέργεια αὐτῆς.***

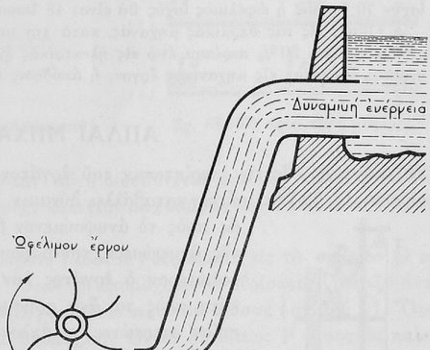
Διὰ νὰ ἔχωμεν τὴν κινητικὴν ἐνέργειαν εἰς μονάδας τοῦ Τ.Σ. μονάδων πρέπει εἰς τὸν τύπον (2) νὰ εὕρωμεν τὴν μᾶζαν τοῦ σώματος εἰς Τ.Μ. μάζης. Πρὸς τοῦτο πρέπει νὰ διαιρέσωμεν τὸ βάρος διὰ 9,81. Πρὸς ἁπλούστευσιν ὅμως τῶν ὑπολογισμῶν ἀντὶ τοῦ 9,81 λαμβάνομεν τὸν στρογγυλὸν ἀριθμὸν 10, δεδομένου ὅτι δὲν ἐπιδιώκομεν ἀκριβὲς ἐξαγόμενον. Ἑπομένως εἶναι $m = 50/10 = 5$ Τ. Μ. μάζης καὶ

$$K.E. = \frac{1}{2} \cdot 5\,(600)^2 \text{ ἤτοι ἡ}$$

$$K.E. = 900\,000 \text{ kgr*m}.$$

76. Μετατροπὴ δυναμικῆς ἐνεργείας εἰς κινητικήν.

Ἐφαρμογὴν τῆς μετατροπῆς τῆς δυναμικῆς ἐνεργείας εἰς κινητικὴν συναντῶμεν εἰς τὰς ὑδατοπτώσεις. Οὕτως ἐὰν μᾶζα ὕδατος εὑρισκομένη εἰς ὕψος ἀφίεται νὰ πίπτῃ ἐλευθέρως, τότε αὕτη ἀποκτᾷ ταχύτητα καὶ ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια αὐτῆς μετατρέπεται εἰς κινητικὴν καὶ δυνάμεθα μάλιστα τὴν τοιουτοτρόπως ἀναπτυσσομένην κινητικὴν ἐνέργειαν νὰ τὴν χρησιμοποιήσωμεν εἰς τὴν βάσιν τῆς ὑδατοπτώσεως διὰ τὴν κίνησιν ὑδατοστροβίλου, μὲ τὸν ὁποῖον νὰ παραγάγωμεν ὠφέλιμον ἔργον (σχ. 65). Ἐφ' ὅσον κατὰ τὴν μεταβολὴν ταύτην δὲν προκύπτει ἀπώλεια, ὁλόκληρον τὸ διατεθὲν ποσὸν δυναμικῆς ἐνεργείας μετα-



Σχ. 65. Τὸ ὕδωρ εὑρισκόμενον εἰς ὕψος ἀπὸ τοῦ ἐδάφους ἔχει δυναμικὴν ἐνέργειαν. Πίπτον ὅμως πρὸς τὸ ἔδαφος ἀποκτᾷ κινητικὴν ἐνέργειαν, ἡ ὁποία δύναται νὰ μετατραπῇ εἰς ὠφέλιμον ἔργον μέσῳ ὑδραυλικοῦ τροχοῦ.

τρέπεται εἰς κινητικὴν ἐνέργειαν, τοῦτο δὲ ἀποτελεῖ μερικὴν περίπτωσιν γενικωτέρας θεμελιώδους ἀρχῆς τῆς Φυσικῆς, ἡ ὁποία καλεῖται ***ἀξίωμα τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας.***

77. Ἀπόδοσις καὶ συντελεστὴς ἀποδόσεως. Κατὰ τὴν μετατροπὴν ἐνεργείας (ὡς π.χ. εἰς σχ. 65) παρατηροῦμεν ὅτι ἐξ ὡρισμένου ποσοῦ διατιθεμένης ἐνεργείας δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ μεταβληθῇ εἰς ἐνέργειαν χρησιμοποιήσιμον διὰ τὰς ἀνάγκας μας, ἢ ἄλλως εἰς ὠφέλιμον ἐνέργειαν, ἅπαν τὸ διατιθέμενον ποσόν, ἀλλὰ μέρος αὐτοῦ μετατρέπεται εἰς ἑτέραν μορφὴν ἐνεργείας, ἡ ὁποία δι' ἡμᾶς εἶναι ἀνωφελὴς καὶ ὡς ἐκ τούτου χαρακτηρίζομεν τὸ ποσὸν τοῦτο τῆς ἐνεργείας ὡς *ἀπώλειαν*. Οὕτω π. χ., εἰς τὴν Μηχανικὴν εἶναι ἀδύνατον ἐν τῇ πράξει νὰ μετατρέψωμεν ὡρισμένον ποσὸν διατιθεμένης δυναμικῆς ἐνεργείας εἰς κινητικὴν ἐνέργειαν, διότι λόγῳ τῶν ἀναποφεύκτων τριβῶν μέρος τῆς ἀρχικῆς ἐνεργείας μετατρέπεται εἰς θερμότητα, ἡ ὁποία χαρακτηρίζεται ὡς ἀπώλεια. Εἰς πάσας ἐν γένει τὰς μετατροπὰς θὰ ἔχωμεν τὴν σχέσιν:

διατιθεμένη ἐνέργεια = ὠφέλιμος ἐνέργεια + ἀπώλεια.

Καλοῦμεν συντελεστὴν ἀποδόσεως (η) τὸν λόγον τῆς ὠφελίμου ἰσχύος πρὸς τὴν ἀρχικῶς διατιθεμένην ἰσχύν, ἤτοι:

$$\eta = \frac{N_{\text{ὠφέλ.}}}{N_{\text{διατ.}}}$$

Ὁ συντελεστὴς ἀποδόσεως ἐκφράζεται ὑπὸ ἀριθμοῦ ὁ ὁποῖος εἶναι πάντοτε μικρότερος τῆς μονάδος, ἐνῷ ἡ ἑκατοστιαία (%) τιμὴ αὐτοῦ καλεῖται ***ἀπόδοσις***. Π. χ., ἐὰν ἐγκατάστασις ἔχῃ συντελεστὴν ἀποδόσεως 0,7 ἡ ἀπόδοσις εἶναι 70 %. Δηλ. ἐὰν διαθέτωμεν ἰσχὺν 70 ἵππων, ἡ ὠφέλιμος ἰσχὺς θὰ εἶναι 49 ἵππων.

Οὕτως εἰς τὰς θερμικὰς μηχανάς, κατὰ τὴν μετατροπὴν θερμότητος εἰς ἔργον ἡ μέση ἀπόδοσις εἶναι 30 % περίπου, ἐνῷ εἰς ἠλεκτρικὰς ἐγκαταστάσεις, κατὰ τὴν μετατροπὴν ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας εἰς μηχανικὸν ἔργον, ἡ ἀπόδοσις εἶναι 85 - 90 %.

ΑΠΛΑΙ ΜΗΧΑΝΑΙ

78. Γενικά. Εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ ἐργάτου ὁ ὁποῖος ἀνυψώνει τὸ βάρος Β, εἴδομεν (§ 69) ὅτι οὗτος καταβάλλει δύναμιν F ἴσην καὶ ἀντιθέτου διευθύνσεως ὡς πρὸς τὸ ἀνυψούμενον βάρος (ἀντίστασιν). Τὴν ἐργασίαν τῆς ἀνυψώσεως τοῦ βάρους Β δύναται νὰ ἐκτελέσῃ πολὺ εὐκολώτερον ὁ ἐργάτης ἐὰν ἀντὶ νὰ ἕλκῃ τὸ σχοινίον ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω χρησιμοποιήσῃ μίαν τροχαλίαν Τ τὴν ὁποίαν στερεώνει ἐπὶ ἀκλονήτου σημείου, διὰ τῆς αὔλακος δὲ τῆς ὁποίας διέρχεται τὸ σχοινίον, ὁπότε ὁ ἐργάτης δύναται ν' ἀνυψώνῃ τὸ βάρος Β σύρων τὸ σχοινίον ἐκ τῶν ἄνω πρὸς τὰ κάτω (σχ. 66). Τοῦτο ὅμως, ὡς ἐκ πείρας γνωρίζομεν, ἀποτελεῖ δι' αὐτὸν ἐργασίαν εὐκολωτέραν ἢ ἐὰν οὗτος σύρῃ τὸ σχοινίον ἀπ' εὐθείας ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω. Ἡ ὡς ἄνω χρησιμοποιουμένη τροχαλία, διὰ μέσου τῆς ὁποίας ὁ ἐργάτης ἀνυψώνει τὸ βάρος Β, ἀποτελεῖ ἁ π λ ῆ ν μ η χ α ν ή ν.

Σχ. 66. Ἡ τροχαλία εἶναι ἁπλῆ μηχανή.

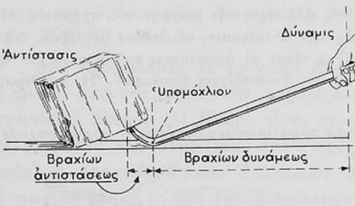
Γενικῶς εἰς τὴν Φυσικὴν καλοῦμεν ἁπλῆν μηχανὴν πᾶσαν διάταξιν ἡ ὁποία μᾶς ἐπιτρέπει νὰ χρησιμοποιήσωμεν διαθέσιμον δύναμιν κατὰ τὸν πλεονεκτικώτερον τρόπον

διὰ νὰ ὑπερνικήσωμεν δοθεῖσαν ἀντίστασιν, π.χ. ν' ἀνυψώσωμεν βάρος τι. Οὕτως εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς τροχαλίας χρησιμοποιοῦμεν κατὰ πλεονεκτικώτερον τρόπον τὴν μυϊκήν μας δύναμιν πρὸς ἀνύψωσιν βάρους Β, διότι ἀλλάσσομεν τὴν διεύθυνσιν τῆς δυνάμεως χωρὶς νὰ μεταβάλλωμεν τὴν ἔντασιν αὐτῆς. Εἰς ἄλλας περιπτώσεις ἁπλῶν μηχανῶν θὰ ἴδωμεν ὅτι εἶναι δυνατὸν νὰ ὑπερνικήσωμεν δεδομένην ἀντίστασιν καταβάλλοντες μικροτέραν δύναμιν.

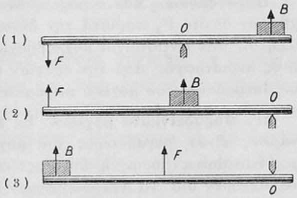
Μεταξὺ τῶν ἁπλῶν μηχανῶν θὰ σπουδάσωμεν τὰς μᾶλλον συνήθεις, ὡς τὸν μοχλόν, τὴν τροχαλίαν, τὸ πολύσπαστον, τὸ βαροῦλκον, τὸν ἐργάτην, τὸ κεκλιμένον ἐπίπεδον καὶ τὸν κοχλίαν.

79. Μοχλός. ***Καλοῦμεν μοχλὸν σῶμα στερεὸν στρεπτὸν περὶ ἄξονα.*** Ἡ συνηθεστέρα μορφὴ μοχλοῦ εἶναι ράβδος στρεπτὴ περὶ ἄξονα, ὡς εἰς σχῆμα 68.

Γενικῶς, ἡ ἀπόστασις τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς τῆς ἀντιστάσεως ἀπὸ τοῦ ἄξονος περιστροφῆς, ὅταν αὕτη διευθύνεται καθέτως ἐπὶ τὸν μοχλόν, καλεῖται ***μοχλοβραχίων ἀντιστάσεως*** ἢ ἁπλῶς ***βραχίων ἀντιστάσεως*** καὶ ἡ ἀπόστασις τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς τῆς δυνάμεως, ὅταν αὕτη διευθύνεται ἐπίσης καθέτως ἐπὶ τὸν μοχλὸν ἀπὸ τοῦ ἄξονος περιστροφῆς, καλεῖται ***μοχλοβραχίων δυνάμεως*** ἢ ἁπλῶς ***βραχίων δυνάμεως.***



Σχ. 67. Χαρακτηριστικὰ στοιχεῖα μοχλοῦ (λοστοῦ).

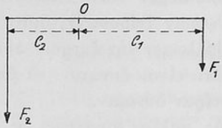


Σχ. 68. Τὰ τρία εἴδη μοχλῶν.

Ὁ ἄξων περιστροφῆς τοῦ μοχλοῦ (λοστοῦ) εὑρίσκεται εἰς τὸ σημεῖον Ο καὶ καλεῖται ***ὑπομόχλιον*** (σχ. 68). Ὅταν τὸ ὑπομόχλιον Ο εὑρίσκεται μεταξὺ ἀντιστάσεως Β καὶ δυνάμεως F ὁ μοχλὸς καλεῖται ***πρώτου εἴδους*** (σχ. 68, 1). Ὅταν ἡ ἀντίστασις Β εὑρίσκεται μεταξὺ ὑπομοχλίου Ο καὶ δυνάμεως F ὁ μοχλὸς καλεῖται ***δευτέρου εἴδους*** (σχ. 68, 2). Τέλος ὅταν ἡ δύναμις F εὑρίσκεται μεταξὺ ὑπομοχλίου καὶ ἀντιστάσεως ὁ μοχλὸς καλεῖται ***τρίτου εἴδους*** (σχ. 68, 3).

Παρατήρησις. Τελευταίως τοὺς μοχλοὺς διακρίνομεν εἰς μοχλοὺς μὲ δύο βραχίονας, ὅταν δηλ. τὸ ὑπομόχλιον εὑρίσκεται μεταξὺ δυνάμεως καὶ ἀντιστάσεως καὶ εἰς μοχλοὺς μὲ ἕνα βραχίονα, ὅταν δηλ. τὸ ὑπομόχλιον εὑρίσκεται εἰς τὸ ἓν ἄκρον τοῦ μοχλοῦ. Οὕτως ὁ μοχλὸς πρώτου εἴδους εἶναι μοχλὸς μὲ δύο βραχίονας, ἐνῷ οἱ μοχλοὶ δευτέρου καὶ τρίτου εἴδους εἶναι μοχλοὶ μὲ ἕνα βραχίονα.

80. Συνθήκη ἰσορροπίας. Εἰς τὰ προηγούμενα εἴδομεν (βλ. σελ. 38) ὅτι ὅταν ἐπὶ σώματος στρεπτοῦ περὶ ἄξονα ἐπενεργοῦν δύο διάφοροι δυνάμεις καὶ τὸ σῶμα ἰσορροπῇ, τότε αἱ ροπαὶ τῶν δύο δυνάμεων ὡς πρὸς τὸν ἄξονα περιστροφῆς εἶναι ἴσαι. Ἄρα ἡ συνθήκη ἰσορροπίας τοῦ μοχλοῦ (σχ. 69) εἶναι ὅτι ἡ ροπὴ τῆς ἀντιστάσεως $F_2\, l_2$ ὡς πρὸς τὸν ἄξονα O καὶ ἡ ροπὴ τῆς δυνάμεως $F_1\, l_1$ ὡς πρὸς τὸν αὐτὸν ἄξονα πρέπει νὰ εἶναι ἴσαι, ἤτοι:



Σχ. 69. Διὰ τὴν συνθήκην ἰσορροπίας μοχλοῦ.

$$\mathbf{F}_1\, l_1 = \mathbf{F}_2\, l_2 \quad \text{ἢ} \quad \frac{\mathbf{F}_1}{\mathbf{F}_2} = \frac{l_2}{l_1} \qquad (1)$$

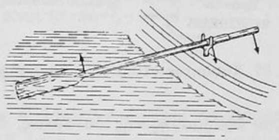
ἤτοι ὁ λόγος τῆς δυνάμεως πρὸς τὴν ἀντίστασιν εἶναι ἀντίστροφος τοῦ λόγου τοῦ βραχίονος τῆς δυνάμεως πρὸς τὸν βραχίονα τῆς ἀντιστάσεως.

Ἐὰν οἱ δύο βραχίονες εἶναι ἴσοι τότε $F_1 = F_2$, ἡ συνθήκη δὲ αὔτη πραγματοποιεῖται εἰς τὸν ζυγόν. Ἡ ὡς ἄνω συνθήκη ἰσχύει ὄχι μόνον διὰ τὸν μοχλὸν τοῦ πρώτου εἴδους ἀλλὰ καὶ δι' ὅλα ἐν γένει τὰ εἴδη τῶν μοχλῶν. Εἰς τὴν ἀνωτέρω περίπτωσιν, ὡς καὶ ἐν γένει εἰς τὰ ἀκόλουθα, δὲν λαμβάνομεν ὑπ' ὄψιν τὸ ἴδιον βάρος τοῦ μοχλοῦ.

Παρατήρησις. Ἐὰν ὁ μοχλὸς δὲν εἶναι εὐθὺς ἀλλ' ἔχει τὴν μορφὴν τοῦ σχήματος 41 δεχθῶμεν δὲ ὅτι F_1 παριστᾷ τὴν δύναμιν καὶ F_2 τὴν ἀντίστασιν, αἱ ὁποῖαι δὲν εἶναι παράλληλοι, τότε ἀντίστοιχοι μοχλοβραχίονες l_1 καὶ l_2 εἶναι αἱ ἀποστάσεις τοῦ ὑπομοχλίου ἢ ἄξονος περιστροφῆς ἀπὸ τὴν εὐθεῖαν ἐπενεργείας τῶν ἀντιστοίχων δυνάμεων. Ἡ συνθήκη ὅμως ἰσορροπίας τοῦ μοχλοῦ παραμένει ἡ ἰδία.

81. Παραδείγματα μοχλῶν. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω παρατηροῦμεν ὅτι ὅσον ὁ μοχλοβραχίων δυνάμεως εἶναι μεγαλύτερος τοῦ μοχλοβραχίονος ἀντιστάσεως τόσον ἡ δύναμις τὴν ὁποίαν καταβάλλομεν διὰ νὰ ὑπερνικήσωμεν δεδομένην ἀντίστασιν εἶναι μικροτέρα. Ὡς ἐκ τοῦ σχήματος 67 δεικνύεται, μὲ τὸν μοχλὸν πρώτου εἴδους κερδίζομεν εἰς δύναμιν.

Τὸ ψαλίδι, ἡ τανάλια (βλ. σχ. 16) ἀποτελοῦν πρακτικὰς ἐφαρμογὰς μοχλῶν πρώτου εἴδους.



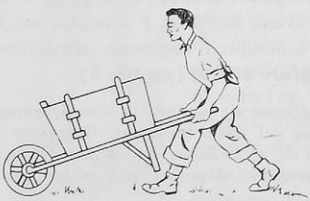
Σχ. 70. Ἡ κώπη λέμβου εἶναι μοχλὸς 2ου εἴδους.

Εἰς τὸν μοχλὸν δευτέρου εἴδους ἰσχύει ἡ αὐτὴ συνθήκη ἰσορροπίας, καὶ ἐπειδὴ ὁ μοχλοβραχίων δυνάμεως εἶναι μεγαλύτερος τοῦ μοχλοβραχίονος ἀντιστάσεως κερδίζομεν εἰς δύναμιν.

Τὰ σχήματα 70 καὶ 71 δεικνύουν πρακτικὰς ἐφαρμογὰς μοχλῶν δευτέρου εἴδους.

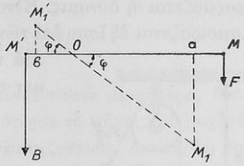
Εἰς τὸν μοχλὸν τρίτου εἴδους ἰσχύει ἡ αὐτὴ συνθήκη ἰσορροπίας, ἐπειδὴ δὲ ὁ μοχλοβραχίων δυνάμεως εἶναι μικρότερος τοῦ μοχλοβραχίονος ἀντιστάσεως δὲν κερδίζομεν εἰς δύναμιν.

Ὁ βραχίων τοῦ ἀνθρώπου καὶ ἡ τσιμπίδα ἀποτελοῦν πρακτικὰς ἐφαρμογὰς μοχλῶν τρίτου εἴδους.



Σχ. 71. Τὸ χειραμάξιον εἶναι μοχλὸς 2ου εἴδους.

82. Διατήρησις τοῦ ἔργου. Φαντασθῶμεν ὅτι μοχλὸς Μ΄ΟΜ ὑφίσταται περιστροφὴν κατὰ γωνίαν φ πολὺ μικρὰν καὶ λίαν βραδέως (σχ. 72). Εἶναι φανερὸν ὅτι τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τῆς ἀντιστάσεως Β θὰ ἔλθῃ εἰς M'_1 καὶ τὸ τῆς δυνάμεως εἰς M_1. Τὸ ἔργον τῆς ἀντιστάσεως B εὑρίσκεται ἐὰν πολλαπλασιάσωμεν τὴν ἀντίστασιν ἐπὶ τὴν μετατόπισιν $M'_1\beta$ τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς αὐτῆς, ἤτοι :



Σχ. 72. Ἀρχὴ τῆς διατηρήσεως τοῦ ἔργου.

$$\text{Ἔργον ἀντιστάσεως} = B \cdot (M'_1\beta)$$

Ἀναλόγως δὲ διὰ τὴν δύναμιν θὰ ἔχωμεν :

$$\text{Ἔργον δυνάμεως} = F\,(M_1\alpha)$$

Ἐξ ἄλλου, ἐπειδὴ ὁ μοχλὸς ἐν ἀρχῇ εὑρίσκεται ἐν ἰσορροπίᾳ, εἶναι :

$$B\,(M'O) = F\,(MO) \qquad \text{καὶ} \qquad \frac{F}{B} = \frac{OM'}{OM}.$$

Ἐπίσης ἐκ τῶν ὁμοίων ὀρθογωνίων τριγώνων $OM'_1\beta$ καὶ $OM_1\alpha$ προκύπτει ὅτι :

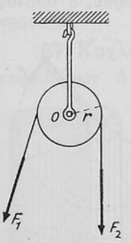
$$\frac{M'_1\beta}{M_1\alpha} = \frac{OM'_1}{OM'_1} = \frac{OM'}{OM_1} = \frac{F}{B}$$

ἐκ δὲ τῶν σχέσεων ταύτης προκύπτει ὅτι : $F\,(M_1\alpha) = B\,(M'_1\beta)$

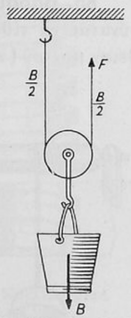
ἤτοι, ***τὸ ἔργον τῆς δυνάμεως κατὰ τὴν μετατόπισιν τοῦ μοχλοῦ εἶναι ἴσον πρὸς τὸ ἔργον τῆς ἀντιστάσεως.*** Δηλαδή : ***ὅ,τι κερδίζομεν εἰς δύναμιν τὸ χάνομεν εἰς δρόμον, οἱ δὲ διαννόμενοι δρόμοι εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογοι τῶν δυνάμεων. (Χρυσοῦς κανὼν τῆς Μηχανικῆς).***

83. Τροχαλίαι. Ἡ τροχαλία ἀποτελεῖται ἀπὸ δίσκον, συνήθως ἐκ μετάλλου ἢ ξύλου, φέροντα κατὰ τὴν περιφέρειαν αὔλακα ἐπὶ τῆς ὁποίας τοποθετεῖται σχοινίον ἢ ἄλυσος. Ὁ δίσκος εἶναι στρεπτὸς περὶ ἄξονα, ὅστις διέρχεται διὰ τοῦ κέντρου του καὶ στηρίζεται ἐπὶ στελέχους κεκαμμένου εἰς σχῆμα Π, τὸ ὁποῖον καλεῖται ***τροχαλιοθήκη.*** Τροχαλιῶν διακρίνομεν δύο εἴδη: τὴν ***ἀμετάθετον*** ἢ ***παγίαν*** (σχ. 74) καὶ τὴν ***μεταθετὴν*** ἢ ***ἐλευθέραν*** (σχ. 73).

Ἀμετάθετος τροχαλία. Εἰς αὐτὴν ἡ τροχαλιοθήκη στερεοῦται μονίμως ἀπὸ ἀκλονήτου ὑποστηρίγματος, εἰς τρόπον ὥστε, κατὰ τὴν περιστροφὴν αὐτῆς περὶ ἄξονα, ἡ τροχαλία δὲν μετατοπίζεται εἰς τὸν χῶρον (σχ. 73).



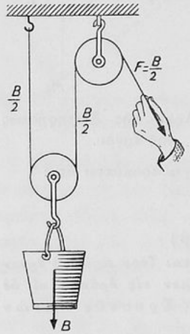
Σχ. 73. Ἀμετάθετος τροχαλία.



Σχ. 74. Μεταθετὴ τροχαλία.

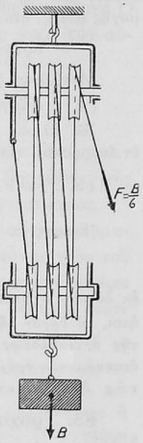
Ἔστω ὅτι εἰς τὰ δύο ἄκρα τοῦ σχοινίου ἐφαρμόζονται δυνάμεις F_1 καὶ F_2. Ἡ συνθήκη ἰσορροπίας εὑρίσκεται δι' ἐφαρμογῆς τοῦ θεωρήματος τῶν ροπῶν. Ἂν λάβωμεν ὑπ' ὄψιν ὅτι εἰς τὴν τροχαλίαν βραχίονες τῶν δυνάμεων εἶναι αἱ ἀκτῖνες r τῆς περιφερείας τῆς τροχαλίας, θὰ ἔχωμεν : $F_1 \cdot r - F_2 \cdot r = (F_1 - F_2) \cdot r = 0$ καὶ ἐπειδὴ r εἶναι διάφορον τοῦ μηδενός, ἔχομεν : $F_1 - F_2 = 0$, ἤτοι $F_1 = F_2$. Ὥστε διὰ τῆς ἀμεταθέτου τροχαλίας δὲν κερδίζομεν εἰς δύναμιν, ἀλλ' ἁπλῶς διευκολύνομεν τὴν ἐργασίαν. Ἀντὶ δηλ. νὰ σύρωμεν ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω, δυνάμεθα νὰ ἀνυψώσωμεν τὸ βάρος διὰ μέσου τῆς ἀμεταθέτου τροχαλίας, σύροντες ἐκ τῶν ἄνω πρὸς τὰ κάτω (σχ. 66).

Μεταθετὴ τροχαλία. Αὕτη ἀποτελεῖ ἀνεστραμμένην ἀμετάθετον τροχαλίαν, εἰς τὸ ἄγκιστρον δὲ τῆς τροχαλιοθήκης ἐξαρτᾶται τὸ βάρος B (σχ. 74). Τὸ ἓν τῶν σχοινίων τῆς τροχαλίας ἐξαρτᾶται ἀπὸ ἀκλονήτου σημείου, ἐνῷ ἐπὶ τοῦ ἄλλου ἐφαρμόζεται ἡ δύναμις. Εἶναι φανερὸν ὅτι ἐπειδὴ τὸ βάρος Β διαμοιράζεται ἐξ ἴσου ἐπὶ τῶν δύο σχοινίων, θὰ εἶναι $F = B/2$. Διὰ τῆς μεταθετῆς τροχαλίας κερδίζομεν εἰς δύναμιν.



Σχ. 75. Συνδυασμὸς μεταθετῆς καὶ ἀμεταθέτου τροχαλίας.

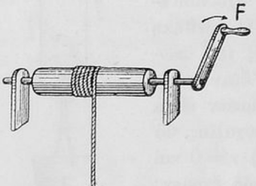
84. Πολύσπαστον. Ἐὰν τὴν μεταθετὴν τροχαλίαν συνδυάσωμεν πρὸς ἀμετάθετον τροχαλίαν, προκύπτει τὸ ***πολύσπαστον*** (σχ. 75). Λίαν συνήθης τύπος πολυσπάστου εἶναι ὁ ἀποτελούμενος ἐκ συστήματος 2 ἢ 3 ἀμεταθέτων τροχαλιῶν ἐχουσῶν κοινὴν τὴν τροχαλιοθήκην καὶ ἐξ ἰσαρίθμων μεταθετῶν τροχαλιῶν ἐχουσῶν ἐπίσης κοινὴν τροχαλιοθήκην. Αἱ τροχαλίαι συνδέονται διὰ σχοινίου, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχημα 76, εἰς δὲ τὸ κατώτερον ἄκρον τῆς τροχαλιοθήκης τῶν μεταθετῶν τροχαλιῶν ἀναρτᾶται τὸ πρὸς ἀνύψωσιν βάρος Β.



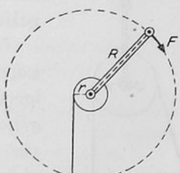
Σχ. 76. Πολύσπαστον.

Ἡ συνθήκη ἰσορροπίας εὑρίσκεται ἐὰν ἐξετάσωμεν τὸν ἀριθμὸν τῶν σχοινίων ἐπὶ τῶν ὁποίων διαμοιράζεται ἡ ἐπενέργεια τοῦ βάρους Β. Εἰς τὸ σχῆμα 76 ἡ ἐπενέργεια μοιράζεται ἐπὶ 6 σχοινίων, ἑπομένως ἡ συνθήκη ἰσορροπίας εἶναι: $F = B/6$.

85. Βαροῦλκον. Τὸ βαροῦλκον ἀποτελεῖται ἐκ στερεοῦ κυλίνδρου, ὁ ὁποῖος δύναται νὰ τίθεται εἰς περιστροφικὴν κίνησιν μὲ τὴν βοήθειαν μοχλοῦ (κ. μανιβέλλα) (σχ. 77). Ἐπὶ τοῦ βαρούλκου στηρίζεται μονίμως τὸ ἓν ἄκρον σχοινίου, τὸ ὁποῖον ἀκολούθως περιελίσσεται ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας αὐτοῦ. Εἰς τὸ ἐλεύθερον ἄκρον τοῦ σχοινίου ἀναρτᾶται τὸ πρὸς ἀνύψωσιν βάρος Β, ἐνῷ εἰς τὸ ἄκρον τοῦ μοχλοῦ ἐπενεργεῖ ἡ δύναμις F.



Σχ. 77. Βαροῦλκον.



Σχ. 78. Διὰ τὴν συνθήκην ἰσορροπίας βαρούλκου.

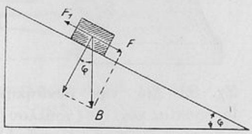
Ἐὰν θεωρήσωμεν τὸ βαροῦλκον ἐν τομῇ (σχ. 78), ἡ ἀκτὶς τοῦ μικροῦ κύκλου r παριστᾷ τὴν ἀκτῖνα τοῦ βαρούλκου, ἐνῷ ἡ ἀκτὶς τοῦ μεγάλου κύκλου R παριστᾷ τὸ μῆκος τοῦ μοχλοῦ, εἰς τὸ ἄκρον τοῦ ὁποίου ἐφαρμόζεται ἡ δύναμις F. Δι᾽ ἐφαρμογῆς τοῦ θεωρήματος τῶν ῥοπῶν, εὑρίσκομεν τὴν συνθήκην ἰσορροπίας:

$$B \cdot r - F \cdot R = 0, \text{ ἐξ οὗ: } F = \frac{r}{R} \cdot B$$

ἤτοι, ἡ δύναμις ἡ ὁποία ἰσορροπεῖ ὡρισμένον βάρος εἶναι τόσον μικροτέρα, ὅσον μικροτέρα εἶναι ἡ ἀκτὶς τοῦ βαρούλκου καὶ ὅσον μεγαλύτερον τὸ μῆκος τοῦ μοχλοῦ.

Ἐὰν ὁ ἄξων τοῦ βαρούλκου, ἀντὶ νὰ τοποθετηθῇ ὁριζοντίως, διαταχθῇ κατακορύφως, τότε προκύπτει ἑτέρα ἁπλῆ μηχανή, ἡ ὁποία καλεῖται ***ἐργάτης***, διὰ τὴν ὁποίαν ἰσχύει ἡ αὐτὴ συνθήκη ἰσορροπίας.

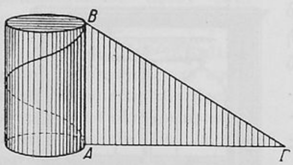
86. Κεκλιμένον ἐπίπεδον. Τοῦτο ἀποτελεῖται ἐκ στερεᾶς δοκοῦ παρουσιαζούσης κλίσιν πρὸς τὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον, χρησιμοποιεῖται δὲ κυρίως διὰ τὴν ἀνύψωσιν ἢ καταβίβασιν βαρέων ἀντικειμένων.



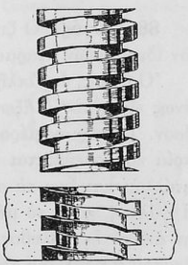
Σχ. 79. Συνθήκη ἰσορροπίας σώματος ἐπὶ κεκλιμένου ἐπιπέδου.

Ἡ συνθήκη ἰσορροπίας εὑρίσκεται εὐκόλως ὡς ἑξῆς: Ἐὰν ἐπὶ κεκλιμένου ἐπιπέδου γωνίας φ ἐπενεργῇ τὸ βάρος Β σώματος, τοῦτο ἀναλύεται εἰς δύο συνιστώσας, μίαν παράλληλον πρὸς τὸ κεκλιμένον ἐπίπεδον καὶ ἑτέραν κάθετον πρὸς αὐτὸ (σχ. 79). Ἡ κάθετος συνιστῶσα ἐξουδετεροῦται ὑπὸ τῆς ἀντιστάσεως τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου, καὶ ἑπομένως παραμένει μόνον ἡ παράλληλος πρὸς αὐτό, ἡ ὁποία τείνει νὰ κινήσῃ τὸ σῶμα πρὸς τὰ κάτω, ἵνα δὲ τὸ σῶμα ἰσορροπῇ εἰς τὴν θέσιν του, πρέπει ἐπ᾽ αὐτοῦ νὰ ἐνεργῇ δύναμις F_1 ἴση καὶ ἀντίθετος. Ὡς εὐκόλως ἐκ τοῦ σχήματος δεικνύεται : $F = F_1 = B\eta\mu\,\varphi$, ἤτοι ἡ δύναμις F_1 εἶναι τόσον μικροτέρα, ὅσον ἡ γωνία φ τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου εἶναι μικροτέρα.

87. Κοχλίας. Ὁ κοχλίας ἀποτελεῖ μίαν ἐκ τῶν κυριωτέρων ἁπλῶν μηχανῶν καὶ ἔχει σπουδαιοτάτας πρακτικὰς ἐφαρμογάς.

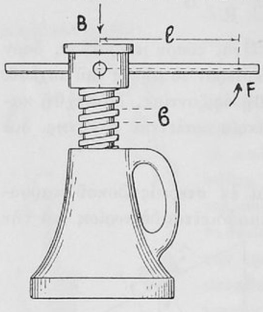


Σχ. 80. Τρόπος γενέσεως σπειρώματος κοχλίου.


Σχ. 81. Κοχλίας μετὰ περικοχλίου.

Ἐὰν τεμάχιον χάρτου, ἔχοντος ὀρθογώνιον τριγωνικὸν σχῆμα, περιελίξωμεν ἐπὶ κυλίνδρου, δεικνύεται διὰ ποίου τρόπου ἐκ τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου προκύπτει ὁ κοχλίας (σχ. 80). Εἰς τὸν κυρίως κοχλίαν τὸ σπείρωμα εἶναι ἐξέχον (σχ. 81), ἐνῷ εἰς τὸ περικόχλιον, ἐντὸς τοῦ ὁποίου περιστρέφεται καὶ μετατοπίζεται ὁ κοχλίας, τὸ σπείρωμα εἶναι εἰσέχον. Ἡ ἀπόστασις μεταξὺ δύο διαδοχικῶν σπειρῶν τοῦ κοχλίου καλεῖται ***βῆμα*** αὐτοῦ, καὶ ὅταν ὁ κοχλίας ἐκτελῇ μίαν πλήρη περιστροφήν, οὗτος ὑφίσταται μετατόπισιν ἴσην πρὸς τὸ βῆμα αὐτοῦ.

Ἡ εἰκὼν (σχ. 82) δεικνύει μηχανὴν ἀποτελουμένην ἐκ τοῦ συνδυασμοῦ δύο ἁπλῶν μηχανῶν, τοῦ κοχλίου καὶ τοῦ μοχλοῦ, καὶ ἀποτελεῖ συνήθη ἀνυψωτικὴν μηχανήν. Ἡ συνθήκη ἰσορροπίας τῆς ἀνωτέρω μηχανῆς εὑρίσκεται ὡς ἑξῆς: Ὑποθέσωμεν ὅτι εἰς τὸ ἄκρον τοῦ μοχλοῦ ἐφαρμόζεται ἡ δύναμις F καὶ ἐπὶ τοῦ κοχλίου ἐπενεργεῖ τὸ βάρος B σώματος. Ὅταν ὁ μοχλὸς ἐκτελῇ μίαν πλήρη περιστροφήν, ἡ μετατόπισις τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς τῆς δυνάμεως F εἶναι $2\pi l$ καὶ τὸ ἀντιστοιχοῦν ἔργον εἶναι $2\pi \cdot l \cdot F$. Ταυτοχρόνως τὸ βάρος B μετατοπίζεται πρὸς τὰ ἄνω κατὰ τὸ βῆμα β τοῦ κοχλίου, ἑπομένως τὸ ἀντιστοιχοῦν ἔργον εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν θὰ εἶναι $B \cdot \beta$. Ἐὰν ἤδη ἐφαρμόσωμεν τοῦ χρυσοῦν κανόνα (βλ. σελ. 61), εὑρίσκομεν:



Σχ. 82. Διὰ τὴν συνθήκην ἰσορροπίας κοχλίου (γρύλλου).

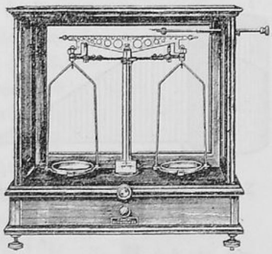
$$F \cdot 2\pi l = B \cdot \beta \quad \text{ἤ} \quad F = \frac{\beta}{2\pi l} \cdot B$$

ἤτοι, ἡ δύναμις ἡ ἐφαρμοζομένη πρὸς ἰσορρόπησιν τοῦ βάρους B εἶναι τόσον μικροτέρα, ὅσον τὸ βῆμα τοῦ κοχλίου εἶναι μικρότερον.

Ὁ κοχλίας, ἐκτὸς τῆς εὐρυτάτης ἐφαρμογῆς τὴν ὁποίαν εὑρίσκει εἰς τὰς μηχανὰς (π.χ. πιεστήρια κτλ.) ἔχει εὐρυτάτην ἐφαρμογὴν καὶ εἰς τὰ ὄργανα ἀκριβείας δι' ἐπιστημονικὰς μετρήσεις.

88. Ζυγός. Ὁ ζυγὸς ἀποτελεῖ ἐπίσης ἁπλῆν μηχανὴν τύπου μοχλοῦ, λόγῳ δὲ τῶν ἰδιαζουσῶν ἐφαρμογῶν αὐτοῦ, περιγράφομεν αὐτὸν ἰδιαιτέρως.

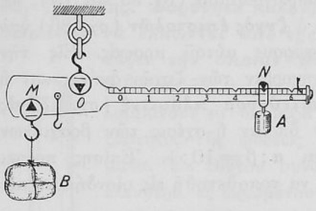
Ὁ ζυγός, ὡς ἁπλῆ μηχανή, ἀποτελεῖ μοχλὸν μὲ δύο ἴσους βραχίονας, καὶ ἑπομένως εἰς αὐτὸν ὁ ἄξων περιστροφῆς κεῖται εἰς τὸ μέσον. Τὸ κύριον μέρος αὐτοῦ εἶναι ἡ ***φάλαγξ***, ἡ ὁποία κατασκευάζεται ἐξ ἐλαφροῦ καὶ ἀνθεκτικοῦ μετάλλου καὶ ἔχει τὸ σχῆμα πρισματικῆς ράβδου. Ἡ φάλαγξ, κατὰ τὸ μέσον αὐτῆς, φέρει πρισματικὴν ἀκμὴν ἐκ χάλυβος ἢ ἐξ ἄλλης σκληρᾶς οὐσίας (ἀχάτου κ.τ.λ.), διὰ τῆς ὁποίας στηρίζεται ἐπὶ ὁριζοντίας χαλυβδίνης πλακός, τοποθετημένης ἐπὶ κατακορύφου στήλης, ἥτις στερεοῦται μονίμως ἐπὶ τῆς βάσεως τοῦ ζυγοῦ.


Σχ. 83. Ἐργαστηριακὸς ζυγός.

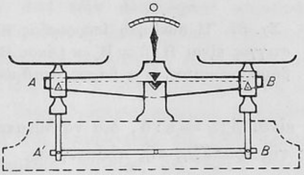
Εἰς τὰ ἄκρα τῆς φάλαγγος τοποθετοῦνται πρὸς τούτοις δύο πρισματικαὶ ἀκμαὶ ἀπὸ τῶν ὁποίων ἐξαρτῶνται οἱ δύο ἰσοβαρεῖς δίσκοι τοῦ ζυγοῦ. Εἰς τὸ σχῆμα 83 εἰκονίζεται ζυγὸς λίαν εὔχρηστος εἰς τὰ ἐπιστημονικὰ ἐργαστήρια.

Ὁ ζυγὸς θεωρεῖται ὡς **ἀκριβής**, ὅταν ἡ φάλαγξ παραμένῃ ὁριζοντία ἐφ' ὅσον οἱ δίσκοι εἶναι εἴτε ἀφόρτιστοι, εἴτε φορτισμένοι δι' ἴσων βαρῶν. Ἡ συνθήκη δὲ ἀκριβείας τοῦ ζυγοῦ εἶναι ὅτι οἱ δύο βραχίονες αὐτοῦ πρέπει νὰ εἶναι ἀκριβῶς ἴσοι.

Ἡ **εὐαισθησία** τοῦ ζυγοῦ καθορίζεται ἐκ τῆς γωνίας κατὰ τὴν ὁποίαν ἀποκλίνει ἡ φάλαγξ τοῦ ζυγοῦ ἀπὸ τῆς ὁριζοντίας θέσεως, διὰ τῆς προσθήκης ὡρισμένου βάρους, π.χ. 0,001 gr* ἐπὶ τοῦ ἑνὸς τῶν δίσκων αὐτοῦ. Ὅσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ γωνία αὕτη, τόσον περισσότερον εὐαίσθητος εἶναι ὁ ζυγός.



Σχ. 84. Ρωμαϊκὸς ζυγός. Ἡ συνθήκη ἰσορροπίας εἶναι $B \times OM = A \times ON$.



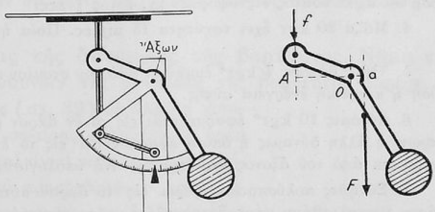
Σχ. 85. Ἀρθρωτὸς ζυγὸς Roberval.

Μέθοδος διπλῆς ζυγίσεως. Εἰς περίπτωσιν καθ' ἣν ὁ ζυγὸς δὲν εἶναι ἀκριβής, δηλ. δὲν ἔχει ἴσους βραχίονας, εὑρίσκομεν τὸ ἀκριβὲς βάρος τοῦ σώματος διὰ διπλῆς ζυγίσεως. Οὕτω θέτομεν τὸ σῶμα, βάρους ἀγνώστου B, ἐπὶ τοῦ πρὸς τ' ἀριστερὰ δίσκου τοῦ ζυγοῦ εἰς τὸν ὁποῖον ἀντιστοιχεῖ βραχίων l_1 καὶ ἰσορροποῦμεν αὐτὸν διὰ σταθμῶν σ_1 τιθεμένων ἐπὶ τοῦ δεξιοῦ δίσκου τοῦ ζυγοῦ εἰς τὸν ὁποῖον ἀντιστοιχεῖ βραχίων l_2, ὁπότε ἡ φάλαγξ πρέπει νὰ διατίθεται ὁριζοντίως. Δι' ἐφαρμογῆς τοῦ θεωρήματος τῶν ροπῶν ὡς πρὸς τὸν ἄξονα περιστροφῆς τῆς φάλαγγος, θὰ ἔχωμεν: $B\, l_1 = \sigma_1\, l_2$.

Ἤδη τοποθετοῦμεν τὸ σῶμα ἐπὶ τοῦ πρὸς τὰ δεξιὰ δίσκου τοῦ ζυγοῦ καὶ ἰσορροποῦμεν αὐτὸν διὰ σταθμῶν σ_2 τιθεμένων ἐπὶ τοῦ πρὸς τ' ἀριστερὰ δίσκου τοῦ ζυγοῦ, ὁπότε θὰ ἔχωμεν πάλιν: $B\, l_2 = \sigma_2\, l_1$. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω δύο σχέσεων, διὰ πολλαπλασιασμοῦ αὐτῶν κατὰ μέλη, εὑρίσκομεν: $B = \sqrt{\sigma_1\, \sigma_2}$.

Δυνάμεθα καὶ κατ' ἄλλον τρόπον ν' ἀποφύγωμεν τὸ σφάλμα τῆς ἀνισότητος τῶν βραχιόνων τοῦ ζυγοῦ ἐὰν χρησιμοποιήσωμεν μόνον τὸν ἕνα ἐκ τῶν βραχιόνων αὐτοῦ.

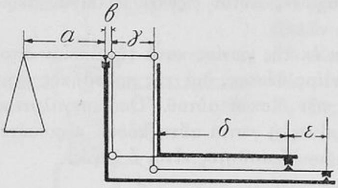
Πρὸς τοῦτο ἐπὶ τοῦ ἑνὸς τῶν δίσκων τοῦ ζυγοῦ τοποθετοῦμεν τὸ σῶμα καὶ ἰσορροποῦμεν τὸν ζυγὸν τοποθετοῦντες ἐπὶ τοῦ ἑτέρου τῶν δίσκων ἕρμα (π. χ. σκάγια μολύβδου ἢ ἄμμον κ. ἄ.). Ἀκολούθως ἀφαιροῦμεν τὸ σῶμα καὶ ἐπαναφέρομεν τὴν ἰσορροπίαν τοποθετοῦντες ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ δίσκου σταθμά, ὅτε ταῦτα θὰ παρεχουν τὴν μᾶζαν τοῦ σώματος.



Σχ. 86. Ἀρθρωτὸς ζυγὸς καὶ συνθήκη ἰσορροπίας αὐτοῦ.

Εἰς τὴν πρᾶξιν συναντῶμεν διαφόρους τύπους ζυγῶν. Λίαν συνήθης εἶναι ὁ

ρωμαϊκὸς ζυγὸς (σχ. 84), ὅστις εἶναι μοχλὸς μὲ δύο ἀνίσους βραχίονας. Τὸ ὑπὸ μέτρησιν βάρος Β ἐξαρτᾶται ἀπὸ τοῦ ἄκρου τοῦ μικροτέρου βραχίονος καὶ ἰσορροπεῖται διὰ βάρους Α μετατιθεμένου κατὰ μῆκος τοῦ μεγαλυτέρου βραχίονος.



Σχ. 87. Ἡ συνθήκη ἰσορροπίας πλάστιγγος εἶναι $B \cdot \beta = B' \cdot \alpha$ (ὅπου Β = βάρος σώματος, Β' = βάρος σταθμῶν).

Λίαν συνήθης ἐν χρήσει εἶναι ὁ ***ζυγὸς* Roberval,** δι' ἀρθρωτοῦ παραλληλογράμμου (σχ. 85 καὶ 10), ὡς καὶ ὁ ***ζυγὸς ἐπιστολῶν*** (σχ. 86) ὑπὸ διαφόρους αὐτοῦ μορφάς. Εἰς τὴν κατηγορίαν τῶν ζυγῶν ἀνήκει καὶ ἡ ***δεκατεύουσα πλάστιγξ*** (σχ. 87) εἰς τὴν ὁποίαν ἡ σχέσις τῶν βραχιόνων εἶναι $\alpha : \beta = 10 : 1$. Ἐπίσης πρέπει νὰ εἶναι $\beta : \gamma = \varepsilon : \delta$, διὰ νὰ δύναται τὸ βάρος νὰ τοποθετηθῇ εἰς οἱονδήποτε μέρος τῆς τραπέζης τῆς πλάστιγγος.

Προβλήματα.

1. Πόσον ἔργον ἀπαιτεῖται διὰ τὴν ἀνύψωσιν βάρους 85 kgr* εἰς ὕψος 1,8 m. ('Απ. Α = 153 kgr*m).

2. Ἐργάτης μεταφέρει εἰς οἰκοδομὴν 28 πλίνθους, ἑκάστη τῶν ὁποίων ἔχει βάρος 3,5 kgr*, εἰς ὕψος 6 m. Πόσον τὸ παραγόμενον ἔργον, ἐὰν τὸ βάρος τοῦ ἐργάτου εἶναι 75 kgr*, καὶ πόσον θὰ ἦτο τὸ ἀπαιτούμενον ἔργον, ἐὰν τὸ ἀνωτέρω φορτίον τῶν πλίνθων ἀνυψοῦτο τῇ βοηθείᾳ βαρούλκου. ('Απ. 1038 kgr*m, 588 kgr*m).

3. Πόση πρέπει νὰ εἶναι ἡ εἰς ἵππους ἰσχὺς μιᾶς ἀντλίας, ἡ ὁποία πρέπει νὰ ἀνυψώσῃ 36 kgr* ὕδατος εἰς ὕψος 25 m, ἐντὸς 1 sec. ('Απ. Ν = 12 HP).

4. Μᾶζα 20 kgr ἔχει ταχύτητα 13 m/sec. Ποία ἡ κινητικὴ ἐνέργεια αὐτῆς. ('Απ. 169 kgr*m).

5. Ὀβὶς βάρους 7 kgr* ἐκφεύγει ἀπὸ τοῦ στομίου πυροβόλου μὲ ταχύτητα 720 m/sec. Πόση ἡ κινητικὴ ἐνέργεια αὐτῆς. ('Απ. 181 440 kgr*m).

6. Δύναμις 10 kgr* ἐφαρμόζεται εἰς τὸ ἓν ἄκρον μοχλοῦ μὲ δύο βραχίονας μήκους 3 μέτρων· ἡ ἄλλη δύναμις ἡ ὁποία ἐφαρμόζεται εἰς τὸ ἕτερον ἄκρον εὑρίσκεται εἰς ἀπόστασιν 60 cm ἀπὸ τοῦ ἄξονος περιστροφῆς. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ δύναμις αὕτη. ('Απ. 40 kgr*).

7. Σύνηθες πολύσπαστον φέρει εἰς τὸ ἄκρον αὐτοῦ φορτίον 750 kgr*. Ζητεῖται, ἐὰν ἑκάστη τροχαλιοθήκη φέρῃ 3 τροχαλίας, πόση εἶναι ἡ δύναμις, ἡ ὁποία πρέπει νὰ ἐφαρμόζεται ἐπὶ τοῦ ἐλευθέρου ἄκρου τοῦ σχοινίου αὐτοῦ. ('Απ. 125 kgr*).

8. Βαροῦλκον ἔχει ἀκτῖνα 12 cm, ὁ δὲ μοχλὸς αὐτοῦ εἶναι 0,6 m. Ζητεῖται, πόση δύναμις πρέπει νὰ ἐφαρμοσθῇ εἰς τὸ ἄκρον τοῦ μοχλοῦ, ἵνα αὕτη ἰσορροπῇ βάρος 325 kgr*. ('Απ. F = 65 kgr*).

9. Κοχλίας ἔχων βῆμα 30 mm πρέπει, δι' ἐφαρμογῆς εἰς τὸ ἄκρον τοῦ μοχλοῦ αὐτοῦ δυνάμεως 25 kgr*, νὰ ἐξασκήσῃ δύναμιν 1000 kgr*. Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ μῆκος τοῦ μοχλοῦ ('Απ. 191 mm

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ε΄

ΒΑΡΥΤΗΣ. ΕΚΚΡΕΜΕΣ

89. Βαρύτης. ***Βαρύτητα καλοῦμεν τὴν ἰδιότητα ὅλων ἐν γένει τῶν ὑλικῶν σωμάτων νὰ ἕλκωνται ὑπὸ τῆς Γῆς, βάρος δὲ ἢ δύναμιν βαρύτητος τὴν ἕλξιν τὴν ὁποίαν ἀσκεῖ ἡ Γῆ ἐπὶ τῶν διαφόρων σωμάτων.*** Δι' ἀκριβῶν πειραμάτων κατεδείχθη ὅτι ἡ ἐπιτάχυνσις τὴν ὁποίαν λαμβάνουν τὰ διάφορα σώματα λόγῳ τῆς βαρύτητος, εἶναι ὅλως ἀνεξάρτητος τῆς φύσεως αὐτῶν καὶ ἀκριβῶς ἡ αὐτὴ διὰ πάντα τὰ σώματα. Ἐκ τούτου συνάγομεν ὅτι, ὅταν διάφορα σώματα ἀφήνωνται ἐλεύθερα ἐξ ὡρισμένου ὕψους ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς, πίπτουν μετὰ τῆς αὐτῆς ταχύτητος, ὑποτιθεμένου βεβαίως ὅτι, κατὰ τὴν κίνησιν τοῦ σώματος, οὐδεμία ἄλλη δύναμις ἐπενεργεῖ ἐπ' αὐτῶν πλὴν τῆς δυνάμεως τῆς βαρύτητος.

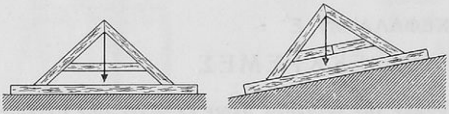
Σχ. 88. Σωλὴν τοῦ Νεύτωνος.

Τοῦτο ἀπέδειξεν πειραματικῶς ὁ Νεύτων, διὰ τοῦ κλασικοῦ πειράματος τοῦ σωλῆνος, ὁ ὁποῖος εἶναι γνωστὸς μὲ τὸ ὄνομά του. Ὁ ***σωλὴν τοῦ Νεύτωνος*** (σχ. 88) ἀποτελεῖται ἐξ ὑαλίνου σωλῆνος μήκους περίπου 2 m, φέροντος στόμιον καὶ στρόφιγγα, ἐντὸς τοῦ ὁποίου ἔχουν εἰσαχθῆ διάφορα σώματα, ὡς π.χ. σφαῖρα ἐκ μολύβδου, πτερὸν κ.τ.λ. Ἐὰν ἐντὸς τοῦ σωλῆνος ὑπάρχῃ ἀήρ, ἀναστρέψωμεν δὲ τοῦτον ἀποτόμως, παρατηροῦμεν ὅτι τὰ ἐντὸς αὐτοῦ σώματα δὲν πίπτουν ταυτοχρόνως, ἀλλ' ὅτι τελευταῖον ὅλων πίπτει τὸ πτερόν, τοῦτο δὲ ὀφείλεται εἰς τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀέρος. Ἐὰν ὅμως δι' ἀεραντλίας ἀφαιρέσωμεν τὸν ἀέρα ἐκ τοῦ σωλῆνος καὶ ἐκτελέσωμεν πάλιν τὸ αὐτὸ πείραμα, παρατηροῦμεν ὅτι πάντα ἀδιακρίτως τὰ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος σώματα πίπτουν ταυτοχρόνως.

90. Διεύθυνσις τῆς δυνάμεως τῆς βαρύτητος. Νῆμα τῆς στάθμης. Τὴν διεύθυνσιν τῆς δυνάμεως τῆς βαρύτητος παρέχει τὸ ***νῆμα τῆς στάθμης*** (σχ. 89) τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖται ἐκ μικρᾶς σφαίρας μολύβδου ἤ, κατὰ προτίμησιν, ἐξ ὀρειχαλκίνου κυλίνδρου, ἀπολήγοντος εἰς κῶνον καὶ προσδεδεμένου καταλλήλως εἰς τὸ ἓν ἄκρον νήματος, τοῦ ὁποίου τὸ ἄλλο ἄκρον κρατοῦμεν διὰ τῆς χειρὸς ἢ ἐξαρτῶμεν ἀπὸ σταθεροῦ σημείου. Τὸ νῆμα τῆς στάθμης, ὅταν ἰσορροπῇ, λαμβάνει τοιαύτην διεύθυνσιν, ὥστε νὰ δεικνύῃ τὴν διεύθυνσιν τῆς δυνάμεως τῆς βαρύτητος, διότι πράγματι τοῦτο δὲν δύναται νὰ ἰσορροπῇ, εἰμὴ μόνον ὅταν λαμβάνῃ τὴν διεύθυνσιν τῆς ἐπ' αὐτοῦ ἐπενεργούσης δυνάμεως. Ἐάν, πλησίον τοῦ

Σχ. 89. Νῆμα τῆς στάθμης.

πρώτου νήματος τῆς στάθμης, τοποθετήσωμεν καὶ δεύτερον ἢ ἐὰν ἐντὸς αἰθούσης διανείμωμεν διάφορα νήματα στάθμης, παρατηροῦμεν, ὅτι ἐν καταστάσει ἰσορροπίας ἅπαντα διατίθενται αἰσθητῶς παραλλήλως πρὸς ἑαυτά. Ἡ διεύθυνσις τοῦ νήματος τῆς στάθμης εἰς ἕνα τόπον καλεῖται ***κατακόρυφος***, πᾶν δὲ ἐπίπεδον κάθετον ἐπὶ τὴν κατακόρυφον καλεῖται ***ὁριζόντιον ἐπίπεδον.***



Σχ. 90. Ἔλεγχος ὁριζοντιότητος ἐπιφανείας δι' ἀλφαδίου.

Τὸ νῆμα τῆς στάθμης χρησιμοποιεῖται εὐρέως εἰς τὴν πρᾶξιν, τόσον ὑπὸ τὴν ἀνωτέρω περιγραφεῖσαν μορφήν, ὅσον καὶ ὑπὸ ἄλλας μορφάς, π. χ. ***ἀλφάδιον*** (σχ. 90) ὑπὸ τῶν οἰκοδόμων διὰ τὴν κατακόρυφον διάταξιν τῶν τοίχων, ὡς καὶ εἰς πλεῖστα ὄργανα ἐπιστημονικῶν μετρήσεων (ζυγός, θεοδόλιχος κ.ἄ.).

Παρατήρησις. Ἡ Γῆ ἕλκει πάντα τὰ σώματα πρὸς τὸ κέντρον αὐτῆς, ἑπομένως καὶ ἡ διεύθυνσις τοῦ νήματος τῆς στάθμης, ἐφ' ὅσον θεωροῦμεν τὴν Γῆν ὡς σφαιρικήν, διέρχεται διὰ τοῦ κέντρου αὐτῆς. Δύο ὅθεν νήματα στάθμης, πλησίον ἀλλήλων εὑρισκόμενα, δὲν εἶναι πράγματι παράλληλα, διότι ταῦτα συγκλίνουν πρὸς τὸ κέντρον τῆς Γῆς. Δυνάμεθα ὅμως, λόγῳ τῆς μεγάλης ἀποστάσεως ἀπὸ τοῦ κέντρου τῆς Γῆς, ἄνευ αἰσθητοῦ σφάλματος, νὰ θεωρήσωμεν αὐτὰ ὡς παράλληλα.

Ἐὰν ἡ ἀπόστασις δύο τόπων ἰσοῦται πρὸς τὸ τέταρτον γηΐνου μεσημβρινοῦ, ἤτοι 10 000 χιλιόμετρα, τῆς Γῆς ὑποτιθεμένης σφαιρικῆς, ἡ γωνία μεταξὺ τῶν δύο κατακορύφων τῶν τόπων θὰ εἶναι 90^0. Ἡ ἀπόστασις μεταξὺ δύο τόπων τῶν ὁποίων αἱ κατακόρυφοι σχηματίζουν γωνίαν 1^0 εἶναι: $\dfrac{10\,000}{90} = 111{,}111$ km ἢ 111 111 μέτρα.

Ἡ ἀπόστασις μεταξὺ δύο τόπων τῶν ὁποίων αἱ κατακόρυφοι σχηματίζουν γωνίαν 1 πρώτου λεπτοῦ (min) εἶναι: $\dfrac{10\,000}{90 \cdot 60} = 1{,}852$ km ἢ 1852 μέτρα.

Ἡ ἀπόστασις αὕτη λαμβάνεται ὡς μονὰς μήκους καὶ καλεῖται ***ναυτικὸν μίλιον.*** Ἐὰν δύο νήματα στάθμης ἀπέχουν μεταξύ των περίπου 1,85 m, δηλ. κατὰ ἓν χιλιοστὸν τοῦ ναυτικοῦ μιλίου, ἡ γωνία μεταξὺ αὐτῶν εἶναι περίπου ἓν χιλιοστὸν τοῦ πρώτου λεπτοῦ ἢ 0,06 τοῦ δευτέρου λεπτοῦ, ἡ ὁποία δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ μετρηθῇ. Δι' αὐτὸν τὸν λόγον νήματα στάθμης τοποθετημένα ἐπὶ τραπέζης ἢ ἐντὸς δωματίου θεωροῦνται παράλληλα.

91. Ἐπιτάχυνσις τῆς βαρύτητος. Βάρος σώματος. Τὰ σώματα, ὑπὸ τὴν ἐπενέργειαν τῆς ἕλξεως τῆς Γῆς, ἀφιέμενα ἐλεύθερα πίπτουν καὶ ἐκτελοῦν κίνησιν εὐθύγραμμον ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένην, ἡ δὲ ἐπιτάχυνσις τὴν ὁποίαν λαμβάνουν ἔχει καθορισθῆ δι' ἀκριβεστάτων μετρήσεων, καὶ εἰς μέσα πλάτη, ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς θαλάσσης εἶναι περίπου:

$$\boxed{g = 9{,}81 \ \mathrm{m/sec^2}}$$

Ἐξ ἀκριβῶν παρατηρήσεων κατεδείχθη, ὅτι ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς βαρύτητος μεταβάλλεται μετὰ τοῦ γεωγραφικοῦ πλάτους τοῦ τόπου καὶ τοῦ ὕψους ὑπὲρ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς θαλάσσης.

Ἐκ τοῦ δευτέρου ἀξιώματος τοῦ Νεύτωνος προκύπτει ἡ θεμελιώδης ἐξίσωσις τῆς δυναμικῆς: $F = m \cdot \gamma$. Ἐὰν ἡ δύναμις F παριστᾷ τὴν δύναμιν τῆς βαρύτητος ἢ ἄλλως τὸ βάρος B τοῦ σώματος, καὶ ἡ ἐπιτάχυνσις γ παριστᾷ τὴν γηΐνην ἐπιτάχυνσιν g, τότε προκύπτει ἡ ἐξίσωσις:

$$\boxed{\mathbf{B = m \cdot g}} \quad \text{ἤτοι:} \quad \boxed{\textbf{βάρος σώματος} = \textbf{μᾶζα} \times \textbf{ἐπιτάχυνσις βαρύτητος}}$$

Ἡ ἐξίσωσις αὕτη δεικνύει ὅτι σῶμα μάζης m ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ βάρους του B, κινεῖται εἰς τὸ κενὸν ὑπὸ σταθερὰν ἐπιτάχυνσιν g.

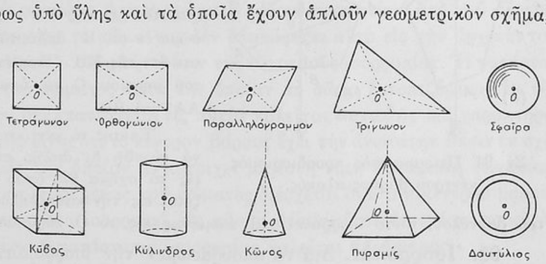
Λόγῳ τῆς ἀπὸ τόπου εἰς τόπον μεταβολῆς τῆς τιμῆς g προκύπτει ὅτι καὶ τὸ βάρος B ὡρισμένης μάζης m μεταβάλλεται ἀντιστοίχως. Ἡ μεταβολὴ αὕτη εἶναι γενικῶς μικρὰ καὶ μετρᾶται μόνον δι' εὐπαθῶν συσκευῶν.

Κατὰ γενομένους ὑπολογισμοὺς ἡ ἐπιτάχυνσις ἐπὶ τοῦ Ἡλίου εἶναι 28 φορὰς μεγαλυτέρα τῆς γηΐνης ἐπιταχύνσεως (ἤτοι 28 g), ἐπὶ δὲ τῆς Σελήνης 0,2 g. Οὕτω μᾶζα ἡ ὁποία ἔχει βάρος εἰς τὴν Γῆν 1 kgr* θὰ ζυγίζῃ ἐπὶ τοῦ Ἡλίου 28 kgr*, ἐπὶ δὲ τῆς Σελήνης 0,2 kgr*.

Τὸ βάρος τοῦ σώματος ἐκφράζεται εἰς τὸ τεχνικὸν σύστημα εἰς χιλιόγραμμα βάρους (kgr*). Πολλάκις δὲ καὶ εἰς γραμμάρια βάρους (gr*), ἐνῷ εἰς τὸ σύστημα CGS ἐκφράζεται εἰς δύνας (Dyn).

92. Κέντρον βάρους. ***Τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τοῦ βάρους τοῦ σώματος καλεῖται κέντρον βάρους τοῦ σώματος.***

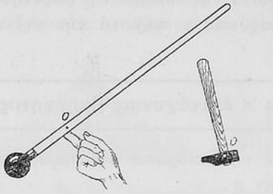
Προκειμένου περὶ ὁμογενῶν σωμάτων, δηλ. σωμάτων τῶν ὁποίων ὁ χῶρος πληροῦται ὁμοιομόρφως ὑπὸ ὕλης καὶ τὰ ὁποῖα ἔχουν ἁπλοῦν γεωμετρικὸν σχῆμα, τὸ κέντρον βάρους κατέχει ὡρισμένην θέσιν ἐξαρτωμένην ἐκ τοῦ σχήματος τοῦ σώματος. Οὕτως ἐὰν τὸ σῶμα ἔχῃ σχῆμα λεπτῆς ῥάβδου τὸ κέντρον βάρους εὑρίσκεται εἰς τὸ μέσον αὐτῆς. Εἰς τὸ σχῆμα 91 δεικνύεται ἡ θέσις τοῦ κέντρου βάρους O διαφόρων ὁμογενῶν σωμάτων ἐχόντων γεωμετρικὸν σχῆμα. Οὕτω βλέπομεν εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ κύβου καὶ τῆς σφαίρας ὅτι τὸ κέντρον βάρους κεῖται ἐπὶ τοῦ γεωμετρικοῦ κέντρου αὐτῶν, ἐνῷ προκειμένου περὶ κυλίνδρου, πυραμίδος, κώνου, τὸ κέντρον βάρους εὑρίσκεται ἐπὶ τοῦ γεωμετρικοῦ ἄξονος.



Σχ. 91. Εἰς τὰ σώματα ἁπλοῦ σχήματος τὸ κέντρον βάρους O καθορίζεται ὡς τομὴ ὡρισμένων γεωμετρικῶν στοιχείων.

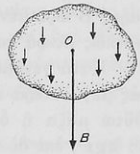
Τὸ κέντρον βάρους σώματος δύναται νὰ πίπτῃ ἔξω τοῦ σώματος, ὡς π. χ. εἰς δακτύλιον, εἰς κοίλην σφαῖραν, εἰς σκαμνίον κ.λ.π.

Ἐὰν σῶμα εἶναι ἑτερογενές, δηλ. ἓν μέρος αὐτοῦ εἶναι βαρύτερον ἀπὸ τὸ ὑπόλοιπον μέρος, τότε τὸ κέντρον βάρους Ο εὑρίσκεται πλησιέστερον ἢ καὶ ἐντὸς τοῦ βαρυτέρου μέρους τοῦ σώματος ὡς π. χ. εἰς ράβδον ἐκ ξύλου φέρουσαν βαρεῖαν μεταλλικὴν λαβὴν ἢ εἰς σφυρίον (σχ. 92).



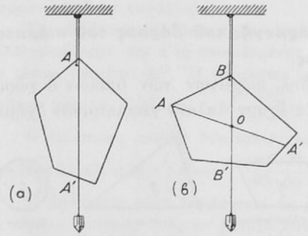
Σχ. 92. Διὰ τὸ κέντρον βάρους ἑτερογενοῦς σώματος.

93. Τὸ κέντρον βάρους ἀποτελεῖ τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τῆς συνισταμένης παραλλήλων δυνάμεων. Στερεὸν σῶμα δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς ἀποτελούμενον ἐκ μεγάλου ἀριθμοῦ σωματίων πολὺ μικρῶν τῶν ὁποίων αἱ σχετικαὶ θέσεις παραμένουν ἀμετάβλητοι. Τὰ βάρη τῶν σωματίων τούτων (σχ. 93) θεωροῦνται ὡς δυνάμεις παράλληλοι τῶν ὁποίων ἡ συνισταμένη Β, ἴση πρὸς τὸ ἄθροισμα αὐτῶν παρέχει τὸ βάρος τοῦ σώματος. Τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς Ο τῆς συνισταμένης εἶναι τὸ κέντρον βάρους τοῦ σώματος.



Σχ. 93. Τὸ Ο εἶναι τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τοῦ βάρους τοῦ σώματος.

94. Πειραματικὸς προσδιορισμὸς τοῦ κέντρου βάρους. Τὸ κέντρον βάρους σώματος ἔχοντος μορφὴν πλακὸς δυνάμεθα νὰ καθορίσωμεν διὰ τῆς μεθόδου τῆς διπλῆς ἐξαρτήσεως (σχ. 94). Οὕτως ἐξαρτῶμεν τὸ σῶμα ἀπὸ τοῦ Α, ὅτε τὸ κέντρον βάρους θὰ εὑρίσκεται ἐπὶ τῆς ΑΑ΄. Ἀκολούθως ἐξαρτῶμεν τὸ σῶμα ἐκ τοῦ Β, ὁπότε τὸ κέντρον βάρους θὰ κεῖται ἐπὶ τῆς ΒΒ΄. Ἑπομένως τοῦτο θὰ κεῖται ἐπὶ τοῦ σημείου Ο τὸ ὁποῖον εἶναι ἡ τομὴ τῶν ΑΑ΄ καὶ ΒΒ΄.



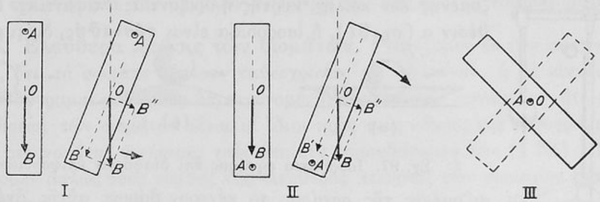
Σχ. 94. Πειραματικὸς προσδιορισμὸς κέντρου βάρους πλακός.

Ἐπίσης τὸ κέντρον βάρους ράβδου δύναται νὰ εὑρεθῇ δι᾽ ἁπλῆς στηρίξεως, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 92, ὅπου ὅταν τὸ σῶμα ὑποστηρίζεται εἰς τὴν κατάλληλον θέσιν, π. χ. εἰς Ο διὰ τοῦ δακτύλου, τοῦτο ἰσορροπεῖ καὶ ἑπομένως εἰς τὸ Ο εὑρίσκεται τὸ κέντρον βάρους.

95. Ἰσορροπία. Διὰ νὰ σπουδάσωμεν τὴν ἰσορροπίαν σώματος, εἴτε ἐξαρτῶμεν τὸ σῶμα ἀπὸ νήματος ἢ ἄξονος εἴτε τοποθετοῦμεν αὐτὸ ἐπὶ τοῦ ἐδάφους ἢ ἐπὶ τραπέζης.

α) ***Ἰσορροπία σώματος στρεπτοῦ περὶ σταθερὸν ἄξονα.*** Θεωρήσωμεν σῶμα στρεπτὸν περὶ σταθερὸν ἄξονα καὶ ὑποκείμενον ἁπλῶς εἰς τὴν ἐπενέργειαν τοῦ βάρους του, ἔστω δὲ ὅτι ὁ ἄξων περιστροφῆς Α τοῦ σώματος (σχ. 95, Ι) εὑρίσκεται ἄνωθεν τοῦ κέντρου βάρους Ο. Τὸ σῶμα προδήλως ἰσορροπεῖ, ὅταν ἡ ἐκ τοῦ κέντρου βάρους αὐτοῦ Ο ἀγομένη κατακόρυφος συναντᾷ τὸν ἄξονα. Ἐὰν ὅμως ἐκτοπίσωμεν τὸ σῶμα ἀπὸ τῆς θέσεως ἰσορροπίας του, εἰς τρόπον ὥστε τὸ κέντρον βάρους νὰ μετατεθῇ, τὸ σῶμα δὲν δύναται νὰ ἰσορροπῇ εἰς τὴν νέαν του θέσιν.

Πράγματι, τὸ βάρος αὐτοῦ Β, ἐφηρμοσμένον εἰς Ο, ἀναλύεται εἰς δύο συνιστώσας, τὴν Β′, ἡ ὁποία ἐξουδετεροῦται ὑπὸ τοῦ σταθεροῦ ἄξονος, καὶ τὴν Β″, ἡ ὁποία ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα νὰ ἐπαναφέρῃ τὸ σῶμα εἰς τὴν ἀρχικήν του θέσιν. Ἡ ὡς ἄνω κατάστασις ἰσορροπίας τοῦ σώματος κατὰ τὴν ὁποίαν τὸ σῶμα ἐκτοπιζόμενον ἐκ τῆς θέσεως ἰσορροπίας ἐπανέρχεται εἰς αὐτὴν καλεῖται ***εὐσταθὴς*** καὶ



Σχ. 95. Ι Εὐσταθής, ΙΙ ἀσταθής, ΙΙΙ ἀδιάφορος ἰσορροπία.

χαρακτηριστικὸν γνώρισμα αὐτῆς εἶναι ὅτι τὸ κέντρον βάρους εὑρίσκεται, ἐν σχέσει πρὸς τὸν ἄξονα, εἰς τὴν κατωτάτην δυνατὴν θέσιν, διὰ τὴν ὁποίαν ἀντιστοιχεῖ ἐλαχίστη τιμὴ δυναμικῆς ἐνεργείας.

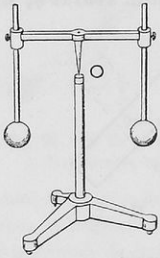
Ἔστω ἤδη, ὅτι τὸ σῶμα εὑρίσκεται εἰς τὴν θέσιν τοῦ σχήματος 95, ΙΙ, ὅπου ἰσορροπεῖ, διότι ἡ ἐκ τοῦ κέντρου βάρους ἀγομένη κατακόρυφος συναντᾷ τὸν ἄξονα. Ἐὰν ὅμως τὸ σῶμα ἐκτοπισθῇ τῆς θέσεως ταύτης, τὸ σῶμα δὲν ἰσορροπεῖ εἰς τὴν νέαν του θέσιν. Πράγματι, ἐὰν πάλιν ἀναλύσωμεν τὸ βάρος Β εἰς δύο συνιστώσας, ὡς προηγουμένως, θὰ προκύψῃ ἡ συνιστῶσα Β′, ἐξουδετερουμένη ὑπὸ τοῦ ἄξονος, καὶ ἡ Β″ ἡ ὁποία ἀνατρέπει τὸ σῶμα καὶ δὲν ἐπαναφέρει αὐτὸ εἰς τὴν ἀρχικήν του θέσιν, ἀλλὰ τὸ ἀναγκάζει νὰ λάβῃ τὴν θέσιν τῆς εὐσταθοῦς ἰσορροπίας. Ἡ κατάστασις αὕτη ἰσορροπίας τοῦ σώματος κατὰ τὴν ὁποίαν τὸ σῶμα ἐκτοπιζόμενον ἐκ τῆς θέσεως ἰσορροπίας του δὲν ἐπανέρχεται εἰς αὐτὴν καλεῖται ***ἀσταθὴς*** καὶ χαρακτηριστικὸν γνώρισμα αὐτῆς εἶναι ὅτι τὸ κέντρον βάρους ἔχει τὴν ἀνωτάτην θέσιν ἐν σχέσει πρὸς τὸν ἄξονα, εἰς τὴν ὁποίαν ἀντιστοιχεῖ μεγίστη τιμὴ δυναμικῆς ἐνεργείας.

Τέλος, ἐὰν ὁ ἄξων ἐξαρτήσεως τοῦ σώματος διέρχεται διὰ τοῦ κέντρου βάρους αὐτοῦ (σχ. 95, ΙΙΙ) τὸ σῶμα ἰσορροπεῖ εἰς πᾶσαν θέσιν αὐτοῦ ἐν σχέσει πρὸς τὸν ἄξονα καὶ ὡς ἐκ τούτου ἡ κατάστασις ἰσορροπίας καλεῖται ***ἀδιάφορος.***

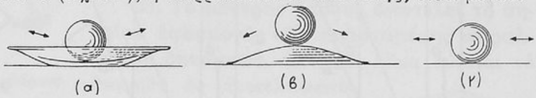
Γενικῶς, εἰς τὴν εὐσταθῆ ἰσορροπίαν, ὅταν ἐκτοπίζωμεν τὸ σῶμα, λαμβάνει χώραν ἀνύψωσις τοῦ κέντρου βάρους αὐτοῦ. Ἀντιθέτως εἰς τὴν ἀσταθῆ ἰσορροπίαν προκύπτει ὑποβιβασμὸς τοῦ κέντρου βάρους, ἐνῷ εἰς τὴν ἀδιάφορον ἡ θέσις τοῦ κέντρου βάρους παραμένει εἰς τὸ αὐτὸ ὕψος (ἀμετάβλητος).

β) ***Σῶμα στηριζόμενον δι' ἑνὸς σημείου.*** Ἔστω σῶμα (σχ. 96) στηριζόμενον ἐπὶ ἐπιπέδου ἐπιφανείας δι' ἑνὸς μόνον σημείου Ο. Τὸ σύστημα εὑρίσκεται ἐν ἰσορροπίᾳ ὅταν ἡ ἐκ τοῦ κέντρου βάρους αὐτοῦ ἀγομένη κατακόρυφος διέρχεται διὰ τοῦ σημείου στηρίξεως Ο, εἶναι δὲ ἡ ἰσορροπία εὐσταθής, ὅταν τὸ κέντρον βάρους κεῖται κάτωθεν τοῦ σημείου στηρίξεως, ὡς π.χ. εἰς τὸ σχῆμα 96. Ἐὰν ὅμως τοποθετήσωμεν τὰς δύο σφαίρας οὕτως ὥστε νὰ εὑρίσκωνται ἄνωθεν τοῦ ὁριζοντίου στελέχους, ἡ ἰσορροπία εἶναι ἀσταθής, διότι τὸ κέντρον βάρους κεῖται ἄνωθεν τοῦ σημείου στηρίξεως.

Ἐπίσης εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς στηρίξεως δι' ἑνὸς σημείου, δυνάμεθα νὰ πραγματοποιήσωμεν καὶ τὰ τρία εἴδη ἰσορροπίας διὰ σφαίρας στηριζομένης ἐπὶ κοίλης, κυρτῆς ἢ ὁριζοντίας ἐπιφανείας. Εἰς τὴν θέσιν α (σχ. 97), ἡ ἰσορροπία εἶναι ***εὐσταθής***, διότι μετατο-



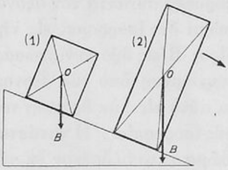
Σχ. 96. Τὸ σύστημα εὑρίσκεται εἰς εὐσταθῆ ἰσορροπίαν



Σχ. 97. Ἰσορροπία σφαίρας ἐπὶ διαφόρων ἐπιφανειῶν.

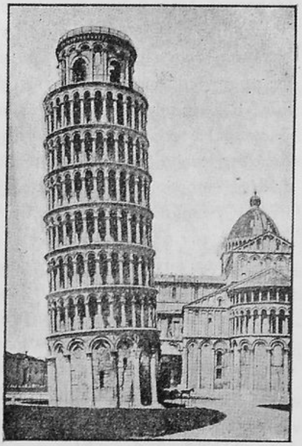
πιζομένης τῆς σφαίρας τὸ κέντρον βάρους αὐτῆς ἀνέρχεται· εἰς τὴν θέσιν β ἡ ἰσορροπία εἶναι ***ἀσταθής***, διότι τὸ κέντρον βάρους κατέρχεται καὶ εἰς τὴν θέσιν γ ***ἀδιάφορος***, διότι τὸ κέντρον βάρους αὐτῆς οὔτε ἀνέρχεται οὔτε κατέρχεται.

γ) ***Περίπτωσις σώματος στηριζομένου διὰ δύο σημείων.*** Τὸ σῶμα εὑρίσκεται ἐν γένει ἐν ἰσορροπίᾳ, ὅταν ἡ ἐκ τοῦ κέντρου βάρους ἀγομένη κατακόρυφος συναντᾷ τὴν εὐθεῖαν τὴν ἑνοῦσαν τὰ δύο σημεῖα στηρίξεως, ἡ ὁποία καλεῖται *εὐθεῖα στηρίξεως*. Ἡ ἰσορροπία τοῦ σώματος εἶναι εὐσταθής, ὅταν τὸ κέντρον βάρους κεῖται κάτωθεν τῆς εὐθείας στηρίξεως.



Σχ. 98. Ὁ κύλινδρος ἀνατρέπεται ὅταν ἡ ἐκ τοῦ κέντρου βάρους κατακόρυφος πίπτῃ ἔξω τῆς βάσεως στηρίξεως (θέσις 2).

δ) ***Σῶμα στηριζόμενον διὰ περισσοτέρων τῶν δύο σημείων.*** Εἰς τὴν περίπτωσιν σώματος στηριζομένου διὰ πολλῶν σημείων, ὡς π. χ. τραπέζης, τρίποδος, καθίσματος, κ.τ.λ., καλοῦμεν *βάσιν στηρίξεως* αὐτοῦ, τὴν ἐπιφάνειαν τὴν περικλειομένην ὑπὸ τῆς περιμέτρου τοῦ σχήματος, τὸ ὁποῖον προκύπτει δι' ἑνώσεως τῶν ἀκραίων σημείων στηρίξεως αὐτοῦ δι' εὐθειῶν. Σῶμα δὲ ἔχον βάσιν στηρίξεως εὑρίσκεται εἰς εὐσταθῆ ἰσορροπίαν, ὅταν ἡ ἐκ τοῦ κέντρου βάρους αὐτοῦ ἀγομένη κατακόρυφος συναντᾷ τὴν βάσιν (σχ. 98).



Σχ. 99. Ὁ ἱστορικὸς κεκλιμένος πύργος τῆς Πίζης.

Περίπτωσιν ἐφαρμογῆς τῶν ἀνωτέρω ἐκτεθέντων ἀποτελεῖ ὁ ὀνομαστὸς κεκλιμένος πύργος τῆς Πίζης ἐν Ἰταλίᾳ (σχ. 99). Τὸ ὕψος τοῦ πύργου εἶναι 55,2 m καί, λόγῳ καθιζήσεως τοῦ ἐδάφους κατὰ τὴν ἐποχὴν τῆς κατασκευῆς, ὑπέστη κλίσιν $5^0\ 30'$. Βραδύτερον, ἡ κλίσις ηὐξήθη, πρὸς ἀποφυγὴν δὲ καταρρεύσεως ἐλήφθησαν μέτρα διὰ τὸν ὑποβιβασμὸν τοῦ κέντρου βάρους τοῦ πύργου, δι' ἀφαιρέσεως τῶν εἰς τὴν κορυφήν του μεγάλων κωδώνων καὶ στερεώσεως τοῦ ὑπεδάφους.

96. Ἐλευθέρα πτῶσις τῶν σωμάτων. Γνωρίζομεν ἐκ τῶν προηγουμένων (§ 89), ὅτι τὰ σώματα πίπτουν ταὐτοχρόνως εἰς τὸ κενόν, ἡ δὲ κίνησις αὐτῶν εἶναι εὐθύγραμμος ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένη. Ἐκ τούτου συνάγομεν ὅτι οἱ νόμοι τῆς πτώσεως τῶν σωμάτων εἶναι οἱ ἴδιοι πρὸς τοὺς νόμους τῆς εὐθυγράμμου ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένης κινήσεως, τοὺς ὁποίους ἐσπουδάσαμεν ἤδη (§ 32). Ἐνταῦθα ἀναφέρομεν ἁπλῶς τοὺς νόμους τῆς ἐλευθέρας πτώσεως τῶν σωμάτων (ἄνευ ἀρχικῆς ταχύτητος).

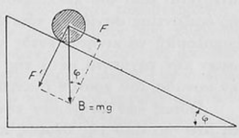
1. Πάντα τὰ σώματα εἰς τὸ κενὸν πίπτουν ταὐτοχρόνως.

2. Τὸ διάστημα τὸ διαννόμενον ὑπὸ σώματος πίπτοντος εἰς τὸ κενόν, εἶναι ἀνάλογον τοῦ τετραγώνου τοῦ χρόνου.

3. Ἡ ταχύτης σώματος πίπτοντος εἰς τὸ κενὸν εἶναι ἀνάλογος τοῦ χρόνου.

97. Πειραματικὴ ἀπόδειξις τῶν νόμων τῆς ἐλευθέρας πτώσεως. Πειραματικῶς, ὁ μὲν πρῶτος τῶν νόμων ἀποδεικνύεται, ὡς εἴδομεν, διὰ τοῦ σωλῆνος τοῦ Νεύτωνος, οἱ δὲ δύο ἄλλοι διὰ διαφόρων συσκευῶν αἱ ὁποῖαι καλοῦνται μηχαναὶ πτώσεως, ὡς τὸ κεκλιμένον ἐπίπεδον καὶ ἡ μηχανὴ τοῦ Atwood.

α) Κεκλιμένον ἐπίπεδον. Διὰ τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου ἐπιβραδύνομεν τὴν κίνησιν τοῦ πίπτοντος σώματος, διότι ὅταν τὸ σῶμα κατέρχεται ἐπὶ κεκλιμένου ἐπιπέδου, δὲν ὑφίσταται τὴν πλήρη ἐπενέργειαν τοῦ βάρους αὐτοῦ $B = mg$, ἀλλὰ μιᾶς μόνον συνιστώσης αὐτοῦ, τῆς $F = m\gamma = mg \cdot \eta\mu\,\varphi$, παραλλήλου πρὸς τὸ κεκλιμένον ἐπίπεδον, ἐνῷ ἡ ἑτέρα συνιστῶσα F' ὡς κάθετος ἐπὶ τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου, ἐξουδετεροῦται ὑπὸ τῆς ἀντιστάσεως αὐτοῦ, ὡς δεικνύεται ἐν σχήματι 100. Ἡ δύναμις F εἶναι τόσον μικροτέρα ἀπὸ τὸ βάρος B τοῦ σώματος, ὅσον μικροτέρα εἶναι ἡ γωνία φ, καὶ ἑπομένως ἡ ἐπιτάχυνσις $\gamma = g\,\eta\mu\,\varphi$, τὴν ὁποίαν λαμβάνει τὸ σῶμα εἶναι τόσον μικροτέρα, ὅσον ἡ γωνία φ εἶναι μικροτέρα. Λόγῳ τῆς βραδείας κινήσεως τοῦ σώματος, δυνάμεθα εὐχερῶς νὰ παρακολουθήσωμεν αὐτὸ καὶ νὰ σπουδάσωμεν τοὺς νόμους τῆς κινήσεως αὐτοῦ.

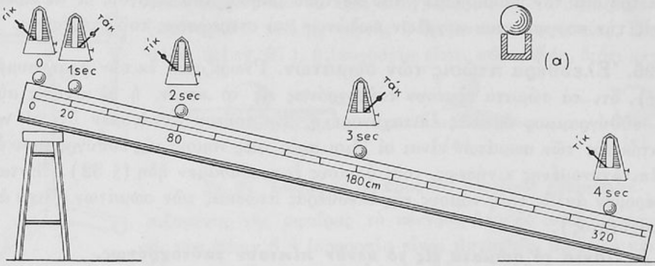


Σχ. 100. Κεκλιμένον ἐπίπεδον.

Παράδειγμα. Ἔστω ὅτι $\varphi = 30^0$ καὶ $g = 9{,}81\ m/sec^2$, τότε θὰ εἶναι $\gamma = g\,\eta\mu\,\varphi = 9{,}81 \cdot \eta\mu\ 30^0$ καὶ δεδομένου ὅτι $\eta\mu\ 30^0 = 0{,}5$ θὰ εἶναι $\gamma = 9{,}81 \cdot 0{,}5 = 4{,}905$, ἤτοι ἡ νέα ἐπιτάχυνσις θὰ εἶναι $4{,}9\ m/sec^2$, δηλαδὴ τὸ ἥμισυ τῆς ἐπιταχύνσεως εἰς τὴν ἐλευθέραν πτῶσιν, καὶ οὕτω τὸ σῶμα θὰ κινῆται βραδύτερον.

Πείραμα. Ἡ ἀπόδειξις τοῦ δευτέρου νόμου γίνεται ὡς ἑξῆς: Ἐκλέγομεν ἐπὶ τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου μῆκος π.χ. 320 cm εἰς τρόπον ὥστε ὅταν ἡ σφαῖρα ἀφίνεται ἐλευθέρα ἀπὸ τῆς κορυφῆς τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου νὰ χρειάζεται 4 δευτερόλεπτα (sec) ἵνα διανύσῃ τὴν ἀπόστασιν ταύτην (σχ. 101).

Ἐὰν ἤδη μὲ τὴν βοήθειαν καταλλήλου ἐμποδίου διακόψωμεν τὴν κίνησιν τῆς σφαίρας εἰς ἀπόστασιν 20 cm ἀπὸ τῆς κορυφῆς τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου, βλέπομεν ὅτι χρειάζε-



Σχ. 101. Κεκλιμένον ἐπίπεδον διὰ τὴν ἀπόδειξιν τῶν νόμων τῆς πτώσεως τῶν σωμάτων. (α) Τομὴ δοκοῦ κυλίσεως τῆς σφαίρας.

ται 1 δευτερόλεπτον διὰ νὰ διανύσῃ τὴν ἀπόστασιν ταύτην. Ἐὰν ἀκολούθως διακόψωμεν τὴν κίνησιν τῆς σφαίρας εἰς ἀπόστασιν 80 cm ἀπὸ τῆς κορυφῆς βλέπομεν ὅτι ἡ σφαῖρα χρειάζεται 2 δευτερόλεπτα διὰ νὰ διανύσῃ τὴν ἀπόστασιν ταύτην καὶ τέλος ἐὰν διακόψωμεν τὴν κίνησιν τῆς σφαίρας εἰς ἀπόστασιν 180 cm ἀπὸ τῆς ἀρχῆς ἡ σφαῖρα χρειάζεται 3 sec ἵνα διανύσῃ τὸ διάστημα τοῦτο. Οὕτω βλέπομεν ὅτι εἰς χρόνους 1, 2, 3 καὶ 4 sec τὰ διανυόμενα διαστήματα εἶναι 20, 80, 180 καὶ 320 cm ἢ 20×1, 20×2^2, 20×3^2, 20×4^2, ἤτοι εἶναι ἀνάλογα τῶν τετραγώνων τῶν χρόνων.

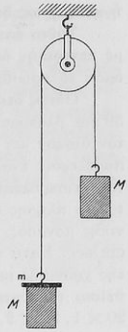
Ὁ τρίτος νόμος, ὁ νόμος τῶν ταχυτήτων, ἀποδεικνύεται ὡς ἑξῆς. Τοποθετοῦμεν εἰς τὸ κάτω ἄκρον τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου ὁριζοντίαν σανίδα, εἰς τρόπον ὥστε ὅταν ἡ σφαῖρα κατέρχεται ἀπὸ τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου νὰ εἰσχωρῇ εἰς τὴν αὔλακα τὴν ὑπάρχουσαν ἐπὶ τῆς ὁριζοντίας σανίδος· τότε ἐπειδὴ παύει νὰ ὑφίσταται ἡ κινητήριος δύναμις, αὕτη θὰ ἐξακολουθῇ νὰ κινῆται ἐντὸς τῆς αὔλακος εὐθυγράμμως καὶ ὁμαλῶς καὶ ἀρκεῖ διὰ νὰ εὕρωμεν τὴν ταχύτητα μετὰ τῆς ὁποίας εἰσχωρεῖ ἐντὸς τῆς αὔλακος νὰ μετρήσωμεν τὸ εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου διανυόμενον διάστημα.

Οὕτως ἐὰν ἀφήνωμεν τὴν σφαῖραν νὰ πίπτῃ ἐξ ἀποστάσεως 20 cm, 80 cm, 180 cm καὶ 320 cm ἀπὸ τῆς θέσεως προσαρμογῆς τῆς ὁριζοντίας σανίδος πρὸς τὸ κεκλιμένον ἐπίπεδον γνωρίζομεν ἤδη ὅτι οἱ χρόνοι καθόδου τῆς σφαίρας θὰ εἶναι ἀντιστοίχως 1, 2, 3, 4 sec, ἐὰν δὲ μετροῦμεν τὰς ταχύτητας εὑρίσκομεν ὅτι αὗται εἶναι π. χ. 40, 80, 120, 160 cm διὰ κάθε δευτερόλεπτον τῆς κινήσεως τῆς σφαίρας ἐπὶ τῆς ὁριζοντίας σανίδος, ἢ 40×1, 40×2, 40×3, 40×4. Ἤτοι αἱ ταχύτητες εἶναι ἀνάλογοι τῶν χρόνων.

β) ***Μηχανὴ* Atwood.** Διὰ νὰ ἐπιβραδύνῃ τὴν κίνησιν τοῦ πίπτοντος σώματος χωρὶς νὰ ἀλλοιώσῃ τοὺς νόμους αὐτοῦ ὁ Atwood ἐχρησιμοποίησε τὴν φέρουσαν τὸ ὄνομά του μηχανήν. Αὕτη, ἐν γενικαῖς γραμμαῖς, ἀποτελεῖται ἐξ ἐλαφρᾶς καὶ εὐκινήτου τροχαλίας, στηριζομένης εἰς τὴν κορυφὴν κατακορύφου κανόνος, μήκους περίπου δύο μέτρων. Ἀπὸ τῆς τροχαλίας ἐξαρτῶνται διὰ νήματος δύο μετάλλινοι κύλινδροι, ἕκαστος τῶν ὁποίων ἔχει μᾶζαν M (σχ. 102), οὕτω δὲ τὸ σύστημα ἰσορροπεῖ. Ἕτερον σῶμα, πολὺ μικροτέρας μάζης m, τὸ ὁποῖον ἔχει βάρος mg, ἐὰν ἀφεθῇ ἐλεύθερον, πίπτει πολὺ ταχέως, ὑπὸ ἐπιτάχυνσιν g. Δυνάμεθα ὅμως νὰ ἐπιβραδύνωμεν τὴν κίνησιν αὐτοῦ, ἐὰν θέσωμεν τὸ σῶμα τοῦτο ἐπὶ τοῦ ἑνὸς τῶν κυλίνδρων τῆς μηχανῆς, ὁπότε τοῦτο κατὰ τὴν πτῶσιν του παρασύρει καὶ τὰς δύο μάζας τῶν κυλίνδρων, οὕτω δὲ ἡ κίνησις αὐτοῦ ἐπιβραδύνεται. Πράγματι, εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην, ἡ κινητήριος δύναμις τοῦ συστήματος εἶναι mg καὶ ἐπενεργεῖ ἐπὶ συνολικῆς μάζης $2M + m$. Ἐφαρμόζοντες ὅθεν τὴν θεμελιώδη σχέσιν τῆς § 91, λαμβάνομεν:

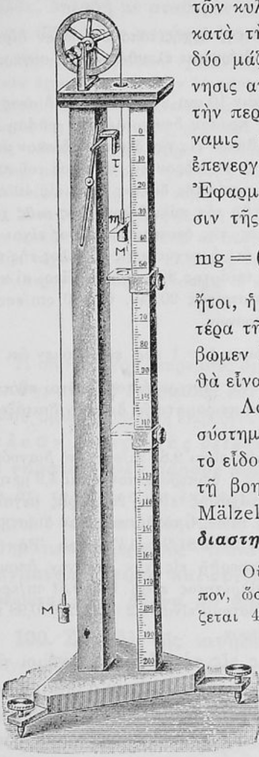
$$mg = (2M + m)\gamma \quad \text{ἢ} \quad \gamma = \frac{m}{2M + m} g$$

ἤτοι, ἡ ἐπιτάχυνσις γ εἶναι πολὺ μικροτέρα τῆς ἐπιταχύνσεως g. Ἐὰν π. χ. λάβωμεν $M = 100$ gr καὶ $m = 5$ gr, τότε θὰ εἶναι: $\gamma = 5/205 \cdot 981 = 24$ cm/sec^2.



Σχ. 102. Ἀρχὴ τῆς λειτουργίας μηχανῆς Atwood.

Λόγῳ τῆς μικρᾶς ἐπιταχύνσεως, τὸ σύστημα κινεῖται πολὺ βραδύτερον, χωρὶς τὸ εἶδος τῆς κινήσεως νὰ μεταβάλλεται καὶ οὕτω δυνάμεθα, τῇ βοηθείᾳ μετρικοῦ κανόνος καὶ χρονομέτρου, ὡς τὸ τοῦ Mälzel (βλ. σχ. 12), νὰ ἐπαληθεύσωμεν τὸν ***νόμον τῶν διαστημάτων***.



Σχ. 103. Μηχανὴ Atwood.

Οὕτως ἐκλέγομεν τὸ πρόσθετον βάρος κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε ὁ κύλινδρος μετὰ τοῦ προσθέτου βάρους νὰ χρειάζεται 4 δευτερόλεπτα ἵνα διανύσῃ διάστημα 160 cm ἐπὶ τοῦ κατακορύφου κανόνος, ὅπου εἶναι τοποθετημένος δίσκος πλήρης διὰ τὴν συγκράτησιν τοῦ κυλίνδρου. Ἐὰν ἤδη τοποθετήσωμεν τὸν δίσκον εἰς ἀπόστασιν 10 cm ἀπὸ τῆς ἀρχῆς τῆς κλίμακος (ὑποδιαίρεσις μηδέν), βλέπομεν ὅτι ὁ κύλινδρος χρειάζεται ἵνα διανύσῃ τὴν ἀπόστασιν αὐτὴν 1 δευτερόλεπτον (1 sec). Ἐὰν τοποθετήσωμεν τὸν δίσκον εἰς ἀπόστασιν 40 cm ὁ ἀπαιτούμενος χρόνος εἶναι 2 sec καὶ τέλος ἐὰν τοποθετήσωμεν τὸν δίσκον εἰς ἀπόστασιν 90 cm ὁ ἀπαιτούμενος χρόνος εἶναι 3 sec.

Ἐκ τούτου βλέπομεν ὅτι τὰ εἰς χρόνους 1, 2, 3 καὶ 4 sec διανυόμενα διαστήματα εἶναι 10, 40, 90 καὶ 160 cm, ἤτοι 10×1, 10×2^2, 10×3^2, 10×4^2, δηλαδὴ ἀνάλογα τῶν τετραγώνων τῶν χρόνων. Πρὸς ἐπαλήθευσιν τοῦ ***νόμου τῶν ταχυτήτων*** διὰ τῆς μηχανῆς Atwood, ἐργαζόμεθα ὡς ἑξῆς: Γνωρίζομεν (βλ. § 61) ὅτι, ἐὰν σῶμα ἐκτελῇ εὐθύγραμμον, ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένην κίνησιν ὑπὸ τὴν ἐπενέργειαν σταθερᾶς δυνάμεως καὶ αἴφνης ἡ δύναμις αὕτη παύσῃ ἐπενεργοῦσα, τὸ σῶμα ἐξακολουθεῖ νὰ κινῆται εὐθυγράμμως καὶ ὁμαλῶς, μὲ ταχύτητα ἴσην πρὸς τὴν ταχύτητα, τὴν ὁποίαν τοῦτο εἶχε κατὰ τὴν στιγμὴν καθ' ἣν ἡ δύναμις ἔπαυσε νὰ ἐπενεργῇ, ἑπομένως, ἐὰν θέλωμεν νὰ προσδιορίσωμεν τὴν ταχύτητα κατὰ τὴν στιγμὴν ταύτην, ἀρκεῖ νὰ προσδιορίσωμεν τὸ διάστημα, τὸ ὁποῖον θὰ διανύσῃ τὸ σῶμα ἐπὶ μίαν χρονικὴν μονάδα μετὰ τὴν παῦσιν τῆς ἐπενεργείας τῆς κινητηρίου δυνάμεως.

