Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ε 1 ΦΣΚ

Παλαιολόγου Περικλεάκη

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

E 1 ΦΕΚ

Παλαιολόγου - Περιστεράκη

ΠΑΛΑΙΟΛΟΓΟΥ - ΠΕΡΙΣΤΕΡΑΚΗ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

ΠΡΟΣ ΧΡΗΣΙΝ
ΤΩΝ ΥΠΟΨΗΦΙΩΝ ΔΙΑ ΤΑΣ ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑΣ ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ
ΤΩΝ ΑΝΩΤΑΤΩΝ ΣΧΟΛΩΝ
ΚΑΙ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ ΤΩΝ ΑΝΩΤΕΡΩΝ ΤΑΞΕΩΝ
ΤΩΝ ΣΧΟΛΕΙΩΝ ΜΕΣΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΕΩΣ

ΕΓΚΕΚΡΙΜΕΝΟΝ
ΥΠΟ ΤΟΥ ΥΠΟΥΡΓΕΙΟΥ ΠΑΙΔΕΙΑΣ

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΒΟΥΛΗΣ ΤΩΝ ΕΛΛΗΝΩΝ

ΤΟΜΟΣ Ι

ΜΗΧΑΝΙΚΗ
ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ
ΘΕΡΜΟΤΗΣ

66

ΕΚΔΟΣΙΣ ΤΡΙΤΗ ΕΠΗΥΞΗΜΕΝΗ

ΒΙΒΛΙΟΠΩΛΕΙΟΝ ΠΑΠΑΔΗΜΗΤΡΟΠΟΥΛΟΥ
ΑΘΗΝΑΙ - ΡΟΥΖΒΕΛΤ 56

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ε 1 ΦΕΚ
Παλαιολόγου — Περιστεράκη

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

Πρὸς χρῆσιν
τῶν ὑποψηφίων διὰ τὰς εἰσαγωγικὰς ἐξετάσεις τῶν Ανωτάτων Σχολῶν καὶ τῶν μαθητῶν τῶν ἀνωτέρων τάξεων τῶν Σχολείων Μέσης Ἐκπαιδεύσεως.

Ὑπὸ
Κ. Δ. ΠΑΛΑΙΟΛΟΓΟΥ
Καθηγητοῦ τῆς Φυσικῆς εἰς τὸ Ἐθν. Μετσόβιον Πολυτεχνεῖον.
καὶ
Σ. Γ. ΠΕΡΙΣΤΕΡΑΚΗ
Ἐπιμελητοῦ Ἐργαστηρίου Φυσικῆς τοῦ Πανεπιστημίου Ἀθηνῶν.

Ἐγκεκριμένον ὑπὸ τοῦ Ὑπουργείου Παιδείας ὡς βοηθητικὸν βιβλίον διὰ τοὺς μαθητὰς τῶν Ἀνωτέρων τάξεων τῶν Σχολείων Μέσης Ἐκπαιδεύσεως.

ΤΟΜΟΣ I

Μηχανικὴ • Ἀκουστικὴ Θερμότης

ΕΚΔΟΣΙΣ ΤΡΙΤΗ ΕΠΗΥΞΗΜΕΝΗ

66

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟΝ ΒΙΒΛΙΟΠΩΛΕΙΟΝ
ΧΑΡΙΔΗΜΟΥ Ι. ΠΑΠΑΔΗΜΗΤΡΟΠΟΥΛΟΥ
56 ΟΔΟΣ ΡΟΥΖΒΕΛΤ 56 (ΠΡΩΗΝ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ) ΑΘΗΝΑΙ
1951

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΒΟΥΛΗΣ ΤΩΝ ΕΛΛΗΝΩΝ
Κατεχωρίσθη ἐν τῷ βιβλίῳ τῶν προμηθευτῶν
ὑπ' αὐξ. ἀριθ. 3716 τοῦ 1951
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

092
ΚΛΣ
ΣΤΒ
253

ΕΚΔΟΣΙΣ ΠΡΩΤΗ, ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ 1947
ΕΚΔΟΣΙΣ ΔΕΥΤΕΡΑ, ΜΑΡΤΙΟΣ 1949
ΕΚΔΟΣΙΣ ΤΡΙΤΗ, ΜΑΡΤΙΟΣ 1951

Ἀπαγορεύεται ἡ ἀνατύπωσις τοῦ παρόντος συγγράμματος, ἐν ὅλῳ ἢ ἐν μέρει, ἄνευ ἐγγράφου ἀδείας τῶν συγγραφέων.

COPYRIGHT BY C. PALAIOLOGOS AND S. PERISTERAKIS

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

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Τὸ ἀνὰ χεῖρας βιβλίον ἀποτελεῖ συμπληρωμένην Γυμνασιακὴν Φυσικὴν καὶ προορίζεται κυρίως διὰ τοὺς ἀποφοίτους τῶν Γυμνασίων, οἱ ὁποῖοι προτίθενται νὰ προσέλθουν εἰς εἰσαγωγικὰς ἐξετάσεις εἰς τὰς παρ' ἡμῖν Ἀνωτάτας Σχολάς, ὡς καὶ διὰ τοὺς μαθητὰς τῶν Γυμνασίων καὶ Λυκείων, διὰ βοηθητικὸν βιβλίον.

Ὡς ἐκ τούτου, ἐν τῷ βιβλίῳ περιλαμβάνεται ἅπασα ἡ ὕλη τῆς Φυσικῆς ἡ διδασκομένη εἰς τὰ Γυμνάσια, συμφώνως πρὸς τὸ πρόγραμμα τῆς Μέσης Ἐκπαιδεύσεως, συμπληροῦται ὅμως αὕτη καὶ δι' ἄλλων ἀκόμη κεφαλαίων, ἐπὶ τῇ βάσει τῶν προγραμμάτων τῶν εἰσαγωγικῶν ἐξετάσεων τῶν Ἀνωτάτων Σχολῶν, εἰς τρόπον ὥστε τὸ βιβλίον ν' ἀνταποκρίνεται πλήρως εἰς τὸν σκοπόν, διὰ τὸν ὁποῖον ἐγράφη.

Εἰς τὸ τέλος ἑκάστου κεφαλαίου παρατίθεται σειρὰ ζητημάτων καὶ προβλημάτων, διὰ τὴν ἐξάσκησιν τῶν σπουδαστῶν. Οὕτω παρέχεται εἰς τὸν σπουδαστὴν ἡ εὐχέρεια νὰ ἐξασκηθῇ εἰς τὴν ἀνάπτυξιν διαφόρων ζητημάτων τῆς Φυσικῆς, ὡς ταῦτα συνήθως τίθενται κατὰ τὰς εἰσαγωγικὰς ἐξετάσεις. Ἵνα ἐκπληρώσῃ τὸν σκοπὸν τοῦτον ὁ σπουδαστὴς ὀφείλει, μετὰ τὴν μελέτην τοῦ σχετικοῦ κεφαλαίου, νὰ ἐκλέγῃ ἑκάστοτε ἓν ἢ περισσότερα ζητήματα ἐκ τῶν παρατιθεμένων, ν' ἀναπτύσσῃ ταῦτα ἐγγράφως καί, δι' ἀντιπαραβολῆς ἀκολούθως τοῦ γραπτοῦ του πρὸς τὸ κείμενον τοῦ βιβλίου, νὰ ἐξετάζῃ κατὰ πόσον ἐπραγματεύθη τὸ ζήτημα ὀρθῶς.

Ἐξ ἄλλου, τὰ παρατιθέμενα προβλήματα θὰ ἐπιτρέψουν εἰς τὸν σπουδαστὴν νὰ ἐξοικειωθῇ εἰς τὴν λύσιν προβλημάτων τῆς Φυσικῆς, νὰ ἐπαναλάβῃ καὶ νὰ ἐφαρμόσῃ τοὺς τύπους καὶ νὰ ἐθισθῇ εἰς τὴν ὀρθὴν χρῆσιν τῶν μονάδων. Εἰς τὸ τέλος τοῦ βιβλίου παρατίθεται, πρὸς διευκόλυνσιν τῶν σπουδαστῶν, ἡ λύσις ἑνὸς ἑκάστου τῶν τιθεμένων εἰς τὰ διάφορα κεφάλαια προβλημάτων, ἐπίσης δὲ καὶ σειρὰ πινάκων τῶν διαφόρων φυσικῶν σταθερῶν.

Ἡ ἀνάπτυξις τῆς ὕλης ἐγένετο κατὰ τρόπον ἀνταποκρινόμενον πρὸς τὰς συγχρόνους ἀντιλήψεις τὰς ἐπικρατούσας διὰ τὴν διδασκαλίαν τῆς Φυσικῆς, οὕτως ὥστε τὸ βιβλίον νὰ ἐμφανισθῇ τελείως συγχρονισμένον καὶ ἐνημερωμένον.

Ὡρισμένα κεφάλαια, καίτοι ἀναφερόμενα εἰς οὐσιώδη τῆς Φυσικῆς θέματα, σημειοῦνται δι' ἀστερίσκου. Ταῦτα δύνανται νὰ παραλείπωνται ἄνευ βλάβης τῆς συνοχῆς τῶν ἐννοιῶν, ἐφ' ὅσον ὁ χρόνος δὲν συγχωρεῖ τὴν μελέτην αὐτῶν.

Παραδίδοντες οἱ συγγραφεῖς τὰ «Στοιχεῖα Φυσικῆς» εἰς τὴν δημοσιότητα ἔχουν τὴν ἐλπίδα, ὅτι θὰ συντελέσουν εἰς τὴν ἀρτιωτέραν μόρφωσιν τῶν νεαρῶν σπουδαστῶν τῆς Φυσικῆς. Ἐὰν ἡ προσδοκία αὕτη ἐκπληρωθῇ, θ' ἀποτελέσῃ τοῦτο τὴν μεγίστην διὰ τοὺς συγγραφεῖς ἠθικὴν ἱκανοποίησιν.

Ἀθῆναι, Αὔγουστος 1947.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΤΗΣ ΤΡΙΤΗΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ

Μολονότι εἰς τὰς γενικὰς γραμμὰς ἡ τρίτη ἔκδοσις δὲν διαφέρει οὐσιωδῶς ἀπὸ τὰς προγενεστέρας ἐκδόσεις τοῦ βιβλίου, ἐν τούτοις ἐγένοντο μερικαὶ τροποποιήσεις ὡς καὶ προσθῆκαι ἕνεκα τῶν ἀκολούθων λόγων:

Παρὰ πολλῶν συναδέλφων ἐπληροφορήθημεν ὅτι, ἐνῷ τὸ βιβλίον ἐθεωρεῖτο σχετικῶς βαρὺ διὰ τοὺς μαθητὰς τῶν κλασικῶν Γυμνασίων, δὲν ἦτο τελείως πλῆρες διὰ τοὺς μαθητὰς τῶν Πρακτικῶν Λυκείων καὶ τῶν Γυμνασίων πρακτικοῦ τύπου. Ἕνεκα τοῦ ἀνωτέρω λόγου, ὅπως ἀνταποκριθῶμεν εἰς τὰς ἀπαιτήσεις τῶν κ.κ. συναδέλφων καὶ τῶν μαθητῶν τῶν κλασικῶν Γυμνασίων, ἐξεδώσαμεν εἰς δύο τόμους τὸ βιβλίον ἡμῶν «Μαθήματα Φυσικῆς», εἰς τὸ ὁποῖον περιωρίσαμεν τὴν ὕλην τὴν περιεχομένην εἰς τὰ «Στοιχεῖα Φυσικῆς» καὶ πολλὰ κεφάλαια ἀνεπτύξαμεν κατὰ τρόπον ἁπλούστερον, προσιτὸν εἰς τοὺς μαθητὰς τῶν κλασικῶν Γυμνασίων. Τὸ βιβλίον «Μαθήματα Φυσικῆς» κυκλοφορεῖ ἤδη καὶ ἐνεκρίθη ὑπὸ τοῦ Ὑπουργείου Παιδείας ὡς βοηθητικὸν βιβλίον διὰ τοὺς μαθητὰς τῶν κλασικοῦ τύπου Γυμνασίων.

Ἐφ᾽ ὅσον ἤδη μὲ τὴν ἔκδοσιν τῶν «Μαθημάτων Φυσικῆς» ἐξυπηρετοῦνται πλήρως οἱ μαθηταὶ τῶν κλασικῶν Γυμνασίων, προέβημεν εἰς τὴν ἐπεξεργασίαν τῆς ἀνὰ χεῖρας τρίτης ἐκδόσεως τοῦ πρώτου τόμου τῶν «Στοιχείων Φυσικῆς», ἵνα προσαρμόσωμεν τὴν ὕλην τοῦ βιβλίου πρὸς τὰς ἀπαιτήσεις τῶν προγραμμάτων τῶν Πρακτικῶν Λυκείων καὶ τῶν Γυμνασίων πρακτικοῦ τύπου. Οὕτω ὁ ἀνὰ χεῖρας πρῶτος τόμος τῶν «Στοιχείων Φυσικῆς» ἀποτελεῖ ὁμοῦ μετὰ τοῦ δευτέρου τόμου τοῦ βιβλίου τούτου, τὸ ὁποῖον πραγματεύεται τὰ κεφάλαια τῆς Ὀπτικῆς, Μαγνητισμοῦ, Ἠλεκτρισμοῦ καὶ τῆς Νεωτέρας Φυσικῆς, τὸ πρῶτον πλῆρες Ἑλληνικὸν βιβλίον τὸ ὁποῖον ἐκδίδεται συμφώνως πρὸς τὸ ἐπίσημον πρόγραμμα τοῦ Ὑπουργείου Παιδείας διὰ τὰ Πρακτικὰ Λύκεια καὶ Γυμνάσια πρακτικοῦ τύπου καὶ ἀνταποκρίνεται ἐπίσης πλήρως εἰς τὰς ἀπαιτήσεις τῶν εἰσαγωγικῶν ἐξετάσεων ὅλων τῶν Ἀνωτάτων Σχολῶν τοῦ Κράτους.

Αἱ τροποποιήσεις καὶ προσθῆκαι ἐγένοντο κατὰ τοιοῦτον τρόπον ὥστε νὰ περιληφθῇ εἰς τὴν τρίτην ἔκδοσιν ἅπασα ἡ ὕλη ἡ καθοριζομένη ὑπὸ τοῦ ἀναλυτικοῦ προγράμματος διὰ τὰ Πρακτικὰ Λύκεια καὶ Γυμνάσια πρακτικοῦ τύπου.

Προσεθέσαμεν ἐπίσης περισσότερα ἀριθμητικὰ παραδείγματα διὰ τὴν βαθυτέραν κατανόησιν τοῦ κειμένου καὶ διὰ τὴν ἐξάσκησιν τῶν μαθητῶν εἰς τὰς ἐφαρμογὰς τῶν τύπων, καθὼς καὶ πλῆθος παραστατικῶν σχημάτων διὰ τὴν ταχυτέραν κατανόησιν τοῦ κειμένου. Ἐξ ἄλλου, πρὸς ἀποφυγὴν αὐξήσεως τοῦ ὄγκου τοῦ βιβλίου, ἀφῃρέσαμεν ἀριθμόν τινα προβλημάτων, τὰ ὁποῖα ὅμως δύνανται νὰ εὕρουν οἱ μαθηταὶ εἰς τὸ κυκλοφοροῦν ἤδη βιβλίον μας «Προβλήματα Φυσικῆς», τὸ ὁποῖον ἐπίσης ἔχει ἐγκριθῆ ὑπὸ τοῦ Ὑπουργείου Παιδείας.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Εἰς τὸ τέλος τοῦ βιβλίου προσετέθησαν εἰς ἴδιον κεφάλαιον στοιχειώδεις γνώσεις ἐκ τῆς Μετεωρολογίας, αἱ ὁποῖαι θεωροῦνται σήμερον ὡς ἀπαραίτητοι διὰ τὴν ἀρτίαν μόρφωσιν τῶν μαθητῶν.

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.

Τοὺς συντελέσαντας εἰς τὴν κατὰ τὸ δυνατὸν ἀρτιωτέραν ἐμφάνισιν τοῦ βιβλίου, κ. Ι. Μ. Σκαζίκην, ὁ ὁποῖος διευθύνει τὴν «Ἑλληνικὴν Ἐκδοτικὴν Ἑταιρείαν», κ. Κ. Κεφάλαν, διευθυντὴν τῆς «Ἀθηναϊκῆς Χαρτοποιΐας», τὸν καλλιτέχνην σχεδιαστὴν κ. Γιάννην Πικρόν, ὁ ὁποῖος ἐξετέλεσε τὰ σχέδια τοῦ βιβλίου, ὡς καὶ τὸν τσιγκογράφον κ. Ε. Χαλκιόπουλον, εὐχαριστοῦμεν καὶ ἀπὸ τῆς θέσεως ταύτης.

Ἐπίσης ἐκφράζομεν τὰς εὐχαριστίας μας εἰς τὸν κ. Λ. Φιλιππίδην, διὰ τὴν ἐπιμέλειαν τῶν δοκιμίων.

Θέλομεν νὰ ἐλπίζωμεν ὅτι καὶ ἡ ἔκδοσις αὕτη τοῦ πρώτου τόμου τῶν «Στοιχείων Φυσικῆς» θὰ τύχῃ τῆς αὐτῆς εὐμενοῦς ὑποδοχῆς τῆς ὁποίας ἔτυχον καὶ αἱ ἄλλαι ἐκδόσεις μας.

Ἀθῆναι, Μάρτιος 1951.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΠΙΝΑΞ ΤΩΝ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟΝ

ΜΗΧΑΝΙΚΗ

ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Α΄

ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ ΤΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΣΗΜΕΙΟΥ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Β΄

ΣΤΑΤΙΚΗ ΤΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΣΗΜΕΙΟΥ ΚΑΙ ΣΤΑΤΙΚΗ ΤΟΥ ΣΤΕΡΕΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΡΕΥΣΤΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ζ΄

ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Η΄

ΑΕΡΟΣΤΑΤΙΚΗ

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Θ΄

ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ι´

ΘΕΡΜΟΤΗΣ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. Ὁρισμὸς καὶ περιεχόμενον τῆς Φυσικῆς. Ὁ ὅρος ***Φυσικὴ*** ἀπαντᾶται διὰ πρώτην φορὰν εἰς τὸν Ἀριστοτέλη (384 - 322 π.Χ.), 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 Φυσικὴν 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 ῥαδιόφωνον, 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 Φυσικὴ ὡς βασικὸν σκοπὸν τῆς ἐρεύνης της θέτει τὴν ἀνεύρεσιν τῶν νόμων, τοὺς ὁποίους ἀκολουθοῦν τὰ φαινόμενα.

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 (αἴτιον) καὶ τῆς ἀντιστοίχου ἐπιμηκύνσεως

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

(ἀ π ο τ έ λ ε σ μ α). Ἐκ τῆς ἐρεύνης 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 Φυσικὴ εἰς τὴν προσπαθειάν 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 ἄμεσος παρατήρησις δὲν καθιστᾷ πάντοτε δυνατὴν τὴν ἐξαγωγὴν ἀσφαλῶν συμπερασμάτων, διότι τὸ εἰς τὴν φύσιν συμβαῖνον φαινόμενον δὲν εἶναι ποτὲ μεμονωμένον, ἀλλὰ συνοδεύεται καὶ ὑπὸ ἄλλων φαινομένων καὶ οὕτως ἀγόμεθα εἰς σφαλερὰ συμπεράσματα.

Διὰ τοῦ ***πειράματος***, ὁ παρατηρητὴς ἐπιδιώκει τὴν ἁπλοποίησιν τοῦ παρατηρουμένου φαινομένου διὰ τῆς ἀναπαραγωγῆς, κατὰ τὸ δυνατόν, αὐτοῦ μόνον 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.

Ἐκ τῆς κατ᾿ αὐτὸν τὸν τρόπον σπουδῆς τῶν φαινομένων θὰ προκύψῃ δι᾿ ἕκαστον φαινόμενον καὶ εἷς νόμος, μὲ τὴν πάροδον δὲ τοῦ χρόνου τὸ πλῆθος τῶν φαινομένων θὰ ὡδήγει εἰς πλῆθος νόμων ἀσυνδέτων μεταξύ των, οὕτω δὲ θὰ προέκυπτε μεγάλη δυσχέρεια εἰς τὴν ἐκμάθησιν καὶ ἐφαρμογήν αὐτῶν. Ὁ σκοπὸς τῆς Φυσικῆς ὡς ἐπιστήμης εἶναι ἀκριβῶς ν᾿ ἀνεύρῃ γενικοὺς νόμους, οἱ ὁποῖοι νὰ ἐξηγοῦν περισσότερα κατὰ τὸ δυνατὸν φαινόμενα.

Πρὸς τοῦτο ἡ Φυσικὴ 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***.

Αἱ ὑποθέσεις καὶ αἱ θεωρίαι παρουσιάζουν τὸ πλεονέκτημα, ὅτι ἔχουν καὶ εὑρετικὸν χαρακτῆρα, διότι πολλάκις ὑποδεικνύουν εἰς ἡμᾶς τὸ εἶδος τῶν πειραμάτων, τὰ ὁποῖα πρέπει νὰ ἐκτελέσωμεν, διὰ τὴν κατανόησιν καὶ ἑρμηνείαν φαινομένων, τὰ ὁποῖα ἄλλως θὰ ἦτο ἀδύνατον νὰ ἐξηγηθοῦν.

Ἄξιον προσοχῆς εἶναι ὅτι, ἐνῷ τὰ ἀποτελέσματα τῶν παρατηρήσεων καὶ τῶν πειραμάτων παραμένουν ἐν τῇ παρόδῳ τοῦ χρόνου, καὶ μάλιστα ἐπὶ τῇ βάσει αὐτῶν δημιουργοῦνται τεχνικοὶ κλάδοι συντελοῦντες εἰς τὴν πρόοδον τοῦ ἀνθρώπου, αἱ θεωρίαι ἔρχονται καὶ παρέρχονται, διότι διαρκῶς εὑρίσκονται ἐν ἐξελίξει.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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. Συστήματα μονάδων μετρήσεως. Συμφώνως πρὸς τὰ ἀνωτέρω (§ 4), δι' ἕκαστον φυσικὸν μέγεθος δέον νὰ ὑφίσταται καὶ ὡρισμένη μονάς. Ἐπειδὴ ὅμως τὰ φυσικὰ μεγέθη εἶναι πάρα πολλὰ καὶ ἡ καθιέρωσις δι' ἕκαστον ἐκ τούτων μιᾶς ἀνεξαρτήτου μονάδος θὰ ἀπετέλει μεγίστην δυσχέρειαν, διότι θὰ ἦτο ἀνθρωπίνως ἀδύνατον νὰ συγκρατήσωμεν εἰς τὴν μνήμην μας τόσον μέγαν ἀριθμὸν ἀνεξαρτήτων μονάδων, ἐπεδιώχθη ἡ συστηματοποίησις τῶν μονάδων τούτων, εἰς τρόπον ὥστε διὰ καθορισμοῦ μικροῦ ἀριθμοῦ βασικῶν μονάδων νὰ δυνάμεθα νὰ παράγωμεν ἐξ αὐτῶν ὅλας τὰς ὑπολοίπους.

Οὕτω καθιερώθησαν τὰ συστήματα μονάδων, ἐκ τῶν ὁποίων ἐν ἀρχῇ θέλομεν ἀναφέρει δύο: τὸ ***σύστημα μονάδων CGS*** ἢ ***ἀπόλυτον σύστημα μονάδων*** καὶ τὸ ***τεχνικὸν σύστημα μονάδων (Τ. Σ.).***

α) **Σύστημα μονάδων CGS.** Εἰς τὴν Μηχανικὴν τοῦτο θέτει ὡς βάσιν τρία μεγέθη, τὰ ὁποῖα θεωροῦνται ἀνεξάρτητα ἀλλήλων, εἶναι δὲ ταῦτα τὸ ***μῆκος***, ἡ ***μᾶζα*** καὶ ὁ ***χρόνος*** (Longitudo, Massa, Tempus), ἅτινα καλοῦνται ***θεμελιώδη μεγέθη***. Ὡς μονάδας τῶν μεγεθῶν τούτων θέτομεν, διὰ τὸ μῆκος τὸ ***ἑκατοστόμετρον*** (centimètre), διὰ τὴν μᾶζαν τὸ ***γραμμάριον*** (gramme) καὶ διὰ τὸν χρόνον τὸ ***δευτερόλεπτον*** (seconde). Οἱονδήποτε ἄλλο μέγεθος εἰς τὴν Μηχανικὴν (π. χ. ἡ δύναμις, ἡ ταχύτης) δυνάμενον νὰ ἐκφρασθῇ διὰ τῶν τριῶν ἀνωτέρω μεγεθῶν καλεῖται ***παράγωγον μέγεθος***. Ὁ ἀνωτέρω πίναξ 1 δεικνύει τὰ θεμελιώδη μεγέθη, τὰς μονάδας καὶ τὰ διεθνῆ σύμβολα τοῦ συστήματος CGS.

Πίναξ 1.—Σύστημα μονάδων CGS

Θεμελιώδες μέγεθος	Σύμβολον	Μονὰς	Σύμβολον μονάδος
Μῆκος	L	Ἑκατοστόμετρον	cm
Μᾶζα	M	Γραμμάριον	gr
Χρόνος	T	Δευτερόλεπτον	sec

Πίναξ 2.—Τεχνικὸν σύστημα μονάδων

Θεμελιῶδες μέγεθος	Σύμβολον	Μονὰς	Σύμβολον μονάδος
Μῆκος	L	Μέτρον	m
Δύναμις	F	Χιλιόγραμ. βάρους	kgr*
Χρόνος	T	Δευτερόλεπτον	sec

Τὸ ἀνωτέρω σύστημα μονάδων ἐκλήθη σύστημα CGS, ἐκ τῶν ἀρχικῶν γραμμάτων τῆς διεθνοῦς ὀνομασίας τῶν θεμελιωδῶν μονάδων αὐτοῦ.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

β) **Τεχνικὸν σύστημα μονάδων (Τ.Σ.).** Εἰς τὸ σύστημα τοῦτο ὡς βάσις τίθενται τρία πάλιν θεμελιώδη μεγέθη, τὸ ***μῆκος***, ἡ ***δύναμις*** καὶ ὁ ***χρόνος***, καὶ ὡς μονάδες αὐτῶν λαμβάνονται τὸ ***μέτρον***, τὸ ***χιλιόγραμμον βάρους*** καὶ τὸ ***δευτερόλεπτον***. Ὁ πίναξ 2 παριστᾷ τὰ θεμελιώδη μεγέθη, τὰς μονάδας καὶ τὰ διεθνῆ σύμβολα τοῦ τεχνικοῦ συστήματος.

Ἐκ τῆς συγκρίσεως τῶν πινάκων 1 καὶ 2 παρατηροῦμεν τὴν ἀκόλουθον διαφορὰν μεταξὺ τοῦ συστήματος CGS καὶ τοῦ Τ. Σ. μονάδων. Εἰς μὲν τὸ σύστημα CGS, ἡ μᾶζα εἶναι θεμελιῶδες μέγεθος καὶ ἡ δύναμις ***παράγωγον***, ἐνῷ εἰς τὸ τεχνικὸν σύστημα, ἡ δύναμις εἶναι θεμελιῶδες μέγεθος καὶ ἡ μᾶζα παράγωγον. Εἰς ἀμφότερα δὲ τὰ συστήματα, τὸ μῆκος καὶ ὁ χρόνος ἀποτελοῦν θεμελιώδη μεγέθη.

Παρατήρησις. Οἱ Ἀγγλοσάξωνες χρησιμοποιοῦν εἰς τὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς ἀντίστοιχα συστήματα μονάδων, ὡς τὸ FPS, καὶ δή: ὡς μονάδα μήκους τὸν ***πόδα*** (foot), ὡς μονάδα μάζης τὴν ***λίμπραν*** (pound), καὶ ὡς μονάδα χρόνου τὸ ***δευτερόλεπτον*** (sec). Ἐκτὸς ὅμως αὐτοῦ, χρησιμοποιοῦν οὗτοι καὶ τὸ σύστημα, εἰς τὸ ὁποῖον ὡς μονὰς δυνάμεως λαμβάνεται τὸ βάρος μάζης 1 λίμπρας, ὡς μονὰς μήκους ὁ πούς, καὶ ὡς μονὰς χρόνου τὸ δευτερόλεπτον. Ἐν τούτοις, προκειμένου περὶ ἐπιστημονικῶν μετρήσεων, ἀντὶ τοῦ συστήματος FPS, καὶ οἱ Ἀγγλοσάξωνες χρησιμοποιοῦν τὸ σύστημα μονάδων CGS.

6. Διαστάσεις τῶν παραγώγων μεγεθῶν. Κάθε φυσικὸν μέγεθος εὑρίσκεται εἰς ὡρισμένην σχέσιν πρὸς τὰ θεμελιώδη μεγέθη καὶ δύναται νὰ παρασταθῇ ὡς συνάρτησις αὐτῶν. Οὕτω π. χ. εἶναι ἐξ ὁρισμοῦ:

$$\text{ἐπιφάνεια} \quad S = \text{μῆκος} \times \text{μῆκος}$$

$$\text{ταχύτης} \quad \upsilon = \frac{\text{μῆκος}}{\text{χρόνος}}$$

Γενικῶς, οἱονδήποτε φυσικὸν μέγεθος A (τοῦ ὁποίου τὴν φύσιν ἀφήνομεν ἀκαθόριστον) ἐκφράζεται, συναρτήσει τῶν θεμελιωδῶν μεγεθῶν, εἰς τὸ σύστημα CGS, ὑπὸ ἐξισώσεως τῆς μορφῆς:

$$[A] = [M^{\alpha}\, L^{\beta}\, T^{\gamma}] \qquad (1)$$

ἡ ὁποία καλεῖται ***ἐξίσωσις διαστάσεων*** τοῦ θεωρουμένου μεγέθους εἰς τὸ σύστημα CGS, καὶ εἰς ἣν οἱ ἐκθέται α, β, γ, οἱ ὁποῖοι δύνανται νὰ εἶναι ἀριθμοὶ ἀκέραιοι ἢ κλασματικοί, θετικοὶ ἢ ἀρνητικοὶ ἢ καὶ μηδέν, καλοῦνται ***διαστάσεις*** τοῦ θεωρουμένου μεγέθους εἰς τὸ αὐτὸ σύστημα μονάδων, αἱ δὲ ἀγκύλαι σημαίνουν, ὅτι ἡ σχέσις δὲν εἶναι ***ποσοτική***, ἀλλὰ ***ποιοτική***. Π. χ. ὁ τύπος:

$$[S] = [L] \cdot [L] = [L^2]$$

ὑποδηλοῖ, ὅτι τὸ ἐμβαδὸν ἐπιφανείας S εὑρίσκεται διὰ πολλαπλασιασμοῦ ἑνὸς μήκους ἐπὶ ἄλλο μῆκος, ὡς εἶναι γνωστὸν ἐκ τῆς Γεωμετρίας. Ὁ τύπος οὗτος δύναται νὰ γραφῇ καὶ ὡς ἑξῆς:

$$[S] = [M^0\, L^2\, T^0]$$

ἤτοι ἡ ἐπιφάνεια ἔχει διαστάσεις 0, 2, 0.

Ἐκ τῆς ἐξισώσεως διαστάσεων εὑρίσκομεν τὴν μονάδα τοῦ μεγέθους A, ἐὰν εἰς τὴν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐξίσωσιν διαστάσεων, ἀντὶ τῶν συμβόλων τῶν θεμελιωδῶν μεγεθῶν, θέσωμεν τὰ σύμβολα τῶν ἀντιστοίχων μονάδων αὐτῶν, ὅτε προκύπτει:

$$A = gr^{\alpha} \cdot cm^{\beta} \cdot sec^{\gamma}$$

Τὸ μέγεθος Α, τὸ ὁποῖον ἐκφράζεται διὰ τῶν θεμελιωδῶν μεγεθῶν, ὠνομάσαμεν ἤδη παράγωγον μέγεθος, τὴν δὲ μονάδα αὐτοῦ παράγωγον μονάδα.

Ἐὰν εἶναι $\alpha = \beta = \gamma = 0$, ἡ ἐξίσωσις διαστάσεων (1) ἀνάγεται εἰς $[A] = 1$, τοιοῦτον δὲ μέγεθος καλεῖται ***ἀδιάστατον*** (ἢ ***καθαρὸς ἀριθμός***).

Ἐπίσης, εἰς τὸ Τεχνικὸν σύστημα, οἱονδήποτε φυσικὸν μέγεθος Α ἐκφράζεται ὑπὸ ἐξισώσεως τῆς μορφῆς:

$$[A] = [F^{\alpha}\, L^{\beta}\, T^{\gamma}]$$

καὶ διὰ τὴν μονάδα τοῦ θεωρουμένου μεγέθους $A = kgr^{*\alpha} \cdot m^{\beta} \cdot sec^{\gamma}$.

Ὥστε, διὰ νὰ εὕρωμεν τὴν μονάδα οἱουδήποτε παραγώγου μεγέθους εἰς τὸ CGS ἢ τὸ Τ.Σ., ἀρκεῖ νὰ εὕρωμεν τὴν ἐξίσωσιν διαστάσεων καὶ ἀκολούθως εἰς αὐτὴν νὰ ἀντικαταστήσωμεν τὰ σύμβολα τῶν θεμελιωδῶν μεγεθῶν διὰ τῶν συμβόλων τῶν ἀντιστοίχων μονάδων αὐτῶν [1].

7. Εὕρεσις τῆς ἐξισώσεως διαστάσεων. Πρὸς εὕρεσιν τῆς ἐξισώσεως διαστάσεων μεγέθους τινὸς ἀναχωροῦμεν, ὡς ἀνωτέρω εἴδομεν, ἐκ τῆς ἐξισώσεως ὁρισμοῦ αὐτοῦ, ἡ ὁποία δίδεται ἐκ τῆς Γεωμετρίας ἢ τῆς Φυσικῆς. Ἀκολούθως, ἀφοῦ λύσωμεν τὴν ἐξίσωσιν ὡς πρὸς τὸ ζητούμενον μέγεθος, ἐκφράζομεν πάντα τὰ εἰς τὸ δεύτερον μέλος τῆς ἐξισώσεως ταύτης ὑπεισερχόμενα μεγέθη διὰ τῶν θεμελιωδῶν μεγεθῶν, εἴτε τοῦ συστήματος CGS εἴτε τοῦ Τ.Σ. Ἐὰν ἡ ἐξίσωσις ὁρισμοῦ περιέχῃ εἰς τὸ δεύτερον μέλος καὶ ἀριθμητικὸν συντελεστήν, οὗτος δὲν λαμβάνεται ὑπ' ὄψιν εἰς τὴν κατάστρωσιν τῆς ἐξισώσεως διαστάσεων, διότι, ὡς εἴδομεν, ἀποτελεῖ ἀδιάστατον μέγεθος.

Παραδείγματα. Τὰ ἀκόλουθα παραδείγματα διασαφηνίζουν τὰ ἀνωτέρω ἐκτεθέντα. Ἡ ***ταχύτης*** ὁρίζεται ὡς τὸ πηλίκον τοῦ διαστήματος τοῦ διανυθέντος εἰς χρόνον t διὰ τοῦ χρόνου τούτου, ἑπομένως ἐὰν κινητὸν διανύσῃ διάστημα s εἰς χρόνον t, ἡ ἐξίσωσις ὁρισμοῦ τῆς ταχύτητος εἶναι $\upsilon = s/t$, ἡ δὲ ἐξίσωσις διαστάσεων αὐτῆς εἰς τὸ σύστημα CGS εἶναι:

$$[\upsilon] = \frac{[L]}{[T]} = [L\, T^{-1}]$$

καὶ ἡ μονὰς ταχύτητος εἰς τὸ αὐτὸ σύστημα εἶναι τὸ 1 cm/sec.

Ἡ ***ἐπιτάχυνσις*** ὁρίζεται ὡς τὸ πηλίκον τῆς μεταβολῆς τῆς ταχύτητος κατά τι χρονικὸν διάστημα διὰ τοῦ χρονικοῦ τούτου διαστήματος. Ἐὰν ἡ ταχύτης κινητοῦ μεταβάλλεται κατὰ υ εἰς χρόνον t, ἡ ἐξίσωσις ὁρισμοῦ τῆς ἐπιταχύνσεως εἰς τὸ σύστημα CGS εἶναι: $\gamma = \upsilon/t$, ἡ δὲ ἐξίσωσις διαστάσεων αὐτῆς εἶναι:

$$[\gamma] = \frac{[L\, T^{-1}]}{[T]} = [L\, T^{-2}]$$

καὶ ἡ μονὰς τῆς ἐπιταχύνσεως εἰς τὸ σύστημα CGS εἶναι τὸ 1 cm/sec².

Τέλος, ἡ ***δύναμις*** F ὁρίζεται ὡς γινόμενον τῆς μάζης m ἐπὶ τὴν ἐπιτάχυνσιν γ, ἑπομένως ἡ ἐξίσωσις ὁρισμοῦ αὐτῆς εἶναι $F = m \cdot \gamma$, ἡ ἐξίσωσις διαστάσεων $[F] = [M\, L\, T^{-2}]$

[1] Ἐξαίρεσιν ἀπὸ τοῦ ἀνωτέρω κανόνος ἀποτελεῖ ἡ θερμοκρασία καὶ πάντα τὰ ἐξ αὐτῆς ἐξαρτώμενα μεγέθη (ὡς π.χ. ἡ εἰδικὴ θερμότης, συντελεστὴς γραμμικῆς διαστολῆς κτλ.), τὰ ὁποῖα δὲν ἐντάσσονται εἰς τὸ σύστημα CGS οὔτε εἰς τὸ Τ.Σ., διότι δὲν δύνανται νὰ ἐκφρασθοῦν μόνον διὰ τῶν θεμελιωδῶν μεγεθῶν τῶν ἀνωτέρω συστημάτων.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

καὶ μονὰς αὐτῆς εἰς τὸ σύστημα CGS, τὸ 1 gr · cm · sec^{-2}. Ἡ μονὰς αὕτη καλεῖται ***δύνη* (Dyn).**

Ἐκ τῆς Γεωμετρίας εἶναι γνωστόν, ὅτι ἡ ***γωνία*** φ ἐκφράζεται ὑπὸ τῆς σχέσεως φ=s/r (ὅπου r ἡ ἀκτὶς τοῦ κύκλου καὶ φ ἡ ἐπίκεντρος γωνία, ἡ ὁποία βαίνει ἐπὶ τόξου μήκους s). Διὰ νὰ εὕρωμεν τὰς διαστάσεις τῆς γωνίας φ, γράφομεν:

$$[\varphi] = \frac{[s]}{[r]} = \frac{\text{μῆκος}}{\text{μῆκος}} = \frac{[L]}{[L]} = L^0 = 1$$

ἄρα ἡ γωνία ἀποτελεῖ ἀδιάστατον μέγεθος.

Ἕτερον ἀδιάστατον μέγεθος εἶναι τὸ μέγεθος π = 3,14... ἐκφράζον τὸν λόγον τῆς περιφερείας πρὸς τὴν διάμετρον κύκλου. Διὰ νὰ εὕρωμεν τὰς διαστάσεις τοῦ μεγέθους π, λαμβάνομεν πάλιν τὴν ἐξίσωσιν ὁρισμοῦ αὐτοῦ:

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

ἤτοι:

$$[\pi] = \frac{[L]}{[L]} = L^{1-1} = L^0 = 1$$

ἐξ οὗ προκύπτει, ὅτι τὸ μέγεθος π εἶναι ἀριθμός, δηλ. ἀποτελεῖ ἀδιάστατον μέγεθος.

Ἀνάλογα ἰσχύουν διὰ τὸ τεχνικὸν σύστημα. Οὕτω, πρὸς εὕρεσιν τῆς ἐξισώσεως διαστάσεων τῆς ***μάζης***, ἀναχωροῦμεν ἐκ τῆς ἐξισώσεως m = F/γ· ἡ ἐξίσωσις διαστάσεων εἶναι:

$$[m] = [F\,L^{-1}\,T^2]$$

καὶ ἡ μονὰς μάζης τὸ 1 kgr* · m^{-1} · sec^2. Ἡ μονὰς αὕτη καλεῖται ***Τεχνικὴ μονὰς μάζης (Τ. Μ. μάζης)*** καὶ εἶναι ἴση πρὸς 9,81 kgr, δηλ. περίπου 10 kgr.

8*. Σημασία τῶν συστημάτων μονάδων. Ἡ γνῶσις τῶν συστημάτων τῶν μονάδων δὲν ἀποτελεῖ μόνον πολύτιμον ἐφόδιον διὰ τὴν σπουδὴν τῆς Φυσικῆς, ἀλλ' ἔχει καὶ ὅλως ἰδιάζουσαν σημασίαν εἰς τὰς ἐφαρμογὰς διὰ τὴν ἐπίλυσιν τῶν διαφόρων προβλημάτων. Οὕτω, κατὰ τὴν ἐπίλυσιν προβλήματός τινος Φυσικῆς, ἐφαρμόζομεν τὸν κατάλληλον ἑκάστοτε τύπον, τὸν ὁποῖον ἐπιλύομεν, ὥστε εἰς τὸ πρῶτον μέλος νὰ ὑπάρχῃ τὸ ἄγνωστον μέγεθος καὶ εἰς τὸ δεύτερον μέλος ὅλα τὰ γνωστὰ μεγέθη, τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦν τὰ δεδομένα τοῦ προβλήματος.

Διὰ τῆς γνώσεως τῶν συστημάτων τῶν μονάδων, δυνάμεθα νὰ ἐπαληθεύσωμεν τὴν ὀρθότητα τοῦ τύπου ὡς ἑξῆς: Ὁ χρησιμοποιούμενος τύπος θεωρεῖται ὡς ὀρθός, ἐὰν ἡ ἐξίσωσις ὅλων τῶν ὅρων ἀμφοτέρων τῶν μελῶν τῆς ἐξισώσεως εἶναι, ὡς πρὸς τὰ σύμβολα τῶν θεμελιωδῶν μεγεθῶν, τοῦ αὐτοῦ βαθμοῦ ἢ ἄλλως ὁμογενής.

Οὕτω, διὰ νὰ διαπιστώσωμεν ἐὰν ὁ τύπος $\upsilon = \upsilon_0 + \gamma t$ εἶναι κατ' ἀρχὴν ὀρθός, λαμβάνομεν τὰς διαστάσεις ἀμφοτέρων τῶν μελῶν, ὅτε ἔχομεν:

$$[LT^{-1}] = [LT^{-1}] + [LT^{-2}T] = [LT^{-1}] + [LT^{-1}]$$

ἐξ οὗ βλέπομεν, ὅτι ὅλοι οἱ ὅροι εἶναι τοῦ αὐτοῦ βαθμοῦ ὡς πρὸς L καὶ T.

Ἐὰν ὅμως ἡ ὁμοιογένεια τοῦ τύπου τούτου δὲν ἐπαληθεύεται, τοῦτο δηλοῖ ὅτι ὁ τύπος δὲν εἶναι ὀρθός.

Ἔστω ἤδη ὁ τύπος $\upsilon^2 = \upsilon_0 + 2\gamma s$ (βλ. σελ. 39). Διὰ νὰ ἐξακριβώσωμεν, ἐὰν οὗτος εἶναι ὀρθός, ἐκφράζομεν ὅλα τὰ μεγέθη διὰ τῶν θεμελιωδῶν μεγεθῶν, ὅτε θὰ ἔχωμεν:

$$[LT^{-1}]^2 = [LT^{-1}] + [LT^{-2}L].$$

Ὁ ἀριθμὸς 2 δὲν λαμβάνεται ὑπ' ὄψιν, διότι ἀποτελεῖ ἀδιάστατον μέγεθος. Ἐκτελοῦντες τὰς πράξεις ἔχομεν:

$$[L^2T^{-2}] = [LT^{-1}] + [L^2T^{-2}].$$

Ἐφ' ὅσον εἰς ὅλους τοὺς ὅρους τὰ L καὶ T δὲν εὑρίσκονται μὲ τοὺς ἰδίους ἐκθέτας, ἡ ἐξίωσις δὲν εἶναι ὁμογενὴς καὶ ὁ τύπος εἶναι ἐσφαλμένος, θὰ εἶναι δὲ ὀρθός, ἐὰν γραφῇ $\upsilon^2 = \upsilon_0^2 + 2\gamma s$.

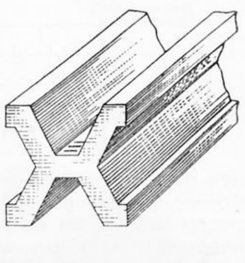
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἐπίσης, διὰ τὴν εὕρεσιν τῆς ἀριθμητικῆς τιμῆς ζητουμένου μεγέθους εἰς προβλήματα τῆς Φυσικῆς, πρέπει αἱ τιμαὶ ὅλων τῶν δεδομένων τοῦ προβλήματος, πρὸ τῆς εἰσαγωγῆς αὐτῶν ἐν τῷ τύπῳ καὶ τῆς ἐκτελέσεως τῶν ὑπολογισμῶν, νὰ ἀνάγωνται εἰς ἓν καὶ τὸ αὐτὸ σύστημα μονάδων. Πρὸς τοῦτο, ἐφ' ὅσον δὲν ὁρίζεται τὸ σύστημα μονάδων, δυνάμεθα ἡμεῖς νὰ ἐκλέγωμεν τὸ σύστημα ἐκεῖνο, διὰ τοῦ ὁποίου φθάνομεν εἰς τὸ ἀποτέλεσμα δι' ὀλιγωτέρων ὑπολογισμῶν καὶ ταχύτερον· ἡ ἐκλογὴ δὲ αὕτη ἀποτελεῖ ζήτημα πείρας.

9. 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.

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

Ὡς μονάδα μήκους χρησιμοποιοῦμεν συνήθως εἰς τὴν Φυσικὴν τὸ ***ἑκατοστόμετρον* (cm)**, τὸ ὁποῖον ἰσοῦται πρὸς ἓν ἑκατοστὸν τοῦ διεθνοῦς ***προτύπου μέτρου***[1]. Τὸ πρότυπον μέτρον πραγματοποιεῖται ἀπὸ κανόνα εἰδικοῦ σχήματος (σχ. 1) ἐξ ἰριδιούχου λευκοχρύσου. Ὁ κανὼν φέρει εἰς τὰ ἄκρα αὐτοῦ δύο κυρίας χαραγάς, τῶν ὁποίων ἡ ἀπόστασις εἶναι περίπου ἴση πρὸς 10^{-7} τοῦ τετάρτου τοῦ μεσημβρινοῦ τῆς Γῆς, ἡ δὲ ἀπόστασις αὕτη τῶν κυρίων χαραγῶν κατόπιν διεθνοῦς συμφωνίας ὁρίζει τὸ μέτρον. Τὸ πρότυπον μέτρον φυλάσσεται εἰς τὸ ἐν Sèvres τῆς Γαλλίας Διεθνὲς Γραφεῖον Μέτρων καὶ Σταθμῶν.



Σχ. 1. Σχῆμα τοῦ προτύπου μέτρου.

Ἐκτὸς τῆς ἀνωτέρω μονάδος 1 ἑκατοστόμετρον χρησιμοποιοῦνται καὶ τὰ πολλαπλάσια ἢ ὑποπολλαπλάσια αὐτοῦ, ἤτοι :

1 ***χιλιόμετρον* (km)** $= 1000$ ***μέτρα*** $= 10^3$ **m** $= 10^5$ **cm.**

1 ***μέτρον* (m)** $= 100$ ***ἑκατοστόμετρα*** $= 10^2$ **cm.**

1 ***δεκατόμετρον* (dm)** $= 1/10$ ***μέτρου*** $= 10^{-1}$ **m** $= 10$ **cm.**

1 ***ἑκατοστόμετρον* (cm)** $= 1/100$ ***μέτρου*** $= 10^{-2}$ **m** $= 1$ **cm.**

1 ***χιλιοστόμετρον* (mm)** $= 1/1000$ ***μέτρου*** $= 10^{-3}$ **m** $= 10^{-1}$ **cm.**

1 ***μικρὸν* (μ)** $= 1/1\,000\,000$ ***μέτρου*** $= 10^{-6}$ **m** $= 10^{-4}$ **cm.**

1 **Ångström (Å)** $= 10^{-10}$ **m** $= 10^{-8}$ **cm.**

Πρὸς χαρακτηρισμὸν τῶν πολλαπλασίων καὶ ὑποπολλαπλασίων τῶν μονάδων, μεταχειριζόμεθα γενικῶς τὰ ἑπόμενα προθέματα :

Χιλιο- ἢ Κιλο- (k) διὰ τὸ χιλιαπλάσιον.

[1] Εἰς παλαιοτέραν ἐποχήν, τὸ μέτρον καθωρίζετο ἐπὶ τῇ βάσει γεωδαιτικῶν μετρήσεων καὶ εἶχεν ὁρισθῇ ὡς τὸ 1/10 000 000 τοῦ τετάρτου τοῦ μεσημβρινοῦ τῆς Γῆς (βλ. § 15). Ὁ τοιοῦτος ὅμως καθορισμὸς τῆς μονάδος μήκους ἐθεωρήθη βραδύτερον ὡς μὴ ἐπιστημονικῶς ἀκριβής, διότι τὸ ἀνωτέρω μῆκος ὑφίστατο μεταβολὰς ἐν τῇ παρόδῳ τοῦ χρόνου, καὶ ἑπομένως ἡ οὕτω καθορισθεῖσα μονὰς ἦτο μεταβλητὴ μετὰ τοῦ χρόνου.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

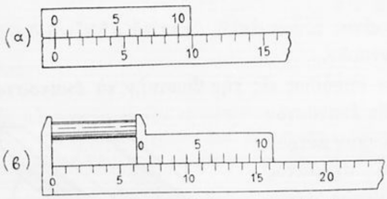
Μέγα- (M)	διὰ τὸ ἑκατομμυριαπλάσιον.
Χιλιοστο- ἢ μιλλι- (m)	διὰ τὸ χιλιοστόν.
Μικρο- (μ)	διὰ τὸ ἑκατομμυριοστόν.

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. Εἶναι δέ :

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.

11*. Βερνιέρος. Διὰ τῶν συνήθων μετρικῶν κανόνων, π. χ. συνήθους ὑποδεκαμέτρου, δυνάμεθα νὰ μετρήσωμεν μήκη μὲ ἀκρίβειαν 0,1 cm καὶ κατ' ἐκτίμησιν μέχρι 0,05 cm. Διὰ τὴν ἀκριβῆ ὅμως ἐκτίμησιν κλασμάτων τῶν ὑποδιαιρέσεων τῆς κυρίας κλίμακος τοῦ μετρικοῦ κανόνος τάξεως μεγέθους 0,01 cm χρησιμοποιεῖται ὁ ***βερνιέρος*** (σχ. 2). Οὗτος ἀποτελεῖ κλιμάκιον, τὸ ὁποῖον δύναται νὰ ὀλισθαίνῃ κατὰ μῆκος τῆς κυρίας κλίμακος, αἱ ὑποδιαιρέσεις του δὲ εἶναι καθ' ὡρισμένην ἀναλογίαν μικρότεραι τῶν ὑποδιαιρέσεων τῆς κυρίας κλίμακος. Ἐὰν π. χ. ἡ ὅλη κλῖμαξ τοῦ βερνιέρου ἔχῃ μῆκος 9 ὑποδιαιρέσεων (π. χ. 9 mm) τῆς κυρίας κλίμακος καὶ εἶναι ὑποδιῃρημένη εἰς 10 ἴσα μέρη, τότε ἑκάστη ὑποδιαίρεσις τοῦ βερνιέρου εἶναι τὰ 9/10 ἑκάστης ὑποδιαιρέσεως τῆς κλίμακος, ἤτοι εἶναι μικροτέρα κατὰ τὸ 1/10 mm αὐτῆς, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 2, α.

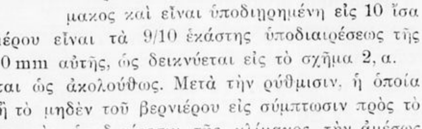


Σχ. 2. Βερνιέρος εὐθύγραμμος. Ἀνάγνωσις : 6,3 mm.

Ἡ ἐκτίμησις διὰ τοῦ βερνιέρου γίνεται ὡς ἀκολούθως. Μετὰ τὴν ρύθμισιν, ἡ ὁποία συνίσταται εἰς τὸ νὰ φέρωμεν τὴν ἀρχὴν ἢ τὸ μηδὲν τοῦ βερνιέρου εἰς σύμπτωσιν πρὸς τὸ πέρας τοῦ μετρητέου μήκους, ἀναγινώσκομεν τὴν ὑποδιαίρεσιν τῆς κλίμακος, τὴν ἀμέσως προηγουμένην τοῦ μηδενὸς τοῦ βερνιέρου, ἔστω δὲ ὅτι αὕτη εἶναι 6, ὡς εἰς τὸ σχῆμα 2,β. Ἡ τιμὴ αὐτὴ παρέχει τὸ ἀκέραιον μέρος τῆς ἀριθμητικῆς τιμῆς τοῦ μετρουμένου μήκους· ἵνα δὲ καθορίσωμεν καὶ τὸ δεκαδικὸν μέρος αὐτῆς, δέον νὰ ἐξακριβώσωμεν ποία τῶν διαιρέσεων τοῦ βερνιέρου συμπίπτει πρὸς μίαν τῶν ὑποδιαιρέσεων τῆς κυρίας κλίμακος. Ἐὰν π. χ. αὕτη εἶναι ἡ ὑποδιαίρεσις 3 τοῦ βερνιέρου, ἡ ἀριθμητικὴ τιμὴ τοῦ μήκους εἶναι 6,3 mm.

Γενικῶς, ἐὰν ὁ βερνιέρος ἔχῃ μῆκος $n - 1$ ὑποδιαιρέσεων τῆς κυρίας κλίμακος καὶ εἶναι ὑποδιῃρημένος εἰς n ἴσα μέρη, παρέχει προσέγγισιν $\frac{1}{n}$ τῆς ὑποδιαιρέσεως τῆς κυρίας κλίμακος, ὁ δὲ ἀριθμὸς $\frac{1}{n}$ καλεῖται ***ἀξία τοῦ βερνιέρου.*** Ὁ ἀνωτέρω περιγραφεὶς βερνιέρος, ἐπειδὴ χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν μέτρησιν μηκῶν, καλεῖται ***εὐθύγραμμος βερνιέρος.***

Ἐπὶ τῆς αὐτῆς ἀρχῆς στηρίζεται ὅμοιος βερνιέρος προσηρμοσμένος εἰς κυκλικὰς κλίμακας (π. χ. γωνιομέτρων ἀκριβείας, σακχαρομέτρων κ.λ.) καλούμενος ***κυκλικὸς βερνιέρος.*** Οὕτω ἐὰν ἡ κυρία κλίμαξ εἶναι ὑποδιῃρημένη εἰς μοίρας, ὁ δὲ βερνιέρος ἔχῃ μῆκος 9^0 καὶ εἶναι ὑποδιῃρημένος εἰς 10 ἴσα μέρη, ἡ ἀξία τοῦ βερνιέρου εἶναι $1/10^0$, ἢ ὅπερ τὸ αὐτό, 6 πρῶτα λεπτα (6′). Ἐὰν λοιπὸν κατὰ τὴν μέτρησιν γωνίας, ἡ ὁποία γίνεται ὁμοίως ὡς καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ εὐθυγράμμου βερ-

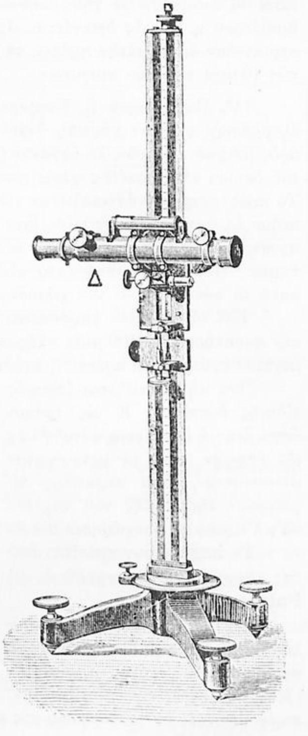


Σχ. 3. Κυκλικὸς βερνιέρος. Ἀνάγνωσις : $35^0\ 13'$.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

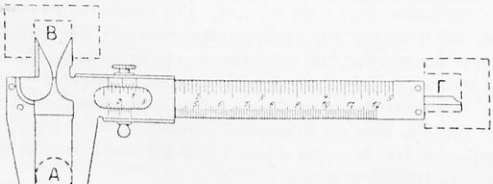
νιέρου, τὸ μηδὲν αὐτοῦ συμπίπτῃ μεταξὺ τῶν διαιρέσεων 10⁰ καὶ 11⁰ τῆς κυρίας κλίμακος, τὸ ἀκέραιον μέρος τῆς ἀριθμητικῆς τιμῆς τῆς γωνίας θὰ εἶναι 10⁰. Ὅπως εὕρωμεν καὶ τὸ ὑπόλοιπον μέρος αὐτῆς ἐξετάζομεν ποία διαίρεσις τοῦ βερνιέρου συμπίπτει πρός τινα διαίρεσιν τῆς κυρίας κλίμακος, ἐὰν π. χ. εἶναι ἡ διαίρεσις 4, τότε τὸ ὑπόλοιπον μέρος τῆς γωνίας εἶναι $4 \cdot 6 = 24'$, καὶ ἡ ἀριθμητικὴ τιμὴ τῆς γωνίας θὰ εἶναι $10^0\ 24'$. Τὸ σχῆμα 3 δεικνύει κλίμακα μετὰ βερνιέρου ἑνὸς γωνιομέτρου. Ἡ κυρία κλίμαξ εἶναι ὑποδιῃρημένη εἰς ἥμισυ μοίρας (ἢ ὅπερ τὸ αὐτὸ 30 λεπτά). Ὁ βερνιέρος ἔχει μῆκος 29 διαιρέσεων τῆς κυρίας κλίμακος, καὶ φέρει 30 ὑποδιαιρέσεις. Ἄρα ἡ προσέγγισις τοῦ βερνιέρου εἶναι 1/30 τοῦ 1/2 τῆς μοίρας, ἤτοι 1′. Εἰς τὴν ἐν τῷ σχήματι 3 ὑποδεικνυομένην θέσιν τοῦ βερνιέρου ἡ ἀνάγνωσις εἰς μοίρας μὲν εἶναι 35^0, τὸ δὲ ὑπόλοιπον εὑρίσκεται ἐκ τῆς ὑποδιαιρέσεως 13 τοῦ βερνιέρου, ἡ ὁποία συμπίπτει πρὸς διαίρεσιν τῆς κυρίας κλίμακος. Ὥστε ἡ ἀκριβὴς τιμὴ τῆς μετρουμένης γωνίας εἶναι $35^0\ 13'$.

12*. Καθετόμετρον. Τὸ ὄργανον τοῦτο χρησιμεύει εἰς τὴν μέτρησιν τῆς κατακορύφου ἀποστάσεως δύο σημείων. Ἀποτελεῖται (σχ. 4) ἀπὸ κατακόρυφον κυλινδρικὴν ἢ πρισματικὴν ράβδον δυναμένην νὰ περιστρέφεται περὶ τὸν ἄξονά της. Ἐπὶ τῆς περιστρεφομένης ράβδου, ἡ ὁποία φέρει κλίμακα ὑποδιαιρουμένην συνήθως εἰς ἑκατοστόμετρον, δύναται νὰ ὀλισθαίνῃ δρομεὺς φέρων διόπτραν Δ μὲ ὁριζόντιον ὀπτικὸν ἄξονα καὶ βερνιέρον. Σκοπεύομεν διὰ τῆς διόπτρας διαδοχικῶς τὰ δύο σημεῖα, τῶν ὁποίων ζητεῖται ἡ κατακόρυφος ἀπόστασις, καὶ ἀναγινώσκομεν ἑκάστοτε τῇ βοηθείᾳ τοῦ βερνιέρου τὴν θέσιν τῆς διόπτρας ἐπὶ τῆς κλίμακος τῆς ράβδου. Ἡ διαφορὰ τῶν ἀναγνώσεων δίδει τὸ ζητούμενον μέγεθος τῆς ἀποστάσεως.



Σχ. 4. Καθετόμετρον.

13*. Διαστημόμετρον (κοινῶς καλίμπρα). Τοῦτο χρησιμεύει διὰ τὴν μέτρησιν λίαν μικρῶν μηκῶν, π.χ. τοῦ πάχους κυλινδρικοῦ στελέχους, τῆς ἐξωτερικῆς ἢ τῆς ἐσωτερικῆς διαμέτρου κοίλου κυλίνδρου κ. λ.



Σχ. 5. Διαστημόμετρον. Εἰς Α μετρᾶται τὸ πάχος π. χ. σύρματος, εἰς Β ἡ ἐσωτερικὴ διάμετρος π. χ. κυλίνδρου, εἰς Γ τὸ βάθος π. χ. δοχείου.

Τὸ ὄργανον (σχ. 5) ἀποτελεῖται ἐκ μεταλλικοῦ κανόνος, μήκους συνήθως 10-20 cm, διῃρημένου εἰς χιλιοστὰ (mm). Εἰς τὸ ἄκρον φέρει σιαγόνα, ἄλλη δὲ σιαγὼν δύναται νὰ μετακινῆται παραλλήλως πρὸς ἑαυτὴν ἐπὶ τοῦ κανόνος, συνδεδεμένη πρὸς δρομέα φέροντα καὶ βερνιέρον συνήθως εἰς δέκατον.

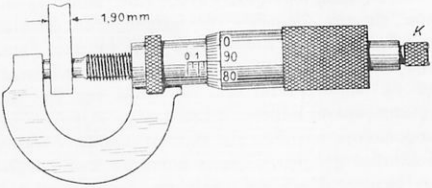
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἐνίοτε τὸ ἄκρον τῆς σιαγόνος ἔχει καθωρισμένον πάχος (συνήθως 5 mm), οὕτως ὥστε νὰ δυνάμεθα μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ βερνιέρου νὰ κάμνωμεν μετρήσεις ἐσωτερικῆς διαμέτρου κ. λ. (ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα εἰς Β διὰ διακεκομμένων γραμμῶν). Εἰς τὴν περίπτωσιν ὅμως αὐτὴν πρέπει νὰ προστεθῇ εἰς τὴν ἔνδειξιν τοῦ ὀργάνου καὶ τὸ πάχος τῶν 10 mm τῶν δύο σιαγόνων.

14*. Παχύμετρον ἢ Μικρόμετρον. Τοῦτο χρησιμεύει διὰ τὴν μέτρησιν τοῦ πάχους ἐλασμάτων, φύλλων χάρτου, διαμέτρου συρμάτων ἢ ῥάβδων, εἶναι δὲ ἀκριβέστατον μέσον πρὸς μέτρησιν μηκῶν. Τὸ ὄργανον (σχ. 6) ἀποτελεῖται ἀπὸ τεμάχιον μεταλλικὸν σχήματος U, τοῦ ὁποίου τὸ ἓν σκέλος φέρει μικρομετρικὸν κοχλίαν ἀπολήγοντα εἰς ἐπίπεδον ἐπιφάνειαν. Τὸ πρὸς μέτρησιν ἀντικείμενον τίθεται μεταξὺ τοῦ ἄκρου τοῦ κοχλίου καὶ τῆς ἔναντι ἐπιπέδου ἐπιφανείας. Ὁ κοχλίας ἔχει συνήθως βῆμα 1 mm, ὅταν δὲ περιστραφῇ τὸ ἐπ' αὐτοῦ προσηρμοσμένον τύμπανον κατὰ μίαν πλήρη στροφήν, τὸ ἄκρον τοῦ κοχλίου προχωρεῖ κατὰ 1 mm. Ὅταν περιστραφῇ κατὰ κλάσμα μιᾶς περιστροφῆς, τὸ ἔμπροσθεν ἄκρον μετακινεῖται κατὰ τὸ αὐτὸ κλάσμα τοῦ χιλιοστομέτρου.

Ἐπὶ τοῦ κοχλίου χαράσσεται κύκλος ὑποδιῃρημένος εἰς 100 μέρη, ὁ ὁποῖος ἐπιτρέπει τὴν παρατήρησιν 1/100 μιᾶς πλήρους περιστροφῆς. Ὅταν αἱ ἐπίπεδοι ἐπιφάνειαι βάσεως καὶ κοχλίου ἐφάπτωνται, πρέπει ἡ ὑποδιαίρεσις 0 τῆς κλίμακος καὶ τοῦ τυμπάνου νὰ συμπίπτουν.

Ἵνα μὴ συμπιέζεται ἰσχυρῶς τὸ ὑπὸ μέτρησιν σῶμα, ὁ κοχλίας εἶναι ἐφωδιασμένος δι' εἰδικῆς διατάξεως Κ εἰς τρόπον ὥστε, ὅταν ἡ ἐπιφάνεια αὐτοῦ ἔλθῃ εἰς ἐπαφὴν πρὸς τὸ μετρούμενον ἀντικείμενον, πᾶσα περαιτέρω περιστροφὴ τῆς λαβῆς τοῦ κοχλίου νὰ μὴ προκαλῇ προχώρησιν αὐτοῦ.

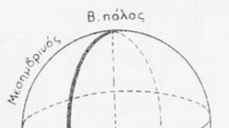


Σχ. 6. Μικρομετρικὸς κοχλίας. Μετρᾷ ἀντικείμενον πάχους 1,90 mm.

Τὸ παχύμετρον καλεῖται ἐπίσης ***μικρομετρικὸς κοχλίας*** ἢ καὶ **Palmer.**

Διὰ μετρήσεις ἐπίσης μεγάλης ἀκριβείας χρησιμοποιοῦμεν τὸ ***σφαιρόμετρον***, τὸν ***παραβολέα*** (Komparator), τὴν ***διαιρετικὴν μηχανήν***, ***προσοφθάλμιον μικρόμετρον*** κ.λ., τὰ ὁποῖα περιγράφονται ἐν λεπτομερείᾳ εἰς εἰδικὰ συγγράμματα Πρακτικῆς Φυσικῆς.

15*. Ὁρισμὸς τετάρτου μεσημβρινοῦ. Ἐὰν θεωρήσωμεν τὴν ἐπιφάνειαν τῆς Γῆς ὡς ἐπιφάνειαν σφαίρας, τότε ὅλοι οἱ κύκλοι οἱ διερχόμενοι διὰ τῶν δύο πόλων τῆς Γῆς καὶ ἔχοντες ἀκτῖνα ἴσην πρὸς τὴν τῆς Γῆς καλοῦνται ***μεσημβρινοί***, ἐνῷ ὁ κύκλος τῆς αὐτῆς ἀκτῖνος πρὸς τὸν τοῦ μεσημβρινοῦ, ὁ διερχόμενος διὰ τοῦ κέντρου τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς καὶ κάθετος ἐπὶ τῶν μεσημβρινῶν, καλεῖται ***ἰσημερινὸς*** (σχ. 7).



Σχ. 7. Τὸ μῆκος τοῦ τετάρτου μεσημβρινοῦ τῆς Γῆς σημειοῦται διὰ τῆς παχυτέρας γραμμῆς.

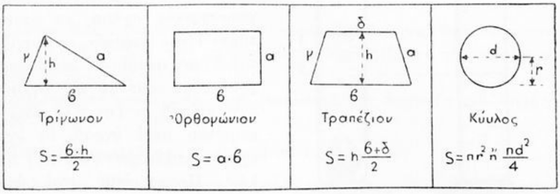
Τέταρτον τοῦ μεσημβρινοῦ εἶναι ἡ ἀπόστασις ἑνὸς πόλου τῆς Γῆς ἀπὸ τοῦ ἰσημερινοῦ μετρουμένη κατὰ μῆκος μεσημβρινοῦ, ἔχει δὲ τοῦτο μῆκος 10 002 300 μέτρα ἢ κατὰ προσέγγισιν 10 000 000 μέτρα.

16. Ἐπιφάνεια. Ἐκ τῆς μονάδος μήκους ἑκατοστόμετρον, προκύπτει ὡς βασικὴ μονὰς ἐπιφανείας (S) τὸ ***τετραγωνικὸν ἑκατοστόμετρον*** (cm^2). Συνήθως ὡς μονάδα ἐπιφανείας χρησιμοποιοῦμεν καὶ τὸ ***τετραγωνικὸν μέτρον*** (m^2), εἶναι δὲ *1* ***τετραγωνικὸν μέτρον***=*10 000* cm^2.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

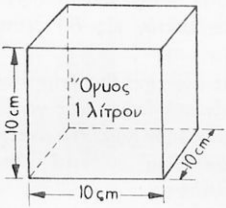
Ἐπίσης εἰς τὴν πρᾶξιν χρησιμοποιοῦμεν ὡς μονάδα ἐπιφανείας καὶ τὸ ***στρέμμα***, εἶναι δὲ 1 στρέμμα (βασιλικὸν) = 1000 m^2, ὡς ἐπίσης καὶ τὸ ***ἑκτάριον***· εἶναι δὲ 1 ἑκτάριον = 10 000 m^2 = 10 στρέμματα.

Προκειμένου περὶ ἐπιφανειῶν ἐχουσῶν γεωμετρικὸν σχῆμα, ὑπολογίζομεν τὴν ἐπιφάνειαν διὰ μετρήσεων ὡρισμένων γραμμικῶν διαστάσεων καὶ ἐπὶ τῇ βάσει γνωστῶν τύπων ἐκ τῆς Γεωμετρίας (σχ. 8). Εἰς περίπτωσιν κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ ἐπιφάνεια δὲν ἔχει γεωμετρικὸν σχῆμα, μετροῦμεν αὐτὴν κατὰ προσέγγισιν, ἀφοῦ τὴν χωρίσωμεν εἰς ὅσον τὸ δυνατὸν περισσότερα μέρη. Ἀκριβέστερον εὑρίσκομεν τὸ ἐμβαδὸν δι᾽ εἰδικῶν συσκευῶν, καλουμένων ***ἐμβαδομέτρων***.



Σχ. 8. Αἱ τιμαὶ τῶν S παρέχουν τὰ ἀντίστοιχα ἐμβαδά.

17. Ὄγκος. Ἐκ τῆς βασικῆς μονάδος μήκους ἑ κ α τ ο σ τ ό μ ε τ ρ ο ν, προκύπτει ὡς βασικὴ μονὰς ὄγκου τὸ ***κυβικὸν ἑκατοστόμετρον*** (**cm^3**). Ἐκτὸς τῆς βασικῆς μονάδος ὄγκου χρησιμοποιοῦν καὶ τὸ ***λίτρον*** (**lt**) (σχ. 9), τὸ ὁποῖον πολλάκις καλεῖται κυβικὸν δεκατόμετρον ἢ παλαιότερον κυβικὴ παλάμη, ὡς καὶ τὸ ***κυβικὸν μέτρον*** (**m^3**). Εἶναι δέ:

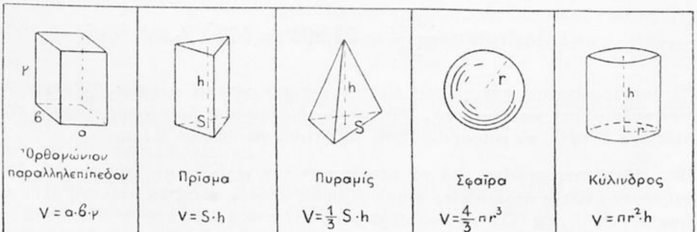


Σχ. 9. Πραγματοποίησις ὄγκου 1 λίτρου.

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

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

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

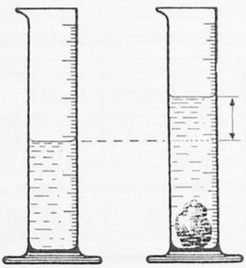


Σχ. 10. Αἱ τιμαὶ τοῦ V παρέχουν τοὺς ἀντιστοίχους ὄγκους.

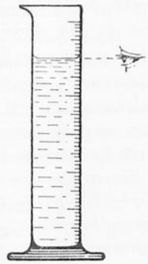
Προκειμένου περὶ μετρήσεως τοῦ ὄγκου σώματος, ἐφ᾽ ὅσον τοῦτο ἔχει γεωμετρικὸν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

σχῆμα, π.χ. σφαῖρα, κύλινδρος κ.λ.π., ὑπολογίζομεν τὸν ὄγκον διὰ μετρήσεως ὡρισμένων γραμμικῶν διαστάσεων αὐτοῦ καὶ ἐπὶ τῇ βάσει γνωστῶν τύπων ἐκ τῆς Γεωμετρίας (σχ. 10).



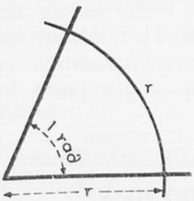
Σχ. 11. Ὀγκομέτρησις στερεοῦ.



Σχ. 12. Ὀγκομετρικὸς κύλινδρος.

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. 11), ἐνῷ προκειμένου περὶ ὑγροῦ, δι᾿ ὀγκομετρικῶν κυλίνδρων (σχ. 12) 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.

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



Σχ. 13. Γωνία ἴση πρὸς 1 ἀκτίνιον.

Ἐπίσης ὡς μονάδα γωνίας εἰς τὴν Φυσικὴν λαμβάνεται τὸ ***ἀκτίνιον,*** τὸ ὁποῖον εἶναι ἡ ἐπίκεντρος γωνία, ἥτις βαίνει ἐπὶ τόξου ἔχοντος μῆκος ἴσον πρὸς τὴν ἀκτῖνα (σχ. 13). Σύμβολον τοῦ ἀκτινίου εἶναι τὸ **rad** (**radian**).

Διὰ τὴν μετατροπὴν μιᾶς γωνίας ἀπὸ ἀκτίνια εἰς μοίρας καὶ ἀντιστρόφως, ἰσχύουν αἱ κατωτέρω σχέσεις, τὰς ὁποίας εὐκόλως ἐξάγομεν, ὅταν σκεφθῶμεν ὅτι εἰς πλήρη κύκλον ἀντιστοιχοῦν 2π ἀκτίνια ἢ 360^0.

$$1 \text{ ἀκτίνιον} = \frac{360^0}{2\pi} = 57,296^0 = 57^0\ 17'\ 45''$$

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.

19*. **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 = 50 cm, εὑρίσκομεν ὅτι τὸ μῆκος τῆς περιφερείας αὐτοῦ εἶναι : $3,14 \times 50 = 157$ cm.

Ὁ ἀριθμὸς 3,14 ὁ ὁποῖος παριστᾷ κατὰ μεγάλην προσέγγισιν τὸν λόγον τοῦ μήκους

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τῆς περιφερείας πρὸς τὴν διάμετρον κύκλου, 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 ($\pi = 3,14159...$). 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:

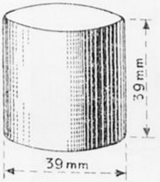
$$\textit{μῆκος περιφερείας} = \pi \cdot d = 2\,\pi \cdot r.$$

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.

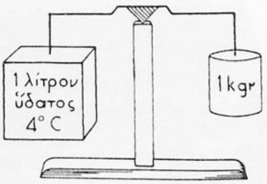
20. Μᾶζα. ***Διὰ τοῦ ὅρου μ ᾶ ζ α νοοῦμεν συνήθως τὸ ποσὸν τῆς ὕλης σώματος τινός.***

Ὡς μονάδα μάζης εἰς τὴν Φυσικὴν χρησιμοποιοῦμεν συνήθως τὸ ***γραμμάριον μάζης*** (gr), τὸ ὁποῖον ἰσοῦται πρὸς τὸ ἓν χιλιοστὸν τοῦ ***προτύπου χιλιογράμμου.***

Εἰς παλαιοτέραν ἐποχὴν τὸ γραμμάριον ὡρίζετο διὰ τῆς μάζης ἑνὸς κυβικοῦ ἑκατοστομέτρου ὕδατος ἀπεσταγμένου καὶ θερμοκρασίας 4° C. Σήμερον ὁ ὁρισμὸς οὗτος ἔχει ἐγκαταλειφθῇ καὶ τὸ γραμμάριον μάζης ὁρίζεται ὡς τὸ 1/1000 τοῦ ***προτύπου χιλιογράμμου,*** τὸ ὁποῖον πραγματοποιεῖται ὑπὸ κυλίνδρου ἀπὸ ἰριδιοῦχον λευκόχρυσον (σχ. 14). Ἡ μᾶζα τοῦ κυλίνδρου τούτου ἰσοῦται περίπου πρὸς τὴν μᾶζαν ἑνὸς λίτρου ὕδατος ἀπεσταγμένου καὶ θερμοκρασίας 4° C (σχ. 15). Τὸ πρότυπον χιλιόγραμμον μάζης φυλάσσεται ἐπίσης ὡς καὶ τὸ πρότυπον μέτρον εἰς τὸ Διεθνὲς Γραφεῖον Μέτρων καὶ Σταθμῶν ἐν Sèvres τῆς Γαλλίας.



Σχ. 14. Πρότυπον χιλιόγραμμον.



Σχ. 15. Ἓν λίτρον ὕδατος 4° C ἔχει μᾶζαν 1 χιλιογράμμου.

Ἐκτὸς τῆς μονάδος 1 γ ρ α μ μ ά ρ ι ο ν 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** $= 10^6$ **gr.**

*1 **χιλιόγραμμον*** **(kgr)** $= 1000$ ***γραμμάρια*** $= 10^3$ **gr.**

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

*1 **χιλιοστόγραμμον*** **(mgr)** $= 0{,}000\,001$ ***χιλιογράμμου*** $= 10^{-6}$ **kgr** $= 10^{-3}$ **gr.**

*1 **γάμα*** **(γ)** $= 0{,}000\,001$ ***γραμμαρίου*** $= 10^{-6}$ **gr.**

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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.

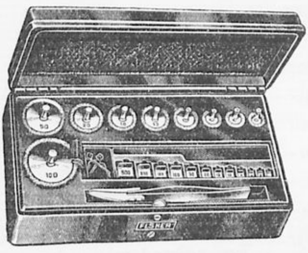
ἢ κατὰ προσέγγισιν:

1 τεχνικὴ μονὰς μάζης = 10 χιλιόγραμμα.

Τὸ βάρος σώματος ἔχοντος μᾶζαν 1 γραμμαρίου καλεῖται ἐπίσης ***γραμμάριον βάρους*** καὶ παριστᾶται συνήθως διὰ τοῦ συμβόλου **gr***, τοῦ ἀστερίσκου τιθεμένου πρὸς ἀντιδιαστολὴν ἀπὸ τὸ γραμμάριον μάζης. Ὁμοίως τὸ βάρος μάζης 1 χιλιογράμμου καλεῖται ***χιλιόγραμμον βάρους*** (**kgr***), ἀποτελεῖ δὲ τοῦτο θεμελιώδη μονάδα δυνάμεως τοῦ Τ. Σ.

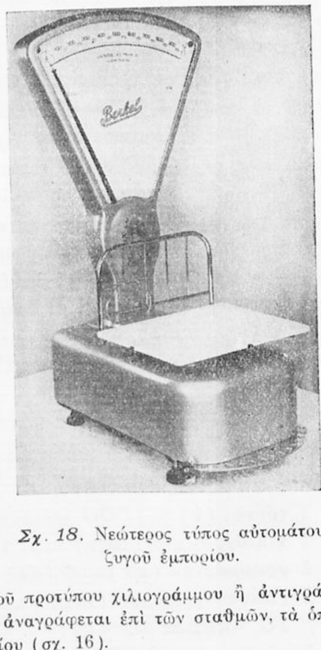
Εἰς πολλὰς περιπτώσεις, εἰς τὴν Φυσικὴν ὡς μονὰς μάζης λαμβάνεται τὸ ***γραμμομόριον*** (σύμβολον **Mol**). Παριστᾷ δὲ ἓν γραμμομόριον τόσην μᾶζαν εἰς γραμμάρια ἐκ τοῦ θεωρουμένου σώματος, ὅσον εἶναι τὸ μοριακὸν βάρος του. Οὕτω τὸ μοριακὸν βάρος τοῦ ὕδατος εἶναι 18, ἑπομένως 1 γραμμομόριον (1 Mol) ὕδατος ἔχει μᾶζαν 18 gr ὕδατος κ.ο.κ.

21. 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. 16. Σειρὰ σταθμῶν ἐντὸς κυτίου.

Σχ. 17. Συνήθης τύπος ζυγοῦ (Roberval).



Σχ. 18. Νεώτερος τύπος αὐτομάτου ζυγοῦ ἐμπορίου.

Τὰ σταθμὰ βαθμολογοῦνται ἐπὶ τῇ βάσει τοῦ προτύπου χιλιογράμμου ἢ ἀντιγράφου αὐτοῦ, ἡ δὲ τιμὴ εἰς γραμμάρια ἢ κλάσμα αὐτοῦ ἀναγράφεται ἐπὶ τῶν σταθμῶν, τὰ ὁποῖα εἶναι τοποθετημένα συνήθως ἐντὸς ξυλίνου κιβωτίου (σχ. 16).

Ἡ μέτρησις τῆς μάζης σώματος πραγματοποιεῖται διὰ τοῦ ***ζυγοῦ*** (σχ. 17). Εἰς τὸν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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 ζυγοί, οἱ ὁποῖοι εἶναι ἐκ τῶν προτέρων βαθμολογημένοι καὶ δὲν ἀπαιτοῦν τὴν χρῆσιν σταθμῶν (σχ. 18).

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 ἐνώπιον 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

1 χιλιόγραμμον = 312,5 δράμια.

Οἱ Ἀγγλοσάξωνες, ὡς εἴδομεν (βλ. σελ. 4), 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 in²)	= 6,452 cm²
1 πούς (ft) = 12 in	= 0,305 m	1 τετρ. πούς (1 ft²)	= 0,093 m²
1 ὑάρδα (yd) = 3 ft	= 0,914 m	1 τετρ. μίλιον (1 mil²)	= 2,59 km²
1 μίλιον (mil)	= 1,609 km		
Ὄγκος		**Μᾶζα**	
1 κυβικὴ ἴντζα (1 in³)	= 16,387 cm³	1 οὐγγία (1 oz. Av)	= 28,35 gr
1 κυβικὸς πούς (1 ft³)	= 0,0283 m³	1 λίμπρα (1 lb Av)	= 453,6 gr
1 κυβικὴ ὑάρδα (1 yd³)	= 0,765 m³	1 κόκκος (grain)	= 64,8 mgr
1 γαλόνιον (1 gal)	= 3,785 lt	1 τόννος (1 ton = 2000 lb)	= 907,18 kgr

22. 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 καθιερωθῇ τὸ σύμβολον **sec**, (κατὰ σύντμησιν τῆς γαλλικῆς λέξεως seconde). Τὸ δευτερόλεπτον ὡρίσθη εἰς 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**).

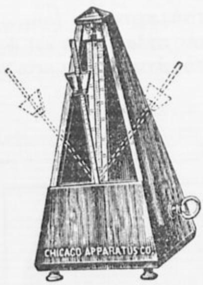
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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

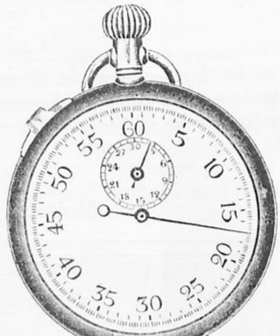
1 ὥρα (h) = 60 λεπτὰ (min) = 3 600 δευτερόλεπτα (sec).
1 λεπτὸν (min) = 1/60 ὥρας = 60 δευτερόλεπτα.
1 δευτερόλεπτον (sec) = 1/3600 ὥρας = 1/60 λεπτοῦ.

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 παραγωγῆς ρυθμικῶν κτυπημάτων, τῶν ὁποίων ὁ ρυθμὸς (περίοδος) δύναται νὰ μεταβληθῇ ἐντὸς εὐρέων ὁρίων διὰ τῆς μετατοπίσεως ἑνὸς μικροῦ δρομέως, ὁ ὁποῖος εὑρίσκεται ἐπὶ τῆς ῥάβδου τοῦ ἐκκρεμοῦς (σχ. 19). 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. 19. Μετρονόμος.



Σχ. 20. Χρονόμετρον χειρός.

Τὸ ***χρονόμετρον*** (σχ. 20) εἶναι ὡρολόγιον (τσέπης) μὲ ἕνα μεγάλον δευτερολεπτοδείκτην, ὅστις συνήθως εἰς ἓν λεπτὸν (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 ἐπομένως ἡ κίνησις τοῦ δευτερολεπτοδείκτου. Διὰ δευτέρας πιέσεως σταματᾷ ὁ δείκτης καὶ διὰ τρίτης πιέσεως ἐπανέρχονται οἱ δεῖκται εἰς τὸ μηδέν.

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

23. 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.

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). Παριστᾷ δὲ τὸ kgr* τὴν δύναμιν, μὲ τὴν ὁποίαν ἕλκει ἡ Γῆ μᾶζαν 1 χιλιογράμμου.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἐκτὸς τῆς μονάδος χιλιόγραμμον βάρους χρησιμοποιεῖται εἰς τὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς καὶ τὸ ***γραμμάριον βάρους*** (gr*), εἶναι δέ:

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

24. 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.

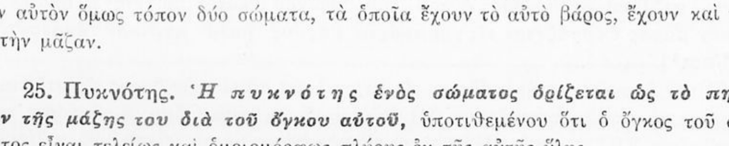
Μία οὐσιώδης διαφορὰ μεταξὺ μάζης καὶ βάρους εἶναι ἡ ἀκόλουθος: Ἡ μᾶζα ἑνὸς σώματος παραμένει ἡ αὐτή, ὁπουδήποτε ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς καὶ ἂν μεταφερθῇ τὸ σῶμα. Τὸ βάρος ὅμως τοῦ σώματος ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ τόπου, διότι, ὡς θὰ ἴδωμεν λεπτομερῶς εἰς ἄλλην θέσιν, ἡ ἑλκτικὴ δύναμις, τὴν ὁποίαν ἀσκεῖ ἡ 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.

25. 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 ἐκ τῆς αὐτῆς ὕλης.

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

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

δηλ. ἡ πυκνότης ἐκφράζει τὴν μᾶζαν τὴν περιεχομένην εἰς τὴν μονάδα ὄγκου τοῦ σώματος (σχ. 21).



Σχ. 21. Διάφορα σώματα ὑπὸ τὸν αὐτὸν ὄγκον ἔχουν διάφορον μᾶζαν. Ἐὰν δὲ ὁ ὄγκος ἰσοῦται πρὸς 1 cm³, οἱ κάτωθεν ἀντιστοίχως ἀναγραφόμενοι ἀριθμοὶ παρέχουν τὴν πυκνότητα εἰς gr/cm³.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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

Ἐκ τοῦ τύπου (1) προκύπτει ὅτι:

$$\mathbf{m} = \mathbf{V} \cdot \varrho, \quad \text{ἤτοι:} \quad \textbf{\textit{μᾶζα}} = \textbf{\textit{ὄγκος}} \times \textbf{\textit{πυκνότης}}.$$

Δοθέντων δύο ἐκ τῶν ἀνωτέρω μεγεθῶν, δυνάμεθα νὰ εὕρωμεν τὸ τρίτον.

26. 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 Β τὸ βάρος τοῦ σώματος καὶ V ὁ ὄγκος αὐτοῦ, τὸ εἰδικὸν βάρος ε ἐκφράζεται ὑπὸ τῆς σχέσεως:

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

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.

Ἐκ τοῦ τύπου (1) προκύπτει ὅτι:

$$\mathbf{B} = \mathbf{V} \cdot \varepsilon, \quad \text{ἤτοι:} \quad \textbf{\textit{βάρος}} = \textbf{\textit{ὄγκος}} \times \textbf{\textit{εἰδικὸν βάρος}}.$$

Δοθέντων δύο ἐκ τῶν ἀνωτέρω μεγεθῶν, δυνάμεθα νὰ εὕρωμεν τὸ τρίτον.

27. 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. 10).

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. 11). 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 ἀκόλουθος πίναξ δεικνύει τὰς πυκνότητας οὐσιῶν τινων:

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Πυκνότης διαφόρων οὐσιῶν εἰς gr/cm³.

Στερεά		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 (χυτός)	7,2	Τερεβινθέλαιον	0,87
Ἄργυρος	10,5	Τσιμέντον	1,5	Ὑδράργυρος	13,6
Κασσίτερος	7,29	Ὕαλος	2,5	**Ἀέρια**	
Καουτσούκ	0,94	Φελλός	0,24	Ἄζωτον	0,0012507
Κηρός	0,96	Χάλυψ	7,7	Ἀὴρ	0,001293
Λευκόχρυσος	21,4	Χαλκός	8,93	Ἄνθρακος διοξ.	0,0019768
Μάρμαρον	2,7	Χρυσός	19,32	Ἄνθρακος μον.	0,0012503
Μόλυβδος	11,37	Ψευδάργυρος	7,15	Ἥλιον	0,000177
Ξύλον (δρυός)	0,80	**Ὑγρά**		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

28. 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.

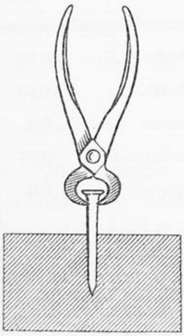
Προκειμένου περὶ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως, ἐκφράζομεν αὐτὴν εἰς ἑκατοστόμετρα στήλης ὑδραργύρου (συμβολικῶς: cm Hg).

Οὕτως ἐπὶ παραδείγματι, ὅταν λέγωμεν ὅτι ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις εἶναι 76 cm Hg, νοοῦμεν ὅτι δύναμις, ἡ ὁποία ἐξασκεῖται ἐπὶ ἐπιφανείας ἐμβαδοῦ $S = 1\ cm^2$, ἰσοῦται πρὸς τὸ βάρος κυλινδρικῆς στήλης ὑδραργύρου ἐχούσης ὕψος 76 cm καὶ βάσιν $S = 1\ cm^2$.

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, πολλαπλασιάζο-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

μεν καὶ ἐπὶ τὸ εἰδικὸν βάρος τοῦ ὑδραργύρου, ἤτοι ἐπὶ 13,6 gr*/cm³ ὅτε ἔχομεν: $76 \times 13{,}6 = 1033$ gr* ἢ 1,033 kgr*. Ἑπομένως ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις εἶναι 1,033 kgr*/cm², 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.



Σχ. 22. Ἡ ἀσκουμένη δύναμις διανέμεται ἐπὶ μικρᾶς ἐπιφανείας.

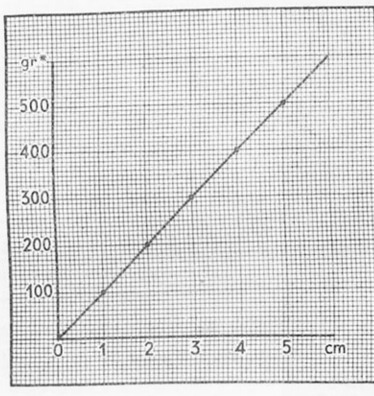
Εἰς τοὺς τεχνικοὺς ὑπολογισμοὺς ἡ πίεσις ἐκφράζεται εἰς χιλιόγραμμα βάρους κατὰ τετραγωνικὸν μέτρον (kgr*/m²).

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. 22). Ἡ τελευταία αὕτη περίπτωσις ἐμφανίζεται εἰς ὅλα τὰ κοπτερὰ ὄργανα, π.χ. μαχαῖρι, ψαλίδι, τανάλια, ἐπίσης εἰς τὰ καρφιά.

29. 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. 24), 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 μία 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



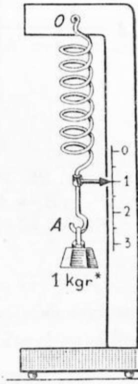
Σχ. 23. Ἡ σχέσις μεταξὺ τεινούσης δυνάμεως καὶ ἐπιμηκύνσεως ἀποδιδομένη γραφικῶς.

Ἡ ἀνεύρεσις τοῦ νόμου, ὁ ὁποῖος καθορίζει πῶς μεταβάλλλεται 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

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τοῦ τρόπου, κατὰ τὸν ὁποῖον συμμεταβάλλονται τὰ θεωρούμενα μεγέθη. 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. 23).

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.



Σχ. 24. Ζυγὸς δι' ἐλατηρίου.

30. Μονόμετρα καὶ ἀνυσματικὰ μεγέθη. Τὰ εἰς τὴν Φυσικὴν παρουσιαζόμενα φυσικὰ μεγέθη διακρίνονται συνήθως εἰς δύο μεγάλας κατηγορίας: εἰς ***μονόμετρα*** ἢ ***ἀριθμητικὰ*** καὶ εἰς ***ἀνυσματικὰ*** μεγέθη, τὰ ὁποῖα ἐνίοτε ἁπλούστερον καλοῦνται ***ἀνύσματα***.

Μέγεθος φυσικὸν καλεῖται μονόμετρον, ὅταν τοῦτο καθορίζεται τελείως ἐκ τῆς ἀριθμητικῆς τιμῆς αὐτοῦ καὶ τῆς μονάδος μετρήσεως. Οὕτω π.χ., ὅταν λέγωμεν, ὅτι σῶμα ἔχει μᾶζαν 5 gr, ἡ μᾶζα ἔχει ὁρισθῆ τελείως διὰ τῆς ἀριθμητικῆς της τιμῆς καὶ τῆς μονάδος μετρήσεως. Ὅθεν, ἡ μᾶζα ἀποτελεῖ μονόμετρον μέγεθος.

Μέγεθος φυσικὸν καλεῖται ἀνυσματικόν, ὅταν δὲν καθορίζεται τελείως διὰ τῆς ἀριθμητικῆς του τιμῆς καὶ τῆς μονάδος μετρήσεως, ἀλλὰ δέον πρὸς τούτοις νὰ δοθῇ καὶ ἡ διεύθυνσις αὐτοῦ. Οὕτως, ὅταν λέγωμεν, ὅτι ἀεροπλάνον ἵπταται εἰς ὡρισμένον ὕψος, μὲ ταχύτητα 100 χιλιομέτρων καθ' ὥραν (100 km/h), ἡ ταχύτης δὲν ἔχει ὁρισθῆ τελείως, διότι, διὰ νὰ ὁρισθῇ τελείως, πρέπει νὰ δοθῇ καὶ ἡ διεύθυνσις πρὸς τὴν ὁποίαν τὸ ἀεροπλάνον κατευθύνεται, π.χ. ἡ ταχύτης ἀεροπλάνου εἶναι 100 km/h πρὸς Βορρᾶν.

Γραφικῶς, ἀνυσματικὸν μέγεθος παριστᾶται διὰ τμήματος εὐθείας, τὸ ὁποῖον καλεῖται *ἄνυσμα*. Ἡ ἀρχὴ τοῦ ἀνύσματος παριστᾷ τὸ σημεῖον τοῦ χώρου, εἰς τὸ ὁποῖον ἀναφέρεται τὸ θεωρούμενον ἀνυσματικὸν μέγεθος. Τὸ μῆκος αὐτοῦ, ὑπὸ ὡρισμένην κλίμακα, παρέχει τὴν ἀριθμητικὴν τιμὴν αὐτοῦ, καὶ βέλος (⟶) σημειούμενον εἰς τὸ ἕτερον ἄκρον του ὑποδηλοῖ τὴν διεύθυνσιν αὐτοῦ *ἐν τῷ χώρῳ*. Οὕτω, ταχύτης 100 km/h μὲ διεύθυνσιν (Β ⟶ 45° ⟶ Α) παριστᾶται γραφικῶς ὑπὸ τοῦ ἐν τῷ σχήματι 25 ἀνύσματος.

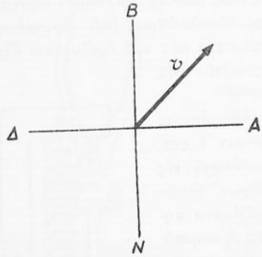
Συμβολικῶς, ἀνυσματικὸν μέγεθος, τοῦ ὁποίου ἡ ἀριθμητικὴ τιμὴ εἶναι Α, παριστᾶται διὰ τοῦ συμβόλου $\mathcal{A}$[1] πρὸς διάκρισιν αὐτοῦ ἀπὸ μονομέτρου μεγέθους, τὸ ὁποῖον

---

[1] Ἡ ἀνωτέρω διὰ καλλιγραφικοῦ γράμματος παράστασις ἀνυσματικοῦ μεγέθους χρησιμοποιεῖται εἰς τὰ ἔντυπα συγγράμματα· εἰς χειρόγραφα ὅμως καὶ κατὰ τὴν διδασκαλίαν χρησιμοποιεῖται τὸ σύμβολον τοῦ μεγέθους μὲ ἐπιγραμμήν, π.χ. $\bar{F}$ ἢ $\underline{F}$.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

παρισταται διὰ συνήθους γραφῆς. Οὕτως ἡ μᾶζα, ἡ ὁποία ἀποτελεῖ μονόμετρον μέγεθος, θὰ παρισταται διὰ τοῦ m, ἡ δὲ δύναμις, ἡ ὁποία ἀποτελεῖ ἀνυσματικὸν μέγεθος, θὰ παρισταται διὰ $\mathscr{F}$, ἐνῷ ἁπλῶς F παριστᾷ τὴν ἀριθμητικὴν τιμὴν τῆς δυνάμεως.



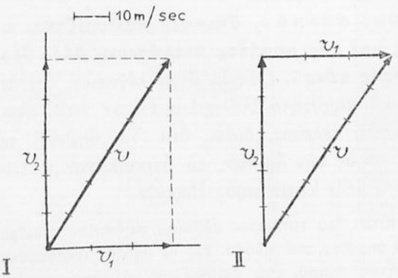
Σχ. 25. $v = 100$ km/h
Β → 45° → Α
Κλῖμαξ 20 km/h = 4 mm.

Μονόμετρα μεγέθη εἰς τὴν Μηχανικὴν εἶναι τὸ μῆκος, ἡ ἐμπορικὴ ταχύτης[1], ὁ χρόνος, τὸ ἔργον, ἡ ἐνέργεια, ἡ ἰσχύς, ἡ μᾶζα, ἡ πυκνότης κτλ., ἀνυσματικὰ δὲ ἡ μετατόπισις, ἡ ταχύτης, ἡ ἐπιτάχυνσις, ἡ δύναμις, τὸ βάρος, ἡ ῥοπὴ κτλ.

Προκειμένου περὶ τῶν μονομέτρων μεγεθῶν, ἐφαρμόζεται ὁ συνήθης ἀλγεβρικὸς λογισμός, προκειμένου ὅμως περὶ τῶν ἀνυσματικῶν μεγεθῶν, καθιερώθη ἡ χρησιμοποίησις τοῦ ἀνυσματικοῦ λογισμοῦ, διότι οὗτος διευκολύνει τὰ μέγιστα τὴν σπουδὴν τῆς Φυσικῆς.

Εἰς τὴν στοιχειώδη διδασκαλίαν τῆς Φυσικῆς ἀπαιτεῖται ἡ γνῶσις μόνον τῶν στοιχειωδῶν πράξεων ἐκ τοῦ ἀνυσματικοῦ λογισμοῦ, ὡς ἐκ τούτου δὲ θὰ περιορισθῶμεν ἐνταῦθα εἰς τὴν ἀνάπτυξιν τῆς ἀνυσματικῆς προσθέσεως.

31. Ἀνυσματικὴ πρόσθεσις. Προκειμένου περὶ δύο μονομέτρων μεγεθῶν Α καὶ Β, τὸ ἄθροισμα αὐτῶν εἶναι Α + Β, προκειμένου ὅμως περὶ δύο ἀνυσματικῶν μεγεθῶν $\mathscr{A}$ καὶ $\mathscr{B}$, τὸ ἄθροισμα αὐτῶν $\mathscr{A} + \mathscr{B}$ δὲν εἶναι πάντοτε ἴσον πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν ἀριθμητικῶν τιμῶν Α + Β. Οὕτω, δύο σώματα ἔχοντα μᾶζαν, τὸ ἓν 5 gr καὶ τὸ ἄλλο 3 gr, ἔχουν συνολικῶς μᾶζαν $5 + 3 = 8$ gr. Ἓν ὅμως κινητὸν μετέχον δύο κινήσεων, μιᾶς μὲ ταχύτητα $v_1 = 30$ m/sec πρὸς Ἀνατολὰς καὶ ἑτέρας $v_2 = 50$ m/sec πρὸς Βορρᾶν, δὲν ἔχει συνολικὴν ταχύτητα ἴσην πρὸς $30 + 50 = 80$ m/sec.



Σχ. 26. Σύνθεσις ταχυτήτων διὰ τῆς μεθόδου τοῦ παραλληλογράμμου (Ι) καὶ διὰ τῆς μεθόδου τῆς μεταθέσεως (ΙΙ).

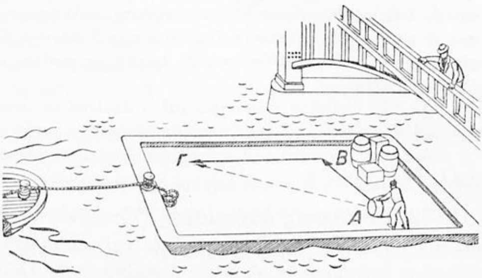
Ὅπως εὕρωμεν τὸ ἄθροισμα τῶν δύο ταχυτήτων, ὅταν αἱ διευθύνσεις αὐτῶν σχηματίζουν γωνίαν μεταξύ των, καταφεύγομεν εἰς τὴν γραφικὴν κατασκευήν. Σχηματίζομεν δηλ. ἐπὶ τοῦ χάρτου τὴν γωνίαν, π.χ. 90 μοιρῶν, καὶ ἐπὶ τῶν πλευρῶν αὐτῆς, ἀρχόμενοι ἀπὸ τῆς κορυφῆς της, ἀναφέρομεν τὰς δύο ταχύτητας ὑπὸ κατάλληλον κλίμακα. Ἀκολούθως, σχηματίζομεν ἐπὶ τῇ βάσει τῶν δύο ταχυτήτων τὸ παραλληλόγραμμον αὐτῶν, ὁπότε ἡ διαγώνιος τοῦ παραλληλογράμμου παρέχει κατ' ἀριθμητικὴν τιμὴν καὶ διεύθυνσιν τὸ ἄθροισμα τῶν δύο ταχυτήτων (σχ. 26, Ι).

[1] Ἐμπορικὴν ταχύτητα λέγομεν τὸ διάστημα, τὸ ὁποῖον διανύει π.χ. ἓν αὐτοκίνητον εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου, ὡς π.χ. 120 km/h.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Εἰς τὸ αὐτὸ ἀποτέλεσμα καταλήγομεν εὐκολώτερον καὶ διὰ τῆς ἀκολούθου κατασκευῆς. Ἀφοῦ ἀναφέρομεν τὰ δύο μεγέθη ἐπὶ τῶν πλευρῶν τῆς γωνίας, τὴν ὁποίαν σχηματίζουν αἱ διευθύνσεις αὐτῶν, μεταφέρομεν τὸ ἓν τῶν ἀνυσμάτων, π.χ. τὸ ὁριζόντιον, παραλλήλως ἑαυτῷ, ὥστε ἡ ἀρχή του νὰ συμπέσῃ πρὸς τὸ πέρας τοῦ πρώτου, ἑνοῦντες δὲ τὴν ἀρχὴν τοῦ πρώτου ἀνύσματος καὶ τὸ πέρας τοῦ δευτέρου εὑρίσκομεν τὸ ζητούμενον ἄθροισμα (σχ. 26, II).

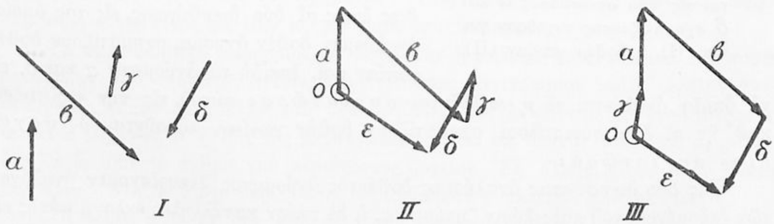
Ἡ τιμὴ τῆς ὁλικῆς ἢ συνισταμένης ταχύτητος v προκύπτει διὰ συγκρίσεως τοῦ μήκους αὐτῆς πρὸς τὴν κατάλληλον κλίμακα, ὑπὸ τὴν ὁποίαν ἐσχεδιάσθησαν καὶ αἱ ταχύτητες v_1 καὶ v_2.



Σχ. 27. Ἡ διάστικτος γραμμὴ ΑΓ δεικνύει τὴν τροχιὰν τοῦ βαρελίου.

Τὴν σύνθεσιν ταχυτήτων διευκρινίζει τὸ κάτωθι παράδειγμα. Ἐπὶ φορτηγίδος (σχ. 27), κινουμένης ἐν σχέσει πρὸς τὴν Γῆν ὑπὸ ταχύτητα π.χ. 4 m/sec κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ ὁριζοντίου βέλους ΒΓ, ἐργάτης μετατοπίζει τὸ σῶμα Α ὑπὸ ταχύτητα 2 m/sec ἐν σχέσει πρὸς τὴν φορτηγίδα καὶ κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ ἀντιστοίχου βέλους ΑΒ. Ἐὰν παρατηρητὴς εὑρίσκεται ἀκίνητος ἐπὶ γεφύρας καὶ συγκεντρώνῃ τὴν προσοχὴν αὐτοῦ ἐπὶ τῆς κινήσεως τοῦ σώματος Α, χωρὶς νὰ λαμβάνῃ ὑπ' ὄψιν του τὰς δύο χωριστὰς κινήσεις, βλέπει ὅτι τὸ σῶμα Α μετατοπίζεται κατὰ τὴν συνισταμένην τῶν δύο ταχυτήτων ΑΓ καὶ ὅτι εἰς ἓν δευτερόλεπτον φθάνει εἰς Γ.

Προηγουμένως ἐξητάσαμεν τὴν περίπτωσιν δύο μόνον ἀνυσματικῶν μεγεθῶν· εἰς τὴν περίπτωσιν ὅμως περισσοτέρων, ἐργαζόμεθα ὡς ἑξῆς: Προσθέτομεν κατὰ τὸν προηγουμένως ἐκτεθέντα τρόπον τὰ δύο πρῶτα ἀνύσματα, τὸ δὲ οὕτω προκῦπτον νέον ἄνυσμα προσθέτομεν καθ' ὅμοιον τρόπον εἰς τὸ τρίτον καὶ ἐξακολουθοῦμεν ἐργαζόμενοι κατὰ τὸν αὐτὸν τρόπον, ἕως ὅτου ἀθροίσωμεν πάντα τὰ δοθέντα ἀνύσματα.



Σχ. 28. Ἀνυσματικὴ πρόσθεσις 4 ἀνυσμάτων a, b, γ, δ ἐν ἐπιπέδῳ, διὰ τῆς μεθόδου τοῦ πολυγώνου. Τὸ ε παριστᾷ τὴν συνισταμένην. Ἡ τάξις τῶν ἀνυσμάτων κατὰ τὴν πρόσθεσιν εἶναι ἀδιάφορος.

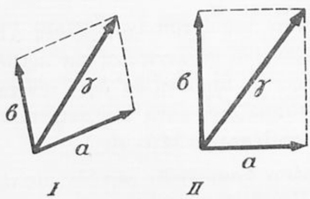
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἐπειδὴ ὅμως ὁ ἀνωτέρω τρόπος ἐργασίας εἶναι ἐπίπονος, ἐφαρμόζομεν κατὰ προτίμησιν τὴν ἀκόλουθον μέθοδον: Ἔστω π.χ. ὅτι ἔχομεν νὰ προσθέσωμεν τὰ τέσσαρα ἀνύσματα a, b, γ, δ (σχ. 28, I). Λαμβάνομεν ἐν τῷ ἐπιπέδῳ τυχὸν σημεῖον Ο καὶ μεταφέρομεν παραλλήλως πρὸς αὐτὸ τὸ ἄνυσμα a, οὕτως ὥστε νὰ ἀποκτήσῃ ἀρχὴν τὸ Ο (σχ. 28, II). Ἀκολούθως, μεταφέρομεν παραλλήλως πρὸς ἑαυτὸ τὸ b, οὕτως ὥστε ἡ ἀρχή του νὰ συμπέσῃ πρὸς τὸ πέρας τοῦ a, ὁμοίως μεταφέρομεν τὸ γ, οὕτως ὥστε ἡ ἀρχὴ αὐτοῦ νὰ συμπέσῃ πρὸς τὸ πέρας τοῦ b, καὶ τέλος μεταφέρομεν τὸ δ, οὕτως ὥστε ἡ ἀρχὴ αὐτοῦ νὰ συμπέσῃ πρὸς τὸ πέρας τοῦ γ. Τοιουτοτρόπως προκύπτει ἡ πολύθλαστος ἢ πολυγωνικὴ γραμμὴ $ab\gamma\delta$, ἡ ὁποία καλεῖται καὶ πολύγωνον τῶν ἀνυσμάτων. Ἂν ἑνώσωμεν τὴν ἀρχὴν Ο μὲ τὸ πέρας τοῦ δ, δηλ. τὰ δύο ἄκρα τῆς προκυψάσης τεθλασμένης γραμμῆς, τότε τὸ προκῦπτον ἄνυσμα ε εἶναι τὸ ἀνυσματικὸν ἄθροισμα τῶν δοθέντων ἀνυσμάτων. Τὸ αὐτὸ ἀποτέλεσμα εὑρίσκεται ἄν, ἀντὶ τοῦ ἀνύσματος a, ληφθῇ ὡς πρῶτον οἱονδήποτε ἄλλο ἄνυσμα, ὡς π.χ. τὸ γ (σχ. 28, III).

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει καὶ ὁ ἀκόλουθος κανών: *Ἵνα πολλὰ ἀνύσματα ἔχουν ἄθροισμα μηδέν, πρέπει τὸ πολύγωνον αὐτῶν νὰ μὴ ἔχῃ ἀρχὴν καὶ πέρας, ἀλλὰ νὰ εἶναι κλειστόν.*

Διὰ τὴν ἀνυσματικὴν πρόσθεσιν ἰσχύει ὁ νόμος τῆς ἀντιμεταθέσεως, ἤτοι εἶναι: $\mathcal{A}+\mathcal{B}=\mathcal{B}+\mathcal{A}$, ἐπίσης ἰσχύει ὁ διαλυτικὸς νόμος: $\mathcal{A}+(\mathcal{B}+\mathcal{T})=(\mathcal{A}+\mathcal{B})+\mathcal{T}$.

32. Ἀνάλυσις ἀνύσματος. Ὅπως εἰς τὸ σχῆμα 28 τὸ ἄνυσμα ε θεωρεῖται ὡς ἄθροισμα τῶν a, b, γ, δ, οὕτω καὶ τὸ ἄνυσμα ε δύναται ν' ἀναλυθῇ εἰς τὰ ἀνωτέρω ἀνύσματα. Ἐνῷ ὅμως ἡ πρόσθεσις πολλῶν ἀνυσμάτων ἀποτελεῖ πρόβλημα ὡρισμένον, δηλ. ἐπιδεκτικὸν μιᾶς μόνον λύσεως, ἡ ἀνάλυσις δοθέντος ἀνύσματος ε εἰς ἄλλα ἀποτελεῖ πρόβλημα ἀόριστον, διότι δυνάμεθα νὰ φαντασθῶμεν ἀπείρους τεθλασμένας γραμμάς, αἱ ὁποῖαι νὰ ἔχουν ὡς ἄκρα τὸ σημεῖον Ο καὶ τὸ ἄκρον τοῦ ἀνύσματος δ.



Σχ. 29. Τὸ ἄνυσμα γ ἀναλύεται εἰς δύο συνιστώσας a καὶ b σχηματιζούσας τυχοῦσαν γωνίαν (I), ἢ ὀρθὴν γωνίαν (II).

Συνήθως εἰς τὴν Φυσικὴν περιοριζόμεθα εἰς τὴν ἀνάλυσιν ἀνύσματος εἰς δύο συνιστώσας. Ἡ ἀνάλυσις αὕτη δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 29, εἰς τὸ ὁποῖον τὸ ἄνυσμα γ, ἔχει ἀναλυθῇ εἰς τὰ δύο ἀνύσματα a καὶ b, τῶν ὁποίων ὅμως ἐδόθησαν αἱ διευθύνσεις. Συνήθως ὅμως αἱ δύο διευθύνσεις, εἰς τὰς ὁποίας ἀναλύομεν δοθὲν ἄνυσμα, σχηματίζουν ὀρθὴν γωνίαν καί, ἐπειδὴ τὰ ἀνύσματα a καὶ b, εἰς τὰ ὁποῖα ἀναλύεται τὸ γ, καλοῦνται *συνιστῶσαι* αὐτοῦ, εἰς τὴν περίπτωσιν καθ' ἣν αἱ δύο συνιστῶσαι σχηματίζουν ὀρθὴν γωνίαν, καλοῦνται *ὀρθογώνιοι συνιστῶσαι.*

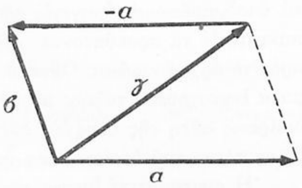
Τὰς δύο διευθύνσεις ἀναλύσεως δοθέντος ἀνύσματος ἀνευρίσκομεν ἀναλόγως τῶν δεδομένων τοῦ πρὸς λύσιν ζητήματος, ἡ δὲ πλέον κατάλληλος ἐκλογὴ αὐτῆς εἶναι ζήτημα ἐξασκήσεως.

33*. **Ἀνυσματικαὶ σχέσεις.** Αἱ ἀνυσματικαὶ σχέσεις παρουσιάζουν τὸ πλεονέκτημα, ὅτι εἶναι περιεκτικώτεραι τῶν ἀλγεβρικῶν. Οὕτως, ἡ σχέσις $a=b$ δὲν δεικνύει μόνον, ὅτι αἱ ἀριθμητικαὶ τιμαὶ εἶναι ἴσαι, ἤτοι $\alpha=\beta$, ἀλλὰ πρὸς τούτοις, ὅτι τὰ δύο ἀνυσματικὰ μεγέθη εἶναι τῆς αὐτῆς διευθύνσεως. Ἡ $a=-b$ ὑποδηλοῖ, ὅτι αἱ ἀριθμητικαὶ τιμαὶ εἶναι ἴσαι, ἤτοι $\alpha=\beta$, ἀλλ' αἱ διευθύνσεις τῶν ἀνυσμάτων εἶναι ἀντίθετοι.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Πολλαπλασιασμὸς ἀνύσματος a ἐπὶ θετικὸν ἀριθμητικὸν μέγεθος μ παρέχει πάλιν ἄνυσμα $b = \mu \cdot a$, τὸ ὁποῖον ἔχει τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν πρὸς τὸ a, ἀλλ' ἡ ἀριθμητική του τιμὴ εἶναι μ φορὰς μεγαλυτέρα τῆς τοῦ a, ἤτοι $\beta = \mu \cdot \alpha$. Ἀντιστρόφως, ἡ σχέσις $b = -\mu \cdot a$ παριστᾷ, ὅτι τὰ δύο ἀνύσματα ἔχουν ἀντιθέτους διευθύνσεις, ἀλλ' ἡ ἀριθμητικὴ τιμὴ τοῦ b εἶναι μ φορὰς μεγαλυτέρα τοῦ a.

Ἡ ***διαίρεσις*** ἀνυσματικοῦ μεγέθους γ, διὰ τῆς ἀριθμητικῆς του τιμῆς γ, ἤτοι ἡ παράστασις γ/γ, παριστᾷ ἄνυσμα, τὸ ὁποῖον ἔχει τὴν διεύθυνσιν τοῦ γ καὶ ἀριθμητικὴν τιμὴν ἴσην πρὸς τὴν μονάδα. Τοιοῦτον ἄνυσμα καλεῖται ***μοναδιαῖον ἄνυσμα*** καὶ χρησιμεύει ἁπλῶς μόνον πρὸς χαρακτηρισμὸν τῆς διευθύνσεως.



Σχ. 30. Τὸ ἄνυσμα b παριστᾷ τὴν διαφορὰν τῶν ἀνυσμάτων γ καὶ a.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει, ὅτι ὁ πολλαπλασιασμὸς ἀνύσματος a ἐπὶ τὴν ἀρνητικὴν μονάδα σημαίνει ἀλλαγὴν τῆς διευθύνσεως αὐτοῦ κατὰ 180°.

Ἐπὶ τῇ βάσει τούτου, ἡ ἀνυσματικὴ ***ἀφαίρεσις*** τοῦ ἀνύσματος a ἀπὸ τοῦ γ ἰσοδυναμεῖ μὲ πρόσθεσιν τοῦ $-a$ εἰς τὸ γ, ἤτοι $\gamma - a = \gamma + (-a) = b$ (σχ. 30).

34. 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.

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 λίαν 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, ὅτε 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.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

35. Γενικαὶ γνώσεις ἐπὶ τῆς συγκροτήσεως τῆς ὕλης καὶ τοῦ ὑλικοῦ ἀτόμου. Ἐκ πείρας γνωρίζομεν, ὅτι ἡ ὕλη εἶναι διαιρετή, διότι δυνάμεθα πάντοτε νὰ ὑποδιαιρέσωμεν ὁμογενὲς σῶμα στερεόν, ὑγρὸν ἢ ἀέριον εἰς μικρότερα μέρη, πάντοτε δὲ τὰ προκύπτοντα μέρη εἶναι, ὡς πρὸς τὴν συγκρότησιν αὐτῶν, ὅμοια πρὸς τὸ ἀρχικὸν σῶμα. Οὕτω δυνάμεθα νὰ κατασκευάσωμεν φύλλα χρυσοῦ ἢ σύρματα λευκοχρύσου τάξεως μεγέθους 0,1 mm ἕως 0,000 01 mm. Ἐν τούτοις ἡ ὑποδιαίρεσις αὕτη τῆς ὕλης δὲν δύναται νὰ συνεχισθῇ ἐπ' ἄπειρον, ἀλλ' ὑφίσταται ἓν ὅριον πέραν τοῦ ὁποίου πᾶσα ὑποδιαίρεσις εἶναι ἀδύνατος.

Ἡ συστηματικὴ ἔρευνα τῆς ὕλης, γενομένη ἀρχικῶς διὰ τῶν μεθόδων τῆς Χημείας, ὡδήγησεν εἰς τὴν ἀνεύρεσιν τῶν θεμελιωδῶν νόμων τῆς Χημείας, ἐπὶ τῇ βάσει τῶν ὁποίων οἱ χημικοὶ ἤχθησαν εἰς τὴν παραδοχήν, ὅτι ***ἡ ὕλη συγκροτεῖται ἐξ ἀτόμων καὶ μορίων***, οὕτω δὲ διεμόρφωσαν τὴν νεωτέραν ***ἀτομικὴν θεωρίαν*** τῆς ὕλης, τὴν ὁποίαν πρὸ δύο περίπου χιλιετηρίδων εἶχον διαισθανθῆ οἱ ἀρχαῖοι Ἕλληνες φιλόσοφοι Δημόκριτος καὶ Λεύκιππος.

Ἡ νεωτέρα ἀτομικὴ θεωρία δέχεται, ὅτι ἡ ὕλη ἀποτελεῖται ἐξ ἀπειροελαχίστων σωματίων μὴ περαιτέρω διαιρετῶν οὔτε διὰ χημικῶν οὔτε διὰ φυσικῶν μεθόδων. Τὰ ἀπειροελάχιστα ταῦτα σωμάτια ἐκλήθησαν ***ἄτομα.***

Τὰ ἄτομα ἑνὸς καὶ τοῦ αὐτοῦ σώματος εἶναι ὁμοειδῆ καὶ ἔχουν πάντοτε τὴν αὐτὴν μᾶζαν, ἐνῷ τὰ ἄτομα δύο διαφορετικῶν ἁπλῶν σωμάτων εἶναι ἀνομοειδῆ καὶ διαφέρουν πρῶτον μὲν ὡς πρὸς τὴν μᾶζαν αὐτῶν καὶ κατὰ δεύτερον λόγον ὡς πρὸς τὰς ἰδιότητας αὐτῶν. Ἐνῷ δὲ τὰ ἄτομα ἐθεωροῦντο ὡς ἀπειροελάχιστα σωμάτια, ἐκ τῶν ὁποίων συγκροτοῦνται τὰ ἁπλᾶ σώματα, διὰ τὰ σύνθετα σώματα παρεδέχοντο, ὅτι συνίσταντο ἐκ ***μορίων,*** τὰ ὁποῖα ὅμως διὰ χημικῆς ἐπενεργείας ἦτο δυνατὸν νὰ διασπασθοῦν εἰς τὰ συγκροτοῦντα αὐτὸ ἄτομα.

Αἱ διαστάσεις τῶν μορίων εἶναι λίαν μικραί, ἐὰν δὲ φαντασθῶμεν αὐτὰ ὡς ἔχοντα σχῆμα σφαιρικόν, ἡ διάμετρος αὐτῶν εἶναι τάξεως μεγέθους 10^{-8} cm. Σήμερον γνωρίζομεν, ὅτι εἰς ἓν γραμμομόριον οἱουδήποτε σώματος περιέχονται $6{,}06 \cdot 10^{23}$ μόρια.

Νεώτεραι ἔρευναι κατέδειξαν, ὅτι τὸ ὑλικὸν ἄτομον δὲν ἀποτελεῖ τὸ τελευταῖον ὅριον διαιρετότητος τῆς ὕλης, ἀλλ' ὅτι καὶ τὸ ὑλικὸν ἄτομον ἀποτελεῖται ἐξ ἀκόμη μικροτέρων σωματίων, εἴτε ἠλεκτρικῶς φορτισμένων εἴτε ἄνευ φορτίου. Ὡς δὲ θὰ ἴδωμεν εἰς ἄλλην θέσιν, τὸ ὑλικὸν ἄτομον θεωρεῖται ὡς συγκροτούμενον ἐκ θετικῶς φορτισμένων σωματίων, τῶν ***πρωτονίων,*** ἐκ σωματίων ἀρνητικῶς ἠλεκτρισμένων, τῶν ***ἠλεκτρονίων,*** καὶ ἐκ σωματίων ἐστερημένων ἠλεκτρικοῦ φορτίου, τῶν ***νετρονίων.*** Τὸ φορτίον τῶν θετικῶς φορτισμένων σωματίων εἶναι ἀκριβῶς ἴσον πρὸς τὸ φορτίον τῶν ἀρνητικῶς φορτισμένων, εἰς τρόπον ὥστε τὸ ὑλικὸν ἄτομον ἐμφανίζεται εἰς τὸν ἔξω κόσμον ὡς ἠλεκτρικῶς οὐδέτερον.

Τὸ κεφάλαιον τῆς Φυσικῆς, τὸ πραγματευόμενον ἐν λεπτομερείᾳ τὴν συγκρότησιν τοῦ ὑλικοῦ ἀτόμου, ἀνήκει εἰς τὸν κλάδον τῆς Ἀτομικῆς Φυσικῆς.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ

Α΄. Ζητήματα.

Πῶς θεμελιοῦται τὸ σύστημα μονάδων CGS καὶ τὸ Τ. Σ. μονάδων καὶ ποία ἡ διαφορὰ μεταξὺ τῶν δύο συστημάτων.

Ποία ἡ διάκρισις μεταξὺ θεμελιωδῶν καὶ παραγώγων μονάδων καὶ πῶς ὁρίζονται αἱ θεμελιώδεις μονάδες εἰς τὸ σύστημα CGS καὶ εἰς τὸ Τ.Σ.

Τί ὀνομάζομεν ἐξίσωσιν διαστάσεων, διαστάσεις φυσικοῦ μεγέθους καὶ ποία ἡ σημασία αὐτῶν. Πότε ἓν μέγεθος καλεῖται ἀδιάστατον.

Πῶς ὁρίζεται τὸ μέτρον, τὸ χιλιόγραμμον μάζης, τὸ δευτερόλεπτον.

Ἡ ἐξίσωσις ὁρισμοῦ τοῦ ἔργου εἶναι $A = F \cdot s$, ὅπου F ἡ δύναμις καὶ s ἡ μετατόπισις. Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἐξίσωσις διαστάσεων καὶ αἱ μονάδες μετρήσεως τοῦ ἔργου εἰς τὸ σύστημα CGS καὶ εἰς τὸ Τ.Σ. μονάδων.

Ἡ ἐξίσωσις ὁρισμοῦ τῆς κινητικῆς ἐνεργείας εἶναι $E_{\kappa\iota\nu} = \frac{mv^2}{2}$, ὅπου m ἡ μᾶζα καὶ υ ἡ ταχύτης. Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἐξίσωσις διαστάσεων.

Διὰ συγκρίσεως τῶν ἐξισώσεων διαστάσεων τοῦ ἔργου καὶ τῆς κινητικῆς ἐνεργείας τί συμπέρασμα συνάγετε;

Περιγράψατε τὸν εὐθύγραμμον βερνιέρον καὶ ἐξηγήσατε τὸν τρόπον χρήσεως αὐτοῦ.

Περιγράψατε τὸ καθετόμετρον καὶ τὸν τρόπον χρήσεως αὐτοῦ.

Περιγράψατε τὸν μικρομετρικὸν κοχλίαν καὶ τὸν τρόπον χρήσεως αὐτοῦ.

Ποία ἡ διάκρισις μεταξὺ μάζης καὶ βάρους.

Τί νοοῦμεν διὰ τῶν ὅρων πυκνότης καὶ εἰδικὸν βάρος σώματος καὶ πῶς συνδέονται τὰ δύο μεγέθη.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὅρου μᾶζα καὶ ποῖαι αἱ συνήθεις μονάδες μετρήσεως αὐτῆς.

Ποία ἡ διάκρισις μεταξὺ μονομέτρου καὶ ἀνυσματικοῦ μεγέθους.

Β΄. Προβλήματα.

1. Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ μῆκος 1 μέτρου εἰς μ, mμ καὶ Å. (Ἀπ. 10^6 μ, 10^9 mμ, 10^{10} Å).

2. Ἀπὸ μίαν ἀκριβῆ μέτρησιν προκύπτει ὅτι 1 m περιλαμβάνει 1 553 163 μήκη κύματος τῆς ἐρυθρᾶς γραμμῆς τοῦ καδμίου. Πόσον εἶναι τὸ μῆκος ἑνὸς κύματος, ἐκφραζόμενον εἰς mm καὶ εἰς Å. (Ἀπ. $\lambda = 6{,}43 \cdot 10^{-4}$ mm $= 6{,}43 \cdot 10^3$ Å).

3. Τὸ ἄστρον α τοῦ Κενταύρου ἀπέχει ἀπὸ τῆς Γῆς 3,5 ἔτη φωτός. Εἰς πόσα km ἀνέρχεται ἡ ἀπόστασις αὕτη. (Ἀπ. $3.31 \cdot 10^{13}$ km).

4. Πόσος εἶναι ὁ ὄγκος ἑνὸς γραμμαρίου ὑδραργύρου. (Ἀπ. $V = 0{,}073$ cm³).

5. Ποία ἡ σχέσις μεταξὺ τῆς μονάδος μάζης τοῦ Τ.Σ. μονάδων καὶ τῆς μάζης 1 kgr.

6. Σῶμα ἔχει μᾶζαν 500 gr. Πόση ἡ μᾶζα αὐτοῦ εἰς τὸ Τ.Σ. μονάδων. (Ἀπ. 0,05 Τ.Μ.).

7. Πόση ἡ μᾶζα σώματος εἰς τὸ σύστημα μονάδων CGS καὶ πόση εἰς τὸ Τ.Σ., ὅταν τὸ σῶμα τοῦτο ἔχῃ βάρος 30 kgr*. Τί συμπέρασμα συνάγετε; (Ἀπ. 3,25 Τ.Μ., 30 000 gr).

8. Πόσον τὸ βάρος σώματος εἰς τὸ σύστημα μονάδων CGS, ὅταν τοῦτο ἔχῃ εἰς τὸ Τ.Σ. βάρος 5 gr*. (Ἀπ. 4905 Dyn).

9. Σῶμα ἔχει μᾶζαν 3 kgr. Πόσον τὸ βάρος του εἰς τὸ Τ.Σ. μονάδων. (Ἀπ. 3 kgr*).

10. Νὰ μετατραπῇ ταχύτης 1 χιλιομέτρου καθ' ὥραν (1 km/h) εἰς μονάδας συστήματος CGS. (Ἀπ. 27,8 cm/sec).

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

11. Ἡ ταχύτης τοῦ ἤχου εἰς τὸν ἀέρα εἶναι 34000 cm/sec. Πόση ἡ ταχύτης αὐτοῦ εἰς km/h. ('Απ. 1224 km/h).

12. Σιδηρόδρομος κινεῖται μὲ ταχύτητα 80 km/h. Πόση ἡ ταχύτης αὐτοῦ εἰς τὸ Τ.Σ. μονάδων. ('Απ. 22,2 m/sec).

13. Ἡ ταχύτης κινητοῦ ἐκφράζεται ὑπὸ τῆς σχέσεως $\upsilon = \alpha t$, ὅπου $\alpha = 2 m/sec^2$. Νὰ κατασκευασθῇ τὸ διάγραμμα τῆς ταχύτητος.

14. Τὸ ὑπὸ κινητοῦ διανυόμενον διάστημα ἐκφράζεται ὑπὸ τῆς σχέσεως $s = \alpha t^2$, ὅπου $\alpha = 1 cm/sec^2$. Νὰ κατασκευασθῇ τὸ διάγραμμα τοῦ διαστήματος.

15. Ἡ ταχύτης κινητοῦ ἐκφράζεται ὑπὸ τῆς ἐξισώσεως $\upsilon = \alpha - \beta t$, ὅπου $\alpha = 3$ cm/sec καὶ $\beta = 2 cm/sec^2$. Νὰ κατασκευασθῇ τὸ διάγραμμα τῆς ταχύτητος.

16. Κινητὸν μετέχει δύο ταχυτήτων, μιᾶς 5 cm/sec καὶ ἑτέρας 3 cm/sec, αἱ ὁποῖαι σχηματίζουν μεταξύ των γωνίαν 30^0. Νὰ ὑπολογισθῇ γραφικῶς τὸ ἄθροισμα τῶν δύο ταχυτήτων κατ' ἀριθμητικὴν τιμὴν καὶ διεύθυνσιν, καθοριζομένην ἐν σχέσει πρὸς τὴν ταχύτητα 3 cm/sec. ('Απ. 7,4 cm/sec, $\vartheta = 17^0$ περίπου).

17. Ἀτμόπλοιον ἀναπτύσσον ταχύτητα 7,5 κόμβων συναντᾷ ρεῦμα καθέτου διευθύνσεως καὶ ταχύτητος 4,5 κόμβων. Ποία ἡ ταχύτης μετατοπίσεως τοῦ πλοίου κατ' ἀριθμητικὴν τιμὴν καὶ διεύθυνσιν. (1 κόμβος = 1 ναυτικὸν μίλιον καθ' ὥραν καὶ 1 ναυτικὸν μίλιον = 1852 m). Ποία ἡ ταχύτης μετατοπίσεως τοῦ πλοίου, ὅταν τὸ ρεῦμα εἶναι α) τῆς αὐτῆς διευθύνσεως καὶ β) ἀντιθέτου διευθύνσεως πρὸς τὴν ταχύτητα τοῦ πλοίου. ('Απ. 7,5 κόμβοι, 3 κόμβοι).

18. Ἀτμόπλοιον ἔχον ταχύτητα 7,5 κόμβων δέον νὰ μετατοπίζεται καθέτως πρὸς τὴν διεύθυνσιν ρεύματος ταχύτητος 4,5 κόμβων. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ταχύτης μετατοπίσεως τοῦ πλοίου. ('Απ. 6 κόμβοι).

19. Ἀεροπλάνον δέον νὰ μετατοπίζεται πρὸς Βορρᾶν μὲ ταχύτητα 100 mil/h, ἐνῷ ταυτοχρόνως, πνέει ἄνεμος Β → 43^0 → Α ταχύτητος 40 mil/h. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ταχύτης τὴν ὁποίαν ἀναπτύσσει τὸ ἀεροπλάνον. ('Απ. 133 mil/h).

20. Ἀεροπλάνον μετατοπίζεται πρὸς Βορρᾶν μὲ ταχύτητα 100 mil/h ὑπὸ ἄνεμον Ν → 45^0 → Δ ταχύτητος 40 mil/h. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ταχύτης, τὴν ὁποίαν ἀναπτύσσει τοῦτο κατ' ἀριθμητικὴν τιμὴν καὶ διεύθυνσιν. ('Απ. 78 μίλια/h, Β → 22^0 → Δ).

21. Ἀτμόπλοιον ρυμουλκεῖται ἔξω τοῦ λιμένος ὑπὸ δύο ρυμουλκῶν, ἕκαστον τῶν ὁποίων ἀσκεῖ ἕλξιν μέσῳ σχοινίου δυνάμεως 15 τόννων ἐπὶ τῆς πρώρας. Ἐὰν ἡ γωνία τῶν δύο σχοινίων εἶναι 45^0, νὰ εὑρεθῇ γραφικῶς ἡ συνολικὴ ἕλξις τὴν ὁποίαν ὑφίσταται τὸ πλοῖον. ('Απ. 27,5 τόννοι).

22. Μᾶζα 7 kgr συγκρατεῖται ὑπὸ δύο σχοινίων, ἑκάστου σχηματίζοντος γωνίαν 60^0 πρὸς τὴν κατακόρυφον. Νὰ καθορισθῇ γραφικῶς ἡ τάσις, τὴν ὁποίαν ὑφίσταται ἕκαστον σχοινίον. ('Απ. 7 kgr*, 120^0).

23. Δύναμις 9 kgr* ἐνεργεῖ ἐπὶ σημείου ὑπὸ γωνίαν 30^0 ὡς πρὸς τὴν ὁριζοντίαν. Νὰ εὑρεθοῦν: ἡ ὁριζοντία καὶ ἡ κατακόρυφος συνιστῶσα. ('Απ. 7,8 kgr*, 4,5 kgr*).

24. Τροχιοδρομικὸν ὄχημα σύρεται ὑπὸ δυνάμεως 60 kgr*, σχηματιζούσης γωνίαν 15^0 πρὸς τὴν σιδηροτροχιὰν αὐτοῦ. Νὰ εὑρεθῇ ἡ δύναμις ἡ ἐπενεργοῦσα παραλλήλως πρὸς τὴν τροχιάν, ἡ ὁποία δύναται νὰ παρεμποδίσῃ τὴν κίνησιν τοῦ ὀχήματος ἐπὶ τῆς σιδηροτροχιᾶς. ('Απ. 58 kgr*).

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟΝ

ΜΗΧΑΝΙΚΗ

ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ

36. 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· ἀποτελεῖ δὲ 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 τοῦ 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 ὑπὸ 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.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Α΄.

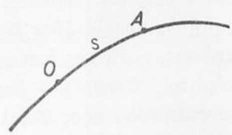
ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ ΤΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΣΗΜΕΙΟΥ

37. Κίνησις. ***Υλικὸν 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 Φυσικήν, 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 31 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. 31. Τροχιὰ κινητοῦ.

Χαρακτηριστικὰ στοιχεῖα πάσης κινήσεως εἶναι ἡ ***ταχύτης*** καὶ ἡ ***ἐπιτάχυνσις·*** ἀμφότερα δὲ τὰ μεγέθη ταῦτα εἶναι ἀνυσματικὰ μεγέθη καὶ καθορίζονται τελείως ὅταν δοθοῦν: ἡ ἀριθμητικὴ τιμή, ἡ μονὰς μετρήσεως καὶ ἡ διεύθυνσις αὐτῶν.

Οὕτω π.χ. ὅταν λέγωμεν ἁπλῶς, ὅτι ἡ ταχύτης ἑνὸς κινητοῦ κατά τινα χρονικὴν στιγμὴν εἶναι 30 ἑκατοστόμετρα κατὰ δευτερόλεπτον (30 cm/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 κινήσεως. Διὰ τὸ παράδειγμα τοῦτο ἡ ταχύτης τοῦ σώματος εἶναι

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

πλήρως καθωρισμένη ὅταν λέγωμεν, ὅτι τὸ κινητὸν κινεῖται μὲ ταχύτητα 30 cm/sec καὶ μὲ διεύθυνσιν π.χ. πρὸς Βορρᾶν. Ἡ ταχύτης ἑνὸς κινητοῦ ἐντὸς ὡρισμένου χρονικοῦ διαστήματος θεωρεῖται ***σταθερὰ (ἀμετάβλητος)***, ὅταν τόσον ἡ ἀριθμητικὴ τιμή, 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.

38. 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, ἤτοι :

$$\upsilon = \sigma\tau\alpha\vartheta.$$

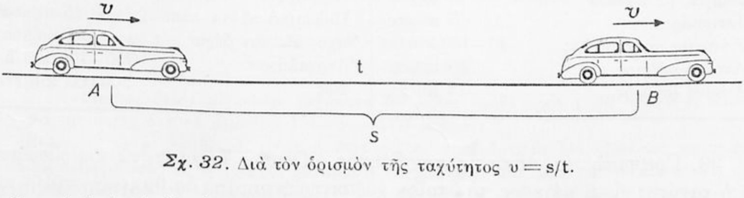
Μὲ ἄλλους λόγους, τὸ κινητὸν κινεῖται ἐπ' εὐθείας γραμμῆς καὶ τὸ εἰς ἑκάστην μονάδα τοῦ χρόνου διανυόμενον ὑπ' αὐτοῦ διάστημα ἔχει πάντοτε τὴν αὐτὴν ἀριθμητικὴν τιμήν.

Ἡ ἐξίσωσις τῆς εὐθυγράμμου καὶ ὁμαλῆς κινήσεως, ἐὰν ληφθῇ ὑπ' ὄψιν, ὅτι τὸ κινητὸν διήνυσε 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 :

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

Διὰ τὸν ὑπολογισμὸν τῆς ταχύτητος ἀφήνομεν τὸ κινητὸν νὰ κινηθῇ ἐπὶ οἱονδήποτε χρόνον t καὶ μετροῦμεν τὸ ἀντίστοιχον διάστημα s. Τότε συμφώνως πρὸς τὸν ὁρισμὸν τὸ πηλίκον s/t δίδει τὴν ταχύτητα τοῦ κινητοῦ.

Εἰς τὸ σχῆμα 32 δεικνύεται ἡ ἀλλαγὴ τῆς θέσεως τοῦ αὐτοκινήτου, τὸ ὁποῖον



Σχ. 32. Διὰ τὸν ὁρισμὸν τῆς ταχύτητος $\upsilon = s/t$.

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

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἐὰν ἡ ταχύτης ἑνὸς σώματος εἶναι γνωστή, 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.

Διαστάσεις καὶ μονάδες ταχύτητος. Ἐκ τῆς ἐξισώσεως (1) ἐπὶ τῇ βάσει τῶν προηγουμένων (§ 7), εὑρίσκομεν

$$[\upsilon] = [L\,T^{-1}]$$

ἡ ἐξίσωσις δὲ αὕτη ἰσχύει τόσον διὰ τὸ σύστημα CGS ὅσον καὶ διὰ τὸ τεχνικὸν σύστημα (Τ. Σ.).

Εἰς τὸ σύστημα CGS ἡ μονὰς ταχύτητος εἶναι τὸ ***1 ἑκατοστόμετρον κατὰ δευτερόλεπτον*** (**1 cm/sec** ἢ ἄλλως 1 cm · sec^{-1}), καὶ διὰ τὸ τεχνικὸν σύστημα τὸ ***1 μέτρον κατὰ δευτερόλεπτον*** (**1 m/sec** ἢ ἄλλως 1 m · sec^{-1})· 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*** (**1 km/h**) ἢ τὸ ***1 ναυτικὸν μίλιον 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 μίλια (1 ναυτικὸν μίλιον = 1852 μέτρα).

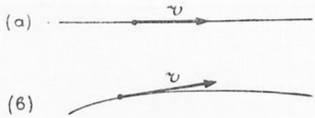
Πίναξ ταχυτήτων.

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

39. 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 κινεῖ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ται τὸ κινητὸν (σχ. 33). Τοιοῦτον τμῆμα εὐθείας μετὰ βέλους εἰς τὸ ἄκρον αὐτοῦ καλεῖται, ὡς εἴδομεν, **ἄνυσμα** (βλ. § 30). Οὕτως εἰς τὸ σχῆμα 33 (α), ὅπου ἡ κίνησις εἶναι εὐθύγραμμος, ἡ ταχύτης παριστᾶται ὡς ἄνυσμα συμπίπτον μὲ τὴν τροχιὰν τοῦ κινητοῦ, ἐνῷ εἰς τὸ σχῆμα 33 (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. 33. 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 ($s = 120$ km) καὶ ὁ διαρρεύσας χρόνος t εἶναι δύο ὧραι ($t = 2h$), ἄρα ἡ ταχύτης τοῦ αὐτοκινήτου εἶναι:

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

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 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:

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

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

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:

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

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

3. ***Ἐὰν σῶμα κινῆται μὲ ταχύτητα 45 ἑκατοστομέτρων κατὰ δευτερόλεπτον (45 cm/sec), 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: $s = υ \cdot t$ εὑρίσκομεν:

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

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

Μολονότι εἰς τὸ πρόβλημα τοῦτο ἡ ταχύτης καὶ τὸ διάστημα δὲν εἶναι ἐκπεφρασμένα εἰς θεμελιώδεις μονάδας, ἐν τούτοις δυνάμεθα νὰ λύσωμεν ἀπ' εὐθείας τὸ πρόβλημα, χωρὶς νὰ μετατρέψωμεν τὰ δεδομένα, ἤτοι:

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

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

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

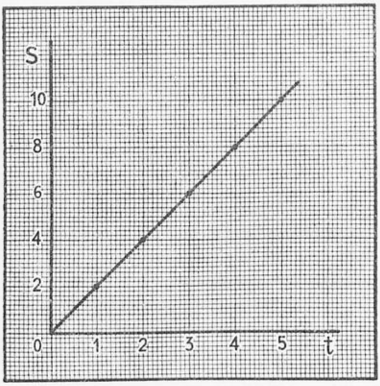
40*. Διάγραμμα εὐθυγράμμου ὁμαλῆς κινήσεως. Ἔστω ὅτι κινητὸν κινεῖται εὐθυγράμμως καὶ ὁμαλῶς, ὑπὸ ταχύτητα $v = 2$ cm/sec, ὅτε εὑρίσκομεν τὸ διανυθὲν ὑπ' αὐτοῦ διάστημα, εἰς οἱανδήποτε χρονικὴν στιγμήν, ὑπὸ τῆς σχέσεως:

$$s = 2t.$$

Πρὸς κατασκευὴν τοῦ διαγράμματος τῆς κινήσεως, σχηματίζομεν τὸν παρακείμενον πίνακα.

Χρόνος t	Διάστημα s
0	0
1	2
2	4
3	6
4	8

Ἀκολούθως, λαμβάνομεν ὀρθογωνίους ἄξονας, καὶ τὸν μὲν ὁριζόντιον χαρακτηρίζομεν ὡς ἄξονα τοῦ χρόνου, τὸν δὲ κατακόρυφον ὡς ἄξονα διαστημάτων, καὶ ἐπὶ τούτων ἀναφέρομεν ὑπὸ κατάλληλον κλίμακα τὰς ἀντιστοίχους τιμὰς χρόνου καὶ διαστήματος (σχ. 34)



Σχ. 34. Τὸ διάγραμμα τοῦ διαστήματος, ὡς πρὸς τὸν χρόνον, εἰς τὴν ὁμαλὴν κίνησιν εἶναι εὐθεῖα γραμμή.

Οὕτω καθορίζομεν εἰς τὸ ἐπίπεδον σειρὰν παραστατικῶν σημείων, τὰ ὁποῖα ἑνούμενα διὰ συνεχοῦς γραμμῆς, παρέχουν τὸ διάγραμμα τῆς κινήσεως, τὸ ὁποῖον εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς εὐθυγράμμου καὶ ὁμαλῆς κινήσεως εἶναι εὐθεῖα γραμμή.

41. Μεταβαλλομένη κίνησις. Ἡ κίνησις λέγεται μεταβαλλομένη, ὅταν ἡ ταχύτης τοῦ κινητοῦ δὲν παραμένῃ σταθερά, ἤτοι :

$$v \neq \textit{σταθ.}$$

Εἴδομεν (§ 37), ὅτι ἡ ταχύτης ὡς ἀνυσματικὸν μέγεθος χαρακτηρίζεται ἀπὸ δύο κυρίως 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 σταθερά, 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 παραμένῃ σταθερὰ καὶ μεταβάλλεται ἡ διεύθυνσις αὐτῆς. Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην ἡ ἐπιτάχυνσις ἔχει, ὡς θὰ ἴδωμεν, ἀριθμητικὴν τιμὴν σταθερὰν καὶ διεύθυνσιν πρὸς τὸ κέντρον αὐτῆς, ἡ ὁποία εἶναι περιφέρεια κύκλου καὶ εἶναι κάθετος πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς ταχύτητος.

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

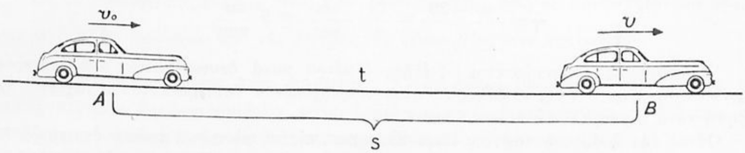
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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.

42. 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 εὐθυγράμμου ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένης κινήσεως θεωροῦμεν τὸ αὐτοκίνητον τοῦ σχήματος 35. Λόγῳ τῆς ἐπενεργείας σταθερᾶς δυ-



Σχ. 35. 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. 31), ὁρίζεται ὑπὸ τῆς σχέσεως:

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

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:

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

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Διαστάσεις καὶ μονάδες ἐπιταχύνσεως. Ἡ ἐπιτάχυνσις ἔχει διαστάσεις:

$$[\gamma] = \frac{[\upsilon]}{[t]} = \frac{[L\,T^{-1}]}{[T]} = [L\,T^{-2}]$$

Εἰς τὸ ***σύστημα*** **CGS** μονὰς ἐπιταχύνσεως εἶναι τό: $1\ \mathrm{cm}\cdot\mathrm{sec}^{-2}$ ἤτοι:

$$1\ \mathrm{cm/sec^2}$$

Εἰς δὲ τὸ ***τεχνικὸν σύστημα (Τ. Σ)*** μονὰς ἐπιταχύνσεως εἶναι τό:

$$1\ \mathrm{m/sec^2}$$

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. ***Ὑποθέσωμεν, ὅτι ἡ ταχύτης τοῦ αὐτοκινήτου εἰς τὴν θέσιν Α (σχ. 35) 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:

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

Ἡ ἀπάντησις ἀναγινώσκεται ὡς ἑξῆς: 5 μέτρα κατὰ δευτερόλεπτον ἀνὰ δευτερόλεπτον, καὶ σημαίνει ὅτι εἰς τὸ τέλος ἑκάστου παρερχομένου δευτερολέπτου ἡ ταχύτης ἔχει αὐξηθῆ 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.

43. 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 θετική, ὅτε ἡ κίνησις λέγεται ***ἐπιταχυνομένη***, ἢ ἀρνητική, ὁπότε ἡ κίνησις λέγεται ***ἐπιβραδυνομένη***.

Ἡ ἐπιτάχυνσις εἶναι θετική, 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/sec² καὶ $t = 5$ sec. Ἀντικαθιστῶντες οὕτω τὰς τιμὰς ταύτας εἰς τὴν ἀνωτέρω ἐξίσωσιν (6) ἔχομεν:

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

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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/sec², 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/sec², 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 $t = \frac{100}{5} = \mathbf{20\ sec}$, ἤτοι τὸ αὐτοκίνητον θὰ σταματήσῃ μετὰ 20 δευτερόλεπτα ἀπὸ τῆς στιγμῆς τῆς λειτουργίας τῶν φρένων του.

44. 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 $\gamma = \upsilon/t$· ὁπότε 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 ($\upsilon = 60$ km/h). Ποία ἡ ἐπιτάχυνσις εἰς m/sec².***

Ἐπειδὴ ὁ χρόνος δίδεται εἰς δευτερόλεπτα καὶ ἡ ἐπιτάχυνσις ζητεῖται εἰς m/sec², 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:

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

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

45. Μέση ταχύτης. Ὡς εἴδομεν, μία ταχύτης εἶναι σταθερά, 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. Οὔ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τως ἡ μέση ταχύτης ἰσοῦται πρὸς τὴν σταθερὰν ταχύτητα, τὴν ὁποίαν ἔπρεπε νὰ ἔχῃ τὸ κινητόν, ἵνα τοῦτο 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:

$$s = 35 \cdot 5 = 175 \text{ cm}.$$

46. Τύποι τῆς κινήσεως. 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 ἐξ ὁρισμοῦ σταθερὰ καθ' ὅλην τὴν διάρκειαν τῆς κινήσεως. Ἐκ τῆς σχέσεως (8), ἂν τεθῇ ἡ ἀρχικὴ ταχύτης $\upsilon_0 = 0$ καὶ κληθῇ υ ἡ ταχύτης ἡ ἀποκτωμένη μετὰ χρόνον t, προκύπτει:

$$\bar{\upsilon} = \frac{\upsilon}{2} = \frac{\gamma t}{2}$$

Διὰ τῆς σχέσεως $s = \bar{\upsilon} \cdot t$ λαμβάνομεν:

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

Ὅταν τὸ κινητὸν ἔχῃ ἀρχικὴν ταχύτητα υ_0 ἡ μέση ταχύτης εἶναι:

$$\bar{\upsilon} = \frac{\upsilon_0 + \upsilon_0 + \gamma t}{2}$$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τὸ δὲ διανυόμενον διάστημα εἰς χρόνον t εἶναι:

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

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:

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

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:

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

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

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 συνδυασμοῦ 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 sec. Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ διάστημα, τὸ ὁποῖον διανύει τὸ κινητὸν εἰς τὸν χρόνον τοῦτον.***

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

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

$\gamma = 8$ cm/sec², $t = 5$ 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/sec² 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/sec², 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/sec² 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 χιλιομέτρων. 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:

$\upsilon^2 = 4{,}25^2 + 2 \cdot 5 \cdot 100 = 1018$ 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.

47. 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.***

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

48. 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.

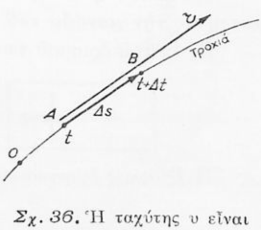
Ἡ ἐπιβράδυνσις δίδεται συνήθως ὡς ἀρνητικὴ ἐπιτάχυνσις. Π. χ. ὅταν λέγωμεν, ὅτι ἡ ἐπιτάχυνσις εἶναι $\gamma = -5\ \mathrm{m/sec^2}$*, νοοῦμεν κίνησιν ἐπιβραδυνομένην. Ἐὰν δὲ ἡ δοθεῖσα ἐπιτάχυνσις τεθῇ εἰς τοὺς τύπους τοὺς ἀναφερομένους εἰς κίνησιν μὲ ἀρχικὴν ταχύτητα, βλέπομεν ὅτι τὸ σημεῖον τῶν δευτέρων ὅρων ἀλλάσσει. Ἐὰν ὅμως δίδεται, ὅτι ἡ ἐπιβράδυνσις εἶναι* $\gamma = 5\ \mathrm{m/sec^2}$*, 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.*

49. 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 δι' 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 διὰ μέσα πλάτη περίπου **981 cm/sec²**. Ἡ πτῶσις θεωρεῖται ἐλευθέρα, ὅταν δὲν λαμβάνεται ὑπ' ὄψιν ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀέρος. Εἰς τοὺς πρακτικοὺς ὑπολογισμοὺς λαμβάνεται χάριν εὐκολίας $g = 1000\ \mathrm{cm/sec^2}$.

50*. Στιγμιαία ταχύτης. Ἔστω κινητὸν κινούμενον ἐπὶ τῆς τυχούσης καμπυλογράμμου τροχιᾶς (σχ. 36) καὶ ὅτι κατά τινα χρονικὴν στιγμὴν εὑρίσκεται εἰς τὸ σημεῖον Α. Ἡ θέσις αὐτοῦ καθορίζεται ὑπὸ τοῦ μήκους τοῦ τόξου $OA = s$, λογιζομένου ἔκ τινος σημείου Ο, ὅπερ λαμβάνεται κατὰ συνθήκην ὡς ἀρχὴ μετρήσεως τῶν ἀποστάσεων. Μετὰ παρέλευσιν λίαν μικροῦ χρονικοῦ διαστήματος Δt, τὸ κινητὸν θὰ φθάσῃ εἰς τὴν θέσιν Β, διανῦον τὸ λίαν μικρὸν τόξον $AB = \Delta s$. Ἐντὸς τοῦ χρονικοῦ διαστήματος Δt δυνάμεθα, ἄνευ αἰσθητοῦ σφάλματος, νὰ ταυτίσωμεν τὸ τόξον ΑΒ πρὸς τὴν χορδὴν ΑΒ καὶ πρὸς τούτοις νὰ θεωρήσωμεν τὴν κίνησιν τοῦ σώματος κατὰ μῆκος τοῦ διαστήματος ΑΒ ὡς εὐθύγραμμον καὶ ὁμαλήν. Τότε ἡ ἀριθμητικὴ τιμὴ τῆς ταχύτητος ἐντὸς τοῦ ἀπειροστοῦ διαστήματος θὰ παρέχεται ἀπὸ τὸν τύπον :

$$\upsilon = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$



Σχ. 36. Ἡ ταχύτης υ εἶναι ἐφαπτομένη τῆς τροχιᾶς εἰς τὸ θεωρούμενον σημεῖον.

Ἡ τιμὴ αὕτη παριστᾷ, κατὰ μεγάλην προσέγγισιν, καὶ τὴν ταχύτητα τοῦ κινητοῦ εἰς τὸ

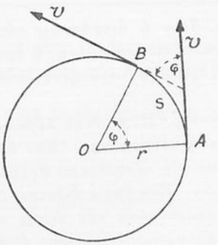
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΒΟΥΛΗΣ ΤΩΝ ΕΛΛΗΝΩΝ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

σημεῖον Α· τοῦτο δὲ ἀληθεύει, τόσον μᾶλλον ὅσον τὸ χρονικὸν διάστημα Δt, καὶ ἐπομένως τὸ μῆκος τοῦ τόξου Δs, εἶναι μικρότερον. Ἡ διεύθυνσις τῆς ταχύτητος συμπίπτει πρὸς τὴν ἐφαπτομένην εἰς τὸ σημεῖον Α, διότι ὅταν τὰ σημεῖα Α καὶ Β κεῖνται λίαν πλησίον ἀλλήλων, ἡ χορδὴ ΑΒ συμπίπτει αἰσθητῶς πρὸς τὴν ἐφαπτομένην ἐπὶ τῆς τροχιᾶς εἰς τὸ σημεῖον Α. Τοιουτοτρόπως καταλήγομεν εἰς τὸ συμπέρασμα, ὅτι ***ἡ ταχύτης ὑλικοῦ σημείου, κινουμένου ἐπὶ καμπυλογράμμου τροχιᾶς, εἰς πᾶσαν χρονικὴν στιγμὴν ἔχει διεύθυνσιν συμπίπτουσαν πρὸς τὴν ἐφαπτομένην τῆς τροχιᾶς εἰς τὴν θέσιν, εἰς τὴν ὁποίαν εὑρίσκεται τὸ κινητόν, ἡ δὲ ἀριθμητικὴ τιμὴ τῆς ταχύτητος εἶναι ἴση πρὸς*** $\frac{\Delta s}{\Delta t}$[1].

51. Β'—Κίνησις ὁμαλὴ ἐπὶ κυκλικῆς τροχιᾶς.

Ἔστω ὅτι ὑλικὸν σημεῖον Α (σχ. 37) 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 αὕτη 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. 37. 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 $AB = s$, τότε τὸ πηλίκον s/t ὁρίζει τὸ μέτρον τῆς ταχύτητος ἢ ἄλλως τῆς γραμμικῆς ταχύτητος τοῦ κινητοῦ, ἤτοι : $\upsilon = s/t$.

52. 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 ***T***.

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

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

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

Ἡ ἐξίσωσις διαστάσεων τῆς συχνότητος εἶναι :

$$[\nu] = \frac{1}{[T]} = [T^{-1}]$$

[1] Τὸ σύμβολον Δ ὑποδηλοῖ πολὺ μικράν, ἀλλὰ πεπερασμένην (μετρητέαν) μεταβολὴν τοῦ ἀντιστοίχου μεγέθους.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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**. Ἡ μονὰς αὕτη καλεῖται καὶ **Hertz** (**Hz**) ἢ ***κύκλος κατὰ δευτερόλεπτον*** καὶ συμβολίζεται τότε ὡς 1 c/sec ἢ CPS (Cycle per second).

Εἰς τὸ τεχνικὸν σύστημα, προκειμένου περὶ στρεφομένου περὶ ἄξονα σώματος, ἡ συχνότης ἐκφράζεται συνήθως εἰς ***στροφὰς κατὰ λεπτόν***.

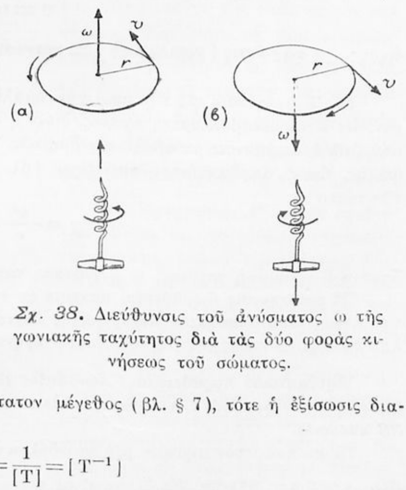
Οὕτως εἰς τὸ σχῆμα 37 ἐάν, διὰ νὰ ἐπανέλθῃ τὸ κινητὸν εἰς τὴν ἀρχικήν του θέσιν Α, ἀφοῦ διαγράψῃ διὰ μίαν φορὰν ὁλόκληρον τὴν περιφέρειαν, ἀπαιτῆται χρόνος $t = \frac{1}{10}$ sec, ἡ περίοδος εἶναι ἀκριβῶς ἴση πρὸς $\frac{1}{10}$ sec, ἡ δὲ συχνότης εἶναι 10 στροφαὶ ἀνὰ δευτερόλεπτον ($\nu = 10\ sec^{-1}$ ἢ 10 Hz).

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

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

$$\boxed{\omega = \frac{\varphi}{t}} \quad \text{ἤτοι:} \quad \boxed{\textbf{γωνιακὴ ταχύτης} = \frac{\text{γωνία στροφῆς}}{\text{χρόνος}}} \qquad (1)$$

Ἡ γωνιακὴ ταχύτης ω παριστᾶται γραφικῶς δι' ἀνύσματος, τὸ ὁποῖον συμβατικῶς λαμβάνεται ὡς κάθετον ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον τῆς κυκλικῆς τροχιᾶς (σχ. 38). Ἡ διεύθυνσις τοῦ ἀνύσματος ω ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν διεύθυνσιν κινήσεως τοῦ σώματος, ὡς εἰς τὸ σχῆμα τοῦτο ἐμφαίνεται. Δηλαδὴ ἡ διεύθυνσις τοῦ ἀνύσματος τῆς γωνιακῆς ταχύτητος εὑρίσκεται ἐκ τῆς διευθύνσεως, κατὰ τὴν ὁποίαν προχωρεῖ δεξιὸς κοχλίας (π. χ. ἐκπωματιστής), ὅταν περιστρέφεται κατὰ τὴν φορὰν τῆς κινήσεως τοῦ σώματος ἐπὶ τῆς κυκλικῆς τροχιᾶς.



Σχ. 38. Διεύθυνσις τοῦ ἀνύσματος ω τῆς γωνιακῆς ταχύτητος διὰ τὰς δύο φορὰς κινήσεως τοῦ σώματος.

Διαστάσεις καὶ μονάδες γωνιακῆς ταχύτητος. Ἐκ τοῦ τύπου (1), ἐὰν λάβωμεν ὑπ' ὄψιν ὅτι ἡ γωνία φ ἀποτελεῖ ἀδιάστατον μέγεθος (βλ. § 7), τότε ἡ ἐξίσωσις διαστάσεων τῆς γωνιακῆς ταχύτητος εἶναι:

$$[\omega] = \frac{[\varphi]}{[t]} = \frac{1}{[T]} = [T^{-1}]$$

καὶ μονὰς αὐτῆς τό:

$$\frac{\mathbf{1}}{\mathbf{sec}} \quad \text{ἢ} \quad \mathbf{1\ sec^{-1}}$$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἰσχύει δὲ καὶ διὰ τὰ δύο συστήματα μονάδων. Ἐπειδὴ ὅμως εἰς ἀμφότερα τὰ συστήματα ἡ μονὰς γωνίας εἶναι τὸ ἀκτίνιον (rad), συνήθως ὡς μονὰς τῆς γωνιακῆς ταχύτητος λαμβάνεται τό: **1 ἀκτίνιον/sec (1 rad/sec)**

ἡ ὁποία συμπίπτει πρὸς τὴν μονάδα sec^{-1}.

Οὕτω, ἐὰν $\omega = 35$ rad/sec, εἶναι ἐπίσης $\omega = 35\ sec^{-1}$.

54. Σχέσις μεταξὺ γωνιακῆς ταχύτητος ω, περιόδου Τ καὶ συχνότητος ν. Ὅταν τὸ σῶμα εἰς χρόνον μιᾶς περιόδου Τ διαγράφῃ μίαν πλήρη περιφέρειαν, στρέφεται κατὰ 2π ἀκτίνια. Συμφώνως πρὸς τὸν ὁρισμὸν τῆς γωνιακῆς ταχύτητος (βλ. τύπον 1 § 53) θὰ εἶναι $\omega = \frac{2\pi}{T}$, ἐπειδὴ δὲ ἐξ ἄλλου $\nu = \frac{1}{T}$ προκύπτει ἐπίσης $\omega = 2\pi\nu$. Τὸ ω καλεῖται πολλάκις καὶ ***κυκλικὴ συχνότης*** καὶ ἐκφράζει τὸν ἀριθμὸν τῶν περιόδων τῶν περιεχομένων εἰς 2π δευτερόλεπτα.

55. Σχέσις μεταξὺ τῆς ταχύτητος υ καὶ τῆς γωνιακῆς ταχύτητος ω. Εἶναι προφανές, 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 γραμμικῆς ταχύτητος υ τῶν σημείων τούτων. Πράγματι, 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 $2\pi/T = \omega$ προκύπτει ὅτι:

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

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

56. 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, ὅπως ἀποδεικνύεται κατωτέρω (βλ. § 64), ἡ ἀριθμητικὴ τιμὴ παρέχεται ὑπὸ τῶν τύπων:

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

ὅπου υ ἡ γραμμικὴ ταχύτης, ω ἡ γωνιακὴ ταχύτης καὶ r ἡ ἀκτὶς τῆς τροχιᾶς.

Ἡ ἐπιτάχυνσις διευθύνεται πάντοτε ἐκ τῆς περιφερείας πρὸς τὸ κέντρον καὶ ἕνεκα τοῦ λόγου τούτου καλεῖται ***κεντρομόλος ἐπιτάχυνσις***· συντελεῖ δὲ 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 ἐκτελεῖ εἰς ἓν πρῶτον λεπτὸν (1 min) 38 στροφάς.***

Τὸ θεωρούμενον σημεῖον τοῦ σφονδύλου ἀπέχει ἀπὸ τοῦ κέντρου αὐτοῦ κατὰ 3m, ἤτοι εἶναι $r = 3m = 300$ cm. Ἐξ ἄλλου εἶναι $\nu = \frac{38}{60} = 0{,}63$ Hz, καὶ συνεπῶς ἡ κυκλικὴ συχνότης εἶναι:

$$\omega = 2\pi\nu = 2 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}63 = 3{,}95\ \text{Hz}.$$

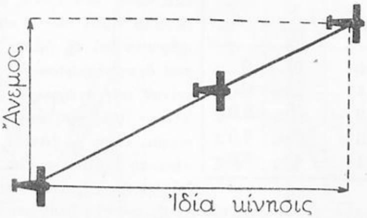
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἐφαρμόζοντες τὴν γνωστὴν σχέσιν $\gamma = \frac{\upsilon^2}{r} = \omega^2 r$, ἀντικαθιστῶντες τὰ γνωστὰ καὶ ἐργαζόμενοι εἰς τὸ σύστημα μονάδων CGS λαμβάνομεν:

$$\gamma = 3{,}95^2 \cdot 300 = 4680 \ \frac{\mathrm{cm}}{\mathrm{sec}^2}$$

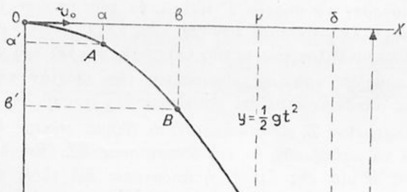
57. Ἀρχὴ τῆς ἀνεξαρτησίας τῶν κινήσεων. Ἡ κινηματικὴ συμπληροῦται ὑπὸ σπουδαιοτάτης ἐμπειρικῆς ἀρχῆς, ἥτις καλεῖται ***ἀρχὴ τῆς ἀνεξαρτησίας τῶν κινήσεων*** καὶ διατυποῦται ὡς ἑξῆς:

Ἐὰν κινητὸν μετέχῃ δύο 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. 39. Ὑπὸ τὴν σύγχρονον ἐπίδρασιν 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 μετέχει τῶν 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 39.



Σχ. 40. Παραβολικὴ τροχιὰ βλήματος ἐκσφενδονιζομένου ὁριζοντίως.

58. Ἐφαρμογαί. ***Α′ — Βολὴ ὁριζοντία.*** Ἔστω, ὅτι πυροβόλον, εὑρισκόμενον εἰς ὕψος h ἀπὸ τοῦ ἐδάφους, βάλλει βλῆμα ὁριζοντίως, μὲ ἀρχικὴν ταχύτητα υ_0. Τὸ βλῆμα ἐξερχόμενον τοῦ πυροβόλου μετέχει δύο κινήσεων, μιᾶς εὐθυγράμμου καὶ ὁμαλῆς, κατὰ διεύθυνσιν ὁριζοντίαν, καὶ ἑτέρας εὐθυγράμμου ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένης κατὰ τὴν κατακόρυφον, λόγῳ τῆς ἕλξεως τῆς Γῆς. Ὡς ἐκ τούτου, τὸ βλῆμα ἐν τῇ κινήσει αὐτοῦ θὰ εὑρίσκεται εἰς τὸ κατακόρυφον ἐπίπεδον, τὸ ὁριζόμενον ὑπὸ τῆς κατακορύφου καὶ τῆς ὁριζοντίας του ταχύτητος. Πρὸς εὕρεσιν τῆς τροχιᾶς τοῦ κινητοῦ, λαμβάνομεν ὀρθογωνίους ἄξονας, — OX ὁριζόντιον κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς ἀρχικῆς ταχύτητος υ_0, καὶ OΨ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

κατακόρυφον (σχ. 40). Αἱ ἐξισώσεις κινήσεως θὰ εἶναι, κατὰ τὴν ὁριζοντίαν διεύθυνσιν: $x = \upsilon_0 t$, καὶ κατὰ τὴν κατακόρυφον: $y = \frac{1}{2} gt^2$.

Ἤδη σχηματίζομεν τὸν κάτωθι πίνακα τῶν τιμῶν τῶν x καὶ y διὰ τὰς διαφόρους τιμὰς τοῦ t, ὁρίζοντες δὲ καταλλήλους κλίμακας διὰ τὸ υ_0 καὶ g, ἀναφέρομεν τὰς τιμὰς αὐτοῦ ἐπὶ τῶν δύο ἀξόνων, ἐργαζόμενοι ὡς ἑξῆς: Εἰς τὴν ἀρχὴν τοῦ χρόνου, δηλαδὴ πρὸ τῆς ἐκκινήσεως τοῦ βλήματος, ὅτε $t = 0$, θὰ εἶναι $x = 0$ καὶ $y = 0$. Διὰ τιμὰς τοῦ $t = 1, 2, 3...$ sec προκύπτουν αἱ εἰς τὸν παρακείμενον πίνακα τιμαὶ τῶν x καὶ y. Τὰς τιμὰς τῶν x καὶ y τοῦ πίνακος, ἀναφέρομεν ἐπὶ τῇ βάσει τῶν ὁρισθεισῶν κλιμάκων ἐπὶ τῶν δύο ἀξόνων τοῦ διαγράμματος ἐργαζόμενοι ὡς ἑξῆς: Ἐὰν τὸ κινητὸν μετέχῃ μιᾶς μόνον τῶν κινήσεων, π.χ. μόνον τῆς ὁριζοντίας, διανύει μετὰ παρέλευσιν μιᾶς χρονικῆς μονάδος ἀπὸ τῆς ἀρχῆς τῆς κινήσεως τὸ διάστημα $O\alpha = \upsilon_0$, ἐὰν δὲ μετέχῃ μόνον τῆς κατακορύφου κινήσεως, διανύει τὸ διάστημα $O\alpha' = 0{,}5 \cdot g$. Ἐὰν ὅμως μετέχῃ ταυτοχρόνως τῶν δύο κινήσεων, μετὰ παρέλευσιν μιᾶς χρονικῆς μονάδος ἀπὸ τῆς ἀρχῆς φθάνει εἰς τὸ σημεῖον Α, ἄκρον τῆς διαγωνίου τῶν Οα καὶ Οα', συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς ἀνεξαρτησίας τῶν κινήσεων.

t sec	x cm	y cm
0	0	0
1	$1 \cdot \upsilon_0$	$0{,}5 \cdot g$
2	$2 \cdot \upsilon_0$	$2{,}0 \cdot g$
3	$3 \cdot \upsilon_0$	$4{,}5 \cdot g$
4	$4 \cdot \upsilon_0$	$8{,}0 \cdot g$

Ὁμοίως τὸ κινητόν, ἐὰν μετέχῃ μιᾶς μόνον τῶν κινήσεων, π. χ. τῆς ὁριζοντίας, μετὰ παρέλευσιν δύο χρονικῶν μονάδων ἀπὸ τῆς ἀρχῆς τῆς κινήσεως διανύει τὸ διάστημα $O\beta = 2\upsilon_0$, ἐνῷ ἐὰν μετέχῃ μόνον τῆς κατακορύφου κινήσεως διανύει τὸ διάστημα $O\beta' = 2g$. Ἐφ' ὅσον ὅμως μετέχει καὶ τῶν δύο κινήσεων εἰς τὸν αὐτὸν χρόνον, θὰ φθάσῃ εἰς τὸ σημεῖον Β, τὸ ὁποῖον συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς ἀνεξαρτησίας τῶν κινήσεων εἶναι τὸ ἄκρον Β τῆς διαγωνίου τοῦ παραλληλογράμμου τοῦ Οβ καὶ Οβ'.

Καθ' ὅμοιον τρόπον σκεπτόμενοι εὑρίσκομεν τὰ σημεῖα Γ καὶ Δ, ἐκ τῶν ὁποίων τὸ πρῶτον εἶναι τὸ ἄκρον τῆς διαγωνίου τοῦ παραλληλογράμμου τῶν $O\gamma = 3\upsilon_0$ καὶ $O\gamma' = 4{,}5$ g, τὸ δὲ δεύτερον τὸ ἄκρον τῆς διαγωνίου τοῦ παραλληλογράμμου τῶν $O\delta = 4\upsilon_0$ καὶ $O\delta' = 8$ g.

Ἐὰν ἑνώσωμεν τὰ σημεῖα αὐτὰ διὰ συνεχοῦς γραμμῆς, εὑρίσκομεν τὴν τροχιὰν τὴν ὁποίαν θὰ ἀκολουθήσῃ τὸ κινητὸν καὶ ἥτις ἀποδεικνύεται ὅτι εἶναι καμπύλη παραβολή.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει, ὅτι τὸ σημεῖον Ζ, εἰς τὸ ὁποῖον τὸ βλῆμα πίπτον ἐξ ὕψους h θὰ συναντήσῃ τὸ ἔδαφος, δύναται νὰ καθορισθῇ ἐκ τῆς ἀποστάσεως ΕΖ. Ἐπειδὴ δὲ αἱ δύο κινήσεις ἐκτελοῦνται ἀνεξαρτήτως ἡ μία τῆς ἄλλης, ἡ ἀπόστασις ΕΖ εἶναι τὸ διάστημα, τὸ ὁποῖον θὰ διανύσῃ τὸ κινητὸν ὁριζοντίως εἰς χρόνον t, ὅστις εἶναι ὁ χρόνος τὸν ὁποῖον τὸ βλῆμα, πίπτον κατακορύφως ἐξ ὕψους h, χρειάζεται ἵνα φθάσῃ τὸ ἔδαφος (§ 47).

Ἐπειδὴ δὲ $h = \frac{1}{2} gt^2$, εὑρίσκομεν: $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ καὶ ἑπομένως: $EZ = \upsilon_0 t = \upsilon_0 \sqrt{\frac{2h}{g}}$.

Ἐνταῦθα ἡ τροχιὰ τοῦ κινητοῦ εἶναι καμπυλόγραμμος, διότι αἱ δύο κινήσεις εἶναι ἀνομοειδεῖς, ἤτοι ἡ μία εὐθύγραμμος καὶ ὁμαλὴ καὶ ἡ ἄλλη εὐθύγραμμος ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένη.

Ἡ ταχύτης τοῦ σώματος εἴς τι σημεῖον τῆς τροχιᾶς του, π. χ. τὸ Γ (σχ. 40), εἶναι ἡ συνισταμένη τῶν δύο ταχυτήτων, τὰς ὁποίας ἔχει εἰς χρόνον t — δηλαδὴ τῆς ὁριζοντίας, ἡ ὁποία εἶναι σταθερὰ καὶ ἴση πρὸς υ_0, καὶ τῆς κατακορύφου, ἡ ὁποία ἰσοῦται πρὸς gt. Ἐπειδὴ δὲ αἱ δύο συνιστῶσαι ταχύτητες εἶναι κάθετοι ἐπ' ἀλλήλας, ἡ τιμὴ τῆς ταχύτητος ἐπὶ τῆς τροχιᾶς εἰς Γ, τῆς ὁποίας ἡ διεύθυνσις συμπίπτει πρὸς τὴν τῆς ἐφαπτομένης εἰς Γ, παρέχεται ὑπὸ τοῦ τύπου:

$$\text{ταχύτης εἰς } \Gamma = \sqrt{\upsilon_0^2 + g^2 \cdot t^2}$$

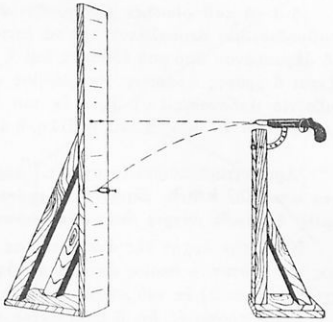
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Οὕτω, διὰ $\upsilon_0 = 600$ m/sec, $g = 10$ m/sec^2 καὶ $\mathbf{t} = 30$ sec, προκύπτει:

$$\text{ταχύτης εἰς } \Gamma = \sqrt{600^2 + 10^2 \cdot 30^2} = 671 \text{ m/sec περίπου.}$$

Ἡ ἐπιτάχυνσις τοῦ σώματος κατά τινα στιγμὴν εἶναι ἡ συνισταμένη τῶν ἐπιταχύνσεων τῶν δύο κινήσεων. Εἰς τὴν προκειμένην περίπτωσιν ἡ καθ' ὁριζοντίαν διεύθυνσιν κίνησις τοῦ σώματος γίνεται μὲ ταχύτητα $\upsilon_0 =$ σταθ. καὶ συνεπῶς $\gamma = 0$, ἐνῷ ἡ ἑτέρα κίνησις λαμβάνουσα χώραν ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ βάρους, ἔχει ἐπιτάχυνσιν σταθερὰν g. Συνεπῶς ἡ ὁλικὴ ἐπιτάχυνσις τοῦ βλήματος εἶναι διαρκῶς ἴση πρὸς τὸ g.

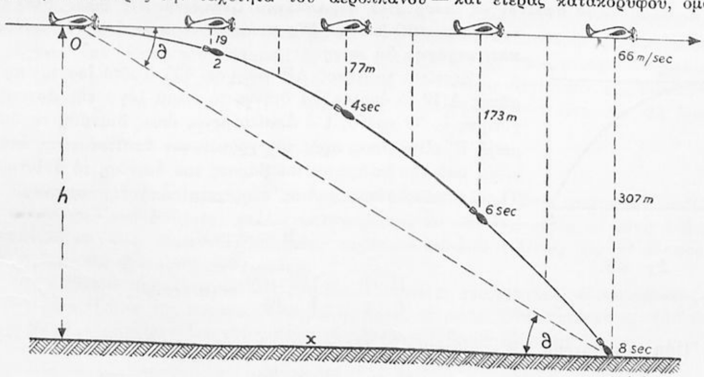
Εἰς τὴν διάταξιν τοῦ σχ. 41, πιστόλιον δι' ἐλατηρίου ἐκσφενδονίζει βλῆμα, καὶ δεικνύεται ἡ παραβολικὴ τροχιὰ τὴν ὁποίαν τοῦτο ἀκολουθεῖ. Δυνάμεθα νὰ ἐπαληθεύσωμεν τοὺς ἀνωτέρω τύπους διὰ μετρήσεως, ἐπὶ ξυλίνου μετρικοῦ κανόνος εὑρισκομένου εἰς ὡρισμένην γνωστὴν ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ πιστολίου, τῆς κατακορύφου ἀποστάσεως τῆς θέσεως εἰς τὴν ὁποίαν ἐνσφηνοῦται τὸ βλῆμα, ἐν σχέσει μὲ τὴν ὁριζοντίαν διεύθυνσιν.



Σχ. 41. Πειραματικὴ διάταξις διὰ τὴν ἐκσφενδόνισιν βλήματος εἰς ὁριζοντίαν βολήν.

59. Βομβαρδισμὸς ἀπὸ ἀεροπλάνου. Ἐφαρμογὴν τῆς ὁριζοντίας βολῆς ἀποτελεῖ ὁ βομβαρδισμὸς ἀπὸ ἀεροπλάνου, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχ. 42. Τὸ ἀεροπλάνον ἵπταται εἰς σταθερὸν ὕψος καὶ κινεῖται ὑπὸ σταθερὰν ταχύτητα, διὰ νὰ βομβαρδισθῇ δὲ στόχος εὑρισκόμενος ἐπὶ τοῦ ἐδάφους πρέπει ὁ ἀεροπόρος ν' ἀφήσῃ τὴν βόμβαν εἰς ὡρισμένην ὁριζοντίαν ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ στόχου.

Ἡ βόμβα, ἀφιεμένη ἐλευθέρα, μετέχει δύο κινήσεων, μιᾶς ὁριζοντίας — ἡ ταχύτης τῆς ὁποίας συμπίπτει πρὸς τὴν ταχύτητα τοῦ ἀεροπλάνου — καὶ ἑτέρας κατακορύφου, ὁμαλῶς



Σχ. 42. Βομβαρδισμὸς ἀπὸ ἀεροπλάνου, στόχου εὑρισκομένου ἐπὶ τοῦ ἐδάφους.

ἐπιταχυνομένης ὑπὸ τὴν ἐπιτάχυνσιν g τῆς βαρύτητος. Συνεπείᾳ τῶν δύο τούτων κινήσεων, ἡ βόμβα ἀκολουθεῖ τὴν παραβολικὴν τροχιὰν τοῦ σχήματος καὶ οὕτω ἐπιτυγχάνει τὸν στόχον.

Ἄξιον παρατηρήσεως εἶναι ὅτι, ὅταν ἡ βόμβα φθάνῃ ἐπὶ τοῦ στόχου, τὸ ἀεροπλάνον

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

εὑρίσκεται ἐπὶ τῆς κατακορύφου τῆς διερχομένης διὰ τοῦ στόχου, τοῦτο δὲ προδήλως ἰσχύει, ὅταν δὲν λαμβάνωμεν ὑπ' ὄψιν τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀέρος. Εἰς τὴν πραγματικότητα, λόγῳ τῆς ἀντιστάσεως τοῦ ἀέρος, ἡ βόμβα ἐπὶ τοῦ στόχου δὲν εὑρίσκεται ἐπὶ τῆς αὐτῆς κατακορύφου τῆς ἀγομένης ἐκ τῆς θέσεως τοῦ ἀεροπλάνου, ἀλλ' ὀλίγον ὄπισθεν αὐτῆς.

Διὰ νὰ καθορίσωμεν τὴν γωνίαν ϑ, ὑπὸ τὴν ὁποίαν πρέπει νὰ σκοπεύσῃ τὸν στόχον βομβαρδιστικὸν ἀεροπλάνον διὰ νὰ ἐπιτύχῃ αὐτόν, ἀπαιτοῦνται δύο στοιχεῖα, τὸ ὕψος (h) τοῦ ἀεροπλάνου ἀπὸ τοῦ ἐδάφους καὶ ἡ ταχύτης αὐτοῦ. Πράγματι ἐκ τοῦ ὕψους h ὑπολογίζεται ὁ χρόνος πτώσεως τῆς βόμβας καὶ ἐκ τοῦ χρόνου καὶ ταχύτητος ὑπολογίζεται ἡ ὁριζοντία ἀπόστασις (x). Τότε ἐκ τοῦ ὀρθογωνίου τριγώνου, τοῦ ὁποίου ἡ μία κάθετος πλευρὰ εἶναι τὸ ὕψος h καὶ ἡ ἄλλη, ἡ ὁριζοντία ἀπόστασις x, εὑρίσκομεν: $\varepsilon\varphi\vartheta = h/x$.

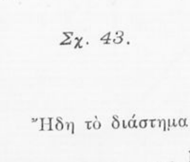
Ἀριθμητικὰ παραδείγματα. 1. ***Ἀεροπλάνον ἵπταται εἰς ὕψος h = 100 m μὲ ταχύτητα υ = 200 km/h. Ζητεῖται ὁ χρόνος, ὁ ὁποῖος θὰ μεσολαβήσῃ ἀφ' ἧς στιγμῆς θὰ ριφθῇ ἡ βόμβα μέχρις ὅτου αὕτη συναντήσῃ τὸν στόχον.***

Κατὰ τὴν ἀρχὴν τῆς ἀνεξαρτησίας τῶν κινήσεων, ὁ ζητούμενος χρόνος t εἶναι ἴσος πρὸς τὸν χρόνον, ὁ ὁποῖος ἀπαιτεῖται, ὅπως ἡ βόμβα ἀφιεμένη ἐλευθέρα (δηλ. μὲ ἀρχικὴν ταχύτητα $\upsilon_0 = 0$) ἐκ τοῦ αὐτοῦ ὕψους h φθάσῃ ἐπὶ τοῦ ἐδάφους.

Εἶναι προφανές, ὅτι ὁ ζητούμενος χρόνος εἶναι ἀνεξάρτητος τῆς ἀρχικῆς ταχύτητος τῆς βόμβας, ἥτις εἶναι ἡ ἰδία μὲ τὴν τοῦ ἀεροπλάνου. Ὁ ζητούμενος ὅμως χρόνος δίδεται ἀπὸ τὴν γνωστὴν ἐξίσωσιν $s = \frac{1}{2} gt^2$. Δι' ἐπιλύσεως ὡς πρὸς t λαμβάνομεν $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$, ὅπου ἐτέθη ἀντὶ s τὸ ὕψος h.

Πρὶν προχωρήσωμεν εἰς τὴν ἀλγεβρικὴν λύσιν τοῦ προβλήματος πρέπει νὰ ἐκλέξωμεν τὸ κατάλληλον σύστημα μονάδων. Ὡς τοιοῦτον ἐκλέγομεν τὸ CGS. Οὕτω ἔχομεν διὰ τὰ δεδομένα $h = 100\,m = 10^4\,cm$ καὶ κατὰ προσέγγισιν $g = 10^3\,cm/sec^2$. Δι' ἀντικαταστάσεως εἰς τὴν ἀνωτέρω ἐξίσωσιν λαμβάνομεν: $\mathbf{t} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^4}{10^3}} = \sqrt{20} = \mathbf{4{,}5\ sec.}$

2. ***Βαρὺ σῶμα ἀφίεται νὰ πέσῃ ἀπὸ ἀεροπλάνου ἱπταμένου εἰς ὕψος 500 m μὲ ταχύτητα 360 km/h. Εἰς ποίαν ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ ποδὸς τῆς κατακορύφου θὰ πέσῃ.***



Σχ. 43.

Ζητεῖται τὸ μῆκος ΑΒ = s (σχ. 43). Τοῦτο ἰσοῦται πρὸς τὸ μῆκος Α'Β' τὸ ὁποῖον θὰ διήνυε τὸ σῶμα λόγῳ τῆς ἀρχικῆς ταχύτητος υ. Ὁ χρόνος t ὁ ἀπαιτούμενος ὅπως διανυθῇ τὸ διάστημα Α'Β' εἶναι ἴσος πρὸς τὸν χρόνον τὸν ἀπαιτούμενον, ὅπως τὸ σῶμα ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ βάρους του διανύσῃ τὸ διάστημα h. Ὁ τελευταῖος οὗτος χρόνος εὑρίσκεται ἀπὸ τὴν σχέσιν:

$$h = \frac{1}{2} gt^2.$$

Ἤτοι: $t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 500}{10}} = 10$ sec.

Ἤδη τὸ διάστημα ΑΒ εὑρίσκομεν ἐκ τῆς σχέσεως $s = \upsilon t$, ὅπου θέτομεν $t = 10$ sec καὶ

$$\upsilon = 360 \frac{km}{h} = 360 \cdot 10^5 \frac{cm}{h} = \frac{3600 \cdot 10^4}{3600} \frac{cm}{sec} = 10^4 \frac{cm}{sec}$$

ἤτοι: $\mathbf{s} = 10^4 \cdot 10 = 10^5\,cm = 10^3\,m = \mathbf{1\ km.}$ Ἐπομένως τὸ βλῆμα θὰ πέσῃ ἐπὶ σημείου Β ἀπέχοντος 1 χιλιόμετρον ἀπὸ τοῦ ποδὸς τῆς κατακορύφου Α.

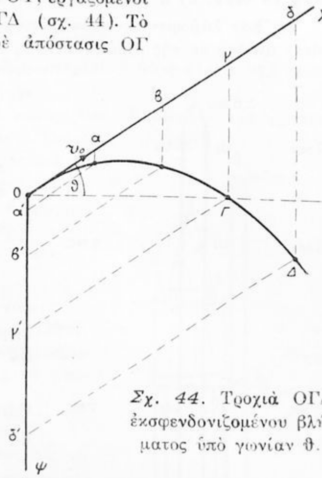
60. Β'—Βολὴ ὑπὸ γωνίαν. Ἔστω ὅτι πυροβόλον ὅπλον εὑρισκόμενον ἐπὶ τοῦ ἐδάφους

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

βάλλει βλῆμα ὑπὸ ἀρχικὴν ταχύτητα $υ_0$, σχηματίζουσαν γωνίαν $ϑ$ ὡς πρὸς τὴν ὁριζοντίαν ΟΓ. Πρὸς εὕρεσιν τῆς τροχιᾶς, τὴν ὁποίαν ἀκολουθεῖ τὸ κινητόν, ἀναφέρομεν τὰς τιμὰς τοῦ προηγουμένου πίνακος εἰς τοὺς ἄξονας ΟΧ καὶ ΟΨ, ἐργαζόμενοι δὲ καθ' ὅμοιον τρόπον εὑρίσκομεν τὴν καμπύλην ΟΓΔ (σχ. 44). Τὸ βλῆμα συναντᾷ τὸ ἔδαφος εἰς τὸ σημεῖον Γ, ἡ δὲ ἀπόστασις ΟΓ καλεῖται ***βεληνεκές***.

Πρὸς εὕρεσιν τῆς ταχύτητος καὶ ἐπιταχύνσεως τοῦ κινητοῦ καθ' ἑκάστην στιγμὴν εἴς τι τυχὸν σημεῖον τῆς τροχιᾶς του ἐργαζόμεθα, ὡς ἐλέχθη καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς ὁριζοντίας βολῆς.

Ἐπὶ τῆς σπουδῆς τῆς κινήσεως τῶν βλημάτων θὰ ἐπανέλθωμεν ἐκτενέστερον εἰς τὸ κεφάλαιον τῆς Βαρύτητος.



Σχ. 44. Τροχιὰ ΟΓΔ ἐκσφενδονιζομένου βλήματος ὑπὸ γωνίαν $ϑ$.