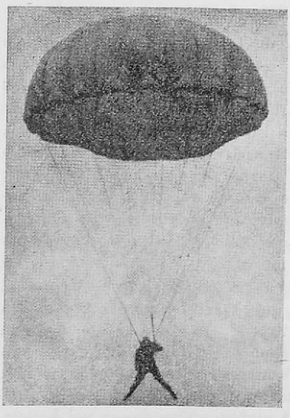
Ἐὰν π. χ. θέλωμεν διὰ τῆς μηχανῆς Atwood νὰ προσδιορίσωμεν τὴν ταχύτητα, τὴν ὁποίαν ἀποκτᾷ τὸ σύστημα κατὰ τὸ τέλος τῆς πρώτης χρονικῆς μονάδος, φροντίζομεν νὰ ἀπομακρύνωμεν κατὰ τὴν στιγμὴν ταύτην τὴν πρόσθετον μᾶζαν, ὁπότε παύει νὰ ὑφίσταται ἡ κινητήριος δύναμις.

Τοῦτο ἐπιτυγχάνεται ἐὰν εἰς ἀπόστασιν 10 cm ἀπὸ τῆς ἀρχῆς τοποθετήσωμεν δίσκον μὲ κεντρικὴν ὀπὴν ἡ ὁποία ν' ἀφήνῃ τὸν κύλινδρον νὰ διέρχεται ἐλευθέρως, νὰ συγκρατῇ ὅμως τὸ πρόσθετον βάρος.

Οὕτως ὅταν ὁ δίσκος μὲ ὀπὴν εὑρίσκεται εἰς τὴν θέσιν 10 cm καὶ ὁ πλήρης δίσκος εἰς 30 cm βλέπομεν ὅτι ὁ κύλινδρος ἀφοῦ εἰς τὸ τέλος τοῦ πρώτου δευτερολέπτου φθάσῃ εἰς τὸν δίσκον μετ' ὀπῆς, ἀφήνει τὸ πρόσθετον βάρος καὶ φθάνει εἰς τὸν δεύτερον δίσκον μετὰ παρέλευσιν ἑνὸς ἀκόμη δευτερολέπτου, ἤτοι ἡ ταχύτης τοῦ κυλίνδρου εἰς τὸ τέλος τοῦ πρώτου δευτερολέπτου εἶναι 20 cm/sec. Ἐὰν ἀκολούθως ὁ μετ' ὀπῆς δίσκος τεθῇ εἰς 40 cm, τότε ὁ πλήρης δίσκος πρέπει νὰ τεθῇ εἰς 80 cm ἵνα δεχθῇ τὸν κύλινδρον ἐντὸς μιᾶς χρονικῆς μονάδος, ἤτοι ἡ ταχύτης τοῦ κυλίνδρου εἰς τὸ τέλος τῆς δευτέρας μονάδος εἶναι 40 cm/sec. Κατὰ τὸν αὐτὸν τρόπον ἐργαζόμενοι εὑρίσκομεν ὅτι ἡ ταχύτης εἰς τὸ τέλος τῆς τρίτης χρονικῆς μονάδος εἶναι 60 cm/sec, εἰς τὸ τέλος τῆς τετάρτης 80 cm/sec. Ἤτοι αἱ κτηθεῖσαι ταχύτητες εἰς χρόνον 1, 2, 3 καὶ 4 sec εἶναι ἀντιστοίχως 20, 40, 60, 80 cm/sec ἢ 20×1, 20×2, 20×3, 20×4, δηλαδὴ ἀνάλογοι τῶν χρόνων.

Παρατήρησις. Ἐκ τοῦ τύπου $s = \frac{1}{2} gt^2$, ἐὰν θέσωμεν $t = 1$ sec, εὑρίσκομεν ὅτι τὸ διανυόμενον ὑπὸ τοῦ πίπτοντος σώματος διάστημα ἐντὸς ἑνὸς δευτερολέπτου ἰσοῦται πρὸς τὸ ἥμισυ τῆς ἐπιταχύνσεως αὐτοῦ. Τοῦτο ἄλλως τε δεικνύεται πειραματικῶς διὰ τῶν διατάξεων τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου καὶ τῆς μηχανῆς Atwood.

Οὕτως ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς, ὅπου ἡ ἐπιτάχυνσις εἶναι 9,81 m/sec^2, τὸ διανυόμενον διάστημα ὑπὸ τοῦ ἐλευθέρως πίπτοντος σώματος ἐντὸς 1 δευτερολέπτου εἶναι 4,9 μέτρα. Ἐὰν μεταφέρωμεν τὸ σῶμα ἐπὶ τοῦ Ἡλίου, ὅπου ἡ ἐπιτάχυνσις εἶναι 28 φορὰς μεγαλυτέρα, ἤτοι $28 \cdot 9{,}81$ m/sec^2, τὸ διανυόμενον διάστημα εἰς 1 sec θὰ εἶναι $28 \cdot 9{,}81/2 = 137$ μέτρα. Ἐὰν τέλος τὸ σῶμα μεταφερθῇ εἰς τὴν Σελήνην, ὅπου ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς βαρύτητος εἶναι $0{,}2 \cdot 9{,}81$ m/sec^2, τὸ διανυόμενον διάστημα εἶναι $0{,}2 \cdot 9{,}81/2 = 0{,}98$ m, ἤτοι περίπου 1 μέτρον.



Σχ. 104. Ἀλεξιπτωτιστὴς κατερχόμενος.

98. Πτῶσις εἰς τὸν ἀέρα.

Οἱ νόμοι τῆς ἐλευθέρας πτώσεως τῶν σωμάτων ἀποδεικνύονται διὰ τῶν ἀνωτέρω μηχανῶν εἰς πρώτην προσέγγισιν, διότι πράγματι τὰ σώματα δὲν πίπτουν εἰς τὸ κενόν, ἀλλ' εἰς τὸν ἀέρα, ὑπεισέρχονται δὲ καὶ διάφοροι ἄλλαι τριβαί.

Γενικῶς ὅταν σῶμα πίπτῃ εἰς τὸν ἀέρα συναντᾷ ἀντίστασιν ἡ ὁποία εἶναι δύναμις διευθυνομένη ἀντιθέτως πρὸς τὸ βάρος αὐτοῦ, καὶ ἡ ὁποία ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν ταχύτητα τοῦ σώματος, τὴν ἐπιφάνειαν καὶ τὴν μορφὴν αὐτοῦ.

Ἐφ' ὅσον σῶμα πίπτει λόγῳ τοῦ βάρους του εἰς τὸν ἀέρα, ἡ ταχύτης αὐτοῦ συνεχῶς αὐξάνεται, ἑπομένως αὐξάνεται καὶ ἡ ἀντίστασις τὴν ὁποίαν συναντᾷ. Τὸ βάρος ὅμως τοῦ σώματος παραμένει ἀμετάβλητον, ἑπομένως θὰ ἔλθῃ στιγμὴ κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀέρος θὰ ἐξουδετερώσῃ τὸ βάρος τοῦ σώματος καὶ τὸ σῶμα θὰ ἐξακολουθήσῃ νὰ κινῆται εὐθυγράμμως καὶ ὁμαλῶς, δηλαδὴ μὲ σταθερὰν ταχύτητα τὴν ὁποίαν εἶχε κατὰ τὴν στιγμὴν ταύτην. Ἡ σταθερὰ αὕτη ταχύτης ὀνομάζεται ***ὁρικὴ ταχύτης.***

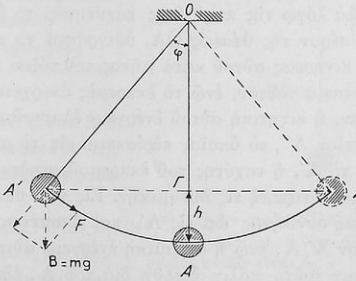
Ἐφαρμογὴν τούτου ἔχομεν εἰς τὰ ***ἀλεξίπτωτα*** (σχ. 104). Πράγματι, ἐπειδὴ τὸ ἀλεξίπτωτον ἔχει πολὺ μεγάλην ἐπιφάνειαν ὅταν εἶναι ἀνοικτόν, εὐθὺς ὡς ὁ ἀλεξιπτωτιστὴς εὑρεθῇ εἰς τὸν ἀέρα, ἡ ἀντίστασις τὴν ὁποίαν δημιουργεῖ τὸ ἀλεξίπτωτον εἶναι πολὺ μεγάλη, οὕτω δὲ εἰς βραχύτατον χρονικὸν διάστημα ἐξουδετεροῦται τὸ βάρος τοῦ ἀλεξιπτωτιστοῦ χωρὶς οὗτος νὰ προλάβῃ ν' ἀποκτήσῃ μεγάλην ταχύτητα λόγῳ ἐπιταχύνσεως. Ἡ ὁρικὴ ταχύτης μὲ τὴν ὁποίαν φθάνει ὁ ἀλεξιπτωτιστὴς εἰς τὸ ἔδαφος εἶναι ἡ αὐτὴ μὲ ἐκείνην τὴν ὁποίαν ἀποκτᾷ ὅταν πηδᾷ ἐξ ὕψους 3—4 μέτρων.

Ὅταν πίπτῃ λεπτὴ βροχὴ (ψιχαλίζῃ) αἱ σταγόνες τῆς βροχῆς φθάνουν μὲ πολὺ μικρὰν ὁρικὴν ταχύτητα, ἐνῷ αἱ σταγόνες ραγδαίας βροχῆς φθάνουν μὲ μεγάλην σχετικῶς ὁρικὴν ταχύτητα, διότι τὸ βάρος αὐτῶν ἐξουδετεροῦται ὑπὸ τῆς ἀντιστάσεως τοῦ ἀέρος εἰς μεγαλύτερον χρονικὸν διάστημα ἢ εἰς τὰς σταγόνας τῆς λεπτῆς βροχῆς.

ΕΚΚΡΕΜΕΣ

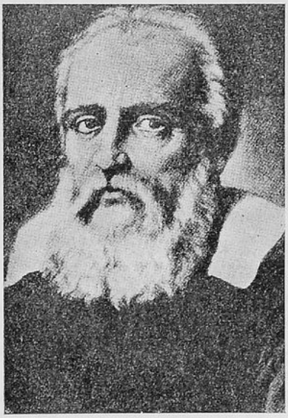
99. Ἡ σπουδὴ τοῦ ἐκκρεμοῦς διαιρεῖται εἰς δύο μέρη: εἰς τὴν σπουδὴν τοῦ ***ἁπλοῦ*** ἢ ***μαθηματικοῦ*** ἐκκρεμοῦς καὶ εἰς τὴν τοῦ ***φυσικοῦ*** ἢ ***συνθέτου*** ἐκκρεμοῦς τοῦ ὁποίου ὅμως ἡ σπουδὴ ἐκφεύγει τῶν ὁρίων τοῦ βιβλίου. Εἰς τὴν Φυσικήν, ***καλοῦμεν ἁπλοῦν ἐκκρεμὲς ὑλικὸν σημεῖον ἐξηρτημένον ἀπὸ ἀκλονήτου σημείου διὰ νήματος ἄνευ βάρους καὶ μὴ ἐλαστικοῦ.*** Ἐκ τοῦ ὁρισμοῦ τούτου προκύπτει ὅτι τὸ ἁπλοῦν ἐκκρεμὲς ἀποτελεῖ ἔννοιαν καθαρῶς θεωρητικήν, μὴ δυναμένην νὰ πραγματοποιηθῇ, εἰς τοῦτο δὲ ὀφείλεται καὶ ὁ χαρακτηρισμὸς αὐτοῦ ὡς μαθηματικοῦ ἐκκρεμοῦς· τοὐναντίον, ***τὸ σύνθετον ἢ φυσικὸν ἐκκρεμὲς εἶναι πραγματοποιήσιμον καὶ συνίσταται ἐκ σώματος βαρέος, δυναμένου νὰ περιστρέφεται περὶ ἄξονα μὴ διερχόμενον διὰ τοῦ κέντρου βάρους αὐτοῦ.***

100. Σπουδὴ τῆς κινήσεως τοῦ ἁπλοῦ ἐκκρεμοῦς. Ἔστω ὑλικὸν σημεῖον μάζης m, ἐξηρτημένον διὰ νήματος ἀπὸ τοῦ σημείου Ο (σχ. 105). Ἐπὶ τοῦ ἐκκρεμοῦς ἐπενεργεῖ ὡς μόνη δύναμις τὸ βάρος τοῦ ὑλικοῦ σημείου, ἑπομένως τοῦτο ἰσορροπεῖ μόνον κατὰ τὴν κατακόρυφον, διότι τότε ἡ δύναμις ἐξουδετεροῦται ὑπὸ τοῦ σημείου ἐξαρτήσεως. Ἐὰν ὅμως ἐκτοπίσωμεν τὸ ἐκκρεμὲς καὶ φέρωμεν τοῦτο εἰς τὴν θέσιν Α′, ὥστε νὰ ὑποστῇ τοῦτο τὴν κατακόρυφον ἀνύψωσιν ΑΓ, ἐν τῇ νέᾳ θέσει τὸ ἐκκρεμὲς δὲν ἰσορροπεῖ. Πράγματι, τὸ βάρος αὐτοῦ



Σχ. 105. Κίνησις αἰωρήσεων ἐκκρεμοῦς.

B = mg δύναται νὰ ἀναλυθῇ εἰς δύο συνιστώσας, μίαν κατὰ τὴν προέκτασιν τοῦ νήματος ΟΑ', ἐξουδετερουμένην ὑπὸ τῆς ἐξαρτήσεως, καὶ ἑτέραν, τὴν F, συνεπείᾳ τῆς ὁποίας τὸ ἐκκρεμές, ὅταν ἀφεθῇ ἐλεύθερον, κινεῖται κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς δυνάμεως ταύτης. Ἐὰν διὰ φ παραστήσωμεν τὴν γωνίαν Α'ΟΑ, τότε, ὡς ἐκ τοῦ σχήματος φαίνεται, εἶναι $F = mg \cdot ημ\,φ$, ἤτοι ἡ κινητήριος συνιστῶσα τοῦ ἐκκρεμοῦς, ἐφ' ὅσον τοῦτο κατέρχεται ἐκ τοῦ Α' πρὸς Α, διαγράφον τὸ τόξον Α' Α, βαίνει ἐλαττουμένη καὶ μηδενίζεται, ὅταν τὸ ἐκκρεμὲς φθάσῃ εἰς τὴν ἀρχικὴν θέσιν ΟΑ τῆς ἰσορροπίας του. Μολονότι ὅμως ἡ κινητήριος συνιστῶσα εἰς τὴν θέσιν ΟΑ μηδενίζεται, τὸ ἐκκρεμὲς δὲν ἰσορροπεῖ, ἀλλ' ἐξακολουθεῖ κινούμενον ἕνεκα τοῦ ἀκολούθου λόγου: Ὅταν τὸ ἐκκρεμὲς φέρεται ἐκ τῆς θέσεως ΟΑ εἰς τὴν ΟΑ', ὑφίσταται τὴν κατακόρυφον ἀνύψωσιν ΑΓ, συνεπείᾳ δὲ τούτου καταναλίσκεται ἔξωθεν ἔργον $A = mg \cdot h$, τὸ ὁποῖον ὅμως δὲν χάνεται, ἀλλ' ἀποταμιεύεται εἰς τὴν νέαν θέσιν τοῦ ἐκκρεμοῦς, ὡς δυναμικὴ ἐνέργεια. Ὅταν ὅμως τὸ ἐκκρεμὲς ἀφεθῇ ἐλεύθερον καὶ φέρεται ὑπὸ τὴν ἐπενέργειαν τῆς κινητηρίου συνιστώσης πρὸς τὰ κάτω, ἐπιταχύνεται καὶ ἀποκτᾷ κινητικὴν ἐνέργειαν. Κατὰ τὴν διαδρομὴν ὅθεν τοῦ ὑλικοῦ σημείου ἀπὸ Α' εἰς Α, ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια μετατρέπεται εἰς κινητικήν, ὅταν δὲ τὸ ἐκκρεμὲς διέρχεται διὰ τῆς θέσεως ἰσορροπίας ΟΑ, ὅλη ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια ἔχει μετατραπῆ εἰς κινητικήν, καὶ εἰς τὴν θέσιν ταύτην τὸ ὑλικὸν σημεῖον ἔχει τὴν μεγίστην ταχύτητα.



GALILEO GALILEI (1564-1642)
Ἰταλὸς Μαθηματικός, Ἀστρονόμος καὶ Φυσικός. Καθηγητὴς τῶν μαθηματικῶν εἰς Πίζαν καὶ Πάδουαν. Θεμελιωτὴς τῆς πειραματικῆς μεθόδου εἰς τὴν Φυσικήν.

Ἀλλὰ λόγῳ τῆς κτηθείσης ταχύτητος, τὸ ὑλικὸν σημεῖον ἐξακολουθεῖ κινούμενον καὶ πέραν τῆς θέσεως ΟΑ, διαγράφον τὸ τόξον ΑΑ''. Κατὰ τὴν διάρκειαν ὅμως τῆς κινήσεως αὐτοῦ κατὰ μῆκος τοῦ τόξου τούτου, ἡ κίνησις εἶναι ἐπιβραδυνομένη. Συνεπείᾳ τούτου, ἐνῷ τὸ ἐκκρεμὲς ἀνέρχεται ἐκ νέου καὶ ἀποκτᾷ δυναμικὴν ἐνέργειαν, ἡ κινητικὴ αὐτοῦ ἐνέργεια ἐλαττοῦται, καὶ ὅταν τὸ ἐκκρεμὲς φθάσῃ εἰς τὸ σημεῖον Α'', τὸ ὁποῖον εὑρίσκεται εἰς τὸ αὐτὸ κατακόρυφον ὕψος ἀπὸ τοῦ Α, ὡς καὶ τὸ Α', ἡ ταχύτης τοῦ ἐκκρεμοῦς μηδενίζεται καὶ ὅλη ἡ κινητική του ἐνέργεια ἔχει μετατραπῆ εἰς δυναμικήν. Εἰς τὴν θέσιν Α'' τὸ ἐκκρεμὲς εὑρίσκεται ὑπὸ τὰς αὐτὰς συνθήκας ὡς εἰς Α', καὶ ἑπομένως ἄρχεται κατερχόμενον, διαγράφον τὸ τόξον Α''Α, ἐνῷ ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια αὐτοῦ μετατρέπεται ἐκ νέου εἰς κινητικήν. Ὅταν τοῦτο πάλιν διέλθῃ διὰ τοῦ Α, ἐξακολουθεῖ κινούμενον κατὰ μῆκος τοῦ τόξου ΑΑ', ἡ δὲ κινητική του ἐνέργεια μετατρέπεται ἐκ νέου εἰς δυναμικὴν καὶ τὸ φαινόμενον τοῦτο, ἐφ' ὅσον δὲν λαμβάνουν χώραν ἀπώλειαι ἐνεργείας, ἐξακολουθεῖ ἐπ' ἄπειρον.

Τὴν ὡς ἄνω κίνησιν τοῦ ἁπλοῦ ἐκκρεμοῦς καλοῦμεν ***κίνησιν αἰωρήσεων*** ἢ ***ταλαντώσεων.*** Συνίσταται δὲ αὕτη εἰς τὴν περιοδικὴν μεταβολὴν τῆς δυναμικῆς ἐνεργείας εἰς κινητικὴν καὶ τἀνάπαλιν. Εἰς τὰ σημεῖα Α′ καὶ Α″ ἡ ἐνέργεια τοῦ ἐκκρεμοῦς εἶναι δυναμικὴ καὶ εἰς Α εἶναι κινητική, ἐνῷ εἰς τὰς ἐνδιαμέσους θέσεις εἶναι ἐν μέρει δυναμικὴ καὶ ἐν μέρει κινητική. Τὸ ἄθροισμα δὲ αὐτῶν εἶναι πάντοτε ἴσον πρὸς τὴν δυναμικὴν ἐνέργειαν εἰς Α′ ἢ Α″, ἢ πρὸς τὴν κινητικὴν ἐνέργειαν εἰς Α.

101. Νόμοι κινήσεως τοῦ ἁπλοῦ ἐκκρεμοῦς. Ἡ μετάβασις τοῦ ἐκκρεμοῦς (σχ. 105) ἀπὸ τῆς θέσεως ΟΑ′ εἰς τὴν ΟΑ″ καλεῖται ***ἁπλῆ αἰώρησις***, καὶ ὁ χρόνος ὁ ἀπαιτούμενος πρὸς τοῦτο, ***διάρκεια τῆς ἁπλῆς αἰωρήσεως.*** Ἡ μετάβασις τοῦ ἐκκρεμοῦς ἀπὸ τῆς θέσεως ΟΑ′ εἰς ΟΑ″ καὶ ἡ ἐπάνοδος ἐκ νέου εἰς τὴν θέσιν ΟΑ′ ἀποτελεῖ ***πλήρη αἰώρησιν***, ὁ δὲ χρόνος ὁ ἀπαιτούμενος πρὸς τοῦτο καλεῖται ***περίοδος*** τῆς κινήσεως τοῦ ἐκκρεμοῦς. Τὸ μῆκος ΟΑ καλεῖται ***μῆκος*** τοῦ ἁπλοῦ ἐκκρεμοῦς, ἡ δὲ γωνία Α′ΟΑ″ καλεῖται ***πλάτος*** τῆς αἰωρήσεως. Πολλάκις, ὡς πλάτος τῆς αἰωρήσεως λαμβάνεται τὸ ἥμισυ τῆς ἀνωτέρω γωνίας, καὶ προκειμένου περὶ αἰωρήσεων μικροῦ πλάτους τοῦτο καθορίζεται ἐκ τοῦ μήκους τοῦ τόξου Α′Α″ εἰς cm, ὁπότε ἐξ αὐτοῦ δυνάμεθα νὰ ὑπολογίσωμεν τὴν γωνίαν Α′ΟΑ.

Τούτων δοθέντων, ἐὰν Τ καλέσωμεν τὴν περίοδον κινήσεως τοῦ ἐκκρεμοῦς, l τὸ μῆκος αὐτοῦ, καὶ ὑποθέσωμεν ὅτι τὸ πλάτος τῶν αἰωρήσεων εἶναι μικρόν, μὴ ὑπερβαῖνον τὰς 2^0 ἕως 3^0, οἱ νόμοι τοῦ ἐκκρεμοῦς περιλαμβάνονται εἰς τὸν τύπον:

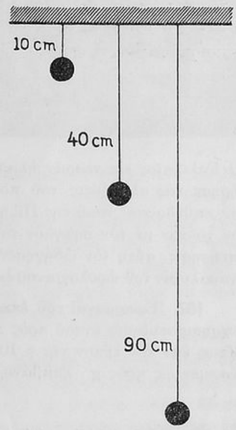
$$\boxed{T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}}$$

ἤτοι:

$$\boxed{\textit{περίοδος} = 2\pi\sqrt{\frac{\textit{μῆκος ἐκκρεμοῦς}}{\textit{ἐπιτάχυνσις βαρύτητος}}}}$$

καὶ διατυποῦνται ὡς ἀκολούθως:

1. Αἱ αἰωρήσεις μικροῦ πλάτους εἶναι ἰσόχρονοι· ἤ, κατ' ἄλλην διατύπωσιν, ***ἡ περίοδος τῆς κινήσεως δὲν ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ πλάτους τῶν αἰωρήσεων.***

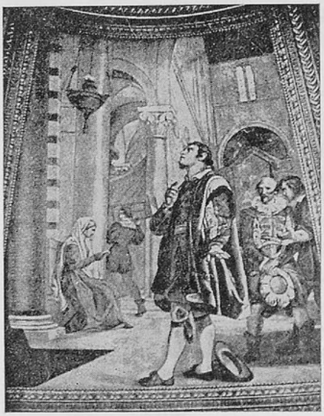


Σχ. 106. Τὰ μήκη τοῦ ἐκκρεμοῦς ἔχουν πρὸς ἄλληλα ὡς οἱ ἀριθμοὶ 1 : 4 : 9, ὅτε αἱ περίοδοι αὐτῶν εἶναι ὡς 1 : 2 : 3.

Ὁ νόμος οὗτος ἀποδεικνύεται ὡς ἑξῆς: Ἐὰν ἐκτοπίσωμεν ἓν ἐκκρεμές, ὡς εἰς τὸ σχῆμα 106, καὶ ἀφήσωμεν αὐτὸ ἐλεύθερον, δυνάμεθα μετροῦντες διὰ χρονομέτρου τὴν διάρκειαν π. χ. 50 αἰωρήσεων, νὰ προσδιορίσωμεν τὴν περίοδον τοῦ ἐκκρεμοῦς. Ἐκ τῆς παρατηρήσεως ταύτης δεικνύεται ὅτι, ἐφ' ὅσον ἡ ἀρχικὴ ἐκτροπὴ τοῦ ἐκκρεμοῦς εἶναι μικρὰ (δηλ. τάξεως μεγέθους 1 - 10 cm), ἡ περίοδος τῆς κινήσεως εὑρίσκεται πάντοτε ἀνεξάρτητος τοῦ πλάτους. Ἡ ἀνωτέρω ἰδιότης τοῦ ἐκκρεμοῦς χρησιμοποιεῖται πρακτικῶς εἰς τὴν κατασκευὴν ὡρολογίων πρὸς μέτρησιν τοῦ χρόνου.

2. Ἡ περίοδος τῆς κινήσεως εἶναι ἀνάλογος τῆς τετραγωνικῆς ῥίζης τοῦ μήκους τοῦ ἐκκρεμοῦς.

Ὁ νόμος οὗτος ἐπαληθεύεται διὰ χρησιμοποιήσεως διαφόρων πρακτικῶς ἁπλῶν ἐκκρεμῶν διαφόρου μήκους (σχ. 106). Οὕτω καθ' ὃν χρόνον τὸ ἐκκρεμὲς μήκους 90 cm ἐκτελεῖ μίαν πλήρη αἰώρησιν, τὸ ἐκκρεμὲς μήκους 40 cm ἐκτελεῖ δύο πλήρεις αἰωρήσεις καὶ τὸ ἐκκρεμὲς 10 cm ἐκτελεῖ 4 πλήρεις αἰωρήσεις.



Ὁ Γαλιλαῖος εἰς νεαρὰν ἡλικίαν παρετήρησε τὰς αἰωρήσεις τοῦ πολυελαίου τοῦ καθεδρικοῦ ναοῦ τῆς Πίζης μετρῶν τὸν χρόνον μὲ τὸν σφυγμόν του. Ἡ παρατήρησις αὕτη τὸν ὡδήγησεν εἰς τὴν ἀνακάλυψιν τοῦ ὡρολογιακοῦ ἐκκρεμοῦς.

Ἐκ τοῦ αὐτοῦ τύπου συνάγομεν ὅτι ἡ περίοδος τῆς κινήσεως ἐξαρτᾶται καὶ ἀπὸ τὴν ἐπιτάχυνσιν τῆς βαρύτητος. Τοῦτο δὲ ἔχει σπουδαιοτάτην σημασίαν, διότι ἐπιτρέπει τὴν διὰ τοῦ ἐκκρεμοῦς μέτρησιν τῆς ἐπιταχύνσεως τῆς βαρύτητος καὶ τῆς μεταβολῆς αὐτῆς, μέθοδος ἥτις ἀποτελεῖ μίαν τῶν ἀκριβεστέρων πρὸς μέτρησιν τῆς ἐπιταχύνσεως τῆς βαρύτητος.

Παρατήρησις. Ἐκ τοῦ πειράματος δεικνύεται ὅτι: ἡ περίοδος ἑνὸς πρακτικῶς ἁπλοῦ ἐκκρεμοῦς εἶναι ἀνεξάρτητος τῆς μάζης. Τοῦτο ἀποδεικνύεται συνήθως διὰ τῆς χρησιμοποιήσεως ἁπλῶν ἐκκρεμῶν, πραγματοποιουμένων ἐκ νήματος λεπτοῦ τοῦ αὐτοῦ μήκους, εἰς τὸ κάτω ἄκρον τῶν ὁποίων ἐξαρτῶνται μικραὶ σφαῖραι ἐκ διαφόρου οὐσίας, π.χ. μολύβδου, ὀρειχάλκου, χάλυβος, ἐλεφαντοστοῦ κτλ., ὁπότε διὰ προσδιορισμοῦ τῆς περιόδου αὐτῶν βλέπομεν ὅτι αὕτη εἶναι ἡ ἰδία δι' ὅλα τὰ ἐκκρεμῆ.

102. Ἐφαρμογαὶ τοῦ ἐκκρεμοῦς. Μία τῶν κυριωτέρων ἐφαρμογῶν τοῦ ἐκκρεμοῦς εἶναι ἡ χρησιμοποίησις αὐτοῦ πρὸς προσδιορισμὸν τῆς ἐπιταχύνσεως τῆς βαρύτητος, ἤτοι τοῦ g. Οὕτως ἐὰν τὸν τύπον τῆς § 101, τὸν παρέχοντα τὴν ἐξίσωσιν τῆς κινήσεως ἐκκρεμοῦς, ἐπιλύσωμεν ὡς πρὸς g, λαμβάνομεν:

$$g = 4\pi^2 \frac{l}{T^2}.$$

Ἐκ τοῦ αὐτοῦ τύπου, λύοντες αὐτὸν ὡς πρὸς l, δυνάμεθα νὰ ὑπολογίσωμεν τὸ μῆκος τοῦ ἐκκρεμοῦς τοῦ ὁποίου ἡ περίοδος εἶναι 2 sec, τὸ ὁποῖον διὰ τόπον ὅπου ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς βαρύτητος εἶναι 981 cm/sec^2 ἰσοῦται περίπου πρὸς 99,4 cm. Τοιοῦτον ἐκκρεμὲς καλεῖται ***ἐκκρεμὲς δευτερολέπτων,*** διότι ἡ ἁπλῆ αἰώρησις αὐτοῦ ἔχει διάρκειαν 1 sec.

Εἰς τὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς δεχόμεθα ὅτι τὸ ἐκκρεμὲς δευτερολέπτων εἰς τὰ μέσα πλάτη ἔχει μῆκος περίπου 1 m. Εἶναι φανερὸν ὅτι τὸ ἐκκρεμὲς δευτερολέπτων ἔχει διάφορον μῆκος εἰς τὸν ἰσημερινὸν ἢ εἰς τοὺς πόλους τῆς Γῆς, λόγῳ μεταβολῆς τῆς ἐπιταχύνσεως τῆς βαρύτητος.

103. Ὡρολογιακὸν ἐκκρεμές. Εἰς τὸ σύνθετον ἐκκρεμὲς τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ καὶ τὸ πρακτικῶς πραγματοποιήσιμον ἐκκρεμές, ἐφ' ὅσον δὲν ὑφίστανται ἀπώλειαι ἐκ τριβῆς, ἡ κίνησις τοῦ ἐκκρεμοῦς, ἅπαξ ὡς τοῦτο ἐκτραπῇ τῆς θέσεως ἰσορροπίας, διατηρεῖται ἐπ' ἄπειρον, τοῦ πλάτους τῆς αἰωρήσεως διατηρουμένου σταθεροῦ. Εἰς τὴν πραγματικότητα ὅμως, ἐπειδὴ ἡ τελεία ἐκμηδένισις τῆς τριβῆς εἶναι εἰς ἡμᾶς ἀδύνατος, τὸ πλάτος τῶν αἰωρήσεων δὲν διατηρεῖται σταθερόν, ἀλλὰ τοῦτο συνεχῶς ἐλαττοῦται, διότι μέρος τῆς διατιθεμένης ἐνεργείας, μεθ' ἑκάστην μετατροπὴν τῆς ἐνεργείας ἀπὸ δυναμικῆς εἰς κινητικὴν ἐνέργειαν καὶ τἀνάπαλιν καταναλίσκεται εἰς τὴν ὑπερνίκησιν τῶν τριβῶν, οὕτω δὲ ἐπέρχεται στιγμὴ κατὰ τὴν ὁποίαν τὸ ἐκκρεμὲς ἠρεμεῖ, ὅτε ὅλη ἡ ἀρχικῶς ἀποταμιευθεῖσα εἰς αὐτὸ ἐνέργεια κατηναλώθη ὑπὸ τῆς τριβῆς, καὶ διὰ νὰ τεθῇ πάλιν τὸ ἐκκρεμὲς εἰς κίνησιν πρέπει νὰ ἐκτοπίσωμεν ἐκ νέου αὐτὸ ἀπὸ τὴν θέσιν ἰσορροπίας διὰ καταναλώσεως ἔξωθεν ἰσοπόσου ἔργου. Ἐὰν ὅμως ἔχωμεν λάβει πρόνοιαν νὰ ἀντικαθιστῶμεν μεθ' ἑκάστην αἰώρησιν τὸ καταναλωθὲν εἰς τριβὴν ποσὸν ἐνεργείας, τότε εἶναι δυνατὸν νὰ διατηρῆται τὸ πλάτος τῆς αἰωρήσεως σταθερόν, ἡ μέθοδος δὲ αὐτὴ ἐφαρμόζεται εἰς τὰ ὡρολογιακὰ ἐκκρεμῆ.

Εἰς παλαιοτέραν ἐποχήν, διὰ τὴν διατήρησιν τῆς κινήσεως τοῦ ἐκκρεμοῦς ἐπὶ ὡρισμένον χρονικὸν διάστημα ἐχρησιμοποιεῖτο ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια σώματος συνδεδεμένου καταλλήλως πρὸς τὸν ὡρολογιακὸν μηχανισμόν, διὰ σχοινίου, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 64.

Σήμερον χρησιμοποιεῖται κατὰ κανόνα ἐλατήριον τὸ ὁποῖον διὰ καταναλώσεως ἔξωθεν ἔργου (κούρδισμα ὡρολογίου) διατείνεται καὶ ἀποκτᾷ δυναμικὴν ἐνέργειαν, τὴν ὁποίαν ἀκολούθως μεταδίδει εἰς τὸ ἐκκρεμὲς μέσῳ τοῦ ὡρολογιακοῦ μηχανισμοῦ ρυθμικῶς καὶ οὕτω διατηρεῖ τὴν κίνησιν αὐτοῦ.

Προβλήματα.

1. Εἰς τὰ ἄκρα λεπτῆς ράβδου μήκους l τοποθετοῦνται δύο μᾶζαι m_1 καὶ m_2, τῶν ὁποίων ὁ λόγος εἶναι $m_1 : m_2 = n$. Νὰ καθορισθῇ ἡ θέσις τοῦ κέντρου μάζης αὐτῶν. Ἐφαρμογή: $m_1 : m_2 = 4$, καὶ $l = 1$ m. (Ἀπ. 1/5 m, 4/5 m).

2. Ἐπὶ μηχανῆς Atwood, οἱ δύο ἐξηρτημένοι κύλινδροι ἔχουν βάρος 96 gr* καὶ 104 gr*. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἐπιτάχυνσις τοῦ συστήματος. (Ἀπ. $\gamma = 0{,}39$ m/sec^2).

3 Εἰς μηχανὴν Atwood ὁ εἷς τῶν κυλίνδρων ἔχει μᾶζαν $m_1 = 200$ gr καὶ ὁ ἄλλος $m_2 = 150$ gr. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἐπιτάχυνσις τοῦ συστήματος. (Ἀπ. $\gamma = 1{,}4$ m/sec^2).

4. Ποία σχέσις ὑπάρχει μεταξὺ τῶν ἀριθμητικῶν τιμῶν τοῦ βάρους σώματος ἐκπεφρασμένου εἰς kgr* καὶ τῆς μάζης αὐτοῦ ἐκπεφρασμένης εἰς kgr. Ἐφαρμογή: Ἐὰν σῶμα ἔχῃ βάρος 30 kgr*, πόση θὰ εἶναι ἡ μᾶζα αὐτοῦ εἰς kgr. (Ἀπ. 30 kgr).

5. Ποία ἡ τιμὴ τῆς ἐπιταχύνσεως τῆς βαρύτητος εἰς τὸν Ἰσημερινόν, ὅταν τὸ μῆκος τοῦ ἐκκρεμοῦς, τοῦ ὁποίου ἡ περίοδος ἰσοῦται πρὸς 2 sec, εἶναι 991,03 mm. (Ἀπ. 9,77 m/sec^2).

6. Κινητὸν κινεῖται εὐθυγράμμως κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε εἰς τὰ πρῶτα 5 sec διανύει 175 m. Μετὰ παρέλευσιν 5 sec διανύει ἐπὶ πλέον 125 m, μετὰ παρέλευσιν ἀκόμη 5 sec διανύει ἀκόμη 75 m καὶ τέλος μετὰ παρέλευσιν ἑτέρων 5 sec διανύει ἀκόμη 25 m. Νὰ ἐξακριβωθῇ τὸ εἶδος τῆς κινήσεως καὶ ἡ ἐπιτάχυνσις ὡς καὶ ἡ ἀρχικὴ ταχύτης, ἐὰν ὑφίσταται. (Ἀπ. $\gamma = -2$ m/sec^2, $\upsilon_0 = 40$ m/sec).

7. Ἡ συχνότης τῆς κινήσεως ἐκκρεμοῦς εἶναι 0,8 sec^{-1}. Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ μῆκος αὐτοῦ ($g = 10$ m/sec^2). (Ἀπ. $l = 39{,}7$ cm).

8. Ἐκκρεμὲς μήκους 2,40 m ἔχει περίοδον 3 sec. Πόση ἡ τιμὴ τοῦ g. (Ἀπ. $g = 10{,}52$ m/sec^2).

9. Πόση εἶναι ἡ ἐπιτάχυνσις εἰς τόπον ὅπου ἐκκρεμὲς μήκους 1 m ἔχει περίοδον 2 sec. (Ἀπ. $g = 9{,}86$ m/sec^2).

6.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΣΤ΄

ΤΡΙΒΗ. ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΣ

104. Τριβή. Ἐκ πείρας γνωρίζομεν ὅτι, ὅταν ἐπιδιώκωμεν νὰ μετατοπίσωμεν βαρεῖαν ξυλίνην πλάκα εὑρισκομένην ἐπὶ τραπέζης, συναντῶμεν ἀντίστασιν, ἡ ὁποία γίνεται τόσον μικροτέρα, ὅσον περισσότερον λεία εἶναι ἡ ἐπιφάνεια τῆς πλακὸς καὶ τῆς τραπέζης. Οἱαδήποτε καὶ ἂν εἶναι ἡ φύσις τῶν εἰς ἐπαφὴν εὑρισκομένων σωμάτων, τὰ ὁποῖα κινοῦνται σχετικῶς τὸ ἓν ὡς πρὸς τὸ ἕτερον, πάντοτε συναντῶμεν ἀντίστασιν ἀντιτιθεμένην εἰς τὴν σχετικὴν κίνησιν αὐτῶν, τὴν ὁποίαν καλοῦμεν εἰδικώτερον ***τριβήν***. Ἡ τριβὴ γενικῶς ἐξαρτᾶται ἐκ τῶν χαρακτηριστικῶν τῶν τριβομένων ἐπιφανειῶν καὶ ἐφ' ὅσον τὸ ἓν σῶμα κινεῖται ἐν σχέσει πρὸς τὸ ἄλλο, ὀλισθαῖνον ἐπ' αὐτοῦ, τότε ἔχομεν ***τριβὴν ὀλισθήσεως***.

Προκειμένου ἐν γένει περὶ τριβῆς, διακρίνομεν αὐτὴν εἰς ***στατικὴν τριβὴν (τριβὴ ἠρεμίας)*** καὶ εἰς ***κινητικὴν τριβὴν (τριβὴ κινήσεως)***, πάντοτε δὲ ἡ τριβὴ ἀντιτίθεται εἰς τὴν κίνησιν καὶ οὐδέποτε ὠθεῖ τὸ σῶμα εἴτε πρὸς τὰ ἐμπρός, εἴτε πρὸς τὰ ὀπίσω, ἀλλὰ πάντοτε συντελεῖ εἰς τὸ νὰ σταματήσῃ τὴν κίνησιν καὶ τοιουτοτρόπως καθιστᾷ δυσκολωτέραν τὴν κίνησιν αὐτοῦ.

Ἐκ πείρας γνωρίζομεν ὅτι εἶναι δυσκολώτερον νὰ θέσωμεν εἰς κίνησιν σῶμα εὑρισκόμενον εἰς ἠρεμίαν, παρὰ νὰ διατηρήσωμεν τὴν κίνησιν αὐτοῦ ὑπὸ σταθερὰν ταχύτητα, ὅταν τὸ σῶμα ἤθελε τεθῇ εἰς κίνησιν. Ἕνεκα τοῦ λόγου τούτου διακρίνομεν τὴν ***κινητικὴν τριβήν***, ἡ ὁποία εἶναι ἴση ἀλλ' ἀντιθέτου διευθύνσεως πρὸς τὴν δύναμιν ἡ ὁποία ἀπαιτεῖται διὰ τὴν διατήρησιν τῆς ταχύτητος τοῦ κινουμένου σώματος σταθερᾶς, ἐνῷ ἡ ***στατικὴ τριβὴ*** εἶναι ἴση, ἀλλ' ἀντιθέτου διευθύνσεως πρὸς τὴν δύναμιν τὴν ἀπαιτουμένην διὰ τὴν ἐκκίνησιν τοῦ σώματος, εἶναι δὲ ἡ κινητικὴ τριβὴ μικροτέρα τῆς στατικῆς.

105. Νόμοι τῆς τριβῆς. Προκειμένου περὶ τῆς κινητικῆς τριβῆς ὀλισθήσεως ὁ Coulomb ἀνεῦρε διὰ τοῦ πειράματος τοὺς ἀκολούθους νόμους:

1) Ἡ δύναμις τριβῆς εἶναι ἀνάλογος τῆς καθέτου δυνάμεως ἡ ὁποία πιέζει πρὸς ἀλλήλας τὰς τριβομένας ἐπιφανείας.

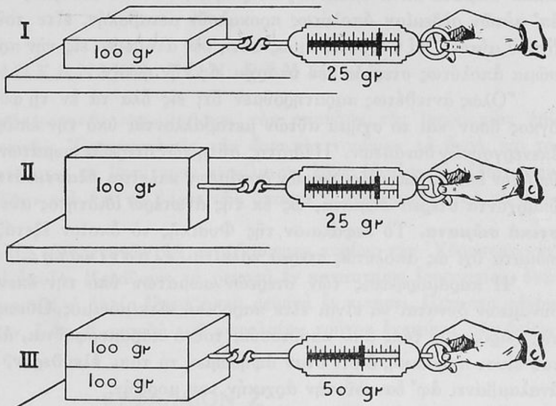
Ὁ νόμος οὗτος δεικνύεται πειραματικῶς διὰ τοῦ σχήματος 107, I καὶ III, ὅπου δύο σώματα τῆς αὐτῆς ἐπιφανείας καὶ ἐκ τῶν ὁποίων τὸ ἓν ἔχει διπλάσιον βάρος τοῦ ἄλλου. Δηλαδή, ἡ κάθετος δύναμις εἰς III εἶναι διπλασία ἢ εἰς I, ὁπότε καὶ ἡ δύναμις τριβῆς ἡ ἀντιστοιχοῦσα εἰς τὸ III (50 gr*), καὶ ἡ ὁποία δεικνύεται διὰ τοῦ δυναμομέτρου III, εἶναι διπλασία τῆς ἀντιστοιχούσης εἰς τὸ I, ἡ ὁποία δεικνύεται διὰ τοῦ δυναμομέτρου I (25 gr*).

2) Ἡ τριβὴ ἐπενεργεῖ πάντοτε κατὰ διεύθυνσιν κάθετον πρὸς τὴν κάθετον δύναμιν, ἔχει ἀντίθετον διεύθυνσιν πρὸς τὴν κίνησιν καὶ εἶναι ἀνεξάρτητος τοῦ ἐμβαδοῦ τῶν τριβομένων ἐπιφανειῶν, ἐφ' ὅσον ἡ κάθετος δύναμις παραμένει σταθερά.

Ὁ νόμος οὗτος δεικνύεται πειραματικῶς διὰ τοῦ σχήματος 107, Ι καὶ ΙΙ, ὅπου τὰ δύο σώματα ἔχουν διαφόρους ἐπιφανείας, ἀλλ' ὑφίσταται ἡ αὐτὴ κάθετος δύναμις, ὅτε αἱ ἐνδείξεις τῶν δυναμομέτρων Ι καὶ ΙΙ εἶναι αἱ αὐταὶ (25 gr*), δηλαδὴ ἡ δύναμις τριβῆς εἶναι ἀνεξάρτητος τῆς ἐκτάσεως τῶν τριβομένων ἐπιφανειῶν.

3) Ἡ τριβὴ κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς κινήσεως εἶναι, εἰς πρώτην προσέγγισιν, ἀνεξάρτητος τῆς ταχύτητος.

Οἱ νόμοι (1) καὶ (2) ἰσχύουν τόσον διὰ τὴν στατικὴν ὅσον καὶ διὰ τὴν κινητικὴν τριβήν.



Σχ. 107. Ἡ δύναμις τῆς τριβῆς εἶναι ἀνάλογος τῆς καθέτου δυνάμεως (Ι καὶ ΙΙΙ) καὶ ἀνεξάρτητος τοῦ ἐμβαδοῦ τῶν τριβομένων ἐπιφανειῶν (Ι καὶ ΙΙ).

106. Τριβὴ κυλίσεως. Ὅταν σῶμα μετατοπίζεται κυλιόμενον, τότε πάλιν ὑπεισέρχεται ἡ τριβή, ἡ ὁποία ὅμως εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην καλεῖται *τριβὴ κυλίσεως*. Ἡ τριβὴ κυλίσεως εἶναι κατὰ πολὺ μικροτέρα τῆς *τριβῆς ὀλισθήσεως*. Διὰ τὸν λόγον τοῦτον ἡ ἀνακάλυψις τοῦ τροχοῦ θεωρεῖται ὡς μία τῶν σημαντικωτέρων ἀνακαλύψεων, διότι ἐνῷ εἰς τὰ ἀρχαῖα ὀχήματα ἡ κίνησις ἦτο κίνησις ὀλισθήσεως, διὰ τῆς ἀνακαλύψεως τοῦ τροχοῦ ἡ κίνησις τῶν ὀχημάτων μετετράπη εἰς κίνησιν κυλίσεως, οὕτω δὲ ἀπαιτεῖται πολὺ μικροτέρα δύναμις πρὸς ὑπερνίκησιν τῆς τριβῆς. Τοῦτο ἄλλως τε παρατηροῦμεν εἰς τὴν περίπτωσιν κατὰ τὴν ὁποίαν ἀχθοφόροι θέλουν νὰ μεταφέρουν βαρὺ ἀντικείμενον. Ἀντὶ νὰ ὠθοῦν αὐτὸ στηριζόμενον ἀπ' εὐθείας ἐπὶ τοῦ ἐδάφους, ὅτε πρὸς ὑπερνίκησιν τῆς τριβῆς ὀλισθήσεως πρέπει νὰ καταβάλλουν μεγάλην δύναμιν, τοποθετοῦν τὸ σῶμα ἐπὶ κυλίνδρων ἐκ σιδήρου ἢ ἄλλης ἀνθεκτικῆς οὐσίας, εἰς τρόπον ὥστε νὰ μετατρέψουν τὴν τριβὴν ὀλισθήσεως εἰς τριβὴν κυλίσεως. Ἐπίσης διὰ τὸν αὐτὸν λόγον ἐφοδιάζομεν τὰς βάσεις ἢ τοὺς πόδας στηρίξεως διαφόρων βαρέων ἀντικειμένων διὰ τροχῶν (καρουλίων) διότι κατὰ τὴν μετατόπισιν αὐτῶν ἔχομεν νὰ ἀντιμετωπίσωμεν τὴν τριβὴν κυλίσεως, κατὰ πολὺ μικροτέραν ἀπὸ τὴν τριβὴν ὀλισθήσεως.

Ὁμοίως εἰς τοὺς ἄξονας τῶν μηχανῶν, ἐφ' ὅσον τὰ ἕδρανα (κουζινέτα) αὐτῶν εἶναι ἐφωδιασμένα δι' ἐνσφαίρων τριβέων (ρουλεμάν), ἡ τριβὴ τῶν ἀξόνων ἀνάγεται εἰς τριβὴν κυλίσεως.

107. Λιπαντικαὶ οὐσίαι. Ἡ τριβὴ ὀλισθήσεως, ὡς καὶ ἡ τριβὴ κυλίσεως, ἐλαττοῦται σημαντικῶς διὰ χρησιμοποιήσεως λιπαντικῶν οὐσιῶν, ἤτοι: λίπους, ἐλαίου, τάλκης κ.ἄ. Ἐξ ἄλλου, διὰ τῆς παρεμβολῆς τῶν λιπαντικῶν οὐσιῶν, αἱ ὁποῖαι πληροῦν τὰς ἀνωμαλίας τῶν προστριβομένων ἐπιφανειῶν, ἡ τριβὴ λαμβάνει χώραν μεταξὺ στρωμάτων λιπαντικῶν οὐσιῶν καὶ ὄχι ἀπ' εὐθείας μεταξὺ τῶν ἐπιφανειῶν τῶν ἀξόνων καὶ ἑδράνων.

108. Ἐλαστικότης. Κατὰ τὴν σπουδὴν τῆς Μηχανικῆς ὑπεθέσαμεν ὅτι τὰ ὑλικὰ σώματα εἶναι ἀπολύτως στερεά, δηλ. ὅτι αἱ δυνάμεις αἱ ὁποῖαι ἐπενεργοῦν ἐπ' αὐτῶν οὐδεμίαν ἀπολύτως προκαλοῦν μεταβολήν, εἴτε τοῦ σχήματος εἴτε τοῦ ὄγκου αὐτῶν. Ἡ ὑπόθεσις ὅμως αὕτη δὲν ἀληθεύει εἰς τὴν πραγματικότητα, διότι σῶμα ἀπολύτως στερεὸν δὲν ὑπάρχει εἰς τὴν φύσιν.

Ὅλως ἀντιθέτως παρατηροῦμεν ὅτι εἰς ὅλα τὰ ἐν τῇ φύσει σώματα, τόσον ὁ ὄγκος ὅσον καὶ τὸ σχῆμα αὐτῶν μεταβάλλονται ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῶν ἐπ' αὐτῶν ἐπενεργουσῶν δυνάμεων. Ἡ ἰδιότης αὕτη τῶν στερεῶν σωμάτων νὰ παραμορφοῦνται ὑπὸ τὴν ἐπενέργειαν ἐξωτερικῶν δυνάμεων καλεῖται ***ἐλαστικότης***, τὰ δὲ ἐν τῇ φύσει ὑπάρχοντα στερεὰ σώματα, ὡς ἐκ τῆς ἀνωτέρω ἰδιότητος αὐτῶν, καλοῦνται ***ἐλαστικὰ σώματα***. Τὸ κεφάλαιον τῆς Φυσικῆς τὸ ὁποῖον ἐξετάζει τὰ στερεὰ ὑλικὰ σώματα ὄχι ὡς ἀπολύτως στερεὰ καλεῖται *ἐλαστικότης*.

Ἡ παραμόρφωσις τῶν στερεῶν σωμάτων ὑπὸ τὴν ἐπενέργειαν ἐξωτερικῶν δυνάμεων δύναται νὰ εἶναι εἴτε παροδική, εἴτε μόνιμος. Οὕτως ὅταν πιέζωμεν διὰ τῆς χειρός μας τόπι ἀπὸ καουτσούκ, τοῦτο παραμορφοῦται, ἀλλ' ἡ παραμόρφωσίς του εἶναι παροδική, διότι ὅταν ἀφήσωμεν τὸ τόπι ἐλεύθερον, βλέπομεν ὅτι τοῦτο ἀναλαμβάνει ἀφ' ἑαυτοῦ τὴν ἀρχικήν του μορφήν.

Ὅλως ἀντιθέτως, ἐὰν κτυπήσωμεν ἰσχυρῶς διὰ σφυρίου σφαῖραν ἀπὸ μόλυβδον, βλέπομεν ὅτι ἡ σφαῖρα παραμορφοῦται, ἡ δὲ παραμόρφωσις παραμένει καὶ μετὰ τὴν πάροδον τοῦ κτυπήματος, δεδομένου ὅτι ἡ μολυβδίνη σφαῖρα δὲν ἠμπορεῖ ν' ἀναλάβῃ ἀφ' ἑαυτῆς τὸ ἀρχικόν της σχῆμα.

Ἀλλὰ καὶ τὰ σώματα τὰ ὁποῖα δεικνύουν παροδικὴν παραμόρφωσιν παύουν νὰ δεικνύουν τὴν ἰδιότητα ταύτην, ὅταν αἱ ἐντάσεις τῶν ἐπὶ τοῦ σώματος ἐπενεργουσῶν δυνάμεων ὑπερβοῦν ὡρισμένον ὅριον, τὸ ὁποῖον καλεῖται ***ὅριον ἐλαστικότητος***, ὁπότε καὶ τὰ σώματα ταῦτα ὑφίστανται μόνιμον παραμόρφωσιν.

Ἐφ' ὅσον ἡ ἔντασις τῶν ἐπενεργουσῶν δυνάμεων ἐπὶ σώματος κεῖται κάτω τοῦ ὁρίου τῆς ἐλαστικότητος, αἱ παραμορφώσεις τοῦ σώματος, δηλ. ἡ μεταβολὴ τοῦ ὄγκου ἢ τοῦ μήκους του, εἶναι ἀνάλογος τῆς ἐντάσεως τῶν παραμορφουσῶν αὐτὸ δυνάμεων. Ἡ ἀνωτέρω πρότασις ἀποτελεῖ τὸν ***νόμον τοῦ* Hooke.**

Τοῦτο δεικνύομεν πειραματικῶς διὰ τῆς διατάξεως τοῦ σχήματος 17, ἡ ὁποία ἀποτελεῖ καὶ τὴν ἀρχὴν τῆς πραγματοποιήσεως τοῦ ζυγοῦ δι' ἐλατηρίου (κοινῶς κανταράκι), τὸν ὁποῖον περιγράφομεν εἰς τὴν σελίδα 12.

Ὁ κάτωθι πίναξ δεικνύει εἰς kgr* τὸ ἀπαιτούμενον βάρος διὰ τὴν θραῦσιν συρμάτων ἐκ διαφόρων ὑλικῶν τῶν ὁποίων ἡ ἐγκαρσία τομὴ εἶναι 1 mm^2.

Μόλυβδος	2,6 kgr*	Λευκόχρυσος	43 kgr*	Σίδηρος	77 kgr*
Ἄργυρος	3,7 kgr*	Χαλκὸς	51 kgr*	Χάλυψ	91 kgr*

Ἐκ τῶν σωμάτων τούτων, ὁ χάλυψ δεικνύει τὴν ἰδιότητα τῆς ἐλαστικότητος εἰς μέγιστον βαθμόν, ἐνῷ ὁ μόλυβδος εἰς ἐλάχιστον βαθμόν.

Ἡ ἐλαστικότης ἑνὸς σώματος ἐκδηλοῦται διὰ τοῦ *ἐφελκυσμοῦ* (τάσεως), ὡς εἰς τὴν περίπτωσιν συρμάτων, διὰ τῆς *κάμψεως*, ὡς εἰς τὴν περίπτωσιν ῥάβδου ἢ δοκοῦ, καὶ διὰ τῆς *στρέψεως*, ὡς εἰς τὴν περίπτωσιν περιστρεφομένων ἀξόνων.

Ἡ λεπτομερεστέρα περιγραφὴ τοῦ κεφαλαίου τῆς ἐλαστικότητος ἐκφεύγει τῶν ὁρίων τοῦ βιβλίου τούτου.

ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΡΕΥΣΤΩΝ

109. Ἡ *Μηχανικὴ τῶν ρευστῶν* περιλαμβάνει τὴν σπουδὴν τῆς ἰσορροπίας καὶ τῆς κινήσεως τῶν ρευστῶν. Ὡς *ρευστὰ* εἰς τὴν Φυσικὴν νοοῦμεν τὰ ὑγρὰ καὶ τὰ ἀέρια, τὰ ὁποῖα ἐξετάζονται εἰς ἰδιαίτερον κεφάλαιον, λόγῳ ἰδιαζουσῶν ἰδιοτήτων τὰς ὁποίας παρουσιάζουν καὶ ἐπὶ τῇ βάσει τῶν ὁποίων διακρίνονται ἀπὸ τὰ στερεὰ σώματα (§ 21).

Ἐκ τῆς Μηχανικῆς τῶν ρευστῶν θὰ σπουδάσωμεν κυρίως τὴν Ὑδροστατικὴν καὶ Ἀεροστατικὴν αἱ ὁποῖαι ἐξετάζουν τὰ ρευστὰ ἐν καταστάσει ἰσορροπίας, ἐνῷ ἐκ τῆς Ὑδροαεροδυναμικῆς, ἡ ὁποία ἐξετάζει τὰ ρευστὰ ἐν κινήσει, ἐλάχιστα μόνον θέματα θὰ ἐξετάσωμεν, διότι ἡ σπουδὴ τοῦ κεφαλαίου τούτου ἐκφεύγει τῶν ὁρίων τοῦ ἀνὰ χεῖρας βιβλίου.

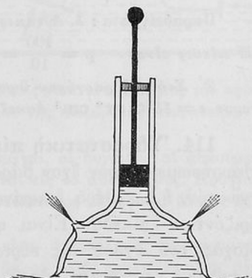
ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ζ΄

ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΗ

Ἡ Ὑδροστατικὴ ἀσχολεῖται μὲ τὴν σπουδὴν τῶν ὑγρῶν εἰς κατάστασιν ἰσορροπίας, δεχόμεθα δὲ ὅτι τὰ ὑγρὰ ἔχουν ὡρισμένον ὄγκον καὶ ὅτι εἶναι πρακτικῶς ἀσυμπίεστα.

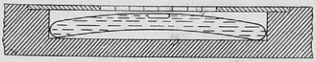
110. Θεμελιώδεις ἀρχαὶ τῆς Ὑδροστατικῆς. *1.* ***Ὑγρὸν εὑρισκόμενον ἐν ἰσορροπίᾳ ἐντὸς δοχείου ἐξασκεῖ ἐπὶ οἱουδήποτε μέρους τῶν τοιχωμάτων τοῦ δοχείου δύναμιν διευθυνομένην πρὸς τὰ ἔξω αὐτοῦ.***

2. ***Ἡ δύναμις ἡ ἀσκουμένη ἐπὶ μικροῦ τμήματος ἐπιφανείας τοιχώματος εἶναι κάθετος ἐπὶ τὸ τοίχωμα καὶ ἀνεξάρτητος τοῦ προσανατολισμοῦ του*** (σχ. 108).



Σχ. 108. Διὰ πιέσεως τοῦ ἐμβολέως ἐξασκοῦνται δυνάμεις κάθετοι ἐπὶ τὰ τοιχώματα τοῦ δοχείου.

111. Ἐλευθέρα ἐπιφάνεια ὑγροῦ. Ὅταν ὑγρὸν ὑπόκειται εἰς τὴν ἐπενέργειαν τῆς βαρύτητος, τότε, ὡς ἐκ τῆς εὐκινησίας τῶν μορίων αὐτοῦ, ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ, ἐν ἰσορροπίᾳ εὑρισκομένου, πρέπει νὰ διατίθεται καθέτως ἐπὶ τὴν δύναμιν τῆς βαρύτητος, ἤτοι ὁριζοντίως, ὑποτιθεμένου ὅτι ἐπὶ τοῦ ὑγροῦ δὲν ἐπενεργοῦν ἄλλαι δυνάμεις. Τοῦτο δεικνύεται διὰ τοῦ νήματος τῆς στάθμης (βλ. § 90). Διότι ἐὰν δὲν συνέβαινε τοῦτο, θὰ ὑπῆρχεν ὁριζοντία συνιστῶσα τοῦ βάρους, ἡ ὁποία θὰ ἔτεινε νὰ μετατοπίσῃ τὸ ὑγρόν, τὸ ὁποῖον οὕτω δὲν θὰ εὑρίσκετο ἐν ἰσορροπίᾳ. Ἐφαρμογὴν τῶν ἀνωτέρω ἀποτελεῖ ἡ ***ἀεροστάθμη*** (σχ. 109), ἡ ὁποία χρησιμεύει διὰ τὴν ὁριζοντίωσιν διαφόρων βάσεων, ὡς π. χ. εἰς ὀπτικὰ ὄργανα, ζυγοὺς κ.ἄ.



Σχ. 109. Ὑπόδειγμα ἀεροστάθμης.

112. Πίεσις ὑγροῦ ἐν ἰσορροπίᾳ. Ἡ πίεσις τὴν ὁποίαν ἀσκεῖ ὑγρὸν ἐν ἰσορροπίᾳ δύναται νὰ ἔχῃ διπλῆν προέλευσιν, εἴτε δηλ. νὰ προέρχεται ἐκ τοῦ βάρους τοῦ ὑγροῦ, εἴτε ἐκ πιέσεως ἐπιφερομένης ἐπ' αὐτοῦ δι' ἐμβολέως. Εἰς ἣν περίπτωσιν ἡ πίεσις τοῦ ὑγροῦ προέρχεται ἐξ ἐξωτερικῆς πιέσεως ἀσκουμένης ἐπὶ ἐμβολέως, ἡ πίεσις ἡ προερχομένη ἐκ τοῦ βάρους τοῦ ὑγροῦ δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς ἀμελητέα, διότι αὕτη εἶναι ἐν γένει λίαν μικρὰ ἐν σχέσει πρὸς τὴν πρώτην.

113. Ἔκφρασις τῆς πιέσεως διὰ τοῦ ὕψους ὑγρᾶς στήλης. Εἰς τὴν Ὑδροστατικὴν ἐπεκράτησεν ἡ συνήθεια νὰ ἐκφράζωμεν τὴν πίεσιν διὰ τοῦ ὕψους ὑγρᾶς στήλης, νοοῦντες οὕτω τὸ βάρος στήλης ἐκ τοῦ ὑγροῦ ἐχούσης βάσιν 1 cm^2 καὶ ὕψος τὸ τῆς ὑγρᾶς στήλης. Οὕτως ἐὰν ἔχωμεν ὑγρὰν στήλην βάσεως 1 cm^2 καὶ ὕψους h, τὸ δὲ ὑγρὸν ἔχῃ πυκνότητα ρ, ἡ πίεσις ἐπὶ τῆς βάσεως εἶναι:

$$p = h \cdot \rho \cdot g$$

Πράγματι, ὁ ὄγκος στήλης ὕψους h cm καὶ τομῆς 1 cm^2 εἶναι h cm^3, ἡ μᾶζα αὐτῆς $h\rho$ καὶ τὸ βάρος αὐτῆς $h\rho g$. Ἐὰν λάβωμεν ὑπ' ὄψιν ὅτι ρg παριστᾷ τὸ εἰδικὸν βάρος ε, ὁ ἀνωτέρω τύπος δύναται νὰ γραφῇ:

$$p = h \cdot \varepsilon$$

Παραδείγματα: *1. Δύναμις 100 kgr* ἐπενεργεῖ ὁμοιομόρφως ἐπὶ ἐπιφανείας 10* m^2. *Ἡ πίεσις εἶναι:* $p = \frac{100}{10} = 10$ kgr*/m^2.

2. Στήλη ὑδραργύρου ὕψους 30 cm καὶ τομῆς 1 cm^2, *ἐὰν ὑποτεθῇ διὰ τὸν ὑδράργυρον* $\varepsilon = 13{,}6$ gr*/cm^3 *ἀσκεῖ πίεσιν:* $p = 30 \cdot 13{,}6 = 408$ gr*/cm^2.

114. Ὑδροστατικὴ πίεσις. Θεμελιῶδες θεώρημα τῆς Ὑδροστατικῆς. Θεωρήσωμεν ὑγρὸν ἔχον βάρος καὶ εὑρισκόμενον ἐν ἰσορροπίᾳ ἐντὸς δοχείου. Ὡς γνωστόν, ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ θὰ εἶναι ὁριζόντιον ἐπίπεδον. Εἶναι φανερὸν ὅτι εἰς τὰς περιοχὰς τοῦ ὑγροῦ τὰς εὑρισκομένας κάτωθεν τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας αὐτοῦ, ἡ πίεσις θὰ εἶναι μεγαλυτέρα λόγῳ τοῦ βάρους τῶν ὑπερκειμένων στρωμάτων ὑγροῦ. Ἐὰν δὲ θεωρήσωμεν σημεῖον Α (σχ. 110) εὑρισκόμενον ἐπὶ ὁριζοντίου ἐπιπέδου, ἀπέχοντος κατὰ h_2 ἀπὸ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ, εἶναι φανερὸν ὅτι ἡ πίεσις ἡ ὁποία θὰ ὑφίσταται εἰς τὸ βάθος τοῦτο, θὰ ἰσοῦται πρὸς $p_2 = h_2 \cdot \varepsilon$, δηλ. θὰ εἶναι ἴση πρὸς τὸ βάρος ὑγρᾶς στήλης ἐχούσης βάσιν 1 τετραγωνικὸν ἑκατοστὸν (1 cm^2) καὶ ὕψος τὴν κατακόρυφον ἀπόστασιν τοῦ Α ἀπὸ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας. Ἐὰν ἤδη θεωρήσωμεν καὶ ἄλλο σημεῖον Β εὑ-

Σχ. 110. Ἐπεξήγησις τῆς θεμελιώδους προτάσεως τῆς Ὑδροστατικῆς.

ρισκόμενον εἰς βάθος $h_1 > h_2$ ἀπὸ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ, θὰ εἶναι: $p_1 = h_1 \cdot \varepsilon$. Δι' ἀφαιρέσεως τῶν δύο ἐξισώσεων κατὰ μέλη εὑρίσκομεν:

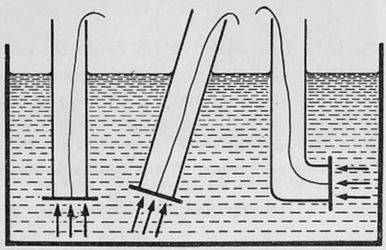
$$p_1 - p_2 = (h_1 - h_2)\,\varepsilon = h\varepsilon .$$

Ἡ σχέσις αὕτη ἐκφράζει τὴν ἀκόλουθον θεμελιώδη πρότασιν τῆς Ὑδροστατικῆς: ***Ἡ διαφορὰ τῶν πιέσεων μεταξὺ δύο σημείων εὑρισκομένων ἐντὸς μάζης ὑγροῦ ἐν ἰσορροπίᾳ καὶ εἰς διάφορον βάθος ἀπὸ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ, ἰσοῦται πρὸς τὸ βάρος ὑγρᾶς στήλης ἐχούσης βάσιν 1 cm² καὶ ὕψος τὴν κατακόρυφον ἀπόστασιν τῶν δύο θεωρουμένων σημείων.***

Ἡ ὡς ἄνω πίεσις, τὴν ὁποίαν ἀσκεῖ ὑγρὸν λόγῳ τοῦ βάρους του εἰς πᾶν σημεῖον εὑρισκόμενον ἐντὸς τῆς μάζης αὐτοῦ, καλεῖται ***ὑδροστατικὴ πίεσις.*** Ἐκτὸς τῆς ἀνωτέρω πιέσεως ὑφίσταται καὶ ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις, τὴν ὁποίαν δὲν λαμβάνομεν ὑπ' ὄψιν προκειμένου περὶ διαφορῶν πιέσεων, διότι αὕτη ἀπαλείφεται.

115. Μέτρησις τῆς ὑδροστατικῆς πιέσεως. Ἡ πίεσις τὴν ὁποίαν ἐξασκεῖ ἓν ὑγρὸν ἐπὶ μιᾶς ἐπιφανείας εὑρίσκεται ὅτι εἶναι κάθετος ἐπ' αὐτὴν καὶ ἀνεξάρτητος τοῦ προσανατολισμοῦ τῆς ἐπιφανείας.

Κατ' ἁπλούστατον τρόπον δυνάμεθα νὰ δείξωμεν ὅτι ἡ πίεσις εἶναι ἀνεξάρτητος τοῦ προσανατολισμοῦ, διὰ τῶν τριῶν σωλήνων τοῦ σχήματος 111, τῶν ὁποίων οἱ πυθμένες ἀποτελοῦνται ἐκ λεπτοῦ καὶ ἐλαφροῦ μετάλλου. Ἐὰν κρατοῦντες ἐν ἀρχῇ τοὺς πυθμένας ἐν ἐπαφῇ πρὸς τοὺς σωλῆνας διὰ τῶν νημάτων, βυθίσωμεν αὐτοὺς ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ, τότε οἱ πυθμένες συγκρατοῦνται, λόγῳ τῶν κάτωθεν ἐπ' αὐτῶν ἀσκουμένων δυνάμεων καὶ οὕτω δυνάμεθα ν' ἀφήσωμεν ἐλεύθερα τὰ νήματα. Μολονότι δὲ αἱ ἐπιφάνειαι τῶν πυθμένων αὐτῶν εἶναι διαφόρως προσανατολισμέναι, αἱ δυνάμεις αἱ ἀσκούμεναι ἐπ' αὐτῶν ἔχουν τὴν ἰδίαν τιμὴν ἐφ' ὅσον οὗτοι εὑρίσκονται εἰς τὸ αὐτὸ βάθος. Πράγματι, οἱ πυθμένες παρατηροῦμεν ὅτι ἀποσπῶνται ὅταν ἕκαστος κύλινδρος πληροῦται ὕδατος μέχρι τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ εἰς τὸ δοχεῖον.



Σχ. 111. Ἡ πίεσις εἶναι ἀνεξάρτητος τοῦ προσανατολισμοῦ τῆς πιεζομένης ἐπιφανείας.

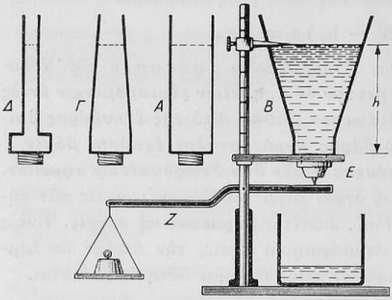
Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου συνάγεται ὅτι ἡ πίεσις εἶναι ἀνεξάρτητος τοῦ προσανατολισμοῦ τῆς ἐπιφανείας ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ καὶ ἴση πρὸς τὸ βάρος ὑγρᾶς στήλης ἐχούσης βάσιν 1 cm² καὶ ὕψος τὴν κατακόρυφον ἀπόστασιν τοῦ κέντρου τῆς ἐπιφανείας ἀπὸ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ.

Ἐξ ἄλλου ἐὰν ἐντὸς ἑνὸς τῶν κυλίνδρων θέσωμεν ὕδωρ, παρατηροῦμεν ὅτι ὁ δίσκος ἀποσπᾶται μόνον ὅταν τὸ ὕδωρ ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου φθάσῃ εἰς τὸ αὐτὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον ὅπου εὑρίσκεται τὸ ἔξωθεν ὕδωρ. Οὕτω συνάγομεν τὴν ἀκόλουθον πρότασιν:

Ἐπὶ μικρᾶς ἐπιπέδου ἐπιφανείας βυθισμένης ἐντὸς ὑγροῦ ἐν ἰσορροπίᾳ, ἐξασκοῦνται ἐπὶ τῶν δύο ὄψεων αὐτῆς δυνάμεις κάθετοι ἐπ' αὐτὴν ἴσαι καὶ ἀντίθετοι.

116. Πιέσεις καὶ δυνάμεις ἀσκούμεναι ἐπὶ τοῦ πυθμένος δοχείου.

Θεωρήσωμεν δοχεῖον περιέχον ὑγρὸν ἐν ἰσορροπίᾳ (σχ. 112) καὶ ἔστω h ἡ κατακόρυφος ἀπόστασις ἀπὸ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ. Ἡ πίεσις τὴν ὁποίαν ὑφίσταται ὁ πυθμὴν εἶναι $p = h \cdot \varepsilon$. Ἐὰν ὁ πυθμὴν ἔχῃ ἐπιφάνειαν S, τότε ἡ δύναμις τὴν ὁποίαν οὗτος θὰ ὑφίσταται εἶναι $\mathbf{F = p \cdot S = h \cdot \varepsilon \cdot S}$, ἤτοι: ***Ἡ δύναμις τὴν ὁποίαν ὑφίσταται πυθμὴν δοχείου λόγῳ τοῦ βάρους τοῦ περιεχομένου ὑγροῦ, ἰσοῦται πρὸς τὸ βάρος ὑγρᾶς στήλης ἐχούσης βάσιν τὸν πυθμένα, καὶ ὕψος τὴν κατακόρυφον ἀπόστασιν αὐτοῦ ἀπὸ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ.*** Ἐκ τούτων προκύπτει, ὅτι ἡ δύναμις τὴν ὁποίαν ὑφίσταται ὁ πυθμὴν εἶναι ἀνεξάρτητος τῆς ποσότητος τοῦ περιεχομένου εἰς τὸ δοχεῖον ὑγροῦ, καὶ ἐξαρτᾶται μόνον ἐκ τῆς ἐκτάσεως τοῦ πυθμένος καὶ ἐκ τῆς κατακορύφου ἀποστάσεως αὐτοῦ ἀπὸ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ἐν ἰσορροπίᾳ ὑγροῦ.



Σχ. 112. Διάταξις διὰ τὴν πειραματικὴν ἀπόδειξιν τῶν πιέσεων, αἵτινες ἐξασκοῦνται ἐπὶ τοῦ πυθμένος.

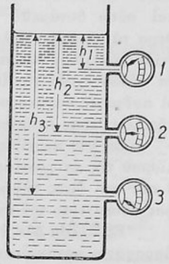
Παράδειγμα. Ἔστω δοχεῖον κυλινδρικόν, διαμέτρου $d = 10$ cm. τὸ ὁποῖον πληροῦται δι' ὕδατος $\varepsilon = 1$ gr*/cm³ μέχρις ὕψους 25 cm. Ἡ πίεσις ἐπὶ τοῦ πυθμένος θὰ εἶναι:

$$p = h \cdot \varepsilon = 25 \cdot 1 = 25 \ \mathrm{gr^*/cm^2}$$

ἡ δὲ συνολικὴ δύναμις F, τὴν ὁποίαν ὑφίσταται ὁ πυθμὴν ἐπιφανείας S, θὰ εἶναι:

$$F = p \cdot S = \frac{p \cdot \pi \cdot d^2}{4} \quad \text{ἤτοι} \quad \mathbf{F} = \frac{25 \cdot 3{,}14 \cdot 10^2}{4} = 1962 \ \mathbf{gr^*}.$$

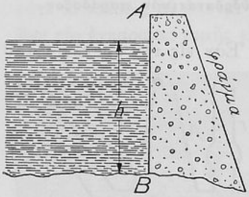
Πειραματικὴ ἀπόδειξις. Ἐπὶ καταλλήλου βάσεως κοχλιοῦται κυλινδρικὸν δοχεῖον ἄνευ πυθμένος. Ὁ πυθμὴν τοῦ δοχείου, ἀποτελούμενος π.χ. ἐκ δίσκου μεταλλικοῦ, εἶναι προσηρμοσμένος ἐπὶ τοῦ ἑνὸς ἄκρου φάλαγγος ζυγοῦ καί, διὰ σταθμῶν τιθεμένων ἐπὶ τοῦ ἀπὸ τῆς ἑτέρας φάλαγγος ἐξηρτημένου δίσκου τοῦ ζυγοῦ, ἐπιτυγχάνομεν ὥστε ὁ πυθμὴν νὰ κλείῃ ὑδατοστεγῶς τὸ δοχεῖον (σχ. 112). Ἐὰν ἀκολούθως προσθέσωμεν ὕδωρ ἐντὸς τοῦ δοχείου, παρατηροῦμεν ὅτι ὁ πυθμὴν ἀποσπᾶται μόνον ὅταν τὸ ὕδωρ ἀνέλθῃ μέχρις ὕψους h, τὸ ὁποῖον σημειοῦμεν διὰ δείκτου. Ἐὰν ἤδη, χωρὶς νὰ μεταβάλωμεν τὰ σταθμά, τοποθετήσωμεν διαδοχικῶς, ἀντὶ τοῦ κυλινδρικοῦ δοχείου, ἄλλα δοχεῖα (Α, Γ, Δ) διαφόρου σχήματος καὶ ἐκτελέσωμεν τὸ αὐτὸ πείραμα, παρατηροῦμεν ὅτι ὁ πυθμὴν ἀποσπᾶται ὅταν τὸ ὕδωρ φθάνῃ πάντοτε εἰς τὸ αὐτὸ ὕψος h.



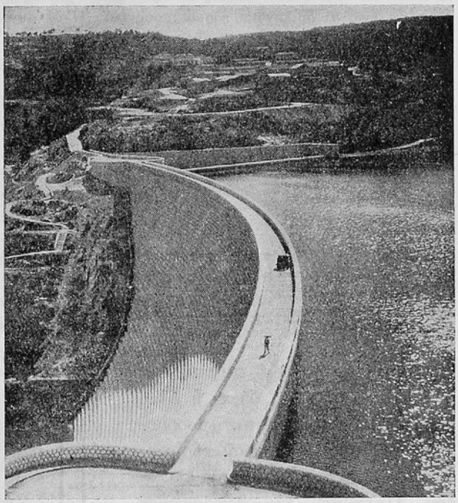
Σχ. 113. Ἡ πλευρικὴ πίεσις εἶναι ἑκάστοτε διάφορος καὶ ἀνάλογος τοῦ ὕψους τῆς ὑγρᾶς στήλης.

117. Πιέσεις πλευρικαί. Ἡ πίεσις εἴς τι τοίχωμα δοχείου ἰσοῦται πρὸς τὸ βάρος ὑγρᾶς στήλης ἐχούσης βάσιν 1 cm² καὶ ὕψος τὴν κατακόρυφον ἀπόστασιν τοῦ θεωρουμένου σημείου τοῦ τοιχώματος ἀπὸ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ. Πειραματικῶς δεικνύεται τοῦτο διὰ τῆς διατάξεως τοῦ σχήματος 113, ὅπου τὸ μανόμετρον (3) δεικνύει μεγαλυτέραν πίεσιν ἀπὸ τὰ μανόμετρα (2) καὶ (1). Ἐφαρμογὴν τῶν ανωτέρω συναντῶμεν εἰς τὰ **ὑδατοφράγματα,** ὡς δεικνύεται εἰς σχῆμα 114, ὅπου AB τὸ ὕψος τοῦ φράγματος καὶ h τὸ ὕψος τοῦ ὕδατος.

Πολλοὶ ἔχουν τὴν ἐσφαλμένην ἀντίληψιν ὅτι τὸ φράγμα διὰ τὴν συγκράτησιν τοῦ ὕδατος λίμνης πρέπει νὰ εἶναι παχύτερον τοῦ φράγματος διὰ τὴν συγκράτησιν ὕδατος ἐντὸς στενῆς τάφρου, νομίζοντες ὅτι ἡ πίεσις ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ ὄγκου τοῦ ἀποκεκλεισμένου ὕδατος. Τοῦτο ὅμως δὲν εἶναι



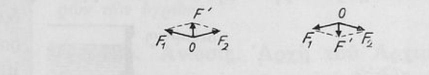
Σχ. 114. Σχηματικὴ διάταξις ὑδατοφράγματος.



Σχ. 115. Τὸ φράγμα τῆς λίμνης τοῦ Μαραθῶνος διὰ τὴν ὕδρευσιν τῶν Ἀθηνῶν.

ἀληθές, διότι ἡ πίεσις εἴς τι σημεῖον τοῦ φράγματος, ἐφ' ὅσον εἰς ἀμφοτέρας τὰς περιπτώσεις τὸ θεωρούμενον σημεῖον εὑρίσκεται εἰς τὸ αὐτὸ βάθος, εἶναι ἡ αὐτή. Εἰς τὸ σχῆμα 115 δεικνύεται τὸ φράγμα τῆς λίμνης τοῦ Μαραθῶνος, διὰ τὴν ὕδρευσιν τῶν Ἀθηνῶν καὶ περιχώρων.

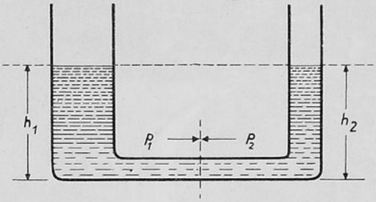
118. Ὑδροστατικὸν παράδοξον. Τὰ τρία δοχεῖα τοῦ σχήματος 116, τὰ ὁποῖα ἔχουν πυθμένα τῆς αὐτῆς ἐκτάσεως καὶ πληροῦνται ὑγροῦ μέχρι τοῦ αὐτοῦ ὕψους, μολονότι ὁ πυθμὴν εἰς ἕκαστον τῶν δοχείων ὑφίσταται, συμφώνως πρὸς τὰ ἀνωτέρω λεχθέντα, τὴν αὐτὴν δύναμιν, ἐν τούτοις τιθέμενα ἐπὶ τοῦ ζυγοῦ δεικνύουν διαφορὰν βάρους, διότι ὁ ζυγὸς δεικνύει πάντοτε τὸ βάρος τοῦ περιεχομένου ὑγροῦ εἰς ἕκαστον τῶν δοχείων.



Σχ. 116. Τὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ ἰσοῦται μὲ τὴν δύναμιν F′ τὴν συνισταμένην τῶν δύο δυνάμεων F_1 καὶ F_2.

Τοῦτο δικαιολογεῖται, διότι ἐπὶ τοῦ ζυγοῦ δὲν ἐπενεργοῦν μόνον αἱ ἐπὶ τοῦ πυθμένος πιέσεις, ἀλλὰ καὶ αἱ πλευρικαί, ἡ δὲ *συνισταμένη ὅλων τῶν πιέσεων, ἰσοῦται πρὸς τὸ βάρος τοῦ περιεχομένου ὑγροῦ.* Πράγματι, εἰς τὸ δοχεῖον (α) δὲν ὑφίστανται κατακόρυφοι συνιστῶσαι, ἐνῷ εἰς τὸ δοχεῖον (β) αἱ πλευρικαὶ πιέσεις παρέχουν κατακορύφους συνιστώσας πρὸς τὰ ἄνω. Αἱ πλευρικαὶ πιέσεις ἐν τῷ δοχείῳ (γ) παρέχουν κατακορύφους συνιστώσας πρὸς τὰ κάτω, ἐνῷ αἱ ὁριζόντιοι ἐξουδετεροῦνται. Ἡ δὲ συνισταμένη ὅλων τῶν ἐνεργῶν πιέσεων ἰσοῦται πρὸς τὸ βάρος τοῦ περιεχομένου ὑγροῦ.

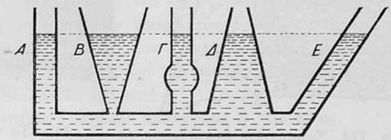
Ὡς ἐκ τοῦ ἀνωτέρω πειράματος δεικνύεται, τὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ καὶ ἡ συνολικὴ πίεσις ἐπὶ ἐπιφανείας, π. χ. τοῦ πυθμένος δοχείου, εἶναι ἔννοιαι ἐντελῶς διάφοροι, διότι ἡ συνολικὴ πίεσις ἢ ἡ δύναμις ἐπὶ τῆς θεωρουμένης ἐπιφανείας παρέχεται ὑπὸ τοῦ τύπου $F = p \cdot S$, ὅπου p ἡ πίεσις καὶ S ἡ ἐπιφάνεια, ἡ δὲ ὡς ἄνω ἔκφρασις προδήλως οὐδεμίαν σχέσιν ἔχει μὲ τὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ. Ἐπειδὴ εἰς τὴν ἐποχὴν τοῦ Pascal αἱ ἀνωτέρω ἔννοιαι δὲν εἶχον πλήρως διευκρινισθῆ, διὰ τοῦτο τὸ πείραμα τοῦ σχήματος 116 ἐκλήθη ***ὑδροστατικὸν παράδοξον***.



Σχ. 117. Συγκοινωνοῦντα δοχεῖα.

119. Ἀρχὴ τῶν συγκοινωνούντων δοχείων.

Ἐὰν εἰς τὴν συσκευὴν τοῦ σχήματος 117 τεθῇ ὕδωρ ἢ ἄλλο ὑγρόν, ὅταν ἀποκατασταθῇ ἰσορροπία, ἡ στάθμη τοῦ ὑγροῦ εὑρίσκεται εἰς τὸ αὐτὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον. Πράγματι, ἐὰν θεωρήσωμεν ἐγκαρσίαν τομὴν εἰς τὸν κοινὸν ὀχετὸν καὶ καλέσωμεν διὰ h_1 καὶ h_2 τὴν ἀπόστασιν ἀπὸ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ, αἱ ἑκατέρωθεν πιέσεις ἐπὶ τῆς τομῆς θὰ εἶναι ἀντιστοίχως: $p_1 = h_1 \cdot \varepsilon$ καὶ $p_2 = h_2 \cdot \varepsilon$ (ε = εἰδ. βάρος ὑγροῦ). Ἐπειδὴ ὅμως τὸ ὑγρὸν εὑρίσκεται ἐν ἰσορροπίᾳ, θὰ εἶναι $h_1 \varepsilon = h_2 \varepsilon$, ἤτοι: $h_1 = h_2$.



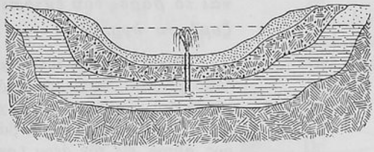
Σχ. 118. Εἰς τὰ τρία δοχεῖα, μολονότι εἶναι διαφόρου σχήματος, ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ εὑρίσκεται εἰς τὸ αὐτὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον.

Τὸ ἀνωτέρω φαινόμενον καλεῖται ***ἀρχὴ τῶν συγκοινωνούντων δοχείων***, δεικνύεται δὲ πρὸς τούτοις καὶ διὰ τοῦ σχήματος 118 καὶ εὑρίσκει μεγάλας ἐφαρμογὰς ἐν τῇ πράξει, ὡς εἰς τὴν διανομὴν τοῦ ὕδατος, εἰς τοὺς πίδακας (σχ. 119), εἰς τοὺς ὑδροδείκτας καὶ τὰ ἀρτεσιανὰ φρέατα (σχ. 120) κ.τ.λ.

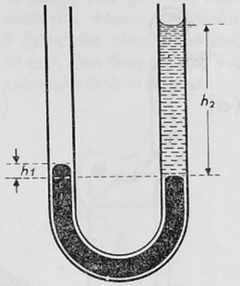
Σχ. 119. Διοχέτευσις ὕδατος εἰς κατοικίαν, ἐκ δεξαμενῆς ἐγκατεστημένης εἰς ὑψηλοτέραν περιοχήν. Τὸ ὕψος τοῦ πίδακος λόγῳ τριβῆς δὲν φθάνει εἰς τὸ ὕψος τοῦ ὕδατος τῆς δεξαμενῆς.

Ἐὰν εἰς τὴν διάταξιν τοῦ σχήματος 121 θέσωμεν ὑδράργυρον καὶ ἀκολούθως εἰς τὸ ἓν σκέλος προσθέσωμεν ὕδωρ, παρατηροῦμεν ὅτι αἱ στάθμαι τοῦ ὑγροῦ εὑρίσκονται εἰς διάφορα ἐπίπεδα.

Ἐὰν πάλιν φαντασθῶμεν ἐγκαρσίαν τομὴν εἰς τὸν κοινὸν ὀχετὸν καὶ φέρωμεν τὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον ἀπὸ τῆς ὁρικῆς ἐπιφανείας τῶν δύο ὑγρῶν εἰς τὸ ἓν σκέλος τοῦ σωλῆνος,



Σχ. 120. Τὸ ὑδατοφόρον στρῶμα περικλείεται μεταξὺ δύο ἀδιαβρόχων στρωμάτων.



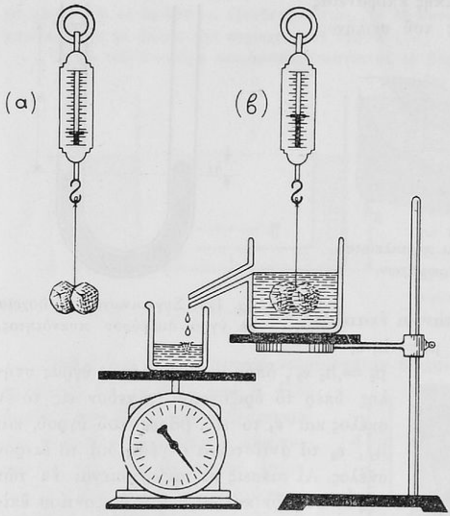
Σχ. 121. Συγκοινωνοῦντα δοχεῖα μὲ ὑγρὰ διαφόρου πυκνότητος.

τότε αἱ πιέσεις αἱ ὁποῖαι ὑφίστανται ἑκατέρωθεν τῆς ἐγκαρσίας τομῆς εἶναι : $p_1 = h_1 \varepsilon_1$ καὶ $p_2 = h_2 \varepsilon_2$, ὅπου h_1 τὸ ὕψος τῆς ὑγρᾶς στήλης ὑπὲρ τὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον εἰς τὸ ἓν σκέλος καὶ ε_1 τὸ εἰδ. βάρος τοῦ ὑγροῦ, καὶ h_2, ε_2 τὰ ἀντίστοιχα μεγέθη διὰ τὸ ἕτερον σκέλος. Αἱ πιέσεις αἱ προερχόμεναι ἐκ τῶν ὑγρῶν στηλῶν κάτωθεν τοῦ ὁριζοντίου ἐπιπέδου δὲν λαμβάνονται ὑπ᾽ ὄψιν, διότι ἐξουδετεροῦνται. Δεδομένου ὅτι τὸ ὑγρὸν εὑρίσκεται ἐν ἰσορροπίᾳ, εἶναι : $h_1 \varepsilon_1 = h_2 \varepsilon_2$ καὶ $h_1 : h_2 = \varepsilon_2 : \varepsilon_1$, ἤτοι : *τὰ ὕψη τῶν στηλῶν εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογα τῶν εἰδικῶν βαρῶν τῶν ὑγρῶν.*

Ἀρχιμήδης (287-212 π.Χ.). Μαθητὴς τοῦ Εὐκλείδου. Ἔκαμε διαφόρους ἀνακαλύψεις εἰς τὴν Γεωμετρίαν, Μηχανικὴν καὶ Φυσικὴν καὶ πρῶτος διετύπωσε τὴν ὑδροστατικὴν ἀρχὴν ἡ ὁποία φέρει τὸ ὄνομά του. Ἡ εἰκὼν παριστᾷ τὸν Ἀρχιμήδην ἀποδιώκοντα μὲ τὴν φράσιν «μή μου τοὺς κύκλους τάραττε» τοὺς στρατιώτας οἱ ὁποῖοι ἤθελον νὰ τὸν συλλάβουν κατὰ τὴν ἅλωσιν τῶν Συρακουσῶν.

120. Ἄνωσις. Ἀρχὴ τοῦ Ἀρχιμήδους. Ὅταν ὑλικὸν σῶμα εὑρίσκεται ἐμβαπτισμένον ἐντὸς ὑγροῦ ἐν ἰσορροπίᾳ, ὑφίσταται ἐκ μέρους τοῦ ὑγροῦ δυνάμεις (πιέσεις) κατὰ πάσας τὰς διευθύνσεις, αἱ ὁποῖαι εἶναι κάθετοι ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας εἰς κάθε σημεῖον τοῦ σώματος. Αἱ δυνάμεις αὗται ἀνάγονται ἐν γένει εἰς μίαν συνισταμένην, ἡ ὁποία καλεῖται ***ἄνωσις,*** διευθυνομένην ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω, καὶ τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς αὐτῆς καλεῖται ***κέντρον ἀνώσεως,*** τὸ ὁποῖον συμπίπτει πρὸς τὸ κέντρον βάρους τοῦ ἐκτοπιζομένου ὑπὸ τοῦ σώματος ὑγροῦ.

Ὁ Ἀρχιμήδης διετύπωσε τὴν ἀκόλουθον ἀρχήν: ***Πᾶν σῶμα ἐμβαπτιζόμενον ἐντὸς ὑγροῦ ἐν ἰσορροπίᾳ, χάνει ἐκ τοῦ βάρους τι υ τόσον, ὅσον εἶναι τὸ βάρος τοῦ ἐκτοπιζομένου ὑγροῦ.***

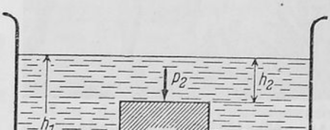


Σχ. 122. (α) Ζύγισις τοῦ λίθου εἰς τὸν ἀέρα. (β) Ἡ ἀπώλεια βάρους τοῦ λίθου ἰσοῦται πρὸς τὸ βάρος τοῦ ἐκτοπισθέντος ὑγροῦ.

Πειραματικὴ ἀπόδειξις. Ἀπὸ ζυγοῦ δι' ἐλατηρίου ἐξαρτῶμεν διὰ νήματος σῶμα, π.χ. λίθον, καὶ εὑρίσκομεν τὸ βάρος αὐτοῦ εἰς τὸν ἀέρα (σχ. 122, α). Ἀκολούθως ἐπὶ βάσεως (σχ. 122, β) τοποθετοῦμεν δοχεῖον φέρον πλαγίως σωλῆνα ἐκροῆς καὶ ἐπὶ τοῦ δίσκου ἑτέρου δυναμομετρικοῦ ζυγοῦ τοποθετοῦμεν ἕτερον δοχεῖον. Ἐντὸς τοῦ πρώτου δοχείου τοποθετοῦμεν ὕδωρ μέχρις ὅτου ἡ στάθμη αὐτοῦ φθάσῃ τὸ ὕψος τοῦ σωλῆνος ἐκροῆς καὶ βυθίζομεν τὸ σῶμα ἐντὸς τοῦ ὕδατος.

Ὁ ζυγὸς μὲ ἐλατήριον δεικνύει ὅτι τὸ σῶμα ἔχασε ἐκ τοῦ βάρους του. Ἐπειδὴ ὅμως τὸ ἐκτοπιζόμενον ὕδωρ ἐκρέει διὰ τοῦ σωλῆνος ἐκροῆς πρὸς τὸ κάτωθι αὐτοῦ δοχεῖον, τὸ εὑρισκόμενον ἐπὶ τοῦ δυναμομετρικοῦ ζυγοῦ, δυνάμεθα νὰ καθορίσωμεν τὸ βάρος του, τὸ ὁποῖον εὑρίσκομεν ἴσον πρὸς τὸ βάρος τὸ ὁποῖον ἔχασε τὸ σῶμα.

121. Ὑπολογισμὸς τῆς ἀνώσεως. Δυνάμεθα πρὸς τούτοις νὰ δείξωμεν δι' ὑπολογισμοῦ τὴν ἀρχὴν τοῦ Ἀρχιμήδους. Πράγματι ἡ ἄνωσις τοῦ κυλίνδρου Κ (σχ. 123) εἶναι ἴση πρὸς $S(p_1 - p_2) = S \cdot \varepsilon (h_1 - h_2)$ ὅπου ε τὸ εἰδικὸν βάρος τοῦ ὑγροῦ καὶ S ἡ ἐπιφάνεια τῆς ἐγκαρσίας τομῆς τοῦ κυλίνδρου.

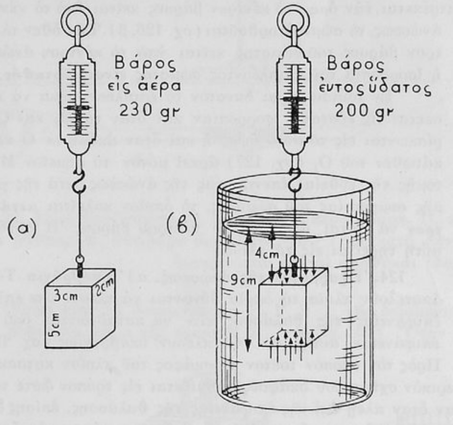


Σχ. 123. Διὰ τὸν ὑπολογισμὸν τῆς ἀνώσεως.

Ἐφαρμογή. Οὕτως ἐὰν ὑποτεθῇ ὅτι τὸ ὑγρὸν εἶναι ὕδωρ ($\varepsilon = 1$ gr*/cm³) καὶ ὁ κύλινδρος ἔχει ἐγκαρσίαν τομὴν 6 cm² (2 · 3), ἡ δὲ ἄνω ἐπιφάνεια αὐτοῦ εὑρίσκεται εἰς βάθος 4 cm καὶ ἡ κάτω ἐπιφάνεια εἰς βάθος 9 cm, θὰ ἔχωμεν:

$$\text{Ἄνωσις} = \varepsilon V = 6 \cdot (9 - 4) = 30 \text{ gr}^*.$$

Ὡς ὅμως εὐκόλως δεικνύεται, ἐὰν ἐξαρτήσωμεν τὸν κύλινδρον ἀπὸ ζυγοῦ δι' ἐλατηρίου (σχ. 124), οὗτος εἰς τὸν ἀέρα δεικνύει ὅτι ὁ κύλινδρος ἔχει βάρος π.χ. 230 gr*. Ἐὰν ἐμβαπτισθῇ ὁ κύλινδρος ἐντὸς τοῦ ὕδατος, τὸ δυναμόμετρον δεικνύει βάρος 200 gr* καὶ ἑπομένως τὸ βάρος τὸ ὁποῖον ἔχασεν ὁ κύλινδρος εἶναι ἴσον πρὸς τὸ βάρος (εἰς gr*) τοῦ ἐκτοπισθέντος ὕδατος τοῦ ὁποίου ὁ ὄγκος θὰ εἶναι προδήλως 30 cm^3, ἤτοι ὅσος ὁ ὄγκος τοῦ κυλίνδρου $6 \cdot 5 = 30$ cm^3.



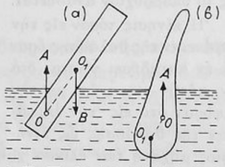
Σχ. 124. Ἡ ἀπώλεια βάρους ὀφείλεται εἰς τὴν διαφορὰν πιέσεων ἐπὶ τῆς ἄνω καὶ κάτω βάσεως τοῦ σώματος.

Σχ. 125. Κολυμβητὴς τοῦ Καρτεσίου.

122. Διάφοροι περιπτώσεις ἀνώσεως. Προκειμένου περὶ τῆς ἀνώσεως, διακρίνομεν τρεῖς περιπτώσεις: Οὕτως ἐὰν καλέσωμεν Β τὸ βάρος τοῦ σώματος καὶ Α τὴν ἄνωσιν, θὰ ἔχωμεν: 1) $B > A$. Τὸ σῶμα βυθίζεται. 2) $B = A$. Τὸ σῶμα ἰσορροπεῖ ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ. 3) $B < A$. Τὸ σῶμα βυθιζόμενον ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ καὶ ἀφιέμενον ἐλεύθερον ἐπανέρχεται καὶ ἐπιπλέει ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας, βυθιζόμενον μόνον ἐν μέρει, εἰς τρόπον ὥστε τὸ βάρος τοῦ ἐκτοπιζομένου ὑγροῦ νὰ ἰσοῦται πρὸς τὸ βάρος τοῦ σώματος.

Τὰς τρεῖς ταύτας περιπτώσεις δεικνύομεν διὰ τοῦ κλασικοῦ πειράματος τοῦ ***Κολυμβητοῦ τοῦ Καρτεσίου*** (σχ. 125). Διὰ ρυθμίσεως τῆς πιέσεως τὴν ὁποίαν ἐπιφέρομεν διὰ τῆς χειρός μας ἐπὶ τῆς μεμβράνης, ἀφήνομεν νὰ εἰσέρχεται μεγάλη ἢ μικρὰ ποσότης ὕδατος ἐντὸς τοῦ πλωτῆρος Ο, καὶ μεταβάλλομεν οὕτω τὸ βάρος αὐτοῦ, τῆς ἀνώσεως παραμενούσης ἀμεταβλήτου.

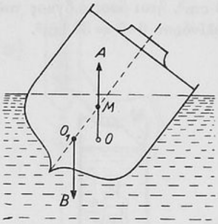
Ἐπίσης ᾠὸν βυθίζεται εἰς ὕδωρ καθαρόν, ἐνῷ ἰσορροπεῖ ἐντὸς καταλλήλου διαλύματος μαγειρικοῦ ἅλατος καὶ ἐπιπλέει ἐντὸς κεκορεσμένου διαλύματος μαγειρικοῦ ἅλατος. Διὰ τὸ πείραμα τοῦτο ἀπαιτεῖται ἡ χρησιμοποίησις νωποῦ ᾠοῦ, διότι ᾠὸν παλαιόν, τοῦ ὁποίου ὁ θύλακος τοῦ ἀέρος ἔχει μεγεθυνθῆ, δύναται νὰ ἐπιπλέῃ εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ καθαροῦ ὕδατος.



Σχ. 126. Ἀσταθὴς καὶ εὐσταθὴς κατάστασις ἰσορροπίας ἐπιπλέοντος σώματος.

123. Ἰσορροπία ἐπιπλεόντων σωμάτων. Ὡς εἴδομεν, ἐπὶ ἐπιπλέοντος σώματος ἐπενεργοῦν δύο δυνάμεις, ἀφ' ἑνὸς μὲν τὸ βάρος αὐτοῦ Β, τὸ ὁποῖον ἐφαρμόζεται εἰς τὸ κέντρον βάρους O_1, ἀφ' ἑτέρου δὲ ἡ ἄνωσις Α ἡ ὁποία ἐφαρμόζεται εἰς τὸ κέντρον ἀνώσεως Ο τὸ ὁποῖον συμπίπτει πρὸς τὸ κέντρον βάρους τοῦ ἐκτοπιζομένου ὑγροῦ. Αἱ δύο αὗται δυνάμεις εἶναι ἴσαι καὶ παράλληλοι, ἐκ τῶν ὁποίων ἡ ἄνωσις διευθύνεται πρὸς τὰ ἄνω καὶ τὸ βάρος πρὸς τὰ κάτω (σχ. 126) καὶ ἀποτελοῦν ζεῦγος δυνάμεων τὸ ὁποῖον ἐπιδιώκει τὴν περιστροφὴν τοῦ σώματος.

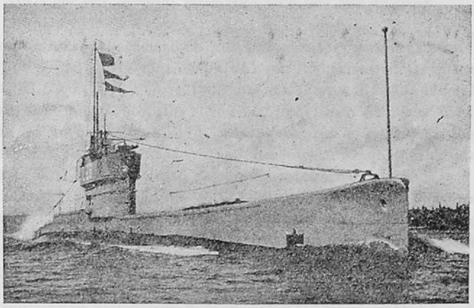
Ἐὰν τὸ κέντρον βάρους O_1 κεῖται ὑπεράνω τοῦ κέντρου ἀνώσεως O (σχ. 126, α) τότε τὸ σῶμα ἐκτοπιζόμενον ὀλίγον, ἀνατρέπεται, ἐὰν ὅμως τὸ κέντρον βάρους κεῖται ὑπὸ τὸ κέντρον ἀνώσεως, τὸ σῶμα ἀνορθοῦται (σχ. 126, β). Ἐὰν ὅθεν τὸ κέντρον βάρους τοῦ σώματος κεῖται ὑπὸ τὸ κέντρον ἀνώσεως ἡ ἰσορροπία τοῦ ἐπιπλέοντος σώματος εἶναι ***εὐσταθής***.



Σχ. 127. Ὅταν τὸ μετάκεντρον κεῖται ἄνωθεν τοῦ κέντρου βάρους τὸ πλοῖον ἔχει εὐσταθῆ ἰσορροπίαν.

Ἐν τούτοις εἶναι δυνατὸν τὸ ἐπιπλέον σῶμα νὰ εὑρίσκεται εἰς εὐσταθῆ ἰσορροπίαν καὶ ὅταν τὰ O_1 καὶ O εὑρίσκωνται εἰς τὸ αὐτὸ ὕψος ἢ καὶ ὅταν ἀκόμη τὸ O κεῖται κάτωθεν τοῦ O_1 (σχ. 127) ἀρκεῖ μόνον τὸ σημεῖον M τῆς τομῆς τῆς εὐθείας ἐπενεργείας τῆς ἀνώσεως μετὰ τῆς γραμμῆς συμμετρίας τοῦ σώματος, τὸ ὁποῖον καλεῖται ***μετάκεντρον*** νὰ κεῖται ἄνωθεν τοῦ κέντρου βάρους. Ἡ συνθήκη αὕτη τηρεῖται εἰς τὰ πλοῖα.

124. Ἐφαρμογαὶ τῆς ἀνώσεως. α) ***Ὑποβρύχια.*** Ταῦτα ἀποτελοῦν πλοῖα τὰ ὁποῖα δύνανται νὰ πλέουν εἴτε ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς θαλάσσης εἴτε νὰ καταδύωνται ὑπὸ τὴν ἐπιφάνειαν αὐτῆς καὶ νὰ πλέουν ὑποβρυχίως (σχ. 128). Πρὸς τὸν σκοπὸν τοῦτον τὸ σκάφος τοῦ πλοίου κατασκευάζεται διπλοῦν. Καὶ τὸ μὲν ἐξωτερικὸν σχῆμα τοῦ σκάφους ρυθμίζεται εἰς τρόπον ὥστε τοῦτο νὰ παρουσιάζῃ καλὴν εὐστάθειαν ὅταν πλέῃ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς θαλάσσης, ἐπίσης δὲ τὸ ἐξωτερικὸν σκάφος κατασκευάζεται ἰσχυρότερον, ὥστε νὰ ἀντέχῃ εἰς τὴν πίεσιν τὴν ὁποίαν ὑποφέρει ἐν καταδύσει. Τὸ διάστημα μεταξὺ τῶν δύο σκαφῶν χωρίζεται εἰς διαμερίσματα, εἴς τινα τῶν ὁποίων εἰσάγεται ὕδωρ θαλάσσιον πρὸς κατάδυσιν τοῦ ὑποβρυχίου (σχ. 129). Ὅταν τὸ ὑποβρύχιον πρόκειται νὰ ἀναδυθῇ, τότε τῇ βοηθείᾳ πεπιεσμένου ἀέρος ἐκδιώκεται τὸ ὕδωρ ἀπὸ τῶν ἐν λόγῳ διαμερισμάτων καὶ τοιουτοτρόπως τὸ ὑποβρύχιον ἀναδύεται.

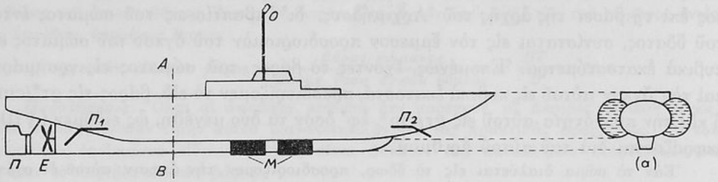


Σχ. 128. Ὑποβρύχιον πλέον εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς θαλάσσης.

Ἡ κίνησις τόσον εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς θαλάσσης ὅσον καὶ ἐν καταδύσει γίνεται διὰ τῶν αὐτῶν μηχανῶν, μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς θαλάσσης ὡς κινητήριος μηχανὴ τῶν ἑλίκων χρησιμεύουν κινητῆρες ἐσωτερικῆς καύσεως, ἐνῷ ἐν καταδύσει χρησιμοποιοῦνται ἠλεκτροκινητῆρες κινούμενοι διὰ τοῦ ρεύματος συστοιχίας ἠλεκτρικῶν συσσωρευτῶν οἱ ὁποῖοι γεμίζουν καθ' ὃν χρόνον τὸ ὑποβρύχιον πλέει εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς θαλάσσης.

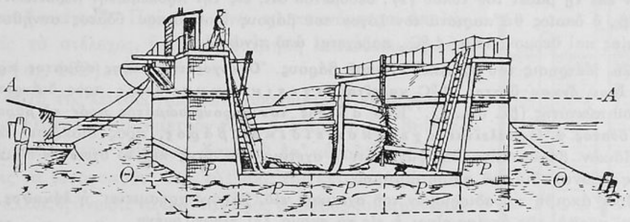
Κατὰ τὴν διάρκειαν ἐν γένει τῆς ἀναδύσεως καὶ καταδύσεως, ἐφ' ὅσον τὸ ὑποβρύχιον εὑρίσκεται ἐν κινήσει, ἡ ἐργασία διευκολύνεται διὰ τῶν πηδαλίων βάθους διὰ τῶν ὁποίων τηρεῖται τὸ ὑποβρύχιον εἰς ὡρισμένον βάθος.

β) ***Πλωταὶ δεξαμεναί.*** Οὕτω καλοῦνται εἰδικὰ σκάφη τὰ ὁποῖα χρησιμεύουν κυρίως διὰ τὴν ἐπισκευὴν μεγάλων ἢ μικρῶν πλοίων. Ταῦτα ἀνερχόμενα ἐπὶ τῆς πλωτῆς δεξαμενῆς ὑφίστανται τὴν ἐπισκευὴν καὶ ἀκολούθως ρίπτονται πάλιν εἰς τὴν θάλασσαν.



Σχ. 129. Τομὴ ὑποβρυχίου. Ο, παριστᾶ τὸ περισκόπιον. Π, πηδάλιον. Ε, ἕλιξ. Π_1, Π_2, πηδάλια βάθους. Μ, ἀντίβαρα ἀσφαλείας. (α) Τομὴ κατὰ τὴν Α Β τοῦ ὑποβρυχίου, ὅπου διακρίνονται καὶ αἱ ἀποθῆκαι ὕδατος.

Οὕτως ὅταν τὰ διαμερίσματα Ρ, Ρ, Ρ ... τῆς δεξαμενῆς εἶναι πλήρη ὕδατος, ἡ δεξαμενὴ βυθίζεται μέχρι τῆς γραμμῆς Α . . . Α (σχ. 130). Ὅταν τὸ πλοῖον εἰσχωρήσῃ ἐντὸς τῆς



Σχ. 130. Πλωτὴ δεξαμενή. Τὸ σκάφος εὑρίσκεται ἤδη ὑπεράνω τῆς ἐπιφανείας τῆς θαλάσσης.

δεξαμενῆς, ἐκκενώνουν τὸ ὕδωρ ἀπὸ τῶν διαμερισμάτων δι' ἀντλιῶν, μέχρις ὅτου ἡ δεξαμενὴ ἀνέλθῃ εἰς τὴν γραμμὴν Θ...Θ ὁπότε τὸ πλοῖον εὑρίσκεται καθ' ὁλοκληρίαν ἔξω τῆς θαλάσσης. Εἰς τὴν θέσιν ταύτην ἡ δεξαμενὴ ἐκτοπίζει τόσον ὕδωρ, ὥστε τὸ βάρος αὐτοῦ νὰ ἰσοῦται πρὸς τὸ βάρος: δεξαμενὴ + πλοῖον.

125. Ἐφαρμογὴ τῆς ἀνώσεως εἰς τὸν προσδιορισμὸν τῆς πυκνότητος καὶ τοῦ εἰδικοῦ βάρους. Ἀπὸ τῆς μιᾶς φάλαγγος ζυγοῦ ἐξαρτῶμεν διὰ νήματος στερεὸν σῶμα καὶ ἰσορροποῦμεν τὸ βάρος αὐτοῦ εἰς τὸν ἀέρα δι' ἀντιβάρου. Ἐὰν ἤδη ἐμβαπτίσωμεν τὸ σῶμα ἐντὸς ὕδατος, τὸ σῶμα ὑφίσταται ἄνωσιν, καὶ ὡς ἐκ τούτου ἡ ἰσορροπία τοῦ ζυγοῦ καταστρέφεται, ἵνα δὲ ἐπαναφέρωμεν αὐτὴν προσθέτομεν σταθμά. Εἶναι φανερὸν ὅτι τὸ βάρος τῶν σταθμῶν τούτων παριστᾶ τὴν ἄνωσιν. Ἐὰν τὸ ὕδωρ, ἐντὸς τοῦ ὁποίου ἐμβαπτίζεται τὸ σῶμα, ἔχῃ θερμοκρασίαν 4 °C, τὸ δὲ βάρος τῶν σταθμῶν ἐκφράζεται εἰς gr*, τότε, ἐπειδὴ προκειμένου περὶ τοῦ ὕδατος τὸ βάρος αὐτοῦ εἰς gr* καὶ ὁ ὄγκος αὐτοῦ εἰς cm^3 ἐκφράζονται διὰ τοῦ αὐτοῦ ἀριθμοῦ, ἕπεται ὅτι ὁ ἀριθμὸς ὁ ἐκφράζων τὸ βάρος εἰς gr*, τῶν σταθμῶν τῶν ἰσορροπούντων τὴν ἄνωσιν, ἐκφράζει καὶ τὸ βάρος εἰς gr* ὄγκου ὕδατος ἴσου πρὸς τὸν τοῦ σώματος, καὶ ἑπομένως τὸν ὄγκον τοῦ σώματος εἰς cm^3.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει ὅτι ὁ προσδιορισμὸς τοῦ εἰδικοῦ βάρους σώματος ἐπὶ τῇ βάσει τῆς ἀρχῆς τοῦ Ἀρχιμήδους, δι' ἐμβαπτίσεως τοῦ σώματος ἐντὸς τοῦ ὕδατος, συνίσταται εἰς τὸν ἔμμεσον προσδιορισμὸν τοῦ ὄγκου τοῦ σώματος εἰς κυβικὰ ἑκατοστόμετρα. Ἑπομένως, ἔχοντες τὸ βάρος τοῦ σώματος εἰς γραμμάρια καὶ τὸν ὄγκον αὐτοῦ εἰς κυβικὰ ἑκατοστά, προσδιορίζομεν τὸ εἰδ. βάρος εἰς gr^*/cm^3, ἢ καὶ τὴν πυκνότητα αὐτοῦ εἰς gr/cm^3, ἐφ' ὅσον τὰ δύο μεγέθη, ὡς εἴδομεν (§ 10), ἐκφράζονται διὰ τοῦ αὐτοῦ ἀριθμοῦ.

Ἐὰν τὸ σῶμα διαλύεται εἰς τὸ ὕδωρ, προσδιορίζομεν τὴν ἄνωσιν αὐτοῦ ἐν σχέσει πρὸς ἄλλο ὑγρὸν γνωστοῦ εἰδικοῦ βάρους, π. χ. ἔλαιον, ἐν τῷ ὁποίῳ τὸ σῶμα δὲν διαλύεται, ὅτε θὰ ἔχωμεν :

$$\frac{B}{\beta} = \frac{B}{\beta'} \cdot \frac{\beta'}{\beta} \qquad (1)$$

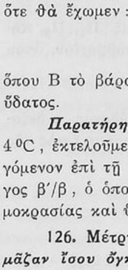
ὅπου B τὸ βάρος τοῦ σώματος, β' τὸ βάρος ἴσου ὄγκου ἐλαίου καὶ β τὸ βάρος ἴσου ὄγκου ὕδατος.

Παρατήρησις. Ἐπειδὴ εἶναι πολὺ δύσκολον νὰ διατηρῶμεν ὕδωρ εἰς θερμοκρασίαν 4 °C, ἐκτελοῦμεν τὴν μέτρησιν μὲ ὕδωρ συνήθους θερμοκρασίας καὶ διορθώνομεν τὸ ἐξαγόμενον ἐπὶ τῇ βάσει τοῦ τύπου (1), δεδομένου ὅτι, εἰς τὴν προκειμένην περίπτωσιν, ὁ λόγος β'/β, ὁ ὁποῖος θὰ παριστᾷ τὸν λόγον τοῦ βάρους ἴσου ὄγκου ὕδατος συνήθους θερμοκρασίας καὶ θερμοκρασίας 4 °C, παρέχεται ἀπὸ πίνακας.

126. Μέτρησις τοῦ σχετικοῦ εἰδικοῦ βάρους. ***Ὁ λόγος τῆς μάζης σώματος πρὸς τὴν μᾶζαν ἴσου ὄγκου ὕδατος 4 °C καλεῖται σχετικὴ πυκνότης*** πρὸς διάκρισιν ἀπὸ τοῦ ὅρου πυκνότης (βλ. σελ. 9). Ἐνῷ ***ὁ λόγος τοῦ βάρους σώματος πρὸς τὸ βάρος ἴσου ὄγκου ὕδατος 4 °C καλεῖται σχετικὸν εἰδικὸν βάρος,*** πρὸς διάκρισιν ἀπὸ τοῦ ὅρου εἰδικὸν βάρος. Εἶναι προφανὲς ὅτι ἡ σχετικὴ πυκνότης καὶ τὸ σχετικὸν εἰδικὸν βάρος ἐκφράζονται διὰ τοῦ αὐτοῦ ἀριθμοῦ.

Πρὸς ἀκριβῆ προσδιορισμὸν τοῦ σχετικοῦ εἰδ. βάρους χρησιμεύει ἡ ***λήκυθος***, συνηθεστέρα μορφὴ τῆς ὁποίας εἶναι ἡ εἰς τὸ σχῆμα 131 εἰκονιζομένη.

α) ***Ὑγρά.*** Ζυγίζομεν τὴν λήκυθον κενήν, ἀκολούθως πλήρη ὑγροῦ, καὶ τέλος πλήρη ὕδατος. Ἐὰν ἀφαιρέσωμεν τὸ βάρος τῆς φιάλης, θὰ ἔχωμεν τὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ καὶ τοῦ ὕδατος :



Σχ. 131. Ἡ λήκυθος πληροῦται πάντοτε μέχρι τῆς χαραγῆς τοῦ πώματος.

$$\textit{σχετικὸν εἰδικὸν βάρος} = \frac{\textit{βάρος τοῦ ὑγροῦ}}{\textit{βάρος ἴσου ὄγκου ὕδατος}}$$

Διὰ τοῦ αὐτοῦ ἀριθμοῦ ἐκφράζεται καὶ ἡ σχετικὴ πυκνότης.

Παράδειγμα. Ἡ λήκυθος κενὴ καὶ τελείως ξηρὰ ἔχει βάρος 400 gr^*, πλήρης ὕδατος ἔχει βάρος 900 gr^* καὶ πλήρης βενζίνης ἔχει βάρος 775 gr^*.

Βάρος βενζίνης $775 - 400 = 375\ gr^*$
Βάρος ὕδατος $900 - 400 = 500\ gr^*$

$$\text{σχετικὸν εἰδικὸν βάρος βενζίνης} = \frac{375}{500} = 0{,}75\,.$$

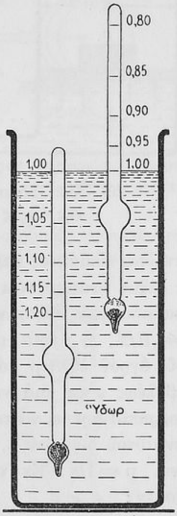
β) ***Στερεά.*** Εἰς τὸν ἕνα τῶν δίσκων ζυγοῦ τίθεται τὸ σῶμα, παραπλεύρως αὐτοῦ ἡ λήκυθος πλήρης ὕδατος, τὸν δὲ ζυγὸν ἰσορροποῦμεν μὲ ἀντίβαρον τιθέμενον εἰς τὸν ἕτερον τῶν δίσκων αὐτοῦ. Ἀπομακρύνομεν τὸ σῶμα, καὶ εἰς τὴν θέσιν αὐτοῦ τοποθετοῦμεν σταθμὰ διὰ νὰ ἰσορροπήσῃ ὁ ζυγός, τὰ ὁποῖα παρέχουν τὸ βάρος τοῦ σώματος εἰς τὸν ἀέρα, τὸ ὁποῖον ἔστω ὅτι εἶναι 57 gr*. Ἀκολούθως βυθίζομεν τὸ σῶμα ἐντὸς τῆς ληκύθου καὶ πληροῦμεν αὐτὴν μέχρι τοῦ αὐτοῦ σημείου δι' ὕδατος, ὅτε τὸ βάρος τὸ ὁποῖον πρέπει νὰ προσθέσωμεν διὰ τὴν ἀποκατάστασιν τῆς ἰσορροπίας εἶναι 5 gr*, καὶ τὸ βάρος τοῦτο ἐκφράζει τὸ βάρος τοῦ ἐκτοπισθέντος ὕδατος, τὸ ὁποῖον ἔχει ὄγκον ἴσον πρὸς τὸν τοῦ σώματος ἐντὸς τῆς ληκύθου, ἑπομένως ἔχομεν:

$$\textit{σχετικὸν εἰδικὸν βάρος} = \frac{\textit{βάρος σώματος}}{\textit{βάρος ἴσου ὄγκου ὕδατος}} = \frac{57}{5} = 11{,}4.$$

Παρατήρησις. Ὅλαι αἱ ἀνωτέρω μέθοδοι δὲν παρέχουν τὸ ἀκριβὲς εἰδικὸν βάρος, ἀλλὰ προσεγγίζουσαν τιμὴν αὐτοῦ ἱκανοποιητικὴν διὰ τὰς πρακτικὰς ἐφαρμογάς. Ἐκ τοῦ οὕτως ὅμως ὁριζομένου εἰδικοῦ βάρους εἶναι δυνατὸν διὰ καταλλήλων διορθώσεων νὰ εὕρωμεν τὸ ἀκριβὲς εἰδικὸν βάρος.

127. Πυκνόμετρα. Τὰ ***πυκνόμετρα***, τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται πολλάκις καὶ ***ἀραιόμετρα***, εἶναι ὄργανα λίαν διαδεδομένα, διότι ἐπιτρέπουν τὸν ταχὺν καὶ σχετικῶς ἀκριβῆ προσδιορισμὸν τῆς πυκνότητος τῶν ὑγρῶν.

Τὰ πυκνόμετρα ἐν γένει ἀποτελοῦν πλωτῆρας, οἱ ὁποῖοι συνίστανται ἐκ κοίλου ὑαλίνου κυλινδρικοῦ σώματος, τὸ ὁποῖον εἰς τὸ κάτω μέρος ἀπολήγει εἰς διόγκωσιν ἑρματισμένην καταλλήλως, συνήθως δι' ὑδραργύρου ἢ χόνδρων μολύβδου (σκάγια). Πρὸς τὰ ἄνω τὰ πυκνόμετρα ἀπολήγουν εἰς τὸ στέλεχος, ἤτοι εἰς ἐπιμήκη λεπτοδιαμετρικὸν σωλῆνα (σχ. 132).



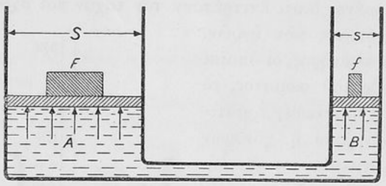
Σχ. 132. Πυκνόμετρα ἐντὸς κυλίνδρου.

Ἡ ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τῶν πυκνομέτρων εἶναι ἡ ἀκόλουθος: Ὅταν τὸ πυκνόμετρον τίθεται ἐντὸς ὑγροῦ, βυθίζεται μέχρι τοιούτου σημείου, ὥστε αἱ ἐπ' αὐτοῦ ἐνεργοῦσαι δυνάμεις νὰ ἰσορροποῦν, δηλ. τὸ βάρος τοῦ ἐκτοπιζομένου ὑγροῦ, ἢ ἄλλως ἡ ἄνωσις νὰ ἰσοῦται πρὸς τὸ βάρος τοῦ πυκνομέτρου. Ἑπομένως, ὅσον μικροτέραν πυκνότητα ἔχει τὸ ὑγρόν, τόσον περισσότερον θὰ βυθίζεται τὸ πυκνόμετρον ἢ ὅσον μεγαλυτέραν πυκνότητα ἔχει τὸ ὑγρόν, τόσον ὀλιγώτερον θὰ βυθίζεται τὸ πυκνόμετρον. Διὰ νὰ χρησιμοποιηθῇ τὸ πυκνόμετρον, πρέπει προηγουμένως νὰ βαθμολογηθῇ, γίνεται δὲ τοῦτο ἐπὶ τῇ βάσει προτύπων ὑγρῶν, τῶν ὁποίων ἡ πυκνότης εἶναι ἐκ τῶν προτέρων γνωστή, ἡ δὲ βαθμολογία ἀναγράφεται ἐπὶ κλίμακος κατὰ μῆκος τοῦ στελέχους τοῦ πυκνομέτρου. Εἰς τὸ σχῆμα 132 δεικνύεται πυκνόμετρον τὸ ὁποῖον χρησιμεύει διὰ πυκνότερα τοῦ ὕδατος ὑγρὰ καὶ ἕτερον δι' ἀραιότερα. Διὰ τὴν χρησιμοποίησιν τῶν πυκνομέτρων πρὸς μέτρησιν πυκνοτήτων περιλαμβανομένων ἐντὸς ἐκτενῶν ὁρίων, ἐπειδὴ ἡ πραγματοποίησις ἑνὸς μόνον τοιούτου πυκνομέτρου εἶναι ἀδύνατος, καθότι τὸ στέλεχος θὰ ἔπρεπε νὰ εἶχε μέγα μῆκος, κατασκευάζονται πυκνόμετρα εἰς σειρὰς περιεχούσας συνήθως 6 τοιαῦτα, τὰ ὁποῖα διαφέρουν μεταξύ των ὡς πρὸς τὸ ἕρμα καὶ τὴν βαθμολογίαν. Τὰ γαλακτόμετρα, οἰνοπνευματόμετρα κ.τ.λ., στηρίζονται ἐπὶ τῆς αὐτῆς ἀρχῆς, διαφέρουν δὲ μόνον ὡς πρὸς τὸν τρόπον τῆς βαθμολογίας.

Πυκνόμετρα ἐπίσης αὐθαιρέτου βαθμολογίας εἶναι τὰ ***πυκνόμετρα* Baumé**, τὰ ὁποῖα χρησιμεύουν κυρίως διὰ τὸν ἔλεγχον τῶν πυκνοτήτων τῶν ὑγρῶν τῶν χρησιμοποιουμένων εἰς συσσωρευτάς.

Ἡ σχέσις τῶν βαθμῶν Baumé, πρὸς τὴν πυκνότητα, παρέχεται ἀπὸ εἰδικοὺς πίνακας ἢ δι' ὑπολογισμοῦ.

128. Ὑδροστατικὴ ἀρχὴ τοῦ Pascal. Ἡ ἀρχὴ τοῦ Pascal καθορίζει τὸν τρόπον τῆς μεταδόσεως πιέσεως ἐντὸς ὑγροῦ, τὸ ὁποῖον ὑποτίθεται ὡς μὴ ὑποκείμενον εἰς τὴν ἐπενέργειαν τῆς βαρύτητος, καὶ διατυποῦται ὡς ἑξῆς: ***Ἐὰν εἴς τι σημεῖον ὑγροῦ ἐν ἰσορροπίᾳ εὑρισκομένου καὶ μὴ ὑποκειμένου εἰς τὴν ἐπενέργειαν τῆς βαρύτητος ἐπιφέρωμεν ὡρισμένην πίεσιν, αὕτη μεταδίδεται δι' ὅλης τῆς μάζης τοῦ ὑγροῦ, ἀναλλοίωτος κατὰ πάσας τὰς διευθύνσεις, εἶναι δὲ αὕτη πάντοτε κάθετος ἐπὶ τῶν τοιχωμάτων τοῦ δοχείου.***

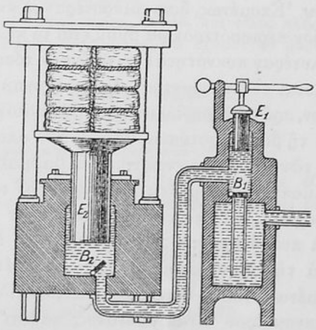


Σχ. 133. Πειραματικὴ ἀπόδειξις τῆς ἀρχῆς τοῦ Pascal.

Πειραματικὴ ἀπόδειξις. Αὕτη γίνεται διὰ τῆς ἐν σχήματι 133 εἰκονιζομένης διατάξεως, ἡ ὁποία ἀποτελεῖται ἐκ δύο δοχείων συγκοινωνούντων διὰ κοινοῦ ὀχετοῦ. Εἰς τὸ πρὸς τ' ἀριστερὰ δοχεῖον τοποθετεῖται εὐκίνητος ἐμβολεὺς ἐπιφανείας S κλείων ὑδατοστεγῶς, ἐπίσης εἰς τὸ πρὸς τὰ δεξιὰ ἐφαρμόζεται ὅμοιος ἐμβολεὺς ἐπιφανείας s. Ἐὰν ἐπὶ τοῦ ἐμβολέως S ἐφαρμόσωμεν δύναμιν F, τότε ἡ πίεσις ἡ ἀσκουμένη ἐπὶ τοῦ ὑγροῦ θὰ εἶναι $p = F/S$, ἡ ὁποία μεταβιβάζεται μέσῳ τοῦ ὑγροῦ εἰς τὴν κάτω ἐπιφάνειαν τοῦ ἐμβολέως s καὶ διὰ νὰ μὴ διαταραχθῇ ἡ ἰσορροπία πρέπει νὰ τοποθετήσωμεν ἄνωθεν αὐτοῦ δύναμιν f, εἰς τρόπον ὥστε νὰ εἶναι $p = f/s$. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω εὑρίσκομεν:

$$\frac{F}{S} = \frac{f}{s}$$

$$\frac{\textit{δύναμις ἐπὶ μεγάλου ἐμβόλου}}{\textit{ἐπιφάνεια μεγάλου ἐμβόλου}} = \frac{\textit{δύναμις ἐπὶ μικροῦ ἐμβόλου}}{\textit{ἐπιφάνεια μικροῦ ἐμβόλου}}.$$

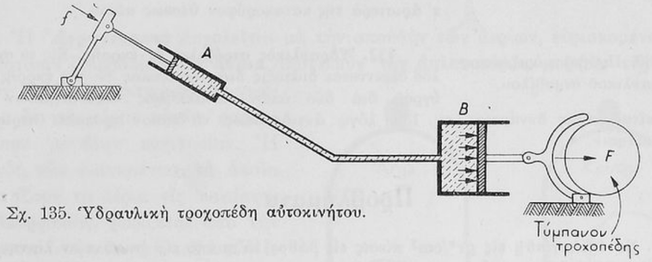


Σχ. 134. Ὑδραυλικὸν πιεστήριον.

Ἐφαρμογή. Ἔστω ὅτι $S/s = 100$ καὶ $F = 100$ kgr*, τότε εἶναι: $f = 1$ kgr* ἤτοι: ἰσορροποῦμεν δύναμιν 100 kgr* ἐπὶ τοῦ μεγάλου ἐμβολέως διὰ δυνάμεως 1 kgr* ἐπὶ τοῦ μικροῦ ἐμβολέως ἢ δύναμιν 2000 kgr*, διὰ δυνάμεως 20 kgr*.

129. Ὑδραυλικὸν πιεστήριον. Ἡ διάταξις (σχ. 133) ἀποτελεῖ τὴν ἀρχὴν ἐπὶ τῆς ὁποίας στηρίζεται ἡ κατασκευὴ τοῦ ὑδραυλικοῦ πιεστηρίου, τομὴ τοῦ ὁποίου δεικνύεται ἐν σχήματι 134. Ἐὰν ὁ λόγος τῶν μοχλοβραχιόνων εἶναι 5 : 1, τότε δύναμις π. χ. 10 kgr*, ἐφαρμοζομένη εἰς τὸ ἄκρον τοῦ μοχλοῦ, μεταβιβάζεται ἐπὶ τοῦ μικροῦ ἐμβολέως E_1 ὡς δύναμις 50 kgr*. Ἐὰν δὲ ἡ ἐπιφάνεια τοῦ μεγάλου ἐμβολέως E_2 εἶναι 1 000 φορὰς μεγαλυτέρα τῆς τοῦ μικροῦ, ἡ δύναμις τὴν ὁποίαν ἀναπτύσσει τὸ πιεστήριον εἶναι 50 000 kgr*. Ἐπὶ τῆς αὐτῆς ἀρχῆς στηρίζονται καὶ αἱ ὑδραυλικαὶ τροχοπέδαι (φρένα).

Οὕτως εἰς ὑδραυλικὴν τροχοπέδην αὐτοκινήτου (σχ. 135) χρησιμοποιεῖται, ὡς ἐπὶ τὸ

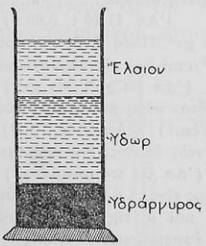


Σχ. 135. Ὑδραυλικὴ τροχοπέδη αὐτοκινήτου.

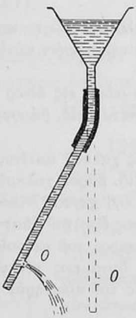
πολύ, ὑγρὸν ἔλαιον, δύναμις δὲ f ἀσκουμένη, μέσῳ ἐμβόλου A μικρᾶς ἐπιφανείας, δημιουργεῖ ἐπὶ τοῦ ἐμβόλου μεγάλης ἐπιφανείας B δύναμιν F, ἡ ὁποία μεταβιβάζεται εἰς τὴν πρὸς αὐτὸ συνεζευγμένην τροχοπέδην.

130. Ἰσορροπία ὑγρῶν μὴ μιγνυομένων. Ἐντὸς ὑγροῦ ἐν ἰσορροπίᾳ εὑρισκομένου, ἡ στάθμη ἡ ἀποτελοῦσα τὴν ἐπιφάνειαν, ὅπου ἡ πίεσις ἔχει τὴν αὐτὴν τιμὴν εἰς ὅλα τὰ σημεῖα αὐτῆς, εἶναι ὡς εἴδομεν (§ 111), εἰς μικρὰν περιοχήν, ὁριζόντιον ἐπίπεδον.

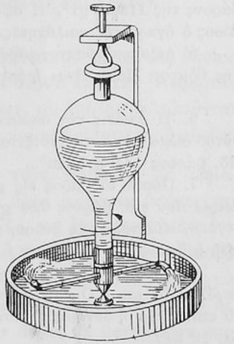
Ἐὰν ἐντὸς δοχείου τοποθετήσωμεν διάφορα ὑγρὰ μὴ



Σχ. 136. Τὰ μὴ μιγνυόμενα ὑγρὰ διατάσσονται ἀναλόγως τῆς πυκνότητος αὐτῶν.

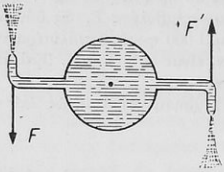


Σχ. 137. Δοχεῖον ἀντιδράσεως


Σχ. 138. Ὑδραυλικὸς στρόβιλος.

μιγνυόμενα, π.χ. ὑδράργυρον, ὕδωρ, ἔλαιον καὶ ἀναταράξωμεν αὐτά, παρατηροῦμεν ὅτι μετὰ τὴν ἀποκατάστασιν ἰσορροπίας, αἱ διαχωρίζουσαι αὐτὰ ἐπιφάνειαι εἶναι ὁριζόντια ἐπίπεδα καὶ διατάσσονται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε ἡ πυκνότης αὐτῶν νὰ βαίνῃ αὐξανομένη ἐκ τῶν ἄνω πρὸς τὰ κάτω (σχ. 136).

131. Δοχεῖον ἀντιδράσεως. Ἔστω ὅτι δοχεῖον ἐν σχήματι χωνίου (σχ. 137) συγκοινωνεῖ δι' ἐλαστικοῦ σωλῆνος πρὸς κατακόρυφον σωλῆνα. Ἐφ' ὅσον ὁ σωλὴν εἶναι κλειστός, αἱ πλευρικῶς ἀσκούμεναι πιέσεις ὡς ἴσαι καὶ ἀντίθετοι ἐξουδετεροῦνται ἀμοιβαίως. Ἐὰν ὅμως εἴς τινα περιοχὴν τοῦ σωλῆνος, π. χ. εἰς τὸ κατώτερον σημεῖον Ο ἀνοίξωμεν ὀπήν, ὥστε νὰ παραχθῇ ἐκροὴ ὑγροῦ, ἡ πρὸς τὰ δεξιὰ πίεσις εἰς τὴν περιοχὴν ἐκροῆς δὲν ὑφίσταται, οὕτω δὲ ἀπομένει ἡ πρὸς τ' ἀριστερὰ πίεσις ἡ ὁποία, ἐφ' ὅσον διαρκεῖ ἡ ἐκροή, ἐκτρέπει τὸν κατακόρυφον σωλῆνα πρὸς τ' ἀριστερὰ τῆς κατακορύφου θέσεως αὐτοῦ.



Σχ. 139. Προβολὴ ὁριζόντιος ὑδραυλικοῦ στροβίλου.

132. Ὑδραυλικὸς στρόβιλος δι' ἐκροῆς. Εἰς τὸ σχῆμα 138 δεικνύεται διάταξις διὰ τῆς ὁποίας ἐκ τῆς ἐκροῆς τοῦ ὑγροῦ διὰ δύο ὀπῶν καταλλήλως διατεταγμένων δημιουργεῖται ζεῦγος δυνάμεων (σχ. 139) λόγῳ ἀντιδράσεως, τὸ ὁποῖον προκαλεῖ περιστροφικὴν κίνησιν.

Προβλήματα.

1. Νὰ ὑπολογισθῇ εἰς gr^*/cm^2 πίεσις εἰς βάθος 15 m ὑπὸ τὴν ἐπιφάνειαν λίμνης, χωρὶς νὰ ληφθῇ ὑπ' ὄψιν ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις. (Ἀπ. $p = 1500\ gr^*/cm^2$).

2. Ὁ ὑδράργυρος ἔχει πυκνότητα 13,56 gr/cm^3. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ πίεσις στήλης ὕψους 76 cm εἰς kgr^*/m^2. (Ἀπ. $p = 10\,330\ kgr^*/m^2$).

3. Εἰς πόσον βάθος ἀπὸ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας ὑγροῦ εἰδικοῦ βάρους 0,75 gr^*/cm^3 ἡ πίεσις ἡ δημιουργουμένη ὑπὸ τοῦ ὑγροῦ εἶναι 24 gr^*/cm^2. (Ἀπ. $h = 32$ cm).

4. Σφαῖρα χαλκοῦ ἔχει βάρος 890 gr^*, βυθιζομένη δὲ ἐντὸς τοῦ ὕδατος χάνει ἐκ τοῦ βάρους της 112,25 gr^*. Ἡ σφαῖρα εἶναι πλήρης ἢ κοίλη; Καὶ εἰς τὴν δευτέραν περίπτωσιν πόσος ὁ ὄγκος τῆς κοιλότητος. (Κοίλη, $V' = 12{,}58\ cm^3$).

5. Δεξαμενὴ ὕδατος μήκους 3 m, πλάτους 1,5 m καὶ ὕψους 2,8 m εἶναι τελείως πλήρης ὕδατος. Πόση εἶναι ἡ ἐπὶ τῶν πλευρικῶν ἑδρῶν αὐτῆς ἀσκουμένη δύναμις. (Ἀπ. 11,76 t, 5,88 t).

6. Ἡ ἄνωσις τὴν ὁποίαν ὑφίσταται σῶμα εἰς ὕδωρ εἶναι 65 gr^*. Πόση ἡ ἄνωσις τοῦ αὐτοῦ σώματος, ὅταν βυθίζεται εἰς οἰνόπνευμα εἰδ. βάρους 0,8 gr^*/cm^3 καὶ εἰς ὑδράργυρον εἰδ. βάρους 13,6 gr^*/cm^3. (Ἀπ. 52 gr^*, 884 gr^*).

7. Πόσον τὸ βάρος εἰς gr^* σφαίρας χαλκοῦ ἀκτῖνος 4 cm, ὅταν αὕτη βυθίζεται ἐντὸς πετρελαίου εἰδ. βάρους 0,84 gr^*/cm^3. (Εἰδ. βάρος χαλκοῦ 8,9 gr^*/cm^3). (Ἀπ. 2149,7 gr^*).

8. Κύλινδρος ἐκ ξύλου, πυκνότητος 0,6 gr/cm^3, ἰσορροπεῖ ἐντὸς ὕδατος. Νὰ ὑπολογισθῇ ὁ ὄγκος τοῦ κυλίνδρου ὁ εὑρισκόμενος ἔξω τοῦ ὕδατος. (Ἀπ. 0,4 τοῦ συνολικοῦ).

9. Ἐν ὑδραυλικῷ πιεστηρίῳ ἡ διάμετρος τοῦ μικροῦ ἐμβολέως εἶναι 1,6 cm καὶ ἡ τοῦ μεγάλου 32 cm. Ὁ μοχλοβραχίων τῆς δυνάμεως εἶναι 60 cm καὶ ὁ τῆς ἀντιστάσεως 10 cm. Ποία ἡ δύναμις ἡ ἀσκουμένη ὑπὸ τοῦ πιεστηρίου, ὅταν ἡ ἐφαρμοζομένη δύναμις εἶναι 12 kgr^*. (Ἀπ. 28 800 kgr^*).

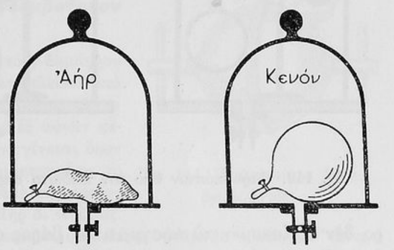
10. Νὰ ὑπολογισθῇ ὁ ὄγκος τοῦ ὑδραργύρου ὅστις ἀπαιτεῖται νὰ τεθῇ εἰς κυλινδρικὸν ὑάλινον σωλῆνα βάρους 40 gr^* καὶ ἐξωτερικῆς τομῆς 2 cm^2, ἵνα οὗτος βυθισθῇ κατὰ 20 cm ἐντὸς ὑγροῦ εἰδικοῦ βάρους 1,5 gr^*/cm^3. (Εἰδ. βάρος ὑδραργύρου 13,6 gr^*/cm^3). (Ἀπ. 1,47 cm^3).

11. Τεμάχιον σιδήρου βάρους 200 gr^* ὑφίσταται ἐντὸς τοῦ ὕδατος ἄνωσιν 27,2 gr^*. Νὰ ὑπολογισθῇ ὁ ὄγκος τῶν χασμάτων τὰ ὁποῖα παρουσιάζει ἐσωτερικῶς. (Εἰδικὸν βάρος σιδήρου 7,8 gr^*/cm^3). (Ἀπ. 1,55 cm^3).

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Η´

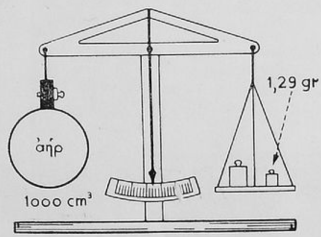
ΑΕΡΟΣΤΑΤΙΚΗ

133. Ἡ ***Ἀεροστατικὴ*** ἀσχολεῖται μὲ τὴν σπουδὴν τῶν ἀερίων, εὑρισκομένων εἰς κατάστασιν ἰσορροπίας. Τὰ ***ἀέρια*** ἀποτελοῦν τὴν ἁπλουστέραν μορφὴν τῆς ὕλης, ἔχουν δὲ ὡς χαρακτηριστικὸν γνώρισμα ὅτι τὰ μόρια αὐτῶν παρουσιάζουν μεγάλην εὐκινησίαν. Ἡ σπουδὴ τῶν φαινομένων, τὰ ὁποῖα ἐμφανίζουν τὰ ἀέρια εἰς κατάστασιν ἰσορροπίας, χωρίζεται ἀπὸ τὴν Ὑδροστατικήν, λόγῳ ἰδιαζουσῶν ἰδιοτήτων τὰς ὁποίας τὰ ἀέρια παρουσιάζουν ἐν συγκρίσει πρὸς τὰ ὑγρά. Αἱ ἰδιότητες δὲ αὗται εἶναι αἱ ἑξῆς: α) Τὰ ἀέρια ἔχουν τὴν ἰδιότητα τῆς ἐκτάσεως, δηλ. τείνουν νὰ καταλάβουν πάντα τὸν προσφερόμενον εἰς αὐτὰ ὄγκον (σχ. 140).



Σχ. 140. Δι᾽ ἀφαιρέσεως τοῦ ἀέρος δι᾽ ἀεραντλίας ἡ κύστις ὑπὸ τὸν κώδωνα αὐτῆς διογκοῦται ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον.

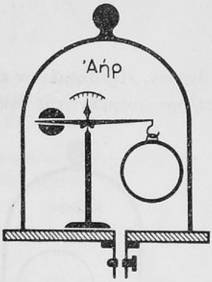
β) Εἶναι πολὺ περισσότερον συμπιεστὰ ἀπὸ τὰ ὑγρά. Πᾶσαι αἱ ἀρχαί, τὰς ὁποίας ἐσπουδάσαμεν εἰς τὴν Ὑδροστατικήν, ἰσχύουν καὶ διὰ τὰ ἀέρια. Εἰς τὴν Ἀεροστατικὴν ἐξετάζονται μόνον αἱ ἰδιότητες ἐκεῖναι τῶν ἀερίων, αἱ ὁποῖαι ἐκδηλοῦνται λόγῳ τῆς ἐκτάσεως καὶ τοῦ συμπιεστοῦ αὐτῶν.



Σχ. 141. Διὰ τὴν μέτρησιν τοῦ βάρους τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος.

134. Βάρος τῶν ἀερίων. Τὰ ἀέρια, ὅπως καὶ ὅλα τὰ ἄλλα σώματα, ὑπόκεινται εἰς τὴν ἕλξιν τῆς Γῆς, καὶ ἑπομένως δεδομένη ἀέριος μᾶζα παρουσιάζει ὡρισμένον βάρος. Προκειμένου διὰ τὸ μᾶλλον σύνηθες ἀντιπροσωπευτικὸν ἀέριον σῶμα ἐπὶ τῆς Γῆς, τὸν *ἀτμοσφαιρικὸν ἀέρα*, ἐκ μετρήσεων κατεδείχθη ὅτι 1 λίτρον (lt) ἀέρος ἔχει βάρος 1,293 gr*, ἐνῷ 1 m^3 ἀέρος ἔχει βάρος 1,293 kgr*, ὑπὸ θερμοκρασίαν 0 °C καὶ πίεσιν 760 mm στήλης ὑδραργύρου (σχ. 141).

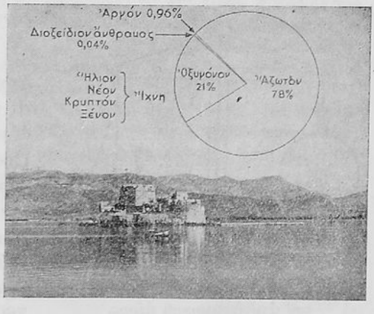
135. Ἄνωσις τῶν ἀερίων. Σῶμα εὑρισκόμενον ἐντὸς ἀερίου μάζης ὑφίσταται, ὡς καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν τῶν ὑγρῶν, κατὰ πάσας τὰς διευθύνσεις πιέσεις καθέτους ἐπὶ τὴν ἐπιφάνειαν αὐτοῦ. Ἡ συνισταμένη ὅλων τῶν πιέσεων τούτων εἶναι δύναμις διευθυνομένη ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω, ἡ ὁποία, ὡς καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς Ὑδροστατικῆς, καλεῖται ***ἄνωσις,*** ἡ δὲ ἀριθμητικὴ τιμὴ αὐτῆς ἰσοῦται πρὸς τὸ βάρος τοῦ ὑπὸ τοῦ σώματος ἐκτοπιζομένου ὄγκου τοῦ ἀερίου. Ἡ ἄνωσις τῶν ἀερίων δεικνύεται διὰ τῆς ἐν σχήματι 142 συσκευῆς, ἡ ὁποία καλεῖται ***βαροσκόπιον.*** Ἡ κοίλη σφαῖρα ἰσορροπεῖται εἰς τὸν ἀέρα ὑπὸ τοῦ ἀντιβάρου, ἔχοντος λίαν μικρὸν ὄγκον. Ἐὰν τὸ σύστημα τεθῇ ὑπὸ τὸν κώδωνα τῆς ἀεραντλίας καὶ ἀφαιρεθῇ ὁ ἀήρ, ἡ ἰσορροπία καταστρέφεται, διότι προηγουμένως ἡ σφαῖρα ὑφίστατο μεγαλυτέραν ἄνωσιν ἀπὸ τὸ ἀντίβαρον.



Σχ. 142. Βαροσκόπιον ὑπὸ τὸν κώδωνα ἀεραντλίας.

Ἐπὶ τῇ βάσει τῶν ἀνωτέρω προκύπτει ὅτι, ὅταν ζυγίζωμεν σῶμα εἰς τὸν ἀέρα δὲν εὑρίσκομεν τὸ πραγματικὸν βάρος αὐτοῦ, τὸ ὁποῖον καλεῖται *πραγματικὸν* ἢ ***ἀπόλυτον βάρος,*** ἀλλὰ τὸ *φαινόμενον βάρος* αὐτοῦ, διότι ὑπεισέρχεται ἡ ἄνωσις τοῦ ἀέρος. Ἕνεκα τοῦ ἀνωτέρω λόγου, εἰς ζυγίσεις ἀκριβείας, ἵνα ἔχωμεν τὸ πραγματικὸν βάρος τοῦ σώματος, δέον νὰ ἐπιφέρωμεν τὴν σχετικὴν διόρθωσιν τοῦ ἀποτελέσματος τῆς ζυγίσεως.

136. Ἀτμόσφαιρα. Ἀτμόσφαιραν καλοῦμεν τὸ ἀέριον περίβλημα τὸ εὑρισκόμενον περὶ τὴν Γῆν, τὸ ὁποῖον, ὡς γνωστόν, ἀποτελεῖται ἐξ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος, ὅστις εἶναι κυρίως μῖγμα ὀξυγόνου 23,01 % κατὰ βάρος καὶ 20,93 % κατ' ὄγκον, καὶ ἀζώτου 75,51 % κατὰ βάρος καὶ 78,1 % κατ' ὄγκον (σχ. 143). Ἐξ ἄλλου, ἐκτὸς τῶν ἀνωτέρω δύο ἀερίων, ὑπάρχουν εἰς τὸν ἀέρα καὶ ἄλλαι προσμίξεις, ὡς εὐγενῆ ἀέρια, διοξείδιον τοῦ ἄνθρακος καὶ ὑδρογόνον. Ἡ ὡς ἄνω σύνθεσις τῆς ἀτμοσφαίρας δὲν παραμένει σταθερά, ἀλλὰ μεταβάλλεται μετὰ τοῦ ὕψους, δεικνύεται δὲ ὅτι ὅσον ἀνερχόμεθα εἰς ὕψος, αὐξάνεται ἡ περιεκτικότης εἰς ἄζωτον, ἐνῷ ἀπὸ ὕψους 78 - 80 km καὶ ἄνω, ἀπὸ ἀτμοσφαίρας ἀζώτου μεταπίπτομεν εἰς



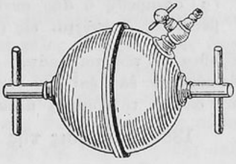
Σχ. 143. Κατ' ὄγκον σύστασις τῆς ἀτμοσφαίρας.

ἀτμόσφαιραν ὑδρογόνου. Τὸ πλησιέστερον πρὸς τὸ ἔδαφος, κατώτερον στρῶμα τῆς ἀτμοσφαίρας, ὕψους μέχρι 10 χιλιομέτρων, καλεῖται ***τροπόσφαιρα***, ἐκεῖθεν τῆς ὁποίας εὑρίσκεται ἡ ***στρατόσφαιρα***.

Τὸ ὕψος τῆς ἀτμοσφαίρας δὲν εἶναι ἀκριβῶς γνωστόν, ὑπολογίζεται δὲ διὰ διαφόρων μεθόδων ὅτι εἶναι μεταξὺ 100 καὶ 900 χιλιομέτρων.

137. Ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις. Ὡς εἴδομεν, ὁ ἀτμοσφαιρικὸς ἀὴρ ἔχει βάρος, ἑπομένως ἐφ' ὅσον εὑρίσκεται ἐν ἰσορροπίᾳ, πιέζει τὰ σώματα τὰ εὑρισκόμενα ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαίρας.

Ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις δεικνύεται διὰ πλείστων πειραμάτων, μεταξὺ τῶν ὁποίων ὀνομαστότερον ἀπὸ ἱστορικῆς ἀπόψεως εἶναι τὸ πείραμα τῶν ***ἡμισφαιρίων τοῦ Μαγδεμβούργου*** (σχ. 144 καὶ 145).



Σχ. 144. Ἡμισφαίρια Μαγδεμβούργου.

Ἡ συσκευὴ αὐτή, ἐπινοηθεῖσα ὑπὸ τοῦ τότε δημάρχου τοῦ Μαγδεμβούργου **Otto von Guericke**, ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο κοῖλα μεταλλικὰ ἡμισφαίρια διαμέτρου 10 ἕως 15 cm μὲ λίαν παχέα τοιχώματα. Τὰ χείλη τοῦ ἑνὸς ἐξ αὐτῶν φέρουν δερμάτινον δακτύλιον λιπασμένον διὰ νὰ γίνεται ὅσον τὸ δυνατὸν καλυτέρα ἡ ἐπαφὴ τῶν δύο ἡμισφαιρίων, τὸ αὐτὸ δὲ ἡμισφαίριον φέρει καὶ στρόφιγγα ἀπὸ τῆς ὁποίας εἶναι δυνατὸν ν' ἀφαιρεθῇ ὁ ἀτμοσφαιρικὸς ἀὴρ δι' ἀντλίας.

Ἐφ' ὅσον τὰ ἡμισφαίρια περιέχουν ἀτμοσφαιρικὸν ἀέρα δυνάμεθα εὐκόλως ν' ἀποχωρίσωμεν αὐτά, διότι ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις ἐντὸς καὶ ἐκτὸς τῆς σφαίρας εἶναι ἡ αὐτή. Ὅταν ὅμως ἀφαιρεθῇ ὁ ἐντὸς αὐτῶν ὑπάρχων ἀὴρ ἀπαιτεῖται νὰ καταβληθῇ πολὺ μεγάλη

Σχ. 145. Τὸ ἱστορικὸν πείραμα τῶν ἡμισφαιρίων, ἐκτελεσθὲν ὑπὸ τοῦ Δημάρχου τοῦ Μαγδεμβούργου Otto von Guericke.

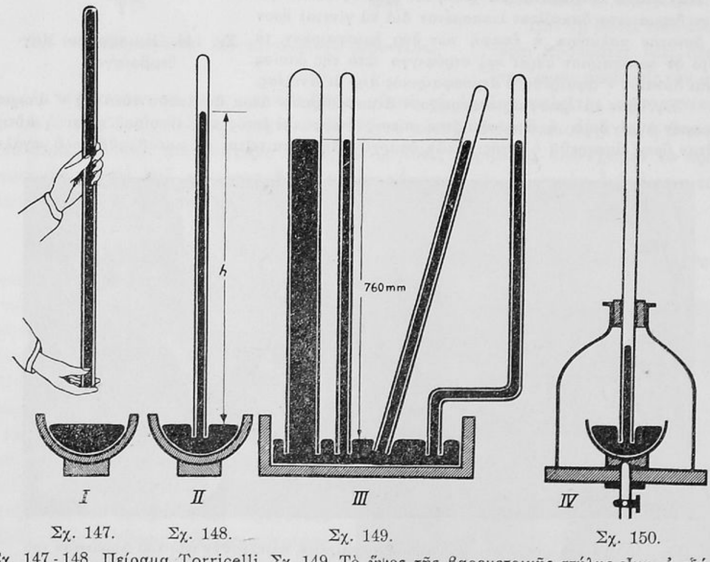
δύναμις διὰ ν' ἀποχωρισθοῦν τὰ ἡμισφαίρια, τοῦτο δὲ ὀφείλεται εἰς τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν ἡ ὁποία ἐπενεργεῖ ἐπὶ τῶν τοιχωμάτων τῶν ἡμισφαιρίων.

Ἐπίσης ἐὰν καλύψωμεν τὸ στόμιον ποτηρίου ὕδατος διὰ φύλλου χάρτου καὶ ἀναστρέψωμεν τὸ ποτήριον, παρατηροῦμεν ὅτι τὸ ὕδωρ δὲν χύνεται, διότι τὸ φύλλον τοῦ χάρτου συγκρατεῖται ὑπὸ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως. Τὴν ὕπαρξιν τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως δυνάμεθα νὰ δείξωμεν ἐπίσης διὰ τοῦ ἀκολούθου λίαν ἁπλοῦ καὶ διδακτικοῦ πειράματος :

Σχ. 146. Ὅταν ἀπὸ τὸ δοχεῖον (α) ἀφαιρεθῆ ὁ ἀὴρ συνθλίβεται ὡς δεικνύεται εἰς (β).

Εἰς σύνηθες δοχεῖον τοῦ πετρελαίου (σχ. 146) φέροντος ὀπὴν πρὸς τὰ ἄνω εἰσάγομεν ποσότητα ὕδατος καὶ θερμαίνομεν τοῦτο μέχρι βρασμοῦ. Διατηροῦμεν τὸν βρασμὸν τοῦ ὕδατος ἐπὶ χρονικόν τι διάστημα μέχρις ὅτου ἐκδιωχθῆ ὑπὸ τῶν παραγομένων ἀτμῶν ὅλος ὁ ἐντὸς τοῦ δοχείου περιεχόμενος ἀὴρ καὶ κλείομεν ἀκολούθως τὸ δοχεῖον ἀεροσταγῶς. Ἐὰν ἀκολούθως ἀφήσωμεν τὸ δοχεῖον νὰ ψυχθῆ, οἱ ἐντὸς αὐτοῦ ὑπάρχοντες ὑδρατμοὶ ὑγροποιοῦνται, οὕτω δὲ σχηματίζεται ἐντὸς τοῦ δοχείου κενόν, ὅτε παρατηροῦμεν ὅτι τὸ δοχεῖον ἀποτόμως παραμορφοῦται λόγῳ συνθλίψεως αὐτοῦ ὑπὸ τῆς ἔξωθεν ἐπὶ τῶν τοιχωμάτων αὐτοῦ ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως. Τὸ αὐτὸ πείραμα δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν, ἐὰν ἐπὶ τοῦ δοχείου προσαρμόσωμεν καταλλήλως μόνιμον σωλῆνα διὰ μέσου τοῦ ὁποίου τῇ βοηθείᾳ ἀεραντλίας ἀφαιροῦμεν τὸν ἐντὸς τοῦ δοχείου ὑπάρχοντα ἀέρα.

138. Μέτρησις τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως. Ἡ πίεσις τὴν ὁποίαν ἀσκεῖ



Σχ. 147. Σχ. 148. Σχ. 149. Σχ. 150.

Σχ. 147 - 148. Πείραμα Torricelli. Σχ. 149. Τὸ ὕψος τῆς βαρομετρικῆς στήλης εἶναι ἀνεξάρτητον τῆς μορφῆς καὶ τῆς κλίσεως τοῦ σωλῆνος. Σχ. 150. Βαρομετρικὸς σωλὴν κάτωθεν κώδωνος ἀεραντλίας.

ἡ ἀτμόσφαιρα ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς θὰ ἠδύνατο νὰ καθορισθῆ καθ' ὅμοιον τρόπον ὡς καὶ ἡ ὑδροστατικὴ πίεσις, ἤτοι ἐκ τοῦ ὕψους τῆς ἀτμοσφαίρας καὶ ἐκ τῆς πυκνότητος τοῦ ἀέρος. Ἐπειδὴ ὅμως οὔτε τὸ ὕψος τῆς ἀτμοσφαίρας γνωρίζομεν, ἀλλ' οὔτε καὶ κατὰ ποῖον νόμον μεταβάλλεται ἡ πυκνότης τοῦ ἀέρος μετὰ τοῦ ὕψους ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς, δὲν δυνάμεθα νὰ ὑπολογίσωμεν τὸ βάρος τῆς ἀντιστοίχου ἀερίου στήλης. Διὰ τοῦτο προσδιορίζομεν τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν ἐμμέσως.

Πρῶτος ὁ **Torricelli** (1643) ἐπέτυχε τὴν μέτρησιν τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως διὰ τῆς ἀκολούθου πειραματικῆς διατάξεως: Σωλὴν ὑάλινος μήκους 90 cm περίπου καὶ τομῆς 1 cm^2, κλειστὸς κατὰ τὸ ἓν ἄκρον, πληροῦται τελείως διὰ καθαροῦ καὶ ξηροῦ ὑδραργύρου. Κλείομεν ἀκολούθως τὸ ἀνοικτὸν ἄκρον τοῦ σωλῆνος διὰ τοῦ δακτύλου καὶ ἀναστρέφομεν αὐτὸν ἐντὸς λεκάνης περιεχούσης ὑδράργυρον (σχ. 147). Ἐὰν μετὰ τοῦτο ἀπομακρύνωμεν τὸν δάκτυλον, παρατηροῦμεν, ὅτι ὁ ὑδράργυρος κατέρχεται ὀλίγον εἰς τὸν σωλῆνα καὶ τέλος ἰσορροπεῖ εἰς ὕψος 76 cm περίπου ἀπὸ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου τῆς λεκάνης (σχ. 148). Εἶναι φανερὸν ὅτι εἰς τὸν ἄνωθεν τοῦ ὑδραργύρου χῶρον τοῦ σωλῆνος δὲν ὑπάρχει ἀήρ. Ὁ χῶρος οὗτος καλεῖται ***βαρομετρικὸς θάλαμος***, ἐντὸς αὐτοῦ δὲ λέγομεν ὅτι ἐπικρατεῖ ***βαρομετρικὸν κενόν***. Τὸ βάρος τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης ἰσορροπεῖται προδήλως ὑπὸ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως τῆς ἀσκουμένης ἐπὶ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου ἐν τῇ λεκάνῃ, ἡ ὁποία μεταδίδεται ὡς γνωστὸν (§ 128) καὶ κάτωθεν τῆς τομῆς τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης ἐν τῇ λεκάνῃ.

Ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις ὁρίζεται ὡς ἡ πίεσις ἡ ἀντιστοιχοῦσα εἰς στήλην ὑδραργύρου ὕψους 76 cm, ὅταν ἡ θερμοκρασία εἶναι 0 °C. Διὰ νὰ ὑπολογίσωμεν τὴν ἀντιστοιχοῦσαν πίεσιν εἰς gr^*/cm^2, χρησιμοποιοῦμεν τὴν σχέσιν: $p = h\varepsilon$, ὅπου $h = 76$ cm καὶ $\varepsilon = 13{,}6\ gr^*/cm^3$, ἤτοι:

$$p = 76 \cdot 13{,}6 = 1033\ gr^*/cm^2 \quad \text{ἢ} \quad 1{,}033\ kgr^*/cm^2.$$

Συνήθως, ἡ πίεσις ὑδραργυρικῆς στήλης ὕψους 1 mm καλεῖται **Torr**, καὶ ἑπομένως ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις ἡ ἰσορροπουμένη ὑπὸ στήλης ὑδραργύρου ὕψους 76 cm, δηλ. 760 mm ἀντιστοιχεῖ εἰς 760 Torr.

Ἐὰν ἡ λεκάνη τοῦ ὑδραργύρου τεθῇ ὑπὸ τὸν κώδωνα ἀεραντλίας καὶ ἀραιώσωμεν τὸν ἀέρα, ἡ στήλη τοῦ βαρομέτρου κατέρχεται, διότι ἡ πίεσις ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου τῆς λεκάνης εἶναι μικροτέρα (σχ. 150).

Ἐὰν τὸ πείραμα Torricelli θελήσωμεν νὰ ἐκτελέσωμεν δι' ὕδατος, τὸ ὕψος τῆς ὑγρᾶς στήλης τὸ ὁποῖον θὰ ἰσορροπῇ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν θὰ εἶναι:

$$h = 76 \cdot 13{,}6 = 1033\ \text{cm} \quad \text{ἢ} \quad 10{,}33\ \text{m}.$$

139. Συνήθεις μονάδες πιέσεως. Εἰς τὴν εἰσαγωγὴν (βλ. §19 σελ. 11) εἴδομεν, ὅτι ὡς μονὰς πιέσεως διὰ τοὺς τεχνικοὺς ὑπολογισμοὺς λαμβάνεται τὸ 1 gr^*/cm^2 ἢ τὸ 1 kgr^*/m^2. Ἐκτὸς ὅμως αὐτῶν εἴδομεν ἐπίσης ὅτι ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις ἐκφράζεται ἐνίοτε εἰς kgr^*/cm^2, καλεῖται δὲ ἡ μονὰς αὕτη ***τεχνικὴ ἀτμόσφαιρα* (at)**. Ἐκτὸς τῆς τεχνικῆς ἀτμοσφαίρας χρησιμοποιεῖται εἰς τὴν Φυσικὴν καὶ ἡ ***φυσικὴ ἀτμόσφαιρα* (Atm)** εἶναι δέ:

$$1\ \mathbf{Atm} = 1{,}033\ \mathbf{kgr^*/cm^2}.$$

Εἰς τὴν Μετεωρολογίαν ἔχει καθιερωθῆ διεθνῶς ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις νὰ ἐκφράζεται εἰς ***μιλλιμπὰρ* (millibar, mB)**. Εἶναι δὲ 1000 millibar περίπου 750 mm Hg, δηλαδὴ 1 mB = 3/4 mm Hg = 3/4 Torr.

140. Μεταβολὴ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως μετὰ τοῦ ὕψους. Ὡς γνωστόν, ἡ πυκνότης τοῦ ἀέρος ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς θαλάσσης εἶναι 0,001293 gr/cm^3, ἐνῷ ἡ πυκνότης τοῦ ὑδραργύρου (Hg) εἶναι 13,595 gr/cm^3, ἤτοι ἡ πυκνότης τοῦ Hg εἶναι περίπου 10 500 φορὰς μεγαλυτέρα τῆς πυκνότητος τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος. Ἑπομένως, ἵνα ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις ἐλαττωθῆ κατὰ 1 mm στήλης Hg, πρέπει νὰ ἀνέλθωμεν εἰς ὕψος 10 500 mm ἢ 10,5 m ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας τῆς θαλάσσης. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει ὅτι, ἐφ' ὅσον ἀνερχόμεθα εἰς ὕψος, συναντῶμεν μικροτέραν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν, διότι ἀφαιρεῖται ἡ ἐπενέργεια τῶν ὑποκειμένων στρωμάτων τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος. Ὁ ἀνωτέρω νόμος τῆς ἐλαττώσεως τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως κατὰ 1 mm δι' ἄνοδον κατὰ 10,5 m ἰσχύει μόνον δι' ὕψος μὴ ὑπερβαῖνον μέτρα τινά, διότι διὰ μεγαλύτερα ὕψη ἡ πυκνότης τοῦ ἀέρος δὲν παραμένει σταθερά, ἀλλὰ μεταβάλλεται μετὰ τοῦ ὕψους, καὶ ὡς ἐκ τούτου ὁ νόμος τῆς μεταβολῆς τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως μετὰ τοῦ ὕψους δὲν εἶναι τόσον ἁπλοῦς, ἀλλὰ πολυπλοκώτερος. Ὁ ἀνωτέρω πίναξ δίδει τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν εἰς mm Hg εἰς διάφορα ὕψη.

Ὕψος εἰς μέτρα	Βαρομετρικὴ πίεσις εἰς mm Hg
0	760
200	740
400	722
600	704
1 000	678
2 000	590
3 000	525
10 000	250

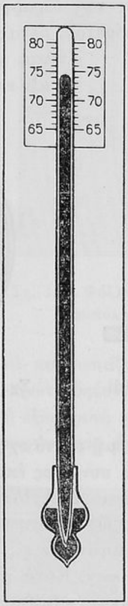
141. Βαρόμετρα. Πρὸς μέτρησιν τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως χρησιμοποιοῦμεν εἰδικὰ ὄργανα τὰ ὁποῖα καλοῦνται ***βαρόμετρα***, ἀκριβέστερα τῶν ὁποίων εἶναι τὰ ὑδραργυρικά. Τὸ ὑδραργυρικὸν βαρόμετρον κατ' ἀρχὴν ἀποτελεῖ ἐφαρμογὴν τῆς διατάξεως Torricelli (§ 138), εἰς τὴν ὁποίαν, μὲ τὴν βοήθειαν παρακειμένης κλίμακος, μετροῦμεν τὸ ἑκάστοτε ὕψος τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης. Ὑπάρχουν διάφοροι τύποι ὑδραργυρικῶν βαρομέτρων, ἐκ τῶν ὁποίων περιγράφομεν τοὺς μᾶλλον συνήθεις:

α) ***Κανονικὸν βαρόμετρον.*** Τοῦτο ἀποτελεῖται ἐκ σωλῆνος ὑαλίνου, ὅστις μετὰ τῆς λεκάνης στερεοῦται ἀμεταθέτως ἐπὶ σανίδος κατακορύφου (σχ. 151). Πρὸς μέτρησιν τῆς βαρομετρικῆς πιέσεως, μετροῦμεν δι' ἀκριβοῦς ὀργάνου (καθετομέτρου) τὴν ἀπόστασιν τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου ἐντὸς σωλῆνος μέχρι τῆς ἄνω ἀκμῆς τοῦ κοχλίου, προσθέτομεν δὲ εἰς αὐτὴν τὸ γνωστὸν ὕψος h τῆς ἀκμῆς τοῦ κοχλίου ἀπὸ τῆς σταθερᾶς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου τῆς λεκάνης. Τὸ ὄργανον τοῦτο χρησιμοποιεῖται κυρίως εἰς Μετεωρολογικοὺς σταθμοὺς διὰ τὴν σύγκρισιν τῶν ἄλλων τύπων βαρομέτρων.

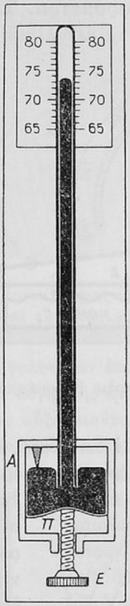
Τὸ σχῆμα 152 παριστᾶ παραλλαγὴν τοῦ κανονικοῦ βαρομέτρου. Τοῦτο ὅμως δὲν εἶναι τόσον ἀκριβὲς ὡς τὸ κανονικόν, διότι μεταβάλλεται ἡ στάθμη τοῦ ὑδραργύρου ἐντὸς τῆς λεκάνης, λόγῳ τῆς σχετικῶς μικρᾶς ἐπιφανείας αὐτῆς.

β) ***Βαρόμετρον* Fortin.** Τοῦτο εἶναι ἐκ τῶν μᾶλλον εὐχρήστων ὑδραργυρικῶν βαρομέτρων, διότι παρουσιάζει τὸ οὐσιῶδες πλεονέκτημα ὅτι δύναται νὰ μεταφέρεται ἄνευ κινδύνου θραύσεως, λόγῳ τῆς καταλλήλου κατασκευῆς του (σχ. 153). Ὁ πυθμὴν Π τῆς λεκάνης εἶναι δερμάτινος καὶ δύναται, μὲ τὴν βοήθειαν κοχλίου Ε, ν' ἀνυψοῦται ἢ νὰ καταβιβάζεται, μεταβαλλομένης οὕτω τῆς χωρητικότητος τῆς λεκάνης. Ἡ λεκάνη καὶ ὁ βαρομετρικὸς σωλὴν περιβάλλονται ὑπὸ μεταλλικοῦ περιβλήματος, ἐνῷ εἰς τὸ ἄνω μέρος τοῦ μεταλλικοῦ περιβλήματος τοῦ βαρομετρικοῦ σω-

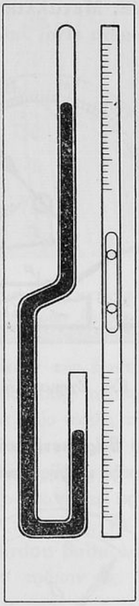
Σχ. 151.



Σχ. 152.



Σχ. 153.



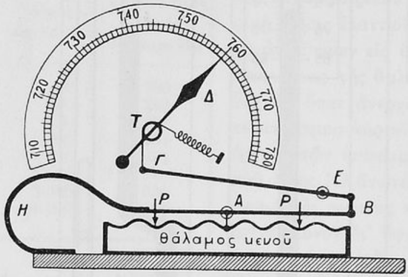
Σχ. 154.

Διάφοροι ἐν χρήσει τύποι ὑδραργυρικῶν βαρομέτρων.

λῆνος ὑπάρχει κλῖμαξ, εἰς τρόπον ὥστε νὰ δυνάμεθα νὰ μετρῶμεν τὸ ὕψος τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης ἀπὸ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου ἐν τῇ λεκάνῃ. Ἡ κλῖμαξ εἶναι βαθμολογημένη εἰς mm, τῆς βαθμολογίας λογιζομένης ἀπὸ τοῦ ἄκρου μικρᾶς ἀκίδος Α ἐξ ἐλεφαντοστοῦ. Διὰ τὴν ἐκτέλεσιν μετρήσεως ρυθμίζομεν διὰ τοῦ κοχλίου Ε τὴν χωρητικότητα τῆς λεκάνης, ὥστε τὸ ἄκρον τῆς ἀκίδος νὰ ἐφάπτεται τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου εἰς τὴν λεκάνην, ὅτε μετροῦμεν διὰ τῆς κλίμακος τὸ ἀντίστοιχον ὕψος τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης. Διὰ νὰ μεταφέρωμεν ἀκινδύνως τὸ ὄργανον, ἀρκεῖ διὰ τοῦ κοχλίου Ε νὰ σμικρύνωμεν τὴν χωρητικότητα τῆς λεκάνης, ὅτε ὁ ὑδράργυρος ἀνέρχεται εἰς τὸν βαρομετρικὸν σωλῆνα καὶ πληροῖ τελείως αὐτόν.

γ) ***Σιφωνοειδὲς βαρόμετρον.*** Τοῦτο δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 154. Τὸ μικρότερον σκέλος, ἀνοικτὸν πρὸς τὰ ἄνω, ἐπέχει θέσιν λεκάνης, τὸ δὲ μεγαλύτερον σκέλος εἶναι κλειστὸν πρὸς τὰ ἄνω. Ἡ διαφορὰ στάθμης τοῦ ὑδραργύρου εἰς τὰ δύο σκέλη τοῦ βαρομέτρου, μετρουμένη ἐπὶ τῆς παρακειμένης κλίμακος παρέχει τὸ ὕψος τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης.

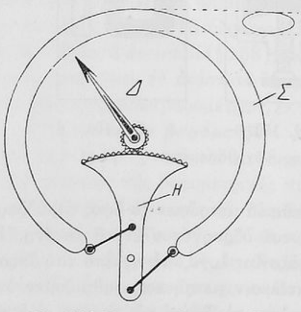
142. Μεταλλικὰ βαρόμετρα. Ἐκτὸς τῶν ὑδραργυρικῶν βαρομέτρων, λίαν διαδεδομένα εἶναι ἐπίσης τὰ μεταλλικὰ βαρόμετρα, μεταξὺ τῶν ὁποίων δύο κυρίως τύποι εἶναι ἐν χρήσει, ὁ τοῦ Vidi καὶ ὁ τοῦ Bourdon.



Σχ. 155. Σχηματικὴ διάταξις βαρομέτρου Vidi.

Σχ. 156. Βαρόμετρον Vidi.

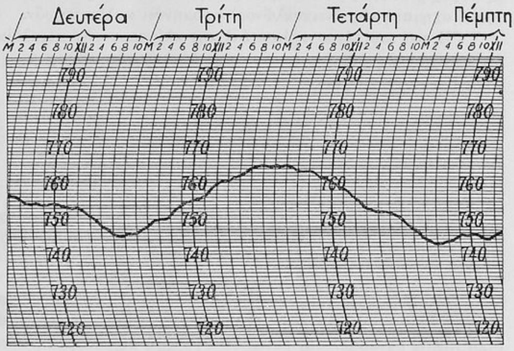
***Τὸ βαρόμετρον* Vidi** δεικνύεται ἐν τομῇ εἰς τὸ σχῆμα 155. Ἀποτελεῖται ἐκ μεταλλικῆς κάψης κενῆς ἀέρος, στηριζομένης συνήθως ἐπὶ ξυλίνης βάσεως. Ἡ ἄνω ἐπιφάνεια Ρ, Α, Ρ τῆς κάψης εἶναι πτυχωτή, οὕτως ὥστε αὕτη νὰ παρουσιάζῃ μεγαλυτέραν ἐπιφάνειαν εἰς τὴν ἔξωθεν ἐπιφερομένην πίεσιν. Κατὰ τὸ σημεῖον Α ἡ πτυχωτὴ ἐπιφάνεια συνδέεται πρὸς πολλαπλασιαστικὸν σύστημα μοχλῶν τοῦ ὁποίου τὸ ἄκρον Γ συνδέεται πρὸς νῆμα μικροῦ μήκους, τὸ ὁποῖον διέρχεται διὰ μικρᾶς τροχαλίας Τ, ἐπὶ τῆς ὁποίας εἶναι προσηρμοσμένος δείκτης Δ, ἐνῷ τὸ ἕτερον ἄκρον τοῦ νήματος συνδέεται πρὸς ἐλατήριον.



Σχ. 157. Σχηματικὴ διάταξις βαρομέτρου Bourdon.

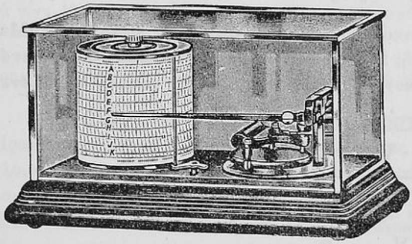
Ὅταν ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις αὐξάνεται, τὸ εὔκαμπτον κάλυμμα τῆς κάψης ὠθεῖται πρὸς τὰ κάτω εἰς Α, οὕτω δὲ κατέρχεται τὸ ἄκρον Β τοῦ συστήματος τῶν μοχλῶν καί, λόγῳ τοῦ ἄξονος περιστροφῆς εἰς Ε, τὸ ἄκρον Γ ἀνέρχεται. Ὡς ἐκ τούτου, ὁ δείκτης Δ, ὑπὸ τὴν ἐπενέργειαν τοῦ ἐλατηρίου, μετατοπίζεται πρὸς τὰ δεξιά.

Τὸ ἀντίστροφον συμβαίνει ὅταν ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις ἐλαττοῦται, ὅτε ὁ δείκτης κινεῖται κατ' ἀντίθετον διεύθυνσιν. Τὸ ὄργανον τοῦτο βαθμολογεῖται ἐν συγκρίσει πρὸς ὑδραργυρικὸν βαρόμετρον ἢ πρὸς ἄλλας διατάξεις, αἱ ὁποῖαι ἐπιτρέπουν τὴν ἀνάπτυξιν γνωστῶν πιέσεων. Τὸ σχῆμα 156 δεικνύει φωτογραφίαν βαρομέτρου Vidi.



Σχ. 158. Φύλλον χάρτου βαρογράφου μετὰ τῆς καταγραφείσης καμπύλης κατὰ τὴν διάρκειαν τεσσάρων ἡμερῶν.

Τὸ βαρόμετρον **Bourdon** (σχ. 157) ἀποτελεῖται ἐκ σωλῆνος ἐξ ἐλατοῦ μετάλλου, ὁ ὁποῖος παρουσιάζει ἐγκαρσίαν τομὴν ἐλλειπτικήν, καλεῖται δὲ οὗτος ἐνίοτε, σωλὴν Bourdon. Ὁ σωλὴν Σ εἶναι κλειστὸς καὶ κενὸς ἀέρος, κάμπτεται δὲ εἰς κύκλον, οὕτως ὥστε ἡ ἐξωτερικὴ πλευρὰ αὐτοῦ νὰ παρουσιάζῃ μεγαλυτέραν ἐπιφάνειαν τῆς ἐσωτερικῆς, ὁπότε, συνεπείᾳ τούτου, ἡ πρώτη ὑφίσταται, λόγῳ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως, μεγαλυτέραν δύναμιν. Ἐὰν ἡ ἐξωτερικὴ πίεσις αὐξομειοῦται, τὰ δύο σκέλη τοῦ σωλῆνος πλησιάζουν ἢ ἀπομακρύνονται, ἡ κίνησις δὲ αὕτη μεταδίδεται, διὰ καταλλήλου μηχανισμοῦ, εἰς δείκτην Δ, δυνάμενον νὰ κινῆται πρὸ τῶν διαιρέσεων κλίμακος. Τὸ βαρόμετρον Bourdon βαθμολογεῖται καθ' ὅμοιον τρόπον ὡς καὶ τὸ τοῦ Vidi.


Σχ. 159. Βαρογράφος τύπου Vidi.

143. Βαρογράφος. Τὰ μεταλλικὰ βαρόμετρα, διὰ καταλλήλου τροποποιήσεως αὐτῶν, δύνανται νὰ χρησιμοποιηθοῦν ὡς αὐτογραφικὰ βαρόμετρα, τὰ ὁποῖα καλοῦνται ***βαρογράφοι.*** Τὰ ὄργανα ταῦτα παρέχουν καμπύλην καταγραφομένην ἐπὶ κυλίνδρου κεκαλυμμένου διὰ φύλλου χάρτου, εἰδικῶς χαρακωμένου (σχ. 158), καὶ περιστρεφομένου ἰσοταχῶς δι' ὡρολογιακοῦ μηχανισμοῦ (σχ. 159). Ἡ διάρκεια μιᾶς πλήρους περιστροφῆς δύναται, ἀναλόγως τῶν ἀναγκῶν, νὰ ρυθμισθῇ 24ωρος, ἑβδομαδιαία, κ.τ.λ.

144. Ἔνδειξις καιροῦ. Ἔχει παρατηρηθῆ ὅτι αἱ μεταβολαὶ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως συνοδεύονται ὑπὸ μεταβολῆς τοῦ καιροῦ. Γενικῶς ἔχει παρατηρηθῆ ὅτι ὅταν ἡ βαρομετρική πίεσις, ἢ ὡς συνήθως λέγομεν τὸ βαρόμετρον, πίπτῃ συνεχῶς, ἔχομεν βροχήν, ἀπότομος δὲ πτῶσις τοῦ βαρομέτρου συνεπάγεται βίαιον ἄνεμον. Γενικῶς πτῶσις τοῦ βαρομέτρου (σχηματισμὸς κυκλῶνος) προλέγει κακὸν καιρόν, ἐνῷ ἀντιθέτως ἄνοδος τοῦ βαρομέτρου (σχηματισμὸς ἀντικυκλῶνος) προμηνύει καλὸν καιρόν.

Ἕνεκα τοῦ λόγου τούτου ἐπὶ τῆς κλίμακος τῶν μεταλλικῶν βαρομέτρων ὑπάρχουν ἐνδείξεις ὅσον ἀφορᾷ τὸν καιρόν, π.χ. λίαν ξηρός, καλός, βροχὴ κ.ο.κ., καὶ αἱ ὁποῖαι ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰς κάτωθι πιέσεις:

Λίαν ξηρὸς	785 mm Hg	Βροχὴ ἢ ἄνεμος	749 mm Hg
Σταθερὸς	776 » »	Ραγδαία βροχὴ	739 » »
Καλὸς καιρὸς	767 » »	Θύελλα	731 » »
Μεταβλητὸς	758 » »		

Γενικῶς ἡ βαρομετρικὴ πίεσις ἀποτελεῖ σπουδαῖον στοιχεῖον διὰ τὴν πρόγνωσιν τοῦ καιροῦ, ἡ ὁποία εἶναι μεγίστης σημασίας σήμερον διὰ τὴν ἀεροπορίαν, ναυτιλίαν, γεωργίαν, ὡς καὶ δι' ἄλλους κλάδους.

145. Μέτρησις τοῦ ὕψους. Τὰ μεταλλικὰ βαρόμετρα χρησιμεύουν σήμερον εὐρύτατα εἰς τὴν ἀεροπορίαν, διὰ τὴν μέτρησιν τοῦ ὕψους. Οὕτως ὡς ἀνωτέρω εἴδομεν ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις μεταβάλλεται μετὰ τοῦ ὕψους, ἡ δὲ μεταβολὴ αὕτη ἐκφράζεται διὰ τύπων κατὰ τὸ μᾶλλον ἢ ἧττον πολυπλόκων. Τὰ πρὸς τὸν σκοπὸν τοῦτον χρησιμοποιούμενα μεταλλικὰ βαρόμετρα φέρουν διπλῆν βαθμολογίαν, ἤτοι βαθμολογίαν εἰς mm στήλης Hg διὰ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν, καὶ εἰς μέτρα διὰ τὸ ὕψος.

146. Συμπιεστότης τῶν ἀερίων. Νόμος τῶν Boyle-Mariotte[1]. Ὑποθέσωμεν ὅτι, τῆς θερμοκρασίας παραμενούσης ἀμεταβλήτου, ἀέριος μᾶζα ἔχει ὑπὸ πίεσιν p_1 ὄγκον V_1, ὑπὸ πίεσιν p_2 ὄγκον V_2, ὑπὸ πίεσιν p_3 ὄγκον V_3 κ.ο.κ. Ἐὰν σχηματίσωμεν τὰ γινόμενα $p_1 V_1$, $p_2 V_2$, $p_3 V_3$ κ.ο.κ., εὑρίσκομεν ὅτι:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 = p_3 V_3 = \ldots = \text{σταθ.} \qquad (1)$$

Ἡ σχέσις αὕτη ἐκφράζει κατὰ γενικώτερον τρόπον τὸν νόμον τῶν Boyle-Mariotte, ὁ ὁποῖος διατυποῦται ὡς ἑξῆς: ***Ὑπὸ σταθερὰν θερμοκρασίαν, τὸ γινόμενον τῆς πιέσεως p ἐπὶ τὸν ὄγκον V δεδομένης ἀερίου μάζης παραμένει πάντοτε σταθερόν, ἤτοι:***

$$\boxed{p \cdot V = \text{σταθ.}}$$

Ἐὰν περιορισθῶμεν εἰς τὰ δύο πρῶτα μέλη τῆς σχέσεως (1), ἔχομεν:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{p_2}{p_1}$$

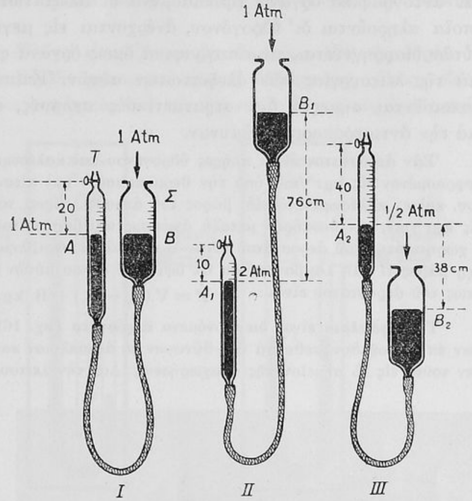
ἤτοι: ***οἱ ὄγκοι, τοὺς ὁποίους καταλαμβάνει ὑπὸ σταθερὰν θερμοκρασίαν δεδομένη ἀέριος μᾶζα, εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογοι τῶν πιέσεων.***

***Πειραματικὴ ἀπόδειξις τοῦ νόμου* Boyle-Mariotte.** Πρὸς τοῦτο χρησιμοποιοῦμεν τὴν εἰς τὸ σχῆμα 160 εἰκονιζομένην συσκευήν. Αὕτη ἀποτελεῖται ἐκ δύο ὑαλίνων σωλήνων

[1] Ἐπειδὴ τὸ φαινόμενον τῆς συμπιεστότητος τῶν ἀερίων ἐμελετήθη συγχρόνως ὑπὸ τῶν Boyle (1662) καὶ Mariotte (1676), ὁ νόμος οὗτος ἐκλήθη: *νόμος τῶν* **Boyle-Mariotte.**

ἐκ τῶν ὁποίων ὁ εἷς Τ, βαθμολογημένος, δύναται νὰ κλείεται κατὰ τὸ ἄνω μέρος ὑπὸ στρόφιγγος, ἐνῷ ὁ ἄλλος Σ εἶναι ἀνοικτὸς κατὰ τὸ ἄνω ἄκρον. Ἀμφότεροι οἱ σωλῆνες συνδέονται διὰ τῶν κάτω ἄκρων αὐτῶν δι' ἐλαστικοῦ σωλῆνος, καὶ ἐντὸς τοῦ συστήματος τίθεται ἀνάλογος ποσότης ὑδραργύρου.

Ἐν ἀρχῇ ἀποκλείομεν διὰ τῆς στρόφιγγος Τ ἐντὸς τῆς συσκευῆς 20 cm³ ἀέρος ὑπὸ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν (σχ. 160, Ι). Ἀκολούθως ἀνυψοῦμεν τὸν σωλῆνα Σ, ὥστε νὰ ἐλαττωθῇ ὁ ὄγκος τοῦ ἀέρος εἰς τὸ ἥμισυ, ἤτοι νὰ γίνῃ 10 cm³, ὅτε βλέπομεν (σχ. 160, ΙΙ) ὅτι ἀποκαθίσταται διαφορὰ στάθμης ὑδραργύρου 76 cm, ἡ ὁποία ἀντιστοιχεῖ ὡς γνωστὸν εἰς 1 ἀτμόσφαιραν. Ὅθεν ὁ ὄγκος τῶν 10 cm³ εὑρίσκεται ἤδη ὑπὸ πίεσιν 2 ἀτμοσφαιρῶν, ἤτοι ἐλαττωθέντος τοῦ ὄγκου εἰς τὸ ἥμισυ ἡ πίεσις ἐδιπλασιάσθη.



Σχ. 160. Διὰ τὴν πειραματικὴν ἀπόδειξιν τοῦ νόμου Boyle - Mariotte.

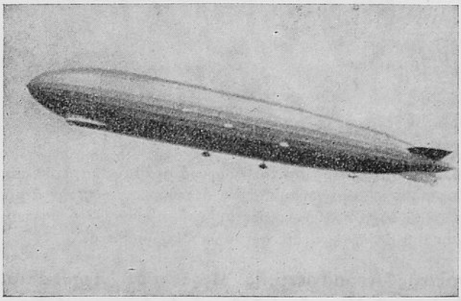
Ἐὰν καταβιβάσωμεν τὸν σωλῆνα Σ ὥστε ὁ ἀρχικὸς ὄγκος νὰ διπλασιασθῇ, ἤτοι νὰ γίνῃ 40 cm³ βλέπομεν (σχ. 160, ΙΙΙ) ὅτι ἀποκαθίσταται διαφορὰ στάθμης κατὰ 38 cm, ἡ ὁποία ἰσοδυναμεῖ πρὸς 1/2 ἀτμόσφαιραν, ἐπενεργοῦσαν ὅμως ἀντιθέτως πρὸς τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν. Ἐπομένως ὁ ἐντὸς τοῦ δοχείου ἀὴρ εὑρίσκεται ὑπὸ πίεσιν 1/2 ἀτμοσφαίρας, ἤτοι διπλασιαζομένου τοῦ ὄγκου τοῦ ἀέρος ἡ πίεσις αὐτοῦ ὑποδιπλασιάζεται.

147. Διάφοροι ἐφαρμογαὶ τῆς Ἀεροστατικῆς. *Ἀερόστατα. Ἀερόπλοια.* Πρακτικὴν ἐφαρμογὴν τῆς ἀνώσεως τοῦ ἀέρος ἀποτελοῦν τὰ ἀερόστατα καὶ ἀερόπλοια. Τὸ ἀερόστατον, ὑπὸ τὴν ἁπλουστέραν αὐτοῦ μορφήν, ἀποτελεῖται ἀπὸ σάκκον ἐξ ὑφάσματος ἐλαφροῦ καὶ ἀδιαβρόχου. Ὅταν ὁ σάκκος πληροῦται δι' ἀερίου ἐλαφροτέρου τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος, ἡ ἄνωσις τὴν ὁποίαν ὑφίσταται ὁ σάκκος εἶναι μεγαλυτέρα τοῦ συνολικοῦ βάρους σάκκου καὶ ἀερίου. Οὕτως ἀφιεμένου τοῦ ἀεροστάτου ἐλευθέρου, παρατηροῦμεν ὅτι τοῦτο ἀνέρχεται εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν μέχρις ὅτου συναντήσῃ στρώματα ἀραιότερα, ὁπότε ἡ ἄνοδος ἀνακόπτεται, διότι τὸ βάρος του ἰσορροπεῖται ἀκριβῶς ὑπὸ τῆς ἀνώσεως, ἐφ' ὅσον βεβαίως τὸ περίβλημα αὐτοῦ εἶναι τόσον ἀνθεκτικόν, ὥστε νὰ μὴ διαρραγῇ λόγῳ ἐλαττώσεως τῆς ἔξωθεν πιέσεως. Τοιαῦτα ἀερόστατα χρησιμοποιοῦνται σήμερον εὐρύτατα διὰ μετεωρολογικὰς παρατηρήσεις, εἴτε ὡς ἐλεύθερα εἴτε ὡς δέσμια ἀερόστατα, τοῦ παρατηρητοῦ καὶ τῶν συσκευῶν τοποθετουμένων ἐντὸς μικρᾶς λέμβου ἐξαρτωμένης διὰ καταλλήλου ἐξαρτήσεως ἀπὸ τοῦ ἀεροστάτου. Ὡς ἀέριον πληρώσεως αὐτοῦ χρησιμοποιεῖται ὑδρογόνον ἢ ἥλιον. Μεγίστην ἐφαρμογὴν εἰς τὰς μετεωρολογικὰς ἐρεύνας ἔχουν ἰδίως τὰ ἐλεύθερα ἀερόστατα, εἰς τὰ ὁποῖα τοποθετοῦνται αὐτογραφικὰ ὄργανα ἐφωδιασμένα δι' ἀλεξιπτώτων. Τὰ ἀερόστατα ταῦτα, τὰ ὁποῖα πληροῦνται δι' ὑδρογόνου, ἀνέρχονται εἰς μεγάλα ὕψη, ὅπου τὸ περίβλημα αὐτῶν διαρρηγνύεται, τὰ αὐτογραφικὰ ὅμως ὄργανα φθάνουν ἀσφαλῆ εἰς τὴν Γῆν διὰ τῆς λειτουργίας τῶν ἀλεξιπτώτων αὐτῶν. Ἐπίσης δέσμια ἀερόστατα χρησιμοποιοῦνται σήμερον διὰ στρατιωτικοὺς σκοπούς, εἴτε ὡς παρατηρητήρια, εἴτε διὰ τὴν ἀντιαεροπορικὴν ἄμυναν.

Ἐὰν ἀερόστατον εἶναι πλῆρες ὑδρογόνου καὶ καλέσωμεν τὸ εἰδ. βάρος τούτου ε_υ, ἐκπεφρασμένον εἰς kgr^*/m^3, ὑπὸ τὴν θερμοκρασίαν καὶ πίεσιν τῆς πληρώσεως τοῦ ἀεροστάτου, καὶ ε_α καλέσωμεν τὸ εἰδ. βάρος τοῦ ἀτμοσφ. ἀέρος, τότε ἡ διαφορὰ $\varepsilon_\alpha - \varepsilon_\upsilon$ ἐκφράζει, εἰς kgr^*/m^3, τὴν διαφορὰν μεταξὺ ἀνώσεως καὶ βάρους τοῦ ἀεροστάτου κατὰ m^3. Ἐὰν δὲ ἡ χωρητικότης τοῦ ἀεροστάτου εἶναι V m^3, τὸ δὲ περίβλημα αὐτοῦ μετὰ τῆς λέμβου κ.τ.λ. ἔχῃ βάρος B (μὴ λαμβανομένου ὑπ' ὄψιν τοῦ ὄγκου αὐτῶν), ἡ τιμὴ τῆς ἀνυψωτικῆς δυνάμεως τοῦ ἀεροστάτου εἶναι:

$$F = V(\varepsilon_\alpha - \varepsilon_\upsilon) - B \ kgr^*.$$

Τὰ ***ἀερόπλοια*** εἶναι διευθυνόμενα ἀερόστατα (σχ. 161). Διὰ πηδαλίων προσηρμοσμένων ἐπ' αὐτοῦ δυνάμεθα νὰ διευθύνωμεν τὸ ἀερόπλοιον κατὰ βούλησιν καὶ νὰ ἐπαναφέρωμεν τοῦτο εἰς τὸ σημεῖον τῆς ἀναχωρήσεως. Διὰ τὴν λειτουργίαν ὅμως τῶν πηδαλίων εἶναι ἀνάγκη τὸ ἀερόστατον νὰ εἶναι ἐφωδιασμένον διὰ μηχανισμοῦ μεταδίδοντος εἰς αὐτὸ προωστικὴν κίνησιν, τοῦτο δὲ ἐπιτυγχάνεται δι' ἑλίκων κινουμένων εἰς τὸν ἀέρα μὲ τὴν βοήθειαν κινητήρων ἐσωτερικῆς καύσεως. Ἡ ὡς ἄνω ἀπαίτησις ἐπέβαλλεν ἰδιάζουσαν κατασκευὴν διὰ τὰ ἀερόπλοια, μολονότι ἡ ἀρχὴ ἐπὶ τῆς ὁποίας στηρίζονται εἶναι ἡ αὐτὴ πρὸς τὴν τῶν ἀεροστάτων. Πρὸς ἐξοικονόμησιν τῆς ἰσχύος τῶν κινητήρων εἰς τὰ σύγχρονα ἀερόπλοια, δίδουν εἰς τὸ σκάφος ἰδιάζον ἀεροδυναμικὸν σχῆμα, οὕτως ὥστε ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀέρος ἡ ἀντιτιθεμένη εἰς τὴν πρόωσιν τοῦ ἀεροπλοίου νὰ εἶναι ἐλαχίστη. Ἵνα δὲ ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀέρος παραμένῃ κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς πορείας ἀμετάβλητος, πρέπει καὶ τὸ σχῆμα καὶ ὁ ὄγκος τοῦ ἀεροπλοίου νὰ παραμένουν ἀμετάβλητα. Τοῦτο κατορθοῦται διὰ τῆς κατασκευῆς τοῦ σκελετοῦ τοῦ ἀεροπλοίου ἐξ ἐλαφρῶν καὶ ἀνθεκτικῶν μεταλλικῶν κραμάτων, καὶ ἀκολούθως δι' ἐξωτερικῆς περικαλύψεως διὰ περιβλήματος λείου καὶ ἐλαφροῦ. Τὸ σκάφος πληροῦται ἐσωτερικῶς διὰ σάκκων πλήρων ἀερίου ἡλίου, τὸ ὁποῖον δὲν ἔχει τὴν ἰδιότητα τοῦ ὑδρογόνου νὰ σχηματίζῃ μετὰ τοῦ ὀξυγόνου κροτοῦν μῖγμα. Διὰ τὴν διατήρησιν τῆς εὐσταθείας τοῦ ἀεροπλοίου χρησιμοποιοῦνται πηδάλια βάθους, ὡς καὶ κατακόρυφα πτερύγια, καταλλήλως διατασσόμενα ἐπὶ τοῦ σώματος τοῦ ἀεροπλοίου.



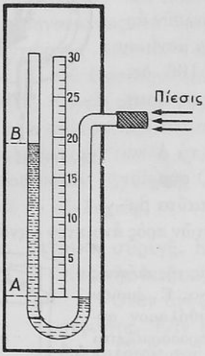
Σχ. 161. Τύπος συγχρόνου ἀεροπλοίου.

148. Μανόμετρα. Διὰ τὴν μέτρησιν τῆς πιέσεως τῶν εἰς χῶρόν τινα περικλειομένων ἀερίων, ἀτμοῦ κ.τ.λ. μεταχειριζόμεθα συσκευὰς αἱ ὁποῖαι καλοῦνται

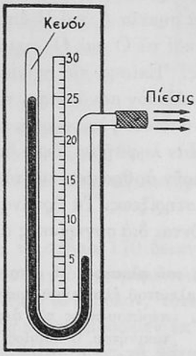
μανόμετρα. Διακρίνομεν δύο τύπους μανομέτρων, ἐκεῖνα εἰς τὰ ὁποῖα γίνεται χρῆσις ὑγροῦ καὶ τὰ μεταλλικὰ μανόμετρα.

Α) Μανόμετρα δι' ὑγροῦ. Ταῦτα διακρίνομεν εἰς δύο τύπους: τὸ ἀνοικτὸν καὶ τὸ κλειστὸν μανόμετρον.

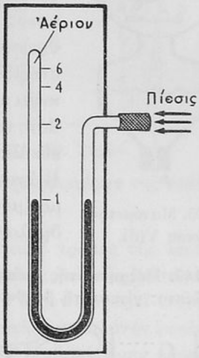
Ἀνοικτὸν μανόμετρον. Τοῦτο εἰκονίζεται εἰς τὸ σχῆμα 162, ὡς ὑγρὸν δὲ χρησιμεύει, ἀναλόγως τῶν συνθηκῶν χρησιμοποιήσεως, ὑδράργυρος, ὕδωρ, οἰνόπνευμα κ.ἄ. Ἡ ἑκάστοτε πίεσις παρέχεται ὑπὸ τῆς διαφορᾶς ὕψους τῆς ὑγρᾶς στή-



Σχ. 162.



Σχ. 163.



Σχ. 164.

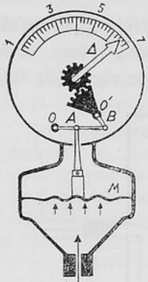
Διάφοροι τύποι μανομέτρων δι' ὑγρῶν. Σχ. 162, ἀνοικτόν. Σχ. 163, κολοβὸν βαρόμετρον, διὰ πιέσεις μικροτέρας τῆς ἀτμοσφαιρικῆς. Σχ. 164, κλειστόν, διὰ πιέσεις μεγαλυτέρας τῆς ἀτμοσφαιρικῆς.