61. Γ'—Κατακόρυφος βολὴ πρὸς τὰ κάτω. Ἐφ' ὅσον τὸ σῶμα βάλλεται κατακορύφως πρὸς τὰ κάτω ὑπὸ ἀρχικὴν ταχύτητα $υ_0$, ἡ κίνησις αὕτη δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς σύνθετος, ἤτοι ἐκ μιᾶς ὑπὸ σταθερὰν ταχύτητα $υ_0$ καὶ ἑτέρας εὐθυγράμμου, ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένης μὲ ἐπιτάχυνσιν g, τῆς ὁποίας ἡ διεύθυνσις συμπίπτει πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς ταχύτητος $υ_0$, ἑπομένως πρέπει νὰ ἔχωμεν διὰ τὴν ταχύτητα καὶ τὸ διάστημα, συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς ἀνεξαρτησίας τῶν κινήσεων:

$$υ = υ_0 + gt \quad καὶ \quad s = υ_0 t + \frac{1}{2} gt^2$$

62. Δ'—Κατακόρυφος βολὴ πρὸς τὰ ἄνω. Ἐφ' ὅσον τὸ σῶμα βάλλεται ὑπὸ ταχύτητα $υ_0$ κατακορύφως πρὸς τὰ ἄνω, ἡ κίνησις αὐτοῦ δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς σύνθετος, ἤτοι ἐκ μιᾶς κινήσεως εὐθυγράμμου καὶ ὁμαλῆς, ὑπὸ ταχύτητα $υ_0$, διευθυνομένης κατακορύφως πρὸς τὰ ἄνω, καὶ ἑτέρας εὐθυγράμμου, ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένης ὑπὸ ἐπιτάχυνσιν g, διευθυνομένης κατακορύφως πρὸς τὰ κάτω, ἤτοι ἐχούσης διεύθυνσιν ἀντίθετον τῆς διευθύνσεως τῆς ταχύτητος $υ_0$. Συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς ἀνεξαρτησίας τῶν κινήσεων, θὰ ἔχωμεν:

$$υ = υ_0 - gt, \quad καὶ \quad s = υ_0 t - \frac{1}{2} gt^2$$

Ἀριθμητικὰ παραδείγματα. *1.* ***Ἄνθρωπος εὑρισκόμενος ἐπὶ κωδωνοστασίου, εἰς ὕψος 60 m ἀπὸ τοῦ ἐδάφους, βάλλει κατακορύφως ἐκ τῶν ἄνω πρὸς τὰ κάτω λίθον μὲ ταχύτητα 15 m / sec. Ζητεῖται, μὲ ποίαν ταχύτητα φθάνει ὁ λίθος εἰς τὸ ἔδαφος καὶ πόσον χρόνον θὰ χρειασθῇ πρὸς τοῦτο.***

Ἐὰν λάβωμεν πρὸς ἁπλοποίησιν τῶν ὑπολογισμῶν $g = 10$ m/sec², τότε συμφώνως πρὸς τοὺς ἀνωτέρω τύπους τῆς κατακορύφου βολῆς πρὸς τὰ κάτω, ἐὰν θέσωμεν $υ_0 = 15$ m/sec καὶ $s = 60$ m, εὑρίσκομεν διὰ τὸν χρόνον τὴν δευτεροβάθμιον ἐξίσωσιν:

$$5t^2 + 15t - 60 = 0$$

ἡ ὁποία ἐπιλυομένη παρέχει μίαν ρίζαν θετικὴν **t=2,27 sec,** ἐνῷ ἡ ἑτέρα ὡς ἀρνητικὴ ἀπορρίπτεται.

Ἡ ταχύτης εὑρίσκεται ἐκ τοῦ τύπου $υ = υ_0 + gt$, ἐὰν θέσωμεν $υ_0 = 15$ m/sec, $g = 10$ m/sec² καὶ $t = 2{,}27$ sec, ὅτε εἶναι: $υ = 15 + 10 \cdot 2{,}27 = 37{,}7$ **m / sec**.

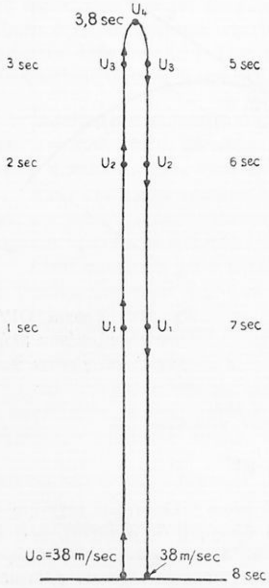
2. ***Λίθος βάλλεται κατακορύφως πρὸς τὰ ἄνω, μὲ ἀρχικὴν ταχύτητα 38*** m/sec

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

(σχ. 45). Νὰ ὑπολογισθῇ: α) ὁ χρόνος, τὸν ὁποῖον χρειάζεται ὁ λίθος διὰ νὰ ἀποκτήσῃ τὸ μέγιστον ὕψος, β) τὸ μέγιστον ὕψος, γ) ὁ χρόνος, τὸν ὁποῖον χρειάζεται διὰ νὰ κατέλθῃ ἐκ νέου, δ) ἡ ταχύτης, τὴν ὁποίαν θὰ ἔχῃ, ὅταν φθάσῃ εἰς τὸ ἔδαφος.

α) Ἐὰν λάβωμεν πρὸς ἁπλούστευσιν τῶν ὑπολογισμῶν $g = 10$ m/sec², εὑρίσκομεν τὸν χρόνον ἀνόδου ἐκ τῆς σχέσεως $\upsilon = \upsilon_0 - gt$, ἐὰν θέσωμεν $\upsilon = 0$, $\upsilon_0 = 38$ m/sec δεδομένου ὅτι εἰς τὸ ἀνώτατον σημεῖον ἡ ταχύτης εἶναι μηδέν, ὅτε εὑρίσκομεν:

$$38 - 10 \cdot t = 0 \text{ καὶ } t = 3{,}8 \text{ sec}$$



Σχ. 45. Λίθος βαλλόμενος κατακορύφως ἀπὸ τοῦ ἐδάφους ἐπαναπίπτει καὶ φθάνει εἰς τὸ ἔδαφος μὲ τὴν ἰδίαν ταχύτητα, μὲ τὴν ὁποίαν ἐβλήθη.

β) Τὸ μέγιστον ὕψος ὑπολογίζομεν ἐκ τοῦ τύπου: $s = \upsilon_0 t - \frac{1}{2} gt^2$, ἐὰν θέσωμεν $\upsilon_0 = 38$ m/sec, $t = 3{,}8$ sec καὶ $g = 10$ m/sec², ὅτε θὰ ἔχωμεν:

$$s = 38 \cdot 3{,}8 - \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot (3{,}8)^2 = 72{,}2 \text{ m}$$

Εἰς τὸ αὐτὸ ἀποτέλεσμα καταλήγομεν, ἐὰν μεταξὺ τῶν τύπων $\upsilon = \upsilon_0 - gt$ καὶ $s = \upsilon_0 t - \frac{1}{2} gt^2$ ἀπαλείψωμεν τὸν χρόνον, ὅτε εὑρίσκομεν $\upsilon^2 = \upsilon_0^2 - 2\,gs$. Ἐὰν εἰς τὸν τύπον τοῦτον θέσωμεν $\upsilon = 0$, προκύπτει:

$$s = \upsilon_0^2/2\,g.$$

Θέτοντες εἰς τὸν τύπον τοῦτον $\upsilon_0 = 38$ m/sec καὶ $g = 10$ m/sec², εὑρίσκομεν $s = 72{,}2$ m.

γ) Ὁ χρόνος, κατὰ τὸν ὁποῖον θὰ κατέλθῃ τὸ σῶμα ἐκ τοῦ μεγίστου ὕψους, εὑρίσκεται ἐκ τοῦ τύπου $s = gt^2/2$, λαμβανομένου ὑπ' ὄψιν ὅτι ὁ λίθος θ' ἀρχίσῃ, ἀπὸ τοῦ ἀνωτάτου ὕψους, νὰ κατέρχεται μὲ κίνησιν ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένην. Ἐκ τῆς ἄνω σχέσεως, ἐὰν θέσωμεν $s = 72{,}2$ m, $g = 10$ m/sec², εὑρίσκομεν:

$$t^2 = \frac{2s}{g} = \frac{144{,}4}{10} = 14{,}44 \text{ sec} \quad \text{καὶ} \quad t = 3{,}8 \text{ sec},$$

ἤτοι τὸ σῶμα, διὰ νὰ κατέλθῃ ἐκ τοῦ μεγίστου ὕψους, ἐχρειάσθη τόσον χρόνον ὅσον διὰ νὰ ἀνέλθῃ.

δ) Ἡ ταχύτης, μὲ τὴν ὁποίαν θὰ φθάσῃ ὁ λίθος ἐκ νέου εἰς τὸ ἔδαφος, εἶναι $\upsilon = gt$. Οὕτω, ἐὰν θέσωμεν $g = 10$ m/sec² καὶ $t = 3{,}8$ sec, εὑρίσκομεν $\upsilon = 38$ **m/sec**, ἤτοι ἡ ταχύτης, μὲ τὴν ὁποίαν φθάνει ὁ λίθος εἰς τὸ ἔδαφος, εἶναι ἴση πρὸς τὴν ταχύτητα, μὲ τὴν ὁποίαν ἐβλήθη πρὸς τὰ ἄνω.

3. ***Ἀπὸ κωδωνοστασίου ὕψους 60 m, ἄνθρωπος βάλλει κατακορύφως πρὸς τὰ ἄνω λίθον, ὑπὸ ταχύτητα 25 m/sec (σχ. 46). Ζητεῖται, πόσον χρόνον θὰ χρειασθῇ ὁ λίθος διὰ νὰ φθάσῃ εἰς τὸ ἔδαφος.***

Πρὸς λύσιν τοῦ συνθέτου τούτου προβλήματος, σκεπτόμεθα ὡς ἑξῆς: Ἐν πρώτοις, ὁ ἄνθρωπος, εὑρισκόμενος εἰς ὕψος 60 m ἀπὸ τοῦ ἐδάφους, βάλλει τὸν λίθον κατακορύφως πρὸς τὰ ἄνω, ὑπὸ ἀρχικὴν ταχύτητα 25 m/sec. Κατὰ τὴν φάσιν ταύτην, ἡ κίνησις εἶναι ὁμαλῶς ἐπιβραδυνομένη καὶ ὁ λίθος θ' ἀνέρχεται μέχρις ὅτου ἡ ταχύτης αὐτοῦ μηδενισθῇ. Ὁ ἀπαιτούμενος χρόνος ὑπολογίζεται ἐκ τοῦ τύπου $\upsilon = \upsilon_0 - gt$, ἐὰν τεθῇ $\upsilon = 0$, $\upsilon_0 = 25$ m/sec καὶ $g = 10$ m/sec². Δι' ἐπιλύσεως αὐτοῦ ὡς πρὸς t εὑρίσκομεν:

$$t = \frac{\upsilon_0}{g} = \frac{25}{10} = 2{,}5 \text{ sec}$$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Τὸ ὕψος, εἰς τὸ ὁποῖον θ' ἀνέλθῃ ὁ λίθος ἀπὸ τῆς θέσεως ἀπὸ τῆς ὁποίας ἐβλήθη, δύναται νὰ εὑρεθῇ ἐκ τοῦ τύπου $s = \upsilon_0 t - {}^1/_2\, gt^2$, ἐὰν τεθῇ ἐν αὐτῷ $\upsilon_0 = 25$ m/sec, $t = 2{,}5$ sec καὶ $g = 10$ m/sec², ὅτε θὰ ἔχωμεν:

$$s = 25 \cdot 2{,}5 - \frac{1}{2}\, 10 \cdot 2{,}5^2 = 31{,}2 \text{ m}$$

ἤτοι ὁ λίθος θ' ἀνέλθῃ εἰς ὕψος 31,2 m ἀπὸ τοῦ κωδωνοστασίου ἢ $60 + 31{,}2 = 91{,}2$ m ἀπὸ τοῦ ἐδάφους.

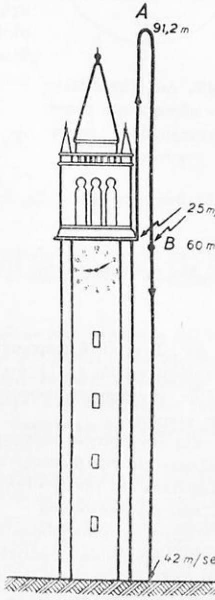
Ἀπὸ τοῦ ὕψους τούτου ὁ λίθος θὰ ἀρχίσῃ νὰ κατέρχεται μὲ κίνησιν εὐθύγραμμον, ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένην, ὑπὸ ἐπιτάχυνσιν $g = 10$ m/sec². Ὅπως εὕρωμεν τὸν χρόνον, τὸν ὁποῖον θὰ χρειασθῇ τὸ σῶμα διὰ νὰ φθάσῃ εἰς τὸ ἔδαφος, ἐφαρμόζομεν τὸν τύπον $s = gt^2/2$, εἰς τὸν ὁποῖον θέτομεν $s = 91{,}2$ m, $g = 10$ m/sec² καὶ ἐπιλύομεν αὐτὸν ὡς πρὸς t, ὅτε θὰ ἔχωμεν:

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot 91{,}2}{10}} = 4{,}2 \text{ sec.}$$

Ἑπομένως, ὁ συνολικὸς χρόνος ποὺ ἐχρειάσθη ὁ λίθος, ἀπὸ τῆς στιγμῆς ποὺ ἐξεσφενδονίσθη ἀπὸ τοῦ κωδωνοστασίου κατακορύφως πρὸς τὰ ἄνω, μέχρις ὅτου φθάσῃ εἰς τὸ ἔδαφος εἶναι:

$$t = 2{,}5 + 4{,}2 = 6{,}7 \text{ sec.}$$

Ἡ ταχύτης, μὲ τὴν ὁποίαν θὰ φθάσῃ ὁ λίθος εἰς τὸ ἔδαφος ἐξ ὕψους 91,2 m, εὑρίσκεται ἐκ τῆς σχέσεως $\upsilon = gt$, ἐὰν θέσωμεν $g = 10$ m/sec² καὶ $t = 4{,}2$ sec, ὅτε προκύπτει $\upsilon = 42$ m/sec.



Σχ. 46. Σῶμα, βαλλόμενον κατακορύφως πρὸς τὰ ἄνω, ὑπὸ ὡρισμένην ἀρχικὴν ταχύτητα, φθάνει εἰς προκαθωρισμένον ὕψος καὶ καταπίπτει μὲ αὐξανομένην ταχύτητα.

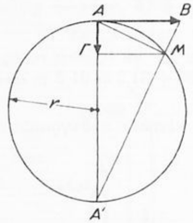
63. Σύγκρισις κατακορύφου βολῆς πρὸς τὰ ἄνω καὶ τῆς ἐλευθέρας πτώσεως σώματος ἐκ τοῦ μεγίστου ὕψους. Ἐκ τῆς σπουδῆς τῆς κατακορύφου βολῆς συνάγομεν ὅτι τὸ σῶμα, ὅταν βληθῇ κατακορύφως πρὸς τὰ ἄνω, ἀνέρχεται μέχρι μεγίστου ὕψους, τὸ ὁποῖον καθορίζεται ὑπὸ τῆς σχέσεως $h = \upsilon_0^2/2\,g$, καὶ χρειάζεται πρὸς τοῦτο χρόνον $t = \upsilon_0/g$. Ὅταν ὅμως φθάσῃ εἰς τὸ μέγιστον ὕψος, ἡ ταχύτης του ἔχει μηδενισθῇ καὶ τότε ἀρχίζει νὰ πίπτῃ ἐλευθέρως. Ὡς ὅμως εὐκόλως ἐκ τῶν τύπων δεικνύεται, τὸ σῶμα διέρχεται ἐκ διαφόρων σημείων, — τὰ ὁποῖα ἀπέχουν ἀπὸ τοῦ ἐδάφους ἐξ ἴσου κατὰ τὴν ἄνοδον καὶ τὴν κάθοδον —, μὲ τὴν αὐτὴν πάντοτε ταχύτητα. Τοῦτο δεικνύεται καὶ εἰς τὸ σχῆμα 45, ὅπου εἰς τὰ σημεῖα, διὰ τῶν ὁποίων διέρχεται τὸ σῶμα, ἀναγράφονται, ἀντιστοίχως, καὶ αἱ χρονικαὶ στιγμαὶ καθ' ἃς πραγματοποιεῖται ἡ διέλευσις. Αἱ χρονικαὶ αὗται στιγμαὶ λογίζονται ἀπὸ τῆς στιγμῆς, καθ' ἣν τὸ σῶμα βάλλεται ἐκ τοῦ ἐδάφους κατακορύφως πρὸς τὰ ἄνω, ὑπὸ ταχύτητα π.χ. $\upsilon_0 = 38$ m/sec. Ὅταν τὸ σῶμα φθάσῃ εἰς τὸ ἔδαφος, ἡ ταχύτης αὐτοῦ εἶναι 38 m/sec.

64. Εὕρεσις τοῦ τύπου τῆς κεντρομόλου ἐπιταχύνσεως. Στηριζόμενοι εἰς τὴν ἀρχὴν τῆς ἀνεξαρτησίας τῶν κινήσεων, δυνάμεθα νὰ ἀποδείξωμεν τὸν τύπον $\gamma = \upsilon^2/r$, ὁ ὁποῖος ἐκφράζει τὴν κεντρομόλον ἐπιτάχυνσιν εἰς τὴν κυκλικὴν ἰσοταχῆ κίνησιν (βλ. σελ. 44).

Θεωρήσωμεν τὸ κινητὸν τὴν στιγμήν, κατὰ τὴν ὁποίαν εὑρίσκεται εἰς Α (σχ. 47). Μετὰ παρέλευσιν πεπερασμένου, ἀλλὰ λίαν μικροῦ, χρονικοῦ διαστήματος t, τοῦτο θὰ διαγράψῃ τὸ τόξον $AM = \upsilon t$, ὅπου υ ἡ ταχύτης τοῦ κινητοῦ. Ἐὰν προβάλωμεν τὸ Μ ἐπὶ τῆς

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

διαμέτρου ΑΑ', τότε δυνάμεθα νὰ θεωρήσωμεν, ὅτι ἡ κίνησις κατὰ μῆκος τοῦ τόξου ΑΜ εἶναι σύνθετος κίνησις, ἤτοι ἐκ μιᾶς εὐθυγράμμου καὶ ὁμαλῆς, ὑπὸ ταχύτητα υ, κατὰ τὴν ἐφαπτομένην εἰς Α, καὶ ἄλλης εὐθυγράμμου καὶ ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένης κατὰ διεύθυνσιν κάθετον ἐπὶ τὴν ἐφαπτομένην. Λόγῳ τῆς πρώτης κινήσεως, τὸ κινητὸν διανύει εἰς χρόνον t τὸ διάστημα ΑΒ = υt, λόγῳ δὲ τῆς δευτέρας, τὸ διάστημα ΑΓ = $\gamma t^2/2$ καί, ὑπὸ τὴν ταυτόχρονον ἐπενέργειαν τῶν δύο κινήσεων, τὸ κινητὸν εἰς τὸν αὐτὸν χρόνον θὰ φθάσῃ εἰς Μ, τὸ ὁποῖον εἶναι τὸ ἄκρον τῆς διαγωνίου τοῦ παραλληλογράμμου τῶν ΑΒ καὶ ΑΓ, δεδομένου ὅτι τὸ σχῆμα ΑΓΜΒ, λόγῳ τῆς σμικρότητος τοῦ χρόνου t, δύναται ἄνευ αἰσθητοῦ σφάλματος νὰ θεωρηθῇ ὡς παραλληλόγραμμον. Ἐπειδὴ ὅμως τὸ τόξον ΑΜ εἶναι μικρόν, δυνάμεθα ἄνευ αἰσθητοῦ σφάλματος νὰ γράψωμεν τὰς ἰσότητας:



Σχ. 47. Διὰ τὴν ἀναλυτικὴν εὕρεσιν τοῦ τύπου τῆς κεντρομόλου ἐπιταχύνσεως.

$$\text{τόξον ΑΜ} = \text{χορδὴ ΑΜ} = \upsilon t.$$

Ἐκ τοῦ ὀρθογωνίου τριγώνου ΑΜΑ' εὑρίσκομεν:

$$(\text{ΑΜ})^2 = (\text{ΑΓ})\cdot(\text{ΑΑ}')$$

ἐὰν δὲ θέσωμεν ΑΑ' = 2r, ὅπου r ἡ ἀκτὶς τῆς τροχιᾶς, εὑρίσκομεν:

$$\upsilon^2 \cdot t^2 = \frac{1}{2}\gamma t^2 \cdot 2\,r$$

ἐκ δὲ τῆς σχέσεως ταύτης εὑρίσκομεν εὐκόλως:

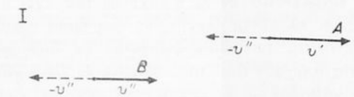
$$\gamma = \frac{\upsilon^2}{r}$$

65*. Σχετικὴ ἢ φαινομένη ταχύτης. Εἰς τὴν σπουδὴν τῆς κινηματικῆς τοῦ ὑλικοῦ σημείου εἴδομεν (βλ. § 37), ὅτι τὴν κίνησιν τοῦ ὑλικοῦ σημείου ἀναφέρομεν **πάντοτε** ὡς πρὸς τὴν Γῆν, τὴν ὁποίαν θεωροῦμεν ἀκίνητον, χωρὶς νὰ λαμβάνωμεν δηλ. ὑπ' ὄψιν τὴν ἰδίαν αὐτῆς κίνησιν.

Εἰς τὴν πραγματικότητα ὅμως ἡ Γῆ κινεῖται καὶ ἑπομένως ὅλαι αἱ κινήσεις, τὰς ὁποίας ἐξετάζομεν εἰς τὴν Φυσικὴν εἶναι ***σχετικαὶ κινήσεις.*** Ἕνεκα τοῦ λόγου τούτου πολλάκις ὑπεισέρχεται εἰς τὴν Φυσικὴν ἡ ἔννοια τῆς σχετικῆς ἢ φαινομένης ταχύτητος, ἡ ὁποία καθορίζεται ὡς ἀκολούθως:

Ἔστω ὅτι σιδηροδρομικὸς συρμὸς Α (σχ. 48, Ι) κινεῖται ὑπὸ ταχύτητα υ' ἐν σχέσει πρὸς τὴν Γῆν, τὴν ὁποίαν θεωροῦμεν ὡς ἀκίνητον, καὶ ὅτι ἕτερος συρμὸς Β κινεῖται ἐν σχέσει πρὸς τὴν Γῆν ὑπὸ ταχύτητα υ'' καὶ κατὰ τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν, δεχόμεθα δὲ ὅτι ὁ συρμὸς Α προπορεύεται τοῦ Β καὶ ὅτι πρὸς τούτοις ἡ ταχύτης τοῦ Α εἶναι μεγαλυτέρα τῆς τοῦ Β, ἤτοι $\upsilon' > \upsilon''$. Παρατηρητὴς εὑρισκόμενος ἐπὶ τοῦ συρμοῦ Β δὲν βλέπει τὸν συρμὸν Α κινούμενον ὑπὸ ταχύτητα υ', ἀλλὰ ὑπὸ διάφορον ταχύτητα καὶ ἡ ταχύτης τοῦ συρμοῦ Α ἐν σχέσει πρὸς τὸν συρμὸν Β καλεῖται τότε **σχετικὴ ταχύτης** ἢ **φαινομένη ταχύτης**.

Πρὸς εὕρεσιν τῆς σχετικῆς ταχύτητος τοῦ συρμοῦ Α ἐν σχέσει πρὸς τὸν Β σκεπτόμεθα ὡς ἑξῆς:



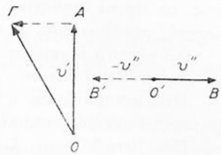
Σχ. 48. Διὰ τὴν σχετικὴν ταχύτητα.

Φανταζόμεθα, ὅτι καὶ εἰς τοὺς δύο συρμοὺς μεταδίδομεν ταχύτητα ἴσην καὶ ἀντίθετον πρὸς τὴν τοῦ Β· τότε ὁ μὲν συρμὸς Β θὰ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

παραμένῃ ἀκίνητος, ἐνῷ ὁ Α θὰ κινῆται ἐν σχέσει πρὸς τὸν Β ὑπὸ ταχύτητα $\upsilon' - \upsilon''$, ἡ ὁποία παριστᾷ τὴν σχετικὴν ταχύτητα τοῦ Α ἐν σχέσει πρὸς τὸν Β. Μὲ ἄλλους λόγους, παρατηρητὴς εὑρισκόμενος ἐντὸς τοῦ συρμοῦ Β θὰ λέγῃ, ὅτι ἡ ταχύτης τοῦ συρμοῦ Α ἐν σχέσει πρὸς τὸν Β εἶναι $\upsilon' - \upsilon''$.

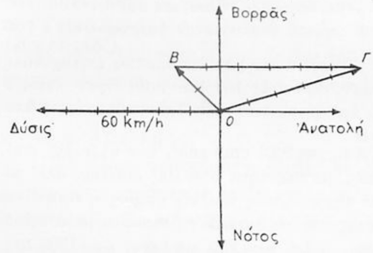
Ἀντιστρόφως, ἐὰν θέλωμεν νὰ εὕρωμεν τὴν σχετικὴν ταχύτητα τοῦ συρμοῦ Β ἐν σχέσει πρὸς τὸν Α, μεταδίδομεν εἰς ἀμφοτέρους τοὺς συρμοὺς ταχύτητα ἴσην καὶ ἀντίθετον πρὸς τὴν τοῦ Α (σχ. 48, II), ὅτε ὁ μὲν συρμὸς Α θὰ ἀκινητήσῃ, ἐνῷ ὁ Β θὰ κινῆται ὑπὸ ταχύτητα $\upsilon'' - \upsilon'$ ἐν σχέσει πρὸς τὸν Α καὶ ἐπειδὴ $\upsilon'' < \upsilon'$ ἕπεται ὅτι $\upsilon'' - \upsilon' < 0$. Ἑπομένως παρατηρητὴς εὑρισκόμενος ἐπὶ τοῦ Α θὰ ἀντιλαμβάνεται, ὅτι ὁ συρμὸς Β κινεῖται πρὸς τὰ ὀπίσω. Τὴν αὐτὴν μέθοδον ἐφαρμόζομεν καὶ ὅταν αἱ ταχύτητες δὲν ἔχουν τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν, ἀλλὰ σχηματίζουν γωνίαν.



Σχ. 49.

Οὕτω, ἐὰν ὁ εἷς συρμὸς κινῆται ὑπὸ ταχύτητα υ', παρισταμένην ὑπὸ τοῦ ἀνύσματος ΟΑ (σχ. 49), καὶ ὁ Β ὑπὸ ταχύτητα υ'', παρισταμένην ὑπὸ τοῦ ἀνύσματος Ο′Β, ὅπως εὕρωμεν τὴν σχετικὴν ταχύτητα τοῦ Α ὡς πρὸς τὸν Β, ἐφαρμόζομεν εἰς τὸ σύστημα τῶν δύο συρμῶν τὴν ἴσην καὶ ἀντίθετον ταχύτητα πρὸς τὴν υ'', ἡ ὁποία θὰ παριστᾶται ὑπὸ τοῦ ἀνύσματος Ο′Β′, ὅτε ἡ σχετικὴ ταχύτης τοῦ Α ὡς πρὸς τὸν Β, δηλαδὴ ἡ ταχύτης τὴν ὁποίαν ἔχει ὁ συρμὸς Α, διὰ παρατηρητὴν εὑρισκόμενον ἐπὶ τοῦ Β, θὰ παρέχεται κατ' ἀριθμητικὴν τιμὴν καὶ διεύθυνσιν ὑπὸ τοῦ ἀνύσματος ΟΓ, συνισταμένης τῶν ἀνυσμάτων $ΟΑ = \upsilon'$ καὶ $ΑΓ = Ο'Β = -\upsilon''$.

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα: ***Σιδηροδρομικὸς συρμὸς κινεῖται ὑπὸ ταχύτητα 60 km/h πρὸς Δυσμάς, ἐνῷ αὐτοκίνητον μετατοπίζεται ὑπὸ ταχύτητα 20 km/h κατὰ διεύθυνσιν βορειοδυτικήν. Νὰ εὑρεθῇ ἡ ταχύτης κατ' ἀριθμητικὴν τιμὴν καὶ διεύθυνσιν τοῦ αὐτοκινήτου, διὰ παρατηρητὴν εὑρισκόμενον ἐντὸς τοῦ συρμοῦ.***



Σχ. 50. Ἡ ΟΓ δεικνύει τὴν σχετικὴν ταχύτητα τοῦ αὐτοκινήτου ὡς πρὸς τὸν συρμόν.

Πρὸς τοῦτο σχηματίζομεν τὸ διάγραμμα (σχ. 50) λαμβάνοντες κλίμακα 1 cm = 20 km/h. Εἰς τὸ σύστημα συρμοῦ καὶ αὐτοκινήτου προσθέτομεν τὴν ἴσην καὶ ἀντίθετον ταχύτητα τοῦ συρμοῦ, ὅτε ὁ μὲν συρμὸς ἀκινητεῖ, ἐνῷ αἱ δύο ταχύτητες ΟΒ καὶ ΒΓ, προστιθέμεναι ἀνυσματικῶς, παρέχουν ὡς συνισταμένην τὴν ΟΓ, ἡ ὁποία παριστᾷ τὴν ταχύτητα ὑπὸ τὴν ὁποίαν φαίνεται κινούμενον τὸ αὐτοκίνητον, διὰ παρατηρητὴν εὑρισκόμενον ἐπὶ τοῦ συρμοῦ. Εἶναι δὲ ΟΓ = 50 km/h πρὸς διεύθυνσιν Β → 72,5° → Α περίπου.

ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ

Α′. Ζητήματα.

Ποίας κινήσεις ἐξητάσαμεν εἰς τὸ κεφάλαιον τοῦτο καὶ ποῖα τὰ κινηματικὰ χαρακτηριστικὰ ἑκάστης αὐτῶν.

Δώσατε τὸν ὁρισμὸν τῆς εὐθυγράμμου ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένης κινήσεως.

Τί καλοῦμεν ἐπιτάχυνσιν καὶ ποῖαι αἱ ἐξισώσεις διαστάσεων καὶ μονάδες μετρήσεως αὐτῆς.

Ποῖοι οἱ τύποι οἱ χρησιμοποιούμενοι διὰ τὴν λύσιν προβλημάτων τῆς εὐθυγράμμου, ὁμαλῶς μεταβαλλομένης κινήσεως καὶ διὰ τὴν κυκλικὴν ἰσοταχῆ κίνησιν.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Τί ὀνομάζομεν ἐπιτρόχιον ἐπιτάχυνσιν καὶ τί κεντρομόλον. Ποία κίνησις ἔχει μόνον ἐπιτρόχιον καὶ ποία μόνον κεντρομόλον ἐπιτάχυνσιν.

Ποῖον τὸ περιεχόμενον τῆς ἀρχῆς τῆς ἀνεξαρτησίας τῶν κινήσεων καὶ ποία ἡ σημασία αὐτῆς εἰς τὴν Μηχανικήν.

Νὰ ἀποδειχθοῦν, ἐπὶ τῇ βάσει τῆς ἀρχῆς τῆς ἀνεξαρτησίας τῶν κινήσεων, οἱ τύποι τῆς εὐθυγράμμου ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένης κινήσεως καὶ τῆς εὐθυγράμμου ὁμαλῶς ἐπιβραδυνομένης κινήσεως.

Νὰ εὑρεθῇ, ἐπὶ τῇ βάσει τῆς ἀρχῆς τῆς ἀνεξαρτησίας τῶν κινήσεων, ὁ τύπος ὁ παρέχων τὴν κεντρομόλον ἐπιτάχυνσιν κατὰ τὴν κυκλικὴν ὁμαλὴν κίνησιν.

Νὰ δειχθῇ, ὅτι εἰς εὐθύγραμμον ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένην κίνησιν, ἄνευ ἀρχικῆς ταχύτητος, τὰ εἰς τὰ διαδοχικὰ δευτερόλεπτα διανυόμενα διαστήματα βαίνουν ὡς οἱ ὅροι ἀριθμητικῆς προόδου, καὶ νὰ ὑπολογισθῇ ὁ λόγος αὐτῆς.

Νὰ εὑρεθῇ ὁ γενικὸς τύπος ὁ παρέχων τὸ διανυόμενον διάστημα μεταξὺ δύο διαδοχικῶν χρονικῶν μονάδων.

Πῶς μεταβάλλεται ἡ ἐπιτάχυνσις, ἡ ταχύτης καὶ τὸ διάστημα, μετὰ τοῦ χρόνου, εἰς τὴν περίπτωσιν σώματος πίπτοντος ἐλευθέρως.

Πῶς μεταβάλλεται ἡ ταχύτης σώματος, μετὰ τοῦ διανυομένου διαστήματος, εἰς τὴν περίπτωσιν σώματος πίπτοντος ἐλευθέρως.

Νὰ δοθοῦν οἱ τύποι οἱ συνδέοντες τὴν ταχύτητα, τὴν γωνιακὴν ταχύτητα καὶ ἐπιτάχυνσιν εἰς τὴν κυκλικὴν ὁμαλὴν κίνησιν.

Νὰ δοθοῦν οἱ ὁρισμοὶ τῆς κυκλικῆς ὁμαλῆς κινήσεως, τῆς ταχύτητος καὶ γωνιακῆς ταχύτητος, τῆς συχνότητος, τῆς περιόδου, ὡς καὶ αἱ μονάδες αὐτῶν.

Β'. Προβλήματα.

1. Τί εἶδους κίνησιν ἐκφράζει ἡ σχέσις $\upsilon = \alpha - \beta t$, ὅπου $\alpha = 10$ cm/sec καὶ $\beta = 2$ cm/sec^2 εἰς τὸ σύστημα CGS. Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ὑπὸ τοῦ κινητοῦ διανυόμενον διάστημα εἰς 4 sec. ('Απ. 24 cm).

2. 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, εἰς μονάδας CGS. ('Απ. $\gamma = 9{,}22$ cm / sec^2, $s = 64{,}5 \cdot 10^4$ cm).

3. Κινητὸν κινεῖται εὐθυγράμμως καὶ ὁμαλῶς, μὲ ταχύτητα $\upsilon = 100$ cm/sec, ἀλλ' αἴφνης ὑφίσταται ἐπιτάχυνσιν κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς κινήσεώς του, τῆς ὁποίας ἡ τιμὴ εἶναι $\gamma = 15$ cm/sec^2. Ζητεῖται, ποία θὰ εἶναι ἡ ταχύτης καὶ τὸ διανυθὲν διάστημα μετὰ πάροδον 10 sec ἀπὸ τῆς ἐπενεργείας τῆς ἐπιταχύνσεως. ('Απ. $\upsilon = 250$ cm / sec, $s = 1750$ 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 12 δευτερόλεπτα. Τὸ ἐξαγόμενον νὰ δοθῇ εἰς μονάδας CGS. ('Απ. $\gamma = 0{,}27$ cm / sec^2).

5. Ὑλικὸν σημεῖον 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 δευτέρου σώματος, ἵνα ἀμφότερα φθάσουν εἰς τὸ ἔδαφος ταυτοχρόνως. ('Απ. $\upsilon_0 = 60{,}7$ m / sec).

6. Βλῆμά τι ῥίπτεται κατακορύφως πρὸς τὰ ἄνω, μὲ ἀρχικὴν ταχύτητα 50 m/sec. Μετὰ 2 sec ἕτερον βλῆμα ῥίπτεται, ἐπίσης κατακορύφως πρὸς τὰ ἄνω, μὲ ἀρχικὴν ταχύτητα 80 m/sec. Ζητεῖται, α) πότε καὶ εἰς ποῖον ὕψος θὰ συναντηθοῦν τὰ δύο βλήματα καὶ β) ἡ ταχύτης ἑκάστου βλήματος κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς συναντήσεως ($g = 10$ m/sec^2). ('Απ. $t = 3{,}6$ sec, $h = 115{,}2$m, $\upsilon_1 = 14$m / sec, $\upsilon = 64$m / sec).

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Β΄

ΣΤΑΤΙΚΗ ΤΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΣΗΜΕΙΟΥ ΚΑΙ ΣΤΑΤΙΚΗ ΤΟΥ ΣΤΕΡΕΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ

66. 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.

67. **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. § 23), 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 τίθεται εἰς κίνησιν, 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 ῥέοντος 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.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

68. 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 φέροντος εἰς τὸ ἓν ἄκρον βέλος (σχ. 51).

Ἡ ἀρχὴ O τοῦ ἀνύσματος ἀποτελεῖ τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τῆς δυνάμεως, παριστᾷ 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, ἐὰν οὐδεμία ἄλλη δύναμις ἐξασκῆται ἐπ᾽ αὐτοῦ.

Σχ. 51. 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*** (ἢ ***φορεὺς***) 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.

69. Μέτρησις δυνάμεως. Ἡ μέτρησις τῆς ἐντάσεως τῆς δυνάμεως δύναται νὰ γίνῃ εἴτε διὰ μετρήσεως τῆς ἐπιταχύνσεως, τὴν ὁποίαν μεταδίδει ἡ δύναμις ἐπενεργοῦσα ἐπὶ σώματος ὡρισμένης μάζης (δυναμικὴ μέθοδος), εἴτε διὰ μετρήσεως τῆς παραμορφώσεως, τὴν ὁποίαν προκαλεῖ ἡ δύναμις ἐπενεργοῦσα ἐπὶ σώματος (στατικὴ μέθοδος).

α) ***Δυναμικὴ μέθοδος.*** Δύο δυνάμεις θεωροῦνται ὡς ἴσαι, ὅταν ἑκάστη τούτων ἐπενεργοῦσα χωριστὰ ἐπὶ σώματος τινὸς μεταδίδει τὴν αὐτὴν ἐπιτάχυνσιν. Ἡ μία τῶν δυνάμεων τούτων θεωρεῖται διπλασία, τριπλασία κ.ο.κ. τῆς ἄλλης, ὅταν αὕτη μεταδίδῃ ἐπιτάχυνσιν, ἡ ὁποία εἶναι διπλασία, τριπλασία κ.ο.κ. τῆς ἐπιταχύνσεως, τὴν ὁποίαν μεταδίδει ἡ ἄλλη.

β) ***Στατικὴ μέθοδος.*** Δύο δυνάμεις εἶναι ἴσαι, ὅταν ἑκατέρα τούτων, ἐπενεργοῦσα ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ σώματος, προκαλῇ παραμόρφωσιν τοῦ αὐτοῦ μεγέθους. Ἡ μία τῶν δυνάμεων εἶναι διπλασία, τριπλασία κ.ο.κ. τῆς ἄλλης, ὅταν ἡ παραμόρφωσις, τὴν ὁποίαν αὕτη προκαλεῖ, εἶναι διπλασία, τριπλασία κ.ο.κ. τῆς παραμορφώσεως, τὴν ὁποίαν προκαλεῖ ἡ ἄλλη.

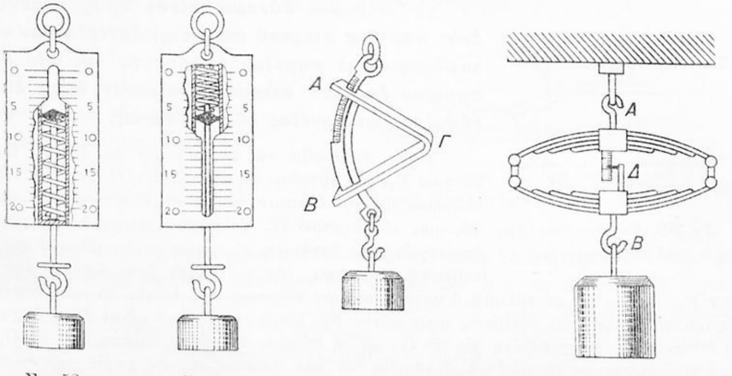
70. Δυναμόμετρα. Διὰ τὴν μέτρησιν τῆς τιμῆς τῶν δυνάμεων κατὰ τὴν στατικὴν μέθοδον, ἡ ὁποία κυρίως ἐφαρμόζεται εἰς τὴν πρᾶξιν, χρησιμοποιοῦμεν εἰδικὰ ὄργανα, τὰ ὁποῖα καλοῦνται ***δυναμόμετρα***. Τὰ ὄργανα ταῦτα βαθμολογοῦνται ἐκ τῶν προτέρων, ἡ δὲ βαθμολογία αὐτῶν στηρίζεται ἐπὶ τῆς γνωστῆς ἀρχῆς καθ᾽ ἥν, 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***

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

κανταράκι) (σχ. 52 καὶ 53), ἡ δὲ βαθμολογία αὐτοῦ γίνεται ἐπὶ τῇ βάσει τῆς πειραματικῆς διατάξεως τοῦ σχ. 24 τῆς σελ. 21. Εἰς τὴν πρᾶξιν, χρησιμοποιοῦνται σήμερον ποικίλοι τύποι δυναμομέτρων, τῶν ὁποίων ἡ κατασκευὴ στηρίζεται ἐπὶ τῆς αὐτῆς ἀρχῆς (σχ. 24).

Ἕτερος τύπος δυναμομέτρου, τὸ ὁποῖον χρησιμεύει διὰ τὴν μέτρησιν μεγάλων δυνάμεων, π.χ. τῆς δυνάμεως ἕλξεως ἀτμομηχανῆς, εἶναι τὸ δυναμόμετρον (σχ. 55).



Σχ. 52. Σχ. 53. Σχ. 54. Σχ. 55.

Σχ. 52 - 53. Δυναμόμετρα μὲ σπειροειδὲς ἐλατήριον.— ***Σχ. 54.*** Δυναμόμετρον κεκαμμένον εἰς σχῆμα γωνίας· ἀναλόγως τοῦ μεγέθους τοῦ ἐξαρτωμένου βάρους, τὸ σκέλος ΑΓ πλησιάζει πρὸς τὸ ΒΓ. — ***Σχ. 55.*** Δυναμόμετρον διὰ τὴν μέτρησιν μεγάλων δυνάμεων.

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 διὰ βάρους, τότε τὰ δύο ἐλάσματα ἀπομακρύνονται, ἡ δὲ ἀπόστασις αὐτῶν μετρεῖται 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 ἀτμομηχανὴν καὶ τὸ Α πρὸς τὸν συρμόν.

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

Εἰς τὰς ἐπιστημονικὰς ἐφαρμογὰς ὡς βασικὴ μονὰς δυνάμεως χρησιμοποιεῖται ἡ ***δύνη*** (**Dyn**), ἡ ὁποία ἀνήκει εἰς τὸ σύστημα μονάδων CGS, εἶναι δὲ 1 gr* = 981 δύναι.

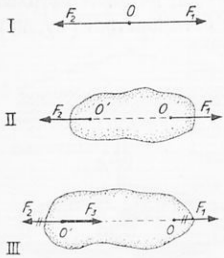
71. Θεμελιώδεις ἀρχαὶ τῆς Στατικῆς. Ἡ στατικὴ τοῦ ὑλικοῦ σημείου καὶ τοῦ στερεοῦ σώματος θεμελιοῦται ἐπὶ τῶν ἀκολούθων ἀρχῶν:

1) ***Δύο δυνάμεις ἴσαι καὶ ἀντίθετοι, ἐφηρμοσμέναι ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ὑλι-***

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

κοῦ σημείου, ἰσορροποῦν, δηλ. οὐδὲν ἀποτέλεσμα ἔχουν ἐπὶ τοῦ σώματος (σχ. 56, Ι).

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. 56, ΙΙ). Αἱ ἀνωτέρω δύο ἀρχαί, ὡς ἐμπειρικαί, εἶναι αὐταπόδεικτοι.



Σχ. 56. Θεμελιώδεις Ἀρχαὶ τῆς Στατικῆς.

γ) ***Ἐὰν μία δύναμις εἶναι ἐφηρμοσμένη ἐπὶ ἑνὸς σημείου στερεοῦ σώματος, ἐπιτρέπεται νὰ μεταφέρωμεν τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς της εἰς ἕτερον σημεῖον ἐπὶ τοῦ σώματος, κείμενον ὅμως ἐπὶ τῆς εὐθείας ἐπενεργείας τῆς δυνάμεως.***

Τοῦτο δυνάμεθα νὰ ἀποδείξωμεν ὡς ἑξῆς: Ἔστω ἡ δύναμις F_1, ἐπενεργοῦσα εἰς τὸ σημεῖον Ο (σχ. 56, ΙΙΙ). Θὰ δείξωμεν, ὅτι τὴν δύναμιν ταύτην F_1 εἶναι δυνατὸν νὰ μεταφέρωμεν εἰς σημεῖον Ο΄, τὸ ὁποῖον κεῖται ἐπὶ τῆς εὐθείας ἐπενεργείας τῆς δυνάμεως F_1, χωρὶς τὸ ἀποτέλεσμά της νὰ μεταβληθῇ. Πράγματι, ἐὰν εἰς τὸ Ο΄ ἐφαρμόσωμεν τὴν δύναμιν F_3, διὰ νὰ μὴ μεταβληθῇ ἡ κατάστασις τοῦ σώματος, πρέπει εἰς τὸ αὐτὸ σημεῖον νὰ ἐφαρμοσθῇ ἡ ἴση καὶ ἀντίθετος πρὸς αὐτὴν F_2. Κατὰ τὴν προηγουμένην ὅμως ἀρχὴν (β), ἡ δύναμις F_2, ἐφηρμοσμένη εἰς τὸ Ο΄, καὶ ἡ δύναμις F_1, ἐφηρμοσμένη εἰς τὸ Ο, ἀναιροῦνται ἀμοιβαίως. Ἑπομένως δυνάμεθα νὰ τὰς ἀπομακρύνωμεν, χωρὶς νὰ μεταβληθῇ ἡ κατάστασις τοῦ σώματος. Οὕτω βλέπομεν, ὅτι ἀπομένει ἡ δύναμις F_3, ἐφηρμοσμένη εἰς τὸ σημεῖον Ο΄ κείμενον ἐπὶ τῆς εὐθείας ἐπενεργείας τῆς εἰς Ο ἐφηρμοσμένης δυνάμεως.

Παρατήρησις. Ἐπὶ τῇ βάσει τῶν ἀνωτέρω, ἡ δύναμις, ὡς ἀνυσματικὸν μέγεθος, παρουσιάζει τὴν ἀκόλουθον ἰδιότητα, ἡ ὁποία διακρίνει αὐτὴν ἀπὸ τῶν ἄλλων ἀνυσματικῶν μεγεθῶν, π.χ. ταχύτητος, ἐπιταχύνσεως κτλ. Ἐνῷ δηλαδὴ διὰ τὴν ταχύτητα, ἐπιτάχυνσιν κτλ. ἐπιτρέπεται παράλληλος μετατόπισις τῶν παραστατικῶν αὐτῶν ἀνυσμάτων, προκειμένου περὶ τῆς δυνάμεως δὲν ἐπιτρέπεται παράλληλος μετατόπισις, ἀλλὰ μόνον μετατόπισις αὐτῆς κατὰ μῆκος τῆς εὐθείας ἐπενεργείας της.

72. 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.

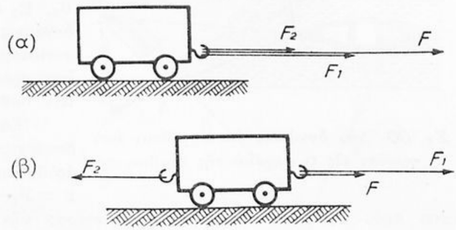
Ἐκ τῶν ἀνωτέρω εἶναι πρόδηλον, ὅτι ἡ σύνθεσις τῶν δυνάμεων ἰσοδυναμεῖ μὲ πρόσθεσιν αὐτῶν καὶ ἑπομένως, ἐφ᾿ ὅσον ἡ δύναμις ἀποτελεῖ ἀνυσματικὸν μέγεθος, ἰσχύουν διὰ τὴν πρόσθεσιν τῶν δυνάμεων ὅσα ἐλέχθησαν εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς ἀνυσματικῆς προσθέσεως (§ 31), ὑπὸ τὴν ἐπιφύλαξιν πάντοτε τῆς ἀνωτέρω παρατηρήσεως.

73. 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

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

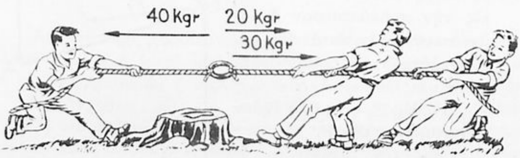
ἀριθμητικῶν τιμῶν τῶν δοθεισῶν δυνάμεων καὶ ἔχει τὴν αὐτὴν πρὸς ἐκείνας διεύθυνσιν (σχ. 57, α).

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. 57, β).



Σχ. 57. Ἡ δύναμις F εἶναι ἰσοδύναμος πρὸς τὰς δύο δυνάμεις F_1 καὶ F_2.

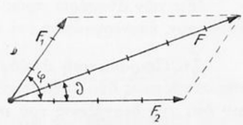
Τέλος, ἐὰν πολλαὶ δυνάμεις ἐπενεργοῦν ἐπὶ τῆς αὐτῆς εὐθείας ἐπὶ ὑλικοῦ σημείου, καὶ ὡρισμέναι ἐξ αὐτῶν ἔχουν διεύθυνσιν πρὸς τὰ δεξιά, ἄλλαι δὲ κατὰ τὴν ἀντίθετον διεύθυνσιν, ἤτοι πρὸς τ' ἀριστερά, ἡ συνισταμένη αὐτῶν ἰσοῦται πρὸς τὸ ἀλγεβρικὸν ἄθροισμα τῶν δοθεισῶν δυνάμεων, ὑπὸ τὸν ὅρον ὅτι θεωροῦμεν 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.



Σχ. 58. 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.

Ἐφαρμογὴν τούτων εὑρίσκομεν εἰς τὴν διελκυστίνδα (σχ. 58).

β) ***Σύνθεσις δυνάμεων σχηματιζουσῶν γωνίαν.*** Ἔστω ὅτι αἱ δυνάμεις F_1 καὶ F_2 ἐπιδροῦν ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ὑλικοῦ σημείου καὶ ὅτι αἱ διευθύνσεις αὐτῶν σχηματίζουν γωνίαν φ (σχ. 59). 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. Λογιστικῶς ἡ ἀριθμητικὴ τιμὴ τῆς συνισταμένης ὑπολογίζεται εἰς τὴν § 75.

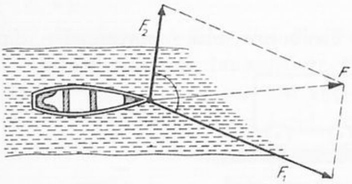


Σχ. 59. Ἡ διαγώνιος τοῦ παραλληλογράμμου F παριστᾷ κατὰ μέγεθος καὶ διεύθυνσιν τὴν συνισταμένην F_1 καὶ F_2.

Πρακτικὴν ἐφαρμογὴν τῶν ἀνωτέρω δεικνύει τὸ σχῆμα 60, 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

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

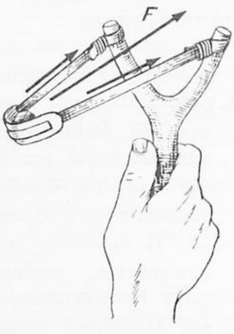
ὁποία δεικνύει τὴν διεύθυνσιν τῆς συνισταμένης. Ἐπίσης, εἰς τὴν σφενδόνην (σχ. 61) τὸ βλῆμα κινεῖται κατὰ τὴν συνισταμένην δύναμιν F.



Σχ. 60. Δύο δυνάμεις ἐπενεργοῦσαι ὑπὸ γωνίαν εἴς τι σημεῖον τῆς λέμβου.

Παρατήρησις. Ἐὰν ἡ γωνία τῶν δυνάμεων F_1, E_2 εἶναι ἴση πρὸς μηδέν, ὅτε αἱ δύο δυνάμεις ἔχουν τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν, τότε ἡ συνισταμένη αὐτῶν ἔχει ἀριθμητικὴν τιμὴν ἴσην πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν ἀριθμητικῶν τιμῶν τῶν δοθεισῶν δυνάμεων, ἤτοι: $F = F_1 + F_2$.

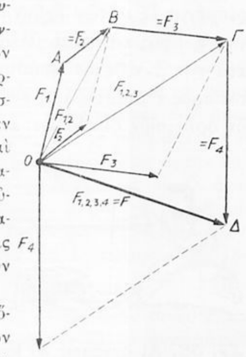
Ἐὰν ὅμως ἡ γωνία $\varphi = 180^0$, ὅτε αἱ δύο δυνάμεις ἔχουν ἀντίθετον διεύθυνσιν, τότε ἡ ἀριθμητικὴ τιμὴ τῆς συνισταμένης εἶναι: $F = F_1 - F_2$, ἡ δὲ διεύθυνσις αὐτῆς συμπίπτει πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς μεγαλυτέρας τῶν δυνάμεων.



Σχ. 61. 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. 62) ἔχουν συνισταμένην τὴν F.

Εἰς τὴν περίπτωσιν ὅμως δυνάμεων περισσοτέρων τῶν δύο, φθάνομεν πολὺ συντομώτερον εἰς τὸ ἀποτέλεσμα διὰ κατασκευῆς τῆς πολυγωνικῆς γραμμῆς (§ 31), ὅτε συνάγεται καὶ ἡ ἀκόλουθος πρότασις. ***Ἵνα πολλαὶ δυνάμεις, ἐπενεργοῦσαι ἐπὶ ἑνὸς καὶ τοῦ αὐτοῦ σημείου, ἰσορροποῦν, πρέπει ἡ πολυγωνικὴ αὐτῶν γραμμή, ἡ ὁποία καλεῖται καὶ πολύγωνον τῶν δυνάμεων, νὰ εἶναι κλειστή.***



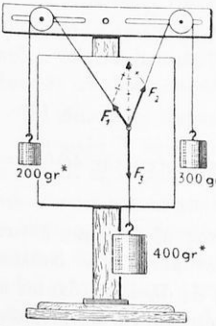
Σχ. 62. Σύνθεσις 4 δυνάμεων F_1, F_2, F_3, F_4: $F_1 + F_2 = F_{1,2}$: $F_{1,2} + F_3 = F_{1,2,3}$: $F_{1,2,3} + F_4 = F_{1,2,3,4} = F$.

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

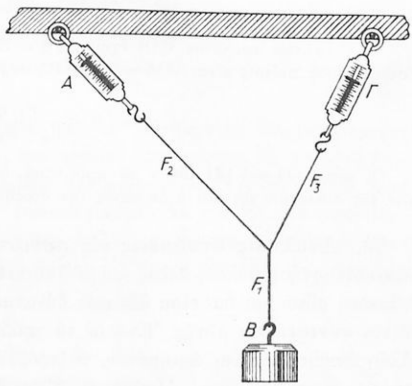
74. Πειραματικὴ ἀπόδειξις τῆς συνθέσεως δύο δυνάμεων. Ἡ πειραματικὴ ἀπόδειξις τῆς συνθέσεως δύο δυνάμεων ἐφηρμοσμένων εἰς τὸ αὐτὸ σημεῖον δεικνύεται κατὰ προσέγγισιν διὰ τῆς διατάξεως τοῦ σχήματος 63. Τὰ βάρη ἀποτελοῦν τρεῖς δυνάμεις, αἱ ὁποῖαι εἶναι ἐφηρμοσμέναι εἰς ἓν κοινὸν σημεῖον καὶ ἰσορροποῦν. 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,

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ὁπότε μὲ τὴν βοήθειαν κιμωλίας δυνάμεθα νὰ σχηματίσωμεν ἐπὶ τοῦ πίνακος τὸ διάγραμμα. Ἀντίστοιχον πείραμα δεικνύεται καὶ διὰ τοῦ σχήματος 64.



Σχ. 63. Πειραματικὴ διάταξις συνθέσεως δυνάμεως διὰ βαρῶν. (Παραλληλόγραμμον τῶν δυνάμεων).

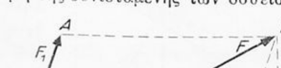


Σχ. 64. Πειραματικὴ διάταξις συνθέσεως δυνάμεων δι' ἑνὸς βάρους καὶ δύο δυναμομέτρων.

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. ***Ἔστω ὅτι ζητεῖται ἡ εὕρεσις τῆς συνισταμένης δύο δυνάμεων $F_1 = 2{,}5$ kgr* καὶ $F_2 = 4$ 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. 59) 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 τριγώνου 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· ἐπομένως, συμφώνως πρὸς τὴν ὁρισθεῖσαν κλίμακα, ἡ τιμὴ τῆς συνισταμένης τῶν δοθεισῶν δυνάμεων 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.



Σχ. 65. Διὰ τὸν ὑπολογισμὸν τῶν στοιχείων τῆς συνισταμένης.

75*. Ἀναλυτικὸς προσδιορισμὸς τῆς συνισταμένης δύο δυνάμεων. Τὴν συνισταμένην δύο δυνάμεων F_1 καὶ F_2 (σχ. 65) δυνάμεθα, ὡς εἴδομεν, νὰ εὕρωμεν διὰ τῆς κατασκευῆς τοῦ παραλληλογράμμου τῶν δυνάμεων. Δυνάμεθα ὅμως καὶ ἀναλυτικῶς νὰ ὑπολογίσωμεν αὐτήν. Ἡ ἀριθμητικὴ τιμὴ τῆς συνισταμένης εὑρίσκεται ἐκ τοῦ γνωστοῦ τύπου:

$$(\mathrm{O\Gamma})^2 = (\mathrm{OA})^2 + (\mathrm{OB})^2 + 2\,(\mathrm{OA})\,(\mathrm{OB})\ \text{συν}\varphi$$

ἤ: $$F^2 = F_1^2 + F_2^2 + 2\,F_1\,F_2\ \text{συν}\varphi \qquad (1)$$

Τὴν διεύθυνσιν τῆς συνισταμένης καθορίζομεν διὰ τῆς γωνίας ϑ, τὴν ὁποίαν σχημα-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τίζει π.χ. πρὸς τὴν δύναμιν F_2. Πρὸς τοῦτο, προβάλλομεν τὴν ΟΓ ἐπὶ τῆς ΟΒ, ὅτε ἐκ τοῦ τριγώνου ΟΓΔ ἔχομεν :

$$ΓΔ = ΟΔ \cdot εφθ \quad καὶ \quad εφθ = \frac{ΓΔ}{ΟΔ}$$

Ἀλλ' ἐκ τοῦ τριγώνου ΓΔΒ ἔχομεν $ΓΔ = ΒΓ\, ημφ = F_1\, ημφ$ καὶ $ΒΔ = ΒΓ\, συνφ = F_1\, συνφ$. Πρὸς τούτοις εἶναι : $ΟΔ = ΟΒ + ΒΔ = F_2 + F_1\, συνφ$, ὅθεν εἶναι :

$$εφ\, θ = \frac{F_1\, ημφ}{F_2 + F_1\, συνφ} \qquad (2)$$

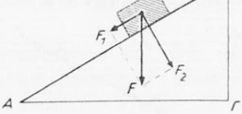
Οἱ τύποι (1) καὶ (2) λύουν τὸ πρόβλημα, διότι ὁ πρῶτος παρέχει τὴν ἀριθμητικὴν τιμὴν τῆς συνισταμένης καὶ ὁ δεύτερος τὴν διεύθυνσιν αὐτῆς.

76. 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 62 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.

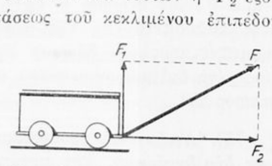
Συνήθως ἀναλύομεν δοθεῖσαν δύναμιν εἰς δύο συνιστώσας, αἵτινες σχηματίζουν μεταξύ των γωνίαν φ. Ἐὰν $φ = 90°$, αἱ δύο συνιστῶσαι καλοῦνται ***ὀρθογώνιοι συνιστῶσαι.***

77*. Ἐφαρμογαὶ ἀναλύσεως δυνάμεως. Χαρακτηριστικαὶ περιπτώσεις ἀναλύσεως δυνάμεως εἰς δύο ὀρθογωνίους συνιστώσας δεικνύονται εἰς τὰ σχήματα 66 καὶ 67.

Εἰς τὸ σχ. 66 δεικνύεται ἡ περίπτωσις σώματος εὑρισκομένου ἐπὶ κεκλιμένου ἐπιπέδου ΑΒ. Ἐπὶ τοῦ σώματος ἐπενεργεῖ τὸ βάρος αὐτοῦ F, τὸ ὁποῖον διευθύνεται κατακορύφως. Ἡ δύναμις ὅμως F ἀναλύεται εἰς δύο συνιστώσας, τὴν F_2 κάθετον ἐπὶ τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου καὶ τὴν F_1 παράλληλον πρὸς τὸ κεκλιμένον ἐπίπεδον. Ἐκ τούτων ἡ F_2 ἐξουδετεροῦται ὑπὸ τῆς ἀντιστάσεως τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου, ἐνῷ ἡ F_1 τείνει νὰ μετατοπίσῃ τὸ σῶμα πρὸς τὰ κάτω ἐπὶ τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου καὶ ἑπομένως, διὰ νὰ διατηρηθῇ ἐν ἰσορροπίᾳ ἐπ' αὐτοῦ, πρέπει νὰ ἐφαρμοσθῇ ἐπὶ τοῦ σώματος δύναμις ἴση καὶ ἀντίθετος πρὸς τὴν F_1. Ἡ συνιστῶσα F_1 εἶναι τόσον μικροτέρα, ὅσον ἡ κλίσις τοῦ ἐπιπέδου, ἢ ἄλλως ἡ γωνία ΒΑΓ εἶναι μικροτέρα.



Σχ. 66. Ἡ δύναμις F ἀναλύεται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε ἡ μία τῶν συνιστωσῶν νὰ ἔχῃ τὴν διεύθυνσιν τῆς κινήσεως.



Σχ. 67. Ἡ ὁριζοντία μετατόπισις τοῦ ἁμαξίου ὀφείλεται εἰς τὴν συνιστῶσαν δύναμιν F_2.

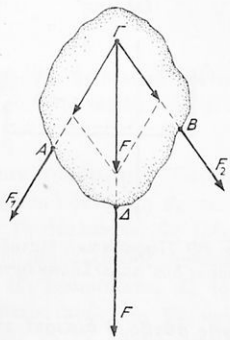
Εἰς τὸ σχῆμα 67 δεικνύεται δύναμις F ἐπενεργοῦσα ἐπὶ τροχοφόρου ἁμαξίου. Ἡ δύναμις F ἀναλύεται εἰς δύο ὀρθογωνίους συνιστώσας, τὴν F_2 παράλληλον πρὸς τὸ ὁριζόντιον ἔδαφος, ἡ ὁποία ἐπειδὴ προκαλεῖ τὴν μετατόπισιν τοῦ ἁμαξίου καλεῖται κ ι ν η τ ή-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ριος συνιστῶσα καὶ τὴν F_1 κάθετον ἐπὶ τὴν πρώτην, ἡ ὁποία καλεῖται καὶ κατακόρυφος συνιστῶσα, ἀντισταθμίζεται δὲ αὐτὴ ὑπὸ τοῦ βάρους τοῦ ἁμαξίου.

78. Σύνθεσις δυνάμεων ἐπενεργουσῶν εἰς διάφορα σημεῖα στερεοῦ σώματος. Τὸ πρόβλημα τοῦτο θὰ ὑποδιαιρέσωμεν εἰς δύο μέρη : 1) Δυνάμεις ὁμοεπίπεδοι, ὅταν δηλ. αἱ εὐθεῖαι ἐπενεργείας τῶν δυνάμεων κεῖνται εἰς τὸ αὐτὸ ἐπίπεδον. 2) Δυνάμεις παράλληλοι.

1) Δυνάμεις ὁμοεπίπεδοι. Ἔστω ὅτι αἱ δυνάμεις F_1 καὶ F_2 ἐπενεργοῦν εἰς τὰ σημεῖα A καὶ B, αἱ δὲ εὐθεῖαι ἐπενεργείας των κεῖνται εἰς τὸ αὐτὸ ἐπίπεδον. Αὗται προεκβαλλόμεναι συναντῶνται εἰς ἓν σημεῖον Γ (σχ. 68), εἰς τὸ ὁποῖον δυνάμεθα νὰ μεταφέρωμεν τὰ σημεῖα ἐφαρμογῆς τῶν F_1 καὶ F_2, ὅτε προκύπτουν δύο δυνάμεις ἐφηρμοσμέναι εἰς τὸ αὐτὸ σημεῖον Γ, αἱ ὁποῖαι γνωρίζομεν ἤδη ὅτι παρέχουν ὡς συνισταμένην τὴν F. Τὴν δύναμιν F δυνάμεθα ἤδη νὰ μεταφέρωμεν ἐπὶ τῆς εὐθείας ἐπενεργείας της, ὥστε νὰ ἔχῃ σημεῖον ἐφαρμογῆς τὸ Δ.



Σχ. 68. Ἡ δύναμις F ἐφηρμοσμένη εἰς τὸ Δ, ἀντικαθιστᾷ τὰς ὁμοεπιπέδους δυνάμεις F_1 καὶ F_2.

Ἐὰν ἔχωμεν δυνάμεις περισσοτέρας τῶν δύο, δυνάμεθα νὰ ἐργασθῶμεν καθ' ὅμοιον τρόπον, συνδυάζοντες πρὸς τὴν συνισταμένην τῶν δύο πρώτων δυνάμεων τὴν τρίτην καὶ προχωροῦντες καθ' ὅμοιον τρόπον μέχρις ἐξαντλήσεως ὅλων τῶν δυνάμεων. Δυνάμεθα δὲ καὶ εἰς τὴν προκειμένην περίπτωσιν νὰ εὕρωμεν τὸ μέγεθος τῆς συνισταμένης διὰ κατασκευῆς τῆς πολυγωνικῆς γραμμῆς (βλ. σ. 60). Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει, ὅτι τὸ πρόβλημα τῆς συνθέσεως πολλῶν ὁμοεπιπέδων δυνάμεων, ἐπενεργουσῶν εἰς διάφορα σημεῖα στερεοῦ σώματος, ἐπιδέχεται πάντοτε λύσιν.

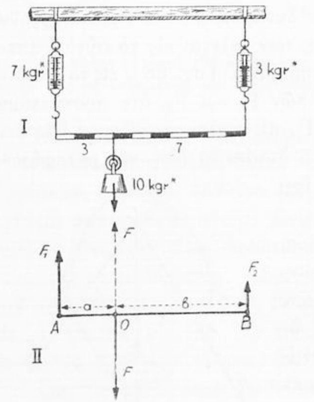
2) ***Δυνάμεις παράλληλοι.*** Ἔστω ὅτι ἐπὶ στερεοῦ σώματος (σχ. 69, II) ἐπενεργοῦν εἰς τὰ σημεῖα A καὶ B δυνάμεις F_1 καὶ F_2 ὁμοπαράλληλοι, ἤτοι παράλληλοι καὶ τῆς αὐτῆς διευθύνσεως. Ἡ κοινὴ διεύθυνσις τῶν δυνάμεων δεχόμεθα, ὅτι εἶναι κάθετος ἐπὶ τὴν εὐθεῖαν AB τὴν ἑνοῦσαν τὰ σημεῖα ἐφαρμογῆς αὐτῶν, διότι, ἐὰν δὲν συμβαίνῃ τοῦτο, δυνάμεθα νὰ μετατοπίσωμεν τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τῆς μιᾶς τῶν δυνάμεων κατὰ μῆκος τῆς εὐθείας ἐπενεργείας αὐτῆς, ὥστε νὰ πληροῦται ἡ συνθήκη αὐτη.

Τὴν σύνθεσιν τῶν δυνάμεων τούτων θὰ σπουδάσωμεν ἐν ἀρχῇ πειραματικῶς καὶ ἀκολούθως θὰ ἐξετάσωμεν τὸ ζήτημα τοῦτο θεωρητικῶς εἰς ἄλλην θέσιν (βλ. § 84, Ροπὴ δυνάμεως ὡς πρὸς ἄξονα περιστροφῆς).

Ἔστω ὅτι ἀπὸ ἀκλονήτου δοκοῦ (σχ. 69, 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

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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.



Σχ. 69. Πειραματικὴ διάταξις συνθέσεως δύο παραλλήλων 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 O διαιρεῖ τὴν εὐθεῖαν AB εἰς δύο τμήματα, τὰ ὁποῖα εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογα τῶν δοθεισῶν δυνάμεων.***

Τ' ἀνωτέρω περιλαμβάνονται εἰς τὰς σχέσεις:

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

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 AB, 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

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

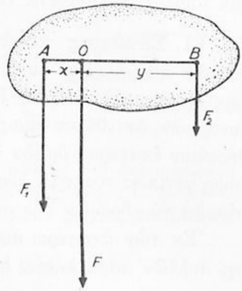
συμπέρασμα, ὅτι τὸ πρόβλημα τῆς συνθέσεως πολλῶν ὁμοπαραλλήλων δυνάμεων ἐπιδέχεται πάντοτε λύσιν.

79. Ἀνάλυσις δυνάμεως εἰς δύο ὁμοπαραλλήλους συνιστώσας. Ἔστω ἡ δύναμις F, ἐφηρμοσμένη εἰς τὸ σημεῖον O, καὶ F_1, F_2 αἱ συνιστῶσαι αὐτῆς (σχ. 70).

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

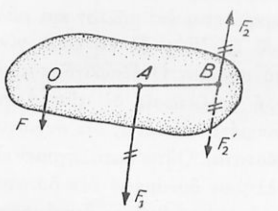
$$F = F_1 + F_2 \quad \text{καὶ} \quad \frac{F_1}{F_2} = \frac{OB}{OA} = \frac{y}{x}$$

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. Οὕτω, ἐὰν δοθῇ π. χ. ἡ μία τῶν συνιστωσῶν F_1 καὶ ἡ ἀπόστασις x, τὸ πρόβλημα ἐπιδέχεται ὡρισμένην λύσιν.



Σχ. 70. Ἡ δύναμις F ἀντικαθιστᾷ τὰς F_1 καὶ F_2.

80. Σύνθεσις δύο ἀνίσων καὶ ἀντιπαραλλήλων δυνάμεων. Ἔστωσαν δύο ἄνισοι καὶ ἀντιπαράλληλοι (παράλληλοι καὶ ἀντίρροποι) δυνάμεις F_1 καὶ F_2 (σχ. 71). Τὴν δύναμιν F_1 ἀναλύομεν, ὡς ἐλέχθη ἤδη (§ 79), εἰς δύο ὁμοπαραλλήλους δυνάμεις, ἐκ τῶν ὁποίων ἡ μία F'_2 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:



Σχ. 71. Ἡ δύναμις F εἶναι ἡ συνισταμένη τῶν F_1 καὶ F_2.

$$F_1 = F + F'_2 \quad (1) \qquad \text{καὶ} \qquad \frac{OA}{AB} = \frac{F'_2}{F} \quad (2)$$

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_2. 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:

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

καὶ

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

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 καθο-***

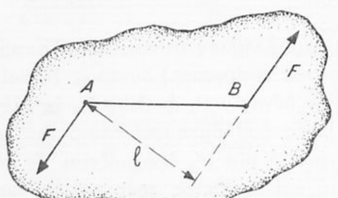
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ρίζεται ἐκ τῆς ἀποστάσεως αὐτοῦ ΟΑ 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.

81. 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 γενικῶς 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.

82. Ζεῦγος δυνάμεων. Ἐὰν εἰς τὸν τύπον 4 τῆς § 80 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. 72. Ζεῦγος δυνάμεων.

Τὸ σύστημα τῶν δυνάμεων F (σχ. 72) ἀποτελεῖ ***ζεῦγος δυνάμεων*** καί, ἐφ' ὅσον δὲν παρέχει συνισταμένην, δὲν δύναται νὰ προκαλέσῃ μεταφορὰν τοῦ σώματος ἐπὶ τοῦ ὁποίου ἐπιδρᾷ, ἀλλὰ μόνον περιστροφικὴν κίνησιν περὶ ἄξονα κάθετον ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον τῶν δυνάμεων τοῦ ζεύγους.

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

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

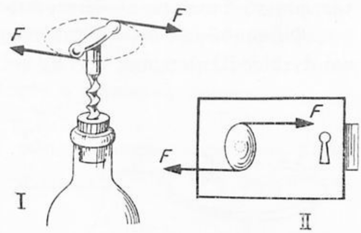
$$\boxed{\mathbf{M} = \mathbf{F} \cdot l}$$

Ἐπειδὴ ἐξ ἄλλου τὸ ζεῦγος δύναται νὰ στρέψῃ τὸ σῶμα εἴτε κατὰ τὴν φορὰν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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 ῥοπή 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 73 δεικνύει ἐφαρμογὰς ζεύγους δυνάμεων.



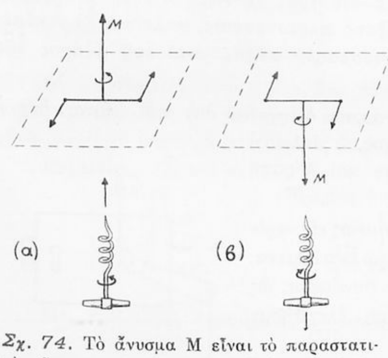
Σχ. 73. Ἡ κίνησις τοῦ ἐκπωματιστοῦ I καὶ τῆς χειρολαβῆς θύρας II, γίνεται ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν ζεύγους δυνάμεων.

Διαστάσεις καὶ μονάδες ῥοπῆς. Ἐκ τῆς ἄνω σχέσεως δυνάμεθα νὰ εὕρωμεν τὰς ἐξισώσεις διαστάσεων καὶ τὰς μονάδας ῥοπῆς εἰς τὰ συστήματα CGS καὶ Τ.Σ. μονάδων.

α) ***Σύστημα μονάδων CGS.*** $[M] = [MLT^{-2}]\,[L] = [ML^2\,T^{-2}]$.
καὶ μονὰς τὸ $1\ gr \cdot cm^2 \cdot sec^{-2}$ ἢ **1 Dyn · cm.**

β) ***Τεχνικὸν σύστημα.*** $[M] = [FL]$ καὶ μονὰς τὸ **1 kgr*m** ***(χιλιογραμμόμετρον).***

83. Γραφικὴ παράστασις ῥοπῆς. Ἡ ῥοπὴ ζεύγους παριστᾶται συνήθως δι' ἀνύσματος, τὸ ὁποῖον καλεῖται ***παραστατικὸν ἄνυσμα τῆς ῥοπῆς***, εἶναι κάθετον ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον τοῦ ζεύγους (σχ. 74) καὶ καθορίζει συγχρόνως τὸν ἄξονα περιστροφῆς τοῦ σώματος ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ ζεύγους.



Σχ. 74. Τὸ ἄνυσμα M εἶναι τὸ παραστατικὸν ἄνυσμα τῆς ῥοπῆς τοῦ ζεύγους: α) δεξιόστροφον, β) ἀριστερόστροφον.

Ἡ φορὰ τῆς ῥοπῆς τοῦ ζεύγους εὑρίσκεται διὰ συνδυασμοῦ τῆς φορᾶς περιστροφῆς τοῦ σώματος μετὰ τῆς προχωρήσεως τοῦ δεξιοστρόφου κοχλίου.

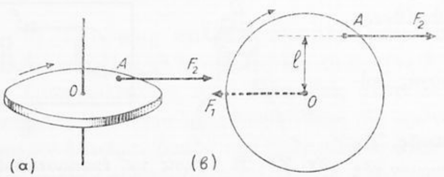
Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει ὅτι, ὅταν ζεῦγος δίδεται διὰ τοῦ παραστατικοῦ ἀνύσματος τῆς ῥοπῆς του, εἶναι τελείως ὡρισμένον, διότι ἔχομεν τὸν προσανατολισμὸν τοῦ ἐπιπέδου αὐτοῦ ἐν τῷ χώρῳ, τὸ μέγεθος τῆς ῥοπῆς του καὶ τὴν φορὰν περιστροφῆς.

84. Ῥοπὴ δυνάμεως ὡς πρὸς ἄξονα περιστροφῆς. Ἔστω ὅτι στερεὸν σῶμα πραγματοποιούμενον ὑπὸ τροχοῦ ἢ δίσκου (σχ. 75, α) στρέφεται περὶ ἄξονα O, ὁ ὁποῖος διατηρεῖ ἀμετάβλητον θέσιν εἰς τὸν χῶρον (π.χ. διὰ στηρίξεως τοῦ ἄξονος ἐπὶ σταθερῶν ἑδράνων). Ἐπὶ τοῦ σώματος φανταζόμεθα, ὅτι ἐπιδρᾷ ἡ δύναμις F, ἡ ὁποία, χάριν ἁπλότητος δεχόμεθα, ὅτι κεῖται ἐν ἐπιπέδῳ καθέτῳ ἐπὶ τὸν ἄξονα περιστροφῆς. Εἶναι φανερόν, ὅτι ἡ δύναμις αὕτη τείνει νὰ περιστρέψῃ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τὸ σῶμα περὶ τὸν ἄξονα περιστροφῆς κατὰ τὴν φορὰν τοῦ βέλους· καὶ διὰ νὰ ἐξετάσωμεν τὸ ἀποτέλεσμα τῆς περιστροφῆς σκεπτόμεθα ὡς ἑξῆς:

Φαντασθῶμεν, ὅτι ἐπὶ τοῦ σώματος ἐπιδρᾷ καὶ ἡ δύναμις F_1 (σχ. 75, β) ἴση καὶ ἀντιπαράλληλος πρὸς τὴν F_2 καὶ εἰς τρόπον, ὥστε ἡ εὐθεῖα ἐπενεργείας αὐτῆς νὰ διέρχεται διὰ τοῦ ἄξονος. Ἡ δύναμις F_1 προδήλως οὐδὲν ἀποτέλεσμα ἔχει, διότι ἐξουδετεροῦται ὑπὸ τῆς ἀντιστάσεως τοῦ μονίμου ἄξονος. Αἱ δυνάμεις ὅμως F_2 καὶ F_1 ἀποτελοῦν, ὡς γνωστόν, ζεῦγος καὶ ἑπομένως τὸ ἀποτέλεσμα τοῦ ζεύγους τούτου ἀνάγεται εἰς μόνον τὸ ἀποτέλεσμα τῆς δυνάμεως F_2.



Σχ. 75. Τὸ ἀποτέλεσμα τῆς ἐπιδράσεως τῆς δυνάμεως F_2 ἐξαρτᾶται μόνον ἀπὸ τὴν ῥοπὴν $F_2 \cdot l$, ἐν σχέσει πρὸς τὸν ἄξονα O.

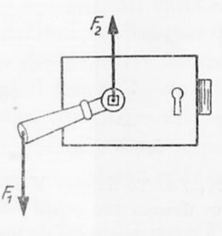
Τὸ ζεῦγος ὅμως (F_2, F_1) χαρακτηρίζεται ὑπὸ τῆς ῥοπῆς του $M = F_2 \cdot l$, ὅπου l ὁ ***βραχίων*** αὐτοῦ καὶ ἑπομένως τὸ γινόμενον $F_2 \cdot l$ χαρακτηρίζει ἐπίσης καὶ τὸ ἀποτέλεσμα τῆς δυνάμεως F_2 ἐπὶ τοῦ σώματος, τὸ ὁποῖον εἶναι στρεπτὸν ἐπὶ σταθερὸν ἄξονα.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει ὁ ἀκόλουθος ὁρισμὸς ῥοπῆς δυνάμεως ὡς πρὸς ἄξονα περιστροφῆς. ***Ροπὴ δυνάμεως ὡς πρὸς ἄξονα, ἐφ' ὅσον ἡ δύναμις κεῖται ἐν ἐπιπέδῳ καθέτῳ πρὸς τὸν ἄξονα περιστροφῆς, καλεῖται τὸ γινόμενον τῆς δυνάμεως ἐπὶ τὴν κάθετον ἀπόστασιν αὐτῆς ἀπὸ τοῦ ἄξονος τῆς περιστροφῆς.***

Ἐὰν ἡ εὐθεῖα ἐπενεργείας τῆς δυνάμεως διέρχεται διὰ τοῦ ἄξονος, ὅτε ἡ κάθετος ἀπόστασις αὐτῆς ἀπὸ τοῦ ἄξονος, ἢ ἄλλως ὁ βραχίων τῆς δυνάμεως, εἶναι μηδέν, τότε καὶ ἡ ῥοπὴ τῆς δυνάμεως εἶναι μηδέν.

Τὸ σχῆμα 76 ἐπεξηγεῖ τὴν ῥοπὴν δυνάμεως εἰς περίπτωσιν χειρολαβῆς, συμφώνως πρὸς τ' ἀνωτέρω ἐκτιθέμενα.

Διὰ τὰς ἐξισώσεις διαστάσεων ῥοπῆς δυνάμεως, ὡς καὶ τὰς μονάδας μετρήσεως ἰσχύουν, ὅσα ἐλέχθησαν καὶ διὰ τὴν ῥοπὴν ζεύγους.



Σχ. 76. Ἐπὶ τῆς χειρολαβῆς ἐξασκεῖται ῥοπή.

Ἀναλόγως τῆς θέσεως, τὴν ὁποίαν ἔχει ἡ δύναμις ἐν σχέσει πρὸς τὸν ἄξονα περιστροφῆς αὐτῆς, δύναται ἡ περιστροφὴ νὰ εἶναι εἴτε δεξιόστροφος, ὅτε ἡ ῥοπὴ καλεῖται ***δεξιόστροφος***, εἴτε ***ἀριστερόστροφος***. Συνήθως τὰς ἀριστεροστρόφους ῥοπὰς θεωροῦμεν ὡς *θετικὰς* καὶ τὰς δεξιοστρόφους ὡς ***ἀρνητικάς***.

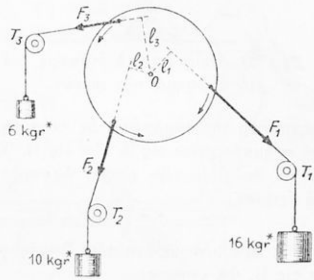
85. Θεώρημα τῶν ῥοπῶν. Προκειμένου περὶ ῥοπῆς δυνάμεως, ἰσχύει ἡ ἀκόλουθος πρότασις, ἡ ὁποία ἔχει σπουδαιοτάτην σημασίαν εἰς τὰς πρακτικὰς ἐφαρμογάς: ***Ἐὰν πολλαὶ ὁμοεπίπεδοι δυνάμεις (κείμεναι ἐν ἐπιπέδῳ καθέτῳ ἐπὶ τὸν ἄξονα) ἐπενεργοῦν ἐπὶ σώματος στρεπτοῦ περὶ σταθερὸν***

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἄξονα, ἡ ροπὴ τῆς συνισταμένης, ὡς πρὸς τὸν αὐτὸν ἄξονα, ἰσοῦται πρὸς τὸ ἀλγεβρικὸν ἄθροισμα τῶν ροπῶν τῶν δοθεισῶν δυνάμεων ὡς πρὸς τὸν αὐτὸν ἄξονα. Οὕτως, ἐὰν ἡ δύναμις F_1 ἔχῃ, ὡς πρὸς τὸν ἄξονα περιστροφῆς, βραχίονα l_1, ἡ δύναμις F_2 ἔχει βραχίονα l_2, ἡ F_3 ἔχει βραχίονα l_3, ἡ δὲ συνισταμένη αὐτῶν F ἔχει βραχίονα l, τότε θὰ ἰσχύῃ ἡ ἀλγεβρικὴ σχέσις:

$$F \cdot l = F_1 \cdot l_1 + F_2 \cdot l_2 + F_3 \cdot l_3 + \ldots \quad (1)$$

Ἐκ τῆς σχέσεως (1) προκύπτει: Ἵνα σῶμα στρεπτὸν περὶ ἄξονα ἰσορροπῇ ὑπὸ τὴν ἐπενέργειαν πολλῶν δυνάμεων, πρέπει, συμφώνως πρὸς τὰ ἀνωτέρω, ἡ εὐθεῖα ἐπενεργείας τῆς συνισταμένης νὰ συναντᾷ τὸν ἄξονα περιστροφῆς, ὅτε ὅμως ὁ βραχίων τῆς συνισταμένης εἶναι μηδὲν καὶ ἑπομένως ἡ ροπὴ τῆς συνισταμένης εἶναι ἴση πρὸς τὸ μηδέν. Ἐκ τούτου συνάγομεν τὴν ἀκόλουθον σπουδαίαν πρότασιν:



Σχ. 77. Ἰσορροπία τριῶν ροπῶν.

Ἵνα πολλαὶ ὁμοεπίπεδοι δυνάμεις ἐπενεργοῦσαι ἐπὶ στερεοῦ σώματος στρεπτοῦ περὶ ἄξονα ἰσορροποῦν, πρέπει τὸ ἀλγεβρικὸν ἄθροισμα τῶν ροπῶν αὐτῶν ὡς πρὸς τὸν ἄξονα περιστροφῆς νὰ εἶναι μηδέν. Ἡ σχέσις αὕτη περιλαμβάνεται εἰς τὴν ἐξίσωσιν:

$$F_1 \cdot l_1 + F_2 \cdot l_2 + F_3 \cdot l_3 + \ldots = 0.$$

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγομεν ὅτι, ἵνα σῶμα στρεπτὸν περὶ ἄξονα ἰσορροπῇ, πρέπει εἴτε ἡ συνισταμένη τῶν ἐπ' αὐτοῦ ἐπενεργουσῶν δυνάμεων νὰ εἶναι μηδὲν εἴτε, ἐὰν αὕτη δὲν εἶναι μηδέν, ἡ ροπὴ αὐτῆς ὡς πρὸς τὸν ἄξονα περιστροφῆς νὰ εἶναι μηδέν.

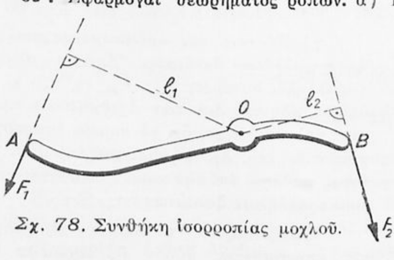
Παράδειγμα (ἐκ τοῦ σχ. 77). Ἔστω:

Δύναμις	Βραχίων δυνάμεως	Ροπή
$F_1 = 16$ kgr*	$l_1 = 7$ cm	$M_1 = -112$ kgr* · cm
$F_2 = 10$ kgr*	$l_2 = 4$ cm	$M_2 = +40$ kgr* · cm
$F_3 = 6$ kgr*	$l_3 = 12$ cm	$M_3 = +72$ kgr* · cm
		$M_1 + M_2 + M_3 = 0$

86*. Ἐφαρμογαὶ θεωρήματος ροπῶν. α) Ἐπὶ τοῦ στελέχους AB (σχ. 78) στρεπτοῦ περὶ ἄξονα O ἐπενεργοῦν δυνάμεις F_1 καὶ F_2 κείμεναι ἐπὶ ἐπιπέδου καθέτου ἐπὶ τὸν ἄξονα. Διὰ νὰ ἰσορροπῇ τὸ στέλεχος, πρέπει συμφώνως πρὸς τὸ θεώρημα τῶν ροπῶν, νὰ εἶναι $F_1 l_1 - F_2 l_2 = 0$ ἐξ ἧς: $F_1 l_1 = F_2 l_2$, ἤτοι αἱ ροπαὶ νὰ ἔχουν ἴσας ἀριθμητικὰς τιμάς.

Ἐκ τῆς ἄνω σχέσεως προκύπτει:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{l_2}{l_1}$$



Σχ. 78. Συνθήκη ἰσορροπίας μοχλοῦ.

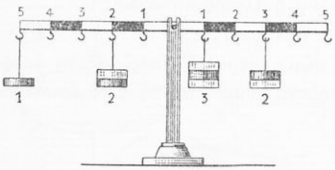
δηλαδὴ αἱ δυνάμεις εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογοι τῶν βραχιόνων αὐτῶν. Ἡ συνθήκη αὕτη ἀποτελεῖ τὴν ***συνθήκην ἰσορροπίας τοῦ μοχλοῦ.***

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Εἰς τὸ σχῆμα 79 ὑπάρχει ἰσορροπία, διότι:

$1 \times 5 + 2 \times 2 = 3 \times 1 + 2 \times 3$ καὶ $(1 \times 5 + 2 \times 2) - (3 \times 1 + 2 \times 3) = 0$.

β) ***Εὕρεσις τῆς συνισταμένης δύο ὁμοπαραλλήλων δυνάμεων.*** Ἔστωσαν αἱ ὁμοπαράλληλοι δυνάμεις, τῶν ὁποίων αἱ ἀριθμητικαὶ τιμαὶ ἢ αἱ ἐντάσεις εἶναι F_1 καὶ F_2, ἐφηρμοσμέναι εἰς τὰ σημεῖα Α καὶ Β στερεοῦ σώματος (σχ. 80). Ἐκ τοῦ πειράματος (βλ. § 78, 2) γνωρίζομεν, ὅτι αἱ δυνάμεις αὗται ἔχουν συνισταμένην, ἡ ὁποία εἶναι παράλληλος πρὸς τὰς δοθείσας. Ἀλλὰ καὶ θεωρητικῶς συνάγεται, ὅτι ἡ συνισταμένη εἶναι ὁμοπαράλληλος πρὸς τὰς δοθείσας, διότι οὐδεὶς λόγος συντρέχει, ὥστε νὰ μὴ συμβαίνῃ τοῦτο.



Σχ. 79. Πειραματικὴ διάταξις διὰ τὸ θεώρημα τῶν ῥοπῶν.

Ἔστω Ο τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τῆς συνισταμένης καὶ F ἡ ἔντασις αὐτῆς. Ἐφ' ὅσον ἡ F εἶναι συνισταμένη τῶν F_1 καὶ F_2, αὕτη θὰ ἐξακολουθήσῃ νὰ παραμένῃ ὡς τοιαύτη, ἐὰν φαντασθῶμεν ἄξονα κάθετον ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον τοῦ σχήματος, εἴτε εἰς Α εἴτε εἰς Β. Ἐὰν ἐφαρμόσωμεν τὸ θεώρημα τῶν ῥοπῶν ὡς πρὸς ἄξονα εἰς Α, θὰ ἔχωμεν:

$$F \cdot x = F_2 \cdot \alpha \qquad (1)$$

ἐὰν δὲ ἐφαρμόσωμεν τὸ αὐτὸ θεώρημα ὡς πρὸς ἄξονα εἰς Β, θὰ ἔχωμεν:

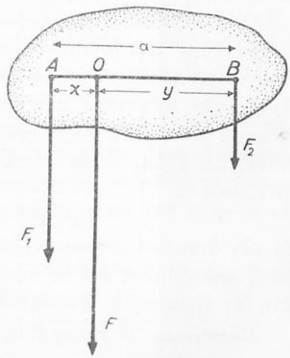
$$F \cdot y = F_1 \cdot \alpha \qquad (2)$$

Διὰ προσθέσεως τῶν δύο ἐξισώσεων κατὰ μέλη καὶ λαμβάνοντες ὑπ' ὄψιν ὅτι $x + y = \alpha$, εὑρίσκομεν:

$$F = F_1 + F_2 \qquad (3)$$

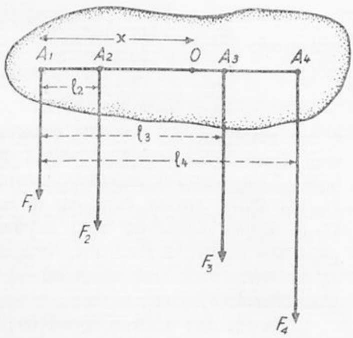
διὰ διαιρέσεως δὲ αὐτῶν κατὰ μέλη, εὑρίσκομεν:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{y}{x} = \frac{OB}{OA} \qquad (4)$$



Σχ. 80. Διὰ τὴν σύνθεσιν ὁμοπαραλλήλων δυνάμεων.

Αἱ ἐξισώσεις αὗται εἶναι ὅμοιαι πρὸς τὰς ἐξισώσεις (1) καὶ (2) τῆς § 78. (2)



Σχ. 81. Διὰ τὴν εὕρεσιν τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς τῆς συνισταμένης πολλῶν ὁμοπαραλλήλων δυνάμεων.

γ) ***Εὕρεσις τῆς συνισταμένης πολλῶν ὁμοπαραλλήλων δυνάμεων.*** Ἔστωσαν αἱ ὁμοπαράλληλοι δυνάμεις F_1, F_2, F_3 κ.ο.κ., αἱ ὁποῖαι δίδονται διὰ τῶν ἀριθμητικῶν τιμῶν των, καὶ δεχθῶμεν, ὅτι τὰ σημεῖα ἐφαρμογῆς αὐτῶν A_1, A_2, A_3, A_4 κεῖνται ἐπὶ μιᾶς εὐθείας καθέτου ἐπὶ τὴν κοινὴν διεύθυνσιν τῶν ὁμοπαραλλήλων δυνάμεων (σχ. 81).

Ὅπως εὕρωμεν τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τῆς συνισταμένης αὐτῶν F, δεχόμεθα ὅτι τοῦτο εὑρίσκεται εἰς Ο καὶ ἐφαρμόζομεν τὸ θεώρημα τῶν ῥοπῶν ὡς πρὸς ἄξονα διερχόμενον διὰ τοῦ A_1.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Εἶναι πρόδηλον, ὅτι ἡ ροπὴ τῆς δυνάμεως F_1 ὡς πρὸς τὸν ἄξονα εἰς A_1 εἶναι μηδέν, διότι τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς της κεῖται ἐπὶ τοῦ ἄξονος.

Ἐὰν δὲ διὰ l_2, l_3, l_4 καλέσωμεν ἀντιστοίχως τοὺς βραχίονας τῶν δυνάμεων F_2, F_3, F_4 ἐν σχέσει πρὸς τὸν ἄξονα εἰς A_1 καὶ διὰ x τὴν ἀπόστασιν OA_1, ἤτοι τὸν βραχίονα τῆς συνισταμένης F ὡς πρὸς τὸν αὐτὸν ἄξονα, θὰ ἔχωμεν:

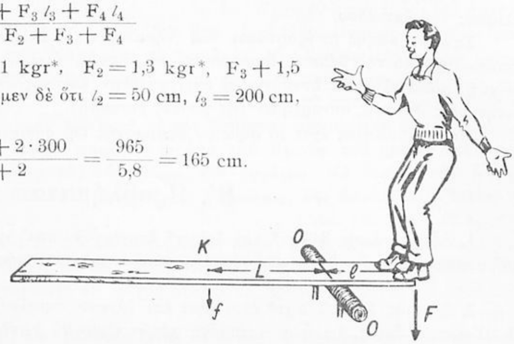
$$Fx = F_2 l_2 + F_3 l_3 + F_4 l_4$$

Ἐὰν δὲ λάβωμεν ὑπ' ὄψιν ὅτι $F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4$ ἕπεται ὅτι:

$$x = \frac{F_2 l_2 + F_3 l_3 + F_4 l_4}{F_1 + F_2 + F_3 + F_4}$$

Παράδειγμα. Ἐὰν $F_1 = 1$ kgr*, $F_2 = 1{,}3$ kgr*, $F_3 + 1{,}5$ kgr* καὶ $F_4 = 2$ kgr* ὑποθέσωμεν δὲ ὅτι $l_2 = 50$ cm, $l_3 = 200$ cm, $l_4 = 300$ cm, θὰ εἶναι:

$$x = \frac{1{,}3 \cdot 50 + 1{,}5 \cdot 200 + 2 \cdot 300}{1 + 1{,}3 + 1{,}5 + 2} = \frac{965}{5{,}8} = 165 \text{ cm.}$$



Σχ. 82. Ἡ ροπὴ τοῦ βάρους τοῦ ἀνθρώπου ὡς πρὸς τὸν ἄξονα OO ἰσορροπεῖ τὴν ροπὴν τοῦ βάρους τῆς δοκοῦ ὡς πρὸς τὸν αὐτὸν ἄξονα.

δ) Πρακτικὴν ἐφαρμογὴν τῆς περιπτώσεως σώματος στρεπτοῦ περὶ ἄξονα δεικνύει τὸ σχῆμα 82. Ὁ ἄξων περιστροφῆς συμπίπτει μὲ τὴν διεύθυνσιν OO. Εἰς τὸ ἓν ἄκρον ἡ δύναμις F παριστᾷ τὸ βάρος τοῦ ἀνθρώπου, τὸ ὁποῖον ἰσορροπεῖται ὑπὸ τῆς δυνάμεως f, ἐφηρμοσμένης εἰς τὸ κέντρον βάρους τῆς σανίδος καὶ ἡ ὁποία παριστᾷ τὸ βάρος αὐτῆς. Δι' ἐφαρμογῆς τοῦ θεωρήματος τῶν ροπῶν, ἔχομεν:

$$f \cdot L - F \cdot l = 0$$

ὅπου L καὶ l παριστοῦν τοὺς βραχίονας τῶν δυνάμεων, τοῦ ἀρνητικοῦ σημείου δικαιολογουμένου ἐκ τοῦ ὅτι αἱ δυνάμεις τείνουν νὰ περιστρέφουν τὸ σῶμα κατ' ἀντιθέτους φοράς. Ἐκ τῆς ἄνω σχέσεως προκύπτει:

$$f \cdot L = F \cdot l$$

Οὕτω, ἐὰν εἷς ἄνθρωπος ἔχῃ βάρος 70 kgr*, εἶναι δὲ $l = 0{,}60$ m καὶ $L = 1{,}80$ m, τότε, δι' ἀντικαταστάσεως τῶν τιμῶν εἰς τὸν ἀνωτέρω τύπον, εὑρίσκομεν: $f \cdot 1{,}80 = 70 \cdot 0{,}6$ ἐξ οὗ προκύπτει τὸ βάρος τῆς σανίδος $f = 23{,}3$ kgr*.

ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ

Α'. Ζητήματα.

Πῶς ὁρίζεται ἡ δύναμις καὶ ποῖα τὰ χαρακτηριστικὰ αὐτῆς.

Τί ὀνομάζομεν σύνθεσιν δυνάμεων, συνισταμένην καὶ συνιστώσας δυνάμεως.

Εἰς ποίας περιπτώσεις τὸ πρόβλημα τῆς ἀντικαταστάσεως πολλῶν δυνάμεων ὑπὸ μιᾶς ἐπιδέχεται λύσιν καὶ εἰς ποίας περιπτώσεις δὲν ἐπιδέχεται.

Τί καλοῦμεν ζεῦγος δυνάμεων, ὡς καὶ ροπὴν ζεύγους.

Ποία ἡ ἐξίσωσις διαστάσεων καὶ αἱ μονάδες ροπῆς. Πῶς παριστᾶται γραφικῶς ἡ ροπὴ ζεύγους.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Τί καλοῦμεν ἀνάλυσιν δυνάμεως καὶ τίνι τρόπῳ δυνάμεθα ν' ἀναλύσωμεν δοθεῖσαν δύναμιν εἰς δύο συνιστώσας σχηματιζούσας γωνίαν.

Πότε αἱ συνιστῶσαι δυνάμεως καλοῦνται ὀρθογώνιοι.

Νὰ δειχθῇ, ὅτι τρεῖς δυνάμεις ἴσαι, ἐπενεργοῦσαι ἐπὶ ἑνὸς ὑλικοῦ σημείου καὶ σχηματίζουσαι ἀνὰ δύο γωνίαν 120^0, ἰσορροποῦν.

Νὰ ἀναλυθῇ τὸ βάρος σώματος εὑρισκομένου ἐπὶ κεκλιμένου ἐπιπέδου εἰς δύο ὀρθογωνίους συνιστώσας, ἐκ τῶν ὁποίων ἡ μία νὰ εἶναι παράλληλος πρὸς τὸ κεκλιμένον ἐπίπεδον.

Νὰ ἐκφρασθοῦν αἱ δύο συνιστῶσαι διὰ τοῦ βάρους τοῦ σώματος καὶ τῆς γωνίας κλίσεως τοῦ ἐπιπέδου.

Σφαῖρα μάζης m ἐξαρτᾶται διὰ νήματος ἀπὸ ἀκλονήτου σημείου. Ἐὰν ἡ σφαῖρα ἐκτοπισθῇ ἀπὸ τῆς θέσεως ἰσορροπίας καὶ ἀφεθῇ ἐλευθέρα, φέρεται πρὸς τὰ κάτω. Νὰ δειχθῇ, ποῖαι εἶναι αἱ δυνάμεις αἱ ἐπενεργοῦσαι ἐπὶ τῆς σφαίρας καὶ πῶς ἐκφράζεται ἡ κινητήριος δύναμις συναρτήσει τῆς γωνίας ἐκτροπῆς.

Ποίας ἰδιότητας ἔχει τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τῆς συνισταμένης παραλλήλων δυνάμεων.

Β΄. Προβλήματα.

1. Δύο δυνάμεις 3 kgr* καὶ 4 kgr* ἐπενεργοῦν κατ' ὀρθὴν γωνίαν ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ὑλικοῦ σημείου. Νὰ εὑρεθῇ ἡ συνισταμένη αὐτῶν: α) γραφικῶς, β) λογιστικῶς.
(Ἀπ. F=5 kgr*).

2. Δύναμις $F_1 = 7$ kgr* ἐπενεργεῖ ἐπὶ ὑλικοῦ σημείου, ὁμοῦ μετὰ 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. (Ἀπ. $F_2 = 26$ kgr*).

3. Ἐπὶ τῆς κορυφῆς ὀρθῆς γωνίας ἐπενεργοῦν κατὰ τὴν μίαν πλευρὰν αὐτῆς αἱ δυνάμεις 21 kgr* καὶ 18 kgr*, καὶ ἐπὶ τῆς ἑτέρας αἱ δυνάμεις 27 kgr* καὶ 53 kgr*. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ συνισταμένη τῶν δυνάμεων. (Ἀπ F = 89 kgr*).

4. Σῶμα βάρους 159 kgr* εὑρισκόμενον ἐπὶ ὁριζοντίας τραπέζης, ὑπόκειται εἰς τὴν ἐπενέργειαν δύο δυνάμεων ἐφηρμοσμένων ἐφ' ἑνὸς σημείου αὐτοῦ, καὶ ὑπὸ γωνίαν 90^0, παραλλήλως πρὸς τὸ ἐπίπεδον τῆς τραπέζης, εἶναι δὲ $F_1 = 28$ kgr* καὶ $F_2 = 45$ kgr*. Πόση ἡ συνισταμένη αὐτῶν καὶ ἡ ἐπιτάχυνσις, τὴν ὁποίαν αὕτη μεταδίδει εἰς τὸ σῶμα.
(Ἀπ. F = 53 kgr*, $\gamma = 3{,}27$ m/sec^2).

5. Τρεῖς ὁμοεπίπεδοι δυνάμεις ἐπενεργοῦν ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ὑλικοῦ σημείου, εἶναι δὲ $F_1 = 9$ kgr*, $F_2 = 21$ kgr* καὶ $F_3 = 15$ kgr*. Πρὸς τούτοις γωνία $(F_1, F_2) = 56^0$ καὶ γωνία $(F_2, F_3) = 104^0$. Νὰ καθορισθῇ γραφικῶς ἡ συνισταμένη αὐτῶν κατ' ἀριθμητικὴν τιμὴν καὶ διεύθυνσιν. (Ἀπ. 23,64 kgr*, $73^0\ 30'$ πρὸς τὴν F_1).

6. Δύναμις F = 10 Dyn ἐπενεργεῖ ἐπὶ ὑλικοῦ σημείου, σχηματίζουσα γωνίαν 60^0 πρὸς τὰ ἄνω ὡς πρὸς τὴν ὁριζοντίαν. Τὸ αὐτὸ ὅμως ἀποτέλεσμα πρὸς τὴν ἀνωτέρω δύναμιν ἔχουν δύο δυνάμεις, ἡ F_1 διευθυνομένη ὁριζοντίως καὶ ἡ F_2 διευθυνομένη κατακορύφως. Νὰ εὑρεθοῦν αἱ F_1 καὶ F_2. (Ἀπ. $F_1 = 5$ Dyn, $F_2 = 5\sqrt{3}$ Dyn).

7. Ἡ συνιστῶσα δυνάμεως κατά τινα διεύθυνσιν εἶναι 5 kgr* καὶ κατὰ τὴν κάθετον πρὸς αὐτὴν 15 kgr*. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ διεύθυνσις τῆς δυνάμεως. (Ἀπ. $\varphi = 71^0\ 34'$).

8. Δύο δυνάμεις 10 Dyn καὶ 5 Dyn ἐπενεργοῦν ὑπὸ γωνίαν 140^0. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀριθμητικὴ τιμὴ τῆς συνισταμένης καὶ ἡ διεύθυνσις αὐτῆς. (Ἀπ. F = 6,957 Dyn, $\vartheta = 27^0\ 31'$).

9. Δύναμις 10 kgr* ἐπενεργεῖ ὁριζοντίως μετὰ ἑτέρας δυνάμεως F, σχηματιζούσης γωνίαν ϑ πρὸς τὴν ὁριζοντίαν. Ἡ συνισταμένη τῶν δύο τούτων δυνάμεων εἶναι 4 kgr* καὶ σχηματίζει γωνίαν 20^0 πρὸς τὴν ὁριζοντίαν. Νὰ εὑρεθοῦν, ἡ δύναμις F καὶ ἡ γωνία ϑ.
(Ἀπ. F = 6,4 kgr* $\vartheta = 167^0\ 30'$)

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

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

11. Ἐπὶ τῶν τεσσάρων κορυφῶν τετραγώνου, πλευρᾶς 50 cm, ἐπενεργοῦν τέσσαρες δυνάμεις ὁμοπαράλληλοι 33 kgr*, 11 kgr*, 44 kgr* καὶ 12 kgr*. Νὰ καθορισθῇ ἡ θέσις τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς τῆς συνισταμένης διὰ τῆς ἀποστάσεως αὐτοῦ ἀπὸ δύο καθέτων πλευρῶν τοῦ τετραγώνου. (Ἀπ. $x = 27{,}5$ cm, $y = 28$ cm).

12. Δύναμις $F = 180$ kgr* ἐπενεργεῖ εἰς τὸ σημεῖον Α 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.
(Ἀπ. $F_1 = 40$ kgr*, $F_2 = 140$ kgr*).

13. Δύο ἐργάται κρατοῦν τὰ δύο ἄκρα ῥάβδου, 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 Α τῆς ῥάβδου κατὰ 0,75 m καὶ ἀπὸ τοῦ ἄκρου Β κατὰ 1 m.
(Ἀπ. $F_1 = 80$ kgr*, $F_2 = 60$ kgr*).

14. Ἐργάτης μεταφέρει φορτίον 230 kgr* μὲ τὴν βοήθειαν μονοτρόχου ἁμαξίου, τὸ δὲ σημεῖον ἐφαρμογῆς τοῦ βάρους ἀπέχει κατὰ 1/3 m ἀπὸ τοῦ ἄξονος τοῦ τροχοῦ καὶ κατὰ 1,2 m ἀπὸ τῆς εὐθείας τῆς ἑνούσης τὰς δύο χεῖρας τοῦ ἐργάτου. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ δύναμις, τὴν ὁποίαν ὑφίσταται ὁ ἄξων τοῦ τροχοῦ, καὶ ἡ δύναμις, τὴν ὁποίαν καταβάλλει ὁ ἐργάτης. (Ἀπ. 180 kgr*, 50 kgr*).

15. Ῥάβδος ὁμογενὴς μήκους 90 cm φέρει εἰς τὸ ἓν ἄκρον αὐτῆς πρὸς τ' ἀριστερὰ βάρος 1 kgr*, καὶ εἰς τὸ ἕτερον βάρος 0,5 kgr*. Ἐὰν εἰς τὸ μέσον τῆς ῥάβδου τοποθετηθῇ ἄξων περιστροφῆς, εἰς ποίαν ἀπόστασιν ἀπ' αὐτοῦ πρέπει νὰ προστεθῇ βάρος 1,5 kgr* ἵνα τὸ σύστημα ἰσορροπῇ. (Ἀπ. 15 cm).

16. Ῥάβδος ΑΒ, μήκους 70 cm, ὑποστηρίζεται δι' ἄξονος ἀπέχοντος κατὰ 45 cm ἀπὸ τοῦ πρὸς τὰ δεξιὰ ἄκρου Β τῆς ῥάβδου. Ἡ ῥάβδος φορτίζεται ὑπὸ βάρους 0,5 kgr*, ἐφηρμοσμένου εἰς Β, ὑπὸ βάρους 1,5 kgr* ἐφηρμοσμένου εἰς Γ, ἀπέχοντος 18 cm ἀπὸ τοῦ Β, ὑπὸ τοῦ βάρους 2 kgr* ἐφηρμοσμένου εἰς Δ, ἀπέχοντος 10 cm ἀπὸ τοῦ Γ, καὶ ὑπὸ τοῦ βάρους 6 kgr* ἐφηρμοσμένου εἰς Ε, ἀπέχοντος 22 cm ἀπὸ τοῦ Δ. Ζητεῖται τὸ βάρος, τὸ ὁποῖον πρέπει νὰ ἐφαρμοσθῇ εἰς Α, ἵνα ἡ ῥάβδος ἰσορροπῇ. (Ἀπ. 2,68 kgr*).

17. Εἰς ποῖον σημεῖον πρέπει νὰ ὑποστηριχθῇ ῥάβδος ΑΒ, μήκους 2,10 m, εἰς τρόπον ὥστε μᾶζα 3 kgr ἐξαρτωμένη ἀπὸ τοῦ Α νὰ ἰσορροπῆται ὑπὸ μάζης 4,5 kgr ἐφηρμοσμένης εἰς τὸ ἕτερον αὐτῆς ἄκρον Β. (Ἀπ. 1,26 m).

18. Ὁμογενὴς ῥάβδος μήκους 70 cm ἔχει βάρος 2 kgr* καὶ δύναται νὰ περιστρέφεται περὶ σταθερὸν ἄξονα, εὑρισκόμενον εἰς ἀπόστασιν 25 cm ἀπὸ τοῦ πρὸς τ' ἀριστερὰ ἄκρου αὐτῆς. Ζητεῖται, πόση δύναμις πρέπει νὰ ἐφαρμοσθῇ εἰς τὸ πρὸς τ' ἀριστερὰ ἄκρον τῆς ῥάβδου καὶ καθέτως πρὸς αὐτήν, ἵνα αὕτη ἰσορροπῇ. (Ἀπ. 0,8 kgr*).

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

20. Δύο ἀντιπαράλληλοι δυνάμεις 8 kgr* καὶ 12 kgr* ἔχουν σημεῖα ἐφαρμογῆς ἀπέχοντα κατὰ 15 cm ἀπ' ἀλλήλων. Ζητεῖται ἡ ἔντασις τῆς συνισταμένης αὐτῶν καὶ ἡ ἀπόστασις τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς της ἀπὸ τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς της ἀπὸ τῆς μεγαλυτέρας τῶν δυνάμεων. (Ἀπ. 30 cm).

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

22. Ἐπὶ αἰώρας (κ. κούνιας) διὰ δοκοῦ μήκους 3,60 m ἄνθρωπος ζυγίζων 75 kgr* καὶ εὑρισκόμενος εἰς τὸ ἓν ἄκρον τῆς αἰώρας ἰσορροπεῖ δύο παιδία, ἕκαστον βάρους 50 kgr*, εὑρισκόμενα εἰς τὸ ἕτερον ἄκρον. Νὰ καθορισθῇ ἡ ἀπόστασις τοῦ ἀνθρώπου ἀπὸ τῆς θέσεως ὑποστηρίξεως τῆς δοκοῦ. (Ἀπ. 206 cm).

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Γ΄

ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΤΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΣΗΜΕΙΟΥ

87. 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).

88. 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,

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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 ἐξακολουθήσῃ νὰ κινῆται εὐθυγράμμως καὶ ὁμαλῶς ἐπ᾽ ἄπειρον. Τὸ ὡς ἄνω ὅμως συμπέρασμα δὲν εἶναι ἐπιδεκτικὸν πειραματικῆς ἐπαληθεύσεως, διότι ἡ ἐκμηδένισις τῶν τριβῶν εἶναι εἰς ἡμᾶς ἀδύνατος. Ἐν τούτοις δεχόμεθα, ὅτι καὶ τὸ δεύτερον μέρος τοῦ ἀξιώματος τοῦ Νεύτωνος ἀληθεύει, διότι διὰ τῆς παραδοχῆς αὐτοῦ ἡ Φυσικὴ οὐδέποτε κατέληξε μέχρι σήμερον εἰς συμπεράσματα ἀντιφάσκοντα πρὸς τὴν ἐμπειρίαν. 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 προκύπτουν τὰ ἀκόλουθα συμπεράσματα:

1. ***Ἐὰν ἐπὶ σώματος δὲν ἐπενεργῇ δύναμις, τὸ σῶμα ἢ θὰ ἠρεμῇ ἢ θὰ κινῆται εὐθυγράμμως καὶ ὁμαλῶς.***

2. ***Ἐὰν ἐπὶ σώματος ἐπενεργῇ δύναμις, τὸ σῶμα θὰ ἐκτελῇ κίνησιν μεταβαλλομένην καὶ θὰ ἔχῃ ἑπομένως ἐπιτάχυνσιν.***

3. ***Ἐὰν σῶμα ἔχῃ ἐπιτάχυνσιν, ὁπότε κατ᾽ ἀνάγκην ἐπ᾽ αὐτοῦ ἐπενεργεῖ δύναμις, καὶ αἴφνης παύσῃ ἐπενεργοῦσα ἡ δύναμις, τὸ σῶμα θὰ ἐξακολουθήσῃ κινούμενον εὐθυγράμμως καὶ ὁμαλῶς, μὲ ταχύτητα, ἥτις ἰσοῦται κατ᾽ ἀριθμητικὴν τιμὴν καὶ διεύθυνσιν πρὸς τὴν ταχύτητα, τὴν ὁποίαν εἶχε τὸ κινητὸν κατὰ τὴν στιγμήν, καθ᾽ ἣν ἡ δύναμις ἔπαυσεν ἐπενεργοῦσα.***

Ἐπειδὴ ἡ μετάβασις ἐκ τῆς ἠρεμίας εἰς τὴν κίνησιν ἢ ἐκ τῆς κινήσεως εἰς τὴν ἠρεμίαν ἢ ἡ μετάδοσις ἐπιταχύνσεως εἰς σῶμα ἀποτελοῦν γενικῶς μεταβολὴν τῆς κινητικῆς καταστάσεως τοῦ σώματος, τὸ πρῶτον ἀξίωμα τοῦ Νεύτωνος δύναται νὰ διατυπωθῇ καὶ ὡς ἑξῆς: ***Σῶμα οὐδέποτε δύναται ἀφ᾽ ἑαυτοῦ νὰ μεταβάλῃ τὴν κινητικήν του κατάστασιν.***

89. 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. Οὕτω, 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.

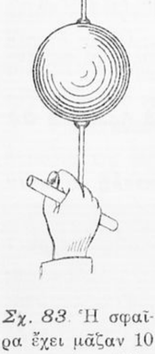
Παραδείγματα τῶν ἀποτελεσμάτων τῆς ἀδρανείας συναντῶμεν ἄφθονα εἰς τὸν καθ᾽ ἡμέραν βίον. Οὕτω, οἱ ἐπιβάται τροχιοδρομικοῦ ὀχήματος εὑρισκομένου ἐν κινήσει κλίνουν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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 σῶμά 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 τὸν 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.



Σχ. 83. Ἡ σφαῖρα ἔχει μᾶζαν 10 kgr περίπου. Ἐὰν σύρωμεν ἠπίως, θραύεται τὸ ἄνω σχοινίον, ἐὰν δὲ σύρωμεν ἀποτόμως, θραύεται τὸ κάτω.

Ὁμοίως εἰς τὸ σχῆμα 83, 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.

Ὅταν θέλωμεν νὰ στερεώσωμεν λίμαν ἐπὶ τῆς ξυλολαβῆς αὐτῆς (σχ. 84), 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 καί, 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.

Σχ. 84. Στερέωσις λίμας ἐπὶ ξυλολαβῆς.

Σχ. 85. Δι' ἀποτόμου ἐκτινάξεως τοῦ χαρτονίου ἡ σφαῖρα πίπτει ἐντὸς τοῦ δοχείου.

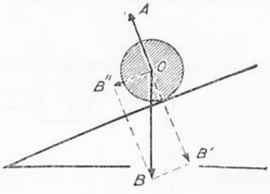
Εἰς τὸ σχῆμα 85, ὅταν σύρωμεν ὁριζοντίως καὶ ἠπίως τὸ χαρτόνιον, ἡ σφαῖρα παρακολουθεῖ αὐτὸ εἰς τὴν κίνησίν του, διότι συγκρατεῖται ἐπ' αὐτοῦ λόγῳ τῆς τριβῆς μεταξὺ τῆς ἐπιφανείας στηρίξεως τῆς σφαίρας καὶ τοῦ χαρτονίου. Ἐὰν ὅμως κτυπήσωμεν ἀποτόμως τὸ χαρτόνιον, λόγῳ τῆς ἐντόνου ἐκδηλώσεως τῆς ἀδρανείας 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.

Ἐκ πείρας γνωρίζομεν ὅτι, ὅσον περισσότερον εἶναι τὸ ποσὸν τῆς ὕλης, ἤτοι

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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.***

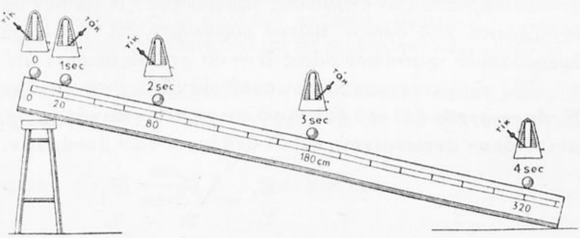
90. Δεύτερον ἀξίωμα τοῦ Νεύτωνος. Τὸ δεύτερον ἀξίωμα τοῦ Νεύτωνος διατυποῦται ὡς ἑξῆς: ***Δύναμις σταθερὰ ἐπενεργοῦσα ἐπὶ σώματος μεταδίδει εἰς αὐτὸ κίνησιν εὐθύγραμμον ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένην.***



Σχ. 86. Κεκλιμένον ἐπίπεδον.

Ἐὰν ἀφήσωμεν μικρὰν σφαῖραν νὰ πίπτῃ ἐπὶ κεκλιμένου ἐπιπέδου (σχ. 86), 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 Β 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. 87). Ἤτοι ***τὰ διαννόμενα διαστήματα εἶναι ἀνάλογα τῶν τετραγώνων τῶν χρόνων.***



Σχ. 87. Πειραματικὴ διάταξις διὰ τὴν σπουδὴν τοῦ 2ου ἀξιώματος τοῦ Νεύτωνος.

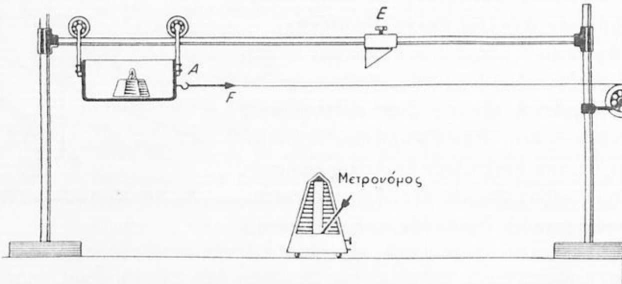
Ἂς ἐξετάσωμεν ἤδη, ποῖα εἶναι τὰ μηχανικὰ ἐκεῖνα μεγέθη, τὰ ὁποῖα δυνάμεθα νὰ μεταβάλλωμεν, ὅταν ἔχωμεν ἓν σῶμα, τὸ ὁποῖον δύναται ἐλευθέρως νὰ κινῆται ὑπὸ τὴν ἐπενέργειαν σταθερᾶς δυνάμεως.

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

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΒΟΥΛΗΣ ΤΩΝ ΕΛΛΗΝΩΝ
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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 88 ἐφαρμόζομεν εἰς τὸ ἐλεύθερον ἄκρον τοῦ νήματος βάρος B = 20 gr*, προσδιορίζομεν δὲ μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ μετρονόμου τὰ διανυόμενα διαστήματα ἐντὸς



Σχ. 88. Ὑπὸ τὴν ἐπενέργειαν τοῦ βάρους B τὸ ἁμάξιον ἀποκτᾷ ἐπιτάχυνσιν. (E, κώλυμα διὰ τὸ ἁμάξιον).

1, 2 καὶ 3 δευτερολέπτων, τὰ ὁποῖα εὑρίσκομεν ἀντιστοίχως ἴσα πρὸς 30 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: $\gamma = 40\ \mathrm{cm/sec^2}$. Ἐὰν ἀκολούθως ἐφαρμόσωμεν διπλάσιον βάρος, δηλ. B = 40 gr*, ἐργαζόμενοι καθ' ὅμοιον τρόπον εὑρίσκομεν, ὅτι $\gamma = 80\ \mathrm{cm/sec^2}$ καὶ τέλος, ἐὰν ἐφαρμόσωμεν τριπλάσιον βάρος B = 60 gr*, εὑρίσκομεν ὅτι $\gamma = 120\ \mathrm{cm/sec^2}$.

Ἐκ τῶν μετρήσεων τούτων συνάγομεν ὅτι: ***ὅταν δυνάμεις σταθεραὶ $\mathbf{F}_1$, $\mathbf{F}_2$, $\mathbf{F}_3$ ἐπενεργοῦν ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ σώματος, αἱ ἐπιταχύνσεις γ_1, γ_2, γ_3, τὰς ὁποίας μεταδίδουν ἀντιστοίχως, εἶναι ἀνάλογοι τῶν δυνάμεων.*** Ἢ ἀναλυτικῶς:

$$\frac{\mathbf{F}_1}{\gamma_1} = \frac{\mathbf{F}_2}{\gamma_2} = \frac{\mathbf{F}_3}{\gamma_3}$$

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 ἐπίδρασιν δὲ δυνάμεως π.χ. 60 gr* ἐλάμβανεν ἐπιτάχυνσιν 120 cm/sec². 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: $\gamma = 60\ \mathrm{cm/sec^2}$, δηλ. τὸ ἥμισυ τῆς προηγουμένης. Ἤτοι ἡ αὐτὴ κινητήριος δύναμις ἐπενεργοῦσα ἐπὶ σώματος διπλασίας μάζης μεταδίδει ἐπιτάχυνσιν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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.***

Οὕτω, 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:

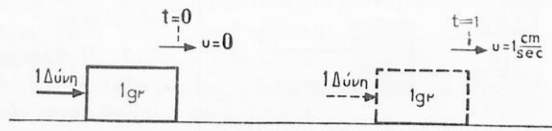
$$m_1 \cdot \gamma_1 = m_2 \cdot \gamma_2 = m_3 \cdot \gamma_3 .$$

91. Θεμελιώδης νόμος τῆς Δυναμικῆς. Τὰ ἀνωτέρω περιγραφέντα πειραματικὰ ἀποτελέσματα περιλαμβάνονται εἰς τὴν γενικὴν ἐξίσωσιν:

$$F = k \cdot m \cdot \gamma$$

ἔνθα k σταθερὰ ποσότης ἐξαρτωμένη ἐκ τῶν μονάδων. Εἰς τὰ ἤδη ἀναπτυχθέντα (§ 5) ἐν χρήσει συστήματα μονάδων, δυνάμεθα διὰ καταλλήλου ἐκλογῆς τῶν μονάδων νὰ ἐπιτύχωμεν, ὥστε $k = 1$ καὶ οὕτω νὰ ἀπαλλαγῶμεν τοῦ συντελεστοῦ τούτου.

Μονάδες μάζης καὶ δυνάμεως. α) ***Σύστημα μονάδων* CGS.** Εἰς τὸ σύστημα τοῦτο, ὅπως ἐπιτύχωμεν $k = 1$ λαμβάνομεν ὡς ***μονάδα μάζης*** τὸ γραμμάριον μάζης (1 gr), τοῦ ὁποίου ὁ ὁρισμὸς ἐδόθη εἰς τὴν § 20, καὶ ὡς μονάδα ἐπιταχύνσεως τὸ 1 cm/sec², ὁρίζομεν δὲ ὡς ***μονάδα δυνάμεως τὴν δύναμιν, ἡ ὁποία ἐπενεργοῦσα ἐπὶ μάζης 1 γραμμαρίου μεταδίδει εἰς αὐτὴν ἐπιτάχυνσιν 1* cm/sec².** Ἡ οὕτως ὁριζομένη μονὰς ἐκλήθη ***δύνη* (Dyn)** (σχ. 89), ὡς δὲ ἤδη εἶναι γνωστὸν (§ 7) εἶναι:



Σχ. 89. Δύναμις 1 δύνης, ἐπενεργοῦσα ἐπὶ σώματος μάζης 1 gr εὑρισκομένου ἐν ἠρεμίᾳ, μεταδίδει εἰς αὐτὸ ἐπιτάχυνσιν 1 cm/sec², καὶ ἑπομένως, εἰς τὸ τέλος τοῦ πρώτου δευτερολέπτου, τὸ σῶμα ἔχει ἀποκτήσει ταχύτητα υ=1 cm/sec καὶ διανύσει διάστημα 0,5 cm.

$$1 \text{ Dyn} = 1 \text{ gr} \cdot 1 \frac{\text{cm}}{\text{sec}^2} \quad \text{ἢ} \quad 1 \text{ gr} \cdot \text{cm} \cdot \text{sec}^{-2}$$

β) ***Τεχνικὸν σύστημα μονάδων.*** Ἡ μονὰς μάζης ἡ χρησιμοποιουμένη ὑπὸ τῶν τεχνικῶν δὲν εἶναι θεμελιώδης μονάς, ἀλλὰ παράγωγος, καλεῖται δὲ ***τεχνικὴ μονὰς μάζης*** καὶ παρισταται διὰ τοῦ συμβόλου ***Τ. Μ. μάζης,*** ἐνῷ ἡ μονὰς δυνάμεως ***χιλιόγραμμον βάρους* (kgr*)** ἀποτελεῖ θεμελιώδη μονάδα διὰ τὸ τεχνικὸν σύστημα. Ἡ μονὰς αὕτη (1 kgr*) λαμβάνεται ὡς τὸ βάρος τοῦ προτύπου χιλιογράμμου (σχ. 14). ***Ἡ τεχνικὴ μονὰς μάζης ὁρίζεται ὡς ἡ μᾶζα σώματος, τὸ ὁποῖον ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν δυνάμεως 1* kgr* *λαμβάνει ἐπιτάχυνσιν 1* m/sec², *ἤτοι*:**

$$1 \text{ Τ.Μ. μάζης} = \frac{1 \text{ kgr}^*}{1 \text{ m/sec}^2} \quad \text{ἢ} \quad 1 \text{ kgr}^* \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{sec}^2$$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

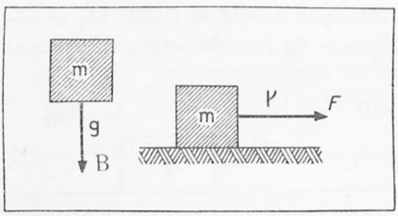
Ἐπὶ τῇ βάσει τοῦ ἀνωτέρω ὁρισμοῦ τῶν μονάδων, ἰσχύει γενικῶς διὰ τὸ σύστημα μονάδων CGS καὶ τὸ τεχνικὸν σύστημα ἡ σχέσις :

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

Ἡ σχέσις αὕτη ἀποτελεῖ ***θεμελιώδη νόμον τῆς Μηχανικῆς*** καὶ ὑποδηλοῖ ὅτι, ἐφ᾽ ὅσον ἐπὶ σώματός τινος ἐπιδρᾷ δύναμις, τὸ σῶμα θ᾽ ἀποκτήσῃ ἐπιτάχυνσιν ἀνάλογον τῆς δυνάμεως.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω πειραμάτων, προκύπτει δι᾽ εὐκόλου συλλογισμοῦ, ὅτι ἡ διεύθυνσις τῆς ἐπιταχύνσεως συμπίπτει πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς δυνάμεως.

Ἀναλόγως τῆς ἐπιδρώσης δυνάμεως προσδίδεται ἐπὶ τῆς μάζης m διάφορος ἐπιτάχυνσις. Οὕτω εἰς τὸ σχ. 90 (ἀριστερὰ) τὸ βάρος B προσδίδει ἐπιτάχυνσιν g, ἐνῷ (δεξιὰ) ἡ δύναμις F προσδίδει ἐπιτάχυνσιν γ, διδομένην ἀπὸ τὴν σχέσιν $F = m \cdot \gamma$.



Σχ. 90. Ἐπεξήγησις τοῦ δευτέρου ἀξιώματος.

92. Συμπεράσματα τοῦ δευτέρου ἀξιώματος. Ἐκ τοῦ δευτέρου ἀξιώματος τοῦ Νεύτωνος, προκύπτουν τὰ ἀκόλουθα συμπεράσματα :

1. Ἡ δύναμις εἶναι ἀνυσματικὸν μέγεθος καὶ ἡ ἀνυσματικὴ ἐξίσωσις ὁρισμοῦ αὐτῆς εἶναι : $\mathcal{F} = m \cdot \gamma$, ***ἤτοι ἡ δύναμις εἶναι ἄνυσμα ἔχον τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν πρὸς τὸ ἄνυσμα τῆς ἐπιταχύνσεως.***

2. Ἐὰν μία καὶ ἡ αὐτὴ δύναμις ἐπενεργῇ ἐπὶ δύο διαφόρων μαζῶν, μεταδίδει εἰς αὐτὰς ἐπιταχύνσεις, αἱ ὁποῖαι εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογοι τῶν μαζῶν.

Οὕτω, ἐὰν ἡ δύναμις F ἐπενεργῇ ἐπὶ σώματος μάζης m_1 καὶ μεταδίδῃ εἰς αὐτὸ ἐπιτάχυνσιν γ_1, θὰ ἔχωμεν, ἐπὶ τῇ βάσει τοῦ τύπου (1) τῆς § 91, $F = m_1 \cdot \gamma_1$. Ἐὰν ἡ αὐτὴ δύναμις ἐπενεργῇ ἐπὶ σώματος μάζης m_2 καὶ μεταδίδῃ εἰς αὐτὸ ἐπιτάχυνσιν γ_2, θὰ ἔχωμεν $F = m_2 \cdot \gamma_2$.

Ἐκ τῶν δύο ὡς ἄνω σχέσεων, εὑρίσκομεν εὐκόλως $m_1 \cdot \gamma_1 = m_2 \cdot \gamma_2$ ἤτοι :

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{\gamma_2}{\gamma_1} \qquad (1)$$

Ἡ τελευταία αὕτη σχέσις ἐκφράζει τὴν προηγουμένην πρότασιν.

3. Ἐὰν ἐπὶ σώματος ἐπενεργοῦν δύο ἢ περισσότεραι δυνάμεις, τὸ ἀποτέλεσμα ἑκάστης τῶν δυνάμεων οὐδόλως ἐπηρεάζεται ἐκ τοῦ ἀποτελέσματος τῆς ἑτέρας.

Ἡ πρότασις αὕτη εἶναι ἄμεσος συνέπεια τῆς ἀρχῆς τῆς ἀνεξαρτησίας τῶν κινήσεων (§ 57) καὶ τοῦ δευτέρου ἀξιώματος τοῦ Νεύτωνος.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Εἰς πολλὰ συγγράμματα ἡ πρότασις αὕτη ἀναφέρεται ὡς ἴδιον ἀξίωμα τοῦ Νεύτωνος καὶ καλεῖται ***διαλυτικὸν ἀξίωμα.***

93. Ἐφαρμογαὶ τῶν δύο ἀξιωμάτων. α) ***Βάρος σώματος.*** Γνωρίζομεν, ὅτι τὸ βάρος σώματός τινος εἶναι ἡ δύναμις τὴν ὁποίαν ἀσκεῖ ἡ ἕλξις τῆς Γῆς ἐπ᾽ αὐτοῦ. Ἐξ ἄλλου, τὰ σώματα ἀφιέμενα ἐλεύθερα πίπτουν ὑπὸ τὴν ἐπενέργειαν τοῦ βάρους των, ἡ δὲ κίνησις αὐτῶν εἶναι εὐθύγραμμος ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένη καὶ ἡ ἐπιτάχυνσις αὐτῶν παριστᾶται διὰ τοῦ συμβόλου **g**, ἔχουσα ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς καὶ εἰς μέσα πλάτη ἀριθμητικὴν τιμὴν ἴσην περίπου πρὸς **981 cm/sec²**. Ἑπομένως, ἐὰν m ἡ μᾶζα τοῦ σώματος καὶ B τὸ βάρος τοῦ σώματος, θὰ εἶναι:

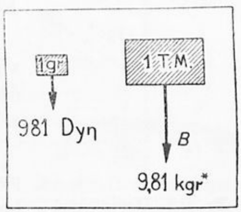
$$\boxed{\mathbf{B = m \cdot g}} \qquad (1)$$

Ἐὰν θέσωμεν m = 1 gr, ἐπειδὴ ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ βάρους ἡ ἀσκουμένη ἐπιτάχυνσις εἶναι 981 cm/sec² ἕπεται, ὅτι ἡ ἐπιδρῶσα δύναμις ἐπὶ μάζης 1 gr κατὰ τὴν ἐξίσωσιν (1) εἶναι 981 Dyn, ἤτοι:

$$\mathbf{B} = \mathrm{m \cdot g = 1\ gr \times 981\ cm/sec^2} = \mathbf{981\ Dyn.}$$

Ἐξ ἄλλου, ἐὰν θέσωμεν m = 1 Τ.Μ. μάζης, ἐπειδὴ ἡ ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ βάρους ἀποκτωμένη ἐπιτάχυνσις εἶναι 9,81 m/sec² (εἶναι πρὸς τούτοις γνωστὸν ἐξ ὁρισμοῦ, ὅτι ἐπὶ 1 Τ.Μ. μάζης δύναμις 1 kgr* προκαλεῖ ἐπιτάχυνσιν 1 m/sec²), ἕπεται ὅτι ἡ ἐκ τῆς βαρύτητος δύναμις (δηλ. τὸ βάρος) ἐπὶ 1 Τ.Μ. μάζης εἶναι 9,81 kgr*, ἤτοι:

$$\mathbf{B} = \mathrm{m \cdot g = 1\ Τ.Μ.\ μάζης \times 9{,}81\ m/sec^2} = \mathbf{9{,}81\ kgr^*}.$$



Σχ. 91. Μᾶζα 1 gr ἔχει βάρος 981 Dyn, ἐνῷ μᾶζα 1 Τ.Μ. ἔχει βάρος 9,81 kgr*.

Ἐνίοτε ὡς μονὰς βάρους (καὶ γενικῶς δυνάμεως) λαμβάνεται τὸ $\frac{1}{1000}$ kgr* καὶ καλεῖται ***γραμμάριον βάρους*** (**gr***).

β) ***Σχέσις μεταξὺ τῶν μονάδων δυνάμεως.*** Συμφώνως πρὸς τ᾽ ἀνωτέρω δύναμις 1 kgr* παριστᾷ τὸ βάρος μάζης 1 kgr. Ἐπειδὴ ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς δυνάμεως ταύτης τὸ σῶμα πίπτει μὲ ἐπιτάχυνσιν 981 cm/sec², προκύπτει δι᾽ ἐφαρμογῆς τῆς θεμελιώδους ἐξισώσεως B = m · g, ὅτι:

$$1\ \mathrm{kgr^*} = 1000\ \mathrm{gr} \times 981\ \mathrm{cm/sec^2} = 981\,000\ \mathrm{Dyn},$$

ὅτε:

$$\mathbf{1\ gr^* = 981\ Dyn}$$

Τὸ βάρος σώματος εἰς γραμμάρια βάρους (gr*) καὶ ἡ μᾶζα αὐτοῦ εἰς γραμμάρια (gr) ἐκφράζονται διὰ τοῦ αὐτοῦ ἀριθμοῦ. Ἤτοι, σῶμα ἔχον μᾶζαν 5 gr ἔχει ἐπίσης βάρος 5 gr*. Δέον ὅμως νὰ σημειωθῇ ὅτι, εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην, ἡ μᾶζα καὶ τὸ βάρος δὲν ἐκφράζονται εἰς ἓν καὶ τὸ αὐτὸ σύστημα μονάδων.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει, ὅτι ἡ ὕλη παρουσιάζει δύο χαρακτηριστικὰς ἰδιότητας: τὴν ***ἀδράνειαν*** (βλ. πρῶτον ἀξίωμα Νεύτωνος) καὶ τὴν ***βαρύτητα.***

γ) ***Σχέσις μεταξὺ Τ.Μ. μάζης καὶ*** **kgr.** Γνωρίζομεν, ὅτι δύναμις 1 kgr*

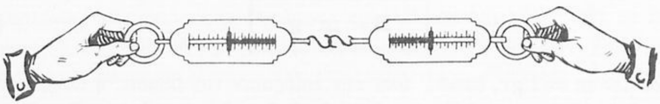
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

μεταδίδει εἰς 1 Τ.Μ. μάζης ἐπιτάχυνσιν 1 m/sec², ἐνῷ ἐξ ἄλλου δύναμις 1 kgr*, ἐφηρμοσμένη ἐπὶ μάζης 1 kgr, μεταδίδει ἐπιτάχυνσιν 9,81 m/sec². Ἐπειδὴ δὲ αἱ ἐπιταχύνσεις εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογοι τῶν μαζῶν, ἕπεται ὅτι :

1 Τ.Μ. μάζης = 9,81 kgr, δηλ. περίπου 10 kgr μάζης.

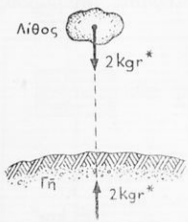
94. Τρίτον ἀξίωμα τοῦ Νεύτωνος. Τὸ ἀξίωμα τοῦτο διατυποῦται ὡς ἑξῆς : ***Ἐὰν σῶμα Α ἐπενεργῇ ἐπὶ ἑτέρου σώματος Β μὲ ὡρισμένην δύναμιν, τότε καὶ τὸ σῶμα Β ἐπενεργῇ ἐπὶ τοῦ Α μετὰ δυνάμεως ἴσης, ἀλλ' ἀντιθέτου διευθύνσεως.***

Ἐὰν τὴν ἐπενέργειαν τοῦ πρώτου τῶν σωμάτων ἐπὶ τοῦ δευτέρου καλέσωμεν



Σχ. 92. Ἡ δρᾶσις εἶναι ἀκριβῶς ἴση πρὸς τὴν ἀντίδρασιν.

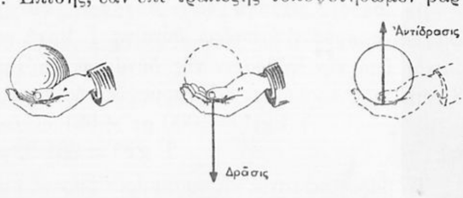
δρᾶσιν, τὴν δὲ ἐπενέργειαν τοῦ δευτέρου ἐπὶ τοῦ πρώτου ***ἀντίδρασιν,*** τὸ τρίτον ἀξίωμα τοῦ Νεύτωνος δύναται νὰ διατυπωθῇ καὶ ὡς ἑξῆς : ***Εἰς πᾶσαν δρᾶσιν ἀναπτύσσεται ἴση ἀντίδρασις.***



Σχ. 93. 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 δὲ ἡ μία ἀποτελεῖ τὴν δρᾶσιν καὶ ἡ ἄλλη τὴν ἀντίδρασιν.

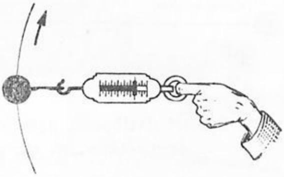
Τὸ ἀνωτέρω ἀξίωμα δὲν ἰσχύει μόνον, ὅταν τὰ σώματα εὑρίσκωνται εἰς ἐπαφὴν ἢ συνδέωνται διὰ συνδέσμων (σχ. 92), ἀλλὰ καὶ ὅταν εὑρίσκωνται εἰς ἀπόστασιν ἀπ' ἀλλήλων. Οὕτω π. χ. ἡ Γῆ ἕλκει ὅλα τὰ ἐν τῇ γειτονίᾳ αὐτῆς εὑρισκόμενα σώματα, τὰ ὁποῖα ἀσκοῦν ἐπίσης ἴσην καὶ ἀντίθετον ἕλξιν ἐπὶ τῆς Γῆς (σχ. 93). 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. 94), αὕτη λόγῳ τοῦ βάρους της πιέζει τὴν χεῖρά μας (δρᾶσις), οἱ μυῶνες ὅμως τῆς χειρός μας ἀντιδροῦν καὶ ἐξασκοῦν δύναμιν ἴσην καὶ ἀντίθετον (ἀντίδρασις) καὶ δὲν ἀφήνουν τὴν σφαῖραν νὰ πέσῃ. Πρέπει πάντοτε νὰ ἔχωμεν ὑπ' ὄψιν, ὅτι δρᾶσις καὶ ἀντίδρασις ἐφαρμόζονται ἐπὶ δύο διαφόρων σωμάτων.



Σχ. 94. Ἡ σφαῖρα ἐξασκεῖ δύναμιν (δρᾶσιν), ἀλλὰ ἡ χεὶρ ἀντιδρᾷ μὲ ἴσην δύναμιν (ἀντίδρασιν).

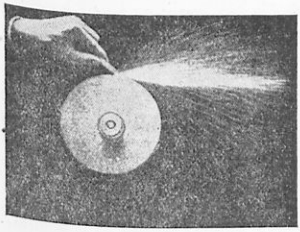
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

95. 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 διαγράφῃ, εἰς κατακόρυφον ἐπίπεδον, περιφέρειαν 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. 95). 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.



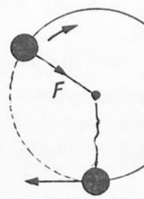
Σχ. 95. Τὸ δυναμόμετρον μετρᾷ τὴν ἀναγκαίαν διὰ τὴν περιστροφὴν κεντρομόλον δύναμιν.

Τὴν περίπτωσιν ταύτην δεικνύομεν πειραματικῶς ἐπίσης μὲ τὸν σμυριδοτροχὸν (σχ. 96), ὅπου τὰ κατὰ τὴν ἐπιφάνειαν ἀκονιζομένου ἀντικειμένου ἀποσπώμενα διάπυρα σωμάτια κινοῦνται κατὰ τὴν ἐφαπτομένην τοῦ σμυριδοτροχοῦ εἰς τὸ σημεῖον τῆς ἀποσπάσεώς των.



Σχ. 96. 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 μία δύναμις (F), διευθυνομένη πρὸς τὸ κέντρον τῆς περιφερείας. Εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ σχήματος 97 τοιαύτην δύναμιν ἐξασκεῖ ἐπὶ τῆς σφαίρας ἡ χεὶρ μέσῳ τοῦ νήματος καὶ αὐτὴν ἀκριβῶς μετρᾷ τὸ δυναμόμετρον. Ἡ ἐν λόγῳ δύναμις καλεῖται ***κεντρομόλος δύναμις*** καὶ παρέχεται ὑπὸ σχέσεως:



Σχ. 97. Ὅταν τὸ νῆμα θραυσθῇ, τὸ σῶμα κινεῖται κατὰ τὴν ἐφαπτομένην τῆς τροχιᾶς.

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

ὅπου $\frac{\upsilon^2}{r}$ εἶναι ἡ κεντρομόλος ἐπιτάχυνσις (βλ. § 56), ἥτις διευθύνεται πρὸς τὸ κέντρον τῆς περιφερείας, ὅπως καὶ ἡ κεντρομόλος δύναμις.

Ἐὰν T παριστᾷ τὴν περίοδον τῆς κινήσεως καὶ ν τὴν συχνότητα, καὶ λάβωμεν ὑπ᾽ ὄψιν ὅτι $\nu = 1/T$ καὶ $\omega = 2\pi\nu$, τότε δι᾽ εἰσαγωγῆς τῶν T καὶ ν εἰς τὴν ἐξίσωσιν (1) προκύπτει:

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

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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 χεῖρά μας, καλοῦμεν ***φυγόκεντρον δύναμιν***. Ἡ ἀριθμητικὴ τιμὴ αὐτῆς παρέχεται ἀπὸ τὴν ἐξίσωσιν (1), ἡ δὲ διεύθυνσίς της εἶναι ἀντίθετος πρὸς τὴν τῆς κεντρομόλου (σχ. 98).

Σχ. 98. 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,***

δ) ***ὑπὸ τὴν αὐτὴν γωνιακὴν ταχύτητα ἀνάλογος τῆς ἀκτῖνος τῆς τροχιᾶς.***

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.

96*. Διερεύνησις τῶν ἐξισώσεων (1). α) Ἐὰν διὰ μίαν στιγμὴν παύσῃ νὰ ἐξασκῆται κεντρομόλος δύναμις (ὅτε $F = 0$), τὸ σῶμα δὲν διαγράφει πλέον κυκλικὴν τροχιάν, ἀλλὰ κινεῖται κατὰ τὴν ἐφαπτομένην εἰς ἐκεῖνο τὸ σημεῖον τῆς περιφερείας, εἰς τὸ ὁποῖον ἔπαυσε νὰ ἐξασκῆται ἡ δύναμις F. Τὴν περίπτωσιν ταύτην δεικνύομεν πειραματικῶς μὲ τὸν σμυριδοτροχόν (σχ. 96).

β) Δι' ὡρισμένην ἀκτῖνα τῆς τροχιᾶς καὶ ὡρισμένην περίοδον ἀπαιτεῖται κεντρομόλος δύναμις, τόσον μεγαλυτέρα ὅσον ἡ μᾶζα m εἶναι μεγαλυτέρα.

γ) Διὰ νὰ ἐπιτύχωμεν κυκλικὴν κίνησιν μάζης τινὸς ἐπὶ τροχιᾶς ὡρισμένης ἀκτῖνος, ἀπαιτεῖται κεντρομόλος δύναμις, ἥτις εἶναι ἀνάλογος τοῦ τετραγώνου τῆς ταχύτητος υ ἢ τῆς γωνιακῆς ταχύτητος ω.

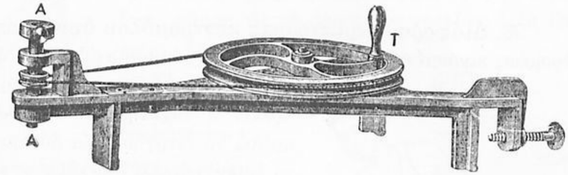
δ) Διὰ περιστροφὴν ἴσων μαζῶν ἐπὶ περιφερείας διαφόρου ἀκτῖνος r, ὑπὸ τὴν αὐτὴν ταχύτητα υ, ἀπαιτεῖται τοσοῦτον μεγαλυτέρα δύναμις ὅσον ἡ ἀκτὶς εἶναι μικροτέρα, ἐνῷ ὑπὸ τὴν αὐτὴν γωνιακὴν ταχύτητα ω ἀπαιτεῖται κεντρομόλος δύναμις ἀνάλογος πρὸς τὴν ἀκτῖνα.

Ἡ ἀνωτέρω διερεύνησις ἀναφέρεται εἰς πειραματικὴν διάταξιν, ὡς ἡ τοῦ σχήματος 96. Ἰσχύει ἐν τούτοις γενικῶς, ἀσχέτως ἂν εἰς τὴν θέσιν τῆς σφαίρας φαντασθῶμεν οἱονδήποτε ὄχημα (αὐτοκίνητον, τροχιόδρομον ἢ δρομέα).

Διὰ τὴν ἐπαλήθευσιν τῶν ἀνωτέρω ἀναφερομένων νόμων χρησιμοποιεῖται ἡ χειροκίνητος συσκευὴ ἡ εἰκονιζομένη εἰς τὸ σχῆμα 99, ἡ ὁποία ὀνομάζεται ***φυγοκεντρικὴ μηχανή.***

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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.*



Σχ. 99. Εἰς τὸ ἄνω ἄκρον Α τοῦ ἄξονος τῆς φυγοκεντρικῆς μηχανῆς προσαρμόζονται αἱ διάφοροι συσκευαί.

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 $m = 250$ gr. Ἐπίσης ἔχομεν $r = 100$ cm καὶ $\pi = 3{,}14$, ἐπομένως:

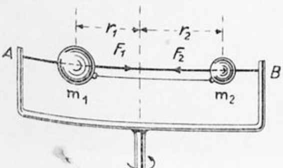
$$F = 4 \cdot 3{,}14^2 \cdot 1^2 \cdot 250 \cdot 100 = 986000 \text{ Dyn}$$

Ἐπειδὴ 10^6 Dyn $= 10^3$ gr* ἔχομεν F = 986 gr*, 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, ἤτοι ἡ φυγόκεντρος δύναμις, εἶναι ἐπίσης 1 kgr*.

Παρατήρησις. Γενικῶς, τὸ ζήτημα τῆς κεντρομόλου καὶ φυγοκέντρου δυνάμεως ἀποτελεῖ ἀρκούντως λεπτὸν μηχανικὸν πρόβλημα, τὸ ὁποῖον ὅμως δὲν εἶναι δυνατὸν ν' ἀναπτυχθῇ λεπτομερῶς εἰς βιβλίον στοιχειωδῶν γνώσεων. Γενικῶς διὰ παρατηρητήν, ὁ ὁποῖος περιγράφει τὸ φαινόμενον τῆς σφενδόνης ἀπὸ τοῦ ἐδάφους, ἤτοι μὴ μετέχων τῆς κινήσεως τῆς σφαίρας, ὑφίσταται ἡ κεντρομόλος δύναμις καὶ ἡ ἀντίδρασις πρὸς αὐτὴν προκαλεῖ τὴν τάσιν τοῦ νήματος. Ἐνῷ ἀντιθέτως διὰ παρατηρητήν, ὁ ὁποῖος περιγράφει τὴν κίνησιν τῆς σφενδόνης μετέχων τῆς κινήσεως αὐτῆς, ὑφίσταται ἡ φυγόκεντρος δύναμις, ἡ ὁποία δι' αὐτὸν ἀποτελεῖ *δύναμιν ἀδρανείας*.

97*. Ἰσορροπία δύο φυγοκεντρικῶν δυνάμεων.

Ἐπὶ τοῦ ὁριζοντίου στελέχους ΑΒ δύνανται νὰ ὀλισθαίνουν μὲ ἐλαφρὰν τριβὴν δύο μεταλλικαὶ σφαῖραι ἀνίσων μαζῶν m_1 καὶ m_2, αἱ ὁποῖαι εἶναι συνδεδεμέναι διὰ σχοινίου ἢ ἁλύσου (σχ. 100). Ὅταν τὸ σύστημα τίθεται μὲ τὴν βοήθειαν φυγοκεντρικῆς μηχανῆς εἰς κίνησιν, τότε ἡ φυγόκεντρος δύναμις τῆς μάζης m_1 παρέχει διὰ μέσου τοῦ σχοινίου τὴν κεντρομόλον δύναμιν διὰ τὴν m_2, ἐνῷ ἀντιστρόφως ἡ φυγόκεντρος δύναμις τῆς m_2, ἐπενεργεῖ ὡς κεντρομόλος δύναμις διὰ τὴν m_1. Τὸ σύστημα προδήλως θὰ ἰσορροπῇ ὅταν:



Σχ. 100. Ὁ ἄξων περιστροφῆς εὑρίσκεται εἰς τὸ κοινὸν κέντρον μάζης τῶν δύο σφαιρῶν.

$$m_1 \omega^2 r_1 = m_2 \omega \; r_2$$

διότι τότε αἱ φυγόκεντροι δυνάμεις ἰσορροποῦν. Ἐκ τῆς ἄνω σχέσεως προκύπτει ὅτι:

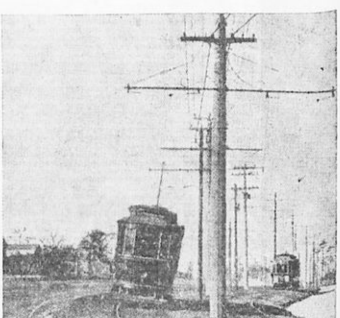
$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{r_2}{r_1}.$$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Δηλαδὴ ὁ ἄξων περιστροφῆς πρέπει νὰ εὑρίσκεται εἰς τὸ κοινὸν κέντρον μάζης ἢ βάρους τῶν δύο σφαιρῶν.

98. Διάφοροι περιπτώσεις κεντρομόλου δυνάμεως. Εἰς τὴν περίπτωσιν δρομέως κινουμένου ἀρχικῶς ἐπὶ εὐθυγράμμου στίβου καὶ ἀκολούθως ἐπιθυμοῦντος νὰ διαγράψῃ τὸ καμπύλον 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. 101). 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 σῶμά 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 τροχιὰς δίδουν μικρὰν κλίσιν τοῦ στίβου πρὸς τὸ κέτρον αὐτοῦ. Ὁ δρομεὺς κλίνει ὁμοίως τὸ σῶμά του πρὸς τὰ ἔσω τῆς καμπύλης τροχιᾶς. Εἰς τὰς δύο ὡς ἄνω κλίσεις (στίβου καὶ δρομέως) ὀφείλεται ἡ ἐμφάνισις τῆς κεντρομόλου δυνάμεως F (σχ. 101), ἀπαραιτήτου ὡς γνωστὸν διὰ τὴν κίνησιν ἐπὶ κυκλικῆς τροχιᾶς.

Σχ. 101. Πρὸς ἀποφυγὴν ἀνατροπῆς ὁ δρομεὺς κλίνει τὸ σῶμα του πρὸς τὰ ἔσω τῆς τροχιᾶς.



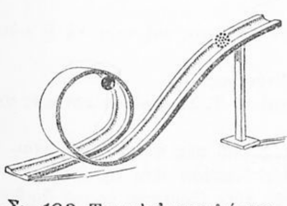
Σχ. 102. Εἶναι ἐμφανὴς ἡ κλίσις τοῦ τροχιοδρομικοῦ ὀχήματος ὡς εὐκόλως φαίνεται διὰ τῆς συγκρίσεως μὲ τοὺς παρακειμένους στύλους.

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 γραμμὰς (σχ. 102), εἰς ἃς περιοχὰς αὗται δεικνύουν καμπυλότητα, ἡ ἐσωτερικὴ πρὸς τὸ κέντρον σιδηροτροχιὰ τοποθετεῖται ὀλίγον χαμηλότερον τῆς ἐξωτερικῆς, οὕτω δὲ προκαλεῖται αὐτό-

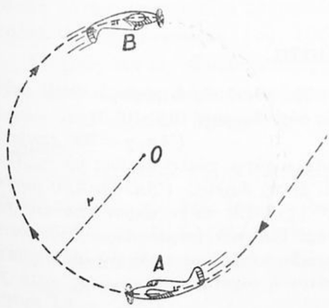
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ματος κλίσις τῶν βαγονίων. Ἕτερον παράδειγμα εἶναι ἡ ἀνακύκλωσις, ἡ ὁποία δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 103, ὅπου ἡ σφαῖρα δύναται νὰ ἐκτελέσῃ τὴν ἀνακύκλωσιν χωρὶς νὰ πέσῃ ὅταν φθάσῃ εἰς τὸ ἀνώτατον σημεῖον, ἀλλὰ ἐξέρχεται ἐκ τοῦ ἄλλου μέρους τῆς τροχιᾶς, ἐφ' ὅσον ἀφίεται νὰ πέσῃ ἐκ καταλλήλου ὕψους.

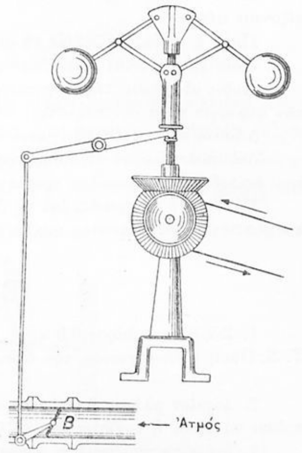


Σχ. 103. Τροχιὰ ἀνακυκλώσεως.

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



Σχ. 104. Ἀνακύκλωσις ἀεροπλάνου.
(Looping the loop)



Σχ. 105. Περιστρεφομένου τοῦ ἄξονος, αἱ σφαῖραι ἀπομακρύνονται καὶ παρασύρουν πρὸς τὰ ἄνω εἰς κίνησιν τὸ σύστημα τῶν σφαιρῶν. Οὕτω ἡ δικλὶς Β ἀνοίγει.

Τοιαύτην κίνησιν ἐκτελοῦν καὶ οἱ ἀεροπόροι κατὰ τὰς ἀκροβατικὰς ἀσκήσεις (σχ. 104).

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. 105), ὅστις χρησιμεύει διὰ τὴν ρύθμισιν τῆς εἰσαγωγῆς ρευστῶν (ὕδατος, ἀερίων, κυρίως ὅμως ὑδρατμῶν) εἰς διαφόρους κινητηρίους μηχανάς.

ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ

Α΄. Ζητήματα.

Εἰς τί ἀσχολεῖται ἡ δυναμικὴ τοῦ ὑλικοῦ σημείου.

Ποῖον τὸ περιεχόμενον τοῦ πρώτου ἀξιώματος τοῦ Νεύτωνος καὶ ποῖα τὰ ἐξ αὐτοῦ προκύπτοντα συμπεράσματα.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Τί καλοῦμεν ἀδράνειαν. Πότε αὕτη ἐκδηλοῦται ἐντονώτερον. Δώσατε ὡρισμένα παραδείγματα ἐκδηλώσεως τῆς ἀδρανείας.

Ποῖον τὸ περιεχόμενον τοῦ δευτέρου ἀξιώματος τοῦ Νεύτωνος καὶ ποῖα τὰ ἐξ αὐτοῦ προκύπτοντα συμπεράσματα.

Ποῖον τὸ περιεχόμενον τοῦ τρίτου ἀξιώματος τοῦ Νεύτωνος.

Ποῖαι αἱ μονάδες δυνάμεως εἰς τὸ σύστημα CGS καὶ τὸ Τ. Σ. μονάδων καὶ πῶς σχετίζονται αὗται.

Ποία ἡ μονὰς μάζης εἰς τὰ συστήματα CGS καὶ Τ. Σ. καὶ πῶς αὗται σχετίζονται.

Πότε ἐμφανίζεται ἡ φυγόκεντρος δύναμις καὶ κατὰ τί διαφέρει αὕτη τῆς κεντρομόλου.

Ποῖοι οἱ νόμοι τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως καὶ πῶς αὕτη ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ ἀριθμοῦ τῶν στροφῶν κατὰ δευτερόλεπτον τοῦ κινουμένου σώματος.

Δώσατε μερικὰ παραδείγματα ἐκδηλώσεως τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως.

Διὰ ποῖον λόγον αἱ σιδηροτροχιαὶ παρουσιάζουν γωνίαν κλίσεως ὡς πρὸς τὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον εἰς καμπύλην τροχιάν.

Νὰ δειχθῇ γραφικῶς, ἐπὶ τῇ βάσει τῶν ἐπενεργουσῶν δυνάμεων, ἡ θέσις ἰσορροπίας ποδηλατιστοῦ διαγράφοντος κυκλικὴν τροχιάν.

Β'. Προβλήματα.

1. Σῶμα ἔχει βάρος 3,5 kgr*. Πόση εἶναι ἡ μᾶζα αὐτοῦ εἰς τὸ σύστημα CGS καὶ τὸ Τ. Σ. Πόση ἡ ἐπιτάχυνσις, τὴν ὁποίαν μεταδίδει εἰς αὐτὸ δύναμις $10{,}5 \cdot 10^5$ Dyn. ('Απ. $\gamma = 300$ cm/sec^2).

2. Δοχεῖον πλῆρες ὕδατος περιστρέφεται ἐν κατακορύφῳ κύκλῳ ἀκτῖνος 0,8 m. Πόση πρέπει νὰ εἶναι ἡ ταχύτης, ἵνα τὸ ὕδωρ διατηρῆται ἐν τῷ δοχείῳ. ('Απ. $\upsilon = 2{,}80$ m/sec).

3. 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. ('Απ. $\upsilon = 8{,}1$ m/sec).

4. Σῶμα συνδέεται εἰς τὸ ἄκρον νήματος μήκους 1,2 m καὶ διὰ τοῦ ἑτέρου ἄκρου τίθεται εἰς περιστροφικὴν κίνησιν ἐν κατακορύφῳ κύκλῳ. Ζητεῖται, πόσος πρέπει νὰ εἶναι τοὐλάχιστον ὁ ἀριθμὸς τῶν στροφῶν εἰς 1 λεπτόν, ἵνα τὸ σῶμα δύναται νὰ παραμένῃ εἰς τὸ ἀνώτατον σημεῖον τῆς τροχιᾶς. ('Απ. $N = 27{,}3$ στρ · λεπτόν).

5. Αὐτοκίνητον κινεῖται μὲ ταχύτητα 25 km/h, δύναμις δὲ $40 \cdot 10^6$ Dyn προερχομένη ἐκ τῶν τροχοπεδῶν του σταματᾷ τὸ αὐτοκίνητον ἐντὸς 15 sec. Πόση ἡ μᾶζα του εἰς kgr. ('Απ. $m = 864$ kgr).

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

7. Σῶμα μάζης 100 kgr ἀναχωρεῖ ἐκ τῆς ἠρεμίας καὶ ἀποκτᾷ ταχύτητα $\upsilon = 1{,}6$ m/sec εἰς $t = 8$ sec. Πόση ἡ ἐπιτάχυνσις γ καὶ πόση ἡ δύναμις F, ἡ ὁποία κινεῖ τὸ σῶμα. Τὰ ἀποτελέσματα νὰ δοθοῦν εἰς τὸ σύστημα CGS. ('Απ. $\gamma = 20$ cm/sec^2, $F = 2 \cdot 10^6$ Dyn).

8. Δύναμις $F = 30 \cdot 10^6$ Dyn ἐφαρμόζεται ἐπὶ μάζης 40 kgr. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ταχύτης υ εἰς m/sec, τὴν ὁποίαν ἀποκτᾷ τὸ σῶμα εἰς 2 λεπτά. ('Απ. $\upsilon = 900$ m/sec).

9. Ποίαν ἐπιτάχυνσιν μεταδίδει δύναμις 70 kgr*, ἐφαρμοζομένη ἐπὶ σώματος μάζης 40 kgr καὶ διευθυνομένη πρὸς τὰ ἄνω ($g = 980$ cm/sec^2). ('Απ. $\gamma = 735$ cm/sec^2).

10. Ποδηλατιστὴς ζυγίζει μετὰ τοῦ ποδηλάτου 90 kgr* καὶ κινεῖται ἐπὶ κυκλικοῦ ποδηλατοδρομίου (στίβου) παρουσιάζοντος κλίσιν. Ἡ διάμετρος τῆς τροχιᾶς, τὴν ὁποίαν διαγράφει εἶναι 40 m καὶ ἡ ταχύτης του 30 km καθ' ὥραν. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ κλίσις τῆς τροχιᾶς καὶ ἡ δύναμις, ἡ ὁποία ἐξασκεῖται ἐπὶ τοῦ στίβου ἐκ μέρους τοῦ ποδηλατιστοῦ. ('Απ. $\varphi = 19^0\,9'$, 95,27 kgr*).

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

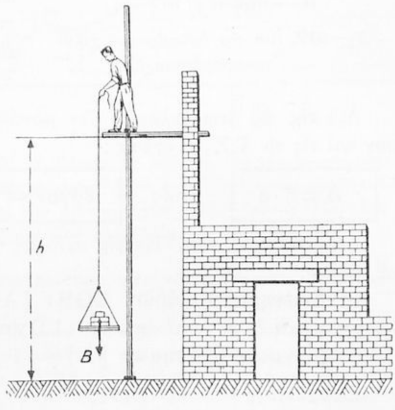
ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Δ΄

ΕΡΓΟΝ. ΙΣΧΥΣ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ. ΟΡΜΗ. ΑΠΛΑΙ ΜΗΧΑΝΑΙ

99. Ἔργον. Λέγομεν ὅτι ***δύναμις παράγει ἔργον, ὅταν προκαλῇ μετατόπισιν τοῦ σώματος ἐπὶ τοῦ ὁποίου ἐπενεργεῖ.*** Οὕτω, 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. 106).

Γενικῶς διὰ τὴν Φυσικὴν ὑπάρχει ἔργον, ὅταν ὑπάρχῃ δύναμις καὶ μετατόπισις τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς τῆς δυνάμεως.

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



Σχ. 106. Ὁ ἐργάτης ἀνυψῶν τὸ βάρος Β παράγει ἔργον $A = B \cdot h$.

Εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ σχήματος 106, 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 τὸ αὐτὸ ὕψος. 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 παριστᾷ τὸ ἔργον, F τὴν δύναμιν καὶ s τὴν μετατόπισιν, τὸ ἔργον ἐκφράζεται διὰ τῆς σχέσεως:

$$\mathbf{A = k \cdot F \cdot s}$$

ὅπου k παριστᾷ συντελεστὴν ἐξαρτώμενον ἐκ τῶν μονάδων, καὶ ὁ ὁποῖος διὰ καταλλήλου ἐκλογῆς αὐτῶν δύναται νὰ γίνῃ ἴσος πρὸς τὴν μονάδα.

Μονάδες ἔργου. Εἰς τὸ σύστημα CGS, *ὁρίζομεν ὡς μονάδα ἔργου τὸ ἔργον*

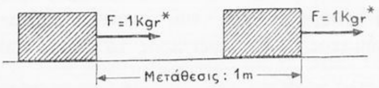
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τὸ παραγόμενον ὑπὸ δυνάμεως 1 δύνης (Dyn), ὅταν αὕτη μετατοπίζῃ τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς της κατὰ 1 ἑκατοστόμετρον, ἐκλήθη δὲ ἡ μονὰς αὕτη **ἔργιον (Erg)** καὶ διὰ τῆς τοιαύτης ἐκλογῆς τῆς μονάδος ἔργου ἐπιτυγχάνομεν, ὥστε εἰς τὸ σύστημα CGS νὰ εἶναι $k = 1$, ἑπομένως:

$$\mathbf{1\ Erg = 1\ Dyn \cdot 1\ cm}$$

Ἐκτὸς τῆς θεμελιώδους μονάδος Erg χρησιμοποιεῖται καὶ ἡ μονὰς **Joule (Τζάουλ, J)**, εἶναι δέ: $\mathbf{1\ Joule = 10^7\ Erg}$

Εἰς τὸ Τ. Σ. *ὁρίζομεν ὡς μονάδα ἔργου, τὸ ἔργον τὸ παραγόμενον ὑπὸ δυνάμεως 1 kgr*, ὅταν μετατοπίζῃ τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς της κατὰ 1 m* (σχ. 107), καλεῖται δὲ ἡ μονὰς αὕτη **χιλιογραμμόμετρον (kgr*m)** καὶ διὰ τῆς τοιαύτης ἐκλογῆς τῆς μονάδος ἐπιτυγχάνομεν εἰς τὸ Τ. Σ. ὥστε $k = 1$, καὶ ἑπομένως:



Σχ. 107. Διὰ τὸν ὁρισμὸν τοῦ χιλιογραμμομέτρου.

$$\mathbf{1\ kgr^*m = 1\ kgr^* \cdot 1\ m}$$

Διὰ τῆς ὡς ἄνω ἐκλογῆς τῶν μονάδων ἰσχύει, τόσον εἰς τὸ σύστημα CGS ὅσον καὶ εἰς τὸ Τ.Σ., ἡ σχέσις:

$$\boxed{\mathbf{A = F \cdot s}} \quad \text{ἤτοι:} \quad \boxed{\textbf{ἔργον = δύναμις} \times \textbf{μετατόπισις}} \qquad (1)$$

Διαστάσεις ἔργου. Ἐκ τῆς σχέσεως (1) εὑρίσκομεν ὡς ἐξίσωσιν διαστάσεων τοῦ ἔργου:

α) **Σύστημα μονάδων CGS:** $[A] = [M\,L^2\,T^{-2}]$

καὶ μονὰς τὸ $1\ gr \cdot cm^2 \cdot sec^{-2} = \mathbf{1\ Dyn \cdot 1\ cm = 1\ Erg}$

β) **Τεχνικὸν σύστημα:** $[A] = [F][L]$ καὶ μονὰς τὸ **1 kgr*m.**

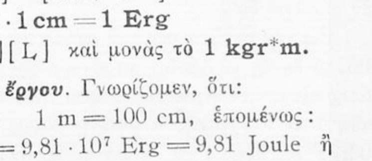
Συσχέτισις τῶν ἀνωτέρω μονάδων ἔργου. Γνωρίζομεν, ὅτι:

$1\ kgr^* = 981\,000\ Dyn$ καὶ $1\ m = 100\ cm$, ἑπομένως:

$1\ kgr^*m = 9{,}81 \cdot 10^7\ Dyn \cdot cm = 9{,}81 \cdot 10^7\ Erg = 9{,}81\ Joule$ ἢ

$$1\ Joule = \frac{1}{9{,}81}\ kgr^*m = 0{,}102\ kgr^*m.$$

100. Περίπτωσις μετατοπίσεως μὴ συμπιπτούσης πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς δυνάμεως. Ἔστω ὅτι ἐπὶ ὀχήματος ἐπιδρᾷ ἡ δύναμις F (σχ. 108) σχηματίζουσα πρὸς τὴν τροχιὰν τοῦ ὀχήματος τυχοῦσαν γωνίαν φ. Τὴν δύναμιν F ἀναλύομεν εἰς δύο ὀρθογωνίους συνιστώσας, ἐκ τῶν ὁποίων ἡ μία διευθύνεται ὁριζοντίως κατὰ τὴν μετατόπισιν, καὶ τῆς ὁποίας ἡ τιμὴ εἶναι Fσυνφ, ὁπότε ἡ ἄλλη θὰ εἶναι κάθετος ἐπὶ τὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον. Ἡ κάθετος ὅμως συνιστῶσα δὲν συντελεῖ εἰς τὴν μετατόπισιν τοῦ σώματος, ἑπομένως αὕτη δὲν παράγει ἔργον ἢ ἄλλως τὸ εἰς αὐτὴν ἀντιστοιχοῦν ἔργον εἶναι μηδέν, ἐνῷ ἡ ὁριζοντία συνιστῶσα παράγει ἔργον τοῦ ὁποίου ἡ τιμὴ εἶναι: $\mathbf{A = F \cdot s} \cdot συν\,φ$



Σχ. 108. Ἡ δύναμις F · συν φ εἶναι ἡ κινητήριος δύναμις.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

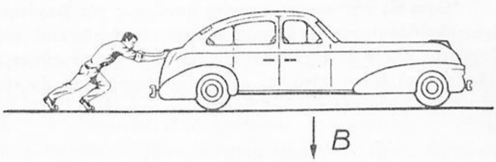
ὅπου φ ἡ γωνία ἡ σχηματιζομένη μεταξὺ τῆς διευθύνσεως τῆς δυνάμεως F καὶ τῆς διευθύνσεως μετατοπίσεως s. Οὕτω συνάγομεν τὰς ἀκολούθους προτάσεις :

α) ***Τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον παράγει σταθερὰ δύναμις, ἰσοῦται πρὸς τὸ γινόμενον τῆς μετατοπίσεως ἐπὶ τὴν συνιστῶσαν τῆς δυνάμεως κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς μετατοπίσεως, ἢ ἄλλως, τὴν προβολὴν τῆς δυνάμεως ἐπὶ τῆς μετατοπίσεως.***

β) Ὅταν τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς δυνάμεως σταθερᾶς μετατοπίζεται καθέτως ἐπὶ τὴν μετατόπισιν, ἡ δύναμις δὲν παράγει ἔργον, ἢ ἄλλως, τὸ ἔργον αὐτῆς εἶναι μηδέν.

Ἐξ ἄλλου ἐκ τοῦ τύπου $A = F \cdot s \cdot$ συνφ, ἐὰν λάβωμεν ὑπ' ὄψιν ὅτι $s \cdot$ συνφ παριστᾷ τὴν προβολὴν s′ τῆς μετατοπίσεως ἐπὶ τὴν διεύθυνσιν τῆς δυνάμεως, τότε προκύπτει $A = F \cdot s'$, ἐκ τοῦ τύπου δὲ τούτου προκύπτει καὶ ἡ ἀκόλουθος πρότασις : ***τὸ ἔργον δυνάμεως σταθερᾶς ἰσοῦται πρὸς τὸ γινόμενον τῆς δυνάμεως ἐπὶ τὴν προβολὴν τῆς μετατοπίσεως ἐπὶ τὴν διεύθυνσιν τῆς δυνάμεως.***

Εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ σχήματος 109 ὁ ἄνθρωπος ὠθεῖ αὐτοκίνητον, τὸ ὁποῖον μετατοπίζεται ὁριζοντίως. Εἶναι προφανές, ὅτι εἰς τὴν μετακίνησιν ταύτην οὐδόλως συμμετέχει τὸ βάρος B, διότι ἔχει διεύθυνσιν κάθετον ἐπὶ τὴν μετατόπισιν.

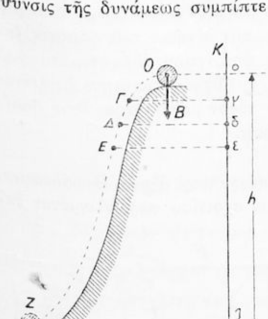


Σχ. 109. Τὸ βάρος, ὡς κάθετος ἐπὶ τὴν μετατόπισιν δύναμις, δὲν παράγει ἔργον, ἐνῷ ὁ ἄνθρωπος παράγει ἔργον ἴσον πρὸς τὴν δύναμιν, τὴν ὁποίαν καταβάλλει ἐπὶ τὴν ἀπόστασιν μετατοπίσεως τοῦ αὐτοκινήτου.

Διὰ τὸ ἔργον γενικῶς ἰσχύει ἡ ἀκόλουθος πρότασις, τὴν ὁποίαν δεχόμεθα ἄνευ ἀποδείξεως : ***Ἐὰν πολλαὶ δυνάμεις, ἐπενεργοῦσαι ἐπὶ σώματος, παρέχουν συνισταμένην, τὸ ἔργον τῆς συνισταμένης διὰ πᾶσαν μετατόπισιν τοῦ σώματος ἰσοῦται πρὸς τὸ ἀλγεβρικὸν ἄθροισμα τῶν ἔργων τῶν συνιστωσῶν.***

Διερεύνησις. Ἐκ τοῦ τύπου $A = F \cdot s \cdot$ συνφ παρατηροῦμεν ὅτι, ὅταν $\varphi = 0$ (ἡ διεύθυνσις τῆς δυνάμεως συμπίπτει πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς μετατοπίσεως), εἶναι $A = F \cdot s$, ἐνῷ ὅταν $\varphi = 90^0$ (ἡ διεύθυνσις τῆς δυνάμεως κάθετος ἐπὶ τὴν μετατόπισιν) τότε $A = 0$. Ἐὰν $0^0 < \varphi < 90^0$ τότε συνφ>0 καὶ τὸ ἔργον παριστᾶται ὑπὸ θετικοῦ ἀριθμοῦ, καλεῖται δὲ πολλάκις καὶ ***κινητήριον ἔργον.*** Ἐὰν $90^0 < \varphi \leq 180^0$, τότε συνφ$<0$, τὸ δὲ ἔργον ἐκφράζεται ὑπὸ ἀρνητικοῦ ἀριθμοῦ καὶ καλεῖται πολλάκις ***ἀνθιστάμενον ἔργον.***

Οὕτω, ὅταν καταβάλλωμεν μυϊκὴν δύναμιν πρὸς ἐξουδετέρωσιν τοῦ βάρους τοῦ σώματος καὶ προκαλοῦμεν κατακόρυφον ἀνύψωσιν τοῦ σώματος, τὸ ἔργον τῆς μυϊκῆς δυνάμεως εἶναι θετικὸν καὶ ἑπομένως κινητήριον, ἐνῷ τὸ ἔργον τοῦ βάρους τοῦ σώματος εἶναι ἀρνητικὸν καὶ ἑπομένως ἀνθιστάμενον.



Σχ. 110. Τὸ ἔργον τοῦ βάρους B ἀπὸ O εἰς Z, εἶναι : $A = B \cdot h$.

101. Ἐφαρμογὴ εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ ἔργου κατὰ τὴν μετατόπισιν βάρους. Ἔστω ὅτι σῶμα βάρους B μετατοπίζεται ἐκ τοῦ O εἰς Z (σχ. 110) ἀκολουθοῦν τυχόντα δρόμον ΟΓΔΕΖ. Τὸ βάρος B τοῦ σώματος ἀποτελεῖ δύναμιν σταθερὰν διευθυνομένην κατὰ τὴν κατακόρυφον.

Θεωρήσωμεν, ὅτι τὸ σῶμα μετατοπίζεται κατὰ τὴν ΟΓ. Ἐὰν δεχθῶμεν, ὅτι ἡ μετατόπισις αὐτὴ εἶναι πολὺ μικρά, ἢ ἄλλως, ὡς λέγομεν, ἀπειροστή, ἡ ΟΓ δύναται νὰ ἐξομοιωθῇ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἄνευ αἰσθητοῦ σφάλματος πρὸς τμῆμα εὐθείας, τοῦ ὁποίου ἡ προβολὴ ἐπὶ τὴν κατακόρυφον ΚΚ' ἢ ἄλλως τὴν διεύθυνσιν τοῦ βάρους Β, εἶναι ἡ ογ, ὅτε συμφώνως πρὸς τ' ἀνωτέρω, τὸ ἀντιστοιχοῦν ἔργον κατὰ τὴν ἀπειροστὴν μετατόπισιν ΟΓ θὰ εἶναι ἴσον πρὸς Β · ογ. Κατὰ τὸν αὐτὸν τρόπον εὑρίσκομεν, ὅτι τὰ ἀντίστοιχα ἔργα κατὰ τὰς μετατοπίσεις ΓΔ, ΔΕ κ.λ.π., τὰς ὁποίας θεωροῦμεν ἐπίσης ὡς ἀπειροστάς, θὰ εἶναι Β · γδ, Β · δε κ.λ.π. Τὸ συνολικὸν ὅθεν ἔργον τὸ ἀντιστοιχοῦν εἰς τὴν μετατόπισιν ΟΓΔΕΖ θὰ εἶναι:

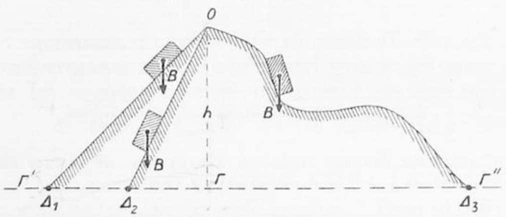
$$\mathrm{A} = \mathrm{B}\cdot \text{ογ} + \mathrm{B}\cdot \text{γδ} + \mathrm{B}\cdot \text{δε} + \cdots = \mathrm{B}\,(\text{ογ} + \text{γδ} + \text{δε} + \cdots).$$

Ἐὰν τεθῇ $\text{ογ} + \text{γδ} + \text{δε} + \cdots = \mathrm{h}$, ὅπου h ἡ κατακόρυφος ἀπόστασις τῶν σημείων Ο καὶ Ζ εὑρίσκομεν:

$$\mathbf{A} = \mathbf{B}\cdot \mathbf{h}$$

Οὕτω προκύπτει ἡ ἀκόλουθος πρότασις: ***Τὸ ἔργον βάρους ἰσοῦται πρὸς τὸ γινόμενον τοῦ βάρους ἐπὶ τὴν κατακόρυφον μετατόπισιν αὐτοῦ.***

Ὥστε εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς δυνάμεως τῆς βαρύτητος ἢ ἄλλως τοῦ βάρους, τὸ ἔργον εἶναι ἀνεξάρτητον τοῦ δρόμου μεταξὺ τῆς ἀρχῆς καὶ τοῦ τέλους τῆς μετατοπίσεως, ἀλλ' ἐξαρτᾶται μόνον ἐκ τῆς κατακορύφου ἀποστάσεως αὐτῶν, ὡς τοῦτο δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 111, ὅπου τὸ ἔργον εἶναι τὸ αὐτό, οἱοσδήποτε καὶ ἂν εἶναι ὁ ἀκολουθούμενος δρόμος μεταξὺ τοῦ σημείου Ο καὶ τοῦ ὁριζοντίου ἐπιπέδου Γ'Γ''· διότι συμφώνως πρὸς τὰ προηγούμενα τὸ ἔργον τοῦτο ἰσοῦται πρὸς Β · ΟΓ, ὅπου ΟΓ = h παριστᾷ τὴν κατακόρυφον ἀπόστασιν τοῦ σημείου Ο ἀπὸ τοῦ ὁριζοντίου ἐπιπέδου Γ'Γ''.

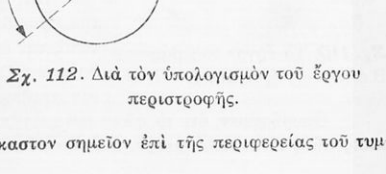


Σχ. 111. Οἱοσδήποτε καὶ ἂν εἶναι ὁ δρόμος ὁ ἀκολουθούμενος μεταξὺ Ο καὶ τοῦ ὁριζοντίου ἐπιπέδου Γ'Γ'' ἡ ἔκφρασις τοῦ ἔργου τοῦ βάρους Β εἶναι πάντοτε Α = Β · h.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει ὅτι: ὅταν σῶμα βαρὺ μετατοπίζεται ἐπὶ ὁριζοντίου ἐδάφους, τὸ ἔργον τὸ ἀντιστοιχοῦν εἰς τὸ βάρος εἶναι μηδέν, διότι h = 0, ἐνῷ τὸ ἔργον τὸ ἀπαιτούμενον διὰ τὴν κίνησιν τοῦ σώματος ἐπὶ ὁριζοντίου ἐδάφους καὶ ὑπὸ σταθερὰν ταχύτητα δὲν εἶναι μηδέν, διότι πρέπει νὰ ὑπερνικηθῇ ἡ τριβή, ἡ ὁποία εἶναι τόσον μεγαλυτέρα, ὅσον βαρύτερον εἶναι τὸ σῶμα καὶ ὅσον ὀλιγώτερον λεῖος εἶναι ὁ δρόμος.

102*. Ἔργον εἰς τὴν περίπτωσιν σώματος περιστρεφομένου περὶ ἄξονα. Θεωρήσωμεν, ὅτι τύμπανον περιστρέφεται περὶ ἄξονα Ο μὲ τὴν βοήθειαν σχοινίου περιτυλιγμένου ἐπὶ τῆς περιφερείας του, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 112. Ἐὰν ἐπὶ τοῦ σχοινίου ἐπιδρᾷ ἡ δύναμις F καὶ τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς της μετατοπίζεται κατὰ s, τότε προκύπτει ἔργον Α = F · s.

Ἐξ ἄλλου, ἡ ροπὴ τῆς δυνάμεως F ὡς πρὸς τὸν ἄξονα περιστροφῆς τοῦ τυμπάνου, εἶναι Μ = F · r, ὅπου r ἡ ἀκτὶς τοῦ τυμπάνου καὶ ἑπομένως F = M/r καὶ Α = Ms/r. Ἐφ' ὅσον ὅμως τὸ σημεῖον τοῦ σχοινίου, ἐπὶ τοῦ ὁποίου ἐπενεργεῖ ἡ δύναμις F, μετατοπίζεται κατὰ s, ὡς εὐκόλως συνάγεται ἐκ τοῦ σχήματος, τὸ τύμπανον περιστρέφεται κατὰ τὴν γωνίαν θ καὶ ἕκαστον σημεῖον ἐπὶ τῆς περιφερείας τοῦ τυμ-



Σχ. 112. Διὰ τὸν ὑπολογισμὸν τοῦ ἔργου περιστροφῆς.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

πάνου διαγράφει τόξον s, εἶναι δὲ γων. $\vartheta = s/r$. Ἐπὶ τῇ βάσει τῆς ἀνωτέρω σχέσεως, ὁ τύπος ὁ παρέχων τὸ ἔργον γράφεται: $A = M \cdot \vartheta$

Ἤτοι: *τὸ ἔργον τὸ παραγόμενον ὑπὸ σώματος περιστρεφομένου περὶ ἄξονα, ὑπὸ τὴν ἐπενέργειαν ῥοπῆς, ἰσοῦται πρὸς τὸ γινόμενον τῆς ῥοπῆς ἐπὶ τὴν γωνίαν περιστροφῆς τοῦ σώματος.*

103. 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 προέκυψεν ἐκ τοῦ ἀκολούθου λόγου: Μία μηχανὴ ὁσονδήποτε μικρὰ 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, ἤτοι 1 sec.

Συμφώνως πρὸς τὰ πορίσματα τῆς *ἀκτινεργίας*, ἓν γραμμάριον τοῦ ἀκτινεργοῦ στοιχείου ῥάδιον, μέχρις ὅτου τοῦτο μεταβληθῇ εἰς μὴ ἀκτινεργὸν στοιχεῖον, παρέχει ἕνεκα τῆς ἀκτινοβολίας αὐτοῦ κολοσσιαῖον ποσὸν ἐνεργείας, τὸ ὁποῖον ὅμως εἶναι βιομηχανικῶς ἄχρηστον, διότι παρέχεται εἰς πολὺ μεγάλον χρονικὸν διάστημα (περίπου 2 500 ἔτη) καὶ ἐπομένως ἡ ἰσχύς, ἤτοι ἡ ἐνέργεια ἡ παρεχομένη ὑπ' αὐτοῦ εἰς 1 sec, εἶναι βιομηχανικῶς ἀσήμαντος.

Ἐὰν λάβωμεν ὑπ' ὄψιν, ὅτι $A = F \cdot s$ **καὶ** $s/t = \upsilon$, ἕπεται ἐκ τοῦ τύπου (1), ὅτι $N = F \cdot s/t = F \cdot \upsilon$ (2), ἤτοι, ὅτι ἡ ἰσχὺς ἰσοῦται πρὸς τὸ γινόμενον τῆς δυνάμεως ἐπὶ τὴν ταχύτητα μετατοπίσεως. Ὁμοίως ἐκ τοῦ τύπου (1) εὑρίσκομεν $\mathbf{A = N \cdot t}$ (3).

Ἐκ τῆς ἐξισώσεως (1) εὑρίσκομεν τὴν ἐξίσωσιν διαστάσεων καὶ τὴν μονάδα ἰσχύος εἰς τὸ σύστημα CGS καὶ τὸ Τ. Σ.

Διαστάσεις καὶ μονάδες ἰσχύος. α) ***Σύστημα μονάδων* CGS**:

$$[N] = \frac{[ML^2 T^{-2}]}{[T]} = [ML^2 T^{-3}]$$

καὶ μονὰς τὸ 1 $gr \cdot cm^2 \cdot sec^{-3}$ = **1 Erg/sec**

β) ***Τεχνικὸν σύστημα***: $[N] = \dfrac{[FL]}{[T]} = [FLT^{-1}]$

καὶ μονὰς τὸ **1 kgr*m/sec.**

Ἄλλαι μονάδες ἰσχύος. Ἐκτὸς τῆς μονάδος Erg/sec χρησιμοποιοῦμεν πολλάκις εἰς τὰς ἐφαρμογὰς καὶ τὴν μονάδα **Watt (W, *Βάττ*).**

Εἶναι δὲ **1 Watt** = **1 Joule/sec** = 10^7 Erg/sec. Ἐξ αὐτῆς προκύπτει:

1 Joule = 1 Watt · 1 sec.

Ἐπίσης χρησιμοποιεῖται καὶ τὸ **kilowatt (kW, *κιλοβάττ*)**, εἶναι δέ:

1 kW = 1000 Watt

Ἐπίσης, ἀντὶ τῆς μονάδος kgr*m/sec, χρησιμοποιεῖται ἐν τῇ πράξει ὁ ***ἵππος***

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

(σύμβολον HP ἢ PS ἐκ τοῦ ἀγγλικοῦ Horse power καὶ τοῦ γερμανικοῦ Pferdestärke), εἶναι δέ: **1 Ἵππος (HP) = 75 kgr*m/sec.**

Μεταξὺ ἵππου, Watt καὶ kilowatt ὑφίστανται αἱ ἀκόλουθοι σχέσεις:

75 kgr*m = 75 · 9,81 = 736 Joule,

ἄρα 1 HP = 736 Joule/sec = 736 Watt = 0,736 kW.

καὶ 1 Watt = 0,102 kgr*m/sec καὶ 1 kW = 1,359 HP.

Μεγάλαι μονάδες ἔργου. Ἐκ τῶν μονάδων ἰσχύος, ἵππος καὶ κιλοβάττ, προκύπτουν αἱ ἀκόλουθοι μεγαλύτεραι μονάδες ἔργου: ***Ὁ ὡριαῖος ἵππος*** (HPh) καὶ τὸ ***κιλοβαττώριον*** ἢ ***ὡριαῖον κιλοβάττ*** (kWh) εἶναι δέ:

1 HPh = 75 · 3 600 = 270 000 kgr*m.

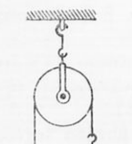
καὶ 1 kWh = 1 000 · 3 600 = 3 600 000 Joule.

Τιμαί τινες ἰσχύος διὰ διαφόρους περιπτώσεις.

Ἄνθρωπος εἰς ἐργασίαν κανονικὴν μακρᾶς διαρκείας	0,1 HP
Ἵππος ἢ βοῦς, περίπου	1 HP
Κινητὴρ ἐκρήξεως	5—500 HP
Ἀτμομηχανὴ σιδηροδρόμου	1 000 — 4 000 HP
Ἀτμομηχανὴ μεγάλων πλοίων, μέχρι	10 000 — 50 000 HP
Γεννήτρια μεγάλων κέντρων παραγωγῆς ἠλεκτρ. ἐνεργείας, περίπου	500 000 HP

Αἱ τιμαὶ αὗται δέον νὰ θεωρηθοῦν ἁπλῶς ὡς παρέχουσαι ἰδέαν τινὰ τῆς ἰσχύος τῆς χρησιμοποιουμένης εἰς τὰς διαφόρους περιπτώσεις.

104. Ἐνέργεια. Ὅταν ἀνυψοῦμεν ἐκ τοῦ ἐδάφους κατακορύφως σῶμα βάρους B (σχ. 113) 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.



Σχ. 113. Τὸ εἰς ὕψος h εὑρισκόμενον βάρος B ἐγκλείει δυναμικὴν ἐνέργειαν.

Γενικῶς λέγομεν, ὅτι σῶμα ἐγκλείει ἐνέργειαν, ὅταν τοῦτο ἔχῃ τὴν ἱκανότητα νὰ παράγῃ (ν' ἀποδίδῃ) ἔργον.

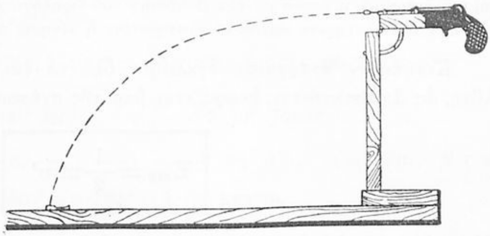
Συμφώνως πρὸς τ' ἀνωτέρω τὸ ἀνυψωθὲν εἰς τὸ προηγούμενον παράδειγμα σῶμα ἐγκλείει εἰς τὴν νέαν του θέσιν ἐνέργειαν.

Εἰς τὴν Μηχανικὴν ἡ ἐνέργεια ἐμφανίζεται ὑπὸ δύο μορφάς: ὡς ***δυναμικὴ ἐνέργεια*** ($E_{δυν}$) καὶ ὡς ***κινητικὴ ἐνέργεια*** ($E_{κιν}$).