λης ΑΒ. Διὰ τοῦ ἀνοικτοῦ μανομέτρου δυνάμεθα νὰ μετρήσωμεν καὶ πιέσεις μικροτέρας τῆς ἀτμοσφαιρικῆς. Διὰ καταλλήλου συνδεσμολογίας πολλῶν μικροτέρων σωλήνων, δυνάμεθα νὰ μετρήσωμεν ἀρκούντως μεγάλας πιέσεις, διότι διὰ τῆς διατάξεως ταύτης ἐπιτυγχάνομεν νὰ ὑποδιαιρέσωμεν τὴν ἀπαιτουμένην μεγάλου ὕψους ὑδραργυρικὴν στήλην εἰς ἀριθμὸν μικροτέρων στηλῶν.

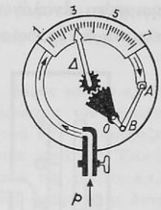
Κλειστὸν μανόμετρον. Λίαν συνήθης τύπος κλειστοῦ μανομέτρου, εἰς τὸ ὁποῖον τὸ ἓν σκέλος εἶναι κλειστόν, δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 164. Εἰς αὐτό, ὡς ὑγρὸν χρησιμοποιεῖται ὑδράργυρος, ἡ δὲ βαθμολόγησις γίνεται ἐπὶ τῇ βάσει τοῦ νόμου τῶν Boyle-Mariotte ἢ διὰ συγκρίσεως αὐτοῦ πρὸς ἀνοικτὸν μανόμετρον.

Λίαν ἐν χρήσει μανόμετρον, διὰ μετρήσεις πιέσεων μικροτέρων τῆς ἀτμοσφαιρικῆς, εἶναι τὸ ***κολοβὸν βαρόμετρον*** (σχ. 163) τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ ἐφαρμογὴν τοῦ σιφωνοειδοῦς βαρομέτρου (βλ. § 141). Εἰς τὸ μανόμετρον τοῦτο ὁ κύριος βαρομετρικὸς σωλὴν ἔχει μῆκος πολὺ μικρότερον τῶν 76 cm καὶ ἑπομένως, ὑπὸ τὴν συνήθη ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν, οὗτος εἶναι πλήρης ὑδραργύρου. Ἐὰν συνδέσωμεν τὸ ἀνοικτὸν ἄκρον τοῦ σωλῆνος πρὸς ἀεραντλίαν, παρατηροῦμεν ὅτι, ὅταν ἡ ἄντλησις τοῦ ἀέρος προχωρήσῃ ἀρκετά, τότε ὁ ὑδράργυρος εἰς τὸν βαρομετρικὸν σωλῆνα κατέρχεται, ἐνῷ ἀνέρχεται εἰς τὸν ἕτερον σωλῆνα, ἡ δὲ πίεσις μετρᾶται ὑπὸ τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης, τῆς ὁποίας τὸ ὕψος ἰσοῦται πρὸς τὴν διαφορὰν τῶν σταθμῶν τοῦ ὑδραργύρου εἰς τὰ δύο σκέλη τοῦ κολοβοῦ βαρομέτρου.

Β) Μεταλλικὰ μανόμετρα. Εὔχρηστος τύπος μεταλλικοῦ μανομέτρου εἶναι τὸ ***μανόμετρον διὰ μεμβράνης*** (τύπου Vidi), τοῦ ὁποίου ἡ λειτουργία ἔχει ὡς ἑξῆς: Τὸ ὑπὸ πίεσιν p ἀέριον εἰσχωρεῖ διὰ τοῦ κάτωθεν σωλῆνος καὶ πιέζει τὴν πτυχωτὴν μεμβράνην Μ (σχ. 165), ἡ ὁποία οὕτω μετατίθεται πρὸς τὰ ἄνω, ἡ δὲ κίνησις αὐτῆς διὰ τοῦ κεντρικοῦ στελέχους καὶ τοῦ μηχανισμοῦ μεταβιβάζεται εἰς τὸν δείκτην Δ, ὁ ὁποῖος κινεῖται πρὸ τῶν ὑποδιαιρέσεων βαθμολογημένης κλίμακος. Τὰ σημεῖα Α καὶ Β ἀποτελοῦν ἀρθρώσεις καὶ τὰ Ο καὶ Ο′ σημεῖα μονίμου στηρίξεως. Ἐπίσης τὸ σχῆμα 166 δεικνύει μεταλλικὸν μανόμετρον τύπου Bourdon, τοῦ ὁποίου ἡ λειτουργία κατανοεῖται εὐκόλως ἐὰν ληφθῇ ὑπ᾽ ὄψιν ὅτι τὰ Α καὶ Β ἀποτελοῦν ἀρθρώσεις καὶ τὸ Ο σημεῖον μονίμου στηρίξεως. Τὰ ὄργανα ταῦτα βαθμολογοῦνται διὰ συγκρίσεως αὐτῶν πρὸς ἀνοικτὸν μανόμετρον.

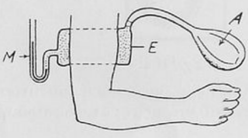


Σχ. 165. Μανόμετρον τύπου Vidi.



Σχ. 166. Μανόμετρον τύπου Bourdon.

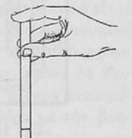
149. Μέτρησις τῆς πιέσεως τοῦ αἵματος. Ἡ μέτρησις τῆς πιέσεως τοῦ αἵματος γίνεται τῇ βοηθείᾳ κλειστοῦ ἐλαστικοῦ σωλῆνος Ε, ὁμοίου περίπου πρὸς τὸν ἀεροθάλαμον αὐτοκινήτου, ὁ ὁποῖος προσαρμόζεται στερεῶς εἰς τὸ ἀνώτερον μέρος τοῦ βραχίονος τοῦ ἀσθενοῦς (σχ. 167).



Σχ. 167. Σφυγμομανόμετρον.

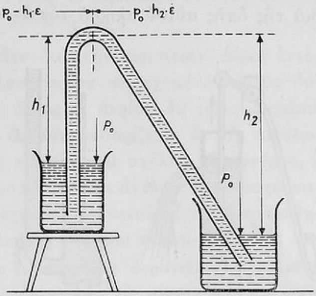
Μὲ τὴν βοήθειαν μικροῦ συμπιεστοῦ Α, εἰσάγεται ἐντὸς τοῦ ἀεροθαλάμου ἀήρ, μέχρις ὅτου λόγῳ τῆς πιέσεως κλεισθῇ ἡ ἀρτηρία, εἰς τρόπον ὥστε νὰ μὴ ἀκούεται ὁ σφυγμὸς ὑπὸ τοῦ ἰατροῦ, ὅταν οὗτος ἀκροᾶται διὰ τοῦ στηθοσκοπικοῦ ἀκουστικοῦ. Ἡ πίεσις τοῦ ἀέρος μετρᾶται τότε τῇ βοηθείᾳ ὑδραργυρικοῦ Μ ἢ καὶ μεταλλικοῦ μανομέτρου, ἐκ ταύτης δὲ καθορίζεται καὶ ἡ πίεσις τοῦ αἵματος.

150. Σιφώνιον. Τὸ σιφώνιον χρησιμεύει διὰ τὴν μετάγγισιν μικρῶν ποσοτήτων ὑγροῦ, δεικνύεται δὲ εἰς τὸ σχῆμα 168. Ὅταν τὸ ὄργανον βυθίζεται ἐντὸς τοῦ δοχείου, πληροῦται δι᾽ ὑγροῦ. Ἐὰν κλείσωμεν τὸ ἄνω μέρος διὰ τοῦ δακτύλου καὶ ἀνασύρωμεν αὐτὸ ἔξω τοῦ κυλίνδρου, τότε ἐν ἀρχῇ ἐκρέουν ὀλίγαι σταγόνες ὑγροῦ καὶ ἀκολούθως ἡ ἐκροὴ ὑγροῦ παύει, διότι ἡ πίεσις p_1 εἶναι μικροτέρα τῆς πιέσεως p_2 εἰς τὸ κάτω ἄκρον. Μεταξὺ τῶν πιέσεων ἰσχύει ἡ σχέσις: $p_1 + \varepsilon \cdot h = p_2$. Ἀνοίγοντες ἢ κλείοντες τὸ ἄνω ἄκρον, δυνάμεθα νὰ ρυθμίζωμεν κατὰ βούλησιν τὴν ἐκροήν. Ἐπὶ τῆς αὐτῆς ἀρχῆς στηρίζονται καὶ τὰ ***σταγονόμετρα.***



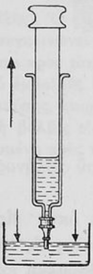
Σχ. 168. Σιφώνιον.

151. Σίφων. Ἡ μορφὴ τοῦ σίφωνος δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 169, ἡ δὲ ἐκροὴ τοῦ ὑγροῦ ὀφείλεται εἰς τὴν διαφορὰν πιέσεως εἰς τὴν νοητὴν ἐγκαρσίαν τομήν. Πράγματι, ἀριστερὰ ἡ πίεσις εἶναι: $p = p_0 - h_1 \varepsilon$, καὶ δεξιά: $p' = p_0 - h_2 \varepsilon$ ὅπου p_0 ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις καὶ ε τὸ εἰδ. βάρος τοῦ ὑγροῦ. Ἐκ τῆς ἄνω σχέσεως εὑρίσκομεν $p - p' = (h_2 - h_1)\,\varepsilon$, καὶ ἐπειδὴ $h_2 > h_1$, ἕπεται $p - p' > 0$, ὅθεν $p > p'$. Ὁ σίφων, διὰ νὰ λειτουργήσῃ, πρέπει προηγουμένως νὰ διεγερθῇ, τοῦτο δὲ ἐπιτυγχάνεται εἴτε δι᾿ ἀναρροφήσεως τοῦ ὑγροῦ ἐκ τοῦ ἐλευθέρου του ἄκρου, ὥστε νὰ ἐκδιωχθῇ ὁ ἐντὸς αὐτοῦ ἀήρ, εἴτε διὰ πληρώσεως τοῦ σωλῆνος πρὸ τῆς χρησιμοποιήσεώς του δι᾿ ὑγροῦ. Ἵνα δὲ προκύπτῃ ἐκροή, πρέπει τὸ στόμιον τῆς ἐκροῆς νὰ εὑρίσκεται εἰς στάθμην χαμηλοτέραν τῆς στάθμης τοῦ ὑγροῦ ἐν τῷ δοχείῳ.



Σχ. 169. Σίφων.

152. Ἰατρικὴ σύριγξ. Εἰς τὸ σχῆμα 170 δεικνύεται ὁ τρόπος τῆς λειτουργίας τῆς ἰατρικῆς σύριγγος χρησιμοποιουμένης διὰ τὰς ἐνέσεις.


Σχ. 170. Σύριγξ.

Ὅταν ἀνυψοῦμεν τὸ ἔμβολον, τότε τὸ ὑγρὸν εἰσχωρεῖ ἐντὸς τῆς σύριγγος. Ἐὰν ἤδη προσαρμόσωμεν ἐπ᾿ αὐτῆς τὴν βελόνην δυνάμεθα διὰ πιέσεως τοῦ ἐμβόλου πρὸς τὰ κάτω νὰ διαβιβάσωμεν μέσῳ τῆς βελόνης τὸ ὑγρὸν ἐντὸς τοῦ ἀνθρωπίνου ὀργανισμοῦ.

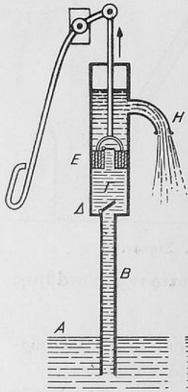
153. Ἀντλίαι. Σπουδαιοτάτην ἐφαρμογὴν τῆς ἐπιδράσεως τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως ἀποτελοῦν οἱ διάφοροι τύποι τῶν ἀντλιῶν, τῶν ὁποίων ὅμως ἡ σπουδὴ ἀποτελεῖ ἀντικείμενον τῆς Τεχνικῆς Φυσικῆς. Ὡς ἐκ τούτου ἐνταῦθα θὰ περιορισθῶμεν μόνον εἰς τὴν ἀνάπτυξιν τῶν γενικῶν ἀρχῶν τῆς λειτουργίας των.

Αἱ ἀντλίαι γενικῶς διακρίνονται εἰς δύο μεγάλους τύπους: εἰς τὰς ὑ δ ρ α ν τ λ ί α ς καὶ εἰς τὰς ἀ ε ρ α ν τ λ ί α ς.

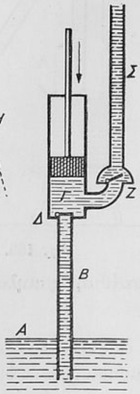
Ὑδραντλίαι. Ἐκ τούτων λίαν διαδεδομέναι εἶναι αἱ ἐμβολοφόροι ἀντλίαι, αἱ ὁποῖαι ὑποδιαιροῦνται εἰς ***ἀναρροφητικὰς*** καὶ ***καταθλιπτικάς.***

Κύριον ὄργανον τῶν ἀντλιῶν τούτων εἶναι ὁ ἐκ χυτοσιδήρου κύλινδρος, αἱ βαλβῖδες Δ καὶ Ζ καὶ τὸ ἔμβολον Ε.

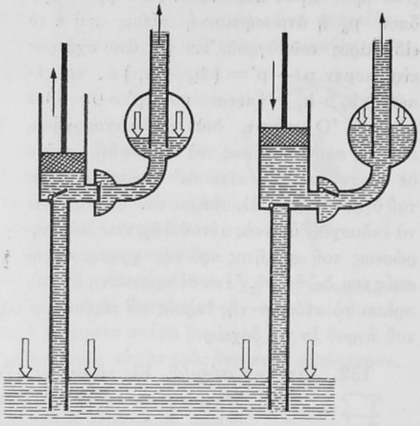
Εἰς τὴν ***ἀναρροφητικὴν ἀντλίαν*** (σχ. 171) τὸ ἔμβολον φέρει κεντρικὴν ὀπὴν ἡ ὁποία κλείεται διὰ βαλβῖδος καὶ ἀνοίγει ὠθουμένη ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω. Ἐπίσης εἰς τὴν βάσιν τῶν κυλίνδρων ὑπάρχει ἄλλη βαλβὶς Δ ἡ ὁποία ἀνοίγει ἐπίσης ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω καὶ ἀπομονώνει τὸν κύλινδρον ἀπὸ τοῦ ἀναρροφητικοῦ σωλῆνος Β. Ἐν ἀρχῇ, ὅταν τὸ ἔμβολον εὑρίσκεται εἰς τὴν κατωτάτην θέσιν αὐτοῦ εἰς τὸν κύλινδρον, αἱ δύο βαλβῖδες εἶναι κλεισταί. Μετά τινας ἐμβολισμοὺς τὸ ὕδωρ ὠθούμενον ὑπὸ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως πληροῖ τὸν ἀναρροφητικὸν σωλῆνα καὶ τὸν κύλινδρον. Ἐὰν ἤδη ὠθήσωμεν τὸ ἔμβολον πρὸς τὰ κάτω, τότε κλείει ἡ βαλβὶς Δ καὶ ἀνοίγει ἡ βαλβὶς τοῦ ἐμβόλου, ὁπότε τὸ ὕδωρ διερχόμενον διὰ τῆς ὀπῆς αὐτοῦ πληροῖ τὸν ἄνωθεν τοῦ ἐμβόλου χῶρον, τοῦ ὁποίου ἡ στάθμη



Σχ. 171.
Ἀναρροφητικὴ ἀντλία.



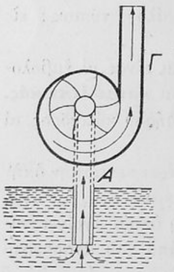
Σχ. 172.
Καταθλιπτικὴ ἀντλία.



Σχ. 173.
Λειτουργία καταθλιπτικῆς ἀντλίας μὲ ἀεροθάλαμον.

κατὰ τοὺς ἑπομένους ἐμβολισμοὺς ἀνέρχεται μέχρι τῆς ὀπῆς τοῦ πλευρικοῦ σωλῆνος ἐκροῆς Η, ἐκ τοῦ ὁποίου ἀκολούθως ἐκρέει τὸ ὕδωρ.

Εἰς τὴν ***καταθλιπτικὴν ἀντλίαν*** (σχ. 172) τὸ ἔμβολον δὲν φέρει ὀπήν· εἰς τὸν πυθμένα τοῦ κυλίνδρου προσαρμόζεται πλευρικὸς σωλὴν Σ ὁ ὁποῖος εἰς τὸ κάτω μέρος φέρει τὴν βαλβῖδα Ζ ἥτις ἀνοίγει ὠθούμενη ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω. Ὅταν ἀνυψοῦμεν τὸ ἔμβολον, εἰσχωρεῖ ὕδωρ ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου καὶ πληροῖ αὐτόν. Ὅταν καταβιβάζωμεν τὸ ἔμβολον κλείει ἡ βαλβὶς τοῦ κυλίνδρου καὶ ἀνοίγει ἡ τοῦ πλευρικοῦ σωλῆνος καὶ οὕτως εἰσχωρεῖ ἐντὸς αὐτοῦ ὕδωρ.



Σχ. 174. Φυγοκεντρικὴ ὑδραντλία.

Αἱ καταθλιπτικαὶ ἀντλίαι ἐφοδιάζονται διὰ καταλλήλου ἀεροθαλάμου (σχ. 173) ὁ ὁποῖος ἐπιτρέπει τὴν συνεχῆ λειτουργίαν τῆς ἀντλίας καὶ διευκολύνει τὴν ἀνύψωσιν τοῦ ὕδατος εἰς τὸν πλευρικὸν σωλῆνα. Οὕτω τὸ ὕδωρ τὸ ὁποῖον εἰσχωρεῖ εἰς τὸν ἀεροθάλαμον, ὅστις εἶναι πλήρης ἀέρος, συμπιέζει τὸν ἀέρα καὶ λόγῳ τῆς δημιουργουμένης πιέσεως διευκολύνεται ἡ εἴσοδος τοῦ ὕδατος εἰς τὸν σωλῆνα ἀπαγωγῆς αὐτοῦ.

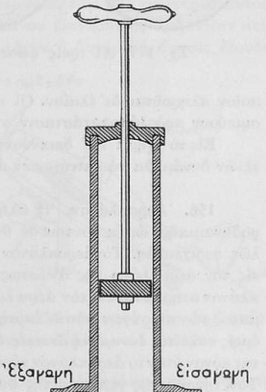
154. Φυγοκεντρικὴ ὑδραντλία. Αὐτὴ εἰκονίζεται εἰς τὸ σχῆμα 174. Διὰ περιστροφῆς τοῦ πτερυγιοφόρου ἄξονος ὑπό τινος κινητῆρος, τὸ ἐντὸς τοῦ τυμπάνου ὑγρὸν προερχόμενον ἐκ τοῦ σωλῆνος ἀναρροφήσεως Α, τιθέμενον εἰς περιστροφικὴν κίνησιν, ὠθεῖται λόγῳ τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως πρὸς τὴν περιφέρειαν τοῦ τυμπάνου καὶ ἐκρέει διὰ τοῦ σωλῆνος Γ, ἐνῷ τὸ ἐκβαλλόμενον ὕδωρ ἀναπληροῦται ὑπὸ ἑτέρας ποσότητος εἰσρεούσης διὰ τοῦ σωλῆνος Α.

155. Ἀεραντλίαι. Αὗται χρησιμεύουν εἴτε διὰ τὴν συμπίεσιν ἀέρος ἐντὸς χώρου, εἴτε διὰ τὴν ἀραίωσιν τοῦ ἀέρος ἢ ἄλλου ἀερίου περιεχομένου ἐντὸς δοχείου. Γενικῶς, ὁσάκις προκαλοῦμεν ἀραίωσιν ἀέρος ἢ ἀερίου ἔκ τινος δοχείου, λέγομεν ὅτι δημιουργοῦμεν εἰς αὐτὸ ***κενόν***, τὸ ὁποῖον καθορίζεται ἐκ τῆς πιέσεως τοῦ ἀέρος ἢ ἀερίου ἐν τῷ δοχείῳ, ἐκφραζομένης εἰς χιλιοστὰ στήλης ὑδραργύρου, ἢ ὅπερ τὸ αὐτό, εἰς Torr. Αἱ παλαιότερον χρησιμοποιούμεναι ἀντλίαι ἦσαν κατὰ κανόνα ἐμβολοφόροι, μὲ τὴν πρόοδον ὅμως τῆς τεχνικῆς τοῦ κενοῦ αὗται ἐξετοπίσθησαν καθ' ὁλοκληρίαν, ἀντικατασταθεῖσαι ὑπὸ ἀντλιῶν ἑτέρου τύπου.

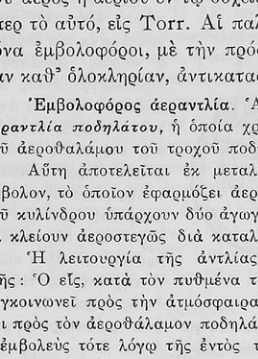
Ἐμβολοφόρος ἀεραντλία. Ἁπλούστατον τύπον ἐμβολοφόρου ἀεραντλίας ἀποτελεῖ ἡ ***ἀεραντλία ποδηλάτου***, ἡ ὁποία χρησιμοποιεῖται καὶ σήμερον διὰ τὴν συμπίεσιν ἀέρος ἐντὸς τοῦ ἀεροθαλάμου τοῦ τροχοῦ ποδηλάτου.

Αὕτη ἀποτελεῖται ἐκ μεταλλικοῦ κυλίνδρου ἐντὸς τοῦ ὁποίου δύναται νὰ κινῆται ἔμβολον, τὸ ὁποῖον ἐφαρμόζει ἀεροστεγῶς ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου (σχ. 175). Εἰς τὸν πυθμένα τοῦ κυλίνδρου ὑπάρχουν δύο ἀγωγοὶ οἱ ὁποῖοι δύνανται νὰ κλείουν ἀεροστεγῶς διὰ καταλλήλων βαλβίδων.

Ἡ λειτουργία τῆς ἀντλίας ποδηλάτου ἔχει ὡς ἑξῆς: Ὁ εἷς, κατὰ τὸν πυθμένα τοῦ κυλίνδρου, ἀγωγὸς συγκοινωνεῖ πρὸς τὴν ἀτμόσφαιραν, ὁ δὲ ἄλλος συνδέεται πρὸς τὸν ἀεροθάλαμον ποδηλάτου. Ὅταν ἀνυψοῦται ὁ ἐμβολεὺς τότε λόγῳ τῆς ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου ἐπικρατούσης, μικροτέρας τῆς ἀτμοσφαιρικῆς, πιέσεως, ἀνοίγει ἡ βαλβὶς εἰσαγωγῆς ἡ ὁποία εἶναι καταλλήλως ρυθμισμένη πρὸς τὸν σκοπὸν τοῦτον. Ὅταν τὸ ἔμβολον ἀνέλθῃ εἰς τὸ ἀνώτατον σημεῖον καὶ ὁ χῶρος τοῦ κυλίνδρου πληρωθῇ καθ' ὁλοκληρίαν ὑπὸ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος, τότε ἀρχίζομεν νὰ καταβιβάζωμεν τὸ ἔμβολον. Ὡς ἐκ τῆς καταβιβάσεως τοῦ ἐμβόλου, ἡ βαλβὶς εἰσαγωγῆς πιεζομένη ὑπὸ τοῦ συμπιεζομένου ἀέρος κλείει, ἐνῷ ἀνοίγει ἡ βαλβὶς ἐξαγωγῆς ἡ ὁποία συγκοινωνεῖ πρὸς τὸν ἀεροθάλαμον καὶ οὕτως ὁ ἀὴρ εἰσχωρεῖ ἐντὸς αὐτοῦ. Ὅταν τὸ ἔμβολον φθάσῃ εἰς τὸ κατώτατον σημεῖον τῆς διαδρομῆς, ἀρχίζομεν ἐκ νέου ν' ἀνυψοῦμεν αὐτό, ὅτε ὡς ἐκ τῆς διατάξεως αὐτῆς κλείει ἡ βαλβὶς τῆς ἐξαγωγῆς, ὑπὸ τὴν ἐπενέργειαν τῆς μεγαλυτέρας πιέσεως τοῦ ἀέρος εἰς τὸν ἀεροθάλαμον, ἐνῷ ἡ βαλβὶς εἰσαγωγῆς ἀνοίγει, καὶ τὸ φαινόμενον ἐπαναλαμβάνεται κατὰ τὸν αὐτὸν τρόπον.



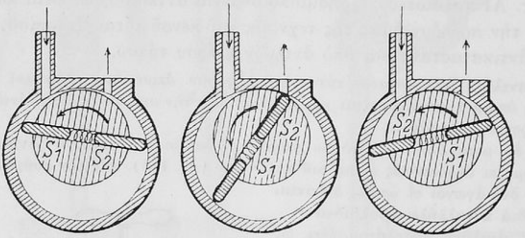
Σχ. 175. Ἀεραντλία ποδηλάτου.



Σχ. 176. Περιστροφικὴ ἀεραντλία Gaede.

Ἡ ὡς ἄνω ἀντλία, ἐὰν ὁ σωλὴν εἰσαγωγῆς συνδεθῇ πρὸς χῶρον, π.χ. δοχεῖον, ἐκ τοῦ ὁποίου θέλομεν ν' ἀφαιρέσωμεν τὸν ἀέρα, καὶ ὁ σωλὴν ἐξαγωγῆς πρὸς τὴν ἀτμόσφαιραν, δύναται νὰ χρησιμεύσῃ καὶ ὡς ἀεραντλία κενοῦ.

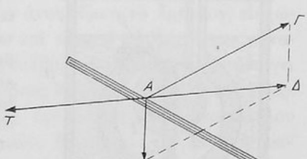
Ἀεραντλία Gaede. Λίαν διαδεδομένος τύπος ἀεραντλίας εἶναι σήμερον ἡ ***ἀεραντλία Gaede διὰ τυμπάνου,*** ἡ ὁποία εἰκονίζεται ἐν τομῇ εἰς τὸ σχῆμα 176. Ὅταν τὸ τύμπανον Β τίθεται εἰς περιστροφικὴν κίνησιν, ὁ ὄγκος τοῦ χώρου Δ, ὁ ὁποῖος μέσῳ τοῦ σωλῆνος Ζ συγκοινωνεῖ πρὸς τὸ δοχεῖον ἐκ τοῦ ὁποίου θέλομεν ν' ἀφαιρέσωμεν τὸν ἀέρα, αὐξάνεται, ἐνῷ ὁ ὄγκος τοῦ χώρου Ε, ὁ ὁποῖος συγκοινωνεῖ μέσῳ τῆς βαλβῖδος Θ καὶ τοῦ σωλῆνος ἐξαγωγῆς πρὸς τὸν ἔξω χῶρον, ἐλαττοῦται. Συνεπείᾳ τούτου, κατὰ τὴν περιστροφὴν τοῦ τυμπάνου, εἰσχωρεῖ συνεχῶς ἀὴρ ἐκ τοῦ δοχείου, ὁ ὁποῖος ἀκολούθως συμπιέζεται ἐντὸς τοῦ χώρου Ε, οὕτω δὲ ἀνοίγει ἡ βαλβὶς Θ καὶ ὁ ἀὴρ ἐκρέει εἰς τὸν ἔξω χῶρον. Πρὸς ἐπίτευξιν καλῆς στεγανότητος τῆς βαλβῖδος καὶ τῶν θέσεων τῶν ἀξονικῶν ἑδράνων, τὸ ὅλον σῶμα Α τῆς ἀντλίας τίθεται ἐντὸς δοχείου Η, τὸ ὁποῖον πληροῦται δι' ἐλαίου. Οἱ σύρται S_1, S_2 μετὰ τῶν συνδεόντων αὐτοὺς ἐλατηρίων, χρησιμεύουν πρὸς ἀποκατάστασιν στεγανότητος μεταξὺ τῶν δύο χώρων Δ καὶ Ε.



Σχ. 177. Αἱ τρεῖς φάσεις τῆς ἀεραντλίας Gaede.

Εἰς τὸ σχῆμα 177 δεικνύονται αἱ τρεῖς φάσεις τῆς ἐν λόγῳ ἀντλίας. Διὰ τοιούτων ἀντλιῶν δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν ἀραίωσιν μέχρι πιέσεως 0,0001 Torr (10^{-4} mm Hg).

156. Ἀεροπλάνον. Ἡ πλήρης σπουδὴ τοῦ ἀεροπλάνου ἀποτελεῖ ἀντικείμενον τῆς ἀεροδυναμικῆς, ὡς ἐκ τούτου δὲ θὰ περιορισθῶμεν νὰ σπουδάσωμεν τοῦτο κατὰ τρόπον ἐντελῶς στοιχειώδη. Τὸ ἀεροπλάνον διαφέρει τοῦ ἀεροστάτου, διότι τὸ ἀερόστατον στηρίζεται εἰς τὸν ἀέρα λόγῳ τῆς ἀνώσεως τοῦ ἀέρος, ἡ ὁποία καλεῖται ***στατικὴ ἄνωσις,*** ἐνῷ τὸ ἀεροπλάνον στηρίζεται εἰς τὸν ἀέρα λόγῳ τῆς κινήσεως αὐτοῦ, δι' ἧς δημιουργεῖται ἐπὶ τοῦ συστήματος τῶν πτερύγων αὐτοῦ ἐπίσης ἄνωσις, ἡ ὁποία ὅμως καλεῖται ***δυναμικὴ ἄνωσις,*** διότι αὕτη ὑφίσταται μόνον ὅταν τὸ ἀεροπλάνον εὑρίσκεται ἐν κινήσει. Τὸν τρόπον τῆς γενέσεως τῆς δυναμικῆς ἀνώσεως δυνάμεθα νὰ κατανοήσωμεν εὐκόλως ἐὰν ἐξετάσωμεν τὴν περίπτωσιν τοῦ γνωστοῦ ***χαρταετοῦ*** (σχ. 178). Ὁ χαρταετὸς συνήθως ἀποτελεῖται ἀπὸ ἐπίπεδον ἐπιφάνειαν ἐκ χάρτου στηριζομένην ἐπὶ ξυλίνου σκελετοῦ καὶ συγκρατεῖται καταλλήλως διὰ σχοινίου (σπάγγου).

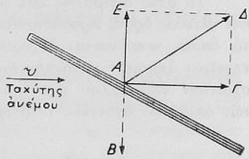


Σχ. 178. Ἰσορροπία ἐπιπέδου ἐπιφανείας (π.χ. χαρταετοῦ).

Ὅταν πνέῃ ἄνεμος, ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας αὐτοῦ ἐπενεργοῦν δύο δυνάμεις, ἡ ἀεροδύναμις ΑΓ προερχομένη ἐκ τοῦ ἀνέμου, ἡ ὁποία παρουσιάζει ἐλαφρὰν κλίσιν πρὸς τὰ ὀπίσω, καὶ τὸ βάρος τοῦ χαρταετοῦ ΑΒ. Αἱ δύο αὗται δυνάμεις παρέχουν ὡς συνισταμένην τὴν ΑΔ ἡ ὁποία ἐξουδετεροῦται ὑπὸ τῆς τάσεως τοῦ σχοινίου Τ καὶ τοιουτοτρόπως ὁ χαρταετὸς ἰσορροπεῖ. Τὸ σχοινίον Τ συγκρατήσεως τοῦ χαρταετοῦ εἶναι περιτυλιγμένον ἐπὶ καταλλήλου πηνίου (κοινῶς καλούμπας).

Ἐὰν ἡ τάσις τοῦ σχοινίου χαλαροῦται, π. χ., δι' ἐκτυλίξεως αὐτοῦ, τότε ὑπερτερεῖ ἡ συνισταμένη ΑΔ, ἡ ὁποία προκαλεῖ ἀνύψωσιν τοῦ χαρταετοῦ.

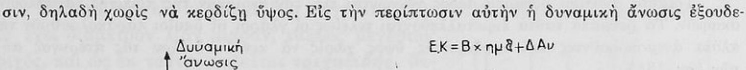
Τὴν ἀεροδύναμιν ὅμως ΑΔ δυνάμεθα νὰ σπουδάσωμεν καὶ ἄλλως, εἰς τρόπον ὥστε νὰ ἐκδηλωθῇ ἡ δυναμικὴ ἄνωσις. Οὕτω δυνάμεθα ν' ἀναλύσωμεν τὴν ΑΔ εἰς δύο ὀρθογωνίους συνιστώσας, τὴν ΑΕ ἡ ὁποία ἀποτελεῖ τὴν ***δυναμικὴν ἄνωσιν***, ἥτις ἐξουδετερώνει τὸ βάρος τοῦ χαρταετοῦ καὶ τὴν ΑΓ ἡ ὁποία τείνει νὰ μετατοπίσῃ τὸν χαρταετὸν κατὰ τὴν διεύθυνσίν της καὶ ἐξουδετεροῦται ὑπὸ τοῦ νήματος συγκρατήσεως τοῦ χαρταετοῦ (σχ. 179). Ἡ ΑΓ καλεῖται συνήθως ***δυναμικὴ ἀντίστασις*** (ἢ καὶ ***ὀπισθέλκουσα***). Εἰς τὸν χαρταετὸν προστίθεται καὶ ἡ οὐρά, ἡ ὁποία σκοπὸν ἔχει νὰ δημιουργῇ τὴν εὐστάθειαν τοῦ χαρταετοῦ εἰς τὸν ἀέρα.



Σχ. 179. Ἀνάλυσις τῆς ἀεροδυνάμεως εἰς τὴν δυναμικὴν ἄνωσιν καὶ δυναμικὴν ἀντίστασιν.

Εἰς τὸ ἀεροπλάνον συμβαίνουν σχεδὸν ἐντελῶς τὰ αὐτὰ φαινόμενα, μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς πτέρυγος τοῦ ἀεροπλάνου ἡ δυναμικὴ ἄνωσις δημιουργεῖται ἐπὶ τοῦ πτερυγιακοῦ συστήματος αὐτοῦ, λόγῳ τοῦ σχετικοῦ ἀνέμου τὸν ὁποῖον προκαλεῖ ἡ κίνησις τοῦ ἀεροπλάνου εἰς τὸν ἀέρα, τὴν ὁποίαν μεταδίδει εἰς αὐτὸ ἡ κινουμένη διὰ τοῦ κινητῆρος τοῦ ἀεροπλάνου ἕλιξ. Οὕτω πάλιν ἡ δυναμικὴ ἄνωσις ἐξουδετερώνει τὸ βάρος τοῦ ἀεροπλάνου, ἡ δὲ δυναμικὴ ἀντίστασις ἐξουδετεροῦται ὑπὸ τοῦ κινητῆρος αὐτοῦ.

Εἰς τὸ σχῆμα 180, Ι δεικνύεται ἡ περίπτωσις ἀεροπλάνου ἐκτελοῦντος ὁριζοντίαν πτῆσιν, δηλαδὴ χωρὶς νὰ κερδίζῃ ὕψος. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ δυναμικὴ ἄνωσις ἐξουδε-



Σχ. 180. Συνθῆκαι αἱ ὁποῖαι πρέπει νὰ πληροῦνται εἰς ἀεροπλάνον κατὰ τὴν ὁριζοντίαν πτῆσιν (Ι) καὶ κατὰ τὴν πτῆσιν ἀνόδου (ΙΙ).

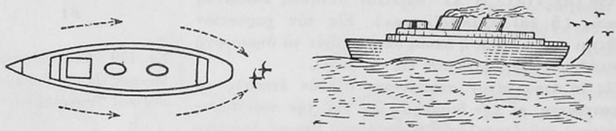
τερώνει τὸ βάρος τοῦ ἀεροπλάνου, ἡ δὲ ἕλξις τοῦ κινητῆρος ἐξουδετερώνει τὴν δυναμικὴν ἀντίστασιν (ὀπισθέλκουσαν). Εἰς τὸ σχῆμα 180, ΙΙ δεικνύεται ἡ περίπτωσις ἀεροπλάνου εὑρισκομένου ἐν καταστάσει ἀνόδου. Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην ἡ ἕλξις τοῦ κινητῆρος ἐξουδετερώνει τὴν δυναμικὴν ἀντίστασιν καὶ τὴν συνιστῶσαν τοῦ βάρους τοῦ ἀεροπλάνου κατὰ τὸν διαμήκη ἄξονα αὐτοῦ, ἐνῷ ἡ δυναμικὴ ἄνωσις ἐξουδετερώνει τὴν ἑτέραν συνιστῶσαν τοῦ βάρους τοῦ ἀεροπλάνου, τὴν κάθετον ἐπὶ τὸν διαμήκη ἄξονα αὐτοῦ.

Τὸ ἀεροπλάνον εἶναι ἐφωδιασμένον μὲ σύστημα πηδαλίων ὕψους καὶ πηδαλίων κατευθύνσεως ὡς καὶ ἄλλων ρυθμιστικῶν πτερυγιακῶν καταστάσεων, ἐπιτρεπουσῶν τὴν ἐκτέλεσιν ἰδιαζουσῶν κινήσεων (π.χ. ἀκροβασιῶν).

Εἰς ὅλα σχεδὸν τὰ σύγχρονα ἀεροσκάφη δίδουν ***ἀεροδυναμικὸν σχῆμα***, δηλ. ἰχθυοειδές, διότι οὕτω ἐλαττοῦται ἡ λεγομένη ***ἀντίστασις μορφῆς***, ἡ ὁποία καταναλίσκει ἀσκόπως ἰσχὺν ἐκ τοῦ κινητῆρος.

157.* Ἀνεμόπτερον. Τοῦτο διαφέρει τοῦ ἀεροπλάνου διότι στερεῖται ἕλικος καὶ κινητῆρος. Ὅταν εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς Γῆς ὑπάρχῃ νηνεμία ἢ ἀσθενὴς ἄνεμος, εἶναι ἀδύνατον ν' ἀνυψώσωμεν τὸν χαρταετὸν καὶ πρὸς τοῦτο πρέπει νὰ ἐκτελέσωμεν καταλλήλους χειρισμούς, ὥστε νὰ ἐπιτύχωμεν ἀνύψωσιν τοῦ χαρταετοῦ εἰς μικρὸν ὕψος ἀπὸ τοῦ ἐδάφους μέχρις ὅτου οὗτος συναντήσῃ ἄνεμον, ὁπότε ἀνυψοῦται κατὰ τὸν ἀνωτέρω ἐκτεθέντα μηχανισμόν.

Τὸ αὐτὸ συμβαίνει καὶ εἰς τὸ ἀνεμόπτερον. Οὕτως ὅταν τὸ ἀνεμόπτερον εὑρίσκεται ἐπὶ κλιτύος ὄρους προσδένονται εἰς τὸ ἐμπρόσθιον μέρος αὐτοῦ δύο σχοινία ἐξ ἐλαστικοῦ, τὰ ὁποῖα τεντώνονται ἰσχυρῶς ὑπὸ τοῦ προσωπικοῦ τῆς ἐκκινήσεως, ἐνῷ τὸ ἀνεμόπτερον τηρεῖται ἀκίνητον κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς διατάσεως τῶν σχοινίων ἐκ τῆς οὐρᾶς αὐτοῦ διὰ σχοινίων ὑπὸ ἄλλου προσωπικοῦ. Ὅταν τὰ σχοινία τεντωθοῦν ἀρκετά, τότε δι' ἀφέσεως τῶν ὀπισθίων σχοινίων τὸ ἀνεμόπτερον ἐκτοξεύεται καὶ ἀκολούθως ἐκμεταλλεύεται τὸ ἀνο-



Σχ. 181. Γλάροι ἀνεμοποροῦντες δι' ἐκμεταλλεύσεως τοῦ ἀνιόντος ρεύματος τοῦ ἀναπτυσσομένου περὶ τὴν πρύμνην ταχυπλόου σκάφους.

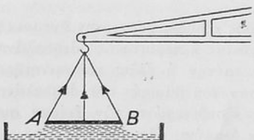
δικὸν ρεῦμα ἀέρος τὸ ὁποῖον δημιουργεῖται ἐπὶ τῶν κλιτύων τῶν ὀρέων καὶ οὕτω στηρίζεται διὰ καταλλήλων χειρισμῶν τῶν πηδαλίων εἰς τὸν ἀέρα καὶ μάλιστα κερδίζει ὕψος.

Τοιαῦτα ἀνοδικὰ ρεύματα ἀέρος γεννῶνται εἰς τὴν περιοχὴν τῆς πρύμνης ταχυπλόων σκαφῶν. Τὰ ρεύματα ταῦτα ἐκμεταλλεύονται τελείως οἱ γλάροι οἱ ὁποῖοι παρακολουθοῦν τὰ πλοῖα ἀνεμοποροῦντες καὶ κερδίζοντες ὕψος χωρὶς νὰ κινοῦν διόλου τὰς πτέρυγας αὐτῶν (σχ. 181).

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΚ ΤΗΣ ΜΟΡΙΑΚΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

158. Κατὰ τὴν σπουδὴν τῆς Μηχανικῆς, δὲν ἐλάβομεν μέχρι τοῦδε ὑπ' ὄψιν ὅτι ἡ ὕλη ἀποτελεῖται ἐκ μορίων καὶ ἀτόμων, ἀλλὰ τοὐναντίον ἐθεωρήσαμεν ὅτι αὕτη ἀποτελεῖ ἓν συνεχὲς σύνολον ἢ μέσον. Ἐξ ἄλλου, δεχόμεθα ὅτι ἡ ὕλη συγκροτεῖται ἐξ ἀτόμων καὶ μορίων καὶ ὅτι μεταξὺ αὐτῶν ἐπενεργοῦν δυνάμεις, αἱ ὁποῖαι συγκρατοῦν τὰ μόρια εἰς ὡρισμένας ἀποστάσεις ἀπ' ἀλλήλων, ἀναλόγως δὲ τῆς ἐντάσεως τῶν δυνάμεων τούτων ἡ ὕλη ἐμφανίζεται ὑπὸ τὰς τρεῖς αὐτῆς φυσικὰς καταστάσεις.

159. Συνοχή. Συνάφεια. Προσρόφησις. Αἱ μοριακαὶ δυνάμεις, αἱ ἐκδηλούμεναι ἐσωτερικῶς μεταξὺ τῶν μορίων ἑνὸς καὶ τοῦ αὐτοῦ σώματος, καλοῦνται ***δυνάμεις συνοχῆς,*** καὶ τὸ ἀποτέλεσμα αὐτῶν, ***συνοχὴ*** τοῦ σώματος. Αἱ μοριακαὶ δυνάμεις, αἱ ὁποῖαι ἐκδηλοῦνται ἐξωτερικῶς μεταξὺ τῶν μορίων δύο διαφόρων σωμάτων, ἔστω καὶ ὁμοειδῶν, ὅταν ταῦτα φέρωνται εἰς στενωτάτην ἐπαφὴν μεταξύ των, καλοῦνται ***δυνάμεις συναφείας,*** ἐκδηλοῦνται δὲ εἰς τὴν περιοχὴν τῆς ἐπαφῆς τῶν δύο σωμάτων καὶ τὸ ἀποτέλεσμα αὐτῶν καλεῖται ***συνάφεια*** τῶν σωμάτων. Ἡ συνάφεια ἐκδηλοῦται μεταξὺ στερεοῦ - στερεοῦ, μεταξὺ στερεοῦ - ὑγροῦ, καὶ μεταξὺ στερεοῦ - ἀερίου, εἰς τὴν τελευταίαν ὅμως περίπτωσιν, ἀντὶ τοῦ ὅρου ***συνάφεια*** χρησιμοποιεῖ-

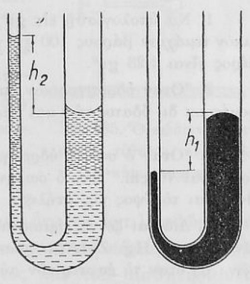


Σχ. 182. Λόγῳ τῶν δυνάμεων συναφείας, ὁ ὑάλινος δίσκος ΑΒ τοῦ ζυγοῦ συγκρατεῖται ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ.

ται ὁ ὅρος **προσρόφησις.** Ἡ εἰς τὸ σχῆμα 182 εἰκονιζομένη διάταξις δεικνύει καὶ μετρᾷ πειραματικῶς τὴν συνάφειαν τῶν σωμάτων. Ἕνεκα τῆς συναφείας, ὁ κονιορτὸς (κ. σκόνη) ἐπικάθηται ἐπὶ τῶν ἀντικειμένων, ἐπίσης λόγῳ τῆς συναφείας δυνάμεθα νὰ γράφωμεν διὰ μολυβδοκονδύλου ἢ διὰ μελάνης ἐπὶ τοῦ χάρτου εἴτε διὰ κιμωλίας ἐπὶ τοῦ μαυροπίνακος.

160. Τριχοειδῆ φαινόμενα. Λόγῳ τῶν μοριακῶν δυνάμεων παρατηροῦνται διάφορα φαινόμενα, τὰ ὁποῖα ἐκ πρώτης ὄψεως φαίνονται ἀντιτιθέμενα εἰς τὰς ἀρχὰς τῆς ὑδροστατικῆς. Οὕτως ἐὰν ἐντὸς στενοῦ ὑαλίνου κυλίνδρου θέσωμεν ποσότητα ὕδατος, παρατηροῦμεν ὅτι, ὅταν ἀποκατασταθῇ ἰσορροπία, ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ δὲν εἶναι ὁριζόντιον ἐπίπεδον, ἀλλὰ κοίλη πρὸς τὰ ἄνω. Τοῦτο συμβαίνει διότι ἡ συνοχὴ τῶν μορίων τοῦ ὕδατος πρὸς ἄλληλα εἶναι μικροτέρα τῆς συναφείας τῶν μορίων τοῦ ὕδατος πρὸς τὰ μόρια τῆς ὑάλου, ἐν τοιαύτῃ δὲ περιπτώσει λέγομεν ὅτι τὸ ὕδωρ διαβρέχει τὴν ὕαλον. Ἐὰν ὅμως ἀντὶ ὕδατος θέσωμεν εἰς τὸν κύλινδρον ὑδράργυρον, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἐπιφάνεια αὐτοῦ δὲν εἶναι ὁριζόντιον ἐπίπεδον, ἀλλὰ κυρτὴ πρὸς τὰ ἄνω. Τοῦτο συμβαίνει διότι ἡ συνοχὴ τῶν μορίων τοῦ ὑδραργύρου πρὸς ἄλληλα εἶναι μεγαλυτέρα τῆς συναφείας τῶν μορίων τοῦ ὑδραργύρου πρὸς τὴν ὕαλον. Ἐν τοιαύτῃ περιπτώσει λέγομεν ὅτι ὁ ὑδράργυρος δὲν διαβρέχει τὴν ὕαλον.

Ἐπίσης, ἐὰν εἰς σύστημα δύο συγκοινωνούντων σωλήνων, ἐκ τῶν ὁποίων ὁ εἷς ἔχει διάμετρον λίαν μικράν, τάξεως μεγέθους τριχός, καὶ ὡς ἐκ τούτου καλεῖται ***τριχοειδής***, θέσωμεν ὕδωρ, τὸ ὁποῖον γνωρίζομεν ὅτι διαβρέχει τὴν ὕαλον, τότε αἱ ἐλεύθεραι ἐπιφάνειαι τοῦ ὑγροῦ δὲν εὑρίσκονται εἰς τὸ αὐτὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον, ἢ ἄλλως εἰς τὴν αὐτὴν στάθμην, ἀλλ᾿ εἰς τὸν τριχοειδῆ σωλῆνα ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ ὕδατος εὑρίσκεται εἰς ἀνωτέραν στάθμην, λέγομεν δὲ ὅτι προκύπτει ***τριχοειδὴς ἀνύψωσις*** (σχ. 183). Ἐὰν ὅμως ἀντὶ ὕδατος θέσωμεν ὑδράργυρον, ὁ ὁποῖος γνωρίζομεν ὅτι δὲν διαβρέχει τὴν ὕαλον, ἀντὶ *τριχοειδοῦς ἀνυψώσεως* προκύπτει ***τριχοειδὴς ταπείνωσις.***



Σχ. 183. Συμπεριφορὰ ὕδατος καὶ ὑδραργύρου ἐντὸς τριχοειδοῦς σωλῆνος.

Τὰ ἀνωτέρω φαινόμενα, τὰ ὁποῖα ἐκδηλοῦνται ἐντόνως εἰς τριχοειδεῖς κυρίως σωλῆνας, ἐκλήθησαν ***τριχοειδῆ φαινόμενα,*** ἔχουν δὲ μεγάλην σημασίαν εἰς τὴν βιολογίαν, ἐνῷ τὸ μέρος τῆς Φυσικῆς τὸ ὁποῖον ἐξετάζει αὐτὰ καλεῖται πολλάκις ***τριχοειδές.***

Προκειμένου περὶ τριχοειδοῦς ἀνυψώσεως ὑγρῶν εἰς τριχοειδεῖς σωλῆνας, ἐφ᾿ ὅσον τὸ ὑγρὸν διαβρέχει τὸ τοίχωμα τοῦ σωλῆνος, κατεδείχθη ὅτι αὕτη εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος τῆς ἀκτῖνος τοῦ σωλῆνος, ἀντιστρόφως ἀνάλογος τῆς πυκνότητος τοῦ ὑγροῦ καὶ ἐξαρτᾶται ἀπὸ συντελεστὴν ἐξαρτώμενον ἐκ τῆς φύσεως τοῦ ὑγροῦ, ὁ ὁποῖος καλεῖται ***σταθερὰ τριχοειδοῦς*** τοῦ ὑγροῦ.

161. Διαλύματα. Πολλὰ στερεὰ σώματα τιθέμενα ἐντὸς διαφόρων ὑγρῶν βαθμηδὸν ἐξαφανίζονται, ἀλλ᾿ ἡ παρουσία τῶν μορίων τοῦ στερεοῦ σώματος ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ δύναται νά ἐξακριβωθῇ διὰ διαφόρων μέσων. Οὕτως ἐὰν ἐντὸς δοχείου περιέχοντος τέϊον θέσωμεν μικρὰν ποσότητα σακχάρου, ἢ ἐὰν ἐντὸς ποτηρίου περιέχοντος ὕδωρ θέσωμεν ποσότητα μαγειρικοῦ ἅλατος, παρατηροῦμεν ὅτι τόσον τὸ στερεὸν σάκχαρον, ὅσον καὶ τὸ στερεὸν ἅλας ἐξαφανίζονται, διὰ τῆς γεύσεως ὅμως δυνάμεθα νὰ ἐξακριβώσωμεν τὴν ὕπαρξιν τῶν μορίων αὐτῶν ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ. Τὸ ὡς ἄνω προκῦπτον ὁμογενὲς μοριακὸν μῖγμα καλεῖται ***διάλυμα***.

Ἐὰν εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ ὕδατος καὶ τοῦ μαγειρικοῦ ἅλατός ἐξακολουθήσωμεν νὰ προσθέτωμεν εἰς τὸ ὕδωρ μαγειρικὸν ἅλας, παρατηροῦμεν ὅτι ἐπέρχεται στιγμὴ καθ' ἣν τὸ προστιθέμενον ἅλας παραμένει ἀδιάλυτον, ἐν τοιαύτῃ δὲ περιπτώσει λέγομεν ὅτι τὸ διάλυμα κατέστη ***κεκορεσμένον***. Ἐὰν ὅμως αὐξήσωμεν τὴν θερμοκρασίαν τοῦ διαλύματος, παρατηροῦμεν ὅτι δύναται νὰ διαλυθῇ ἀκόμη μεγαλυτέρα ποσότης ἐκ τοῦ στερεοῦ, ὁπωσδήποτε ὅμως θὰ φθάσωμεν πάλιν εἰς νέαν κατάστασιν *κόρου*, ἀντιστοιχοῦσαν εἰς τὴν θεωρουμένην θερμοκρασίαν. Ἐάν, ἀντιστρόφως, ψύξωμεν τὸ κεκορεσμένον διάλυμα μέχρι τῆς ἀρχικῆς του θερμοκρασίας, τότε θ' ἀποβληθῇ ἐκ τοῦ διαλύματος στερεὸν ἅλας, εἰς τρόπον ὥστε τὸ διάλυμα νὰ διατηρήσῃ τὴν ἑκατοστιαίαν σύνθεσιν εἰς ὕδωρ καὶ ἅλας, τὴν ὁποίαν εἶχε πρὸ τῆς θερμάνσεως.

Ἐκτὸς τῶν ἀνωτέρω διαλυμάτων, διακρίνομεν καὶ διαλύματα στερεῶν ἐντὸς στερεῶν, τὰ ὁποῖα καλοῦνται ***στερεὰ διαλύματα***, εἶναι δὲ ταῦτα γνωστὰ εἰς τοὺς μεταλλουργούς. Οὕτω τὸ μέταλλον τῶν ἀργυρῶν νομισμάτων εἶναι στερεὸν διάλυμα 90 % ἀργύρου καὶ 10 % χαλκοῦ, τῶν χρυσῶν 90 % χρυσοῦ καὶ 10 % χαλκοῦ κ.ο.κ. Συνήθως τὰ ἀνωτέρω στερεὰ διαλύματα καλοῦνται ***κράματα***.

Προβλήματα.

1. Νὰ ὑπολογισθῇ εἰς gr* τὸ πραγματικὸν βάρος τὸ ὁποῖον ἔχει εἰς τὸν ἀέρα μεταλλικὸν τεμάχιον βάρους 100 gr* καὶ ὄγκου 12 cm^3, γνωστοῦ ὄντος ὅτι τὸ βάρος 1 λίτρου ἀέρος εἶναι 1,23 gr*. ('Απ. 99, 985 gr*).

2. Ὅταν ὑδραργυρικὸν βαρόμετρον δεικνύῃ 74 cm Hg, ποία θὰ εἶναι ἡ ἔνδειξις βαρομέτρου δι' ὕδατος, ὡς καὶ βαρομέτρου διὰ γλυκερίνης, πυκνότητος 1,26 gr/cm^3. ('Απ. $h_1 = 10{,}06$ m, $h_2 = 8$ m).

3. Ὅταν ὁ σωλὴν ὑδραργυρικοῦ βαρομέτρου διατίθεται κατακορύφως, ἡ ἔνδειξις αὐτοῦ εἶναι 76 cm. Ἐὰν ὁ σωλὴν ὑποστῇ κλίσιν κατὰ 60^0 ὡς πρὸς τὴν κατακόρυφον, πόσον θὰ εἶναι τὸ ὕψος τῆς στήλης. ('Απ. 152 cm).

4. Δίδεται ζεῦγος ἡμισφαιρίων Μαγδεμβούργου διαμ. 5 cm. Ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις εἶναι 73 cm Hg. Ζητεῖται πόση εἶναι ἡ δύναμις ἡ ἀπαιτουμένη διὰ τὸν ἀποχωρισμὸν αὐτῶν: α) ὅταν τὸ ἐσωτερικὸν αὐτῶν εἶναι τελείως κενὸν ἀέρος, β) ὅταν εἰς τὸ ἐσωτερικὸν ἡ πίεσις εἶναι 25 cm Hg. ('Απ. 19,5 kgr*, 12,8 kgr*).

5. Εἰς πόσον βάθος ὑπὸ τὴν ἐπιφάνειαν λίμνης ἡ πίεσις εἶναι διπλασία τῆς ἀτμοσφαιρικῆς, ὅταν ἡ πίεσις εἰς τὴν ἐπιφάνειαν εἶναι 74 cm Hg. ('Απ. 10,06 m).

6. Πόση εἶναι ἡ ἄνωσις τὴν ὁποίαν ὑφίσταται εἰς τὸν ἀέρα ἄνθρωπος ἔχων βάρος 75 kgr*, ὅταν τὸ εἰδικὸν βάρος του εἶναι 1 gr*/cm^3, τὸ δὲ εἰδικὸν βάρος τοῦ ἀέρος 0,0013 gr*/cm^3. ('Απ. 9,75 gr*).

7. Ἀεροπόρος εὑρισκόμενος εἰς ὕψος βλέπει ὅτι τὸ βαρόμετρον δεικνύει πίεσιν 10 cm Hg. Ἐὰν ἡ μέση πυκνότης τοῦ ἀέρος εἶναι 0,0013 gr/cm^3, πόσον εἶναι τὸ ὕψος ἀπὸ τοῦ ἐδάφους. ('Απ. h = 6 900 m).

8. Βαρόμετρον, τὸ ὁποῖον περιέχει ὀλίγον ἀέρα, δεικνύει 70 cm Hg, ὅταν ἡ ἀληθὴς ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις εἶναι 76 cm Hg. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ πίεσις τοῦ ἀέρος ἐν τῷ βαρομέτρῳ. ('Απ. 6 cm Hg).

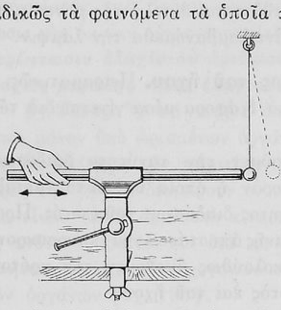
9. Ἀέριον καταλαμβάνει ὄγκον 40 cm^3 ὑπὸ πίεσιν 57 cm Hg. Πόσος ὁ ὄγκος αὐτοῦ ὑπὸ πίεσιν 76 cm Hg ὑπὸ τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν. ('Απ. 30 cm^3).

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΝ

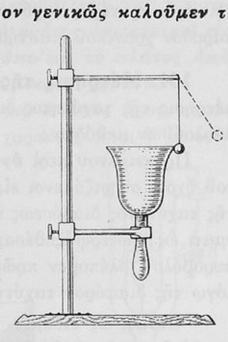
ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Θ΄

ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ

162. Ἡ Ἀκουστικὴ ἀποτελεῖ τὸ κεφάλαιον τῆς Φυσικῆς τὸ πραγματευόμενον εἰδικῶς τὰ φαινόμενα τὰ ὁποῖα παράγει ὁ ἦχος. ***Ἦχον γενικῶς καλοῦμεν τὸ αἴτιον τὸ ὁποῖον διεγείρει τὸ αἰσθητήριον τῆς ἀκοῆς.*** Ἐκ πείρας γνωρίζομεν ὅτι, ὅταν σῶμα παράγῃ ἦχον, τὰ μόρια αὐτοῦ εὑρίσκονται εἰς ταχεῖαν παλμικὴν κίνησιν, ὡς π.χ. τοῦτο συμβαίνει εἰς μεμβράνην τεταμένην ἢ εἰς ράβδον (σχ. 184) ἢ εἰς κώδωνα (σχ. 185), ὅταν τὰ σώματα ταῦτα παράγουν ἦχον.



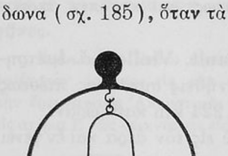
Σχ. 184. Ἡ ράβδος τριβομένη τίθεται εἰς παλμικὴν κίνησιν.



Σχ. 185. Ὁ κώδων πληττόμενος τίθεται εἰς παλμικὴν κίνησιν.

163. Διάδοσις τοῦ ἤχου. Ἐκ πείρας γνωρίζομεν ὅτι ἵνα ἀντιληφθῶμεν τὸν ἦχον, τὸν ὁποῖον παράγει ἠχογόνον σῶμα, πρέπει μεταξὺ τοῦ ἠχογόνου σώματος καὶ τοῦ αἰσθητηρίου τῆς ἀκοῆς νὰ παρεμβάλλεται ἐλαστικὴ σταθμητὴ ὕλη, δηλ. ὕλη ἡ ὁποία νὰ παρουσιάζῃ ἐλαστικότητα καὶ πυκνότητα.

Διὰ τοῦ κενοῦ χώρου ὁ ἦχος δὲν διαδίδεται. Τοῦτο δεικνύεται διὰ τοῦ ἀκολούθου κλασικοῦ πειράματος: Κωδώνιον (σχ. 186) τίθεται κάτωθεν τοῦ κώδωνος ἀεραντλίας. Ἐφ᾽ ὅσον εἰς τὸν χῶρον εὑρίσκεται ἀήρ, ἀκούομεν τὸν ἦχον τὸν παραγόμενον ὑπὸ τοῦ κωδωνίου. Ἐὰν ὅμως θέσωμεν τὴν ἀεραντλίαν εἰς κίνησιν καὶ ἀρχίσωμεν νὰ ἀφαιροῦμεν βαθμηδὸν τὸν ἀέρα, παρατηροῦμεν ὅτι ὁ ἦχος ἐξασθενεῖ ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον, καὶ ἐπέρχεται στιγμὴ καθ᾽ ἥν, ὅταν τὸ κενὸν προχωρήσῃ ἐπαρκῶς, παύομεν ν᾽ ἀκούωμεν τὸν ἦχον, μολονότι διὰ μέσου τοῦ ὑαλίνου



Σχ. 186. Ὅταν ὁ κώδων τῆς ἀεραντλίας εἶναι κενὸς ἀέρος, ὁ ἦχος δὲν ἀκούεται.

κώδωνος βλέπομεν ὅτι τὸ πλῆκτρον κρούει τὸ κωδώνιον. Ἐὰν ἀκολούθως ἀφήσωμεν νὰ εἰσέλθῃ ἐκ τῶν ἔξω ἀήρ, ὁ ἦχος ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον ἐνισχύεται.

Ἐκ πείρας ἐπίσης γνωρίζομεν ὅτι ὁ ἦχος δὲν διαδίδεται ἀκαριαίως, ἀλλ' ὑπὸ πεπερασμένην ταχύτητα. Τοῦτο ἀντιλαμβανόμεθα ὁσάκις ἐκ μακρᾶς ἀποστάσεως παρατηροῦμεν ἐκπυρσοκροτοῦν πυροβόλον, ὁπότε βλέπομεν πρῶτον τὴν λάμψιν τῆς ἐκπυρσοκροτήσεως καὶ κατόπιν ἀκούομεν τὸν ἦχον αὐτῆς.

Τὰ δύο ἀνωτέρω φαινόμενα, φωτεινὸν καὶ ἀκουστικόν, ἤτοι λάμψις καὶ ἦχος, παράγονται ταὐτοχρόνως, ἀλλὰ τὸ φῶς, λόγῳ τῆς ἐξόχως μεγάλης ταχύτητος διαδόσεως αὐτοῦ, δύναται νὰ θεωρηθῇ, διὰ τὰς συνήθεις γηΐνας ἀποστάσεις, ὅτι διαδίδεται σχεδὸν ἀκαριαίως, ἐνῷ ὁ ταὐτοχρόνως παραγόμενος ἦχος, λόγῳ τῆς ἀσυγκρίτως μικροτέρας ταχύτητος διαδόσεως αὐτοῦ, καθίσταται ἀντιληπτὸς μόνον μετὰ πάροδον χρονικοῦ διαστήματος, ἀπὸ τοῦ ὁποίου ἀντιλαμβανόμεθα τὴν λάμψιν.

164. Μέτρησις τῆς ταχύτητος διαδόσεως τοῦ ἤχου. Πειραματικῶς, ἡ μέτρησις τῆς ταχύτητος διαδόσεως τοῦ ἤχου εἰς τὰ διάφορα μέσα γίνεται διὰ τῶν ἀκολούθων μεθόδων:

Προκειμένου περὶ ***ὑγρῶν*** καὶ ***ἀερίων***, μετροῦμεν τὴν ταχύτητα διαδόσεως τοῦ ἤχου, στηριζόμενοι εἰς τὴν κολοσσιαίαν διαφορὰν ἡ ὁποία ὑφίσταται μεταξὺ τῆς ταχύτητος διαδόσεως τοῦ ἤχου καὶ τῆς ταχύτητος διαδόσεως τοῦ φωτός. Πράγματι, ὡς ἀνωτέρῳ ἐξεθέσαμεν, ὅταν βλέπωμεν ἐξ ἱκανῆς ἀποστάσεως νὰ ἐκπυρσοκροτῇ πυροβόλον, βλέπομεν πρῶτον τὴν λάμψιν καὶ ἀκολούθως ἀκούομεν τὸν κρότον, λόγῳ τῆς διαφόρου ταχύτητος διαδόσεως τοῦ φωτὸς καὶ τοῦ ἤχου.

Ὄντως, ὡς εἴδομεν, τὰ φαινόμενα *λάμψις* καὶ *ἦχος* παράγονται ταὐτοχρόνως, ἐπειδὴ ὅμως τὸ φῶς διαδίδεται, διὰ τὰς συνήθεις γηΐνας ἀποστάσεις, πρακτικῶς ἀκαριαίως, βλέπομεν πρῶτον τὴν λάμψιν τῆς ἐκπυρσοκροτήσεως καὶ κατόπιν ἀκούομεν τὸν κρότον.

Στηριζόμενοι ἐπὶ τοῦ φαινομένου τούτου οἱ Regnault, Violle κ.ἄ. ἐμέτρησαν τὴν ταχύτητα διαδόσεως τοῦ ἤχου, ἡ ὁποία, ὑπὸ συνήθεις συνθήκας πιέσεως καὶ θερμοκρασίας (15 °C) εἶναι περίπου 340 m/sec ἢ 1224 km καθ' ὥραν.

Προκειμένου περὶ τῆς ταχύτητος διαδόσεως τοῦ ἤχου εἰς τὸν ἀέρα καὶ ἐν γένει εἰς τὰ ἀέρια, αὕτη αὐξάνεται μετὰ τῆς θερμοκρασίας.

Ἐπὶ τῆς αὐτῆς ἀρχῆς στηριζόμενοι οἱ Colladon καὶ Sturm, καὶ βραδύτερον ὁ Marti, ἐμέτρησαν τὴν ταχύτητα διαδόσεως τοῦ ἤχου εἰς τὸ ὕδωρ, εὑρέθη δὲ ὅτι αὕτη εἰς 15 °C εἶναι, διὰ τὸ θαλάσσιον ὕδωρ, ἴση περίπου πρὸς 1500 m/sec. Ἡ μέτρησις τῆς διαδόσεως τοῦ ἤχου εἰς τὰ στερεὰ δι' ἀμέσου μεθόδου στηρίζεται εἰς τὴν μεγάλην διαφορὰν ταχύτητος διαδόσεως τοῦ ἤχου μεταξὺ στερεῶν καὶ ἀερίων.

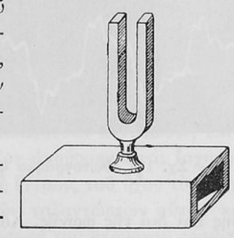
Ὁ κάτωθι πίναξ παρέχει τὴν ταχύτητα τοῦ ἤχου εἰς διάφορα μέσα ὑπὸ διαφόρους θερμοκρασίας.

Ξηρὸς ἀὴρ εἰς 0 °C	331 m/sec	Θαλάσσιον ὕδωρ εἰς 15 °C	1500 m/sec
Ὑδρογόνον εἰς 0 °C	1261 m/sec	Ξύλον	3 - 4000 m/sec
Ὕδωρ εἰς 0 °C	1440 m/sec	Σίδηρος	5100 m/sec

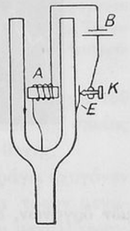
165. Εἴδη ἤχων καὶ γένεσις αὐτῶν. Εἰς τὴν Φυσικήν, ἐφ' ὅσον ἐξετάζομεν τὸν ἦχον διὰ τοῦ αἰσθητηρίου τῆς ἀκοῆς, χαρακτηρίζομεν αὐτὸν ὡς κρότον, τόνον καὶ φθόγγον.

α) ***Κρότος.*** Ὁ κρότος εἶναι, ἐν γένει, ἦχος βραχυτάτης διαρκείας καὶ προκαλεῖ εἰς ἡμᾶς δυσάρεστον συναίσθημα. Οὕτως ὁ ἦχος ὁ παραγόμενος κατὰ τὸν ἐκπωματισμὸν φιάλης, κατὰ τὸ σχίσιμον ὑφάσματος, κατὰ τὴν θραῦσιν ξύλου, κατὰ τὴν ἐκπυρσοκρότησιν ὅπλου, ὁ ἦχος βροντῆς κ.ο.κ. ἀποτελοῦν περιπτώσεις κατὰ τὰς ὁποίας ὁ παραγόμενος ἦχος ἀντιστοιχεῖ εἰς κρότον. Ἡ ἀκριβὴς μελέτη τῆς κινήσεως τοῦ ἀέρος, ἡ ὁποία ἀντιστοιχεῖ εἰς κρότους, κατέδειξεν ὅτι αὕτη εἶναι ἀνώμαλος (δηλ. τόσον τὸ πλάτος ὅσον καὶ ἡ συχνότης καὶ ἡ φάσις μεταβάλλονται ταχέως καὶ ἀκανονίστως καθ' ὅμοιον τρόπον καθ' ὃν ἀκανονίστως μεταβάλλεται καὶ ἡ ἐντύπωσις τὴν ὁποίαν οὗτος προκαλεῖ εἰς ἡμᾶς). ***Ἐν γένει, ὁ κρότος ἀντιστοιχεῖ εἰς περίπτωσιν ἐλαχίστου ἀριθμοῦ ταλαντώσεων, τῶν ὁποίων τὸ πλάτος ἀπὸ ἐξόχως μεγάλης τιμῆς ἐλαττοῦται ἀποτόμως εἰς λίαν μικρὸν χρόνον.***

β) ***Τόνος.*** Ὁ τόνος, ὁ ὁποῖος πολλάκις καλεῖται καὶ **ἁπλοῦς ἦχος,** παράγεται μόνον ὑπὸ ὡρισμένων ὀργάνων εἰς τὰ ἐργαστήρια, χαρακτηρίζεται δ' ἐκ τούτου, ὅτι ἡ κίνησις τῶν σωματίων τοῦ ἀέρος τὴν ὁποίαν διεγείρουν οἱ τόνοι εἶναι ἁπλῆ ἁρμονικὴ κίνησις, ὡς τοῦτο συμβαίνει καὶ διὰ τὰ ἐν κινήσει σωμάτια τῶν ἠχογόνων αὐτῶν ὀργάνων (σχ. 190).



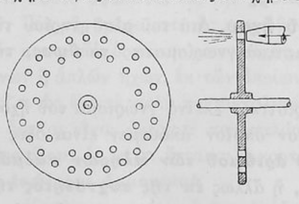
Σχ. 187. Διαπασῶν ἐπὶ ξυλίνου κιβωτίου.



Σχ. 188. Ἠλεκτρομαγνητικὸν διαπασῶν.

Διὰ τὴν παραγωγὴν τῶν τόνων χρησιμοποιοῦνται εἰς τὰ ἐργαστήρια τὰ ***διαπασῶν*** καὶ αἱ ***σειρῆνες.***

Διαπασῶν. Τοῦτο ἀποτελεῖ σπουδαιότατον ὄργανον εἰς τὴν πειραματικὴν ἔρευναν τῆς Ἀκουστικῆς καὶ συνίσταται ἐκ πρισματικῆς ράβδου ἀπὸ χάλυβα, καμπτομένης εἰς σχῆμα U, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 187. Τὸ διαπασῶν διεγείρεται συνήθως πρὸς παραγωγὴν ἤχου, εἴτε τῇ βοηθείᾳ ξυλίνου πλήκτρου εἴτε δι' ἠλεκτρομαγνητικῆς διατάξεως (σχ. 188), ὅπου Β παριστᾷ ἠλεκτρικὸν στοιχεῖον καὶ ΑΕΚ τὴν ἠλεκτρομαγνητικὴν διάταξιν διεγέρσεως τοῦ διαπασῶν.

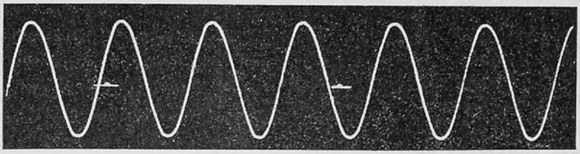


Σχ. 189. Σειρὴν Seebeck. Διάτρητος δίσκος καὶ τομὴ φυσητῆρος.

Σειρήν. Ἁπλούστερος τύπος εἶναι ἡ ***σειρὴν δι' ὀπῶν*** (σειρὴν Seebeck). Αὕτη πραγματοποιεῖται ὡς ἀκολούθως: Δίσκος μεταλλικὸς φέρει ὀπὰς κατὰ μῆκος συγκεντρικῶν περιφερειῶν, αἱ ὁποῖαι ἐφ' ἑκάστης περιφερείας ἀπέχουν ἐξ ἴσου μεταξύ των (σχ. 189). Ὁ δίσκος οὗτος προσαρμόζεται ἐπὶ καταλλήλου κινητῆρος καὶ τίθεται τοιουτοτρόπως εἰς περιστροφικὴν κίνησιν. Ἐάν, καθ' ὃν χρόνον ὁ δίσκος περιστρέφεται, προσφυσήσωμεν καθέτως ἐπὶ τοῦ δίσκου, τῇ βοηθείᾳ μικροῦ σωλῆνος, ρεῦμα ἀέρος προερχόμενον ἐκ καταλλήλου φυσητῆρος, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ σειρὴν ἀποδίδει ἦχον, τοῦ ὁποίου ἡ γένεσις ἐξηγεῖται ὡς ἑξῆς: Ὅταν ὁ δίσκος τῆς σειρῆνος εὑρίσκεται εἰς περιστροφικὴν κίνησιν, τὸ προσφυσώμενον ρεῦμα ἀέρος προκαλεῖ διὰ μέσου τῶν ὀπῶν τῆς σειρῆνος περιοδικὰς μεταβολὰς τῆς πιέσεως τοῦ πέριξ ἀέρος, δεδομένου ὅτι διὰ τοῦ στομίου τοῦ σωληνίσκου διέρχεται περιοδικῶς, ἄλλοτε μὲν ὀπή, ἄλλοτε δὲ τὸ πλῆρες μέρος τοῦ δίσκου, τὸ ὁποῖον ἀνακόπτει τὴν ροήν.

Ἐκτὸς τῆς σειρῆνος δι' ὀπῶν ὑπάρχουν καὶ ἄλλοι τύποι, ὡς π.χ. ἡ σειρὴν Gagniard de la Tour, ἡ ὁποία ὅμως δὲν χρησιμοποιεῖται σήμερον.

γ) ***Φθόγγος.*** Τοὺς ἤχους τούτους παράγομεν δι' ὅλων τῶν ἐν χρήσει μουσι-



Σχ. 190. Φωτογραφία τόνου.

Σχ. 191. Φωτογραφία φθόγγου.

κῶν ὀργάνων, ὡς ἐπίσης καὶ διὰ τῆς φωνῆς. Χαρακτηριστικὸν τῶν φθόγγων εἶναι ὅτι ἀποτελοῦνται ὡς θὰ ἴδωμεν ἐκ μίγματος πολλῶν ἁπλῶν ἤχων.

Ἐὰν διὰ καταλλήλου διατάξεως ἀναλύσωμεν ἁπλοῦν ἦχον καὶ φθόγγον βλέπομεν ὅτι ἡ καμπύλη τὴν ὁποίαν παρέχει ὁ φθόγγος εἶναι πολύπλοκος, ἡ δὲ μορφὴ αὐτῆς ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ ὀργάνου τὸ ὁποῖον παράγει τὸν ἦχον (σχ. 191).

166. Χαρακτηριστικὰ γνωρίσματα τοῦ ἤχου. Διὰ τοῦ αἰσθητηρίου τῆς ἀκοῆς ἀποδίδομεν εἰς τὸν ἦχον τρία χαρακτηριστικὰ γνωρίσματα: τὸ ***ὕψος,*** τὴν ***ἔντασιν*** καὶ τὴν ***χροιὰν*** ἢ ***ποιόν.***

α) ***Ὕψος.*** Τὸ ὕψος ἀποτελεῖ τὸ χαρακτηριστικὸν ἐκεῖνο γνώρισμα τοῦ ἤχου, ἕνεκα τοῦ ὁποίου ἀποφαινόμεθα ὅτι ὁ ἦχος τὸν ὁποῖον ἀκούομεν εἶναι ὀξὺς ἢ βαρύς. ***Τὸ ὕψος τοῦ ἤχου ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ ἀριθμοῦ τῶν πλήρων παλμῶν τοῦ ἠχογόνου σώματος κατὰ δευτερόλεπτον,*** ἢ ἄλλως ***ἐκ τῆς συχνότητος τῆς παλμικῆς κινήσεως αὐτοῦ.*** Ὅσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ συχνότης τοῦ ἠχογόνου σώματος, τόσον μεγαλύτερον τὸ ὕψος καὶ ἑπομένως τόσον ὀξύτερος εἶναι ὁ ὑπ' αὐτοῦ παραγόμενος ἦχος. Ἕνεκα τοῦ ἀνωτέρω λόγου, ἀντὶ τοῦ ὅρου ***ὕψος τοῦ ἤχου*** χρησιμοποιεῖται συχνὰ ὁ ὅρος ***συχνότης τοῦ ἤχου.*** Εἰς τὴν περίπτωσιν ἤχου παραγομένου ὑπὸ σειρῆνος Seebeck τὸ ὕψος τοῦ ἤχου καθορίζεται ἐκ τοῦ γινομένου τοῦ ἀριθμοῦ τῶν ὀπῶν ἐπὶ τὸν ἀριθμὸν τῶν στροφῶν τοῦ δίσκου κατὰ δευτερόλεπτον. Ἐκ πείρας ὅμως γνωρίζομεν ὅτι πᾶσα συχνότης κινήσεως τοῦ ἠχογόνου σώματος δὲν προκαλεῖ εἰς ἡμᾶς τὴν ἐντύπωσιν ἤχου, ἀλλὰ μόνον συχνότητες περιλαμβανόμεναι ἐντὸς ὡρισμένων ὁρίων.

Τὸ κατώτατον ὅριον συχνότητος, εἰς τὸ ὁποῖον ἀντιστοιχεῖ ἦχος ἀντιληπτός, εἶναι 16 παλμοὶ ἢ ταλαντώσεις κατὰ δευτερόλεπτον. Ὅσον ἀφορᾷ τὸ ἀνώτατον ὅριον τῆς ἠχητικῆς συχνότητος, τοῦτο δὲν εἶναι τελείως καθωρισμένον. Σήμερον παραδέχονται ὅτι ὁ μέσος ὅρος τοῦ ἀνωτέρω ὁρίου εἶναι 20 000 ταλαντώσεις κατὰ δευτερόλεπτον καὶ εἶναι ὀλίγον ὑψηλότερον δι᾽ ἄτομα νεαρᾶς ἡλικίας (μέχρις 24 000 ταλαντώσεων κατὰ sec), ὀλίγον δὲ χαμηλότερον δι᾽ ἄτομα προκεχωρημένης ἡλικίας (μέχρι 14 000 ταλαντώσεων κατὰ sec). Τελευταίως ἐπεκράτησεν, ὥστε συχνότητας κατωτέρας τοῦ κάτω ὁρίου συχνότητος νὰ καλοῦμεν ***ὑποήχους,*** καὶ συχνότητας πλέον τοῦ ἄνω ὁρίου νὰ καλοῦμεν ***ὑπερήχους.*** Εἶναι ὅμως φανερόν, ὅτι οὔτε ὁ ὑπόηχος οὔτε ὁ ὑπέρηχος εἶναι ἀντιληπτοὶ διὰ τοῦ αἰσθητηρίου τῆς ἀκοῆς.

Μέτρησις τοῦ ὕψους τοῦ ἤχου. Ἡ ἁπλουστέρα μέθοδος μετρήσεως τοῦ ὕψους τοῦ ἤχου εἶναι ἡ ἀκόλουθος. Διεγείρομεν ἀφ᾽ ἑνὸς μὲν τὸ ἠχογόνον σῶμα καὶ ἀφ᾽ ἑτέρου τὴν σειρῆνα καὶ προσπαθοῦμεν διὰ ρυθμίσεως τοῦ ἀριθμοῦ τῶν στροφῶν τῆς σειρῆνος κατὰ δευτερόλεπτον νὰ ἐπιτύχωμεν, ὥστε αὕτη να παράγῃ ἦχον ἰσοϋψῆ πρὸς τὸν τοῦ ἠχογόνου σώματος. Τοῦτο δυνάμεθα ν᾽ ἀντιληφθῶμεν εὐχερῶς διὰ τοῦ αἰσθητηρίου τῆς ἀκοῆς. Τὸ γινόμενον τῶν ὀπῶν τοῦ δίσκου τῆς σειρῆνος ἐπὶ τὸν ἀριθμὸν στροφῶν αὐτοῦ κατὰ δευτερόλεπτον παρέχει τὴν συχνότητα, ἢ ἄλλως, τὸ ὕψος τοῦ ἐξεταζομένου ἤχου.

β) ***Ἔντασις.*** Ἡ ἔντασις ἀποτελεῖ τὸ χαρακτηριστικὸν ἐκεῖνο γνώρισμα τοῦ ἤχου, τὸ προκαλοῦν εἰς ἡμᾶς τὴν ἰδιάζουσαν ἐντύπωσιν, ἐπὶ τῇ βάσει τῆς ὁποίας ἀποφαινόμεθα ὅτι ὁ ἦχος τὸν ὁποῖον ἀκούομεν εἶναι ἰσχυρὸς ἢ ἀσθενής.

Πειραματικῶς κατεδείχθη ὅτι ἡ ἔντασις τοῦ ἤχου τὸν ὁποῖον παράγει ἠχογόνον σῶμα, ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ πλάτους τῶν ταλαντώσεων αὐτοῦ καὶ εἶναι τόσον μεγαλυτέρα ὅσον τὸ πλάτος τῶν ταλαντώσεων τοῦ ἠχογόνου σώματος εἶναι μεγαλύτερον.

γ) ***Χροιά.*** Ἐκ πείρας γνωρίζομεν, ὅτι διὰ τοῦ αἰσθητηρίου τῆς ἀκοῆς δυνάμεθα, ὅταν ἀκούωμεν δύο ἰσοϋψεῖς ἤχους παραγομένους ταυτοχρόνως, π.χ. ὑπὸ δύο διαφόρων μουσικῶν ὀργάνων, νὰ διακρίνωμεν τοὺς δύο τούτους ἤχους ἀπ᾽ ἀλλήλων. Τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὴν ***χροιὰν ἢ τὸ ποιὸν*** τοῦ ἤχου.

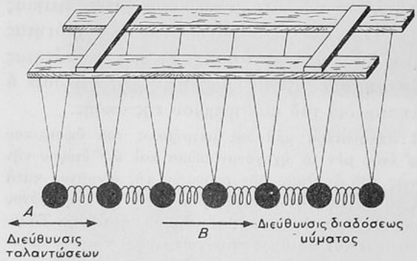
Ἐκ τῆς πειραματικῆς σπουδῆς τῶν φθόγγων τῶν παραγομένων ὑπὸ διαφόρων μουσικῶν ὀργάνων κατεδείχθη ὅτι οἱ φθόγγοι ἀποτελοῦν μῖγμα διαφόρων τόνων ἢ ἁπλῶν ἤχων, ἐκ τῶν ὁποίων ὁ εἷς, ὁ ὁποῖος καλεῖται ***θεμελιώδης,*** παρουσιάζει ὡς ἐπὶ τὸ πολὺ τὴν μεγαλυτέραν ἔντασιν, ἐνῷ οἱ λοιποὶ ἔχουν συχνότητας αἱ ὁποῖαι εἶναι ἀκέραια πολλαπλάσια τῆς συχνότητος τοῦ θεμελιώδους, καὶ παρουσιάζουν ἐν γένει ἔντασιν μικροτέραν τῆς ἐντάσεως τοῦ θεμελιώδους, καλοῦνται δὲ ***ἀνώτεροι ἁρμονικοί.***

Κατὰ συμφωνίαν, ὁ θεμελιώδης καλεῖται συνήθως καὶ ***πρῶτος ἁρμονικός,*** ἐνῷ οἱ ἄλλοι ἀνώτεροι ἁρμονικοὶ καλοῦνται ***δεύτερος, τρίτος ἁρμονικὸς*** κ.ο.κ., ἀναλόγως τοῦ πολλαπλασίου τῆς συχνότητος ἐν σχέσει πρὸς τὸν πρῶτον ἁρμονικόν.

Προκειμένου περὶ φθόγγου, τὸ ὕψος αὐτοῦ καθορίζεται ἐκ τῆς συχνότητος τοῦ θεμελιώδους. Ὁ τόνος ἢ ἁπλοῦς ἦχος δὲν ἔχει χροιάν, ὡς ἐκ τούτου δὲν προκαλεῖ ἐν γένει εἰς ἡμᾶς εὐάρεστον συναίσθημα καὶ συνήθως θεωρεῖται ὡς κενὸς ἦχος, μόνον δὲ διὰ τῆς τεχνικῆς προσμίξεως εἰς αὐτὸν ἀνωτέρων ἁρμονικῶν λαμβάνει ὁ τόνος χαρακτηριστικὴν χροιάν, ἡ ὁποία προκαλεῖ εἰς ἡμᾶς τὸ εὐχάριστον συναίσθημα.

ΚΥΜΑΤΑ

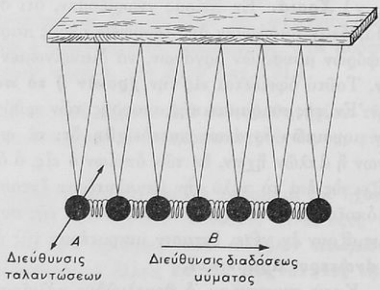
167. Μηχανισμὸς τῆς διαδόσεως τοῦ ἤχου. Κατὰ τὴν μελέτην τοῦ τρόπου τῆς διαδόσεως τοῦ ἤχου εἰσάγεται ἡ ἔννοια τοῦ ***μέσου.*** Τὰ ἀποτελοῦντα τὸ μέσον σωμάτια θεωροῦμεν ὅτι δὲν εἶναι ἀνεξάρτητα ἀπ' ἀλλήλων, ἀλλ' ὅτι συνδέονται μεταξύ των δι' ἐλαστικῶν δυνάμεων, ἤτοι ὅτι εἶναι ***ἐλαστικῶς συνεζευμένα.*** Δυνάμεθα οὕτω νὰ φαντασθῶμεν, εἰς πρώτην προσέγγισιν, τὴν εἰς τὸ σχῆμα 192 εἰκόνα διὰ τὴν διάταξιν τῶν σωματίων κατά τινα διεύθυνσιν Β, εἰς τὰ ὁποῖα ἡ ἀμοιβαία σύζευξις πραγματοποιεῖται διὰ μικρῶν ἐλατηρίων. Ἐὰν ἐκτοπίσωμεν τὸ πρῶτον τῶν σωματίων ἀπὸ τῆς θέσεως ἰσορροπίας του, ἡ διατάραξις ἡ προκαλουμένη εἰς τὸ πρῶτον σωμάτιον δὲν μεταδίδεται ἀκαριαίως ἀπὸ τοῦ ἑνὸς εἰς τὸ ἄλλο, ἀλλ' ὑπὸ πεπερασμένην ταχύτητα.



Σχ. 192. Σχηματικὴ διάταξις συζεύξεως σωματίων καὶ ἐξήγησις τῆς γενέσεως διαμήκων κυμάτων.

Ὅσον τὸ σωμάτιον τοῦ μέσου εὑρίσκεται εἰς μεγαλυτέραν ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ ἀρχικῶς διαταραχθέντος, εἰς τόσον μεταγενεστέραν στιγμὴν διαδίδεται ἡ διατάραξις μέχρις αὐτοῦ. Εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ ἀέρος, δεχόμεθα ὅτι τὸ σωμάτιον πραγματοποιεῖται ὑπὸ μικροτάτου ὄγκου ἀέρος ἐντὸς τοῦ ὁποίου περικλείεται μέγας ἀριθμὸς μορίων.

168. Κύματα. Ἡ ὡς ἄνω διάδοσις διαταράξεως ἐντὸς ἐλαστικοῦ μέσου ὑπὸ πεπερασμένην ταχύτητα καλεῖται εἰς τὴν Φυσικὴν γενικῶς ***κῦμα***, κατ' ἀναλογίαν πρὸς τὸν τρόπον κατὰ τὸν ὁποῖον διαδίδεται διατάραξις παραγομένη εἰς τὴν περιοχὴν τῆς ἐπιφανείας ὑγροῦ εὑρισκομένου εἰς ἰσορροπίαν, ὡς π.χ. εἰς τὴν θάλασσαν.



Σχ. 193. Σχηματικὴ διάταξις συζεύξεως σωματίων καὶ ἐξήγησις τῆς γενέσεως ἐγκαρσίων κυμάτων.

Τὰ εἰς τὴν Ἀκουστικὴν συναντώμενα κύματα διακρίνονται, ἀπὸ ἀπόψεως κινήσεως τῶν σωματίων, εἰς δύο κυρίως κατηγορίας: τὰ ***διαμήκη*** καὶ τὰ ***ἐγκάρσια*** κύματα.

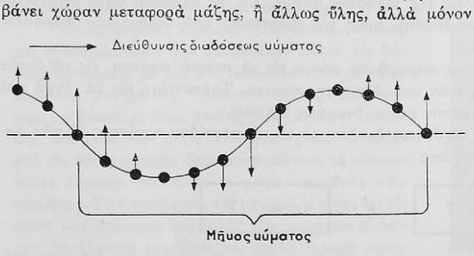
Διαμήκη κύματα καλοῦνται ἐκεῖνα, εἰς τὰ ὁποῖα τὰ σωμάτια τοῦ μέσου κινοῦνται κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς διαδόσεως τοῦ κύματος. Τοιοῦτον διάμηκες κῦμα παράγεται, ἐὰν καθ' ἕνα οἱονδήποτε τρόπον ἐξαναγκάσωμεν τὸ πρῶτον τῶν σωματίων τοῦ μέσου (σχ. 192) νὰ ἐκτελῇ π.χ. ἁρμονικὴν κίνησιν κατὰ τὴν εὐθεῖαν Α, συμπίπτουσαν πρὸς τὴν εὐθεῖαν διαδόσεως τοῦ κύματος Β, ὁπότε ἡ διατάραξις ἐκ τοῦ πρώτου μορίου μεταβιβάζεται βαθμιαίως ἐπὶ τῶν ὑπολοίπων, τὰ ὁποῖα ἐκτελοῦν κινήσεις τοῦ αὐτοῦ εἴδους, ἤτοι ὅλα τὰ σωμάτια τοῦ μέσου κινοῦνται ἐπὶ τῆς εὐθείας πρὸς τὴν ὁποίαν εἶναι παράλληλος ἡ διεύθυνσις διαδόσεως τοῦ κύματος.

Ἐγκάρσια κύματα καλοῦνται ἐκεῖνα, εἰς τὰ ὁποῖα τὰ σωμάτια τοῦ μέσου κινοῦνται κατὰ τὴν Α, καθέτως πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς διαδόσεως τοῦ κύματος Β. Τοιοῦτον ἐπὶ παραδείγματι κῦμα γεννᾶται εἰς τὸ σχῆμα 193, ὅταν τὸ πρῶτον σωμάτιον ἐκτοπισθῇ κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ βέλους Α, καθέτου ἐπὶ τὴν διεύθυνσιν διαδόσεως Β.

Τὴν γένεσιν ἐγκαρσίου κύματος δυνάμεθα ν' ἀντιληφθῶμεν διὰ τεταμένων χορδῶν ἢ σχοινίων. Οὕτως ἐὰν θεωρήσωμεν ἐπίμηκες σχοινίον στερεωμένον κατὰ τὸ ἓν ἄκρον αὐτοῦ ἀπὸ ἀκλονήτου σημείου, ἐνῷ τὸ ἕτερον ἄκρον αὐτοῦ κρατοῦμεν διὰ τῆς χειρός, καὶ μεταδώσωμεν εἰς αὐτὸ διὰ τῆς χειρός μας ἕνα παλμόν, μετατοπίζοντες π.χ. τὸ ἐλεύθερον ἄκρον τοῦ σχοινίου πρὸς τὰ ἄνω καὶ ἐπαναφέροντες ἀμέσως αὐτὸ εἰς τὴν ἀρχικήν του θέσιν, παρατηροῦμεν (σχ. 194) ὅτι ἡ διατάραξις προχωρεῖ κατὰ μῆκος τοῦ σχοινίου ἀπὸ τοῦ ἑνὸς ἄκρου πρὸς τὸ ἕτερον. Τὸ κῦμα τοῦτο εἶναι ἐγκάρσιον διότι τὰ σωμάτια τοῦ σχοινίου κινοῦνται καθέτως πρὸς τὴν διεύθυνσιν διαδόσεως τοῦ κύματος.

Σχ. 194. Σχηματικὴ διάταξις διαδόσεως ἐγκαρσίας διαταράξεως ἐπὶ σχοινίου.

Τόσον τὰ ἐγκάρσια ὅσον καὶ τὰ διαμήκη κύματα διακρίνονται: α) εἰς ***διαδιδόμενα*** ἢ ***μετατοπιζόμενα,*** ὅπου λαμβάνει χώραν μεταβίβασις τῆς φάσεως καὶ τῆς ἐνεργείας ἀπὸ σημείου εἰς σημεῖον τοῦ μέσου, καὶ β) εἰς ***στάσιμα κύματα,*** ὅπου ἡ φάσις δὲν μετατοπίζεται (βλ. § 176). Γενικῶς, κατὰ τὴν διάδοσιν τῶν διαμήκων καὶ ἐγκαρσίων κυμάτων, δὲν λαμβάνει χώραν μεταφορὰ μάζης, ἢ ἄλλως ὕλης, ἀλλὰ μόνον διάδοσις ἐνεργείας, ἐνῷ τὰ σωμάτια τοῦ μέσου κινοῦνται μόνον ἐλαφρῶς περὶ τὴν μέσην θέσιν ἰσορροπίας αὐτῶν.



Σχ. 195. Φάσεις κινήσεως σωματίων εἰς ἐγκάρσιον κῦμα κατά τινα χρονικὴν στιγμήν.

169. Περιοδικὰ κύματα. Οὕτως ὀνομάζομεν τὰ κύματα τὰ ὁποῖα προκαλοῦνται εἰς ἓν μέσον, ὑπὸ διαταράξεως ἡ ὁποία ἔχει περιοδικὸν χαρακτῆρα.

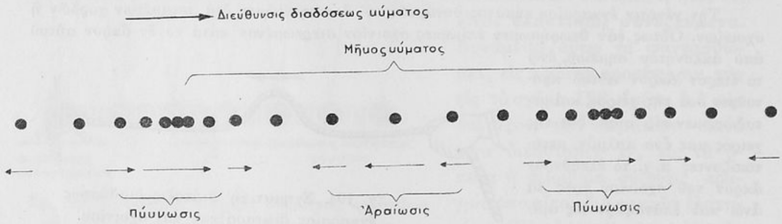
Θεωρήσωμεν, ὅτι κατά τινα διεύθυνσιν τοῦ μέσου, ἀριθμὸν σωματίων αὐτοῦ διατεταγμένων ἐπ' εὐθείας γραμμῆς καὶ εἰς κατάστασιν ἰσορροπίας. Τὰ σωμάτια αὐτὰ προφανῶς δὲν εἶναι ἀνεξάρτητα ἀπ' ἀλλήλων ἀλλ' εἶναι συνεζευγμένα μεταξύ των δι' ἐλαστικῶν δυνάμεων (σχ. 195).

Ἐὰν διεγείρωμεν τὸ πρῶτον σωμάτιον οὕτως ὥστε νὰ πάλλεται ἐγκαρσίως, τότε ἡ κίνησις μεταδίδεται βαθμιαίως καὶ εἰς τὰ ἄλλα, καὶ μετὰ πάροδον ὡρισμένου χρονικοῦ διαστήματος τὰ σωμάτια τοῦ μέσου θὰ δεικνύουν εἰς τὸν χῶρον κατά τινα χρονικὴν στιγμὴν τὴν εἰς τὸ σχῆμα 195 εἰκονιζομένην διαμόρφωσιν, ὅπου ἡ εὐθεῖα γραμμὴ δεικνύει τὴν ἀρχικὴν θέσιν τῶν σωματίων πρὸ τῆς διαδόσεως τῆς διαταράξεως.

Ἡ ἀπόστασις εἰς τὴν ὁποίαν διαδίδεται ἡ διατάραξις εἰς χρόνον τὸν ὁποῖον τὸ πρῶτον σωμάτιον ἐκτελεῖ ἕνα πλήρη παλμὸν καλεῖται ***μῆκος τοῦ κύματος***. Ἐπειδὴ ἐξ ἄλλου ὁ χρόνος ὁ ὁποῖος παρέχεται διὰ νὰ ἐκτελέσῃ ἓν σωμάτιον ἕνα πλήρη παλμὸν καλεῖται ***περίοδος***, τὸ μῆκος τοῦ σώματος δύναται νὰ ὁρισθῇ ὡς ἡ ἀπόστασις εἰς τὴν ὁποίαν διαδίδεται ἡ διατάραξις ἐντὸς χρονικοῦ διαστήματος μιᾶς περιόδου.

Ἡ ἀνωτέρω περίπτωσις ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν γένεσιν καὶ διάδοσιν ***ἐγκαρσίου κύματος***.

Ἡ περίπτωσις τῆς γενέσεως καὶ διαδόσεως ***διαμήκους κύματος*** δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 196, ὅπου φαίνεται ἡ εἰς τὸν χῶρον διανομὴ τῶν μορίων κατά τινα χρονικὴν στιγ-



Σχ. 196. Φάσεις κινήσεων σωματίων εἰς διάμηκες κῦμα, κατά τινα χρονικὴν στιγμήν.

μὴν μετὰ πάροδον χρόνου τινὸς ἀφ' ὅτου διηγέρθη τὸ πρῶτον σωμάτιον τοῦ μέσου. Ἐκεῖ ὅπου τὰ σωμάτια κινοῦνται κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς διαδόσεως τοῦ κύματος σχηματίζεται συμπύκνωσις σωματίων, ἐνῷ εἰς τὰς περιοχὰς ὅπου κινοῦνται κατὰ διεύθυνσιν ἀντίθετον παρατηρεῖται ἀραίωσις σωματίων.

Εἰς τὰ ἀνωτέρω δύο σχήματα δεικνύονται ὄχι μόνον αἱ στιγμιαῖαι θέσεις τῶν σωματίων, ἀλλὰ καὶ αἱ στιγμιαῖαι φάσεις τῆς κινήσεως αὐτῶν. Εἰς τὰ σχήματα αὐτὰ δεικνύεται πρὸς τούτοις ὅτι τὸ μῆκος κύματος ἰσοῦται πρὸς τὴν ἀπόστασιν δύο διαδοχικῶν σωματίων κινουμένων ὑπὸ τὴν αὐτὴν φάσιν.

Ἐγκάρσια κύματα δύνανται νὰ παραχθοῦν μόνον εἰς τὰ στερεὰ σώματα, εἰς τὰ ὁποῖα ὅμως δύνανται ἐπίσης νὰ παραχθοῦν καὶ διαμήκη κύματα. Τοὐναντίον, εἰς τὰ ὑγρὰ καὶ ἀέρια σώματα δύνανται νὰ παραχθοῦν μόνον διαμήκη κύματα.

Μεταξὺ μήκους κύματος λ, ταχύτητος διαδόσεως c καὶ περιόδου κινήσεως T τῶν σωματίων, ὑφίσταται ἡ θεμελιώδης σχέσις:

$$\boxed{\lambda = c \cdot T} \quad \text{ἢ} \quad \boxed{c = \lambda / T} \qquad (1)$$

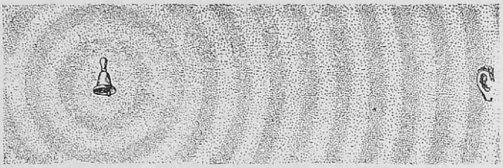
Ἐὰν δὲ λάβωμεν ὑπ' ὄψιν ὅτι ἡ συχνότης ν καὶ ἡ περίοδος T συνδέονται διὰ τῆς σχέσεως $\nu = \frac{1}{T}$, προκύπτει ὁ ἑξῆς τύπος:

$$\boxed{c = \lambda \cdot \nu}$$

170*. Ὑδατηρὰ κύματα. Ἐὰν διὰ καταλλήλου διατάξεως, π.χ. δι' ἐλάσματος παλλομένου καὶ φέροντος εἰς τὸ ἓν ἄκρον ἀκίδα, διαταράξωμεν τὴν ἐπιφάνειαν ἠρεμοῦντος ὕδατος περιεχομένου εἰς κατάλληλον λεκάνην, παρατηροῦμεν ὅτι σχηματίζονται κύματα ἔχοντα τὴν μορφὴν συγκεντρικῶν κύκλων περὶ τὸ κέντρον τῆς διαταράξεως. Οὕτω βλέπομεν εἰς τὸ σχῆμα 197, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ τομὴν τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος διὰ κατακορύφου ἐπιπέδου, ὅτι ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος σχηματίζονται ἐναλλὰξ λόφοι καὶ κοιλάδες, ἡ δὲ μεταξὺ δύο διαδοχικῶν λόφων ἢ κοιλάδων ἀπόστασις καλεῖται ***μῆκος κύματος.***

Σχ. 197. Κατακόρυφος τομὴ δεικνύουσα τοὺς λόφους καὶ τὰς κοιλάδας.

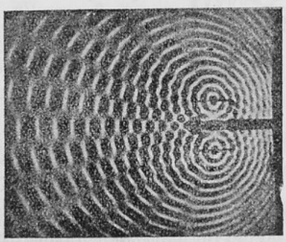
171. Ἠχητικὰ κύματα. ***Τὰ κύματα τὰ ὁποῖα προκαλοῦνται εἰς τὸν ἀέρα ὑπὸ τῶν ἠχογόνων σωμάτων καλοῦνται ἠχητικὰ κύματα.*** Οὕτως ὅταν ἠχογόνον σῶμα εὑρίσκεται εἰς τὸν ἀέρα ἀποτελεῖ πηγὴν διαταράξεως τοῦ ἀέρος, ἡ ὁποία μεταδίδεται εἰς αὐτό, ἀπὸ σωματίου εἰς σωμάτιον, ὑπὸ μορφὴν σφαιρικοῦ κύματος (σχ. 198). Τὰ οὕτω παραγόμενα ὑπὸ τῶν ἠχογόνων σωμάτων κύματα εἰς τὸν ἀέρα εἶναι διαμήκη κύματα, διότι ὡς εἴδομεν, οἱ κραδασμοὶ τῶν σωματίων τοῦ μέσου γίνονται κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς διαδόσεως τοῦ κύματος. Τὸ αὐτὸ ἰσχύει καὶ διὰ τὴν διάδοσιν τοῦ ἤχου διὰ τῶν ὑγρῶν, ὡς π.χ. τοῦ ὕδατος, ὅπου τὰ παραγόμενα ἠχητικὰ κύματα εἶναι ἐπίσης διαμήκη. Προκειμένου ὅμως περὶ στερεῶν, τὰ ἠχητικὰ κύματα δύνανται νὰ εἶναι εἴτε ἐγκάρσια εἴτε διαμήκη, ἀναλόγως τοῦ τρόπου τῆς διεγέρσεως τῆς ἀρχικῆς διαταράξεως ἐντὸς αὐτῶν.



Σχ. 198. Ἠχητικὰ κύματα διαδιδόμενα εἰς τὸν ἀέρα.

172*. Συμβολὴ ὑδατηρῶν κυμάτων. Διὰ τὴν κατανόησιν τῆς συμβολῆς κυμάτων ἀναχωροῦμεν ἀπὸ τοῦ ἀκολούθου πειράματος:

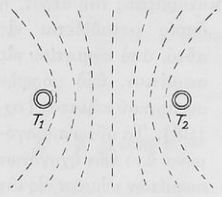
Ἐντὸς εὐρείας λεκάνης τοποθετοῦμεν ὕδωρ καὶ διαταράσσομεν τὴν ἐπιφάνειαν αὐτοῦ εἰς δύο διάφορα σημεῖα μὲ τὴν βοήθειαν δύο στελεχῶν παλλομένων συγχρόνως. Ἕκαστον διαταρασσόμενον σημεῖον ἀποτελεῖ ὅλως ἀνεξάρτητον κέντρον ἐκπομπῆς κυμάτων ὑπὸ μορφὴν συγκεντρικῶν κύκλων καὶ εἰς τὰς περιοχὰς ὅπου συναντῶνται τὰ κύματα ταῦτα λέγομεν ὅτι λαμβάνει χώραν ***συμβολὴ τῶν κυμάτων.*** Τὸ ἀποτέλεσμα τῆς συμβολῆς εἶναι ὅτι εἴς τινας μὲν περιοχὰς συμβολῆς τῶν κυμάτων βλέπομεν ὅτι ἐλαφρὰ σωμάτια τὰ ὁποῖα ἔχομεν προηγουμένως ρίψει ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ, π.χ. τεμάχια φελλοῦ, κινοῦνται ζωηρῶς, ἐνῷ εἰς ἄλλας περιοχὰς τὰ σωματίδια ἠρεμοῦν ἢ κινοῦνται πολὺ ἀσθενῶς. Εἰς ἃς περιοχὰς τὰ σωματίδια κινοῦνται ζωηρῶς, αἱ διαταράξεις αἱ προερχόμεναι ὑπὸ τῶν δύο κέντρων κυμάτων



Σχ. 199. Φωτογραφία ἐκ συμβολῆς ὑδατηρῶν κυμάτων.

ἐνισχύουν ἡ μία τὴν ἄλλην, ἤτοι προστίθενται, ὁπότε λέγομεν ὅτι αἱ διαταράξεις ***συμβάλλουν ὑπὸ συμφωνίαν φάσεως.*** Ἵνα δὲ συμβῇ τοῦτο, πρέπει ἡ διαφορὰ τῶν δρόμων τῶν διαταράξεων ποὺ διανύουν, μέχρις ὅτου αὗται φθάσουν εἰς τὸ θεωρούμενον σημεῖον, νὰ εἶναι ἴση πρὸς ἀκέραιον ἀριθμὸν ἡμίσεων μήκους κύματος. Εἰς τὸ σχῆμα 199 αἱ περιοχαὶ ὅπου τὰ σωματίδια κινοῦνται ζωηρῶς δεικνύονται ὑπὸ τῶν στενῶν σκιερῶν λωρίδων. Εἰς ἃς περιοχάς, ἀφ' ἑτέρου ὅπου τὰ σωματίδια κινοῦνται ἀσθενῶς ἢ ἠρεμοῦν, αἱ διαταράξεις δὲν προστίθενται, ἀλλὰ τὸ ἀποτέλεσμα τῆς μιᾶς ἀναιρεῖται ὑπὸ τῆς ἄλλης, ὁπότε λέγομεν ὅτι αἱ διαταράξεις ***συμβάλλουν ὑπὸ ἀντίθεσιν φάσεως***, διὰ νὰ συμβῇ δὲ τοῦτο πρέπει ἡ διαφορὰ τῶν δρόμων αὐτῶν νὰ εἶναι ἴση πρὸς περιττὸν ἀριθμὸν ἡμίσεων μήκους κύματος. Εἰς τὸ σχῆμα 199 αἱ περιοχαὶ ὅπου τὰ σωμάτια ἀκινητοῦν δεικνύεται ὑπὸ τῶν φωτεινῶν λωρίδων.

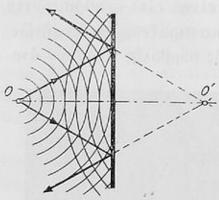
173. Συμβολὴ ἠχητικῶν κυμάτων. Τὸ φαινόμενον τῆς συμβολῆς δὲν παρατηρεῖται μόνον εἰς τὴν περίπτωσιν τῶν ὑδατηρῶν κυμάτων, ἀλλὰ παρατηρεῖται γενικῶς εἰς τὰ πάσης φύσεως κύματα καὶ ἑπομένως δέον νὰ παρατηρῆται καὶ εἰς τὰ ἠχητικὰ κύματα.



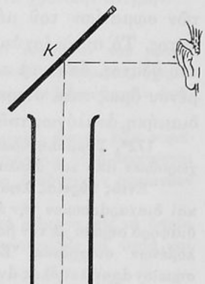
Σχ. 200. Εἰς ἄλλας περιοχὰς ἔχομεν ἐνίσχυσιν καὶ εἰς ἄλλας ἀπόσβεσιν τοῦ ἤχου.

Τὴν συμβολὴν τῶν ἠχητικῶν κυμάτων δυνάμεθα νὰ δείξωμεν πειραματικῶς διὰ τῆς ἀκολούθου διατάξεως: Ἐπὶ τραπέζης τοποθετοῦμεν εἰς μικρὰν ἀπόστασιν ἀπ' ἀλλήλων, (περίπου 1 μέτρου), δύο ὅμοια τηλέφωνα T_1, T_2 (σχ. 200) τὰ ὁποῖα διεγείρομεν ὥστε νὰ παράγουν ἦχον. Ἐὰν περιφερώμεθα εἰς ἀπόστασιν 2 - 3 μέτρων πέριξ τῶν τηλεφώνων, ἀντιλαμβανόμεθα εἰς ὡρισμένας μὲν θέσεις ἦχον ἰσχυρὸν εἰς ἄλλας δὲ ἦχον ἀσθενῆ.

174. Ἀνάκλασις ὑδατηρῶν κυμάτων. Θεωρήσωμεν λεκάνην ὀρθογωνίου σχήματος εἰς τὴν ὁποίαν θέτομεν ὕδωρ. Ἐὰν διαταράξωμεν πρὸς στιγμὴν τὸ ὕδωρ τῆς λεκάνης εἴς τι σημεῖον τῆς ἐπιφανείας αὐτοῦ, π.χ. ἐὰν ἀφήσωμεν νὰ πίπτουν ἀπὸ σιφώνιον σταγόνες ὕδατος ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος τῆς λεκάνης, τότε παρατηροῦμεν ὅτι δημιουργοῦνται ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος κύματα, ὑπὸ μορφὴν συγκεντρικῶν κύκλων, τὰ ὁποῖα διαδίδονται περαιτέρω, καὶ ὅταν προσκρούσουν ἐπὶ τοῦ τοιχώματος τῆς λεκάνης ἐπιστρέφουν πρὸς τὰ ὀπίσω, ἤτοι ἀνακλῶνται. Τὰ ἀνακλώμενα ὅμως κύματα δὲν ἔχουν ὡς κέντρον τὸ ἀρχικὸν κέντρον διαταράξεως O, ἀλλὰ τὸ συμμετρικὸν σημεῖον αὐτοῦ ὡς πρὸς τὸ τοίχωμα τῆς λεκάνης O΄ (σχ. 201).



Σχ. 201. Ἀνάκλασις κυμάτων.



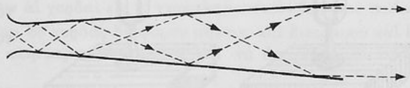
Σχ. 202. Ἀνάκλασις τοῦ ἤχου ὡρολογίου.

175. Ἀνάκλασις ἠχητικῶν κυμάτων. Ἠχώ. Τὴν ἀνάκλασιν τῶν ἠχητικῶν κυμάτων ἀντιλαμβανόμεθα διὰ τοῦ ἀκολούθου ἁπλουστάτου πειράματος: Ἐντὸς ὑαλίνου κυλίνδρου (σχ. 202) τοποθετοῦμεν μικρὸν ὡρολόγιον καὶ εἰς τὸ στόμιον τοῦ κυλίνδρου τοποθετοῦμεν μίαν πλάκα K, π. χ. ἐπίπεδον κάτοπτρον, ὁπότε ἀκούομεν τὸν ἦχον τῆς μηχανῆς τοῦ ὡρολογίου μόνον ὅταν τὸ οὖς μας τεθῇ εἰς τὴν εἰς τὸ σχῆμα δεικνυομένην περιοχήν. Ἐὰν τὸ οὖς τοποθετηθῇ ἔξω τῆς περιοχῆς ταύτης ὁ ἦχος τοῦ ὡρολογίου δὲν γίνεται ἀκουστός.

Ἀρίστην ὅμως ἀπόδειξιν τῆς ἀνακλάσεως τῶν ἠχητικῶν κυμάτων ἢ ἄλλως τοῦ ἤχου ἀποτελεῖ τὸ φαινόμενον τῆς ἠχοῦς.

Ἐν γένει ***ἠχὼ*** παράγεται ὁσάκις ἦχος ἀνακλᾶται ἐπὶ κωλύματος τὸ ὁποῖον ἀπέχει ἐκ τῆς ἠχογόνου πηγῆς περισσότερον ἀπὸ 17 μέτρα. Οὕτως ὅταν παρατηρητὴς εὑρίσκεται πρὸ ἐπιπέδου κωλύματος καὶ ἐκφωνῇ βραχυτάτης διαρκείας ἦχον, εὑρίσκεται δὲ εἰς ἀπόστασιν μεγαλυτέραν τῶν 17 μέτρων ἀπὸ τοῦ ἐπιπέδου κωλύματος, π.χ. τοίχου, ἀκούει μετὰ τὴν ἔκλειψιν τῆς ἐντυπώσεως τοῦ πρώτου ἤχου, ἕτερον ἦχον ἐξ ἀνακλάσεως, ὁ ὁποῖος ἀποτελεῖ τὴν ἠχὼ τοῦ πρώτου.

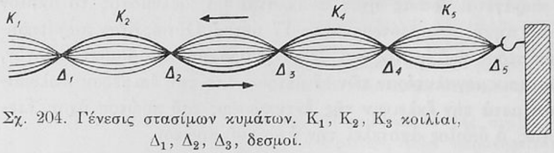
Γνωρίζομεν ὅτι, ὅταν τὸ οὖς ὑφίσταται ἐξωτερικὸν ἐρεθισμόν, ἡ ἐντύπωσις ἐξακολουθεῖ νὰ παραμένῃ ἐπὶ χρονικὸν διάστημα $^1/_{10}$ sec καὶ μετὰ τὴν ἔκλειψιν τοῦ ἐρεθισμοῦ. Κατὰ τὸ χρονικὸν ὅμως τοῦτο διάστημα, ὁ ἦχος διανύει 34 m καὶ ἑπομένως, ἵνα παρατηρητὴς ἀντιληφθῇ τὸν ἐξ ἀνακλάσεως ἦχον κεχωρισμένως ἀπὸ τοῦ ἀπ' εὐθείας, πρέπει ἡ ἀπόστασίς του ἀπὸ τοῦ κωλύματος νὰ εἶναι μεγαλυτέρα τῶν 17 m. Εἰς πολλὰς περιπτώσεις, ἐφ' ὅσον ὁ ἦχος ἀνακλᾶται ὄχι ἐπὶ ἑνὸς κωλύματος, ἀλλ' ἐπὶ περισσοτέρων εὑρισκομένων εἰς καταλλήλους ἀποστάσεις, εἶναι δυνατόν, ἀντὶ ἑνὸς ἤχου ἐξ ἀνακλάσεως, νὰ ἀκούσωμεν διαδοχικῶς περισσοτέρους, τὸ φαινόμενον δὲ τοῦτο ἀποτελεῖ τὴν ***πολλαπλῆν ἠχώ***. Ἐὰν ὅμως ἡ ἀπόστασις τοῦ τοιχώματος ἐπὶ τοῦ ὁποίου ἀνακλᾶται ὁ ἦχος εἶναι μικροτέρα τῶν 17 m, τότε ὁ παρατηρητὴς ἀκούει τὸν ἐξ ἀνακλάσεως ἦχον πρὸ τῆς ἐκλείψεως τοῦ ἀπ' εὐθείας, οὕτω δὲ ὁ ἐξ ἀνακλάσεως ἦχος φαίνεται ὡς προέκτασις τοῦ ἀρχικοῦ. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται ***ἀντήχησις***. Οὕτως εἰς κλειστοὺς χώρους τὸ φαινόμενον τῆς ἀντηχήσεως χρησιμεύει πρὸς ἐνίσχυσιν τῆς ἀκουστικῆς ἐντυπώσεως, διότι ὁ ἐξ ἀνακλάσεως ἦχος μίγνυται μετὰ τοῦ ἀπ' εὐθείας καί, ἐφ' ὅσον ἡ ἀντήχησις λαμβάνει χώραν λίαν ταχέως, τὸ φαινόμενον αὐτὸ συντελεῖ εἰς τὴν βελτίωσιν τῆς ἀκουστικῆς. Τοὐναντίον, ἐὰν ἡ ἀντήχησις λαμβάνῃ χώραν λίαν βραδέως, τότε αὕτη μίγνυται μετὰ μεταγενεστέρου ἤχου, οὕτω δὲ προκαλεῖ ἀσάφειαν εἰς τὴν ἀκουστικὴν ἐντύπωσιν, ὡς τοῦτο συμβαίνει π.χ. εἰς χώρους κενοὺς καὶ μεγάλους, οἷον ἐκκλησίας, ἀμφιθέατρα κ.ἄ. Λίαν χαρακτηριστικὸν παράδειγμα ἀντηχήσεως ἀποτελεῖ ὁ ἀντίλαλος τῆς βροντῆς.


Σχ. 203. Συγκέντρωσις ἠχητικῶν κυμάτων διὰ πολλαπλῶν ἀνακλάσεων αὐτῶν εἰς τὸν ἠχητικὸν τηλεβόαν.

Ἐπὶ τοῦ φαινομένου τῆς ἀνακλάσεως τοῦ ἤχου στηρίζεται ἡ συγκέντρωσις τῆς ἐνεργείας τῶν ἠχητικῶν κυμάτων πρὸς ὡρισμένην κατεύθυνσιν διὰ τοῦ ***τηλεβόα*** (σχ. 203). Ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα, διὰ πολλαπλῶν ἀνακλάσεων τῶν ἠχητικῶν κυμάτων ἐπὶ τῶν τοιχωμάτων τοῦ ἠχητικοῦ σωλῆνος, ἡ ἠχητικὴ ἐνέργεια συγκεντροῦται πρὸς ὡρισμένην κατεύθυνσιν. Ἐπὶ τῆς αὐτῆς ἀρχῆς στηρίζεται καὶ ἡ λειτουργία τῶν ***φωναγωγῶν σωλήνων***, τῶν ἐγκατεστημένων εἰς ἀτμόπλοια, ξενοδοχεῖα κ.λ.π.

176. Στάσιμα κύματα. Διὰ τὴν σπουδὴν τοῦ φαινομένου τῶν στασίμων κυμάτων ἀναχωροῦμεν ἀπὸ τοῦ ἀκολούθου πειράματος: Στερεοῦμεν τὸ ἓν ἄκρον σχοινίου, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 194, ἐπὶ ἀκλονήτου σημείου, ἐνῷ κρατοῦντες τὸ ἄλλο ἄκρον διὰ τῆς χειρὸς μεταδίδομεν εἰς αὐτὸ παλμικὴν κίνησιν κινοῦντες καταλλήλως τὴν χεῖρα μας. Οὕτω δημιουργοῦμεν ἐπὶ τοῦ σχοινίου κῦμα, τὸ ὁποῖον διαδίδεται κατὰ μῆκος αὐτοῦ, ἕνεκα δὲ τοῦ λόγου τούτου καλεῖται διαδιδόμενον κῦμα, καὶ τὸ ὁποῖον, φθάνον εἰς τὸ ἄλλο ἄκρον τοῦ σχοινίου τὸ προσδεδεμένον ἐπὶ τοῦ ἀκλονήτου κωλύματος, ἀνακλᾶται ἐπ' αὐτοῦ καὶ ἐπιστρέφει πρὸς τὰ ὀπίσω.

Οὕτως ἐπὶ τοῦ σχοινίου μετά τινα χρόνον θὰ ὑπάρχουν δύο διαδιδόμενα κύματα, τὸ ἀπ' εὐθείας καὶ τὸ ἐξ ἀνακλάσεως, τὰ ὁποῖα διαδίδονται κατ' ἀντιθέτους διευθύνσεις. Ἐκ τῆς συνυπάρξεως τῶν δύο τούτων κυμάτων προκύπτει τὸ γνωστὸν ἤδη φαινόμενον τῆς συμβολῆς. Μετὰ παρέλευσιν χρονικοῦ τινος διαστήματος ἀπὸ τῆς διεγέρσεως τοῦ σχοινίου, καὶ ἐφ' ὅσον ἡ συχνότης τῆς ἀρχικῆς διεγέρσεως εὑρίσκεται εἰς τὴν κατάλληλον σχέσιν πρὸς τὸ μῆκος τοῦ σχοινίου, λαμβάνει τοῦτο τὴν εἰς τὸ σχῆμα 204 δεικνυομένην μορφήν.



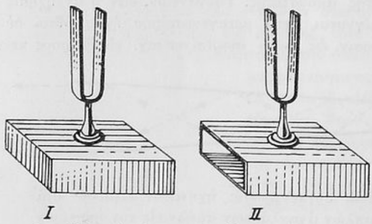
Σχ. 204. Γένεσις στασίμων κυμάτων. K_1, K_2, K_3 κοιλίαι, Δ_1, Δ_2, Δ_3, δεσμοί.

Οὕτω βλέπομεν ὅτι εἰς τὸ σχοινίον ὑπάρχουν ὡρισμέναι περιοχαὶ K_1, K_2, K_4 ὅπου τοῦτο πάλλεται ὑπὸ μέγιστον πλάτος κινήσεως, καλοῦνται δὲ αὗται ***κοιλίαι***, ἐνῷ ὑπάρχουν καὶ ἄλλαι περιοχαὶ Δ_1, Δ_2, Δ_3 ὅπου τὸ σχοινίον παραμένει ἀκίνητον, καλοῦνται δὲ αὗται ***δεσμοί***.

Τὸ ἀνωτέρω περιγραφόμενον φαινόμενον ἀποτελεῖ τὰ ***στάσιμα κύματα*** καὶ ἔχει σπουδαιοτάτην σημασίαν εἰς τὴν Φυσικήν. Ἡ ἀπόστασις μεταξὺ δύο διαδοχικῶν δεσμῶν ἢ δύο διαδοχικῶν κοιλιῶν ἰσοῦται πάντοτε πρὸς τὸ ἥμισυ τοῦ μήκους κύματος. Γενικῶς οἱ ἦχοι οἱ ἀποδιδόμενοι ὑπὸ τῶν ἐγχόρδων μουσικῶν ὀργάνων εἶναι ἀποτέλεσμα στασίμων κυμάτων.

177. Συντονισμός. Θεωρήσωμεν τὰ δύο διαπασῶν I καὶ II, τὰ ὁποῖα εἶναι ἐντελῶς ὅμοια καὶ ἑπομένως παράγουν ἦχον τῆς αὐτῆς συχνότητος ἢ ἄλλως τοῦ αὐτοῦ ὕψους (σχ. 205).

Ἐὰν διεγείρωμεν καταλλήλως τὸ ἓν τῶν διαπασῶν ὥστε νὰ παράγῃ ἦχον, τότε βλέπομεν ὅτι καὶ τὸ δεύτερον διαπασῶν παράγει ἀφ' ἑαυτοῦ ἦχον. Ἐὰν ὅμως ἀντικαταστήσωμεν τὸ διαπασῶν II δι' ἑτέρου διαφόρου συχνότητος καὶ ἐπαναλάβωμεν τὸ πείραμα, βλέπομεν ὅτι τὸ διαπασῶν II δὲν παράγει ἀφ' ἑαυτοῦ ἦχον.



Σχ. 205. Δύο διαπασῶν ὅμοια εὑρισκόμενα ἐν συντονισμῷ.

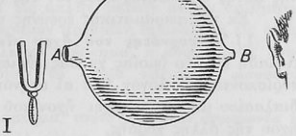
Τὸ ἀνωτέρω φαινόμενον ἐξηγεῖται ὡς ἑξῆς: Τὸ διαπασῶν I ὅταν ἠχῇ δημιουργεῖ εἰς τὸν περιβάλλοντα χῶρον ἠχητικὰ κύματα τὰ ὁποῖα διαδιδόμενα εἰς τὸν χῶρον μεταφέρουν ἐνέργειαν. Ὅταν τὰ κύματα συναντήσουν τὸ δεύτερον διαπασῶν, μέρος τῆς ἐνεργείας αὐτῶν καταναλίσκεται εἰς τὴν διέγερσιν αὐτοῦ, τὸ διαπασῶν ὅμως τότε μόνον ὑπακούει καὶ ἠχεῖ, δηλαδὴ χρησιμοποιεῖ ὠφελίμως τὴν καταναλισκομένην ἐνέργειαν, ὅταν ἡ συχνότης αὐτοῦ συμπίπτῃ πρὸς τὴν συχνότητα τῶν διεγειρόντων αὐτὸ κυμάτων, δηλαδὴ πρὸς τὴν συχνότητα τοῦ διαπασῶν I. Ἐν τοιαύτῃ περιπτώσει λέγομεν ὅτι τὰ δύο διαπασῶν εὑρίσκονται ἐν ***συντονισμῷ***.

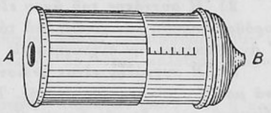
Γενικῶς δὲ λέγομεν ὅτι δύο σώματα δυνάμενα νὰ ἐκτελοῦν ταλαντώσεις εὑρίσκονται ἐν συντονισμῷ, ὅταν ἔχουν τὴν αὐτὴν συχνότητα.

Ἡ πρακτικὴ σημασία τοῦ συντονισμοῦ ἔγκειται εἰς τὸ ὅτι ἡ ἐνέργεια δύναται νὰ μεταβιβάζεται ἀπὸ τοῦ ἑνὸς σώματος εἰς τὸ ἄλλο ὑπὸ τὴν μεγίστην ἀπόδοσιν.

178. Ἀντηχεῖα. Διὰ τὴν ἐνίσχυσιν τοῦ ἤχου τῶν διαπασῶν χρησιμοποιοῦμεν τὰ ***ἀντηχεῖα.*** Ἁπλούστατον τύπον ἀντηχείου ἀποτελεῖ τὸ ξύλινον κιβώτιον ἐπὶ τοῦ ὁποίου στηρίζεται τὸ διαπασῶν (σχ. 205) καὶ τὸ ὁποῖον εἶναι ἀνοικτὸν κατὰ τὸ ἓν μέρος.

Διὰ νὰ παραχθῇ ὅμως ἐνίσχυσις τοῦ ἤχου πρέπει τὸ μῆκος τοῦ ἀντηχείου νὰ εὑρίσκεται εἰς ὡρισμένην σχέσιν πρὸς τὴν συχνότητα τοῦ ἤχου τοῦ παραγομένου ὑπὸ τοῦ διαπασῶν, εἰς τρόπον ὥστε ἡ ἀέριος στήλη ἡ ἐγκλειομένη ἐντὸς τοῦ ἀντηχείου ὅταν διεγείρεται νὰ δύναται νὰ παραγάγῃ ἦχον τῆς αὐτῆς συχνότητος πρὸς τὸν τοῦ διαπασῶν. Μὲ ἄλλους λόγους παράγεται ἐνίσχυσις τοῦ ἤχου ὅταν ἡ ἀέριος στήλη τοῦ ἀντηχείου καὶ τὸ διαπασῶν εὑρίσκωνται ἐν συντονισμῷ.





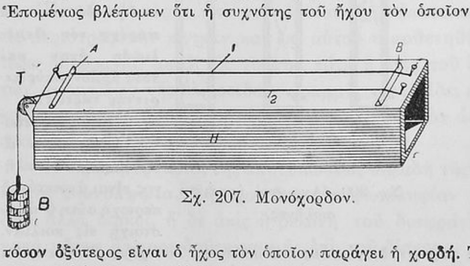
Σχ. 206. Ἀντηχεῖα. I, Helmholtz. II, König

Ἐκτὸς τοῦ ἀνωτέρω ἀντηχείου, διὰ τὰς ἐρεύνας εἰς τὴν Ἀκουστικὴν χρησιμοποιοῦμεν καὶ ἄλλους τύπους ἀντηχείων, τὰ ὁποῖα κατασκευάζονται ἐκ μετάλλου, ὡς π.χ. τὸ ***ἀντηχεῖον τοῦ* Helmholtz** (σχ. 206, I) καὶ ***τὸ ἀντηχεῖον τοῦ* König** (σχ. 206, II) εἰς τὸ ὁποῖον μάλιστα δυνάμεθα νὰ μεταβάλλωμεν τὸ μῆκος τῆς ἀερίου στήλης, δηλαδὴ νὰ μεταβάλλωμεν τὴν συχνότητα τοῦ ἤχου τὴν ὁποίαν αὕτη δύναται νὰ παράγῃ.

179. Ἠχογόνοι πηγαί. Εἰς τὴν Φυσικήν, ἐκτὸς τῶν διαπασῶν καὶ τῶν σειρήνων, χρησιμοποιοῦμεν ὡς ἠχογόνους πηγὰς τὰς ***χορδάς***, τοὺς ***ἠχητικοὺς σωλῆνας***, τὰς ***μεταλλικὰς πλάκας*** ἢ ***μεμβράνας***, τοὺς ***κώδωνας*** κ.ἄ.

Α′ Χορδαί. Ἐφαρμογὴν εὑρίσκουν αἱ χορδαὶ εἰς τὸ γνωστὸν μουσικὸν ὄργανον ***πιάνο***, τὸ ὁποῖον φέρει ἐπὶ καταλλήλου πλαισίου 88 χορδὰς διαφόρου μήκους καὶ διαμέτρου καὶ 88 πλῆκτρα, διὰ τῶν ὁποίων δυνάμεθα νὰ πλήττωμεν τὰς χορδὰς καὶ νὰ ἀναγκάζωμεν αὐτὰς νὰ παράγουν ἤχους.

Ἑκάστη χορδή, ὡς εὐκόλως παρατηροῦμεν εἰς τὸ πιάνο, παράγει ἦχον ὡρισμένης συχνότητος καὶ μάλιστα οἱ βαρεῖς ἦχοι παράγονται ἀπὸ τὰς ἐπιμήκεις καὶ μεγάλης διαμέτρου χορδάς, ἐνῷ οἱ ὀξεῖς ἦχοι παρέχονται ὑπὸ τῶν μικροῦ μήκους καὶ λεπτῶν χορδῶν. Ἑπομένως βλέπομεν ὅτι ἡ συχνότης τοῦ ἤχου τὸν ὁποῖον παράγει χορδὴ ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ μήκους καὶ τῆς διαμέτρου αὐτῆς.



Σχ. 207. Μονόχορδον.

Ἐπίσης ἐὰν ἐξετάσωμεν ὡρισμένην χορδὴν τοῦ πιάνου βλέπομεν ὅτι ἡ συχνότης τοῦ ἤχου τὸν ὁποῖον παράγει ἐξαρτᾶται καὶ ἐκ τῆς τάσεως τῆς χορδῆς, ὡς τοῦτο παρατηροῦμεν ἐὰν μεταβάλλωμεν διὰ καταλλήλου κλειδίου τὴν τάσιν τῆς χορδῆς, εὑρίσκομεν δὲ μάλιστα ὅτι ὅσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ τάσις, τόσον **ὀξύτερος** εἶναι ὁ ἦχος τὸν ὁποῖον παράγει ἡ **χορδή**. Τοὺς νόμους τῶν χορδῶν δυνάμεθα νὰ σπουδάσωμεν δι' εἰδικῆς συσκευῆς, ἡ ὁποία καλεῖται ***ἠχόμετρον*** ἢ ***μονόχορδον*** (σχ. 207)·

Τοῦτο ἀποτελεῖται ἐκ ξυλίνου ἀντηχείου, εἰς τὸ ἓν ἄκρον τοῦ ὁποίου στερεοῦνται μονίμως τὰ ἄκρα δύο χορδῶν (1) καὶ (2). Ἐκ τούτων, ἡ μὲν (1) κατὰ τὸ ἕτερον αὐτῆς ἄκρον στερεοῦται μονίμως, τῆς τάσεως αὐτῆς ρυθμιζομένης διὰ περιστροφῆς κοχλίου. Τῆς ἑτέρας χορδῆς (2) τὸ ἐλεύθερον ἄκρον διέρχεται διὰ τροχαλίας Τ καὶ διατείνεται αὕτη διὰ βαρῶν Β, τὰ ὁποῖα ρυθμίζονται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε ἡ χορδὴ (2) νὰ παρέχῃ ἦχον τῆς αὐτῆς συχνότητος πρὸς τὸν τῆς (1), ὁ ὁποῖος εἶναι γνωστὸς ἐκ τῶν προτέρων.

Ἐκ τῆς πειραματικῆς ἐρεύνης τῶν χορδῶν καθωρίσθησαν οἱ ἀκόλουθοι νόμοι:

1) ***Ἡ συχνότης τοῦ ἤχου εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος τοῦ μήκους τῆς χορδῆς.*** Δηλαδὴ εἰς δύο ὁμοίας χορδὰς εὑρισκομένας ὑπὸ τὴν αὐτὴν τάσιν καὶ τῶν ὁποίων τὰ μήκη εὑρίσκονται εἰς λόγον 1 : 2 αἱ συχνότητες τῶν ἤχων εὑρίσκονται εἰς λόγον 2 : 1, ἤτοι ἡ χορδὴ διπλασίου μήκους παρέχει ἦχον τοῦ ὁποίου ἡ συχνότης εἶναι τὸ ἥμισυ τῆς συχνότητος τοῦ ἤχου τῆς ἄλλης χορδῆς.

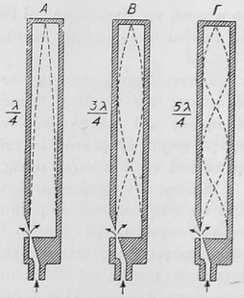
2) ***Ἡ συχνότης τοῦ ἤχου εἶναι ἀνάλογος τῆς τετραγωνικῆς ρίζης τῆς τάσεως τῆς χορδῆς.*** Δηλαδὴ ἐὰν χορδὴ ὑπὸ τάσιν 4 kgr* παρέχῃ ἦχον συχνότητος 100 παλμῶν, διὰ ν' ἀνυψώσωμεν τὴν συχνότητα εἰς 200 παλμοὺς ἀπαιτεῖται τάσις 16 kgr*.

3) ***Ἡ συχνότης εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος τῆς τετραγωνικῆς ρίζης τοῦ βάρους ἀνὰ μονάδα μήκους τῆς χορδῆς.*** Τοῦτο παρατηροῦμεν εἰς τὸ πιάνο, ὅπου αἱ χορδαὶ αἱ παράγουσαι τοὺς βαρεῖς ἤχους εἶναι περιειλιγμέναι διὰ σύρματος πρὸς αὔξησιν τοῦ βάρους αὐτῶν.

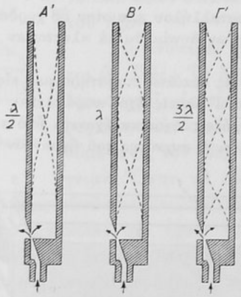
Β. Ἠχητικοὶ σωλῆνες. Εἰς τὴν Φυσικήν, ***ἠχητικοὺς σωλῆνας καλοῦμεν σωλῆνας ἐκ ξύλου ἢ μετάλλου, εἰς τοὺς ὁποίους, διὰ προσφυσήσεως ρεύματος ἀέρος ἀπὸ στομίου, προκαλοῦμεν διατάραξιν τῆς στήλης τοῦ περιεχομένου εἰς τὸν σωλῆνα ἀερίου.***

Ἡ παραγωγὴ ἤχου ὑπὸ ἠχητικοῦ σωλῆνος ἐξηγεῖται ἐπὶ τῇ βάσει τῆς θεωρίας τῶν στασίμων κυμάτων. Εἰς τοὺς κλειστοὺς κατὰ τὸ ἄνω ἄκρον σωλῆνας, ἡ περιοχὴ αὕτη ἀντιστοιχεῖ εἰς δεσμόν, καὶ τὸ κάτω μέρος, ἐκ τοῦ ὁποίου διεγείρεται ὁ σωλήν, ἀποτελεῖ κοιλίαν.

Οὕτως εἰς τὸν σωλῆνα ἀναφαίνονται δεσμοὶ καὶ κοιλίαι, τῶν ὁποίων αἱ θέσεις ἐξαρτῶνται ἐκ τοῦ γραμμικοῦ μήκους τοῦ σωλῆνος. Οὗτος δύναται νὰ παράγῃ εἴτε τὸν θεμελιώδη ἦχον, εἴτε ὡρισμένους ἁρμονικοὺς ἀνωτέρας τάξεως. Εἰς τὸ σχῆμα 208 δεικνύονται αἱ θέσεις τῶν δεσμῶν καὶ κοιλιῶν εἰς κλειστὸν ἠχητικὸν σωλῆνα, ὅταν οὗτος παράγῃ τὸν θεμελιώδη ἢ πρῶτον ἁρμονικὸν καὶ τοὺς ἁρμονικοὺς τρίτης καὶ πέμπτης τάξεως. Τὸ μῆκος κύματος τοῦ θεμελιώδους ἰσοῦται πρὸς τὸ τετραπλάσιον τοῦ γραμμικοῦ μήκους τοῦ σωλῆνος.



Σχ. 208. Κλειστοὶ ἠχητικοὶ σωλῆνες.



Σχ. 209. Ἀνοικτοὶ ἠχητικοὶ σωλῆνες.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει ὅτι: ***κλειστὸς ἠχητικὸς σωλὴν δύναται νὰ παρέχῃ τὸν θεμελιώδη ἦχον καὶ τοὺς ἁρμονικοὺς περιττῆς τάξεως.***

Εἰς περίπτωσιν καθ' ἣν τὸ ἄνω μέρος τοῦ σωλῆνος εἶναι ἀνοικτόν, ἡ περιοχὴ αὕτη θ' ἀντιστοιχῇ εἰς κοιλίαν, ὡς ἐπίσης κοιλίαν ἀποτελεῖ καὶ ἡ περιοχὴ διεγέρσεως τοῦ σωλῆνος. Τὸ σχῆμα 209 δεικνύει τὴν διανομὴν τῶν κοιλιῶν καὶ δεσμῶν, ὅταν ἀνοικτὸς ἠχητικὸς σωλὴν παρέχῃ τὸν θεμελιώδη ἢ πρῶτον ἁρμονικόν, τὸν δεύτερον καὶ τὸν τρίτον. Τὸ μῆκος κύματος τοῦ θεμελιώδους ἰσοῦται πρὸς τὸ διπλάσιον τοῦ γραμμικοῦ μήκους τοῦ σωλῆνος.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει, ὅτι ***ἀνοικτὸς ἠχητικὸς σωλὴν δύναται νὰ παρέχῃ, ἐκτὸς τοῦ θεμελιώδους ἢ πρώτου ἁρμονικοῦ ἤχου, καὶ ὅλους τοὺς λοιποὺς ἁρμονικούς.***

180*. Στοιχειώδεις γνώσεις ἐκ τῆς θεωρίας τῆς μουσικῆς. Ὅταν αἱ συχνότητες δύο ἤχων τοὺς ὁποίους ἀκούομεν ταυτοχρόνως εὑρίσκωνται εἰς ἁπλῆν μεταξὺ αὐτῶν ἀριθμητικὴν σχέσιν, π.χ. 1 : 2, 2 : 3, δηλαδὴ λόγους μικρῶν ἀκεραίων ἀριθμῶν, προκαλοῦν εἰς ἡμᾶς εὐάρεστον συναίσθημα. Ὁ λόγος 1 : 2 ἢ 2 : 3 κ.ο.κ. καλεῖται ***διάστημα,*** ἡ μουσικὴ δὲ χρησιμοποιεῖ ὡρισμένα μόνον ἐκ τῶν διαστημάτων τούτων τὰ ὁποῖα καλοῦνται ***μουσικὰ διαστήματα.***

Ἐὰν ὁ λόγος συχνοτήτων εἶναι 1 : 1, τότε τὸ διάστημα τοῦτο καλεῖται ***συμφωνία ἢ πρώτη,*** ἐὰν δὲ εἶναι 1 : 2 τὸ διάστημα καλεῖται ***ὀγδόη.*** Ἀνάλογα δὲ ὀνόματα δίδουν καὶ εἰς τὰ ἄλλα ἐν χρήσει διαστήματα.

Τρεῖς ἦχοι, ὅταν παράγωνται ταὐτοχρόνως, προκαλοῦν εὐάρεστον συναίσθημα, ὅταν αἱ συχνότητες αὐτῶν ἔχουν ὡς οἱ ἀριθμοὶ 4 : 5 : 6, ὁ συνδυασμὸς δὲ οὗτος καλεῖται ***μείζων ἁρμονία.***

Γενικῶς τοὺς ἤχους τοὺς ὁποίους χρησιμοποιεῖ ἡ μουσικὴ καλοῦμεν ***φθόγγους*** ἢ ***μουσικοὺς ἤχους,*** κατατάσσομεν δὲ αὐτοὺς εἰς κλίμακα ἡ ὁποία ἀποτελεῖ σειρὰν διαδοχικῶν φθόγγων διαφόρων συχνοτήτων. Ἐκ τούτων περιγράφομεν τὴν μείζονα κλίμακα τῆς ὁποίας ὁ πρῶτος, ὁ τρίτος καὶ ὁ πέμπτος φθόγγος, πραγματοποιοῦν ***μείζονα ἁρμονίαν,*** ἐπίσης μείζονα ἁρμονίαν ἀποτελοῦν ὁ πέμπτος, ἕβδομος καὶ ἔνατος (ἢ ἡ ὀγδόη τοῦ δευτέρου).

Οἱ ἐντὸς τοῦ διαστήματος 1 : 2, τὸ ὁποῖον ὡς εἴδομεν καλεῖται ὀγδόη, χρησιμοποιούμενοι μουσικοὶ φθόγγοι χαρακτηρίζονται ὑπὸ ὡρισμένων συμβόλων τὰ ὁποῖα εἶναι τὰ ἑξῆς:

do re mi fa sol la si do

Ἡ ὀνομασία αὕτη εἶναι Ἰταλική, χρησιμοποιεῖται δὲ διεθνῶς.

181. Φωνογράφος. Εἰς παλαιοτέραν ἐποχὴν ὁ φωνογράφος ἀπετελεῖτο ἐκ κυλινδρικοῦ τυμπάνου ἐκ κηροῦ, στρεφομένου περὶ ἄξονα ἐπὶ τοῦ ὁποίου κατεγράφετο ὁ ἦχος. Διὰ τὴν καταγραφὴν τοῦ ἤχου ἐχρησιμοποιεῖτο χοάνη μετὰ διαφράγματος τὸ ὁποῖον ὅμως ἔφερεν εἰς τὸ κέντρον λεπτὴν καὶ σκληρὰν ἀκίδα, δυναμένην νὰ χαράσσῃ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ κυλίνδρου. Κατ᾽ αὐτὸν τὸν τρόπον, ἐπὶ τοῦ ἐκ κηροῦ κυλίνδρου, ὁ ὁποῖος, ἐκτὸς τῆς περιστροφῆς του περὶ ἄξονα, εἶχε καὶ μεταφορικὴν κίνησιν κατὰ μῆκος τοῦ ἄξονος, κατεγράφετο ἑλικοειδὴς γραμμὴ τῆς ὁποίας αἱ ἀνωμαλίαι ἀνταπεκρίνοντο πρὸς τοὺς κραδασμοὺς τοῦ πρὸ τῆς χοάνης παραγομένου ἤχου.

Ἐὰν ὁ κύλινδρος, ἐπὶ τοῦ ὁποίου ἔχῃ ἀποτυπωθῆ προηγουμένως ἦχος, τεθῇ εἰς περιστροφικὴν κίνησιν καὶ ἐπ᾽ αὐτοῦ τοποθετηθῇ ὑπὸ ἐλαφρὰν πίεσιν τὸ ἀνωτέρω διάφραγμα μετὰ τῆς χοάνης, τότε ἡ ἀκὶς τοῦ διαφράγματος, διερχομένη διὰ τῶν ἀνωμαλιῶν τῆς ἑλικοειδοῦς γραμμῆς, μεταδίδει εἰς τὸ διάφραγμα ἀντιστοίχους κραδασμούς, οἱ ὁποῖοι μεταδίδονται πάλιν εἰς τὸν ἀέρα, οὕτω δὲ ἐπιτυγχάνεται ἡ ἀναπαραγωγὴ τοῦ ἤχου.

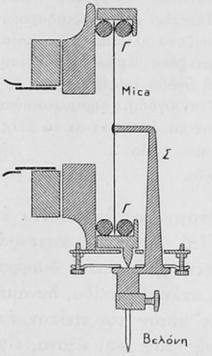
Ἡ πρώτη ἐργασία, τῆς ἀποτυπώσεως δηλαδὴ τῆς φωνῆς ἐπὶ τοῦ κυλίνδρου, καλεῖται ***φωνοληψία.*** Σήμερον διὰ τὴν φωνοληψίαν δὲν χρησιμοποιοῦνται κύλινδροι ἀλλὰ δίσκοι, ἡ δὲ ἀκὶς ἢ βελόνη τοῦ διαφράγματος καταγράφει τὴν φωνὴν κατὰ μῆκος σπειροειδοῦς γραμμῆς ἐπὶ τοῦ δίσκου.

Ἡ ὡς ἄνω καταγραφὴ τῆς φωνῆς δι᾽ ὁμιλίας τοῦ ἐκφωνητοῦ πρὸ χοάνης εἰς τὸ ἑτερον ἄκρον τῆς ὁποίας εὑρίσκεται τὸ διάφραγμα μετὰ τῆς βελόνης καὶ ἡ ὁποία καλεῖται ***μηχανικὴ καταγραφή***, ἀντεκατεστάθη σήμερον ὑπὸ τῆς ***ἠλεκτρικῆς καταγραφῆς***.

Πρὸς τοῦτο ὁ ἐκφωνητὴς τοποθετεῖται πρὸ μικροφώνου διὰ τοῦ ὁποίου οἱ κραδασμοὶ τοῦ ἀέρος μετατρέπονται εἰς ὁμορρύθμους ἠλεκτρικοὺς κραδασμοὺς οἵτινες, ἐνισχυόμενοι ὑπὸ καταλλήλου ἐνισχυτοῦ, μεταβιβάζονται διὰ γραμμῆς καὶ ἀκολούθως διέρχονται διὰ καταλλήλου ἠλεκτρομαγνήτου ὁ ὁποῖος θέτει εἰς κίνησιν τὴν βελόνην καταγραφῆς. Οὕτω διὰ τῆς διατάξεως ταύτης ἐπιτυγχάνεται ὥστε ἡ καταγραφὴ νὰ γίνεται εἰς εἰδικοὺς θαλάμους οἱ ὁποῖοι ἀπέχουν ἀπὸ τοῦ χώρου εἰς τὸν ὁποῖον εὑρίσκεται ὁ ἐκφωνητής, εἶναι δὲ οὕτω δυνατὴ ἡ καταγραφὴ μιᾶς συναυλίας, ὁπότε τὸ μικρόφωνον τοποθετεῖται εἰς τὴν αἴθουσαν ἐκτελέσεως καὶ συνδέεται ἀκολούθως διὰ γραμμῆς πρὸς τὸν θάλαμον καταγραφῆς.

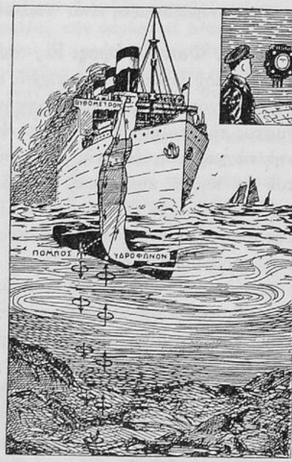
Ἐκ τοῦ κηρίνου δίσκου σχηματίζεται δι' ἠλεκτρολυτικῆς ὁδοῦ μεταλλικὸν ἐκ χαλκοῦ ἀρνητικὸν ἀνάτυπον, τὸ ὁποῖον χρησιμεύει ὡς μήτρα (καλοῦπι) διὰ τὴν παραγωγὴν σειρᾶς φωνογραφικῶν πλακῶν αἱ ὁποῖαι διατίθενται εἰς τὸ ἐμπόριον.

182. Γραμμόφωνον. Ἡ συσκευὴ μὲ τὴν ὁποίαν ἀναπαράγομεν τὸν ἦχον καλεῖται ***γραμμόφωνον***, εἰς τὴν ὁποίαν τὸ κύριον ὄργανον εἶναι τὸ ***φωνογραφικὸν τύμπανον*** (σχ. 210). Τοῦτο ἀποτελεῖται ἐκ διαφράγματος ἀπὸ μαρμαρυγίαν (mica) τὸ ὁποῖον στερεοῦται μεταξὺ τῶν ἐκ καουτσοὺκ τεμαχίων Γ. Τὸ μέσον τοῦ διαφράγματος διὰ τοῦ στελέχους Σ συνδέεται πρὸς τὴν βελόνην. Ὅταν ἡ βελόνη διέρχεται διὰ τῆς ἑλικοειδοῦς γραμμῆς καταγραφῆς τοῦ δίσκου, μετατοπίζεται ρυθμικῶς, ἡ δὲ ρυθμικὴ αὕτη μετατόπισις μέσῳ τοῦ στελέχους Σ μεταβιβάζεται εἰς τὸ διάφραγμα τὸ ὁποῖον τοιουτοτρόπως δημιουργεῖ ρυθμικὰς μεταβολὰς πιέσεως τοῦ ἀέρος, ἤτοι παράγει ἠχητικὰ κύματα ὅμοια πρὸς τὰ ἀρχικὰ ἠχητικὰ κύματα καὶ διὰ τοῦ τρόπου τούτου ἀναπαράγεται ἡ φωνή.



Σχ. 210. Διάταξις φωνογραφικοῦ τυμπάνου μετὰ τῆς βελόνης.

183*. Βυθόμετρον. Τελευταίως, δι' ἀκριβεῖς βυθομετρήσεις χρησιμοποιοῦν τὰ ἠχητικὰ κύματα (ὑπερηχητικά). Πρὸς τοῦτο, ἐπὶ τοῦ πλοίου ὑπάρχει εἰς τὸ κατώτατον μέρος αὐτοῦ πομπὸς ὑπερηχητικῶν κυμάτων, τὰ δ' ἐξ αὐτῶν ἐκπεμπόμενα κύματα ἀνακλῶνται ἐπὶ τοῦ βυθοῦ καὶ ἐπιστρέφουν πρὸς τὸ πλοῖον, ἀνιχνεύονται δὲ διὰ καταλλήλου δέκτου. Ἐκ τοῦ χρόνου τοῦ παρερχομένου μεταξὺ τῆς ἐκπομπῆς τοῦ ἤχου καὶ τῆς λήψεως αὐτοῦ κατόπιν ἀνακλάσεως ἐπὶ τοῦ βυθοῦ καθορίζεται τὸ βάθος, δεδομένου ὅτι ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ ἤχου εἰς τὸ θαλάσσιον ὕδωρ εἶναι γνωστή. Ἡ μόνη δυσχέρεια τῆς



Σχ. 211. Βυθομετρήσεις διὰ συσκευῆς ἐγκατεστημένης εἰς πλοῖον.

μεθόδου ταύτης συνίσταται εἰς τὴν ἀκριβῆ μέτρησιν τοῦ χρονικοῦ διαστήματος μεταξὺ ἐκπομπῆς τοῦ σήματος καὶ λήψεως αὐτοῦ, σήμερον ὅμως αἱ ἐγκαταστάσεις τοῦ τύπου τούτου ἔχουν τελειοποιηθῆ εἰς μέγιστον βαθμὸν καὶ εἶναι λίαν διαδεδομέναι ὑπὸ τὸν τεχνικὸν ὅρον ***βυθόμετρον*** (Fathometer).

Τὸ σχῆμα 211 δεικνύει τὴν σύνθεσιν ἑνὸς βυθομέτρου. Ἡ συσκευὴ ἀποτελεῖται ἐκ τριῶν κυρίων μερῶν: τοῦ πομποῦ, τοῦ δέκτου (ὑδροφώνου) καὶ τοῦ ἐνδεικτικοῦ μηχανήματος. Τὰ δύο πρῶτα μέρη εὑρίσκονται ὑπὸ τὸ ὕδωρ καὶ ἐγκαθίστανται καταλλήλως εἰς δύο διαφόρους θέσεις κειμένας ἐπὶ τῆς τρόπιδος τοῦ πλοίου, ἐνῷ τὸ ἐνδεικτικὸν μηχάνημα τοποθετεῖται ἐπὶ τῆς γεφύρας τοῦ πλοίου.

ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΗ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ

184. Ἀνθρωπίνη φωνή. Ἡ φωνὴ παράγεται ὑπὸ ρεύματος ἀέρος δημιουργουμένου ὑπὸ τῶν πνευμόνων, τὸ ὁποῖον διερχόμενον διὰ μέσου εἰδικοῦ ἀεραγωγοῦ σωλῆνος θέτει εἰς παλμικὴν κίνησιν δύο μεμβράνας αἱ ὁποῖαι καλοῦνται ***φωνητικαὶ χορδαί***, μεταξὺ τῶν ὁποίων ὑπάρχει στενὴ ρυθμιζομένη σχισμὴ ἡ ὁποία καλεῖται γλωττίς. Αἱ φωνητικαὶ χορδαὶ εὑρίσκονται ἐντὸς τοῦ λάρυγγος ἢ τοῦ ἀεραγωγοῦ σωλῆνος καὶ εἰς τὸ ἀνώτερον σημεῖον αὐτοῦ καὶ ὁ ὁποῖος ἀποτελεῖ τὴν δίοδον ἀπὸ τοῦ στόματος εἰς τοὺς πνεύμονας (σχ. 212).

HERMANN VON HELMHOLTZ
(1821 - 1894)
Γερμανὸς Φυσιολόγος καὶ Φυσικός. Ὀνομαστὸς διὰ τὰς ἐρεύνας αὐτοῦ ἐπὶ τῆς Ἀκουστικῆς καὶ Ὀπτικῆς, ὡς καὶ διὰ τὰς νεωτέρας ἀντιλήψεις τὰς ὁποίας εἰσήγαγε διὰ τὴν ἐνέργειαν. Θεμελιωτὴς τοῦ νόμου τῆς ἀρχῆς τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας.

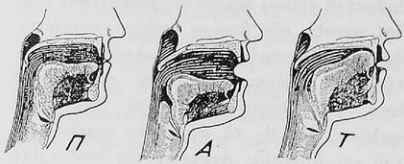
Κατὰ τὸν **Helmholtz,** τὸ ὕψος τοῦ ἤχου ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς συχνότητος τῆς παλμικῆς κινήσεως τῶν φωνητικῶν χορδῶν, ἡ ὁποία ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς τάσεως, τοῦ πάχους καὶ τοῦ ἐνεργοῦ μήκους αὐτῶν, ἐνῷ ἡ χροιὰ τοῦ ἤχου ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ σχήματος τῶν δύο συντονιστικῶν ἀεροθαλάμων, δηλ. τῆς κοιλότητος τοῦ στόματος καὶ τοῦ λάρυγγος, οἱ ὁποῖοι ἐνισχύουν ὡρισμένους ἀνωτέρους ἁρμονικούς.

Ἡ ὡς ἄνω ἐνίσχυσις τῶν ἁρμονικῶν ἐπιτυγχάνεται διὰ καταλλήλου ρυθμίσεως τοῦ σχήματος τῶν ἀεροθαλάμων διευκολυνομένης ἐκ τῶν σχετικῶν θέσεων τῆς γλώσσης καὶ τῶν ὀδόντων. Ἡ ἐπίδρασις τῶν ὀδόντων ἐπὶ τῆς χροιᾶς τοῦ ἤχου καταδεικνύεται ἐκ τῆς διαφορᾶς τοῦ ἤχου τὸν ὁποῖον παράγει ἄνθρωπος φέρων τεχνητὰς ὀδοντοστοιχίας ὅταν ἐξαγάγῃ αὐτὰς καὶ ἐκ τῆς τεχνικῆς αὐξήσεως τῆς κοιλότητος τοῦ στόματος ὅταν μεταδίδεται ἡ ὁμιλία αὐτοῦ διὰ μεγαφώνου.

Ἡ θεωρία αὕτη τοῦ **Helmholtz** ἐνισχύεται ἐκ τῆς παρατηρήσεως ὅτι τὸ μῆκος τῶν φωνητικῶν χορδῶν εἰς τοὺς ἄνδρας εἶναι 1,5 φορὰς μεγαλύτερον ἢ εἰς τὰς γυναῖκας, πρὸς τούτοις δὲ ἔχει παρατηρηθῆ ὅτι τὸ μῆκος τῶν φωνητικῶν χορδῶν εἶναι βραχύτερον εἰς τοὺς ὑψιφώνους ἢ εἰς τοὺς βαθυφώνους, διότι ὅσον βραχυτέρα εἶναι μία τεταμένη μεμβράνα τόσον μεγαλυτέρα ἡ συχνότης κινήσεως αὐτῆς. Οἱ οὕτω παραγόμενοι ἦχοι περιλαμβάνουν ὅλους ἐν γένει τοὺς ἤχους τοὺς ἀντιστοιχοῦντας εἰς τὰ φωνήεντα καὶ σύμφωνα, ἐξαιρέσει τῶν ἤχων τῶν ἀντιστοιχούντων εἰς ὡρισμένα σύμφωνα, ὡς π.χ. τὰ τ, π, κ, σ καὶ ἄλλα, εἰς τὴν παραγωγὴν τῶν ὁποίων δὲν συμμετέχουν αἱ φωνητικαὶ χορδαὶ καὶ ὡς ἐκ τούτου καλοῦνται ***ἄφωνοι ἦχοι***. Παραδέχονται δὲ ὅτι οἱ ἄφωνοι ἦχοι διεγείρονται ὑπὸ ὡρισμένων κραδασμῶν ἐντὸς τῆς κοιλότητος τοῦ στόματος.

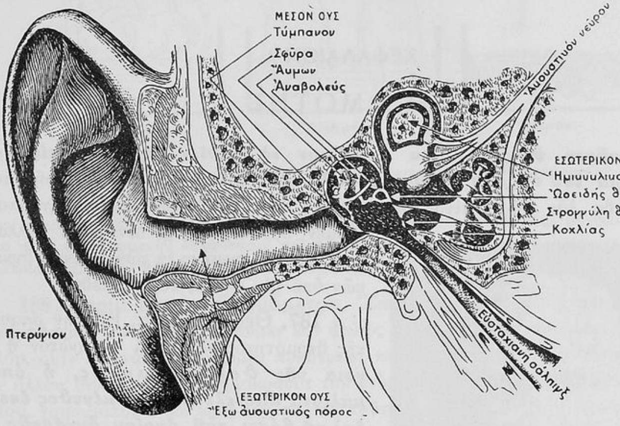
Σχ. 212. Φωνητικὰ ὄργανα ἀνθρώπου.

Κατὰ τὴν ἐκφώνησιν τῶν διαφόρων φωνηέντων ὑπὸ τὸ αὐτὸ ὕψος δὲν μεταβάλλομεν τὴν τάσιν καὶ ἑπομένως τὴν συχνότητα τῆς κινήσεως τῶν φωνητικῶν χορδῶν, ἀλλὰ ἀλλοιώνομεν τὸ σχῆμα τῆς κοιλότητος τοῦ στόματος ὡς καὶ τῆς γλώσσης, οὕτω δὲ ἐπέρχεται μεταβολὴ τῆς χροιᾶς ἢ τοῦ ποιοῦ τοῦ ἤχου λόγῳ ἐνισχύσεως ἑκάστοτε διαφόρων ἁρμονικῶν. Τοῦτο ἐπεβεβαιώθη διὰ τεχνητῆς ἀπομιμήσεως, ἤτοι ἀναπαραγωγῆς τῶν ἤχων τῶν φωνηέντων. Τὸ παρατιθέμενον σχῆμα 213 δεικνύει τὰς μεταβολὰς εἰς τὸ σχῆμα τοῦ στόματος κατὰ τὴν ἐκφώνησιν φωνηέντων καὶ συμφώνων.



Σχ. 213. Διαμόρφωσις τῆς κοιλότητος τοῦ στόματος πρὸς παραγωγὴν τῶν ἤχων π, α, τ.

185. Τὸ ὄργανον τῆς ἀκοῆς. Τὸ οὖς (σχ. 214) διαιρεῖται εἰς τρία μέρη: τὸ ἐξωτερικόν, τὸ μέσον καὶ τὸ ἐσωτερικὸν ἢ τὸν λαβύρινθον. Τὸ ***ἐξωτερικὸν οὖς*** περιλαμβάνει τὸ πτερύγιον καὶ τὸν ἀκουστικὸν πόρον, ὁ ὁποῖος κλείεται διὰ μεμβράνης, ἥτις καλεῖται ***τύμπανον***. Τὸ ***μέσον οὖς*** συγκοινωνεῖ διὰ τῆς εὐσταχιανῆς σάλπιγγος πρὸς τὴν κοιλότητα τοῦ στόματος καὶ εἶναι πλῆρες ἀέρος, εἰς τὸ μέσον δὲ αὐτοῦ εὑρίσκεται ἅλυσος ἐκ τριῶν ὀσταρίων, ἐκ τῶν ὁποίων τὸ πρῶτον, ἡ σφύρα, στηρίζεται ἐπὶ τοῦ τυμπάνου. ***Τὸ ἐσωτερικὸν οὖς*** ἢ λαβύρινθος ἀποτελεῖται ἐκ τῆς αἰθούσης ἐπὶ τῆς ὁποίας στηρίζεται ὁ ἀναβολεύς, τῶν ἡμικυκλικῶν σωλήνων καὶ τοῦ κοχλίου. Τὰ μέρη ταῦτα, τῶν ὁποίων αἱ κοιλότητες εἶναι πεπληρωμέναι δι' ὑγροῦ, εἶναι φύσεως ὀστεώδους ἢ ὑμενώδους. Τὸ τύμπανον, μετὰ τῶν ἀνωτέρω ἀναφερομένων τριῶν ὀσταρίων, χρησιμεύει ὡς μηχανικὸν σύστημα μοχλῶν διὰ τὴν μεταβίβασιν τῶν κραδασμῶν ἀπὸ τοῦ ἀέρος, ὁ ὁποῖος ἀποτελεῖ μέσον μικρᾶς πυκνότητος, εἰς τὸ ὑγρὸν τὸ ὁποῖον εἶναι πολὺ πυκνότερον τοῦ ἀέρος. Διὰ τοῦ μηχανικοῦ τούτου συστήματος, ἡ μεταβιβαζομένη πίεσις εἰς τὸν ἀναβολέα εἶναι 30 - 50 φορὰς μεγαλυτέρα ἢ εἰς τὸ τύμπανον. Τὸ ἐσωτερικὸν οὖς εἶναι ἐκεῖνο τὸ ὁποῖον ἔχει ἰδιάζουσαν σημασίαν διὰ τὴν ἀκοήν, διότι εἰς αὐτὸ ἀπολήγουν τὰ ἀκουστικὰ νεῦρα. Ἐπίσης, ἐν αὐτῷ ὑπάρχει καὶ τὸ ***ὄργανον τοῦ* Corti,** τοῦ ὁποίου ὁ σκελετὸς ἀποτελεῖται ἐκ πολυαρίθμων λεπτῶν στυλίσκων, καλουμένων στυλίσκων τοῦ Corti, καὶ οἱ ὁποῖοι εἶναι συντονισμένοι πρὸς τοὺς ἤχους, τοὺς ὁποίους δύναται ν᾽ ἀντιληφθῇ τὸ αἰσθητήριον τῆς ἀκοῆς.



Σχ. 214. Σχηματικὴ παράστασις τοῦ δεξιοῦ ὠτὸς τοῦ ἀνθρώπου.

Ἕκαστος τῶν στυλίσκων τούτων συγκοινωνεῖ πρὸς ἓν ἄκρον νεύρου, τὸ ὁποῖον διεγείρεται μηχανικῶς, ὅταν ὁ στυλίσκος τεθῇ εἰς παλμικὴν κίνησιν. Ὁ ἐρεθισμὸς οὗτος μεταβιβάζεται διὰ τοῦ ἀκουστικοῦ νεύρου εἰς τὸ ἀκουστικὸν κέντρον τοῦ ἐγκεφάλου καὶ οὕτω γεννᾶται τὸ αἴσθημα τῆς ἀκοῆς. Τὸ ἐξωτερικὸν καὶ ἐσωτερικὸν μέρος τοῦ ὠτὸς χρησιμεύουν διὰ τὴν πρόσληψιν καὶ μεταβίβασιν τῶν ἔξωθεν παραγομένων ἠχητικῶν κυμάτων πρὸς τὸ ἐσωτερικὸν μέρος τοῦ ὠτός, διὰ τοῦ ὁποίου διεγείρεται τὸ ὄργανον τοῦ Corti.

Προβλήματα.

1. Διαπασῶν παράγει ἦχον συχνότητος $\nu = 435\ \mathrm{sec}^{-1}$. Πόσον εἶναι τὸ μῆκος τοῦ κύματος λ εἰς τὸν ἀέρα (ταχύτης ἤχου 340 m/sec). (Ἀπ. $\lambda = 0{,}781$ m)

2. Ὁ κρότος πυροβόλου ἀκούεται ὑπὸ παρατηρητοῦ εὑρισκομένου εἰς ἀπόστασιν μετὰ 3,5 sec ἀφ᾽ ἧς στιγμῆς οὗτος ἀντελήφθη τὴν λάμψιν. Ἐὰν ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ ἤχου εἰς τὸν ἀέρα εἶναι 340 m/sec, πόση ἡ ἀπόστασις τοῦ παρατηρητοῦ ἀπὸ τοῦ πυροβόλου. (Ἀπ, 1190 m).

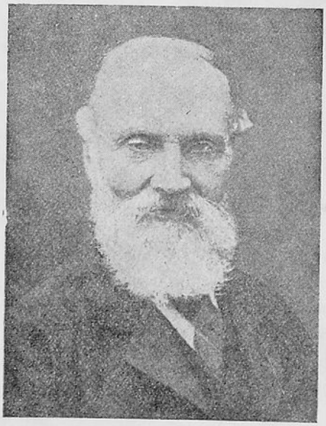
3. Σειρὴν ἔχει 16 ὀπάς, περιστρέφεται ὑπὸ συχνότητα 300 στροφῶν εἰς 10 sec καὶ παρέχει τότε ἦχον τοῦ αὐτοῦ ὕψους πρὸς διαπασῶν. Ποία ἡ συχνότης τοῦ διαπασῶν καὶ ποῖος ὁ ἀριθμὸς στροφῶν τῆς σειρῆνος κατὰ sec, διὰ νὰ παρέχῃ ἦχον κατὰ μίαν ὀγδόην ἀνώτερον τοῦ ἤχου τοῦ διαπασῶν. (Ἀπ. $\nu = 480\ \mathrm{sec}^{-1}$, $N = 60$ στρ./sec).

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ι΄

ΘΕΡΜΟΤΗΣ

186. ***Καλοῦμεν θερμότητα τὸ αἴτιον τὸ ὁποῖον προκαλεῖ εἰς ἡμᾶς τὸ αἴσθημα τοῦ θερμοῦ ἢ τοῦ ψυχροῦ.*** Διὰ τῆς αἰσθήσεως τῆς ἁφῆς ἀντιλαμβανόμεθα ἐὰν σῶμα εἶναι θερμότερον ἄλλου, ἀλλ' ἡ ἐντύπωσις τὴν ὁποίαν ἔχομεν διὰ τῆς ἁφῆς δὲν εἶναι πολλάκις ἀκριβής, ἐξαρτωμένη ἐκ τῶν ἀρχικῶν συνθηκῶν ὑπὸ τὰς ὁποίας εὑρισκόμεθα.



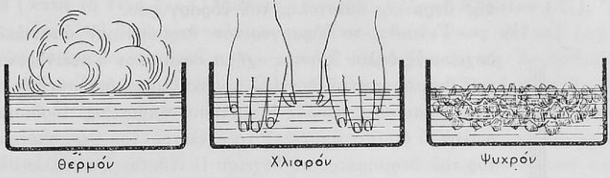
WILLIAM THOMSON (LORD KELVIN)
(1824 - 1907)

Καθηγητὴς τῆς Φυσικῆς εἰς τὸ Πανεπιστημίου τῆς Γλασκώβης. Διάσημος ἐρευνητὴς τῆς Θερμότητος καὶ τοῦ Ἠλεκτρισμοῦ. Ἐφευρέτης πολλῶν ὀργάνων τῆς Φυσικῆς.

187. Θερμοκρασία. Εἰς τὴν σπουδὴν τῆς θερμότητος εἰσάγεται τὸ πρῶτον ***ἡ ἔννοια τῆς θερμοκρασίας, ἡ ὁποία μάλιστα ἀποτελεῖ καὶ τὸ μέγεθος ἐκεῖνο ἐπὶ τῇ βάσει τοῦ ὁποίου δυνάμεθα νὰ χαρακτηρίζωμεν ποσοτικῶς κατὰ πόσον ἓν σῶμα εἶναι θερμότερον ἄλλου.*** Εἰς τὴν εἰσαγωγὴν τῆς ἐννοίας τῆς θερμοκρασίας ἀγόμεθα ἐκ τοῦ ἀκολούθου λόγου: Διὰ τῆς ἁφῆς δυνάμεθα ὡς εἴδομεν νὰ ἐξακριβώσωμεν ἐὰν ἓν σῶμα εἶναι θερμότερον ἄλλου. Ἐν τούτοις ὅμως ἡ ἐντύπωσις τὴν ὁποίαν ἔχομεν διὰ τῆς ἁφῆς εἶναι πολλάκις ἀπατηλή, ὡς τοῦτο καταδεικνύει τὸ κάτωθι πείραμα:

Λαμβάνομεν δύο δοχεῖα, καὶ ἐντὸς τοῦ ἑνὸς ἐξ αὐτῶν θέτομεν πάγον, ἐντὸς δὲ τοῦ δευτέρου θερμὸν ὕδωρ (σχ. 215). Εἰς τὸ πρῶτον δοχεῖον βυθίζομεν τὴν δεξιὰν χεῖρα καὶ εἰς τὸ ἄλλο τὴν ἀριστεράν. Ἐὰν μετά τινα χρόνον βυθίσωμεν ἀμφοτέρας τὰς χεῖρας εἰς χλιαρὸν ὕδωρ, τότε διὰ τῆς δεξιᾶς χειρὸς ἔχομεν τὴν ἐντύπωσιν ὅτι τὸ ὕδωρ εἶναι θερμὸν καὶ διὰ τῆς ἀριστερᾶς ὅτι τοῦτο εἶναι ψυχρόν. Ἤτοι, διὰ τῆς αἰσθήσεως τῆς ἁφῆς ὄχι μόνον ἀπατηλὴν ἐντύπωσιν ἔχομεν, ἀλλὰ πρὸς τούτοις δὲν εἴμεθα εἰς θέσιν νὰ καθορίσωμεν ποσοτικῶς κατὰ πόσον ἓν σῶμα εἶναι θερμότερον ἑνὸς ἄλλου.

Ἐκ τῆς παρατηρήσεως γνωρίζομεν ὅτι, ὅταν θερμαίνωμεν σῶμα, αἱ διαστάσεις αὐτοῦ μεταβάλλονται. Ἀλλὰ καὶ ἄλλα ἐπίσης χαρακτηριστικὰ μεγέθη τῶν σωμάτων, ὡς π.χ. ἡ πυκνότης, ὁ δείκτης διαθλάσεως, ἡ ἠλεκτρικὴ ἀντίστασις κ.ἄ., μεταβάλλονται, ὅταν τὰ σώματα θερμαίνωνται. Ἐκ τῆς παρατηρήσεως ἐπίσης γνωρίζομεν, ὅτι τὸ ὕδωρ ὑπὸ τὴν συνήθη θερμοκρασίαν εὑρίσκεται ἐν ὑγρᾷ καταστάσει, ψυχόμενον δ' ἐπαρκῶς λαμβάνει στερεὰν κατάστασιν, ἐνῷ, ἀντιθέτως, θερμαινόμενον ἐπαρκῶς, μεταπίπτει εἰς τὴν ἀέριον κατάστασιν.



Σχ. 215. Ἡ ἁφὴ δὲν παρέχει ἀσφαλῆ ἐκτίμησιν τῆς θερμοκρασίας.

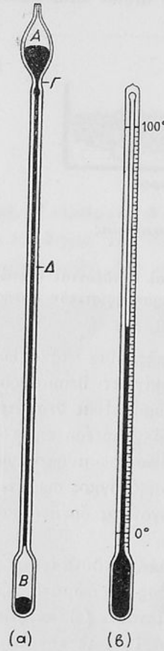
Εἶναι ὅμως φανερόν, ὅτι πᾶσαι αἱ ἀνωτέρω μνημονευόμεναι μεταβολαὶ συνδέονται στενώτατα πρὸς τὴν θερμικὴν κατάστασιν τοῦ σώματος ἢ πρὸς μέγεθος χαρακτηριστικὸν αὐτῆς, τὸ ὁποῖον καλοῦμεν ***θερμοκρασίαν*** τοῦ σώματος.

188. Θερμομετρία. Θερμόμετρα. Ἐπειδὴ διὰ τῆς ἁφῆς οὔτε ἐπακριβῶς δυνάμεθα πάντοτε νὰ ἐκτιμήσωμεν ἐὰν ἁπλῶς σῶμα τι εἶναι πράγματι θερμότερον ἄλλου, οὔτε καὶ νὰ καθορίσωμεν ποσοτικῶς κατὰ πόσον ἓν σῶμα εἶναι θερμότερον ἄλλου, δηλαδὴ ἐὰν ἡ θερμοκρασία τοῦ ἑνὸς σώματος εἶναι μεγαλυτέρα τῆς τοῦ ἄλλου, χρησιμοποιοῦμεν πρὸς τὸν σκοπὸν τοῦτον μίαν ἐκ τῶν ἀνωτέρω μνημονευομένων μεταβολῶν, ὡς π.χ. τὴν μεταβολὴν τὴν ὁποίαν ὑφίσταται ὁ ὄγκος σώματος διὰ θερμάνσεως. Τὰ ἐπὶ τῇ βάσει τῆς ἀνωτέρω ἀρχῆς λειτουργοῦντα ὄργανα καλοῦνται ***θερμόμετρα***.

Εἶναι φανερόν, ὅτι διὰ τὴν πραγματοποίησιν τοῦ θερμομέτρου δυνάμεθα νὰ χρησιμοποιήσωμεν καὶ οἱονδήποτε ἄλλο χαρακτηριστικὸν μέγεθος τοῦ σώματος, ὡς π.χ. τὴν πίεσιν ***(ἀερικὸν θερμόμετρον)*** ἢ τὴν ἠλεκτρικὴν ἀντίστασιν ***(ἠλεκτρικὰ θερμόμετρα)***. Τὸ κεφάλαιον τῆς θερμότητος τὸ ὁποῖον ἀσχολεῖται μὲ τὴν περιγραφὴν τῶν διαφόρων τύπων θερμομέτρων καὶ τῶν μεθόδων μετρήσεως τῶν θερμοκρασιῶν καλεῖται ***θερμομετρία***.

Ἐκ πείρας γνωρίζομεν ὅτι, ὅταν θέσωμεν εἰς ἐπαφὴν δύο σώματα, ἐκ τῶν ὁποίων τὸ ἓν εἶναι θερμότερον τοῦ ἄλλου καὶ τὰ ὁποῖα ἑπομένως εὑρίσκονται ὑπὸ διάφορον θερμοκρασίαν, μετὰ παρέλευσιν ὡρισμένου χρονικοῦ διαστήματος αἱ θερμοκρασίαι τῶν δύο σωμάτων ἐξισοῦνται. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἀποτελεῖ τὴν ***ἀρχὴν τῆς ἐξισώσεως τῶν θερμοκρασιῶν***, ἐπὶ τῆς ὁποίας στηρίζεται ἡ μέτρησις τῆς θερμοκρασίας διὰ τῶν θερμομέτρων. Πράγματι, ἐὰν εἶναι γνωστὴ ἡ θερμοκρασία τὴν ὁποίαν λαμβάνει τὸ ἓν τῶν σωμάτων μετὰ τὴν ἀποκατάστασιν τῆς ἐξισώσεως τῶν θερμοκρασιῶν, θὰ γνωρίζωμεν καὶ τὴν θερμοκρασίαν τοῦ ἄλλου σώματος κατὰ τὴν αὐτὴν στιγμήν. Εἶναι ὅμως φανερόν, ὅτι ὅπως καθορίσωμεν τὴν θερμοκρασίαν τὴν ὁποίαν εἶχε τὸ ἓν σῶμα πρὸ τῆς ἀποκαταστάσεως τῆς ἐπαφῆς πρὸς τὸ θερμόμετρον, πρέπει τοῦτο νὰ μὴ ἀπορροφᾷ εἰμὴ ἐλάχιστον μόνον ποσὸν θερμότητος ἐκ τοῦ πρώτου σώματος, εἰς τρόπον ὥστε ἡ ἐπαφὴ αὐτοῦ πρὸς τὸ θερμόμετρον νὰ μὴ μεταβάλλῃ αἰσθητῶς τὴν θερμοκρασίαν τὴν ὁποίαν εἶχε πρὸ τῆς ἐπαφῆς.

189. Ὑδραργυρικὸν θερμόμετρον. Ἐκ τῶν μᾶλλον συνήθων ἐν χρήσει θερμομέτρων εἶναι τὸ ***ὑδραργυρικὸν θερμόμετρον***, εἰς τὸ ὁποῖον ὡς θερμομετρικὸν σῶμα χρησιμοποιεῖται ὁ ὑδράργυρος. Ἡ μέτρησις τῆς θερμοκρασίας γίνεται διὰ μετρήσεως τῆς αὐξήσεως τοῦ ὄγκου ὡρισμένης μάζης ὑδραργύρου, διὰ θερμάνσεως αὐτῆς ἤ, ὡς συνήθως λέγομεν, διὰ καθορισμοῦ τῆς θερμικῆς διαστολῆς τοῦ ὑδραργύρου.



Σχ. 216. α) Κατασκευὴ θερμομέτρου. β) Ἕτοιμον θερμόμετρον.

Γενικῶς, τὸ ὑδραργυρικὸν θερμόμετρον ἀποτελεῖται ἐκ δοχείου ἐξ ὑάλου ἔχοντος σχῆμα σφαιρικὸν ἢ κυλινδρικόν. Ἐπὶ τοῦ θερμομετρικοῦ δοχείου προσκολλᾶται διὰ συντήξεως ἐπιμήκης καὶ πολὺ μικρᾶς διαμέτρου τριχοειδὴς ἰσοδιαμετρικὸς σωλήν, ὁ ὁποῖος ἀποτελεῖ τὸ στέλεχος τοῦ θερμομέτρου. Ἐντὸς τοῦ θερμομετρικοῦ δοχείου Β τίθεται ἡ κατάλληλος ποσότης ὑδραργύρου ἡ ὁποία ἀκολούθως θερμαίνεται μέχρι βρασμοῦ, πρὸς τελείαν ἐκδίωξιν τοῦ ἄνωθεν τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου (χῶρος Α) εὑρισκομένου ἀέρος, καὶ τέλος τὸ ἀνοικτὸν ἄκρον τοῦ σωλῆνος κλείεται διὰ συντήξεως τῆς ὑάλου εἰς Γ (σχ. 216). Οὕτως ἄνωθεν τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου ὑπάρχει λίαν προκεχωρημένον κενόν, ἀποφευγομένης οὕτω τῆς ὀξειδώσεως τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου, ὡς καὶ τοῦ κινδύνου θραύσεως τοῦ σωλῆνος ἐκ τῆς συμπιέσεως τοῦ ἄνωθεν αὐτῆς ἀέρος ὑπὸ τῆς ἀνερχομένης εἰς τὸν σωλῆνα ὑδραργυρικῆς στήλης. Ἐξ ἄλλου, ἐπειδὴ ὁ ὄγκος τοῦ ὑδραργύρου ἐν τῷ θερμομετρικῷ δοχείῳ εἶναι κατὰ πολὺ μεγαλύτερος τοῦ ὄγκου τοῦ ὑδραργύρου εἰς τὸ στέλεχος, ἡ διαστολὴ τοῦ ὑδραργύρου ἀναφέρεται καθ' ὁλοκληρίαν εἰς τὸν ὑδράργυρον τοῦ δοχείου, ἡ δὲ ὑδραργυρικὴ στήλη τοῦ στελέχους χρησιμεύει ἁπλῶς ὡς δείκτης διὰ τὴν αὔξησιν τοῦ ὄγκου τοῦ ὑδραργύρου ἐν τῷ δοχείῳ.

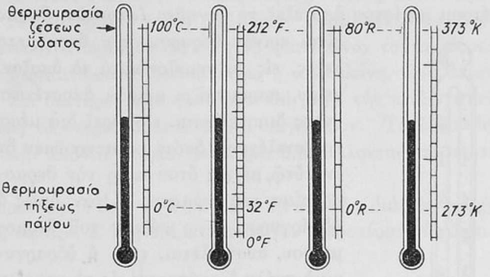
190. Βαθμολογία θερμομέτρου. Θερμομετρικαὶ κλίμακες. Πρὸς βαθμολογίαν τοῦ θερμομέτρου ἐκλέγομεν δύο σταθερὰς θερμοκρασίας, ἤτοι τὴν θερμοκρασίαν τοῦ τηκομένου πάγου τὴν ὁποίαν ὁρίζομεν αὐθαιρέτως ὡς θερμοκρασίαν μηδενὸς βαθμοῦ (0^0) καὶ τὴν θερμοκρασίαν τῶν ἀτμῶν τοῦ ζέοντος ὕδατος ὑπὸ κανονικὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν (76 cm Hg), τὴν ὁποίαν ὁρίζομεν ὡς θερμοκρασίαν ἑκατὸν βαθμῶν (100^0). Ἐὰν βυθίσωμεν ἤδη τὸ κατὰ τὸν ἀνωτέρω τρόπον κατασκευασθὲν θερμόμετρον ἐντὸς δοχείου περιέχοντος τετριμμένον πάγον, ὁ ὑδράργυρος συστέλλεται καὶ τέλος ἰσορροπεῖ εἰς ὡρισμένην θέσιν εἰς τὴν ὁποίαν σημειοῦμεν τὸν ἀριθμὸν μηδὲν (0). Ἀκολούθως τοποθετοῦμεν τὸ θερμόμετρον ἐντὸς καταλλήλου δοχείου, ὥστε νὰ προσβάλλεται ὑπὸ ἀτμῶν ζέοντος ὕδατος. Ὁ ὑδράργυρος ἐν ἀρχῇ διαστέλλεται καὶ τέλος ἡ ὑδραργυρικὴ στήλη ἰσορροπεῖ εἰς ὡρισμένην θέσιν εἰς τὴν ὁποίαν σημειοῦμεν τὸν ἀριθμὸν 100 (ἑκατόν).

Τὸ μεταξὺ 0 καὶ 100 διάστημα τοῦ ὑδραργυρικοῦ θερμομετρικοῦ στελέχους ὑποδιαιροῦμεν εἰς 100 ἴσα μέρη, τὸ ἓν ἑκατοστὸν δὲ τῆς ὑδραργυρικῆς ταύτης στήλης λαμβάνομεν ὡς μονάδα μετρήσεως τῆς θερμοκρασίας καὶ καλοῦμεν αὐτὴν

βαθμόν, συμβολίζεται δὲ διεθνῶς διὰ τοῦ συμβόλου **grad**. Αἱ ὑποδιαιρέσεις ἐπεκτείνονται καθ' ὅμοιον τρόπον κάτωθεν τοῦ μηδενὸς καὶ ἄνωθεν τοῦ ἑκατό. Ἡ θερμομετρικὴ αὕτη κλῖμαξ ἐπειδὴ ἐπενοήθη ὑπὸ τοῦ Σουηδοῦ Ἀστρονόμου Anders **Celsius** (κατὰ τὸ ἔτος 1742) καλεῖται συνήθως ***κλῖμαξ Κελσίου*** **(C)**. Ἐπίσης ἐπειδὴ περιέχει 100 βαθμοὺς καλεῖται καὶ ***ἑκατοντάβαθμος κλῖμαξ*** (σχ. 217).

Αἱ θερμοκρασίαι συμβολίζονται ὡς ἑξῆς: Θερμοκρασία π.χ. 30 βαθμῶν Κελσίου ἄνω τοῦ μηδενὸς παριστᾶται διὰ τοῦ συμβόλου $+30\ ^0\mathrm{C}$ (ἢ $30\ ^0\mathrm{C}$), ἐνῷ θερμοκρασία 30 βαθμῶν Κελσίου κάτω τοῦ μηδενὸς παριστᾶται διὰ τοῦ συμβόλου $-30\ ^0\mathrm{C}$, δηλαδὴ αἱ κάτω τοῦ μηδενὸς θερμοκρασίαι θεωροῦνται ὡς ἀρνητικαί.

Κλῖμαξ Ρεωμύρου **(R)**. Εἰς τὴν θερμομετρικὴν κλίμακα τοῦ Γάλλου φιλοσόφου **Réaumur** ἡ θερμοκρασία τοῦ τηκομένου πάγου ὁρίζεται εἰς 0^0, ἐνῷ τοῦ ζέοντος ὕδατος ὁρίζεται εἰς 80^0, ὁ δὲ βαθμὸς Ρεωμύρου εἶναι τὸ 1/80 τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης μεταξὺ 0 καὶ 80 (σχ. 217). Ἡ κλῖμαξ αὕτη δὲν χρησιμοποιεῖται σχεδὸν σήμερον.



Σχ. 217. Ὑδραργυρικὰ θερμόμετρα διαφόρων κλιμάκων.

Κλῖμαξ Φαρενάϊτ **(F)**. Αὕτη προετάθη ὑπὸ τοῦ Ὁλλανδοῦ φυσικοφιλοσόφου **Fahrenheit** (κατὰ τὸ 1709). Εἰς τὴν θερμομετρικὴν κλίμακα τοῦ Φαρενάϊτ (σχ. 217) ἡ θερμοκρασία τοῦ τηκομένου πάγου ὁρίζεται ὡς 32^0 καὶ τοῦ ζέοντος ὕδατος 212^0 καὶ τὸ μεταξὺ 32 καὶ 212 μῆκος τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης ὑποδιαιρεῖται εἰς 180 ἴσα μέρη, ἕκαστον τῶν ὁποίων ἀντιστοιχεῖ εἰς ἕνα βαθμὸν F. Ὁ λόγος μεταξὺ βαθμῶν F καὶ βαθμῶν C εἶναι 9 : 5. Ἡ κλῖμαξ αὕτη χρησιμοποιεῖται ὑπὸ τῶν Ἄγγλων καὶ Ἀμερικανῶν.

Ἐκτὸς τῶν κλιμάκων τούτων γίνεται χρῆσις εἰς τὴν Φυσικὴν καὶ τῆς ***κλίμακος*** **Kelvin (K)** ἢ ***ἀπολύτου κλίμακος*** (σχ. 217) τὴν ὁποίαν θὰ ἐξετάσωμεν εἰς ἄλλην θέσιν.

Μετατροπὴ βαθμῶν. Ἡ μετατροπὴ βαθμῶν Κελσίου εἰς βαθμοὺς Fahrenheit δύναται νὰ γίνῃ δι' ἁπλῆς ἀναλογίας ὡς ἑξῆς:

$$\frac{C-0^0}{F-32^0}=\frac{100^0-0^0}{212^0-32^0} \quad \text{ἢ} \quad \frac{C}{F-32^0}=\frac{100}{180}=\frac{5}{9}$$

Αὕτη, λυομένη ὡς πρὸς C ἢ F, παρέχει:

$$\boxed{\mathbf{C=\frac{5}{9}\,(F-32^0)}} \qquad \boxed{\mathbf{F=\frac{9}{5}\,C+32^0}}$$

Παραδείγματα. 1. ***Θερμόμετρον Κελσίου δεικνύει θερμοκρασίαν*** ***36,6*** **^{0}C**. ***Ποία θὰ εἶναι ἡ ἀντίστοιχος ἔνδειξις θερμομέτρου*** **Fahrenheit**.

$$F=\frac{9}{5}\,36{,}6+32=65{,}9+32=\mathbf{97{,}9\ ^0F}.$$

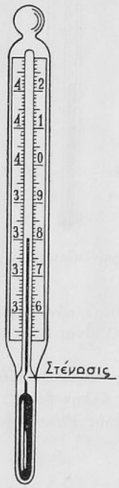
2. ***Θερμόμετρον*** **Fahrenheit** ***δεικνύει θερμοκρασίαν 14*** **^{0}F**. ***Ποία θὰ εἶναι ἡ ἀντίστοιχος ἔνδειξις θερμομέτρου Κελσίου.***

$$C=\frac{5}{9}\,(14-32)=-\frac{5}{9}\cdot 18=\mathbf{-10\ ^0C}.$$

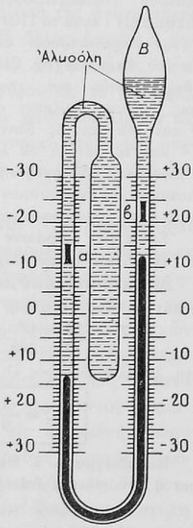
10.

191. Ὅρια χρησιμοποιήσεως ὑδραργυρικοῦ θερμομέτρου. Ἐπειδὴ ὁ ὑδράργυρος πήγνυται εἰς — 38,9 °C καὶ βράζει εἰς + 356,7 °C, τὸ ὑδραργυρικὸν θερμόμετρον δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ μεταξὺ τῶν ὁρίων — 38,9° καὶ 300 °C. Δι᾽ ἀνωτέρας θερμοκρασίας μέχρις 700 °C, χρησιμοποιοῦμεν θερμόμετρα κατασκευαζόμενα ἐκ δυστήκτου ὑάλου (ὕαλος ἐκ χαλαζίου), ἄνωθεν ὅμως τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου δὲν ὑπάρχει κενόν, ἀλλ᾽ ἄζωτον ἢ διοξείδιον τοῦ ἄνθρακος ὑπὸ πίεσιν. Διὰ θερμοκρασίας κατωτέρας τῶν — 38,9 °C χρησιμοποιοῦμεν θερμόμετρα ἔχοντα ὡς θερμομετρικὸν ὑγρὸν οἰνόπνευμα (— 100 °C), ἢ πεντάνιον (— 190 °C). Γενικῶς, ὅλα τ᾽ ἀνωτέρω περιγραφέντα θερμόμετρα χρησιμοποιοῦν ὡς θερμομετρικὸν σῶμα ὑγρὸν καὶ ἑπομένως τὰ ὅρια θερμοκρασίας ἐντὸς τῶν ὁποίων δύνανται νὰ χρησιμοποιηθοῦν τὰ θερμόμετρα ταῦται εἶναι — 190 °C καὶ + 700 °C. Διὰ θερμοκρασίας ταπεινωτέρας ἢ ἀνωτέρας τῶν ὁρίων τούτων καταφεύγομεν εἰς ἄλλα μέσα ἐπὶ τῶν ὁποίων θὰ ἐπανέλθωμεν εἰς ἄλλην θέσιν.

192. Θερμόμετρα μεγίστου καὶ ἐλαχίστου. Ἁπλούστατον τύπον θερμομέτρου μεγίστου ἀποτελεῖ τὸ σύνηθες ***ἰατρικὸν θερμόμετρον*** (σχ. 218). Τοῦτο εἶναι κοινὸν ὑδραργυρικὸν θερμόμετρον, εἰς τὸ ὁποῖον τὸ στέλεχος, εἰς τὸ σημεῖον κατὰ τὸ ὁποῖον προσαρμόζεται ἐπὶ τοῦ δοχείου, παρουσιάζει μικρὰν ἀποστένωσιν. Οὕτως ὅταν ὁ ὑδράργυρος διαστέλλεται, εἰσχωρεῖ διὰ μέσου τῆς ἀποστενώσεως ἐντὸς τοῦ στελέχους, ὁπότε παρατηροῦμεν ὅτι ὁ ὑδράργυρος ἀνέρχεται ἐν αὐτῷ, μέχρις ὅτου δείξῃ τὴν θερμοκρασίαν τοῦ σώματος. Ὅταν ὅμως ὁ ὑδράργυρος, λόγῳ ψύξεως τοῦ θερμομέτρου, συστέλλεται, τότε ἡ ὑδραργυρικὴ στήλη διακόπτεται εἰς τὸ σημεῖον τῆς ἀποστενώσεως καὶ παραμένει εἰς τὴν θέσιν εἰς τὴν ὁποίαν εὑρίσκετο ὅταν ἦτο εἰς ἐπαφὴν πρὸς τὸ σῶμα τοῦ ἀσθενοῦς, δεικνύουσα οὕτω τὴν μεγίστην θερμοκρασίαν. Ἵνα τὸ θερμόμετρον χρησιμοποιηθῇ ἐκ νέου, πρέπει, δι᾽ ἐλαφρῶν τιναγμῶν, ν᾽ ἀναγκάσωμεν τὸν ὑδράργυρον τοῦ στελέχους νὰ κατέλθῃ μέχρι τοῦ κατωτάτου δυνατοῦ σημείου.



Σχ. 218. Ἰατρικὸν θερμόμετρον.



Σχ. 219. Θερμόμετρον μεγίστου καὶ ἐλαχίστου.

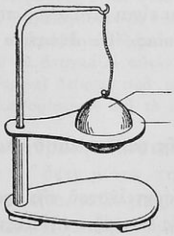
Ἕτερος τύπος θερμομέτρου μεγίστου καὶ ἐλαχίστου εἶναι τὸ ***θερμόμετρον* Six** (σχ. 219). Τοῦτο εἶναι θερμόμετρον δι᾽ ἀλκοόλης (οἰνοπνεύματος) τὸ ὁποῖον μετατοπίζει λεπτὴν ὑδραργυρικὴν στήλην εὑρισκόμενην ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς πιέσεως τοῦ ἀτμοῦ τῆς ἀλκοόλης εἰς Β. Ὅταν ἡ θερμοκρασία αὐξάνεται μετατοπίζεται ὁ δείκτης ἐκ σιδήρου β, ὅταν δὲ ἡ θερμοκρασία κατέρχεται μετατοπίζεται ὁ δείκτης α, οὕτω δὲ ὁ δείκτης β δεικνύει τὴν μεγίστην καὶ ὁ α τὴν ἐλαχίστην. Τὸ ὄργανον μεθ᾽ ἑκάστην παρατήρησιν ἐπαναφέρεται εἰς τὴν κανονικήν του κατάστασιν (δηλ. ἐπαφὴ τῶν δεικτῶν α καὶ β πρὸς τὴν ὑδραργυρικὴν στήλην) μὲ τὴν βοήθειαν μικροῦ μαγνήτου.

Πίναξ θερμοκρασιῶν

Κανονικὸν σημεῖον βρασμοῦ τοῦ ὑγροῦ ἀέρος	—191 ⁰C
Ταπεινοτέρα μετρηθεῖσα θερμοκρασία ἀέρος πλησίον τοῦ ἐδάφους	— 76 ⁰C
Μέση θερμοκρασία τοῦ ὑγιοῦς ἀνθρώπου	37 ⁰C
Θερμοκρασία πυρετοῦ	39 — 42 ⁰C
Θερμοκρασία ἐρυθροπυρωμένου σιδήρου	700 ⁰C
Σημεῖον τήξεως τοῦ σιδήρου	1530 ⁰C
Νήματα πυρακτωμένα ἠλεκτρικοῦ λαμπτῆρος φωτισμοῦ	2180 ⁰C
Θερμοκρασία ἀερίων εἰς κρατῆρας βολταϊκοῦ τόξου	4000 ⁰C
Θερμοκρασία εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ Ἡλίου	6000 ⁰C

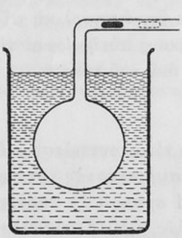
193. Θερμικὴ διαστολὴ τῶν σωμάτων. Τὰ σώματα ἐν γένει θερμαινόμενα αὐξάνονται κατὰ τὰς διαστάσεις αὐτῶν, ἐν ἄλλοις λόγοις, ὁ ὄγκος αὐτῶν μεταβάλλεται διὰ θερμάνσεως. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλοῦμεν ***θερμικὴν διαστολήν***. Ὀλίγα μόνον σώματα δεικνύουν ἀνωμαλίαν ὡς πρὸς τὸ φαινόμενον τοῦτο, ὡς π.χ. τὸ καουτσούκ, τὸ ὁποῖον θερμαινόμενον συστέλλεται, ἡ πορσελάνη, ἥτις ἐπίσης θερμαινομένη συστέλλεται καὶ διατηρεῖ τὴν συστολὴν καὶ μετὰ τὴν ψῦξιν αὐτῆς κ. ἄ. Ἐξ ὅλων τῶν σωμάτων, τὰ στερεὰ διαστέλλονται ὀλιγώτερον. Τὰ ὑγρὰ δεικνύουν μεγαλυτέραν διαστολὴν ἀπὸ τὰ στερεά. Τὰ ἀέρια διαστέλλονται περισσότερον ἐξ ὅλων τῶν σωμάτων.

Πειραματικῶς δεικνύομεν τὴν δ ι α σ τ ο λ ὴ ν τ ῶ ν σ τ ε ρ ε ῶ ν διὰ τῆς ἐν σχήματι 220 συσκευῆς. Ἐὰν ἡ σφαῖρα Σ ἔχῃ διάμετρον ὀλίγον μικροτέραν τῆς διαμέ-



Σχ. 220. Θερμικὴ διαστολὴ μεταλλικῆς σφαίρας.

Σχ. 221. Θερμικὴ διαστολὴ ὑγροῦ.



Σχ. 222. Θερμικὴ διαστολὴ ἀερίου.

τρου τοῦ δακτυλίου Δ, ὥστε νὰ διέρχεται ἐλευθέρως δι' αὐτοῦ, παρατηροῦμεν ὅτι, ὅταν θερμανθῇ ἐπαρκῶς, δὲν διέρχεται πλέον διὰ τοῦ δακτυλίου. Ἀντιθέτως, ἐὰν ἡ σφαῖρα ἔχῃ διάμετρον ὀλίγον μεγαλυτέραν τῆς τοῦ δακτυλίου, ὥστε νὰ μὴ διέρχεται δι' αὐτοῦ, παρατηροῦμεν ὅτι, ὅταν θερμάνωμεν ἐπαρκῶς τὸν δακτύλιον, ἡ σφαῖρα διέρχεται δι' αὐτοῦ.

Τὴν δ ι α σ τ ο λ ὴ ν τ ῶ ν ὑ γ ρ ῶ ν δεικνύομεν διὰ τῆς ἐν σχήματι 221 συσκευῆς ἀποτελουμένης ἐξ ὑάλου. Ἐὰν θερμάνωμεν τὴν συσκευήν, παρατηροῦμεν ὅτι τὸ ὑγρὸν ἐν ἀρχῇ κατέρχεται εἰς τὸν σωλῆνα, ὡς ἐὰν τοῦτο ὑφίστατο συστολήν. Τοῦτο ὅμως συμβαίνει ἐπειδὴ τὰ τοιχώματα τοῦ δοχείου, εὑρισκόμενα εἰς ἄμεσον ἐπαφὴν πρὸς τὴν πηγὴν θερμότητος, θερμαίνονται ταχύτερον ἢ τὸ ὑγρόν. Ἐὰν ὅμως ἐξακολουθήσωμεν νὰ θερμαίνωμεν, παρατηροῦμεν ὅτι πράγματι τὸ ὑγρὸν διαστέλλεται, διότι τοῦτο ἀνέρχεται εἰς τὸν σωλῆνα.

Διὰ τὴν διαστολὴν τῶν ἀερίων χρησιμεύει ἡ ἐν σχήματι 222 εἰκονιζομένη συσκευή, ἀποτελουμένη ἐξ ὑάλου, ἐν τῇ ὁποίᾳ διὰ μικρᾶς εὐκινήτου σταγόνος ὑδραργύρου ἀποκλείομεν ὡρισμένην ποσότητα ἀέρος. Ἐὰν βυθίσωμεν τὸ σφαιρικὸν δοχεῖον ἐντὸς λουτροῦ θερμοῦ ὕδατος, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἐξ ὑδραργύρου σταγὼν μετατοπίζεται πρὸς τὰ ἔξω.

194. Διαστολὴ τῶν στερεῶν. Προκειμένου περὶ τῶν στερεῶν διακρίνομεν κυρίως ***γραμμικὴν*** καὶ ***κυβικὴν*** ἢ ***κατ' ὄγκον διαστολήν. Γραμμικὴ λέγεται ἡ διαστολὴ ὅταν ἐξετάζωμεν ταύτην μόνον κατὰ τὴν μίαν διάστασιν,*** ὅτε τὸ στερεὸν ἔχει σχῆμα ἐπιμήκους ῥάβδου, εἰς τὴν ὁποίαν αἱ δύο ἄλλαι διαστάσεις εἶναι ἀμελητέαι ἐν σχέσει πρὸς τὸ μῆκος αὐτῆς. ***Κυβικὴ*** ἢ ***κατ' ὄγκον λέγεται ἡ διαστολή, ὅταν ἐξετάζωμεν ταύτην καὶ κατὰ τὰς τρεῖς διαστάσεις τοῦ σώματος.*** Ἐνίοτε διακρίνομεν καὶ ***ἐπιφανειακὴν*** διαστολήν, ὅταν δηλαδὴ ἐξετάζωμεν τὴν διαστολὴν τοῦ σώματος κατὰ τὰς δύο αὐτοῦ διαστάσεις, ὁπότε δίδομεν εἰς τὸ σῶμα τὴν μορφὴν λεπτῆς πλακός.