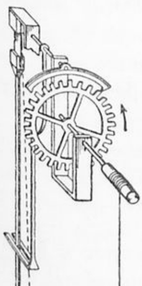
Δυναμικὴν ἐνέργειαν ἔχει π.χ. σῶμα εὑρισκόμενον εἰς ὕψος ἀπὸ τοῦ ἐδάφους ἢ λόγῳ τῆς θέσεως αὐτοῦ ὡς πρὸς ἕτερον σῶμα. Ἐπίσης σῶμά τι δύναται νὰ ἐγκλείῃ δυναμικὴν ἐνέργειαν λόγῳ τῆς καταστάσεως αὐτοῦ. Οὕτω διὰ νὰ ἐκτείνωμεν ἓν ἐλατήριον δαπανῶμεν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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 ἐφ' ὅσον συνδεθῇ μὲ διάταξιν τινὰ ἀποδίδει ἔργον ἴσον πρὸς τὸ καταναλωθὲν κατὰ τὴν συμπίεσίν του. Τοῦτο εὑρίσκει ἐφαρμογὴν εἰς τὰ μηχανικὰ πιστόλια, ὅπου χρησιμοποιεῖται ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια τοῦ πεπιεσμένου ἐλατηρίου διὰ τὴν ἐκσφενδόνισιν βλημάτων (σχ. 114).



Σχ. 114. Τὸ βλῆμα εὑρισκόμενον ἐντὸς τοῦ πιστολίου ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ ἐλατηρίου ἔχει δυναμικὴν ἐνέργειαν, ἐνῷ ὅταν ἐκσφενδονίζεται ἐξ αὐτοῦ ἀποκτᾷ κινητικὴν ἐνέργειαν.



Σχ. 115. Διάταξις μεταδόσεως ἔξωθεν ἐνεργείας εἰς τὸ ἐκκρεμὲς διὰ κατερχομένου βάρους.

Ἡ τιμὴ τῆς δυναμικῆς ἐνεργείας εἶναι ἴση μὲ τὸ δαπανηθὲν ἔργον, ὅπως τὸ σῶμα ἀχθῇ εἰς τὴν τελικὴν κατάστασίν του. Οὕτως εἰς τὸ παράδειγμα τῆς ἀνυψώσεως τοῦ βάρους ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια σώματος ἰσοῦται πρὸς τὸ ἔργον τὸ καναναλισκόμενον διὰ τὴν ἀνύψωσιν τοῦ βάρους εἰς ὕψος h, ἤτοι $B \cdot h$ καὶ ἐπομένως:

$$\boxed{E_{\delta\upsilon\nu} = B \cdot h} \qquad (1)$$

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. 115). 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.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Εἰς τὰ συνήθη ὡρολόγια (χειρός, τσέπης) ἡ ἐνέργεια ἀποταμιεύεται ἐπὶ ἐλατηρίου. Πράγματι κατὰ τὴν διάτασιν 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.

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

$$\boxed{\mathbf{E_{\kappa\iota\nu} = \frac{1}{2} m\, \upsilon^2}} \qquad (2)$$

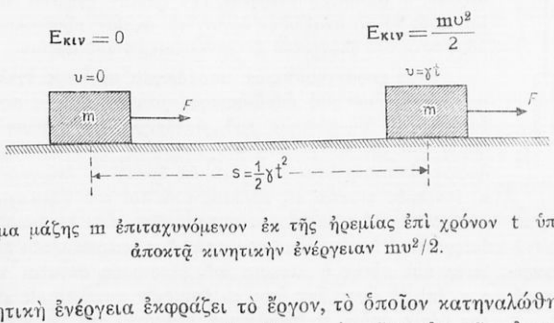
Ἤτοι ἡ κινητικὴ ἐνέργεια ἰσοῦται πρὸς τὸ ἥμισυ τοῦ γινομένου τῆς μάζης τοῦ σώματος ἐπὶ τὸ τετράγωνον τῆς ταχύτητος αὐτοῦ. Δηλαδὴ ἰσοῦται πρὸς τὸ ὑπὸ τῆς κινητηρίου δυνάμεως καταναλισκόμενον ἔργον διὰ τὴν μετάδοσιν εἰς τὸ σῶμα ταχύτητος υ, ἤτοι διὰ τὴν ὑπερνίκησιν τῆς ἀδρανείας τοῦ σώματος. Οὕτω, ἔστω ὅτι δύναμις σταθερὰ F ἐπιδρῶσα συνεχῶς ἐπὶ σώματος μάζης m μετατοπίζει αὐτὸ εἰς χρόνον t κατὰ διάστημα s καὶ μεταδίδει τελικῶς εἰς αὐτὸ ταχύτητα υ. Ἐὰν διὰ γ καλέσωμεν τὴν ἐπιτάχυνσιν τοῦ σώματος, θὰ ἔχωμεν τὰς σχέσεις:

$$F = m\gamma \qquad s = \frac{1}{2}\gamma t^2 \qquad \upsilon = \gamma t$$

Ἐκ τῶν δύο πρώτων εὑρίσκομεν: $Fs = m\gamma^2 t^2/2$ καὶ ἐπὶ τῇ βάσει τῆς τρίτης σχέσεως:

$$\boxed{\mathbf{E_{\kappa\iota\nu} = F \cdot s = \frac{1}{2} m\upsilon^2}}$$

ἤτοι, *τὸ ἔργον τῆς δυνάμεως διὰ τὴν μετάδοσιν εἰς τὸ σῶμα ταχύτητος υ ἰσοῦται πρὸς τὴν κινητικὴν ἐνέργειαν αὐτοῦ* (σχ. 116). Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει, ὅτι τὸ ἔργον καὶ ἡ ἐνέργεια ἐκφράζονται διὰ τῶν αὐτῶν μονάδων.



Σχ. 116. Σῶμα μάζης m ἐπιταχυνόμενον ἐκ τῆς ἠρεμίας ἐπὶ χρόνον t ὑπὸ δυνάμεως F ἀποκτᾷ κινητικὴν ἐνέργειαν $m\upsilon^2/2$.

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.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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 τὸ σύστημα CGS, πρέπει εἰς τὸν τύπον (2) νὰ θέσωμεν $m = 50\ kgr = 50 \cdot 10^3\ gr$, τὴν δὲ ταχύτητα $\upsilon = 600\ m/sec = 600 \cdot 10^2$ cm/sec, ὅτε δι' ἀντικαταστάσεως λαμβάνομεν:

$$E_{\kappa\iota\nu} = \frac{1}{2} m\upsilon^2 = \frac{1}{2} 5 \cdot 10^4 \cdot (6 \cdot 10^4)^2 = \frac{1}{2} 5 \cdot 10^4 \cdot 36 \cdot 10^8 = 90 \cdot 10^{12}\ \text{Erg}$$

ἤτοι:
$$E_{\kappa\iota\nu} = 9 \cdot 10^{13}\ \textbf{Erg} = \frac{9 \cdot 10^{13}}{10^7} = 9 \cdot 10^6\ \textbf{Joule}$$

Τεχνικὸν σύστημα. Ἐὰν δεχθῶμεν $g = 10\ m/sec^2$ θὰ εἶναι $m = 50/10 = 5$ Τ.Μ. μάζης καὶ
$$\mathbf{E_{\kappa\iota\nu}} = \frac{1}{2} 5 \cdot (600)^2 = 900\,000 = 9 \cdot 10^5\ \mathbf{kgr^*m}.$$

105. Ἀρχὴ τῆς διατηρήσεως τῆς μηχανικῆς ἐνεργείας. Ἐκ πολυαρίθμων καὶ μακροχρονίων πειραματικῶν ἐρευνῶν κατεδείχθη ὅτι, προκειμένου περὶ μηχανικῶν φαινομένων, ***ἡ ἐνέργεια, εἴτε δυναμικὴ εἴτε κινητικὴ εἶναι, οὔτε ἐκ τοῦ μηδενὸς δύναται νὰ δημιουργηθῇ, ἀλλ' οὔτε καὶ ἐκμηδενίζεται*** (**Mayer**).

Ἐὰν σῶμα ἀποκτᾷ ὡρισμένον ποσὸν ἐνεργείας, τοῦτο εἶναι πάντοτε ἴσον πρὸς τὸ ἔξωθεν καταναλωθὲν ἔργον, ὡς π.χ. κατὰ τὴν ἀνύψωσιν βαρέος σώματος ἐκ τοῦ ἐδάφους εἰς ὡρισμένον ὕψος. Ἐξ ἄλλου, ἐὰν ἡ ἐνέργεια, τὴν ὁποίαν σῶμά τι ἐγκλείει, ἐλαττοῦται, ἡ ἐλάττωσις εἶναι πάντοτε ἴση πρὸς τὸ ὑπὸ τοῦ σώματος ἀποδιδόμενον ἔργον, ὡς π.χ. συμβαίνει κατὰ τὴν πτῶσιν τοῦ σώματος ἐξ ὕψους.

Ἔστω ὅτι σῶμα μάζης m εὑρίσκεται εἰς ὕψος h ἀπὸ τοῦ ἐδάφους. Τὸ σῶμα ὡς γνωστὸν ἐγκλείει δυναμικὴν ἐνέργειαν $E_{\delta\upsilon\nu} = B \cdot h = m \cdot g \cdot h$. Ἐὰν τὸ σῶμα ἀφεθῇ νὰ πέσῃ ἐλευθέρως, ὅταν φθάσῃ εἰς τὸ ἔδαφος θὰ ἔχῃ ἀποκτήσει ταχύτητα υ καὶ κινητικὴν ἐνέργειαν $E_{\kappa\iota\nu} = m\upsilon^2/2$. Συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας πρέπει νὰ εἶναι: $mgh = m\upsilon^2/2$, ἐκ τῆς σχέσεως δὲ ταύτης εὑρίσκομεν:

$$\boxed{\upsilon = \sqrt{2gh}}$$

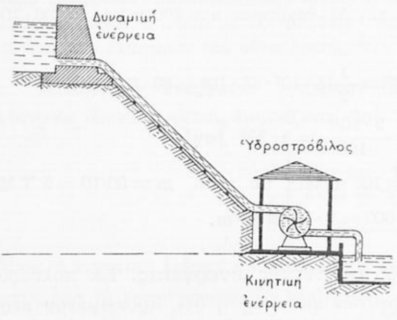
Τὴν σχέσιν ταύτην εὕρομεν εἰς τὸ κεφάλαιον τῆς κινηματικῆς δι' ἄλλης ὁδοῦ. Εἰς οἱανδήποτε ἄλλην ἐνδιάμεσον θέσιν τὸ σῶμα θὰ ἔχῃ $E_{\delta\upsilon\nu}$ καὶ $E_{\kappa\iota\nu}$, τὸ ἄθροισμα ὅμως αὐτῶν εἶναι πάντοτε ἴσον πρὸς τὴν ἀρχικὴν δυναμικὴν ἐνέργειαν.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει, ὅτι ἡ ἐνέργεια οὔτε ἐκ τοῦ μηδενὸς δύναται νὰ δημιουργηθῇ, ἀλλ' οὔτε καὶ ἐκμηδενίζεται, ἀλλὰ μόνον δύναται νὰ μετατρέπεται ἀπὸ $E_{\delta\upsilon\nu}$ εἰς $E_{\kappa\iota\nu}$ καὶ ἀντιστρόφως, ἢ νὰ μεταβιβάζεται ἀπὸ ἑνὸς σώματος εἰς ἄλλο.

Ἡ ἐνέργεια ὅμως δὲν ἐμφανίζεται ἁπλῶς μόνον ὡς μηχανικὴ ἐνέργεια, ἀλλὰ καὶ ὑπὸ ἄλλας μορφάς, αἱ συνηθέστεραι τῶν ὁποίων εἶναι ἡ ***θερμική***, ἡ ***χημικὴ*** καὶ ἡ ***ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια***. Ἐὰν δὲ θεωρήσωμεν ***ἀποκεκλεισμένον σύστημα*** σωμάτων, δηλαδὴ σύστημα, εἰς τὸ ὁποῖον νὰ μὴ δύναται νὰ μεταβιβασθῇ ἐνέργεια πρὸς τὰ ἔξω, ἀλλ' οὔτε καὶ νὰ προσληφθῇ ἐνέργεια ἐκ τῶν ἔξω, τὸ ἄθροισμα ὅλων τῶν ποσῶν τῆς ἐνεργείας ὑπὸ διαφόρους μορφὰς παραμένει χρονικῶς ἀμετά-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

βλητον καὶ ὅ,τι μόνον παρατηρεῖται, εἶναι ἡ μετατροπὴ τῆς ἐνεργείας ἀπὸ τῆς μιᾶς μορφῆς εἰς τὴν ἄλλην. Τ᾽ ἀνωτέρω ἐκφράζουν ***τὴν ἀρχὴν τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας***, ἡ ὁποία ἀποτελεῖ τὸ θεμέλιον τῆς Φυσικῆς καὶ ἀποκλείει τὴν πραγματοποίησιν τοῦ ***ἀεικινήτου***, δηλ. μηχανῆς ἡ ὁποία νὰ δημιουργῇ ἐνέργειαν ἐκ τοῦ μηδενός. Ἀνάλογος ἀρχὴ εἴδομεν (§ 34), ὅτι ἰσχύει καὶ διὰ τὴν ὕλην. Τελευταίως ὅμως ἐκ διαφόρων θεωρητικῶν ἐρευνῶν, αἱ ὁποῖαι εἰς πολλὰς περιπτώσεις ἔτυχον πειραματικῆς ἐπαληθεύσεως καὶ ἰδιαιτέρως κατὰ τὰ τελευταῖα ἔτη διὰ τῆς πραγματοποιήσεως τῆς βόμβας ἀτόμου, ἡ Φυσικὴ ἔφθασεν εἰς τὴν παραδοχήν, ὅτι ἡ μᾶζα καὶ ἡ ἐνέργεια ἀποτελοῦν μορφὰς μιᾶς καὶ τῆς αὐτῆς ὀντότητος καὶ ὅτι ἑπομένως αἱ δύο ἀνωτέρω ἀρχαὶ συγχωνεύονται εἰς μίαν, τὴν ἀρχὴν τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας. Τὸ σχῆμα 117 δεικνύει μετατροπὴν τῆς δυναμικῆς ἐνεργείας εἰς κινητικὴν ἐνέργειαν.



Σχ. 117. 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.

106. Ἀπόδοσις καὶ συντελεστὴς ἀποδόσεως. Κατὰ τὴν μετατροπὴν ἐνεργείας (ὡς π. χ. εἰς σχ. 117) παρατηροῦμεν ἐν τῇ πράξει, 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 %.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Δηλ. ἐὰν διαθέτωμεν ἰσχὺν 70 ἵππων, ἡ ὠφέλιμος ἰσχὺς θὰ εἶναι $70 \cdot 0{,}7 = 49$ ἵππων.

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

107. Ὁρμή. ***Τὸ γινόμενον τῆς μάζης σώματος εὑρισκομένου ἐν κινήσει ἐπὶ τὴν ταχύτητα αὐτοῦ καλεῖται ὁρμή.***

Ἡ ὁρμὴ ($\mathcal{J}$), ὡς γινόμενον τοῦ ἀριθμητικοῦ μεγέθους *μᾶζα* ἐπὶ τὸ ἀνυσματικὸν μέγεθος *ταχύτης* ἀποτελεῖ ἐπίσης ἀνυσματικὸν μέγεθος. Ἑπομένως εἶναι:

$$\boxed{\mathcal{J} = m\upsilon} \qquad (1)$$

Ἐξίσωσις διαστάσεων καὶ μονάδες.

α) ***Σύστημα* CGS.** Ἐκ τῆς ἐξισώσεως (1) λαμβάνομεν: $[J] = [MLT^{-1}]$ καὶ μονὰς τὸ $1\ gr \cdot cm \cdot sec^{-1}$.

β) ***Τεχνικὸν σύστημα.*** Ἐκ τῆς ἐξισώσεως (1) λαμβάνομεν:

$$[J] = [ML^{-1}\,T^2\,LT^{-1}] = [FT] \text{ καὶ μονὰς τὸ } 1\ kgr^* \cdot sec.$$

108*. Προσδιορισμὸς ἐπιταχυνούσης δυνάμεως. ***Ὤθησις δυνάμεως.*** Ἔστω ὅτι ἐπὶ σώματος μάζης m, εὑρισκομένου ἐν ἠρεμίᾳ, ἐπιδρᾷ ἡ σταθερὰ δύναμις F. Γνωρίζομεν, ὅτι αὕτη μεταδίδει εἰς τὸ σῶμα ἐπιτάχυνσιν σταθερὰν γ, εἶναι δέ:

$$F = m \cdot \gamma \qquad (1)$$

Ἐὰν ἡ δύναμις ἐπενεργῇ ἐπὶ χρόνον t, τὸ σῶμα εἰς τὸ τέλος τοῦ χρόνου τούτου θὰ ἔχῃ ἀποκτήσει ταχύτητα $\upsilon = \gamma\, t$. Ἐκ τῆς ἰσότητος ταύτης εὑρίσκομεν $\gamma = \upsilon/t$ καὶ ἀντικαθιστῶντες τὴν τιμὴν τοῦ γ εἰς τὴν ἐξίσωσιν (1) εὑρίσκομεν:

$$F = \frac{m\,\upsilon}{t} \qquad (2)$$

Ἡ σχέσις (2) ἐκφράζει τὴν ἀκόλουθον πρότασιν: ***Ἡ ἐπιταχύνουσα δύναμις ἰσοῦται πρὸς τὴν ὁρμήν, τὴν ὁποίαν ἀποκτᾷ τὸ σῶμα ἀνὰ μονάδα χρόνου.*** Ἐκ τῆς σχέσεως ταύτης λαμβάνομεν εὐκόλως:

$$F \cdot t = m\,\upsilon \qquad (3)$$

Τὸ γινόμενον δυνάμεως F ἐπὶ τὸν χρόνον ἐπενεργείας αὐτῆς t καλεῖται ***ὤθησις*** ἢ συντομώτερον ***ὦσις*** τῆς δυνάμεως καὶ ἡ σχέσις (3) ἐκφράζει τὴν πρότασιν: ***Ἡ ὦσις δυνάμεως ἰσοῦται πρὸς τὴν ὁρμήν.***

Ἐὰν τὸ σῶμα, πρὸ τῆς ἐπενεργείας τῆς δυνάμεως, ἔχῃ ἀρχικὴν ταχύτητα υ_0, ἡ δὲ δύναμις F ἔχῃ τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν πρὸς τὴν υ_0 καὶ ἐπιδρᾷ ἐπὶ χρόνον t, εἰς τὸ τέλος τοῦ χρόνου τούτου θὰ εἶναι: $\upsilon = \upsilon_0 + \gamma t$. Ἐκ τῆς σχέσεως ταύτης εὑρίσκομεν: $\gamma = \dfrac{\upsilon - \upsilon_0}{t}$, ἀντικαθιστῶντες δὲ τὴν τιμὴν τοῦ γ εἰς τὴν ἐξίσωσιν (1) εὑρίσκομεν:

$$F = \frac{m\,\upsilon - m\,\upsilon_0}{t} \qquad (4)$$

Εἰς τὸν τύπον (4) παρατηροῦμεν, ὅτι $m\upsilon_0$ παριστᾷ τὴν ἀρχικὴν ὁρμὴν τοῦ σώματος καὶ $m\upsilon$ τὴν τελικήν, ἐνῷ $m\upsilon - m\upsilon_0$ παριστᾷ τὴν μεταβολὴν τῆς ὁρμῆς εἰς χρόνον t. Ἑπομένως ἡ σχέσις (4) ἐκφράζει τὴν ἀκόλουθον πρότασιν: ***Ἡ ἐπιταχύνουσα δύναμις ἰσοῦται***

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

πρὸς τὴν ἀνὰ μονάδα χρόνου μεταβολὴν τῆς ὁρμῆς. Ἡ πρότασις αὕτη ἀποτελεῖ γενικωτέραν ἔκφρασιν τοῦ δευτέρου ἀξιώματος τοῦ Νεύτωνος (§ 90).

Ἐκ τῆς σχέσεως (4) λαμβάνομεν εὐκόλως:

$$Ft = mv - mv_0 \qquad (5)$$

Ἡ σχέσις αὕτη ἐκφράζει τὴν ἀκόλουθον πρότασιν: ***Ἡ ὦσις δυνάμεως ἰσοῦται πρὸς τὴν μεταβολὴν τῆς ὁρμῆς.*** Αἱ σχέσεις (4) καὶ (5) διὰ $v_0 = 0$ ἀνάγονται εἰς τὰς (2) καὶ (3).

Ἐπειδὴ τὰ μεγέθη $F \cdot t$ καὶ $m \cdot v$ ἔχουν τὰς αὐτὰς ἐξισώσεις διαστάσεων καὶ ἑπομένως μετροῦνται διὰ τῆς αὐτῆς μονάδος, ἐπικρατεῖ τάσις μεταξὺ τῶν νεωτέρων Φυσικῶν, ὅπως δι' ἀμφότερα τὰ μεγέθη χρησιμοποιῆται ὁ ὅρος ***ὁρμή.***

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. ***Κινητὸν μάζης 10 gr ἔχει ταχύτητα 50 cm/sec καὶ ὑπὸ τὴν ἐπενέργειαν δυνάμεως σταθερᾶς, τῆς ὁποίας ἡ διεύθυνσις συμπίπτει πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς ταχύτητος, ἀποκτᾷ εἰς χρόνον 5 sec ταχύτητα 100 cm/sec. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἐπιταχύνουσα δύναμις.***

Ἐκ τοῦ τύπου (4) εὑρίσκομεν: $\mathbf{F} = \dfrac{100 \cdot 10 - 50 \cdot 10}{5} = \mathbf{100\ Dyn}$

Ἐφαρμογαί. Ἐκ τῆς ἐξισώσεως (2) συνάγομεν, ὅτι σῶμα εὑρισκόμενον ἐν κινήσει δὲν ἠμπορεῖ νὰ σταματήσῃ ἀκαριαίως καί, ὅσον μικρότερον εἶναι τὸ ἀπαιτούμενον χρονικὸν διάστημα διὰ νὰ σταματήσῃ, τόσον μεγαλυτέρα ἡ ἀπαιτουμένη δύναμις. Οὕτω βόμβα, ἡ ὁποία ρίπτεται ἀπὸ ἀεροπλάνου εὑρισκομένου εἰς ὕψος ὀλίγων χιλιάδων μέτρων, φθάνουσα κάτω ἔχει μεγάλην ὁρμήν. Ὅταν προσπίπτῃ ἐπὶ τοῦ ἐδάφους ἢ ἐπὶ χαλυβδίνου καταστρώματος πλοίου, εἴτε πρέπει νὰ σταματήσῃ εἰς βραχὺ χρονικὸν διάστημα εἴτε νὰ διατρυπήσῃ τὸ κατάστρωμα. Ἐπειδὴ ὅμως κατὰ τὴν πρόσκρουσιν τῆς βόμβας ἐπὶ τοῦ καταστρώματος ἀναπτύσσεται κολοσσιαία δύναμις λόγῳ τῆς μικρᾶς διαρκείας τῆς κρούσεως, τὸ χαλύβδινον κατάστρωμα δὲν δύναται νὰ παράσχῃ τὴν ἀπαιτουμένην δύναμιν διὰ τὸ σταμάτημα τῆς ὀβίδος· διὰ τοῦτο δὲ αὕτη διαπερᾷ τὸ κατάστρωμα.

Ἐξ ἄλλου κατὰ τὴν πρόσκρουσιν τῆς βόμβας ἐπὶ τοῦ καταστρώματος, ἡ δύναμις δὲν ἔχει σταθερὰν τιμὴν καθ' ὅλην τὴν διάρκειαν τῆς προσκρούσεως, ἀλλὰ μεταβάλλεται μεταξὺ ἐκτενῶν ὁρίων, ἡ δὲ ἐξίσωσις (2) δύναται νὰ χρησιμεύσῃ πρὸς προσδιορισμὸν τῆς μέσης δυνάμεως κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς προσκρούσεως. Ἡ τιμὴ τῆς δυνάμεως εἰς πᾶσαν στιγμὴν κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς προσκρούσεως θὰ ἦτο γνωστή, ἐὰν ἦτο γνωστὴ ἡ ταχύτης μεταβολῆς τῆς ὁρμῆς· ἐπειδὴ ὅμως τὸ μέγεθος τοῦτο δὲν εἶναι εὔκολον νὰ μετρηθῇ, δυνάμεθα νὰ καθορίσωμεν τὴν δύναμιν διὰ τοῦ μεγέθους τῆς παραμορφώσεως, τὴν ὁποίαν προκαλεῖ.

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. Πρὸς κατανόησιν τοῦ μεγέθους τῆς δυνάμεως, ἡ ὁποία ἀναπτύσσεται εἰς περίπτωσιν καθ' ἣν αὐτοκίνητον προσκρούει ἐπὶ ἀκλονήτου κωλύματος καὶ σταματᾷ ἐντὸς βραχυτάτου χρονικοῦ διαστήματος, ἀναφέρομεν τὸ κάτωθι παράδειγμα: ***Αὐτοκίνητον 1 τόννου ὑπὸ ταχύτητα 50 km/h προσκρούει ἐπὶ ἀκλονήτου κωλύματος καὶ σταματᾷ ἐντὸς 0,1 sec. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ δύναμις.***

Ἐργαζόμεθα μὲ τὸ Τ.Σ. μονάδων καὶ ἐφαρμόζομεν τὴν ἐξίσωσιν (4), λαμβάνοντες δὲ ὑπ' ὄψιν ὅτι $g = 10\ m/sec^2$, ἡ μᾶζα τοῦ αὐτοκινήτου εἶναι 1000 kgr, διαιρουμένη διὰ 10 μετατρέπεται εἰς τεχνικὰς μονάδας (Τ.Μ.), ἤτοι $m = 100$ Τ.Μ μάζης. Ἡ ταχύτης τοῦ αὐτοκινήτου εἰς m/sec θὰ εἶναι $v = 50 \cdot 10^3/3\,600 = 14$ m/sec, ὅθεν τιθεμένου εἰς τὸν τύπον $v = 0$ καὶ $v_0 = 14$ m/sec καὶ $t = 0{,}1$ sec, εὑρίσκομεν:

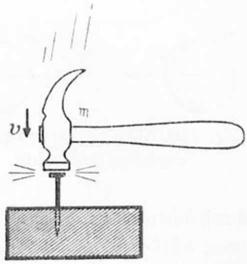
$$F = \frac{100 \cdot 14}{0{,}1} = -\,\mathbf{14\,000\ kgr^*}$$

Ἤτοι, ἡ ἀπαιτουμένη δύναμις διὰ τὸ σταμάτημα τοῦ αὐτοκινήτου εἶναι 14 000 kgr* καὶ τὸ ἀρνητικὸν σημεῖον δικαιολογεῖται, διότι ἡ δύναμις αὕτη πρέπει νὰ εἶναι ἀντιθέτου διευθύνσεως τῆς ταχύτητος τοῦ αὐτοκινήτου, ἐφ' ὅσον λόγῳ τῆς προσκρούσεως ἡ ταχύτης

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τοῦ αὐτοκινήτου ἐκμηδενίζεται. Εἰς τὴν ὡς ἄνω ἀναπτυσσομένην δύναμιν ὀφείλονται αἱ καταστρεπτικαὶ συνέπειαι κατὰ τὴν πρόσκρουσιν αὐτοκινήτου ἐπὶ ἀκλονήτου κωλύματος, ὡς καὶ ἐν γένει κατὰ τὰς συγκρούσεις.

109*. Πρόβλημα σφυροκοπήματος καρφίου. *Σφυρίον μάζης* $m = 1$ kgr *καὶ κινούμενον ὑπὸ ταχύτητα* $\upsilon = 6$ m/sec *κτυπᾷ τὴν κεφαλὴν καρφίου, τὸ ὁποῖον ἐξαναγκάζεται νὰ εἰσχωρήσῃ ἐντὸς τεμαχίου ξηροῦ ξύλου (σχ. 118). Ἐὰν τὸ κτύπημα διαρκῇ 0,01* sec, *νὰ ὑπολογισθῇ: α) ἡ ὁρμὴ τοῦ σφυρίου, β) ἡ μέση δύναμις, γ) ἡ ἀπόστασις κατὰ τὴν ὁποίαν εἰσχωρεῖ τὸ καρφίον ἐντὸς τοῦ ξύλου. (Δεχόμεθα* $g = 10$ m/sec²*).*



Σχ. 118. Διὰ σφυροκοπήματος τοῦ καρφίου ὑπερνικᾶται ἡ ἀντίστασις τοῦ ξύλου.

α) Ἡ ὁρμὴ ὑπολογίζεται ἐκ τοῦ τύπου: $Ft = m\upsilon - m\upsilon_0$. Εἶναι ὅμως εἰς τὴν προκειμένην περίπτωσιν $\upsilon = 0$, $\upsilon_0 = 6$ cm/sec καὶ $m = 0{,}1$ T.M. μάζης, ὅτε εὑρίσκομεν:

$$\mathbf{F \cdot t} = -0{,}1 \cdot 6 = \mathbf{-0{,}6\ kgr^* \cdot sec}$$

β) Ἡ μέση δύναμις ὑπολογίζεται ἐκ τῆς σχέσεως:

$$\mathbf{F} = -\frac{0{,}6}{0{,}01} = \mathbf{-60\ kgr^*}$$

Τὸ ἀρνητικὸν σημεῖον δικαιολογεῖται, διότι ἡ δύναμις ἡ ὁποία σταματᾷ τὸ σφυρίον εἶναι ἀντιθέτου διευθύνσεως πρὸς τὴν κίνησιν αὐτοῦ.

γ) Διὰ νὰ εὕρωμεν τὴν ἀπόστασιν διεισδύσεως τοῦ καρφίου, ἐφαρμόζομεν τὴν ἀρχὴν τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας, ἐξισοῦντες τὴν κινητικὴν ἐνέργειαν τοῦ σφυρίου πρὸς τὸ ἔργον τῆς δυνάμεως F. Οὕτω, ἐὰν καλέσωμεν **x** τὴν ἀπόστασιν διεισδύσεως, θὰ ἔχωμεν:

$$\frac{1}{2}m\upsilon^2 = F \cdot x \quad \text{καὶ} \quad \mathbf{x} = \frac{m\upsilon^2}{2F} = \frac{0{,}1 \cdot 36}{2 \cdot 60} = \mathbf{0{,}03\ m}$$

Τὸν ὑπολογισμὸν τῆς ἀποστάσεως s δυνάμεθα νὰ ἐκτελέσωμεν καὶ κατ' ἄλλον τρόπον.

Οὕτω, ἐπειδὴ ἡ κίνησις τοῦ καρφίου εἶναι ὁμαλῶς ἐπιβραδυνομένη, ἡ μέση ταχύτης ($\bar{\upsilon}$) τοῦ καρφίου θὰ εἶναι κατ' ἀπόλυτον τιμήν:

$$\bar{\upsilon} = \left|\frac{\upsilon - \upsilon_0}{2}\right| = \frac{6}{2} = 3\ \text{m/sec}$$

καὶ ἑπομένως τὸ διάστημα s θὰ εἶναι:

$$s = \bar{\upsilon} \cdot t = 3 \cdot 0{,}01 = 0{,}03\ \text{m}$$

110. Ἀρχὴ τῆς διατηρήσεως τῆς ὁρμῆς. Ἐκ τοῦ πρώτου ἀξιώματος τοῦ Νεύτωνος γνωρίζομεν ὅτι, ἐφ' ὅσον σῶμα εὑρίσκεται ἐν κινήσει χωρὶς νὰ ἐπενεργῇ ἐπ' αὐτοῦ δύναμις, τὸ σῶμα κινεῖται εὐθυγράμμως καὶ ὁμαλῶς, ἤτοι ὑπὸ σταθερὰν ταχύτητα. Διὰ νὰ μεταβληθῇ ἡ ταχύτης τοῦ σώματος, πρέπει νὰ ἐπενεργήσῃ ἐπ' αὐτοῦ δύναμις. Ὅταν ὅμως ἡ ταχύτης τοῦ σώματος παραμένῃ κατὰ τὴν κίνησιν σταθερά, ἕπεται ὅτι καὶ ἡ ὁρμὴ τοῦ σώματος, κινουμένου χωρὶς τὴν ἐπενέργειαν δυνάμεως, εἶναι σταθερὰ καὶ διὰ νὰ μεταβληθῇ ἡ ὁρμὴ τοῦ σώματος πρέπει νὰ ἐπενεργήσῃ ἐπ' αὐτοῦ δύναμις. Τὸ αὐτὸ ἰσχύει ὄχι μόνον δι' ἓν σῶμα, ἀλλὰ καὶ διὰ σύστημα σωμάτων, ἡ δὲ ἀρχὴ τῆς διατηρήσεως τῆς ὁρμῆς διατυποῦται ὡς ἑξῆς: ***Ἡ ὁρμὴ σώματος ἢ συστήματος σωμάτων, ἐφ' ὅσον δὲν ἐπενεργεῖ ἐξωτερικὴ δύναμις, διατηρεῖται σταθερά.***

Ἐὰν ὅμως ἐπὶ συστήματος σωμάτων ἐπενεργήσῃ ἐξωτερικὴ δύναμις, ἡ ὁρμὴ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τοῦ συστήματος δύναται εἴτε νὰ αὐξηθῇ εἴτε νὰ ἐλαττωθῇ, ἀλλὰ κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς μεταβολῆς ταύτης εἰς ἕτερον σύστημα σωμάτων ἀναφαίνεται ἴση ἐλάττωσις ἢ αὔξησις τῆς ὁρμῆς. Οὕτω, αἱ δύο σφαῖραι τῆς αὐτῆς μάζης, αἱ ὁποῖαι κινοῦνται μὲ ἴσας ταχύτητας ἀλλὰ κατ᾽ ἀντίθετον διεύθυνσιν (σχ. 119), ἀποτελοῦν σύστημα σωμάτων τῶν ὁποίων ἡ ὁρμὴ ἔχει ἄθροισμα μηδέν, διότι τῆς μιᾶς ἡ ὁρμὴ θὰ εἶναι $m\upsilon$ καὶ τῆς ἄλλης $-m\upsilon$, ἐπειδὴ ἡ ταχύτης τῆς δευτέρας ἔχει ἀντίθετον διεύθυνσιν ἀπὸ τὴν τῆς πρώτης. Ἑπομένως: $m\upsilon - m\upsilon = 0$.

Σχ. 119. Διὰ τὴν ἀρχὴν τῆς διατηρήσεως τῆς ὁρμῆς.

Αἱ δύο σφαῖραι θὰ ἔλθῃ στιγμὴ κατὰ τὴν ὁποίαν θὰ συγκρουσθοῦν καὶ ἑκάστη τούτων θὰ ἀσκῇ δύναμιν μικροτάτης διαρκείας ἐπὶ τῆς ἑτέρας. Ἐπειδὴ ὅμως πρὸ τῆς συγκρούσεως αὐτῶν εἶχον ἄθροισμα ὁρμῶν μηδέν, πρέπει, συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τῆς διατηρήσεως τῆς ὁρμῆς, καὶ μετὰ τὴν σύγκρουσιν, ἤτοι μετὰ τὴν ἔκλειψιν τῶν δυνάμεων, τὸ ἄθροισμα τῶν ὁρμῶν αὐτῶν νὰ παραμένῃ μηδέν.

Οὕτω, εἰς τὴν περίπτωσιν χαλυβδίνων σφαιρῶν, αἱ ὁποῖαι εἶναι ἐλαστικαί, μετὰ τὴν σύγκρουσιν αὗται ἀποχωρίζονται, ἀλλ᾽ αἱ ταχύτητές των πρέπει νὰ ἔχουν τιμὴν τοιαύτην, ὥστε τὸ ἄθροισμα τῶν ὁρμῶν νὰ παραμένῃ πάλιν μηδέν.

Παράδειγμα τῆς ἀρχῆς τῆς διατηρήσεως τῆς ὁρμῆς εἶναι ἡ ἀνάκρουσις (κλώτσισμα) τῶν πυροβόλων. Πράγματι, πρὸ τῆς ἐκπυρσοκροτήσεως ἡ ὁρμὴ πυροβόλου καὶ ὀβίδος εἶναι μηδέν, διότι ἀρχικῶς ἡ ταχύτης ἀμφοτέρων εἶναι μηδέν. Ὅταν τὸ πυροβόλον ἐκπυρσοκροτῇ, ἡ ὀβὶς ἀποκτᾷ ὁρμὴν μὲ διεύθυνσιν πρὸς τὰ ἐμπρός, ἐνῷ τὸ πυροβόλον ἀποκτᾷ ὁρμὴν πρὸς τὰ ὀπίσω, εἰς τρόπον ὥστε τὸ ἀλγεβρικὸν ἄθροισμα νὰ εἶναι πάλιν μηδέν.

Εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς ἐκπυρσοκροτήσεως τοῦ πυροβόλου, δυνάμεις ἐπενεργοῦν καὶ ἐπ᾽ αὐτοῦ καὶ ἐπὶ τῆς ὀβίδος, αἱ δυνάμεις ὅμως αὗται δὲν εἶναι ἐξωτερικαί, ἀλλ᾽ ἐσωτερικαὶ τοῦ συστήματος πυροβόλου - ὀβίς. Ἐὰν ὅμως ἐξετάσωμεν ἁπλῶς μόνον τὴν ὀβίδα, δι᾽ αὐτὴν ἡ δύναμις εἶναι ἐξωτερικὴ καὶ προκαλεῖ μεταβολὴν τῆς ὁρμῆς τοῦ σώματος. Συμφώνως ὅμως πρὸς τὸ τρίτον ἀξίωμα τοῦ Νεύτωνος, μία δύναμις δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ ἀναφαίνεται μόνη, ἀλλὰ πρέπει νὰ ἐμφανισθῇ ἡ ἴση καὶ ἀντίθετος ἐπ᾽ αὐτῆς, ἡ ὁποία ἐπενεργεῖ ἐπὶ τοῦ πυροβόλου καὶ προκαλεῖ ἐπ᾽ αὐτοῦ τὴν ἀνάπτυξιν ὁρμῆς ἴσης κατὰ μέγεθος, ἀλλ᾽ ἀντιθέτου διευθύνσεως πρὸς τὴν τῆς ὀβίδος.

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. ***Πυροβόλον ὅπλον ἔχει βλῆμα μάζης 60 gr, ἐνῷ ἡ μᾶζα τοῦ πυροβόλου εἶναι 5000 gr, τὸ βλῆμα δὲ ἀποκτᾷ κατὰ τὴν ἐκπυρσοκρότησιν ταχύτητα 600 m/sec. Πόση εἶναι ἡ ταχύτης ἀνακρούσεως τοῦ πυροβόλου.***

Ἐὰν λάβωμεν ὑπ᾽ ὄψιν τὴν σχέσιν, ὅτι τὸ ἄθροισμα τῶν ὁρμῶν πρὸ τῆς ἐκπυρσοκροτήσεως καὶ μετὰ τὴν ἐκπυρσοκρότησιν πρέπει νὰ εἶναι μηδέν, ἐὰν καλέσωμεν διὰ υ_1, τὴν ταχύτητα τοῦ βλήματος καὶ διὰ υ_2 τὴν ταχύτητα τοῦ πυροβόλου μετὰ τὴν ἐκπυρσοκρότησιν, τότε, ἐὰν m_1 ἡ μᾶζα τοῦ βλήματος καὶ m_2 ἡ μᾶζα τοῦ πυροβόλου, πρέπει αἱ ἀλγεβρικαὶ τιμαὶ τῶν ὁρμῶν τοῦ πυροβόλου νὰ εἶναι κατ᾽ ἀριθμητικὴν τιμὴν ἴσαι, ἀλλὰ νὰ ἔχουν τὴν ἀντίθετον διεύθυνσιν. Ἡ ἰσότης τῶν ἀριθμητικῶν τιμῶν ἐκφράζεται διὰ τῆς σχέσεως:

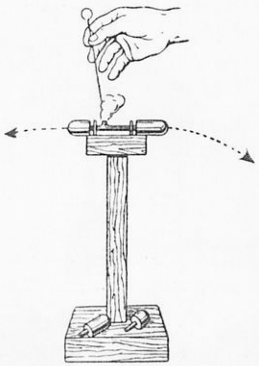
$$m_1 \upsilon_1 = m_2 \upsilon_2 \quad \text{ἐξ οὗ} \quad \upsilon_2 = \frac{m_1}{m_2} \cdot \upsilon_1$$

Ἐὰν δὲ θέσωμεν εἰς τὸν τελευταῖον τύπον τὰ δεδομένα, εὑρίσκομεν $\upsilon_2 = 7{,}2$ m/sec, καὶ ἐκ τοῦ ἐξαγομένου τούτου βλέπομεν, ὅτι ἡ ταχύτης ἀνακρούσεως τοῦ πυροβόλου εἶναι κατὰ πολὺ μικροτέρα τῆς τοῦ βλήματος, διότι ἡ μᾶζα τοῦ πυροβόλου εἶναι κατὰ πολὺ μεγαλυτέρα τῆς τοῦ βλήματος.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Παρατήρησις. Ἡ ἀρχὴ τῆς διατηρήσεως τῆς ὁρμῆς ἀναφέρεται προδήλως εἰς τὸ ἀνυσματικὸν ἄθροισμα τῶν ὁρμῶν, ἐνῷ τὸ ἄθροισμα τῶν ἀπολύτων ὁρμῶν δὲν παραμένει σταθερόν, ἀλλ' αὐξάνεται.

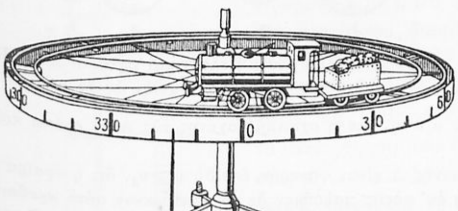
111*. Πειραματικὴ ἀπόδειξις τῆς ἀρχῆς τῆς διατηρήσεως τῆς ὁρμῆς. Τὴν ἀνωτέρω ἀρχὴν δυνάμεθα νὰ δείξωμεν διὰ μικρᾶς βλητικῆς συσκευῆς (σχ. 120), ἡ ὁποία δύναται νὰ ἐκσφενδονίζῃ ταυτοχρόνως δύο βλήματα διαφόρων μαζῶν καὶ εἰς τὴν ὁποίαν ἡ κινητήριος δύναμις εἶναι ἡ πίεσις τῶν ἀερίων τῶν προερχομένων ἐκ τῆς καύσεως τῆς πυρίτιδος. Ἐὰν m_1, m_2 αἱ μᾶζαι τῶν δύο βλημάτων, διὰ νὰ ἰσχύσῃ ἡ σχέσις $m_1 v_1 + m_2 v_2 = 0$, πρέπει ἡ ταχύτης τοῦ βλήματος τοῦ ἔχοντος τὴν μικροτέραν μᾶζαν m_1 νὰ εἶναι μεγαλυτέρα τῆς ταχύτητος τοῦ βλήματος μεγαλυτέρας μάζης m_2. Πράγματι, διὰ μετρήσεως τῶν ἀποστάσεων, εἰς τὰς ὁποίας φθάνουν τὰ βλήματα ἐπὶ τοῦ ἐδάφους, δυνάμεθα νὰ ὑπολογίσωμεν τὰς ταχύτητας v_1 καὶ v_2, αἱ ὁποῖαι ἐπαληθεύουν τὴν ἀνωτέρω σχέσιν.



Σχ. 120. Ἐπαλήθευσις τῆς ἀρχῆς διατηρήσεως τῆς ὁρμῆς διὰ διπλοῦ πιστολίου.

Λίαν χαρακτηριστικὸν ἐπίσης πείραμα εἶναι ἡ κίνησις μικροῦ σιδηροδρόμου ἐπὶ σιδηροτροχιᾶς ἐχούσης σχῆμα κυκλικὸν (σχ. 121), ἡ ὁποία δύναται νὰ περιστρέφεται μὲ ἐλαφρὰν τριβὴν περὶ κατακόρυφον ἄξονα διερχόμενον διὰ τοῦ κέντρου. Τὸ πείραμα δεικνύει ὅτι, ὅταν ὁ σιδηρόδρομος κινῆται κατὰ τὴν μίαν φοράν, ἡ σιδηροτροχιὰ στρέφεται περὶ τὸν ἄξονά της κατὰ τὴν ἀντίθετον φοράν.

112*. Ἐφαρμογαί. Χαρακτηριστικὰ παραδείγματα, εἰς τὰ ὁποῖα ἀναφαίνεται ἡ ἀρχὴ τῆς διατηρήσεως τῆς ὁρμῆς, εἶναι τὰ ἀκόλουθα. Πυροβόλον μετὰ τοῦ βλήματός του ἀποτελεῖ ἀποκεκλεισμένον σύστημα. Ἐὰν ὑπὸ τὴν ἐπενέργειαν τῆς ἐσωτερικῆς δυνάμεως, ὀφειλομένης εἰς τὴν πίεσιν τῶν ἀερίων τῶν προερχομένων ἐκ τῆς καύσεως τῆς πυρίτιδος, τὸ βλῆμα μάζης m ἀποκτήσῃ ταχύτητα v καὶ ἑπομένως ὁρμὴν mv, τότε καὶ τὸ πυροβόλον μάζης m' ἀποκτᾷ ταχύτητα v', ἔχουσαν διεύθυνσιν ἀντίθετον τῆς v καὶ ὁρμὴν $m'v'$ ἀντίθετον τῆς mv. Συμφώνως δὲ πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς διατηρήσεως τῆς ὁρμῆς, πρέπει νὰ εἶναι $mv = -m'v'$ καὶ $mv + m'v' = 0$, ἤτοι ἡ συνολικὴ ὁρμὴ πρὸ καὶ μετὰ τὴν ἐκπυρσοκρότησιν παρέμεινεν ἀμετάβλητος.



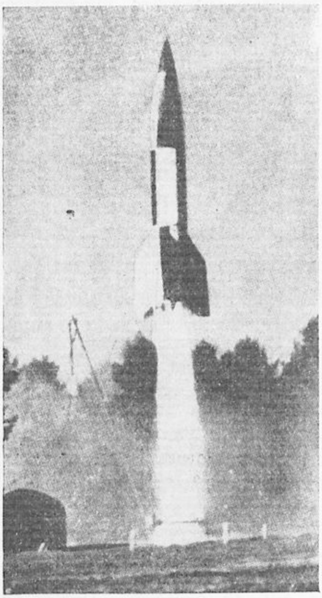
Σχ. 121. Πειραματικὴ διάταξις δεικνύουσα τὴν ἀρχὴν διατηρήσεως τῆς ὁρμῆς.

Ὁμοίως, ὅταν ἐπιβάτης μάζης m ἵσταται ἀκίνητος ἐντὸς πλοιαρίου μάζης m', ἐπίσης ἀκινήτου πλησίον ἀποβάθρας, ἡ συνολικὴ ὁρμὴ τοῦ συστήματος ἐπιβάτης + πλοιάριον εἶναι μηδέν. Ἐὰν ὅμως ὁ ἐπιβάτης ἐπιχειρήσῃ διὰ πηδήματος νὰ ἐξέλθῃ ἐκ τοῦ πλοιαρίου εἰς τὴν ἀποβάθραν μὲ ταχύτητα v, ἀποκτᾷ ὁρμὴν mv, ὁπότε καὶ τὸ πλοιάριον μετατοπίζεται μὲ τα-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

χύτητα $υ'$ διευθύνσεως ἀντιθέτου πρὸς τὴν $υ$ καὶ ἀποκτᾷ ὁρμὴν $m'υ'$. Εἶναι δὲ πάλιν $mυ = -m'υ'$ ἢ $mυ + m'υ' = 0$, ἤτοι ἡ συνολικὴ ὁρμὴ παραμένει πάλιν ἀμετάβλητος.

Σπουδαιοτάτην ἐφαρμογὴν εὑρίσκει ἡ ἀρχὴ τῆς διατηρήσεως τῆς ὁρμῆς εἰς τὰ ἀεριοπροωθούμενα βλήματα ἢ βόμβας (πυραύλους) (σχ. 122) καὶ εἰς τὰ ἀεριοπροωθούμενα ἀεροπλάνα.

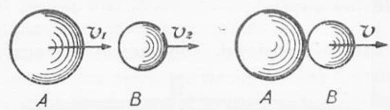


Σχ. 122. Βλῆμα τύπου V2 πυραύλου κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς ἐκκινήσεώς του.

Λόγω τῆς καύσεως τοῦ καυσίμου, μᾶζα ἀερίου ἐκβάλλεται ἐκ τοῦ ὀπισθίου μέρους τῆς βόμβας ἢ τοῦ ἀεροπλάνου ὑπὸ μεγάλην ταχύτητα. Ἡ ἐξερχομένη μᾶζα ἀερίου ἔχει λόγῳ τῆς ταχύτητος αὐτῆς ὁρμὴν διευθυνομένην πρὸς τὰ ὀπίσω.

Συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς διατηρήσεως τῆς ὁρμῆς γεννᾶται ἀντιδραστικὴ ὁρμὴ ἐπὶ τῆς βόμβας ἢ τοῦ ἀεροπλάνου διευθυνομένη πρὸς τὰ ἐμπρός, ἡ ὁποία προωθεῖ τὴν βόμβαν ἢ τὸ ἀεροπλάνον. Ἐπειδὴ ὅμως ἡ μᾶζα τοῦ ἐκβαλλομένου ἀερίου εἶναι σχετικῶς μικρά, πρέπει τὰ ἀέρια νὰ ἐκβάλλωνται ὑπὸ ἐξόχως μεγάλας ταχύτητας εἰς τρόπον, ὥστε ἡ ἀντιδραστικὴ ὁρμὴ νὰ δύναται νὰ μεταδώσῃ σημαντικὴν ταχύτητα εἰς τὸ σῶμα τῆς βόμβας ἢ τοῦ ἀεροπλάνου, τῶν ὁποίων ἡ μᾶζα εἶναι πολὺ μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν μᾶζαν τῶν ἐκβαλλομένων ἀερίων.

113*. Κροῦσις. Φαντασθῶμεν, ὅτι δύο σφαῖραι Α καὶ Β κινοῦνται ἐπὶ τῆς αὐτῆς εὐθείας ὑπὸ σταθερὰν ταχύτητα ἀντιστοίχως $υ_1$ καὶ $υ_2$ καὶ κατὰ τὴν



Σχ. 123. Αἱ δύο μὴ ἐλαστικαὶ σφαῖραι Α καὶ Β μετὰ τὴν κροῦσιν κινοῦνται ὡς ἓν σῶμα.

αὐτὴν διεύθυνσιν (σχ. 123), εἶναι δὲ $υ_1 > υ_2$, ὅτε ἡ σχετικὴ ταχύτης τῆς Α ἐν σχέσει πρὸς τὴν Β εἶναι $υ_1 - υ_2$.

Ἐπειδὴ ἡ σφαῖρα Β προηγεῖται τῆς Α, εἶναι φανερόν, ἐπειδὴ $υ_1 > υ_2$, ὅτι ἡ σφαῖρα Α θὰ προφθάσῃ τὴν Β καὶ θὰ ἐπιπέσῃ ἐπ' αὐτῆς· καλοῦμεν δὲ τὸ φαινόμενον αὐτὸ ***κροῦσιν***.

Δεχόμεθα πρὸς τούτοις, ὅτι εὐθὺς μετὰ τὴν κροῦσιν αἱ δύο σφαῖραι ἀποχωρίζονται καὶ ὅτι ἡ Α κινεῖται μετὰ τὴν κροῦσιν ὑπὸ ταχύτητα $υ'_1$ καὶ ἡ Β ὑπὸ ταχύτητα $υ'_2$, ὅτε ἡ σχετικὴ ταχύτης τῆς Α μετὰ τὴν κροῦσιν ἐν σχέσει πρὸς τὴν Β θὰ εἶναι προδήλως $υ'_1 - υ'_2$.

Ὁ λόγος τῆς σχετικῆς ταχύτητος μετὰ τὴν κροῦσιν πρὸς τὴν σχετικὴν ταχύτητα πρὸ τῆς κρούσεως, ἀλλὰ μὲ ἀντίθετον σημεῖον, ἀποτελεῖ διὰ τὰ συγκρουόμενα σώματα χαρακτηριστικὴν σταθερὰν καὶ καλεῖται ***συντελεστὴς κρούσεως (κ)***.

Οὕτω ἔχομεν :

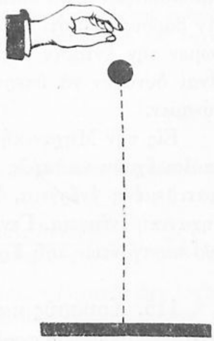
$$κ = -\frac{υ'_1 - υ'_2}{υ_1 - υ_2} = \frac{υ'_2 - υ'_1}{υ_1 - υ_2}$$

Ἡ σχέσις αὕτη ἀνεκαλύφθη περαματικῶς ὑπὸ τοῦ Νεύτωνος.

Ἐφ' ὅσον ὁ συντελεστὴς κρούσεως $κ = 1$, ἡ κροῦσις λέγεται ***τελείως ἐλαστική***, ὡς τοῦτο συμβαίνει περίπου μὲ δύο χαλυβδίνας σφαίρας. Ἐὰν $κ = 0$, ἡ κροῦσις καλεῖται ***τελείως μὴ ἐλαστική***, ὡς τοῦτο συμβαίνει περίπου μὲ δύο σφαίρας ἀπὸ μόλυβδον. Εἰς τὴν περίπτωσιν μολυβδίνων σφαιρῶν, αὗται μετὰ τὴν κροῦσιν δὲν ἀποχωρίζονται, ἀλλ' ἡ μία

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

προσκολλᾶται ἐπὶ τῆς ἄλλης καὶ κινοῦνται περαιτέρω ὡς ν' ἀπετέλουν ἓν μόνον σῶμα (σχ. 123). Δι' ὅλας τὰς ἄλλας μὴ ἐλαστικὰς κρούσεις ἡ τιμὴ τοῦ $\varkappa$ κυμαίνεται μεταξὺ 1 καὶ 0.



Σχ. 124. Ἐλαστικὴ κροῦσις.

Παράδειγμα ἐλαστικῆς κρούσεως, μὲ τιμὴν τοῦ $\varkappa$ μὴ διαφέρουσαν πολὺ ἀπὸ τὴν μονάδα, εἶναι ἡ ἀναπήδησις τῆς μπάλας ποδοσφαίρου, ὅταν αὕτη προσκρούῃ ἐπὶ τοῦ ἐδάφους. Ἐπίσης, παράδειγμα τελείας ἐλαστικῆς κρούσεως ἀποτελεῖ σφαῖρα χαλυβδίνη (σχ. 124), ἀφιεμένη νὰ πέσῃ ἐξ ὕψους ἐπὶ χαλυβδίνης πλακός, ὅτε αὕτη μετὰ τὴν κροῦσιν ἀναπηδᾷ ἀνερχομένη εἰς τὸ αὐτὸ σχεδὸν ὕψος ἐξ οὗ κατέπεσε.

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. ***Σφαῖρα μάζης $m_1 = 500$ gr κινεῖται ὑπὸ ταχύτητα $\upsilon_1 = 50$ cm/sec καὶ προφθάνει ἑτέραν σφαῖραν μάζης $m_2 = 1000$ gr, κινουμένην ὑπὸ ταχύτητα $\upsilon_2 = 25$ cm/sec. Ἐὰν ὁ συντελεστὴς κρούσεως εἶναι $\varkappa = 0{,}80$, νὰ ὑπολογισθοῦν αἱ ταχύτητες τῶν δύο σφαιρῶν μετὰ τὴν κροῦσιν.***

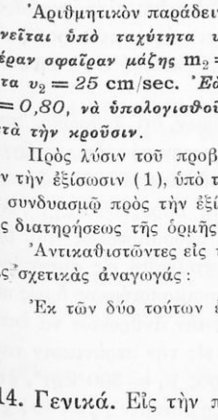
Πρὸς λύσιν τοῦ προβλήματος τούτου, θὰ μεταχειρισθῶμεν τὴν ἐξίσωσιν (1), ὑπὸ τὴν μορφήν: $\upsilon_2' - \upsilon_1' = \varkappa(\upsilon_1 - \upsilon_2)$ ἐν συνδυασμῷ πρὸς τὴν ἐξίσωσιν τὴν ἐκφράζουσαν τὴν ἀρχὴν τῆς διατηρήσεως τῆς ὁρμῆς: $m_1 \upsilon_1 + m_2 \upsilon_2 = m_1 \upsilon'_1 + m_2 \upsilon'_2$.

Ἀντικαθιστῶντες εἰς τὰς ἀνωτέρω ἐξισώσεις τὰ ἀριθμητικὰ δεδομένα εὑρίσκομεν μετὰ τὰς σχετικὰς ἀναγωγάς: $\upsilon'_2 - \upsilon'_1 = 20 \qquad 2\upsilon'_2 + \upsilon'_1 = 100$.

Ἐκ τῶν δύο τούτων ἐξισώσεων εὑρίσκομεν: $\upsilon'_2 = 40$ **cm/sec** καὶ $\upsilon'_1 = 20$ **cm/sec**.

ΑΠΛΑΙ ΜΗΧΑΝΑΙ

114. Γενικά. Εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ ἐργάτου, ὁ ὁποῖος ἀνυψώνει τὸ βάρος Β, εἴδομεν (§ 99), 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. 125). 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. 125. Ἡ τροχαλία εἶναι ἁπλῆ μηχανή.

Γενικῶς εἰς τὴν Φυσικὴν καλοῦμεν ἁ π λ ῆ ν μ η χ α ν ὴ ν πᾶσαν διάταξιν, ἡ ὁποία μᾶς ἐπιτρέπει νὰ χρησιμοποιήσωμεν διαθέσιμον δύναμιν κατὰ τὸν πλεονεκτικώτερον τρόπον, διὰ νὰ ὑπερνικήσωμεν δοθεῖσαν ἀντίστασιν,

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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.

Εἰς τὴν Μηχανικήν, περιοριζόμεθα εἰς τὴν σπουδὴν τῶν μηχανῶν ἐκείνων, αἱ ὁποῖαι ἔχουν καθαρῶς μηχανικὸν χαρακτῆρα καὶ εἰς τὰς ὁποίας, τόσον ἡ ἀρχικῶς διατιθεμένη ἐνέργεια, ὅσον καὶ ἡ ὑπὸ τῆς μηχανῆς ἀποδιδομένη, εἶναι καθαρῶς μηχανικὴ ἐνέργεια. Γενικῶς, εἰς τὰς ἄνω μηχανὰς λαμβάνει χώραν μετατροπὴ τῶν δύο παραγόντων τοῦ ἔργου, ἤτοι τῆς μετατοπίσεως καὶ τῆς δυνάμεως.

115. Χρυσοῦς κανὼν τῆς Μηχανικῆς. Φαντασθῶμεν, ὅτι ἄνθρωπος πρόκειται νὰ ἀνυψώσῃ φορτίον 300 kgr* εἰς ὕψος 5 m. Εἶναι φανερόν, ὅτι τὸ ἔργον τοῦτο δὲν δύναται νὰ ἐκτελεσθῇ ὑπὸ τοῦ ἀνθρώπου ἀπ' εὐθείας, ἄνευ ὑποδιαιρέσεως τοῦ βάρους, διότι ὁ ἄνθρωπος δὲν δύναται ν' ἀνυψώσῃ βάρος 300 kgr*. Δύναται ὅμως νὰ ἐκτελέσῃ τὸ ἔργον τοῦτο τμηματικῶς, δι' ὑποδιαιρέσεως τοῦ βάρους π. χ. εἰς 10 ἴσα μέρη, ἕκαστον ἐκ 30 kgr*, ὅτε θὰ ἐκτελεσθῇ εἰς ἀμφοτέρας τὰς περιπτώσεις συνολικὸν ἔργον 1 500 kgr*m. Διὰ τῆς χρησιμοποιήσεως ὅμως καταλλήλου μηχανῆς (π. χ. πολυσπάστου), εἶναι δυνατὸν εἰς τὸν ἄνθρωπον νὰ ἐκτελέσῃ τὸ ἔργον τοῦτο χωρὶς νὰ ὑποδιαιρέσῃ τὸ βάρος, ἀλλ' εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην ἐπὶ τοῦ ἑνὸς ἄκρου τῆς μηχανῆς θὰ ἐπενεργῇ τὸ βάρος $F_1 = 300$ kgr*, ἐνῷ ἐπὶ τοῦ ἑτέρου ἄκρου τῆς μηχανῆς ὁ ἄνθρωπος θὰ ἐφαρμόζῃ δύναμιν $F_2 = 30$ kgr* πρὸς ἰσορρόπησιν αὐτοῦ. Ἐξ ἄλλου, ἐνῷ τὸ πρὸς ἀνύψωσιν βάρος $F_1 = 300$ kgr* θὰ μετατοπίζεται ἐπὶ δρόμου μήκους $l_1 = 5$ m, ἡ δύναμις F_2 θὰ ἐπιδρᾷ ἐπὶ δρόμου μήκους $l_2 = 50$ m, εἰς τρόπον ὥστε νὰ προκύπτῃ ἡ σχέσις:

$$\boxed{\mathbf{F}_1 l_1 = \mathbf{F}_2 l_2}$$

Οὕτως ***ὅ,τι κερδίζομεν εἰς δύναμιν χάνεται εἰς δρόμον, οἱ δὲ διανυόμενοι δρόμοι εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογοι τῶν δυνάμεων.*** Ἡ ἀνωτέρω πρότασις ἀποτελεῖ τὸν ***χρυσοῦν κανόνα τῆς Μηχανικῆς.***

116*. Μηχανικὸν πλεονέκτημα. Λόγος ταχυτήτων. Ἀπόδοσις. α) ***Μηχανικὸν πλεονέκτημα.*** Προκειμένου περὶ ἁπλῶν μηχανῶν, καλοῦμεν μηχανικὸν πλεονέκτημα (Μ.Π.) τὸν λόγον τῆς ἀντιστάσεως ἢ φορτίου διὰ τῆς καταβαλλομένης δυνάμεως πρὸς ἰσορρόπησιν αὐτοῦ, ἤτοι:

$$\text{Μηχανικὸν πλεονέκτημα} = \frac{\text{Φορτίον}}{\text{Δύναμις}} = \frac{F_\varphi}{F_\delta} \qquad (1)$$

Παράδειγμα. Ἐὰν μηχανὴ εἶναι κατεσκευασμένη οὕτως, ὥστε διὰ δυνάμεως $F_\delta = 25$ kgr* νὰ ἰσορροποῦμεν φορτίον $F_\varphi = 500$ kgr*, τότε θὰ εἶναι: $\text{Μ. Π.} = \frac{500}{25} = 20.$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Γενικῶς δὲ αἱ ἁπλαῖ μηχαναὶ ἔχουν μηχανικὸν πλεονέκτημα μεγαλύτερον τῆς μονάδος.

β) ***Λόγος ταχυτήτων.*** Ἐὰν ἡ δύναμις F_δ μετατοπίσῃ τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς της κατὰ s_δ εἰς χρόνον t, τότε εἰς τὸν αὐτὸν χρόνον τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τῆς ἀντιστάσεως ἢ φορτίου F_φ μετατοπίζεται κατὰ s_φ. Ἐὰν δὲ διὰ υ_φ καὶ υ_δ καλέσωμεν ἀντιστοίχως τὰς ταχύτητας μετατοπίσεως τῶν σημείων ἐφαρμογῆς φορτίου καὶ δυνάμεως, τότε θὰ εἶναι:

$$t = \frac{s_\varphi}{\upsilon_\varphi} \quad \text{καὶ} \quad t = \frac{s_\delta}{\upsilon_\delta} \quad \text{ἢ} \quad \frac{\upsilon_\delta}{\upsilon_\varphi} = \frac{s_\delta}{s_\varphi} \qquad (2)$$

Τὸ πηλίκον τοῦτο τῶν ταχυτήτων (ἢ τὸ ἴσον πρὸς αὐτὸ τῶν μετατοπίσεων) καλοῦμεν ***λόγον ταχυτήτων (Λ Τ),*** ἤτοι:

$$\text{Λόγος ταχυτήτων} = \frac{\text{Ταχύτης δυνάμεως}}{\text{Ταχύτης φορτίου}} = \frac{\text{Μετατόπισις δυνάμεως}}{\text{Μετατόπισις φορτίου}} \qquad (3)$$

γ) ***Ἀπόδοσις.*** Εἰς ὅλας τὰς πραγματικὰς ἐφαρμογὰς τῶν ἁπλῶν μηχανῶν δὲν ἰσχύει ἀκριβῶς ἡ ἐξίσωσις τοῦ χρυσοῦ κανόνος. Πράγματι λόγῳ τῶν ἀναποφεύκτων τριβῶν τὸ ἀποδιδόμενον ἔργον εἶναι μικρότερον τοῦ προσφερομένου. Εἰς τὰς μηχανὰς (ἁπλᾶς ἢ συνθέτους) ἐπιδιώκεται πάντοτε, ὅπως ἡ διαφορὰ μεταξὺ τῶν δύο ἀνωτέρω ἔργων εἶναι ὅσον τὸ δυνατὸν μικροτέρα. Ἐκφράζομεν δὲ τὰς ἐκ τριβῶν ἀπωλείας διὰ τοῦ μεγέθους ***ἀπόδοσις.*** Καλοῦμεν **ἀπόδοσιν** ἁπλῆς μηχανῆς τὸν λόγον τοῦ ἔργου (ὠφελίμου ἔργου), τοῦ παραγομένου ὑπὸ τοῦ φορτίου κατά τι χρονικὸν διάστημα, πρὸς τὸ ἔργον (διατιθέμενον ἔργον), τὸ παραγόμενον ὑπὸ τῆς δυνάμεως κατὰ τὸ αὐτὸ χρονικὸν διάστημα, ἤτοι:

$$\text{Ἀπόδοσις} = \frac{\text{Ἔργον φορτίου}}{\text{Ἔργον δυνάμεως}} = \frac{\mathbf{F}_\varphi \cdot \mathbf{s}_\varphi}{\mathbf{F}_\delta \cdot \mathbf{s}_\delta} \qquad (4)$$

Ἡ ἐξίσωσις ὅμως (4) ἐπὶ τῇ βάσει τῶν (1) καὶ (2) δύναται νὰ γραφῇ:

$$\text{Ἀπόδοσις} = \frac{F_\varphi \cdot s_\varphi}{F_\delta \cdot s_\delta} = \frac{F_\varphi / F_\delta}{s_\delta / s_\varphi} = \frac{\text{Μ. Π.}}{\text{Λ. Τ.}} \qquad (5)$$

ἤτοι, ἡ ἀπόδοσις ἁπλῆς μηχανῆς ἰσοῦται πρὸς τὸν λόγον τοῦ Μ. Π. καὶ τοῦ Λ. Τ. Εἰς περίπτωσιν μηχανῆς ἄνευ ἀπωλειῶν (ἀπηλλαγμένης τριβῶν), ἡ ἀπόδοσις ἰσοῦται πρὸς τὴν μονάδα καὶ ἑπομένως Μ. Π. = Λ. Τ. Εἰς περίπτωσιν ὅμως μηχανῆς μετ' ἀπωλειῶν, ἡ ἀπόδοσις εἶναι μικροτέρα τῆς μονάδος καὶ ἑπομένως Μ. Π. < Λ. Τ.

Οὕτω, εἰς τὴν προηγουμένην μηχανὴν ἄνευ ἀπωλειῶν, ἡ μετατόπισις τῆς δυνάμεως εἶναι 20 φορὰς μεγαλυτέρα τῆς τοῦ φορτίου, ἑπομένως θὰ εἶναι Λ. Τ. = 20, ἤτοι:

$$\text{Ἀπόδοσις} = \frac{\text{Μ. Π.}}{\text{Λ. Τ.}} = \frac{20}{20} = 1, \quad \text{ἢ ἄλλως: } 100\,\%.$$

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. Ἔστω ὅτι μηχανὴ εἶναι κατεσκευασμένη, οὕτως ὥστε νὰ ἔχῃ Λ.Τ. = 12, καὶ ὅτι ἡ ἐφαρμοζομένη δύναμις $F_\delta = 10$ kgr* ἰσορροπεῖ φορτίον 100 kgr*.

Τὸ Μ.Π. τῆς μηχανῆς εἶναι προδήλως 100 : 10 = 10· ἐπειδὴ δὲ τοῦτο εἶναι μικρότερον τοῦ Λ.Τ., ἡ μηχανὴ παρουσιάζει ἀπωλείας, ἡ δὲ ἀπόδοσις αὐτῆς εἶναι:

$$\text{Ἀπόδοσις} = \frac{\text{Μ. Π.}}{\text{Λ. Τ.}} = \frac{10}{12} = 0{,}83 \quad \text{ἢ ἄλλως } 83\,\%.$$

Παρατήρησις. Συνήθως τὸ μηχανικὸν πλεονέκτημα καλεῖται καὶ ***πραγματικὸν μηχανικὸν πλεονέκτημα,*** ἐνῷ ὁ λόγος ταχυτήτων καλεῖται καὶ ***θεωρητικὸν μηχανικὸν πλεονέκτημα.***

117. Ἁπλαῖ μηχαναί. Αἱ συνθετώτεραι τῶν μηχανῶν, ὅταν ἀναλυθοῦν, δεικνύεται ὅτι ἀποτελοῦνται ἐκ στοιχειωδῶν διατάξεων καλουμένων ***ἁπλῶν μηχανῶν,***

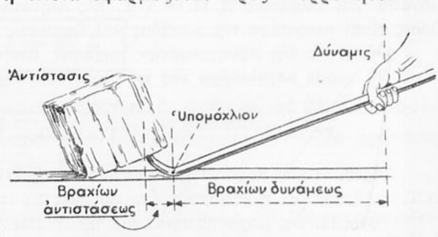
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

αἱ ὁποῖαι διακρίνονται εἰς δύο βασικοὺς τύπους: εἰς τὸν *μοχλὸν* καὶ εἰς τὸ *κεκλιμένον ἐπίπεδον*. Εἰς τὰς ἁπλᾶς μηχανὰς τύπου μοχλοῦ καταλέγονται ὁ μοχλός, ἡ τροχαλία, τὸ πολύσπαστον, τὸ βαροῦλκον, ἡ διαφορικὴ τροχαλία, ὡς καὶ οἱ διάφοροι τύποι τροχῶν. Εἰς τὰς ἁπλᾶς μηχανὰς τύπου κεκλιμένου ἐπιπέδου ἀνήκουν τὸ κεκλιμένον ἐπίπεδον, ὁ σφὴν καὶ ὁ κοχλίας.

ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ (287 - 212 π.Χ.) Ἕλλην Μαθηματικός, Φυσικὸς καὶ Μηχανικός. Μαθητὴς τοῦ Εὐκλείδου. Ἦτο γνώστης τῶν ἰδιοτήτων τῶν μοχλῶν καὶ πολυσπάστων. Ἔκαμε διαφόρους ἀνακαλύψεις εἰς τὴν Γεωμετρίαν καὶ Μηχανικήν.

118. Σπουδὴ ἁπλῶν μηχανῶν. Ἡ σπουδὴ τῆς ἰσορροπίας ἐν γένει τῶν ἁπλῶν μηχανῶν γίνεται κατὰ τρεῖς τρόπους: α) Διὰ τῆς σπουδῆς τῶν συνθηκῶν ἰσορροπίας τῶν ἐπὶ τῆς μηχανῆς ἐπενεργουσῶν δυνάμεων. β) Δι' ἐφαρμογῆς τοῦ θεωρήματος τῶν ῥοπῶν (§ 85). γ) Δι' ἐφαρμογῆς τοῦ ἀξιώματος τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας ἢ ἄλλως τοῦ χρυσοῦ κανόνος τῆς Μηχανικῆς.

119. Μοχλός. ***Καλοῦμεν μοχλὸν σῶμα στερεὸν στρεπτὸν περὶ ἄξονα.*** Ἡ συνηθεστέρα μορφὴ μοχλοῦ εἶναι ῥάβδος στρεπτὴ περὶ ἄξονα, ὡς εἰς σχῆμα 126. Συνήθως ἡ δύναμις, τὴν ὁποίαν πρόκειται νὰ ὑπερνικήσωμεν διὰ τοῦ μοχλοῦ, καλεῖται ἀ ν τ ί σ τ α σ ι ς, ἐνῷ ἡ δύναμις, ἡ ὁποία ἐφαρμόζεται πρὸς ἰσορρόπησιν καὶ ὑπερνίκησιν τῆς ἀντιστάσεως, καλεῖται δ ύ ν α μ ι ς.



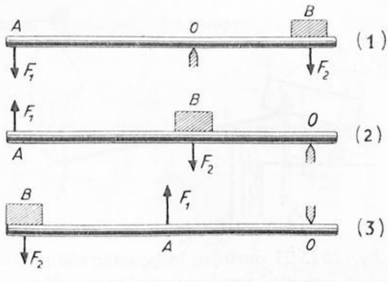
Σχ. 126. Χαρακτηριστικὰ στοιχεῖα μοχλοῦ (λοστοῦ).

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.***

Ὁ ἄξων περιστροφῆς τοῦ μοχλοῦ (λοστοῦ) εὑρίσκεται εἰς τὸ σημεῖον Ο καὶ καλεῖται ***ὑπομόχλιον*** (σχ. 127). Ὅταν τὸ ὑπομόχλιον Ο εὑρίσκεται μεταξὺ

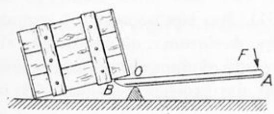
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἀντιστάσεως Β καὶ δυνάμεως F_1, ὁ μοχλὸς καλεῖται ***πρώτου εἴδους*** (σχ. 127, 1). Ὅταν ἡ ἀντίστασις Β εὑρίσκεται μεταξὺ ὑπομοχλίου Ο καὶ δυνάμεως F_1, ὁ μοχλὸς καλεῖται ***δευτέρου εἴδους*** (σχ. 127, 2). Τέλος ὅταν ἡ δύναμις F_1 εὑρίσκεται μεταξὺ ὑπομοχλίου καὶ ἀντιστάσεως, ὁ μοχλὸς καλεῖται ***τρίτου εἴδους*** (σχ. 127, 3).

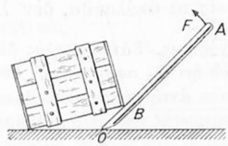


Σχ. 127. Τὰ τρία εἴδη μοχλῶν.

Παρατήρησις. Τελευταίως τοὺς μοχλοὺς διακρίνομεν εἰς μοχλοὺς μὲ δύο βραχίονας, ὅταν δηλ. τὸ ὑπομόχλιον εὑρίσκεται μεταξὺ δυνάμεως καὶ ἀντιστάσεως (σχ. 128) καὶ εἰς μοχλοὺς μὲ ἕνα βραχίονα, ὅταν δηλ. τὸ ὑπομόχλιον εὑρίσκεται εἰς τὸ ἓν ἄκρον τοῦ μοχλοῦ (σχ. 129).



Σχ. 128. Μοχλὸς μὲ δύο βραχίονας (1ον εἶδος).



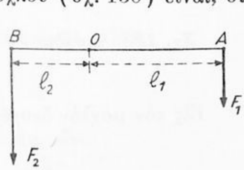
Σχ. 129. Μοχλὸς μὲ ἕνα βραχίονα (2ον εἶδος).

Οὕτως ὁ μοχλὸς πρώτου εἴδους εἶναι μοχλὸς μὲ δύο βραχίονας, ἐνῷ οἱ μοχλοὶ δευτέρου καὶ τρίτου εἴδους εἶναι μοχλοὶ μὲ ἕνα βραχίονα.

120. Συνθήκη ἰσορροπίας. Εἰς τὰ προηγούμενα εἴδομεν (βλ. σελ. 69) ὅτι, ὅταν ἐπὶ σώματος στρεπτοῦ περὶ ἄξονα ἐπενεργοῦν δύο διάφοροι δυνάμεις καὶ τὸ σῶμα ἰσορροπῇ, τότε αἱ ῥοπαὶ τῶν δύο δυνάμεων ὡς πρὸς τὸν ἄξονα περιστροφῆς εἶναι ἴσαι. Ἄρα ἡ συνθήκη ἰσορροπίας τοῦ μοχλοῦ (σχ. 130) εἶναι, ὅτι ἡ ῥοπὴ τῆς ἀντιστάσεως $F_2\, l_2$ ὡς πρὸς τὸν ἄξονα Ο καὶ ἡ ῥοπὴ τῆς δυνάμεως $F_1\, l_1$ ὡς πρὸς τὸν αὐτὸν ἄξονα πρέπει νὰ εἶναι ἴσαι, ἤτοι:

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

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



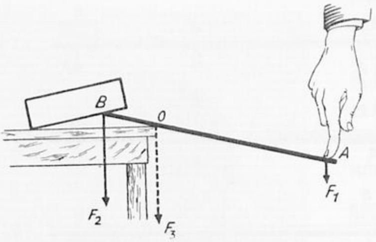
Σχ. 130. Διὰ τὴν συνθήκην ἰσορροπίας μοχλοῦ.

Εἰς τὸ σχῆμα 131 δεικνύεται ἰσορροπία μοχλοῦ, τοῦ ὁποίου τὸ ὑπομόχλιον εὑρίσκεται εἰς Ο, ἡ δὲ δύναμις F_3 παριστᾷ τὴν συνισταμένην τῶν F_1 καὶ F_2 δρῶσαν ἐπὶ τοῦ ὑπομοχλίου.

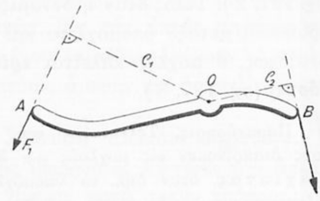
Ἐὰν οἱ δύο βραχίονες εἶναι ἴσοι, τότε $F_1 = F_2$, ἡ συνθήκη δὲ αὕτη πραγμα-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τοποιεῖται 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.



Σχ. 131. Ἡ συνθήκη ἰσορροπίας τοῦ μοχλοῦ ὑπὸ τὴν ἐπενέργειαν τῶν παραλλήλων δυνάμεων F_1 καὶ F_2 εἶναι $F_1 \cdot OA = F_2 \cdot OB$ (βλ. σελ. 64).



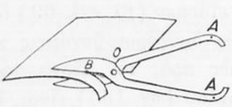
Σχ. 132. Ἡ συνθήκη ἰσορροπίας εἶναι $F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$.

Εἰς τὴν ἀνωτέρω περίπτωσιν, ὡς καὶ ἐν γένει εἰς τὰ ἀκόλουθα, δὲν λαμβάνομεν ὑπ' ὄψιν τὸ ἴδιον βάρος τοῦ μοχλοῦ.

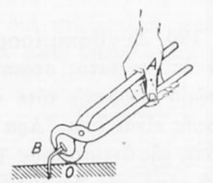
Παρατήρησις. Ἐὰν ὁ μοχλὸς δὲν εἶναι εὐθύς, ἀλλ' ἔχει τὴν μορφὴν τοῦ σχήματος 132, δεχθῶμεν δὲ ὅτι F_1 παριστᾷ τὴν δύναμιν καὶ F_2 τὴν ἀντίστασιν, αἱ ὁποῖαι δὲν εἶναι παράλληλοι, τότε ἀντίστοιχοι μοχλοβραχίονες l_1 καὶ l_2 εἶναι αἱ ἀποστάσεις τοῦ ὑπομοχλίου ἢ ἄξονος περιστροφῆς ἀπὸ τὴν εὐθεῖαν ἐπενεργείας τῶν ἀντιστοίχων δυνάμεων. Ἡ συνθήκη ὅμως ἰσορροπίας τοῦ μοχλοῦ παραμένει ἡ ἰδία.

121. 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 126 δεικνύεται, μὲ τὸν μοχλὸν πρώτου εἴδους κερδίζομεν εἰς δύναμιν.

Τὸ ψαλίδι (σχ. 133), ἡ τανάλια (σχ. 134) ἀποτελοῦν πρακτικὰς ἐφαρμογὰς μοχλῶν πρώτου εἴδους.



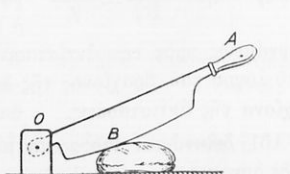
Σχ. 133. Ψαλίδι.



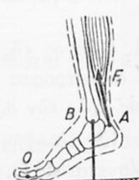
Σχ. 134. Τανάλια.

Εἰς τὸν μοχλὸν δευτέρου εἴδους ἰσχύει ἡ αὐτὴ συνθήκη ἰσορροπίας καί, ἐπειδὴ

Σχ. 135. Χειραμάξιον.



Σχ. 136. Μάχαιρα κοπῆς.

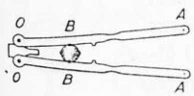


Σχ. 137. Πούς.

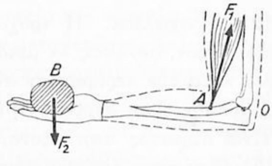
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ὁ μοχλοβραχίων δυνάμεως εἶναι μεγαλύτερος τοῦ μοχλοβραχίονος ἀντιστάσεως, κερδίζομεν εἰς δύναμιν.

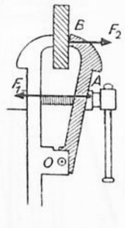
Τὰ σχήματα 135 ἕως 138 δεικνύουν πρακτικὰς ἐφαρμογὰς μοχλῶν δευτέρου εἴδους.



Σχ. 138. Καρυοθραύστης.



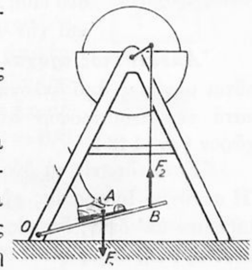
Σχ. 139. Ἀντίχειρ.



Σχ. 140. Μέγγενη.

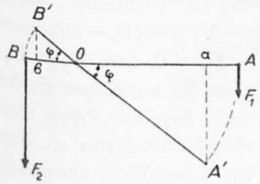
Εἰς τὸν μοχλὸν τρίτου εἴδους ἰσχύει ἡ αὐτὴ συνθήκη ἰσορροπίας· ἐπειδὴ δὲ ὁ μοχλοβραχίων δυνάμεως εἶναι μικρότερος τοῦ μοχλοβραχίονος ἀντιστάσεως, δὲν κερδίζομεν εἰς δύναμιν.

Τὰ σχήματα 139 ἕως 141 ἀποτελοῦν πρακτικὰς ἐφαρμογὰς μοχλῶν τρίτου εἴδους.



Σχ. 141. Σμυριδοτροχός.

122. Διατήρησις τοῦ ἔργου. Φαντασθῶμεν, ὅτι μοχλὸς ΒΟΑ περιστρέφεται κατὰ γωνίαν φ πολὺ μικρὰν καὶ λίαν βραδέως (σχ. 142). Εἶναι φανερόν, ὅτι τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τῆς ἀντιστάσεως F_2 θὰ ἔλθῃ εἰς Β′ καὶ τὸ τῆς δυνάμεως F_1 εἰς Α′. Τὸ ἔργον τῆς ἀντιστάσεως F_2 εὑρίσκεται, ἐὰν πολλαπλασιάσωμεν τὴν ἀντίστασιν ἐπὶ τὴν μετατόπισιν, ἡ ὁποία ἰσοῦται μὲ τὸ τόξον ΒΒ′. Λόγῳ τῆς μικρότητος τῆς γωνίας φ ἀντὶ τοῦ τόξου ΒΒ′ λαμβάνομεν τὸ μῆκος Β′β, ὅτε ἔχομεν:



Σχ. 142. Ἀρχὴ τῆς διατηρήσεως τοῦ ἔργου.

$$\text{Ἔργον ἀντιστάσεως} = F_2 \cdot (B'\beta).$$

Ἀναλόγως δὲ διὰ τὴν δύναμιν θὰ ἔχωμεν:

$$\text{Ἔργον δυνάμεως} = F_1\,(A'\alpha).$$

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

$$F_2 \cdot (OB) = F_1 (OA) \quad \text{καὶ} \quad \frac{F_1}{F_2} = \frac{OA'}{OB'}$$

Ἐπίσης ἐκ τῶν ὁμοίων ὀρθογωνίων τριγώνων ΟΑ′α καὶ ΟΒ′β προκύπτει ὅτι:

$$\frac{B'\beta}{A'\alpha} = \frac{OB'}{OA'} = \frac{OB}{OA} = \frac{F_1}{F_2}$$

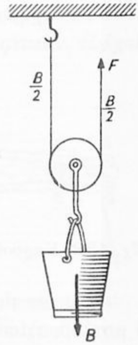
ἐκ τῶν σχέσεων τούτων προκύπτει ὅτι $F_1 \cdot (A'\alpha) = F_2\,(B'\beta)$.

Ἤτοι, ***τὸ ἔργον τῆς δυνάμεως κατὰ τὴν μετατόπισιν τοῦ μοχλοῦ εἶναι ἴσον***

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

πρὸς τὸ ἔργον τῆς ἀντιστάσεως. Δηλαδή: ***ὅ,τι κερδίζομεν εἰς δύναμιν τὸ χάνομεν εἰς δρόμον, οἱ δὲ διανυόμενοι δρόμοι εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογοι τῶν δυνάμεων. (Χρυσοῦς κανὼν τῆς Μηχανικῆς).***

Σχ. 143. Ἀμετάθετος τροχαλία.



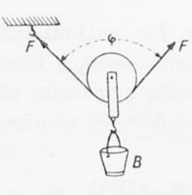
Σχ. 144. Μεταθετὴ τροχαλία.

123. 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. 143) καὶ τὴν ***μεταθετὴν*** ἢ ***ἐλευθέραν*** (σχ. 144).

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. 143).

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 οἱ δύο βραχίονες τῶν δυνάμεων εἶναι αἱ ἀκτῖνες $\mathbf{r}$ τῆς περιφερείας τῆς τροχαλίας, θὰ ἔχωμεν: $F_1 \cdot \mathbf{r} - F_2 \cdot \mathbf{r} = (F_1 - F_2) \cdot \mathbf{r} = 0$ καὶ ἐπειδὴ $\mathbf{r}$ εἶναι διάφορον τοῦ μηδενός, ἔχομεν: $\mathbf{F_1 - F_2 = 0}$, ἤτοι $\mathbf{F_1 = F_2}$.

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. 125).



Σχ. 145. Ἡ συνθήκη ἰσορροπίας τῆς τροχαλίας εἶναι ἀνεξάρτητος τῆς διευθύνσεως τῶν ἐπενεργουσῶν δυνάμεων.

Ἡ συνθήκη ἰσορροπίας παραμένει ἀμετάβλητος καὶ ὅταν αἱ δύο δυνάμεις δὲν εἶναι παράλληλοι, ἀλλὰ σχηματίζουν γωνίαν μεταξύ των (σχ. 145)· εἰς τὴν περίπτωσιν ὅμως αὐτὴν μεταβάλλεται ἡ πίεσις, τὴν ὁποίαν ὑφίσταται ὁ ἄξων, ἥτις, λαμβανομένου ὑπ᾽ ὄψιν ὅτι εἶναι ἡ συνισταμένη τῶν δύο ἴσων δυνάμεων, παρέχεται, ὡς εὐκόλως δεικνύεται, διὰ τῆς σχέσεως:

$$B = 2\ F \cdot \text{συν}\ \frac{\varphi}{2}.$$

Ἐὰν $\varphi = 0^0$, εἶναι $B = 2\ F$.

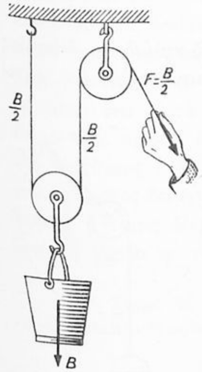
Μεταθετὴ τροχαλία. Αὕτη ἀποτελεῖ ἀνεστραμμένην ἀμετάθετον τροχαλίαν, εἰς τὸ ἄγκιστρον δὲ τῆς τροχαλιοθήκης ἐξαρτᾶται τὸ βάρος B (σχ. 144). Τὸ ἓν τῶν σχοινίων τῆς τροχαλίας ἐξαρτᾶται ἀπὸ ἀκλονήτου σημείου, ἐνῷ ἐπὶ τοῦ ἄλλου ἐφαρμόζεται ἡ δύναμις. Εἶναι φανερὸν ὅτι, ἐπειδὴ τὸ βάρος B διαμοιράζεται ἐξ ἴσου ἐπὶ τῶν δύο σχοινίων, θὰ εἶναι $F = B/2$.

Διὰ τῆς μεταθετῆς τροχαλίας κερδίζομεν εἰς δύναμιν.

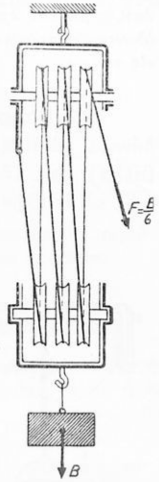
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

124. Πολύσπαστον. Ἐὰν τὴν μεταθετὴν τροχαλίαν συνδυάσωμεν πρὸς ἀμετάθετον τροχαλίαν, προκύπτει τὸ ***πολύσπαστον*** (σχ. 146). 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 σχῆμα 147, εἰς δὲ τὸ κατώτερον ἄκρον τῆς τροχαλιοθήκης τῶν μεταθετῶν τροχαλιῶν ἀναρτᾶται τὸ πρὸς ἀνύψωσιν βάρος Β.

Ἡ συνθήκη ἰσορροπίας εὑρίσκεται, ἐὰν ἐξετάσωμεν τὸν ἀριθμὸν τῶν σχοινίων, ἐπὶ τῶν ὁποίων διαμοιράζεται ἡ ἐπενέργεια τοῦ βάρους Β. Εἰς τὸ σχῆμα 147 ἡ ἐπενέργεια μοιράζεται ἐπὶ 6 σχοινίων, ἑπομένως ἡ συνθήκη ἰσορροπίας εἶναι: $F = B/6$.



Σχ. 146. Συνδυασμὸς μεταθετῆς καὶ ἀμεταθέτου τροχαλίας.



Σχ. 147. Πολύσπαστον.

125*. Διαφορικὴ τροχαλία. Ἡ διαφορικὴ τροχαλία εἰκονίζεται εἰς τὸ θεωρητικὸν διάγραμμα (σχ. 148) καὶ ἀποτελεῖται ἐκ διδύμου ἀμεταθέτου τροχαλίας, τῆς ὁποίας αἱ δύο τροχαλίαι ἔχουν διαφόρους ἀκτῖνας, καὶ ἐκ μιᾶς μεταθετῆς τροχαλίας. Αἱ τροχαλίαι αὗται συνδέονται διὰ σχοινίου ἄνευ πέρατος, ἤτοι ἀτέρμονος. Ἐὰν διὰ R καλέσωμεν τὴν ἀκτῖνα τῆς μεγάλης ἀμεταθέτου τροχαλίας, διὰ r τῆς μικρᾶς καὶ ἐξαρτήσωμεν ἀπὸ τῆς μεταθετῆς τροχαλίας τὸ βάρος Β, τὸ ὁποῖον διαμοιράζεται ἐξ ἴσου ἐπὶ τῶν δύο σχοινίων ἑκατέρωθεν τῆς μεταθετῆς τροχαλίας, δυνάμεθα νὰ ἰσορροπήσωμεν αὐτὸ διὰ τῆς δυνάμεως F.

Ἐὰν ἐφαρμόσωμεν τὸ θεώρημα τῶν ῥοπῶν, ὡς πρὸς ἄξονα περιστροφῆς τὸν ἄξονα τῆς διδύμου ἀμεταθέτου τροχαλίας, θὰ εἶναι:

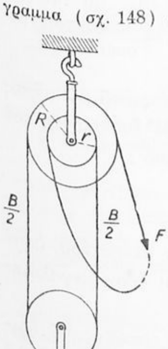
$$F \cdot R + \frac{B}{2} r - \frac{B}{2} R = 0$$

καὶ

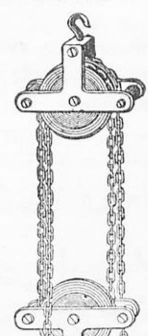
$$F = \frac{R - r}{2R} \cdot B \qquad (1)$$

ἤτοι, ἡ δύναμις F ἡ ἰσορροποῦσα τὸ ἐξηρτημένον βάρος Β εἶναι τόσον μικροτέρα, ὅσον ἡ διαφορὰ τῶν ἀκτίνων τῶν τροχαλιῶν τῆς διδύμου τροχαλίας εἶναι μικροτέρα.

Εἰς τὴν πρᾶξιν αἱ τροχαλίαι ἀντικαθίστανται δι' ὀδοντωτῶν τροχῶν, τὸ δὲ σχοινίον διὰ σιδηρᾶς ἁλύσου, τῆς ὁποίας οἱ κρίκοι ἐμπλέκονται εἰς τοὺς ὀδόντας τῶν ὀδοντωτῶν τροχῶν, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 149.



Σχ. 148. Διὰ τὴν συνθήκην ἰσορροπίας διαφορικῆς τροχαλίας.



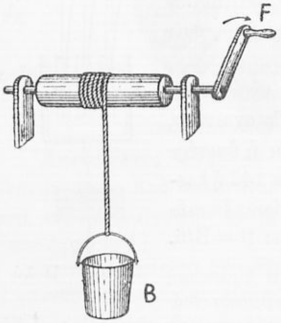
Σχ. 149. Διαφορικὴ τροχαλία μὲ ἅλυσον.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

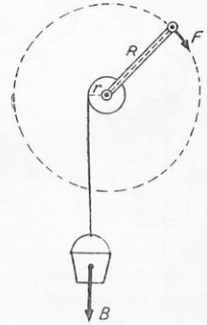
Ἐὰν διὰ Z καλέσωμεν τὸν ἀριθμὸν τῶν ὀδόντων τοῦ μεγαλυτέρου τῶν τροχῶν καὶ z τοῦ μικροτέρου τῶν τροχῶν, τοῦ πρὸς τὸ ἄνω μέρους διδύμου ὀδοντωτοῦ τροχοῦ, θὰ εἶναι $2\pi R = \beta Z$ καὶ $2\pi r = \beta z$, ὅπου β ἡ ἀπόστασις τῶν κέντρων δύο διαδοχικῶν ὀδόντων τῶν ὀδοντωτῶν τροχῶν, ὅτε ἡ σχέσις (1) δι' ἀντικαταστάσεως τῶν τιμῶν τῶν R καὶ r ἀνάγεται εἰς τήν:

$$F = \frac{Z - z}{2Z} \cdot B$$

126. Βαροῦλκον. Τὸ βαροῦλκον ἀποτελεῖται ἐκ στερεοῦ κυλίνδρου, ὁ ὁποῖος δύναται νὰ τίθεται εἰς περιστροφικὴν κίνησιν μὲ τὴν βοήθειαν μοχλοῦ (κ. μανιβέλλα) (σχ. 150). 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 B, ἐνῷ εἰς τὸ ἄκρον τοῦ μοχλοῦ ἐπιδρᾷ ἡ δύναμις F.



Σχ. 150. Βαροῦλκον.



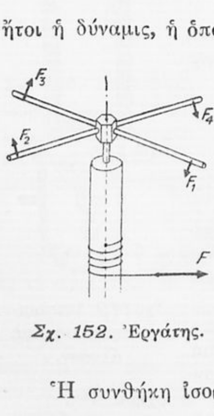
Σχ. 151. Διὰ τὴν συνθήκην ἰσορροπίας βαρούλκου.

Ἐὰν θεωρήσωμεν τὸ βαροῦλκον ἐν τομῇ (σχ. 151), ἡ ἀκτὶς τοῦ μικροῦ κύκλου r παριστᾷ τὴν ἀκτῖνα τοῦ βαρούλκου, ἡ ὁποία εἶναι καὶ βραχίων τῆς ἀντιστάσεως, ἐνῷ ἡ ἀκτὶς τοῦ μεγάλου κύκλου R ἡ ὁποία εἶναι καὶ βραχίων δυνάμεως, παριστᾷ τὸ μῆκος τοῦ μοχλοῦ, εἰς τὸ ἄκρον τοῦ ὁποίου ἐφαρμόζεται ἡ δύναμις F. Δι' ἐφαρμογῆς τοῦ θεωρήματος τῶν ροπῶν, διὰ τὴν περίπτωσιν ἰσορροπίας λαμβάνομεν:

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

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*** (σχ. 152) καὶ διὰ τὴν ὁποίαν ἰσχύει ἡ αὐτὴ συνθήκη ἰσορροπίας. Ὁ ἐργάτης χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν ἕλξιν βαρέων ἀντικειμένων.



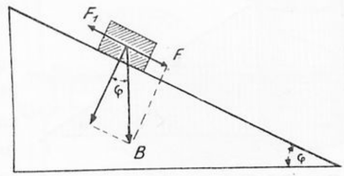
Σχ. 152. Ἐργάτης.

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

Ἡ συνθήκη ἰσορροπίας εὑρίσκεται εὐκόλως ὡς ἑξῆς: Ἐὰν ἐπὶ κεκλιμένου

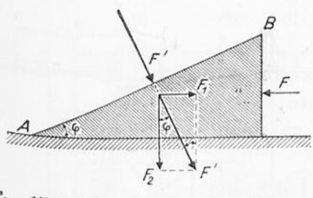
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐπιπέδου γωνίας φ εὑρίσκεται σῶμα βάρους Β, τοῦτο ἀναλύεται εἰς δύο συνιστώσας, μίαν παράλληλον πρὸς τὸ κεκλιμένον ἐπίπεδον καὶ ἑτέραν κάθετον πρὸς αὐτὸ (σχ. 153). Ἡ κάθετος συνιστῶσα ἐξουδετεροῦται ὑπὸ τῆς ἀντιστάσεως τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου καὶ ἑπομένως παραμένει μόνον ἡ παράλληλος πρὸς αὐτὸ (κινητήριος συνιστῶσα), ἡ ὁποία τείνει νὰ κινήσῃ τὸ σῶμα πρὸς τὰ κάτω· ἵνα δὲ τὸ σῶμα ἰσορροπῇ εἰς τὴν θέσιν του, πρέπει ἐπ' αὐτοῦ νὰ ἐπιδρᾷ ἴση καὶ ἀντίθετος δύναμις F_1. 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.

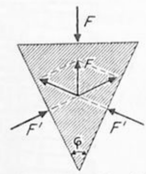


Σχ. 153. Συνθήκη ἰσορροπίας σώματος ἐπὶ κεκλιμένου ἐπιπέδου.

128*. **Σφήν.** Ἡ μηχανὴ αὕτη τύπου κεκλιμένου ἐπιπέδου ἔχει εὐρυτάτην ἐφαρμογὴν καὶ ἀποτελεῖται ἐκ πρίσματος, συνήθως ἀπὸ ξύλον ἢ σίδηρον, ἔχοντος τομὴν ὀρθογώνιον ἢ συνήθως ἰσοσκελοῦς τριγώνου. Εἰς τὴν πρώτην περίπτωσιν ὁ σφὴν καλεῖται ἁ π λ ο ῦ ς (σχ. 154) καὶ εἰς τὴν δευτέραν δ ι π λ ο ῦ ς (σχ. 155).



Σχ. 154. Ὅσον ὁ σφὴν εἶναι ὀξύτερος, διὰ τόσον μικροτέρας δυνάμεως F ἀντιμετωπίζεται ἡ δύναμις F′.



Σχ. 155. Συνθήκη ἰσορροπίας διπλοῦ (ἰσοσκελοῦς) σφηνός.

Ἡ δύναμις, τὴν ὁποίαν πρόκειται νὰ ὑπερνικήσωμεν διὰ τοῦ σφηνός, εἶναι κάθετος ἐπὶ τὴν ὑποτείνουσαν πλευρὰν ΑΒ· δύναται δὲ αὕτη ν' ἀναλυθῇ εἰς δύο συνιστώσας ἐκ τῶν ὁποίων ἡ μὲν μία, ἡ F_2, εἶναι κάθετος πρὸς τὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον ἐπὶ τοῦ ὁποίου στηρίζεται ὁ σφήν, ἡ δὲ ἄλλη, ἡ F_1, παράλληλος πρὸς αὐτό. Ἡ πρώτη τῶν συνιστωσῶν ἐξουδετεροῦται ὑπὸ τοῦ ὑποστηρίγματος, ἐνῷ ἡ δευτέρα F_1 τείνει νὰ μετατοπίσῃ τὸν σφῆνα καί, ἵνα οὗτος συγκρατηθῇ, πρέπει νὰ ἐνεργήσωμεν διὰ δυνάμεως F ἴσης καὶ ἀντιθέτου πρὸς τὴν F_1. Εἶναι δέ, ὡς εὐκόλως ἐκ τοῦ σχήματος 154 δεικνύεται :

$$F_1 = F = F'\,\eta\mu\,\varphi$$

ὥστε ἡ ἀναγκαία δύναμις F εἶναι τόσον μικροτέρα, ὅσον ἡ γωνία φ εἶναι μικροτέρα, ἤτοι ὅσον ὁ σφὴν εἶναι ὀξύτερος.

Εἰς τὴν περίπτωσιν διπλοῦ σφηνὸς ἔχοντος τομὴν ἰσοσκελοῦς τριγώνου, αἱ δυνάμεις F′ τὰς ὁποίας πρέπει νὰ ὑπερνικήσωμεν, εἶναι κάθετοι ἐπὶ τὰς πλευρὰς τοῦ τριγώνου (σχ. 155). Αἱ δυνάμεις αὗται συντιθέμεναι παρέχουν συνισταμένην F, ἡ ὁποία προδήλως ἀποτελεῖ διαγώνιον ρόμβου καὶ τείνει νὰ μετατοπίσῃ τὸν σφῆνα πρὸς τὰ ἄνω. Ἵνα ὁ σφὴν συγκρατηθῇ, πρέπει νὰ ἐπενεργήσῃ δύναμις F ἴση καὶ ἀντίθετος πρὸς τὴν συνισταμένην τῶν F′. Ὡς εὐκόλως συνάγεται ἐκ τοῦ σχήματος εἶναι :

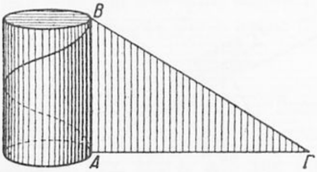
$$\frac{F}{2} = F' \cdot \eta\mu\,\frac{\varphi}{2} \qquad \text{ἢ} \qquad F = 2F' \cdot \eta\mu\,\frac{\varphi}{2}$$

ἤτοι, ἡ δύναμις F εἶναι τόσον μικροτέρα, ὅσον ὁ σφὴν εἶναι ὀξύτερος.

Ἐφαρμογὴν τοῦ σφηνὸς ἀποτελοῦν ὅλα τὰ τμητικὰ ὄργανα, ὡς ἡ μάχαιρα, τὸ ξυράφιον κ.τ.λ.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

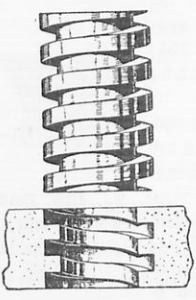
129. Κοχλίας. Ὁ κοχλίας ἀποτελεῖ μίαν ἐκ τῶν κυριωτέρων ἁπλῶν μηχανῶν καὶ ἔχει σπουδαιοτάτας πρακτικὰς ἐφαρμογάς.



Σχ. 156. Τρόπος γενέσεως σπειρώματος κοχλίου.

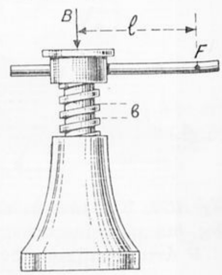
Ἐὰν τεμάχιον χάρτου, ἔχοντος ὀρθογώνιον τριγωνικὸν σχῆμα, περιελίξωμεν ἐπὶ κυλίνδρου, δεικνύεται διὰ ποίου τρόπου ἐκ τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου προκύπτει ὁ κοχλίας (σχ. 156). Ἡ ὑποτείνουσα ΒΓ ὁρίζει μίαν γραμμὴν ἐπὶ τοῦ κυλίνδρου τῆς μορφῆς τοῦ σχήματος, ἡ ὁποία καλεῖται ***στερεὰ ἕλιξ***. Ἐὰν εἰς τὸν κύλινδρον προσθέσωμεν συνεχῆ προεξοχὴν τῆς μορφῆς τῆς στερεᾶς ἕλικος, ἔχομεν τὸν κοχλίαν. Σωλὴν δὲ μὲ ἐσωτερικὴν ἐσοχὴν ἀναλόγου μορφῆς καὶ διαστάσεων δίδει τὸ ***περικόχλιον***.

Εἰς τὸν κυρίως κοχλίαν τὸ σπείρωμα εἶναι ἐξέχον (σχ. 157), 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 καί, ὅταν ὁ κοχλίας ἐκτελῇ μίαν πλήρη περιστροφήν, οὗτος ὑφίσταται μετατόπισιν ἴσην πρὸς τὸ βῆμα αὐτοῦ.



Σχ. 157. Κοχλίας μετὰ περικοχλίου.

Ἡ εἰκὼν (σχ. 158) δεικνύει μηχανὴν ἀποτελουμένην ἐκ τοῦ συνδυασμοῦ δύο ἁπλῶν μηχανῶν, τοῦ κοχλίου καὶ τοῦ μοχλοῦ, καὶ ἀποτελεῖ συνήθη ἀνυψωτικὴν μηχανήν.



Σχ. 158. Ἀνυψωτὴρ αὐτοκινήτου (κοινῶς γρύλλος).

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 Β 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 $F \cdot 2\pi l$. Ταυτοχρόνως τὸ βάρος Β 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 τὸν χρυσοῦν κανόνα (βλ. σελ. 106), εὑρίσκομεν:

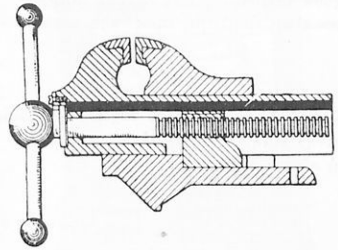
$$F \cdot 2\pi l = B \cdot \beta \qquad \text{ἢ} \qquad F = \frac{\beta}{2\pi l} \cdot B$$

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

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

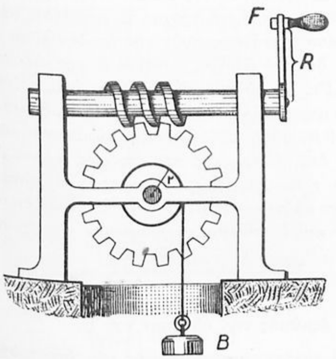
Ὁ κοχλίας ἐκτὸς τῆς εὐρυτάτης ἐφαρμογῆς, τὴν ὁποίαν εὑρίσκει εἰς τὰς μηχανὰς (π.χ. πιεστήρια κτλ.), ἔχει εὐρυτάτην ἐφαρμογὴν καὶ εἰς τὰ ὄργανα ἀκριβείας δι' ἐπιστημονικὰς μετρήσεις.

Τὸ σχῆμα 159 δεικνύει τύπον συνθέτου μηχανῆς (μέγγενη), ἡ ὁποία συνδυάζει τὴν ἀρχὴν τοῦ κοχλίου καὶ τὴν ἀρχὴν τοῦ μοχλοῦ.



Σχ. 159. Σύνθετος μηχανὴ ἀποτελουμένη ἐκ κοχλίου καὶ μοχλοῦ. Συνδήκτωρ (κοινῶς μέγγενη).

130*. **Ἀτέρμων κοχλίας.** Ἑτέρα μηχανὴ λίαν διαδεδομένη εἶναι ὁ ***ἀτέρμων κοχλίας***, ὁ ὁποῖος ἀποτελεῖ συνδυασμὸν κοχλίου καὶ ὀδοντωτοῦ τροχοῦ (σχ. 160). Μία πλήρης περιστροφὴ τοῦ κοχλίου περιστρέφει τὸν ὀδοντωτὸν τροχὸν κατὰ διάστημα ἴσον μεταξὺ δύο διαδοχικῶν ὀδόντων αὐτοῦ. Ἐὰν ὁ τροχὸς ἔχῃ z ὀδόντας, τότε δέον τὸ ἄκρον τοῦ μοχλοῦ νὰ ἐκτελέσῃ z περιστροφάς, ἤτοι νὰ διανύσῃ δρόμον $2\pi Rz$, ἵνα ὁ τροχὸς καὶ τὸ μετ' αὐτοῦ στερεῶς συνεζευγμένον τύμπανον ἐκτελέσῃ μίαν περιστροφήν, ὅτε τὸ φορτίον B ἀνυψοῦται κατὰ $2\pi r$, ὅπου r ἡ ἀκτὶς τοῦ τυμπάνου. Δι' ἐφαρμογῆς τοῦ χρυσοῦ κανόνος τῆς Μηχανικῆς, θὰ ἔχωμεν:



Σχ. 160. Ἀτέρμων κοχλίας.

$$2\pi Rz \cdot F = 2\pi r \cdot B \quad \text{καὶ} \quad F = \frac{r}{R} \cdot \frac{1}{z} \cdot B.$$

Τὸ μηχανικὸν πλεονέκτημα (Μ.Π.) τοῦ ἀτέρμονος κοχλίου εἶναι:

$$\text{Μ.Π.} = \frac{B}{F} = \frac{R \cdot z}{r}$$

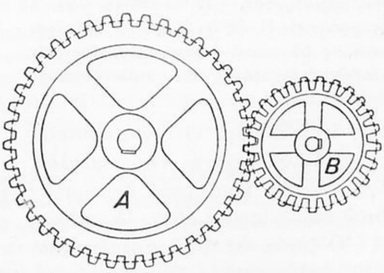
Παράδειγμα. Ἔστω $R = 50$ cm, $r = 5$ cm, $z = 100$ καὶ $B = 1000$ kgr*, θὰ εἶναι:

$$F = \frac{5}{50} \cdot \frac{1}{100} \cdot 1000 = 1\ \text{kgr}^*$$

$$\text{καὶ} \quad \text{Μ.Π.} = \frac{1000}{1} = 1000.$$

131*. **Μετάδοσις κινήσεως δι' ὀδοντωτῶν τροχῶν.** Εἰς τὴν πρᾶξιν παρουσιάζεται ἡ περίπτωσις τῆς μεταβιβάσεως ἰσχύος ἀπὸ τοῦ ἄξονος μιᾶς μηχανῆς εἰς τὸν ἄξονα ἄλλης μηχανῆς. Τοῦτο δύναται νὰ γίνῃ, ἐὰν ἐφοδιάσωμεν τοὺς δύο ἄξονας τῶν μηχανῶν διὰ καταλλήλων τροχαλιῶν καὶ συνδέσωμεν αὐτοὺς δι' ἱμάντος.

Ἐν τούτοις ὁ τρόπος οὗτος τῆς μεταβιβάσεως ἰσχύος ἀπὸ τοῦ ἄξονος μιᾶς μηχανῆς εἰς τὸν ἄξονα ἑτέρας εἶναι μειονεκτικός, διότι παρατηρεῖται ὀλίσθησις τοῦ ἱμάντος, ἡ ὁποία ἐξαρτᾶται τόσον ἐκ τοῦ ἱμάντος ὅσον καὶ ἐκ τοῦ εἴδους τῆς μεταβιβαζομένης ἰσχύος· ἡ ὀλίσθησις δὲ αὕτη ἀποφεύγεται, ἐὰν ἡ μεταβίβασις γίνῃ ὄχι δι' ἱμάντος, ἀλλὰ δι' ὀδοντωτῶν τροχῶν προσαρμοζομένων ἐπὶ τῶν ἀξόνων τῆς μηχανῆς καὶ τῶν



Σχ. 161. Ὀδοντωτοὶ τροχοί.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ὁποίων οἱ ὀδόντες ἐμπλέκονται μεταξύ των. Ἔστω ὅτι δύο τροχοὶ Α καὶ Β (σχ. 161 ἔχουν ἀκτίνας r_A καὶ r_B καὶ ἀριθμὸν ὀδόντων n_A καὶ n_B. Ἐπειδὴ ὁ ἀριθμὸς τῶν ὀδόντων εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν περιφέρειαν, καὶ ἑπομένως πρὸς τὴν ἀκτῖνα, θὰ εἶναι:

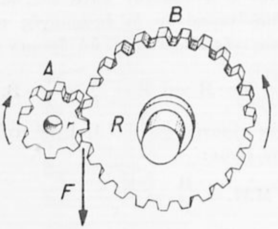
$$\frac{n_A}{n_B} = \frac{r_A}{r_B}$$

Ἐπειδὴ δὲ ἐξ ἄλλου αἱ ταχύτητες σημείων τῶν περιφερειῶν τῶν ὀδόντων πρέπει νὰ ἔχουν κοινὴν τιμὴν υ, εἶναι δὲ $\upsilon = \omega r$, τότε ὁ λόγος V τῶν γωνιακῶν ταχυτήτων τῶν δύο τροχῶν θὰ εἶναι:

$$V = \frac{\omega_A}{\omega_B} = \frac{\dfrac{\upsilon}{r_A}}{\dfrac{\upsilon}{r_B}} = \frac{r_B}{r_A} = \frac{n_B}{n_A}$$

ἤτοι ὁ λόγος τῶν γωνιακῶν ταχυτήτων εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος τοῦ ἀριθμοῦ τῶν ὀδόντων.

Ἡ διάταξις τοῦ σχήματος 162 δεικνύει μηχανισμὸν διὰ δύο ὀδοντωτῶν τροχῶν, διὰ τοῦ ὁποίου δυνάμεθα νὰ πολλαπλασιάσωμεν τὴν ῥοπὴν δυνάμεως. Οὕτω ὁ ὀδοντωτὸς τροχὸς Α, τοῦ ὁποίου οἱ ὀδόντες ἐμπλέκονται πρὸς τοὺς ὀδόντας τοῦ μεγαλυτέρου τροχοῦ Β, μεταδίδει μέσῳ τῆς κινητηρίου διατάξεως, πρὸς τὴν ὁποίαν εἶναι συνεζευγμένος διὰ τοῦ ἄξονος, δύναμιν F τῆς ὁποίας ἡ ῥοπὴ εἶναι Fr. Ἡ δύναμις F, ἡ ὁποία ἐφαρμόζεται καὶ ἐπὶ τοῦ μεγαλυτέρου τροχοῦ ἀκτῖνος R, δημιουργεῖ ῥοπὴν FR, οὕτω δὲ ἡ ῥοπὴ αὐξάνεται κατὰ λόγον R/r, ἐνῷ ἡ ταχύτης περιστροφῆς ἠλαττώθη κατὰ λόγον r/R. Εἰς τοὺς ὀδοντωτοὺς τροχοὺς ὁ ἀριθμὸς τῶν ὀδόντων εἶναι ἀνάλογος τῶν ἀκτίνων τῶν τροχῶν καὶ δυνάμεθα νὰ γράψωμεν τὴν σχέσιν:

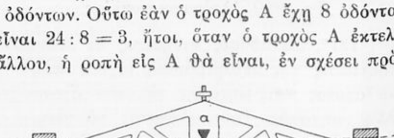


Σχ. 162. Ὀδοντωτὸς τροχός.

$$\frac{\text{ῥοπὴ A}}{\text{ῥοπὴ B}} = \frac{r}{R} = \frac{n_A}{n_B}$$

ὅπου n_A ὁ ἀριθμὸς τῶν ὀδόντων τοῦ Α καὶ n_B ὁ ἀριθμὸς τῶν ὀδόντων τοῦ Β.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει, ὅτι αἱ γωνιακαὶ ταχύτητες περιστροφῆς τῶν δύο τροχῶν εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογοι τῶν ἀριθμῶν τῶν ὀδόντων. Οὕτω ἐὰν ὁ τροχὸς Α ἔχῃ 8 ὀδόντας καὶ ὁ Β 24, τότε ὁ λόγος τῶν στροφῶν θὰ εἶναι 24 : 8 = 3, ἤτοι, ὅταν ὁ τροχὸς Α ἐκτελῇ τρεῖς περιστροφάς, ὁ Β θὰ ἐκτελῇ μίαν. Ἐξ ἄλλου, ἡ ῥοπὴ εἰς Α θὰ εἶναι, ἐν σχέσει πρὸς τὴν ῥοπὴν εἰς Β, ὡς 8 : 24 ἢ 1 : 3. Τοιαῦται διατάξεις ὀδοντωτῶν τροχῶν ὑπάρχουν εἰς τὸ κιβώτιον ταχυτήτων τῶν αὐτοκινήτων, εἰς ὡρολόγια κ.λ.π.



Σχ. 163. Φάλαγξ ζυγοῦ. Διακρίνονται αἱ τρεῖς πρισματικαὶ ἀκμαὶ Α, Β, Γ.

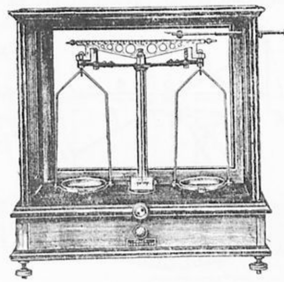
132. Ζυγός.

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** (σχ. 163), ἡ ὁποία κατασκευάζεται ἐξ ἐλαφροῦ καὶ ἀνθεκτικοῦ μετάλλου καὶ ἔχει τὸ σχῆμα πρισμα-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

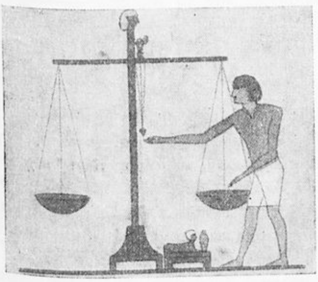
τικῆς ῥάβδου. Ἡ φάλαγξ, κατὰ τὸ μέσον αὐτῆς, φέρει πρισματικὴν ἀκμὴν ἐκ χάλυβος ἢ ἐξ ἄλλης σκληρᾶς οὐσίας (ἀχάτου κ.τ.λ.), διὰ τῆς ὁποίας στηρίζεται ἐπὶ ὁριζοντίας χαλυβδίνης πλακός, τοποθετημένης ἐπὶ κατακορύφου στήλης, ἥτις στερεοῦται μονίμως ἐπὶ τῆς βάσεως τοῦ ζυγοῦ.



Σχ. 164. Ἐργαστηριακὸς ζυγός.

Εἰς τὰ ἄκρα τῆς φάλαγγος τοποθετοῦνται πρὸς τούτοις δύο πρισματικαὶ ἀκμαί, ἀπὸ τῶν ὁποίων ἐξαρτῶνται οἱ δύο ἰσοβαρεῖς δίσκοι τοῦ ζυγοῦ. Εἰς τὸ σχῆμα 164 εἰκονίζεται ζυγὸς λίαν χρήσιμος εἰς 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.



Σχ. 165. Ἀρχαῖος Αἰγυπτιακὸς ζυγὸς (1000 π.Χ.).

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 αὕτη, τόσον περισσότερον εὐαίσθητος εἶναι ὁ ζυγός.

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 ῥοπῶν 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: $B = \sqrt{\sigma_1 \cdot \sigma_2}$.

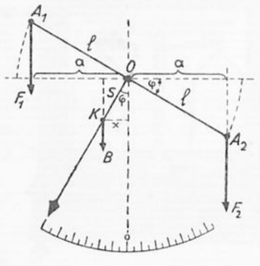
Δυνάμεθα καὶ κατ᾽ ἄλλον τρόπον ν᾽ ἀποφύγωμεν τὸ σφάλμα τῆς ἀνισότητος τῶν βραχιόνων τοῦ ζυγοῦ, ἐὰν χρησιμοποιήσωμεν μόνον τὸν ἕνα ἐκ τῶν βραχιόνων αὐτοῦ.

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 παρέχουν τὴν μᾶζαν τοῦ σώματος.

Συνθήκη ἰσορροπίας ζυγοῦ. Ἔστω $A_1\, A_2$ ἡ φάλαγξ τοῦ ζυγοῦ, στρεπτὴ περὶ τὸ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

μέσον αὐτῆς Ο, εἶναι δὲ $OA_1 = OA_2 = l$ (σχ. 166). Εἶναι φανερὸν ὅτι, ἵνα ἡ φάλαγξ ἰσορροπῇ ὁριζοντίως, πρέπει αἱ εἰς τὰ ἄκρα αὐτῆς ἐφηρμοσμέναι δυνάμεις F_1 καὶ F_2 νὰ εἶναι ἴσαι. Ἐὰν ὅμως $F_2 > F_1$, τότε ἡ φάλαγξ δὲν θὰ ἰσορροπῇ ἐν ὁριζοντίᾳ θέσει, ἀλλὰ θὰ λάβῃ ἄλλην θέσιν ἰσορροπίας, ἡ ὁποία θὰ σχηματίζῃ γωνίαν φ, ὡς πρὸς τὴν ὁριζοντίαν θέσιν. Ἡ γωνία φ καθορίζεται ὡς ἀκολούθως: Δι' ἐφαρμογῆς τοῦ θεωρήματος τῶν ροπῶν ὡς πρὸς τὸν ἄξονα Ο, ἔχομεν:



Σχ. 166. Αἱ ἐπὶ τοῦ ζυγοῦ ἐπενεργοῦσαι δυνάμεις.

$$F_1 \cdot \alpha + B \cdot x - F_2 \cdot \alpha = 0$$

ἔνθα Β τὸ βάρος τῆς φάλαγγος. Ἀλλ' εἶναι: $\alpha = l$ συν φ, καὶ $x = s$ ημ φ, ὅπου $s = OK$ ἡ ἀπόστασις τοῦ κέντρου βάρους Κ τῆς φάλαγγος ἀπὸ τοῦ Ο, καὶ ἑπομένως:

$$F_1 \cdot l \text{ συν } \varphi + B \cdot s \text{ ημ } \varphi - F_2 \cdot l \text{ συν } \varphi = 0,$$

ἐκ τῆς ὁποίας εὑρίσκομεν: $\text{εφ } \varphi = \frac{F_2 - F_1}{B \cdot s} \cdot l$

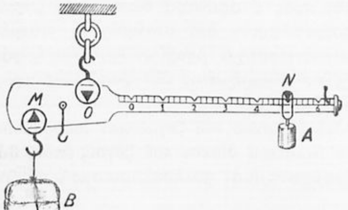
Διὰ μικρὰς γωνίας φ ἔχομεν: εφ φ = φ. Θεωροῦντες ἤδη τὸ πηλίκον $\frac{\varphi}{F_2 - F_1}$ ὡς μέτρον τῆς εὐαισθησίας τοῦ ζυγοῦ λαμβάνομεν:

$$\frac{\varphi}{F_2 - F_1} = \frac{l}{B \cdot s}$$

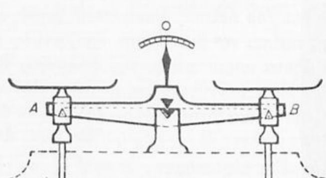
Ἐκ τῆς σχέσεως ταύτης παρατηροῦμεν, ὅτι ἡ εὐαισθησία τοῦ ζυγοῦ εἶναι τόσον μεγαλυτέρα, ὅσον τὸ βάρος τῆς φάλαγγος τοῦ ζυγοῦ εἶναι μικρότερον, τὸ μῆκος τῶν βραχιόνων μεγαλύτερον καὶ ἡ ἀπόστασις κέντρου βάρους ἀπὸ τοῦ ἄξονος μικροτέρα. Ἐπειδὴ αἱ δύο πρῶται τῶν ἀνωτέρω συνθηκῶν εὐαισθησίας τοῦ ζυγοῦ ἀντιτίθενται πρὸς ἀλλήλας, διὰ τὴν κατασκευὴν τοῦ ζυγοῦ ἀκριβείας λαμβάνεται μέριμνα ὥστε, διὰ καταλλήλου συμβιβασμοῦ τῶν ἀνωτέρω ἀντιτιθεμένων συνθηκῶν, νὰ ἐπιτυγχάνεται ἡ μεγαλυτέρα δυνατὴ εὐαισθησία.

Ἐκ τῶν προηγουμένων συνάγεται, ὅτι ἵνα ἡ φάλαγξ ἰσορροπῇ ὁριζοντίως, πρέπει εφ φ = 0, τοῦτο δὲ ἐπιτυγχάνεται μόνον ὅταν $F_2 - F_1 = 0$, ἤτοι $F_1 = F_2$.

Εἰς τὴν πρᾶξιν συναντῶμεν διαφόρους τύπους ζυγῶν. Λίαν συνήθης εἶναι ὁ *ρωμαϊκὸς ζυγὸς* (σχ. 167), ὅστις εἶναι μο-



Σχ. 167. Ρωμαϊκὸς ζυγός. Ἡ συνθήκη ἰσορροπίας εἶναι $B \cdot OM = A \cdot ON$.

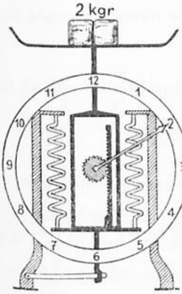


Σχ. 168. Ἀρθρωτὸς ζυγὸς Roberval.

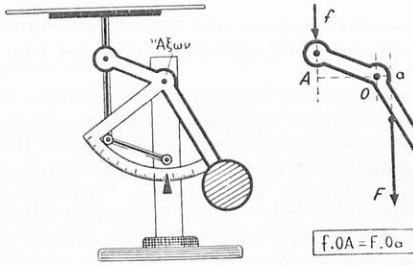
χλὸς μὲ δύο ἀνίσους βραχίονας. Τὸ ὑπὸ ζύγισιν βάρος Β ἐξαρτᾶται ἀπὸ τοῦ ἄκρου τοῦ μικροτέρου βραχίονος καὶ ἰσορροπεῖται διὰ βάρους Α μετατιθεμένου κατὰ μῆκος τοῦ μεγαλυτέρου βραχίονος.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Λίαν συνήθης ἐν χρήσει εἶναι καὶ ὁ **ζυγὸς Roberval,** δι᾽ ἀρθρωτοῦ παραλ-

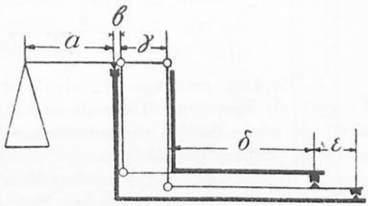


Σχ. *169.* Ζυγὸς οἰκιακῆς χρήσεως.



Σχ. *170.* Ἀρθρωτὸς ζυγὸς καὶ συνθήκη ἰσορροπίας αὐτοῦ.

ληλογράμμου (σχ. 168 καὶ 17), ὁ ***οἰκιακὸς ζυγὸς*** (σχ. 169) ὡς καὶ ὁ ***ζυγὸς ἐπιστολῶν*** (σχ. 170) ὑπὸ διαφόρους αὐτοῦ μορφάς.



Σχ. *171.* Ἡ συνθήκη ἰσορροπίας πλάστιγγος εἶναι $B \cdot \beta = B' \cdot \alpha$ (ὅπου B = βάρος σώματος, B′ = βάρος σταθμῶν).

Εἰς τὴν κατηγορίαν τῶν ζυγῶν ἀνήκει καὶ ἡ ***δεκατεύουσα πλάστιγξ*** (σχ. 171), 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.

ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ

Α′. Ζητήματα.

Τί καλοῦμεν ἔργον δυνάμεως. Ποῖαι αἱ ἐξισώσεις διαστάσεων αὐτοῦ εἰς τὰ συστήματα CGS καὶ Τ. Σ., αἱ ἀντίστοιχοι μονάδες καὶ αἱ μεταξὺ αὐτῶν σχέσεις.

Πότε μία δύναμις δὲν παράγει ἔργον, ἔστω καὶ ἂν μετατοπίζεται τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς της.

Ἄνθρωπος μὲ τεταμένην τὴν χεῖρά του ὁριζοντίως πρὸς τὰ ἐμπρὸς κρατεῖ βάρος χωρὶς νὰ μετατοπίζῃ αὐτό. Ὁ ἄνθρωπος παράγει ἔργον;

Τί καλοῦμεν ἰσχύν. Ποῖαι αἱ ἐξισώσεις διαστάσεων ἰσχύος εἰς τὸ σύστημα CGS καὶ εἰς τὸ Τ. Σ. Ποῖαι αἱ μονάδες μετρήσεως καὶ αἱ μεταξὺ αὐτῶν σχέσεις.

Τί καλοῦμεν ἐνέργειαν καὶ ὑπὸ ποίας μορφὰς ἐμφανίζεται ἡ μηχανικὴ ἐνέργεια.

Ὑπὸ ποίας μορφὰς ἐμφανίζεται ἡ ἐνέργεια ἐν γένει εἰς τὴν φύσιν καὶ πῶς διατυποῦται ἡ ἀρχὴ τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Διὰ ποῖον λόγον κλῖμαξ μὲ βαθμίδας μεγάλου ὕψους θεωρεῖται μᾶλλον κοπιαστική, ἐν συγκρίσει πρὸς κλίμακα μὲ βαθμίδας μικροῦ ὕψους.

Διὰ ποῖον λόγον ἀνηφορικὸς δρόμος θεωρεῖται κοπιωδέστερος ἐν συγκρίσει πρὸς ὁριζόντιον.

Τί καλοῦμεν ἀπόδοσιν κατὰ τὴν μέτρησιν ἐνεργείας.

Τί καλοῦμεν ὁρμὴν σώματος ἐν κινήσει καὶ ποῖαι αἱ ἐξισώσεις διαστάσεων καὶ αἱ μονάδες αὐτῆς.

Τί καλοῦμεν ὦσιν δυνάμεως καὶ ποία ἡ σχέσις αὐτῆς πρὸς τὴν ὁρμήν.

Ποίαν πρακτικὴν ἐφαρμογὴν ἔχει ἡ ὁρμή.

Τί καλοῦμεν μηχανὰς καὶ τί ἁπλᾶς μηχανάς. Πῶς γίνεται ἡ σπουδὴ ἁπλῆς μηχανῆς.

Τί ἐκφράζει ὁ χρυσοῦς κανὼν τῆς Μηχανικῆς.

Πόσας κατηγορίας ἁπλῶν μηχανῶν διακρίνομεν καὶ ποῖα τὰ εἴδη τῶν συνηθεστέρων ἁπλῶν μηχανῶν τῶν ἀνηκουσῶν εἰς ἑκάστην κατηγορίαν.

Τί καλοῦμεν μηχανικὸν πλεονέκτημα καὶ λόγον ταχυτήτων ἁπλῆς μηχανῆς.

Τί καλοῦμεν ἀπόδοσιν μηχανῆς καὶ πῶς σχετίζεται αὕτη πρὸς τὸ μηχανικὸν πλεονέκτημα καὶ τὸν λόγον ταχυτήτων.

Ἐκ τῶν διαφόρων χρησιμοποιουμένων εἰς τὸν καθ' ἡμέραν βίον ὀργάνων καὶ ἐργαλείων νὰ κατονομασθοῦν ὡρισμένα καὶ νὰ καθορισθῇ εἰς ποίαν κατηγορίαν ἁπλῶν μηχανῶν ἀνήκουν ταῦτα.

Β'. Προβλήματα.

1. 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. (Ἀπ. 1038 kgr*m, 588 kgr*m).

2. Πεζὸς στρατιώτης, ὅστις ἔχει ἴδιον βάρος 72 kgr* καὶ τοῦ ὁποίου ὁ ὁπλισμὸς ἔχει βάρος 23 kgr*, ἐκτελεῖ 110 βήματα. Καθ' ἕκαστον βῆμα ἀνυψώνει τὸ σῶμά του κατὰ 3 cm. Πόσον τὸ παραγόμενον ἔργον. Ἐὰν τὰ 110 βήματα ἐκτελοῦνται εἰς 1 λεπτόν, πόση ἡ ἰσχὺς εἰς ἵππους καὶ kW. (Ἀπ. $A = 313{,}5$ kgr*m, $N = 0{,}07$ HP).

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. (Ἀπ. $N = 12$ HP).

4. Ὀβὶς βάρους 7 kgr* ἐκφεύγει ἀπὸ τοῦ στομίου πυροβόλου μὲ ταχύτητα 720 m/sec. Πόση ἡ κινητικὴ ἐνέργεια αὐτῆς. (Ἀπ. $E_{κιν} = 181\,440$ kgr*m).

5. Πόσον ἔργον ἀπαιτεῖται ἵνα εἰς σῶμα βάρους 8 kgr* προκαλέσωμεν αὔξησιν τῆς ταχύτητος ἀπὸ 4 m/sec εἰς 7 m/sec. (Ἀπ. $A = 13{,}45$ kgr*m).

6. Πόση εἶναι ἡ ἀντίστασις, τὴν ὁποίαν δύναται νὰ ὑπερνικήσῃ ἰσχὺς 5 ἵππων, ὅταν τὸ σῶμα κινῆται μὲ ταχύτητα 0,2 m/sec. (Ἀπ. 1875 kgr*).

7. Πόσον χρόνον χρειάζεται ἀνυψωτικὴ μηχανὴ ἰσχύος 25 ἵππων, διὰ νὰ ἀνυψώσῃ βάρος 6 000 kgr* εἰς ὕψος 7,5 m. (Ἀπ. $t = 24$ sec).

8. Ἀντλία ἰσχύος 5 ἵππων πρόκειται νὰ τεθῇ εἰς κίνησιν ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ κινητῆρος. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἰσχὺς τοῦ κινητῆρος εἰς kW, ὅταν ἡ μεταβίβασις τῆς ἐνεργείας ἀπὸ τοῦ κινητῆρος εἰς τὴν ἀντλίαν γίνεται ὑπὸ συντελεστὴν ἀποδόσεως 0,7. (Ἀπ. 5,26 kW).

9. Ἐκ σταθερᾶς τροχαλίας ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ ἑνὸς σχοινίου αὐτῆς βάρος 50 kgr*. Ζητεῖται ἡ δύναμις, ἡ ὁποία πρέπει νὰ ἐφαρμοσθῇ ἐπὶ τοῦ ἑτέρου ἄκρου, ἵνα τὸ σύστημα ἰσορροπῇ. Ἐπίσης νὰ ὑπολογισθῇ ἡ πίεσις τοῦ ἄξονος, ὅταν ἡ γωνία τῶν δυνάμεων εἶναι 0^0, 30^0, 60^0, 120^0. (Ἀπ. 100 kgr*, 96,6 kgr*. 86,6 kgr, 50 kgr*).

10. 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*. (Ἀπ. 65 kgr*).

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ε΄

ΒΑΡΥΤΗΣ. ΕΚΚΡΕΜΕΣ

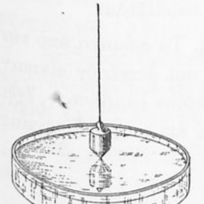
133. Βαρύτης. ***Βαρύτητα καλοῦμεν τὴν ἰδιότητα ὅλων ἐν γένει τῶν ὑλικῶν σωμάτων νὰ ἕλκωνται ὑπὸ τῆς Γῆς, βάρος δὲ ἢ δύναμιν βαρύτητος τὴν ἕλξιν, τὴν ὁποίαν ἀσκεῖ ἡ Γῆ ἐπὶ τῶν διαφόρων σωμάτων.***

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.

Τοῦτο ἀπέδειξε πειραματικῶς ὁ Νεύτων διὰ τοῦ κλασικοῦ πειράματος τοῦ σωλῆνος, ὁ ὁποῖος εἶναι γνωστὸς μὲ τὸ ὄνομά του. Ὁ ***σωλὴν τοῦ Νεύτωνος*** (σχ. 172) 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.

Σχ. 172. Σωλὴν τοῦ Νεύτωνος.

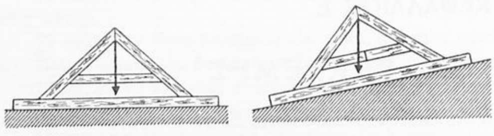
134. Διεύθυνσις τῆς δυνάμεως τῆς βαρύτητος. Νῆμα τῆς στάθμης. Τὴν διεύθυνσιν τῆς δυνάμεως τῆς βαρύτητος παρέχει τὸ ***νῆμα τῆς στάθμης*** (σχ. 173), τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖται ἐκ μικρᾶς σφαίρας μολύβδου ἤ, κατὰ προτίμησιν, ἐξ ὀρειχαλκίνου κυλίνδρου, ἀπολήγοντος εἰς κῶνον καὶ προσδεδεμένου καταλλήλως εἰς τὸ 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



Σχ. 173. Νῆμα τῆς στάθμης.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

λαμβάνῃ τὴν διεύθυνσιν τῆς ἐπ᾽ αὐτοῦ ἐπενεργούσης δυνάμεως. Ἐὰν πλησίον τοῦ 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. 174. 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. 174) 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 τῶν δύο τόπων, τῶν ὁποίων αἱ κατακόρυφοι σχηματίζουν γωνίαν 1^0, εἶναι: $\frac{10\,000}{90} = 111{,}111$ **km** ἢ 111 111 μέτρα.

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

135. 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.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

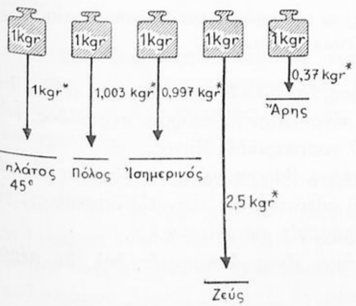
Ἐκ τοῦ δευτέρου ἀξιώματος τοῦ Νεύτωνος προκύπτει ἡ θεμελιώδης ἐξίσωσις τῆς δυναμικῆς: $F = m \cdot \gamma$. Ἐὰν ἡ δύναμις F παριστᾷ τὴν δύναμιν τῆς βαρύτητος ἢ ἄλλως τὸ βάρος B τοῦ σώματος, καὶ ἡ ἐπιτάχυνσις γ παριστᾷ τὴν γηΐνην ἐπιτάχυνσιν g, τότε προκύπτει ἡ ἐξίσωσις:

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

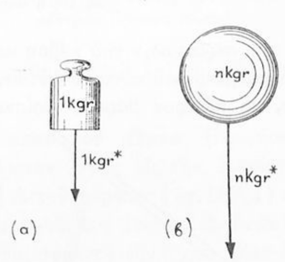
Ἡ ἐξίσωσις αὕτη δεικνύει, ὅτι σῶμα μάζης m ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ βάρους του B, κινεῖται εἰς τὸ κενὸν ὑπὸ σταθερὰν ἐπιτάχυνσιν g.

Λόγῳ τῆς ἀπὸ τόπου εἰς τόπον μεταβολῆς τῆς τιμῆς g προκύπτει, ὅτι καὶ τὸ βάρος ὡρισμένης μάζης m μεταβάλλεται ἀντιστοίχως (σχ. 175). 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.



Σχ. 175. Ἡ δύναμις, μεθ' ἧς ἕλκεται μᾶζα 1 kgr, μεταβάλλεται ἀναλόγως τοῦ τόπου.



Σχ. 176. Ἡ δύναμις εἰς kgr* καὶ ἡ μᾶζα εἰς kgr παριστῶνται διὰ τοῦ αὐτοῦ ἀριθμοῦ.

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*.

Ὡς φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 175 ἡ μᾶζα τοῦ 1 kgr ἕλκεται ὑπὸ δυνάμεως 2,5 kgr* εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ Διὸς καὶ ὑπὸ δυνάμεως 0,37 kgr* εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ Ἄρεως.

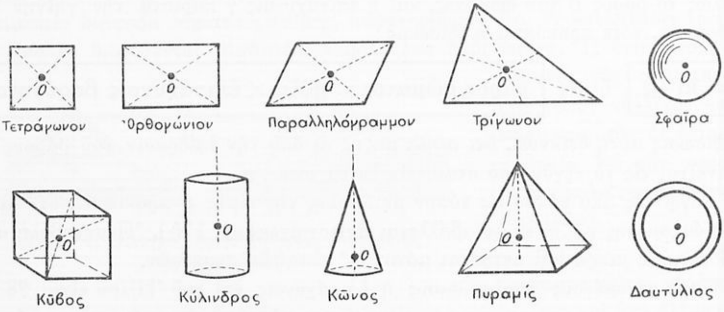
Τὸ βάρος τοῦ σώματος, ὡς εἰδικὴ περίπτωσις δυνάμεως, ἐκφράζεται εἰς τὸ τεχνικὸν σύστημα εἰς χιλιόγραμμα βάρους (kgr*)· πολλάκις δὲ καὶ εἰς γραμμάρια βάρους (gr*), ἐνῷ εἰς τὸ σύστημα CGS ἐκφράζεται εἰς δύνας (Dyn).

136. 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 ἔχει σχῆμα λεπτῆς ῥάβδου, τὸ κέντρον βάρους εὑρί-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

σκεται εἰς τὸ μέσον αὐτῆς. Εἰς τὸ σχῆμα 177 δεικνύεται ἡ θέσις τοῦ κέντρου βάρους Ο διαφόρων ὁμογενῶν σωμάτων ἐχόντων γεωμετρικὸν σχῆμα. Οὕτω βλέπομεν,

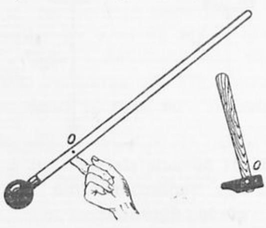


Σχ. 177. Εἰς τὰ σώματα ἁπλοῦ σχήματος τὸ κέντρον βάρους Ο καθορίζεται ὡς τομὴ ὡρισμένων γεωμετρικῶν στοιχείων.

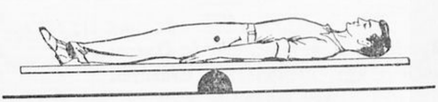
εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ κύβου καὶ τῆς σφαίρας, ὅτι τὸ κέντρον βάρους κεῖται ἐπὶ τοῦ γεωμετρικοῦ κέντρου αὐτῶν, ἐνῷ προκειμένου περὶ κυλίνδρου, πυραμίδος, κώνου, **τὸ κέντρον** βάρους εὑρίσκεται ἐπὶ τοῦ γεωμετρικοῦ ἄξονος.

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. 178).

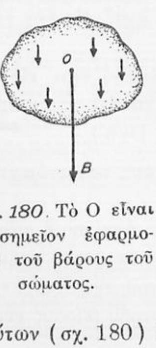


Σχ. 178. Διὰ τὸ κέντρον βάρους ἑτερογενοῦς σώματος.



Σχ. 179. Προσδιορισμὸς τοῦ κέντρου βάρους τοῦ ἀνθρωπίνου σώματος.

Τὸ κέντρον βάρους τοῦ ἀνθρωπίνου σώματος σημειοῦται εἰς τὸ σχ. 179 διὰ στιγμῆς.



Σχ. 180. Τὸ Ο εἶναι τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τοῦ βάρους τοῦ σώματος.

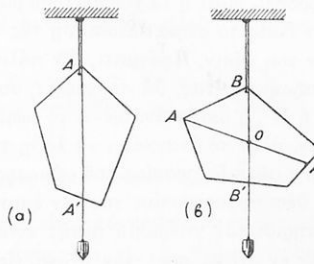
137. Τὸ κέντρον βάρους ἀποτελεῖ τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τῆς συνισταμένης παραλλήλων δυνάμεων. Στερεὸν σῶμα δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς ἀποτελούμενον ἐκ μεγάλου ἀριθμοῦ σωματίων πολὺ μικρῶν, τῶν ὁποίων αἱ σχετικαὶ θέσεις παραμένουν ἀμετάβλητοι. Τὰ βάρη τῶν σωματίων τούτων (σχ. 180) θεωροῦνται ὡς δυνάμεις παράλληλοι, τῶν ὁποίων ἡ συνιστα-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

μένη Β, ἴση πρὸς τὸ ἄθροισμα αὐτῶν, παρέχει τὸ βάρος τοῦ σώματος. Τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς Ο τῆς συνισταμένης εἶναι τὸ κέντρον βάρους τοῦ σώματος.

138. Πειραματικὸς προσδιορισμὸς τοῦ κέντρου βάρους. Τὸ κέντρον βάρους σώματος ἔχοντος μορφὴν πλακὸς δυνάμεθα νὰ καθορίσωμεν διὰ τῆς μεθόδου τῆς διπλῆς ἐξαρτήσεως (σχ. 181). 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'.

Ἐπίσης τὸ κέντρον βάρους ράβδου δύναται νὰ εὑρεθῇ δι' ἁπλῆς στηρίξεως, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 178 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.

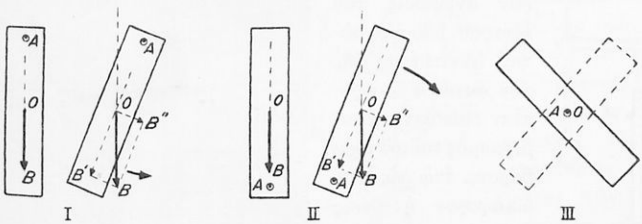


Σχ. 181. Πειραματικὸς προσδιορισμὸς κέντρου βάρους πλακός.

139. 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. 182, 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



Σχ. 182. Ι Εὐσταθής, ΙΙ ἀσταθής, ΙΙΙ ἀδιάφορος ἰσορροπία.

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 αὐτήν, καλεῖται ***εὐσταθὴς*** καὶ χαρακτηρι-

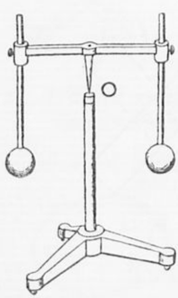
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

στικὸν 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 182, II, 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 αὐτήν, 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. 182, III), 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).



Σχ. 183. Διὰ μετατοπίσεως τῶν σφαιρῶν ἐπιτυγχάνομεν τὰ τρία εἴδη ἰσορροπίας.

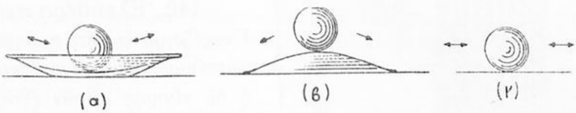
Σχ. 184. Ὁ ἄνθρωπος ἰσορροπεῖ ἐφ' ὅσον ἡ διὰ τοῦ κέντρου βάρους κατακόρυφος διέρχεται διὰ τοῦ σημείου στηρίξεως.

β) ***Σῶμα στηριζόμενον δι' ἑνὸς σημείου.*** Ἔστω σῶμα (σχ. 183) 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

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

εὐσταθής, ὅταν τὸ κέντρον βάρους κεῖται κάτωθεν τοῦ σημείου στηρίξεως, ὡς π.χ. εἰς τὸ σχῆμα 183. 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. Εἰς τὸ σχῆμα 184 δεικνύεται ἀθλητὴς εὑρισκόμενος ἐν ἰσορροπίᾳ.

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.



Σχ. 185. Ἰσορροπία σφαίρας ἐπὶ διαφόρων ἐπιφανειῶν.

Εἰς τὴν θέσιν α (σχ. 185), ἡ ἰσορροπία εἶναι ***εὐσταθής***, διότι μετατοπιζομένης τῆς σφαίρας τὸ κέντρον βάρους αὐτῆς ἀνέρχεται· εἰς τὴν θέσιν β ἡ ἰσορροπία εἶναι ***ἀσταθής***, διότι τὸ κέντρον βάρους κατέρχεται· εἰς δὲ 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.

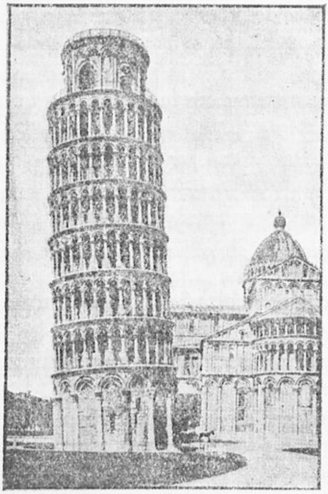
δ) ***Σῶμα στηριζόμενον διὰ περισσοτέρων τῶν δύο σημείων.*** Εἰς τὴν περίπτωσιν σώματος στηριζομένου διὰ πολλῶν σημείων, ὡς π.χ. τραπέζης, τρίποδος, καθίσματος, κ.τ.λ., καλοῦμεν ***βάσιν στηρίξεως*** αὐτοῦ, τὴν ἐπιφάνειαν τὴν περικλειομένην ὑπὸ τῆς περιμέτρου τοῦ σχήματος, τὸ ὁποῖον προκύπτει δι᾿ ἑνώσεως 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. 186).

Σχ. 186. Τὸ ἁμάξιον ἀνατρέπεται, ὅταν ἡ ἐκ τοῦ κέντρου βάρους κατακόρυφος πίπτει ἔξω τῆς βάσεως στηρίξεως.

Περίπτωσιν ἐφαρμογῆς τῶν ἀνωτέρω ἐκτεθέντων ἀποτελεῖ ὁ ὀνομαστὸς κεκλιμένος ***πύργος τῆς Πίζης*** ἐν Ἰταλίᾳ (σχ. 187). Τὸ ὕψος τοῦ πύργου εἶναι 55,2 m καὶ λόγῳ καθιζήσεως τοῦ ἐδάφους κατὰ τὴν ἐποχὴν τῆς κατασκευῆς, ὑπέστη κλί-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

σιν $5^0\ 30'$. 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.



Σχ. 187. Ὁ ἱστορικὸς κεκλιμένος πύργος τῆς Πίζης.

140. Ἐλευθέρα πτῶσις τῶν σωμάτων. Γνωρίζομεν ἐκ τῶν προηγουμένων (§ 133), 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 (§ 47). Ἐνταῦθα ἀναφέρομεν ἁπλῶς τοὺς νόμους τῆς ἐλευθέρας πτώσεως τῶν σωμάτων (ἄνευ ἀρχικῆς ταχύτητος).

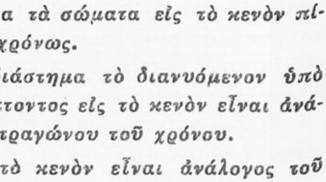
1. Πάντα τὰ σώματα εἰς τὸ κενὸν πίπτουν ταὐτοχρόνως.

2. Τὸ διάστημα τὸ διανυόμενον ὑπὸ σώματος πίπτοντος εἰς τὸ κενὸν εἶναι ἀνάλογον τοῦ τετραγώνου τοῦ χρόνου.

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

141. 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 τῆς 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 $F = m\gamma = mg \cdot ημ\,φ$, 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 188.



Σχ. 188. Κεκλιμένον ἐπίπεδον.

Ἡ δύναμις F εἶναι τόσον μικροτέρα ἀπὸ τὸ βάρος B τοῦ σώματος, ὅσον μικροτέρα εἶναι ἡ γωνία $φ$, καὶ ἑπομένως ἡ ἐπιτάχυνσις $\gamma = g\ ημ\,φ$, τὴν ὁποίαν λαμβάνει τὸ σῶμα εἶναι τόσον μικροτέρα, ὅσον ἡ γωνία $φ$ εἶναι μικροτέρα. Λόγῳ τῆς βραδείας κινήσεως

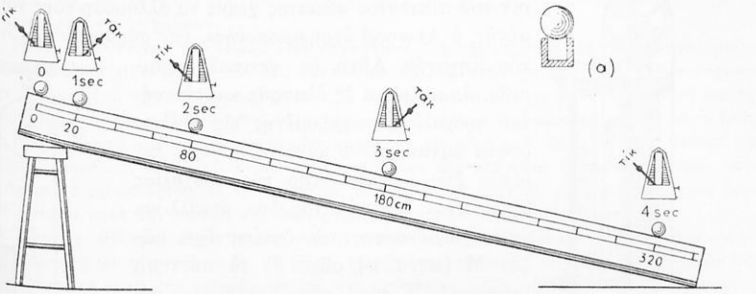
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τοῦ σώματος, δυνάμεθα εὐχερῶς νὰ παρακολουθήσωμεν αὐτὸ καὶ νὰ σπουδάσωμεν τοὺς νόμους τῆς κινήσεως αὐτοῦ.

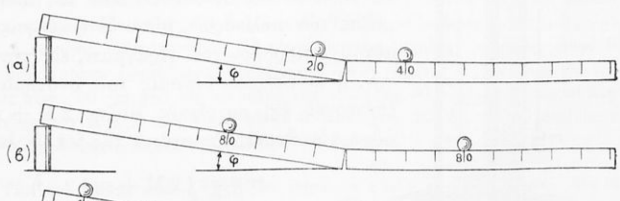
Παράδειγμα. Ἔστω ὅτι $\varphi = 30^0$ καὶ $g = 9{,}81$ m/sec², τότε θὰ εἶναι $\gamma = g$ ημ $\varphi = 9{,}81 \cdot$ ημ 30^0 καί, δεδομένου ὅτι ημ $30^0 = 0{,}5$, θὰ εἶναι $\gamma = 9{,}81 \cdot 0{,}5 = 4{,}905$, ἤτοι ἡ νέα ἐπιτάχυνσις θὰ εἶναι 4,9 m/sec², δηλαδὴ τὸ ἥμισυ τῆς ἐπιταχύνσεως εἰς τὴν ἐλευθέραν 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 ἀφήνεται ἐλευθέρα ἀπὸ τῆς κορυφῆς τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου, νὰ χρειάζεται 4 δευτερόλεπτα (sec), ἵνα διανύσῃ τὴν ἀπόστασιν ταύτην (σχ. 189).

Ἐὰν ἤδη μὲ τὴν βοήθειαν καταλλήλου ἐμποδίου διακόψωμεν τὴν κίνησιν τῆς σφαίρας εἰς ἀπόστασιν 20 cm ἀπὸ τῆς κορυφῆς τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου, βλέπομεν ὅτι χρειάζεται 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, 320 cm ἢ 20×1, 20×2^2, 20×3^2, 20×4^2, ἤτοι εἶναι ἀνάλογα τῶν τετραγώνων τῶν χρόνων.



Σχ. 189. Κεκλιμένον ἐπίπεδον διὰ τὴν ἀπόδειξιν τῶν νόμων τῆς πτώσεως τῶν σωμάτων. (α) Τομὴ δοκοῦ κυλίσεως τῆς σφαίρας.



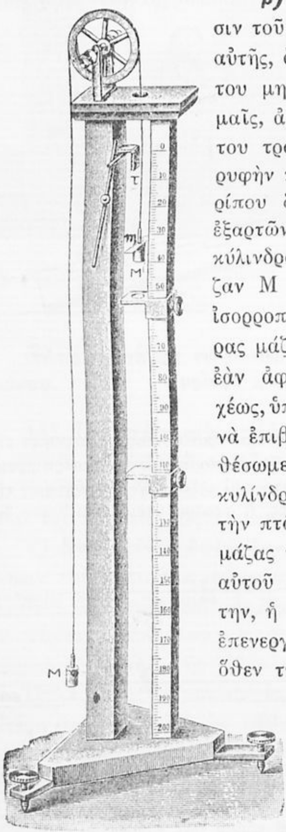
Σχ. 190. Διὰ τὴν ἀπόδειξιν τοῦ νόμου τῶν ταχυτήτων.

Ὁ τρίτος νόμος, ὁ νόμος τῶν ταχυτήτων ἀποδεικνύεται ὡς ἑξῆς. Τοποθετοῦμεν εἰς τὸ κάτω ἄκρον τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου ὁριζοντίαν σανίδα (σχ. 190), εἰς τρόπον ὥστε,

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

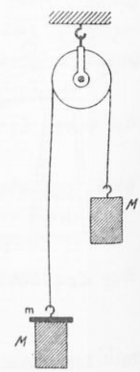
ὅταν ἡ σφαῖρα κατέρχεται ἀπὸ τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου, νὰ εἰσχωρῇ εἰς τὴν αὔλακα τὴν ὑπάρχουσαν ἐπὶ τῆς ὁριζοντίας σανίδος· τότε, ἐπειδὴ παύει νὰ ὑφίσταται ἡ κινητήριος δύναμις, αὕτη θὰ ἐξακολουθῇ νὰ κινῆται ἐντὸς τῆς αὔλακος εὐθυγράμμως καὶ ὁμαλῶς λόγῳ τῆς κεκτημένης ταχύτητος καὶ ἀρκεῖ, διὰ νὰ εὕρωμεν τὴν ταχύτητα μετὰ τῆς ὁποίας εἰσχωρεῖ ἐντὸς τῆς αὔλακος, νὰ μετρήσωμεν τὸ εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου διανυόμενον διάστημα, τὸ ὁποῖον παρέχει τὴν ταχύτητα.

Οὕτως ἐὰν ἀφήνωμεν τὴν σφαῖραν νὰ πίπτῃ ἐξ ἀποστάσεως 20 cm, 80 cm, 180 cm (σχ. 190 α, β, γ) 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 κατὰ τὸν ἀνωτέρω τρόπον τὰς ταχύτητας κινήσεως τῆς σφαίρας ἐπὶ τῆς ὁριζοντίας σανίδος, εὑρίσκομεν ὅτι αὗται εἶναι π.χ. 40, 80, 120 cm/sec ἢ 40×1, 40×2, 40×3. Ἤτοι αἱ ταχύτητες εἶναι ἀνάλογοι τῶν χρόνων.



Σχ. 192. Μηχανὴ Atwood.

***β) Μηχανὴ* Atwood.** Διὰ νὰ ἐπιβραδύνῃ τὴν κίνησιν τοῦ πίπτοντος σώματος χωρὶς νὰ ἀλλοιώσῃ τοὺς νόμους αὐτῆς, 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. 191), 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 πτῶσίν 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 2 M + m. Ἐφαρμόζοντες ὅθεν τὴν θεμελιώδη σχέσιν τῆς § 135, λαμβάνομεν:



Σχ. 191. Ἀρχὴ τῆς λειτουργίας μηχανῆς Atwood.

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

ἤτοι, ἡ ἐπιτάχυνσις γ εἶναι πολὺ μικροτέρα τῆς ἐπιταχύνσεως g. Ἐὰν π. χ. λάβωμεν M = 100 gr καὶ m = 5 gr, τότε θὰ εἶναι:

$$\gamma = \frac{5}{205} \cdot 981 = 24 \ \frac{\text{cm}}{\text{sec}^2}.$$

Λόγῳ τῆς μικρᾶς ἐπιταχύνσεως, τὸ σύστημα κινεῖται πολὺ βραδύτερον, χωρὶς

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τὸ εἶδος τῆς κινήσεως νὰ μεταβάλλεται καὶ οὕτω δυνάμεθα, τῇ βοηθείᾳ μετρικοῦ κανόνος καὶ χρονομέτρου, ὡς τὸ τοῦ Mälzel (βλ. σχ. 19), νὰ ἐπαληθεύσωμεν τὸν ***νόμον τῶν διαστημάτων.***

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 αὐτήν, 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. § 88) 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 στιγμήν, 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 ὀπήν, ἡ ὁποία ν' ἀφήνῃ μὲν τὸν κύλινδρον νὰ διέρχεται ἐλευθέρως, νὰ συγκρατῇ ὅμως τὸ πρόσθετον βάρος.

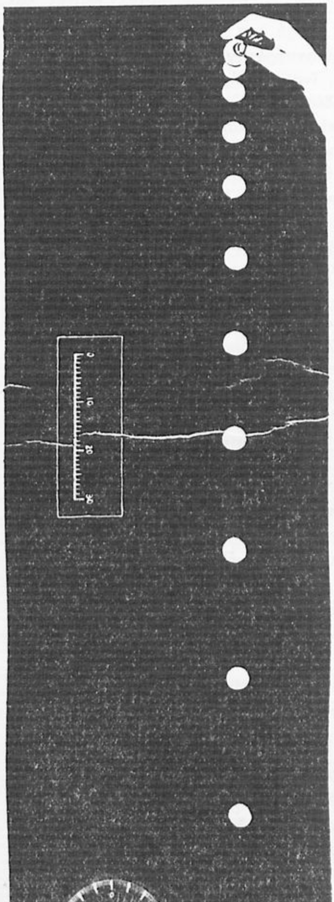
Οὕτως ὅταν ὁ δίσκος μὲ ὀπὴν εὑρίσκεται εἰς τὴν θέσιν 10 cm καὶ ὁ πλήρης δίσκος εἰς 30 cm, βλέπομεν ὅτι ὁ κύλινδρος, ἀφοῦ εἰς τὸ τέλος τοῦ πρώτου δευτερολέπτου φθάσῃ εἰς τὸν δίσκον μετ' ὀπῆς, ἀφήνει τὸ πρόσθετον βάρος καὶ φθάνει εἰς τὸν δεύτερον δίσκον μετὰ παρέλευσιν ἑνὸς ἀκόμη δευτερολέπτου, ἤτοι ἡ 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 $28 \cdot 9{,}81/2 = 137$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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. 193. Φωτογραφικὴ μέθοδος διὰ τὴν σπουδὴν τῆς κινήσεως σφαίρας πιπτούσης ἐλευθέρως.

142. Νεωτέρα πειραματικὴ μέθοδος ἀποδείξεως τῶν νόμων τῆς πτώσεως τῶν σωμάτων. Προκειμένου περὶ τῆς πειραματικῆς ἐπαληθεύσεως τῶν νόμων τῆς ἐλευθέρας πτώσεως τῶν σωμάτων, εἰς παλαιοτέραν ἐποχήν, ἐπειδὴ ἡ τεχνικὴ τῶν πειραματικῶν ἐρευνῶν δὲν ἦτο ἀρκετὰ προηγμένη, αἱ χρησιμοποιούμεναι πρὸς τὸν σκοπὸν τοῦτον μέθοδοι συνίσταντο κυρίως εἰς τὴν χρησιμοποίησιν διατάξεων, διὰ τῶν ὁποίων ἐπετυγχάνετο, ὥστε ἡ πτῶσις τῶν σωμάτων νὰ εἶναι βραδυτέρα· οὕτω δὲ ἐχρησιμοποιήθησαν διὰ τὴν πειραματικὴν ἔρευναν τῆς ἐλευθέρας πτώσεως τῶν σωμάτων εἴτε ἡ μηχανὴ τοῦ Atwood (σελ. 132) εἴτε τὸ κεκλιμένον ἐπίπεδον (σελ. 130).

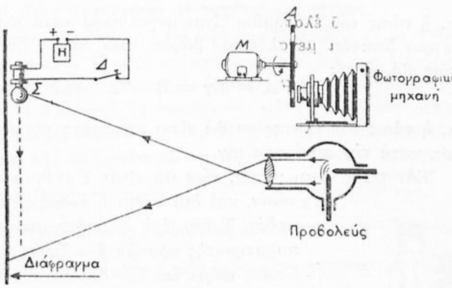
Μὲ τὴν πάροδον ὅμως τοῦ χρόνου ἐπενοήθησαν τελειότεραι διατάξεις, διὰ τῶν ὁποίων ἐπιτυγχάνεται ἡ ἄμεσος ἐπαλήθευσις τῶν νόμων τῆς πτώσεως τῶν σωμάτων, χωρὶς νὰ ἐπιβραδύνωμεν τὴν κίνησιν πτώσεως αὐτῶν. Ἡ εἰκὼν (σχ. 193) δεικνύει φωτογραφικὴν ἀποτύπωσιν τῶν θέσεων τοῦ πίπτοντος σώματος κατὰ τὰς διαδοχικὰς χρονικὰς μονάδας, ἡ ὁποία ἐπιτυγχάνεται διὰ τῆς φωτογραφικῆς διατάξεως τοῦ σχήματος 194. Ἡ διάταξις συνίσταται εἰς τὸν διαλείποντα φωτισμὸν τοῦ πίπτοντος σώματος κατ᾽ ἴσα χρονικὰ διαστήματα, ὅτε ἐπὶ τῆς φωτογραφικῆς πλακὸς ἀποτυποῦνται αἱ θέσεις τοῦ σώματος κατὰ τὰ διαδοχικὰ ἴσα χρονικὰ διαστήματα φωτισμοῦ, ἕκαστον τῶν ὁποίων λαμβάνεται ὡς μονὰς χρόνου.

Ἐκτὸς τῆς φωτογραφήσεως τῶν θέσεων τοῦ πίπτοντος σώματος, φωτογραφοῦνται ταυτοχρόνως ἡ θέσις τοῦ δείκτου ὡρολογιακοῦ μηχανισμοῦ, εἰς τὸν ὁποῖον ὁ δείκτης συνεχῶς κινούμενος ἐκτελεῖ εἰς 2 sec μίαν πλήρη περιστροφήν, αἱ δὲ ὑποδιαιρέσεις εἰς τὴν περιφέρειαν αὐτοῦ ἀντιστοιχοῦν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

εἰς 1/100 sec. Ἡ θέσις τοῦ δείκτου φωτογραφεῖται ταυτοχρόνως μετὰ τῆς θέσεως τοῦ σώματος εἰς ἑκάστην φωτεινὴν ἀναλαμπήν.

Ὁ φακὸς τῆς φωτογραφικῆς μηχανῆς παραμένει εἰς τὸν σκοτεινὸν θάλαμον καθ' ὅλην τὴν διάρκειαν τῆς πτώσεως ἀνοικτὸς καὶ ἐπὶ τῆς φωτογραφικῆς πλακὸς ἀποτυποῦται ἡ θέσις τοῦ πίπτοντος σώματος κατὰ τὰ διαδοχικὰ χρονικὰ διαστήματα αὐτοῦ, ἐνῷ ταυτοχρόνως ἀποτυποῦται ἐπὶ τῆς πλακὸς ἡ θέσις τοῦ δείκτου τοῦ ὡρολογιακοῦ μηχανισμοῦ κατὰ τὰς ἀντιστοίχους χρονικὰς στιγμάς. Ἐπὶ τῆς πλακὸς ἀποτυποῦται πρὸς τούτοις κλῖμαξ εἰς cm, διὰ τῶν ὁποίων μετροῦμεν τὰ διανυόμενα διαστήματα. Ἐκ τῆς φωτογραφικῆς αὐτῆς λήψεως δεικνύεται εὐκόλως, ὅτι τὰ διανυόμενα διαστήματα εἶναι ἀνάλογα τῶν τετραγώνων τῶν χρόνων, ὅτι ἡ ταχύτης εἶναι ἀνάλογος τοῦ χρόνου καὶ ἑπομένως ὅτι ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς πτώσεως εἶναι σταθερὰ καὶ κατὰ μέσον ὅρον ἴση πρὸς 980 cm/sec^2.



Σχ. 194. Πλήρης διάταξις διὰ τὴν λῆψιν τῆς φωτογραφίας τοῦ σχήματος 193.

Εἰς τὸ σχῆμα 194 δεικνύεται ἡ διάταξις διὰ τὴν λῆψιν τῆς φωτογραφίας. Ἀριστερὰ δεικνύεται συνδεσμολογία ἠλεκτρομαγνήτου μετὰ ἠλεκτρικῆς πηγῆς (Η) καὶ διακόπτου Δ. Κατὰ τὸ ἄνοιγμα τοῦ διακόπτου ἡ σφαῖρα πίπτει ἐλευθέρως, ἐνῷ δεξιὰ δεικνύεται ὁ προβολεὺς (τόξον ἄνθρακος), ἡ φωτογραφικὴ μηχανὴ καὶ τὸ διάφραγμα Α μετ' ὀπῶν, προσηρμοσμένον ἐπὶ τοῦ ἠλεκτρικοῦ κινητῆρος Μ.

143*. Ὑπολογισμὸς τῆς ὁλικῆς δυνάμεως, τῆς ἐπενεργούσης ἐπὶ σωμάτων εὑρισκομένων ἐν κινήσει. α) Ἔστω ὅτι σιδηροδρομικὸς συρμὸς εὑρίσκεται ἐν κινήσει, καὶ καλέσωμεν ὁλικὴν δύναμιν ($F_{ολ}$) τὴν πραγματικὴν ἐπὶ τοῦ συρμοῦ ἐπενεργοῦσαν δύναμιν. Ἐφ' ὅσον ὁ συρμὸς κινεῖται ὑπὸ σταθερὰν ταχύτητα, γνωρίζομεν, ὅτι ἡ ὁλικὴ δύναμις $F_{ολ}$, ἡ ὁποία εἶναι ἡ συνισταμένη τῆς κινητηρίου δυνάμεως F_1 καὶ τῆς τριβῆς F_2, αἱ δὲ δύο αὗται εἶναι ἴσαι καὶ ἀντίθετοι, θὰ εἶναι μηδέν, ἤτοι:

$$F_{ολ} = F_1 - F_2 = 0,$$

οὕτω δὲ ὁ συρμὸς δὲν ἔχει ἐπιτάχυνσιν. Ἐὰν ὅμως ὁ συρμὸς ἔχῃ ἐπιτάχυνσιν γ, ἡ κινητήριος δύναμις F_1 πρέπει νὰ ἔχῃ μεγαλυτέραν τιμὴν ἢ προηγουμένως καὶ τότε θὰ εἶναι:

$$F_{ολ} = F_1 - F_2 = m \cdot γ.$$

β) Ἔστω ἤδη, ὅτι παρατηρητὴς εὑρίσκεται ἐντὸς ἀνελκυστῆρος καὶ κρατεῖ εἰς τὰς χεῖρας του δυναμόμετρον ἀπὸ τοῦ ὁποίου εἶναι ἐξηρτημένον σῶμα μάζης m. Τὸ ἐλατήριον, ὡς γνωστόν, διατείνεται καὶ ὑφίσταται οὕτω τάσιν T, ἡ ὁποία εἶναι ἴση καὶ ἀντίθετος πρὸς τὸ βάρος $B = mg$ τοῦ σώματος. Ἐφ' ὅσον ὁ ἀνελκυστὴρ ἠρεμεῖ ἢ κινεῖται μὲ σταθερὰν ταχύτητα, ἡ ὁλικὴ δύναμις ἡ ἐπενεργοῦσα ἐπὶ τοῦ σώματος εἶναι μηδέν. Ἐὰν ὅμως ὁ ἀνελκυστὴρ ἀνέρχεται μὲ ἐπιτάχυνσιν γ, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἔνδειξις τοῦ δυναμομέτρου αὐξάνεται, τοῦτο δὲ ἐξηγεῖται ὡς ἑξῆς: Εἰς τὴν προκειμένην περίπτωσιν, ὑφίσταται ὁλικὴ δύ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ναμις, ἡ ὁποία παρέχεται ὑπὸ τῆς σχέσεως $F_{ολ} = -m\gamma$, τοῦ ἀρνητικοῦ σημείου ὀφειλομένου εἰς τὸ ὅτι ἡ ἐπιτάχυνσις γ εἶναι ἀντιθέτου διευθύνσεως ἢ ἡ ἐπιτάχυνσις g, τῆς ὁποίας τὴν διεύθυνσιν θεωροῦμεν ὡς θετικήν, καὶ ἡ ὁποία ἰσοῦται πρὸς τὴν διαφορὰν βάρους καὶ τάσεως, ἤτοι:

$$F_{ολ} = -m\gamma = B - T \quad \text{καὶ} \quad T = B + m \cdot \gamma$$

ἤτοι, ἡ τάσις τοῦ ἐλατηρίου εἶναι μεγαλυτέρα κατὰ τὸν ὅρον mγ, καὶ ἑπομένως τὸ δυναμόμετρον δεικνύει μεγαλύτερον βάρος. Ἐὰν ὅμως ὁ ἀνελκυστὴρ κατέρχεται ὑπὸ ἐπιτάχυνσιν γ, τότε θὰ εἶναι:

$$F_{ολ} = m\gamma = B - T \quad \text{καὶ} \quad T = B - m \cdot \gamma$$

ἤτοι, ἡ τάσις τοῦ ἐλατηρίου θὰ εἶναι μικροτέρα τῆς ἀντιστοιχούσης εἰς τὸ βάρος τοῦ σώματος, κατὰ τὴν ποσότητα mγ.

Ἐὰν τέλος εἶναι $\gamma = g$, τότε θὰ εἶναι $T = 0$, ἤτοι τὸ δυναμόμετρον δὲν θὰ ὑφίσταται τάσιν, καὶ διὰ τοῦτο ἡ ἔνδειξις αὐτοῦ θὰ εἶναι μηδέν. Τοῦτο ἐπὶ παραδείγματι συμβαίνει, ὅταν παρατηρητὴς κρατῶν ἕνα ζυγὸν δι᾿ ἐλατηρίου, ὁ ὁποῖος φέρει ἐπὶ τοῦ δίσκου αὐτοῦ σῶμα βάρους τινός, πηδήσῃ ἐξ ὕψους πρὸς τὸ ἔδαφος, ὅτε, καθ᾿ ὅλην τὴν διάρκειαν τῆς κινήσεώς του, ἡ ἔνδειξις τοῦ ζυγοῦ θὰ εἶναι μηδὲν (σχ. 195).

Σχ. 195. Ὅταν πίπτῃ ὁ ἄνθρωπος εἰς τὸν ἀέρα, τὸ βάρος τοῦ σώματος ἐκμηδενίζεται.

Παραδείγματα. 1) Ἔστω ὅτι ὁ ἀνελκυστὴρ (σχ. 196), ζυγίζει 8 τόννους καὶ εἶναι ἐξηρτημένος ἀπὸ συρματοσχοίνου. Ἐφ᾿ ὅσον ὁ ἀνελκυστὴρ μένει μετέωρος, τὸ βάρος αὐτοῦ B ἐξουδετεροῦται ὑπὸ τῆς τάσεως T τοῦ συρματοσχοίνου, καὶ ἡ ὁλικὴ δύναμις $F_{ολ} = B - T = 0$. Τὸ αὐτὸ ἰσχύει καὶ ὅταν ὁ ἀνελκυστὴρ κινῆται εὐθυγράμμως καὶ ὁμαλῶς.

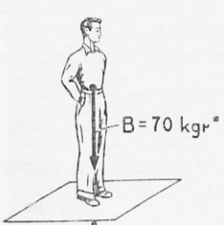
Σχ. 196. Ἡ ὁλικὴ συνισταμένη δύναμις εἶναι ἴση πρὸς B — T.

Ὑποθέσωμεν ἤδη, ὅτι ὁ ἀνελκυστὴρ ἀνέρχεται πρὸς τὰ ἄνω, μὲ ἐπιτάχυνσιν $\gamma = 1{,}2\ \text{m/sec}^2$. Ἐν τοιαύτῃ περιπτώσει, ἡ ὁλικὴ δύναμις δὲν εἶναι μηδέν, ἀλλὰ θὰ ἔχῃ ἀπόλυτον τιμὴν $F = m \cdot \gamma$. Ἐπειδὴ ὅμως ὁ ἀνελκυστὴρ ἔχει βάρος 8 000 kgr*, θὰ ἔχῃ μᾶζαν 8 000 kgr ἢ 800 Τ.Μ. μάζης καὶ ἑπομένως ἡ ἐπιταχύνουσα δύναμις, ἡ ὁποία συμπίπτει πρὸς τὴν ὁλικὴν δύναμιν, δὲν θὰ εἶναι μηδέν, ἀλλὰ ἴση πρὸς $F_{ολ} = 800 \cdot 1{,}2 = 960$ kgr*, ἑπομένως θὰ ἔχωμεν:

$F_{ολ} = -m\,\gamma = B - T$ καὶ ἀντικαθιστῶντες εὑρίσκομεν:

$$F_{ολ} = -960 = 8\,000 - T \quad \text{καὶ} \quad T = 8\,000 + 960 = 8\,960\ \text{kgr}^*$$

ἤτοι ἡ τάσις τοῦ συρματοσχοίνου ηὐξήθη κατὰ **960 kgr***.



Σχ. 197. Ἡ ὁλικὴ συνισταμένη δύναμις εἶναι ἴση πρὸς B — F.

2) Ἄνθρωπος ἔχει βάρος 70 kgr* καὶ εὑρίσκεται ἐντὸς ἀνελκυστῆρος, ὁ ὁποῖος ἀνέρχεται μὲ ἐπιτάχυνσιν 2,5 m/sec². Πόση εἶναι ἡ δύναμις, τὴν ὁποίαν ἀσκεῖ τὸ δάπεδον ἐπὶ τοῦ ἀνθρώπου (σχ. 197).

Ἐφ᾿ ὅσον ὁ ἀνελκυστὴρ ἀκινητεῖ ἢ ἀνέρχεται ἄνευ ἐπιταχύνσεως, ὁ ἄνθρωπος εὑρίσκεται ἐν ἰσορροπίᾳ καὶ τὸ δάπεδον ἀσκεῖ ἐπ᾿ αὐτοῦ δύναμιν ἴσην πρὸς 70 kgr* διευθυνομένην πρὸς τὰ ἄνω. Ὅπως ὁ ἄνθρωπος ἐπιταχυνθῇ πρὸς τὰ ἄνω ὑπὸ ἐπιτάχυνσιν $\gamma = 2{,}5\ \text{m/sec}^2$, ἀπαιτεῖται δύναμις $F = m \cdot \gamma$. Ἐὰν ληφθῇ $g = 10\ \text{m/sec}^2$, ἡ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

μᾶζα τοῦ ἀνθρώπου θὰ εἶναι $70/10 = 7$ Τ.Μ. μάζης, καὶ ἡ ἐπιταχύνουσα δύναμις, διευθυνομένη πρὸς τὰ ἄνω, θὰ εἶναι $F = 7 \cdot 2{,}5 = 17{,}5$ kgr*, καὶ ἡ ὁλικὴ δύναμις τὴν ὁποίαν θὰ ἐξασκῇ τὸ δάπεδον ἐπὶ τοῦ ἀνθρώπου θὰ εἶναι $17{,}5 + 70 = \mathbf{87{,}5}$ **kgr***.

3) ***Ἀνελκυστὴρ βάρους 2 000* kgr* *ἐξαρτᾶται ἀπὸ συρματοσχοίνου, τὸ ὁποῖον εἶναι ἐφωδιασμένον μὲ ἀντίβαρον 3 200* kgr*. *Πόση εἶναι ἡ βραχυτέρα ἀπόστασις, εἰς τὴν ὁποίαν θὰ σταματήσῃ ὁ ἀνελκυστήρ, ὅταν κατέρχεται μὲ ταχύτητα 2* m/sec.**

Ἡ μεγίστη δύναμις, ἡ ὁποία δύναται νὰ ἐπενεργῇ ἐπὶ τοῦ ἀνελκυστῆρος, εἶναι $3\,200 - 2\,000 = 1\,200$ kgr* διευθυνομένη πρὸς τὰ ἄνω. Ἡ μᾶζα τοῦ ἀνελκυστῆρος, διὰ $g = 10$ m/sec², εἶναι $m = 2\,000/10 = 200$ Τ.Μ. μάζης, ἡ δὲ ἐπιτάχυνσις τὴν ὁποίαν μεταδίδει εἰς αὐτὸν ἡ δύναμις 1 200 kgr* εἶναι $\gamma = 1\,200/200 = 6$ m/sec². Ἡ ἐπιτάχυνσις αὕτη ἔχει διεύθυνσιν πρὸς τὰ ἄνω, ὁ δὲ ἀνελκυστὴρ θὰ κινῆται μέχρις ὅτου ἡ ταχύτης αὐτοῦ 2 m/sec ἐκμηδενισθῇ.

Ἐὰν ὅθεν ἐφαρμόσωμεν τὸν τύπον τῆς ἐπιβραδυνομένης κινήσεως, $\upsilon = \upsilon_0 - \gamma t$, καὶ θέσωμεν $\upsilon = 0$, $\upsilon_0 = 2$ m/sec καὶ $\gamma = 6$ m/sec², εὑρίσκομεν : $t = \dfrac{\upsilon_0}{\gamma} = \dfrac{2}{6} = 0{,}33$ sec.

Εἰς τὸ χρονικὸν τοῦτο διάστημα, ὁ ἀνελκυστὴρ θὰ διανύσῃ διάστημα, ὑπολογιζόμενον ἐκ τοῦ τύπου $s = \upsilon_0 t - \dfrac{1}{2}\gamma t^2$ καί, ἐπὶ τῇ βάσει τῶν ἀριθμητικῶν δεδομένων, προκύπτει $\mathbf{s = 0{,}33}$ **m.**

4) ***Ἀπὸ τῆς μηχανῆς* Atwood *(σχ. 192) ἐξαρτῶνται δύο κύλινδροι, τῶν ὁποίων αἱ μᾶζαι εἶναι* $m_1 = 30$ gr *καὶ* $m_2 = 40$ gr. *Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἐπιτάχυνσις καὶ ἡ τάσις τοῦ νήματος.*** Θεωροῦμεν τὸ σύστημα τῶν δύο μαζῶν ὡς σύνολον καὶ δὲν λαμβάνομεν ὑπ' ὄψιν τὴν μᾶζαν τοῦ σχοινίου, οὕτω δὲ εὑρίσκομεν ὅτι ἡ συνολικὴ δύναμις ἡ ἐπενεργοῦσα ἐπὶ τοῦ συστήματος εἶναι $F = mg = (m_2 - m_1)\,g$. Ἐὰν δέ, χάριν ἁπλουστεύσεως, λάβωμεν $g = 1\,000$ cm/sec², προκύπτει : $F = (40 - 30)\,1\,000 = 10\,000$ Dyn.

Ἐπειδὴ ὅμως, ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς δυνάμεως F, ἀμφότεραι αἱ μᾶζαι τοῦ συστήματος πρέπει νὰ ἐπιταχύνωνται καὶ λαμβανομένου ὑπ' ὄψιν, ὅτι ἡ συνολικὴ μᾶζα εἶναι $m = m_1 + m_2 = 30 + 40 = 70$ gr, θὰ εἶναι :

$$\gamma = \frac{F}{m} = \frac{10\,000}{70} = \mathbf{143\ cm/sec^2}.$$

Πρὸς ὑπολογισμὸν τῆς τάσεως τοῦ νήματος, θεωροῦμεν κατ' ἰδίαν μίαν τῶν μαζῶν, τὴν m_2. Ἐπ' αὐτῆς ἐπενεργεῖ, ἀφ' ἑνὸς μὲν τὸ βάρος αὐτῆς $m_2 g$, διευθυνόμενον πρὸς τὰ κάτω καὶ ἀφ' ἑτέρου ἡ τάσις τοῦ νήματος, διευθυνομένη πρὸς τὰ ἄνω· ἑπομένως ἡ δύναμις, ἡ ὁποία προκαλεῖ κίνησιν πρὸς τὰ κάτω τῆς μάζης m_2 ὑπὸ ἐπιτάχυνσιν γ, εἶναι $m_2\,\gamma$ καὶ ἐκφράζεται ὑπὸ τῆς σχέσεως $m_2 g - T = m_2 \gamma$, ἐξ ἧς εὑρίσκομεν : $T = m_2\,(g - \gamma)$.

Ἑπομένως ἐπὶ τῇ βάσει τῶν δεδομένων, εὑρίσκομεν : $T = 40\,(1\,000 - 143) = \mathbf{34280}$ **Dyn.**

Ἐὰν ἐξετάσωμεν κατ' ἰδίαν τὴν ἑτέραν τῶν μαζῶν m_1, βλέπομεν ὅτι ἐπ' αὐτῆς ἐπενεργεῖ τὸ βάρος αὐτῆς mg, διευθυνόμενον πρὸς τὰ κάτω, καὶ ἡ τάσις τοῦ νήματος T διευθυνομένη πρὸς τὰ ἄνω· ὅθεν ἡ δύναμις ἡ προκαλοῦσα τὴν ἐπιτάχυνσιν αὐτῆς πρὸς τὰ ἄνω θὰ εἶναι ἡ $m_1\,\gamma$, ἑπομένως θὰ ἔχωμεν τὴν ἐξίσωσιν : $m_1 g - T = -\,m_1 \gamma$, ὅθεν :

$$T = m_1(g + \gamma) \qquad \text{ἢ} \qquad T = 30\ (1000 + 143) = \mathbf{34\,290\ Dyn}$$

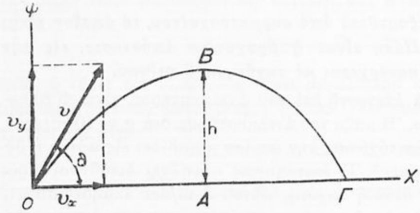
ἤτοι, εἰς ἀμφοτέρας τὰς περιπτώσεις εὑρίσκομεν τὴν αὐτὴν τιμὴν τάσεως. Ἡ μικρὰ διαφορὰ τιμῶν κατὰ 10 Dyn ὀφείλεται εἰς τὰς προσεγγίσεις ποὺ ἐδέχθημεν πρὸς ἁπλούστευσιν τῶν ὑπολογισμῶν.

144*. **Ἀναλυτικὴ σπουδὴ τῆς βολῆς ὑπὸ γωνίαν.** Τὸ πρόβλημα τῆς βολῆς, τόσον τῆς ὁριζοντίας ὅσον καὶ τῆς ὑπὸ γωνίαν, ἐσπουδάσαμεν διὰ γραφικῆς κατασκευῆς εἰς τὴν § 58, ἡ μέθοδος δὲ αὕτη παρέχει εἰς πρώτην προσέγγισιν ἱκανοποιητικὰ ἀποτελέσματα. Ἤδη θὰ ἐξετάσωμεν τὸ πρόβλημα τῆς βολῆς ὑπὸ γωνίαν δι' ἀναλυτικῆς μεθόδου.

Ἔστω ὅτι τὸ σῶμα βάλλεται ὑπὸ ἀρχικὴν ταχύτητα υ, σχηματίζουσαν γωνίαν θ ὡς

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

πρὸς τὸν ὁριζόντιον ἄξονα ΟΧ (σχ. 198). Ἡ τροχιὰ τοῦ βλήματος γνωρίζομεν ἐκ τῆς γραφικῆς κατασκευῆς, ὅτι εἶναι παραβολή. Πρὸς καθορισμὸν τοῦ μεγίστου ὕψους, εἰς τὸ ὁποῖον ἀνέρχεται τὸ βλῆμα, ἀναλύομεν τὴν ἀρχικὴν ταχύτητα υ εἰς δύο ὀρθογωνίους συνιστώσας κατὰ τὸν ἄξονα ΟΧ καὶ ΟΨ, τὰς ὁποίας ἀντιστοίχως παριστῶμεν διὰ $υ_x$ καὶ $υ_y$. Ἐκ τοῦ σχήματος εὑρίσκομεν εὐκόλως:



Σχ. 198. Διὰ τὴν ἀναλυτικὴν σπουδὴν τῆς βολῆς ὑπὸ γωνίαν.

$$υ_x = υ \cdot συν\,ϑ \qquad (1)$$

$$υ_y = υ \cdot ημ\,ϑ \qquad (2)$$

Ἡ κίνησις ὅμως τοῦ βλήματος δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς σύνθετος κίνησις, προερχομένη ἐκ τῆς ὁριζοντίας βολῆς τοῦ σώματος ὑπὸ τὴν ἀρχικὴν ταχύτητα $υ_x$, ἡ ὁποία παραμένει σταθερά, καὶ ἐκ τῆς κατακορύφου βολῆς πρὸς τὰ ἄνω ὑπὸ ἀρχικὴν ταχύτητα $υ_y$, ἡ ταχύτης δὲ ἀνόδου εἶναι μεταβλητὴ μετὰ τοῦ χρόνου, παρεχομένη ὑπὸ τοῦ τύπου $υ_y - gt$.

Συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς ἀνεξαρτησίας τῶν κινήσεων, τὸ μέγιστον ὕψος h, τὸ ὁποῖον ἀποκτᾷ τὸ βλῆμα, εἶναι ἴσον πρὸς τὸ μέγιστον ὕψος, τὸ ὁποῖον ἀποκτᾷ τὸ βλῆμα βαλλόμενον κατακορύφως πρὸς τὰ ἄνω ὑπὸ τὴν ταχύτητα $υ_y$, ἤτοι εἶναι:

$$h = \frac{υ_y^2}{2g} = \frac{υ^2\,ημ^2ϑ}{2g} \qquad (3)$$

Ἐπειδὴ ἐκ τῆς σπουδῆς τῆς κατακορύφου πρὸς τὰ ἄνω βολῆς γνωρίζομεν ὅτι, ὅσον χρόνον χρειάζεται τὸ κινητὸν διὰ ν' ἀποκτήσῃ τὸ μέγιστον ὕψος, ἴσον χρόνον χρειάζεται διὰ νὰ κατέλθῃ ἐκ τοῦ ὕψους τούτου εἰς τὴν ἀρχικήν του θέσιν καὶ θὰ ἔχῃ τὴν ἰδίαν ταχύτητα $υ_y$, τότε ἐὰν δεχθῶμεν, ὅτι τὸ σῶμα πίπτει ἐκ τοῦ μεγίστου ὕψους ἄνευ ἀρχικῆς ταχύτητος, θὰ εἶναι: $υ_y = gt$, καί:

$$t = \frac{υ_y}{g} = \frac{υ\,ημ\,ϑ}{g} \qquad (4)$$

Ἐπειδὴ δὲ ὁ χρόνος ἀνόδου εἶναι ἴσος πρὸς τὸν τῆς καθόδου, ἐὰν $T = 2t$ καλέσωμεν τὴν συνολικὴν διάρκειαν ἀνόδου καὶ καθόδου, θὰ ἔχωμεν, ἐπὶ τῇ βάσει τῆς ἐξισώσεως (4):

$$T = \frac{2\,υ\,ημ\,ϑ}{g} \qquad (5)$$

Πρὸς ὑπολογισμὸν τῆς ἀποστάσεως ΟΓ = R, ἡ ὁποία παριστᾷ τὸ βεληνεκές, δεχόμεθα ὅτι, συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς ἀνεξαρτησίας τῶν κινήσεων, ὅσον χρόνον χρειάζεται τὸ βλῆμα βαλλόμενον κατακορύφως νὰ ἀνέλθῃ καὶ νὰ κατέλθῃ, ἐπὶ τὸν αὐτὸν χρόνον θὰ κινῆται τὸ βλῆμα ὁριζοντίως ὑπὸ σταθερὰν ταχύτητα $υ_x$, ἑπομένως θὰ εἶναι:

$$R = υ_x \cdot T$$

Ἐὰν δὲ εἰς τὸν τύπον τοῦτον ἀντικαταστήσωμεν τὰς τιμὰς τῶν $υ_x$ καὶ T, λαμβανομένας ἐκ τῶν ἐξισώσεων (1) καὶ (5), εὑρίσκομεν:

$$R = \frac{2\,υ^2\,ημ\,ϑ\,συν\,ϑ}{g}$$

καὶ ἐὰν ληφθῇ ὑπ' ὄψιν ὅτι: $2\,ημ\,ϑ\,συν\,ϑ = ημ\,2\,ϑ$, προκύπτει:

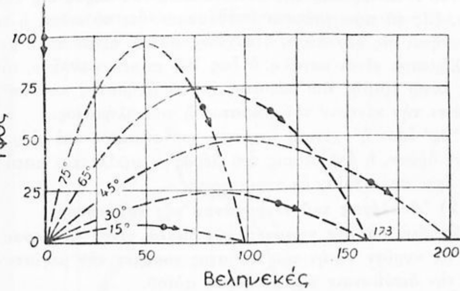
$$R = \frac{υ^2}{g}\,ημ\,2\,ϑ \qquad (6)$$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἐκ τοῦ τύπου τούτου παρατηροῦμεν, ὅτι τὸ βεληνεκὲς λαμβάνει τὴν μεγίστην τιμήν, ὅταν $2\vartheta = 90^0$ ἢ $\vartheta = 45^0$, ὡς τοῦτο δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 199. Ἐξ ἄλλου, ἐπειδή :

$$\eta\mu\, 2\left(\frac{\pi}{2} - \vartheta\right) = \eta\mu\,(\pi - 2\vartheta) = \eta\mu\, 2\vartheta$$

ἕπεται ὅτι, ἐὰν ἡ βολὴ γίνεται ὑπὸ δύο γωνίας, ϑ καὶ $\frac{\pi}{2} - \vartheta$, τῶν ὁποίων τὸ ἄθροισμα εἶναι 90^0, δηλ. 15^0 καὶ 75^0 ἢ 30^0 καὶ 60^0 κ.ο.κ., πραγματοποιεῖται τὸ αὐτὸ βεληνεκές, ὡς τοῦτο δεικνύεται ὑπὸ τοῦ σχήματος 199.



Σχ. 199. Τὸ αὐτὸ βεληνεκὲς ἐπιτυγχάνεται διὰ δύο γωνίας βολῆς, τῶν ὁποίων τὸ ἄθροισμα εἶναι 90^0.

Ἐφαρμογή. ***Σφαῖρα βάλλεται ὑπὸ ἀρχικὴν ταχύτητα 50 m/sec, ἡ ὁποία σχηματίζει γωνίαν 60⁰ πρὸς τὴν ὁριζοντίαν. Νὰ ὑπολογισθῇ: α) ὁ χρόνος κινήσεως τῆς σφαίρας, β) τὸ μέγιστον ὕψος, γ) τὸ βεληνεκὲς (g = 10 m/sec²).***

Ὁ χρόνος κινήσεως δίδεται ὑπὸ τοῦ τύπου (5) εἰς τὸν ὁποῖον, ἐὰν ἀντικαταστήσωμεν τὰ δεδομένα, εὑρίσκομεν :

$$T = \frac{2 \cdot 50 \cdot 0{,}866}{10} = \mathbf{8{,}66\ sec.}$$

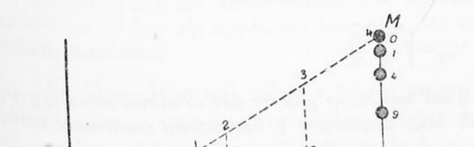
Τὸ μέγιστον ὕψος ὑπολογίζεται ἐκ τοῦ τύπου (3), ἐκ τοῦ ὁποίου εὑρίσκομεν :

$$h = \frac{(50)^2 \cdot (0{,}866)^2}{20} = \mathbf{93{,}75\ m.}$$

Τὸ βεληνεκὲς ὑπολογίζεται ἐκ τοῦ τύπου (6), ἐξ οὗ εὑρίσκομεν :

$$R = \frac{50^2 \cdot 0{,}866}{10} = \mathbf{216{,}5\ m.}$$

145*. Πρόβλημα πιθήκου καὶ κυνηγοῦ. Ὑποθέσωμεν, ὅτι κυνηγὸς παρατηρεῖ πίθηκον ἐπὶ δένδρου καὶ θέλει νὰ κτυπήσῃ αὐτόν. Πρὸς τοῦτο σκοπεύει μὲ τὸ ὅπλον του καί, καθ' ἣν στιγμὴν τὸ βλῆμα ἐκφεύγει ἀπὸ τὴν κάννην τοῦ ὅπλου, ὁ πίθηκος πίπτει κατακορύφως ἄνευ ἀρχικῆς ταχύτητος.



Σχ. 200. Τὸ βλῆμα συναντᾷ πάντοτε τὴν πίπτουσαν σφαῖραν.

Τὸ βλῆμα καὶ ὁ πίθηκος θὰ συναντηθοῦν εἰς τὸν ἀέρα, ἀνεξαρτήτως τῆς ταχύτητος τοῦ βλήματος.

Πράγματι, ἐὰν φαντασθῶμεν ὅτι δὲν ὑφίσταται ἡ βαρύτης, τὸ μὲν βλῆμα θ' ἀκολουθήσῃ τὴν εὐθύγραμμον τροχιάν, ἡ ὁποία δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 200, ἐνῷ ὁ πίθηκος θὰ παραμένῃ εἰς Μ. Ἐὰν ὅμως ὑποθέσωμεν, ὅτι ὑφίσταται καὶ ἡ βαρύτης, τότε τὸ μὲν βλῆμα θ' ἀκολουθῇ τροχιὰν ΑΒΓ, ὁ δὲ πίθηκος θὰ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἀκολουθῇ τὴν τροχιὰν ΜΓ. Ἐκ τούτου προκύπτει ὅτι, δι' ἕκαστον κλάσμα δευτερολέπτου, τὸ βλῆμα καὶ ὁ πίθηκος διανύουν κατακορύφως πρὸς τὰ κάτω ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς βαρύτητος πάντοτε τὸ αὐτὸ διάστημα, οὕτω δὲ τὸ βλῆμα συναντᾷ τὸν πίθηκον εἰς Γ. Ὅσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ ταχύτης τοῦ βλήματος, τόσον μικρότερος θὰ εἶναι ὁ χρόνος συναντήσεως καὶ τόσον μικροτέρα ἡ ἀπόστασις ΜΓ.

146*. Ἐπίδρασις τῆς ἀντιστάσεως τοῦ ἀέρος εἰς τὴν πτῶσιν τῶν σωμάτων καὶ τὴν βολήν. Εἰς τὰ προηγούμενα ὑπεθέσαμεν, ὅτι τὸ σῶμα ἢ τὸ βλῆμα κινεῖται ἐν τῷ κενῷ ἤ, ἐὰν κινῆται εἰς τὸν ἀέρα, ἡ ταχύτης αὐτοῦ εἶναι πολὺ μικρά. Ἐφ' ὅσον ὅμως ἡ ταχύτης τοῦ βλήματος εἶναι μεγάλη, 5 ἕως 100 m/sec καὶ ἄνω, τότε ὑπεισέρχεται ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀέρος λόγῳ τριβῆς τοῦ σώματος ἢ τοῦ βλήματος καὶ τοῦ ἀέρος, ἡ ἀντίστασις δὲ αὕτη ἐπιβραδύνει τὴν κίνησιν τοῦ σώματος ἢ τοῦ βλήματος.

Ἐφ' ὅσον ἡ σχετικὴ ταχύτης τοῦ σώματος καὶ ἀέρος εὑρίσκεται ἐντὸς τῶν ἄνω ἐκτεθέντων ὁρίων, ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀέρος μεταβάλλεται κατὰ τοὺς ἀκολούθους νόμους, ὅταν τὸ σῶμα ἔχει συμμετρίαν ἐκ περιστροφῆς:

1) ***Ἀναλόγως τοῦ τετραγώνου τῆς ταχύτητος.***

2) ***Διὰ σώματα γεωμετρικῶς ὅμοια, εἶναι ἀνάλογος τῆς κυρίας τομῆς τοῦ σώματος.***

Ὡς κυρίαν τομὴν τοῦ σώματος νοοῦμεν τὴν μεγίστην ἐγκαρσίαν τομὴν τοῦ σώματος κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς κινήσεως αὐτοῦ.

α) Ἐπίδρασις τῆς ἀντιστάσεως τοῦ ἀέρος ἐπὶ τῶν πιπτόντων σωμάτων. Ὅταν τὸ σῶμα πίπτῃ εἰς τὸν ἀέρα, ἐπενεργοῦν δύο δυνάμεις, τὸ βάρος του $B = m \cdot g$, τὸ ὁποῖον καθ' ὅλην τὴν διάρκειαν τῆς πτώσεως παραμένει σταθερόν, καὶ ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀέρος, ἀντιτιθεμένη εἰς τὸ βάρος τοῦ σώματος, ἡ ὁποία δὲν εἶναι σταθερά, ἀλλ' αὐξάνεται, ὡς εἴδομεν, ἀναλόγως τοῦ τετραγώνου τῆς ταχύτητος καὶ παρέχεται ἐκ τοῦ τύπου kSv^2, ὅπου S ἡ ἐπιφάνεια τῆς κυρίας τομῆς τοῦ σώματος καὶ k συντελεστής, ὁ ὁποῖος ἔχει τιμὴν σταθερὰν δι' ὅλα τὰ γεωμετρικῶς ὅμοια σχήματα.

Ἐκ τούτου συνάγεται ὅτι, ἐπειδὴ ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀέρος αὐξάνεται ἀναλόγως τοῦ τετραγώνου τῆς ταχύτητος, τὸ δὲ βάρος τοῦ σώματος παραμένει σταθερόν, δι' ὡρισμένην ταχύτητα $v_{o\varrho}$, τὴν ὁποίαν καλοῦμεν ***ὁρικὴν ταχύτητα***, ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀέρος ἐξουδετερώνει τὸ βάρος τοῦ σώματος, ἤτοι:

$$m \cdot g = k \cdot S \cdot v_{o\varrho}^2 \qquad (1)$$

Ἀπὸ τῆς στιγμῆς ταύτης παύει ὑφισταμένη ἡ κινητήριος δύναμις καὶ τὸ σῶμα θὰ ἐξακολουθῇ κινούμενον ὑπὸ σταθερὰν ταχύτητα, τὴν ὁρικήν.

Ἐκ τοῦ τύπου (1) ὑπολογίζεται εὐκόλως ἡ ὁρικὴ ταχύτης:

$$v_{o\varrho} = \sqrt{\frac{m \cdot g}{k \cdot S}} \qquad (2)$$

Ὁ τύπος (2) δύναται νὰ γραφῇ καὶ ὑπὸ ἄλλην μορφήν, ἐὰν τὸ πίπτον σῶμα ἔχῃ τὴν μορφὴν σφαίρας καὶ ἀποτελεῖται ἐξ ὕλης πυκνότητος ϱ, ὅτε εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην θὰ εἶναι:

$$S = \pi r^2 \quad \text{καὶ} \quad m = V \cdot \varrho = \frac{4}{3}\pi r^3 \cdot \varrho$$

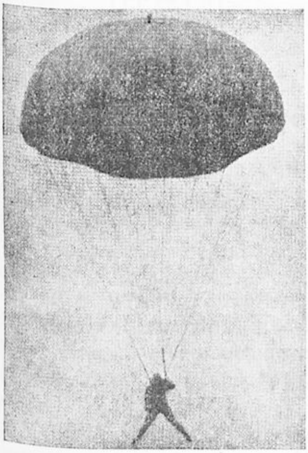
Ἐὰν δὲ τὰς ἄνω τιμὰς τῶν S καὶ r θέσωμεν εἰς τὴν σχέσιν (2), εὑρίσκομεν εὐκόλως:

$$v_{o\varrho} = \sqrt{\frac{4\, g r \cdot \varrho}{3k}}$$

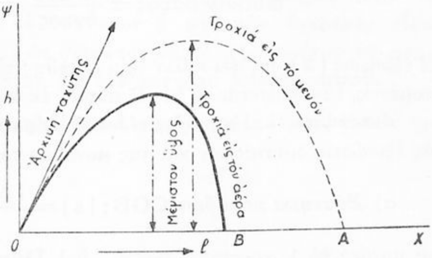
Ἐπὶ τῆς ὁρικῆς ταχύτητος, τὴν ὁποίαν ἀποκτοῦν τὰ σώματα πίπτοντα εἰς τὸν ἀέρα, στηρίζεται ἡ λειτουργία τῶν ἀλεξιπτώτων (σχ. 201).

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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. Ὁ 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.



Σχ. 201. Ἀλεξιπτωτιστὴς κατερχόμενος.



Σχ. 202. Ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀέρος ἐλαττώνει τὸ μέγιστον ὕψος καὶ τὸ βεληνεκές.

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 ἐξεδετεροῦται ὑπὸ τῆς ἀντιστάσεως τοῦ ἀέρος εἰς μεγαλύτερον χρονικὸν διάστημα ἢ εἰς τὰς σταγόνας τῆς λεπτῆς βροχῆς.

β) **Ἐπίδρασις τῆς ἀντιστάσεως τοῦ ἀέρος ἐπὶ τῆς κινήσεως τῶν βλημάτων.** Μεγίστην ἐπίδρασιν ἔχει ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀέρος καὶ ἐπὶ τῆς κινήσεως τῶν βλημάτων τοῦ πυροβόλου καὶ τῶν βομβῶν ἀεροπλάνου, ἡ ὁποία ἐπιβραδύνει τὴν κίνησιν αὐτῶν (σχ. 202). Ὅσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ ταχύτης τοῦ βλήματος, τόσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ ἀντίστασις ποὺ συναντᾷ εἰς τὸν ἀέρα καὶ τόσον περισσότερον ἀπέχει ἡ τροχιὰ ἀπὸ τῆς παραβολικῆς μορφῆς.

Εἰς τὴν πρᾶξιν, κατ' ἀρχὰς ὑπολογίζομεν τὴν θεωρητικὴν τροχιὰν τοῦ βλήματος, μὴ λαμβάνοντες ὑπ' ὄψιν τὴν τριβήν, καὶ ἀκολούθως, ἐὰν ὑπάρχῃ ἀνάγκη, ἐπιφέρομεν τὰς ἀπαιτουμένας διορθώσεις.

147. Πυκνότης καὶ εἰδικὸν βάρος σώματος. ***α) Πυκνότης.*** Ὡς εἴδομεν (§ 25), ἡ π υ κ ν ό τ η ς ὁμογενοῦς σώματος ὁρίζεται ὡς τὸ πηλίκον τῆς μάζης m τοῦ σώματος διὰ τοῦ ὄγκου V αὐτοῦ ἢ ἄλλως, ὡς ἡ μᾶζα ἡ περιεχομένη εἰς τὴν μονάδα τοῦ ὄγκου τοῦ σώματος. Οὕτω εἶναι:

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

Ἡ ἐξίσωσις αὕτη συνδέει τρία μεγέθη: πυκνότητα, μᾶζαν καὶ ὄγκον· ἑπομένως, ὅταν δίδωνται δύο ἐξ αὐτῶν, ἐκ τῆς ἐξισώσεως ὑπολογίζεται τὸ τρίτον.

Διαστάσεις καὶ μονάδες πυκνότητος. Ἐκ τῆς ἐξισώσεως (1) δυνάμεθα νὰ εὕρωμεν τὰς ἐξισώσεις διαστάσεων καὶ τὰς μονάδας τῆς πυκνότητος.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

α) ***Σύστημα μονάδων* CGS**: $[\varrho] = [ML^{-3}]$ καὶ μονάς: τὸ **1 gr/cm³**.

β) ***Τεχνικὸν σύστημα* (Τ.Σ.)**: $[\varrho] = \dfrac{[FL^{-1}T^2]}{[L^3]} = [FL^{-4}T^2]$

καὶ μονάς: τὸ $1\ kgr^* \cdot m^{-4} \cdot sec^2$.

β) Εἰδικὸν βάρος. Καλοῦμεν εἰδικὸν βάρος σώματος ὁμογενοῦς τὸ πηλίκον τοῦ βάρους B σώματος διὰ τοῦ ὄγκου V αὐτοῦ, ἢ ἄλλως, τὸ βάρος τὸ ἀντιστοιχοῦν εἰς τὴν μονάδα ὄγκου τοῦ σώματος. Οὕτως εἶναι:

$$\text{εἰδικὸν βάρος} = \frac{\text{βάρος}}{\text{ὄγκος}} \qquad \text{ἤτοι:} \qquad \varepsilon = \frac{B}{V} \tag{2}$$

Ἡ ἐξίσωσις (2) συνδέει πάλιν τρία μεγέθη: τὸ βάρος, τὸν ὄγκον καὶ τὸ εἰδ. βάρος· ἑπομένως, ἐὰν δίδωνται τὰ δύο ἐξ αὐτῶν, ἐκ τῆς ἐξισώσεως ὑπολογίζεται τὸ τρίτον.

Διαστάσεις καὶ μονάδες εἰδικοῦ βάρους. Ἐκ τῆς ἐξισώσεως (2) εὑρίσκομεν τὰς ἐξισώσεις διαστάσεων καὶ τὰς μονάδας τοῦ εἰδικοῦ βάρους:

α) ***Σύστημα μονάδων* CGS**: $[\varepsilon] = \dfrac{[MLT^{-2}]}{[L^3]} = [ML^{-2}T^{-2}]$

καὶ μονάς: τὸ $1\ gr \cdot cm^{-2} \cdot sec^{-2}$ ἢ **1 Dyn/cm³**.

β) ***Τεχνικὸν σύστημα* (Τ.Σ.)**: $[\varepsilon] = [FL^{-3}]$ καὶ μονάς: τὸ **1 kgr*/m³**. Ἐν τῇ πράξει γίνεται πολλάκις χρῆσις καὶ τῆς μονάδος **1 gr*/cm³**.

Ἡ ἐξίσωσις (2) δύναται νὰ λάβῃ καὶ ἄλλην μορφήν, ἐὰν ληφθῇ ὑπ' ὄψιν, ὅτι $B = mg$, ὅπου m ἡ μᾶζα τοῦ σώματος. Πράγματι, εἶναι $\varepsilon = m \cdot g/V$, ἐξ ἧς, λαμβανομένου ὑπ' ὄψιν ὅτι $m/V = \varrho$, προκύπτει:

$$\boxed{\varepsilon = \varrho \cdot g} \tag{3}$$

ἤτοι: ***τὸ εἰδικὸν βάρος σώματος ἰσοῦται πρὸς τὴν πυκνότητα αὐτοῦ ἐπὶ τὴν ἐπιτάχυνσιν τῆς βαρύτητος.***

Παρατήρησις. Ὡς ἐπὶ τὸ πολύ, εἰς τὸ Τ.Σ. ἀντὶ τῆς μάζης m χρησιμοποιεῖται τὸ πηλίκον B/g, ὅπου B τὸ βάρος τοῦ σώματος καὶ g ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς βαρύτητος, κατ' ἀνάλογον δὲ τρόπον, ἀντὶ τῆς πυκνότητος χρησιμοποιεῖται τὸ εἰδικὸν βάρος, διαιρεθὲν διὰ τοῦ g. Ἐφ' ὅσον τὸ εἰδικὸν βάρος ἐκφράζεται εἰς gr*/cm³ καὶ ἡ πυκνότης εἰς gr/cm³, αἱ ἀριθμητικαὶ τιμαὶ τῶν δύο τούτων μεγεθῶν συμπίπτουν. Οὕτως ἡ πυκνότης τοῦ ἀργιλίου εἶναι 2,7 gr/cm³, ἀλλὰ καὶ τὸ εἰδικὸν βάρος αὐτοῦ ἐκφράζεται διὰ τοῦ αὐτοῦ ἀριθμοῦ, ἤτοι εἶναι 2,7 gr*/cm³. Τοῦτο εἶναι ἄμεσος συνέπεια τῆς σχέσεως (3), ἐὰν ληφθῇ ὑπ' ὄψιν, ὅτι 1 gr* = 981 Dyn. Διὰ τὸν λόγον τοῦτον, ἐσφαλμένως ὅμως, γίνεται πολλάκις ἀδιακρίτως χρῆσις τῶν ὅρων *πυκνότης* καὶ *εἰδικὸν βάρος,* ἐφ' ὅσον οὗτοι ὑποδηλοῦν μεγέθη ἐντελῶς διαφόρου φύσεως.

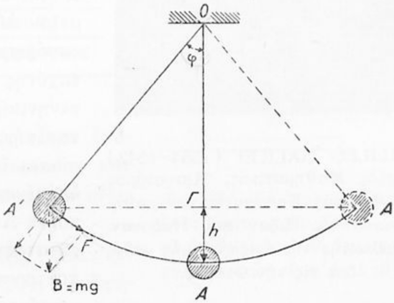
Εἰς τὰ ἀνωτέρω δέον νὰ προστεθῇ ὅτι, ὅταν ἡ πυκνότης ἐκφράζεται εἰς gr/cm³ καὶ τὸ εἰδικὸν βάρος εἰς gr*/cm³, ἀμφότερα τὰ μεγέθη δὲν εἶναι ἐκπεφρασμένα εἰς τὸ αὐτὸ σύστημα μονάδων, διότι ἡ πυκνότης ἐκφράζεται εἰς τὸ CGS, ἐνῷ τὸ εἰδικὸν βάρος ἐκφράζεται εἰς θεμελιώδεις μονάδας εἰς οὐδὲν ἐκ τῶν δύο συστημάτων ἀνηκούσας.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΕΚΚΡΕΜΕΣ

148. 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.***

149. Σπουδὴ τῆς κινήσεως τοῦ ἁπλοῦ ἐκκρεμοῦς. Ἔστω ὑλικὸν σημεῖον σφαιρικοῦ σώματος μάζης m, ἐξηρτημένον διὰ νήματος ἀπὸ τοῦ σημείου O (σχ. 203), ἐνῷ B παριστᾷ τὸ βάρος αὐτοῦ. Τὸ ὑλικὸν σημεῖον ἰσορροπεῖ μόνον κατὰ τὴν κατακόρυφον, διότι τότε τὸ βάρος ἐξουδετεροῦται ὑπὸ ἴσης δυνάμεως ἐξασκουμένης ἐπὶ τοῦ ὑλικοῦ σημείου ἀπὸ τὸ σημεῖον ἐξαρτήσεως μέσῳ τοῦ νήματος. Ἐὰν ὅμως ἐκτοπίσωμεν τὸ ἐκκρεμὲς καὶ φέρωμεν τοῦτο εἰς τὴν θέσιν A′, ὥστε νὰ ὑποστῇ τοῦτο τὴν κατακόρυφον ἀνύψωσιν



Σχ. 203. Κίνησις αἰωρήσεων ἐκκρεμοῦς.

AΓ, εἰς τὴν νέαν θέσιν τὸ ἐκκρεμὲς δὲν ἰσορροπεῖ. Πράγματι, τὸ βάρος αὐτοῦ $B = mg$ δύναται νὰ ἀναλυθῇ εἰς δύο συνιστώσας, μίαν κατὰ τὴν προέκτασιν τοῦ νήματος OA′, 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 A′OA τότε, ὡς ἐκ τοῦ σχήματος φαίνεται, εἶναι $F = mg \cdot \text{ημ}\,\varphi$, ἤτοι ἡ κινητήριος συνιστῶσα τοῦ ἐκκρεμοῦς, ἐφ' ὅσον τοῦτο κατέρχεται ἐκ τοῦ A′ πρὸς A διαγράφον τὸ τόξον A′A, βαίνει ἐλαττουμένη καὶ μηδενίζεται, ὅταν τὸ ἐκκρεμὲς φθάσῃ εἰς τὴν ἀρχικὴν θέσιν OA τῆς ἰσορροπίας του. Μολονότι ὅμως ἡ κινητήριος συνιστῶσα εἰς τὴν θέσιν OA μηδενίζεται, τὸ ἐκκρεμὲς δὲν ἰσορροπεῖ, ἀλλ' ἐξακολουθεῖ κινούμενον ἕνεκα τοῦ ἀκολούθου λόγου: Ὅταν τὸ ἐκκρεμὲς φέρεται ἐκ τῆς θέσεως OA εἰς τὴν OA′, ὑφίσταται τὴν κατακόρυφον ἀνύψωσιν AΓ, 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

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

κάτω, ἐπιταχύνεται καὶ ἀποκτᾷ κινητικὴν ἐνέργειαν. Κατὰ τὴν διαδρομὴν ὅθεν 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 κινητικὴν καὶ εἰς τὴν θέσιν ταύτην τὸ ὑλικὸν σημεῖον ἔχει τὴν μεγίστην ταχύτητα. 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 καί, 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.

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

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.

150. Νόμοι κινήσεως τοῦ ἁπλοῦ ἐκκρεμοῦς. Ἡ μετάβασις τοῦ ἐκκρεμοῦς (σχ. 203) 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***

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἁπλοῦ ἐκκρεμοῦς, ἡ δὲ γωνία Α΄ΟΑ″ καλεῖται ***πλάτος*** τῆς αἰωρήσεως. Πολλάκις ὡς πλάτος τῆς αἰωρήσεως λαμβάνεται τὸ ἥμισυ τῆς ἀνωτέρω γωνίας καί, 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:

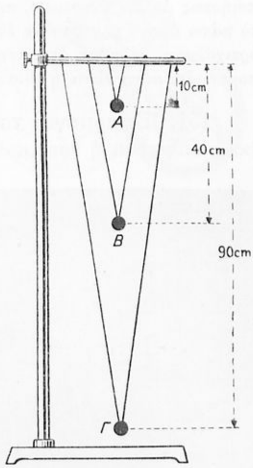
$$\boxed{T = 2\,\pi\sqrt{\frac{l}{g}}}$$

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***· ἢ κατ᾿ ἄλλην διατύπωσιν, ***ἡ περίοδος τῆς κινήσεως δὲν ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ πλάτους τῶν αἰωρήσεων.***



Σχ. 204. Τὰ μήκη τοῦ ἐκκρεμοῦς ἔχουν πρὸς ἄλληλα ὡς οἱ ἀριθμοὶ 1 : 4 : 9, ὅτε αἱ περίοδοι αὐτῶν εἶναι ὡς 1 : 2 : 3.

῾Ο νόμος οὗτος ἀποδεικνύεται ὡς ἑξῆς: ᾿Εὰν ἐκτοπίσωμεν ἓν ἐκκρεμές, ὡς εἰς τὸ σχῆμα 204, καὶ ἀφήσωμεν αὐτὸ ἐλεύθερον, δυνάμεθα μετροῦντες διὰ χρονομέτρου τὴν διάρκειαν π. χ. 50 αἰωρήσεων, νὰ προσδιορίσωμεν τὴν περίοδον τοῦ ἐκκρεμοῦς. ᾿Εκ 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. ῾Η ἀνωτέρω ἰδιότης τοῦ ἐκκρεμοῦς χρησιμοποιεῖται πρακτικῶς εἰς τὴν κατασκευὴν ὡρολογίων πρὸς μέτρησιν τοῦ χρόνου.

2. ***῾Η περίοδος τῆς κινήσεως εἶναι ἀνάλογος τῆς τετραγωνικῆς ρίζης τοῦ μήκους τοῦ ἐκκρεμοῦς.***

῾Ο νόμος οὗτος ἐπαληθεύεται διὰ χρησιμοποιήσεως διαφόρων πρακτικῶς ἁπλῶν ἐκκρεμῶν διαφόρου μήκους (σχ. 204). 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 τρεῖς πλήρεις αἰωρήσεις.

᾿Εκ 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

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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.

151. 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 σελ. 145, τὸν παρέχοντα τὴν ἐξίσωσιν τῆς κινήσεως ἐκκρεμοῦς, ἐπιλύσωμεν ὡς πρὸς g, λαμβάνομεν:

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

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, λύοντες αὐτὸν ὡς πρὸς l, δυνάμεθα νὰ ὑπολογίσωμεν τὸ μῆκος τοῦ ἔχοντος περίοδον 2 sec ἐκκρεμοῦς, τὸ ὁποῖον διὰ τόπον, ὅπου ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς βαρύτητος εἶναι 981 cm/sec², ἰσοῦται περίπου πρὸς 99,4 cm. Τοιοῦτον ἐκκρεμὲς καλεῖται ***ἐκκρεμὲς δευτερολέπτων***, διότι ἡ ἁπλῆ αἰώρησις αὐτοῦ ἔχει διάρκειαν 1 sec.

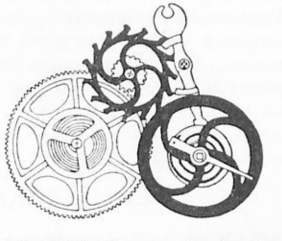
Εἰς τὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς δεχόμεθα, ὅτι τὸ ἐκκρεμὲς δευτερολέπτων εἰς τὰ μέσα πλάτη ἔχει μῆκος περίπου 1 m. Εἶναι φανερόν, ὅτι τὸ ἐκκρεμὲς δευτερολέπτων ἔχει διάφορον μῆκος εἰς τὸν ἰσημερινὸν ἢ εἰς τοὺς πόλους τῆς Γῆς, λόγῳ μεταβολῆς τῆς ἐπιταχύνσεως τῆς βαρύτητος.

152. Ὡρολογιακὸν ἐκκρεμές. Εἰς τὸ σύνθετον ἐκκρεμές, 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 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 στιγμή, κατὰ τὴν ὁποίαν τὸ ἐκκρεμὲς ἠρεμεῖ, ὅτε ὅλη ἡ ἀρχικῶς ἀποταμιευθεῖσα εἰς αὐτὸ ἐνέργεια κατηναλώθη ὑπὸ τῆς τριβῆς· διὰ νὰ τεθῇ δὲ πάλιν τὸ ἐκκρεμὲς εἰς κίνησιν πρέπει νὰ ἐκτοπίσωμεν ἐκ νέου αὐτὸ ἀπὸ τὴν θέσιν ἰσορροπίας διὰ καταναλώσεως ἔξωθεν ἰσοπόσου ἐρ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

γου. 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.

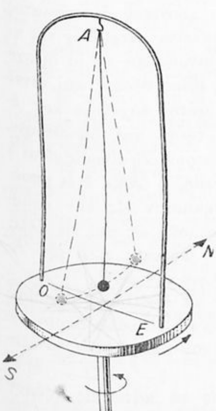
Εἰς παλαιοτέραν ἐποχήν, διὰ τὴν διατήρησιν τῆς κινήσεως τοῦ ἐκκρεμοῦς ἐπὶ ὡρισμένον χρονικὸν διάστημα, ἐχρησιμοποιεῖτο ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια σώματος συνδεδεμένου καταλλήλως πρὸς τὸν ὡρολογιακὸν μηχανισμὸν διὰ σχοινίου, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 115.



Σχ. 205. Μηχανισμὸς ὡρολογίου τσέπης.

Σήμερον χρησιμοποιεῖται κατὰ κανόνα ἐλατήριον (σχ. 205), τὸ ὁποῖον διὰ καταναλώσεως ἔξωθεν ἔργου (κούρδισμα ὡρολογίου) ἀποκτᾷ δυναμικὴν ἐνέργειαν, τὴν ὁποίαν ἀκολούθως μεταδίδει μέσῳ τοῦ ὡρολογιακοῦ μηχανισμοῦ ρυθμικῶς καὶ οὕτω διατηρεῖ τὴν κίνησιν αὐτοῦ. Οὕτω εἰς τὸ σχ. 205 τὸ ἓν ἄκρον τοῦ ἑλικοειδοῦς ἐλατηρίου εἶναι στερεωμένον ἐπὶ τοῦ αἰωρητοῦ (δεξιά), ὅστις οὕτω ἐκτελεῖ ταλαντώσεις. Ἡ πρὸς τοῦτο ἀπαιτουμένη ἐνέργεια παρέχεται ὑπὸ ἰσχυροῦ ἐλατηρίου (ἀριστερὰ) διὰ μέσου ὀδοντωτῶν τροχῶν, τοῦ τροχοῦ διαφυγῆς (μέσον ἄνω) καὶ τῆς ἀγκύρας (δεξιὰ ἄνω).

153*. Ἐκκρεμὲς Foucault. Ἡ διάταξις αὕτη ἐχρησιμοποιήθη τὸ πρῶτον ὑπὸ τοῦ **Foucault** πρὸς ἀπόδειξιν τῆς περιστροφῆς τῆς Γῆς. Ἡ ἀπόδειξις αὕτη στηρίζεται ἐπὶ τῆς ἰδιότητος, τὴν ὁποίαν ἔχει τὸ ἐκκρεμὲς νὰ διατηρῇ ἀμετάβλητον τὸ ἐπίπεδον τῆς αἰωρήσεως αὐτοῦ. Πράγματι, ἡ δύναμις ἡ προκαλοῦσα τὴν κίνησιν τοῦ ἐκκρεμοῦς ἐπενεργεῖ ἐν τῷ κατακορύφῳ ἐπιπέδῳ, ἐντὸς τοῦ ὁποίου αἰωρεῖται τὸ ἐκκρεμές, ὅπερ, ὡς ἐκ τούτου, διατηρεῖ τὸ ἐπίπεδον αἰωρήσεως αὐτοῦ ἀμετάβλητον καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν ἀκόμη, καθ' ἣν ἐπὶ τοῦ νήματος ἐξαρτήσεως ἐπενεργεῖ δύναμις τείνουσα νὰ προκαλέσῃ στρέψιν τοῦ νήματος· διότι αὕτη ὡς μόνον ἀποτέλεσμα ἔχει νὰ περιστρέψῃ τὸ νῆμα καὶ τὸ ἐξ αὐτοῦ ἐξηρτημένον σῶμα περὶ ἑαυτό. Τὴν ὡς ἄνω διατήρησιν τοῦ ἐπιπέδου αἰωρήσεως τοῦ ἐκκρεμοῦς δυνάμεθα νὰ δείξωμεν διὰ τῆς εἰς τὸ σχῆμα 206 εἰκονιζομένης διατάξεως. Αὕτη ἀποτελεῖται ἐκ μεταλλικοῦ πλαισίου ΟΑΕ διατασσομένου κατακορύφως καὶ δυναμένου νὰ τίθεται εἰς περιστροφικὴν κίνησιν περὶ κατακόρυφον ἄξονα τῇ βοηθείᾳ καταλλήλου περιστροφικῆς μηχανῆς. Ἀπὸ τοῦ σημείου Α ἐξαρτᾶται διὰ νήματος μικρὰ σφαῖρα, ἡ ὁποία ἀποτελεῖ ἐκκρεμές. Ἐὰν θέσωμεν εἰς κίνησιν τὸ ἐκκρεμὲς οὕτως, ὥστε τοῦτο νὰ ἐκτελῇ αἰωρήσεις, καὶ περιστρέψωμεν κατόπιν τὸ πλαίσιον περὶ κατακόρυφον ἄξονα, παρατηροῦμεν, ὅτι τὸ ἐκκρεμὲς διατηρεῖ τὸ ἀρχικὸν ἐπίπεδον αἰωρήσεως αὐτοῦ.



Σχ. 206. Πειραματικὴ διάταξις διὰ τὸ ἐκκρεμὲς Foucault.

Ἡ ὡς ἄνω περίπτωσις τῆς διατηρήσεως τοῦ ἐπιπέδου αἰωρήσεως τοῦ ἐκκρεμοῦς πραγματοποιεῖται ἀπολύτως ἐπὶ τῶν πόλων τῆς Γῆς καὶ διὰ παρατηρητὴν εὑρισκόμενον ἔξω τῆς Γῆς. Διὰ παρατηρητὴν ὅμως, ὁ ὁποῖος συμμετέχει τῆς κινήσεως τῆς Γῆς, τὸ ἐπίπεδον αἰωρήσεως τοῦ ἐκκρεμοῦς φαίνεται στρεφόμενον κατὰ φορὰν ἀντίθετον τῆς περιστροφῆς τῆς Γῆς καὶ ἐντὸς μιᾶς ἀστρικῆς ἡμέρας ἐκτελεῖ μίαν πλήρη περιστροφήν. Ἐὰν δὲ δεχθῶμεν, ὅτι τὸ ἐπίπεδον αἰωρήσεως τοῦ ἐκκρεμοῦς ἐντὸς 24 ὡρῶν στρέφεται κατὰ 360^0, ἕπεται ὅτι ἐντὸς μιᾶς ὥρας θὰ περιστρέφεται κατὰ γωνίαν 15^0. Εἰς ἄλλας περιοχὰς τοῦ Βορείου ἡμισφαιρίου, τὸ ἐπίπεδον αἰωρήσεως τοῦ ἐκκρεμοῦς φαίνεται, διὰ παρατηρητὴν ἐπὶ τῆς Γῆς εὑρισκόμενον, ὅτι στρέφεται,

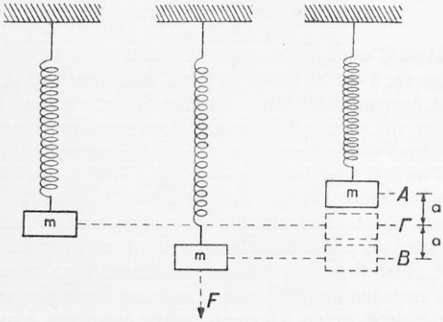
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἀλλ' ἡ ὡριαία γωνία περιστροφῆς εἶναι μικροτέρα τῶν 15^0, εἰς τόπον δὲ γεωγραφικοῦ πλάτους φ ἡ ὡριαία γωνία περιστροφῆς $\psi = 15$ ημ φ.

Ὁ **Foucault** ἀπέδειξε τὴν περιστροφὴν τῆς Γῆς περὶ τὸν ἄξονά της δι' ἐκκρεμοῦς ἀποτελουμένου ἐκ σύρματος μήκους 79 m, ἐξηρτημένου ἀπὸ τῆς ὀροφῆς τοῦ Πανθέου τῶν Παρισίων καὶ ἀπολήγοντος εἰς σφαῖραν ἐκ χαλκοῦ βάρους 25 kgr*. Εἰς τὸ κάτω μέρος τῆς σφαίρας ἦτο προσηρμοσμένη μικρὰ ἀκίς, ἡ ὁποία κατὰ τὴν αἰώρησιν τοῦ ἐκκρεμοῦς ἐχάρασσεν ἐπὶ ἐπιπέδου στρώματος ἄμμου, εὑρισκομένου ἀμέσως κάτωθεν τῆς ἀκίδος, τὸ ἴχνος τοῦ ἐπιπέδου αἰωρήσεως. Ἐκ τῆς μεταβολῆς τῆς θέσεως τοῦ ἴχνους τοῦ ἐπιπέδου αἰωρήσεως τοῦ ἐκκρεμοῦς ἐπὶ τοῦ ἀμμώδους στρώματος ἀπέδειξεν ὁ **Foucault** τὴν περὶ ἄξονα περιστροφὴν τῆς Γῆς.

ΑΠΛΗ ΑΡΜΟΝΙΚΗ ΚΙΝΗΣΙΣ

154*. Μέχρι τοῦδε ἐσπουδάσαμεν τὰς ἀκολούθους κινήσεις: τὴν εὐθύγραμμον καὶ ὁμαλήν, τὴν εὐθύγραμμον ὁμαλῶς μεταβαλλομένην καὶ τὴν κυκλικήν. Ἐκ τῶν τριῶν τούτων κινήσεων μόνον ἡ εὐθύγραμμος καὶ ὁμαλὴ κίνησις δὲν ἔχει ἐπιτάχυνσιν, ἐνῷ αἱ δύο ἄλλαι ἔχουν ἐπιτάχυνσιν. Ἐκτὸς τῶν κινήσεων τούτων ἐξητάσαμεν καὶ τὴν κίνησιν τῶν βλημάτων, ἡ ὁποία εἶναι σύνθετος κίνησις, ἀποτελουμένη ἐκ δύο κινήσεων, μιᾶς εὐθυγράμμου καὶ ὁμαλῆς καὶ ἑτέρας εὐθυγράμμου ὁμαλῶς μεταβαλλομένης, τῶν ὁποίων ὅμως αἱ διευθύνσεις σχηματίζουν ὡρισμένην γωνίαν μεταξύ των.



Σχ. 207. Ἡ μᾶζα m ἐκτελεῖ ἁρμονικὴν κίνησιν περὶ τὴν μέσην θέσιν ἰσορροπίας. $ΑΓ = ΓΒ = α$ εἶναι τὸ πλάτος τῆς κινήσεως.

Ἐκ τῶν κινήσεων τούτων ἡ κυκλικὴ ἰσοταχὴς ἀποτελεῖ ***περιοδικὴν*** κίνησιν, διότι μετὰ πάροδον τοῦ αὐτοῦ πάντοτε χρονικοῦ διαστήματος, τὸ ὁποῖον καλεῖται ***περίοδος*** τῆς κινήσεως, τὸ κινούμενον σῶμα διέρχεται διὰ τῆς ἰδίας θέσεως καὶ κινεῖται μὲ τὴν αὐτὴν ταχύτητα κατ' ἀριθμητικὴν τιμὴν καὶ διεύθυνσιν.

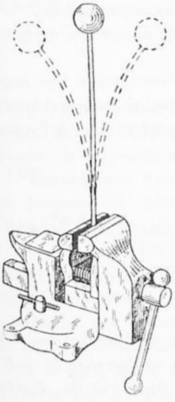
Ἑτέρα περιοδικὴ κίνησις εἶναι ἡ ***ἁπλῆ ἁρμονική***, ἡ ὁποία ἔχει σπουδαιοτάτην σημασίαν εἰς τὴν σπουδὴν τοῦ ἐκκρεμοῦς, ὡς καὶ εἰς ἄλλα κεφάλαια τῆς Φυσικῆς, π. χ. τὴν Ἀκουστικήν, Ὀπτικὴν κ.ο.κ.

Πρὸς κατανόησιν τῆς ἁπλῆς ἁρμονικῆς κινήσεως ἐξετάζομεν τὰ ἀκόλουθα παραδείγματα: Ἀπὸ ἀκλονήτου σημείου ἐξαρτῶμεν ἐλατήριον (σχ. 207), ἐνῷ εἰς τὸ κάτω ἄκρον αὐτοῦ ἐξαρτῶμεν σῶμα ὡρισμένης μάζης m. Τὸ σῶμα διατείνει, λόγῳ τοῦ βάρους του, τὸ ἐλατήριον ὀλίγον καὶ τέλος ἰσορροπεῖ.

Ἐὰν ἤδη σύρωμεν διὰ τῆς χειρὸς τὸ ἐξηρτημένον σῶμα πρὸς τὰ κάτω, εἰς τρόπον ὥστε τὸ ἐλατήριον νὰ διαταθῇ ὀλίγον, τὸ δὲ σῶμα λάβῃ τὴν θέσιν Β, καὶ ἀφήσωμεν ἀκολούθως τὸ σῶμα ἐλεύθερον, παρατηροῦμεν, ὅτι τοῦτο δὲν ἰσορροπεῖ, ἀλλὰ ταλαντεύεται περὶ τὴν μέσην θέσιν ἰσορροπίας καὶ μεταξὺ τῶν ἄκρων θέσεων Β καὶ Α. Ἡ τοιαύτη κίνησις τοῦ σώματος, ἡ ὁποία διαρκεῖ ἐπ' ἄπειρον, ἐφ' ὅσον δὲν ὑφίστανται ἀπώλειαι, καλεῖται ***ἁπλῆ ἁρμονικὴ κίνησις***. Ἡ ἀπόστασις $ΓΒ = ΓΑ = α$ καλεῖται ***πλάτος*** τῆς κινήσεως, ὁ δὲ χρόνος διὰ τὴν μετάβασιν ἀπὸ Γ εἰς Β, ἀπὸ Β εἰς Γ, ἀπὸ Γ εἰς Α καὶ τέλος ἀπὸ Α εἰς Γ καλεῖται ***περίοδος*** τῆς κινήσεως. Μετὰ πάροδον χρονικοῦ διαστήματος ἴσου πρὸς τὴν περίοδον (T) τὸ κινούμενον σῶμα διέρχεται διὰ τῶν ἰδίων θέσεων καὶ κινεῖται μὲ τὴν αὐτὴν ταχύτητα κατ' ἀριθμητικὴν τιμὴν καὶ διεύθυνσιν.

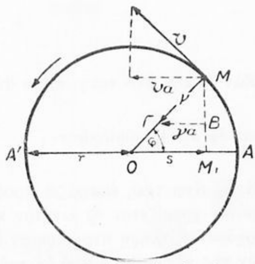
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ὁμοίως, ἐὰν εἰς τὸ ἓν ἄκρον χαλυβδίνου στελέχους (σχ. 208) ἐξαρτήσωμεν μικρὰν σφαῖραν, στερεώσωμεν δὲ μονίμως τὸ ἕτερον ἄκρον τοῦ στελέχους, εἰς τρόπον ὥστε τοῦτο νὰ διατίθεται κατακορύφως, ἐκτοπίσωμεν δὲ ὀλίγον διὰ τῆς χειρὸς τὴν σφαῖραν πρὸς τὰ πλάγια καὶ ἀφήσωμεν αὐτὴν ἀκολούθως ἐλευθέραν, τότε ἡ κίνησις τῆς σφαίρας εἶναι, εἰς πρώτην προσέγγισιν, ἁπλῆ ἁρμονική, διότι ὅταν τὸ τόξον, τὸ ὁποῖον διαγράφει τὸ κέντρον τῆς σφαίρας, εἶναι πολὺ μικρόν, δύναται τοῦτο νὰ ταυτισθῇ ἄνευ αἰσθητοῦ σφάλματος πρὸς τὴν χορδήν του.



Σχ. 208. Ἡ μικρὰ σφαῖρα ἐκτελεῖ ἁρμονικὴν κίνησιν.

155*. Θεωρητικὴ ἔρευνα τῆς ἁπλῆς ἁρμονικῆς κινήσεως. Ἔστω ὅτι σῶμα ἀνηγμένον εἰς ὑλικὸν σημεῖον κινεῖται ἰσοταχῶς ἐπὶ περιφερείας κύκλου ἀκτῖνος r ὑπὸ ταχύτητα, ἡ ὁποία διευθύνεται πάντοτε κατὰ τὴν ἐφαπτομένην τῆς τροχιᾶς, ἐνῷ ἡ ἀριθμητική της τιμὴ υ παραμένει σταθερὰ (σχ. 209).



Σχ. 209. Διὰ τὴν ἀναλυτικὴν σπουδὴν τῆς ἁρμονικῆς κινήσεως.

Ὡς ἀρχὴν τοῦ χρόνου θεωροῦμεν τὴν στιγμὴν καθ' ἣν τὸ κινητὸν εὑρίσκεται εἰς Α, ὅτε μετὰ παρέλευσιν χρονικοῦ διαστήματος t τὸ κινητὸν θὰ εὑρίσκεται εἰς Μ, κινούμενον κατὰ τὴν φορὰν τοῦ βέλους. Ἐκ τοῦ σχήματος προκύπτει εὐκόλως ὅτι, καθ' ὃν χρόνον τὸ κινητὸν κινεῖται διαγράφον τὴν περιφέρειαν τοῦ κύκλου, ἡ προβολὴ αὐτοῦ M_1 ἐπὶ τῆς διαμέτρου ΑΑ′ κινεῖται παλινδρομικῶς ἐπ' αὐτῆς περὶ τὸ σημεῖον Ο, τὸ ὁποῖον καλεῖται ***κέντρον*** τῆς κινήσεως τοῦ M_1. Ἡ ὡς ἄνω κίνησις τῆς προβολῆς M_1 τοῦ Μ ἐπὶ τῆς διαμέτρου ΑΑ′ ἀποτελεῖ ***ἁρμονικὴν κίνησιν.***

Ἡ ταχύτης τοῦ M_1 ἐπὶ τῆς διαμέτρου ΑΑ′ συμπίπτει πρὸς συνιστῶσαν $υ_α$ τῆς ταχύτητος υ κατὰ τὴν παράλληλον πρὸς τὴν διάμετρον ΑΑ′. Ἐπειδὴ $υ_α$ εἶναι μεταβλητὴ μετὰ τοῦ χρόνου, ἕπεται ὅτι ἡ ἁπλῆ ἁρμονικὴ κίνησις εἶναι μεταβαλλομένη.

Ἡ ἐπιτάχυνσις γ τῆς κυκλικῆς ἰσοταχοῦς κινήσεως γνωρίζομεν, ὅτι εἶναι κεντρομόλος, διευθύνεται δηλαδὴ πάντοτε ἐκ τῆς περιφερείας πρὸς τὸ κέντρον, ἐνῷ ἡ ἐπιτάχυνσις $γ_α$ τῆς ἁρμονικῆς κινήσεως συμπίπτει πρὸς τὴν συνιστῶσαν τῆς ἐπιταχύνσεως γ κατὰ τὴν παράλληλον πρὸς τὴν διάμετρον ΑΑ′.

Ἐὰν δὲ τὴν ἑκάστοτε ἀπόστασιν OM_1 τοῦ σημείου M_1 ἀπὸ τοῦ κέντρου Ο τῆς κινήσεως καλέσωμεν ***ἀπόκλισιν*** τοῦ κινητοῦ καὶ παραστήσωμεν αὐτὴν διὰ s, τότε, ὡς εὐκόλως δεικνύεται ἐκ τῶν ὁμοίων τριγώνων OM_1M καὶ ΓΒΜ, θὰ εἶναι:

$$\frac{ΓΒ}{ΓΜ} = \frac{OM_1}{OM} \text{ ἢ } \frac{γ_α}{γ} = \frac{s}{r} \text{ καὶ } γ_α = \frac{γ}{r}\cdot s. \text{ Εἶναι ὅμως (βλ. σελ. 44) } γ = \frac{υ^2}{r} \text{ ὅτε } γ_α = \frac{υ^2}{r^2}\cdot s$$

Καὶ ἐπειδὴ $υ^2/r^2$ ἀποτελεῖ σταθερὰν ποσότητα, δυνάμεθα νὰ γράψωμεν, ἐὰν θέσωμεν $\frac{υ^2}{r^2} = k$, ὅπου k σταθερὰ ποσότης, ὅτε:

$$γ_α = \mathbf{ks} \qquad (1)$$

Ἐπειδὴ ὅμως ἡ ἀπόκλισις μετρεῖται κατὰ τὴν διεύθυνσιν ἐξ Ο πρὸς Μ ὡς θετική, ἡ δ' ἐπιτάχυνσις $γ_α$ διευθύνεται κατ' ἀντίθετον διεύθυνσιν, ἐὰν s παριστᾷ τὸ ἄνυσμα τῆς ἀποκλίσεως καὶ $γ_α$ τὸ ἄνυσμα τῆς ἐπιταχύνσεως, θὰ εἶναι:

$$γ_α = -\mathbf{ks} \qquad (2)$$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Αἱ σχέσεις (1) καὶ (2) ἐκφράζουν τὴν ἀκόλουθον πρότασιν: ***Ἡ ἐπιτάχυνσις εἰς τὴν ἁπλῆν ἁρμονικὴν κίνησιν ἔχει ἀριθμητικὴν τιμήν, ἡ ὁποία εἶναι ἀνάλογος τῆς ἀριθμητικῆς τιμῆς τῆς ἀποκλίσεως καὶ ἔχει πάντοτε ἀντίθετον διεύθυνσιν πρὸς αὐτήν.***

Ὁ κύκλος διαμέτρου ΑΑ' καλεῖται συνήθως *κύκλος ἀναφορᾶς* τῆς ἁρμονικῆς κινήσεως.

156*. Περίοδος καὶ συχνότης ἁρμονικῆς κινήσεως. Ἐὰν διὰ Τ καλέσωμεν τὴν περίοδον τῆς κυκλικῆς κινήσεως, τότε, ἐπειδὴ εἰς τὸ χρονικὸν τοῦτο διάστημα τὸ κινητὸν διανύει ὑπὸ σταθερὰν ταχύτητα διάστημα, τὸ ὁποῖον ἰσοῦται πρὸς πλήρη περιφέρειαν, θὰ ἔχωμεν:

$$\upsilon \cdot T = 2\pi r \quad \text{καὶ} \quad \upsilon = \frac{2\pi r}{T} \qquad (3)$$

Ἐὰν δὲ τὴν ἄνω τιμὴν τοῦ υ θέσωμεν εἰς τὴν ἐξίσωσιν $k = \frac{\upsilon^2}{r^2}$ εὑρίσκομεν: $k = \frac{4\pi^2}{T^2}$ (4)

καὶ ἐξ αὐτῆς εὑρίσκομεν:

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{k}} = 2\pi \frac{r}{\upsilon} \qquad (5)$$

Ἡ ὡς ἄνω τιμὴ ἐκφράζει προδήλως καὶ τὴν περίοδον τῆς ἁρμονικῆς κινήσεως, διότι ὅσον χρόνον χρειάζεται τὸ κινητὸν κινούμενον ἐπὶ τῆς περιφερείας κύκλου νὰ διανύσῃ ἐκ τοῦ Α ἀρχόμενον πλήρη περιφέρειαν διὰ νὰ ἐπανέλθῃ εἰς τὴν ἀρχικήν του θέσιν, τὸ M_1 ἀρχόμενον τῆς κινήσεως αὐτοῦ ἐκ τοῦ Α χρειάζεται τὸν αὐτὸν χρόνον διὰ νὰ μεταβῇ ἐκ τοῦ Α εἰς Α' καὶ νὰ ἐπιστρέψῃ ἐκ νέου εἰς Α.

Ἐξ ἄλλου, ἐὰν λάβωμεν ὑπ' ὄψιν τὰς σχέσεις: $\frac{\gamma_\alpha}{\gamma} = \frac{s}{r}$ καὶ $\gamma = \frac{\upsilon^2}{r}$. (6)

εὑρίσκομεν ἑτέραν ἔκφρασιν διὰ τὴν περίοδον, ἤτοι: $T = 2\pi\sqrt{\frac{s}{\gamma_\alpha}}$.

Ἡ συχνότης ν καὶ ἡ περίοδος Τ συνδέονται διὰ τῆς γνωστῆς σχέσεως: $\nu = \frac{1}{T}$

157*. Ὑπολογισμὸς τῆς δυνάμεως. Ἡ δύναμις, ἡ ὁποία ἐπενεργεῖ ἐπὶ τοῦ σώματος τοῦ ἐκτελοῦντος τὴν ἁρμονικὴν κίνησιν, ἐὰν m παριστᾷ τὴν μᾶζαν τοῦ σώματος, παριστᾶται ὑπὸ τῆς σχέσεως:

$$F = m\,k\,s$$

Ἐφαρμογή. Ἡ περίοδος τῆς κινήσεως τοῦ σώματος μάζης m τοῦ ἐξηρτημένου ἀπὸ ἐλατηρίου (σχ. 207) ὑπολογίζεται ἐπὶ τῇ βάσει τῆς σχέσεως:

$$T = 2\pi/\sqrt{k} \qquad (1)$$

Ἐπειδὴ προκειμένου περὶ τοῦ ἐλατηρίου εἶναι, ὡς εἴδομεν, $F = c \cdot s$, ὅπου c ἡ σταθερὰ τοῦ ἐλατηρίου, ἤτοι ἡ δύναμις ἡ προκαλοῦσα ἐπιμήκυνσιν αὐτοῦ κατὰ 1 cm, ἕπεται ὅτι θὰ εἶναι:

$$F = c\,s = m\,k\,s$$

Ἐκ τῆς σχέσεως ταύτης προκύπτει $k = c/m$ καὶ δι' ἀντικαταστάσεως τῆς τιμῆς τοῦ k εἰς τὸν τύπον (1) εὑρίσκομεν:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{c}}$$

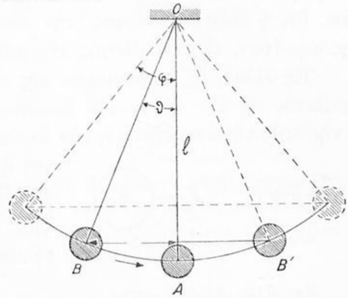
158*. Εὕρεσις τοῦ τύπου τοῦ ἐκκρεμοῦς. Θεωρήσωμεν τὴν χρονικὴν στιγμήν, καθ' ἣν τὸ σῶμα τοῦ ἐκκρεμοῦς εὑρίσκεται εἰς τὴν θέσιν Β (σχ. 210), ὅπου ἡ ΟΒ σχηματίζει μετὰ τῆς κατακορύφου ΟΑ τὴν γωνίαν θ. Ἡ κινητήριος δύναμις, ἡ ὁποία ἐξαναγκάζει τὴν σφαῖραν νὰ κινῆται, εἶναι $F = mg \cdot \eta\mu\,\vartheta$. Ἐὰν ὅμως ἡ γωνία θ εἶναι πολὺ μικρὰ ($1^0 - 2^0$),

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τότε δυνάμεθα νὰ θέσωμεν ἄνευ αἰσθητοῦ σφάλματος: $\eta\mu\,\vartheta = \vartheta$, ὅτε θὰ εἶναι $F = mg \cdot \vartheta$. Ἐξ ἄλλου, τὸ τόξον $AB = s$ ἀποτελεῖ τόξον κύκλου ἀκτῖνος $OA = l$, ἑπομένως θὰ εἶναι $s = l \cdot \vartheta$ καὶ $\vartheta = s/l$· ὅτε προκύπτει:

$$F = mg\,\frac{s}{l} \quad \text{καὶ} \quad \gamma = \frac{F}{m} = \frac{g}{l} \cdot s$$

ὅπου γ ἡ ἐπιτάχυνσις τοῦ B, ἐὰν δὲ τὴν σταθερὰν ποσότητα g/l καλέσωμεν k, εὑρίσκομεν $\gamma = ks$. Ἐκ τοῦ τύπου τούτου συνάγομεν, ὅτι ἡ ἐπιτάχυνσις τοῦ B εἶναι ἀνάλογος τῆς ἑκάστοτε ἀποστάσεως αὐτοῦ ἀπὸ τοῦ A.

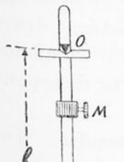


Σχ. 210. Διὰ τὴν εὕρεσιν τοῦ τύπου τοῦ ἁπλοῦ ἐκκρεμοῦς.

Ἐπειδὴ ὅμως ἡ γωνία ϑ εἶναι πολὺ μικρά, εἶναι δυνατὸν νὰ ταυτίσωμεν ἄνευ αἰσθητοῦ σφάλματος τὸ τόξον BAB′ πρὸς τὴν χορδὴν αὐτοῦ BB′, ὅτε τὸ B δεχόμεθα, ὅτι κινεῖται παλινδρομικῶς ἐπὶ τῆς BB′ περὶ τὴν μέσην θέσιν ἰσορροπίας A καὶ ἑπομένως τὸ τόξον $AB = s$ θὰ παριστᾷ τὴν ἑκάστοτε ἀπόκλισιν τοῦ κινητοῦ. Ἐὰν δὲ λογίσωμεν τὴν ἀπόκλισιν $AB = s$ ἐκ τοῦ A πρὸς B ὡς θετικὴν καὶ παραστήσωμεν αὐτὴν ὡς ἄνυσμα, τότε ἡ ἐπιτάχυνσις γ θεωρουμένη ὡς ἄνυσμα θὰ ἔχῃ πάντοτε τὴν ἀντίθετον διεύθυνσιν ἀπὸ τὴν ἀπόκλισιν, ἤτοι θὰ ἰσχύῃ ἡ ἀνυσματικὴ σχέσις:

$$\boldsymbol{\gamma} = -k \cdot \boldsymbol{s}$$

Ἐκ τῆς σχέσεως ταύτης συνάγομεν, συμφώνως πρὸς τὰ ἐκτιθέμενα εἰς τὴν § 155, ὅτι ἡ κίνησις τοῦ B κατὰ μῆκος τῆς BB′ εἶναι ἁπλῆ ἁρμονικὴ κίνησις.



Σχ. 211. Ἐκκρεμὲς Kater.

Ἡ περίοδος τῆς κινήσεως παρέχεται ἀπὸ τὴν σχέσιν $T = 2\pi/\sqrt{k}$, ἐὰν δὲ λάβωμεν ὑπ' ὄψιν ὅτι $k = g/l$ εὑρίσκομεν:

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\dfrac{g}{l}}} \qquad \text{ἢ} \qquad T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

159*. Σύνθετον ἐκκρεμές. Ὅλα τὰ ἐκκρεμῆ, τὰ ὁποῖα χρησιμοποιοῦνται εἰς τὰς πρακτικὰς ἐφαρμογάς, ἀποτελοῦν σύνθετα ἐκκρεμῆ, ἡ θεωρία δὲ τοῦ συνθέτου ἐκκρεμοῦς **ἀνάγεται** εἰς τὴν ἀνεύρεσιν τοῦ μήκους ἁπλοῦ ἐκκρεμοῦς, τὸ ὁποῖον νὰ εἶναι ἰσόχρονον πρὸς τὸ σύνθετον ἐκκρεμές· ἡ ἀνάπτυξις ὅμως τῆς θεωρίας ταύτης ἐκφεύγει τῶν ὁρίων τοῦ βιβλίου τούτου. Ἀρκούμεθα ὡς ἐκ τούτου ἁπλῶς νὰ περιγράψωμεν ***τὸ ἀναστρέψιμον ἐκκρεμὲς τοῦ* Kater,** τὸ ὁποῖον εἶναι λίαν διαδεδομένον εἰς τὰς ἐπιστημονικὰς μετρήσεις διὰ τὸν καθορισμὸν τῆς ἐπιταχύνσεως τῆς βαρύτητος καὶ τῶν μεταβολῶν αὐτῆς.

160*. Ἀναστρέψιμον ἐκκρεμὲς Kater. Τοῦτο πραγματοποιεῖται ὡς ἑξῆς: Ἐπὶ κατακορύφου μεταλλικοῦ στελέχους προσαρμόζονται εἰς δύο σημεῖα αὐτοῦ δύο ἀκμαὶ O,O′ (σχ. 211), ἀπὸ τῶν ὁποίων δυνάμεθα νὰ ἐξαρτῶμεν τὸ ἐκκρεμές. Εἰς τὸ κατώτερον ἄκρον τοῦ ἐκκρεμοῦς τοποθετοῦμεν φακοειδὲς σῶμα μεταλλικόν, ἐνῷ μεταξὺ τῶν δύο ἀκμῶν τοποθετοῦμεν δύο μεταλλικὰς μάζας δυναμένας νὰ ὀλισθαίνουν κατὰ μῆκος τοῦ στελέχους καὶ νὰ στερεοῦνται εἰς διαφόρους θέσεις αὐτοῦ.

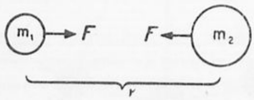
Διὰ πειραματισμοῦ καθορίζομεν τὴν θέσιν τῶν μεταθετῶν μαζῶν κατὰ τρόπον ὥστε, εἴτε ἐξαρτῶμεν τὸ ἐκκρεμὲς ἀπὸ τοῦ ἄξονος O εἴτε ἀναστρέφομεν αὐτὸ καὶ ἐξαρτῶμεν ἀπὸ τοῦ ἄξονος O′, ἡ περίοδος τῆς κινήσεώς του νὰ παραμένῃ ἀμετάβλητος. Ὅταν ἐπιτύχωμεν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τοῦτο, ἡ ἀπόστασις τῶν Ο Ο' = l τῶν δύο ἀξόνων, ὡς δεικνύεται ἐκ τῆς θεωρίας, παρέχει τὸ μῆκος τοῦ ἁπλοῦ ἐκκρεμοῦς τοῦ ἰσοχρόνου πρὸς τὸ σύνθετον. Δι' εἰσαγωγῆς τῆς τιμῆς τοῦ l εἰς τὸν τύπον τοῦ ἐκκρεμοῦς καὶ μετρήσεως τῆς περιόδου Τ εὑρίσκομεν τὴν τιμὴν τοῦ g.

161*. Παγκόσμιος ἕλξις. Νόμος τοῦ Νεύτωνος. Κατὰ τὴν σπουδὴν τῆς βαρύτητος εἴδομεν, ὅτι ἡ Γῆ ἕλκει πάντα τὰ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας της σώματα καὶ ὅτι ἡ ἐπιτάχυνσις, τὴν ὁποίαν ταῦτα ὑφίστανται κατὰ τὴν πτῶσιν των, εἶναι ἡ αὐτὴ διὰ πάντα ἀνεξαιρέτως τὰ σώματα· ἐκ τῆς παρατηρήσεως δὲ ταύτης προκύπτει, ὅτι ἡ ἑλκτικὴ δύναμις, τὴν ὁποίαν ἀσκεῖ ἡ Γῆ ἐπὶ τῶν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας της σωμάτων, εἶναι ἀνάλογος τῆς μάζης αὐτῶν.

Ἐξ ἄλλου, ἐξ ὑπολογισμοῦ τῆς κεντρομόλου ἐπιταχύνσεως τῆς Σελήνης, ἥτις ὀφείλεται εἰς τὴν ἕλξιν, τὴν ὁποίαν ἀσκεῖ ἐπ' αὐτῆς ἡ Γῆ, καὶ διὰ συγκρίσεως αὐτῆς πρὸς τὴν ἐπιτάχυνσιν, τὴν ὁποίαν μεταδίδει ἡ Γῆ εἰς τὰ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας της ἢ τὰ πλησίον πρὸς αὐτὴν εὑρισκόμενα σώματα, εὑρέθη, ὅτι ἡ ἕλξις τῆς Γῆς εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος τοῦ τετραγώνου τῆς ἀποστάσεως τῶν σωμάτων ἀπὸ τοῦ κέντρου αὐτῆς.



Σχ. 212. Αἱ δύο μᾶζαι ἕλκονται ἀμοιβαίως, μὲ δύναμιν F τῆς αὐτῆς ἐντάσεως.

Ἡ ἕλξις τῶν σωμάτων δὲν ὑφίσταται μόνον εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην. Ἡ Γῆ ἕλκει ἐπίσης ὅλα τὰ οὐράνια σώματα καὶ ἕλκεται ὑπ' αὐτῶν. Ἡ ἕλξις τοῦ Ἡλίου ἐπὶ τῆς Γῆς εἶναι ἡ κεντρομόλος δύναμις ἡ ἀναγκάζουσα τὴν Γῆν νὰ διαγράφῃ τὴν περὶ τὸν Ἥλιον τροχιάν της, ὡς ἐπίσης ἡ ἕλξις τῆς Γῆς ἐπὶ τῆς Σελήνης ἀναγκάζει αὐτὴν νὰ περιστρέφεται περὶ τὴν Γῆν. Τὸ σχῆμα 212 δεικνύει τὴν ἀμοιβαίαν ἕλξιν δύο σφαιρῶν μάζης m_1 m_2, τῶν ὁποίων τὰ κέντρα εὑρίσκονται εἰς ἀπόστασιν r μεταξύ των.

Τὰ φαινόμενα τῆς βαρύτητος καὶ αἱ κινήσεις τῶν οὐρανίων σωμάτων ἐξηγοῦνται, ἐὰν δεχθῶμεν τὴν ὕπαρξιν ἑλκτικῶν δυνάμεων, αἱ ὁποῖαι ἐξασκοῦνται μεταξὺ οἱωνδήποτε ὑλικῶν σωμάτων καὶ αἱ ὁποῖαι ἀκολουθοῦν ὡρισμένον νόμον, τὸν ὁποῖον διετύπωσεν ὁ Νεύτων· ἐκλήθη δὲ ἕνεκα τῆς γενικότητος αὐτοῦ, ***νόμος τῆς γενικῆς παγκοσμίου ἕλξεως*** (1686). Οὗτος διατυποῦται ὡς ἀκολούθως:

Δύο ὑλικὰ σημεῖα ἕλκονται ἀναλόγως τοῦ γινομένου τῶν μαζῶν των m_1 ***καὶ*** m_2 ***καὶ ἀντιστρόφως ἀναλόγως τοῦ τετραγώνου τῆς ἀποστάσεως*** r ***αὐτῶν***. Ἤτοι :

$\mathbf{F = k \cdot \dfrac{m_1 \cdot m_2}{r^2}}$	Νόμος τοῦ Νεύτωνος

ἔνθα k εἶναι ***παγκόσμιος σταθερὰ (σταθερὰ τῆς παγκοσμίου ἕλξεως)***, τῆς ὁποίας ἡ τιμὴ εἶναι ἀνεξάρτητος τῆς φύσεως τῆς ὕλης καὶ ἐξαρτᾶται μόνον ἐκ τῶν μονάδων.

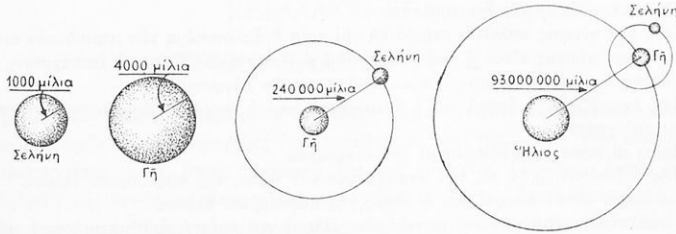
Ἡ σταθερὰ k εὑρέθη ἐκ μετρήσεων ὅτι ἰσοῦται πρὸς 0,000 000 066 74 ἢ ὑπὸ συντομωτέραν γραφήν :

$$k = 6{,}674 \cdot 10^{-8}\ \mathrm{Dyn \cdot cm^2 \cdot gr^{-2}}.$$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἡ βαρύτης ἀποτελεῖ μερικὴν περίπτωσιν τῆς γενικῆς παγκοσμίου ἕλξεως, διότι τὸ ἓν τῶν σωμάτων τὸ ἀποτελεῖ ἡ Γῆ.

Παρατήρησις. Ὁ νόμος τῆς παγκοσμίου ἕλξεως ἀπέκτησε σπουδαιοτάτην σημασίαν, ὅταν ὁ ***Νεύτων*** διὰ θεωρητικῆς ὁδοῦ, ἐπὶ τῇ βάσει τοῦ νόμου τούτου καὶ τῶν ἄλλων γενι-



Σχ. 213. Ἂν ἡ τροχιὰ τῆς Γῆς θεωρηθῇ κυκλική, τὸ κέντρον αὐτῆς ἀπέχει ἀπὸ τοῦ κέντρου τοῦ Ἡλίου κατὰ 93 000 000 μίλια. Ἡ ἀκτὶς τῆς τροχιᾶς τῆς Σελήνης κινουμένης περὶ τὴν Γῆν εἶναι 240 000 μίλια. Ἡ ἀκτὶς τῆς Γῆς εἶναι 4 000 μίλια καὶ τῆς Σελήνης 1 000 μίλια (1 μίλιον = 1,6 km).

κῶν ἀρχῶν τῆς Μηχανικῆς, κατώρθωσε νὰ εὕρῃ τοὺς νόμους τῆς κινήσεως τῶν πλανητῶν περὶ τὸν Ἥλιον, τοὺς ὁποίους εἶχεν ἀνεύρει προγενεστέρως ὁ **Kepler** ἐξ ἀστρονομικῶν παρατηρήσεων.

Λόγῳ τῆς γενικῆς παγκοσμίου ἕλξεως, ἡ Σελήνη διατηρεῖ τὴν τροχιάν της περὶ τὴν Γῆν καὶ ἡ Γῆ τὴν τροχιάν της περὶ τὸν Ἥλιον (σχ. 213).

ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ

Α΄. Ζητήματα.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὅρου βαρύτης. Πῶς καθορίζεται ἡ διεύθυνσις τῆς δυνάμεως τῆς βαρύτητος καὶ ποία ἡ ἀριθμητικὴ τιμὴ τῆς ἐπιταχύνσεως τῆς βαρύτητος.

Τί καλοῦμεν βάρος σώματος καὶ ποῖαι αἱ ἐξισώσεις καὶ μονάδες μετρήσεως αὐτοῦ εἰς τὸ σύστημα CGS καὶ τὸ Τ.Σ.

Πότε ἡ μᾶζα σώματος καὶ τὸ βάρος αὐτοῦ ἐκφράζονται διὰ τοῦ αὐτοῦ ἀριθμοῦ. Εἶναι τὰ δύο μεγέθη ἐκπεφρασμένα εἰς ἑνιαῖον σύστημα μονάδων;

Τί καλοῦμεν κέντρον βάρους σώματος.

Ποῖοι οἱ τύποι τῆς βολῆς ὑπὸ γωνίαν καὶ ποῖα συμπεράσματα συνάγονται ἐκ τῆς διερευνήσεως αὐτῶν.

Τί ἐπίδρασιν ἔχει ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀέρος ἐπὶ τῶν πιπτόντων σωμάτων.

Τί καλοῦμεν ὁρικὴν ταχύτητα.

Πῶς λειτουργεῖ τὸ ἀλεξίπτωτον.

Ποία ἡ ἐπίδρασις τοῦ ἀέρος εἰς τὴν κίνησιν τῶν βλημάτων.

Τί καλοῦμεν πυκνότητα σώματος καὶ ποῖαι αἱ ἐξισώσεις διαστάσεων καὶ μονάδες αὐτῆς εἰς τὰ συστήματα CGS καὶ Τ. Σ.

Τί καλοῦμεν εἰδικὸν βάρος σώματος καὶ ποῖαι αἱ ἐξισώσεις διαστάσεων καὶ αἱ μονάδες αὐτοῦ εἰς τὸ CGS καὶ τὸ Τ. Σ.

Ποία σχέσις ὑφίσταται μεταξὺ πυκνότητος καὶ εἰδικοῦ βάρους καὶ πότε ἡ πυκνότης καὶ τὸ εἰδικὸν βάρος ἐκφράζονται διὰ τοῦ αὐτοῦ ἀριθμοῦ.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Τί καλοῦμεν ἁπλοῦν ἐκκρεμές. Δώσατε ἑρμηνείαν τῆς κινήσεως ἁπλοῦ ἐκκρεμοῦς καὶ ποῖοι οἱ νόμοι τῆς κινήσεως αὐτοῦ. Εἰς ποῖον μαθηματικὸν τύπον περιλαμβάνονται οἱ ἀνωτέρω νόμοι.

Ποία ἡ περίοδος τῆς κινήσεως διαφόρων ἁπλῶν ἐκκρεμῶν, τῶν ὁποίων τὰ μήκη ἔχουν ὡς οἱ ἀριθμοὶ 1, 2, 4.

Τί καλεῖται ἐκκρεμὲς δευτερολέπτων.

Πότε μία κίνησις καλεῖται περιοδικὴ καὶ ποία ἡ ἁπλουστέρα τῶν περιοδικῶν κινήσεων.

Τί εἴδους κίνησις εἶναι ἡ ἁπλῆ ἁρμονικὴ καὶ πῶς καθορίζεται ἡ ἐπιτάχυνσις καὶ περίοδος αὐτῆς, ὡς καὶ ἡ δύναμις ἡ προκαλοῦσα τὴν ἐν λόγῳ κίνησιν.

Πῶς ἐκφράζεται ἡ ἀπόκλισις, ἡ ἐπιτάχυνσις καὶ ἡ ταχύτης ἁρμονικῆς κινήσεως συναρτήσει τοῦ χρόνου.

Ποῖαι αἱ πρακτικαὶ ἐφαρμογαὶ τοῦ ἐκκρεμοῦς.

Πῶς ὁ Νεύτων ἤχθη εἰς τὴν ἀνακάλυψιν τοῦ νόμου τῆς παγκοσμίου ἕλξεως.

Διὰ ποίου τύπου ἐκφράζεται ὁ νόμος τῆς παγκοσμίου ἕλξεως.

Τί καλοῦμεν σταθερὰν τῆς παγκοσμίου ἕλξεως καὶ ποία ἡ ἀριθμητικὴ τιμὴ αὐτῆς εἰς τὸ σύστημα CGS.

Β'. Προβλήματα.

1. Σῶμα ἔχει μᾶζαν 5 gr, πόσον εἶναι τὸ βάρος αὐτοῦ εἰς τὸ CGS καὶ τὸ Τ. Σ. ('Απ. 4905 Dyn, 5 gr*)

2. Νὰ εὑρεθῇ τὸ κέντρον μάζης τῆς περιμέτρου ὀρθογωνίου τριγώνου, τοῦ ὁποίου αἱ δύο κάθετοι πλευραὶ ἔχουν, ἀντιστοίχως, μῆκος 3 cm καὶ 4 cm. ('Απ. 1 cm, 1,5 cm).

3. 'Επὶ μηχανῆς Atwood, οἱ δύο ἐξηρτημένοι κύλινδροι ἔχουν βάρος 96 gr* καὶ 104 gr*. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἐπιτάχυνσις τοῦ συστήματος. ('Απ. $\gamma = 39, 24$ cm/sec^2).

4. Εἰς μηχανὴν Atwood, οἱ δύο κύλινδροι ἔχουν ἕκαστος βάρος 198 gr*, τὸ δὲ πρόσθετον βάρος εἶναι 4 gr*. Πόση εἶναι : α) ἡ ἐπιτάχυνσις, β) ἡ ταχύτης καὶ τὸ διάστημα μετὰ 3 sec, γ) ποῖον διάστημα διανύει εἰς 2 sec τὸ σύστημα, ὅταν εἰς τὸ τέλος τοῦ τρίτου δευτερολέπτου ἀφαιρεθῇ τὸ πρόσθετον βάρος.
('Απ. $\gamma = 9,81$ cm/sec^2, $\upsilon = 29,43$ cm/sec, $s = 44,15$ cm, $s = 58,86$ cm).

5. 'Επὶ μηχανῆς Atwood ὑφίσταται πρόσθετον βάρος 6 gr*, μεταδίδει δὲ τοῦτο ἐπιτάχυνσιν $\gamma = 29,43$ cm/sec^2. Πόσον εἶναι τὸ βάρος ἑκάστου τῶν κυλίνδρων καὶ ποῖος ὁ λόγος τῆς προσθέτου μάζης πρὸς τὴν συνολικῶς κινουμένην τοιαύτην. ('Απ. 97 gr, 3/100).

6. Ποία ἡ τιμὴ τῆς ἐπιταχύνσεως τῆς βαρύτητος εἰς τὸν 'Ισημερινόν, ὅταν τὸ μῆκος τοῦ ἐκκρεμοῦς, τοῦ ὁποίου ἡ περίοδος ἰσοῦται πρὸς 1 sec, εἶναι 991,03 mm.
('Απ. $g = 977,1$ cm/sec^2).

7. Ὅταν ἐκκρεμὲς εἰς ἕνα τόπον ἔχῃ μῆκος 1 m καὶ ἐντὸς 4 λεπτῶν ἐκτελῇ 119 πλήρεις αἰωρήσεις, πόσον θὰ εἶναι τὸ μῆκος τοῦ ἐκκρεμοῦς, τοῦ ὁποίου ἡ περίοδος τῆς κινήσεως εἰς τὸν αὐτὸν τόπον εἶναι 1 sec. ('Απ. 24,5 cm).

8. Σῶμα βάλλεται ὑπὸ ἀρχικὴν ταχύτητα $\upsilon = 80$ m/sec καὶ ὑπὸ γωνίαν 30^0 πρὸς τὰ ἄνω ἐν σχέσει πρὸς τὴν ὁριζοντίαν. Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ μέγιστον ὕψος, ὁ χρόνος κινήσεως τοῦ σώματος, μέχρις ὅτου ἐπανέλθῃ εἰς τὸ ἔδαφος, καὶ τὸ βεληνεκές ($g = 10$ m/sec^2).
('Απ. 80 m, 8 sec, 554,2 m).

9. Λίθος βάλλεται ὁριζοντίως ἀπὸ ὕψους 45 m καὶ ὑπὸ ταχύτητα 15 m/sec. Πότε καὶ ποῦ θὰ συναντήσῃ τὸ ἔδαφος καὶ ὑπὸ ποίαν ταχύτητα ($g=10$ m/sec^2). ('Απ. 3 sec, 45 m).

10. Ἡ Γῆ καὶ ἡ Σελήνη ἔχουν μάζας, τῶν ὁποίων ὁ λόγος εἶναι 81 : 1, ἡ δὲ ἀπόστασις τῶν κέντρων αὐτῶν εἶναι 382 420 km. Ποῦ εὑρίσκεται τὸ κέντρον βάρους αὐτῶν.
('Απ. 4664 km).

11. Ἡ συχνότης τῆς κινήσεως ἐκκρεμοῦς εἶναι 0,8 sec^{-1}. Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ μῆκος αὐτοῦ ($g = 1000$ cm/sec^2). ('Απ. $l = 39,7$ cm).

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

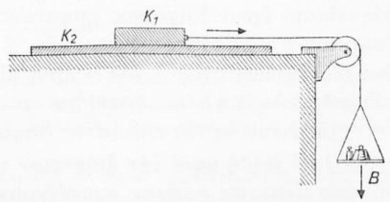
ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΣΤ΄

ΤΡΙΒΗ. ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΣ

162. Τριβή. Ἐκ πείρας γνωρίζομεν ὅτι, ὅταν σῶμα κινῆται ὀλισθαῖνον εἴτε κυλιόμενον ἐπὶ ὁριζοντίας ἐπιφανείας ὑπὸ σταθερὰν ταχύτητα, διὰ τὴν διατήρησιν τῆς κινήσεως ἀπαιτεῖται, ὅπως ἐπενεργῇ ἐπὶ τοῦ σώματος δύναμις. Πρὸς διατήρησιν δηλαδὴ τῆς κινήσεως ἀπαιτεῖται κατανάλωσις ἔργου, διότι ἄλλως τὸ σῶμα μετὰ βραχὺ χρονικὸν διάστημα ἐπανέρχεται ἀφ᾽ ἑαυτοῦ εἰς τὴν ἠρεμίαν. Ἐφ᾽ ὅσον ὅμως, μολονότι ἐπὶ τοῦ σώματος ἐπενεργεῖ δύναμις, τοῦτο κινεῖται ὑπὸ σταθερὰν ταχύτητα, δέον κατ᾽ ἀνάγκην νὰ δεχθῶμεν, ὅτι καθ᾽ ὅλην τὴν διάρκειαν τῆς κινήσεως ἐπενεργεῖ ἐπὶ τοῦ σώματος δύναμις ἴση καὶ ἀντίθετος πρὸς τὴν κινητήριον δύναμιν.

Ἡ δύναμις αὕτη, ἡ ὁποία καλεῖται ***δύναμις τριβῆς*** ἢ συντομώτερον ***τριβή***, ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα νὰ ἐπαναφέρῃ τὸ σῶμα εἰς τὴν ἠρεμίαν εὐθὺς ὡς ἡ κινητήριος δύναμις ἐκλείψῃ. Ὅθεν ἡ τριβὴ εἶναι δύναμις, ἡ ὁποία διευθύνεται ἀντιθέτως πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς κινήσεως τοῦ σώματος, κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς ὁποίας ἀναφαίνεται. Κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς κινήσεως τοῦ σώματος παρατηροῦμεν ὅτι, λόγῳ τοῦ καταναλισκομένου ἔργου, ἀναπτύσσεται θερμότης, ἡ ὁποία προκαλεῖ αὔξησιν τῆς θερμοκρασίας τῶν τριβομένων σωμάτων. Ἐφ᾽ ὅσον τὸ σῶμα κινεῖται ὀλισθαῖνον, ἡ τριβὴ καλεῖται ***τριβὴ ὀλισθήσεως***, ἐνῷ, ὅταν κινῆται κυλιόμενον, ἡ τριβὴ καλεῖται ***τριβὴ κυλίσεως***.

Ἐξ ἄλλου 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 τριβὴν (τριβὴ κινήσεως)***, ἡ ὁποία εἶναι ἴση, ἀλλ᾽ ἀντιθέτου διευθύνσεως πρὸς τὴν δύναμιν, τὴν ἀπαιτουμένην διὰ τὴν διατήρησιν τῆς ταχύτητος τοῦ κινουμένου σώματος σταθερᾶς, ἐνῷ ἡ ***στατικὴ τριβὴ (τριβὴ ἠρεμίας)*** εἶναι ἴση, ἀλλ᾽ ἀντιθέτου διευθύνσεως πρὸς τὴν δύναμιν τὴν ἀπαιτουμένην διὰ τὴν ἐκκίνησιν τοῦ σώματος, εἶναι δὲ ἡ κινητικὴ τριβὴ μικροτέρα τῆς στατικῆς.



Σχ. 214. Τριβόμετρον Coulomb. Τὸ ἕλκηθρον τίθεται εἰς κίνησιν μέσῳ τοῦ σχοινίου, ἀπὸ τοῦ ἄκρου τοῦ ὁποίου ἐξαρτᾶται τὸ βάρος Β.

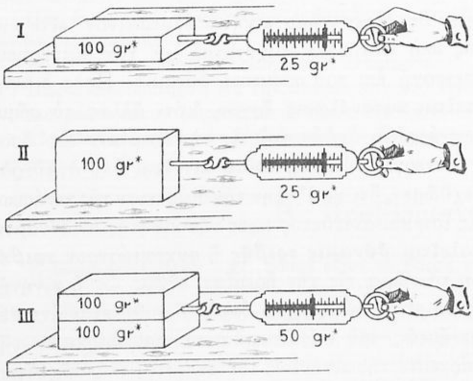
163. Τριβὴ ὀλισθήσεως. Ἔστω, ὅτι ἐπὶ τραπέζης (σχ. 214) τοποθετοῦμεν στερεῶς πλάκα ἐπίπεδον ἐκ ξύλου K_2, ἐπὶ τῆς ὁποίας δύναται νὰ κινῆται ὀλισθαῖνον ἕλκηθρον πραγματοποιούμενον ὑπὸ πρισματικοῦ σώματος K_1 ἐκ τῆς αὐτῆς οὐσίας ὡς καὶ ἡ K_2. Τὸ ἕλκηθρον δύναται νὰ τίθεται εἰς κίνησιν ὑπὸ τοῦ βάρους Β. Διὰ καταλλήλου φορτίσεως

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τοῦ δισκαρίου διὰ βάρους δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν, ὥστε τὸ ἔλκηθρον νὰ κινῆται ἰσοταχῶς, ἐν τοιαύτῃ δὲ περιπτώσει ἡ κινητήριος δύναμις ἐξουδετεροῦται ὑπὸ τῆς τριβῆς, ἥτις εἶναι δύναμις κειμένη εἰς τὸ ἐπίπεδον συνεπαφῆς τῶν δύο σωμάτων καὶ ἀντιθέτου διευθύνσεως πρὸς τὴν κινητήριον δύναμιν. Ἡ ὡς ἄνω διάταξις καλεῖται ***τριβόμετρον*** τοῦ **Coulomb**.

164. Νόμοι τῆς τριβῆς ὀλισθήσεως. 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.

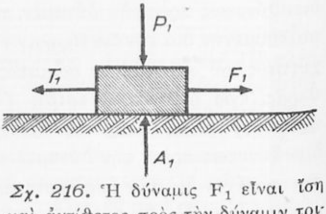


Σχ. 215. Ἡ δύναμις τῆς τριβῆς εἶναι ἀνάλογος τῆς καθέτου δυνάμεως (I καὶ III) καὶ ἀνεξάρτητος τοῦ ἐμβαδοῦ τῶν τριβομένων ἐπιφανειῶν (I καὶ II).

Ὁ νόμος οὗτος δεικνύεται ἁπλούστερον πειραματικῶς διὰ τοῦ σχήματος 215, I καὶ III, ὅπου ἐπὶ δύο σωμάτων τῆς αὐτῆς ἐπιφανείας τὸ ἓν ἔχει διπλάσιον βάρος τοῦ ἄλλου. Δηλαδὴ ἡ κάθετος δύναμις εἰς III εἶναι διπλασία ἢ εἰς I, ὁπότε καὶ ἡ δύναμις τῆς τριβῆς ἡ ἀντιστοιχοῦσα εἰς 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.

Ὁ νόμος οὗτος δεικνύεται πειραματικῶς διὰ τοῦ σχ. 215, I καὶ II, ὅπου τὰ δύο σώματα ἔχουν διαφόρους ἐπιφανείας, ἀλλὰ ὑφίσταται ἡ αὐτὴ κάθετος δύναμις, ὅτε αἱ ἐνδείξεις τῶν δυναμομέτρων I καὶ II εἶναι αἱ αὐταὶ (25 gr*), δηλαδὴ ἡ δύναμις τριβῆς εἶναι ἀνεξάρτητος τῆς ἐκτάσεως τῶν τριβομένων ἐπιφανειῶν.



Σχ. 216. Ἡ δύναμις F_1 εἶναι ἴση καὶ ἀντίθετος πρὸς τὴν δύναμιν τριβῆς T_1, ἡ ὁποία ἰσοῦται μὲ τὸ γινόμενον τῆς καθέτου πιέσεως P_1 ἐπὶ τὸν συντελεστὴν τριβῆς η.

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

Οἱ νόμοι (1) καὶ (2) ἰσχύουν τόσον διὰ τὴν στατικήν, ὅσον καὶ διὰ τὴν κινητικὴν τριβήν.

165. Συντελεστὴς τριβῆς. Ἐὰν διαδοχικῶς φορτίσωμεν μικρὸν ἔλκηθρον διὰ τῶν βαρῶν P_1, P_2, P_3 (σχ. 216), διὰ νὰ θέσωμεν τοῦτο εἰς εὐθύγραμμον καὶ ὁμαλὴν ***κίνησιν*** ἤτοι ὑπὸ σταθερὰν ταχύτητα, ἀπαιτεῖται νὰ ἐπενεργήσωμεν ἐπ' αὐτοῦ μὲ δύναμιν F_1, F_2,

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

F_3 κ.ο.κ., ἡ δύναμις δὲ αὕτη εἶναι ἴση καὶ ἀντίθετος πρὸς τὴν τριβὴν T_1, T_2, T_3 κ.ο.κ., ἡ ὁποία προδήλως ἐπενεργεῖ πάντοτε κατ' ἀντίθετον διεύθυνσιν πρὸς τὴν κίνησιν. Ἐὰν ὅμως σχηματίσωμεν τὰ πηλίκα τριβῆς καὶ φορτίου, εὑρίσκομεν, ὅτι ἔχουν τιμὴν σταθερὰν ἤτοι εἶναι:

$$\eta = \frac{T_1}{P_1} = \frac{T_2}{P_2} = \frac{T_3}{P_3} = \text{σταθ.}$$

Ἡ σταθερὰ παριστᾶται διὰ τοῦ γράμματος η καὶ καλεῖται ***συντελεστὴς τριβῆς ὀλισθήσεως***, ἀποτελεῖ δέ, ὡς πηλίκον δύο ὁμοειδῶν ποσῶν, ἀδιάστατον μέγεθος καὶ εἶναι καθαρὸς ἀριθμός.

Ἐκ τῆς σχέσεως $T/P = \eta$, εὑρίσκομεν:

$$\mathbf{T = \eta P},$$

ἤτοι, ἡ ***δύναμις τριβῆς ἰσοῦται πρὸς τὸ γινόμενον τῆς καθέτου δυνάμεως ἐπὶ τὸν συντελεστὴν τριβῆς.***

Ὁ συντελεστὴς τριβῆς δύναται νὰ ὁρισθῇ καὶ κατὰ τὸν ἀκόλουθον τρόπον. Εἰς τὴν κινητήριον δύναμιν F ἀντιτάσσεται ἡ δύναμις τριβῆς T καὶ εἰς τὴν κάθετον πίεσιν P ἀντιτίθεται ἡ ἀντίδρασις τῆς τραπέζης A. Οὕτω ὁ συντελεστὴς τριβῆς δύναται νὰ ὁρισθῇ ὡς ὁ λόγος τῆς δυνάμεως τριβῆς T πρὸς τὴν κάθετον ἀντίδρασιν A, ἤτοι $\eta = T/A$. Ὁ ὁρισμὸς ὅμως οὗτος ἄγει εἰς τὸ αὐτὸ ἀποτέλεσμα ὡς καὶ ὁ προηγούμενος, διότι:

$$F = T \text{ καὶ } B = A \text{ ὡς καὶ } F/B = T/A = \eta.$$

Κατωτέρω δίδομεν τὸν συντελεστὴν τριβῆς η διὰ διάφορα ὑλικά. Οὕτω ἔχομεν: ξύλον ἐπὶ ξύλου σκληροῦ $\eta = 0{,}25 - 0{,}50$. Ξύλον ἐπὶ ξύλου μὲ στρῶμα σάπωνος $\eta = 0{,}20$. Μέταλλον ἐπὶ ξύλου $\eta = 0{,}50 - 0{,}60$. Μέταλλον ἐπὶ μετάλλου ξηροῦ $\eta = 0{,}15 - 0{,}20$. Μέταλλον ἐπὶ μετάλλου ὑγροῦ $\eta = 0{,}30$. Δέρμα ἐπὶ ξύλου $\eta = 0{,}27 - 0{,}38$. Δέρμα ἐπὶ μετάλλου $\eta = 0{,}58$.

Ἀριθμητικαὶ ἐφαρμογαί. ***1) Πλὰξ βάρους 25 kgr* τοποθετεῖται ἐπὶ ὁριζοντίας λείας ἐπιπέδου ἐπιφανείας, ἡ δὲ δύναμις, ἡ ὁποία πρέπει νὰ ἐφαρμοσθῇ διὰ νὰ μεταδώσωμεν εἰς αὐτὴν σταθερὰν ταχύτητα, εἶναι 2,5 kgr*. Πόση εἶναι ἡ κινητικὴ τριβὴ ὀλισθήσεως ὡς καὶ ὁ συντελεστὴς τριβῆς ὀλισθήσεως.***

Ἐφ' ὅσον ἡ κινητήριος δύναμις εἶναι 2,5 kgr*, ἡ δύναμις τριβῆς ἢ ἁπλῶς ἡ τριβή, ἡ ὁποία εἶναι ἴση καὶ ἀντίθετος πρὸς τὴν πρώτην, θὰ εἶναι ἐπίσης $T = 2{,}5$ kgr*. Ἡ κάθετος δύναμις ἐπὶ τῶν τριβομένων ἐπιφανειῶν εἶναι τὸ βάρος τοῦ σώματος, ἤτοι $P = 25$ kgr*, ὅθεν ὁ συντελεστὴς τριβῆς θὰ εἶναι:

$$\eta = \frac{T}{P} = \frac{2{,}5}{25} = 0{,}10$$

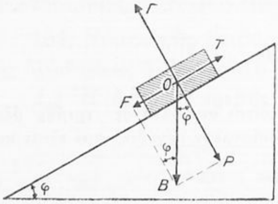
2) Ἐπὶ κεκλιμένου ἐπιπέδου τοποθετεῖται πλὰξ ἔχουσα βάρος B. Ἐὰν ὁ συντελεστὴς τριβῆς μεταξὺ τοῦ ὑλικοῦ τῆς πλακὸς καὶ τοῦ ὑλικοῦ τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου εἶναι η, πόση πρέπει νὰ εἶναι ἡ γωνία φ τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου, ἵνα ἡ πλὰξ κατέρχεται τοῦτο μὲ σταθερὰν ταχύτητα.

Εἶναι πρόδηλον, ὅτι ἡ πλὰξ θὰ κατέρχεται ὑπὸ σταθερὰν ταχύτητα, ὅταν ἡ τριβή, ἡ ὁποία ἔχει πάντοτε διεύθυνσιν ἀντίθετον τῆς κινήσεως, ἐξουδετερώνει τὴν κινητήριον δύναμιν. Ἐπὶ τῆς πλακὸς ἐπενεργεῖ τὸ βάρος B, τὸ ὁποῖον ἀναλύεται εἰς δύο συνιστώσας, ἐκ τῶν ὁποίων ἡ μία P, κάθετος ἐπὶ τὸ κεκλιμένον ἐπίπεδον, παριστᾷ τὴν κάθετον δύναμιν, τὴν πιέζουσαν τὰς δύο τριβομένας ἐπιφανείας, καὶ τῆς ὁποίας ἡ ἀριθμητικὴ τιμὴ εἶναι $B \cdot \text{συν}\, \varphi$, ἐνῷ ἡ ἄλλη F εἶναι παράλληλος πρὸς τὸ κεκλιμένον ἐπίπεδον, παριστᾷ δὲ τὴν κινητήριον συνιστῶσαν, ἡ τιμὴ τῆς ὁποίας εἶναι $F = B \cdot \text{ημ}\, \varphi$ (σχ. 217).

Εἶναι φανερόν, ὅτι ἐπὶ τοῦ σώματος ἐκτὸς τῆς δυνάμεως τριβῆς T τὸ κεκλιμένον ἐπίπεδον ἐξασκεῖ καὶ ἑτέραν δύναμιν Γ ἴσην καὶ ἀντίθετον πρὸς τὴν P. Τοῦτο προκύπτει ἐκ τοῦ ὅτι οὐδεμία κίνησις λαμβάνει χώραν κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς δυνάμεως P.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

166. Γωνία τριβῆς. Ἵνα ἡ πλὰξ κατέρχεται ἐπὶ τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου ὑπὸ σταθερὰν ταχύτητα, πρέπει ἡ κινητήριος συνιστῶσα νὰ εἶναι ἴση πρὸς τὴν δύναμιν τριβῆς Τ. Συμφώνως ὅμως πρὸς τὰ ἀνωτέρω, ἐὰν η ὁ συντελεστὴς τριβῆς ὀλισθήσεως, θὰ εἶναι $T = \eta$ Β συν φ, ἑπομένως διὰ νὰ κατέρχεται ἡ πλὰξ ἐπὶ τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου ὑπὸ σταθερὰν ταχύτητα πρέπει:



Σχ. 217. Κεκλιμένον ἐπίπεδον.

$$F = B \text{ ημ } \varphi = \eta \; B \text{ συν } \varphi. \qquad (1)$$

Ἐκ τῆς σχέσεως δὲ ταύτης εὑρίσκομεν: ***εφ φ = η***, ἤτοι, ***ὅταν ἡ πλάξ, ὀλισθαίνουσα κατέρχεται ἐπὶ τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου ὑπὸ σταθερὰν ταχύτητα, ἡ ἐφαπτομένη τῆς γωνίας κλίσεως τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου ἰσοῦται πρὸς τὸν συντελεστὴν τριβῆς ὀλισθήσεως.*** Ἡ ὡς ἄνω γωνία φ, τῆς ὁποίας ἡ ἐφαπτομένη ἰσοῦται πρὸς τὸν συντελεστὴν τριβῆς καλεῖται ***γωνία τριβῆς.***

Ἐκ τῆς ἄνω σχέσεως (1) προκύπτει ὅτι, διὰ νὰ μετατοπίσωμεν ἕλκηθρον ὑπὸ σταθερὰν ταχύτητα ἐπὶ ὁριζοντίου ἐπιπέδου, ἡ δύναμις F, τὴν ὁποίαν πρέπει νὰ ἐφαρμόσωμεν καὶ ἡ ὁποία χρησιμεύει πρὸς ἐξουδετέρωσιν τῆς τριβῆς ὀλισθήσεως, εὑρίσκεται, ἐὰν εἰς τὸ δεύτερον μέρος τοῦ τύπου (1) θέσωμεν $\varphi = 0$, ὅτε εὑρίσκομεν: $F = \eta B$.

Σπουδαιοτάτην ἐφαρμογὴν τῆς τριβῆς συναντῶμεν εἰς τὰς τροχοπέδας (κ. φρένα).

Ἀριθμητικὰ παραδείγματα. 1. ***Ἕλκηθρον μετατοπίζεται ἐπὶ ὁριζοντίου ἐδάφους, ἐὰν τὸ φορτίον του εἶναι 1000 kgr* ὁ δὲ συντελεστὴς τριβῆς εἶναι 0,10, πόση εἶναι ἡ δύναμις διὰ νὰ προκαλέσῃ τὴν μετατόπισιν τοῦ ἑλκήθρου ὑπὸ σταθερὰν ταχύτητα.***

Εἶναι φανερόν, ὅτι ἡ ἀπαιτουμένη δύναμις πρέπει νὰ ἐξουδετερώνῃ τὴν τριβήν, ἑπομένως **F** = 0,10 · 1 000 = **100 kgr***.

2. ***Σῶμα βάρους Β εὑρίσκεται ἐπὶ κεκλιμένου ἐπιπέδου σχηματίζοντος γωνίαν φ = 45⁰ ὡς πρὸς τὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον. Ἐὰν ὁ συντελεστὴς τριβῆς εἶναι η = 0,5 νὰ δειχθῇ, ὅτι ἡ κίνησις τοῦ σώματος εἶναι ἐπιταχυνομένη καὶ νὰ εὑρεθῇ ἡ ἐπιτάχυνσις.***

Διὰ τὴν περίπτωσιν ὁμαλῆς κινήσεως ἰσχύει ἡ σχέσις εφ φ = η. Θέτοντες η = 0,5 εὑρίσκομεν τὴν γωνίαν τριβῆς $\varphi = 26{,}5^0$. Ἐπειδὴ εἰς τὸ πρόβλημα ἔχομεν γωνίαν 45^0 δηλ. μεγαλυτέραν τῆς γωνίας τριβῆς, ἕπεται ὅτι ἡ συνιστῶσα F εἶναι μεγαλυτέρα τῆς τριβῆς Τ (σχ. 217). Ἀποτέλεσμα τούτου εἶναι, ὅτι τὸ σῶμα ἀφιέμενον ἐλεύθερον ἐπιταχύνεται.

Πρὸς εὕρεσιν τῆς ἐπιταχύνσεως γ χρησιμοποιοῦμεν τὴν σχέσιν. Δύναμις = μᾶζα × ἐπιτάχυνσις. Ἡ κινητήριος δύναμις εἶναι ἡ διαφορὰ μεταξὺ τῆς συνιστώσης F καὶ τῆς τριβῆς Τ, ἤτοι: $F - T = m\gamma$.

Θέτοντες $F = B\text{ημ}\varphi$, $T = \eta P = \eta \; B \text{ συν}\varphi$ καὶ $m = \dfrac{B}{g}$ λαμβάνομεν:

$$B\text{ημ}\varphi - \eta B \text{ συν}\varphi = \frac{B}{g} \cdot \gamma$$

καὶ ἐξ αὐτῆς λαμβάνομεν εὐκόλως: $\text{εφ}\varphi - \eta = \dfrac{\gamma}{g\text{συν } \varphi}$ καὶ τέλος:

$$\gamma = g \text{ συν } \varphi \; (\text{εφ } \varphi - \eta) = 0{,}71 \cdot 981 \; (1 - 0{,}5) = 0{,}71 \cdot 981 \cdot 0{,}5 = \mathbf{348 \; cm/sec^2}.$$

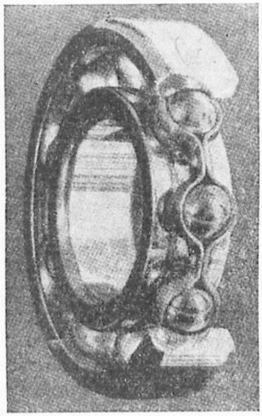
Παρατηροῦμεν προσέτι, ὅτι ἡ ἐπιτάχυνσις εἶναι ἀνεξάρτητος τοῦ βάρους τοῦ σώματος.

167. 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

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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 ξύλου, 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, διότι κατὰ τὴν μετατόπισιν αὐτῶν ἔχομεν νὰ ἀντιμετωπίσωμεν τὴν κατὰ πολὺ μικροτέραν τριβὴν κυλίσεως ἀπὸ τὴν τριβὴν ὀλισθήσεως.

Ἐπίσης εἰς τοὺς ἄξονας τῶν μηχανῶν, ἐφ' ὅσον τὰ ἕδρανα (κουζινέτα) αὐτῶν εἶναι ἐφωδιασμένα δι' ἐνσφαίρων τριβέων (ρουλεμὰν) (σχ. 218), ἡ τριβὴ τῶν ἀξόνων ἀνάγεται εἰς τριβὴν κυλίσεως.



Σχ. 218. Ἔνσφαιρος τριβεὺς (ρουλεμὰν) πρὸς μετατροπὴν τῆς τριβῆς ὀλισθήσεως εἰς τριβὴν κυλίσεως.

168. Λιπαντικαὶ οὐσίαι. Ἡ τριβὴ ὀλισθήσεως, ὡς καὶ ἡ τριβὴ κυλίσεως, ἐλαττοῦται σημαντικῶς διὰ χρησιμοποιήσεως λιπαντικῶν οὐσιῶν, ἤτοι: λίπους, ἐλαίου, τὰλκ κτλ., δύναται δὲ ἡ τιμὴ αὐτοῦ νὰ κατέλθῃ μέχρι 0,005. 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.

169. 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 ἰσχύει εἰς τὴν πραγματικότητα, διότι σῶμα ἀπολύτως στερεὸν δὲν ὑπάρχει πράγματι εἰς τὴν φύσιν.

Ὅλως ἀντιθέτως παρατηροῦμεν, ὅτι ὅλα τὰ ἐν τῇ φύσει σώματα, τόσον κατὰ τὸν ὄγκον ὅσον καὶ κατὰ τὸ σχῆμα μεταβάλλονται ὑπὸ τὴν ἐπενέργειαν 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 στερεά, καλεῖται ***ἐλαστικότης***.

Ἡ παραμόρφωσις τῶν στερεῶν σωμάτων ὑπὸ τὴν ἐπενέργειαν ἐξωτερικῶν δυνάμεων δύναται νὰ εἶναι εἴτε παροδικὴ εἴτε μόνιμος. Οὕτω, ὅταν πιέζωμεν διὰ τῆς χειρός μας τόπι ἀπὸ καουτσούκ, τοῦτο παραμορφοῦται, ἀλλ' ἡ παραμόρφωσίς του εἶναι παροδικὴ διότι, ὅταν ἀφήσωμεν τὸ τόπι ἐλεύθερον, βλέπομεν, ὅτι τοῦτο ἀναλαμβάνει ἀφ' ἑαυτοῦ τὴν ἀρχικήν του μορφήν.

Ὅλως ἀντιθέτως, ἐὰν κτυπήσωμεν σφαῖραν ἀπὸ μόλυβδον ἰσχυρῶς μὲ σφυρίον, 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.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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,*** ὅτε 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 του ἢ τοῦ μήκους, εἶναι ἀνάλογος τῆς ἐντάσεως τῶν παραμορφουσῶν δυνάμεων. Ἡ ἀνωτέρω πρότασις ἀποτελεῖ τὸν ***νόμον τοῦ* Hooke.**

Σχ. 219. Μέτρησις τῆς ἐπιμηκύνσεως τοῦ σύρματος, προκαλουμένης ὑπὸ βάρους Β.

Τοῦτο δεικνύομεν πειραματικῶς διὰ τῆς διατάξεως τοῦ σχήματος 24 (σελ. 21), ἡ ὁποία ἀποτελεῖ καὶ τὴν ἀρχὴν τῆς πραγματοποιήσεως τοῦ ζυγοῦ δι' ἐλατηρίου (κοινῶς κανταράκι), τὸν ὁποῖον περιγράφομεν εἰς τὴν σελ. 56.

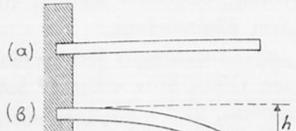
Ἐπίσης, ἡ διάταξις τοῦ σχήματος 219 δεικνύει, ὅτι ἡ ἐπιμήκυνσις τοῦ χαλυβδίνου σύρματος ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ κάτωθεν αὐτοῦ ἐξηρτημένου βάρους εἶναι ἀνάλογος τοῦ τείνοντος βάρους Β καί, ἐφ' ὅσον ἡ τιμὴ αὐτοῦ εἶναι κάτω τοῦ ὁρίου τῆς ἐλαστικότητος, ἐὰν ἀπομακρύνωμεν τὸ τεῖνον βάρος, τὸ σύρμα ἀναλαμβάνει ἀφ' ἑαυτοῦ τὸ ἀρχικόν του μῆκος. Ἐὰν ὅμως τὸ τεῖνον βάρος λάβῃ τιμὴν μεγαλυτέραν τοῦ ὁρίου ἐλαστικότητος, τότε ἡ ἐπιμήκυνσις παραμένει καὶ μετὰ τὴν ἀφαίρεσιν τοῦ τείνοντος βάρους. Ἐὰν δὲ ἐξακολουθήσωμεν ν' αὐξάνωμεν τὸ τεῖνον βάρος, ἐπέρχεται στιγμὴ κατὰ τὴν ὁποίαν παρατηρεῖται θραῦσις τοῦ σύρματος. 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*

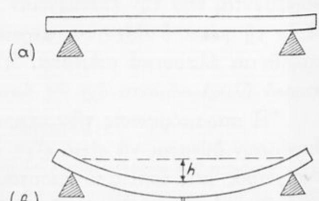
Ἐκ τῶν σωμάτων τούτων ὁ χάλυψ δεικνύει τὴν ἰδιότητα τῆς ἐλαστικότητος εἰς μέγιστον βαθμόν, ἐνῷ ὁ μόλυβδος εἰς ἐλάχιστον βαθμόν.

Εἰς τὸ σχ. 219 ἡ ἐλαστικότης τοῦ σώματος ἐκδηλοῦται διὰ τοῦ ***ἐφελκυσμοῦ.***

Ἡ ἐλαστικότης ὅμως δύναται νὰ ἐκδηλωθῇ καὶ διὰ ***κάμψεως,*** ὡς π.χ. εἰς τὸ σχ. 220, ὅπου ἡ ῥάβδος εἶναι στερεωμένη κατὰ τὸ ἓν ἄκρον καὶ φορτίζεται ὑπὸ βάρους Β κατὰ τὸ ἕτερον ἄκρον αὐτῆς, ὅτε ἡ ῥάβδος ὑφίσταται κάμψιν, καλεῖται δὲ τὸ μέγεθος h ***βέλος κάμψεως.*** Ἡ κάμψις ἐκδηλοῦται καὶ κατ' ἄλλον τρόπον ὡς π.χ. εἰς τὸ σχῆμα 221, ὅπου ἡ ῥάβδος στηρίζεται κατὰ τὰ δύο αὐτῆς ἄκρα, ἐνῷ κατὰ τὸ μέσον αὐτῆς φορτίζεται



Σχ. 220. Κάμψις. Στήριξις δι' ἑνὸς σημείου.



Σχ. 221. Κάμψις. Στήριξις διὰ δύο σημείων.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ὑπὸ τοῦ βάρους Β, τὸ ὁποῖον προκαλεῖ τὴν κάμψιν τῆς ράβδου. Καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην τὸ μέγεθος h καλεῖται βέλος κάμψεως.

Ἐξ ἄλλου ἡ ἐλαστικότης σώματος δύναται νὰ ἐκδηλωθῇ δι' ***ὀλισθήσεως*** ἢ ***στρέψεως*** ὡς τοῦτο παρατηρεῖται εἰς τοὺς ἄξονας περιστροφῆς μηχανῶν κ.λ.π.

170*. Σκληρότης. Ἡ ἀντίστασις, τὴν ὁποίαν ἀντιτάσσει σῶμά τι (π.χ. ὀρυκτόν), ὅταν δι' αἰχμηροῦ ἢ ὀξέος ὀργάνου προσπαθῶμεν νὰ διεισδύσωμεν μεταξὺ τῶν μορίων του, καλεῖται ***σκληρότης*** τοῦ σώματος. Διὰ τὸν προσδιορισμὸν τῆς σκληρότητος τῶν σωμάτων ὁ **Mohs** καθώρισε κλίμακα ἀντιστοιχοῦσαν εἰς δέκα βαθμοὺς σκληρότητος, ἕκαστος δὲ βαθμὸς ἀντιπροσωπεύεται ὑπὸ ἑνὸς ἐκ τῶν μᾶλλον διαδεδομένων ὀρυκτῶν, ὡς ὁ ἔναντι πίναξ:

Σκληρομετρικὴ κλῖμαξ Mohs

1. Τάλκης	6. Ὀρθόκλαστον
2. Γύψος	7. Χαλαζίας
3. Ἀσβεστίτης	8. Τοπάζιον
4. Φθορίτης	9. Κορούνδιον
5. Ἀπατίτης	10. Ἀδάμας

Ἡ διὰ τῆς κλίμακος τοῦ Mohs δοκιμασία τῆς σκληρότητος στηρίζεται εἰς τὸ ὅτι α) ἐκ δύο σωμάτων σκληρότερον εἶναι τὸ χαράσσον τὸ ἄλλο καὶ β) ὅταν δύο σώματα ἀλληλοχαράσσωνται ἢ δὲν ἀλληλοχαράσσωνται, ἔχουν τὴν αὐτὴν σκληρότητα.

ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ

Α΄. Ζητήματα.

Τί νοοῦμεν διὰ τῶν ὅρων τριβὴ καὶ δύναμις τριβῆς.

Πότε ἡ τριβὴ καλεῖται ὀλισθήσεως. Ποῖοι οἱ νόμοι, τοὺς ὁποίους ἀκολουθεῖ ἡ τριβὴ ὀλισθήσεως.

Τί καλοῦμεν συντελεστὴν τριβῆς ὀλισθήσεως καὶ τί ἄλλο γνωρίζετε περὶ αὐτοῦ.

Τί καλοῦμεν γωνίαν τριβῆς καὶ πῶς καθορίζεται αὕτη.

Πῶς ὑπολογίζεται ἡ δύναμις τριβῆς καὶ ποία ἡ σχέσις μεταξὺ αὐτῆς καὶ τῆς κινητηρίου δυνάμεως σώματος.

Πῶς δυνάμεθα νὰ μειώσωμεν τὴν τριβὴν ὀλισθήσεως.

Πότε ἡ τριβὴ καλεῖται κυλίσεως καὶ διὰ ποῖον λόγον εἰς τὴν πρᾶξιν προτιμῶμεν τὴν τριβὴν κυλίσεως ἀπὸ τὴν τριβὴν ὀλισθήσεως.

Διὰ ποῖον λόγον χρησιμοποιοῦμεν εἰς τὰ διάφορα ὀχήματα τροχούς.

Διὰ ποῖον λόγον εἰς τὰ ἕδρανα τῶν στρεφομένων ἀξόνων χρησιμοποιοῦμεν ἐνσφαίρους τριβεῖς.

Εἰς ποίαν περίπτωσιν ἐπιδιώκομεν πρακτικῶς τὴν χρησιμοποίησιν τῆς τριβῆς ὀλισθήσεως καὶ τί φαινόμενον παρατηρεῖται εἰς τὴν προκειμένην περίπτωσιν.

Τί νοοῦμεν διὰ τῶν ὅρων ἐλαστικότης καὶ ἐλαστικὰ σώματα.

Ποῖον τὸ περιεχόμενον τοῦ νόμου τοῦ Hooke.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὅρου ὅριον ἐλαστικότητος καὶ τί συμβαίνει, ὅταν ὑπερβαίνωμεν τὸ ὅριον ἐλαστικότητος.

Εἰς ποίας περιπτώσεις ἐκδηλοῦται ἡ ἐλαστικότης τῶν σωμάτων.

Β΄. Προβλήματα.

1. Δύναμις 65 kgr* διευθυνομένη ὁριζοντίως ἕλκει ἐπὶ ὁριζοντίου ἐδάφους ὑπὸ σταθερὰν ταχύτητα ἕλκηθρον ὀλισθαῖνον, βάρους 1 200 kgr*. Πόσος ὁ συντελεστὴς τριβῆς ὀλισθήσεως. (Ἀπ. $\eta = 0{,}054$).

11

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

2. Κιβώτιον βάρους 50 kgr* τοποθετεῖται ἐπὶ κεκλιμένου ἐπιπέδου γωνίας 30^0 καὶ ἰσορροπεῖ. Ἐὰν ὁ συντελεστὴς τριβῆς ὀλισθήσεως εἶναι 0,3, πόση ἡ δύναμις, ἡ ὁποία ἐπενεργεῖ ἐπὶ τοῦ κιβωτίου. (Ἀπ. F = 12 kgr*).

3. Σῶμα ἔχον βάρος 250 kgr* μετατοπίζεται ὑπὸ σταθερὰν ταχύτητα κατὰ 6 m ἐπὶ ὁριζοντίου ἐδάφους, ὑπὸ τὴν ἐπενέργειαν ὁριζοντίας δυνάμεως 37 kgr*. Νὰ εὑρεθῇ ὁ συντελεστὴς τριβῆς ὀλισθήσεως. Ποῦ κατηναλώθη τὸ παραχθὲν ἔργον. (Ἀπ. $\eta = 0{,}15$).

4. Δύναμις ὁριζοντία 6 kgr* ἐφαρμόζεται ἐπὶ μάζης 10 kgr εὑρισκομένης ἐν ἠρεμίᾳ ἐπὶ ὁριζοντίας ἐπιφανείας. Ἐὰν ὁ συντελεστὴς τριβῆς εἶναι 0,40, πόση ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς μάζης. (Ἀπ. $\gamma = 2$ m/sec^2).

5. Σῶμα κεῖται ἐπὶ κεκλιμένου ἐπιπέδου μήκους 30 cm καὶ μεταβλητῆς γωνίας, ἀρχίζει δὲ νὰ κατέρχεται, ὅταν τὸ ὕψος τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου εἶναι 10,8 cm. Ζητοῦνται, ἡ γωνία τριβῆς καὶ ὁ συντελεστὴς τριβῆς ἠρεμίας. (Ἀπ. $\varphi = 21^0$, $\eta = 0{,}384$).

6. Ἐὰν ὁ συντελεστὴς τριβῆς μεταξὺ τῶν ἐν ἐπαφῇ ἐπιφανειῶν εἶναι 0,20, πόση δύναμις ἀπαιτεῖται, παραλλήλως πρὸς κεκλιμένον ἐπίπεδον γωνίας 30^0, διὰ νὰ μεταδώσῃ εἰς σῶμα μάζης 50 kgr ἐπιτάχυνσιν πρὸς τὰ ἄνω κατὰ 0,6 m/sec^2. (Ἀπ. F = 36,66 kgr*).

7. Ἄνθρωπος κρατεῖ διὰ τῶν δύο χειρῶν του βιβλίον βάρους 1,5 kgr* καὶ πιέζει αὐτὸ ὁριζοντίως, εἰς τρόπον ὥστε τὸ βιβλίον νὰ συγκρατῆται καὶ νὰ μὴ καταπίπτῃ. Ἐὰν ἡ δύναμις τὴν ὁποίαν καταβάλλει ἑκάστη τῶν χειρῶν εἶναι 4 kgr*, πόσος ὁ συντελεστὴς τριβῆς μεταξὺ βιβλίου καὶ χειρῶν. (Ἀπ. $\eta = 0{,}19$).

8. Κιβώτιον βάρους 100 kgr* ἀνυψοῦται, διὰ κεκλιμένου ἐπιπέδου μήκους 12 m καὶ ὕψους 6 m, διὰ μέσου σχοινίου διατιθεμένου παραλλήλως πρὸς τὸ κεκλιμένου ἐπίπεδον. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ τάσις τοῦ νήματος, ὅταν τὸ κιβώτιον ἀνέρχεται τὸ κεκλιμένον ἐπίπεδον ὑπὸ σταθερὰν ταχύτητα, γνωστοῦ ὄντος ὅτι ὁ συντελεστὴς τριβῆς εἶναι 0,30. (Ἀπ. T = 76 kgr*).

9. Ὁ συντελεστὴς τριβῆς ὀλισθήσεως, μεταξὺ σώματος καὶ τῆς ἐπιφανείας ἐπὶ τῆς ὁποίας κινεῖται ὀλισθαῖνον, εἶναι 0,18, ἐνῷ ἡ ἐπιφάνεια παρουσιάζει κλίσιν 15^0 ὡς πρὸς τὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον. Ἐὰν τὸ σῶμα ἔχῃ βάρος 150 kgr*, πόση δύναμις ἀπαιτεῖται διὰ νὰ διατηρήσῃ τὴν κίνησιν αὐτοῦ: α) πρὸς τὰ ἄνω ἐπὶ τῆς κεκλιμένης ἐπιφανείας, ὑπὸ σταθερὰν ταχύτητα, καὶ β) πρὸς τὰ κάτω, ὑπὸ σταθερὰν ταχύτητα. (Ἀπ. 65 kgr*, 12,8 kgr*).

10. Λίθος βάρους 5 kgr* εὑρισκόμενος ἐπὶ κεκλιμένου ἐπιπέδου μήκους 5 m καὶ ὕψους 3 m κατέρχεται ὑπὸ σταθερὰν ταχύτητα ἐπὶ τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου, ὀλισθαίνων. Ζητοῦνται, ὁ συντελεστὴς τριβῆς, ἡ δύναμις τριβῆς καὶ ἡ γωνία τριβῆς.
(Ἀπ. $\eta = 0{,}75$, 3 kgr*, $\varphi = 37^0$).

11. Πόση εἶναι ἡ κινητικὴ ἐνέργεια, τὴν ὁποίαν ἀποκτᾷ σῶμα μάζης 29 kgr, ὅταν κατέλθῃ ἐπὶ κεκλιμένου ἐπιπέδου μήκους 24 m καὶ γωνίας κλίσεως 30^0, δεδομένου ὅτι ὁ συντελεστὴς τριβῆς εἶναι 0,20. (Ἀπ. 234 kgr*m).

12. Ἕλκηθρον, τὸ ὁποῖον μετὰ τοῦ φορτίου του ἔχει βάρος 72 kgr*, τίθεται εἰς κίνησιν ὑπὸ ἀνθρώπου καταβάλλοντος ὁριζοντίαν δύναμιν 13 kgr* ἐπὶ χρόνον 3 sec. Ὁ συντελεστὴς τριβῆς εἶναι 0,02. Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ διάστημα, τὸ ὁποῖον θὰ διανύσῃ τὸ ἕλκηθρον, ὅταν ὁ ἄνθρωπος παύσῃ νὰ ἕλκῃ αὐτό. (Ἀπ. s = 57,6 m).

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΡΕΥΣΤΩΝ

171. 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 (§ 34).

Ἐκ τῆς Μηχανικῆς τῶν ρευστῶν θὰ σπουδάσωμεν κυρίως τὴν Ὑ δ ρ ο σ τ α τ ι κ ὴ ν καὶ Ἀ ε ρ ο σ τ α τ ι κ ή ν, αἱ ὁποῖαι ἐξετάζουν τὰ ρευστὰ ἐν καταστάσει ἰσορροπίας, ἐνῷ ἐκ τῆς Ὑ δ ρ ο α ε ρ ο δ υ ν α μ ι κ ῆ ς, 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.

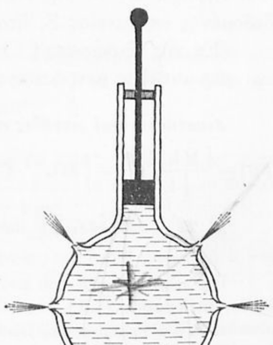
ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ζ΄

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.

172. Θεμελιώδεις ἀρχαὶ τῆς Ὑδροστατικῆς. *1.* ***Ὑγρὸν εὑρισκόμενον ἐν ἰσορροπίᾳ ἐντὸς δοχείου ἐξασκεῖ ἐπὶ οἱονδήποτε 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. 222).

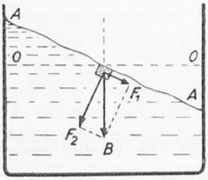


Σχ. 222. Διὰ πιέσεως τοῦ ἐμβολέως ἐξασκοῦνται δυνάμεις κάθετοι ἐπὶ τὰ τοιχώματα τοῦ δοχείου.

173. Ἐλευθέρα ἐπιφάνεια ὑγροῦ. Ὅταν ὑγρὸν ὑπόκειται εἰς τὴν ἐπίδρασιν 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 ἐπιδροῦν ἄλλαι δυνάμεις. Διότι, ἐὰν ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια ἦτο ἡ ΑΑ (σχ. 223) καὶ θεωρήσωμεν

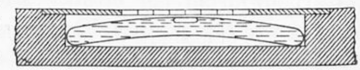
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἕνα μικρὸν τμῆμα τοῦ ὑγροῦ, τὸ βάρος B αὐτοῦ δύναται νὰ ἀναλυθῇ εἰς τὰς συνιστώσας F_1, F_2. Ἐκ τούτων ἡ συνιστῶσα F_1 θέτει εἰς κίνησιν τὸ ὑγρὸν καὶ εἶναι φανερόν, ὅτι αὕτη θὰ μηδενισθῇ, ὅταν ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ γίνῃ ὁριζοντία (θέσις OO). Τοῦτο δεικνύεται διὰ τοῦ νήματος τῆς στάθμης (βλ. § 134).



Σχ. 223. Τὸ ὑγρὸν ἠρεμεῖ, ὅταν ἡ στάθμη καταστῇ ὁριζοντία.

Ἐφαρμογὴν τῶν ἀνωτέρω ἀποτελεῖ ἡ ***ἀεροστάθμη*** (σχ. 224), ἡ ὁποία χρησιμεύει διὰ τὴν ὁριζοντίωσιν διαφόρων βάσεων, ὡς π.χ. εἰς ὀπτικὰ ὄργανα, ζυγοὺς κ. ἄ.



Σχ. 224. Ὑπόδειγμα ἀεροστάθμης.

174. Πίεσις. Κατὰ τὴν σπουδὴν τῆς Ὑδροστατικῆς συναντῶμεν συχνὰ τὸ μέγεθος ***πίεσις***. Θεωρήσωμεν, ὅτι ἐπὶ ἐπιπέδου ἐπιφανείας S ἐπενεργεῖ δύναμις F, κάθετος ἐπὶ τὴν ἐπιφάνειαν καὶ ὁμοιομόρφως κατανεμημένη ἐπ᾽ αὐτῆς. Ὡς εἴδομεν εἰς τὴν εἰσαγωγὴν (βλ. σελ. 19), ***καλοῦμεν π ί ε σ ι ν (p) τὸ πηλίκον τῆς δυνάμεως τῆς ἀσκουμένης ἐπὶ ἐπιφανείας S διὰ τοῦ ἐμβαδοῦ τῆς ἐπιφανείας ταύτης ἢ ἄλλως τὴν δύναμιν τὴν ἀσκουμένην ἐπὶ τῆς μονάδος ἐπιφανείας.***

Ἑπομένως εἶναι :

$$p = \frac{F}{S} \tag{1}$$

Ἐκ τῆς σχέσεως ταύτης εὑρίσκομεν τὴν συνολικὴν δύναμιν F τὴν ἀσκουμένην ἐπὶ δεδομένης ἐπιφανείας S, ἤτοι : $F = p\,S$.

Ἐκ τῆς ἐξισώσεως (1) δυνάμεθα νὰ καθορίσωμεν τὴν ἐξίσωσιν διαστάσεων καὶ τὰς μονάδας μετρήσεως τῆς πιέσεως, ὡς ἀκολούθως :

Διαστάσεις καὶ μονάδες πιέσεως. α) ***Σύστημα μονάδων* CGS.**

$$[p] = \frac{[MLT^{-2}]}{[L^2]} = [ML^{-1}T^{-2}], \text{ καὶ μονάς: τὸ 1 } gr \cdot cm^{-1} \cdot sec^{-2}, \text{ ἢ 1 } \mathbf{Dyn/cm^2}.$$

β) ***Τεχνικὸν σύστημα μονάδων.*** $[p] = \frac{[F]}{[L^2]} = [FL^{-2}]$, καὶ μονάς: τὸ 1 **$kgr^*/m^2$**.

Προκειμένου περὶ τοῦ συστήματος μονάδων CGS, ἡ μονὰς πιέσεως 1 Dyn/cm^2 καλεῖται **mikrobar** (μB), ἐνῷ πίεσις 10^6 Dyn/cm^2 καλεῖται **Bar** (B). Ἐκτὸς τούτων, χρησιμοποιεῖται καὶ ἡ μονὰς **millibar** (mB). Οὕτως εἰς τὸ σύστημα CGS ἔχομεν τὰς ἀκολούθους μονάδας πιέσεως :

1 mikrobar (μB) = 1 Dyn/cm^2 = 1 $gr/cm \cdot sec^2$.

1 Bar = 10^6 μB, καὶ 1 millibar = 10^3 μB = 10^{-3} Bar.

Ἐκτὸς τῶν μονάδων τούτων χρησιμοποιεῖται ἐν τῇ πράξει καὶ ἡ ***τεχνικὴ ἀτμόσφαιρα* (1 at)**, εἶναι δέ :

$$\boxed{\mathbf{1\ at = 1\ kgr^*/cm^2}}$$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἐκτὸς τῆς τεχνικῆς ἀτμοσφαίρας, χρησιμοποιεῖται εἰς τὴν Φυσικὴν καὶ ἡ ***φυσικὴ ἀτμόσφαιρα*** **(1 Atm)** εἶναι δέ:

$$\boxed{\mathbf{1\ Atm = 1{,}033\ kgr^*/cm^2}}$$

Αὕτη ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν πίεσιν μιᾶς ἀτμοσφαίρας. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει ὅτι: 1 at=0,968 Atm. Περαιτέρω θὰ γνωρίσωμεν καὶ ἄλλας μονάδας πιέσεως (βλ. § 199).

175. 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 cm² καὶ ὕψος τὸ τῆς ὑγρᾶς στήλης. Οὕτως, ἐὰν ἔχωμεν κυλινδρικὴν στήλην ὑγροῦ εἰδικοῦ βάρους ε καὶ βάσεως ἐμβαδοῦ S, λαμβάνομεν ἐκ τῆς ἐξισώσεως ὁρισμοῦ τῆς πιέσεως:

$$p = \frac{F}{S} = \frac{Sh \cdot \varepsilon}{S} = h \cdot \varepsilon$$

ὅπου ἀντὶ F ἐτέθη τὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ τοῦ περιεχομένου εἰς κύλινδρον βάσεως S καὶ ὕψους h. Ἄρα ἔχομεν:

$$\boxed{\mathbf{p = h \cdot \varepsilon}} \qquad (1)$$

Ἂν ληφθῇ ὑπ᾿ ὄψιν, ὅτι $\varepsilon = \varrho g$, ὅπου ϱ ἡ πυκνότης τοῦ ὑγροῦ καὶ g ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς βαρύτητος, ἡ ἀνωτέρω σχέσις (1) γίνεται:

$$\mathbf{p = h \cdot \varrho g}$$

Ἀριθμητικὰ παραδείγματα: ***1. Ποίαν πίεσιν ἀσκεῖ στήλη ὑδραργύρου ὕψους 30*** **cm** ***καὶ τομῆς 1*** **cm²**. ***(Πυκνότης ὑδραργύρου*** $\varrho = 13{,}6$ **gr/cm³** ***καὶ*** $g = 981$ **cm/sec²*****).***

Ἡ πίεσις εἶναι: $p = 30 \cdot 13{,}6 \cdot 981 = 4 \cdot 10^5\ \mathbf{Dyn/cm^2}$ ἢ

$p = 30 \cdot 13{,}6 = \mathbf{408\ gr^*/cm^2}$.

2. Ἐπὶ ἐμβόλου ἐμβαδοῦ 100 **cm²** ***ἐπιτίθεται βάρος 10*** **kgr***. ***Πόσον ὕψος στήλης ὕδατος ἰσορροπεῖ. Ἐὰν ἀντὶ ὕδατος τεθῇ ὑδράργυρος, πόσον τὸ ἀντίστοιχον ὕψος.***

Ἡ πίεσις ἐπὶ τοῦ ἐμβόλου εἶναι $p = \frac{F}{S} = \frac{10}{100} = 0{,}1\ \frac{kgr^*}{cm^2} = 100\ \frac{gr^*}{cm^2}$.

Ἐὰν τὸ ὕψος τῆς ὑδατίνης στήλης ὑπεράνω τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐμβόλου κληθῇ h καὶ ε εἶναι τὸ εἰδικὸν βάρος τοῦ ὑγροῦ, ἔχομεν: $\varepsilon h = 100\ \frac{gr^*}{cm^2}$.

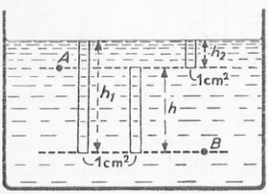
Θέτοντες $\varepsilon = 1\ gr^*/cm^3$ διὰ τὴν περίπτωσιν τοῦ ὕδατος λαμβάνομεν: **h=100/1=100 cm.**

Διὰ τὴν περίπτωσιν ὑδραργύρου, τοῦ ὁποίου τὸ εἰδικὸν βάρος εἶναι $\varepsilon = 13{,}6\ gr^*/cm^3$, λαμβάνομεν: $\mathbf{h} = 100/13{,}6 = \mathbf{7{,}36\ cm}$.

176. Πίεσις ὑγροῦ ἐν ἰσορροπίᾳ. Ἡ πίεσις, τὴν ὁποίαν ἀσκεῖ ὑγρὸν ἐπὶ τῶν τοιχωμάτων τοῦ περιέχοντος αὐτὸ δοχείου, δύναται νὰ ἔχῃ διπλῆν προέλευσιν, εἴτε δηλ. νὰ προέρχεται ἐκ τοῦ βάρους τοῦ ὑγροῦ, εἴτε ἐκ δυνάμεως ἐπιφερομένης ἐπ᾿ αὐτοῦ δι᾿ ἐμβολέως. Ἡ πίεσις ἡ προερχομένη ἐκ τοῦ βάρους τοῦ ὑγροῦ δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς ἀμελητέα, ἐφ᾿ ὅσον ἡ ἐξωτερικὴ πίεσις εἶναι πολὺ μεγαλυτέρα τῆς προερχομένης ἐκ τοῦ βάρους τοῦ ὑγροῦ.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

177. Ὑδροστατικὴ πίεσις. Θεμελιῶδες θεώρημα τῆς Ὑδροστατικῆς. Θεωρήσωμεν ὑγρὸν εὑρισκόμενον ἐν ἰσορροπίᾳ ἐντὸς δοχείου. Ὡς γνωστόν, ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ θὰ εἶναι ὁριζόντιον ἐπίπεδον. Εἶναι φανερόν, 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. 225) 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 εὑρισκόμενον 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:

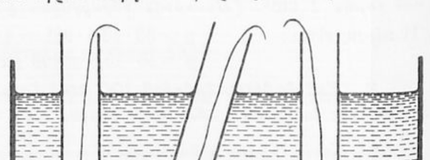


Σχ. 225. Ἐπεξήγησις τῆς θεμελιώδους προτάσεως τῆς Ὑδροστατικῆς.

$$\mathbf{p_1 - p_2 = (h_1 - h_2)\,\varepsilon = h\,\varepsilon.}$$

Ἡ σχέσις αὐτη 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 αὐτη ἀπαλείφεται.


Σχ. 226. Ἡ πίεσις εἶναι ἀνεξάρτητος τοῦ προσανατολισμοῦ τῆς πιεζομένης ἐπιφανείας.

178. 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.

α) Κατὰ τρόπον ἁπλούστατον δυνάμεθα νὰ δείξωμεν, ὅτι ἡ πίεσις εἶναι ἀνεξάρτητος τοῦ προσανατολισμοῦ, διὰ τῶν τριῶν σωλήνων τοῦ σχήματος 226, τῶν ὁποίων οἱ πυθμένες ἀποτελοῦνται ἐκ λεπτοῦ καὶ ἐλαφροῦ μετάλλου. Ἐάν, 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 αὐ-

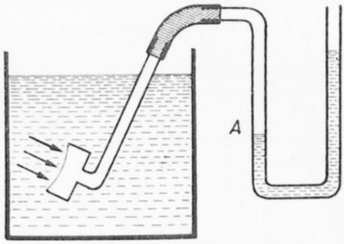
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τῶν εἶναι διαφόρως προσανατολισμέναι, αἱ δυνάμεις αἱ ἀσκούμεναι ἐπ' αὐτῶν ἔχουν τὴν ἰδίαν τιμήν, 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.

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 cm^2 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:

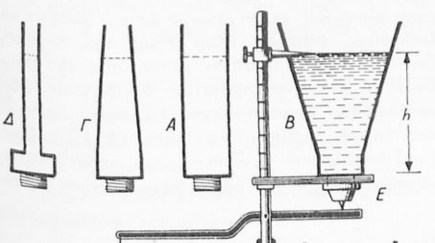
Ἐπὶ λίαν λεπτῆς ἐπιπέδου ἐπιφανείας βυθισμένης ἐντὸς ὑγροῦ ἐξασκοῦνται, ἐπὶ τῶν δύο ὄψεων αὐτῆς, δυνάμεις κάθετοι ἐπ' αὐτὴν ἴσαι καὶ ἀντίθετοι.



Σχ. 227. Μέτρησις τῆς πιέσεως ἐντὸς ὑγροῦ.

β) Ἄλλη διάταξις χρησιμεύουσα διὰ τὸν αὐτὸν σκοπὸν δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 227. Αὕτη ἀποτελεῖται ἐκ μεταλλικῆς κάψης κλειομένης κατὰ τὴν μίαν ἐπιφάνειαν δι' ἐλαστικῆς μεμβράνης, ἡ δὲ ἑτέρα ἐπιφάνεια αὐτῆς συγκοινωνεῖ διὰ μεταλλικοῦ σωλῆνος καουτσοὺκ πρὸς τὸ ἄκρον τοῦ ὑαλίνου σωλῆνος Α, δὶς κεκαμμένου κατ' ὀρθὴν γωνίαν, ἔχοντος τὸ ἄκρον Β ἀνοικτὸν καὶ χρησιμεύοντος ὡς μανόμετρον.

Ἐὰν ἡ κάψα εἶναι ἐκτὸς τοῦ δοχείου, τὸ ὑγρὸν εἰς τὰ δύο σκέλη τοῦ μανομέτρου εὑρίσκεται εἰς τὴν αὐτὴν στάθμην. Ἐὰν ὅμως βυθισθῇ ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ, λόγῳ τῆς ἀσκουμένης ὑδροστατικῆς πιέσεως ἐπὶ τῆς μεμβράνης, αὕτη παραμορφοῦται καὶ πιέζει τὸν εἰς Α ἀέρα, οὕτω δὲ ἡ στάθμη τοῦ ὑγροῦ κατέρχεται εἰς Α καὶ ἀνέρχεται εἰς Β, ἡ δὲ πίεσις καθορίζεται ἐκ τοῦ ὕψους τῆς ὑγρᾶς στήλης τοῦ ἀντιστοιχοῦντος μεταξὺ τῶν δύο σταθμῶν τοῦ ὑγροῦ εἰς Α καὶ Β. Ἐὰν τὸ κέντρον τῆς κάψης διατηρῆται εἰς τὴν αὐτὴν ἀπόστασιν ἀπὸ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ, ὁπωσδήποτε καὶ ἂν αὕτη προσανατολισθῇ, τὸ ὕψος τῆς στήλης τοῦ μανομέτρου παραμένει ἀμετάβλητον. Ἐὰν ὅμως ἡ κάψα βυθίζεται περισσότερον ἢ ὀλιγώτερον, τὸ ὕψος τῆς στήλης καὶ ἑπομένως ἡ πίεσις αὐξάνεται ἢ ἐλαττοῦται.



Σχ. 228. Διάταξις διὰ τὴν πειραματικὴν ἀπόδειξιν τῶν πιέσεων, αἵτινες ἐξασκοῦνται ἐπὶ τοῦ πυθμένος.

179. Πιέσεις καὶ δυνάμεις ἀσκούμεναι ἐπὶ τοῦ πυθμένος δοχείου. Θεωρήσωμεν δοχεῖον περιέχον ὑγρὸν εἰδικοῦ βάρους ε (σχ. 228) καὶ ἔστω h ἡ κατακόρυφος ἀπόστασις τοῦ πυθμένος ἀπὸ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ. Ἡ πίεσις εἰς οἱονδήποτε σημεῖον τοῦ πυθμένος εἶναι $p = h \cdot \varepsilon$. Ἐὰν ὁ πυθμὴν ἔχῃ ἐπιφάνειαν S, τότε ἡ δύναμις, τὴν ὁποίαν οὗτος θὰ ὑφίσταται, εἶναι

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

$F = p \cdot S = h \cdot \varepsilon \cdot S$, 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 πυθμήν, 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.

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. 1. ***Εἰς δοχεῖον περιέχεται ὕδωρ. Πόση εἶναι ἡ πίεσις εἰς σημεῖόν τι τοῦ πυθμένος εὑρισκόμενον εἰς 1,5 m κάτω τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας.***

Δίδονται $h = 1{,}5\ m = 150\ cm$ καὶ $\varepsilon = 1\ gr^*/cm^3 = 981\ Dyn/cm^3$. Δι' ἀντικαταστάσεως εἰς τὴν γνωστὴν σχέσιν $p = \varepsilon h$ λαμβάνομεν: $\mathbf{p} = 981 \cdot 150 = 147000\ Dyn/cm^2 = 150\ \mathbf{gr^*/cm^2}$.

2. ***Ποία ἡ δύναμις, ἡ ὁποία ἐξασκεῖται ἐπὶ τοῦ πυθμένος δοχείου κυλινδρικοῦ, διαμέτρου d = 10 cm, τὸ ὁποῖον πληροῦται δι' ὕδατος $\varepsilon = 1\ gr^*/cm^3$ μέχρις ὕψους 25 cm.***

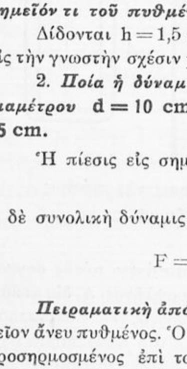
Ἡ πίεσις εἰς σημεῖόν τι τοῦ πυθμένος θὰ εἶναι:

$$p = h \cdot \varepsilon = 25 \cdot 1 = 25\ gr^*/cm^2$$

ἡ δὲ συνολικὴ δύναμις F, τὴν ὁποίαν ὑφίσταται ὁ πυθμὴν ἐπιφανείας S, θὰ εἶναι:

$$F = p \cdot S = p \cdot \frac{\pi d^2}{4} = \frac{25 \cdot 3{,}14 \cdot 10^2}{4} = 1962\ gr^*.$$

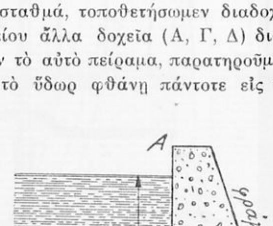
Πειραματικὴ ἀπόδειξις. Ἐπὶ καταλλήλου βάσεως (σχ. 228) κοχλιοῦται κυλινδρικὸν δοχεῖον ἄνευ πυθμένος. Ὁ πυθμὴν τοῦ δοχείου, ἀποτελούμενος π. χ. ἐκ δίσκου μεταλλικοῦ, εἶναι προσηρμοσμένος ἐπὶ τοῦ ἑνὸς ἄκρου φάλαγγος ζυγοῦ καί, διὰ σταθμῶν τιθεμένων ἐπὶ τοῦ ἀπὸ τῆς ἑτέρας φάλαγγος ἐξηρτημένου δίσκου τοῦ ζυγοῦ, ἐπιτυγχάνομεν ὥστε ὁ πυθμὴν νὰ κλείῃ ὑδατοστεγῶς τὸ δοχεῖον. Ἐὰν ἀκολούθως θέσωμεν 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. 229. Ἡ πλευρικὴ πίεσις εἶναι ἑκάστοτε διάφορος καὶ ἀνάλογος τοῦ ὕψους τῆς ὑγρᾶς στήλης.

180. 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 229, ὅπου τὸ μανόμετρον (3) δεικνύει μεγαλυτέραν πίεσιν ἀπὸ τὰ μανόμετρα (2) καὶ (1). Ἐφαρμογὴν τῶν



Σχ. 230. Σχηματικὴ διάταξις ὑδατοφράγματος.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

βάθη ἡ πίεσις ἔχει τιμὰς ἐνδιαμέσους. Ἡ ἰδία κατανομὴ ὑφίσταται καὶ διὰ τὰς δυνάμεις F (σχ. 232) τὰς ἐξασκουμένας ἐπὶ ὁριζοντίων λωρίδων, εἰς τὰς ὁποίας φανταζόμεθα, ὅτι χωρίζομεν τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ φράγματος, ὡς τοῦτο δεικνύεται ὑπὸ τῶν βελῶν τοῦ σχήματος 232 (α).

Ἡ συνολικὴ δύναμις ἐπὶ τοῦ φράγματος εἶναι ἀκριβῶς ἡ συνισταμένη τῶν δυνάμεων τούτων, εὑρίσκεται δὲ αὕτη, ὡς δεικνύεται θεωρητικῶς, διὰ τῆς σχέσεως: συνισταμένη δύναμις = μέση τιμὴ πιέσεως × ἐπιφάνεια φράγματος.

Ἡ μέση τιμὴ πιέσεως ($\overline{p}$) εἶναι ἐκείνη, ἥτις ἐξασκεῖται εἰς σημεῖον τοῦ φράγματος εὑρισκόμενον εἰς βάθος H/2, ὅπου H τὸ ὕψος τοῦ φράγματος.

Ἡ συνολικὴ δύναμις εἶναι καὶ αὐτὴ κάθετος ἐπὶ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ φράγματος, ὁ καθορισμὸς ὅμως τῆς θέσεώς της εἶναι ἀδύνατον νὰ γίνῃ μὲ τὴν βοήθειαν μόνον στοιχειωδῶν μαθηματικῶν γνώσεων. Ἀποδεικνύεται, ὅτι τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς αὐτῆς εὑρίσκεται εἰς ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ πυθμένος ἴσην πρὸς τὸ ἓν τρίτον τοῦ ὕψους.

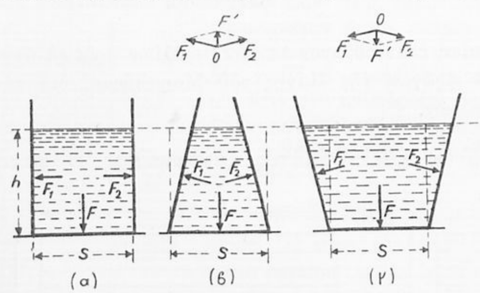
Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. ***Φράγμα λίμνης ἔχει ὕψος 9 m καὶ μῆκος $l = 30$ m. Ποία ἡ ἐπ᾽ αὐτοῦ ἐξασκουμένη δύναμις ($F_{ολ}$).***

Ἐφαρμόζοντες τὰ ἀνωτέρω εἰς τὰ δεδομένα τοῦ προβλήματος ἔχομεν: Μέση τιμὴ πιέσεως:

$$\overline{p} = \varepsilon \cdot \frac{H}{2} = 1 \cdot \frac{900}{2} = 450 \frac{gr^*}{cm^2}$$

καὶ $F_{ολ} = \overline{p} \cdot S = \overline{p} \cdot H \cdot l = 450 \cdot 900 \cdot 3\,000 = 122 \cdot 10^7$ gr* ἢ $122 \cdot 10^4$ kgr* ἢ **1220 t***.

182. Ὑδροστατικὸν παράδοξον. Τὰ τρία δοχεῖα τοῦ σχήματος 233, 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.



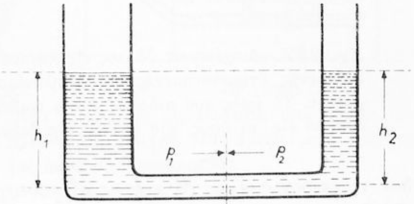
Σχ. 233. (α) Τὸ βάρος B τοῦ ὑγροῦ ἰσοῦται μὲ τὴν ἐπὶ τοῦ πυθμένος ἐξασκουμένην δύναμιν F. (β) Τὸ βάρος B τοῦ ὑγροῦ ἰσοῦται μὲ τὴν δύναμιν F ἠλαττωμένην κατὰ τὴν συνισταμένην F′ τῶν πλευρικῶν δυνάμεων, ἤτοι B = F − F′. (γ) Τὸ βάρος B τοῦ ὑγροῦ ἰσοῦται μὲ τὴν δύναμιν F ηὐξημένην κατὰ τὴν συνισταμένην F′, ἤτοι: B = F + F′.

Τοῦτο δικαιολογεῖται, διότι ἐπὶ τοῦ ζυγοῦ δὲν ἐπενεργοῦν μόνον αἱ ἐπὶ τοῦ πυθμένος δυνάμεις, ἀλλὰ καὶ αἱ πλευρικαί, ἡ δὲ ***συνισταμένη ὅλων τῶν δυνάμεων, ἰσοῦται πρὸς τὸ βάρος τοῦ περιεχομένου ὑγροῦ.*** Πράγματι, εἰς τὸ δοχεῖον (α) δὲν ὑφίστανται κατακόρυφοι συνιστῶσαι, ἐνῷ εἰς τὸ δοχεῖον (β) αἱ πλευρικαὶ δυνάμεις παρέχουν κατακορύφους συνιστώσας πρὸς τὰ ἄνω. Αἱ πλευρικαὶ δυνάμεις ἐν τῷ δοχείῳ (γ) παρέχουν κατακορύφους συνιστώσας πρὸς τὰ κάτω, ἐνῷ αἱ ὁριζόντιοι ἐξουδετεροῦνται. Ἡ δὲ συνισταμένη ὅλων τῶν δυνάμεων ἰσοῦται πρὸς τὸ βάρος τοῦ περιεχομένου ὑγροῦ.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

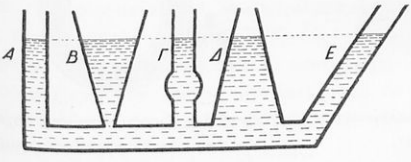
Ὡς ἐκ τοῦ ἀνωτέρω πειράματος δεικνύεται, τὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ καὶ ἡ δύναμις ἐπὶ ἐπιφανείας, π.χ. τοῦ πυθμένος δοχείου, εἶναι ἔννοιαι ἐντελῶς διάφοροι, διότι ἡ δύναμις ἐπὶ τῆς θεωρουμένης ἐπιφανείας παρέχεται ὑπὸ τοῦ τύπου $F = p \cdot S$, ὅπου p ἡ πίεσις καὶ S ἡ ἐπιφάνεια, ἡ δὲ ὡς ἄνω ἔκφρασις προδήλως 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 233 ἐκλήθη ***ὑδροστατικὸν παράδοξον***.

183. Ἀρχὴ τῶν συγκοινωνούντων δοχείων. Ἐὰν εἰς τὴν συσκευὴν τοῦ σχήματος 234 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 ὁριζόντιον σωλῆνα 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: $h_1 = h_2$.

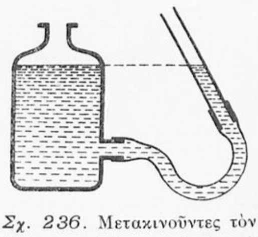


Σχ. 234. Συγκοινωνοῦντα δοχεῖα.

Τὸ ἀνωτέρω φαινόμενον καλεῖται ***ἀρχὴ τῶν συγκοινωνούντων δοχείων***, δεικνύεται δὲ πρὸς τούτοις καὶ διὰ τῶν σχημάτων 235 καὶ 236 καὶ εὑρίσκει μεγάλας ἐφαρμογὰς ἐν τῇ πράξει, ὡς εἰς τὴν διανομὴν τοῦ ὕδατος, εἰς τοὺς πίδακας (σχ. 237), εἰς τοὺς ὑδροδείκτας (σχ. 238), καὶ τὰ ἀρτεσιανὰ φρέατα (σχ. 239) κτλ.



Σχ. 235. Εἰς τὰ πέντε δοχεῖα, μολονότι εἶναι διαφόρου σχήματος, ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ εὑρίσκεται εἰς τὸ αὐτὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον.

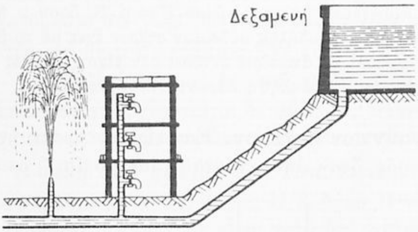


Σχ. 236. Μετακινοῦντες τὸν ὑάλινον σωλῆνα κατὰ διαφόρους διευθύνσεις βλέπομεν πάντοτε, ὅτι ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ εὑρίσκεται εἰς τὸ αὐτὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον.

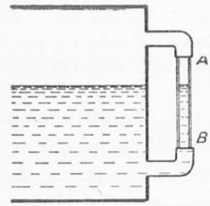
Ἐὰν εἰς τὴν διάταξιν τοῦ σχήματος 240 θέσωμεν ὑδράργυρον καὶ ἀκολούθως εἰς τὸ ἓν σκέλος προσθέσωμεν ὕδωρ, παρατηροῦμεν, ὅτι αἱ στάθμαι τοῦ ὑγροῦ εὑρίσκονται εἰς διάφορα ἐπίπεδα. Ἐὰν φέρωμεν τὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον ἀπὸ τῆς ὁρικῆς ἐπιφανείας τῶν δύο ὑγρῶν εἰς τὸ ἓν σκέλος τοῦ σωλῆνος, τότε αἱ πιέσεις, αἱ ὁποῖαι ὑφίστανται ἑκατέρωθεν τῆς ἐγκαρσίας τομῆς, εἶναι: $p_1 = h_1 \cdot \varepsilon_1$ καὶ $p_2 = h_2 \cdot \varepsilon_2$, ὅπου h_1 τὸ ὕψος τῆς στήλης τοῦ ὑδραργύρου ὑπὲρ τὸ ὁριζόντιον ἐπίπε-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

δον εἰς τὸ ἓν σκέλος καὶ ε_1 τὸ εἰδ. βάρος αὐτοῦ, καὶ h_2, ε_2 τὰ ἀντίστοιχα μεγέθη

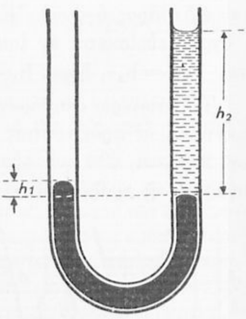


Σχ. 237. Διοχέτευσις ὕδατος εἰς κατοικίαν ἐκ δεξαμενῆς ἐγκατεστημένης εἰς ὑψηλοτέραν περιοχήν. Τὸ ὕψος τοῦ πίδακος λόγῳ τριβῆς δὲν φθάνει εἰς τὸ ὕψος τοῦ ὕδατος τῆς δεξαμενῆς.

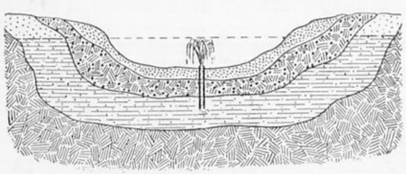


Σχ. 238. Ὁ ὑδροδείκτης ΑΒ δεικνύει τὴν στάθμην τοῦ ὑγροῦ ἐντὸς τοῦ δοχείου.

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 : $h_1\,\varepsilon_1 = h_2\,\varepsilon_2$,



Σχ. 240. Συγκοινωνοῦντα δοχεῖα μὲ ὑγρὰ διαφόρου πυκνότητος.



Σχ. 239. Τὸ ὑδατοφόρον στρῶμα περικλείεται μεταξὺ δύο ἀδιαβρόχων στρωμάτων.

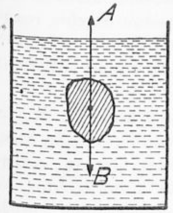
καὶ $h_1 : h_2 = \varepsilon_2 : \varepsilon_1$, ἤτοι : *τὰ ὕψη τῶν στηλῶν εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογα τῶν εἰδικῶν βαρῶν τῶν ὑγρῶν.*

184. Ἄνωσις. Ὅταν ὑλικὸν σῶμα εὑρίσκεται ἐμβαπτισμένον ἐντὸς ὑγροῦ, ὑφίσταται ἐκ μέρους τοῦ ὑγροῦ δυνάμεις 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.***

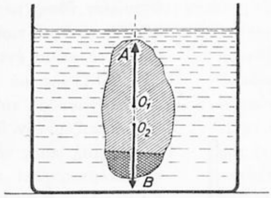
Ἐὰν τὸ σῶμα εἶναι ὁμογενὲς καὶ εἶναι βυθισμένον τελείως ἐντὸς τοῦ ὕδατος, τὸ κέντρον τῆς ἀνώσεως συμπίπτει πρὸς τὸ κέντρον βάρους τοῦ σώματος καί, ἐφ᾿ ὅσον ἡ ἄνωσις εἶναι ἴση πρὸς τὸ βάρος τοῦ σώματος, τότε τὸ σῶμα ἰσορροπεῖ ἐντὸς

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

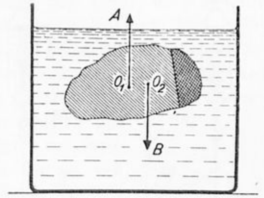
τοῦ ὑγροῦ (σχ. 241). Τὸ σῶμα εὑρίσκεται εἰς ἀδιάφορον ἰσορροπίαν, διότι ἰσορροπεῖ οἱοσδήποτε καὶ ἂν εἶναι ὁ προσανατολισμὸς τοῦ σώματος ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ. Ἐὰν ὅμως τὸ σῶμα εἶναι ἑτερογενὲς καὶ τὸ βάρος αὐτοῦ



Σχ. 241. Ὅταν A = B τὸ σῶμα ἰσορροπεῖ εἰς οἱονδήποτε βάθος καὶ ὑπὸ οἱονδήποτε προσανατολισμόν.



Σχ. 242.



Σχ. 243.

Τὸ σῶμα (σχ. 242) εὑρίσκεται εἰς εὐσταθῆ ἰσορροπίαν, διότι κατὰ τὴν μετατόπισίν του (σχ. 243) ἐμφανίζεται ζεῦγος δυνάμεως ἐπαναφορᾶς.

εἶναι ἴσον πρὸς τὴν ἄνωσιν, τότε τὸ κέντρον ἀνώσεως δὲν συμπίπτει πρὸς τὸ κέντρον βάρους τοῦ σώματος (σχ. 242). Τὸ σῶμα τότε ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ ἰσορροπεῖ μόνον, ὅταν τὸ κέντρον τῆς ἀνώσεως εὑρίσκεται ἄνωθεν τοῦ κέντρου βάρους του καὶ ἐπὶ τῆς αὐτῆς κατακορύφου, καὶ μάλιστα εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην εὑρίσκεται εἰς εὐσταθῆ ἰσορροπίαν.

Πράγματι, ἐὰν ἐκτοπίσωμεν τὸ σῶμα ἀπὸ τῆς ἰσορροπίας του καὶ φέρωμεν τοῦτο εἰς τὴν θέσιν τοῦ σχήματος 243, τότε παρατηροῦμεν, ὅτι ἡ ἄνωσις καὶ τὸ κέντρον βάρους σχηματίζουν ζεῦγος δυνάμεων, τὸ ὁποῖον τείνει νὰ ἐπαναφέρῃ τὸ σῶμα εἰς τὴν κατάστασιν εὐσταθοῦς ἰσορροπίας.

Διὰ τὸν λόγον τοῦτον τὰ σκάφανδρα ἑρματίζονται, ἐνῷ εἰς τὰ πλοῖα τὰ βαρύτερα ἀντικείμενα, ὡς π. χ. αἱ μηχαναί, ὡς καὶ τὸ ἕρμα εἰς τὰ ὑποβρύχια τοποθετοῦνται εἰς ὅσον τὸ δυνατὸν χαμηλότερον σημεῖον, ὑποβιβαζομένου οὕτω καὶ τοῦ κέντρου τοῦ βάρους των.

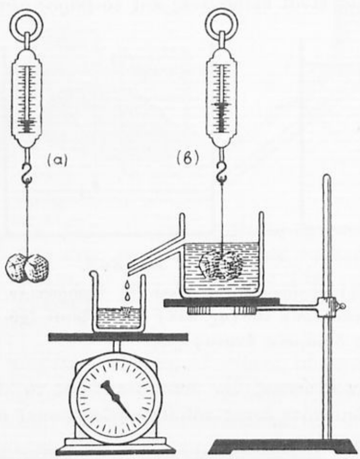
Σχ. 244. Ὁ Ἀρχιμήδης πρῶτος διετύπωσε τὴν ὑδροστατικὴν ἀρχήν, ἡ ὁποία φέρει τὸ ὄνομά του. Ἡ εἰκὼν παριστᾷ τὸν Ἀρχιμήδην ἀποδιώκοντα μὲ τὴν φράσιν «μή μου τοὺς κύκλους τάραττε» τοὺς στρατιώτας, οἱ ὁποῖοι ἤθελον νὰ τὸν συλλάβουν κατὰ τὴν ἅλωσιν τῶν Συρακουσῶν.

185. Ἀρχὴ τοῦ Ἀρχιμήδους. Ὁ Ἀρχιμήδης διετύπωσε τὴν ἀκόλουθον ἀρχήν: ***Πᾶν σῶμα, ἐμβαπτιζόμενον ἐντὸς ὑγροῦ ἐν ἰσορροπίᾳ, χάνει ἐκ τοῦ βάρους του τόσον, ὅσον εἶναι τὸ βάρος τοῦ ἐκτοπιζομένου ὑγροῦ.***

Πειραματικὴ ἀπόδειξις. Ἀπὸ ζυγοῦ δι' ἐλατηρίου ἐξαρτῶμεν διὰ νήματος σῶμα π.χ.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

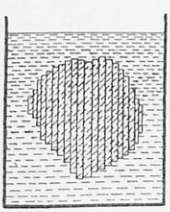
λίθον, καὶ εὑρίσκομεν τὸ βάρος αὐτοῦ εἰς τὸν ἀέρα (σχ. 245, α). Ἀκολούθως ἐπὶ βάσεως (σχ. 245, β) τοποθετοῦμεν δοχεῖον φέρον πλαγίως σωλῆνα ἐκροῆς καὶ ἐπὶ τοῦ δίσκου ἑτέρου δυναμομετρικοῦ ζυγοῦ τοποθετοῦμεν ἕτερον δοχεῖον. Ἐντὸς τοῦ πρώτου δοχείου τοποθετοῦμεν ὕδωρ μέχρις ὅτου ἡ στάθμη αὐτοῦ φθάσῃ τὸ ὕψος τοῦ σωλῆνος ἐκροῆς καὶ βυθίζομεν τὸ σῶμα ἐντὸς τοῦ ὕδατος.



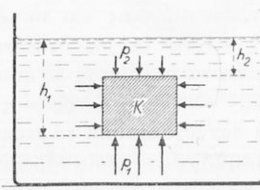
Σχ. 245. α) Ζύγισις τοῦ λίθου εἰς τὸν ἀέρα. β) Ἡ ἀπώλεια βάρους τοῦ λίθου ἰσοῦται πρὸς τὸ βάρος τοῦ ἐκτοπισθέντος ὑγροῦ.

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.

Θεωρητικὴ ἀπόδειξις. Θεωρητικῶς, ἡ πρότασις αὕτη δύναται νὰ ἀποδειχθῇ διὰ τοῦ ἀκολούθου συλλογισμοῦ: Φαντασθῶμεν ὑγρὸν εὑρισκόμενον ἐν ἰσορροπίᾳ. Διὰ τῆς φαντασίας δυνάμεθα νὰ ἀποχωρίσωμεν ἐκ τῆς μάζης αὐτοῦ τούτου τοῦ ὑγροῦ ὡρισμένον ὄγκον (σχ. 246). Ὁ ὄγκος αὐτὸς ὑφίσταται ἐκ μέρους τοῦ ὑπολοίπου ὑγροῦ δυνάμεις, αἱ ὁποῖαι εἶναι κάθετοι ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας αὐτοῦ, ἐφ' ὅσον δὲ τὸ ὑγρὸν εὑρίσκεται ἐν ἰσορροπίᾳ, ἕπεται ὅτι ἡ συνισταμένη τῶν δυνάμεων τῶν ὀφειλομένων εἰς τὴν ὑδροστατικὴν πίεσιν θὰ ἰσοῦται πρὸς τὸ βάρος τοῦ διὰ τῆς φαντασίας ἀποχωρισθέντος ὄγκου ὑγροῦ, διότι ἄλλως οὗτος δὲν θὰ ἠδύνατο νὰ ἰσορροπῇ. Ἐὰν ἤδη φαντασθῶμεν, ὅτι ὁ ὄγκος τοῦ ἀποχωρισθέντος ὑγροῦ στερεοποιεῖται, χωρὶς νὰ ἐπέλθῃ οὐδεμία ἄλλη μεταβολή, εἶναι φανερόν, ὅτι ἡ διανομὴ τῶν δυνάμεων δὲν θὰ μεταβληθῇ καὶ ἑπομένως οὔτε ἡ συνισταμένη αὐτῶν (ἡ ἄνωσις). Ἐκ τούτου συνάγομεν, ὅτι ἡ ἄνωσις θὰ εἶναι πάλιν ἴση πρὸς τὸ βάρος τοῦ ἀποχωρισθέντος ὄγκου ρευστοῦ.



Σχ. 246.



Σχ. 247. Διὰ τὸν ὑπολογισμὸν τῆς ἀνώσεως. Αἱ πλευρικαὶ δυνάμεις ἐξουδετεροῦνται ἀμοιβαίως.

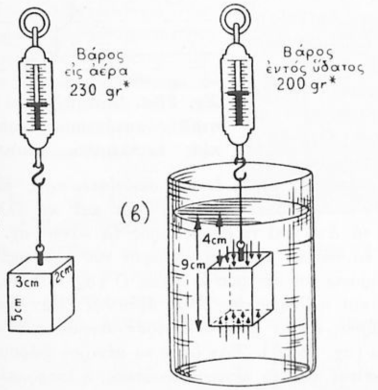
Ὑπολογισμὸς τῆς ἀνώσεως. Δυνάμεθα πρὸς τούτοις νὰ δείξωμεν δι' ὑπολογισμοῦ τὴν ἀρχὴν τοῦ Ἀρχιμήδους. Πράγματι ἡ ἄνωσις, τὴν ὁποίαν ὑφίσταται τὸ σῶμα Κ (σχ. 247), εἶναι ἴση πρὸς $S\,(p_1 - p_2) = S \cdot \varepsilon\,(h_1 - h_2)$, ὅπου ε τὸ εἰδικὸν βάρος τοῦ ὑγροῦ καὶ S ἡ ἐπιφάνεια τῆς ἐγκαρσίας τομῆς τοῦ σώματος.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἐφαρμογή. Οὕτω, ἐὰν ὑποτεθῇ, ὅτι τὸ ὑγρὸν εἶναι ὕδωρ ($\varepsilon = 1$ gr*/cm^3 $= 981$ Dyn/cm^2) καὶ τὸ σῶμα ἔχει ἐγκαρσίαν τομὴν 6 cm^2 (2×3), ἡ δὲ ἄνω ἐπιφάνεια αὐτοῦ εὑρίσκεται εἰς βάθος 4 cm καὶ ἡ κάτω ἐπιφάνεια εἰς βάθος 9 cm, ἡ ἄνωσις Α θὰ εἶναι :

$$A = \varepsilon \cdot V = 6 \cdot (9 - 4) = 30 \text{ gr}^* = 30 \cdot 981 = 29\,430 \text{ Dyn}.$$

Ὡς ὅμως εὐκόλως δεικνύεται, ἐὰν ἐξαρτήσωμεν τὸ σῶμα ἀπὸ ζυγοῦ δι' ἐλατηρίου (σχ. 248), οὗτος εἰς τὸν ἀέρα δεικνύει, ὅτι τὸ σῶμα ἔχει βάρος π.χ. 230 gr*. Ἐὰν ἐμβαπτισθῇ τοῦτο ἐντὸς τοῦ ὕδατος, τὸ δυναμόμετρον δεικνύει βάρος 200 gr* καὶ ἐπομένως τὸ βάρος, τὸ ὁποῖον ἔχασεν 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 σώματος $6 \times 5 = 30$ cm^3.



Σχ. 248. Ἡ ἀπώλεια βάρους ὀφείλεται εἰς τὴν διαφορὰν πιέσεων ἐπὶ τῆς ἄνω καὶ κάτω βάσεως τοῦ σώματος.

186. Διάφοροι περιπτώσεις ἀνώσεως. Προκειμένου περὶ τῆς ἀνώσεως, διακρίνομεν τρεῖς περιπτώσεις : Οὕτω, 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.

Σχ. 249. Κολυμβητὴς τοῦ Καρτεσίου.

Τὰς τρεῖς ταύτας περιπτώσεις δεικνύομεν διὰ τοῦ κλασικοῦ πειράματος τοῦ ***κολυμβητοῦ τοῦ Καρτεσίου*** (σχ. 249). Διὰ ρυθμίσεως τῆς πιέσεως, τὴν ὁποίαν ἐπιφέρομεν διὰ τῆς χειρός μας ἐπὶ τῆς μεμβράνης, ἀφήνομεν νὰ εἰσέρχεται μεγάλη ἢ μικρὰ ποσότης ὕδατος ἐντὸς τοῦ εἰς σχῆμα ἀνθρωπαρίου πλωτῆρος Ο, καὶ μεταβάλλομεν οὕτω τὸ βάρος αὐτοῦ, τῆς ἀνώσεως παραμενούσης ἀμεταβλήτου.

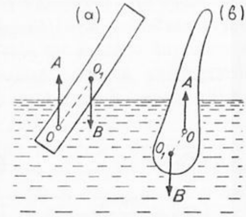
Σχ. 250. ***Σχ. 251.*** ***Σχ. 252.***

Αἱ τρεῖς περιπτώσεις ἀνώσεως.

Τὰ σχήματα 250 - 252 δεικνύουν ἐπίσης τὰς ἀνωτέρω τρεῖς περιπτώσεις. Οὕτω τὸ ᾠὸν βυθίζεται εἰς ὕδωρ καθαρὸν (σχ. 250), ἐνῷ ἰσορροπεῖ ἐντὸς καταλλήλου διαλύματος μαγειρικοῦ ἅλατος (σχ. 251) καὶ ἐπιπλέει ἐντὸς κεκορεσμένου διαλύματος μαγειρικοῦ ἅλατος. Διὰ τὸ πείραμα τοῦτο ἀπαιτεῖται ἡ χρησιμοποίησις νωποῦ ᾠοῦ, διότι ᾠὸν παλαιόν, τοῦ ὁποίου ὁ θύλακος ἀέρος ἔχει μεγεθυνθῇ, δύναται νὰ ἐπιπλέῃ εἰς τὴν ἐπιφάνειαν καὶ τοῦ καθαροῦ ὕδατος.

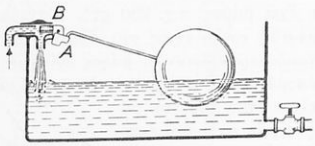
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἐφαρμογὰς τῶν ἀνωτέρω συναντῶμεν εἰς τὰ ὑποβρύχια (βλέπε κατωτέρω), τὰ φορτηγὰ πλοῖα, τοὺς ἀσφαλιστικοὺς πλωτῆρας (σχ. 253) τὰς πλωτὰς δεξαμενὰς (σχ. 258) κτλ.



Σχ. 254. Ἀσταθὴς καὶ εὐσταθὴς κατάστασις ἰσορροπίας ἐπιπλέοντος σώματος.

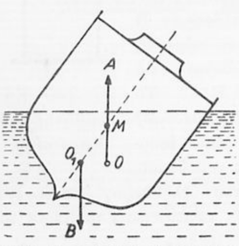
187. Ἰσορροπία ἐπιπλεόντων σωμάτων. Ὡς εἴδομεν, ἐπὶ ἐπιπλέοντος σώματος ἐπενεργοῦν δύο δυνάμεις, ἀφ' ἑνὸς μὲν τὸ βάρος αὐτοῦ Β, τὸ ὁποῖον ἐφαρμόζεται εἰς τὸ κέντρον βάρους O_1, ἀφ' ἑτέρου δὲ ἡ ἄνωσις Α, ἡ ὁποία ἐφαρμόζεται εἰς τὸ κέντρον ἀνώσεως Ο, τὸ ὁποῖον συμπίπτει πρὸς τὸ κέντρον βάρους τοῦ ἐκτοπιζομένου 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. 254) καὶ ἀποτελοῦν ζεῦγος δυνάμεων, τὸ ὁποῖον ἐπιδιώκει τὴν περιστροφὴν τοῦ σώματος.



Σχ. 253. Αὐτόματος διακόπτης κρουνοῦ χρησιμοποιούμενος εἰς δεξαμενὰς ὕδατος (τεπόζιτα) κ.λ.π.

Ἐὰν τὸ κέντρον βάρους O_1 κεῖται ὑπεράνω τοῦ κέντρου ἀνώσεως Ο (σχ. 254, α), τότε τὸ σῶμα ἐκτοπιζόμενον ὀλίγον ἀνατρέπεται καὶ ἡ ἰσορροπία εἶναι ***ἀσταθής***. Ἐὰν ὅμως τὸ κέντρον βάρους κεῖται ὑπὸ τὸ κέντρον ἀνώσεως, τὸ σῶμα ἀνορθοῦται (σχ. 254, β). Ἐὰν ὅθεν τὸ κέντρον βάρους τοῦ σώματος κεῖται ὑπὸ τὸ κέντρον ἀνώσεως, ἡ ἰσορροπία τοῦ ἐπιπλέοντος σώματος εἶναι ***εὐσταθής***.

Ἐν τούτοις εἶναι δυνατὸν τὸ ἐπιπλέον σῶμα νὰ εὑρίσκεται εἰς εὐσταθῆ ἰσορροπίαν καὶ ὅταν τὰ O_1 καὶ Ο εὑρίσκωνται εἰς τὸ αὐτὸ ὕψος ἢ καὶ ὅταν ἀκόμη τὸ Ο κεῖται κάτωθεν τοῦ O_1 (σχ. 255), ἀρκεῖ μόνον τὸ σημεῖον Μ 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.



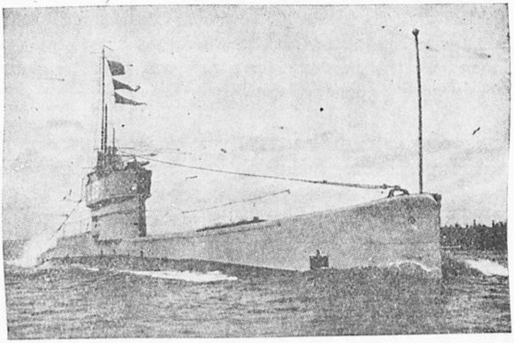
Σχ. 255. Ὅταν τὸ μετάκεντρον κεῖται ἄνωθεν τοῦ κέντρου βάρους, τὸ πλοῖον ἔχει εὐσταθῆ ἰσορροπίαν.

Ἡ ἰσορροπία ἐν γένει πλοίου θεωρεῖται τόσον περισσότερον εὐσταθής, ὅσον τὸ κέντρον βάρους τοῦ πλοίου κεῖται εἰς χαμηλότερον σημεῖον. Ἕνεκα τοῦ λόγου τούτου εἰς τὰ πλοῖα φροντίζουν νὰ συσσωρεύουν εἰς τὸ χαμηλότερον μέρος τὰ βαρύτερα ἀντικείμενα καὶ τὰ βαρέα φορτία, διὰ νὰ ὑποβιβάζουν ὅσον τὸ δυνατὸν περισσότερον τὸ κέντρον βάρους τοῦ πλοίου καὶ καταστήσουν τοῦτο εὐσταθέστερον.

188. 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. 256). Πρὸς τὸν σκοπὸν τοῦτον τὸ σκάφος τοῦ πλοίου κατασκευάζεται διπλοῦν. Οὕτω τὸ 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. 257). Ὅταν τὸ ὑποβρύχιον πρόκειται νὰ ἀναδυθῇ, τότε τῇ βοηθείᾳ πεπιεσμένου ἀέρος ἐκδιώκεται τὸ ὕδωρ ἀπὸ τῶν ἐν λόγῳ διαμερισμάτων καὶ τοιουτοτρόπως τὸ ὑποβρύχιον ἀναδύεται.

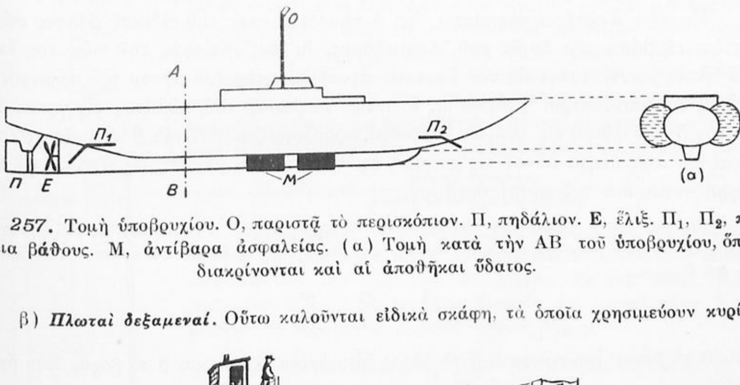
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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 φορτίζονται καθ' ὃν χρόνον τὸ ὑποβρύχιον πλέει εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς θαλάσσης.



Σχ. 256. Ὑποβρύχιον πλέον 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.



Σχ. 257. Τομὴ ὑποβρυχίου. Ο, παριστᾷ τὸ περισκόπιον. Π, πηδάλιον. **Ε**, ἕλιξ. Π_1, Π_2, πηδάλια βάθους. Μ, ἀντίβαρα ἀσφαλείας. (α) Τομὴ κατὰ τὴν ΑΒ τοῦ ὑποβρυχίου, ὅπου διακρίνονται καὶ αἱ ἀποθῆκαι ὕδατος.

β) ***Πλωταὶ δεξαμεναί.*** Οὕτω καλοῦνται εἰδικὰ σκάφη, τὰ ὁποῖα χρησιμεύουν κυρίως

Σχ. 258. Πλωτὴ δεξαμενή. Τὸ σκάφος εὑρίσκεται ἤδη ὑπεράνω τῆς ἐπιφανείας τῆς θαλάσσης.

διὰ τὴν ἐπισκευὴν μεγάλων ἢ μικρῶν πλοίων. Ταῦτα ἀνερχόμενα ἐπὶ τῆς πλωτῆς δεξαμενῆς ὑφίστανται τὴν ἐπισκευὴν καὶ ἀκολούθως ρίπτονται πάλιν εἰς τὴν θάλασσαν.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Οὕτω, ὅταν τὰ διαμερίσματα Ρ, Ρ, Ρ... τῆς δεξαμενῆς εἶναι πλήρη ὕδατος, ἡ δεξαμενὴ βυθίζεται μέχρι τῆς γραμμῆς Α... Α (σχ. 258). Ὅταν τὸ πλοῖον εἰσχωρήσῃ ἐντὸς τῆς 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: δεξαμενῆς + πλοίου.

189. 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 φανερόν, ὅτι τὸ βάρος τῶν σταθμῶν τούτων παριστᾷ τὴν ἄνωσιν. Ἐὰν τὸ ὕδωρ, ἐντὸς τοῦ ὁποίου ἐμβαπτίζεται τὸ σῶμα, ἔχῃ θερμοκρασίαν 4^0 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 (§ 26), 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 Β 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 4^0 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 θὰ παριστᾷ τὸν λόγον τοῦ βάρους ἴσου ὄγκου ὕδατος συνήθους θερμοκρασίας πρὸς τὸ βάρος ἴσου ὄγκου ὕδατος θερμοκρασίας 4^0 C, τὸ ὁποῖον παρέχεται ἀπὸ πίνακας.

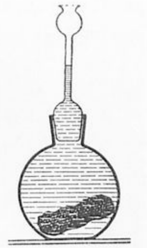
190. Μέτρησις τοῦ σχετικοῦ εἰδικοῦ βάρους. ***Ὁ λόγος τῆς μάζης σώματος πρὸς τὴν μᾶζαν ἴσου ὄγκου ὕδατος 4^0 C καλεῖται σχετικὴ πυκνότης*** πρὸς διάκρισιν ἀπὸ τοῦ ὅρου πυκνότης (βλ. σελ. 17). Ἐνῷ ***ὁ λόγος τοῦ βάρους σώματος πρὸς τὸ βάρος ἴσου ὄγκου ὕδατος 4^0 C καλεῖται σχετικὸν εἰδικὸν βάρος***, πρὸς διάκρισιν ἀπὸ τοῦ ὅρου εἰδικὸν βάρος. Εἶναι προφανές, ὅτι ἡ σχετικὴ πυκνότης καὶ τὸ σχετικὸν εἰδικὸν βάρος ἐκφράζονται διὰ τοῦ αὐτοῦ ἀριθμοῦ.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Πρὸς ἀκριβῆ προσδιορισμὸν τοῦ σχετικοῦ εἰδ. βάρους χρησιμεύει ἡ ***λήκυθος***, συνηθεστέρα μορφὴ τῆς ὁποίας εἶναι ἡ εἰς τὸ σχῆμα 259 εἰκονιζομένη.

α) ***Ὑγρά.*** Ζυγίζομεν τὴν λήκυθον κενήν, ἀκολούθως πλήρη ὑγροῦ καὶ τέλος πλήρη ὕδατος. Ἐὰν ἀφαιρέσωμεν τὸ βάρος τῆς ληκύθου, θὰ ἔχωμεν τὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ καὶ τοῦ ὕδατος:

$$\textit{σχετικὸν εἰδικὸν βάρος} = \frac{\textit{βάρος τοῦ ὑγροῦ}}{\textit{βάρος ἴσου ὄγκου ὕδατος}}$$



Σχ. 259. Ἡ λήκυθος πληροῦται πάντοτε μέχρι τῆς χαραγῆς τοῦ πώματος.

Διὰ τοῦ αὐτοῦ ἀριθμοῦ ἐκφράζεται καὶ ἡ σχετικὴ πυκνότης.

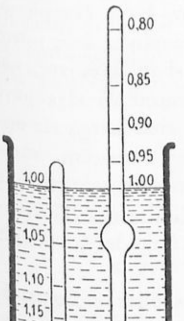
Παράδειγμα. Ἡ λήκυθος κενὴ καὶ τελείως ξηρὰ ἔχει βάρος 400 gr*, πλήρης ὕδατος ἔχει βάρος 900 gr* καὶ πλήρης βενζίνης ἔχει βάρος 775 gr*.

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. Απομακρύνομεν τὸ σῶμα καὶ εἰς τὴν θέσιν αὐτοῦ τοποθετοῦμεν σταθμά, 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 τῆς χαραγῆς ὡς καὶ πρότερον δι' ὕδατος, ὅτε τὸ βάρος, τὸ ὁποῖον πρέπει νὰ προσθέσωμεν διὰ τὴν ἀποκατάστασιν τῆς ἰσορροπίας, ἔστω ὅτι εἶναι 5 gr*, ὅτε τὸ βάρος τοῦτο ἐκφράζει τὸ βάρος τοῦ ἐκτοπισθέντος ὕδατος, τὸ ὁποῖον ἔχει ὄγκον ἴσον πρὸς τὸν τοῦ σώματος ἐντὸς τῆς ληκύθου· ἑπομένως ἔχομεν:

$$\textit{σχετ. εἰδ. βάρος} = \frac{\textit{βάρος σώματος}}{\textit{βάρος ἴσου ὄγκου ὕδατος}} = \frac{57}{5} = 11{,}4.$$



Σχ. 260. Πυκνόμετρα ἐντὸς κυλίνδρου.

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.

191. 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. 260).

Ἡ ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τῶν πυκνομέτρων εἶναι ἡ ἀκόλουθος: Ὅταν τὸ πυ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

κνόμετρον τίθεται ἐντὸς ὑγροῦ, βυθίζεται μέχρι τοιούτου σημείου, ὥστε αἱ ἐπ᾽ αὐτοῦ ἐπενεργοῦσαι 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 260 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.

BLAISE PASCAL (1623-1662)
Γάλλος Φιλόσοφος καὶ Μαθηματικός. Ἐδημοσίευσεν ἔργα ἀναφερόμενα εἰς τὴν Γεωμετρίαν, Ὑδροστατικήν, Ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν. Ἀνεκάλυψε τὸν νόμον τῆς μεταδόσεως τῆς πιέσεως ἐντὸς τῶν ὑγρῶν.

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 ὡς κατωτέρω.

Ἐμπειρικοὶ τύποι μετατροπῆς βαθμῶν Baumé εἰς εἰδικὸν βάρος καὶ ἀντιστρόφως.

α) Ὑγρὰ ἐλαφρότερα τοῦ ὕδατος:

$$\text{Εἰδ. βάρος} = \frac{140}{\text{βαθμοὶ Baumé} + 130}$$

$$\text{Βαθμοὶ Baumé} = \frac{140}{\text{εἰδ. βάρος}} - 130$$

β) Ὑγρὰ βαρύτερα τοῦ ὕδατος:

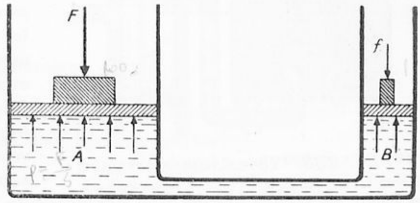
$$\text{Εἰδ. βάρος} = \frac{145}{145 - \text{βαθμοὶ Baumé}}$$

$$\text{Βαθμοὶ Baumé} = 145 - \frac{145}{\text{εἰδ. βάρος}}$$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

192. 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.***

Πειραματικὴ ἀπόδειξις. Αὕτη γίνεται διὰ τῆς ἐν σχήματι 261 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 καί, διὰ νὰ μὴ διαταραχθῇ ἡ ἰσορροπία, πρέπει νὰ ἐξασκήσωμεν δύναμιν f, εἰς τρόπον ὥστε νὰ εἶναι $p = f/s$. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω εὑρίσκομεν:



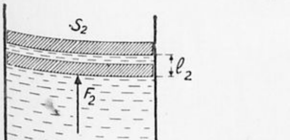
Σχ. 261. Πειραματικὴ ἀπόδειξις τῆς ἀρχῆς τοῦ Pascal.

$$\frac{F}{S} = \frac{f}{s}$$

$$\frac{\textit{δύναμις ἐπὶ μεγάλου ἐμβόλου}}{\textit{ἐπιφάνεια μεγάλου ἐμβόλου}} = \frac{\textit{δύναμις ἐπὶ μικροῦ ἐμβόλου}}{\textit{ἐπιφάνεια μικροῦ ἐμβόλου}}$$

$$\textit{μηχανικὸν πλεονέκτημα} = \frac{\textit{δύναμις ἐπὶ μεγάλου ἐμβόλου}}{\textit{δύναμις ἐπὶ μικροῦ ἐμβόλου}}$$

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*.



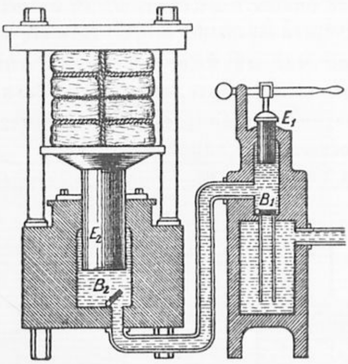
Σχ. 262. Διὰ τὴν θεωρητικὴν ἀπόδειξιν τῆς ἀρχῆς τοῦ Pascal.

Θεωρητικὴ ἀπόδειξις. Θεωρήσωμεν ὑγρὸν εὑρισκόμενον ἐντὸς δοχείου, τὸ ὁποῖον εἰς δύο τυχούσας περιοχὰς αὐτοῦ κλείεται ὑδατοστεγῶς δι' εὐκινήτων καὶ ἄνευ βάρους ἐμβολέων, τῶν ὁποίων αἱ ἐπιφάνειαι ἔστωσαν S_1 καὶ S_2 (σχ. 262). Ἐὰν φαντασθῶμεν, ὅτι ἐπὶ τοῦ ἑνὸς ἐμβολέως ἐπενεργεῖ δύναμις F_1 ὁμοιομόρφως κατανεμημένη ἐπὶ ὁλοκλήρου τῆς ἐπιφανείας αὐτοῦ, τότε οὗτος, ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς δυνάμεως ταύτης, μετατίθεται πρὸς τὰ ἔσω, κατὰ μῆκος l_1, ὁ δὲ ἕτερος

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐμβολεὺς μετατοπίζεται πρὸς τὰ ἔξω κατὰ μῆκος l_2, εἰς τρόπον ὥστε νὰ εἶναι:

$$l_1 \cdot S_1 = l_2 \cdot S_2 \qquad (1)$$



Σχ. 263. Ὑδραυλικὸν πιεστήριον.

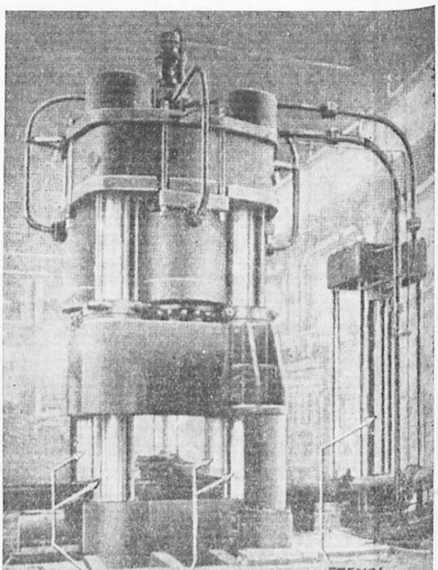
δεδομένου ὅτι τὸ ὑγρὸν εἶναι ἀσυμπίεστον. Τὸ ὑπὸ τῆς δυνάμεως F_1 παραγόμενον ἔργον κατὰ τὴν μετατόπισιν τοῦ ἐμβολέως εἶναι $F_1 l_1 = p_1 \cdot S_1\ l_1$, ὅπου ὑποτίθεται ὅτι $p_1 = F_1/S_1$ παριστᾷ τὴν πίεσιν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐμβολέως S_1. Συμφώνως ὅμως πρὸς τὸ ἀξίωμα τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας, τὸ ἔργον τὸ παραγόμενον ὑπὸ τῆς δυνάμεως F_1 κατὰ τὴν μετατόπισιν τοῦ ἐμβολέως S_1 δέον νὰ εἶναι ἴσον πρὸς τὸ ἔργον τῆς δυνάμεως F_2 κατὰ τὴν μετατόπισιν τοῦ ἑτέρου ἐμβολέως κατὰ τὸ διάστημα l_2, ἤτοι πρέπει νὰ εἶναι $\mathbf{F_2}\ l_2 = \mathbf{p_1} \cdot \mathbf{S_1} \cdot l_1$ ὑπὸ τὴν προϋπόθεσιν, ὅτι ἡ μετατόπισις τοῦ ὑγροῦ λαμβάνει χώραν ἄνευ ἀπωλειῶν ἐνεργείας, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον συμβαίνει εἰς τὴν προκειμένην περίπτωσιν, διότι ἔχομεν δεχθῆ τὸ ὑγρὸν ὡς τέλειον ρευστόν, ἤτοι ἀπηλλαγμένον τριβῆς. Ἐπὶ τῇ βάσει ὅμως τῆς ἐξισώσεως (1) εὑρίσκομεν ὅτι εἶναι: $\mathbf{F_2}\ l_2 = \mathbf{p_1} \cdot \mathbf{S_2} \cdot l_2$, ἐκ τῆς ὁποίας εὑρίσκομεν $F_2 = p_1\ S_2$ καὶ

$$\mathbf{p_1} = \frac{\mathbf{F_2}}{\mathbf{S_2}} \qquad (2)$$

ἡ παράστασις ὅμως F_2/S_2 παριστᾷ τὴν πίεσιν p_2, τὴν ὁποίαν ἀσκεῖ τὸ ὑγρὸν ἐπὶ τοῦ ἐμβολέως S_2, ἑπομένως εὑρίσκομεν $p_1 = p_2$.