195. Γραμμικὴ διαστολή. Ἔστω ὅτι ῥάβδος ἔκ τινος οὐσίας ἔχει εἰς θερμοκρασίαν 0 °C μῆκος l. Ἐὰν θερμάνωμεν τὴν ῥάβδον εἰς t^0 τὸ μῆκος αὐτῆς γίνεται l_t, ἡ δὲ συνολικὴ αὔξησις τῆς ῥάβδου εἶναι $l_t - l_0$. Ἐκ τοῦ πειράματος δεικνύεται ὅτι ἡ συνολικὴ αὔξησις τοῦ μήκους τῆς ῥάβδου εἶναι ἀνάλογος τοῦ ἀρχικοῦ μήκους αὐτῆς l_0 καὶ τῆς ἀνυψώσεως τῆς θερμοκρασίας. Τὰ ἀνωτέρω ἐκφράζονται διὰ τοῦ τύπου:

$$l_t - l_0 = \alpha \cdot l_0 \cdot t \qquad (1)$$

ἐξ οὗ:

$$\alpha = \frac{l_t - l_0}{l_0 t} \qquad (2)$$

ὅπου α εἶναι συντελεστὴς ἐξαρτώμενος ἐκ τοῦ ὑλικοῦ τῆς ῥάβδου καὶ ὁ ὁποῖος καλεῖται ***συντελεστὴς τῆς γραμμικῆς διαστολῆς.***

Ἡ σχέσις (2) παρέχει τὴν φυσικὴν σημασίαν τοῦ συντελεστοῦ τῆς γραμμικῆς διαστολῆς, ἤτοι ὁ συντελεστὴς τῆς γραμμικῆς διαστολῆς ἐκφράζει τὴν αὔξησιν τὴν ὁποίαν ὑφίσταται ῥάβδος ἐκ τοῦ θεωρουμένου ὑλικοῦ, μήκους ἴσου πρὸς τὴν μονάδα μήκους, π.χ. 1 m, δι' αὔξησιν τῆς θερμοκρασίας κατὰ 1 °C. Ἐκ τοῦ ἀνωτέρω τύπου (1) εὑρίσκομεν ὅτι:

$$\boxed{l = l_0(1 + \alpha t).}$$

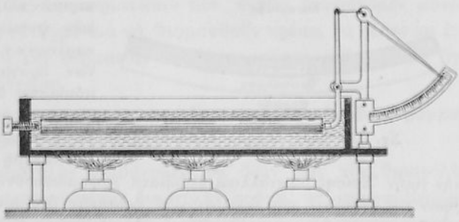
Ὁ κάτωθι πίναξ παρέχει τὰς ἀριθμητικὰς τιμὰς τῶν συντελεστῶν γραμμικῆς διαστολῆς σωμάτων τινῶν εἰς 1/grad

Ὕαλος. .	0,000 009	Ἀργίλλιον. .	0,000 022	Χαλκὸς. .	0,000 016
Ὀρείχαλκος	0,000 019	Σίδηρος . .	0,000 012	Μόλυβδος .	0,000 029
Λευκόχρυσος	0,000 009	Ψευδάργυρος	0,000 029	Μπετὸν. .	0,000 012

Ὁ συντελεστὴς τῆς γραμμικῆς διαστολῆς θεωρεῖται πρακτικῶς ὡς ἀνεξάρτητος τῆς ἀρχικῆς θερμοκρασίας. Ἔστω π.χ. ὅτι ράβδος σιδηρᾶ μήκους 1 m θερμαίνεται κατὰ 50°. Ἐκ τοῦ τύπου (1) ὑπολογίζοντες τὴν ἐπιμήκυνσιν τῆς ράβδου εὑρίσκομεν ὅτι: $0{,}000\,012 \cdot 1 \cdot 50 = 0{,}006$ m ἤτοι 6 mm.

Ἐκ τοῦ ἀνωτέρω πίνακος συνάγομεν ὅτι ράβδοι ἢ σύρματα τοῦ αὐτοῦ μήκους, ἀλλ' ἐκ διαφόρων οὐσιῶν, ὅταν θερμαίνωνται κατὰ τὸν αὐτὸν ἀριθμὸν βαθμῶν ὑφίστανται διαφόρους ἐπιμηκύνσεις. Ἐκ τοῦ αὐτοῦ πίνακος βλέπομεν ὅτι οἱ συντελεσταὶ γραμμικῆς διαστολῆς τοῦ σιδήρου καὶ τοῦ σκυροκονιάματος (μπετὸν) ἔχουν τὴν αὐτὴν ἀριθμητικὴν τιμήν, δηλ. $0{,}000\,012$ grad^{-1}, τοῦτο δὲ ἔχει μεγίστην σημασίαν εἰς τὰς κατασκευάς.

196. Πειραματικὴ ἀπόδειξις τῆς γραμμικῆς διαστολῆς. Τὴν γραμμικὴν διαστολὴν δεικνύομεν διὰ τῆς ἐν σχήματι 223 εἰκονιζομένης συσκευῆς. Ἡ πρὸς ἐξέτασιν ράβδος στερεοῦται μονίμως κατὰ τὸ πρὸς τὰ ἀριστερὰ ἄκρον αὐτῆς, ἐνῷ πρὸς τὰ δεξιὰ δύναται νὰ διαστέλλεται ἐλευθέρως. Τὸ πρὸς τὰ δεξιὰ ἄκρον τῆς ράβδου εὑρίσκεται εἰς ἐπαφὴν πρὸς τὸ ἄκρον τοῦ ἑνὸς βραχίονος μοχλοῦ, ἐνῷ τὸ ἄκρον τοῦ ἑτέρου βραχίονος τοῦ μοχλοῦ συνδέεται πρὸς δείκτην, ὁ ὁποῖος δύναται νὰ μετακινῆται πρὸ τῶν διαιρέσεων κλίμακος καταλλήλως βαθμολογημένης. Ἡ ράβδος εἶναι τοποθετημένη ἐντὸς λουτροῦ, τοῦ ὁποίου δυνάμεθα νὰ μεταβάλλωμεν τὴν θερμοκρασίαν μὲ τὴν βοήθειαν λύχνων οἰνοπνεύματος ἢ φωταερίου. Ὅταν ἡ θερμοκρασία τῆς ράβδου αὐξάνεται, τὸ πρὸς τὰ δεξιὰ ἄκρον της ὠθεῖ τὸ κάτω ἄκρον τοῦ μοχλοῦ, οὕτω δὲ ἀναγκάζει αὐτὸν νὰ περιστραφῇ περὶ τὸν ἄξονά του καὶ διὰ τοῦ ἄνω ἄκρου αὐτοῦ μετακινεῖ δείκτην πρὸ κλίμακος. Διὰ καταλλήλου βαθμολογίας τῆς κλίμακος δυνάμεθα νὰ καθορίσωμεν καὶ τὸ μέγεθος τῆς διαστολῆς.



Σχ. 223. Διὰ τὴν σπουδὴν τῆς γραμμικῆς διαστολῆς.

197. Κυβικὴ διαστολή. Κατὰ τὴν σπουδὴν διαστολῆς ράβδου ἢ σύρματος ἐλάβομεν ὑπ' ὄψιν μόνον τὴν αὔξησιν τοῦ μήκους, διότι αἱ ἄλλαι δύο διαστάσεις τῆς ράβδου εἶναι πολὺ μικραὶ ἐν σχέσει πρὸς τὸ μῆκος αὐτῆς.

Προκειμένου περὶ σωμάτων τῶν ὁποίων αἱ τρεῖς διαστάσεις (μῆκος, πλάτος, ὕψος) δὲν διαφέρουν οὐσιωδῶς, προκύπτει αὔξησις τοῦ ὄγκου τοῦ σώματος καὶ ἡ διαστολὴ αὕτη καλεῖται ***κυβικὴ*** ἢ ***κατ' ὄγκον διαστολή.*** Οὕτως εἴδομεν (σχ. 220) ὅτι μεταλλικὴ σφαῖρα ἐν ψυχρᾷ καταστάσει δύναται νὰ διέρχεται διὰ δακτυλίου, ἐὰν ὅμως αὕτη θερμανθῇ, τότε λόγῳ αὐξήσεως τοῦ ὄγκου αὐτῆς δὲν διέρχεται διὰ τοῦ δακτυλίου. Ὅπως δὲ διεκρίναμεν συντελεστὴν γραμμικῆς διαστολῆς, οὕτω διακρίνομεν καὶ συντελεστὴν κυβικῆς διαστολῆς, ὁ ὁποῖος ἐκφράζει τὴν αὔξησιν τὴν ὁποίαν ὑφίσταται ἡ μονὰς τοῦ ὄγκου δι' αὔξησιν τῆς θερμοκρασίας κατὰ 1 °C.

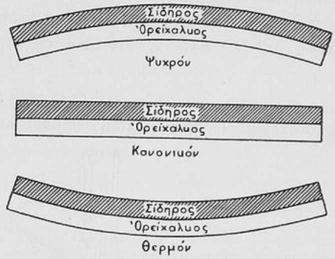
Ὁ συντελεστὴς τῆς κυβικῆς διαστολῆς εἶναι τριπλάσιος τοῦ συντελεστοῦ τῆς γραμμικῆς διαστολῆς, καὶ ἑπομένως διὰ τὴν κυβικὴν διαστολὴν ἰσχύει ὁ τύπος:

$$V_t = V_0 (1 + 3\alpha t)$$

Οὕτω διὰ τὸν σίδηρον ὁ συντελεστὴς τῆς γραμμικῆς διαστολῆς εἶναι $\alpha = 0,000\,012$ grad^{-1}, ἐνῷ ὁ συντελεστὴς τῆς κυβικῆς διαστολῆς θὰ εἶναι:

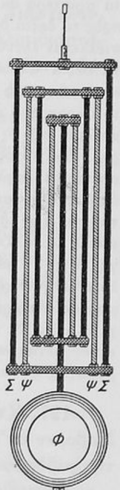
$$0,000\,012 \cdot 3 = 0,000\,036\ \mathrm{grad}^{-1}.$$

198. Ἐφαρμογαί. ***Μεταλλικὰ θερμόμετρα.*** Ἐὰν συνενώσωμεν στερεῶς δύο εὐθέα ἰσομήκη ἐλάσματα, τὰ ὁποῖα νὰ παρουσιάζουν διάφορον διαστολήν, π.χ. τὸ ἓν ἐκ σιδήρου ($\alpha = 0,000\,012$ grad^{-1}) καὶ τὸ ἕτερον ἐξ ὀρειχάλκου ($\alpha = 0,000\,019$ grad^{-1}) καὶ θερμάνωμεν τὸ διμεταλλικὸν τοῦτο ἔλασμα, παρατηροῦμεν ὅτι κάμπτεται, ἐνῷ ἐὰν ψυχθῇ κάμπτεται κατ' ἀντίθετον φορὰν (σχ. 224).



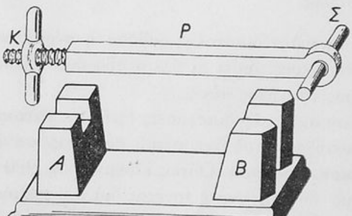
Σχ. 224. Διμεταλλικὸν ἔλασμα.

Τοιαῦτα διμεταλλικὰ ἐλάσματα χρησιμοποιοῦνται εἰς ***θερμοστατικὰς διατάξεις*** ἠλεκτρικῶν κλιβάνων, ἠλεκτρικῶν ψυγείων, ἠλεκτρικῶν καμίνων κ.τ.λ., καὶ διὰ τούτων πραγματοποιεῖται ἡ αὐτόματος διακοπὴ τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος εὐθὺς ὡς ἡ θερμοκρασία τοῦ χώρου ὑπερβῇ ὡρισμένην ὁρικὴν τιμήν. Ἐπίσης διμεταλλικὰ ἐλάσματα χρησιμοποιοῦνται πρὸς διατήρησιν τῆς περιόδου τῶν ὡρολογιακῶν ἐκκρεμῶν ἀνεξαρτήτου ἀπὸ τῶν μεταβολῶν τῆς θερμοκρασίας. Οὕτως εἰς τὸ σχῆμα 225 τὸ φακοειδὲς σῶμα Φ ἐξαρτᾶται διὰ μέσου τῶν σιδηρῶν ράβδων (Σ) τῶν ὁποίων ἡ πρὸς τὰ κάτω διαστολὴ ἐξουδετεροῦται ἐκ τῆς πρὸς τὰ ἄνω διαστολῆς τῶν ἐκ ψευδαργύρου ράβδων (Ψ).



Σχ. 225. Διμεταλλικὸν ἐκκρεμές.

199. Δύναμις ἀναπτυσσομένη κατὰ τὴν διαστολήν. Τὸ φαινόμενον τοῦτο δεικνύεται διὰ τῆς διατάξεως τοῦ σχήματος 226. Αὕτη ἀποτελεῖται ἐκ ράβδου Ρ ἐκ χυτοσιδήρου, μήκους 20 — 30 cm καὶ τομῆς 4 cm^2. Ἐν ἀρχῇ θερμαίνομεν ἐπαρκῶς τὴν ράβδον καὶ ἀκολούθως στερεώνομεν αὐτὴν μονίμως μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ κοχλίου Κ καὶ τοῦ ραβδίου Σ ἐπὶ τοῦ βάθρου ΑΒ. Ὅταν ἡ ράβδος ψύχεται, παρατηροῦμεν ὅτι ἀναπτύσσεται τοιαύτη δύναμις, ὥστε προκαλεῖ τὴν θραῦσιν τοῦ ραβδίου Σ.



Σχ. 226. Συσκευὴ διὰ τὴν ἀπόδειξιν τῆς ἀναπτυσσομένης δυνάμεως κατὰ τὴν ψῦξιν προθερμανθείσης σιδηρᾶς ράβδου.

Δι' ὑπολογισμοῦ δεικνύεται, ὅτι ράβδος σιδήρου μήκους 100 cm καὶ τομῆς 1 cm^2 ὑφίσταται, δι' αὔξησιν τῆς θερμοκρασίας κατὰ 100 °C, ἐπιμήκυνσιν 0,00123 cm. Ἐκ τῆς σπουδῆς τῆς ἐλαστικότητος δεικνύεται ὅτι, διὰ νὰ ἐπιτύχωμεν τὴν αὐτὴν ἐπιμήκυνσιν, ἀπαιτεῖται δύναμις περίπου 2 600 kgr*, τὴν αὐτὴν δὲ δύναμιν ἀναπτύσσει κατὰ cm^2 ἡ ἀνωτέρω ράβδος, ὅταν τοποθετῆται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε νὰ μὴ δύναται νὰ διασταλῇ.

Ἕνεκα τοῦ ἀνωτέρω λόγου, εἰς τὰς σιδηρᾶς κατασκευάς, π.χ. γεφυρῶν, λαμβάνεται πάντοτε πρόνοια, ὥστε νὰ ἀφήνεται μικρὸν περιθώριον πρὸς ἀποφυγὴν τῶν δυνάμεων τῶν ἀναπτυσσομένων λόγῳ θερμικῆς διαστολῆς. Πρὸς τὸν σκοπὸν τοῦτον αἱ σιδηραῖ γέφυραι στηρίζονται κατὰ τὰ ἄκρα αὐτῶν διὰ καταλλήλων τροχῶν διὰ τῶν ὁποίων ἐπιτρέπεται ἡ ἐλευθέρα διαστολὴ τῆς γεφύρας.

Ἐπίσης εἰς τὰς σιδηροτροχιὰς ἀφήνεται μικρὸν διάκενον διὰ ν' ἀποφεύγεται ἡ ἐκ τοῦ ἀνωτέρω λόγου κάμψις αὐτῶν.

Ὁμοίως, ὑάλινον δοχεῖον ἀρκετοῦ πάχους θραύεται ὅταν τὸ θερμάνωμεν ἄνευ προφυλάξεως. Τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι ἡ ὕαλος εἶναι κακὸς ἀγωγὸς τῆς θερμότητος, καὶ τὰ ἀμέσως θερμαινόμενα μέρη αὐτῆς λόγῳ διαστολῆς τείνουν ν' αὐξηθοῦν περισσότερον ἀπὸ τὰ ἄλλα μέρη. Τοὐναντίον, δοχεῖον ὑάλινον ἀπὸ χαλαζίαν ἢ ἄλλην κατάλληλον ὕαλον (ὡς τὰ ποτήρια ζέσεως, χημικαὶ φιάλαι κ.τ.λ.) δὲν θραύονται λόγῳ τῆς μικρᾶς διαστολῆς τῆς εἰδικῆς ταύτης ὑάλου.

200. Διαστολὴ ὑγρῶν. Εἰς τὴν περίπτωσιν τῶν ὑγρῶν, διακρίνομεν μόνον κυβικὴν διαστολήν. Ἐξ ἄλλου, τὰ ὑγρὰ διὰ νὰ θερμανθοῦν πρέπει νὰ τίθενται ἐντὸς δοχείων καὶ ἑπομένως κατὰ τὴν θέρμανσιν προκύπτει τόσον αὔξησις τοῦ ὄγκου τοῦ ὑγροῦ, ὅσον καὶ τοῦ δοχείου.

Ἕνεκα τοῦ λόγου τούτου διακρίνομεν, προκειμένου περὶ τῶν ὑγρῶν, ***πραγματικὴν*** ἢ ***ἀπόλυτον*** καὶ ***φαινομένην διαστολήν***.

Κατὰ τὴν πραγματικὴν διαστολὴν λαμβάνομεν ὑπ' ὄψιν καὶ τὴν διαστολὴν τοῦ δοχείου, δηλαδὴ εἰς τὴν παρατηρουμένην διαστολὴν πρέπει νὰ συνυπολογίζωμεν τὴν διαστολὴν τοῦ δοχείου, ἐνῷ φαινομένη διαστολὴ εἶναι ἡ παρατηρουμένη διαστολή, ὅταν δηλαδὴ δὲν λαμβάνωμεν ὑπ' ὄψιν τὴν διαστολὴν τοῦ δοχείου.

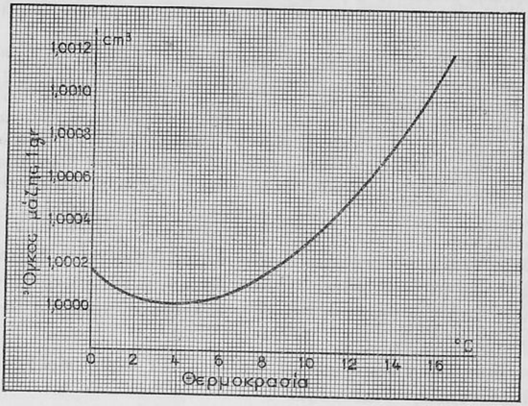
Ἐκ τούτου προκύπτει ὅτι ἡ φαινομένη διαστολὴ ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ ὑλικοῦ τοῦ δοχείου.

Ἐν γένει τὰ ὑγρὰ διαστέλλονται περισσότερον ἀπὸ τὰ στερεά, ὁ δὲ συντελεστὴς τῆς ἀπολύτου διαστολῆς ποικίλει ἀπὸ ὑγροῦ εἰς ὑγρόν. Οὕτως ὁ συντελεστὴς τῆς ἀπολύτου διαστολῆς τοῦ ὑδραργύρου εἶναι 8 φορὰς μεγαλύτερος τοῦ συντελεστοῦ τῆς κυβικῆς διαστολῆς τοῦ χώρου ὑαλίνου δοχείου, καὶ ὁ τοῦ οἰνοπνεύματος 42 φορὰς μεγαλύτερος, λαμβανομένου ὑπ' ὄψιν ὅτι τὰ κοῖλα στερεὰ σώματα διαστέλλονται ὡς ἐὰν ἦσαν πλήρη. Ὁ κάτωθι πίναξ δίδει τὴν κατ' ὄγκον κυβικὴν διαστολὴν μερικῶν ὑγρῶν εἰς $\frac{1}{\text{grad}}$ διὰ 18 ^{0}C:

Αἰθήρ . .	0,001 62	Πετρέλαιον . .	0,000 96	Ὑδράργυρος	0,000 18
Ἀλκοόλη .	0,001 10	Τερεβινθέλαιον	0,000 98	Ὕδωρ . .	0,000 13

201. Ἀνωμαλία τοῦ ὕδατος. Τὸ ὕδωρ παρουσιάζει ἰδιάζουσαν ἀνωμαλίαν, διότι μεταξὺ 0 ^{0}C καὶ $+4$ ^{0}C θερμαινόμενον συστέλλεται, ἐνῷ ἄνω τῆς θερμοκρασίας $+4$ ^{0}C ἀκολουθεῖ τὴν κανονικὴν πορείαν, ἤτοι θερμαινόμενον διαστέλλεται. Τὸ σχῆμα 227 δεικνύει τὴν μεταβολὴν τοῦ εἰδικοῦ ὄγκου (ὄγκου μάζης 1 gr) τοῦ ὕδατος μετὰ τῆς θερμοκρασίας, ἐκ τοῦ ὁποίου βλέπομεν ὅτι οὗτος ἔχει τὴν ἐλαχίστην τιμὴν εἰς θερμοκρασίαν $+4$ ^{0}C.

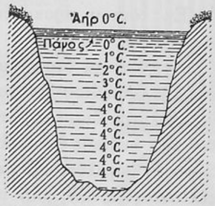
Ἕνεκα τοῦ ἀνωτέρω λόγου, ὁ συντελεστὴς ἀπολύτου διαστολῆς τοῦ ὕδατος μεταξὺ 0^0 καὶ $+4\ ^0C$ εἶναι ἀρνητικός, καὶ ἄνω τῶν $+4\ ^0C$ θετικός, ἐνῷ εἰς τὴν περιοχὴν $+4\ ^0C$ ὁ συντελεστὴς ἀπολύτου διαστολῆς τοῦ ὕδατος εἶναι περίπου μηδέν.



Σχ. 227. Μεταβολὴ τοῦ εἰδικοῦ ὄγκου τοῦ ὕδατος μετὰ τῆς θερμοκρασίας.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει, ὅτι ἡ ***πυκνότης τοῦ ὕδατος εἰς θερμοκρασίαν*** $+4\ ^0C$ ***ἔχει τὴν μεγίστην τιμήν.***

Ἡ ἀνωμαλία αὕτη τοῦ ὕδατος ἔχει μεγίστην σημασίαν καὶ διὰ τὴν οἰκονομίαν τῆς φύσεως. Πράγματι, τὸ ὕδωρ τῶν κατωτέρων στρωμάτων τῶν θαλασσῶν καὶ τῶν λιμνῶν οὐδέποτε εἶναι δυνατὸν νὰ ψυχθῇ κάτω τῶν $+4\ ^0C$, ἔστω καὶ ἂν ἡ θερμοκρασία κατὰ τὴν ἐπιφάνειαν αὐτῶν κατέλθῃ κάτω τοῦ μηδενός, ὅτε στερεοποιεῖται μόνον τὸ κατ᾽ ἐπιπολὴν στρῶμα τοῦ ὕδατος, καὶ ἐπειδὴ ὁ πάγος ἐπιπλέει εἶναι δὲ καὶ κακὸς ἀγωγὸς τῆς θερμότητος τὸ κάτωθεν αὐτοῦ ὕδωρ διατηρεῖ θερμοκρασίαν $+4\ ^0C$ (σχ. 228).



Σχ. 228. Τὸ ὕδωρ εἰς τὰ κατώτερα στρώματα διατηρεῖ συνεχῶς θερμοκρασίαν $4\ ^0C$.

202. Θερμικὴ συμπεριφορὰ τῶν ἀερίων. ***α) Θέρμανσις ἀερίου ὑπὸ σταθερὰν πίεσιν.*** Ἔστω ὅτι ἀέριος μᾶζα τίθεται ἐντὸς δοχείου κλειομένου ἄνωθεν ἀεροστεγῶς δι᾽ εὐκινήτου ἐμβολέως. Ἐὰν θερμάνωμεν τὸ ἀέριον, ὁ ἐμβολεὺς μετατοπίζεται, οὕτω δὲ ὁ ὄγκος τοῦ ἀερίου αὐξάνεται, ἐνῷ ἡ πίεσις αὐτοῦ παραμένει σταθερά. Ἔστω V_0 ὁ ὄγκος τοῦ ἀερίου εἰς $0\ ^0C$ καὶ V_t ὁ ὄγκος αὐτοῦ εἰς θερμοκρασίαν t^0. Ἐφ᾽ ὅσον ἡ πίεσις παραμένει σταθερὰ (p_0) θὰ εἶναι, ὡς δεικνύεται διὰ τοῦ πειράματος:

$$\boxed{V_t = V_0\ (1 + \alpha t)} \qquad (1)$$

ὅπου α ἀριθμητικὸς συντελεστής, ὁ ὁποῖος καλεῖται ***θερμικὸς συντελεστὴς τοῦ ἀερίου ὑπὸ σταθερὰν πίεσιν*** (ἢ ***συντελεστὴς διαστολῆς τῶν ἀερίων ὑπὸ σταθερὰν πίεσιν***) ἐκφράζεται δὲ εἰς 1/grad (δηλ. grad^{-1}).

Ἡ ἀριθμητικὴ τιμὴ τοῦ συντελεστοῦ α, ὡς κατεδείχθη ἐκ μετρήσεων, εἶναι ἴση πρός :

$$\boxed{\alpha = 0{,}00367 = \frac{1}{273}\ \mathrm{grad}^{-1}}$$

καὶ εἶναι ἡ αὐτὴ ἐν γένει δι' ὅλα τὰ ἀέρια, ἀνεξαρτήτως τῆς φύσεως αὐτῶν.

Ὅλα τὰ ἀέρια θερμαινόμενα κατὰ 1 ^{0}C ὑφίστανται αὔξησιν τοῦ ὄγκου αὐτῶν ἴσην πρὸς 1/273 τοῦ ὄγκου τὸν ὁποῖον καταλαμβάνουν εἰς τὴν θερμοκρασίαν 0 ^{0}C.

Ἀπόλυτος θερμοκρασία. Ἐὰν ὡς κατώτατον σημεῖον τῆς θερμομετρικῆς κλίμακος ὁρίσωμεν τὴν θερμοκρασίαν —273 ^{0}C, τότε ἡ θερμομετρικὴ κλῖμαξ, ἡ ὁριζομένη ὅταν λάβωμεν ὡς μηδὲν τὴν ἀνωτέρω θερμοκρασίαν, καλεῖται ***ἀπόλυτος κλῖμαξ*** ἢ ***κλῖμαξ* Kelvin** (^{0}**K**) ἐνῷ ἡ θερμοκρασία —273 ^{0}C καλεῖται ***ἀπόλυτον μηδέν.*** Τὴν θερμοκρασίαν τὴν λογιζομένην ἀπὸ τοῦ ἀπολύτου μηδενὸς θὰ καλοῦμεν ***ἀπόλυτον θερμοκρασίαν*** καὶ θὰ παριστῶμεν αὐτὴν διὰ ***T***. Οὕτω θερμοκρασία t ^{0}C ἀντιστοιχεῖ εἰς ἀπόλυτον θερμοκρασίαν T = 273 + t ^{0}K (βαθμοὶ Kelvin).

LOUIS JOSEPH GAY - LUSSAC
(1778 - 1850)
Γάλλος Φυσικὸς καὶ Χημικός, ὀνομαστὸς διὰ τὰς ἐρεύνας αὐτοῦ ἐπὶ τῆς θερμικῆς συμπεριφορᾶς τῶν ἀερίων, ὡς καὶ δι' ἄλλας ἐρεύνας ἀναφερομένας τόσον εἰς τὴν Φυσικὴν ὅσον καὶ εἰς τὴν Χημείαν.

Ὁ τύπος (1) δύναται νὰ γραφῇ :

$$V_t = V_0\,\alpha\left(\frac{1}{\alpha} + t\right) = \frac{V_0}{273}\cdot T$$

λαμβανομένου δὲ ὑπ' ὄψιν ὅτι $V_0/273$ ἀποτελεῖ σταθερὰν ποσότητα, συνάγομεν ὅτι ***ὁ ὄγκος τοῦ ἀερίου, θερμαινομένου ὑπὸ σταθερὰν πίεσιν, εἶναι ἀνάλογος τῆς ἀπολύτου θερμοκρασίας.*** Ἡ σχέσις (1) ἐκφράζει τὸν ***νόμον τοῦ* Gay-Lussac,** ***ὁποῖος κατ' ἄλλους καλεῖται νόμος τοῦ* Charles.**

β) Θέρμανσις ἀερίου ὑπὸ σταθερὸν ὄγκον. Ὅταν ἀέριον θερμαίνεται εἰς κλειστὸν δοχεῖον, διατηρουμένου τοῦ ὄγκου αὐτοῦ σταθεροῦ, αὐξάνεται ἡ πίεσις αὐτοῦ, διὰ τὴν μεταβολὴν δὲ ταύτην τοῦ ἀερίου ἰσχύει ἡ σχέσις :

$$\boxed{p = p_0\,(1 + \alpha' t)} \qquad (2)$$

ὅπου p ἡ πίεσις τοῦ ἀερίου εἰς θερμοκρασίαν t, p_0 ἡ πίεσις εἰς θερμοκρασίαν 0^0, ἐνῷ ὁ συντελεστὴς α′ καλεῖται ***θερμικὸς συντελεστὴς πιέσεως.*** Ὡς δὲ πειραματικῶς ἐδείχθη, εἶναι $\alpha' = \alpha = 1/273$ grad^{-1} δι' ὅλα τὰ ἀέρια.

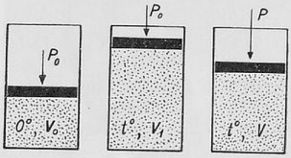
Δι' εἰσαγωγῆς τῆς ἀπολύτου θερμοκρασίας T, εὑρίσκομεν, σκεπτόμενοι καθ' ὅμοιον τρόπον ὡς καὶ προηγουμένως:

$$p = \frac{p_0}{273} \cdot T \qquad (3)$$

ἤτοι ***ἡ πίεσις ἀερίου θερμαινομένου ὑπὸ σταθερὸν ὄγκον εἶναι ἀνάλογος τῆς ἀπολύτου θερμοκρασίας του.***

Παρατήρησις. Ἐκ μεταγενεστέρων πειραματικῶν ἐρευνῶν κατεδείχθη ὅτι δι' οὐδὲν τῶν ἐν τῇ φύσει ἀπαντώντων ἀερίων, τὰ ὁποῖα καλοῦμεν ***πραγματικὰ ἀέρια***, ἰσχύει ἡ σχέσις $\alpha = \alpha' = 1/273$, ἀλλὰ τοῦτο ἰσχύει μόνον διὰ τὰ ***τέλεια ἀέρια***, δηλ. ἐκεῖνα τὰ ὁποῖα ὑπακούουν τελείως εἰς τὸν νόμον Boyle - Mariotte (βλ. σελ. 110), ἀποτελοῦν δὲ αὐτὰ θεωρητικὴν ἔννοιαν. Ἐν τούτοις, ἐπειδὴ ἡ συμπεριφορὰ τῶν πραγματικῶν ἀερίων διὰ τὰς πλείστας τῶν πραγματικῶν ἐφαρμογῶν ἐλάχιστα ἀπέχουν τῆς συμπεριφορᾶς τῶν τελείων ἀερίων, θεωροῦμεν καὶ τὰ πραγματικὰ ἀέρια ὡς τέλεια ἀέρια.

203*. Ἐξίσωσις τῶν τελείων ἀερίων. Ἔστω ἀέριος μᾶζα, ἡ ὁποία ὑπὸ θερμοκρασίαν 0^0 καὶ πίεσιν p_0 ἔχει ὄγκον V_0 (σχ. 229, α) καὶ ἂς ἐξετάσωμεν ποῖος θὰ εἶναι ὁ ὄγκος αὐτῆς V_t ὑπὸ θερμοκρασίαν t^0 καὶ πίεσιν p (σχ. 229, γ). Πρὸς εὕρεσιν τοῦ νέου ὄγκου τῆς ἀερίου μάζης, διατηροῦμεν ἐν ἀρχῇ τὴν πίεσιν τοῦ ἀερίου σταθερὰν (p_0) καὶ αὐξάνομεν τὴν θερμοκρασίαν ἀπὸ 0^0 εἰς t^0, ὁπότε ὁ ὄγκος τοῦ ἀερίου V_0, συμφώνως πρὸς τὸν τύπον (1) τῆς § 202, θὰ λάβῃ τὴν τιμὴν $V_t = V_0 (1 + \alpha t)$ (σχ. 229, β). Διατηροῦντες ἤδη σταθερὰν τὴν θερμοκρασίαν, αὐξάνομεν τὴν πίεσιν ἀπὸ p_0 εἰς p, ὁπότε προκύπτει ἡ κατάστασις τοῦ σχήματος 229, γ. Ἐπειδὴ τὸ ἀέριον ὑποτίθεται τέλειον, θὰ ἰσχύῃ διὰ τὰς καταστάσεις αὐτοῦ (γ), V_t, p, t καὶ (β) $V_0 (1 + \alpha t)$, p_0, t, αἱ ὁποῖαι χαρακτηρίζονται ἀπὸ τὴν ἰδίαν θερμοκρασίαν, ὁ νόμος τῶν Boyle - Mariotte, ἤτοι:



(α) (β) (γ)

Σχ. 229. Διὰ τὴν ἐξίσωσιν τῶν τελείων ἀερίων.

$$p V_t = p_0 V_0 (1 + \alpha t).$$

Ὁμοίως, ἐὰν θελήσωμεν νὰ ὑπολογίσωμεν τὸν ὄγκον V'_t τῆς αὐτῆς ἀερίου μάζης ὑπὸ θερμοκρασίαν t' καὶ πίεσιν p', σκεπτόμενοι καθ' ὅμοιον τρόπον θὰ εὕρωμεν:

$$p' V'_t = p_0 V_0 (1 + \alpha t').$$

Ἐπειδὴ p_0 καὶ V_0 εἶναι δεδομένα, τὸ γινόμενον $p_0 V_0$ παριστᾷ σταθερὰν ποσότητα, οὕτω δὲ δυνάμεθα νὰ γράψωμεν, παραλείποντες τοὺς δείκτας, τὴν σχέσιν:

$$\boxed{\frac{p V_t}{1 + \alpha t} = \text{σταθ.}} \qquad (1)$$

Ἡ σχέσις αὕτη καλεῖται ***ἐξίσωσις τῶν τελείων ἀερίων.***

Συνήθως ὅταν ἀέριον εὑρίσκεται ὑπὸ θερμοκρασίαν 0 °C καὶ πίεσιν ἀντιστοιχοῦσαν εἰς ὑδραργυρικὴν στήλην 76 cm λέγομεν ὅτι τὸ ἀέριον εὑρίσκεται ὑπὸ κανονικὰς συνθήκας, καὶ ὁ τύπος (1) ἐπιτρέπει, ὅταν ἔχωμεν ὄγκον ἀερίου ὑπὸ οἱανδήποτε θερμοκρασίαν καὶ πίεσιν, νὰ ἀνάγωμεν αὐτὸν εἰς κανονικὰς συνθήκας.

204. Σημασία τοῦ ἀπολύτου μηδενός. Ἐκ τοῦ τύπου (2) τῆς σελίδος 153 ἐὰν τεθῇ $t = -273$ °C προκύπτει $p = 0$, δηλαδὴ τὸ ἀέριον δὲν ἀσκεῖ πίεσιν ἐπὶ τῶν τοιχωμάτων τοῦ δοχείου. Ἐὰν ὅμως δεχθῶμεν ὅτι ἡ πίεσις τοῦ ἀερίου ὀφείλεται εἰς τὰς προσκρούσεις τῶν ὑπὸ μεγάλην ταχύτητα κινουμένων μορίων τοῦ ἀερίου ἐπὶ τῶν τοιχωμάτων τοῦ δοχείου, — τοῦτο δὲ θέτει ὡς βάσιν ἡ κινητικὴ θεωρία τῶν ἀερίων —, δέον νὰ δεχθῶμεν ὅτι εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ μηδενὸς τὰ μόρια τοῦ ἀερίου δὲν πρέπει νὰ κινοῦνται, ἀλλὰ νὰ εὑρίσκωνται ἐν ἠρεμίᾳ.

Ἐξ ἄλλου, ἐκ τοῦ τύπου (1) τῆς σελ. 152 ἐὰν θέσωμεν $t = -273\ ^0C$, εὑρίσκομεν $V = 0$, τὸ ἐξαγόμενον ὅμως τοῦτο εἶναι ἀπαράδεκτον, διότι ἐφ' ὅσον, ὡς εἴδομεν, εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ ἀπολύτου μηδενὸς τὰ μόρια εὑρίσκονται ἐν ἀκινησίᾳ, ταῦτα πρέπει νὰ καταλαμβάνουν ἕνα ὡρισμένον, ἔστω καὶ λίαν μικρὸν ὄγκον.

Τὸ ἀπαράδεκτον τοῦτο ἀποτέλεσμα προκύπτει διότι οἱ νόμοι τῶν ἀερίων, οἱ ὁποῖοι ἐκφράζονται διὰ τῶν ἀνωτέρω ἀναφερομένων τύπων, εἶναι νόμοι προσεγγίσεως, καὶ ἰσχύουν διὰ τὰ πραγματικὰ ἀέρια μόνον ὅταν ἡ θερμοκρασία δὲν εἶναι πολὺ ταπεινή.

Νεώτεραι καὶ ἀκριβέστεραι μετρήσεις καθορίζουν τὴν ἀντιστοιχίαν τοῦ ἀπολύτου μηδενὸς πρὸς τὴν κλίμακα Κελσίου εἰς $-273,16^0$. Τὸ ἀπόλυτον μηδὲν εἶναι ἀδύνατον νὰ πραγματοποιηθῇ, ἀποτελεῖ δὲ θεωρητικὴν θερμοκρασίαν, ἡ δὲ ταπεινοτέρα θερμοκρασία ἡ ὁποία ἔχει πραγματοποιηθῆ εἶναι 0,0044 βαθμοὶ ἀπολύτου θερμοκρασίας.

200. Πυκνότης τῶν ἀερίων. ***Καλοῦμεν πυκνότητα ἀερίου τὴν μᾶζαν τῆς μονάδος ὄγκου τοῦ ἀερίου ὑπὸ κανονικὰς συνθήκας.*** Οὕτω διὰ τὸν ἀέρα ἡ πυκνότης αὐτοῦ εἶναι 0,001 293 gr/cm^3, διὰ τὸ ὑδρογόνον 0,000 089 gr/cm^3 κ.ο.κ. Ἐκτὸς τῆς πυκνότητος τῶν ἀερίων, ὁρισθείσης κατὰ τὸν ἀνωτέρω τρόπον, χρησιμοποιοῦμεν εἰς τὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς καὶ τὴν ***σχετικὴν πυκνότητα*** ἀερίου ὡς πρὸς τὸν ἀτμοσφαιρικὸν ἀέρα. Καλοῦμεν δὲ σχετικὴν πυκνότητα ἀερίου ὡς πρὸς τὸν ἀτμοσφαιρικὸν ἀέρα τὸν λόγον τῆς μάζης ἀερίου πρὸς τὴν μᾶζαν ἴσου ὄγκου ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος, λαμβανομένων ἀμφοτέρων ὑπὸ τὰς αὐτὰς συνθήκας θερμοκρασίας καὶ πιέσεως.

ΘΕΡΜΙΔΟΜΕΤΡΙΑ

206. Μονὰς ποσότητος θερμότητος. Ἡ θερμιδομετρία ἀποτελεῖ τὸ κεφάλαιον τῆς Φυσικῆς τὸ ὁποῖον ἀσχολεῖται εἰς τὴν μέτρησιν ποσοτήτων θερμότητος, π. χ. τῆς ποσότητος θερμότητος τῆς ἐκλυομένης κατὰ τὴν καῦσιν σώματος, τῆς ποσότητος θερμότητος τῆς ἀπαιτουμένης διὰ νὰ θερμάνωμεν σῶμα καθ' ὡρισμένον ἀριθμὸν βαθμῶν κ.ο.κ.

Ὡς μονὰς ποσότητος τῆς θερμότητος ὡρίσθη ἡ θερμὶς* (calorie), *ἡ ὁποία παριστᾶται διὰ τοῦ* cal, *καθορίζεται δὲ ὡς τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος τὸ ὁποῖον ἀπαιτεῖται διὰ τὴν ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας 1* gr *ὕδατος κατὰ 1* ^{0}C.** Ἐκτὸς αὐτῆς, χρησιμοποιεῖται εἰς τὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς καὶ ἡ ***χιλιοθερμὶς **(kilocalorie)** μὲ σύμβολον **kcal**, εἶναι δὲ *1* **kcal**=*1000* **cal.**

Παρατήρησις. Εἰς τὰς συνήθεις ἐφαρμογὰς δεχόμεθα, ὅτι ἡ θερμὶς εἶναι ἀνεξάρτητος ἀπὸ τῆς ἀρχικῆς θερμοκρασίας τοῦ ὕδατος. Πράγματι ὅμως τοῦτο δὲν ἀληθεύει, καὶ διὰ τοῦτο εἰς περιπτώσεις ἀκριβείας δέον νὰ δίδεται ἡ ἀρχικὴ θερμοκρασία. Συνήθως ἡ θερμὶς ὁρίζεται μεταξὺ τῶν θερμοκρασιῶν 14,5 ^{0}C καὶ 15,5 ^{0}C.

207. Ἀρχαὶ τῆς θερμιδομετρίας. Ἡ θερμιδομετρία ἀναπτύσσεται ἐπὶ τῇ βάσει τῶν δύο ἀκολούθων ἀρχῶν:

1) Τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος τὸ ὁποῖον ἀπαιτεῖται διὰ τὴν ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας σώματος καθ' ὡρισμένον ἀριθμὸν βαθμῶν, εἶναι ἀνάλογον τῆς μάζης τοῦ σώματος καὶ ἀνάλογον τῆς ἀνυψώσεως τῆς θερμοκρασίας.

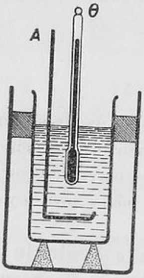
2) ***Τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος τὸ ὁποῖον καταναλίσκεται διὰ τὴν ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας σώματος καθ' ὡρισμένον ἀριθμὸν βαθμῶν, εἶναι ἴσον πρὸς τὸ ἀποδιδόμενον ὑπὸ τοῦ σώματος, ὅταν τοῦτο ἀποψύχεται κατὰ τὸν αὐτὸν ἀριθμὸν βαθμῶν.*** Τοῦτο δεικνύεται, ἐὰν ἀναμίξωμεν εἰς κοινὸν δοχεῖον 1 kgr ὕδατος 0 °C καὶ 1 kgr ὕδατος 100 °C, ὁπότε προκύπτουν 2 kgr ὕδατος 50 °C.

208. Εἰδικὴ θερμότης. Καλοῦμεν ***εἰδικὴν θερμότητα σώματος τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος τὸ ὁποῖον ἀπαιτεῖται διὰ τὴν ἀνύψωσιν μάζης 1 gr σώματος κατὰ 1 °C.*** Ἔστω σῶμα μάζης m gr καὶ εἰδικῆς θερμότητος c. Διὰ τὴν ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας 1 gr κατὰ 1 °C θ' ἀπαιτηθῇ ποσὸν θερμότητος c cal διὰ m gr, καὶ δι' ἀνύψωσιν κατὰ $t_2 - t_1$ βαθμοὺς θὰ ἀπαιτηθῇ ποσὸν θερμότητος:

$$Q = mc \cdot (t_2 - t_1)$$

Ἐκ τοῦ τύπου τούτου εὑρίσκομεν εὐκόλως ὅτι ἡ εἰδικὴ θερμότης ἐκφράζεται εἰς cal/gr·grad.

Ἡ εἰδικὴ θερμότης ὅλων ἐν γένει τῶν σωμάτων εἶναι μικροτέρα τῆς μονάδος· ἐξαίρεσιν ἀποτελοῦν τὰ ἀέρια ὑδρογόνον καὶ ἥλιον, ἐνῷ διὰ τὸ ὕδωρ ἰσοῦται πρὸς τὴν μονάδα. Τὸ γινόμενον mc καλεῖται ***θερμοχωρητικότης,*** εἴτε ***ἀξία εἰς ὕδωρ*** ἢ ***ἰσοδύναμον εἰς ὕδωρ,*** ἐκφράζεται δὲ εἰς cal/grad.



Σχ. 230. Θερμιδόμετρον διὰ τὴν μέθοδον τῶν μιγμάτων.

209. Θερμιδομετρικαὶ μετρήσεις. Αὗται διεξάγονται ἐντὸς εἰδικῶν συσκευῶν, αἱ ὁποῖαι καλοῦνται ***θερμιδόμετρα.*** Τὰ συνήθη θερμιδόμετρα ἀποτελοῦνται γενικῶς ἐκ δοχείου μεταλλικοῦ καλῆς θερμικῆς μονώσεως, καὶ εἰς τὸ ὁποῖον συνήθως τίθεται ὕδωρ.

Τύπος τοιούτου θερμιδομέτρου δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 230, ὅπου τὸ ἐσωτερικὸν δοχεῖον εἶναι τὸ κυρίως θερμιδομετρικὸν δοχεῖον, τὸ δὲ ἕτερον δοχεῖον χρησιμεύει διὰ τὴν θερμικὴν μόνωσιν τοῦ πρώτου, μέσῳ τοῦ παρεμβαλλομένου μεταξὺ τῶν τοιχωμάτων αὐτῶν στρώματος ἀέρος. Τὰ δοχεῖα διὰ τὴν θερμικὴν μεταξύ των ἀπομόνωσιν στηρίζονται ἐπὶ βάθρων ἀποτελουμένων ἐξ οὐσίας ἡ ὁποία εἶναι κακὸς ἀγωγὸς τῆς θερμότητος, ὡς π.χ. φελλοῦ.

210. Ἐφαρμογαί. Μέθοδος τῶν μιγμάτων. Ἔστω ὅτι ἐπιδιώκομεν νὰ προσδιορίσωμεν τὴν εἰδικὴν θερμότητα c σώματος. Θερμαίνομεν γνωστὴν μᾶζαν m gr τοῦ σώματος ἐντὸς θερμαντῆρος ἢ κλιβάνου μέχρι θερμοκρασίας γνωστῆς t, θέτομεν ἐν τῷ θερμιδομέτρῳ ποσότητα ὕδατος M gr καὶ διὰ θερμομέτρου προσδιορίζομεν τὴν θερμοκρασίαν αὐτοῦ θ. Ἀκολούθως μεταφέρομεν τὸ σῶμα ταχέως ἐκ τοῦ κλιβάνου καὶ βυθίζομεν αὐτὸ ἐντὸς τοῦ ὕδατος τοῦ θερμιδομέτρου καὶ ἀναδεύομεν, εἴτε διὰ τοῦ θερμομέτρου, εἴτε δι' ἄλλου αναδευτῆρος καλῶς, μέχρις ἀποκαταστάσεως θερμικῆς ἰσορροπίας, ὁπότε τὸ ὕδωρ καὶ σῶμα ἀποκτοῦν κοινὴν θερμοκρασίαν τ. Τὸ σῶμα μάζης m, ψυχθὲν ἀπὸ t εἰς τ, ἀπέδωκε ποσὸν θερμότητος mc (t − τ), τὸ ὁποῖον παρελήφθη ὑπὸ τοῦ ὕδατος τοῦ ὁποίου ἡ θερμοκρασία ἀνυψώθη ἀπὸ ϑ εἰς τ, ἤτοι τὸ ὕδωρ προσέλαβε ποσὸν ϑερμότητος Μ (τ — ϑ). Ἑπομένως ϑὰ ἔχωμεν τὴν σχέσιν:

$$mc\,(t-\tau)=M\,(\tau-\vartheta).$$

Ὁ τύπος ὅμως οὗτος δὲν εἶναι ἀκριβής, διότι δὲν ἐλήφϑη ὑπ' ὄψιν τὸ ποσὸν ϑερμότητος, τὸ ὁποῖον ἀπερροφήϑη ὑπὸ τοῦ ϑερμιδομετρικοῦ δοχείου. Πρὸς τοῦτο, ἀρκεῖ νὰ ὑπολογίσωμεν τὴν ϑερμοχωρητικότητα αὐτοῦ (ἢ τὴν ἀξίαν εἰς ὕδωρ) μγ, ὅπου μ ἡ μᾶζα τοῦ ϑερμιδομέτρου καὶ γ ἡ γνωστὴ εἰδικὴ ϑερμότης τῆς ὕλης τοῦ ϑερμιδομετρικοῦ δοχείου καὶ νὰ προσθέσωμεν αὐτὴν εἰς τὴν μᾶζαν Μ τοῦ ὕδατος, ὁπότε ϑὰ ἔχωμεν:

$$mc\,(t-\tau)=(M+\mu\gamma)\,(\tau-\vartheta).$$

Ἐκ τῆς σχέσεως ταύτης ὑπολογίζομεν τὴν ἄγνωστον εἰδικὴν ϑερμότητα c. Ἡ μέθοδος αὕτη εἶναι γνωστὴ ὡς ***μέϑοδος τῶν μιγμάτων***.

Κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον προσδιορίζομεν τὴν εἰδικὴν ϑερμότητα ὑγρῶν, τὰ ὁποῖα ϑέτομεν ἐντὸς λεπτοτοίχων δοχείων τῶν ὁποίων εἶναι γνωστὴ ἡ ϑερμοχωρητικότης.

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. ***Ἔστω ὅτι μᾶζα 450 gr μολύβδου ϑερμαίνεται ἀρχικῶς εἰς 100 °C καὶ φέρεται ἐντὸς ϑερμιδομέτρου περιέχοντος 100 gr ὕδατος, εἰς τὸ ὁποῖον συνυπολογίζεται καὶ ἡ ϑερμοχωρητικότης τοῦ ϑερμιδομέτρου, ἀρχικῆς ϑερμοκρασίας 10 °C. Ὅταν ἀποκατασταϑῇ ἡ ἰσορροπία, ἡ ϑερμοκρασία τοῦ ϑερμιδομέτρου εἶναι 21,5 °C. Πόση εἶναι ἡ εἰδικὴ ϑερμότης τοῦ μολύβδου.***

Ὁ μόλυβδος, εἰσαγόμενος εἰς τὸ ϑερμιδόμετρον, ψύχεται ἀπὸ 100 °C εἰς 21,5 °C καὶ ἑπομένως ἀποδίδει ποσὸν ϑερμότητος:

$$Q=450\cdot x\,(100-21{,}5)\ \text{cal}$$

ὅπου x ἡ ἄγνωστος εἰδικὴ ϑερμότης τοῦ μολύβδου. Ἡ ϑερμοκρασία τοῦ ὕδατος τοῦ ϑερμιδομέτρου ἀνέρχεται ἀπὸ 10 °C εἰς 21,5 °C, ἑπομένως, τοῦτο ἀπορροφᾷ ϑερμότητα:

$$Q'=100\,(21{,}5-10)\ \text{cal}.$$

Συμφώνως πρὸς τὸ ἀξίωμα τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας πρέπει νὰ εἶναι Q = Q', ἤτοι:

$$450\cdot x\,(100-21{,}5)=100\,(21{,}5-10)$$

ἐξ ἧς λαμβάνομεν:

$$x=\frac{100\,(21{,}5-10)}{450\,(100-21{,}5)}=0{,}033\ \text{cal/gr}\cdot\text{grad},$$

ἄρα ἡ εἰδικὴ ϑερμότης τοῦ μολύβδου εὑρέϑη 0,033 cal/gr · grad.

Εἰδικὴ ϑερμότης στερεῶν καὶ ὑγρῶν εἰς 18 °C εἰς $\dfrac{\textbf{cal}}{\textbf{gr}\cdot\textbf{grad}}$

Ἀργίλλιον	0,21	Ἄργυρος	0,056	Μπετὸν	0,21
Μόλυβδος	0,032	Ὀρείχαλκος	0,092	Ὕδωρ	1,00
Σίδηρος	0,11	Ὕαλος	0,19	Πετρέλαιον	0,50
Λιϑάνϑραξ	0,25	Πάγος	0,49	Ὑδράργυρος	0,033
Χαλκὸς	0,09	Ξύλον	0,33	Ἀλκοόλη	0,57

Παρατήρησις. Γενικῶς ἡ εἰδικὴ ϑερμότης τῶν ὑγρῶν εἶναι μεγαλυτέρα τῆς τῶν στερεῶν. Ἐξαίρεσιν ἀπὸ τοῦ κανόνος τούτου ἀποτελεῖ ὁ ὑδράργυρος.

Διὰ τὰ πλεῖστα τῶν στερεῶν ἡ εἰδικὴ ϑερμότης αὐξάνεται μετὰ τῆς ϑερμοκρασίας βραδέως, μέχρι τοῦ σημείου τήξεως αὐτῶν. Οὕτω τὸ ὕδωρ εἰς στερεὰν κατάστασιν (πάγος) ἔχει εἰδικὴν ϑερμότητα περίπου 0,5 cal/gr · grad, ἐνῷ ἡ τιμὴ αὐτοῦ εἰς ὑγρὰν κατάστασιν εἶναι περίπου 1. Ἡ εἰδικὴ ϑερμότης τοῦ στερεοῦ μολύβδου εἶναι 0,033 cal/gr · grad, ἐνῷ ἐν ὑγρᾷ καταστάσει εἶναι 0,064 cal/gr · grad.

211. Εἰδικὴ ϑερμότης τῶν ἀερίων. Ὅταν ϑερμαίνωμεν σῶμα ὑπὸ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν ἢ ὑπὸ οἱανδήποτε ἄλλην πίεσιν, λόγῳ τῆς διαστολῆς αὐτοῦ ἀπαιτεῖται κατανάλωσις ἔργου, τὸ ὁποῖον προκειμένου περὶ τῶν στερεῶν καὶ ὑγρῶν ἔχει τόσον μικρὰν τιμήν, ὥστε νὰ παραλείπεται καὶ ἑπομένως νὰ μὴ λαμβάνεται ὑπ' ὄψιν εἰς τὸν καθορισμὸν τῆς εἰδικῆς θερμότητος.

Εἰς τὴν περίπτωσιν ὅμως τῶν ἀερίων, λόγῳ τῆς μεγάλης διαστολῆς αὐτῶν, τὸ ἔργον διαστολῆς δὲν δύναται νὰ παραλείπεται. Ὡς ἐκ τούτου ἀγόμεθα νὰ διακρίνωμεν διὰ τὰ ἀέρια ***εἰδικὴν θερμότητα ὑπὸ σταθερὰν πίεσιν*** **(** c_p **)**, ὅταν θερμαίνωμεν τὸ ἀέριον ὑπὸ σταθερὰν πίεσιν, καὶ ***εἰδικὴν θερμότητα ὑπὸ σταθερὸν ὄγκον*** **(** c_v **)**, ὅταν θερμαίνωμεν τὸ ἀέριον ὑπὸ σταθερὸν ὄγκον. Μεταξὺ τῶν δύο εἰδικῶν θερμοτήτων ὑπάρχει ἡ σχέσις $c_p > c_v$, διότι ὅταν θερμαίνωμεν τὸ ἀέριον ὑπὸ σταθερὰν πίεσιν, πρέπει νὰ καταναλώσωμεν μεγαλύτερον ποσὸν θερμότητος πρὸς ἀντιμετώπισιν τοῦ ἔργου διαστολῆς.

	c_p	c_v
Ἀὴρ	0,240	0,1715
Ὀξυγόνον	0,219	0,157
Ἄζωτον	0,248	0,177
Ὑδρογόνον	3,41	2,42

Ἐκ τῶν δύο εἰδικῶν θερμοτήτων ἡ c_p δύναται νὰ μετρηθῇ ἀμέσως διὰ τοῦ πειράματος, ἐνῷ ἡ c_v μετρᾶται ἐμμέσως διὰ μετρήσεως τοῦ λόγου $\varkappa = c_p : c_v$, ὁ ὁποῖος ἔχει μεγίστην σπουδαιότητα εἰς τὴν θερμικὴν σπουδὴν τῶν ἀερίων.

Ὁ ἀνωτέρω πίναξ δίδει τὰς εἰδικὰς θερμότητας ἀερίων τινῶν εἰς 18 °C εἰς cal/gr·grad.

Παρατήρησις. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω πινάκων εἰδικῆς θερμότητος παρατηροῦμεν ὅτι ἡ εἰδικὴ θερμότης τῶν σωμάτων εἶναι ἐν γένει μικροτέρα τῆς μονάδος. Ἐξαίρεσιν ἀποτελοῦν μερικὰ σώματα, ὡς π.χ. τὸ ὕδωρ, τοῦ ὁποίου ἡ εἰδικὴ θερμότης εἶναι ἴση πρὸς τὴν μονάδα καὶ τὸ ὑδρογόνον, τοῦ ὁποίου ἡ εἰδικὴ θερμότης ὑπὸ σταθερὰν πίεσιν εἶναι 3,41.

212. Θερμότης καύσεως. Εἰς τὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς χρησιμοποιοῦμεν ὡρισμένας οὐσίας ἀπαντώσας εἰς τὴν φύσιν, αἱ ὁποῖαι καιόμεναι παρέχουν θερμότητα. Αἱ οὐσίαι αὗται καλοῦνται ***καύσιμα*** καὶ εἶναι στερεά, ὑγρὰ ἢ ἀέρια σώματα. ***Στερεὰ καύσιμα***: Τοιαῦτα εἶναι οἱ διάφοροι ἄνθρακες (ἀνθρακίτης, λιθάνθραξ, λιγνίτης κ.τ.λ.). ***Ὑγρὰ καύσιμα***, εἶναι τὸ πετρέλαιον καὶ ὡρισμένα παράγωγα αὐτοῦ. ***Ἀέρια καύσιμα*** εἶναι φυσικὰ ἀέρια περιέχοντα ὡς ἐπὶ τὸ πολὺ μεθάνιον. Ἐκτὸς τῶν φυσικῶν καυσίμων ἔχομεν καὶ τεχνητὰ καύσιμα, ὡς τὸ κώκ, ξυλάνθραξ, οἰνόπνευμα, συνθετικὴ βενζίνη, ἀσετυλίνη κ.τ.λ.

Καλοῦμεν ***θερμότητα καύσεως τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος τὸ ὁποῖον ἐκλύεται ὑπὸ μάζης 1 gr ἢ 1 kgr τῆς οὐσίας καιομένης τελείως.***

Ἐκτὸς τῆς ἡλιακῆς θερμότητος χρησιμοποιοῦμεν εἰς τὸν καθ' ἡμέραν βίον καὶ ἄλλας πηγὰς θερμότητος, ὡς π.χ. τὰ διάφορα καύσιμα, ὅπως ὁ ἄνθραξ, τὸ πετρέλαιον κ.ἄ. Ὁ κάτωθι πίναξ δεικνύει τὴν θερμότητα καύσεως διὰ τὰ μᾶλλον ἐν χρήσει καύσιμα:

Θερμότης καύσεως εἰς **cal/gr.**

Ὑδρογόνον	34 000	Κὼκ	7 000
Βενζίνη	10 400	Φωταέριον	6 - 7 000 (= 4,4 cal/lt)
Ἔλαιον μηχανῶν	10 000	Λιγνίτης	3 - 5 000
Ἀνθρακίτης	8 - 9 000	Ξύλον	3 - 4 000
Λιθάνθραξ	7 - 8 000	Τύρφη	3 500

213*. Φυσικαὶ πηγαὶ θερμότητος. Ἡ σπουδαιοτέρα πηγὴ θερμότητος διὰ τοὺς κατοίκους τῆς Γῆς εἶναι ὁ Ἥλιος. Ὅταν αἱ ἡλιακαὶ ἀκτῖνες προσπίπτουν καθέτως, ἕκαστον τετραγωνικὸν ἑκατοστόμετρον ἐπὶ τῶν ἀνωτάτων ὁρίων τῆς ἀτμοσφαίρας δέχεται ποσὸν θερμότητος 1,94 cal εἰς ἕκαστον πρῶτον λεπτόν, ἐπὶ τῆς Γῆς δὲ φθάνουν περίπου τὰ 2/3 τοῦ ἀνωτέρου ποσοῦ θερμότητος, ἐνῷ τὸ 1/3 ἀπορροφᾶται ὑπὸ τῆς ἀτμοσφαίρας.

Λόγῳ τῆς θερμότητος τῆς ἐγκλειομένης εἰς τὰ ἔγκατα τῆς Γῆς (ἡφαίστεια, θερμαὶ πηγαί) ἡ θερμοκρασία εἰς ἀνθρακορυχεῖα καὶ μεταλλεῖα αὐξάνεται ἐφ' ὅσον κατερχόμεθα εἰς βάθος, ἡ δὲ αὔξησις τῆς θερμοκρασίας ἀντιστοιχεῖ περίπου πρὸς 1 °C κατὰ 33 m.

Αἱ ἡμερήσιαι μεταβολαὶ τῆς θερμοκρασίας εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς Γῆς δὲν γίνονται αἰσθηταὶ εἰς βάθος 1—2 m, ἐνῷ αἱ ἐτήσιαι ἐξαφανίζονται εἰς βάθος 20 m καὶ διὰ τοῦτο εἰς φρέατα βάθους περὶ τὰ 20 m τὸ ὕδωρ διατηρεῖ σταθερὰν θερμοκρασίαν τόσον κατὰ τὸν χειμῶνα ὅσον καὶ κατὰ τὸ θέρος.

214. Τροφαὶ καὶ θερμογόνος δύναμις αὐτῶν. Αἱ τροφαὶ αἱ ὁποῖαι χρησιμεύουν διὰ τὴν διατήρησιν ἡμῶν, ὅταν τρώγωνται, ὑφίστανται ὀξείδωσιν (βραδεῖαν καῦσιν) ἐντὸς τοῦ ὀργανισμοῦ. Ἐκ τῆς ὀξειδώσεως ταύτης ἀναπτύσσεται θερμότης ἡ ὁποία ἀντιπροσωπεύει τὴν ἀπαιτουμένην ἐνέργειαν διὰ τὴν αὔξησιν τοῦ σώματος, τὴν ἐργασίαν καὶ τὴν διατήρησιν τοῦ ὀργανισμοῦ εἰς ὑγιᾶ κατάστασιν.

Πίναξ θερμίδων διαφόρων τροφῶν.

Εἶδος	kcal ἀνὰ kgr	Εἶδος	kcal ἀνὰ kgr
Ἄρτος λευκὸς	2 580	Ὄρυζα	3 250
Βούτυρον νωπὸν	7 600	Οἶνος	650
Γεώμηλα	950	Πορτοκάλλια	550
Κρέας	1 500-2 500	Σάκχαρον	2 500
Λίπος	8 750	Τυρὸς	3 890
Λαχανικὰ	240	Φασόλια	2 570

Ἐὰν γνωρίζωμεν τὴν ἐκλυομένην θερμότητα κατὰ τὴν καῦσιν 1 gr ἐξ ἑκάστης τροφῆς, (καλεῖται δὲ τὸ ποσὸν τοῦτο τῆς θερμότητος ***θερμογόνος δύναμις*** τῆς τροφῆς) εἶναι δυνατὸν νὰ ὑπολογίσωμεν τὴν ἀπαιτουμένην ποσότητα τροφῆς διὰ ν' ἀναπτυχθῇ ἐντὸς τοῦ ὀργανισμοῦ τὸ ἀναγκαιοῦν ποσὸν θερμότητος.

Εἰς τὸν ἀνωτέρω πίνακα ἀναγράφεται ἡ θερμογόνος δύναμις τῶν διαφόρων τροφῶν.

ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΣ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

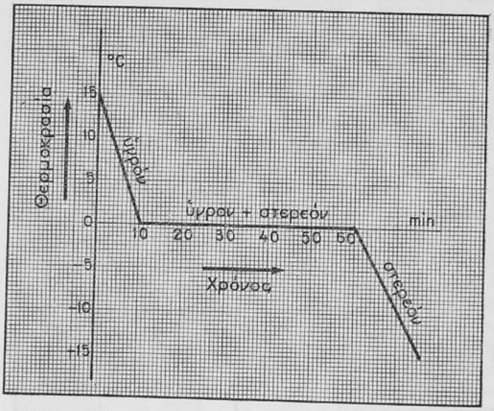
Ἓν ἐκ τῶν σπουδαιοτέρων ἀποτελεσμάτων τῆς θερμότητος ἐπὶ τῶν σωμάτων, εἶναι ἡ μεταβολὴ τῆς καταστάσεως αὐτῶν. Οὕτω σῶμα στερεὸν δύναται διὰ θερμάνσεως νὰ μεταβληθῇ εἰς ὑγρὸν ***(τῆξις)***, εἴτε ἀμέσως εἰς ἀέριον ***(ἐξάχνωσις)***. Σῶμα ὑγρὸν διὰ θερμάνσεως καθίσταται ἀέριον ***(ἐξαέρωσις)***.

215. Τῆξις καὶ πῆξις. ***Τῆξιν καλοῦμεν τὴν μετάβασιν σώματος ἐκ τῆς στερεᾶς εἰς τὴν ὑγρὰν κατάστασιν, ἐνῷ τὸ ἀντίστροφον φαινόμενον καλεῖται πῆξις.***

Νόμοι τῆς τήξεως καὶ πήξεως. 1) ***Ἕκαστον στερεὸν σῶμα ἄρχεται τηκόμενον (ἢ πηγνύμενον) εἰς ὡρισμένην θερμοκρασίαν, ἡ ὁποία καλεῖται σημεῖον τήξεως (ἢ πήξεως) τοῦ σώματος.***

2) ***Εὐθὺς ὡς ἀρχίσῃ ἡ τῆξις (ἢ πῆξις) τοῦ σώματος, ἡ θερμοκρασία αὐτοῦ παραμένει σταθερὰ μέχρι τῆς ὁλοκληρωτικῆς τήξεως (ἢ πήξεως) τοῦ σώματος.***

Οἱ ἀνωτέρω νόμοι ἰσχύουν μόνον διὰ τὰ κρυσταλλικὰ σώματα, τὰ ὁποῖα μεταβαίνουν ἀποτόμως ἐκ τῆς στερεᾶς εἰς τὴν ὑγρὰν κατάστασιν καὶ οὕτως ἔχουν σαφῶς ἐκπεφρασμένον σημεῖον τήξεως (ἢ πήξεως).



Σχ. 231. Μεταβολὴ τῆς θερμοκρασίας τοῦ πάγου κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς τήξεως.

Ἡ καμπύλη τοῦ σχήματος 231 δεικνύει τὴν μεταβολὴν τῆς θερμοκρασίας, ὅταν θερμαίνωμεν τεμάχιον πάγου ὅπως μετατρέψωμεν αὐτὸ εἰς ὕδωρ. Οὕτως ἐκ τῆς θερμοκρασίας —15 °C, ὅπου τὸ ὕδωρ εὑρίσκεται εἰς στερεὰν κατάστασιν, ἐὰν θερμάνωμεν τὸν πάγον, ἡ θερμοκρασία αὐτοῦ αὐξάνεται μέχρι τοῦ 0 °C, ὁπότε ἐμφανίζονται αἱ πρῶται σταγόνες ὕδατος. Ἐὰν ἐξακολουθήσωμεν θερμαίνοντες, τότε ἐλαττοῦται ἡ ποσότης τοῦ στερεοῦ πάγου καὶ αὐξάνεται ἡ ποσότης τοῦ ὕδατος, ἀλλ' ἡ θερμοκρασία, ἐφ' ὅσον ὑφίσταται μῖγμα πάγου καὶ ὕδατος, ἐξακολουθεῖ παραμένουσα σταθερὰ μέχρι χρονικοῦ διαστήματος ἐξαρτωμένου ἐκ τῆς ποσότητος τοῦ χρησιμοποιουμένου πάγου, ὅτε ὅλος ὁ πάγος μετατρέπεται εἰς ὕδωρ. Ἀπὸ τῆς στιγμῆς ταύτης, ἐὰν ἐξακολουθοῦμεν θερμαίνοντες, ἡ θερμοκρασία τοῦ ὑγροῦ αὐξάνεται.

Σημεῖον τήξεως σωμάτων τινῶν εἰς °C ὑπὸ πίεσιν 760 mm Hg.

Βολφράμιον	3 350	Ἀργίλλιον	660	Κηρὸς	62
Λευκόχρυσος	1 750	Ψευδάργυρος	420	Πάγος	0
Σίδηρος	1 500	Μόλυβδος	327	Ὑδράργυρος	— 39
Χυτοσίδηρος	1 200	Κασσίτερος	230	Ἀλκοόλη	—114
Χρυσὸς	1 063	Παραφίνη	62	Αἰθὴρ	—116

216. Θερμότης τήξεως. ***Καλοῦμεν θερμότητα τήξεως, τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος τὸ ὁποῖον ἀπαιτεῖται ὅπως 1 gr τοῦ σώματος, ὑπὸ τὴν θερμοκρασίαν τοῦ σημείου τήξεως, μεταβληθῇ εἰς ὑγρὸν τῆς αὐτῆς θερμοκρασίας.*** Οὕτω διὰ νὰ μεταβάλωμεν 1 gr πάγου 0 °C εἰς ὕδωρ 0 °C ἀπαιτοῦνται περίπου 80 cal. Ἐπειδὴ δὲ τὸ ποσὸν τοῦτο τῆς θερμότητος δὲν ἐπιδρᾷ ἐπὶ τοῦ θερμομέτρου, διότι καθ' ὅλην τὴν διάρκειαν τοῦ φαινομένου τῆς τήξεως ἡ θερμοκρασία διατηρεῖται σταθερά, ἐκλήθη ***λανθάνουσα θερμότης.***

Ἀντιστρόφως, ὅταν 1 gr ὕδατος 0 °C μεταβάλλεται εἰς πάγον 0 °C, ἀποδίδει ποσὸν θερμότητος 80 cal. Οὕτω διὰ νὰ τήξωμεν 25 gr πάγου θερμοκρασίας 0 °C καὶ νὰ μεταβάλωμεν αὐτὸν εἰς ὕδωρ θερμοκρασίας 0 °C θ' ἀπαιτηθῇ ποσὸν θερμότητος $Q = 25 \cdot 80 = 2\,000$ cal.

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. ***Ἔστω ὅτι θερμιδομετρικὸν δοχεῖον περιέχει 200 gr ὕδατος, συνυπολογιζομένης καὶ τῆς θερμοχωρητικότητος τοῦ θερμιδομέτρου, καὶ ὅτι ἡ***

ἀρχικὴ θερμοκρασία αὐτοῦ εἶναι 30 °C. Ἐντὸς τοῦ θερμιδομέτρου ρίπτομεν τεμάχιον 25 gr πάγου θερμοκρασίας 0 °C καὶ ἐν τέλει παρατηροῦμεν ὅτι ἡ τελικὴ θερμοκρασία τοῦ ὕδατος τοῦ θερμιδομέτρου εἶναι 18 °C. Πόση εἶναι ἡ θερμότης τήξεως τοῦ πάγου.

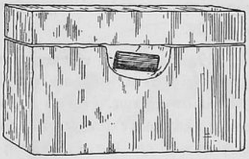
Οὕτω τὸ ποσὸν θερμότητος τὸ ἀποδοθὲν ὑπὸ τοῦ ὕδατος θερμιδομέτρου εἶναι:

$$Q = 200\ (30 - 18) = 2400 \text{ cal.}$$

Τὸ ποσὸν τοῦτο τῆς θερμότητος κατηναλώθη ἀφ' ἑνὸς μὲν διὰ νὰ μεταβάλῃ 25 gr πάγου 0 °C εἰς ὕδωρ 0 °C, ἀπαιτεῖται δὲ πρὸς τοῦτο ποσὸν θερμότητος $25 \cdot x$, ὅπου x ἡ θερμότης τήξεως τοῦ πάγου, ἀφ' ἑτέρου δὲ διὰ τὴν ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας 25 gr ὕδατος ἀπὸ 0 °C εἰς 18 °C, πρὸς τοῦτο δὲ ἀπαιτεῖται ποσὸν θερμότητος $25 \cdot 18 = 450$ cal, ἤτοι: ποσὸν θερμότητος διὰ τῆξιν πάγου καὶ ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας τοῦ ἐκ τῆς τήξεως προελθόντος ὕδατος: $Q_1 = 25\,x + 450$ cal.

Συμφώνως πρὸς τὸ ἀξίωμα τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας, πρέπει νὰ εἶναι: $Q = Q_1$, ὅτε θὰ ἔχωμεν: $2400 = 25\,x + 450$ καὶ $x = \dfrac{2400 - 450}{25} = 78$ cal.

217. Θερμιδόμετρον Black. Τοῦτο ἀποτελεῖται ἐκ τεμαχίου πάγου τιθεμένου ἐντὸς καταλλήλου δοχείου καὶ ἐπὶ τοῦ ὁποίου κατὰ τὴν ἐπιφάνειαν σχηματίζομεν μικρὰν κοιλότητα (σχ. 232). Ἀκολούθως λαμβάνομεν ποσότητα μάζης m ἐκ τοῦ σώματος τοῦ ὁποίου θέλομεν νὰ προσδιορίσωμεν τὴν εἰδικὴν θερμότητα, καὶ θερμαίνομεν τοῦτο μέχρι τῆς θερμοκρασίας t, κατόπιν δὲ φέρομεν αὐτὸ ταχέως ἐπὶ τῆς κοιλότητος τοῦ πάγου. Τὸ σῶμα ψύχεται μέχρι τοῦ 0 °C καὶ ἀποδίδει ποσὸν θερμότητος $m \cdot c \cdot t$, τὸ ὁποῖον ἐχρησιμοποιήθη διὰ τὴν τῆξιν μάζης M gr πάγου, καθοριζομένης διὰ ζυγίσεως τοῦ ὕδατος τοῦ προελθόντος ἐκ τῆς τήξεως τοῦ πάγου, ὁπότε θὰ ἔχωμεν τὴν σχέσιν: $m \cdot c \cdot t = M \cdot 80$, ἐκ τῆς ὁποίας προσδιορίζεται ἡ ἄγνωστος εἰδικὴ θερμότης c.



Σχ. 232. Θερμιδόμετρον Black.

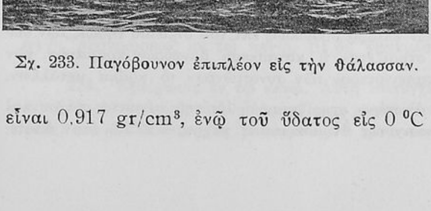
Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. ***Στερεὸν σῶμα μάζης 200 gr καὶ θερμοκρασίας 100 °C τοποθετεῖται ἐντὸς τοῦ θερμιδομέτρου Black, ὁπότε τήκει πάγον 24 gr. Νὰ εὑρεθῇ ἡ εἰδικὴ θερμότης τοῦ σώματος.***

Οὕτω ἔχομεν:

$$c = \frac{M \cdot 80}{m \cdot t} \quad \text{καὶ} \quad c = \frac{24 \cdot 80}{200 \cdot 100} = \frac{1920}{20\,000} = 0{,}096 \frac{\text{cal}}{\text{gr} \cdot \text{grad}}.$$

218. Μεταβολὴ τοῦ ὄγκου κατὰ τὴν τῆξιν.

Εἰς τὰ πλεῖστα τῶν σωμάτων, ἡ τῆξις αὐτῶν συνοδεύεται ὑπὸ αὐξήσεως τοῦ ὄγκου καὶ ἐπομένως ἡ πυκνότης τοῦ στερεοῦ εἶναι μεγαλυτέρα τῆς τοῦ ὑγροῦ, ἐνῷ τὸ ἀντίστροφον συμβαίνει κατὰ τὴν πῆξιν. Τοὐναντίον, εἰς μερικὰ σώματα, ὡς π.χ. τὸ ὕδωρ, ἡ τῆξις συνοδεύεται ὑπὸ ἐλαττώσεως τοῦ ὄγκου καὶ ἐπομένως ἡ πυκνότης τοῦ πάγου εἶναι μικροτέρα τῆς τοῦ ὕδατος. Οὕτως ἡ πυκνότης τοῦ πάγου εἰς 0 °C εἶναι 0,917 gr/cm³, ἐνῷ τοῦ ὕδατος εἰς 0 °C εἶναι 0,99987 gr/cm³.



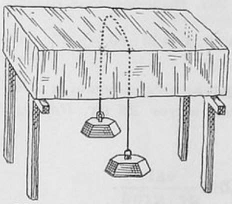
Σχ. 233. Παγόβουνον ἐπιπλέον εἰς τὴν θάλασσαν.

Λόγῳ τῆς μικροτέρας πυκνότητος τοῦ πάγου ἀπὸ τὸ θαλάσσιον ὕδωρ, παρατηροῦνται τὰ ***παγόβουνα*** εἰς τὰς πολικὰς θαλάσσας. Ὁ ὄγκος τοῦ παγοβούνου εἶναι βυθισμένος ἐντὸς τῆς θαλάσσης κατὰ τὰ 0,9 τοῦ ὄγκου αὐτοῦ, ἐνῷ τὸ ὑπόλοιπον 0,1 ἐξέχει τοῦ θαλασσίου ὕδατος (σχ. 233).

Παρατήρησις. Ἡ ἀνωμαλία αὕτη τοῦ ὕδατος, συνδυαζομένη μετὰ τῆς ἑτέρας ἀνωμαλίας, καθ᾽ ἣν τὸ ὕδωρ παρουσιάζει εἰς 4 ^{0}C τὴν μεγαλυτέραν του πυκνότητα, ἔχει σπουδαιοτάτην σημασίαν εἰς τὴν οἰκονομίαν τῆς φύσεως, διότι κατὰ τὸν χειμῶνα στερεοποιοῦνται μόνον τὰ κατ᾽ ἐπιπολὴν στρώματα τῶν λιμνῶν καὶ τῶν θαλασσῶν, καὶ ὁ πάγος ἐπιπλέει βυθιζόμενος μόνον κατὰ τὰ 0,9 τοῦ ὄγκου του. Οὕτω, τὸ σχηματισθὲν στρῶμα πάγου παρακωλύει τὴν ψῦξιν τῶν ὑποκειμένων στρωμάτων, διότι οὗτος ἀποτελεῖ κακὸν ἀγωγὸν τῆς θερμότητος.

Ἐξ ἄλλου, λόγῳ τῆς διαστολῆς τὴν ὁποίαν ὑφίσταται τὸ ὕδωρ στερεοποιούμενον, ἀναπτύσσονται ἐξόχως μεγάλαι δυνάμεις, ὅταν τοῦτο στερεοποιῆται εἰς περιωρισμένον χῶρον. Οὕτω τὸ ὕδωρ τῶν βροχῶν τὸ συσσωρευόμενον ἐντὸς τῶν ρωγμῶν τῶν βράχων, ὅταν στερεοποιῆται κατὰ τὸν χειμῶνα, προκαλεῖ ρῆξιν τῶν βράχων, καὶ ἐπιφέρει ἀποσάθρωσιν αὐτῶν.

219. Μεταβολὴ τοῦ σημείου τήξεως μετὰ τῆς πιέσεως. Διὰ τὰ σώματα τὰ ὁποῖα τηκόμενα ὑφίστανται αὔξησιν τοῦ ὄγκου των, αὔξησις τῆς ἔξωθεν πιέσεως προκαλεῖ αὔξησιν τοῦ σημείου τήξεως, ἐνῷ τὸ ἀντίστροφον συμβαίνει διὰ τὰ σώματα τὰ ὁποῖα τηκόμενα ὑφίστανται ἐλάττωσιν τοῦ ὄγκου αὐτῶν. Οὕτω διὰ τὸν πάγον τὸ σημεῖον τήξεως εἶναι 0 ^{0}C ὑπὸ πίεσιν 76 cm Hg, ἐνῷ ἐὰν ἡ πίεσις αὐξηθῇ κατὰ 1 ἀτμόσφαιραν τὸ σημεῖον τήξεως τοῦ πάγου καθίσταται — 0,0075 ^{0}C, εἰς τὴν αἰτίαν δὲ ταύτην ὀφείλεται τὸ φαινόμενον τῆς ἀναπήξεως τοῦ πάγου, τὸ ὁποῖον δεικνύεται διὰ τῆς ἐν σχήματι 234 διατάξεως.



Σχ. 234. Ἀνάπηξις τοῦ πάγου.

Ἐὰν εἰς πλάκα πάγου διαπεράσωμεν θηλὴν ἐκ λεπτοῦ σύρματος καὶ φορτίσωμεν ἀκολούθως αὐτὴν διὰ βάρους, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ θηλὴ βαθμηδὸν διέρχεται ἐξ ὁλοκλήρου διὰ τῆς πλακὸς τοῦ πάγου, χωρὶς αὐτὴ νὰ κοπῇ εἰς δύο μέρη. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἐξηγεῖται ὡς ἑξῆς: Εἰς τὰ σημεῖα τῆς ἀνωτέρας ἐπιφανείας τῆς πλακός, ὅπου ἐφάπτεται τὸ σύρμα, ἡ πίεσις εἶναι κατὰ πολὺ ἀνωτέρα τῆς ἀτμοσφαιρικῆς, ὡς ἐκ τούτου δὲ ὁ πάγος δὲν δύναται νὰ εὑρίσκεται ὑπὸ στερεὰν κατάστασιν, καὶ οὕτω τήκεται, ὁπότε ἡ θηλή, ὑπὸ τὴν ἐπενέργειαν τοῦ κάτωθεν ἐξηρτημένου βάρους, εἰσχωρεῖ πρὸς τὸ ἐσωτερικὸν τῆς πλακός. Μόλις ὅμως ἡ θηλὴ εἰσχωρήσῃ εἰς τὸ ἐσωτερικόν, παύει ἄνωθεν αὐτῆς νὰ ὑφίσταται ἡ πίεσις, καὶ ὡς ἐκ τούτου ὁ πάγος ἀναπήγνυται, τὸ φαινόμενον δὲ αὐτὸ ἐξακολουθεῖ καθ᾽ ὅμοιον τρόπον μέχρις ὅτου ἡ θηλὴ ἐξέλθῃ ἐκ τῆς πλακός.

220. Ἐπίδρασις ξένων προσμίξεων. Τὸ σημεῖον τήξεως σώματος ὑπὸ σταθερὰν θερμοκρασίαν ἀποτελεῖ χαρακτηριστικὴν σταθερὰν τοῦ σώματος, ὁ δὲ καθορισμὸς αὐτοῦ ἀποτελεῖ εὔκολον μέσον διὰ νὰ ἐξακριβώσωμεν ἐὰν τὸ σῶμα περιέχῃ νοθείαν. Οὕτω π.χ. ἡ καθαρὰ ναφθαλίνη τήκεται εἰς 78 ^{0}C, ἐὰν ὅμως εἰς δεῖγμα ναφθαλίνης ἐξακριβώσωμεν ὅτι τὸ σημεῖον τήξεως αὐτῆς εἶναι διάφορον τῶν 78 ^{0}C, ὑπὸ τὴν κανονικὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν, συνάγομεν ὅτι τὸ δεῖγμα τῆς ναφθαλίνης περιέχει ξένας προσμίξεις, ἤτοι εἶναι νοθευμένον.

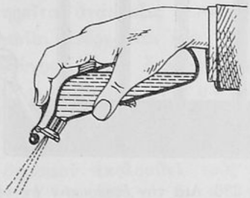
Ἡ παρουσία ὅθεν ξένων προσμίξεων ἐπιδρᾷ οὐσιωδῶς ἐπὶ τοῦ σημείου τήξεως τῶν σωμάτων, ἐπὶ τοῦ φαινομένου δὲ τούτου στηρίζεται ἡ κατασκευὴ διαφόρων κραμάτων, τῶν ὁποίων τὸ σημεῖον τήξεως εἶναι πολὺ ταπεινότερον τῶν συνιστώντων τὸ κρᾶμα μετάλλων.

221. Ψυκτικὰ μίγματα. Ἐπὶ τῶν ἀνωτέρω στηρίζεται ἡ ἰδιότης μίγματος πάγου καὶ μαγειρικοῦ ἅλατος νὰ προκαλῇ ταπείνωσιν τῆς θερμοκρασίας μέχρις — 22 ^{0}C, ὅταν ἀποτελῆται ἐκ 3 μερῶν πάγου καὶ 1 μέρους ἅλατος. Ἐπίσης, μῖγμα ἐκ 4 μερῶν πάγου καὶ 6 μερῶν χλωριούχου ἀσβεστίου ὑποβιβάζει τὴν θερμοκρασίαν μέχρι — 40 ^{0}C.

222. Ὑστέρησις πήξεως. Τὸ ὕδωρ ὑπὸ καταλλήλους συνθήκας δύναται νὰ ψυχθῇ κάτω τοῦ μηδενός, χωρὶς νὰ παρατηρηθῇ πῆξις αὐτοῦ. Τὸ φαινόμενον τοῦτο δὲν παρατηρεῖται μόνον εἰς τὸ ὕδωρ, ἀλλὰ καὶ εἰς ἄλλα σώματα, συμβαίνει ὅμως μόνον κατὰ τὴν μετάβασιν τῶν σωμάτων ἐκ τῆς ὑγρᾶς εἰς τὴν στερεὰν κατάστασιν, ὄχι ὅμως καὶ ἀντιστρόφως.

Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται ***ὑστέρησις πήξεως (ἢ ὑπέρτηξις)***. Τὸ ἐν ὑστερήσει πήξεως ὕδωρ εὑρίσκεται εἰς ἀσταθῆ κατάστασιν, διότι ἀρκεῖ νὰ διαταράξωμεν ἐλαφρῶς τὸ ὕδωρ ἢ νὰ ρίψωμεν ἐν αὐτῷ κρυστάλλιον πάγου, ἵνα τοῦτο στερεοποιηθῇ ἀποτόμως, τῆς θερμοκρασίας αὐτοῦ ἀνερχομένης εἰς 0 ^{0}C. Τὸ ὀξεικὸν νάτριον πήγνυται εἰς 58 ^{0}C, δυνάμεθα ὅμως ὑπὸ καταλλήλους συνθήκας νὰ ψύξωμεν αὐτὸ μέχρι τῆς συνήθους θερμοκρασίας, χωρὶς νὰ παρατηρηθῇ στερεοποίησις αὐτοῦ.

223. Ἐξαέρωσις. ***Ἡ μετάβασις ἐκ τῆς ὑγρᾶς καταστάσεως εἰς τὴν ἀέριον κατάστασιν καλεῖται ἐξαέρωσις.*** Ἐφ' ὅσον δὲ αὕτη λαμβάνει χώραν χωρὶς νὰ παρέχεται ἔξωθεν εἰς τὸ ὑγρὸν θερμότης, συνοδεύεται ὑπὸ ψύξεως. Οὕτως ἐὰν ἐπὶ τῆς χειρός μας τοποθετήσωμεν οἰνόπνευμα ἢ αἰθέρα, τὰ ὑγρὰ ταῦτα, ἐξαερούμενα, προκαλοῦν τοπικὴν ψύξιν, χρησιμοποιεῖται δὲ τὸ φαινόμενον τοῦτο διὰ τὴν παραγωγὴν τοπικῆς ἀναισθησίας. Διὰ ταχείας ἐξαερώσεως τῆς ἀμμωνίας, δυνάμεθα νὰ ψύξωμεν τὸ ὕδωρ μέχρι τοιούτου βαθμοῦ, ὥστε τοῦτο νὰ στερεοποιηθῇ. Τὴν μέθοδον ταύτην χρησιμοποιοῦμεν βιομηχανικῶς πρὸς παραγωγὴν πάγου. Ἡ ἐν σχήματι 235 εἰκονιζομένη διάταξις χρησιμεύει πρὸς παραγωγὴν τοπικῆς ἀναισθησίας διὰ ψύξεως δι' ἐξαερώσεως χλωριούχου αἰθυλίου.

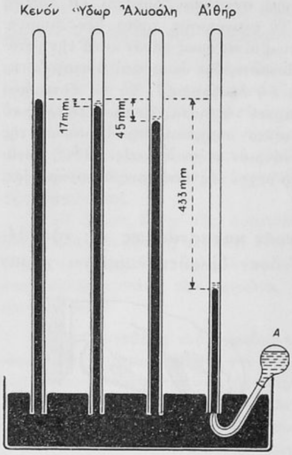


Σχ. 235. Ὁ σωλὴν περιέχει χλωριοῦχον αἰθύλιον, τὸ ὁποῖον διὰ καταλλήλου χειρισμοῦ ἐναποτίθεται ἐπὶ τῆς περιοχῆς ὅπου θέλομεν δι' ἐξαερώσεως αὐτοῦ νὰ προκαλέσωμεν ἀναισθησίαν διὰ ψύξεως.

Ἐξ ἄλλου ὅταν ἐν καιρῷ θέρους θερμαινόμεθα ἢ ὅταν θερμαινόμεθα λόγῳ κουραστικῆς ἐργασίας, ἡ θερμοκρασία τοῦ αἵματος δὲν αὐξάνεται, διότι ἐπὶ τοῦ δέρματος ἀναφαίνεται αὐτομάτως ἱδρώς, ἢ ὡς συνήθως λέγομεν ὑφιστάμεθα ἐφίδρωσιν, ἡ δὲ ἐξάτμισις τοῦ ἱδρῶτος ἀπαιτεῖ θερμότητα ἡ ὁποία παραλαμβάνεται ἐκ τοῦ σώματος, οὕτω δὲ ἡ θερμοκρασία τοῦ σώματος παραμένει σταθερά. Ἐὰν ὅμως ἄνθρωπος ἱδρωμένος ἐκτίθεται εἰς ρεῦμα ἀέρος, τότε ἡ ἐξάτμισις τοῦ ἱδρῶτος γίνεται πολὺ ἐντόνως, τοῦτο δὲ ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα τὴν ἀπότομον ψῦξιν τοῦ σώματος ἡ ὁποία ἐπιφέρει κρυολόγημα. Διὰ τὸν αὐτὸν ἐπίσης λόγον εἶναι πολὺ ἐπικίνδυνον νὰ ἐκτιθέμεθα εἰς ρεῦμα ἀέρος φέροντες ὑγρὰ ἐνδύματα.

Τὴν ἐξαέρωσιν ὑγροῦ δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν κυρίως κατὰ τρεῖς τρόπους: α) δι' ἐξαερώσεως ἐν τῷ κενῷ, β) δι' ἐξατμίσεως, γ) διὰ βρασμοῦ.

224. Ἐξαέρωσις ἐν τῷ κενῷ. Αὕτη ἐπιτυγχάνεται διὰ τῆς ἐν σχήματι 236 διατάξεως, ἐν τῇ ὁποίᾳ ὁ ἄνωθεν τοῦ ὑδραργύρου χῶρος ἀποτελεῖ κενὸν ὡς ἐν τῷ πειράματι Torricelli. Διὰ τοῦ σωλῆνος Α δυνάμεθα νὰ εἰσάγωμεν ἐν τῷ βαρομετρικῷ θαλάμῳ κατὰ μικρὰς σταγόνας διάφορα ὑγρά. Οὕτως ἐὰν εἰς τὸν ἕνα σωλῆνα εἰσαγάγωμεν εἰς τὸν βαρομετρικὸν θάλαμον σταγόνα ὕδατος, αὕτη ἐξαεροῦται ὁλοσχερῶς καὶ ἀκαριαίως, μεταβαλλομένη εἰς ἀ τ μ ὸ ν ὕ δ α τ ο ς, ἐνῷ ταυτοχρόνως ὁ ὑδράργυρος κατέρχεται εἰς τὸν σωλῆνα, λόγῳ τῆς ὑπὸ τοῦ ἀτμοῦ ἀσκουμένης πιέσεως. Ὑπὸ τὴν κατάστασιν ταύτην ὁ ἀτμός, ἤτοι τὸ ἀέριον τὸ προερχόμενον ἐκ τῆς ἐξαερώσεως τοῦ ὑγροῦ, καλεῖται ***ἀκόρεστος***. Ἐὰν εἰσαγάγωμεν δευτέραν, τρίτην κ.ο.κ. σταγόνα ὕδατος, παρατηροῦμεν ἐπαναλαμβανόμενον τὸ αὐτὸ φαινόμενον. Ἐν τέλει ὅμως ἐπέρχεται στιγμὴ κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ εἰσαγομένη σταγὼν ὕδατος δὲν ἐξαεροῦται, ἀλλὰ παραμένει ὡς ὑγρὸν ἐπὶ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου. Ὅταν συμβῇ τοῦτο, λέγομεν ὅτι ὁ χῶρος ἐκορέσθη ἀτμῶν, ὁ δὲ ἀτμὸς καλεῖται ***κεκορεσμένος***.



Σχ. 236. Διὰ τὴν ἐξαέρωσιν ἐν τῷ κενῷ. Οἱ σωλῆνες περιέχουν κεκορεσμένους ἀτμοὺς διαφόρων ὑγρῶν, οἱ ὁποῖοι δεικνύουν διάφορον μεγίστην τάσιν. A, διάταξις εἰσαγωγῆς ὑγροῦ εἰς τοὺς σωλῆνας.

Τὴν πίεσιν τὴν ὁποίαν ἀσκεῖ ἀτμὸς καλοῦμεν εἰδικώτερον ***τάσιν τοῦ ἀτμοῦ***, εἰς δὲ τὴν κατάστασιν κόρου ὁ ἀτμὸς παρουσιάζει τὴν ***μεγίστην τάσιν***.

Οἱ ἀκόρεστοι ἀτμοὶ συμπεριφέρονται ὡς τὰ ἀέρια, καὶ ἑπομένως ἰσχύουν δι᾿ αὐτοὺς ὅσα ἐλέχθησαν προκειμένου περὶ τῶν ἀερίων. Οἱ κεκορεσμένοι ὅμως ἀτμοὶ ἀκολουθοῦν ὅλως διαφόρους νόμους, οἱ ὁποῖοι εἶναι οἱ ἀκόλουθοι:

α) ***Ἡ μεγίστη τάσις τῶν ἀτμῶν εἶναι ἀνεξάρτητος τοῦ ὄγκου.*** Πράγματι ὅταν ἐλαττοῦμεν τὸν ὄγκον κεκορεσμένου ἀτμοῦ, ἡ πίεσις αὐτοῦ δὲν αὐξάνεται, ἀλλὰ μέρος τοῦ ἀτμοῦ ὑγροποιεῖται, ἐνῷ ὅταν αὐξάνωμεν τὸν ὄγκον κεκορεσμένου ἀτμοῦ ἡ πίεσις αὐτοῦ πάλιν παραμένει ἀμετάβλητος, ὑγρὸν ὅμως τὸ ὁποῖον εὑρίσκεται ἐν ἐπαφῇ πρὸς τὸν ἀτμὸν ἐξαεροῦται.

β) ***Ἡ μεγίστη τάσις τῶν ἀτμῶν αὐξάνεται μετὰ τῆς θερμοκρασίας.*** Οὕτως ἐνῷ ἡ πίεσις τοῦ κεκορεσμένου ἀτμοῦ εἰς θερμοκρασίαν 100 ^{0}C εἶναι περίπου 1 kgr*/cm^2, εἰς θερμοκρασίαν 160 ^{0}C εἶναι περίπου 5 kgr*/cm^2 καὶ εἰς θερμοκρασίαν 240 ^{0}C περίπου 30 kgr*/cm^2.

Ὁ παρατιθέμενος πίναξ δίδει μερικὰς τιμὰς τάσεως ἀτμῶν ὕδατος εἰς διαφόρους θερμοκρασίας.

Θερμοκρασία ^{0}C	Τάσις mm Hg	Θερμοκρασία ^{0}C	Τάσις εἰς ἀτμόσφ.
— 25	0,5	100	1
0	5	120	2
25	24	153	5
50	92	180	10
75	289	200	15

γ) ***Ἡ μεγίστη τάσις τῶν ἀτμῶν ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς φύσεως τοῦ ὑγροῦ.*** Οὕτως ὑπὸ τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν ἡ μεγίστη τάσις τῶν ἀτμῶν τῆς ἀλκοόλης εἶναι μεγαλυτέρα τῆς τῶν ἀτμῶν τοῦ ὕδατος, ἐνῷ ἡ μεγίστη τάσις τῶν ἀτμῶν τοῦ αἰθέρος εἶναι μεγαλυτέρα τῆς ἀλκοόλης.

225. Ἐξάτμισις. ***Καλεῖται ἐ ξ ά τ μ ι σ ι ς ἡ βραδεῖα παραγωγὴ ἀτμῶν, ἥτις λαμβάνει χώραν μόνον κατὰ τὴν ἐλευθέραν ἐπιφάνειαν τοῦ ὑγροῦ.*** Ὅλα τὰ ὑγρὰ ἐν γένει ἐξατμίζονται, ἐκεῖνα ὅμως τὰ ὁποῖα δεικνύουν ταχεῖαν ἐξάτμισιν καλοῦνται πτητικά, ὡς π.χ. ὁ αἰθήρ, ἡ βενζίνη. Ὑπάρχουν ὅμως ὡρισμένα ὑγρά, τὰ ὁποῖα δὲν ἀναδίδουν ἀτμούς, ὡς π.χ. τὸ θειικὸν ὀξύ, τὸ ἔλαιον κ.ἄ.

Ὀνομάζομεν **ταχύτητα ἐξατμίσεως** ***τὴν μᾶζαν τοῦ ἐξαερουμένου ὑγροῦ εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου.*** Ἡ ταχύτης τῆς ἐξατμίσεως εἶναι τόσον μεγαλυτέρα, ὅσον ἡ ἔκτασις τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ εἶναι μεγαλυτέρα, ὅσον ἡ θερμοκρασία εἶναι μεγαλυτέρα, ὅσον ἡ ἐπιφερομένη ἐπὶ τοῦ ὑγροῦ πίεσις μικροτέρα καὶ ὅσον ἡ περιβάλλουσα ἀτμόσφαιρα εἶναι πτωχοτέρα εἰς ἀτμούς.

226. Βρασμός. Ὅταν θερμαίνωμεν ὑγρόν, π. χ. ὕδωρ ἐν ποτηρίῳ ζέσεως, βλέπομεν ὅτι ἐν ἀρχῇ ἀναφαίνονται μικραὶ φυσαλίδες ὀφειλόμεναι εἰς τὸν ἐντὸς τοῦ ὕδατος διαλελυμένον ἀέρα, ὁ ὁποῖος διὰ τῆς θερμάνσεως ἐκλύεται. Ἀκολούθως ἀναφαίνονται μικραὶ φυσαλίδες ἀτμοῦ, αἱ ὁποῖαι, φερόμεναι πρὸς τὰ ἄνω, συναντοῦν ψυχρότερα στρώματα τοῦ ὕδατος καὶ ὑγροποιοῦνται, εἰς τοῦτο δὲ ὀφείλεται ὁ χαρακτηριστικὸς συριγμὸς (σιγμὸς) τοῦ ὕδατος ὁ ὁποῖος πάντοτε προηγεῖται τοῦ φαινομένου τοῦ βρασμοῦ. Τέλος παρατηρεῖται ἀνάπτυξις μεγαλυτέρων φυσαλίδων ἀτμοῦ ἐντὸς τῆς μάζης τοῦ ὑγροῦ, αἱ ὁποῖαι ἀνέρχονται πρὸς τὰ ἄνω καὶ φθάνουν μέχρι τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ, ὅπου διαρρηγνύονται. Ἀπὸ τῆς στιγμῆς ταύτης λέγομεν ὅτι ἄρχεται τὸ φαινόμενον τοῦ βρασμοῦ, *τὸ ὁποῖον συνίσταται εἰς τὴν ἀθρόαν ἀνάπτυξιν φυσαλίδων ἀτμοῦ καθ' ὅλην τὴν μᾶζαν τοῦ ὑγροῦ.*

Νόμοι τοῦ βρασμοῦ. Τὸ φαινόμενον τοῦ βρασμοῦ ἀκολουθεῖ τοὺς ἑξῆς νόμους:

1) ***Ὁ βρασμὸς ὑγροῦ ἄρχεται πάντοτε εἰς ὡρισμένην θερμοκρασίαν, ἡ ὁποία ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς φύσεως τοῦ ὑγροῦ καὶ ἐξ ὡρισμένων ἄλλων συνθηκῶν.*** Ἡ θερμοκρασία κατὰ τὴν ὁποίαν ἄρχεται ὁ βρασμὸς ὑγροῦ καλεῖται ***θερμοκρασία ἢ σημεῖον βρασμοῦ ἢ σημεῖον ζέσεως*** τοῦ ὑγροῦ.

2) ***Ὅταν ὑγρὸν βράζῃ, ἡ θερμοκρασία αὐτοῦ παραμένει σταθερὰ μέχρι τελείας ἐξαερώσεως τοῦ ὑγροῦ.***

3) ***Ὅταν ὑγρὸν βράζῃ, ἡ θερμοκρασία τοῦ ἀτμοῦ του, ἀμέσως ἄνωθεν τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας του, συμπίπτει πρὸς τὴν θερμοκρασίαν ἐκείνην κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ μεγίστη τάσις τοῦ ἀτμοῦ του ἰσοῦται πρὸς τὴν ἔξωθεν ἀσκουμένην πίεσιν.***

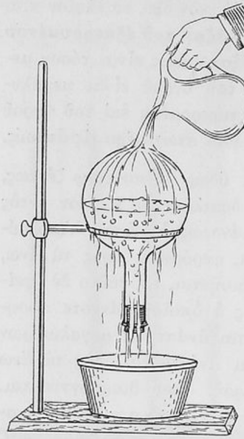
Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει, ὅτι τὸ σημεῖον ζέσεως ὑγροῦ ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς ἔξωθεν ἐπιφερομένης πιέσεως, ὡς ἐκ τούτου δὲ ἐκφράζομεν τὸ σημεῖον ζέσεως ὑγροῦ εἰς πίεσιν 76 cm Hg, καλοῦμεν δὲ τοῦτο ***κανονικὸν σημεῖον ζέσεως.***

Ὁ κατωτέρω πίναξ δίδει τὰ σημεῖα ζέσεως σωμάτων τινῶν εἰς °C καὶ ὑπὸ πίεσιν 760 mm Hg.

Αἰθὴρ . . .	35 °C	Πετρέλαιον . . .	115	Μόλυβδος . .	370
Ἀλκοόλη . .	78	Τερεβινθέλαιον .	161	Χρυσὸς . . .	2500
Ὕδωρ . . .	100	Ὑδράργυρος . .	357	Σίδηρος . . .	3000

227. Μεταβολὴ τοῦ σημείου ζέσεως μετὰ τῆς πιέσεως. Τὸ ὕδωρ ὑπὸ πίεσιν 760 Torr βράζει εἰς 100 °C, ἐνῷ ὑπὸ πίεσιν 733,4 Torr βράζει εἰς 99°, καὶ ὑπὸ πίεσιν 786,2 Torr βράζει εἰς 101 ^{0}C. Ἐν γένει αὔξησις τῆς πιέσεως ἐπιφέρει αὔξησιν τοῦ σημείου ζέσεως, τὸ ἀντίθετον δὲ συμβαίνει ὅταν ἡ πίεσις ἐλαττοῦται. Τοῦτο εἶναι ἄμεσος συνέπεια τοῦ τρίτου νόμου τοῦ βρασμοῦ.

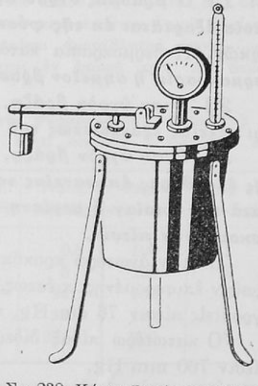
Τὴν ταπείνωσιν τοῦ σημείου ζέσεως δι' ἐλαττώσεως τῆς ἐπιφερομένης ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ πιέσεως δεικνύομεν διὰ τῆς ἐν σχήματι 237 διατάξεως, ὀφειλομένης εἰς τὸν **Franklin.** Τὸ ἐν τῇ φιάλῃ ὕδωρ βράζομεν παρατεταμένως πρὸς ἐκδίωξιν τοῦ ἀέρος καὶ ἀκολούθως κλείομεν τὴν φιάλην ἀεροστεγῶς δι' ἐλαστικοῦ πώματος καὶ ἀνεστρέφομεν αὐτήν. Ἄνωθεν τοῦ ὑγροῦ δὲν ὑφίστανται παρὰ μόνον ἀτμοί του, ἡ δὲ πίεσις ἰσοῦται πρὸς τὴν μεγίστην τάσιν αὐτοῦ. Ἐὰν ψύχωμεν κατὰ τὸ ἄνω μέρος τὸ δοχεῖον, ἡ μεγίστη τάσις τῶν ἀτμῶν ἐλαττοῦται, καὶ οὕτω βλέπομεν ὅτι τὸ ὑγρὸν ἀρχίζει ἐκ νέου νὰ βράζῃ. Ἐξ ἄλλου, ὕδωρ τιθέμενον ὑπὸ τὸν κώδωνα ἀεραντλίας δύναται νὰ βράσῃ εἰς τὴν συνήθη θερμοκρασίαν, ὅταν ἡ πίεσις ἐλαττωθῇ σημαντικῶς. Ἐπὶ τῆς αὐτῆς ἀρχῆς στηρίζεται τὸ ***ὑψιμετρικὸν θερμόμετρον***, διὰ τοῦ ὁποίου προσδιορίζοντες τὴν θερμοκρασίαν ζέσεως τοῦ ὕδατος, δυνάμεθα ἀκολούθως διὰ πινάκων νὰ καθορίσωμεν τὸ ὕψος.



Σχ. 237. Πείραμα Franklin.

228. Χύτρα Papin. Αὕτη ἀποτελεῖ τὴν ἀρχὴν τῶν ἀτμολεβήτων καὶ εἰκονίζεται εἰς τὸ σχῆμα 238. Ὁ βραστὴρ ἀποτελεῖται ἐκ δοχείου μεταλλικοῦ μὲ παχέα ἀνθεκτικὰ τοιχώματα καὶ κλείεται ἀεροστεγῶς διὰ πώματος φέροντος ἀσφαλιστικὴν δικλεῖδα, ὀπὴν διὰ τὴν εἰσδοχὴν θερμομέτρου, καὶ ἑτέραν ὀπὴν συγκοινωνοῦσαν πρὸς μανόμετρον.

Διὰ τῆς διατάξεως ταύτης δυνάμεθα νὰ θερμάνωμεν τὸ ὕδωρ ἄνω τῆς θερμοκρασίας τῶν 100 ^{0}C, χωρὶς νὰ παρατηρηθῇ βρασμὸς αὐτοῦ. Πράγματι, ἐφ' ὅσον τὸ δοχεῖον κλείεται ἀεροστεγῶς, εἶναι φανερὸν ὅτι τὸ ὕδωρ θὰ εὑρίσκεται ὑπὸ τὴν πίεσιν τοῦ ἀτμοῦ του καὶ τοῦ ἀέρος ἐν τῷ δοχείῳ, ἑπομένως ἡ συνολικὴ ἐπ' αὐτοῦ πίεσις εἰς πᾶσαν θερμοκρασίαν εἶναι πάντοτε ἀνωτέρα τῆς μεγίστης τάσεως τοῦ ἀτμοῦ, οὕτω δέ, συμφώνως πρὸς τὸν τρίτον νόμον τοῦ βρασμοῦ, τὸ ὕδωρ ἐν τῷ δοχείῳ εἶναι ἀδύνατον νὰ βράσῃ. Διὰ τῆς διατάξεως ταύτης ἐπιτυγχάνομεν εἰς τοὺς λέβητας τὴν αὔξησιν τῆς πιέσεως τοῦ ἀτμοῦ δι' αὐξήσεως τῆς θερμοκρασίας τοῦ ὕδατος. Ὅταν δὲ ἡ πίεσις τοῦ ἀτμοῦ καταστῇ ἱκανὴ νὰ ἀνοίξῃ τὴν δικλεῖδα, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ πίεσις ἐλαττοῦται ἀποτόμως, ἡ θερμοκρασία τοῦ ὕδατος πίπτει εἰς 100^0, καὶ τὸ ὕδωρ ἀναβράζει βιαίως.



Σχ. 238. Χύτρα Papin μετ' ἀσφαλιστικῆς βαλβίδος, μανομέτρου καὶ θερμομέτρου.

229. Θερμότης ἐξαερώσεως. Καλοῦμεν ***θερμότητα ἐξαερώσεως τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος, τὸ ὁποῖον ἀπαιτεῖται ἵνα 1 gr ὑγροῦ ὑπὸ τὴν θερμοκρασίαν τοῦ βρασμοῦ του μεταβληθῇ εἰς κεκορεσμένον ἀτμὸν τῆς αὐτῆς θερμοκρασίας.*** Οὕτω διὰ τὸ ὕδωρ ὑπὸ πίεσιν 76 cm Hg ἡ θερμοκρασία βρασμοῦ εἶναι 100 ^{0}C καὶ ἑπομένως ἡ θερμότης ἐξαερώσεως τοῦ ὕδατος εἶναι τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος τὸ ὁποῖον ἀπαιτεῖται ὅπως 1 gr ὕδατος θερμοκρασίας 100 ^{0}C μεταβληθῇ εἰς κεκορεσμένον ἀτμὸν τῆς αὐτῆς θερμοκρασίας.

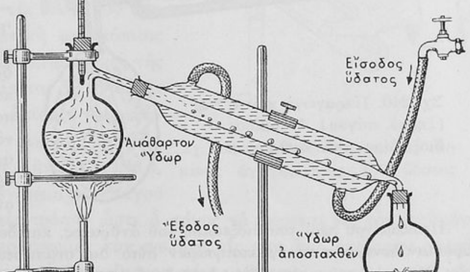
Ἐκ μετρήσεων καθωρίσθη ὅτι ἡ θερμότης ἐξαερώσεως τοῦ ὕδατος εἰς 100 ^{0}C εἶναι 539,1 cal/gr. Ἡ θερμότης ἐξαερώσεως ὑγροῦ ἐξαρτᾶται ἐν γένει ἐκ τῆς θερμοκρασίας.

Ἐπειδή, ὅταν ὑγρὸν βράζῃ, ἡ θερμοκρασία αὐτοῦ διατηρεῖται σταθερὰ καὶ ἑπομένως τὸ προσφερόμενον ἔξωθεν ποσὸν θερμότητος δὲν ἐπιδρᾷ ἐπὶ τοῦ θερμομέτρου, ἡ θερμότης ἐξαερώσεως καλεῖται τότε ***λανθάνουσα θερμότης***.

230. Μεταβολὴ τοῦ ὄγκου κατὰ τὴν ἐξαέρωσιν. Ἡ πυκνότης τοῦ ἀτμοῦ ὑγροῦ τινος εἶναι ἐν γένει κατὰ πολὺ μικροτέρα τῆς πυκνότητος τοῦ ὑγροῦ. Οὕτως ἡ πυκνότης τοῦ ὕδατος εἰς 100 ^{0}C εἶναι 0,958 gr/cm^3 καὶ ὁ ὄγκος αὐτοῦ 1,044 cm^3, ἐνῷ εἰς τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν, ἡ πυκνότης τοῦ ὑδρατμοῦ εἶναι 0,00059 gr/cm^3 καὶ ὁ ὄγκος αὐτοῦ 1700 cm^3, ἤτοι περίπου 1 700 φορὰς μεγαλύτερος τοῦ ὄγκου 1 gr ὕδατος 100 ^{0}C.

231. Ἐξάχνωσις. Τὰ σώματα γενικῶς, ὑπὸ τὰς συνήθεις συνθήκας θερμοκρασίας καὶ πιέσεως, μεταβαίνουν ἐκ τῆς στερεᾶς εἰς τὴν ἀέριον κατάστασιν, ἀφοῦ προηγουμένως διέλθουν διὰ τῆς ὑγρᾶς καταστάσεως. Παράδειγμα τοιοῦτον ἀποτελεῖ ὁ πάγος. Ὑπάρχουν ὅμως σώματα τὰ ὁποῖα, ὑπὸ τὰς συνήθεις συνθήκας, μεταβαίνουν ἐκ τῆς στερεᾶς ἀμέσως εἰς τὴν ἀέριον κατάστασιν, χωρὶς προηγουμένως νὰ διέλθουν διὰ τῆς ὑγρᾶς καταστάσεως. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται ***ἐξάχνωσις***, καὶ παρατηρεῖται π. χ. ὑπὸ τὰς συνήθεις συνθήκας εἰς τὸ ἰώδιον. Ἀλλὰ καὶ ὁ πάγος, ὑπὸ καταλλήλους συνθήκας θερμοκρασίας καὶ πιέσεως, δύναται νὰ ὑποστῇ ἐξάχνωσιν, δηλ. νὰ μεταβληθῇ εἰς ἀτμόν, χωρὶς νὰ διέλθῃ διὰ τῆς ἐνδιαμέσου ὑγρᾶς καταστάσεως.

232. Συμπύκνωσις ὑδρατμῶν. Οἱ ἀτμοὶ ἐν γένει μεταπίπτουν διὰ τῆς ψύξεως εἰς τὴν ὑγρὰν κατάστασιν, τὸ δὲ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται ***ὑγροποίησις*** ἢ ***συμπύκνωσις τῶν ἀτμῶν.***



Σχ. 239. Συσκευὴ ἀποστάξεως.

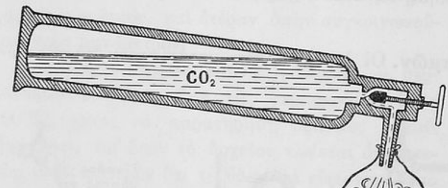
Τὸ φαινόμενον τοῦτο χρησιμοποιεῖται εἰς τὴν ἀπόσταξιν, διὰ τῆς ὁποίας δυνάμεθα π.χ. ἐκ τοῦ πηγαίου ὕδατος, τὸ ὁποῖον περιέχει ξένας προσμίξεις ἐν διαλύσει, νὰ παρασκευάσωμεν καθαρόν, ἢ ἄλλως, ἀπεσταγμένον ὕδωρ. Πρὸς τοῦτο, θερμαίνομεν τὸ ὕδωρ ἐντὸς καταλλήλου δοχείου, ὁπότε οἱ παραγόμενοι ἀτμοὶ αὐτοῦ διέρχονται δι' ἀπαγωγοῦ σωλῆνος, ὁ ὁποῖος ψύχεται διὰ καταλλήλου ψυκτῆρος (σχ. 239). Οἱ ἀτμοὶ ὑγροποιοῦνται, καὶ τὸ οὕτω προκύπτον ἀπεσταγμένον ὕδωρ συλλέγεται εἰς ὑποδοχέα.

Ἡ ἀπόσταξις χρησιμοποιεῖται τὰ μέγιστα εἰς τὴν βιομηχανίαν, πρὸς ἀποχωρισμὸν διαφόρων ὑγρῶν, ἐχόντων διάφορον σημεῖον ζέσεως, ἐκ μίγματος αὐτῶν, ὅτε ἡ ἀπόσταξις καλεῖται, εἰδικώτερον, ***κλασματικὴ ἀπόσταξις***. Οὕτω, διὰ τῆς μεθόδου τῆς κλασματικῆς ἀποστάξεως, δυνάμεθα ἐκ τοῦ ἀκαθάρτου πετρελαίου νὰ ἐξαγάγωμεν τὰ διάφορα προϊόντα αὐτοῦ, ἤτοι τοὺς διαφόρους τύπους βενζίνης, τὸ φωτιστικὸν πετρέλαιον κ.ο.κ.

233*. Ὑγροποίησις τῶν ἀερίων. Σήμερον γνωρίζομεν ὅτι ὅλα ἐν γένει τὰ ἀέρια ὑγροποιοῦνται. Ὡρισμένα ἀέρια, ὡς τὸ διοξείδιον τοῦ ἄνθρακος, ὁ ἀνυδρίτης τοῦ θειικοῦ ὀξέος, τὸ χλώριον, ἡ ἀμμωνία ὑγροποιοῦνται εὐκόλως, ἐνῷ ἄλλα, ὡς ὁ ἀήρ, τὸ ὀξυγόνον, ὑδρογόνον, ἄζωτον, ἥλιον καὶ ἄλλα ὑγροποιοῦνται δυσκόλως.

Ἡ συστηματικὴ ἔρευνα τῆς ὑγροποιήσεως τῶν ἀερίων κατέδειξεν, ὅτι δι' ἕκαστον ἀέριον ὑπάρχει ὡρισμένη θερμοκρασία, καλουμένη ***κρίσιμος θερμοκρασία***, ἄνωθεν τῆς ὁποίας τὸ ἀέριον εἶναι ἀδύνατον νὰ ὑγροποιηθῇ, εἰς ὁσονδήποτε μεγάλην συμπίεσιν καὶ ἂν ὑποβληθῇ. Ἀντιθέτως, ἐὰν τὸ ἀέριον εὑρίσκεται ὑπὸ θερμοκρασίαν κατωτέραν τῆς κρισίμου, δύναται τοῦτο νὰ ὑγροποιηθῇ δι' ἁπλῆς συμπιέσεως. Ἡ πίεσις ὑπὸ τὴν ὁποίαν ἀέριον ὑγροποιεῖται ὑπὸ τὴν κρίσιμον αὐτοῦ θερμοκρασίαν καλεῖται ***κρίσιμος πίεσις***, ὁ δὲ ὄγκος τὸν ὁποῖον καταλαμβάνει τὸ ἀέριον ὑπὸ τὴν κρίσιμον θερμοκρασίαν καὶ κρίσιμον πίεσιν καλεῖται ***κρίσιμος ὄγκος***. Τὰ τρία μεγέθη, κρίσιμος θερμοκρασία, κρίσιμος πίεσις καὶ κρίσιμος ὄγκος, ἀποτελοῦν χαρακτηριστικὰ μεγέθη ἑκάστου ἀερίου.

Διὰ τὸ διοξείδιον τοῦ ἄνθρακος (CO_2) κατεδείχθη ὅτι ἡ κρίσιμος θερμοκρασία αὐτοῦ εἶναι $+31{,}3\ ^{0}C$, καὶ ἐφ' ὅσον τὸ ἀέριον τοῦτο εὑρίσκεται ὑπὸ θερμοκρασίαν κατωτέραν τῶν $+31{,}3\ ^{o}C$ δύναται νὰ ὑγροποιηθῇ δι' ἁπλῆς συμπιέσεως, ἕνεκα δὲ τοῦ λόγου τούτου τὸ διοξείδιον τοῦ ἄνθρακος θεωρεῖται ὡς ἀέριον εὐκόλως ὑγροποιούμενον. Ἡ κρίσιμος θερμοκρασία τοῦ ὀξυγόνου εἶναι $-118{,}8\ ^{o}C$, τοῦ ἀζώτου $-147\ ^{o}C$, τοῦ ὑδρογόνου $-241\ ^{o}C$, τοῦ ἡλίου $-268\ ^{o}C$. Ἐπειδὴ δὲ τὰ ἀέρια ταῦτα ἔχουν ταπεινὴν κρίσιμον θερμοκρασίαν, θεωροῦνται ὡς δυσκόλως ὑγροποιούμενα, διότι διὰ νὰ ὑγροποιηθοῦν πρέπει προηγουμένως νὰ ψυχθοῦν κάτω τῆς κρισίμου θερμοκρασίας, ὅτε εἶναι δυνατὸν νὰ ὑγροποιηθοῦν διὰ συμπιέσεως αὐτῶν.



Σχ. 240. Παραγωγὴ χιόνος (ξηροῦ πάγου) δι' ὀβίδος διοξειδίου τοῦ ἄνθρακος.

Προκειμένου περὶ τοῦ διοξειδίου τοῦ ἄνθρακος, κατεδείχθη ὅτι ὑπὸ τὴν συνήθη θερμοκρασίαν δυνάμεθα νὰ ὑγροποιήσωμεν αὐτὸ διὰ συμπιέσεως μέχρις 60 ἀτμοσφαιρῶν. Τὸ ὑγρὸν CO_2, τὸ ὁποῖον εἶναι λίαν διαδεδομένον εἰς τὰς πρακτικὰς ἐφαρμογάς, φέρεται εἰς τὸ ἐμπόριον ἐντὸς χυτοσιδηρῶν δοχείων (ὀβίδων), ὡς ἡ τοῦ σχήματος 240, μὲ ἀρκετὰ παχέα τοιχώματα. Τὸ ἐντὸς τῆς ὀβίδος ὑγροποιημένον ὑγρὸν CO_2 δύναται νὰ ἐξέλθῃ εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν ἀπὸ καταλλήλου στομίου, τὸ ὁποῖον ἀνοίγεται μέσῳ κοχλιωτοῦ πώματος. Ἐὰν δεχθῶμεν τὸ ἐξερχόμενον ὑγρὸν ἐντὸς μαλλίνου σάκκου, τὸ ψῦχος τὸ παραγόμενον ἐκ τῆς ἀποτονώσεως καὶ ἐξατμίσεως μέρους τοῦ ὑγροῦ εἶναι ἀρκετὸν ὥστε νὰ προκαλέσῃ τὴν στερεοποίησιν τοῦ ὑπολοίπου, τὸ ὁποῖον συλλέγομεν ὑπὸ μορφὴν χιόνος *(ξηρὸς πάγος)* ἐντὸς τοῦ σάκκου, καὶ τοῦ ὁποίου ἡ θερμοκρασία εἶναι — 79 °C.

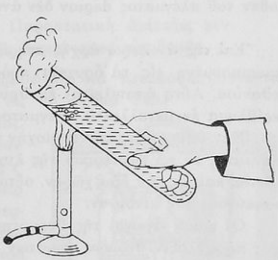
Ὁ κατωτέρω πίναξ δίδει τὰς κρισίμους θερμοκρασίας καὶ κρισίμους πιέσεις σωμάτων τινων.

	Κρίσιμος θερμοκρασία εἰς °C	Κρίσιμος πίεσις εἰς kgr*/cm²		Κρίσιμος θερμοκρασία εἰς °C	Κρίσιμος πίεσις εἰς kgr*/cm²
Ἥλιον	— 268	2,3	Διοξ. ἄνθρακος	+ 31	75
Ὑδρογόνον	— 240	13	Ἀμμωνία	+ 132	119
Ἄζωτον	— 147	35	Αἰθὴρ	+ 194	38
Ἀὴρ	— 141	38	Ἀλκοόλη	+ 243	63
Ὀξυγόνον	— 119	51	Ὕδωρ	+ 374	226

ΔΙΑΔΟΣΙΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΟΣ

Ἡ μεταβίβασις τῆς θερμότητος ἀπὸ σώματος εἰς σῶμα γίνεται γενικῶς κατὰ τρεῖς τρόπους, ἤτοι δι᾽ ***ἀγωγῆς***, διὰ ***μεταφορᾶς*** καὶ δι᾽ ***ἀκτινοβολίας***.

234. Διάδοσις τῆς θερμότητος δι᾽ ἀγωγῆς. Ἐκ πείρας γνωρίζομεν ὅτι, ἐὰν κρατοῦντες διὰ τῆς χειρὸς ἀπὸ τοῦ ἑνὸς ἄκρου ἐπιμήκη μεταλλικὴν ράβδον, π. χ. ἐκ χαλκοῦ, πλησιάσωμεν τὸ ἕτερον ἄκρον αὐτῆς εἰς ἔντονον πηγὴν θερμότητος, μετὰ παρέλευσιν μικροῦ χρονικοῦ διαστήματος τὸ διὰ τῆς χειρὸς κρατούμενον ἄκρον τῆς ράβδου καθίσταται τόσον θερμόν, ὥστε νὰ μὴ δυνάμεθα πλέον νὰ τὸ κρατῶμεν.



Σχ. 241. Ἀπόδειξις τῆς μικρᾶς θερμικῆς ἀγωγιμότητος τοῦ ὕδατος.

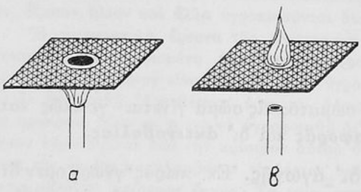
Κατὰ τὴν ὡς ἄνω διάδοσιν τῆς θερμότητος κατὰ μῆκος τῆς ράβδου, αὕτη μεταβιβάζεται ἀπὸ μορίου εἰς μόριον τοῦ σώματος, χωρὶς νὰ παρατηρῆται μετατόπισις τῆς ὕλης τοῦ σώματος ὡς συνόλου, οὔτε σχετικὴ μετατόπισις τῶν μερῶν τοῦ σώματος. Ὁ ὡς ἄνω τρόπος τῆς διαδόσεως τῆς θερμότητος καλεῖται δι᾽ ***ἀγωγῆς***.

Τὰ ὑγρὰ παρουσιάζουν ἐπίσης θερμικὴν ἀγωγιμότητα, ἀλλ᾽ εἰς πολὺ μικρὸν βαθμόν. Οὕτως ἐὰν εἰς δοκιμαστικὸν σωλῆνα (σχ. 241), περιέχοντα ὕδωρ, εἰσαγάγωμεν τεμάχιον πάγου ἑρματισμένον διὰ μολύβδου, εἰς τρόπον ὥστε ὁ πάγος νὰ φέρεται εἰς τὸν πυθμένα τοῦ σωλῆνος, δυνάμεθα νὰ θερμάνωμεν τὸν σωλῆνα εἰς τὴν ἄνω περιοχὴν αὐτοῦ, μέχρι βρασμοῦ τοῦ ὕδατος, χωρὶς ὁ ὑποκείμενος πάγος νὰ τακῇ.

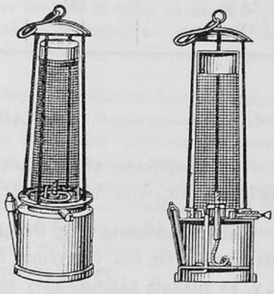
235. Φαινόμενα ἐξηγούμενα διὰ τῆς θερμικῆς ἀγωγιμότητος. Ἐὰν εἰς τὸν αὐτὸν χῶρον ὑπάρχουν σώματα μεταλλικὰ καὶ ἐκ ξύλου, ἡ δὲ θερμοκρασία τοῦ χώρου εἶναι κάτω τῆς τοῦ ἀνθρωπίνου σώματος, τὰ μεταλλικὰ ἀντικείμενα, ὅταν ἐγγίζωμεν αὐτὰ διὰ τῆς χειρός μας, φαίνονται ψυχρότερα τῶν ξυλίνων.

Τοῦτο συμβαίνει, διότι τὰ μέταλλα ὡς καλοὶ ἀγωγοὶ τῆς θερμότητος, διαχέουν τὴν θερμότητα τὴν ὁποίαν προσλαμβάνουν ἐκ τῆς χειρός μας καθ' ὅλην τὴν ἐπιφάνειαν αὐτῶν, ἐνῷ εἰς τὰ ἐκ ξύλου, τὸ ὁποῖον εἶναι κακὸς ἀγωγὸς τῆς θερμότητος, ἡ θερμότης ἐντοπίζεται εἰς τὴν περιοχὴν ἐπαφῆς τῆς χειρός μας, οὕτω δὲ ἀποφαινόμεθα ὅτι τὸ ξύλινον σῶμα εἶναι θερμόμετρον τοῦ μεταλλικοῦ. Διὰ τὸν αὐτὸν λόγον, μεταλλικὸν ἀντικείμενον θερμὸν προκαλεῖ εἰς ἡμᾶς ἐντονώτερον αἴσθημα ἢ ξύλινον.

Ἐὰν ἄνωθεν φλογὸς φέρωμεν μεταλλικὸν πλέγμα (σχ. 242) παρατηροῦμεν ὅτι ἡ φλὸξ δὲν διαπερᾷ τοῦτο, διότι λόγῳ τῆς ἀγωγιμότητος τοῦ πλέγματος, ὅλη ἡ θερμότης τὴν ὁποίαν προσλαμβάνει ἐκ τῆς φλογὸς μεταδίδεται ἐφ' ὅλης τῆς μάζης αὐτοῦ καὶ ἀκολούθως εἰς τὸ περιβάλλον. Συνεπείᾳ τούτου τὰ ἀέρια τῆς φλογός, μετὰ τὴν δίοδον διὰ τοῦ πλέγματος, ἔχουν ἀποψυχθῆ, εἰς τρόπον ὥστε νὰ μὴ εἶναι πλέον δυνατὸν νὰ διατηρηθῇ ἡ καῦσις αὐτῶν.



Σχ. 242. Εἰς α, λόγῳ ἀγωγιμότητος, διακόπτεται πρὸς τὰ ἄνω ἡ φλόξ. Εἰς β δυνάμεθα νὰ ἀναφλέξωμεν τὸ ἀέριον ἐκ τῶν ἄνω, ἐνῷ τὸ κάτωθεν τοῦ πλέγματος ἀέριον δὲν ἀναφλέγεται.



Σχ. 243. Ἀσφαλιστικὴ λυχνία Davy.

Ἐπὶ τῆς ἀνωτέρω ἀρχῆς στηρίζεται ἡ λειτουργία τῆς *λυχνίας* **Davy** (σχ. 243) ἡ χρησιμοποιουμένη εἰς τὰ ὀρυχεῖα πρὸς προφύλαξιν ἀπὸ ἐκρήξεων ἐκ τοῦ εὐφλέκτου ἀερίου μεθανίου. Αὕτη ἀποτελεῖται ἐκ θρυαλλίδος περιβαλλομένης ὑπὸ κυλίνδρου, ὁ ὁποῖος φέρει περίβλημα ἐκ μεταλλικοῦ πλέγματος.

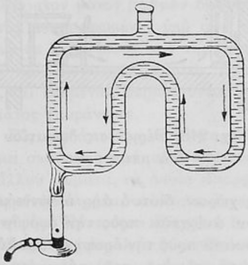
Ἐὰν ὑπῆρχε εἰς τὴν περιοχὴν τῆς λυχνίας ἀναφλέξιμον ἀέριον, τοῦτο εἰσχωρεῖ διὰ τοῦ πλέγματος ἐν τῷ ἐσωτερικῷ τῆς λυχνίας ὅπου ἀναφλέγεται, χωρὶς ὅμως ἡ καῦσις νὰ μεταδίδεται καὶ εἰς τὸν ἔξω χῶρον, οὕτω δὲ οἱ ἐργάται προειδοποιοῦνται καὶ ἀπομακρυνόμενοι διαφεύγουν τὸν κίνδυνον.

Οἱ κακοὶ ἀγωγοὶ τῆς θερμότητος χρησιμοποιοῦνται διὰ τὰς θερμικὰς μονώσεις, ἤτοι πρὸς προφύλαξιν θερμῶν σωμάτων ἀπὸ τῆς ἀποψύξεως ἢ ψυχρῶν σωμάτων ἀπὸ τῆς θερμάνσεως. Ὡς θερμομονωτικὰ σώματα θεωροῦνται ὁ φελλός, χρησιμοποιούμενος εἰς τὰ ψυγεῖα, ὁ ἀμίαντος, χρησιμοποιούμενος εἰς τοὺς ἀτμαγωγοὺς σωλῆνας, κ.ἄ.

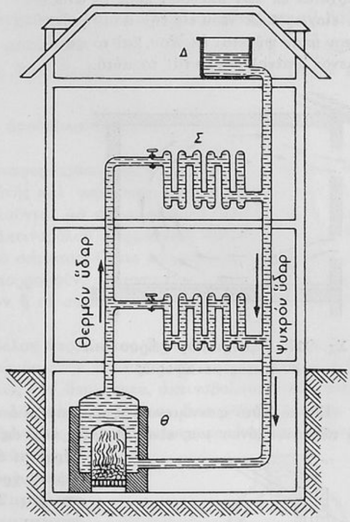
236. Διάδοσις τῆς θερμότητος διὰ μεταφορᾶς. Ὁ τρόπος οὗτος τῆς διαδόσεως τῆς θερμότητος παρατηρεῖται εἰς τὰ ὑγρὰ καὶ τὰ ἀέρια. Ὅταν θερμαίνωμεν ὑγρὸν ἢ ἀέριον, τότε, λόγῳ τῆς ἀναπτύξεως διαφορᾶς θερμοκρασίας μεταξὺ τῶν διαφόρων μερῶν αὐτοῦ, προκύπτουν μεταβολαὶ πυκνότητος, εἰς δὲ τὰ ἀέρια μεταβολὴ πιέσεως, αἱ ὁποῖαι πάλιν ἔχουν ὡς ἐπακολούθημα μεταβολὰς πυκνότητος, οὕτω δὲ ἡ ἰσορροπία καταστρέφεται.

Ἕνεκα ὅθεν τοῦ ἀνωτέρω λόγου λαμβάνει χώραν μετατόπισις μάζης τοῦ ὑγροῦ ἢ ἀερίου, ἤτοι ροὴ τοῦ ρευστοῦ, ἡ ὁποία ἐπιδιώκει τὴν ἐξίσωσιν τῶν θερμοκρασιῶν. Ὁ τρόπος οὗτος τῆς διαδόσεως τῆς θερμότητος καλεῖται ***διάδοσις διὰ μεταφορᾶς***. Οὕτω, ἐὰν εἰς ὑάλινον ποτήριον θέσωμεν ὕδωρ καὶ ἐντὸς αὐτοῦ διασκορπίσωμεν πριονίδια ξύλου, ἀκολούθως δὲ θερμάνωμεν κάτωθεν τὸ ὕδωρ, τότε παρατηροῦμεν τὴν κίνησιν τοῦ ὕδατος διὰ παρακολουθήσεως τῆς κινήσεως τῶν πριονιδίων.

Ἐπίσης τὴν ὡς ἄνω κίνησιν τοῦ ὕδατος δυνάμεθα νὰ δείξωμεν καὶ διὰ τῆς ἐν σχήματι 244 συσκευῆς.



Σχ. 244. Θερμαίνοντες τὸ κάτω ἄκρον τῆς συσκευῆς, δημιουργοῦμεν ροὴν τοῦ ὕδατος κατὰ τὴν φορὰν τῶν βελῶν.

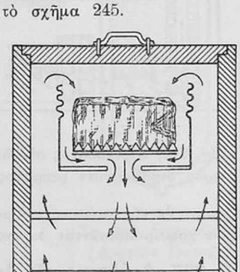


Σχ. 245. Παραστατικὴ διάταξις κεντρικῆς θερμάνσεως οἰκοδομῆς.

Σπουδαιοτάτην ἐφαρμογὴν τῆς διαδόσεως τῆς θερμότητος διὰ μεταφορᾶς συναντῶμεν εἰς τὰς ***κεντρικὰς θερμάνσεις***, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 245.

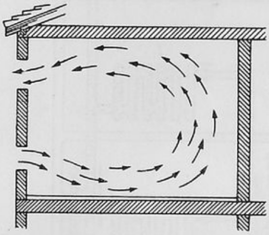
Εἰς Θ ἐγκαθίσταται ὁ θερμαντὴρ μετὰ τοῦ λέβητος. Διὰ θερμάνσεως τοῦ ὕδατος δημιουργεῖται, λόγῳ τοῦ φαινομένου τῆς μεταφορᾶς, ροὴ θερμοῦ ὕδατος μέσῳ τοῦ πρὸς τ' ἀριστερὰ πλευρικοῦ σωλῆνος πρὸς τὰ ἄνω, τὸ θερμὸν δὲ ὕδωρ εἰσχωρεῖ διὰ τῶν ἐπὶ τούτῳ σωλήνων εἰσαγωγῆς εἰς τὰ θερμαντικὰ σώματα (Σ) τῶν διαφόρων διαμερισμάτων, ἀπὸ τῶν ὁποίων, διὰ τῶν ἐπὶ τούτῳ σωλήνων ἐξαγωγῆς καὶ τοῦ πρὸς τὰ δεξιὰ πλευρικοῦ σωλῆνος, ἐπανέρχεται εἰς τὸν λέβητα. Εἰς Δ ὑπάρχει μικρὰ δεξαμενὴ μὲ ὕδωρ, χρησιμεύουσα ὡς ἐξαεριστὴς καὶ διὰ τὴν διαστολὴν τοῦ θερμαινομένου ὕδατος.

Ἐπίσης εἰς τὰ ἀέρια ἡ θερμότης διαδίδεται διὰ μεταφορᾶς. Τοιαῦται δὲ μετατοπίσεις τῶν ἀερίων μαζῶν ἔχουν μεγίστην σημασίαν εἰς τὴν Μετεωρολογίαν.

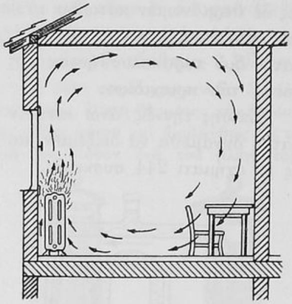


Σχ. 246. Κυκλοφορία ἀέρος ἐντὸς ψυγείου διὰ πάγου.

Εἰς τὴν παραγωγὴν ρευμάτων μεταφορᾶς ἀέρος ὀφείλεται ἡ λειτουργία τῶν συνήθων ***ψυγείων διὰ πάγου*** (σχ. 246). Εἰς τὸ ἀνώτατον μέρος τοῦ ψυγείου εὑρίσκεται ἡ ἀποθήκη τοῦ πάγου, θερμὸς δὲ ἀὴρ εἰσχωρεῖ εἰς τὴν ἀποθήκην τοῦ πάγου καὶ ἐξέρχεται κατεψυγμένος διὰ τῆς κάτωθεν ὑπαρχούσης ὀπῆς, ἐξακολουθεῖ δὲ νὰ κατέρχεται πρὸς τὰ κάτω εἰς τὰ διάφορα διαμερίσματα τοῦ ψυγείου, ὁπόθεν, θερμαινόμενος λόγῳ τῆς ἐπαφῆς αὐτοῦ πρὸς τὰ θερμὰ ἀντικείμενα τὰ εὑρισκόμενα ἐντὸς τοῦ ψυγείου, ἀνέρχεται ἐκ τῶν πλευρῶν πρὸς τὰ ἄνω καὶ εἰσχωρεῖ ἐκ νέου εἰς τὴν ἀποθήκην πάγου ὅπου ψύχεται ἐκ νέου, καὶ τὸ φαινόμενον ἐπαναλαμβάνεται τὸ αὐτό.

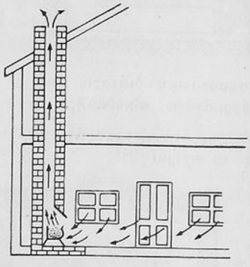


Σχ. 247. Ἐξαερισμὸς χώρου διὰ ρεύματος μεταφορᾶς.



Σχ. 248. Θέρμανσις δωματίου διὰ μεταφορᾶς.

Εἰς τὸ αὐτὸ φαινόμενον ὀφείλεται καὶ ὁ ἐξαερισμὸς χώρων, διότι ὁ ἀὴρ ὁ ἐκπνεόμενος ὑπὸ τῶν πνευμόνων μας εἶναι θερμός, καὶ ὡς ἐκ τούτου ἀνέρχεται πρὸς τὴν ὀροφὴν καὶ ἐξέρχεται ἐκ τοῦ ἀνοικτοῦ πρὸς τὴν ὀροφὴν παραθύρου, ἐνῷ ψυχρὸς ἀὴρ εἰσχωρεῖ διὰ τοῦ κάτω παραθύρου (σχ. 247).



Σχ. 249. Καπνοδόχος οἰκιῶν πρὸς δημιουργίαν ρεύματος.

Εἰς περίπτωσιν πολυσυχνάστων χώρων, ὡς π.χ. εἰς θέατρα, κινηματογράφους κ.τ.λ., ἐφαρμόζεται ὁ τεχνητὸς ἀερισμός, ὁπότε ὁ καθαρὸς ἀὴρ εἰσάγεται εἰς τὸ οἴκημα διὰ καταλλήλων φυσητήρων, θερμὸς τὸν χειμῶνα καὶ ψυχρὸς κατὰ τὸ θέρος.

Εἰς τὸ σχῆμα 248 δεικνύεται ἡ κυκλοφορία τοῦ ἀέρος ἐντὸς δωματίου ὅπου ὑπάρχει τὸ θερμοφόρον σῶμα ἐγκαταστάσεως κεντρικῆς θερμάνσεως δι᾽ ὕδατος.

Ἐπίσης εἰς τὴν γένεσιν ρεύματος διὰ μεταφορᾶς ἀέρος στηρίζεται ἡ χρησιμοποίησις εἰς τὰς θερμάστρας τῶν ἀπαγωγῶν (καπνοδόχων), διὰ τῶν ὁποίων ὄχι μόνον δημιουργεῖται ἔντονον ρεῦμα ἀέρος διὰ τὴν συντήρησιν τῆς καύσεως, ἀλλὰ καὶ ἀπάγονται τὰ καυσαέρια τὰ προερχόμενα ἐκ τῆς καύσεως τοῦ καυσίμου (σχ. 249). Ἐπίσης εἰς τὰ ἐργοστάσια διὰ τὸν αὐτὸν λόγον χρησιμοποιοῦνται καπνοδόχοι μεγάλου ὕψους.

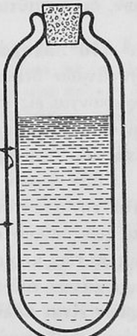
237. Διάδοσις τῆς θερμότητος δι᾽ ἀκτινοβολίας. Ἐκ πείρας γνωρίζομεν ὅτι, δυνάμεθα νὰ θερμάνωμεν τὰς χεῖρας μας κρατοῦντες αὐτὰς εἰς ἀπόστασιν πρὸ λειτουργούσης θερμάστρας, μολονότι ὁ πέριξ ἀὴρ εἶναι ψυχρός. Ὁμοίως, διὰ τῶν συνήθων ἠλεκτρικῶν θερμαντήρων, οἱ ὁποῖοι περιέχουν τὸ θερμὸν σῶμα εἰς τὴν ἑστίαν κοίλου σφαιρικοῦ ἀνακλαστῆρος, παρατηροῦμεν ὅτι δεχόμεθα ἐξ ἀποστάσεως τὴν θερμότητα, καὶ μάλιστα δυνάμεθα νὰ κατευθύνωμεν αὐτὴν κατὰ βούλησιν πρὸς οἱανδήποτε διεύθυνσιν. Εἰς τὴν κατὰ τὸν τρόπον τοῦτον διάδοσιν τῆς θερμότητος δὲν συμμετέχει ἡ ὕλη. Πράγματι, ἐὰν σχηματίσωμεν λυχνίαν πυρακτώσεως ὑψηλοῦ κενοῦ, ὡς εἶναι ὁ συνήθης ἠλεκτρικὸς λαμπτὴρ φωτισμοῦ, καὶ πυρακτώσωμεν τὸ νῆμα της, βλέπομεν ὅτι αἰσθανόμεθα τὴν θερμικὴν ἀκτινοβολίαν τοῦ νήματος. Ὡς ἐκ τούτου, κατὰ τὴν διάδοσιν τῆς θερμότητος δι' ἀκτινοβολίας, αὕτη μεταβιβάζεται ἀπὸ σώματος εἰς σῶμα, χωρὶς εἰς τὴν μετάδοσιν αὐτῆς νὰ συμμετέχῃ τὸ παρεμβαλλόμενον μέσον. Οὕτω δι' ἀκτινοβολίας διαδίδεται ἡ ἡλιακὴ θερμότης μέχρι τῆς Γῆς καὶ ἐπενεργεῖ ἐπὶ τοῦ θερμομέτρου.

Ἡ δι' ἀκτινοβολίας προσλαμβανομένη ἢ ἀποδιδομένη ὑπὸ τῶν σωμάτων θερμότης καλεῖται πολλάκις ***ἀκτινοβόλος θερμότης***.

Τὰ διάφορα σώματα συμπεριφέρονται διαφοροτρόπως ὡς πρὸς τὴν ἀκτινοβόλον θερμότητα. Οὕτως ἄλλα μὲν διαπερῶνται ὑπ' αὐτῆς καὶ καλοῦνται ***θερμοπερατά***, ἐνῷ ἄλλα, εἰς ἐλάχιστον μόνον βαθμὸν διαπερώμενα καλοῦνται ***μὴ θερμοπερατά***. Ἐξ ἄλλου, ἡ ποσότης τῆς ἀπορροφωμένης ὑπὸ τῶν σωμάτων ἀκτινοβόλου θερμότητος ἐξαρτᾶται ἐν μεγάλῳ βαθμῷ ἐκ τῆς φύσεως καὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ σώματος. Οὕτω σώματα παρουσιάζοντα τραχεῖαν καὶ σκοτεινοῦ χρώματος ἐπιφάνειαν ἀπορροφοῦν περισσοτέραν ἀκτινοβόλον θερμότητα, καὶ ἑπομένως θερμαίνονται περισσότερον ἢ τὰ σώματα τὰ ἔχοντα λείαν καὶ ἀνοικτοῦ χρώματος ἐπιφάνειαν.

Εἰς τὰς ἀνωτέρω ἰδιότητας τῆς ἀκτινοβόλου θερμότητος ὀφείλεται καὶ τὸ γεγονὸς ὅτι ἔνδυμα σκοτεινοῦ χρώματος φαίνεται λίαν θερμὸν ὅταν ἐκτίθεται εἰς τὰς ἡλιακὰς ἀκτῖνας. Ἐξ ἄλλου σώματα, τὰ ὁποῖα ἀπορροφοῦν καλῶς τὴν θερμότητα, ἀκτινοβολοῦν αὐτὴν ἐπίσης καλῶς, ἐνῷ σώματα, τὰ ὁποῖα ἀντανακλοῦν καλῶς τὴν θερμότητα, ἀπορροφοῦν ἐπίσης κακῶς αὐτήν. Ἐκ τούτου ἐξηγεῖται διὰ ποῖον λόγον θερμάστρα κατεσκευασμένη ἀπὸ λαμπρῶς ἐστιλβωμένον μέταλλον ἀκτινοβολεῖ, εἰς τὸν αὐτὸν χρόνον, πολὺ ὀλιγώτερον ποσὸν θερμότητος ἀπὸ θερμάστραν κατασκευασθεῖσαν ἐκ τραχέος μέλανος μετάλλου. Ἕνεκα τοῦ λόγου τούτου αἱ θερμάστραι κατασκευάζονται ἀπὸ τραχὺ χυτοσίδηρον καὶ χρωματίζονται μὲ στρῶμα αἰθάλης.

238. Θερμοφόρα (Thermos). Ταῦτα ἀποτελοῦνται ἐξ ὑαλίνων δοχείων μὲ διπλᾶ τοιχώματα, μεταξὺ τῶν ὁποίων ὅμως ἔχει ἀφαιρεθῆ ὁ ἀὴρ (σχ. 250). Ἐπειδὴ τὸ κενὸν εἶναι κακὸς ἀγωγὸς τῆς θερμότητος, ἐπίσης δὲ καὶ ἡ ὕαλος, δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ προκληθῆ ἀπώλεια θερμότητος ἐξ ἀγωγιμότητος.



Σχ. 250. Θερμοφόρον (Δοχεῖον Dewar).

Ἐπίσης, λόγῳ τοῦ κενοῦ τοῦ ὑπάρχοντος μεταξὺ τῶν τοιχωμάτων τοῦ δοχείου, δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ παραχθῆ ἀπώλεια λόγῳ μεταφορᾶς θερμότητος, τέλος δὲ δι' ἐπαργυρώσεως τῶν δοχείων παρεμποδίζομεν νὰ εἰσχωρήσῃ ἐκ τῶν ἔξω θερμότης. Ἐξ ἄλλου καὶ ἡ ἐστιλβωμένη ὕαλος δὲν μεταδίδει πολὺ ταχέως ἐξ ἀκτινοβολίας θερμότητα πρὸς τὰ ἔξω. Ἕνεκα τοῦ λόγου τούτου, ἐὰν ἐντὸς τοιούτου δοχείου εἰσαγάγωμεν θερμὸν ἢ ψυχρὸν σῶμα, τοῦτο θὰ διατηρήσῃ τὴν θερμοκρασίαν του, χωρὶς αὕτη νὰ ἐπηρεάζεται ἐκ τῶν ἐξωτερικῶν συνθηκῶν.

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΚ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ

239. Τὸ κεφάλαιον τῆς Θερμοδυναμικῆς ἐξετάζει κυρίως τὴν μετατροπὴν τῆς θερμότητος εἰς μηχανικὸν ἔργον ὡς καὶ τὴν ἀντίστροφον μετατροπήν.

Πρῶτοι οἱ **Graf Rumford** καὶ **Humphry Davy** ὑπεστήριξαν, ὅτι ἡ θερμότης δέον νὰ ἀποδοθῇ εἰς κίνησιν, καὶ ἐπομένως ὅτι αὐτη ἀποτελεῖ μορφὴν τῆς ἐνεργείας.

Συμφώνως πρὸς τὰς νεωτέρας ἀντιλήψεις ὅσον ἀφορᾷ τὴν φύσιν τῆς θερμότητος, δεχόμεθα ὅτι αὕτη ὀφείλεται εἰς τὴν κίνησιν τῶν μορίων τῶν σωμάτων. Οὕτω δεχόμεθα, ὅτι τὰ μόρια τῶν σωμάτων εὑρίσκονται εἰς διηνεκῆ καὶ ἄτακτον κίνησιν καὶ ἐπομένως ἕκαστον μόριον ἐγκλείει, λόγῳ τῆς κινήσεως αὐτοῦ, κινητικὴν ἐνέργειαν.

Τὸ ἄθροισμα τῆς κινητικῆς ἐνεργείας ὅλων τῶν μορίων, ἐκ τῶν ὁποίων συγκροτεῖται δεδομένη ποσότης ὕλης, καλεῖται ἐσωτερικὴ ἐνέργεια, ἡ ὁποία ἐκδηλοῦται εἰς ἡμᾶς μακροσκοπικῶς, ἢ ἄλλως, ἐκδηλοῦται εἰς τὸν ἔξω κόσμον ὡς ***θερμότης.***

Ἐφ' ὅσον ἡ θερμοκρασία τοῦ σώματος παραμένει σταθερά, καὶ ἡ ἐσωτερικὴ ἐνέργεια τοῦ σώματος παραμένει σταθερά. Ἐὰν ὅμως προσδίδωμεν εἰς τὸ σῶμα θερμότητα ἔξωθεν, τότε αὐξάνεται ἡ ταχύτης κινήσεως τῶν μορίων καὶ ἐπομένως αὐξάνεται ἡ ἐσωτερικὴ ἐνέργεια αὐτῶν, τοῦτο δὲ ἐκδηλοῦται εἰς τὸν ἔξω κόσμον δι' αὐξήσεως τῆς θερμοκρασίας τοῦ σώματος· τὸ ἀντίθετον ὅμως συμβαίνει ὅταν τὸ σῶμα ἀποψύχεται.

Ἡ Μηχανικὴ θεωρία τῆς θερμότητος ἀνεπτύχθη κυρίως ἐπὶ τῇ βάσει τῶν ἀερίων, διότι ταῦτα ἀποτελοῦν τὴν ἁπλουστάτην μορφὴν τῆς ὕλης.

240*. Μηχανικὴ θεωρία τῆς θερμότητος. Ἐκ τῆς σπουδῆς τῶν ἀερίων καὶ τῶν ἀτμῶν δεικνύεται ὅτι τὰ σώματα ταῦτα ἀποτελοῦνται ἐκ μορίων, τὰ ὁποῖα εὑρίσκονται εἰς ἄτακτον καὶ ἀέναον κίνησιν, ἕνεκα δὲ τοῦ λόγου τούτου τὰ ἀέρια καὶ οἱ ἀκόρεστοι ἀτμοὶ ἀποτελοῦν σώματα τὰ ὁποῖα παρουσιάζουν τὴν ἰδιότητα τῆς ἐκτάσεως, δηλαδὴ τείνουν νὰ καταλάβουν πάντα τὸν προσφερόμενον εἰς αὐτὰ ὄγκον.

Ἐὰν ἀέριον εἶναι ἐγκεκλεισμένον ἐντὸς κλειστοῦ χώρου, π.χ. δοχείου, τὰ μόρια κατὰ τὴν ἄτακτον κίνησιν αὐτῶν προσκρούουν ἐπὶ τῶν τοιχωμάτων τοῦ δοχείου ἀπὸ τῶν ὁποίων ἀναπηδοῦν ἐκ νέου, τὸ μέσον δὲ ἀποτέλεσμα τῶν προσκρούσεων τούτων τῶν μορίων ἐπὶ τῶν τοιχωμάτων ἐκδηλοῦται ὡς πίεσις του ἀερίου ἐπὶ τῶν τοιχωμάτων τοῦ περιέχοντος αὐτὰ δοχείου. Μολονότι τὸ μέγεθος τῶν μορίων τῶν ἀερίων εἶναι πολὺ μικρόν, ὥστε νὰ μὴ εἶναι δυνατὸν νὰ καταστοῦν ἀντιληπτά, ἐν τούτοις ἡ Φυσικὴ ἐπενόησε μεθόδους διὰ τῶν ὁποίων κατώρθωσε νὰ καθορίσῃ τὸ μέγεθος, τὴν μᾶζαν, καὶ τὴν ταχύτητα αὐτῶν, ὡς καὶ τὸν ἀριθμὸν τῶν μορίων τῶν περιεχομένων εἰς 1 cm^3 ἢ εἰς 1 γραμμομόριον ἀερίου. Ἡ ἀνάπτυξις τῶν μεθόδων τούτων τὰς ὁποίας πραγματεύεται ἡ ***κινητικὴ θεωρία τῆς ὕλης,*** ὑπερβαίνει τὰ ὅρια τοῦ βιβλίου τούτου, καὶ ὡς ἐκ τούτου θὰ περιορισθῶμεν νὰ ἐκθέσωμεν ἐν συντόμῳ τὰ κυριώτερα τῶν συμπερασμάτων εἰς τὰ ὁποῖα κατέληξεν ἡ ἀνωτέρω μνημονευομένη θεωρία.

Οὕτω κατεδείχθη ὅτι τὰ μόρια τῶν ἀερίων κατὰ τὴν κίνησιν αὐτῶν ἔχουν ἐξόχως μεγάλας ταχύτητας, αἱ ὁποῖαι ἐξαρτῶνται ἐκ τῆς θερμοκρασίας καὶ τῆς πιέσεως.

Τὰ μόρια τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος ὑπὸ θερμοκρασίαν **0 °C** ***καὶ πίεσιν***

76 cm Hg ἔχουν ταχύτητα 485 m/sec. Ἡ ταχύτης αὕτη ἰσοῦται περίπου πρὸς τὴν ταχύτητα βλήματος πυροβόλου ὅπλου.

Ἡ διάμετρος τῶν μορίων, θεωρουμένων σφαιρικῶν, εἶναι τάξεως μεγέθους 0,000 000 02 cm (δηλ. $2 \cdot 10^{-8}$ ἕως $3 \cdot 10^{-8}$ cm).

Ἡ μᾶζα ἑνὸς μορίου ὑδρογόνου εἶναι $3{,}4 \cdot 10^{-24}$ gr, ὑπὸ τοῦ αὐτοῦ δὲ ἀριθμοῦ ἐκφράζεται καὶ τὸ βάρος αὐτοῦ εἰς gr*.

Τὰ βάρη τῶν μορίων ἄλλων ἀερίων εὑρίσκονται διὰ πολλαπλασιασμοῦ τοῦ βάρους τοῦ μορίου τοῦ ὑδρογόνου ἐπὶ τὸ μοριακὸν βάρος τοῦ ἀερίου. Οὕτω τὸ βάρος ἑνὸς μορίου ὀξυγόνου εἶναι $32 \cdot 3{,}4 \cdot 10^{-24} = 108 \cdot 10^{-24}$ gr*.

Ἡ μέση ἀπόστασις τῶν μορίων ποικίλλει ἀπὸ $2 \cdot 10^{-7}$ ἕως $3 \cdot 10^{-7}$cm.

Εἰς 1 cm³ οἱουδήποτε ἀερίου ὑπὸ θερμοκρασίαν 0 °C καὶ πίεσιν 76 cm Hg περιέχονται $27{,}1 \cdot 10^{18}$ μόρια (Ἀριθμὸς Avogadro).

Εἰς 1 γραμμομόριον οἱουδήποτε ἀερίου, ἤτοι εἰς 2 gr ὑδρογόνου, 32 gr ὀξυγόνου, 28 gr ἀζώτου, περιέχονται πάντοτε $6 \cdot 10^{23}$ μόρια. (Ἀριθμὸς Loschmidt).

Τὰ ἀνωτέρω ἐκτιθέμενα, τὰ ὁποῖα προέκυψαν ἐκ τῆς θεωρητικῆς σπουδῆς τῶν ἀερίων ἐπὶ τῇ βάσει ὡρισμένων προϋποθέσεων καὶ δι' ἐφαρμογῆς τῶν νόμων τῆς Μηχανικῆς, ἐπεξετάθησαν ἀκολούθως καὶ ἐπὶ τῶν ὑγρῶν καὶ στερεῶν, εἰς τὰ ὁποῖα ὅμως αἱ κινήσεις τῶν μορίων δὲν εἶναι τόσον ἐλεύθεραι ὡς εἰς τὴν περίπτωσιν τῶν ἀερίων.

Οὕτω, π. χ., προκειμένου περὶ τῶν στερεῶν, δέχονται ὅτι αἱ κινήσεις τῶν μορίων ἀνάγονται εἰς μικροσκοπικὰς ταλαντώσεις περὶ τὴν μέσην θέσιν ἰσορροπίας αὐτῶν, αἱ ὁποῖαι ἔχουν τὸν χαρακτῆρα ἁρμονικῆς κινήσεως.

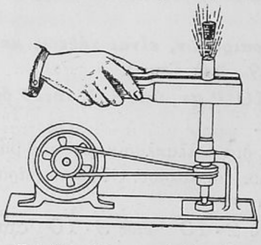
Ἐφ' ὅσον μᾶζα ἀερίου εὑρίσκεται εἰς ὡρισμένην θερμοκρασίαν, τὰ μόρια αὐτῆς ἔχουν ὡς εἴδομεν ὡρισμένην ταχύτητα $υ$, ἐὰν δὲ ἡ μᾶζα τοῦ μορίου εἶναι m, τοῦτο θὰ ἔχῃ, λόγῳ τῆς ταχύτητός του, κινητικὴν ἐνέργειαν $mυ^2/2$. Ἐὰν δὲ ἀθροίσωμεν κατά τινα στιγμὴν ὅλας τὰς κινητικὰς ἐνεργείας τὰς ἀντιστοιχούσας εἰς ὅλα τὰ μόρια τῆς θεωρουμένης μάζης, τὸ ἄθροισμα τοῦτο ἀποτελεῖ τὴν ἐσωτερικὴν ἐνέργειαν τοῦ ἀερίου ἢ τοῦ σώματος, ἡ ὁποία ἐκδηλοῦται εἰς ἡμᾶς μακροσκοπικῶς, ἢ μὲ ἄλλους λόγους, εἰς τὸν ἔξω κόσμον ὡς θερμότης.

Ἐὰν προσδίδωμεν ἔξωθεν εἰς τὸ σῶμα θερμότητα, αὕτη ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα νὰ καθιστᾷ ζωηροτέραν τὴν κίνησιν τῶν μορίων, δηλαδὴ νὰ αὐξάνῃ τὴν ταχύτητα αὐτῶν, καὶ ἑπομένως τὴν συνολικὴν κινητικὴν ἐνέργειαν τῶν μορίων, ἢ μὲ ἄλλους λόγους, συντελεῖ εἰς τὴν αὔξησιν τῆς ἐσωτερικῆς ἐνεργείας τοῦ σώματος. Ἡ αὔξησις ὅμως αὕτη τῆς ἐξωτερικῆς ἐνεργείας τοῦ σώματος ἐκδηλοῦται εἰς τὸν ἔξω κόσμον ὡς αὔξησις τῆς θερμοκρασίας τοῦ σώματος. Τὸ ἀντίθετον συμβαίνει, ὅταν τὸ σῶμα ψύχεται, δηλαδὴ ἀποδίδει εἰς τὸν ἔξω κόσμον θερμότητα.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει ὅτι, συμφώνως πρὸς τὰς νεωτέρας ἀντιλήψεις, ἡ θερμότης ἀποτελεῖ μίαν μορφὴν τῆς ἐνεργείας, ὡς ἐπίσης ἡ μηχανικὴ ἐνέργεια (§ 75), ἡ χημικὴ ἐνέργεια, ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια, ἀποτελοῦν ἑτέρας μορφὰς τῆς ἐνεργείας.

241. Μετατροπὴ μηχανικῆς ἐνεργείας εἰς θερμότητα. ***Μηχανικὸν ἰσοδύναμον τῆς θερμότητος.*** Ἡ μετατροπὴ αὕτη εἶναι ἁπλουστάτη καὶ δύναται νὰ γίνῃ δι' ἁπλῶν μέσων, συναντῶμεν δὲ αὐτὴν εἰς πᾶν βῆμα τῆς καθημερινῆς μας ζωῆς.

Οὕτω τὸν χειμῶνα ἀσυναισθήτως τρίβομεν τὰς χεῖρας μας ἵνα αὗται θερμανθοῦν, διότι τὸ καταναλισκόμενον ὑπὸ τῆς μυϊκῆς μας δυνάμεως ἔργον πρὸς ὑπερνίκησιν τῆς τριβῆς μετατρέπεται εἰς θερμότητα. Αἱ τροχοπέδαι (τὰ φρένα) τῶν αὐτοκινήτων θερμαίνονται, τὸ δὲ καταναλισκόμενον ἔργον πρὸς συγκράτησιν τῶν τροχῶν μετατρέπεται εἰς θερμότητα τριβῆς, ἐνίοτε μάλιστα ἡ ἀναπτυσσομένη θερμότης εἶναι τόσον μεγάλη, ὥστε αἱ τροχοπέδαι θερμαίνονται μέχρις ἐπικινδύνου βαθμοῦ, τείνοντος νὰ θέσῃ αὐτὰς ἐκτὸς λειτουργίας (κόλλημα φρένων). Ἐξ ἄλλου, τὸ φαινόμενον τῆς παραγωγῆς θερμότητος ἐκ τριβῆς ἦτο γνωστὸν εἰς τοὺς ἀρχεγόνους ἀνθρώπους, οἱ ὁποῖοι παρῆγον πῦρ διὰ τῆς καταλλήλου τριβῆς δύο λίθων.



Σχ. 251. Παραγωγὴ θερμότητος διὰ τριβῆς.

Λίαν διδακτικὸν πείραμα τῆς ἀναπτύξεως θερμότητος διὰ τριβῆς δεικνύει ἡ εἰς τὸ σχῆμα 251 εἰκονιζομένη διάταξις. Αὕτη ἀποτελεῖται ἀπὸ κατακόρυφον μεταλλικὸν σωλῆνα περιέχοντα αἰθέρα, καὶ δυνάμενον νὰ τεθῇ εἰς περιστροφικὴν κίνησιν διὰ φυγοκεντρικῆς μηχανῆς. Ἡ περιστροφικὴ κίνησις τοῦ σωλῆνος παρεμποδίζεται διὰ τριβέως τῇ βοηθείᾳ χειροτροχοπέδης, ὅτε λόγῳ τῆς τριβῆς ἀναπτύσσεται θερμότης, ἡ ὁποία προκαλεῖ ἀπότομον ἐξαέρωσιν τοῦ αἰθέρος, λόγῳ δὲ τῆς δημιουργουμένης πιέσεως ἐκσφενδονίζεται τὸ πῶμα τοῦ σωλῆνος μεθ' ὁρμῆς.

Προκειμένου διὰ τὴν ἐνέργειαν, εἴδομεν (§ 76) ὅτι ἰσχύει ἡ ἀρχὴ τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας, ἡ ὁποία εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς μετατροπῆς μηχανικοῦ ἔργου εἰς θερμότητα ἢ τῆς θερμότητος εἰς μηχανικὸν ἔργον διατυποῦται ὡς ἑξῆς: ***Ὅταν μηχανικὴ ἐνέργεια μετατρέπεται εἰς θερμότητα εἴτε, ἀντιστρόφως, θερμότης μετατρέπεται εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν, ὁ λόγος τῶν δύο ποσοτήτων ἐνεργείας ἀποτελεῖ σταθερὰν ποσότητα.*** Πρῶτος ὁ **J. Robert Mayer** κατώρθωσε διὰ θεωρητικῆς ὁδοῦ νὰ ὑπολογίσῃ τὴν ἀνωτέρω σχέσιν. Ἀκολούθως δὲ ἐκ μετρήσεων κατεδείχθη, ὅτι: ***1* kcal *εἶναι ἰσοδύναμος πρὸς 426,81* kgr*m.** Εἰς τὰς ἐφαρμογὰς δεχόμεθα ὅτι: ***1* kcal *ἰσοδυναμεῖ πρὸς 427 χιλιογραμμόμετρα*** **(kgr*m).** Ὁ ἀριθμὸς οὗτος καλεῖται ***μηχανικὸν ἰσοδύναμον τῆς θερμότητος.***

Μετατροπὴ μηχανικῶν μονάδων ἐνεργείας εἰς μονάδας θερμικῆς ἐνεργείας	
427 kgr*m	= **1 kcal**
1 kgr*m	= **1/427 kcal**
1 HPh	= 75 · 3600 : 427 = **632 kcal**
1 Joule	= 1/9,81 kgr*m = 1000/(9,81 · 427) = **0,239 cal**
1 kWh	= 3 600 000 Joule = **860 kcal**

242. Μετατροπὴ θερμότητος εἰς μηχανικὸν ἔργον. Ἡ μετατροπὴ αὐτὴ δὲν ἀποτελεῖ φαινόμενον τόσον ἁπλοῦν, ὡς ἡ ἀντίστροφος μετατροπή, ἕνεκα δὲ τοῦ λόγου τούτου ὁ ἄνθρωπος μόλις πρὸ 100 ἐτῶν κατώρθωσε νὰ ἐπιτύχῃ τὴν μετατροπὴν θερμότητος εἰς μηχανικὸν ἔργον, ὅταν δηλαδὴ ἀνεκάλυψε τὰς θερμικὰς μηχανάς.

Πράγματι, διὰ τὴν μετατροπὴν τῆς θερμότητος εἰς μηχανικὸν ἔργον, πρέπει ἀπαραιτήτως νὰ διαθέσωμεν δύο πηγὰς θερμότητος (δεξαμενὰς θερμότητος), ἐκ τῶν ὁποίων ἡ μία νὰ εὑρίσκεται εἰς ἀνωτέραν θερμοκρασίαν καὶ ἡ ἄλλη εἰς κατωτέραν, καὶ νὰ διαθέτωμεν πρὸς τούτοις κατάλληλον μηχανήν.

Ἐξ ἄλλου κατόπιν μακροχρονίων ἐρευνῶν κατεδείχθη ὅτι εἶναι ἀδύνατον νὰ κατασκευάσωμεν μηχανὴν ἡ ὁποία ν' ἀφαιρῇ θερμότητα ἀπὸ τὴν θάλασσαν ἢ τὴν ἀτμόσφαιραν (μία πηγὴ θερμότητος) καὶ νὰ μετατρέπῃ αὐτὴν εἰς ἔργον.

Ἐπειδὴ ἐξ ἄλλου ἡ κατασκευὴ μηχανῆς ἡ ὁποία νὰ δημιουργῇ ἐνέργειαν ἐκ τοῦ μηδενὸς καλεῖται ***ἀεικίνητον πρώτου εἴδους***, ἡ δὲ Φυσικὴ ἀποκλείει τὴν πραγματοποίησιν αὐτοῦ, ἡ ἀνωτέρω ἀναφερομένη μηχανή, ἡ ὁποία θὰ ἠδύνατο νὰ μετατρέπῃ τὴν θερμότητα τῆς θαλάσσης εἰς μηχανικὸν ἔργον καὶ τὴν πραγματοποίησιν τῆς ὁποίας ἀποκλείει ἐπίσης ἡ Φυσικὴ καλεῖται ***ἀεικίνητον δευτέρου εἴδους***.

JAMES PRESCOTT JOULE
(1818 - 1889)
Ἄγγλος Φυσικός. Κατέστη ὀνομαστὸς διὰ τοῦ πρώτου πειράματος τοῦ προσδιορισμοῦ τοῦ μηχανικοῦ ἰσοδυνάμου τῆς θερμότητος.

243. Ἀπόδοσις. Συμφώνως πρὸς τ' ἀνωτέρω εἰς μίαν θερμικὴν μηχανὴν ἡ πηγὴ ἀνωτέρας θερμοκρασίας T_1, εἰς ἀπολύτους βαθμούς, παρέχει τὸ ποσὸν θερμότητος Q_1, καὶ ἓν μέρος αὐτῆς Q_2 μεταβιβάζεται διὰ τῆς μηχανῆς εἰς τὴν πηγὴν κατωτέρας θερμοκρασίας T_2, τὸ δὲ ὑπόλοιπον $Q_1 - Q_2$ μετατρέπεται εἰς μηχανικὸν ἔργον δυνάμενον νὰ χρησιμοποιηθῇ ἐπωφελῶς.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει ὅτι, ἡ ἀπόδοσις θερμικῆς μηχανῆς ἐκφράζεται ἐκ τοῦ λόγου τοῦ ποσοῦ τῆς θερμότητος $Q_1 - Q_2$, τὸ ὁποῖον μετατρέπεται εἰς ὠφέλιμον μηχανικὸν ἔργον, πρὸς τὸ ἀρχικῶς ὑπὸ τῆς θερμικῆς δεξαμενῆς ἀνωτέρας θερμοκρασίας παρεχόμενον ποσὸν θερμότητος Q_1, ἤτοι:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

Θεωρητικῶς δεικνύεται ὅτι ἡ **ἀπόδοσις** ἐκφράζεται καὶ ὑπὸ τῆς σχέσεως:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

Ἡ ὡς ἄνω ὑπολογιζομένη ἀπόδοσις εἶναι θεωρητική, ἐνῷ ἡ πραγματική, διὰ λόγους τοὺς ὁποίους δὲν δυνάμεθα ν' ἀναφέρωμεν εἰς τὸ βιβλίον τοῦτο, εἶναι κατὰ πολὺ μικροτέρα.

Οὕτως ἐὰν εἰς ἀτμομηχανήν, εἰς τὴν ὁποίαν ἡ θερμικὴ δεξαμενὴ ἀνωτέρας θερμοκρασίας εἶναι ὁ λέβης, δεχθῶμεν ὅτι $T_1 = 573\ ^0K$, ὡς θερμικὴ δὲ δεξαμενὴ ταπεινοτέρας θερμοκρασίας εἶναι τὸ ψυγεῖον, δεχθῶμεν δὲ $T_2 = 323\ ^0K$ (^0K = βαθμοὶ Kelvin) ἡ θερμικὴ **ἀπόδοσις** τῆς μηχανῆς θὰ εἶναι:

$$\eta = \frac{573 - 323}{573} = 0{,}44 \quad \text{ἤτοι} \quad 44\,\%.$$

244. Γενικὰ περὶ θερμικῶν μηχανῶν. Αἱ θερμικαὶ μηχαναί, αἱ ὁποῖαι χρησιμεύουν πρακτικῶς εἰς τὴν μετατροπὴν τῆς θερμότητος εἰς μηχανικὸν ἔργον, διακρίνονται εἰς τὰς ἀκολούθους κατηγορίας:

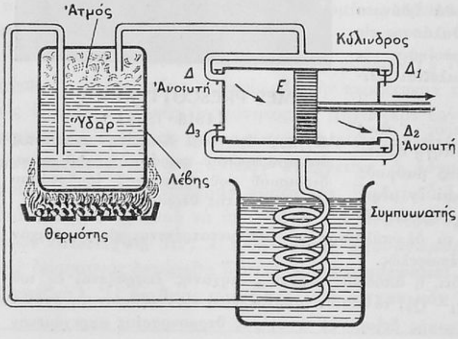
α) ***Μηχαναὶ θερμοῦ ἀέρος.*** Εἰς τὰς μηχανὰς τοῦ τύπου τούτου χρησιμοποιεῖται ἡ πίεσις ἀέρος, ἡ προερχομένη ἐκ τῆς θερμάνσεως ἀποκεκλεισμένης ποσότητος ἀέρος, ὁ ὁποῖος ἀποτελῆ τὸ μεταβαλλόμενον σῶμα.

β) ***Μηχαναὶ ἐκρήξεως.*** Εἰς τὰς μηχανὰς τοῦ τύπου τούτου εἰσάγεται ἐν κλειστῷ κυλίνδρῳ ἐκρηκτικὸν μῖγμα ἀερίου - ἀέρος, τὸ ὁποῖον ἀναφλέγεται καταλλήλως. Ὡς ἐκ τῆς ἀναπτυσσομένης θερμότητος κατὰ τὴν ἀνάφλεξιν τοῦ μίγματος, ἀναπτύσσεται ἀπότομος ἀνύψωσις τῆς πιέσεως τῶν ἀερίων τῆς καύσεως, τὴν ὁποίαν ἐκμεταλλευόμεθα.

γ) ***Ἀτμομηχαναί.*** Εἰς τὰς μηχανὰς τοῦ τύπου τούτου χρησιμοποιοῦμεν τὴν πίεσιν ἀτμοῦ ὕδατος, ὁ ὁποῖος καταλαμβάνει κατὰ πολὺ μεγαλύτερον ὄγκον ἢ τὸ ὕδωρ ἐν ὑγρᾷ καταστάσει, καὶ τοῦ ὁποίου ἡ πίεσις αὐξάνεται μετὰ τῆς θερμοκρασίας.

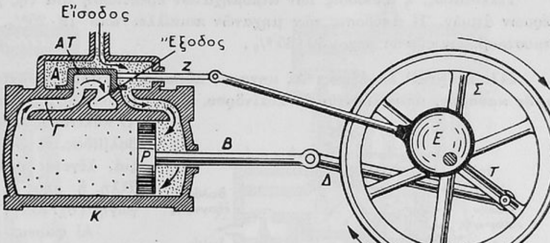
δ) ***Ἀτμοστρόβιλοι.*** Καὶ εἰς τὰς μηχανὰς ταύτας χρησιμοποιοῦμεν ἐπίσης τὴν πίεσιν τοῦ ἀτμοῦ.

245. Στοιχειώδης περιγραφὴ τῆς λειτουργίας ἀτμομηχανῆς. Ἡ μηχανὴ περιλαμβάνει, διὰ τὴν λειτουργίαν αὐτῆς, τὸν λέβητα ὁ ὁποῖος περιέχει ὕδωρ θερμαινόμενον κάτωθεν, ἐνῷ ἄνωθεν αὐτοῦ δημιουργεῖται ἀτμὸς ὑπὸ πίεσιν (σχ. 252). Ὁ ἀτμὸς εἰσχωρεῖ ἐκ τοῦ λέβητος πρὸς τὸν κύλινδρον, μέσῳ τῆς βαλβίδος Δ, ἡ ὁποία ἀνοίγει καὶ ὠθεῖ τὸν ἐμβολέα Ε πρὸς τὰ δεξιά, ἐνῷ ἡ βαλβὶς $Δ_2$ παραμένει ἀνοικτὴ συγκοινωνοῦσα πρὸς τὸν συμπυκνωτήν, ὅπου ἐπικρατεῖ μικρὰ πίεσις. Ὅταν ὁ ἐμβολεὺς φθάσῃ εἰς τὸ ἄκρον τῆς διαδρομῆς του ἀνοίγει ἡ βαλβὶς $Δ_1$ ὡς καὶ ἡ $Δ_3$, ἐνῷ κλείουν αἱ Δ καὶ $Δ_2$. Συνεπείᾳ εἰσροῆς ἀτμοῦ ἐκ τῆς $Δ_1$ ὁ ἐμβολεὺς κινεῖται πρὸς τὰ ἀριστερά, λόγῳ τῆς πιέσεως τοῦ ἀτμοῦ, καὶ ἐκδιώκει τὸν ἀποτονωθέντα ἀτμὸν πρὸς τὸν συμπυκνωτὴν ὅπου συμπυκνοῦται καὶ ἐπαναφέρεται ἐκ νέου εἰς τὸν λέβητα.



Σχ. 252. Ἀρχὴ της λειτουργίας ἀτμομηχανῆς.

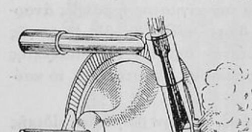
Εἰς τὸ σχῆμα 253 δεικνύεται ἐν τομῇ συνήθης τύπος ἀτμομηχανῆς, τῆς ὁποίας ἡ λειτουργία ἔχει ὡς ἑξῆς: Ὁ ἀτμὸς κατὰ τὴν ἔναρξιν τῆς λειτουργίας τῆς μηχανῆς εἰσχωρεῖ ὑπὸ πίεσιν ἐκ τοῦ λέβητος (πηγὴ θερμότητος ὑψηλῆς θερμοκρασίας) διὰ τοῦ σωλῆνος εἰσόδου καὶ διοχετεύεται διὰ τοῦ ὀχετοῦ εἰς Α ὑπὸ σταθερὰν πίεσιν εἰς τὸν κύλινδρον, οὕτω δὲ ὠθεῖ τὸν ἐμβολέα Ρ πρὸς τ' ἀριστερά, διότι ἡ ἐπὶ τῆς ἄλλης ὄψεως αὐτοῦ ἀσκουμένη πίεσις εἶναι μικροτέρα (ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις), καθότι ἡ περιοχὴ πρὸς τ' ἀριστερὰ τοῦ ἐμβολέως συγκοινωνεῖ πρὸς τὴν ἔξοδον. Ἡ πίεσις ἡ ὠθοῦσα τὸν ἐμβολέα διατηρεῖται σταθερά, μέχρις ὡρισμένου σημείου τῆς διαδρομῆς του, ὁπότε κλείεται διὰ τοῦ ἀτμοσύρτου ΑΤ ἡ παροχὴ ἀτμοῦ. Τότε ὅμως παύει ἡ εἰσροὴ ἀτμοῦ ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου, ὁ δ' ἐν αὐτῷ καὶ πρὸς τὰ δεξιὰ τοῦ ἐμβολέως ἀποκεκλεισμένος ἀτμὸς διὰ περαιτέρω προωθήσεως τοῦ ἐμβολέως ἀποτονοῦται. Περὶ τὸ τέλος τῆς διαδρομῆς τοῦ ἐμβολέως ἀνοίγει πάλιν ὁ ὀχετὸς Α, οὕτω δὲ ὁ κύλινδρος τίθεται διὰ τοῦ ἀτμοσύρτου εἰς συγκοινωνίαν μὲ τὴν ἔξοδον τοῦ ἀτμοῦ πρὸς τὴν ἀτμόσφαιραν ἢ τὸ ψυγεῖον, (πηγὴ θερμότητος ταπεινοτέρας θερμοκρασίας), ὅτε ἡ πίεσις τοῦ ἀτμοῦ πίπτει ἀποτόμως. Κατὰ τὴν στιγμὴν ὅμως ταύτην λαμβάνει ἐκ νέου χώραν εἰσροὴ ἀτμοῦ εἰς τὸν κύλινδρον ἐκ τοῦ λέβητος, συνεπείᾳ δὲ τούτου ὁ ἐμβολεὺς ὠθεῖται πρὸς τὰ δεξιὰ καὶ ἐκδιώκει τὸν ἀποτονωθέντα προηγουμένως ἀτμὸν ὅστις συμπυκνοῦται εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν (ἢ τὸ ψυγεῖον) καὶ οὕτως ἐπαναλαμβάνονται πάλιν αἱ αὐταὶ φάσεις ὡς προηγουμένως. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει ὅτι ὁ ἀτμοσύρτης ῥυθμίζει τὴν εἰσροὴν ἀτμοῦ ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου.



Σχ. 253. Τομὴ ἀτμομηχανῆς. ΑΤ, ἀτμοσύρτης. Α καὶ Γ, ὀχετοί. Κ, κύλινδρος. Ρ, ἔμβολον. Β, βάκτρον. Δ, διωστήρ. Τ, στρόφαλος. Ε, ἔκκεντρον. Σ, σφόνδυλος.

Ἡ ὡς ἄνω παλινδρομικὴ κίνησις τοῦ ἐμβόλου ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου μετατρέπεται, διὰ μέσου τοῦ βάκτρου Β (σχ. 253), τοῦ διωστῆρος Δ, τοῦ στροφάλου Τ καὶ τοῦ ἐκκέντρου Ε, εἰς περιστροφικήν, ἐνῷ Σ παριστᾶ σφόνδυλον, ὅστις διατηρεῖ ὁμοιόμορφον τὴν λειτουργίαν τῆς μηχανῆς καὶ χρησιμεύει πρὸς τούτοις διὰ τὴν μεταβίβασιν τῆς κινήσεως διὰ μέσου ἱμάντος.

Ἡ ἀνωτέρω περιγραφεῖσα μηχανὴ ἡ ὁποία ἀποτελεῖται ἐξ ἑνὸς μόνον κυλίνδρου καλεῖται ***ἁπλῆ μηχανή.*** Αἱ ἀτμομηχαναὶ ὅμως ὅλων τῶν νεωτέρων πλοίων εἶναι ***σύνθετοι μηχαναὶ*** ἀποτελούμεναι ἐκ δύο, τριῶν ἢ καὶ τεσσάρων κυλίνδρων. Ὁ αὐτὸς ἀτμὸς εἰσέρχεται διαδοχικῶς εἰς ἕκαστον τῶν κυλίνδρων τῶν ὁποίων ἡ διατομὴ διαδοχικῶς εἶναι ηὐξημένη, δεδομένου ὅτι κατὰ τὴν ἐκτόνωσιν ἡ πίεσις τοῦ ἀτμοῦ ἐλαττοῦται, ἐνῷ ὁ ὄγκος αὐτοῦ αὐξάνεται. Διὰ τῆς τοιαύτης βαθμιαίας ἐκτονώσεως τοῦ ἀτμοῦ ἀπὸ κυλίνδρου εἰς κύλινδρον ἐπέρχεται μεγάλη οἰκονομία, διότι ὁ ἀτμὸς δὲν ἀποβάλλεται ἐκ τῆς μηχανῆς εἰμὴ μόνον ὅταν ὅλη ἡ δύναμις αὐτοῦ ἔχει ἀποδοθῆ.



Σχ. 254. Ἀτμοστρόβιλος Laval.

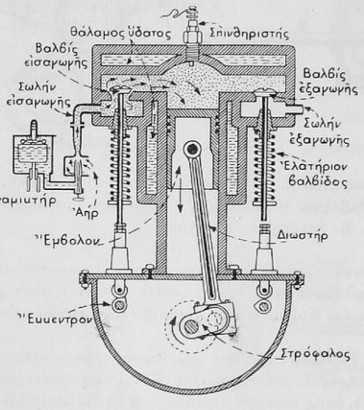
Ἐπίσης αἱ μηχαναὶ τῶν σιδηροδρόμων εἶναι σύνθετοι μηχαναὶ ἐκ τῶν ὁποίων οἱ δύο κύλινδροι εὑρίσκονται πρὸς τὸ ἔξω μέρος τῆς μηχανῆς, ἐνῷ οἱ ὑπόλοιποι ἐντὸς αὐτῆς, ἡ δὲ ἐκτόνωσις τοῦ ἀτμοῦ γίνεται ἀπ' εὐθείας εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν, χωρὶς νὰ χρησιμοποιεῖται συμπυκνωτὴς μετὰ ψυγείου ὡς συμβαίνει εἰς τὰς ἀτμομηχανὰς πλοίου.

246. Ἀτμοστρόβιλοι. Εἰς τοὺς ***ἀτμοστροβίλους*** ἡ κίνησις εἶναι ἀπ' εὐθείας περιστροφική, ἀποτελοῦνται δὲ οὗτοι ἐξ ἄξονος ἐφωδιασμένου διὰ τροχῶν ἢ δίσκων οἱ ὁποῖοι εἰς τὰ ἄκρα αὐτῶν φέρουν καμπυλωτὰ πτερύγια. Διὰ τῆς ροῆς δὲ ἀτμοῦ ὑπὸ πίεσιν ἐπὶ τῶν πτερυγίων τίθεται ὁ τροχὸς εἰς περιστροφικὴν κίνησιν περὶ τὸν ἄξονά του (σχ. 254).

Ἀτμοστροβίλων ὑπάρχουν διάφοροι τύποι, ὡς ὁ τοῦ Parson, de Laval, Curtis κ. ἄ., καὶ οἱ ὁποῖοι παρουσιάζουν ἀπόδοσιν μεγαλυτέραν τῆς ἀτμομηχανῆς.

Τελευταίως, ἡ ἀπόδοσις τῶν ἀτμομηχανῶν ἐβελτιώθη διὰ τῆς χρησιμοποιήσεως ὑπερθέρμων ἀτμῶν. Ἡ ἀπόδοσις τῶν μηχανῶν ποικίλλει ἀπὸ $12-25\%$, ἐνῷ ἡ ἀπόδοσις τῶν ἀτμοστροβίλων φθάνει μέχρι $30-35\%$.

247. Μηχαναὶ ἐκρήξεως. Αἱ μηχαναὶ αὗται, αἱ ὁποῖαι καλοῦνται καὶ ***μηχαναὶ ἐσωτερικῆς καύσεως***, ἀποτελοῦνται ἐκ κυλίνδρου, ἐντὸς τοῦ ὁποίου δύναται νὰ κινῆται ἐμβολεύς. Ὁ κύλινδρος φέρει πρὸς τὰ ἄνω δύο βαλβῖδας, ἐξ ὧν ἡ μία, ἡ πρὸς τὰ δεξιά, λέγεται βαλβὶς εἰσαγωγῆς, ἡ δὲ ἄλλη, ἡ πρὸς τ' ἀριστερά, βαλβὶς ἐξαγωγῆς (σχ. 255).



Σχ. 255. Χαρακτηριστικὰ μηχανῆς ἐκρήξεως.

Αἱ φάσεις αἱ ἐκτελούμεναι κατὰ τὴν λειτουργίαν μηχανῆς ἐσωτερικῆς καύσεως εἶναι αἱ ἀκόλουθοι:

1η Φάσις: Ἀναρρόφησις (Εἰσαγωγή). Τὸ μῖγμα εἰσέρχεται εἰς τὴν κορυφὴν τοῦ κυλίνδρου ἀπὸ τὴν βαλβίδα ἀναρροφήσεως, λόγῳ τῆς ἐλαττώσεως τῆς πιέσεως εἰς τὸν κύλινδρον, τῆς δημιουργουμένης ἀπὸ τὸ κατερχόμενον ἔμβολον. Γενικῶς τὸ μῖγμα προσλαμβάνεται ἀπὸ τὴν μηχανὴν ἡ ὁποία ἐνεργῇ ὡς ἀντλία. Ὁ ἐμβολεὺς εὑρίσκεται κατ' ἀρχὰς εἰς τὸ ἀνώτατον ἄκρον τῆς διαδρομῆς του, καὶ ὅταν ἀρχίσῃ νὰ κατέρχεται, ἀνοίγει ἀμέσως ἡ βαλβὶς εἰσαγωγῆς καὶ τὸ καύσιμον ἀέριον εἰσχωρεῖ, ἕνεκα τοῦ ἀνωτέρω ἐκτεθέντος λόγου, ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου. Ἡ βαλβὶς ἐξαγωγῆς εἶναι κλειστὴ (σχ. 256).

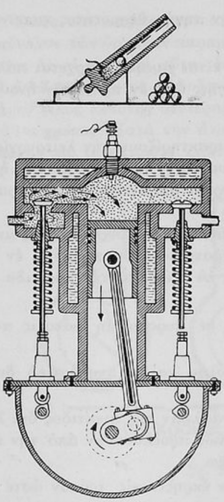
2α Φάσις: Συμπίεσις. Ὅταν ὁ κύλινδρος πληρωθῇ ὑπὸ τοῦ μίγματος ἡ βαλβὶς ἀναρροφήσεως κλείει καὶ τὸ μίγμα διατηρεῖται εἰς τὸν κύλινδρον, διότι καὶ ἡ βαλβὶς ἐξαγωγῆς εἶναι πάντοτε κλειστή. Ὅταν ὁ ἐμβολεὺς φθάσῃ εἰς τὸ κατώτατον σημεῖον τῆς διαδρομῆς του, ἄρχεται κινούμενος πρὸς τ' ἄνω, ὅτε αἱ δύο βαλβῖδες παραμένουν κλεισταί, καὶ τὸ καύσιμον ἀέριον συμπιέζεται (σχ. 257).

3η Φάσις: Ἔκρηξις. Ὅταν τὸ ἀέριον συμπιεσθῇ ἐπαρκῶς, μὲ τὴν βοήθειαν εἰδικῆς διατάξεως λειτουργούσης δι' ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ καύσιμον ἀναφλέγεται καὶ ἐπακολουθεῖ ἔκρηξις. Αἱ δύο βαλβῖδες ἐξακολουθοῦν νὰ παραμένουν κλεισταί (σχ. 258). (Τὸ καύσιμον καιόμενον ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου ἀποτελεῖ τὴν πηγὴν θερμότητος ἀνωτέρας θερμοκρασίας, βλ. σελ. 177).

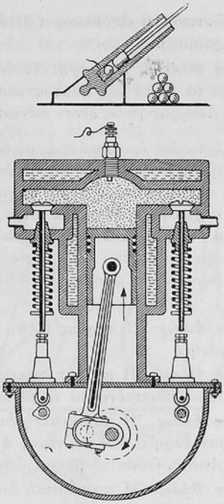
4η Φάσις: Αὔξησις ἀπότομος τῆς πιέσεως. Λόγῳ τῆς κατὰ τὴν ἔκρηξιν ἀναπτυσσομένης θερμότητος, ἡ πίεσις τῶν ἀερίων τῆς καύσεως αὐξάνεται ἀποτόμως.

5η Φάσις: Ἀποτόνωσις. Ὡς ἐκ τῆς ἀποτόμου αὐξήσεως τῆς πιέσεως ὁ ἐμβολεὺς ὠθεῖται βιαίως πρὸς τὰ κάτω, καὶ οὕτω τὰ ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου εὑρισκόμενα ἀέρια ἀποτονοῦνται, ἡ φάσις δὲ αὕτη ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν ἀπόδοσιν ἔργου ὑπὸ τῆς μηχανῆς.

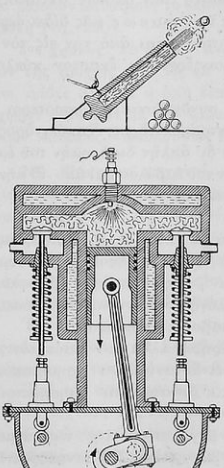
6η Φάσις: Ἀπότομος ἐλάττωσις τῆς πιέσεως. Ἡ βαλβὶς ἐξαγωγῆς ἀνοίγει, ὅτε ἡ



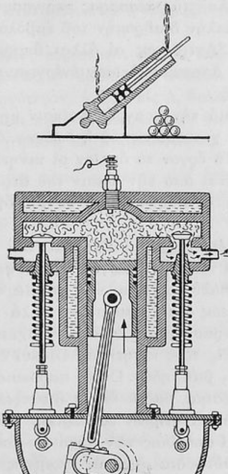
Σχ. 256. Ἀναρρόφησις.



Σχ. 257. Συμπίεσις.



Σχ. 259. Ἔκρηξις.



Σχ. 259. Ἐξαγωγή.

Σχ. 256 - 259. Αἱ τέσσαρες κύριαι φάσεις μηχανῆς ἐκρήξεως.

πίεσις ἐλαττοῦται ἀποτόμως. ('Η ἀτμόσφαιρα ἀποτελεῖ τὴν πηγὴν θερμότητος ταπεινοτέρας θερμοκρασίας).

7η Φάσις : 'Εξαγωγή. Τὸ ἔμβολον τὸ ὁποῖον τώρα εἶναι χαμηλὰ ἀνέρχεται πάλιν καὶ ἐκδιώκει τὰ ἀέρια τῆς καύσως μέσῳ τῆς βαλβίδος ἐξαγωγῆς, ἥτις ἐν τῷ μεταξὺ ἤνοιξεν. 'Η βαλβὶς ἀναρροφήσεως εἶναι πάντοτε κλειστή.

Αἱ κυρίως ὅμως φάσεις, αἱ ὁποῖαι εἰς τὴν πρᾶξιν χαρακτηρίζουν τὴν λειτουργίαν τῆς ἀνωτέρω μηχανῆς ἐσωτερικῆς καύσεως εἶναι : ἡ ἀναρρόφησις (1), ἡ συμπίεσις (2), ἡ ἔκρηξις (3) καὶ ἡ ἐξαγωγὴ (7). 'Επειδὴ δὲ ἡ ὡς ἄνω λειτουργία διεξάγεται εἰς τέσσαρας χρόνους ἡ μηχανὴ καλεῖται καὶ ***τετράχρονος μηχανή.***

Τὰ διαγράμματα τῶν σχημάτων 256 ἕως 259 δεικνύουν τὴν λειτουργίαν μιᾶς μηχανῆς συγκρινομένην μὲ τὴν λειτουργίαν ἑνὸς τηλεβόλου. Πράγματι τὸ ἔμβολον ἐπέχει ἐν σχέσει μὲ τὸ ἐκρηκτικὸν μῖγμα τὴν ἰδίαν θέσιν τοῦ βλήματος ἐν σχέσει μὲ τὴν πυρίτιδα. Οὕτω ἔχωμεν :

1η Φάσις. 'Η πυρῖτις ἐτέθη ἐντὸς τοῦ τηλεβόλου, ἡ δὲ πυροδοτικὴ διάταξις παραμένει ἀδρανής.

2α Φάσις. 'Η πυρῖτις συμπιέζεται ἐντὸς τοῦ τηλεβόλου καὶ ἡ πυροδοτικὴ διάταξις ἐξακολουθεῖ παραμένουσα ἀδρανής.

3η Φάσις. 'Η πυροδοτικὴ διάταξις διεγείρει τὴν ἀνάφλεξιν τῆς πυρίτιδος ὅτε λαμβάνει χώραν ἔκρηξις καὶ ἀπότομος ἀποτόνωσις τῶν ἀερίων τῶν προελθόντων ἀπὸ τὴν καῦσιν τῆς πυρίτιδος. Οὕτω τὸ βλῆμα ὠθεῖται βιαίως πρὸς τὰ ἔξω.

4η Φάσις. 'Η πυροδοτικὴ διάταξις ἀδρανῆ μετὰ τὴν ἔκρηξιν εἰς τρόπον ὥστε τὸ τηλεβόλον νὰ τροφοδοτηθῇ ἐκ νέου ἀκινδύνως μὲ πυρίτιδα.

'Απὸ τὰς τέσσαρας περιγραφείσας κυρίας φάσεις, ἑκάστη τῶν ὁποίων ἀντιστοιχεῖ εἰς μίαν ἁπλὴν διαδρομὴν τοῦ ἐμβόλου, μόνον ἐκείνη τῆς ἐκτονώσεως μᾶς δίδει ὠφέλιμον ἔργον. 'Αντιθέτως αἱ ἄλλαι ἀπορροφοῦν ἔργον τὸ ὁποῖον παρέχεται ἀπὸ τὴν εἰς τὸν σφόνδυλον ἀποταμιευθεῖσαν ἐνέργειαν. Ἔχομεν δηλ. μίαν φάσιν ἔργου δι' ἕκαστον κύκλον τῆς μηχανῆς.

Διὰ τὴν πραγματοποίησιν μηχανῶν μεγάλης ἰσχύος συνδιάζονται περισσότεροι κύλινδροι π.χ. τέσσαρες, ἓξ ἢ δώδεκα, ὅτε ἡ μηχανὴ καλεῖται τετρακύλινδρος, ἑξακύλινδρος κ.ο.κ.

Τὸ ἔργον τὸ ὁποῖον οἱ κινητῆρες οὗτοι ἀναπτύσσουν δι' ἁπλῆν διαδρομὴν τοῦ ἐμβόλου ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν πίεσιν τοῦ ἀερίου, ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἐμβόλου καὶ ἀπὸ τὸ μῆκος τῆς διαδρομῆς του, ἢ ἄλλως ἐκ τοῦ ὄγκου τοῦ θαλάμου ἐκτονώσεως τοῦ ἀερίου.

248. Μηχαναὶ Diesel. 'Επὶ τῆς αὐτῆς ἀρχῆς, ἀλλὰ μὲ ἐλαφρὰς τροποποιήσεις, στηρίζεται καὶ ἡ λειτουργία τῶν ***κινητήρων* Diesel** (σχ. 260), εἰς τοὺς ὁποίους ἡ συμπίεσις εἶναι πολὺ ἀνωτέρα καὶ ταχεῖα, οὕτω δὲ δὲν ἀπαιτεῖται ἡ χρησιμοποίησις ἀναφλεκτικῆς διατάξεως διὰ τὸ καύσιμον, ἀλλὰ τοῦτο αὐταναφλέγεται, λόγῳ τῆς ἐντόνου ἀνυψώσεως τῆς θερμοκρασίας του κατὰ τὴν ταχυτάτην συμπίεσιν του (ἀδιαβατικὴ συμπίεσις).

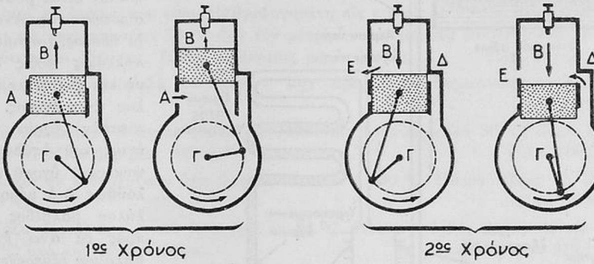
Εἰς τοὺς κινητῆρας Diesel δὲν λαμβάνει χώραν ἔκρηξις, ἀλλὰ τὸ καύσιμον μῖγμα καίεται βαθμηδόν. Οὗτοι παρουσιάζουν τὸ πλεονέκτημα ὅτι δύνανται νὰ χρησιμοποιήσουν ὡς καύσιμα, βαρέα ἔλαια ἢ πετρέλαιον, τὰ ὁποῖα δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ χρησιμοποιηθοῦν ὑπὸ τῶν κινητήρων ἐσωτερικῆς καύσεως.

'Η ἀπόδοσις τῶν μηχανῶν ἐσωτερικῆς καύσεως εἶναι μεγαλυτέρα τῆς τῶν ἀτμομηχανῶν. Οὕτω διὰ μηχανὰς ἐκρήξεως αὕτη ἀνέρχεται εἰς 20-32 %, ἐνῷ διὰ κινητῆρας Diesel εἶναι 30-38 %.

Γενικῶς οἱ κινητῆρες ἐκρήξεως χρησιμοποιοῦνται εἰς τὰ αὐτοκίνητα, μοτοσυκλέτας, ὑπὸ σχετικῶς μικρὰν ἰσχύν, ἀλλὰ ὑπὸ λίαν μεγάλην ἰσχὺν εἰς τὰ ἀεροπλάνα. Οἱ κινητῆρες Diesel, ἐπειδὴ ἀποτελοῦν βαρείας μηχανάς, χρησιμοποιοῦνται κυρίως εἰς τὰ ἐργοστάσια, εἰς πλοῖα καὶ εἰς τὰς μονίμους ἐν γένει ἐγκαταστάσεις.

Ἐκτὸς τῶν τετραχρόνων κινητήρων ἢ μηχανῶν ὑπάρχουν καὶ αἱ ***δίχρονοι μηχαναί.*** Τὸ σύνολον τῶν ὀργάνων παραμένουν τὰ ἴδια ὡς καὶ εἰς τὰς τετραχρόνους μηχανάς. Καλοῦνται δὲ αἱ μηχαναὶ αὗται ***δίχρονοι,*** διότι ἡ ἔκρηξις λαμβάνει χώραν μίαν φοράν, διὰ μίαν ἄνοδον καὶ μίαν κάθοδον τοῦ ἐμβολέως, δηλ. τὸ ἔμβολον ὑφίσταται μίαν ὤθησιν κατὰ τὸ τέλος ἑκάστης δευτέρας ἁπλῆς διαδρομῆς.

1ος ***χρόνος.*** Κατὰ τὴν ἄνοδον ὁ ἐμβολεὺς συμπιέζει τὰ ἀέρια εἰς Β καὶ δημιουργεῖ ὑποπίεσιν εἰς τὸ κάτωθεν κιβώτιον Γ (carter), τὸ ὁποῖον εἶναι στεγανῶς συνδεδεμένον πρὸς



Σχ. 260. Λειτουργία διχρόνου μηχανῆς.

τὸν κύλινδρον. Λόγῳ τῆς ἀνόδου τοῦ ἐμβολέως ἀνοίγει ἡ ὀπὴ Α ἡ ὁποία ἐπιτρέπει τὴν ἐκ νέου εἴσοδον καυσίμου, τὸ ὁποῖον εἰσχωρεῖ ἐντὸς τοῦ κιβωτίου, ἐνῷ ἡ ὀπὴ ἐξαγωγῆς εἶναι κλειστὴ (σχ. 260).