Τὰ ἀνωτέρω ἐκτεθέντα, τὰ ὁποῖα ἰσχύουν διὰ τὴν ἐπιφάνειαν τῶν ἐμβολέων S_1 καὶ S_2, οἵτινες ἀποτελοῦν τμήματα μεταθετὰ τῶν τοιχωμάτων τοῦ δοχείου, ἰσχύουν προφανῶς καὶ δι' οἱονδήποτε ἄλλο τμῆμα τῶν τοιχωμάτων αὐτοῦ, ἐφ' ὅσον ἡ ἐκλογὴ τῶν περιοχῶν S_1 καὶ S_2 ἐγένετο ὅλως αὐθαιρέτως.

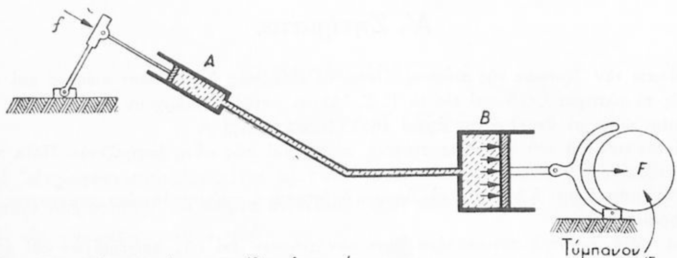
Ὑδραυλικὸν πιεστήριον. Ἡ διάταξις (σχ. 261) ἀποτελεῖ τὴν ἀρχήν, ἐπὶ τῆς ὁποίας στηρίζεται ἡ κατασκευὴ τοῦ ὑδραυλικοῦ πιεστηρίου, τομὴ τοῦ ὁποίου δεικνύεται ἐν σχήματι 263. Ἐὰν ὁ λόγος τῶν μοχλοβραχιόνων εἶναι 5 : 1, τότε δύναμις π. χ. 10 kgr*, ἐφαρμοζομένη εἰς τὸ ἄκρον τοῦ μοχλοῦ, μεταβιβάζεται ἐπὶ τοῦ μικροῦ ἐμβολέως E_1 ὡς δύναμις 50 kgr*. Ἐὰν δὲ ἡ ἐπιφάνεια τοῦ μεγάλου ἐμβολέως E_2 εἶναι 1000 φορὰς μεγαλυτέρα τῆς τοῦ μικροῦ, ἡ δύναμις, τὴν ὁποίαν ἀναπτύσσει τὸ πιεστήριον, εἶναι 50 000 kgr*. Ἐπὶ τῆς αὐτῆς ἀρχῆς στηρίζονται



Σχ. 264. Ὑδραυλικὸν πιεστήριον μεταλλοβιομηχανίας, δι' ἐξάσκησιν δυνάμεων μέχρι 10 000 τόννων.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

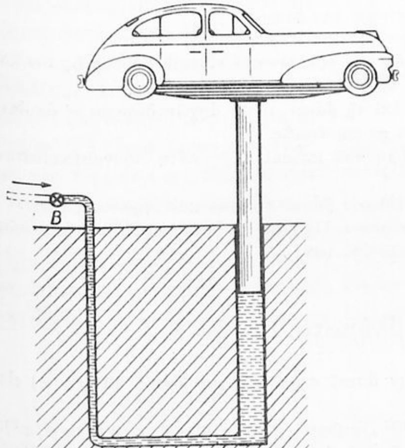
καὶ αἱ ὑδραυλικαὶ τροχοπέδαι (φρένα). Οὕτω, εἰς ὑδραυλικὴν τροχοπέδην αὐτοκινήτου (σχ. 265) χρησιμοποιεῖται, ὡς ἐπὶ τὸ πολύ, ὑγρὸν ἔλαιον, δύναμις δέ f, ἀσκουμένη μέσῳ ἐμ-



Σχ. 265. Ὑδραυλικὴ τροχοπέδη αὐτοκινήτου.

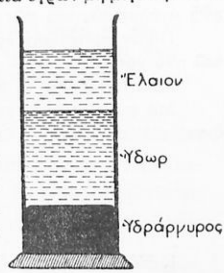
βόλου A μικρᾶς ἐπιφανείας, δημιουργεῖ ἐπὶ τοῦ ἐμβόλου μεγάλης ἐπιφανείας B δύναμιν F, ἡ ὁποία μεταβιβάζεται εἰς τὴν πρὸς αὐτὸ συνεζευγμένην τροχοπέδην.

Ὁμοίως τὸ σχῆμα 266 δεικνύει ὑδραυλικὸν πιεστήριον ἀνυψοῦν αὐτοκίνητον πρὸς ἐπιθεώρησιν καὶ λίπανσιν. Ἡ πίεσις ἐξασκεῖται ἐπὶ τοῦ ὑγροῦ μέσῳ πεπιεσμένου ἀέρος εἰς B.



Σχ. 266. Ἀνυψωτικὴ διάταξις αὐτοκινήτου.

193. 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 (§ 173), εἰς μικρὰν περιοχήν, ὁριζόντιον ἐπίπεδον.



Σχ. 267. Τὰ μὴ μιγνυόμενα ὑγρὰ διατάσσονται ἀναλόγως τῆς πυκνότητος αὐτῶν.

Ἐὰν ἐντὸς δοχείου τοποθετήσωμεν διάφορα ὑγρὰ μὴ 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. 267).

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ

Α'. Ζητήματα.

Δώσατε τὸν ὁρισμὸν τῆς πιέσεως. Ποῖαι αἱ ἐξισώσεις διαστάσεων πιέσεως καὶ αἱ μονάδες εἰς τὸ σύστημα CGS καὶ εἰς τὸ Τ. Σ. Ἄλλαι μονάδες ὑπάρχουν ;

Ποῖαι εἶναι αἱ θεμελιώδεις ἀρχαὶ τῆς Ὑδροστατικῆς.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὅρου ὑδροστατικὴ πίεσις καὶ πῶς αὕτη ἐκφράζεται. Ποία πρότασις ἰσχύει διὰ τὴν ὑδροστατικὴν πίεσιν.

Πῶς καθορίζεται ἡ δύναμις, τὴν ὁποίαν ὑφίσταται ὁ πυθμὴν δοχείου περιέχοντος ὑγρὸν ἐν ἰσορροπίᾳ.

Διὰ ποῖον λόγον ἡ συνισταμένη ὅλων τῶν πιέσεων ἐπὶ τῶν τοιχωμάτων καὶ ἐπὶ τοῦ πυθμένος δοχείου ἰσοῦται πρὸς τὸ βάρος τοῦ περιεχομένου ὑγροῦ.

Νὰ δειχθῇ ἀναλυτικῶς ἡ συνθήκη ἰσορροπίας συγκοινωνούντων δοχείων : α) εἰς τὴν περίπτωσιν ἑνὸς ὑγροῦ, β) εἰς τὴν περίπτωσιν δύο ὑγρῶν διαφόρου πυκνότητος.

Ἀναφέρατε διαφόρους πρακτικὰς ἐφαρμογὰς τῆς ἀρχῆς τῶν συγκοινωνούντων δοχείων.

Τί νοοῦμεν μὲ τὸν ὅρον ἄνωσις, ποῦ ὀφείλεται αὕτη καὶ πῶς ὑπολογίζεται.

Πῶς δεικνύομεν καὶ μετροῦμεν πειραματικῶς τὴν ἄνωσιν.

Πῶς διατυποῦται ἡ ἀρχὴ τοῦ Ἀρχιμήδους καὶ ποίας ἐφαρμογὰς ἔχει αὕτη.

Διὰ ποῖον λόγον πρέπει νὰ ἀποφεύγωμεν τὸν ὁρισμὸν τοῦ εἰδικοῦ βάρους ὡς τὸν λόγον τοῦ βάρους τοῦ σώματος πρὸς τὸ βάρος ἴσου ὄγκου ὕδατος 4^0 C.

Πῶς διατυποῦται ἡ ἀρχὴ τοῦ Pascal, ἐπὶ τῇ βάσει τίνων ἀρχῶν δύναται ν' ἀποδειχθῇ ἀναλυτικῶς καὶ πῶς αὕτη ἀποδεικνύεται πειραματικῶς.

Ποίαν πρακτικὴν ἐφαρμογὴν ἔχει ἡ ἀρχὴ τοῦ Pascal. Πῶς αὕτη πραγματοποιεῖται καὶ ποῦ χρησιμοποιεῖται.

Πῶς δυνάμεθα νὰ προσδιορίσωμεν τὸ εἰδικὸν βάρος στερεῶν καὶ ὑγρῶν σωμάτων.

Διὰ ποῖον σκοπὸν χρησιμεύουν τὰ πυκνόμετρα. Πῶς ταῦτα κατασκευάζονται καὶ πῶς διακρίνονται ἀναλόγως τοῦ εἴδους τῆς βαθμολογίας των.

Β'. Προβλήματα.

1. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ πίεσις, τὴν ὁποίαν ἀσκεῖ στήλη ὕδατος ὕψους 20 m : α) εἰς Dyn/cm², β) εἰς gr*/m², γ) εἰς kgr*/cm².
(Ἀπ. $1{,}962 \cdot 10^6$ Dyn/cm², 2 000 gr*/cm², 20 000 kgr*/m²).

2. Εἰς πόσον βάθος ἀπὸ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας ὑγροῦ εἰδικοῦ βάρους 0,75 gr*/m³ ἡ πίεσις ἡ δημιουργουμένη ὑπὸ τοῦ ὑγροῦ εἶναι 24 gr*/cm². (Ἀπ. 32 cm).

3. Δεξαμενὴ ἔχει μῆκος 6 m, πλάτος 4 m καὶ βάθος 2 m. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ δύναμις εἰς kgr*, τὴν ὁποίαν ὑφίσταται ὁ πυθμήν, ὅταν ἡ δεξαμενὴ εἶναι : α) πλήρης ὕδατος, β) ὅταν κατὰ τὰ 0,75 εἶναι πλήρης ὑγροῦ εἰδικοῦ βάρους 8 gr*/cm³.
(Ἀπ. 48 000 kgr*, 288 000 kgr*).

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. (Ἀπ. 12,58 cm³).

5. Πόσον τὸ βάρος εἰς gr* σφαίρας χαλκοῦ ἀκτῖνος 4 cm, ὅταν αὕτη βυθίζεται ἐντὸς πετρελαίου εἰδικοῦ βάρους 0,84 gr*/cm³ (εἰδ. βάρος χαλκοῦ 8,9 gr*/cm³). (Ἀπ. 2149,7 gr*).

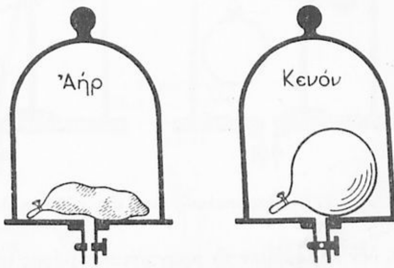
6. Κύλινδρος ἐκ ξύλου πυκνότητος 0,6 gr/cm³ ἰσορροπεῖ ἐντὸς ὕδατος. Νὰ ὑπολογισθῇ ὁ ὄγκος τοῦ κυλίνδρου ὁ εὑρισκόμενος ἔξω τοῦ ὕδατος. (Ἀπ. 0,4).

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Η΄

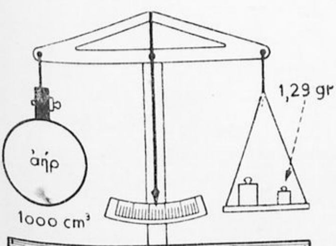
ΑΕΡΟΣΤΑΤΙΚΗ

194. 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. 268).



Σχ. 268. 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.



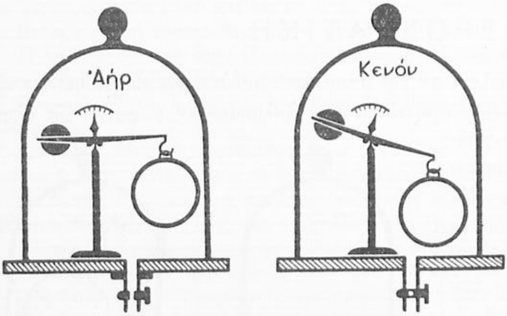
Σχ. 269. Διὰ τὴν μέτρησιν τοῦ βάρους τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος.

195. 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 ἀέρος (δηλ. 1000 cm^3) 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. 269).

196. Ἄνωσις τῶν ἀερίων. Σῶμα εὑρισκόμενον ἐντὸς ἀερίου μάζης ὑφίσταται, ὡς καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν τῶν ὑγρῶν, κατὰ πάσας τὰς διευθύνσεις δυνάμεις

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

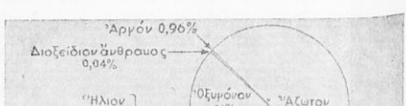
καθέτους ἐπὶ τὴν ἐπιφάνειαν αὐτοῦ. Ἡ συνισταμένη ὅλων τῶν δυνάμεων τούτων εἶναι δύναμις διευθυνομένη ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω, ἡ ὁποία, ὡς εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς Ὑδροστατικῆς, καλεῖται ***ἄνωσις***, ἡ δὲ ἀριθμητικὴ τιμὴ αὐτῆς ἰσοῦται πρὸς τὸ βάρος τοῦ ὑπὸ τοῦ σώματος ἐκτοπιζομένου ὄγκου τοῦ ἀερίου. Ἡ ἄνωσις τῶν ἀερίων δεικνύεται διὰ τῆς ἐν σχήματι 270 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. 270. 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 τὰς ζυγίσεις ἀκριβείας, ἵνα ἔχωμεν τὸ πραγματικὸν βάρος τοῦ σώματος, δέον νὰ ἐπιφέρωμεν τὴν σχετικὴν διόρθωσιν τοῦ ἀποτελέσματος τῆς ζυγίσεως.

197. 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. 271). 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 δέ, ὅτι ὅσον ἀνερχόμεθα εἰς ὕψος αὐξάνεται ἡ περιεκτικότης εἰς ἄζωτον, ἐνῷ ἀπὸ ὕψους 70 - 80 km καὶ ἄνω ἀπὸ ἀτμοσφαίρας ἀζώτου μεταπίπτομεν εἰς ἀτμό-



Σχ. 271. Κατ' ὄγκον σύστασις τῆς ἀτμοσφαίρας ὑπεράνω τῆς θαλάσσης.

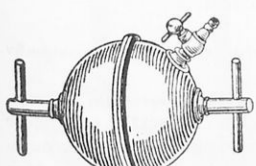
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

σφαιραν ὑδρογόνου. Τὸ πλησιέστερον πρὸς τὸ ἔδαφος, κατώτερον στρῶμα τῆς ἀτμοσφαίρας, ὕψους μέχρι 10 χιλιομ., καλεῖται ***τροπόσφαιρα,*** ἐκεῖθεν τῆς ὁποίας εὑρίσκεται ἡ ***στρατόσφαιρα.***

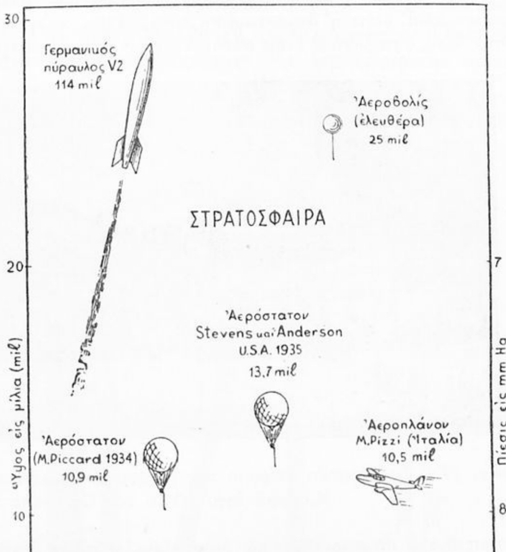
Εἰς τὸ σχῆμα 272 δεικνύονται αἱ ἐξερευνήσεις αἱ γενόμεναι εἰς τὰ διάφορα ὕψη τῆς ἀτμοσφαίρας (εἰς μίλια) καὶ ἀναγράφεται ἀντιστοίχως ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις εἰς χιλιοστὰ στήλης ὑδραργύρου.

Τὸ ὕψος τῆς ἀτμοσφαίρας δὲν εἶναι ἀκριβῶς γνωστόν, ὑπολογίζεται δὲ διὰ διαφόρων μεθόδων, ὅτι εἶναι μεταξὺ 100 καὶ 900 χιλιομέτρων.

198. Ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις. Ὡς εἴδομεν, ὁ ἀτμοσφαιρικὸς ἀὴρ ἔχει βάρος, ἑπομένως ἐφ' ὅσον εὑρίσκεται ἐν ἰσορροπίᾳ πιέζει τὰ σώματα τὰ εὑρισκόμενα ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαίρας.



Σχ. 273. Ἡμισφαίρια Μαγδεμβούργου.



Σχ. 272. Διάφορα δεδομένα διὰ τὴν ἀτμόσφαιραν.

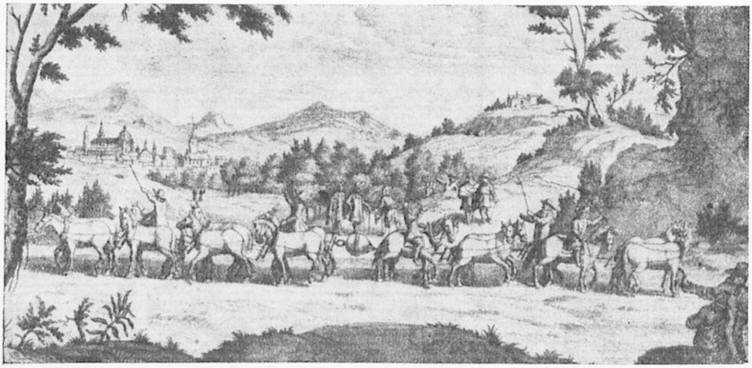
Ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις δεικνύεται διὰ πλείστων πειραμάτων, μεταξὺ τῶν ὁποίων ὀνομαστότερον ἀπὸ ἱστορικῆς ἀπόψεως εἶναι τὸ πείραμα τῶν ***ἡμισφαιρίων τοῦ Μαγδεμβούργου*** (σχ. 273 καὶ 274).

Ἡ συσκευὴ αὕτη, 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

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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 ἀήρ, ἀπαιτεῖται νὰ καταβληθῇ πολὺ μεγάλη



Σχ. 274. Τὸ ἱστορικὸν πείραμα τῶν ἡμισφαιρίων, ἐκτελεσθὲν ὑπὸ τοῦ Δημάρχου τοῦ Μαγδεμβούργου Otto von Guericke τὸ 1654.

δύναμις διὰ ν' ἀποχωρισθοῦν τὰ ἡμισφαίρια, τοῦτο δὲ ὀφείλεται εἰς τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν, ἡ ὁποία ἐπιδρᾷ 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.

(α) (β)

Σχ. 275. Ὅταν ἀπὸ τὸ δοχεῖον (α) ἀφαιρεθῇ ὁ ἀήρ, συνθλίβεται ὡς δεικνύεται εἰς (β).

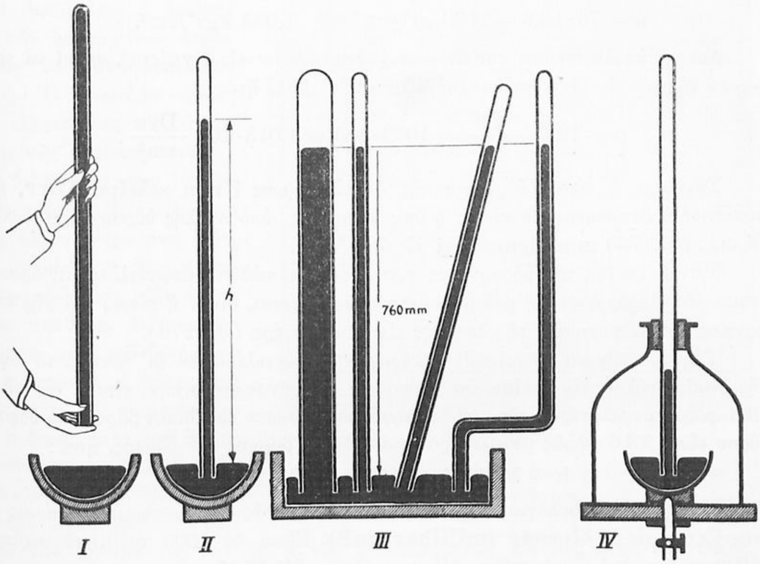
Εἰς σύνηθες δοχεῖον τοῦ πετρελαίου (σχ. 275) φέροντος ὀπὴν πρὸς τὰ ἄνω εἰσάγομεν ποσότητα ὕδατος καὶ θερμαίνομεν τοῦτο μέχρι βρασμοῦ. Διατηροῦμεν τὸν βρασμὸν τοῦ ὕδατος ἐπὶ χρονικόν τι διάστημα, μέχρις ὅτου ἐκδιωχθῇ ὑπὸ τῶν παραγομένων ἀτμῶν ὅλος ὁ ἐντὸς τοῦ δοχείου περιεχόμενος ἀήρ, καὶ κλείομεν ἀκολούθως τὸ δοχεῖον ἀεροστεγῶς. Ἐὰν ἀκολούθως ἀφήσωμεν τὸ δοχεῖον νὰ ψυχθῇ, 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.

199. Μέτρησις τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως. Ἡ πίεσις, τὴν ὁποίαν ἀσκεῖ ἡ ἀτμόσφαιρα ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς, θὰ ἠδύνατο νὰ καθορισθῇ καθ' ὅμοιον τρόπον ὡς καὶ ἡ ὑδροστατικὴ πίεσις, ἤτοι ἐκ τοῦ ὕψους τῆς ἀτμοσφαίρας καὶ ἐκ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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



Σχ. 276. *Σχ. 277.* *Σχ. 278.* *Σχ. 279.*

Σχ. 276 - 277. Πείραμα Torricelli. Σχ. 278. Τὸ ὕψος τῆς βαρομετρικῆς στήλης εἶναι ἀνεξάρτητον τῆς μορφῆς καὶ τῆς κλίσεως τοῦ σωλῆνος. Σχ. 279. Βαρομετρικὸς σωλὴν κάτωθεν κώδωνος ἀεραντλίας.

περίπου, κλειστὸς κατὰ τὸ ἓν ἄκρον, πληροῦται τελείως διὰ καθαροῦ καὶ ἀπηλλαγμένου ὑγρασίας ὑδραργύρου. Κλείομεν ἀκολούθως τὸ ἀνοικτὸν ἄκρον τοῦ σωλῆνος διὰ τοῦ δακτύλου καὶ ἀναστρέφομεν αὐτὸν ἐντὸς λεκάνης περιεχούσης ὑδράργυρον (σχ. 276). 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. 277).

Εἶναι φανερόν, 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

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου ἐν τῇ λεκάνῃ, ἡ ὁποία μεταδίδεται ὡς γνωστὸν (§ 192) καὶ κάτωθεν τῆς τομῆς τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης ἐν τῇ λεκάνῃ.

Ἐκ τοῦ πειράματος Torricelli δυνάμεθα νὰ καθορίσωμεν τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν ἐκ τοῦ βάρους τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης τῆς ἰσορροπούσης τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν, ἐπὶ τῇ προϋποθέσει ὅτι ἡ τομὴ τῆς στήλης 5 λαμβάνεται ἴση πρὸς 1 cm^2. Διὰ νὰ ὑπολογίσωμεν τὴν ἀντιστοιχοῦσαν πίεσιν (σχ. 278) εἰς gr^*/cm^2, χρησιμοποιοῦμεν τὴν σχέσιν: $p = h\varepsilon$, ὅπου $h = 76$ cm καὶ $\varepsilon = 13{,}6\ gr^*/cm^3$, ἤτοι:

$$p = 76 \cdot 13{,}6 = 1033\ gr^*/cm^2 \quad ἢ \quad 1{,}033\ kgr^*/cm^2.$$

Διὰ νὰ ὑπολογίσωμεν τὴν ἀντιστοιχοῦσαν πίεσιν εἰς Dyn/cm^2, ἀρκεῖ νὰ τρέψωμεν τὰ gr^* εἰς Dyn πολλαπλασιάζοντες ἐπὶ 981, ἤτοι:

$$p = 1033\ \frac{gr^*}{cm^2} = 1033 \cdot 981 = 1{,}013 \cdot 10^6\ \frac{Dyn}{cm^2}.$$

Συνήθως ἡ πίεσις ὑδραργυρικῆς στήλης ὕψους 1 mm καλεῖται **Torr**, καὶ ἐπομένως 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. 279).

Ἐὰν τὸ πείραμα Torricelli θελήσωμεν νὰ ἐκτελέσωμεν δι' ὕδατος, τὸ ὕψος τῆς ὑγρᾶς στήλης, τὸ ὁποῖον θὰ ἰσορροπῇ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν, θὰ εἶναι 13,6 φορὰς μεγαλύτερον τῆς τοῦ ὑδραργύρου, καθόσον τὸ εἰδικὸν βάρος τοῦ ὑδραργύρου εἶναι 13,6 φορὰς μεγαλύτερον τοῦ εἰδικοῦ βάρους τοῦ ὕδατος, ἤτοι:

$$h = 76 \cdot 13{,}6 = 1033\ cm \quad ἢ \quad 10{,}33\ m.$$

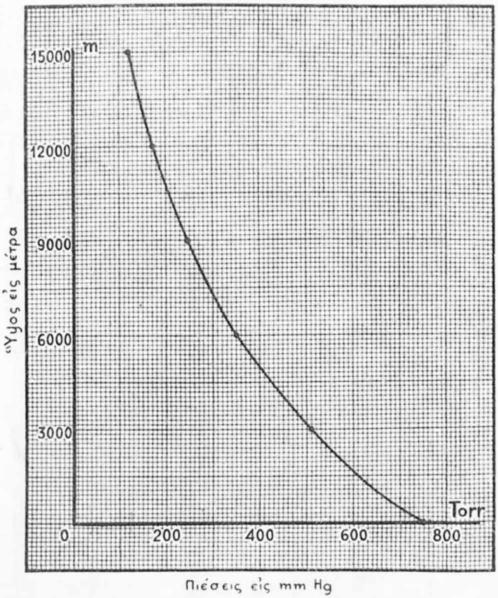
Εἰς τὴν Μετεωρολογίαν ἔχει καθιερωθῆ διεθνῶς ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις νὰ ἐκφράζεται εἰς ***μιλλιμπὰρ*** **(millibar, mB).** Εἶναι δὲ 1000 millibar περίπου 750 mm Hg, δηλαδὴ 1 mB = 3/4 mm Hg = 3/4 Torr.

Μονάδες μετρήσεως πιέσεων		
1 mm Hg (1 Torr)	=	$1{,}36\ gr^*/cm^2$
p cm Hg	=	$p \cdot 0{,}0136\ kgr^*/cm^2$
73,5 cm Hg = 10 m H_2O = 1 at	=	**$1\ kgr^*/cm^2$**
76 cm Hg = 1 Atm	=	**$1{,}033\ kgr^*/cm^2$**
1 Millibar (mB) = $10^3\ Dyn/cm^2$, 760 Torr = 1013,3 mB		

200. 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.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἑπομένως, ἵνα ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις ἐλαττωθῇ κατὰ 1 mm στήλης Hg, πρέπει νὰ ἀνέλθωμεν εἰς ὕψος 10 500 mm ἢ 10,5 m ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας τῆς θαλάσσης, ἐφ' ὅσον δὲ ἀνερχόμεθα εἰς ὕψος, συναντῶμεν μικροτέραν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν, διότι ἀφαιρεῖται ἡ ἐπίδρασις 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. Ἡ καμπύλη τοῦ σχήματος 280 δεικνύει τὸν τρόπον τῆς μεταβολῆς τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως μετὰ τοῦ ὕψους.



Σχ. 280. Μεταβολὴ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως μετὰ τοῦ ὕψους.

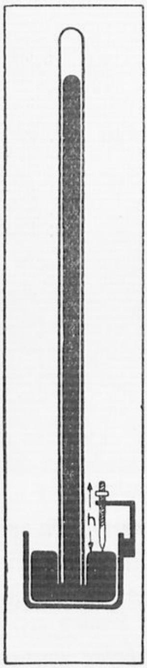
201. Βαρόμετρα. Πρὸς μέτρησιν τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως χρησιμοποιοῦμεν εἰδικὰ ὄργανα, τὰ ὁποῖα καλοῦνται ***βαρόμετρα,*** ἀκριβέστερα τῶν ὁποίων εἶναι τὰ ὑδραργυρικά. Τὸ ὑδραργυρικὸν βαρόμετρον κατ' ἀρχὴν ἀποτελεῖ ἐφαρμογὴν τῆς διατάξεως Torricelli (§ 199), εἰς τὴν ὁποίαν, μὲ τὴν βοήθειαν παρακειμένης 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. 281). Πρὸς μέτρησιν τῆς βαρομετρικῆς πιέσεως, μετροῦμεν δι' ἀκριβοῦς ὀργάνου (καθετομέτρου, βλ. σελ. 9) 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.

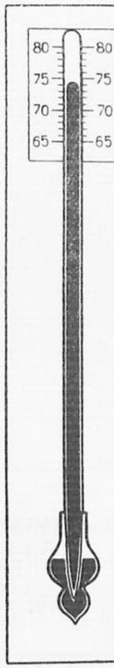
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Τὸ σχῆμα 282 παριστᾷ 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.

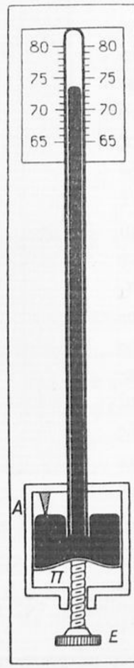
β) ***Βαρόμετρον* Fortin.** Τοῦτο εἶναι ἐκ τῶν μᾶλλον εὐχρήστων ὑδραργυρικῶν βαρομέτρων, διότι παρουσιάζει τὸ οὐσιῶδες πλεονέκτημα, ὅτι δύναται νὰ μετα-



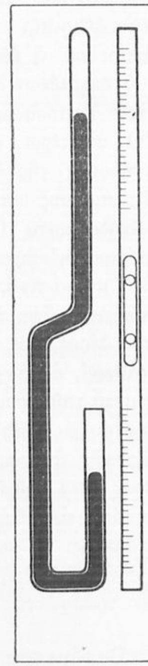
Σχ. 281.



Σχ. 282.



Σχ. 283.



Σχ. 284.

Διάφοροι ἐν χρήσει τύποι ὑδραργυρικῶν βαρομέτρων.

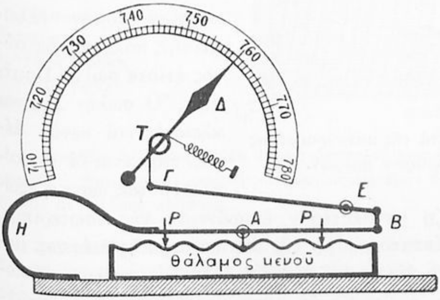
φέρεται ἄνευ κινδύνου θραύσεως, λόγῳ τῆς καταλλήλου κατασκευῆς του (σχ. 283). Ὁ πυθμὴν Π τῆς λεκάνης εἶναι δερμάτινος καὶ δύναται, μὲ τὴν βοήθειαν κοχλίου Ε, ν' ἀνυψοῦται ἢ νὰ καταβιβάζεται, μεταβαλλομένης οὕτω τῆς χωρητικότητος τῆς λεκάνης. Ἡ λεκάνη καὶ ὁ βαρομετρικὸς σωλὴν περιβάλλονται ὑπὸ μεταλλικοῦ περιβλήματος, ἐνῷ εἰς τὸ ἄνω μέρος τοῦ μεταλλικοῦ περιβλήματος τοῦ βαρομετρικοῦ σωλῆνος 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

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

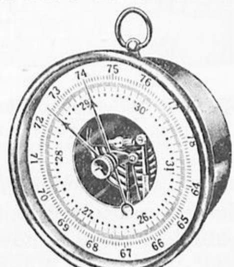
ἐφάπτεται τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου εἰς τὴν λεκάνην, ὅτε μετροῦμεν διὰ τῆς κλίμακος τὸ ἀντίστοιχον ὕψος τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης. Διὰ νὰ μεταφέρωμεν ἀκινδύνως τὸ ὄργανον, ἀρκεῖ διὰ τοῦ κοχλίου Ε νὰ σμικρύνωμεν τὴν χωρητικότητα τῆς λεκάνης, ὅτε ὁ ὑδράργυρος ἀνέρχεται εἰς τὸν βαρομετρικὸν σωλῆνα καὶ πληροῖ τελείως αὐτόν.

γ) ***Σιφωνοειδὲς βαρόμετρον.*** Τοῦτο δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 284. 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.

202. 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. 285. Σχηματικὴ διάταξις βαρομέτρου Vidi.



Σχ. 286. Βαρόμετρον Vidi.

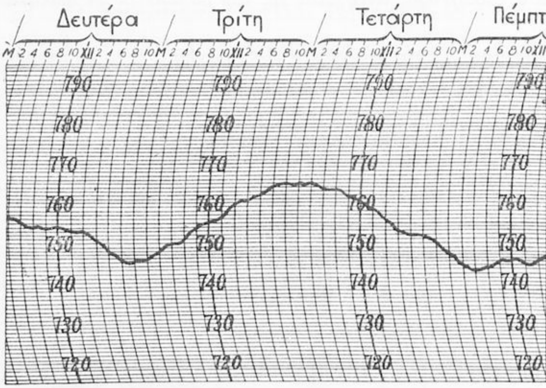
***Τὸ βαρόμετρον* Vidi** δεικνύεται ἐν τομῇ εἰς τὸ σχῆμα 285. Ἀποτελεῖται ἐκ μεταλλικῆς κάψης κενῆς ἀέρος, στηριζομένης συνήθως ἐπὶ ξυλίνης βάσεως. Ἡ ἄνω ἐπιφάνεια Ρ-Α-Ρ τῆς κάψης εἶναι πτυχωτή, οὕτως ὥστε αὕτη νὰ παρουσιάζῃ μεγαλυτέραν ἐπιφάνειαν εἰς τὴν ἔξωθεν ἐπιφερομένην πίεσιν. Κατὰ τὸ σημεῖον Α ἡ πτυχωτὴ ἐπιφάνεια συνδέεται πρὸς πολλαπλασιαστικὸν σύστημα μοχλῶν, τοῦ ὁποίου τὸ ἄκρον Γ συνδέεται πρὸς νῆμα μικροῦ μήκους· τοῦτο δὲ διέρχεται διὰ μικρᾶς τροχαλίας Τ, ἐπὶ τῆς ὁποίας εἶναι προσηρμοσμένος δείκτης Δ, ἐνῷ τὸ ἕτερον ἄκρον τοῦ νήματος συνδέεται πρὸς ἐλατήριον.

Σχ. 287. 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.

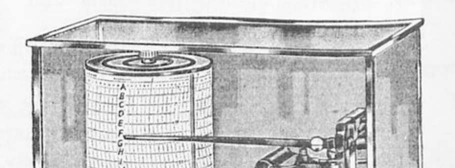
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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 286 δεικνύει φωτογραφίαν βαρομέτρου Vidi.



Σχ. 288. Φύλλον χάρτου βαρογράφου μετὰ τῆς καταγραφείσης καμπύλης κατὰ τὴν διάρκειαν τεσσάρων ἡμερῶν.

***Τὸ βαρόμετρον* Bourdon** (σχ. 287) 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, κάμπεται 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, δυνάμενον νὰ κινῆται πρὸ τῶν διαιρέσεων κλίμακος. Τὸ βαρόμετρον Bourdon βαθμολογεῖται καθ' ὅμοιον τρόπον ὡς καὶ τὸ τοῦ Vidi.



Σχ. 289. Βαρογράφος τύπου Vidi.

203. 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. 288), καὶ περιστρεφομένου ἰσοταχῶς δι' ὡρολογιακοῦ μηχανισμοῦ (σχ. 289). Ἡ διάρκεια μιᾶς πλήρους περιστροφῆς δύναται, ἀναλόγως τῶν ἀναγκῶν, νὰ ρυθμισθῇ 24ωρος, ἑβδομαδιαία κ.τ.λ.

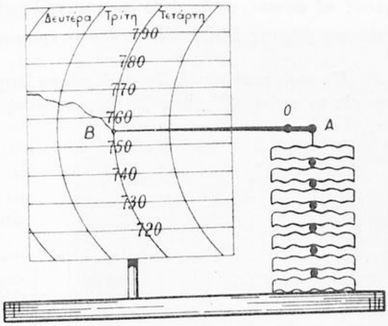
Τὸ σχῆμα 290 δεικνύει τομὴν βαρογράφου τύπου Richard.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

204. Ἔνδειξις καιροῦ. Ἔχει παρατηρηθῆ, ὅτι αἱ μεταβολαὶ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως συνοδεύονται ὑπὸ μεταβολῆς τοῦ καιροῦ. Γενικῶς ἔχει παρατηρηθῆ ὅτι, ὅταν ἡ βαρομετρικὴ πίεσις ἤ, 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., αἱ ὁποῖαι ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰς κάτωθι πιέσεις:

Λίαν ξηρὸς	785	mm Hg
Σταθερὸς	776	» »
Καλὸς καιρὸς	767	» »
Μεταβλητὸς	758	» »
Βροχὴ ἢ ἄνεμος	749	» »
Ραγδαία βροχὴ	739	» »
Θύελλα	731	» »



Σχ 290. Αὐτογραφικὸς βαρογράφος μετὰ πολλαπλῶν τυμπάνων, τύπου Richard.

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.

205. 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.

206. 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_1V_1, p_2V_2, p_3V_3 κ.ο.κ., εὑρίσκομεν ὅτι :

$$p_1\,V_1 = p_2\,V_2 = p_3\,V_3 = \cdots = \text{σταθ.} \qquad (1)$$

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 :

$$\boxed{p \cdot V = \text{σταθ.}}$$

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.***

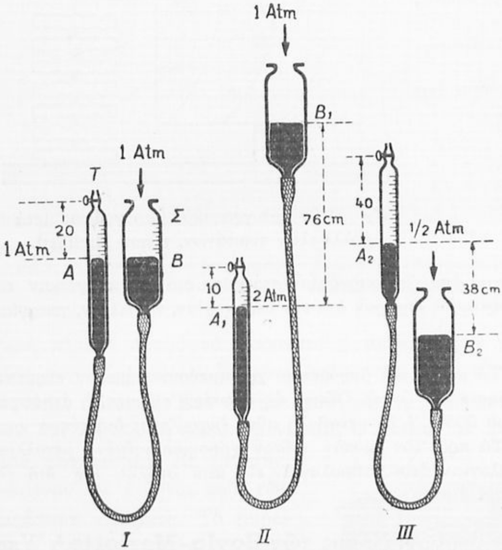
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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 291 εἰκονιζομένην συσκευήν. Αὕτη ἀποτελεῖται ἐκ δύο ὑαλίνων σωλήνων 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.



Σχ. 291. Διὰ τὴν πειραματικὴν ἀπόδειξιν τοῦ νόμου Boyle - Mariotte.

Προκαταρκτικὸν πείραμα. Ἀφήνομεν τὴν στρόφιγγα τοῦ σωλῆνος Τ ἀνοικτὴν καὶ ρυθμίζομεν τὴν θέσιν τοῦ σωλῆνος Σ κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου εἰς τὸν σωλῆνα Τ νὰ εὑρίσκεται ἀπέναντι τῆς διαιρέσεως π. χ. 20, ὁπότε ὁ ὄγκος τοῦ ἀέρος ὁ εὑρισκόμενος εἰς τὸν σωλῆνα Τ εὑρίσκεται προδήλως ὑπὸ τὴν αὐτὴν πίεσιν (σχ. 291, I) (βλ. ἀρχὴν τῶν συγκοινωνούντων δοχείων). Ἡ πίεσις παρέχεται ὑπὸ βαρομέτρου εὑρισκομένου πλησίον τῆς συσκευῆς, ἔστω δὲ ὅτι αὕτη ἰσορροπεῖται ὑπὸ ὕψους ὑδραργυρικῆς στήλης 76 cm.

1ον Πείραμα. Κλείομεν τὴν στρόφιγγα τοῦ σωλῆνος Τ καὶ ἀνυψοῦμεν τὸν σωλῆνα Σ, εἰς τρόπον ὥστε ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου εἰς τὸν σωλῆνα Τ νὰ φθάσῃ μέχρι τῆς ὑποδιαιρέσεως 10, δηλαδὴ μέχρις ὅτου ὁ ὄγκος τοῦ ἀποκεκλεισμένου ἀέρος εἰς τὸν σωλῆνα Τ ἐλαττωθῇ εἰς τὸ ἥμισυ τοῦ ἀρχικοῦ (σχ. 291, II). Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην παρατηροῦμεν, ὅτι ἡ κατακόρυφος ἀπόστασις τῶν σταθμῶν A_1 B_1 τοῦ ὑδραργύρου εἰς τοὺς δύο σωλῆνας Τ καὶ Σ ἰσοῦται περίπου πρὸς 76 cm. Ἐκ τούτου συνάγομεν, ὅτι ἡ πίεσις τοῦ ἀέρος εἰς τὸν σωλῆνα Τ ὑπερτερεῖ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως

Ὄγκος ἀέρος εἰς cm^3	Διαφορὰ στάθμης Hg μεταξὺ δύο δοχείων εἰς cm	Πίεσις ἀποκεκλ. ἀέρος εἰς cm Hg
20	0	76
10	76×1	76×2
$6\,^2/_3$	76×2	76×3
5	76×3	76×4

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

κατὰ 76 cm Hg καὶ ἑπομένως ἐδιπλασιάσθη. Ἤτοι: ***ὅταν ὁ ὄγκος τοῦ ἀέρος εἰς τὸν σωλῆνα Τ ἐλαττοῦται εἰς τὸ ἥμισυ, ἡ πίεσις αὐτοῦ διπλασιάζεται.***

Ἐὰν δὲ ἐξακολουθοῦμεν ἀνυψοῦντες τὸν σωλῆνα Σ καὶ ἐκτελοῦμεν τὰς ἀντιστοίχους ἀναγνώσεις, δυνάμεθα νὰ σχηματίσωμεν τὸν ἀνωτέρω πίνακα.

Ἐκ τῆς συγκρίσεως τῶν τιμῶν τοῦ ὄγκου τῆς πρώτης στήλης καὶ τῶν τιμῶν τῆς πιέσεως τῆς τρίτης στήλης, εὑρίσκομεν ὅτι, προκειμένου περὶ ἐλαττώσεως τοῦ ὄγκου τοῦ ἀερίου, οἱ ὄγκοι μεταβάλλονται ἀντιστρόφως ἀναλόγως τῆς πιέσεως.

2ον Πείραμα. Ἐπαναφέρομεν τοὺς δύο σωλῆνας Τ καὶ Σ, διατηρουμένης ἀνοικτῆς τῆς στρόφιγγος τοῦ Τ εἰς τὴν αὐτὴν θέσιν ὡς καὶ εἰς τὸ προκαταρκτικὸν πείραμα (σχ. 291, I), κλείομεν ἀκολούθως τὴν στρόφιγγα τοῦ Τ καὶ ὑποβιβάζομεν τὸν σωλῆνα Σ, μέχρις ὅτου ἡ κατακόρυφος ἀπόστασις A_2 B_2 τῶν σταθμῶν τοῦ ὑδραργύρου καταστῇ ἴση πρὸς 38 cm (σχ. 291, III). Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην παρατηροῦμεν, ὅτι ἡ στάθμη τοῦ ὑδραργύρου εἰς τὸν σωλῆνα Τ κατέρχεται μέχρι τῆς διαιρέσεως 40, ἤτοι ὁ ὄγκος τοῦ ἀέρος διπλασιάζεται, ἐνῷ ἡ πίεσις αὐτοῦ ἰσορροπεῖται ὑπὸ στήλης ὑδραργύρου 38 cm, ἤτοι τὸ ἥμισυ τῆς ἀρχικῆς. Ἐπαναλαμβάνοντες τὸ αὐτὸ πείραμα, δυνάμεθα νὰ σχηματίσωμεν τὸν ἀνωτέρω πίνακα. Ἐκ τῆς συγκρίσεως τῶν τιμῶν ὄγκου ἀέρος καὶ πιέσεως εἰς τὸν σωλῆνα Τ εὑρίσκομεν ὅτι, καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν αὐξήσεως τοῦ ὄγκου ἢ ἄλλως εἰς τὴν περίπτωσιν πιέσεων μικροτέρων τῆς ἀτμοσφαιρικῆς, οἱ ὄγκοι μεταβάλλονται ἀντιστρόφως ἀναλόγως τῶν πιέσεων.

Ὄγκος ἀέρος εἰς cm^3	Διαφορὰ στάθμης Hg μεταξὺ δύο δοχείων εἰς cm	Πίεσις ἀποκεκλ. ἀέρος εἰς cm
20	0	76×1
40	$76 \times {}^1/_2$	$76 \times {}^1/_2$
60	$76 \times {}^2/_3$	$76 \times {}^1/_3$
80	$76 \times {}^3/_4$	$76 \times {}^1/_4$

ROBERT BOYLE (1627 - 1691)

Ἄγγλος ἐπιστήμων, ἀσχοληθεὶς κυρίως εἰς τὴν Χημείαν καὶ τὴν Φυσικήν. Ἀνεκάλυψε τὸν νόμον τῆς συμπιεστότητος τῶν ἀερίων, συνετέλεσεν εἰς τὴν βελτίωσιν τῶν ἀεραντλιῶν κενοῦ καὶ ἀπέδειξεν, ὅτι ὁ ἦχος δὲν διαδίδεται διὰ τοῦ κενοῦ.

Ὄγκος V ἀερίου	Πίεσις p εἰς cm Hg	Γινόμενον pV
5	304	1520
10	152	1520
20	76	1520
30	50,67	1520
40	38	1520
50	30,4	1520

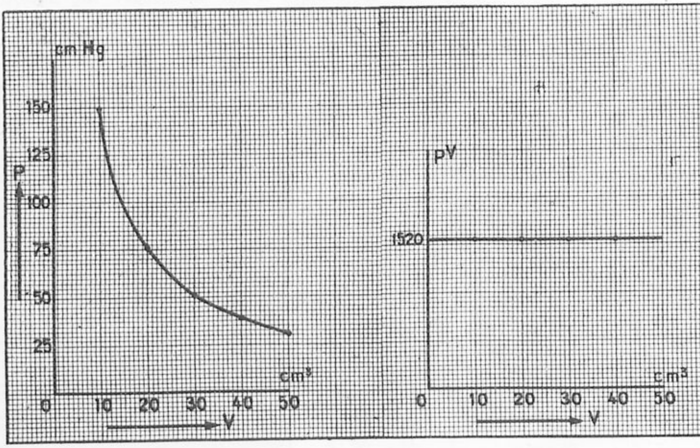
Γραφικὴ παράστασις. Ἐκ τῶν ἀριθμητικῶν δεδομένων τῶν δύο ἀνωτέρω πινάκων, δυνάμεθα νὰ σχηματίσωμεν τὸν ἔναντι πίνακα.

Ἐκ τοῦ πίνακος τούτου παρατηροῦμεν ὅτι, *ἐφ' ὅσον ἡ θερμοκρασία διατηρεῖται σταθερά,* ***οἱ ὄγκοι εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογοι τῶν πιέσεων*** ἤ, ὅπερ τὸ αὐτό, ***τὸ γινόμενον πιέσεως ἐπὶ τὸν ὄγκον παραμένει σταθερόν.***

Ἐὰν εἰς διάγραμμα ὀρθογωνίων ἀξόνων ἀναφέρωμεν τὰς τιμὰς τοῦ ὄγκου καὶ τῆς πιέσεως καὶ ἀκολούθως ἑνώσωμεν τὰ παραστατικὰ σημεῖα τὰ ἀντιστοιχοῦντα εἰς ἕκαστον ζεῦγος ἀντιστοίχων τιμῶν πιέσεων καὶ ὄγκου,

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

προκύπτει ἡ καμπύλη (α) τοῦ σχήματος 292, ἡ ὁποία ἀναπαριστᾷ γραφικῶς τὸν νόμον Boyle - Mariotte. Ἐκτὸς τοῦ ἀνωτέρω τρόπου γραφικῆς παραστάσεως τοῦ νόμου Boyle -



(α) (β)

Σχ. 292. Γραφικὴ παράστασις τοῦ νόμου Boyle - Mariotte.
α) Μεταβολὴ πιέσεως p, μετὰ τοῦ ὄγκου V, β) Μεταβολὴ τοῦ γινομένου pV μετὰ τοῦ ὄγκου V.

Mariotte, ὑπάρχει καὶ ἄλλος. Οὕτω, ἐὰν ἀναφέρωμεν εἰς τοὺς ἄξονας τὰς τιμὰς τοῦ γινομένου pV καὶ τὰς τιμὰς τοῦ ὄγκου, ἡ παραστατικὴ γραμμή, κατὰ τὴν περίπτωσιν ταύτην, θὰ εἶναι εὐθεῖα παράλληλος πρὸς τὸν ἄξονα τῶν ὄγκων (σχ. 292, β).

207*. Τέλειον ἀέριον. Ἡ ὡς ἄνω πειραματικὴ ἐπαλήθευσις τοῦ νόμου τῶν Boyle-Mariotte ἐγένετο εἰς ἐποχήν, καθ' ἣν ἡ τεχνικὴ τῶν μετρήσεων δὲν εἶχεν ἐπαρκῶς προαχθῆ. Βραδύτερον ὅμως, διὰ τῆς ἐπινοήσεως ἀκριβεστέρων ὀργάνων μετρήσεως, κατεδείχθη, ὅτι οὐδὲν τῶν ἐν τῇ φύσει ὑπαρχόντων ἀερίων ἀκολουθεῖ ἐπακριβῶς τὸν νόμον τῶν Boyle-Mariotte.

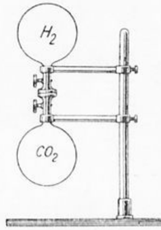
Πρὸς διατήρησιν ὅμως τῆς μέχρι τῆς ἐποχῆς ἐκείνης συντελεσθείσης ἐργασίας, ἡ Φυσικὴ ἐδέχθη τὸν τύπον τοῦ *τελείου ἀερίου*, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ θεωρητικὴν ἔννοιαν καὶ διὰ τὸ ὁποῖον δέχεται, ὅτι ἀκολουθεῖ ἐπακριβῶς τὸν νόμον τῶν Boyle - Mariotte. Ἐκ τῆς πειραματικῆς σπουδῆς καταδεικνύεται ὅτι, ὑπὸ τὰς συνήθεις συνθήκας θερμοκρασίας καὶ πιέσεως, ὅσον περισσότερον ἀπέχει τὸ ἀέριον ἀπὸ τῶν συνθηκῶν ὑγροποιήσεως αὐτοῦ, τόσον περισσότερον πλησιάζει πρὸς τὸν τύπον τοῦ τελείου ἀερίου. Οὕτω, διὰ τὸ ὑδρογόνον, τὸ ὀξυγόνον καὶ τὸ ἥλιον, δυνάμεθα νὰ δεχθῶμεν, ὑπὸ τὰς συνήθεις συνθήκας θερμοκρασίας καὶ πιέσεως, ἄνευ αἰσθητοῦ σφάλματος, ὅτι τὰ ἀέρια ταῦτα συμπεριφέρονται ἀκριβῶς ὡς ὁ τύπος τοῦ τελείου ἀερίου, ἤτοι ἀκολουθοῦν ἐπακριβῶς τὸν νόμον τῶν Boyle - Mariotte. Τοὐναντίον, τὸ CO_2 καὶ SO_2, τὰ ὁποῖα ὑπὸ συνήθεις συνθήκας θερμοκρασίας και πιέσεως δὲν ἀπέχουν πολὺ ἀπὸ τῶν συνθηκῶν ὑγροποιήσεως αὐτῶν, παρετηρήθη, ὅτι δεικνύουν οὐσιώδεις ἀποκλίσεις ἀπὸ τοῦ νόμου τῶν Boyle - Mariotte.

208. Μῖξις τῶν ἀερίων. Ἐκ πείρας γνωρίζομεν, ὅτι δύο ἢ περισσότερα ἀέρια διαφόρου φύσεως, μὴ ἐπιδρῶντα ὅμως χημικῶς ἐπ' ἀλλήλων, εὑρισκόμενα εἰς κοινὸν δοχεῖον, λόγῳ τῆς ἰδιότητος τὴν ὁποίαν παρουσιάζουν τὰ ἀέρια νὰ τείνουν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

νὰ καταλάβουν πάντα τὸν προσφερόμενον εἰς αὐτὰ ὄγκον, μιγνύονται τελείως. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται ***μῖξις*** ἢ ***διάχυσις*** τῶν ἀερίων. Πειραματικῶς ὑπὸ τοῦ **Berthollet** κατεδείχθη ὅτι, ἐὰν ὑπὸ σταθερὰν θερμοκρασίαν ἀναμιγνύωμεν δύο ἢ καὶ περισσότερα ἀέρια εἰς τὸν αὐτὸν χῶρον, ἡ τελικὴ πίεσις τοῦ μίγματος ἰσοῦται πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν μερικῶν πιέσεων. Καλοῦμεν δὲ ***μερικὴν πίεσιν,*** τὴν πίεσιν τὴν ὁποίαν θὰ εἶχε ἕκαστον τῶν ἀερίων, ἐὰν ὑπὸ τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν κατελάμβανε μόνον του τὸν ὄγκον τοῦ μίγματος.

209. Πειραματικὴ διάταξις τῆς μίξεως τῶν ἀερίων (Berthollet). Ἐκ δύο δοχείων συγκοινωνούντων μεταξύ των διὰ στροφίγγων, ἐπιτρεπουσῶν τὴν ἀποκατάστασιν ἐπικοινωνίας μεταξὺ αὐτῶν (σχ. 293), τὸ μὲν ἓν πληροῦται ὑδρογόνου, τὸ δὲ ἄλλο διοξειδίου τοῦ ἄνθρακος ὑπὸ τὴν αὐτὴν πίεσιν, τοῦ ὁποίου ἡ πυκνότης εἶναι 22 φορὰς μεγαλυτέρα τῆς τοῦ H_2. Τὰ δοχεῖα τοποθετοῦνται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε τὸ δοχεῖον τοῦ CO_2 νὰ εὑρίσκεται κάτωθεν τοῦ δοχείου H_2 καὶ εἰς χῶρον σταθερᾶς θερμοκρασίας. Ὅταν τὰ δύο δοχεῖα λάβουν τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν, ἀνοίγονται αἱ στρόφιγγες, ὥστε νὰ ἀποκατασταθῇ ἐπικοινωνία μεταξὺ αὐτῶν. Ἐὰν μετὰ παρέλευσιν ἀρκετοῦ χρονικοῦ διαστήματος ἐξετάσωμεν τὸ περιεχόμενον τῶν δύο δοχείων, παρατηροῦμεν ὅτι ἕκαστον τούτων περιλαμβάνει ὑπὸ τὴν αὐτὴν ἀναλογίαν τὰ δύο ἀέρια καὶ ὅτι ἡ πίεσις τοῦ ἀερίου μίγματος εἰς ἕκαστον δοχεῖον ἰσοῦται πρὸς τὴν ἀρχικὴν πίεσιν. Πράγματι, ἀρχικῶς ἕκαστον τῶν ἀερίων ἔχει ὄγκον V ὑπὸ πίεσιν p. Ἐὰν δὲ τὸ ἀέριον καταλαμβάνῃ ὄγκον 2V, ἡ πίεσις εἶναι p/2.



Σχ. 293. Συσκευὴ Berthollet.

210*. Νόμος τοῦ Dalton. ***Ὑπὸ δεδομένην σταθερὰν θερμοκρασίαν, ἡ πίεσις μίγματος ἀερίων ἰσοῦται πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν μερικῶν πιέσεων ἑκάστου τῶν ἀερίων.*** Ὡς μερικὴν πίεσιν ἑκάστου τῶν ἀερίων νοοῦμεν, ὡς ἀνωτέρω ἐλέχθη, τὴν πίεσιν, τὴν ὁποίαν θὰ εἶχε τὸ θεωρούμενον ἀέριον, ἐὰν καταλάμβανε μόνον τὸν ὄγκον τοῦ ἀερίου ὑπὸ τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν.

Ἀναλυτικὴ ἔκφρασις. Ἔστω ὅτι ὑπὸ θερμοκρασίαν t,

ἀέριον	1	ἔχει ὄγκον	υ_1	ὑπὸ πίεσιν	p_1
»	2	» »	υ_2	» »	p_2
»	3	» »	υ_3	» »	p_3

καὶ ὅτι, ὑπὸ τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν, θέτομεν αὐτὰ ἐντὸς δοχείου ὄγκου V. Πρὸς εὕρεσιν τῆς πιέσεως τοῦ μίγματος, πρέπει νὰ ὑπολογίσωμεν τὰς μερικὰς πιέσεις p_1', p_2', p_3'.

Συμφώνως πρὸς τὸν νόμον Boyle - Mariotte, θὰ ἔχωμεν τὰς σχέσεις:

$$p_1' V = p_1 \upsilon_1, \qquad p_2' V = p_2 \upsilon_2, \qquad p_3' V = p_3 \upsilon_3$$

ἐξ ὧν ὑπολογίζομεν τὰς μερικὰς πιέσεις: $p_1' = \frac{p_1 \upsilon_1}{V}$, $p_2' = \frac{p_2 \upsilon_2}{V}$, $p_3' = \frac{p_3 \upsilon_3}{V}$

ἡ δὲ πίεσις p τοῦ μίγματος θὰ εἶναι:

$$P = p_1' + p_2' + p_3' = \frac{p_1 \upsilon_1}{V} + \frac{p_2 \upsilon_2}{V} + \frac{p_3 \upsilon_3}{V}$$

ἐξ ἧς προκύπτει:

$$PV = p_1 \upsilon_1 + p_2 \upsilon_2 + p_3 \upsilon_3$$

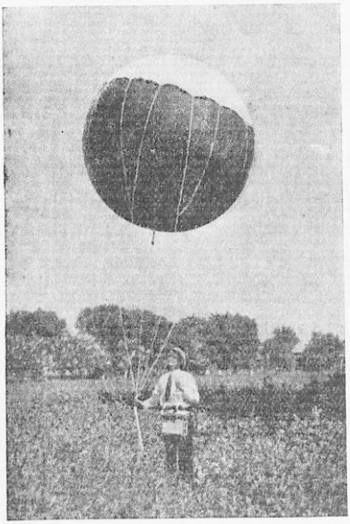
Ἐκ τῆς ἄνω σχέσεως προκύπτει ἐπίσης, ὅτι:

$$V = \frac{p_1 \upsilon_1}{P} + \frac{p_2 \upsilon_2}{P} + \frac{p_3 \upsilon_3}{P}$$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Οὕτω προκύπτει ἡ πρότασις: ***Ὁ ὄγκος μίγματος ἀερίων ἰσοῦται πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν ὄγκων, τοὺς ὁποίους θὰ κατελάμβανε ἕκαστον τῶν ἀερίων ὑπὸ τὴν πίεσιν τοῦ μίγματος.***

211. 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 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, ὅτε 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 (σχ. 294). 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 σκοποὺς — εἴτε ὡς παρατηρητήρια εἴτε διὰ τὴν ἀντιαεροπορικὴν ἄμυναν.



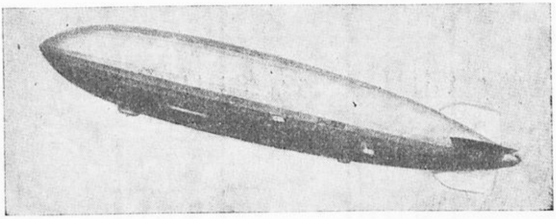
Σχ. 294. Ἐλεύθερον ἀερόστατον διὰ μετεωρολογικὰς παρατηρήσεις.

Ἐὰν ἀερόστατον εἶναι πλῆρες ὑδρογόνου καὶ καλέσωμεν τὸ εἰδ. βάρος τούτου ε_υ, ἐκπεφρασμένον εἰς kgr*/m³, ὑπὸ τὴν θερμοκρασίαν καὶ πίεσιν τῆς πληρώσεως τοῦ ἀεροστάτου, καὶ ε_α καλέσωμεν τὸ εἰδ. βάρος τοῦ ἀτμ. ἀέρος, τότε ἡ διαφορὰ $\varepsilon_\alpha - \varepsilon_\upsilon$ ἐκφράζει, εἰς kgr*/m³, τὴν διαφορὰν μεταξὺ ἀνώσεως καὶ βάρους τοῦ ἀεροστάτου κατὰ m³. Ἐὰν δὲ ἡ χωρητικότης τοῦ ἀεροστάτου εἶναι V m³, τὸ δὲ περίβλημα αὐτοῦ μετὰ τῆς λέμβου κτλ. ἔχῃ βάρος Β (μὴ λαμβανομένου ὑπ᾽ ὄψιν τοῦ ὄγκου αὐτῶν), ἡ τιμὴ τῆς ἀνυψωτικῆς δυνάμεως τοῦ ἀεροστάτου εἶναι:

$$F = V(\varepsilon_\alpha - \varepsilon_\upsilon) - B \ \text{kgr}^*.$$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Τὰ ἀερόπλοια εἶναι ἀερόστατα διευθυνόμενα (σχ. 295). Διὰ πηδαλίων προσηρμοσμένων ἐπὶ τοῦ ἀεροπλοίου δυνάμεθα νὰ διευθύνωμεν αὐτὸ κατὰ βούλησιν καὶ νὰ τὸ ἐπαναφέρωμεν 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 ἀρχή, 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. 295. Τύπος συγχρόνου ἀεροπλοίου.

212. Μανόμετρα. Διὰ τὴν μέτρησιν τῆς πιέσεως τῶν εἰς χῶρον τινὰ περικλειομένων ἀερίων, ἀτμοῦ κτλ. μεταχειριζόμεθα συσκευάς, αἱ ὁποῖαι καλοῦνται ***μανόμετρα.*** Διακρίνομεν δύο τύπους μανομέτρων, ἐκεῖνα εἰς τὰ ὁποῖα γίνεται χρῆσις ὑγροῦ καὶ τὰ μεταλλικὰ μανόμετρα.

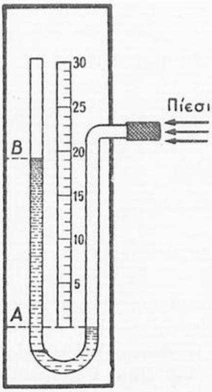
Α) Μανόμετρα δι᾽ ὑγροῦ. Ταῦτα διακρίνομεν εἰς δύο τύπους: τὸ ἀνοικτὸν καὶ τὸ κλειστὸν μανόμετρον.

Ἀνοικτὸν μανόμετρον. Τοῦτο εἰκονίζεται εἰς τὸ σχῆμα 296, ὡς ὑγρὸν δὲ χρησιμεύει, ἀναλόγως τῶν συνθηκῶν χρησιμοποιήσεως, ὑδράργυρος, ὕδωρ, οἰνόπνευμα κτλ. Ἡ ἑκάστοτε πίεσις παρέχεται ὑπὸ τῆς διαφορᾶς ὕψους τῆς ὑγρᾶς στήλης 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 κατορθοῦμεν νὰ ὑποδιαιρέσωμεν τὴν ἀπαιτουμένην μεγάλου ὕψους ὑδραργυρικὴν στήλην εἰς ἀριθμὸν μικροτέρων στηλῶν.

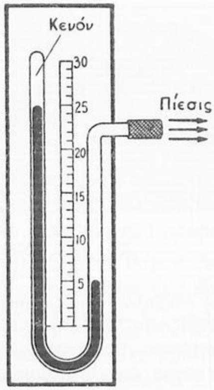
Κλειστὸν μανόμετρον. Λίαν συνήθης τύπος κλειστοῦ μανομέτρου δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 298. Εἰς αὐτό, ὡς ὑγρὸν χρησιμοποιεῖται ὑδράργυρος, ἡ δὲ βαθμολόγησις γίνεται ἐπὶ τῇ βάσει τοῦ νόμου τῶν Boyle - Mariotte ἢ διὰ συγκρίσεως αὐτοῦ πρὸς ἀνοικτὸν μανόμετρον.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

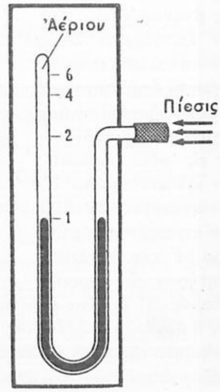
Λίαν ἐν χρήσει μανόμετρον, διὰ μετρήσεις πιέσεων μικροτέρων τῆς ἀτμοσφαιρικῆς, εἶναι τὸ ***κολοβὸν βαρόμετρον*** (σχ. 297), τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ ἐφαρμογὴν τοῦ σιφωνοειδοῦς



Σχ. 296.



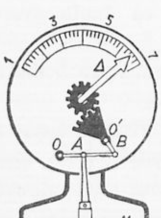
Σχ. 297.



Σχ. 298.

Διάφοροι τύποι μανομέτρων δι' ὑγρῶν. Σχ. 296, ἀνοικτόν. Σχ. 297, κολοβόν, διὰ πιέσεις μικροτέρας τῆς ἀτμοσφαιρικῆς. Σχ. 298, κλειστόν, διὰ πιέσεις μεγαλυτέρας τῆς ἀτμοσφαιρικῆς.

βαρομέτρου (βλ. § 201). 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.



Σχ. 299. Μανόμετρον τύπου Vidi.

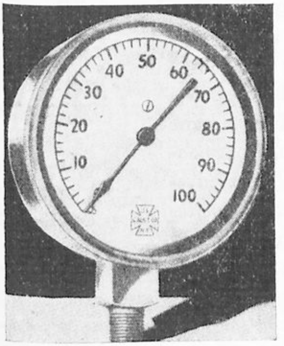
B) Μεταλλικὰ μανόμετρα. Εὔχρηστος τύπος μεταλλικοῦ μανομέτρου εἶναι τὸ ***μανόμετρον διὰ μεμβράνης*** (τύπου Vidi), τοῦ ὁποίου ἡ λειτουργία ἔχει ὡς ἑξῆς: Τὸ ὑπὸ πίεσιν p ἀέριον εἰσχωρεῖ διὰ τοῦ κάτωθεν σωλῆνος καὶ πιέζει τὴν πτυχωτὴν μεμβράνην M (σχ. 299), ἡ ὁποία οὕτω μετατίθεται πρὸς τὰ ἄνω, ἡ δὲ κίνησις αὐτῆς διὰ τοῦ κεντρικοῦ στελέχους καὶ τοῦ μηχανισμοῦ μεταβιβάζεται εἰς τὸν δείκτην Δ, ὁ ὁποῖος κινεῖται πρὸ τῶν ὑποδιαιρέσεων βαθμολογημένης κλίμακος. Τὰ σημεῖα A καὶ B ἀποτελοῦν ἀρθρώσεις καὶ τὰ O καὶ O′ σημεῖα μονίμου στηρίξεως. Ἐπίσης τὸ σχῆμα 300 δεικνύει μεταλλικὸν μανόμετρον διὰ σωλῆνος τύπου Bourdon, τοῦ ὁποίου ἡ λειτουργία κατανοεῖται εὐκόλως, ἐὰν ληφθῇ ὑπ' ὄψιν ὅτι τὰ A

Σχ. 300. Μανόμετρον τύπου Bourdon.

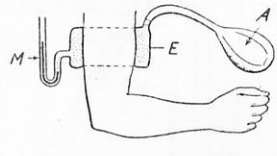
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

καὶ Β ἀποτελοῦν ἀρθρώσεις καὶ τὸ Ο σημεῖον μονίμου στηρίξεως. Τὰ ὄργανα ταῦτα βαθμολογοῦνται διὰ συγκρίσεως αὐτῶν πρὸς ἀνοικτὸν μανόμετρον.

213. 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. 302).



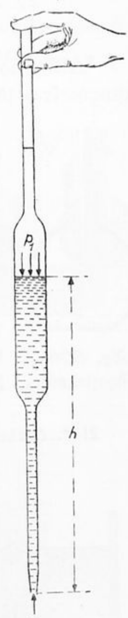
Σχ. 301. Συνήθης μορφὴ μεταλλικοῦ μανομέτρου.



Σχ. 302. 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.

214. Σιφώνιον. Τὸ σιφώνιον χρησιμεύει διὰ τὴν μετάγγισιν μικρῶν ποσοτήτων ὑγροῦ, δεικνύεται δὲ εἰς τὸ σχῆμα 303. 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 τοῦ ὑγροῦ παύει, διότι ἡ πίεσις p_1 εἶναι μικροτέρα τῆς πιέσεως p_2 εἰς τὸ κάτω ἄκρον. Διὰ τὴν περίπτωσιν ἰσορροπίας ἰσχύει μεταξὺ τῶν πιέσεων εἰς τὸ κάτω ἀνοικτὸν ἄκρον ἡ ἑξῆς 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.***

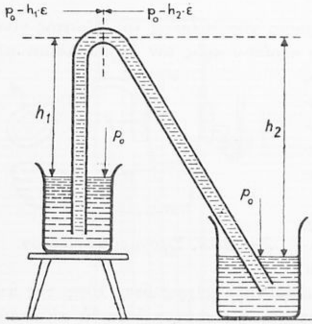


Σχ. 303. Σιφώνιον.

215. Σίφων. Ἡ μορφὴ τοῦ σίφωνος δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 304, 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 ὅτι $p - p' > 0$, 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.

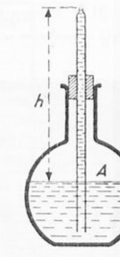
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἵνα δὲ προκύπτῃ ἐκροή, πρέπει τὸ στόμιον τῆς ἐκροῆς νὰ εὑρίσκεται εἰς στάθμην χαμηλοτέραν τῆς στάθμης τοῦ ὑγροῦ ἐν τῷ δοχείῳ.



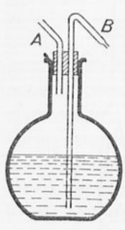
Σχ. 304. Σίφων.

216. Ὑδροβολεὺς - Πυροσβεστήρ. Τὸ σχῆμα 305 παριστᾷ τὸ ***δοχεῖον τοῦ Ἥρωνος*** (Ἥρων ὁ Ἀλεξανδρεὺς ἀκμάσας περὶ τὸ 100 π.Χ.). Ἐὰν διὰ τοῦ στομίου τοῦ σωλῆνος προσφυσήσωμεν ἀέρα, αὐξάνεται ἡ πίεσις εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ δοχείου Α καί, ἐὰν ἀκολούθως ἀφήσωμεν ἀνοικτὸν τὸ στόμιον τοῦ σωλῆνος, σχηματίζεται πίδαξ.

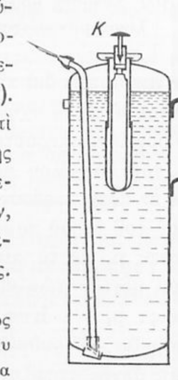


Σχ. 305.
Δοχεῖον Ἥρωνος

Ἄλλη μορφὴ τῆς διατάξεως εἶναι ὁ ***ὑδροβολεὺς*** (σχ. 306), ὁ ὁποῖος χρησιμοποιεῖται ἰδίως εἰς τὰ χημικὰ ἐργαστήρια. Διὰ προσφυσήσεως ἀπὸ τοῦ στομίου Α τοῦ σωλῆνος, λόγῳ τῆς προκαλουμένης αὐξήσεως τῆς πιέσεως ἐκρέει ὕδωρ ἀπὸ τοῦ στομίου Β τοῦ σωλῆνος. Ἡ αὐτὴ ἀρχὴ ἐφαρμόζεται καὶ εἰς τοὺς ***πυροσβεστῆρας*** (σχ. 307). Εἰς τούτους διὰ κτυπήματος καταφερομένου ἐπὶ τοῦ κομβίου Κ, ἀνοίγεται τὸ στόμιον φιάλης περιεχούσης διοξείδιον τοῦ ἄνθρακος ὑπὸ μεγάλην πίεσιν, οὕτω δὲ τὸ ἀποσβεστικὸν ὑγρόν, τὸ ὁποῖον ὡς ἐπὶ τὸ πολὺ εἶναι ἁλατοῦχον διάλυμα, ἐκσφενδονίζεται ὑπὸ μορφὴν ὑγρᾶς φλεβός.



Σχ. 306.
Ὑδροβολεύς.



Σχ. 307.
Πυροσβεστήρ.

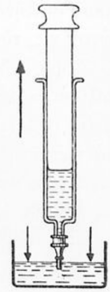
217*. Διαλείπων σίφων. Εἰς τὸ σχῆμα 308 δεικνύεται τύπος σίφωνος, διὰ τοῦ ὁποίου ἐπιτυγχάνεται διαλείπουσα ἐκροὴ τοῦ ὕδατος. Οὕτω, ὅταν ὁ σίφων καλυφθῇ τελείως ὑπὸ ὕδατος, ἀρχίζει ἡ ἐκροὴ αὐτοῦ, ἡ ὁποία ἐξακολουθεῖ μέχρις ὅτου ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ ὕδατος κατέλθῃ κάτω τοῦ ἀνοικτοῦ στομίου τοῦ σίφωνος ἐν τῷ δοχείῳ. Ἀκολούθως, τὸ δοχεῖον πληροῦται δι' ὕδατος ἐκ νέου καί, ὅταν πάλιν ὁ σίφων καλυφθῇ τελείως, ἀρχίζει ἐκ νέου ἡ ἐκροὴ καὶ τὸ φαινόμενον ἐπαναλαμβάνεται καθ' ὅμοιον τρόπον. Ἐπὶ τοῦ ἀνωτέρω φαινομένου στηρίζεται ἡ ἐξήγησις τῶν πηγῶν ὕδατος, αἱ ὁποῖαι παρουσιάζουν κανονικὰς διαλείψεις ἐκροῆς.

Σχ. 308. Διαλείπων σίφων.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

218. Ἰατρικὴ σύριγξ. Εἰς τὸ σχῆμα 309 δεικνύεται ὁ τρόπος τῆς λειτουργίας τῆς ἰατρικῆς σύριγγος χρησιμοποιουμένης διὰ τὰς ἐνέσεις.

Ὅταν ἀνυψοῦμεν τὸ ἔμβολον, τότε τὸ ὑγρὸν εἰσχωρεῖ ἐντὸς τῆς σύριγγος. Ἐὰν ἤδη προσαρμόσωμεν ἐπ᾿ αὐτῆς τὴν βελόνην (σωλῆνα), δυνάμεθα διὰ πιέσεως τοῦ ἐμβόλου πρὸς τὰ κάτω νὰ διαβιβάσωμεν μέσῳ τῆς βελόνης τὸ ὑγρὸν ἐντὸς τοῦ ἀνθρωπίνου ὀργανισμοῦ.

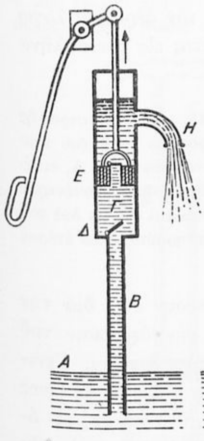


Σχ. 309.
Σύριγξ.

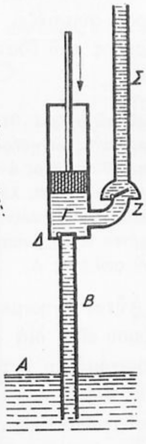
219. Ἀντλίαι. Σπουδαιοτάτην ἐφαρμογὴν τῆς ἐπιδράσεως τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως ἀποτελοῦν οἱ διάφοροι τύποι τῶν ἀντλιῶν, τῶν ὁποίων ὅμως ἡ σπουδὴ ἀποτελεῖ ἀντικείμενον τῆς Τεχνικῆς Φυσικῆς. Ὡς ἐκ τούτου ἐνταῦθα θὰ περιορισθῶμεν μόνον εἰς τὴν ἀνάπτυξιν τῶν γενικῶν ἀρχῶν τῆς λειτουργίας των.

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.

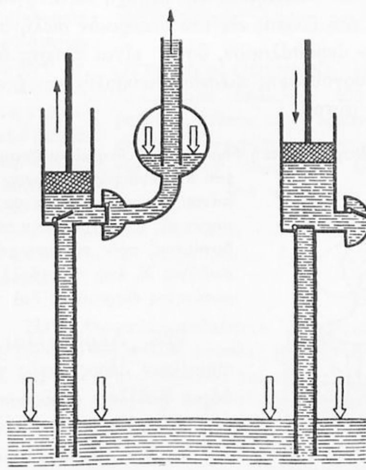
220. Ὑδραντλίαι. Ἐκ τούτων λίαν διαδεδομέναι εἶναι αἱ ἐμβολοφόροι ἀντλίαι, αἱ ὁποῖαι ὑποδιαιροῦνται εἰς ***ἀναρροφητικὰς*** καὶ ***καταθλιπτικάς***.



Σχ. 310.
Ἀναρροφητικὴ ἀντλία.



Σχ. 311.
Καταθλιπτικὴ ἀντλία.



Σχ. 312.
Λειτουργία καταθλιπτικῆς ἀντλίας μὲ ἀεροθάλαμον.

Κύριον ὄργανον τῶν ἀντλιῶν τούτων εἶναι ὁ ἐκ χυτοσιδήρου κύλινδρος, αἱ βαλβῖδες Δ καὶ Ζ καὶ τὸ ἔμβολον Ε.

Εἰς τὴν ***ἀναρροφητικὴν ἀντλίαν*** (σχ. 310) τὸ ἔμβολον φέρει κεντρικὴν ὀπήν, 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 ἐπί-

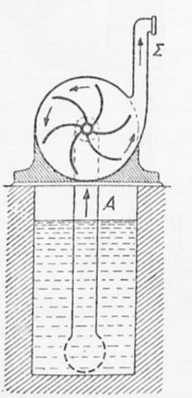
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

σης 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 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. 311) 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 ὠθουμένη 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.

Αἱ καταθλιπτικαὶ ἀντλίαι ἐφοδιάζονται διὰ καταλλήλου ἀεροθαλάμου (σχ. 312), 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.

221. **Φυγοκεντρικὴ ὑδραντλία.** Αὕτη εἰκονίζεται εἰς τὸ σχῆμα 313. Διὰ περιστροφῆς τοῦ πτερυγιοφόρου ἄξονος ὑπό τινος κινητῆρος, τὸ ἐντὸς τοῦ τυμπάνου ὑγρόν, 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 Σ, ἐνῷ τὸ ἐκβαλλόμενον ὕδωρ ἀναπληροῦται ὑπὸ ἑτέρας ποσότητος εἰσρεούσης διὰ τοῦ σωλῆνος Α.



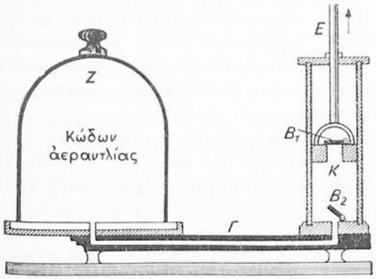
Σχ. 313. Φυγοκεντρικὴ ὑδραντλία.

222. **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 ἤ, 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.

223. **Ἐμβολοφόροι ἀεραντλίαι.** Τὸ σχῆμα 314 δεικνύει ἁπλούστατον τύπον ἐμβολοφόρου ἀεραντλίας συγκοινωνούσης διὰ μέσου καταλλήλου ὀχετοῦ Γ πρὸς τὸν χῶρον Ζ τὸν περικλειόμενον ὑπὸ τοῦ δίσκου τῆς ἀντλίας καὶ τοῦ κώδωνος.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

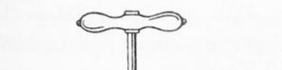
Όταν ὁ ἐμβολεὺς Ε κινῆται πρὸς τὰ ἄνω, ἡ βαλβὶς B_1 παραμένει κλειστὴ καὶ ἀνοίγει ἡ βαλβὶς B_2. Ὁ ἀὴρ τότε ἐκ τοῦ χώρου Ζ εἰσχωρεῖ ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου Κ τῆς ἀντλίας.



Σχ. 314. Ἐμβολοφόρος ἀεραντλία.

OTTO VON GUERICKE (1602-1686). Ἐχρημάτισε δήμαρχος τοῦ Μαγδεμβούργου, πόλεως τῆς Γερμανίας. Κατεσκεύασε τὴν πρώτην ἀεραντλίαν ὡς καὶ τὴν μηχανὴν παραγωγῆς ἠλεκτρισμοῦ διὰ τριβῆς.

Ὅταν ἀκολούθως ὁ ἐμβολεὺς κατέρχεται, κλείει ἡ βαλβὶς B_2 καὶ ἀνοίγει ἡ βαλβὶς B_1, οὕτως ὥστε ὁ ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου τῆς ἀντλίας ἀὴρ ἐκφεύγει πρὸς τὰ ἄνω. Μεθ' ἕκαστον ἐμβολισμὸν ὁ ἀὴρ ἐκ τοῦ χώρου Ζ καθίσταται ἀραιότερος, μέχρις ὅτου ἡ πίεσις τοῦ ἀέρος εἰς τὸν χῶρον αὐτὸν δὲν εἶναι ἱκανὴ ν' ἀνοίξῃ τὴν βαλβῖδα B_2. Ἕνεκα τοῦ λόγου τούτου τὸ κενόν, τὸ ὁποῖον παράγεται, δὲν εἶναι ὑψηλὸν καὶ ὡς ἐκ τούτου αἱ ἀντλίαι τοῦ τύπου τούτου ἔχουν σήμερον ἐγκαταλειφθῆ.



Σχ. 315. Ἀεραντλία ποδηλάτου.

224*. Ἀεραντλία ποδηλάτου. Ἁπλούστατον τύπον ἐμβολοφόρου ἀεραντλίας ἀποτελεῖ ἡ ***ἀεραντλία ποδηλάτου,*** ἡ ὁποία χρησιμοποιεῖται καὶ σήμερον διὰ τὴν συμπίεσιν ἀέρος ἐντὸς τοῦ ἀεροθαλάμου τοῦ τροχοῦ ποδηλάτου.

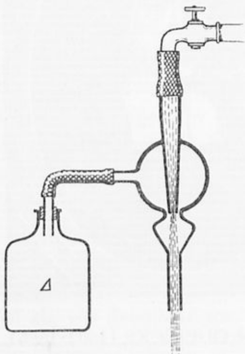
Αὕτη ἀποτελεῖται ἐκ μεταλλικοῦ κυλίνδρου, ἐντὸς τοῦ ὁποίου δύναται νὰ κινῆται ἔμβολον, τὸ ὁποῖον ἐφαρμόζει ἀεροστεγῶς ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου (σχ. 315). Εἰς τὸν πυθμένα τοῦ κυλίνδρου ὑπάρχουν δύο ἀγωγοί, οἱ ὁποῖοι δύνανται νὰ κλείουν ἀεροστεγῶς διὰ καταλλήλων βαλβίδων.

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

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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.

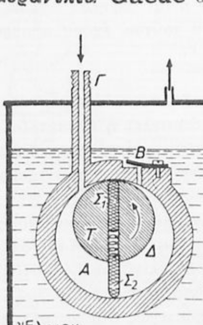
Ἡ ὡς ἄνω ἀντλία, ἐὰν ὁ σωλὴν εἰσαγωγῆς συνδεθῇ πρὸς χῶρον, π. χ. δοχεῖον ἐκ τοῦ ὁποίου θέλομεν νὰ ἀφαιρέσωμεν τὸν ἀέρα, καὶ ὁ σωλὴν ἐξαγωγῆς πρὸς τὴν ἀτμόσφαιραν, δύναται νὰ χρησιμεύσῃ καὶ ὡς ἀεραντλία κενοῦ.



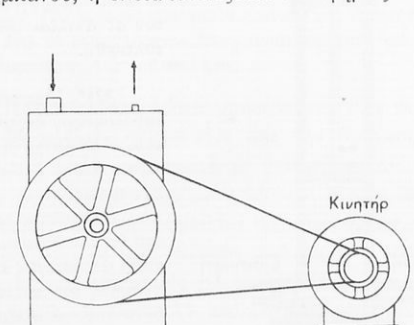
Σχ. 316. Ἀντλία διὰ φλεβὸς ὕδατος.

225. Ἀντλία διὰ φλεβὸς ὕδατος. Λίαν συνήθης καὶ εὔχρηστος τύπος εἶναι ἡ *ἀντλία διὰ φλεβὸς ὕδατος* (σχ. 316). Εἰς αὐτὴν τὸ ὕδωρ ἐκρέει ἀπὸ σωλῆνος παρουσιάζοντος στενὸν στόμιον ἐκροῆς πρὸς ἕτερον εὐρύτερον σωλῆνα κείμενον κάτωθεν. Κατὰ τὴν ἐκροήν του τὸ ὕδωρ συμπαρασύρει καὶ τὸν ἀέρα, οὕτω δὲ προκαλεῖται ἐλάττωσις τῆς πιέσεως εἰς τὸ δοχεῖον Δ, πρὸς τὸ ὁποῖον συγκοινωνεῖ ἡ ἀντλία διὰ τοῦ πρὸς τ' ἀριστερὰ πλευρικοῦ σωλῆνος. Αἱ ἀντλίαι τοῦ τύπου τούτου κατασκευάζονται συνήθως ἐξ ὑάλου, ἀλλὰ καὶ ἐκ μετάλλου. Τὸ διὰ τῆς τοιαύτης ἀντλίας ἐπιτυγχανόμενον κενὸν φθάνει περίπου τὰ 15 mmHg (15 Torr).

226. Ἀεραντλία Gaede. Λίαν διαδεδομένος τύπος ἀεραντλίας εἶναι σήμερον ἡ **ἀεραντλία Gaede** διὰ τυμπάνου, ἡ ὁποία εἰκονίζεται ἐν τομῇ εἰς τὸ σχῆμα



Σχ. 317. Τομὴ ἀεραντλίας Gaede.



Σχ. 318. Ἡ ἀεραντλία Gaede συνδεδεμένη μὲ ἱμάντα πρὸς ἠλεκτρικὸν κινητῆρα.

317. Ὅταν τὸ τύμπανον Τ τίθεται εἰς περιστροφικὴν κίνησιν, ὁ ὄγκος τοῦ χώρου Α, ὁ ὁποῖος μέσῳ τοῦ σωλῆνος Γ συγκοινωνεῖ πρὸς τὸ δοχεῖον, ἐκ τοῦ ὁποίου

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

θέλομεν ν' ἀφαιρέσωμεν τὸν ἀέρα, αὐξάνεται, ἐνῷ ὁ ὄγκος τοῦ χώρου Δ, ὁ ὁποῖος συγκοινωνεῖ μέσῳ τῆς βαλβίδος Β καὶ τοῦ σωλῆνος ἐξαγωγῆς πρὸς τὸν ἔξω χῶρον, ἐλαττοῦται. Συνεπείᾳ τούτου, κατὰ τὴν περιστροφὴν τοῦ τυμπάνου, ἀὴρ εἰσχωρεῖ συνεχῶς ἐκ τοῦ δοχείου, ὁ ὁποῖος ἀκολούθως συμπιέζεται ἐντὸς τοῦ χώρου Δ, οὕτω δὲ ἀνοίγει ἡ βαλβὶς Β καὶ ὁ ἀὴρ ἐκρέει εἰς τὸν ἔξω χῶρον. Πρὸς ἐπίτευξιν καλῆς στεγανότητος τῆς βαλβίδος καὶ τῶν θέσεων τῶν ἀξονικῶν ἑδράνων, τὸ ὅλον σῶμα τῆς ἀντλίας τίθεται ἐντὸς δοχείου, τὸ ὁποῖον πληροῦται δι' ἐλαίου. Οἱ σύρται Σ_1, Σ_2 μετὰ τῶν συνδεόντων αὐτοὺς ἐλατηρίων, χρησιμεύουν πρὸς ἀποκατάστασιν στεγανότητος μεταξὺ τῶν δύο χώρων Α καὶ Δ. Διὰ τοιούτων ἀντλιῶν δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν ἀραίωσιν μέχρι πιέσεως 0,002 Torr ($2 \cdot 10^{-3}$ mm Hg).

ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΕΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΕΚ ΤΗΣ ΥΔΡΟ-ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ

227. Προεισαγωγικαὶ γνώσεις. Τὰ φαινόμενα, τὰ ὁποῖα παρατηροῦνται κατὰ τὴν κίνησιν ἐν γένει τῶν ρευστῶν, ἤτοι τῶν ὑγρῶν καὶ τῶν ἀερίων, ἐξετάζονται συνήθως ἀπὸ κοινοῦ ὑπὸ τοῦ γενικωτέρου κεφαλαίου τῆς Φυσικῆς, τὸ ὁποῖον καλεῖται ***ὑδρο-ἀεροδυναμική.*** Πράγματι, ἐφ' ὅσον ἡ ταχύτης κινήσεως τῶν ἀερίων δὲν ὑπερβαίνει τὰ 150 ἕως 200 m/sec, ἡ συμπιεστότης τῶν ἀερίων οὐδεμίαν οὐσιώδη ἐπίδρασιν ἔχει ἐπὶ τῶν φαινομένων τῆς κινήσεως αὐτῶν καί, ὡς ἐκ τούτου, ἀπὸ ἀπόψεως κινήσεως τὰ φαινόμενα, τὰ ὁποῖα παρατηροῦνται κατὰ τὴν κίνησιν τῶν ἀερίων, εἶναι ἐντελῶς ὅμοια πρὸς τὰ φαινόμενα τῆς κινήσεως τῶν ὑγρῶν καὶ ἀκολουθοῦν τοὺς ἰδίους νόμους· ἕνεκα δὲ τοῦ λόγου τούτου δικαιολογεῖται ἡ ἀπὸ κοινοῦ σπουδὴ τῶν φαινομένων τῆς κινήσεως τῶν ὑγρῶν καὶ τῶν ἀερίων.

Μολονότι ἡ σπουδὴ τοῦ κεφαλαίου τῆς ὑδρο-ἀεροδυναμικῆς παρουσιάζει μέγιστον ἐνδιαφέρον, λόγῳ τῶν πολλαπλῶν πρακτικῶν ἐφαρμογῶν αὐτῆς, ἰδίως μετὰ τὴν καταπληκτικὴν διάδοσιν καὶ ἀνάπτυξιν τοῦ ἀεροπλάνου κατὰ τὰ τελευταῖα ἔτη, εἶναι ἐν τούτοις, ἂν ὄχι ἀδύνατος, τουλάχιστον λίαν δυσχερὴς ἡ πλήρης ἀνάπτυξις αὐτῆς εἰς στοιχειῶδες βιβλίον Φυσικῆς.

Ἕνεκα τοῦ ἀνωτέρω λόγου θὰ περιορισθῶμεν εἰς τὴν ἀνάπτυξιν ὡρισμένων γνώσεων ἐκ τῆς ὑδρο-ἀεροδυναμικῆς καὶ μάλιστα ἐκείνων, διὰ τῶν ὁποίων δύνανται νὰ ἐξηγηθοῦν πολλὰ φαινόμενα τῆς κινήσεως τῶν ρευστῶν ἔχοντα μεγάλην σχέσιν μὲ πρακτικὰς ἐφαρμογάς, τὰς ὁποίας συναντῶμεν εἰς τὸν καθ' ἡμέραν βίον.

228. Ροὴ ὑγροῦ. Ὅταν ὑγρόν τι δὲν εὑρίσκεται εἰς ἠρεμίαν, ἀλλὰ κινεῖται, λέγομεν, ὅτι ὑφίσταται ροὴ τοῦ ὑγροῦ. Ἑπομένως αἱ ἔννοιαι ***ροὴ ὑγροῦ*** καὶ ***κίνησις ὑγροῦ*** ἐκφράζουν ἓν καὶ τὸ αὐτὸ πρᾶγμα. Οὕτω, ὅταν εὑρισκώμεθα πρὸ τῆς ὄχθης ποταμοῦ καὶ ἐξετάζωμεν τὴν ἐλευθέραν ἐπιφάνειαν τοῦ ὕδατος, ἀντιλαμβανόμεθα τὴν κίνησιν τοῦ ὕδατος διὰ τῆς παρακολουθήσεως τῆς κινήσεως τῶν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας αὐτοῦ ἐλαφρῶν σωμάτων, τὰ ὁποῖα παρασύρονται ὑπὸ τοῦ ρεύματος τοῦ ὕδατος, ὀφειλομένου εἰς τὴν ροὴν αὐτοῦ.

Ἐφ' ὅσον ἡ στάθμη τοῦ ὕδατος εἶναι ἡ ἰδία καὶ ὁ ποταμὸς παρουσιάζει τὸ αὐτὸ εὖρος εἰς ὅλας τὰς περιοχὰς τῆς ἐπιφανείας τοῦ ποταμοῦ, ἡ ταχύτης ροῆς εἶναι ἡ αὐτή, ὅταν ἰδίως ἐξετάζωμεν περιοχὴν τοῦ ποταμοῦ, ἡ ὁποία νὰ εὑρίσκεται εἰς σημαντικὴν ἀπόστασιν ἀπὸ τῶν ὄχθῶν αὐτοῦ, ὅτε ἡ κίνησις τοῦ ρευστοῦ δὲν ἐπηρεάζεται οὐσιωδῶς ὑπὸ τῆς τριβῆς.

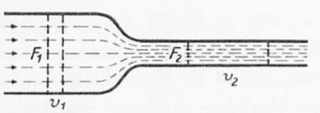
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἐὰν ὅμως θεωρήσωμεν περιοχὴν τοῦ ποταμοῦ, ὅπου οὗτος ἀποστενοῦται, καὶ ἐξετάσωμεν τὴν ταχύτητα ροῆς, βλέπομεν, ὅτι ἡ ταχύτης καθίσταται μεγαλυτέρα. Τοῦτο συμβαίνει διότι, ἐπειδὴ τὸ ὕδωρ ὑποτίθεται πρακτικῶς ἀσυμπίεστον, δι' ἑκάστης ἐγκαρσίας τομῆς τοῦ ποταμοῦ πρέπει νὰ διέρχεται πάντοτε ἡ αὐτὴ ποσότης ὕδατος καὶ ἑπομένως εἰς περιοχάς, ὅπου ἡ ἐγκαρσία τομὴ τοῦ ποταμοῦ παρουσιάζει ἐπιφάνειαν μεγάλην, ἡ ταχύτης ροῆς πρέπει νὰ εἶναι μικρὰ καὶ εἰς περιοχὴν, ὅπου ἡ ἐγκαρσία τομὴ εἶναι μικροτέρα, ἡ ταχύτης ροῆς πρέπει νὰ εἶναι μεγαλυτέρα, εἰς τρόπον ὥστε νὰ ἰσχύῃ εἰς πᾶσαν περιοχὴν τοῦ ποταμοῦ ἡ σχέσις: ***Ἐπιφάνεια × ταχύτης ροῆς = σταθερά,*** ἤτοι:

$$\mathbf{S} \cdot \upsilon = \sigma\tau\alpha\vartheta.$$

Ἡ ἄνω σχέσις ἀποτελεῖ θεμελιώδη σχέσιν τῆς ὑδροδυναμικῆς καὶ ἰσχύει, ὅταν ἡ κίνησις τοῦ ὕδατος εἶναι σχετικῶς βραδεῖα καὶ δὲν συναντᾷ κωλύματα, ὅτε ἡ ροὴ καλεῖται ***μόνιμος*** καὶ χαρακτηρίζεται ἐκ τοῦ ὅτι ἡ ταχύτης ροῆς εἰς ἑκάστην περιοχὴν τοῦ ποταμοῦ εἶναι ἀνεξάρτητος τοῦ χρόνου, δηλαδὴ οἱονδήποτε σωμάτιον κινούμενον διέρχεται διά τινος περιοχῆς τοῦ ποταμοῦ πάντοτε μὲ τὴν ἰδίαν ταχύτητα, χαρακτηριστικὴν διὰ τὴν θεωρουμένην περιοχήν.

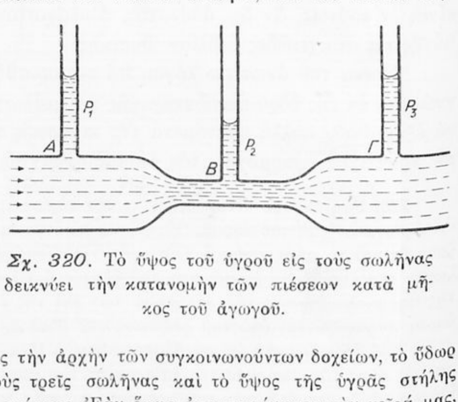
229. Γραμμαὶ ροῆς καὶ ταχύτης ροῆς. Θεωροῦμεν ὀχετόν, εἰς τὸν ὁποῖον λαμβάνει χώραν μόνιμος ροὴ π.χ. ὕδατος (σχ. 319). Ἐὰν ἄνωθεν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ κινουμένου ὕδατος διασκορπίσωμεν ρινίσματα φελλοῦ, παρατηροῦμεν, ὅτι ταῦτα μετατοπίζονται καὶ διατάσσονται κατὰ κανονικὰς γραμμάς, αἱ ὁποῖαι δεικνύουν τὰς τροχιὰς τῶν ρινισμάτων καὶ ἑπομένως τῶν σωματίων τοῦ ὕδατος, ἐπὶ τῶν ὁποίων ἐπιπλέουν. Αἱ ὡς ἄνω γραμμαὶ καλοῦνται ***γραμμαὶ ροῆς.*** Ἐξ ἄλλου εἰς τὴν περιοχήν, ὅπου ἡ ταχύτης ροῆς εἶναι υ_1, αἱ γραμμαὶ ροῆς εἶναι ἀραιαί, ἤτοι ἡ πυκνότης αὐτῶν εἶναι μικρά· ἐνῷ εἰς τὴν περιοχήν, ὅπου ἡ ταχύτης ροῆς εἶναι $\upsilon_2 > \upsilon_1$ βλέπομεν, ὅτι ἡ πυκνότης τῶν γραμμῶν ροῆς εἶναι μεγάλη. Οὕτω συνάγομεν τὴν ἀκόλουθον σχέσιν:



Σχ. 319. Εἰς τὸ εὐρὺ μέρος τοῦ σωλῆνος ἡ ταχύτης ροῆς εἶναι μικρά, ἐνῷ εἰς τὸ στενὸν μεγάλη.

Ταχύτης ροῆς μικρὰ → Πυκνότης γραμμῶν ροῆς μικρά.
Ταχύτης ροῆς μεγάλη → Πυκνότης γραμμῶν ροῆς μεγάλη.

230*. Στατικὴ καὶ δυναμικὴ πίεσις. *Θεώρημα τοῦ* Bernoulli. Θεωρήσωμεν ἤδη τὴν συσκευὴν τοῦ σχήματος 320. Αὕτη ἀποτελεῖται ἀπὸ ὑάλινον σωλῆνα, διὰ τοῦ ὁποίου λαμβάνει χώραν ροὴ ὕδατος, λόγῳ τοῦ ὅτι τὸ ἓν ἄκρον συνδέεται πρὸς κατάλληλον διάταξιν, διὰ τῆς ὁποίας εἰσχωρεῖ εἰς τὴν συσκευὴν ὕδωρ ὑπὸ πίεσιν μεγαλυτέραν τῆς ἀτμοσφαιρικῆς. Πλευρικῶς πρὸς τὸν σωλῆνα συνδέονται οἱ λεπτοὶ κατακόρυφοι σωλῆνες εἰς τὰς περιοχὰς Α, Β καὶ Γ, οἱ ὁποῖοι χρησιμεύουν ὡς μανόμετρα.



Σχ. 320. Τὸ ὕψος τοῦ ὑγροῦ εἰς τοὺς σωλῆνας δεικνύει τὴν κατανομὴν τῶν πιέσεων κατὰ μῆκος τοῦ ἀγωγοῦ.

Ἐὰν κλείσωμεν τὸ πρὸς τὰ δεξιὰ ἄκρον διὰ τῆς παλάμης, ὥστε νὰ παρεμποδίσωμεν τὴν ἀνάπτυξιν ροῆς, τότε, ἐπειδὴ τὸ ὕδωρ θὰ εὑρίσκεται εἰς ἰσορροπίαν, συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῶν συγκοινωνούντων δοχείων, τὸ ὕδωρ θὰ ἔχῃ τὴν αὐτὴν στάθμην καὶ εἰς τοὺς τρεῖς σωλῆνας καὶ τὸ ὕψος τῆς ὑγρᾶς στήλης χρησιμεύει πρὸς μέτρησιν τῆς στατικῆς πιέσεως. Ἐὰν ὅμως ἀπομακρύνωμεν τὴν χεῖρά μας, ὥστε ν' ἀναπτυχθῇ ροή, τότε ἡ στατικὴ πίεσις εἰς Β εἶναι μικροτέρα ἢ εἰς Α καὶ Γ.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἐὰν συνδυάσωμεν τὸ ἀνωτέρω φαινόμενον πρὸς τὴν ταχύτητα ροῆς, παρατηροῦμεν, ὅτι εἰς τὴν περιοχὴν Β, ὅπου ἡ ταχύτης ροῆς εἶναι μεγαλυτέρα ἢ εἰς τὰς περιοχὰς Α καὶ Γ, ἡ στατικὴ πίεσις εἶναι μικροτέρα ἢ εἰς Α καὶ Γ.

Τοῦτο δικαιολογεῖται, διότι λόγῳ τῆς ροῆς δημιουργεῖται ἕτερον εἶδος πιέσεως, τὸ ὁποῖον ἐκφράζεται ὑπὸ τῆς σχέσεως $\varrho\upsilon^2/2$, ὅπου ϱ ἡ πυκνότης τοῦ ρευστοῦ, καὶ ἡ ὁποία καλεῖται ***δυναμικὴ πίεσις***· ἡ δὲ συνολικὴ πίεσις, ἡ ὁποία εἶναι σταθερὰ εἰς ἑκάστην περιοχὴν τῆς ροῆς, ἰσοῦται πάντοτε πρὸς τὸ ἄθροισμα τῆς στατικῆς καὶ δυναμικῆς πιέσεως. Οὕτω εὕρομεν θεμελιώδη σχέσιν τῆς μονίμου ροῆς, ἡ ὁποία ἐκφράζεται ὡς ἑξῆς: συνολικὴ πίεσις = στατικὴ πίεσις + δυναμικὴ πίεσις = σταθ., ἤτοι:

$$p_1 + \frac{1}{2}\varrho\upsilon_1{}^2 = p_2 + \frac{1}{2}\varrho\upsilon_2{}^2 \qquad (1)$$

ὅπου p_1, υ_1 ἡ πίεσις καὶ ἡ ταχύτης ροῆς εἰς Α καὶ p_2, υ_2 ἡ πίεσις καὶ ἡ ταχύτης ροῆς εἰς Β. Ἡ ἄνω σχέσις γράφεται γενικώτερα:

$$p + \frac{1}{2}\varrho\upsilon^2 = \text{σταθ.} \qquad (2)$$

Ἤτοι: εἰς μόνιμον ροὴν τὸ ἄθροισμα τῆς στατικῆς καὶ δυναμικῆς πιέσεως παραμένει δι' ἑκάστην περιοχὴν σταθερόν.

Ἡ ἀνωτέρω πρότασις ἐκφράζει τὸ θεμελιῶδες θεώρημα τοῦ Bernoulli διὰ τὴν ὑδροδυναμικήν. Ἐκ τῆς σχέσεως (2) ἐὰν ὑποτεθῇ $\upsilon = 0$, τότε προκύπτει $p_{\text{ολ}} = \text{σταθ.}$, ἤτοι ἡ σταθερὰ εἰς τὴν ἐξίσωσιν (2) ἐκφράζει τὴν στατικὴν πίεσιν, ἡ ὁποία ἐπικρατεῖ εἰς περιοχὴν τῆς ροῆς, ὅπου ἡ ταχύτης ροῆς πρακτικῶς εἶναι μηδέν, καλεῖται δὲ ἡ πίεσις *συνολικὴ πίεσις* καὶ παριστᾶται διὰ $p_{\text{ολ}}$. Ἐπὶ τῇ βάσει τῶν ἀνωτέρω ὁ τύπος (2) γράφεται:

$$p_{\text{ολ}} = p + \frac{1}{2}\varrho\upsilon^2 \qquad (3)$$

ἤτοι ἡ συνολικὴ πίεσις εἰς ἑκάστην περιοχὴν μονίμου ροῆς ἰσοῦται πρὸς τὸ ἄθροισμα τῆς στατικῆς καὶ δυναμικῆς πιέσεως.

Ἡ σχέσις (3) ἰσχύει διὰ τὴν περίπτωσιν, καθ' ἣν αἱ δύο περιοχαὶ ροῆς εὑρίσκονται εἰς τὴν αὐτὴν στάθμην. Εἰς περίπτωσιν κατὰ τὴν ὁποίαν αἱ δύο ἐξεταζόμεναι περιοχαὶ π.χ. Α καὶ Β δὲν εὑρίσκονται εἰς τὸ αὐτὸ ὕψος ἀπὸ τῆς βασικῆς στάθμης (π.χ. τοῦ ἐδάφους), ἀλλ' ἡ μία εὑρίσκεται εἰς ὕψος h_1 καὶ ἡ ἄλλη εἰς ὕψος h_2, τότε τὸ θεώρημα τοῦ Bernoulli ἐκφράζεται ὑπὸ τῆς σχέσεως:

$$p_1 + \frac{1}{2}\varrho_1\upsilon_1{}^2 + h_1\varrho g = p_2 + \frac{1}{2}\varrho_2\upsilon_2{}^2 + h_2\varrho g \qquad (4)$$

ἢ γενικώτερον ὑπὸ τῆς σχέσεως:

$$p + \frac{1}{2}\varrho\,\upsilon^2 + h\,\varrho\,g = \text{σταθ.} \qquad (5)$$

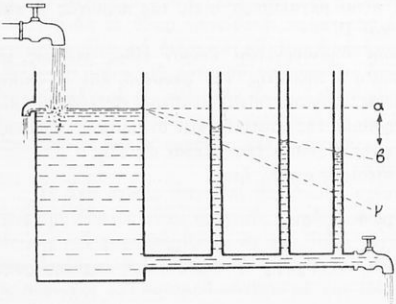
231*. Περίπτωσις τριβῆς. Τὰ ἀνωτέρω ἐκτιθέμενα ἰσχύουν, ὑπὸ τὴν προϋπόθεσιν ὅτι θεωροῦμεν τὸ ὑγρὸν ἢ ἐν γένει τὸ ρευστὸν πρακτικῶς ἀπηλλαγμένον τριβῆς.

Τὰ φαινόμενα ὅμως ἀλλοιοῦνται ἐν τῇ πραγματικότητι λόγῳ τοῦ φαινομένου τῆς τριβῆς, ἕνεκα τῆς ὁποίας προκύπτει ἀπώλεια πιέσεως πρὸς ὑπερνίκησιν αὐτῆς. Οὕτω λόγῳ τῆς τριβῆς εἰς τὴν περιοχὴν Γ, μολονότι ἡ τομὴ εἶναι ἡ αὐτὴ ὡς καὶ εἰς τὴν περιοχὴν Α, ἐν τούτοις ἡ στατικὴ πίεσις εἶναι πράγματι μικροτέρα εἰς Γ ἢ εἰς Α.

Τὴν ἐπίδρασιν τῆς τριβῆς δεικνύει ἡ εἰς τὸ σχῆμα 321 εἰκονιζομένη διάταξις, διὰ τῆς ὁποίας διατηροῦμεν σταθερὰν τὴν στάθμην τοῦ ὕδατος εἰς τὸ πρὸς τ' ἀριστερὰ δοχεῖον, τὸ ὁποῖον χρησιμεύει ὡς δεξαμενή. Ἐὰν ἡ πρὸς τὰ δεξιὰ στρόφιγξ εἶναι κλειστή, ὥστε τὸ ὕδωρ νὰ εὑρίσκεται ἐν ἰσορροπίᾳ, τότε ἡ στάθμη τοῦ ὕδατος εἰς τὴν δεξαμενὴν καὶ εἰς τοὺς πλευρικοὺς μανομετρικοὺς σωλῆνας, συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῶν συγκοινωνούντων δοχείων, εἶναι ἡ αὐτή. Ἐὰν ἤδη ἀνοίξωμεν ὀλίγον τὴν στρόφιγγα, ὥστε νὰ παραχθῇ ροὴ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ὡρισμένης παροχῆς (δηλ. νὰ ρέῃ ὡρισμένος ὄγκος ὕδατος ἀνὰ μονάδα χρόνου), τότε βλέπομεν ὅτι, ὅσον περισσότερον ἀπέχει ὁ πλευρικὸς σωλὴν ἀπὸ τὴν δεξαμενήν, τόσον ἡ στάθμη τοῦ ὕδατος εἶναι μικροτέρα καὶ ἑπομένως ἡ στατικὴ πίεσις μικροτέρα, ἡ δὲ ἀπώλεια πιέσεως λόγῳ τῆς ροῆς μετρᾶται ὑπὸ τῆς στήλης αβ, ἡ ὁποία καὶ χρησιμεύει πρὸς ὑπερνίκησιν τῆς τριβῆς. Ἐὰν ἤδη ἀνοίξωμεν ἔτι περισσότερον τὴν στρόφιγγα, ὥστε νὰ παραχθῇ ροὴ ἐντονωτέρας παροχῆς κατὰ μῆκος τοῦ ὁριζοντίου σωλῆνος, ἡ ἀπώλεια πιέσεως καθίσταται ἔτι μεγαλυτέρα, εἶναι δὲ ἡ πτῶσις πιέσεως ἀνάλογος τῆς παροχῆς τῆς ροῆς.



Σχ. 321. Ὅταν τὸ ὑγρὸν ρέῃ, ἡ πίεσις βαίνει ἐλαττουμένη κατὰ μῆκος τοῦ ὁριζοντίου σωλῆνος.

Τὰ ἀνωτέρω φαινόμενα τῆς τριβῆς ὀφείλονται ὄχι μόνον εἰς τὴν τριβὴν τῶν μορίων τοῦ ὕδατος ἐπὶ τῶν τοιχωμάτων τῶν ὀχετῶν, ἀλλὰ πρὸς τούτοις καὶ εἰς τὴν τριβὴν τῶν κινουμένων μορίων τοῦ ὑγροῦ πρὸς ἄλληλα· καλεῖται δὲ ἡ τριβὴ αὕτη τῶν κινουμένων μορίων ***ἐσωτερικὴ τριβὴ*** τοῦ ὑγροῦ ἢ καὶ ***ἰξῶδες*** καὶ ἔχει μεγίστην σημασίαν, ὅταν ὑγρὰ μεταφέρωνται διὰ σωληνώσεων εἰς μεγάλας ἀποστάσεις.

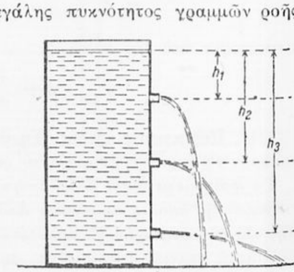
Οὕτω, διὰ τὴν μεταφορὰν π. χ. πετρελαίου ἀπὸ τὰς πετρελαιοπηγὰς εἰς τοὺς τόπους καταναλώσεως εὑρισκομένους εἰς μεγάλας ἀποστάσεις διὰ συστήματος σωληνώσεως μεγάλου μήκους, ἀπαιτοῦνται πρὸς ὑπερνίκησιν τῆς τριβῆς ἀντλίαι πρὸς ἀνάπτυξιν λίαν μεγάλης πιέσεως διὰ νὰ διατηρήσουν τὴν κίνησιν τοῦ πετρελαίου ἐντὸς τῶν σωληνώσεων· εἰς ἐνδιαμέσους μάλιστα θέσεις τοποθετοῦνται πρόσθετοι ἀντλίαι διὰ τὴν ἐνίσχυσιν τῆς πιέσεως πρὸς διατήρησιν κανονικῆς ροῆς τοῦ πετρελαίου ἐντὸς τῶν σωληνώσεων.

232. Ὑδραεραντλία. Ἁπλουστάτην ἐφαρμογὴν τοῦ θεωρήματος τοῦ Bernoulli ἀποτελεῖ ἡ ὑδραεραντλία, ἡ ὁποία εἰκονίζεται εἰς τὸ σχῆμα 316.

Τὸ ἀνώτερον μέρος τῆς ἀντλίας συνδέεται πρὸς στρόφιγγα ὕδατος ἢ πρὸς ἐγκατάστασιν παροχῆς ὕδατος ὑπὸ πίεσιν, ὅτε πραγματοποιεῖται ροὴ ὕδατος, τῆς ὁποίας αἱ γραμμαὶ ροῆς εἰκονίζονται δι' ἐστιγμένων γραμμῶν.

Εἰς τὴν περιοχὴν τῆς ἀποστενώσεως, λόγῳ τῆς μεγάλης πυκνότητος γραμμῶν ροῆς, ἡ στατικὴ πίεσις καθίσταται πολὺ μικρά, μικροτέρα τῆς ἀτμοσφαιρικῆς, οὕτω δὲ ἀὴρ εἰσχωρεῖ ἐκ τοῦ πλευρικοῦ σωλῆνος, συγκοινωνοῦντος πρὸς τὸ δοχεῖον Δ, ἐκ τοῦ ὁποίου θέλομεν νὰ ἀφαιρέσωμεν τὸν ἀέρα, εἰς τὸν ἀεροθάλαμον τῆς ἀεραντλίας καὶ ὁ ἀὴρ ἀκολούθως παρασύρεται εἰς τὴν περιοχὴν τῆς ἀποστενώσεως ὑπὸ τοῦ ἐκρέοντος ὕδατος.

233*. Ἐκροὴ ὑγροῦ ἐκ πλευρικῆς ὀπῆς δοχείου. Θεώρημα Torricelli. Θεωρήσωμεν τὸ δοχεῖον (σχ. 322), τὸ ὁποῖον φέρει εἰς διαφόρους ἀποστάσεις ἀπὸ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ πλευρικὰς ὀπὰς ἐκροῆς. Ὅπως ὑπολογίσωμεν τὴν ταχύτητα ἐκροῆς τοῦ ὑγροῦ ἀπὸ τῆς ὀπῆς, εὑρισκομένης εἰς ἀπόστασιν h_3 ἀπὸ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας αὐτοῦ, εἰς τὸ δοχεῖον, ἐφαρμόζομεν διὰ τὴν περιοχὴν τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ καὶ διὰ τὴν



Σχ. 322. Ἡ διαδρομὴ τῆς ὑγρᾶς φλεβὸς ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς θέσεως τῆς ὀπῆς.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

περιοχὴν τῆς ὀπῆς ἐκροῆς τὸ θεώρημα τοῦ Bernoulli ὑπὸ τὴν γενικωτέραν του μορφὴν (τύπος 4 σελ. 211), ὅτε προκύπτει ἡ κάτωθεν ἐξίσωσις, ἐφ' ὅσον δεχόμεθα ὡς βασικὴν στάθμην διὰ τὴν μέτρησιν τοῦ ὕψους ($h = 0$) τὴν περιοχὴν τῆς ὀπῆς:

$$p + \frac{1}{2}\varrho\, \upsilon_3^2 + h_3\, \varrho\, g = p' + \frac{1}{2}\varrho\, \upsilon^2$$

Ἐπειδὴ αἱ πιέσεις p καὶ p′ εἰς τὴν ἐλευθέραν ἐπιφάνειαν τοῦ ὑγροῦ καὶ εἰς τὴν περιοχὴν τῆς ὀπῆς εἶναι ἴσαι, διότι ἰσοῦνται πρὸς τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν, ἐνῷ ἐξ ἄλλου ἡ ταχύτης υ_3 τῆς ροῆς κατὰ τὴν ἐλευθέραν ἐπιφάνειαν τοῦ ὑγροῦ, λόγῳ τῆς λίαν μεγάλης διαμέτρου τοῦ δοχείου ἐν σχέσει πρὸς τὴν διάμετρον τῆς ὀπῆς, εἶναι πρακτικῶς ἴση πρὸς μηδέν, τότε ἐκ τῆς ἀνωτέρω σχέσεως εὑρίσκομεν τὴν ταχύτητα ἐκροῆς:

$$\upsilon = \sqrt{2\, g h_3} \qquad (1)$$

Εἰς τὸ αὐτὸ ἐξαγόμενον δυνάμεθα νὰ καταλήξωμεν καὶ διὰ τοῦ ἀκολούθου ὑπολογισμοῦ: Μᾶζα ὑγροῦ m ἐκρέουσα ἐκ τῆς ὀπῆς ὑπὸ ταχύτητα υ ἔχει κινητικὴν ἐνέργειαν $m\upsilon^2/2$. Ἡ αὐτὴ μᾶζα ὑγροῦ εὑρισκομένη εἰς τὴν ἐλευθέραν ἐπιφάνειαν τοῦ ὑγροῦ ἐν τῷ δοχείῳ καὶ εἰς ὕψος h_3 ἀπὸ τῆς ὀπῆς ἐκροῆς ἔχει δυναμικὴν ἐνέργειαν mgh_3. Ἐπειδὴ ἡ ἐκροὴ ὑποτίθεται, ὅτι γίνεται ἄνευ ἀπωλειῶν ἐνεργείας, δεδομένου ὅτι παραμελοῦμεν τὴν τριβήν, θὰ ἔχωμεν:

$$\frac{1}{2}\, m\upsilon^2 = m\, g\, h_3$$

ἐξ οὗ εὑρίσκομεν πάλιν τὴν σχέσιν (1). Οὕτω προκύπτει τὸ θεώρημα Torricelli, τὸ ὁποῖον διατυποῦται ὡς ἑξῆς:

Ἡ ταχύτης ἐκροῆς ὑγροῦ ἀπὸ ὀπῆς, εὑρισκομένης εἰς ὡρισμένην ἀπόστασιν ἀπὸ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ, εἶναι ἴση πρὸς τὴν ταχύτητα, τὴν ὁποίαν θὰ ἀπέκτα ἡ μᾶζα τοῦ ὑγροῦ, ἐὰν ἔπιπτε κατακορύφως ἐκ τοῦ αὐτοῦ ὕψους.

Πειραματικῶς τὸ θεώρημα Torricelli δεικνύεται διὰ τῆς ἐν σχήματι 322 εἰκονιζομένης διατάξεως, ἐκ τῆς ὁποίας δεικνύεται ὅτι, ὅσον περισσότερον ἀπέχει ἡ ὀπὴ ἐκροῆς ἀπὸ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ, τόσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ ταχύτης ἐκροῆς.

Παράδειγμα. ***Δεξαμενὴ περιέχουσα ὕδωρ ἔχει πλευρικὴν ὀπὴν τομῆς 2 cm² ἀπέχουσαν κατὰ 3 m ἀπὸ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος εἰς τὴν δεξαμενήν. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ταχύτης ἐκροῆς.***

Ἐὰν δεχθῶμεν $g = 10\ m/sec^2$, εὑρίσκομεν $\upsilon = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 3} = \sqrt{60} = 7{,}75\ m/sec$. Πραγματικῶς, ἡ ταχύτης εἶναι μικροτέρα, διότι ἡ ἐκροὴ δὲν εἶναι ἀπηλλαγμένη τριβῶν. Ἐὰν δεχθῶμεν, ὅτι ἡ ἀπώλεια τῆς ταχύτητος λόγῳ τριβῶν εἶναι 40 %, ἡ πραγματικὴ ταχύτης ἐκροῆς θὰ εἶναι $7{,}75 \cdot \frac{40}{100} = 4{,}65\ m/sec$. Ἐκ τῆς ταχύτητος ἐκροῆς ὑπολογίζομεν τὴν παροχήν, ἤτοι τὸν ὄγκον τοῦ ἐκρέοντος ὑγροῦ εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου, πολλαπλασιάζοντες τὴν πραγματικὴν ταχύτητα ἐκροῆς ἐπὶ τὴν ἐγκαρσίαν τομὴν τῆς ὀπῆς ἐκροῆς.

Εἰς τὸ προηγούμενον παράδειγμα ὑπετέθη, ὅτι ἡ ἐπιφάνεια τῆς ὀπῆς εἶναι $2\ cm^2$ ἢ $2 \cdot 10^{-4}\ m^2$, ἑπομένως ἡ παροχή, ἤτοι ὁ ὄγκος τοῦ ἐκρέοντος ὑγροῦ εἰς 1 sec, θὰ εἶναι:

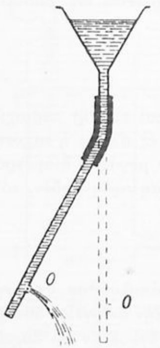
$$\text{Παροχὴ} = S \cdot \upsilon = 2 \cdot 10^{-4} \cdot 4{,}65 = 9{,}3 \cdot 10^{-4}\ m^3/sec$$

ἤτοι εἰς 1 πρῶτον λεπτὸν (1 min) θὰ εἶναι $0{,}056\ m^3/min$. Ἡ ἀπώλεια ταχύτητος λόγῳ τριβῆς δύναται νὰ μειωθῇ διὰ καταλλήλου διασκευῆς τῶν χειλέων τῆς ὀπῆς ἐκροῆς.

234. Δοχεῖον ἀντιδράσεως. Ἔστω, ὅτι δοχεῖον ἐν σχήματι χωνίου (σχ. 323) συγκοινωνεῖ δι' ἐλαστικοῦ σωλῆνος πρὸς κατακόρυφον σωλῆνα. Ἐφ' ὅσον ὁ σωλὴν εἶναι κλειστός, αἱ πλευρικῶς ἀσκούμεναι πιέσεις ὡς ἴσαι καὶ ἀντίθετοι ἐξουδετεροῦνται ἀμοιβαίως. Ἐὰν

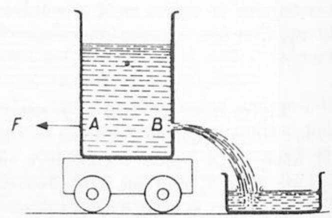
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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 τὰ ἀριστερὰ πίεσις ἡ ὁποία, ἐφ' ὅσον διαρκεῖ ἡ ἐκροή, ἐκτρέπει τὸν κατακόρυφον σωλῆνα πρὸς τ' ἀριστερὰ τῆς κατακορύφου θέσεως αὐτοῦ.



Σχ. 323. Ὅταν τὸ ὑγρὸν ἐκρέῃ ἐκ τῆς ὀπῆς Ο, ὁ σωλὴν ἐκτρέπεται τῆς κατακορύφου.

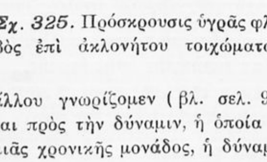
Λίαν διδακτικὸν εἶναι ἐπίσης τὸ ἀκόλουθον πείραμα. Δοχεῖον (σχ. 324) φέρον ὑγρὸν καὶ ἔχον παρὰ τὸν πυθμένα του ὀπὴν κλειομένην διὰ πώματος τοποθετεῖται ἐπὶ τροχοφόρου ἁμαξίου δυναμένου νὰ κινῆται μὲ ἐλαφρὰν τριβήν. Ἐφ' ὅσον ἡ παρὰ τὸν πυθμένα ὀπὴ εἶναι κλειστή, αἱ πλευρικαὶ πιέσεις εἰς τὴν περιοχὴν τῆς ὀπῆς καὶ εἰς τὴν ἀπέναντι αὐτῆς περιοχὴν τοῦ δοχείου ἐξουδετεροῦνται ἀμοιβαίως. Ἐὰν ὅμως ἀφαιρέσωμεν τὸ πῶμα, ὥστε νὰ παραχθῇ ἐκροὴ ὑγροῦ, τότε ἡ πρὸς τ' ἀριστερὰ πίεσις δὲν ἐξουδετεροῦται καὶ τὸ ἁμάξιον ὑπὸ τὴν ἐπενέργειαν τῆς δυνάμεως F μετατοπίζεται κατὰ διεύθυνσιν ἀντίθετον τῆς ἐκροῆς.



Σχ. 324. Τὸ δοχεῖον, λόγῳ τῆς ἐκροῆς, μετατοπίζεται ἀντιθέτως πρὸς τὴν ὑγρὰν φλέβαν.

235*. Δύναμις ἀσκουμένη ὑπὸ ὑγρᾶς φλεβὸς ἐν κινήσει. Ὑποθέσωμεν, ὅτι ἀπὸ κυλινδρικοῦ αὐλοῦ ἐκσφενδονίζεται ὑγρὰ φλὲψ ὑπὸ ταχύτητα ροῆς υ, ἡ ὁποία προσκρούει ἐπὶ ἐπιπέδου πλακὸς ΑΒ (σχ. 325), εἰς τρόπον ὥστε ἡ ταχύτης ροῆς υ νὰ εἶναι κάθετος ἐπὶ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς πλακός.

Μετὰ τὴν πρόσκρουσιν τῆς ὑγρᾶς φλεβὸς ἐπὶ τῆς πλακός, τὸ ὑγρὸν κινεῖται παραλλήλως πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν καὶ πρὸς τὰ ὅρια τῆς πλακός, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα.



Σχ. 325. Πρόσκρουσις ὑγρᾶς φλεβὸς ἐπὶ ἀκλονήτου τοιχώματος.

Ἐὰν ρ παριστᾷ τὴν πυκνότητα τοῦ ὑγροῦ καὶ S τὸ ἐμβαδὸν τῆς ἐγκαρσίας τομῆς τῆς φλεβός, τότε ἡ μονὰς ὄγκου τοῦ ὑγροῦ ἔχει μᾶζαν $m = \rho$ καὶ ἡ ὁρμὴ αὐτῆς θὰ εἶναι $mυ = \rho υ$. Ἐξ ἄλλου ἡ μᾶζα τοῦ ὑγροῦ ἡ προσπίπτουσα ἐπὶ τῆς πλακὸς εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου εὑρίσκεται, ἐὰν πολλαπλασιάσωμεν τὸ ἐμβαδὸν τῆς ἐγκαρσίας τομῆς τῆς φλεβὸς ἐπὶ τὴν ταχύτητα ροῆς καὶ ἐπὶ τὴν πυκνότητα, ἤτοι θὰ εἶναι $S\rho υ$, ἡ δὲ ὁρμὴ τῆς μάζης ταύτης τοῦ ὑγροῦ θὰ εἶναι $S\rho υ^2$.

Ἡ ὁρμὴ αὕτη ἐκμηδενίζεται κατὰ τὴν πρόσκρουσιν τῆς ὑγρᾶς μάζης ἐπὶ τῆς ἀκλονήτου πλακός. Ἐξ ἄλλου γνωρίζομεν (βλ. σελ. 99), ὅτι ἡ μεταβολὴ τῆς ὁρμῆς ἀνὰ μονάδα χρόνου ἰσοῦται πρὸς τὴν δύναμιν, ἡ ὁποία προκαλεῖ αὐτήν. Ἐπειδὴ δὲ ἡ μεταβολὴ $S\rho υ^2$ γίνεται ἐντὸς μιᾶς χρονικῆς μονάδος, ἡ δύναμις θὰ εἶναι:

$$F = S\, \rho\, υ^2$$

Συμφώνως ὅμως πρὸς τὸ ἀξίωμα δράσεως καὶ ἀντιδράσεως (βλ. § 94) ἡ πλὰξ ἐξασκεῖ ἐπὶ τοῦ ὕδατος δύναμιν ἴσην καὶ ἀντίθετον. Ἡ δύναμις ἡ ἀντιστοιχοῦσα εἰς τὴν μονάδα ἐπιφανείας, ἤτοι ἡ πίεσις p, εἶναι:

$$p = \frac{F}{S} = \rho υ^2$$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

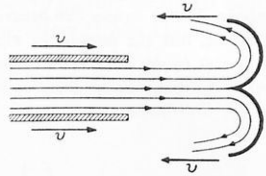
Ἐὰν ἡ ἐπιφάνεια τῆς πλακὸς διαρρυθμισθῇ ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 326, εἰς τρόπον ὥστε νὰ παρουσιάζῃ κοῖλα μέρη, τότε, ὅταν ἡ ὑγρὰ φλὲψ προσκρούῃ ἐπὶ τῆς πλακός, ἡ διεύθυνσις κινήσεως τοῦ ὑγροῦ ἀναστρέφεται, κατὰ τὴν ἀναστροφὴν δὲ ἡ ταχύτης ροῆς εἶναι ἴση, ἀλλ' ἀντιθέτου διευθύνσεως τῆς ταχύτητος, τὴν ὁποίαν εἶχε κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς προσκρούσεως. Ὡς ἐκ τῆς νέας ταύτης ταχύτητος ἀναστροφῆς ἡ μᾶζα τοῦ ὑγροῦ ἀποκτᾷ ὁρμὴν ἴσην πρὸς $-S\rho\upsilon^2$ καὶ ἡ συνολικὴ μεταβολὴ τῆς ὁρμῆς θὰ εἶναι $S\rho\upsilon^2-(-S\rho\upsilon^2)=2\,S\rho\upsilon^2$.

Ἡ ἀναπτυσσομένη δύναμις θὰ εἶναι:

$$F=2\,S\rho\upsilon^2$$

ἡ δὲ δύναμις ἡ ἀντιστοιχοῦσα εἰς τὴν μονάδα ἐπιφανείας, ἤτοι ἡ πίεσις p' θὰ εἶναι:

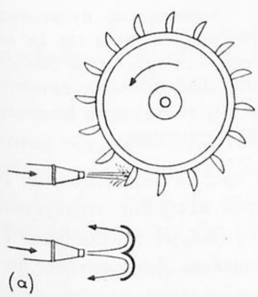
$$p'=\frac{F}{S}=2\,\rho\upsilon^2$$



Σχ. 326. Κατὰ τὴν ἀναστροφὴν τοῦ ὑγροῦ, τοῦτο ἐξασκεῖ δύναμιν ἐπὶ τοῦ πτερυγίου.

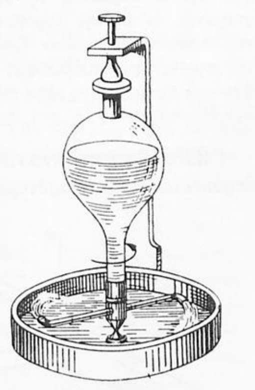
Ἡ ἀνωτέρω ἀρχὴ ἐφαρμόζεται εἰς πολλοὺς τύπους ὑδροστροβίλων, εἰς τοὺς ὁποίους αἱ ἐπιφάνειαι τῶν πτερυγίων εἶναι παρομοίας μορφῆς πρὸς τὴν τοῦ σχήματος 326. Διὰ τῆς τοιαύτης διατάξεως τὸ ὕδωρ, ὅταν προσκρούῃ ἐπὶ τῆς πτερυγιακῆς ἐπιφανείας, ὑφίσταται εὐθὺς ἀμέσως ἀναστροφὴν τῆς κινήσεως αὐτοῦ, ἡ ὁποία ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα τὴν αὔξησιν τῆς δυνάμεως τῆς ἀσκουμένης ἐπὶ τῶν πτερυγίων τοῦ στροβίλου, οὕτω δὲ αὐξάνεται ἡ παραγομένη μηχανικὴ ἰσχύς.

236. Ὑδροστρόβιλοι. Οὗτοι ἀποτελοῦν μηχανάς, διὰ τῶν ὁποίων, τῇ βοηθείᾳ πτερυγίων προσηρμοσμένων κατὰ τὴν περιφέρειαν δίσκου στρεπτοῦ περὶ ἄξονα διερχομένου διὰ τοῦ κέντρου αὐτοῦ, προκαλοῦμεν μεταβολὴν τῆς διευθύνσεως ροῆς ἢ ἄλλως τῆς ταχύτητος ὑγρᾶς φλεβός, ἡ ὁποία ἐκσφενδονιζομένη ἀπὸ καταλλήλου αὐλοῦ προσκρούει ἐπὶ τῶν πτερυγίων τοῦ κινητοῦ δίσκου τοῦ ὑδροστροβίλου.



Σχ. 327. Ὑδροστρόβιλος. Φαίνεται ὁ τροχὸς μετὰ τῶν πτερυγίων καὶ ὁ αὐλός. Ἀριστερὰ κάτω (α) δεικνύεται τὸ σχῆμα ἑνὸς πτερυγίου (ἐν τομῇ), ὁ αὐλὸς καὶ ἡ διεύθυνσις κινήσεως τῶν μορίων τοῦ ὕδατος.

Ἐκ τῆς μεταβολῆς τῆς ταχύτητος ροῆς προκύπτει, συμφώνως πρὸς τὰ προηγουμένως ἐκτιθέμενα, μεταβολὴ τῆς ὁρμῆς τῆς μάζης τοῦ ὕδατος, ἡ ὁποία προσκρούει ἐπὶ τοῦ κινητοῦ δίσκου, οὕτω δὲ δημιουργεῖται δύναμις, ἡ ὁποία θέτει εἰς κίνησιν τὸν δίσκον ἢ τροχὸν τοῦ ὑδροστροβίλου.


Σχ. 328. Στοιχειώδης διάταξις ὑδραυλικοῦ στροβίλου.

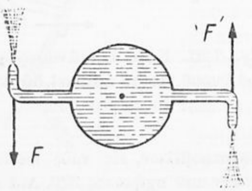
Εἰς τὸ σχ. 327 δεικνύεται στοιχειῶδες διάγραμμα ὑδροστροβίλου τύπου Pelton.

Ἐὰν διὰ υ καλέσωμεν τὴν ταχύτητα ροῆς τῆς ὑγρᾶς φλεβὸς καὶ διὰ υ' τὴν ταχύτητα τῶν πτερυγίων καὶ ἐὰν ὑποτεθῇ, ὅτι $\upsilon'=\upsilon/2$, τότε ἡ ταχύτης τοῦ ἐξερχομένου ὕδατος ἀπὸ τοῦ ὑδροστροβίλου εἶναι μηδὲν καὶ ὅλη ἡ κινητικὴ ἐνέργεια τῆς μάζης τοῦ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ὕδατος τῆς φλεβὸς μετατρέπεται εἰς ὠφέλιμον ἔργον. Πρακτικῶς ἡ ἀπόδοσις τῶν ὑδροστροβίλων ἀνέρχεται εἰς 70 % μέχρις 90 %.

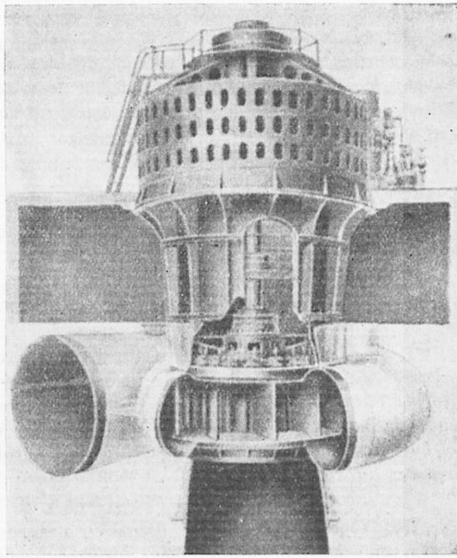
237. Ὑδραυλικὸς στρόβιλος δι' ἐκροῆς. Εἰς τὸ σχῆμα 328 δεικνύεται διάταξις, διὰ τῆς ὁποίας ἐκ τῆς ἐκροῆς τοῦ ὑγροῦ διὰ δύο ὀπῶν καταλλήλως διατεταγμένων δημιουργεῖται ζεῦγος δυνάμεων (σχ. 329) λόγῳ



Σχ. 329. Ὁριζοντία προβολὴ τοῦ ὑδραυλικοῦ στροβίλου.

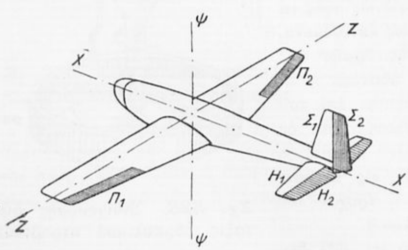
ἀντιδράσεως, τὸ ὁποῖον προκαλεῖ περιστροφικὴν κίνησιν.

Ὁ ὑδροστρόβιλος τοῦ σχήματος 330 δὲν λειτουργεῖ ἐπὶ τῆς ἀρχῆς τῆς **ἀντιδράσεως** τῆς δημιουργουμένης δι' ἐκροῆς ὑγροῦ, ἀλλ' ἐκ τῆς **πιέσεως**, τὴν ὁποίαν ἀσκεῖ ἐπὶ τοῦ πτερυγιοφόρου ἄξονος ἡ ροὴ ὕδατος ἡ προερχομένη ἀπὸ κατάλληλον ὑδατόπτωσιν (βλ. καὶ σχ. 117).



Σχ. 330. Γιγαντιαῖος ὑδροστρόβιλος ἀναπτύσσων ἰσχὺν 70 000 ἵππων. Τὸ βάρος του μετὰ τῆς ἐπ' αὐτοῦ συνεζευγμένης γεννητρίας εἶναι περίπου 700 τόννοι, ὁ ἀριθμὸς στροφῶν εἶναι 107 κατὰ λεπτόν, ἡ δὲ ἀπόδοσίς του 93 %. Εἰς τὸ ἄνω μέρος δεικνύεται ἡ ἠλεκτρικὴ γεννήτρια.

238. Ἀεροπλάνον. Τὸ ἀεροπλάνον, ἐν ἀντιθέσει πρὸς τὸ ἀερόστατον καὶ τὸ ἀερόπλοιον, εἶναι βαρύτερον τοῦ ἀέρος, στηρίζεται ὅμως ἐν αὐτῷ διὰ πτερυγιακοῦ συστήματος καί, μὲ τὴν βοήθειαν ἕλικος κινουμένης διὰ κινητῆρος, μετατοπίζεται ἐν σχέσει πρὸς τὸν ἀέρα. Ἐκ τῆς μετατοπίσεως τοῦ πτερυγιακοῦ συστήματος ἐν σχέσει πρὸς τὸν ἀέρα δημιουργεῖται τεχνητῶς ἄνεμος (σχετικὸς ἄνεμος) ἢ ἄλλως ροή, λόγῳ τοῦ ὁποίου, ὡς θὰ ἴδωμεν κατωτέρω, ἀναπτύσσεται ἐπὶ τοῦ πτερυγιακοῦ συστήματος ἡ ***ἀεροδύναμις,*** ἥτις στηρίζει τὸ ἀεροπλάνον εἰς τὸν ἀέρα.

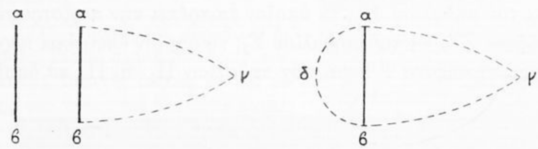


Σχ. 331. Πηδάλια ἀεροπλάνου.

Ἐν γενικαῖς γραμμαῖς, τὸ ἀεροπλάνον (σχ. 331) ἀποτελεῖται ἐκ τῶν ἀκολούθων μερῶν: 1) Ἐκ τῆς ἀτράκτου, 2) ἐκ τῶν πτερύγων στηρίξεως, 3) ἐκ τοῦ συστήματος

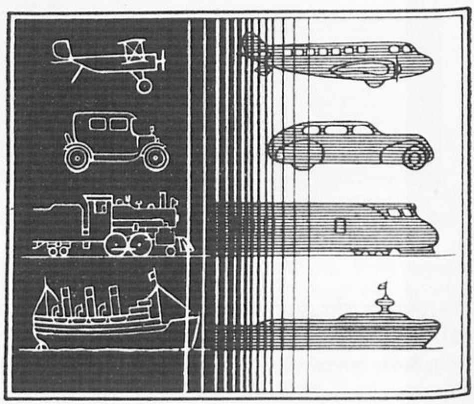
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Διὰ τὴν ἐλάττωσιν τῆς ἀντιστάσεως τῆς πλακὸς α β προσαρμόζομεν εἰς τὸ ὀπίσθιον μέρος αὐτῆς τὴν ἐπιφάνειαν α γ β (σχ. 334) καὶ εἰς τὸ πρόσθιον μέρος αὐτῆς τὴν α δ β, ὅτε προκύπτει ἡ ἐπιφάνεια α δ β γ α, ἡ ὁποία, ἐνῷ παρουσιάζει τὴν αὐτὴν μετωπικὴν ἐπιφάνειαν α β ὡς καὶ ἡ πλάξ, εἰς τὸ ρευστὸν ἐν τούτοις δεικνύει πολὺ μικροτέραν ἀντίστασιν. Ἡ ἐπιφάνεια ἐλαχίστης **ἀντιστάσεως**, λόγῳ τῆς ὁμοιότητος αὐτῆς πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ σώματος τῶν ἰχθύων, ἐκλήθη ***ἰχθυοειδὴς ἐπιφάνεια***. Ἀντὶ ὅμως τοῦ ὅρου τούτου ἐπεκράτησε γενικῶς ὁ ὅρος ***ἀεροδυναμικὴ ἐπιφάνεια***.



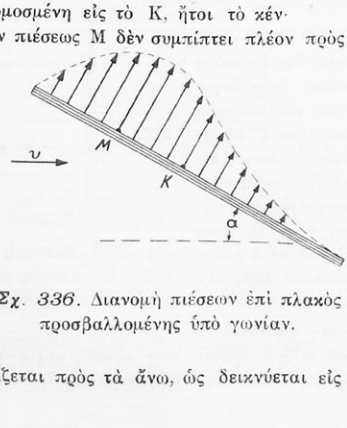
Σχ. 334. Γένεσις ἀεροδυναμικῆς μορφῆς.

Τὸ σχῆμα 335 δεικνύει τὴν τροποποίησιν παλαιοτέρων κατασκευῶν μεταφορικῶν μέσων, ὥστε νὰ ἀποκτήσουν ταῦτα ἀεροδυναμικὴν μορφήν, λόγῳ τῆς ὁποίας ἐλαττοῦται ἡ ἀντίστασις, τὴν ὁποίαν συναντοῦν κατὰ τὴν κίνησιν, ἐξοικονομουμένης οὕτω τῆς καταναλισκομένης ἰσχύος.

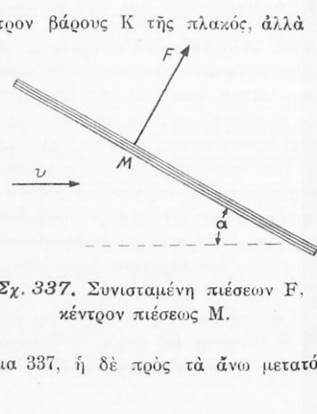


Σχ. 335. Μεταφορικὰ μέσα παλαιοτέρου καὶ νεωτέρου (ἀεροδυναμικοῦ) τύπου.

240*. Γένεσις δυναμικῆς ἀνώσεως. Φαντασθῶμεν ἤδη, ὅτι ἡ πλὰξ δὲν διατίθεται καθέτως πρὸς τὴν διεύθυνσιν τοῦ ἀνέμου, ἀλλὰ σχηματίζει γωνίαν ἐν σχέσει πρὸς αὐτὴν (σχ. 336). Ἐὰν ἐξετάσωμεν τὴν διανομὴν πιέσεων ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς πλακός, παρατηροῦμεν, ὅτι αὕτη εἰκονίζεται ὑπὸ τῆς καμπύλης τοῦ σχήματος 336. Ἀποτέλεσμα τῆς νέας ταύτης κατανομῆς τῶν πιέσεων εἶναι, ὅτι ἡ συνισταμένη αὐτῶν ἢ ἄλλως ἡ ἀεροδύναμις δὲν εἶναι ἐφηρμοσμένη εἰς τὸ Κ, ἤτοι τὸ κέντρον πιέσεως Μ δὲν συμπίπτει πλέον πρὸς τὸ κέντρον βάρους Κ τῆς πλακός, ἀλλὰ μετατοπίζεται πρὸς τὰ ἄνω, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 337, ἡ δὲ πρὸς τὰ ἄνω μετατόπισις



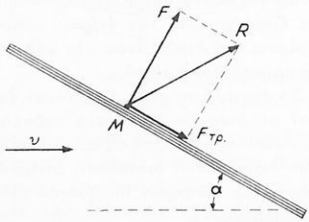
Σχ. 336. Διανομὴ πιέσεων ἐπὶ πλακὸς προσβαλλομένης ὑπὸ γωνίαν.



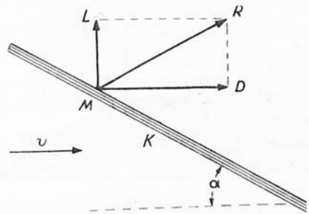
Σχ. 337. Συνισταμένη πιέσεων F, κέντρον πιέσεως Μ.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τοῦ κέντρου πιέσεως Μ εἶναι τόσον μεγαλυτέρα ὅσον ἡ γωνία α, ἡ ὁποία καλεῖται ***γωνία προσβολῆς,*** καθίσταται μικροτέρα. Ἐξ ἄλλου, ἐπειδὴ ἡ πλὰξ περιρρέεται ὑπὸ τοῦ ρευστοῦ, δημιουργεῖται λόγῳ τριβῆς μεταξὺ τοῦ ρευστοῦ καὶ τῆς πλακός, ἡ δύναμις $F_{τρ}$ ἡ ὁποία εἰκονίζεται εἰς τὸ σχῆμα 338, αἱ δὲ δυνάμεις F καὶ $F_{τρ}$ συντιθέμεναι παρέχουν ὡς συνισταμένην τὴν δύναμιν R, ἡ ὁποία ἀποτελεῖ τὴν πραγματικὴν ***ἀεροδύναμιν*** καὶ ἡ ὁποία δὲν εἶναι κάθετος ἐπὶ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς πλακός, ἀλλὰ παρουσιάζει ἐλαφρὰν κλίσιν πρὸς τὰ



Σχ. 338. Ἡ R εἶναι συνισταμένη τῆς ἀεροπιέσεως F καὶ τῆς δυνάμεως τριβῆς $F_{τρ}$.

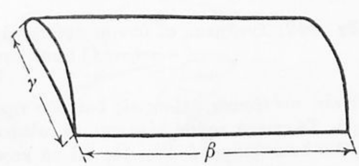


Σχ. 339. Ἀνάλυσις τῆς ἀεροδυνάμεως R εἰς συνιστώσας.

κάτω. Ἡ δύναμις ὅμως R ἀναλύεται εἰς δύο συνιστώσας, μίαν L, κάθετον ἐπὶ τὴν διεύθυνσιν τῆς ροῆς καὶ τὴν D παράλληλον πρὸς αὐτὴν (σχ. 339). Ἡ πρώτη τῶν συνιστωσῶν, ἡ L, καλεῖται ***δυναμικὴ ἄνωσις*** καὶ συντελεῖ εἰς τὴν στήριξιν τῆς πλακός, ἡ δὲ ἄλλη, ἡ D, τείνει νὰ κινήσῃ τὴν πλάκα κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς ροῆς καὶ ἑπομένως, ἵνα ἡ πλὰξ ἰσορροπῇ ἐν τῇ θέσει ταύτῃ, δέον ἡ D νὰ ἐξουδετερωθῇ ὑπὸ ἴσης καὶ ἀντιθέτου δυνάμεως, ὡς π.χ. συμβαίνει εἰς τὸν χαρταετόν, ὅπου αὕτη ἐξουδετεροῦται ὑπὸ τῆς τάσεως τοῦ σχοινίου.

Εἰς τὴν περίπτωσιν καθ' ἣν ἡ πλὰξ κινεῖται ἐν ἀκινήτῳ ρευστῷ, ὡς π.χ. συμβαίνει εἰς τὴν πτέρυγα ἀεροπλάνου, ἡ δύναμις αὕτη ἀποτελεῖ ἀντίστασιν, τὴν ὁποίαν καλοῦμεν ***δυναμικὴν ἀντίστασιν,*** καὶ ἥτις ἐξουδετεροῦται ὑπὸ τῆς προωστικῆς δυνάμεως τῆς δημιουργουμένης ἐκ τῆς περιστροφῆς τῆς ἕλικος ὑπὸ τοῦ κινητῆρος τοῦ ἀεροπλάνου.

241*. Πτέρυξ ἀεροπλάνου. Ὅσα προηγουμένως ἐξεθέσαμεν διὰ τὴν ἐπίπεδον πλάκα δυνάμεθα, μὲ μικρὰς τροποποιήσεις, νὰ ἐπαναλάβωμεν καὶ διὰ τὴν πτέρυγα ἀεροπλάνου. Εἰς τὰς πτέρυγας ἀεροπλάνου δίδουν μορφὴν ὡς ἡ τοῦ σχήματος 340, εἰς τρόπον ὥστε ἐγκαρσία τομὴ αὐτῆς, δι' ἐπιπέδου παραλλήλου πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς ροῆς, νὰ ἔχῃ τὴν ἐν τῷ σχήματι 340 (ἀριστερὸν ἄκρον τοῦ σχεδίου) δεικνυομένην μορφήν. Ἡ ὡς ἄνω τομὴ καλεῖται τεχνικῶς ***ἀεροτομὴ*** (profile ἢ aerofoil). Ὡς ἐπιφάνεια τῆς πτέρυγος λαμβάνεται ἡ ἐπιφάνεια τῆς κατόψεως $S = βγ$ (σχ. 340).



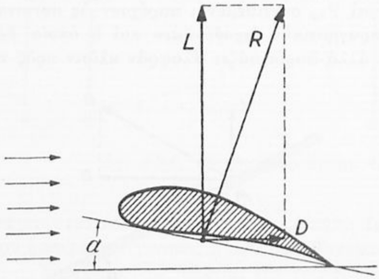
Σχ. 340. Μορφὴ πτέρυγος ἀεροπλάνου.

Συμφώνως πρὸς τ' ἀνωτέρω ἐκτεθέντα, ἐφ' ὅσον ἡ γωνία προσβολῆς εἶναι α, ἐπὶ τῆς πτέρυγος ἀναπτύσσεται ἡ ἀεροδύναμις R, τῆς ὁποίας τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς δεχόμεθα, ὅτι εὑρίσκεται ἐπὶ τῆς χορδῆς τῆς πτέρυγος. Ἡ δύναμις αὕτη ἀναλύεται εἰς δύο ὀρθογωνίους συνιστώσας (σχ. 341), ἐκ τῶν ὁποίων ἡ μία, L, εἶναι κάθετος ἐπὶ τὴν σχετικὴν ταχύτητα τοῦ ἀνέμου καὶ ἀποτελεῖ τὴν ***δυναμικὴν ἄνωσιν,*** ἡ δὲ ἑτέρα, D, ***ἡ δυναμικὴ ἀντίστασις,*** εἶναι παράλληλος πρὸς αὐτήν.

Εἰς τὸ σχῆμα 342 Ι δεικνύεται ἡ περίπτωσις ἀεροπλάνου ἐκτελοῦντος ὁριζοντίαν πτῆσιν, δηλαδὴ χωρὶς νὰ κερδίζῃ ὕψος. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ δυναμικὴ ἄνωσις ἐξουδε-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τερώνει τὸ βάρος τοῦ ἀεροπλάνου, ἡ δὲ ἕλξις τοῦ κινητῆρος ἐξουδετερώνει τὴν δυναμικὴν ἀντίστασιν (ὀπισθέλκουσαν). Εἰς τὸ σχῆμα 342 II 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.



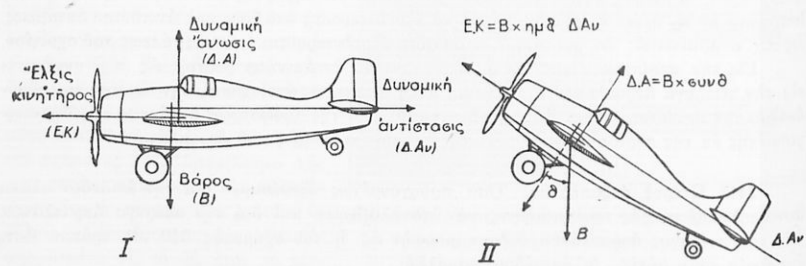
Σχ. 341. Ἀνάλυσις τῆς ἀεροδυνάμεως R ἐπὶ πτέρυγος εἰς τὰς συνιστώσας L καὶ D.

Τὸ ἀεροπλάνον εἶναι, ὡς εἴδομεν, ἐφωδιασμένον μὲ διάφορα συστήματα πηδαλίων (ὕψους, κατευθύνσεως κλπ.) ὡς καὶ ἄλλων ρυθμιστικῶν πτερυγιακῶν διατάξεων, ἐπιτρεπουσῶν τὴν ἐκτέλεσιν διαφόρων ἰδιαζουσῶν κινήσεων (π.χ. ἀκροβασιῶν).

242*. **Ἀνεμόπτερα.** Ταῦτα διαφέρουν τῶν ἀεροπλάνων, διότι στεροῦνται κινητῆρος καὶ ἕλικος, καὶ ἐπομένως εἰς αὐτὰ ἡ ἀπαιτουμένη ἰσχὺς διὰ τὴν πτῆσιν παρέχεται ὑπὸ τοῦ ἐν κινήσει ἀέρος, ἤτοι ὑπὸ τοῦ ἀνέμου.

Γενικῶς, ἡ σπουδὴ τῶν ἀνεμοπτέρων καὶ ἡ δι᾽ αὐτῶν πτῆσις ἀποτελεῖ ἰδιαίτερον κλάδον, ὁ ὁποῖος χαρακτηρίζεται διὰ τοῦ ὅρου ***ἀνεμοπορία***.

Ὑπόδειγμα τοιούτου εἴδους πτήσεως βλέπομεν εἰς τὰ ἁρπακτικὰ πτηνά, ὡς π.χ. τὸν



Σχ. 342. Συνθῆκαι, αἱ ὁποῖαι πρέπει νὰ πληροῦνται εἰς ἀεροπλάνον κατὰ τὴν ὁριζοντίαν πτῆσιν (I) καὶ κατὰ τὴν πτῆσιν ἀνόδου (II).

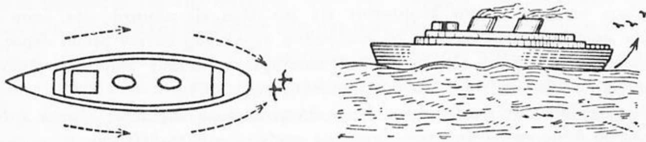
ἀετόν, τὸν ἱέρακα, ἐπίσης εἰς διάφορα νηκτικὰ ἢ ἄλλα πτηνά, ὡς τὸν γλάρον, τὸν πελαργόν, κτλ. Τὰ πτηνὰ ταῦτα δύνανται νὰ αἰωροῦνται ἐπὶ μακρὸν εἰς τὸν ἀέρα, νὰ διανύουν μεγάλα διαστήματα, ἀκόμη δὲ καὶ νὰ κερδίζουν ὕψος, χωρὶς οὐδαμῶς νὰ κινοῦν τὰς πτέρυγας αὐτῶν.

Γενικῶς, ὅταν ὁ κινητὴρ τοῦ ἀεροπλάνου παύσῃ νὰ λειτουργῇ, τοῦτο μεταπίπτει εἰς πτῆσιν ὀλισθήσεως. Ἵνα ἐν τῇ καταστάσει ταύτῃ διατηρήσῃ τὸ ὕψος του, πρέπει νὰ ὑφίσταται τὴν ἐπενέργειαν ἀνιόντος ρεύματος ἀέρος, τοῦ ὁποίου ἡ ταχύτης νὰ εἶναι μεγαλυτέρα τῆς ταχύτητος βυθίσεως. Προκειμένου περὶ βαρέων ἀεροπλάνων, εἶναι ἀδύνατον νὰ πραγματοποιηθῇ ἡ ἀνωτέρω συνθήκη, διότι ταῦτα κέκτηνται πολὺ μεγάλην ταχύτητα βυθίσεως. Τοὐναντίον ὅμως ἡ συνθήκη αὕτη πραγματοποιεῖται εὐχερῶς εἰς τὰ ἀνεμόπτερα, τῶν ὁποίων ἡ ταχύτης βυθίσεως εἶναι μικρά. Τοιοῦτον π.χ. ἰσχυρὸν ἀνιὸν ρεῦμα ἀέρος πραγματοποιεῖται περὶ τὴν πρύμνην ταχυπλόων πλοίων. Εἰς τὴν περιοχὴν δὲ ταύτην συγκεντροῦνται

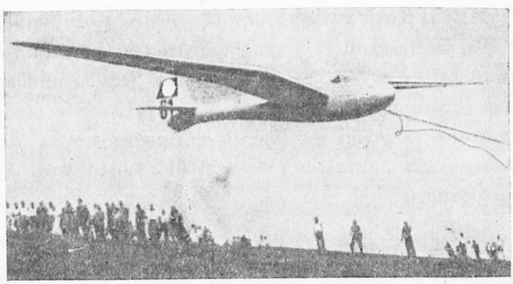
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

οἱ γλάροι, οἵτινες ἀνεμοποροῦντες παρακολουθοῦν τὰ πλοῖα καὶ κερδίζουν ὕψος χωρὶς οὐδαμῶς νὰ κινοῦν τὰς πτέρυγας αὐτῶν (σχ. 343).

Ἡ ἐκκίνησις ἀνεμοπτέρων γίνεται κατὰ διαφόρους τρόπους (σχ. 344). Ὅταν τὸ ἀνεμόπτερον εὑρίσκεται ἐπὶ κλιτύος, προσδένονται εἰς τὸ ἐμπρόσθιον μέρος αὐτοῦ δύο σχοινία ἐξ ἐλαστικοῦ, τὰ ὁποῖα διατείνονται ἰσχυρῶς ὑπὸ τοῦ προσωπικοῦ τῆς ἐκκινήσεως, ἐνῷ τὸ ἀνεμόπτερον τηρεῖται ἀκίνητον κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς διατάσεως τῶν σχοινίων, συγκρατούμενον ἐκ τῆς οὐρᾶς αὐτοῦ ὑπὸ ἄλλου προσωπικοῦ.



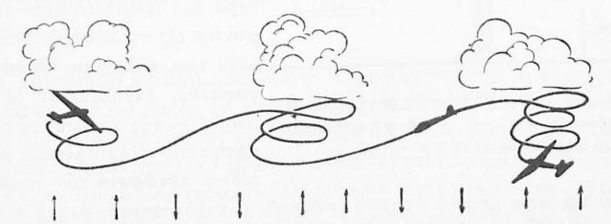
Σχ 343. Γλάροι ἀνεμοποροῦντες δι' ἐκμεταλλεύσεως τοῦ ἀνιόντος ρεύματος τοῦ ἀναπτυσσομένου περὶ τὴν πρύμνην ταχυπλόου πλοίου.



Σχ 344. Ἀνεμόπτερον κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς ἐκκινήσεώς του.

Ὅταν τὰ ἐμπρόσθια σχοινία διαταθοῦν ἱκανῶς, τότε δι' ἀφέσεως τῶν ὀπισθίων σχοινίων συγκρατήσεως τὸ ἀνεμόπτερον ἐκσφενδονίζεται μετὰ σημαντικῆς ταχύτητος πρὸς τὰ ἐμπρός. Εἰς ὁμαλὸν πεδίον ἡ ταχύτης ἡ ἀπαιτουμένη διὰ τὴν ἐκκίνησιν τοῦ ἀνεμοπτέρου παρέχεται ὑπὸ αὐτοκινήτου. Εἰς πολλὰς περιπτώσεις τὸ ἀνεμόπτερον ρυμουλκεῖται ὑπὸ ἀεροπλάνου καί, ἀφοῦ ἀποκτήση ἀρκετὸν ὕψος, ἀποσύρεται τὸ σχοινίον ρυμουλκήσεως.

Αἱ καλύτεραι συνθῆκαι διὰ τὰς πτήσεις ἀνεμοπτέρων ἀπαντῶνται εἰς τὰς κλιτῦς τῶν ὀρέων καὶ μάλιστα εἰς ἐκείνας, αἱ ὁποῖαι παρουσιάζουν ἀπότομον κλίσιν, διότι ὅσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ κλίσις, τόσον μεγαλυτέρα καὶ ἡ πρὸς τὰ ἄνω διευθυνομένη συνιστῶσα τοῦ ἀνέμου, ἡ ὁποία πρέπει νὰ εἶναι τάξεως μεγέθους 1 — 3 m/sec.



Σχ. 345. Πτῆσις ἀνεμοπτέρου ἐκμεταλλευομένου ἀνιόντα καὶ κατιόντα ρεύματα ἀέρος.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Οὕτω, ἐὰν ἡ κλίσις εἶναι 30⁰, ὁ δὲ ὁριζόντιος ἄνεμος ἔχῃ ταχύτητα 5 m/sec, παράγεται εἰς τὴν περιοχὴν τῆς κλιτύος συνιστῶσα τοῦ ἀνέμου πρὸς τὰ ἄνω 3 m/sec περίπου. Ἐπίσης, καλαὶ συνθῆκαι διὰ τὴν πτῆσιν ἀνεμοπτέρων ἀπαντῶνται καὶ εἰς ἀποκρήμνους ἀκτάς.

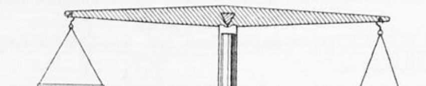
Ἐφ' ὅσον τὸ ἀνεμόπτερον εὑρίσκεται εἰς τὸν ἀέρα, εἰς περιοχὰς μέν, ὅπου συναντᾷ ἀνιὸν ρεῦμα, κερδίζει εἰς ὕψος, ὅταν δὲ ἀκολούθως συναντήσῃ κατιὸν ρεῦμα ἀέρος, ἐκτελεῖ πτῆσιν ὀλισθήσεως καὶ χάνει εἰς ὕψος. Τὸ ἀνεμόπτερον, συναντῶν περαιτέρω ἀνιὸν ρεῦμα ἀέρος, κερδίζει ἐκ νέου εἰς ὕψος καὶ οὕτω καθεξῆς (σχ. 345).

Τὸ ὕψος πτήσεως δι' ἀνεμοπτέρου ἔχει φθάσει περίπου τὰς 9000 μέτρων, ἡ διάρκεια πτήσεως τὰς 50 ὥρας καὶ ἡ ἀπόστασις πτήσεως περίπου τὰ 700 - 800 km.

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΚ ΤΗΣ ΜΟΡΙΑΚΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

243. Κατὰ τὴν σπουδὴν τῆς Φυσικῆς 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 ἐδέχθημεν, ὅτι ἡ ὕλη συγκροτεῖται ἐξ ἀτόμων καὶ μορίων καὶ ὅτι μεταξὺ αὐτῶν ἐπιδροῦν 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.

244. 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*** χρησιμοποιεῖται ὁ ὅρος ***προσρόφησις.*** Ἡ εἰς τὸ σχῆμα 346 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.



Σχ. 346. Λόγῳ τῶν δυνάμεων συναφείας, ὁ ὑάλινος δίσκος AB τοῦ ζυγοῦ συγκρατεῖται ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

245. Ἰδιότητες τῶν στερεῶν ἐξαρτώμεναι ἐκ τῆς συνοχῆς. Ἡ ἰδιότης τῆς ἐλαστικότητος τῶν στερεῶν σωμάτων, τὴν ὁποίαν ἐσπουδάσαμεν εἰς τὸ οἰκεῖον κεφάλαιον, ὀφείλεται εἰς τὴν συνοχήν, δηλ. τὴν ὕπαρξιν τῶν μοριακῶν δυνάμεων. Ἀλλὰ καὶ πλεῖσται ἄλλαι ἰδιότητες τῶν στερεῶν σωμάτων ἐξαρτῶνται ἐκ τῆς συνοχῆς, ὡς π. χ. ἡ σκληρότης, τὸ εὔθραυστον, τὸ ὄλκιμον, τὸ ἐλατὸν τῶν σωμάτων.

Προκειμένου περὶ δύο στερεῶν σωμάτων λέγομεν, ὅτι τὸ ἓν εἶναι ***σκληρότερον*** τοῦ ἄλλου, ὅταν τὸ πρῶτον χαράσσῃ τὸ δεύτερον. Οὕτω π.χ. ὁ ἀδάμας εἶναι τὸ σκληρότερον ὅλων τῶν σωμάτων, διότι χαράσσει ὅλα τὰ σώματα, ἐνῷ δὲν χαράσσεται ὑπὸ οὐδενὸς ἐξ αὐτῶν.

Μεταξὺ δύο σωμάτων ἐκεῖνο, τὸ ὁποῖον θραύεται εὐκολώτερον διὰ σφυροκοπημάτων, θεωρεῖται σχετικῶς περισσότερον ***εὔθραυστον*** ἀπὸ τὸ ἄλλο. Οὕτω, ἡ ὕαλος καὶ ὁ πάγος εἶναι πολὺ εὔθραυστα σώματα, ἐνῷ τὸ ἀντίθετον συμβαίνει μὲ τὸν μόλυβδον καὶ τὸν χαλκόν.

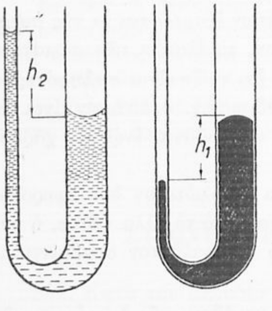
Τὸ ***ὄλκιμον*** τῶν σωμάτων καθορίζομεν διὰ τοῦ μεγέθους τῆς διαμέτρου τῶν συρμάτων, τὰ ὁποῖα δυνάμεθα νὰ κατασκευάσωμεν δι᾽ αὐτῶν, ὅσον δὲ μικροτέρα εἶναι ἡ διάμετρος, τόσον περισσότερον ὄλκιμον θεωρεῖται τὸ σῶμα. Οὕτω, ὁ λευκόχρυσος ἀποτελεῖ πολὺ ὄλκιμον σῶμα, διότι δυνάμεθα νὰ κατασκευάσωμεν πολὺ μικρᾶς διαμέτρου σύρματα, π.χ. τάξεως μεγέθους 10^{-5} cm. Ἐπίσης ἡ ὕαλος, ὅταν ἔχῃ ἐπαρκῶς θερμανθῇ, ἀποτελεῖ πολὺ ὄλκιμον σῶμα. Πράγματι, ἐὰν κρατοῦντες διὰ τῶν χειρῶν μας ἀπὸ τὰ δύο ἄκρα λεπτὴν ὑαλίνην ράβδον θερμάνωμεν αὐτὴν ἐπαρκῶς εἰς τὸ μέσον, ὥστε νὰ καταστῇ μαλακή, τότε, ἐὰν διατείνωμεν αὐτὴν ταχέως διὰ τῶν δύο ἄκρων, εἶναι δυνατὸν νὰ σχηματισθοῦν νήματα ὑάλου τόσον λεπτά, ὥστε νὰ εἶναι σχεδὸν ἀόρατα διὰ γυμνοῦ ὀφθαλμοῦ.

Τὸ ***ἐλατὸν*** τῶν σωμάτων καθορίζεται ἐκ τῆς λεπτότητος τῶν φύλλων, τὰ ὁποῖα δυνάμεθα νὰ κατασκευάσωμεν ἐξ αὐτῶν. Ὁ χρυσός, ὁ ἄργυρος κτλ. εἶναι λίαν ἐλατὰ σώματα, διότι δυνάμεθα νὰ κατασκευάσωμεν ἐξ αὐτῶν φύλλα μικροτάτου πάχους. Τὰ γνωστὰ φύλλα ἐκ κασσιτέρου ἢ ἀργιλλίου εἰς τὰ κυτία σιγαρέττων ἢ σοκολάτας, τὰ ὁποῖα ἔχουν πάχος 10 μ ($=10^{-3}$ cm), ἀποδεικνύουν ἐπίσης τὸ ἐλατὸν τῶν ἀνωτέρω μετάλλων.

246. Τριχοειδῆ φαινόμενα. Λόγῳ τῶν μοριακῶν δυνάμεων παρατηροῦνται διάφορα φαινόμενα, τὰ ὁποῖα ἐκ πρώτης ὄψεως φαίνονται, ὅτι ἀντιτίθενται 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. Τοῦτο συμβαίνει, διότι ἡ συνοχὴ τῶν μορίων τοῦ ὕδατος 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 εἶναι μεγαλυτέρα τῆς συναφείας τῶν μορίων τοῦ ὑδραργύρου πρὸς τὴν ὕαλον. Ἐν τοιαύτῃ περιπτώσει λέγομεν, ὅτι ὁ ὑδράργυρος δὲν διαβρέχει τὴν ὕαλον.

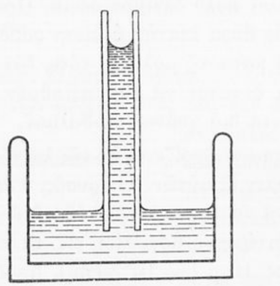
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἐπίσης, ἐὰν εἰς σύστημα δύο συγκοινωνούντων σωλήνων, ἐκ τῶν ὁποίων ὁ εἷς ἔχει διάμετρον λίαν μικράν, τάξεως μεγέθους τριχὸς (καὶ ὡς ἐκ τούτου καλεῖται *τριχοειδὴς*) 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, ἀλλὰ εἰς τὸν τριχοειδῆ σωλῆνα, ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ ὕδατος εὑρίσκεται εἰς ἀνωτέραν στάθμην, λέγομεν δὲ ὅτι προκύπτει τριχοειδὴς ἀνύψωσις (σχ. 347). Ἐὰν ὅμως ἀντὶ ὕδατος θέσωμεν ὑδράργυρον, ὁ ὁποῖος γνωρίζομεν, ὅτι δὲν διαβρέχει τὴν ὕαλον, ἀντὶ *ἀνυψώσεως* προκύπτει *ταπείνωσις*. Τὰ ἀνωτέρω φαινόμενα, ὡς καὶ ἄλλα τὰ ὁποῖα ἐκδηλοῦνται ἐντόνως εἰς τριχοειδεῖς κυρίως σωλῆνας, ἐκλήθησαν ***τριχοειδῆ*** ἢ ***τριχοειδικὰ φαινόμενα.***

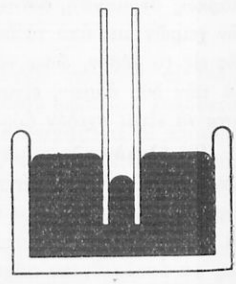


Σχ. 347. Συμπεριφορὰ ὕδατος καὶ ὑδραργύρου ἐντὸς τριχοειδοῦς σωλῆνος.

Προκειμένου περὶ τριχοειδοῦς ἀνυψώσεως ὑγρῶν εἰς τριχοειδεῖς σωλῆνας (σχ. 348), 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.



Σχ. 348.
Τριχοειδὴς ἀνύψωσις.



Σχ. 349.
Τριχοειδὴς ταπείνωσις.

247. Διαλύματα. Πολλὰ στερεὰ σώματα τιθέμενα ἐντὸς διαφόρων ὑγρῶν βαθμηδὸν ἐξαφανίζονται, ἀλλ' ἡ παρουσία τῶν μορίων τοῦ στερεοῦ σώματος ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ δύναται νὰ ἐξακριβωθῇ διὰ διαφόρων μέσων. Οὕτω, ἐὰν ἐντὸς δοχείου περιέχοντος τέϊον θέσωμεν μικρὸν ποσὸν 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 παρουσίαν τῶν μορίων αὐτῶν ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ. Τὸ ὡς ἄνω προκύπτον ὁμογενὲς μοριακὸν μῖγμα καλεῖται ***διάλυμα***.

Ἐὰν εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ ὕδατος καὶ τοῦ μαγειρικοῦ ἅλατος ἐξακολουθήσωμεν νὰ προσθέτωμεν εἰς τὸ ὕδωρ μαγειρικὸν ἅλας, παρατηροῦμεν ὅτι ἐπέρχεται στιγμή, κατὰ τὴν ὁποίαν τὸ προστιθέμενον ἅλας παραμένει ἀδιάλυτον, ἐν τοιαύτῃ δὲ περιπτώσει λέγομεν, ὅτι τὸ διάλυμα κατέστη κεκορεσμένον. Ἐὰν ὅμως αὐξήσωμεν τὴν θερμοκρασίαν τοῦ διαλύματος, παρατηροῦμεν, ὅτι ἐκ τοῦ στερεοῦ δύναται νὰ διαλυθῇ ἀκόμη μεγαλυτέρα ποσότης, ὁπωσδήποτε ὅμως θὰ φθάσωμεν πάλιν εἰς νέαν κατάστασιν *κόρου*, ἀντιστοιχοῦσαν εἰς

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τὴν θεωρουμένην θερμοκρασίαν. Ἐὰν ἀντιστρόφως ψύξωμεν τὸ κεκορεσμένον διάλυμα μέχρι τῆς ἀρχικῆς του θερμοκρασίας, τότε θὰ 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 % Ag καὶ 10 % Cu, τῶν χρυσῶν 90 % Au καὶ 10 % Cu κ.ο.κ. Συνήθως τὰ ἀνωτέρω στερεὰ διαλύματα καλοῦνται ***κράματα***.

248*. Διάχυσις ὑγρῶν. Ὅταν μικρὰν ποσότητα κυανοῦ ὑδατικοῦ διαλύματος θειικοῦ χαλκοῦ θέσωμεν εἰς τὸν πυθμένα ὑαλίνου κυλίνδρου καὶ τῇ βοηθείᾳ σιφωνίου πληρώσωμεν μετὰ προσοχῆς τὸ ὑπόλοιπον τοῦ κυλίνδρου δι' ὕδατος χωρὶς νὰ προκαλέσωμεν ἀναταραξιν, βλέπομεν, ὅτι τὸ διάλυμα τοῦ θειικοῦ χαλκοῦ ὡς πυκνότερον παραμένει εἰς τὸν πυθμένα καὶ τὸ ὕδωρ χωρίζεται ἀπὸ τοῦ θειικοῦ χαλκοῦ διὰ σαφῶς διακρινομένης ὁρικῆς ἐπιφανείας. Ἐὰν ἀφήσωμεν ὅμως τὸν κύλινδρον εἰς ἤρεμον χῶρον, παρατηροῦμεν μετά τινα χρόνον ἐκ τοῦ ἀναφαινομένου χρωματισμοῦ, ὅτι τὰ μόρια τοῦ θειικοῦ χαλκοῦ φέρονται πρὸς τὰ ἄνω καὶ μετὰ παρέλευσιν ἀρκετῶν μηνῶν ἅπαν τὸ ὑγρὸν ἐν τῷ κυλίνδρῳ ἔχει κυανοῦν χρωματισμόν. Ἡ ὡς ἄνω εἰσχώρησις τῶν μορίων τοῦ θειικοῦ χαλκοῦ ἐντὸς τοῦ ὕδατος εἶναι ἄμεσος συνέπεια τῆς κινήσεως τῶν μορίων αὐτοῦ.

Τὸ ἀνωτέρω φαινόμενον καλεῖται ***διάχυσις*** καὶ προκειμένου περὶ θειικοῦ χαλκοῦ καὶ ὕδατος ἡ ταχύτης τῆς διαχύσεως εἶναι μικρά, διότι τὰ μόρια τοῦ ὕδατος εὑρίσκονται λίαν πλησίον ἀλλήλων καὶ οὕτω παρακωλύουν μεγάλως τὴν κίνησιν τῶν μορίων τοῦ χαλκοῦ.

Τὸ φαινόμενον τῆς διαχύσεως παρατηρεῖται καὶ μεταξὺ δύο στερεῶν, ἡ παραγωγὴ ὅμως τούτου εἶναι δυσχερεστέρα, διότι τὰ ἄτομα αὐτῶν δὲν δύνανται νὰ κινοῦνται ἐλευθέρως, ἀλλ' ἐκτελοῦν κίνησιν ταλαντώσεων μόνον περὶ τὴν θέσιν ἰσορροπίας αὐτῶν. Ἐν τούτοις παρατηρεῖται ὅτι, ἐὰν λεπτὸν φύλλον χρυσοῦ τοποθετηθῇ ἐπὶ τεμαχίου μολύβδου καὶ τὸ σύνολον θερμανθῇ, ὁ χρυσὸς εἰσχωρεῖ βραδύτατα ἐντὸς τοῦ μολύβδου.

249. Ὤσμωσις. Θεωρήσωμεν, ὅτι ἐντὸς τοῦ δοχείου (σχ. 350) θέτομεν ὕδωρ καὶ διαχωρίζομεν τὸ δοχεῖον εἰς δύο διαμερίσματα τῇ βοηθείᾳ διαφράγματος (π.χ. ἡμιπερατῆς μεμβράνης), διὰ τοῦ ὁποίου δύναται εὐχερῶς τὸ ὕδωρ νὰ διέρχεται. Ἐὰν ἀκολούθως χρωματίσωμεν τὸ ὕδωρ τοῦ ἑνὸς διαμερίσματος, π.χ. δι' ἐρυθροῦ ἀνιλίνης, παρατηροῦμεν, ὅτι μετὰ βραχὺ χρονικὸν διάστημα τὸ ὕδωρ ἀμφοτέρων τῶν διαμερισμάτων ἐμφανίζεται ὁμοιομόρφως χρωματισμένον. Ἡ χρῶσις αὕτη τοῦ ὕδατος δεικνύει ἀναμφισβητήτως, ὅτι λαμβάνει χώραν *διάχυσις* ἢ *διαπίδυσις* διὰ μέσου τοῦ διαφράγματος. Ἐπειδὴ ἐξ ἄλλου ἡ στάθμη τοῦ ὕδατος εἰς ἀμφότερα τὰ διαμερίσματα παραμένει εἰς τὸ αὐτὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον, συνάγομεν, ὅτι ἡ ταχύτης τῆς διαπιδύσεως εἶναι ἡ αὐτὴ κατ' ἀμφοτέρας τὰς διευθύνσεις.

Σχ. 350. Ἡ διαπίδυσις κατὰ τὰς δύο διευθύνσεις γίνεται ὑπὸ τὴν αὐτὴν ταχύτητα.

Σχ. 351. Ἡ διαπίδυσις κατὰ τὰς δύο διευθύνσεις γίνεται ὑπὸ διάφορον ταχύτητα.

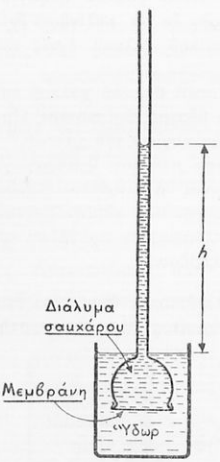
Ὑποθέσωμεν ἤδη, ὅτι ἐντὸς τοῦ ὕδατος τοῦ ἑνὸς διαμερίσματος, π.χ. τοῦ B, ἀντὶ νὰ προσθέσωμεν χρῶμα διαλύομεν ποσότητα σακχάρου (σχ. 351). Τὰ μόρια τοῦ σακχάρου, ἐπειδὴ εἶναι μεγαλύτερα, δὲν δύνανται νὰ διέλθουν διὰ τῆς μεμβράνης καὶ οὕτω παρεμπο-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

δίζουν τὰ μόρια τοῦ ὕδατος ἐντὸς τοῦ διαμερίσματος Β νὰ διαπιδύσουν διὰ μέσου τῆς μεμβράνης πρὸς τὸ διαμέρισμα Α, συνεπείᾳ δὲ τούτου ἡ ταχύτης διαπιδύσεως τοῦ ὕδατος ἐκ τοῦ Β πρὸς τὸ Α εἶναι μικροτέρα τῆς ταχύτητος διαπιδύσεως τῶν μορίων τοῦ ὕδατος ἐκ τοῦ Α πρὸς τὸ Β. Ἄμεσος συνέπεια τούτου εἶναι, ὅτι ὕδωρ συσσωρεύεται ἐντὸς τοῦ διαμερίσματος Β, οὕτω δὲ μετά τινα χρόνον παρατηροῦμεν, ὅτι ἡ στάθμη τοῦ ὑγροῦ εἰς τὰ δύο διαμερίσματα δὲν εὑρίσκεται εἰς τὸ αὐτὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον, ἀλλὰ εἰς μὲν τὸ Α κατέρχεται, ἐνῷ εἰς τὸ Β ἀνυψοῦται.

Ἡ διαπίδυσις ἐξακολουθεῖ μέχρις ὅτου ἡ πίεσις τῆς ὑγρᾶς στήλης, ἡ ὁποία ἔχει ὕψος τὴν κατακόρυφον ἀπόστασιν τῶν ἐλευθέρων ἐπιφανειῶν τοῦ ὑγροῦ εἰς τὰ δύο δοχεῖα, λάβῃ τοιαύτην τιμήν, ὥστε νὰ ἐπιφέρῃ ἐξίσωσιν τῶν ταχυτήτων διαπιδύσεως εἰς ἀμφότερα τὰ διαμερίσματα. Οὕτω διὰ τοῦ ὅρου ***ὤσμωσις*** νοοῦμεν τὴν διαπίδυσιν ἑνὸς ὑγροῦ ἐντὸς διαλύματος, τοῦ ὁποίου τὸ ἓν τῶν συστατικῶν δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ διέρχεται διὰ τῆς μεμβράνης.

250. Ὠσμωτικὴ πίεσις. Τὸ φαινόμενον τῆς ὠσμώσεως ἐρευνᾶται ποσοτικῶς διὰ τῆς ἐν σχ. 352 διατάξεως, ὅπου ὁ πυθμὴν τοῦ ὑαλίνου δοχείου ἔχει ἀντικατασταθῆ διὰ ἡμιπερατῆς μεμβράνης καὶ πληροῦται διὰ διαλύματος σακχάρου, ἐνῷ κατὰ τὸ ἄνω ἄκρον κλείεται διὰ διατρήτου πώματος καουτσούκ, διὰ τοῦ ὁποίου διέρχεται λεπτὸς ὑάλινος σωλήν. Ἡ συσκευὴ ἀκολούθως βυθίζεται ἐντὸς δοχείου περιέχοντος καθαρὸν ὕδωρ. Ὡς ἐλέχθη προηγουμένως, τὸ ὕδωρ εἰσχωρεῖ ἐντὸς τοῦ διαλύματος τοῦ σακχάρου, συνεπείᾳ δὲ τούτου ὑγρὸν ἀνέρχεται ἐντὸς τοῦ σωλῆνος, ἡ δὲ ὤσμωσις διαρκεῖ ἐπὶ τόσον χρόνον, μέχρις ὅτου τὸ ὕψος h τῆς ὑγρᾶς στήλης ἐν τῷ σωλῆνι λάβῃ τοιαύτην τιμήν, ὥστε ἡ ὑπ' αὐτῆς ἀσκουμένη πίεσις νὰ ἐξισώσῃ τὰς ταχύτητας διαπιδύσεως κατὰ τὰς δύο διευθύνσεις. Οὕτω προκύπτει ὁ ἀκόλουθος ὁρισμὸς τῆς ὠσμωτικῆς πιέσεως. ***Ὠσμωτικὴ πίεσις διαλύματος καλεῖται ἡ πίεσις ἐκείνη, ἡ ὁποία ἀπαιτεῖται πρὸς ἐξίσωσιν τῶν ταχυτήτων διαπιδύσεως.*** Διὰ τὸ σάκχαρον καὶ πολλὰς ἄλλας οὐσίας ἡ ὠσμωτικὴ πίεσις εἶναι ἀνάλογος τῆς συμπυκνώσεως τοῦ διαλύματος.



Σχ. 352. Μέτρησις τῆς ὠσμωτικῆς πιέσεως

Παραδείγματα ὠσμώσεως. Ἡ ξηρὰ σταφὶς ριπτομένη ἐντὸς ὕδατος διογκοῦται, διότι τὸ ὕδωρ εἰσχωροῦν διὰ διαπιδύσεως ἐν αὐτῇ διαλύει τὸ σάκχαρον.

Ἰδιότητας ἡμιπερατῆς μεμβράνης ἔχει τὸ δέρμα τῶν ἰχθύων. Ἰχθύες ἁλμυρῶν ὑδάτων μεταφερόμενοι εἰς γλυκὺ ὕδωρ διογκοῦνται καὶ ἀποθνήσκουν λόγῳ διαπιδύσεως γλυκέος ὕδατος διὰ τοῦ δέρματός των, ἐνῷ οἱ τῶν γλυκέων ὑδάτων μεταφερόμενοι εἰς ἁλμυρὸν ὕδωρ ὑφίστανται συρρίκνωσιν (ξηραίνονται). Τὸ δέρμα τοῦ ἀνθρώπου μὴ ἔχον ἰδιότητας ἡμιπερατῆς μεμβράνης τοῦ ἐπιτρέπει ἀκίνδυνον κολύμβησιν καὶ εἰς ἁλμυρὰ καὶ εἰς γλυκέα ὕδατα.

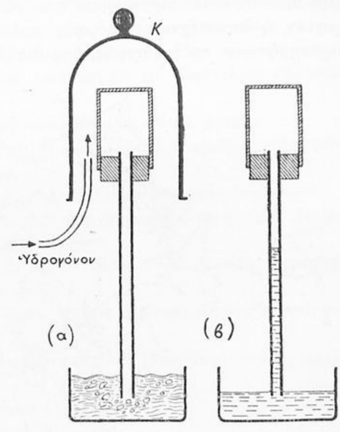
Λίαν ἐνδιαφέροντα παραδείγματα διαπιδύσεως ἔχομεν καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν βιολογικῶν φαινομένων. Οὕτως αἱ τροφαὶ μετὰ τὴν συντέλεσιν τῆς πέψεως εἰσχωροῦν εἰς τὰ ἔντόσθια, αἱ δὲ θρεπτικαὶ οὐσίαι διὰ διαπιδύσεως διὰ μέσου τῶν τοιχωμάτων τῶν αἱμοφόρων ἀγγείων εἰσέρχονται εἰς τὸ αἷμα καὶ διὰ τῆς κυκλοφορίας φέρονται πρὸς τὰ κύτταρα τοῦ ὀργανισμοῦ. Ἐξ ἄλλου, τὸ ὀξυγόνον ἐκ τοῦ αἵματος εἰσέρχεται ἐντὸς τῶν κυττάρων, ἐνῷ τὸ διοξείδιον τοῦ ἄνθρακος διαπιδύει ἐκ τῶν τοιχωμάτων τῶν κυττάρων πρὸς τὸ κυκλοφοροῦν αἷμα.

251*. Διάχυσις καὶ διαπίδυσις τῶν ἀερίων. Ἐξ ὅλων τῶν σωμάτων τὰ ἀέρια εἶναι

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐκεῖνα, τὰ ὁποῖα δεικνύουν ἐντόνως τὸ φαινόμενον τῆς διαχύσεως. Οὕτω, ἐὰν ἐκπωματίσωμεν φιάλην περιέχουσαν ἀμμωνίαν, παρατηροῦμεν, ὅτι ἐντὸς ὀλίγων λεπτῶν ἡ ὀσμὴ τῆς ἀμμωνίας διαχέεται ἐφ' ὅλου τοῦ δωματίου. Ἡ μεγάλη ταχύτης διαπιδύσεως τῶν ἀερίων ὀφείλεται κυρίως εἰς τὴν μεγάλην εὐκινησίαν τῶν μορίων αὐτῶν.

Ἐν γένει ἀέρια καὶ ἀτμοί, ἐφ' ὅσον ἀποτελοῦνται ἐκ μορίων σχετικῶς μεγάλου μεγέθους καὶ μεγάλης μάζης, δεικνύουν μικροτέραν ταχύτητα διαπιδύσεως ἀπὸ τὰ ἀέρια, τῶν ὁποίων τὰ μόρια εἶναι μικροῦ μεγέθους καὶ μικρᾶς μάζης. Οὕτως ὁ ἀὴρ παρουσιάζει μικροτέραν ταχύτητα διαπιδύσεως ἀπὸ τὸ ὑδρογόνον. Τοῦτο δυνάμεθα νὰ δείξωμεν διὰ τῆς ἀκολούθου συσκευῆς. Ἐπὶ δοχείου πορώδους ἐκ πορσελάνης προσαρμόζομεν καταλλήλως ὑάλινον ἐπιμήκη σωλῆνα καὶ κλείομεν ἀκολούθως τὸ δοχεῖον ἀεροστεγῶς. Τὴν συσκευὴν ταύτην τοποθετοῦμεν κατακορύφως, οὕτως ὥστε ὁ σωλὴν κατὰ τὸ κάτω ἄκρον αὐτοῦ νὰ βυθίζεται ἐντὸς δοχείου περιέχοντος ὕδωρ, τὸ ὁποῖον προηγουμένως ἔχομεν χρωματίσει δι' ἐρυθροῦ χρώματος. Ἐπειδὴ ἐντὸς καὶ ἐκτὸς τοῦ δοχείου ὑπάρχει ἀήρ, ἡ δὲ ταχύτης διαπιδύσεως κατ' ἀμφοτέρας τὰς διευθύνσεις εἶναι ἡ αὐτή, ἡ πίεσις ἐντὸς τοῦ δοχείου ἰσοῦται πρὸς τὴν ἐξωτερικήν, τὴν ἀτμοσφαιρικήν, οὕτω δὲ τὸ ὕδωρ δὲν ἀνέρχεται ἐν τῷ σωλῆνι. Ἐὰν ὅμως ἄνωθεν τοῦ δοχείου πορσελάνης τοποθετήσωμεν ὑάλινον κώδωνα καὶ διοχετεύσωμεν ἐν αὐτῷ ἔκ τινος ἀεριοφυλακίου ὑδρογόνον, ἐπειδὴ τὸ ὑδρογόνον διαπιδύει ταχύτερον πρὸς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ δοχείου παρὰ ὁ ἀὴρ πρὸς τὰ ἔξω, ἡ πίεσις ἐντὸς τοῦ δοχείου αὐξάνεται, οὕτω δὲ ἀπὸ τὸ κάτω ἄκρον τοῦ σωλῆνος ἐκλύονται φυσαλλίδες (σχ. 353, α). Ἐὰν ἀκολούθως ἀπομακρύνωμεν τὸν κώδωνα, τότε, ἐπειδὴ τὸ ἐντὸς τοῦ δοχείου πορσελάνης ὑδρογόνον διαπιδύει πρὸς τὰ ἔξω ταχύτερον ἢ ὁ ἐξωτερικὸς ἀὴρ πρὸς τὰ ἔνδον τοῦ δοχείου, ἡ πίεσις ἐντὸς τοῦ δοχείου ἐλαττοῦται, οὕτω δὲ τὸ ὕδωρ ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως ἀνέρχεται εἰς τὸν κατακόρυφον σωλῆνα (σχ. 353, β).



Σχ. 353. (α) Ἡ ἔκλυσις φυσαλλίδων δηλοῖ ὑπερπίεσιν ἐντὸς τοῦ πορώδους δοχείου, (β) ἡ ἀνύψωσις τῆς στάθμης τοῦ ὕδατος εἰς τὸν σωλῆνα δηλοῖ πίεσιν μικροτέραν τῆς ἀτμοσφαιρικῆς.

252*. Ἀπορρόφησις ἀερίων ὑπὸ ὑγρῶν. Ὅταν ὕδωρ εὑρισκόμενον ἐν δοχείῳ θερμαίνεται ἐλαφρῶς, παρατηροῦμεν, ὅτι ἀναφαίνονται μικραὶ φυσαλλίδες προσκολλώμεναι ἐπὶ τῶν τοιχωμάτων τοῦ δοχείου, ὀφειλόμεναι εἰς τὸν ἐντὸς τοῦ ὕδατος διαλελυμένον ἐξ ἀπορροφήσεως ἀέρα, ὁ ὁποῖος ἐκλύεται διὰ τῆς θερμάνσεως. Ἕνεκα τοῦ λόγου τούτου τὸ ὕδωρ κατὰ τοὺς θερμοὺς μῆνας τοῦ ἔτους ἀποβάλλει μέγα μέρος τοῦ ἐν αὐτῷ διαλελυμένου ἀέρος καὶ ἰχθύες διαβιοῦντες ἐντὸς τοῦ ὕδατος ἀβαθῶν λιμνῶν ἀσφυκτιοῦν ἕνεκα τοῦ ἀνωτέρω λόγου.

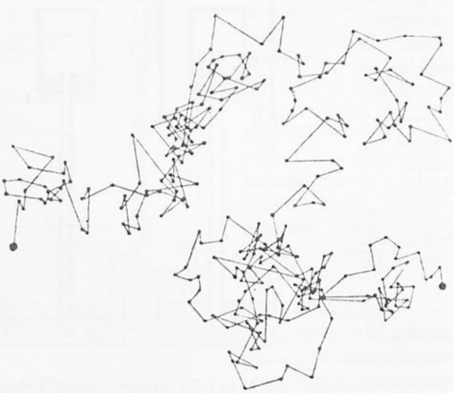
Ἡ διαλυτότης τῶν ἀερίων ἐντὸς ὑγρῶν ἐλαττοῦται μετὰ τῆς θερμοκρασίας, ἡ δὲ μᾶζα τοῦ διαλυομένου ἀερίου ἐντὸς ὑγροῦ ἐξαρτᾶται μεγάλως ἐκ τῆς πιέσεως καὶ μάλιστα εἶναι ἀνάλογος τῆς πιέσεως, ἐνῷ ὁ ὄγκος τοῦ διαλυομένου ἀερίου εἶναι ἀνεξάρτητος τῆς πιέσεως. Ἐξ ἄλλου, ἡ διαλυτότης ἐξαρτᾶται πρὸς τούτοις τόσον ἐκ τῆς φύσεως τοῦ ἀερίου, ὅσον καὶ ἐκ τῆς φύσεως τοῦ ὑγροῦ. Εἰς τὴν συνήθη θερμοκρασίαν τὸ ὕδωρ ἀπορροφᾷ ὄγκον διοξειδίου τοῦ ἄνθρακος ἴσον πρὸς τὸν ἴδιον αὐτοῦ ὄγκον, ἐνῷ ἀπορροφᾷ 30 φορὰς μικρότερον ὄγκον ὀξυγόνου καὶ 60 φορὰς μικρότερον ὄγκον ἀζώτου ἀπὸ τὸν ἴδιον αὐτοῦ ὄγκον. Οὕτω δυνάμεθα ἐντὸς τοῦ ὕδατος ἢ τοῦ οἴνου ὑπὸ μεγάλην πίεσιν νὰ διαλύσωμεν πολὺ μεγαλυ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τέραν ποσότητα διοξειδίου τοῦ ἄνθρακος ἢ ὑπὸ τὴν συνήθη ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν. Ἐὰν ὅμως ἐλαττώσωμεν τὴν πίεσιν, παρατηροῦμεν ὅτι τὸ διαλελυμένον ἀέριον ἐκλύεται ἀθρόως, ὡς π.χ. συμβαίνει κατὰ τὴν ἐκπωμάτισιν φιαλῶν περιεχουσῶν ἀεριοῦχα ποτά. Ἐπίσης δυνάμεθα ν' ἀπαλλάξωμεν τὸ ὕδωρ τοῦ διαλελυμένου ἀέρος, ἐὰν ἐλαττώσωμεν τὴν ἐπ' αὐτοῦ ἀσκουμένην πίεσιν τοποθετοῦντες τοῦτο ὑπὸ τὸν κώδωνα ἀεραντλίας.

253*. Κινητικὴ θεωρία τῶν ἀερίων. Ὅλα ἐν γένει τὰ φαινόμενα τῆς διαχύσεως, τῆς διαπιδύσεως τῶν ἀερίων, τῆς ὠσμωτικῆς πιέσεως, ἐξηγοῦνται ἀβιάστως διὰ τῆς παραδοχῆς, ὅτι τὰ μόρια καὶ τὰ ἄτομα τῶν σωμάτων δὲν εὑρίσκονται ἐν ἠρεμίᾳ, ἀλλ' εἰς συνεχῆ καὶ ἀέναον κίνησιν, ἡ ὁποία καλεῖται ***μοριακὴ κίνησις***. Τὴν κίνησιν τῶν μορίων τῶν ὑγρῶν δυνάμεθα νὰ δείξωμεν διὰ τοῦ κλασικοῦ πειράματος, τὸ ὁποῖον εἶναι γνωστὸν ὡς ***κίνησις*** Μπράουν (**Brown**).

Οὕτως ὁ Ἄγγλος βοτανικὸς Robert **Brown** (1827) παρετήρησε διὰ τοῦ μικροσκοπίου, ὅτι μικρότατα σωματίδια αἰωρούμενα ἐντὸς τοῦ ὕδατος εὑρίσκονται εἰς ζωηρὰν καὶ ἄτακτον κίνησιν, ἡ ὁποία εἶναι τόσον ἐντονωτέρα, ὅσον μικρότερα εἶναι τὰ σωμάτια. Ἐὰν παρακολουθήσωμεν τὴν κίνησιν ἑνὸς μόνον σωματίου, παρατηροῦμεν, ὅτι τοῦτο διαγράφει τροχιάν, ἡ ὁποία ἔχει τὴν μορφὴν πολυθλάστου γραμμῆς (σχ. 354). Τοῦτο δυνάμεθα νὰ παρατηρήσωμεν πολὺ εὐχερῶς, ἐὰν διαλύσωμεν ρητίνην ἐντὸς οἰνοπνεύματος καὶ ρίψωμεν μικρὰν ποσότητα ἐξ αὐτοῦ ἐντὸς ποτηρίου περιέχοντος ὕδωρ. Τὸ προκύπτον γαλάκτωμα περιέχει μικρότατα σωμάτια ἐκ παραφίνης, ἐὰν δὲ σταγόνα ἐκ τούτου θέσωμεν ἐπὶ ὑαλίνης πλακὸς καὶ παρατηρήσωμεν αὐτὴν διὰ μικροσκοπίου ἱκανῆς μεγεθύνσεως, βλέπομεν σαφῶς ἐκδηλουμένην τὴν κίνησιν Brown.



Σχ. 354. Κίνησις Brown.

Ἐν ἔτει 1879 ὁ **Sir William Ramsay** ἐξήγησε τὴν μυστηριώδη ταύτην κίνησιν, ὡς προερχομένην ἐκ τοῦ βομβαρδισμοῦ τῶν ἐξόχως μικρῶν σωματίων τῶν αἰωρουμένων ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ ὑπὸ τῶν μορίων τοῦ ὑγροῦ τοῦ περιβάλλοντος τὸ θεωρούμενον σωμάτιον, καὶ τὰ ὁποῖα εὑρίσκονται εἰς συνεχῆ καὶ ἀέναον κίνησιν. Πράγματι, τὰ ἐν κινήσει μόρια τοῦ ὑγροῦ προσπίπτουν ἐπὶ τοῦ σωματίου καὶ συνεπείᾳ τῶν προσκρούσεων τούτων τὸ σωμάτιον ἄλλοτε μὲν ἐκτρέπεται κατὰ τὴν μίαν διεύθυνσιν, ἄλλοτε κατὰ τὴν ἄλλην, εἰς τοῦτο δὲ ὀφείλεται ἡ συνεχὴς καὶ ἄτακτος κίνησις αὐτοῦ, τῆς ὁποίας ἡ ζωηρότης εἶναι τόσον μεγαλυτέρα, ὅσον τὸ αἰωρούμενον σωμάτιον εἶναι μικρότερον. Ἐκ τῆς ὡς ἄνω παρατηρήσεως τῆς κινήσεως τοῦ ἐντὸς τοῦ ὕδατος αἰωρουμένου σωματίου καταδεικνύεται δι' ἐμμέσου ὁδοῦ ἡ μοριακὴ κίνησις.

Ἀναλόγους κινήσεις δεικνύουν τὰ μόρια καπνοῦ ἢ κονιορτοῦ αἰωρούμενα ἐντὸς τοῦ ἀέρος, μάλιστα δὲ αἱ κινήσεις αὗται δύνανται νὰ παρατηρηθοῦν διὰ μικροτέρας μεγεθύνσεως, διότι τὰ μόρια τῶν ἀερίων, λόγῳ τῆς μεγαλυτέρας ἀποστάσεως αὐτῶν ἀπ' ἀλλήλων, ἐκτελοῦν μεγαλυτέραν διαδρομὴν κατὰ τὴν κίνησιν αὐτῶν.

Ἐπὶ τῇ βάσει τῶν ἀνωτέρω ἀντιλήψεων, ἐδημιουργήθη ἡ ***κινητικὴ θεωρία τῆς ὕλης***, ἡ ὁποία διεμορφώθη τὸ πρῶτον εἰς τὰ ἀέρια ὑπὸ τῶν **Clausius, Boltzmann** καὶ **Max-**

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

well, δεδομένου ὅτι τὰ ἀέρια ἀποτελοῦν τὴν ἁπλουστέραν μορφὴν τῆς ὕλης, οὕτω δὲ διεμορφώθη ἡ ***κινητικὴ θεωρία τῶν ἀερίων.***

ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ

Α΄. Ζητήματα.

Πόσον εἶναι τὸ βάρος εἰς kgr* 1 m³ ἀέρος, ἀζώτου, ὑδρογόνου, ὀξυγόνου, ἡλίου. Τί συμπέρασμα συνάγετε.

Τί ὀνομάζομεν ἀτμόσφαιραν καὶ ποία ἡ σύνθεσις αὐτῆς.

Ποῦ ὀφείλεται ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις καὶ πῶς αὕτη μετρᾶται.

Κατὰ πόσους τρόπους δυνάμεθα νὰ ἐκφράσωμεν τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν.

Πῶς μεταβάλλεται ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις μετὰ τοῦ ὕψους.

Εἰς τί χρησιμεύουν τὰ βαρόμετρα καὶ ποῖοι οἱ συνήθεις ἐν χρήσει τύποι βαρομέτρων.

Πῶς οἱ ἀεροπόροι καθορίζουν τὸ ἑκάστοτε ὕψος, εἰς τὸ ὁποῖον εὑρίσκονται.

Πῶς ὁρίζεται ἡ ἄνωσις τῶν ἀερίων καὶ ποίας ἐφαρμογὰς ἔχει αὕτη.

Πῶς λειτουργεῖ τὸ σιφώνιον καὶ ὁ σίφων. Πῶς λειτουργοῦν αἱ ὑδραντλίαι καὶ ποῖοι οἱ συνηθέστεροι τύποι αὐτῶν.

Εἰς τί χρησιμεύουν αἱ ἀεραντλίαι καὶ ποῖοι οἱ συνηθέστεροι τύποι αὐτῶν.

Ἐπὶ ποίας ἀρχῆς στηρίζονται τὰ ἀερόστατα καὶ ἀερόπλοια. Τί ὀνομάζομεν ἀνυψωτικὴν δύναμιν ἀεροστάτου καὶ πῶς ὑπολογίζεται αὕτη.

Ποῖος ὁ νόμος συμπιεστότητος τῶν ἀερίων καὶ πῶς οὗτος διατυποῦται ἀναλυτικῶς.

Κατὰ ποῖον τρόπον παριστᾶται γραφικῶς ὁ νόμος τῆς συμπιεστότητος τῶν ἀερίων.

Ποία ἡ διαφορὰ μεταξὺ πραγματικοῦ καὶ τελείου ἀερίου.

Νὰ καθορισθῇ ἡ διανομὴ τῶν πιέσεων ἐπὶ ἐπιπέδου πλακὸς ὅταν αὕτη διατίθεται καθέτως ἢ σχηματίζει γωνίαν πρὸς τὴν διεύθυνσιν ροῆς.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὅρου γραμμαὶ ροῆς καὶ ποία σχέσις ὑπάρχει μεταξὺ πυκνότητος γραμμῶν ροῆς καὶ ταχύτητος ροῆς.

Ποῖον τὸ περιεχόμενον τοῦ θεωρήματος Bernoulli καὶ πῶς δεικνύεται τοῦτο πειραματικῶς.

Τίνα ἐπίδρασιν ἔχει ἡ τριβὴ ἐπὶ τοῦ φαινομένου τῆς ροῆς.

Ποῖον τὸ περιεχόμενον τοῦ θεωρήματος Torricelli.

Ἐξηγήσατε πῶς ἐπίπεδος πλὰξ δύναται νὰ στηριχθῇ εἰς τὸν ἀέρα καὶ ἐπεκτείνατε τὰ συμπεράσματά σας ἐπὶ πτέρυγος ἀεροπλάνου.

Πῶς ὁρίζομεν τὴν δυναμικὴν ἄνωσιν καὶ τὴν δυναμικὴν ἀντίστασιν.

Πῶς γίνεται ἡ πτῆσις δι' ἀνεμοπτέρου.

Ἐξηγήσατε ἐκ ποίων μερῶν ἀποτελεῖται τὸ σύστημα διευθύνσεως ἀεροπλάνου.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὅρου μοριακαὶ δυνάμεις καὶ τί γνωρίζετε περὶ αὐτῶν.

Πῶς συμπεριφέρεται ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια ὑγρῶν.

Ποία ἡ διάκρισις μεταξὺ συνοχῆς καὶ συναφείας.

Ποῖαι αἱ ἰδιότητες τῶν στερεῶν, αἱ ὁποῖαι ἐξαρτῶνται ἀπὸ τὴν συνάφειαν. Δώσατε παραδείγματα.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὅρου τριχοειδῆ φαινόμενα. Δώσατε μερικὰ παραδείγματα καὶ εἰς ποίαν αἰτίαν ὀφείλονται αὐτά.

Τί καλοῦμεν ἐν γένει διάλυμα καὶ τί κεκορεσμένον διάλυμα.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὅρου ὤσμωσις καὶ πῶς δεικνύομεν ταύτην. Πῶς μετρᾶται ἡ ὠσμωτικὴ πίεσις.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὅρου διαπίδυσις τῶν ἀερίων καὶ πῶς αὕτη δεικνύεται.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Β'. Προβλήματα.

1. Πόση εἶναι ἡ δύναμις ἡ ἀσκουμένη ἐπὶ ἑκάστης ἕδρας κυβικοῦ δοχείου, πλευρᾶς 12,5 cm, ὅταν ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις ἰσορροπῆται ὑπὸ στήλης ὕδατος ὕψους 10,2 m. ('Απ. $156{,}25 \cdot 10^6$ Dyn).

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. 1006 cm, 799 cm).

3. 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*).

4. Ἀὴρ ἐγκλείεται εἰς δοχεῖον κυλινδρικὸν καὶ κατακόρυφον δι' ἐμβολέως ἔχοντος βάρος 3,9 kgr* καὶ ἐπιφάνειαν 26 cm^2. Ἐὰν ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις εἶναι 0,85 kgr*/cm^2, πόση εἶναι ἡ πίεσις τοῦ ἐγκεκλεισμένου ἀέρος. ('Απ 1 kgr*/cm^2).

5. Ἀεροπόρος εὑρισκόμενος εἰς ὕψος βλέπει, ὅτι τὸ βαρόμετρόν του 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. 6900 m).

6. Ἡ μέση πυκνότης τοῦ ἀέρος ἐντὸς οὐρανοξύστου εἶναι 0,0012 gr/cm^3, ἐνῷ τὸ βαρόμετρον δεικνύει 74 cm Hg εἰς τὸ ἔδαφος. Ἐὰν ὁ οὐρανοξύστης ἔχῃ ὕψος 300 m, α) πόση ἡ ἔνδειξις τοῦ βαρομέτρου εἰς τὴν κορυφήν του, καὶ β) πόση θὰ εἶναι ἡ πρόσθετος δύναμις ἡ ἐξασκουμένη ἐπὶ τοῦ ἀκουστικοῦ τυμπάνου ἀνθρώπου κατερχομένου ἀπὸ τῆς κορυφῆς εἰς τὸ ἔδαφος, ὅταν ἡ ἐπιφάνεια τοῦ τυμπάνου εἶναι 0,30 cm^2. ('Απ. 71, 35 cm Hg, 10,8 gr*).

7. Βαρομετρικὸς σωλὴν ἔχει μῆκος 85 cm καὶ τομὴν 1 cm^2, ἡ δὲ ὑδραργυρικὴ στήλη ἔχει ὕψος 75 cm. Ἐν τῷ σωλῆνι εἰσάγεται ποσότης ἀέρος, ἡ ὁποία ὑπὸ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν καταλαμβάνει ὄγκον 1 cm^3. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ πτῶσις τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης. ('Απ. 5 cm).

8. Βαρομετρικὸς σωλὴν ἔχει μῆκος 80 cm καὶ ἐγκαρσίαν τομὴν 4 cm^2. Πόσος ὄγκος ἀέρος δέον νὰ εἰσαχθῇ ἔξωθεν, διὰ νὰ προκληθῇ πτῶσις τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης κατὰ 9,5 cm. Ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις εἶναι 75 cm Hg. ('Απ. 7,35 cm).

9. Ἡ πυκνότης ἀερίου εἰς 95 cm Hg εἶναι 0,5 γραμμάρια κατὰ λίτρον. Πόση ἡ πυκνότης αὐτοῦ εἰς gr/cm^3 ὑπὸ πίεσιν 76 cm Hg. ('Απ. 0,0004 gr/cm^3).

10. Καταδυόμενος κώδων κυλινδρικὸς μήκους 2,7 m βυθίζεται, μὲ τὸ ἀνοικτὸν μέρος πρὸς τὰ κάτω, ἐντὸς ὕδατος, μέχρι βάθους 6 m. Εἰς πόσον ὕψος θὰ ἀνέλθῃ τὸ ὕδωρ ἐντὸς τοῦ κώδωνος. Ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις ἰσορροπεῖται ὑπὸ στήλης ὕδατος ὕψους 10,2 m. ('Απ. 1 m).

11. Ἡ πίεσις τοῦ ἀέρος ἐντὸς δοχείου εἶναι 3,2 at. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ πίεσις εἰς cm Hg, ὅταν ὁ ἀὴρ ἀραιωθῇ ἐσωτερικῶς κατὰ 0,25 τοῦ ὄγκου του. ('Απ. 177 cm Hg).

12. Ἐλαττωματικὸν βαρόμετρον ἔχον σωλῆνα τομῆς 1 cm^2 καὶ μῆκος 80 cm δεικνύει 74 cm Hg, ὅταν ἡ ἀκριβὴς πίεσις εἶναι 76 cm. Νὰ ὑπολογισθῇ ὁ ὄγκος τοῦ περιεχομένου ἀέρος ὑπὸ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν. ('Απ. 0,16 cm^3).

13. Ἀσφαλιστικὴ βαλβὶς λέβητος ἔχει ἐπιφάνειαν 5 cm^2. Ἐὰν ἡ πίεσις τοῦ ἀτμοῦ δὲν πρέπει νὰ ὑπερβῇ τὰ 5 kgr*/cm^2, πόσον βάρος πρέπει νὰ προστεθῇ ἐπὶ τῆς βαλβίδος, ὥστε αὕτη ν' ἀνοίξῃ, ὅταν ἡ πίεσις αὐξηθῇ εἰς τὴν ἀνωτέρω τιμήν. ('Απ. 25 kgr*).

14. Δοχεῖον περιέχει 30 λίτρας ὀξυγόνου ὑπὸ πίεσιν 5 kgr*/cm^2 καὶ ἐκ τούτου ἐξάγομεν ποσότητα ὀξυγόνου, ἡ ὁποία ὑπὸ τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν καὶ ὑπὸ πίεσιν 1 kgr*/cm^2 καταλαμβάνει ὄγκον 12 λίτρων. Ζητεῖται ἡ πίεσις τοῦ ἀπομένοντος ἀερίου. ('Απ. 4,6 kgr*/cm^2).

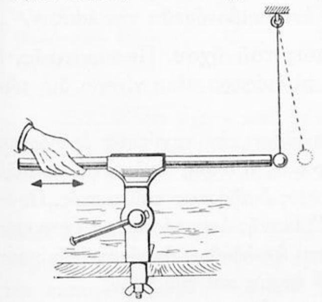
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΝ

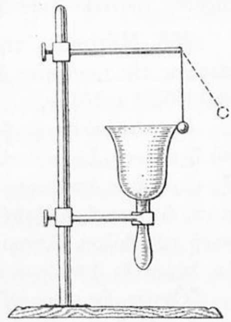
ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Θ΄

ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ

254. Ἡ Ἀκουστικὴ ἀποτελεῖ τὸ κεφάλαιον τῆς Φυσικῆς τὸ πραγματευόμενον εἰδικῶς τὰ φαινόμενα τοῦ ἤχου. ***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. 355) ἢ εἰς κώδωνα (σχ. 356), ὅταν τὰ σώματα ταῦτα παράγουν ἦχον.

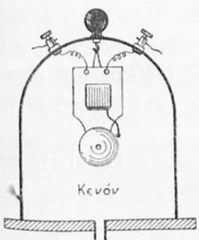


Σχ. 355. Ἡ ράβδος τριβομένη τίθεται εἰς παλμικὴν κίνησιν.



Σχ. 356. Ὁ τρόπος δονήσεως τοῦ ἐκκρεμοῦς ὑποδηλοῖ τὸν τρόπον δονήσεως τοῦ ἠχοῦντος κώδωνος.

255. 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 ὑλικὸν σῶμα, δηλ. ὕλη ἡ ὁποία νὰ παρουσιάζῃ ἐλαστικότητα καὶ πυκνότητα.



Σχ. 357. Ὅταν ὁ κώδων τῆς ἀεραντλίας εἶναι κενὸς ἀέρος, ὁ ἦχος δὲν ἀκούεται.

Διὰ τοῦ κενοῦ χώρου ὁ ἦχος δὲν διαδίδεται. Τοῦτο δεικνύεται διὰ τοῦ ἀκολούθου κλασικοῦ πειράματος: Ἠλεκτρικὸς κώδων (σχ. 357) τίθεται ἐντὸς τοῦ κώδωνος ἀεραντλίας. Ἐφ᾽ ὅσον εἰς τὸν χῶρον εὑρίσκεται ἀήρ, ἀκούομεν τὸν ἦχον τὸν παραγόμενον ὑπὸ τοῦ ἠλεκτρικοῦ κώδωνος. 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

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

μέσου τοῦ ὑαλίνου δοχείου 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 μιᾶς 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 ταυτοχρόνως, ἀλλὰ τὸ φῶς, λόγῳ τῆς ἐξόχως μεγάλης ταχύτητος διαδόσεως αὐτοῦ, δύναται νὰ θεωρηθῇ, διὰ τὰς συνήθεις γηΐνας ἀποστάσεις, ὅτι διαδίδεται σχεδὸν ἀκαριαίως, ἐνῷ ὁ ταυτοχρόνως παραγόμενος ἦχος, λόγῳ τῆς ἀσυγκρίτως μικροτέρας ταχύτητος διαδόσεως αὐτοῦ, καθίσταται ἀντιληπτὸς μόνον μετὰ πάροδον χρονικοῦ διαστήματος, ἀπὸ τοῦ ὁποίου ἀντιλαμβανόμεθα τὴν λάμψιν.

256. 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 διαφοράν, ἡ ὁποία ὑφίσταται μεταξὺ τῆς ταχύτητος διαδόσεως τοῦ ἤχου καὶ τῆς ταχύτητος διαδόσεως τοῦ φωτός. Πράγματι, ὡς ἀνωτέρω 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 ταυτοχρόνως, 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.

Μεταξὺ τῆς ταχύτητος διαδόσεως τοῦ ἤχου εἰς θερμοκρασίαν t^0 C καὶ τῆς ταχύτητος διαδόσεως c_0 εἰς θερμοκρασίαν 0^0 C ὑφίσταται ἡ σχέσις:

$$\boxed{c = c_0 \sqrt{1 + \alpha t}}$$

ὅπου: $c_0 = 331$ m/sec καὶ α ὁ θερμικὸς συντελεστὴς τῶν ἀερίων $1/273 = 0{,}00367$ grad^{-1} (1 grad = 1 °C).

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

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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.

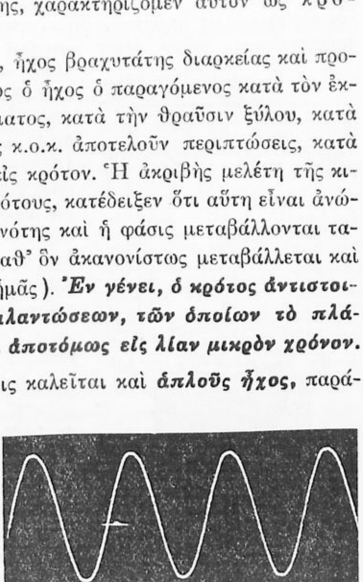
Ταχύτης ἤχου εἰς διάφορα μέσα.

Μέσον	Θερμοκρασία ^0C	Ταχύτης εἰς m/sec	Μέσον	Θερμοκρασία ^0C	Ταχύτης εἰς m/sec
Ἀὴρ ξηρὸς . . .	0	331	Ὀρείχαλκος . . .	20	3000
Ὑδρογόνον . . .	0	1261	Χαλκὸς	20	3560
Διοξ. ἄνθρακος . .	0	258	Γρανιτικὸν πέτρωμ.	20	3950
Ὕδωρ	0	1440	Ὕαλος	—	5000—6000
Ἀλκοόλη	13	1241	Ξύλον	—	3000—4000
Θαλάσσιον ὕδωρ .	15	1500	Σίδηρος	—	5100
Ἀργίλλιον . . .	20	5104			

257. 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. 358).



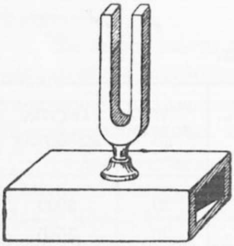
Σχ. 358. Φωτογραφία τόνου.

Διὰ τὴν παραγωγὴν τῶν τόνων χρησιμοποιοῦνται εἰς τὰ ἐργαστήρια τὰ ***διαπασῶν*** καὶ αἱ ***σειρῆνες.***

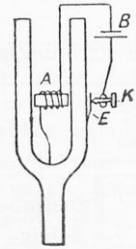
Διαπασῶν. Τοῦτο ἀποτελεῖ σπουδαιότατον ὄργανον εἰς τὴν πειραματικὴν ἔρευναν τῆς

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

'Ακουστικῆς καὶ συνίσταται ἐκ πρισματικῆς ράβδου ἀπὸ χάλυβα, καμπτομένης εἰς σχῆμα U, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 359. Τὸ διαπασῶν διεγείρεται συνήθως πρὸς παραγωγὴν ἤχου, εἴτε τῇ βοηθείᾳ ξυλίνου πλήκτρου εἴτε δι' ἠλεκτρομαγνητικῆς διατάξεως (σχ. 360), ὅπου Β παριστᾷ ἠλεκτρικὴν στήλην καὶ ΑΕΚ τὴν ἠλεκτρομαγνητικὴν διάταξιν διεγέρσεως τοῦ διαπασῶν.

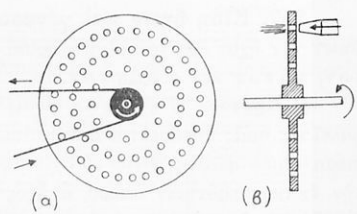


Σχ. 359. Διαπασῶν ἐπὶ ξυλίνου κιβωτίου.



Σχ. 360. Ἠλεκτρομαγνητικὸν διαπασῶν.

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. 361). 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.



Σχ. 361. Σειρὴν Seebeck. Διάτρητος δίσκος καὶ τομὴ φυσητῆρος.

Ἐκτὸς τῆς σειρῆνος δι' ὀπῶν ὑπάρχουν καὶ ἄλλοι τύποι, ὡς π.χ. ἡ σειρὴν Gagniard de la Tour, ἡ ὁποία ὅμως ἐλάχιστα χρησιμοποιεῖται σήμερον.

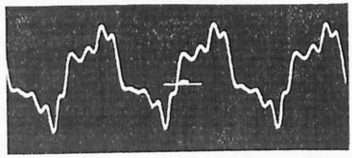
Σχ. 362. Σειρὴν Gagniard de la Tour.

Ἡ ἐνέργεια διὰ τὴν κίνησιν τῆς ***σειρῆνος* Gagniard de la Tour** (σχ. 362) καὶ τὴν παραγωγὴν τοῦ ἤχου προέρχεται ἀπὸ πεπιεσμένον ἀέρα, ὁ ὁποῖος εἰσάγεται εἰς κυλινδρικὸν τύμπανον ἐφωδιασμένον δι' αὐλῶν, οἱ ὁποῖοι ἀπολήγουν εἰς ὀπὰς διατεταγμένας κατὰ περιφέρειαν ἐπὶ τῆς ἄνω ἐπιφανείας τοῦ τυμπάνου. Ἄνωθεν τοῦ τυμπάνου ὑπάρχει δίσκος Δ δυνάμενος νὰ περιστρέφεται περὶ ἄξονα καὶ φέρων περιφερειακοὺς αὐλούς, τῶν ὁποίων οἱ ἄξονες παρουσιάζουν κλίσιν ἐν σχέσει πρὸς τοὺς ἀντιστοίχους αὐλοὺς τοῦ τυμπάνου, ὡς δεικνύεται λεπτομερειακῶς εἰς τὸ ὡς ἄνω σχῆμα. Διὰ τῆς τοιαύτης διατάξεως τῶν αὐλῶν, ὅταν ὁ ἀὴρ ἐξέρχεται ἐκ τῶν αὐλῶν τοῦ τυμπάνου καὶ εἰσέρχεται ἐντὸς τῶν αὐλῶν τοῦ κινητοῦ δίσκου, δημιουργεῖται ἐπὶ τούτων πλευρικὴ δύναμις, ἡ ὁποία θέτει τὸν κινητὸν δίσκον εἰς

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

περιστροφικὴν κίνησιν. Ἐπειδὴ ὅμως ἡ ἐκροὴ ἐκ τῶν ὀπῶν τοῦ κινητοῦ δίσκου εἶναι διαλείπουσα, δημιουργοῦνται περιοδικαὶ διαταράξεις τοῦ ἀέρος, οὕτω δὲ γεννᾶται ὁ ἦχος, ὁ παραγόμενος ὑπὸ τῆς σειρῆνος. Εἰς τὸ ἄνω μέρος τοῦ ἄξονος τῆς σειρῆνος προσαρμόζεται καταλλήλως ὡρολογιακὸς μηχανισμὸς διὰ τὸν καθορισμὸν τῶν στροφῶν τοῦ ἄξονος εἰς ὡρισμένον χρονικὸν διάστημα, συνήθως ἓν δευτερόλεπτον.

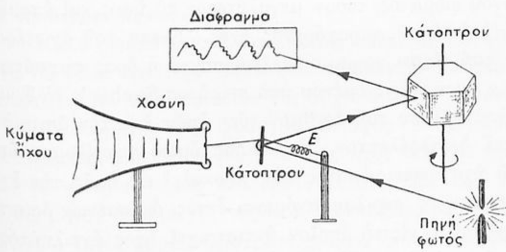
γ) ***Φθόγγος.*** Τοὺς ἤχους τούτους παράγομεν δι᾿ ὅλων τῶν ἐν χρήσει μουσικῶν ὀργάνων, ὡς ἐπίσης καὶ διὰ τῆς φωνῆς. Χαρακτηριστικὸν τῶν φθόγγων εἶναι, ὅτι ἀποτελοῦνται, ὡς θὰ ἴδωμεν, ἐκ μίγματος πολλῶν ἁπλῶν ἤχων.



Σχ. 363. Φωτογραφία φθόγγου.

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. 363).

258*. Πειραματικὸς ἔλεγχος τῶν διαφόρων εἰδῶν ἤχου. Διὰ τὴν σπουδὴν τοῦ εἴδους τῶν διαφόρων ἤχων εἰς παλαιοτέραν ἐποχὴν ἐχρησιμοποιοῦντο διάφοροι μέθοδοι, ὡς π.χ. διὰ καταγραφῆς τῆς καμπύλης αὐτῶν ἐπὶ ἠθαλωμένης πλακός, διὰ μανομετρικῆς φλογὸς κτλ. Πᾶσαι ὅμως αἱ μέθοδοι αὗται ἐξετοπίσθησαν, ἀντικατασταθεῖσαι ὑπὸ τῆς διατάξεως ***φωνοδείκτου*** τοῦ Miller. Αὕτη ἀποτελεῖται ἐξ ἀκουστικῆς χοάνης (σχ. 364) εἰς τὸν πυθμένα τῆς ὁποίας τοποθετεῖται κατάλληλον ἐλαστικὸν διάφραγμα (συνήθως ἐξ ὑάλου). Εἰς τὸ μέσον τούτου προσαρμόζεται νῆμα μετάξης, τὸ ὁποῖον διέρχεται διὰ τῆς αὔλακος μικρᾶς, ἀλλὰ λίαν εὐκινήτου τροχαλίας, ἐνῷ τὸ ἕτερον ἄκρον τοῦ νήματος προσδένεται εἰς τὸ ἓν ἄκρον ἐλατηρίου Ε, τοῦ ὁποίου τὸ ἕτερον ἄκρον στερεοῦται μονίμως. Ἐπὶ τοῦ ἄξονος τῆς τροχαλίας προσαρμόζεται μικρὸν ἐπίπεδον κάτοπτρον, ἐπὶ τοῦ ὁποίου προσπίπτει λεπτὴ δέσμη ἀκτίνων φωτεινῆς πηγῆς. Τὸ ἐξ ἀνακλάσεως εἴδωλον τῆς πηγῆς δεχόμεθα ἐπὶ περιστρέπτου συστήματος κατόπτρων, διὰ τῶν ὁποίων διευθύνομεν τὸ εἴδωλον ἐπὶ καταλλήλου πετάσματος.



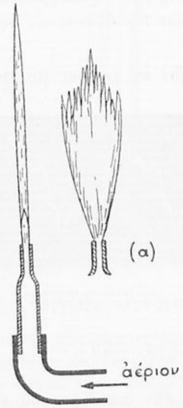
Σχ. 364. Φωνοδείκτης. Διάταξις ἀναλύσεως τοῦ ἤχου.

Τελευταίως, ἡ σπουδὴ τοῦ ἤχου γίνεται διὰ μετατροπῆς τῶν μηχανικῶν κραδασμῶν εἰς ἠλεκτρικοὺς κραδασμούς, οἱ ὁποῖοι, ἐνισχυόμενοι δι᾿ ἐνισχυτῶν διὰ τριόδων λυχνιῶν, δύνανται ἀκολούθως νὰ διεγείρουν καταλλήλους αὐτογραφικὰς διατάξεις. Εἰς τὸ σχῆμα 358 δεικνύεται ἡ φωτογραφία τῆς καμπύλης τοῦ ἁπλοῦ ἤχου, τὸν ὁποῖον παρέχει διαπασῶν, ἐνῷ εἰς τὸ σχῆμα 363 δεικνύεται ἡ φωτογραφία, τὴν ὁποίαν παρέχει ὁ φθόγγος, ὁ ὁποῖος εἶναι σύνθετος ἦχος, ἀποτελούμενος ἐκ τῆς μίξεως πολλῶν ἁπλῶν ἤχων, τῶν ὁποίων αἱ συχνότητες εὑρίσκονται εἰς ὡρισμένην σχέσιν μεταξύ των.

259*. Εὐαίσθητος φλόξ. Ἐκτὸς τῆς ἀνωτέρω διατάξεως, ἡ ὁποία χρησιμεύει ὄχι μόνον διὰ τὸν πειραματικὸν ἔλεγχον τῶν ἤχων, ἀλλὰ καὶ διὰ τὸν ἔλεγχον τῆς διαδόσεως ἠχητι-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

κῶν κυμάτων, δηλ. ὡς φωρατὴς τῶν ἠχητικῶν κυμάτων, χρησιμοποιοῦμεν καὶ τὴν ***εὐαίσθητον φλόγα,*** ἡ ὁποία ἀποτελεῖ τὸν ἁπλούστερον τύπον φωρατοῦ ἠχητικῶν κυμάτων.



Σχ. 365. Εὐαίσθητος φλόξ. (α) Διαμόρφωσις τῆς φλογός.

Αὐτη εἰκονίζεται εἰς τὸ σχῆμα 365 καὶ ἀποτελεῖται ἐξ ἐπιμήκους καὶ στενῆς φλογός, π. χ. ἐκ φωταερίου τὸ ὁποῖον ἐκρέει, ὑπὸ τὴν κατάλληλον πίεσιν, ἀπὸ λεπτοῦ σωλῆνος ἐκροῆς. Εὐθὺς ὡς διὰ τῆς περιοχῆς τῆς ἐκροῆς τοῦ ἀερίου διέλθει ἠχητικὸν κῦμα, ἡ παροχὴ τοῦ φωταερίου ἐξαρτωμένη ἀπὸ τὴν ὑπεράνω τοῦ σωλῆνος ἐκροῆς πίεσιν τοῦ ἀέρος διαταράσσεται, ἡ φλὸξ καθίσταται οὕτω ἀσταθὴς καὶ τὸ μῆκος αὐτῆς μειοῦται σημαντικῶς.

260. 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 ἐπομένως 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 ἐν 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.

Οἱ ὑπέρηχοι ἔτυχον τελευταίως σπουδαιοτάτων πρακτικῶν ἐφαρμογῶν, ὡς εἰς βυθομετρήσεις θαλασσῶν, βιολογικὰς ἐπενεργείας κλπ.

Μέτρησις τοῦ ὕψους τοῦ ἤχου. Ἡ ἁπλουστέρα μέθοδος μετρήσεως τοῦ ὕψους τοῦ ἤχου εἶναι ἡ ἀκόλουθος. Διεγείρομεν ἀφ᾿ ἑνὸς μὲν τὸν ἠχογόνον σῶμα καὶ ἀφ᾿ ἑτέρου τὴν σειρῆνα καὶ προσπαθοῦμεν διὰ ρυθμίσεως τοῦ ἀριθμοῦ τῶν στροφῶν τῆς σειρῆνος κατὰ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

δευτερόλεπτον νὰ ἐπιτύχωμεν, ὥστε αὕτη νὰ 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 ἤ, 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.

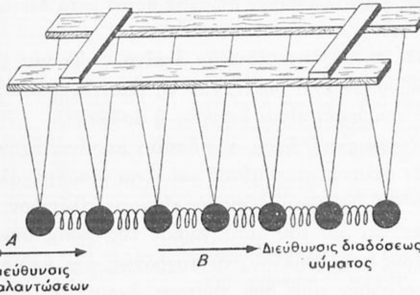
Προκειμένου περὶ φθόγγου, τὸ ὕψος αὐτοῦ καθορίζεται ἐκ τῆς συχνότητος τοῦ θεμελιώδους. Ὁ τόνος ἢ ἁπλοῦς ἦχος δὲν ἔχει χροιάν, ὡς ἐκ τούτου δὲν προκαλεῖ ἐν γένει εἰς ἡμᾶς εὐάρεστον συναίσθημα καὶ συνήθως θεωρεῖται ὡς κενὸς ἦχος, μόνον δὲ διὰ τῆς τεχνικῆς προσμίξεως εἰς αὐτὸν ἀνωτέρων ἁρμονικῶν λαμβάνει ὁ τόνος χαρακτηριστικὴν χροιάν, ἡ ὁποία προκαλεῖ εἰς ἡμᾶς τὸ εὐχάριστον συναίσθημα.

ΚΥΜΑΤΑ

261. Μηχανισμὸς τῆς διαδόσεως τοῦ ἤχου. Κατὰ τὴν μελέτην τοῦ τρόπου τῆς διαδόσεως τοῦ ἤχου εἰσάγεται ἡ ἔννοια τοῦ ***μέσου.*** Τὸ μέσον διαδόσεως θεωροῦμεν, ὅτι δὲν ἀποτελεῖται ἐκ μορίων ἢ ἀτόμων, ἀλλ' ἐκ σωματίων πληρούντων τὸν χῶρον ἄνευ τῆς ὑπάρξεως διακένων. Τὰ σωμάτια τοῦ μέσου θεωροῦμεν πρὸς τούτοις, ὅτι δὲν εἶναι ἀνεξάρτητα ἀπ' ἀλλήλων, ἀλλ' ὅτι συνδέονται μεταξύ των δι' ἐλαστικῶν δυνάμεων, ἤτοι ὅτι εἶναι ***ἐλαστικῶς συνεζευγμένα.*** Δυνάμεθα οὕτω νὰ φαντασθῶμεν, εἰς πρώτην προσέγγισιν, τὴν εἰς τὸ σχῆμα 366 εἰκόνα διὰ τὴν διάταξιν τῶν σωματίων, τὰ ὁποῖα παριστῶνται διὰ μικρῶν σφαιρῶν, ἐνῷ ἡ ἀμοιβαία σύζευξις αὐτῶν 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 πεπερα-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

σμένην ταχύτητα. 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.

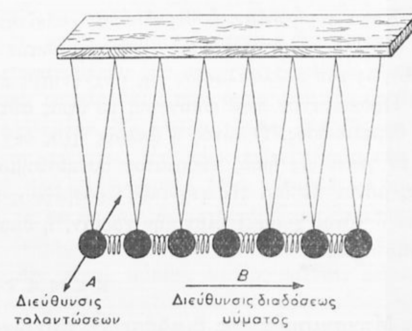


Σχ. 366. Πειραματικὴ διάταξις συζεύξεως σωματίων καὶ ἐξήγησις τῆς γενέσεως διαμήκων κυμάτων.

262. 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.

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. 366) νὰ ἐκτελῇ π.χ. ἁρμονικὴν κίνησιν κατὰ τὴν εὐθεῖαν A, συμπίπτουσαν πρὸς τὴν εὐθεῖαν διαδόσεως τοῦ κύματος B, 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.



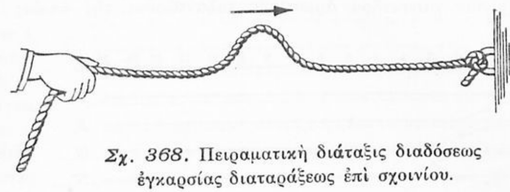
Σχ. 367. Πειραματικὴ διάταξις συζεύξεως σωματίων καὶ ἐξήγησις τῆς γενέσεως ἐγκαρσίων κυμάτων.

Ἐγκάρσια κύματα καλοῦνται ἐκεῖνα, εἰς τὰ ὁποῖα τὰ σωμάτια τοῦ μέσου κινοῦνται κατὰ τὴν εὐθεῖαν A, καθέτως πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς διαδόσεως τοῦ κύματος B. Τοιοῦτον ἐπὶ παραδείγματι κῦμα παράγεται εἰς τὸ σχῆμα 367, ὅταν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τὸ πρῶτον σωμάτιον ἐκτοπισθῇ κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ βέλους A, καθέτου ἐπὶ τὴν διεύθυνσιν διαδόσεως B.

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. 368), 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. 368. Πειραματικὴ 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. § 278). 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.

263*. Κύματα χώρου. Μέχρι τοῦδε ἐξητάσαμεν περιπτώσεις, κατὰ τὰς ὁποίας τὸ κῦμα διαδίδεται μόνον κατὰ μίαν διεύθυνσιν. Ἐὰν ὅμως τὸ μέσον, ἢ ἐν γένει τὸ σῶμα, παρουσιάζῃ τὴν αὐτὴν ἔκτασιν καὶ κατὰ τὰς τρεῖς διαστάσεις αὐτοῦ, πρὸς τούτοις δὲ τὸ μέσον παρουσιάζῃ καθ' ὅλην τὴν ἔκτασιν αὐτοῦ τὰς αὐτὰς ἰδιότητας, δηλ. εἶναι ***ἰσότροπον,*** τότε ἡ διατάραξις ἡ παραγομένη εἴς τινα περιοχὴν τοῦ μέσου διαδίδεται μετὰ τῆς αὐτῆς ταχύτητος κατὰ πάσας τὰς διευθύνσεις καὶ ἐν τοιαύτῃ περιπτώσει λέγομεν, ὅτι ἔχομεν ***κῦμα χώρου.*** Τοιοῦτον π.χ. κῦμα χώρου, τὸ ὁποῖον ἀντιστοιχεῖ εἰς κῦμα πιέσεως, εἶναι τὸ παραγόμενον ἐντὸς τῆς μάζης τοῦ θαλασσίου ὕδατος ὑπὸ βόμβας βυθοῦ. Πράγματι, κατὰ τὴν ἔκρηξιν τῆς βόμβας, παράγεται εἰς τὴν περιοχὴν τῆς ἐκρήξεως ἀπότομος μεταβολὴ τῆς πιέσεως, ἡ ὁποία μεταδίδεται ὑπὸ πεπερασμένην ταχύτητα κατὰ πάσας τὰς διευθύνσεις. Ἐὰν δεχθῶμεν, ὅτι εἰς χρόνον $t = 0$ ἀναφαίνεται ἡ διατάραξις ἐκ τῆς πηγῆς προελεύσεως εἴς τινα περιοχὴν τοῦ μέσου, εἶναι πρόδηλον, ὅτι μετὰ παρέλευσιν χρόνου t αὕτη θὰ ἔχῃ μεταδοθῇ ἐπὶ ἐπιφανείας σφαίρας ἀκτῖνος $r = c \cdot t$ ὅπου c παριστᾷ τὴν ταχύτητα διαδόσεως τῆς διαταράξεως, ἤτοι τὸ διάστημα κατὰ τὸ ὁποῖον αὕτη μεταδίδεται ἐντὸς 1 sec εἰς τὸ θεωρούμενον μέσον. Ἐφ' ὅσον τὸ μέσον εἶναι ***ἰσότροπον,*** εἰς χρόνον t ἡ διατάραξις θὰ ἔχῃ μεταδοθῇ ἐφ' ὅλων τῶν σωματίων τοῦ μέσου τῶν εὑρισκομένων ἐπὶ σφαιρικῆς ἐπιφανείας, ἡ ὁποία καλεῖται ***ἐπιφάνεια κύματος*** καὶ τῆς ὁποίας κέντρον εἶναι τὸ κέντρον τῆς διαταράξεως. Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην τὸ κῦμα καλεῖται ***σφαιρικόν.***

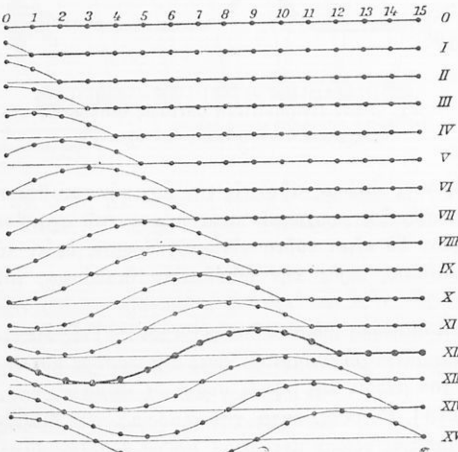
Ἐὰν θεωρήσωμεν μικρὸν τμῆμα τῆς σφαιρικῆς ἐπιφανείας, τὸ ὁποῖον νὰ εὑρίσκεται εἰς μεγάλην ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ κέντρου τῆς διαταράξεως, τότε τὸ τμῆμα τοῦτο δύναται νὰ θεωρηθῇ, ἄνευ αἰσθητοῦ σφάλματος, ὡς ἐπίπεδον κῦμα, διὰ τὸ ὁποῖον τὸ κέντρον διαταρά-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ξεως εὑρίσκεται εἰς ἄπειρον ἀπόστασιν. Ὡς ἀκτῖνα τοῦ κύματος νοοῦμεν πᾶσαν διεύθυνσιν, κατὰ τὴν ὁποίαν τὸ κῦμα διαδίδεται καὶ ἡ ὁποία εἶναι πάντοτε κάθετος ἐπὶ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ κύματος.

264. Περιοδικὰ κύματα. Μῆκος κύματος. ***Οὕτω καλοῦμεν τὰ κύματα τὰ προκαλούμενα εἰς ἓν μέσον ὑπὸ διαταράξεως ἐχούσης περιοδικὸν χαρακτῆρα.*** Ἐὰν ἡ διατάραξις ἔχῃ τὸν χαρακτῆρα ἁρμονικῆς ταλαντώσεως, τῆς ὁποίας ἡ ἐξίσωσις εἶναι τῆς μορφῆς $s = \alpha\, \eta\mu\, \omega t$, τῆς αὐτῆς μορφῆς θὰ εἶναι καὶ τὸ περιοδικὸν κῦμα, τὸ ὁποῖον πολλάκις καλεῖται ***ἁρμονικὸν*** ἢ καὶ ***ἡμιτονοειδὲς κῦμα.***

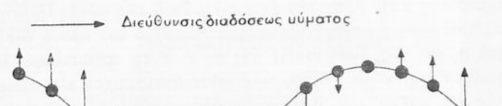
Τὴν γένεσιν ἡμιτονοειδῶν κυμάτων δυνάμεθα νὰ κατανοήσωμεν εὐκόλως διὰ τῆς ἀκολούθου εἰκόνος.



Σχ. 369. Σχηματισμὸς διαδιδομένου ἐγκαρσίου κύματος.

Θεωρήσωμεν κατά τινα διεύθυνσιν τοῦ μέσου 16 σωμάτια διατεταγμένα ἐπὶ εὐθείας εἰς κατάστασιν ἰσορροπίας (σχ. 369). Τὰ σωμάτια ταῦτα, προδήλως, δὲν εἶναι ἀνεξάρτητα ἀπ' ἀλλήλων, ἀλλ' εἶναι συνεζευγμένα μεταξύ των δι' ἐλαστικῶν δυνάμεων.

Ἐὰν τὸ πρῶτον σωμάτιον 0 κατά τινα στιγμὴν τοῦ χρόνου, τὴν ὁποίαν θεωροῦμεν ὡς ἀρχὴν τοῦ χρόνου, λόγῳ οἱασδήποτε αἰτίας ἄρχεται ἐκτελοῦν ἁρμονικὴν κίνησιν περιόδου Τ, κάθετον πρὸς τὴν εὐθεῖαν ἰσορροπίας, τότε μετὰ παρέλευσιν $^1/_{12}$ τῆς περιόδου τὸ σωμάτιον 0 ἔχει ἐκτραπῆ πρὸς τὰ ἄνω, ἐνῷ τὸ 1 εὑρίσκεται ἀκόμη εἰς ἰσορροπίαν (εἰκ. I). Μετὰ παρέλευσιν ἑτέρου $^1/_{12}$ τῆς περιόδου ἡ ἐκτροπὴ τοῦ σωματίου 0 ἔχει γίνει μεγαλυτέρα, ἐνῷ τὸ σωμάτιον 1 μόλις ἄρχεται ἐκτρεπόμενον πρὸς τὰ ἄνω, τὸ δὲ σωμάτιον 2 εὑρίσκεται ἀκόμη εἰς ἠρεμίαν (εἰκὼν II). Μετὰ παρέλευσιν ἑτέρου $^1/_{12}$ τῆς περιόδου τὸ σωμάτιον 0 ἀρχίζει νὰ κατέρχεται, τὸ 1 ἔχει λάβει τὴν μεγίστην πρὸς τὰ ἄνω ἀπόκλισιν, ἐνῷ τὸ σωμάτιον 4 εὑρίσκεται ἀκόμη εἰς ἠρεμίαν (εἰκὼν IV). Παρακολουθοῦντες κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον εἰς τὴν εἰκόνα τὰς στιγμιαίας θέσεις τῶν διαφόρων σωματίων, παρατηροῦμεν, ὅτι ἡ κίνησις, μετὰ παρέλευσιν χρόνου μιᾶς περιόδου ἀπὸ τῆς στιγμῆς καθ' ἣν ἤρχισε νὰ κινῆται τὸ σωμάτιον 0, ἔχει μεταδοθῆ μέχρι τοῦ 12 σωματίου (εἰκὼν XII).



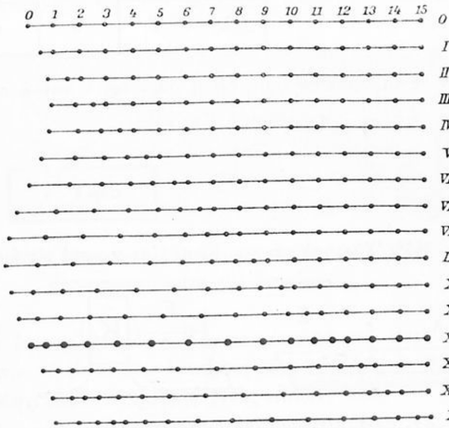
Σχ. 370. Φάσεις κινήσεως σωματίων εἰς ἐγκάρσιον κῦμα κατά τινα χρονικὴν στιγμήν. Τὰ βέλη παριστοῦν τὸ κατὰ τὴν ἰδίαν στιγμὴν μέγεθος τῆς ταχύτητος τῶν σωμάτων.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἡ ἀπόστασις εἰς τὴν ὁποίαν διαδίδεται εἰς τὸ μέσον ἡ ἀρχικὴ διατάραξις, ἐντὸς χρόνου μιᾶς περιόδου, καλεῖται ***μῆκος κύματος***. Μετὰ παρέλευσιν καὶ ἑτέρων 12ων τῆς περιόδου, αἱ στιγμιαῖαι θέσεις τῶν 16 σωματίων εἰκονίζονται εἰς XIII, XIV, XV. Ἐκ τούτου βλέπομεν, ὅτι ***τὸ μῆκος κύματος δύναται νὰ ὁρισθῇ καὶ ὡς ἡ ἀπόστασις μεταξὺ δύο διαδοχικῶν σημείων εὑρισκομένων ὑπὸ τὴν αὐτὴν φάσιν κινήσεως***.

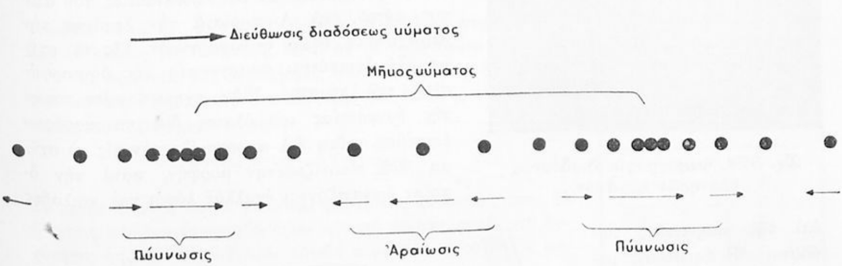
Εἰς τὸ σχῆμα 370 εἰκονίζεται ἡ στιγμιαία εἰκὼν τῶν θέσεων μετὰ τῶν φάσεων τῶν διαφόρων σωματίων κατά τινα χρονικὴν στιγμήν.

Εἰς τὸ σχῆμα 371 δεικνύεται ἡ κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον γένεσις ***διαμήκους κύματος***, εἰς τὸ ὁποῖον τὰ σωμάτια τοῦ μέσου κινοῦνται κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς διαδόσεως. Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην παρατηροῦμεν, ὅτι εἰς ἄλλας μὲν περιοχὰς προκύπτει συμπύκνωσις σωματίων, εἰς ἄλλας δὲ ἀραίωσις.



Σχ. 371. Σχηματισμὸς διαδόσεως διαμήκους κύματος.

Εἰς τὸ σχῆμα 372 εἰκονίζεται ἡ στιγμιαία εἰκὼν τῶν θέσεων μετὰ τῶν φάσεων κινήσεως τῶν διαφόρων σωματίων. 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.



Σχ. 372. Φάσεις κινήσεων σωματίων εἰς διάμηκες κῦμα, κατά τινα χρονικὴν στιγμήν.

Ἐγκάρσια ἐν γένει κύματα γεννῶνται εἰς τὰ στερεὰ σώματα, τὰ ὁποῖα παρουσιάζουν ἐλαστικότητα ὄγκου καὶ ἐλαστικότητα ὀλισθήσεως, ἐνῷ *διαμήκη* κύματα παράγονται εἰς μέσα, τὰ ὁποῖα παρουσιάζουν μόνον ἐλαστικότητα ὄγκου καὶ στεροῦνται ἐλαστικότητος ὀλισθήσεως. Ὡς ἐκ τούτου, 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.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

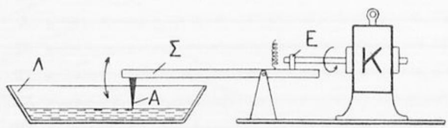
Μεταξὺ μήκους κύματος λ, ταχύτητος διαδόσεως c καὶ περιόδου κινήσεως Τ τῆς διαταράξεως ὑφίσταται ἡ θεμελιώδης σχέσις:

$$\boxed{\lambda = c \cdot T} \quad \text{ἢ} \quad \boxed{c = \lambda / T} \qquad (1)$$

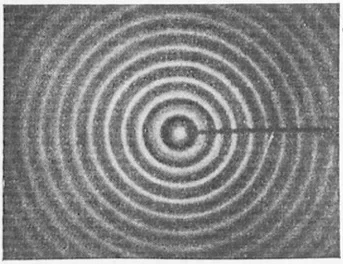
Ἐὰν δὲ λάβωμεν ὑπ᾽ ὄψιν, ὅτι ἡ συχνότης ν καὶ ἡ περίοδος Τ συνδέονται διὰ τῆς σχέσεως $\nu = \frac{1}{T}$, προκύπτει ὁ ἑξῆς τύπος:

$$\boxed{c = \lambda \cdot \nu}$$

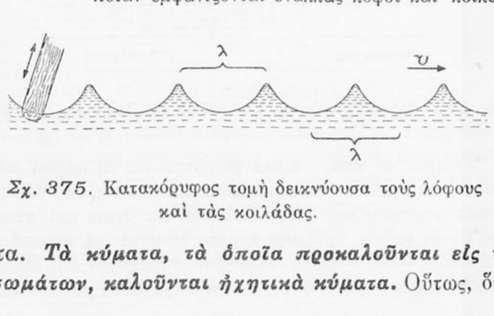
265*. Ὑδατηρὰ κύματα. Εἶναι λίαν γνωστὰ εἰς ἡμᾶς τὰ κύματα τὰ προκαλούμενα διὰ τῆς διαταράξεως περιοχῆς τινος τῆς ἐπιφανείας ἠρεμοῦντος ὑγροῦ. Οὕτως ἐκ πείρας γνωρίζομεν ὅτι, ἐὰν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ἠρεμοῦντος ὑγροῦ ἀφήσωμεν νὰ πέσῃ λίθος, τότε παρατηρεῖται, ὅτι γεννᾶται ἰδιάζουσα κίνησις τῆς μάζης τοῦ ὑγροῦ, ἡ ὁποία ἐκδηλοῦται ὑπὸ μορφὴν συγκεντρικῶν κύκλων, τῶν ὁποίων τὸ κοινὸν κέντρον εὑρίσκεται εἰς τὴν περιοχὴν τῆς διαταράξεως. Πειραματικῶς δυνάμεθα νὰ σπουδάσωμεν τὰ ὑδατηρὰ κύματα διὰ τῆς εἰς τὸ σχῆμα 373 διατάξεως. Οὕτως ὡς πηγὴ διαταράξεως θεωρεῖται ἡ ἀκὶς Α τοῦ σχήματος, ἡ ὁποία τίθεται εἰς παλμικὴν κίνησιν διὰ τοῦ κινητῆρος Κ καὶ τοῦ ἐκκέντρου Ε, τὸ ὁποῖον εἶναι προσηρμοσμένον ἐπὶ προεκτάσεως τοῦ ἄξονος αὐτοῦ, ἐνῷ Λ παριστᾷ τὴν λεκάνην τὴν περιέχουσαν ὕδωρ ἢ ὑδράργυρον. Εἰς τὸ σχῆμα 374 δεικνύεται φωτογραφία τῆς διαμορφώσεως τοῦ κύματος. Ἐὰν σχηματίσωμεν τομὴν τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος διὰ κατακορύφου ἐπιπέδου, αὕτη θὰ παρουσιάζῃ τὴν εἰς τὸ σχῆμα 375 εἰκονιζομένην μορφήν, κατὰ τὴν ὁποίαν ἐμφανίζονται ἐναλλὰξ λόφοι καὶ κοιλάδες ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος. Ἡ ἀπόστασις μεταξὺ τῶν κορυφῶν δύο διαδοχικῶν λόφων καὶ τῶν βαθυτέρων σημείων δύο διαδοχικῶν κοιλάδων καλεῖται ***μῆκος τοῦ κύματος*** (λ).



Σχ. 373. Πειραματικὴ διάταξις παραγωγῆς ὑδατηρῶν κυμάτων.



Σχ. 374. Φωτογραφία διαδόσεως ὑδατηρῶν κυμάτων.

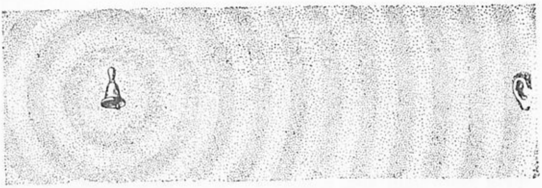


Σχ. 375. Κατακόρυφος τομὴ δεικνύουσα τοὺς λόφους καὶ τὰς κοιλάδας.

266. Ἠχητικὰ κύματα. ***Τὰ κύματα, τὰ ὁποῖα προκαλοῦνται εἰς τὸν ἀέρα ὑπὸ τῶν ἠχογόνων σωμάτων, καλοῦνται ἠχητικὰ κύματα.*** Οὕτως, ὅταν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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. 376). 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. 376. Ἀναλόγως τῆς πυκνότητος τῶν κοκκιδίων ἔχομεν πυκνώματα καὶ ἀραιώματα.

267. Θεωρητικὴ ἔρευνα τῶν κυμάτων. Ἐκ τῶν προηγουμένων (βλ. § 154) γνωρίζομεν ἤδη, ὅτι ἡ κίνησις τῶν μορίων τῶν ἠχογόνων σωμάτων εἶναι ἁπλῆ ἁρμονική, τοιαύτη δὲ εἶναι καὶ ἡ κίνησις τῶν μορίων τοῦ μέσου, ἐντὸς τοῦ ὁποίου διαδίδεται ὁ ἦχος δι' ἠχητικῶν κυμάτων.

Ἐκ τοῦ σχήματος 209 εὑρίσκομεν εὐκόλως, ἂν ληφθῇ ὑπ' ὄψιν ὅτι γων. $AOM = \varphi = \omega t$, ὅτι ἡ ἑκάστοτε ἀπόκλισις s τοῦ κινητοῦ ἀπὸ τοῦ κέντρου 0 τῆς κινήσεως ἐκφράζεται ὑπὸ τῆς σχέσεως:

$$s = \alpha\ \sigma\upsilon\nu\ \omega t = \alpha\ \sigma\upsilon\nu\ 2\pi \frac{t}{T} \qquad (1)$$

γνωστοῦ ὄντος ὅτι $\omega = 2\pi/T$, ὅπου ω ἡ κυκλικὴ συχνότης καὶ T ἡ περίοδος, ἐνῷ α παριστᾷ τὸ πλάτος τῆς κινήσεως, εἶναι δὲ τὰ τρία ταῦτα μεγέθη σταθεραὶ ποσότητες.

Ἡ ἔκφρασις τῆς ἀποκλίσεως δύναται νὰ γίνῃ ἀδιαφόρως εἴτε διὰ τοῦ ημ ωt, εἴτε διὰ τοῦ συν ωt, διότι τοῦτο ἀποτελεῖ ζήτημα ἐκλογῆς τῆς ἀρχῆς τοῦ χρόνου. Πράγματι εἶναι:

$$\sigma\upsilon\nu\ \omega t = \eta\mu\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

Τὸ μέγεθος ωt ἢ 2πt/T καλεῖται ***φάσις*** τῆς κινήσεως, ὅταν δὲ ἡ φάσις περιέχῃ ἐκτὸς τοῦ ὅρου ωt καὶ ἑτέραν σταθερὰν ποσότητα, ὡς π.χ. ἡ $\omega t + \pi/2$, τότε ὁ σταθερὸς προσθετέος καλεῖται ***σταθερὰ φάσεως.***

t			s
0			0
$\frac{\pi}{2\omega}$	ἢ	$\frac{T}{4}$	$+\alpha$
$\frac{\pi}{\omega}$	ἢ	$\frac{T}{2}$	0
$\frac{3\pi}{2\omega}$	ἢ	$\frac{3T}{4}$	$-\alpha$
$\frac{2\pi}{\omega}$	ἢ	T	0

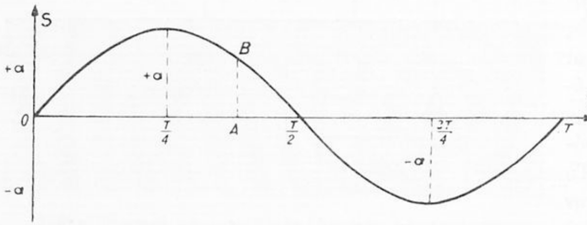
268*. Γραφικὴ παράστασις τῆς ἁρμονικῆς κινήσεως. Ἡ ἐξίσωσις (1) τῆς § 267 ἐπιδέχεται τὴν ἀκόλουθον γραφικὴν παράστασιν:

Ἐὰν εἰς τὸ t δώσωμεν διαφόρους τιμάς, δυνάμεθα ἐκ τοῦ τύπου (1) νὰ εὕρωμεν τὰς ἀντιστοίχους τιμὰς τοῦ s καὶ νὰ σχηματίσωμεν τὸν παραπλεύρως πίνακα. Ἐὰν ἤδη λάβωμεν ὀρθογωνίους ἄξονας καὶ εἰς μὲν τὸν ὁριζόντιον ἄξονα ἀναφέρωμεν ὑπὸ κατάλληλον κλίμακα τὰς τιμὰς τοῦ χρόνου, εἰς δὲ τὸν κατακόρυφον ὑπὸ κατάλληλον ἐπίσης κλίμακα τὰς τιμὰς τοῦ s, τότε ἕκαστον

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ζεῦγος ἀντιστοίχων τιμῶν τῶν s καὶ t θὰ ὁρίζῃ ἓν σημεῖον ἐν τῷ ἐπιπέδῳ, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 377.

Ἐὰν τὰ οὕτω ὁριζόμενα σημεῖα ἑνώσωμεν διὰ συνεχοῦς γραμμῆς, προκύπτει καμπύλη, ἡ ὁποία δεικνύει τὸν νόμον τῆς μεταβολῆς τῆς ἀποκλίσεως μετὰ τοῦ χρόνου, καλεῖται δὲ ***ἡμιτονοειδής***. Οὕτω, ἡ ἀπόκλισις τοῦ κινητοῦ, ἡ ἀντιστοιχοῦσα εἰς τὴν χρονικὴν στιγμὴν ΟΑ, θὰ παρέχεται ὑπὸ τοῦ μήκους ΑΒ καὶ οὕτω καθεξῆς.



Σχ. 377. Γραφικὴ παράστασις τῆς μεταβολῆς τῆς ἀποκλίσεως εἰς ἁρμονικὴν κίνησιν.

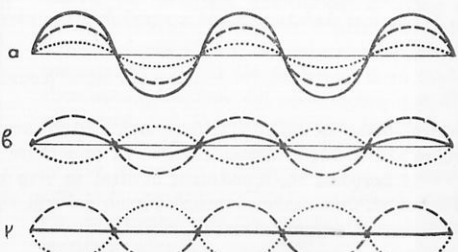
269*. Διαφορὰ φάσεως. Προκειμένου περὶ μιᾶς ἁρμονικῆς κινήσεως, ἡ φάσις αὐτῆς εἶναι ἄνευ σημασίας, ἀποκτᾷ ὅμως σημασίαν, ὅταν ἔχωμεν δύο ἁρμονικὰς κινήσεις. Οὕτω, ἔστωσαν αἱ κινήσεις:

$$s_1 = \alpha_1 \,\text{ημ}\, \omega t = \alpha_1 \,\text{ημ}\, 2\pi \frac{t}{T}$$

$$s_2 = \alpha_2 \,\text{ημ}\, (\omega t + \varphi) = \alpha_2 \,\text{ημ}\, 2\pi \left(\frac{t}{T} + \frac{\varphi}{2\pi} \right)$$

Αἱ δύο αὗται κινήσεις ἔχουν τὴν αὐτὴν κυκλικὴν συχνότητα, ἀλλὰ ἔχουν διάφορα πλάτη καὶ διαφόρους φάσεις καὶ ἑπομένως λέγομεν, ὅτι παρουσιάζουν μεταξύ των ***διαφορὰν φάσεως***.

Ἐὰν λάβωμεν ὑπ' ὄψιν, διὰ τὴν συσχέτισιν τῶν φάσεων, τὴν φάσιν τῆς s_1, τότε λέγομεν ὅτι ἡ s_2 προηγεῖται τῆς s_1 κατὰ τὴν γωνίαν φ, ἤτοι παρουσιάζουν μεταξύ των διαφορὰν φάσεως φ. Ἐὰν ἡ σταθερὰ φάσεως εἶναι μηδέν, αἱ δύο παραστατικαὶ καμπύλαι θὰ εἶναι ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 378 (α), εἰς τὸ ὁποῖον ἡ μία κίνησις παριστᾶται ὑπὸ τῆς κάτω καμπύλης δι' ἐστιγμένης γραμμῆς (.....) καὶ ἡ ἄλλη ὑπὸ τῆς μεσαίας καμπύλης, διὰ διαλειπούσης γραμμῆς (- - -). Λόγῳ τῶν δύο τούτων κινήσεων, τῶν ὁποίων θὰ συμμετέχῃ τὸ κινητόν, αἱ ἀποκλίσεις, τὰς ὁποίας τοῦτο ὑφίσταται, εἶναι διαρκῶς τοῦ αὐτοῦ σημείου.



Σχ. 378. Σύνθεσις δύο ἁρμονικῶν κινήσεων: α) ἐν συμφωνίᾳ φάσεως, β) ἐν ἀντιθέσει φάσεως μὲ ἄνισα πλάτη, γ) ἐν ἀντιθέσει φάσεως μὲ ἴσα πλάτη.

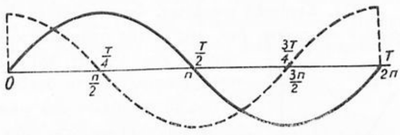
Συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς ἀνεξαρτησίας τῶν κινήσεων (§ 57), θὰ προκύψῃ συνισταμένη κίνησις, τῆς ὁποίας τὸ πλάτος α θὰ ἰσοῦται πρὸς τὸ ἄθροισμα $\alpha_1 + \alpha_2$ τῶν πλατῶν τῶν δύο κινήσεων, ἡ δὲ ἑκάστοτε ἀπόκλισις τοῦ κινητοῦ θὰ ἰσοῦται πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν ἀποκλίσεων ἑκάστης τῶν κινήσεων, ὡς δεικνύεται ὑπὸ τῆς καμπύλης διὰ συνεχοῦς παχείας γραμμῆς (▬▬). Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην λέγομεν, ὅτι αἱ δύο κινήσεις εὑρίσκονται ἐν ***συμφωνίᾳ φάσεως***.

Ἐὰν ὅμως φ = π, τότε αἱ παραστατικαὶ καμπύλαι τῶν δύο κινήσεων θὰ εἶναι διατε-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ταγμέναι ὡς εἰς τὸ σχῆμα 378 (β). Ἐκ τοῦ αὐτοῦ σχήματος βλέπομεν, ὅτι ἐκ τῆς καμπύλης (.....) καὶ τῆς καμπύλης (- - -), αἱ ἀποκλίσεις εἶναι διαρκῶς ἀντιθέτων σημείων καί, εἰς ἑκάστην στιγμὴν τοῦ χρόνου, ἡ συνισταμένη ἀπόκλισις τοῦ κινητοῦ θὰ εἶναι $s = s_1 - s_2$ καὶ τὸ πλάτος τῆς συνισταμένης κινήσεως θὰ εἶναι $\alpha = \alpha_1 - \alpha_2$, ὡς δεικνύεται διὰ τῆς καμπύλης διὰ παχείας γραμμῆς (σχ. 378, β).

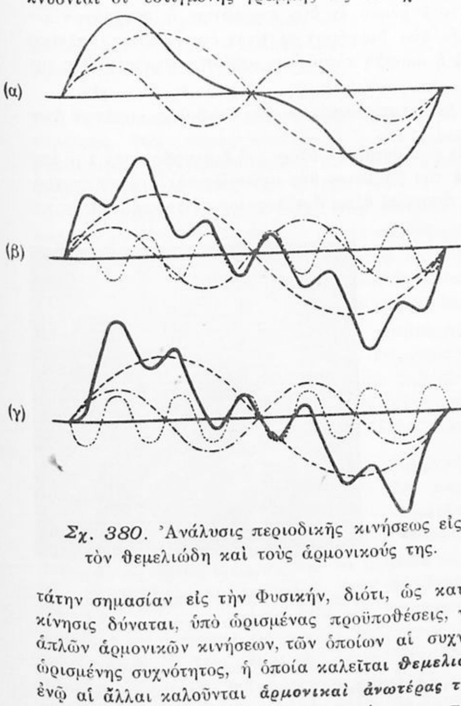
Ἐὰν ὅμως τὰ πλάτη τῶν δύο κινήσεων εἶναι ἴσα, ἤτοι $\alpha_1 = \alpha_2$, τότε θὰ εἶναι $\alpha = 0$ καὶ εἰς ἑκάστην στιγμὴν τοῦ χρόνου θὰ ἔχωμεν $s = 0$, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 378, (γ), διὰ παχείας συνεχοῦς εὐθείας γραμμῆς, ἤτοι τὸ ἀποτέλεσμα τῆς μιᾶς κινήσεως ἐξουδετεροῦται ὑπὸ τοῦ ἀποτελέσματος τῆς ἄλλης. Ὅταν ἡ διαφορὰ φάσεως μεταξὺ τῶν δύο κινήσεων εἶναι π, τότε αἱ δύο κινήσεις λέγομεν, ὅτι εὑρίσκονται εἰς ***ἀντίθεσιν φάσεως***. Εἰς τὸ σχῆμα 379 εἰκονίζονται δύο κινήσεις παρουσιάζουσαι διαφορὰν φάσεως $\pi/2$. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει, ὅτι δύο ἁρμονικαὶ κινήσεις τῆς αὐτῆς περιόδου προστιθέμεναι παρέχουν ὡς συνισταμένην κίνησιν ἐπίσης ἁρμονικὴν (σχ. 378, α, β,).



Σχ. 379. Διάγραμμα δύο ἁρμονικῶν κινήσεων παρουσιαζουσῶν διαφορὰν φάσεως $\pi/2$.

270*. Ἀνάλυσις περιοδικῆς κινήσεως. Θεωρήσωμεν δύο ἁρμονικὰς κινήσεις, ὡς δεικνύονται δι' ἐστιγμένης γραμμῆς εἰς τὸ σχ. 380 (α). Ἡ μία τούτων (- - -) ἔχει περίοδον διπλασίαν, καὶ ἑπομένως συχνότητα τὸ ἥμισυ τῆς ἄλλης (- · - · - ·), ἐνῷ ἔχουν τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν καὶ παρουσιάζουν διάφορα πλάτη.

Δυνάμεθα νὰ εὕρωμεν τὴν μορφὴν τῆς συνισταμένης κινήσεως, ἐὰν προσθέσωμεν ἀλγεβρικῶς τὰς τεταγμένας αὐτῶν διὰ διαφόρους χρονικὰς στιγμὰς καὶ συνδέσωμεν τὰ ἄκρα τῶν τεταγμένων τούτων διὰ συνεχοῦς γραμμῆς. Τότε βλέπομεν, ὅτι πάλιν ἡ συνισταμένη κίνησις, τῆς ὁποίας ἡ ἀπόκλισις μεταβάλλεται κατὰ νόμον (τὸν ὁποῖον δεικνύει ἡ καμπύλη διὰ συνεχοῦς γραμμῆς), εἶναι κίνησις περιοδική, ἀλλ' ὄχι πλέον ἁρμονική.



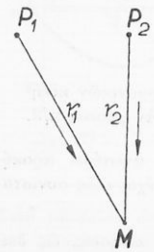
Σχ. 380. Ἀνάλυσις περιοδικῆς κινήσεως εἰς τὸν θεμελιώδη καὶ τοὺς ἁρμονικούς της.

Ἀντιστρόφως ἐπίσης ἡ περιοδικὴ κίνησις, ἡ ὁποία παριστᾶται διὰ τῆς πλήρους γραμμῆς (σχ. 380, α) δύναται ν' ἀναλυθῇ εἰς τὰς δύο ἁρμονικὰς κινήσεις, αἱ ὁποῖαι παριστῶνται εἰς τὸ σχῆμα αὐτὸ δι' ἐστιγμένων γραμμῶν. Ἕνεκα τοῦ ἀνωτέρω λόγου, ἡ σπουδὴ τῆς ἁρμονικῆς κινήσεως ἔχει σπουδαιοτάτην σημασίαν εἰς τὴν Φυσικήν, διότι, ὡς κατέδειξεν ὁ **Fourier**, οἱαδήποτε περιοδικὴ κίνησις δύναται, ὑπὸ ὡρισμένας προϋποθέσεις, νὰ ἀναλυθῇ εἰς ἄθροισμα πολλῶν ἄλλων ἁπλῶν ἁρμονικῶν κινήσεων, τῶν ὁποίων αἱ συχνότητες εἶναι ἀκέραια πολλαπλάσια μιᾶς ὡρισμένης συχνότητος, ἡ ὁποία καλεῖται ***θεμελιώδης*** ἢ κατὰ συνθήκην ***πρώτη ἁρμονική***, ἐνῷ αἱ ἄλλαι καλοῦνται ***ἁρμονικαὶ ἀνωτέρας τάξεως***. Οὕτως εἰς τὸ σχῆμα 380 (α), δεικνύεται διὰ παχείας γραμμῆς ἡ προκύπτουσα περιοδικὴ κίνησις διὰ τῆς προσθέσεως τῆς

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

θεμελιώδους ἢ πρώτης ἁρμονικῆς καὶ τῆς δευτέρας, εἰς τὸ 380 (β), ἡ προκύπτουσα κίνησις διὰ προσθέσεως τῆς 1ης, 2ας καὶ 6ης, καὶ εἰς τὸ σχῆμα 380 (γ), ἡ κίνησις ἡ προκύπτουσα ἐκ τῆς 1ης, 2ας καὶ 6ης, ἀλλ' ὑπὸ διαφορὰν φάσεως διάφορον ἢ εἰς 380 (β). Ἀντιστοίχως, αἱ περιοδικαὶ κινήσεις, αἱ παριστώμεναι ὑπὸ τῶν καμπύλων διὰ παχείας γραμμῆς, δύνανται ν' ἀναλυθοῦν εἰς ἁπλᾶς ἁρμονικὰς κινήσεις, αἱ ὁποῖαι εἰκονίζονται δι' ἐστιγμένων γραμμῶν.

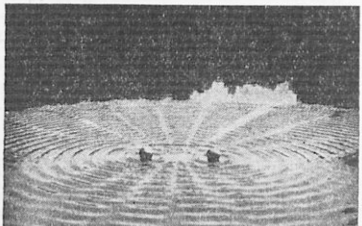
271. Συμβολὴ κυμάτων. Φαντασθῶμεν, ὅτι εἰς ἓν μέσον ὑφίστανται δύο πηγαὶ διαταράξεων *σύγχρονοι*, δηλ. τῆς αὐτῆς περιόδου καὶ τῆς αὐτῆς φάσεως, ἐντοπισμέναι εἰς δύο κέντρα P_1 καὶ P_2 (σχ. 381). Εἶναι φανερόν, ὅτι ἐξ ἑκάστου κέντρου θὰ προέρχωνται κύματα διαδιδόμενα κατὰ πάσας τὰς διευθύνσεις καὶ ἑπομένως τὸ σωμάτιον τοῦ μέσου M θὰ προσβάλλεται κατὰ τὴν αὐτὴν στιγμὴν τοῦ χρόνου ὑπὸ τῶν κυμάτων τῶν προερχομένων ἐξ ἀμφοτέρων τῶν κέντρων P_1 καὶ P_2. Ὡς ἐκ τούτου, ἡ κίνησις τοῦ σωματίου εἰς M, συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς ἀνεξαρτησίας τῶν κινήσεων (§ 57), θὰ εἶναι ἡ συνισταμένη τῶν κινήσεων, τὰς ὁποίας θὰ ἐξετέλει, ἐὰν προσεβάλλετο ὑπὸ τοῦ ἑνὸς μόνον κύματος. Συμφώνως ὅμως πρὸς τὰ ἐν § 268, ἐὰν αἱ δύο κινήσεις φθάνουν εἰς M ἐν συμφωνίᾳ φάσεως, θὰ ἐνισχύωνται ἀμοιβαίως, ἐνῷ ἐὰν φθάνουν ὑπὸ ἀντίθεσιν φάσεως, ἡ μία θὰ ἀντιτίθεται εἰς τὴν ἄλλην καὶ μάλιστα, ἐὰν τὰ πλάτη τῶν κινήσεων εἶναι ἴσα, τὸ σημεῖον M θὰ παραμένῃ ἀκίνητον. Τὸ φαινόμενον τῆς προσβολῆς τοῦ σημείου M τοῦ μέσου ἐκ δύο συμφώνων ἢ συγχρόνων κυμάτων, προερχομένων ἐκ δύο διαφόρων κέντρων διαταράξεως, καλεῖται ***συμβολὴ κυμάτων*** καὶ ἡ σπουδὴ αὐτοῦ ἔχει μεγίστην σημασίαν εἰς τὴν Φυσικήν.



Σχ. 381. Διὰ τὴν ἐξήγησιν τῆς συμβολῆς κυμάτων.

272*. Συμβολὴ ὑδατηρῶν κυμάτων. Διὰ τὴν κατανόησιν τῆς συμβολῆς κυμάτων ἀναχωροῦμεν ἀπὸ τοῦ ἀκολούθου πειράματος.

Ἐντὸς εὐρείας λεκάνης (βλ. σχ. 373) 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 περιοχάς, 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 σω-

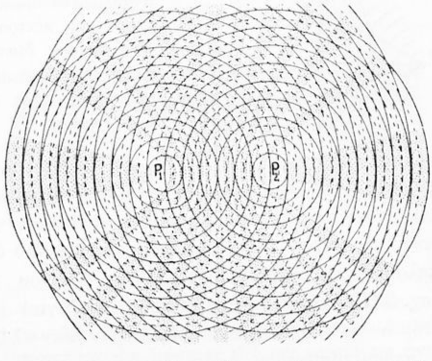


Σχ. 382. Φωτογραφία ἐκ συμβολῆς δύο ὑδατηρῶν κυμάτων.

Σχ. 383. Μεγέθυνσις τμήματος τῆς εἰκόνος τοῦ σχήματος 382.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

μάτια, 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 τὰς περιοχὰς ὅπου τὰ σωματίδια κινοῦνται ζωηρῶς, αἱ διαταράξεις αἱ προερχόμεναι ὑπὸ τῶν δύο κέντρων 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 382 αἱ περιοχαί, ὅπου τὰ σωματίδια κινοῦνται ζωηρῶς, δεικνύονται ὑπὸ τῶν στενῶν σκιερῶν λωρίδων. Εἰς τὰς περιοχάς, 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 382 αἱ περιοχαί, ὅπου τὰ σωμάτια ἀκινητοῦν, δεικνύεται ὑπὸ τῶν φωτεινῶν λωρίδων.



Σχ. 384. Σχηματικὴ παράστασις (στιγμιότυπον) τῶν σημείων τοῦ χώρου, ὅπου παρατηρεῖται ἐνίσχυσις καὶ ἐξασθένησις τῶν κυμάτων.

Οὕτω διὰ τῶν ὑδατηρῶν κυμάτων δυνάμεθα ν᾽ ἀντιληφθῶμεν σαφῶς τὸ φαινόμενον τῆς συμβολῆς.

Εἰς τὸ σχῆμα 384, τὰ P_1 καὶ P_2 παριστοῦν δύο κέντρα διαταράξεως, ἤτοι πηγὰς κυμάτων ὁμοίας πρὸς τὴν προηγουμένως περιγραφεῖσαν (σχ. 382). Τὰ ἐξ αὐτῶν προερχόμενα κύματα κατά τινα στιγμὴν παριστῶνται διὰ τῶν συγκεντρικῶν περιφερειῶν κύκλου, ἐκ τῶν ὁποίων αἱ μὲν εἰκονιζόμεναι διὰ παχείας γραμμῆς ἀντιστοιχοῦν εἰς λόφους, ἐνῷ αἱ διὰ λεπτῆς γραμμῆς ἀντιστοιχοῦν εἰς κοιλάδας καὶ ἑπομένως ἡ ἀπόστασις δύο διαδοχικῶν δι᾽ ὁμοίας γραμμῆς κύκλων ἰσοῦται πρὸς τὸ μῆκος τοῦ κύματος.

Ὁ γεωμετρικὸς τόπος τῶν σημείων, εἰς τὰ ὁποῖα παρατηρεῖται ἐνίσχυσις τῆς κινήσεως τῶν σωματίων τοῦ ὕδατος, παριστᾶται ὑπὸ τῶν σκιασμένων περιοχῶν, ἐνῷ ὁ γεωμετρικὸς τόπος τῶν σημείων, εἰς τὰ ὁποῖα ἡ μία κίνησις ἀναιρεῖ τὴν ἄλλην, εἰκονίζεται ὑπὸ τῶν μὴ σκιασμένων περιοχῶν.

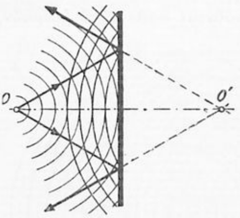
Σχ. 385. Κατὰ μῆκος τῶν ἐστιγμένων γραμμῶν ἔχομεν ἐνίσχυσιν, ἐνῷ διὰ τὰς ἐνδιαμέσους θέσεις ἔχομεν ἀπόσβεσιν.

273. 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.

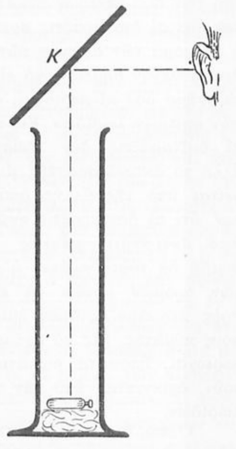
Τὴν συμβολὴν τῶν ἠχητικῶν κυμάτων δυνάμεθα νὰ δείξωμεν πειραματικῶς διὰ τῆς ἀκολούθου διατάξεως: Ἐπὶ τραπέζης τοποθετοῦμεν εἰς μικρὰν ἀπόστασιν ἀπ᾽ ἀλλήλων (περίπου 1 μέτρου) δύο ὅμοια τηλέφωνα T_1, T_2 (σχ. 385), τὰ ὁποῖα διεγείρομεν, ὥστε νὰ παράγουν ἦχον. Ἐὰν περιφερώμεθα εἰς ἀπόστασιν 2-3 μέτρων πέριξ τῶν τηλεφώνων, ἀντιλαμβανόμεθα εἰς ὡρισμένας μὲν θέσεις ἦχον ἰσχυρόν, εἰς ἄλλας δὲ ἦχον ἀσθενῆ.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

274. 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 συγκεντρωτικῶν κύκλων, τὰ ὁποῖα διαδίδονται περαιτέρω καί, 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 Ο, ἀλλὰ τὸ συμμετρικὸν σημεῖον αὐτοῦ ὡς πρὸς τὸ τοίχωμα τῆς λεκάνης Ο΄ (σχ. 386).



Σχ. 386. Ἀνάκλασις κυμάτων.



Σχ. 387. Ἀνάκλασις τοῦ ἤχου ὡρολογίου.

275. Ἀνάκλασις ἠχητικῶν κυμάτων. Ἠχώ. Τὴν ἀνάκλασιν τῶν ἠχητικῶν κυμάτων ἀντιλαμβανόμεθα διὰ τοῦ ἀκολούθου ἁπλουστάτου πειράματος: Ἐντὸς ὑαλίνου κυλίνδρου (σχ. 387) τοποθετοῦμεν μικρὸν ὡρολόγιον καὶ εἰς τὸ στόμιον τοῦ κυλίνδρου τοποθετοῦμεν μίαν πλάκα Κ, 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.

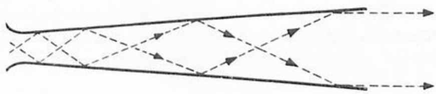
Ἀρίστην ὅμως ἀπόδειξιν τῆς ἀνακλάσεως τῶν ἠχητικῶν κυμάτων ἢ ἄλλως τοῦ ἤχου ἀποτελεῖ τὸ φαινόμενον τῆς ἠχοῦς.

Ἐν γένει ***ἠχὼ*** παράγεται, ὁσάκις ἦχος ἀνακλᾶται ἐπὶ κωλύματος, τὸ ὁποῖον ἀπέχει ἐκ τῆς ἠχογόνου πηγῆς περισσότερον ἀπὸ 17 μέτρα. Οὕτω, 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 ἀντανακλάσεως 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

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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. 388. 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. 388). 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.

276. Πολυσύλλαβος ἠχώ. Ὑποθέσωμεν, ὅτι ἡ λειτουργία τῆς ἠχογόνου πηγῆς δὲν εἶναι βραχυτάτης διαρκείας, ἀλλὰ διαρκεῖ π.χ. ἐπὶ $^1/_{10}$ sec, ὅτε ὁ ἦχος, τὸν ὁποῖον ἀντιλαμβανόμεθα, θὰ διαρκῇ $1/10+1/10 = 1/5$ sec καί, διὰ νὰ ἔχωμεν σαφῆ ἠχὼ ὑπὸ τὰς ἀνωτέρω συνθήκας, πρέπει νὰ παρέρχεται τοὐλάχιστον χρονικὸν διάστημα 1/5 sec μεταξὺ τῆς ἐκπομπῆς τῶν ἀπ' εὐθείας κυμάτων καὶ τῶν ἐπιστρεφόντων ἐξ ἀνακλάσεως. Εἰς 1/5 sec ὅμως ὁ ἦχος διανύει ἀπόστασιν $340/5 = 68$ m καὶ ἑπομένως, διὰ ν' ἀκουσθῇ σαφὴς ἠχώ, πρέπει τὸ ἀνακλαστικὸν κώλυμα ν' ἀπέχῃ τοὐλάχιστον 34 m ἀπὸ τῆς ἠχογόνου πηγῆς. Ἀνάλογος ὑπολογισμὸς δύναται νὰ γίνῃ διὰ ἦχον μεγαλυτέρας διαρκείας τοῦ 1/10 sec.

Ἐὰν παρατηρητὴς ἐκφωνῇ συλλαβὰς ὑπὸ ρυθμὸν μεγαλύτερον τῶν πέντε κατὰ δευτερόλεπτον, αὗται δὲν δύνανται νὰ διακριθοῦν ἀπ' ἀλλήλων, τοῦτο δὲ δηλοῖ ὅτι ἡ ἐντύπωσις τῆς συλλαβῆς διαρκεῖ ἐπὶ 1/5 τοῦ δευτερολέπτου. Ἐπειδὴ εἰς τὸ χρονικὸν τοῦτο διάστημα ἀντιστοιχεῖ, ὡς εἴδομεν, ἀπόστασις διαδόσεως τοῦ ἤχου 68 m, πρέπει, διὰ νὰ ἀκουσθῇ ἠχώ, τὸ ἀνακλαστικὸν κώλυμα νὰ εὑρίσκεται εἰς ἀπόστασιν 34 m. Ἐὰν ὅμως ὁ παρατηρητὴς ἐκφωνῇ τὰς συλλαβὰς ὑπὸ ρυθμὸν 5 κατὰ δευτερόλεπτον καὶ αἴφνης παύσῃ νὰ ὁμιλῇ, τότε, ἐὰν ἡ ἀπόστασις τοῦ ἀνακλαστικοῦ κωλύματος εἶναι 34 m, θὰ ἀντιληφθῇ ὡς ἠχὼ μόνον τὴν τελευταίαν συλλαβήν. Ἐὰν προτίθεται οὗτος ν' ἀκούσῃ π ο λ υ σ ύ λ λ α β ο ν ἠ χ ὼ π.χ. ἐκ x συλλαβῶν, ἡ ἀπόστασις αὐτοῦ ἀπὸ τοῦ ἀνακλαστικοῦ κωλύματος πρέπει νὰ εἶναι $34 \cdot x$ μέτρα.

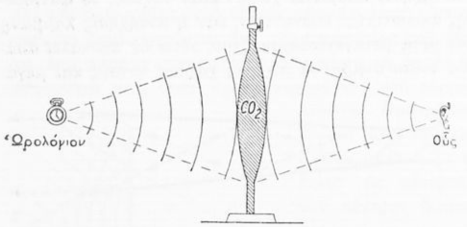
Παράδειγμα. Ἄνθρωπος εὑρισκόμενος πρὸ ἀνακλαστικοῦ κωλύματος ἐκφωνεῖ συλλαβὰς ὑπὸ τὸν ρυθμὸν πέντε συλλαβῶν κατὰ δευτερόλεπτον. Ἐὰν ἀντιλαμβάνεται τὰς τελευταίας τέσσαρας συλλαβὰς ὡς ἠχώ, πόση ἡ ἀπόστασις αὐτοῦ ἀπὸ τοῦ κωλύματος.

Συμφώνως πρὸς τ' ἀνωτέρω λεχθέντα διὰ τὴν πολυσύλλαβον ἠχώ, ἡ ἀπόστασις αὐτοῦ ἀπὸ τοῦ κωλύματος θὰ εἶναι : $34 \cdot 4 = 136$ m.

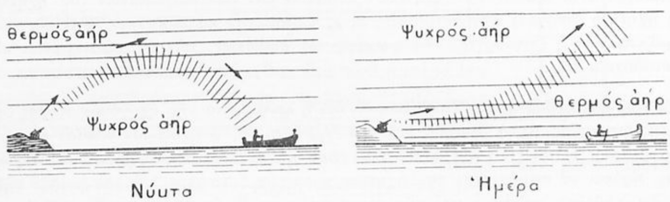
277*. Διάθλασις τῶν ἠχητικῶν κυμάτων. Πειραματικῶς δυνάμεθα νὰ ἀποδείξωμεν τὴν διάθλασιν τῶν ἠχητικῶν κυμάτων διὰ τῆς κατασκευῆς φακοῦ ἐκ λεπτοῦ χάρτου ἢ λεπτῆς ἐλαστικῆς μεμβράνης, τὸν ὁποῖον πληροῦμεν διὰ CO_2 (σχ. 389). Ἐὰν ἀφήσωμεν νὰ προσπέσῃ ἐπὶ τοῦ φακοῦ τούτου δέσμη ἀκουστικῶν ἀκτίνων, παρατηροῦμεν, ὅτι αὗται συγκεντροῦνται ἐπὶ ὡρισμένου σημείου πρὸς τὸ ἕτερον μέρος τοῦ φακοῦ, ὡς ἀκριβῶς συμβαίνει καὶ εἰς τὰς συνήθεις ὀπτικὰς ἀκτῖνας, ὅταν προσπίπτουν ἐπὶ συγκλίνοντος φακοῦ.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἐκ τοῦ φαινομένου τῆς διαθλάσεως καὶ ἀνακλάσεως τῶν ἠχητικῶν κυμάτων ἐξηγοῦνται διάφορα φαινόμενα, ὡς π. χ. αἱ παρατηρούμεναι ***ζῶναι σιγῆς***. Τὸν σχηματισμὸν τῆς ζώνης σιγῆς δεικνύει τὸ σχῆμα 390, ὅπου ἐν καιρῷ νυκτὸς κύματα προερχόμενα ἐκ τῆς ἠχογόνου πηγῆς (π. χ. πυροβόλου), λόγῳ τῆς διαθλάσεως καὶ ὁλικῆς ἀνακλάσεως ἐπὶ τῶν ἀνωτέρων στρωμάτων θερμοῦ ἀέρος, ὅπου ἡ ταχύτης διαδόσεως τῶν ἠχητικῶν κυμάτων καθίσταται μεγαλυτέρα, ὁ ἦχος καθίσταται ἀντιληπτὸς ἐκ μεγάλης ἀποστάσεως, ὅπου δὲν ἀνεμένετο, ἐνῷ εἰς τὸν μεταξὺ χῶρον δημιουργοῦνται περιοχαὶ σιγῆς. Τὸ ἀντίστροφον συμβαίνει ἐν καιρῷ ἡμέρας, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ ἕτερον σχῆμα. Ἐκ τοῦ φαινομένου τούτου, διὰ πειραματισμοῦ μὲ βαρεῖς ἤχους προερχομένους ἐκ βαρέων πυροβόλων, φαίνεται ὅτι κατὰ μεγάλην πιθανότητα εἰς τὴν στρατόσφαιραν — εἰς ὕψος 40 - 60 km —, ὑφίστανται λίαν θερμὰ στρώματα ἀέρος.



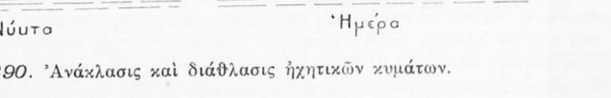
Σχ. 389. Διάθλασις κυμάτων διὰ φακοῦ CO_2.



Σχ. 390. Ἀνάκλασις καὶ διάθλασις ἠχητικῶν κυμάτων.

278. 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 368, ἐπὶ ἀκλονήτου σημείου, ἐνῷ κρατοῦντες τὸ ἄλλο ἄκρον διὰ τῆς χειρὸς μεταδίδομεν εἰς αὐτὸ παλμικὴν κίνησιν κινοῦντες καταλλήλως τὴν χεῖρά 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 391 δει-



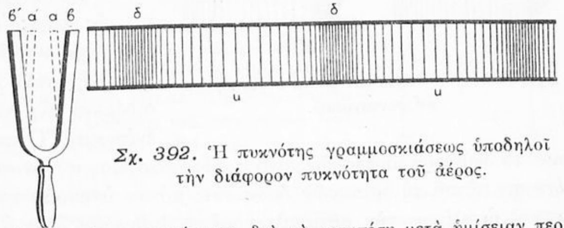
Σχ. 391. Μορφὴ στασίμων κυμάτων. K_1, K_2, K_3, K_4 κοιλίαι, Δ_1, Δ_2, Δ_3, Δ_4 δεσμοί.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

κυομένην μορφήν. 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.

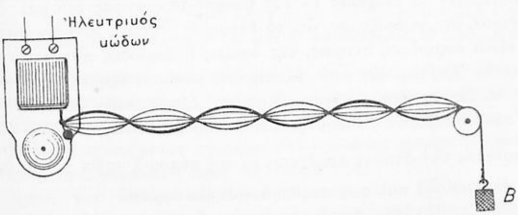
Ἡ ἀνωτέρω περίπτωσις ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν παραγωγὴν στασίμων κυμάτων, ὅταν τὰ δύο διαδιδόμενα κύματα εἶναι ἐγκάρσια. Ἀνάλογον ὅμως φαινόμενον δυνάμεθα νὰ παρατηρήσωμεν καὶ ἐπὶ ***διαμήκων κυμάτων***, ὡς π. χ. εἰς ἀέριον στήλην περικλειομένην ἐντὸς σωλῆνος, ὅτε σχηματίζονται περιοχαί, ὅπου ἡ πυκνότης παραμένει σταθερὰ καὶ ἄλλαι, ὅπου ἡ πυκνότης μεταβάλλεται ἐντὸς εὐρέων ὁρίων ἀρχίζουσα ἀπὸ μεγίστης πυκνότητος διὰ νὰ μεταπέσῃ μετὰ ἡμίσειαν περίοδον εἰς ἐλαχίστην (σχ. 392). Ἡ ἀπόστασις δὲ μεταξὺ δύο διαδοχικῶν μεγίστων πυκνότητος ἢ δύο διαδοχικῶν ἐλαχίστων πυκνότητος ἰσοῦται ἐπίσης πρὸς τὸ ἥμισυ τοῦ μήκους κύματος. Τ' ἀνωτέρω κύματα ἐκλήθησαν ***στάσιμα***, διότι αἱ κοιλίαι καὶ οἱ δεσμοὶ διατηροῦν ἀμετάβλητον θέσιν εἰς τὸ μέσον.



Σχ. 392. Ἡ πυκνότης γραμμοσκιάσεως ὑποδηλοῖ τὴν διάφορον πυκνότητα τοῦ ἀέρος.

279. Πειραματικὴ διάταξις στασίμων κυμάτων. Ἡ πειραματικὴ ἐπίδειξις τῶν στασίμων κυμάτων γίνεται διὰ τῆς ***συσκευῆς τοῦ* Melde**, τῆς ὁποίας ἁπλούστατον τύπον δεικνύει τὸ σχῆμα 393.

Ἐπὶ τοῦ πλήκτρου συνήθους ἠλεκτρικοῦ κώδωνος συνδέομεν νῆμα συνήθως ἐκ βάμβακος, τοῦ ὁποίου τὸ ἄκρον διέρχεται διὰ τροχαλίας καὶ φορτίζεται ὑπὸ μικροῦ βάρους, ἵνα τὸ νῆμα διαταθῇ ἐλαφρῶς. Ἐὰν κλείσωμεν τὸ ἠλεκτρικὸν κύκλωμα, τὸ πλῆκτρον δονεῖται διεγεῖρον κύμανσιν τοῦ νήματος, ἡ ὁποία διαδιδομένη μέχρι τοῦ ἄλλου ἄκρου τοῦ νήματος ἀνακλᾶται καὶ ἐπιστρέφει πρὸς τὰ ὀπίσω, οὕτω δὲ ἐκ συμβολῆς τῶν δύο κυμάτων τοῦ ἀπ' εὐθείας καὶ ἐξ ἀνακλάσεως δημιουργοῦνται τὰ στάσιμα κύματα, ὡς δεικνύεται ἐκ τῶν ἀναφαινομένων δεσμῶν καὶ κοιλιῶν. Διὰ μεταβολῆς τῆς συχνότητος τῆς κινήσεως τοῦ πλήκτρου, ἤτοι διὰ μεταβολῆς τοῦ τείνοντος βάρους, δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν διαφόρους διαμορφώσεις τῆς χορδῆς.



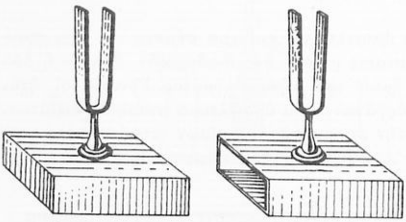
Σχ. 393. Ἁπλῆ διάταξις στασίμων κυμάτων.

280. 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. 394).

Ἐὰν διεγείρωμεν καταλλήλως τὸ ἓν τῶν διαπασῶν, ὥστε νὰ παράγῃ ἦχον,

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τότε βλέπομεν, ὅτι καὶ τὸ δεύτερον διαπασῶν τίθεται ὁμοίως εἰς δόνησιν. Ἐὰν ὅμως ἀντικαταστήσωμεν τὸ διαπασῶν II δι᾽ ἑτέρου διαφόρου συχνότητος καὶ ἐπαναλάβωμεν τὸ πείραμα, βλέπομεν ὅτι τὸ διαπασῶν II δὲν τίθεται εἰς δόνησιν. Διὰ τὴν ἐπιτυχίαν τοῦ πειράματος εἶναι ἀπαραίτητος ἡ τοποθέτησις τῶν δύο διαπασῶν ἐπὶ δύο ὁμοίων ξυλίνων κιβωτίων (ἀντηχείων).



Σχ. 394. 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 τὸ ἕνα σῶμα δύναται νὰ παραλαμβάνῃ ἐκ τοῦ ἄλλου μέγιστον ποσὸν ἐνεργείας.

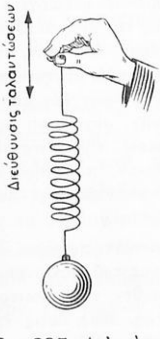
Πρὸς καλυτέραν κατανόησιν τοῦ φαινομένου τοῦ συντονισμοῦ ἀναχωροῦμεν ἐκ τοῦ ἀκολούθου πειράματος. Ἐὰν ἐξετάσωμεν τὴν περίπτωσιν τοῦ ἁπλοῦ ἐκκρεμοῦς (§ 149), παρατηροῦμεν, ὅτι ἐν ἀρχῇ ἐκτοπίζομεν τὸ ἐκκρεμὲς ἐκ τῆς θέσεως ἰσορροπίας του καὶ ἀκολούθως ἀφήνομεν αὐτὸ ἐλεύθερον, ὅτε γνωρίζομεν, ὅτι τὸ ἐκκρεμὲς ἐκτελεῖ κίνησιν αἰωρήσεων, ἡ ὁποία ἐδείξαμεν, ὅτι εἶναι περιοδικὴ κίνησις, τῆς ὁποίας ἡ περίοδος παρέχεται ὑπὸ τοῦ γνωστοῦ τύπου τοῦ ἐκκρεμοῦς. Ἐπίσης, ἐὰν ἀπὸ ἐλατηρίου, μονίμως ἐξηρτημένου κατὰ τὸ ἓν ἄκρον, ἐξαρτήσωμεν εἰς τὸ ἕτερον ἄκρον σῶμα μάζης m, ἐκτοπίσωμεν δὲ κατακορύφως τὸ σῶμα καὶ ἀφήσωμεν αὐτὸ ἀκολούθως ἐλεύθερον, παρατηροῦμεν, ὅτι τὸ σῶμα ἐκτελεῖ κίνησιν ταλαντώσεων, ἡ περίοδος τῶν ὁποίων παρέχεται ἐκ τοῦ τύπου $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{c}}$, ὅπου m ἡ μᾶζα τοῦ σώματος (καὶ ἐλατηρίου) καὶ c ἡ σταθερὰ τοῦ ἐλατηρίου.

Εἰς ἀμφοτέρας τὰς ἀνωτέρω περιπτώσεις, κατὰ τὰς ὁποίας διεγείρομεν ἀρχικῶς τὸ σύστημα καὶ ἀκολούθως ἀφήνομεν αὐτὸ ἐλεύθερον, βλέπομεν, ὅτι τοῦτο ἐκτελεῖ ταλαντώσεις, τῶν ὁποίων ἡ περίοδος καθορίζεται ἁπλῶς ἐξ ὡρισμένων φυσικῶν σταθερῶν τοῦ συστήματος. Ἐν τοιαύτῃ περιπτώσει λέγομεν, ὅτι τὸ σύστημα ἐκτελεῖ ***ἐλευθέρας ταλαντώσεις*** ἢ ὅτι ταλαντεύεται ἐλευθέρως. Ἡ περίοδος τοῦ συστήματος καλεῖται ***ἰδία ἢ φυσικὴ περίοδος***, ὁμοίως ἡ συχνότης αὐτοῦ καλεῖται ***ἰδία ἢ φυσικὴ συχνότης***.

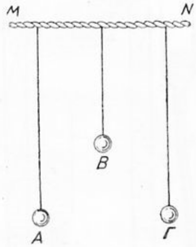
Φαντασθῶμεν ἤδη, ὅτι τὸ σπειροειδὲς ἐλατήριον τοῦ σχήματος 395 δὲν ἐξαρτᾶται ἀπὸ ἀκλονήτου σημείου, ἀλλὰ κρατεῖται ὑπὸ τῆς χειρός μας, ἡ ὁποία δὲν παραμένει ἀκίνητος ἀλλ᾽ ἐκτελεῖ κατακορύφως κίνησιν παλινδρομικήν, ἥτις δεχόμεθα ὅτι εἶναι ἁρμονική. Ἡ κίνησις αὕτη μεταδίδεται προδήλως καὶ εἰς τὸ σύστημα τοῦ ἐλατηρίου, ὡς καὶ ἐπὶ τῆς ἀπ᾽ αὐτοῦ ἐξηρτημένης μάζης, τὸ ὁποῖον εἰδικώτερον καλεῖται ***συντονιστής***, πρὸς διάκρισιν ἀπὸ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τῆς χειρὸς ἡμῶν, ἡ ὁποία, ὡς διεγείρουσα τὴν κίνησιν τοῦ συστήματος, καλεῖται ***διεγέρτης***. Εἶναι φανερόν, ὅτι ἡ περιοδικὴ αὕτη διέγερσις, ἡ ὁποία ἐπενεργεῖ συνεχῶς ἐπὶ τοῦ συντονιστοῦ, ὅστις, ὡς ἐκ τῶν προηγουμένων γνωρίζομεν, ἀποτελεῖ ταλαντευόμενον σύστημα ἔχον ὡρισμένην φυσικὴν περίοδον ἢ συχνότητα, ἐξαναγκάζει αὐτὸν νὰ κινηθῇ, οὕτω δὲ παρατηροῦμεν, ὅτι ὁ συντονιστὴς ἄρχεται νὰ ταλαντεύεται· ἀλλ' ἐὰν μετρήσωμεν τὴν περίοδον τῆς κινήσεως αὐτοῦ, βλέπομεν, ὅτι αὕτη εἶναι διάφορος τῆς φυσικῆς αὐτοῦ περιόδου. Ἐν τοιαύτῃ περιπτώσει λέγομεν, ὅτι ὁ συντονιστὴς δὲν ἐκτελεῖ ἐλευθέρας ταλαντώσεις, ἀλλὰ ***βεβιασμένας*** ἢ ***ἐξηναγκασμένας***. Ἐὰν ὅμως μεταβάλωμεν τὴν συχνότητα τῆς κινήσεως τῆς χειρός μας, εἰς τρόπον ὥστε αὕτη νὰ πλησιάζῃ ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον τὴν φυσικὴν συχνότητα τῆς κινήσεως τοῦ συντονιστοῦ, τότε παρατηροῦμεν, ὅτι τὸ πλάτος τῆς κινήσεως τοῦ συντονιστοῦ ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον αὐξάνεται, ὅταν δὲ ἡ συχνότης τῆς κινήσεως τῆς χειρός μας συμπέσῃ πρὸς τὴν φυσικὴν συχνότητα τοῦ συντονιστοῦ, τὸ πλάτος τῆς κινήσεως αὐτοῦ καθίσταται μέγιστον. Ἐν τοιαύτῃ περιπτώσει λέγομεν, ὅτι μεταξὺ διεγέρτου καὶ συντονιστοῦ ὑφίσταται ***συντονισμός***.



Σχ. 395. Διὰ τὴν σπουδὴν τοῦ συντονισμοῦ.



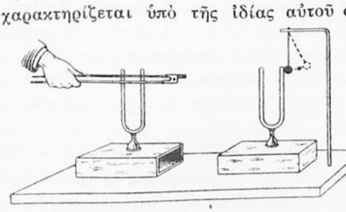
Σχ. 396. Διάταξις συντονισμοῦ μὲ ἐκκρεμῆ.

Λίαν διδακτικὸν πείραμα διὰ τὸν συντονισμὸν δεικνύει τὸ σχῆμα 396. Ἀπὸ τοῦ σχοινίου ΜΝ ἐξαρτῶμεν τρία ἐκκρεμῆ Α, Β, Γ ἐκ τῶν ὁποίων τὰ Α καὶ Γ εὑρίσκονται ἐν συντονισμῷ, διότι ἔχουν τὴν αὐτὴν περίοδον.

Ἐὰν ἐκτοπίσωμεν τὸ ἐκκρεμὲς Α ἀπὸ τῆς θέσεως ἰσορροπίας καὶ ἀφήσωμεν αὐτὸ ἀκολούθως ἐλεύθερον, τότε ἐνέργεια μεταβιβάζεται ἐκ τοῦ ἐκκρεμοῦς Α μέσῳ τοῦ σχοινίου ΜΝ εἰς τὰ ἐκκρεμῆ Β καὶ Γ. Ἐπειδὴ ὅμως τὸ ἐκκρεμὲς Γ εἶναι συντονισμένον πρὸς τὸ Α, προσλαμβάνει τὴν μεταδιδομένην ἐνέργειαν καὶ ἄρχεται κινούμενον μὲ αὐξανόμενον πλάτος αἰωρήσεως, ἐνῷ τὸ πλάτος τοῦ Α ἐλαττοῦται. Ὅταν τὸ πλάτος τοῦ Α μηδενισθῇ, ὅτε τοῦτο ἠρεμεῖ προσκαίρως, τὸ πλάτος τοῦ Γ ἔχει μεγίστην τιμήν. Ἀκολούθως ἡ ἐνέργεια μεταδίδεται ἐκ τοῦ Γ πρὸς τὸ Α κ.ο.κ. Καθ' ὅλην ὅμως τὴν διάρκειαν τῆς ἐναλλαγῆς τῆς ἐνεργείας μεταξὺ τῶν συντονισμένων ἐκκρεμῶν Α καὶ Γ τὸ ἐκκρεμὲς Β παραμένει ἀπαθές, δηλαδὴ ἀκίνητον.

281. Ἐφαρμογὴ τοῦ φαινομένου τοῦ συντονισμοῦ εἰς τὴν Ἀκουστικήν. Τὸ φαινόμενον τοῦ συντονισμοῦ, τὸ ὁποῖον εἰς γενικὰς γραμμὰς ἐξητάσαμεν ἤδη ἀνωτέρω, εὑρίσκει σπουδαιοτάτην ἐφαρμογὴν εἰς τὴν Ἀκουστικήν. Ὡς γνωστόν, διαπασῶν ὡς ἠχογόνος πηγὴ ἀποτελεῖ ταλαντευόμενον σύστημα καὶ ἑπομένως χαρακτηρίζεται ὑπὸ τῆς ἰδίας αὐτοῦ συχνότητος, ἥτις συμπίπτει πρὸς τὴν συχνότητα τοῦ ἤχου, τὸν ὁποῖον παράγει. Συμφώνως πρὸς τὰ ἐκτιθέμενα εἰς τὴν γενικὴν σπουδὴν τοῦ συντονισμοῦ, δύο διαπασῶν λέγομεν, ὅτι εὑρίσκονται εἰς συντονισμόν, ὅταν ἔχουν τὴν ἰδίαν φυσικὴν συχνότητα.

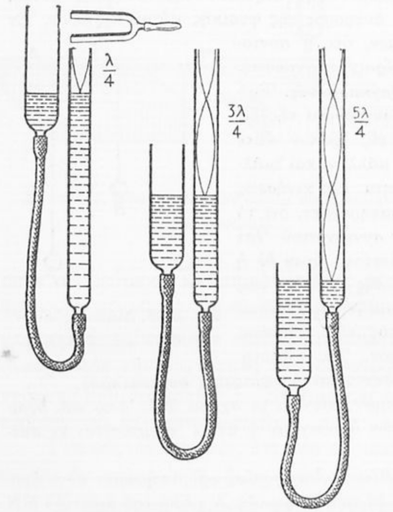
Τὴν σημασίαν τοῦ συντονισμοῦ εἰς τὴν Ἀκουστικὴν καταδεικνύει τὸ ἀκόλουθον πείραμα. Ἐὰν ἐντὸς δωματίου τοποθετήσωμεν διαπασῶν, ὡς τὸ τοῦ σχήματος 397, καὶ εἰς ἀπόστασίν τινα ἀπ' αὐτοῦ τοποθετήσωμεν ἕτερον διαπασῶν, τὸ ὁποῖον νὰ εὑρίσκεται εἰς συντονισμὸν πρὸς τὸ πρῶτον, δηλ. ἀμφότερα τὰ διαπασῶν νὰ ἔχουν τὴν αὐτὴν φυσικὴν



Σχ. 397. Ὅταν διεγερθῇ τὸ ἓν διαπασῶν μηχανικῶς διεγείρεται καὶ τὸ ἕτερον λόγῳ τοῦ συντονισμοῦ.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

συχνότητα, παρατηροῦμεν ὅτι, ἐὰν διεγείρωμεν τὸ ἓν τῶν διαπασῶν ὥστε νὰ παράγῃ ἦχον, τότε καὶ τὸ δεύτερον διεγείρεται καὶ παράγει ἐπίσης ἦχον. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἐξηγεῖται διὰ τῆς παραδοχῆς, ὅτι τὰ δύο διαπασῶν δὲν εἶναι ἀνεξάρτητα ἀπ' ἀλλήλων, ἀλλ' εἶναι συνεζευγμένα διὰ τοῦ μεταξὺ αὐτῶν παρεμβαλλομένου ἀέρος καὶ ἑπομένως ἡ ἐνέργεια ἐκ τοῦ ἑνὸς διαπασῶν μεταβιβάζεται εἰς τὸ ἕτερον, ἡ δὲ μεταβίβασις αὕτη τῆς ἐνεργείας συντελεῖται ὑπὸ τὴν καλυτέραν ἀπόδοσιν, ὅταν τὰ δύο διαπασῶν εὑρίσκωνται εἰς συντονισμόν. Ἐὰν ὅμως τὸ δεύτερον διαπασῶν δὲν παρουσιάζῃ τὴν αὐτὴν φυσικὴν συχνότητα πρὸς τὸ πρῶτον, ἡ μεταβίβασις τῆς ἐνεργείας γίνεται ὑπὸ κακὴν ἀπόδοσιν, παρατηροῦμεν δὲ ὅτι τὸ δεύτερον διαπασῶν εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην δὲν διεγείρεται.



Σχ. 398. Ἐνίσχυσις τοῦ ἤχου παράγεται, ὅταν ἡ ἀέριος στήλη τοῦ δοχείου ἰσοῦται πρὸ 1/4, 3/4, 5/4 τοῦ μήκους κύματος.

Ἕτερον χαρακτηριστικὸν πείραμα διὰ τὴν ἀπόδειξιν τῆς σημασίας τοῦ συντονισμοῦ εἶναι τὸ ἀκόλουθον. Ἄνωθεν τοῦ ἀνωτέρου ἄκρου ὑαλίνου σωλῆνος (σχ. 398), ὅστις ἔχει διάμετρον ὀλίγων ἑκατοστῶν καὶ ὁ ὁποῖος εἶναι πλήρης ὕδατος καὶ συγκοινωνεῖ δι' ἐλαστικοῦ σωλῆνος διὰ τοῦ κατωτέρου ἄκρου αὐτοῦ πρὸς μικρὰν δεξαμενὴν ὕδατος, τοποθετοῦμεν διαπασῶν, τὸ ὁποῖον παράγει ἦχον γνωστῆς συχνότητος. Ἐὰν μεταβάλωμεν δι' ἀνυψώσεως ἢ καταβιβάσεως τῆς δεξαμενῆς τὴν στάθμην τοῦ ὕδατος καὶ ἑπομένως τὸ μῆκος τῆς ἀερίου στήλης τῆς εὑρισκομένης ἄνωθεν τῆς στάθμης τοῦ ὕδατος, τότε παρατηροῦμεν ὅτι, μόνον ὅταν ἡ στήλη λάβῃ ὡρισμένον μῆκος, ἐξαρτώμενον ἐκ τῆς συχνότητος τοῦ ἤχου τοῦ διαπασῶν, αὕτη συνηχεῖ μετ' αὐτοῦ, οὕτω δὲ ἀκούομεν ἔντονον ἦχον. Διὰ μετρήσεως τοῦ μήκους τῆς ἀερίου στήλης, καθ' ἣν παρατηρεῖται ἡ συνήχησις, δυνάμεθα νὰ καθορίσωμεν τὸ μῆκος τοῦ κύματος.

282. Συγκροτήσεις ἢ διακροτήματα. Ἐφ' ὅσον αἱ συχνότητες δύο διαπασῶν ἐν διεγέρσει δὲν συμπίπτουν, ἀκούομεν περιοδικῶς μέγιστα καὶ ἐλάχιστα, καλεῖται δὲ τὸ φαινόμενον τοῦτο ***συγκροτήσεις*** ἢ ***διακροτήματα.*** Ὅταν αἱ δύο συχνότητες πλησιάζουν νὰ γίνουν ἴσαι, τότε αἱ συγκροτήσεις διαδέχονται ἀλλήλας πολὺ βραδέως. Ἐφ' ὅσον ὅμως ἡ διαφορὰ συχνοτήτων αὐξάνεται, ἡ διαδοχὴ τῶν συγκροτήσεων γίνεται ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον ταχυτέρα καὶ τέλος αὗται μίγνυνται εἰς ἕνα ἦχον, ὁ ὁποῖος καλεῖται ***ἦχος ἐκ διαφορᾶς*** καὶ ἔχει μικροτέραν συχνότητα ἀπὸ τὰς συχνότητας τῶν δύο ἤχων, οἱ ὁποῖοι συντελοῦν εἰς τὴν γένεσιν αὐτοῦ. Ἀνάλογον πείραμα δυνάμεθα νὰ πραγματοποιήσωμεν καὶ διὰ δύο χορδῶν.

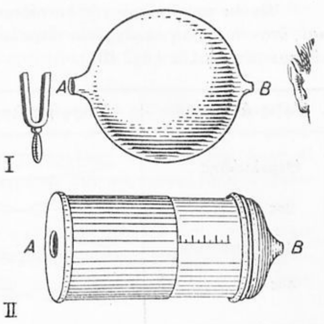
283. Ἀντηχεῖα. Διὰ τὴν ἐνίσχυσιν τοῦ ἤχου τῶν διαπασῶν χρησιμοποιοῦμεν τὰ ***ἀντηχεῖα.*** Ἁπλούστατον τύπον ἀντηχείου ἀποτελεῖ τὸ ξύλινον κιβώτιον, ἐπὶ τοῦ ὁποίου στηρίζεται τὸ διαπασῶν (σχ. 394) καὶ τὸ ὁποῖον εἶναι ἀνοικτὸν κατὰ τὸ ἓν μέρος.

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 ἀντη-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

χείου, ὅταν διεγείρεται, νὰ δύναται νὰ παραγάγῃ ἦχον τῆς αὐτῆς συχνότητος πρὸς τὸν τοῦ διαπασῶν. Μὲ ἄλλους λόγους παράγεται ἐνίσχυσις τοῦ ἤχου, ὅταν ὁ ἀέριος ὄγκος τοῦ ἀντηχείου καὶ τὸ διαπασῶν εὑρίσκωνται ἐν συντονισμῷ.

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. 399, I) καὶ τὸ **ἀντηχεῖον τοῦ König** (σχ. 399, II), εἰς τὸ ὁποῖον μάλιστα δυνάμεθα νὰ μεταβάλλωμεν τὸν ὄγκον τῆς ἀερίου στήλης, δηλαδὴ νὰ μεταβάλλωμεν τὴν συχνότητα τοῦ ἤχου, τὴν ὁποίαν αὕτη δύναται νὰ παράγῃ.

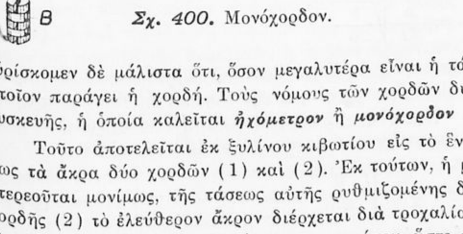


Σχ. 399. Ἀντηχεῖα. I, Helmholtz. II, König.

284. 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. 400. Μονόχορδον.

Ἐπίσης ἐὰν ἐξετάσωμεν ὡρισμένην χορδὴν οἱουδήποτε ἐγχόρδου ὀργάνου, ὡς π.χ. τοῦ πιάνου, βλέπομεν ὅτι ἡ συχνότης τοῦ ἤχου, τὸν ὁποῖον παράγει, ἐξαρτᾶται καὶ ἐκ τῆς τάσεως τῆς χορδῆς, ὡς τοῦτο παρατηροῦμεν, ἐὰν μεταβάλωμεν 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. 400).

Τοῦτο ἀποτελεῖται ἐκ ξυλίνου κιβωτίου 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 σπουδῆς τῶν χορδῶν δεικνύεται, ὅτι ἐπ' αὐτῆς ἀναπτύσσονται

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

στάσιμα κύματα καὶ ὅτι μία χορδὴ ἀναλόγως τοῦ τρόπου διεγέρσεως αὐτῆς δύναται νὰ παρέχῃ εἴτε τὸν θεμελιώδη (ἢ πρῶτον ἁρμονικόν), εἴτε οἱονδήποτε ἄλλον ἁρμονικὸν ἀνωτέρας τάξεως, ἤτοι ἡ χορδὴ παρέχει τὸν θεμελιώδη καὶ ὅλους τοὺς ἁρμονικοὺς ἤχους.

Ὡς ἐκ τοῦ τρόπου τῆς διατάξεως τῆς χορδῆς τὰ δύο ἄκρα αὐτῆς ἀποτελοῦν δεσμοὺς καί, ὅταν ἡ χορδὴ παρέχῃ τὸν θεμελιώδη ἢ πρῶτον ἁρμονικόν, ἐπὶ τοῦ μέσου αὐτῆς σχηματίζεται μία κοιλία (σχ. 401).

Τάξις ἁρμονικῶν	Μορφὴ ταλαντώσεως	Μῆκος κύματος	Συχνότης
Θεμελιώδης		λ_1	ν_1
2ος ἁρμονικὸς		$\lambda_2 = {}^1/_2\,\lambda_1$	$2\nu_1$
3ος ἁρμονικὸς		$\lambda_3 = {}^1/_3\,\lambda_1$	$3\nu_1$
4ος ἁρμονικὸς		$\lambda_4 = {}^1/_4\,\lambda_1$	$4\nu_1$

Σχ. 401. Χορδὴ παράγουσα ἁρμονικοὺς ἀνωτέρας τάξεως.

Ἐὰν διὰ λ_1 καλέσωμεν τὸ μῆκος κύματος τοῦ θεμελιώδους καὶ διὰ l τὸ μῆκος τῆς χορδῆς, εἶναι $\lambda_1 = 2l$.

Ὅταν ἡ χορδὴ παρέχῃ τὸν ἁρμονικὸν δευτέρας τάξεως, ἡ διαμόρφωσις τῆς χορδῆς εἶναι τοιαύτη, ὥστε νὰ ἐμφανίζωνται τρεῖς δεσμοὶ καὶ δύο κοιλίαι· εἶναι δὲ τότε $\lambda_2 = l = \frac{1}{2}\lambda_1$ καὶ γενικῶς διὰ τὸν ἁρμονικὸν τάξεως n θὰ εἶναι $\lambda_n = \frac{1}{n}\lambda_1 = \frac{2l}{n}$ (σχ. 401).

Ἐκ τῆς θεωρητικῆς σπουδῆς τῶν χορδῶν δεικνύεται, ὅτι ἡ ταχύτης διαδόσεως ἐγκαρσίου κύματος κατὰ μῆκος χορδῆς ἐκφράζεται ὑπὸ τύπου:

$$c = \sqrt{\frac{F}{\delta}} \qquad (1)$$

ὅπου F ἡ τείνουσα τὴν χορδὴν δύναμις καὶ δ ἡ γραμμικὴ πυκνότης τῆς χορδῆς, δηλ. ἡ μᾶζα ἡ ἀντιστοιχοῦσα εἰς μῆκος τῆς χορδῆς ἴσον πρὸς τὴν μονάδα. Οὕτω, ἐὰν m ἡ μᾶζα τῆς χορδῆς καὶ l τὸ μῆκος αὐτῆς, εἶναι $\delta = m/l$.

Ἐὰν λάβωμεν ὑπ' ὄψιν, ὅτι διὰ τὸν ἁρμονικὸν τάξεως n ἰσχύει ἡ σχέσις $\nu_n = c \cdot \lambda_n$ ὅπου ν_n ἡ συχνότης αὐτοῦ καὶ c ἡ ταχύτης διαδόσεως, εὑρίσκομεν $\nu_n = c/\lambda_n$. Ἐὰν δὲ πρὸς τούτοις λάβωμεν ὑπ' ὄψιν, ὅτι $\lambda_n = 2l/n$, τότε ὁ τύπος (1) δύναται νὰ γραφῇ ὑπὸ τὴν μορφήν:

$$\nu_n = \frac{n}{2l}\sqrt{\frac{F}{\delta}} \qquad (2)$$

Ὁ τύπος οὗτος δύναται νὰ τροποποιηθῇ ὡς ἑξῆς. Ἐὰν διὰ l καλέσωμεν τὸ μῆκος τῆς χορδῆς, διὰ r τὴν ἀκτῖνα αὐτῆς καὶ ρ τὴν πυκνότητα τῆς ὕλης ἐξ ἧς ἀποτελεῖται, θὰ εἶναι $m = \pi r^2 \cdot l \cdot \rho$, ὅπου m ἡ μᾶζα τῆς χορδῆς. Ἐπειδὴ δὲ $\delta = m/l$, προκύπτει $\delta = \pi r^2 \rho$ καὶ ἐὰν τὴν τιμὴν ταύτην τοῦ δ ἀντικαταστήσωμεν εἰς τὸν τύπον (2), προκύπτει:

$$\nu_n = \frac{n}{2lr}\sqrt{\frac{F}{\pi \cdot \rho}} \qquad (3)$$

Ἐκ τῆς σχέσεως (2) συνάγομεν τοὺς ἀκολούθους νόμους τῶν χορδῶν:

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

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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 τεινούσης δυνάμεως τῆς χορδῆς.*** Δηλαδὴ ἐὰν χορδὴ ὑπὸ τείνουσαν δύναμιν 4 kgr* παρέχῃ ἦχον συχνότητος 100 παλμῶν κατὰ sec, διὰ ν' ἀνυψώσωμεν τὴν συχνότητα εἰς 200 παλμοὺς κατὰ sec ἀπαιτεῖται τείνουσα δύναμις 16 kgr*.

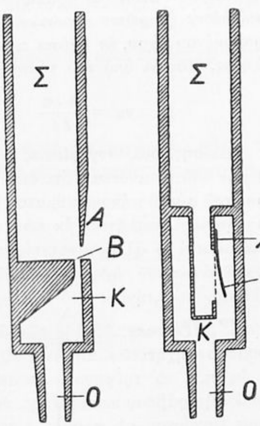
3) ***Ἡ συχνότης εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος τῆς τετραγωνικῆς ρίζης τῆς γραμμικῆς πυκνότητος.*** Τοῦτο παρατηροῦμεν εἰς τὰ ἔγχορδα ὄργανα, ὅπου αἱ παχύτεραι χορδαὶ παράγουν βαρυτέρους φθόγγους τῶν ἄλλων. Ἐπίσης τοῦτο παρατηροῦμεν εἰς τὸ πιάνο, ὅπου αἱ χορδαὶ αἱ παράγουσαι τοὺς βαρεῖς ἤχους εἶναι περιειλιγμέναι διὰ σύρματος πρὸς αὔξησιν τοῦ βάρους αὐτῶν.

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. ***Χορδὴ μήκους 110 cm καὶ μάζης 160 gr ὑφίσταται τάσιν 7,64 · 10⁷ Dyn. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ συχνότης τοῦ ὑπ' αὐτῆς παραγομένου θεμελιώδους ἤχου.***

Ἡ γραμμικὴ πυκνότης τῆς χορδῆς εἶναι 160 / 110 = 1,45 gr/cm, ἐνῷ διὰ τὸν θεμελιώδη ἦχον εἶναι n = 1, ἑπομένως:

$$\nu = \frac{n}{2l}\sqrt{\frac{F}{\delta}} = \frac{1}{2 \cdot 110}\sqrt{\frac{7{,}64 \cdot 10^7}{1{,}45}} = 33 \ \mathrm{sec}^{-1}$$

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.*** Εἰς τὸν σωλῆνα τοῦ σχήματος 402 ὁ ἀήρ, εἰσερχόμενος διὰ τοῦ Ο εἰς Κ, ἐξέρχεται διὰ τοῦ στομίου εἰς Β, ὅτε εἰς τὸ χεῖλος Α δημιουργεῖται ἑστία διαταράξεως τῆς ἀερίου στήλης. Εἰς τὸν σωλῆνα τοῦ σχήματος 403 ὁ ἀὴρ εἰσχωρεῖ διὰ τοῦ Ο καὶ ἐμβάλλει εἰς παλμικὴν κίνησιν τὴν γλωττίδα ΑΓ.



Σχ. 402. *Σχ. 403.*

Ἠχητικὸς σωλὴν διεγειρόμενος διὰ στομίου (σχ. 402) ἢ διὰ γλωττίδος (σχ. 403).

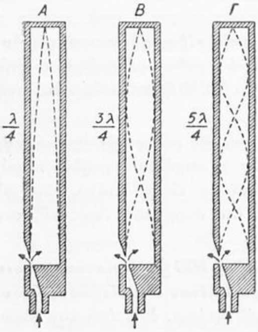
Ἡ παραγωγὴ ἤχου ὑπὸ ἠχητικοῦ σωλῆνος ἐξηγεῖται ἐπὶ τῇ βάσει τῆς θεωρίας τῶν στασίμων κυμάτων. Εἰς τοὺς κλειστοὺς κατὰ τὸ ἄνω ἄκρον σωλῆνας ἡ περιοχὴ αὕτη ἀντιστοιχεῖ εἰς δεσμὸν καὶ τὸ κάτω μέρος, ἐκ τοῦ ὁποίου διεγείρεται ὁ σωλήν, ἀποτελεῖ κοιλίαν. Εἰς τὸν σωλῆνα ἀναφαίνονται δεσμοὶ καὶ κοιλίαι, τῶν 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 404 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.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει, ὅτι: ***κλειστὸς ἠχητικὸς σωλὴν δύναται νὰ παρέχῃ τὸν θεμελιώδη ἦχον καὶ τοὺς ἁρμονικοὺς περιττῆς τάξεως.*** Ἡ συχνότης ν_n τοῦ παρεχομένου ἤχου ἐν σχέσει πρὸς τὸ μῆκος τοῦ σωλῆνος l δίδεται ὑπὸ τοῦ τύπου:

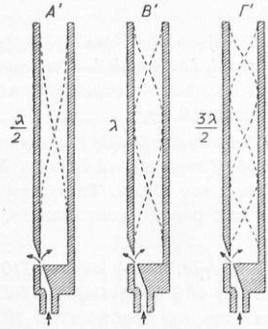
$$\nu_n = \frac{(2n-1)c}{4l}$$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ὅπου c ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ ἤχου ἐντὸς τῆς ἀερίου στήλης καὶ ν_n ἡ συχνότης τοῦ ἁρμονικοῦ. Εἰς τὴν 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 405 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.



Σχ. 404. Κλειστοὶ ἠχητικοὶ σωλῆνες.



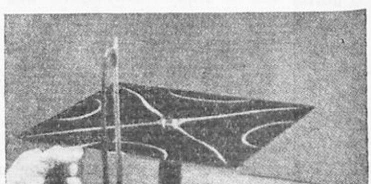
Σχ. 405. Ἀνοικτοὶ ἠχητικοὶ σωλῆνες.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει, ὅτι *ἀνοικτὸς ἠχητικὸς σωλὴν δύναται νὰ παρέχῃ, ἐκτὸς τοῦ θεμελιώδους ἢ πρώτου ἁρμονικοῦ ἤχου, καὶ ὅλους τοὺς λοιποὺς ἁρμονικούς.* Ἡ συχνότης ν_n τοῦ παραγομένου ἤχου, ἐν σχέσει πρὸς τὸ μῆκος l σωλῆνος, δίδεται ὑπὸ τοῦ τύπου:

$$\nu_n = \frac{n \cdot c}{2l}$$

Ἐπίσης, διὰ συγκρίσεως τῶν σχημάτων 404 καὶ 405 δεικνύεται, ὅτι διὰ νὰ παράγουν ἤχους τοῦ αὐτοῦ μήκους κύματος ἢ συχνότητος, δύο ἠχητικοὶ σωλῆνες, ἐκ τῶν ὁποίων ὁ εἷς κλειστὸς καὶ ὁ ἄλλος ἀνοικτός, πρέπει τὸ μῆκος τοῦ ἀνοικτοῦ ἠχητικοῦ σωλῆνος νὰ εἶναι διπλάσιον τοῦ μήκους τοῦ κλειστοῦ.

Γ′. Πλάκες. Ἐκτὸς τῶν ἀνωτέρω ἀναφερομένων ἠχητικῶν πηγῶν ὑπάρχουν καὶ ἄλλαι, ὡς π.χ. τὸ τρίγωνον, ἀποτελούμενον ἐκ μεταλλικῆς ῥάβδου κεκαμμένης, ὥστε νὰ λάβῃ σχῆμα τριγώνου, αἱ πλάκες (gong), οἱ κώδωνες, οἱ ὁποῖοι ἀποτελοῦνται ἐκ καταλλήλως διαμορφωμένων πλακῶν καὶ τὰ διάφορα τύμπανα.



Σχ. 406. Διὰ λευκοῦ χρώματος παριστῶνται αἱ δεσμικαὶ γραμμαί. Ἡ διέγερσις γίνεται διὰ τόξου συρομένου εἰς τὸ χεῖλος τῆς πλακός.

Ἐπὶ τῆς μεταλλικῆς πλακὸς (σχ. 406) κατὰ τὴν κατάλληλον διέγερσιν αὐτῆς παράγονται κύματα ἐγκάρσια (δηλ. τὰ σωματίδια τῆς πλακὸς δονοῦνται κατὰ διεύθυνσιν κάθετον ἐπ' αὐτήν), τὰ ὁποῖα ἀνακλώμενα εἰς τὰ πέρατα τῆς πλακὸς δημιουργοῦν στάσιμα κύματα. Ἀντὶ δεσμικῶν σημείων ἐμφανίζονται ἐπὶ τῆς πλακὸς δ ε σ μ ι κ α ὶ γ ρ α μ μ α ί, τὸ σχῆμα δὲ αὐτῶν ποικίλλει ἀναλόγως τοῦ τρόπου διεγέρσεως. Εἰς τὸ σχῆμα 406 δεικνύεται

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἡ μορφὴ τῶν δεσμικῶν γραμμῶν, ὅταν ἡ πλὰξ διεγείρεται κατά τινα ὡρισμένον τρόπον.

Πρὸς τοῦτο ἐπὶ μεταλλικῆς πλακὸς διασπείρεται ὁμοιομόρφως λευκὴ ἄμμος καὶ μὲ τὴν βοήθειαν τόξου διεγείρομεν τὴν χορδήν, ὥστε νὰ παράγῃ ἦχον, ὅτε βλέπομεν, ὅτι ἡ ἄμμος συσσωρεύεται ἀναλόγως τοῦ παραγομένου ἤχου ὑπὸ τῆς πλακὸς εἰς ὡρισμένας θέσεις. Αἱ περιοχαὶ ὅπου συσσωρεύεται ἡ ἄμμος δεικνύουν τὰς δεσμικὰς γραμμάς, ὅπου τὰ σωμάτια τῆς πλακὸς παραμένουν ἀκίνητα. Τὰ οὕτω προκύπτοντα σχήματα εἶναι γνωστὰ ὡς ***σχήματα τοῦ* Chladni** (Χλάντνι).

285*. Ἀρχὴ **Doppler**. ***Ἐπίδρασις τῆς κινήσεως ἐπὶ τοῦ ὕψους τοῦ ἤχου.*** Ὅταν ἠχογόνον σῶμα εὑρίσκεται ἐν κινήσει ἐν σχέσει πρὸς παρατηρητήν, τὸ ὕψος τοῦ ἤχου, τὸ ὁποῖον ἀντιλαμβάνεται οὗτος, εἶναι ἐν γένει διάφορον τοῦ ὕψους τοῦ ἤχου, τὸ ὁποῖον πράγματι παράγει τὸ ἠχογόνον σῶμα· τὸ φαινόμενον τοῦτο ἠρευνήθη ὑπὸ τοῦ **Doppler καὶ** ἐκλήθη ***ἀρχὴ ἢ φαινόμενον* Doppler.**

Ἐπειδὴ τὸ ὕψος τοῦ ἤχου ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ ἀριθμοῦ τῶν κυμάτων, τὰ ὁποῖα δέχεται τὸ οὖς εἰς ἓν δευτερόλεπτον, ἐὰν μὲν ἡ ἠχογόνος πηγὴ ἡ ἐκπέμπουσα ἦχον συχνότητος ν καὶ κινουμένη ὑπὸ ταχύτητα υ πλησιάζει ἢ ἀπομακρύνεται ἀπὸ ἀκίνητον παρατηρητήν, ἡ συχνότης τοῦ ὑπὸ τοῦ παρατηρητοῦ ἀντιλαμβανομένου ἤχου εἶναι:

$$\nu' = \nu \frac{\upsilon}{V \pm \upsilon}$$

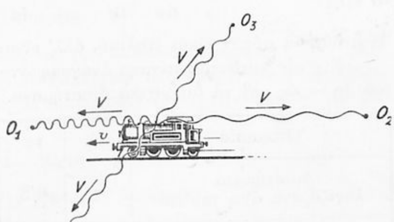
ὅπου V ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ ἤχου, ἐνῷ τὸ σημεῖον (+) ἰσχύει, ὅταν ἡ ἠχογόνος πηγὴ πλησιάζῃ πρὸς τὸν παρατηρητήν, ὅτε οὗτος θ' ἀντιλαμβάνεται ἦχον ὀξύτερον, ἐνῷ τὸ σημεῖον (—) ἰσχύει, ὅταν ἡ ἠχογόνος πηγὴ ἀπομακρύνεται, ὅτε ὁ παρατηρητὴς θ' ἀντιλαμβάνεται ἦχον βαρύτερον.

Ἐὰν ὁ παρατηρητὴς κινῆται καὶ ἡ πηγὴ παραμένῃ ἀκίνητος, τότε θὰ ἰσχύῃ ὁ τύπος:

$$\nu' = \nu \frac{V \pm \upsilon}{V}$$

ὅπου τὸ σημεῖον (+) ἰσχύει διὰ παρατηρητὴν πλησιάζοντα πρὸς τὴν πηγήν, ὅτε οὗτος θ' ἀντιλαμβάνεται ἦχον ὀξύτερον, ἐνῷ τὸ σημεῖον (—) ἰσχύει διὰ παρατηρητὴν ἀπομακρυνόμενον ἀπὸ τῆς πηγῆς, ὅτε οὗτος θ' ἀντιλαμβάνεται ἦχον βαρύτερον.

Εἰς τὴν περίπτωσιν κινουμένης ἀτμομηχανῆς, ὅταν δύο παρατηρηταὶ εὑρίσκωνται εἰς τὴν αὐτὴν περίπου ἀπόστασιν καθέτως πρὸς τὴν διεύθυνσιν κινήσεως τῆς ἁμαξοστοιχίας, ὡς π. χ. οἱ O_3 καὶ O_4 (σχ. 407), ἀντιλαμβάνονται τὸν ἦχον μὲ τὸ πραγματικόν του ὕψος, ἐνῷ διὰ παρατηρητὴν εὑρισκόμενον εἰς τὴν θέσιν O_1 ὁ ἦχος φαίνεται ὀξύτερος καὶ διὰ τὸν παρατηρητὴν O_2 ὁ ἦχος βαρύτερος.



Σχ. 407. Αἱ κυματοειδεῖς γραμμαὶ παριστοῦν ἠχητικὰ κύματα μὲ διάφορον μῆκος κύματος. V παριστᾷ τὴν σταθερὰν ταχύτητα τοῦ ἤχου πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις καὶ υ τὴν ταχύτητα τῆς ἀτμομηχανῆς.

Δι' ἕκαστον νέον κῦμα παραγόμενον ὑπὸ τῆς σειρῆνος, ἡ ἀτμομηχανὴ εἶναι εἰς πλέον ἀπομεμακρυσμένην θέσιν ἀπὸ τὸ προγενέστερον κῦμα διὰ τὸν παρατηρητὴν τὸν εὑρισκόμενον εἰς O_2 καὶ εἰς πλέον πλησιεστέραν θέσιν πρὸς τὸ προγενέστερον κῦμα διὰ τὸν παρατηρητὴν τὸν εὑρισκόμενον εἰς O_1.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΚ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ ΤΗΣ ΜΟΥΣΙΚΗΣ

286*. Ὅταν αἱ συχνότητες δύο ἤχων, τοὺς ὁποίους ἀκούομεν ταυτοχρόνως, εὑρίσκωνται εἰς ἁπλῆν μεταξὺ αὐτῶν ἀριθμητικὴν σχέσιν, προκαλοῦν εἰς ἡμᾶς γενικῶς εὐάρεστον συναίσθημα. Ὁ λόγος τῶν δύο τούτων συχνοτήτων, ὁ ὁποῖος ἐκφράζεται γενικῶς ὑπὸ ἀναγώγου κλάσματος, ἀποτελεῖ μέτρον τοῦ μουσικοῦ διαστήματος. Ὡρισμένα ἐκ τῶν διαστημάτων τούτων χρησιμοποιεῖ ἡ μουσικὴ καὶ ὡς ἐκ τούτου καλοῦνται ***μουσικὰ διαστήματα***. Εἰς τὸν ἔναντι πίνακα ἀναγράφονται ὁ λόγος τῶν συχνοτήτων τοῦ βαρυτέρου ἤχου πρὸς τὸν ὀξύτερον καὶ τὰ ἀντίστοιχα μουσικὰ διαστήματα. Ὡρισμένη μελῳδία δὲν ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ ἀπολύτου ἀριθμοῦ τῶν παλμῶν ἢ ἐν γένει τῶν συχνοτήτων, ἐξ ὧν αὕτη ἀποτελεῖται, ἀλλ' ἐκ τῶν διαστημάτων αὐτῆς.

Λόγος συχνότ.	Μουσικὰ διαστήματα
1 : 1	Πρώτη
1 : 2	Ὀγδόη
2 : 3	Πέμπτη
3 : 4	Τετάρτη
3 : 5	Μεγάλη ἕκτη
4 : 5	Μεγάλη τρίτη
5 : 6	Μικρὰ τρίτη
5 : 8	Μικρὰ ἕκτη
5 : 9	Μικρὰ ἑβδόμη
8 : 9	Δευτέρα
8 : 15	Μεγάλη ἑβδόμη

Ἐκ τῆς σπουδῆς τῶν ἐντυπώσεων, τὰς ὁποίας προκαλοῦν τὰ ἀνωτέρω διαστήματα, δεικνύεται, ὅτι ταῦτα προκαλοῦν εὐάρεστον συναίσθημα, ὅταν ὁ λόγος τῶν συχνοτήτων ἐκφράζεται δι' ἁπλῶν ἀκεραίων ἀριθμῶν, οἱ ὁποῖοι ὅμως δὲν πρέπει νὰ ὑπερβαίνουν τὸν ἀριθμὸν 7. Ἡ ταυτόχρονος παραγωγὴ τόνων περισσοτέρων τῶν δύο λέγομεν, ὅτι ἀποτελεῖ ***συγχορδίαν***. Ἰδιάζουσαν δὲ σημασίαν ἔχει ἡ ἐκ τριῶν τόνων συγχορδία, ἡ ὁποία πολλάκις καλεῖται *τριχορδία* ἢ *τριφωνία*, ἐὰν δὲ ὁ ἀριθμὸς τῶν τόνων εἶναι τέσσαρες, ἔχομεν *τετραχορδίαν* ἢ *τετραφωνίαν*. Γενικῶς, τοὺς φθόγγους κατατάσσομεν εἰς κλίμακα, νοοῦντες διὰ τοῦ ὅρου κλίμαξ τὴν καθ' ὡρισμένον νόμον διαδοχὴν τῶν μουσικῶν φθόγγων, τοὺς ὁποίους καλοῦμεν ***βαθμίδας τῆς κλίμακος***.

Οἱ ἐντὸς τοῦ διαστήματος 1 : 2, τὸ ὁποῖον καλεῖται ***ὀγδόη***, χρησιμοποιούμενοι μουσικοὶ φθόγγοι χαρακτηρίζονται ὑπὸ ὡρισμένων συμβόλων, τὰ ὁποῖα ἐπαναλαμβάνονται εἰς ἑκάστην ὀγδόην καὶ ἀναλόγως τοῦ ὕψους χαρακτηρίζονται ὑπὸ δεικτῶν. Οὕτως εἰς τὴν ***διατονικὴν*** ἢ ***φυσικὴν κλίμακα*** τὰ χρησιμοποιούμενα σύμβολα διὰ τοὺς φθόγγους εἶναι τὰ ἑξῆς:

do re mi fa sol la si do.

Ἡ ὀνομασία αὐτῶν εἶναι ἰταλική, ἀλλ' εἶναι καὶ διεθνῶς ἐν χρήσει.

Εἰς τὸν κατωτέρω πίνακα ἀναγράφονται οἱ φθόγγοι, τὰ διαστήματα — λογιζόμενα ἀπὸ τοῦ do —, ὡς καὶ τὰ διαδοχικὰ διαστήματα.

Ὀνομασία	do		re		mi		fa		sol		la		si		do
Διαστήματα λογιζόμενα ἄνω τοῦ do	1		9/8		5/4		4/3		3/2		5/3		15/8		2
Σχετικὰ διαστήματα		9/8		10/9		16/15		9/8		10/9		9/8		16/15	

Ἐκ τοῦ πίνακος τούτου παρατηροῦμεν ὅτι, ἐὰν θεωρήσωμεν, ὅτι ὁ φθόγγος do πραγματοποιεῖται διὰ 24 παλμῶν κατὰ sec (Hertz), αἱ διάφοροι συχνότητες τῶν διαδοχικῶν φθόγγων θὰ εὑρίσκωνται διὰ πολλαπλασιασμοῦ ἐπὶ τὸν ἀριθμὸν τῶν ἀντιστοίχων διαστημάτων. Π. χ. διὰ νὰ εὕρωμεν τὴν συχνότητα τοῦ φθόγγου mi, ἀρκεῖ νὰ πολλαπλασιάσωμεν τὴν συχνότητα 24 ἐπὶ τὸν ἀριθμὸν 5/4. Οὕτως ὁ κάτωθι πίναξ δεικνύει τὰς ἀντιστοίχους συχνότητας τῶν φθόγγων τῆς ἀνωτέρω κλίμακος:

do	re	mi	fa	sol	la	si	do
24	27	30	32	36	40	45	48

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Μία κλίμαξ περιλαμβάνει 7 φθόγγους, ἐνῷ αἱ διαδοχικαὶ ἑπτάδες περιλαμβάνουν φθόγγους, τῶν ὁποίων ἡ συχνότης εἶναι διπλασία, τετραπλασία καὶ γενικῶς πολλαπλασία τῶν αὐξουσῶν δυνάμεων τοῦ 2 τῶν ὁμωνύμων φθόγγων τῆς θεμελιώδους κλίμακος. Ὁ φθόγγος, ἐκ τοῦ ὁποίου ἀρχίζει ἡ μουσικὴ κλίμαξ, καλεῖται ***θεμελιώδης*** ἢ ***τονικὸς φθόγγος.***

Ἐὰν ἐξετάσωμεν τὸν προηγούμενον πίνακα, εἰς τὸν ὁποῖον ἀναγράφονται τὰ διαδοχικὰ διαστήματα τῆς κλίμακος, τῆς ὁποίας θεμελιώδης φθόγγος εἶναι τὸ do, παρατηροῦμεν ὅτι ὑφίστανται τρία μόνον διαδοχικὰ διαστήματα, ἤτοι 9/8, 10/9, 16/15. Τὸ πρῶτον διάστημα, ὅπερ εἶναι καὶ τὸ μεγαλύτερον, καλεῖται ***μείζων τόνος***, τὸ δεύτερον ***ἐλάσσων τόνος*** καὶ τὸ τρίτον ***μεῖζον ἡμιτόνιον***. Κατὰ ταῦτα, τὰ διαδοχικὰ διαστήματα τῆς ἑπτάδος τοῦ do περιλαμβάνουν δύο τόνους, ἡμιτόνιον, τρεῖς τόνους καὶ ἓν ἡμιτόνιον. Ὁ μείζων καὶ ὁ ἐλάσσων τόνος διαφέρουν ἐλάχιστα μεταξύ των, ὁ λόγος δὲ μεταξὺ τῶν διαστημάτων τοῦ μείζονος καὶ τοῦ ἐλάσσονος τόνου εἶναι $9/8 : 10/9 = 81/80$, καλεῖται δὲ τὸ διάστημα τοῦτο ***κόμμα συντονικὸν*** καὶ συνήθως ἐν τῇ πράξει παραλείπεται, καθόσον δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ διακριθῇ παρὰ μόνον ὑπὸ ἀτόμων ἐχόντων λίαν μεγάλην ἐξάσκησιν.

Εἰς παλαιοτέραν ἐποχήν, ἀντὶ τῶν διαστημάτων τῆς ἀνωτέρω ἀναφερομένης ἑπτάδος, ἐχρησιμοποιοῦντο μόνον 4 διαστήματα ἤτοι: 1, 4/3, 3/2 καὶ 2. Διὰ τῶν φθόγγων τούτων ἐπραγματοποιεῖτο ἡ λύρα τῶν ἀρχαίων Ἑλλήνων. Μελῳδίαι ὅμως εἶναι ἀδύνατον νὰ ἐκτελεσθοῦν διὰ τῆς ἀνωτέρω ἁπλῆς κλίμακος, δύνανται ὅμως αὗται νὰ πραγματοποιηθοῦν διὰ τῶν ἐν χρήσει σήμερον μουσικῶν κλιμάκων.

Ἐκ πείρας ὅμως κατεδείχθη, ὅτι ἡ ἀνωτέρω ἀναφερομένη κλίμαξ τοῦ do εἶναι ἀνεπαρκὴς διὰ τὰς ἀνάγκας τῆς μουσικῆς, καὶ ὡς ἐκ τούτου διεμορφώθησαν καὶ ἄλλαι κλίμακες, ἐπὶ τῶν ὁποίων ἀσχολεῖται ἰδιαιτέρως ἡ θεωρία τῆς μουσικῆς. Ἐνταῦθα θὰ περιορισθῶμεν εἰς τὴν ἀναγραφὴν τῆς ***ἰσοχρωματικῆς*** ἢ ***συγκεκραμένης*** κλίμακος, ἡ ὁποία χρησιμοποιεῖται σήμερον εἰς τὸ κλειδοκύμβαλον (πιάνο) καὶ εἰς ὅλα ἐν γένει τὰ μουσικὰ ὄργανα, τὰ ὁποῖα δύνανται νὰ παράγουν ὡρισμένους ἤχους, π.χ. κιθάραν, μανδολῖνον κτλ. Ἡ κλῖμαξ αὕτη παράγεται ἐκ τῆς διατονικῆς κλίμακος, ἐὰν τὰ μεταξὺ τῶν 7 φθόγγων περιλαμβανόμενα διαστήματα ἀντικατασταθοῦν διὰ 12 ἴσων. Ἡ διατονικὴ κλίμαξ, ὡς εἴδομεν, περιλαμβάνει 5 τόνους καὶ 2 ἡμιτόνια, ἰσοδυναμοῦντα πρὸς 12 ἡμιτόνια. Ἐὰν εἰσαγάγωμεν ἓν μόνον ἡμιτόνιον διὰ τὰ 12 διαστήματα μεταξὺ τοῦ θεμελιώδους do_1 καὶ τῆς ὀγδόης do_2, θὰ ἔχωμεν $x^{12} = 2$, ἤτοι:

$$x = \sqrt[12]{2} = 1{,}05946.$$

Ἡ συγκεκραμένη κλίμαξ ἐπεκράτησε γενικῶς καὶ χρησιμοποιεῖται σήμερον εἰς τὴν μουσικήν. Οἱ ἀρχαῖοι Ἕλληνες ἐχρησιμοποίουν τὴν ***Πυθαγόρειον κλίμακα,*** ἔχουσαν ὡς βάσιν τὰ διαστήματα 3/2 καὶ 2, συγκροτεῖται δὲ αὕτη ἐκ διαδοχικῶν ἤχων, τῶν ὁποίων τὰ διαστήματα ἔχουν ὡς ἑξῆς:

1 9/8 81/64 4/3 3/2 27/16 243/128 2

ἡ κλίμαξ ὅμως αὕτη δὲν χρησιμοποιεῖται εἰς τὴν νεωτέραν μουσικήν.

Ἑκάστη κλίμαξ χαρακτηρίζεται ἐκ τῆς τελείας μείζονος συγχορδίας, ἡ ὁποία ἀποτελεῖται ἐκ τῆς συμπαραγωγῆς τριῶν τόνων, τῶν ὁποίων αἱ συχνότητες ἔχουν πρὸς ἀλλήλας ὡς οἱ ἀριθμοὶ $4:5:6$, καὶ ἐκ τῆς τελείας ἐλάσσονος συγχορδίας, ἡ ὁποία προκύπτει διὰ τῆς συγχρόνου παραγωγῆς τριῶν φθόγγων, τῶν ὁποίων αἱ συχνότητες ἔχουν πρὸς ἀλλήλας ὡς $10:12:15$. Ἀμφότεραι αἱ συγχορδίαι προκαλοῦν εὐάρεστον συναίσθημα, ἡ μᾶλλον ὅμως εὐάρεστος εἶναι ἡ πρώτη.

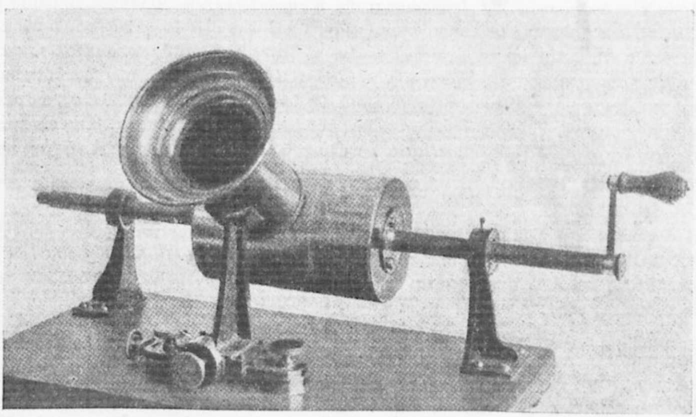
Παρατήρησις. Ἐν γένει ἡ τεχνικὴ τῆς Μουσικῆς, διὰ τὴν παραγωγὴν τῶν ἀναγκαιούντων εἰς αὐτὴν ἤχων, χρησιμοποιεῖ τὰ μουσικὰ ὄργανα καὶ τὴν ἀνθρωπίνην φωνήν.

Τὰ μουσικὰ ὄργανα διαιροῦνται εἰς δύο μεγάλας κατηγορίας, εἰς τὰ ***πνευστά,*** τῶν ὁποίων ἡ λειτουργία βασίζεται ἐπὶ τῶν ἠχητικῶν σωλήνων, καὶ εἰς τὰ ***ἔγχορδα,*** τῶν ὁποίων ἡ λειτουργία βασίζεται ἐπὶ τῶν χορδῶν.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

287*. Πρότυπα συχνότητος ἤχων. Εἶναι ἐντελῶς αὐθαίρετον καὶ ἐναπόκειται ἑπομένως εἰς τὴν ἐκλογήν μας, ποίαν συχνότητα θὰ ἀποδώσωμεν εἰς τὸν βασικὸν φθόγγον κλίμακος, πρὸς χαρακτηρισμὸν τῆς συχνότητος τῶν ἤχων ἀνωτέρας καὶ κατωτέρας συχνότητος αὐτοῦ. Τοῦτο κυρίως ἰσχύει διὰ τὴν περίπτωσιν ἑνὸς μόνον ὀργάνου. Προκειμένου ὅμως περὶ ὀρχήστρας, ὅπου ὅλα τὰ ὄργανα πρέπει νὰ εἶναι συντονισμένα πρὸς τὸν αὐτὸν βασικὸν φθόγγον, πρὸς ἀποφυγὴν παραφωνιῶν, ἡ ἐκλογὴ τοῦ βασικοῦ τούτου τόνου ἀποτελεῖ ζήτημα διεθνοῦς συνεννοήσεως. Ἡ Φυσικὴ παραδέχεται ὡς βασικὸν ἦχον τὸ do συχνότητος 256 Hertz (ἤτοι 2^8). Ἐν τούτοις, τὸ ὕψος τὸ ὁποῖον ἀποδίδουν οἱ μουσικοὶ εἰς τὸν αὐτὸν ἦχον εἶναι 264 Hertz. Τὸ ὕψος τοῦτο βασίζεται ἐπὶ βασικοῦ φθόγγου τοῦ la, συχνότητος 440 Hertz, ὁ ὁποῖος συμπίπτει πρὸς τὸ μέσον ὕψος τῆς ἀνθρωπίνης φωνῆς, καὶ ἐτέθη ὡς βάσις προτύπου συχνότητος εἰς τὴν μουσικήν, καλεῖται δὲ ὁ φθόγγος, ὁ ἀντιστοιχῶν εἰς τὴν ἀνωτέρω συχνότητα, ***πρότυπος τόνος***. Εἰς παλαιοτέραν ἐποχήν, εἰς τὴν μουσικὴν ἐχρησιμοποιεῖτο ὡς πρότυπος φθόγγος τὸ la συχνότητος 435 Hertz. Ὁ πρότυπος τόνος παρέχεται ὑπὸ ἑνὸς ὀργάνου τῆς ὀρχήστρας, ἐπὶ τῇ βάσει δὲ αὐτοῦ συντονίζονται ὅλα τὰ ἄλλα ὄργανα αὐτῆς.

288. Φωνογράφος. Ὁ φωνογράφος εἶναι συσκευή, διὰ τῆς ὁποίας χαράσσομεν ἐπὶ καταλλήλου ἐπιφανείας ἦχον τινά, τον ὁποῖον δυνάμεθα νὰ ἀναπαράγωμεν κατὰ βούλησιν. Εἰς παλαιοτέραν ἐποχὴν ὁ φωνογράφος ἀπετελεῖτο ἐκ κυλινδρικοῦ τυμπάνου ἐκ κηροῦ, στρεφομένου περὶ ἄξονα ἐπὶ τοῦ ὁποίου κατεγράφετο ὁ ἦχος (σχ. 408). Διὰ τὴν καταγραφὴν τοῦ ἤχου ἐχρησιμοποιεῖτο χοάνη



Σχ. 408. Φωνογράφος τοῦ Edison.

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 γραμμή, τῆς ὁποίας αἱ ἀνωμαλίαι ἀνταπεκρίνοντο πρὸς τοὺς κραδασμοὺς τοῦ πρὸ τῆς χοάνης παραγομένου ἤχου.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

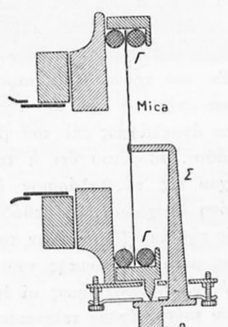
Ἐὰν ὁ κύλινδρος, ἐπὶ τοῦ ὁποίου ἔχει ἀποτυπωθῆ προηγουμένως ἦχος, τεθῇ εἰς περιστροφικὴν κίνησιν καὶ ἐπ' αὐτοῦ τοποθετηθῇ ὑπὸ ἐλαφρὰν πίεσιν τὸ ἀνωτέρω διάφραγμα μετὰ τῆς χοάνης, τότε ἡ ἀκὶς τοῦ διαφράγματος, διερχομένη διὰ τῶν ἀνωμαλιῶν τῆς ἑλικοειδοῦς γραμμῆς, μεταδίδει εἰς τὸ διάφραγμα ἀντιστοίχους 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 ἕτερον ἄκρον τῆς ὁποίας εὑρίσκεται τὸ διάφραγμα μετὰ τῆς βελόνης, καὶ ἡ ὁποία καλεῖται ***μηχανικὴ καταγραφή***, ἀντικατεστάθη σήμερον ὑπὸ τῆς ***ἠλεκτρικῆς καταγραφῆς***.

Πρὸς τοῦτο ὁ ἐκφωνητὴς τοποθετεῖται πρὸ μικροφώνου, διὰ τοῦ ὁποίου οἱ κραδασμοὶ τοῦ ἀέρος μετατρέπονται εἰς ὁμορρύθμους ἠλεκτρικοὺς κραδασμούς, 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.



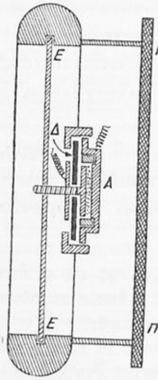
Σχ. 409. Διάταξις φωνογραφικοῦ τυμπάνου μετὰ τῆς βελόνης.

289. Γραμμόφωνον. Ἡ συσκευὴ μὲ τὴν ὁποίαν ἀναπαράγομεν τὸν ἦχον καλεῖται ***γραμμόφωνον***· εἰς ταύτην τὸ κύριον ὄργανον εἶναι τὸ ***φωνογραφικὸν τύμπανον*** (σχ. 409). 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 ὁ δίσκος διέρχεται πρὸ τῆς βελόνης, αὕτη δονεῖται ἀναλόγως τῶν ἀνωμαλιῶν, τὰς ὁποίας φέρει ὁ δίσκος. Ἡ δόνησις αὕτη 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.

290*. **Ὑδρόφωνον.** Τὸ ὑδρόφωνον κατ' ἀρχὴν ἀποτελεῖ μικρόφωνον, τὸ ὁποῖον τροποποιεῖται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε νὰ δύναται νὰ λειτουργῇ ὑποβρυχίως καὶ νὰ ἀνιχνεύῃ οὕτω κυματικὰς διαταράξεις παραγομένας ἐντὸς τοῦ ὕδατος.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Τὸ μικρόφωνον εἶναι τοῦ τύπου διὰ κόκκων ἄνθρακος καὶ τοποθετεῖται ἐντὸς ὑδατοστεγοῦς κάψης στηριζομένης εἰς τὸ κέντρον ἐλαστικοῦ διαφράγματος ἀπὸ χάλυβα, τὸ ὁποῖον στερεοῦται ἐπὶ βαρέος μεταλλικοῦ δακτυλίου.



Σχ. 410. Τομὴ ὑδροφώνου.

Ὅταν ἠχητικὰ κύματα προσβάλλουν τὸ διάφραγμα, οἱ μηχανικοὶ κραδασμοὶ τοῦ διαφράγματος μετατρέπονται εἰς ἠλεκτρικούς, οἱ ὁποῖοι δι᾽ ἀγωγῶν μεταβιβάζονται εἰς τὸν δέκτην. Ἐπειδὴ τὸ ἀποτέλεσμα εἶναι τὸ αὐτό, εἴτε τὰ ἠχητικὰ κύματα ἔρχονται ἐκ τῶν ἔμπροσθεν εἴτε ἐκ τῶν ὄπισθεν, τῇ βοηθείᾳ καταλλήλου πλακὸς ΠΠ ἀποφράσσεται ἡ ὀπισθία ὄψις τοῦ ἐλαστικοῦ διαφράγματος καὶ οὕτω τὸ ὄργανον δεικνύει μονόπλευρον λειτουργίαν, δηλ. ἀντιδρᾷ μόνον εἰς ἠχητικὰ κύματα προσπίπτοντα ἐπὶ τῆς προσθίας ὄψεως. Διὰ βραδείας περιστροφῆς τοῦ ὑδροφώνου δυνάμεθα νὰ καθορίσωμεν τὴν διεύθυνσιν προελεύσεως τῶν ἠχητικῶν κυμάτων μὲ ἀρκετὴν ἀκρίβειαν.

Εἰς τὸ σχῆμα 410 δεικνύεται τομὴ ὑδροφώνου, ὅπου ΕΕ παριστᾷ τὸ χαλύβδινον ἐλαστικὸν διάφραγμα, Α τὸ μικρόφωνον, ΠΠ πλάκα ἀποφράξεως καὶ Δ δίσκον ἐκ καουτσούκ.

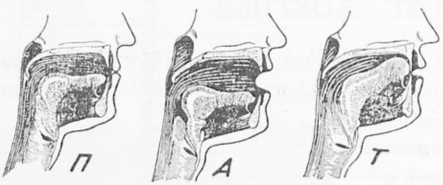
291*. Βυθόμετρον. Τελευταίως, δι᾽ ἀκριβεῖς βυθομετρήσεις χρησιμοποιοῦν τὰ ἠχητικὰ κύματα (ὑπερηχητικά). Πρὸς τοῦτο, ἐπὶ τοῦ πλοίου ὑπάρχει εἰς τὸ κατώτατον μέρος αὐτοῦ πομπὸς κατευθυνομένων ὑπερηχητικῶν κυμάτων, τὰ δ᾽ ἐξ αὐτῶν ἐκπεμπόμενα κύματα ἀνακλῶνται ἐπὶ τοῦ βυθοῦ καὶ ἐπιστρέφουν πρὸς τὸ πλοῖον, 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 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).

Σχ. 411. Βυθομετρήσεις διὰ συσκευῆς ἐγκατεστημένης εἰς πλοῖον.

Τὸ σχῆμα 411 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.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

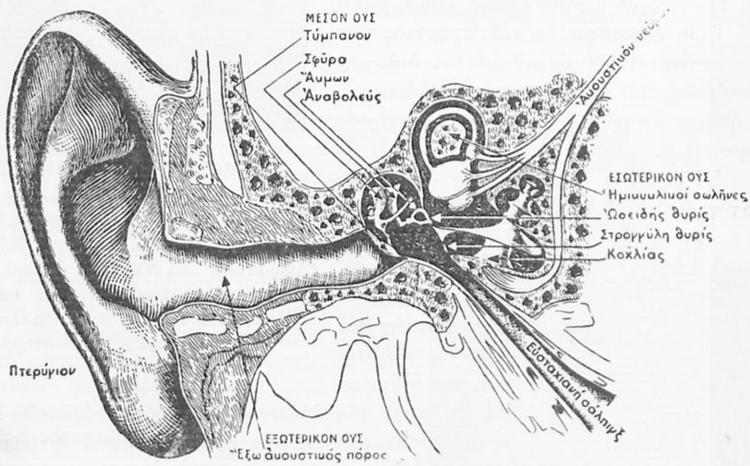
τόσον μεγαλυτέρα ἡ συχνότης κινήσεως αὐτῆς. Οἱ οὕτω παραγόμενοι ἦχοι περιλαμβάνουν ὅλους ἐν γένει τοὺς ἤχους τοὺς ἀντιστοιχοῦντας εἰς τὰ φωνήεντα καὶ σύμφωνα, ἐξαιρέσει τῶν ἤχων τῶν ἀντιστοιχούντων εἰς ὡρισμένα σύμφωνα, ὡς π.χ. τὰ τ, π, κ, σ καὶ ἄλλα, εἰς τὴν παραγωγὴν τῶν ὁποίων δὲν συμμετέχουν αἱ φωνητικαὶ χορδαὶ καὶ ὡς ἐκ τούτου καλοῦνται ***ἄφωνοι ἦχοι***. Παραδέχονται δὲ ὅτι οἱ ἄφωνοι ἦχοι διεγείρονται ὑπὸ ὡρισμένων κραδασμῶν ἐντὸς τῆς κοιλότητος τοῦ στόματος.



Σχ. 413. Διαμόρφωσις τῆς κοιλότητος τοῦ στόματος πρὸς παραγωγὴν τῶν ἤχων π, α, τ.

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 413 δεικνύει τὰς μεταβολὰς εἰς τὸ σχῆμα τοῦ στόματος κατὰ τὴν ἐκφώνησιν φωνηέντων καὶ συμφώνων.

293. Τὸ ὄργανον τῆς ἀκοῆς. Τὸ οὖς (σχ. 414) διαιρεῖται εἰς τρία μέρη: τὸ ἐξωτερικόν, τὸ μέσον καὶ τὸ ἐσωτερικὸν ἢ τὸν λαβύρινθον. Τὸ



Σχ. 414. Σχηματικὴ παράστασις τοῦ δεξιοῦ ὠτὸς τοῦ ἀνθρώπου.

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 ἄλυσος ἐκ τριῶν ὀσταρίων, ἐκ τῶν ὁποίων τὸ πρῶτον, ἡ σφύρα, στηρίζεται ἐπὶ τοῦ τυμπάνου. ***Τὸ ἐσωτερικὸν οὖς*** ἢ λαβύ-

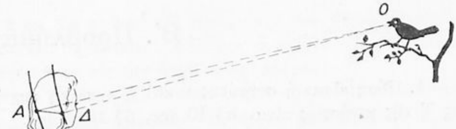
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ρινθος 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.

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 μέσον 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.

294*. Καθορισμὸς τῆς διευθύνσεως προελεύσεως τοῦ ἤχου. Ἡ ἱκανότης ἡμῶν νὰ καθορίζωμεν τὴν διεύθυνσιν προελεύσεως τοῦ ἤχου στηρίζεται ἐπὶ τῆς συνεργασίας ἀμφοτέρων τῶν ὤτων.

Ἐὰν ὁ ἦχος δὲν προέρχεται ἀκριβῶς ἐκ τῶν ἔμπροσθεν καὶ τῶν ὄπισθεν, τότε ὁ ἦχος διὰ νὰ φθάσῃ εἰς ἀμφότερα τὰ ὦτα δεικνύει διαφόρους δρόμους καὶ ἡ διαφορὰ χρόνου, ἡ ὁποία παρατηρεῖται εἶναι τόσον μικροτέρα, ὅσον ὀλιγώτερον διαφέρει τὸ τρίγωνον ΟΑΔ ἀπὸ ἰσοσκελὲς τρίγωνον (σχ. 415).



Σχ. 415. Διεύθυνσις ἤχου.

Ἡ μικροτάτη αὐτὴ διαφορὰ χρόνου λαμβάνει μεγίστην τιμήν, ὅταν ὁ ἦχος προέρχεται ἐξ ἀκριβῶς πλευρικῆς διευθύνσεως. Οὕτω, ἐὰν δεχθῶμεν, ὅτι ἡ ἀπόστασις τῶν δύο ὤτων εἶναι 17 cm, ἡ διαφορὰ αὕτη ἀνέρχεται εἰς $0{,}17/340 = 1/200$ sec. Ἐὰν ἡ διαφορὰ τῶν δρόμων εἶναι 1 cm, ἡ διαφορὰ χρόνου ἀνέρχεται εἰς 1/34000 sec καὶ μὲ τὴν μικρὰν ταύτην διαφορὰν ἀντιλαμβανόμεθα τὴν διεύθυνσιν.

Τὴν ἀκρίβειαν διὰ τὸν καθορισμὸν τῆς διευθύνσεως, τὴν ὁποίαν ἔχει τὸ οὖς, δεικνύομεν διὰ τοῦ ἀκολούθου πειράματος. Λαμβάνομεν τεμάχιον καουτσοὺκ καὶ τοποθετοῦμεν αὐτὸ ἐπὶ τῆς πλάτης, ἐνῷ τὰ δύο ἄκρα αὐτοῦ προσαρμόζομεν εἰς τὰ ὦτα. Ἐὰν τις κτυπᾷ ἐλαφρῶς τὸν σωλῆνα, δυνάμεθα νὰ καθορίσωμεν τὸ ἀντίστοιχον σημεῖον τοῦ σωλῆνος, δυνάμεθα μάλιστα ἐπακριβῶς νὰ ἐξακριβώσωμεν τὸ μέσον τοῦ σωλῆνος.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ

Α'. Ζητήματα.

Τί ὀνομάζομεν ἐν γένει ἦχον καὶ εἰς ποίαν κατάστασιν εὑρίσκεται σῶμα, ὅταν παράγῃ ἦχον.

Πόσα εἴδη ἤχων διακρίνομεν καὶ διὰ ποίων μέσων παράγονται οὗτοι.

Περιγράψατε τοὺς συνηθεστέρους τύπους σειρήνων.

Πῶς ἐλέγχομεν πειραματικῶς τὰ διάφορα εἴδη τῶν ἤχων.

Ποῖα τὰ χαρακτηριστικὰ γνωρίσματα τοῦ ἤχου.

Ποῦ ὀφείλεται ἡ χροιὰ τοῦ ἤχου.

Πῶς δυνάμεθα νὰ μετρήσωμεν τὸ ὕψος τοῦ ἤχου.

Ἐκ ποίων στοιχείων ἐξαρτᾶται ἡ ἔντασις τοῦ ἤχου.

Πῶς δυνάμεθα νὰ μετρήσωμεν τὴν ταχύτητα διαδόσεως τοῦ ἤχου.

Δώσατε τὸν ὁρισμὸν τοῦ μήκους κύματος καὶ ποία ἡ θεμελιώδης σχέσις ἡ συνδέουσα αὐτὸ πρὸς τὴν ταχύτητα διαδόσεως, τὴν περίοδον καὶ τὴν συχνότητα.

Περιγράψατε τὸ φαινόμενον τῆς συμβολῆς τῶν κυμάτων καὶ ποῖα συμπεράσματα συνάγετε ἐξ αὐτοῦ.

Περιγράψατε τὸ φαινόμενον τῶν στασίμων κυμάτων καὶ ποῖα συμπεράσματα συνάγετε.

Τί εἴδους κύματα ἀναπτύσσονται εἰς τὰ στερεά, ὑγρὰ καὶ ἀέρια.

Τί καλοῦμεν ἐν γένει συντονισμὸν καὶ ποία ἡ σημασία αὐτοῦ εἰς τὴν μετάδοσιν τῆς ἐνεργείας.

Ποίας ἐφαρμογὰς ἔχει τὸ φαινόμενον τοῦ συντονισμοῦ εἰς τὴν Ἀκουστικήν.

Περιγράψατε τὰς χορδὰς καὶ τοὺς ἠχητικοὺς σωλῆνας ὡς ἠχογόνους πηγὰς καὶ ἐκθέσατε ποίους νόμους ἀκολουθοῦν.

Τί καλοῦμεν ἠχὼ καὶ ἐπὶ ποίου φαινομένου αὕτη στηρίζεται.

Ποία εἶναι ἡ συνθήκη διὰ τὴν παραγωγὴν πολυσυλλάβου ἠχοῦς.

Περιγράψατε ἐν συντόμῳ τὸ ὄργανον τῆς ἀκοῆς.

Περιγράψατε ἐν συντόμῳ τὰ φωνητικὰ ὄργανα.

Β'. Προβλήματα.

1. Πόση εἶναι ἡ συχνότης ν καὶ ἡ κυκλικὴ συχνότης ω σωματίου, τοῦ ὁποίου ἡ περίοδος T τῆς κινήσεως εἶναι α) 10 sec, β) 10^{-6} sec.
(Ἀπ. 10^{-1} Hz, 10^6 Hz, 0,628 sec^{-1}, $6{,}28 \cdot 10^6$ sec^{-1}).

2. Τὸ πλάτος ἑνὸς κύματος εἶναι 6 cm καὶ ἡ περίοδος 5 sec. Πόση θὰ εἶναι ἡ ἀπόκλισις ἑνὸς σωματίου, τὸ ὁποῖον κινεῖται ἐπὶ 251 sec. (Ἀπ. 5,64 cm).

3. Πόση εἶναι ἡ περίοδος σωματίου ἀέρος παλλομένου, ὅταν τὸ μῆκος τοῦ κύματος εἶναι $\lambda = 0{,}68$ m (ταχύτης ἤχου 340 m/sec). (Ἀπ. $2 \cdot 10^{-3}$sec).

4. Διαπασῶν παράγει ἦχον συχνότητος $\nu = 435$ sec^{-1}. Πόσον εἶναι τὸ μῆκος τοῦ κύματος λ εἰς τὸν ἀέρα (ταχύτης ἤχου 340 m/sec). (Ἀπ. 0,781 m).

5. Νὰ εὑρεθῇ ὁ λόγος τῶν συχνοτήτων $\nu : \nu'$ δύο χορδῶν μήκους $l = 1{,}2$ m καὶ $l' = 1{,}125$ m, εὑρισκομένων κατὰ τὰ λοιπὰ ὑπὸ τὰς αὐτὰς συνθήκας. (Ἀπ. 15 : 16).

6. Αἱ τάσεις F καὶ F' δύο χορδῶν εὑρίσκονται ἐν λόγῳ 81 : 64. Ποῖος ὁ λόγος τῶν συχνοτήτων αὐτῶν ν καὶ ν' ὑπὸ τὰς αὐτὰς λοιπὰς συνθήκας. (Ἀπ. 9 : 8).

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

7. Πόση εἶναι ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ ἤχου εἰς τὸν ἀέρα, εἰς θερμοκρασίαν 16 ^{0}C, ὅταν $c_0 = 331$ m/sec. ('Απ. 340 m/sec).

8. Ὁ ἦχος ὁ παραγόμενος ὑπὸ ἐργάτου κρούοντος διὰ σφύρας σιδηροτροχιὰν χαλυβδίνην, ἀκούεται ὑπὸ παρατηρητοῦ διὰ μέσου τῆς σιδηροτροχιᾶς, εἰς χρόνον 1,4 sec ταχύτερον ἢ διὰ τοῦ ἀέρος θερμοκρασίας 15 ^{0}C. Πόσον ἀπέχει ὁ παρατηρητὴς ἀπὸ τοῦ ἐργάτου. ('Απ. 510 m).

9. Χορδὴ μήκους 130 cm καὶ μάζης 5 gr κατὰ cm διατείνεται ὑπὸ βάρους 15 kgr*. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ συχνότης τοῦ ἤχου. ('Απ. $\nu = 42{,}6$ sec^{-1}).

10. Παρατηρητὴς βλέπει ἐργάτην κτυπῶντα ἀντικείμενον διὰ σφύρας, ἀλλὰ ἀντιλαμβάνεται τὴν κροῦσιν τῆς σφύρας καὶ τὸν ἦχον σχεδὸν συγχρόνως. Ὅταν ὅμως ὁ ἐργάτης παύῃ νὰ κρούῃ διὰ τῆς σφύρας, ὁ παρατηρητὴς ἀντιλαμβάνεται ἕνα ἀκόμη ἦχον. Ἐὰν αἱ κρούσεις ἐγίνοντο κανονικῶς ὑπὸ τοῦ ἐργάτου, μὲ ρυθμὸν 60 κατὰ min, πόση ἡ ἀπόστασις μεταξὺ τοῦ παρατηρητοῦ καὶ τοῦ ἐργάτου. ('Απ. 340 m).

11. Χαλυβδίνη χορδὴ διαμέτρου 1 mm καὶ μήκους 1 m ἐξαρτᾶται ἀπὸ ἀκλονήτου σημείου καὶ φορτίζεται διὰ μάζης 10 kgr ἐξαρτωμένης εἰς τὸ κατώτερον ἄκρον αὐτῆς. Ποία ἡ θεμελιώδης συχνότης τῶν ἐγκαρσίων αὐτῆς κραδασμῶν. ('Απ. $\nu = 64$ sec^{-1}).

12. Διαπασῶν τηρεῖται ἄνωθεν ἀερίου στήλης σωλῆνος, τοῦ ὁποίου ὁ πυθμὴν πραγματοποιεῖται ὑπὸ στάθμης ὕδατος. Ἐὰν τὸ μῆκος τῆς ἀερίου στήλης, λογιζομένης ἀπὸ τῆς στάθμης τοῦ ὕδατος, εἶναι 34,2 cm, καὶ ἡ ἀέριος στήλη συνηχεῖ πρὸς τὸ διαπασῶν, πόση ἡ συχνότης τοῦ ἤχου τῶν διαπασῶν. ('Απ. $\nu = 248{,}5$ sec^{-1}).

13. Διαπασῶν συχνότητος 320 sec^{-1} συνηχεῖ εἰς ἀέριον στήλην μήκους 26,3 cm καὶ θερμοκρασίας 20 ^{0}C περιεχομένης εἰς σωλῆνα κλειστὸν κατὰ τὸ ἓν ἄκρον. Πόση ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ ἤχου εἰς θερμοκρασίαν 0 ^{0}C. ('Απ. 323 m/sec).

14. Διαπασῶν συχνότητος 530 sec^{-1} τηρεῖται πλησίον ἀνοικτοῦ κατ' ἀμφότερα τὰ ἄκρα σωλῆνος περιέχοντος ἀέρα, καὶ μήκους 60 cm, ὅτε ὁ σωλὴν συνηχεῖ πρὸς τὸν θεμελιώδη ἦχον τοῦ διαπασῶν. Νὰ καθορισθῇ ἡ θέσις τῶν δεσμῶν καὶ κοιλιῶν καὶ νὰ καθορισθῇ ἐπίσης ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ ἤχου εἰς τὸν ἀέρα. ('Απ. 318 m/sec).

15. Διαπασῶν συχνότητος 320 sec^{-1} τηρεῖται πρὸ τοῦ στομίου σωλῆνος πλήρους ἀέρος, τοῦ ὁποίου ὁ πυθμὴν πραγματοποιεῖται ὑπὸ μεταθετοῦ ἐμβολέως. Ἐνίσχυσις τοῦ ἤχου παρατηρεῖται διὰ δύο διαδοχικὰς θέσεις τοῦ ἐμβολέως ἀπεχούσας κατὰ 53 cm. Νὰ ἐξηγηθῇ τὸ φαινόμενον καὶ νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ ἤχου εἰς τὸν ἀέρα. ('Απ. 339 m/sec).

16. Ἠχητικὸς σωλὴν ἔχει μῆκος 2 m. Νὰ καθορισθῇ ἡ συχνότης τοῦ θεμελιώδους ὡς καὶ τοῦ ἀμέσως μετ' αὐτοῦ παρατηρουμένου ἁρμονικοῦ: α) ὅταν ὁ σωλὴν εἶναι ἀνοικτός, β) ὅταν ὁ σωλὴν εἶναι κλειστὸς (ταχύτης ἤχου εἰς τὸν ἀέρα = 340 m/sec). ('Απ. 85 sec^{-1}, 170 sec^{-1}, 42,5 sec^{-1}, 127,5 sec^{-1}).

17. Ἐπιμήκης ὑάλινος σωλήν, ἀνοικτὸς κατ' ἀμφότερα τὰ ἄκρα, βυθίζεται ἐν μέρει ἐντὸς κυλίνδρου περιέχοντος ὕδωρ, ἐνῷ πρὸ τοῦ ἀνωτέρου ἄκρου αὐτοῦ τοποθετεῖται διαπασῶν παράγον ἦχον συχνότητος 512 παλμῶν κατὰ sec. Συνήχησις παρατηρεῖται, ὅταν τὸ ἐκτὸς τοῦ ὕδατος μῆκος τοῦ σωλῆνος εἶναι 50 cm καὶ 84 cm, ὄχι ὅμως καὶ εἰς ἐνδιάμεσον θέσιν. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ ἤχου εἰς τὸν ἀέρα. ('Απ. 348 m/sec).

18. 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, διὰ νὰ παρέχῃ ἦχον κατὰ μίαν πέμπτην ἀνώτερον τοῦ ἤχου τοῦ διαπασῶν. ('Απ. 720 sec^{-1}, 45 στρ/sec).

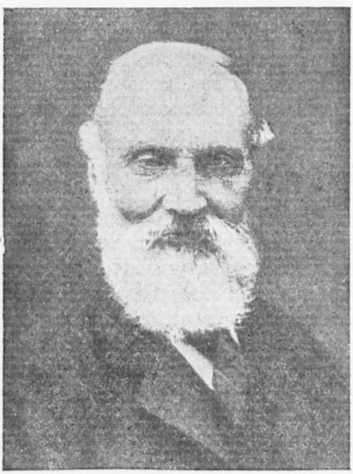
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ι΄

ΘΕΡΜΟΤΗΣ

295. ***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, ὥς θὰ ἴδωμεν κατωτέρω, ἐκ τῶν ἀρχικῶν συνθηκῶν ὑπὸ τὰς ὁποίας εὑρισκόμεθα.



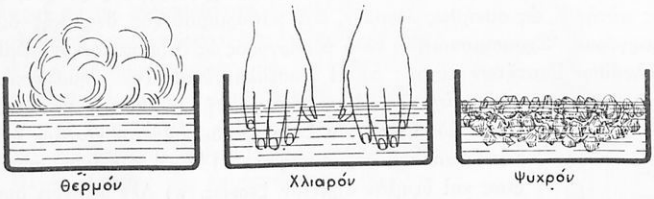
WILLIAM THOMSON (LORD KELVIN)
(1824 - 1907)
Καθηγητὴς τῆς Φυσικῆς εἰς τὸ Πανεπιστήμιον τῆς Γλασκώβης. Διάσημος ἐρευνητὴς τῆς Θερμότητος καὶ τοῦ Ἠλεκτρισμοῦ. Θεμελιωτὴς τῆς ἀπολύτου θερμομετρικῆς κλίμακος. Ἐφευρέτης πολλῶν ὀργάνων τῆς Φυσικῆς.