2ος ***χρόνος.*** Τὸ ἀέριον ἀναφλέγεται ὅταν ὁ ἐμβολεὺς εὑρίσκεται εἰς τὸ ἀνώτατον σημεῖον τῆς τροχιᾶς του. Ὡς ἐκ τῆς ἀναπτυσσομένης πιέσεως, ὁ ἐμβολεὺς ὠθεῖται πρὸς τὰ κάτω, ὁπότε ἀνοίγει ἡ ὀπὴ ἐξαγωγῆς Ε καί, ὀλίγον ἀργότερον, ἡ ὀπὴ εἰς Δ, διὰ τῆς ὁποίας εἰσχωρεῖ καύσιμον ἐκ τοῦ κιβωτίου, τὸ ὁποῖον συμβάλλει πρὸς τούτοις εἰς τὴν ἐκδίωξιν τῶν ἀερίων καύσεως. Ἀκολούθως ἐπαναλαμβάνεται ἡ αὐτὴ φάσις ὡς προγενεστέρως.

249. Ψυκτικαὶ μηχαναί. Ἐκ πείρας γνωρίζομεν ὅτι σῶμα ψύχεται ἀφ' ἑαυτοῦ, ὅταν εὑρίσκεται εἰς περιβάλλον ὅπου ὑφίστανται ψυχρότερα σώματα. Σῶμα ὅμως οὐδέποτε εἶναι δυνατὸν νὰ ψυχθῇ ἀφ' ἑαυτοῦ, ἐφ' ὅσον εὑρίσκεται εἰς περιβάλλον ὅπου εὑρίσκονται θερμότερα σώματα.

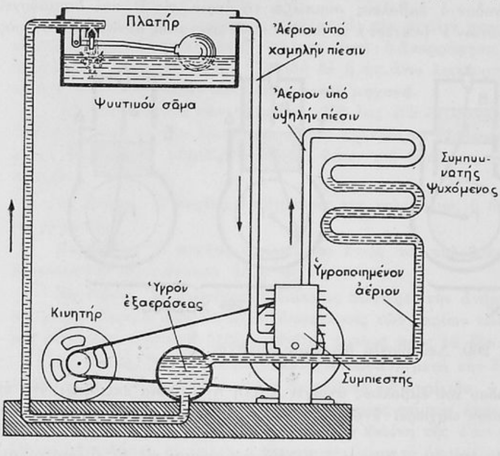
Πράγματι, ἐκ πείρας γνωρίζομεν, ὅτι ἡ θερμότης εἶναι ἀδύνατον νὰ μεταβῇ ἀφ' ἑαυτῆς ἐκ σώματος ψυχροτέρου εἰς σῶμα θερμότερον, ἀλλὰ διὰ νὰ συμβῇ τοῦτο, ἀπαιτεῖται ταυτόχρονος κατανάλωσις ἔξωθεν ἔργου.

Ἐκ μακροχρονίων πειραματικῶν ἐρευνῶν κατεδείχθη ὅτι ἰσχύει ὁ ἀκόλουθος νόμος: ***Θερμότης δύναται νὰ μεταβιβασθῇ ἐκ ψυχροτέρου πρὸς θερμότερον σῶμα, μόνον ὑπὸ σύγχρονον κατανάλωσιν ἔξωθεν ἔργου.***

Ἐπὶ τῆς ἀνωτέρω ἀρχῆς στηρίζεται ἡ λειτουργία διαφόρων ψυκτικῶν μηχανῶν.

Ἡ τεχνικὴ τῆς πραγματοποιήσεως ταπεινῶν θερμοκρασιῶν ἔχει ἐξελιχθῇ σήμερον τόσον πολύ, ὥστε νὰ ἐπιτυγχάνεται θερμοκρασία $-268{,}7\ ^0C$ ἡ ὁποία ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν κανονικὴν θερμοκρασίαν βρασμοῦ τοῦ ὑγροποιουμένου ἀερίου ἥλιον, ἐνῷ διὰ βρασμοῦ τοῦ ἡλίου ὑπὸ ἐλαττωμένην πίεσιν ἐπετεύχθη θερμοκρασία $-272{,}3\ ^0C$ ἡ ὁποία ἀπέχει μόλις κατὰ $0{,}7\ ^0C$ ἀπὸ τὸ ἀπόλυτον μηδέν.

250*. Ἠλεκτρικὰ ψυγεῖα. Ἐκτὸς τῶν συνήθων οἰκιακῶν ψυγείων διὰ πάγου, διεδόθησαν εὐρύτατα κατὰ τὰ τελευταῖα ἔτη τὰ ἠλεκτρικὰ ἢ ἄλλως μηχανικὰ καλούμενα ψυγεῖα, τῶν ὁποίων ἡ λειτουργία στηρίζεται ἐπὶ τοῦ φαινομένου τῆς ἐξαερώσεως καταλλήλων ὑγρῶν. Ἐν γενικαῖς γραμμαῖς, ἡ λειτουργία ἠλεκτρικοῦ ψυγείου ἔχει ὡς ἑξῆς : Μὲ τὴν βοήθειαν καταλλήλου συμπιεστοῦ (σχ. 261) κινουμένου δι' ἠλεκτροκινητῆρος, ὁ ἀτμὸς τοῦ ἐξαερωθέντος ὑγροῦ παραλαμβάνεται ἐκ τοῦ θαλάμου ἐξαερώσεως καὶ συμπιέζεται καταλλήλως μέχρις ὑγροποιήσεως αὐτοῦ ἐντὸς ὀφιοειδοῦς σωλῆνος, ὅστις καλεῖται συμπυκνωτής. Τὸ ἐκ τῆς συμπιέσεως τοῦ ἀτμοῦ καὶ τῆς συμπυκνώσεως αὐτοῦ ἐκλυόμενον ποσὸν θερμότητος ἀπάγεται τῇ βοηθείᾳ κυκλοφοροῦντος ψυχροῦ ὕδατος ἐντὸς τοῦ δοχείου εἰς τὸ ὁποῖον εἶναι βυθισμένος ὁ συμπυκνωτής. Ἀντὶ ψύξεως δι' ὕδατος, χρησιμοποιεῖται πολλάκις ψῦξις δι' ἀέρος μὲ τὴν βοήθειαν καταλλήλου ἀνεμιστῆρος. Τὸ συμπιεσθὲν ὑγρὸν εἰσχωρεῖ ἐντὸς τοῦ ὑποδοχέως τοῦ ψυκτικοῦ ὑγροῦ καὶ ἀκολούθως διὰ μέσου καταλλήλου βαλβῖδος φέρεται πρὸς τὰ ἄνω, ἐντὸς τοῦ θαλάμου ἐξαερώσεως, ὅπου ἐξαεροῦται ἀποτόμως ὑπὸ σύγχρονον ταπείνωσιν τῆς θερμοκρασίας, οὕτω δὲ ὁ θάλαμος ἐξαερώσεως ἀποτελεῖ τὴν ψυκτικὴν διάταξιν ἢ τὸ ψυκτικὸν σῶμα τοῦ ψυγείου. Ἡ ταχύτης ἐξατμίσεως ρυθμίζεται ὑπὸ καταλλήλου πλωτῆρος εὑρισκομένου εἰς τὸν θάλαμον ἐξαερώσεως. Ἀκολούθως ὁ παραχθεὶς ἀτμὸς παραλαμβάνεται ἐκ νέου ὑπὸ τοῦ συμπιεστοῦ, διὰ τοῦ ὁποίου πάλιν συμπιέζεται καὶ ὑγροποιεῖται, καὶ ὁ κύκλος παράγεται ἐξακολουθητικῶς, ὡς ἀνωτέρω περιεγράφη.



Σχ. 261. Σχηματικὴ διάταξις τῆς συγκροτήσεως καὶ λειτουργίας ἠλεκτρικοῦ ψυγείου οἰκιακῆς χρήσεως.

Πολλὰ ἠλεκτρικὰ ψυγεῖα εἶναι ἐφωδιασμένα δι' εἰδικῆς θερμοστατικῆς διατάξεως (βλ. § 198) διὰ τῆς ὁποίας διακόπτεται ἢ ἀποκαθίσταται αὐτομάτως ἡ λειτουργία τοῦ ἠλεκτροκινητῆρος, οὕτω δὲ ἐπιτυγχάνεται ἡ διατήρησις ἐντὸς τοῦ θαλάμου ψύξεως σταθερᾶς θερμοκρασίας.

Προβλήματα.

1. Νὰ μετατραποῦν αἱ ἀκόλουθοι θερμοκρασίαι εἰς βαθμοὺς Κελσίου: 10 °F, 60 °F, 80 °F, 320 °F. (Ἀπ. C = — 12,2°, 15,6°, 26,7°, 160 °C).

2. Νὰ μετατραποῦν αἱ ἀκόλουθοι θερμοκρασίαι εἰς βαθμοὺς Fahrenheit: — 50 °C, 10 °C, 80 °C, 118 °C. (Ἀπ. F = — 58°, 50°, 176°, 244,4 °F).

3. Εἰς ὡρισμένην θερμοκρασίαν αἱ ἐνδείξεις θερμομέτρων Κελσίου καὶ Fahrenheit εἶναι αἱ αὐταί. Ποία ἡ θερμοκρασία αὐτή. (Ἀπ. x = — 40°).

4. Θερμόμετρον Fahrenheit εἶναι ἀκριβές, ἐνῷ θερμόμετρον Κελσίου ὑποτίθεται ἐσφαλμένον. Ἀμφότερα τὰ θερμόμετρα ἐμβαπτίζονται εἰς κοινὸν λουτρόν, καὶ τὸ θερμόμετρον Φαρενάϊτ δεικνύει 18° ἐνῷ τὸ θερμόμετρον Κελσίου 82. Πόσον τὸ σφάλμα τοῦ θερμομέτρου Κελσίου. (Ἀπ. 0,2 C°).

5. Ἡ κανονικὴ θερμοκρασία τοῦ ἀνθρωπίνου σώματος εἶναι 98,4°F. Ποία εἶναι ἡ ἰσοδύναμος θερμοκρασία εἰς κλίμακα Κελσίου. ('Απ. 36,8°C).

6. Ράβδος ἐκ νικελίου, μήκους 2 m εἰς 0 °C θερμαίνεται εἰς 350 °C. Πόση εἶναι ἡ αὔξησις τοῦ μήκους της. ('Απ. 8,9 mm).

7. Ράβδος ἐκ μετάλλου, μήκους 2 m, θερμαινομένη ἀπὸ 10 °C εἰς 100 °C ὑφίσταται αὔξησιν τοῦ μήκους της κατὰ 3,24 mm. Νὰ ὑπολογισθῇ ὁ συντελεστὴς τῆς γραμμικῆς διαστολῆς τοῦ μετάλλου. ('Απ. $\alpha = 0{,}000\,018$ grad^{-1}).

8. Κλῖμαξ ἐξ ὀρειχάλκου εἶναι βαθμολογημένη εἰς cm εἰς 0 °C. Ἡ κλῖμαξ αὕτη χρησιμοποιεῖται εἰς θερμοκρασίαν 30 °C διὰ τὴν μέτρησιν τοῦ μήκους ἀντικειμένου, τὸ ὁποῖον εὑρίσκεται ὅτι εἶναι 40,5 cm. Ποῖον τὸ ἀκριβὲς μῆκος αὐτοῦ. ('Απ. $l = 40{,}52$ cm).

9. Ποία εἶναι ἡ μεταβολὴ τοῦ ὄγκου 1 kgr ὀρειχάλκου θερμαινομένου ἀπὸ 20 °C εἰς 100 °C. ('Απ. 0,5 cm^3).

10. Νὰ ὑπολογισθῇ ὁ ὄγκος φιάλης ἐξ ὑάλου εἰς θερμοκρασίαν 80 °C, ὅταν ὁ ὄγκος αὐτῆς εἰς 20 °G εἶναι ἀκριβῶς 100 cm^3. ('Απ. 100,14 cm^3).

11. Δίσκος ἐκ λευκοχρύσου ἔχει ἀκτῖνα 18 cm εἰς 520 °C. Πόσον εἶναι τὸ ἐμβαδὸν αὐτοῦ εἰς 0 °C. ('Απ. 1006 cm^2).

12. Μᾶζα ἀέριος ἔχει ὄγκον 1000 cm^3 εἰς 24 °C. Ποῖος ὁ ὄγκος αὐτῆς εἰς τὴν θερμοκρασίαν 0 °C ὑπὸ τὴν αὐτὴν πίεσιν. ('Απ. $V_0 = 919{,}19$ cm^3).

13. Εἰς θερμιδόμετρον τὸ ὁποῖον περιέχει 120 gr ὕδατος θερμοκρασίας 25 °C, ἀναμιγνύομεν 150 gr ὕδατος θερμοκρασίας 42 °C. Ποία ἡ θερμοκρασία τοῦ μίγματος (θερμοχωρητικότητος θερμιδομέτρου ἀμελητέα). ('Απ. 34,4 °C).

14. Εἰς 0,4 kgr ὑδραργύρου θερμοκρασίας 60 °C προσθέτομεν καὶ ἀναδεύομεν καλῶς 0,6 kgr ὕδατος θερμοκρασίας 25 °C. Πόση ἡ θερμοκρασία τοῦ μίγματος. ('Απ. 25,75 °C).

15. Πόση ἡ εἰδικὴ θερμότης τοῦ ἀργύρου, ὅταν 92 gr αὐτοῦ θερμοκρασίας 100 °C τίθενται ἐντὸς χαλκίνου θερμιδομέτρου μάζης 200 gr, περιέχοντος ὕδωρ 231 gr, ἀρχικῆς θερμοκρασίας 20,8 °C. Ἡ τελικὴ θερμοκρασία τοῦ μίγματος εἶναι 22,4 °C.
('Απ. $c = 0{,}056$ cal/grad · gr).

16. Δοχεῖον περιέχει 420 gr ὕδατος θερμοκρασίας 20 °C, καὶ εἰς αὐτὸ προστίθεται ὕδωρ 900 gr θερμοκρασίας 70 °C, ὁπότε ἡ θερμοκρασία τοῦ μίγματος γίνεται 50 °C. Πόση ἡ θερμοχωρητικότης τοῦ δοχείου. ('Απ. 180 cal/grad).

17. Τεμάχιον λευκοχρύσου μάζης 25 gr βυθίζεται ἐντὸς 80 cm^3 ὕδατος εἰς 20 °C, περιεχομένου ἐντὸς ὑαλίνου δοχείου ζυγίζοντος 90 gr. Ἡ τελικὴ θερμοκρασία εἶναι 30 °C. Πόση ἡ θερμοκρασία τοῦ λευκοχρύσου. ('Απ. 1243,7 °C).

18. Νὰ καθορισθῇ ἡ θερμότης τήξεως τοῦ πάγου ἐκ τῶν ἀκολούθων δεδομένων: 42 gr πάγου 0 °C ἀναμιγνύονται μὲ 120 gr ὕδατος θερμοκρασίας 100 °C, ἡ δὲ τελικὴ θερμοκρασία εἶναι 53,33 °C. ('Απ. 80 cal/gr).

19. Σφαῖρα ἔχουσα μᾶζαν 80 gr κινεῖται ὑπὸ ταχύτητα 600 m/sec καὶ προσκρούει ἐπὶ ἀκλονήτου κωλύματος, ὅτε ἡ κινητικὴ ἐνέργεια αὐτῆς μετατρέπεται εἰς θερμότητα. Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ παραγόμενον ποσὸν θερμότητος. ('Απ. $Q = 3442$ cal).

20. Κινητὴρ ἀεροπλάνου, ἰσχύος 2 000 HP, καταναλίσκει 200 gr βενζίνης ἀνὰ ὡριαῖον ἵππον. Ἡ βενζίνη καιομένη παρέχει 10 000 cal/gr. Πόση ἡ πραγματικὴ ἀπόδοσις τοῦ κινητῆρος, καὶ μὲ πόσην βενζίνην δέον νὰ ἐφοδιασθῇ διὰ ταξίδιον διαρκείας δύο ὡρῶν.
('Απ. $\eta = 32\,\%$, 800 kgr).

21. Ἀτμομηχανὴ ἰσχύος 500 HP ἔχει συνολικὴν ἀπόδοσιν 18 %. Πόσον ἄνθρακα καταναλίσκει ἐντὸς 24 ὡρῶν (1 kgr ἄνθρακος παρέχει 7 000 kcal). ('Απ. 5 400 kgr).

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΙΑ΄

ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΕΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΕΚ ΤΗΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑΣ

251. Γενικά. Ἡ Μετεωρολογία ὑπὸ τὴν σύγχρονον αὐτῆς ἀνάπτυξιν ἀσχολεῖται ἀποκλειστικῶς εἰς τὴν μελέτην ὅλων ἐν γένει τῶν ἀτμοσφαιρικῶν φαινομένων τὰ ὁποῖα ἐπηρεάζουν τὸν καιρὸν καὶ χαρακτηρίζουν πρὸς τούτοις τὸ κλῖμα ἑκάστης χώρας ἢ περιοχῆς τῆς ὑδρογείου. Ἕνεκα τοῦ λόγου τούτου ἡ Μετεωρολογία, ὡς αὕτη διεμορφώθη τελευταίως, ἀποτελεῖ σπουδαιοτάτην ἐπιστήμην ἡ ὁποία προσφέρει ἀνεκτιμήτους ὑπηρεσίας εἰς τὴν ναυτιλίαν, ἀεροναυτιλίαν, τὰς ἐνόπλους δυνάμεις, τὴν γεωργίαν καὶ ἀλλαχοῦ.

Τὰ μᾶλλον σπουδαιότερα ἐκ τῶν στοιχείων τῆς ἀτμοσφαίρας εἶναι : ἡ ***θερμοκρασία*** τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος, οἱ ***ἄνεμοι***, ἡ ***βαρομετρικὴ πίεσις***, ἡ ***ὑγρασία***, ἡ ***νέφωσις*** καὶ αἱ ***μορφαὶ ὑετοῦ***, ὡς π.χ. ἡ ***βροχή***, ἡ ***χιών***, ἡ ***δρόσος***, ἡ ***πάχνη*** κ. τ. λ.

Γενικῶς ὅλα σχεδὸν τ' ἀνωτέρω φαινόμενα τὰ ὁποῖα χαρακτηρίζουν ἐκεῖνο τὸ ὁποῖον ἀποκαλοῦμεν κατὰ τὴν συνήθη μετεωρολογικὴν ἔκφρασιν ***καιρόν***, λαμβάνουν χώραν κυρίως εἰς τὰ κατώτατα στρώματα τῆς ἀτμοσφαίρας τὰ ὁποῖα ἐκτείνονται μέχρις ὕψους 10 - 11 χιλιομέτρων ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας τῆς θαλάσσης.

Ἵνα δυνηθῶμεν νὰ χαρακτηρίσωμεν τὸν καιρόν, ἢ ἀκόμη νὰ προβλέψωμεν τὸν καιρόν, εἶναι ἀπαραίτητον νὰ ἐκτελοῦμεν μετρήσεις πρὸς καθορισμὸν τῆς ἑκάστοτε τιμῆς τῶν ἀνωτέρω μεγεθῶν, ὡς καὶ τῶν μεταβολῶν τὰς ὁποίας ταῦτα ὑφίστανται κατὰ τὴν διάρκειαν μιᾶς ἡμέρας ἢ καὶ εἰς μεγαλύτερα ἀκόμη χρονικὰ διαστήματα.

Ἐκ τούτου συνάγομεν ὅτι εἶναι ἀδύνατον διὰ τῆς παρατηρήσεως καὶ μετρήσεως ἑνὸς μόνον φαινομένου, π.χ. τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως, νὰ χαρακτηρίσωμεν τὸν καιρὸν καὶ διὰ τοῦτο αἱ ἀναγραφόμεναι ἐνδείξεις ἐπὶ τῆς κλίμακος τῶν συνήθων οἰκιακῶν μεταλλικῶν βαρομέτρων, π. χ. « ξηρός », « πολὺ ξηρὸς » κ.λ.π. δὲν εἶναι πάντοτε ἀληθεῖς.

252. Θερμοκρασία. Αὕτη ποικίλλει ἀπὸ τόπου εἰς τόπον καὶ εἰς τὸν αὐτὸν τόπον ἀναλόγως τῆς ἐποχῆς τοῦ ἔτους.

Εἰς τὴν περιοχὴν τοῦ Ἰσημερινοῦ, ὅπου αἱ ἡλιακαὶ ἀκτῖνες προσπίπτουν καθέτως, ἡ μέση θερμοκρασία πλησίον τοῦ ἐδάφους κυμαίνεται μεταξὺ 26 ^{0}C καὶ 27 ^{0}C, ἐνῷ εἰς τὰς πολικὰς περιοχάς, ὅπου αἱ ἀκτῖνες προσπίπτουν πολὺ πλαγίως, καὶ εἰς ὡρισμένας μάλιστα ἐποχὰς τοῦ ἔτους οὐδόλως ὑφίστανται, ἡ μέση θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξὺ — 20 ^{0}C καὶ — 30 ^{0}C.

Ἡ ἀτμοσφαίρα ἡ ὁποία περιβάλλει τὴν Γῆν δύναται νὰ θεωρηθῇ ὅτι ἀποτελεῖ θερμομονωτικὸν προστατευτικὸν περίβλημα.

Ἐκ παρατηρήσεων κατεδείχθη ὅτι ὅσον ἀνερχόμεθα εἰς ἀνώτερα στρώματα ἡ θερμοκρασία γίνεται ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον ταπεινοτέρα, καὶ ἐλαττοῦται κατὰ μέσον ὅρον ἀπὸ $0{,}5^0$ μέχρις 1^0 δι' ἄνοδον κατὰ 100 μέτρα. Οὕτω εἰς ὕψος 2000 m ἐπικρατεῖ θερμοκρασία 0 °C, εἰς ὕψος 4000 m ἡ θερμοκρασία εἶναι —10 °C, εἰς ὕψος 6 000 m εἶναι — 23 °C καὶ εἰς ὕψος 10 000 m εἶναι — 56 °C.

Οἱ ἀνωτέρω ἀριθμοὶ δίδουν ἁπλῶς ἰδέαν τῆς μεταβολῆς τῆς θερμοκρασίας μετὰ τοῦ ὕψους, διότι οὗτοι ποικίλουν ἀπὸ τόπου εἰς τόπον ὡς καὶ μετὰ τῆς ἐποχῆς τοῦ ἔτους.

Ἡ θερμοκρασία μετρᾶται διὰ ὑδραργυρικοῦ θερμομέτρου τὸ ὁποῖον ὅμως πρέπει νὰ μὴ ἐκτίθεται ἀπ' εὐθείας εἰς τὰς ἡλιακὰς ἀκτίνας, ἀλλὰ τοποθετεῖται ἐντὸς εἰδικοῦ μετεωρολογικοῦ κλωβοῦ μετὰ τῶν ἄλλων μετεωρολογικῶν ὀργάνων.

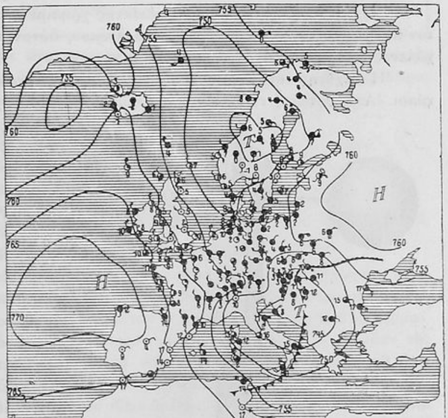
253. Ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις. Αὕτη μετρᾶται δι' ὑδραργυρικοῦ βαρομέτρου καὶ συνήθως ἀνάγεται εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς θαλάσσης, τὸ δὲ ὕψος τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης εἶναι κατὰ μέσον ὅρον 76 cm.

Ἡ μεταβολὴ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως εἰς ἕνα καὶ τὸν αὐτὸν τόπον ὑφίσταται διακυμάνσεις κατὰ ὀλίγα ἑκατοστόμετρα πρὸς τ' ἄνω ἢ πρὸς τὰ κάτω.

Ὡς καὶ εἰς τὸ κεφάλαιον τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως ἀνεφέρθη (βλ. σελ. 106), ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις ἐκφράζεται εἰς millibar (mB). Αἱ τιμαὶ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως καθορίζονται εἰς διαφόρους τόπους ὑπὸ τῶν ***Μετεωρολογικῶν Σταθμῶν*** καὶ καταγράφονται εἰς εἰδικοὺς μετεωρολογικοὺς χάρτας.

Ἐφ' ὅσον ὁ χάρτης ἀναφέρεται εἰς ἐκτεταμένην περιοχὴν καὶ ἑνώσωμεν ὅλους τοὺς τόπους εἰς τοὺς ὁποίους ἐπικρατεῖ ἡ αὐτὴ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις κατὰ τὴν αὐτὴν χρονικὴν στιγμὴν προκύπτουν καμπύλαι, συνήθως κλεισταί, αἱ ὁποῖαι καλοῦνται ***ἰσοβαρεῖς*** (σχ. 262).

Αἱ περιοχαὶ εἰς τὰς ὁποίας ἀντιστοιχοῦν ἰσοβαρεῖς μικροτάτης πιέσεως καλοῦνται ***περιοχαὶ χαμηλῆς πιέσεως*** (Τ), ἐνῷ αἱ περιοχαὶ εἰς τὰς ὁποίας ἀντιστοιχοῦν ἰσοβαρεῖς ἀνωτάτης ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως καλοῦνται ***περιοχαὶ ὑψηλῶν πιέσεων*** (Η).



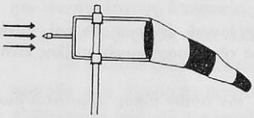
Σχ. 262. Ὑπόδειγμα μετεωρολογικοῦ χάρτου τῆς Εὐρώπης, κατά τινα ὡρισμένην ὥραν καὶ ἡμέραν τοῦ ἔτους.

Εἰς περιοχὰς ὅπου αἱ ἰσοβαρεῖς ἀπέχουν πολὺ ἀπ' ἀλλήλων, ὑφίσταται μικρὰ μεταβολὴ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως, ἐνῷ εἰς περιοχὰς ὅπου αἱ ἰσοβαρεῖς κεῖνται πλησίον ἀλλήλων ἡ μεταβολὴ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως εἶναι μεγάλη.

254. Ἄνεμοι. Ὁ ἄνεμος ἀποτελεῖ κινουμένην μᾶζαν ἀέρος, καὶ ὅπως μᾶζα ὕδατος ἐν κινήσει ρέει ἀπὸ περιοχῆς ὑψηλοτέρας στάθμης εἰς περιοχὴν χαμηλοτέρας στάθμης, οὕτω καὶ μᾶζα ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος κινεῖται ἀπὸ περιοχῆς μεγάλης ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως πρὸς περιοχὴν μικροτέρας ἀτμοσφ. πιέσεως. Ἐπειδὴ ὅμως αἱ περιοχαὶ μεγάλων καὶ μικρῶν πιέσεων ἐξαρτῶνται ἀπὸ τὸν τρόπον τῆς διανομῆς τῶν διαφόρων ἀερίων μαζῶν εἰς μεγάλους χώρους ἡ ὁποία πάλιν καθορίζεται ἀπὸ τὴν θερμοκρασίαν καὶ ὑγρασίαν, εἶναι πρόδηλον ὅτι διὰ νὰ ἔχωμεν ἰδέαν τοῦ μέλλοντος νὰ ἐπικρατήσῃ καιροῦ πρέπει ταυτοχρόνως νὰ γνωρίζωμεν τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν, τὴν θερμοκρασίαν καὶ τὴν ὑγρασίαν.

Ὁ ἄνεμος χαρακτηρίζεται κυρίως ἐκ δύο στοιχείων, ἐκ τῆς διευθύνσεως καὶ τῆς ταχύτητος αὐτοῦ. Ἡ διεύθυνσις τοῦ ἀνέμου καθορίζεται ἐκ τοῦ σημείου τοῦ ὁρίζοντος ἐκ τοῦ ὁποίου οὗτος πνέει, ἡ δὲ ταχύτης αὐτοῦ καθορίζεται εἰς m/sec ἢ km/sec.

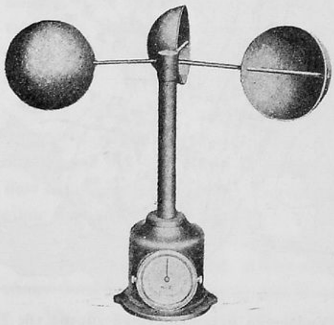
Ἡ διεύθυνσις τοῦ ἀνέμου καθορίζεται διὰ τῶν ***ἀνεμοδεικτῶν***, ὁ ἁπλούστερος δὲ καὶ ἀσφαλέστερος ἀνεμοδείκτης εἶναι ὁ πραγματοποιούμενος ὑπὸ λεπτῆς μεταξίνης ταινίας μήκους 30 - 40 cm καὶ πλάτους 2 - 3 cm, ἡ ὁποία ἐξαρτᾶται ἀπὸ ὑψηλοῦ ἱστοῦ εἰς τρόπον ὥστε αὕτη νὰ εὑρίσκεται εἰς ἀναπεπταμένον χῶρον. Ὅταν ἡ ταινία ἀνεμίζεται ὑπὸ τοῦ ἀνέμου προσανατολίζεται κατὰ τοιοῦτον τρόπον ὥστε νὰ δεικνύει τὴν διεύθυνσιν τοῦ ἀνέμου. Οὕτως ὅταν ὁ ἄνεμος πνέῃ ἐκ Βορρᾶ — βόρειος ἄνεμος —, τὸ ἐλεύθερον ἄκρον τῆς ταινίας δεικνύει τὸν Νότον, ἐκ τούτου δὲ συμπεραίνομεν ὅτι ὁ ἄνεμος πνέει ἐκ Βορρᾶ.



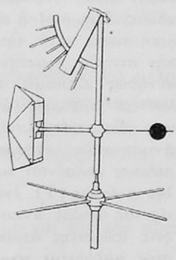
Σχ. 263. Ἀνεμούριον.

Εἰς τὰ ἀεροδρόμια ὡς ἀνεμοδείκτης χρησιμεύει τὸ ***ἀνεμούριον*** (σχ. 263). Ἐπίσης διὰ τὸν καθορισμὸν τῆς διευθύνσεως τοῦ ἀνέμου, δύναται νὰ χρησιμεύσῃ καὶ ὁ καπνὸς ὁ ἐξερχόμενος ἀπὸ καπνοδόχον.

Ἡ ταχύτης τοῦ ἀνέμου μετρᾶται διὰ τῶν ***ἀνεμομέτρων***, τῶν ὁποίων ὑπάρχουν πολλοὶ τύποι. Ἁπλούστερος τύπος εἶναι τὸ ἀνεμόμετρον τοῦ σχήματος 264 , τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖται ἐκ κατακορύφου ἄξονος ἐπὶ τοῦ ὁποίου προσαρμόζονται καθέτως τρία στελέχη φέροντα εἰς τὰ ἄκρα αὐτῶν τρεῖς κοίλας μεταλλικὰς ἡμισφαιρικὰς κάψας. Οὕτω ὅταν πνέει ἄνεμος, οὗτος συναντᾶ τὸ κοῖλον μέρος τοῦ ἑνὸς ἡμισφαιρίου καὶ θέτει τὸ σύστημα εἰς περιστροφικὴν κίνησιν κατὰ φορὰν τοιαύτην ὥστε νὰ προηγῆται τὸ κυρτὸν μέρος τῶν ἡμισφαιρίων. Ἐκ τοῦ ἀριθμοῦ τῶν στροφῶν ὁ ὁποῖος καθορίζεται ὑπὸ καταλλήλου μετρητοῦ συνεζευγμένου πρὸς τὸν ἄξονα περιστροφῆς τοῦ ὀργάνου, δυνάμεθα νὰ καθορίσωμεν τὴν ταχύτητα τοῦ ἀνέμου. Ἕτερος τύπος ἀνεμοδείκτου μετὰ ἀνεμομέτρου εἶναι ὁ τοῦ σχήματος 265.



Σχ. 264. Ἀνεμόμετρον.

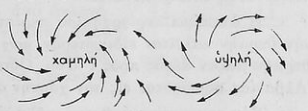


Σχ. 265. Συνδυασμὸς ἀνεμοδείκτου καὶ ἀνεμομέτρου.

Ὁ παρατιθέμενος πίναξ δεικνύει τὰς χαρακτηριστικὰς ὀνομασίας τῶν ἀνέμων, τὴν ταχύτητα αὐτῶν εἰς χιλιόμετρα καθ' ὥραν (km/h), ὡς καὶ διάφορα ἀποτελέσματα τὰ ὁποῖα προκαλοῦν, ἐκ τῶν ὁποίων δυνάμεθα νὰ ἐκτιμήσωμεν προχείρως τὴν ταχύτητα αὐτῶν.

Κλίμαξ Beaufort	Ὀνομασία	Ἀποτελέσματα	Ταχύτης εἰς km/h
0	Νηνεμία	Πλήρης ἄπνοια	κάτω τοῦ 1
1	Ὑποπνέων	Καπνὸς ὑψοῦται σχεδὸν κατακορύφως . . .	1—5
2	Ἀσθενὴς	Μόλις αἰσθητὸς	6—12
3	Λεπτὸς	Κινεῖ ἀσθενῶς σημαίαν καὶ φύλλα δένδρων . .	12,2—19
4	Μέτριος	Κυματίζει σημαίαν καὶ κινεῖ μικροὺς κλάδους δένδρων	20—29
5	Λαμπρὸς	Δυσάρεστος, κινεῖ μεγάλους κλάδους	29,2—38,5
6	Ἰσχυρὸς	Προσβάλλει μετὰ θορύβου οἰκίας καὶ ἄλλα ἀντικείμενα	39—49,7
7	Σφοδρὸς	Σείει τοὺς λεπτοὺς κορμοὺς δένδρων καὶ προκαλεῖ ζωηρὸν κυματισμὸν τῆς θαλάσσης . . .	50,4—61,6
8	Ὁρμητικὸς	Ταράσσει ὅλα τὰ δένδρα καὶ δυσχεραίνει τὴν κίνησιν τῶν ἀνθρώπων	62—74,5
9	Θύελλα	Ἀποσπᾷ τὰς κεράμους ἐκ τῶν στεγῶν καὶ ἄλλα ἀντικείμενα ἐκ τῆς θέσεώς των	74,9—87,8
10	Ἰσχυρὰ θύελλα	Καταρρίπτει δένδρα	88,2—102,2
11	Σφοδρὰ θύελλα	Προκαλεῖ καταστροφὰς	102,6—130,6
12	Λαῖλαψ	Προκαλεῖ μεγίστας καταστροφὰς	131 καὶ ἄνω

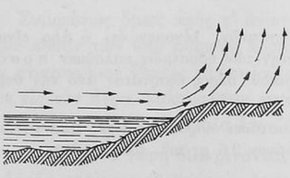
Ἐν γένει ὁ ἄνεμος δὲν κινεῖται ἐκ τῶν περιοχῶν ὑψηλῶν πιέσεων πρὸς τὰς περιοχὰς χαμηλῆς πιέσεως διὰ τῆς συντομωτέρας ὁδοῦ, ἀλλὰ λόγῳ τῆς περιστροφῆς τῆς Γῆς παρατηροῦνται ἐκτροπαί, καὶ ὁ ἀὴρ κινεῖται στροβιλοειδῶς καὶ ἀριστεροτρόφως μὲν πρὸς τὰς περιοχὰς χαμηλῶν πιέσεων καὶ δεξιοστρόφως ἐκ τῶν περιοχῶν ὑψηλῶν πιέσεων (σχ. 266).



Σχ. 266. Στροβιλοειδὴς κίνησις ἀέρος.

Ἐπὶ τῶν διαφόρων εἰδῶν ἀνέμων δὲν θὰ ἐνδιατρίψωμεν ἐνταῦθα καθ' ὅσον τοῦτο ἐκφεύγει τῶν ὁρίων τοῦ βιβλίου, ἀλλ' ἁπλῶς θὰ περιορισθῶμεν νὰ ἐξετάσωμεν ὡρισμένας εἰδικὰς περιπτώσεις ἀνέμων.

Αὖραι. Ἐν καιρῷ ἡμέρας ἡ Γῆ θερμαίνεται ἐντονώτερον ἀπὸ τὴν θάλασσαν, διότι ἡ εἰδικὴ θερμότης τοῦ ἐδάφους εἶναι μικροτέρα τῆς εἰδικῆς θερμότητος τοῦ θαλασσίου ὕδατος. Ὡς ἐκ τούτου ὁ ἄνωθεν τῆς ξηρᾶς ἀὴρ θερμαίνεται ἐντονώτερον καὶ διαστέλλεται, ὁ δὲ ἄνωθεν τῆς θαλάσσης ἀὴρ ὠθεῖ τὸν θερμὸν ἀέρα πρὸς τὰ ἄνω διότι εἶναι πυκνότερος καὶ τείνει νὰ καταλάβῃ τὴν θέσιν αὐτοῦ οὕτω δὲ δημιουργεῖται ρεῦμα ἀέρος, ἤτοι ἄνεμος ἐκ τῆς θαλάσσης πρὸς τὴν ξηρὰν ὁ ὁποῖος καλεῖται **θαλασσία αὖρα** (κοινῶς *μπάτης*, σχ. 267).



Σχ. 267. Θαλασσία αὖρα.

Ἡ κατάστασις δύναται ν' ἀντιστραφῇ κατὰ τὴν νύκτα, διότι λόγῳ τῆς μεγαλυτέρας θερμικῆς ἀκτινοβολίας τῆς Γῆς ἀπὸ τὴν τῆς θαλάσσης ἡ Γῆ ἀποψύχεται ταχύτερον οὕτω δὲ δημιουργεῖται πάλιν ἄνεμος ἐκ τῆς ξηρᾶς πρὸς τὴν θάλασσαν, ὁ ὁποῖος καλεῖται **ἀπόγειος αὖρα**.

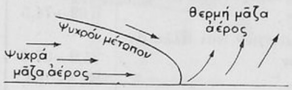
Εἰς τὴν περιοχὴν ὄρους ἡ κορυφὴ αὐτοῦ θερμαίνεται ἐντονώτερον ἀπὸ γειτονικὴν κοιλάδα καὶ οὕτω δημιουργεῖται ἀνοδικὸν ρεῦμα μεταφορᾶς ἀνέμου τὸ ὁποῖον καλεῖται ***αὖρα κοιλάδος***. Τὸ ἀντίθετον συμβαίνει κατὰ τὴν νύκτα ὅτε ἔχομεν ***αὖραν ὄρους***.

Ἐτησίαι. Οὗτοι εἶναι ἄνεμοι περιοδικοὶ καλούμενοι κοινῶς ***μελτέμια*** καὶ πνέουν ἰδία παρ' ἡμῖν ἀπὸ τῶν ἀρχῶν συνήθως τοῦ Μαΐου καὶ διατηροῦνται μέχρι τοῦ Ὀκτωβρίου. Οἱ ἄνεμοι οὗτοι εἰς τὸ Αἰγαῖον πέλαγος εἶναι συνήθως Βορειοανατολικοί, εἰς τὸ δὲ Ἰόνιον ***Βορειοδυτικοί***.

Οἱ ἐτησίαι ὀφείλονται κυρίως εἰς τὴν γέννεσιν περιοχῆς χαμηλῶν πιέσεων, λόγῳ τῶν ἐπικρατουσῶν ὑψηλῶν θερμοκρασιῶν εἰς τὴν Βόρειον Ἀφρικὴν καὶ Νοτιοανατολικὴν Ἀσίαν, συντελούντων δὲ καὶ ἄλλων παραγόντων δημιουργεῖται εἰς τὴν Μεσόγειον κατὰ τοὺς θερινοὺς μῆνας πτῶσις τῆς πιέσεως ἡ ὁποία ἐλαττοῦται ἐκ Δυσμῶν πρὸς Ἀνατολὰς καὶ ἀπὸ Βορρᾶν πρὸς Νότον.

255. Μέτωπον. Αἱ ἀέριοι μᾶζαι τῆς ἀτμοσφαίρας ἀναλόγως τῆς προελεύσεως αὐτῶν λαμβάνουν καὶ διαφόρους χαρακτηρισμούς. Οὕτω μία ἀέριος μᾶζα δύναται νὰ εἶναι θερμὴ ἢ ψυχρά, ὑγρὰ ἢ ξηρά.

Ὅταν ἐν γένει διάφοροι μᾶζαι, π. χ. μία ψυχρὰ καὶ ἑτέρα θερμὴ κινοῦνται κατὰ τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν, ἀλλὰ ἡ ψυχρὰ μὲ μεγαλυτέραν ταχύτητα ἢ ἡ θερμή, τότε θὰ ἔλθῃ στιγμὴ κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ ψυχρὰ μᾶζα θὰ προλάβῃ τὴν θερμὴν καὶ τότε θὰ σχηματισθῇ μία ἐπιφάνεια διαχωρίζουσα τὰς δύο ἀερίους μάζας κάτωθεν τῆς ὁποίας θὰ ὑφίσταται ἡ ψυχροτέρα μᾶζα ἀέρος ὡς πυκνοτέρα καὶ ἄνωθεν αὐτῆς ἡ θερμοτέρα καὶ λέγομεν τότε ὅτι ἐσχηματίσθη ***μέτωπον*** (σχ. 268).



Σχ. 268. Δημιουργία ψυχροῦ μετώπου.

Ἡ διαχωριστικὴ αὕτη ἐπιφάνεια ἡ ὁποία εἶναι ἐν γένει ἀκανόνιστος καὶ παρουσιάζει κλίσιν πρὸς τὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον τέμνει αὐτὸ κατά τινα γραμμὴν ἡ ὁποία χαρακτηρίζεται δι' εἰδικοῦ συμβολισμοῦ εἰς τοὺς χάρτας καὶ καλεῖται αὕτη ἐπίσης ***μέτωπον***.

Ἡ ἀνωτέρω περιγραφεῖσα περίπτωσις καθ' ἣν ἡ ψυχρὰ μᾶζα κινεῖται ταχύτερον ἀπὸ τὴν θερμὴν καλεῖται εἰδικώτερον ***ψυχρὸν μέτωπον*** καὶ ἀποτέλεσμα ἔχει νὰ ἐκτρέπῃ τὴν θερμὴν μᾶζαν ἀέρος πρὸς τ' ἄνω. Οὕτως εἰς τὸ σχῆμα 262 μεταξὺ τῆς Τύνιδος, Ἰταλίας καὶ Ἀλβανίας σημειοῦται εἰς τὸν χάρτην συμβολικῶς ἡ ἀνάπτυξις ψυχροῦ μετώπου.

Ἐὰν τουναντίον ἡ θερμὴ μᾶζα ἔχῃ μεγαλυτέραν ταχύτητα ἀπὸ τὴν ψυχράν, τότε ἡ θερμὴ μᾶζα ὀλισθαίνει ὡς ἀραιοτέρα ἐπὶ τῆς ψυχροτέρας καὶ τότε λέγομεν ὅτι σχηματίζεται ***θερμὸν μέτωπον***. Ὁ σχηματισμὸς μετώπου σημαίνει γενικῶς ἀλλαγὴν καιροῦ.

256. Ὑγρασία. Ὁ ἀτμοσφαιρικὸς ἀὴρ περιέχει πάντοτε ὕδωρ ἢ ὑδρατμούς. ***Καλοῦμεν ἀπόλυτον ὑγρασίαν τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος τὸ ποσὸν τῶν ὑδρατμῶν εἰς gr τὸ ὁποῖον περιέχει εἰς 1 cm³ ἢ 1 m³.***

Ἐφ' ὅσον ὁ ἀὴρ περιέχει τὸ μέγιστον ποσὸν ὑδρατμῶν, λέγομεν ὅτι ὁ ἀὴρ εἶναι κεκορεσμένος ἀπὸ ὑδρατμούς. Τὴν ποσότητα ταύτην τῶν ὑδρατμῶν καλοῦμεν ποσότητα κόρου. Ἡ κατάστασις κόρου τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν θερμοκρασίαν.

Οὕτω εἰς θερμοκρασίαν 15 °C ὁ ἀὴρ ἐν καταστάσει κόρου περιέχει 12,8 gr/m^3 ὑδρατμοῦ. Ἐὰν ὁ ἀὴρ εἰς θερμοκρασίαν 15^0 περιέχῃ μόνον 9,6 gr/m^3, τότε ὁ λόγος:

$$\frac{9{,}6}{12{,}8} = \frac{3}{4}$$

δηλοῖ ὅτι ὁ ἀὴρ περιέχει ὑδρατμοὺς μόνον 3/4 ἢ 75 % τῆς ποσότητος κόρου καλοῦμεν, δὲ τὸν ἀνωτέρω λόγον τὸν ὁποῖον συνήθως ἐκφράζομεν ἐπὶ τοῖς ἑκατόν, ***σχετικὴν ὑγρασίαν*** τοῦ ἀέρος, ἤτοι :

$$\text{σχετικὴ ὑγρασία } \% = \frac{\text{ποσότης ὑπαρχόντων ὑδρατμῶν}}{\text{ποσότης κόρου}} \cdot 100$$

Ἡ σχετικὴ ὑγρασία μεταβάλλεται συχνὰ πολὺ ταχέως· οὕτως ὅταν ὁ ἀὴρ ἔχῃ κατὰ τὰς μεσημβρινὰς ὥρας θερμοκρασίαν 20 ^{0}C καὶ περιέχῃ 9,6 gr/m^3 ὑδρατμοῦ, ἐνῷ ἡ ποσότης κορεσμοῦ εἶναι διὰ 20 ^{0}C 17,3 gr/cm^3, τότε ἡ σχετικὴ ὑγρασία, συμφώνως πρὸς τὸν ἀνωτέρω τύπον, θὰ εἶναι :

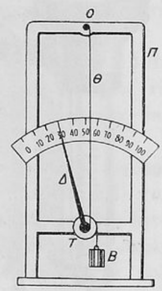
$$\text{σχετικὴ ὑγρασία} = \frac{9{,}6}{17{,}3} \cdot 100 = 55\ \%$$

Ἐὰν ὅμως τὸ ἑσπέρας ἡ θερμοκρασία κατέλθῃ εἰς 15^0 C ἡ ποσότης κόρου εἶναι 12,8 gr/m^3 ἑπομένως :

$$\text{σχετικὴ ὑγρασία} = \frac{9{,}6}{12{,}8} \cdot 100 = 75\ \%$$

Ἐὰν ἀὴρ ἔχῃ σχετικὴν ὑγρασίαν εἰς 15 ^{0}C 75 % καὶ ψυχθῇ εἰς 10 ^{0}C, τότε ἐπειδὴ ἡ ποσότης κορεσμοῦ εἰς τὴν θερμοκρασίαν ταύτην εἶναι περίπου 9,6 gr/m^3 ὁ ἀὴρ εἶναι κεκορεσμένος ὑδρατμοῦ. Ἐὰν ὅμως ψυχθῇ ἀκόμη περισσότερον δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ διατηρήσῃ τὴν ποσότητα 9,6 gr/m^3 ὑπὸ μορφὴν ἀοράτου ὑδρατμοῦ, ἀλλὰ τότε σχηματίζονται σταγονίδια ἢ ἄλλως σταγονίδια ὁμίχλης.

Ἡ σχετικὴ ὑγρασία μετρᾶται διὰ τῶν ***ὑγρομέτρων***. Ὑγρομέτρων ὑπάρχουν πολλοὶ τύποι περιγράφομεν δὲ τὸν ἁπλούστερον καὶ λίαν συνήθη τύπον, τὸ ὑγρόμετρον διὰ τριχὸς (σχ. 269).



269. Ὑγρόμετρον τριχός.

Τὸ ὄργανον τοῦτο στηρίζεται ἐπὶ τῆς ἰδιότητος, τὴν ὁποίαν παρουσιάζει θρὶξ ἀνθρωπίνης κόμης νὰ διαστέλλεται ὅταν εὑρίσκεται ἐν ὑγρᾷ ἀτμοσφαίρᾳ, καὶ νὰ συστέλλεται ὅταν εὑρίσκεται ἐν ξηρᾷ ἀτμοσφαίρᾳ.

Ἡ θρὶξ Θ, καταλλήλως καθαριζομένη, ἐξαρτᾶται ἀπὸ ἀκλονήτου σημείου Ο τοῦ πλαισίου Π, ἐνῷ τὸ κατώτερον ἄκρον αὐτῆς, ἀφοῦ διέλθῃ δι᾿ εὐκινήτου τροχαλίας Τ, φορτίζεται διὰ βάρους Β. Ἐπὶ τῆς τροχαλίας τοποθετεῖται ὁ δείκτης Δ, ὁ ὁποῖος δύναται νὰ μετακινῆται πρὸ τῶν διαιρέσεων κλίμακος.

257. Νέφωσις. Ὅταν θερμὸς ἀὴρ ἀνέρχεται βραδέως πρὸς τὰ ἄνω, ὡς π. χ. κατὰ τὴν περίπτωσιν θερμοῦ μετώπου ἢ ὅταν ἀπωθῆται βιαίως πρὸς τὰ ἄνω ὡς εἰς τὴν περίπτωσιν ψυχροῦ μετώπου, τότε ὁ ἀὴρ ψύχεται μέχρι τοιούτου σημείου ὥστε ἡ ποσότης τῶν ὑδρατμῶν ποὺ περιέχει νὰ εἶναι μεγαλυτέρα τῆς ποσότητος κόρου.

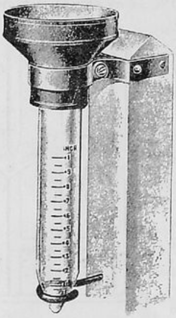
Συμφώνως ὅμως πρὸς τ᾿ ἀνωτέρω ὁ ἀὴρ δὲν δύναται νὰ συγκρατήσῃ τὸ ἐπὶ πλέον ποσὸν τῶν ὑπὸ μορφὴν ἀοράτων ὑδρατμῶν, ἀλλ᾿ ἀποβάλλει αὐτοὺς ὑπὸ μορφὴν σταγονιδίων ὕδατος τὰ ὁποῖα ἐπικάθηνται ἐπὶ διαφόρων προσμίξεων ποὺ ὑπάρχουν εἰς τὸν ἀέρα, καλουμένων ***πυρήνων συμπυκνώσεως,*** καὶ οὕτω σχηματίζονται τὰ νέφη. Νέφη τὰ ὁποῖα ἐγγίζουν τὸ ἔδαφος καλοῦνται εἰδικώτερον ***ὁμίχλη.***

Γενικῶς τὰ νέφη διακρίνονται εἰς τρεῖς βασικὰς μορφάς : ***Θύσανοι*** (Cirrus) τὰ ὁποῖα προσομοιάζουν πρὸς λεπτὰς ἰνώδεις ταινίας ἢ λωρίδας εἰς ὕψος περίπου 10 km. Τὰ ***στρώματα*** (Status) τὰ ὁποῖα ἀναφαίνονται ἀπὸ ὕψους 500 m μέχρι 4 000 m καὶ εἶναι ὁμαλὰ νεφικὰ στρώματα καὶ δίδουν εἰς τὸν οὐρανὸν χρῶμα ὑπόφαιον. Τοὺς ***σωρείτας*** (Cumulus) οἱ ὁποῖοι ἀποτελοῦν νεφικὰς μάζας ἐχούσας τὸ σχῆμα στρογγυλοῦ θόλου ἡ δὲ κορυφὴ τοῦ θόλου εὑρίσκεται εἰς ὕψος περίπου 2000 m.

Ἐκτὸς τῶν ἀνωτέρω κυρίων τύπων νεφῶν διακρίνομεν καὶ πολυαρίθμους ἄλλας παραλλαγὰς ὡς τοὺς ***θυσανοσωρείτας*** (Cirro - Cumulus) οἵτινες ἀπαντοῦν εἰς ὕψος 7 km, τοὺς ***ὑψισωρείτας***, (Alto - Cumulus) σχηματιζομένους εἰς ὕψος 4 km, τὰ ***θυσανοστρώματα***, Cirro - Status) μελανόφαια νέφη εἰς ὕψος 2 - 3 km καὶ τὰ ὁποῖα ἐν καιρῷ χειμῶνος καλύπτουν ὅλον τὸν οὐρανόν, τοὺς ***στρωματομελανίας*** οἱ ὁποῖοι εἶναι βροχερὰ καὶ χαμηλὰ νέφη, τοὺς ***σωρειτομελανίας*** (Cumulo - Nimbus) σχηματιζομένους εἰς ὕψος 3 - 5 km καὶ ἄνω, εἶναι δὲ ἐν γένει νέφη σκοτεινὰ προκαλοῦντα θυέλλας καὶ εἶναι λίαν ἐπικίνδυνα διὰ τὴν ἀεροπορίαν.

258. Κατακρημνίσματα. Εἰς τὴν κατηγορίαν τῶν κατακρημνισμάτων καταλέγονται ἡ ***βροχή***, ἡ ***χιὼν*** καὶ ἡ ***χάλαζα***, ἡ ***δρόσος*** καὶ ἡ ***πάχνη***.

Ἡ ***βροχὴ*** παράγεται ὅταν ἐλαφρὰ σταγονίδια ἐκ τῶν ὁποίων ἀποτελοῦνται τὰ νέφη συνενοῦνται πρὸς μεγάλας σταγόνας αἱ ὁποῖαι καταπίπτουν ἐπὶ τῆς Γῆς. Διὰ τὸν ποσοτικὸν καθορισμὸν τῆς βροχῆς χρησιμοποιοῦμεν τὸ ***βροχόμετρον*** τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖται ἀπὸ ὑάλινον ἢ μεταλλικὸν κυλινδρικὸν δοχεῖον ἐντὸς τοῦ ὁποίου τοποθετεῖται χοάνη, ἡ ὁποία προστατεύει τὸ ἐντὸς τοῦ κάτωθεν αὐτῆς δοχείου συλλεγόμενον ὑγρὸν ἀπὸ τῆς ἐξατμίσεως (σχ. 270). Ποσοτικῶς ἡ βροχὴ καθορίζεται ἐκ τοῦ ὕψους τῆς στήλης τοῦ συλλεγομένου ὑγροῦ. Οὕτω λέγομεν ὅτι εἰς ἕνα τόπον ἡ βροχὴ ἐτησίως ἀνέρχεται εἰς 50 cm, δηλαδὴ ἐὰν ἀθροίσωμεν τὸ σύνολον τῶν ἑκάστοτε μετρουμένων ὑψῶν εὑρίσκομεν δι' ἓν ἔτος παρατηρήσεων ἄθροισμα 50 cm. Εἰς θερμοκρασίαν κάτω τῶν 0 °C διὰ τοῦ αὐτοῦ μηχανισμοῦ ποὺ ἐξετέθη ἀνωτέρω προκύπτει ***χιών***.



Σχ. 270. Συνήθης τύπος βροχομέτρου.

Ἡ ***χάλαζα*** (κ. χαλάζι) σχηματίζεται ὅταν στερεοποιηθεῖσαι σταγόνες ὕδατος παρασύρονται ὑπὸ ἀνιόντων ῥευμάτων θερμοῦ ἀέρος μεγάλης σχετικῆς ὑγρασίας ὅτε ἐπὶ τῶν ἤδη στερεοποιημένων σταγονιδίων προστίθεται ἑτέρα ποσότης στερεοποιημένου ὕδατος ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας αὐτῶν. Τοῦτο εἶναι δυνατὸν νὰ ἐπαναληφθῇ πολλὰς φορὰς ὅτε τὸ μέγεθος τῆς χαλάζης δύναται νὰ φθάσῃ τὸ μέγεθος πορτοκαλλίου.

Τ' ἀνιόντα ῥεύματα τὰ συντελοῦντα εἰς τὸν σχηματισμὸν χαλάζης ἔχουν ταχύτητα 75 — 150 km/h. Τὸ ποσὸν τῆς πιπτούσης χιόνος καὶ χαλάζης ὑπολογίζεται διὰ τοῦ βροχομέτρου ἐπὶ τῇ βάσει τοῦ ὕδατος τοῦ παρεχομένου ἐκ τῆς τήξεως αὐτοῦ.

Τέλος εἰς τὰ κατακρημνίσματα ἀνάγονται ἡ ***δρόσος*** καὶ ἡ ***πάχνη***. Ὅταν ἡ ψῦξις τῆς Γῆς ἐν καιρῷ νυκτὸς εἶναι ἔντονος συντελεῖ εἰς τὴν ἀνάπτυξιν ***δρόσου***, λόγῳ ἀποθέσεως ὑδρατμῶν ὑπὸ μορφὴν σταγονιδίων ὕδατος τὰ ὁποῖα ὅταν ἡ θερμοκρασία εἶναι ταπεινὴ στερεοποιοῦνται ὅτε ἔχομεν ***πάχνην***.

ΣΥΝΤΟΜΟΣ ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

Ἡ Φυσική, ὡς γνωστόν, ἀσχολεῖται μὲ τὴν ἀνεύρεσιν τῶν φυσικῶν νόμων οἱ ὁποῖοι διέπουν τὰ φαινόμενα τὰ ὁποῖα αὐτὴ ἐξετάζει. Τοὺς ὑπὸ τῆς Φυσικῆς ἀποκαλυπτομένους νόμους ἐκμεταλλεύεται ἀκολούθως ἡ Τεχνική, ἡ ὁποία ἐπινοεῖ διαφόρους πρακτικὰς ἐφαρμογὰς τῶν νόμων τούτων, οἱ ὁποῖοι ἀποβλέπουν εἰς τὴν ἐξύψωσιν τοῦ πνευματικοῦ καὶ βιοτικοῦ ἐπιπέδου τῆς ἀνθρωπότητος.

Ποίαν σημασίαν ἔχει ἡ Φυσικὴ διὰ τὴν ἀνθρωπότητα δυνάμεθα ν' ἀντιληφθῶμεν ἐκ τῆς μελέτης τῆς ἱστορίας τῆς Φυσικῆς, διὰ τὸν λόγον δὲ τοῦτον ἐκρίναμεν σκόπιμον νὰ παραθέσωμεν εἰς τὸ ἀνὰ χεῖρας βιβλίον σύντομον Ἱστορίαν τῆς Φυσικῆς ὅσον ἀφορᾷ τὰ ἀναφερόμενα εἰς αὐτὸ κεφάλαια.

Εἶναι ἀναμφισβήτητον ὅτι ἐκ τῆς καλλιεργείας τῆς Φυσικῆς ἐπέτυχεν ὁ ἄνθρωπος νὰ συγκεντρώσῃ σπουδαιοτάτας γνώσεις, ὅσον ἀφορᾷ τὰς δυνάμεις τῆς Φύσεως, αἱ γνώσεις δὲ αὗται ἐπέτρεψαν εἰς ἡμᾶς ν' ἀντιληφθῶμεν καὶ τὴν ἐπίδρασιν τῶν δυνάμεων τούτων εἰς τὴν ἐξέλιξιν τῆς Φύσεως.

Ὡς ἐπὶ τὸ πολὺ αἱ γνώσεις τῶν ἀρχαίων, ὅσον ἀφορᾷ τὴν Φυσικήν, περιωρίζοντο ἐπὶ τῶν νόμων τοῦ μοχλοῦ, τῆς τροχαλίας, τοῦ πολυσπάστου καί τινων ἄλλων μηχανῶν, τὰς ὁποίας ἐχρησιμοποίησε ὁ ἄνθρωπος διὰ τὴν ἐκτέλεσιν μεγάλων κατασκευῶν, ὡς π.χ. εἶναι αἱ Πυραμίδες τῆς Αἰγύπτου, ἡ Ἀκρόπολις τῶν Ἀθηνῶν κ.ἄ. Διὰ τῶν μηχανῶν τούτων ἐπετύγχανε ὁ ἄνθρωπος νὰ πολλαπλασιάζῃ τὴν μυϊκὴν αὐτοῦ δύναμιν.

Πρῶτοι οἱ ὁποῖοι ἠσχολήθησαν συστηματικῶς εἰς τὴν σπουδὴν τῆς Φυσικῆς εἶναι οἱ ἀρχαῖοι Ἕλληνες. Ὁ **Πυθαγόρας** (500 π.Χ.) καὶ οἱ μαθηταί του θεωροῦνται ὡς οἱ πρῶτοι οἱ ὁποῖοι ἠσχολήθησαν ἐπιστημονικῶς μὲ τὴν Φυσικήν, αὐτοὶ δὲ ἀνεῦρον τὰς ἁπλᾶς ἀριθμητικὰς σχέσεις αἱ ὁποῖαι ὑπάρχουν μεταξὺ τῶν μηκῶν τῶν χορδῶν, ὅταν αὗται παρέχουν ἁρμονικοὺς ἤχους.

Ἐκεῖνος ὅμως ὁ ὁποῖος θεωρεῖται ὡς πατὴρ τῆς Φυσικῆς εἶναι ὁ **Ἀριστοτέλης** (384 - 322 π.Χ.) ὁ ὁποῖος ὄχι μόνον ἐσυστηματοποίησε τὰς γνώσεις τῆς ἐποχῆς του, ἀλλὰ καὶ συνέγραψε σύγγραμμα ἀναφερόμενον εἰς τὴν Φυσικὴν τὸ ὁποῖον διεσώθη μέχρι τῶν ἡμερῶν μας.

Ὁ **Ἀρχιμήδης** ὁ ὁποῖος ἤκμασε εἰς τὴν Ἑλληνικὴν ἀποικίαν τῶν Συρακουσῶν (287 - 212 π.Χ.) ἐγνώριζε τελείως τὰς συνθήκας ἰσορροπίας τῶν μηχανῶν. Πρῶτος ὁ **Ἀρχιμήδης** εἰσήγαγε τὸ πολύσπαστον εἰς τὴν ναυπηγικὴν τέχνην καὶ διὰ τῆς ἐπινοήσεως διαφόρων ἄλλων μηχανῶν κατώρθωσε νὰ ὑπερασπίσῃ τὴν πατρίδα του ἐπὶ δύο συναπτὰ ἔτη ἔναντι τῆς ἐπιδρομῆς τῶν Ρωμαίων κατακτητῶν. Ὁ **Ἀρχιμήδης** ὅμως εἶναι κυρίως γνωστὸς ἐκ τῆς ἀνακαλύψεως ὑπ' αὐτοῦ τῆς ἀνώσεως τὴν ὁποίαν ὑφίσταται πᾶν σῶμα ὅταν ἐμβαπτίζεται ἐντὸς ὑγροῦ.

Ὁ περίφημος Ἀστρονόμος **Ἀρίσταρχος** ὁ Σάμιος (320 - 250 π.Χ.) ὑπῆρξεν ὁ πρῶτος ὁ ὁποῖος εἰσήγαγε τὸ ἡλιοκεντρικὸν σύστημα τοῦ κόσμου, κατὰ τὸ ὁποῖον οἱ πλανῆται καὶ ἡ Γῆ περιφέρονται περὶ τὸν Ἥλιον.

Τέλος ὁ ***Ἵππαρχος*** (160 - 125 π.Χ.) θεωρεῖται ὡς εἷς ἐκ τῶν μεγαλυτέρων Ἀστρονόμων τῆς ἐποχῆς του, διότι εἶναι ὁ πρῶτος ὁ ὁποῖος ἐσπούδασε ἐπὶ τῇ βάσει μετρήσεων τὰς κινήσεις τῶν ἀστερισμῶν. Ἀκολούθως κατὰ τὸν μεσαίωνα παρετηρήθη ἀνάπαυλα εἰς τὴν ἔρευναν τῆς Φύσεως καὶ μόνον κατὰ τοὺς χρόνους τῆς Ἀναγεννήσεως συναντῶμεν τὴν ἐμφάνισιν Φυσικῶν.

Ὁ πρῶτος διάσημος Φυσικὸς καὶ ζωγράφος ὁ ὁποῖος ἐνεφανίσθη κατὰ τοὺς χρόνους τῆς Ἀναγεννήσεως εἶναι ὁ ***Λεονάρδος ντὰ Βίντσι*** (*Leonardo da Vinci,* 1452 - 1519), ὁ ὁποῖος ἐπέτυχε νὰ γενικεύσῃ τὸν νόμον τοῦ μοχλοῦ καὶ πρὸς τούτοις κατεσκεύασε πολυποικίλους καὶ χρησίμους μηχανικὰς διατάξεις. Ὁ ***Λεονάρδος ντὰ Βίντσι*** ἔδωσε μεγάλην σημασίαν εἰς τὴν προσωπικὴν ἔρευναν καὶ ἀπὸ τῆς ἀπόψεως αὐτῆς δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς πρόδρομος τοῦ ***Γαλιλαίου*** (*Galileo Galilei,* 1564 - 1642) καὶ τοῦ ***Γκέρικε*** (*Otto von Guericke,* 1602 - 1686). Ἄξιον μνείας εἶναι ὅτι ὁ ***Λεονάρδος ντὰ Βίντσι*** ἐσχεδίασε τὰς πρώτας πετομηχανάς, σχέδια δὲ αὐτῶν διεσώθησαν μέχρι τῆς ἐποχῆς μας, εἰς τρόπον ὥστε οὗτος δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς πατὴρ τῆς ἀεροπορίας.

Ὁ ***Κοπέρνικος*** (*Nicolaus Kopernikus,* 1473 - 1543) πιθανώτατα μὴ γνωρίζων τὰ περὶ Ἀριστάρχου, διετύπωσε γενικώτερον τὸ ἡλιοκεντρικὸν σύστημα τοῦ κόσμου, ἔνθερμος δὲ ὑποστηρικτὴς τοῦ συστήματος τούτου ὑπῆρξεν ὁ ***Γαλιλαῖος.***

Ὁ ***Γαλιλαῖος*** ἀνεγνώρισε τὴν σπουδαιότητα τῶν μηχανῶν καὶ διετύπωσε τὸν «χρυσοῦν κανόνα τῆς Μηχανικῆς» κατὰ τὸν ὁποῖον «ὅ,τι κερδίζομεν εἰς δύναμιν τὸ δαπανῶμεν εἰς δρόμον». Κατὰ τὸν κανόνα τοῦτον τὸ παραγόμενον ἔργον τὸ ὁποῖον ἐν τῷ συνόλῳ του παράγεται ὑπὸ τῆς μυϊκῆς δυνάμεως τοῦ ἀνθρώπου καὶ τῶν ζώων, δὲν αὐξάνεται οὔτε ἐλαττοῦται διὰ τῶν μηχανῶν, ἀλλὰ ἁπλῶς τροποποιοῦμεν τὰ στοιχεῖα τοῦ ἔργου, δηλαδὴ δύναμιν καὶ δρόμον, ἐνῷ τὸ γινόμενον δύναμις ἐπὶ δρόμον παραμένει πάντοτε ἀμετάβλητον.

Κατὰ τὴν ἐποχὴν τοῦ ***Γαλιλαίου*** καὶ εἰς μεταγενεστέρους χρόνους μόνον εἰς ὀλίγας περιπτώσεις ἐχρησιμοποιήθη ἡ ἱκανότης παραγωγῆς ἔργου ὑπὸ τοῦ ὕδατος (ὑδατοπτώσεις) καὶ τοῦ ἀέρος (ἄνεμοι) διὰ χρησιμοποιήσεως ὑδροστροβίλων καὶ ἀνεμομύλων. Ἀκόμη καὶ μέχρι τοῦ 16ου αἰῶνος διὰ τὴν κίνησιν τῶν διαφόρων μηχανῶν ἐχρησιμοποίουν τὴν ἀνθρωπίνην δύναμιν.

Ἡ κατασκευὴ μηχανῶν πρὸς παραγωγὴν δυνάμεως ἐπραγματοποιήθη μόνον κατὰ τοὺς νεωτέρους χρόνους διὰ τῆς ἐπινοήσεως τῆς ἀτμομηχανῆς, τῶν ἀεριομηχανῶν καὶ τῶν ἠλεκτρικῶν μηχανῶν.

Σύγχρονος τοῦ ***Γαλιλαίου*** ὑπῆρξεν ὁ μέγας Γερμανὸς Ἀστρονόμος ***Κέπλερ*** (*Johannes Kepler,* 1571 - 1630), ὁ ὁποῖος ἀνεκάλυψε τοὺς νόμους τῆς κινήσεως τῶν πλανητῶν περὶ τὸν Ἥλιον.

Εἰς τὸ κεφάλαιον τῆς Μηχανικῆς δεσπόζει τὸ ὄνομα τοῦ Ἄγγλου Μαθηματικοῦ καὶ Φυσικοῦ ***Νεύτωνος*** (*Sir Isaac Newton,* 1643 - 1727), ὁ ὁποῖος ἀνεκάλυψε τὸν νόμον τῆς παγκοσμίας ἕλξεως καὶ θεωρεῖται ὡς ὁ θεμελιωτὴς τῆς Θεωρητικῆς Μηχανικῆς καὶ τῆς Οὐρανίου Μηχανικῆς, τὴν ὁποίαν διεμόρφωσε καὶ ἐτελειοποίησε ὁ μέγας Γάλλος Μαθηματικὸς **Λαπλὰς** (*Pierre Simon Laplace,* 1749 - 1827).

Σύγχρονος πρὸς τὸν **Νεύτωνα** καὶ ἐξ ἴσου διάσημος πρὸς αὐτὸν ὑπῆρξεν ὁ **Χόϊχενς** (*Christian Huygens,* 1629 - 1695), ὁ ὁποῖος ἠσχολήθη εἰς τὴν σπουδὴν τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως, τοῦ ὡρολογιακοῦ ἐκκρεμοῦς, ὑπῆρξε δὲ ὁ θεμελιωτὴς τῆς θεωρίας τῶν κυμάτων.

Ἀκολούθως ἡ σπουδὴ τῶν ἐρευνητῶν ἐστράφη εἰς τὴν σπουδὴν τοῦ περιβάλλοντος ἡμᾶς ἀέρος, ἀποτέλεσμα δὲ τῶν ἐρευνῶν τούτων ἦτο νὰ καθορισθῇ ὀρθῶς ἡ σημασία αὐτοῦ. Ὅτι ὁ ἀὴρ ἀποτελεῖ σῶμα ἦτο γνωστὸν καὶ εἰς τοὺς ἀρχαίους Ἕλληνας καὶ μάλιστα ἀπὸ τοῦ δευτέρου π. Χ. αἰῶνος εἶχον ἀνεύρει τὴν καταθλιπτικὴν ἀντλίαν, τὸν φυσητῆρα, διὰ τοῦ ὁποίου διήγειρον ἠχητικοὺς σωλῆνας, ὡς καὶ πλείστας ἄλλας δευτερευούσης σημασίας συσκευάς.

Εἰς τοὺς ἀρχαίους ἦτο γνωστὸν τὸ φαινόμενον ὅτι ὅταν ἔκ τινος χώρου ἢ δοχείου ἀφαιρεθῇ ὁ ἀήρ, οὗτος ἐπιδιώκει νὰ εἰσχωρήσῃ ἐκ νέου ἀφ' ἑαυτοῦ, καὶ ἔδιδον τὴν ἐξήγησιν τοῦ φαινομένου τούτου διὰ τῆς φράσεως «φύσις ὀρρωδεῖ τὸ κενόν», δηλαδὴ ἡ φύσις φοβεῖται τὸ κενόν. Οἱ ἀρχαῖοι δὲν κατώρθωσαν νὰ ἐξηγήσουν τὸ φαινόμενον τοῦτο. Ὁ πρῶτος ὁ ὁποῖος ἀνεγνώρισε τὴν σημασίαν τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως εἶναι ὁ Ἰταλὸς **Τορριτσέλλι** (*Evangelista Torricelli,* 1608 - 1647), ὁ ὁποῖος ὑπῆρξε μαθητὴς τοῦ **Γαλιλαίου.** Οὗτος κατώρθωσε διὰ τοῦ περιφήμου πειράματος **Τορριτσέλλι** νὰ μετρήσῃ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν καὶ νὰ κατασκευάσῃ οὕτω τὸ πρῶτον ὑδραργυρικὸν βαρόμετρον (1643). Κατὰ τὸν αὐτὸν χρόνον ὁ **Γκέρικε** (*Otto von Guericke,* (1602 - 1687) ἀνεκάλυψε τὴν ἀεραντλίαν καὶ ἀπέδειξε ὅτι σῶμα ἐμβεβαπτισμένον εἰς τὸν ἀέρα ὑφίσταται ἄνωσιν, οὕτω δὲ ἔθεσε τὴν βάσιν τῆς πραγματοποιήσεως τοῦ ἀεροστάτου.

Τὸ πρῶτον ἀερόστατον πλῆρες μὲ θερμὸν ἀέρα ἐχρησιμοποίησαν δι' ἄνοδον ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαίρας (1782) οἱ Γάλλοι ἀδελφοὶ **Μογκολφιέροι** (*Montgolfier*), ἐνῷ κατὰ τὴν αὐτὴν ἐποχὴν ὁ **Σὰρλ** (*Charles*) ἐπλήρωσε εἰς Παρισίους ἀερόστατον μὲ ὑδρογόνον. Μὲ τὴν βοήθειαν τῶν ἀεροστάτων κατορθώθη κατὰ τὸν 20ον αἰῶνα ἡ ἐξερεύνησις τῆς ἀτμοσφαίρας εἰς μεγάλα ὕψη.

Κατὰ τὸν 18ον αἰῶνα ἐπῆλθεν ἡ τελειοποίησις τῆς ἀτμομηχανῆς εἰς τὴν ὁποίαν γίνεται ἐκμετάλλευσις τῆς θερμικῆς ἐνεργείας τοῦ ἄνθρακος, ἐνῷ διὰ τῆς τελειοποιήσεως τῶν ὑδροστροβίλων ἐπετυγχάνετο ἡ ἐκμετάλλευσις τῆς ἐνεργείας τῶν ὑδατοπτώσεων.

Μὲ τὴν ἀνακάλυψιν καὶ βελτίωσιν τῶν κινητήρων ἐκρήξεως ἐπραγματοποιήθη τὸ ἀεροπλάνον, τὸ ὁποῖον ἐντὸς βραχυτάτου χρονικοῦ διαστήματος ἐτελειοποιήθη εἰς τὴν μορφὴν ἐκείνην ὑπὸ τὴν ὁποίαν συναντῶμεν τοῦτο σήμερον νὰ διασχίζῃ τὸν ἀέρα.

Μεταξὺ τῶν σπουδαιοτέρων ἐρευνητῶν ἐπὶ τῆς σπουδῆς ἐν γένει τῆς ἐνεργείας εἶναι καὶ ὁ **Μάγερ** (*Julius Robert Mayer,* 1814-1878), ὁ ὁποῖος ἐδέχετο ὅτι ἡ ἐνέργεια ἐμφανίζεται ὑπὸ διαφόρους μορφὰς αἱ ὁποῖαι ἀποτελοῦν μίαν καὶ τὴν αὐτὴν ὀντότητα καὶ διετύπωσε τὸ περίφημον ἀξίωμα τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ τὸ θεμέλιον τῆς Φυσικῆς.

ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΕΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΕΚ ΤΗΣ ΤΡΙΓΩΝΟΜΕΤΡΙΑΣ

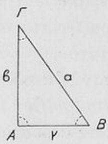
Κατὰ τὴν ἀνάπτυξιν τῆς ὕλης τοῦ βιβλίου ὁ ἀναγνώστης συναντᾷ ὡρισμένους τύπους, ὅπου ὑπεισέρχονται συχνὰ τριγωνομετρικαὶ ἔννοιαι, ὡς π.χ. τὸ ἡ μ ί τ ο ν ο ν, τὸ σ υ ν η μ ί τ ο ν ο ν, ἡ ἐ φ α π τ ο μ έ ν η καὶ ἡ σ υ ν ε φ α π τ ο μ έ ν η.

Πρὸς ὑποβοήθησιν τῶν ἀναγνωστῶν ἐκείνων οἱ ὁποῖοι δὲν ἔχουν ἀκόμη ἀποκτήσει γνώσεις τριγωνομετρίας, ἀναπτύσσομεν εἰς τὸ κεφάλαιον τοῦτο ὡρισμένας ἐκ τῶν θεμελιωδῶν γνώσεων αὐτῆς.

1. Τριγωνομετρικοὶ ἀριθμοί. Εἰς τὴν τριγωνομετρίαν χρησιμοποιοῦμεν τέσσαρας ἀριθμούς, οἱ ὁποῖοι καλοῦνται ***τριγωνομετρικοὶ ἀριθμοί,*** ἀναφέρονται δὲ πάντοτε εἰς γωνίαν τινὰ θ, ἢ τὰ ἀντίστοιχα πρὸς αὐτὴν τόξα. Οἱ ἀριθμοὶ οὗτοι καλοῦνται ***ἡμίτονον, συνημίτονον, ἐφαπτομένη*** καὶ ***συνεφαπτομένη*** καὶ παριστῶνται συμβολικῶς ὡς ἑξῆς:

$$\eta\mu\,\vartheta,\quad \sigma\upsilon\nu\,\vartheta,\quad \varepsilon\varphi\,\vartheta,\quad \sigma\varphi\,\vartheta\,.$$

2. Ὁρισμοί: Ἔστω τὸ ὀρθογώνιον τρίγωνον ΑΒΓ, ὅπου τὰς πλευρὰς παριστῶμεν διὰ τῶν μικρῶν γραμμάτων, δηλαδὴ διὰ τοῦ α τὴν ἀπέναντι τῆς γωνίας Α πλευράν, διὰ τοῦ β τὴν ἀπέναντι τῆς γωνίας Β, καὶ διὰ τοῦ γ τὴν ἀπέναντι τῆς γωνίας Γ (σχ. 1).



Σχ. 1.

α) Ὡς ***ἡμίτονον*** τῆς γωνίας Β, ὁρίζομεν τὸ πηλίκον τοῦ μήκους τῆς ἀπέναντι καθέτου πλευρᾶς β πρὸς τὸ μῆκος τῆς ὑποτεινούσης α, καὶ παριστᾶται συμβολικῶς ὡς κάτωθι:

$$\eta\mu\,B = \frac{\beta}{\alpha} \tag{1}$$

ἤτοι:

$$\boxed{\eta\mu\,B = \frac{\text{μῆκος τῆς ἀπέναντι καθέτου}}{\text{μῆκος τῆς ὑποτεινούσης}}}$$

Ὁμοίως ἔχομεν:

$$\eta\mu\,\Gamma = \frac{\gamma}{\alpha} \tag{1′}$$

β) Τὸ ***συνημίτονον*** τῆς γωνίας Β ὁρίζεται ὡς τὸ πηλίκον τοῦ μήκους τῆς προσκειμένης καθέτου πλευρᾶς γ πρὸς τὸ μῆκος τῆς ὑποτεινούσης α, καὶ παριστᾶται συμβολικῶς:

$$\sigma\upsilon\nu\,B = \frac{\gamma}{\alpha} \tag{2}$$

ἤτοι:

$$\boxed{\sigma\upsilon\nu\,B = \frac{\text{μῆκος τῆς προσκειμένης καθέτου}}{\text{μῆκος τῆς ὑποτεινούσης}}}$$

Ὁμοίως ἔχομεν:

$$\sigma\upsilon\nu\,\Gamma = \frac{\beta}{\alpha} \tag{2′}$$

γ) Ἡ ***ἐφαπτομένη*** τῆς γωνίας Β ὁρίζεται ὡς τὸ πηλίκον τοῦ μήκους τῆς ἀπέναντι καθέτου πλευρᾶς β πρὸς τὸ μῆκος τῆς προσκειμένης καθέτου πλευρᾶς γ καὶ παριστᾶται συμβολικῶς:

$$\text{εφ}\, B = \frac{\beta}{\gamma} \qquad (3)$$

ἤτοι:

$$\boxed{\text{εφ}\, B = \frac{\text{μῆκος τῆς ἀπέναντι καθέτου}}{\text{μῆκος τῆς προσκειμένης καθέτου}}}$$

Ὁμοίως ἔχομεν:

$$\text{εφ}\, \Gamma = \frac{\gamma}{\beta} \qquad (3')$$

δ) Ἡ ***συνεφαπτομένη*** τῆς γωνίας Β ὁρίζεται ὡς τὸ πηλίκον τοῦ μήκους τῆς προσκειμένης εἰς τὴν γωνίαν καθέτου πλευρᾶς γ πρὸς τὸ μῆκος τῆς ἀπέναντι τῆς γωνίας καθέτου πλευρᾶς β καὶ παριστᾶται συμβολικῶς: $\text{σφ}\, B = \frac{\gamma}{\beta}$ (4)

ἤτοι:

$$\boxed{\text{σφ}\, B = \frac{\text{μῆκος τῆς προσκειμένης καθέτου}}{\text{μῆκος τῆς ἀπέναντι καθέτου}}}$$

Ὁμοίως ἔχομεν:

$$\text{σφ}\, \Gamma = \frac{\beta}{\gamma} \qquad (4')$$

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω ἰσοτήτων προκύπτει ὅτι:

α) ***Κάθε κάθετος πλευρὰ ὀρθογωνίου τριγώνου εἶναι γινόμενον τῆς ὑποτεινούσης ἐπὶ τὸ ἡμίτονον τῆς ἀπέναντι γωνίας ἢ ἐπὶ τὸ συνημίτονον τῆς πρασκειμένης ὀξείας γωνίας.***

β) ***Κάθε κάθετος πλευρὰ ὀρθογωνίου τριγώνου εἶναι γινόμενον τῆς ἄλλης καθέτου πλευρᾶς ἐπὶ τὴν ἐφαπτομένην τῆς ἀπέναντι γωνίας ἢ ἐπὶ τὴν συνεφαπτομένην τῆς προσκειμένης ὀξείας γωνίας αὐτοῦ.***

Ἐκ τοῦ ὁρισμοῦ τῶν τριγωνομετρικῶν ἀριθμῶν μιᾶς γωνίας προκύπτει ὅτι οὗτοι εἶναι ***καθαροὶ ἀριθμοί.*** Οὕτω π.χ. ἐὰν δύναμιν F ἐκπεφρασμένην εἰς kgr* πολλαπλασιάσωμεν ἢ διαιρέσωμεν ἐπί τινα τριγωνομετρικὸν ἀριθμὸν θὰ λάβωμεν πάλιν τὴν δύναμιν εἰς kgr* κ.ο.κ.

Ἀφοῦ τὸ ἡμίτονον καὶ τὸ συνημίτονον μιᾶς γωνίας εἶναι πηλίκον μιᾶς τῶν καθέτων πλευρῶν τοῦ ὀρθογωνίου τριγώνου πρὸς τὴν ὑποτείνουσαν, εἶναι προφανὲς ὅτι τόσον τὸ ἡμίτονον ὅσον καὶ τὸ συνημίτονον δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ εἶναι μεγαλύτερα τῆς μονάδος. Διὰ τὴν ἐφαπτομένην καὶ συνεφαπτομένην μιᾶς γωνίας δὲν ἰσχύει τὸ αὐτό.

Αἱ τιμαὶ τῶν τριγωνομετρικῶν ἀριθμῶν ἔχουν ὑπολογισθῆ διὰ τὰς διαφόρους γωνίας καὶ ἀναγράφονται εἰς εἰδικοὺς πίνακας, ὡς π.χ. ὁ παρατιθέμενος εἰς τὴν σελίδα 200. Οὕτως ἐκ τοῦ πίνακος εὑρίσκομεν π.χ. διὰ $B = 30^0$: ημ $30^0 = 0{,}5$, συν $30^0 = 0{,}8660$, εφ $30^0 = 0{,}5774$ καὶ σφ $30^0 = 1{,}7321$.

Ἐξ ἁπλῆς συγκρίσεως τῶν ἀνωτέρω τύπων βλέπομεν ὅτι ημ Β = συν Γ, συν Β = ημ Γ, εφ Β = σφ Γ καὶ σφ Β = εφ Γ. Αἱ ἀνωτέρω σχέσεις ἰσχύουν ὅταν αἱ γωνίαι Β καὶ Γ εἶναι ***συμπληρωματικαί,*** δηλ. ἔχουν ἄθροισμα μιᾶς ὀρθῆς γωνίας, ἤτοι 90^0.

Ἐὰν διαιρέσωμεν τὴν ἐξίσωσιν (1) διὰ τῆς (2) λαμβάνομεν τὴν (3), ἐὰν δὲ διαιρέσωμεν τὴν (2) διὰ τῆς (1) λαμβάνομεν τὴν (4). Ὁμοίως, ἐὰν διαιρέσωμεν τὴν (1′) διὰ τῆς (2′) λαμβάνομεν τὴν (3′), ἐνῷ ἐὰν διαιρέσωμεν τὴν (2′) διὰ τῆς (1′) λαμβάνομεν τὴν (4′). Ἐκ τούτων προκύπτουν αἱ κάτωθι σχέσεις:

$$\frac{\text{ημ } B}{\text{συν } B} = \text{εφ } B \qquad (5) \qquad\qquad \frac{\text{συν } B}{\text{ημ } B} = \text{σφ } B \qquad (6)$$

$$\frac{\text{ημ } \Gamma}{\text{συν } \Gamma} = \text{εφ } \Gamma \qquad (7) \qquad\qquad \frac{\text{συν } \Gamma}{\text{ημ } \Gamma} = \text{σφ } \Gamma \qquad (8)$$

3. Θεμελιώδης σχέσις: Ἐὰν ὑψώσωμεν εἰς τὸ τετράγωνον τὰς ἰσότητας (1) καὶ (2) καὶ προσθέσωμεν αὐτὰς κατὰ μέλη λαμβάνομεν:

$$(\text{ημ } B)^2 + (\text{συν } B)^2 = \frac{\beta^2 + \gamma^2}{\alpha^2}$$

Εἶναι ὅμως, κατὰ τὸ Πυθαγόρειον θεώρημα, $\beta^2 + \gamma^2 = \alpha^2$, ἑπομένως ἡ ἄνω σχέσις ἀφαιρουμένων τῶν παρενθέσεων τοῦ πρώτου μέλους, γράφεται:

$$\boxed{\text{ημ}^2 B + \text{συν}^2 B = 1}$$

τοῦ ἐκθέτου δηλαδὴ γραφομένου ἄνωθεν τοῦ συμβόλου τοῦ τριγωνομετρικοῦ ἀριθμοῦ.

Ἐὰν τὸ αὐτὸ πράξωμεν διὰ τὰς ἰσότητας (1′) καὶ (2′) λαμβάνομεν:

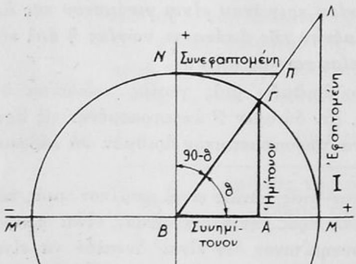
$$\text{ημ}^2 \Gamma + \text{συν}^2 \Gamma = 1$$

Ἐὰν τὰς ἰσότητας (5) καὶ (6) πολλαπλασιάσωμεν κατὰ μέλη λαμβάνομεν:

$$\text{εφ } B \cdot \text{σφ } B = 1$$

Ὁμοίως ἐὰν πράξωμεν τὸ αὐτὸ διὰ τὰς ἰσότητας (7) καὶ (8) θὰ λάβωμεν:

$$\text{εφ } \Gamma \cdot \text{σφ } \Gamma = 1$$



Σχ. 2. Γωνιομετρικὸς κύκλος.

4. Γωνιομετρικὸς κύκλος. Ὡς προηγουμένως εἴδομεν, εἶναι:

$$\text{ημ } B = \frac{\beta}{\alpha}$$

ἐὰν δὲ $\alpha = 1$, προκύπτει: $\text{ημ } B = \beta$, ἑπομένως ***τὸ ἡμίτονον τῆς γωνίας Β εἶναι ἀριθμητικῶς ἴσον πρὸς τὸν ἀριθμὸν τὸν ἐκφράζοντα τὸ μῆκος τῆς καθέτου πλευρᾶς β, ὅταν ὅμως διὰ τὴν μέτρησιν αὐτῆς λαμβάνεται ὡς μονὰς μήκους τὸ μῆκος τῆς ὑποτεινούσης α.***

Θεωρήσωμεν ἤδη κύκλον μὲ κέντρον τὴν κορυφὴν Β τοῦ τριγώνου ΑΒΓ (σχ. 2) καὶ ἀκτῖνα τὴν ὑποτείνουσαν ΒΓ, τῆς ὁποίας τὸ μῆκος λαμβάνομεν ὡς μονάδα μετρήσεως, ἐνῷ τὰς γωνίας Β καὶ Γ καλοῦμεν ἀντιστοίχως θ καὶ φ. Εἶναι φανερὸν ὅτι τὸ τμῆμα ΑΓ μετρούμενον διὰ τῆς ἀκτῖνος θὰ παρέχῃ τὸ ημ θ τὸ δὲ μῆκος ΑΒ μετρούμενον διὰ τῆς ἀκτῖνος θὰ παρέχῃ τὸ συν θ.

Ἐξ ἄλλου εἰς τὸ ὀρθογώνιον τρίγωνον ΒΜΛ εἶναι ΜΛ = ΒΜ · εφ θ, ἐπειδὴ ὅμως ἐξ ὑποθέσεως ΒΜ = 1, ἕπεται ὅτι εφθ = ΜΛ, ἤτοι ὁ ἀριθμὸς ὁ ἐκφράζων τὸ μῆκος τοῦ τμήματος ΜΛ, μετρουμένου διὰ τῆς ἀκτῖνος, παρέχει τὴν εφ θ.

Ἐπίσης ἐκ τοῦ τριγώνου ΒΝΠ εὑρίσκομεν εὐκόλως ὅτι ΝΠ = ΒΝ εφ (90 — θ). Ἐπειδὴ δὲ ἐξ ὑποθέσεως ΒΝ=1, αἱ δὲ γωνίαι (90—θ) καὶ θ εἶναι συμπληρωματικαί, ἕπεται ὅτι ΝΠ=σφ θ.

Ὁ κύκλος εἰς τὸν ὁποῖον ἡ ἀκτὶς λαμβάνεται ὡς μονὰς μήκους διὰ τὴν μέτρησιν τῶν μηκῶν ΑΓ, ΜΛ κ.ο.κ καλεῖται ***γωνιομετρικὸς κύκλος.***

Ἀποστάσεις ἐπὶ τῆς διαμέτρου ΜΜ′ μετρούμεναι ἀπὸ τοῦ Β λογίζονται ὡς θετικαὶ πρὸς τὰ δεξιὰ αὐτοῦ, ἐνῷ λογίζονται ὡς ἀρνητικαὶ πρὸς τὰ ἀριστερὰ αὐτοῦ. Ὁμοίως ἀποστάσεις ἀπὸ τοῦ Β ἐπὶ τῆς διαμέτρου ΝΝ′ λογίζονται ὡς θετικαὶ ἄνωθεν τοῦ Β καὶ ἀρνητικαὶ κάτωθεν τοῦ Β.

Συμφώνως πρὸς τ' ἀνωτέρω συνάγομεν τά ἀκόλουθα:

α) ***Τὰ ἡμίτονα εἶναι θετικὰ εἰς τὸ πρῶτον καὶ δεύτερον τεταρτημόριον καὶ ἀρνητικὰ εἰς τὸ τρίτον καὶ τέταρτον.***

β) ***Τὰ συνημίτονα εἶναι θετικὰ εἰς τὸ πρῶτον καὶ τέταρτον τεταρτημόριον καὶ ἀρνητικὰ εἰς τὸ δεύτερον καὶ τρίτον.***

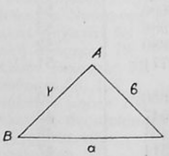
γ) ***Αἱ ἐφαπτόμεναι εἶναι θετικαὶ εἰς τὸ πρῶτον καὶ τρίτον τεταρτημόριον καὶ ἀρνητικαὶ εἰς τὸ δεύτερον καὶ τέταρτον.***

Ἐκ τοῦ γωνιομετρικοῦ κύκλου συνάγομεν τὰς ἀκολούθους σχέσεις:

$$\text{ημ}\,\vartheta = \text{συν}(90^\circ - \vartheta) = \text{ημ}\,(180^\circ - \vartheta) \qquad (9)$$
$$\text{συν}\,\vartheta = \text{ημ}\,(90^\circ - \vartheta) = -\,\text{συν}(180^\circ - \vartheta) \qquad (10)$$
$$\text{εφ}\,\vartheta = \text{σφ}\,(90^\circ - \vartheta) = -\,\text{εφ}\,(180^\circ - \vartheta) \qquad (11)$$

Λίαν εὔχρηστοι εἶναι καὶ αἱ ἀκόλουθοι τριγωνομετρικαὶ σχέσεις αἱ ὁποῖαι ἀποδεικνύονται ἐν τῇ τριγωνομετρίᾳ:

$$\text{ημ}(\vartheta + \varphi) = \text{ημ}\,\vartheta \cdot \text{συν}\,\varphi + \text{συν}\vartheta \cdot \text{ημ}\,\varphi \qquad (12)$$
$$\text{συν}(\vartheta + \varphi) = \text{συν}\,\vartheta \cdot \text{συν}\,\varphi - \text{ημ}\,\vartheta \cdot \text{ημ}\,\varphi \qquad (13)$$
$$\text{ημ}\,2\,\vartheta = 2\,\text{ημ}\,\vartheta\,\text{συν}\,\vartheta \qquad (14)$$
$$\text{συν}\,2\,\vartheta = \text{συν}^2\vartheta - \text{ημ}^2\,\vartheta \qquad (15)$$



Σχ. 3.

Εἰς πᾶν τρίγωνον, ὡς π. χ. εἰς τὸ ΑΒΓ (σχ. 3) ἰσχύουν αἱ σχέσεις:

$$\frac{\text{ΒΓ}}{\text{ημ Α}} = \frac{\text{ΑΓ}}{\text{ημ Β}} = \frac{\text{ΑΒ}}{\text{ημ Γ}} \quad \text{ἢ}$$

$$\frac{\alpha}{\text{ημ Α}} = \frac{\beta}{\text{ημ Β}} = \frac{\gamma}{\text{ημ Γ}} \qquad (16)$$

ἤτοι: ***τὰ μήκη τῶν πλευρῶν τοῦ τριγώνου εἶναι ἀνάλογα πρὸς τὰ ἡμίτονα τῶν ἀπέναντι γωνιῶν.***

Πίναξ τριγωνομετρικῶν ἀριθμῶν

Μοῖραι	ημ	εφ	σφ	συν	
0	0.0000	0.0000	∞	1.0000	90
1	0.0175	0.0175	57.2900	0.9998	89
2	0.0349	0.0349	28.6363	0.9994	88
3	0.0523	0.0524	19.0811	0.9986	87
4	0.0698	0.0699	14.3007	0.9976	86
5	0.0872	0.0875	11.4301	0.9962	85
6	0.1045	0.1051	9.5144	0.9945	84
7	0.1219	0.1228	8.1443	0.9925	83
8	0.1392	0.1405	7.1154	0.9903	82
9	0.1564	0.1584	6.3138	0.9877	81
10	0.1736	0.1763	5.6713	0.9848	80
11	0.1908	0.1944	5.1446	0.9816	79
12	0.2079	0.2126	4.7046	0.9781	78
13	0.2250	0.2309	4.3315	0.9744	77
14	0.2419	0.2493	4.0108	0.9703	76
15	0.2588	0.2679	3.7321	0.9659	75
16	0.2756	0.2867	3.4874	0.9613	74
17	0.2924	0.3057	3.2709	0.9563	73
18	0.3090	0.3249	3.0777	0.9511	72
19	0.3256	0.3443	2.9042	0.9455	71
20	0.3420	0.3640	2.7475	0.9397	70
21	0.3584	0.3839	2.6051	0.9336	69
22	0.3746	0.4040	2.4751	0.9272	68
23	0.3907	0.4245	2.3559	0.9205	67
24	0.4067	0.4452	2.2460	0.9135	66
25	0.4226	0.4663	2.1445	0.9063	65
26	0.4384	0.4877	2.0503	0.8988	64
27	0.4540	0.5095	1.9626	0.8910	63
28	0.4695	0.5317	1.8807	0.8829	62
29	0.4848	0.5543	1.8040	0.8746	61
30	0.5000	0.5774	1.7321	0.8660	60
31	0.5150	0.6009	1.6643	0.8572	59
32	0.5299	0.6249	1.6003	0.8480	58
33	0.5446	0.6494	1.5399	0.8337	57
34	0.5592	0.6745	1.4826	0.8290	56
35	0.5736	0.7002	1.4281	0.8192	55
36	0.5878	0.7265	1.3764	0.8090	54
37	0.6018	0.7536	1.3270	0.7986	53
38	0.6157	0.7813	1.2799	0.7880	52
39	0.6293	0.8098	1.2349	0.7771	51
40	0.6428	0.8391	1.1918	0.7660	50
41	0.6561	0.8693	1.1504	0.7547	49
42	0.6691	0.9004	1.1106	0.7431	48
43	0.6820	0.9325	1.0724	0.7314	47
44	0.6947	0.9657	1.0355	0.7193	46
45	0.7071	1.0000	1.0000	0.7071	45
	συν	σφ	εφ	ημ	Μοῖραι

ΑΛΦΑΒΗΤΙΚΟΝ ΕΥΡΕΤΗΡΙΟΝ

Ἐξεδόθησαν ὑπὸ τῶν ἰδίων συγγραφέων:

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

Διὰ τοὺς ὑποψηφίους τῶν Ἀνωτάτων Σχολῶν ὡς καὶ διὰ τοὺς μαθητὰς τῶν Πρακτικῶν Λυκείων καὶ Γυμνασίων.

Ἐγκεκριμένον ὑπὸ τοῦ Ὑπουργείου Παιδείας πρὸς χρῆσιν τῶν μαθητῶν τῶν δύο ἀνωτέρων τάξεων τῶν Σχολείων Μέσης Ἐκπαιδεύσεως.

ΤΟΜΟΣ Ι

ΕΚΔΟΣΙΣ ΔΕΥΤΕΡΑ

ΜΗΧΑΝΙΚΗ · ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ · ΘΕΡΜΟΤΗΣ

Περιλαμβάνει εἰς 300 σελίδας ἅπασαν τὴν διδακτέαν ὕλην. Περιέχει 387 σχήματα καὶ 10 εἰκόνας διασήμων ἐπιστημόνων, 280 προβλήματα ὡς καὶ πίνακας φυσικῶν σταθερῶν.

ΤΟΜΟΣ ΙΙ

ΕΚΔΟΣΙΣ ΔΕΥΤΕΡΑ

ΟΠΤΙΚΗ · ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ · ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

Περιλαμβάνει εἰς 360 σελίδας ἅπασαν τὴν διδακτέαν ὕλην. Περιέχει 492 σχήματα καὶ 22 εἰκόνας διασήμων ἐπιστημόνων, 157 προβλήματα, ἐπίσης ἔγχρωμον πίνακα φασμάτων ἐκτὸς κειμένου.

ΜΑΘΗΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

Διὰ τοὺς μαθητὰς τῶν κλασικῶν Γυμνασίων.

ΤΟΜΟΣ ΙΙ

ΟΠΤΙΚΗ · ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ · ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

Περιλαμβάνει εἰς 188 σελίδας ἅπασαν τὴν διδακτέαν ὕλην εἰς τὰ κλασικὰ Γυμνάσια. Περιέχει 249 σχήματα καὶ 8 εἰκόνας· ἐπίσης ἔγχρωμον πίνακα ἐκτὸς κειμένου.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

Διὰ τοὺς ὑποψηφίους τῶν Ἀνωτάτων Σχολῶν, ὡς καὶ διὰ τοὺς μαθητὰς τῶν Σχολείων Μέσης Ἐκπαιδεύσεως.

ΤΟΜΟΣ Ι

ΜΗΧΑΝΙΚΗ · ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ · ΘΕΡΜΟΤΗΣ

ΤΟΜΟΣ ΙΙ

ΟΠΤΙΚΗ · ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ · ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

Μεθοδικὴ λύσις ὅλων τῶν προβλημάτων τῶν περιεχομένων εἰς τὰ βιβλία ***«Μαθήματα Φυσικῆς»*** καὶ ***«Στοιχεῖα Φυσικῆς»*** καὶ μεγάλος ἀριθμὸς ἄλλων προβλημάτων πρὸς ἐξάσκησιν.

ΦΥΣΙΚΗ

Διὰ τοὺς σπουδαστὰς τῶν Ἀνωτάτων Σχολῶν.

ΤΟΜΟΣ Ι

ΜΗΧΑΝΙΚΗ · ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ · ΘΕΡΜΟΤΗΣ

Σελίδες 400. Σχήματα 450. Εἰκόνες 10.

ΤΟΜΟΣ ΙΙ

ΟΠΤΙΚΗ

Σελίδες 230. Σχήματα 340. Εἰκόνες 7. Δύο ἔγχρωμοι πίνακες ἐκτὸς κειμένου.

ΤΟΜΟΣ ΙΙΙ

ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ · ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ · ΝΕΩΤΕΡΑ ΦΥΣΙΚΗ

(Πρὸς ἐκτύπωσιν)