296. 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. 416). 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.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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



Σχ. 416. Ἡ ἁφὴ δὲν παρέχει ἀσφαλῆ ἐκτίμησιν τῆς θερμοκρασίας.

θερμοκρασίαν εὑρίσκεται ἐν ὑγρᾷ καταστάσει, ψυχόμενον δ' ἐπαρκῶς λαμβάνει στερεὰν κατάστασιν, ἐνῷ, ἀντιθέτως, θερμαινόμενον ἐπαρκῶς μεταπίπτει εἰς τὴν ἀέριον κατάστασιν. 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.

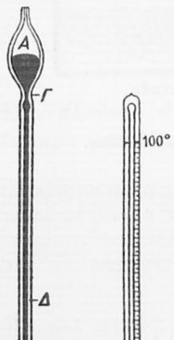
297. Θερμομετρία. Θερμόμετρα. Ἐπειδὴ διὰ τῆς ἁφῆς οὔτε ἐπακριβῶς δυνάμεθα πάντοτε νὰ ἐκτιμήσωμεν, ἐὰν ἁπλῶς σῶμά τι εἶναι πράγματι θερμότερον ἄλλου, οὔτε καὶ νὰ καθορίσωμεν ποσοτικῶς κατὰ πόσον ἓν σῶμα εἶναι θερμότερον ἄλλου, δηλαδὴ ἐὰν ἡ θερμοκρασία τοῦ ἑνὸς σώματος εἶναι μεγαλυτέρα τῆς τοῦ ἄλλου, χρησιμοποιοῦμεν πρὸς τὸν σκοπὸν τοῦτον μίαν ἐκ τῶν ἀνωτέρω μνημονευομένων μεταβολῶν, ὡς π.χ. τὴν μεταβολήν, 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,*** βλ. σελ. 291) ἢ τὴν ἠλεκτρικὴν ἀντίστασιν (***ἠλεκτρικὰ θερμόμετρα,*** βλ. σελ. 277). 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 φανερὸν ὅτι, ὅπως καθορίσωμεν τὴν θερμοκρασίαν, τὴν ὁποίαν εἶχε τὸ ἓν σῶμα πρὸ τῆς ἀποκαταστάσεως τῆς ἐπαφῆς πρὸς τὸ ἕτερον, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ τὸ θερμόμετρον, πρέπει τοῦτο νὰ μὴ ἀπορροφᾷ ἢ ἐλάχιστον ποσὸν θερμότητος ἐκ τοῦ πρώτου σώματος, εἰς τρόπον ὥστε ἡ ἐπαφὴ αὐτοῦ πρὸς τὸ θερμόμετρον νὰ μὴ μεταβάλῃ αἰσθητῶς τὴν θερμοκρασίαν, τὴν ὁποίαν εἶχε πρὸ τῆς ἐπαφῆς.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

298. Ὑδραργυρικὸν θερμόμετρον. Ἐκ τῶν μᾶλλον συνήθων ἐν χρήσει θερμομέτρων εἶναι τὸ ***ὑδραργυρικὸν θερμόμετρον***, εἰς τὸ ὁποῖον ὡς θερμομετρικὸν σῶμα χρησιμοποιεῖται ὁ ὑδράργυρος. Ἡ ἐκτίμησις 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. Ἐχρησιμοποιήθη δὲ ὁ ὑδράργυρος ὡς θερμομετρικὸν σῶμα, ἕνεκα τῶν ἀκολούθων ἰδιοτήτων αὐτοῦ: α) Ἡ διαστολὴ αὐτοῦ εἶναι σημαντική. β) Δύναται εὐχερῶς νὰ παρασκευασθῇ ἐν καθαρᾷ καταστάσει. γ) Εἶναι ἀδιαφανὴς καὶ ἑπομένως διακρίνεται εὐκόλως διὰ μέσου τῆς ὑάλου τοῦ θερμομέτρου. δ) Ἔχει ταπεινὸν σημεῖον πήξεως καὶ ὑψηλὸν σημεῖον ζέσεως. ε) Δὲν δεικνύει συνάφειαν πρὸς τὴν ὕαλον καὶ ἑπομένως δὲν προσφύεται ἐπὶ τοῦ σωλῆνος τοῦ θερμομέτρου. στ) Προσλαμβάνει ταχέως τὴν θερμοκρασίαν τοῦ σώματος, πρὸς τὸ ὁποῖον τίθεται ἐν ἐπαφῇ.



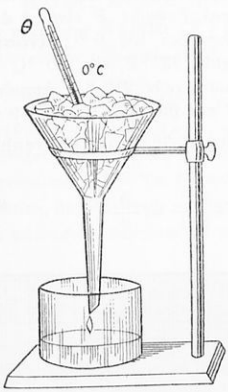
Σχ. 417. α) Κατασκευὴ θερμομέτρου. β) Ἕτοιμον θερμόμετρον.

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. 417). Οὕτω, 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 κατὰ τὴν χρῆσιν 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.

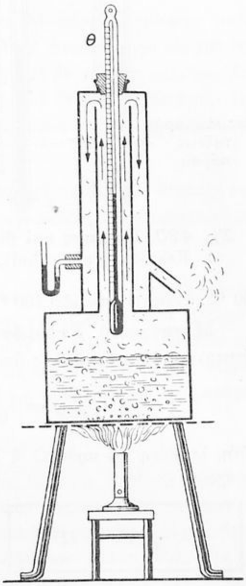
299. Βαθμολογία τοῦ θερμομέτρου. Θερμομετρικαὶ κλίμακες. Ἐὰν τὸ οὕτω κατασκευασθὲν θερμόμετρον βυθίσωμεν ἐντὸς δοχείου περιέχοντος ἀπεσταγμένον ὕδωρ, τὸ ὁποῖον ψύχομεν καταλλήλως, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ὑδραργυρικὴ στήλη εἰς τὸν σωλῆνα, λόγῳ συστολῆς τοῦ ὑδραργύρου, κατέρχεται, εὐθὺς ὅμως ὡς ἀρχίσῃ τὸ ὕδωρ νὰ στερεοποιῆται, ἡ ὑδραργυρικὴ στήλη παραμένει στάσιμος. Εἰς

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τὴν θέσιν ταύτην τοῦ θερμομέτρου σημειοῦμεν τὴν θερμοκρασίαν μηδὲν (0), ἡ ὁποία δεχόμεθα ὅτι παριστᾷ τὴν θερμοκρασίαν πήξεως τοῦ ὕδατος ἤ, ὅπερ τὸ αὐτό, τοῦ τηκομένου πάγου. Εἰς τὸ σχῆμα 418 δεικνύεται πρακτικὴ διάταξις καθορισμοῦ τοῦ μηδενὸς τοῦ θερμομέτρου. Τὸ θερμόμετρον βυθίζεται ἐντὸς δοχείου περιέχοντος τρίμματα καθαροῦ πάγου, εὑρισκομένου εἰς κατάστασιν τήξεως. Ἀκολούθως θερμαίνομεν τοῦτο ἐντὸς θερμαντῆρος (σχ. 419), ὅτε παρατηροῦμεν, ὅτι ἡ ὑδραργυρικὴ στήλη ἀνέρχεται καί, ὅταν τὸ ὕδωρ ἀρχίσῃ νὰ βράζῃ, βλέπομεν, ὅτι ἡ ὑδραργυρικὴ στήλη παραμένει στάσιμος, ἀκόμη καὶ ὅταν τὸ θερμομετρικὸν δοχεῖον εὑρίσκεται ὀλίγον ἄνωθεν τῆς ἐπιφανείας τοῦ βράζοντος ὕδατος, εἰς τρόπον ὥστε νὰ προσβάλλεται ὑπὸ τῶν ἀτμῶν αὐτοῦ. Εἰς τὴν θέσιν ταύτην, ἐφ᾽ ὅσον τὸ βαρόμετρον δεικνύει 76 cm Hg, σημειοῦμεν τὴν θερμοκρασίαν 100, ἡ ὁποία δεχόμεθα, ὅτι παριστᾷ τὴν θερμοκρασίαν τῶν ἀτμῶν τοῦ ζέοντος ὕδατος ὑπὸ πίεσιν 76 cm Hg. Τὸ μεταξὺ 0 καὶ 100 διάστημα ὑποδιαιρεῖται εἰς ἑκατὸν ἴσα μέρη καὶ ἕκαστον τούτων ἀποτελεῖ 1 βαθμὸν (**grad**) τῆς ***ἑκατονταβάθμου κλίμακος***. Ἡ ὑποδιαίρεσις ἐπεκτείνεται καθ᾽ ὅμοιον τρόπον καὶ ἄνωθεν τοῦ 100 καὶ κάτωθεν τοῦ μηδενός. Αἱ θερμοκρασίαι κάτω τοῦ μηδενὸς χαρακτηρίζονται ὡς ἀρνητικαί, αἱ δὲ ἄνω τοῦ μηδενὸς ὡς θετικαί. Διὰ νὰ δηλώσωμεν, ὅτι εἷς ἀριθμὸς ἀναφέρεται εἰς βαθμοὺς θερμοκρασίας, χρησιμοποιοῦμεν τὸν αὐτὸν συμβολισμόν, διὰ τοῦ ὁποίου χαρακτηρίζομεν εἰς τὰ Μαθηματικὰ τὰς μοίρας. Οὕτω π. χ. -15^0 παριστᾷ θερμοκρασίαν 15 βαθμῶν κάτω τοῦ μηδενός, ἐνῷ $+35^0$ παριστᾷ θερμοκρασίαν 35 βαθμῶν ἄνω τοῦ μηδενός. Ἡ ἑκατοντάβαθμος κλίμαξ, ἐπειδὴ προετάθη ὑπὸ τοῦ Σουηδοῦ ἀστρονόμου Anders **Celsius** (κατὰ τὸ ἔτος 1742), καλεῖται συνήθως καὶ ***κλίμαξ Κελσίου*** (**C**). Οὕτως ὁ συμβολισμὸς $+30$ ^{0}C ἐκφράζει θερμοκρασίαν 30 βαθμῶν Κελσίου ἄνω τοῦ μηδενός.



Σχ. 418. Προσδιορισμὸς τοῦ 0 ^{0}C ὑδραργυρικοῦ θερμομέτρου.

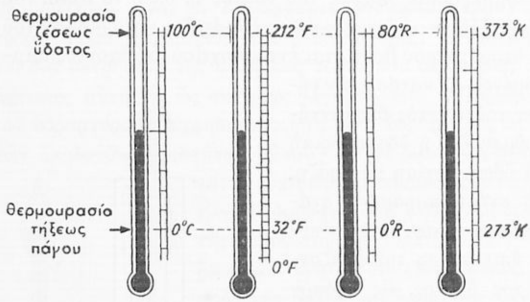


Σχ. 419. Θερμαντήρ. Διὰ τὸν προσδιορισμὸν τῶν 100 ^{0}C.

Κλίμαξ **Fahrenheit.** Αὕτη προετάθη ὑπὸ τοῦ Ὁλλανδοῦ φυσικοφιλοσόφου **Fahrenheit** κατὰ τὸ 1709 καὶ εἶναι ἐν χρήσει σήμερον ὑπὸ τῶν Ἄγγλων καὶ Ἀμερικανῶν. Ἐν αὐτῇ, ὡς σταθερὸν σημεῖον 0 ἐτέθη ἡ συνήθης θερμοκρασία τῶν ψυχροτέρων ἡμερῶν τῆς περιοχῆς τοῦ Danzig, ἡ ὁποία ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν θερμοκρασίαν ψυκτικοῦ μίγματος χιό-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

νος, ἀμμωνιακοῦ ἅλατος καὶ μαγειρικοῦ ἅλατος, ὡς ἕτερον δὲ σταθερὸν σημεῖον ἐλήφθη ἡ κανονικὴ θερμοκρασία τοῦ ἀνθρωπίνου σώματος, ἡ ὁποία ὡρίσθη αὐθαιρέτως εἰς 96.



Σχ. 420. Κλίμακες καὶ βαθμολογίαι τῶν θερμομέτρων Κελσίου, Fahrenheit, Ρεωμύρου καὶ Kelvin.

Τὸ μεταξὺ 0 καὶ 96 διάστημα ὑποδιαιρεῖται εἰς 96 ἴσα μέρη καὶ τὸ ἓν ἐξ αὐτῶν ἀποτελεῖ τὸν βαθμὸν τῆς κλίμακος Fahrenheit. Ἡ ὑποδιαίρεσις ἐπεκτείνεται καθ' ὅμοιον τρόπον καὶ κάτωθεν τοῦ 0 καὶ ἄνωθεν τοῦ 96. Ἡ ἀντιστοιχία μεταξὺ βαθμῶν C καὶ βαθμῶν F εἶναι ἡ ἀκόλουθος: Εἰς 0 ^{0}C ἀντιστοιχοῦν 32 ^{0}F, εἰς 100 ^{0}C ἀντιστοιχοῦν 212 ^{0}F, ἐπομένως 100 ^{0}C ἀντιστοιχοῦν εἰς 180 ^{0}**F** ἢ ὁ λόγος μεταξὺ βαθμῶν F καὶ βαθμῶν C εἶναι 9 : 5.

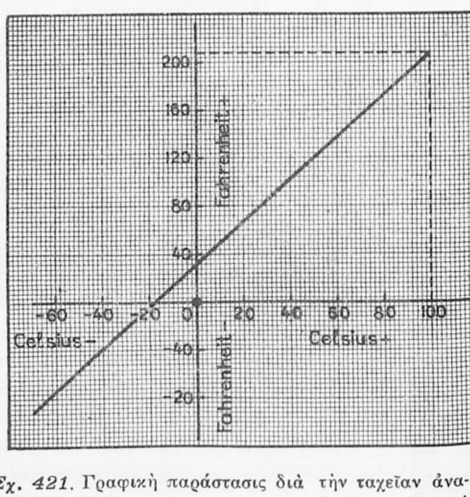
Μετατροπὴ βαθμῶν. Ἡ μετατροπὴ βαθμῶν Κελσίου εἰς βαθμοὺς Fahrenheit δύναται νὰ γίνῃ δι' ἁπλῆς ἀναλογίας ὡς ἑξῆς:

$$\frac{C - 0^0}{F - 32^0} = \frac{100^0 - 0^0}{212^0 - 32^0} \quad \text{ἢ} \quad \frac{C}{F - 32^0} = \frac{100}{180} = \frac{5}{9}$$

Αὔτη, λυομένη ὡς πρὸς C ἢ F, παρέχει:

$$\boxed{\mathbf{C = \frac{5}{9}(F - 32^0)}}$$

$$\boxed{\mathbf{F = \frac{9}{5}C + 32^0}}$$



Σχ. 421. Γραφικὴ παράστασις διὰ τὴν ταχεῖαν ἀναγωγὴν βαθμῶν Κελσίου εἰς βαθμοὺς Φαρενάϊτ καὶ ἀντιστρόφως.

Παραδείγματα. 1. ***Θερμόμετρον Κελσίου δεικνύει θερμοκρασίαν 36,6 ^{0}C. Ποία θὰ εἶναι ἡ ἀντίστοιχος ἔνδειξις θερμομέτρου Fahrenheit.***

$$F = \frac{9}{5}\,36{,}6 + 32 =$$

$$= 65{,}9 + 32 = 97{,}9 \ ^0F$$

2. ***Θερμόμετρον Fahrenheit δεικνύει θερμοκρασίαν 14 ^{0}F. Ποία θὰ εἶναι ἡ ἀντίστοιχος ἔνδειξις θερμομέτρου Κελσίου.***

$$C = \frac{5}{9}(14 - 32) = -\frac{5}{9} \cdot 18 = -\mathbf{10\ ^0C.}$$

Διὰ τὴν μετατροπὴν βαθμῶν Κελσίου εἰς βαθμοὺς Fahrenheit καὶ ἀντιστρόφως δύ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ναται νὰ χρησιμεύσῃ τὸ διάγραμμα τοῦ σχήματος 421. Οὕτω βλέπομεν π.χ., ὅτι εἰς 60 ^{0}C ἀντιστοιχοῦν 140 ^{0}F καὶ 80 ^{0}F εἰς 26 ^{0}C κ.ο.κ.

Εἰς τὸ σχῆμα 420 δεικνύονται ὑδραργυρικὰ θερμόμετρα διαφόρων θερμομετρικῶν κλιμάκων.

Κλίμαξ Ρεωμύρου. Αὕτη προετάθη ὑπὸ τοῦ Γάλλου φιλοσόφου Réaumur κατὰ τὸ ἔτος 1731 καὶ τὸ 0^0 αὐτῆς ἀντιστοιχεῖ πρὸς τὸ 0 ^{0}C, ἐνῷ 80 ^{0}R ἀντιστοιχοῦν εἰς 100 ^{0}C. Τὸ μεταξὺ 0 καὶ 80 διάστημα ὑποδιαιρεῖται εἰς 80 ἴσα μέρη καὶ ἓν τούτων καλεῖται βαθμὸς Réaumur. Ἡ κλίμαξ αὕτη, ἡ ὁποία πολλάκις καλεῖται καὶ ὀγδοηκοντάβαθμος, δὲν χρησιμοποιεῖται σχεδὸν σήμερον, διατηρεῖται δὲ μόνον, εἰς περιωρισμένην ὅμως χρῆσιν, ἐν Σκανδιναυΐᾳ καὶ Ὁλλανδίᾳ.

Κλίμαξ* Kelvin.** Ἐκτὸς τῶν ἀνωτέρω κλιμάκων γίνεται χρῆσις εἰς τὴν Φυσικὴν καὶ τῆς ***κλίμακος* Kelvin (K)** ἢ ***ἀπολύτου κλίμακος (σχ. 420), τὴν ὁποίαν θὰ ἐξετάσωμεν εἰς ἄλλην θέσιν (βλ. σελ. 290).

Παρατήρησις. Ὡς ἐκ τοῦ τρόπου, κατὰ τὸν ὁποῖον εἰσάγεται εἰς τὴν θερμότητα τὸ μέγεθος θ ε ρ μ ο κ ρ α σ ί α, τοῦτο ἐξ ὅλων τῶν μεγεθῶν, ἅτινα γνωρίζομεν μέχρι σήμερον, ἀποτελεῖ ἐξαίρεσιν, μὴ δυνάμενον νὰ ἐκφρασθῇ διὰ τῶν τριῶν θεμελιωδῶν μεγεθῶν τοῦ συστήματος CGS. Ὡς ἐκ τούτου, πάντα τὰ θερμικὰ μεγέθη, ὡς ἐξαρτώμενα ἐκ τῆς θερμοκρασίας, δὲν δύνανται νὰ ὑπαχθοῦν εἰς τὸ σύστημα CGS, ὡς μὴ δυνάμενα νὰ ἐκφρασθοῦν διὰ τῶν τριῶν θεμελιωδῶν μεγεθῶν αὐτοῦ.

300. Ὅρια χρησιμοποιήσεως ὑδραργυρικοῦ θερμομέτρου. Ἐπειδὴ ὁ ὑδράργυρος πήγνυται εἰς — 38,9 ^{0}C καὶ βράζει εἰς + 356,7 ^{0}C, τὸ ὑδραργυρικὸν θερμόμετρον δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ μεταξὺ τῶν ὁρίων — 38,9^0 καὶ 300 ^{0}C. Δι' ἀνωτέρας θερμοκρασίας μέχρις 700 ^{0}C, χρησιμοποιοῦμεν θερμόμετρα κατασκευαζόμενα ἐκ δυστήκτου ὑάλου (ὕαλος ἐκ χαλαζίου), ἄνωθεν ὅμως τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου δὲν ὑφίσταται κενόν, ἀλλ' ἄζωτον ἢ διοξείδιον τοῦ ἄνθρακος ὑπὸ πίεσιν. Διὰ θερμοκρασίας κατωτέρας τῶν — 38,9 ^{0}C χρησιμοποιοῦμεν θερμόμετρα ἔχοντα ὡς θερμομετρικὸν ὑγρὸν οἰνόπνευμα (— 100 ^{0}C), ἢ πεντάνιον (— 190 ^{0}C).

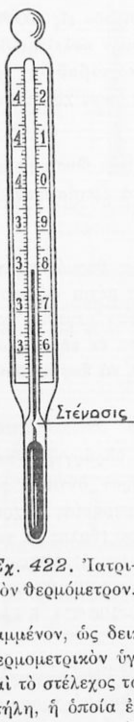
Γενικῶς, ὅλα τὰ ἀνωτέρω περιγραφέντα θερμόμετρα χρησιμοποιοῦν ὡς θερμομετρικὸν σῶμα ὑγρὸν καὶ ἑπομένως τὰ ὅρια θερμοκρασίας, ἐντὸς τῶν ὁποίων δύνανται νὰ χρησιμοποιηθοῦν τὰ θερμόμετρα ταῦτα, εἶναι — 190 ^{0}C καὶ + 700 ^{0}C. Διὰ θερμοκρασίας ταπεινοτέρας ἢ ἀνωτέρας τῶν ὁρίων τούτων καταφεύγομεν εἰς ἄλλα μέσα, ἐπὶ τῶν ὁποίων θὰ ἐπανέλθωμεν εἰς ἄλλην θέσιν.

Ἡ μέτρησις τῆς θερμοκρασίας διὰ τῶν θερμομέτρων παρουσιάζει ὡρισμένα σφάλματα, τὰ ὁποῖα εἶναι γνωστὰ καὶ δύνανται νὰ διορθωθοῦν δι' ὑπολογισμοῦ. Ἐν τούτοις, ἐπειδὴ τὰ σφάλματα ταῦτα ἀναφέρονται εἰς μετρήσεις μεγάλης ἀκριβείας καί, ἐπειδὴ ἡ τεχνικὴ κατασκευὴ τῶν θερμομέτρων ἔχει προχωρήσει σήμερον σημαντικῶς, ὥστε νὰ ἐλαττωθοῦν τὰ σφάλματα ταῦτα εἰς μέγιστον βαθμόν, δὲν θ' ἀσχοληθῶμεν μὲ τὴν περιγραφήν των.

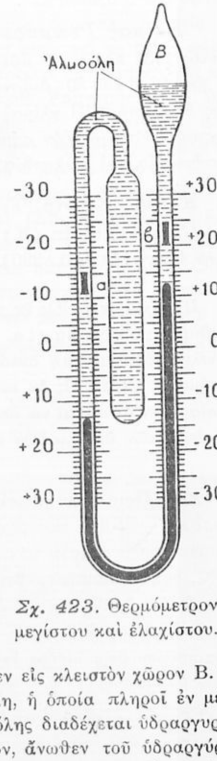
Ἡ εὐαισθησία τῶν θερμομέτρων, ἡ ὁποία εἶναι τόσον μεγαλυτέρα, ὅσον τὸ δοχεῖον τοῦ θερμομέτρου εἶναι μεγαλύτερον καὶ ἡ διάμετρος τοῦ σωλῆνος μικροτέρα, ἔχει αὐξηθῆ σημαντικῶς, εἰς τρόπον ὥστε νὰ δυνάμεθα μετ' ἀκριβείας νὰ μετρήσωμεν μεταβολὴν θερμοκρασίας 0,01 ^{0}C καὶ ἔτι μικροτέραν.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

301. Θερμόμετρα μεγίστου καὶ ἐλαχίστου. Ἁπλούστατον τύπον θερμομέτρου μεγίστου ἀποτελεῖ τὸ σύνηθες ***ἰατρικὸν θερμόμετρον*** (σχ. 422). Τοῦτο εἶναι 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. 422. Ἰατρικὸν θερμόμετρον.



Σχ. 423. Θερμόμετρον μεγίστου καὶ ἐλαχίστου.

Ἕτερος τύπος θερμομέτρου μεγίστου καὶ ἐλαχίστου εἶναι τὸ ***θερμόμετρον* Six.** Τοῦτο ἀποτελεῖται ἐκ κυλινδρικοῦ δοχείου, πρὸς τὸ ὁποῖον συνάπτεται στέλεχος κεκαμμένον, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 423, καὶ ἀπολῆγον ἄνωθεν εἰς κλειστὸν χῶρον Β. Ὡς θερμομετρικὸν ὑγρὸν χρησιμεύει ἀλκοόλη, γλυκερίνη ἢ τολουόλη, ἡ ὁποία πληροῖ ἐν μέρει καὶ τὸ στέλεχος τοῦ θερμομέτρου. Ἀκολούθως τὴν στήλην ἀλκοόλης διαδέχεται ὑδραργυρικὴ στήλη, ἡ ὁποία ἐπέχει θέσιν δείκτου, καὶ τέλος τὸ θερμόμετρον, ἄνωθεν τοῦ ὑδραργύρου, εἰς τὸ ἕτερον σκέλος πληροῦται διὰ τοῦ αὐτοῦ θερμομετρικοῦ ὑγροῦ τοῦ περιεχομένου εἰς τὸ δοχεῖον, εἰς τρόπον ὥστε νὰ ἀπομένῃ κενὸν μικρὸν μόνον μέρος τοῦ χώρου Β, ἐν τῷ ὁποίῳ ὑπάρχει ἀὴρ ὑπὸ ἠλαττωμένην πίεσιν. Ἐπὶ τῶν δύο ἐλευθέρων ἐπιφανειῶν τοῦ ὑδραργύρου εὑρίσκονται δύο μικροὶ στυλίσκοι ἐκ σιδήρου, **α** καὶ ***β***, οἱ ὁποῖοι, τῇ βοηθείᾳ ἐλατηρίου ἢ ἄλλης διατάξεως, δύνανται νὰ μετατοπίζωνται ἐντὸς τοῦ στελέχους ὑπὸ ἐλαφρὰν τριβήν.

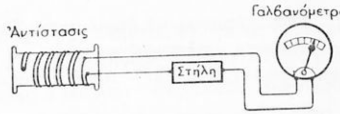
Ὅταν τὸ δοχεῖον τοῦ θερμομέτρου θερμαίνεται, τὸ ἐν αὐτῷ ὑγρόν, λόγῳ τῆς διαστολῆς του, διερχόμενον ἐλευθέρως διὰ μέσου τοῦ διακένου τοῦ δείκτου α, ὠθεῖ τὸ πρὸς τὰ ἀριστερὰ σκέλος τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης πρὸς τὰ κάτω, ἐνῷ ὁ δείκτης α παραμένει εἰς τὴν θέσιν του συγκρατούμενος λόγῳ τῆς τριβῆς πρὸς τὸ τοίχωμα τοῦ σωλῆνος. Τοὐναντίον, τὸ πρὸς τὰ δεξιὰ σκέλος τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης ἀνέρχεται καὶ παρασύρει μετ' αὐτῆς τὸν ἀντίστοιχον δείκτην β, τὸ δὲ ἄνωθεν αὐτῆς ὑγρὸν εἰσχωρεῖ εἰς τὸν χῶρον Β καὶ συμπιέζει τὸν ἐν αὐτῷ ὑπάρχοντα ἀέρα.

Ὅταν τὸ κυλινδρικὸν δοχεῖον τοῦ θερμομέτρου ἀποψύχεται, ἡ ὑδραργυρικὴ στήλη, λόγῳ τῆς πιέσεως τοῦ εἰς τὸν χῶρον Β ἀέρος, ἐκτελεῖ τὴν ἀντίθετον κίνησιν ἢ προηγου-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

μένως. Ἡ μεγίστη θερμοκρασία δεκνύεται ὑπὸ τῆς δεξιᾶς κλίμακος, διὰ τῆς διαιρέσεως τῆς ἀντιστοιχούσης εἰς τὸ ἄκρον τοῦ δείκτου β, τὸ ἐστραμμένον πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ὑδραργύρου, ἐνῷ ἡ ἐλαχίστη θερμοκρασία δεικνύεται καθ' ὅμοιον τρόπον ὑπὸ τῆς πρὸς τ' ἀριστερὰ κλίμακος. Τὸ ὄργανον, μεθ' ἑκάστην παρατήρησιν, δέον νὰ ἐπαναφέρεται εἰς τὴν κανονικήν του κατάστασιν, τοῦτο δὲ ἐπιτυγχάνεται, ἐὰν μετατοπίσωμεν μὲ τὴν βοήθειαν μικροῦ μαγνήτου τοὺς δύο δείκτας, ὥστε νὰ ἐφάπτωνται τῶν ἐπιφανειῶν τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης.

302*. **Ἠλεκτρικὸν θερμόμετρον ἀντιστάσεως.** Ἡ ἀντίστασις τῶν μεταλλικῶν ἀγωγῶν αὐξάνεται ἐν γένει μετὰ τῆς θερμοκρασίας. Ἑπομένως εἶναι φανερόν, ὅτι διὰ τῆς χρησιμοποιήσεως καταλλήλου ἀγωγοῦ, ὡς π.χ. μικροῦ πηνίου συνδεδεμένου πρὸς διάταξιν δυναμένην νὰ μετρᾷ τὴν **ἀντίστασιν** αὐτοῦ, δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ τοῦτο ὡς θερμόμετρον. Ὄργανα δὲ τοῦ τύπου τούτου, τὰ ὁποῖα χρησιμοποιοῦνται σήμερον εὐρύτατα, καλοῦνται ***ἠλεκτρικὰ θερμόμετρα*** (σχ. 424).



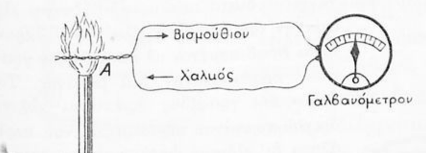
Σχ. 424. Ἠλεκτρικὸν θερμόμετρον.

Οὕτω π.χ. τοποθετοῦντες ὑπὸ τὸ ἔδαφος καὶ εἰς διάφορα βάθη τὰ θερμομετρικὰ πηνία καὶ μετροῦντες τὴν ἀντίστασιν αὐτῶν εἰς διαφόρους ὥρας καὶ ἀπὸ ἡμέρας εἰς ἡμέραν, δυνάμεθα νὰ καθορίσωμεν τὸν τρόπον, καθ' ὃν εἰσχωρεῖ ἡ θερμότης εἰς τὸ ἔδαφος καὶ νὰ καθορίσωμεν τὴν κατανομὴν τῆς θερμοκρασίας εἰς διάφορα βάθη ὑπὸ τὸ ἔδαφος.

Ἐξ ἄλλου γνωρίζομεν, ὅτι ὁ λευκόχρυσος τήκεται εἰς 1755 °C· ἑπομένως, ἐὰν κατασκευάσωμεν πηνίον ἐκ σύρματος λευκοχρύσου, δυνάμεθα διὰ τούτου νὰ μετρήσωμεν πολὺ ὑψηλὰς θερμοκρασίας, ὡς π.χ. νὰ καθορίσωμεν τὸ σημεῖον τήξεως τοῦ χαλκοῦ, τὸ ὁποῖον ἀνέρχεται εἰς 1083 °C, ὡς ἐπίσης νὰ καθορίσωμεν τὴν θερμοκρασίαν καμίνου.

Τελευταίως ἔχουν κατασκευασθῆ **αὐτογραφικαὶ** διατάξεις, αἱ ὁποῖαι λειτουργοῦν ἐπὶ τῇ βάσει τῶν θερμομέτρων τούτων καὶ καταγράφουν αὐτομάτως καὶ συνεχῶς τὰς μεταβολὰς τῆς θερμοκρασίας.

303*. **Θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον.** Διὰ τὴν μέτρησιν ἰδίως πολὺ ὑψηλῶν θερμοκρασιῶν χρησιμοποιεῖται καὶ τὸ ***θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον***, ἀποτελούμενον ἀπὸ δύο σύρματα τὸ ἓν ἐκ λευκοχρύσου καὶ τὸ ἄλλο ἀπὸ ροδιολευκόχρυσον (δηλ. κρᾶμα λευκοχρύσου περιέχον 10 % ρόδιον) ἢ ἀπὸ βισμούθιον καὶ χαλκὸν (σχ. 425) αὐτογενῶς συγκολλημένα (ἄνευ δηλαδὴ παρεμβολῆς συγκολλητικῆς οὐσίας).



Σχ. 425. Θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον.

Ἐὰν συνδέσωμεν τὰ ἐλεύθερα ἄκρα τοῦ στοιχείου πρὸς γαλβανόμετρον καὶ θερμάνωμεν τὴν ἐπαφὴν A τῆς θερμοκρασίας τῶν ὑπολοίπων μερῶν παραμενούσης ἀμεταβλήτου, τότε γεννᾶται εἰς τὸ κλειστὸν ἠλεκτρικὸν κύκλωμα, ὡς δεικνύεται ἐκ τοῦ γαλβανομέτρου, ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἔχον τὴν φορὰν τῶν βελῶν (βλ. **τομ.** II, κεφ. Θερμοηλεκτρισμός).

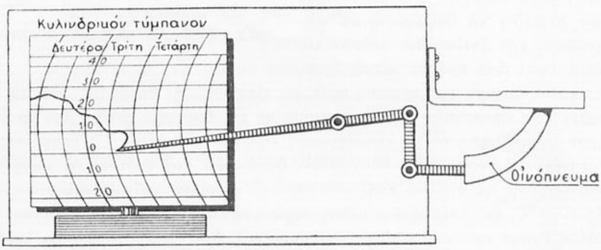
Τὰ θερμοηλεκτρικὰ στοιχεῖα δύνανται νὰ ἐλέγξουν ἐπίσης πολὺ μικρὰν ἀνύψωσιν θερμοκρασίας. Οὕτω διὰ θερμοηλεκτρικοῦ στοιχείου ἀποτελουμένου ἐκ λευκοχρύσου καὶ βισμουθίου ἐγκεκλεισμένου ἐντὸς ὑαλίνου σωλῆνος, ἀπὸ τὸν ὁποῖον ἔχει ἀφαιρεθῆ ὁ ἀήρ, δυνάμεθα νὰ μετρήσωμεν τὴν αὔξησιν τῆς θερμοκρασίας, τὴν ὁποίαν προκαλεῖ ἡ ἀκτινοβολία τῶν πλανητῶν καί τινων ἀπλανῶν ἀστέρων.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

304*. Ὀπτικὸν πυρόμετρον. Τὰ ὄργανα ταῦτα χρησιμεύουν διὰ τὴν μέτρησιν λίαν ὑψηλῶν θερμοκρασιῶν καὶ χρησιμοποιοῦνται κυρίως εἰς τὴν μεταλλουργίαν διὰ τὴν μέτρησιν τῆς λαμπρότητος τῆς ἐρυθρᾶς ἀκτινοβολίας τοῦ διαπύρου σώματος, συγκρινομένης πρὸς πρότυπον πηγὴν ἐρυθρᾶς ἀκτινοβολίας, π.χ. ἠλεκτρικῆς λυχνίας πυρακτώσεως, τῆς ὁποίας μεταβάλλομεν τὴν λαμπρότητα τοῦ νήματος διὰ μεταβολῆς τῆς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, μέχρι ὅτου ἡ λαμπρότης τῆς λυχνίας συμπέσῃ πρὸς τὴν λαμπρότητα τοῦ ἐξεταζομένου θερμοῦ σώματος.

Τελευταίως, ἐπειδὴ αἱ ἀνάγκαι τῆς ἀκριβοῦς μετρήσεως τῆς θερμοκρασίας εἰς διαφόρους μεταλλουργικὰς ἢ ἄλλας βιομηχανίας ηὐξήθησαν σημαντικῶς, ἐπενοήθησαν διάφοροι τύποι ὀπτικῶν πυρομέτρων, τὰ ὁποῖα ἔχουν βαθμολογηθῆ καταλλήλως καὶ παρέχουν δι᾽ ἀμέσου ἀναγνώσεως τὴν θερμοκρασίαν τοῦ θερμοῦ σώματος.

305*. Αὐτογραφικὰ θερμόμετρα. Ταῦτα ἀποτελοῦνται κυρίως ἀπὸ σωλῆνα μεταλλικὸν παρουσιάζοντα πεπλατυσμένην τομὴν καὶ ὁ ὁποῖος πληροῦται τελείως ὑπὸ οἰνοπνεύματος ἢ πετρελαίου (σχ. 426, 427). Λόγῳ μεταβολῆς τῆς θερμοκρασίας ὁ ὄγκος τοῦ ὑγροῦ τείνει



Σχ. 426. Διάταξις αὐτογραφικοῦ θερμομέτρου.

νʼ αὐξηθῆ, συνεπείᾳ δὲ τούτου μεταβάλλεται ἡ πίεσις ἡ ἀσκουμένη ἐπὶ τῶν τοιχωμάτων τοῦ σωλῆνος. Οὕτω προκύπτουν δυνάμεις προκαλοῦσαι ἐλαστικὰς παραμορφώσεις τοῦ σωλῆνος, αἱ ὁποῖαι μεγεθυνόμεναι διὰ καταλλήλων μηχανικῶν διατάξεων μεταβιβάζονται εἰς δείκτην, τοῦ ὁποίου τὸ ἐλεύθερον ἄκρον εἶναι ἐφωδιασμένον μὲ κατάλληλον γραφῖδα ἐφωδιασμένην διὰ μελάνης. Τὸ ἄκρον τῆς γραφῖδος ἐφάπτεται κυλινδρικοῦ τυμπάνου περιστρεφομένου περὶ ἄξονα δι᾽ εἰδικοῦ ὡρολογιακοῦ μηχανισμοῦ· οὕτω δὲ ἡ γραφὶς καταγράφει αὐτομάτως τὰς διαφόρους κινήσεις τοῦ δείκτου ἐπὶ τεμαχίου χάρτου καταλλήλως ὑποδιῃρημένου καὶ προσηρμοσμένου ἐπὶ τῆς παραπλεύρου ἐπιφανείας τοῦ κυλινδρικοῦ τυμπάνου.

Σχ. 427. Αὐτογραφικὸν θερμόμετρον.

Αἱ συσκευαὶ αὗται (σχ. 427) βαθμολογοῦνται διὰ συγκρίσεως αὐτῶν πρὸς ὑδραργυρικὸν θερμόμετρον καὶ χρησιμοποιοῦνται εἰς τοὺς Μετεωρολογικοὺς σταθμοὺς διὰ τὴν συνεχῆ παρακολούθησιν τῶν μεταβολῶν τῆς θερμοκρασίας ἐντὸς μακρῶν χρονικῶν διαστημάτων, π. χ. ἡμέρας, ἑβδομάδος, μηνός.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

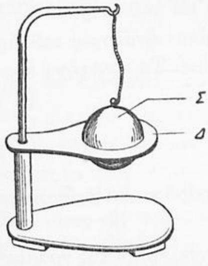
Πίναξ θερμοκρασιῶν.

Κανονικὸν σημεῖον βρασμοῦ τοῦ ὑγροῦ ἀέρος	— 191 °C
Ταπεινοτέρα μετρηθεῖσα θερμοκρασία ἀέρος πλησίον τοῦ ἐδάφους	— 76 °C
Μέση θερμοκρασία τοῦ ὑγιοῦς ἀνθρώπου	37 °C
Θερμοκρασία πυρετοῦ	39 — 42 °C
Θερμοκρασία ἐρυθροπυρωμένου σιδήρου	700 °C
Σημεῖον τήξεως τοῦ σιδήρου	1530 °C
Νήματα πυρακτωμένα ἠλεκτρικοῦ λαμπτῆρος φωτισμοῦ	2180 °C
Θερμοκρασία ἀερίων εἰς κρατῆρας βολταϊκοῦ τόξου	4000 °C
Θερμοκρασία εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ Ἡλίου	6000 °C

306. 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.

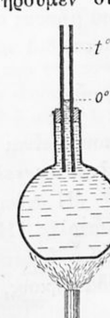
Ἐξ ὅλων τῶν σωμάτων τὰ στερεὰ διαστέλλονται ὀλιγώτερον. Τὰ ὑγρὰ δεικνύουν μεγαλυτέραν διαστολὴν ἀπὸ τὰ στερεά. Τὰ ἀέρια διαστέλλονται περισσότερον ἐξ ὅλων τῶν σωμάτων.

Πειραματικῶς δεικνύομεν τὴν διαστολὴν τῶν στερεῶν διὰ τῆς ἐν σχήματι 428 συσκευῆς. Ἐὰν ἡ σφαῖρα Σ ἔχῃ διάμετρον ὀλίγον μικροτέραν τῆς διαμέτρου 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 διακτύλιον, ἡ σφαῖρα διέρχεται δι᾽ αὐτοῦ.



Σχ. 428. Θερμικὴ διαστολὴ μεταλλικῆς σφαίρας.

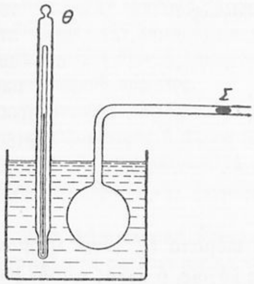
Τὴν διαστολὴν τῶν ὑγρῶν δεικνύομεν διὰ τῆς ἐν σχήματι 429 συσκευῆς ἀποτελουμένης ἐξ ὑάλου. Ἐὰν θερμάνωμεν τὴν συσκευήν, παρατηροῦμεν, ὅτι τὸ ὑγρὸν ἐν ἀρχῇ κατέρχεται εἰς τὸν σωλῆνα, ὡς ἐὰν τοῦτο ὑφίστατο συστολήν. Τοῦτο ὅμως συμβαίνει, ἐπειδὴ τὰ τοιχώματα τοῦ δοχείου, εὑρισκόμενα εἰς ἄμεσον ἐπαφὴν πρὸς 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.



Σχ. 429. Θερμικὴ διαστολὴ ὑγροῦ.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Διὰ τὴν διαστολὴν τῶν ἀερίων χρησιμεύει ἡ ἐν σχήματι 430 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.



Σχ. 430. Θερμικὴ διαστολὴ ἀερίου.

307. Διαστολὴ τῶν στερεῶν. Προκειμένου περὶ τῶν στερεῶν διακρίνομεν κυρίως ***γραμμικὴν*** καὶ ***κυβικὴν*** ἢ ***κατ' ὄγκον διαστολήν.*** ***Γραμμικὴ λέγεται ἡ διαστολή, 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.

308. Γραμμικὴ διαστολή. Ἔστω ὅτι ῥάβδος ἔκ τινος οὐσίας ἔχει εἰς θερμοκρασίαν 0 °C μῆκος l_0. Ἐὰν θερμάνωμεν τὴν ῥάβδον εἰς t°, τὸ μῆκος αὐτῆς γίνεται lt, ἡ δὲ συνολικὴ αὔξησις τῆς ῥάβδου εἶναι $lt - l_0$. 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 :

$$l_t - l_0 = \alpha \cdot l_0 t \qquad (1)$$

ἐξ οὗ :

$$\alpha = \frac{l - l_0}{l_0 t} \qquad (2)$$

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 :

$$\boxed{l_t = l_0\,(1 + \alpha t)}$$

Ὁ κάτωθι πίναξ παρέχει τὰς ἀριθμητικὰς τιμὰς τῶν συντελεστῶν γραμμικῆς διαστολῆς σωμάτων τινῶν εἰς 1/grad (ἢ $grad^{-1}$):

Ὕαλος .	0,000 009	Ἀργίλιον .	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

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἔστω π.χ. ὅτι ράβδος σιδηρᾶ μήκους 1 m θερμαίνεται κατὰ 50^0. Ἐκ τοῦ τύπου (1) ὑπολογίζοντες τὴν μεταβολὴν τοῦ μήκους τῆς ράβδου εὑρίσκομεν, ὅτι:

$$0{,}000\,012 \cdot 1 \cdot 50 = 0{,}006 \text{ m} \quad \text{ἤτοι} \quad 6 \text{ mm}.$$

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.

Εἰς τὰ ἀνωτέρω ὑποτίθεται, ὅτι ὁ συντελεστὴς γραμμικῆς διαστολῆς εἶναι ἀνεξάρτητος τῆς θερμοκρασίας, ὡς τοῦτο δεχόμεθα διὰ τὰς συνήθεις ἐφαρμογάς. Πράγματι ὅμως ὁ συντελεστὴς α ἐξαρτᾶται καὶ ἐκ τῆς θερμοκρασίας, τοῦτο δὲ λαμβάνεται ὑπ' ὄψιν εἰς περιπτώσεις μετρήσεων μεγάλης ἀκριβείας. Οὕτω ὁ συντελεστὴς α ἔχει ἄλλην τιμήν, ὅταν αὐξάνωμεν τὴν θερμοκρασίαν ἀπὸ 10 °C εἰς 11 °C καὶ ἄλλην ἀπὸ 100 °C εἰς 101 °C.

309*. Γενικὸς τύπος γραμμικῆς διαστολῆς. Ἔστω, ὅτι δίδεται τὸ μῆκος τῆς ράβδου l_1 εἰς τὴν θερμοκρασίαν t_1 καὶ ζητεῖται νὰ εὕρωμεν τὸ μῆκος αὐτῆς l_2 εἰς τὴν θερμοκρασίαν t_2, γνωστοῦ ὄντος ὅτι ὁ συντελεστὴς τῆς γραμμικῆς διαστολῆς εἶναι α.

Πρὸς λύσιν τοῦ προβλήματος τούτου καλοῦμεν l_0 τὸ μῆκος τῆς ράβδου εἰς τὴν θερμοκρασίαν 0 °C, ὅτε, συμφώνως πρὸς τ' ἀνωτέρω, θὰ ἔχωμεν:

$$l_1 = l_0(1 + \alpha t_1) \quad \text{καὶ} \quad l_2 = l_0(1 + \alpha t_2)$$

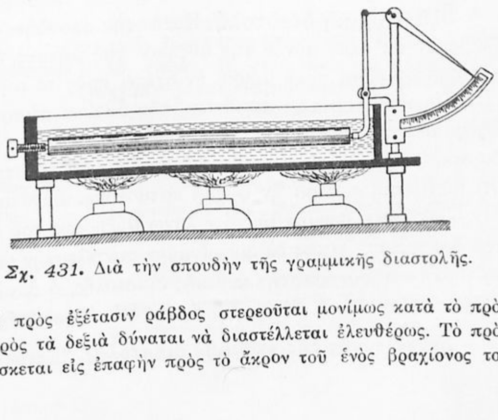
διὰ διαιρέσεως κατὰ μέλη τῶν δύο τούτων τύπων εὑρίσκομεν: $\dfrac{l_2}{l_1} = \dfrac{1 + \alpha t_2}{1 + \alpha t_1}$

Ἐὰν ἤδη πολλαπλασιάσωμεν ἀμφοτέρους τοὺς ὅρους τοῦ δευτέρου κλάσματος ἐπὶ $1 - \alpha t_1$ θὰ προκύψῃ: $\dfrac{l_2}{l_1} = \dfrac{(1 + \alpha t_2)(1 - \alpha t_1)}{1 - \alpha^2 t_1} = (1 + \alpha t_2)(1 - \alpha t_1)$.

Ὁ ὅρος $\alpha^2 t_1$, ἐπειδὴ τὸ μέγεθος α εἶναι πολὺ μικρόν, παραλείπεται πρὸ τῆς μονάδος. Ἐὰν ἤδη ἐπιλύσωμεν τὴν σχέσιν ὡς πρὸς l_2 καὶ λάβωμεν ὑπ' ὄψιν τὴν ἀνωτέρω παρατήρησιν ὡς πρὸς τὴν δευτέραν δύναμιν τοῦ α, προκύπτει ἡ σχέσις: $l_2 = l_1[1 + \alpha(t_2 - t_1)]$.

Ὁ τύπος οὗτος εἶναι ὁ θεμελιώδης τύπος τῆς γραμμικῆς διαστολῆς εἰς τὸν ὁποῖον, ἂν ὑποτεθῇ $t_1 = 0$, προκύπτει ὁ τύπος (1) τῆς § 308. Ἐὰν θέσωμεν: $t_2 - t_1 = \Delta t$, προκύπτει ἡ σχέσις:

$$l_2 = l_1(1 + \alpha \cdot \Delta t) \quad (1)$$



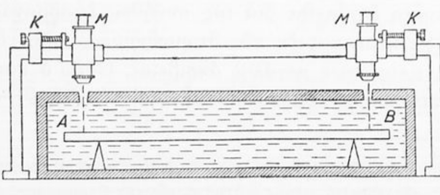
Σχ. 431. Διὰ τὴν σπουδὴν τῆς γραμμικῆς διαστολῆς.

310. Πειραματικὴ ἀπόδειξις τῆς γραμμικῆς διαστολῆς. Τὴν γραμμικὴν διαστολὴν δεικνύομεν διὰ τῆς ἐν σχήματι 431 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 τοῦ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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.

311*. Μέθοδος ἀκριβείας προσδιορισμοῦ τοῦ συντελεστοῦ γραμμικῆς διαστολῆς. Ἡ πρὸς ἔλεγχον ράβδος ΑΒ στηρίζεται ἐπὶ πρισματικῶν ἀκμῶν εὑρισκομένων εἰς τὸν πυθμένα λεκάνης. Ἐντὸς τῆς λεκάνης τίθεται ὕδωρ, εἰς τὸ ἄνω δὲ μέρος αὐτῆς τοποθετοῦνται δύο μικροσκόπια ΜΜ διὰ τὴν σκόπευσιν, δυνάμενα νὰ μετατοπίζωνται διὰ τῶν μικρομέτρων Κ Κ (σχ. 432).



Σχ. 432. Ἡ μετάθεσις τῶν μικροσκοπίων Μ γίνεται διὰ τῶν κοχλιῶν Κ, τῶν ὁποίων τὰ τύμπανα φέρουν κλίμακας εἰς κλάσματα τοῦ χιλιοστοῦ.

Ἡ μέτρησις γίνεται ὡς ἑξῆς: Ἐπὶ τῆς ράβδου ΑΒ ὑπάρχουν δύο χαραγαὶ εὑρισκόμεναι εἰς γνωστὴν ἀπόστασιν, εἰς θερμοκρασίαν 15 °C ἐλεγχομένην δι᾽ εὐαισθήτου θερμομέτρου, τὰς ὁποίας σκοπεύομεν διὰ τῶν μικροσκοπίων καὶ σημειοῦμεν τὰς ἀντιστοίχους ἀναγνώσεις. Ἀκολούθως διαβιβάζομεν εἰς τὴν συσκευὴν ὕδωρ ἀνωτέρας θερμοκρασίας καί, ὅταν ἀποκατασταθῇ θερμικὴ ἰσορροπία, σκοπεύομεν ἐκ νέου διὰ τῶν μικροσκοπίων ρυθμίζοντες αὐτὰ διὰ τῶν μικρομέτρων, ὥστε νὰ ἐμφανισθοῦν εἰς τὴν αὐτὴν θέσιν τοῦ ὀπτικοῦ πεδίου αὐτῶν αἱ δύο χαραγαὶ καὶ ἀναγινώσκομεν τὰς νέας ἐνδείξεις τῶν μικρομέτρων.

Διὰ συγκρίσεως τῶν νέων ἐνδείξεων πρὸς τὰς ἀρχικὰς εὑρίσκομεν τὴν νέαν ἀπόστασιν τῶν δύο χαραγῶν καὶ ἐξ αὐτῶν τὴν διαστολὴν τῆς ράβδου. Ἐπειδὴ εἶναι γνωστὴ ἡ ἀρχικὴ ἀπόστασις ΑΒ τῶν δύο χαραγῶν, ἐπίσης δὲ γνωρίζομεν καὶ τὴν ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας, εἶναι δυνατόν, βάσει τῆς μετρηθείσης διαστολῆς, νὰ καθορίσωμεν ἐκ τοῦ γνωστοῦ τύπου (1) τῆς § 309 τὸν συντελεστὴν τῆς γραμμικῆς διαστολῆς μὲ μεγάλην ἀκρίβειαν.

312. 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. 428), 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.

Συντελεστὴς τῆς κυβικῆς διαστολῆς. Ἔστω ὀρθογώνιον παραλληλεπίπεδον

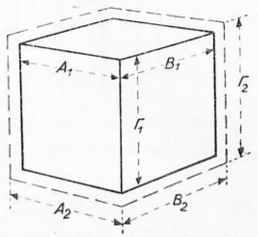
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

διαστάσεων A_1, B_1, Γ_1 εἰς θερμοκρασίαν t_1 (σχ. 433). Ἐὰν θερμάνωμεν αὐτὸ εἰς θερμοκρασίαν t_2, αἱ διαστάσεις αὐτοῦ θὰ εἶναι:

$$A_2 = A_1\,(1 + \alpha\,\Delta t), \quad B_2 = B_1\,(1 + \alpha\,\Delta t), \quad \Gamma_2 = \Gamma_1\,(1 + \alpha\,\Delta t),$$

ὅπου $\Delta t = t_2 - t_1$ καὶ α ὁ συντελεστὴς γραμμικῆς διαστολῆς. Ἐὰν δὲ λάβωμεν ὑπ' ὄψιν, ὅτι $V_2 = A_2 \cdot B_2 \cdot \Gamma_2$ καὶ $V_1 = A_1 \cdot B_1 \cdot \Gamma_1$ παριστοῦν τοὺς ὄγκους τοῦ παραλληλεπιπέδου εἰς θερμοκρασίας t_2 καὶ t_1, εὑρίσκομεν διὰ πολλαπλασιασμοῦ τῶν ἀνωτέρω τριῶν ἐξισώσεων: $V_2 = V_1\,(1 + \alpha\,\Delta t)^3$. Ὁ τύπος οὗτος, λόγῳ τῆς σμικρότητος τοῦ α, δύναται ἄνευ αἰσθητοῦ σφάλματος νὰ γραφῇ:

$$\mathbf{V_2 = V_1\,(1 + 3\alpha\,\Delta t)} \qquad (1)$$



Σχ. 433. Λόγῳ τῆς αὐξήσεως τῶν ἀκμῶν τοῦ παραλληλεπιπέδου προκύπτει αὔξησις τοῦ ὄγκου.

Ὁ συντελεστὴς 3α, ὁ ὁποῖος εἶναι τριπλάσιος τοῦ συντελεστοῦ τῆς γραμμικῆς διαστολῆς, καλεῖται ***συντελεστὴς τῆς κυβικῆς διαστολῆς***. Οὕτω διὰ τὸν σίδηρον ὁ συντελεστὴς τῆς γραμμικῆς διαστολῆς εἶναι $\alpha = 0{,}000\,012\ \text{grad}^{-1}$, ἐνῷ ὁ συντελεστὴς τῆς κυβικῆς διαστολῆς θὰ εἶναι: $0{,}000\,012 \cdot 3 = 0{,}000\,036\ \text{grad}^{-1}$.

Ὁ τύπος (1) εἶναι θεμελιώδης διὰ τὴν κυβικὴν διαστολήν.

313. Ἐπιφανειακὴ διαστολή. Ἐὰν S_1 καλέσωμεν τὴν ἐπιφάνειαν σώματος εἰς t_1 καὶ S_2 τὴν ἐπιφάνειαν αὐτοῦ εἰς t_2, εὑρίσκομεν, σκεπτόμενοι ὡς προηγουμένως:

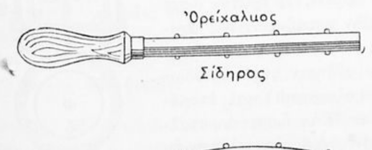
$$\mathbf{S_2 = S_1\,(1 + 2\alpha\,\Delta t)}$$

314*. Μεταβολὴ τῆς πυκνότητος μετὰ τῆς θερμοκρασίας. Ἔστω ὅτι σῶμα μάζης m ἔχει εἰς θερμοκρασίαν t_1 ὄγκον V_1 καὶ πυκνότητα ρ_1, ἐνῷ τὰ αὐτὰ μεγέθη εἰς θερμοκρασίαν t_2 εἶναι V_2 καὶ ρ_2. Προδήλως ἔχομεν τὰς σχέσεις $m = V_1\,\rho_1 = V_2\,\rho_2$. Ἐὰν δὲ λάβωμεν ὑπ' ὄψιν καὶ τὸν τύπον (1) τῆς § 312, εὑρίσκομεν:

$$\varrho_1 = \varrho_2\,(1 + 3\alpha\,\Delta t)$$

ἐξ οὗ ὑπολογίζομεν τὴν πυκνότητα ρ_2 ἐκ τῆς ρ_1 καὶ ἐκ τῆς αὐξήσεως τῆς θερμοκρασίας Δt.

315. Ἐφαρμογαί. Ἐὰν συνενώσωμεν στερεῶς δύο εὐθέα ἰσομήκη ἐλάσματα, τὰ ὁποῖα νὰ παρουσιάζουν διάφορον διαστολήν, π.χ. τὸ ἓν ἐκ σιδήρου ($\alpha = 0{,}000\,012\ \text{grad}^{-1}$) καὶ τὸ ἕτερον ἐξ ὀρειχάλκου ($\alpha = 0{,}000\,019\ \text{grad}^{-1}$) καὶ θερμάνωμεν τὸ διμεταλλικὸν τοῦτο ἔλασμα, παρατηροῦμεν, ὅτι κάμπτεται, ἐνῷ ἐὰν ψυχθῇ κάμπτεται κατ' ἀντίθετον φορὰν (σχ. 434).



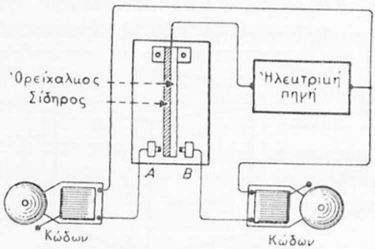
Σχ. 434. Ἡ κάμψις τῆς ῥάβδου προέρχεται ἀπὸ τὴν διάφορον τιμὴν τοῦ συντελεστοῦ διαστολῆς τῶν δύο μετάλλων.

Τοιαῦτα διμεταλλικὰ ἐλάσματα χρησιμοποιοῦνται εἰς ***θερμοστατικὰς διατάξεις*** ἠλεκτρικῶν κλιβάνων, ἠλεκτρικῶν ψυγείων, ἠλεκτρικῶν καμίνων κτλ., καὶ διὰ τούτων πραγματοποιεῖται ἡ αὐτόματος διακοπὴ τοῦ ἠλεκτρικοῦ ῥεύματος, εὐθὺς ὡς ἡ θερμοκρασία τοῦ χώρου ὑπερβῇ ὡρισμένην ὁρικὴν τιμήν.

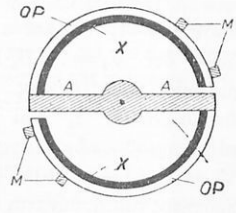
Εἰς τὸ σχῆμα 435 δεικνύεται διμεταλλικὸν ἔλασμα ἀπὸ ὀρείχαλκον καὶ σίδηρον, τὸ ὁποῖον

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

συνδέεται εἰς ἠλεκτρικὸν κύκλωμα ἠλεκτρικοῦ κώδωνος. Διὰ τῆς διατάξεως ταύτης, ὅταν ἡ θερμοκρασία τοῦ περιβάλλοντος ἀνέρχεται ἢ κατέρχεται κατὰ ὡρισμένον ἀριθμὸν βαθμῶν, τότε κλείεται τὸ κύκλωμα καὶ ὁ κώδων λειτουργεῖ. Οὕτω, ὅταν ἡ θερμοκρασία ἀνέρχεται ἄνω τῆς κανονικῆς, τὸ κύκλωμα κλείεται διὰ τῆς ἐπαφῆς Α, ἐνῷ, ὅταν ἡ θερμοκρασία κατέρχεται, τὸ κύκλωμα κλείεται διὰ τῆς ἐπαφῆς Β.

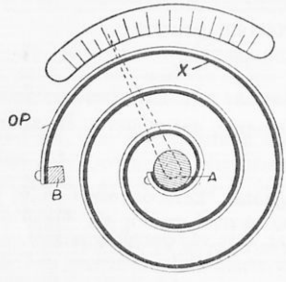


Σχ. 435. Διάταξις διμεταλλικοῦ ἐλάσματος μετὰ ἠλεκτρικῶν κωδώνων.



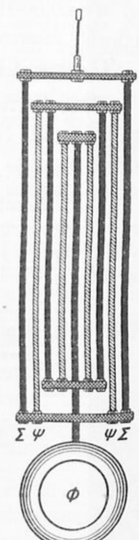
Σχ. 437. Ἡμιδακτύλιοι ἐκ διμεταλλικοῦ ἐλάσματος διὰ τὴν τήρησιν σταθερᾶς πορείας εἰς ὡρολόγια.

Ὁμοίως τοιαῦτα διμεταλλικὰ ἐλάσματα χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν κατασκευὴν τῶν ***μεταλλικῶν θερμομέτρων***. Οὕτως, ἐὰν διὰ διμεταλλικοῦ ἐλάσματος ἐξ ὀρειχάλκου καὶ χαλκοῦ κατασκευάσωμεν σπεῖραν (σχ. 436) καὶ στερεώσωμεν τὸ ἓν ἄκρον αὐτῆς Β ἐπὶ καταλλήλου βάσεως, τὸ δ' ἕτερον ἄκρον αὐτῆς προσαρμόσωμεν ἐπὶ τυμπάνου στρεπτοῦ περὶ ἄξονα, καὶ ἀκολούθως θερμάνωμεν τὴν σπεῖραν, παρατηροῦμεν, ὅτι τὸ ἄκρον τοῦ ἐπὶ τοῦ τυμπάνου στερεωμένου δείκτου μετατοπίζεται πρὸ τῶν διαιρέσεων τῆς κλίμακος τοῦ ὀργάνου, ἡ ὁποία εἶναι βαθμολογημένη εἰς βαθμοὺς Κελσίου διὰ συγκρίσεως πρὸς ὑδραργυρικὸν θερμόμετρον.



Σχ. 436. Μεταλλικὸν θερμόμετρον ἐκ διμεταλλικοῦ ἐλάσματος.

Ἐπίσης, διμεταλλικὰ ἐλάσματα χρησιμοποιοῦνται πρὸς κατασκευὴν τοῦ αἰωρητοῦ τῶν συνήθων ὡρολογιακῶν μηχανισμῶν, εἰς τρόπον ὥστε ἡ πορεία τῶν ὡρολογίων νὰ εἶναι ἀνεξάρτητος τῶν μεταβολῶν τῆς θερμοκρασίας (σχ. 437). Οὕτως, ὅταν ἡ θερμοκρασία αὐξάνεται, ὁ ἄξων ΑΑ ἐπιμηκύνεται, τοῦτο δὲ ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα τὴν αὔξησιν τῆς περιόδου τῆς κινήσεως τοῦ ταλαντευομένου συστήματος (αἰωρητοῦ) καὶ ἑπομένως τὴν ἐπιβράδυνσιν τῆς πορείας τοῦ ὡρολογίου. Ἐὰν ὅμως ὁ μεταλλικὸς δακτύλιος, ὁ συνδεδεμένος πρὸς τὸν ἄξονα ΑΑ, ἀποτελῆται ἐκ διμεταλλικοῦ ἐλάσματος, τότε τὰ ἐλεύθερα ἄκρα τῶν δύο ἡμιδακτυλίων πλησιάζουν πρὸς ἄλληλα καὶ τοιουτοτρόπως ἐξουδετεροῦται ἡ ἐπιβράδυνσις τῆς πορείας τοῦ ὡρολογίου, ἡ προκαλουμένη ἐκ τῆς διαστολῆς τοῦ ΑΑ.



Σχ. 438. Διμεταλλικὸν ἐκκρεμές.

Ἀνάλογος μέθοδος ἐφαρμόζεται ἐπίσης εἰς τὴν διατήρησιν τῆς περιόδου τῶν ὡρολογιακῶν ἐκκρεμῶν, ἀνεξαρτήτου ἀπὸ τῶν μεταβολῶν τῆς θερμοκρασίας. Οὕτως εἰς τὸ σχῆμα 438 τὸ φακοειδὲς σῶμα Φ ἐξαρτᾶται διὰ μέσου τῶν σιδηρῶν ράβδων Σ, τῶν ὁποίων τὸ μῆκος εἶναι l_σ καὶ τῶν ὁποίων ἡ πρὸς τὰ κάτω διαστολὴ ἐξουδετεροῦται ἐκ τῆς πρὸς τὰ ἄνω

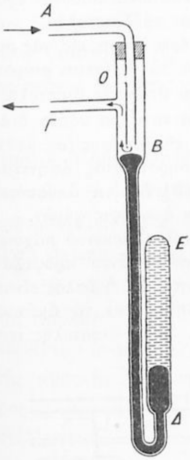
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

διαστολῆς τῶν ἐκ ψευδαργύρου ῥάβδων Ψ' μήκους l_ψ, τῶν ὁποίων τὰ μήκη εἰς θερμοκρασίαν t ἐκλέγονται οὕτως ὥστε $2l_\sigma - l_\psi$ νὰ παραμένῃ σταθερὸν εἰς πᾶσαν θερμοκρασίαν. Οὕτω, ἐὰν ἡ θερμοκρασία αὐξηθῇ κατὰ Δt, τὸ νέον μῆκος θὰ εἶναι $2l_\sigma\ (1 + 0{,}0000123\ \Delta t), - l_\psi\ (1 + 0{,}0000274\ \Delta t)$· ἵνα δὲ τὸ μῆκος τοῦτο εἶναι ἴσον πρὸς τὸ προηγούμενον πρέπει νὰ ἰσχύῃ ἡ σχέσις $2l_\sigma \cdot 0{,}0000123 = l_\psi \cdot 0{,}0000274$, ἢ

$$l_\sigma = \frac{l_\psi\, 274}{2 \cdot 123} = 1{,}114\ l_\psi .$$

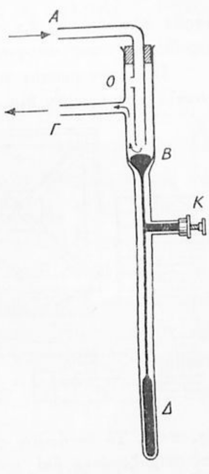
316*. Θερμοστάτης. Εἰς πολλὰς περιπτώσεις διὰ τὴν σπουδὴν διαφόρων φαινομένων, ὡς π.χ. κατὰ τὴν μέτρησιν τοῦ συντελεστοῦ τῆς γραμμικῆς διαστολῆς, εἶναι ἀνάγκη νὰ διατηροῦμεν τὴν θερμοκρασίαν τῆς συσκευῆς σταθεράν. Ἡ διατήρησις σταθερᾶς θερμοκρασίας ἐπιτυγχάνεται δι' εἰδικῆς διατάξεως, ἡ ὁποία καλεῖται ***ρυθμιστὴς θερμοκρασίας*** ἢ ***θερμοστάτης***.

Προκειμένου περὶ θερμοστατῶν, οἱ ὁποῖοι θερμαίνονται διὰ φωταερίου χρησιμοποιεῖται ὁ εἰς τὸ σχῆμα 439 εἰκονιζόμενος ρυθμιστὴς θερμοκρασίας. Τὸ φωταέριον διαβιβάζεται εἰς τὸν λύχνον μέσῳ τοῦ σωλῆνος Α, οὕτω δὲ τὸ φωταέριον τροφοδοτήσεως ἀκολουθεῖ τὸν δρόμον ΑΒΓ. Ὁ σωλὴν Β προεκτείνεται πρὸ τὰ κάτω ὑπὸ στενωτέρου σωλῆνος, ὁ ὁποῖος ἀπολήγει εἰς τὸ δοχεῖον ΔΕ, τὸ ὁποῖον ἐν μέρει εἶναι πλῆρες ἀπὸ τολουόλην, ἐνῷ ὁ ὑπόλοιπος χῶρος μέχρι τοῦ Β πληροῦται δι' ὑδραργύρου.



Σχ. 439. Διάταξις θερμοστάτου στηριζομένη ἐπὶ τῆς θερμικῆς διαστολῆς τῶν ὑγρῶν.

Τὸ κατώτερον ἥμισυ τῆς συσκευῆς εἶναι ἐμβαπτισμένον ἐντὸς λουτροῦ, τοῦ ὁποίου ἐπιδιώκομεν σταθερότητα θερμοκρασίας. Ἐὰν ἡ θερμοκρασία τοῦ λουτροῦ αὐξηθῇ ἔστω καὶ κατὰ κλάσμα βαθμοῦ, τότε ἡ τολουόλη, ἡ ὁποία εἶναι πολὺ εὐαίσθητος, διαστέλλεται, ὠθεῖ τὸν ὑδράργυρον πρὸς τὰ ἄνω καὶ οὕτω ἀποκλείεται εἰς Β ἡ παροχὴ φωταερίου. Διὰ νὰ μὴ ἀποσβεσθῇ ὅμως τελείως ὁ λύχνος, ὁ σωλὴν παροχῆς τοῦ φωταερίου φέρει εἰς Ο μικρὰν ὀπήν, ἡ ὁποία παρέχει μικρὰν ποσότητα φωταερίου καὶ συντηρεῖ οὕτω μικρὰν φλόγα εἰς τὸν λύχνον.



Σχ. 440. Θερμοστάτης διὰ φωταερίου.

Λόγῳ διακοπῆς τῆς κανονικῆς παροχῆς φωταερίου, τὸ λουτρὸν τείνει νὰ ψυχθῇ, ὅτε ἡ τολουόλη συστέλλεται, οὕτω δὲ ὁ ὑδράργυρος κατέρχεται καὶ ἀποκαθίσταται ἐκ νέου ἡ κανονικὴ παροχὴ φωταερίου.

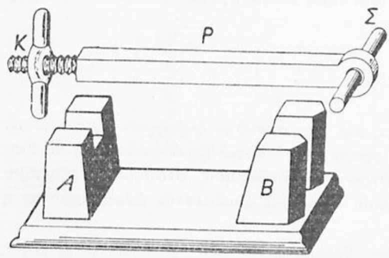
Ὁ ρυθμιστὴς θερμοκρασίας βυθίζεται εἰς τὸ λουτρόν, ὥστε τὸ δοχεῖον τὸ περιέχον τὴν τολουόλην νὰ εὑρίσκεται τελείως ἐντὸς τοῦ λουτροῦ.

Τὸ σχῆμα 440 δεικνύει ἕτερον τύπον θερμοστάτου, ὁ ὁποῖος λειτουργεῖ μόνον μὲ ὑδράργυρον χωρὶς τολουόλην. Ἡ πλευρικὴ διάταξις Κ χρησιμεύει, ὅπως ρυθμίζωμεν τὸν θερμοστάτην διὰ διαφόρους θερμοκρασίας διὰ μεταβολῆς τῆς στάθμης τοῦ ὑδραργύρου εἰς τὸ δοχεῖον Β μὲ τὴν βοήθειαν μικρομετρικοῦ κοχλίου Κ.

317. Δύναμις ἀναπτυσσομένη κατὰ τὴν διαστολήν. Τὸ φαινόμενον τοῦτο δεικνύεται

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

διὰ τῆς διατάξεως τοῦ σχήματος 441. 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. 441. Συσκευὴ διὰ τὴν ἀπόδειξιν τῆς ἀναπτυσσομένης δυνάμεως κατὰ τὴν ψῦξιν προθερμανθείσης σιδηρᾶς ράβδου.

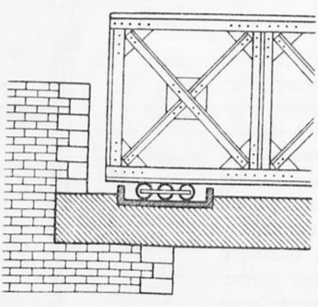
Δι' ὑπολογισμοῦ δεικνύεται, ὅτι ράβδος σιδήρου μήκους 100 cm καὶ τομῆς 1 cm^2 ὑφίσταται, δι' αὔξησιν τῆς θερμοκρασίας κατὰ 100 ^{0}C, ἐπιμήκυνσιν 0,00123 cm. Ἐκ τῆς σπουδῆς τῆς ἐλαστικότητος δεικνύεται ὅτι, διὰ νὰ ἐπιτύχωμεν τὴν αὐτὴν ἐπιμήκυνσιν, ἀπαιτεῖται δύναμις περίπου 2 600 kgr*, τὴν αὐτὴν δὲ δύναμιν 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.

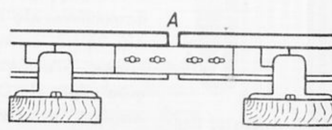
Πρὸς τὸν σκοπὸν τοῦτον αἱ σιδηραῖ γέφυραι στηρίζονται κατὰ τὰ ἄκρα αὐτῶν διὰ καταλλήλων τροχῶν, διὰ τῶν ὁποίων ἐπιτρέπεται ἡ ἐλευθέρα διαστολὴ τῆς γεφύρας (σχ. 442).

Ἐπίσης εἰς τὰς σιδηροτροχιὰς ἀφήνεται μικρὸν διάκενον Α (σχ. 443), διὰ νὰ ἀποφεύγεται διὰ τὸν ἀνωτέρω λόγον ἡ κάμψις αὐτῶν.

Ἐπίσης, 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 νὰ αὐξηθοῦν περισσότερον ἀπὸ τὰ γειτονικά των μέρη. Τοὐναντίον, δοχεῖον ὑάλινον ἀπὸ χαλαζίαν ἢ ἄλλην κατάλληλον ὕαλον (ὡς τὰ ποτήρια ζέσεως, χημικαὶ φιάλαι κτλ.) δὲν θραύεται λόγῳ τῆς μικρᾶς διαστολῆς τῆς εἰδικῆς ταύτης ὑάλου.



Σχ. 442. Τὸ ἓν ἄκρον σιδηρᾶς γεφύρας στηριζομένης ἐπὶ τροχῶν διὰ τὴν ἀντιμετώπισιν τῆς διαστολῆς.



Σχ. 443. Τὸ χάσμα Α χρησιμεύει διὰ τὴν ἐλευθέραν διαστολήν.

318. Διορθώσεις κλιμάκων. Ἐπὶ τῇ βάσει τοῦ γνωστοῦ τύπου (1) τῆς § 309 τῆς θερμικῆς διαστολῆς δυνάμεθα νὰ ἐπιφέρωμεν διορθώσεις ἐπὶ τῶν ἐνδείξεων μετρικῶν κανόνων ἀκριβείας, τῶν ὁποίων ἡ βαθμολογία ἰσχύει δι' ὡρισμένην θερμοκρασίαν. Πρὸς ἀποφυγὴν τῶν διορθώσεων τούτων ἐπενοήθησαν κράματα μεταλλικά, τῶν ὁποίων ὁ συντελεστὴς γραμμικῆς διαστολῆς εἶναι πρακτικῶς μηδέν. Τοιοῦτον π. χ. κρᾶμα εἶναι τὸ Invar (Invariable, ἀμετάβλητον), ἀποτελούμενον ἐκ χάλυβος + περίπου 34 $^0/_0$ νικέλιον.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

319. Διαστολὴ ὑγρῶν. Εἰς τὴν περίπτωσιν τῶν ὑγρῶν, διακρίνομεν μόνον κυβικὴν διαστολὴν καὶ ἑπομένως ἰσχύουν, ὅσα ἐλέχθησαν διὰ τὴν κυβικὴν διαστολὴν τῶν στερεῶν, ὅπου ὁ συντελεστὴς 3α ἀντικαθίσταται ἁπλῶς διὰ τοῦ α παριστῶντος τὸν συντελεστὴν κυβικῆς διαστολῆς τοῦ ὑγροῦ. 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. Οὕτω, προκειμένου περὶ τῶν ὑγρῶν, διακρίνομεν συντελεστὴν πραγματικῆς διαστολῆς α_π καὶ συντελεστὴν φαινομένης διαστολῆς α_φ, μεταξὺ δ᾽ αὐτῶν ὑφίσταται ἡ σχέσις :

$$\alpha_\pi = \alpha_\varphi + k$$

ὅπου k ὁ συντελεστὴς κυβικῆς διαστολῆς τῆς ὕλης τοῦ δοχείου. Ὁ συντελεστὴς α_π ἀποτελεῖ χαρακτηριστικὴν σταθερὰν τοῦ ὑγροῦ, ὁ δὲ $\alpha_\varphi = \alpha_\pi - k$ ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ συντελεστοῦ k, χαρακτηρίζοντος τὴν ὕλην τοῦ δοχείου καὶ δύναται οὗτος νὰ εἶναι θετικὸς ἐὰν $\alpha_\pi > k$, μηδὲν ἐὰν $\alpha_\pi = k$ καὶ ἀρνητικὸς ἐὰν $\alpha_\pi < k$.

Ἐν γένει τὰ ὑγρὰ διαστέλλονται περισσότερον ἀπὸ τὰ στερεά, ὁ δὲ συντελεστὴς τῆς ἀπολύτου διαστολῆς ποικίλλει 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 °C:

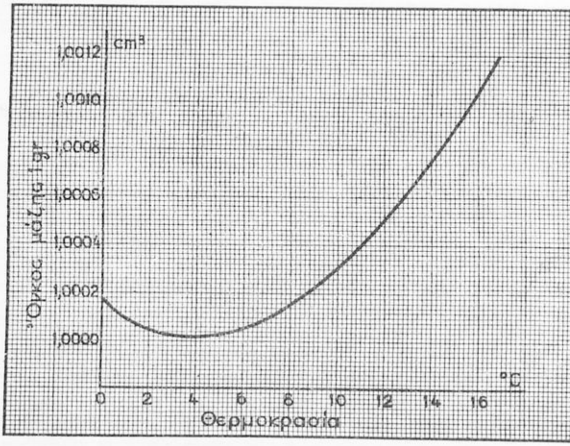
Αἰθήρ . .	0,001 62	Πετρέλαιον . .	0,000 96	Ὑδράργυρος	0,000 18
Ἀλκοόλη .	0,001 10	Τερεβινθέλαιον	0,000 98	Ὕδωρ . .	0,000 13

320. Ἀνωμαλία τοῦ ὕδατος. Τὸ ὕδωρ παρουσιάζει ἰδιάζουσαν ἀνωμαλίαν, διότι μεταξὺ 0 °C καὶ +4 °C θερμαινόμενον συστέλλεται, ἐνῷ ἄνω τῆς θερμοκρασίας +4 °C καὶ τὸ ὕδωρ ἀκολουθεῖ κανονικὴν πορείαν, ἤτοι θερμαινόμενον διαστέλλεται. Τὸ σχῆμα 444 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 °C.

Ἐξ ἄλλου τὸ σχῆμα 445 δεικνύει τὴν μεταβολὴν τοῦ ὄγκου ΔV μετὰ τῆς θερμοκρα-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

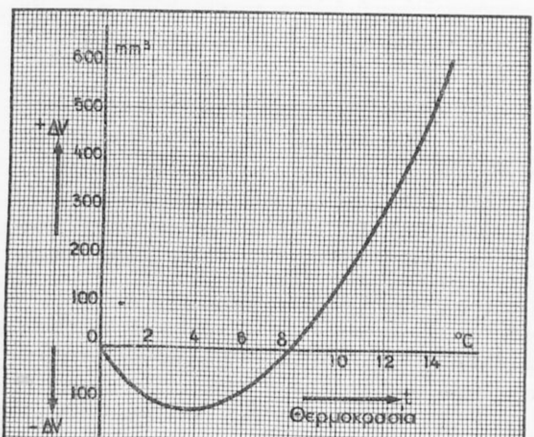
σίας. Ἡ καμπύλη αὕτη δεικνύει τὴν ἐλάττωσιν ἢ αὔξησιν τοῦ ὄγκου 1 λίτρου εἰς 0 °C εἰς mm³ ἀπεσταγμένου ὕδατος διὰ θέρμανσιν ἀπὸ 0° ἕως 14 °C. Ὅταν τὸ ὕδωρ θερμαίνεται ἀπὸ 0 °C μέχρι 4 °C, τότε ὁ ὄγκος αὐτοῦ ἐλαττοῦται, ἐνῷ ἀπὸ 4 ἕως 8 °C αὐξάνεται, καὶ εἰς θερμοκρασίαν 8 °C ὁ ὄγκος του λαμβάνει τὴν αὐτὴν τιμήν, τὴν ὁποίαν εἶχε εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ 0 °C.



Σχ. 444. Μεταβολὴ τοῦ εἰδικοῦ ὄγκου τοῦ ὕδατος μετὰ τῆς θερμοκρασίας.

Ἐὰν ἡ θερμοκρασία αὐξηθῇ ἄνω τῶν 8 °C, ὁ ὄγκος τοῦ ὕδατος βαίνει συνεχῶς αὐξανόμενος.

Ἀντιστρόφως, ἐὰν τὸ ὕδωρ λαμβάνεται εἰς 14 °C καὶ ἀκολούθως ψύχεται, ὁ ὄγκος αὐτοῦ ἐλαττοῦται μέχρι τῆς θερμοκρασίας 4 °C, ἐνῷ, ἐὰν ψύχεται ἀπὸ 4° μέχρι 0 °C, ὁ ὄγκος αὐτοῦ αὐξάνεται.



Σχ. 445. Μεταβολὴ τοῦ ὄγκου ΔV (εἰς mm³), μετὰ τῆς θερμοκρασίας, ἑνὸς λίτρου ὕδατος.

Ἕνεκα τοῦ ἀνωτέρω λόγου, ὁ συντελεστὴς ἀπολύτου διαστολῆς τοῦ ὕδατος μεταξὺ 0° καὶ +4 °C εἶναι ἀρνητικός, καὶ ἄνω τῶν +4 °C θετικός, ἐνῷ εἰς τὴν περιοχὴν +4 °C ὁ συντελεστὴς ἀπολύτου διαστολῆς τοῦ ὕδατος εἶναι περίπου μηδέν.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει, ὅτι ἡ ***πυκνότης τοῦ ὕδατος εἰς θερμοκρασίαν 4 °C ἔχει τὴν μεγίστην τιμήν.***

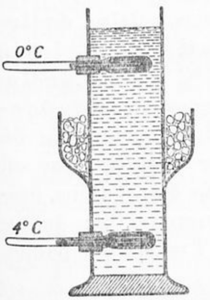
Ὁ ἀκόλουθος πίναξ δεικνύει τὰς τιμὰς τῆς πυκνότητος τοῦ ὕδατος εἰς διαφόρους θερμοκρασίας, ἐκ τῶν ὁποίων καταφαίνεται σαφῶς, ὅτι τὸ ὕδωρ εἰς 4 °C παρουσιάζει τὴν μεγίστην πυκνότητα.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

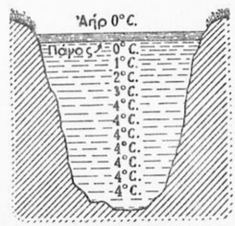
Πυκνότης τοῦ ὕδατος εἰς gr/cm³ εἰς διαφόρους θερμοκρασίας.

Θερμοκρασία	Πυκνότης	Θερμοκρασία	Πυκνότης	Θερμοκρασία	Πυκνότης
0 °C	0,99987	5	9,99999	10	0,99973
1	0,99993	6	0,99997	11	0,99963
2	0,99997	7	0,99993	12	0,99953
3	0,99999	8	0,99988	13	0,99940
4	1,00000	9	0,99981	14	0,99927

Πειραματικὴ ἀπόδειξις. Πειραματικῶς δεικνύομεν τὴν ἀνωμαλίαν τοῦ ὕδατος διὰ τῆς ἐν σχήματι 446 συσκευῆς. Τὸ κυλινδρικὸν δοχεῖον πληροῦται δι' ὕδατος καὶ ψύχεται κατὰ τὸ μέσον διὰ πάγου. Παρὰ τὸν πυθμένα τοῦ δοχείου ὡς καὶ εἰς τὴν κορυφήν, ὑπάρχουν πλευρικαὶ ὀπαί, διὰ τῶν ὁποίων τοποθετοῦμεν δύο θερμόμετρα. Παρακολουθοῦντες τὰς ἐνδείξεις τῶν θερμομέτρων βλέπομεν, ὅτι ἐν ἀρχῇ τὸ ἀνώτερον θερμόμετρον οὐδεμίαν δεικνύει μεταβολὴν θερμοκρασίας, ἐνῷ εἰς τὸ κατώτερον θερμόμετρον βλέπομεν, ὅτι ἡ θερμοκρασία κατέρχεται ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον, ἀλλ' ὅταν ἡ ἔνδειξις αὐτοῦ γίνῃ $+4\,^{0}$C, αὕτη διατηρεῖται σταθερά, ἐνῷ ἡ ἔνδειξις τοῦ ἀνωτέρου θερμομέτρου κατέρχεται μέχρι τοῦ μηδενός. Ἡ ἐξήγησις προκύπτει εὐκόλως, ὅταν ληφθῇ ὑπ' ὄψιν, ὅτι τὸ ὕδωρ εἰς $4\,^{0}$C ἔχει τὴν μεγίστην πυκνότητα.



Σχ. 446. Διάταξις πρὸς ἀπόδειξιν τῆς διαφορᾶς πυκνοτήτων τοῦ ὕδατος εἰς $0\,^{0}$C καὶ $4\,^{0}$C.



Σχ. 447. Τὸ ὕδωρ εἰς τὰ κατώτερα στρώματα διατηρεῖ συνεχῶς θερμοκρασίαν $4\,^{0}$C.

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 $+4\,^{0}$C, ἔστω καὶ ἂν ἡ θερμοκρασία κατὰ τὴν ἐπιφάνειαν αὐτῶν κατέλθῃ κάτω τοῦ μηδενός, ὅτε στερεοποιεῖται μόνον τὸ κατ' ἐπιπολὴν στρῶμα τοῦ ὕδατος, ἐνῷ τὸ κάτωθεν αὐτοῦ ὕδωρ διατηρεῖ θερμοκρασίαν $+4\,^{0}$C (σχ. 447).

321. 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 $0\,^{0}$C 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***

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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:

$$\boxed{\alpha = 0{,}00367 = \frac{1}{273}\ \text{grad}^{-1}}$$

καὶ εἶναι ἡ αὐτὴ ἐν γένει δι᾿ ὅλα τὰ ἀέρια, ἀνεξαρτήτως τῆς φύσεως αὐτῶν.

Ἀπόλυτος θερμοκρασία. Ἐὰν ὡς κατώτατον σημεῖον τῆς θερμομετρικῆς κλίμακος ὁρίσωμεν τὴν θερμοκρασίαν — 273 °C, τότε ἡ θερμομετρικὴ κλίμαξ, ἡ ὁριζομένη ὅταν λάβωμεν ὡς μηδὲν τὴν ἀνωτέρω θερμοκρασίαν, καλεῖται ***ἀπόλυτος κλίμαξ ἢ κλίμαξ* Kelvin,** ἐνῷ ἡ θερμοκρασία — 273 °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 °C ἀντιστοιχεῖ εἰς ἀπόλυτον θερμοκρασίαν T = 273 + t βαθμοὶ Kelvin (°K).

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 του 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,** ὁ 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:

$$\boxed{p = p_0(1 + \alpha' t)} \qquad (1)$$

ὅπου p ἡ πίεσις τοῦ ἀερίου εἰς θερμοκρασίαν t, p_0 ἡ πίεσις εἰς θερμοκρασίαν 0°, ἐνῷ ὁ συντελεστὴς α΄ καλεῖται ***θερμικὸς συντελεστὴς πιέσεως.*** Ὡς δὲ πειραματικῶς ἐδείχθη, εἶναι $\alpha' = \alpha = 1/273\ \text{grad}^{-1}$ δι᾿ ὅλα τὰ ἀέρια.

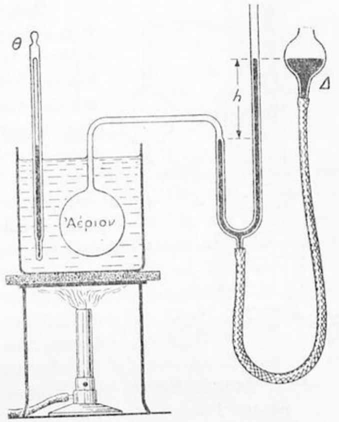
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Δι᾽ εἰσαγωγῆς τῆς ἀπολύτου θερμοκρασίας T εὑρίσκομεν, σκεπτόμενοι καθ᾽ ὅμοιον τρόπον ὡς καὶ προηγουμένως:

$$p = \frac{p_0}{273} \cdot T$$

ἤτοι ***ἡ πίεσις ἀερίου θερμαινομένου ὑπὸ σταθερὸν ὄγκον εἶναι ἀνάλογος τῆς ἀπολύτου θερμοκρασίας του.***

Τὸ σχῆμα 448 δεικνύει συσκευὴν διὰ τὴν θερμοκρασίαν ἀερίου ὑπὸ σταθερὸν ὄγκον. Οὕτω, ἔστω ὅτι ἀέριος μᾶζα τίθεται ἐντὸς σφαιρικοῦ δοχείου καταλήγοντος εἰς διάταξιν, ὡς εἰς τὸ δεξιὸν μέρος τοῦ σχήματος 448 φαίνεται. Τὸν ὄγκον τοῦ ἀερίου καθορίζει ἡ στάθμη τοῦ ὑδραργύρου εἰς τὸ ἀριστερὸν σκέλος τοῦ δὶς κεκαμμένου σωλῆνος, ὁ ὁποῖος χρησιμεύει ὡς μανόμετρον.



Σχ. 448. Συσκευὴ διὰ τὴν θέρμανσιν ἀερίου ὑπὸ σταθερὸν ὄγκον.

Ἐὰν θερμάνωμεν τὸ ἀέριον, τότε, λόγῳ τῆς διαστολῆς αὐτοῦ, ἡ στάθμη τοῦ ὑδραργύρου κατέρχεται εἰς τὸ σκέλος τοῦ μανομέτρου τὸ συγκοινωνοῦν πρὸς τὸ δοχεῖον, ἐπαναφέρομεν δὲ τὸν ὄγκον τοῦ ἀερίου εἰς τὴν ἀρχικήν του τιμὴν δι᾽ ἀνυψώσεως τοῦ δοχείου Δ. Ἐὰν τὸ ἀέριον ψύχεται, τότε ἡ ὑδραργυρικὴ στήλη ἀνέρχεται εἰς τὸ αὐτὸ σκέλος, ἐπαναφέρομεν δὲ τὸν ὄγκον τοῦ ἀερίου εἰς τὴν ἀρχικὴν τιμὴν διὰ ταπεινώσεως τοῦ δοχείου Δ. Οὕτω ἡ αὔξησις τῆς πιέσεως κατὰ τὴν θέρμανσιν τοῦ ἀερίου ὑπὸ σταθερὸν ὄγκον μετρᾶται ὑπὸ τοῦ ὕψους h τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης.

Παρατήρησις. Ὡς κατεδείχθη ἐκ μεταγενεστέρων ἀκριβεστέρων πειραματικῶν ἐρευνῶν, διὰ τὰ πραγματικὰ ἀέρια οὐδέποτε ἰσχύει ἡ σχέσις $\alpha = \alpha'$, ἐὰν ὅμως τὸ ἀέριον εἶναι ***τέλειον***, ἰσχύει δηλαδὴ δι᾽ αὐτὸ ὁ νόμος τῶν Boyle - Mariotte (§ 206), τότε εἶναι $\alpha = \alpha'$. Πράγματι, ἔστω μᾶζα ἀέριος, ἡ ὁποία ὑπὸ θερμοκρασίαν 0^0 καὶ πίεσιν p_0 ἔχει ὄγκον V_0. Ὅπως ἐπιτύχωμεν ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας ἀπὸ 0^0 εἰς t^0, δυνάμεθα νὰ ἐργασθῶμεν ὡς ἑξῆς: α) Διατηροῦμεν τὴν πίεσιν p_0 σταθερὰν καὶ αὐξάνομεν τὴν θερμοκρασίαν τοῦ ἀερίου ἀπὸ 0^0 εἰς t^0, ὅτε ὁ ὄγκος τοῦ ἀερίου θὰ λάβῃ τὴν τιμὴν $V_0\ (1 + \alpha t)$. β) Διατηροῦμεν τὸν ὄγκον V_0 σταθερὸν καὶ αὐξάνομεν τὴν θερμοκρασίαν ἀπὸ 0^0 εἰς t^0, ὅτε ἡ πίεσις τοῦ ἀερίου θὰ λάβῃ τὴν τιμὴν $p = p_0\ (1 + \alpha' t)$. Ἐφαρμόζοντες ἤδη τὸν νόμον τῶν Boyle - Mariotte εἰς τὰς δύο τελικὰς καταστάσεις τοῦ ἀερίου τὰς ἀντιστοιχούσας εἰς (α) καὶ (β), δεδομένου ὅτι τὸ ἀέριον ὑποτίθεται τέλειον, εὑρίσκομεν $p_0\ V_0\ (1 + \alpha t) = p_0\ V_0\ (1 + \alpha' t)$, ἐξ ἧς προκύπτει:

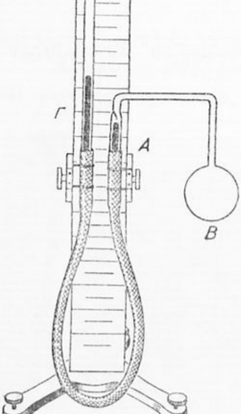
$$\alpha = \alpha'.$$

322. Ἀερικὸν θερμόμετρον Jolly. Διὰ τὴν κατασκευὴν θερμομέτρων ἀκριβείας ἀπαιτεῖται ἡ ἐκλογὴ θερμομετρικοῦ σώματος, τὸ ὁποῖον νὰ παρουσιάζῃ ὁμοιόμορφον διαστολὴν ἐντὸς ἐκτενῶν ὁρίων θερμοκρασίας. Ἐξ ὅλων τῶν σωμάτων τὰ ἀέρια δεικνύουν τὴν ἰδιότητα ταύτην, μεταξὺ δὲ τούτων ἄριστα θεωροῦνται τὸ ὑδρογόνον καὶ τὸ ἥλιον· θερμό-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

μετρον δέ, τὸ ὁποῖον χρησιμοποιεῖ ἀέριον ὡς θερμομετρικὸν σῶμα, καλεῖται ***ἀερικὸν θερμόμετρον.***

Τὸ σχῆμα 449 δεικνύει ἁπλοῦν τύπον ἀερικοῦ θερμομέτρου ἀποτελουμένου **ἐκ σφαιρικοῦ** δοχείου Β συνδεομένου διὰ στενωτάτου σωλῆνος πρὸς εὐρύτερον σωλῆνα Α. Οἱ σωλῆνες Α καὶ Γ συνδέονται δι' ἐλαστικοῦ σωλῆνος καὶ πληροῦνται δι' ὑδραργύρου, ἐνῷ ἡ στάθμη τοῦ ὑδραργύρου δύναται νὰ μεταβάλλεται δι' ἀνυψώσεως ἢ καταβιβάσεως τοῦ σωλῆνος Γ κατὰ μῆκος τῆς κλίμακος. Ἡ σφαῖρα Β πληροῦται ὑπὸ ξηροῦ ἀερίου.

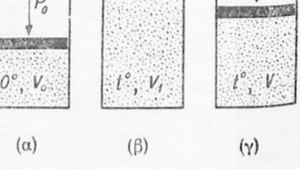


Σχ. 449. Ἀερικὸν θερμόμετρον Jolly.

Πρὸς βαθμολογίαν τοῦ ὀργάνου βυθίζομεν τὴν σφαῖραν Β ἐντὸς τηκομένου πάγου καὶ ρυθμίζομεν τὸν σωλῆνα Γ, ὥστε ὁ ὑδράργυρος νὰ εὑρίσκεται εἰς τὴν αὐτὴν στάθμην εἰς τοὺς δύο σωλῆνας Α καὶ Γ καὶ ἀναγινώσκομεν ἐπακριβῶς τὴν θέσιν τῆς στάθμης τοῦ ὑδραργύρου ἐπὶ τῆς κλίμακος. Ἀκολούθως θέτομεν τὸ δοχεῖον Β ἐντὸς χώρου περιέχοντος ἀτμοὺς προερχομένους ἀπὸ ὕδωρ, τὸ ὁποῖον βράζει ὑπὸ τὴν κανονικὴν πίεσιν 760 mmHg.

Τὸ ἀέριον διατέλλεται καὶ ὠθεῖ οὕτω τὸν ὑδράργυρον πρὸς τὰ κάτω, ἀνυψοῦμεν δὲ βαθμιαίως τὸν σωλῆνα Γ, εἰς τρόπον ὥστε ἡ στάθμη τοῦ ὑδραργύρου εἰς τὸν σωλῆνα Α νὰ παραμένῃ ἀμετάβλητος εἰς τὴν ἀρχικήν της θέσιν, ὅτε καὶ ὁ ἀρχικὸς ὄγκος τοῦ ἀερίου κατὰ τὴν θέρμανσιν θὰ παραμένῃ ἀμετάβλητος. Ἐὰν ἤδη μετρήσωμεν τὴν διαφορὰν στάθμης τοῦ ὑδραργύρου εἰς τοὺς σωλῆνας Γ καὶ Α καὶ καλέσωμεν αὐτὴν h, αὕτη ταυτοχρόνως μετρᾷ καὶ τὴν μεταβολὴν τῆς πιέσεως τοῦ ἀερίου. Οὕτω βλέπομεν, ὅτι εἰς μεταβολὴν τῆς θερμοκρασίας μεταξὺ 0^0 καὶ 100 ^{0}C ἀντιστοιχεῖ μεταβολὴ πιέσεως κατὰ h cm στήλης ὑδραργύρου. Εἰς μεταβολὴν κατὰ 50 ^{0}C ἀντιστοιχεῖ μεταβολὴ κατὰ 0,5 h κ.ο.κ. Τὸ ἀερικὸν θερμόμετρον εἶναι λίαν ὀγκῶδες καὶ δύσχρηστον, ὡς ἐκ τούτου δὲ δὲν ἐνδείκνυται διὰ συνήθεις μετρήσεις θερμοκρασίας· χρησιμοποιεῖται ὅμως διὰ τὸν ἀκριβῆ ἔλεγχον προτύπων ὑδραργυρικῶν θερμομέτρων, διὰ τῶν ὁποίων ἀκολούθως ἐλέγχομεν τὰ συνήθη ἐν χρήσει θερμόμετρα.

323. Ἐξίσωσις τῶν τελείων ἀερίων. Ἔστω ἀέριος μᾶζα, ἡ ὁποία ὑπὸ θερμοκρασίαν 0^0 καὶ πίεσιν p_0 ἔχει ὄγκον V_0 (σχ. 450, α), καὶ ἂς ἐξετάσωμεν ποῖος θὰ εἶναι ὁ ὄγκος αὐτῆς V ὑπὸ θερμοκρασίαν t^0 καὶ πίεσιν p (σχ. 450, γ). Πρὸς εὕρεσιν τοῦ τελικοῦ ὄγκου τοῦ ἀερίου φανταζόμεθα δύο διαδοχικὰς μεταβολάς. Διατηροῦμεν ἐν ἀρχῇ τὴν πίεσιν τοῦ ἀερίου σταθερὰν (p_0) καὶ αὐξάνομεν τὴν θερμοκρασίαν ἀπὸ 0^0 εἰς t, ὅτε ὁ ὄγκος τοῦ ἀερίου V_0, συμφώνως πρὸς τὸν τύπον (1) τῆς § 321, θὰ λάβῃ τὴν τιμὴν $V_1 = V_0\,(1 + at)$ (σχ. 450, β). Διατηροῦντες ἤδη σταθερὰν τὴν θερμοκρασίαν, αὐξάνομεν τὴν πίεσιν ἀπὸ p_0 εἰς p, ὅτε προκύπτει ἡ κατάστασις 450 (γ). Ἐπειδὴ τὸ ἀέριον ὑποτίθεται τέλειον, θὰ ἰσχύῃ διὰ τὰς καταστάσεις αὐτοῦ (γ) V, p, t καὶ (β) $V_0\,(1 + at)$, p_0, t, αἱ ὁποῖαι χα-



(α) (β) (γ)

Σχ. 450. Διὰ τὴν ἐξίσωσιν τῶν τελείων ἀερίων.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ρακτηρίζονται ἀπὸ τὴν ἰδίαν θερμοκρασίαν, ὁ νόμος τῶν Boyle - Mariotte, ἤτοι:

$$p\,V = p_0\,V_0\,(1 + \alpha t).$$

Ὁμοίως, ἐὰν θελήσωμεν νὰ ὑπολογίσωμεν τὸν ὄγκον V' τῆς αὐτῆς ἀερίου μάζης ὑπὸ θερμοκρασίαν t' καὶ πίεσιν p', σκεπτόμενοι καθ' ὅμοιον τρόπον θὰ εὕρωμεν:

$$p'\,V' = p_0\,V_0\,(1 + \alpha t').$$

Ἐπειδὴ p_0 καὶ V_0 εἶναι δεδομένα, τὸ γινόμενον $p_0\,V_0$ παριστᾷ σταθερὰν ποσότητα, οὕτω δὲ δυνάμεθα νὰ γράψωμεν τὴν σχέσιν:

$$\boxed{\frac{p\,V}{1 + \alpha t} = \text{σταθ.}} \qquad (1)$$

Ἡ σχέσις αὕτη καλεῖται ***ἐξίσωσις τῶν τελείων ἀερίων.***

324. Σημασία τοῦ ἀπολύτου μηδενός. Ἐκ τοῦ τύπου (1) τῆς σελίδος 290, ἐὰν τεθῇ $t = -273\,^0C$, 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. 289, 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 μικρόν, 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 καὶ ἀποτελεῖ θεωρητικὴν θερμοκρασίαν· ἡ δὲ ταπεινοτέρα θερμοκρασία, ἡ ὁποία ἔχει πραγματοποιηθῆ, εἶναι 0,0044 βαθμοὶ ἀπολύτου θερμοκρασίας.

325. Κανονικαὶ συνθῆκαι ἀερίου μάζης. Ἀέριος μᾶζα λέγομεν, ὅτι εὑρίσκεται ὑπὸ ***κανονικὰς συνθήκας***, ὅταν αὕτη εὑρίσκεται ὑπὸ πίεσιν 76 cm Hg καὶ θερμοκρασίαν $0\,^0C$. Ὅπως δὲ ἀναγάγωμεν τὸν ὄγκον V ἀερίου μάζης εὑρισκομένης ὑπὸ θερμοκρασίαν t^0 καὶ πίεσιν p εἰς κανονικὰς συνθήκας, ἀναχωροῦμεν ἐκ τοῦ τύπου $pV = p_0\,V_0\,(1 + \alpha t)$. Ἐὰν λάβωμεν ὑπ' ὄψιν, ὅτι εἰς τὴν πίεσιν p_0 ἀντιστοιχεῖ ὕψος ὑδραργυρικῆς στήλης 76 cm, καὶ εἰς τὴν πίεσιν p ὕψος h cm καὶ ὅτι $p : p_0 = h : 76$, τότε δι' ἐπιλύσεως τοῦ ἀνωτέρω τύπου ὡς πρὸς V_0, εὑρίσκομεν:

$$V_0 = \frac{V}{1 + \alpha t} \cdot \frac{h}{76} \qquad (1)$$

Δι' ἐπιλύσεως τοῦ τύπου (1) ὡς πρὸς V, λύομεν τὸ ἀντίστροφον πρόβλημα.

326. Πυκνότης τῶν ἀερίων. ***Καλοῦμεν πυκνότητα ἀερίου τὴν μᾶζαν τῆς μονάδος τοῦ ὄγκου τοῦ ἀερίου ὑπὸ κανονικὰς συνθήκας.*** Οὕτω, διὰ τὸν ἀέρα ἡ πυκνότης αὐτοῦ εἶναι 0,001293 gr/cm^3, διὰ τὸ ὑδρογόνον 0,000089 gr/cm^3 κ.ο.κ. Γνωρίζοντες δὲ τὴν πυκνότητα τοῦ ἀερίου ὑπὸ κανονικὰς συνθήκας, εὑρί-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

σκομεν, ἐπὶ τῇ βάσει τοῦ τύπου (1) τῆς § 325, τὴν πυκνότητα αὐτοῦ ὑπὸ οἱανδήποτε ἄλλην θερμοκρασίαν καὶ πίεσιν, λαμβάνοντες ὑπ᾽ ὄψιν ὅτι $V_0 = m/\rho_0$ καὶ $V = m/\rho$, ὅπου m ἡ μᾶζα τοῦ ἀερίου, ἐνῷ ρ_0 ἡ πυκνότης αὐτοῦ ὑπὸ κανονικὰς συνθήκας καὶ ρ ἡ πυκνότης ὑπὸ θερμοκρασίαν t καὶ πίεσιν h εἰς cm Hg.

Ἐκτὸς τῆς πυκνότητος τῶν ἀερίων τῆς 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. Εἶναι πρόδηλον ὅτι, ἐὰν ρ_0 παριστᾷ τὴν πυκνότητα ἀερίου ὑπὸ κανονικὰς συνθήκας, ἡ σχετικὴ πυκνότης αὐτοῦ ρ_a εὑρίσκεται ἐκ τῆς σχέσεως:

$$\rho_a = \frac{\rho_0}{0,001293}$$

327. Ἑτέρα μορφὴ τῆς ἐξισώσεως τῶν τελείων ἀερίων. Ἡ ἐξίσωσις τῶν ἀερίων: $pV = p_0 V_0 (1 + at)$ μετασχηματιζομένη δύναται νὰ γραφῇ, $pV = p_0 \cdot V_0 \cdot a\left(\frac{1}{a} + t\right)$ ἐὰν δὲ ληφθῇ ὑπ᾽ ὄψιν ὅτι $a = \frac{1}{273}$, $T = 273 + t$, προκύπτει: $pV = \frac{p_0 V_0}{273} \cdot T$.

Ἐπειδὴ δὲ ἡ παράστασις $p_0 V_0/273 = C$ ἀποτελεῖ σταθερὰν ποσότητα, θὰ εἶναι:

$$\mathbf{pV = CT} \tag{1}$$

Ὑπολογισμὸς τοῦ **C.** Ἐὰν δεχθῶμεν, ὅτι ἡ μᾶζα τοῦ ἀερίου εἶναι 1 gr καὶ λάβωμεν ὑπ᾽ ὄψιν, ὅτι: $p_0 = 1{,}013 \cdot 10^6$ Dyn/cm² εἶναι ἡ πίεσις ἡ ἀντιστοιχοῦσα εἰς ὑδραργυρικὴν στήλην ὕψους 76 cm, καὶ ὅτι $V_0 = 1/\rho_0$, ὅπου ρ_0 ἡ πυκνότης τοῦ ἀερίου ὑπὸ κανονικὰς συνθήκας, προκύπτει, ὅτι ἡ σταθερὰ ποσότης C ἐκφράζεται ὑπὸ τῆς σχέσεως:

$$C = \frac{1{,}013 \cdot 10^6}{273 \cdot \rho_0} \tag{2}$$

ἤτοι, ἐφ᾽ ὅσον λαμβάνομεν μᾶζαν ἀερίου ἴσην πρὸς 1 gr, ἡ σταθερὰ C, ἡ ὁποία καλεῖται ***εἰδικὴ σταθερά***, ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς φύσεως τοῦ ἀερίου καὶ δύναται αὕτη νὰ ὑπολογισθῇ εὐκόλως δι᾽ ἕκαστον ἀέριον, ἐὰν γνωρίζωμεν τὴν πυκνότητα αὐτοῦ ρ_0 ὑπὸ κανονικὰς συνθήκας. Ἐπειδὴ ἡ ἐξίσωσις ὁρισμοῦ τῆς σταθερᾶς C εἶναι

Σχ. 451. Γραφικὴ παράστασις τῆς ἐξισώσεως τῶν τελείων ἀερίων.

$C = p_0V_0/273$, τὸ δὲ γινόμενον p_0V_0 ἔχει τὰς διαστάσεις ἔργου, ἐνῷ ὁ ἀριθμὸς 273 ἐκφράζει θερμοκρασίαν, ἕπεται ὅτι ἡ σταθερὰ C θὰ ἐκφράζεται εἰς Erg/grad. Ἡ τιμὴ τῆς

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

σταθερᾶς C ἐξαρτᾶται ἐν γένει ἐκ τῶν μονάδων τῶν χρησιμοποιουμένων διὰ τὴν μέτρησιν τῶν ρ_0 καὶ V_0. Ἐὰν ἀντὶ μάζης 1 gr λαμβάνωμεν μᾶζαν m gr, εἶναι $C_m = m\,C$.

Ἡ καμπύλη τοῦ σχήματος 451 παριστᾷ γραφικῶς τὴν ἐξίσωσιν (1), ὅπου εἰς τὸν ἕνα ἄξονα ἀναφέρεται ἡ ἀπόλυτος θερμοκρασία, ἀνηγμένη εἰς βαθμοὺς Κελσίου, καὶ εἰς τὸν κατακόρυφον τὸ γινόμενον pV. Ἡ καμπύλη προδήλως εἶναι εὐθεῖα γραμμή, τῆς ὁποίας τμῆμα εἰκονίζεται ὑπὸ τῆς πλήρους γραμμῆς. Αὕτη προεκτεινομένη δι' ἐστιγμένης γραμμῆς συναντᾷ τὸν ἄξονα τῶν θερμοκρασιῶν εἰς τὴν θερμοκρασίαν $-273\,^0C$ ἢ τὸ ἀπόλυτον μηδέν, ὅπου ἡ τιμὴ τοῦ pV, ἐφ' ὅσον βεβαίως θὰ ἐξηκολούθει νὰ ὑφίσταται ἡ ἀέριος κατάστασις, καθίσταται ἴση πρὸς μηδέν. Ἐπειδὴ ὅμως τοῦτο εἶναι ἀδύνατον, συνάγομεν ὅτι τὸ ἀπόλυτον μηδὲν ἀποτελεῖ θεωρητικὴν ἔννοιαν.

328*. Παγκοσμία σταθερὰ τῶν ἀερίων. Ἐκ τοῦ τύπου (2) τῆς § 327 παρατηροῦμεν, ὅτι ἡ σταθερὰ C ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς φύσεως τοῦ ἀερίου, διότι εἰς τὸν τύπον ὑπεισέρχεται ἡ πυκνότης αὐτοῦ. Ἐὰν ἀντὶ 1 gr ἀερίου λαμβάνωμεν μᾶζαν ἴσην πρὸς 1 γραμμομόριον (1 Mol) (βλ. § 20), τότε ἡ ἀντίστοιχος τιμὴ τῆς σταθερᾶς θὰ εἶναι M · C, ὅπου M τὸ μοριακὸν βάρος τοῦ ἀερίου.

Ὡς δι' ὑπολογισμοῦ δεικνύεται, τὸ γινόμενον M · C ἔχει τὴν αὐτὴν τιμὴν δι' ὅλα τὰ ἀέρια, ἀνεξαρτήτως τῆς φύσεως αὐτῶν. Τὸ ἀνωτέρω γινόμενον παριστᾶται διεθνῶς διὰ τοῦ συμβόλου R καὶ καλεῖται ***παγκοσμία σταθερὰ τῶν ἀερίων***. Ἐκ μετρήσεων κατεδείχθη ὅτι εἶναι:

$$\mathbf{R} = 8{,}3144 \cdot 10^7 \frac{\mathrm{Erg}}{\mathrm{Grad} \cdot \mathrm{Mol}}$$

Πράγματι ἐὰν ὑπολογίσωμεν τὰς τιμὰς τῆς σταθερᾶς C διὰ διάφορα ἀέρια καὶ πολλαπλασιάσωμεν αὐτὴν ἐπὶ τὸ μοριακὸν βάρος τοῦ ἀερίου, εὑρίσκομεν, ὅτι τὸ γινόμενον MC ἔχει τὴν αὐτὴν τιμὴν δι' ὅλα τὰ ἀέρια, ὡς δεικνύεται διὰ τρία ἀέρια εἰς τὸν κάτωθι πίνακα:

Ἀέριον	Πυκνότης	Σταθερὰ C	Μορ. βάρος	Σταθερὰ R = C · M
Ὑδρογόνον	0,0000895	$41{,}25 \cdot 10^6$	2,0154	$8{,}316 \cdot 10^7$
Ὀξυγόνον	0,0014292	$2{,}597 \cdot 10^6$	32	$8{,}312 \cdot 10^7$
Ἄζωτον	0,0012507	$2{,}967 \cdot 10^6$	28,02	$8{,}314 \cdot 10^7$

Δι' εἰσαγωγῆς τῆς παγκοσμίου σταθερᾶς τῶν ἀερίων, ἡ ἐξίσωσις αὐτῶν γράφεται:

$$\mathbf{p \cdot V_{Mol} = RT} \tag{1}$$

ὅπου V_{Mol} παριστᾷ τὸν ***μοριακὸν ὄγκον***, ἤτοι τὸν ὄγκον, τὸν ὁποῖον καταλαμβάνει μᾶζα ἀερίου ἴση πρὸς 1 Mol ὑπὸ θερμοκρασίαν T καὶ πίεσιν p. Ἐὰν θέλωμεν νὰ εὕρωμεν τὸν μοριακὸν ὄγκον ὑπὸ κανονικὰς συνθήκας, ἀρκεῖ ἐν τῷ τύπῳ (1) νὰ θέσωμεν:

$p = 1{,}013 \cdot 10^6\ \mathrm{Dyn/cm^2}$, $T = 273^0$, ὅτε προκύπτει: $\mathbf{V_{Mol} = 22414{,}5\ cm^3}$

ἡ τιμὴ δὲ αὕτη, ὡς δεικνύεται ἐκ τοῦ ἀνωτέρω τύπου, εἶναι ἡ αὐτὴ δι' ὅλα τὰ ἀέρια. Ἐὰν ἡ μᾶζα τοῦ ἀερίου εἶναι n Mol, ὁ δὲ ὄγκος αὐτῆς V ὑπὸ θερμοκρασίαν T καὶ πίεσιν p, τότε, ἐπειδὴ $V = n\,V_{Mol}$, ἕπεται:

$$\mathbf{pV = n \cdot RT} \tag{2}$$

Ἡ σχέσις (2) καλεῖται ***τύπος τοῦ* Clapeyron**.

329*. Σχέσις πυκνότητος ἀερίου καὶ μοριακοῦ βάρους. Οἱ **Avogadro** καὶ **Ampère** διετύπωσαν, προκειμένου περὶ τῶν ἀερίων, τὴν ἀκόλουθον ὑπόθεσιν: ***Ἴσοι ὄγκοι ἀερίων περιέχουν, ὑπὸ τὰς αὐτὰς συνθήκας θερμοκρασίας καὶ πιέσεως, τὸν αὐτὸν ἀριθμὸν μορίων.***

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Γνωρίζομεν ὅμως, ὅτι μᾶζαι διαφόρων ἀερίων ἴσαι πρὸς 1 Mol καταλαμβάνουν, ὑπὸ τὰς αὐτὰς συνθήκας θερμοκρασίας καὶ πιέσεως, τὸν αὐτὸν ὄγκον, ὡς δεικνύεται εἰς τὸν τύπον (1) τῆς § 328. Ἐκ τούτου προκύπτει, ὅτι τὰ μοριακὰ βάρη τῶν ἀερίων εἶναι ἀνάλογα πρὸς τὰς ὡς πρὸς τὸν ἀέρα πυκνότητας αὐτῶν. Ἐὰν δὲ ὡς πρότυπον ἀέριον λάβωμεν τὸ ὀξυγόνον, τοῦ ὁποίου τὸ μοριακὸν βάρος εἶναι 32 καὶ ἡ ὡς πρὸς τὸν ἀέρα πυκνότης 1,1053, καλέσωμεν δὲ M τὸ μοριακὸν βάρος ἑτέρου τυχόντος ἀερίου καὶ ϱ_α τὴν ὡς πρὸς τὸν ἀέρα πυκνότητα αὐτοῦ, θὰ ἔχωμεν $M : 32 = \varrho_\alpha : 1{,}1053$, ἐκ τῆς σχέσεως δὲ ταύτης εὑρίσκομεν:

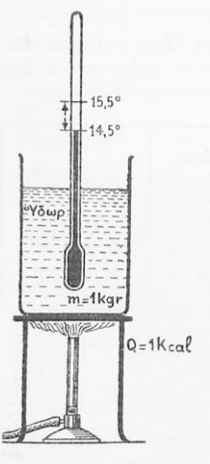
$$M = 28{,}95 \cdot \varrho_\alpha.$$

Οὕτω, διὰ προσδιορισμοῦ τῆς ϱ_α δι᾽ ἀέριον ἢ δι᾽ οὐσίαν, ἡ ὁποία δύναται νὰ ἐξαερωθῇ χωρὶς ὅμως νὰ ὑποστῇ χημικὴν ἀλλοίωσιν, εὑρίσκομεν ἐκ τοῦ ἄνω τύπου τὸ μοριακόν της βάρος.

ΘΕΡΜΙΔΟΜΕΤΡΙΑ

330. 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* °C.** Ἐκτὸς αὐτῆς, χρησιμοποιεῖται εἰς τὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς καὶ ἡ ***χιλιοθερμὶς (**kilocalorie**) μὲ σύμβολον **kcal,** εἶναι δὲ *1* **kcal** = *1000* **cal.**



Σχ. 452. Διὰ τὴν ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας ὕδατος μάζης 1 kgr κατὰ 1 °C (14,5° ἕως 15,5°) ἀπαιτεῖται ποσότης θερμότητος 1 kcal.

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 °C καὶ 15,5 °C (σχ. 452).

331. 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.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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.

332. 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 $t_2 - t_1$ βαθμούς, θὰ ἀπαιτηθῇ ποσὸν θερμότητος :

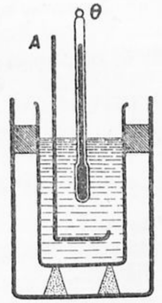
$$Q = m\,c \cdot (t_2 - t_1).$$

Ἐκ τοῦ τύπου τούτου εὑρίσκομεν εὐκόλως, ὅτι ἡ εἰδικὴ θερμότης ἐκφράζεται εἰς $\mathrm{cal \cdot gr^{-1} \cdot grad^{-1}}$.

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,*** ἐκφράζεται δὲ εἰς cal/grad· πολλάκις τὸ αὐτὸ γινόμενον καλεῖται ***ἀξία εἰς ὕδωρ*** ἢ ***ἰσοδύναμον εἰς ὕδωρ.***

333. Θερμιδομετρικαὶ μετρήσεις. Αὗται διεξάγονται ἐντὸς εἰδικῶν συσκευῶν, αἱ ὁποῖαι καλοῦνται ***θερμιδόμετρα.*** Τὰ συνήθη θερμιδόμετρα ἀποτελοῦνται γενικῶς ἐκ δοχείου μεταλλικοῦ καλῆς θερμικῆς μονώσεως, εἰς τὸ ὁποῖον συνήθως τίθεται ὕδωρ.

Τύπος τοιούτου θερμιδομέτρου δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 453, 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.



Σχ. 453. Θερμιδόμετρον διὰ τὴν μέθοδον τῶν μιγμάτων.

334. 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 ἀναδευτῆρος καλῶς, μέχρις ἀποκαταστάσεως θερμικῆς ἰσορροπίας, ὁπότε τὸ ὕδωρ καὶ τὸ 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 M (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 ὑπο-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

λογίσωμεν τὴν θερμοχωρητικότητα αὐτοῦ (ἢ τὴν ἀξίαν εἰς ὕδωρ) $\mu\gamma$, ὅπου μ ἡ μᾶζα τοῦ θερμιδομέτρου καὶ γ ἡ γνωστὴ εἰδικὴ θερμότης τῆς ὕλης τοῦ θερμιδομετρικοῦ δοχείου καὶ νὰ προσθέσωμεν αὐτὴν εἰς τὴν μᾶζαν M 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:

$$x=\frac{100\,(21{,}5-10)}{450\,(100-21{,}5)}=0{,}033\ \frac{\text{cal}}{\text{gr}\cdot\text{grad}}$$

ἄρα ἡ εἰδικὴ θερμότης τοῦ μολύβδου εὑρέθη 0,033 cal/gr·grad.

Εἰδικὴ θερμότης στερεῶν καὶ ὑγρῶν εἰς 18 °C εἰς $\dfrac{\text{cal}}{\text{gr}\cdot\text{grad}}$

Ἀργίλιον	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 εἶται περίπου 1. Ἡ εἰδικὴ θερμότης τοῦ στερεοῦ μολύβδου εἶναι 0,033 $\text{cal}\cdot\text{gr}^{-1}\cdot\text{grad}^{-1}$, ἐνῷ ἐν ὑγρᾷ καταστάσει εἶναι 0,064 $\text{cal}\cdot\text{gr}^{-1}\cdot\text{grad}^{-1}$.

335. Νόμος Dulong καὶ Petit. Καλοῦμεν ***ἀτομικὴν θερμότητα τὸ γινόμενον τοῦ ἀτομικοῦ βάρους ἐπὶ τὴν εἰδικὴν θερμότητα***· ἐκφράζει δὲ αὕτη τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος, τὸ ὁποῖον χρειάζεται διὰ τὴν ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας κατὰ 1 °C ἑνὸς γραμματόμου, δηλ. μάζης ἐκ τοῦ σώματος ἐκπεφρασμένης εἰς gr, ὑπὸ τοῦ αὐτοῦ ἀριθμοῦ διὰ τοῦ ὁποίου ἐκφράζεται καὶ τὸ ἀτομικὸν βάρος. Οὕτω

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τὸ ἀτομικὸν βάρος τοῦ χαλκοῦ εἶναι περίπου 64, ἕνα δὲ γραμμοάτομον χαλκοῦ ἀντιπροσωπεύει μᾶζαν 64 gr. Ἐξ ἄλλου ἡ εἰδικὴ θερμότης τοῦ χαλκοῦ εἶναι 0,09 cal/gr · grad, ἑπομένως ἡ ἀτομικὴ θερμότης αὐτοῦ, ἤτοι τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος, τὸ ὁποῖον χρειάζεται, ἵνα ἡ θερμοκρασία 64 gr χαλκοῦ αὐξηθῇ κατὰ 1 °C, εἶναι 5,76 cal/grad · Mol καὶ κατὰ προσέγγισιν 6 cal/grad · Mol. Προκειμένου περὶ τῶν μετάλλων, δέον νὰ σημειωθῇ, ὅτι τὸ γραμμοάτομον συμπίπτει πρὸς τὸ γραμμομόριον (Mol). Προκειμένου περὶ τῶν στοιχείων μετάλλων οἱ **Dulong** καὶ **Petit** διετύπωσαν τὸν ἀκόλουθον νόμον: ***Ἡ ἀτομικὴ θερμότης τῶν στοιχείων μετάλλων εἶναι σταθερὰ καὶ ἴση περίπου πρὸς 6 cal · grad^{-1} · Mol^{-1}.***

336. 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_υ)**, ὅταν θερμαίνωμεν τὸ ἀέριον ὑπὸ σταθερὸν ὄγκον. Μεταξὺ τῶν δύο εἰδικῶν θερμοτήτων ὑφίσταται ἡ σχέσις $c_p > c_\upsilon$ διότι, ὅταν θερμαίνωμεν τὸ ἀέριον ὑπὸ σταθερὰν πίεσιν, πρέπει νὰ καταναλώσωμεν μεγαλύτερον ποσὸν θερμότητος πρὸς ἀντιμετώπισιν τοῦ ἔργου διαστολῆς.

	c_p	c_υ
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_υ μετρᾶται ἐμμέσως διὰ μετρήσεως τοῦ λόγου $\varkappa = c_p : c_\upsilon$, 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^{-1} · grad^{-1}.

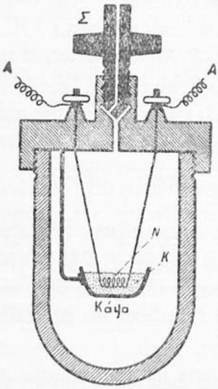
Παρατήρησις. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω πινάκων εἰδικῆς θερμότητος παρατηροῦμεν, ὅτι ἡ εἰδικὴ θερμότης τῶν σωμάτων εἶναι ἐν γένει μικροτέρα τῆς μονάδος. Ἐξαίρεσιν ἀποτελοῦν μερικὰ σώματα, ὡς π.χ. τὸ ὕδωρ, τοῦ ὁποίου ἡ εἰδικὴ θερμότης εἶναι ἴση πρὸς τὴν μονάδα, τὸ ὑδρογόνον, τοῦ ὁποίου ἡ εἰδικὴ θερμότης ὑπὸ σταθερὰν πίεσιν εἶναι 3,41 cal · gr^{-1} · grad^{-1}.

337. 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 κτλ.). ***Ὑγρὰ καύσιμα,*** εἶναι τὸ πετρέλαιον καὶ ὡρισμένα παράγωγα αὐ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τοῦ. ***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 κτλ.



Σχ. 454. Θερμιδομετρικὴ ὀβίς.

Καλοῦμεν ***θερμότητα καύσεως τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος, τὸ ὁποῖον ἐκλύεται ὑπὸ μάζης 1 gr ἢ 1 kgr τῆς οὐσίας καιομένης τελείως.***

Ἡ θερμότης καύσεως προσδιορίζεται πειραματικῶς διὰ τῆς θερμιδομετρικῆς ὀβίδος (σχ. 454). Αὕτη ἀποτελεῖται ἐκ χυτοσιδηροῦ δοχείου μὲ παχέα τοιχώματα, κλειομένου εἰς τὸ ἄνω μέρος ἀεροστεγῶς διὰ κοχλιωτοῦ πώματος. Ἐντὸς τῆς ὀβίδος τοποθετεῖται κάψα πρὸς ὑποδοχὴν ποσότητος ἐκ τοῦ ὑπὸ ἔλεγχον καυσίμου καὶ ὁ χῶρος τῆς ὀβίδος πληροῦται δι' ὀξυγόνου ὑπὸ πίεσιν, εἰς τρόπον ὥστε νὰ ὑπάρχῃ περίσσεια ἐξ αὐτοῦ διὰ τὴν καῦσιν. Ἡ διέγερσις τῆς καύσεως τῆς οὐσίας γίνεται μέσῳ λεπτοῦ σύρματος Ν, θερμαινομένου δι' ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, διαβιβαζομένου ἔξωθεν μέσῳ τῶν ἀκροδεκτῶν ΑΑ. Ἡ ὅλη ὀβὶς πρὸ τῆς λειτουργίας αὐτῆς τίθεται ἐντὸς θερμιδομετρικοῦ δοχείου περιέχοντος ὕδωρ. Ἡ θερμότης ἡ ἐκλυομένη κατὰ τὴν καῦσιν χρησιμεύει διὰ τὴν ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας τοῦ ὕδατος, οὕτω δὲ δύναται νὰ ὑπολογισθῇ ἡ κατὰ τὴν καῦσιν ἐκλυομένη θερμότης.

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	10 500	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

338*. **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 ἀνωτέρω ποσοῦ θερμότητος, ἐνῷ τὸ 1/3 ἀπορροφᾶται ὑπὸ τῆς ἀτμοσφαίρας.

Λόγῳ τῆς θερμότητος τῆς ἐγκλειομένης εἰς τὰ ἔγκατα τῆς Γῆς (ἡφαίστεια, θερμαὶ πηγαὶ) ἡ θερμοκρασία εἰς ἀνθρακωρυχεῖα 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.

339. Τροφαὶ καὶ θερμογόνος δύναμις αὐτῶν. Αἱ τροφαί, αἱ ὁποῖαι χρησιμεύουν διὰ τὴν διατήρησιν ἡμῶν, ὅταν τρώγωνται, ὑφίστανται ὀξείδωσιν (βρα-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

δεῖαν 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.

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.

Πίναξ θερμίδων διαφόρων τροφίμων.

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

Ἡ ἐξέτασις τῶν διαφόρων τροφίμων, ἀπὸ ἀπόψεως θερμογόνου δυνάμεως, γίνεται διὰ τῆς θερμιδομετρικῆς ὀβίδος κατὰ τὸν ἀνωτέρω περιγραφέντα τρόπον. Εἰς τὸν ἀνωτέρω πίνακα ἀναγράφεται ἡ θερμογόνος δύναμις τῶν διαφόρων τροφίμων.

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 ἀπ' εὐθείας εἰς ἀέριον (***ἐξάχνωσις***). Τέλος σῶμα ὑγρὸν διὰ θερμάνσεως καθίσταται ἀέριον (***ἐξαέρωσις***).

340. 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 θερμοκρασία τήξεως (ἢ πήξεως) τοῦ σώματος.

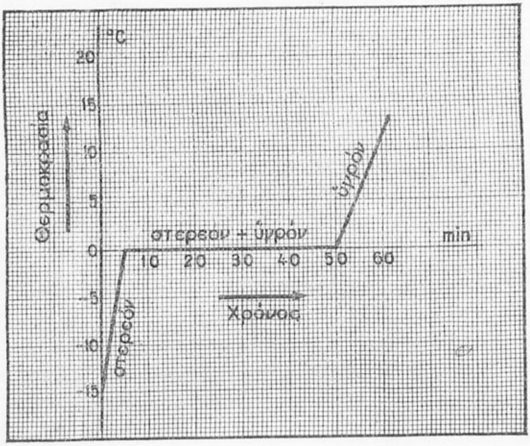
2) Εὐθὺς ὡς ἀρχίσῃ ἡ τῆξις (ἢ πῆξις) τοῦ σώματος, ἡ θερμοκρασία αὐτοῦ παραμένει σταθερὰ μέχρις ὅτου ὁλόκληρος ἡ ποσότης τοῦ σώματος τακῇ (ἢ πηχθῇ).

Οἱ ἀνωτέρω νόμοι ἰσχύουν μόνον διὰ τὰ κρυσταλλικὰ σώματα, τὰ ὁποῖα μεταβαίνουν ἀποτόμως ἐκ τῆς στερεᾶς εἰς τὴν ὑγρὰν κατάστασιν καὶ οὕτω ἔχουν σαφῶς ἐκπεφρασμένον σημεῖον τήξεως (πήξεως). Οὕτω, ὁ μόλυβδος μεταβαίνει ἀποτόμως ἐκ τῆς στερεᾶς εἰς τὴν ὑγρὰν κατάστασιν καὶ ἀντιστρόφως, ὡς ἐκ τούτου δὲ ἔχει σαφῶς ἐκπεφρασμένον σημεῖον τήξεως. Δὲν συμβαίνει ὅμως τὸ αὐτὸ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

καὶ μὲ τὴν ὕαλον, διότι διὰ νὰ μεταβῇ ἐκ τῆς στερεᾶς εἰς τὴν ὑγρὰν κατάστασιν διέρχεται δι᾽ ὅλων τῶν ἐνδιαμέσων καταστάσεων.

Ἡ καμπύλη τοῦ σχήματος 455 δεικνύει τὸν τρόπον, κατὰ τὸν ὁποῖον αὐξάνεται ἡ θερμοκρασία, ὅταν θερμαίνωμεν τεμάχιον πάγου, ὅπως μετατρέψωμεν αὐτὸ εἰς ὕδωρ. Οὕτω ἐκ τῆς θερμοκρασίας — 15 °C, ὅπου τὸ ὕδωρ εὑρίσκεται εἰς στερεὰν κατάστασιν, ἐὰν θερμάνωμεν τὸν πάγον, ἡ θερμοκρασία αὐτοῦ αὐξάνεται συνεχῶς μέχρι τοῦ 0 °C, ὅτε ἐμφανίζονται αἱ πρῶται σταγόνες ὕδατος. Ἐὰν ἐξακολουθήσωμεν θερμαίνοντες, τότε αὐξάνεται ἡ ποσότης τοῦ ὕδατος, ἐνῷ ἐλαττοῦται ἀντιστοίχως ἡ ποσότης τοῦ πάγου, ἀλλ᾽ ἡ θερμοκρασία, ἐφ᾽ ὅσον ὑφίσταται μῖγμα πάγου καὶ ὕδατος, ἐξακολουθεῖ παραμένουσα σταθερὰ μέχρι χρονικοῦ διαστήματος ἐξαρτωμένου ἐκ τῆς ἀρχικῆς ποσότητος τοῦ πάγου, ὅτε ὅλος ὁ πάγος μετατρέπεται εἰς ὕδωρ. Ἀπὸ τῆς στιγμῆς ταύτης, ἐὰν ἐξακολουθοῦμεν θερμαίνοντες, ἡ θερμοκρασία τοῦ ὑγροῦ αὐξάνεται.



Σχ. 455. Μεταβολὴ τῆς θερμοκρασίας τοῦ πάγου κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς τήξεως.

Ἐξ ἄλλου, ἡ καμπύλη τοῦ σχήματος 456 δεικνύει τὴν μεταβολὴν τῆς θερμοκρασίας, ὅταν ψύχωμεν τὸ ὕδωρ διὰ νὰ μεταβάλλωμεν αὐτὸ εἰς πάγον. Οὕτω, τὸ ὕδωρ ψύχεται ἀπὸ + 15 °C, ἡ θερμοκρασία αὐτοῦ κατέρχεται μέχρι τοῦ μηδενὸς καὶ τότε ἀρχίζει ἡ πῆξις αὐτοῦ. Καθ᾽ ὅλην τὴν διάρκειαν τῆς πήξεως, ἡ θερμοκρασία παραμένει σταθερά,

Σχ. 456. Μεταβολὴ τῆς θερμοκρασίας ὕδατος κατὰ τὴν πῆξιν.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

μέχρις ὅτου ὅλη ἡ ποσότης τοῦ ὕδατος στερεοποιηθῇ, ὁπότε ἐξακολουθοῦντες νὰ ψύχωμεν περισσότερον, παρατηροῦμεν, ὅτι ἡ θερμοκρασία τοῦ πάγου κατέρχεται.

Σημεῖον τήξεως σωμάτων τινῶν εἰς °C ὑπὸ πίεσιν 760 mm Hg.

Βολφράμιον . . .	3 350	Ἀργίλιον	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

341. 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:

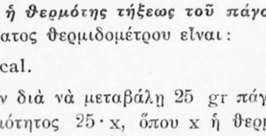
$$Q = 200\,(30 - 18) = 2400 \text{ cal.}$$

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 τάξεως 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 τάξεως προελθόντος ὕδατος:

$$Q_1 = 25\,x + 450 \text{ cal.}$$

Συμφώνως πρὸς τὸ ἀξίωμα τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας, πρέπει νὰ εἶναι: $Q = Q_1$, ὅτε θὰ ἔχωμεν:

$$2400 = 25\,x + 450 \quad \text{καὶ} \quad x = \frac{2400 - 450}{25} = 78 \text{ cal/gr.}$$



Σχ. 457. Θερμιδόμετρον Black.

342. Θερμιδόμετρον Black. Τοῦτο ἀποτελεῖται ἐκ τεμαχίου πάγου τιθεμένου ἐντὸς καταλλήλου δοχείου καὶ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὁποίου σχηματίζομεν μικρὰν κοιλότητα (σχ. 457). 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

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

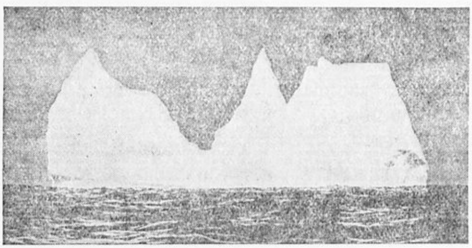
ἀποδίδει ποσὸν θερμότητος m · c · t, τὸ ὁποῖον ἐχρησιμοποιήθη διὰ τὴν τῆξιν μάζης M gr πάγου, καθοριζομένης διὰ ζυγίσεως τοῦ ὕδατος τοῦ προελθόντος ἐκ τῆς τήξεως τοῦ **πάγου**, ὁπότε θὰ ἔχωμεν τὴν σχέσιν : $\mathbf{m \cdot c \cdot t = M \cdot 80}$, ἐκ τῆς ὁποίας προσδιορίζεται ἡ **ἄγνωστος** εἰδικὴ θερμότης c.

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 :

$$\mathbf{c} = \frac{M \cdot 80}{m \cdot t} \quad \text{καὶ} \quad \mathbf{c} = \frac{24 \cdot 80}{200 \cdot 100} = \frac{1920}{20\,000} = \mathbf{0{,}096} \quad \frac{\text{cal}}{\text{gr} \cdot \text{grad}}$$

343. Μεταβολὴ τοῦ ὄγκου κατὰ τὴν τῆξιν. Εἰς τὰ πλεῖστα τῶν σωμάτων, ἡ τῆξις αὐτῶν συνοδεύεται ὑπὸ αὐξήσεως τοῦ ὄγκου καὶ ἑπομένως 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 ἑπομένως ἡ πυκνότης τοῦ πάγου εἶναι μικροτέρα τῆς τοῦ ὕδατος. Οὕτως ἡ πυκνότης τοῦ πάγου εἰς 0 °C εἶναι 0,917 gr/cm^3, ἐνῷ τοῦ ὕδατος εἰς 0 °C εἶναι 0,99987 gr/cm^3.



Σχ. 458. Παγόβουνον ἐπιπλέον εἰς τὴν θάλασσαν.

Λόγῳ τῆς μικροτέρας πυκνότητος τοῦ πάγου ἀπὸ τὸ θαλάσσιον ὕδωρ, **παρατηροῦνται** τὰ ***παγόβουνα*** εἰς τὰς πολικὰς θαλάσσας (σχ. 458). 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.

Παρατήρησις. Ἡ ἀνωμαλία αὕτη τοῦ ὕδατος, συνδυαζομένη μετὰ τῆς ἑτέρας ἀνωμαλίας, καθ' ἣν τὸ ὕδωρ παρουσιάζει εἰς 4 °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 (βλ. σχ. 447).

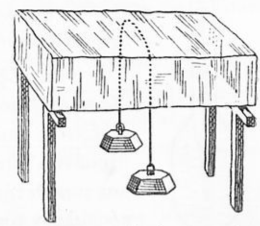
Ἐξ ἄλλου, λόγῳ τῆς διαστολῆς, τὴν ὁποίαν ὑφίσταται τὸ ὕδωρ στερεοποιούμενον, ἀναπτύσσονται ἐξόχως μεγάλαι δυνάμεις, ὅταν τοῦτο στερεοποιεῖται εἰς περιωρισμένον χῶρον. Οὕτω τὸ ὕδωρ τῶν βροχῶν τὸ συσσωρευόμενον ἐντὸς τῶν ρωγμῶν τῶν βράχων, ὅταν στερεοποιῆται κατὰ τὸν χειμῶνα, προκαλεῖ ρῆξιν τῶν βράχων καὶ ἐπιφέρει ἀποσάθρωσιν αὐτῶν.

344. 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, ὁ ὁποῖος ἔχει θερμοκρασίαν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ταπεινοτέραν τοῦ μηδενός, τὸ σημεῖον τήξεως εἶναι 0 °C ὑπὸ πίεσιν 76 cm Hg, ἐνῷ, ἐὰν ἡ πίεσις αὐξηθῇ κατὰ 1 ἀτμόσφαιραν, τὸ σημεῖον τήξεως τοῦ πάγου καθίσταται —0,0075 °C, εἰς τὴν αἰτίαν δὲ ταύτην ὀφείλεται τὸ φαινόμενον τῆς ἀναπήξεως τοῦ πάγου, τὸ ὁποῖον δεικνύεται διὰ τῆς ἐν σχήματι 459 διατάξεως.

Ἐὰν τεμάχιον πάγου περιβάλωμεν κατὰ τὸ μέσον αὐτοῦ διὰ λεπτοῦ σύρματος σιδηροῦ καὶ φορτίσωμεν ἀκολούθως αὐτὸ διὰ βαρῶν, παρατηροῦμεν, ὅτι τὸ σύρμα διέρχεται βραδέως ἐξ ὁλοκλήρου διὰ τοῦ πάγου, χωρὶς οὗτος νὰ κοπῇ εἰς δύο μέρη. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἐξηγεῖται ὡς ἑξῆς: Εἰς τὰ σημεῖα τῆς ἀνωτέρας ἐπιφανείας τοῦ πάγου, 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 τὸ σύρμα, ὑπὸ τὴν ἐπενέργειαν τῶν κάτωθεν ἐξηρτημένων βαρῶν, εἰσχωρεῖ πρὸς τὸ ἐσωτερικόν. Μόλις ὅμως εἰσχωρήσῃ εἰς τὸ ἐσωτερικόν, παύει ἄνωθεν νὰ ὑφίσταται ἡ πίεσις καὶ ὡς ἐκ τούτου τὸ ὕδωρ ἀναπήγνυται, τὸ φαινόμενον δὲ αὐτὸ ἐξακολουθεῖ καθ' ὅμοιον τρόπον, μέχρις ὅτου τὸ σύρμα ἐξέλθῃ ἐκ τοῦ τεμαχίου τοῦ πάγου.



Σχ. 459. Ἀνάπηξις τοῦ πάγου.

345. Ἐπίδρασις ξένων προσμίξεων. Τὸ σημεῖον τήξεως σώματος ὑπὸ σταθερὰν θερμοκρασίαν ἀποτελεῖ χαρακτηριστικὴν σταθερὰν τοῦ σώματος καὶ ὁ καθορισμὸς αὐτοῦ ἀποτελεῖ εὔκολον μέσον διὰ νὰ ἐξακριβώσωμεν, ἐὰν τὸ σῶμα περιέχῃ νοθείαν. Οὕτω π.χ. ἡ καθαρὰ ναφθαλίνη τήκεται εἰς 78 °C, ἐὰν ὅμως εἰς δεῖγμα ναφθαλίνης ἐξακριβώσωμεν, ὅτι τὸ σημεῖον τήξεως αὐτῆς εἶναι διάφορον τῶν 78 °C ὑπὸ τὴν κανονικὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν, συνάγομεν ὅτι τὸ δεῖγμα τῆς ναφθαλίνης περιέχει ξένας προσμίξεις, ἤτοι εἶναι νοθευμένη.

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.

Οὕτω τὸ μέταλλον **Rose**, τὸ ὁποῖον εἶναι κρᾶμα 48,66 % Bi (σημεῖον τήξεως 269,2°), 24 % Pb (326,9 °C), 27,34 % Sn (231,5 °C), ἔχει σημεῖον τήξεως 99 °C. Ὁμοίως τὸ κρᾶμα **Wood**, ἀποτελούμενον ἐκ 52,43 % Bi (269,2°), 25,84 % Pb (326,9°), 14,73 % Sn (231,5°), 7 % Cd (320°), ἔχει σημεῖον τήξεως 75,5 °C. Ἐπίσης, κρᾶμα καλίου καὶ νατρίου εἶναι ὑγρὸν εἰς τὴν συνήθη θερμοκρασίαν, μολονότι τὸ σημεῖον τήξεως τοῦ νατρίου εἶναι 97,6 °C.

Προκειμένου περὶ κράματος ἐκ δύο μετάλλων, παρατηρεῖται, δι' ὡρισμένην σύνθεσιν αὐτοῦ, ὅτι ὑπάρχει μία θερμοκρασία καθ' ἣν στερεοποιοῦνται ταυτοχρόνως καὶ τὰ δύο συστατικά. Ἡ θερμοκρασία αὕτη καλεῖται ***σημεῖον εὐτηξίας*** καὶ εἶναι ταπεινοτέρα τοῦ σημείου τήξεως τῶν δύο μετάλλων.

346. Ψυκτικὰ μίγματα. Ἐπὶ τῶν ἀνωτέρω στηρίζεται ἡ ἰδιότης μίγματος πάγου καὶ μαγειρικοῦ ἅλατος νὰ προκαλῇ ταπείνωσιν τῆς θερμοκρασίας μέχρις — 22 °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 °C.

347. 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 δὲ 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***). Εἰς τὸ σχῆμα 460 δεικνύεται διάταξις, διὰ τῆς ὁποίας δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν ψῦξιν τοῦ ὕδατος μέχρι — 10 °C χωρὶς τοῦτο νὰ στερεοποιηθῇ. Τὸ ἐν ὑστερήσει πήξεως ὕδωρ εὑρίσκεται ἐν ἀσταθεῖ καταστάσει, διότι ἀρκεῖ νὰ διαταράξωμεν ἐλαφρῶς τὸ ὕδωρ ἢ νὰ ρίψωμεν ἐν αὐτῷ κρυστάλλιον

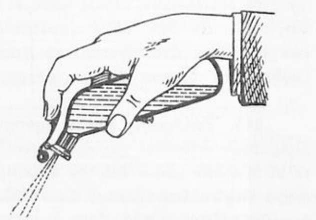
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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.

Σχ. 460. Θερμόμετρον ὑστερήσεως πήξεως.

Ἡ διάταξις τοῦ σχήματος 460 ἀποτελεῖται ἐκ συνήθους θερμομέτρου, ἐπὶ τοῦ ὁποίου διὰ συντήξεως ἔχει προσαρμοσθῇ ἕτερον δοχεῖον, περιβάλλον τὸ θερμομετρικὸν δοχεῖον, τὸ ὁποῖον περιέχει ὕδωρ, ἀπὸ τοῦ ὁποίου ἔχει προηγουμένως διὰ βρασμοῦ ἐκδιωχθῇ ὁ ἐν αὐτῷ διαλελυμένος ἀήρ.

348. Ἐξαέρωσις. ***Ἡ μετάβασις ἐκ τῆς ὑγρᾶς καταστάσεως εἰς τὴν ἀέριον κατάστασιν καλεῖται ἐξαέρωσις.*** Ἐφ' ὅσον ἡ ἐξαέρωσις λαμβάνει χώραν χωρὶς νὰ παρέχεται ἔξωθεν εἰς τὸ ὑγρὸν θερμότης, αὕτη συνοδεύεται ὑπὸ ψύξεως. Οὕτως ἐὰν ἐπὶ τῆς χειρός μας τοποθετήσωμεν οἰνόπνευμα ἢ αἰθέρα, τὰ ὑγρὰ ταῦτα ἐξαερούμενα προκαλοῦν τοπικὴν ψῦξιν, 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 461 εἰκονιζομένη διάταξις χρησιμεύει πρὸς παραγωγὴν τοπικῆς ἀναισθησίας διὰ ψύξεως δι' ἐξαερώσεως χλωριούχου αἰθυλίου.



Σχ. 461. Ὁ σωλὴν περιέχει χλωριοῦχον αἰθύλιον, τὸ ὁποῖον διὰ καταλλήλου χειρισμοῦ ἐναποτίθεται ἐπὶ τῆς περιοχῆς, ὅπου θέλομεν δι' ἐξαερώσεως αὐτοῦ νὰ προκαλέσωμεν ἀναισθησίαν διὰ ψύξεως.

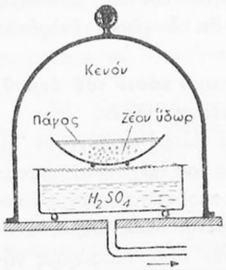
Ἐξ ἄλλου, ὅταν ἐν καιρῷ θέρους θερμαινώμεθα ἢ ὅταν θερμαινώμεθα λόγῳ κουραστικῆς ἐργασίας, ἡ θερμοκρασία τοῦ αἵματος δὲν αὐξάνεται, διότι ἐπὶ τοῦ δέρματος ἀναφαίνεται αὐτομάτως ἱδρὼς ἤ, ὡς συνήθως λέγομεν, ὑφιστάμεθα ἐφίδρωσιν, ἡ δὲ ἐξάτμισις τοῦ ἱδρῶτος ἀπαιτεῖ θερμότητα, ἡ ὁποία παραλαμβάνεται ἐκ τοῦ 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.

Σχ. 462. Ψῦξις δι' ἐξατμίσεως.

Ὅταν σκύλος ἵσταται ἀσθμαίνων ἐπὶ τοῦ ἐδάφους μὲ τὴν γλῶσσαν ἔξω (σχ. 462) χρησιμοποιεῖ ἐξ ἐνστίκτου τὸ ἀνωτέρω περιγραφὲν φαινόμενον. Πρά-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

γματι, ὅταν ὁ σκύλος ἀσθμαίνῃ, δημιουργεῖ ῥεῦμα ἀέρος, τὸ ὁποῖον οὕτω παρασύρει τὸν δι' ὑδρατμῶν κεκορεσμένον ἀέρα καὶ προκαλεῖ τὴν ἀντικατάστασιν αὐτοῦ ὑπὸ ξηροτέρου ἀέρος, διευκολύνοντος τὴν ἐξάτμισιν.

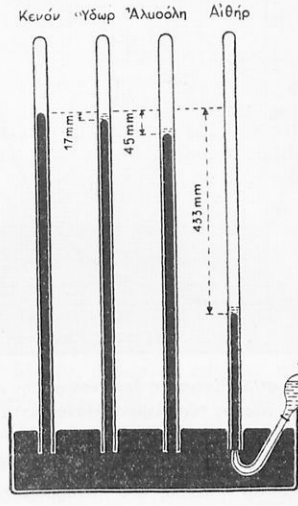


Σχ. 463. Ἐὰν ἡ ἄντλησις ἐξακολουθῇ, παρατηροῦμεν βρασμὸν τοῦ ὕδατος μὲ σύγχρονον πῆξιν τοῦ ὕδατος.

Ἐν γένει πᾶσα ἐξ οἱασδήποτε αἰτίας ταχεῖα ἐξάτμισις προκαλεῖ ταχεῖαν πτῶσιν τῆς θερμοκρασίας. Τοῦτο δεικνύεται διὰ τοῦ ἀκολούθου πειράματος:

Ὑπὸ τὸν κώδωνα ἀεραντλίας θέτομεν δύο εὐρέα δοχεῖα, ἐκ τῶν ὁποίων τὸ ἓν περιέχει πυκνὸν θειικὸν ὀξὺ καὶ τὸ ἄλλο ὕδωρ (σχ. 463). Ἐὰν διὰ τῆς ἀντλίας ἀφαιροῦμεν ἀέρα, τότε λόγῳ τῆς ἐλαττώσεως τῆς πιέσεως ἐπέρχεται στιγμή, κατὰ τὴν ὁποίαν τὸ ὕδωρ ἀρχίζει νὰ βράζῃ. Τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος τὸ ὁποῖον ἀπαιτεῖται, διὰ νὰ μεταβληθῇ ποσότης ἐκ τοῦ ὕδατος εἰς ὑδρατμόν, παρέχεται ὑπὸ τῆς ὑπολοίπου μάζης τοῦ ὕδατος, ἡ ὁποία ψύχεται μέχρι τοιούτου βαθμοῦ, ὥστε νὰ μεταβληθῇ εἰς πάγον. Οὕτω μετ' ὀλίγον βλέπομεν, ὅτι τὸ ὕδωρ ταυτοχρόνως βράζει καὶ πήγνυται. Τὸ θειικὸν ὀξὺ χρησιμεύει διὰ νὰ ἀπορροφᾷ τοὺς ὑδρατμοὺς εὐθὺς ὡς παράγονται οὗτοι, διότι ἄλλως ἡ παρουσία τῶν ὑδρατμῶν θὰ παρημπόδιζε τὸν σχηματισμὸν τοῦ ἀναγκαιοῦντος βαθμοῦ κενοῦ.

Τὴν ἐξαέρωσιν ὑγροῦ δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν κυρίως κατὰ τρεῖς τρόπους: α) δι' ἐξαερώσεως ἐν τῷ κενῷ, β) δι' ἐξατμίσεως, γ) διὰ βρασμοῦ.



Σχ. 464. Διὰ τὴν ἐξαέρωσιν ἐν τῷ κενῷ. Οἱ σωλῆνες περιέχουν κεκορεσμένους ἀτμοὺς διαφόρων ὑγρῶν, οἱ ὁποῖοι δεικνύουν διάφορον μεγίστην τάσιν. Α, διάταξις εἰσαγωγῆς ὑγροῦ εἰς τοὺς σωλῆνας.

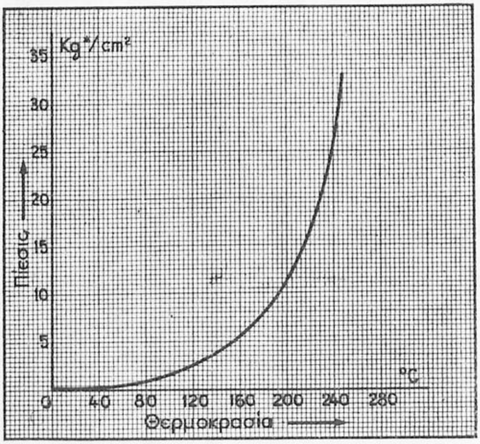
349. Ἐξαέρωσις ἐν τῷ κενῷ. Αὐτὴ ἐπιτυγχάνεται διὰ τῆς ἐν σχήματι 464 διατάξεως, ἐν τῇ ὁποίᾳ ὁ ἄνωθεν τοῦ ὑδραργύρου χῶρος ἀποτελεῖ κενόν, ὡς ἐν τῷ πειράματι Torricelli. Διὰ τοῦ σωλῆνος Α δυνάμεθα νὰ εἰσάγωμεν ἐν τῷ βαρομετρικῷ θαλάμῳ κατὰ μικρὰς σταγόνας διάφορα ὑγρά. Οὕτως ἐὰν εἰς τὸν ἕνα σωλῆνα εἰσαγάγωμεν εἰς τὸν βαρομετρικὸν θάλαμον σταγόνα ὕδατος, αὕτη ἐξαεροῦται ὁλοσχερῶς καὶ ἀκαριαίως, μεταβαλλομένη εἰς ἀτμὸν ὕδατος, 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 εἰσαγά-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

γωμεν δευτέραν, τρίτην κ.ο.κ. σταγόνα ὕδατος, παρατηροῦμεν ἐπαναλαμβανόμενον τὸ αὐτὸ φαινόμενον. Ἐν τέλει ὅμως ἐπέρχεται στιγμή, 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.***

Τὴν πίεσιν, τὴν ὁποίαν ἀσκεῖ ἀτμός, 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 :



Σχ. 465. Καμπύλη δεικνύουσα τὴν μεταβολὴν τῆς μεγίστης τάσεως τῶν ἀτμῶν ὕδατος μετὰ τῆς θερμοκρασίας.

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 °C εἶναι περίπου 1 kgr*/cm², εἰς θερμοκρασίαν 160 °C εἶναι περίπου 5 kgr*/cm² καὶ εἰς θερμοκρασίαν 240 °C περίπου 30 kgr*/cm² (σχ. 465).

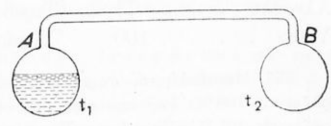
γ) ***Ἡ μεγίστη τάσις τῶν ἀτμῶν ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς φύσεως τοῦ ὑγροῦ.*** Οὕτως ὑπὸ τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν ἡ μεγίστη τάσις τῶν ἀτμῶν τῆς ἀλκοόλης εἶναι μεγαλυτέρα τῆς τῶν ἀτμῶν τοῦ ὕδατος, ἐνῷ ἡ μεγίστη τάσις τῶν ἀτμῶν τοῦ αἰθέρος εἶναι μεγαλυτέρα τῆς ἀλκοόλης.

350. 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 π τ η τ ι κ ά, ὡς π. χ. ὁ αἰθήρ, ἡ βενζίνη. Ὑπάρχουν ὅμως ὡρισμένα ὑγρά, τὰ ὁποῖα δὲν ἀναδίδουν ἀτμοὺς εἰς τὴν συνήθη θερμοκρασίαν, ὡς π. χ. τὸ θειικὸν ὀξύ, τὸ ἔλαιον κ.ἄ.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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.

351. Ἐφαρμογή. ***Ἀρχὴ τῆς ψυχρᾶς παρειᾶς ἢ τοῦ* Watt.** Εἰς τὴν ὑαλίνην συσκευὴν τοῦ σχήματος 466, τίθεται εἰς τὸ δοχεῖον Α ὕδωρ, ἐνῷ εἰς τὸ Β ὑπάρχουν μόνον ὑδρατμοί. Ἐὰν τὸ δοχεῖον Α τηρῆται εἰς θερμοκρασίαν t_1 μεγαλυτέραν τῆς θερμοκρασίας t_2 ἐν τῷ δοχείῳ Β, τότε ἰσορροπία δὲν δύναται νὰ ὑπάρξῃ, διότι ἡ μεγίστη τάσις τῶν ἀτμῶν εἰς Α εἶναι μεγαλυτέρα ἢ εἰς Β, οὕτω δὲ τὸ ὑγρὸν ἐξαερούμενον μεταβιβάζεται ἐκ τοῦ Α εἰς τὸ Β, ὅπου ἐκ νέου ὑγροποιεῖται.



Σχ. 466. Διὰ τὴν ἀρχὴν τῆς ψυχρᾶς παρειᾶς.

Οὕτω συνάγομεν ὅτι, ὅταν ἀτμὸς εὑρίσκεται ἐντὸς δοχείου εἰς ἐπαφὴν πρὸς τὸ ὑγρόν του, δὲν ἐπικρατῇ δὲ ἡ ἰδία θερμοκρασία εἰς ὅλα τὰ σημεῖα τοῦ δοχείου, ἡ μεγίστη τάσις τοῦ ἀτμοῦ ἐντὸς αὐτοῦ εἶναι ἴση πρὸς τὴν ἀντιστοιχοῦσαν εἰς τὴν ταπεινοτέραν θερμοκρασίαν.

Ἡ ἀρχὴ τοῦ Watt εὑρίσκει ἐφαρμογὰς εἰς τὰς ἀποστάξεις (βλ. § 360) καὶ ἰδιαιτέρως εἰς τὰς ἀτμομηχανὰς πρὸς ἐλάττωσιν τῆς πιέσεως καὶ ὑγροποίησιν τῶν ἀτμῶν (ψυγεῖα).

352. 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 τοῦ 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,

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

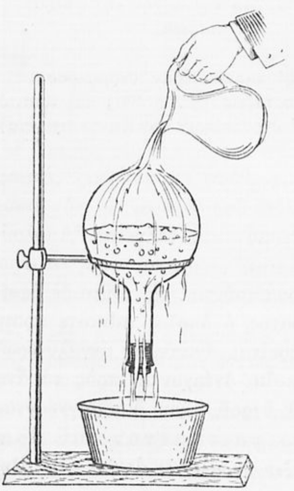
κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ μεγίστη τάσις τοῦ ἀτμοῦ του ἰσοῦται πρὸς τὴν ἔξωθεν ἀσκουμένην πίεσιν.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει, ὅτι τὸ σημεῖον ζέσεως ὑγροῦ ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς ἔξωθεν ἐπιφερομένης πιέσεως, ὥς 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 °C	Μόλυβδος . .	370 °C
Ἀλκοόλη . . .	78	Τερεβινθέλαιον .	161	Χρυσὸς. . .	2500
Ὕδωρ	100	Ὑδράργυρος . .	357	Σίδηρος. . .	3000

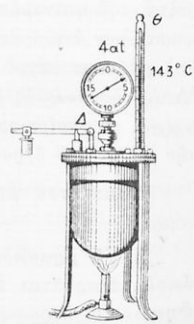
353. Μεταβολὴ τοῦ σημείου ζέσεως μετὰ τῆς πιέσεως. Τὸ ὕδωρ ὑπὸ πίεσιν 760 Torr βράζει εἰς 100 °C, ἐνῷ ὑπὸ πίεσιν 733,4 Torr βράζει εἰς 99 °C καὶ ὑπὸ πίεσιν 786,2 Torr βράζει εἰς 101 °C. Ἐν γένει αὔξησις τῆς πιέσεως ἐπιφέρει αὔξησιν τοῦ σημείου ζέσεως, τὸ ἀντίθετον δὲ συμβαίνει, ὅταν ἡ πίεσις ἐλαττοῦται. Τοῦτο εἶναι ἄμεσος συνέπεια τοῦ τρίτου νόμου τοῦ βρασμοῦ.



Σχ. 467. Πείραμα Franklin.

Τὴν ταπείνωσιν τοῦ σημείου ζέσεως δι᾽ ἐλαττώσεως τῆς ἐπιφερομένης ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ πιέσεως δεικνύομεν διὰ τῆς ἐν σχήματι 467 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 ἀναστρέφομεν 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.

354. Χύτρα Papin. Αὕτη ἀποτελεῖ τὴν ἀρχὴν τῶν ἀτμολεβήτων καὶ εἰκονίζεται εἰς τὸ σχῆμα 468. Ὁ βραστὴρ ἀποτελεῖται ἐκ δοχείου μεταλλικοῦ μὲ παχέα ἀνθεκτικὰ τοιχώματα καὶ κλείεται ἀεροστεγῶς διὰ πώματος φέροντος ἀσφαλιστικὴν δικλίδα, ὀπὴν διὰ τὴν εἰσδοχὴν θερμομέτρου καὶ ἑτέραν ὀπὴν συγκοινωνοῦσαν πρὸς μανόμετρον.



Σχ. 468. Χύτρα Papin μετ᾽ ἀσφαλιστικῆς βαλβίδος, μανομέτρου καὶ θερμομέτρου.

Διὰ τῆς διατάξεως ταύτης δυνάμεθα νὰ θερμάνωμεν τὸ ὕδωρ ἄνω τῆς θερμοκρασίας τῶν 100 °C, χωρὶς νὰ παρατηρηθῇ βρασμὸς αὐτοῦ.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

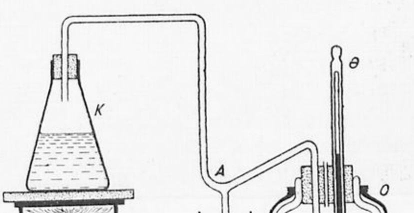
Πράγματι, ἐφ' ὅσον τὸ δοχεῖον κλείεται ἀεροστεγῶς, εἶναι φανερόν, ὅτι τὸ ὕδωρ θὰ εὑρίσκεται ὑπὸ τὴν πίεσιν τοῦ ἀτμοῦ του καὶ τοῦ ἀέρος ἐν τῷ δοχείῳ, ἐπομένως ἡ συνολικὴ ἐπ' αὐτοῦ πίεσις εἰς πᾶσαν θερμοκρασίαν εἶναι πάντοτε ἀνωτέρα τῆς μεγίστης τάσεως τοῦ ἀτμοῦ, οὕτω δέ, συμφώνως πρὸς τὸν τρίτον νόμον 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 δικλίδα, παρατηροῦμεν, ὅτι ἡ πίεσις ἐλαττοῦται ἀποτόμως, ἡ θερμοκρασία τοῦ ὕδατος πίπτει εἰς 100 °C καὶ τὸ ὕδωρ ἀναβράζει βιαίως.

355. 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 °C καὶ ἐπομένως ἡ θερμότης ἐξαερώσεως τοῦ ὕδατος εἶναι τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος, τὸ ὁποῖον ἀπαιτεῖται, ὅπως 1 gr ὕδατος θερμοκρασίας 100 °C μεταβληθῇ εἰς κεκορεσμένον ἀτμὸν τῆς αὐτῆς θερμοκρασίας.

Ἐκ μετρήσεων καθωρίσθη, ὅτι ἡ θερμότης ἐξαερώσεως τοῦ ὕδατος εἰς 100 °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 ἐπομένως τὸ προσφερόμενον ἔξωθεν ποσὸν θερμότητος δὲν ἐπιδρᾷ ἐπὶ τοῦ θερμομέτρου, ἡ θερμότης ἐξαερώσεως καλεῖται ἐνίοτε ***λανθάνουσα θερμότης***. Ἡ λανθάνουσα θερμότης ἐξαερώσεως δεικνύεται διὰ τῆς ἐν σχήματι 469 συσκευῆς, διὰ τῆς ὁποίας μάλιστα δυνάμεθα νὰ προσδιορίσωμεν τὴν θερμότητα ἐξαερώσεως π. χ. τοῦ ὕδατος.

Εἰς τὸ σχῆμα 469 ὁ εἰς Κ παραγόμενος ἀτμὸς ὕδατος εἰσχωρεῖ μέσω τοῦ ἀπαγωγοῦ σωλῆνος εἰς τὸ ὕδωρ τοῦ θερμιδομέτρου Ο, ὅπου ὑγροποιούμενος ἀποδίδει θερμότητα, ἐξ ἧς ἀνυψοῦται ἡ θερμοκρασία τοῦ ὕδατος. Εἰς Β συλλέγονται οἱ τυχὸν κατὰ τὴν μεταβίβασιν ὑγροποιούμενοι ὑδρατμοί.



Σχ. 469. Συσκευὴ μετρήσεως τῆς θερμότητος ἐξαερώσεως τοῦ ὕδατος.

Παράδειγμα. Ἔστω ὅτι τὸ θερμιδόμετρον (σχ. 469) περιέχει 3085 gr* ὕδατος, συνυπολογιζομένης εἰς αὐτὸ καὶ τῆς ἀξίας εἰς ὕδωρ τοῦ θερμιδομέτρου, καὶ ὅτι ἡ ἀρχικὴ θερμοκρασία του εἶναι 5,6 °C. Ἐντὸς τοῦ θερμιδομέτρου συμπυκνοῦνται 112 gr ὑδρατμοῦ θερμοκρασίας 100 °C, τελικῶς δὲ εὑρίσκομεν, ὅτι ἡ θερμοκρασία τοῦ ὕδατος ἀνῆλθεν εἰς 27,8 °C. Τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος, τὸ ὁποῖον παρελήφθη ὑπὸ τοῦ θερμιδομέτρου, ἰσοῦται προδήλως πρὸς τὴν μᾶζαν τοῦ ὕδατος ἐπὶ τὴν ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας, ἤτοι: ποσὸν θερμότητος προσληφθὲν ὑπὸ θερμιδομέτρου:

$$Q = 3\,085\ (27{,}8 - 5{,}6) = 68\,487\ \text{cal}.$$

Τὸ ποσὸν τοῦτο τῆς θερμότητος ἀπεδόθη ὑπὸ 112 gr ἀτμοῦ θερμοκρασίας 100 °C ὑγροποιηθέντος πρὸς ὕδωρ θερμοκρασίας 100 °C, τὸ ὁποῖον ἰσοῦται πρὸς $112 \cdot x$ cal, ὅπου **x** ἡ θερμότης ἐξαερώσεως τοῦ ὕδατος (ἡ θερμότης ἐξαερώσεως εἶναι ἴση πρὸς τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος, τὸ ὁποῖον ἀποδίδει 1 gr ἀτμοῦ θερμοκρασίας 100 °C, ὅταν ὑγροποιῆται, πρὸς

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ὕδωρ 100 °C), ὡς καὶ ἐκ τοῦ ποσοῦ τῆς θερμότητος 112 (100 — 27,8) = 8086 cal, τὸ ὁποῖον ἀπεδόθη ὑπὸ μάζης 112 gr ὕδατος ψυχθείσης ἀπὸ 100 °C εἰς 27,8 °C.

Ἑπομένως, τὸ ποσὸν θερμότητος τὸ ἀποβληθὲν ὑπὸ τοῦ ὑγροποιηθέντος ἀτμοῦ 100 °C πρὸς ὕδωρ 100 °C καὶ ψύξεως τοῦ ὕδατος ἀπὸ 100 °C εἰς 27,8 °C εἶναι :

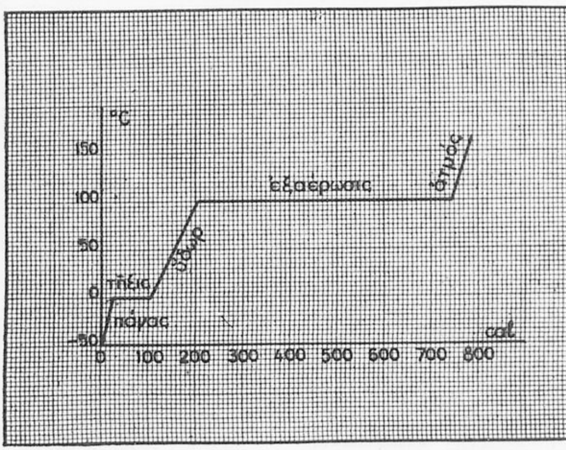
$$Q_1 = 112\,x + 8086 \text{ cal}.$$

Συμφώνως πρὸς τὸ ἀξίωμα τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας πρέπει $Q = Q_1$ καὶ ἐξισοῦντες τ' ἀνωτέρω ποσά, ἔχομεν : $68487 = 112\,x + 8086$, ἐξ ἧς προκύπτει :

$$x = \frac{68487 - 8086}{112} = 539 \text{ cal}$$

ἤτοι, διὰ νὰ μεταβληθῇ 1 gr ὕδατος θερμοκρασίας 100 °C, ἀπορροφᾷ ποσὸν θερμότητος 539 cal, ἐνῷ ἐξ ἄλλου τὸ αὐτὸ ποσὸν θερμότητος ἀποδίδει 1 gr ἀτμοῦ 100 °C ὑγροποιούμενον πρὸς ὕδωρ θερμοκρασίας 100 °C.

356*. Συνδεδυασμένη σπουδὴ τήξεως καὶ βρασμοῦ. Ἡ καμπύλη τοῦ σχήματος 470 δεικνύει τὴν μεταβολὴν τῆς θερμοκρασίας τεμαχίου πάγου, τὸ ὁποῖον **θερμαίνομεν.** Ἐν ἀρχῇ τήκεται πρὸς ὕδωρ καὶ ἀκολούθως τὸ ὕδωρ διὰ βρασμοῦ ἐξαεροῦται καὶ μετατρέπεται εἰς ἀτμόν. Ὁ πάγος λαμβάνεται εἰς θερμοκρασίαν — 50 °C, ὅτε διὰ θερμάνσεως αὐτοῦ αὐξάνεται μέχρι τοῦ μηδενός, ὁπότε **ἄρχεται** οὗτος τηκόμενος. Καθ' ὅλην τὴν διάρκειαν τῆς τήξεως, μολονότι προσδίδομεν ἔξω θερμότητα, ἡ θερμοκρασία διατηρεῖται σταθερὰ εἰς 0 °C, μέχρις ὁλοκληρωτικῆς τήξεως τοῦ πάγου. Ἀκολούθως, τοῦ ὕδατος θερμαινομένου, ἡ θερμοκρασία αὐτοῦ αὐξάνεται, μέχρις ὅτου ἀρχίσῃ ὁ βρασμὸς καὶ ἀπὸ τῆς στιγμῆς ταύτης, καθ' ὅλην τὴν διάρκειαν τῆς ἐξαερώσεως διὰ βρασμοῦ, μολονότι προσδίδομεν ἔξωθεν θερμότητα, ἡ θερμοκρασία διατηρεῖται σταθερὰ μέχρις ὁλοκληρωτικῆς μεταβολῆς τοῦ ὕδατος εἰς ἀτμόν.



Σχ. 470. Γραφικὸν διάγραμμα μεταβολῆς τῆς καταστάσεως 1 gr πάγου ἀρχομένης ἀπὸ — 50 °C, διὰ τοῦ ὁποίου δεικνύεται ἡ θερμότης τήξεως καὶ ἡ θερμότης ἐξαερώσεως.

Ἐὰν ἐξακολουθήσωμεν θερμαίνοντες τὸν ἀτμόν, ἡ θερμοκρασία αὐτοῦ αὐξάνεται.

Εἰς τὸ διάγραμμα (σχ. 470), εἰς τὸν ὁριζόντιον ἄξονα ἀναφέρεται τὸ προσδιδόμενον ποσὸν θερμότητος εἰς θερμίδας (cal), ἐνῷ εἰς τὴν κατακόρυφον αἱ ἀντίστοιχοι θερμοκρασίαι. Αἱ λανθάνουσαι θερμότητες τήξεως καὶ ἐξαερώσεως καθορίζονται ὑπὸ τῶν μηκῶν τῶν τμημάτων τῆς παραστατικῆς καμπύλης, τὰ ὁποῖα εἶναι παράλληλα πρὸς τὸν ἄξονα τῶν θερμίδων, ὅταν εἶναι γνωστὴ ἡ μᾶζα τοῦ ἀρχικοῦ τεμαχίου πάγου. Ἐκ τοῦ αὐτοῦ σχήματος

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐπίσης δεικνύεται, ὅτι ἡ θερμότης τήξεως εἶναι κατὰ πολὺ μικροτέρα τῆς θερμότητος ἐξαερώσεως.

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. ***Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ συνολικὸν ποσὸν θερμότητος διὰ τὴν μετατροπὴν 50 gr πάγου θερμοκρασίας—20 °C εἰς ἀτμὸν 140 °C.***

α) Πρὸς ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας τοῦ πάγου ἀπὸ — 20 °C εἰς 0 °C, ἤτοι τὸ σημεῖον τήξεως αὐτοῦ, ἐὰν 0,5 ἡ εἰδ. θερμότης τοῦ πάγου, θὰ ἀπαιτηθῇ ποσὸν θερμότητος:

$$Q_1 = 50 \cdot 0{,}5 \cdot 20 = 500 \text{ cal.}$$

β) Διὰ τὴν τῆξιν τοῦ πάγου 0 °C πρὸς ὕδωρ 0 °C, θὰ ἀπαιτηθῇ ποσὸν θερμότητος:

$$Q_2 = 50 \cdot 80 = 400 \text{ cal.}$$

γ) Διὰ τὴν ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας τοῦ ὕδατος ἀπὸ 0 °C εἰς 100 °C, θὰ ἀπαιτηθῇ ποσὸν θερμότητος: $Q_3 = 50 \cdot 100 = 5000$ cal.

δ) Διὰ τὴν ἐξαέρωσιν τοῦ ὕδατος 100 °C εἰς ἀτμὸν 100 °C θ' ἀπαιτηθῇ ποσὸν θερμότητος: $Q_4 = 50 \cdot 540 = 27\,000$ cal.

ε) Τέλος, διὰ τὴν ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας ἀτμοῦ 100 °C εἰς 140 °C, ἐὰν 0,5 ἡ εἰδ. θερμότης τοῦ ἀτμοῦ, θ' ἀπαιτηθῇ ποσὸν θερμότητος:

$$Q_5 = 50 \cdot 0{,}5 \cdot 40 = 1\,000 \text{ cal.}$$

Τὸ συνολικὸν ποσὸν θερμότητος θὰ εἶναι:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 = 500 + 400 + 5000 + 27000 + 1000 = 33900 \text{ cal.}$$

357. 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 °C εἶναι 0,958 gr/cm³ καὶ ὁ ὄγκος ποσότητος 1 gr εἶναι 1,044 cm³, ἐνῷ, εἰς τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν, ἡ πυκνότης τοῦ ὑδρατμοῦ εἶναι 0,00059 gr/cm³ καὶ ὁ ὄγκος ποσότητος 1 gr εἶναι 1 700 cm³, ἤτοι περίπου 1 700 φορὰς μεγαλύτερος τοῦ ὄγκου 1 gr ὕδατος 100 °C.

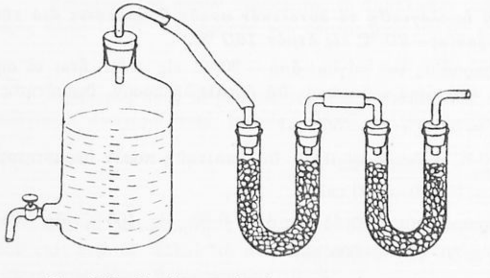
358. Ἐξάχνωσις. Τὰ σώματα γενικῶς, ὑπὸ τὰς συνήθεις συνθήκας θερμοκρασίας καὶ πιέσεως, μεταβαίνουν ἐκ τῆς στερεᾶς εἰς τὴν ἀέριον κατάστασιν, ἀφοῦ προηγουμένως διέλθουν διὰ τῆς ὑγρᾶς καταστάσεως. Παράδειγμα τοιοῦτον ἀποτελεῖ ὁ πάγος, ὡς δεικνύεται εἰς τὴν καμπύλην τοῦ σχήματος 470. Ὑπάρχουν ὅμως σώματα 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 συνήθεις συνθήκας εἰς τὸ ἰώδιον.

Ἀλλὰ καὶ ὁ πάγος, ὑπὸ καταλλήλους συνθήκας θερμοκρασίας καὶ πιέσεως, δύναται νὰ ὑποστῇ ἐξάχνωσιν, δηλ. νὰ μεταβληθῇ εἰς ἀτμὸν χωρὶς νὰ διέλθῃ διὰ τῆς ἐνδιαμέσου ὑγρᾶς καταστάσεως.

359. Ὑγρομετρία. Ἐν γένει ἡ ἀτμόσφαιρα περιέχει ὑδρατμούς, ὁ δὲ καθορισμὸς τῆς περιεκτικότητος αὐτῆς εἰς ὑδρατμοὺς ἀποτελεῖ ἀντικείμενον, μὲ τὸ ὁποῖον ἀσχολεῖται ἡ ὑ γ ρ ο μ ε τ ρ ί α. Καλοῦμεν ***ἀ π ό λ υ τ ο ν ὑ γ ρ α σ ί α ν τὸ ποσὸν τῶν ὑδρατμῶν τῶν περιεχομένων ἐν τῷ ἀτμοσφαιρικῷ ἀέρι ἀνὰ μονάδα ὄγκου· π. χ. 1 cm³ ἢ 1 m³ ὑπὸ δεδομένην θερμοκρασίαν.***

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ὁ προσδιορισμὸς τοῦ ποσοῦ τῶν ὑδρατμῶν γίνεται τῇ βοηθείᾳ ὑγροσκοπικῶν οὐσιῶν. Πρὸς τοῦτο χρησιμεύει ἡ ἐν σχήματι 471 συσκευή, ἐν τῇ ὁποίᾳ δι' ἐκροῆς ὕδατος ἀπὸ τοῦ πρὸς τ' ἀριστερὰ δοχείου προκαλοῦμεν ἀναρρόφησιν ἀέρος ἐκ τοῦ πρὸς τὰ δεξιὰ ἄκρου αὐτῆς. Ὁ ἀὴρ διέρχεται διὰ τῶν ἐνδιαμέσων σωλήνων, οἱ ὁποῖοι εἶναι πλήρεις ὑγροσκοπικῶν οὐσιῶν, τῶν ὁποίων ἡ μᾶζα εἶναι γνωστή. Διὰ μεταγενεστέρας ζυγίσεως τῶν σωλήνων καθορίζομεν τὴν ποσότητα τῶν ἀπορροφηθέντων ὑδρατμῶν. Ἐκ προσδιορισμοῦ δὲ καὶ τοῦ ὄγκου τοῦ ἀναρροφηθέντος ἀέρος καθορίζομεν τὴν ἀπόλυτον ὑγρασίαν.



Σχ. 471. Ἀπόλυτον ὑγρόμετρον (Regnault).

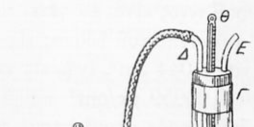
Καλοῦμεν ***σχετικὴν ὑγρασίαν τὸν λόγον τοῦ ποσοῦ τῶν ὑδρατμῶν, οἱ ὁποῖοι ὑπάρχουν εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν, πρὸς τὸ ποσὸν τὸ ὁποῖον θὰ περιείχετο ἐν αὐτῇ, ἐὰν ὁ ἀὴρ ἦτο κεκορεσμένος ὑδρατμῶν***. Ἐπειδὴ τὸ ποσὸν τῶν ὑδρατμῶν εἶναι ἀνάλογον τῆς τάσεως αὐτῶν, ἀντὶ τοῦ λόγου τῶν μαζῶν δυνάμεθα, πρὸς καθορισμὸν τῆς σχετικῆς ὑγρασίας, νὰ λαμβάνωμεν τὸν λόγον τῶν ἀντιστοίχων τάσεων. Ἔστω t ἡ θερμοκρασία τῆς ἀτμοσφαίρας κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς παρατηρήσεως. Ἐὰν ψύξωμεν τὸν ἀέρα μέχρι τοιούτου σημείου, ὥστε οὗτος νὰ καταστῇ κεκορεσμένος ὑδρατμῶν, εἰς τρόπον ὥστε ἐπὶ μεταλλικῆς πλακὸς ν' ἀποτίθεται δρόσος (ἤτοι σταγόνες ὑδρατμοῦ), τότε ἡ θερμοκρασία αὕτη t΄ καλεῖται ***θερμοκρασία δρόσου***.

Πρὸς προσδιορισμὸν τῆς σχετικῆς ὑγρασίας, εὑρίσκομεν ἐκ τῶν πινάκων τὰς μεγίστας τάσεις τοῦ ἀτμοῦ τὰς ἀντιστοιχούσας εἰς τὰς θερμοκρασίας t΄ καὶ t, ὅτε ὁ λόγος αὐτῶν, πολλαπλασιαζόμενος ἐπὶ τοῖς ἑκατόν, παρέχει τὴν ἐπὶ τοῖς ἑκατὸν σχετικὴν ὑγρασίαν.

Πρὸς μέτρησιν τῆς σχετικῆς ὑγρασίας χρησιμοποιοῦνται ὡρισμέναι συσκευαί, αἱ ὁποῖαι καλοῦνται ***ὑγρόμετρα***.

Ὑγρόμετρον δρόσου. Τοῦτο ὑπὸ τὴν στοιχειώδη αὐτοῦ μορφὴν πραγματοποιεῖται κατὰ τὸν ἀκόλουθον τρόπον. Ἐπὶ ὑαλίνου δοκιμαστικοῦ σωλῆνος Β προσκολλᾶται κατὰ τὸν πυθμένα αὐτοῦ κάψα Α ἀπὸ στιλβωμένον μέταλλον (σχ. 472). Ἄνωθεν ὁ σωλὴν κλείεται διὰ πώματος ἐκ καουτσοὺκ φέροντος τρεῖς ὀπάς, διὰ δύο τῶν ὁποίων διέρχονται δύο σωλῆνες Δ καὶ Ε, ἡ δὲ τρίτη χρησιμεύει διὰ τὸ θερμόμετρον Θ, ἐνῷ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος τίθεται ποσότης λίαν πτητικοῦ ὑγροῦ, π.χ. αἰθέρος.

Ὁ σωλὴν Δ συγκοινωνεῖ κατὰ τὸ ἓν ἄκρον πρὸς φυσητῆρα Φ, ἐνῷ τὸ ἕτερον ἄκρον αὐτοῦ εἰσχωρεῖ ἐντὸς τοῦ αἰθέρος, ἐντὸς τοῦ ὁποίου βυθίζεται καὶ τὸ δοχεῖον τοῦ θερμομέτρου. Ὁ σωλὴν Ε χρησιμεύει ἁπλῶς διὰ τὴν ἀπαγωγὴν τῶν ἀτμῶν τοῦ αἰθέρος.

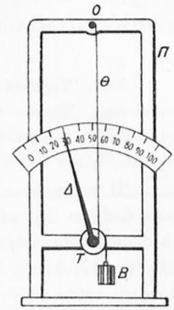


Σχ. 472. Ὑγρόμετρον δρόσου.

Διὰ χειρισμοῦ τοῦ φυσητῆρος Φ προκαλοῦμεν ἐντὸς τοῦ αἰθέρος ρεῦμα ἀέρος, οὕτω δὲ ἐπέρχεται ταχεῖα ἐξαέρωσις αὐτοῦ, τὸ δὲ ἀπαιτούμενον ποσὸν θερμότητος διὰ τὴν ἐξαέρωσιν προέρχεται ἐκ τοῦ ὑγροῦ αἰθέρος, ὁ ὁποῖος οὕτω ἀπο-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ψύχεται, ὡς δεικνύεται ἐκ τοῦ θερμομέτρου Θ, καὶ ψύχει οὕτω τὸν πέριξ τῆς μεταλλικῆς κάψης ἀέρα. Ὡς ἐκ τῆς ψύξεως τοῦ ἀέρος ἐπέρχεται στιγμή, κατὰ τὴν ὁποίαν οὗτος καθίσταται κεκορεσμένος, ὅτε ἐπὶ τῆς μεταλλικῆς κάψης Α ἀποτίθεται δρόσος καὶ οὕτω ἡ ἐπιφάνεια αὐτῆς θαμβοῦται. Κατὰ τὴν στιγμὴν ταύτην ἀναγιγνώσκομεν τὴν θερμοκρασίαν, τὴν ὁποίαν δεικνύει τὸ θερμόμετρον. Ἀκολούθως ἀφήνομεν τὸν αἰθέρα ἤρεμον, ὅτε βλέπομεν, ὅτι μετὰ πάροδον μικροῦ χρονικοῦ διαστήματος ἡ δρόσος ἐξαφανίζεται ἀπὸ τῆς μεταλλικῆς κάψης, ὅτε αὕτη ἀναλαμβάνει τὴν ἀρχικήν της στιλπνότητα. Κατὰ τὴν στιγμὴν ταύτην σημειοῦμεν τὴν θερμοκρασίαν ἐνδείξεως τοῦ θερμομέτρου καὶ ὡς θερμοκρασίαν δρόσου λαμβάνομεν τὸν μέσον ὅρον τῶν δύο θερμοκρασιῶν τῆς ἐμφανίσεως καὶ ἐξαφανίσεως τῆς δρόσου.



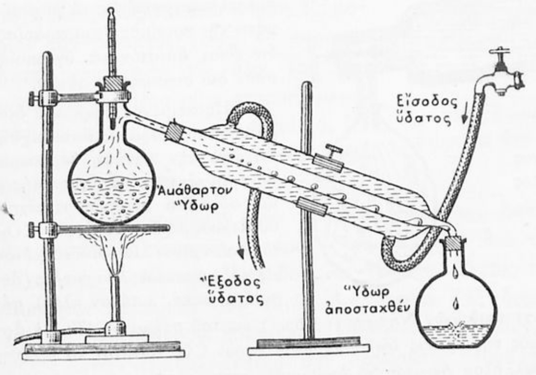
Σχ. 473. Ὑγρόμετρον τριχός.

Ὑγρόμετρον διὰ τριχός. Ἡ ἐν σχήματι 473 διάταξις δεικνύει λίαν συνήθη τύπον ***ὑγρομέτρου διὰ 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.

360. Συμπύκνωσις ὑδρατμῶν. Οἱ ἀτμοὶ ἐν γένει μεταπίπτουν διὰ τῆς ψύξεως εἰς τὴν ὑγρὰν κατάστασιν, τὸ δὲ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται ***ὑγροποίησις*** ἢ ***συμπύκνωσις τῶν ἀτμῶν.***

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 καθαρὸν ἤ, 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. 474). Οἱ ἀτμοὶ ὑγροποιοῦνται καὶ τὸ οὕτω προκύπτον ἀπεσταγμένον ὕδωρ συλλέγεται εἰς ὑποδοχέα.



Σχ. 474. Συσκευὴ ἀποστάξεως.

Ἡ ἀπόσταξις χρησιμοποιεῖται τὰ μέγιστα εἰς τὴν βιομηχανίαν, πρὸς ἀποχωρισμὸν διαφόρων ὑγρῶν, ἐχόντων διάφορον σημεῖον ζέσεως, ἐκ μίγματος αὐτῶν, ὅτε

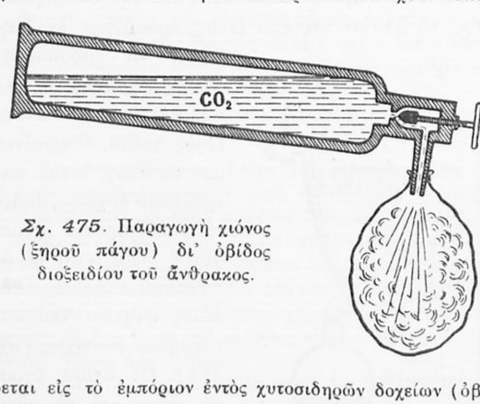
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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.

361*. Ὑγροποίησις τῶν ἀερίων. Σήμερον γνωρίζομεν, ὅτι ὅλα ἐν γένει τὰ ἀέρια ὑγροποιοῦνται. Ὡρισμένα ἀέρια, ὡς τὸ διοξείδιον τοῦ ἄνθρακος, τὸ διοξείδιον τοῦ θείου, 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 $+31{,}3\ ^0C$ καί, ἐφ᾽ ὅσον τὸ ἴδιον τοῦτο εὑρίσκεται ὑπὸ θερμοκρασίαν κατωτέραν τῶν $+31{,}3\ ^0C$, 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 $-118{,}8\ ^0C$, τοῦ ἀζώτου $-147\ ^0C$, τοῦ ὑδρογόνου $-241\ ^0C$, τοῦ ἡλίου $-268\ ^0C$. 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. 475. 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 ἐφαρμογὰς (ἀεριοῦχα ποτά, μπύραν κλπ.), φέρεται εἰς τὸ ἐμπόριον ἐντὸς χυτοσιδηρῶν δοχείων (ὀβίδων), ὡς τοῦ σχήματος 475, 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 ἀρκετόν, ὥστε νὰ προκαλέσῃ τὴν στερεοποίησιν τοῦ ὑπολοίπου, τὸ ὁποῖον συλλέγομεν ὑπὸ μορφὴν χιόνος ***(ξηρὸς πάγος)*** ἐντὸς τοῦ σάκκου καὶ τοῦ ὁποίου ἡ θερμοκρασία εἶναι $-79\ ^0C$.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ὁ κατωτέρω πίναξ δίδει τὰς κρισίμους θερμοκρασίας καὶ κρισίμους πιέσεις σωμάτων τινῶν.

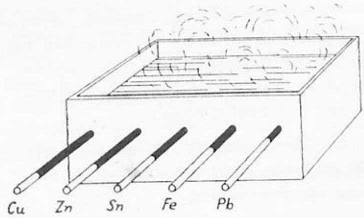
	Κρίσιμος θερμοκρασία εἰς ^{0}C	Κρίσιμος πίεσις εἰς kgr*/cm^2		Κρίσιμος θερμοκρασία εἰς ^{0}C	Κρίσιμος πίεσις εἰς kgr*/cm^2
Ἥλιον	— 268	2,3	Διοξ. ἄνθρακος	+ 31	75
Ὑδρογόνον . .	— 240	13	Ἀμμωνία	+ 132	119
Ἄζωτον	— 147	35	Αἰθὴρ	+ 194	38
Ἀὴρ	— 141	38	Ἀλκοόλη	+ 243	63
Ὀξυγόνον . . .	— 119	51	Ὕδωρ	+ 374	226

ΔΙΑΔΟΣΙΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΟΣ

Ἡ μεταβίβασις τῆς θερμότητος ἀπὸ σώματος εἰς σῶμα γίνεται γενικῶς κατὰ τρεῖς τρόπους, ἤτοι δι' ***ἀγωγῆς***, διὰ ***μεταφορᾶς*** καὶ δι' ***ἀκτινοβολίας***.

362. 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.

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***.



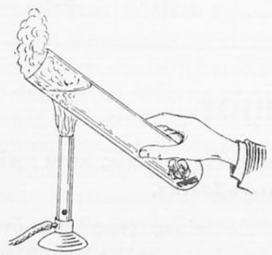
Σχ. 476. Συσκευὴ διὰ τὴν σύγκρισιν τῆς θερμικῆς ἀγωγιμότητος τῶν μετάλλων.

Τὴν συμπεριφορὰν τῶν στερεῶν σωμάτων, ἀπὸ ἀπόψεως διαδόσεως τῆς θερμότητος δι' ἀγωγῆς, δυνάμεθα νὰ δείξωμεν διὰ τῆς ἐν σχήματι 476 εἰκονιζομένης διατάξεως. Ἐπὶ δοχείου πλήρους ὕδατος προσαρμόζονται ράβδοι ἐκ διαφόρων μετάλλων τῶν αὐτῶν διαστάσεων (ἐξ ἀριστερῶν πρὸς τὰ δεξιά, ἐκ χαλκοῦ, ψευδαργύρου, κασσιτέρου, σιδήρου, μολύβδου), αἱ ὁποῖαι καθ' ὅλον τὸ μῆκος αὐτῶν περικαλύπτονται ὑπὸ στρώματος θερμοσκοπικῆς οὐσίας μεταβαλλούσης τὸ χρῶμα αὐτῆς διὰ θερμάνσεως καὶ τῆς ὁποίας τὸ χρῶμα ἀπὸ ἐρυθροῦ μεταβάλλεται, εἰς 80 ^{0}C, εἰς καστανόχρουν. Ἐὰν ἤδη θερμάνωμεν τὸ ὕδωρ μέχρι βρασμοῦ, παρατηροῦμεν, ὅτι ἡ ἐκ χαλκοῦ ράβδος ὑφίσταται μεταβολὴν χρώματος πολὺ ταχύτερον ἢ αἱ ἄλλαι ράβδοι, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα ὑπὸ τῶν σκιερῶν στηλῶν.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Τὰ ὑγρὰ παρουσιάζουν ἐπίσης θερμικὴν ἀγωγιμότητα, ἀλλ᾽ εἰς λίαν μικρὸν βαθμόν. Οὕτως, ἐὰν εἰς δοκιμαστικὸν σωλῆνα (σχ. 477) 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 λόγῳ τῆς λίαν μικρᾶς ἀγωγιμότητος τοῦ ὕδατος.

Ὅπως τὰ ὑγρά, οὕτω καὶ τὰ ἀέρια δεικνύουν θερμικὴν ἀγωγιμότητα, ἀλλὰ πολὺ μικράν, εἰς τοῦτο δὲ ὀφείλεται ἡ ***σφαιροειδὴς κατάστασις*** τῶν ὑγρῶν, καθ᾽ ἣν σταγόνες ὕδατος, ὅταν ρίπτωνται ἐπὶ λίαν θερμῆς πλακός, διατηροῦνται ἐπὶ ἀρκετὸν χρόνον (σχ. 478). Ἐξηγεῖται δὲ τὸ φαινόμενον τοῦτο διὰ τῆς παραδοχῆς, ὅτι ἀρχικῶς σχηματίζεται μεταξὺ πλακὸς καὶ σταγόνος στρῶμα ἀτμοῦ, τὸ ὁποῖον εἶναι κακὸς ἀγωγὸς τῆς θερμότητος καὶ δὲν ἐπιτρέπει τὴν ἐξαέρωσιν τῆς σταγόνος, ἡ ὁποία ἐπιτυγχάνεται μόνον, ὅταν ἡ πλὰξ ψυχθῇ ἐπαρκῶς, ὥστε νὰ μὴ ἐπαρκῇ διὰ τὴν διατήρησιν ἱκανοῦ πάχους στρώματος ὑδρατμῶν, ὅτε ἡ σταγὼν ἐρχομένη εἰς ἐπαφὴν πρὸς τὴν πλάκα ἐξαεροῦται ἀκαριαίως.



Σχ. 477. Ἀπόδειξις τῆς μικρᾶς θερμικῆς ἀγωγιμότητος τοῦ ὕδατος.

Ἐκ τῆς σπουδῆς τῆς θερμικῆς ἀγωγιμότητος τῶν στερεῶν κατεδείχθη, ὅτι τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος, τὸ ὁποῖον διέρχεται διὰ τῆς ἐγκαρσίας τομῆς τοῦ σώματος, κατὰ μῆκος τοῦ ὁποίου αὕτη διαδίδεται εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου ἤ, ἄλλως, ἡ ταχύτης ἀγωγῆς τῆς θερμότητος εἶναι:

Σχ. 478. Μεταξὺ σταγόνος καὶ θερμῆς πλακὸς μεσολαβεῖ ἀτμός.

α) ***Ἀνάλογος τῆς ἐπιφανείας τῆς τομῆς καθέτως πρὸς τὴν διεύθυνσιν διαδόσεως τῆς θερμότητος.***

β) ***Ἀνάλογος τῆς πτώσεως τῆς θερμοκρασίας ἀνὰ μονάδα μήκους.***

Οὕτω, ἐὰν διὰ Q καλέσωμεν τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος, τὸ ὁποῖον διέρχεται διὰ σώματος ὁμοιομόρφου ἐγκαρσίας τομῆς S cm^2 εἰς χρόνον t sec καί, ἐὰν ὑποθέσωμεν, ὅτι μεταξὺ τῶν δύο ἄκρων ἐγκαρσίων τομῶν τοῦ σώματος, ἀπεχουσῶν κατὰ l cm, ὑπάρχει διαφορὰ θερμοκρασίας $\vartheta_2 - \vartheta_1$, θὰ εἶναι:

$$Q = k \cdot \frac{\vartheta_2 - \vartheta_1}{l} \cdot S \cdot t$$

ὅπου k παριστᾷ σταθερὸν συντελεστήν, ὁ ὁποῖος καλεῖται ***συντελεστὴς θερμικῆς ἀγωγιμότητος***, ἀποτελεῖ δὲ χαρακτηριστικὴν σταθερὰν τῶν σωμάτων. Ἐκ τῆς ἄνω σχέσεως προκύπτει εὐκόλως, ὅτι ὁ συντελεστὴς k θὰ ἐκφράζεται εἰς $cal \cdot grad^{-1} \cdot cm^{-1} \cdot sec^{-1}$.

Μὲ ἄλλους λόγους, ὁ συντελεστὴς k ἐκφράζει τὸ ποσὸν θερμότητος, τὸ ὁποῖον διέρχεται ἐντὸς 1 sec διὰ μέσου ἐγκαρσίας τομῆς 1 cm^2, καθέτως πρὸς τὴν διεύθυνσιν ροῆς τῆς θερμότητος, ὅταν ἡ πτῶσις τῆς θερμοκρασίας ἀνὰ μονάδα μήκους ἰσοῦται πρὸς 1 grad. Εἰς τὸν κάτωθι πίνακα ἀναγράφονται αἱ τιμαὶ τοῦ συντελεστοῦ k διά τινας οὐσίας.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Συντελεστὴς θερμικῆς ἀγωγιμότητος διαφόρων οὐσιῶν

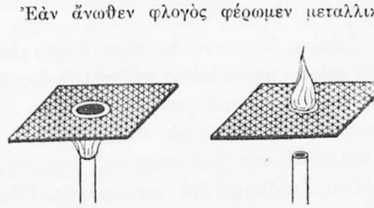
Οὐσία	k cal / grad · cm · sec	Οὐσία	k cal / grad · cm · sec
Ἀὴρ	0,00057	Πλίνθοι	0,0015
Ὑδρογόνον	0,00034	Ἄμμος ξηρὰ	0,00093
Ἀργίλιον	0,48	Μέταξα	0,000095
Χαλκὸς	0,908	Ξύλον	0,0003—0,0009
Ὕαλος παραθύρων	0,0025	Πάγος	0,005
Ἄργυρος	1,006	Ὕδωρ	0,0012

Ἐκ τοῦ ἀνωτέρω πίνακος βλέπομεν, ὅτι ὁ ἀήρ, ἡ ὕαλος, οἱ πλίνθοι, τὸ ξύλον κτλ. ἀποτελοῦν κακοὺς ἀγωγοὺς τῆς θερμότητος, ἐνῷ τὸ ἀργίλιον καὶ ὁ χαλκὸς ἀποτελοῦν καλοὺς ἀγωγοὺς τῆς θερμότητος, ὁ δὲ ἄργυρος ἄριστον ἀγωγὸν αὐτῆς.

363. 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 θερμότερον τοῦ μεταλλικοῦ. Διὰ τὸν αὐτὸν λόγον, μεταλλικὸν ἀντικείμενον θερμὸν προκαλεῖ εἰς ἡμᾶς ἐντονώτερον αἴσθημα ἢ ξύλινον.

Ἐὰν ἄνωθεν φλογὸς φέρωμεν μεταλλικὸν πλέγμα (σχ. 479), παρατηροῦμεν, ὅτι ἡ φλὸξ δὲν διαπερᾷ τοῦτο, διότι λόγῳ τῆς ἀγωγιμότητος τοῦ πλέγματος, ὅλη ἡ θερμότης, τὴν ὁποίαν προσλαμβάνει ἐκ τῆς φλογὸς μεταδίδεται

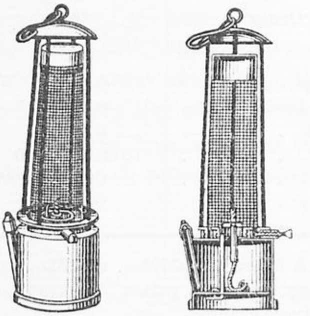
SIR HUMPHRY DAVY (1778 - 1829) Ἄγγλος Φυσικὸς καὶ Χημικὸς διατελέσας καθηγητὴς εἰς τὸ ἵδρυμα Royal Institution τοῦ Λονδίνου καὶ πρόεδρος τῆς Βασιλικῆς Ἑταιρείας. Ἀνεκάλυψε τὸ κάλιον καὶ νάτριον, ὡς καὶ τὸ βολταϊκὸν τόξον. Συνέβαλε εἰς τὴν ἀνάπτυξιν τῆς Θερμοδυναμικῆς.



Σχ. 479. Λόγῳ τῆς παρενθέσεως τοῦ πλέγματος ἡ θερμότης τοῦ ἀνημμένου μέρους τῆς φλογὸς ἀπάγεται πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις· οὕτω τὸ ὑπόλοιπον μέρος τῆς φλογὸς δὲν ἀνάπτει.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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. 480. Ἀσφαλιστικὸς λύχνος Davy. Ἀριστερὰ δεικνύεται προοπτικῶς καὶ δεξιὰ ἡ τομὴ τοῦ λύχνου.

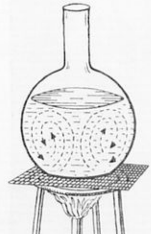
Ἐπὶ τῆς ἀνωτέρω ἀρχῆς στηρίζεται ἡ λειτουργία τῆς ***λυχνίας* Davy** (σχ. 480), ἡ χρησιμοποιουμένη εἰς τὰ ὀρυχεῖα πρὸς προφύλαξιν ἀπὸ ἐκρήξεων ἐκ τοῦ ἀναφλεξίμου ἀερίου μεθανίου. Αὕτη ἀποτελεῖται ἐκ θρυαλλίδος περιβαλλομένης ὑπὸ κυλίνδρου, ὁ ὁποῖος φέρει περίβλημα ἐκ μεταλλικοῦ πλέγματος.

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.

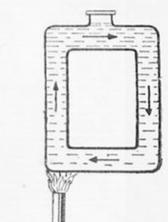
Οἱ κακοὶ ἀγωγοὶ τῆς θερμότητος χρησιμοποιοῦνται διὰ τὰς θερμικὰς μονώσεις, ἤτοι πρὸς προφύλαξιν θερμῶν σωμάτων ἀπὸ τῆς ἀποψύξεως ἢ ψυχρῶν σωμάτων ἀπὸ τῆς θερμάνσεως. Ὡς θερμομονωτικὰ σώματα θεωροῦνται ὁ φελλός, χρησιμοποιούμενος εἰς τὰ ψυγεῖα, ὁ ἀμίαντος, χρησιμοποιούμενος εἰς τοὺς ἀτμαγωγοὺς σωλῆνας κτλ.

364. 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 μεταβολαὶ πιέσεως, αἱ ὁποῖαι πάλιν ἔχουν ὡς ἐπακόλουθον 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 φιάλην 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 (σχ. 481).



Σχ. 481. Ροὴ ὕδατος ἐντὸς φιάλης λόγῳ μεταφορᾶς.



Σχ. 482. Ἡ ροὴ τοῦ ὕδατος γίνεται κατὰ τὴν φορὰν τῶν βελῶν.

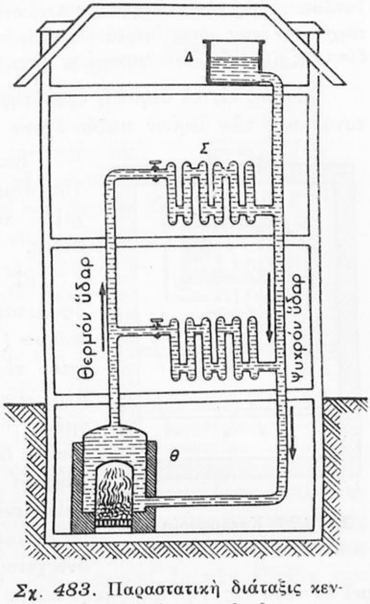
Ἐπίσης τὴν ὡς ἄνω κίνησιν τοῦ ὕδατος δυνάμεθα νὰ δείξωμεν καὶ διὰ τῆς ἐν σχήματι 482 συσκευῆς.

Σπουδαιοτάτην ἐφαρμογὴν τῆς διαδόσεως τῆς θερμότητος διὰ μεταφορᾶς

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

συναντῶμεν εἰς τὰς ***κεντρικὰς θερμάνσεις,*** ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 483.

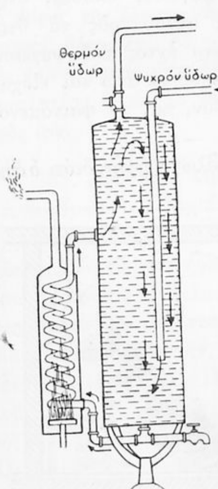
Εἰς Θ τοποθετεῖται ὁ θερμαντὴρ μετὰ τοῦ λέβητος. Διὰ θερμάνσεως τοῦ ὕδατος δημιουργεῖται, λόγῳ τοῦ φαινομένου τῆς μεταφορᾶς, ροὴ θερμοῦ ὕδατος μέσῳ τοῦ πρὸς τ' ἀριστερὰ πλευρικοῦ σωλῆνος πρὸς τὰ ἄνω, τὸ ὁποῖον ὕδωρ εἰσχωρεῖ διὰ τῶν ἐπὶ τούτῳ σωλήνων εἰσαγωγῆς εἰς τὰ θερμαντικὰ σώματα (Σ) τῶν διαφόρων 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 ἐξαερωτὴς καὶ διὰ τὴν διαστολὴν τοῦ θερμαινομένου ὕδατος.



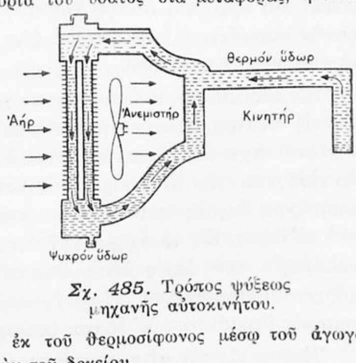
Σχ. 483. Παραστατικὴ διάταξις κεντρικῆς θερμάνσεως οἰκοδομῆς.

Λίαν συνήθης μέθοδος διὰ τὴν παροχὴν θερμοῦ ὕδατος διὰ τὰς οἰκιακὰς ἀνάγκας εἶναι ὁ ***θερμοσίφων,*** ὁ ὁποῖος δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 484.

Τὸ ψυχρὸν ὕδωρ εἰσχωρεῖ ἐντὸς τοῦ δοχείου ὕδατος διὰ καταλλήλου σωλῆνος, ὁ ὁποῖος φθάνει μέχρι μικρᾶς ἀποστάσεως ἀπὸ τοῦ πυθμένος. Τὸ ψυχρὸν ὕδωρ εἰσχωρεῖ ἀκολούθως ἐντὸς τοῦ παρακειμένου ὀφιοειδοῦς σωλῆνος, ἐντὸς τοῦ ὁποίου θερμαίνεται διὰ φλογὸς φωταερίου ἢ ἄλλου τρόπου. Τὸ ὕδωρ θερμαινόμενον κινεῖται πρὸς τὰ ἄνω καὶ εἰσχωρεῖ ἐκ νέου ἐκ τῶν ἄνω εἰς τὸ δοχεῖον. Διὰ τοῦ τρόπου τούτου ἐπιτυγχάνεται κυκλοφορία τοῦ ὕδατος διὰ μεταφορᾶς, ἡ ὁποία διαρκεῖ, μέχρις ὅτου ὅλη ἡ ποσότης τοῦ ὕδατος τοῦ δοχείου διέλθῃ διὰ τοῦ ὀφιοειδοῦς σωλῆνος καὶ θερμανθῇ. Εὐθὺς ὡς ἀνοίγει στρόφιγξ κρουνοῦ θερμοῦ ὕδατος εἴς τι διαμέρισμα τῆς οἰκίας, τότε ἐκ τοῦ κρουνοῦ ἐκρέει θερμὸν ὕδωρ προερχόμενον ἐκ τοῦ θερμοσίφωνος μέσῳ τοῦ ἀγωγοῦ θερμοῦ ὕδατος τοῦ εὑρισκομένου εἰς τὴν κορυφὴν τοῦ δοχείου.



Σχ. 484. Θερμόσιφων.

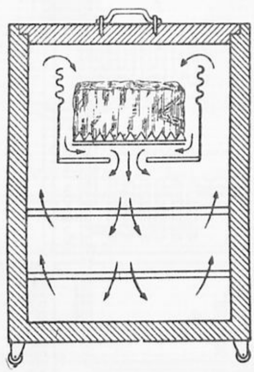


Σχ. 485. Τρόπος ψύξεως μηχανῆς αὐτοκινήτου.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἡ διάδοσις τῆς θερμότητος διὰ μεταφορᾶς εὑρίσκει ἐπίσης ἐφαρμογὴν εἰς τὸ ψυκτικὸν σύστημα τῶν κινητήρων ἐσωτερικῆς καύσεως τῶν χρησιμοποιουμένων εἰς τ' αὐτοκίνητα, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 485. Τὸ θερμὸν ὕδωρ, τὸ ὁποῖον προέρχεται ἀπὸ τὸν μανδύαν τὸν περιβάλλοντα τοὺς κυλίνδρους τῆς μηχανῆς, ὁδεύει διὰ τοῦ κεντρικοῦ μέρους τῆς σωληνώσεως πρὸς τὴν περιοχὴν τοῦ ἀνεμιστῆρος καὶ τῆς ἀεροψυχομένης ἐπιφανείας καὶ κατερχόμενον ἐντὸς αὐτῆς ὑφίσταται ψῦξιν, ὅπου τὸ ψυχρὸν ὕδωρ εἰσχωρεῖ ἐκ νέου εἰς τὸν μανδύαν τῆς μηχανῆς, ἐπιτυγχανομένης οὕτω συνεχοῦς κυκλοφορίας τοῦ ὕδατος διὰ μεταφορᾶς.

Ἐπίσης εἰς τὰ ἀέρια ἡ θερμότης διαδίδεται διὰ μεταφορᾶς. Τοιαῦται δὲ μετατοπίσεις τῶν ἀερίων μαζῶν ἔχουν μεγίστην σημασίαν εἰς τὴν Μετεωρολογίαν.

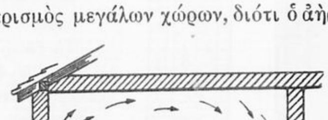


Σχ. 486. Κυκλοφορία ἀέρος ἐντὸς ψυγείου διὰ πάγου.

Ἐπίσης πρακτικὴν ἐφαρμογὴν τῆς διαδόσεως τῆς θερμότητος διὰ μεταφορᾶς εἰς τὰ ἀέρια ἀποτελεῖ ἡ κεντρικὴ θέρμανσις οἰκοδομῶν διὰ θερμοῦ ἀέρος.

Εἰς τὴν παραγωγὴν ρευμάτων μεταφορᾶς ἀέρος ὀφείλεται ἡ λειτουργία τῶν συνήθων ***ψυγείων διὰ πάγου*** (σχ. 486). Εἰς τὸ ἀνώτατον μέρος τοῦ ψυγείου εὑρίσκεται ἡ ἀποθήκη τοῦ πάγου, θερμὸς δὲ ἀὴρ εἰσχωρεῖ εἰς αὐτὴν 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.

Εἰς τὸ αὐτὸ φαινόμενον ὀφείλεται καὶ ὁ ἐξαερισμὸς μεγάλων 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. 487. Θέρμανσις δωματίου διὰ μεταφορᾶς.

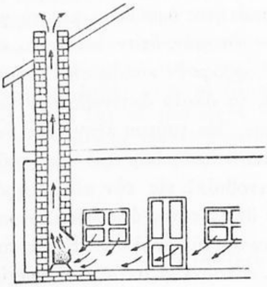
Εἰς περίπτωσιν πολυσυχνάστων χώρων, ὡς π.χ. εἰς θέατρα, κινηματογράφους κτλ., ἐφαρμόζεται ὁ τεχνητὸς ἀερισμός, ὁπότε ὁ καθαρὸς ἀὴρ εἰσάγεται εἰς τὸ οἴκημα διὰ καταλλήλων φυσητήρων, θερμὸς τὸν χειμῶνα καὶ ψυχρὸς κατὰ τὸ θέρος. Εἰς τὸ σχῆμα 487 δεικνύεται ἡ κυκλοφορία τοῦ ἀέρος ἐντὸς δωματίου, ὅπου ὑπάρχει τὸ θερμοφόρον σῶμα ἐγκαταστάσεως κεντρικῆς θερμάνσεως δι' ὕδατος (καλοριφέρ).

Ἐπίσης εἰς τὴν γένεσιν ρεύματος διὰ μεταφορᾶς ἀέρος στηρίζεται ἡ χρησιμο-

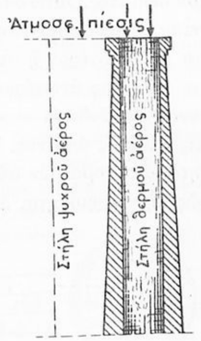
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ποίησις εἰς τὰς θερμάστρας τῶν ἀπαγωγῶν, διὰ τῶν ὁποίων ὄχι μόνον δημιουργεῖται ἔντονον ρεῦμα ἀέρος, ἀλλὰ καὶ ἀπάγονται τὰ καυσαέρια τὰ προερχόμενα ἐκ τῆς καύσεως τοῦ καυσίμου (σχ. 488).

Ἐπίσης εἰς τὰ ἐργοστάσια διὰ τὸν αὐτὸν λόγον χρησιμοποιοῦνται καπνοδόχοι μεγάλου ὕψους (σχ. 489). Εἰς τὴν βάσιν καὶ ἐντὸς τῆς καπνοδόχου,— ἐὰν θεωρήσωμεν αὐτὴν ὡς στήλην θερμοῦ ἀέρος —, ἔχομεν εἰς τὸ ἐσωτερικόν της πίεσιν, ὀφειλομένην εἰς τὸ βάρος τῆς ἀτμοσφαίρας τῆς εὑρισκομένης ἔξωθεν καὶ ἄνωθεν τῆς κορυφῆς τῆς καπνοδόχου, πλέον τὸ βάρος τῆς στήλης θερμοῦ ἀέρος τοῦ εὑρισκομένου ἐντός, ἐνῷ ἔξωθεν καὶ εἰς τὸν πυθμένα ἔχομεν πίεσιν ὀφειλομένην εἰς τὸ βάρος τῆς ἀτμοσφαίρας ἐπὶ τῆς κορυφῆς τῆς καπνοδόχου, πλέον τὸ βάρος τῆς ἐξωτερικῆς στήλης τοῦ ψυχροῦ ἀέρος. Ἡ τελευταία ὅμως στήλη τοῦ ψυχροῦ ἀέρος ἔχει βάρος μεγαλύτερον τῆς ἀντιστοίχου στήλης θερμοῦ ἀέρος ἐντὸς τῆς καπνοδόχου, οὕτω δὲ ἡ ἐξωτερικὴ πίεσις εἰς τὴν βάσιν τῆς καπνοδόχου εἶναι μεγαλυτέρα ἢ εἰς τὸ ἐσωτερικὸν αὐτῆς καὶ οὕτω εἰσχωρεῖ ἐκ τῶν ἔξωθεν ψυχρὸς ἀήρ.



Σχ. 488. Καπνοδόχος οἰκίας πρὸς δημιουργίαν ρεύματος.



Σχ. 489. Καπνοδόχος ἐργοστασίου πρὸς δημιουργίαν ρεύματος.

365. Διάδοσις τῆς θερμότητος δι' ἀκτινοβολίας. Ἐκ πείρας γνωρίζομεν, ὅτι δυνάμεθα νὰ θερμάνωμεν τὰς χεῖράς μας κρατοῦντες αὐτὰς 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 χρησιμοποιήσωμεν λυχνίαν πυρακτώσεως ὑψηλοῦ κενοῦ, ὡς εἶναι ὁ συνήθης ἠλεκτρικὸς λαμπτὴρ φωτισμοῦ, καὶ πυρακτώσωμεν τὸ νῆμά 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 ὑλικὸν σῶμα. Οὕτω δι' ἀκτινοβολίας διαδίδεται ἡ ἡλιακὴ θερμότης μέχρι τῆς Γῆς.

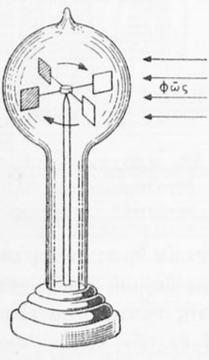
Ἡ δι' ἀκτινοβολίας προσλαμβανομένη ἢ ἀποδιδομένη ὑπὸ τῶν σωμάτων θερμότης καλεῖται πολλάκις ***ἀκτινοβόλος θερμότης.***

Τὰ διάφορα σώματα συμπεριφέρονται διαφοροτρόπως ὡς πρὸς τὴν ἀκτινοβό-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

λον 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 γεγονός, ὅτι ἔνδυμα σκοτεινοῦ χρώματος φαίνεται λίαν θερμόν, ὅταν ἐκτίθεται εἰς τὰς ἡλιακὰς ἀκτῖνας. Ἐξ ἄλλου σώματα, τὰ ὁποῖα ἀπορροφοῦν καλῶς τὴν θερμότητα, ἀκτινοβολοῦν αὐτὴν ἐπίσης καλῶς, ἐνῷ σώματα, τὰ ὁποῖα ἀκτινοβολοῦν κακῶς 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 ἀπὸ μέλαν τραχὺ μέταλλον. Ἕνεκα τοῦ λόγου τούτου αἱ θερμάστραι κατασκευάζονται ἀπὸ τραχὺν χυτοσίδηρον καὶ χρωματίζονται μὲ στρῶμα αἰθάλης.



Σχ. 490. Ἀκτινόμετρον Crookes.

Συσκευὴ λίαν εὐαίσθητος εἰς τὴν ἀκτινοβολίαν θερμότητος εἶναι τὸ ***ἀκτινόμετρον*** (σχ. 490). Τοῦτο ἀποτελεῖται ἐκ πτερυγιοφόρου ἄξονος φέροντος 4 πτερύγια, τὰ ὁποῖα εἶναι κατὰ τὴν μίαν ἐπιφάνειαν ἐπιστρωμένα δι' αἰθάλης. Τὸ σύστημα τοῦτο τῶν πτερυγίων κλείεται ἐντὸς σχεδὸν ἀεροκένου σωλῆνος, ἀλλ' εἰς τρόπον ὥστε νὰ δύναται νὰ περιστρέφεται. Αἱ ἠθαλωμέναι πλευραὶ τῶν πτερυγίων ἀπορροφοῦν πολὺ μεγαλύτερον ποσοστὸν τῆς ἀκτινοβόλου θερμότητος ἢ αἱ στιλπναὶ πλευραὶ καὶ ὡς ἐκ τούτου θερμαίνονται καὶ μεταδίδουν τὴν θερμότητα αὐτῶν εἰς τὰ ὀλίγα μόρια τοῦ ἀέρος τοῦ εὑρισκομένου εἰς ἐπαφὴν πρὸς αὐτάς. Τὰ ἀέρια μόρια ἐκφεύγουν ἐκ τῶν ἠθαλωμένων πλευρῶν καί, ὡς ἐκ τῆς δημιουργουμένης ἀντιδράσεως κατ' ἀντίθετον διεύθυνσιν, ὁ πτερυγιοφόρος ἄξων τίθεται εἰς περιστροφικὴν κίνησιν. Ἐὰν ὁ χῶρος ἦτο πλήρης ἀέρος, ἡ προκαλουμένη ἀντίδρασις, ἐπειδὴ εἶναι πολὺ μικρά, δὲν θὰ ἦτο δυνατὸν νὰ ὑπερνικήσῃ τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀέρος.

Σχ. 491. Θερμοφόρον. (Δοχεῖον Dewar).

366. Θερμοφόρα (Thermos). Ταῦτα ἀποτελοῦνται ἐξ ὑαλίνων δοχείων μὲ διπλᾶ τοιχώματα, μεταξὺ τῶν ὁποίων ὅμως ἔχει ἀφαιρεθῆ ὁ ἀὴρ (σχ. 491). Ἐπειδὴ τὸ κενὸν εἶναι κακὸς ἀγωγὸς τῆς θερμότητος, δεδομένου ὅτι δὲν ὑπάρχουν ἀέρια μόρια πρὸς ἀπαγωγὴν θερμότητος δι' ἀγωγῆς, ἐπίσης δὲ καὶ ἡ ὕαλος, δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ προκληθῇ ἀπώλεια θερμότητος ἐξ ἀγωγιμότητος.

Ἐπίσης, λόγῳ τοῦ κενοῦ τοῦ ὑπάρχοντος μεταξὺ τῶν τοιχωμάτων τοῦ δοχείου, δὲν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

εἶναι δυνατὸν νὰ παραχθῇ 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.

367*. **Θερμικὴ ἰσορροπία.** Ἐὰν ἐντὸς θαλάμου σταθερᾶς θερμοκρασίας, τοῦ ὁποίου τὰ τοιχώματα εἶναι θερμικῶς μεμονωμένα, εἰς τρόπον ὥστε νὰ μὴ δύναται νὰ εἰσχωρήσῃ θερμότης ἔξωθεν, ἀλλ' οὔτε καὶ ἐκ τοῦ θαλάμου νὰ μεταβιβάζεται θερμότης εἰς τὸν ἔξω χῶρον, θέσωμεν διάφορα σώματα διαφόρου θερμοκρασίας, παρατηροῦμεν ὅτι ταῦτα, μετὰ παρέλευσιν χρόνου τινός, λαμβάνουν ὅλα τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν. Τοῦτο, κατὰ τὸν **Prevost,** συμβαίνει, διότι τὰ σώματα ἀκτινοβολοῦν συνεχῶς θερμότητα τὰ μὲν πρὸς τὰ δέ, ὡς ἐπίσης καὶ τὰ τοιχώματα τοῦ θαλάμου, τὰ ὁποῖα ἀκτινοβολοῦν ὡσαύτως θερμότητα. Οὕτω μετά τινα χρόνον ἀποκαθίσταται σταθερὰ θερμοκρασία, ὅτε ἕκαστον σῶμα ἀκτινοβολεῖ πρὸς τὰ ἄλλα τόσον ποσὸν θερμότητος, ὅσον δέχεται ἐξ ἀκτινοβολίας.

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΚ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ

368. Τὸ κεφάλαιον τῆς Θερμοδυναμικῆς ἐξετάζει κυρίως τὴν μετατροπὴν τῆς θερμότητος εἰς μηχανικὸν ἔργον ὡς καὶ τὴν ἀντίστροφον μετατροπήν.

Πρῶτοι οἱ **Rumford** καὶ Humphry **Davy** ὑπεστήριξαν, ὅτι ἡ θερμότης δέον νὰ ἀποδοθῇ εἰς κίνησιν καὶ ἑπομένως ὅτι αὕτη 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 ἑπομένως 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 ἤ, 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 ἑπομένως 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.

369. 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

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

καὶ οἱ 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 τοῦ 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.


JULIUS ROBERT MAYER (1814-1878)
Γερμανὸς ἰατρὸς καὶ φυσικοφιλόσοφος. Ὀνομαστὸς διὰ τὰς ἐρεύνας αὐτοῦ εἰς τὴν θερμότητα.

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 ἕως 0,000 000 03 (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 ἀτόμου τοῦ ὑδρογόνου ἐπὶ τὸ μοριακὸν βάρος τοῦ ἀερίου. Οὕτω τὸ βάρος ἑνὸς μορίου ὀξυγόνου εἶναι $32 \cdot 1{,}7 \cdot 10^{-24} = 54 \cdot 10^{-24}$ gr*.

Ἡ μέση ἀπόστασις τῶν μορίων ποικίλλει ἀπὸ $2 \cdot 10^{-7}$ *ἕως* $3 \cdot 10^{-7}$ *cm.*

Εἰς 1 cm^3 *οἱουδήποτε ἀερίου ὑπὸ θερμοκρασίαν 0 °C καὶ πίεσιν 76 cm Hg περιέχονται* $27{,}1 \cdot 10^{18}$ *μόρια* **(Ἀριθμὸς Avogadro)**.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Εἰς 1 γραμμομόριον οἱουδήποτε ἀερίου, ἤτοι εἰς 2 gr ὑδρογόνου, 32 gr ὀξυγόνου, 28 gr ἀζώτου, περιέχονται πάντοτε $6 \cdot 10^{23}$ μόρια. **('Αριθμὸς 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.

'Εφ' ὅσον μᾶζα ἀερίου εὑρίσκεται εἰς ὡρισμένην θερμοκρασίαν, τὰ μόρια αὐτῆς ἔχουν ὡρισμένην ταχύτητα υ, ἐὰν δὲ ἡ μᾶζα τοῦ μορίου εἶναι m, τοῦτο θὰ ἔχῃ, λόγῳ τῆς ταχύτητός του, κινητικὴν ἐνέργειαν $m\upsilon^2/2$. 'Εὰν 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 ἤ, μὲ ἄλλους λόγους, εἰς τὸν ἔξω κόσμον ὡς θερμότης.

'Εὰν 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 ἤ, μὲ ἄλλους λόγους, συντελεῖ εἰς τὴν αὔξησιν τῆς ἐσωτερικῆς ἐνεργείας τοῦ σώματος. 'Η αὔξησις ὅμως αὕτη τῆς ἐσωτερικῆς 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.

'Εκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει ὅτι, συμφώνως πρὸς τὰς νεωτέρας ἀντιλήψεις, ἡ θερμότης ἀποτελεῖ μίαν μορφὴν τῆς ἐνεργείας, ὡς ἐπίσης ἡ μηχανικὴ ἐνέργεια (§ 104), ἡ χημικὴ ἐνέργεια, ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια ἀποτελοῦν ἑτέρας μορφὰς τῆς ἐνεργείας.

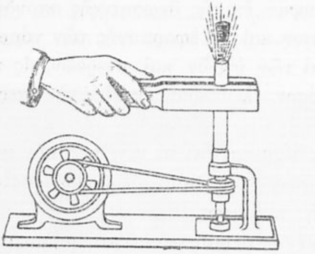
370. Μετατροπὴ μηχανικῆς ἐνεργείας εἰς θερμότητα. ***Μηχανικὸν ἰσοδύναμον τῆς θερμότητος.*** 'Η μετατροπὴ αὕτη εἶναι ἁπλουστάτη καὶ δύναται νὰ γίνῃ δι' ἁπλῶν μέσων, συναντῶμεν δὲ αὐτὴν εἰς πᾶν βῆμα τῆς καθημερινῆς μας ζωῆς.

Οὕτω τὸν χειμῶνα ἀσυναισθήτως τρίβομεν τὰς χεῖράς μας διὰ νὰ 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). 'Εξ ἄλλου, τὸ φαινόμενον τῆς παραγωγῆς θερμότητος ἐκ τριβῆς ἦτο γνωστὸν εἰς τοὺς ἀρχε-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

γόνους ἀνθρώπους, οἱ ὁποῖοι παρῆγον πῦρ διὰ τῆς καταλλήλου τριβῆς δύο λίθων.

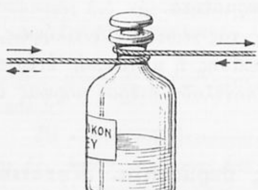
Λίαν διδακτικὸν πείραμα τῆς ἀναπτύξεως διὰ τριβῆς θερμότητος δεικνύει ἡ εἰς τὸ σχῆμα 492 εἰκονιζομένη διάταξις. Αὕτη ἀποτελεῖται ἀπὸ κατακόρυφον μεταλλικὸν σωλῆνα περιέχοντα αἰθέρα καὶ δυνάμενον νὰ τεθῇ εἰς περιστροφικὴν κίνησιν διὰ φυγοκεντρικῆς μηχανῆς. Ἡ περιστροφικὴ κίνησις τοῦ σωλῆνος παρεμποδίζεται 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.



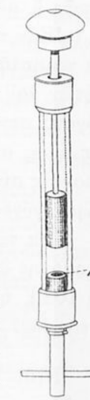
Σχ. 492. Παραγωγὴ θερμότητος διὰ τριβῆς.

Ἐπίσης εἰς τὸ σχῆμα 493 ἡ τριβὴ τοῦ σχοινίου ἀναπτύσσει θερμότητα, ἡ ὁποία θερμαίνει τὸν λαιμὸν τοῦ δοχείου καὶ οὕτω προκαλεῖ διαστολὴν αὐτοῦ. Διὰ τοῦ τρόπου τούτου δυνάμεθα νὰ ἐκπωματίσωμεν ὑάλινον δοχεῖον, τοῦ ὁποίου τὸ ὑάλινον πῶμα ἔχει προσκολληθῇ ἰσχυρῶς εἰς αὐτό.

Τὴν ἀνάπτυξιν θερμότητος διὰ καταναλώσεως μηχανικοῦ ἔργου δυνάμεθα νὰ δείξωμεν καὶ διὰ τοῦ ***ἀεροθλίπτου.*** Οὗτος ἀποτελεῖται ἐξ ὑαλίνου κυλίνδρου μὲ παχέα τοιχώματα (σχ. 494), ἐντὸς τοῦ ὁποίου δύναται νὰ κινῆται ἐμβολεύς, ἐφαρμόζων ὅμως ἀεροστεγῶς. Ἐπὶ τῆς κάτω ἐπιφανείας τοῦ ἐμβολέως τοποθετοῦμεν μικρὰν ποσότητα εὐφλέκτου ὕλης (ἴσκας) καὶ ἀκολούθως ὠθοῦμεν τὸν ἐμβολέα ταχέως πρὸς τὰ κάτω, εἰς τρόπον ὥστε νὰ συμπιέσωμεν ἀποτόμως τὸ ἀποκεκλεισμένον ἀέριον. Τὸ ἔργον τὸ καταναλισκόμενον διὰ τὴν συμπίεσιν τοῦ ἀερίου μετατρέπεται εἰς θερμότητα, ἡ ὁποία, λόγῳ τῆς μεγάλης ταχύτητος μετὰ τῆς ὁποίας συμπιέζομεν τὸ ἀέριον, δὲν προφθάνει νὰ μεταδοθῇ πρὸς τὰ ἔξω (ἀδιαβατικὴ μεταβολή), οὕτω δὲ προκαλεῖ ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας τοῦ ἀερίου μέχρι τοιούτου βαθμοῦ, ὥστε νὰ ἐπέλθῃ ἀνάφλεξις τῆς εὐφλέκτου ὕλης.



Σχ. 493. Ὁ ἐκπωματισμὸς ἐπιτυγχάνεται διὰ τριβῆς.



Σχ. 494. Ἀεροθλίπτης.

Προκειμένου διὰ τὴν ἐνέργειαν, εἴδομεν (§ 105) 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

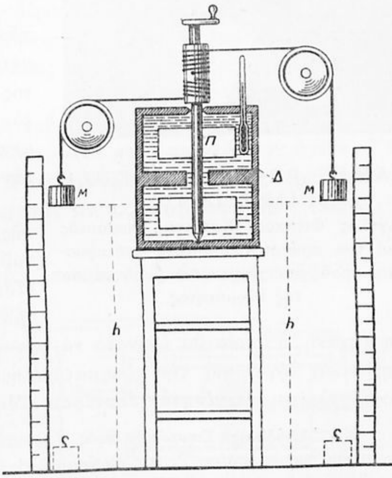
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐκ μετρήσεων κατεδείχθη, ὅτι: *1* **kcal** ***εἶναι ἰσοδύναμος πρὸς 426,81*** **kgr*m.** Εἰς τὰς ἐφαρμογὰς δεχόμεθα ὅτι: *1* **kcal** ***ἰσοδυναμεῖ πρὸς 427*** **kgr*m.** Τὸ μέγεθος τοῦτο 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	= 1 000/(9,81 · 427)	= **0,239 cal**
1 kWh	= 3 600 000 Joule	= **860 kcal**	

371. Πείραμα Joule. Ὁ Joule κατώρθωσε ν' ἀνεύρῃ πρῶτος, πειραματικῶς, τὴν σχέσιν μεταξὺ μηχανικοῦ ἔργου καὶ θερμότητος, διὰ τῆς εἰς τὸ σχῆμα 495 εἰκονιζομένης θερμιδομετρικῆς διατάξεως.

Ἐντὸς θερμιδομέτρου Δ βυθίζεται πτερυγιοφόρος ἄξων Π, ὁ ὁποῖος δύναται νὰ τίθεται εἰς περιστροφικὴν κίνησιν, μὲ τὴν βοήθειαν τῶν δύο μαζῶν Μ. Λόγῳ τῆς τριβῆς τῶν πτερυγίων τοῦ ἄξονος ἐντὸς τοῦ ὕδατος τοῦ θερμιδομέτρου ἀναπτύσσεται θερμότης, ἡ ὁποία προκαλεῖ τὴν ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας τοῦ θερμιδομέτρου, μετρουμένης διὰ θερμομέτρου. Τὸ καταναλισκόμενον μηχανικὸν ἔργον καθορίζεται ἐκ τοῦ ὕψους h τῆς πτώσεως καὶ ἐκ τοῦ μεγέθους τοῦ βάρους, διὰ πολλαπλασιασμοῦ τῶν δύο τούτων μεγεθῶν. Ἡ κινητικὴ ἐνέργεια τοῦ κατερχομένου βάρους δὲν λαμβάνεται ὑπ' ὄψιν, διότι ἡ κάθοδος αὐτοῦ εἶναι λίαν βραδεῖα. Ἐξ ἄλλου, ἡ ἀναπτυσσομένη θερμότης μετρᾶται ἐκ τῆς μάζης τοῦ ὕδατος, τῆς θερμοχωρητικότητος τοῦ θερμιδομέτρου καὶ τῆς ἀνυψώσεως τῆς θερμοκρασίας τοῦ ὕδατος (§ 332).



Σχ. 495. Μηχανὴ Joule διὰ τὴν μέτρησιν τοῦ μηχανικοῦ ἰσοδυνάμου τῆς θερμότητος.

372. Μετατροπὴ θερμότητος εἰς μηχανικὸν ἔργον. Ἡ μετατροπὴ θερμότητος εἰς μηχανικὸν ἔργον 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.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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.

JAMES PRESCOTT JOULE
(1818-1889)
Ἄγγλος Φυσικός. Κατέστη ὀνομαστὸς διὰ τοῦ πρώτου πειράματος τοῦ προσδιορισμοῦ τοῦ μηχανικοῦ ἰσοδυνάμου τῆς θερμότητος.

Κατὰ τὴν λειτουργίαν τῆς μηχανῆς ἡ δεξαμενὴ ἀνωτέρας θερμοκρασίας παρέχει εἰς αὐτὴν ποσὸν θερμότητος Q_1, τὸ ὁποῖον ρέει πρὸς τὴν δεξαμενὴν κατωτέρας θερμοκρασίας, κατὰ τὴν ροὴν δὲ ταύτην μικρὸν μέρος αὐτῆς μετατρέπεται εἰς ὠφέλιμον μηχανικὸν ἔργον.

Ἐξ ἄλλου κατόπιν μακροχρονίων ἐρευνῶν κατεδείχθη, ὅτι εἶναι ἀδύνατον νὰ ἐκμεταλλευθῶμεν τὰ τεράστια ποσὰ θερμότητος τὰ εὑρισκόμενα εἰς τὴν θάλασσαν ἢ τὸν ἀέρα, ἀφοῦ ἀπαιτεῖται καὶ ἄλλη δεξαμενὴ θερμότητος κατωτέρας θερμοκρασίας, τὴν ὁποίαν ὅμως δὲν διαθέτομεν.

Ἐπειδὴ ἐξ ἄλλου ἡ κατασκευὴ μηχανῆς, ἡ ὁποία νὰ δημιουργῇ ἐνέργειαν ἐκ τοῦ μηδενός, 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 Φυσική, καλεῖται ***ἀεικίνητον δευτέρου εἴδους.***

373. Ἀπόδοσις. Συμφώνως πρὸς τ' ἀνωτέρω, εἰς μίαν θερμικὴν μηχανὴν ἡ δεξαμενὴ 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 δεξαμενὴν 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.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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:

$$\eta = \frac{573 - 323}{573} = 0{,}44 \quad \text{ἤτοι } 44\ \%.$$

Ἡ ἀπόδοσις ἐν γένει τῶν θερμικῶν μηχανῶν εἶναι πολὺ μικρά.

374. Γενικὰ περὶ θερμικῶν μηχανῶν. Αἱ θερμικαὶ μηχαναί, αἱ ὁποῖαι χρησιμεύουν πρακτικῶς εἰς τὴν μετατροπὴν τῆς θερμότητος εἰς μηχανικὸν ἔργον, διακρίνονται εἰς τὰς ἀκολούθους κατηγορίας:

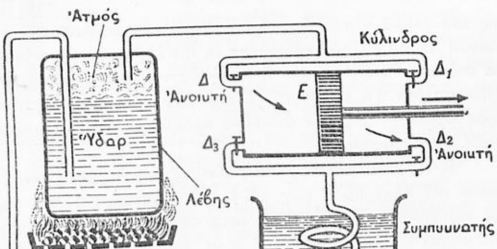
α) ***Μηχαναὶ θερμοῦ ἀέρος.*** Εἰς τὰς μηχανὰς τοῦ τύπου τούτου χρησιμοποιεῖται ἡ πίεσις ἀέρος, ἡ προερχομένη ἐκ τῆς θερμάνσεως ἀποκεκλεισμένης ποσότητος ἀέρος, ὁ ὁποῖος ἀποτελεῖ τὸ μεταβαλλόμενον σῶμα.

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.

375. 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. 496). 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

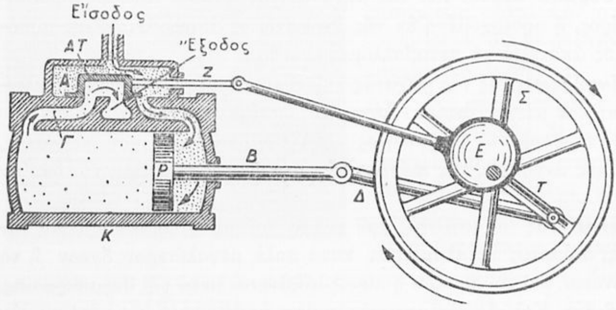


Σχ. 496. Ἀρχὴ τῆς λειτουργίας ἀτμομηχανῆς.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐκδιώκει τὸν ἀποτονωθέντα ἀτμὸν πρὸς τὸν συμπυκνωτήν, ὅπου συμπυκνοῦται καὶ ἐπαναφέρεται ἐκ νέου εἰς τὸν λέβητα.

Εἰς τὸ σχῆμα 497 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 ἀτμόν, ὅστις συμπυκνοῦται εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν (ἢ τὸ ψυγεῖον) καὶ οὕτως ἐπαναλαμβάνονται πάλιν αἱ αὐταὶ φάσεις ὡς προηγουμένως. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει, ὅτι ὁ ἀτμοσύρτης ρυθμίζει τὴν εἰσροὴν ἀτμοῦ ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου.



Σχ. 497. 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. 497), τοῦ διωστῆρος Δ, τοῦ στροφάλου Τ καὶ τοῦ ἐκκέντρου Ε, εἰς περιστροφικήν, ἐνῷ Σ παριστᾷ σφόνδυλον, ὅστις διατηρεῖ ὁμοιόμορφον τὴν λειτουργίαν τῆς μηχανῆς καὶ χρησιμεύει πρὸς τούτοις διὰ τὴν μεταβίβασιν τῆς κινήσεως διὰ μέσου ἱμάντος.

Ἡ ἀνωτέρω περιγραφεῖσα μηχανή, 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 ἐνέργεια αὐτοῦ ἔχει ἀποδοθῆ.

Ἐπίσης αἱ μηχαναὶ τῶν σιδηροδρόμων εἶναι σύνθετοι μηχαναί, εἰς τὰς ὁποίας οἱ δύο κύλινδροι εὑρίσκονται πρὸς τὸ ἔξω μέρος τῆς μηχανῆς, ἐνῷ οἱ ὑπόλοιποι ἐντὸς αὐτῆς, ἡ

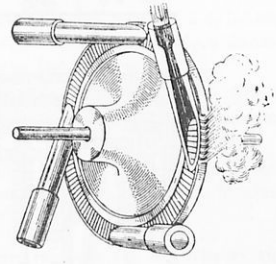
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

δὲ ἐκτόνωσις τοῦ ἀτμοῦ γίνεται ἀπ' εὐθείας εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν, χωρὶς νὰ χρησιμοποιῆται συμπυκνωτὴς μετὰ ψυγείου, ὡς συμβαίνει εἰς τὰς ἀτμομηχανὰς πλοίου.

376. 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. 498).

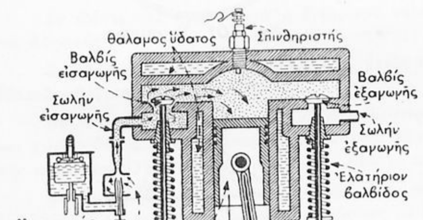
Ἀτμοστροβίλων ὑπάρχουν διάφοροι τύποι, ὡς ὁ τοῦ de Laval (σχ. 498) κ.ἄ., οἱ ὁποῖοι παρουσιάζουν ἀπόδοσιν μεγαλυτέραν τῆς ἀτμομηχανῆς.

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 %.



Σχ. 498. Ἀτμοστρόβιλος Laval.

377. 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 βαλβίδας, ἐξ ὧν ἡ μία, ἡ πρὸς τὰ δεξιά, λέγεται βαλβὶς εἰσαγωγῆς, ἡ δὲ ἄλλη, ἡ πρὸς τ' ἀριστερά, βαλβὶς ἐξαγωγῆς (σχ. 499). Αἱ φάσεις αἱ ἐκτελούμεναι κατὰ τὴν λειτουργίαν μηχανῆς ἐσωτερικῆς καύσεως εἶναι αἱ ἀκόλουθοι:



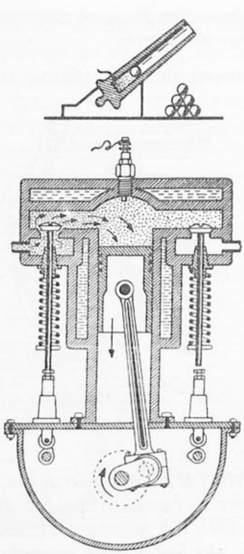
Σχ. 499. Μονοκύλινδρος μηχανὴ ἐκρήξεως ἐν τομῇ.

1η Φάσις: Ἀναρρόφησις (Εἰσαγωγή). Τὸ μῖγμα εἰσέρχεται εἰς τὴν κορυφὴν τοῦ κυλίνδρου ἀπὸ τὴν βαλβίδα εἰσαγωγῆς, λόγῳ τῆς ἐλαττώσεως τῆς πιέσεως εἰς τὸν κύλινδρον, τῆς δημιουργουμένης ἀπὸ τὸ κατερχόμενον ἔμβολον. Γενικῶς τὸ μῖγμα προσλαμβάνεται ἀπὸ τὴν μηχανήν, ἡ ὁποία ἐνεργεῖ ὡς ἀντλία. Ὁ ἐμβολεὺς εὑρίσκεται κατ' ἀρχὰς εἰς τὸ ἀνώτατον ἄκρον τῆς διαδρομῆς του καί, 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. 500).

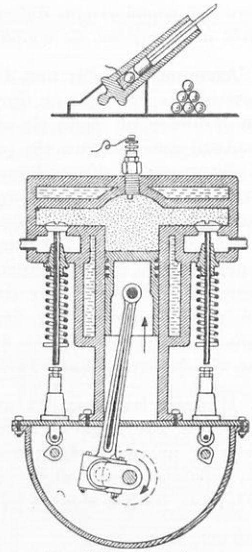
2α Φάσις: Συμπίεσις. Ὅταν ὁ κύλινδρος πληρωθῇ ὑπὸ τοῦ μίγματος, ἡ βαλβὶς εἰσαγωγῆς κλείει καὶ τὸ μῖγμα διατηρεῖται εἰς τὸν κύλινδρον, διότι καὶ ἡ βαλβὶς ἐξαγωγῆς εἶναι πάντοτε κλειστή. Ὅταν ὁ ἐμβολεὺς φθάσῃ εἰς τὸ κατώτατον σημεῖον τῆς διαδρομῆς του, ἄρχεται κινούμενος πρὸς τ' ἄνω, ὅτε αἱ δύο βαλβίδες παραμένουν κλεισταὶ καὶ τὸ καύσιμον ἀέριον συμπιέζεται (σχ. 501).

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 βαλβίδες ἐξακολουθοῦν νὰ παραμένουν κλεισταί (σχ. 502). (Τὸ καύ-

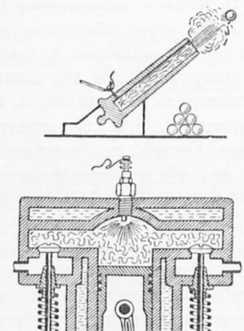
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



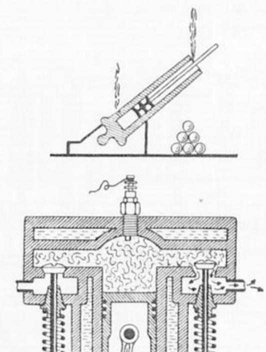
Σχ. 500. Ἀναρρόφησις.



Σχ. 501. Συμπίεσις.



Σχ. 502. Ἔκρηξις.



Σχ. 503. Ἐξαγωγή.

Σχ. 500 - 503. Αἱ τέσσαρες κύριαι φάσεις μηχανῆς ἐκρήξεως.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

σιμον καιόμενον ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου ἀποτελεῖ τὴν δεξαμενὴν θερμότητος ἀνωτέρας θερμοκρασίας (βλ. σελ. 330).

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 πίεσις ἐλαττοῦται ἀποτόμως. (Ἡ ἀτμόσφαιρα ἀποτελεῖ τὴν δεξαμενὴν θερμότητος ταπεινοτέρας θερμοκρασίας).

7η Φάσις: Ἐξαγωγή. Τὸ ἔμβολον, τὸ ὁποῖον τώρα εἶναι χαμηλά, ἀνέρχεται πάλιν καὶ ἐκδιώκει τὰ ἀέρια τῆς καύσεως μέσῳ τῆς βαλβίδος ἐξαγωγῆς, ἥτις ἐν τῷ μεταξὺ ἤνοιξεν. Ἡ βαλβὶς ἀναρροφήσεως εἶναι πάντοτε κλειστὴ (σχ. 503).

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). Ἐπειδὴ δὲ ἡ ὡς ἄνω λειτουργία διεξάγεται εἰς τέσσαρας χρόνους, ἡ μηχανὴ καλεῖται καὶ ***τετράχρονος μηχανή***.

Τὰ διαγράμματα τῶν σχημάτων 500 ἕως 503 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 ἔχομεν:

1η Φάσις. Ἡ πυρῖτις ἐτέθη ἐντὸς τοῦ τηλεβόλου, ἡ δὲ πυροδοτικὴ διάταξις παραμένει ἀδρανής.

2α Φάσις. Ἡ πυρῖτις συμπιέζεται ἐντὸς τοῦ τηλεβόλου καὶ ἡ πυροδοτικὴ διάταξις ἐξακολουθεῖ παραμένουσα ἀδρανής.

3η Φάσις. Ἡ 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. Ἡ πυροδοτικὴ διάταξις ἀδρανεῖ μετὰ τὴν ἔκρηξιν, εἰς τρόπον ὥστε τὸ τηλεβόλον νὰ τροφοδοτηθῇ ἐκ νέου ἀκινδύνως μὲ πυρίτιδα.

Ἀπὸ τὰς τέσσαρας περιγραφείσας κυρίας φάσεις, ἑκάστη τῶν ὁποίων ἀντιστοιχεῖ εἰς μίαν ἁπλῆν διαδρομὴν τοῦ ἐμβόλου, μόνον ἐκείνη τῆς ἐκτονώσεως μᾶς δίδει ὠφέλιμον ἔργον. Ἀντιθέτως αἱ ἄλλαι ἀπορροφοῦν ἔργον, τὸ ὁποῖον παρέχεται ἀπὸ τὴν εἰς τὸν σφόνδυλον ἀποταμιευθεῖσαν ἐνέργειαν. Ἔχομεν δηλ. μίαν φάσιν ἔργου δι' ἕκαστον κύκλον τῆς μηχανῆς.

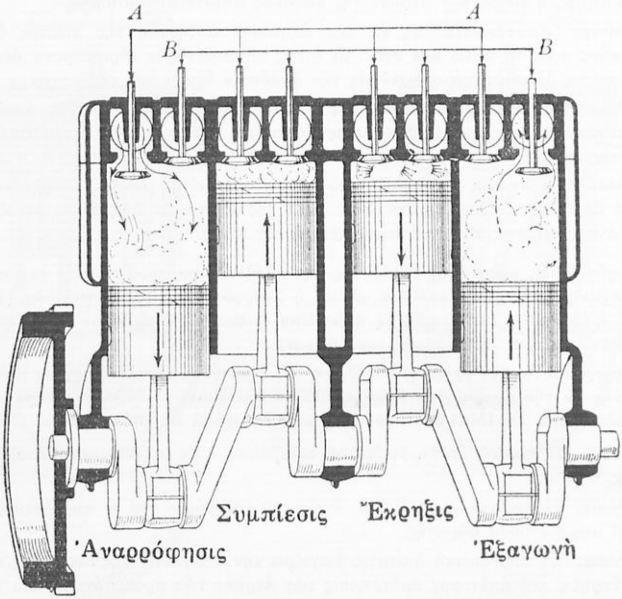
Διὰ τὴν πραγματοποίησιν μηχανῶν μεγάλης ἰσχύος συνδυάζονται περισσότεροι κύλινδροι π.χ. τέσσαρες, ἓξ ἢ δώδεκα, ὅτε ἡ μηχανὴ καλεῖται τετρακύλινδρος, ἑξακύλινδρος κ.ο.κ.

Οἱ διωστῆρες οἱ ἀντιστοιχοῦντες εἰς ἕκαστον ἑνιαῖον κύλινδρον τοποθετοῦνται ἐπὶ τοῦ στροφαλοφόρου ἄξονος κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε εἰς τὴν περίπτωσιν π.χ. τετρακυλίνδρου μηχανῆς, ὅταν ὁ πρῶτος κύλινδρος εὑρίσκεται εἰς φάσιν ἔργου, ὁ δεύτερος εὑρίσκεται εἰς φάσιν ἐξαγωγῆς, ὁ τρίτος εἰς φάσιν συμπιέσεως καὶ ὁ τέταρτος εἰς τὴν φάσιν εἰσαγωγῆς (ἀναρροφήσεως).

Οὕτω μὲ τέσσαρας κυλίνδρους ἀνὰ ἥμισυ κύκλον, καὶ ὄχι πλέον ἀνὰ δύο κύκλους, ἔχομεν μίαν κινητήριον ὤθησιν ἐπὶ τῆς μηχανῆς τῆς συνεζευγμένης πρὸς τὸν κινητῆρα, ἡ ὁποία ἐπιτρέπει νὰ ὑπερβῶμεν τὴν φάσιν τοῦ νεκροῦ σημείου, ὅπου εὑρίσκονται τὰ ἄλλα κινητὰ στοιχεῖα τὴν αὐτὴν στιγμὴν χωρὶς τὴν βοήθειαν τοῦ σφονδύλου. Ἡ κίνησις γίνεται φυσικὰ διαρκῶς καὶ περισσότερον κανονικὴ αὐξανομένου τοῦ ἀριθμοῦ τῶν κυλίνδρων. Διὰ τοῦτο εἰς τὴν ἀεροπορίαν χρησιμοποιοῦν μηχανὰς μὲ μεγάλον ἀριθμὸν κυλίνδρων.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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.



Σχ. 504. Διάταξις τετρακυλίνδρου μηχανῆς. AA, βαλβίδες εἰσαγωγῆς. BB, βαλβίδες ἐξαγωγῆς.

Εἰς τὸ σχῆμα 504 δεικνύεται τετρακύλινδρος μηχανὴ ἐκρήξεως καὶ ὁ τρόπος τῆς συζεύξεως τῶν ἐμβόλων τοῦ κυλίνδρου πρὸς τὸν στροφαλοφόρον ἄξονα.

378. Μηχαναὶ Diesel. Ἐπὶ τῆς αὐτῆς ἀρχῆς, ἀλλὰ μὲ ἐλαφρὰς τροποποιήσεις, στηρίζεται καὶ ἡ λειτουργία τῶν ***κινητήρων* Diesel**, 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 συμπίεσίν του (ἀδιαβατικὴ συμπίεσις).

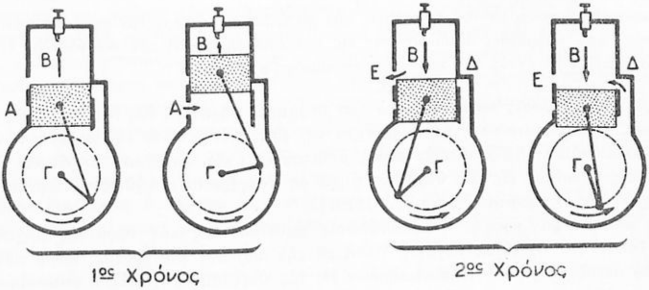
Εἰς τοὺς κινητῆρας Diesel δὲν λαμβάνει χώραν ἔκρηξις, ἀλλὰ τὸ καύσιμον μῖγμα καίεται βαθμηδόν. Οὗτοι παρουσιάζουν τὸ πλεονέκτημα, ὅτι δύνανται νὰ χρησιμοποιήσουν ὡς καύσιμα, βαρέα ἔλαια ἢ πετρέλαιον, τὰ ὁποῖα δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ χρησιμοποιηθοῦν ὑπὸ τῶν κινητήρων ἐσωτερικῆς καύσεως.

Ἡ 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 μονίμους ἐν γένει ἐγκαταστάσεις.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

379. Δίχρονοι μηχαναί. 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



Σχ. 505. Λειτουργία διχρόνου μηχανῆς.

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 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. 505).

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.

Σχ. 506. Μέρη διχρόνου κινητῆρος. Ε, ἔμβολον. Ζ, ἄξων στροφαλοφόρος. Δ, διωστήρ. Α, ὀπὴ εἰσαγωγῆς κιβωτίου. Β, ὀπὴ εἰσαγωγῆς κυλίνδρου. Γ, ὀπὴ ἐξαγωγῆς. Η, ἀντίβαρον.

Παραστατικώτερον διάγραμμα διχρόνου μηχανῆς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 506. Οὕτω τὸ ἔμβολον Ε εὑρίσκεται εἰς κατάστασιν, καθ' ἣν ἀρχίζει νὰ κινῆται πρὸς τὰ ἄνω (σχ. 506 α). Κατὰ τὸ πρῶτον μέρος τῆς διαδρομῆς του τὰ ἀέρια τῆς καύσεως ἐκφεύγουν διὰ τῆς ὀπῆς Γ, ἐνῷ ταυτοχρόνως καύσιμον, τὸ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ὁποῖον εἶναι ἀποθηκευμένον εἰς τὸ κιβώτιον, εἰσχωρεῖ διὰ τῆς ὀπῆς Β. Κατὰ τὸ ὑπόλοιπον μέρος τῆς διαδρομῆς του τὸ ἔμβολον ἀποφράσσει τὰς ὀπὰς Γ καὶ Β καὶ τὸ καύσιμον συμπιέζεται ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου, ἐνῷ ἑτέρα ποσότης ἐξ αὐτοῦ εἰσχωρεῖ εἰς τὸ κιβώτιον μέσῳ τῆς ὀπῆς Α (πρῶτος χρόνος).

Ἀκολούθως ἐπακολουθεῖ ἡ ἔκρηξις καὶ τὸ ἔμβολον κατέρχεται πρὸς τὰ κάτω (δεύτερος χρόνος) καὶ μεταδίδει οὕτω ὤθησιν εἰς τὸν διωστῆρα καὶ τὸν σφόνδυλον, ἐνῷ ταυτοχρόνως συμπιέζει τὸ ἐντὸς τοῦ κιβωτίου καύσιμον (σχ. 506 β).

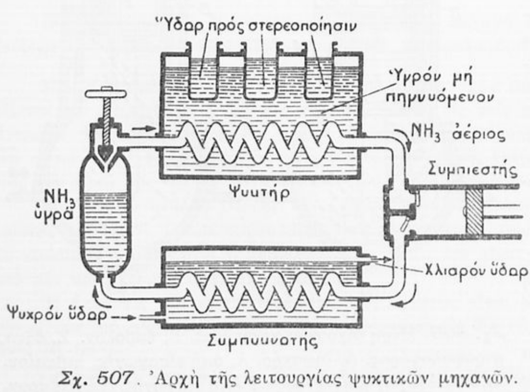
380*. Κατανάλωσις καυσίμου ὑπὸ τῶν θερμικῶν μηχανῶν. Εἰς τὰς θερμικὰς μηχανάς, ὡς εἴδομεν, χρησιμοποιοῦμεν τὴν θερμότητα τὴν ἐκλυομένην κατὰ τὴν καῦσιν τῶν διαφόρων καυσίμων ὑλῶν, τῆς ὁποίας ἓν μέρος μετατρέπεται εἰς ὠφέλιμον μηχανικὸν ἔργον. Ἡ κατανάλωσις καυσίμου εἰς τὰς θερμικὰς μηχανὰς ἀναφέρεται συνήθως εἰς ὠφέλιμον ἔργον ἀντιστοιχοῦν εἰς ἕνα ὡριαῖον ἵππον (1 HPh).

Εἰς παλαιοτέραν ἐποχὴν ἡ κατανάλωσις καυσίμου εἰς τὰς θερμικὰς μηχανὰς ἀνὰ ὡριαῖον ἵππον ἦτο σχετικῶς μεγάλη, ἀλλὰ μὲ τὴν πάροδον τοῦ χρόνου, λόγῳ τῶν γενομένων ἐν τῷ μεταξὺ τεχνικῶν τελειοποιήσεων εἰς τὰς θερμικὰς μηχανάς, ἡ κατανάλωσις καυσίμου ἠλαττώθη σημαντικῶς. Ἐπίσης καὶ τὸ βάρος τῆς μηχανῆς ἀνὰ ἵππον ἰσχύος ἠλαττώθη σημαντικῶς διὰ τῆς χρησιμοποιήσεως πρὸς κατασκευὴν τῶν μηχανῶν καταλλήλων μετάλλων καὶ μεταλλικῶν κραμάτων.

Τὴν καλυτέραν ἀπόδειξιν εἰς τὴν βελτίωσιν τῶν μηχανῶν δεικνύουν οἱ κάτωθι ἀριθμοί, ἀναφερόμενοι εἰς κινητῆρας ἀεροπλάνων, οἱ ὁποῖοι παρουσιάζουν καὶ τὴν σημαντικωτέραν ἐξέλιξιν. Οὕτω, ἐνῷ κατὰ τὸ ἔτος 1910 ἡ κατανάλωσις βενζίνης ἀνήρχετο εἰς 800 gr ἀνὰ ὡριαῖον ἵππον καὶ βάρος κινητῆρος 2 kgr* ἀνὰ ἰσχὺν ἵππου, κατὰ τὰ τελευταῖα ἔτη ἡ κατανάλωσις ἔφθασε κάτω τῶν 200 gr βενζίνης ἀνὰ ὡριαῖον ἵππον καὶ βάρος κινητῆρος 0,3 kgr* ἀνὰ ἰσχὺν ἵππου.

381*. 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, ἀλλά, διὰ νὰ συμβῇ τοῦτο, ἀπαιτεῖται ταυτόχρονος κατανάλωσις ἔξωθεν ἔργου.



Σχ. 507. Ἀρχὴ τῆς λειτουργίας ψυκτικῶν μηχανῶν.

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. Ἁπλούστατον τύπον ψυκτικῆς μηχανῆς, ἡ ὁποία χρησιμεύει καὶ διὰ τὴν κατασκευὴν πάγου, ἀποτελεῖ ἡ κάτωθι περιγραφομένη. Ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου τοῦ συμπιεστοῦ (σχ. 507) μὲ τὴν βοήθειαν

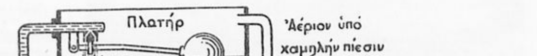
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐμβολέως συμπιέζεται ἀέριος ἀμμωνία. Τὸ πεπιεσμένον ἀέριον, τῇ βοηθείᾳ ἀποχετευτικοῦ σωλῆνος, εἰσχωρεῖ κινούμενον πρὸς τὰ κάτω ἐντὸς τοῦ ὀφιοειδοῦς σωλῆνος, τοῦ συμπυκνωτοῦ εὑρισκομένου ἐντὸς ψυκτῆρος, καὶ ψύχεται διὰ ρεύματος ψυχροῦ ὕδατος, τὸ ὁποῖον εἰσχωρεῖ ἐξ ἀριστερῶν καὶ ἐκρέει ἀπὸ τοῦ πρὸς τὰ δεξιὰ αὐλοῦ. Τὸ ἀέριον, ὡς ἐκ τῆς ταυτοχρόνου συμπιέσεως καὶ ψύξεως αὐτοῦ, ὑγροποιεῖται. Μὲ τὴν βοήθειαν στρόφιγγος, ἡ ὁποία ἀνοίγεται κατὰ κανονικὰ χρονικὰ διαστήματα, ἡ ὑγρὰ ἀμμωνία εἰσχωρεῖ εἰς τὸν ἄνω ὀφιοειδῆ σωλῆνα, ὁ ὁποῖος συγκοινωνεῖ πρὸς τὸν κύλινδρον τοῦ συμπιεστοῦ. Ὅταν ὁ ἐμβολεὺς τοῦ συμπιεστοῦ κινῆται πρὸς τὰ ὀπίσω, τότε ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου δημιουργεῖται ὑποπίεσις, συνεπείᾳ δὲ τούτου ἡ ἐντὸς τοῦ ἄνω ὀφιοειδοῦς σωλῆνος ἀμμωνία ἐξαεροῦται, λόγῳ δὲ τῆς ἐξαερώσεως αὐτῆς ἡ ἀμμωνία ψύχεται κατὰ πολὺ κάτω τοῦ μηδενός.

Ὁ ἄνω ὀφιοειδὴς σωλὴν εὑρίσκεται ἐντὸς λουτροῦ ἐκ διαλύματος ἀμμωνιακοῦ ἅλατος πηγνυομένου εἰς ταπεινὴν θερμοκρασίαν καὶ τὸ ὁποῖον οὕτω ψύχεται εἰς $-20\,^{0}$C. Διὰ καταλλήλου διατάξεως δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν, ὥστε τὸ κατεψυγμένον διάλυμα ἀμμωνιακοῦ ἅλατος νὰ κυκλοφορῇ μέσῳ σωληνώσεων, εὑρισκομένων ἐντὸς τοῦ ψυκτικοῦ θαλάμου τοῦ ψυγείου, ὅπου τοποθετοῦνται τὰ ὑπὸ ψῦξιν ἀντικείμενα. Ἐὰν δὲ εἰς τὸ λουτρὸν τοῦτο τοῦ ἀμμωνιακοῦ ἅλατος τοποθετήσωμεν καταλλήλως δοχεῖα μὲ ὕδωρ, τοῦτο ψύχεται καὶ μεταβάλλεται εἰς πάγον.

Ἐκτὸς τῆς ἀνωτέρω περιγραφείσης ψυκτικῆς μηχανῆς ὑπάρχουν καὶ ἄλλαι, αἱ ὁποῖαι λειτουργοῦν ἐπὶ ἄλλων ἀρχῶν, τῶν ὁποίων ὅμως ἡ περιγραφὴ ἐκφεύγει τῶν ὁρίων τοῦ βιβλίου τούτου.

Ἐνταῦθα ἀρκούμεθα μόνον ν' ἀναφέρωμεν, ὅτι ἡ τεχνικὴ τῆς παραγωγῆς ψύχους, ἢ ἄλλως ταπεινῶν θερμοκρασιῶν, ἔχει ἐξελιχθῆ σήμερον τόσον πολύ, ὥστε νὰ ἐπιτυγχάνεται θερμοκρασία $-268{,}7\ ^{0}$C, ἡ ὁποία ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν κανονικὴν θερμοκρασίαν βρασμοῦ τοῦ ὑγροποιημένου ἀερίου ἥλιον, ἐνῷ διὰ βρασμοῦ (ἐξαερώσεως) τοῦ ἡλίου ὑπὸ ἠλαττωμένην πίεσιν ἐπετεύχθη θερμοκρασία $-272{,}3\ ^{0}$C, ἡ ὁποία ἀπέχει μόλις κατὰ $0{,}7\ ^{0}$C ἀπὸ τὸ ἀπόλυτον μηδέν.

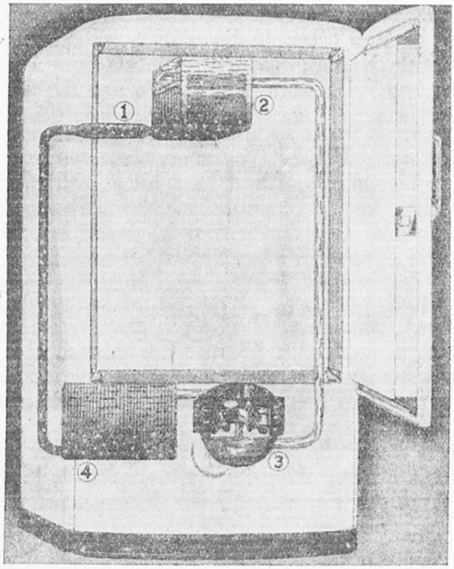


Σχ. 508. Σχηματικὴ διάταξις τῆς συγκροτήσεως καὶ λειτουργίας ἠλεκτρικοῦ ψυγείου οἰκιακῆς χρήσεως.

382*. Ἠλεκτρικὰ ψυγεῖα. Ἐκτὸς τῶν συνήθων οἰκιακῶν ψυγείων διὰ πάγου, διεδόθησαν εὐρύτατα κατὰ τὰ τελευταῖα ἔτη τὰ ἠλεκτρικά, ἢ ἄλλως μηχανικὰ καλούμενα, ψυγεῖα, τῶν ὁποίων ἡ λειτουργία στηρίζεται ἐπὶ τοῦ φαινομένου τῆς ἐξαερώσεως καταλλήλων ὑγρῶν (π. χ. ἀμμωνίας). Ἐν γενικαῖς γραμμαῖς, ἡ λειτουργία ἠλεκτρικοῦ ψυγείου ἔχει ὡς ἑξῆς: Μὲ τὴν βοήθειαν καταλλήλου συμπιεστοῦ, 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 συμπυκνώ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

σεως 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 βαλβίδος 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. Τὸ σχῆμα 508 δεικνύει στοιχειῶδες διάγραμμα ἠλεκτρικοῦ ψυγείου, ἐνῷ τὸ σχῆμα 509 δεικνύει τὴν γενικὴν ὄψιν συγχρόνου οἰκιακοῦ ἠλεκτρικοῦ ψυγείου.



Σχ. 509. Γενικὴ ὄψις ἠλεκτρικοῦ ψυγείου. 1, περιοχὴ εἰς τὴν ὁποίαν τὸ κατεψυγμένον ὑγρὸν φέρεται πρὸς περιοχὴν χαμηλῆς πιέσεως. 2, ψυκτικὸν σῶμα. 3, συμπιεστής. 4, συμπυκνωτής.

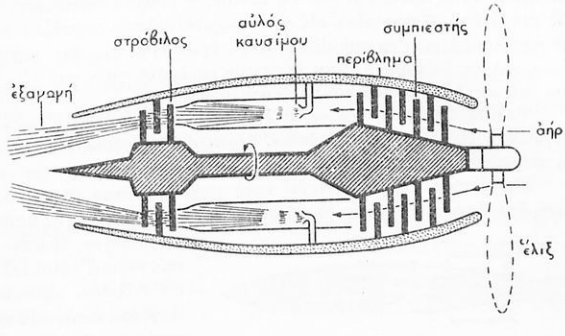
Εἰς τὰ σύγχρονα ἠλεκτρικὰ ψυγεῖα ἐκτὸς τῆς ἀμμωνίας εἰσήχθησαν νέα πτητικὰ ὑγρά, μεταξὺ τῶν ὁποίων λίαν διαδεδομένον εἶναι τὸ Freon. Τὸ ὑγρὸν τοῦτο ἔχει τὸν τύπον CCl_3F, ἤτοι τριχλωρομονοφθοριομεθάνιον (Freon, 11), τοῦ ὁποίου τὸ σημεῖον πήξεως εἶναι -111 ^{0}C, εἶναι ἄχρουν, σχεδὸν ἄοσμον εἰς τὸν ἀέρα, ἄφλεκτον καὶ ὄχι τοξικόν.

Πολλὰ ἠλεκτρικὰ ψυγεῖα εἶναι ἐφωδιασμένα δι' εἰδικῆς θερμοστατικῆς διατάξεως (βλ. § 315), διὰ τῆς ὁποίας διακόπτεται ἢ ἀποκαθίσταται αὐτομάτως ἡ λειτουργία τοῦ ἠλεκτροκινητῆρος, οὕτω δὲ ἐπιτυγχάνεται ἡ διατήρησις ἐντὸς τοῦ θαλάμου ψύξεως σταθερᾶς θερμοκρασίας.

383*. Ἀνάπτυξις προωστικῆς δυνάμεως διὰ ταχείας ἐκροῆς ἀερίου μάζης. ***Κινητῆρες ἀντιδράσεως.*** Εἰς τὰ σύγχρονα ἀεροπλάνα ἡ προωστικὴ κίνησις προέρχεται ἀπὸ τὴν ἕλικα τοῦ ἀεροπλάνου, ἡ ὁποία, περιστρεφομένη ἐντὸς τοῦ ἀέρος διὰ τοῦ κινητῆρος τοῦ ἀεροπλάνου, δημιουργεῖ τὴν ἀπαιτουμένην προωστικὴν δύναμιν. Διὰ τὴν ἀνάπτυξιν ὅμως μεγάλων ταχυτήτων ἐπενοήθησαν τελευταίως τὰ ***ἀεριοπροωθούμενα*** ἀεροπλάνα, εἰς τὰ ὁποῖα ἡ κινητήριος δύναμις δημιουργεῖται κατὰ τὸν ἀκόλουθον τρόπον: Ἡ μηχανὴ δεικνύεται ἐν τομῇ εἰς τὸ σχῆμα 510, ὅπου ὁ ἀτμοσφαιρικὸς ἀὴρ εἰσχωρεῖ εἰς τὸν χῶρον τὸν περικλειόμενον ὑπὸ τοῦ περιβλήματος αὐτῆς καί, συμπιεζόμενος καταλλήλως ὑπὸ φυγοκεντρικοῦ συμπιεστοῦ, εἰσχωρεῖ ἐντὸς τοῦ θαλάμου καύσεως, ὅπου ἀναμιγνύεται μετὰ τοῦ καυσίμου (βενζίνης, πετρελαίου), τὸ ὁποῖον εἰσάγεται ἐκ τοῦ στομίου καταλλήλου αὐλοῦ. Τὸ καύσιμον,

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

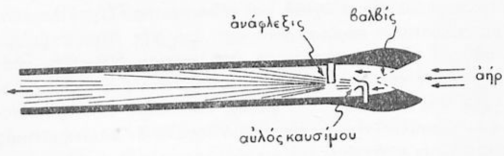
ἀναμιγνυόμενον μετὰ τοῦ ἀέρος, ἀναφλέγεται καταλλήλως, ὅτε τὰ ἐκ τῆς καύσεως ἀέρια ἀποτονούμενα ταχέως θέτουν εἰς κίνησιν κατάλληλον στρόβιλον εὑρισκόμενον εἰς τὸ ὀπίσθιον μέρος τῆς μηχανῆς καὶ ἐκρέουν ἀκολούθως, μετὰ σημαντικῆς ταχύτητος, πρὸς τὴν ἀτμοσφαῖραν ἐκ καταλλήλου αὐλοῦ ἐξαγωγῆς, ὅτε, λόγῳ τῆς ταχείας ἐκροῆς, δημιουργεῖται ἐπὶ τοῦ σώματος προωστικὴ δύναμις.



Σχ. 510. Προωστικὴ μηχανὴ τύπου Turbo-jet.

Ὁ στρόβιλος, ὁ ὑπάρχων εἰς τὸ ὀπίσθιον μέρος τῆς μηχανῆς, χρησιμεύει κυρίως διὰ τὴν μετάδοσιν τῆς κινήσεως πρὸς λειτουργίαν τοῦ συμπιεστοῦ καὶ διὰ τὰς ἀντλίας καυσίμου καὶ ἄλλων βοηθητικῶν μηχανῶν. Εἰς μερικοὺς τύπους ἀεροπλάνων χρησιμοποιεῖται συγχρόνως καὶ ἕλιξ, εἰκονιζομένη δι' ἐστιγμένης γραμμῆς, ἡ ὁποία λειτουργεῖ ὡς βοηθητικὴ διάταξις, μέχρις ὅτου τὸ ἀεροπλάνον ἀναπτύξῃ ἀρκετὴν ταχύτητα, ὁπότε αὕτη τίθεται ἐκτὸς λειτουργίας (πτεροῦται), ὅλη δὲ ἡ προωστικὴ δύναμις παρέχεται τότε ἀπὸ τὴν ἐκροὴν τῶν ἀποτονουμένων ἀερίων ἐκ τοῦ ὀπισθίου αὐλοῦ. Ὁ τύπος οὗτος τῆς μηχανῆς χαρακτηρίζεται ὑπὸ τῶν Ἀγγλοσαξώνων διὰ τοῦ ὅρου **Turbo-jet.**

Ἕτερος τύπος μηχανῆς εἶναι ὁ εἰκονιζόμενος εἰς τὸ σχῆμα 511, ἡ ὁποία χαρακτηρίζεται ἐκ τῆς μεγάλης ἁπλότητος αὐτῆς, διότι δὲν ἔχει οὔτε συμπιεστὴν οὔτε στρόβιλον. Ὅταν ἡ μηχανὴ αὕτη ἵπταται εἰς μέγα ὕψος, ὁ ἀὴρ εἰσχωρεῖ διὰ τοῦ προσθίου μέρους αὐτῆς, τὸ ὁποῖον παρουσιάζει μορφὴν χοάνης, ὅτε τὸ ὀξυγόνον τοῦ ἀέρος μίγνυται μετὰ τοῦ καυσίμου, παρεχομένου διὰ μέσου καταλλήλου αὐλοῦ, καὶ ἐπακολουθεῖ κατόπιν ἡ ἀνάφλεξις.



Σχ. 511. Προωστικὴ μηχανὴ τύπου Ram-jet.

Τὰ ἐκ τῆς καύσεως προερχόμενα ἀέρια, ἐκρέοντα μετὰ μεγάλης ταχύτητος ἐκ τοῦ ὀπισθίου ἄκρου τῆς μηχανῆς, δημιουργοῦν τὴν προωστικὴν δύναμιν, ἡ ὁποία ἔχει ἐξόχως μεγάλην τιμήν.

Ἐνίοτε εἰς τὸ πρόσθιον μέρος καὶ εἰς τὴν θέσιν τὴν ὑποδηλουμένην δι' ἐστιγμένης γραμμῆς τοποθετεῖται βαλβίς, ἡ ὁποία ἀνοίγει ἐκ τῆς πιέσεως τῆς ἀσκουμένης ὑπὸ τοῦ προσπίπτοντος ἀέρος καί, μετὰ τὴν ἀνάφλεξιν τοῦ μίγματος, ἡ βαλβὶς κλείει ἐκ νέου, λόγῳ τῆς πιέσεως τῆς δημιουργουμένης ὑπὸ τῶν ἀερίων καύσεως, καὶ ἀνοίγει πάλιν ὅταν, λόγῳ ἀποτονώσεως τῶν ἀερίων διὰ μέσου τῆς ὀπισθίας ὀπῆς ἐκροῆς, ἐπέλθῃ ἐλάττωσις τῆς πιέσεως, ὅτε τὸ φαινόμενον ἐπαναλαμβάνεται καθ' ὅμοιον τρόπον. Αἱ μηχαναὶ τοῦ τύπου τούτου χαρακτηρίζονται ὑπὸ τῶν Ἀγγλοσαξώνων διὰ τοῦ ὅρου **Ram-jet.**

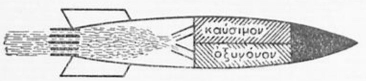
***Πύραυλοι* (Rockets).** Οὗτοι ἀποτελοῦν μηχανάς, αἱ ὁποῖαι παρουσιάζουν πολὺ μικροτέραν ἀπόδοσιν, ἐπιτυγχάνονται ὅμως διὰ τούτων ἐξόχως μεγάλη ἰσχὺς καὶ λίαν μεγάλαι ταχύτητες.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Οἱ πύραυλοι διαφέρουν τῶν δύο προηγουμένως περιγραφέντων τύπων, διότι τόσον αἱ μηχαναὶ Turbo - jet, ὅσον καὶ αἱ μηχαναὶ Ram - jet, ἀπαιτοῦν μεγάλας ποσότητας ἀέρος διὰ τὴν λειτουργίαν αὐτῶν καὶ ὡς ἐκ τούτου εἶναι προωρισμέναι νὰ λειτουργοῦν εἰς σχετικῶς μικρὰ ὕψη. Τουναντίον, εἰς τὰς μηχανὰς τύπου πυραύλου τὸ ἀπαιτούμενον ὀξυγόνον δὲν προσλαμβάνεται ἐκ τοῦ ἀέρος, ἀλλὰ ἐγκλείεται εἰς τὴν μηχανήν, ὁμοῦ μετὰ τοῦ καυσίμου, καὶ ὡς ἐκ τούτου αὗται δύνανται νὰ λειτουργοῦν καὶ ἔξω τῆς γηΐνης ἀτμοσφαίρας, ἤτοι καὶ εἰς διαπλανητικὰ διαστήματα ἀκόμη.

Ἐπειδὴ ἡ μηχανὴ πρέπει νὰ ἐγκλείῃ εἰς ἑαυτὴν τόσον τὴν καύσιμον ὕλην, ὡς καὶ τὸ ὀξυγόνον ἢ τὴν ὀξυγονοῦχον οὐσίαν, ἀεροπλάνα ἐφωδιασμένα διὰ τοιούτων μηχανῶν ἔχουν ἐπὶ τοῦ παρόντος μικρὰν ἀκτῖνα δράσεως.

Εἰς τὸ σχῆμα 512 δεικνύεται τομὴ μηχανῆς τύπου πυραύλου, ἡ ὁποία φέρει δύο διακεκριμένα διαμερίσματα εἰς τὸ ἐμπρόσθιον μέρος — ἓν διὰ τὸ καύσιμον καὶ ἕτερον διὰ τὴν ὀξυγονοῦχον οὐσίαν. Ἐκ τῶν διαμερισμάτων τούτων, διὰ καταλλήλων αὐλῶν, εἰσάγονται εἰς τὸν θάλαμον καύσεως τὸ καύσιμον μετὰ τοῦ ὀξυγόνου, κατόπιν δὲ καταλλήλως ἀναφλεγόμενα παρέχουν τὰ ἀέρια καύσεως ὑπὸ ὑψηλὴν πίεσιν, τὰ ὁποῖα ἀκολούθως ἀποτονοῦνται ταχέως δι' ἐκροῆς αὐτῶν ὑπὸ μεγάλην ταχύτητα, οὕτω δὲ δημιουργεῖται πάλιν ἡ προωστικὴ δύναμις.



Σχ. 512. Προωστικὴ μηχανὴ τύπου πυραύλου.

Τοιούτου τύπου ἦσαν τὰ ὑπὸ τῶν Γερμανῶν χρησιμοποιηθέντα βλήματα τύπου V2 ***(ἱπτάμεναι βόμβαι)***, αἱ ὁποῖαι χρησιμοποιοῦνται σήμερον εἰς μετεωρολογικὰς ἐρεύνας.

Αἱ βόμβαι αὗται ἐξεσφενδονίζοντο ὑπὸ γωνίαν σχεδὸν 90^0, λόγῳ δὲ τῆς ταχείας καύσεως τοῦ καυσίμου ἡ ἐπιτάχυνσις, τὴν ὁποίαν ἀπέκτων, ἦτο περίπου 9 g, ὅπου g ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς βαρύτητος. Εἰς ὕψος περίπου 10 km ὑπὲρ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς Γῆς ἀπέκτων ταχύτητα περίπου 1500 m/sec. Εἰς τὴν θέσιν ταύτην, διὰ καταλλήλου γυροσκοπικῆς διατάξεως, τὰ πτερύγια καθοδηγήσεως ἐλάμβανον θέσιν τοιαύτην, ὥστε ὁ ἄξων τῆς βόμβας νὰ λάβῃ κλίσιν 45^0, ὁπότε, λόγῳ τῆς κτηθείσης ταχύτητος, ἡ βόμβα εἰσεχώρει ἐντὸς τῆς στρατοσφαίρας, ἐντὸς τῆς ὁποίας διέγραφε παραβολικὴν τροχιὰν καὶ τέλος, ἐντὸς ὀλίγων λεπτῶν, ἔπιπτεν ἐκ νέου εἰς τὸ ἔδαφος, εἰς ἀπόστασιν περίπου 540 km ἀπὸ τῆς θέσεως βολῆς. Ἤδη αἱ αὐταὶ βόμβαι, εἰσχωροῦσαι εἰς τὴν στρατόσφαιραν ὑπὸ γωνίαν $80^0 - 90^0$, φθάνουν εἰς ὕψος 160 km ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς Γῆς καὶ χρησιμοποιοῦνται διὰ μετεωρολογικὰς ἐρεύνας. Πρὸς τὸν σκοπὸν τοῦτον εἰς τὸ ἐμπρόσθιον μέρος, ἐκεῖ ὅπου πρότερον ἐτοποθετοῦντο ἐκρηκτικαὶ ὗλαι, σήμερον τοποθετοῦνται αὐτογραφικὰ ὄργανα δι' ἐπιστημονικὰς ἐρεύνας, ὁ δὲ θάλαμος ἔχει ρυθμισθῆ, ὥστε ν' ἀνοίγῃ ἐπὶ μικρὸν χρονικὸν διάστημα, ὅταν ὁ πύραυλος φθάνῃ εἰς τὸ ἀνώτατον ὕψος.

Ἐν γένει, ὅπως εἰς ὅλας τὰς θερμικὰς μηχανάς, ἡ ἀπόδοσις ὅλων τῶν μηχανῶν τύπου Turbo - jet, Ram - jet καὶ πυραύλου, αἱ ὁποῖαι καλοῦνται καὶ ***κινητῆρες ἀντιδράσεως,*** ἐξαρτᾶται ἐκ τῶν θερμοκρασιῶν T_1 καὶ T_2, μεταξὺ τῶν ὁποίων αὗται λειτουργοῦν. Ἡ ἀνωτέρα θερμοκρασία T_1 περιορίζεται ἀπὸ τὸ σημεῖον τήξεως τῶν διαφόρων μερῶν τῆς μηχανῆς, ὡς ἐκ τούτου δὲ τελευταίως ἡ προσοχὴ ἔχει στραφῆ πρὸς εὕρεσιν καταλλήλων οὐσιῶν παρουσιαζουσῶν ὑψηλὸν σημεῖον τήξεως. Ἐπίσης οἱ κινητῆρες ἀντιδράσεως παρουσιάζουν τὸ πλεονέκτημα, ὅτι τὰ τοιχώματα τῆς μηχανῆς θερμαίνονται ὑπερβολικῶς, λόγῳ τοῦ ὅτι ἡ καῦσις ἐντὸς αὐτῶν εἶναι συνεχής.

384*. Ὑπερηχητικὴ ταχύτης. Διὰ τῶν ἀνωτέρω τύπων μηχανῶν ἐπιδιώκεται ἡ ἀνάπτυξις ὑπερηχητικῶν ταχυτήτων, ἤτοι ταχυτήτων ἀνωτέρων τῆς τῶν 1224 km/h, ἡ ὁποία παριστᾷ τὴν ταχύτητα διαδόσεως τοῦ ἤχου.

Προκειμένου περὶ ἀεροπλάνων μεγάλης ταχύτητος, π.χ. τῶν ἐφωδιασμένων διὰ κινητῆρος ἀντιδράσεως, ὡς μονὰς πρὸς μέτρησιν τῆς ταχύτητος αὐτῶν ὡρίσθη ἡ μονὰς Mach, εἶναι δὲ 1 Mach = 1224 km/h. Οὕτω, ἀεροπλάνον ταχύτητος 700 km/h ἔχει ταχύτητα

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

700/1224 = 0,57 Mach. Προκειμένου περὶ ὑπερηχητικῆς ταχύτητος, ἤτοι μεγαλυτέρας τῶν 1224 km/h, ἡ ταχύτης ἐκφράζεται εἰς Mach ὑπὸ ἀριθμοῦ μεγαλυτέρου τῆς μονάδος.

385*. Ἐνεργειακὴ οἰκονομία. Ἐκ τῶν διαφόρων πηγῶν ἐνεργείας, αἱ ὁποῖαι ὑφίστανται εἰς τὴν φύσιν, αἱ κυριώτεραι εἶναι τὰ διάφορα καύσιμα, ἄνθραξ, πετρέλαιον κτλ., αἱ ὑδατοπτώσεις, ποτάμια ρεύματα κτλ., τὰ ὁποῖα συνήθως καλοῦνται καὶ *λευκὸς ἄνθραξ*, καὶ ἡ ἡλιακὴ θερμότης.

α) ***Καύσιμα.*** Πρὸς βιομηχανικὴν ἐκμετάλλευσιν τῆς θερμότητος, τῆς προερχομένης ἐκ τῆς καύσεως τῶν διαφόρων καυσίμων, διὰ τὴν παραγωγὴν μηχανικοῦ ἔργου, χρησιμοποιοῦμεν τὰς θερμικὰς μηχανάς, αἱ ὁποῖαι, ὡς εἴδομεν, ἔχουν ἐν γένει μικρὰν ἀπόδοσιν.

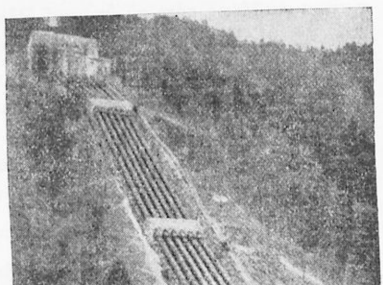
Οὕτω εἰς μίαν θερμικὴν μηχανήν, π.χ. ἐμβολοφόρον ἀτμομηχανήν, ἀπαιτεῖται διὰ τὴν παραγωγὴν ἔργου ἴσου πρὸς 1 ὡριαῖον ἵππον (ἢ 270 000 kgr*m) κατανάλωσις 0,5 kgr ἄνθρακος. Ἐὰν ὁ ἄνθραξ καιόμενος παρέχῃ 7000 kcal κατὰ kgr, τὰ 0,5 kgr παρέχουν 3500 kcal καί, ἐπειδὴ 1 kcal ἀντιστοιχεῖ εἰς 427 kgr*m, τὸ ἀντίστοιχον ἔργον θὰ εἶναι:

$$A = 3500 \cdot 427 = 1\,494\,500 \text{ kgr*m}.$$

Εἷς ὡριαῖος ἵππος ὅμως ἀντιστοιχεῖ εἰς 270 000 kgr*m, ἑπομένως ἡ ἀπόδοσις εἶναι:

$$n = \frac{270\,000}{1\,494\,500} = 0{,}18 \quad \text{ἢ} \quad 18\,\%.$$

Προκειμένου περὶ ἀτμοστροβίλου, ὁ ὁποῖος καταναλίσκει, κατὰ ὡριαῖον ἵππον, 0,25 kgr* ἀκαθάρτου πετρελαίου, τὸ ὁποῖον καιόμενον παρέχει 10 000 kcal κατὰ kgr*, ἡ ἀπόδοσις εἶναι περίπου 25 %.



Σχ. 513. Σύστημα σωληνώσεων χρησιμοποιουμένων εἰς ἐγκαταστάσεις ὑδατοπτώσεων.

β) ***Ὑδατοπτώσεις (λευκὸς ἄνθραξ).*** Εἰς χώρας ὅπου σπανίζουν τὰ καύσιμα, δηλαδὴ ἄνθραξ, πετρέλαιον κτλ., αἱ ὑδατοπτώσεις ἔχουν μεγίστην σημασίαν διὰ τὴν ἐνεργειακὴν οἰκονομίαν, παρουσιάζουν δὲ τὸ πλεονέκτημα, ὅτι εἶναι λίαν συμφέρουσαι οἰκονομικῶς, ἐφ' ὅσον διὰ τὰς ἀρχικὰς ἐγκαταστάσεις δὲν διατίθενται σημαντικὰ κεφάλαια, οὔτε καὶ ἡ συντήρησις αὐτῶν εἶναι δαπανηρά· ἑπομένως τὸ κόστος τῆς παραγομένης ἐνεργείας εἶναι ἀρκετὰ χαμηλόν.

Φαντασθῶμεν, ὅτι ὑδατόπτωσις παρέχει κατὰ δευτερόλεπτον 37,5 m³ ὕδατος, πίπτοντος ἐξ ὕψους 200 m. Τὸ παραγόμενον μηχανικὸν ἔργον τῆς ὑδατοπτώσεως ταύτης ἐκφραζόμενον εἰς ἰσχύν, δηλαδὴ εἰς διαθέσιμον ἔργον κατὰ δευτερόλεπτον, ἤτοι εἰς ἵππους, ἐὰν ληφθῇ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ὑπ' ὄψιν, ὅτι 1m³ ὕδατος ἔχει βάρος 1000 kgr* καὶ 1 HP = 75 kgr*m/sec, ὑπολογίζεται ἐκ τῆς σχέσεως:

$$37{,}5 \cdot 1000 \cdot 200 = 7\,500\,000 \text{ kgr*m/sec} = 100\,000 \text{ HP}.$$

Ἐπειδὴ δὲ κατὰ τὴν μετατροπὴν τῆς ἐνεργείας προκύπτουν, λόγῳ παντοειδῶν αἰτίων, ἀπώλειαι 20 %, ἀπομένει ὡς ὠφέλιμος ἰσχὺς 80 000 HP, ἤτοι:

$$6\,000\,000 \text{ kgr*m/sec}.$$

Πρὸς σύγκρισιν τῆς ἀνωτέρω ὑδατοπτώσεως θὰ ὑπολογίσωμεν εἰς τὴν περίπτωσιν θερμικῆς ἐγκαταστάσεως δι' ἀτμοῦ, ἀποδόσεως 25 %, πόσος ἄνθραξ χρειάζεται κατὰ sec πρὸς ἀνάπτυξιν τῆς αὐτῆς ἰσχύος. Ὁ ἀρίστης ποιότητος ἄνθραξ καιόμενος παρέχει 8 000 kcal/kgr καὶ ὑπὸ ἀπόδοσιν 25 % μόλις 2 000 kcal ἐκ τοῦ ποσοῦ τούτου μετατρέπονται εἰς ὠφέλιμον μηχανικὸν ἔργον, ἀντιστοιχεῖ δὲ ἡ θερμότης αὕτη εἰς 2 000 · 427 = 854 000 kgr*m/sec ἢ εἰς 854 000/75 = 11 400 HP. Ἑπομένως, διὰ τὴν ἀνάπτυξιν ἰσχύος 80 000 HP δι' ἁπλοῦ ὑπολογισμοῦ θὰ ἔπρεπε νὰ καταναλίσκωμεν 7 kgr ἄνθρακος κατὰ δευτερόλεπτον καὶ ἑπομένως εἰς ἓν ἔτος: 7 · 86 400 · 365 = 220 752 000 kgr ἢ κατὰ προσέγγισιν 220 000 τόννους ἄνθρακος.

γ) ***Ἡλιακὴ ἐνέργεια.*** Ἐκ μετρήσεων κατεδείχθη, ὅτι ὁ Ἥλιος παρέχει εἰς τὴν Γῆν, ἐπὶ 1 m² ἐπιφανείας καὶ ὑπὸ κάθετον πρόσπτωσιν εἰς 1 λεπτόν, 20 kcal καὶ εἰς 1 ὥραν 1 200 kcal. Εἰς περίπτωσιν καθ' ἣν αἱ ἡλιακαὶ ἀκτῖνες δὲν προσπίπτουν καθέτως, τότε τὸ ὑπὸ τοῦ Ἡλίου ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς ἀκτινοβολούμενον ποσὸν θερμότητος εἶναι κατὰ πολὺ μικρότερον τοῦ ἀνωτέρω.

Ἐὰν δεχθῶμεν, ὅτι ἡ κλίσις τῶν ἡλιακῶν ἀκτίνων εἶναι τοιαύτη, ὥστε ἡ κατὰ τὴν διάρκειαν μιᾶς ἡμέρας ἀκτινοβολουμένη ὑπὸ τοῦ Ἡλίου θερμότης νὰ συμπίπτῃ πρὸς τὴν ἀκτινοβολουμένην ὑπὸ κάθετον πρόσπτωσιν ἐντὸς μιᾶς ὥρας ἐπὶ 1 m², τότε μία περιοχὴ τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς, ἐκτάσεως 1 km² = 10⁶ m², θὰ προσλαμβάνῃ ἐκ τοῦ Ἡλίου θερμότητα:

$$1\,200 \cdot 10^6 = 12 \cdot 10^8 \text{ kcal}.$$

Ἐὰν τὸ αὐτὸ ποσὸν θερμότητος ἐπιδιώκωμεν νὰ δώσωμεν εἰς τὸ ἔδαφος, διὰ καύσεως ἄνθρακος παρέχοντος 7 000 kcal κατὰ kgr, θὰ ἀπῃτεῖτο διὰ μίαν ἡμέραν ποσότης ἄνθρακος:

$$\frac{12 \cdot 10^8}{7 \cdot 10^3} = \text{περίπου } 170\,000 \text{ kgr*}$$

καὶ δι' ἓν ἔτος, ἁπλοῦς ὑπολογισμὸς δεικνύει, ὅτι θ' ἀπῃτοῦντο περίπου 62 000 τόννοι ἄνθρακος. Ἐὰν δὲ λάβωμεν ὑπ' ὄψιν, ὅτι αἱ ἀνωτέρω συνθῆκαι ἐπικρατοῦν εἰς τὴν Ἑλλάδα καὶ δεχθῶμεν, ὅτι ἡ Ἑλλὰς ἔχει χερσαίαν ἔκτασιν 131000 km², εὑρίσκομεν δι' ἁπλοῦ ὑπολογισμοῦ ὅτι, διὰ νὰ μεταδοθῇ εἰς τὸ ἔδαφος διὰ καύσεως ἄνθρακος ἐντὸς ἑνὸς ἔτους τὸ αὐτὸ ποσὸν θερμότητος, τὸ ὁποῖον ἀκτινοβολεῖ ὁ Ἥλιος πρὸς τὸ ἔδαφος αὐτῆς, θ' ἀπαιτηθοῦν περίπου 8 000 000 000 τόννοι ἄνθρακος.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ

Α΄. Ζητήματα.

Πῶς εἰσάγεται ἡ ἔννοια τῆς θερμοκρασίας εἰς τὴν σπουδὴν τῆς θερμότητος καὶ ποία ἡ μονὰς αὐτῆς. Ἐκφράζεται ἡ θερμοκρασία διὰ τῶν θεμελιωδῶν μεγεθῶν τοῦ συστήματος CGS ἢ τοῦ Τ.Σ. μονάδων;

Πόσας θερμομετρικὰς κλίμακας χρησιμοποιοῦμεν καὶ πῶς αὗται σχετίζονται μεταξύ των.

Ποῖα τὰ ὅρια χρησιμοποιήσεως τοῦ ὑδραργυρικοῦ θερμομέτρου καὶ πῶς πρέπει νὰ τροποποιηθῇ διὰ τὴν μέτρησιν θερμοκρασιῶν κειμένων ἐκτὸς τῶν ὁρίων τούτων. Ποία εἶναι ἡ ἀνωτάτη θερμοκρασία ἡ μετρουμένη δι' ὑδραργυρικοῦ θερμομέτρου.

Τί καλοῦμεν θερμόμετρα μεγίστου καὶ ἐλαχίστου. Τί εἴδους θερμόμετρον εἶναι τὸ ἰατρικόν.

Περιγράψατε τὸ φαινόμενον τῆς γραμμικῆς καὶ κυβικῆς διαστολῆς. Ποῖοι οἱ θεμελιώδεις τύποι τῆς γραμμικῆς καὶ κυβικῆς διαστολῆς.

Περιγράψατε τὸ φαινόμενον τῆς διαστολῆς τῶν ὑγρῶν καὶ ἐξηγήσατε διὰ ποῖον λόγον διακρίνομεν πραγματικὴν καὶ φαινομένην διαστολήν. Πῶς συνδέονται οἱ δύο συντελεσταὶ τῆς πραγματικῆς καὶ φαινομένης διαστολῆς καὶ ποῖον συμπέρασμα συνάγετε ἐκ τῆς σχέσεως ταύτης.

Ποίαν ἀνωμαλίαν παρουσιάζει τὸ ὕδωρ ὡς πρὸς τὴν θερμικὴν διαστολήν. Τί συμπέρασμα συνάγετε διὰ τὸν συντελεστὴν διαστολῆς τοῦ ὕδατος.

Περιγράψατε τὴν θερμικὴν συμπεριφορὰν τῶν ἀερίων. Πόσους θερμικοὺς συντελεστὰς ἔχομεν διὰ τὰ ἀέρια καὶ τί γνωρίζετε περὶ αὐτῶν.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὅρου ἐξίσωσις τῶν τελείων ἀερίων. Πῶς εὑρίσκεται αὕτη ὑπὸ τὴν κοινὴν αὐτῆς μορφὴν καὶ ποίαν ἐφαρμογὴν ἔχει.

Πῶς τροποποιεῖται ἡ ἐξίσωσις τῶν τελείων ἀερίων, ὅταν ἀναφέρωμεν αὐτὴν εἰς μᾶζαν 1 gr καὶ εἰσάγωμεν ἐν αὐτῇ τὴν ἀπόλυτον θερμοκρασίαν.

Πότε ἡ τιμὴ τῆς σταθερᾶς τῆς ἐξισώσεως τῶν τελείων ἀερίων εἶναι ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ ἀερίου καὶ ποία ἡ ἀριθμητικὴ τιμὴ αὐτῆς.

Ποία σχέσις ὑφίσταται μεταξὺ τῆς ὡς πρὸς τὸν ἀέρα πυκνότητος τῶν ἀερίων καὶ τοῦ μοριακοῦ βάρους αὐτῶν. Ποίαν ἐφαρμογὴν ἔχει ἡ σχέσις αὕτη.

Ἐπὶ ποίας ἀρχῆς στηρίζεται ἡ λειτουργία τῶν μεταλλικῶν θερμομέτρων. Περιγράψατε ἓν τοιοῦτον θερμόμετρον.

Εἰς τί ἀσχολεῖται ἡ θερμιδομετρία. Δώσατε τὸν ὁρισμὸν τῆς θερμίδος καὶ χιλιοθερμίδος.

Ἐπὶ ποίων ἀρχῶν στηρίζεται ἡ θερμιδομετρία.

Δώσατε τὸν ὁρισμὸν τῆς εἰδικῆς θερμότητος καὶ εἰς ποίαν μονάδα ἐκφράζεται αὕτη. Δύναται ἡ εἰδ. θερμότης νὰ ἐκφρασθῇ διὰ τῶν θεμελιωδῶν μεγεθῶν τοῦ CGS ἢ τοῦ Τ.Σ.; Πῶς ὁρίζεται ἡ θερμοχωρητικότης σώματος.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὅρου θερμιδόμετρον. Περιγράψατε τὸ θερμιδόμετρον μιγμάτων, ὡς καὶ πῶς δυνάμεθα δι' αὐτοῦ νὰ μετρήσωμεν τὴν εἰδικὴν θερμότητα σώματος.

Διὰ ποῖον λόγον διακρίνομεν δύο εἰδικὰς θερμότητας εἰς τὰ ἀέρια. Ποία ἐξ αὐτῶν εἶναι ἡ μεγαλυτέρα καὶ διὰ ποῖον λόγον. Ποία ἐκ τῶν δύο εἰδ. θερμοτήτων εἶναι ἐπιδεκτικὴ ἀμέσου μετρήσεως καὶ πῶς καθορίζεται ἡ ἄλλη.

Ποῖοι οἱ νόμοι τῆς τήξεως καὶ πήξεως καὶ τί ὀνομάζομεν θερμότητα τήξεως.

Περιγράψατε τὸ θερμιδόμετρον διὰ τήξεως πάγου.

Πῶς μεταβάλλεται ἡ πυκνότης, ὅταν τὸ σῶμα ὑποστῇ τῆξιν. Ποίαν ἀνωμαλίαν παρουσιάζει ὁ πάγος καὶ ποίαν σημασίαν ἔχει αὕτη ἐπὶ τῆς οἰκονομίας τῆς φύσεως;

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ποία ἡ διάκρισις μεταξὺ ἀκορέστου καὶ κεκορεσμένου ἀτμοῦ. Τί νοοῦμεν διὰ τῶν ὅρων τάσις καὶ μεγίστη τάσις ἀτμοῦ.

Διὰ ποῖον λόγον ἡ ἐξαέρωσις συνοδεύεται ὑπὸ ταπεινώσεως τῆς θερμοκρασίας. Ποίας πρακτικὰς ἐφαρμογὰς ἔχει τὸ φαινόμενον τοῦτο.

Περιγράψατε τὸ φαινόμενον τῆς ἐξατμίσεως, ὡς καὶ τοὺς νόμους τοῦ φαινομένου.

Περιγράψατε τὸ φαινόμενον τοῦ βρασμοῦ, ὡς καὶ τοὺς νόμους, τοὺς ὁποίους ἀκολουθεῖ τὸ φαινόμενον τοῦτο.

Πῶς μεταβάλλεται ὁ ὄγκος κατὰ τὴν ἐξαέρωσιν.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὅρου ὑγροποίησις ἢ συμπύκνωσις ἀτμῶν. Πῶς γίνεται ἡ ἀπόσταξις καὶ ποῖαι αἱ πρακτικαὶ ἐφαρμογαὶ αὐτῆς.

Περιγράψατε τὸ φαινόμενον τῆς ὑγροποιήσεως τῶν ἀερίων. Ὑπάρχει πράγματι διαφορὰ μεταξὺ τῶν ὅρων ἀτμὸς καὶ ἀέριον;

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὅρου ἐξάχνωσις. Εἶναι ὅλα τὰ σώματα ἐξαχνωτά; Δώσατε μερικὰ παραδείγματα ἐξαχνωτῶν σωμάτων ὑπὸ συνήθεις συνθήκας.

Ποῖος ὁ τύπος τῆς θερμικῆς ἀγωγιμότητος εἰς τὴν περίπτωσιν μεταλλικῆς ῥάβδου ὁμοιομόρφου τομῆς. Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὅρου συντελεστὴς θερμικῆς ἀγωγιμότητος.

Πῶς διαδίδεται ἡ θερμότης διὰ τῶν ὑγρῶν καὶ διὰ ποίων πειραμάτων δεικνύεται ἡ διάδοσις τῆς θερμότητος.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὅρου μηχανικὸν ἰσοδύναμον τῆς θερμότητος, ποία ἡ ἀριθμητική του τιμὴ καὶ ποῖοι ἠσχολήθησαν εἰς τὸν καθορισμὸν τῆς τιμῆς του.

Ἐπὶ ποίας ἀρχῆς λειτουργοῦν αἱ θερμικαὶ μηχαναί.

Πῶς καθορίζεται ἡ ἀπόδοσις θερμικῆς μηχανῆς.

Ἐκ ποίων κυρίων μερῶν ἀποτελεῖται ἀτμομηχανὴ καὶ πῶς λειτουργεῖ αὕτη.

Ἐκ ποίων μερῶν ἀποτελεῖται κινητὴρ ἐκρήξεως καὶ πῶς λειτουργεῖ ὁ τετράχρονος καὶ δίχρονος κινητήρ.

Β΄. Προβλήματα.

1. Εἰς πόσους βαθμοὺς Fahrenheit ἀντιστοιχοῦν 80 ^{0}C. (Ἀπ. 176 ^{0}F).

2. Νὰ μετατραποῦν 5 ^{0}F εἰς βαθμοὺς Κελσίου. (Ἀπ. — 15 ^{0}C).

3. Νὰ μετατραποῦν αἱ ἀκόλουθοι θερμοκρασίαι εἰς βαθμοὺς Κελσίου: 10 ^{0}F, 60 ^{0}F, 80 ^{0}F, 320 ^{0}F. (Ἀπ. C = — 12,2^0, 15,6^0, 26,7^0, 160 ^{0}C).

4. Νὰ μετατραποῦν αἱ ἀκόλουθοι θερμοκρασίαι εἰς βαθμοὺς Fahrenheit: — 50 ^{0}C, 10 ^{0}C, 80 ^{0}C, 118 ^{0}C. (Ἀπ. F = — 58^0, 50^0, 176^0, 244,4 ^{0}F).

5. Ράβδος ἐκ νικελίου μήκους 2 m εἰς 0 ^{0}C θερμαίνεται εἰς 350 ^{0}C. Πόση εἶναι ἡ αὔξησις τοῦ μήκους της. (Ἀπ. 8,9 mm).

6. Ράβδος ἐκ μετάλλου, μήκους 2 m, θερμαινομένη ἀπὸ 10 ^{0}C εἰς 100 ^{0}C ὑφίσταται αὔξησιν τοῦ μήκους της κατὰ 3,24 mm. Νὰ ὑπολογισθῇ ὁ συντελεστὴς τῆς γραμμικῆς διαστολῆς τοῦ μετάλλου. (Ἀπ. α = 0,000 018 grad^{-1}).

7. Ζητεῖται νὰ κατασκευασθῇ ῥάβδος ἐκ ψευδαργύρου, ἡ ὁποία νὰ ὑφίσταται τὴν αὐτὴν διαστολὴν πρὸς ῥάβδον ἐκ λευκοχρύσου μήκους 1 m, ὅταν θερμαίνωνται καὶ αἱ δύο κατὰ τὸν αὐτὸν ἀριθμὸν βαθμῶν. Πόσον τὸ μῆκος τῆς ῥάβδου ἐκ ψευδαργύρου. (Ἀπ. 30,8 cm).

8. Κλίμαξ ἐξ ὀρειχάλκου εἶναι βαθμολογημένη εἰς cm εἰς 0 ^{0}C. Ἡ κλίμαξ αὕτη χρησιμοποιεῖται εἰς θερμοκρασίαν 30 ^{0}C διὰ τὴν μέτρησιν τοῦ μήκους ἀντικειμένου, τὸ ὁποῖον εὑρίσκεται ὅτι εἶναι 40,5 cm. Ποῖον τὸ ἀκριβὲς μῆκος αὐτοῦ. (Ἀπ. 40,52 cm).

9. Ποία εἶναι ἡ μεταβολὴ τοῦ ὄγκου 1 kgr ὀρειχάλκου θερμαινομένου ἀπὸ 20 ^{0}C εἰς 100 ^{0}C. (Ἀπ. 0,5 cm^3).

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

10. Νὰ ὑπολογισθῇ ὁ ὄγκος φιάλης ἐξ ὑάλου εἰς θερμοκρασίαν 80 ^{0}C, ὅταν ὁ ὄγκος αὐτῆς εἰς 20 ^{0}C εἶναι ἀκριβῶς 100 cm^3. (Ἀπ. 100,14 cm^3).

11. Νὰ ὑπολογισθῇ ὁ εἰδικὸς ὄγκος τοῦ ἀργιλίου εἰς 150 ^{0}C, ὅταν ἡ πυκνότης αὐτοῦ εἰς 20 ^{0}C εἶναι 2,65 gr/cm^3. (Ἀπ. 0,380 cm^3/gr).

12. Τὸ ἐμβαδὸν κυκλικοῦ δίσκου ἐκ ψευδαργύρου εἰς 45 ^{0}C εἶναι 800 cm^2. Πόσον τὸ ἐμβαδὸν αὐτοῦ εἰς 10 ^{0}C. (Ἀπ. 798 cm^2).

13. Δίσκος ἐκ λευκοχρύσου ἔχει ἀκτῖνα 18 cm εἰς 520 ^{0}C. Πόσον εἶναι τὸ ἐμβαδὸν αὐτοῦ εἰς 0 ^{0}C. (Ἀπ. 1006 cm^2).

14. Ἡ πυκνότης τοῦ ἀργιλίου εἶναι 2,7 gr/cm^3 εἰς 0 ^{0}C. Πόση ἡ πυκνότης αὐτοῦ εἰς 500 ^{0}C. (Ἀπ. 2,6 gr/cm^3).

15. Ἡ πυκνότης τοῦ ὕδατος εἰς 20 ^{0}C εἶναι 0,998 gr/cm^3 καὶ εἰς 40 ^{0}C 0,992 gr/cm^3. Νὰ εὑρεθῇ ὁ συντελεστὴς διαστολῆς τοῦ ὕδατος. (Ἀπ. $\alpha = 0{,}000\,3$ grad^{-1}).

16. Μᾶζα ἀέριος ἔχει ὄγκον 1 000 cm^3 εἰς 24 ^{0}C. Ποῖος ὁ ὄγκος αὐτῆς εἰς τὴν θερμοκρασίαν 0 ^{0}C ὑπὸ τὴν αὐτὴν πίεσιν. (Ἀπ. $V_0 = 919{,}19$ cm^3).

17. Ὄγκος μάζης ἀέρος εἰς 20 ^{0}C εἶναι 36 cm^3 καὶ εἰς 100 ^{0}C, ὑπὸ τὴν αὐτὴν πίεσιν, εἶναι 45,8 cm^3. Ποῖος ὁ θερμικὸς συντελεστὴς τοῦ ἀέρος ὑπὸ σταθερὰν πίεσιν. (Ἀπ. 0,0034 grad^{-1}).

18. Εἰς θερμιδόμετρον, τὸ ὁποῖον περιέχει 120 gr ὕδατος θερμοκρασίας 25 ^{0}C, ἀναμιγνύομεν 150 gr ὕδατος θερμοκρασίας 42 ^{0}C. Ποία ἡ θερμοκρασία τοῦ μίγματος (θερμοχωρητικότης θερμιδομέτρου ἀμελητέα). (Ἀπ. 34, 4 ^{0}C).

19. Εἰς 0,4 kgr ὑδραργύρου, θερμοκρασίας 60 ^{0}C, προσθέτομεν καὶ ἀναδεύομεν καλῶς 0,6 kgr ὕδατος θερμοκρασίας 25 ^{0}C. Πόση ἡ θερμοκρασία τοῦ μίγματος. (Ἀπ. 25,75 ^{0}C).

20. Δοχεῖον περιέχει 420 gr ὕδατος, θερμοκρασίας 20 ^{0}C, καὶ εἰς αὐτὸ προστίθεται ὕδωρ 900 gr, θερμοκρασίας 70 ^{0}C, ὁπότε ἡ θερμοκρασία τοῦ μίγματος καθίσταται 50 ^{0}C. Πόση ἡ θερμοχωρητικότης τοῦ δοχείου. (Ἀπ. 180 cal/grad).

21. Τεμάχιον λευκοχρύσου μάζης 25 gr βυθίζεται ἐντὸς 80 cm^3 ὕδατος εἰς 20 ^{0}C, περιεχομένου ἐντὸς ὑαλίνου δοχείου ζυγίζοντος 90 gr. Ἡ τελικὴ θερμοκρασία εἶναι 30 ^{0}C. Πόση ἡ θερμοκρασία τοῦ λευκοχρύσου. (Ἀπ. 1243,7 ^{0}C).

22. Νὰ καθορισθῇ ἡ θερμότης τήξεως τοῦ πάγου ἐκ τῶν ἀκολούθων δεδομένων: 42 gr πάγου 0 ^{0}C ἀναμιγνύονται μὲ 120 gr ὕδατος θερμοκρασίας 100 ^{0}C, ἡ δὲ τελικὴ θερμοκρασία εἶναι 53,33 ^{0}C. (Ἀπ. 80 cal/gr).

23. Διὰ τὸν προσδιορισμὸν τῆς θερμότητος ἐξαερώσεως τοῦ ὕδατος: διαβιβάζομεν 30 gr ἀτμοῦ θερμοκρασίας 100 ^{0}C ἐντὸς 2,05 kgr ὕδατος θερμοκρασίας 16 ^{0}C, ὅτε ἡ τελικὴ θερμοκρασία εἶναι 25 ^{0}C. (Ἀπ. 540 cal/gr).

24. Σφαῖρα ἔχουσα μᾶζαν 80 gr κινεῖται ὑπὸ ταχύτητα 600 m/sec καὶ προσκρούει ἐπὶ ἀκλονήτου κωλύματος, ὅτε ἡ κινητὴ ἐνέργεια αὐτῆς μετατρέπεται εἰς θερμότητα. Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ παραγόμενον ποσὸν θερμότητος. (Ἀπ. 3442 cal).

25. Μᾶζα μολύβδου 10 gr προσπίπτει ὑπὸ ταχύτητα 250 m/sec ἐπὶ ἀκλονήτου μάζης μολύβδου 450 gr, πρὸς τὴν ὁποίαν ἐνσωματοῦται. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀνύψωσις τῆς θερμοκρασίας, ἡ ὁποία θὰ προκύψῃ. (Ἀπ. 5,23 ^{0}C).

26. Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος ἀνὰ μονάδα χρόνου τὸ ἐκλυόμενον ὑπὸ μάζης 80 kgr, ὅταν κινῆται ὑπὸ ταχύτητα 20 m/sec ἐπὶ ὁριζοντίας ἐπιφανείας μὲ συντελεστὴν τριβῆς 0,7. (Ἀπ. 2,62 kcal).

27. Ἀτμομηχανὴ ἰσχύος 500 HP ἔχει συνολικὴν ἀπόδοσιν 18 %. Πόσον ἄνθρακα καταναλίσκει ἐντὸς 24 ὡρῶν (1 kgr ἄνθρακος παρέχει 7 000 kcal). (Ἀπ. $5{,}4 \cdot 10^3$ kgr).

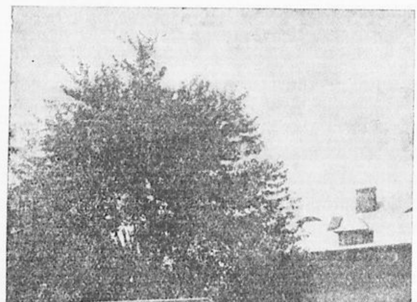
28. Ράβδος ἀργιλίου μήκους 40 cm καὶ τομῆς 5 cm^2 τηρεῖται κατὰ τὸ ἓν ἄκρον αὐτῆς εἰς θερμοκρασίαν 100 ^{0}C καὶ κατὰ τὸ ἕτερον εἰς 20 ^{0}C. Τί ποσὸν θερμότητος διέρχεται διὰ τῆς ράβδου εἰς χρόνον 1 min. (Ἀπ. 288 cal).

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΙΑ΄

ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΕΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΕΚ ΤΗΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑΣ

386. 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, τὰ δημόσια ἔργα, τὴν ὑγιεινὴν κλπ.



Σχ. 514. Μετεωρολογικὸς κλωβός.

Τὰ μᾶλλον σπουδαιότερα ἐκ τῶν στοιχείων τῆς ἀτμοσφαίρας εἶναι: ἡ ***θερμοκρασία*** τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος, ὁ ***ἄνεμος***, ἡ ***βαρομετρικὴ πίεσις***, ἡ ***ὑγρασία***, ἡ ***νέφωσις*** καὶ αἱ ***μορφαὶ ὑετοῦ***, ὡς π.χ. ἡ ***βροχή***, ἡ ***χιών***, ἡ ***χάλαζα***, 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 εἰς τὰ μέσα πλάτη μέχρις ὕψους 10 - 11 χιλιομέτρων ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας τῆς θαλάσσης.

Ἵνα δυνηθῶμεν νὰ χαρακτηρίσωμεν τὸν καιρὸν ἢ ἀκόμη νὰ προβλέψωμεν τὸν καιρόν, εἶναι ἀπαραίτητον νὰ ἐκτελοῦμεν μετρήσεις πρὸς καθορισμὸν τῆς ἑκάστοτε τιμῆς τῶν ἀνωτέρω μεγεθῶν, ὡς

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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 ἔχουν μεγάλην σημασίαν.

387. Θερμοκρασία. Αὕτη ποικίλλει ἀπὸ τόπου εἰς τόπον καὶ εἰς τὸν αὐτὸν τόπον ἀναλόγως τῆς ἐποχῆς τοῦ ἔτους καὶ τῆς ὥρας τῆς ἡμέρας.

Εἰς τὴν περιοχὴν τοῦ Ἰσημερινοῦ, ὅπου αἱ ἡλιακαὶ ἀκτῖνες προσπίπτουν καθέτως, ἡ μέση ἐτησία θερμοκρασία πλησίον τοῦ ἐδάφους κυμαίνεται μεταξὺ 26 °C καὶ 27 °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 °C καὶ — 30 °C.

Ἡ ἀτμοσφαῖρα, 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 °C μέχρις 1 °C 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 ποικίλλουν ἀπὸ τόπου εἰς τόπον ὡς καὶ μετὰ τῆς ἐποχῆς τοῦ ἔτους.

Ἡ θερμοκρασία μετρᾶται δι' ὑδραργυρικοῦ θερμομέτρου, τὸ ὁποῖον ὅμως πρέπει νὰ μὴ ἐκτίθεται ἀπ' εὐθείας εἰς τὰς ἡλιακὰς ἀκτῖνας, ἀλλὰ τοποθετεῖται ἐντὸς εἰδικοῦ μετεωρολογικοῦ κλωβοῦ (σχ. 514) μετὰ τῶν ἄλλων μετεωρολογικῶν ὀργάνων.

388. Ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις. Αὕτη μετρᾶται δι' ὑδραργυρικοῦ βαρομέτρου καὶ συνήθως ἀνάγεται εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς θαλάσσης, εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ 0 °C καὶ εἰς τὴν κανονικὴν βαρύτητα (πλάτος 45°), τὸ δὲ ὕψος τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης εἶναι κατὰ μέσον ὅρον 76 cm.

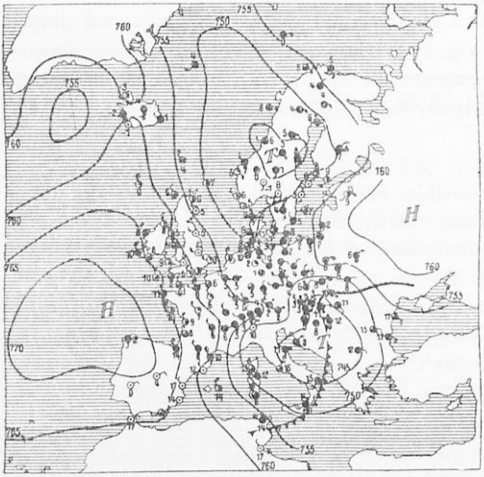
Ἡ μεταβολὴ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως εἰς ἕνα καὶ τὸν αὐτὸν τόπον ὑφίσταται διακυμάνσεις κατὰ ὀλίγα ἑκατοστόμετρα πρὸς τ' ἄνω ἢ πρὸς τὰ κάτω.

Ὡς καὶ εἰς τὸ κεφάλαιον τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως ἀνεφέρθη (βλ. σελ. 199), ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις ἐκφράζεται εἰς millibar (m B). 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 περιοχήν, ἐὰν ἑνώσωμεν ὅλους τοὺς τόπους, εἰς τοὺς ὁποίους ἐπικρατεῖ ἡ αὐτὴ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις κατὰ τὴν αὐτὴν χρονικὴν στιγμήν, προκύπτουν καμπύλαι, συνήθως κλεισταί, αἱ ὁποῖαι

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

καλοῦνται **ἰσοβαρεῖς** (σχ. 515). Περιοχαὶ περικλειόμεναι ὑπὸ ἰσοβαρῶν, αἵτινες καθ' ὅσον πλησιάζουν πρὸς τὸ κέντρον ἀντιστοιχοῦν εἰς μικροτέρας πιέσεις, καλοῦνται **περιοχαὶ** ἢ **κέντρα χαμηλῶν πιέσεων** (Τ) (ὑφέσεις, κυκλῶνες), ἐνῷ περιοχαὶ περικλειόμεναι ὑπὸ ἰσοβαρῶν, αἵτινες καθ' ὅσον πλησιάζουν πρὸς τὸ κέντρον ἀντιστοιχοῦν εἰς μεγαλυτέρας πιέσεις καλοῦνται **περιοχαὶ** ἢ **κέντρα ὑψηλῶν πιέσεων** (Η) (ἀντικυκλῶνες).



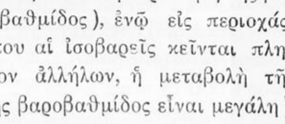
Σχ. 515. Ὑπόδειγμα μετεωρολογικοῦ χάρτου καιροῦ τῆς Εὐρώπης, κατά τινα ὡρισμένην ὥραν καὶ ἡμέραν τοῦ ἔτους, μετὰ ἰσοβαρῶν καμπύλων.

Εἰς περιοχάς, ὅπου αἱ ἰσοβαρεῖς ἀπέχουν πολὺ ἀπ' ἀλλήλων, ὑφίσταται μικρὰ μεταβολὴ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως (ἤτοι ὑφίσταται μικρὰ τιμὴ τῆς βαροβαθμίδος), ἐνῷ εἰς περιοχάς, ὅπου αἱ ἰσοβαρεῖς κεῖνται πλησίον ἀλλήλων, ἡ μεταβολὴ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως εἶναι μεγάλη (ἤτοι ἡ τιμὴ τῆς βαροβαθμίδος εἶναι μεγάλη)·

389. Ἄνεμος. Ὁ ἄνεμος ἀποτελεῖ κινουμένην μᾶζαν ἀέρος καί, 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 ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως.

Ὁ ἄνεμος χαρακτηρίζεται κυρίως ἐκ δύο στοιχείων, ἐκ τῆς δ ι ε υ θ ύ ν σ ε ω ς καὶ τῆς τ α χ ύ τ η τ ο ς αὐτοῦ. Ἡ διεύθυνσις τοῦ ἀνέμου καθορίζεται ἐκ τοῦ σημείου τοῦ ὁρίζοντος, ἐκ τοῦ ὁποίου οὗτος πνέει, ἡ δὲ ταχύτης αὐτοῦ καθορίζεται εἰς μέτρα, χιλιόμετρα ἢ μίλια καθ' ὥραν.

Ἡ διεύθυνσις τοῦ ἀνέμου καθορίζεται διὰ τῶν **ἀνεμοδεικτῶν**, ὁ ἁπλούστερος δὲ καὶ εὐαισθητότερος 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 ἀνεπεπταμένον χῶρον. Ὅταν ἡ ταινία ἀνεμίζεται ὑπὸ τοῦ ἀνέμου, προσανατολίζεται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε νὰ δεικνύῃ 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.

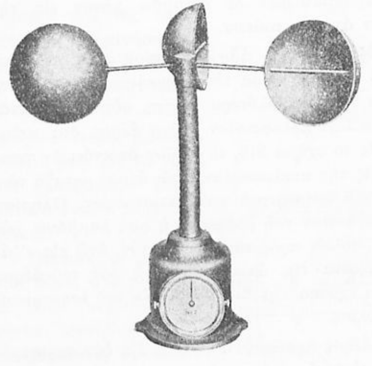


Σχ. 516. Ἀνεμούριον.

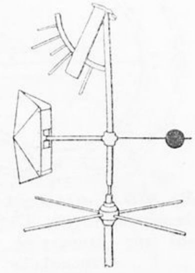
Εἰς τὰ ἀεροδρόμια ὡς ἀνεμοδείκτης χρησιμεύει τὸ **ἀνεμούριον** (σχ. 516). Ἐπίσης διὰ τὸν καθορισμὸν τῆς διευθύνσεως τοῦ ἀνέμου, δύναται νὰ χρησιμεύσῃ καὶ ὁ καπνὸς ὁ ἐξερχόμενος ἀπὸ καπνοδόχον.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἡ ταχύτης τοῦ ἀνέμου μετρᾶται διὰ τῶν ***ἀνεμομέτρων***, τῶν ὁποίων ὑπάρχουν πολλοὶ τύποι. Ἁπλούστερος τύπος εἶναι τὸ ἀνεμόμετρον τοῦ σχήματος 517, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖται ἐκ κατακορύφου ἄξονος, ἐπὶ τοῦ ὁποίου προσαρμόζονται καθέτως τρία ἢ τέσσαρα στελέχη φέροντα εἰς τὰ ἄκρα αὐτῶν κοίλας μεταλλικὰς ἡμισφαιρικὰς κάψας. Ὅταν πνέῃ ἄνεμος, ἡ πίεσις αὐτοῦ ἐπὶ τῶν κοίλων ἡμισφαιρίων εἶναι μεγαλυτέρα ἢ ἐπὶ τῶν κυρτῶν καὶ οὕτω τίθεται 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 518.



Σχ. 517. Ἀνεμόμετρον.



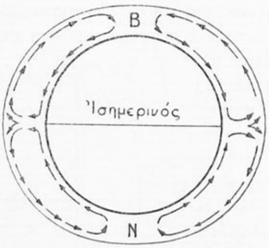
Σχ. 518. Συνδυασμὸς ἀνεμοδείκτου καὶ ἀνεμομέτρου.

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

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

390. Γενικὴ διανομὴ τῶν ἀνέμων. ***Γήινοι ἄνεμοι.*** Εἰς τὴν Μετεωρολογίαν χαρακτηρίζομεν ὡς γηΐνους ἀνέμους ἐκείνους, οἱ ὁποῖοι παρατηροῦνται εἰς τὰ κατώτερα στρώματα τῆς ἀτμοσφαίρας, πλησίον τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς, θὰ περιορισθῶμεν δὲ ἐνταῦθα μόνον εἰς τὴν σπουδὴν τῶν ἀνέμων τούτων.

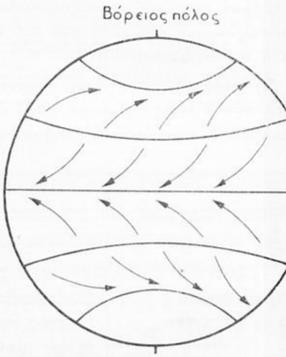


Σχ. 519. Κυκλοφορία τοῦ ἀέρος, θεωρουμένης τῆς Γῆς ἀκινήτου καὶ τῆς ἐπιφανείας της ἄνευ ἀνωμαλιῶν.

Ὡς εἴδομεν ἤδη, ὁ ἀὴρ ὁ πλησίον πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἐδάφους παρὰ τὸν ἰσημερινὸν θερμαίνεται περισσότερον ἢ εἰς μεγαλύτερα πλάτη, οὕτω δὲ γεννᾶται περὶ τὴν Γῆν κολοσσιαῖον ρεῦμα ἀέρος διὰ μεταφορᾶς, ὡς εἰς τὸ σχῆμα 519, τὸ ὁποῖον δεικνύει ἐν γενικαῖς γραμμαῖς τὴν κυκλοφορίαν τοῦ ἀέρος μεταξὺ τῶν πόλων καὶ τοῦ ἰσημερινοῦ καὶ ἀντιστρόφως. Πλησίον πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἐδάφους, ἡ ροὴ λαμβάνει χώραν ἐκ τῶν πόλων πρὸς τὸν ἰσημερινόν, ἐνῷ εἰς τ' ἀνώτερα στρώματα τῆς ἀτμοσφαίρας ἡ ροὴ τοῦ ἀέρος ἀναστρέφεται ἔχουσα τὴν διεύθυνσιν ἐκ τοῦ ἰσημερινοῦ πρὸς τοὺς πόλους.

Ἡ ἀνωτέρω εἰκονιζομένη κυκλοφορία τοῦ ἀέρος προϋποθέτει, ὅτι ἡ Γῆ δὲν περιστρέφεται περὶ τὸν ἄξονά της, ὅτι ἡ ἐπιφάνεια αὐτῆς εἶναι ἄνευ ἀνωμαλιῶν, πρὸς τούτοις δὲ ὅτι παρουσιάζει ὁμοιόμορφον θερμοχωρητικότητα. Εἰς τὴν πραγματικότητα ὅμως ἡ ἐπιφάνεια τῆς Γῆς δὲν εἶναι ἄνευ ἀνωμαλιῶν, πρὸς τούτοις δὲ περιστρέφεται περὶ τὸν ἄξονά της καὶ κατὰ συνέπειαν ἡ εἰκονιζομένη εἰς τὸ σχῆμα 519 κυκλοφορία ὑφίσταται οὐσιώδη ἀλλοίωσιν.

Οὕτω ἐκ τῆς συστηματικῆς ἐρεύνης τῶν γηίνων ἀνέμων κατεδείχθη, ὅτι εἰς τὸ βόρειον ἡμισφαίριον καὶ μεταξὺ βορείου πλάτους 10^0 καὶ 30^0 πνέει ἐγγὺς τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς ἰσχυρὸς ἄνεμος ἐκ Βορρᾶ, ἐνῷ ἐπὶ τῆς ἀντιστοίχου ζώνης τοῦ Νοτίου ἡμισφαιρίου πνέει ἄνεμος ἐκ Νότου, οἱ ἄνεμοι δὲ οὗτοι καλοῦνται ὡς θὰ ἴδωμεν ἀληγεῖς. Τὸ σχῆμα 520 δεικνύει κατὰ στοιχειώδη τρόπον τὴν διανομὴν τῶν γηίνων ἀνέμων μετὰ τῆς διευθύνσεως αὐτῶν, ὅταν λαμβάνεται ὑπ' ὄψιν ἡ περιστροφὴ τῆς Γῆς περὶ τὸν ἄξονά της.



Σχ. 520. Πραγματικὴ διανομὴ καὶ διευθύνσεις γηίνων ἀνέμων λόγῳ περιστροφῆς τῆς Γῆς.

391. Ταξινόμησις τῶν γηίνων ἀνέμων. Ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς ὑφίσταται μία ζώνη χαμηλῆς πιέσεως ἐκτεινομένη ἑκατέρωθεν τοῦ ἰσημερινοῦ μεταξὺ γεωγραφικῶν πλατῶν 5^0 Β καὶ 5^0 Ν (σχ. 521) καὶ ἡ ὁποία καλεῖται ***ἰσημερινὴ ζώνη ἀπνοίας.*** Ἡ περιοχὴ αὐτὴ χαρακτηρίζεται ἀπὸ λίαν ἀσθενεῖς ἀνέμους καὶ ἐν γένει ἀπὸ καλὸν καιρόν.

Ἡ κίνησις τοῦ ἀέρος εἰς τὴν περιοχὴν ταύτην γίνεται πρὸς τὰ ἄνω, οὕτω δὲ γεννῶνται νέφη τοῦ τύπου σωρειτῶν (Cumulus), τὰ ὁποῖα συνοδεύονται πολὺ συχνὰ ὑπὸ καταιγίδων.

Ἀληγεῖς. Οἱ ἄνεμοι οὗτοι πνέουν ἐκ βορειοανατολικῆς κατευθύνσεως εἰς τὸ βόρειον ἡμισφαίριον καὶ ἐκ νοτιοανατολικῆς κατευθύνσεως εἰς τὸ νότιον ἡμισφαίριον, περιορίζονται δὲ οἱ ἄνεμοι οὗτοι μεταξὺ τῆς ἰσημερινῆς ζώνης ἀπνοίας καὶ ἑτέρων δύο ζωνῶν ἀπνοίας ἑκατέρωθεν τοῦ ἰσημερινοῦ εὑρισκομένων εἰς πλάτος περίπου 30^0 Β καὶ 30^0 Ν.

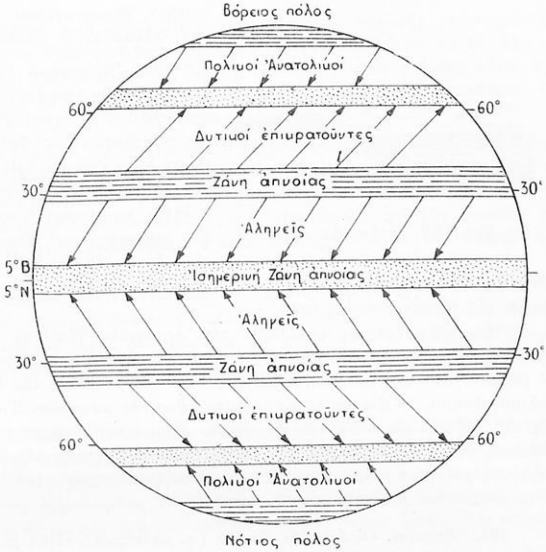
Οἱ ἄνεμοι οὗτοι ἐκλήθησαν ***ἀληγεῖς,*** ὡς ἐκ τῆς κανονικότητος ὡς πρὸς τὴν ἐμφάνι-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

σιν αὐτῶν, ἐχρησιμοποιοῦντο δὲ εἰς παλαιοτέραν ἐποχὴν ὑπὸ τῶν ἱστιοφόρων πλοίων.

Δυτικοὶ ἐπικρατοῦντες ἄνεμοι. Ἄνωθεν τῶν δύο ἀνωτέρω ζωνῶν ἀπνοίας σχηματίζονται δύο ἕτεραι ζῶναι χαρακτηριζόμεναι ἀπὸ χαμηλὰς πιέσεις, ἐντὸς δὲ αὐτῶν ὑπὸ τὴν ἐπήρειαν καὶ τῆς περιστροφικῆς κινήσεως τῆς Γῆς περὶ τὸν ἄξονά της, ἐπικρατοῦν εἰς τὸ βόρειον μὲν ἡμισφαίριον ἄνεμοι Νοτιοδυτικοί, ἐνῷ εἰς τὸ νότιον ἡμισφαίριον ἐπικρατοῦν ἄνεμοι Βορειοδυτικοί.

Ἐπειδὴ οἱ τελευταῖοι οὗτοι ἄνεμοι εἶναι πολὺ συχνοί, καλοῦνται συνήθως καὶ ***ἐπικρατοῦντες δυτικοὶ ἄνεμοι.***



Σχ. 521. Λεπτομερὴς ἐπεξήγησις διανομῆς γηίνων ἀνέμων καὶ ταξινόμησις αὐτῶν.

Ἐπειδὴ εἰς τὸ νότιον ἡμισφαίριον εἰς πλάτος περίπου 40⁰ Ν τὰ χερσαῖα τμήματα εἶναι μικρά, ταῦτα προβάλλουν μικρὰν ἀντίστασιν εἰς τοὺς ἀνέμους, οὕτω δὲ οἱ βορειοδυτικοὶ ἄνεμοι οἱ πνέοντες ἐντὸς τῆς ζώνης ταύτης ἀποκτοῦν μεγάλας ταχύτητας καὶ ἀποτελοῦν σφοδροτάτους ἀνέμους.

Τουναντίον εἰς τὸ βόρειον ἡμισφαίριον οἱ νοτιοδυτικοὶ ἄνεμοι εἰς πλάτος 40⁰ Β εἶναι μᾶλλον ἰσχυροὶ καὶ προέρχονται ἐκ Δυσμῶν.

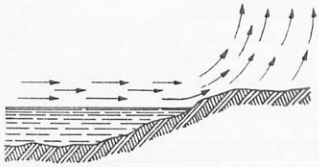
Πολικοὶ ἄνεμοι. Ὅπως ὁ ἀήρ, ὁ εὑρισκόμενος ἀμέσως ἄνωθεν τοῦ ἰσημερινοῦ, θερμαίνεται ἐντόνως, συνεπείᾳ δὲ τούτου δημιουργεῖται περιοχὴ χαμηλῶν πιέσεων, κατ' ἀνάλογον τρόπον ὁ ἀήρ, ὁ εὑρισκόμενος ἀμέσως ἄνωθεν τῶν πολικῶν περιοχῶν, ψύχεται ὑπερμέτρως, οὕτω δὲ δημιουργεῖται εἰς τὰς πολικὰς περιοχὰς κέντρον ὑψηλῶν πιέσεων. Ὡς ἐκ τούτου μᾶζαι ἀέρος κινοῦνται μὲ κατεύθυνσιν ἐκ τῶν πόλων πρὸς τὸν ἰσημερινόν, οὕτω δὲ λόγῳ τῆς περιστροφῆς τῆς Γῆς περὶ τὸν ἄξονά της δημιουργοῦνται εἰς τὰς πολικὰς περιοχὰς ἄνεμοι Βορειοανατολικοὶ εἰς τὸ Βόρειον ἡμισφαίριον καὶ Νοτιοανατολικοὶ εἰς τὸ Νότιον ἡμισφαίριον. Οἱ ὡς ἄνω ἄνεμοι καλοῦνται ***πολικοὶ ἄνεμοι.*** Ἐκτὸς τῶν ἀνωτέρω γηίνων ἀνέμων ἀναφέρομεν καὶ τοὺς ***ἀνταληγεῖς,*** οἱ ὁποῖοι δὲν ἀποτελοῦν γηίνους ἀνέμους, ἀλλ' ἀνέμους τῶν ἀνωτέρων στρωμάτων τῆς ἀτμοσφαίρας καὶ πνέουν ἐκ νοτιοδυτικῆς κατευθύνσεως εἰς τὸ βόρειον ἡμισφαίριον καὶ ἐκ βορειοδυτικῆς εἰς τὸ νότιον ἡμισφαίριον, οἱ ἄνεμοι δὲ οὗτοι εἶναι ἐκεῖνοι, οἱ ὁποῖοι τροφοδοτοῦν τοὺς ἀληγεῖς.

392. Ἐπίδρασις τῆς ξηρᾶς καὶ θαλάσσης ἐπὶ τῶν ἀνέμων. Ἡ ξηρά, ὡς γνωστόν, ἔχει μικροτέραν εἰδικὴν θερμότητα ἀπὸ τὴν θάλασσαν καὶ ὡς ἐκ τούτου ὁ ἄνωθεν τῆς ξηρᾶς ἀὴρ θερμαίνεται κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς ἡμέρας ἐντονώτερον ἀπὸ τὸν ἀέρα ἄνωθεν τῆς θαλάσσης, οὕτω δὲ εἰς τὰς περιοχὰς ἄνωθεν τῆς θαλάσσης δημιουργεῖται ἀνωτέρα ἀτμο-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

σφαιρικὴ πίεσις, ἡ ὁποία ὡς ἀποτέλεσμα ἔχει τὴν ἀνάπτυξιν ἀνέμου ἐκ τῆς θαλάσσης πρὸς τὴν ξηράν, ὁ ὁποῖος καλεῖται ***θαλασσία αὔρα*** (σχ. 522).

Ἡ κατάστασις αὕτη δύναται νὰ ἀντιστραφῇ κατὰ τὴν νύκτα, ὅτε λόγῳ τοῦ ὅτι ἡ ἀκτινοβολουμένη θερμότης ἀπὸ τὴν ξηρὰν ὑπερέχει τῆς ἀκτινοβολίας θερμότητος ἀπὸ τὴν θάλασσαν, δημιουργεῖται ἄνεμος ἐκ τῆς ξηρᾶς πρὸς τὴν θάλασσαν, ὁ ὁποῖος καλεῖται ***ἀπόγειος αὔρα***.



Σχ. 522. Θαλασσία αὔρα.

393. Ἐποχιακοὶ ἄνεμοι. Κατὰ τὴν διάρκειαν τοῦ θέρους ἐκτεταμέναι ἤπειροι θερμαίνονται περισσότερον ἀπὸ τὸν γειτνιάζοντα ὠκεανόν. Οὕτω δὲ πάλιν γεννᾶται εἶδος θαλασσίας αὔρας, ὑπὸ μεγαλυτέραν ὅμως κλίμακα, καὶ ἡ ὁποία ἀντιστρέφεται κατὰ τὴν διάρκειαν τοῦ χειμῶνος. Οἱ ἀνωτέρω ἄνεμοι καλοῦνται ***ἐποχιακοὶ*** ἢ ***μουσσῶνες***. Εἰς τὰς περιοχὰς τῶν ἐπικρατούντων δυτικῶν ἀνέμων, ἕνεκα τοῦ ἀνωτέρω λόγου εἰς τὰς δυτικὰς περιοχάς, οἱ ἄνεμοι οὗτοι ἐξασθενίζουν ἐν καιρῷ χειμῶνος καὶ ἐνισχύονται κατὰ τὸ θέρος, ἐνῷ τὸ ἀντίστροφον συμβαίνει εἰς τὰς ἀνατολικὰς ἀκτάς.

Ἡ μεγάλη ἔκτασις καὶ μᾶζα τῆς Ἀσιατικῆς Ἠπείρου δημιουργεῖ τόσον ἰσχυροὺς ἠπειρωτικοὺς ἀνέμους, ὥστε κατὰ τὸ θέρος οἱ εἰς τὴν περιοχὴν ταύτην ὑπάρχοντες ἄνεμοι, οἱ βορειοανατολικοὶ ἀληγεῖς, ἀντιστρέφονται καὶ οὕτω εἰς τὰς Ἰνδίας ἐπικρατοῦν νοτιοανατολικοὶ ἄνεμοι. Ὁ ἄνεμος οὗτος καλεῖται ***θερινὸς μουσσών***. Τοὐναντίον κατὰ τὸν χειμῶνα εἰς τὸν Ἰνδικὸν ὠκεανὸν παρατηροῦνται ἄνεμοι τοῦ βορείου τομέως συνεπείᾳ τῆς ὑψηλῆς πιέσεως, ἥτις ἐπικρατεῖ κατὰ τὴν ἐποχὴν ταύτην ὑπεράνω τῆς Ἀσιατικῆς Ἠπείρου καὶ τῶν σχετικῶς χαμηλῶν πιέσεων τῶν παρατηρουμένων ὑπεράνω τοῦ Ἰνδικοῦ ὠκεανοῦ. Οἱ ἄνεμοι οὗτοι καλοῦνται ***μουσσῶνες τοῦ χειμῶνος***.

394. Ἐτησίαι. Οἱ ***ἐτησίαι ἄνεμοι*** (κ. ***μελτέμια***), εἶναι βόρειοι περιοδικοὶ ἄνεμοι καὶ πνέουν κατὰ τὸ θέρος εἰς τὴν Ἀνατολικὴν Μεσόγειον καὶ τὰς ἀκτὰς τῆς Ἀφρικῆς.

Οἱ ἄνεμοι οὗτοι ἀναφαίνονται κατὰ τὰ τέλη Μαΐου καὶ διαρκοῦν ἐνίοτε μέχρι καὶ τοῦ Ὀκτωβρίου· καὶ εἰς μὲν τὸ Αἰγαῖον πέλαγος οἱ ἄνεμοι οὗτοι πνέουν ἐκ βορειοανατολικῆς διευθύνσεως, ἐνῷ εἰς τὸ Ἰόνιον πέλαγος πνέουν ἐκ βορειοδυτικῆς διευθύνσεως.

Χαρακτηριστικὸν γνώρισμα τῶν ἀνέμων τούτων εἶναι, ὅτι οὗτοι εἶναι πολὺ ἰσχυρότεροι τὴν ἡμέραν, ἰδίως μέχρι τῶν πρώτων ὡρῶν τοῦ ἀπογεύματος, ἐνῷ καθίστανται ἀσθενέστεροι κατὰ τὴν νύκτα.

Οἱ ἐτησίαι ὀφείλονται κυρίως εἰς τὴν κατὰ τὴν ἐποχὴν ταύτην ἐπέκτασιν τοῦ ἀντικυκλῶνος τῶν Ἀζορῶν ὑπεράνω τῆς Εὐρώπης, ὡς καὶ εἰς τὸ θερινὸν ἐλάχιστον πιέσεως τὸ σημειούμενον ἐπὶ τῶν Ἰνδιῶν.

395. Αὖραι ὀρέων καὶ κοιλάδων. Κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς ἡμέρας ὁ ἀὴρ πλησίον τῆς περιοχῆς ὄρους θερμαίνεται ἐντονώτερον καὶ οὕτω δημιουργεῖται ρεῦμα μεταφορᾶς ἐκ τῆς κοιλάδος πρὸς τὰ ἄνω. Ἡ ὡς ἄνω ***αὔρα κοιλάδος*** συντελεῖ εἰς τὸν σχηματισμόν, ἄνωθεν τῆς κορυφῆς τοῦ ὄρους, νεφῶν ὡς καὶ εἰς τὴν πτῶσιν βροχῆς.

Ἐν καιρῷ ἀπογεύματος καὶ νυκτὸς ὁ ἀὴρ ἐγγὺς τῆς κορυφῆς τοῦ ὄρους ψύχεται ἐντονώτερον, οὕτω δὲ γεννᾶται κατιὸν ρεῦμα ἀέρος ἢ ὡς συνήθως καλεῖται ***αὔρα ὄρους***.

396. Μεγάλαι ἀτμοσφαιρικαὶ διαταράξεις (ὑφέσεις, ἀντικυκλῶνες). Ἡ ***ὕφεσις*** εἶναι περιοχὴ τῆς ἀτμοσφαίρας, εἰς τὴν ὁποίαν ἡ πίεσις εἶναι μικροτέρα τῆς τῶν περιβαλλουσῶν αὐτὴν περιοχῶν. Αἱ ἰσοβαρεῖς καμπύλαι πέριξ μιᾶς τοιαύτης περιοχῆς χαμηλῶν πιέσεων εἶναι ὡς ἐπὶ τὸ πλεῖστον κυκλικαὶ ἢ ἐλλειπτικαὶ (βλ. σχ. 519, Τ), ἡ δὲ διάμετρος μιᾶς ὑφέσεως κυμαίνεται, δυναμένη νὰ φθάσῃ τὰ 2 000 μίλια.

Οἱ ἄνεμοι εἰς τὰς ὑφέσεις τοῦ βορείου ἡμισφαιρίου κινοῦνται ἀντιθέτως τῆς φορᾶς

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

κινήσεως τῶν δεικτῶν τοῦ ὡρολογίου, εἰς δὲ τὰς τοῦ νοτίου κατὰ τὴν φορὰν τῆς κινήσεως τῶν δεικτῶν τοῦ ὡρολογίου. Αἱ ὑφέσεις δὲν παραμένουν στάσιμοι, ἀλλὰ κινοῦνται σχεδὸν πάντοτε πρὸς ἀνατολὰς μετὰ ταχύτητος, ἥτις δύναται νὰ φθάσῃ τὰ 600 ἢ 700 μίλια τὸ εἰκοσιτετράωρον.

Αἱ ὑφέσεις σχηματίζονται, ὅταν μᾶζαι ἀέρος διαφόρου θερμομετρικῆς καὶ ὑγρομετρικῆς καταστάσεως καὶ γενικῶς διαφόρων φυσικῶν χαρακτηριστικῶν ἔλθουν εἰς ἐπαφὴν μεταξύ των, π.χ. ψυχρὰ πολικὴ μᾶζα ἀέρος μετὰ θερμῆς τροπικῆς τοιαύτης, ὁπότε αὗται διαχωρίζονται μεταξύ των ὑπὸ μιᾶς ἐπιφανείας ἀσυνεχείας, ἡ ὁποία τέμνει τὴν ἐπιφάνειαν τῆς Γῆς κατὰ γραμμήν, ἡ ὁποία καλεῖται, ὡς θὰ ἴδωμεν, ***μέτωπον***.

Ὁ ***ἀντικυκλὼν*** εἶναι περιοχή, εἰς τὴν ὁποίαν ἡ βαρομετρικὴ πίεσις εἶναι ὑψηλὴ σχετικῶς πρὸς τὴν τοῦ περιβάλλοντος. Αἱ ἰσοβαρεῖς καμπύλαι εἰς μίαν τοιαύτην περιοχὴν εἶναι γενικῶς κλεισταὶ σχήματος κυκλικοῦ ἢ ἐλλειπτικοῦ (βλ. σχ. 515, Η). Οἱ ἄνεμοι εἰς τοὺς ἀντικυκλῶνας τοῦ βορείου ἡμισφαιρίου κινοῦνται κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῶν δεικτῶν τοῦ ὡρολογίου, ἐνῷ εἰς τὰς τοῦ νοτίου ἡμισφαιρίου ἀντιθέτως τῆς κινήσεως τῶν δεικτῶν τοῦ ὡρολογίου.

Ὑπάρχουν δύο ἐκτεταμέναι ζῶναι ἀντικυκλώνων εἰς πλάτη περίπου 30^0 Β καὶ 30^0 Ν, αἵτινες εἶναι σχεδὸν μόνιμοι (μόνιμοι ἀντικυκλῶνες). Ἀντικυκλῶνες σχηματίζονται ἐπίσης ὑπεράνω ἠπειρωτικῶν ἐκτάσεων κατὰ τὸν χειμῶνα, ὡς εἶναι π.χ. ὁ Σιβηρικὸς ἀντικυκλών, ὅστις φθάνει πολλάκις μέχρι τῶν Βαλκανίων, ἐπιδρῶν σημαντικῶς εἰς τὸν καιρὸν τῆς Ἑλλάδος.

397. Ἀέριοι μᾶζαι. Μέτωπα. Ὅταν μᾶζα ἀέρος παραμένῃ ἐπὶ σημαντικὸν χρονικὸν διάστημα ἄνωθεν ὡρισμένης περιοχῆς τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς, ἀποκτᾷ ὡρισμένα χαρακτηριστικά. Οὕτω π.χ. τροπικὴ μᾶζα ἀέρος εἶναι θερμή, ἐνῷ πολικὴ μᾶζα ἀέρος εἶναι ψυχρά. Ἐπίσης μᾶζα ἀέρος εὑρισκομένη ἄνωθεν τῆς ἐπιφανείας τῆς θαλάσσης ἔχει πολλοὺς ὑδρατμούς, ἐνῷ μᾶζα ἀέρος εὑρισκομένη ἄνωθεν ἠπείρων εἶναι ξηρά, ἤτοι περιέχει ὀλίγους ὑδρατμούς.

Ὑπὸ δεδομένην μᾶζαν ἀέρος ὁ καιρὸς εἶναι ὁπωσδήποτε καλὸς καὶ μόνον, ὅταν μᾶζα ἀέρος ἀντικαθίσταται ὑπὸ ἄλλης ἐχούσης διάφορα χαρακτηριστικά, προκύπτουν σοβαραὶ μεταβολαὶ τοῦ καιροῦ.

Γενικῶς αἱ ἐντὸς τῆς τροποσφαίρας ἀέριοι μᾶζαι ἔχουν διαφόρους φυσικὰς ἰδιότητας ἢ χαρακτηριστικά, βάσει τῶν ὁποίων εἶναι δυνατὸν νὰ διακρίνωμεν ταύτας. Καὶ ὅσον μὲν ἀφορᾷ τὸν τρόπον τῆς προελεύσεώς των, αἱ ἀέριοι μᾶζαι διακρίνονται εἰς ***ἀρκτικάς, πολικάς, τροπικὰς*** καὶ ***ἰσημερινάς***, ἐνῷ ἀπὸ θερμικῆς ἀπόψεως διαιροῦνται εἰς δύο κατηγορίας, εἰς ***θερμὰς*** καὶ ***ψυχρὰς*** μάζας.

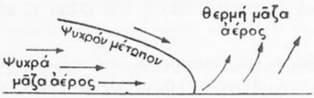
Αἱ διάφοροι τροποσφαιρικαὶ ἀέριοι μᾶζαι δὲν μετακινοῦνται μετὰ τῆς αὐτῆς ταχύτητος καὶ ἐπὶ πλέον ἔχουν διαφόρους πυκνότητας, ὡς ἐκ τούτου χωρίζονται μεταξύ των διὰ ζωνῶν μεταβατικῶν, αἵτινες γενικῶς καλοῦνται ***ἐπιφάνειαι ἀσυνεχείας*** ἢ ἁπλῶς ***μέτωπα***, ἐκ τῶν ὁποίων διὰ τὸν βόρειον Ἀτλαντικὸν καὶ τὴν Εὐρώπην τὰ σπουδαιότερα εἶναι τὸ ***πολικὸν μέτωπον***, τὸ ὁποῖον διαχωρίζει πολικὰς καὶ τροπικὰς μάζας ἀέρος καὶ τὸ ***ἀρκτικόν***, τὸ ὁποῖον χωρίζει ἀρκτικὰς καὶ πολικὰς μάζας ἀέρος.

Τὰ μέτωπα διακρίνονται εἰς δύο κατηγορίας, εἰς θ ε ρ μ ὰ καὶ εἰς ψ υ χ ρ ὰ μέτωπα. Καὶ τὰ μὲν ***θερμὰ*** εἶναι ἐκεῖνα, τῶν ὁποίων ἡ μετατόπισις πραγματοποιεῖται ὑπὸ τὴν ὤθησιν τῆς θερμῆς μάζης (ἢ τῆς θερμοτέρας), ἥτις διαρκῶς ἀνέρχεται ὑπεράνω τῆς ψυχρᾶς (ἢ τῆς ψυχροτέρας).

Εἰς τὰ ***ψυχρὰ μέτωπα*** ὁ ψυχρὸς ἀὴρ προχωρεῖ ὡς σφὴν ὑπὸ τὴν μᾶζαν τοῦ θερμοῦ ἀέρος, τὸν ὁποῖον καὶ ἐξαναγκάζει εἰς ταχεῖαν ἀνοδικὴν κίνησιν. Ἡ διάβασις τοῦ ψυχροῦ μετώπου συνοδεύεται ὑπὸ ὑψώσεως τῆς ἀτμ. πιέσεως, πτώσεως τῆς θερμοκρασίας, στροφῆς τοῦ ἀνέμου καὶ ραγδαίων καταιγιδοφόρων βροχῶν ὄχι ὅμως συνεχῶν.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Εἰς τὸ σχῆμα 523 τὸ ψυχρὸν μέτωπον ἀποτελεῖ μίαν κεκλιμένην ἐπιφάνειαν, ἡ ὁποία σχηματίζεται, ὅταν ὁ ὄπισθεν εὑρισκόμενος ψυχρὸς ἀὴρ κινῆται μετὰ μεγαλυτέρας ταχύτητος ἀπὸ τὸν θερμὸν ἀέρα τὸν ὁποῖον, ὅταν συναντήσῃ, ἐκτοπίζει βιαίως πρὸς τὰ ἐπάνω. Ἐξετάσωμεν ἤδη τί συμβαίνει εἰς τοιοῦτον ψυχρὸν μέτωπον. Πρὸς διευκόλυνσιν τῆς κατανοήσεως τῶν παρατηρουμένων φαινομένων, θὰ ἐξετάσωμεν τὴν περίπτωσιν ἠρέμου τμήματος ἐπιφανείας θαλάσσης καὶ τοῦ ἄνωθεν αὐτῆς εὑρισκομένου στρώματος ἀέρος. Ἐφ' ὅσον ἐπικρατεῖ ἄπνοια, ὕδωρ καὶ ἀὴρ εὑρίσκονται ἐν ἠρεμίᾳ καθ' ὅλην τὴν ἔκτασιν τῆς ὁριζοντίας ἐπιφανείας ἐπαφῆς. Εἰς τὴν περίπτωσιν ὅμως ἠπίου ἀνέμου, τὰ δημιουργούμενα κύματα εἶναι μικρὰ καὶ δὲν ἐπιφέρουν σοβαρὰν ἀναταραχήν, ἐνῷ εἰς τὴν περίπτωσιν ἰσχυροῦ ἀνέμου δημιουργοῦνται μεγάλα κύματα, οὕτω δὲ τὰ δύο ρευστά, θαλάσσιον ὕδωρ καὶ ἀήρ, περιδινοῦνται περὶ ἄλληλα καὶ ἀναμιγνύονται.



Σχ. 523. Δημιουργία ψυχροῦ μετώπου.

Γενικῶς ἡ δημιουργία μετώπου συνοδεύεται ὑπὸ μεταβολῆς τοῦ καιροῦ.

398. 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 ^{0}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 $^0/_0$ τῆς ποσότητος κόρου, καλοῦμεν δὲ τὸν ἀνωτέρω λόγον, τὸν ὁποῖον συνήθως ἐκφράζομεν ἐπὶ τοῖς ἑκατόν, ***σχετικὴν ὑγρασίαν*** τοῦ ἀέρος, ἤτοι :

$$\text{σχετικὴ ὑγρασία}\ ^0/_0 = \frac{\text{ποσότης ὑπαρχόντων ὑδρατμῶν}}{\text{ποσότης κόρου}} \cdot 100$$

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 διὰ 20 ^{0}C εἶναι 17,3 gr/cm^3, τότε ἡ σχετικὴ ὑγρασία, συμφώνως πρὸς τὸν ἀνωτέρω τύπον, θὰ εἶναι :

$$\text{σχετικὴ ὑγρασία} = \frac{9{,}6}{17{,}3} \cdot 100 = 55\ ^0/_0.$$

Ἐὰν ὅμως τὸ ἑσπέρας ἡ θερμοκρασία κατέλθῃ εἰς 15 ^{0}C, ἡ ποσότης κόρου εἶναι 12,8 gr/m^3, ἑπομένως :

$$\text{σχετικὴ ὑγρασία} = \frac{9{,}6}{12{,}8} \cdot 100 = 75\ ^0/_0$$

Ἐὰν ἀὴρ εἰς 15 ^{0}C ἔχῃ σχετικὴν ὑγρασίαν 75 $^0/_0$ 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*** (βλ. § 359).

399. Νέφωσις. Ὅταν θερμὸς ἀὴρ ἀνέρχεται βραδέως πρὸς τὰ ἄνω, ὡς π.χ. κατὰ τὴν περίπτωσιν θερμοῦ μετώπου ἤ, ὅταν ἀπωθῆται βιαίως πρὸς τὰ ἄνω ὡς

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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.

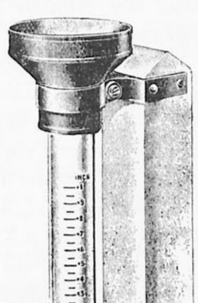
Συμφώνως ὅμως πρὸς τ' ἀνωτέρω, ὁ ἀὴρ δὲν δύναται νὰ συγκρατήσῃ τὸ ἐπὶ πλέον ποσὸν τῶν ὑπὸ μορφὴν ἀοράτων ὑδρατμῶν, ἀλλ' ἀποβάλλει αὐτοὺς ὑπὸ μορφὴν σταγονιδίων ὕδατος, τὰ ὁποῖα ἐπικάθηνται ἐπὶ διαφόρων προσμίξεων ποὺ ὑπάρχουν εἰς τὸν ἀέρα, καλουμένων ***πυρήνων συμπυκνώσεως,*** καὶ οὕτω σχηματίζονται τὰ νέφη. Νέφη, τὰ ὁποῖα ἐγγίζουν τὸ ἔδαφος, καλοῦνται εἰδικώτερον ***ὁμίχλη***.

Γενικῶς τὰ νέφη διακρίνονται εἰς τρεῖς βασικὰς μορφάς: Τοὺς ***θυσάνους*** (Cirrus), οἱ ὁποῖοι 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 παραλλαγάς, 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.

400. 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. 524). 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. 524. Συνήθης τύπος βροχομέτρου.

Ἡ ***χάλαζα*** (κ. χαλάζι) σχηματίζεται, ὅταν στερεοποιηθεῖσαι σταγόνες ὕδατος παρασύρωνται ὑπὸ ἀνιόντων ρευμάτων 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 φοράς, ὅτε τὸ μέγεθος τῆς χαλάζης δύναται νὰ φθάσῃ τὸ μέγεθος πορτοκαλλίου.

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 ταπεινή, στερεοποιοῦνται, ὅτε ἔχομεν ***πάχνην.***

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΣΥΝΤΟΜΟΣ ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

Ἡ Φυσική, ὡς γνωστόν, ἀσχολεῖται μὲ τὴν ἀνεύρεσιν τῶν φυσικῶν νόμων, οἱ ὁποῖοι διέπουν τὰ φαινόμενα, τὰ ὁποῖα αὕτη 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 μυικὴν 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 Φυσικήν, 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 τοῦ ὑγροῦ.

Ὁ περίφημος Ἀστρονόμος ***Ἀρίσταρχος*** ὁ Σάμιος (320 - 250 π.Χ.) ὑπῆρξεν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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 ἐσπούδασεν 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 πειραματικὴν 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 μυικῆς δυνάμεως τοῦ ἀνθρώπου καὶ τῶν ζώων, δὲν αὐξάνεται οὔτε ἐλαττοῦται διὰ τῶν μηχανῶν, ἀλλ᾿ 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 - 1863), 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

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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 **Τορικέλλι** (*Evangelista Torricelli*, 1608 - 1647), ὁ ὁποῖος ὑπῆρξε μαθητὴς τοῦ **Γαλιλαίου.** Οὗτος κατώρθωσε διὰ τοῦ περιφήμου πειράματος **Τοριτσέλλι** 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 **Σάρλ** (*Charles*) ἐπλήρωσε εἰς Παρισίους ἀερόστατον μὲ ὑδρογόνον. Μὲ τὴν βοήθειαν τῶν ἀεροστάτων κατωρθώθη κατὰ τὸν 20ὸν 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 τῆς ἐκλυομένης κατὰ τὴν καῦσιν 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*, 1811 - 1878), ὁ ὁποῖος ἐδέχετο, ὅτι ἡ ἐνέργεια ἐμφανίζεται ὑπὸ διαφόρους μορφάς, αἱ ὁποῖαι ἀποτελοῦν μίαν καὶ τὴν αὐτὴν ὀντότητα καὶ διετύπωσε τὸ περίφημον ἀξίωμα τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ τὸ θεμέλιον τῆς Φυσικῆς.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΕΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΕΚ ΤΗΣ ΤΡΙΓΩΝΟΜΕΤΡΙΑΣ

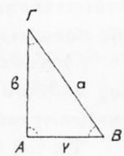
Κατὰ τὴν ἀνάπτυξιν τῆς ὕλης τοῦ βιβλίου ὁ ἀναγνώστης συναντᾷ ὡρισμένους τύπους, ὅπου ὑπεισέρχονται συχνὰ τριγωνομετρικαὶ ἔννοιαι, ὡς π.χ. τὸ ἡ μ ί τ ο ν ο ν, τὸ σ υ ν η μ ί τ ο ν ο ν, ἡ ἐ φ α π τ ο μ έ ν η καὶ ἡ σ υ ν ε φ α π τ ο μ έ ν η.

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 τὸ ἀντίστοιχον πρὸς αὐτὴν τόξον. Οἱ ἀριθμοὶ οὗτοι καλοῦνται ***ἡμίτονον***, ***συνημίτονον***, ***ἐφαπτομένη*** καὶ ***συνεφαπτομένη*** καὶ παριστῶνται συμβολικῶς ὡς ἑξῆς :

$$\text{ημ}\,\vartheta, \quad \text{συν}\,\vartheta, \quad \text{εφ}\,\vartheta, \quad \text{σφ}\,\vartheta.$$

2. Ὁρισμοί : Ἔστω τὸ ὀρθογώνιον τρίγωνον ΑΒΓ, ὅπου τὰς πλευρὰς παριστῶμεν διὰ τῶν μικρῶν γραμμάτων, δηλ. 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 διὰ τοῦ μήκους τῆς ὑποτεινούσης α, καὶ παριστᾶται συμβολικῶς ὡς κάτωθι :

$$\text{ημ}\,B = \frac{\beta}{\alpha} \qquad (1)$$

ἤτοι :

$$\boxed{\text{ημ}\,B = \frac{\text{μῆκος τῆς ἀπέναντι καθέτου}}{\text{μῆκος τῆς ὑποτεινούσης}}}$$

Ὁμοίως ἔχομεν :

$$\text{ημ}\,\Gamma = \frac{\gamma}{\alpha} \qquad (1')$$

β) Τὸ ***συνημίτονον*** τῆς γωνίας Β ὁρίζεται ὡς τὸ πηλίκον τοῦ μήκους τῆς προσκειμένης καθέτου πλευρᾶς γ διὰ τοῦ μήκους τῆς ὑποτεινούσης α, καὶ παριστᾶται συμβολικῶς :

$$\text{συν}\,B = \frac{\gamma}{\alpha} \qquad (2)$$

ἤτοι :

$$\boxed{\text{συν}\,B = \frac{\text{μῆκος τῆς προσκειμένης καθέτου}}{\text{μῆκος τῆς ὑποτεινούσης}}}$$

Ὁμοίως ἔχομεν :

$$\text{συν}\,\Gamma = \frac{\beta}{\alpha} \qquad (2')$$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

γ) Ἡ ***ἐφαπτομένη*** τῆς γωνίας Β ὁρίζεται ὡς τὸ πηλίκον τοῦ μήκους τῆς ἀπέναντι καθέτου πλευρᾶς β διὰ τοῦ μήκους τῆς προσκειμένης καθέτου πλευρᾶς γ καὶ παριστᾶται συμβολικῶς:

$$\text{εφ}\,B = \frac{\beta}{\gamma} \tag{3}$$

ἤτοι:

$$\boxed{\text{εφ}\,B = \frac{\text{μῆκος τῆς ἀπέναντι καθέτου}}{\text{μῆκος τῆς προσκειμένης καθέτου}}}$$

Ὁμοίως ἔχομεν:

$$\text{εφ}\,\Gamma = \frac{\gamma}{\beta} \tag{3'}$$

δ) Ἡ ***συνεφαπτομένη*** τῆς γωνίας Β ὁρίζεται ὡς τὸ πηλίκον τοῦ μήκους τῆς προσκειμένης εἰς τὴν γωνίαν καθέτου πλευρᾶς γ διὰ τοῦ μήκους τῆς ἀπέναντι τῆς γωνίας καθέτου πλευρᾶς β καὶ παριστᾶται συμβολικῶς:

$$\text{σφ}\,B = \frac{\gamma}{\beta} \tag{4}$$

ἤτοι:

$$\boxed{\text{σφ}\,B = \frac{\text{μῆκος τῆς προσκειμένης καθέτου}}{\text{μῆκος τῆς ἀπέναντι καθέτου}}}$$

Ὁμοίως ἔχομεν:

$$\text{σφ}\,\Gamma = \frac{\beta}{\gamma} \tag{4'}$$

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 προσκειμένης 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 ἀριθμόν, 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 διὰ τῆς ὑποτεινούσης, 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 364. 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.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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 :

$$\frac{\text{ημ}\,B}{\text{συν}\,B}=\text{εφ}\,B \quad (5) \qquad \frac{\text{συν}\,B}{\text{ημ}\,B}=\text{σφ}\,B \quad (6)$$

$$\frac{\text{ημ}\,\Gamma}{\text{συν}\,\Gamma}=\text{εφ}\,\Gamma \quad (7) \qquad \frac{\text{συν}\,\Gamma}{\text{ημ}\,\Gamma}=\text{σφ}\,\Gamma \quad (8)$$

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 :

$$\boxed{\textbf{ημ}^2\mathbf{B}+\textbf{συν}^2\mathbf{B}=\mathbf{1}}$$

τοῦ ἐκθέτου δηλ. γραφομένου ἄνωθεν τοῦ συμβόλου τοῦ τριγωνομετρικοῦ ἀριθμοῦ.

Ἐὰν τὸ αὐτὸ πράξωμεν διὰ τὰς ἰσότητας (1′) καὶ (2′) λαμβάνομεν :

$$\textbf{ημ}^2\,\mathbf{\Gamma}+\textbf{συν}^2\,\mathbf{\Gamma}=\mathbf{1}$$

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 : $\text{εφ}\,\Gamma\cdot\text{σφ}\,\Gamma=1$.

Εἰς τὴν τριγωνομετρίαν ἀποδεικνύεται, ὅτι :

$$\text{ημ}\,\vartheta=\text{συν}(90^0-\vartheta)=\text{ημ}\,(180^0-\vartheta) \quad (9)$$

$$\text{συν}\,\vartheta=\text{ημ}\,(90\;-\vartheta)=-\,\text{συν}(180^0-\vartheta) \quad (10)$$

$$\text{εφ}\,\vartheta=\text{σφ}\,(90^0-\vartheta)=-\,\text{εφ}\,(180^0-\vartheta) \quad (11)$$

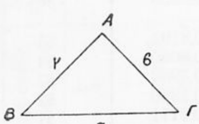
Λίαν εὔχρηστοι εἶναι αἱ ἀκόλουθοι τριγωνομετρικαὶ σχέσεις :

$$\text{ημ}\,(\vartheta+\varphi)=\text{ημ}\,\vartheta\cdot\text{συν}\,\varphi+\text{συν}\vartheta\cdot\text{ημ}\,\varphi \quad (12)$$

$$\text{συν}(\vartheta+\varphi)=\text{συν}\,\vartheta\cdot\text{συν}\,\varphi-\text{ημ}\,\vartheta\cdot\text{ημ}\,\varphi \quad (13)$$

$$\text{ημ}\,2\,\vartheta=2\,\text{ημ}\,\vartheta\,\text{συν}\,\vartheta \quad (14)$$

$$\text{συν}\,2\,\vartheta=\text{συν}^2\,\vartheta-\text{ημ}^2\vartheta \quad (15)$$



σχ. 2.

Εἰς πᾶν τρίγωνον, ὡς π.χ. εἰς τὸ ΑΒΓ (σχ. 2) ἰσχύουν αἱ σχέσεις :

$$\frac{B\Gamma}{\text{ημ}\,A}=\frac{A\Gamma}{\text{ημ}\,B}=\frac{AB}{\text{ημ}\,\Gamma} \quad \text{ἢ} \quad \frac{\alpha}{\text{ημ}\,A}=\frac{\beta}{\text{ημ}\,B}=\frac{\gamma}{\text{ημ}\,\Gamma} \quad (16)$$

ἤτοι : ***τὰ μήκη τῶν πλευρῶν τοῦ τριγώνου εἶναι ἀνάλογα πρὸς τὰ ἡμίτονα τῶν ἀπέναντι γωνιῶν.***

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Πίναξ τριγωνομετρικῶν γραμμῶν

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	0,8387	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

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Διαστάσεις καὶ μονάδες μεγεθῶν Μηχανικῆς

Εἶδος μεγέθους	Ἐξίσωσις ὁρισμοῦ	Διαστάσεις εἰς σύστημα CGS	Μονὰς CGS	Διαστάσεις εἰς τὸ Τ.Σ.	Μονὰς Τ.Σ.	Σχέσις μονάδων CGS καὶ Τ.Σ.
Χρόνος	—	T	sec	T	sec	—
Μῆκος	—	L	cm	L	m	1 m $=10^2$ cm
Ἐπιφάνεια	$S=\alpha\cdot\beta$	L^2	cm^2	L^2	m^2	1 $m^2=10^4$ cm^2
Ὄγκος	$V=\alpha\cdot\beta\cdot\gamma$	L^3	cm^3	L^3	m^3	1 $m^3=10^6$ cm^3
Γωνία	τόξον/ἀκτῖνος	—	radian	—	radian	1 rad $=57{,}296^0$
Ταχύτης	$\upsilon=\frac{s}{t}$	LT^{-1}	$cm\cdot sec^{-1}$	LT^{-1}	$m\cdot sec^{-1}$	1 m/sec $=100$ cm/sec
Γωνιακὴ ταχύτης	$\omega=\frac{\varphi}{t}$	T^{-1}	$rad\cdot sec^{-1}$	T^{-1}	$rad\cdot sec^{-1}$	—
Ἐπιτάχυνσις . . .	$\gamma=\frac{\upsilon}{t}$	LT^{-2}	$cm\cdot sec^{-2}$	LT^{-2}	$m\cdot sec^2$	1 $m/sec^2=100$ cm/sec^2
Μᾶζα	—	M	gr	—	—	—
»	$m=\frac{F}{\gamma}$	—	—	$FL^{-1}T^2$	$kgr^*m\cdot sec^2$ ἢ Τ.Μ.	1 Τ.Μ.=9810 gr ἢ 9,81 kgr
Δύναμις	—	—	—	F	kgr*	—
»	$F=m\cdot\gamma$	MLT^{-2}	$gr\cdot cm\cdot sec^{-2}$ ἢ δύνη	—	—	1 kgr*=981 000 Dyn
Ἔργον, Ἐνέργεια	$A=F\cdot l$	ML^2T^{-2}	$gr\cdot cm^2\cdot sec^{-2}$ ἢ ἔργιον	FL	kgr*m	1 kgr*m=$9{,}81\cdot10^7$ Erg
Ἰσχὺς	$N=\frac{A}{t}$	ML^2T^{-3}	$gr\cdot cm^2\cdot sec^{-3}$	FLT^{-1}	$kgr^*m\cdot sec^{-1}$	1 kgr*m/sec=$9{,}81\cdot10^7$Erg/sec
Ροπὴ.	$M=Fl$	ML^2T^{-2}	$gr\cdot cm^2\cdot sec^{-2}$	FL	kgr*m	
Ὁρμὴ	$J=m\cdot\upsilon$	MLT^{-1}	$gr\cdot cm\cdot sec^{-1}$	FT	$kgr^*\cdot sec$	
Ὦσις δυνάμεως .	$F\cdot t$	MLT^{-1}	$gr\cdot cm\cdot sec^{-1}$	FT	$kgr^*\cdot sec$	
Πίεσις	$p=\frac{F}{S}$	$ML^{-1}T^{-2}$	$gr\cdot cm^{-1}\cdot sec^{-2}$ ἢ Dyn/cm^2 ἢ μB	FL^{-2}	$kgr^*\cdot m^{-2}$	1 $kgr^*/m^2=981\,000$ Dyn/m^2 ἢ 1 $kgr^*/cm^2=981\,000$ μB.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΣΥΜΒΟΛΑ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ

Ὡς ταῦτα κατὰ προτίμησιν χρησιμοποιοῦνται εἰς τὸ βιβλίον.

A = ἔργον
α = συντελεστὴς γραμμικῆς διαστολῆς στερεῶν, θερμικὸς συντελ. ἀερίων
Atm = φυσικὴ ἀτμόσφαιρα
at = τεχνικὴ ἀτμόσφαιρα
Å = Ångström = 10^{-8} cm
B, β = βάρος
B = Bar
c = ταχύτης διαδόσεως
c = εἰδικὴ θερμότης
^{0}C = βαθμοὶ Κελσίου
cal = θερμὶς
CGS = ἀπόλυτον σύστημα μονάδων
CPS = cycle per second
cm = ἑκατοστόμετρον
Dyn = δύνη
$E_{δυν}$ = δυναμικὴ ἐνέργεια
$E_{κιν}$ = κινητικὴ ἐνέργεια
ε = εἰδικὸν βάρος
Erg = ἔργιον
εφ = ἐφαπτομένη
F = δύναμις
^{0}F = βαθμοὶ Fahrenheit
Φ = φορτίον
φ, ϑ = γωνία
g = ἐπιτάχυνσις βαρύτητος
gr = γραμμάριον μάζης
gr* = γραμμάριον βάρους
γ = ἐπιτάχυνσις σώματος
γ = εἰδ. θερμότης
grad = βαθμὸς
h = ὥρα
h = ὕψος
Hz = Hertz
HP = ἵππος
ημ = ἡμίτονον
η = συντελεστὴς ἀποδόσεως
η = συντελεστὴς τριβῆς
ϑ = θερμοκρασία
J = ὁρμή, Joule
J = μηχαν. ἰσοδύναμον θερμότητος
κ = συντελεστὴς κρούσεως
κ = λόγος c_p / $c_υ$
^{0}K = βαθμοὶ Kelvin
k = σταθερὰ
km = χιλιόμετρον
kgr = χιλιόγραμμον μάζης

kgr* = χιλιόγραμμον βάρους
kcal = χιλιοθερμὶς
kW = χιλιοβὰττ (κιλοβὰττ)
kWh = κιλοβαττώριον
kgr*m = χιλιογραμμόμετρον
Λ.Τ. = λόγος ταχυτήτων
l = μῆκος
lt = λίτρον
m = μέτρον
m, M = μᾶζα
m B = millibar
μ = μικρὸν = 10^{-4} cm
μ B = mikrobar
m μ = μιλλιμικρὸν
m m = χιλιοστὸν
mgr = χιλιοστὸν γραμμαρίου
min = λεπτὸν
mil = μίλιον
Μ.Π. = μηχανικὸν πλεονέκτημα
N = ἰσχὺς
ν = συχνότης
p = πίεσις
Q = ποσότης θερμότητος
R = παγκοσμία σταθερὰ ἀερίων
^{0}R = βαθμοὶ Ρεωμύρου
R, r = ἀκτὶς
ϱ = πυκνότης
s = διάστημα
S = ἐπιφάνεια
sec = δευτερόλεπτον
Σ = συνισταμένη
Σ = ἄθροισμα
συν = συνημίτονον
T = τριβὴ
T = τάσις
T = ἀπόλυτος θερμοκρασία
T = περίοδος
t = τόννος
t = χρόνος, θερμοκρασία
Τ.Σ. = τεχνικὸν σύστημα μονάδων
Τ.Μ. = τεχνικὴ μονὰς μάζης
Torr = mm στήλης Hg
υ = ταχύτης
$υ_o$ = ἀρχικὴ ταχύτης
V = ὄγκος
W = Watt
x, y = ζητούμενα μεγέθη
X, Ψ = ἄξονες συντεταγμένων
ω = γωνιακὴ ταχύτης

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΑΛΦΑΒΗΤΙΚΟΝ ΕΥΡΕΤΗΡΙΟΝ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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, διὰ τῆς ὑπ᾽ ἀριθ. 100 τῆς 9.9.1948 Πράξεως τοῦ Ἀνωτάτου Συμβουλίου Ἐκπαιδεύσεως.

ΤΟΜΟΣ ΙΙ

ΕΚΔΟΣΙΣ ΔΕΥΤΕΡΑ

ΟΠΤΙΚΗ • ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ • ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

Περιλαμβάνει εἰς 360 σελίδας ἅπασαν τὴν διδακτέαν ὕλην. Περιέχει 492 σχήματα καὶ 22 εἰκόνας, καθὼς καὶ 157 προβλήματα· ἐπίσης ἐκτὸς κειμένου ἔγχρωμον πίνακα φασμάτων.

ΜΑΘΗΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

Διὰ τοὺς μαθητὰς τῶν κλασικῶν Γυμνασίων.

Ἐγκεκριμένον ὑπὸ τοῦ Ὑπουργείου Παιδείας, πρὸς χρῆσιν τῶν μαθητῶν τῆς Ζ΄ καὶ Η΄ τάξεως τοῦ Γυμνασίου, διὰ τῆς ὑπ᾽ ἀριθ. 97 τῆς 29.11.1950 Πράξεως τοῦ Ἀνωτάτου Συμβουλίου Ἐκπαιδεύσεως.

ΤΟΜΟΣ Ι

ΜΗΧΑΝΙΚΗ • ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ • ΘΕΡΜΟΤΗΣ

ΤΟΜΟΣ ΙΙ

ΟΠΤΙΚΗ • ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ • ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

Περιλαμβάνει ἅπασαν τὴν διδακτέαν ὕλην εἰς τὰ κλασικὰ Γυμνάσια, τελείως συγχρονισμένην. Μεθοδικὴ ἐπεξεργασία τῆς ὕλης, μεγίστη σαφήνεια, ἐπιστημονικὴ ἀκριβολογία, πλῆθος σχημάτων καὶ εἰκόνων, καλλιτεχνικὴ ἐμφάνισις εἶναι μερικὰ ἀπὸ τὰ χαρακτηριστικὰ τοῦ βιβλίου τούτου.

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΒΟΥΛΗΣ ΤΩΝ ΕΛΛΗΝΩΝ

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

Διὰ τοὺς ὑποψηφίους τῶν Ἀνωτάτων Σχολῶν,
ὡς καὶ διὰ τοὺς μαθητὰς τῶν Σχολείων Μέσης Ἐκπαιδεύσεως.

Ἐγκεκριμένον ὑπὸ τοῦ Ὑπουργείου Παιδείας, πρὸς χρῆσιν τῶν μαθητῶν τῶν δύο Ἀνωτέρων τάξεων τῶν Σχολείων Μέσης Ἐκπαιδεύσεως διὰ τῆς ὑπ᾽ ἀριθ. 97 τῆς 29.11.1950 Πράξεως τοῦ Ἀνωτάτου Συμβουλίου Ἐκπαιδεύσεως.

ΕΚΔΟΣΙΣ ΔΕΥΤΕΡΑ

ΤΟΜΟΣ Ι

ΜΗΧΑΝΙΚΗ • ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ • ΘΕΡΜΟΤΗΣ

ΤΟΜΟΣ ΙΙ

ΟΠΤΙΚΗ • ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ • ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

Μεθοδικὴ λύσις ὅλων τῶν προβλημάτων τῶν περιεχομένων εἰς τὰ βιβλία **«Στοιχεῖα Φυσικῆς»** καὶ **«Μαθήματα Φυσικῆς»** ὡς καὶ μεγάλος ἀριθμὸς ἄλλων προβλημάτων πρὸς ἐξάσκησιν.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

0020638087
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΒΟΥΛΗΣ
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής